

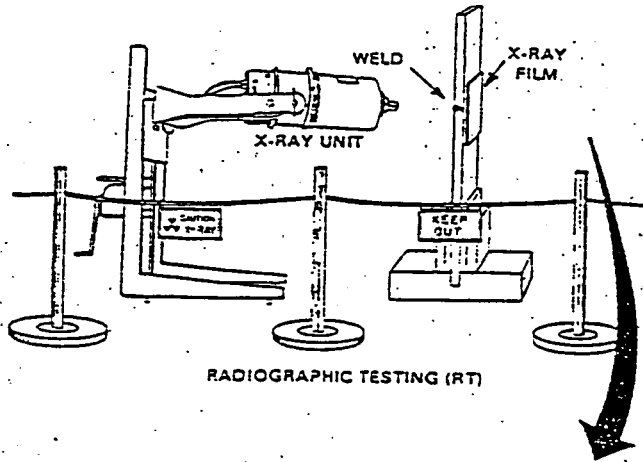


شرکت ملی نفت ایران

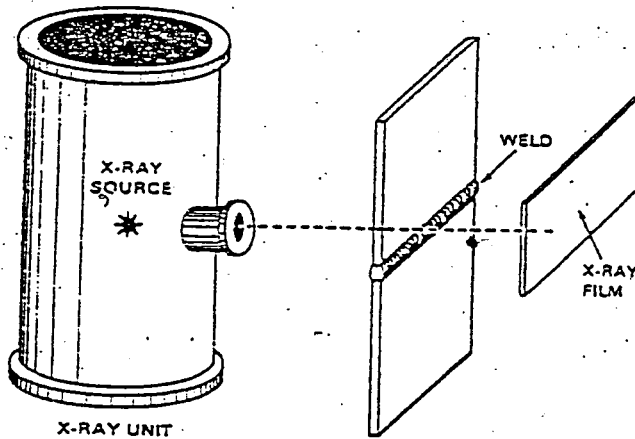
شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب
مجتمع آموزش فنون شهید مجدزاده

اصول تئوری و عملی تست های

غیر مخرب



RADIOGRAPHIC TESTING (RT)



X-RAY UNIT

تهیه و تنظیم: قسمت آموزش مکانیک - توربین

حسن غنیطوس

آشنایی

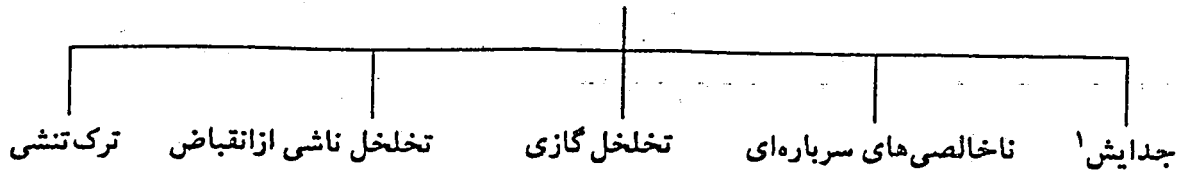
لزوم بازرسی.

مهندسان، معمولاً ویژگیهای مواد را با بهره‌گیری از آزمونهای استاندارد شده بر روی نمونه‌های آزمایشی خاص این کار برآورد می‌نمایند. هرچند از این‌گونه آزمونها اطلاعاتی ارزنده مشتمل بر ویژگیهای کششی، فشاری، برشی و ضربه‌ای مواد بدست می‌آید، ولی دارای ماهیت مخرب‌اند!

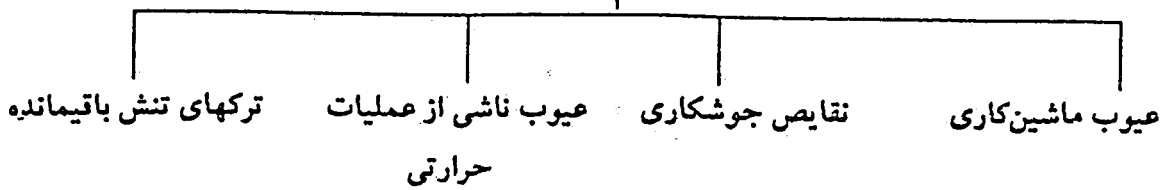
بعلاوه ویژگیهای حاصل شده از انجام آزمایشهایی که منجر به تخریب و آسیب دیدگی نمونه گردد، لزوماً دید روشنی از مشخصه‌های عملکردی قطعه پیچیده‌ای، که خود بخشی از یک دستگاه مهندسی بزرگتر است به ما نخواهد داد.

فرآیند تولید یک ماده یا قطعه ممکن است با ایجاد عیوب^۲ بزرگ و کوچک گوناگونی در آن همراه باشد که عملکرد قطعه در خلال کار آن نیز به ماهیت و اندازه نقایص یادشده بستگی خواهد داشت. نقایص دیگری از قبیل ترک‌های خستگی یا خوردگی نیز ممکن است در خلال کار قطعه در آن ایجاد گردد، لذا لازم است ابزارهای آشکارسازی قابل اعتمادی در اختیار داشته باشیم که بروز عیب در مرحله ساخت قطعه را تشخیص داده، و بعلاوه آهنگ رشد و پیشروی عیوب در خلال کار قطعات را نیز ردیابی و تعیین نمایند. منشاء عیوب مواد و قطعات در شکل نشان داده شده است.

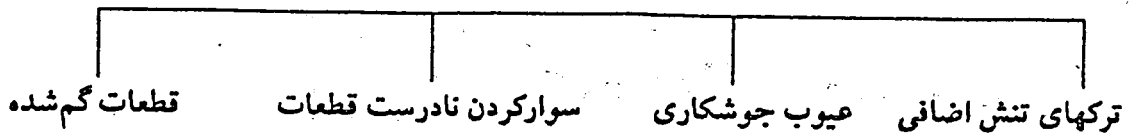
نقایصی که ممکن است در خلال تولید مواد خام یا قطعات ریختگی به وجود آیند



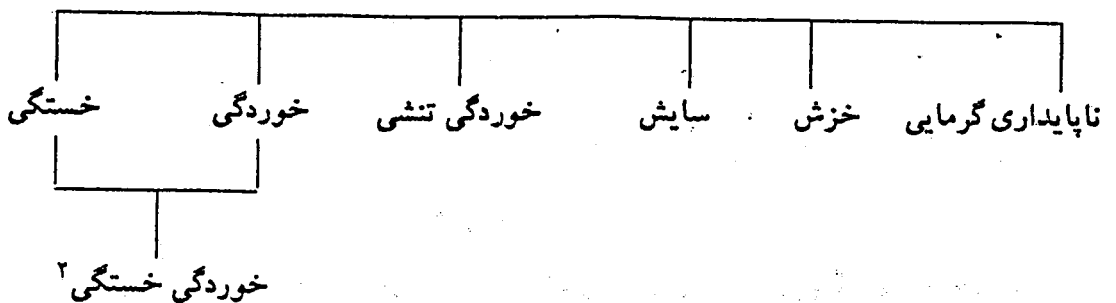
عیوبی که ممکن است در فرآیند ساخت قطعات ایجاد شوند



عیوبی که ممکن است در خلال مونتاژ قطعات ایجاد شوند



عیوبی که در دوره بهره‌برداری از قطعات ایجاد می‌شوند



منشاء برخی از عیوب مواد و قطعات

آزمون قطعات معمولاً با بازرسی چشمی آغاز می‌گردد. هرچند چشم غیر مسلح فقط غیوب بزرگی را که به سطح قطعه راه می‌یابد تشخیص می‌دهد، ولی درجه کارایی این آزمون را می‌توان با بهره‌گیری از میکروسکوپ، که مناسبترین آن برای این منظور نوع برجسته‌نما^۱ می‌باشد، افزایش داد. بزرگ‌نمایی لازم معمولاً زیاد نبوده و بیشتر میکروسکوپ‌های متداول برای این منظور، بزرگ‌نمایی در محدوده ۵× تا ۷۵× دارند.

بازرسی چشمی به آزمایش سطح بیرونی محدود نشده و می‌توان با به‌کارگیری کاوه‌های^۲ نوری که هر دو نوع صلب و خم‌شدنی آن این روزها متداول شده است سطوح درونی را نیز بررسی کرد، این کاوه‌ها را می‌توان در حفره‌ها، لوله‌ها و مجاری جا داده و آنها را بازرسی نمود.

با بهره‌گیری از قوانین و اصول شناخته‌شده فیزیکی، شماری از روشهای آزمون غیرچشمی نیز ابداع شده که اطلاعات مورد نیاز مرتبط با کیفیت مواد و قطعات را عرضه نموده و در عین حال انجام آنها تغییری در قطعه یا مجموعه تحت آزمون ایجاد نکرده و آن را معیوب نمی‌کند. مبانی و دامنه کارایی عمده‌ترین روشهای آزمون غیرمخرب^۳ (NDT) در جدول^۴ ذکر شده است.

اعمال این روشهای غیرمخرب می‌تواند برحسب مورد، به‌تنهایی و یا توأم صورت گیرد. هرچند این روشها با هم تداخل دارند ولی عملاً کامل‌کننده یکدیگر می‌باشند؛ و این واقعیت که مثلاً بازرسی فراصوتی^۴ می‌تواند نقایص سطحی و درونی را مشخص کند لزوماً به معنی این نیست که بهترین روش برای همه موارد هم هست. نوع روش بیشتر به نوع عیب و همچنین شکل و اندازه قطعه مورد آزمایش بستگی دارد.

روشهای بازرسی

آزمونهای غیرمخرب را می‌توان به‌راههای مختلف مورد استفاده قرار داد،

1. Stereo microscope.
2. Probes.
3. Non Destructive Tests (NDT).
4. Ultrasonic inspection.

گستره کاربرد	ویژگی روش	روش بازرسی
<p>آزمایش همه فلزات، بسیاری از پلاستیکها، شیشه‌ها و سرامیکهای لعاب‌کاری شده.</p>	<p>آشکارسازی عیوبی که به سطح نمونه راه دارند</p>	<p>مایعات نافذ</p>
<p>تنها برای آزمایش مواد فرومغناطیس (بیشتر فولادها و آهن‌ها) کاربرد دارد.</p>	<p>آشکارسازی عیوب نزدیک به سطح و عیوبی که به سطح خارجی قطعه راه دارند.</p>	<p>ذرات مغناطیسی</p>
<p>برای جملگی فلزات کاربرد دارد.</p>	<p>آشکارسازی عیوب سطحی و برخی عیوب زیر سطحی و همچنین اندازه‌گیری ضخامت پوشش‌های نارسا مثل رنگ روی فلزات.</p>	<p>الکتریکی (جریانهای گردابی)</p>
<p>برای بیشتر مواد کارآیی دارد.</p>	<p>ثبت عیوب درونی و همچنین عیوب سطحی.</p>	<p>فراصوتی</p>
<p>برای بسیاری از مواد قابل استفاده می‌باشد، ولی در ارتباط با بزرگترین ضخامت قابل بازرسی با محدودیت مواجه می‌باشد</p>	<p>آشکارسازی نقایص درونی و سطحی و تعیین درجه دقت در مونتاژ (سرهم کردن) اجزاء.</p>	<p>راديوگرافي</p>

تجهیزات مورد استفاده نیز بسیار متنوع می باشد. برای هر آزمون مشخص، مثلاً به کارگیری روشهای جریان گردابی^۱، می توان یک سیستم کوچک و قابل انعطاف با گزیده‌ای از کاوه‌های آزمایشی به قیمت چند هزار پوند را، خریداری کرد. یک اپراتور مجرب قادر خواهد بود این دستگاه را، که به آسانی قابل جابجایی نیز می باشد، برای تشخیص انواع مختلفی از عیوب و برای محدوده وسیعی از مواد و قطعات به کار گیرد.

