

بازرسی به کمک ذرات مغناطیسی MPI



سازمان صنایع دفاع
معاونت تحقیقات و توسعه صنایع

کتابچه‌ی حقوق محفوظ و متعلق به سازمان صنایع دفاع است.
هر نوع تکثیر یا نشر تمام یا بخش‌های مستقلی از این کتاب، منوط به اجازه‌ی کتبی ناشر است.

سرشناسه : محمدی، سیدعبدالحمید، ۱۳۵۸ -
 عنوان و نام پدیدآور : بازرسی به کمک ذرات مغناطیسی MPI/تالیف و گردآوری سیدعبدالحمید محمدی، [برای] سازمان صنایع دفاع، موسسه تحقیقات و توسعه صنعتی.
 مشخصات نشر : تهران: شرکت پیشرو فناوری قاید، ۱۳۹۲.
 مشخصات ظاهری : ۱۶۸ ص.: مصور، نمودار.
 شابک : ۶۵۰۰۰ ریال: ۹-۷-۹۰۶۹۸-۹۷۸-۶۰۰-۹۷۸
 وضعیت فهرست : فیا
 نویسی
 موضوع : آزمایش با ذرات مغناطیسی، آزمایش‌های غیرمخرب
 شناسه افزوده : سازمان صنایع دفاع. معاونت آموزش، تحقیقات و توسعه فناوری
 رده بندی کنگره : ۱۳۹۲ ب۳/م۳/۴۱۷/۳ TA
 رده بندی دیویی : ۶۲۰/۱۱۲۷۸
 شماره کتابشناسی ملی : ۳۳۶۶۷۰۵

عنوان: بازرسی به کمک ذرات مغناطیسی MPI

تالیف و گردآوری: سیدعبدالحمید محمدی

صاحب امتیاز و پدیدآورنده: معاونت تحقیقات و توسعه صنعتی سازمان صنایع دفاع

نظارت: پژوهشکده اندیشه دفاعی، گروه پژوهشی آینده‌نگاری علوم و فناوری‌های دفاعی

تلفن: ۰۲۱-۷۷۲۴۱۰۱۴

ناشر: انتشارات شرکت پیشرو فناوری قائد

نوبت چاپ: اول- زمستان ۱۳۹۲

تیراژ: ۲۰۰ جلد

قیمت: ۶۵۰۰ تومان

مرکز توزیع و پخش:

تهران، بالاتراز چهارراه پاسداران، سه‌راه اختیاریه، سازمان صنایع دفاع، معاونت تحقیقات و توسعه صنعتی

۰۲۱-۲۲۷۷۱۲۲۳

پیش‌گفتار نویسنده

پیشرفت در تکنولوژی و فرایندهای تولید سازه‌های مهندسی، شرایطی را فراهم نموده است تا بتوان قطعه‌ها و ساختارهای مهندسی مورد نیاز را در ابعاد و اوزان بهینه تولید کرد. از طرف دیگر فرآورده‌ای صنعتی نیز روز به روز پیشرفته‌تر، دقیق‌تر و پیچیده‌تر می‌گردند و این باعث افزایش هزینه‌ی تولید آنها می‌شود. بنابراین نیاز به استفاده از فرایندهایی که بتوان بدون تخریب، بر مراحل ساخت و همچنین عملکرد این فرآورده‌ها نظارت کند روزبه‌روز بیشتر احساس می‌شود. از این رو تکنیک‌های مختلف آزمایش غیرمخرب با توجه به نوع فرایند و فرآورده، روزبه‌روز گسترده‌تر و کامل‌تر می‌شوند.

با توجه به دامنه‌ی کاربرد وسیع فرایندهای تست غیر مخرب (NDT) و افزایش استفاده از آنها در صنایع مختلف کشور ما؛ هم‌چون صنایع هوافضا، معرفی فرایندهای مختلف NDT به کارشناسان صنایع مختلف و آموزش افرادی متخصص در زمینه‌های مختلف NDT، تبدیل به اولویت‌های آموزشی صنایع مختلف شده است.

