TẠP CHÍ DẦU KHÍ
Số 3 - 2019, trang 62 - 66
ISSN-0866-854X

CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÁT HIỆN ĂN MÒN KIM LOẠI DƯỚI LỚP BẢO ÔN

Phạm Vũ Dũng, Nguyễn Đình Dũng, Nguyễn Thị Lê Hiền
Viện Dầu khí Việt Nam
Email: dungpv@vpi.pvn.vn

Tóm tắt

Quá trình ăn mòn kim loại dưới lớp bảo ôn (Corrosion Under Insulation - CUI) rất khó theo dõi và kiểm soát, thường chỉ được phát hiện khi tháo lớp bảo ôn để khảo sát hoặc khi xảy ra sự cố. Do đó, việc nghiên cứu phát hiện ăn mòn dưới lớp bảo ôn đóng vai trò rất quan trọng, nhằm xác định chính xác các vị trí có nguy cơ cao xảy ra ăn mòn kim loại dưới lớp bảo ôn, giúp phòng chống kịp thời hỏng hóc, giảm thiểu chi phí bảo dưỡng sửa chữa, giúp nhà máy vận hành ổn định, hiệu quả và an toàn. Bài báo giới thiệu các phương pháp để phát hiện ăn mòn kim loại dưới lớp bảo ôn như: chụp phóng xạ, siêu âm dẫn hướng, dòng xoáy xung, chụp ảnh camera nhiệt, tán xạ ngược neutron và kiểm tra trực quan.

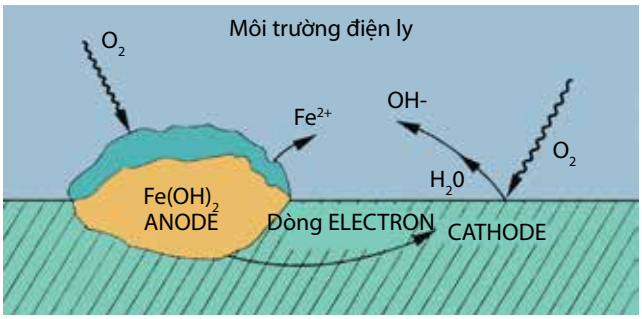
Từ khóa: Ăn mòn dưới lớp bảo ôn, chụp phóng xạ, siêu âm dẫn hướng, dòng xoáy xung, camera nhiệt, tán xạ ngược neutron.

1. Giới thiệu

Ăn mòn kim loại dưới lớp bảo ôn là dạng ăn mòn khó phát hiện nhất, có thể xuất hiện trên các thiết bị đang vận hành, dừng vận hành hoàn toàn hoặc tạm thời. Theo thống kê, có tới hơn 40% đường ống, thiết bị bị phá hủy do ăn mòn kim loại dưới lớp bảo ôn. Nguyên nhân chính gây ra hiện tượng này là do trên bề mặt kim loại có tồn tại nước/hơi nước. Việc sử dụng lớp vỏ nhôm ốp bên ngoài có vai trò bảo vệ lớp bảo ôn, giữ cho lớp bảo ôn luôn khô và cách ly với môi trường ẩm. Tuy nhiên, trong quá trình vận hành, theo thời gian với sự thay đổi của nhiệt độ môi trường và/hoặc tác động của ngoại lực… sẽ làm suy thoái/già hóa keo trám, hư hỏng lớp vỏ và lớp bảo ôn, do vậy nước có thể thấm vào bên trong. Tại vị trí bảo ôn bị ẩm ướt, bề mặt đường ống kim loại tiếp xúc với nước chứa oxy hòa tan/tác nhân ăn mòn khác bị ăn mòn theo cơ chế ăn mòn điện hóa (Hình 1).

Có 2 phương pháp gián tiếp phát hiện lượng ẩm dưới lớp bảo ôn là chụp ảnh camera nhiệt và tán xạ neutron. Ngoài 2 phương pháp gián tiếp này còn có các phương pháp đánh giá trực tiếp mức độ ăn mòn dưới lớp bảo ôn, xác định độ suy giảm chiều dày thành đường ống, thiết bị như: chụp phim phóng xạ, siêu âm dẫn hướng (Guided Wave), dòng xoáy xung (PEC) và kiểm tra trực quan. Mỗi phương pháp đều có ưu nhược điểm riêng.