از طرف دیگر یک شرکت بزرگ قادر است با سرمایه‌گذاری کلان، دستگاهی اتوماتیک و طراحی شده برای کاربرد خاص خود را خریداری کرده و آن را برای آزمونهای جریان عادی^۲ خط تولید انبوه مورد استفاده قرار دهد. هرچند که دو دستگاه یاد شده از نظر اصول فیزیکی تشخیص عیب یکسان می باشند، ولی از جنبه‌های طراحی، درجه پیچیدگی و قیمت بسیار متفاوت اند.

این مسأله در مورد جملگی آزمونهای غیرمخرب مورد بررسی در این جزوه صادق بوده و تجهیزات جمع و جور^۳ و قابل جابجایی و استفاده در اتاقهای آزمایشگاهی و یا محوطه‌های کارگاهی در همه موارد قابل دستیابی می باشد. اصول به کار گرفته شده در همین دستگاههای کوچک را می توان در سیستم‌های آزمون بسیار بزرگ، برای آزمایش تولید انبوه یک و یا چند فرآورده به کار گرفت.

کیفیت بازرسی

هنگامی که از روشهای آزمون غیرمخرب مواد استفاده می کنیم، کنترل‌های انجام گرفته در ارتباط با فرآیند باید با دقت و به نحوی انجام گیرند که گذشته از اطلاعات کیفی، داده‌های کمی دقیق و قابل استفاده را نیز ارائه نمایند. اساساً اگر روش غیرمخرب به مورد (به جا) به کار گرفته نشود، می تواند به قضاوت‌های بسیار نادرستی در خصوص کیفیت منجر گردد.

لازم است خطرناکترین نوع شکست ممکن در قطعه مشخص شده و با توجه به آن، نوع و اندازه‌های جدی عیوبی که پتانسیل (قابلیت) خطرزایی دارند نیز تعیین

1. Eddy current.
3. Compact.

2. Routine.

شود. این کار در مرحله نخست از وظایف طراح محصول به حساب می آید، و اوست که باید عیوب غیرقابل قبول را تعیین کرده و رهنمودهای لازم در خصوص روش بازرسی مناسب را نیز ارائه دهد.

به کارگیری روشهای آزمونی که قابلیت آشکارسازی عیوب بسیار کوچک را داشته باشند در همه موارد ضرورتی ندارد. مثلاً در یک قطعه ریختگی چدن خاکستری، هر کدام از پولکهای گرافیتی^۱ یک ناپیوستگی است و عیب با همان اندازه (به اندازه یک پولک گرافیتی)، اگرچه در مثلاً یک قطعه آلومینیومی آهنگری شده ممکن است بسیار مهم (خطرناک) بوده و روش بازرسی حساسی را طلب کند، ولی اگر روش اخیر را برای قطعه چدنی به کار بریم اغلب پولکهای گرافیتی نیز مشخص شده و مجموعه اطلاعات حاصل از بازرسی عیوب بزرگتر و خطرناک را می تواند لاپوشانی کند، از این رو است که برای بهره گیری موفقیت آمیز از آزمایش غیرمخرب باید نوع آزمون و روش اعمال آن با اهداف بازرسی و همچنین نوع عیوبی که به دنبالشان هستیم تناسب داشته باشد؛ اپراتور دستگاه نیز باید از تجربه و آموزش کافی برخوردار بوده و نهایتاً، استانداردهای لازم برای تعریف انواع عیوب ناخواسته قطعه (محصول) مناسب و به جا انتخاب شوند.

رعایت نکردن هر یک از این پیش نیازهای یادشده می تواند آشکارسازی و بررسی عیوب را با خطا همراه سازد. این مسأله - بخصوص - اگر به معنی ناتوانی روش بازرسی از ثبت عیوبی باشد که عملکرد محصول را زایل می کنند، از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. با بکارگیری استانداردهای نامناسب عیوب نامؤثر در عملکرد محصول می توانند جدی (خطرناک) به حساب آیند، به همان نحوی که عیوب خطرناک نیز ممکن است از دید ابزار آشکارسازی پنهان شوند.

درجه اعتماد در عیب یابی

در کارهای طراحی متداول، از تقسیم کردن اندازه مشخصی از تنش گواه^۲ بریک ضریب اطمینان مناسب، به تنش طراحی^۳ دست می یابیم که معرف ماده مورد

1. Graphite flake.

2. Proof stress.

3. Design stress.

استفاده در تولید قطعه می‌باشد. طراحی قطعه با توجه به مکانیک شکست^۱، وجود عیب در قطعه پیش از کاربرد و در حین کار را نیز مورد توجه قرار داده و سعی می‌کند تأثیر اینگونه عیوب را بر یکپارچگی قطعه به صورت کمی، مشخص نماید. این علم ظرفیت و طعاب ساختاری بحرانی^۲ در مقابله با رشد سریع ترک را بررسی کرده و با مددگیری از ضریب شدت تنش بحرانی^۳ یا چقرمگی شکست^۴ و بزرگترین ترک قابل قبول در هر مقطع خاص قطعه، قطعات را در ارتباط با مشخصه‌های خاص آنها شناسایی می‌کند. به علاوه، آتمسفر کار قطعات نیز در این بررسی کمی مورد توجه قرار می‌گیرد.

درجه اعتماد هرآزمون غیرمخرب شاخصی است از قابلیت آن در آشکارسازی عیوب با نوع، شکل و اندازه معین؛ و پس از خاتمه بازرسی می‌توان احتمال عاری بودن قطعه از عیوب دارای نوع، شکل و اندازه مشخص را برآورد نمود. هرچه این احتمال بالاتر باشد، درجه اعتماد تکنیک بازرسی نیز بیشتر خواهد بود. البته باید توجه داشت که بازرسی‌های غیرمخرب اغلب به وسیله انسان انجام می‌شود و هیچ دو نفری هم نمی‌توانند یک کار تکراری را به طور کاملاً یکسان انجام دهند؛ این عامل (خطا) را نیز باید در محاسبه درجه اعتبار تکنیک به حساب آورده و مطمئن‌ترین تصمیم قبول یا رد را با توجه به داده‌های آماری تخمین زد.

نقش آزمون غیرمخرب آن است که با درجه قابل قبولی از اطمینان ما را از عدم حضور ترکهای متناظر با اندازه بحرانی برای شکست در قطعه در هنگام کار آن، تحت بار طراحی، مطمئن نماید. همچنین ممکن است تضمین عاری بودن قطعه از ترکهای کوچکتر از اندازه بحرانی هم ضرورت پیدا کند. رشد ترکهای در حد پایین‌تر از اندازه بحرانی مجاز می‌باشد، به خصوص قطعاتی که تحت بارهای خستگی و یا در محیط‌های خورنده قرار می‌گیرند قادرند پیش از شکست تا عمر مفید حداقلی که تعیین می‌گردد مورد استفاده قرار گیرند. در برخی موارد، بازرسی تواتری^۵ در حین کار و یا آشکارسازی به منظور وقوف از نرسیدن ترکها به اندازه بحرانی نیز

1. Fracture mechanics.

2. Critical structural component.

3. Critical stress intensity factor.

4. Fracture toughness.

5. Periodic inspection.

ممکن است ضرورت پیدا کند. به کارگیری مفاهیم مکانیک شکست، در طراحی، قابلیت روشهای مختلف بازرسی غیرمخرب برای آشکارسازی کوچکترین ترکها را افزایش می دهد. تفاضل بین اندازه بحرانی و کوچکترین اندازه قابل تشخیص، در هر حال، درجه اعتماد در بازرسی را تعیین می نماید.

در هر برنامه بازرسی مشخص، بسیاری از نشانه های وجود عیوب دال بوجود عیب در قطعه نبوده، و بنابراین احتمال تعیین قطعه بدون عیب های با اندازه محسوس کاهش می یابد. در عین حال هنگامی که با آزمون قطعات بحرانی^۱ سرو کار داریم، لازم است در جهت پیدا کردن تعداد هر چه بیشتر عیوب کوشش کنیم. در این گونه موارد بهتر است تمام نشانه های عیوب را به عنوان عیوب واقعی به حساب آوریم، زیرا قبول عیب و رد کردن قطعه به خاطر نقایص مجازی، بهتر از فراهم آوردن شانس شکست فاجعه بار آن در حین کار می باشد.

بدون شک مهندسی که از مفاهیم مکانیک شکست استفاده می کند، در خصوص اندازه بزرگترین عیب قابل صرف نظر در بازرسی نیز کنجکاو خواهد بود. انتخاب روش بازرسی عمدتاً با توجه به این مسأله تعیین شده و جملگی پارامترهای دیگر نقش ثانوی دارند. مثلاً بازرسی فراصوتی قطعات فولادی برای ترکهای خستگی^۲ بسیار ساده می باشد؛ ولی اگر منظور تعیین ترکهای به طول در حدود $1/5$ میلیمتر باشد این شیوه با روش بازرسی به کمک جریانهای گردابی جایگزین خواهد شد، زیرا احتمال آشکارسازی این ترکها با روش فراصوتی ۵۰ درصد و با روش ثانوی ۸۰ درصد می باشد.

مزایای آزمونهای غیرمخرب

یکی از مزایای روشن و بارز استفاده از آزمونهای غیرمخرب، آشکارسازی عیوبی است که عدم شناسایی آنها می تواند شکست فاجعه بار قطعه و نتیجتاً زیانهای مالی و احتمالاً جانی بسیار زیادی به بار آورد. البته به کارگیری این روشهای بازرسی به دلایل دیگر نیز سودمند می باشد.

اگرچه انجام بازرسی غیرمخرب هزینه‌هایی را در بر دارد، ولی در اغلب موارد به‌کارگیری مؤثر تکنیکهای مناسب، صرفه‌جویی‌های اقتصادی بسیار قابل ملاحظه‌ای را به‌دنبال خواهد داشت. نه تنها نوع بازرسی بلکه مرحله و زمان به‌کارگیری آن نیز حائز اهمیت است، به‌طوری‌که مثلاً به‌کار بردن آزمونهای غیر مخرب برای بازرسی قطعات کوچک آهنگری و ریخته‌گری پس از انجام ماشین‌کاریهای لازم می‌تواند کاملاً بی‌نتیجه باشد. در این‌گونه موارد بهتر است فرآورده مورد نظر پیش از انجام ماشین‌کاری‌های پر هزینه آزمایش شده و قطعات دارای عیوب ناپذیرفتنی برگشت داده شود. البته باید توجه داشت که جملگی عیوب قطعه، در این مرحله، دلیل بر مردود شدن آن نبوده و برخی ناپیوستگی‌های سطحی ممکن است در مرحله ماشین‌کاری حذف شود.

هرچند بازرسی و کنترل کیفیت مؤثر می‌تواند صرفه‌جویی‌هایی را به‌همراه داشته و از وقوع شکست‌های فاجعه‌بار قطعات در حین کار جلوگیری کند، ولی باید توجه داشته باشیم که بکارگیری روشهای متعدد و یا بسیار حساس، اتلاف وقت و سرمایه را به‌همراه داشته و باعث بهبود عملکرد و اطمینان از بی‌عیبی نمی‌شود. دستیابی به درجه کمال صد در صد در یک فرآورده غیرممکن و سعی در نزدیکی به‌آیداهال نیز ممکن است بسیار هزینه‌زا باشد.

روشهای اصلی آزمون غیرمخرب، در فصول بعدی مورد بحث و بررسی قرار خواهند گرفت.

مقدمه:

امروزه، سیستم‌های بازرسی جزو مهمترین ارکان همگام یافراایندهای تولید محسوب میشوند. و از آنجائیکه دقت در حسن انجام کلیه عوامل موثر بر بازرسی، دست‌یابی به کیفیت مورد انتظار (مشتری) را تضمین می‌کند، به آن توجه زیادی می‌شود.