در این کتاب سعی شده است روش بازرسی باذرات مغناطیسی (MPI) که یکی از فرایندهای مختلف NDT می‌باشد، به زبانی ساده که تلفیقی از منابع تئوری و تجربه‌های عملی می‌باشد، به خواننده معرفی گردد.

در کتاب پیش رو ابتدا روش MPI به همراه اصول اولیه آن که مبتنی بر مغناطیس می‌باشد، معرفی شده و کاربردهای گوناگون و روش‌های مختلف انجام آن بیان شود. در ادامه، تجهیزات مختلف ثابت و قابل جابجایی مورد استفاده در آن معرفی شده و کاربردهای گوناگون و روش‌های مختلف انجام آن بیان می‌شود. در ادامه، تجهیزات مختلف ثابت و قابل جابجایی مورد استفاده در MPI، و نحوه‌ی کار کردن با آنها کاملاً توضیح داده می‌شود. هم‌چنین نحوه‌ی کنترل و تنظیم تجهیزات مورد استفاده و پارامترهای موثر در انجام بازرسی به روش MPI، تشریح خواهد شد.

لازم به ذکر است برای بهره‌برداری بهتر کتاب توسط افرادی که آشنایی چندانی با روش MPI ندارند، تلاش شده است در تالیف و گردآوری، علاوه بر مطالب تئوری و اکادمیک، تجربه‌های عملی و کارگاهی شخص مؤلف و تعدادی از اساتید مجرب کشور در زمینه‌ی NDT نیز به خواننده منتقل شود. بدون تردید این کتاب بدون نقص نیست، بنابراین از کلیه صاحب‌نظران، استادان، محققان و علاقه‌مندان در این زمینه درخواست دارم نظرها و پیشنهادها را در جهت اصلاح و بهبود کیفیت کتاب به اینجانب اطلاع دهند تا نسبت به استفاده از آنها در ویرایش‌های بعدی کتاب اقدام نمایم.

با تشکر

سید عبدالحمید محمدی

H.M_ME@YAHOO.COM

زمستان ۱۳۹۲

فهرست مطالب

پیش‌گفتار نویسنده / الف

فصل یک: مقدمه ای بر فرایند / ۵

۱-۱- معرفی بازرسی به روش ذرات مغناطیسی / ۵

۱-۲- تاریخچه بازرسی با ذرات مغناطیسی / ۶

۱-۳- اصول اولیه / ۹

۱-۴- مزایای استفاده از بازرسی با ذرات مغناطیسی / ۱۱

۱-۵- محدودیت‌های استفاده از بازرسی با ذرات مغناطیسی / ۱۲

فصل دوم: مغناطیس و میدانهای مغناطیسی / ۱۳

۲-۱- منبع میدان مغناطیسی / ۱۴

۲-۲- مواد دیامغناطیس، پارامغناطیس و فرو مغناطیس / ۱۵

۲-۳- حوزه‌های مغناطیسی / ۱۹

۲-۴- خواص مغناطیسی و چرخه‌ی هیستریزس / ۲۱

۲-۵- نفوذ پذیری / ۲۶

۲-۶- خواص عمومی خطوط مغناطیسی نیرو / ۳۰

- ۷-۲- میدان مغناطیسی داخل و دورتادور یک آهنربای میله‌ای ۳۱/
- ۸-۲- میدان مغناطیسی داخل و دورتادور آهنربای نعل اسبی و یا رینگ ۳۲/
- ۹-۲- میدان‌های الکترومغناطیسی ۳۳/
- ۱۰-۲- میدان مغناطیسی تولید شده توسط سیم پیچ ۳۶/
- ۱۱-۲- اندازه‌گیری خواص مغناطیسی (شدت میدان، چگالی میدان، شار کلی و مغناطیس پذیری) ۳۸/
- ۱۲-۲- مقایسه‌ی بین واحد CGS و SI ۴۰/
- ۱۳-۲- جهت و شدت میدان مغناطیسی ۴۱/
- ۱۴-۲- شدت میدان و ابزار اندازه‌گیری آن ۴۲/
- ۱۵-۲- جهت میدان و ابزار کنترل آن ۵۰/
- ۱۶-۲- مغناطیس کردن مواد فرو مغناطیسی ۵۹/
- ۱۷-۲- توزیع و شدت میدان مغناطیسی طولی ۶۴/
- ۱۸-۲- توزیع و شدت میدان مغناطیسی دایره‌ای ۶۶/
- ۱۹-۲- جریان مغناطیس کنندگی ۷۱/

