

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ SIÊU ÂM ĐỘ NHẠY CAO CHO VIỆC KIỂM TRA, GIÁM SÁT LIÊN TỤC ĂN MÒN BÊN TRONG ĐƯỜNG ỐNG, BỂ CHỨA DẦU KHÍ

Đỗ Thành Trung, Phạm Ngọc Sơn, Phan Công Thành

Tổng công ty Hóa chất và Dịch vụ Dầu khí

Email: trungdt@pvchem.com.vn

Tóm tắt

Trong số các phương pháp kiểm tra và giám sát liên tục quá trình ăn mòn bên trong đường ống, bể chứa, phương pháp siêu âm liên tục độ nhạy cao có ưu điểm nổi bật, đặc biệt trong trường hợp cần kiểm tra, giám sát liên tục các đường ống, bể chứa ngầm, các vị trí có không gian hạn hẹp, khó tiếp cận. Bài báo giới thiệu nguyên tắc áp dụng công nghệ siêu âm độ nhạy cao trong việc kiểm tra, giám sát liên tục quá trình ăn mòn bên trong đường ống, bể chứa dầu khí.

Từ khóa: Ăn mòn, siêu âm liên tục độ nhạy cao, kiểm tra không phá hủy.

1. Giới thiệu

Ăn mòn bên trong là nguyên nhân chính gây phá hủy đường ống, bể chứa dầu khí, gây ra thiệt hại nghiêm trọng về kinh tế và môi trường. Trong 10 năm (1998 - 2008), Mỹ xảy ra 5.960 sự cố về đường ống, trong đó có 1.040 sự cố xảy ra do ăn mòn, chiếm 18% [1]. Số liệu thống kê tại Mỹ và một số nước ở châu Âu cũng cho thấy có khoảng 5 - 10% số bể chứa bị rò rỉ là do nguyên nhân ăn mòn từ bên trong. Do đó, việc theo dõi và kiểm soát ăn mòn bên trong đường ống, bể chứa có vai trò quan trọng trong việc đảm bảo hoạt động an toàn, hiệu quả, bền vững của các công trình [2 - 4].

Nhiều phương pháp đã được áp dụng để kiểm tra dấu hiệu của quá trình ăn mòn, tuy nhiên chỉ có phương pháp giúp nhận biết và đánh giá được xu hướng và tốc độ của quá trình ăn mòn theo thời gian mới phù hợp cho việc kiểm tra, giám sát liên tục quá trình ăn mòn [5, 6].

Một số phương pháp giám sát liên tục quá trình ăn mòn bên trong đường ống bể chứa đang được áp dụng trong ngành công nghiệp dầu khí [7, 8] như phương pháp sử dụng đầu dò điện trở (ER), phương pháp điện hóa, các phương pháp siêu âm (UT), bức xạ âm thanh (AE) [9, 10], phương pháp siêu âm dẫn hướng (LR/GW)... Trong trường hợp cần biết chính xác chiều dày còn lại của đối tượng

cần theo dõi, phương pháp siêu âm thường được áp dụng do có ưu điểm nổi bật và tiện dụng. Để phù hợp cho mục đích theo dõi liên tục, phát hiện sớm quá trình ăn mòn, phương pháp siêu âm liên tục độ nhạy cao (UT+) đã được cải tiến từ phương pháp UT để đáp ứng các yêu cầu đề ra.

Hệ thống kiểm tra và giám sát liên tục ăn mòn bên trong đường ống, bể chứa bằng kỹ thuật siêu âm độ nhạy cao (UT+) là công nghệ mới, được phát triển từ công nghệ siêu âm thông thường, vì vậy công nghệ này có các ưu điểm nổi bật như: có tính an toàn cao do đây là phương pháp không phá hủy (NDT), không phải dùng hệ thống sản xuất khí đo, kết quả tin cậy với độ nhạy và độ chính xác cao, cung cấp dữ liệu liên tục, khi thực hiện không cần tiếp cận trực tiếp vị trí đo, giảm nhân lực thực hiện. Đặc biệt, phương pháp này phù hợp cho việc theo dõi ăn mòn bên trong các thiết bị khó tiếp cận như: chôn ngầm hoặc trên cao, các đường ống, bể chứa đặt sát nhau, không gian hạn hẹp, có lớp bảo ôn... Đầu dò siêu âm độ nhạy cao được gắn trực tiếp và cố định vào điểm cần đo, sau đó, dữ liệu về chiều dày còn lại của vật liệu được cung cấp liên tục tới người vận hành [11].

