دومین همایش بازرسي و ایمني در صنایع نفت و انرژي - ۱۲ بهمن ۱۳۹۰ - ISBN ۹۷۸-۶۰۰-۹۲۷۳۷-۵-۱

صنعت نفت
Oilindustry.ir
CLICK HERE

انجام آزمون غیر مخرب خطوط انتقال نفت و گاز با استفاده از روش های حافظه مغناطیسی فلز و پرتونگاری مغناطیسی

محمد مودی[۱]، سید رضا علمی حسینی[۲]

گروه مهندسی مواد، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان

Moodimoh@gmail.com

چکیده

با توجه به گسترش روزافزون خطوط انتقال نفت و گاز در سراسر جهان و نیاز به ارزیابی مداوم عملکرد صحیح این خطوط، روش‌های تست‌های غیر مخرب و به ویژه روش‌های مغناطیسی در سال‌های اخیر به شدت مورد توجه شرکت‌های سازنده این تجهیزات قرار گرفته‌اند. در این مقاله از میان روش‌های مختلف موجود، روش پرتو نگاری مغناطیسی و روش حافظه مغناطیسی در تشخیص عیوب خطوط انتقال نفت و گاز مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. این روش‌ها با کاهش هزینه‌های مربوط به بازرسی و نگه‌داری خطوط لوله، قابلیت شناسایی هرگونه ترک و عیب را در مقطع خطوط لوله فراهم می‌آورند. مزیت استفاده از روش حافظه مغناطیسی فلز در مقایسه با سایر روش‌ها قابلیت پیش‌بینی رخداد شکست و نیز تخمین عمر کاری لوله‌های مدفون در عمق زمین می‌باشد . این روش با مرتبط ساختن مغناطیس شوندگی لوله و تنش‌های پسماند آن می‌تواند در تحلیل شکست و آنالیز گسترش ترک در لوله‌ها موثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: پرتونگاری مغناطیسی، حافظه مغناطیسی فلز، تست غیرمخرب، تمرکز تنش، عیوب خطوط لوله.

۱- دانشجوی کارشناسی

۲- عضو هیات علمی (مربی)

۱- مقدمه

نظارت بر عملکرد خطوط انتقال نفت و گاز برای یافتن عیوب پیش از بروز حوادث ناگوار از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است[۱]. روش‌های بسیار گوناگونی برای بازرسی خطوط لوله نظیر استفاده از تابش اشعه ایکس، امواج اولتراسونیک، رادیوگرافی گاما، استفاده از ذرات نوترون و ... وجود دارند، روش‌های مغناطیسی در دهه‌های اخیر مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند [۲]. روش‌های جدیدی که اخیرا مورد استفاده قرار گرفته‌اند روش پرتونگاری مغناطیسی[1] و روش حافظه مغناطیسی فلز[2]می‌باشد. این دو روش دارای مزایایی نظیر تشخیص خوردگی در داخل و خارج لوله، تخمین تمرکز تنش در لوله و قابلیت پیش‌بینی نقاط بحرانی و حساس در طول خطوط انتقال نفت و گاز را دارند.

۲- روش پرتونگاری مغناطیسی

این روش که استفاده تجاری از آن برای بازرسی خطوط لوله فلزی از سال ۲۰۰۱ آغاز شده است، قابلیت تشخیص خوردگی، عیوب ناشی از جوشکاری، ترک، تغییر در شکل مقطع لوله و تمرکز تنش در لوله را دارد. سابقه استفاده از این روش در کشورهای مختلف در جدول ۱ بطور خلاصه عنوان شده است.