Ngày nhận bài: 29/11/2018. Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 29/11 - 11/12/2018. Ngày bài báo được duyệt đăng: 6/3/2019.



Hình 1. *Phản ứng gây ăn mòn kim loại khi có nước, hơi ẩm [1]*

2. Các phương pháp phát hiện gián tiếp ăn mòn dưới lớp bảo ôn

2.1. Phương pháp sử dụng camera nhiệt [2]

Camera nhiệt (thermographic camera) là một loại camera sử dụng cảm biến nhiệt để chụp ảnh. Camera nhiệt bản chất là camera hồng ngoại sử dụng các tia bức xạ hồng ngoại hoạt động ở dải sóng có bước sóng từ 9.000 - 14.000nm (9 - 14µm). Các tia hồng ngoại này có khả năng phát hiện sự thay đổi nhiệt độ, ánh sáng. Khi gặp các vật có nhiệt độ khác nhau, các sóng phản xạ hồng ngoại thu được khuếch đại ánh sáng. Thông qua các thiết bị cảm biến, tín hiệu nhiệt được tạo thành một hình ảnh.

Camera nhiệt độ hồng ngoại cho phép chụp ảnh bề mặt đối tượng ở xa hoặc đối tượng không thể đo nhiệt độ trực tiếp. Camera nhiệt có 2 loại chính là cảm biến được làm lạnh và cảm biến không được làm lạnh.

- Camera có cảm biến được làm lạnh: Nhiệt độ làm lạnh trong khoảng 4°K đến dưới nhiệt độ phòng (chủ yếu

hoạt động trong khoảng 60 -100°K). Đặc điểm của loại camera này là cho hình ảnh chất lượng cao hơn loại camera có cảm biến không được làm lạnh, tuy nhiên giá thành cao, tiêu thụ nhiều năng lượng (cho hệ thống làm lạnh) và tốn thời gian làm lạnh. Do có độ nhạy cao, camera này cho phép lắp thêm ống kính có tiêu cự lớn (F-number lớn), có thể giảm kích cỡ và giá thành của ống kính lắp thêm, từ đó cho phép quan sát với khoảng cách xa.

- Camera có cảm biến không được làm lạnh: Cảm biến ổn định và làm việc ở nhiệt độ môi trường, camera nhỏ và rẻ hơn tuy nhiên độ phân giải và chất lượng ảnh thấp hơn.

Ứng dụng

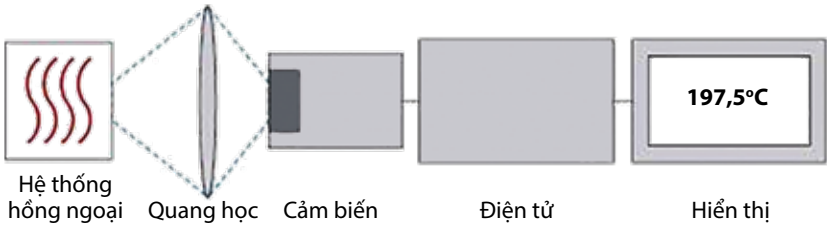
Phương pháp chụp ảnh sử dụng camera nhiệt là phương pháp trực quan nhằm khoanh vùng các khu vực có nguy cơ ăn mòn. Tại các vị trí bảo ôn có khuyết tật, có hiện tượng ngưng tụ ẩm, hệ số truyền nhiệt trong bảo ôn khô và bảo ôn ẩm khác nhau dẫn đến sự chênh lệch nhiệt độ và được phát hiện nhờ hình ảnh camera nhiệt.