2. Phương pháp siêu âm [6 - 8]

2.1. Phương pháp siêu âm thủ công

Phương pháp kiểm tra siêu âm (UT) là phương pháp NDT, sử dụng một đầu dò phát ra sóng siêu âm hoặc xung điện xuyên qua các vật liệu theo đường thẳng và nhận tín

hiệu được phản xạ bởi các bề mặt, như các khuyết tật bên trong, bề mặt phía đối diện hoặc bề mặt gây ra do ăn mòn của vật liệu. Phương pháp siêu âm sử dụng sóng âm tần số cao, trên 0,2MHz, truyền qua vật liệu rắn và kim loại, có thể xác định độ dày và xác định vị trí các khuyết tật bên trong, các vết nứt và hư hại do ăn mòn.

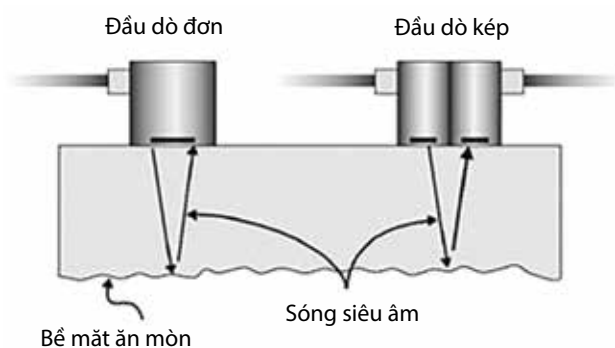
Các thiết bị siêu âm thường gồm nhiều bộ phận riêng biệt như: máy phát xung, đầu dò (Hình 1), máy thu và màn hình hiển thị. Các bộ phận cần thiết tùy thuộc vào loại siêu âm đang được áp dụng.

Siêu âm thủ công là phương pháp phổ biến để kiểm tra sự ăn mòn của các hệ thống thiết bị trong ngành dầu khí với đầu dò không được gắn cố định vào điểm cần đo. Phương pháp UT là phương pháp NDT nên có ưu điểm là khá an toàn, thao tác rất đơn giản, có thể kiểm tra online, không làm ảnh hưởng tới kết cấu của thiết bị cần đo. Ngoài ra, phương pháp này còn cho kết quả nhanh, khá chính xác (khi sử dụng đầu dò và thiết bị siêu âm có độ nhạy và độ phân giải cao), kết quả thu được trực tiếp dưới dạng tốc độ ăn mòn (mm/năm). Tuy nhiên, phương pháp UT đòi hỏi khi thao tác luôn phải tiếp cận vào vị trí mỗi lần đo, do vậy không phù hợp cho việc đo chiều dày các đường ống, bể chứa ngầm, các vị trí có không gian hạn hẹp như các đường ống, bể chứa đặt sát nhau, các vị trí ở trên cao, không thuận lợi cho việc tiếp cận. Phương pháp UT có nhược điểm là cho kết quả không chính xác trong trường hợp đo trên đối tượng có chiều dày quá mỏng (thường là dưới 0,2 inch).

2.2. Phương pháp siêu âm liên tục, độ nhạy cao [11]

2.2.1. Đặc điểm

Phương pháp siêu âm liên tục, độ nhạy cao (UT+) là phương pháp cải tiến từ phương pháp siêu âm thủ công thông thường, vì vậy vừa có tất cả các ưu điểm sẵn có của phương pháp siêu âm thông thường (Sauter) so với các phương pháp khác, vừa được tích hợp thêm ưu điểm khác



Hình 1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của 2 loại đầu dò siêu âm đo chiều dày

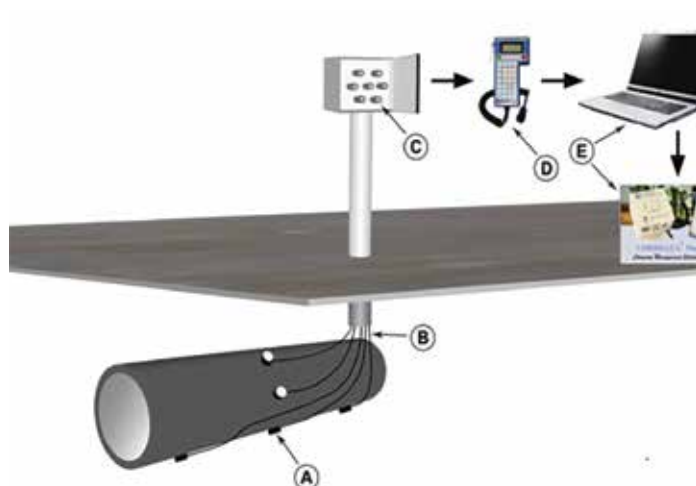
để phù hợp cho việc theo dõi liên tục quá trình ăn mòn. Về cơ bản, phương pháp UT+ sử dụng đầu dò và thiết bị siêu âm có cấu cấu tạo và nguyên lý làm việc tương tự như phương pháp siêu âm thông thường, nhưng để đáp ứng yêu cầu theo dõi liên tục và cảnh báo sớm ăn mòn, hệ thống đầu dò và thiết bị siêu âm UT+ cần phải đáp ứng thêm các điều kiện sau:

- Đầu dò và thiết bị siêu âm phải có độ nhạy và độ phân giải rất cao, đầu dò có tích hợp cảm biến nhiệt độ, từ đó thiết bị đo có thể tính toán và bù sai số do nhiệt độ gây ra;
- Phần mềm có tính năng xử lý nhiễu gây ra khi nhận tín hiệu phản hồi từ bề mặt đối diện;
- Chế độ phát hiện vị trí tối ưu để gắn đầu dò thông qua tín hiệu db;
- Sử dụng nhiều đầu dò gắn cố định vào đường ống, bể chứa, với cáp kết nối kéo dài từ đầu dò tới hộp kiểm tra, từ đó có thể theo dõi liên tục quá trình ăn mòn mà không cần tiếp cận trực tiếp các vị trí cần theo dõi.
- Ngoài ra, trong trường hợp cần thiết, hệ thống cũng có thể sử dụng thêm bộ thiết bị Data logger giúp tự động thu thập số liệu liên tục hoặc định kỳ theo thời gian định trước.

2.2.2. Thông số kỹ thuật của hệ thống siêu âm liên tục có độ nhạy cao Ultracorr

Hình 2 thể hiện hệ thống thiết bị siêu âm liên tục độ nhạy cao Ultracorr Corrosion Monitoring System (RCS), theo đó, một hệ thống thiết bị đầy đủ gồm: A - Đầu dò; B - Cáp tín hiệu; C - Hộp kết nối; D - Thiết bị đo và E - Phần mềm. Khi cần đọc dữ liệu, một thiết bị đo Ultracorr® sẽ được kết nối với đầu dò thông qua dây cáp và hộp kết nối. Dữ liệu đo được sẽ được gửi về máy chủ có phần mềm xử lý để đưa ra kết quả kèm theo khuyến nghị, cảnh báo kịp thời về tình trạng ăn mòn bên trong đường ống thiết bị.

So với các thiết bị siêu âm thông thường, thiết bị đo và đầu dò siêu âm trong hệ thống kiểm tra giám sát liên tục Ultracorr Corrosion Monitoring System được hãng công bố có độ nhạy và độ chính xác cao hơn nhiều (tới 10⁻⁴ inch). Độ chính xác cao của hệ thống còn được tăng cường bởi khả năng bù nhiệt độ và xử lý nhiễu tín hiệu của phần mềm kèm theo hệ thống, kết hợp với tính năng cho phép lựa chọn điểm gắn đầu dò để tối ưu hóa khả năng truyền tín hiệu. Keo epoxy 2 thành phần được sử dụng vừa làm chất tiếp âm, vừa làm vật liệu để gắn cố định đầu dò vào bề mặt đường ống thiết bị. Ngoài ra, đầu dò còn có nam châm để giữ cố định trên đường ống khi



Hình 2. Hệ thống kiểm tra và giám sát liên tục ăn mòn bên trong đường ống bằng kỹ thuật siêu âm độ nhạy cao Ultracorr Corrosion Monitoring System của hãng Rohrbach Cosasco Systems, Inc (Mỹ)

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật chính của 2 hệ thống/thiết bị siêu âm UT và UT+ [11]

TT	Thông số	Ultracorr Corrosion Monitoring System	Sauter
1	Model	Ultracorr®	TB 200-0.1US-red
2	Xuất xứ	Rohrbach Cosasco Systems, Inc (RCS, Mỹ)	Đức
3	Khả năng đo liên tục	Đo liên tục	Không phù hợp
4	Phạm vi đo chiều dày	0,1 - 2 inches, chiều dài cáp tới 100ft 0,2 - 2 inches, chiều dài cáp tới 200ft 0,4 - 1,25 inches, chiều dài cáp tới 300ft	1,5 tới 200mm (thép)
5	Độ phân giải	tới 10 ⁻⁴ inch	0,001mm/0,001 inch
6	Độ chính xác	tới 2 × 10 ⁻⁴ inch	± (0,5% <i>n</i> + 0,1)mm
7	Bù sai số nhiệt độ	Có	Không
8	Tối ưu vị trí đầu dò	Có	Không
9	Nhiệt độ làm việc	-10°C - 85°C/-40°C - 150°C (tùy chọn)	0 - 50°C
10	Lưu dữ liệu	Có (256 đầu dò)	Lần đo cuối
11	Số đầu dò tối đa	Tới 50	1
12	Cổng giao tiếp	Lemo to USB/RS232	Không
13	Loại đầu dò	Tiếp xúc	Tiếp xúc
14	Kết nối	Cáp lên tới 300ft (~100m)	0,5m
15	Thời gian pin	6 × 1,5 (AA)/600 lần đọc	4 × 1,5v (AA)
16	Kích thước máy	200 × 110 × 50mm	160 × 68 × 32mm
17	Khối lượng máy	710g	208g
18	Phần mềm điều khiển	CORRDATA Plus	Không

