

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MẪU THIẾT BỊ KIỂM TRA ĂN MÒN ĐÁY BỒN CHỨA XĂNG DẦU BẰNG PHƯƠNG PHÁP TỪ THÔNG BIẾN DẠNG

ĐẶNG QUỐC TRIỆU, VƯƠNG ĐỨC PHỤNG, BÙI TRỌNG DUY, LẠI VIỆT HẢI,
TRẦN MINH TIẾN, TRẦN TRỌNG HIỆU.

*Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp
Số 1, đường ĐT723, phường 12, thành phố Đà Lạt, tỉnh Lâm đồng
Email: triuedq@canti.vn*

Tóm tắt: Ăn mòn đáy bồn chứa xăng dầu có thể dẫn đến rò rỉ sản phẩm có nguy cơ gây cháy nổ làm thiệt hại về người và môi trường, do đó, việc kiểm tra ăn mòn đáy bồn chứa xăng dầu phải được thực hiện định kỳ để ngăn chặn sự xuất hiện của các vấn đề trên. Trong kiểm tra không phá hủy, phương pháp từ thông biến dạng (Magnetic Flux Leakage – MFL) dựa trên sự biến thiên của từ thông gây ra bởi khuyết tật trên bề mặt của vật liệu để dò tìm các vết ăn mòn, rỗ hay khuyết tật của mặt dưới các bồn thép, tỏ ra khá hiệu quả, chi phí thấp. Đề tài được đề xuất và thực hiện nhằm phát triển thử nghiệm mẫu thiết bị dò tìm khuyết tật dưới đáy bồn MFL dựa trên các kết quả nghiên cứu trên thế giới nhằm nâng cao năng lực khảo sát ăn mòn trong các thiết bị công nghiệp cũng như nâng cao năng lực chuyên môn của Nhóm điện tử, tự động hóa trong lĩnh vực từ trường và cảm biến từ. Kết quả thực hiện đề tài đã tạo ra mẫu thiết bị MFL sử dụng nam châm vĩnh cửu và cảm biến Hall. Các thí nghiệm khảo sát cho thấy máy có thể phát hiện các khuyết tật ăn mòn $\geq 20\%$ bề dày thành thép ở dải tốc độ quét từ 500mm/s đến 1130 mm/s. Tuy nhiên để đáp ứng nhu cầu khảo sát thực tế Nhóm nghiên cứu còn phải tiếp tục cải tiến thiết bị về độ nhạy, tốc độ quét, khả năng vận hành tự động hoặc bán tự động và đăng ký kiểm định an toàn cháy nổ. Thông qua thực hiện đề tài, kiến thức và kinh nghiệm của Nhóm nghiên cứu trong lĩnh vực chế tạo thiết bị khảo sát ăn mòn sử dụng từ trường cũng đã được cải thiện.

Từ khóa: Từ thông biến dạng, Rò rỉ từ thông.

1. GIỚI THIỆU

Bồn chứa xăng dầu là một trong những hệ thống chức năng quan trọng trong các nhà thiết bị lọc hóa dầu, hóa dầu, cơ sở lưu trữ xăng dầu... có nhiệm vụ tiếp nhận, tàng trữ các sản phẩm xăng dầu một cách an toàn.

Trong các công nghệ kiểm tra không phá hủy, công nghệ kiểm tra bằng kỹ thuật từ thông biến dạng (Magnetic Flux Leakage – MFL) là một trong những công cụ kiểm tra không phá hủy hiệu quả nhất cho kiểm tra hiện trạng ăn mòn đáy bồn chứa của các ngành công nghiệp như dầu khí, nhiệt điện, điện hạt nhân [1] ... Công nghệ này đã được sử dụng phổ biến và hiện nay vẫn đang tiếp tục được phát triển ở các nước tiên tiến với nhiều kỹ thuật hiện đại kết hợp với kỹ thuật siêu âm. Hiện nay, công cụ MFL là một trong những công cụ chính yếu trong kiểm tra bảo trì, bảo dưỡng đáy bồn chứa xăng dầu trong các nhà máy lọc hóa dầu. Công nghệ kiểm tra không phá hủy bằng MFL cho đáy bồn chứa xăng dầu có ưu điểm là cho khả năng tầm soát nhanh, phát hiện ăn mòn đáy bồn chứa xăng dầu với độ nhạy cao, cho kết quả tại hiện trường và chi phí thấp.

