

ỨNG DỤNG CÁC PHƯƠNG PHÁP NDT NHẪM KIỂM TRA ĂN MÒN DƯỚI LỚP CÁCH NHIỆT

Nguyễn Thế Mẫn, Vũ Đức Vinh và nhóm thực hiện đề tài

Trung tâm Đánh giá không phá hủy, Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam

Địa chỉ: 140 Nguyễn Tuân, Thanh Xuân, Hà Nội

Email: vinhdv.ncp@gmail.com

Tóm tắt: Ăn mòn dưới lớp cách nhiệt (Corrosion Under Insulation – CUI) là một trong những loại ăn mòn rất khó được phát hiện. Trong khuôn khổ đề tài cấp bộ 2019-2020, nhóm thực hiện của Trung tâm NDE đã và đang nghiên cứu, thử nghiệm và ứng dụng 4 phương pháp kiểm tra không phá hủy nhằm phát hiện CUI trên các đường ống trong ngành dầu khí. Các phương pháp này bao gồm: kiểm tra nhiệt hồng ngoại và kiểm tra tán xạ ngược neutron nhằm phát hiện cơ chế gây ra CUI (điều kiện môi trường ẩm), 2 phương pháp kiểm tra dòng điện xoáy xung và chụp ảnh kỹ thuật số nhằm phát hiện mất mát chiều dày do ăn mòn.

Từ khóa: CUI, CUF, NDT, PEC, DIR, IR

I. MỞ ĐẦU

Ăn mòn dưới lớp cách nhiệt là một trong những vấn đề nghiêm trọng cần được giải quyết không chỉ trong các ngành công nghiệp mà còn trong xây dựng dân dụng, đời sống,... Để duy trì nhiệt độ hoạt cho các cấu kiện thiết bị (vd: đường ống dẫn lưu chất nóng/lạnh, nhiệt độ cho tòa nhà/văn phòng,...) người ta cần sử dụng các vật liệu bọc cách nhiệt. Theo thời gian hoạt động, các lớp cách nhiệt này thường bị xuống cấp và gây rò rỉ nước dẫn đến ăn mòn. Nếu không được phát hiện và sửa chữa kịp thời CUI có thể gây ra các sự cố, mất an toàn.

Trong lĩnh vực công nghiệp dầu – khí – hóa dầu (gọi tắt là dầu khí), các loại đường ống được sử dụng rất phổ biến từ khâu thăm dò, khai thác, vận chuyển, lọc hóa... Do các chu trình công nghệ phức tạp mà một lượng lớn các ống bọc cách nhiệt được sử dụng. Trên những đường ống này vấn đề CUI thường xảy ra rất nghiêm trọng và phổ biến gây ra những thiệt hại to lớn cả về kinh tế và môi trường. Trong thực tế, bất kể một hệ thống đường ống nào cũng phải đối mặt với việc bị ăn mòn khi sử dụng dưới tác dụng của các tác nhân hóa, lý. Nhưng ăn mòn dưới lớp cách nhiệt được quan tâm nghiên cứu hơn bởi sự khó khăn trong việc phát hiện sớm ra chúng so với các đường ống không bọc bảo ôn vì lớp bảo ôn bên ngoài đã che khuất ống phía trong. Thường thì các vị trí ăn mòn dưới lớp bảo ôn chỉ phát hiện được khi dừng hệ thống để kiểm tra và bảo dưỡng, hoặc khi chúng đã gây ra hậu quả. Do vậy nhu cầu kiểm tra sớm để phòng ngừa hư hại là một yêu cầu cấp thiết được đặt ra trong thực tế.