جدول۱: استفاده از روش پرتونگاری مغناطیسی در کشورهای مختلف [۳]

نام کشور	کاربرد	قطر لوله (اینچ)	طول لوله (هزار کیلومتر)
آرژانتین	خطوط انتقال گاز	۶ – ۵۶	۳۲
ازبکستان	خطوط انتقال گاز	۲۸ – ۵۶	۲۴
انگلیس	خطوط انتقال آب	۱۴	۵
ایران	خطوط انتقال نفت و گاز	۲۸ – ۵۶	۲۱
روسیه	خطوط انتقال گاز	۴ – ۵۶	۱۱۰
کرواسی	خطوط انتقال گاز	۲۰	۱۲
مکزیک	خطوط انتقال نفت	۲۰	۴۵

این روش بر اساس سنجش میزان تغییر در میدان مغناطیسی لوله می‌باشد. روش‌های قدیمی تنها بر پایه اندازه‌گیری پارامترهای هندسی می‌باشند و این امر یکی از ضعف‌های روش‌های سنتی می‌باشد. تغییر ناگهانی در میدان مغناطیسی در طول خط لوله می‌تواند ناشی از عیوب مختلف باشد.

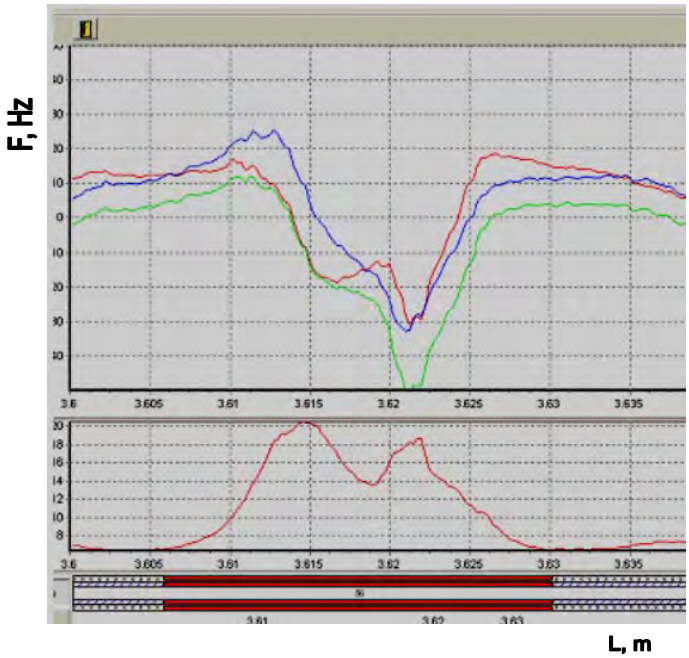
برخی از مزایای این روش عبارتند از:

۱. تشخیص عیوب بدون توجه به حضور یا عدم حضور جریان داخل لوله
۲. قابل استفاده بودن برای لوله‌های دفن شده در عمقی حدود ۱۵ برابر قطر لوله
۳. کارآمد بودن برای تمامی شرایط استفاده نظیر شرایط هندسی، دمایی و یا پوشش‌های مختلف
۴. مغناطیس نشدن خطوط انتقال نفت و گاز

[1] Magnetic Tomography Method (MTM)
[2] Metal Magnetic Memory Method (MMM)

۵. کاهش هزینه‌ها بدلیل عدم نیاز به حفاری جهت دسترسی به لوله و یا آماده سازی سطح جهت آزمایش
۶. عدم محدودیت در طول لوله‌های مورد بررسی و امکان استفاده از حافظه کامپیوتر برای ذخیره‌سازی اطلاعات

در شکل ۱ و ۲ نمونه کاربردی روش پرتونگاری مغناطیسی نمایش داده شده است. در شکل ۱ در اثر وجود عی‌ب تغییر ناگهانی در فرکانس دریافتی از دستگاه رخ داده است . همانگونه که در شکل ۲ مشخص است پس از انجام حفاری در مکان مورد نظر عیوب سطحی به راحتی قابل رویت می‌باشند.



