A-PDF Watermark DEMO: Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

مقدمه

آزمون غیر مخرب (NDT) به کارگیری علم و تکنولوژی است که بدون بر هم زدن شرایط موجود اجزای سازه ای، امکان آزمایش و بررسی بی عیب بودن آنها را فراهم می کند .

معایبی که ممکن است منجر به شکست شوند می توانند قبل از ساخت قطعات و اجزا در مواد خام وجود داشته باشند. هم چنین این نقص ها می توانند در طول فرآیندهای تولید. مثل شکل دهی، خمش، ایجاد سوراخ، ماشین کاری و عملیات حرارتی در قطعه ایجاد شوند. یکلی از اهداف NDT این است که قبل از اینکه قطعات برای کار و سرویس دهی فرستاده شوند این نقایص را در مراحل اولیه تولیدۀ شناسایی کنند. NDT ای در مراحل مختلف تولید انجام می شود معمولا نگرانی کمتری برای مصرف کنندگان بعدی قطعات و مواد بخصوص در موارد حساس مانند هواپیما یا نیرو گاهها دارد. وقتی که قطعه یا یک جزء از هواپیما تحت شرایط کاری قرار می گیرد، ارتعاشات ، تنش های سازه ای حاصل از بار و تغییرات دمایی می تواند باعث ایجاد نقص هایی شود که قابل مشاهده با چشم نمی باشند و اندازه آنها پیوسته در حال رشد است. تکنسین هواپیما باید با وسایلی مجهز شود تا قبل از اینکه این نقص ها باعث شکست کامل شوند در مراحل اولیه آنها را برطرف کند. این نوع آزمون به نام NDT در شرایط کاری شناخته می شود. البته این مورد به سایر کاربرد ها نیز قابل تعمیم می باشد.

http://www.mohandes-iran.com

فصل اول

معرفی اصول آزمون های غیر مخرب

http://www.mohandes-iran.com

انواع آزمون های غیر مخرب

آزمون های غیر مخرب با بررسی بصری آغاز می شود. روشهای مختلفی از بررسی بصری وجود دارد ولی در این کتآب بطور کامل به آنها اشاره نمی شود. در ادامه ، نظری اجمالی و در حد آشنا شدن با روشهای متداولNDTخواهیم داشت.

۱- بازرسی چشمی (VT)

بازرسی چشمی متداول ترین شکل آزمایش بوده و شامل نگاه کردن با کمک ذره بین ، سوراخ بین، منبع نوری و غیره می باشد. در نگهداری هواپیما بیشتر نقص ها با بازرسی چشمی شناسایی می شوند.

۲- آزمون مایع نافذ (PT)

این روش برای شناسایی ترک ها، ناپیوستگی های کوچک سطحی غیر قابل شناسایی با بررسی بصری استفاده می شود . بررسی با ماده نافذ می تواند برای اغلب اجزای اسکللت و قطعات مونتاژ شده قابل دسترس استفاده شود. بررسی با استفاده از مایعی انجام می شود که قسمتی از این مایع در نقص های سطحی نفوذ می کند. مایع نافذ اضافی پاک شده و سپس آشکار ساز های مناسب استفاده می شود تا ماده نافذ را از نقص های سطحی کشیده و با تباین رنگ حاصل یا فلورانس ماده نافذ تحت تاثیر نور سیاه امکان مشاهده ترک های سطحی فراهم می شود.

http://www.mohandes-iran.com

۳- آزمون مواد مغناطیسی (MT)

آزمایش با ذرات مغناطیسی برای نشان دادن نقص های سطحی یا نزدیک سطح در قطعات فرومغناطیس (قطعاتی که می توانند مغناطیسی شوند) مونتاژ شده یا مجزا استفاده می شود. این آزمایش با القای یک میدان مغناطیسی در قطعه و استفاده از پودر خشک یا سوسپانسیون مایع از ذرات اکسید آهن انجام می شود. قطب های مغناطیسی موضعی حاصل از نقص های قطعه، ذرات اکسید را جذب می کند. به این ترتیب با استفاده از تباین رنگ یا فلورانس تحت نور سیاه می توان نقص ها را مورد مشاهده و ارزیابی قرار داد.

۴- آزمون جریان گردآبی (ET)

از آزمون جریان گردآبی برای شناسایی ترک های سطحی، نزدیک سطح در اغلب فلزات ، اندازه گیری ضخامت پوشش و طبقه بندی فلزات بر اساس آلیاژ ها و شرایط عملیات حرارتی آنها استفاده می شود.

این روش در قطعاتی از هواپیما یا ساختار مکانیکی- فلزی که ناحیه معیوب می تواند در تماس با پروب جریان گردآبی قرار گیرد ، می تواند استفاده شود.

۵ - آزمون اولتراسونیک (UT)

آزمون اولتراسونیک آزمون غیر مخرب مناسب برای بررسی نقص های سطحی و زیر سطحی در اغلب فلزات، پلاستیک ها ، و سرامیک ها می باشد . در آزمون اولتراسونیک حداقل به یک سطح قابل دسترسی از قطعه در ناحیه مورد بررسی

http://www.mohandes-iran.com

نیاز است . بررسی سازه اسکلت و بدنه هواپیما ، توربین ، کمپرسور، مخزن تحت فشار و... با اعمال انرژی اولتراسونیک (صوت با فرکانس بالا) به قطعه توسط یک پروب تماسی و دریافت بازتابهای این صوت از درون قطعه انجام می شود . بازتابهای اولتراسونیک آشکار شده به صورت الکترونیکی در یک لامپ اشعه کاتدی (CRT) نشان داده شده و برای شناسایی نقص ها تفسیر می شود.

۶- آزمون رادیوگرافی (RT)

آزمون رادیوگرافی جزئیات ساختاری درونی و بیرونی تمام انواع قطعات و مواد را نشان میدهد از این روش آزمون غیر مخرب برای بررسی سازه اسکلت و بدنه هواپیما و سایر سازه ها، دستگاهها، ادوات ، قطعات و اجزایی که با روش های غیر مخرب دیگر قابل بررسی نبوده و یا بررسی با استفاده از آن روشها رضایت بخش نیست استفاده می شود. این روش با عبور اشعه x یا گاما از قطعه مورد آزمون و برخورد آن با فیلم رادیو گرافی انجام می شود. این فیلم با استفاده از تغییرات تراکم ، نشان دهنده جزئیات ساختاری قطعه می باشد. بررسی و تفسیر این فیلم رادیوگرافی ، نقص ها و معایب قطعه رانشان خواهد داد.

اگر چه موارد ذکر شده روشهای متداول و رایج NDT می باشند ولی روشهای دیگری نیز برای تکنسین های NDT وجود دارد که بررسی آنها از مجال این کتاب خارج است. باید توجه داشت هیچ روش واحدی وجود ندارد که برای تمام کاربردها مناسب باشد. یک تکنسین باید دانش کاری خوبی از هر روش داشته و

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

برای تعیین بهترین روش شناسایی نقص ها ، آشنایی کاملی با قطعات ، مواد و عملکرد آنها در هواپیما ، نیروگاه ، سازه ، ماشین ، مخزن تحت فشار ، توربین، کمپرسور و.... داشته باشد.

مزایا و معایب

مزایا و معایب هر کدام از انواع آزمون های غیر مخرب در جدول ۱ توضیح داده شده است. این اطلاعات می تواند به عنوان یک راهنما در انتخاب بهترین روش یا بهترین روش جایگزین برای نواحی خاص یا تجهیزات در دسترس مورد استفاده قرار گیرند.

روش ها

در اغلب موارد ، سازندگان هواپیما و سایر ماشین آلات حساس نوع آزمون، تعداد دفعات آن برای هر ناحیه از اسکلت، قطعات و اجزا را مشخص می کنند. این موارد به نام روشهای NDT شناخته شده است و ممکن است در راهنماهای سازندگان و یا راهنماهای NDT آورد ه شده باشند. این روش ها می توانند . توسط کاربران در صنعت بسط داده شوند.

این روشها باید دارای جزئیات کافی باشند به طوریکه هر تکنسینی که از آزمون استفاده می کند به نتایج مشابهی با دیگران دست یابد. انجمن حمل و نقل آمریکا دستورالعمل سفارش شده برای نوشتن روشهای NDT در راهنماهای NDT را منتشر کرده است. این دستورالعمل یک روش را به بخشهای مختلفی تقسیم

http://www.mohandes-iran.com

می کند.

یک بخش شامل قطعه یا ناحیه ای است که برای تضمین گواهی مثبت توسط تکنسین باید با جزئیات کافی بررسی شود. بخش دیگر ، ابزار و تجهیزات مطابق با حداقل استاندارد قابل قبول برای وسایل ، تجهیزات و مواد لازم برای انجام آن روش را بیان می کند. اگر نتوان این مورد را به صورت عمومی بیان کرد در این صورت لوازم جانبی و مواد خاص مورد نیاز لیست خواهد شد.

هر نوع آماده سازی و تمیز کاری که لازم باشد در نوشتار بیان می شود. الزامات لازم برای دسترسی به ناحیه یا قطعه معیوب، ایست کار یا خاموشی دستگاه لازم ، تمیز کاری ، توان الکتریکی هواپیما یا سایر ماشین آلات و تمام پیش بینی های ایمنی اشاره شده است. اگر لازم است سیالات موجود در ماشین آلات از قبیل روغن ، سوخت و یا سیال هیدرولیک خالی شود باید در این مورد اشاره شود.

جزئیات پاک کردن و تنظیم تجهیزات آزمون بسیار مهم است این جزئیات شامل دستورالعمل های انجام آزمون از یک استاندارد مرجع و حصول نتایج مطلوب می باشد. یک استاندارد مرجع، نمونه ای است که از جنس قطعه مورد بررسی و با یک نقص مشخص ساخته می شود. در فصلهای بعدی در مورد استاندارد های مرجع بیشتر صحبت خواهیم کرد . برای آزمون اولتراسونیک و جریان گردآبی ، موقعیت های مبدل یا پروب ، طریقه اسکن و موقعیت رادیوگرافی ، هم چنین دما و آمپراژ به ترتیب در آزمونهای مایع نافذ و ذرات مغناطیسی باید به طور کامل

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

توصیف شوند.

روشهای انجام یک آزمون کارا معلوم شده است. اگر نشانه ها و علائمی مواجه شدید این نشانه ها باید شناسایی و ارزیابی شوند . هر نشانه ای لزوماً نقص نیست و تمام نقص ها باعث رد کردن و نپذیرفتن قطعه نمی شود. وقتی که مشخص کنند که چه کاری باید انجام شود.

واماندگیها، عیوب و نقیصه های متداول

۱- ناپیوستگی ها

یک ناپیوستگی بیانگر گسستگی هایی از قبیل ترک، تاشدگی های فورج، چینها ، درز ، خلل و فرج و... است که در پیکربندی ساختار فیزیکی عادی یک قطعه ایجاد می شود. یک ناپیوستگی ممکن است کارائی یک قطعه را تحت تاثیر قرار دهد. وقتی که آزمون غیر مخرب انجام می شود ، ناپیوستگی ها باعث ایجاد نشانه هایی می شوند. تا زمانی که نشانه بوسیله مقایسه با استاندارد ارزیابی نشود نمی توان دریافت که نشانه مزبور یک نقص است یا نه.

ترک های خستگی و خوردگی متداولترین نقص هایی هستند که پرسنل بازرسی در طول آزمون غیر مخرب با آن مواجه می شوند. لازم است که پرسنل بازرسی برای گرفتن تصمیم درست، در حوزه NDT کاملا آموزش دیده و ماهر باشند.

تفسیر نتایج نباید به عهده پرسنل بی تجربه باشد. عدم تفسیر صحیح باعث می شود قطعات قابل کار بازگردانده شده و یا قطعات معیوب پذیرفته شوند.

http://www.mohandes-iran.com

۲-ترک های خستگی

خستگی در قطعاتی ایجاد می شود که در شرایط کاری تحت تنش تکراری معکوس شونده و یا تغییرات تنش قرار دارند. ترک در ناحیه با تنش بالا آغاز شده و در مقطع توزیع می شود تا در نهایت شکست رخ می دهد. وقتی که در طراحی یا شرایط سطحی قطعه ، نقطه با تمرکز تنش از قبیل فیلت ، پرداخت سطح ضعیف ، درز ، ترک های سنگ زنی و سوراخهای با پرداخت دیواره ضعیف یا زبانه های ایجاد می شود ترک خستگی به راحتی رشد خواهد کرد.

۳-خوردگی

فلزات تحت خوردگی قرار می گیرند . استفاده از فلزات مقاوم در برابر خوردگی مثل ورق آلومینیوم آبکاری شده. خوردگی اسکلت را به حداقل می رساند. عوامل بسیار زیاد دیگری مثل موقعیت جغرافیای و فرآیند ساخت در میزان خوردگی نقش دارند. از نظر جغرافیای، خوردگی در اثر وجود نمک ها در هوای مرطوب یا بوسیله بعضی از عوامل دیگر موجود در محتوای شیمیایی آب یا عناصر فلز، ایجاد می شود. خوردگی حاصل از ساخت ، مستقل از فاکتورهای مثل پوشش محافظ ، نوع فلز به کار رفته ، عملیات روی قطعات و تماس فلزات غیر مشآبه می باشد. خوردگی تنشی ، یک عامل متداول دیگر در ایجاد ترک در فلزات می باشد.

http://www.mohandes-iran.com

فلسفه بررسی و طراحی

متالورژی پیشرفته ما را قادر ساخته تا توانایی پیش بینی رفتار مواد تحت تنش ها و بارگذاری مشخص را داشته باشیم. با استفاده از این اطلاعات می توان فواصل زمانی بررسی را مشخص کرده و بدون اینکه لطمه ای به ایمنی وارد شود مدت زمان خاموشی دستگاهها را به حداقل رساند.

داده های مهندسی و تجربیات آزمایشگاهی ثآبت کرده است که وقتی در یک عضو سازه ای ترک ایجاد می شود تا رسیدن به طول بحرانی خود با نرخ قابل پیش بینی رشد می کند. طول بحرانی ترک ، طولی است که در آن رشد ترک برای زمان زیادی قابل پیش بینی نخواهد بود و هر لحظه ممکن است شکست کامل رخ دهد. فواصل زمانی لازم در بررسی یک قطعه به میزان قابل ملاحضه ای کمتر از زمان لازم برای رسیدن ترک به طول بحرانی می باشد. در حقیقت فواصل زمانی بررسی به گونه ای است که حتی اگر به دلایلی در بررسی اولیه ترک شناسایی نشود، محدوده وسیعی از ایمنی لازم را فراهم آورد به طوریکه در بررسی های بعدی امکان شناسایی وجود داشته باشد.

در بعضی از اجزاء ، طراحی به گونه ای است که در آن از اعضای چند گانه استفاده شده است. هر عضو به تنهایی تا زمان بررسی بعدی که عضو از کار افتاده شناسایی ، تعمیر یا جایگزین شود توان تحمل بار کامل را دارد . هدف NDT کار در چهار چوب این طراحیها و فلسفه های بررسی برای شناسایی نقص

http://www.mohandes-iran.com

در مراحل اولیه خود می باشد. در فصول بعدی هر کدام از روشهای اصلی NDT با جزئیات کافی بحث خواهد شد تا مهندس و تکنسین را در انتخاب مناسبترین روش برای ماده و نوع نقص مورد جستجو ، یاری نماید.

آشنایی با آزمون چشمی

در بسیاری از برنامه های تدوین شده توسط سازنده جهت کنترل کیفیت محصولات،از آزمون چشمی به عنوان اولین تست و یا در بعضی موارد به عنوان تنها متد ارزیابی بازرسی ،استفاده می شود.اگر آزمون چشمی بطور مناسب اعمال شود،ابزار ارزشمندی می تواند واقع گردد .

بعلاوه یافتن محل عیوب سطحی، بازرسی چشمی می تواند بعنوان تکنیک فوق العاده کنترل پروسه برای کمک در شناسایی مسائل و مشکلات مابعد ساخت بکار

http://www.mohandes-iran.com

گرفته شود.

آزمون چشمی روشی برای شناسایی نواقص و معایب سطحی می باشد. نتیجتا هر برنامه کنترل کیفیت که شامل بازرسی چشمی می باشد،باید محتوی یک سری آزمایشات متوالی انجام شده در طول تمام مراحل کاری در ساخت باشد.بدین گونه بازرسی چشمی سطوح معیوب که در مراحل ساخت اتفاق می افتد، میسر می شود.

کشف و تعمیر این عیوب در زمان فوق،کاهش هزینه قابل توجهی را در بر خواهد داشت.بطوری که نشان داده شده است بسیاری از عیوبی که بعدها با روشهای تست پیشرفته تری کشف می شوند،با برنامه بازرسی چشمی قبل،حین و بعد از جوشکاری به راحتی قابل کشف می باشند.سازندگان فایده یک سیستم کیفیتی که بازرسی چشمی منظمی داشته است را بخوبی درک کرده اند.

میزان تاثیر بازرسی چشمی هنگامی بهتر می شود که یک سیستمی که تمام مراحل پروسه جوشکاری(قبل،حین و بعد از جوشکاری) را بپوشاند، نهادینه شود.

قبل از جوشکاری. قبل از جوشکاری ،یک سری موارد نیاز به توجه بازرس چشمی دارد که شامل زیر است:

۱-مرور طراحی ها و مشخصات **Wps**

۲-چک کردن تاییدیه پروسیجرها و پرسنل مورد استفاده **PQR**

۳-بنانهادن نقاط تست

http://www.mohandes-iran.com

٤-نصب نقشه ای برای ثبت نتایج

٥-مرور مواد مورد استفاده

٦-چک کردن ناپیوستگی های فلز پایه

٧-چک کردن فیت آپ و تراز بندی اتصالات جوش

٨-چک کردن پیش گرمایی در صورت نیاز

اگر بازرس توجه بسیار دقیقی به این آیتم های مقدماتی بکند،می تواند از بسیاری مسائل که بعدها ممکن است اتفاق بیافتد،جلوگیری نماید.مساله بسیار مهم این است که بازرس باید بداند چه چیزهایی کاملا مورد نیاز می باشد.این اطلاعات را می توان از مرور مستندات مربوطه بدست آورد.با مرور این اطلاعات،سیستمی باید بنا نهاده شود که تضمین کند رکوردهای کامل و دقیقی را می توان بطور عملی ایجاد کرد.

نقاط نگهداری. باید بنا نهادن نقاط تست یا نقاط نگهداری جایی که آزمون باید قبل از تکمیل هر گونه مراحل بعدی ساخت انجام شود، در نظر گرفته شود. این موضوع در پروژه های بزرگ ساخت یا تولیدات جوشکاری انبوه،بیشترین اهمیت را دارد.

روشهای جوشکاری. مرحله دیگر مقدماتی این است که اطمینان حاصل کنیم آیا روشهای قابل اعمال جوشکاری ،ملزومات کار را برآورده می سازند یا نه؟مستندات مربوط به تایید یا صلاحیت های جوشکاران هر کدام بطور جداگانه

http://www.mohandes-iran.com

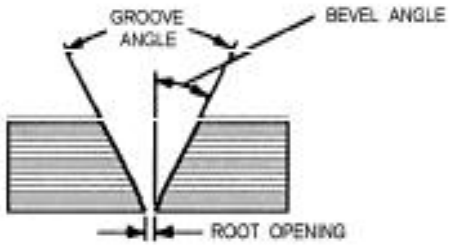
باید مرور شود.طراحی ها و مشخصات معین می کند که چه فلزهای پایه ای باید به یکدیگر متصل شوند و چه فلز پرکننده باید مورد استفاده قرار گیرد.برای جوشکاری سازه و دیگر کاربردهای بحرانی،جوشکاری بطور معمول بر طبق روشهای تایید شده ای که متغیرهای اساسی پروسه را ثبت می کنند و بوسیله جوشکارانی که برای پروسه ،ماده و موقعیتی که قرار است جوشکاری شود،تایید شده اند،انجام می گیرد.در بعضی موارد مراحل اضافی برای آماده سازی مواد مورد نیاز می باشد.بطور مثال در جاهایی که الکترودهای از نوع کم-هیدروژن مورد نیاز باشد،وسایل ذخیره آن باید بوسیله سازنده در نظر گرفته شود.

موادپایه. قبل از جوشکاری ، شناسایی نوع ماده و یک تست کامل از فلزات پایه ای مربوطه باید انجام گیرد.اگر یک ناپیوستگی همچون جدالایگی صفحه ای وجود داشته باشد و کشف نشده باقی بماند روی صحت ساختاری کل جوش احتمال تاثیر دارد.در بسیاری از اوقات جدالایگی در طول لبه ورقه قابل رویت می باشد بخصوص در لبه هایی که با گاز اکسیژن برش داده شده است.

مونتاژ اتصالات. برای یک جوش،بحرانی ترین قسمت ماده پایه،ناحیه ای است که برای پذیرش فلز جوشکاری به شکل اتصال،آماده سازی می شود.اهمیت مونتاژ اتصالات قبل از جوشکاری را نمی توان به اندازه کافی تاکید کرد.بنابراین آزمون

http://www.mohandes-iran.com

چشمی مونتاژ اتصالات از تقدم بالایی برخوردار است. مواردی که قبل از جوشکاری باید در نظر گرفته شود شامل زیر است:



۱-زاویهٔ شیار (Groove angle)

۲-دهانه ریشه (Root opening)

۳-ترازبندی اتصال (Joint alignment)

٤-پشت بند (Backing)

٥-الکترودهای مصرفی (Consumable insert)

٦-تمیز بودن اتصال (Joint cleanliness)

۷-خال جوش ها (Tack welds)

۸-پیش گرم کردن (Preheat)

هر کدام از این فاکتورها رفتار مستقیم روی کیفیت جوش بوجود آمده،دارند . اگر مونتاژ ضعیف باشد،کیفیت جوش احتمالا زیر حد استاندارد خواهد بود.دقت زیاد در طول اسمبل کردن یا سوار کردن اتصال می تواند تاثیر زیادی در بهبود جوشکاری داشته باشد.اغلب آزمایش اتصال قبل از جوشکاری عیوبی را که در استاندارد محدود شده اند را آشکار می سازد،البته این اشکالات ،محلهایی می باشند که در طول مراحل بعدی بدقت می توان آنها را بررسی کرد.برای مثال،اگر اتصالی از نوع T (T-joint) برای جوشهای گوشه ای(Fillet welds)،

http://www.mohandes-iran.com

شکاف وسیعی از ریشه نشان دهد،اندازه جوش گوشه ای مورد نیاز باید به نسبت مقدار شکاف ریشه افزوده شود. بنابراین اگر بازرس بداند چنین وضعیتی وجود دارد،مطابق به آن ،نقشه یا اتصال جوش باید علامت گذاری شود، و آخرین تعیین اندازه جوش به درستی شرح داده شود.

حین جوشکاری .در حین جوشکاری،چندین آیتم وجود دارد که نیاز به کنترل دارد تا نتیجتا جوش رضایتبخشی حاصل شود.آزمون چشمی اولین متد برای کنترل این جنبه از ساخت می باشد.این می تواند ابزار ارزشمندی در کنترل پروسه باشد.بعضی از این جنبه های ساخت که باید کنترل شوند شامل موارد زیر می باشد:

(۱) کیفیت پاس ریشه جوش root bead weld

(۲) آماده سازی ریشه اتصال قبل از جوشکاری طرف دوم

(۳) پیش گرمی و دماهای میان پاسی

(٤) توالی پاسهای جوش

(٥) لایه های بعدی جهت کیفیت جوش معلوم

(٦) تمیز نمودن بین پاسها

(۷) پیروی از پروسیجر کاری همچون ولتاژ،آمپر،ورود حرارت،سرعت.

http://www.mohandes-iran.com

هر کدام از این فاکتورها اگر نادیده گرفته شود سبب بوجود آمدن ناپیوستگی هایی می شود که می تواند کاهش جدی کیفیت را در بر داشته باشد.

پاس ریشه جوش. شاید بتوان گفت بحرانی ترین قسمت هر جوشی پاس ریشه جوش می باشد.مشکلاتی که در این نقطه وجود دارد...

در نتیجه بسیاری از عیوب که بعدها در یک جوش کشف می شوند مربوط به پاس ریشه جوش می باشند.بازرسی چشمی خوب روی پاس ریشه جوش می تواند بسیار موثر باشد.وضعیت بحرانی دیگر ریشه اتصال در درزهای جوش دو طرفه هنگام اعمال جوش طرف دوم بوجود می آید. این مساله معمولا شامل جداسازی سرباره(slag) و دیگر بی نظمی ها توسط تراشه برداری(chipping)،رویه برداری حرارتی(thermal gouging) یا سنگ زنی(grinding) می باشد.وقتی که عملیات جداسازی کاملا انجام گرفت آزمایش منطقه گودبرداری شده قبل از جوشکاری طرف دوم لازم است.این کار به خاطر این است که از جداشدن تمام ناپیوستگی ها اطمینان حاصل شود.اندازه یا شکل شیار برای دسترسی راحت تر به تمام سطوح امکان تغییر دارد.

پیش گرمی و دماهای بین پاس. پیش گرمی و دماهای بین پاس می توانند بحرانی باشند و اگر تخصیص یابند قابل اندازه گیری می باشند.محدودیت ها اغلب بعنوان می نیمم،ماکزیمم و یا هر دو بیان می شوند.همچنین برای مساعدت در کنترل مقدار گرما در منطقه جوش،توالی و جای تک تک پاسها اهمیت دارد .بازرس

http://www.mohandes-iran.com

باید ازاندازه و محل هر تغییر شکل یا چروکیدگی(shrinkage) سبب شده بوسیله حرارت جوشکاری آگاه باشد. بسیاری از اوقات همزمان با پیشرفت گرمای جوشکاری اندازه گیری های تصحیحی گرفته می شود تا مسائل کمتری بوجود آید.

آزمایش بین لایه ای . برای ارزیابی کیفیت جوش هنگام پیشروی عملیات جوشکاری،بهتر است که هر لایه بصورت چشمی آزمایش شود تا از صحت آن اطمینان حاصل شود.همچنین با این کار می توان دریافت که آیا بین پاسها بخوبی تمیز شده اند یا نه؟ با این عمل می توان امکان روی دادن ناخالصی سرباره در جوش پایانی را کاهش داد.بسیاری از این گونه موارد احتمالا در دستورالعمل جوشکاری اعمالی،آورده شده اند.

در این گونه موارد،بازرسی چشمی که در طول جوشکاری انجام می گیرد اساسا برای کنترل این است که ملزومات روش جوشکاری رعایت شده باشد.

بعد از جوشکاری. بسیاری از افراد فکر می کنند که بازرسی چشمی درست بعد از تکمیل جوشکاری شروع می شود.به هر حال اگر همه مراحلی که قبلا شرح داده شد ،قبل و حین جوشکاری رعایت شده باشد،آخرین مرحله بازرسی چشمی به راحتی تکمیل خواهد شد.از طریق این مرحله از بازرسی نسبت به مراحلی که قبلا طی شده و نتیجتا جوش رضایت بخشی را بوجود آورده اطمینان حاصل خواهد شد. بعضی از مواردی که نیاز به توجه خاصی بعد از تکمیل جوشکاری دارند

http://www.mohandes-iran.com

عبارتند از:

(۱) ظاهر جوش بوجود آمده

(۲) اندازه جوش بوجود آمده

(۳) طول جوش

(٤) صحت ابعادی

(٥) میزان تغییر شکل

(٦) عملیات حرارتی بعد از جوشکاری

هدف اساسی از بازرسی جوش بوجود آمده در آخرین مرحله این است که از کیفیت جوش اطمینان حاصل شود. بنابراین آزمون چشمی چندین چیز مورد نیاز می باشد.بسیاری از کدها و استانداردها میزان ناپیوستگی هایی که قابل قبول هستند را شرح می دهد و بسیاری از این ناپیوستگی ها ممکن است در سطح جوش تکمیل شده بوجود آیند.

ناپیوستگی ها . بعضی از انواع ناپیوستگی هایی که در جوشها یافت می شوند عبارتند از:

(۱) تخلخل

(۲) ذوب ناقص

(۳) نفوذ ناقص در درز

(٤) بریدگی(سوختگی) کناره جوش

http://www.mohandes-iran.com

(۵) رویهم افتادگی

(٦) ترکها

(۷) ناخالصی های سرباره

(۸) گرده جوش اضافی(بیش از حد)

در حالی که ملزومات کد امکان دارد مقادیر محدودی از بعضی از این ناپیوستگیها را تایید نماید ولی عیوب ترک و ذوب ناقص هرگز پذیرفته نمی شود.

برای سازه هایی که تحت بار خستگی و یا سیکلی (Cyclic) می باشند، خطر این ناپیوستگی های سطحی افزایش می یابد. در اینگونه شرایط،بازرسی چشمی سطوح ،پر اهمیت ترین بازرسی است که می توان انجام داد.

وجود سوختگی کناره (Undercut)،رویهم افتادگی(Overlap) و کنتور نامناسب سبب افزایش تنش می شود؛ بار خستگی می تواند سبب شکستهای ناگهانی شود که از این تغییر حالتهایی که بطور طبیعی روی می دهد، زیاد می شود.به همین خاطر است که بسیاری اوقات کنتور مناسب یک جوش می تواند بسیار با اهمیت تر از اندازه واقعی جوش باشد،زیرا جوشی که مقداری از اندازه واقعی کمتر باشد،بدون ناخالصی ها و نامنظمی های درشت،می تواند بسیار رضایت بخش تر از جوشی باشد که اندازه کافی ولی کنتور ضعیفی داشته باشد.

برای تعیین اینکه مطابق استاندارد بوده است ،بازرس باید کنترل کند که آیا همه

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

جوشها طبق ملزومات طراحی از لحاظ اندازه و محل(موقعیت) صحیح می باشند یا نه؟اندازه جوش گوشه ای(Fillet) بوسیله یکی از چندین نوع سنجه های جوش برای تعیین بسیار دقیق و صحیح اندازه تعیین می شود.

در مورد جوشهای شیاری(Groove) باید از لحاظ گرده جوش مناسب دو طرف درز را اندازه گیری کرد.بعضی از شرایط ممکن است نیاز به ساخت سنجه های جوش خاص داشته باشند.

عملیات حرارتی بعد از جوشکاری. به لحاظ اندازه،شکل، یا نوع فلز پایه ممکن است عملیات حرارتی بعد از جوش در روش جوشکاری اعمال شود.این کار فقط از طریق اعمال حرارت(گرما) در محدوده دمایی بین پاس یا نزدیک به دمای آن ،صورت می گیرد تا از لحاظ متالورژیکی خواص جوش بوجود آمده را کنترل نمود. حرارت دادن در درجه حرارت دمای بین پاس،ساختار بلوری را به استثناء موارد خاص تحت تاثیر قرار نمی دهد.بعضی از حالات ممکن است نیاز به عملیات تنش زدایی حرارتی داشته باشند.بطوری که قطعات جوش خورده بتدریج در یک سرعت مشخص تا محدوده تنش زدایی تقریبا ۱۱۰۰°F تا ۱۲۰۰° F (۵۹۰ تا ۶۵۰ درجه سانتی گراد) برای اکثر فولادهای کربنی گرما داده می شود.

بعد از نگهداری در این دما به مدت یک ساعت برای هر اینچ از ضخامت فلز پایه،قطعات جوش خورده تا دمای حدود ۶۰۰°F (۳۱۵ درجه سانتی گراد) در یک سرعت کنترل شده سرد می شود. بازرس در تمام این مدت مسئولیت نظارت بر

http://www.mohandes-iran.com

انجام کار را دارد تا از صحت کـار انجـام شـده و تطـابق بـا ملزومـات روش کـار اطمینان حاصل نماید.

آزمایش ابعاد پایانی. اندازه گیری دیگری که کیفیت یک قطعه جوشکاری شـده را تحت تاثیر قرار می دهد صحت ابعادی آن می باشـد. اگـر یـک قسـمت جوشـکاری شده بخوبی جفت و جور نشود،ممکن است غیر قابل استفاده شـود اگرچـه جـوش دارای کیفیت کافی باشد.

حرارت جوشکاری ، فلز پایه را تغییر شکل داده و مـی توانـد ابعـاد کلـی اجـزاء را تغییر دهد.بنابراین، آزمایش ابعادی بعـد از جوشـکاری ممکـن اسـت بـرای تعیـین متناسب بودن قطعات جوشکاری شده بـرای اسـتفاده مـوردنظر مـورد نیـاز واقـع شود.

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

فصل دوم

آزمون با استفاده از مایع نافذ

http://www.mohandes-iran.com

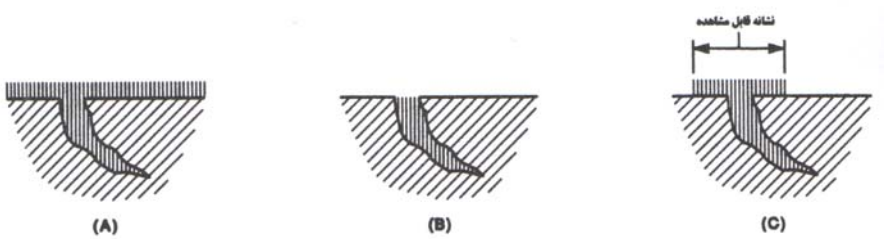
تاریخچه

آزمایش مایع نافذ شاید یکی از قدیمی ترین روش های آزمایش غیر مخرب باشد. سربازان جنگ صلیبی دریافته بودند که شمشیرهای دشمنان آنها سبکتر، چقرتر و تیزتر از شمشیر های خودشان است. آنها توانایی رسیدن به این کیفیت را نداشتند تا زمانی که یک آهنگر مسلمان اسیر شده فرآیندهای فورج، عملیات حرارتی و آزمایش را به آنها نشان داد.

آزمایشهای که نقص ها را آشکار می ساخت بیشتر مورد توجه بود. شمشیر تیز نشده بطور کامل با الکل تمیز شده و برای یک دوره زمانی در روغن فرو می کردند. سپس روغن سطحی را بطور کامل زدوده و آن را پوشش دوغاب آهک می دادند. بعدا شمشیر را آویزان می کردند تا خشک شود به این ترتیب آثار روغن روی پوشش دوغآب آهک قابل مشاهده بود.

روغنی که در ترکهای ریز مانده بود بوسیله دوغاب آهک بیرون کشیده شده و باعث نمایان شدن نقص ها می شود. مفهوم تمرکز تنش حاصل از نقص ها بطور کامل شناخته شده نبود ولی سربازان دریافته بودند که یک شمشیر بدون نقص براحتی شمشیری که نشانه هایی از ترک داشت، نمی شکست. شکل ۲- ۱ بیان گرافیکی از فرآیند آزمایش با ماده نافذ می باشد.

http://www.mohandes-iran.com



شکل ۲-۱) A) روغن یا ماده نفاذ به داخل نقص کشیده می شود . B) ماده نافذ اضافی از روی سطح زدوده می شود . C) آشکار ساز ماده نافذ داخل نقص را کشیده و یک نشانه قابل مشاهده ظاهر می شود .

علاوه بر اینکه این روش یکی از قدیمی ترین روش های آزمایش غیر مخرب می باشد یکی از ساده ترین آنها نیز می باشد. این روش استفاده از روغن و دوغاب آهک صدها سال در مغازه های آهنگری ، نگهداری راه آهن و هر جای که کیفیت ساختاری مواد اهمیت بالای دارد ، استفاده می شود.

یکی از بزرگترین مشکلاتی که در صنعت اولیه پیش آمد ، ناهمسانی بود. بعضی از مغازه ها از هر روغنی که در دسترس داشتند ، استفاده می کردند. این مواد از نفت گرفته تا روغن مصرفی در جعبه دنده را شامل می شد.

به دلیل اینکه میزان موفقیت آزمایش مایع نافذ به توانایی مایع در ورود به نقص های کوچک بستگی دارد نوع ماده ای که بعنوان نافذ استفاده می شود ، بسیار مهم است.

روغن های سبک بسیار راحت تر از روغن های سنگین در نا پیوستگی های سطحی نفوذ می کنند.

http://www.mohandes-iran.com

پودرها و دوغاب هایی که استفاده می شوند از نظر مشخصه جذب یا تباین حاصل با روغن نافذ ، با هم متفاوت هستند.

امروزه سیستم های آزمایش با ماده نافذ که در صنعت هواپیمای استفاده می شود به مقدار زیاد اصلاح شده و بصورت استاندارد در آمده است. مواد لازم در این آزمایش مثل تمیز کننده ها، ماده نافذ و آشکار سازها به گونه ای ساخته می شوند که الزامات مربوط به مشخصه های پذیرفته شده جهانی را تامین کنند. روشهایی که بوسیله آنها بهترین نتایج ، تحت شرایط مختلف حاصل شود توسعه یافته اند.

این موارد تمام جنبه ها ی آزمایش با ماده نافذ از آماده سازی سطح تا تفسیر نشانه های ظاهر شده را شامل می شود. پیچیدگی آزمایشهای ماده نافذ ایجاب می کند کسانی که تفسیر آنها را بر عهده دارند به روال استاندارد آگاه بوده و دانش کاری خوبی از روش های آزمایش داشته باشند.

روش آزمایش

اگرچه متغیر های زیادی در روش آزمایش مایع نافذ وجود دارند ، مطالبی هست که تقریبا در تمام موارد ثابت بوده، باید فهمیده شوند. اول اینکه ناپیوستگی ها باید روی سطح ماده مورد آزمایش باز باشند این باز شدگی تنها راهی است که ماده نافذ می تواند وارد شکاف شود. روش های NDT دیگری وجود دارد که می تواند ناپیوستگی های که بطور کامل زیر سطح قرار دارند، تعیین کنند.

دوم اینکه ماده مورد آزمایش باید غیر متخلخل باشد. مواد مختلفی مانند فلزات ،

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

پلاستیک ها و شیشه را می توان با استفاده از روش ماده نافذ بررسی کرد. ماده نافذ می تواند تقریبا در سطح تمام قطعات ریخته متخلخل و خشن نفوذ کند . بعد از اینکه فرآیند انجام شد ماده نافذ نشانه های زیادی روی سطح قطعه به جا می گذارد. شخص باز بین مطمئنا متوجه می شود که ماده متخلخل است و نمی تواند نقص های موضعی را در صورت وجود مشخص کند.

موادی مثل سرامیک ها مشروط به اینکه لعآب کاری شده باشند می توانند به این روش آزمایش شوند .

بسیاری از مواد مرکب (کامپوزیت) در صورتی که سطح آنها صاف و غیر متخلخل باشد، می توانند آزمایش شوند.

بدون در نظر گرفتن سیستمی که استفاده می شود تمام روشهای آزمایش با ماده نافذ با استفاده از مراحل زیر انجام می شوند:

۱ .آماده سازی سطح یا پیش تمیز کاری

۲. مالیدن ماده نافذ

۳. زدودن ماده نافذ اضافی

۳- مالیدن ماده آشکار ساز

۵-بررسی، تفسیر نشانه های ظاهر شده

٦ - تمیز کاری بعد از بررسی

http://www.mohandes-iran.com

۱)آماده سازی سطح یا پیش تمیز کاری

به دلیل اینکه شرایط سطح توانایی ماده نافذ را در ورود به ناپیوستگی ها به مقدار زیاد تحت تاثیر قرار می دهد ، مسطح ماده مورد آزمایش باید بطور مناسب آماده شود. یکی از اصول مهم در موفقیت آزمایش ماده نافذ این است ناپیوستگی ها روی سطح باز شده باشند به این معنی که این ناپیوستگی ها با مواد آلاینده مسدود نشده باشند. مواد آلاینده سطح ممکن است نشانه هایی ایجاد کنند که باعث گمراهی شود و یا باعث پنهان شدن نشانه هایی شوند که بالقوه بیانگر شرایط مخاطره آمیز می باشند.

یک دلیل دیگر برای تمیز کاری کامل این است که در مواردی ماده نافذ، زداینده ماده نافذ و یا آشکار ساز ها به روش غوطه وری استفاده می شوند. به این ترتیب اگر قطعات عاری از مواد آلاینده باشند باعث افزایش عمر مفید این مواد می شوند.

بعضی از مواد آلاینده که باید زدوده شوند شامل: چرک، زنگ، پوسته ، خوردگی، چربی، روغن و آب می باشد. رنگ، بتونه ، آبکاری و هر نوع پوشش محافظ دیگر باید زدوده شود. انواع مختلفی از تمیز کاری در دسترس تکنسین NDT می باشد و مشروط بر اینکه تاثیری در قابلیت کاری داشته و خود این مواد به بعنوان آلاینده نباشند، استفاده از آنها رضایت بخش است. روش تمیزکاری مقدار زیاد به ماده آلاینده و ترکیب ماده قطعه مورد آزمایش وآبسته است.

چربی و روغن در اغلب موارد با استفاده از یک حلال سبک زدوده می شوند.

http://www.mohandes-iran.com

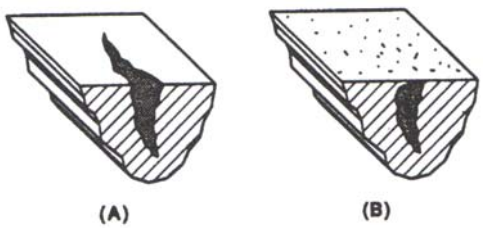
منظور از حلال سبک آنهایی است که به سرعت و بطور کامل تبخیر می شوند. توده های بزرگ روغن و چربی را می توان با حلال متداول نفتی زدوده و سپس روغن باقیمانده از حلال نفتی را با استفاده از یک حلال سبک تر مثل MEK تمیز کرد.

چربی زدایی تبخیری یک روش عالی برای زدودن چربی و روغن می باشد. در این روش از یک مخزن پوشیده و یک المنت حرارتی استفاده می شود. این مخزن محتوی تری کلرواتیلن می باشد. قطعات در یک ظرف قرار گرفته و یا در قسمت بالایی مخزن بصورت معلق قرار می گیرند. وقتی تری کلرواتیلن حرارت داده می شود ، بخار شده و به طرف بالای مخزن می رود، روی قطعات تقطیر می شود این کار باعث می شود چربی و روغن روی قطعات حل شده و همراه باتری کلرواتیلن به مخزن بریزد. تکنسین باید بطور کامل به این روش و نوع مواد سازگار با آن آشنایی کامل داشته باشد.

چرک و کثافات می تواند بوسیله تمیز کاری بخاری یا شستشوی آبی تحت فشار بالا زدوده شوند. اگر از مواد شوینده استفاده شود باید بعداً ناحیه تمیز شده بطور کامل با آب شسته شود زیرا بعضی از مواد شوینده محتوی اسید ها یا آلکالین ها می باشند. اسید ها توانایی خاصیت شب نمایی مواد نافذ فلورسان را کاهش می دهند.برای زدودن خوردگی سطحی و پوسته های روی سطح محصولاتی وجود دارد که بصورت تجاری در دسترس می باشند. این محصولات معمولا

http://www.mohandes-iran.com

اسیدی یا آلکالینی می باشند. در این مورد نیز قطعات بعد از تمیز کاری باید به دقت با آب شسته شوند. روشی که برای زدودن رنگ ترجیح داده می شود لخت کردن شیمیایی می باشد. باید مراقب بود که رنگ نرم شده در ناپیوستگی های موجود باقی نماند. این کار باعث می شود نیاز به فرآیند تمیز کاری دیگری نیز باشد.در بعضی از پوشش های سطحی که غیر متخلخل بوده و بطور سفت چسبیده ، وقتی ماده پایه ترک می خورد این پوشش نیز ترک بر می دارد. در این موارد آزمایش ماده نافذ می تواند بدون زدودن این پوشش ها با موفقیت انجام شود بنابراین احتمال اینکه رنگ باقیمانده ناپیوستگی ها را پر کند، منتفی می شود. توصیه های سازندگان در مورد آزمایش ماده نافذ بدون زدودن پوشش های سطحی باید بطور کامل رعایت شود. قبل از انجام آزمایش ماده نافذ نباید از روش های آماده سازی سطحی و تمیزکاری ، شامل سنگ پاشی ، تمیز کردن با برس سیمی ، ماشین کاری ، سنگ زنی و یا هر روشی که باعث جابجایی و پوشاندن فلز سطحی می شود، استفاده کرد (شکل ۲- ۲).



شکل ۲-۲) جابجایی فلز سطحی در اثر روش تمیز کاری نادرست باعث پوشیده شدن ناپیوستگی می شود . A) قبل از تمیز کاری ، B) بعد از تمیز کاری

http://www.mohandes-iran.com

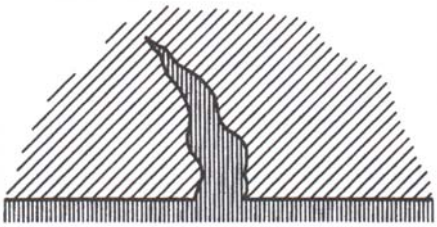
سنگ پاشی با استفاده از موادی مثل دانه های شیشه ای یا ساچمه های پلاستیکی مانند این است که با استفاده از هزاران چکش کوچک به سطح ماده ضربه وارد کنیم. ماده مجاور ناپیوستگی خم شده و باعث بسته شدن سطح ناپیوستگی می شود. برس سیمی، ماشین کاری یا سنگ زنی نیز می توانند با جآبجایی فلز سطحی باعث بسته شدن ناپیوستگی های سطحی شوند. قطعات، نواحی که به یکی از روش های سایشی گفته شده تمیز می شوند، اگر ناپیوستگی ها با استفاده از یک اسید یا تیزآب آلکالین باز شوند هنوز می توانند با استفاده از روش مایع نافذ آزمایش شوند. ماده ای که برای تیزآب کاری استفاده می شود باید خنثی بوده و قبل از انجام آزمایش از روی سطح زدوده شود. قابل ذکر است که فرآیند تیزآب کاری باعث کنده شدن ماده از سطح قطعه می شود. بررسی سطوح خشن با استفاده از روش مایع نافذ مشکل است و سنگ زنی یا ماشین کاری برای رسیدن به سطح مناسب نیز ممکن است باعث شود بعضی از قطعات هواپیما کارائی خود را از دست بدهد. در چنین شرایطی لازم است از روش های دیگر NDT استفاده شود.