Kiểm tra rò rỉ khí gas trong đường ống (Hình 4)

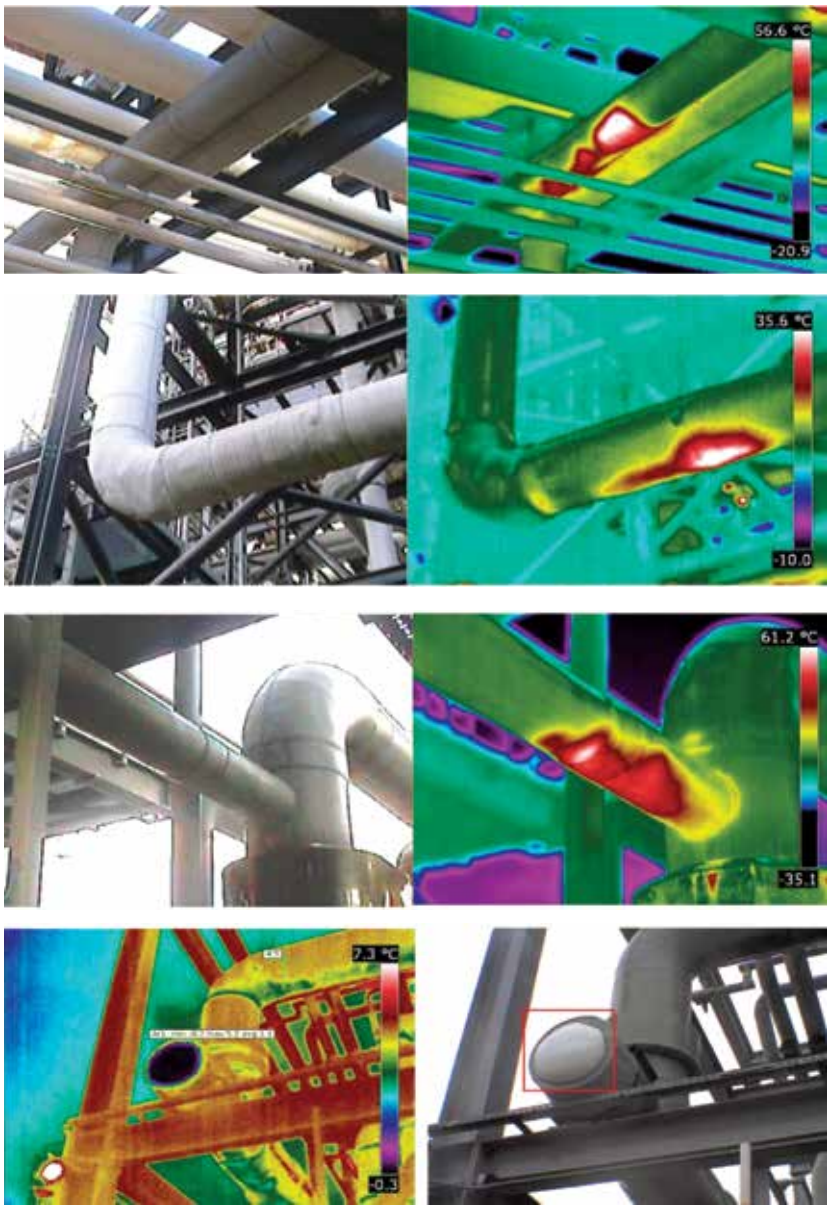
Ưu điểm của camera nhiệt là có thể kiểm tra khi thiết bị đang vận hành; có thể kiểm tra nhanh trên diện rộng; không cần đến khâu xử lý bổ sung... Tuy nhiên, thiết bị này cũng có nhược điểm là sự không đồng nhất về vật liệu dẫn đến phản xạ nhiệt khác nhau, ảnh hưởng đến độ chính xác cao; có thể bị ảnh hưởng bởi các nguồn bức xạ nhiệt xung quanh.

2.2. Phương pháp tán xạ ngược neutron [2]

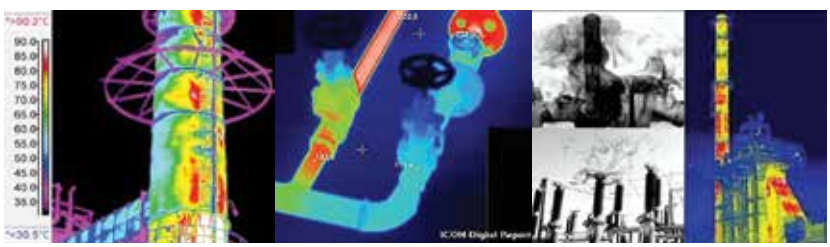
Phương pháp này dựa trên sự giảm tốc của neutron xuất phát từ một nguồn neutron nhanh do va chạm, chủ yếu với các hạt nhân hydro. Bằng cách đo số lượng các neutron làm chậm do quá trình tương tác với nguyên tử hydro khi đi qua môi trường vật liệu có thể xác định số lượng nguyên tử hydro có trong