شکل ۱: پرتونگاری مغناطیسی (تغییر ناگهانی در فرکانس نشانگر وجود عیب در لوله می‌باشد) [۳]

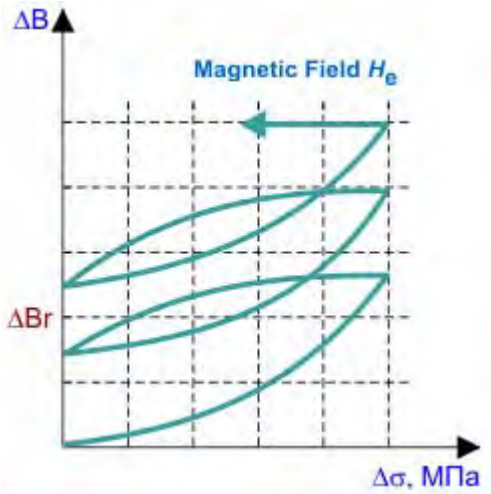
شکل ۲: مشاهده عیوب لوله (سایش، زنگ زدگی و خوردگی) در محل پیش‌بینی این عیوب توسط روش پرتونگاری مغناطیسی [۳]

۳- روش حافظه مغناطیسی فلز

نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که تمرکز تنش بالا، منشا و عامل اصلی ایجاد بسیاری از عیوب نظیر خستگی، خزش، خوردگی و شکست در خطوط لوله می‌باشند. ایده اصلی روش حافظه مغناطیسی فلز در تغییرات خواص مواد مناطقی که تمرکز تنش بالایی دارند نهفته است. بنابراین میزان مغناطیس شوندگی فلز نیز در این نقاط دستخوش تغییر می‌گردد. لذا با اندازه‌گیری میزان مغناطیس شوندگی در طول لوله می‌توان قسمت‌هایی از خط لوله را که پتانسیل بالایی برای واماندگی دارد را شناسایی کرد و مناطقی که احتمال ایجاد ترک، خوردگی و... در آنها بالاست را به راحتی پیش‌بینی کرد[۴].

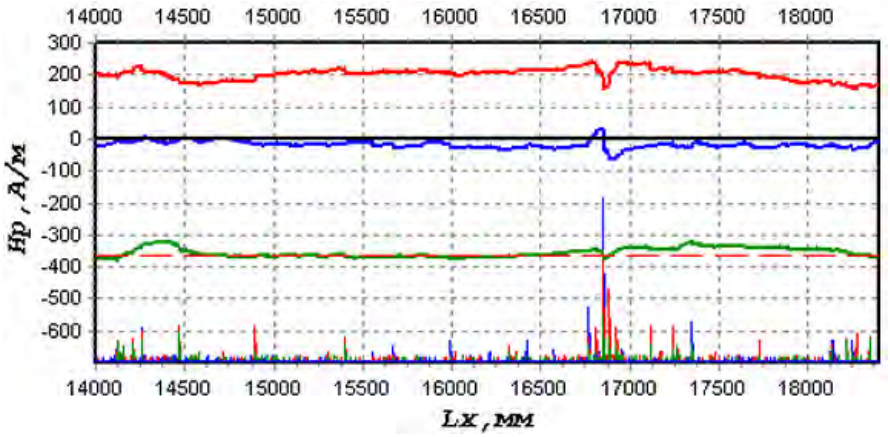
سازه‌ها و قطعات فلزی در معرض میدان مغناطیسی زمین، مغناطیس می‌شوند. در حالتی که تنش متناوبی در قسمتی از یک سازه یا قطعه که تحت میدان مغناطیسی قرار دارد، اثر کند، پدیده القای مغناطیسی در مکان عیوب رخ داده و رشد مغناطیس شوندگی در این نواحی رخ می‌دهد. این امر ایده‌ی استفاده از حافظه مغناطیسی فلز را جهت یافتن مکان‌های مستعد برای عیوب مختلف را آشکار می‌کند[۵].

شکل ۳ این موضوع را بصورت شماتیک نشان می‌دهد.