Từ nhu cầu thực tiễn của thế giới và ngành công nghiệp Việt Nam, đề tài “Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị kiểm tra ăn mòn đáy bồn chứa xăng dầu chôn ngầm dưới đất bằng phương pháp từ thông biến dạng” được đề xuất thực hiện là việc làm thiết thực. Mục đích đặt ra cho đề tài nhằm nội địa hóa một công nghệ kiểm tra mới đáp ứng nhu

cầu kiểm tra, đánh giá tình trạng và dự báo sự cố các bồn chứa trong ngành công nghiệp trọng điểm của Việt Nam. Mặt khác, kết quả của đề tài góp phần nâng cao năng lực nghiên cứu, chế tạo thiết bị độ phức tạp cao trong nước. Các mục tiêu chính đề tài như sau:

- Tạo ra được một mẫu máy có khả năng phát hiện các khuyết tật ăn mòn đáy bồn (thép) chứa xăng dầu bằng phương pháp từ thông biến dạng.
- Tăng cường năng lực nghiên cứu, chế tạo thiết bị trong lĩnh vực từ thông biến dạng để khảo sát khuyết tật thiết bị công nghiệp.

2. THIẾT KẾ, CHẾ TẠO HỆ ĐO MFL

2.1 Nguyên lý Hall

Khi cấp điện vào hai đầu miếng bán dẫn (lúc này miếng bán dẫn được xem như là điện trở) các electron chuyển động có hướng tạo thành dòng điện. Đặt thanh nam châm lên miếng bán dẫn sao cho đường sức từ xuyên qua miếng bán dẫn và vuông góc với chiều chuyển động của các electron. Khi đó theo định luật Junlenxo khi một electron chuyển động với vận tốc (V) và có từ trường (B) xuyên qua vuông góc với chiều chuyển động của electron thì khi đó mặt phẳng tạo bởi hai vector (V) và (B) chịu lực tác dụng của lực Loren lên mặt phẳng đó theo công thức sau (Hình 1):

$$\vec{F} = q[\vec{V} \times \vec{B}] \Rightarrow F = q \cdot B \cdot V \cdot \sin\alpha \quad (\sin\alpha: \text{góc tạo bởi hai vectơ } V \text{ và } B) \quad (1)$$

Vậy: $F_{\max} = q \cdot B \cdot V$ (khi $\alpha = \pi/2$)

$$\text{Điện thế Hall:} \quad V_H = (I \cdot B) / q \cdot \rho \cdot d \cdot \sin\alpha \quad (2)$$

Trong đó:

V_H : điện thế Hall (mV)

ρ : mật độ thanh Hall (cm^3)

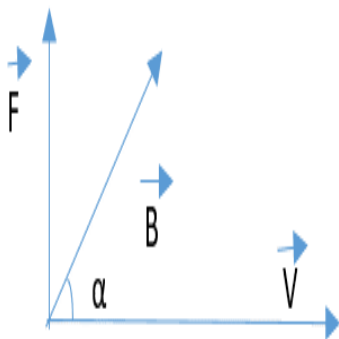
q : điện tích electron (C)

d : độ dày thanh Hall (cm)

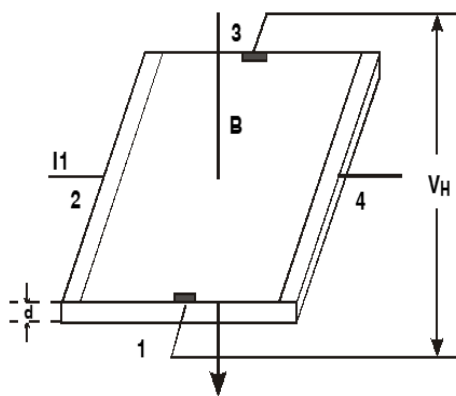
I : cường độ dòng điện cấp thanh Hall (mA)

B : cường độ từ trường (mT)