Hình 2. *Cấu tạo của camera nhiệt [2]*

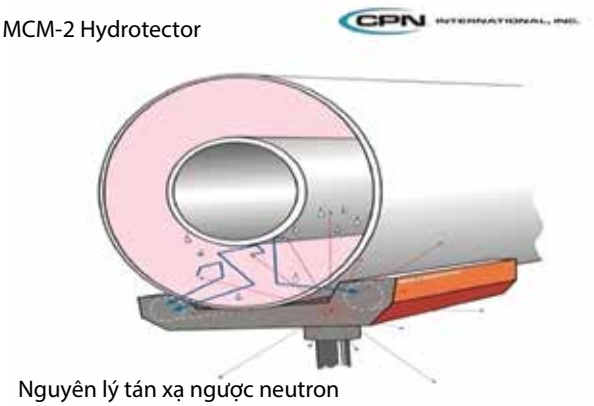


Hình 3. *Hình ảnh đường ống bị ăn mòn dưới lớp bảo ôn chụp từ camera nhiệt [2]*



Hình 4. *Kiểm tra rò rỉ khí gas trong đường ống flare bằng camera nhiệt [2]*

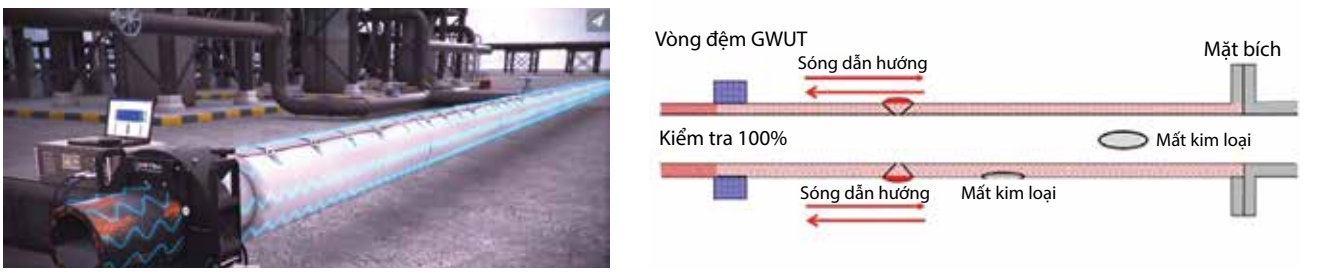
MCM-2 Hydrotector



Nguyên lý tán xạ ngược neutron

Hình 5. *Cấu tạo và hình ảnh thiết bị đo tán xạ ngược neutron [2]*

Hình 6. *Thiết bị đo tán xạ ngược neutron phát hiện độ ẩm dưới lớp bảo ôn [2]*



Hình 7. *Cấu tạo, nguyên lý hoạt động thiết bị siêu âm dẫn hướng [2]*

vật liệu. Trên cơ sở đếm số nguyên tử hydro này cho biết lượng nước có mặt trong vật liệu. Các nguồn neutron thường được cố định trên đầu dò của máy.

Thiết bị MCM-2Hydrotector (Instrotek, Mỹ), dải đo ẩm 0 - 70% được sử dụng để phát hiện độ ẩm dưới lớp bảo ôn (Hình 6).

Phương pháp sử dụng thiết bị nhỏ gọn, có thể kiểm tra nhanh, kết quả hiển thị thời gian thực, dễ đánh giá mức độ ẩm, không cần tháo dỡ lớp bọc bảo ôn; có thể kiểm tra ngay cả khi đang vận hành thiết bị; có cần nối dài để linh động kiểm tra các vị trí khó tiếp cận; độ chính xác cao... Phương pháp tán xạ ngược neutron có thể ảnh hưởng bởi vật liệu chứa hydro (nếu có) trong lớp bảo ôn và không chính xác khi lớp bảo ôn có khoảng trống hoặc gần nguồn ẩm cao.