۲)مالیدن ماده نافذ روی سطح

مواد نافذ سیال می باشند ، معمولا پایه روغن ، و دارای این مشخصه هستند که به سرعت روی سطح قطعه پخش شده و در ناپیوستگی های کوچک نفوذ می کنند. مواد نافذ در دو دسته موجود می باشند: فلورسان یا مرئی. مواد نافذ فلورسان در

http://www.mohandes-iran.com

حضور نور سیاه درخشش سبز/ زرد از خود ساطع می کنند. مواد نافذ مرئی قرمز روشن بوده و در نور سفید با چشم قابل دید می باشد. ملاحظات روشنایی بستگی به نوع ماده نافذ بکار رفته دارد.نافذ می توانند به هر روشی روی قطعه اعمال شوند مشروط بر اینکه ایجاد یک پوشش کامل روی قطعه را تضمین کنند. غوطه وری ، ریزش ، پاشش و مالیدن روش های هستند که استفاده می شوند.وقتی که ماده نافذ بطور کامل سطح را پوشاند با استفاده از خاصیت مویینگی در ناپیوستگی ها کشیده می شود (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳) ماده نافذ با استفاده از خاصیت مویینگی به داخل ناپیوستگی کشیده می شود .

خاصیت مویینگی پدیده ای است که باعث می شود یک مایع بر خلاف جاذبه زمین در یک لوله نازک بالا رود. این پدیده را می توانید در یک نی داخل لیموناد ملاحظه کنید که سطح مایع داخل نی بالاتر از سطح مایع داخل ظرف قرار می گیرد. این همان پدیده ای است که باعث بالا رفتن شیره گیاهی در درخت و یا بالا رفتن نفت در یک فتیله می شود. به دلیل خاصیت مویینگی است که نافذ در سمت پایین قطعه جذب ناپیوستگی ها می شود. زمانی که قطعه با ماده نافذ پوشش داده می شود بنام زمان نفوذ یا زمان اسکان نافذ شناخته می شود. عمل مویینگی زمان بر است.

http://www.mohandes-iran.com

زمان اسکان، زمان کشیده شدن نافذ در ناپیوستگی ها می باشد. بـه زمـان اسـکان باید توجه شود که این زمان به عوامل مختلفی از جمله نوع ناپیوستگی، نوع نافذ به کار رفته و دما بستگی دارد.ترک های بزرگ نیاز به زمـان اسـکان کمتـری دارنـد. زیرا ماده نافذ بر خلاف ترک های ریز، با سرعت بیشتری نفوذ خواهد کرد. اگر بـه دنبال ترک های ریز هستیم زمان اسکان بیشتری لازم است.تخلخل ممکن است بـه صورت یک حفره در دانه بندی ماده و یا گروهی از حفره ها باشـد. تخلخـل ممکـن است حاصل فرآیند های ساخت ماده و یا خوردگی باشد. از آنجا که بازشدگی این نوع نقص در سطح بسیار کوچک است زمان بیشتری بـرای ورود مـاده نافـذ لازم است بنابراین زمان اسکان بیشتر خواهد بود.زمان اسکان بـه نـوع مـاده نافـذ نیـز وآبسته است. مواد نافذ در سطوح مختلفی از حساسیت وجود دارند. حساسیت یک نافذ بیانگر توانایی شناسایی یک اندازه و نوع مشخصی از ناپیوسـتگی مـی باشـد. یک نافذ با حساسیت بالا نسبت به یک نافذ با حساسیت پایین، بـرای ورود بـه یـک ناپیوستگی به زمان کمتری نیاز دارد.دمای نافذ و سطح مورد آزمـایش مـی توانـد تاثیر نامساعدی روی آزمایش بگذارد و در تعیین زمان اسـکان بایـد مـورد توجـه قرار گیرد. تغییرات دما باعث تغییر لزجت ماده نافذ پایه روغن می شود. یـک نافـذ سرد لزج یا ضخیم بوده و در مقابل جریان و حرکت مقاومت مـی کنـد در حالیکـه یک نافذ گرم لزجت کمتری داشته، به راحتی جریان می یابد. به همین دلیل یک نافذ گرم روی سطح گرم در زمان کمتری نسبت به یک نافذ سرد روی یک سطح سـرد

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

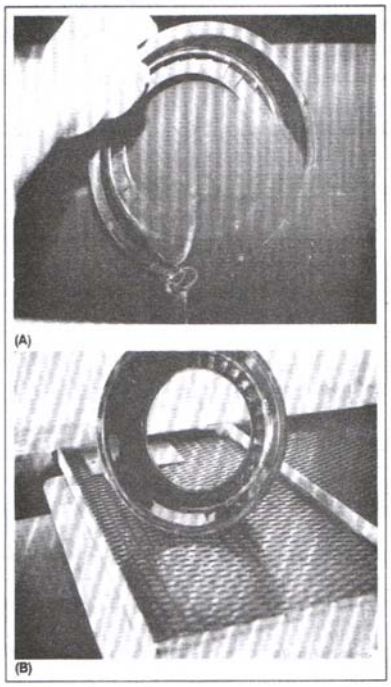
در ناپیوستگی ها نفوذ می کند. در حقیقت در دمای کمتر از $50F$ ، ممکن است نافذ در ناپیوستگی ها نفوذ نکند. دماهای بالا ممکن است زمان اسکان را کاهش دهد. لیکن بعضی از پیش بینی ها باید در نظر گرفته شوند. بطور کلی، آزمایش ماده نافذ نباید روی قطعات گرمتر از $125F$ انجام شود. دماهای بالا باعث می شود که نافذ بخار شده و مانده ای به جا گذارد که باید قبل از آزمایش مجدد تمیز شود. همچنین دماهای بالا باعث لطمه به ماده نافذ می شود و توانایی خاصیت شب نمایی ماده نافذ فلورسان را کاهش می دهد.زمان های اسکان برای مثال بین ۱۰ تا ۳۰ دقیقه می باشد. توصیه های زمان اسکان توسط سازندگان ماده نافذ مشخص می شود. زمان اسکان ایده آل را می توان با استفاده از آزمایش و تجربه تعیین کرد.نباید اجازه داد که در زمان اسکان، ماده نافذ روی سطح قطعه خشک شود. اگر نافذ خشک شود قطعه سطح باید با استفاده از روشی تمیز شود که زدوده شدن نافذ خشک شده از ناپیوستگی ها را تضمین کند سپس فرآیند دوباره تکرار شود. نافذ باقیمانده در ناپیوستگی حساسیت آزمایش مجدد را کاهش می دهد. از جمله قطعاتی که در نافذ غوطه ور می شوند شامل دیسک های فن ، چرخهای توربین و تیغه های کمپرسور و توربین می باشد. قطعات بزرگی مثل دیسکهای فن با استفاده از تسمه ها و قلآب های مخصوص در نافذ غوطه ور شده و با استفاده از جرثقیل بالا کشیده می شود. قطعات کوچک تر مثل تیغه های کمپرسور در سبدهایی چیده شده و سپس با دست داخل نافذ فرو برده می شوند.قطعات معلق

http://www.mohandes-iran.com

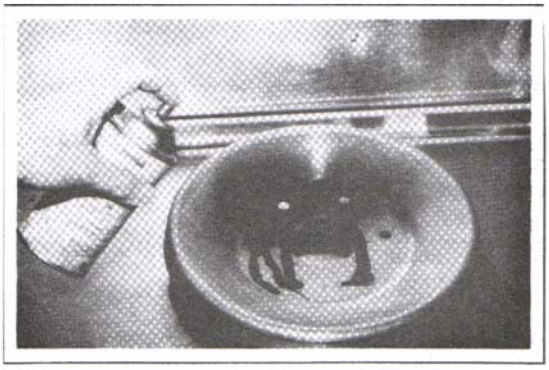
شده به اندازه ای در نافذ قرار می گیرند که پوشش کامل تضمین شود. در بعضی موارد شاید لازم شود برای حذف حبابهای هوای قطعات معلق در نافذ را حرکت داده و یا بچرخانیم. سپس آنها را بیرون کشیده و اجازه می دهیم تا خشک شوند. برای خشک کردن قطعات بزرگ می توان آنها را از جرثقیل آویزان نگه داشت قطعات کوچک تر را می توان در داخل ظرف قرار داد که در هر دو مورد نافذ اضافی بازیافت می شود. زمان اسکان از زمان معلق کردن قطعات آغاز شده و شامل زمان خشک کردن نیز می شود (شکل ۲ -٤). همچنین ماده نافذ می تواند بوسیله پاشش اعمال شود. این روش می تواند با استفاده از تجهیزات پاشش تجاری مثل افشانه های پر فشار انجام شود. استفاده از تجهیزات پاشش تخلیه الکترواستاتیک اتلاف مواد در استفاده از پاشش را به حداقل می رساند. بارهای استاتیکی مخالف به قطعه و نافذ اعمال می شود بارهای مخالف باعث می شود پاشش نافذ به قطعه جذب شود. با تنظیم صحیح تمام قطعه از یک سمت می تواند پوشش داده شود.انواع مختلفی از مواد نافذ در افشانه ها موجود می باشند، این افشانه ها می توانند از فروشندگان تجهیزات NDT و هواپیمایی تهیه شوند. این بسته ها یک آزمایش مایع نافذ قابل حمل و مناسب برای کاربردهای موضعی را فراهم می کنند. شکل ۲- ٥ اعمال ماده نافذ به سطح یک spinner bulkhead را نشان می دهد. استفاده از فرچه و مالیدن رنگ روشی است که برای بررسیهای موضعی ترجیح داده می شود. این روش پوشش تمام ناحیه تحت تاثیر را تضمین

http://www.mohandes-iran.com

کرده و باعث صرفه جویی در ماده می شود.هم چنین می توان قطعات را روی یک سینی مشآبه ظرف چربی کباب پزی قرار داده و ماده نافذ با استفاده از یک ظـرف مناسب روی قطعات ریخته شود. در استفاده از این روش باید توجه شود که تمـام سطوح مورد آزمایش پوشش داده شوند.



شکل ۲ -۴) مجموعه پره (اهنمای توربین . A) در ماده نافذ معلق شده و B) سپس در سینی آبکشی قرار می گیرد .



شکل ۲ -۵) اعمال ماده نافذ با استفاده از افشانه .

http://www.mohandes-iran.com

۳) زدودن نافذ اضافی

از اینکه زمان اسکان نافذ تمام شد فرآیند زدودن نافذ اضافی آغاز می شـود روش مورد استفاده مقدار زیاد توسط نوع نافذ بکار رفته تعیین می شود . برای تضـمین اینکه تمام نافذ سطح، بدون بر هم زدن نافذ جذب شده در ناپیوستگی ها تمیز شود باید بطور کامل از روشهای شده تبعیت شود.

ملاحظه عمـومی بـرای همـه روش هـای زدایـش، نورتـابی مـی باشـد. مـواد نافـذ فلورسان تحت نور سیاه و مواد نافذ مرئی در نور سفید طبیعی یا مصنوعی زدوده می شوند. رسیدن به وضعیت مطلوب در زدودن نافذ فلورسان اضافی در حضـور نور سفید و ماده نافذ مرئی تحت نور سیاه تقریبا غیر ممکن اسـت . زدودن ناتمـام یا ضعیف نافذ اضافی باعث ایجاد زمینه ای می شود که ممکن است باعث پنهـان و نا واضح شدن ناپیوستگی ها و سردر گمی در نشان دادن آنها خواهد شد.

طبقه بندی مواد نافذ بصورت زیر است:

۱. قابل شستشو با آب

۲. پس امولسیون شونده (چربی دوست)

۳. قابل زدایش با حلال

٤. پس امولسیون شونده (آب دوست)

هر کدام از دسته های بالا همراه با روش زدایش بحث خواهد شد.

نافذ قابل شستشو با آب یک نافذ پایه روغـن اسـت کـه محتـوی امولسـیون کننـده

http://www.mohandes-iran.com

می باشد. یک امولسیون کننده ماده ای است که به گونه ای با نافذ واکنش می دهد که ماده نافذ قابل شستشو با آب شود. این ماده امولسیون کننده وقتی در تماس با آب قرار می گیرد فرآیند امولسیون سازی را آغاز کرده و امکان شستشوی نافذ از سطح را فراهم می کند.

نافذ قابل شستشو با آب با استفاده از پاشش آب ، شسته می شود. قطرات بزرگ آب تمایل به ورود به ناپیوستگی ها و شستن ماده نافذ را ندارند.

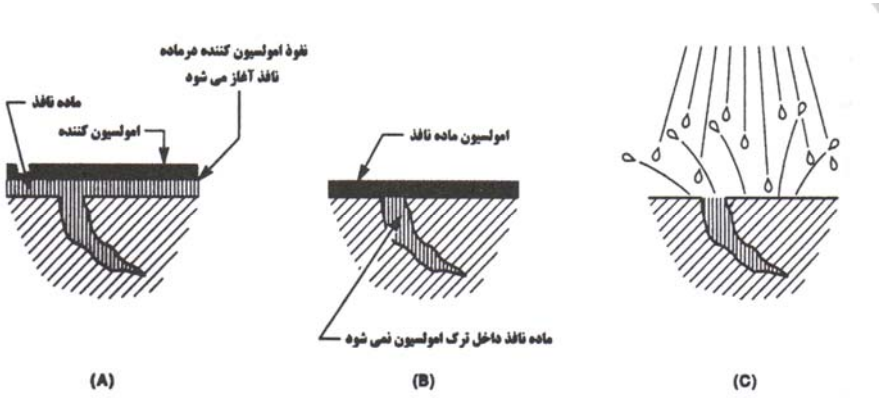
برای دستیآبی به پاشش آب صحیح از نازل های مخصوصی استفاده می شود. فشار آب باید در حدود . ۲۰-٤۰ PSI و در دمای محیط F °۱۰۰- ۵۰ نگه داشته شود. در زدودن این نوع نافذ باید مراقب بود شستشوی بیش از حد انجام نشود. شستشوی بیش از اندازه باعث می شود نافذ موجود در ناپیوستگی ها، مخصوصا در جاهایی که نا پیوستگی ها سطحی و کم عمق هستند، شسته شود.

نافذ پس امولسیون شونده دارای یک امولسیون کننده درونی نمی باشد و قبل از اینکه قابل شستشو با آب شود باید یک امولسیون کننده به آن اعمال شود. نافذ پس امولسیون شونده به اندازه نوع قابل شسشو با آب به شستشوی بیش از حد حساس نمی باشد. ولی زمان امولسیون کردن بسیار مهم است .

اگر زمان امولسیون کردن خیلی کوتاه باشد، نافذ روی سطح بطور کامل امولسیون نشده و زدودن آن مشکل می شود. همچنین اگر زمان امولسیون کاری بیش از اندازه باشد باعث می شود نافذ موجود در ناپیوستگی ها نیز امولسیون

http://www.mohandes-iran.com

شود به این ترتیب در طی فرآیند شستشو با آب از داخل ناپیوستگی ها شسته می شوند.امولسیون کننده را می توان به روش پاشش یا غوطه وری اعمال کرد. استفاده از بورس و فرچه صحیح نیست زیرا باعث آغاز یک واکنش غیر یکنواخت روی سطح می شود. بعد از اینکه امولسیون کننده روی سطح زده شد شروع به ترکیب شدن با سطح ماده نافذ می شود. بعد از اینکه زمان امولسیون کاری به اتمام رسید ناحیه ترکیب شده به سطح قطعه رسیده است (شکل ۲-٦). در این لحظه فرآیند امولسیون کاری با پاشش دانه های درشت آب متوقف می شود. آشفتگی آب به زدودن نافذ امولسیون شده کمک می کند.



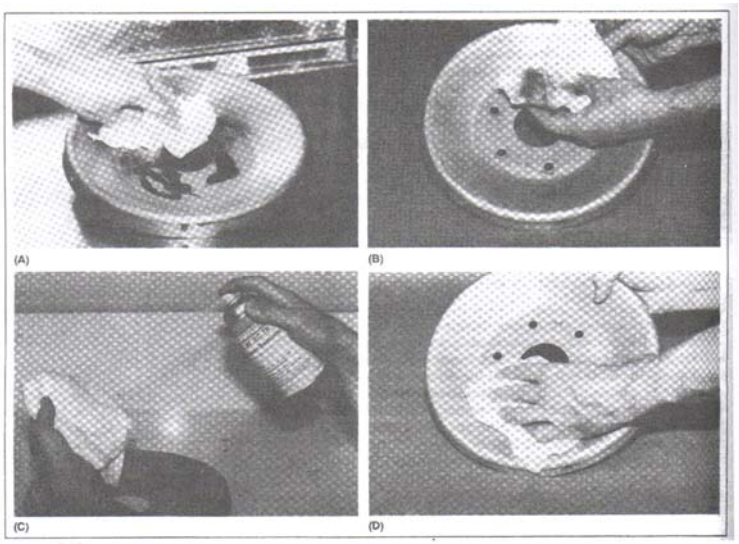
شکل ۲-۶ A) امولسیون کننده اعمال شده و شروع به ترکیب شدن با ماده نافذ می کند.

B) نامیه ترکیب شده به سمت سطح قطعه شروع به رشد می کند . C) ماده نافذ امولسیون شده با استفاده از پاشش دانه های درشت آب زدوده می شود .

دو نوع امولسیون کننده وجود دارد: چربی دوست و آب دوست. امولسیون کننده چربی دوست ، بر پایه روغن بوده و بصورت رقیق نشده استفاده می شود

http://www.mohandes-iran.com

همچنین وقتی زمان اسکان نافذ تمام شد.قطعه بطور مستقیم داخل امولسیون کننده قرار گرفته یا امولسیون کننده روی قطعه پاشیده می شود.این سیستم به نام روش B معروف است.امولسیون کننده آب دوست بر پایه آب می باشد. این مواد بصورت غلیظ شده بوده و قبل از استفاده با آب مخلوط می شوند. غلظت امولسیون کننده آب دوست نوعا بین ۵- ۲۰٪ می باشد.در استفاده از این روش قبل از استفاده از امولسیون کننده ، نافذ اضافی روی قطعات با استفاده از یک فرآیند پیش شستشو زدوده می شود. به جهت اینکه در این مرحله نافذ قابل شستشو با آب نمی باشد با استفاده از پاشش آب به اجبار از سطح جدا می شود. این سیستم به روش D معروف است.



شکل ۲-۷) A) ابتدا ماده نافذ با استفاده از دستمال نرم تمیز می شود . B) تمیز کردن ادامه می یابد تا همه ماده نافذ زدوده شود . C) یک دستمال تمیز به ماده پاک کننده آغشته می شود . D) سپس آثار باقیمانده از ماده نافذ با این دستمال زدوده می شود .

http://www.mohandes-iran.com

سیستم آب دوست یک سیستم جدید بوده و نسبت به سیستم چربی دوست مزایایی دارد. اول اینکه امولسیون کننده آب دوست رقیق می شود. یک مقدار مشخص از امولسیون کننده آب دوست تغلیظ شده ۸۰ – ۹۵ مرتبه بیشتر از همان مقدار امولسیون کننده چربی دوست کارکرد دارد. دوم اینکه قبل از استفاده از استفاده از امولسیون کننده قطعات یک مرحله شسته می شوند. به این ترتیب مخزنی که قطعات در آن غوطه ور می شوند به سرعت توسط ماده نافذ کثیف نمی شود. این مزایا، استفاده از سیستم آب دوست را اقتصادی تر می کند .

مواد نافذ قابل زدایش توسط حلال نوعا برای بررسی های موضعی یا قطعات کوچک با هندسه ساده استفاده می شوند. این نوع نافذ بر پایه روغن بوده و از آب یا امولسیون کننده برای زدودن آن استفاده نکنید.

ابتدا نافذ اضافی از روی سطح با استفاده از یک پارچه بدون کرک جاذب و تمیز یا یک حوله مناسب پاک می شود. این کار تا زمانی که نتوان نافذ اضافی دیگری با استفاده از پارچه خشک تمیز کرد، ادامه می یابد. پارچه با استفاده از تمیز کننده های مخصوص ، که بصورت افشانه در دسترس می باشند، مرطوب شده و تا زمانی که هیچ نافذی روی سطح باقی نماند و با کشیدن پارچه روی آن اثری از ماده نافذ روی آن ظاهر نشود ادامه می یابد. شکل ۲– ۷ فرآیند زدودن نافذ اضافی قابل زدایش با حلال را نشان می دهد.

پارچه نباید بطور کامل با پاک کننده اشباع شود و پاک کننده نباید بطور مستقیم

http://www.mohandes-iran.com

روی قطعه بکار گرفته شود. در هر دو مورد ماده نافذ ممکن است از ناپیوستگی ها شسته شود.

قبل از اینکه به مرحله ظاهر سازی بپردازیم باید بدانید که در مورد بعضی از ظاهر سازها ، لازم است سطح مورد نظر خشک باشد. بعد از زدودن مواد نافذ قابل شستشو با آب یا هر کدام از انواع پس امولسیون شونده ، قطعات خیس خواهند بود. این قطعات می توانند در یک خشک کننده که معمولا یک فر با هوای گرم در گردش بوده و برای این منظور ساخته شده ، خشک شوند .

دمای داخل خشک کننده در حدود $160F$، بوده و قطعات تا زمانی که خشک شوند داخل آن قرار می گیرند. یک روش دیگر شامل خشک کردن دمشی با استفاده از یک فن در دمای اتاق یا در هوای فیلتر شده خشک و تمیز در PSI ۲۵ می باشد.

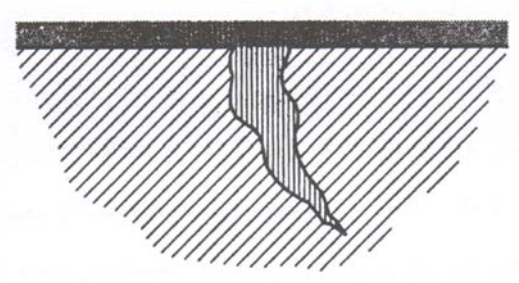
۴)استفاده از ظاهر ساز

نافذی که در ناپیوستگی ها مانده با استفاده از خاصیت جذب یک ظاهر ساز بیرون کشیده می شود . ظاهر سازی که برای این کار استفاده می شود ماده پودری سفید است که خاصیت جذبی بالایی دارد . ظاهر ساز بصورت یک پوشش نازک روی سطح اعمال می شود. وقتی نافذ به داخل ظاهر ساز کشیده می شود یک نشانه مرئی ایجاد می کند که تقریبا اندازه و شکل ناپیوستگی را مشخص می کند.

حتی ناپیوستگی های خیلی کوچک به این روش آشکار می شوند زیرا نافذ در سطح ظاهر ساز می شود. پخش نافذ باعث می شود نشانه ظاهر شده بزرگتر از

http://www.mohandes-iran.com

اندازه واقعی ناپیوستگی باشند (شکل ۲-۸) .



شکل ۲-۸) وقتی ماده نافذ به داخل ظاهر ساز کشیده شود ، پخش می شود.

وظیفه دوم ظاهر ساز این است که زمینه مغشوش قطعه را پوشش داده و یک زمینه متباین با نافذ را ایجاد کند. نافذ مرئی قرمز بطور واضح در زمینه سفید قابل تشخیص است. نافذ فلورسان در حضور نور سیاه ، یک نور سبز/ زرد بسیار روشن در زمینه سیاه از خود نشان می دهد. بعد از اینکه کار با نافذ فلورسان به پایان رسید باید قطعه را تحت نور سیاه بررسی کرد بنابراین لازم است که خود ظاهر ساز خاصیت شب نمای نداشته باشد.

تا زمانی که ظاهر ساز در حال تغییر بوده و ماده نافذ را از ناپیوستگی ها می کشد ، نباید ارزیابی نهایی نشانه های ظاهر شده انجام شود. این زمان ، زمان ظاهر سازی نامیده می شود. زمان ظاهر سازی از ۱۰ دقیقه تا ۲ ساعت، متغیر می باشد. قطعاتی که بعد از گذشت حداکثر زمان نفوذ، بررسی نشوند باید بطور کامل از ابتدا کار شوند.

ظاهر سازها به شکلهای مختلفی اساساً این ظاهر سازها خشک یا تر می باشند.

http://www.mohandes-iran.com

ظاهر ساز خشک بسیار سبک و جاذب مـی باشـد. قبـل از اسـتفاده از ظـاهر سـاز خشک قطعات باید کاملاً خشک باشند.

ظاهر ساز خشک می تواند به روشهای مختلفی استفاده شود. پودر ریز مـی توانـد از یک مخزن مکیده شده و در فشار پایین هوا به سمت قطعه پاشیده شود. بـا ایـن روش تجهیزات تخلیه الکترواستاتیک استفاده می شود تـا پوشـش کامـل سـطح بـا اتلاف کمی فراهم شود. این سیستم به راحتی با سیسـتم هـای اتوماتیـک سـازگار است.

استفاده از پودر همچنین می تواند با قرار دادن قطعه در جعبه ای که به این منظور طراحی شده ، انجام شود. ظاهر ساز موجود در ته جعبه با اسـتفاده از دمـش هـوا آشفته شده و ابری از ظاهر ساز را تشکیل می دهد. سپس ظاهر سـاز روی سـطح قطعه می نشیند.

روش دیگر اعمال آن استفاده از غوطه وری می باشد. ظاهر ساز خشک می توانـد با چپانیدن هوا از زیر مخزن یک سیال تشـکیل دهـد. هـوا از پـودر عبـور کـرده و امکان غوطه ور شدن قطعه را فراهم می کند.

ظاهر ساز خشک برای سطوح خشن مناسب اسـت. همچنـین بـه راحتـی بـا هـوای فشرده زدوده می شود.

ظاهر سازهای تر خود به سه زیر مجموعه تقسیم می شـوند. اولـین دو مـورد بـر پایه آب می باشند هر دوی آنها بصورت پودر تهیه شده و به نسبت هـای مناسـبی

http://www.mohandes-iran.com

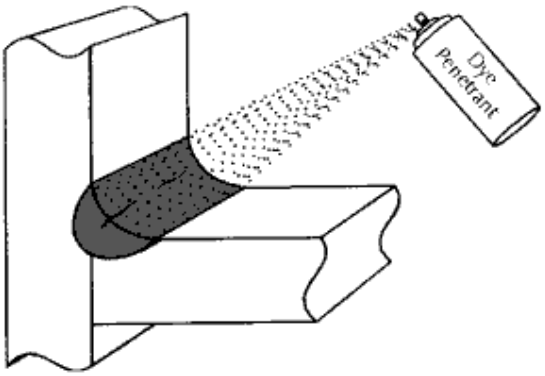
با آب مخلوط می شوند.

ظاهر سازهای قابل حل در آب با هم زدن و یا بدون نیاز به هم زدن در آب حل می شوند. ظاهرسازهای قابل تعلیق، قابل حل نبوده و در طول مدت استفاده باید بصورت تعلیق در آب نگه داشت شوند.

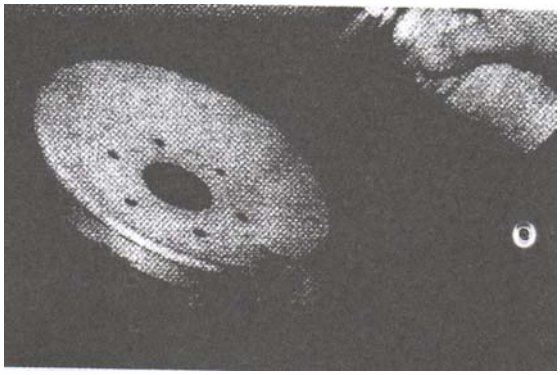
در هر کدام از موارد، قطعه در حمام ظاهر ساز فرو برده شده ، و اجازه می دهیم تا ظاهر ساز اضافی از روی قطعه بریزد. سپس قطعه خشک می شود. وقتی آب خشک شد ، یک لایه یکدست از ظاهر ساز روی قطعه باقی می ماند.

غلظت ظاهر سازهای نوع آبی باید مشخص شده و اگر لازم شد تنظیم شود. اگر غلظت خیلی بالا باشد بعد از بخار شدن آب پوشش ظاهر ساز ضخیم بوده و احتمالا ترک خورده و باعث نا واضح شدن نشانه ها می شود.

وقتی از سیستم های پس امولسیون شونده ، روش های B و D استفاده می شود، استفاده از ظاهر سازهای پایه آب نیاز به خشک کردن قطعات قبل از استفاده از ظاهر ساز را از بین می برد. همه این نوع ظاهر سازها می توانند با مواد نافذ قابل زدایش توسط حلال نیز به کار روند. ظاهر سازهای پایه آبی نباید با مواد نافذ قابل شستشو با آب ، روش A ، به کار روند زیرا احتمال شسته شدن ماده نافذ از ناپیوستگی ها وجود دارد.

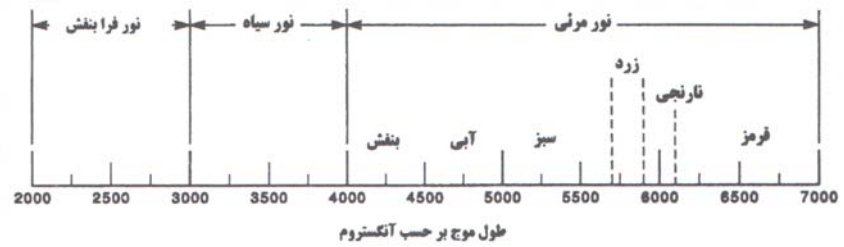


http://www.mohandes-iran.com



شکل ۲-۹) ظاهر ساز غیر آبی تر به قطعه اعمال می شود .

نوع سوم ظاهر سازها، مواد ظاهر ساز غیر آبی تر می باشند. در این نوع ظاهر ساز ها به جای آب از یک حلال فرار استفاده می کنند. حلال به سرعت تبخیر شده و یک پوشش جاذب سفید از ظاهر ساز را روی سطح به جا می گذارد. اگر چه این شکل کار، حساسیت بالایی را ایجاد می کند ولی این حساسیت بستگی به توانایی کاربر در اعمال لایه یکدست از ظاهر ساز دارد. شکل ۲- ۹ استفاده از این نوع ظاهر ساز را نشان می دهد. ظاهر سازهای تر بهترین نتایج را روی سطوح صاف به دست می دهند.



شکل ۲-۱۰) طیف نور در محدوده طول موج های نور مرئی ، سیاه و فرابنفش

http://www.mohandes-iran.com

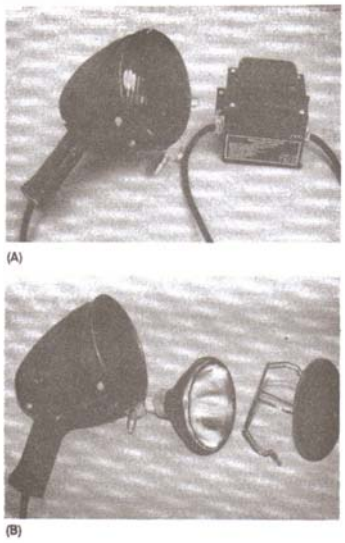
۵) تفسیر و بررسی نشانه ها

a) نور سیاه

به دلیل اینکه بررسی آزمایش های مایع نافذ و ذرات مغناطیسی در حضور نور سیاه انجام می شود لازم است مطالبی در مورد نور سیاه و منبع آن گفته شود. نور سیاه به عنوان محدوده امواج نور بین طول موجهای ۳۰۰۰ آنگستروم (۳۰۰ نانومتر) و ٤۰۰۰ آنگستروم (٤۰۰ نانومتر) تعریف می شود که بین نور فرا بنفش و نور مرئی قرار می گیرد (شکل ۲- ۷). به جهت اینکه این نور با چشم دیده نمی شود نور سیاه نامیده می شود. رنگدانه های فلورسان به طول موجهای نزدیک ۳٦٥۰ آنگستروم بهترین پاسخ را می دهند. بنابراین ایده ال ترین طول موج نور سیاه برای بررسی ، همین طول موج است.

باز تابگرهای قوس بخار جیوه یا لامپ های نقطه ای منابع متداول و موثر نور سیاه برای اهداف بررسی ماده نافذ فلورسان (و ذرات مغناطیسی فلورسان) می باشد. این لامپ ها علاوه بر نور سیاه مقدار زیادی نور سفید و فرابنفش نیز تولید می کنند بنابراین لازم است از یک فیلتر مقابل لامپ استفاده شود. این فیلتر یک شیشه قرمز - بنفش ضخیم می باشد که مانع عبور امواج فرابنفش مضر و نور مرئی شده و امکان تابش طول موجهای مطلوب نور سیاه را فراهم می کند. یک مجموعه نمونه از سیستم نور سیاه در شکل ۲- ۱۱ نشان داده شده است.

http://www.mohandes-iran.com



شکل ۲-۱۱) A) مجموعه تولید کننده نور سیاه به همراه مبدل آن .

B) (از چپ به راست) محفظه لامپ ، لامپ قوس بخار جیوه ، گیره فیلتر ، فیلتر .

شکل ۲-۱۲) شدت سنج نور سیاه دیجیتالی

لامپ های بخار جیوه وقتی روشن می شوند حداکثر شدت تابش را ندارند. و یک دوره زمانی لازم است تا قوس جیوه به حالت پایدار برسد. بنابراین قبل از آغاز بررسی، زمانی برای گرم شدن لازم است. این زمان نوعا در حدود ۵ دقیقه است.

http://www.mohandes-iran.com

هر موقع که لامپ بررسی استفاده می شود یا لامپ آن تعویض می شود شدت نور سیاه باید چک شود.

برای این کار می توان از یک شدت سنج نور سیاه استفاده کر د (شکل۲-۱۲) .

اغلب نیاز است که شدت نور سیاه در فاصله ۱۵ سانتیمتر از منبع برابر ۸۰۰ میکرو وات بر سانتی متر مربع باشد. همچنین وضعیت فیلتر نیز بطور متناوب باید چک شود. فیلتری که شکسته یا به درستی در جای خود قرار نگرفته باشد نور فرا بنفش را از خود عبور می دهد که برای چشمهای شخص باز بین مضر است.

همچنین نور سفید اضافی از آن عبور می کند که توانایی شخص باز بین در مشخص کردن نشانه های کوچک را کاهش می دهد.

تمیز نگه داشتن سطح لامپ بخار جیوه و فیلتر بسیار مهم است برای این منظور میتوان از پارچه نرم یا هر نوع پاک کننده شیشه استفاده کرد. توجه کنید وقتی که فیلتر و لامپ را تمیز می کنید نباید گرم باشند.

از پاشش ظاهر ساز یا هر نوع مایع دیگر روی فیلتر جلوگیری شود این کار نه تنها باعث آلوده شدن فیلتر می شود، همچنین به خاطر دمای بالای آن در شرایط کاری و شوک حرارتی ایجاد شده می تواند باعث ترک فیلتر شود. همچنین قسمت بیرونی نگهدارنده لامپ نیز حین استفاده داغ می شود شخص بازبین باید مراقب باشد به این سطح دست نزند، آن را در تماس با مواد قابل احتراق قرارندهد.

لامپهای قوس بخار جیوه به نواسانات ولتاژ خط حساس می باشند افت ولتاژ به

http://www.mohandes-iran.com

زیر ۱۲۰ولت به مقدار زیاد شدت نور سیاه را کاهش می دهد و کارکرد بالای ۱۲۰ ولت نیز عمر لامپ را کاهش می دهد. وقتی نوسانات ولتاژ به طور متناوب اتفاق می افتد یک وسیله محافظ نوسان موج باید استفاده شود.

نور سیاه برای چشم مضر نیست، ولی نگاه مستقیم به آن باعث می شود که دید شخص به طور موقت تیره شود که این می تواند آزار دهنده بوده و کارایی شخص بازبین را کاهش دهد. شخص بازبین باید در قرار گرفتن محل لامپها و بررسی سطوحی که به مقدار زیاد باز تابنده می با شند این نکته را مد نظر قرار دهد.

ناحیه مورد بررسی

قطعاتی که تحت فرآیند با نافذ فلورسان قرار گرفته اند باید زیر نور سیاه بررسی شوند. محیط تاریک شده بررسی باید قادر به جلوگیری از پخش نور سفید باشد در بعضی از کاربرد ها لازم است که وجود نور سفید کمتر از ۲ پا – شمع (واحد درخشانی نور) باشد . شخص بازبینی که در این شرایط تاریکی کار می کند قبل از شروع بررسی باید حداقل ۱ دقیقه زمان سازگاری با تیرگی را در نظر داشته باشد .

از الزامات بررسی قطعات که تحت فرآیند با نافذ مرئی قرار گرفته اند ، وجود نور سفید کافی می باشد . برای این منظور وجود حداقل ۱۰۰ پا – شمع سفارش شده است .

http://www.mohandes-iran.com

نشانه ها

بررسی و تفسیر نشانه های ظاهر شده شامل تعداد زیادی از متغیرها می باشد ، بنابراین برای این کار مهارت و تجربه بالایی لازم است .

نشانه ها در سه عنوان کلی جای می گیرند :

۱-نشانه های کاذب

۲-نشانه های غیر وابسته

۳-نشانه های صحیح

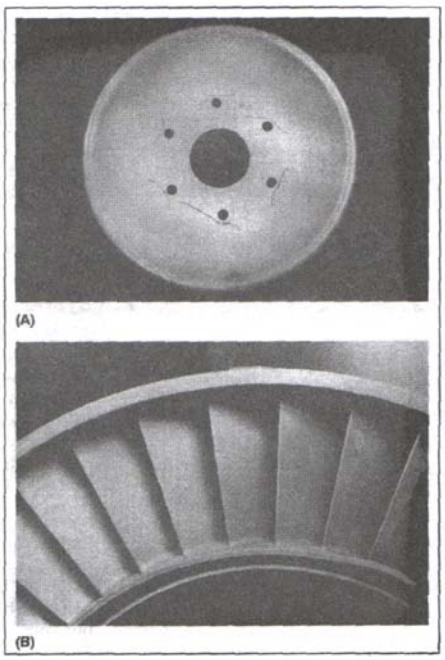
نشانه های کاذب بوسیله پیدا کردن راهی توسط نافذ به سطح قطعه مورد آزمایش به غیر از فرآیند عادی سیال نافذ ایجاد می شوند . برای مثال دستهایی که بعد از کار با نافذ تمیز نشده اند ، می توانند باعث انتقال ماده نافذ به سطح قطعه شوند . ماده نافذی که روی میز بررسی وجود دارد می تواند نشانه هایی روی قطعه به جا گذارد . همچنین اگر ظاهر ساز به ماده نافذ آلوده شده باشد این نافذ می تواند همراه با ظاهر ساز به قطعه بردس . تمیز کار در جلوگیری از بروز نشانه های کاذب بسیار مهم است . نشانه های غیر وابسته به خاطر فرآیندهای عادی آزمایش سیال نافذ ظاهر می شوند . به عبارت دیگر نافذ جذب ناپیوستگی ها شده و سپس توسط ظاهر ساز بیرون کشیده می شود و نشانه هایی به چه می گذارد . این موارد ، نشان ناپیوستگی هایی است که بطور عادی در فرآیندهای مونتاژ و تولید ایجاد شده اند . همچنین این نشانه ها در محل اتصالات دم چلچله ای بین پره ها و

http://www.mohandes-iran.com

چرخ توربین نیز ظاهر شده اند.این نشانه ها عادی بوده و باعث باز گرداندن قطعه و یا تحقیقات بیشتر نمی شوند.نشانه های صحیح آنهایی هستند که بوسیله ترک ها و یا تخلخل در قطعاتی که برای دوره ای تحت شرایط کاری بوده اند، ایجاد می شوند. در هر مورد، این نشانه ها موجب تحقیق بیشتر و اغلب باعث بازگرداندن قطعه می شود.نشانه های خطی به دلیل وجود ترک می باشند. در بعضی مواقع ممکن است بازبین بخواهد یافته خود را تایید کند برای این کار باید با استفاده از یک پارچه یا کلاف نخ کتان آغشته به حلال ، ظاهر ساز و نشانه ظاهر شده را به دقت پاک کرده و مجدداً از ظاهر ساز استفاده کند که به این ترتیب شخص بازبین می تواند در مورد عمق و میزان باز شدگی واقعی ترک نظر بدهد. اگر عمق ترک قابل توجه باشد نشانه ها درباره ظاهر می شوند. در نواحی که نشانه ها دوباره ظاهر نشوند ممکن یک فرآیند لازم باشد. بررسی بصری یا فرآیند دوباره بعد از سمباده زنی یا حکاکی سبک اگر امکان داشته باشد می تواند به تشخیص ترک ها از خراشها کمک کند. اگر بعد از این کار شکل دیگری از NTD انجام شود بسیار مفید است البته توجه داشته باشید که آزمایش بعدی که انجام می شود باید حداقل حساسیت روش اول را داشته باشد. این روشهای تحقیق باید با تدبیر و بر اساس روشهای استاندارد صورت گیرد.شکل ۲-۱۳ نشانه های ترک در یک Spiner bulkhead ، و پره راهنمای ورودی را نشان میدهد. این قطعه با استفاده از نافذ مرئی آزمایش شده است. نشانه ها به رنگ قرمز در زمینه سفید ظاهر شده اند.پره

http://www.mohandes-iran.com

راهنمای ورودی نیز با نافذ فلورسان آزمایش شده است که نشانه ها به رنگ زرد- سبز روشن می باشند. آزمایش نافذ فلورسان که روی یک سر سیلندر انجام شده است که از دریچه ورودی (راست) به سمت سوراخ شمع در پایین توسعه یافته اند.تک نقطه ها یا تجمع نشانه های نقطه ای بیانگر تخلخل می باشند . تخلخل ممکن است به طور طبیعی در ماده به کار رفته برای قطعه وجود داشته باشد و یا نشانه ای از خوردگی باشد . شخص بازبین برای تصمیم گیری صحیح باید دانش کاملی از ترکیب مواد و فرآیندهای ساخت داشته باشد .



شکل ۲-۱۳) A نشانه های ترک در سوراخهای پیچ یک spinner bulkhead که با استفاده از ماده نافذ مرئی ظاهر شده اند . B) دو خط موازی کوچک نشانه های ترک در پره راهنمای ورودی می باشد که با استفاده از ماده نافذ فلورسان شاهر شده اند .

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

۶) تمیز کاری بعد از بازرسی

همانطور که تمام آثار مواد نافذ به جز آنهایی که در ناپیوستگی بودند قبل از به کار بردن ظاهر ساز تمیز شدند در این مرحله نیز هدف اصلی زدودن ظاهر ساز می باشد . قطعات باید بعد از بازرسی تمیز شوند . زدودن ظاهر ساز بعد از مدت کمی از استفاده آن راحت تر از وقتی است که به مدت زیادی روی قطعه بماند . هم چنین اغلب ظاهر سازها آلکالین بوده و اگر به درستی زدوده نشوند باعث ایجاد حفره در سطوح آلومینیومی میشوند. در بیشتر موارد ظاهر سازهای خشک را میتوان با دمش هوای فشرده به راحتی تمیز کرد. دیگر انواع ظاهر سازها را میتوان با استفاده از شوینده ها تمیز کرد.

کنترل کیفیت

۱)حساسیت

حساسیت به عنوان توانایی یک سیستم نافذ در مشخص کردن نوع و اندازه ناپیوستگی ظاهر شده تعریف می شود. یک سیستم استاندارد نظامی با آزمایش ترکیباتی از نافذها، زداینده ها و ظاهر سازها، حساسیت را ارزیابی کرده است.چنین جایی که سطوح مختلف حساسیت از یک سیستم وجود دارد ، حساسیت می تواند به صورت یک عبارت نسبی ملاحظه شود. عوامل مختلفی وجود دارد که حساسیت هر آزمایشی را کاهش خواهد داد که موارد زیر تنها چند مورد از این عوامل را نشان می دهد:

http://www.mohandes-iran.com

۱-آماده سازی سطحی نامناسب

۲-دماهای بالا

۳-مواد آلوده

٤-انحراف از روشها و استانداردها

٥-سطح نور نامناسب

٦-وجود نور سفید در محیط بررسی تاریک شده

۷- خستگی چشم

هر کدام از این موارد عامل ناتوانی سیستم های نافذ در حصول سطح مطلوب از کارایی می باشد.

۲) پایش سیستم

روشهای مختلفی برای آزمایش، چک کردن وجود دارد که در مواد و سیستم های آزمایش سیال نافذ انجام می شود. این موارد شامل آزمایش قابلیت زدایش ، محتوای آب ، آلودگی و روشنی نافذ فلورسان میباشند. هر چند این موارد در این فصل بحث نخواهد شد ولی نباید این نکات را کم اهمیت شمرد. آزمایش های گفته شده در بالا در درجه اول مربوط به موادی است که در شرایط عادی در مخازن باز ذخیره می شوند و نه در مورد افشانه ها.یک روش کلی و ساده چک کردن کارایی سیستم باید به طور نه و بعد از استفاده از آزمایش سیال نافذ انجام گیرد. این آزمایش می تواند تعیین کند که آیا آزمایش های بیشتری لازم است یا

http://www.mohandes-iran.com

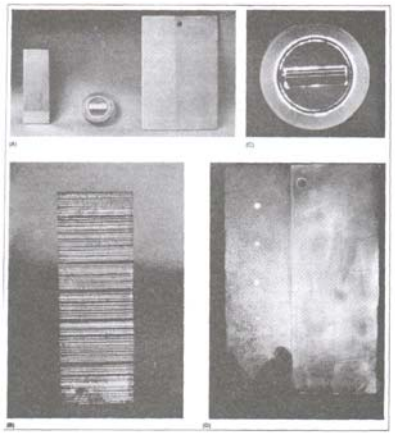
نه.آزمایش کارایی شامل آزمایش یک واپادگر همراه با قطعه یا قطعات مورد آزمایش می باشد. واپادگر سیستم یک پانل مشابه به پانل ،۵ –PSM (در شکل ۲–۱٤) همراه با ترک هایی با انداز ه های مختلف میباشد. این پانل تحت آزمایش با مواد نو و در شرایط ایده ال قرار می گیرد و کوچکترین نشانه ترک ظاهر شده مشخص می شود. سپس پانل به طور متناوب همراه با قطعات آزمایش تحت فرآیند قرار می گیرد. زمانیکه کوچکترین ترکهایی که در ابتدا شناسایی شده بود مشاهده نشود باید به دنبال علت آن بود. عدم ظاهر شدن کوچکلترین نشانه های مورد نظر می تواند به خاطر زمان اسکلان نامناسب، نفوذ سطحی ضعیف، تابش نور ناکافی و یا دماهای بالا باشد.همچنین برای پایش کارایی سیستم می توان از استانداردهای مرجع استفاده کرد. استانداردهای مرجع بلوکها و پانل هایی هستند که نقص های با اندازه های مشخص روی آنها ایجاد شده است.اگر دستورالعمل آزمایش ماده نافذ، استفاده از استاندارد مرجع را مشخص نکرده باشد و یا استاندارد مرجع در دسترس نباشد می توان از یک قطعه با نقص معین استفاده کرد. این قطعه باید تحت همان شرایط (نور تابی، دما و...) و روش قطعه مورد آزمایش، تحت فرآیند قرار گیرد. استفاده از بعضی روشهای تایید کارایی سیستم بسیار مهم است.