lớp keo chưa kịp khô. Bảng 1 thể hiện một số thông số kỹ thuật cụ thể. Ngoài ra, RCS còn cung cấp một số hệ thống khác có độ chính xác cao hơn và điều kiện làm việc khắc nghiệt hơn, tùy thuộc vào điều kiện làm việc thực tế và yêu cầu của người sử dụng.

3. Đánh giá độ chính xác của thiết bị siêu âm trên mẫu chuẩn

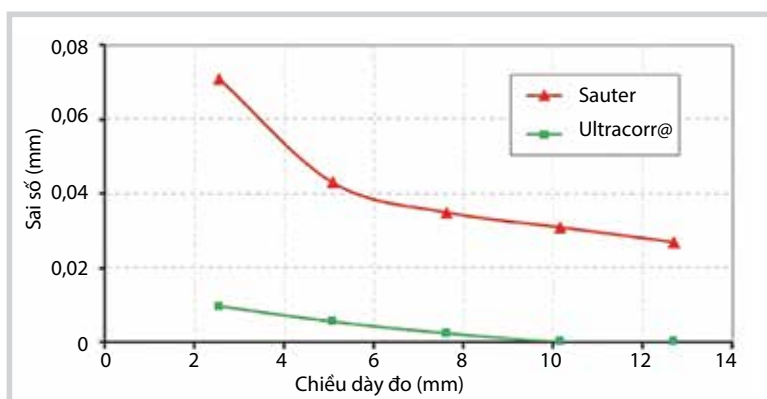
Việc kiểm tra chiều dày mẫu chuẩn bằng phương pháp siêu âm thường và siêu âm độ nhạy cao nhằm so sánh độ chính xác của 2 hệ thống.

Thiết bị sử dụng (Hình 3) gồm: Thiết bị siêu âm liên tục độ nhạy cao của RCS, model: Ultracorr® và thiết bị siêu âm Sauter, model: TB 200-0.1US-red có thông số kỹ thuật như trong Bảng 1.

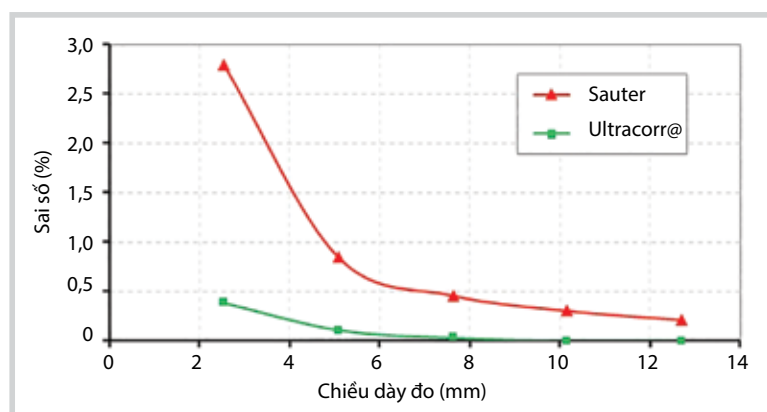
Mẫu chuẩn dùng hiệu chuẩn và kiểm tra độ chính xác của máy được sản xuất và cấp chứng chỉ bởi Sonatest (Anh): mẫu kim loại với 5 chiều dày chuẩn lần lượt là 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; và 0,5 inch.