3. Các phương pháp phát hiện trực tiếp ăn mòn dưới lớp bảo ôn

3.1. Phương pháp siêu âm dẫn hướng [2, 3]

Phương pháp siêu âm dẫn hướng ứng dụng trong kiểm tra đường ống (Guide Wave Ultrasonic) hay còn gọi là Long Range Ultrasonic (LRUT).

Siêu âm dẫn hướng sử dụng một vòng đệm chứa các đầu dò gắn xung quanh đường ống tạo ra sóng siêu âm tần số thấp truyền theo hướng dọc trục của đường ống về 2 phía của vòng đệm. Tại một vị trí bất thường (hao hụt về chiều dày hoặc thay đổi tiết diện ống), sóng siêu âm sẽ phản xạ xung vọng từ vị trí bất thường. Dựa vào thời gian xuất hiện của xung vọng và vận tốc lan truyền sóng xác định được vị trí bất thường (ăn mòn). Mức độ ăn mòn được ước tính dựa trên sự hao hụt diện tích mặt cắt ngang.

Phương pháp siêu âm dẫn hướng phạm vi kiểm tra rộng, có thể kiểm tra đường ống dài đến 91m. Phương pháp này giới hạn nhiệt độ vận hành dưới 125°C. Ăn mòn pitting hoặc ăn mòn lân cận mối hàn có thể không phát hiện được. Đường ống có chứa chất lỏng độ nhớt cao hoặc có nhiều mối hàn/mặt bích làm giảm khả năng kiểm tra. Chi phí đầu tư thiết bị lớn.

3.2. Phương pháp chụp ảnh X-ray kỹ thuật số [4]

Khác với chụp ảnh phóng xạ dùng phim, phim trong phương pháp này được thay bằng tấm tạo ảnh (imaging plate) có tráng lớp phosphor lưu trữ (storage) và kích thích phát sáng (photostimulable luminescence). Tấm tạo ảnh khi được tia X chiếu lên sẽ tạo nên 1 tiềm ảnh (latent image), sau đó tấm tạo ảnh này sẽ phát quang lần 2 khi quét bởi 1 tia laser trong máy kỹ thuật số hóa (digitiser), ánh sáng này được bắt lấy (capture) và cho ra hình kỹ thuật số tức là có sự chuyển đổi từ hình analog ra digital. Hình này sẽ được chuyển qua máy điện toán chủ để xử lý. Tấm tạo ảnh sẽ được xóa bởi nguồn ánh sáng trắng và tái sử dụng.

X quang kỹ thuật số có thể xem trực tiếp trên màn hình monitor và chỉnh sửa, phóng to vùng cần quan sát… Tấm tạo ảnh phosphor lưu trữ (phosphor storage plate) và bảng cảm ứng (sensor panel) có khả năng chụp lại nhiều lần, có dải phổ xạ rộng hơn phim X quang quy ước, nên không sợ hỏng phim do tia quá yếu hoặc quá mạnh. Hình X quang điện toán sau khi xử lý bằng các phần mềm chuyên dụng cho các hình ảnh chất lượng cao hơn phim X quang cổ điển. Việc lưu trữ các hình ảnh trở nên dễ dàng trong các đĩa CD-ROM. Tuy nhiên, X quang kỹ thuật số là máy móc, phim khô đắt tiền hơn so với hệ thống X quang cổ điển.