$\sin\alpha$: góc giữa cảm ứng từ B và điện tích electron thanh Hall



Hình 1 Lực Loren tác dụng lên mặt phẳng tạo bởi hai vectơ



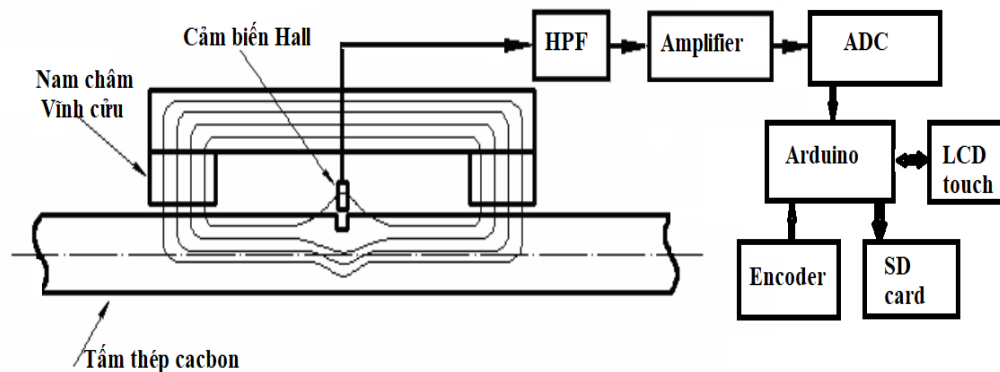
Hình 2 Hiệu ứng Hall

2.2 Một số yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng kiểm tra

- Ảnh hưởng của tốc độ di chuyển lên chất lượng kiểm tra khuyết tật.
- Ảnh hưởng của kích thước khuyết tật lên chất lượng kiểm tra khuyết tật.

2.3 Thiết kế hệ đo MFL

Cấu hình đo thiết bị MFL thế hệ thứ nhất được thiết kế là cấu hình đơn giản và phổ biến được ứng dụng trong việc kiểm tra phát hiện khuyết tật dưới đáy bồn chứa xăng dầu bằng thép [2,3]. Thiết bị sử dụng nam châm vĩnh cửu từ hóa tấm thép cacbon đến trạng thái bão hòa. Thông lượng từ đi qua thép cacbon sẽ bị uốn cong và Từ thông biến dạng sẽ hình thành tại khu vực có khuyết tật [4,5]. Sử dụng các cảm biến Hall [6] để phát hiện từ thông biến dạng, tín hiệu từ các cảm biến đến mạch Arduino xử lý phân tích và đánh giá thông tin về tình trạng khuyết tật thông qua các tầng lọc thông cao, bộ khuếch đại, mạch chuyển đổi tương tự sang số (Analog to Digital Converter – ADC). Sau đó, tín hiệu được hiển thị trên màn hình tinh thể lỏng (Liquid Crystal Display – LCD) và lưu trữ lại số liệu qua mạch nhớ ngoài (Secure Digital Card – SD Card).



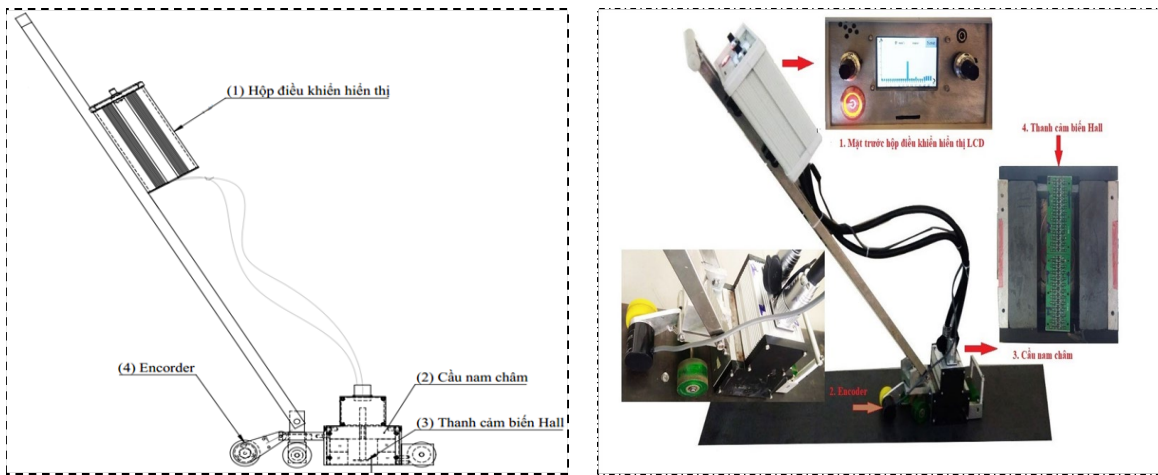
Hình 3 Sơ đồ hệ đo MFL

2.4 Chế tạo hệ đo MFL

Sau khi nghiên cứu một số cấu hình thiết bị MFL trên thế giới, đề tài xem xét và điều chỉnh một số cơ cấu cho phù hợp với khuôn khổ của đề tài. Thiết bị sẽ có một số các thành phần chính như sau:

1. Hộp điều khiển và hiển thị
2. Cầu nam châm
3. Thanh cảm biến Hall
4. Encoder (mã hóa vị trí)

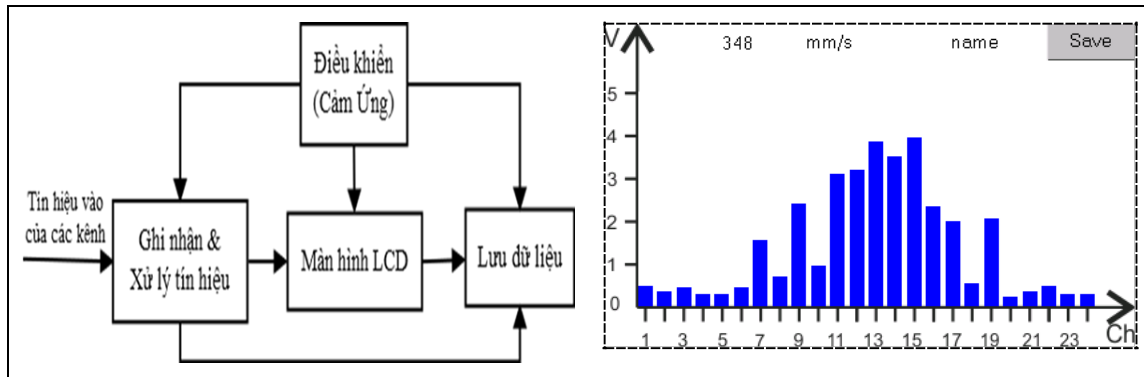
Dựa trên các thành phần chính của thiết bị đã nêu ở trên, chúng tôi đã thiết kế, chế tạo mẫu thiết bị MFL được mô tả như hình sau:



Hình 4 Hệ đo MFL

2.5 Phần mềm xử lý, hiển thị hệ đo

Phần mềm cho hệ đo gồm 4 phần: Nhóm đèn tài đã tự thiết kế phần mềm hiển thị và điều khiển dựa trên mã nguồn mở từ Arduino. Phần mềm ghi nhận & xử lý tín hiệu, điều khiển, hiển thị thông qua màn hình LCD và lưu dữ liệu ra thẻ nhớ ngoài trong quá trình đo. Giao diện phần mềm được minh họa trong Hình 5.



Hình 5 Sơ đồ xử lý, hiển thị và lưu số liệu hệ đo MFL

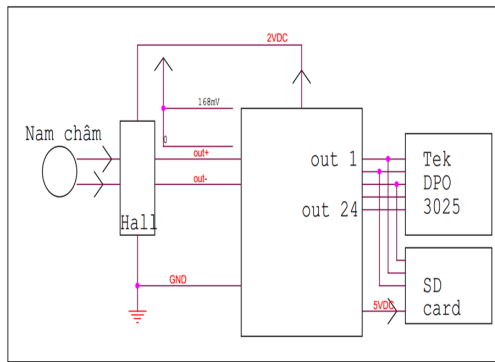
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hệ đo sau khi xây dựng được khảo sát độ ổn định, độ nhạy và tốc độ tại Phòng thí nghiệm Điện tử tự động - Trung tâm Ứng dụng kỹ thuật hạt nhân trong công nghiệp.

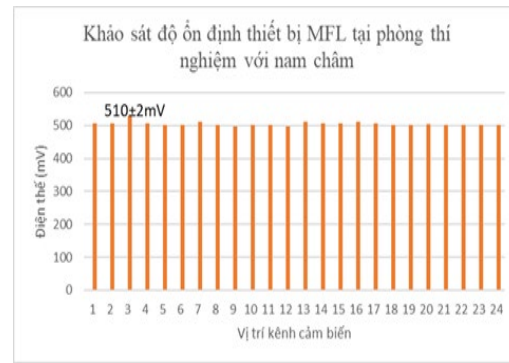
Để khảo sát, đánh giá độ ổn định của thiết bị MFL, chúng tôi bố trí thí nghiệm như (Hình 6). Sử dụng nam châm tròn (10x10x2 mm), đặt nam châm ở khoảng cách không đổi, tiến hành kiểm tra lần lượt 24 cảm biến Hall trên thiết bị MFL, tín hiệu ra từ cảm biến Hall được đo bằng máy hiện sóng Tek DPO 3052 và số liệu lưu vào thẻ nhớ ngoài SD.

