مقاله

بازرسی خطوط انتقال گاز به‌کمک روش مغناطیسی‌کردن

علی شیرافکن
کارشناس ارشد مهندسی مکانیک
alishirafkan63@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۷

چکیده

اساساً ویژگی‌های خطوط لولهٔ هوایی همچون تنوع قطر لوله‌ها و پیوستگی و چیدمان تنگاتنگ، معاینهٔ آنها را به‌کمک روش‌های متداول نشت شار مغناطیسی[1] به امری سخت و گاه غیرممکن مبدل می‌کند. به‌منظور غلبه بر این مشکل، بر اساس نظریهٔ نشت شار مغناطیسی، اخیراً روش جدیدی با عنوان روش مغناطیسی‌کردن و معاینهٔ مقطعی[2] مطرح شده است. تفاوت اساسی این روش با روش نشت شار مغناطیسی، در مغناطیسی‌نمودن در راستای محیطی است؛ در این روش از مغناطیسی‌کردن موضعی استفاده می‌شود، حال آنکه در روش نشت شار مغناطیسی تمامی لوله را مغناطیسی می‌کنند. برای این منظور، تجهیزاتی خاص با قابلیت‌های مونتاژ و تنظیم مجدد طراحی شده‌اند تا مغناطیسی‌کردن و معاینه با کارایی بالا توسط روش مغناطیسی‌کردن را ممکن سازند.

واژگان کلیدی: نشت شار مغناطیسی، خطوط لولهٔ هوایی، مغناطیسی‌کردن، معاینهٔ مقطعی

۱. مقدمه

در انتقال منابع انرژی و صنایع پتروشیمی، خطوط لوله ابزاری حیاتی جهت انتقال مایعات و گازها به‌شمار می‌آیند. این مواد معمولاً دیوارهٔ داخلی لوله‌ها را دچار خوردگی و فرسایش می‌کنند و منجر به معایب گوناگونی چون ترک‌ها و حفره‌های خوردگی می‌شوند. این معایب، ایمنی کارکرد خطوط لوله را به‌مخاطره می‌اندازند. خطوط لوله به دو روش در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرند: روش قابل رؤیت و روش غیر قابل رؤیت. خطوط لولهٔ قابل رؤیت عموماً شامل خطوط هوایی و روزمینی می‌شوند، حال آنکه خطوط غیر قابل رؤیت عبارت‌اند از خطوط زیرزمینی و زیرآبی. تاکنون تحقیقات گسترده و تجهیزات متعددی در مورد خطوط غیر قابل رؤیت تهیه و به‌کار گرفته شده است؛ مانند نشت شار مغناطیسی و تست اولتراسونیک. روش‌های بازرسی بسیاری نیز برای خطوط قابل رؤیت روزمینی ارائه شده است مانند معاینهٔ فراصوتی، رادیوگرافی (پرتونگاری)، معاینه با جریان گردابی و روش نشت شار مغناطیسی.

برای فهم روش نشت شار مغناطیسی ابتدا باید فهم اولیه‌ای از شار مغناطیسی داشت. یک مغناطیس دو قطب N و S