اگر بطور کلی فرآیندهای بازرسی را به دو دسته مخرب (DT) و غیر مخرب (NDT) تقسیم بندی نمائیم می‌توان تعاریف ذیل را ارائه نمود:

بازرسی یا تست‌های مخرب (Destructive Testing):

به تست‌هایی گفته می‌شود که جهت حصول نتایج مرتبط با آن آزمایش، لازم است که ساختمان داخلی یا ظاهری نمونه یا قطعه تخریب شود و در صورتیکه نمونه‌های تهیه شده جهت آزمایش از قطعه تمام شده و نهائی تهیه شود، می‌تواند منجر به اسقاط قطعه می‌شود.

از جمله این آزمایشات می‌توان به آزمایش کشش، فشار، پیچش و خمش اشاره نمود.

بازرسی یا تست‌های غیر مخرب (NonDestructive Testing):

همانطور که از نام آن پیداست به آزمایشاتی گفته می‌شود که بدون هیچگونه تخریب کلی در ساختمان ظاهری و داخلی قطعه یا ماده تحت تست، می‌توان از سلامت آن تا حد قابل قبولی اطمینان و اطلاع حاصل نمود.

اصول و مبنای این آزمایشات، عمدتاً بر پایه علم فیزیک بنا نهاده شده و در کنار آن از تجهیزات الکتریکی و مواد شیمیایی نیز بهره گرفته می‌شود. و این خود محدودیت ذاتی این روش‌ها را در آشکار سازی همه عیوب نمایان می‌کند.

از مهمترین این آزمایشات که بطور عمده در صنایع فلزی و ماشین سازی، صنایع سنگین، صنایع نظامی و هواپیمایی و صنایع نیروگاهی استفاده می‌شود، می‌توان از بازرسی چشمی (VT) تست التراسونیک (UT)، رادیوگرافی (RT)، ذرات مغناطیسی (MT) مایع نافذ (PT) و جریان گردابی (ET) نام برد که در تمام مراحل ساخت قطعه می‌تواند کاربرد داشته باشد.

آموزش پرسنل:

با توجه به اهمیت تست‌های غیر مخرب، لازم است که شخص آزمایشگر از تجربه و دانش کافی تئوری و

عملی برخوردار باشد و در این راستا، برنامه‌های آموزشی طبق استانداردهای معتبر مانند **PCN**، **ISO** و **ASNT** تدوین شده که در نهایت بعد از موفقیت افراد در آزمونهای این دوره‌ها، گواهینامه‌های معتبر جهت آنها صادر می‌گردد.

در حال حاضر توصیه‌های استاندارد که توسط انجمن تست‌های غیر مخرب امریکا (**ASNT-TC.1A**) تهیه شده، جهت آموزش پرسنل رایج تر می‌باشد.

روشهای تست و معیارهای پذیرش:

جهت انجام تست و ارزیابی نتایج آن، لازم است که ابتدا دستورالعمل‌هایی مدون گردد که به این منظور می‌توان از استانداردهای معتبر مانند **Din**، **ASTM**، **AWS**، **ASME** و یا مشخصات فنی ارائه شده توسط مشتری (**Spec**) استفاده گردد. عموماً توصیه می‌شود که استاندارد طراحی، ساخت و بازرسی یکسان باشد.

انتخاب روش تست غیر مخرب:

از پارامترهای مهم که در انتخاب روشهای تست دخیل اند می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

- موقعیت عیب از لحاظ سطحی یا عمقی بودن، شکل، جهت و ماهیت آن.

- صحامت (یا قطر) و جنس قطعه

- نوع فرآیند تولید قطعه

- محدودیت‌های روش تست

- نصر استاندارد، واحد طراحی یا **Spec** مشتری

- هزینه انجام تست از لحاظ اقتصادی

- امکانات در دسترس و موجود

محل قرار گرفتن عیب: آزمونهای غیر مخرب را می‌توان بر مبنای قابلیت آشکارسازی عیوب

در موقعیت‌های مختلف سطحی و زیرسطحی (عمقی) تقسیم‌بندی نمود. بطور مثال از تست مایع نافذ

فقط می‌توان جهت آشکارسازی عیوب رسیده به سطح استفاده نمود در حالیکه تست التراسونیک را

می‌توان برای عیب‌یابی سطحی و زیرسطحی بکار برد.

ضخامت و جنس قطعه: بطور مثال، در تست رادیوگرافی با توجه به انرژی پرتو بکار برده شده، محدودیت از لحاظ ضخامت و جنس قطعه وجود دارد بطوریکه بطور معمول و با منابع تابش مورد استفاده در صنایع می‌توان تا ضخامت ۲۰۰ میلی‌متر فولاد را پرتو نگاری کرد در حالیکه بوسیله تست التراسونیک تا ضخامت (قطر) ۵ متر و حتی بیشتر را هم می‌توان بسته به ساختار متالورژیکی ماده و شکل هندسی آن، تست نمود.

نوع فرآیند تولید: آشنایی با روشهای تولید می‌تواند به آزمایشگر کمک نماید تا در انتخاب روش تست و شناخت نوع عیوب احتمالی بوجود آمده موفق‌تر باشد زیرا هر فرآیند تولیدی، نواقص و عیوب خاص خود را دارد که آشکارسازی هر کدام از این عیوب با بکارگیری روشهای مختلف امکان‌پذیر است.

محدودیت‌های روش تست: این محدودیت‌ها عمدتاً به پارامترهایی از قبیل نواقص ذاتی روش در عیب‌یابی، شکل هندسی قطعه، ماهیت شکل و جهت قرار گرفتن عیب و همچنین جنس قطعه و سایر موارد بستگی دارد.

نظر واحد طراحی و یا مشتری: ممکن است که بتوان جهت دست‌یابی به نتایج یکسان و نزدیک، بیش از یک روش را جهت عیب‌یابی؛ تست بکاربرد، ولی استاندارد و یا Spec، به روش خاصی اشاره نماید که لازم است ابتدا آن روش مدنظر قرار گیرد.

هزینه تست: اصولاً هزینه‌های تست باید متناسب با حساسیت و ارزش قطعه برآورد گردد، یعنی مقرون به صرفه نیست که مثلاً برای قطعه‌ای با حساسیت و ارزش کم، از روشی با حساسیت بالا و گران‌قیمت استفاده گردد مگر در شرایط ویژه.

روش‌های مختلف تست غیر مخرب:

بازرسی چشمی (VT): (Visual Test)

این روش، ساده‌ترین بازرسی غیر مخرب محسوب می‌شود. بطوریکه قبل از انجام روش‌های دیگر غیر مخرب باید این بازرسی صورت گیرد.

در بازرسی چشمی تمام مشخصات قطعه و فرآیند تولید با نقشه‌ها و دستورالعمل ساخت مطابقت

داده شده و صماً عیوب و نواقص سطحی و ظاهری که ممکن است با چشم غیر مسلح و یا بوسیله ذره بین رؤیت شوند، بررسی می شود. این روش در تمام مراحل ساخت از قبیل مرحله ابتدائی و خرید مواد خام مراحل میانی و نهائی انجام می گیرد و همچنین قبل از بکار بردن تست های غیر مخرب دیگر، نیاز به آماده سازی سطحی می باشد که در این مرحله صورت می پذیرد.

مراحل و موارد این روش بازرسی در دستورالعمل کیفی (QC-Plan) کاملاً مشخص می شود و همچنین استانداردهایی جهت این تست وجود دارد.

مزایا:

ارمترین مزایای این روش می توان از ارزان بودن و عدم نیاز به تجهیزات گران قیمت و همچنین متکی بودن به تخصص و مهارت خیلی زیاد بازرسی نام برد.

محدودیتها:

بازرسی چشمی نیاز به قدرت دید کافی بازرسی و میزان روشنایی مطلوب محل بازرسی دارد، و همچنین لازم است که بازرسی با فرآیندهای تولید و معایب و نواقص آن آشنایی کامل داشته باشد.

تست مایع یارنگ نافذ (PT) Dye or liquid penetrant testing

این تست روشی مؤثر و حساس جهت آشکارسازی عیوب و ناپیوستگی های کاملاً سطحی (یا رسیده به سطح) همانند ترک و حفرات گازی و برای مواد با سطوح غیر متخلخل محسوب می نمود. شرط اصلی آشکارسازی ناپیوستگی ها و عیوب توسط این روش، رسیدن و بازشدن عیب در سطح می باشد مانند ترکهای خستگی.

دستورالعمل و مراحل انجام تست مایع نافذ:

۱- آماده سازی و تمیزکاری کامل و دقیق سطح تست از وجود هر گونه آلودگی مانند چربیها، گریس، روغن، پیوسته های اکسیری، جرقه های جوش و سایر مواد خارجی و عوامل مزاحم در انجام و ارزیابی نتایج تست. به این منظور از تجهیزات مکانیکی مانند سنگهای فیبری دستی، فرچه سنگ، برس سیمی و یا محلول های تمیزکننده شیمیایی استفاده می گردد.

۲- اعمال ماده نافذ (Penetrant) بر روی سطح تست و گذشت مدت زمانی معین (معمولاً بین ۵ تا ۳۰

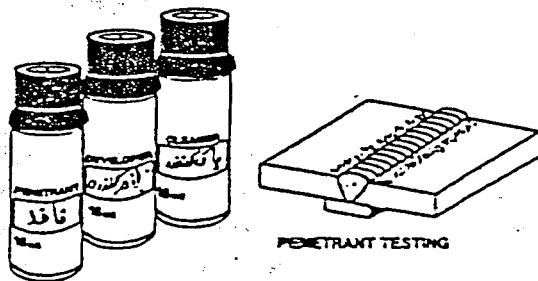
دقیقه) جهت نفوذ ماده بدون ناپیوستگی یا عیب. (dwell time) جهت اعمال ماده نافذ می توان از ابزار

پاشش برقی یا دستی تحت فشار، اسپری و یا برس رنگ استفاده نمود.

۳- پاک کردن ماده نافذ اضافی از روی سطح که به این منظور می توان از آب یا محلول های پاک کننده شیمیایی (solvent) استفاده نمود. در این مرحله باید از پارچه کاملاً تمیز و بدون پرز که توسط آب یا محلول شیمیایی مرطوب شده است استفاده نمود و از اعمال پاک کننده بطور مستقیم بر روی سطح خودداری کرد.

۴- اعمال ماده ظاهر کننده (Developer) بر روی سطح تست بعد از خشک شدن رطوبت آن و گذشت زمان معین (معمولاً بین ۵ تا ۱۵ دقیقه) جهت خشک شدن ظاهر کننده و بیرون کشیدن نافذ از درون ناپیوستگی ها.

۵- بازرسی و ارزیابی نتایج حاصله با استفاده از استاندارد و سپس گزارش نویسی.



عموماً ماده نافذ بدو نوع رایج و اصلی در دسترس می باشد:

- نافذ قابل دید در نور معمولی (Visible dye)

- نافذ فلوروسنت (Fluorescent) که قابل دید تحت نور ماوراءبنفش می باشد.

این مواد را می توان از نظر دیگر هم دسته بندی نمود:

- نافذ قابل شستشو با آب (Water washable)

- نافذ قابل شستشو با حلال (Solvent Remove)

در صورتیکه از نافذ فلوروسنت استفاده شود، بازرسی باید تحت نور ماوراءبنفش (Black light) که توسط لامپ U.V (Ultraviolet) تولید می شود انجام گیرد و علائم عیوب تنها در معرض این نور آشکار می شوند. حتی توصیه می شود که برای نافذ فلوروسنت، عملیات پاک کردن نافذ اضافی نیز تحت این نور صورت پذیرد.

روش های اعمال نافذ بر روی سطح قطعه تست را می توان بوسیله تکنیک های غوطه وری و شناورسازی

قطعه در مخزن نافذ، استفاده از فرچه یا برس رنگ و یا اسپری انجام داد.
جهت تست قطعات حساس مانند جوش‌های تحت فشار، توصیه می‌شود که از نافذ فلورسنت استفاده شود چون چشم انسان، علائم حاصل از ناپیوستگی و عیوب ریز را تحت این شرایط یا دقت و حساسیت بیشتری مشاهده می‌کند.

