دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی مکانیک

آزمون های غیر مخرب:

آزمایش با ذرات مغناطیسی (MT)

دکتر عبدالواحد کمی

دانشکده مهندسی مکانیک

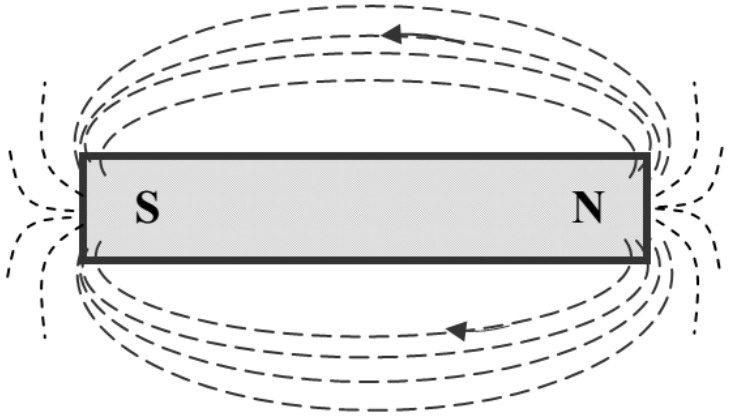
دانشگاه سمنان

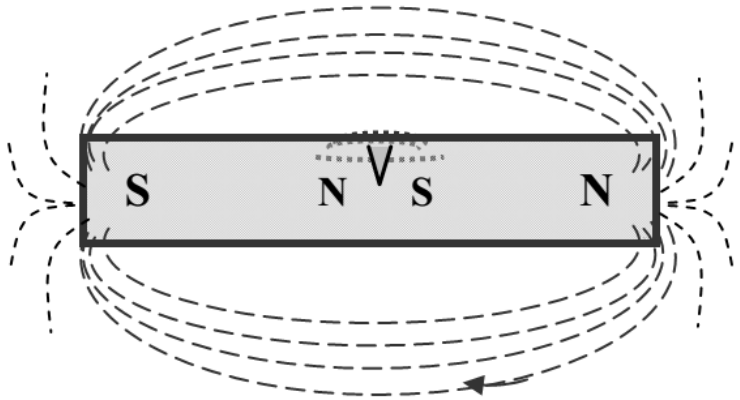
آزمایش ذرات مغناطیسی

۱۹۲۸: انجام اولین آزمایش ذرات مغناطیسی توسط پروفسور دی-فارست برای آشکارسازی ترک های سطحی.

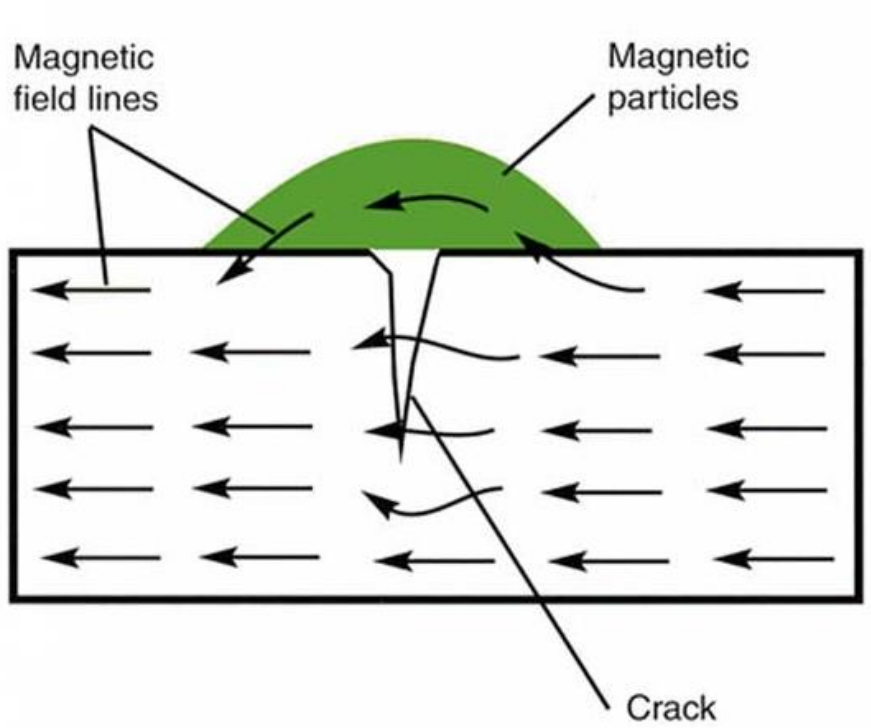
۱۹۳۰: ساخت اولین آهنربای الکتریکی توسط بی-اف-دوآن برای آزمایش ذرات مغناطیسی.

- تغییر مسیر خطوط میدان مغناطیسی در اطراف ترک:





آزمایش ذرات مغناطیسی



در ایـن روش، از طریـق مشاهده تغییرات دانسیته و تجمع ذرات ریز آهن که به علت نشت خطوط میدان در قطعات مورد آزمـایش بوجود می آید، ناپیوستگی ها شناسائی می گردند.

مراحل آزمایش ذرات مغناطیسی و نکات مورد توجه در هر مرحله

۱- ایجاد میدان مغناطیسی در قطعه مورد آزمایش

جنس قطعه، خاصیت نفوذ پذیری و چگالی خطوط میدان مغناطیسی، نوع میدان مغناطیسی و تکنیک آزمایش.

۲- پاشیدن ذرات بسیار ریز آهن روی سطح کار

رنگ پودر آهن و یا ذرات آهن معلق در سیال، دانه بندی ذرات و زمینه تباین سطح کار.

۳- مشاهده طیف ذرات و تشخیص عیوب

نوع نور (نور روشن یا ماوراء بنفش)، شرایط سطح کار، نوع عیوب و استاندارد پذیرش عیوب.

دسته بندی مواد به لحاظ مغناطیس پذیری

۱- دیامغناطیس

موادی که تاثیرپذیری کم و منفی از میدان مغناطیسی دارند. این مواد در حضور میدان مغناطیسی خارجی اندکی دفع می شوند. مثال: مس، نقره و طلا.

۲- پارامغناطیس

موادی که تاثیرپذیری مثبت کمی از میدان مغناطیسی خارجی دارند. این مواد در حضور میدان مغناطیسی خارجی، اندکی جذب می‌شوند و با برداشتن میدان، خواص مغناطیسی خود را از دست می‌دهند. مثال: منیزیم، آلومینیوم

۳- فرو مغناطیس

موادی که تاثیرپذیری مثبت زیادی از میدان مغناطیسی خارجی دارند و با قرار گرفتن در یک میدان مغناطیسی، خاصیت آهنربائی پیدا می کنند. سه عنصر آهن، نیکل، کبالت و آلیاژهای آنها از چنین خاصیتی برخوردارند.

دسته بندی مواد فرومغناطیس

انواع مواد فرومغناطیس:

۱- نرم مغناطیس

به مواد فرومغناطیسی گفته می شود که قابلیت نفوذپذیری زیادی دارند و با قرار گرفتن در هر میدان مغناطیسی، به نسبت شدت میدان، خاصیت آهنربائی پیدا می کنند اما قادر به حفظ خاصیت آهنربائی نیستند.

۲- سخت مغناطیس

به آن دسته از فرومغناطیس ها گفته می شود که فقط در میدان های قوی، خاصیت آهنربائی پیدا می کنند و برخلاف نرم مغناطیس ها، قادرند خاصیت آهنربائی را در خود نگاه دارند.

چگالی خطوط میدان

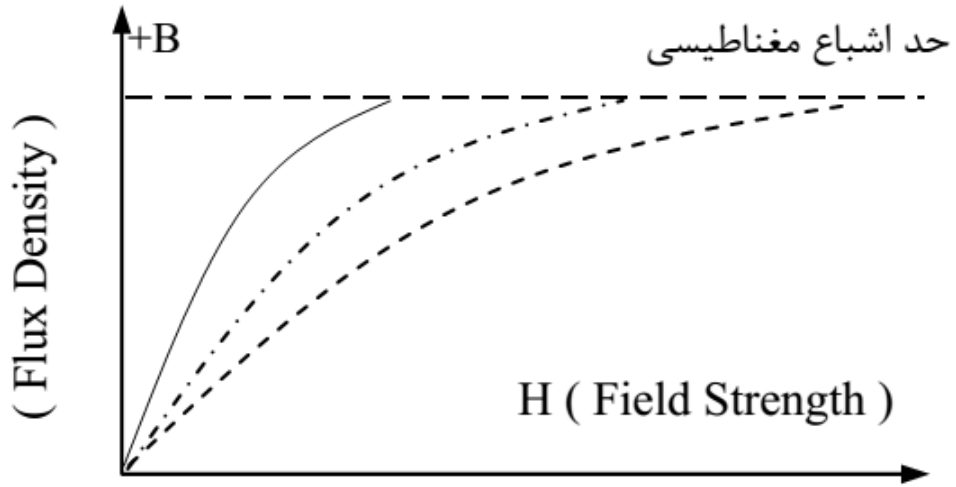
به تعداد خطوطی که در سطح مقطع معینی از جسم عبور می‌کنند، چگالی خطوط میدان یا چگالی شـار مغناطیسی (Flux density) گفته می‌شود.

ضریب نفوذپذیری (Permability) یا تراوایی مغناطیسی (با واحد هانری بر متر)، خاصیتی از مواد است که سهولت تشکیل یک شار مغناطیسی را مشخص می‌کند. این ضریب برابر است با نسبت چگالی شار مغناطیسی (B) به میدان مغناطیس‌کننده (H) و طبق رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$\mu = \frac{B}{H}$$

کلیه موادی که ضریب نفوذپذیری بیشتر از ۱۰۰

دارند، قابل مغناطیس شدن هستند.



روش‌های ایجاد میدان مغناطیسی

آهنربای دائمی (Permanent Magnet)

آهنربای دائمی معمولاً به شکل آهنربای نعل اسبی با ساق های متحرک و قابل باز و بست طراحی می گردند.

این نوع آهنرباها برای آزمایش **قطعات کوچک، عیوب سطحی و موضعی قطعات بزرگتر** و برای نقاطی کـه امکانات برقی نباشد، استفاده می‌شود.

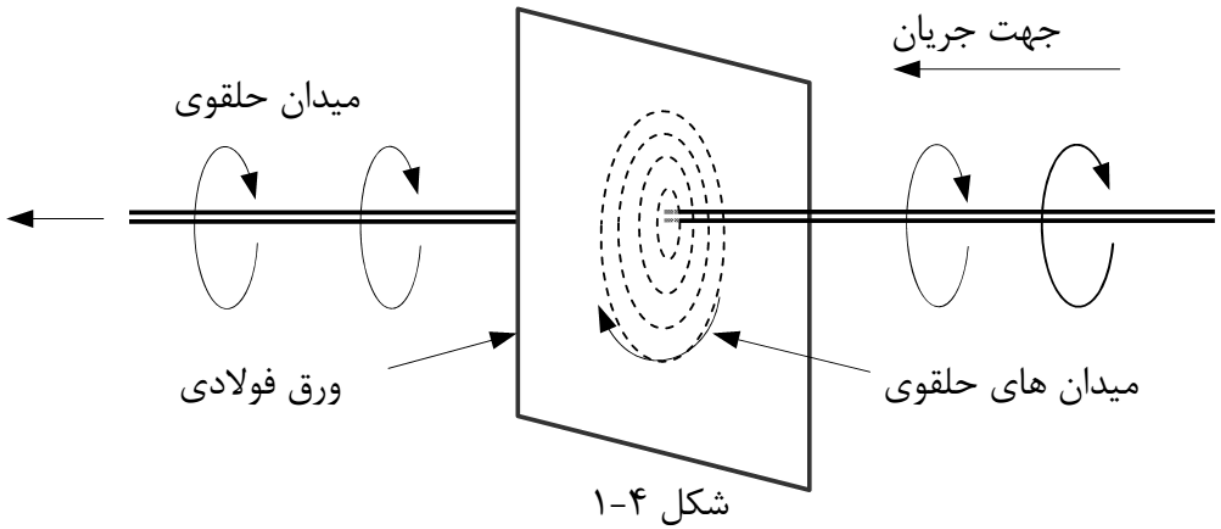
توجه: - آهنرباهای دائمی با قدرتی محدود و در انـدازه‌ای کوچـک و قابـل حمـل سـاخته مـی‌شـوند. حمـل آهنربای سنگین و جدا نمودن آن از قطعات مورد آزمایش از جمله محدودیت‌های ساخت آهنربای بزرگتر می‌باشد.

- به علت دائمی بودن خاصیت مغناطیسی، در زمان آزمایش **فقط از ذرات معلق در سـیال** اسـتفاده مـی‌شود. زیرا جدا نمودن ذرات پودری از دو قطب آهنربا بسیار مشکل است.

روش های ایجاد میدان مغناطیسی

آهنربای الکتریکی

در شکل زیر تشکیل میدان‌های مغناطیسی حلقوی پیرامون سیم هادی جریان الکتریسیته که از یـک ورق فولادی (فرومغناطیسی) عبور کرده، مشاهده می‌گردد. در سطح ورق فولادی نیز خطوط دایـره‌ای بوجود آمده است.

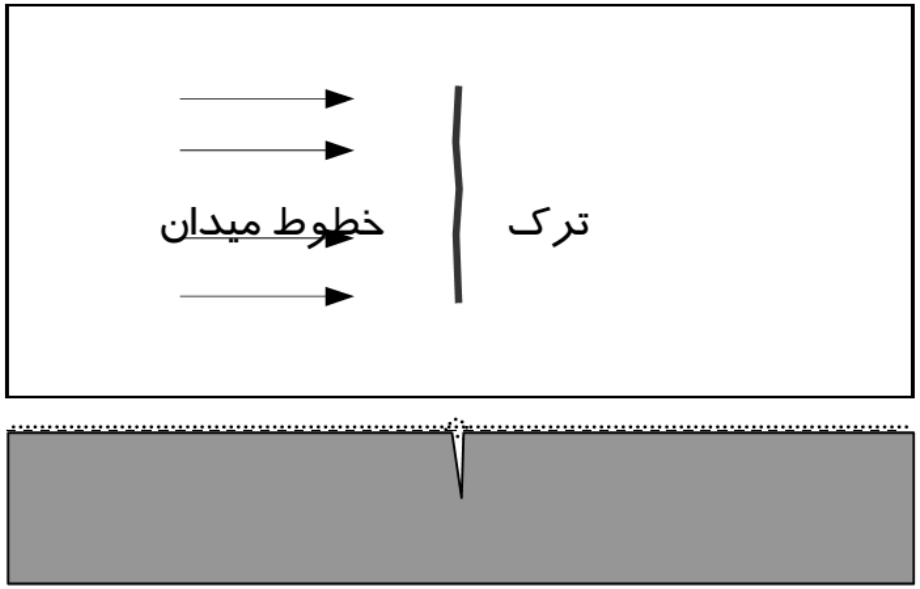


شکل ۴-۱

تعیین جهت خطوط میدان مغناطیسی با قانون دست راست (قانون لنز) انجام می شود.

آزمایش ذرات مغناطیسی

اگر عیبی در سطح قطعه وجود داشته باشد، موجب نشت خطوط میدان شـده و از طریق مشاهده تجمع ذرات در محل نشت، عیب آشکار می گردد.



توجه: در روش آزمایش ذرات نفوذی خصوصاً در نوع سیالی، به علت ریز بـودن ذرات، فقـط تجمـع آنهـا قابل رؤیت است و طیف ذرات دیده نخواهد شد.

انواع ذرات مغناطیسی

الف – پودر خشک

- از خانواده آهن نـرم
- رنگهـا: زرد، قرمـز، سـیاه، خاکسـتری، فلورسنتی
- بوسیله پودرپاش های مخصوص روی قطعـات پاشیده می شوند.
- انـدازه دانـه بنـدی ذرات، قابلیـت مغناطیس پذیری، روانی ریزش، رنگ ذرات و مغناطیس زدائی آنها در کیفیت آزمایش و درجـه حساسیت آشکارسازی عیوب نقش اساسی دارند.