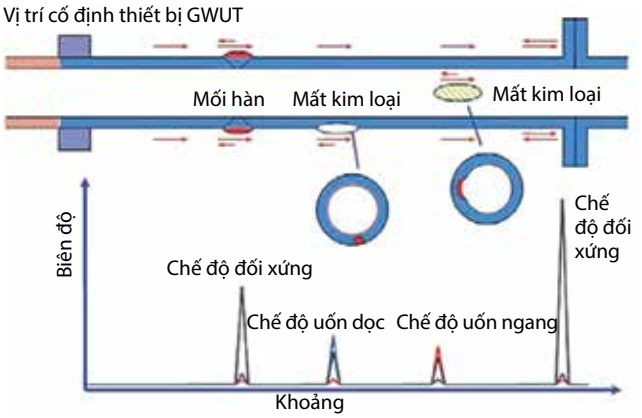
3.3. Phương pháp dòng xoáy xung PEC [5, 6]

Kỹ thuật dòng xoáy xung sử dụng các xung lặp đi lặp lại có bước sóng ngắn thay cho tín hiệu xung hình sin tần số đơn. Vì khả năng xuyên thấu phụ thuộc vào tần số, nên sự khuếch tán của dòng xung phát ra trùm lên hết chiều dày thành ống. Xung có tần số lớn sẽ xuyên qua kém hơn tần số thấp. Khả năng đâm xuyên phụ thuộc vào thời gian. Khi xuất hiện các vị trí bất liên tục, xung sẽ bị ngắt và hiển thị trên thiết bị bằng thời gian gián đoạn. Từ đó xác định được khuyết tật trên bề mặt và trong thân thiết bị, đường ống bọc bảo ôn.

Phương pháp dòng xoáy xung PEC không cần tháo bảo ôn, sử dụng trong khoảng nhiệt độ rộng -100°C - 550°C nhưng khó phát hiện ăn mòn pitting, không sử dụng đối với thép mạ kẽm hoặc phủ nhôm.

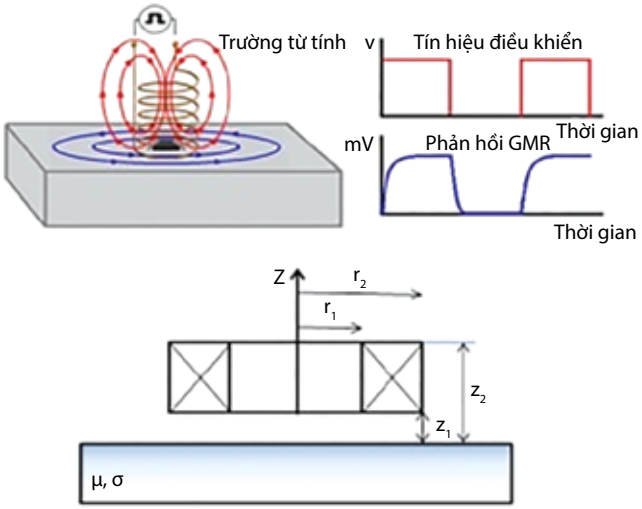
3.4. Phương pháp kiểm tra trực quan

Phương pháp kiểm tra trực quan là phương pháp đơn giản nhất để kiểm tra ăn mòn dưới lớp bảo ôn. Phương pháp này chỉ cần tháo bỏ lớp bảo ôn và kiểm tra điều kiện bề mặt của đường ống hay thiết bị bọc bảo ôn bằng mắt thường. Phương pháp kiểm tra trực quan có thể chia làm



Hình 8. *Hình ảnh hiển thị vùng ăn mòn dưới lớp bảo ôn tương ứng [2]*

Hình 9. *Hình ảnh chụp X quang kỹ thuật số đường ống xuyên qua lớp bọc bảo ôn [4]*



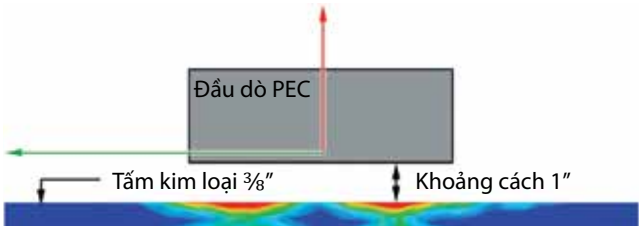
Hình 10. *Nguyên lý hoạt động phương pháp dòng xoáy xung PEC [6]*

2 dạng: tháo bỏ 1 phần bảo ôn hoặc tháo bỏ hoàn toàn lớp bảo ôn.