موارد استفاده:

این روش جهت تست قطعات با جنس و خواص متفاوت صورت می‌پذیرد که کاربرد مهم آن در آزمایش مواد با خاصیت غیر مغناطیسی مانند آلومینیوم، منیزیم و فولادهای ضد زنگ آستنیتی که امکان تست ذرات مغناطیسی (MT) در آنها وجود ندارد، تجلی می‌کند.

مزایا:

ارزان بودن و سرعت انجام تست و دستیابی به نتایج آن از مهمترین مزایای این روش محسوب می‌شود. همچنین ساده بودن روش و یادگیری آسان آن از فوائد دیگر این روش است. اگر مراحل تست بدرستی و با دقت رعایت شود، نتایج دقیق و قابل قبولی را در برخواهد داشت.

محدودیت‌ها:

مهمترین محدودیت این روش این است که از این تست فقط می‌توان برای آشکارسازی عیوب رسیده و باز شده در سطح استفاده نمود. همچنین این روش بطور معمول جهت مواد با سطح متخلخل مفید نمی‌باشد.

وجود هرگونه آلودگی و مواد خارجی در سطح قطعه می‌تواند در کسب نتایج دقیق، اختلال ایجاد کند چون ممکن است از نفوذ ماده نافذ بدرون ناپیوستگی خودداری کند. همچنین ممکن است ماده نافذ اثر خوردگی سطحی داشته باشد. بروز علائم اشتباه برانگیز (False indication) نیز می‌تواند بازرس را در امر ارزیابی علائم، دچار خطا کند. یکی از دلایل مهم بروز این علائم می‌تواند دقیق تمیز نکردن سطح تست و همچنین پاک نکردن کامل نافذ اضافی باشد.

تفسیر علائم آشکار شده:

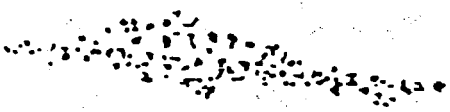

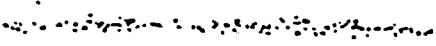
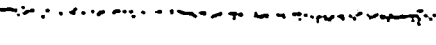
یکی از نکات مهمی که شخص بازرس یا آزمایشگر باید بدان توجه کند عدم کاهش زمان‌های توصیه شده در مراحل مختلف تست می‌باشد. عدم رعایت مورد فوق می‌تواند منجر به عدم آشکارسازی یا استتار

علائم عیب شود و یا اینکه تشکیل علائمی نامربوط که شبیه علائم عیب بوده ولی منشا از عیب نیست، شود (Non relevant indications).
 باید توجه داشت که ترک های ظریف، در زمان طولانی تری نافذ را جذب کرده و همچنین توسط ظاهر کننده، بیرون کشیده می شود.

عدم شستشوی دقیق نافذ می تواند منجر به بروز علائم نامربوط شود حتی پرزهای پارچه نیز می تواند علائمی شبیه عیب را ایجاد کند.

علائمی که بعد از چندبار تمیز کردن و تست مجدد، ظاهر شوند را می توان بعنوان ناپیوستگی سطحی در نظر گرفت. باید دقت کرد که از اعمال ماده پاک کننده (آب یا حلال) بطور مستقیم بر روی سطح تست خودداری نمود زیرا ممکن است که نافذ از درون ناپیوستگی بیرون کشیده شود و بعد از اعمال ماده ظاهر

کننده، علائمی از عیب رؤیت نشود.

IF YOU SEE:	INDICATION	YOU HAVE:
		
A CONCENTRATION OF RED SPOTS		PITS AND POROSITY
		
A CONTINUOUS STREAK WHICH BLEEDS UP RAPIDLY		LARGE CRACK OR OPENING
		
A BROKEN LINE OF DOTS WHICH TAKES SEVERAL MINUTES TO COME UP		CRACK OR COLD SHUT
		
A SERIES OF RED DOTS FORMING AN IRREGULAR LINE		FATIGUE CRACK, PARTIAL WELD OR LAP

عفرات مازی

ترک بزرگ

ترک

ترک خفگی یا جوش نامعی

Mag .netic Particles Testing

تست ذرات مغناطیسی (MT)

از این روش جهت آشکار سازی عیوب سطحی و نزدیک به سطح و در مواد مغناطیس شونده (فرومغناطیس) استفاده می گردد. در این تکنیک با ایجاد میدان مغناطیسی در ماده توسط تجهیزاتی بنام پراد (prod)، یوک (yoke)، سیم پیچ (coil) و کابل و... می توان ناپیوستگی ها و عیوبی را که منجر به

نشت و آشفته‌گی در خطوط میدان جاری در ماده شده‌اند را بوسیله پاشش ذرات مغناطیسی مانند پودر آهن، آشکار نمود.

پودر آهن مورد استفاده می‌تواند بصورت خشک یا تر (معلق در مایع) استفاده شود.

برخی از ذرات مورد استفاده ممکن است که دارای پوشش رنگی و به جهت رؤیت بهتر در نور معمولی بکار برده شوند و یا اینکه آغشته به پوشش با خاصیت فلورسنت باشند که در اینصورت حساسیت عیب یابی بیشتر می‌شود. بطور کلی در انتخاب نوع ذرات باید شرایط سطح قطعه، نوع عیوب، نوع جریان مغناطیس کننده و همچنین حساسیت تست را در نظر داشت.

مواد و یا اجزاء تست مانند قطعه کار را می‌توان بوسیله عبور دادن جریان الکتریکی از آن و یا قرار دادن آن در میدان مغناطیسی، مغناطیس نمود.

بطور کلی در صورتیکه خطوط میدان جاری در ماده عمود بر سطح عیب باشند، ایده‌آل‌ترین شرایط برای آشکار سازی عیب فراهم می‌شود و هر چه از حالت عمود خارج شود، وضوح علائم تشکیل شده کمتر می‌شود.

جریان‌های الکتریکی مورد استفاده جهت تولید میدان مغناطیسی، می‌تواند جریان مستقیم (DC)، جریان متناوب (AC) و یا جریان نیمه موج یکپه شده مستقیم (HWDC) باشند. جریان متناوب (AC) (مخصوصاً به همراه مواد تر) از حساسیت بالایی جهت آشکار سازی عیوب سطحی برخوردارند و همچنین باعث تحرک ذرات مغناطیسی با روش فدق، حساسیت تست در قطعات با سطوح زبر و ناصاف افزایش می‌یابد. استفاده از جریان مستقیم (DC)، روش مناسب جهت آشکار سازی عیوب زیر سطحی می‌باشد ولی جهت آشکار سازی عیوب سطحی از حساسیت کمتری برخوردار است. جریان یکپه شده مستقیم (HWDC) نیز که ترکیبی از جریان مستقیم و متناوب می‌باشد و لذا دارای هر دو خاصیت تحرک خوب ذرات و نفوذ میدان مغناطیسی به زیر سطح را دارا می‌باشد و مخصوصاً وقتی به همراه ذرات خشک استفاده شود، روشی مناسب جهت آشکار سازی عیوب نزدیک به سطح محسوب می‌شود.

موارد کاربرد:

از این روش می‌توان برای تست همه مواد که دارای خاصیت مغناطیس شوندگی هستند استفاده نمود. این تست در مورد اتصالات جوشکاری شده، لبه پخ خورده و آماده سازی شده ورقها قبل از جوش کاری، قطعات آهنگری و ریختهگری استفاده نمود. در این روش می‌توان ناپیوستگی‌های زیر را آشکار نمود:

- ترکیبای سطحی از هر نوع

- دولایگی (lamination) ورقبای پخ خورده (جهت جوشکاری)

- ذوب ناقص جوش اگر سطحی یا زیر سطحی باشند.

- شیار و بریدگی سطحی کنار جوش (undercut)

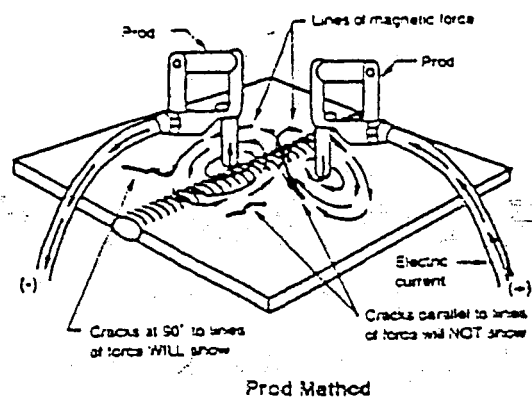
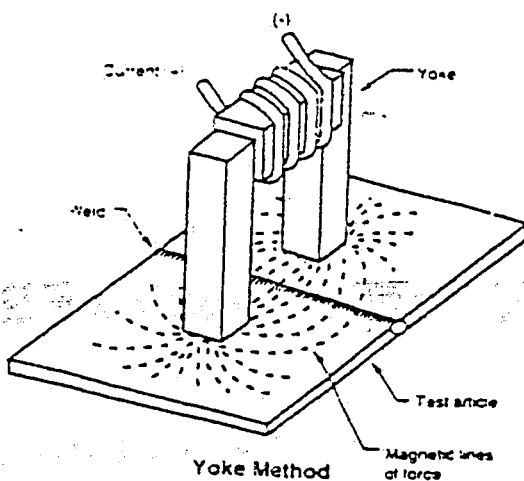
- ترکیبای نزدیک به سطوح

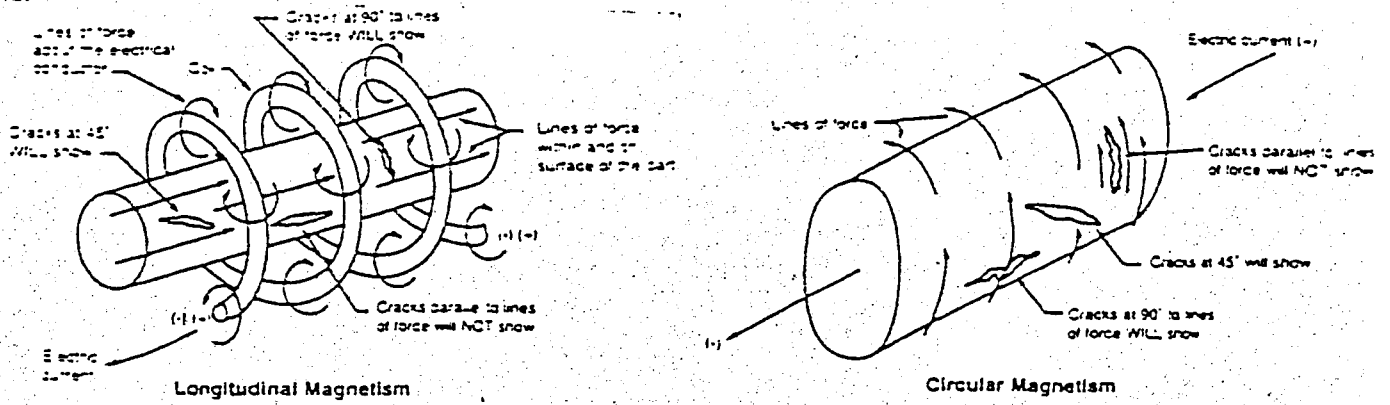
- سایر عیوب سطحی و نزدیک به سطوح مانند حفره‌ها، ناخالصی‌ها، ...

مزایا:

تجهیزات اصلی این روش نسبتاً ساده می‌باشد. با این ابزار می‌توان میدان مغناطیسی را با قدرت و جهتی مناسب و دلخواه و بطور مستقیم یا غیر مستقیم در قطعه ایجاد نمود. تمام پارامترهای متغیر در این روش از قبیل شدت جریان، ولتاژ، جهت میدان و... را می‌توان اندازه‌گیری نمود زیرا بطور مثال با افزایش شدت جریان، قدرت میدان مغناطیسی نیز زیاد می‌شود و همچنین همواره جهت خطوط میدان و جریان بر هم عمودند.

