روش‌های بازرسی غیرمخرب تیوب (نویسنده: سید محمدحسن موسوی)

امروزه هرکجا که نیاز به تبخیر، تقطیر و سرد یا گرم کردن سیالات باشد، مبدل حرارتی به‌عنوان یکی از تجهیزات کارآمد مورداستفاده قرار می‌گیرد؛ بنابراین در چرخه‌های تولید و عملیات کارخانه یا مجتمع صنعتی را نمی‌توان یافت که فاقد مبدل‌های حرارتی باشد. مبرهن است به دلیل اهمیت اقتصادی، حصول اطمینان از سلامت لوله‌های مبدل‌های حرارتی امری بسیار مهم و حیاتی است. می‌توان به موارد ذیل به‌منظور بررسی مبدل-های حرارتی با بهره‌گیری از مزایای بازرسی‌های غیر مخرب اشاره داشت:

- ایجاد آگاهی نسبت به وضعیت کیفی و کمی، عمر مفید، نوع عیوب و خرابی‌های تجهیزات
- کاهش و تنظیم دوره‌های بازرسی و تعمیرات اساسی
- کاهش هزینه‌های مربوط به تأمین مواد، بازرسی و تعمیرات

جنس، سایز و نوع تیوب، نوع مبدل و همچنین عیوب مورد انتظار از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده و به‌عنوان یک قاعده جهت انتخاب روش بازرسی مناسب و دستیابی به بیشترین دقت در نتایج آزمایش است.

ازاین‌رو به چهار روش متداول به‌منظور بازرسی تیوب‌ها ازجمله آزمایش ادی کارنت[1]، آزمایش میدان دور[2]، آزمایش بازرسی دوار داخلی (آلتراسونیک)[3] و آزمایش نشت شار میدان مغناطیسی[4] می‌توان اشاره داشت که هرکدام از روش‌های نام‌برده دارای شرایط کاربردی، مزایا و محدودیت‌های مخصوص به خود هستند.

به‌عنوان‌مثال، آزمایش ادی کارنت تنها مختص به مواد مغناطیس بوده و حساسیت خیلی خوبی نسبت به تشخیص عیوب موضعی و کلی حاصل از خوردگی داشته است و می‌تواند بین عیوب داخلی و خارجی تیوب تمایز قائل شود. در مقابل آزمایش میدان دور تنها برای مواد فرو مغناطیس کاربرد دارد و در کنار عدم توانایی در تمایز بخشیدن بین عیوب داخلی و خارجی و محدودیت در شناسایی عیوب موضعی، سرعت‌پایین آزمایش را نیز دارا است. آزمایش التراسونیک به‌منظور بررسی تیوب‌های مغناطیسی و فرو مغناطیسی قابلیت کارکرد را دارد و در اندازه‌گیری ضخامت دیواره دارای دقت بسیار بالایی است اما در کنار سرعت‌پایین آزمایش و الزام حضور مایع واسط (کوپلنت) و نیاز به رسوب‌زدایی عالی در جهت تشخیص عیوب کوچک اعم از سوراخ‌های ریز یا ترک‌ها دارای خطا می‌باشد. آزمایش نشت شار مغناطیسی نیز همانند آزمایش‌های دیگر دارای سرعت‌پایین آزمایش بوده و بیشتر به‌عنوان آزمایش مکمل به دلیل محدودیت در تخمین اندازه عیب مورداستفاده قرار می‌گیرد. همچنین این آزمایش تنها برای مواد مغناطیسی کاربرد دارد. درنهایت می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب روش آزمایش غیر مخرب مناسب، مهم‌ترین بخش در آزمایش تیوب‌ها به شمار می‌رود.

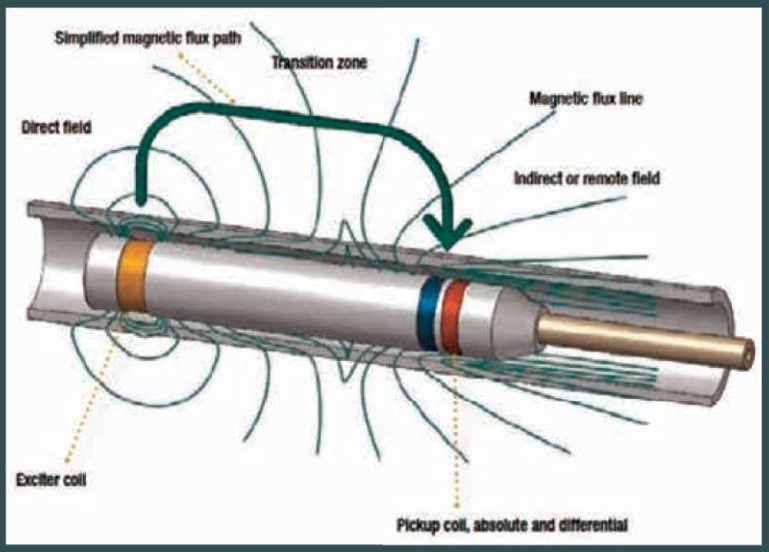
آزمایش میدان دور (RFT)

اساس این روش بر پایه‌ی عبور میدان مغناطیسی از میان جداره‌ی تیوب پایه‌گذاری شده است.