انواع ذرات مغناطیسی

خواص لازم برای پودر خشک:

۱- قابلیت نفوذپذیری مغناطیسی بالائی داشته باشند.

۲- کمترین قابلیت نگاه داری خاصیت مغناطیسی را داشته باشند.

۳- از کمترین حد چسبندگی برخوردار باشند. ناخالصی، گرد و خاک و رطوبت عامل چسبندگی ذرات خواهند شد.

۴- تا حد ممکن دانه ها ریز باشند. دانه های درشت برای آشکارسازی عیوب کم عمق مناسب نیستند. اما ذرات ریزتر از ۵۰ میکرون نیز برای آزمایش مناسب نمی باشند.

انواع ذرات مغناطیسی

مزایای ذرات پودری خشک:

۱- برای آشکارسازی عیوب سطحی باز با جریان متناوب و عیوب زیرسطحی با جریان مستقیم مناسب می باشند.

۲- در درجه حرارت هایی که مواد سیالی منجمد و یا تبخیر می شوند فقط از ذرات خشک استفاده میگردد. اما طبق استاندارد ASTM E709، استفاده از ذرات پودری خشک نیز حداکثر تا دمای ۳۱۵ درجه سانتی گراد مجاز می باشد.

۳ - آلودگی محیط کار با این نوع ذرات کمتر است.

۴ - بدلیل درشتی ذرات پودر خشک در مقایسه با روش تر، برای سطوح زبر و ناهموار مناسب تر هستند (اندازه ذرات خشک معمولاً بین ۲۵۰ تا ۶۰۰ میکرون می باشد).

انواع ذرات مغناطیسی

محدودیت های ذرات خشک:

۱- درجه حساسیت آشکارسازی این نوع ذرات برای عیوب خیلی ریز، کم عمق و کم عرض بسیار ضـعیف است.

۲ - روی سطوح عمودی و قوس دار کارائی خوبی ندارند.

۳ - برای آزمایش قطعات بزرگ و پرحجم سرعت آزمایش بسیار کم است.

۴ - فقط با آهنربای الکتریکی قابل استفاده می باشند.

توجه: غوطه ور نمـودن قطعـه و یـا آغشته نمودن سطح با پودر ذرات خشک روش درستی نیست. اما پاشیدن ذرات پودری به کمک جریان هوای خشک روش مناسبی اسـت به شـرط آنکـه پودرهـا بـا فشـار متعادل و بطور یکنواخت روی سطح پاشیده شوند.

انواع ذرات مغناطیسی

ب – ذرات معلق در سیال

- ذرات بسیار ریز پودرآهن در سیال
- موجود در دو نوع رنگی (سیاه) و فلورسنتی

ب-۱: سیال نفتی

نفت سفید بطور مستقیم می تواند خاصیت تعلیق سازی ذرات را بـدون مـاده کمکـی انجـام دهد و به دلیل خاصیت نفتی، مشکل خوردگی کمتری برای سطوح حساس ایجاد می کند.

خواص لازم:

- ذرات بسیار ریز پودرآهن در سیال
- ضریب چسبندگی کمی داشته باشد .

WVMT WFMT

انواع ذرات مغناطیسی

- حداکثر قابلیت نفوذپذیری مغناطیسی و کمترین حد قابلیت نگهداری خاصیت مغناطیسی را داشته باشند.
- حداقل درجه اشتعال را داشته باشد. برای محیط های بسته کمتر از ۶۰ درجـه و بـرای محـیط هـای آزاد از حداکثر ۹۳ درجه بیشتر نگردد.
- ذرات بطور ذاتی خاصیت فلورسنتی نداشــته باشــند.
- در مقابل سطح کار واکنش نداشته باشد و پسماندهای آن عامل خوردگی نگردد.

مزایای سیال نفتی:

- ذرات ریز بدون نیاز به ماده مکمل در سیال نفتی معلق و شناور می شوند.
- ذرات معلق در نفت به آسانی پاشیده می شوند.
- احتمال خوردگی نسبت به نوع آبی (ذرات معلق در آب) بسیار کمتر خواهد بود.

انواع ذرات مغناطیسی

محدودیت های سیال نفتی:

- کاربرد سیال نفتی در محیط های بسته مشکلتر است.
- قابلیت اشتعال آن در محیط کار خطر آفرین می باشد.
- در مقایسه با آب، بدبوتر و استشمام آن مضر است.
- خاصیت حلال بودن مواد نفتی برای سطوح عایق دار مناسب نمی باشد.

توضیح: چون آزمایش ذرات مغناطیسی از روی رنگ و عایق (حدود ۴۰ میکرون) نیز قابل انجام است، لذا کاربرد مواد نفتی برای بعضی از سطوح عایق دار مضر خواهد بود.

انواع ذرات مغناطیسی

ب-۲: سیال آبی با مکمل

در این روش ذرات ریز فرومغناطیس به حالت معلق در سیالی با پایه اصلی آب غوطه ور هستند. برای تقویت معلق سازی ذرات، ریزش و پوشش دهی سطوح، خصوصاً سطوح چرب، از ماده ای مکمل که معمولاً خاصیت قلیائی دارد و موجب روانی بیشتر (در نتیجه بهبود ریزش و پوشش سطح میشود) محلول آبی می شود، استفاده می گردد.

خواص مورد نیاز:

- به آسانی روی سطح پاشیده شود و تمام سطح کار را خیس نماید.
- یکنواخت پاشیده شوند و ذرات تجمع ناخواسته نداشته باشند.
- در زمان پاشیدن تولید کف و حباب نکند، درجه قلیائی آن محدود باشد.
- اثر خورندگی سطح نداشته باشد و از چسبندگی کمی برخوردار باشد.

انواع ذرات مغناطیسی

برتری روش فلورسنت:

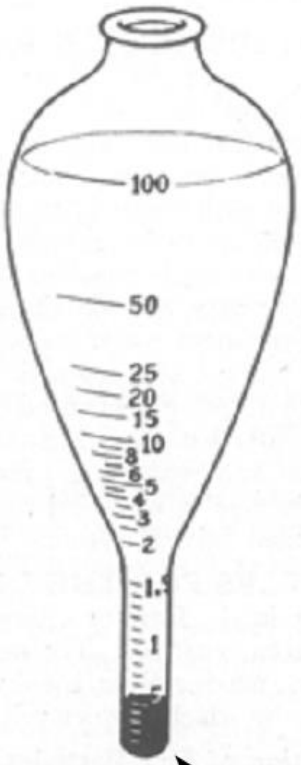
- استفاده برای آزمایش قطعاتی با شکل هندسی مرکب و غیر مسطح مانند اتصالات پیچ و مهره، فنرها و نظایر آن. زیرا در صورت استفاده از ذرات معلق در سیال رنگی، برداشتن ماده رنگی زمینه از لای درزها و تمیز نمودن قطعات مرکب پرهزینه و مشکل خواهد بود.
- توانائی آشکارسازی عیوب بسیار ریز و کم عمق.
- سرعت بالاتر در مقایسه با روش های دیگر.
- چون ماده فلورسنت بی رنگ است، هزینه تمیز نمودن محیط کار و قطعات در مقایسه با سیال حاوی ذرات رنگی بسیار کمتر است.
- در روش غوطه وری و آزمایش قطعات متنوع در آزمایشگاه، فقط مواد سیال فلورسنتی مناسب می باشند.

انواع ذرات مغناطیسی

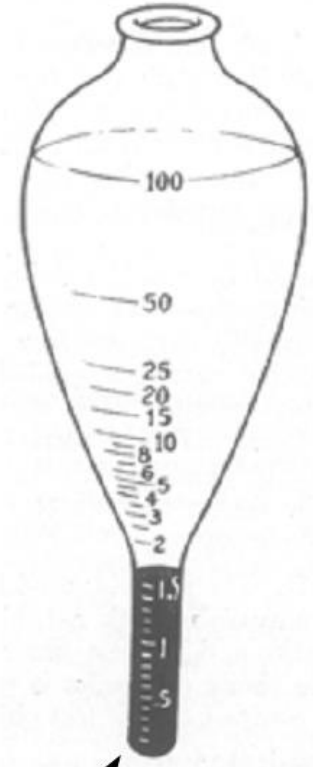
آزمایش کیفیت سیال:

- اصولاً ذرات آهن به دلیل سنگینی تمایل به ته نشینی دارند و از این خاصیت برای تعیین درجه غلظت ذرات معلق در سیال استفاده می گردد. برای این منظور:

1. سیال حاوی ذرات بخوبی هم زده شود و پس از تعلیق کامل ذرات، در ظرف رسوب گیر شیشه ای مخصوصی (با ظرفیت ۱۰۰ میلی لیتر) ریخته می شود.



ته نشین ذرات آهن فلورسنتی



ته نشین ذرات آهن در ماده رنگی

انواع ذرات مغناطیسی

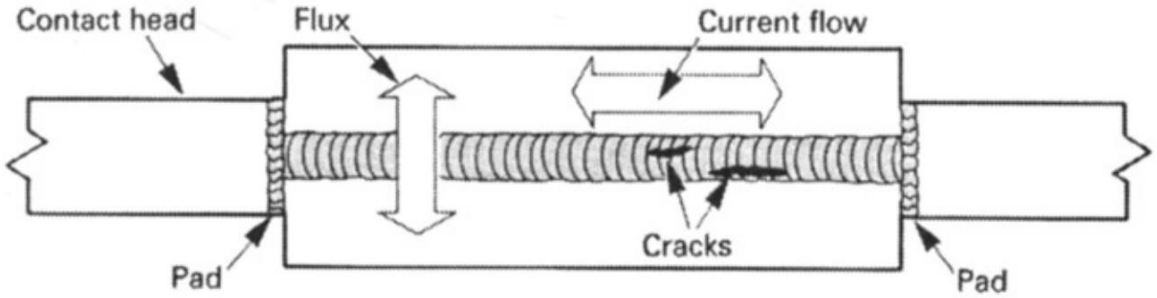
آزمایش کیفیت سیال:

2. پس از گذشت ۳۰ دقیقه مقدار رسوب از روی درجه خوانده شود. مقدار رسوب برای آزمایش ذرات مغناطیسی باید شرایط زیر را دارا باشد:

الف - ماده رنگی (غیرفلورسنتی) حداقل ۱/۵ درصد و حداکثر ۲/۵ درصد مجاز است.

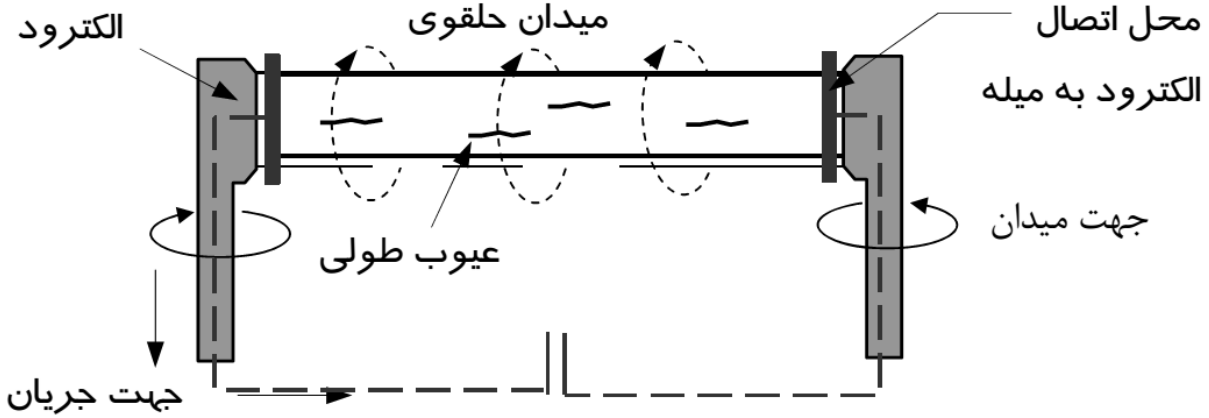
ب - مواد فلورسنتی حداقل ۱/ ۰ درصد و حداکثر ۴/ ۰ درصد مجاز می باشد.

تکنیک ها و روشهای آزمایش



۱- تکنیک محوری (*Bar Magnetism*)

این روش مخصوص آزمایش قطعات یک تکه و توپر می باشد که با قرار گرفتن در مسیر جریان الکتریکی، هادی جریان شده و میدان های حلقوی پیرامون آن شکل می گیرند. عیوبی که عمود بر خطوط میدان مغناطیسی باشند (یا نسبت به خطوط میدان حداکثر ۶۰ درجه داشته باشند) قابل شناسایی هستند.



تکنیک ها و روشهای آزمایش

۲- تکنیک محور هادی (***Threaded Bar Technique***)

در این روش از یک میله بعنوان هادی جریان الکتریکی استفاده می شود که قطعات تو خالی با قرار گرفتن روی این میله مورد آزمایش قرار می گیرند.

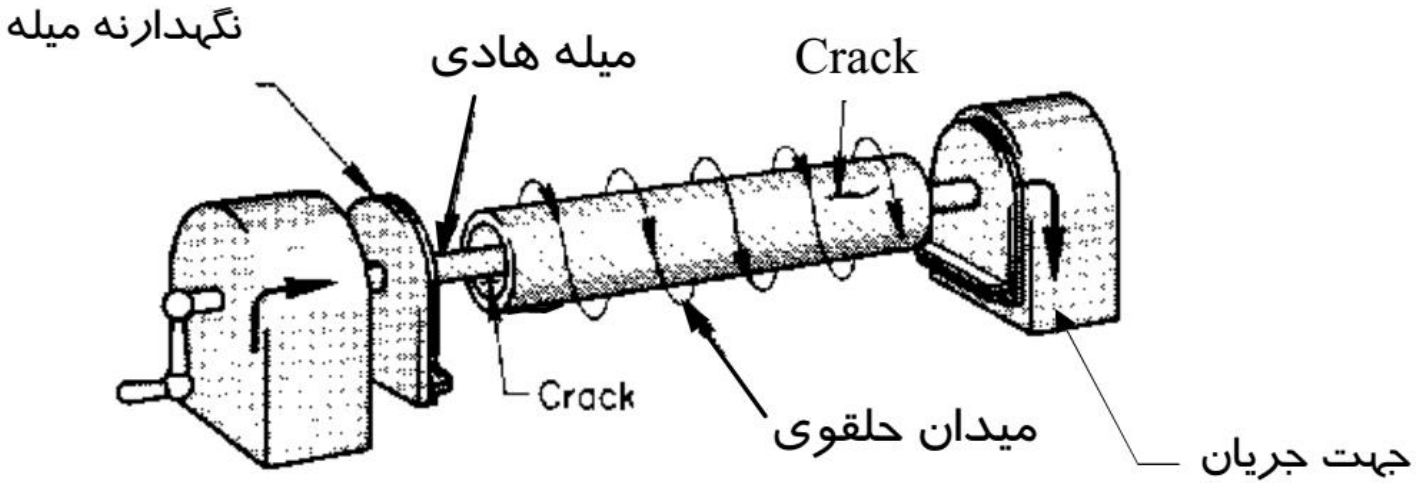
این تکنیک در کارخانه های تولیدی و برای آزمایش قطعات متنوع روش بسیار مناسبی بشمار می آید. اغلب آزمایش ها در شرایط نور ماوراء بنفش و با روش غوطه وری در ماده فلورسنت انجام می گیرد. با این تکنیک عیوب سطوح داخلی و بیرونی قطعات که خطوط میدان را قطع کنند، همزمان قابل آشکارسازی خواهند بود.