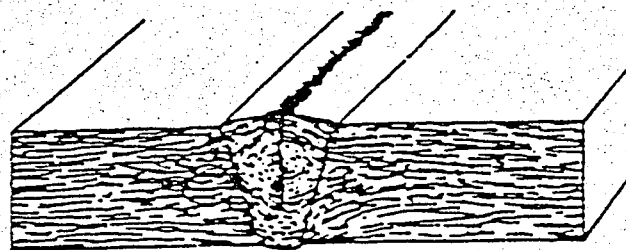
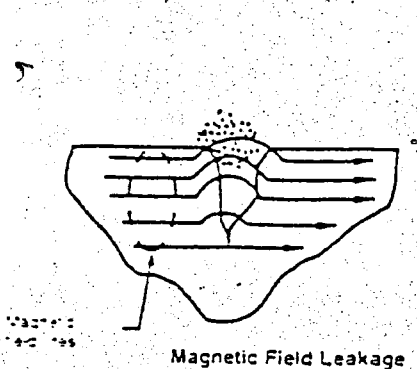
در مقایسه با تست مایع نافذ، این روش دارای فواید بیشتری است. بطور مثال، با این تکنیک می‌توان ناپیوستگی‌ها و عیوب سطحی و زیر سطحی را آشکار نمود و همچنین عیوب سطحی نیز اگر توسط مواد دیگری پر شده باشند (مثلاً ترک‌هایی که با گرد و غبار کربن، سرباره و یا سایر آلودگی‌ها پر شده‌اند) را نیز آشکار نمود و حتی سطوح زیر پوشش‌های با شرایط خاص نیز امکان تست بدین روش را دارا هستند. این روش از سرعت بیشتر و هزینه کمتری نسبت به تست مایع نافذ برخوردار است و ضمناً شرایط آماده‌سازی سطحی آن نیاز به دقت خیلی زیاد ندارد (نسبت به تست مایع نافذ).



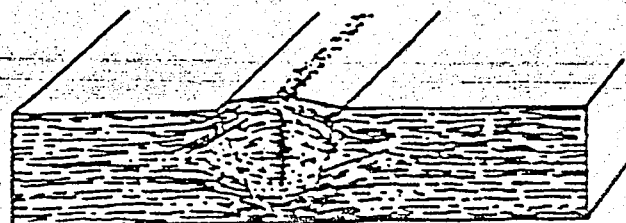


محدودیت‌ها:

محدودیت اصلی این روش این است که فقط می‌تواند جهت مواد فرومغناطیس یا مغناطیس شوند مانند اکثر فولادها، نیکل و کبالت بکار برده شود و برای موادی مانند آلومینیوم، منیزیم، یا فولادهای ضد زنگ آستینتی کاربرد ندارد. همچنین فقط قادر است که تحت شرایط خاص، ماکزیمم در عمق تقریبی ۶ میلی متر از زیر سطح ماده را تست کند. در این روش نیز وجود علائم نامربوط که مثلاً ناشی از اختلاف جنس از نظر خواص مغناطیسی و همچنین سخت یا نرم بودن ماده از لحاظ مغناطیسی می‌باشد، بازرسی را می‌تواند دچار خطا کند. همچنین قدرت آشکارسازی عیب زمانی افزایش می‌یابد که جهت خطوط میدان عمود و یا نزدیک به عمود بر جهت قرار گرفتن عیب باشد و به این منظور توصیه می‌شود که تست M.I.T را حتی الامکان از دو جهت عمود بر هم انجام داد تا عیوب احتمالی با هر جهتی که باشند آشکار شوند. با استفاده از روش میدان‌های چرخان (Rotary field) که هم زمان در قطعه میدان طولی (با استفاده از جریان دایروی) و میدان دایروی (با استفاده از جریان طولی) ایجاد می‌شود میتوان عیوب را با هر جهتی آشکار کرد. به این روش Multi directional هم گفته می‌شود.



SURFACE CRACKS GIVE POWDER PATTERNS THAT ARE SHARPLY DEFINED, TIGHTLY HELD, AND USUALLY BUILT UP HEAVILY. THE DEEPER THE CRACK, THE HEAVIER THE BUILD-UP OF POWDER.



SUBSURFACE CRACKS PRODUCE A LESS SHARPLY DEFINED, FUZZY PATTERN. THE POWDER IS ALSO LESS TIGHTLY ADHERENT.

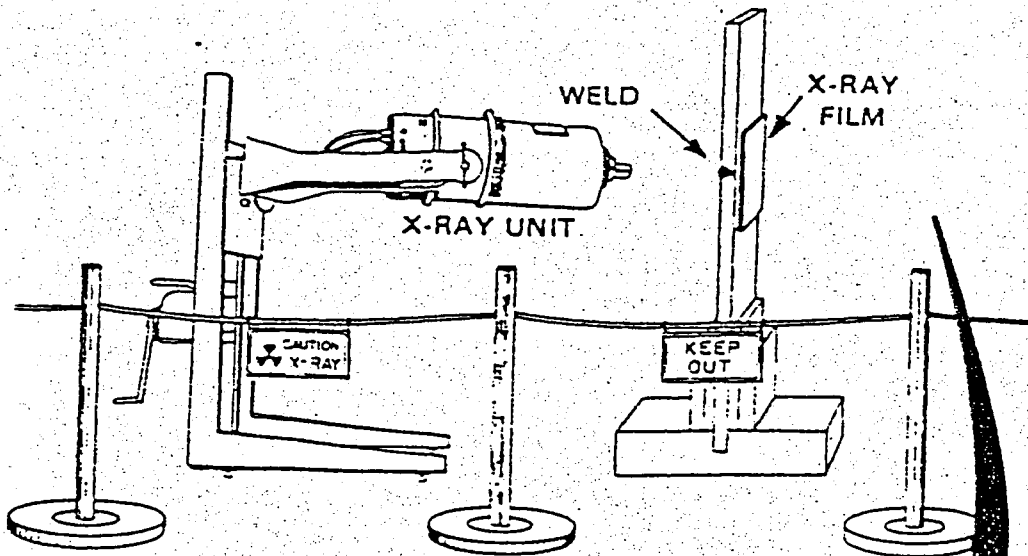
تست رادیوگرافی (RT)

Radiographic Testing

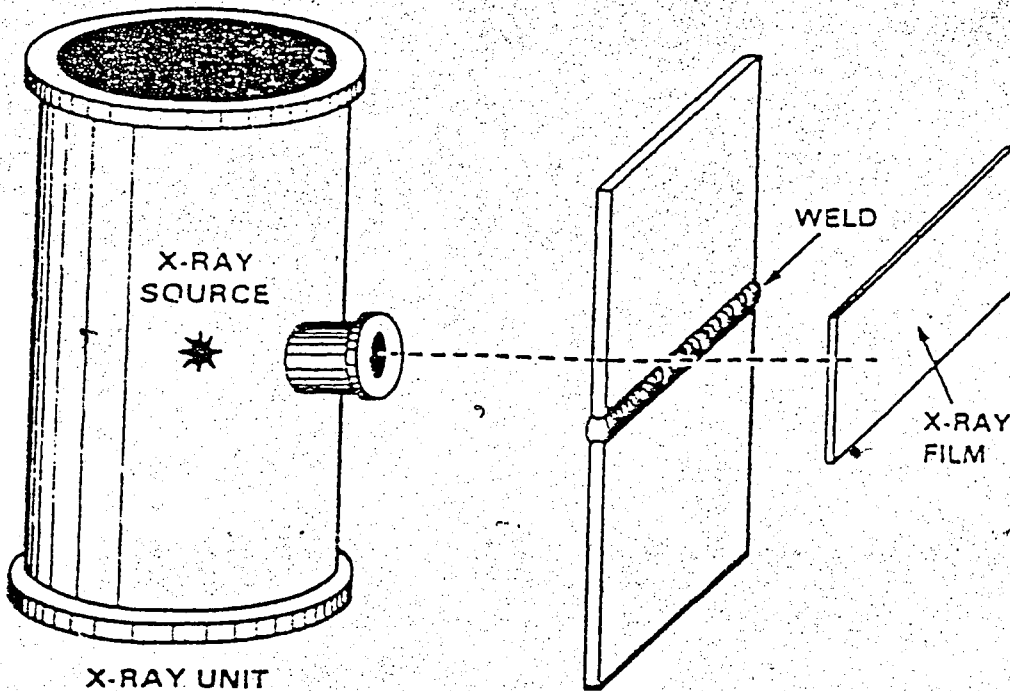
اساس این روش شبیه پرتونگاری در پزشکی (رادیولوژی) می باشد. از این تست برای همه نوع مواد می توان استفاده نمود ولی شرایط تست با توجه به شکل هندسی قطعه، ضخامت آن و سطوح قابل دسترسی تعیین می گردد. بطور کلی هر قطعه ای را می توان رادیوگرافی نمود ولی عدم دسترسی مناسب به محل تست و همچنین ضخامت زیاد آن و نوع منبع تابش دهنده می تواند کیفیت پرتونگاری صورت گرفته را متاثر کند و این موارد باید در بکاربری این روش مد نظر قرار گیرد.

در رادیوگرافی بوسیله پرتوهای یونیزه کننده ایکس یا گاما، پرتوی تابش شده از ماده تست عبور کرده و به فیلم یا آشکارگر مخصوص برخورد می کند و تصویری از محل عبور کرده پرتو بر روی فیلم یا آشکارگر تشکیل می شود. آنچه که می تواند موجب تشخیص عیب شود، دانسیته (تاریکی) تصویر آن می باشد که با دانسته تصویر ماده سالم فرق می کند. بطور مثال، دانسیته تصویر ترک، ذوب ناقص جوش یا حفرات گازی بعلت وجود هوا در آنها بیشتر از دانسیته مواد جامد می باشد. بطور کلی تفاوت در دانسیته مواد می تواند موجب اختلاف در مقدار جذب پرتو، توسط ماده عبوری شده و نهایتاً منجر به اختلاف دانسیته نوری در روی فیلم پرتو دیده می شود.

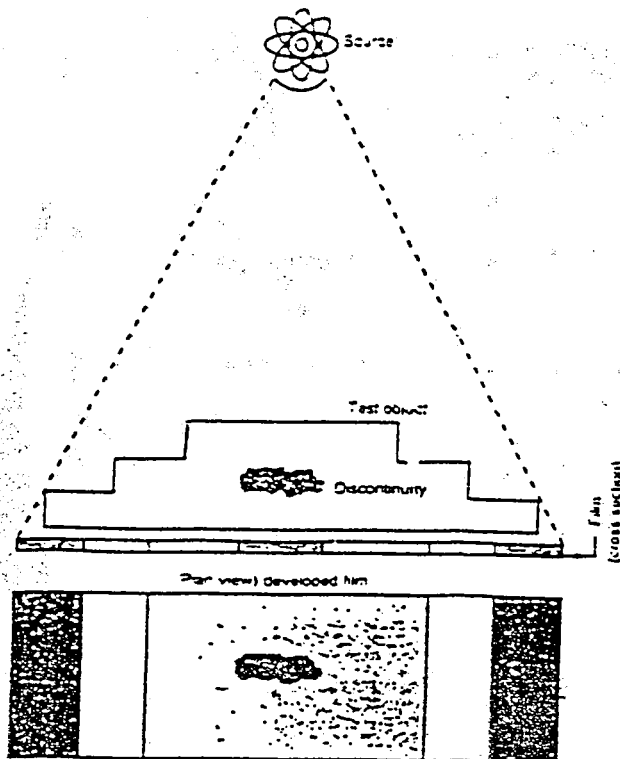
دانسیته مواد نیز می تواند بر روی دانسیته تصویر تشکیل شده بر روی فیلم اثر بگذارد بطوریکه هر چه ماده عبور دهنده پرتو، پر دانسیته تر باشد، میزان جذب پرتو توسط آن بیشتر شده و لذا پرتوی عبوری از آن کمتر می شود، که نتیجه حاصل تشکیل تصویر با دانسیته کمتر (یعنی سفیدتر یا روشن تر) می باشد. بطور مثال، تنگستن از فولاد یا آلومینیوم پر دانسیته تر است و لذا تصویر آن با دانسیته کمتر (روشن تر) آشکار می شود. همچنین هرچه ضخامت ماده تست بیشتر باشد، میزان پرتو عبور کرده از آن ماده کاهش یافته و نتیجتاً دانسیته تصویر آن کاسته می شود یعنی فیلم روشن تر می شود. انتخاب چشمه یا منبع تابش مناسب (از لحاظ میزان انرژی آن) جهت قطعات با ضخامت های مختلف، در کیفیت تصویر شکل گرفته بسیار مهم است. بطور مثال اگر انرژی پرتو تابش شده خیلی زیاد یا کم باشد، از تباین (contrast) و