Điều kiện thí nghiệm:

- Nhiệt độ $T=25.50C$ và độ ẩm $H= 65\%$.
- Điện thế nuôi hệ đo: 12VDC-6Ah.
- Dòng tiêu thụ: 500 mAh.



(a)

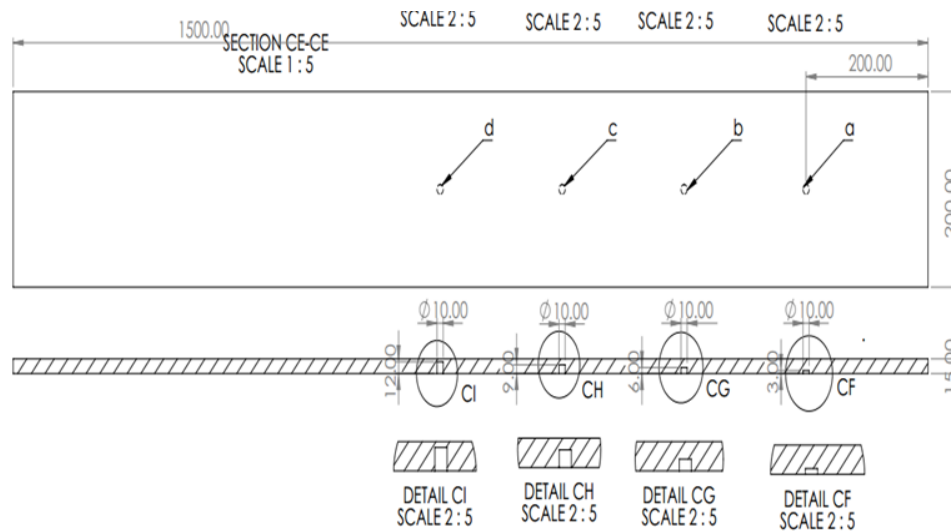


(b)

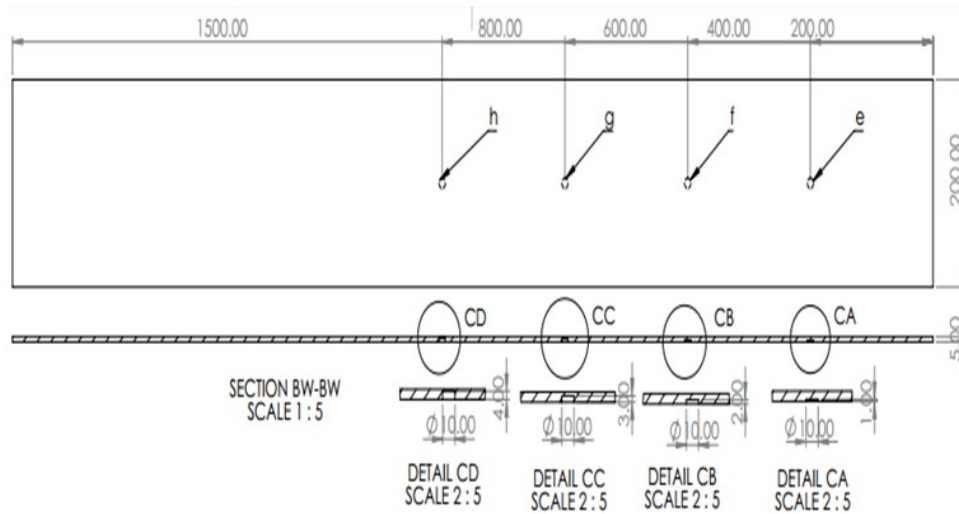
Hình 6 Khảo sát độ ổn định hệ đo; (a) Sơ đồ khảo sát, (b) Kết quả khảo sát.

Kết quả thí nghiệm khảo sát độ ổn định của 24 cảm biến với nam châm cho thấy các cảm biến làm việc ổn định, sự thăng giáng số liệu tại cách kênh cảm biến nhỏ ± 2 mV. Điện thế lối ra tương ứng tại 24 kênh 510±2 mV.