تکنیک ها و روشهای آزمایش

۲- تکنیک محور هادی (*Threaded Bar Technique*)

الف- روش محور مرکزی

در ایـن تکنیک، میله ای هادی که از اجزاء اصلی دستگاه محسوب میشود، از درون قطعات عبور نموده و جریـان بـرق هم زمان از درون میله و درون قطعات عبور می نماید.



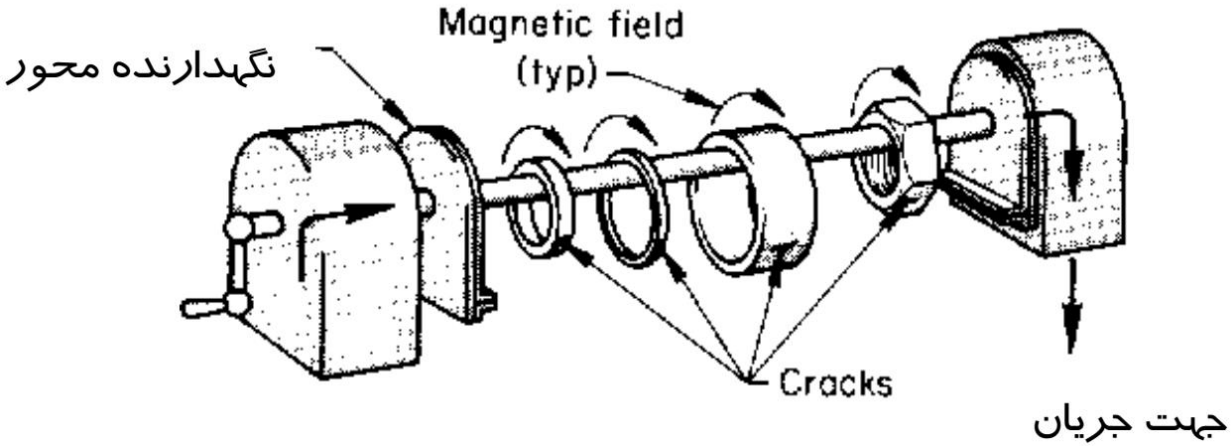
شکل ۲-۲ ، روش مرکزی

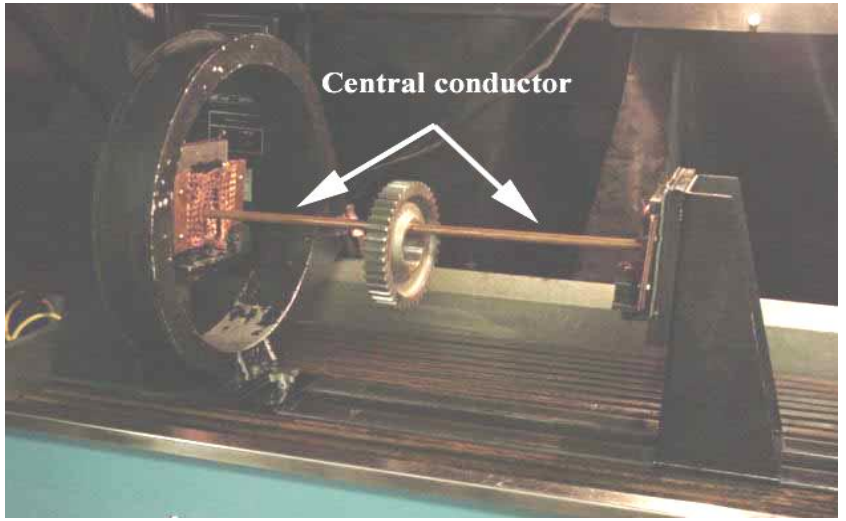
تکنیک ها و روشهای آزمایش

۲- تکنیک محور هادی (*Threader Bar Technique*)

ب- روش غیرمرکزی

در این روش قطعات بدون نگهدارنده میانی روی سطح بالای میله هادی (به صورت خارج از مرکز) سوار می شوند. لذا هیچگاه میدان مغناطیسی یکنواختی به قطعات نمی رسد. در چنین حالتی چنانچه قطعات حرکت دورانی داشته باشند، آشکارسازی عیوب در تمام نقاط بخوبی انجام می گیرد.

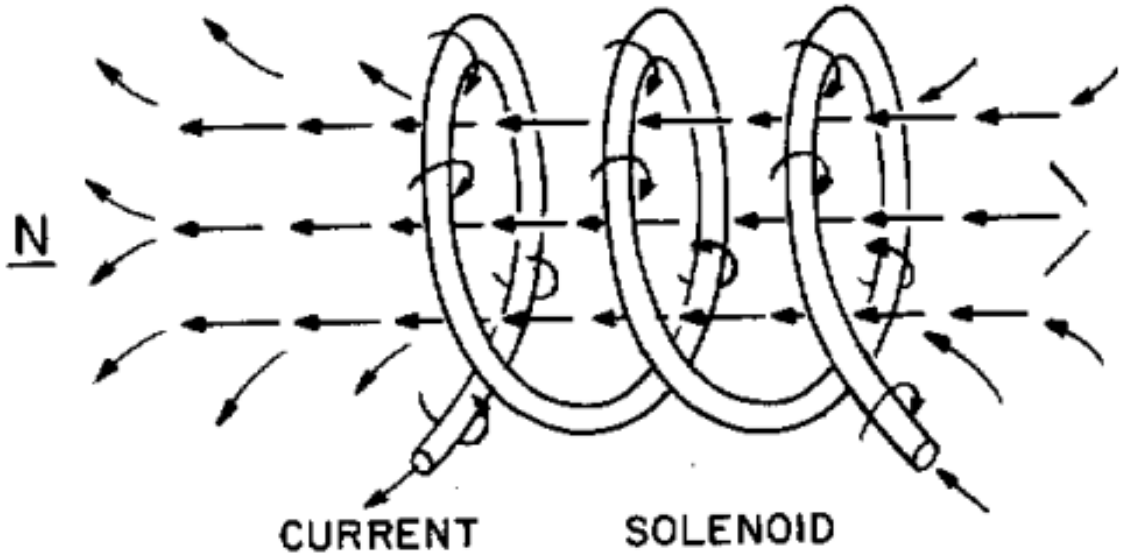




تکنیک ها و روشهای آزمایش

۳- تکنیک سیم پیچ (*Coil Method*)

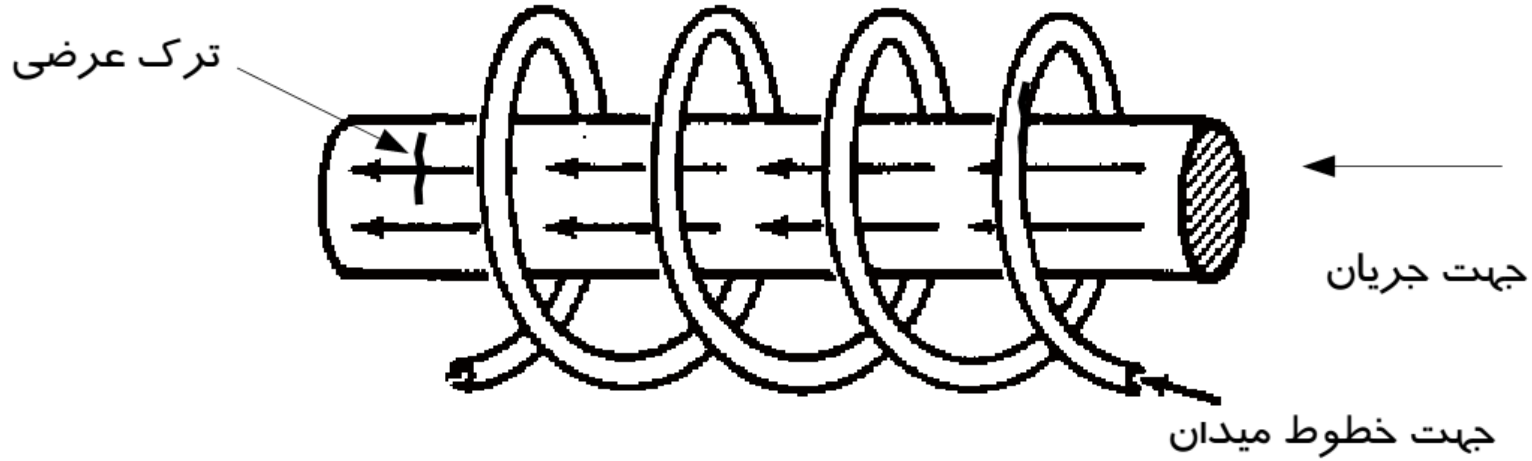
القاء مغناطیسی: چنانچه از سیم پیچی جریان الکتریکی عبور نماید، درون سیم پیچ میدان مغناطیسی القائی شکل می گیرد که خطوط میدان در فضای میانی سیم پیچ هم جهت با جریان الکتریکی درون سیم پیچ خواهد بود.



تکنیک ها و روشهای آزمایش

۳- تکنیک سیم پیچ (*Coil Method*)

نمایش ترک های های عرضی در قطعه فرومغناطیس که به عنوان هسته سیم پیچ قرار گرفته است.



از ایـن روش بـرای آزمـایش و آشـکار سازی عیوب محیطی و عرضی در انواع قطعات خصوصاً قطعات استوانه ای اسـتفاده مـی گردد.

تکنیک ها و روشهای آزمایش

روش آزمایش با تکنیک سیم پیچ

در این روش یک کابل با ضخامت و طول معین بـه دور قطعـه مـورد آزمـایش پیچیده می شود و جریانی متناسب با تعداد دور، قطر و طول سیم پیچ از درون آن می گذرد. با پاشـیدن پودر آهن روی قطعه، عیوب عرضی قطعه نمایان خواهند شد.

سیم پیچ ها در دو حالت ثابت و قابل انعطاف ساخته می شوند. در هر دو حالت نسبت طول سیم پیچ به قطر آن در محاسبه شدت جریان تأثیر می گذارد. حداکثر طول قابل آزمایش با سیم پیچ می تواند ۴۵ سانتی متر باشد.

Ring

WAro

دکتر عبدالواحد کمی، akami@semnan.ac.ir
دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان

تکنیک ها و روشهای آزمایش

محاسبه شدت جریان در تکنیک سیم پیچ

$$AN = \frac{X.D}{L}$$

AN: آمپر دور

X: ضریب ثابت جریان (جریان متناوب ۲۲۰۰۰، جریان مستقیم۳۲۰۰۰ و یکسو شده ۱۱۰۰۰)

D: قطر (سانتی متر یا اینچ): برای سیم پیچ ثابت، قطر کویل و برای سیم پیچ قابل انعطاف، قطر قطعه مورد آزمـایش در محاسـبه منظـور می شود.

L: طول کویل (سانتی متر یا اینچ): اگر نسبت طول به قطر قطعه کمتر از ۱۵ باشد، طول قطعه در رابطـه قـرار می گیرد ولی اگر نسبت طول به قطر بیشتر از ۱۵ گردد، محدوده مؤثر در رابطه منظور می گردد.

تکنیک ها و روشهای آزمایش

محاسبه شدت جریان در تکنیک سیم پیچ

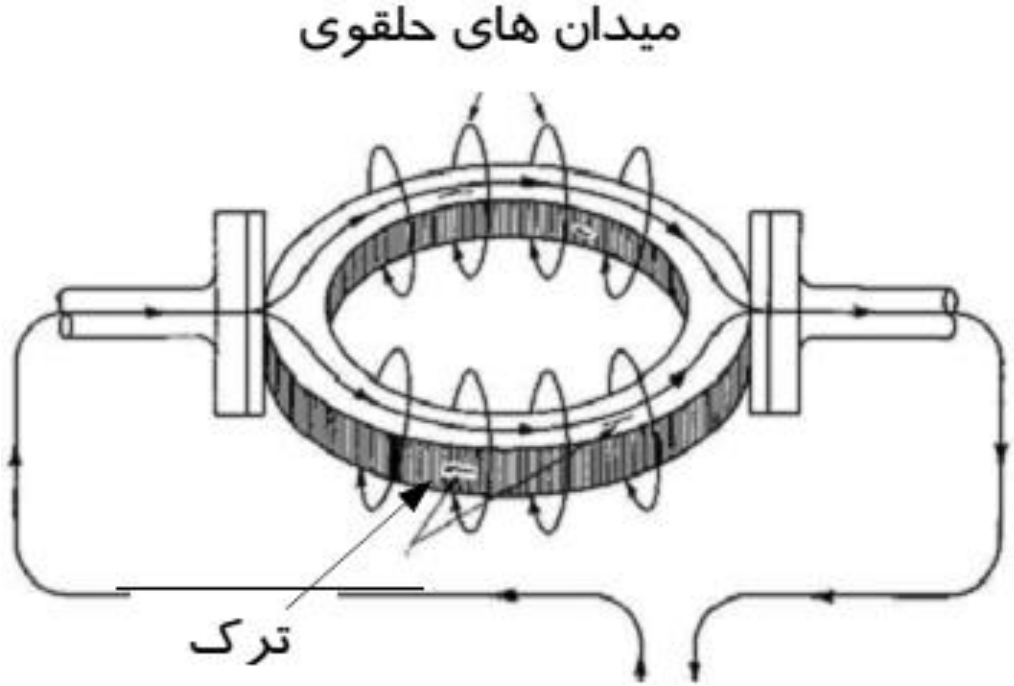
مثال: میله ای به طول ۳۸ و قطر ۲/۵ اینچ با تکنیک کویل ثابت مـورد آزمـایش قـرار گرفته است . قطر سیم پیچ ۶ اینچ و تعداد دورهای آن ۵ می باشد. شدت جریان متناوب مورد نیاز بـرای آزمایش را محاسبه کنید.

$$\boldsymbol{AN = \frac{X.D}{L} \rightarrow A \times 5 = \frac{22000 \times 6}{38}}$$

$$\boldsymbol{A \approx 695\ Amps}$$

دکتر عبدالواحد کمی، akami@semnan.ac.ir | دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان

تکنیک ها و روشهای آزمایش



۴- تکنیک حلقوی (*Magnetic Ring*)

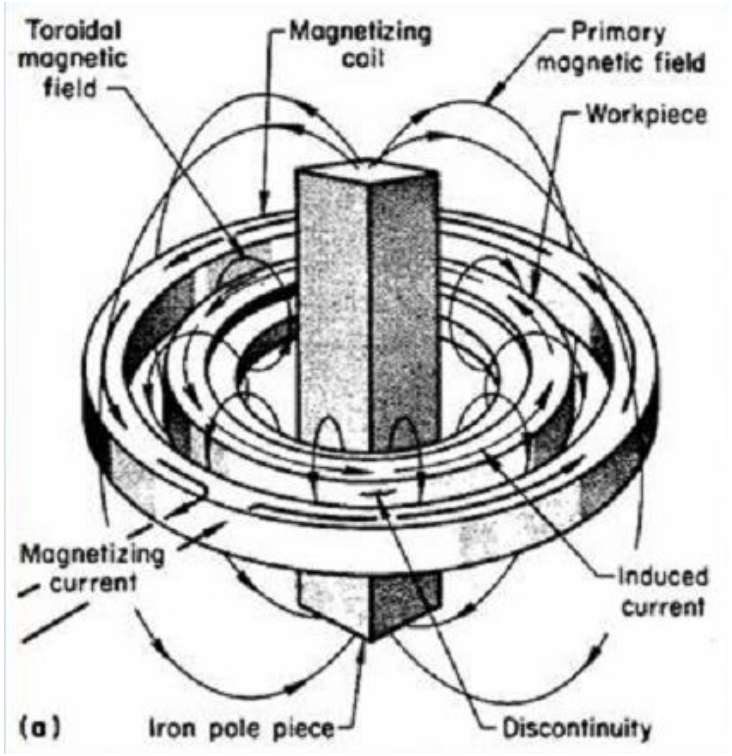
این تکنیک مخصوص آزمایش قطعات حلقه ای شکل در کارخانه های تولیدی و مشابه سازی می باشد.