RADIOGRAPHIC TESTING (RT)



قدرت ریز بینی، و وضوح تصویر تشکیل شده کاسته می شود. بطور کلی هر چه فاصله ضخیمتر باشد نیز است که از پرتوی با انرژی بیشتری استفاده گردد ولی در این حالت کیفیت تصویر هم کاهش می یابد. فیلم رادیوگرافی بعد از مرحله تابش، فرآوری می شود یعنی در معرض ماده ظهور و ثبوت قرار گرفته و تصویری دائمی در فیلم تابش خورده تشکیل می شود. سپس فیلم فرآوری شده باید توسط بازرس (مفسر) با



تجربه و بوسیله صفحاتی که پشت آنها منابع تولید نور بسیار قوی وجود دارد (viewer) بررسی و تفسیر می شود. میزان شدت نور در این وسیله قابل تنظیم است. ابزاری به نام دانسیتومتر (دانسیته سنج) وجود دارد که بوسیله آن می توان دانسیته نوری نقاط مختلف تصویر تشکیل شده در روی فیلم را اندازه گیری کرد. میزان حساسیت پرتونگاری و تصویر حاصل شده در روی فیلم را بوسیله ابزاری بنام شاخص کیفیت تصویر یا نفوذ سنج (I.Q.I) اندازه گیری می کنند و به این منظور از نفوذسنج هایی با جنس مشابه قطعه تست که در محل مناسب قرار داده شده (معمولاً به سمت چشمه تابش) استفاده می نمایند. این شاخص ها در انواع سوراخ دار (Hole Type) پله ای یا سیمی (Wire type) در دسترس هستند. ضخامت شاخص یا قطر سیم های آن بر مبنای ضخامت قطعه تست و میزان حساسیت مطلوب تعیین می گردد. در نوع سوراخ دار بر مبنای اینکه کدامیک از سوراخهای با قطر معلوم در تصویر آشکار شده، می توان حساسیت را تعیین کرد. همچنین در نوع سیمی نیز قطر نازک ترین سیم قابل رؤیت در فیلم رادیوگرافی تعیین کننده میزان حساسیت می باشد.

مزایا:

در تست رادیوگرافی می توان ناپیوستگی های زیر را آشکار نمود:

- بریدگی های کنار جوش، نفوذ ناقص جوش، گرده اضافی جوش، عدم پر شدگی کامل جوش، حفرات گازی، ترکها و سایر عیوب سطحی.

- سایر عیوب زیر سطحی و یا عیوب فوق وقتی در عمق قطعه قرار گرفته باشند

- بطور کلی بهترین شرایط برای آشکار سازی عیب در رادیوگرافی وقتی است که بلندترین بعد عیب

موازی با جهت انتشار پرتو باشد.

و ضمناً از مزایای مهم این روش امکان ثبت علائم و نتایج تست بطور دائمی می باشد که این کار بطور مثال بوسیله فیلم صورت می گیرد.

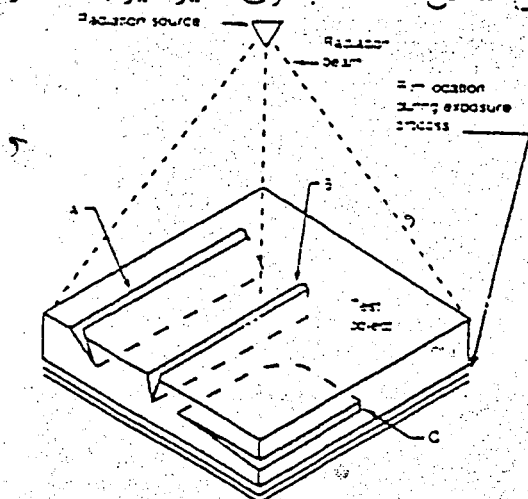
محدودیت ها:

روش رادیوگرافی از لحاظ اقتصادی جزو روشهای گران قیمت غیر مخرب محسوب می شود.

همچنین عیوبی که توسط این روش آشکار می شوند بایستی که حتماً در امتداد موازی یا غیر عمود بر جهت تابش پرتو قرار گیرند.

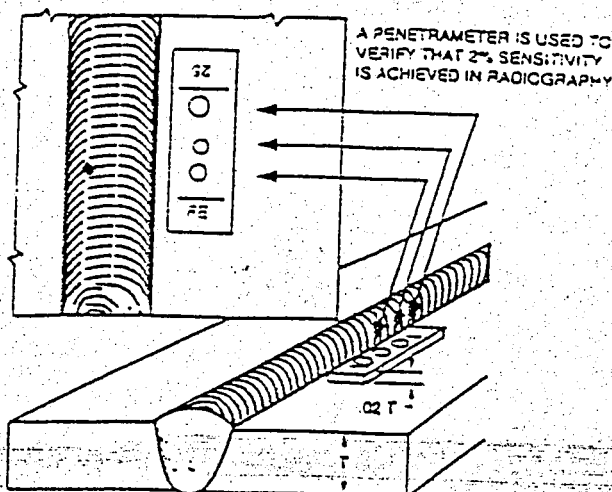
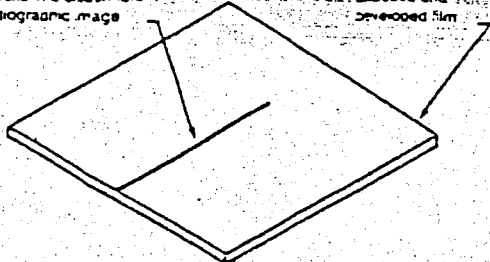
عیوبی مانند ناخالصی ها، سرباره ها و حفرات را بوسیله این روش براحتی می توان آشکار نمود چون معمولاً در امتداد موازی پرتاب قرار می گیرند ولی ترکها توسط این روش ممکن است که بخوبی سایر عیوب آشکار

نشوند.



Only vertical discontinuity (B) results in a discernible radiographic image

Exposed and developed film

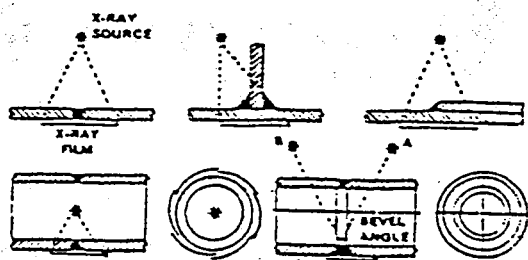


NOTE: Number 25 indicates Penetrator thickness (0.025 in.) for use on 1-1/4 in. thick steel (2% sensitivity)

Typical Penetrator

محدودیت بسیار مهم دیگر این روش، خطرات جانی آن است که نسبت به سایر روش‌های غیرمخرب از اهمیت بسیاری برخوردار است. قرارگرفتن انسان در معرض تابش پرتوهای یونیزان ایکس و گاما، هیچگونه علائم قابل حس توسط انسان ندارند ولی میتوانند منجر به بروز بیماری‌هایی سخت و خطرناک و دائمی و یا حتی تحت شرایطی منجر به مرگ انسان شوند. در اکثر نقاط دنیا، رادیوگرافرها یعنی اشخاصی که با پرتو کار می‌کنند ابتداء آموزش‌های ویژه را جهت کار با پرتو گذرانده و همچنین نکات ایمنی آنرا آموزش می‌بینند.

در صورتیکه همه نکات کار با پرتو طبق دستورالعمل و بطور دقیق صورت گیرد این روش جزء روش‌های ایمن خواهد بود.



Shown here are the typical arrangements of the x-ray source and film. The angle of exposure and the geometry of the weld influence interpretation of the negative.

Ultrasonic testing

تست التراسونیک (UT)

تست التراسونیک را می‌توان تقریباً برای هر ماده‌ای انجام داد. در این روش با ارسال امواج مکانیکی صوتی تحت فرکانسهای بالا که خارج از محدوده شنوایی انسان می‌باشند بدون ماده و در یافت انعکاسهای این امواج از سطح نا پیوستگیها و مرزهای جدایش می‌توان به سلامت ماده پی برد. انعکاس امواج ماوراء صوت را از مرز جدایش دو ماده می‌توان با انعکاس نور از روی مواد شفاف مقایسه کرد.

موارد کاربرد:

در تکنیک پالس - اکویک کریستال یا مبدل با خاصیت پیزو الکتریک امواج صوتی با فرکانسهای بالا را

(معمولاً در حد مگاهرتز) به داخل ماده ارسال می‌کند. عموماً همان کریستال امواج منعکس شده از سطح ناپیوستگی یا عیب و یا بطور کلی مرز جدایش دو ماده را دریافت می‌نماید. این انعکاس می‌تواند حتی از دیواره مقابل سطح تست در قطعه نیز باشد.

موج یا انعکاس دریافت شده بصورت یک پیک یا اکو (indication) و بعد از پالس اولیه در صفحه نمایش A-scan دستگاه ظاهر می‌گردد که این صفحه معمولاً از نوع CRT یا LCD می‌باشد.

قبل از شروع انجام شروع تست باید محورهای افقی (محور مسافت یا زمان) و عمودی (محور دامنه) صفحه نمایش را بوسیله بلوک‌های کالیبراسیون مرجع و استاندارد کالیبره و تنظیم نمود که این کالیبراسیون بترتیب کالیبراسیون مسافت و حساسیت می‌باشد.

ایده آل‌ترین شرایط برای آشکارسازی عیب یا ناپیوستگی وقتی است که جهت انتشار پرتو و سطح عیب در محل برخورد پرتو عمود باشند و هر چه از حالت عمود دورتر شویم، قدرت آشکارسازی کمتر می‌شود.

در تست التراسونیک قطعات به منظور آشکارسازی عیوب مورب می‌توان از پرابهای زاویه‌ای، که امواج صوتی را تحت زوایای معین در درون ماده منتشر می‌سازند استفاده می‌شود.

در فاصله بین سطح پراب (کریستال تولیدکننده موج) و سطح قطعه تست از یک لایه نازک ماده کوپلانت مانند روغن، گریس، آب یا ژله‌ای مخصوص استفاده می‌شود که دلیل اصلی آن حذف هوای بین سطح پراب و سطح تست است چون امواج صوتی با فرکانس‌های بالا که در تست استفاده می‌شوند امکان عبور از هوا را ندارد و جهت ارسال موج صوتی بدرون ماده تست این کار صورت می‌پذیرد.

همانطور که اشاره شد قبل از تست لازم است که دستگاه بوسیله بلوک‌های مرجع مثلاً بلوک V1 و V2 و IIW کالیبره گردد و بعد از تنظیم حساسیت که در واقع تعیین قدرت عیب یابی دستگاه است عیب یابی و یا مثلاً ضخامت سنجی انجام می‌گیرد.

در این حالت اکوهای ظاهر شده در صفحه نمایش A-scan نشانگر عمق انعکاس دهنده (محور افقی) و ارتفاع اکو ظاهر شده بطور نسبی و مقایسه‌ای اندازه سطح انعکاس را (اندازه عیب) نشان می‌دهد.

مزایا:

با این روش می‌توان عیوب سطحی و زیر سطحی (عمقی) را آشکار نمود.