Trên thế giới, trong những năm gần đây đã phát triển một số các kỹ thuật kiểm tra không phá hủy mà hiệu quả của nó mang lại trong việc phát hiện CUI đã được kiểm chứng và đưa vào các tiêu chuẩn khuyến cáo thực hiện. Trong đó 4 kỹ thuật được sử dụng phổ biến hơn đó là: kiểm tra nhiệt hồng ngoại (thermal/infrared imaging examination), kiểm tra tán xạ

ngược neutron (neutron backscatter examination), kiểm tra dòng điện xoáy xung (pulsed eddy current), chụp ảnh kỹ thuật số (digital industrial radiography). Tuy nhiên để áp dụng hiệu quả vào các đối tượng cụ thể, các kỹ thuật này cần được nghiên cứu và thử nghiệm trước khi thiết lập một quy trình chi tiết để đảm bảo độ chính xác, tin cậy của việc kiểm tra. Đây cũng chính là nội dung chủ yếu của đề tài do trung tâm NDE đang thực hiện.

II. NỘI DUNG

1. Đối tượng và Phương pháp

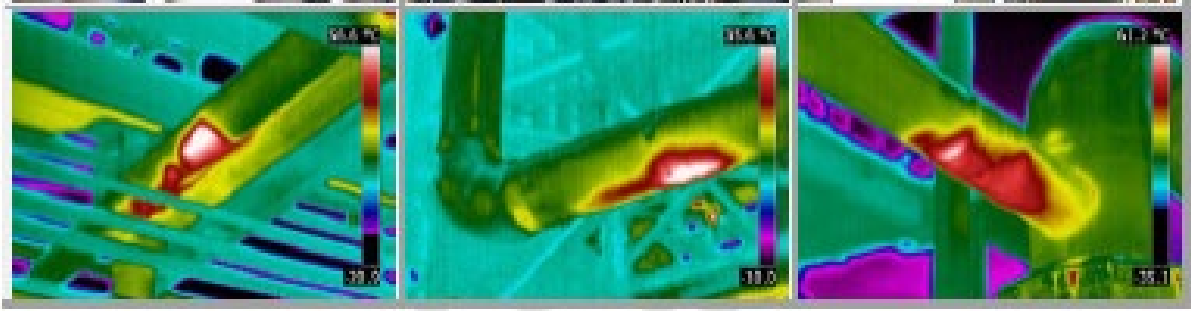
1.1. Đối tượng nghiên cứu

Về mặt cơ chế của CUI, lớp cách nhiệt thông thường được bảo vệ khỏi môi trường bên ngoài thông qua một lớp kim loại bọc kín, nhằm ngăn ngừa sự xâm thực của nước. Tuy nhiên, lớp vỏ bọc kim loại bên ngoài này qua thời gian có thể hư hỏng. Đây chính là nguyên nhân làm nước xâm nhập vào vật liệu cách nhiệt và bắt đầu quá trình ăn mòn bề mặt ống. Do vậy để phát hiện ăn người ta thường dựa vào 2 biểu hiện là sự có mặt của hơi ẩm (nước) và sự mất mát chiều dày thành ống.

Kết quả khảo sát tại 3 cơ sở dầu khí: Nhà máy Lọc hóa dầu Nghi Sơn, trạm phân phối khí Nam Côn Sơn – Dinh Cố và nhà máy Đạm Cà Mau cho thấy: CUI có thể xảy ra trên tất cả các đường ống với kích thước, chiều dày và lưu chất khác nhau. Nguy cơ CUI cao nhất thường xảy ra trên những đối tượng ống có điều kiện hoạt động từ 60°C đến 200°C. Vì vậy, để phát hiện tốt CUI trên các đối tượng đường ống nói trên, cần tối ưu hóa các thông số kiểm tra thông qua việc thử nghiệm. Trong khuôn khổ đề tài, nhóm đã tiến hành thử nghiệm trên những đường ống điển hình có đường kính tương đối lớn ~200mm với dải chiều dày từ 6-31mm.