ملاحظات ایمنی و سلامتی

مواد نافذ بعنوان مواد سمی طبقه بندی نمی شوند. این مواد پایه نفتی بوده و همان

http://www.mohandes-iran.com

ملاحظاتی که در مورد حلالها و مواد نفتی سبک مورد نظر است باید رعایت شـود. وقتی که به مدت طولانی با مواد نافذ کار می شود باید از دستکش اسـتفاده شـود. دستکش های لاتکس ارزان بوده و حفاظت خوبی را فراهم می کننـد. مـاده نافـذ را می توان با استفاده از آب و صابون از روی پوست پاک کرد.استفاده از مواد نافـذ و ظاهرسازها بصورت افشانه باید در محیط بـا تهویـه کامـل انجـام شـده و یـا از ماسکهای تنفسی استفاده شود.خطر ظاهر سازهای خشک بیشـتر از گـرد و خـاک هوا نیست ولی باید از تنفس این نوع ظاهر سازها خودداری شود.اگرچه مواد نافـذ دارای نقطه اشتعال نسبتا بالای (حداقل F° ۲۰۰) می باشند، با این حال مواد نافذ و ظاهر سازهای غیر آبی نباید نزدیک شعله استفاده شوند.



شکل ۲ – ۱۴ A) (از چپ به راست) پانل کروم – نیکل با ترک های ۲۰ میکرونی ؛ بلوک آزمایش ماده نافذ با ترک های ۰/۲ ، ۰/۵ ، ۱ و ۲ میکرونی ؛ واپادگر PSM-۵ . B) نشانه های با اندازه های مختلف روی پانل کروم – نیکل آزمایش و ظاهر شده است . C) دو ترک بزرگتر از ۴ ترک در این شکل نشان داده شده است . بلوک واقعی در مرکز دیسک قرار گرفته است . D) ۴ مورد از ۵ عیب به شکل ستاره در این پانل PSM-۵ مشخص شده است .

http://www.mohandes-iran.com

فصل سوم

آزمون با استفاده از ذرات مغناطیسی

http://www.mohandes-iran.com

تاریخچه

اصل اساسی بررسی با ذرات مغناطیسی در اواسط دهه ۱۹۲۰ توسط ویلیام هوک کشف شد که وی از یک چرخ سنباده و نگهدار مغناطیسی برای گرفتن قطعه کاری در جای خود استفاده می کرد. وی ملاحظه کرد که بعضی اوقات ذرات ساییده شده آهنی ، تصویر مرئی ایجاد می کنند که نشان دهنده شکل ترک ها در قطعه کاری می باشد.

اواخر دهه ۱۹۲۰ مغناطیسی کردن مواد آهنی در حضور براده های آهن برای تشکیل نشانه ترک ، یک ابزار قابل اعتماد برای تعیین نقص ها به شمار می آمد. در سال ۱۹۳٤ شرکت مگنافلاکس توسط افرادی که این فرآیند آزمایش غیرمخرب با نام آزمایش مواد مغناطیسی را توسعه دادند، تاسیس شد.

مگنافلاکس در طراحی و ساخت تجهیزات امروزی آزمایش ذرات مغناطیسی بعنوان پیشگام به حساب می آید.

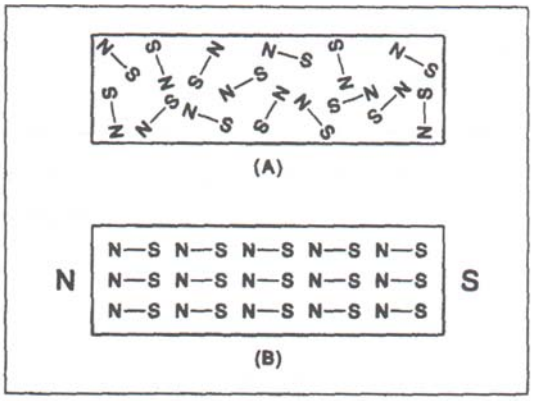
صنعت هواپیمایی در پی ایمنی و قابلیت اطمینان تجهیزات، به سرعت به آزمایش ذرات مغناطیسی روی آورد. این روش همچنان بعنوان یک روش اساسی در آزمایش قطعات و اجزای مغناطیسی اسکلت و موتور در هواپیماهای امروزی به حساب می آید.

http://www.mohandes-iran.com

مغناطیس شوندگی

مغناطیس و مغناطیس شوندگی کلید موفقیت آزمایش ذرات مغناطیسی می باشد. بنابراین فهم کامل اصول مغناطیس ضروری است. تنها قطعاتی که از مواد فرومغناطیس ساخته می شوند می توانند تحت آزمایش ذرات مغناطیسی قرار گیرند. مواد مغناطیس، موادی هستند که جذب آهن ربا شده و یا خودشان می توانند مغناطیسی شوند. مولکولهای مواد فرومغناطیس دارای قطبهای شمال و جنوب می باشند که این مولکولها بعنوان دو قطبی شناخته می شوند. وقتی دو قطبی ها به گونه ای قرار بگیرند که تمام قطبهای شمال و جنوب مانند شکل ۳- ۱ تنظیم شوند، در این صورت ماده مغناطیسی شده و دارای یک قطب شمال و یک قطب جنوب خواهد بود. یک آهن ربا دیگر مواد فرومغناطیس را جذب می کند. از آنجایی که قطبهای شمال و جنوب یکدیگر را جذب و قطبهای همنام یکدیگر را دفع می کنند، یک آهنربا بسته به جهت گیری خود توسط دیگر آهنرباها جذب یا دفع می شوند. میدان مغناطیسی داخل ماده و اطراف آن به بهترین شکل توسط خطوط نیرو و شار مغناطیسی توصیف می شود. این خطوط داخل ماده از قطب جنوب به شمال حرکت کرده و در سطح ماده از قطب شمال خارج شده و دوباره از قطب جنوب به ماده بر میگردند. این خطوط تمایل دارند در حلقه های بسته که هرگز یکدیگر را دفع نکرده و همواره به دنبال مسیر با کمترین مقاومت هستند، سیر کنند.

http://www.mohandes-iran.com

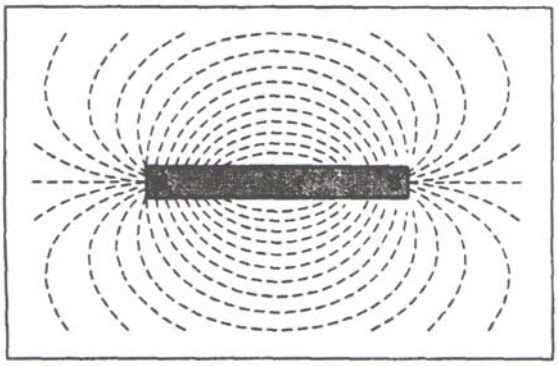


شکل ۳-۱) A دو قطبی ها در یک ماده غیر مغناطیس به صورت تصادفی قرار گرفته اند . B دو قطبی ها در یک ماده مغناطیس مرتب شده اند .

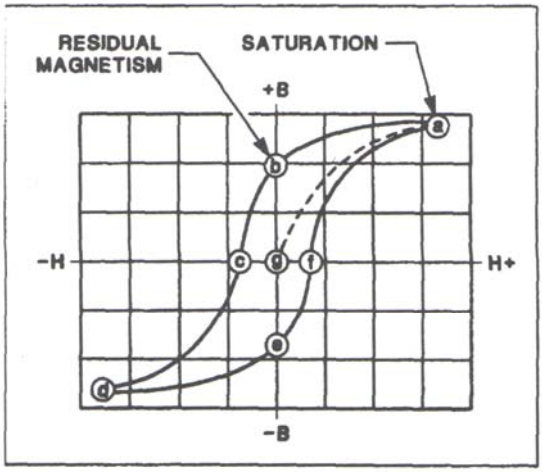
تعداد خطوط یا شار در واحد سطح یک ماده مغناطیسی، چگالی شار نامیده می شود. واحد چگالی شار گاوس می باشد. یک خط شار در یک سانتی متر مربع یک گاوس نامیده می شود. همانطور که در شکل ۳-۲ نشان داده شده در یک آهنربای میله ای چگالی شار در قطبها بیشترین مقدار را دارا می باشد .

میزان سهولتی که یک میدان مغناطیسی در ماده برقرار می شود تراوش مغناطیسی (پرمابیلیتی) گفته می شود. تراوش مغناطیسی با نسبت چگالی شار به نیروی مغناطیسی کنندگی سنجیده می شود.در حضور یک میدان مغناطیس کنندکی ثابت ، مواد با تراوش مغناطیسی بالا چگالی شار بزرگتری نسبت به مواد با تراوش مغناطیسی پایین دارند. حلقه هیسترزیس در شکل ۳-۳ رابطه بین نیروی مغناطیس کنندگی و چگالی شار را نشان می دهد.

http://www.mohandes-iran.com



شکل ۳-۲) خطوط شار مغناطیسی از داخل آهنربا عبور کرده و در اطراف آن گسترده می شود .



شکل ۳-۳) وقتی نیروی مغناطیس کنندگی (H) در جهت مثبت افزوده می شود ، چگالی شار (B) نیز افزایش می یابد تا ماده به اشباع می رسد . وقتی نیروی مغناطیس کنندگی به نقطه g برمیگردد ، به خاطر مغناطیس پس ماند چگالی شار در نقطه b قرار دارد . با معکوس کردن نیروی مغناطیس کنندگی از g به c ، چگالی شار به صفر کاهش می یابد . همچنانکه نیروی مغناطیس کنندگی در جهت منفی افزایش می یابد ، ماده به نقطه اشباع d می رسد . به همین ترتیب چرخه تکرار می شود .

عامل برقراری شار مغناطیسی. مقاومت مغناطیسی (رلوکتانس) نامیده می شود. مواد با مقاومت بالا دارای تراوش مغناطیسی پایین و مواد با مقاومت مغناطیسی پایین دارای تراوش مغناطیسی بالایی می باشند .

http://www.mohandes-iran.com

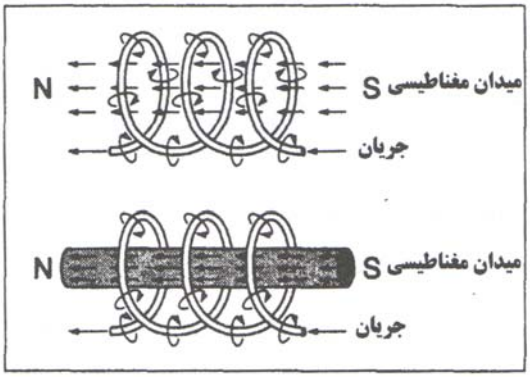
مقدار خاصیت مغناطیسی که بعد از حذف نیروی مغناطیس کنندگی در ماده باقی می ماند، مغناطیس پس ماند نامیده می شود. قدرت نگهداری ، بیانگر میزان توانایی یک ماده در نگهداری خاصیت مغناطیسی می باشد. موادی که تمایل به نگهداری خاصیت مغناطیسی دارند دارای قدرت نگهداری بالایی می باشند به منظور انجام آزمایش ذرات مغناطیسی ، مغناطیس به دو طریق در ماده القا می شود . اول اینکه می توان با آوردن یک ماده غیر مغناطیسی شده در یک میدان مغناطیسی باعث شویم تا آن ماده ویژگی های مغناطیسی از خود نشان دهد. اگر تراوش مغناطیسی ماده فرومغناطیس به مقدار قابل توجهی بیشتر از هوا باشد، به دلیل اینکه خطوط شار به دنبال مسیرهای با حداقل مقاومت می باشند بنابراین این خطوط در داخل ماده فرومغناطیس متمرکز می شوند. اگر این ماده قدرت نگهداری بالایی داشته باشد، دو قطبی های آن بعد از حذف نیروس مغناطیس کنندگی بصورت منظم باقی مانده و باعث می شود که ماده به آهنربا تبدیل شود.

میدان مغناطیسی اولیه را می توان بوسیله یک آهنربای دائمی، یا عبور جریان از یک سیم پیک فراهم کرد . وقتی جریان از یک هادی عبور می کند یک میدان مغناطیسی حلقوی در صفحه عمود بر جهت جریان حول مرکز هادی ایجاد می شود. این میدان با استفاده از قانون دست راست در شکل ۳-٤ است. اگر این هادی، سیم باشد و این سیم را بصورت یک سیم پیچ درآوریم تمام خطوط شار در یک جهت از مرکز سیم پیچ جریان می یابند، باعث می شوند که یک سر سیم

http://www.mohandes-iran.com

پیچ و سر دیگر آن قطب جنوب را تشکیل دهد (شکل ۳- ۵). ماده فرومغناطیس در مرکز سیم پیچ قرار گرفته و یک مسیر با حداقل مقاومت مغناطیسی برای خطوط شار فراهم کرده و یک آهنربا را به خود می گیرد. با قطع جریان ، بسته به قدرت نگهداری ، ماده فرو مغناطیسی مقدار مشخصی از خاصیت مغناطیسی را در خود نگه می دارد. این فرآیند مغناطیس کنندگی طولی نامیده می شود.

شکل ۳-۴) قانون دست راست .



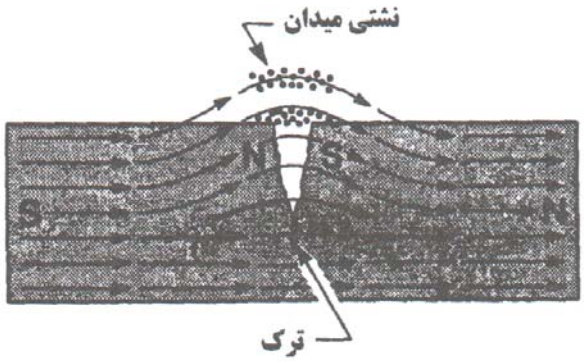
شکل ۳-۵) میدان طولی مغناطیسی مربوط به کویل مغناطیس کنندگی .

دوم اینکه به راحتی می توان با عبور جریان از یک ماده فرومغناطیس، آنرا

http://www.mohandes-iran.com

مغناطیسی کرد. وقتی هادی حامل جریان، یک ما ده فرومغناطیس باشد، میدان مغناطیسی توسعه یافته از مرکز آن بر آرایش مولکولی آن ماده تاثیر می گذارد. این روش ، مغناطیس کنندگی حلقوی نامیده می شود.

خطوط مغناطیسی شار در ماده بصورت دایروی مغناطیس شده تمایل دارند که بصورت حلقه های بسته سیر کنند. روشهای مغناطیس کنندگی برای انجام آزمایش ذرات مغناطیسی بعدا با جزئیات بیشتر بحث خواهد شد.



شکل ۳-۶) نشت میدان حاصل از ناپیوستگی

اصول آزمایش ذرات مغناطیسی

ذرات مغناطیسی در ترک ها و ناپیوستگی ها امکان مشاهده ناپیوستگی ها در ماده فرومغناطیس را فراهم می کند که با چشم غیر مسلح قابل دید نمی باشند. یک ترک یا شکست در آهنربا جریان شار مغناطیسی در ما ده را بر هم می زند. این پدیده باعث ایجاد قطبهای شمال و جنوب جدید می شود. وقتی خطوط شار اطراف ناپیوستگی جهت گیری مجدد می یابند ، چگالی شار در آن نقطه بیشتر می شود.

http://www.mohandes-iran.com

وقتی ماده در ناحیه ناپیوستگی خطوط شار بیشتری را قبول نکند در اینصورت در آن ناحیه ماده از نظر مغناطیسی اشباع شده است. بعضی از خطوط شار مجبور به ترک سطح شده و ایجاد نشتی شار می کنند. ذرات یا پودری که از ماده فرومغناطیسی ساخته شده است در ناحیه نشتی شار جمع شده و باعث ایجاد نشانه های ترک می شود (شکل ۳- ٦)

۱) روال کار

اساسا در آزمایش ذرات مغناطیسی ٦ مرحله وجود دارد:

۱. آماده سازی سطح

۲. استفاده از ذرات مغناطیسی

۳. مغناطیس کنندگی

٤. بررسی

٥. غیر مغناطیس کردن

٦. تمیزکاری بعد از آزمایش

۱. آماده سازی سطح

وقتی سطح بطور کامل تمیز و دارای صافی قابل قبولی باشد. بهترین نتایج حاصل خواهد شد. هر روش تمیز کاری که برای قطعه تحت آزمایش تایید شده ، می تواند مورد استفاده قرار گیرد. اگر چه اثرات مغناطیس از مواد غیر مغناطیس عبور می کند ولی آلودگی هایی مثل روغن و گریس مانع حرکت ذرات شده و پوسته و

http://www.mohandes-iran.com

زنگ زدگی باعث ایجاد نشانه های گمراه کننده می شوند.

از آنجایی که لازم نیست ناپیوستگی ها در سطح باز شده باشند ، مشروط بر اینکه ضخامت پوشش های محافظ سطحی مثل بتونه، رنگ و آبکاری بیشتر از ۰/۰۰۵ نباشد می توانند روی سطح باقی بمانند.

در قطعاتی که به روش جریان الکتریکی مغناطیسی می شوند پوشش قطعه در محل تماس الکتریکی باید برداشته شود.

همچنین حمام پودر ذرات مغناطیسی بوسیله قطعاتی که به درستی تمیز نشده اند، آلوده می شود.

ذرات مغناطیسی در یک حمام پایه نفتی سبک پخش می شوند. این حمام بعنوان حلال عمل کرده و روغن و چربی موجود در قطعات را حل می کند. به این ترتیب حمام ذرات مغناطیسی تا حدودی در برابر آلودگی دوام می آورد. با این حال وقتی سطح آلودگی بیشتر شد مایع حامل باید از قسمت زیرین ظرف خارج شده و جایگزین شود. این کار مقرون به صرفه بوده و باعث صرفه جویی در وقت می شود.

سوراخها و شکافهایی که باعث محبوس شدن ذرات می شوند باید پوشیده و مسدود شوند بطوریکه در ادامه کار آزمایش ذرات مغناطیسی تمام ذرات به راحتی زدوده شوند. زیرا وقتی قطعه برای کار برگردانده شد این ذرات مغناطیسی می توانند باعث فرسایش قطعه و تجهیزات شوند.

http://www.mohandes-iran.com

۲-استفاده از ذرات مغناطیسی

ذرات مغناطیسی در انواع، اندازه ها و رنگهای مختلفی موجود می باشند. این مواد تقریبا از هر ماده فرو مغناطیسی می توانند ساخته شوند. شکل ایده ال این ذرات به صورت مستطیلی می باشد زیرا در این صورت قطبیت می تواند در آنها برقرار شود. این ذرات باید تراوش مغناطیسی بالای داشته باشند بطوریکه به راحتی تحت تاثیر میدانهای مغناطیسی قرار گیرند ولی قدرت نگهداری آنها باید پایین باشد تا خودشان آهنربا نشوند. ذرات مغناطیسی مانند مواد فلورسان در رنگهای مختلفی وجود دارند. بازبین باید رنگی را انتخاب کند که بیشترین تباین را با سطح قطعه داشته باشد. ذرات فلورسان زیر نور سیاه ، سبز- زرد بسیار روشنی از خود ساطع می کنند. سیستمهای ذرات مغناطیسی امکان شناسایی سریع نشانه های ظریف و کوچک را فراهم می کنند.

ذرات مغناطیسی در انواع تر و خشک موجود می باشند. ذرات خشک را در حین اینکه نیروی مغناطیس کنندگی اعمال شد ، روی قطعه پخش می کنند یا اینکه قطعه در داخل ذرات معلق می شود. ذرات بوسیله میدانهای نشتی مغناطیسی حامل از ناپیوستگی ها گرفته شده و نشانه هایی را ایجاد می کند.

دلیل اینکه ذرات خشک به ندرت در نگهداری هواپیما استفاده می شود .ادامه این بخش مهم مربوط به سیستم ذرات تر می شود. ذرات تر از کسیدهای آهن ساخته می شوند. اندازه ذرات می تواند از ٦٠ میکرون (۰/۰۰۲۵) تا یک هشتم میکرون

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

(۰/۰۰۰۰۰۵) متغیر باشد. ذراتی که بیشتر مورد استفاده هستند فلورسان می باشند.

۳-مغناطیس کنندگی

همانطور که قبلا در این فصل نشان داده شد ، قطعات فرومغناطیس را می توان بصورت حلقوی یا طولی مغناطیسی کرد. دستگاه ثابت افقی توانایی هر دو نوع مغناطیس کنندگی را دارا می باشد.

با عبور جریان از قطعهٔ مغناطیس کنندگی حلقوی انجام می شود. ماشین نشان داده شده در شکل ۳- ۷ دارای دو صفحه تماس می باشد. یکی از این صفحات روی پیشانی ثابت دستگاه که دارای یک کوبه پنوماتیکی است قرار دارد و صفحه دیگر به پیشانی متحرک وصل شده است.

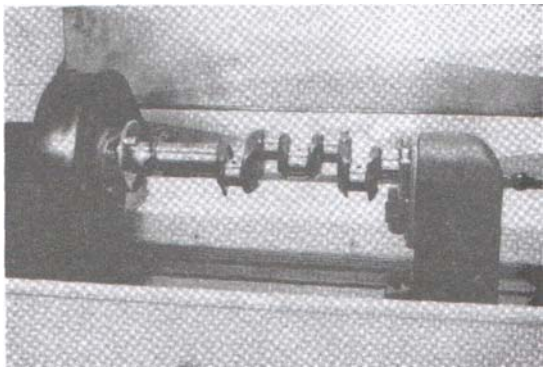
قطعه بین این دو پیشانی قرار می گیرد. پیشانی متحری به گونه ای تنظیم می شود که قطعه روی برآمدگی های مقابل هر صفحه تماس قرار می گیرد که در این وضعیت کوبه در حالت تو رفته قرار گرفته است. دسته موجود در یک سمت پیشانی متحرک آن را در جای خود محکم می کند. کوبه پنوماتیک ، که بوسیله یک سوئیچ پایی فعال می شود ، برای برقراری تماس الکتریکی خوب قطعه را بین صفحات تماس فشار می دهد.

ناپیوستگی ها باید به گونه ای جهت گیری یابند که بیشترین تعداد خطوط شار قطع شود. مغناطیس کنندگی حلقوی باید وقتی استفاده شود که ناپیوستگی ها به

http://www.mohandes-iran.com

صورت طولی در قطعه مورد نظر قرار گرفته باشند. شکل ۳- ۸ جهت گیری ایده ال ترک برای مغناطیس کنندگی حلقوی را نشان می دهد . مغناطیس کردن حلقوی یک قطعه با عبور جریان بطور مستقیم از آن، القای مستقیم نامیده می شود. این نوع مغناطیس کنندگی بیشترین قدرت میدان را در سطح قطعه ایجاد می کند .

توجه کنید که قدرت میدان در مرکز صفر بوده و به سمت سطح قطعه به سرعت افزایش می یابد و با فاصله گرفتن از سطح، کاهش می یابد. بطور طبیعی بزرگترین نشتی های شار مربوط به پیوستگی هایی خواهد بود که روی سطح قرار دارند.



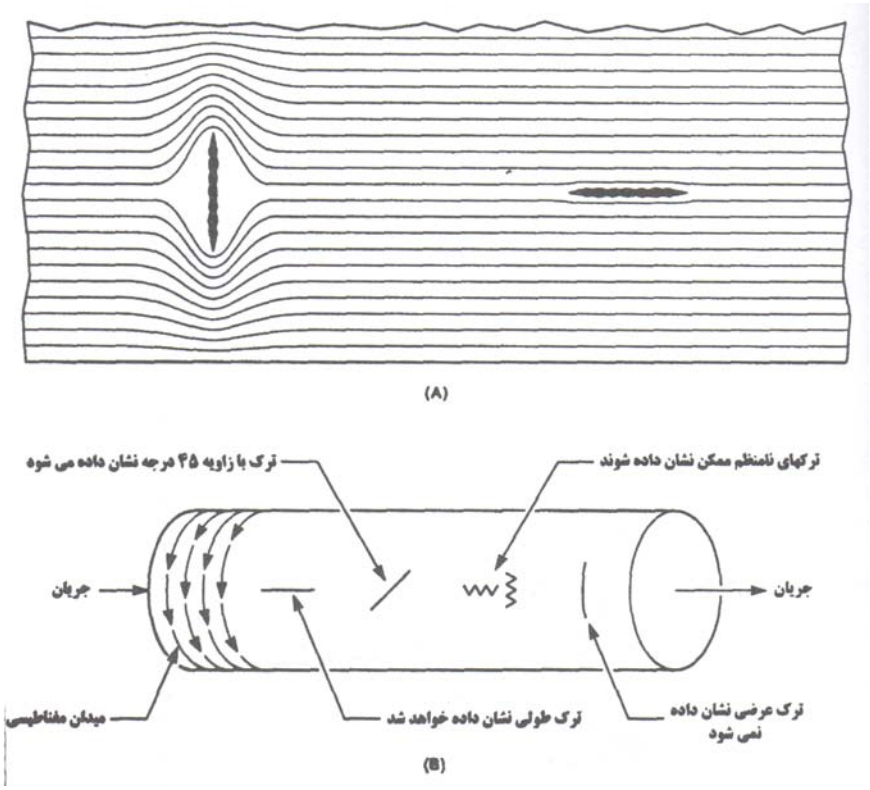
شکل ۳-۷) برای ایجاد مغناطیس حلقوی در میل لنگ آن را بین صفحات تماسی قرار می دهند . برای حصول بیشترین تماس الکتریکی ، سر متحرک دستگاه (سمت راست) در جای خود قفل شده و سر پنوماتیکی به سمت راست فشار وارد می کند .

اگر قطعه تو خالی باشد و به روش القای مستقیم مغناطیسی شود ، در این مورد نیز قدرت میدان در سطح بیشترین مقدار را دارا می باشد. ولی اگر ناپیوستگی های دیواره داخلی مد نظر باشد، برای ایجاد میدان نشتی کمترین قدرت میدان

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

وجود دارد.

در این صورت یک هادی که در مرکز قطعه و بین صفحات حامل جریان قرار می گیرد بیشترین قدرت میدان را در دیواره درونی قطعه ایجاد خواهدکرد . این روش به نام روش هادی مرکزی یا القای غیر مستقیم نامیده می شود.



شکل ۳-۸ (A) وقتی ناپیوستگی در جهت عمود بر جهت حرکت خطوط شار قرار می گیرد ، تعداد بیشتری از خطوط فشار سطح می شود . (B) جهت گیری ترک نسبت به جریان شار مغناطیسی در یک قطعه به صورت حلقوی مغناطیسی شده .

http://www.mohandes-iran.com

نوعا یک میله مسی بعنوان عادی مرکزی استفاده می شود. مس بهترین هادی جریان الکتریسیته بوده و یک ماده غیر فرو مغناطیس می باشد. چون مس فرومغناطیس نمی باشد ، خطوط شار تمایل به سیر در درون ماده را ندارند بلکه سطح را ترک کرده و در هوای اطراف میله سیر می کنند .

قدرت میدان در سطح میله مسی نسبتا ضعیف است. قطعه فرومغناطیس که حول این هادی مرکزی قرار دارد باعث ایجاد مسیر با حداقل مقاومت برای خطوط شارر می شود. قدرت میدان در دیواره داخلی قطعه که نزدیک ترین سطح به هادی مرکزی است ، بیشترین مقدار را دارا خواهد بود. در این مورد ، قدرت میدان به سمت سطح خارجی قطعه به سرعت کاهش می یابد که این کاهش قدرت میدان با فاصله گرفتن از قطعه ادامه می یابد .

قدرت میدان در سطح خارجی قطعه به صفر کاهش نمی یابد، به همین دلیل القای غیرمستقیم به عنوان یک روش ایده ال برای مغناطیس کنندگی قطعات استوانه ای توخالی با سطع ماشینکاری شده تبدیل شده است .

مقدار جریان مورد استفاده برای مغناطیس کنندگی حلقوی معمولا توسط سازندگان قطعه مورد آزمایش تعیین می شود. برای مثال Continental قطعات موتوری که باید به روش ذرات مغناطیسی آزمایش شوند همچنین نوع مغناطیس کنندگی و مقدار آمپراژ را در راهنماهای تعمیر و نگهداری لیست کرده است.Lycoming همان اطلاعات را در یک دستورالعمل سرویس تهیه کرده است.

http://www.mohandes-iran.com

در شرایط عدم وجود دستورالعمل سازندگان، به عنوان یک قانون سرانگشتی به ازای هر اینچ از قطر سطح مقطع قطعه تقریبا از ۱۲۰۰- ۷۰۰ آمپر استفاده کنید. این قانون بدون در نظر گرفتن اینکه قطعه ممکن است تو خالی بوده و یا از هادی مرکزی استفاده شده باشد اعمال می شود. این قانون برای قطعات با قطر تا ۳ یا ٤، و هندسه ساده به خوبی برقرار است.

برای اینکه یک نشانه به خوبی ظاهر شود باید آمپراژ کافی استفاده شود. با استفاده از قانون بالا و یک قطعه نمونه با نقصی مشابه نوع مشاهده شده می توان برای برقراری مقدار مطلوب آمپراژ استفاده کرد.

در تعیین آمپراژ مغناطیس کنندگی قطعات با هندسه پیچیده و آلیاژهای مختلف ملاحظات خاصی باید در نظر گرفته شود. منابع دیگری مربوط به این موضوع وجود دارند که قبل از انجام آزمایش باید به آنها مراجعه کرد .

قویترین میدان مغناطیسی نزدیک دیواره درونی سیم پیچ مغناطیس کنندگی می باشد. قرار دادن قطعات نزدیک دیواره درونی سیم پیچ باعث ایجاد بیشترین مغناطیس شوندگی می شود. اگر شوندگی یکنواخت مورد نظر است قطعه باید چرخانده شده و دفعات متعددی مغناطیسی شود . همچنین ممکن است لازم باشد یک قطعه بیشتر از یک بار در طول خود مغناطیسی شود. قبل از مغناطیس کنندگی به این روش ساعت مچی خود را باز کنید.

در مورد قطعاتی که دارای شکل هندسی نا منظم بوده یا اندازه آنها به اندازه ای

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

بزرگ است که داخل پیچ مغناطیس کنندگی قرار نمی گیرند می توان از روش پیچیدن کابل استفاده کرد. یک بلوک تماسی با اتصالات کابلی در دو انتها بین دو صفحه تماس گرفته می شود. یک کابل دور ناحیه مورد نظر که باید مغناطیسی شود پیچیده شده، به بلوک تماس متصل می شود .

همانند مغناطیس کنندگی حلقوی برای آمپراژ سفارش شده باید به سازنده مراجعه شود ولی در شرایط عدم وجود این مشخصات، آمپراژ لازم برای مغناطیس کنندگی را می توان با استفاده از فرمول زیر حساب کرد.

$$A = \frac{4500}{L/D} \times \frac{1}{T} = \frac{4500D}{LT}$$

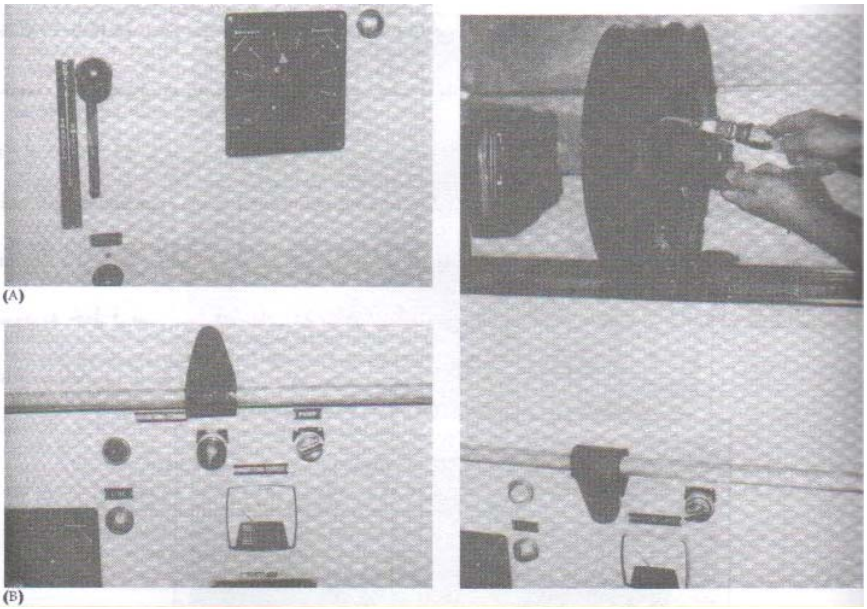
A = آمپراژ

L = طول

D = قطر

N = تعداد دور سیم پیچ

http://www.mohandes-iran.com



شکل ۳-۹) روش مغناطیس کنندگی طولی

A) سوئیچ تبدیل برای سیم پیچ مغناطیس کنندگی و جریان مورد نیاز تنظیم می شود .

B) برگه روی میله بالای کلید برقراری جریان را می توان به موقعیت پایین آورده و دو دست کاربر برای اعمال حمام ذرات و نگه داشتن قطعه آزاد باشد .

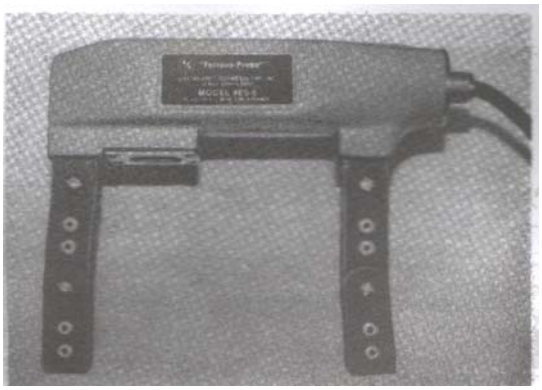
C) حمام ذرات مغناطیسی درست قبل از برقراری جریان در سیم پیچ مغناطیسی کنندگی روی قطعه جریان می یابد .

هم چنین مغناطیس طولی می تواند با استفاده کنندگی حاصل شود (شکل ۳-۱۰) دو شاخ مغناطیس اساسا یک آهنربای‌نعل اسبی می باشد که بوسیله یک سیم پیچ در قسمت دسته فعال می شود. وقتی بافشار یک کلید مدارسیم پیچ برقرارمی شود دو پایه دوشاخ مغناطیس کنندگی به تبدیل می شوند.

وقتی این قطبها در تماس با قطعه مورد آزمایش قرار می گیرند مدار مغناطیسی

http://www.mohandes-iran.com

کامل می شود و خطوط شار داخل قطعه به صورت طولی از شمال به جنوب جریان می یابند . ناپیوستگی هاباید تقریبا عمود به خط فرضی بین قطبهای دو شاخ مغناطیسی تنظیم شده باشند . شکل (۳-۱۱) استفاده از دو شاخ مغناطیس کنندگی را نشان می دهد.



شکل ۳-۱۰) دو شاخ مغناطیس کنندگی AC .

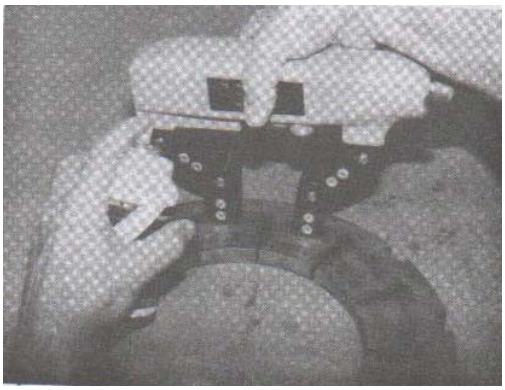
دو شاخ مغناطیسی نمی تواند جایگزین واحد ثابت افقی باشد ولی برای انجام بعضی از آزمایش های ذرات مغناطیسی این روش مقرون به صرفه است. استفاده از دو شاخ مغناطیسی و مایع حمام که به صورت قوطی افشانه تهیه شده امکان انجام آزمایش ذرات مغناطیسی در یک ناحیه را فراهم می کند.

در بیشتر موارد قطعات باید هم با مغناطیس کنندگی طولی و هم با عرضی مورد آزمایش قرار گیرند.

این کار را می توان به صورت پیوسته و بدون نیاز به غیر مغناطیسی کردن بین دو مرحله انجام داد.

http://www.mohandes-iran.com

ولی برای راحتی غیر مغناطیس کنندگی ، بهتر است مغناطیس کنندگی طولی در مرحله آخر انجام شود.

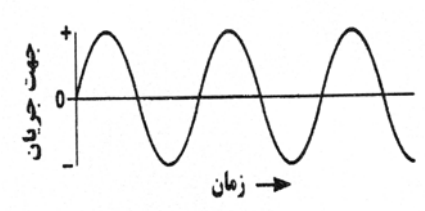


شکل ۳-۱۱) استفاده از دو شاخ مغناطیس کنندگی برای چک کردن ترک های دیسک ترمز فولادی .

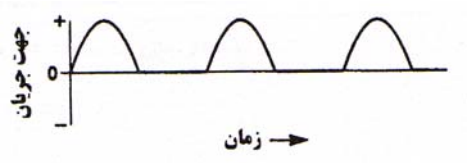
برای هر دو روش مغناطیس کنندگی طولی و عرضی می توان از جریان مستقیم یا متناوب استفاده کرد ولی هر کدام از آنها دارای مزایا و معایبی هستند. جریان متناوب (شکل۳-۱۲) به خاطر اثر پوستی تمایل دارد نزدیک سطح هادی باقی بماند. این عامل، مغناطیسی ایجاد می کند که باعث ظهور ناپیوستگی های سطحی میشود ولی در مشخص کردن نقص های زیر سطحی دارای توانایی محدودی میباشد. مزیت جریان متناوب به مستقیم این است که در این روش نیاز به یکسو سازهای گران قیمت نمی باشد که باعث کاهش هزینه های تجهیزات می شود. جریان متناوب به راحتی با استفاده از مبدل ها کاهش یا افزایش می یابد. هم چنین لرزش موجود در مغناطیس کنندگی متناوب به حرکت ذرات مغناطیسی کمک میکند. جریان مستقیمی که برای مغناطیس کنندگی استفاده می شود جریان متناوب یکسو

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

شده نیم موج (HWDC) میباشد (شکل ۳-۱۳) . در یکسوساز، قسمت پائینی از موج سینوسی حذف شده و جریان ارتعاشی ایجاد می شود که همیشه در یک جهت قرار دارد. عمل ارتعاش این نوع مغناطیس کنندگی باعث حرکت ذرات شده، توانائی نفوذ و ظاهر کردن نشانه های ناپیوستگی های زیر سطحی را فراهم میکند. نوع جریانی که باید استفاده شود توسط سازنده تعیین می شود.



شکل ۳-۱۲) جریان AC تکفاز



شکل ۳-۱۳) جریان AC یکسو شده نیم کوچ

بررسی

بعد از استفاده از ذرات و مغناطیس کنندگی، قطعه برای نشانه های ظاهر شده مورد بررسی قرار می گیرد. ارزیابی نشانه ها تعیین می کند که آیا این نشا نه ها توسط یک عیب ایجاد شده اند یا توسط عوامل دیگری ظاهر شده اند. بر اساس این ارزیابی و بررسی، قطعه برای استفاده برگردانده شده و یا کنار گذاشته می شود.

http://www.mohandes-iran.com

در ناحیه مورد بررسی نوع مناسبی از روشنایی باید انتخاب شود و در سطح مطلوبی حفظ شود. وقتی از ذرات مرئی یا غیر فلورسان استفاده می شود حداقل شدت نوری معا دل ۲۰۰ پا شمع لازم است.

وقتی که از ذرات فلورسان استفاده می کنیم، نیاز به محیط تاریکی داریم که نور سفید موجود در آنجا بیشتر از دو پا شمع نباشد. نور سیاه باید توانائی ایجاد شدت حداقل ۱۰۰ میکرو وات بر هر سانتی متر مربع در فاصله که از منبع نور را داشته باشد. شخص بازبینی که به محیط تاریک شده بررسی وارد می شود قبل از انجام بررسی باید حداقل یک دقیقه اجازه دهد تا چشمهایش به سطح پائین روشنائی سازگار شود.

نشانه ها به طور کلی در دو دسته قرار می گیرند: نشانه های سطحی و زیر سطحی.

نشانه های سطحی توسط ناپیوستگی هایی که در سطح باز شده اند ایجاد می شوند این نشانه ها کاملا واضح و روشن بوده و به دقت شکل ناپیوستگی را مشخص می کنند. نشانه ها زیر سطحی توسط ناپیوستگی های زیر سطح ایجاد می شوند. این نشانه ها گسترده و نا واضح بود، و جزئیات کمی از اندازه و شکل ناپیوستگی ارائه میکنند. به خاطر میدان های نشتی ضعیف مربوط به آنها، نشانه های مربوط به اندازه نشانه های سطحی واضح نمی باشند.هم چنین نشانه ها به صورت غیر وابسته، کاذب و یا نشانه های صحیح نیز طبقه بندی می شوند.

http://www.mohandes-iran.com

نشانه های غیر وابسته، نشانه هایی هستند که به خاطر برخی از ویژگی های ساختار و فرآیند های ساخت قطعه ایجاد می شوند. از جمله این موارد می توان به تغییرات ناگهانی شکل هندسی یا گوشه های تیز اشاره کرد که خطوط شار در این نقاط تمایل به ترک سطح قطعه دارند. کاهش سطح مقطع ، یا انقباض، باعث ایجاد نواحی موضعی اشباء مغناطیس می شوند. خطوط شار در این نواحی سطح را ترک کرده و به نواحی با چگالی شار پائین تر بر می گردند. سوراخهایی که نزدیک سطح قرار دارند به صورت نشانه های زیر سطحی ظاهر می شوند. اغلب با کاهش جریان مغناطیس کنندگی می توان این نشانه های غیر وابسته را به حداقل رسانده و یا حذف کرد. هم چنین شناخت شخص بازبین از طراحی قطعه نیز بسیار مهم است.

نوع دیگری از نشانه های غیر وابسته writing مغناطیسی می باشد. این نشانه ها بوسیله دو قطعه مغناطیسی که در تماس با یکدیگر قرار می گیرند، ایجاد میشود. قطب های موضعی که در نقاط تماس ایجاد می شوند باعث ایجاد نشتی شار می شود. در نگاه اول writing مغناطیسی بیانگر یک ترک سطحی می باشد ولی بررسی دقیقتر نشان میدهد که ذرات به سستی نگه داشته شده و یک نشانه مبهم ایجاد کرده اند. وقتی قطعه غیر مغناطیسی و تمیز شده، سپس دوباره تحت فرآیند قرار گیرد writing مغناطیسی محو خواهد شد. برای جلوگیری از این اثر باید قطعات مغناطیس شده را از یکدیگر و از دیگر اشیا فرو مغناطیس دور نگه داشت.

http://www.mohandes-iran.com

شکل (۳-۱٤) یک مثال از این پدیده را نشان می دهد .

نشانه های کاذب، نشانهایی هستند که مربوط به میدان های نشتی مغناطیسی نمی باشند. این نشانه ها ممکن است توسط ذراتی که بوسیله جاذبه یا عوامل مکانیکی دیگر روی ناصافی های سطح نگه داشته شده یا توسط شکل های هندسی که قسمتی از مایع حمام را نگه داشته و امکان رسوب ذرات را ایجاد می کنند، تشکیل می شود. شخص بازبین باید از عواملی که ممکن است باعث ایجاد نشانه های کاذب شوند آگاه بوده و پیش بینی های لازم را انجام دهد. قطعات با سطوح و اشکال هندسی نا منظم باید به گونه ای چرخانده شوند که تمام مایع حمام به طور کامل خالی شود .

قطعات استوانه ای باید به گونه ای چرخانده و تحت آزمایش قرار گیرند تا نشانه های صحیحی که ممکن است بوسیله خطوط زهاب مخفی مانده باشند ظاهر شوند. تمیز نگه داشتن تجهیزات آزمایش احتمال جذب ذرات روی سینی توسط قطعات را به حداقل می رساند.

نشانه های صحیح، نشانه هایی است که توسط میدان های مغناطیسی نشتی حاصل از ناپیوستگی ها ایجاد می شوند که به طور عادی مربوط به ساختار و فرآیند های ساخت قطعات نمی باشد.

از روشهای معدود ثبت نتایج آزمایش ذرات مغناطیسی عکس برداری و نوار ترانما می باشد.

http://www.mohandes-iran.com

عکسبرداری از نشانه های فلورسان در نور سیاه نیاز به صبر و تجربه دارد، در حالیکه نشانه های مرئی چالش کمتری نیاز دارند، هم چنین ممکن است نشانه ها از روی قطعه با استفاده از نوار حساس به فشار ترانما برداشته شوند. بعد از اینکه حامل تبخیر شد، نوار در محل نشانه روی قطعه فشار داده می شود و نشانه ظاهر شده به نوار منتقل می شود . حتی اگر قطعه از استفاده بیشتر باز بماند ، این اطلاعات ثبت شده برای بررسی های بعدی با ارزش خواهد بود .

گیر مغناطیسی کردن

قطعاتی که تحت آزمایش ذرات مغناطیسی قرار گرفته اند و برای کار برگردانده می شوند باید غیر مغناطیسی شوند. میدانهای مغناطیسی که در قطعات باقی می مانند، ذرات فرو مغناطیس حاصل از سایش را جذب می کنند. این ذرات سایش به لقی یاتاقان های چرخ دنده ها ، پیشران ها، در موتورها، پمپها و جعبه دنده ها راه یافته و باعث تسریع سایش می شوند. هم چنین میدان های مغناطیسی ناخواسته باعث تداخل در عملکرد برخی از مؤلفه ها می شود.

اساسا غیر مغناطیسی کردن به وسیله مغناطیسی کردن متناوب قطعه در حالات مخالف انجام می شود ، درحالیکه نیروی مغناطیس کنندگی به طور پیوسته به صفر کاهش می یابد. مغناطیس هرگز به طور کامل حذف نمی شود بلکه تا سطح قابل قبولی کاهش می یابد. این پدید را به صورت تصویری در شکل (۳ -۱۵) ملاحظه می کنید. مغناطیس طولی راحت تر از مغناطیس حلقوی حذف می شود.

http://www.mohandes-iran.com

قطعات در طی آزمایش ذرات مغناطیسی در مرحله آخر باید به صورت طولی مغناطیسی شوند.