کویل مولد با دریافت جریان متناوب تحت فرکانس مناسب از منبع جریان، میدان مغناطیسی متناوبی را در اطراف تیوب تولید می‌کند. میدان مغناطیسی ایجادشده از میان جداره تیوب عبور

[1] Eddy Current Test
[2] Remote Field Test
[3] Internal Rotary Inspection System
[4] Magnetic Flux Leakage

کرده و در سطح خارجی نیز منتشر می‌گردد. یک کویل گیرنده در ناحیه میدان دور (در فاصله‌ای معادل ۲ تا ۴ برابر قطر تیوب دور از کویل مولد) قرار دارد و تغییرات میدان مغناطیسی را رصد می‌کند. با حضور عیب بر سر راه خطوط میدان مغناطیسی، این میدان دچار اغتشاش شده و این تغییر توسط کویل گیرنده ثبت و گزارش می‌گردد. بسته به‌اندازه و عمق عیب میزان این اغتشاش نیز تغییر کرده و از این طریق اندازه عیب نیز قابل‌شناسایی خواهد بود. شکل ۱ شماتیکی از نحوه کارکرد آزمایش RFT را به تصویر کشیده است.



شکل۱. نحوه عملکرد پروب RFT

این روش به‌ویژه در آزمایش تیوب‌های کربنی به‌کاررفته است و عموماً محدود به ارزیابی کاهش ضخامت دیواره)عیوب حجمی (می‌شود. توانایی تشخیص عیوب موضعی)حفره‌ها(با این روش محدود بوده است به طوریکه هنگامی‌که آزمایش بر روی تیوب کالیبراسیون تمیز انجام می‌شود قابل‌مشاهده‌اند ولی هنگامی‌که آزمایش بر روی تیوب‌های مبدل انجام می‌گیرد، وجود اکسید و رسوبات موجود در داخل یا خارج از تیوب نویز ایجاد خواهد کرد که سیگنال‌های ناشی از آن، سیگنال حفره‌ها را پوشانده و حساسیت این روش را نسبت به عیوب موضعی کم می‌کند.

قابلیت‌های RFT

- قابل کاربرد برای تیوب‌های با خاصیت فرو مغناطیسی
- قابل کاربرد برای تشخیص خوردگی‌های کامل دیواره داخلی و خارجی تیوب (عیوب حجمی)
- توانایی تخمین مناسب اندازه عیب (عمق)

محدودیت‌های RFT

- محدودیت شناسایی و تعیین سایز عیوب موضعی)حفرهای(ایجادشده در دیواره داخلی و خارجی تیو ب
- عدم شناسایی ترک‌های طولی
- عدم تشخیص عیوب سرتاسری کشیده شده از ابتدا تا انتهای تیوب مانند درز جوش

- ناتوانایی در بازرسی قسمتی از ابتدا و انتهای تیوب (فاصله‌ای به‌اندازه طول پروب)
- عدم توانایی در تفکیک عیوب داخلی خارجی
- محدودیت تشخیص و تعیین سایز ترک‌های محیطی

آزمایش نشت شار مغناطیسی(MFL)

آزمایش نشت شار مغناطیسی روشی است که صرفاً برای بازرسی تیوب‌هایی با خواص مغناطیسی ابداع و مورداستفاده قرارگرفته است. در این روش یک آهنربای الکترومغناطیسی یا دائمی وظیفه ایجاد خطوط میدان مغناطیسی را بر عهده دارد و یک حس‌گر دریافت‌کننده که بین دو قطب آهنربا قرار می‌گیرد و می‌تواند یک کویل باشد، تغییرات شار میدان را ثبت خواهد کرد (شکل ۲). قدرت آهنربا به‌گونه‌ای تنظیم می‌شود که دیواره تیوب در محدود ای نزدیک به حد اشباع قرار گیرد. در این حالت در جداره‌های بدون عیب هیچ موردی از تغییرات شار ناشی از نشست میدان ثبت نمی‌شود اما به‌محض آنکه یک عیب داخلی یا خارجی در محدوده قابل احساس برای پروب قرار گیرد به دلیل ایجاد مقاومت در مسیر خطوط شار مغناطیسی، نشت شار به سمت بیرون از جداره صورت گرفته است و توسط حس‌گر دریافت می‌شود که درنهایت پس از پردازش‌های سیستمی به‌صورت سیگنال عیب روی صفحه‌نمایش ظاهر می‌گردد. اندازه و مقدار نشتی به شکل، ابعاد و منطقه قرارگیری عیوب بستگی دارد و سرعت کشیدن پروب از درون تیوب نیز در کیفیت سیگنال‌های به‌دست‌آمده تأثیرگذار است. این روش عموماً به‌عنوان یک آزمایش تکمیلی در کنار آزمایش RFT مورداستفاده قرار می‌گیرد.

شکل۲. پروب و نحوه عملکرد آزمایش MFL

قابلیت‌های MFL

- قابل کاربرد برای مواد مغناطیسی
- حساسیت بالا به عیوب موضعی
- قابل‌استفاده برای تیوب‌های با جداره نسبتاً نازک
- سرعت مناسب بازرسی
- قابل کاربرد برای شناسایی ترک‌های عرضی

محدودیت‌های MFL

- عدم شناسایی ترک‌های طولی
- عدم کارکرد برای تیوب‌های غیر مغناطیس