در تکنیک پالس - اکو فقط نیاز به یک سطح قابل دسترس جهت انجام تست و اسکن می‌باشد.

اندازه عیوب و موقعیت آنها را می‌توان با دقت خوبی تعیین نمود.

این روش جهت آشکارسازی عیوب صفحه‌ای مانند عدم نفوذ ریشه جوش که جزو عیوب خطرناک محسوب می‌شوند از روش پرتو نگاری حساس‌تر است همچنین عیوب لایه‌ای مانند **lamination** را می‌توان با این روش و به سهولت آشکار نمود و بطور کلی این روش حساس به آشکارسازی عیوب ریز می‌باشد.

محدودیت‌ها:

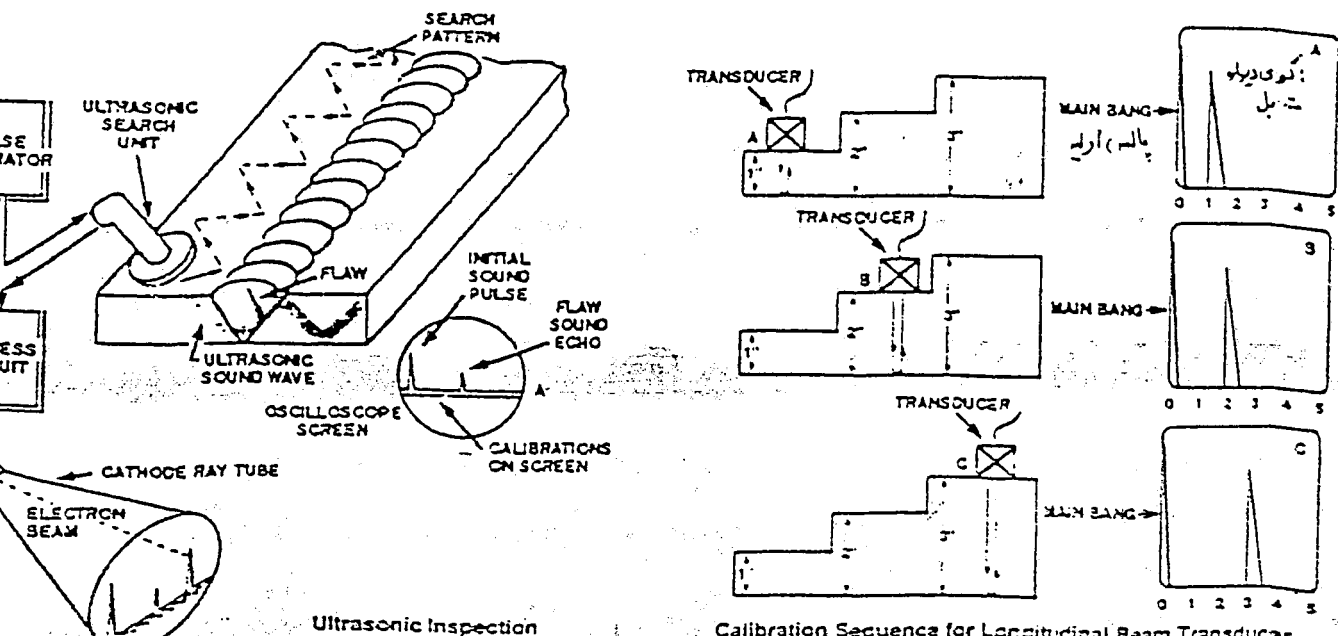
تست التراسونیک قطعاتی که دارای ساختارهای متالورژیکی درشت دانه هستند (مانند ساختارهای آستنیتی) امواج صوتی را به خوبی عبور نمی‌دهند و درشتی دانه منجر به پراکندگی امواج می‌شود لذا التراسونیک این نوع ساختار به سختی انجام گیرد و تفسیر نتایج آن مشکل می‌شود و نیاز به ابزار خاص دارد. تست التراسونیک از پیچیدگی علمی و عملی بیشتری نسبت به سایر روشهای غیر مخرب برخوردار است و آزمایشگر باید آموزشهای لازم را در این زمینه گذرانده و ضمناً از تجربه بالایی جهت انجام تست و ارزیابی نتایج آن برخوردار باشد.

در این روش جهت حصول نتیجه دقیق‌تر لازم است که اسکن از همه سطوح قابل دسترس صورت پذیرد تا تمام قسمت اعظم حجم منطقه مورد نظر بازرسی شود.

بطور مثال در تست جوش پرتو صوتی باید از جوش و ناحیه مجاور آن (HAZ) عبور کنند.

در تکنیک تماس مستقیم (contact test)، سطوح تست باید صاف و یکنواخت باشد. بطوریکه بتوان از ماده کدپلانت جهت اتصال پراب (کریستال) با سطح استفاده نمود.

در روش غوطه‌وری (immersion)، مجموعه پراب و قطعه در یک مخزن آب، شناور و غوطه‌ور می‌شوند بطوریکه امواج ابتدا از یک لایه آب عبور کرده و سپس وارد ماده می‌شوند.

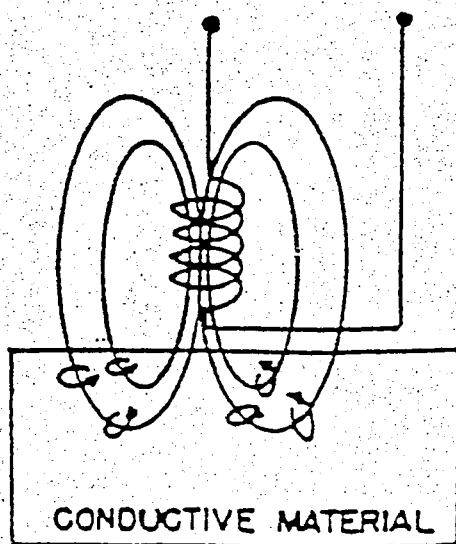


Eddy current Testin (ET)

تست بروش جریان گردابی

در این روش نیاز است که قطعه تست در معرض نفوذ یک میدان الکترومغناطیسی متناوب قرار گیرد. با این تست می توان عیوب و ناپیوستگی های سطحی و زیر سطحی را در هر ماده ای که هادی الکتریکی باشد آشکار نمود. میدان الکترومغناطیسی در قطعه جریان گردابی را ایجاد کرده و نتیجه آن بصورت میدان مغناطیسی ظاهر می گردد البته اگر ماده مغناطیسی باشد.

این دو اثر بطور کامل در مواد مغناطیسی صورت نمی گیرد و تفاوت های زیاد را می توان با بکار بردن روش های خاص ایجاد نمود. اطلاعات مربوط به این روش بوسیله یک پراب سیم پیچ که در سطح تست قرار گیرد جمع آوری و بطور الکتریکی آنالیز می شود. فرکانس های میدان الکترومغناطیسی در این روش معمولاً در رنج 500 تا 5000 هرتز (Hz) می باشد.



Induced Eddy Currents in Test Objects

کاردها

از آنجائیکه جریان های گردابی ممکن است در هر ماده هادی الکتریکی ایجادشده، لذا تست با جریان گردابی را می توان برای مواد مغناطیسی و غیر مغناطیسی انجام داد.

در این روش گستردگی و جهت جریان‌های گردابی بوسیله کوئیل جستجوگر کنترل شده و می‌تواند بایک مدار الکتریکی ایجاد شده ناپیوستگی را تشخیص دهد. بطوریکه اگر ماده ناپیوستگی داشته باشد توزیع و مقدار جریان‌های گردابی مجاور آن تغییر خواهد کرد و در نتیجه کاهش در میدان مغناطیسی در رابطه با جریان‌های گردابی بوجود می‌آید بنابراین مقدار متناوب ظاهری سیستم پراب جستجوگر (Probe) تغییر خواهد کرد و لذا می‌توان ناپیوستگی را آشکار کرد.

مزایا

چهار فایده مهم این روش نسبت به سایر روش‌ها به شرح ذیل است:
این روش را می‌توان در اکثر موارد بطور کاملاً خودکار (اتوماتیک) و با سرعت بالا و هزینه کمتر انجام داد.

تحت شرایط خاص، علائم ظاهر شده بطور نسبی می‌تواند در امر درجه بندی عیوب مفید باشد.

تماس واقعی و کامل بین قطعه و پراب جستجوگر لازم نیست بلکه با تماس نزدیک هم می‌توان این تست را انجام داد.

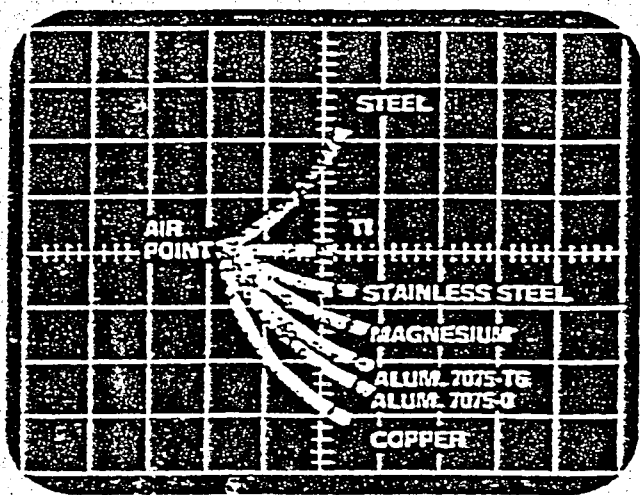
با این روش می‌توان خصوصیات متفاوت قطعه از تمیز: هدایت الکتریکی، نفوذ مغناطیسی، ضخامت، پوشش‌های غیر هادی، آنالیز ماده آلیاژی، عملیات حرارتی و عیوب زیر سطحی را آشکار نمود.

محدودیت‌ها

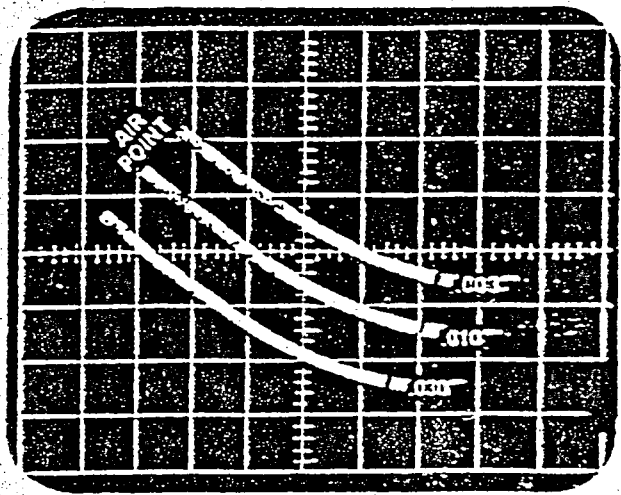
جهت آماده سازی سطحی قطعه، هر آلودگی که بتواند مغناطیسی یا هادی الکتریکی باشد، باید پاک شود. قبل از انجام تست باید دستگاه را بوسیله یک بلوک مرجع استاندارد، کالیبره و تنظیم نمود.

طراحی یا انتخاب کوئیل جستجوگر باید بر مبنای شکل قطعه و نوع عیوب مورد نظر برای آشکار سازی انجام گیرد. بطور مثال یک قطعه استوانه‌ای جوش شده را

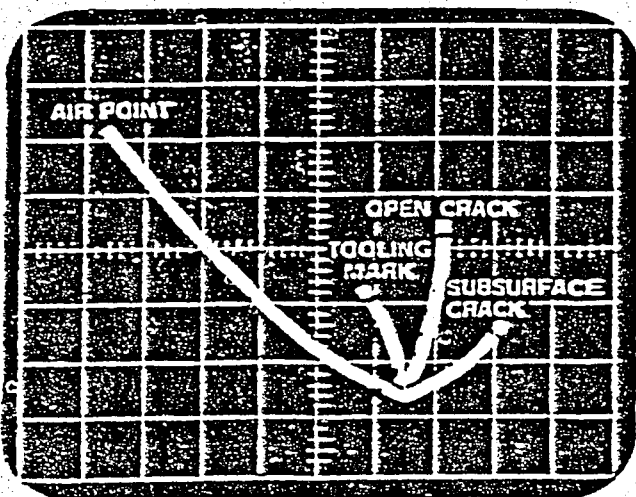
باید برسيله يك كويلا كه در پيرامون قطعه حركت مي كند تست نمود.
 محدوديت عملي براي نفوذ جريان گردابي در مواد فلزي غير مغناطيسي تقريباً
 معادل ۶ ميلي متر در زير سطح مي باشد. عمق نفوذ جريان به زير سطح قطعه جهت
 انجام آزمايش، بستگي به فرکانس انتخاب شده براي تحريك ميدان مغناطيسي
 دارد.