Hình 3. Các thiết bị siêu âm Ultracorr®, Sauter và mẫu đo chiều dày chuẩn



Hình 4. So sánh sai số (mm) khi đo chiều dày trên mẫu chuẩn bằng máy siêu âm thông thường và siêu âm độ nhạy cao



Hình 5. So sánh % sai số khi đo chiều dày trên mẫu chuẩn bằng thiết bị siêu âm thông thường và siêu âm độ nhạy cao

Bảng 2. Kết quả đo chiều dày trên mẫu chuẩn của 2 thiết bị siêu âm thông thường Sauter TB 200-0.1US-red và thiết bị siêu âm độ nhạy cao Ultracorr®

TT	Thiết bị/mẫu	Chiều dày đo được ứng với mẫu chuẩn (mm)				
		2,54	5,08	7,62	10,16	12,70
1	Mẫu chuẩn					
2	Ultracorr® (UT+)	2,5498	5,0856	7,6225	10,1601	12,7001
3	Sauter (UT)	2,611	5,123	7,655	10,191	12,727

Chất tiếp âm là Glycerin được sử dụng cho cả 2 thiết bị khi đo. Riêng đối với thiết bị Ultracorr® có hỗ trợ chức năng kiểm tra chất lượng truyền âm tại bề mặt tiếp xúc giữa đầu dò và bề mặt kim loại cần kiểm tra. Để lựa chọn vị trí tối ưu trên bề mặt đã chuẩn bị để đặt đầu dò, chuyển máy về chế độ kiểm tra đầu dò (test probe) lựa chọn vị trí có tín hiệu db nhỏ nhất, điểm này phải có giá trị ≤ 40 db đối với chất tiếp âm là Glycerin. Trong trường hợp gắn cố định đầu dò bằng keo epoxy, tiêu chuẩn tín hiệu db phải đảm bảo ≤ 44 db đối với keo ướt và ≤ 45 db khi keo đã khô.

Thí nghiệm được tiến hành ở nhiệt độ phòng, tại Phòng thí nghiệm của Trung tâm Nghiên cứu Ứng dụng và Dịch vụ kỹ thuật thuộc Tổng công ty Hóa chất và Dịch vụ Dầu khí - CTCP (PVCHEM).

Kết quả đo chiều dày mẫu chuẩn của 2 thiết bị đo được đưa ra trong Bảng 2. Đánh giá độ chính xác của 2 thiết bị đo dựa trên sai số theo đơn vị mm và % sai số được thể hiện trong Hình 4 và 5.

Thiết bị siêu âm độ nhạy cao Ultracorr® có độ chính xác cao hơn so với thiết bị siêu âm thông thường Sauter TB 200-0.1US-red. Trong phạm vi đo, chiều dày càng lớn thì phép đo càng chính xác đối với cả 2 thiết bị. Kết quả đánh giá cũng bộc lộ nhược điểm của phương pháp siêu âm khi đo các thiết bị có chiều dày dưới 0,2 inch (≤ 5 mm) thì sai số của phép đo có xu hướng tăng lên đáng kể.

4. Thử nghiệm thiết bị siêu âm độ nhạy cao trên mô hình đường ống mô phỏng quá trình ăn mòn bên trong đường ống

4.1. Điều kiện thử nghiệm

Thiết bị siêu âm độ nhạy cao Ultracorr và siêu âm thông thường Sauter được thử nghiệm đánh giá ăn mòn trên mô hình đường ống mô phỏng quá trình ăn mòn.

Bên cạnh đó, phương pháp đánh giá ăn mòn dựa trên sự mất khối lượng (coupon), một phương pháp có độ chính xác tương đối cao và khá phổ biến trong đánh giá ăn mòn cũng được áp dụng đồng thời với phương pháp siêu âm với mục đích so sánh. Các mẫu coupon làm từ thép CT03, được treo cách ly trên giá treo mẫu và ngâm chìm trong dung dịch nước muối bên trong mô hình thử nghiệm. Sau mỗi khoảng thời gian nhất định (1, 2, 5, 10, 20 và 30 ngày), 3 mẫu coupon được lấy ra để xử lý và đánh giá tốc độ ăn mòn theo quy trình ASTM G1-90. Trong khi các mẫu còn lại được tiếp tục ngâm cho đến khi được lấy ra ở các khoảng thời gian tiếp theo.

Do các phương pháp đánh giá sử dụng thử nguyên khác nhau: phương pháp siêu âm thường và siêu âm độ nhạy cao cho kết quả trực tiếp là chiều dày (mm), trong