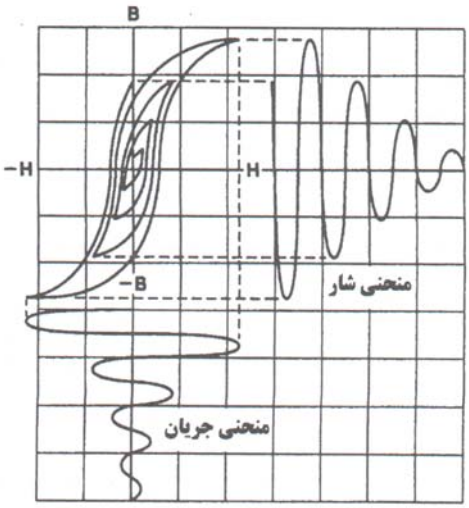
به طور ایده آل غیر مغناطیس کنندگی باید در یک غیرمغناطیس کننده انجام شود. یک غیر مغناطیس کننده اساسا سیم پیچی است که توسط جریان متناوب تغذیه می شود. یک سیم پیچ که با جریان متناوب تغذیه می شود ساده ترین روش برای ایجاد میدان مغناطیسی متناوب است که قطبیت میدان با معکوس شدن جریان تغییر می کند. بعضی از آنها به سادگی دارای یک سوئیچ روشن- خاموش می باشند و در بعضی موارد وسایلی وجود دارد که به صورت الکترونیکی باعث کاهش آهسته جریان می شود.

در مورد دوم قطعه داخل سیم پیچ قرار گرفته، چرخه غیر مغناطیس کنندگی آغاز می شود و پس از کامل شدن این چرخه، قطعه برداشته می شود.

وقتی از سیم پیچ های متناوب مقدماتی استفاده می شود فرآیند اندکی متفاوت است. وقتی قطعه داخل سیم پیچ قرار می گیرد جریان برقرار می شود. در حالیکه جریان هنوز برقرار است قطعه بیرون کشیده می شود. قطعات طویل باید موازی محور سیم پیچ خارج شوند در حالیکه قطعات کوچکتر ممکن است به طور نامنظم بیرون کشیده شوند. برای اینکه غیر مغناطیس کنندگی به صورت موثر انجام شود اندازه سیم پیچ فقط باید کمی از قطعه بزرگتر باشد. قطعات کوچکتر برای اینکه از میدان قویتری برخوردار باشند باید نزدیک دیواره درونی سیم پیچ نگه داشته

http://www.mohandes-iran.com

شوند. قطعات باید به اندازه کافی از سیم پیچ دور شوند تا قبل از اینکه جریان سیم پیچ قطع شود به مدت طولانی تحت تاثیر میدان سیم پیچ نباشند . این فاصله عموما به اندازه طول دست است ، ولی در بعضی موارد تجربه نشان داده که فاصله بیشتری لازم است . هر چقدر فاصله از سیم پیچ بیشتر می شود حلقه هیسترزیس کوچکتر خواهد شد . (شکل ۳-۱۵) .



شکل ۳-۱۵) همچنانکه جریان مغناطیس کنندگی متناوب کاهش می یابد ، منحنی شار نیز مطابق با آن کاهش می یابد .

ممکن است از سیم پیچ یک واحد ثابت افقی متناوب برای غیر مغناطیسی کردن قطعات به طریقی که در بالا توضیح داده شد استفاده کرد . در حقیقت یک مزیت واحد متناوب این است که بدون هیچ مدار خاصی غیر مغناطیس کنندگی می تواند در همان سیم پیچ انجام شود .

http://www.mohandes-iran.com

قطعات می توانند با استفاده از جریان مستقیم نیز غیر مغناطیسی شوند . این کار مشابه غیر مغناطیس کنندگی متناوب می باشد با این تفاوت که قطعه به آرامی در یک جهت مغناطیسی شده و سپس این کار در جهت دیگر انجام می شود ، که در هر مورد جریان کمتر می شود . این کار ممکن است یک بار در هر ثانیه انجام شود به خاطر توانایی نفوذ زیر سطحی جریان مستقیم ، این روش برای قطعات با سطح مقطع بزرگ، شکل های هندسی پیچیده بسیار موثر است.

هم چنین می توان با استفاده از یک دو شاخ متناوب ، قطعات را غیر مغناطیسی کرد. دو شاخ روی قطعه یا ناحیه مغناطیسی شده از قطعه قرار می گیرد سپس جریان برقرار شده و قبل از اینکه کلید را رها کنیم دو شاخ را از قطعه دور می کنیم. همچنان که فاصله بین قطعه و شاخ بیشتر می شود تاثیر میدان مغناطیسی دو شاخ روی قطعه کاهش می یابد. حلقه هیسترزیس که نشان دهنده میدان مغناطیسی قطعه می باشد کوچکتر خواهد شد. وقتی به دنبال حصول درجه بالایی از غیر مغناطیس کنندگی هستیم، قطعات باید از جهت طویل ترین محور خود در جهت شرق- غرب قرارگیرند در غیر این صورت قطعات به سطح پائین تر از میدان مغناطیسی زمین، غیر مغناطیسی نخواهند شد.وقتی دمای یک ماده فرو مغناطیسی تا نقطه کوری آن بالا می رود دو قطبی های مغناطیسی ماده به جهت گیری تصادفی خود برمی گردند. نقطه کوری برای مواد مختلف متفاوت است. این نقطه برای فولاد تقریبا برابر ٤٠٠ درجه فارنهایت می باشد.

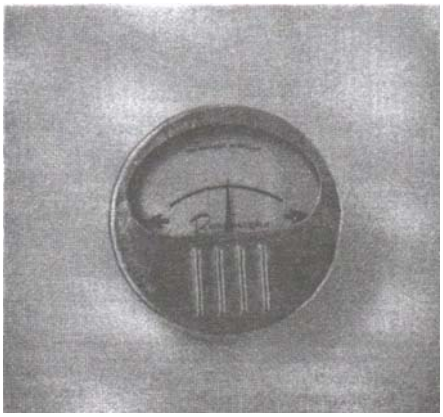
http://www.mohandes-iran.com

قطعات مغناطیسی شده ای که در طی مراحلی از تولید تحت عملیات حرارتی یا جوشکاری قرار گرفته و دمای آنها تا نقطه کوری افزایش می یابد، غیر مغناطیسی می شوند. این کار برای قطعاتی که در سرویس بوده اند یک روش عملی نمی باشد. بالا بردن دمای این قطعات تا نقطه کوری باعث از بین رفتن پرداخت سطح شده و وضعیت عملیات حرارتی قطعه را تغییر می دهد.

گاوس متر یا مغناطیس سنج وسیله ای برای چک کردن یا اندازه گیری مغناطیس پس ماند قطعه می باشد. این مغناطیس سنج روی قطعه ای که باید چک شود قرار می کیرد و مغناطیس پس ماند با حرکت عقربه به راست یا چپ، بسته به قطبیت میدان، نشان داده می شود، شکل (۳-۱٦) یک نمونه مغناطیس سنج را نشان می دهد.

اگر سطح پائینی از مغناطیس پس ماند وجود داشته باشد از روش دیگری برای تعیین سطح مطلوب غیر مغناطیس شوندگی استفاده می شود. قطعات کوچکی از سیم آهنی که از یک رشته یا نخ نازک آویزان شده اند توسط قطعه با مقدار مشخص خاصیت مغناطیسی جذب می شوند. طول رشته، وزن تکه های سیم و فاصله ای که سیم از قطعه نگه داشته می شود می توانند با آزمایش، تجربه به گونه ای تنظیم شوند که در تعیین سطح مطلوب غیر مغناطیس شوندگی کمک کنند. سیم اهنی باید به طور متناوب چک شود تا اطمینان حاصل شود که مغناطیسی نشده است.

http://www.mohandes-iran.com



شکل ۳-۱۶) مغناطیس سنج جیبی

تمیز کاری بعد از آزمایش

قطعات باید به طور کامل تمیز شوند تا مطمئن شویم هیچ ذره مغناطیسی باقی نمانده است. در اغلب این موارد این کار توسط شستشو با حلال مناسب انجام می شود. بعد از این کار رنگ و پوشش های باید دوباره اعمال شوند و برای جلوگیری از خوردگی ، قطعه باید روغن کاری شده و یا تحت فرآیندهایی قرار گیرند.

۱-کنترل کیفیت

A) حساسیت

حساسیت به عنوان توانایی یک سیستم آزمایش ذرات مغناطیسی در تعیین نوع و اندازه ناپیوستگی های مشاهده شده. تعریف می شود. عوامل زیادی وجود دارند که حساسیت هر کدام از روشهای آزمایش ذرات مغناطیسی را تحت تاثیر قرار می دهند. در زیر چند مورد از این عوامل ذکر شده است:

http://www.mohandes-iran.com

۱- آماده سازی سطح

۲- نوع سطح (خشن ، صاف ، پوشش دار.....)

۳ - نوع مغناطیس کنندگی (طولی ، حلقوی)

٤- مقدار آمپراژ

٥- نوع جریان (AC-DC)

٦- نوع ذرات به کار رفته (ریز ، درشت ، فلورسان ، غیر فلورسان)

۷- غلظت حمام

۸- آلودگی حمام

۹- سطح نور

۱۰- وجود نور سفید در محیط تاریک شده

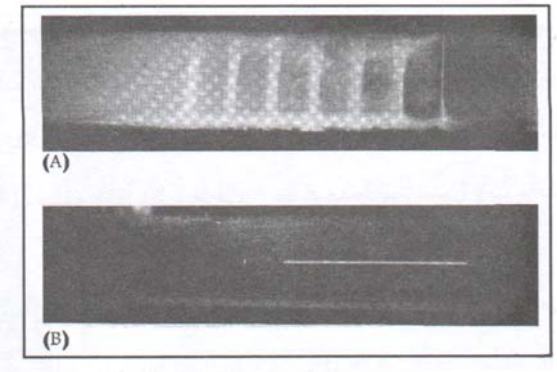
۱۱- خستگی چشم

b) پایش سیستم

قبل از شروع آزمایش ذرات مغناطیسی اطمینان از اینکه تجهیزات به درستی کار می کنند بسیار مهم است. سازندگان واحدهای ثابت افقی توصیه هایی برای چک کردن و تعمیر و نگهداری در فواصل زمانی منظم دارند. مشخصات و روشها هم چنین نیاز به آزمایشهایی خواهند داشت که صحت کار و حساسیت سیستم را تایید کنند.به طور کلی توصیه می شود که بعد از هر بار استفاده از تجهیزات، صافی باز شده و تمیز شود. به دلیل اینکه مایع حمام به طور پیوسته از صافی در

http://www.mohandes-iran.com

حال چرخش است آلودگی در آنجا جمع می شود که برای اطمینان از جریان کافی در سیستم باید این آلودگیها زدوده شوند. غلظت مایع حمام باید هر روز به روشی که قبلا توضیح داده شد چک شود. به این طریق علاوه بر تعیین سطح مناسبی از ذرات ، آلودگی حمام نیز در طی این چک کردن مشخص می شود. هر نوع مواد بسیار ریزی که روی ذرات رسوب می کند به عنوان آلودگی تلقی می شود. این ذرات آلاینده در بررسی با نور سیاه از ذرات فلورسان درخشان به راحتی قابل تشخیص می باشند. این آلایندگی ها نباید بیشتر از ۰.۳۰/ حجم ذرات باشند . وقتی آلودگی بیشتر از این حد شد باید مخزن را خالی و تمیز کرده سپس مایع حمام را جایگزین کرد.



شکل ۳-۱۷) میله آزمایش مگنافلاکس

A) خط تیز سمت راست مربوط به یک شیار سطحی بسیار ریز می باشد . ۶ نشانه سمت چپ نیز مربوط به سوراخهای ایجاد شده در زیر سطح می باشد .این نشانه ها با استفاده از مغناطیس کنندگی طولی ایجاد شده اند.

B) وقتی به صورت حلقوی مغناطیسی می شود این نشانه های طولی ظاهر می شوند . خط وسطی مربوط به یک شیار ریز سطحی می باشد . نشانه سمت چپ مربوط به یک سوراخ در انتهای میله می باشد .

http://www.mohandes-iran.com

هر موقع لامپ بخار جیوه جایگزین می شود یا هر روز که از آن استفاده می شود باید شدت نور سیاه آزمایش شود. هم چنین وضعیت فیلتر نور سیاه نیز باید چک شده و اگر لازم شد تمیز شود.

از دیگر مواردی که باید به طور متناوب چک شود، شامل تخلیه آب تقطیر شده از سیستم پنوماتیک، چک کردن روغن در روانکارهای اتوماتیک و تمیز کاری کامل دستگاه می باشد.

اینکه تجهیزات به طور کامل چک و سرویس شد یک بررسی اساسی باید انجام شود. این کار با آزمایش یک قطعه نماینده با نقص مشخص از نظر اندازه و موقعیت انجام می شود. بنابراین شخص بازرس می تواند قبل از شروع آزمایش ، متغیر های آزمایش را تا رسیدن به نتایج ایده آل تنظیم نماید.

وقتی قطعات با نقصهای مشخص موجود نباشد می توان از بلوکهای آزمایش استفاده کرد. این بلوک ها شامل ترکها و سوراخ هایی هستند که روی آنها ایجاد شده اند و اگر شرایط آزمایش درست باشد نشانه هایی را ظاهر می کنند. شکل (۳-۱۷) یک میله آزمایش را نشان می دهد که یک شیار بسیار ریز روی سطح و سوراخ هایی در همان جهت درست زیر سطح در آن ایجاد شده اند. این سمت باید تحت فرآیند مغناطیسی کنندگی طولی قرار گیرد. سمت دیگر میله دارای یک شیار طولی و یک سوراخ است که در یک انتها ایجاد شده است. برای ظاهر شدن این ناپیوستگی های مصنوعی باید از مغناطیس کنندگی حلقوی استفاده شود. هم چنین

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

برای چک کردن کارائی سیستم می توان از رینگ فولاد ابزاری استفاده کرد. رینگ آزمایش با استفاده از روش هادی مرکزی به صورت حلقوی مغناطیس می شود . نشانه های زیر سطحی از تعداد مشخصی سوراخ با مقادیر متغیر جریان نشان داده می شوند.

دو شاخ های مغناطیسی با استفاده از آزمایش وزن مرده چک می شوند. وقتی فاصله پایه های دوشاخ بین ٤ – ٢ باشد دوشاخ متناوب باید قادر به بلند کردن وزن lb ١٠ باشد. دوشاخ های DC نیز با فاصله پایه های٤-٢ باید قادر به بلند کردن lb ٣٠ و با فاصله ٦-٤ باید قادر به بلند کردن lb ٥٠ باشند .وزنه های استاندارد در فروشندگان و تامین کنندگان تجهیزات NDT موجود می باشد.این موارد تنها چند مورد از آزمایشهایی است که می توانند برای تضمین کارکرد مناسب دستگاه و نتایج آزمایش رضایت بخش انجام شوند.

ملاحظات ایمنی

آزمایش ذرات مغناطیسی اساسا یک روش کم خطر از آزمایشهای غیر مخرب است ولی به دلیل اینکه شخص بازبین با مایع قابل اشتعال و آمپراژ بالا کار می کند بعضی از ملاحظات را باید رعایت کند.همین ملاحظات در انجام آزمایش ذرات مغناطیسی وقتی با حلال پایه نفتی کار می شود باید مد نظر قرار گیرند. وقتی دستها به مدت طولانی در معرض مایع حمام قرار می گیرند خشکی حاصل در دستها باعث ایجاد ناراحتی ها، ترک هایی می شود. استفاده از کرمهای دست

http://www.mohandes-iran.com

بعد از آزمایش این اثرات را به حداقل می رساند . ممکن است از دستکشهای مقاوم به حلال استفاده کرد ولی این دستکش ها باعث بدسلیقگی در کار می شوند . مواد حامل تجاری ، سمی نمی باشند ولی با این حال محیط بررسی باید به طور کامل تهویه شود . ولتاژ صفحات تماس پائین است (معمولا کمتر از ۲۰ ولت) بنابراین شخص بازبین در معرض احتمال شوک الکتریکی قرار ندارد. ولی آمپراژ می تواند خیلی بالا باشد. عبور آمپراژ اضافی از قطعات کوچک می تواند باعث داغ شدن این قطعات شود. این کار نه تنها باعث صدمه دیدن قطعه می شود بلکه می تواند باعث آسیب به شخص شود.قطعاتی که باید به صورت حلقوی مغناطیسی شوند قبل از برقراری جریان باید به طور محکم بین صفحات تماس قرار گیرند. برخورد اتفاقی به کلید برقراری جریان در حین قرار دادن قطعه بین صفحات تماس می تواند باعث سوختگی و ایجاد جرقه شود. شخص باز بین باید هنگام استفاده از میله فعال کننده که کل طول دستگاه را طی کرده متوجه باشد. هنگام کار با قطعات معمولا به این میله برخورد میکنیم. بهتر است هنگام قرار دادن قطعات بین صفحات تماس میله فعال کننده را از کار بیندازیم، هنگام استفاده از کوبه پنوماتیک برای سفت کردن قطعه بین صفحات تماس باید مراقب بود. وقتی لازم است قبل از اعمال فشار کوبه ، قطعه با دست بین صفحات تماس نگه داشته شود باید مراقب بود که دست یا انگشتان بین قطعه، صفحات تماس قرار نگیرند. اغلب دستگاهها شیرهایی دارند که سرعت حرکت کوبه پنوماتیک را کنترل می کند .

http://www.mohandes-iran.com

فصل چهارم

آزمون با استفاده از جریانها گردابی

http://www.mohandes-iran.com

تاریخچه

جریان های گردابی جریان های الکتریکی هستند که با عبور میدانهای مغناطیسی از یک هادی در آن ایجاد می شوند. این جریان ها مربوط به سیم پیچ هایی هستند که با جریان متناوب تحریک می شوند ، مثل چیزی که در مبدلها وجود دارد. این جریان ها در اواخر دهه ۱۸۰۰ کشف شد ولی تا اوایل ده ۱۹۳۰ در آزمایشهای غیر مخرب مورد استفاده قرار نمی گرفتند. در حقیقت وقتی دریافته شد که جریانهای گردابی عامل افتهای توان تولید گرما در مبدلها و موتورهای الکتریکی هستند به چشم یک درد سر و گرفتاری به آن نگاه می شد. تحقیقات امروزی نشان داده اند که برای کاهش اثرات نامطلوب جریان های گردآبی می توان از هسته ها و آرمیچرهای لایه لایه استفاده کرد.

دریافته شد که با القای جریانهای گردآبی در یک ماده هادی و پایش الکترونیکی رفتار آن می توان چیزهای زیادی در مورد مشخصات فیزیکی آن ماده متوجه شد.

اگرچه هیچ کس مسئول کشف آزمایش جریان گردآبی نمی باشد ، دکتر فورستر از آلمان و همکاران وی کارهای اساسی در تحقیقات آزمایش جریان گردآبی و پیشرفت آن در ایالات متحده را پایه گذاری کردند.

در طول جنگ دو شرکت سازنده هواپیما وجود داشت که هواپیماهای مشابهی می ساختند. به خاطر مدیریت ضعیف، مشکلات مالی یکی از شرکتها ناگهان تولید

http://www.mohandes-iran.com

خود را متوقف کرد. شرکت موفق، موجودی این شرکت ورشکسته را خریداری کرد. صدها قطعه ای که در این لیست قرار داشت در مراحل مختلف فرآیند تولید بودند که آلیاژ آلومینیوم یا عملیات حرارتی آنها مشخص نبود. در آن موقع استفاده موثر و سازنده از جریان های گردآبی توسعه یافته بود که یک ابزار موثر در مرتب کردن مواد بر اساس هدایت الکتریکی آنها فراهم کرد. یک چنین ابزاری، که مورد استفاده قرار گرفت، باعث صرفه جوئی قابل توجهی در هزینه های شرکت شد.

تئوری

قلب آزمایش جریان گردآبی سیم پیچ بررسی می باشد. آنچه که آزمایش جریان گردآبی را ممکن می سازد تعامل بین جریان متناوب عبور از سیم پیچ ، میدان مغناطیسی مربوط به آن و ماده ای است که در مجاورت آن قرار می گیرد.

هانس کریستین و مایکل فاراده رابطه بین جریان و مغناطیس را در اوایل دهه ۱۸۰۰ کشف کردند.

امروزه می دانیم که وقتی از یک هادی جریان الکتریکی عبور می کند میدان مغناطیسی در اطراف آن تشکیل می شود. قانون فاراده بیان می کند که اگر یک هادی در میدان مغناطیسی حرکت کند، یا یک میدان مغناطیسی از یک هادی حرکت داده شود، ولتاژی در آن هادی القا می شود. جهت جریان بستگی به حرکت نسبی میدان مغناطیسی دارد.

http://www.mohandes-iran.com

اگر یک جریان متناوب از سیم پیچ عبور داده شود میدان مغناطیسی حول هر دور سیم تشکیل شده و از بین می رود. حرکت میدان در دورهای مجاور یک ولتاژ ثانویه القا می کند که با EMF اعمالی اولیه مخالفت می کند. این فرآیند القا نامیده می شود.

توانای یک هادی برای القای ولتاژ در خودش، خود القایی یا اندوکتانس نامیده می شود و واحد اندازه گیری آن هانری است. اندوکتانس یک سیم پیچ به تعداد دورها، قطر، ماده هسته بستگی دارد.

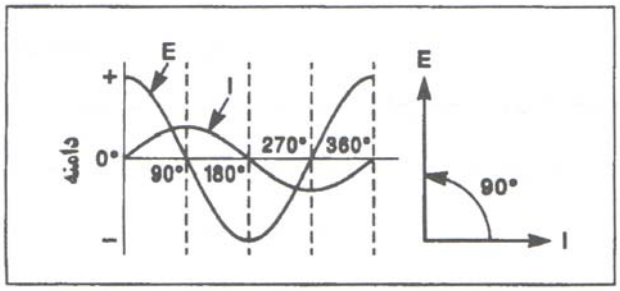
یک سیم پیچ ساده مقدار معینی اندوکتانس دارد. خطوط مغناطیسی شار مربوط به این سیم پیچ تقریبا پخش می شوند زیرا هوا دارای رلوکتانس مغناطیسی بالایی می باشد. وقتی یک ماده فرو مغناطیس در مرکز سیم پیچ قرار می گیرد مسیری با کمترین مقاومت در برابر خطوط مغناطیسی شار ایجاد کرده و این خطوط را نزدیک سیم پیچ متمرکز می کند که باعث افزایش اندوکتانس می شود.

همانطور که در شکل (٤- ١) قابل مشاهده است به خاطر وجود اندوکتانس ، ولتاژ و جریان با هم همفاز نیستند. وقتی تغییر میدان مغناطیسی حداکثر است ، ولتاژ در بیشترین مقدار خود قرار دارد. این میدان مغناطیسی مطابق با بیشترین شیب منحنی جریان در نقاط ٠ ، ١٨٠ و ٣٦٠ درجه می باشد .

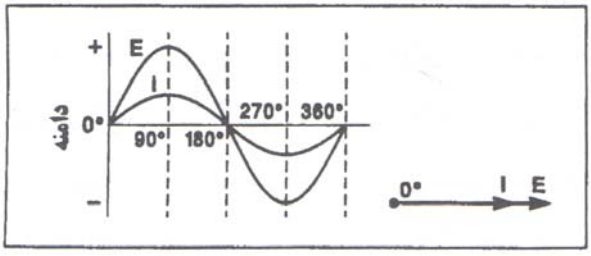
ملاحظه می شود که جریان نود درجه از ولتاژ عقب است که گفته می شود جریان نود درجه از ولتاژ تاخیر فاز دارد. این امر باعث ایجاد یک مقاومت موثر در برابر

http://www.mohandes-iran.com

جریان می شود که مقاومت القایی (XL) نامیده می شود. مقاومت القایی بر حسب اهم اندازه گیری می شود و تحت تاثیر اندوکتانس مدار و فرکانس جریان متناوب می باشد. نود درجه تاخیر جریان فقط وقتی ممکن است که مدار به طور خالص القایی باشد و مقاومت سیم پیچ و ظرفیت خازن در نظر گرفته نشود. ولی به دلیل اینکه سیمی که سیم پیچ از آن ساخته شده دارای مقاومت است این مقاومت باید در مقاومت کلی سیم پیچ در نظر گرفته شود. وقتی جریان متناوب از یک مقاومت مثل سیم مستقیم که هیچ اندوکتانسی ندارد عبور کند جریان با ولتاژ هم فاز خواهد بود. این هم فازی در شکل (٤-٢) نشان داده شده است. در این شکل هیچ تاخیر فازی وجود ندارد.



شکل ۴-۱) در مدار القایی جریان نسبت به ولتاژ ۹۰ درجه تاخیر فاز دارد .



شکل ۴-۲) در مدار مقاومتی جریان و ولتاژ هم فاز می باشند .

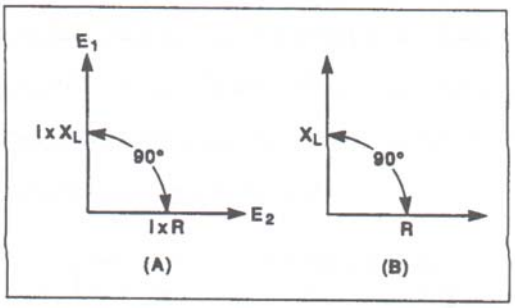
http://www.mohandes-iran.com

۱) امپدانس

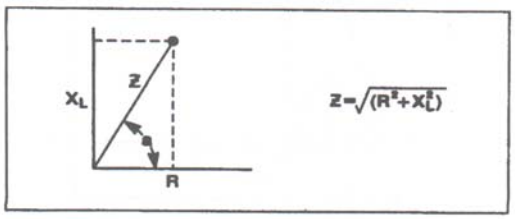
ترکیب مقاومت های القایی (X_L) و مقاومت (R) امپدانس نامیده شده و بر حسب اهم اندازه گیری می شود. مؤلفه سوم امپدانس مقاومت خازنی است که در مطالعه جریان گردآبی در نظر گرفته نمی شود. امپدانس، مقاومت کلی در برابر جریان در یک سیم پیچ می باشد. به دلیل اینکه جریان مربوط به مقاومت (R) در سیم پیچ ، هم فاز با ولتاژ (E_2) می باشد با یک افقی در شکل (٤-٣ A) نشان داده شده است. ولتاژ (E_1) به خاطر راکتانس القایی، با جریان اختلاف فاز دارد و با یک خط عمودی نشان داده شده است. شکل (٤-٣ B) دیاگرام صفحه ای امپدانس ، شامل مقادیر مقاومت و راکتانس القایی را نشان می دهد.

مقدار امپدانس را می توان با استفاده از قضیه فیثاغورث حساب کرده و مطابق شکل ٤-٤ به صورت یک بردار نشان داد. زاویه (a) بیانگر تغییر فاز در مدار سیم پیچ می باشد. این دیاگرام صفحه ای امپدانس، اساس توضیح بسیار ساده از کاربرد جریان گردآبی را فراهم می کند.

http://www.mohandes-iran.com



شکل ۴-۳) A) ولتاژ (E_2) دارای زاویه فاز صفر درجه بوده و با جریان هم فاز است . ولتاژ (E_1) نسبت به جریان ۹۰ درجه اختلاف فاز دارد . B) وقتی در دیاگرام صفحه ای امپدانس ، مقادیر ولتاژ را به مقادیر جریان تقسیم کنیم ، راکتانس القایی و مقاومت به دست می آید .

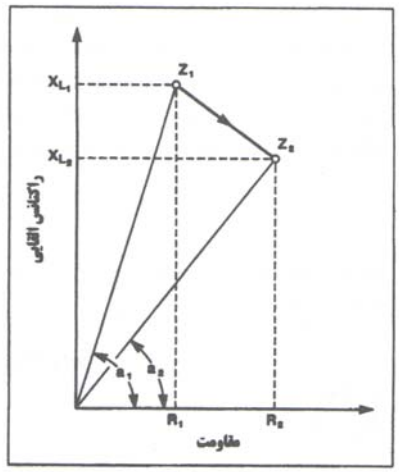


شکل ۴-۴) برای محاسبه مقدار امپدانس (Z) از قضیه فیثاغورس استفاده میکنیم.

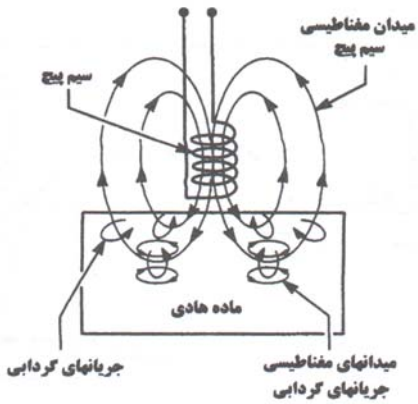
پروب بررسی به کار رفته در جریان گردآبی یک سیم پیچ با سیم های بسیار نازک می باشد. پیکربندی پروب بعدا در این فصل بحث خواهد شد. مقدار امپدانسی Z_1 مربوط به سیم پیچ پروب در هوا می باشد. وقتی پروب در مجاورت یک ماده هادی قرار می گیرد امپدانس مدار تغییر می کند که در شکل با Z_2 نشان داده شده است. میدان مغناطیسی متناوب سیم پیچ پروب، داخل ماده هادی حرکت کرده و جریان های کوچکی ایجاد می کند. این جریان ها ، جریان های گردآبی نامیده می شوند. این جریان ها در مسیر های دایروی بسته داخل ماده مورد آزمایش تشکیل می شوند که با هر تغییر جهت در جریان متناوب سیم پیچ ، جهت این جریان های گردآبی نیز تغییر می کند. همچنان که جریان های گردآبی داخل ماده

http://www.mohandes-iran.com

حرکت می کنند، میدان مغناطیسی مربوط به خود را داخل ماده تشکیل می دهند. میدان مغناطیسی مربوط به جریان های گردآبی مخالف میدان مغناطیسی سیم پیچ است که در مجموع باعث کاهش میدان مغناطیسی سیم پیچ می شود (شکل ٤-٦). به دلیل اینکه مقاومت القایی به میدان مغناطیسی سیم پیچ وابسته است ، این مقاومت کاهش یافته و مقدار مقاومت موثر ، افزایش می یابد. هم چنان که مقاومت القایی کاهش می یابد ، امپدانس سیم پیچ نیز کاهش می یابد.



شکل ۴-۵) همچنانکه سیم پیچ در نمونه آزمایش حرکت می کند ، Z_1 به Z_2 نزدیک تر می شود .



شکل ۴-۶) میدان مغناطیسی حاصل از جریانهای گردابی بر خلاف میدان مغناطیسی سیم پیچ می باشد .

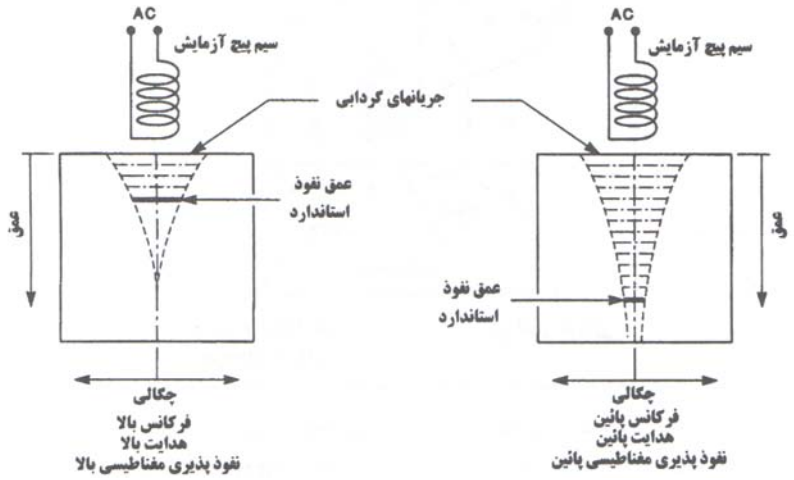
http://www.mohandes-iran.com

فرکانس جریان متناوب نیز بر امپدانس تاثیر می گذارد. فرکانسهای بالاتر تغییر شار بیشتری بر واحد زمان ایجاد می کنند که باعث افزایش مقاومت القایی می شوند. فرکانس های خیلی پائین دارای مشخصات جریان مستقیم می باشند که هیچ مقاومت القایی ندارند. مشخصات ماده از قبیل هدایت الکتریکی ، پرمابلیته (قابلیت عبور دهی مغناطیسی) ، ضخامت و وجود نقص در ماده روی مقدار امپدانس سیم پیچ تاثیر می گذارد. در ابزار های اولیه آزمایش جریان گردآبی از یک سنجه آنالوگ به عنوان وسیله خروجی استفاده می شد و کاربر بر اساس اینکه امپدانس چه مقدار افزایشی یا کاهش یافته ، ارزیابی خود را انجام می داد. این نوع سیستم هنوز هم مورد استفاده است ولی فقط قسمتی از اطلاعات موجود را در هر لحظه در اختیار کاربر قرار می دهد.

۲)فرکانس

فرکانس هایی که برای آزمایش جریان گردآبی استفاده می شود عموما بین ۱۰۰ Hz تا ٤ MHz تغییر می کند . فرکانس های پائین تر، بالاتر با بسیاری از دستگاههای جریان گردآبی با کاربرد های خاص به کار می روند. فرکانس توسط کاربر انتخاب می شود و تعیین مقدار آن تحت تاثیر عوامل متعددی قرار دارد .

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com



شکل ۴-۷) تاثیر فرکانس ، هدایت الکتریکی و عبور دهی مغناطیسی (پرمابلیته) در عمق نفوذ جریانهای گردابی

عمق نفوذ جریان گردآبی وابسته به فرکانس می باشد. به خاطر اثر پوسته ای مربوط به جریان متناوب ، فرکانس های بالا تمایل دارند جریان های گردآبی در حال چرخش را نزدیک سطح نگه دارند.

پایین آوردن این فرکانس باعث می شود جریان ها بیشتر و عمیقتر در ماده نفوذ کنند.

صرفنظر از فرکانس، جریان های گردآبی با افزایش عمق نفوذ ، قدرت خود را از دست می دهند. عمق مؤثر برای جریان های گردآبی عمقی است که تراکم جریان های گردآبی ۳۷٪ بر تراکم آنها در سطح ماده باشد. به جهت آنکه عمق نفوذ به وسیله فرکانس تعیین می شود ، بنابراین عمق نفوذ استاندارد با فرکانس تغییر می کند. این موضوع را می توانید در شکل ٤-۷ ملاحظه کنید.

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

هم چنین عمق نفوذ به وسیله هدایت الکتریکی، و در مواد فرومغناطیس توسط پرمابلیته، نیز تعیین می شود. برای یک فرکانس مشخص، عمق نفوذ در مواد با هدایت یا پرمابلیته بالا ، کمتر از مواد با هدایت یا پرمابلیته/ پایین می باشد.

هنگام انجام آزمایش جریان گردآبی عمق نفوذ باید در نظر گرفته شود. وقتی ضخامت ماده مدنظر است فرکانس می تواند به اندازه ای باشد که سه برابر عمق استاندارد نفوذ را فراهم کند. وقتی ضخامت ماده بیشتر از سه برابر عمق استاندارد نفوذ باشد آن ماده برای آزمایش جریان گردآبی خیلی ضخیم است.

همه موادی که باید بر اساس هدایت مرتب شوند باید دارای حداقل ضخامت سه برابر عمق استاندارد نفوذ باشند تا نشانه های حاصل از ضخامت متغیر با نشانه های مربوط به قابلیت هدایت اشتباه نشوند.

چنین اندازه و موقعیت ترکها نیز تعیین کننده فرکانس آزمایش می باشند. حساسیت به ترکهای سطحی با استفاده از فرکانس های بالا اصلاح می شود. در شناسائی نقص های زیر سطحی برای نفوذ کافی نیاز به فرکانس های پایین می باشد که با کاهش فرکانس حساسیت کاهش یافته و فقط نقص های زیر سطحی بزرگ قابل شناسایی می باشند.

دستگا ه های جریان گردابی

وسیله آزمایش جریان گردابی شامل اسیلاتور، تقویت کننده، سیم پیچ آزمایش، مدار آشکار ساز و یک وسیله خروجی می باشد. اسیلاتور، جریان متناوب تولید

http://www.mohandes-iran.com

کرده به سیم پیچ آزمایش می فرستد.

کاربر می تواند فرکانس اسیلاتور را کنترل کند. تقویت کننده برای افزایش سیگنال های ضعیف سیم پیچ آزمایش استفاده می شود. مدار آشکار ساز سیگنال ها را به داده های مفید تبدیل و به خروجی می فرستد. سنجه های آنالوگ، دیجیتال CRT ها و چراغهای ساده وسایل خروجی هستند که در آزمایش جریان گردابی مورد استفاده قرار می گیرند.

شکل ۴-۸) دستگاه جریان گردابی CRT

در اغلب وسایلی که امروزه در تعمیر و نگاهداشت هواپیما استفاده می شوند، لوله تابش کاتدی (CRT) به کار گرفته شده که صفحه امپدانسی مشابه آنچه که در شکل ٤-٨ می بینید نشان می دهند.

در این نوع وسایل تمام اطلاعاتی که در سیم پیچ بررسی شناسائی می شوند نشان داده شده و متغیرها می توانند به راحتی از هم جدا شوند. از این داده ها

http://www.mohandes-iran.com

می توانند در شناسائی ترک، مرتب کردن مواد ، اندازه گیری ضخامت فلزات نازک، اندازه گیری پوششهای هادی و غیر هادی یا پوشش روی مواد پایه هادی استفاده شوند.

اگر چه شکل های مختلفی از این نوع دستگاه در دسترس می باشد ولی بعضی از آنها متداولتر است. فرکانس می تواند توسط یک صفحه کلید وارد شود. در بعضی از دستگاهها، یک صفحه لمسی برای انتخاب همه متغیر های آزمایش استفاده می شود. کنترل های چرخش ، عمودی و افقی امکان قرار دادن نشانه در صفحه نمایش را فراهم می کنند. کنترلهای عمودی و افقی امکان بزرگ کردن نشانه ها برای تشدید جزئیات کوچک یا جدا کردن نقاط نزدیک به هم برای ارزیابی دقیق را فراهم می کنند.فیلترهای با عبور بالا و پائین برای حداقل کردن نویز و تداخل استفاده می شوند. سیگنال ایجاد شده از مشخصه های ماده مورد نظر، باید همیشه سه برابر بزرگتر از نویزهای ناخواسته باشد. این مطلب به عنوان نسبت سیگنال به نویز شناخته می شود که نباید کمتر از ۱ : ۳ باشد. منابع نویز می تواند مدار بندی الکترونیکی داخل دستگاه ، تداخل الکتریکی خارجی حاصل از نور تابی یا تجهیزات الکتریکی کشش بالا، یا تغییرات شی آزمایش باشد. فیلترهای با عبور دهی پائین که از عبور فرکانسهای بالا جلوگیری می کنند تداخل الکتریکی را کاهش می دهند، در حالی که فیلتر های با عبوردهی بالا، نویز فرکانس پائین مربوط به سرعت اسکن را فیلتر می کنند.

http://www.mohandes-iran.com

اصلاح نسبت سیگنال به نویز با تنظیم حرکت پروب نیز می تواند انجام شود. بهترین نتایج با انتخاب بیشترین سرعت حرکت پروب بدون ایجاد اشباع سیگنال حاصل می شود. وقتی پروب به سطح نمونه آزمایش برده می شود اگر سیگنال ناگهان از منحنی هموار یا خط در CRT منحرف شود ، اشباع ایجاد شده است. یا وقتی سرعت رانش پائین تر برای پروب انتخاب شود اگر دامنه سیگنال به میزان قابل ملاحظه ای تغییر نکند، سیگنال در سطح حرکت بالاتر اولیه اشباع شده بود.

شکل ۴-۹) دستگاه جریان گردابی با اندازه گیری آنالوگ

تکنولوژی الکترونیک پیشرفته امکان استفاده از مشخصه های مفید بسیاری را فراهم می کند. زنگ خطر ، پاک کردن اتوماتیک، نشانگرهای جاروب کردن ، حافظه برای تصویرهای صفحه نمایش و پارامترهای آزمایش از جمله این موارد می باشند. بعضی دستگاه ها قابل اتصال به کامپیوتر و چاپگر می باشند که توانائی و قابلیت آنها را افزایش می دهند.

http://www.mohandes-iran.com

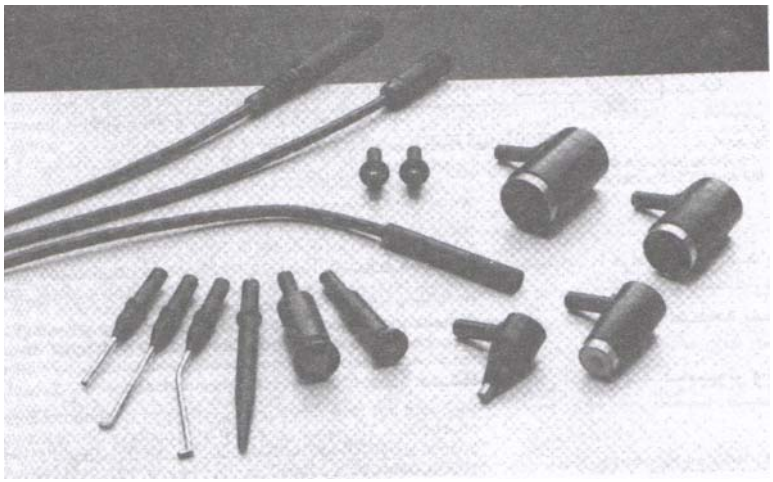
اندازه گیری آنالوگ مدت زیادی است که استفاده می شود و نباید نادیده انگاشته شود. امروزه این دستگاه ها هنوز برای شناسائی ترک، مرتب کردن مواد و برای اندازه گیری ضخامت پوششهای استفاده می شوند. این دستگاه ها با مشخصه های مناسب زیاد با قیمتی بسیار پائین تر از دستگاه های CRT در دسترس می باشند. کار با این نوع دستگاه نسبتا ساده بوده و می تواند بسیار مفید و قابل اطمینان باشد. شکل ٤ -٩ مثالی از یک دستگاه جریان گردابی آنالوگ می باشد.

کویل های (سیم پیچ های) آزمایش

کویل های آزمایش جریان گردابی در انواع و اندازه ها و شکل های مختلفی وجود دارند. این کویل ها در اندازه ها و انواع استاندارد موجود می باشند یا برای کاربرد های خاص می توان آنها را به شکل مورد نظر ساخت. بدون در نظر گرفتن شکل ظاهری، همه آنها یک وظیفه دارند. جریان متناوبی که از کویل عبور می کند میدان متناوب ایجاد کرده و از ماده مورد آزمایش عبور می کند. میدان مغناطیسی متناوب ، جریان های گردابی ایجاد می کند که در کنش با ویژگیها و مشخصه های ماده می باشد .

میدان های مغناطیسی مربوط به جریان های گردابی نیز در کنش با میدان مغناطیسی کویل بوده و امپدانس اولیه سیم پیچ را تغییر می دهد. امپدانس به وسیله دستگاه جریان گردابی تحلیل شده نشان داده می شود.

http://www.mohandes-iran.com



شکل ۴-۱۰) پروبهای سطحی

سه نوع اصلی از کویل های جریان گردابی وجود دارند: کویل های سطحی، کویل های خارجی و کویل های داخلی. کویل های خارجی برای بررسی میله، سیم و تیوب استفاده می شوند. این سیم پیچ ها معمولا در مراحلی از فرآیند تولید به کار گرفته می شوند. کویل های داخلی برای بررسی لوله در وضعیت هایی که شرایط دیواره داخلی مد نظر است یا جایی که فقط امکان بررسی از داخل وجود دارد مثل بویلر ها ، تهویه کننده های هوا یا مبل های حرارتی استفاده می شوند.

کویل های سطحی، به اسم پروب هم شناخته می شوند، در آزمایش های غیر مخرب هواپیما استفاده می شوند. به همین دلیل انواع مختلفی از کویل های سطحی وجود دارند.

کویل های سطحی به شکلهای مختلفی وجود دارند. شکل ٤-١٠ بعضی از انواع اساسی پروب ها را نشان می دهد. کویل از سیم های بسیار نازک پیچیده شده که

http://www.mohandes-iran.com

داخل یک پوشش غیر هادی قرار گرفته است، تشکیل می شود. شکل و اندازه کویل و پوشش آن با توجه به هدف مورد نظر تعیین می شود. کویل با استفاده از یک کابل به دستگاه جریان گردابی وصل می شود. کویل های پروب ممکن است . دارای کابلی های قابل انفصال باشند که امکان استفاده از پروب های مختلف با یک کابل را فراهم می کند.

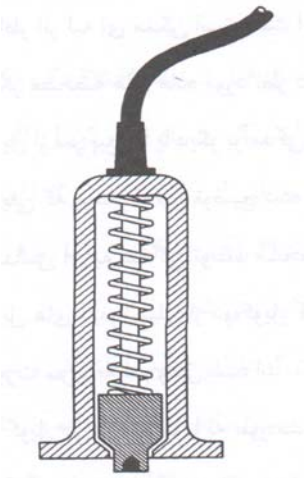
۱-کویل های با قطر کوچک

به طور کلی کویل های پروب با قطر کوچک مثل پروب مدادی برای تعیین ترکهای سطحی ریز استفاده می شوند. این کویل ها با فرکانس های نسبتا بالا استفاده شده و جریان های گردابی را در ناحیه کوچکی متمرکز می کنند. این کویل ها معمولا دستی بوده و روی سطح نمونه حرکت داده می شوند. باید هنگام استفاده مراقب بود که محور مرکزی کویل به سطح نمونه عمود باشد و از دور شدن آن از سطح قطعه جلوگیری شود. بعضی از کویل ها با استفاده از فنر بارگذاری شده اند تا از جدا شدن آنها از سطح نمونه جلوگیری شود (شکل٤-١١).

کویل ممکن است روی یک هسته فریت پیچیده شده باشد که یک ماده فرو مغناطیس می باشد.

هسته ، خطوط شار را متمرکز می کند. این کار اثرات لرزش پروب و برخیزش را کاهش داده، حساسیت بیشتری را فراهم می کند. هم چنین محافظت کویل نیز حساسیات را افزایش می دهد .

http://www.mohandes-iran.com



شکل ۴-۱۱) فنر ، سیم پیچ را در مقابل نمونه آزمایش نگه می دارد .