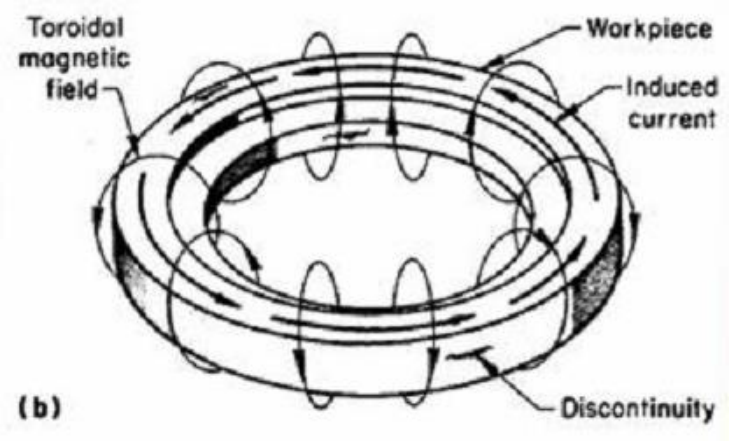
در این روش جریان الکتریکی از یک الکترود وارد حلقه شده و از الکترود ثانویه خارج مـی گـردد . در نتیجـه عبور جریان الکتریکی از بدنه حلقه، خطوط دایره ای شکلی پیرامون بدنه محیطی تشـکیل مـی گردنـد و عیوب متقاطع با چنین میدان های حلقوی آشکار خواهند شد.

تکنیک ها و روشهای آزمایش

۵- تکنیک ایجاد میدان القائی (***Induced Current Magnetization***)

در این تکنیک قطعات بدون تماس مستقیم با جریان الکتریکی و از طریق القاء مغناطیسی خاصیت آهنربائی پیدا می کنند و خطوط میدان در آنها تشکیل می گردد.



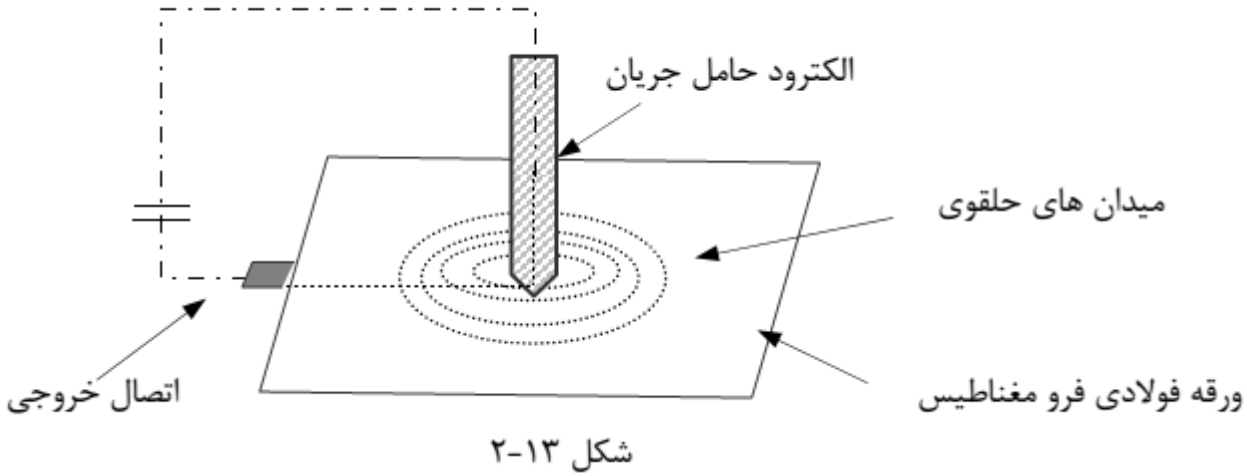


تکنیک ها و روشهای آزمایش

۵- تکنیک ایجاد میدان القائی (***Induced Current Magnetization***)

در روش القائی، یک مفتول آهنی از درون سیم پیچی که حامل جریان الکتریکی است عبور می نماید. در نتیجه عبور مفتول از میان سیم پیچ، میدان مغناطیسی اولیه بین دو سر مفتول بوجود مـی آیـد که باعث تولید جریان گردابی در قطعه خواهد شد. در نتیجه قطعه القاء مغناطیسی شده و خطوط حلقوی ثانویه ای پیرامون آن تولید می گردند. در این روش فقط عیوب محیطی قابل آشکارسازی می باشند.

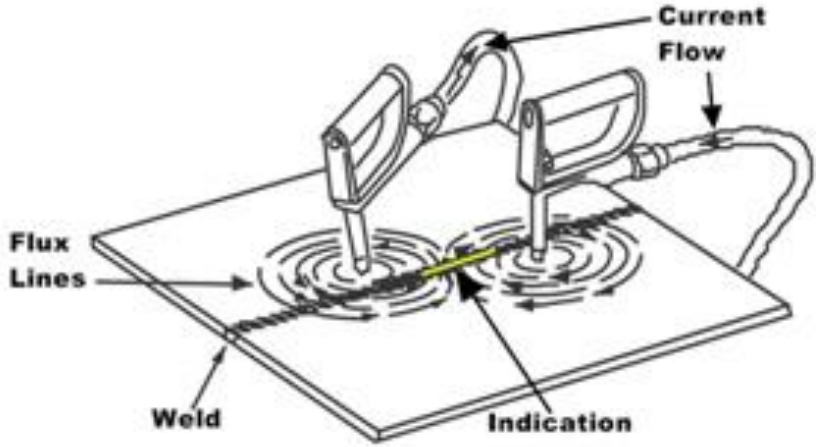
تکنیک ها و روشهای آزمایش

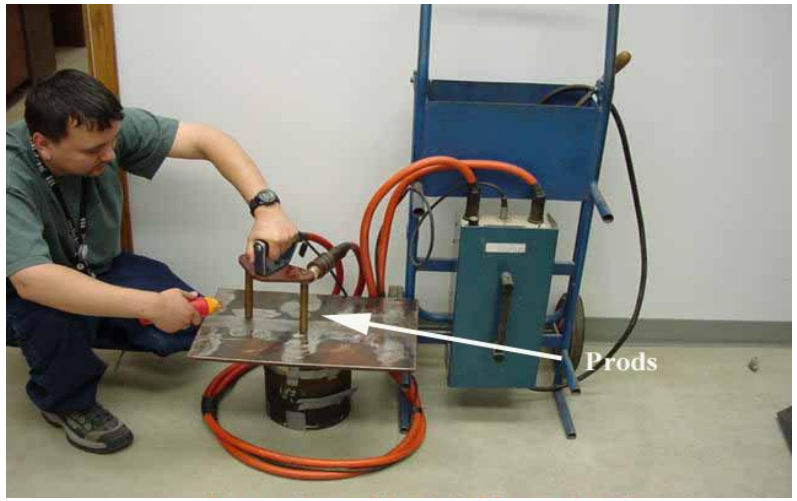


شکل ۱۳-۲

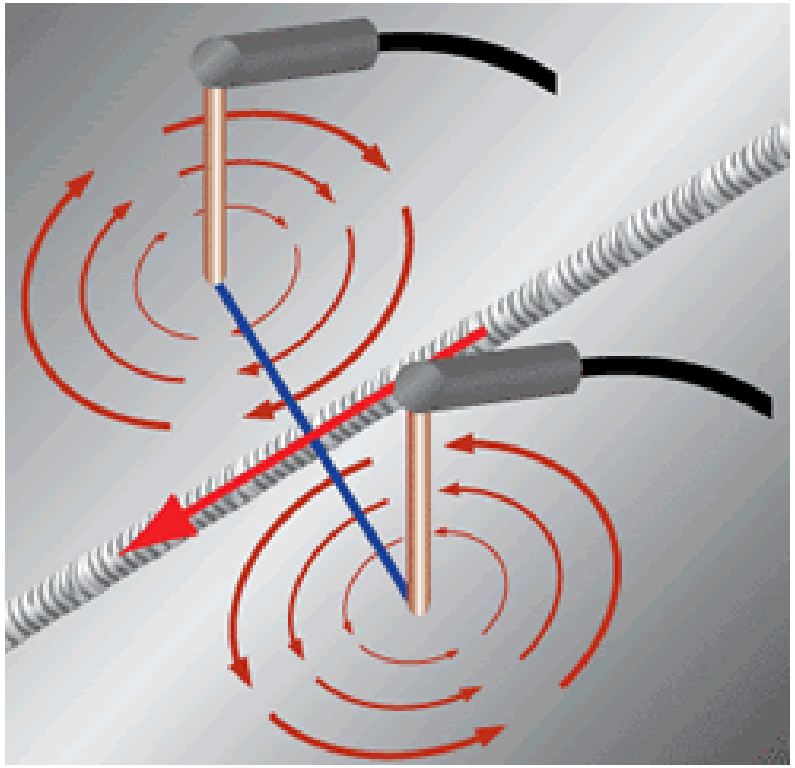
۶- روش الکترودی (***Prod Method***)

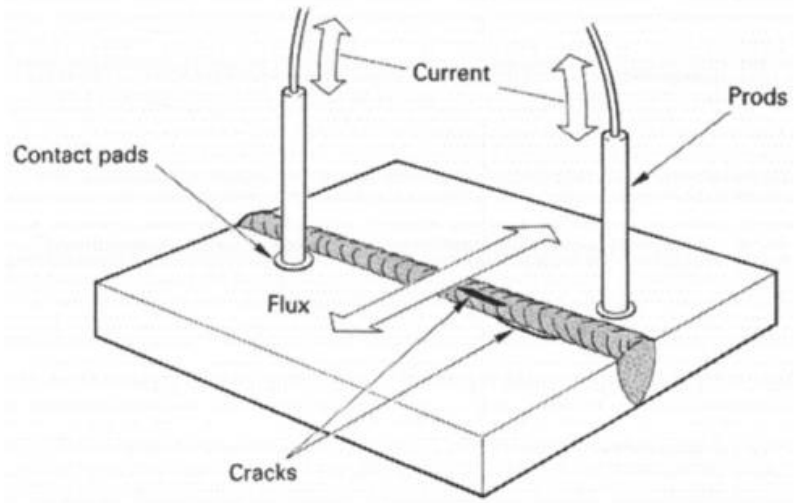
چنانچه از یک هادی فرومغناطیس جریان الکتریسیته عبور نماید، در اطراف هـادی میـدان هـای حلقـوی بوجود می آیند. از چنین خاصیتی برای تولید میدان های حلقـوی و آزمـایش ذرات مغناطیسـی بـا روش الکترودی استفاده می گردد.





تکنیک ها و روشهای آزمایش





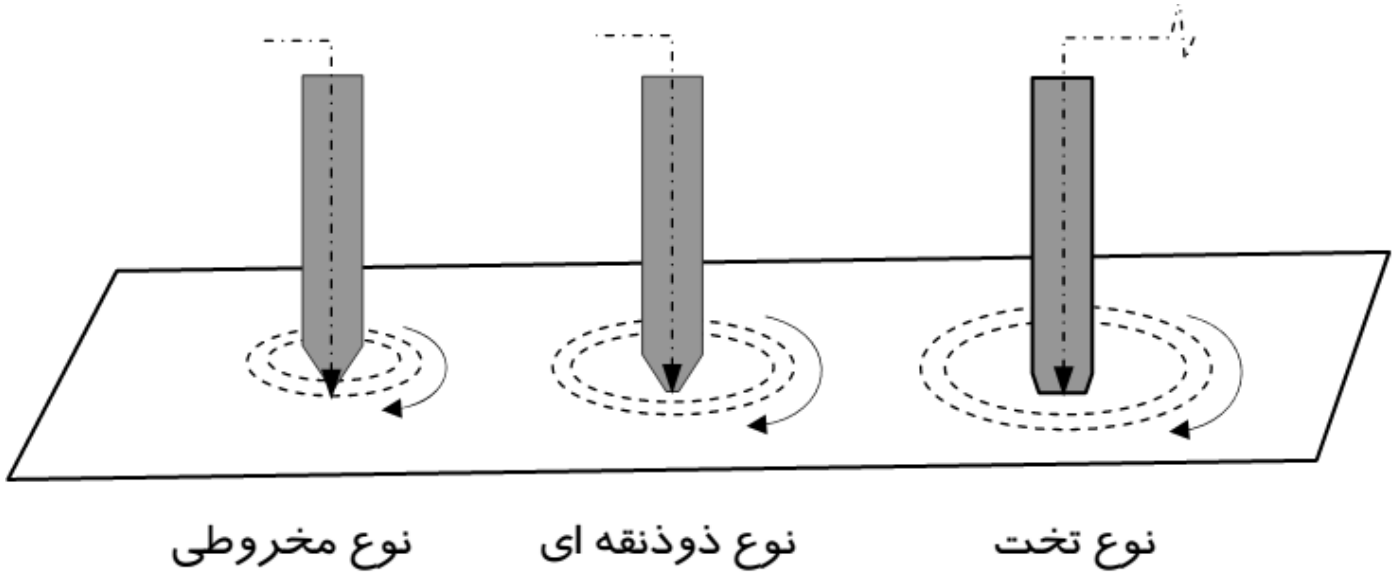
۶- روش الکترودی (***Prod Method***)

در این تکنیک، عیوبی قابل آشکار خواهند بود که در فاصله بین دو الکترود خطوط حلقوی بین میدان ها را بطور عمودی قطع نمایند. در چنین حالتی با پاشیدن ذرات آهن، عیب آشکار می گردد.

تکنیک ها و روشهای آزمایش

۶- روش الکترودی (***Prod Method***)

جنس الکترود و سطح مقطع تماس آن از مهمترین عوامل در عمق نفوذ مغناطیسی در قطعات است. الکترودها اغلب از جنس مس، آلومینیوم، فولاد، سرب خشک و در اشکال هندسی متفـاوتی سـاخته مـی شوند.



تکنیک ها و روشهای آزمایش

۶- روش الکترودی (***Prod Method***)

۱- سطح کار باید کاملاً عاری از هرگونه عایق جریان الکتریکی نظیر رنـگ و مـواد چـرب باشد.

۲- در زمان اتصال الکترود روی سطح کار، هرگونه لرزش، لغزش و تکان خوردن الکترود موجـب جرقـه و بروز ترکهای ستاره ای می گردد.

۳- طولانی شدن زمان اتصال ممکن است موجب گرم شدن و یا سوختن نقطـه تمـاس گـردد.

۴- استفاده از این روش در اماکن آلوده به گاز مانند واحدهای نفت و گاز بسیار خطرناک است.

۵- با توجه به احتمال جرقه، از این تکنیک برای آزمایش قطعات ظریف و حساس اسـتفاده نمـی گـردد.

تکنیک ها و روشهای آزمایش

۶- روش الکترودی (***Prod Method***)

۶- تنها عیوبی قابل آشکار هستند که خطوط میدان هـای حلقـوی پیرامـون دو الکتـرود را قطع کنند.

۷- انتخاب شدت جریان به جنس قطعه مورد آزمایش، نوع جریان و فاصله بین الکترودها بسـتگی دارد. معمولاً برای هر ۲۵ میلی متر فاصله بین دو الکترود و آزمایش روی فولادهای کربنی ساده و کـم آلیـاژ حدود ۱۰۰ آمپر کافی است. حداقل فاصله بین الکترودها نباید از ۸۰ میلی متر کمتر گردد.

۸- فاصله بین دو الکترود به ضخامت و جنس قطعه کار، شدت جریـان و جـنس الکتـرود بستگی دارد و بایـد در حدی باشد که خطوط میدان مؤثر از هر الکترود، ناپیوستگی را قطع نمایند. بطور تجربـی فاصـله بـین دو الکترود برای نرم مغناطیس ها حداکثر ۲۰ سانتی متر می باشد.