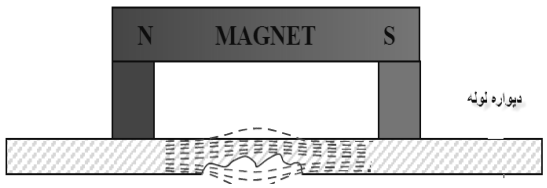
دارد. این قطب‌ها بر قطعات فلزی و سایر قطب‌های مغناطیسی نیرو وارد می‌کنند؛ نیرویی که محصول میدان مغناطیسی است. خطوط شار برای نشان‌دادن توان و جهت نیروی میدان مغناطیسی به‌کار می‌روند. فاصلهٔ بین خطوط شار نیز بیانگر شدت و چگالی شار است. وقتی مغناطیس در مجاورت یک دیوارهٔ فلزی قرار می‌گیرد، از دیواره عبور می‌کند؛ یعنی بین دیواره، مسیر ترجیحی خطوط شار است. البته بخشی از خطوط شار نیز از رسانهٔ خارجی (محیط اطراف) عبور می‌کنند. خطوطی که از دیواره عبور می‌کنند، اصطلاحاً در حال نشت از دیواره خوانده می‌شوند. در چنین ناحیه‌ای تعداد شار عبوری کمتر از حالت ضخامت کامل دیواره است. شار از هر دو طرف دیواره نشت می‌کند و توسط حسگرهایی قابل ردیابی است. در ناحیه‌ای که ضخامت کمتر است، این حسگر چگالی بالاتری را ثبت می‌کند که بیانگر وجود یک تغییر (که ممکن است یک عیب باشد) در دیوارهٔ لوله است. خوردگی سبب کاهش ضخامت دیواره شده، به نشت شار در هر دو طرف آن می‌انجامد. در مناطق اتلاف فلز، دانسیتهٔ شار بالاتری ثبت می‌شود. این تغییرات در میدان مغناطیسی به عمق شعاعی، طول محوری، پهنای محیطی و شکل عیوب بستگی دارد. دامنهٔ شار نشت‌یافته با نتایج حاصل از عیوب شناخته‌شده در مواد مشابه بعد از بازرسی مقایسه شده و سپس تحلیلگر کاهش ضخامت جداره را حدس می‌زند. در این حالت توپک نشت شار مغناطیسی عیبی که سبب این نشتی شده است را آشکار می‌سازد.

۲. کاربردها

نشتی شار مغناطیسی قدیمی‌ترین و در عین حال متداول‌ترین روش بازرسی در محل است و در موارد زیر کاربرد دارد:

۱. کشف شرایط متالوژیکی نظیر آخال‌ها[۳] و تخلخل جوش
۲. تشخیص معایبی چون خوردگی‌های حفره‌ای و درزهای عرضی جوش
۳. بازرسی تجهیزات با سطوح بزرگ نظیر مخازن یا مسافت‌های طولانی در خطوط لوله
۴. بازرسی مخازن، مبدل‌های حرارتی، خطوط لوله و محصولات لوله‌ای‌شکل

به‌کمک این روش می‌توان از میان پوشش‌هایی تا حداکثر ۱۰ میلی‌متر ضخامت نیز فریاند بازرسی را انجام داد؛ اما باید توجه داشت که عموماً به ضخامت‌های لوله از ۱۲ تا ۱۵ میلی‌متر محدود می‌شود. این روش برای تشخیص ترک‌ها یا سایر عیوب طویل، باریک یا کم‌عمق نیز مناسب نیست. اما ممکن است به موفقیت‌های محدودی در زمینهٔ یافتن ترک‌های عمیق محیطی دست یابد (شکل ۲).



شکل ۱. نشت شار مغناطیسی در لوله

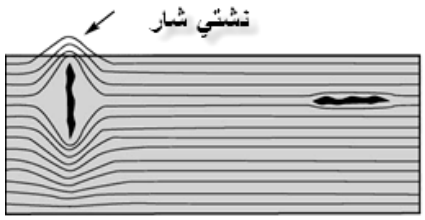
۳. مغناطیسی‌کردن و بازرسی مقطعی خطوط لوله

خطوط لولهٔ نمایش داده شده در شکل ۳ خصوصیاتی دارند که مشخصهٔ شرایط کارکردی آنهاست. بخی از این خصوصیات عبارت‌اند از:

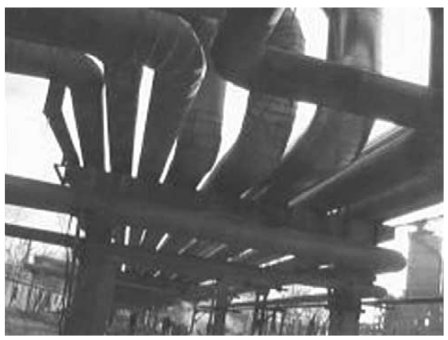
۱. پیوسته و متصل ساخته و نصب شده‌اند و چیدمان آنها دارای فواصل کوچکی است.
۲. قطر و ضخامت دیوارهٔ آنها تغییرات زیادی دارد.
۳. در خم‌ها، دو خط لوله به‌هم متصل می‌شوند و مسیر جریان تغییر می‌کند.
۴. معایب بسیاری در داخل و خارج لوله‌ها وجود دارد.
۵. خطوط لوله باید به‌طور پیوسته و بدون وقفه در حال کار باشند.