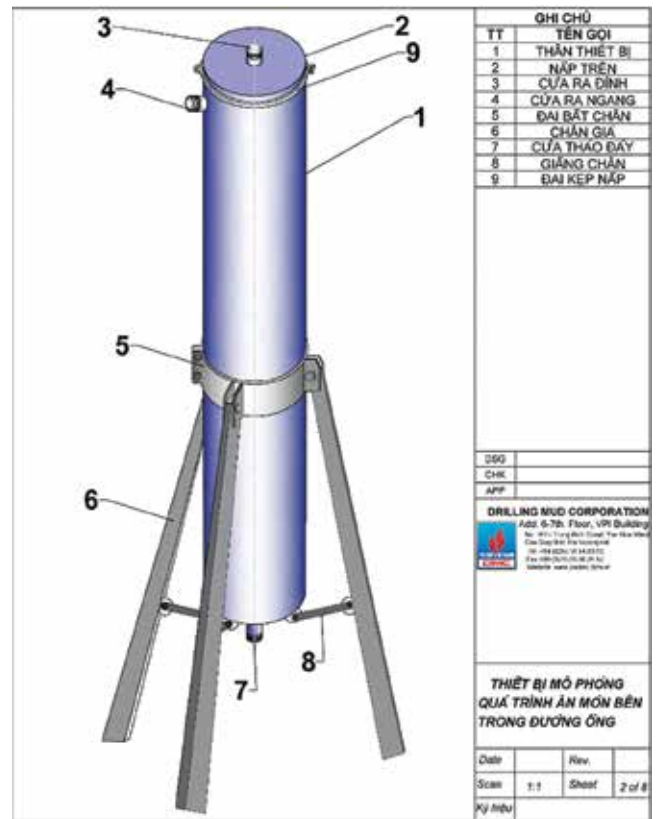
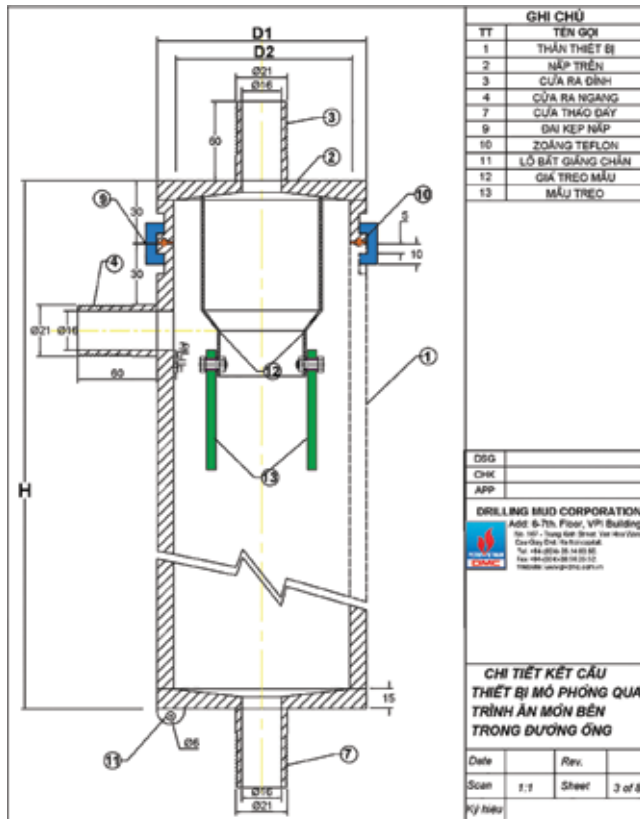
khí phương pháp đánh giá mất khối lượng (coupon) cho kết quả là tốc độ ăn mòn (mm/năm), vì vậy, các kết quả đo được từ các phương pháp khác nhau sẽ được quy đổi ra tốc độ ăn mòn (mm/năm) để tiện cho việc so sánh hiệu quả giữa các phương pháp.

Dung dịch đánh giá ăn mòn bên trong đường ống: NaCl 3,5%.

Thời gian thử nghiệm: 30 ngày, trong thời gian này, các phép đo/đánh giá được thực hiện tại các thời điểm: 1 ngày, 2 ngày, 5 ngày, 10 ngày, 20 ngày và 30 ngày.

Nhiệt độ thử nghiệm: 50 - 55°C (nhiệt độ phổ biến bên trong hệ thống xử lý và vận chuyển dầu).

Mô hình đường ống được thiết kế làm từ thép CT03, có đường kính 178mm, dày 10,5mm, cao 1.000mm. Mô



Hình 6. Hình ảnh thiết kế và thử nghiệm thiết bị trên mô hình mô phỏng ăn mòn bên trong đường ống

hình có thiết kế 2 van đầu vào và đầu ra cho phép bơm tuần hoàn dung dịch nước muối nóng và điều chỉnh nhiệt độ. Bản vẽ thiết kế và hình ảnh thực tế của mô hình như Hình 6.

4.2. Kết quả thử nghiệm

Kết quả thử nghiệm đánh giá tốc độ ăn mòn lũy kế trung bình (mm/năm) theo thời gian thu được từ 3 phương pháp khác nhau được trình bày trong Bảng 3 và Hình 7.