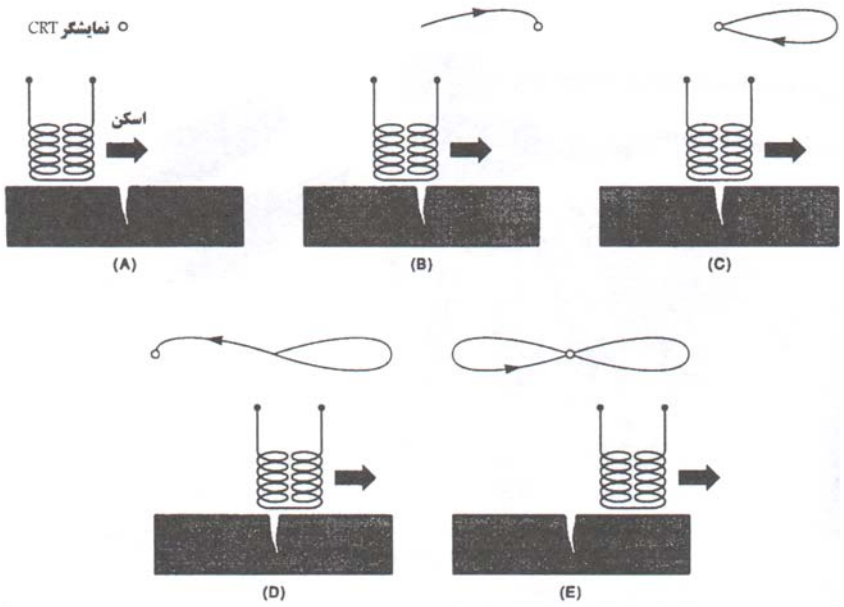
به این ترتیب حساسیت به ترکها اصلاح شده و اثر لبه ای به حداقل می رسد. اثر لبه ای به خاطر آشفتگی جریان های گردآبی با رسیدن کویل به لبه ماده ایجاد می شود. نشانه های ظاهر شده به خاطر اثر لبه ای ممکن است باعث اشتباه شده یا باعث پنهان شدن نشانه های حاصل از عیب ها یا دیگر مشخصه های ماده مورد نظر در نزدیکی لبه شود. محافظت هم چنین باعث جدا کردن میدان کویل از سر پیچ ها یا دیگر برآمدگی های هادی می شود.

کویلی که بیشتر از این توضیح داده شد یک کویل کامل بود به این معنی که یک تک کویل بوده که امپدانس آن به سادگی توسط مشخصه های هدایتی ماده مورد آزمایش تحت تاثیر قرار می گرفت.

کویل های دیفرانسیلی از دو کویل کوچک که در جهات مختلف پیچیده شده اند تشکیل شده و به صورت سری به هم وصل شده اند. کویل ها در یک پوشش

http://www.mohandes-iran.com

مشترک کنار هم قرار گرفته اند وقتی هر دو کویل در هوا باشند یا به طور مساوی از یک ماده هادی تاثیر بپذیرند یکدیگر را خنثی کرده و یک سیگنال نول به دستگاه می فرستند.



شکل ۴-۱۲) A تا E نشان دهنده نمایش CRT برای یک ترک در استفاده از پروب دیفرانسیلی می باشد .

جهت اسکن در این مورد مهم است . یک سیم پیچ باید پشت سر سیم پیچ دیگر از روی ترک عبور کند .

این نوع کویل حساسیت را اصلاح می کند زیرا برای ایجاد یک سیگنال قابل استفاده اختلاف کوچکی بین کویل ها لازم است. هم چنین نشانه های ترک دو برابر چیزی است که بوسیله یک کویل کامل ایجاد می شود. شکل(٤-۱۲) نشانه های پروب دیفرانسیلی را با عبور آن از روی یک ترک نشان می دهد. همانطور که قابل مشاهده است جهت اسکن مهم می باشد. اگر هر دو کویل هم زمان از ترک

http://www.mohandes-iran.com

عبور کنند به یک میزان تاثیر می گرند و هیچ سیگنالی تولید نمی شود.

کویل های دیفرانسیلی امکان تعیین نقص های کوچک را در موادی که دارای هدایت الکتریکی، عبور دهی مغناطیسی می باشند فراهم می کند. یک کویل کامل به هر تغییر ماده ای پاسخ داده ونشانه عیب ممکن است پوشیده شود. وقتی تغییرات هدایت الکتریکی و عبور دهی مغناطیسی در ناحیه نسبتاً بزرگی اتفاق می افتد تا زمانی که یکی از کویلها بوسیله یک ترک یا حفره در ماده تحت تاثیر قرار گیرد ، دو کویل مربوط به کویل دیفرانسیلی هم چنان نول خواهند ماند.

در پروب سوراخ پیچ می توان از کویل کامل یا دیفرانسیلی استفاده کرد. کویلی که در پروب سوراخ پیچ استفاده شده برای ارزیابی دیواره های داخلی سوراخ های مربوط به چفت و بست ها استفاده می شود . پروب سوراخ پیچ را وارد سوراخهای مربوط به چفت و بست ها کرده و ۳۶۰ درجه می چرخانیم. باید مراقب بود که حین چرخاندن ، کویل در کنار دیواره قرار گرفته باشد.

پروب های سوراخ پیچ در قطرهای مختلف وجود دارند که باید با توجه به اندازه سوراخ مورد بررسی انتخاب شوند. با تنظیم طوقه می توان عمق را تنظیم کرد. پیچ باید طوری قرار گیرد که با کویل در یک ردیف باشد. این کار باعث می شود که تعیین موقعیت زاویه ای عیب بعد از پیدا شدن آن راحت تر باشد.

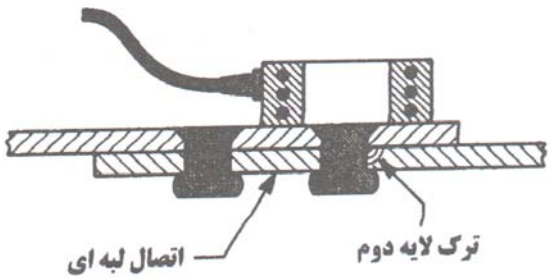
http://www.mohandes-iran.com

۲) کویل های با قطرهای بزرگ

این کویل ها برای کار با فرکانس های پائین تر ساخته شده اند. در این کویلها عمق نفوذ بیشتر شده و حساسیت به نقص های کوچک کاهش می یابد. از این کویل ها برای اندازه گیری هدایت الکتریکی، عبور دهی مغناطیسی یا ضخامت مواد استفاده می شود.

۳-پروب های با کاربرد خاص

پروب ها و کویل های زیادی برای کاربردهای مختلف وجود دارند. دو مورد از پروب های مورد توجه تکنسین های هواپیما پروب دونات و پروب لغزنده می باشد. پروب دونات (شکل ٤ -۱۵) برای تعیین ترکهایی که از سوراخهای چفت و بستها گسترش یافته اند بدون جدا کردن خود چفت و بست استفاده می شود. این پروب ها می توانند ترک را در سطح یا لایه های دوم و سوم شناسایی کنند. این نوع پروب دارای یک کویل با قطر بزرگ می باشد. مرکز پروب خالی بوده و معمولا برای هم مرکز کردن آن با سوراخ یک لنز در وسط آن قرار می گیرد.

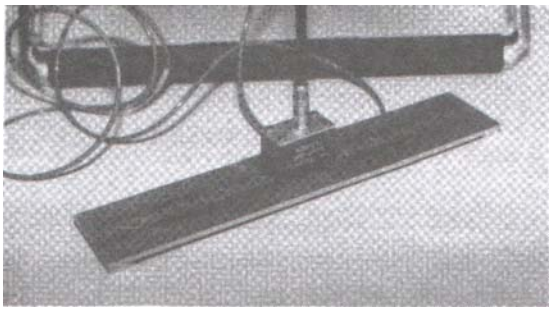


شکل ۴-۱۳) پروب دونات که در مرکز پرچ قرار گرفته و می تواند ترکهای لایه های دوم و سوم و همچنین ترک های سطحی را شناسایی کند .

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

پروب لغزنده یک پیشرفت جدید می باشد که امکان بررسی سریع ردیفهایی از پرچها را فراهم می کند.

این پروب دارای کویل های چند گانه می باشد. بعضی از این کویلها جریان های گردابی در ماده ایجاد کرده و بقیه برای ارزیابی اثرات میدان مغناطیسی جریان گردابی به کار می روند . کویل هایی که تحریک AC ایجاد می کنند کویل های اولیه بوده درحالی که کویل های ثانویه ولتاژ القا شده از میدان های مغناطیسی را بررسی می کنند. کویل ها به گونه ای متمرکز می شود که یک ناحیه حساس ایجاد می کنند. بعضی از مزایای این پروب ها شامل حساسیت بیشتر نسبت به پروب های حلقوی یا دونات تداخل نویز پائین تر به دلیل اینکه از تنظیمات بهره پائین برای دستگاه می توان استفاده کرد، حساسیت کمتر به اثر لبه ای و فراهم کردن عمق نفوذ بیشتر می باشد. این کویل ها به میزان قابل توجهی زمان لازم برای بررسی اتصالات لب به لب در هواپیما را کاهش می دهند. شکل (٤-١٤) یک پروب لغزنده/ انعکاسی را نشان می دهد.



شکل ۴-۱۴) وضعیت سوراخهای پرچ را می توان به راحتی با استفاده از پروب لغزنده

http://www.mohandes-iran.com

تعلیل صفحه امپدانس

امروزه معمولترین روش نمایش خروجی آزمایش جریان گردابی لامپ پرتوهای کاتدی می باشد (شکل ۳- ۱۶). در این روش تصویر بوسیله یک نقطه متحرک ایجاد می شود که با حرکت خود روی صفحه فسفرسان مسیری به جای می گذارد. موقعیت این ذره در هر لحظه بیانگر امپدانس پروب یا کویل بررسی می باشد که آن نیز تحت تاثیر ماده مورد تست می باشد. موارد زیر کاربردهای عملی تحلیل امپدانس می باشد .

۱) برخیزش

اثر برخیزش وقتی مشاهده می شود که پروب روی سطح ماده هادی قرار گرفته یا از آن دور شود .

خط برخیزش از نقطه هوا (امپدانس کویل در هوا) به طرف راست و به سمت نقطه کار (امپدانس کویل روی ماده مورد بررسی) حرکت خواهد کرد. نوعا برخیزش در صفحه افقی باقی می ماند.

وقتی پروب از سطح ماده کنار کشیده می شود نقطه امپدانس روی همان مسیر قبلی به نقطه هوا بر می گردد. اگر بین پروب و ماده هادی مورد بررسی یک تکه کاغذ یا هر ضخامتی از ماده غیر هادی قرار گیرد نقطه امپدانس به نقطه کار بر نمی گردد. اختلاف بین این نقطه و نقطه کار بیانگر ضخامت ماده غیر هادی می باشد.

http://www.mohandes-iran.com

برای تعیین نقاط مرجع در طول خط برخیزش از گوه های غیر هادی با ضخامت مشخص استفاده می شود. این خط برخیزش می تواند با استفاده از یک بهره افقی کشیده شود. این کار باعث دور شدن نقاط مرجع شده و دقت را بهبود می بخشد. با تنظیم دقیق و مناسب دستگاه ، پوشش های غیر هادی مثل رنگ، بتونه ، اپوکسی یا پوشش های پلاستیک در حدود کمتر از ۰/۰۰۱ اینچ را می توان اندازه گیری کرد.

۲-رسانش (هدایت)

رسانش یک ماده متضاد مقاومت آن می باشد که واحد آن مو (mho) است که بصورت برعکس اهم (ohm) تلفظ می شود. در مورد مطالعه جریان گردابی ، رسانش بصورت درصدی از IACS می باشد.

فرض می شود مس آنیل شده دارای هدایت صد درصد می باشد. وقتی که پروب جریان گردابی روی سطح یک ماده هادی قرار می گیرد یک خط برخیزش در آن ظاهر می شود. اگر همان پروب روی با هدایت متفاوت قرار گیرد خط برخیزش دیگری ظاهر می شود.

وقتی پروب را بطور متوالی روی نمونه های مختلفی از فلزات غیر مغناطیسی قرار دهیم بطوریکه رسانش آنها بطور متوالی افزایش یابد و سپس تمام نقاط امپدانس را به هم وصل کنیم یک منحنی رسانش حاصل می شود (شکل ٤-٢٦) . هر نمونه دارای خط برخیزش مربوط به خود می باشد. ماده با کمترین هدایت در بالای

http://www.mohandes-iran.com

منحنی و با هدایت بیشتر در پایین منحنی قرار می گیرد.

مواد فرومغناطیس در صفحه امپدانس مانند مواد غیر فرو مغناطیس ظاهر خواهند شد بجز اینکه در بالای خط افقی مربوط به نقطه هوا قرار می گیرند.

مواد فرومغناطیس در صفحه امپدانس مانند مواد غیر فرومغناطیس ظاهر خواهند شد بجز اینکه در بالای خط افقی مربوط به نقطه هوا قرار می گیرند .

افزایش راکتانس القایی به خاطر تنظیم دو قطبی های مغناطیسی با میدان مغناطیسی کویل می باشد. این عامل باعث افزایش چگالی شار در مجاورت کویل شده و باعث تقویت میدان آن می شود.

برای شناسایی راحت تر نقاط مربوط به مواد با تغییر فرکانس می توانند در طول منحنی رسانش حرکت کنند. فرکانسهای پایین تر تمایل دارند که نقاط را در قسمت بالای منحنی که بیانگر هدایت پایین است جمع کنند . اگر مواد ۱ و ۲ مد نظر باشند، این دو ماده در این موقعیت می توانند به راحتی مرتب شوند. بالا بردن فرکانس باعث می شود این نقاط به سمت قسمت پایین منحنی حرکت کرده و پخش شوند و به این ترتیب روی منحنی هدایت به راحتی قابل تشخیص می باشند.

سه نمودار با قرار دادن پروب روی سه ماده مشخص در CRT ایجاد می شوند . اغلب دستگاه های CRT امکان این را فراهم می کنند که نشانه ها به عنوان یک مرجع در صفحه ذخیره شده و به این ترتیب نشانه های ظاهر شده از مواد نامشخص با این نمودارها مقایسه شوند. توجه داشته باشید که نقطه هوا روی

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

نمایش CRT وجود دارد. اگر سه خطلی گفته شده را به سمت چپ امتداد دهیم این خطوط در یک نقطه به هم می رسند که به عنوان نقطه مربوط به هوا می باشد.

۳) عبوردهی مغناطیسی (پرمابلیته)

پرمابلیته یک ماده فرومغناطیس در طول خط برخیزش اندازه گیری می شود زیرا پرمابلیته و برخیزش معادل هم هستند. به این ترتیب که مواد با پرمابلیته بالا خط برخیزش طویل تری نسبت مواد با پرمابلیته پایین دارند.

۴) فواید خط برخیزش

یکی از مزایای صفحه امپدانس این است که خط برخیزش به راحتی از هدایت در مواد غیر فرومغناطیس تشخیص داده می شود. برخیزش حاصل از رنگ یا پوشش های سطحی در طول خط برخیزش مشخص می شوند. در حالی که پوشش های با هدایت متفاوت از ماده پایه، دارای خطوط برخیزش مربوط به خود هستند که نسبت به بقیه چند درجه جابجا شده اند. در نتیجه پوشش های سطحی لازم نیست قبل از بررسی زدوده شوند.

۵) ضخامت ماده

جریانهای گردابی در زیر سطح مواد نفوذ می کنند. وقتی ماده نازکتر از عمق موثر نفوذ جریانهای گردابی باشد، جریانهای گردآبی واپیچیده و تضعیف می شوند. همچنانکه ضخامت ماده کاهش می یابد نقطه امپدانس مسیری را طی خواهد کرد تا به نقطه هوا برسد .توجه کنید که منحنی لاغر شدگی بیرون از منحنی هدایت قرار

http://www.mohandes-iran.com

گرفته است. اگر ماده ضخیم تر از عمق نفوذ جریان گردابی باشد در نمودار با ضخامت بی نهایت نمایان می شود. هر نقطه روی منحنی لاغر شدگی بیانگر ضخامت معادل از ماده است .

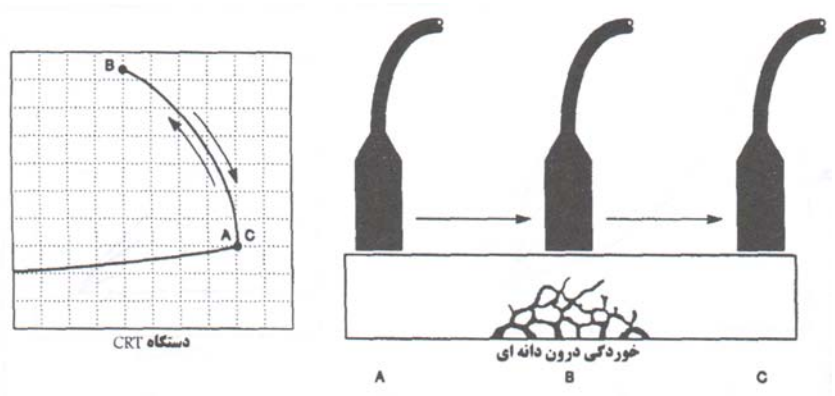
اندازه گیری موفق یک ماده با ضخامت متغییر نیاز به فرکانسی های به اندازه کافی پایین دارد تا جریان گردابی در ضخیم ترین قسمت ماده نفوذ کند. کویل های پروب عموماً دارای قطر های بزرگی هستند تا با فرکانسهای پایین سازگار باشند. برای دریافت اینکه نفوذ کامل می شود یا نه می توان پروب را در ضخیم ترین قسمت استاندارد گوه ای قرار داده و یک نمونه از ماده با هدایت بالا در سمت مقابل آن قرار داد . اگر موقعیت های نقطه امپدانس تغییر کند نفوذ کامل حاصل می شود. اگر هیچ تغییری در موقعیت های تغییری در نقطه امپدانس حاصل نشود باید فرکانس را کاهش داد.

آزمایش جریان گردابی یک ابزار موثر در شناسایی خوردگی است. همچنانکه خوردکی پیشرفت می کند ماده لاغرتر می شود. ماده خوردگی یک ماده هادی نیست. شخص بازبین می تواند سطوح بیرونی بدنه، بالها و دم را بدون نیاز به دمونتاژ اضافی برای تعیین خوردگی پنهان داخلی مورد بررسی قرار دهد. همچنین می توان از جریان گردابی برای تشخیص خوردگی بین لایه های سطحی استفاده کرد.

شکل ٤-١٨ یک نمونه از نشانه ظاهر شده از خوردگی زیر سطحی می باشد. شکل

http://www.mohandes-iran.com

بزرگ شده تا آن قسمت از نقطه مورد نظر صفحه امپدانس نشان داده شـود. نقطـه هوا مربوط به این شکل خارج از صفحه و سمت چپ قرار دارد.



شکل ۴-۱۸) وقتی خوردگی رخ می دهد ، نقطه امپدانس از وضعیت خود روی منحنی هدایت (A) منحرف شده و در طول لاغر شدگی به نقطه B می رسد . وقتی پروب دوباره روی ناحیه ضخیم (C) قرار می گیرد ، نقطه امپدانس به منحنی هدایت بر می گردد .

۶)ترکها

وجود ترکها در ماده باعث به هم خوردن و واپیچیدگی مسیر های جریـان گردابـی شده و باعث تضعیف آنها می شود. راکتانس القایی افزایش یافته و نقطـه امپـدانس به سمت بالا و چپ یعنی نقطه هوا منحرف می شود. به دلیل اینکه جریـان گردابـی زیر سطح ماده نفوذ می کند به این ترتیب می توان عمق تـرک را تعیـین کـرد. ایـن کار به خاطر تاخیر فاز با عمق ممکن می شود. به این معنی که جریـان گردابـی در عمق ماده بعد از جریانهای گردابی قسمت سطحی ماده تغییر جهت می دهد . مولفه عمودی نشانه ظاهر شده متناسب با عمق ترک است.

http://www.mohandes-iran.com

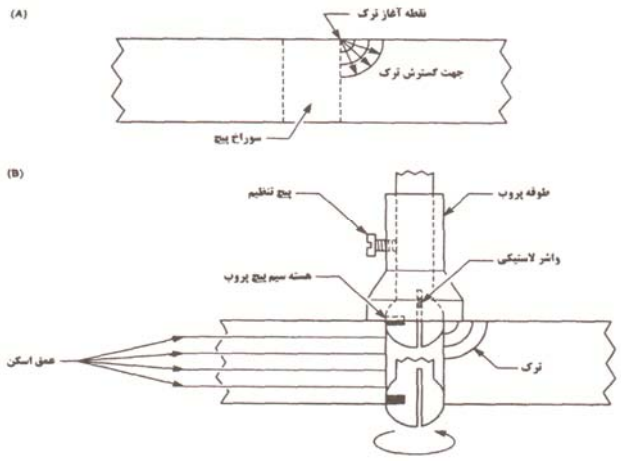
خط خیزش باید در موقعیت افقی در قسمت نیمه پایین CRT باشد. این خط همچنانکه پروب به سمت سطح استاندارد ترک نزدیک می شود از چپ به راست حرکت می کند. فرکانس باید در محدوده فرکانس توصیه شده باشد. نوعاً برای شناسایی ترک فرکانس ۱۰۰ kHz یا بالاتر استفاده می شود. با اسکن پروب در طول شیارها صفحه امپدانسی ظاهر می شود. برای افزایش زاویه بین خط برخیزش و نشانه ترک می توان بهره و فرکانس را تنظیم کرد. هر چقدر زاویه جدایی بیشتر شود احتمال اینکه متغییر های خط برخیزش با نشانه های ترک اشتباه شود ، کمتر می شود. برای تنظیم خط برخیزش بصورت افقی از کنترل های چرخش استفاده می شود.

تنظیمات پروب سوراخ پیچ نیز به همین ترتیب است با این تفاوت که خط برخیزش با داخل کردن پروب در سوراخ پیچ و دور کردن سمت کویل پروب از دیواره سوراخ ایجاد می شود. نشانه های ترک و شیار با چرخاندن پروب در داخل سوراخ پیچ ظاهر می شوند.سوراخ های مربوط به چفت و بست ها با تنظیم طوق به عمق دلخواه ، مورد بررسی قرار می گیرند . پیچ تنظیم طوق با کویل به گونه ای تنظیم می شود که بازبین می تواند موقعیت زاویه ای عیب ها را تعیین کند. ترک های مربوط به سوراخ های چفت و بندها از لبه سوراخ آغاز شده و همانطور که در شکل ٤-١٩ نشان داده شده رشد می کند.

به همین دلیل لازم است دیواره سوراخ ها را در بیشتر یک عمق اسکن کرد تا ترک

http://www.mohandes-iran.com

هایی که در کل عمق سوراخ رشد نکرده اند شناسایی شوند . اسکنرهای دستی شکل ٤-٢٠ بعد از وارد کردن پروب در سوراخ آن را با سرعت بالا می چرخانند. این کار باعث پوشش بهتر سوراخ شده و زمان بررسی را کاهش می دهد.



شکل ۴-۱۹ A) ترک ها از لبه پایین یا بالای سوراخ آغاز و رشد می کند . B) اسکن باید در عمق های مختلف انجام شود تا شناسایی ترک ها در مراحل مختلف رشد تضمین شود .

شکل ۴-۲۰) اسکنر سوراخ دستی

http://www.mohandes-iran.com

دستگاه در حالت جاروب قرار می گیرد. جاروب از چپ (۰ درجه) به راست (۳٦۰ درجه) می باشد . به دلیل اینکه جاروب کردن با چرخش پروب هم فاز است (شکل ٤-۲۱) می توان موقعیت زاویه ای عیب را تعیین کرد.

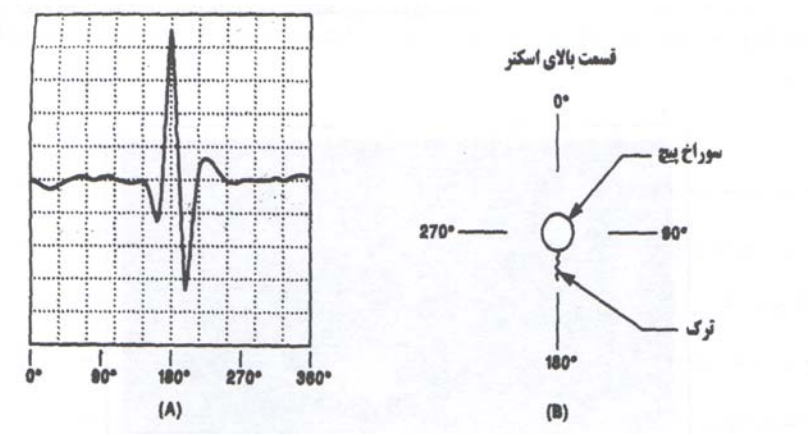
پروب های لغزشی/ انعکاسی روی استاندارد های ترک اتصال لبه ای تنظیم می شوند . نوعاً فرکانس های بین ۱ و ۱۰۰ kHz استفاده می شود. سپس مقدار سفارش شده بهره برای پروب تنظیم می شود. پروب در خط مرکزی ردیف پرچ هایی که باید چک شوند قرار می گیرد. نقطه کاری با استفاده از کنترل های موقعیت ، در قسمت پائین و گوشه راست CRT قرار می گیرد . استفاده از یک لبه صاف غیر هادی برای هدایت پروب در خط مرکزی پرچ ها سفارش می شود.

نشانه ظاهر شده از سوراخ بدون نقص باید در یک صفحه افقی از راست به چپ حرکت کند .

کنترل های چرخش برای حصول صفحه مناسب و کنترل های بهره برای بزرگ کردن تصویر به اندازه مطلوب استفاده می شوند .

ممکن است برای حصول نشانه کامل در CRT موقعیت و اندازه آن نیاز به تنظیم داشته باشد.

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com



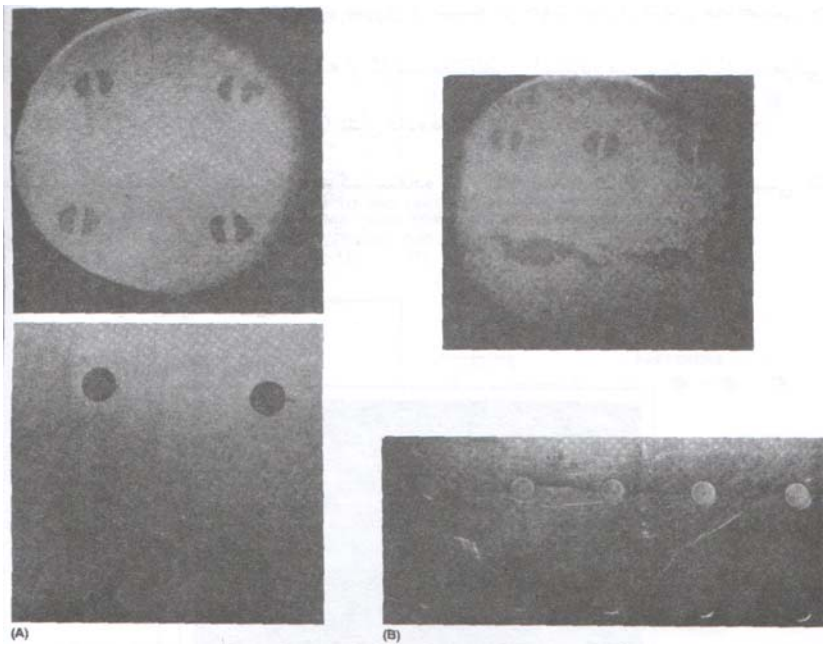
شکل ۴-۲۱) A) یک نشانه ترک ظاهر شده با استفاده از اسکنر دستی . B) نقطه بالای اسکنر ، نقطه مرجع صفر درجه است .

۷) نمایشگرهای جریان گردابی مگنتو- اپتیک

یک پیشرفت نسبتاً جدید در حوزه آزمایش جریان گردابی MOI می باشد که در شکل ٤-۲۲ نشان داده شده است. در MOI مانند آزمایش جریان گردابی از همان اصول القای الکترو مغناطیس استفاده می شود. ولی در MOI به جای جریان های دایره ای کوچک از لایه های گسترده جریان الکتریکی استفاده می شود. وقتی خطوط نسبتا مستقیم جریان الکتریکی به وسیله یک ترک یا حفره قطع می شود. میدان مغناطیسی مطابق با آن در جهت عمود برسطح نمونه آزمایش ایجاد می شود .

http://www.mohandes-iran.com

شکل ۴-۲۲) یک دستگاه جریان گردابی مگنتو – اپتیک که برای بازرسی سوراخها در اتصال لب به لب استفاده می شود .



شکل ۴-۲۳) A نشانه هایی از ترک های به طول "۰/۰۲ تا "۰/۰۴ .

B) نشانه های مربوط به ترک های سوراخ پرچ .

http://www.mohandes-iran.com

فصل پنجم

آزمون فرآوایی (التراسونیک)

http://www.mohandes-iran.com

تاریخچه

آزمایش فرا آوایی یک روش غیر مخرب است که در آن برای تعیین بی نقص بودن یک ماده از امواج صوتی با فرکانس بالا استفاده می شود. استفاده از انرژی صوتی باز هم به قدما و سازندگان شمشیر بر می گردد. آنها تیغ شمشیر پرداخت نشده را به یک جسم سخت زده و به صدای ایجاد شده از آن توجه می کردند. اگر یک صدای واضح به گوش می رسید تیغ عاری از ناپیوستگی ها بود و صدای خفه و نامشخص به این معنی بود که تیغ دارای عیب است.

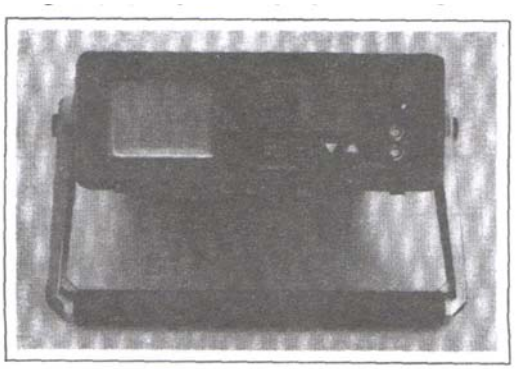
امروزه ما هنوز از این انرژی صوتی استفاده می کنیم. یک کارشناس مکانیک چرخ سنگ زنی را در انگشت گرفته و ضربه آرامی به لبه بیرونی آن می زند. عدم وجود یک صدای واضح نشان می دهد که ترکی در آن وجود دارد و استفاده از آن ایمنی لازم را ندارد. دکتر فایرستون برای اولین بار وسایل الکترونیکی آزمایش فرا آوایی را ساخت که در آن انرژی صوتی به سمت ماده فرستاده و سپس به بازتاب آن توجه می شد. تجهیزات وی مقدار انرژی صوتی و زمان لازم برای بازگشت آن را تحلیل کرده و به این ترتیب اطلاعاتی در مورد ماده تحت آزمایش مشخص می شد.

اگر چه تجهیزات آزمایش فرا آوایی که امروزه مورد استفاده قرار می گیرند بر همان اساس و پایه دستگاه دکتر فایرستون است ولی کمی پیچیده تر شده اند.

بسیاری از واحد های قابل حمل این دستگاهها مانند نمایشگرهای کریستال مایع

http://www.mohandes-iran.com

(LCD) دارای توانایی نمایش چند گانه در لامپ اشعه کاتدی (CRT) مـی باشـند. وصل شدن این دستگاهها به کامپیوتر امکان نمایش ناپیوستگی ها با وضوح فـوق العاده را فراهم می کند. شکل ۵-۱ یک نمونه از دستگاه آزمایش فرا آوایی را نشان می دهد.



شکل ۵-۱) یک دستگاه آزمایش فراآوایی .

تئوری آزمایش

۱) مشخصه های صوت

صوت، به منظورآزمایش فرا آوایی می تواند به عنوان انرژی در حال حرکت تلقـی شود. صوت می تواند در هوا و یا در جامدات با ارتعاشـات مولکـولی حـول نقطـه ثابت حرکت کند. هر مولکول یا ذره را می تـوان بـه عنـوان یـک سـاچمه معلـق در مرکز یک نوارلاستیکی فرض کرد .

اگر ساچمه از محل اولیه خود منحرف شده و رها شـود سـاچمه شـروع بـه محـل اولیه حود برگشته و به خاطر اینرسی موجود در جهت خلاف جهت اولیه به حرکت

http://www.mohandes-iran.com

ادامه می دهد و به این ترتیب شروع به نوسان مـی کنـد تـا در نهایـت بـا از دسـت دادن انرژی خود به حالت سکون در آید .

به این دلیل که مواد از تعداد بی شماری مولکول تشکیل شده انـد. ایـن بـار فـرض کنید که هر ساچمه با فنرهای پیچشی به ساچمه های دیگر وصل شده ، بطوری که هم می تواند کشیده و هم فشرده شود ، جابجایی مولکولهای بیرونی باعث حرکـت مولکولهای مجاور شده و حرکـت نوسـانی مولکولهـا بصـورت موجهـای تـراکم و انبساط گسترش می یابد.

امواج صوتی اغلب با موج سینوسی بیان می شـوند (شـکل ۵-۲) . نقـاط قلـه مـوج بیانگر پیشینه تراکم و فرو رفتگی ها بیانگر پیشینه انبساط می باشد. همچنین امواج سینوسی می توانند چیزهایی در مورد فرکانس و طـول مـوج بـه مـا نشـان دهنـد. تعداد نوسانها در یک ثانیه بیانگر فرکانس می باشد.

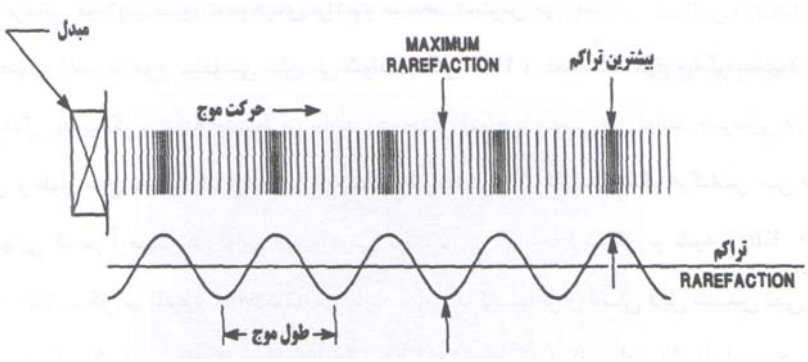
فرکانسهایی که در آزمایش فرا آوایی استفاده می شوند، بـین ۱۰۰۰۰۰ سـیکل بـر ثانیـه (۱۰۰ kHz) تـا ۲۵۰۰۰۰۰۰ سـیکل بـر ثانیـه(۲۵ mHz) مـی باشـد ، ایـن فرکانسها برای انسان قابل شنیدن نمی باشند.

محدوده شنوایی انسان بین فرکانسـهای ۲۰ hz -۲۰ kHz اسـت کـه فرکانسـهای بالاتر از این حد را به عنوان امواج فرا آوایی در نظر می گیرند.

طول موج صوت (λ) فاصله یک سیکل کامل می باشد که از قله تا قلـه و یـا فاصـله بین دو فرورفتگی کمینه می باشد. طول موج با عکس فرکانس نسبت مستقیم دارد.

http://www.mohandes-iran.com

فرکانسهای پایین دارای طول موج بزرگ و فرکانسهای بالا دارای طول موجهای کوتاه می باشند .



شکل ۵-۲) امواج صوتی با استفاده از یک موج سینوسی نشان داده شده اند

سرعت صوت ، سرعتی است که صوت در یک محیط مادی بر حسب اینچ بر ثانیه طی می کند . رابطه سرعت سوت با فرکانس و طول موج به صورت زیر می باشد :

$$V = \lambda \times f$$

V = سرعت λ = طول موج f = فرکانس

سرعت صوت بستگی به چگالی والاستیسیته ماده ای دارد که در آن حرکت می کند . بطوریکه صوت با سرعتی که توسط چگالی والاستیسیته ماده تعیین می شود سیر می کند .

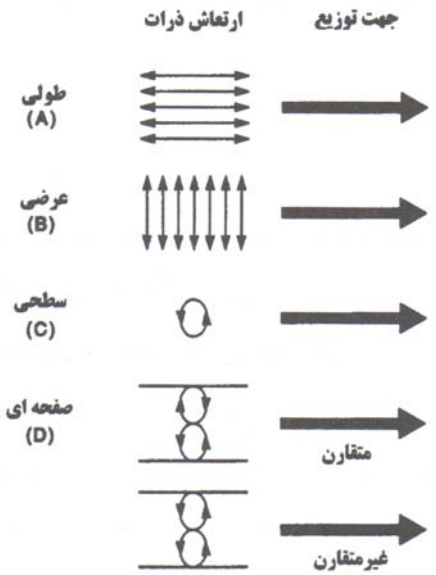
تغییر فرکانس فقط طول موج را تغییر می دهد در حالی که سرعت ثابت می ماند .

۲) شکل موجها

صوت به صورت موجهایی سیر می کند که ممکن است به شکلهای مختلفی وجود

http://www.mohandes-iran.com

داشته باشند. موج طولی بیشترین استفاده را در آزمایش فرا آوایی دارد. جهت انتشار آن همانند جهت ارتعاش ذرات است ، که در شکل (۳-۸ A) نشان داده شده است. این امواج به راحتی تشکیل شده و دارای بیشترین سرعت می باشند.



شکل ۵-۳) حرکت ذرات و توزیع موج در امواج مختلف

در امواج عرضی جهت حرکت ذرات محیط عمود بر جهت انتشار موج است (۵-۳ B) سرعت امواج عرضی کمتر از امواج طولی بوده (در حدود نصف سرعت امواج طولی) و برقراری آنها نیز دشوارتر است.

امواج عرضی در موادی تولید می شوند که مولکولهای آنها به هم فشرده می باشند به طوریکه در مایعات یا گازها امواج عرضی وجود ندارد.

امواج سطحی در سطح مواد سیر می کنند. حرکت ذره به صورت بیضوی می باشد (شکل ۵-۳ C) .

http://www.mohandes-iran.com

این امواج با سرعت ۰/۹ امواج عرضی سیر می کنند و محدود به سطوح تخت نمی باشند. برقراری و حفظ امواج سطحی مشکل است. این امواج توسط کثافات و روغن و چربی سطح ماده میرا می شوند .

وقتی انرژی فرا آوای به ورق و صفحات نازک منتقل می شود امواج صفحه ای شکل می گیرند .

همانطور که در شکل ۵-۳ D نشان داده شده، این امواج می توانند متقارن یا نامتقارن باشند.حرکت ذره تا اندازه ای همانند حرکت اوربیتالی موج سطحی است اما می تواند بسیار پیچیده تر نیز باشد .

سرعت موج صفحه ای نه تنها به ویژگی های ماده بلکه به ضخامت صفحه، فرکانس و زاویه ورود صوت به سطح نیز بستگی دارد.

تولید موج صوتی

در اواخر ۱۸۰۰ برادران کوری متوجه شدند که بعضی مواد کریستالی وقتی تحت جریان متناوب قرار می گیرند به سرعت منبسط ، منقبض یا مرتعش می شوند. همچنین آنها دریافتند که اگر این مواد به صورت مکانیکی مرتعش شوند جریان متناوب تولید می کنند. این پدیده به عنوان اثر پیزوالکتریک شناخته می شود.

به دلیل همین مشخصه ها موادی مانند کوارتز ، سولفات لیتیم و تیتانات باریم به عنوان مولدهای انرژی فرا آوایی شناخته می شوند. یک مبدل وسیله ای است که یک نوع انرژی را به شکل دیگر آن تبدیل می کند که در این مورد جریان متناوب

http://www.mohandes-iran.com

به حرکت مکانیکی تبدیل می شود.

در مبدل از یک کریستال به شکل دیسک استفاده شده که این دیسک به گونه ای برش یافته که در یک صفحه منبسط و منقبض می شود. الکترود ها به سطوح بزرگی وصل شده و جریان متناوب اعمال می شود. مبدل هایی که برای اسکن مستقیم سطوح ماده تحت آزمایش استفاده می شوند باید دارای پوششی برای حفاظت الکترودها و کریستال باشند. مواد خاص پوسته مبدل به میرا شدن صدای اضافی کریستال بعد از پالس آن نیز کمک می کند. در نهایت اینکه پوسته باعث پوشش کریستال شده، وسیله ای برای وصل شدن کابل هم محورا فراهم می کند. بسته به استفاده خاص از مبدل این پوسته ها در اندازه و شکل های مختلف وجود دارند.

هر مبدل برای کار در یک فرکانس معین طراحی شده است. این اطلاعات روی پوسته مبدل نوشته می شود. فرکانس هر مبدل با ضخامت کریستال تعیین می شود. کریستالهای نازک در فرکانسهای بالا و کریستالهای ضخیم در فرکانسهای پایین کار می کنند.

تولید انواع مختلف موج

۱)موج طولی

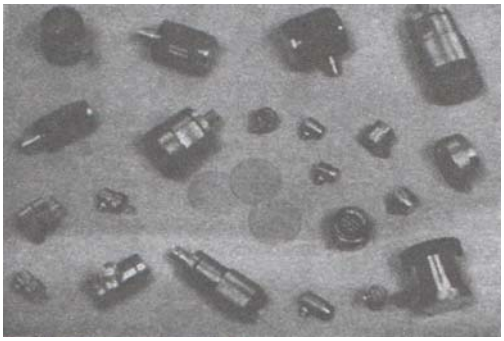
انرژی فرا آوایی به راحتی در هوا منتقل نمی شود بنابراین هوای بین مبدل و نمونه آزمایش باید حذف شود. برای انتقال انرژی صوتی به نمونه آزمایش می توان از

http://www.mohandes-iran.com

آب استفاده کرد. روش های دیگر اتصال مبدل به نمونه آزمایش نیز استفاده می شود .

پرتو صوتی که به نمونه آزمایش می رسد موج تابش نامیده می شود. اگر موج تابشی به سطح عمود ، تابش عمودی گفته شده و در این حالت فقط امواج طولی تولید می شود.

در حقیقت مقداری از انرژی برخوردی به سطح به سمت مبدل بر می گردد. انرژی باقی مانده در یک خط مستقیم در داخل ماده به حرکت ادامه داده و از دیواره پشتی نمونه آزمایش به سمت مبدل شود برمی گردد. این فرآیند بازتاب ادامه می یابد تا زمانی که انرژی در آب و ماده نمونه آزمایش جذب شود. در اینجا برای نشان دادن موضوع، فقط موج اولیه مورد بحث قرار می گیرد.



شکل ۵-۴) در این شکل تنها چند نوع از انواع مختلف مبدل های موجود برای آزمایش فرا آوایی را می بینید .

http://www.mohandes-iran.com

۲) امواج عرضی

اگر موج تابشی با زاویه ای غیر از حالت عمود منتقل شود، تبدیل مد اتفاق می افتد. مقداری از انرژی به حرکت خود در داخل ماده بصورت موج طولی ادامه می دهد و باقی مانده به موج عرضی تبدیل می شود. وقتی که امواج تابشی تحت زاویه به مولکولهای سطحی برخورد می کنند نه تنها تمایل دارند به سمت پایین منتقل شوند به اطراف نیز پخش می کنند. پیوندهای قوی مولکولی در مواد جامد، مولکولهای مجاور را به سمت یکدیگر کشیده و باعث ایجاد عمل برش می شود. پیوند الاستیک مولکولها ، باعث نوسان آنها به جلو و عقب شده و موج داخل ماده را به سمت دیواره پشتی ماده حرکت می دهند .

به دلیلی اینکه سرعت موج در آب و آلومینیم یکی نیست موج شکسته می شود. شکست همان پدیده ای است که باعث می شود نی داخل آب شکسته به نظر برسد. رابطه زاویه ای شکست با قانون اسنل به صورت زیر بیان می شود:

$$\frac{\sin I}{\sin R} = \frac{V_I}{V_R}$$

I = زاویه تابش در محیط اول

V_I = سرعت موج تابشی

R = زاویه شکست در محیط دوم

V_r = سرعت موج شکسته شده

برای کاربرد های عملی فقط باید امواج عرضی در ماده وجود داشته باشد. اگر

http://www.mohandes-iran.com

زاویه تابش افزایش یابد ، زاویه شکست هر دو موج طولی و عرضی افزایش می یابد. زاویه تابشی که باعث می شود زاویه شکست موج طولی به ۹۰ برسد یعنی موازی سطح آلومینیوم حرکت کند ، زاویه بحرانی اول نامیده می شود.

افزایش زاویه تابش به بیش از زاویه بحرانی اول باعث می شود تمام موج تابشی بازتاب شود. زاویه تابشی که باعث می شود زاویه شکست موج عرضی به ۹۰ برسد زاویه بحرانی دوم نامیده می شود.

وقتی زاویه تابش به بیش از این حد برسد هر دو موج عرضی و طولی به طور کامل بازتابیده شده و هیچ انرژی صوتی به ماده منتقل نخواهد داشت.

زواایای بحرانی را می توان از قانون اسنل محاسبه کرد.

$$\frac{\sin I}{\sin R} = \frac{V_I}{V_R}$$

I = زاویه تابش در محیط اول

V_I = سرعت موج تابش

R = 90

V_R = سرعت موج شکست

اولین و دومین زاویه بحرانی وقتی ایجاد می شود که به ترتیب زوایای شکست امواج طولی و عرضی به ۹۰ برسد ، بنابراین R ثابت است .

۳) موجالای صفحه ای و سطحی

امواج سطحی وقتی تولید می شوند که زاویه تابش در زاویه بحرانی دوم باشد.

http://www.mohandes-iran.com

این امواج با سرعت ۹/۱۰ سرعت امواج عرضی و موازی سطح ماده سیر می کنند و تقریبا به اندازه یک طول موج در ماده نفوذ می کند. به دلیل اینکه امواج سطحی به راحتی توسط آلودگی های سطح ماده میرا می شوند ، این امواج را نمی توان در نمونه معلق داخل آب ایجاد کرد. همانطور که در شکل ۵-۵ ملاحظه می کنید یک گوه پلاستیکی با زاویه مورد نظر بین مبدل و سطح نمونه آزمایش قرار می گیرد. وقتی ضخامت ماده مورد آزمایش سه برابر طول موج یا کمتر باشد انرژی صوتی القا شده در ماده اندکی متفاوت با امواج سطحی رفتار می کند. این امواج، امواج صفحه ای نامیده می شوند. امواج صفحه ای در شناسایی نقص های زیر سطحی سازه های مورد استفاده می شوند.