Chỉ có phương pháp này mới có thể phát hiện 100% hư hỏng ăn mòn bề mặt bên ngoài. Tuy nhiên nhược điểm là chi phí thực hiện lớn do phải tháo và lắp sửa lại lớp bảo ôn (đặc biệt vị trí phải lắp giàn giáo...); có thể ảnh hưởng đến chế độ công nghệ khi tháo bảo ôn lúc đường ống đang hoạt động.

4. Kết luận

Để nâng cao hiệu quả kinh tế và kỹ thuật, các nhà máy sử dụng kết hợp các phương pháp phát hiện ăn mòn kim loại dưới lớp bảo ôn. Các nhà máy thường nhận diện và phân loại các loại đường ống, thiết bị có nguy cơ ăn mòn kim loại dưới lớp bảo ôn từ cao tới thấp, sau đó đưa ra



Hình 11. *Hình ảnh hiển thị vị trí CUI bằng phương pháp dòng xoáy xung PEC [6]*

Hình 12. *Phương pháp kiểm tra trực quan ăn mòn dưới lớp bảo ôn*

chương trình kiểm tra ăn mòn kim loại dưới lớp bảo ôn cho từng đường ống, thiết bị định kỳ, ưu tiên kiểm tra mức rủi ro cao trước và lựa chọn các phương pháp kiểm tra tiết kiệm và hiệu quả nhất.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Văn Tư. *Ăn mòn và bảo vệ vật liệu*. Đại học Bách khoa Hà Nội.

2. NDT inspections. *Corrosion Under Insulation and High Temperature Corrosion Conference*.

3. ASNT. *Ultrasonic testing.* Nondestructive testing handbook, Third edition, Volum 7.

4. ASNT. *Radiographic testing*. Nondestructive testing handbook, Third edition, Volume 4.

5. Ivan C.Silva, Ygor T.B.Santos, Lurimar S.Batista, Claudia T.Farias. *Corrosion inspection using pulsed eddy current*. 11th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT), Prague, Czech Republic. October 6 - 10, 2014.

6. TUV. *Pulsed eddy current - detecting corrosion under isolation*.

7. James Higgins. *Corrosion under insulation - Detection methods and inspection*. NACE meeting June 18, 2013.

8. API RP 583. *Corrosion under insulation and fireproofing*. 2014.

9. Pllock WI, Barnhart JM. *Corrosion of metals under thermal insulation*. ASTM STP 880. 1985.

10. NACE SP0198. *Control of corrosion under thermal insulation and fireproofing materials - A systems approach*. 2010.

11. Robin Ellis Jones. *Use of microwaves for the detection of corrosion under insulation*. Department of Mechanical Engineering, Imperial College London. 2012.

12. Dharma Abavarathna, William G.Ashbaugh, Russell D.Kanev, Nancy McGowan. *Measurement of corrosion under insulation and effectiveness of protective coatings*.

13. Gary L.Bastin. *Detecting corrosion under paints and insulation*. PRCI pipelines research program meeting. 2011.

14. http://vnndt.com/san-pham/kiem-soat-an-mon-duong-ong33/kiem-soat-an-mon-duoi-lop-bao-on.html.

15. V.Mitchell Liss. Preventing corrosion under insulation. The National Board of Boiler and Pressure Vessed Inspectors.

METHODS TO DETECT CORROSION UNDER INSULATION

Pham Vu Dung, Nguyen Dinh Dung, Nguyen Thi Le Hien
Vietnam Petroleum Institute
Email: dungpv@vpi.pvn.vn

Summary

Corrosion under insulation (CUI) is difficult to monitor and control. It is usually only detected when the insulation layer is removed for surveying or when an incident occurs. The study of corrosive detection under the insulation layer therefore plays a very important role in accurately determining the location of high risk of corrosion under insulation, which can help prevent breakdowns and minimise maintenance costs, contributing to the stable, effective and safe operation of the plant. The paper introduces methods for detecting corrosion under insulation such as Radiography, Guided Wave Ultrasonic, Pulsed Eddy Current, Thermography, Neutron Backscatter and Visual Inspection.

Key words: Corrosion under insulation, Radiography, Guided Wave Ultrasonic, Pulsed Eddy Current, Thermography, Neutron Backscatter.