روش نشت شار مغناطیسی برای بازرسی خطوط لولهٔ هوایی نیز قابل کبرد است، اما باید بر مشکلات ناشی از ویژگی‌های فوق غلبه کند. این روش تمامی محیط لوله را

در امتداد طولی محور مغناطیسی می‌کند که به‌دلیل ویژگی‌هایی که ذکر شد، برای آزمایش لوله‌های هوایی مسلماً نامناسب خواهد بود.



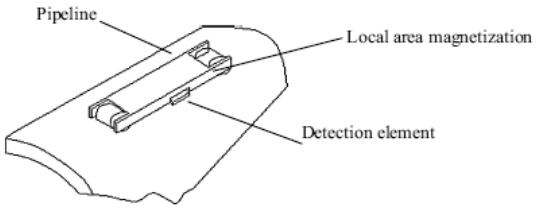
شکل ۲. نشتی شار مغناطیسی در یک ترک عرضی در راستای عمود بر میدان مغناطیسی



شکل ۳. خطوط لولهٔ هوایی

٤. روش مغناطیسی‌کردن و معاینهٔ مقطعی برای خطوط لولهٔ هوایی براساس نشت شار مغناطیسی

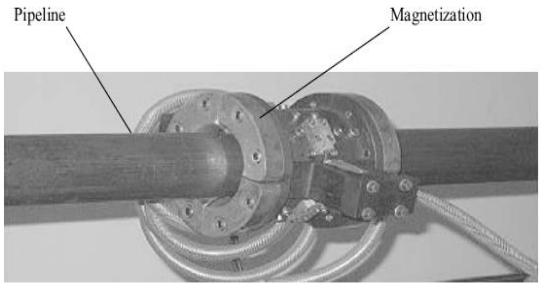
برای مغناطیسی‌کردن و معاینهٔ خطوط لولهٔ هوایی که دارای قطرها و ضخامت‌های مختلفی در لوله‌ها هستند، باید از روش مغناطیسی‌کردن مقطعی در هر دو امتداد محوری و محیطی استفاده کرد. این همان روش معاینه و مغناطیسی‌کردن مقطعی است که طرح کلی آن در شکل ۴ نمایش داده شده است. ابزار این روش از چند مبدل تشکیل شده که هر یک از آنها به‌عنوان یک مدول مستقل طراحی شده است. در عمل، ابزار معاینه‌کننده در یک حرکت فقط یک ناحیهٔ باریک و طولانی از لوله را در امتداد محور آن اسکن و معاینه می‌کند. وقتی یک مرحلهٔ اسکن انجام شد، کل ابزار معاینه به ناحیهٔ دیگری در مجاورت ناحیهٔ قبلی در امتداد محیط لوله منتقل می‌شود و سپس اسکن بعدی آغاز می‌شود. هنگامی‌که تمام سطح خط لوله اسکن شد، معاینه به پایان رسیده است.



شکل ٤. طرح کلی روش معاینه و مغناطیسی‌کردن مقطعی

۵. تفاوت‌ها

روش نشت شار مغناطیسی برای معاینهٔ خطوط عمومی روزمینی استفاده می‌شود. به‌کمک این روش، برای مغناطیسی‌کردن بدنهٔ تجهیزات فرومغناطیسی نظیر میله‌های مکنده، طناب‌های سیمی، لوله‌های حفاری و لوله‌کشی چاه‌های نفت، وسائلی سنتی اتخاذ می‌شود که مطابق شکل ۵، طول قسمتی از راستای محوری و کل محیط در راستای محیطی مغناطیسی می‌کنند.