افت های انرژی

۱)بازتاب امواج فر آوایی

امپدانس آکوستیکی، عبارت از مقاومت ماده به عبور صوت می باشد. بازتاب ارتعاشات فرا آوایی در مرز بین دو ماده مختلف رخ می دهد. پرتو فرا آوایی درست همانند امواج امواج نوری در میان رویه بین دو ماده بازتابیده می شوند. برای مثال نقره موجود در پشت آینه دارای عدم تطابق امپدانس بالایی با هوا بوده، نور به مقدار زیادی از آن باز تابیده می شود. یک قطعه کریستال صیقلی دارای عدم تطابقت امپدانس پایینی با هوا بوده، فقط مقدار کمی از نور را باز می تاباند.

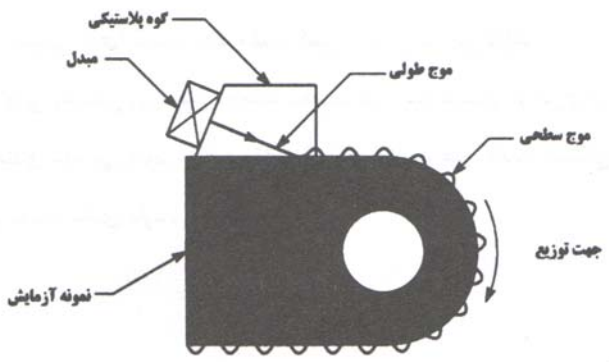
وقتی انرژی فرا آوایی به میان رویه بین دو ماده مختلف می رسد قسمتی از انرژی

http://www.mohandes-iran.com

باز تابیده شده و باقی وارد محیط مادی دوم می شود که این مقدار باز تابیده شده و عبور یافته بستگی به میزان نسبت امپدانس بین دو محیط مادی دارد.

۲) میرایی

میرایی ، جذب انرژی موج با عبور موج از یک محیط مادی می باشد که عامل اصلی محدود کننده در عمق نفوذ امواج می باشد. مرز دانه ها در مواد ، میان رویه های میکروسکوپی ایجاد می کنند که انرژی صوتی در میان رویه ها بازتاب و متفرق می شود. در مواد با ساختار دانه های نسبتا کوچک، میرایی کمتری رخ می دهد. با استفاده از فرکانس هایی که طول موج های بزرگتری ایجاد می کنند مخصوصا طول موج های بزرگتر از اندازه دانه ها، می توان افت ها را کاهش داد.



شکل ۵-۵) امواج سطحی در نمونه آزمایش

۳) مواد واسط

انتقال بیشترین مقدار انرژی صوتی به ماده با کمترین مقدار افت یکی مهمترین بحث ها در آزمایش فرا آوایی می باشد. اتصال مبدل به سطح نمونه آزمایش باید

http://www.mohandes-iran.com

توسط محیطی انجام شود که کمترین مقدار عدم تطابقت امپدانس اکوستیکی را با ماده مورد آزمایش داشته باشد.

واسط هایی که در آزمایش فرا آوایی استفاده می شوند باید دارای خاصیت خیس کنندکی بالایی باشند به طوریکه هیچ هوایی بین مبدل و سطح ماده وجود نداشته باشد.

در آزمایش سطحی، وقتی نمی توان از آب استفاده کرد و مبدل به طور مستقیم روی سطح نمونه آزمایش قرار می گیرد باید از واسط های دیگری استفاده شود. این واسط ها معمولا لزج تر از آب بوده و با اضافه کردن آنها به سطح ماده، از ناحیه مورد نظر پخش نمی شوند. واسط های پایه گلیسیرین با لزجت های مختلف به صورت تجاری در دسترس می باشند. این مواد به راحتی روی سطح مالیده شده و به راحتی نیز زدوده می شوند و با اغلب مواد و شرایط پرداخت سطح سازگار می باشند.

همچنین از روغن و گریس نیز می توان استفاده کرد.

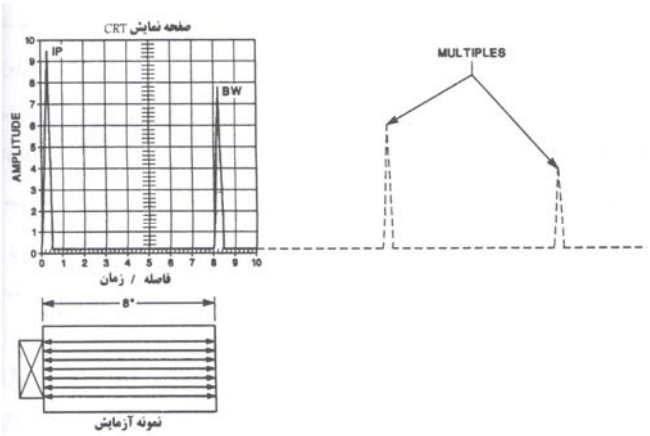
اصول کار

۱)پالس- انعکاس

از معمولترین روشهای آزمایش فرا آوایی روش پالس- انعکاس می باشد. در این روش یک پالس کوتاه انرژی صوتی به نمونه آزمایش منتقل می شود. سپس واحد آزمایش، انعکاس انرژی صوتی را دریافت می کند. این چرخه با سرعتی که

http://www.mohandes-iran.com

وابسته به زمان لازم برای رفت و برگشت موج می باشد تکرار مـی شود.نمایشـگر CRT مشابه چیزی است که در شکل ٥-٦ نشان داده شده است. محورx یا محـور افقی بیانگر زمان و محور Y نشان دهنده دامنه می باشد. پالس اولیـه (ip) بیـانگر انرژی تولید شده توسط مبدل می باشد. از آنجا که انرژی در همان لحظه که مبدل پالس را ایجاد می کند وارد نمونه آزمایش می شود، IP باید در سمت چپ صفحه روی صفر نمایان شود.نشانه مربوط به دیواره پشتی (BW) روی شماره ٨ ظـاهر می شود. این نقطه بیانگر مقدار زمانی است که طـول مـی کشـد پـالس بـه دیـواره مقابل نمونه آزمایش رسیده ، از دیواره پشتی منعکس شده و به مبدل برگـردد. بـه دلیل اینکه انرژی صوتی داخل ماده با سرعت معینی حرکت می کند این مقیاس می تواند به عنوان طول تفسیر شود.اگر این نمونه آزمایش به طول "٨ باشد هر واحـد روی شکل بیانگر یک اینچ می باشد.ولی اگر نمونه "٤ باشد هر فاصله بیانگر "٠/٥ و اگر طول نمونه "١ باشد هر فاصله نشان دهنده "٠/١٢٥می باشد.



شکل ٦-٥) نمونه آزمایش و صفحه نمایش در سیستم پالس – انعکاس

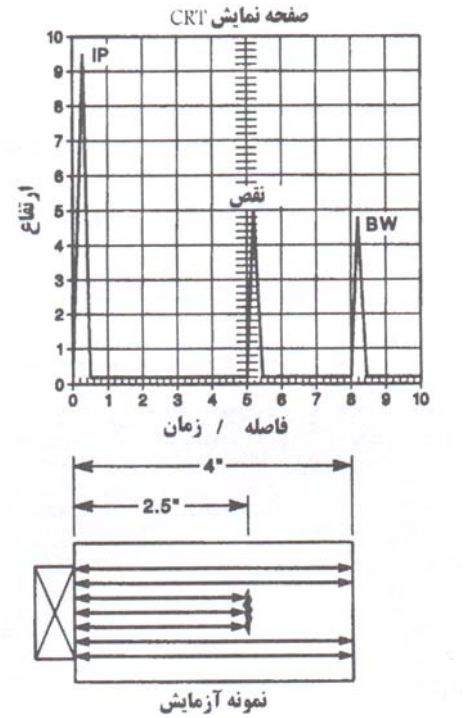
mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

اختلاف دامنه بین نشانه های دیوار مقابل و پشتی به خاطر میرایی انرژی صوتی در ماده می باشد ، به طوریکه انرژی صوتی داخل ماده پخش می شود. هم چنین به خاطر بسپارید که پالس انرژی صوتی فقط یک حرکت رفت و برگشت را طی نمی کند که در مبدل خاتمه یابد. این انرژی بین دیواره های مقابل و پشتی آنقدر حرکت می کند تا در نهایت میرا شود. خط چین های سمت راست شکل ٥-٦ این قضیه را نشان می دهد. اگر لازم باشد برای مشاهده کامل این افت انرژی در ماده می توان صفحه CRT را تنظیم کرد.

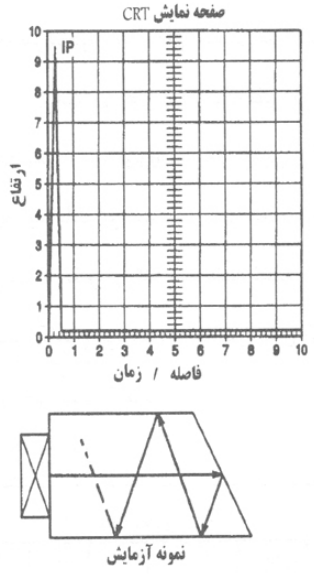
از این مثال به راحتی می توان دریافت که از آزمایش فرا آوایی می توان برای تعیین ضخامت ماده استفاده کرد. اگر عیبی در قطعه نیز موجود باشد نشان داده می شود (شکل ٥-٧).

اگر هر فاصله در محور X بیانگر $\frac{1}{2}$" باشد می توان دریافت که نقص در فاصله $2\frac{1}{2}$" از دیواره مقابل قرار دارد. توجه داشته باشید که دامنه نشانه مربوط به دیواره پشتی از آنچه در شکل ٥-٦ نشان داده شد کوچکتر می باشد. این پدیده به خاطر این است که وجود نقص باعث کاهش انرژی بازتابی از دیواره پشتی می شود. در حقیقت اگر نقص بزرگتر باشد دامنه نشانه مربوط به نقص افزایش یافته و دامنه نشانه مربوط به دیواره پشتی کاهش می یابد. با استانداردهای مرجع مناسب و تنظیمات درست دستگاه ، کاربر می تواند اندازه و محل عیب را تعیین کند.

http://www.mohandes-iran.com

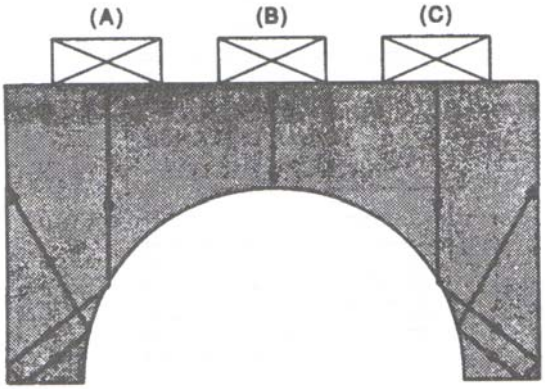


شکل ۵-۷) صفحه نمایش سیستم پالس – انعکاس نشان دهنده یک عیب می باشد .



شکل ۵-۸) در این شکل از آنجایی که انرژی صوتی تا میرایی کامل در داخل قطعه ، به مبدل باز نمی گردد بنابراین هیچ نشانه ای مربوط به سطح پشتی در صفحه نمایش ظاهر نمی شود .

http://www.mohandes-iran.com



شکل ۵-۹) نشانه مربوط به دیواره پشتی فقط در وضعیت B ظاهر می شود و در نقاط A و C هیچ نشانه ای مربوط به آن وجود نخواهد داشت .

در نشانه های ذکر شده فرض بر این بود که دیواره پشتی نمونه آزمایش در صفحه ای موازی صفحه مقابل نمونه باشد. اگر این چنین نباشد لزوما نشانه مربوط به دیواره پشتی ظاهر نخواهد شد (شکل ۵-۸). در این شرایط انرژی صوتی داخل ماده آنقدر انعکاس می یابد تا میرا شود و به مبدل بر نمی گردد.

(شکل ۵-۹) وضعیتی را نشان می دهد که نشانه دیواره پشتی فقط در موقعیت B ظاهر می شود. اگر مبدل در موقعیت های دیگری قرار گیرد هیچ بازتابی در CRT وجود نخواهد داشت.

۲) پرتو زاویه دار

در بسیاری از مواقع آزمایش پرتو مستقیم نمی تواند محل نقص ها را مشخص کند و روش دیگری باید استفاده شود. شکل ۵-۱۰ A تعیین محل یک ترک با

http://www.mohandes-iran.com

استفاده از پرتو مستقیم را نشان می دهد. انرژی صوتی از دو سمت نقص بدون وجود سطحی که از آن بازتاب یابد عبور می کند.

شکل ۵-۱۰ B مثالی از آزمایش با پرتو زاویه دار است. مبدل به یک بلوک پلاستیکی گوه ای وصل می شود. زاویه به گونه ای است که موج عرضی وارد سطح شده و تا زمانی که بطور کامل میرا شود از دیواره ها انعکاس می یابد. در این مورد نیز ممکن است هیچ نشانه ای از دیواره پشتی ظاهر نشود.

در شکل ۵-۱۰ C مبدل به سمت جلو اسکن می کند تا اینکه موج عرضی از یک سمت عیب بازتاب شده و به مبدل بر می گردد.

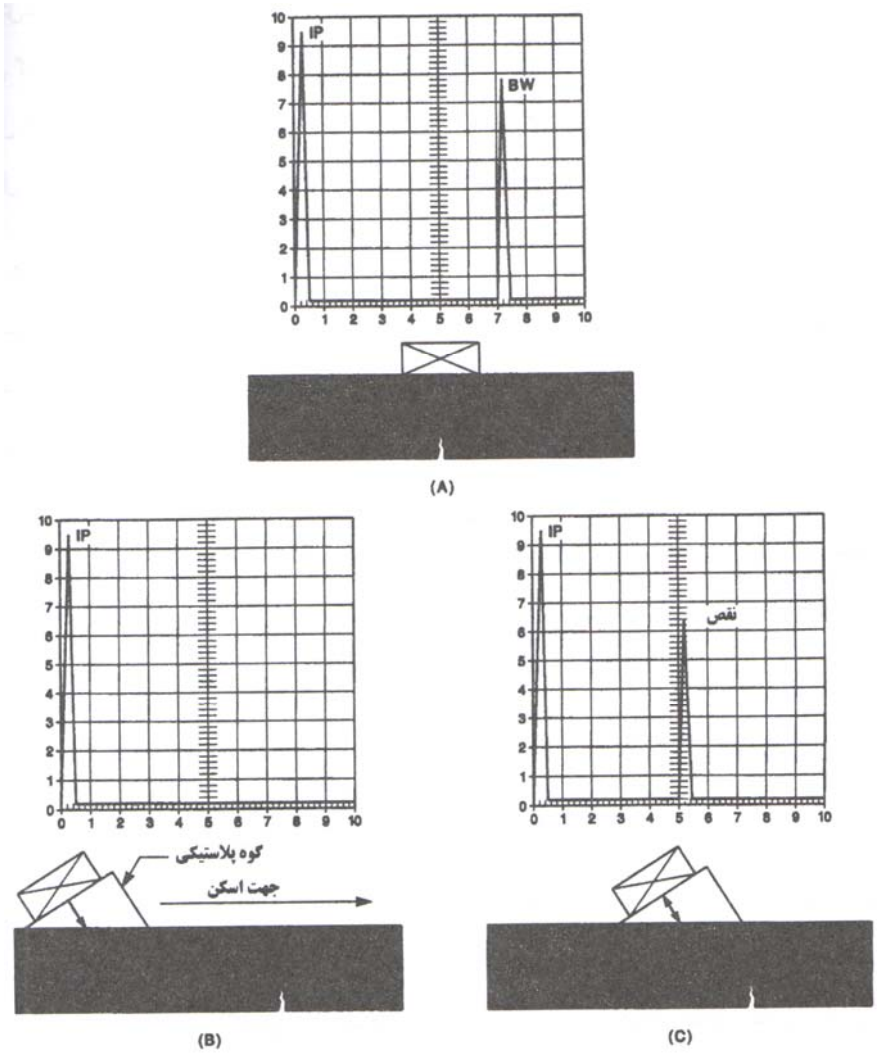
۳) آزمایش عبور کامل موج

یک روش دیگر آزمایش، عبور کامل موج از داخل ماده است که در شکل ۵-۱۱ نشان داده شده است.

در این روش دو مبدل روبروی هم قرار می گیرند. یکی از مبدل ها انرژی صوتی را فرستاده و دیگری دریافت می کند. نشانه ای که در CRT ظاهر می شود نشانه مربوط به انرژی صوتی رسیده به دیواره پشتی است. اگر عیبی در سر راه انرژی صوتی دریافت شده وجود داشته باشد این نقص مانع رسیدن تمام انرژی به دیواره پشتی شده و دامنه نشانه دریافت شده در دیواره پشتی کاهش می یابد (شکل ۵- ۱۱) در این روش نمی توان عمق و موقعیت عیب را تعیین کرد. به خاطر داشته باشید که انرژی صوتی از دیواره پشتی و نقص ها بازتاب می یابد . اگرچه

http://www.mohandes-iran.com

ممکن است انرژی به مبدل اولی بر گردد ولی هیچ سیگنالی در این مبدل دریافت نمی شود .

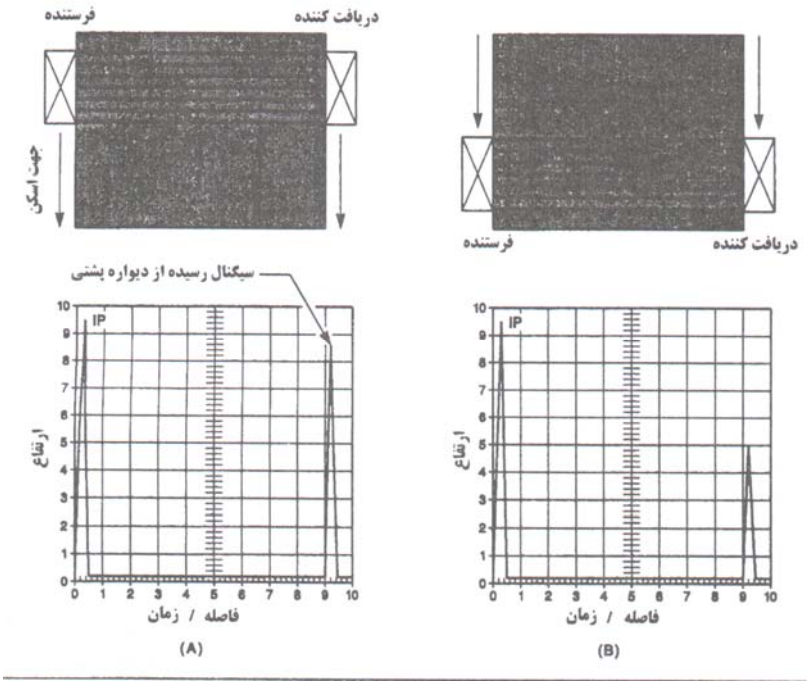


شکل ۵-۱۰) A آزمایش با استفاده از تابش مستقیم . در این وضعیت مقدار بسیار کمی از انرژی توسط عیب به مبدل باز می گردد .

B) آزمایش با استفاده از تابش زاویه دار . انرژی صوتی وارد قطعه شده و تا میرایی کامل از دیواره های آن بازتاب می شود .

C) بخش عمده ای از انرژی صوتی از سطوح جانبی به مبدل باز می گردد .

http://www.mohandes-iran.com



شکل ۵-۱۱) A) روش انجام آزمایش به صورت انتقال کامل موج . B) از آنجایی که مقدار عمده ای از امواج ارسالی توسط عیب به مبدل فرستنده باز می گردد ، ارتفاع موج دریافتی در سمت مقابل کوچک تر خواهد بود .

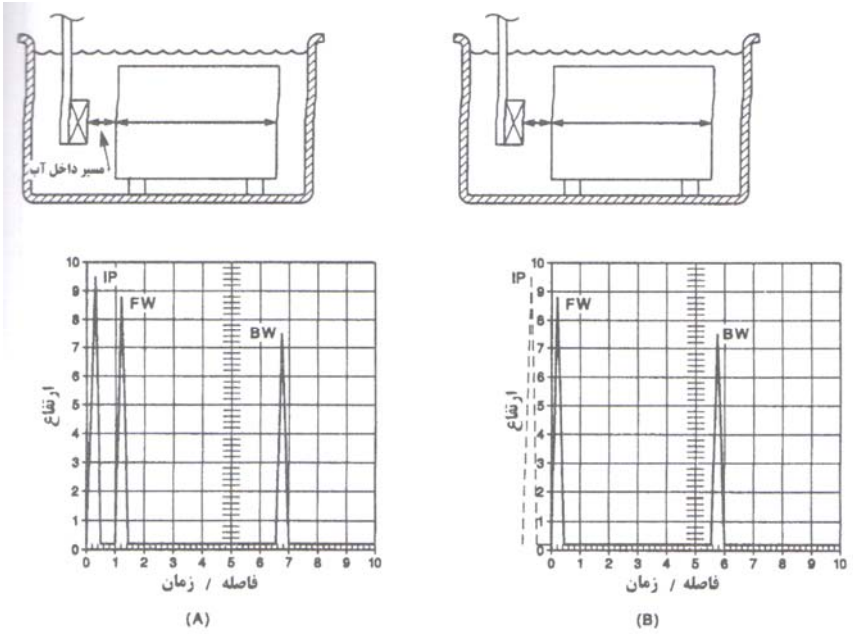
٤) آزمایش غوطه وری

در بعضی از سیستم های آزمایش فرا آوایی ، نمونه آزمایش در آب معلق می شود تا اتصال کامل مبدل و سطح نمونه تضمین شود. مخازن مربوط به این کار از نظر اندازه از یک آکواریم ساده تا استخرهای بزرگ غوطه وری متغیر می باشد. مبدل توسط تجهیزات اتوماتیک اسکن در فاصله کوتاهی از سطح نمونه آزمایش نگه داشته می شود.

شکل ظاهر شده از آزمایش غوطه وری همانند آزمایش تماسی می باشد. با این

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

تفاوت که در این آزمایش مسیر مربوط به آب نیز وجود دارد. شکل ۵- A۱۲ یک نشانه نمونه از آزمایش غوطه وری می باشد. فاصله بین پالس اولیه (IP) و نشانه مربوط به دیواره مقابل (FW) نشان دهنده فاصله بین وجه مبدل و سطح نمونه آزمایش می باشد . اگر این مقدار فاصله در صفحه نمایش CRT برای مشاهده کوچک باشد می توان با استفاده از کنترل های تاخیر که در شکل ۵-۱۲ B نشان داده شده ، آن را تنظیم کرد . دیواره مقابل روی صفر قرار داده شده و برای رسیدن به مقیاس دلخواه محدوده را تنظیم می کنیم .



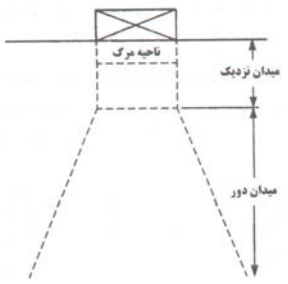
شکل ۵-۱۲) A) یک نمونه از صفحه نمایش در حالت آزمایش غوطه وری ، به دلیل زمان لازم برای طی موج در آب ، پالس اولیه و نشانه مربوط به سطح مقابل از هم جدا شده اند . B) با استفاده از کنترل دستگاه می توان نشانه را به اندازه ای جابجا کرد که ، نشانه مربوط به سطح مقابل در نقطه صفر درجه صفحه قرار گیرد .

http://www.mohandes-iran.com

عوامل موثر در آزمایش فرا آوایی

۱)مشخصه های پرتو صوتی

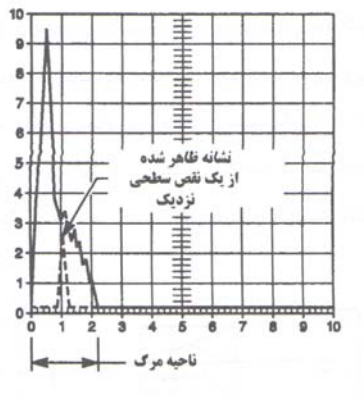
بطور کلی می توان مبدل را به عنوان اسپیکر فرض کرد . بطوریکه دیافراگم آن با سرعت به جلو و عقب حرکت کرده و امواج صوتی ایجاد می کند و همچنانکه این امواج صوتی از اسپیکر دور می شوند در هوا پخش می شوند . نگاه دقیق به یک مبدل مشخص می کند که تفاوت هایی وجود دارد . کریستال موجود در مبدل با فرکانس بسیار بالایی نوسان می کند و پرتو صوتی مشابه شکل ۵-۱۳ تولید می کند. همانطور که ملاحظه می کنید پرتو دارای یک میدان نزدیک یا ناحیه فرسنل و یک میدان دور یا ناحیه فران هوفر می باشد. در میدان نزدیک شدت موج صوتی یکنواخت نیست. این پدیده به این دلیل است که سطح کریستال با ارتعاش آن بطور یکنواخت حرکت نمی کند. سطح کریستال را می توان بعنوان یک موزائیک از کریستالهای کوچک در نظر گرفت که با یک فرکانس ولی با اندکی اختلاف فاز از یکدیگر ارتعاش می کنند. کاربر باید توجه داشته باشد که حساسیت شناسایی در سرتاسر ناحیه نزدیک یکسان نیست.



شکل ۵-۱۳) شکل یک پرتو فرا آوایی

http://www.mohandes-iran.com

ناحیه مرگ نزدیک ترین ناحیه به سطح کریستال می باشد. کریستال با شروع اعمال ولتاژ شروع به ارتعاش می کند ولی یک دوره زمانی بعد از حذف ولتاژ نیز به کار خود ادامه می دهد. به جهت اینکه این کریستال در حال ارتعاش است سیگنالهای بازگشتی نمی تواند توسط این کریستال دریافت شود. اگرچه قسمتی از ناحیه مرگ داخل مبدل قرار دارد با این حال عیب های کوچک سطحی ممکن است شناسایی نشوند. عمق ناحیه مرگ را می توان با تنظیم طول پالس به حداقل رساند. شکل ٥-١٤ عیبی را نشان می دهد که بوسیله تاثیر ناحیه مرگ پوشیده می ماند.



شکل ٥-١٤) نمونه نمایش ناحیه مرگ در CRT . نشانه های مربوط به عیب های کوچک و نزدیک سطح در ناحیه مرگ نشان داده نمی شود .

میدان دور در نقطه ای آغاز می شود که میدان نزدیک خاتمه می یابد و پرتوها شروع به پخش شدن می کنند. حساسیت در میدان دور خوب است ولی بصورت توانی با فاصله گرفتن کمتر می شود.بیشترین شدت پرتو در امتداد محور مرکزی پرتو می باشد .

http://www.mohandes-iran.com

۲) فرکانس

انتخاب فرکانس با در نظر گرفتن عوامل بسیاری باید صورت بگیرد و یک فرکانسی ایده ال وجود ندارد.

بطوریکه در شرایطی ممکن است فرکانس پائین بهتر کار کند و در شرایط دیگر فرکانسهای بالا بهتر جواب دهد.

همانطوریکه که قبلاً ، گفته شد، فرکانس تعیین کننده طول موج انرژی صوتی است که در یک ماده معین پخش می شود. فرکانسهای پائین به خاطر طول موج بزرگتر عمیق تر از فرکانسهای بالا نفوذ می کنند. برای نفوذ کامل در یک نمونه ضخیم باید از فرکانسهای پائین استفاده کرد.

ساختار دانه بندی فلز نیز باید در نظر گرفته شود. فرکانسهای بالا با طول موجهای کوتاه در مرز دانه ها انعکاس یافته و در ماده پخش می شوند. وقتی یک ماده با ساختار دانه بندی درشت آزمایش می شود، باید از فرکانسهای پائین استفاده کرد.

فرکانسهای پائین این توانایی را دارند که بطور کامل در ساختارهای با دانه بندی درشت سیر کنند و توانایی نفوذ در عمق ماده را دارند. ولی به خاطر داشته باشید که وضوح آزمایش با کاهش فرکانس افت می کند. نقص های کوچک که با فرکانس های بالا قابل شناسایی می باشند ممکن است در فرکانسهای پائین از دید ما پنهان بمانند.به عنوان یک قانون سرانگشتی در نظر داشته باشید که از فرکانسهایی با

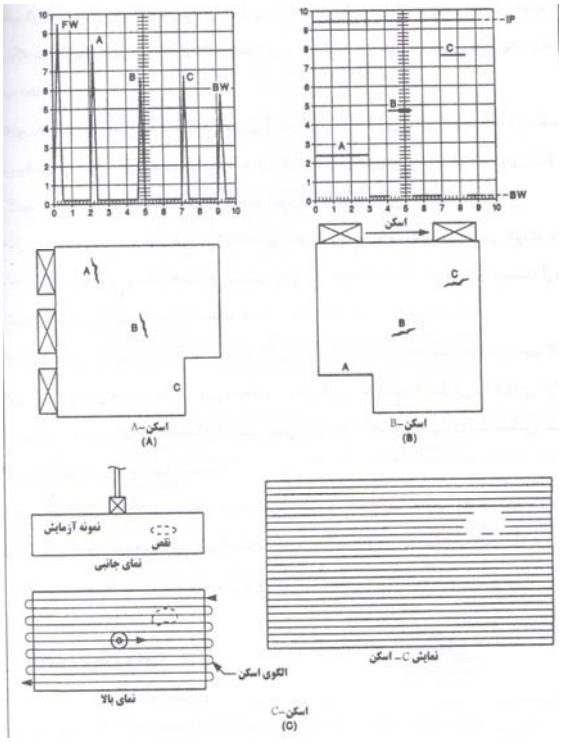
mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

طول موج تقریبا معادل ٤ برابر کوچک ترین ناپیوستگی مورد شناسایی استفاده کنیم. در جدول زیر ملاحظه می کنید که فرکانسهای بالا امکان شناسایی نقص های کوچک تری را فراهم می کنند.

صفحه نمایش CRT

۱) A- اسکن

در تمام نشانه هایی که تاکنون ملاحظه کردید از روش نمایش A – اسکن استفاده شده بود. این نوع نمایش معمولا با روش اسکن دستی استفاده می شود. نمایش A- اسکن در شکل ٥-۱٥ نشان داده شده و با دیگر روشهای نمایش مقایسه شده است.

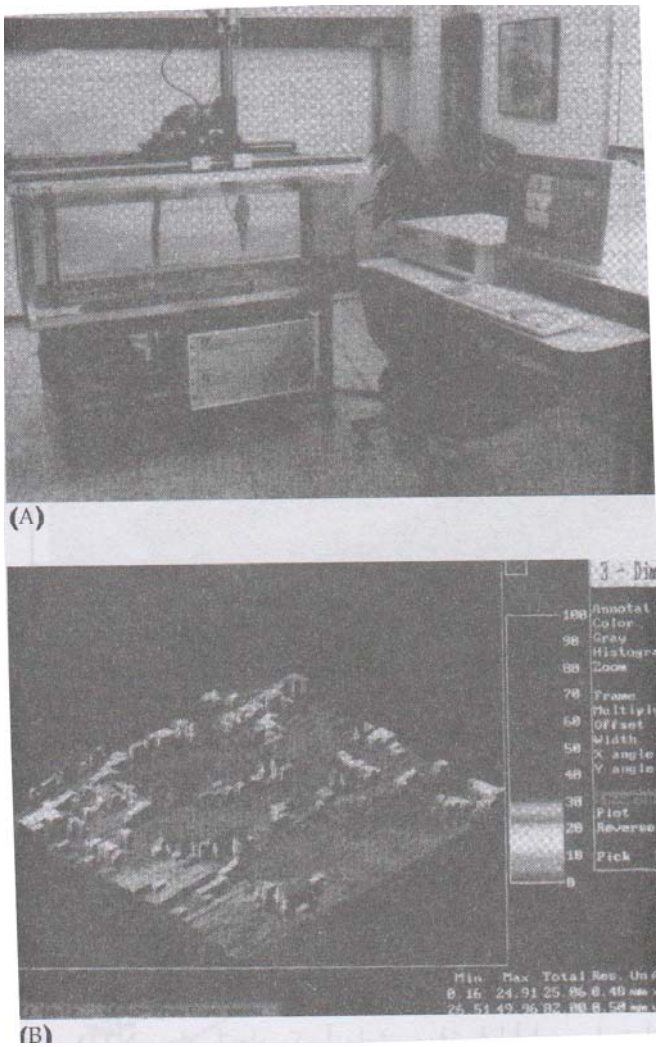


شکل ٥-۱٥) روش اسکن A . B) روشن اسکن C . C) روش اسکن C

http://www.mohandes-iran.com

۲) B – اسکن

نمایش B – اسکن از همان اطلاعات استفاده می کند ولی اطلاعات را بصورت سطح مقطع نمونه آزمایش نشان می دهد. شکل ۵-۱۵ نمایش نوع B- اسکن همان قطعه ۵-۱۶ A را نشان می دهد. در این روش، اسکن دستی ممکن است ولی این روش معمولا با سیستم های نیمه اتوماتیک و تمام اتوماتیک به کار می رود.



شکل ۵-۱۶) A) تجهیزات اسکن اتوماتیک . B) روش نمایش گرافیکی پیشرفته

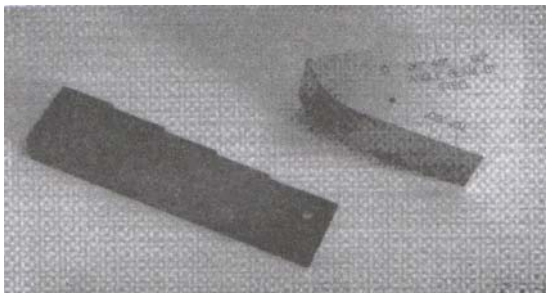
http://www.mohandes-iran.com

۳) C – اسکن

روش نمایش C– اسکن یک نمای بالا از نمونه آزمایش ایجاد می کند (شکل ۵-۱۵ C) . در این روش سطح بالایی نمونه اسکن می شود. اسکن باید به شکلی باشد که پوشش کاملی از این سطح فراهم کند. این روش معمولا با قطعه معلق در آب و سیستم های اسکن تمام اتوماتیک به کار می رود.

هر مرحله اسکن مبدل یا در کامپیوتر ذخیره می شود و یا توسط پلاتر چاپ می شود. وجود هر نوع حفره ، تورق یا سوراخ در چاپگر ثبت می شود.

با استفاده از سیستم های C – اسکن اولیه هیچ اطلاعاتی از عمق بدست نمی آمد. امروزه با استفاده از سیستم های کامپیوتری، این کار ممکن شده است. به طوریکه برای هر عمق مشخص یک رنگ نسبت داده شده و مقدار عمق نیز مشخص می شود. اطلاعات ذخیره شده در کامپیوتر را می توان اصلاح کرده و نمای سه بعدی با جزئیات بیشتری از نمونه آزمایش ایجاد کر د (شکل ۵-۱۶) .



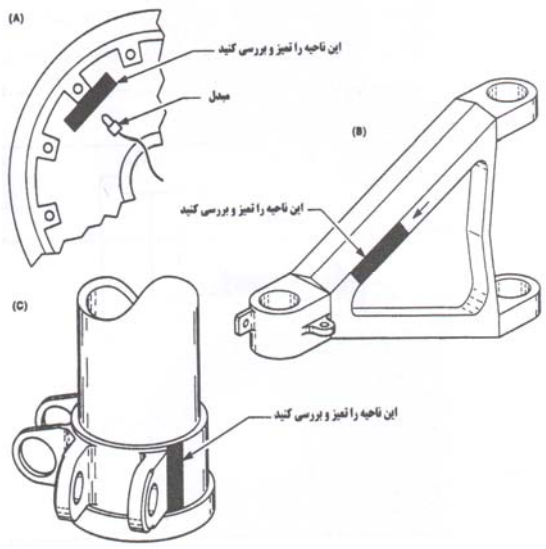
شکل ۵-۱۷) برای تعیین ضخامت ، ابتدا باید با استفاده از بلوک پله ای دستگاه را تنظیم نمود . برای تایید روش آزمایش زاویه ای نیز باید درست قبلا تنظیم شود که این کار با استفاده از بلوک پرتو زاویه ای انجام می شود .

http://www.mohandes-iran.com

استانداردهای مرجع

همانند دیگر روش های NTD برای انجام یک آزمایش موفق فرا آوایی باید از استانداردهای مرجع استفاده کرد. استانداردهای مرجع برای چک کردن دقت تجهیزات، تایید صحت آزمایش و تنظیم تجهیزات آزمایش به کار می روند.

انواع مختلفی از استانداردهای مرجع برای آزمایش فرا آوایی وجود د ارد. معمولترین این استانداردها بلوک پله ای و بلوک مربوط به پرتو زاویه دار می باشد (شکل ٥-١٧) .در بسیاری از موارد لازم است تا برای کاربردهای خاصی استانداردهای مرجع ساخته شود. این استانداردها می توانند قطعات معادل قطعه اصلی با شیارها یا سوراخ های مصنوعی و یا می توانند قسمتی از یک قطعه بزرگ باشند. استانداردهای مرجع باید از همان ماده با همان شرایط پرداخت سطح ساخته شده باشند.

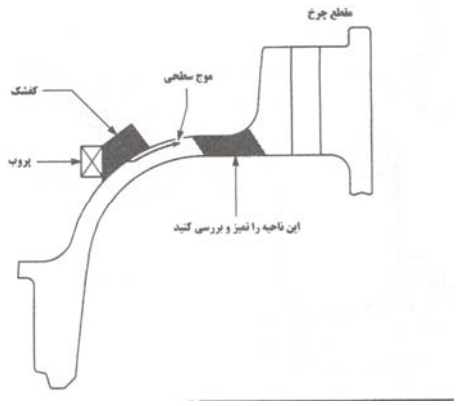


شکل ٥-١٨) اجزای مختلف ابزار فرود هواپیما باید با استفاده از امواج سطحی ، به روش فرا آوایی آزمایش شود .

http://www.mohandes-iran.com

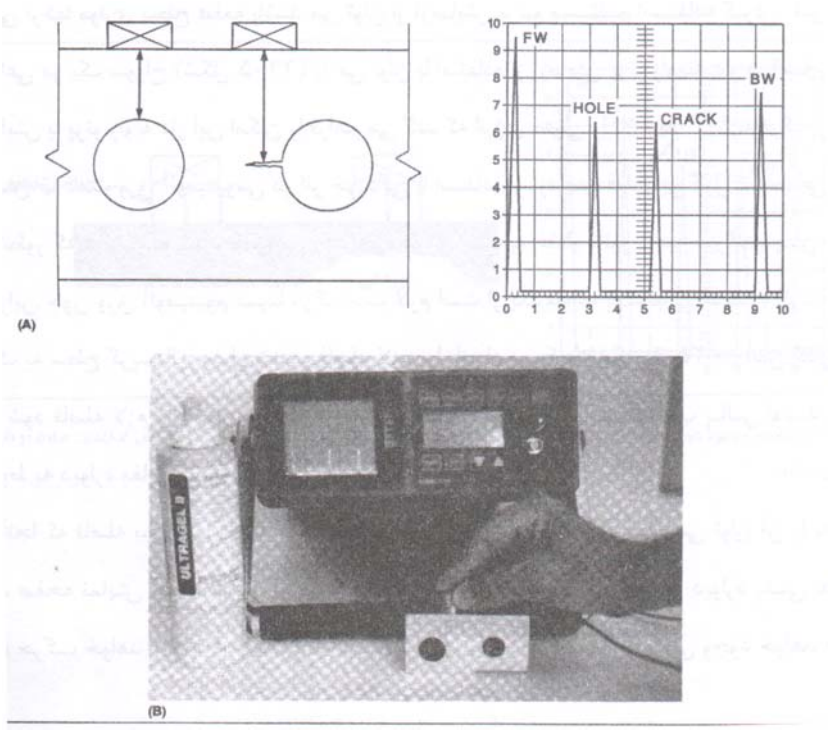
کاربرد آزمایش فرا آوایی

آزمایش فـرا آوایـی بـه طـور وسـیع در تعمیـرات و نگاهداشـت هواپیمـا اسـتفاده می شود. روش هـای انجـام گرفتـه آزمـایش فـرا آوایـی را امـروزه مـی تـوان از دفترچه های راهنمای تعمیرات، نگاهداشت هواپیما پیدا کرد . در زیر تنها بخشی از کاربردهای آزمایش فرا آوایی در هواپیمـا را ملاحظـه مـی کنیـد.از امـواج سـطحی برای شناسایی ترک های چرخ ها و اجزای ابزار فرود هواپیما اسـتفاده مـی شـود (شکل ۵-۱۸) . سطح قطعات باید به طور کامل تمیز شـوند. در هنگـام اسـتفاده از این روش لازم نیست که رنگ زدوده شود. برای بازگشت انرژی صوتی، مبدل باید در جهت ۹۰ درجه به ترک قرار گیرد . بنابراین لازم است که نواحی مورد بررسـی در تمام جهات اسکن شوند. برای انطباق مبدل با سطح منحنی باید از کفشـک هـای مخصوص استفاده شود(شکل۵-۱۹) . این کار باعث تضمین تماس نزدیـک مبـدل و سطح قطعه شده و زاویه مناسب بین مبدل و سطح را حفظ می کند.

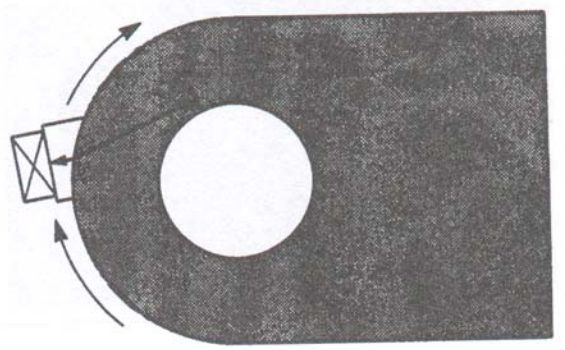


شکل ۵-۱۹) یک کفشک مطابق با شکل مقطع چرخ . این کفشک زاویه مناسب برای ایجاد امواج سطحی در نمونه آزمایش را فراهم می کند .

http://www.mohandes-iran.com



شکل ۵-۲۰) استفاده از پرتو مستقیم برای شناسایی ترکهای رشد یافته از سوراخها ، ترکها همیشه دورتر از نشانه مربوط به سطح مقابل سوراخ ظاهر می شوند .



شکل ۵-۲۱) آزمایش پرتو زاویه دار امکان برخورد مستقیم انرژی صوتی به ترک را فراهم می کند .

http://www.mohandes-iran.com

وقتی ترکها موازی سطح قطعه باشند می توان از آزمایش پرتو مستقیم استفاده کرد. تر ک های شعاعی در یک سوراخ (شکل ۵-۲۱) را می توان با استفاده از آزمایش پرتو زاویه دار شناسایی کرد.

آزمایش با پرتو زاویه دار این امکان را فراهم می کند که انرژی صوتی را با زاویه ۹۰ درجه به ترک برسانیم.

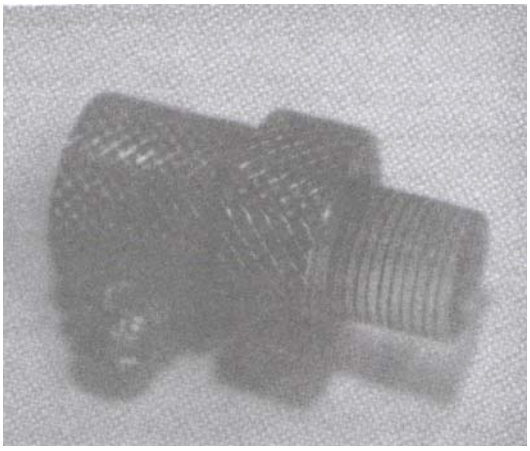
کاهش ضخامت ورق آلومینیومی در اثر خوردگی با استفاده از آزمایش فرا آوایی قابل شناسایی است.

همانطور که قبلاً گفته شد ، نقص های سطحی ممکن است به خاطر تاثیر ناحیه مرگ پنهان بمانند.

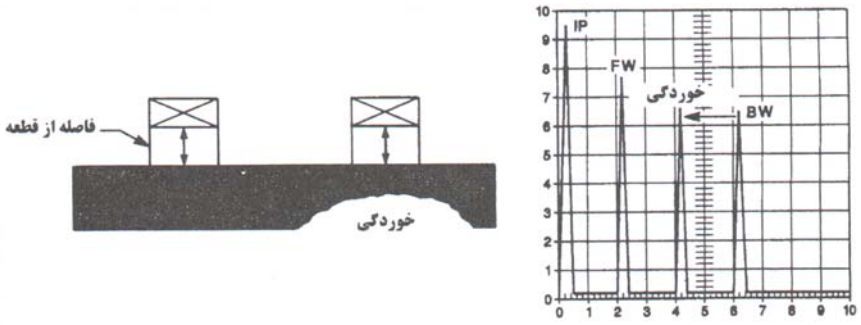
بنابراین چون ورق آلومینیوم نسبتا نازک است لازم است از یک بلوک پلاستیکی استفاده کرد که این بلوک به سطح کریستال وصل شده و فاصله لازم را ایجاد می کند (شکل ۵-۲۲) این کار باعث می شود فاصله لازم برای دوری سطح از ناحیه مرگ ایجاد شود به این ترتیب پالس اولیه و نشانه مربوط به دیواره مقابل مانند شکل ۵-۲۳ ظاهر می شود.

از آنجا که فاصله بین پالس اولیه و نشانه مربوط به دیواره مقابل کوچک است می توان آن را به سمت چپ صفحه نمایش جابجا کرد. اگر خوردگی وجود داشته باشد نشانه مربوط به دیواره پشتی به سمت چپ حرکت خواهد کرد به این معنی که فاصله کمتری بین دیواره مقابل و پشتی وجود خواهد داشت.

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com



شکل ۵-۲۲) یک مبدل با بلوک لازم برای ایجاد فاصله



شکل ۵-۲۳) در صورت وجود خوردگی نشانه مربوط به دیواره پشتی به سمت چپ حرکت می کند که

بیانگر کاهش ضخامت ماده در ناحیه مورد نظر می باشد .

http://www.mohandes-iran.com

فصل ششم

بررسی مواد با استفاده از رادیوگرافی

http://www.mohandes-iran.com

تاریخچه

استفاده صنعتی از اشعه X به سال ۱۹۲۰ بر می گردد که در ابتدا برای بررسی قطعات ریختگی بزرگ استفاده می شد. کیفیت این پرتوها یX عموما پائین بود. در طول جنگ جهانی دوم نیاز به قابلیت اطمینان بالا در قطعات هواپیما لزوم بهبود اساسی در این روش بررسی را یادآوری کرد. همچنانکه وزن و اندازه منابع تابش کاهش یافت قدرت این منابع نیز بیشتر شد. هم زمان با پیشرفت فیلم ها و وسایل ثبات الکترونیکی وضوح تصاویر رادیوگرافی حاصله نیز بسیار بالا رفت. امروزه رادیوگرافی به طور وسیع در صنعت هواپیمایی استفاده می شود.