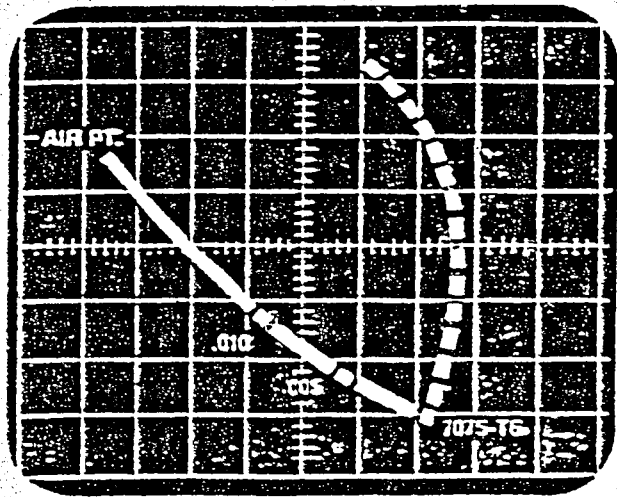
Metal Sorting (Conductivity)



Corrosion Thinning

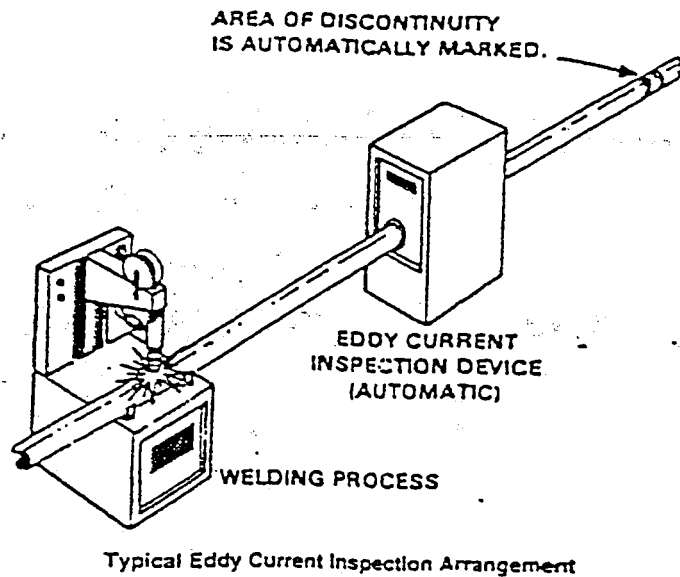


Flaw Detection



Coating Thickness

Typical CRT Displays for Eddy Current Testing



تست بروش انتشار امواج آکوستیکی (AET) Acoustic Emission

جایجایی اتم‌ها می‌تواند منجر به بروز ترک شود که نتیجه آن تولید صدا است و ممکن است بوسیله گیرنده‌های صوتی پیزوالکتریک بتوان این صدا را آشکار نمود. این اصوات می‌توانند در تمام جهات منتشر شده و لذا ممکن است که از سطوح مختلف قطعه امکان آشکار سازی آن باشد. با همین شرایط می‌توان کیفیت یک اتصال جوشکاری شده را در حال سرد شدن بررسی کرد. جوش با نفوذ ناقص، ذوب ناقص، ترک، حفرات گازی یا سایر عیوب را می‌توان با قرار دادن گیرنده‌های صوتی در جهات مختلف، و به کمک کامپیوتر تشخیص داد حتی تغییر فازهای متالورژیکی تغییر با این روش قابل بررسی است.

بعد از آنکه جوش سرد شده ملامتی آن بررسی می‌شود ممکن است به منظور انتشار بیشتر امواج، به قطعه تنش‌های مکانیکی یا حرارتی اعمال گردد. تنش اعمالی تا مقداری اضافه می‌شود که هنوز کمتر از تنش لازم برای تغییر فرم دائمی ماده باشد. اگر ناپیوستگی و عیوب قطعه توسط تنش‌های اعمالی تحت تأثیر قرار نگیرند و از خود امواج صوتی قابل توجهی منتشر نمایند، قطعه سالم در نظر گرفته می‌شود.

این روش را می‌توان در حین تست هیدرواستاتیک قطعات مانند مخازن تحت فشار انجام داد. انتشار امواج صوتی (آکوستیکی) از ترک در حال رشد می‌تواند با زیاد شدن پارامترهایی از قبیل جابجایی، بار اعمالی، فشار یا زمان افزایش یابد. شناسایی محل، موقعیت و منشأ عیب می‌تواند منجر به تغییر قطعه قبل از وقوع خسارت کلی به آن گردد.

از این روش می‌توان در خطوط تولید قطعه و یا در بازرسی‌های حین کار قطعه استفاده نمود.

Leak Tests

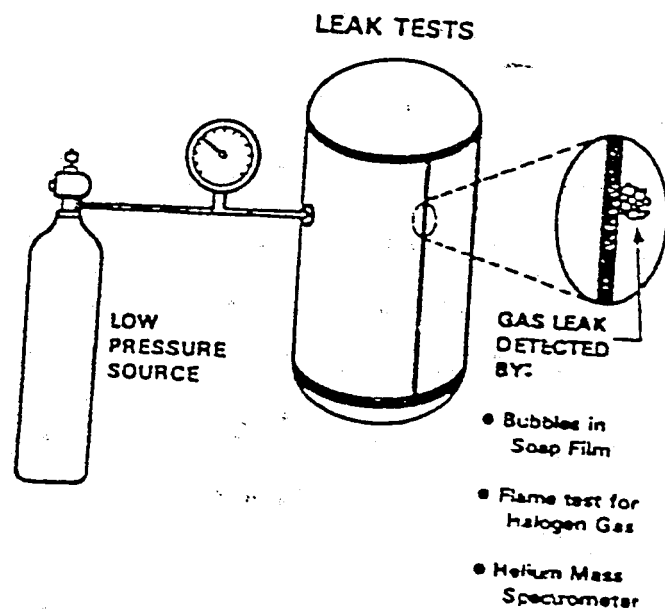
تست نشتی (LT)

یکی از روش‌های ارزیابی کیفیت قطعات تست نشتی می‌باشد. در این روش از سیستم‌های بادی یا گازی و یا بازرسی با حباب صابون استفاده می‌شود. بوسیله اعمال فشاری کم به قطعه و شناور کردن آن در آب یا اعمال یک لایه نازک صابون در روی سطح تست، هرگونه نشت را می‌توان با تشکیل حبابهای هوا مشاهده نمود. مخازن گاز را معمولاً با پر کردن آنها از آب با مواد فلوروسنت که تحت نور ماوراءبنفش مشاهده می‌شوند، تست می‌کنند فشار تست هیدرواستاتیک باعث می‌شود که در محل‌های نشتی آب با مواد فلوروسنت درز پیدا کند. تحت نور ماوراء بنفش آشکار شود.

نوع دیگری از تست نشتی جهت مخازن ذخیره، تست جعبه خلاء می‌باشد. در این روش سطح جوش بوسیله یک محلول صابون و جعبه‌ای شفاف با درز بند پلاستیکی نرم که در طولی از خط جوش قرار دارد پوشیده می‌شود. با استفاده از یک پمپ خلاء یا هوای فشرده، در جعبه خلاء ایجاد شده هرگونه نشتی با به وجود آمدن حباب‌های هوا مشاهده می‌شود.

تست نشتی را ممکن است بوسیله یک گاز هالیدی آلی که در یک طرف مخزن قرار داده شده و در طرف دیگر یک مشعل هالیدی قرار گرفته انجام داد. در صورتی که در خط جوش درزی وجود داشته باشد که منجر به نشت شود رنگ شعله مشعل

تغییر کرده که این امر نشانه حضور هالورنهایمی باشد.
 تست‌های نشتی قوی‌تر بوسیله استفاده از گاز هلیم بعنوان آشکار کننده انجام
 می‌گیرد. بعلت ریز بودن مولکولهای هلیم، ذرات این گاز از درزهای ظریف
 (ترک‌های مویی) عبور کرده و نشت‌های بسیار ناچیز را هم آشکار می‌کند. آشکار
 کننده‌های این نشتی‌های خفیف نیز تجهیزات ویژه‌ای می‌باشند (اسپکترومترهای
 نشتی برای تست نشتی).



Pressure Test

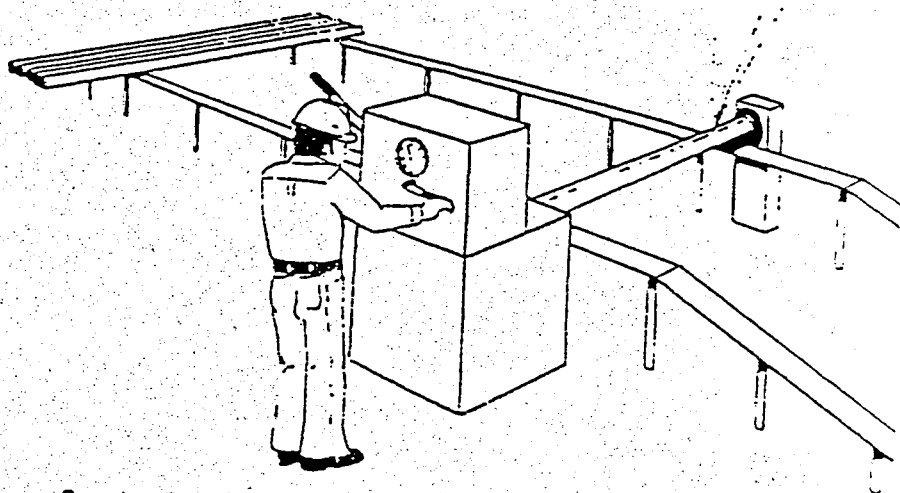
تست فشار

تست فشار از خانواده تست‌هایی به نام Proof test یا (PRT) محسوب می‌شود. این
 روش جزو بازرسی‌های نهایی محسوب می‌شود جزئیات این روش را باید با توجه
 به شرایط مونتاژ یا پیش مونتاژ قطعه در نظر گرفت.

نکاتی چند که باید به آنها توجه داشت.

در هر مورد از تست‌های هیدرواستاتیک مخازن بسته، باید از خروج هوا و گازهای
 داخل مخزن بوسیله تهویه اطمینان حاصل نموده و سپس اعمال فشار نمود. مایعات

عیر قابل تراکم می باشد. اگر مخزن بطور کامل با مایعی پر شده باشد، در صورتی که نشتی وجود داشته باشد، فشار کاهش می یابد و گسیختگی متوقف می شود. حال اگر هوا در مخزن حبس شده باشد، فشردگی آن باعث ادامه گسیختگی و انفجار و بروز حوادث خطرناک می شود. این امر بسیار مهم است که بعد از تست هیدرواستاتیک نیز درون مخزن بطور کامل تهویه شود. هنگام خشک کردن سیال تست ممکن است خلأ ایجاد شود که همین امر می تواند موجب خسارت به قطعه شود.



Complete Sampling Is Commonly Applied To Proof Tests or Final Inspection

مراجع:

**1- Certification Manual for Welding inspector
third Edition – Publish by AWS.1993**

**2- Non – Destuctive Testing By Arry Hull & Vernon John
First Published – 1988**

۳- جزوات تخصصی آموزشی تست های غیر مخرب