تکنیک ها و روشهای آزمایش

۶- روش الکترودی (***Prod Method***)

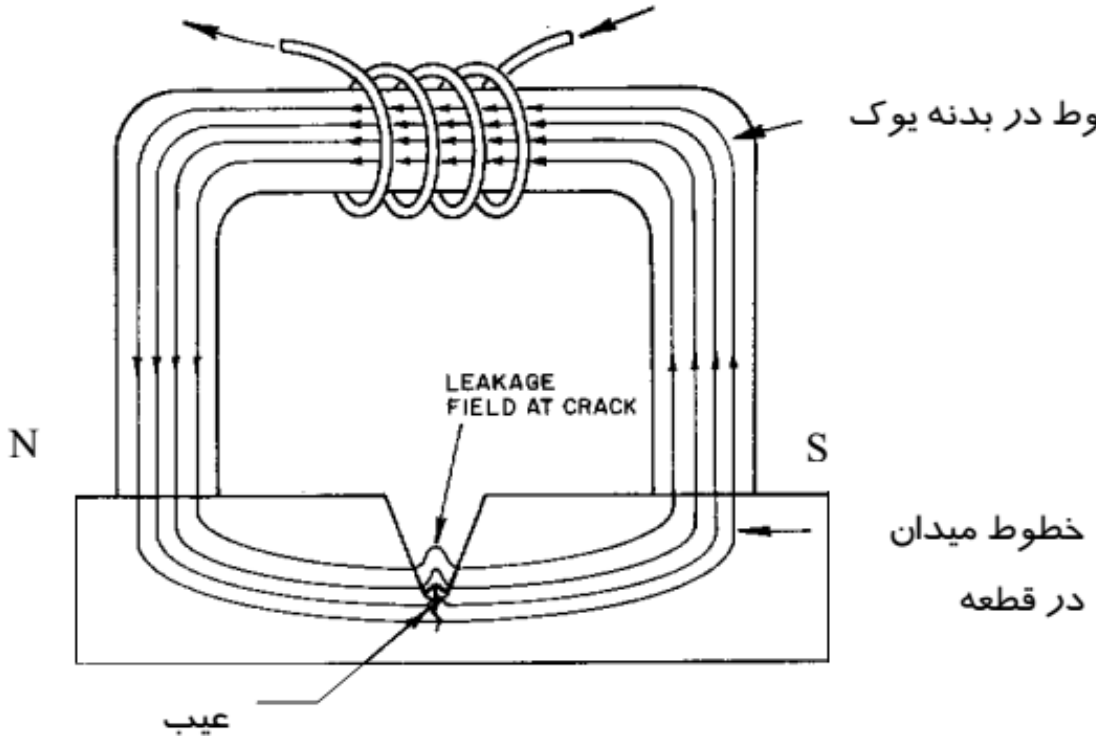
۹- هر چه نوک الکترود تیزتر باشد احتمال جرقه بیشتر و هر چه نوک الکترود تخت تر باشد گرمای بیشتری هدر خواهد رفت.

۱۰- برای اتصال مناسب، باید نوک الکترودها عاری از اکسید و آلودگی باشد.

تکنیک ها و روشهای آزمایش

۷- روش دو قطبی یا روش یوک (*Yoke Technique*)

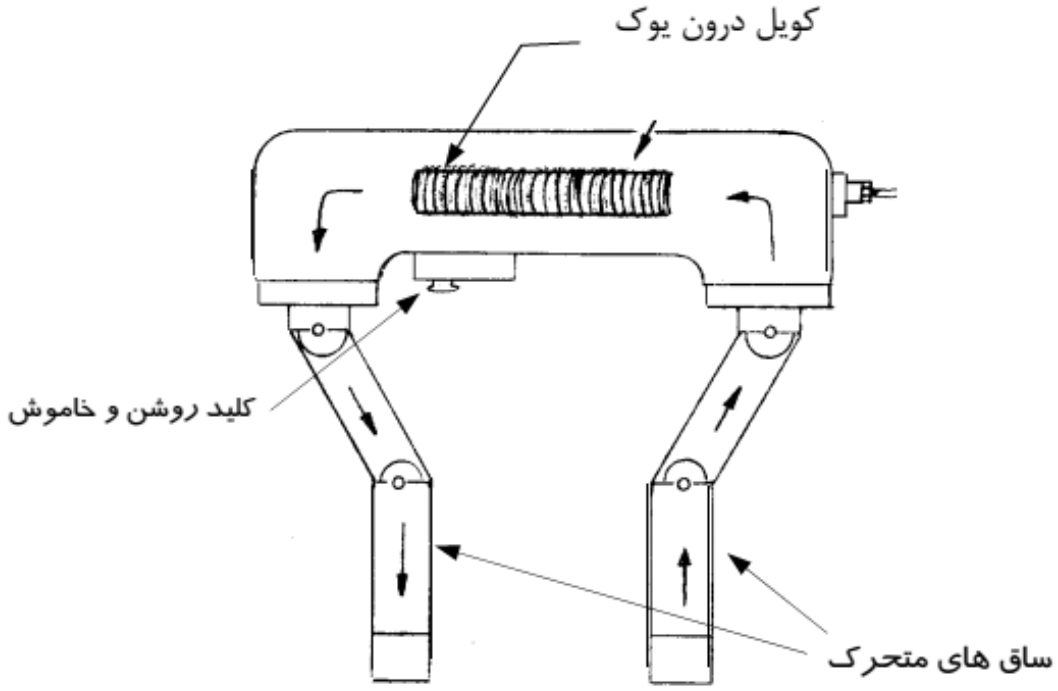
بطور کلی ایجاد میدان مغناطیسی با آهنربای دو قطبی از نوع آهنربای دائمی و یـا الکتریکـی را تکنیـک یوک (*Yoke*) می گویند.



تکنیک ها و روشهای آزمایش

۷- روش دو قطبی یا روش یوک (***Yoke Technique***)

دو ساق یوک مطابق با سطح تماس قابل انعطاف بوده و برای آزمایش قطعات غیرتخت و مرکب کاربرد دارد.



تکنیک ها و روشهای آزمایش

برتری های روش یوک

در این تکنیک جریان الکتریکی فقط در مدار سیم پیچ فعال است و آنچه در سطح قطعه عمل می‌کند میدان مغناطیسی القاء شده‌ای است که بجز آهنربا نمودن سطح قطعه مورد آزمایش، اثر دیگری در قطعه ندارد. بنابراین با این تکنیک هیچ‌گونه احتمالی برای جرقه و تولید گرما وجود ندارد.

نوع جریان

دستگاه های تکنیک یوک با هر دو جریان متناوب و مستقیم ساخته می شوند. دستگاه یوک با جریان مستقیم میدان قوی‌تری می‌سازد و قادر به آشکارسازی عیوبی تا عمق ۶ میلی‌متر است.

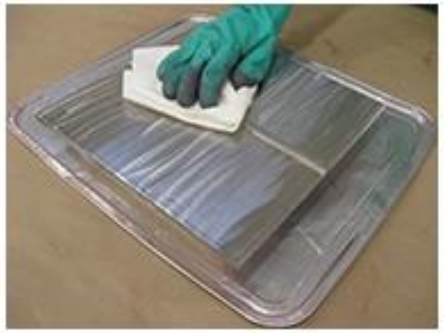
تکنیک ها و روشهای آزمایش

آزمایش قدرت میدان مغناطیسی

یکی از فاکتورهای مهم در کاربرد دستگاه یوک، قدرت میدان مغناطیسی برای آشکار نمودن عیوب است که با روش بلند کردن وزنه (ورق فولادی) آزمایش می شود.

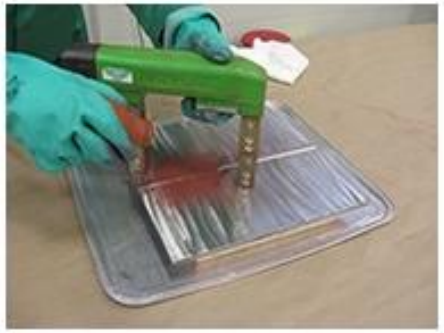
طبق استاندارد ASTM E709، یک دستگاه یوک با جریان متناوب باید وزنه ۴/۵ کیلوئی و با جریان مستقیم وزنه ۱۸ کیلوئی را بلند نماید.

مراحل آزمایش به روش یوک

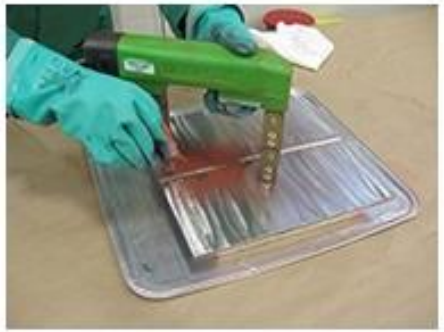


1.
Clean the surface to be examined. This may be accomplished using detergents, organic solvents, descaling solutions, paint removers, vapor degreasing, sand or grit blasting, or ultrasonic cleaning methods.

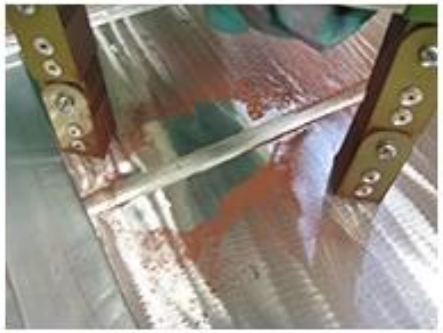
2.
Introduce a magnetic field into the part.



3.
Apply the ferromagnetic medium while the part is still magnetized.



4.
Remove excess ferromagnetic medium with a light air stream from a bulb, syringe, or other source of low-pressure dry air.



5.
Interpret and evaluate any indications to the applicable acceptance standard.

6.
Turn the yoke 90 degrees from the original position and repeat steps 2-5. Clean and demagnetize if necessary.

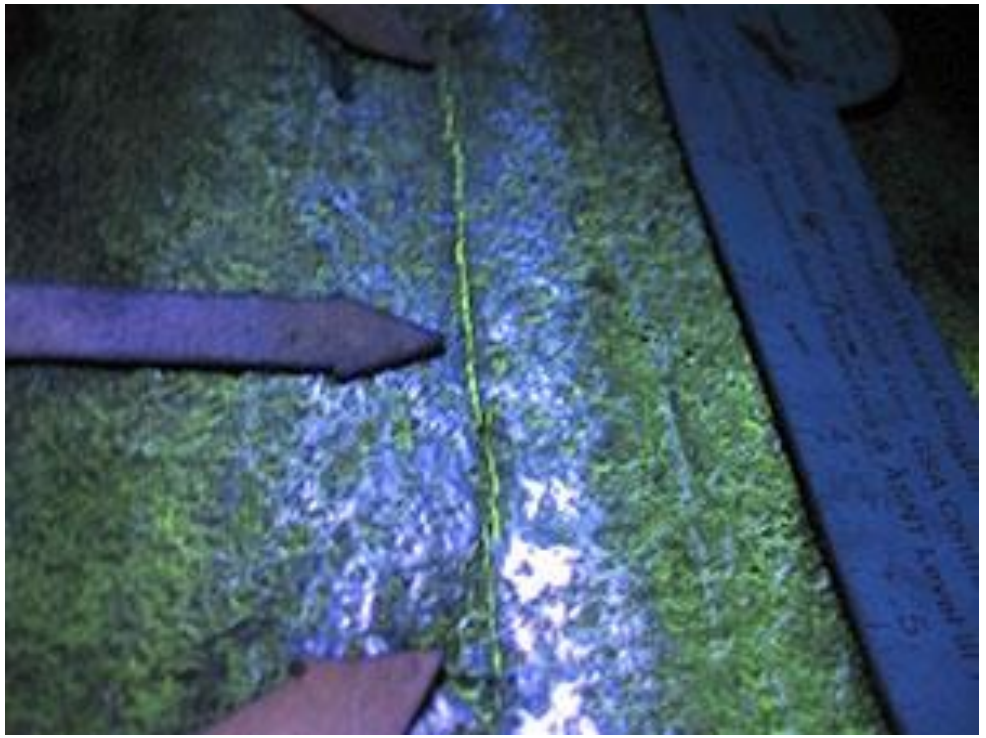
چند نمونه از کاربردهای عملی روش یوک

MT examination of the longitudinal seam on an inservice boiler.

MT examination of a lifting lug weld on an inservice boiler.

چند نمونه از کاربردهای عملی روش یوک

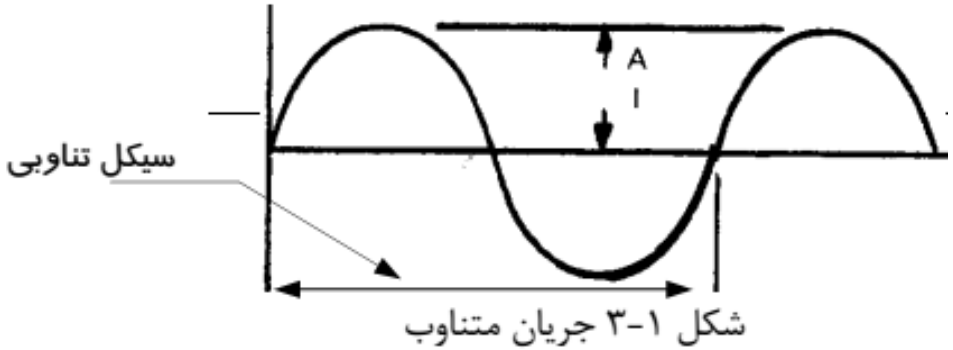
Use of an AC yoke in the MT process to detect fatigue-type discontinuities in welded seams of a steam drum during inservice evaluation.



Wet fluorescent MT process showing a crack in a steam drum circumferential weld seam.

دکتر عبدالواحد کمی، akami@semnan.ac.ir
دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان

انواع جریان های الکتریکی



شکل ۱-۳ جریان متناوب

۱- جریان متناوب (AC)

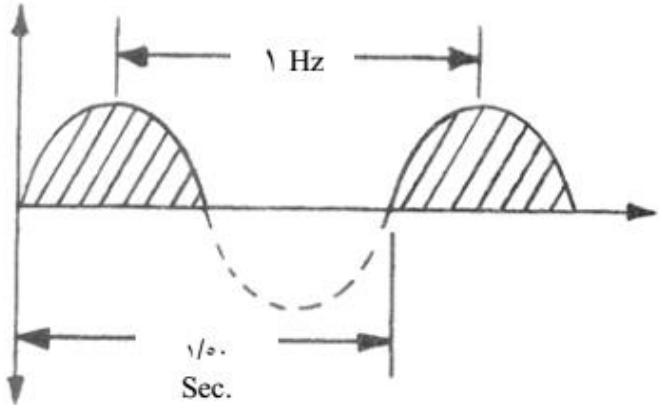
- میدان مغناطیسی تولید شده بـا جریان متناوب بدلیل اثر سطح (Skin effect) فقط در عمق بسیار کمی از سطح قطعات نفوذ مـی کنـد. بنـابراین بـرای آشکارسازی عیوب زیر سطحی در عمق قطعات فقط از جریان مستقیم استفاده می شود.
- اثر سطح موجب برتری جریـان متنـاوب برای آشکارسازی عیوب بسیار ریز و سطحی می باشد.
- متناسب با تناوب جریان، قطعات مورد آزمـایش به تناوب خاصیت آهنربائی خود را از دست می دهند. بنابراین در لحظه قطع میدان ممکن است هیچ اثر آهنربائی در قطعه دیده نشود و ترکیب ذرات بهم بخورد.

انواع جریان های الکتریکی

۱- جریان متناوب (AC)

عمق نفوذ جریان متناوب به جنس قطعات مورد آزمایش و فرکانس جریان بستگی دارد . عمق نفوذ جریان متناوب در فولادهای کربنی بین ۲ تا ۳ میلی متر است.