دو حالت کلی

روش بررسی رادیوگرافی یک سازه، زمانی سفارش می شود که نواحی مورد نظر غیر قابل دسترسی باشند. این روش به عنوان یک تکنیک بررسی عمومی سفارش نمی شود. در اغلب موارد وقتی روش رادیوگرافی استفاده می شود که ناحیه مورد شک و جهت واماندگی از یک آزمایش قبلی تعیین شده است.

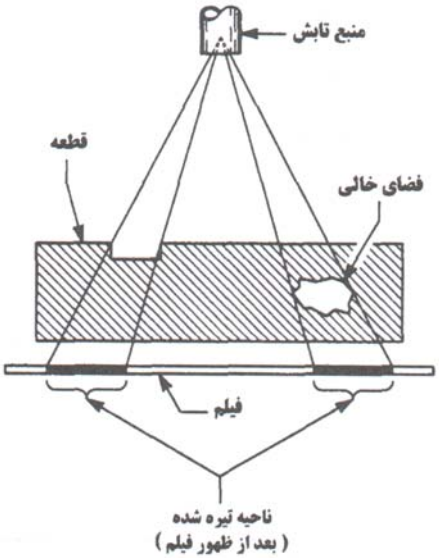
روش های بررسی با استفاده از رادیوگرافی باید اطلاعات لازم برای بررسی اغلب نقاط هواپیما را در اختیار قرار دهند. این دستورالعمل ها دید رادیوگرافی خوبی بر اساس بهترین جهت گیری برای شناسایی یک واماندگی در اختیار ما قرار می دهند.

http://www.mohandes-iran.com

اصول رادیوگرافی

اشعه هایX و کاما، تابش های الکترو مغناطیسی با طول موج کوتاه می باشند که می توانند در مواد نفوذ کنند. این تابش ها در عبور از ماده ، جذب یا میرا می شوند که میزان آن بستگی به ضخامت ، چگالی و عدد اتمی ماده دارد. این پدیده جدب برای تفسیر اطلاعات ثبت شده روی فیلم عکاسی استفاده می شوند.

تابش عبور کافی از ماده مورد بررسی یک تصویر نامشخص روی فیلم عکاسی ایجاد می کند. ظاهر کردن فیلم، یک عکس رادیو گرافی ایجاد می کند که مشابه نگاتیو سیاه و سفید است. و قطعات قسمت های نازکتر تابش بیشتری عبور می کند. بنابراین نواحی مربوطه روی فیلم عکاسی تاریک تر خواهد بود. عکس رادیوگرافی توسط مقایسه آن با یک طرح معین از آن شئ و مشاهده تشابه ها، تفاوت ها مورد بررسی قرار می گیرد (شکل ٦-١).



شکل ٦-١) روش رادیوگرافی ، نفوذ تابش در نقاط با ضخامت کمتر بیشتر خواهد بود .

http://www.mohandes-iran.com

بررسی رادیوگرافیک دارای محدودیت های ذاتی زیادی می باشد. از آنجا که تابشها در خط مستقیم از منبع سیر می کنند تقریبا با زاویه عمود به فیلم برخورد می کنند. این عامل مانع بررسی موثر نمونه های با شکل هندسی پیچیده می شود. چنین شرایطی می تواند وقتی ایجاد شود که نمی توان فیلم را در یک جهت گیری مناسب قرار داد و یا اثر فیلم در یک جهت گیری قرار ثیرد تحت اثرات نامساعد تابش متفرق شده قرار می گیرد.

به دلیل اینکه اطلاعات روی فیلم از اختلاف تراکم عامل اختلاف جذب تابش روی فیلم حاصل می شوند، این اختلاف تراکم باید در جهتی موازی مسیر حرکت تابش باشد. ناپیوستگی هایی مثل نقص های لایه ای به خاطر اینکه اختلاف تراکم قابل ملاحظه ای ایجاد نمی کنند ، قابل شناسایی نیستند. برای شناسایی چنین نقص هایی، از روش رادیوگرافی استفاده نمی شود. این محدویت تا حدودی قابل جبران است زیرا جهت گیری شکست ها می توانند تقریبا مشخص شده و تنظیمات اساس آنها انجام شود.برای یک انرژی مشخص از تابشx یا گاما، تراکمی وجود دارد که روش رادیوگرافی در بالاتر از آن تراکم قابل استفاده نیست. تجهیزات رادیوگرافی با توان بالاتر قابل دسترسی است ولی هزینه های لازم برای پوشش های محافظ افراد و همچنین هزینه تجهیزات بزرگتر بسیار بالا خواهد بود . همچنین وقتی وزن و اندازه تجهیزات بیشتر می شود کمتر قابل حمل بوده و حمل آن به بعضی قسمتهای هواپیما مشکل است.

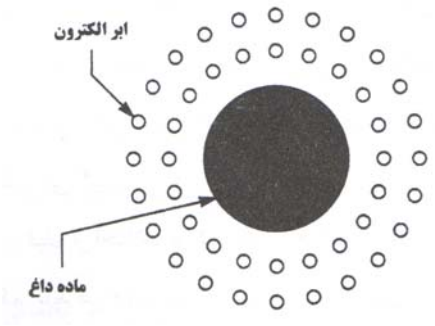
http://www.mohandes-iran.com

منابع تابش

تابش های لازم برای ایجاد عکس رادیوگرافی به شکل اشعه هایX یا گاما می باشد.

۱) اشعه x

اشعه x وقتی تولید می شود که شکل خاصی از ماده تحت تابش ذرات باردار منفی به نام الکترون قرار گیرد. الکترونهای لازم برای این کار از مواد خاصی که به اندازه کافی داغ شده اند تامین می شود. در دماهای بالا الکترونها تحریک شده و فرار می کنند به این ترتیب یک ابر الکترونی مانند شکل ٦-٢ در اطراف ماده تشکیل می شود.



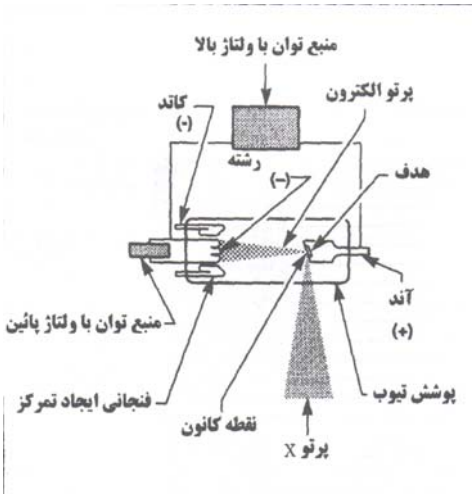
شکل ۶-۲) وقتی ماده ای تا دمای کافی گرم شود ، در طراف آن ابر الکترونی تشکیل می شود .

اگر هیچ نیرویی این الکترونها را نکشد دوباره به ماده بر می گردند. پتانسیلی ولتاژ بین ماده تابش کننده الکترون و ماده هدف تابش الکترون یک کشش الکتریکی ایجاد کرده و به این ترتیب الکترونها به سمت ماده هدف شتاب می گیرند. همچنانکه

http://www.mohandes-iran.com

الکترونها به ماده هدف برخورد می کنند اغتشاش های اتمی در آن روی می دهد که باعث تابش اشعه x می شود.

شکل ٦-٣ یک نمونه از لوله تابش اشعهx می باشد. رشته موجود در کاتد معمولا سیم تنگستن (مشابه آنچه در لامپ ها، جود دارد) می باشد که بوسیله ولتاژ پائین گرم می شود. اختلاف ولتاژ بالا بین ساختار کاتد و آند باعث شتاب گرفتن الکترونها به سمت ماده هدف می شود. به دلیل مقاومت تنگستن به دماهای بالا و صدور موثر اشعه x ، معمولا از این ماده به عنوان ماده هدف استفاده می شود.



شکل ۶-۳) لوله تابش اشعه x

۲) اشعه گاما

تابش الکترونیک مغناطیسی امواج با فرکانس بالا (یا طول موج کوتاه) که طی واکنش هسته ای از هسته اتم تابش می شود اشعه گاما نامیده می شود. اشعه گاما تحت تاثیر میدانهای مغناطیسی منحرف نمی شود. از نظر دیگر ویژگیها و ماهیت ،

http://www.mohandes-iran.com

اشعه گاما مشابه اشعهx می باشد.منابع اشعه گاما طبیعی یا مصنوعی می باشد. به خاطر شرایط عدم تعادل اتمی در بعضی مواد، فروپاشی های خود بخودی اتمی ایجاد می شود. تابش های حاصل از این پدیده در عناصری مثل رادیم ، رادون و مزوتوریوم وجود دارد. در رادیوگرافی صنعتی از این تابش های طبیعی کمتر استفاده می شود. منابع مصنوعی اشعه گاما با بمباران عناصر خاصی در یک راکتور اتمی ایجاد می شود. این عناصر از نظر ساختاری تغییر کرده و به عنوان ایزوتوپهای عنصر اولیه شناخته می شوند. از ایزوتوپهای متداولی که برای تولید اشعه گاما استفاده می شود می توان به ایزوتوپهای حاصل از عناصر کبالت، سزیم ، رادیم و تولیم اشاره کرد. این ایزوتوپها، کبالت ٦٠، سزیم ١٣٧ ایریدیم ١٩٢ و تولیم ١٧٠ می باشد. این اعداد نشان دهنده وزن یک اتم از آن ایزوتوپ می باشد که آن را از ایزوتوپهای دیگر همان عنصر متمایز می کند. این منابع با گذشت زمان از نظر شدت تابش تضعیف می شوند ، بنابراین زمان لازم برای تابش اشعه به ماده باید دوباره محاسبه شود که این زمان بصورت دوره ای افزایش می یابد.اشعه های x و گاما نور مرئی ، امواج قرمز ، امواج رادیویی و امواج کیهانی از نوع تابش الکترو مغناطیس هستند . طول موج (λ) یک تابش الکترومغناطیس برحسب واحدهای طول بیان می شود . این واحدها می تواند متر ، سانتی متر ، میلی میکرون و یا آنگستروم باشد . موقعیت اشعه های گاما و X را در طیف امواج الکترو مغناطیس نشان می دهد، طول موجهای کوتاه مشخصه متمایز اشعه های گاما x می باشد. توان

http://www.mohandes-iran.com

نفوذ با عکس طول موج رابطه دارد. هر چقدر طول موج کوتاه تر باشد انرژی بیشتر بوده و برعکس.

تجهیزات را دیوگرافی

برای بررسی هواپیما تجهیزات اساسی لازم برای رادیوگرافی باید قابل حمل باشند. بنابراین هر نوع تجهیزات قابل حمل رادیوگرافی مشروط به اینکه کالیبره شده، با تجهیزات بررسی سازگار باشد ، می تواند مورد استفاده قرار بگیرد.واحدهای اشعه X همانطور که در شکل ٦-٤ نشان داده شده در بررسی هواپیما استفاده می شوند . سرهای لوله ای از این نوع دارای قطر تقریبا"٧ – "٨ ، طول "٣٠ و وزن lb می باشند . این دستگاه ها با برق ١١٠ یا ٢٢٠ ولت AC کار می کنند و دارای بیشینه خروجی اشعه x ، ١٥٠– ٢٠٠ KV می باشند . واحدهای با توان بالاتر وجود دارد ولی از نظر اندازه و وزن بزرگتر می باشند . برای نگهداشتن این دستگاه از یک سه پایه استفاده می شود .

شکل ۶-۴) واحد تولید اشعه X

http://www.mohandes-iran.com

به دلیل اینکه مقدار قابل ملاحظه ای انرژی در فرآیند تولید اشعه X ایجاد می شود قسمت سر دستگاه باید وسیله ای برای خنک کاری داشته باشد. این قسمت دستگاه را می توان با آب یا هوا خنک کرد.

توان و زمان تابش دستگاه را در واحد کنترل تنظیم می کنند. این قسمت توسط یک کابل به قسمت سر دستگاه وصل می شود و امکان این را فراهم می کند تا کاربر در فاصله ایمنی از منبع تابش قرار گیرد.

کاربردها

یک آزمایش رادیوگرافی موفق بستگی به برآورده شدن الزامات در هر مرحله از فرآیند دارد. گامهای اساسی در بررسی رادیوگرافی به قرار زیر است:

۱- آماده سازی هواپیما

۲-برپاکردن دستگاه

۳-در معرض تابش قرار دادن

٤- ظاهر کردن فیلم

٥-تفسیر عکس رادیوگرافی

۱) آماده سازی هواپیما

بخاطر خطرناک بودن تابش رادیوگرافی لازم است که هواپیما کاملا ایزوله شده و در فاصله ایمنی از هواپیما قرار داشته باشند. همچنین سوخت هواپیما باید تخلیه شود. در اغلب موارد برای انجام آزمایش هیچ گونه مونتاژی در هواپیما لازم

http://www.mohandes-iran.com

نیست، سپس باید لوله اشعهX در محل خود قرار گیرد.

بطور کلی الزامات لازم برای هر بررسی ، پیکر بندی و وضـعیت هواپیمـا را تعیـین می کند.

۲)برپاکردن دستگاه

برای هر آزمایش باید منبع تابش ، جهت گیری فیلم ، الزامات لازم برای تابش و بقیه تنظیمات هندسی انجام شود. در تمام مـوارد ایـن تنظیمـات سـفارش شـده، بهتـرین شکل تابش و حالت گیری را برای شناسایی نقص ها در اغلب نقاط حسـاس شـامل می شود. اگر چه تمام تلاشها برای انجام بهترین تنظیمات صورت گرفته باشد بعـد از بررسی فیلم اگر لازم شد تنظیمات و جهت گیریهای دیگری نیز باید امتحان شود. عجیب نیست که زمان لازم برای انجام تنظیمات بیشترین زمان کـل آزمـایش را بـه خود اختصاص می دهد.

انتخاب فیلم

هنگام برگزیدن فیلم باید به نکته های زیر توجه کرد:

۱- موقعیت، فرآیند ساخت، شکل جسم مورد آزمایش، چگـونگی قـرار گـرفتن آن و نیز دمای آن بهنگام پرتونگاری.

۲- نوع لامپ پرتو ایکس یا چشمهٔ پرتوگاما.

۳-عیبی که در جستجوی آن هستیم.

٤-روش پرتونگاری.

http://www.mohandes-iran.com

برای نمونه ، برای پرتونگاری لوله ای که مـایعی داغ از آن مـی گـذرد بایـد از فـیلم درشت دانه و برای پرتونگاری از جسمی که احتمال ترکهـای ریـز در آن مـی رود ، باید از فیلم ریزدانه استفاده نمود.

۳) انجام عملیات تابش

کیفیت و تعداد اشعه های موجود در یک دوره زمانی معین باید تعیین شود. اهمیـت این موضوع بخاطر این است که زمـان لازم بـرای انجـام تـابش رادیـوگرافی بطـور مستقیم به شدت تابش وابسته است. شدت اشعهX بطور مستقیم وابسته به جریـان لوله و بطور کلی وابسته به ولتاژ می باشد. شدت اشعه گامـا، گسـیل تـابش انـدازه گیری شده در یک دوره زمانی و در یک فاصله ثابت می باشد.

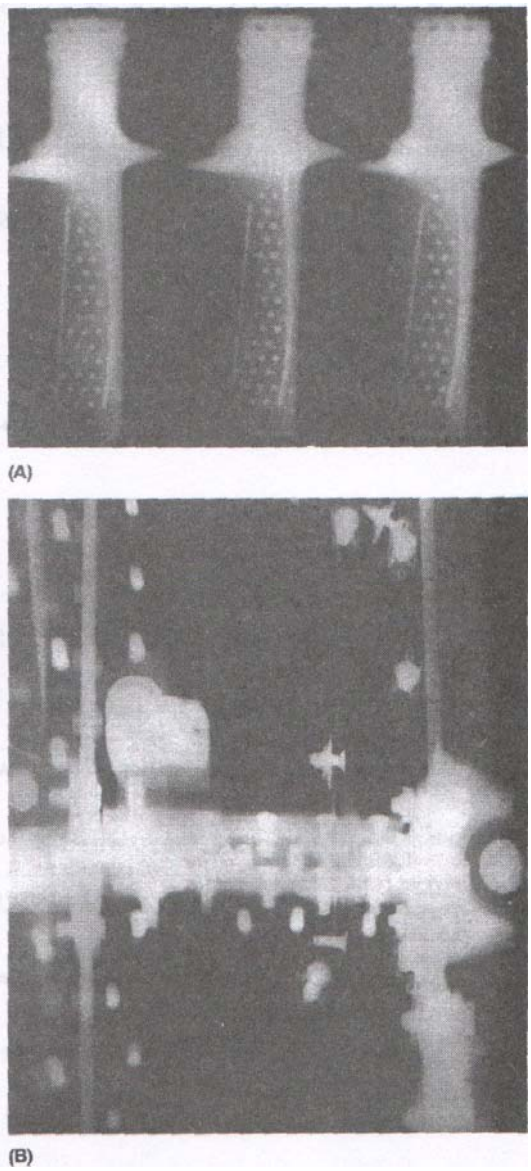
زمان تابش همچنین به ضخامت ماده نیز بسـتگی دارد. تـابش نفـوذی در مـاده بـه نسبت مستقیم با ضخامت ماده، در آن جـذب مـی شـود. همچنانکـه ضـخامت مـاده افزایش می یابد ، زمان لازم برای حصـول اطلاعـات کـافی روی فـیلم نیـز افـزایش می یابد.

۴) ظاهر کردن فیلم

فیلم از یک ماده سلولز با امولسیون نمک نقره حساس به تابش در دو طرف تشکیل شـده اسـت. از آنجـا کـه امولسـیون بـه طـول موجهـای مشخصـی از تابشـهای الکترومغناطیس حساس است، وقتی در معرض اشعه های X یا گاما قرار می گیـرد در آن تغییر ایجاد می شود.

http://www.mohandes-iran.com

بعد از اینکه فیلم در معرض ، تابش قرار گرفت ، تصویر پنهان روی فیلم توسط ظاهر سازی با استفاده از یک محلول شیمیایی ظاهر ساز ، حمام اسید ، مایع ثابت کننده و سپس شستشو با آب ، به طور ثابت مرئی می شود .



شکل ۶-۵) A تصویر رادیوگرافی از پره های توربین B) تصویر رادیوگرافی از سازه هواپیما . به تباین بین نواحی تیره که پوشش آلومینیمی بوده و نقاط روشن ترکه اجزای سازه می باشد توجه کنید .

http://www.mohandes-iran.com

محلول ظاهر ساز، عناصر تحت تاثیر تابش در امولسیون را به نقره متالیک سیاه تبدیل که کند. این ذرات متالیک سیاه تصویر را تشکیل می دهند. هر چقدر فیلم بیشتر در ظاهر ساز باقی بماند. ذرات متالیک سیاه بیشتر تشکیل می شوند که باعث می شود تصویر کم کم تیره تر شود. زمان بیشتر داخل ظاهر ساز باعث ظاهر سازی بیش از اندازه خواهد شد.

حمام اسید در واقع باعث خنثی شدن عملیات ظاهر سازی شده، مانع ظاهر سازی بیش از اندازه می شود. به جهت امولسیون ضعیف و ویژگی غیر جاذب بودن ماده نگاتیو اسید خیلی ضعیفی برای این کار لازم است.

فیلم سپس داخل یک ماده ثابت کننده قرار می گیرد که تصویر را در مرحله مورد نظر از ظاهر سازی ثابت می کند. وقتی ماده حساس به تابش از محلول ظاهر ساز زدوده می شود، امولسیون هنوز دارای مقدار قابل ملاحظه ای نمک های نقره است که تحت تاثیر ماده ظاهر ساز قرار نگرفته اند. این نمکها هنوز حساس می باشند و اگر در امولسیون باقی بمانند می توانند تحت تاثیر تابش نور ، تیره شده و باعث خراب شدن تصویر شوند.

حمام ثابت کننده با حل کردن نمکهای نقره از تصویر ظاهر شده، مانع تغییر رنگ می شود. بنابراین برای اینکه تصویر ثابت شود، لازم است تمامی نمک نقره ای که تحت تاثیر قرار نگرفته است از امولسیون زدوده شود.بعد از این مرحله، فیلم با آب شسته می شود که این کار باعث زدوده شدن ماده ثابت کننده می شود.

http://www.mohandes-iran.com

اگر ماده ثابت کننده روی فیلم باقی بماند ، کم کم با نقره ترکیب شده، ذرات قهوه ای- زرد. سولفید نقره را تشکیل می دهد که به این ترتیب تصویر تیره و مبهم می شود.

عوامل مؤثر در کیفیت فیلم و نحوه بازبینی آنها

عوامل زیر در بهبودی کیفیت فیلمهای پرتونگاری مؤثر هستند و برای بالا بردن کیفیت فیلمها باید همهٔ آنها شناسایی و بازبینی شوند.

۱- عوامل هندسی (اندازه های نقطه کانونی چشمه، فاصلهٔ چشمه تا جسم، فاصلهٔ شکستگی تا فیلم)

۲-پرتو (نوع، اندازه ، توان)

۳-زمان تابش

٤-خصوصیات فیلم (دانه دانگی ، تباین ، مه آلودگی ، سرعت)

٥-صفحه های افزاینده

٦-چگونگی ظهور و ثبوت

۷-خصوصیات جسمی که از آن پرتونگاری می گردد .

در جدول زیر نارساییهای پرتونگاشت (تصویر رادیوگرافی) و روشهای از میان بردن آن بطور مختصر نشان داده شده است .

http://www.mohandes-iran.com

شماره	نوع عیب	عامل ایجاد کننده	نحوه برطراف نمودن عیب
۱	چگالی زیاد است	زمان تابش بیش از اندازه بوده است	فیلم زیر نور بیشتر خوانده شود . زمان سنجهای آزمایشگاه بررسی شود . زمان تابش کاهش داده شود .
		فیلم بیش از اندازه در داروی ظهور مانده است	زمان سنج تاریکخانه بررسی شود . احتمالا درجه دمای داروی ظهور بیش از اندازه بوده است .
		مه آلودگی	مواد زیاد است .
۲	چگالی کم است	زمان تابش کم بوده است	زمان سنجهای مورد استفاده بررسی شود .
		فیلم کمتر از اندازه زمان لازم در داروی ظهور بوده است . میان صفحه های افزاینده و فیلم فاصله افتاده است .	زمان تابش افزایش یابد . زمان سنج تاریکخانه بازرسی شود . درجه دمای داروی ظهور افزایش یابد . داروی ظهور با گذشت زمان ضعیف شده است . صفحه های افزاینده بررسی شود .
۳	تباین زیاد است	تبادین نمونه زیاد است	در پرتونگاری نیرو ایکس افزایش یابد . زمان پرتونگاری کاهش یابد .
۴	تباین کم است	تباین فیلم زیاد است .	از فیلم با تباین کم استفاده شود .
		تباین نمونه کم است	در پرتونگاری ایکس نیرو افزایش داده شود . زمان پرتو افشانی کاهش یابد .
		تباین فیلم کم است	از فیلم با تباین کم استفاده شود .
		زمان ظهور فیلم کم بوده است .	زمان سنج تاریکخانه بررسی شود . درجه دمای داروی ظهور بازرسی شود . داروی ظهور ممکن است کهنه شده باشد .
۵	وضوح کم است	فاصله فیلم تا نمونه زیاد است	فاصله فیلم تا نمونه کاهش یابد . فاصله کانون پرتو تا فیلم افزایش یابد
		فاصله چشمه تا فیلم کم است . نقطه کانونی بیش از اندازه بزرگ است .	فاصله کانون پرتو تا فیلم افزایش یابد . از چشمه دیگر استفاده کنید و یا با فاصله چشمه تا فیلم را افزایش دهید .
		صفحه های فزونساز با فیلم فاصله دارند . اندازه دانه های نمک نقره	این فاصله را از میان بردارید . از فیلم ریزدانه بهره بگیرید
۶	مه آلودگی	نور ناخواسته به تاریکخانه نشت می کند .	مشکل نشت نور را بر طرف نمایید.
		فیلم زیر چراغهای مخصوص تاریکخانه بیش از حد مورد نیاز قرار گرفته است .	از چراغهای کم نورتر بهره گیری شود . صافی ها بازرسی شود .
		پرتوها بجای نگهداری فیلم ها نشت می کنند .	جای نگهداری فیلمها بازبینی شود .
		فیلم ها در معرض دما و رطوبت و گازها قرار گرفته اند .	می بایست فیلم در محیط خنک و خشک و دورتر از گازها قرار گیرند .
		زمان ظهور بیش از اندازه بوده است .	زمان سنج تاریکخانه بررسی شود . درجه دمای داروی شهور بیش از اندازه بوده است .
		داروی ظهور	داروی ظهور بازرسی شود ، در صورت آلودگی و یا کهنه شدن آنرا تعویض نمایید .
		در حین عملیات ظهور و ثبوت نور دیده است	تا اتمام پروسه ظهور و ثبوت ، فیلم نمی بایست در معرض نور قرار گیرد .
۷	لکه هایی از مه آلودگی	وضعیت فیلم	از فیلم تازه استفاده شود.
۸	مه آلودگی در کناره ها و گوشه ها	فیلمدانها آسیب دیده اند .	از فیلمدانهای تازه استفاده شود .
۹	لکه های زرد	داروی ظهور ، کهنه شده است .	داروی ظهور می بایست عوض شود .
۱۰	علایم دایره ای شکل تیره	پیش از گذاردن فیلم در داروی ظهور ، قطره هایی از این دارو به آن پاشیده شده است .	هنگام ورود فیلم در داروی ظهور دقت لازم انجام شود .
۱۱	نقاط تیره بر روی فیلم	پایداری رنگ کامل نیست .	از محلول ثبوت تازه و با زمان مناسب استفاده نمایید .
۱۲	اثر انگشت بر روی فیلم	فیلم قبل از ظهور با انگشتان آلوده تماس یافته است.	انگشت آلوده را به فیلم نزنید .
۱۳	رشته هایی بر روی فیلم	تخلیه الکتریکی	می بایست فیلم را به آرامی از محفظه خود خارج نماییم . دو فیلم نمی بایست بر روی هم کشیده شوند . از پوشش های تولید کننده الکتریسته ساکن استفاده نکنید .
۱۴	نقاط و یا رگه های تیره	فیلم بوسیله نمکهای فلزی آلوده شده است .	از عدم آلودگی محلول ظهور مطمئن شوید .
۱۵	سطوح هلالی شکل	جابجایی غلط فیلم (تاخوردگی)	فیلم در حین جابجایی می بایست مسطح نگهداشته شود . همواره از آویزهای تمیز و خشک استفاده نمایید .
۱۶	لکه های دایره ای شکل روشن	هنگام ظهور بر روی فیلم حبابهای هوا ایجاد شده است .	بلافاصله پس از ورود فیلم در داروی ظهور تکان دهید .
۱۷	علائم موجی شکل	داروی ظهور به گونه ای یکنواخت به همه جای فیلم نرسیده است .	فیلم در حین ظهور می بایست تکان داده شود .
۱۸	نقاط و یا سطوح روشن	گرد و غبار بین صفحه های فیلم و فزونساز	صفحه های فزونساز می بایست همواره تمیز نگهداشته شود .

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

ویژگیهای فیلم

ویژگیهایی که موجب بازشناسی فیلمها از یکدیگر هستند، عبارتند از:

الف- تباین: دو گانگی تیرگیهای نزدیک یا چسبیده به هم را تباین رنگ می نامند.

ب- سرعت: زمانی را که فیلم نیاز دارد تا پرتوهایی (نورانی) با شدت معین را دریافت کند تا به تیرگی دلخواه دست یابد، با ویژگی سرعت فیلم ارتباط دارد. یکی از راه هایی که برای شناسایی سرعت فیلم در دسترس می باشد بهره گیری از منحنی نمایش تغییرات چگالی رنگ فیلم است. در بررسی این منحنی ها، فیلمی که در زمان کمتری به تیرگی مطلوب برسد، سرعتش بیشتر است. در کار ، سرعت فیلمها ، با سرعت یک فیلم شناخته شده سنجیده می شود که به آن تندی نسبی می گویند.

پ- دانه دانگی: ماده حساس فیلم از دانه های ریز یکی از بلورهای نمک نقره غوطه ور در ژلاتین ساخته شده است. هر چه دانهٔ نمک نقره درشت تر باشد سرعت پرتوگیری فیلم بیشتر است ولی برای نشان دادن جزئیات کوچک جسم یا آسیب های ریز حساسیت کمتری دارد (فیلم درشت دانه). فیلمی که دانه های نمک نقره ماده حساس آن ریز باشد (ریز دانه) سرعت پرتوگیری آن کم است ولی برای نشان دادن آسیب های ریز یا جزئیات جسم حساسیت بسیار بیشتری دارد. عوامل زیر در نشان دادن دانه های نقره ماده حساس فیلم موثر است:

http://www.mohandes-iran.com

۱- نوع فیلم

۲- نیروی تابش پرتوها، کیلو ولت بالاتر برای پرتو ایکس و ماده رادیو ایزوتوپ برای پرتوگاما.

۳- هر اندازه زمان ظهور فیلم بیشتر باشد دانه ها آشکارتر می گردد و از دانه دانگی فیلم می کاهد.

ت- مه آلودگی: مه آلودگی اثر ناچیز و همواری است که چنانچه فیلم ظاهر نشده و یا دمای پیرامون بالا باشد ، یا نوری بیش از اندازه پذیرفتنی بر آن بتابد، برروی فیلم پدیدار می شود. اطلاعات مربوط به چگالی نور پذیرفتنی را کارخانه های سازنده فیلم در اختیار مصرف کننده قرار می دهند.

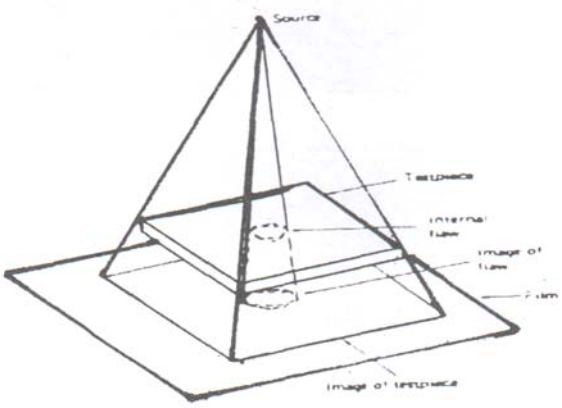
۵) تفسیر تصویر رادیوگرافی

مهمترین مرحله رادیوگرافی ، تفسیر فیلم ظاهر شده است. عیب هایی که در این تفسیر از دید ما پنهان بمانند می تواند قابلیت اطمینان ماده مورد آزمایش را به مخاطره اندازد.

تفسیر فیلم های رادیوگرافی باید توسط پرسنل متخصص انجام شود. هرچند با توجه به پیچیدگیهای سازه ای، مشخصه های واماندگی مختلف در مواد جدید، این متخصصین نیز نیاز به بیشترین تفسیر و تحلیل این فیلم ها دارند. به علاوه این افراد باید دانش کافی از هواپیما و سازه های موتور داشته باشند، شکل ٦-٥ تصاویر نمونه رادیوگرافی را نشان می دهد.

http://www.mohandes-iran.com

اختلاف ضخامت به این معناست که هر چقدر ضخامت مقطع در معرض تابش اشعه ایکس یا گاما نازک تر باشد فیلم، اشعه بیشتری خورده بنابراین با دانسیته بالاتری یا اصطلاحاً سیاه تر دیده می شود. در اینجا بیشتر به بررسی عیوب جوشکاری می پردازیم. در عیوب جوشکاری، حفره ایجاد شده در جوش باعث کم شدن ضخامت قطعه مورد آزمایش می شود که با توجه به شکل زیر مشاهده می شود که ضخامت مقطع قطعه مورد نظر بعلت وجود عیب یا حفره کمتر شده است. بنابراین اشعه از مقطع A بیشتر عبور کرده و روی فیلم، ما این قسمت را سیاهتر مشاهده می کنیم.



تفسیر عیوب جوشکاری

قبل از تفسیر فیلم رادیوگرافی می بایست به نکات ذیل توجه کرد :

الف – دانسیته فیلم

مطابق استاندارد، دانسیته فیلمهای رادیوگرافی قابل تفسیر می بایست ۲ به ٤ باشد

http://www.mohandes-iran.com

که این مقدار دانسیته توسط وسیله ای بنام دانسیتو متر اندازه گیری می شود.

ب- مشخص بودن سیم یا سوراخهای پناترامتر:

همانطور که در قسمت رادیوگرافی آمده است برای مشخص شدن حساسیت رادیوگرافی از پناترامتر استفاده می شود. طبق استاندارد داده شده توسط مشتری یا ASME می بایست تعدادی که در استاندارد مشخص شده از سیمهای پناترامتر روی فیلم مشخص شود در غیر اینصورت فیلم قابل تفسیرنیست.

ج- مشخصات مقطع رادیوگرافی شده همراه با مارکهای لازم جهت پیگیری مجدد در صورت تعمیری شدن جوش یا چک دوره ای داده شود.

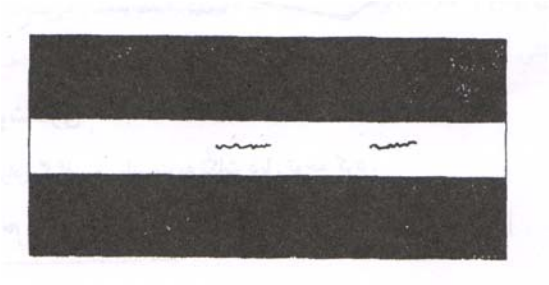
در صورتیکه مشخصات فوق بر روی فیلم رعایت شده باشد فیلم قابل تفسیر توسط مفسر LEVEL II رادیوگرافی می باشد.

شکل عیوب جوشکاری در فیلم

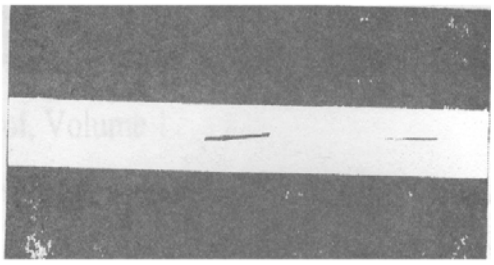
در این فصل شکل عیوب جوشکاری در فیلم رادیوگرافی آمده است. لازم به توضیح است که مطالب گفته شده در اینجا کلی می باشد و ممکن است عیبی با مشخصات گفته شده در ذیل از نظر شکل در فیلم یکی بوده ولی عیب تعریف شده، برای آن شکل نباشد به همین دلیل است که تفسیر فیلم رادیوگرافی تجزیه و مشاهده فیلم های زیادی را می طلبد.

۱- ترک : ترک در فیلم رادیوگرافی بصورت یک خط به شکل زیگزاگ مشخص می شود.

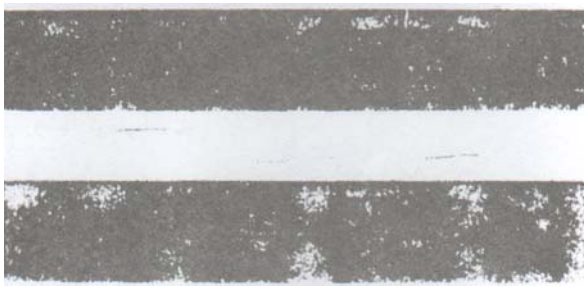
http://www.mohandes-iran.com



۲-عدم نفوذ پاس ریشه (LOP) : به صورت دو خط موازی سیاه و توپر در وسط جوش دیده می شود .

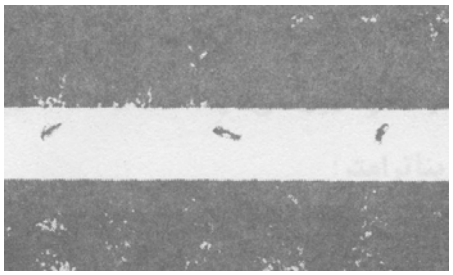


۳-ذوب ناقش LOF : به صورت دو خطی که یکی مستقیم و دیگری حالت زیگزاگ دارد در کناره های جوش مشخص می شود البته LOF را در ورقهای با ضخمات کم قابل بررسی است در ورقهای با ضخامت بالا بوسیله التراسونیک مشخص می شود .



٤-سرباره یا ناخالصی : به صورت لکه ای سیاه در دو پاس جوشکاری دیده می شود .

http://www.mohandes-iran.com



۵-حباب هوا : بصورت لکه سیاه مدور با دانسیته بالاتر از سرباره روی فیلم دیده می شود .

محدودیتهای رادیوگرافی

۱-نسبت به سایر روشها گرانتر است .

۲-آزمایشگاه رادیوگرافی به فضای قابل ملاحظه ای نیاز دارد .

۳-تنظیم دستگاه وقت گیر است .

٤-دستگاه های قابل حمل اشعه X از نظر کمیت انرژی تشعشع پرتو محدودیت دارند.

۵-ترک ها فقط هنگامی ممکن است ردیابی شوند که به موازات پرتو اشعه X قرار گیرند حتی در آن حال نیز ترک های باریک قابل تشخیص نیستند .

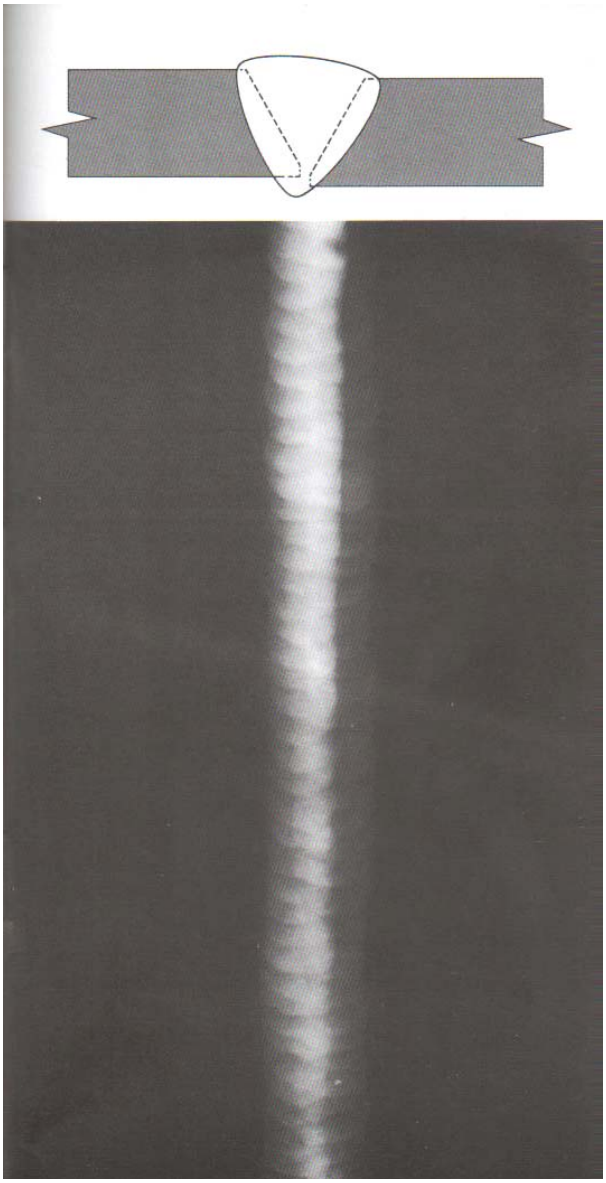
٦-انواع عیوب ورقه ای در فلزات تقریباً با رادیوگرافی غیر قابل آشکار سازی هستند .

http://www.mohandes-iran.com

فصل هفتم

تفسیر رادیوگرافی جوش

http://www.mohandes-iran.com



انحراف یا عدم انطباق اتصالات

عدم انطباق قطعات جوش

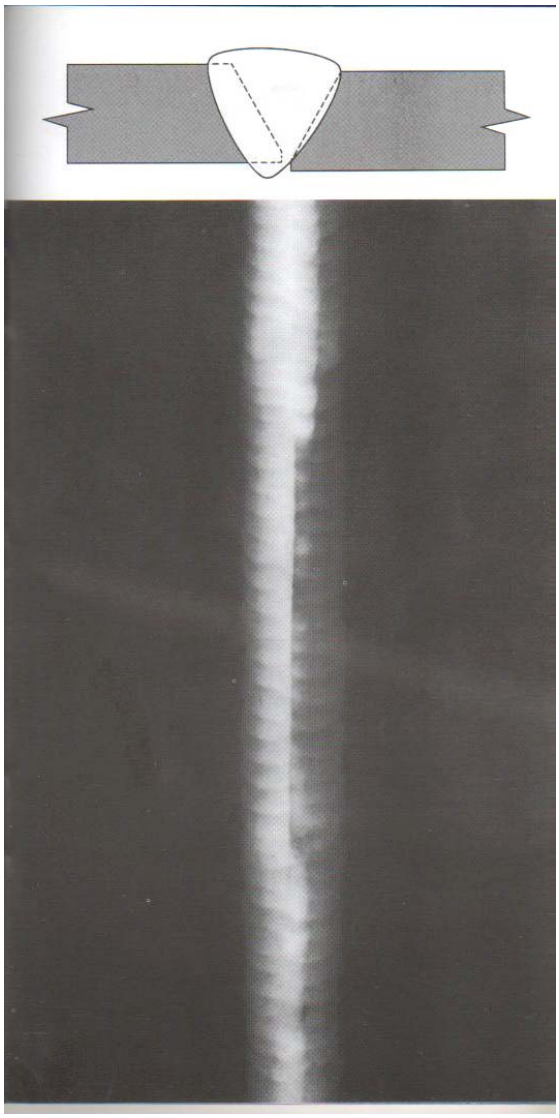
تفیسر رادیوگرافی

عدم انطباق بصورت تغییر ناگهانی در تیرگی فیلم ، سرتاسر عرض تصویر جوش دیده می شود .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار

http://www.mohandes-iran.com



انحراف یا عدم انطباق اتصالات با نفوذ ناقص

عدم انطباق قطعات جوش و کامل پر نشدن قسمت زیرین جوش یا " منطقه ریشه "

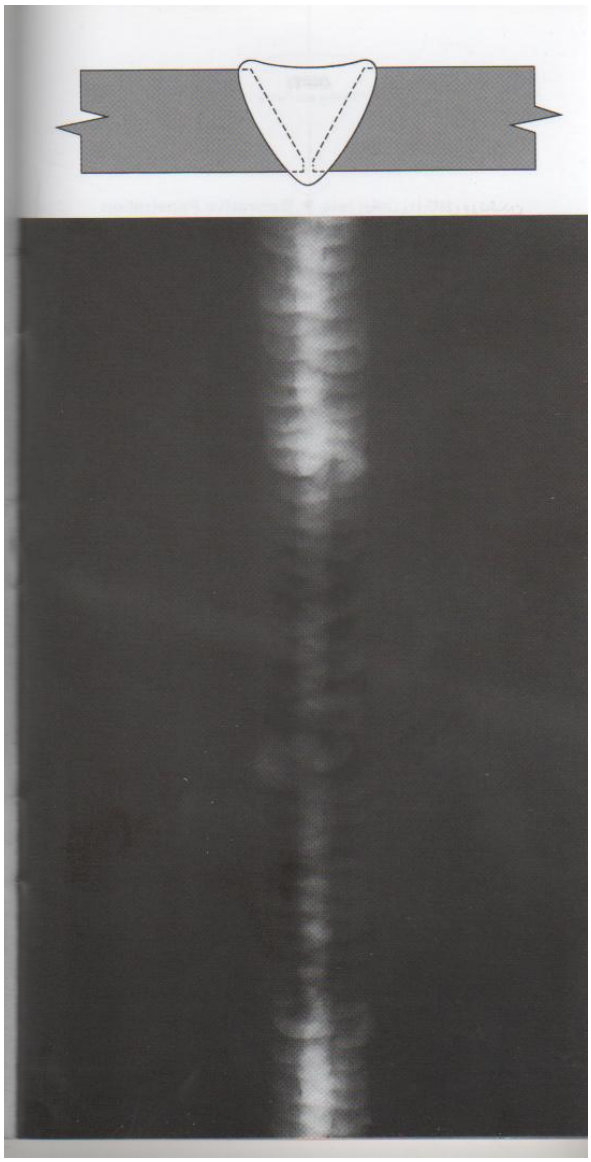
تفسیر رادیوگرافی

تغییر ناگهانی تیره گی در سرتاسر عرض تصویر جوش همراه یک خط طولی تیره تر در مرکز عرض تصویر جوش در امتداد لبه تغییر تراکم مشاهده می شود .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار

http://www.mohandes-iran.com



تقعر خارجی یا کامل پر نشدن

فرو رفتگی در قسمت فوقانی جوش یا پاس محافظ (ضخامت مقطع از حد نرمال کمتر است)