فصل سوم: تجهیزات مورد استفاده در MPI ۷۷/

- ۱-۳- انواع تجهیزات مغناطیس کنندگی قابل جابجایی ۷۸/
- ۲-۳- منابع تغذیه‌ی قابل جابجایی سبک ۸۹/
- ۳-۳- وسایل و کنترل‌های موجود روی تجهیزات متحرک ۹۰/
- ۴-۳- تجهیزات ثابت مغناطیس کنندگی ۹۰/
- ۵-۳- تجهیزات چند جهته جهت مغناطیس کنندگی ۹۷/
- ۶-۳- کنترل‌های موجود برای تجهیزات ثابت ۹۸/

فصل چهارم: ذرات مغناطیسی و شرایط آن‌ها ۱۰۳/

- ۱-۴- ذرات مغناطیسی ۱۰۳/

۴-۲- مایعات تعلیق (محلول) / ۱۰۹

فصل پنجم: انواع روش‌های بازرسی MPI و تکنیک‌های مورد استفاده / ۱۱۷

- ۱-۵- تکنیک مغناطیس باقیمانده و مغناطیس پیوسته / ۱۱۷
- ۲-۵- بازرسی با استفاده از ذرات خشک / ۱۲۱
- ۳-۵- بازرسی به کمک ذرات خیس معلق در محلول / ۱۲۳
- ۴-۵- مایای بازرسی با ذرات خیس نسبت به بازرسی با ذرات خشک / ۱۲۵
- ۵-۵- بازرسی با استفاده از لاستیک مغناطیسی / ۱۲۶
- ۶-۵- مغناطیس زدایی / ۱۲۷

فصل ششم: نورهای مخصوص MPI و تجهیزات و الزام‌های مربوط به آن‌ها / ۱۳۱

- ۱-۶- نور ماورای بنفش / ۱۳۲
- ۲-۶- الزام‌های مربوط به روشنایی هنگام انجام تست / ۱۳۷
- ۳-۶- محاسبات شدت نور / ۱۳۹
- ۴-۶- سازگاری چشم / ۱۴۰
- ۵-۶- درخشش کمره‌ی چشم / ۱۴۱

فصل هفتم: انواع عیوب و روش‌های بازرسی آن‌ها / ۱۴۳

- ۱-۷- تورق / ۱۴۳
- ۲-۷- روی هم رفتگی آهنگری / ۱۴۴
- ۳-۷- کم آمدن مذاب / ۱۴۴
- ۴-۷- ترک‌های سنگ زنی / ۱۴۵
- ۵-۷- ترک‌های سرد یا هیدروژنی / ۱۴۶
- ۸-۷- ناخالصی گازی / ۱۴۸

۷-۹- نفوذ نا قص ۱۴۸/

۷-۱۰- سوختگی لبه‌ی جوش ۱۴۹/

۷-۱۱- گل جوش ۱۵۰/

۷-۱۲- ترک‌های ناشی از خستگی ۱۵۱/

۷-۱۳- ترک‌های تنشی- خوردگی ۱۵۱/

۷-۱۴- نمونه‌های بازرسی های انجام شده ۱۵۲/

استانداردهای رایج در بازرسی با ذرات مغناطیسی ۱۵۹/

منابع ۱۶۱/

www.ketab.ir

مقدمه‌ای بر فرایند

۱-۱- معرفی بازرسی به روش ذرات مغناطیسی

بازرسی با ذرات مغناطیسی^۱ یکی از انواع روش‌های تست غیر مخرب^۲ می‌باشد که برای تشخیص ناپیوستگی‌ها و عیوب سطحی و یا نزدیک به سطح در مواد و قطعاتی که مغناطیسی شده‌اند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش سریع و نسبتاً ساده می‌باشد و آماده‌سازی سطح در آن چنان‌که برای سایر روش‌های تست‌های غیر مخرب لازم است، ضروری نمی‌باشد. این خصوصیات باعث شده است که بازرسی با روش ذرات مغناطیسی یکی از پیرکاربردترین روش‌های تست غیر مخرب محسوب شود.