انواع جریان های الکتریکی



۲- جریان مستقیم (جریان یکسو شده نیم موج)

- این نوع جریان مستقیم از طریق یکسو سازی و حذف فاز منفی در جریان متناوب تک فاز بوجود می آید. چنین جریانی برای آزمایش ذرات مغناطیسی با تکنیک الکترودی و آشکارسازی عیوب زیر سطحی بسیار مناسب است.
- ایجاد میدان در فازهای مثبت و خنثی بودن میدان در فازهای منفی، موجب لرزش خفیف ذرات شده و نفوذپذیری خطوط میدان تقویت می شود.
- جریان مستقیم یکسو شده نیم موج با روش ذرات پودر خشک، عمق نفوذی معادل ۶ میلی متر (در فولاد کربنی) بوجود می آورد.

انواع جریان های الکتریکی

۳- جریان مستقیم (جریان یکسو شده تمام موج)

- در این نوع جریان بکمک چند یکسو کننده، فاز منفی جریان متناوب معکوس شده و در فاز مثبت قرار می گیرد. با چنین جریانی میدان مغناطیسی قویتری بوجود می آید و در نتیجه مدت زمان مغناطیس نمودن کاهش می یابد.

۴- جریان مستقیم (جریان یکسو شده سه فاز)

- جریان متناوب سه فاز یکسو شده
- نفوذ خطوط میدان تا عمق زیادی و آشکارسازی عیوب زیر سطح تا عمق ۸ میلی متر

مغناطیس زدائی (*Demagnetization*)

- در انواع روشهای آزمایش ذرات مغناطیسی، اگر قطعات سخت مغناطیس باشند، خاصیت آهنربائی را به آسانی از دست نمی دهند و بخش قابل ملاحظه ای از خاصیت مغناطیسی را در خود حفظ می کنند.

- بطور کلی انجام فرایند مغناطیس زدائی برای قطعاتی با مشخصات زیر ضروری می باشد و اغلب استانداردها نیز این عمل را اجباری می دانند:

۱- قطعاتی که در مجاورت ابزار اندازه گیری الکتریکی قرار می گیرند. مخصوصاً در صنایع دریائی و کشتیرانی.

مغناطیس زدائی (*Demagnetization*)

۲- قطعاتی که بعد از آزمایش باید ماشین کاری شوند.

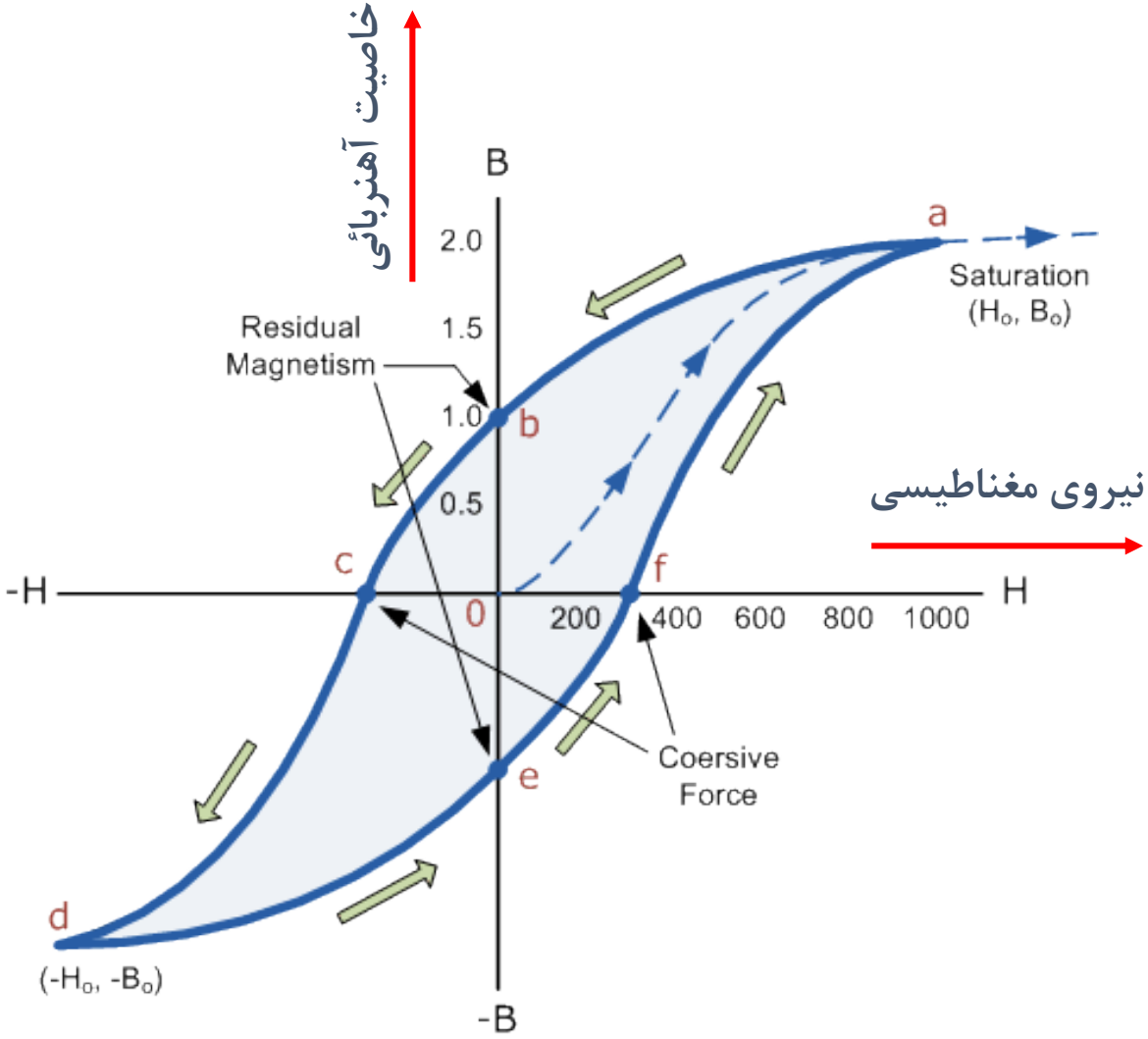
۳- قطعاتی که بعد از آزمایش جوشکاری می شوند.

۴ - قطعاتی که ممکن است مجدداً و با نیروی مغناطیسی کمتری آزمایش گردند .

۵ - قطعاتی که در مجاورت یاتاقان ها و اجزاء حساس ماشین آلات قرار می گیرند.

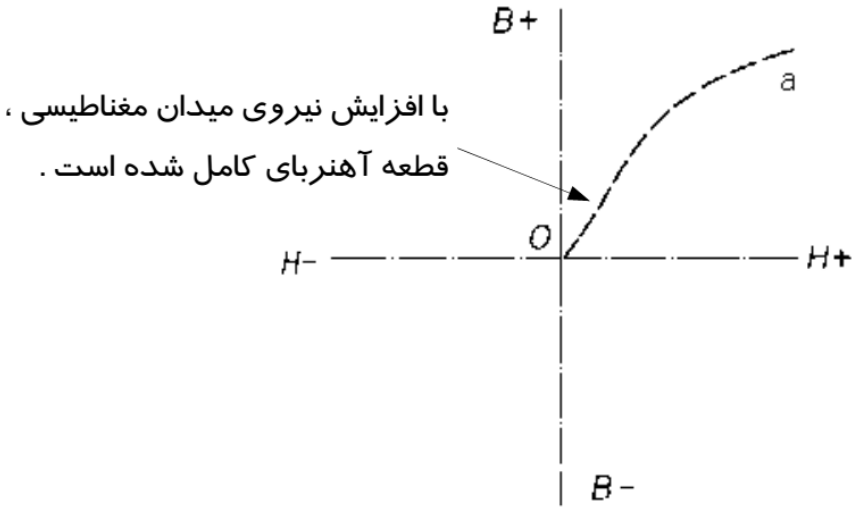
توجه: مواد نرم مغناطیس و قطعاتی که بعد از آزمایش تحت عملیات حرارتی (تنش زدائی) قرار مـی گیرند، لزومی به مغناطیس زدائی ندارند.

نمودار حلقه پسماند (*Hysteresis Loop*)

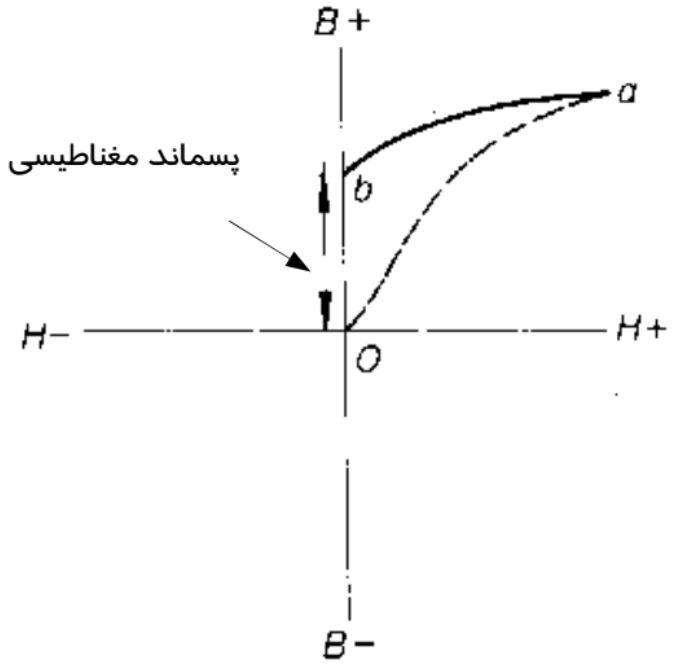


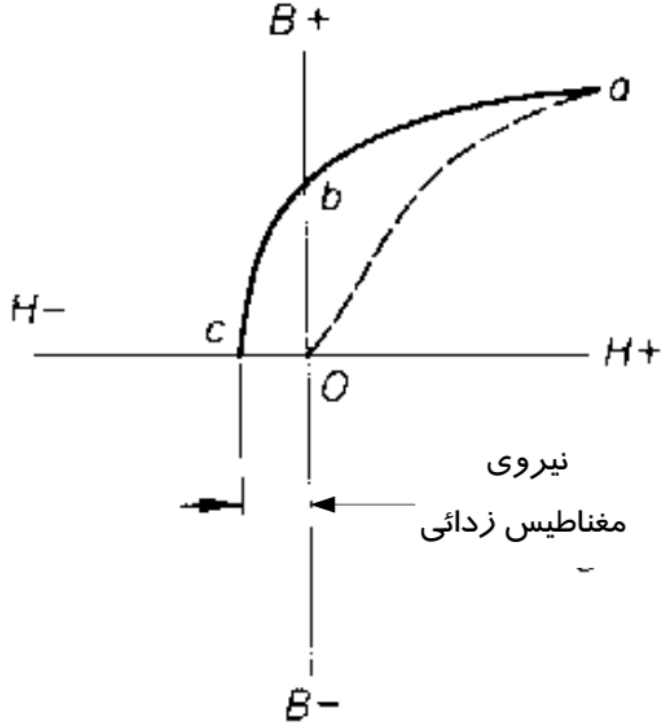
دکتر عبدالواحد کمی، akami@semnan.ac.ir | دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان

نمودار حلقه پسماند (*Hysteresis Loop*)