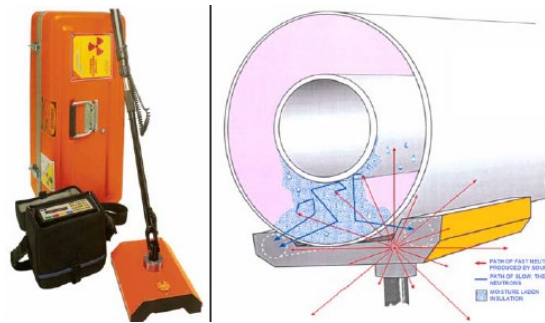
Để phát hiện hơi ẩm, cách đơn giản nhất là bóc lớp cách nhiệt và kiểm tra bằng ẩm kế. Tuy nhiên phương pháp này không mang lại hiệu quả kinh tế do chi phí bóc tốn kém và mất nhiều thời gian. Dựa trên những biểu hiện do hơi ẩm tạo ra, 2 phương pháp gián tiếp được khuyến cáo là: kiểm tra nhiệt hồng ngoại (thermal/infrared imaging examination), kiểm tra tán xạ ngược neutron (neutron backscatter examination).

Kỹ thuật kiểm tra nhiệt/hồng ngoại: Khi đường ống chịu sự tác động của nguồn nhiệt (từ lưu chất hoặc nguồn nhiệt ngoài), do nhiệt dung riêng của lớp cách nhiệt khô và lớp cách nhiệt ẩm là khác nhau. Do đó có sự xuất hiện chênh lệch về nhiệt độ giữa hai vùng này. Bằng việc xử dụng các thiết bị thu nhận bức xạ hồng ngoại phát ra và đưa ra các mẫu hình nhiệt độ (ảnh nhiệt) của đối tượng sẽ giúp phát hiện những vùng có tồn tại hơi ẩm.



Hình 1a, 1b, 1c. Kỹ thuật kiểm tra nhiệt hồng ngoại

Kỹ thuật kiểm tra tán xạ ngược neutron hoạt động dựa trên sự tương tác giữa neutron và các nguyên tử hydro. Kỹ thuật sử dụng một nguồn phóng xạ Americium-241 phát ra neutron nhanh, năng lượng cao xuyên qua lớp bọc cách nhiệt. Khi các neutron nhanh này tương tác với nguyên tử hydro, chúng giải phóng năng lượng và biến đổi thành neutron nhiệt hay neutron chậm. Neutron nhiệt bị tán xạ về mọi hướng và có đường truyền ngắn. Một số neutron nhiệt này tán xạ ngược trở lại đầu quét và được thu nhận bởi các đầu dò. Càng nhiều nguyên tử hydro xuất hiện trong vật liệu thì càng nhiều neutron nhiệt sinh ra và được thu nhận thông qua đầu dò. Đây là phương pháp quét nhanh và dễ dàng phát hiện sự xuất hiện của nước hay hydrocarbon dưới lớp cách nhiệt.



Hình 2. Hệ thống kiểm tra tán xạ ngược neutron

Sự có mặt của hơi nước mới chỉ là dấu hiệu cho biết những vị trí có nguy cơ ăn mòn. Với hai phương pháp kiểm tra sơ bộ nêu trên, các điểm nghi ngờ có khả năng CUI đã được khoanh vùng. Để kiểm tra chi tiết và định lượng mức độ ăn mòn người ta phải dùng đến các kỹ thuật phức tạp hơn, điển hình là: Kiểm tra dòng điện xoáy xung (pulsed eddy current) và chụp ảnh kỹ thuật số (digital industrial radiography)