شکل ۵. معاینهٔ خطوط با روش مغناطیسی‌کردن و معاینهٔ مقطعی

واضح است که تفاوت اساسی روش نشت شار مغناطیسی و روش مغناطیسی‌کردن و معاینهٔ مقطعی در مغناطیسی‌کردن در راستای محیطی است؛ این روش از مغناطیسی‌کردن موضعی و مقطعی بهره می‌گیرد، حال آنکه در روش نشت شار مغناطیسی کل لوله را مغناطیسی می‌کنند. این تفاوت لزوماً در توزیع میدان مغناطیسی در راستای محیطی است. توزیع میدان مغناطیسی روش نشت شار مغناطیسی در تمام محیط لوله یکسان و یکنواخت است.

٦. تجهیزات و ابزار معاینه

در معاینه خطوط لولهٔ هوایی، از یک واحد معاینهٔ منفرد متشکل از یک قسمت مغناطیس‌کننده و یک مبدل استفاده می‌شود. با توجه به توزیع میدان مغناطیسی، مشکل اصلی در به‌کارگیری روش مغناطیسی‌کردن و معاینهٔ مقطعی در خطوط لولهٔ هوایی، که قطرها و ضخامت‌های گوناگونی دارند، این است که این واحد معاینهٔ منفرد توانایی مغناطیس‌کردن و معاینه را محدود کرده و به‌سختی برای معاینهٔ خطوط لوله‌ای با قطر زیاد و دیوارهٔ ضخیم قابل انطباق است. استفاده از یک واحد معاینهٔ ثابت، نیازمندی‌های مختلف مغناطیس‌کنندگی و معاینه را برآورده نمی‌کند. همچنین طراحی واحدهای معاینهٔ بهینه‌سازی شده برای هر یک از ابعاد خطوط لولهٔ هوایی نیز به‌دلیل هزینهٔ بالای آن امری غیرممکن است. مسئلهٔ دیگری که باید بدان توجه شود، کارایی معاینه است. برای افزایش کارایی روش مغناطیسی‌کردن و معاینهٔ مقطعی، هدف آن است که بازهٔ بررسی با یک مرحله اسکن تا حد ممکن بزرگ شود. برای حل این دو مشکل طرحی شامل واحدهای معاینه‌ای که امکان نصب و تنظیم سریع را فراهم می‌آورند ارائه شد. واحد معاینهٔ منفرد که ظرفیت مشخصی برای مغناطیس‌کنندگی و معاینه برای خط لولهٔ کم‌قطر را دارد، به‌عنوان یک واحد استاندارد تولید می‌شود و با مونتاژ هر تعداد از آن و تنظیم مجدد این مجموعه می‌توان نیازمندی‌های مغناطیس‌کنندگی و معاینهٔ خطوط لولهٔ هوایی با قطرهای زیاد و دیواره‌های ضخیم را تأمین نمود.

٧. جمع‌بندی

در حال حاضر روش مغناطیسی‌کردن و معاینهٔ مقطعی روشی با کارایی و دقت بالا و سهولت اجراست. این روش می‌تواند عملیات معاینه‌ای خاص برای بازرسی خطوط لولهٔ هوایی را انجام دهد. همچنین می‌توان از آن برای آزمایش تمامی انواع خطوط لوله استفاده کرد.

٨. مآخذ

[١] ریاحی، محمد، محمد فرجی. *معرفی اصول آزمون‌های غیر مخرب*، ایران: دانشگاه علم و صنعت ،١٣٨۴.

[2] Cheng Shun feng, Wu Xin Jun, Kang Yi hua. "Local area magnetization and inspection method for aerial pipelines." *NDT&E International* 38(6), 2005, pp.448-452.

[3].Palmer-Jones, R., A. Goncalves, P. Hopkins. *Getting more from your Intelligent Pig Report Assessing Clusters*, Pigging Products and Services Association, 2007.

پی‌نوشت

1. Magnetic Flux Leakage (MFL)
2. Local Area Magnetization and Inspection (LAMI)
٣. اصطلاحاً هر گونه ذرات غیرفلزی محبوس‌شده در فلز جوش (ذرات سربارهٔ محبوس‌شده) را آخال (Inclusion) می‌نامند [ویراستار].