روش فوق از میدان مغناطیسی و ذرات کوچک مغناطیسی (پودر آهن^۳) برای تشخیص عیوب و نقص‌ها در قطعه‌ها استفاده می‌کند. تنها فاکتور مهمی که قطعات مورد تست باید داشته باشند این است که باید از جنس مواد فرومغناطیس^۴ همانند آهن، کبالت و بعضی از آلیاژهای آنها باشند، زیرا مواد فرو مغناطیس می‌توانند تا اندازه‌ای که برای انجام یک بازرسی صحیح مورد نیاز است، مغناطیس شوند.

1 MPI(Magnetic Particle Inspection)

2 NDT(Non Destructive Test)

3 Iron Fillings

4 Ferromagnetic

این روش برای دامنه‌ی وسیعی از محصولات ساخته شده از فرایندهای ریخته‌گری، فورج و جوشکاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. صنایع بسیار زیادی از بازرسی با روش ذرات مغناطیسی برای کنترل تجهیزات خود استفاده می‌کنند که از این صنایع می‌توان به صنایع تولید کننده سازه‌های فولادی، صنعت خودرو، صنعت پتروشیمی، صنایع نیروگاهی و صنعت هوا فضا اشاره کرد. بازرسی زیر آب نیز یکی دیگر از موارد کاربرد این روش است که برای تست سازه‌های زیر دریایی و لوله کشی زیر آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور کلی موارد صنعتی بازرسی با ذرات مغناطیسی عبارتند از بازرسی ضمن تولید، بازرسی نهایی، بازرسی حین دریافت کالا و بالاخره تعمیرات و نگهداری. ضمناً باید توجه داشت که اگر سطح قطعه مورد آزمایش رنگ آمیزی شده باشد یا اینکه با لایه‌ای از مواد غیر مغناطیسی پوشیده شود، از حساسیت آزمایش کاسته می‌شود.

۱-۲- تاریخچه بازرسی با ذرات مغناطیسی

مغناطیس را قابلیت ماده برای جذب سایر مواد به سمت خود تعریف می‌کنند. یونانیان باستان اولین کسانی بودند که این پدیده را در مواد معدنی که نامشان سنگ آهن مغناطیسی بود کشف کردند. بعدها فارادی^۱، بکوثرل^۲ و برگمان^۳ به این موضوع پی بردند که تمام مواد چه مایعات و چه گازها تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند، اما تعداد کمی از آنها به این میدان عکس العمل قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهند.

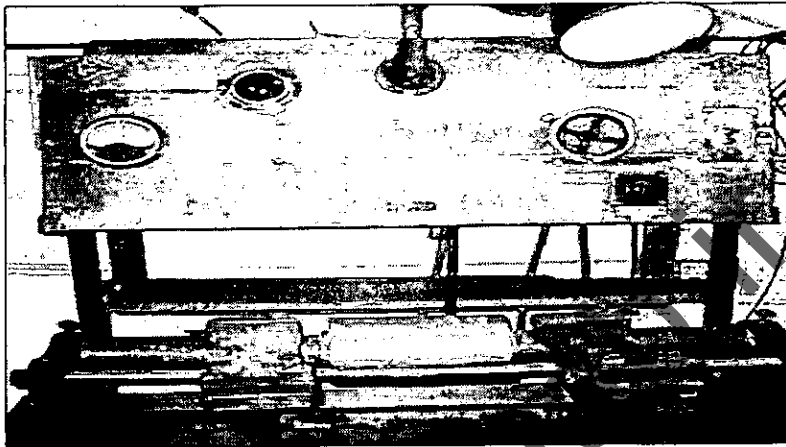
اولین باری که از مغناطیس برای بازرسی استفاده شد تقریباً مربوط به سال ۱۸۶۸م است. در این سال برای پیدا کردن عیوب لوله توپ، لوله‌ها را مغناطیس کردند، سپس یک قطب‌نمای آهن‌ربایی را در طول لوله حرکت دادند. بازرس در این بازرسی قادر بود عیوب لوله را با مشاهده‌ی حرکت عقربه‌ی قطب نما تشخیص دهد. این روش، یک روش تست