Nhận xét: Kết quả thử nghiệm trên Hình 7 cho thấy:

Ở nhiệt độ thử nghiệm 55°C, các đường biểu thị tốc độ ăn mòn lũy kế đánh giá theo 3 phương pháp khác nhau đều có xu hướng giảm theo thời gian. Ở giai đoạn đầu, tốc độ ăn mòn cao hơn nhưng suy giảm nhanh do xuất hiện lớp sản phẩm ăn mòn trên bề mặt kim loại ngăn cản quá trình ăn mòn tiếp theo; ở giai đoạn sau, tốc độ ăn mòn chậm hơn và khá ổn định do lớp sản phẩm ăn mòn vẫn được duy trì, bên cạnh đó, sự suy giảm nồng độ dung dịch ăn mòn theo thời gian cũng làm chậm dần tốc độ ăn mòn kim loại.

Trong số 3 phương pháp đã thực hiện, phương pháp mất khối lượng cho kết quả có độ ổn định cao nhất. Phương pháp siêu âm UT+ cũng cho kết quả tương đối ổn định, có xu hướng tương tự như phương pháp mất khối lượng.

Phương pháp siêu âm sử dụng thiết bị Sauter TB 200-0.1US-red có sai số lớn hơn và độ phân giải thấp hơn (xem thông số máy ở Bảng 1). Ở thời điểm ban đầu khi tốc độ ăn mòn chậm, chiều dày đường ống suy giảm ở mức rất nhỏ, nhỏ hơn độ

phân giải và độ chính xác của máy thì kết quả đo không được chính xác, dẫn tới kết quả tính toán tốc độ ăn mòn lũy kế mm/năm không ổn định. Theo thời gian, ở nửa cuối của thời gian thí nghiệm, khi chiều dày đường ống bị suy giảm nhiều so với chiều dày ban đầu, kết quả đánh giá tốc độ ăn mòn lũy kế dần trở nên ổn định hơn do chiều dày bị suy giảm lớn hơn so với độ phân giải và độ chính xác của thiết bị đo.

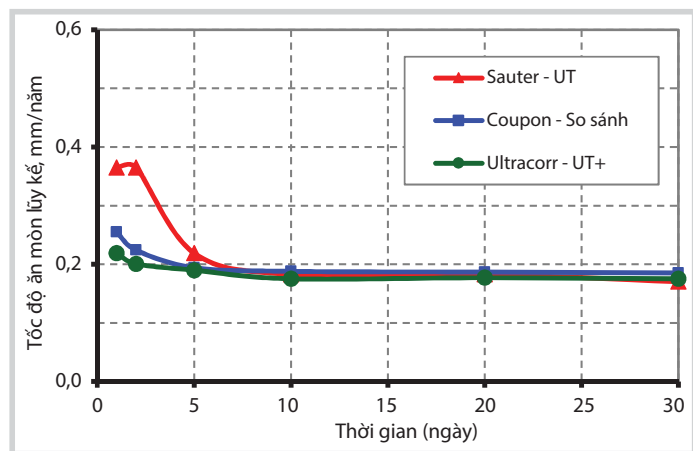
5. Kết luận

Trong điều kiện thử nghiệm ở nhiệt độ thường và nhiệt độ cao (55°C), với độ nhạy và độ chính xác tương đối cao, hệ thống thiết bị siêu âm độ nhạy cao Ultracorr Corrosion Monitoring System thể hiện sự phù hợp cho việc sử dụng để kiểm tra, giám sát liên tục quá trình ăn mòn bên trong đường ống, bể chứa dầu khí. Hệ thống này cũng có thể áp dụng ở điều kiện nhiệt độ cao hơn dựa trên thông số kỹ thuật của hệ thống được cung cấp bởi nhà sản xuất (lên tới 150°C).

Hệ thống thiết bị siêu âm Ultracorr Corrosion Monitoring System trong đó có sử dụng thiết bị Ultracorr® và đầu dò có độ chính xác và độ nhạy cao cho phép phát hiện ăn mòn trong trường hợp tốc độ ăn mòn chậm (trong dung dịch nước muối). Kết quả kiểm tra có độ ổn định và độ tin cậy cao khi được so sánh với phương pháp mất khối lượng (coupon).

Kỹ thuật UT+ đặc biệt phù hợp cho việc kiểm tra, đánh giá liên tục ăn mòn bên trong các đường ống, bể chứa từ xa, chôn ngầm, ở trên cao, sát nhau, hoặc các vị trí có điều kiện khắc nghiệt, không thuận lợi cho việc tiếp cận.