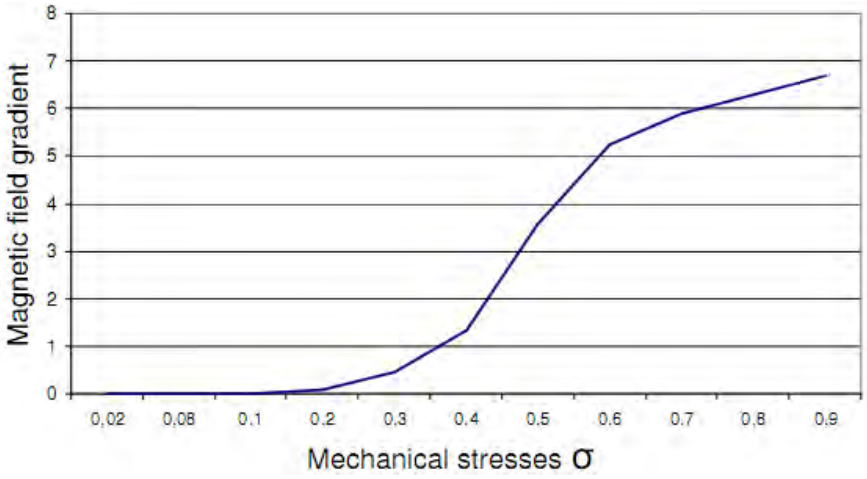
شکل ۳: القای میدان مغناطیسی در اثر وجود تنش متناوب [۶]

در شکل ۴ توزیع میدان مغناطیسی توسط این روش در ۳ راستای طولی، شعاعی و مماسی نشان داده است. به وضوح مشخص است که در طولی برابر با ۱۶۸۰۰ میلیمتر از ابتدای لوله، میزان مغناطیس القا شده دستخوش تغییر شدیدی شده است که این امر ناشی از تمرکز تنش در این مقطع می‌باشد.



شکل ۴: میزان میدان مغناطیسی القا شده در طول یک لوله انتقال نفت در راستاهای مختلف [۷]

مزیت این روش در مقایسه با روش پرتونگاری مغناطیسی که تنها قادر به تشخیص عیوب موجود می‌باشد، قابلیت پیش‌بینی مناطق پر خطر می‌باشد. علاوه بر این با استفاده از این روش می‌توان میزان تغییرات در تنش‌های داخلی خطوط لوله را در زمان‌های مختلف نیز محاسبه کرد. به عنوان مثال با ذخیره‌سازی مقدار مغناطیس شوندگی در فصول مختلف سال، میزان تنش‌هایی که در اثر تغییرات دمایی در فصول مختلف سال در داخل خطوط انتقال نفت و گاز ایجاد می‌شود را محاسبه و برای طراحی‌ها و تحلیل‌های آینده مورد ارزیابی قرار داد.



شکل ۵: رابطه‌ی بین چگالی میدان مغناطیسی و تنش‌های پسماند در داخل لوله [۸]

مسئله‌ی دیگری گه در این میان حائز اهمیت می باشد این است که لوله‌های مورد استفاده در خطوط انتقال نفت و گاز در مرحله تولید و نصب عموما تحت عملیاتی نظیر جوشکاری، آهنگری و یا عملیات حرارتی قرار می‌گیرند. تمام این فرآیندها احتمال ایجاد تنش‌های پسماند در لوله‌های مورد استفاده را به میزان زیادی افزایش می‌دهند . در نتیجه این نقاط مستعد به ایجاد و رشد ترک خواهند بود. شکل ۵ میزان گرادیان میدان مغناطیسی بر حسب تنش‌های پسماند در داخل لوله را نشان می‌دهد که می‌تواند زمینه مناسبی را جهت محاسبه میزان تنش پسماند با استفاده از اندازه‌گیری مغناطیس شوندگی برای شکست و رشد ترک فراهم آورد.

با معرفی روش حافظه مغناطیسی فلز و استانداردهای مربوط به نحوه انجام این آزمون‌ها [۹] و آغاز استفاده گسترده از آن از سال ۲۰۰۷، هم اکنون در بیش از ۳۱ کشور جهان، این روش به عنوان یکی از تاثیرگذارترین فرایندها برای یافتن و پیش‌بینی عیوب در خطوط انتقال نفت و گاز در دنیا به شمار می‌رود.