۱ Faraday

۲ Becquerel

۳ Bergmann

غیرمخرب بود. اما این روش تا مدتی بعد از جنگ جهانی اول به طور معمول مورد استفاده قرار نگرفت (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- یک نمونه‌ی قدیمی از دستگاه بازرسی با ذرات مغناطیسی ثابت.

در حدود سال ۱۹۲۰، ویلیام هوک^۱ پی برد که ذرات مغناطیسی (تراشه‌های فلزی رنگی) می‌توانند به عنوان ابزاری برای تشخیص عیوب مورد استفاده قرار گیرند. هوک کشف کرد که عیوب سطحی یا زیر سطحی در مواد مغناطیس شده سبب می‌شوند میدان مغناطیسی به داخل عیب موجود خم شوند^۲ و روی قطعه توسعه^۳ یابند. او این موضوع را در کارگاه‌های ماشین‌کاری متوجه شد. او متوجه شد هنگامی که اپراتور در حال سنگ‌زنی یک فولاد سخت (قطعه توسط یک سه نظام مغناطیسی نگه داشته شده است) است، نقشه و نگارهای مطابق با ترک‌های سطحی موجود در روی قطعه، بر روی قطعه تحت ماشین‌کاری بوجود می‌آید. پاشیدن پودرهایی از جنس فرو مغناطیس بر روی قطعه‌ی فوق موجب جمع شدن این پودرها بر روی عیوب مورد نظر می‌شود و یک نشانه‌ی قابل دیدن را بوجود می‌آورد. شکل ۱-۱ یک

^۱ William Hook

^۲ Distort

^۳ Extend

دستگاه تست الکترومغناطیسی فولادها که توسط شرکت مهندسی و تجهیزات LTD ساخته شده را نشان می‌دهد.

در حدود سال ۱۹۳۰ بازرسی با ذرات مغناطیسی به سرعت جایگزین روش تست به روش روغن و سفیدکاری^۱ (یک روش بازرسی با مایع نافذ) شد که در صنعت راه آهن برای بازرسی بویلرهای موتور بخار، چرخها، محورها و واگنها مورد استفاده قرار می‌گرفت. امروزه این روش به طور وسیعی برای چک کردن عیوب موجود در قطعه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای صرفه جویی در زمان کنترل قطعات ماشین‌کاری شده موجود در انبار استفاده می‌شود. همچنین اجزاء بحرانی اتومبیل‌ها بعد از ساخته شدن مورد بازرسی قرار می‌گیرند تا اطمینان حاصل شود قطعات معیوب در داخل مجموعه مونتاژ نشده است. همچنین برای بازرسی اجزائی که تحت بارگذاری سنگین در دوره زمانی طولانی قرار می‌گیرند، روش فوق می‌تواند مورد استفاده واقع شود. به عنوان مثال بسیاری از قطعه‌ها و اجزائی که در ماشین‌های مسابقه‌ای، تحت تنش و فشار زیاد قرار دارند مورد بازرسی با ذرات مغناطیسی قرار می‌گیرند. مخصوصاً بعد از هر مرحله راه‌اندازی مجدد^۲ موتور، چرخ‌دنده‌ها و سایر موارد تحت فشار، با این روش مورد بازرسی قرار می‌گیرند. همچنین از این روش برای ارزیابی یکپارچگی ساختار جوشها در پلها و تانکرهای ذخیره سازی و ایمنی سایر سازه‌های بحرانی استفاده می‌شود.

^۱ Oil And Whiting Method

^۲ Overhall