Đánh giá tốc độ và kích thước khuyết tật ảnh hưởng lên độ nhạy của hệ đo, trên hai tấm thép cacbon có độ dày 5mm và 15mm (Hình 7, 8) chế tạo các khuyết tật dạng điểm (hình trụ, đáy bằng) có kích thước thay đổi 20%, 40% 60% và 80% bề dày tấm thép cacbon (Bảng 1). Tiến hành thực nghiệm 1 và thực nghiệm 2 (Hình 7) để lựa chọn tốc độ đo phù hợp với hệ thiết bị đo MFL.



Hình 7 Thiết kế chế tạo mẫu khuyết tật trên tấm thép cacbon 15mm



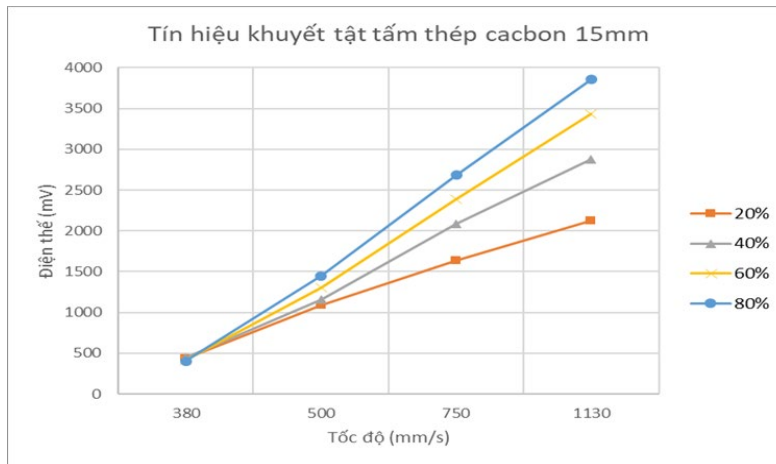
Hình 8 Thiết kế chế tạo mẫu khuyết tật trên tấm thép cacbon 5mm

Bảng 1 Phân loại các khuyết tật trên tấm thép cacbon

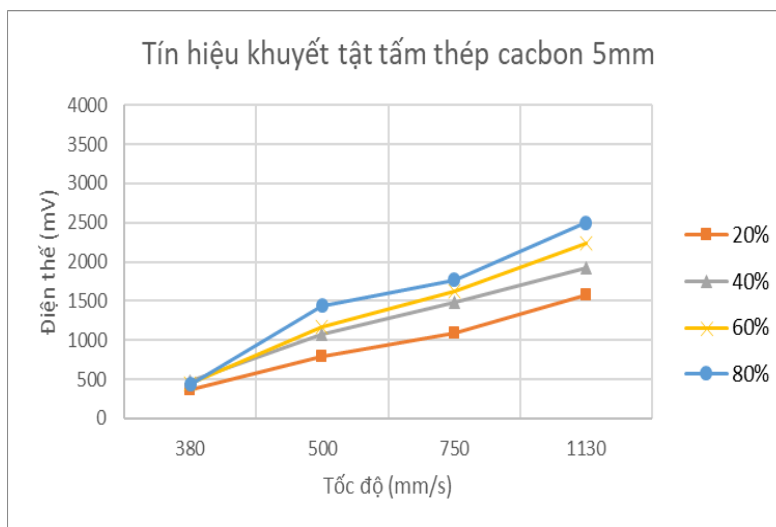
Ký hiệu	Dạng khuyết tật (Pit)	Độ rộng (mm)	Độ sâu (mm)	Bề dày khuyết tật (%)
a	Lỗ khoan đáy phẳng	10	3	20
b	Lỗ khoan đáy phẳng	10	6	40
c	Lỗ khoan đáy phẳng	10	8	60
d	Lỗ khoan đáy phẳng	10	12	80
e	Lỗ khoan đáy phẳng	10	1	20
f	Lỗ khoan đáy phẳng	10	2	40
g	Lỗ khoan đáy phẳng	10	3	60
h	Lỗ khoan đáy phẳng	10	4	80



Hình 9 Thực nghiệm khảo sát thiết bị MFL trên tấm thép cacbon



Hình 10 Kiểm tra MFL tấm thép cacbon 15mm, khuyết tật 20%, 40%, 60% và 80% tại kênh 13 (vị trí khuyết tật)



Hình 11 Kiểm tra MFL tấm thép cacbon 5mm, khuyết tật 20%, 40%, 60% và 80% tại kênh 13 (vị trí khuyết tật)

Các kết quả đo cho thấy độ nhạy hệ đo phát hiện được khuyết tật lớn 20%, 40%, 60% và 80% bề dày tấm thép cacbon 5mm và 15mm.