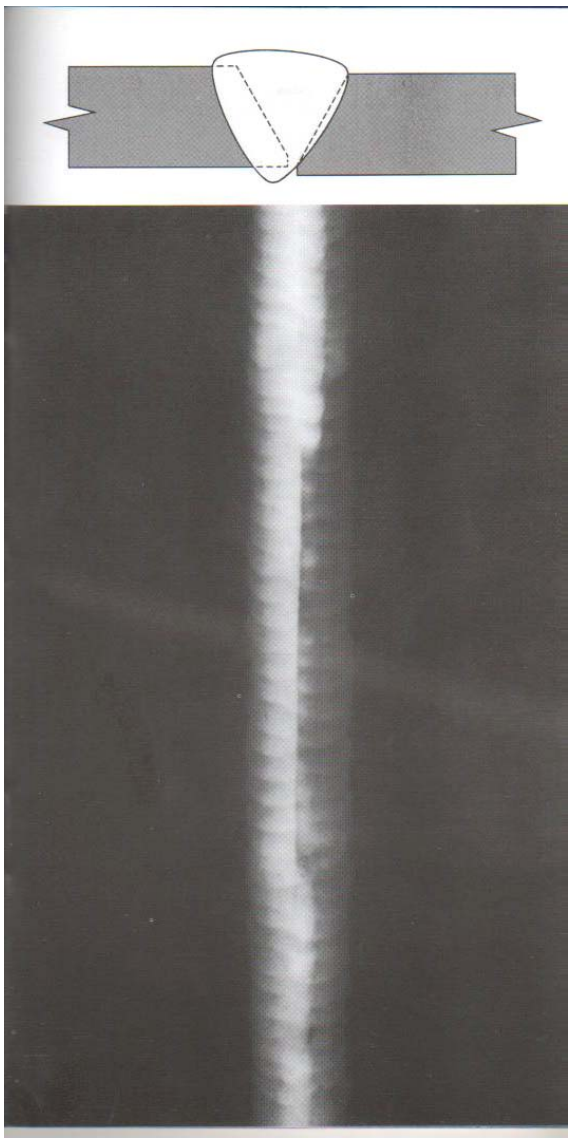
تفسیر رادیوگرافی

تصویر جوش از قطعات جوش تیره تر است . این تیره گی به طور کامل در عرض تصویر جوش گسترده شده است .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار

http://www.mohandes-iran.com



نفوذ زیاد

وجود بیش از حد فلز در قسمت زیرین (ریشه) جوش

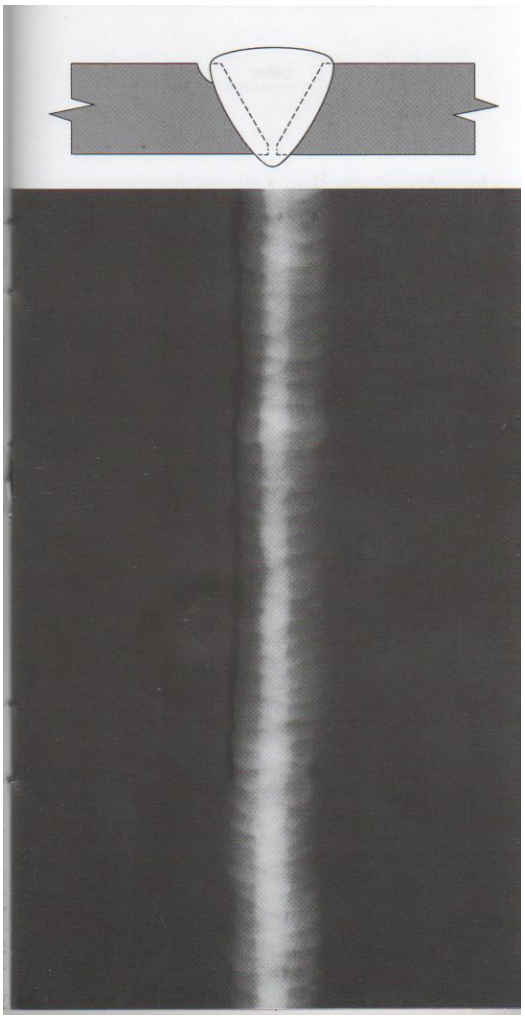
تفسیر رادیوگرافی

نفوذ زیاد در مرکز عرض تصویر جوش به صورت قسمت روشن تری دیده می شود این قسمت روشن یا در طول جوش گسترده شده و یا به شکل قطرات کروی منفرد دیده می شود .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار

http://www.mohandes-iran.com



بریدگی خارجی کناره جوش

کنندگی در قطعه جوش ، در امتداد لبه فوقانی یا " خارجی " سطح جوش

تفسیر رادیوگرافی

لبه تصویر جوش بصورت غیر عادی ، تیره است . تیره گی این قسمت ، همیشه از تیره گی قطعات جوش بیشتر می باشد .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار

http://www.mohandes-iran.com

بریدگی داخلی (ریشه) کناره جوش

کنندگی در فلز پایه ، در قسمت زیرین یا " داخلی " سطح جوش

تفسیر رادیوگرافی

نزدیک مرکز عرض تصویر جوش و در امتداد لبه پاس ریشه ، تیرگی غیر عادی دیده می شود .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار

http://www.mohandes-iran.com

تقعر داخلی

گود رفتگی در مرکز سطح پاس ریشه

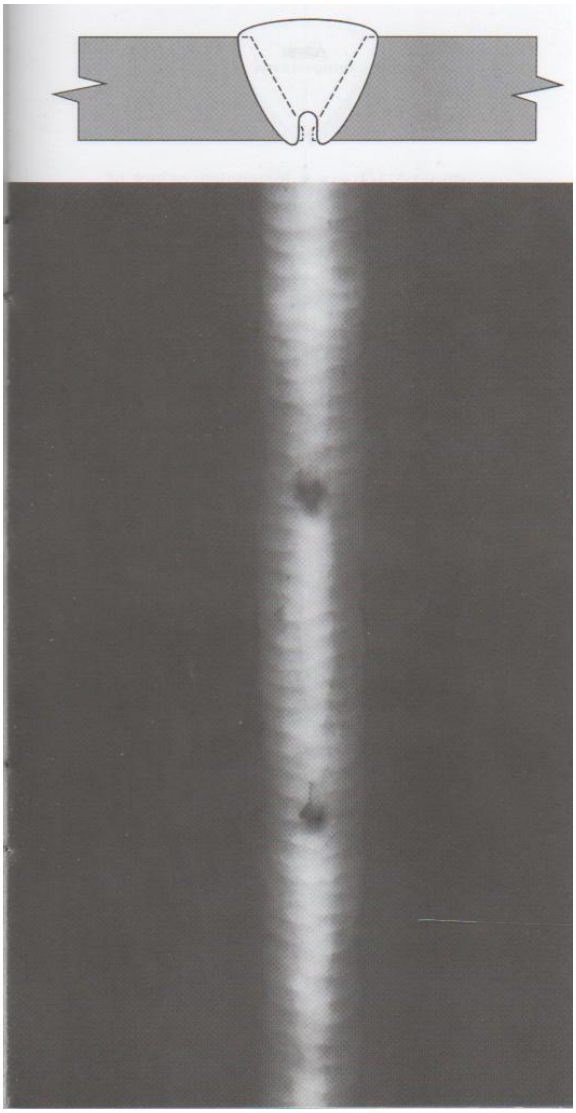
تفسیر رادیوگرافی

این تقعر ، به صورت نواری طولی و تیره با لبه های پرز مانند در مرکز عرض تصویر جوش دیده می شود .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار ، جوشکاری قوسی تنگستنی

http://www.mohandes-iran.com



سوختگی داخلی

گود رفتگی شدید یا حفره ترک مانند زیر جوش

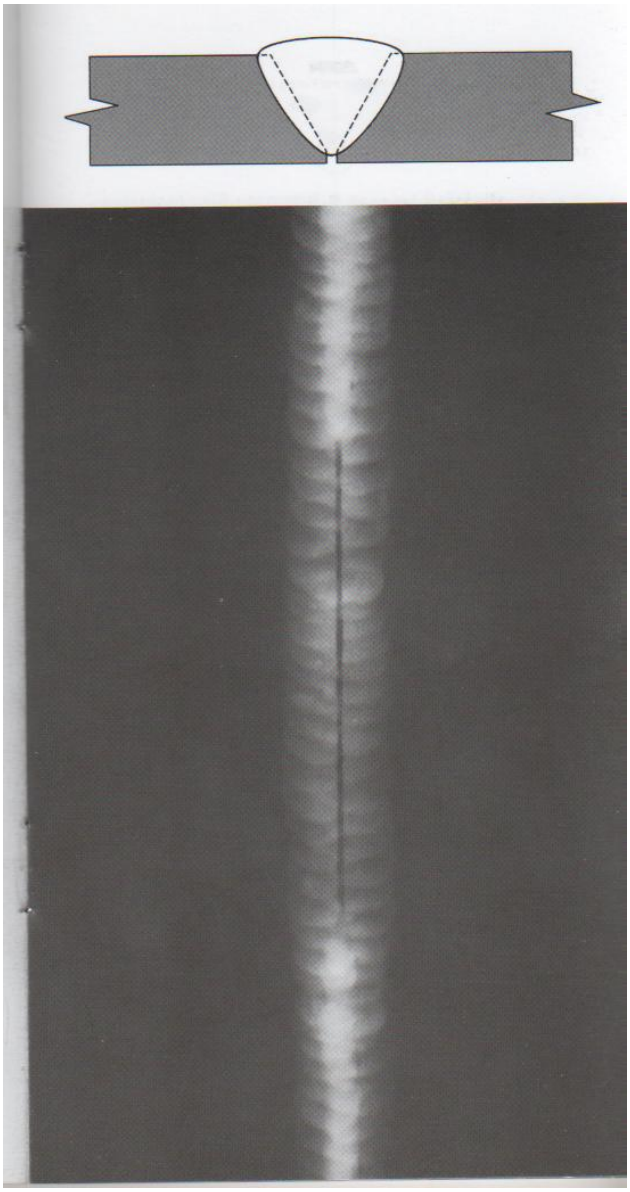
تفسیر رادیوگرافی

سوختگی به صورت نقاط متمرکز تیره با لبه های پرز مانند در مرکز عرض تصویر جوش دیده می شود . این نقاط ممکن است از عرض پاس ریشه پهن تر باشند .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار

http://www.mohandes-iran.com



عدم نفوذ یا نفوذ ناقص

جوش نخوردن لبه قطعات کار ، معمولا در قسمت زیرین جوشهای شیاری لاله ای یکطرفه

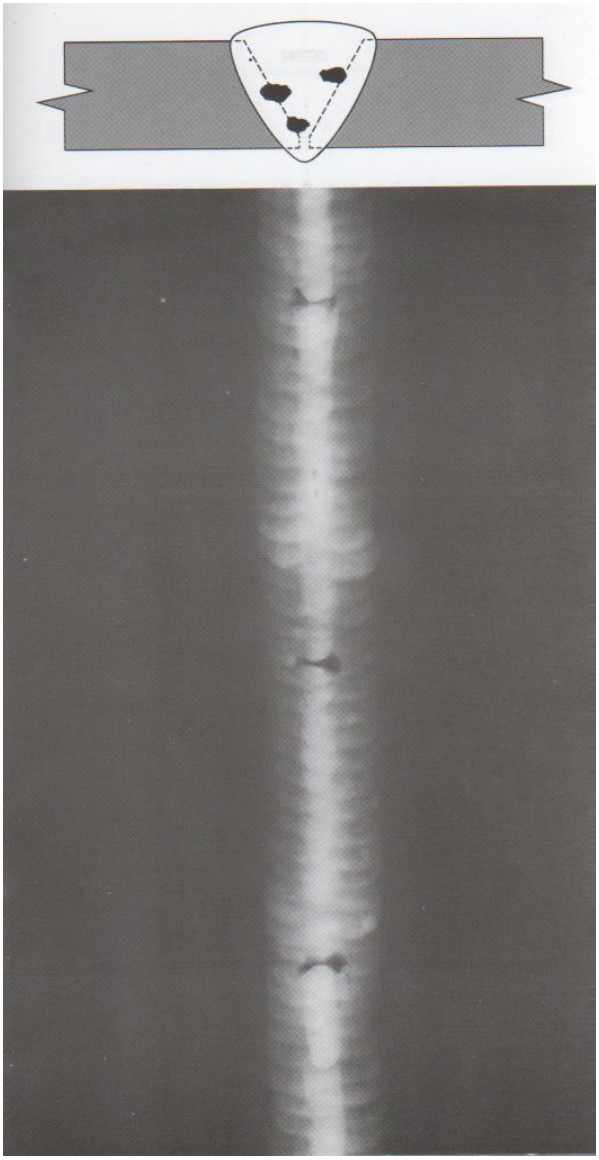
تفسیر رادیوگرافی

یک نوار تیره با لبه های کاملا صاف در مرکز عرض تصویر جوش مشاهده می شود .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار

http://www.mohandes-iran.com



تجمع سرباره بین پاس ها

تجمع ناخالصی های معمولا غیر فلزی که روی سطح جوش منجمد شده و بین پاس های جوش تمیز نشده اند .

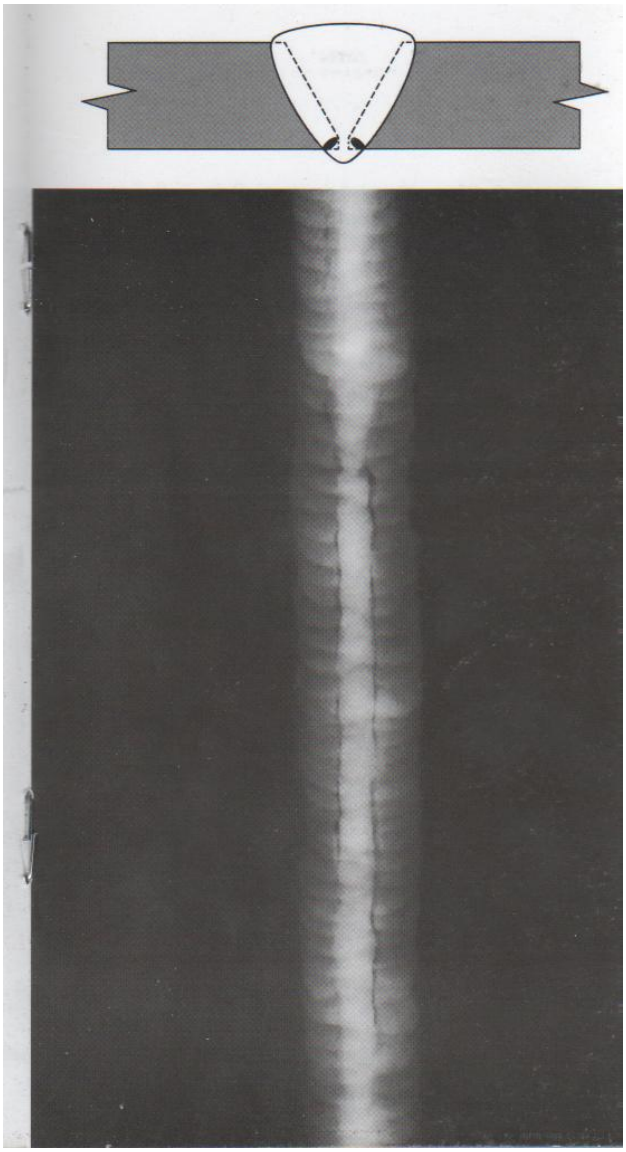
تفسیر رادیوگرافی

در تصویر ، سرباره بصورت نقاط تیره با اشکال نامنظم در جوش پراکنده شده است .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار

http://www.mohandes-iran.com



خطوط ممتد سرباره

انجماد ناخالصی ها بعد از جوشکاری روی سطح جوش که بین پاس ها تمیز نشده اند .

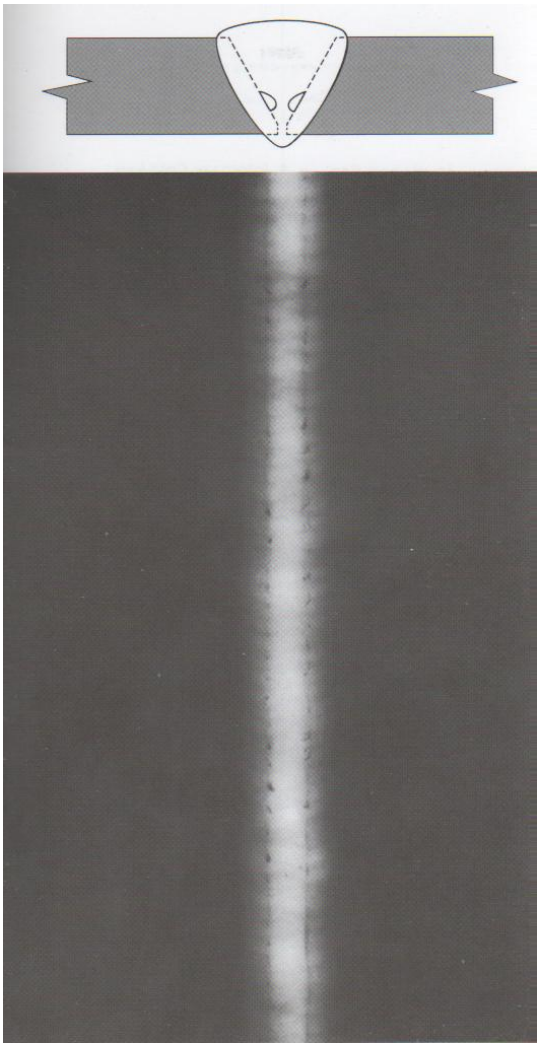
تفسیر رادیوگرافی

این نوع سرباره بصورت خطوط تیره ممتد ، موازی یا منفرد با عرض نامنظم در امتداد جوش دیده می شود . این خطوط تیره در میسر خود دارای کمی انحراف به اطراف می باشند .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار

http://www.mohandes-iran.com



ذوب ناقص دیواره ها

حفره های طولی بین درزهای جوش و سطوح اتصال

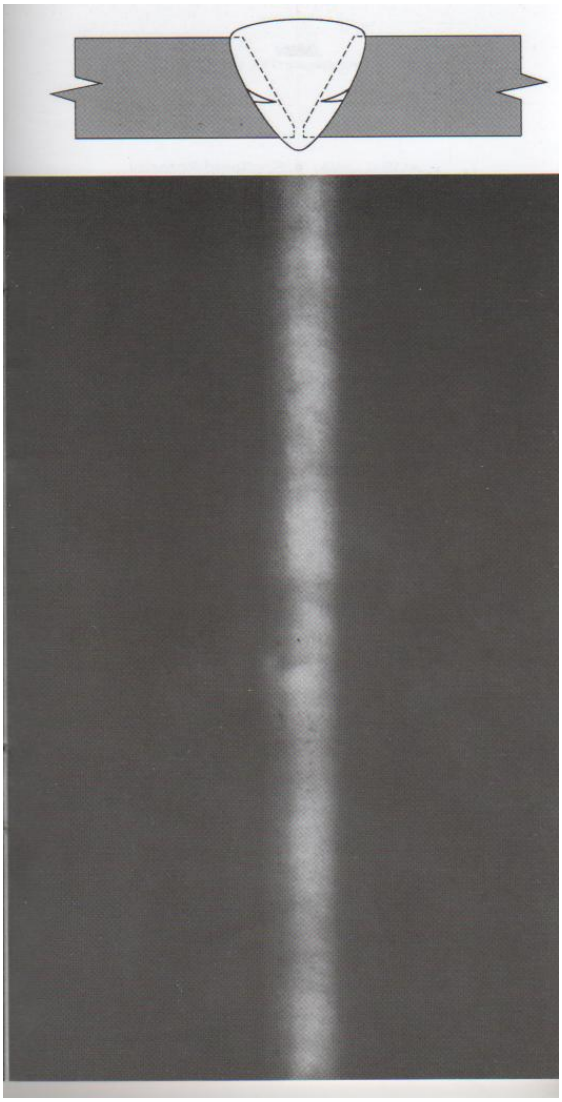
تفسیر رادیوگرافی

این نوع ذوب ناقص ، به صورت خطوط تیره طولی موازی یا منفرد که گاهی نقاط تیره تر نیز در امتداد آن وجود دارد ، در تصویر مشخص است . این خطوط کاملا در راستای جوش قرار دارند و مانند خطوط ممتد سرباره ، به اطراف انحراف ندارند .

فرآیند

جوشکاری قوسی تحت پوشش گاز محافظ

http://www.mohandes-iran.com



سردجوشی بین پاس ها

مناطقی با ذوب ناقص در امتداد سطح فوقانی و لبه پاس های زیرین

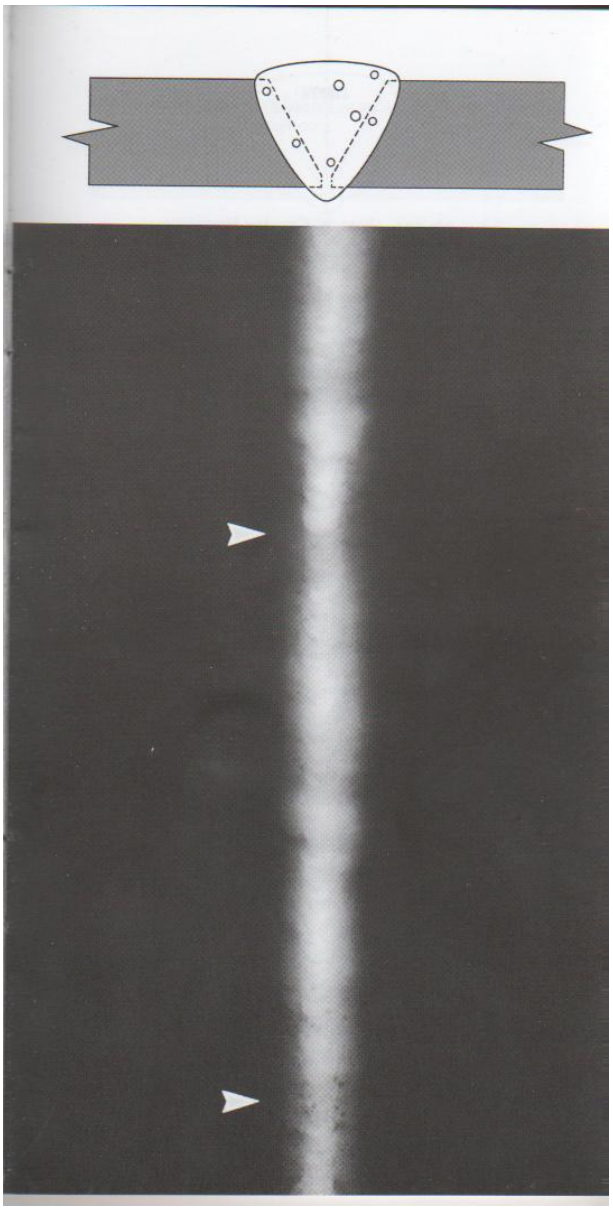
تفسیر رادیوگرافی

سرد جوشی در تصویر ، به صورت نقاط کوچک تریه که برخی دارای دنباله هستند دیده می شود . این نقاط در امتداد راستای جوش بوده ولی در مرکز عرض جوش قرار ندارند .

فرآیند

جوشکاری قوسی تحت پوشش گاز محافظ

http://www.mohandes-iran.com



تخلل پراکنده

حفره های کروی پراکنده در جوش ، در اندازه های مختلف

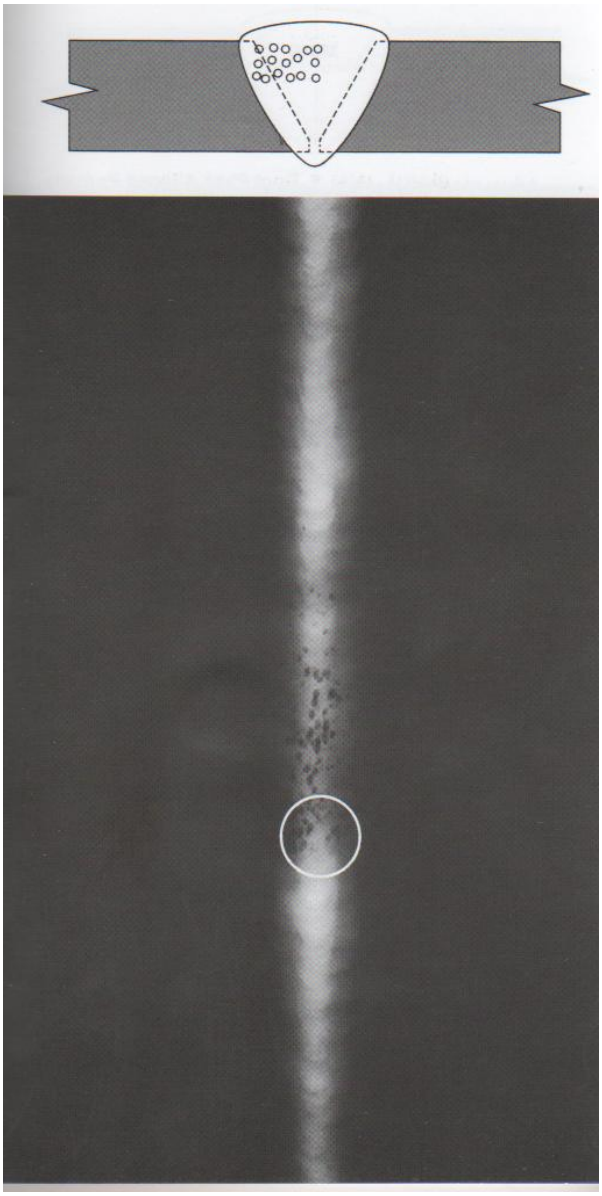
تفسیر رادیوگرافی

تخلخل بصورت نقاط تیره در اندازه های متفاوت و بصورت پراکنده در تصویر جوش دیده می شود .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار

http://www.mohandes-iran.com



تخلخل خوشه ای

تجمع حفره های کروی یا کمی کشیده

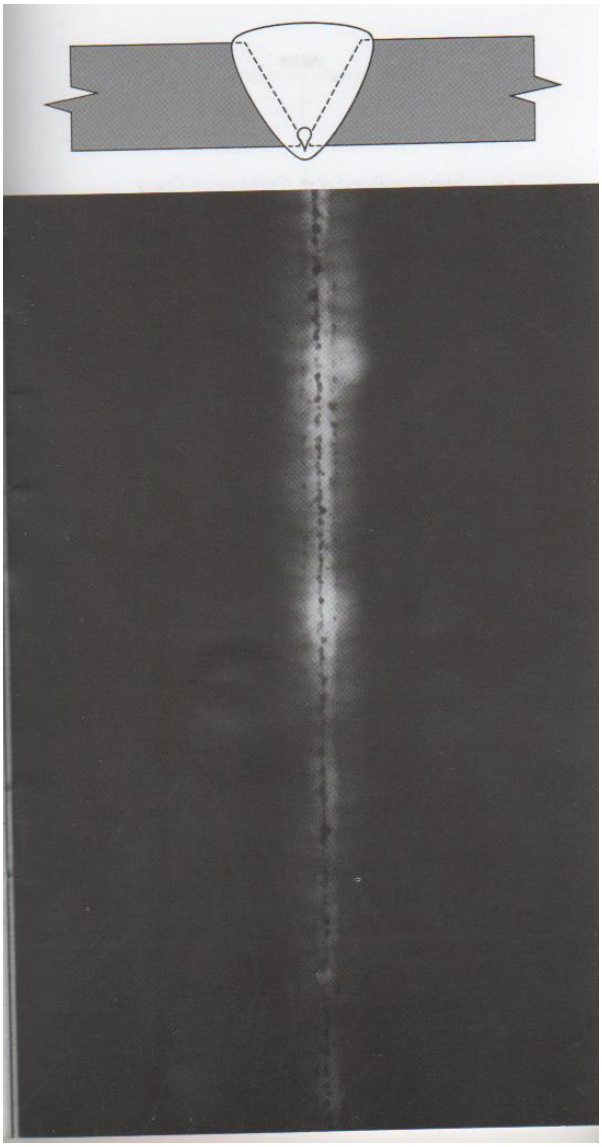
تفسیر رادیوگرافی

این تخلخل به شکل نقاط تیره مدور یا کشیده با آرایش خوشه ای در تصویر قابل مشاهده می باشند .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار

http://www.mohandes-iran.com



تخلخل در امتداد پاس ریشه

حفره های طولی یا کروی ، زیرجوش و هم تراز با خط مرکزی جوش

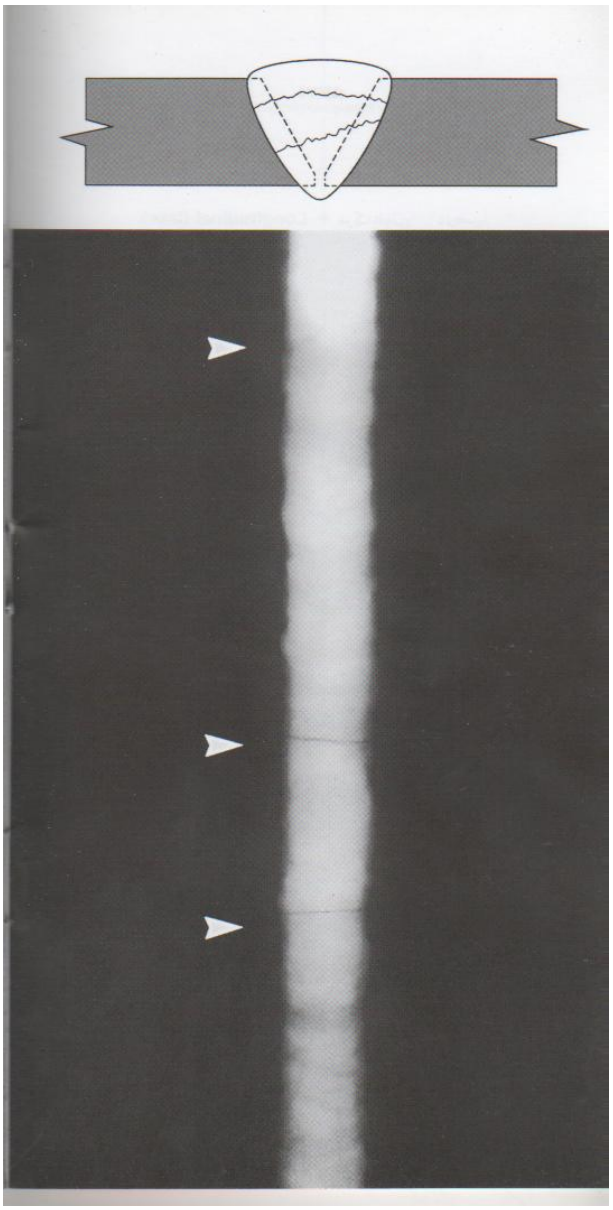
تفسیر رادیوگرافی

تخلخل به صورت نقاط تیره مدور یا کیشده که ممکن است به یکدیگر متصل نیز باشند ، در مرکز عرض تصویر جوش مشاهده می شود .

فرآیند

جوشکاری قوسی تحت پوشش گاز محافظ

http://www.mohandes-iran.com



ترک متقاطع (عرضی)

ترک خوردگی در عرض فلز جوش

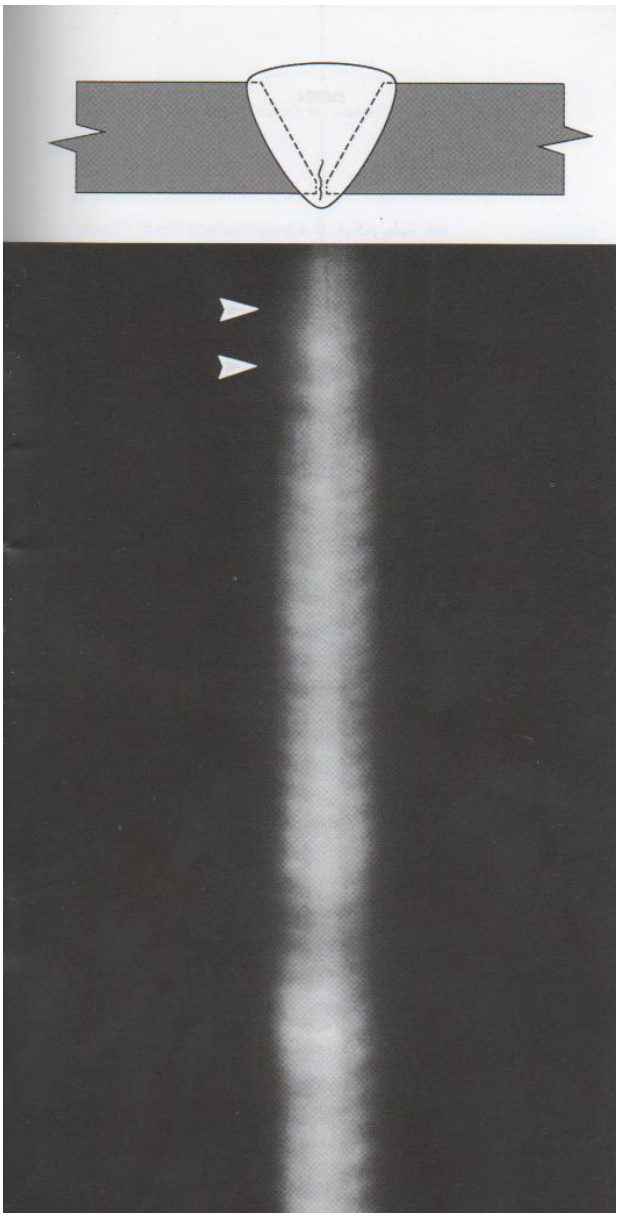
تفسیر رادیوگرافی

خطوط تیره پر مانند موجود در عرض تصویر جوش ، نشاندهنده ترک می باشند .

فرآیند

جوشکاری قوسی تحت پوشش گاز محافظ جوشکاری قوسی تنگستنی

http://www.mohandes-iran.com



تک طولی

ترک خوردگی فلز جوش در امتداد راستای جوشکاری

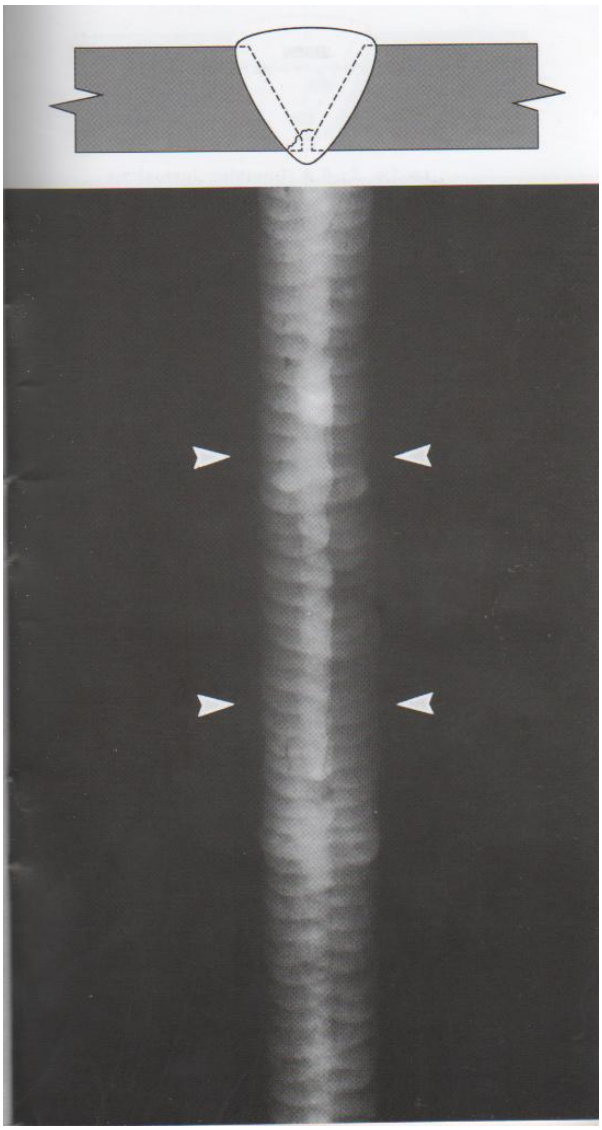
تفسیر رادیوگرافی

ترک ها بصورت خطوط تیره پر مانند طولی در هر مکانی از عرض تصویر جوش قابل مشاهده اند .

فرآیند

جوشکاری قوسی تحت پوشش گاز محافظ جوشکاری قوسی تنگستنی

http://www.mohandes-iran.com



ترک ریشه طولی

ترک خوردگی فلز جوش در لبه پاس ریشه

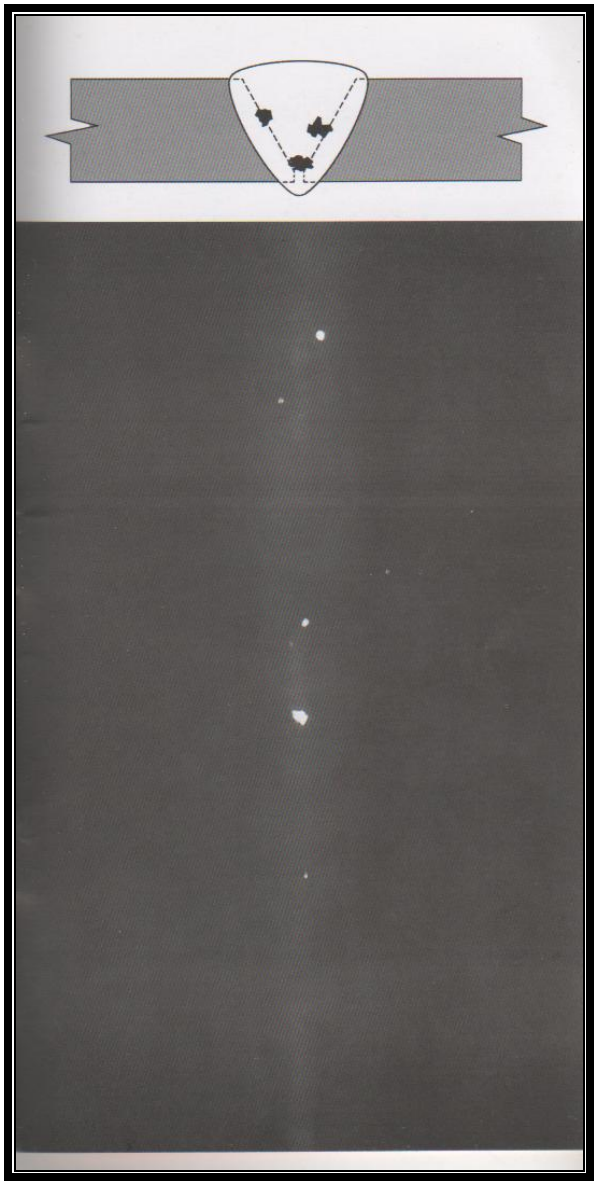
تفسیر رادیوگرافی

ترک ها بصورت خطوط تیره پر مانند و مارپیچ در امتداد لبه تصویر پاس ریشه دیده می شوند . حالت مارپیچی خطوط باعث می شود تا با نفوذ ناقص ریشه اشتباه گرفته نشوند .

فرآیند

جوشکاری قوسی الکترود روکشدار

http://www.mohandes-iran.com



آلودگی تنگستنی

ذرات گداخته و پراکنده تنگستن که در فلز جوش ذوب نشده اند .

تفسیر رادیوگرافی

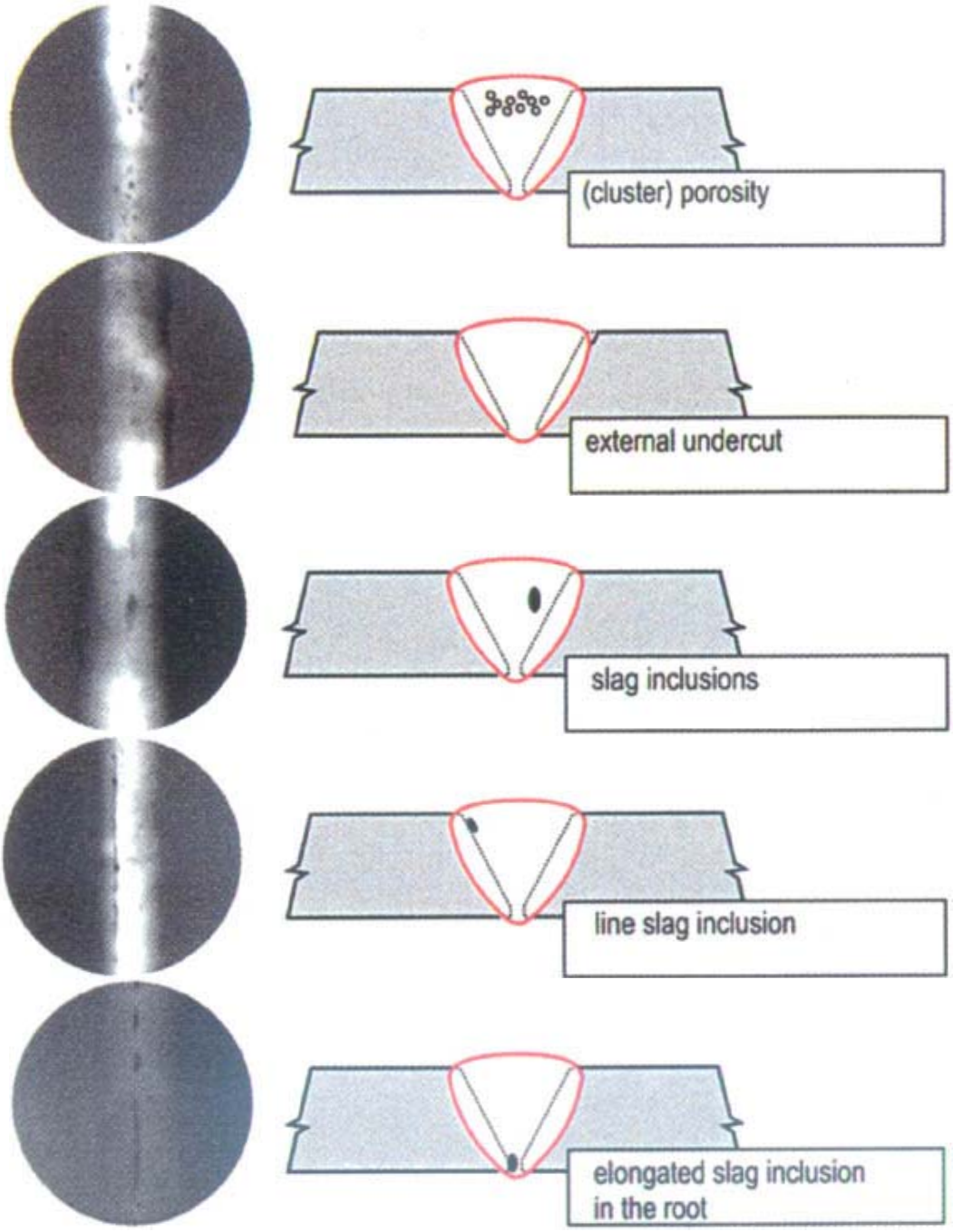
آلودگی تنگستنی ، بصورت نقاط پراکنده روشن در تصویر جوش ، قابل مشاهده است .

فرآیند

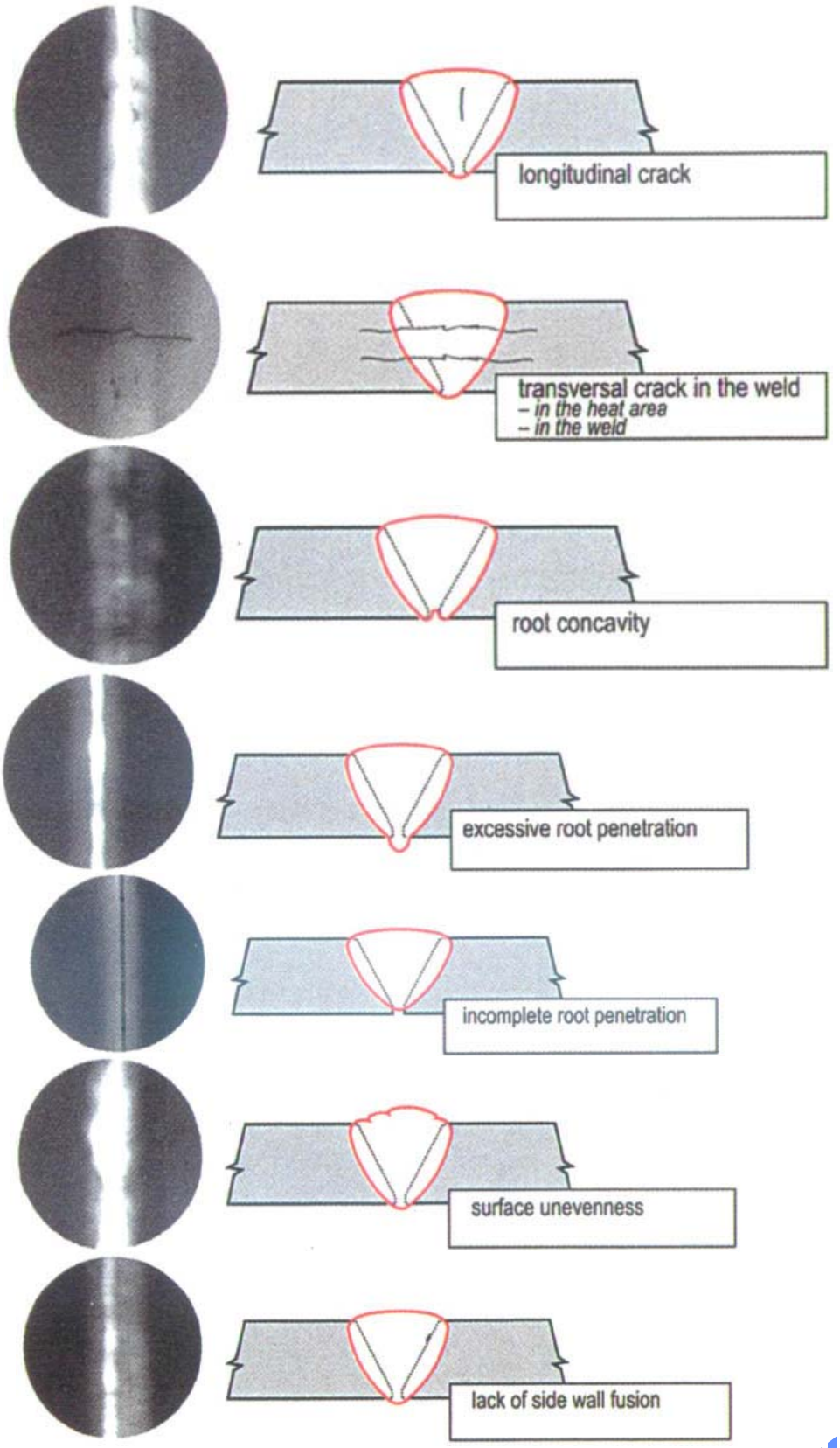
جوشکاری قوسی تنگستنی

http://www.mohandes-iran.com

عیوب جوش در فیلمهای رادیوگرافی



http://www.mohandes-iran.com



http://www.mohandes-iran.com

منابع :

۱-تفسیر رادیوگرافی جوش

تحقیق و تالیف :حسین رفیعی و سعید قدرتی

۲- اصول بازرسی و آزمون های NDT

تالیف : دکتر محمد ریاحی و مهندس محمد فرجی –مرکز پژوهشهای علمی – دانشگاه علم و صنعت ایران

3-ASM Handbook of Nondestructive Evaluation and Quality Control , Volume 17 , 1979 .

http://www.mohandes-iran.com