۴- نتیجه گیری

در مجموع روش‌های مغناطیسی در مقایسه با سایر روش‌های بازرسی مطمئن‌تر، سریعتر و مقرون به صرفه‌تر هستند. این روش ها اگرچه فقط بر روی خطوط فلزی انتقال نفت و گاز قابل استفاده هستند، اما انعطاف بسیار زیاد و دقت بالا و سرعت عمل در یافتن طیف گسترده‌ای از عیوب، در مجموع این روش‌ها را جهت بازرسی خطوط لوله مناسب‌تر می‌نماید.

استفاده از روش حافظه مغناطیسی فلز می‌تواند علاوه بر تشخیص عیوب موجود، مناطقی که دارای پتانسیل بالایی برای ایجاد ترک، خوردگی، زنگ زدگی، شکست و... می‌باشند را شناسایی کرده و عمر بهینه خطوط لوله را تخمین بزند.

با استفاده از حافظه مغناطیسی فلز می‌توان تنش پسماند در داخل خطوط انتقال نفت و گاز را با استفاده از اندازه‌گیری مغناطیس شوندگی محاسبه کرده و برای تحلیل‌های مکانیک شکست و یا گسترش ترک مورد ارزیابی قرار داد.

Non-destructive testing of oil and gas transmission pipelines by using Magnetic Tomography (MTM) and Metal Magnetic Memory(MMM) Methods

M. Moodi, S. R. Elmihosseini
Department of Materials Engineering, Shahid Nikbakht Engineering Collage,
University of Sistan and Baluchestan (USB)

Moodimoh@gmail.com

Abstract

According to development of oil and gas pipelines and increasing the need to their lifetime assessment, the test devices manufacturers has been attracted by none destructive testing methods especially the magnetive techniques in current decade. In this paper the Magnetic Tomography Method (MTM) and Metal Magnetic Memory Method (MMM) were chosen among other testing methods for evaluating their capability in defect detecting in oil and gas pipelines. Not only these maintenance methods are cost saving but also they are capable of detecting any king of failure. the advantages of employing MMM Method when comparing with other conventional methods are prediction of the potential failure sections and the pipelines lifetime even for buried ones. Also this method may be used in fracture analysis and crack growth predictions in pipelines by relating the magnetization and residual stresses within the pipe.

keywords: Magnetic Tomography, Metal Magnetic Memory, None Destructive Test, Stress Concentration, Pipeline Defects

صنعت نفت
Oilindustry.ir
CLICK HERE

مراجع

[1] A.A. Dubov. "The problems of the ageing equipment life assessment" Labour safety in industry, Vol.12, 2002, pp. 30-38

[2] A.A. Dubov., “The method of metal limiting state determining and equipment life assessment by magnetic diagnostic parameters”, Testing Diagnostics, Vol.5, 2003.

[3] World Energy Services, Inc. Worcester, Massachusetts, USA, www.worldenergy.com.

[4] V.M. Goritzky, A.A. Dubov, E.A. Demin. “Investigation of steel samples structural damaging using the metal magnetic memory method” Testing Diagnostics, Vol.7, 2000.

[5] Z.D. Wang, K. Yao, B. Deng, K.Q. Ding. "Quantitative Study of Metal Magnetic Memory Signal versus Local Stress Concentration". NDT&E International, Vol. 43, 2010, pp. 513–518.

[6] V.T. Vlasov, A.A. Dubov " The Physical Bases of the Metal Magnetic Memory Method" by.: ZAO "TISSO", 2004.

[7] V.T. Vlasov, A.A. Dubov. "Physical theory of the strain-failure process. Part I. Physical criteria of metal's limiting states". Moscow: ZAO TISSO, 2007.

[8]Z.D. Wang, K. Yao, B. Deng, K.Q. Ding. "Quantitative Study of Metal Magnetic Memory Signal versu

[9] ISO-24497-1:2007 Non-destructive testing - Metal magnetic memory