Các kết quả thí nghiệm cho thấy sự thay đổi tốc độ thiết bị MFL ảnh hưởng đến khả năng phát hiện khuyết tật. Các khuyết tật có kích thước 20%, 40%, 60%, 80% có biên độ tín hiệu khác nhau với các tốc độ khác nhau.

Đối với vận tốc 1130/s, 750 mm/s và 500 mm/s cho tín hiệu khuyết tật tin cậy, với tốc độ 320 mm/s không phát hiện được vị trí khuyết tật. Do đó, tốc độ di chuyển phù hợp thiết bị MFL được lựa chọn khoảng 500 mm/s đến 1130 mm/s.

4. KẾT LUẬN

Mẫu thiết bị MFL có khả năng phát hiện vị trí khuyết tật trên tấm thép cacbon có bề dày 5mm và 15mm, tốc độ thiết bị được đo bằng bộ mã hóa vị trí Encoder. Thông tin kích thước khuyết tật chưa thể đánh giá và hiển thị theo sự mất mát khuyết tật một cách chính xác mà chỉ có thể hiển thị bằng mức điện thế do thiếu thông tin về pha.

Các thực nghiệm kiểm tra đều phát hiện tin cậy được các khuyết tật (20%, 40%, 60% và 80%) chế tạo trên tấm thép cacbon, với tốc độ di chuyển thiết bị MFL từ 500 mm/s đến 1130 mm/s.

Giới hạn độ nhạy thiết bị MFL $\geq 20\%$ bề dày tấm thép cacbon 5 mm và 15 mm. Đối với khuyết tật dưới 20% thiết bị không phát hiện được.

Độ chính xác khuyết tật bị ảnh hưởng bởi tốc độ di chuyển thiết bị MFL. Tốc độ phù hợp thiết bị MFL phát hiện khuyết tật từ 500 mm/s đến 1130 mm/s.

Từ các kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo và khảo sát thực nghiệm đề tài đã chế tạo mẫu thiết bị kiểm tra ăn mòn đáy bồn chứa xăng dầu đáp ứng yêu cầu đặt ra:

- Bề dày scan 5 mm đến 15 mm;
- Độ rộng scan: 100 mm;
- Tốc độ đo tối ưu: 500 mm/s;
- Độ nhạy: $\geq 20\%$ bề dày scan;
- Thời gian hoạt động liên tục 8 giờ.

Mẫu thiết bị MFL được chế tạo hiển thị LCD so với mẫu MFL Handscan trên thế giới của Silverwing NDT và MFE Enterprise hiển thị bằng LED, nhưng về độ nhạy kém hơn so với hai mẫu thiết bị thế giới. Vì đây là bước đầu tiếp cận kỹ thuật MFL nên cần tiếp tục nghiên cứu để hoàn thiện thiết bị MFL về độ nhạy cũng như khả năng xử lý hiển thị số liệu bản đồ khuyết tật thiết bị MFL.

Phương pháp kiểm tra vị trí khuyết tật ăn mòn bằng phương pháp MFL đã được áp dụng nhiều tại Việt Nam. Hiện tại Việt Nam chưa có các nghiên cứu riêng về phương pháp MFL (chỉ thuê hoặc mua thiết bị nước ngoài). Đề nghị phải xây dựng các nghiên cứu riêng của Việt Nam về phương pháp MFL để có thể đưa vào áp dụng thực tế. Vì phương pháp MFL trong kiểm tra đáy bồn chứa (xăng dầu) là một kỹ thuật phức tạp, cần sự phối hợp của nhiều ngành khoa học và công nghệ như điện từ trường, điện tử tự động, toán và lập trình phần mềm.

Với kinh phí hạn chế, sản phẩm chính của đề tài này dù đáp ứng các yêu cầu về chất lượng nhưng vẫn còn nhiều hạn chế khi tiến hành thực nghiệm với thiết bị MFL. Với sản phẩm ban đầu là mẫu thiết bị MFL Handscan làm tiền đề, các hướng nghiên cứu và cải tiến như đề xuất sau đây nhằm nâng cao hiệu quả, mở rộng phạm vi ứng dụng của mẫu thiết bị.