Kỹ thuật UT+ có thể sử dụng độc lập hoặc kết hợp song song với các phương pháp khác (như ER, coupon, AE...) để nâng cao tính chính xác và độ tin cậy của kết quả thu được, đồng thời giúp người quản lý có cái nhìn tổng thể hơn về tình trạng ăn mòn bên trong hệ thống, từ đó đưa ra các quyết định và biện pháp xử lý kịp thời, giảm thiểu sự thiệt hại do ăn mòn bên trong hệ thống thiết bị. Sự cảnh báo kịp



Hình 7. Đánh giá tốc độ ăn mòn bên trong đường ống theo các phương pháp khác nhau

Bảng 3. Kết quả đánh giá tốc độ ăn mòn bên trong đường ống theo 3 phương pháp khác nhau

TT	Phương pháp kiểm tra	Tốc độ ăn mòn lũy kế trung bình (mm/năm) theo thời gian (ngày)					
		1 ngày	2 ngày	5 ngày	10 ngày	20 ngày	30 ngày
1	Coupon	0,2553	0,2242	0,1941	0,1879	0,1866	0,1853
2	UT+	0,2190	0,2007	0,1898	0,1752	0,1770	0,1752
3	UT	0,3650	0,3650	0,2190	0,1825	0,1825	0,1703

Đường ống và coupon: thép CT03; Dung dịch ăn mòn: acid HCl 10%; nhiệt độ: 55°C; thời gian: 30 ngày

thời về ăn mòn giúp kéo dài tuổi thọ cho công trình, đồng thời tránh được sự cố dẫn tới phải dừng hệ thống để bảo dưỡng, sửa chữa, nâng cao tính an toàn trong quá trình vận hành.

Tài liệu tham khảo

1. Raymond R.Fessler. *Pipeline corrosion - Final report*. U.S. Department of Transportation, Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration Office of Pipeline Safety. 2008.
2. Ben R.Bogner. *Review of internal corrosion of underground fuel storage tanks*. *Anti-Corrosion Methods and Materials*. 1990; 37(6): p. 12 - 13.
3. Vincent A.Carucci, John F.Delahunt. *Corrosion considerations for aboveground atmosphere storage tanks*. *Corrosion*, Denver, Colorado. 7 - 11 April, 2002.
4. Olasunkanmi Akinyemi, Collins Nwaokocha, A.O. Adesanya. *Evaluation of corrosion cost of crude oil processing industry*. *Journal of Engineering Science and Technology*. 2012; 7(4): p. 517 - 528.
5. Devesh P.Kansara, Akshay P.Sorathiya, Himanshukumar R.Patel. *Corrosion monitoring and detection techniques in petrochemical refineries*. *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)*. 2018; 13(2): p. 85 - 93.
6. Vinod S.Agarwala, Siraj Ahmad. *Corrosion detection and monitoring - A review*. *Corrosion*, Orlando, Florida. 26 - 31 March, 2000.
7. Tom Pickthall, Monique Rivera, Marc McConnell, Richard Vezis. *Corrosion monitoring equipment: A review of application and techniques*. *Corrosion*, Houston, Texas. 13 - 17 March, 2011.
8. Chinedu I.Ossai. *Review article: Advances in asset management techniques: An overview of corrosion mechanisms and mitigation strategies for oil and gas pipelines*. *International Scholarly Research Notices*. 2012.
9. Ke Gong, Jiashun Hu. *Online detection and evaluation of tank bottom corrosion based on acoustic emission*. *Springer Series in Geomechanics and Geoengineering*. 2017.
10. Gary Martin. *Acoustic emission for tank bottom monitoring*. *Conference Paper in Key Engineering Materials*. 2012.
11. *Ultracorr® corrosion monitoring system - User manual*. Rohrback Cosasco System, Inc.

APPLICATION OF HIGH-SENSITIVE ULTRASOUND TECHNOLOGY IN CONTINUOUS CORROSION MONITORING INSIDE PIPELINES AND TANKS IN THE PETROLEUM INDUSTRY

Do Thanh Trung, Pham Ngoc Son, Phan Cong Thanh

Petrovietnam Chemical and Services Corporation

Email: trungdt@pvchem.com.vn

Summary

The high-sensitive ultrasonic method shows notable advantages among others in continuous internal corrosion monitoring of underground pipelines and tanks, especially for locations with limited space and hard to access. This paper presents the principle for applying high-sensitive ultrasound technology in the continuous corrosion monitoring inside pipelines and tanks in the petroleum industry.

Key words: Corrosion, continuous high-sensitive ultrasound, non-destructive testing.