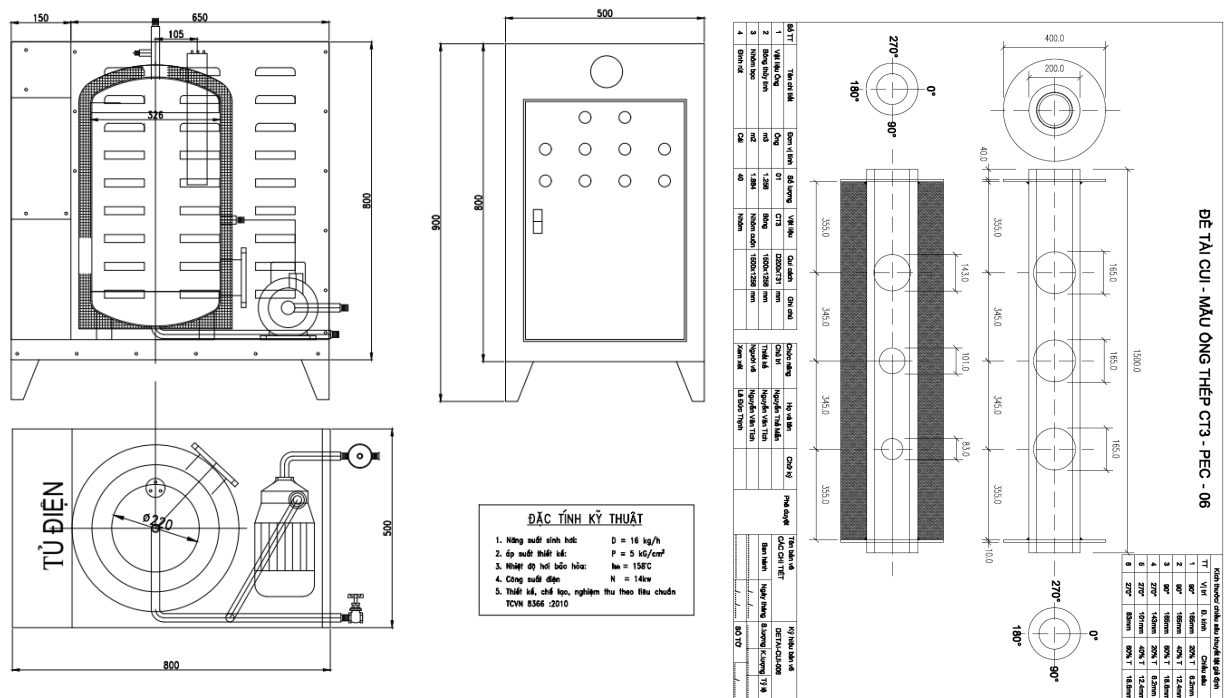
Kỹ thuật kiểm tra dòng điện xoáy xung (PEC): được ứng dụng trong vài năm gần đây để phát hiện ăn mòn thành ống xuyên qua cách nhiệt được bọc bên ngoài bằng lớp vỏ nhôm hoặc thép không rỉ. Đây là kỹ thuật không tiếp xúc, có dải nhiệt độ hoạt động rộng từ -150°C đến 500°C, sử dụng nguyên lý điện từ để phát hiện sự ăn mòn thành ống trung bình của vật liệu thép carbon và thép hợp kim thấp. Trong kỹ thuật này dòng điện trong đầu dò sinh ra từ trường xuyên qua lớp vỏ bọc bên ngoài và từ hóa thành ống. Sự biến thiên của từ trường đó sinh ra dòng điện xoáy trong thành ống. Dòng điện xoáy này khuếch tán vào trong vật liệu và giảm cường độ. Việc suy giảm cường độ dòng điện xoáy được giám sát bởi đầu dò, chiều dày

trình cụ thể. Với các phương pháp đã được tiêu chuẩn hóa, quy trình sẽ là sự cụ thể hóa các yêu cầu của một quy phạm, tiêu chuẩn đã được thừa nhận. Tuy nhiên với các phương pháp kiểm tra CUI, hiện chưa có hoặc chưa chỉ định cho đối tượng đường ống dầu khí. Vì vậy, để thiết lập, xây dựng các quy trình cho việc kiểm tra CUI phải bắt đầu từ thử nghiệm.

Do bản chất là các phương pháp gián tiếp, các kết quả kiểm tra NDT chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố, điển hình như: đối tượng (vật liệu, quá trình chế tạo, cấu hình), điều kiện kiểm tra (nhiệt độ, ánh sáng, độ ẩm,...), vật tư/thiết bị và năng lực nhân viên kiểm tra. Để thiết lập nên các quy trình kiểm tra, phương pháp nghiên cứu tổng hợp được lựa chọn. Quá trình nghiên cứu bao gồm các bước:

- Khảo sát điều kiện thực tế để thu thập các thông tin về thực trạng CUI tại các cơ sở dầu khí tại Việt nam; đặc điểm các vị trí có nguy cơ ăn mòn; những yếu tố thuận lợi và khó khăn khi tiến hành kiểm tra. Quá trình khảo sát tại được tiến hành tại 3 cơ sở dầu khí: Nhà máy Lọc hóa dầu Nghi Sơn, trạm phân phối khí Nam Côn Sơn – Dinh Cố và nhà máy Đạm Cà Mau

- Chế tạo hệ thử nghiệm và 18 mẫu thử nghiệm tương đồng với vật liệu tại hiện trường, các yếu tố tương đồng từ vật liệu, kích thước, cấu hình và điều kiện kiểm tra. 3 mẫu có chứa các bất liên tục mô phỏng CUI với kích thước khác nhau để khảo sát độ nhạy của các phương pháp:

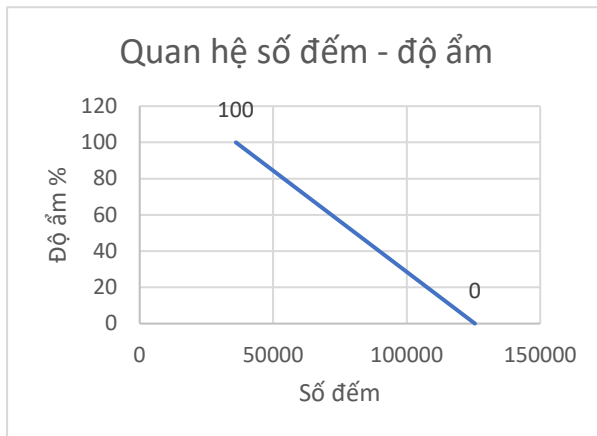


Hình 5a, 5b, 5c. Thiết kế hệ thử nghiệm và các mẫu ống



Hình 6a, 6b. Chế tạo, lắp đặt hệ thử nghiệm và các mẫu ống

- Thử nghiệm, bao gồm: đánh giá thiết bị, chuẩn thiết bị (xây dựng mức đối chứng), thay đổi và lựa chọn các thông số kiểm tra tối ưu trên các mẫu đã chế tạo



Hình 7a, 7b. Thử nghiệm để xây dựng đối chứng và lựa chọn thông số

- Tổng hợp các thông số tối ưu để xây dựng các quy trình kiểm tra và
- Áp dụng các quy trình đã xây dựng trên đối tượng thực tế.

2. Kết quả

2.1. Xây dựng thành công 4 quy trình kiểm tra ăn mòn dưới lớp cách nhiệt cho các đường ống dầu khí bao gồm:

- ✓ Quy trình chụp ảnh nhiệt / hồng ngoại số: NDE-CUI2020/IR-01
- ✓ Quy trình đo độ ẩm trong lớp bọc cách nhiệt của đường ống bằng tán xạ ngược neutron số: NDE-CUI2020/NB-01
- ✓ Quy trình kiểm tra dòng điện xoáy xung (PEC) số: NDE-CUI2020/PEC-01
- ✓ Quy trình kiểm tra chụp ảnh phóng xạ kỹ thuật số (DR) để đánh giá ăn mòn và đo chiều dày thành ống số: NDE-CUI2020/DR-01

2.2. Áp dụng các quy trình kiểm tra tại trạm phân phối khí Tiên Hải thuộc chi nhánh Khí