Về phần cứng:

Thứ nhất: Thiết kế chế tạo thêm phần xử lý hiển thị kết quả bằng số với hệ thu nhận song song 24 kênh tín hiệu. Cải tiến này sẽ giúp tiết kiệm thời gian và cho biết thông tin chính xác về khuyết tật.

Thứ hai: Thiết kế chế tạo phần điều khiển tự động. Cải tiến này sẽ hạn chế được nhiều do sự thay đổi tốc độ đột ngột, cho kết quả đo chính xác hơn, nâng cao độ nhạy và giới hạn phát hiện của thiết bị

Về phần mềm: Cần nghiên cứu phát triển thuật toán dựng hình 3 chiều (3-Dimension – 3D) để cho thông tin chính xác khuyết tật như độ rộng, chiều sâu và độ lớn khuyết tật. Đây là một trong những cải tiến quan trọng nhất ảnh hưởng đến độ chính xác, thời gian đo và hiển thị trực quan nhất về khuyết tật.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Kathirmani, S.; Tangirala, A.K.; Saha, S. Online data compression of MFL signals for pipeline inspection. *NDT&E Int.* 2012, 50, 1–9.
- [2] Isabel, C.P.; Jorge, H.A.; Gerd, D. Simulation for magnetic flux leakage signal interpretation: A FE-approach to support in-line magnetic pipeline pigging. In *Proceedings of the 2014 IEEE Far East Forum of Nondestructive valuation/Testing*, Chengdu, China, 20–23 June 2014; pp. 349–353.
- [3] Ke, M.Y.; Liao, P.; Song, X.C. Real-time Data Mining in Magnetic Flux Leakage Detecting in Boiler Pipeline. In *Proceedings of the International Conference on Digital Manufacturing & Automation*, Changsha, China, 18–20 December 2010.
- [4] API Standard 650, *Welded Tanks for Oil Storage Twelfth Edition*, March 2013.
- [5] Espina-Hernandez, J.W.; Hallen, J.M. Influence of Remanent Magnetization on Pitting Corrosion in Pipeline Steel. In *Proceedings of the 8th International Pipeline Conference*, Calgary, AL, Canada, 27 September–1 October 2010; pp. 565–572.
- [6] Feng, J.; Zhang, J.F.; Lu, S.X.; Wang, H.Y.; Ma, R.Z. Three-axis magnetic flux leakage in-line inspection simulation based on finite-element analysis. *Chin. Phys. B* 2013, 1, 531–536.

STUDY ON DESIGN AND FABRICATION OF A PROTOTYPE EQUIPMENT USED FOR CORROSION INSPECTION ON PETROCHEMICAL TANK BOTTOM BY MAGNETIC FLUX LEAKAGE METHOD

*Centre for Applications of Nuclear Technique in Industry (CANTI),
01 DT 723, ward 12, Dalat city, Lamdong province*

Abstract: Corrosion of the bottom of the petroleum tank may lead to a product leak that could cause a fire or explosion resulting in damage to people and the environment, therefore the test of tank bottom corrosion is necessary to be conducted periodically to prevent the occurrence of the above problems. In non-destructive inspection, the Magnetic Flux Leakage (MFL) method relies on the variation of fluxes caused by defects on the surface of materials to detect corrosion, pitting, or imperfections, which is proved quite effectively with low cost. The project was implemented to develop a prototype of the MFL bottom detection device based on the research results in the world to improve corrosion survey capacity in industrial equipment, as well as to improve the expertise in the Research Team of electronics and automation in the fields of magnetic fields and sensors. As a result, an MFL model using permanent magnets and Hall sensors were fabricated. Survey experiments showed that the machine could detect corrosion defects up to 20% of steel wall thickness in the scanning speed range from 500 mm/s to 1130 mm/s. However, to meet the actual survey needs, the team must continue to improve the device in terms of sensitivity, scanning speed, the ability to operate automatically or semi-automatically, and register for a fire safety inspection. Thanks to the implementation of the project, the knowledge, and experiences of the research team in the field of manufacturing corrosion surveying equipment using magnetic fields have also been obviously improved.

Keyword: Magnetic Flux Leakage, MFL.