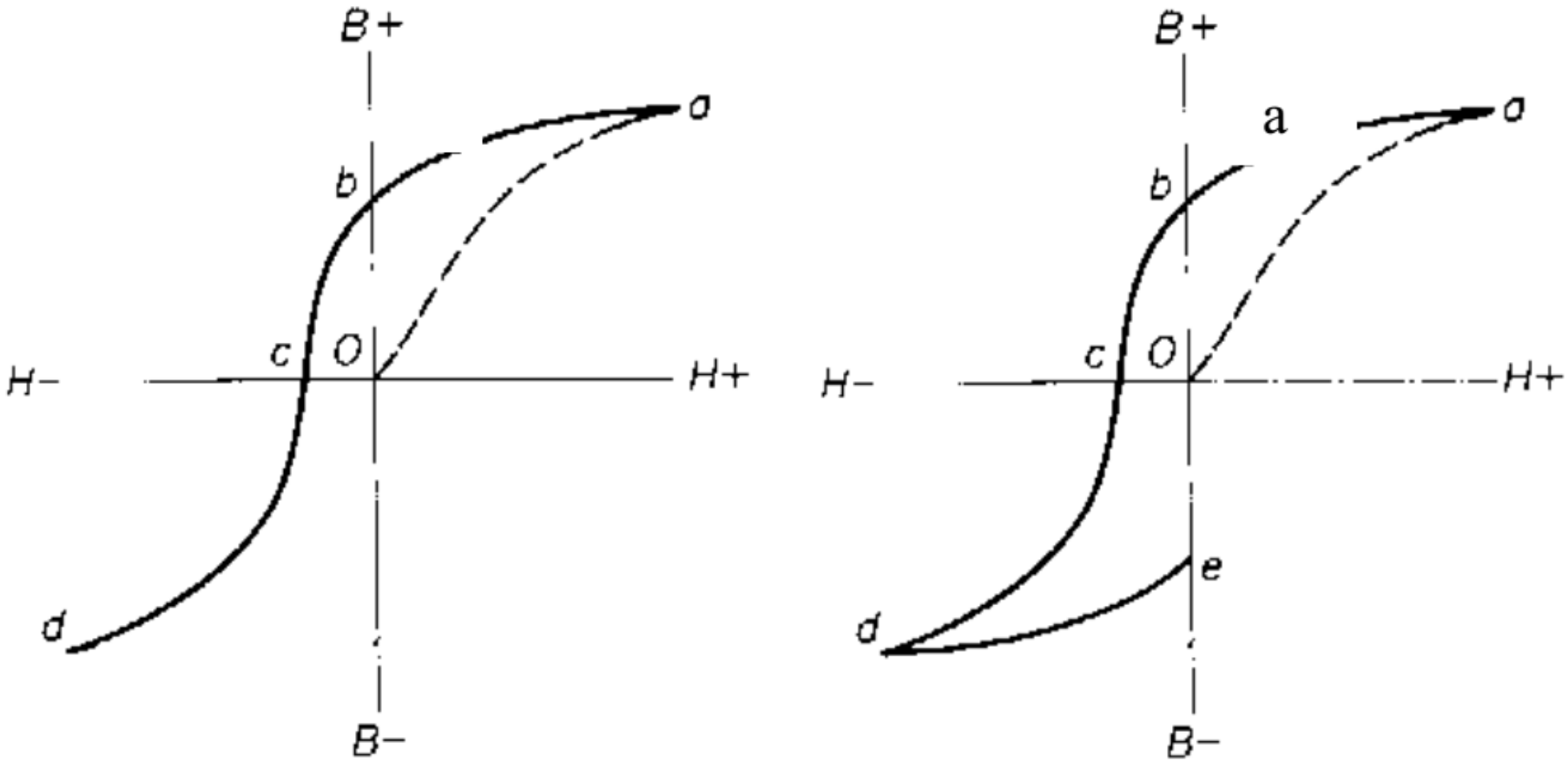


حد اشباع مغناطیسی



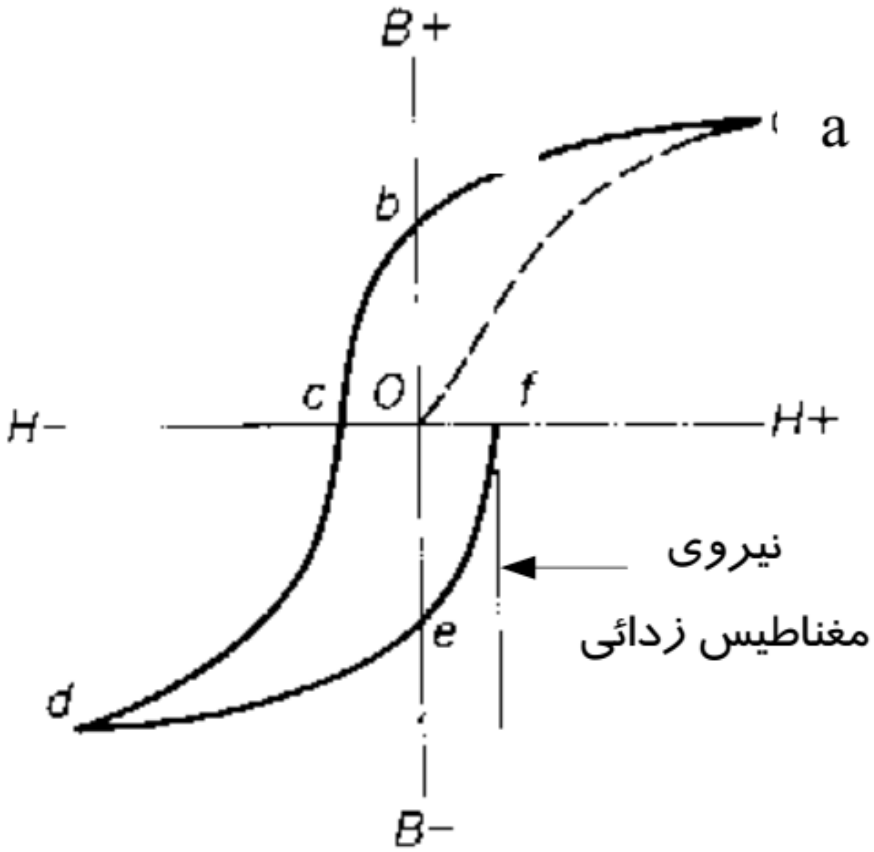


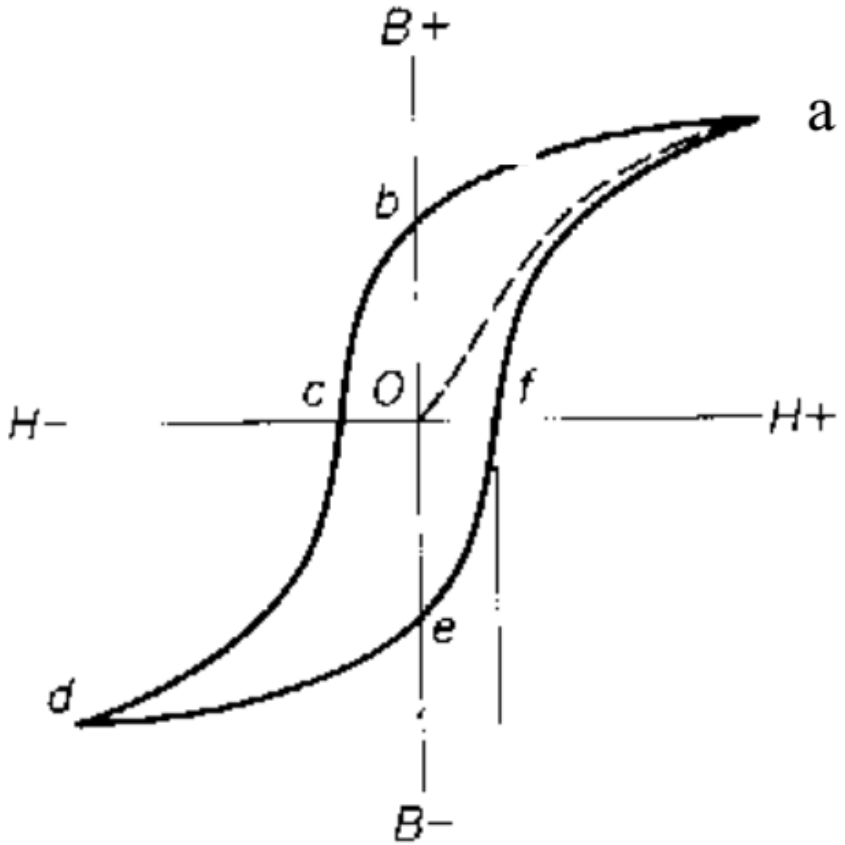
نمودار حلقه پسماند (*Hyteresrsis Loop*)



دکتر عبدالواحد کمی، akami@semnan.ac.ir
دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان

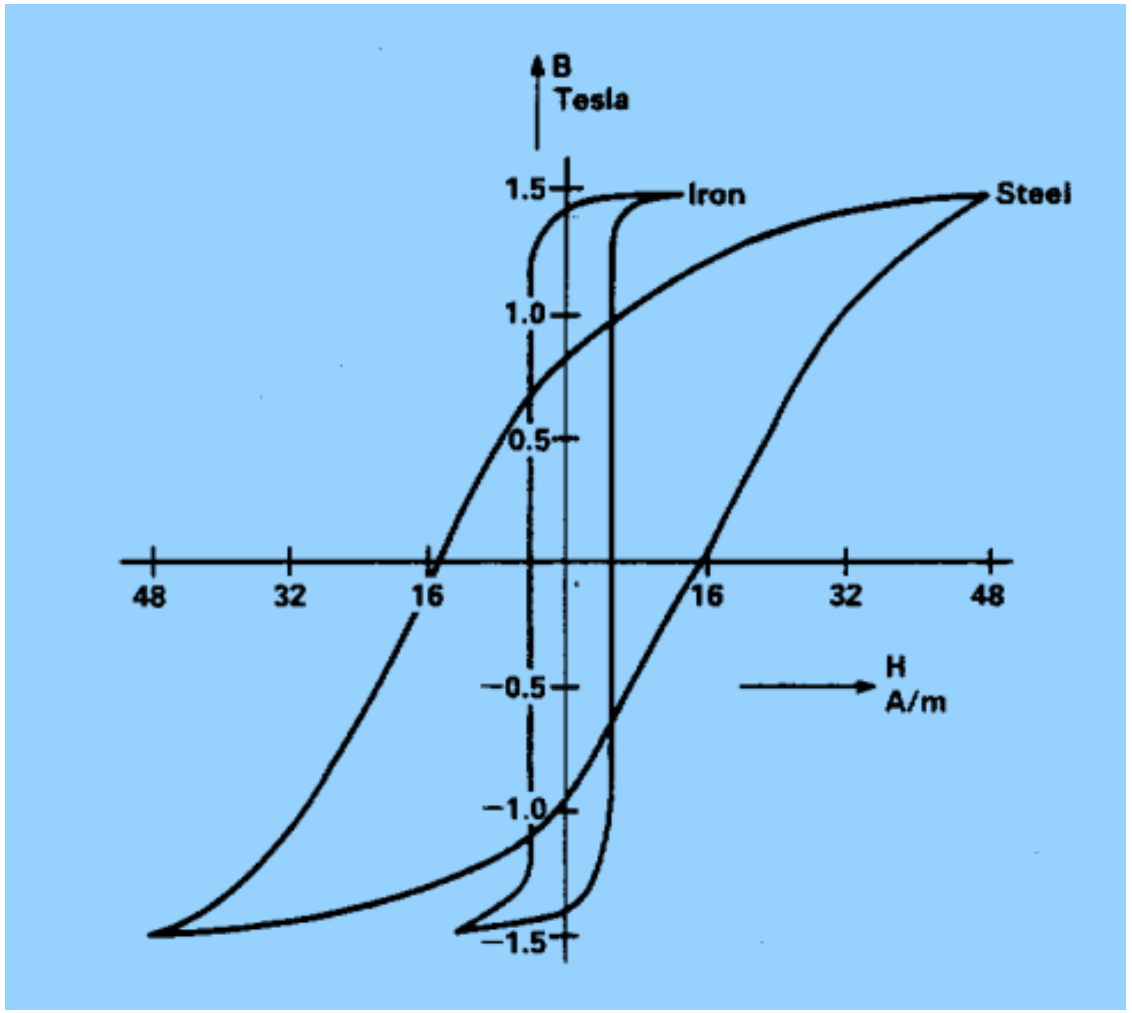
نمودار حلقه پسماند (*Hysteresis Loop*)





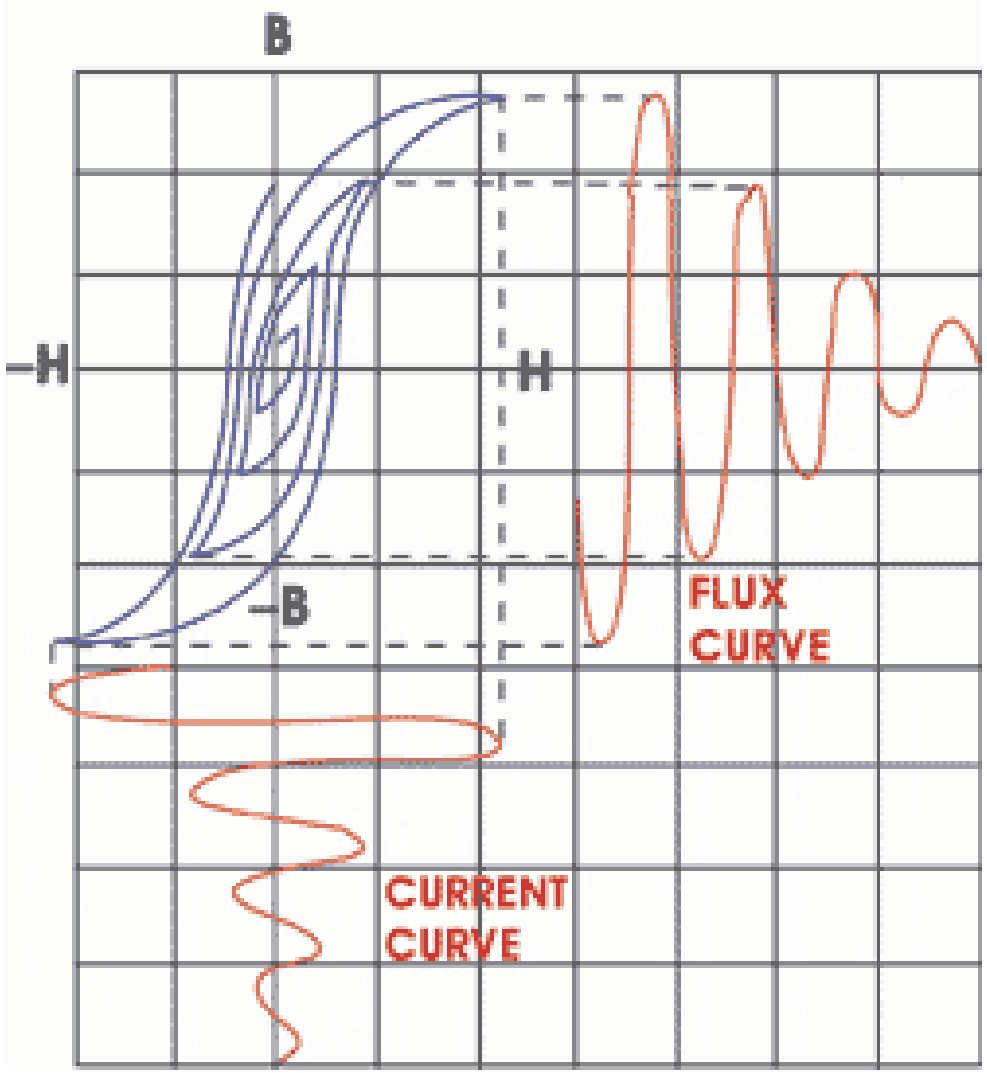
دکتر عبدالواحد کمی، akami@semnan.ac.ir
دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان

نمودار حلقه پسماند (*Hysteresis Loop*)



مطابق با شکل روبرو، قطعه آهنی نسبت به فولاد با کمترین نیروآهنربای کامل می گردد و با کمترین نیروی مغناطیس زدائی، پسماندهای مغناطیسی را از دست می دهد.

روشهای مغناطیس زدائی



۱- عبور قطعات از درون سیم پیچ (*Coil*)

این روش برای قطعات کوچکی که تعداد آنها زیاد باشد، انجام می گیرد. در این روش قطعات در سیم پیچی که حامل جریان متناوب است قرار گرفته و تحت اثر میدان القائی خاصیت آهنربائی را از دست می دهند. خروج قطعات از درون سیم پیچ باید به آرامی انجام گیرد.

روشهای مغناطیس زدائی

۲- یوک با جریان متناوب (*AC Yoke*)

در این روش دو قطب یک دستگاه یوک به آرامی روی سطح قطعه حرکت داده می شود. با این شیوه، خاصیت آهنربائی قطعه در لحظات فاز منفی به صفر (تقریبی) می رسد و با خروج بسیار آرام یوک از سطح قطعه، خاصیت مغناطیسی قطعه از بین خواهد رفت.

۳ - میدان مغناطیسی متناوب (*AC Field*)

این عمل مشابه روش یوک می باشد. در این روش قطعه در میدانی که با جریان متناوب بوجود آمده قرار می گیرد و سپس بتدریج از شدت جریان کاسته می شود. وقتی شدت میدان به صفر برسد قطعه خاصیت آهنربائی را از دست می دهد.

روشهای مغناطیس زدائی

۴- جریان مستقیم معکوس (*Reverse DC direction*)

۵- عملیات حرارتی (*Heat Treatment*)

چنانچه قطعه ای که آهنربا شده تا دمای کوری (*Curie temperature*) حرارت داده شود خاصیت آهنربائی خود را از دست می دهد (دمای کوری فولاد کم کربن ۷۷۰ درجه سانتی‌گراد است).

۶ - ضربه زدن (*Hammering*): در این روش به دلیل ارتعاشات وارده به قطعه، دو قطبی‌های مغناطیسی آرایش نامنظم پیدا کرده و ماده خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهد. از این روش می‌توان برای قطعات بسیار بزرگ که قابل ضربه پذیری هستند، استفاده کرد.

نمونه های مرجع

بمنظور اطمینان از **کارائی تکنیک‌های آزمایش، نوع ذرات** و همچنین **تعیین جهت خطوط میدان‌های مغناطیسی،** شاخص‌های کیفیت با مشخصات خاص برای ارزیابی مجموعه عوامل آزمایش‌ها طراحی شده است.

با قرار گرفتن شاخص در میدانی مشابه با میدان آزمایش و پاشیدن ذرات آهن طبق روش آزمایش، کارائی سیستم مشخص می‌گردد. چنانچه قدرت میدان و کیفیت ذرات به صورت مناسب اختیار شده باشد، شیارهای شاخص قابل رؤیت خواهند بود.

نمونه های مرجع

۱- شاخص نفوذسنج (*Pie gauge*):

ضخامت نمونه که شش ضلعی می باشد ۳/۲ میلی متر است.