Hải Phòng, tổng công ty Khí Việt Nam

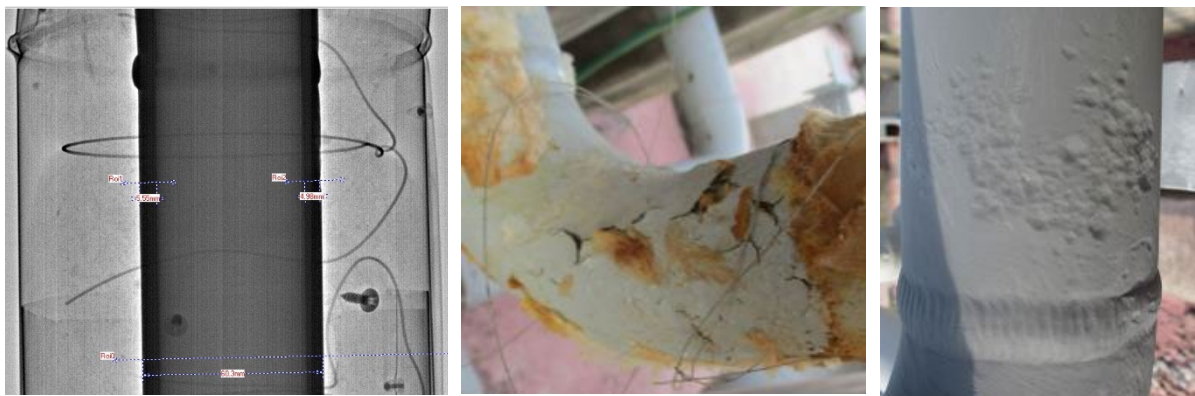
Hệ thống thu gom khí Hàm Rồng – Thái Bình được xây dựng và vận hành từ 2015. Với tổng chiều dài đường ống theo thiết kế là trên 24 km, được sử dụng để vận chuyển khí từ mỏ Hàm Rồng (lô 106), mỏ Thái Bình (lô 102) và các mỏ khác tới các khu công nghiệp tại tỉnh Thái Bình và các tỉnh lân cận phía Bắc. Tại trạm GDC Tiên Hải, sản phẩm thô sẽ được tách ba pha để loại bỏ nước, chất rắn để lấy xăng nhẹ (condensates) và khí thương mại.

4 phương pháp kiểm tra được áp dụng trên các đường ống tại khu vực gia nhiệt (heater) và phân tách (separator) condensate/nước. Với 2 phương pháp chụp ảnh nhiệt hồng ngoại và tán xạ ngược neutron, 6 vị trí tồn tại hơi ẩm đã được phát hiện trên các hạng mục: heater H01, bồn V01, và các đường ống: CD-50-C1B-5515, CD-50-C1B-5576, PL-50-C1B-2521, PL-50-C1B-2545.

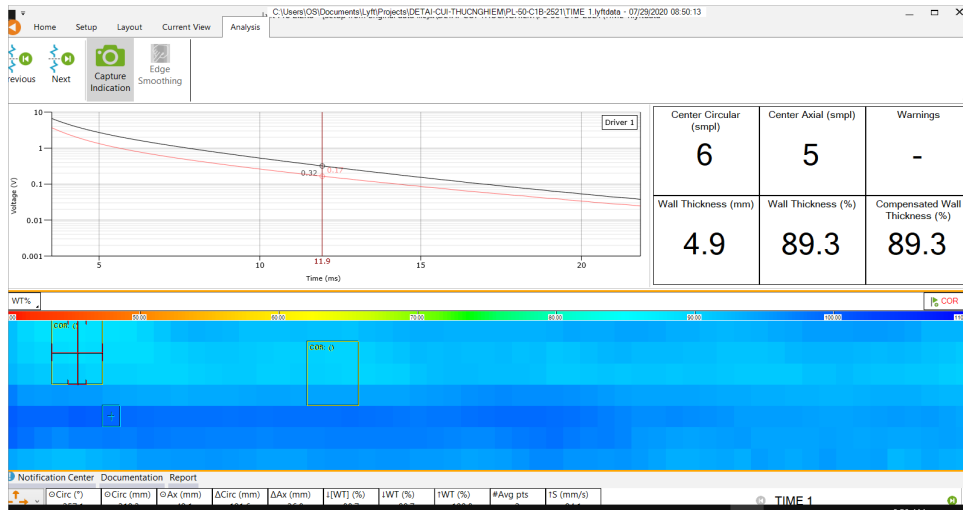


Hình 8. Vị trí có hơi ẩm được phát hiện đã được bóc lớp bọc để xác nhận

Sau khi khảo sát cụ thể 6 vị trí này bằng phương pháp PEC và DR, 2 vị trí mất mát chiều dày đã được đo đạc và xác nhận



Hình 8a, 8b, 8c. Vị trí ăn mòn PL-50-C1B-2521 được đo đạc bằng DR, bóc cách nhiệt xác nhận và sau khi xử lý



Hình 9a, 9b, 9c. Vị trí ăn mòn PL-50-C1B-2545 được kiểm tra bằng PEC, trước và sau khi xử lý

3. Bàn luận

Kết quả thử nghiệm và áp dụng cho thấy các phương pháp kiểm tra không phá hủy hoàn toàn có thể áp dụng để phát hiện sớm ăn mòn dưới lớp cách nhiệt. Tuy nhiên việc áp dụng trên các đường ống với cấu hình khác nhau đòi hỏi phải cụ thể hóa các thông số kiểm tra để đạt được kết quả ổn định và tin cậy

III. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu dự kiến của đề tài không chỉ giúp các cán bộ NDT trong nước tiếp cận và làm chủ được các thiết bị, công nghệ tiên tiến, mà còn hướng đến giải quyết bài toán chủ động kiểm tra, kiểm soát ăn mòn dưới lớp cách nhiệt của ngành dầu khí nói riêng, các ngành công nghiệp trong nước nói chung. Qua đó, việc thực hiện kiểm tra, bảo dưỡng các đường ống có bọc cách nhiệt trong các ngành công nghiệp của Việt Nam sẽ dần giảm lệ thuộc vào các đơn vị kỹ thuật của nước ngoài, góp phần tăng hiệu quả kinh tế, giảm chi phí ngoại tệ. Và đặc biệt là kết quả đề tài sẽ góp phần phát triển đội ngũ cán bộ kỹ thuật trình độ cao cho đất nước để luôn sẵn sàng chuẩn bị nguồn nhân lực phục vụ việc xây dựng và vận hành các công trình trọng điểm quốc gia nói chung, nhà máy điện hạt nhân trong tương lai (nếu có) nói riêng.

IV. TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. API recommended practice 583. *“Corrosion under insulation and fireproofing”*. American petroleum institute, 2014.
2. API recommended practice 571. *“Damage mechanisms affecting fixed equipment in the refining industry”*. American petroleum institute, 2014.
3. API recommended practice 510. Pressure vessel inspection code: *“in-service inspection, rating, repair, and alteration”*. American petroleum institute.
4. API recommended practice 574. *“Inspection practices for piping system components”*. American petroleum institute.
5. API recommended practice 653. *“Tank inspection, repair, alteration, and reconstruction”*. American petroleum institute.
6. NACE international standard practice SP0198-2010. *“Control of corrosion under thermal insulation and fireproofing materials – A Systems Approach”*. 2010.
7. Uwe Ewert, Uwe Zscherpel. *“Digital Detector Arrays (flat panel detectors)”*. Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM). 2007.
8. ASTM C612-14, *“Standard Specification for Mineral Fiber Block and Board Thermal Insulation”*. ASTM International. 2014.
9. ASTM STP 880. *“Corrosion of metals under thermal insulation”*. ASTM International.

NDT APPLICATION FOR DETECTION OF CORROSION UNDER INSULATION

Nguyễn Thế Mẫn, Vũ Đức Vinh and CUI project team

Center for Non-Destructive Evaluation, 140 Nguyen Tuan Street - Thanh Xuan District - Hanoi

Email: vinhdv.ncp@gmail.com

Abstract: In Industry, CUI (Corrosion Under Insulation) is one of prevalent and severe corrosion forms which is difficult to be detected. Through research projects, Center for Non-Destructive Evaluation (NDE) is developing 4 NDT procedures for CUI examination on piping using in petroleum field. Thermal/infrared imaging examination and Neutron backscatter examination methods are used to detecting the presence of water or hydrocarbon under insulation jacketing. Pulsed eddy current and Digital profile radiography method are used to measuring pipe wall thickness loss due to corrosion.

Keywords: *CUI, NDT, PEC, DIR, IR.*