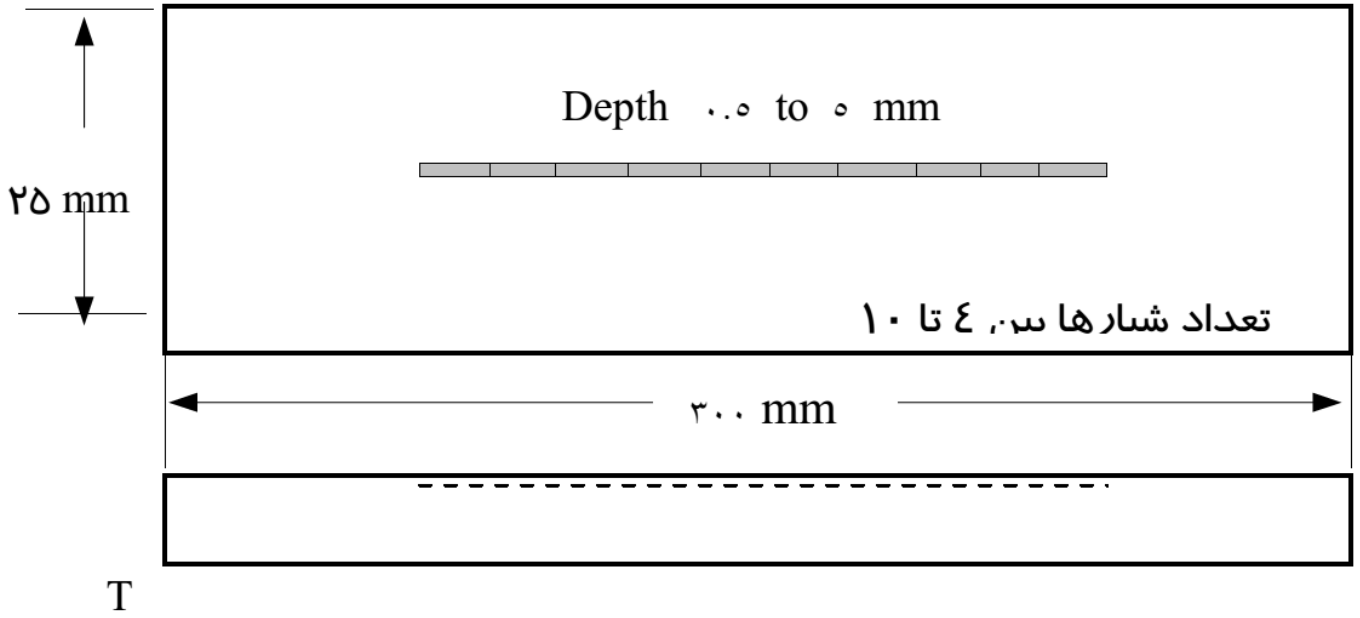
سطح روی نمونه با لایه‌ای مسی به ضخامت ۰۲۵/ ۰ میلی متر پوشانده شده است.

- شیارهای روی شاخص به عمق ۷۵/ ۰ میلی متر هستند که با لحیم کاری درون آنها پر شده است.
- این شاخص برای آزمایش با پودر خشک استفاده می‌شود.
- استفاده از آن برای قطعات دقیق با شکل هندسی پیچیده و یا روش تر (ذرات معلق در سیال) پیشنهاد نمی‌شود.

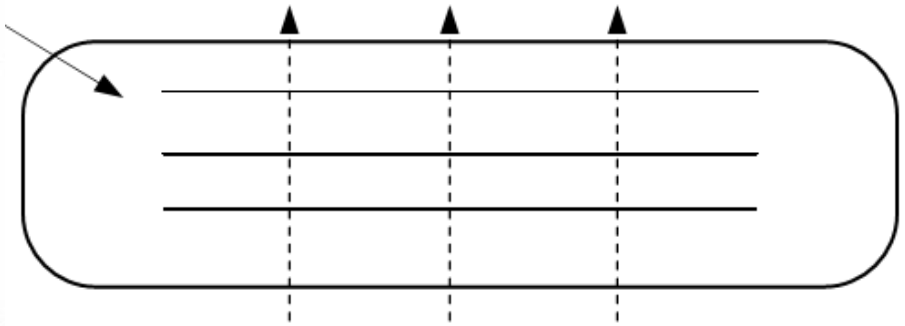
نمونه های مرجع

۲- شاخص برتولد (*Berthold Penetrameter*):

۳- نمونه شیاری



نمونه های مرجع



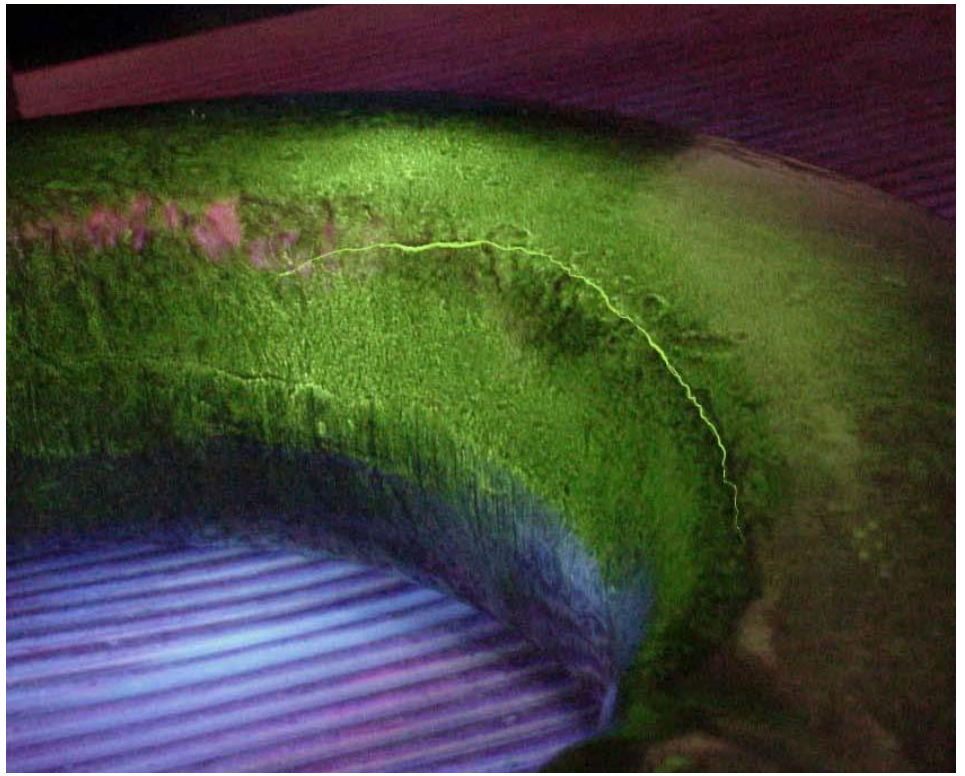
Flux Field

۴- شاخص های سیمی (*Burmah castrol strips- shim*)

این شاخص دارای سه شیار فرزکاری شده با عمق برابر و با عرض های 0.0075، 0.009 و 0.01 اینچ می باشد. شیارها در ورق فولادی با نفوذپذیری بالا ایجاد می شوند. این ورق بین دو لایه برنجی قرار داده می شود. با قرار دادن شاخص در یک میدان مغناطیسی، به نسبت شدت میدان به ترتیب شیارهای ضخیم و سپس نازک نمایان می شوند. این نوع شاخص بیشتر برای آزمایش کیفیت سیال حاوی ذرات مغناطیسی بکار برده می شود.

چند نمونه از کاربردهای روش MT

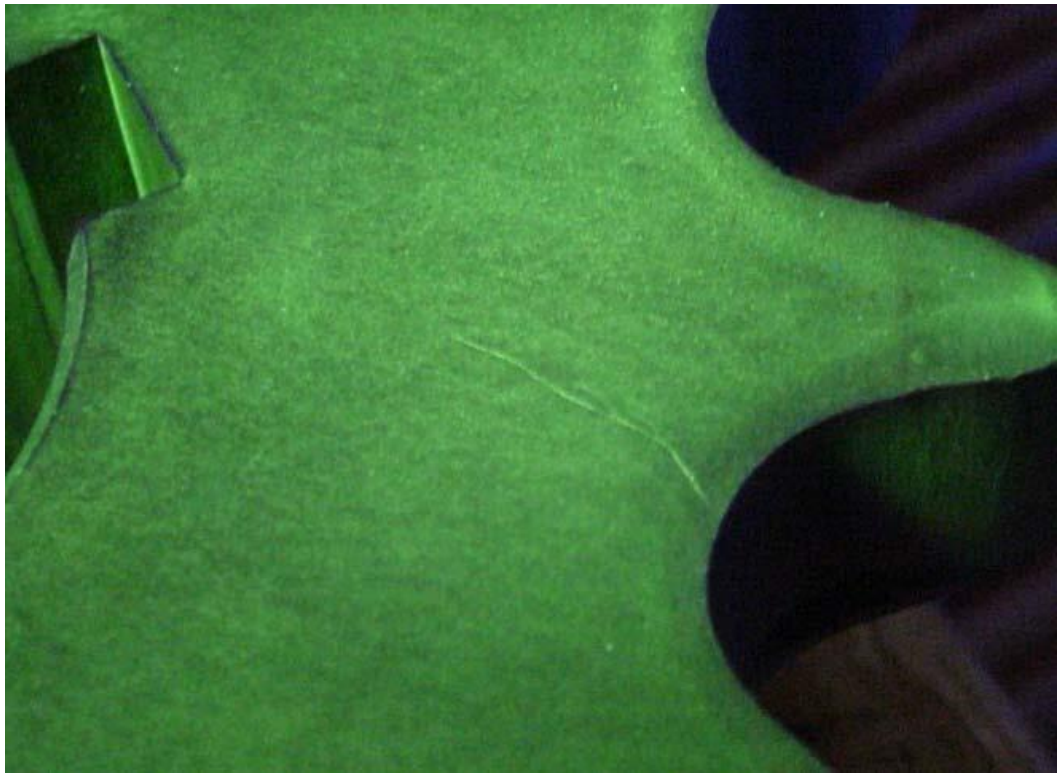
ترک بوجود آمده در قلاب جرثقیل



Fluorescent, Wet Particle Method

چند نمونه از کاربردهای روش MT

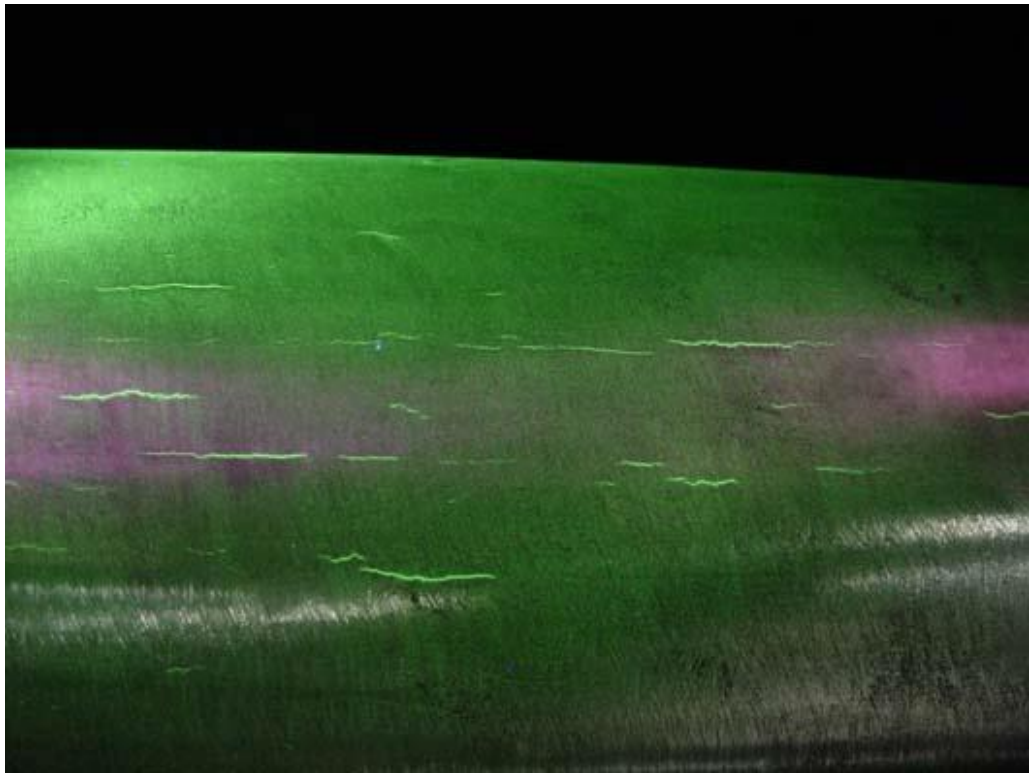
ترک به وجود آمده در چرخ دنده



Fluorescent, Wet Particle Method

چند نمونه از کاربردهای روش MT

ترک بوجود آمده در شفت ناشی از عملیات حرارتی



Fluorescent, Wet Particle Method

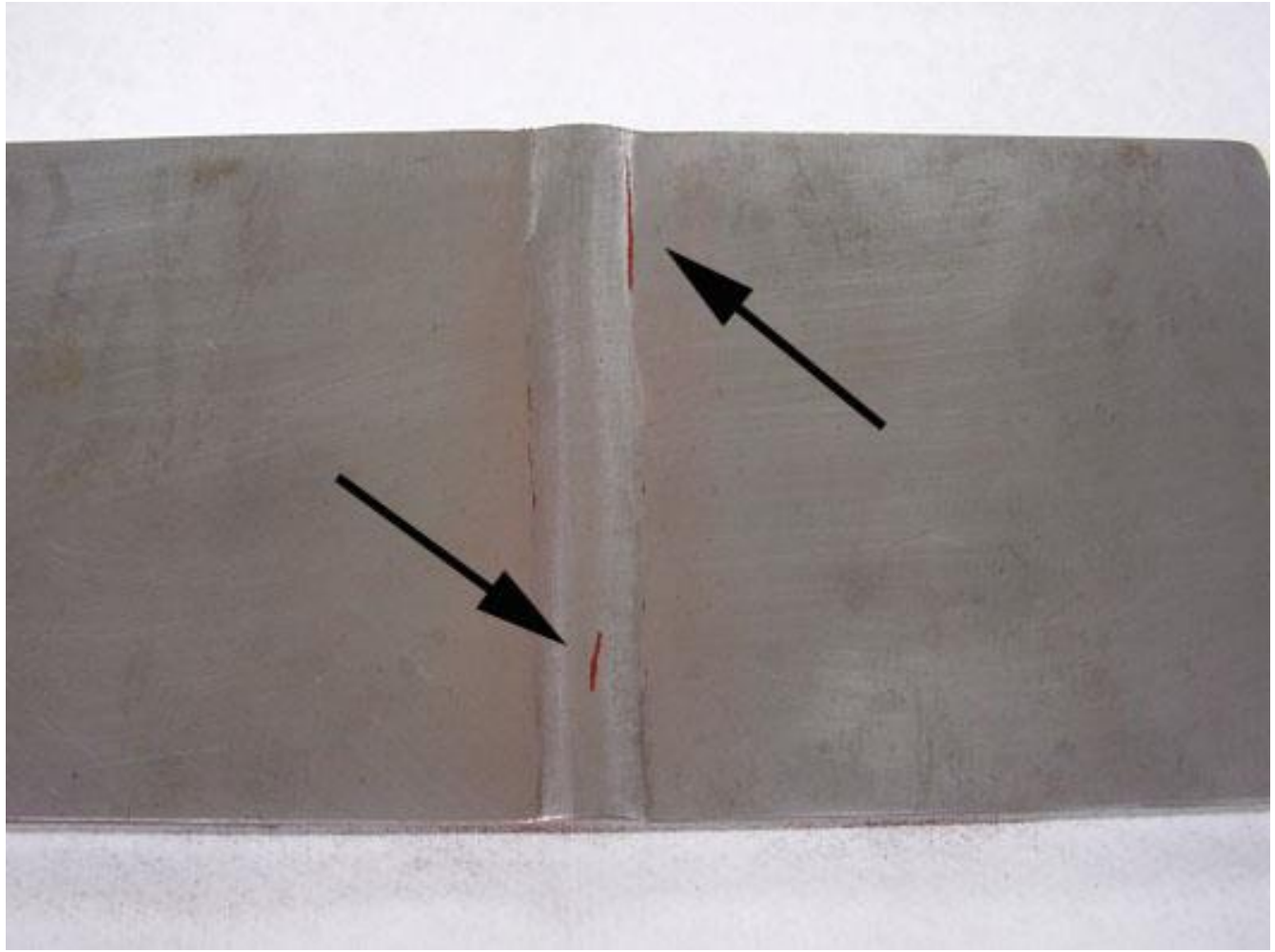
چند نمونه از کاربردهای روش MT

ترک بوجود آمده در یک پیچ بزرگ

Fluorescent, Wet Particle Method

دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان | دکتر عبدالواحد کمی، akami@semnan.ac.ir

چند نمونه از کاربردهای روش MT



Visible, Dry Powder Method

ترک های روی گرده و پای جوش

دکتر عبدالواحد کمی، akami@semnan.ac.ir
دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان