

# ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ PHASED ARRAY LẬP BẢN ĐỒ ĂN MÒN CHO CÁC THIẾT BỊ TRONG NGÀNH CÔNG NGHIỆP DẦU KHÍ

ThS. Phan Công Thành, ThS. Đặng Thế Tung  
 ThS. Nguyễn Đình Dũng, ThS. Trương Quang Trường  
 KS. Lê Thị Hồng Giang, PGS.TS. Nguyễn Thị Lê Hiền  
 Viện Dầu khí Việt Nam  
 Email: thanhpc@vpi.pvn.vn

## Tóm tắt

**Việc theo dõi và đánh giá ăn mòn nhằm đưa ra kế hoạch sửa chữa, bảo dưỡng thích hợp cho phép tăng tuổi thọ của trang thiết bị, đường ống, giảm thiểu rủi ro và tăng hiệu quả kinh tế. Trong đó, lập bản đồ ăn mòn cho một phần hoặc toàn bộ thiết bị, đường ống để theo dõi và đánh giá quá trình ăn mòn kim loại theo thời gian, nhằm tối ưu hóa trong quản lý bảo trì, bảo dưỡng thiết bị. Bài báo trình bày nguyên tắc áp dụng công nghệ Phased Array và ứng dụng để lập bản đồ ăn mòn cho các thiết bị trong ngành công nghiệp dầu khí.**

**Từ khóa:** Bản đồ ăn mòn, siêu âm Phased Array, kiểm tra không phá hủy.

## 1. Giới thiệu

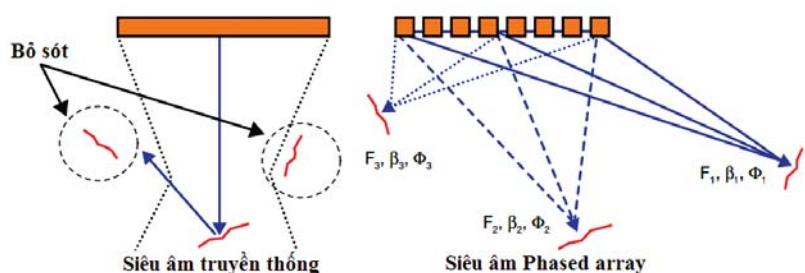
Trong công nghiệp dầu khí, các hệ thống thiết bị, đường ống... thường làm việc trong điều kiện nhiệt độ và áp suất cao, tiếp xúc với các môi chất chứa tác nhân gây ăn mòn kim loại. Tốc độ ăn mòn phụ thuộc vào điều kiện làm việc, tác nhân ăn mòn, bản chất của kim loại và cấu trúc không gian của đường ống, thiết bị. Tại các vị trí xung yếu, tốc độ ăn mòn có thể cao gấp rất nhiều lần so với tốc độ ăn mòn trung bình. Do đó, việc lập bản đồ ăn mòn kim loại cho một phần hoặc toàn bộ thiết bị, đường ống cho phép theo dõi và đánh giá quá trình ăn mòn kim loại theo thời gian, nhằm tối ưu hóa trong quản lý bảo trì, bảo dưỡng thiết bị. Xây dựng bản đồ ăn mòn bằng công nghệ Phased Array là cách biểu đồ hóa độ dày còn lại của vật liệu kim loại được xác định bằng phương pháp siêu âm Phased Array theo màu sắc. Đây là kỹ thuật đánh giá không phá hủy hiện đại, cho các kết quả có độ chính xác và tin cậy cao.

Kiểm tra siêu âm Phased Array (siêu âm tổ hợp pha) là một kỹ thuật mới, tiên tiến của phương pháp kiểm tra không phá hủy (Non-destructive testing - NDT) sử dụng sóng siêu âm. Đầu dò siêu âm thông thường sử dụng cho kiểm tra không phá hủy thường bao gồm một biến tử vừa tạo ra, vừa thu sóng âm tần số cao, hoặc cặp 2 biến tử, một cho phát và một cho thu. Trong

khi đó, đầu dò dây tổ hợp pha Phased Array thường bao gồm từ 16 - 256 biến tử nhỏ riêng biệt, cách âm với nhau và mỗi biến tử có thể tạo xung riêng rẽ. Chúng có thể được sắp đặt theo dải, vòng tròn, hoặc có hình dạng phức tạp hơn. Các biến tử này được kích thích bằng xung điện có độ trễ theo các chương trình đặt trước. Sóng âm từ các biến tử này sẽ giao thoa và tạo nên chùm siêu âm có góc phát, điểm hội tụ theo ý muốn. Giống như đối với đầu dò thông thường, các đầu dò dây tổ hợp pha có thể được thiết kế cho sử dụng tiếp xúc trực tiếp, hoặc kết nối với phần nôm để tạo các đầu dò góc, hoặc sử dụng cho kỹ thuật nhúng với sóng âm truyền qua nước tới chi tiết kiểm tra. Tần số đầu dò thường nằm trong dải từ 2 - 10MHz.

Hệ thống dây tổ hợp pha cũng bao gồm thiết bị máy tính có khả năng điều khiển đầu dò đa biến tử, thu nhận và số hóa các xung phản hồi và biểu diễn thông tin của xung trên các khổ tiêu chuẩn khác nhau. Không giống như các thiết bị dò khuyết tật siêu âm thông thường, hệ thống dây tổ hợp pha có thể quét chùm tia dưới cả dải góc khúc xạ hoặc dọc theo đường thẳng, hoặc hội tụ ở những độ sâu khác nhau, do đó tăng tính linh hoạt và khả năng phát hiện khuyết tật trong quá trình kiểm tra.

Với các tính năng vượt trội, siêu âm Phased Array cho phép kiểm tra và nhận diện chính xác hình ảnh và vị trí các khuyết tật cũng như chiều dày còn lại của vật liệu tại các vùng khảo sát. Dữ liệu thu được từ quá trình siêu âm được tính toán và mã hóa bằng màu sắc để chỉ rõ sự khác biệt độ dày vật liệu và được mô phỏng lại dưới dạng hình



Hình 1. Nguyên tắc siêu âm

ảnh (bản đồ) trên các hệ quy chiếu 1D, 2D, 3D như được mô tả trên Hình 2. Mỗi cấp độ dày là mã màu và sự suy giảm chiều dày do ăn mòn hoặc xói mòn được dễ dàng quan sát. Với độ chính xác cao (độ nhạy 0,3mm chiều dày) cho phép giám sát và tính toán tốc độ ăn mòn chính xác. Kỹ thuật này được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp dầu khí nhằm phát hiện và mô phỏng quá trình ăn mòn trong đường ống và thiết bị/bể chứa.

Tuy nhiên, để có thể mô phỏng quá trình ăn mòn thiết bị, đường ống và bể chứa, ngoài những kiến thức về siêu âm vật liệu để có thể cho các kết quả đáng tin cậy, cần có đội ngũ kỹ thuật được trang bị các kiến thức về ăn mòn vật liệu.

**2. Xây dựng bản đồ ăn mòn bằng kỹ thuật Phased Array**

**2.1. Hệ thiết bị siêu âm sử dụng**

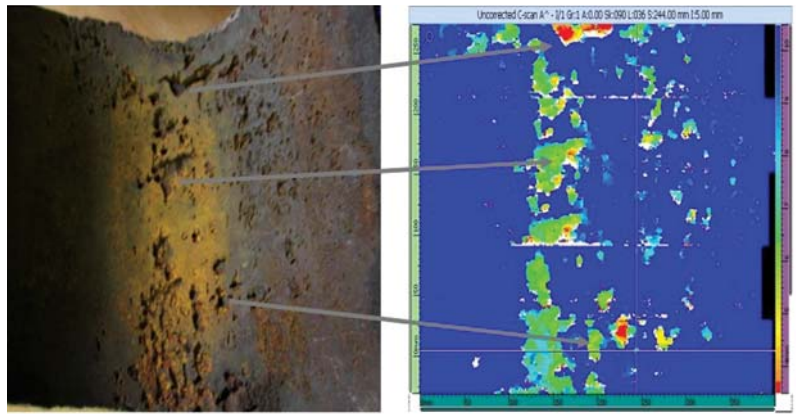
- Thiết bị chính Omniscan MX2 với phần mềm MXU.
- Module Siêu âm Phased Array tự động 16:128.
- Bộ quét và đầu dò HydroFORM: Bộ quét có thể mã hóa theo 1 trục ở chế độ thủ công và 2 trục ở chế độ bán tự động, giúp lập bản đồ ăn mòn cho một vùng có kích thước lớn.
- Phần mềm xử lý Tomoview: Các công cụ đồ họa giúp cho tối ưu hóa hình ảnh cũng như lấy lại các thông tin của dữ liệu.

**2.2. Mẫu chuẩn và mẫu so sánh**

Các mẫu chuẩn và mẫu so sánh đối chúng được sử dụng để chuẩn thiết bị siêu âm và thiết lập chế độ đo tối ưu cho phép xây dựng bản đồ ăn mòn.

- Mẫu chuẩn: Sử dụng các mẫu chuẩn V1 và V2 chính hãng để hiệu chuẩn thiết bị.
- Mẫu so sánh:

Để có thể thiết lập thông số tối ưu cho phép xây dựng bản đồ ăn mòn trên thép, các mẫu so sánh đã được chế tạo theo thiết kế như được mô tả trên Hình 5.



Hình 2. Hình ảnh 3D cho bề mặt của đoạn đường ống



Thiết bị chính Omniscan MX2

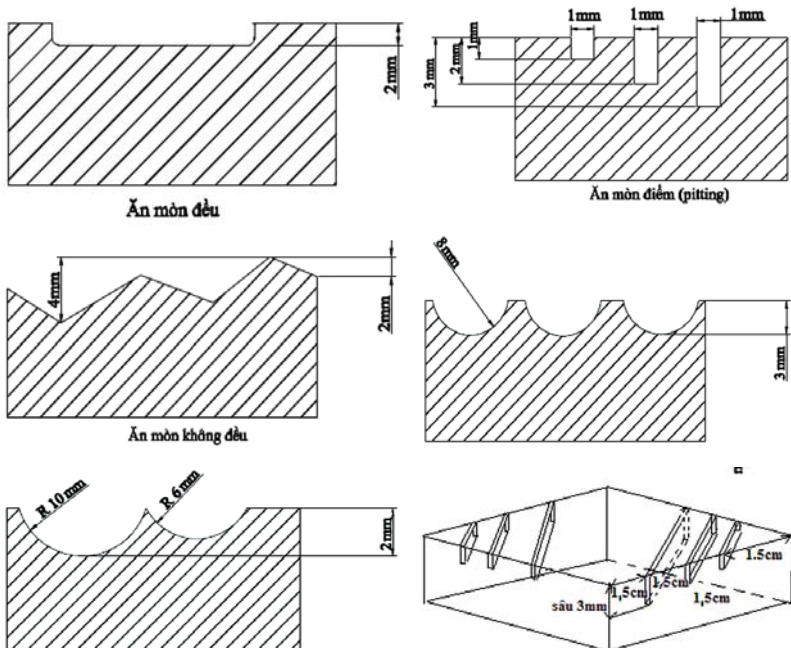


Bộ quét và đầu dò Hydro FORM

Hình 3. Bộ thiết bị lập bản đồ ăn mòn sử dụng Phased Array



Hình 4. Mẫu chuẩn V1, V2



Hình 5. Các dạng ăn mòn được tạo trên mẫu so sánh

### 2.3. Các kết quả kiểm tra siêu âm Phased Array trên mẫu so sánh đối chứng

Trên cơ sở các vị trí và kích thước các khuyết tật tự tạo mô phỏng các dạng ăn mòn thường gặp trong thực tế, thay đổi các thông số của thiết bị Phased Array cho phép xác định chế độ kiểm tra tối ưu cho kết quả chính xác với độ tin cậy cao.

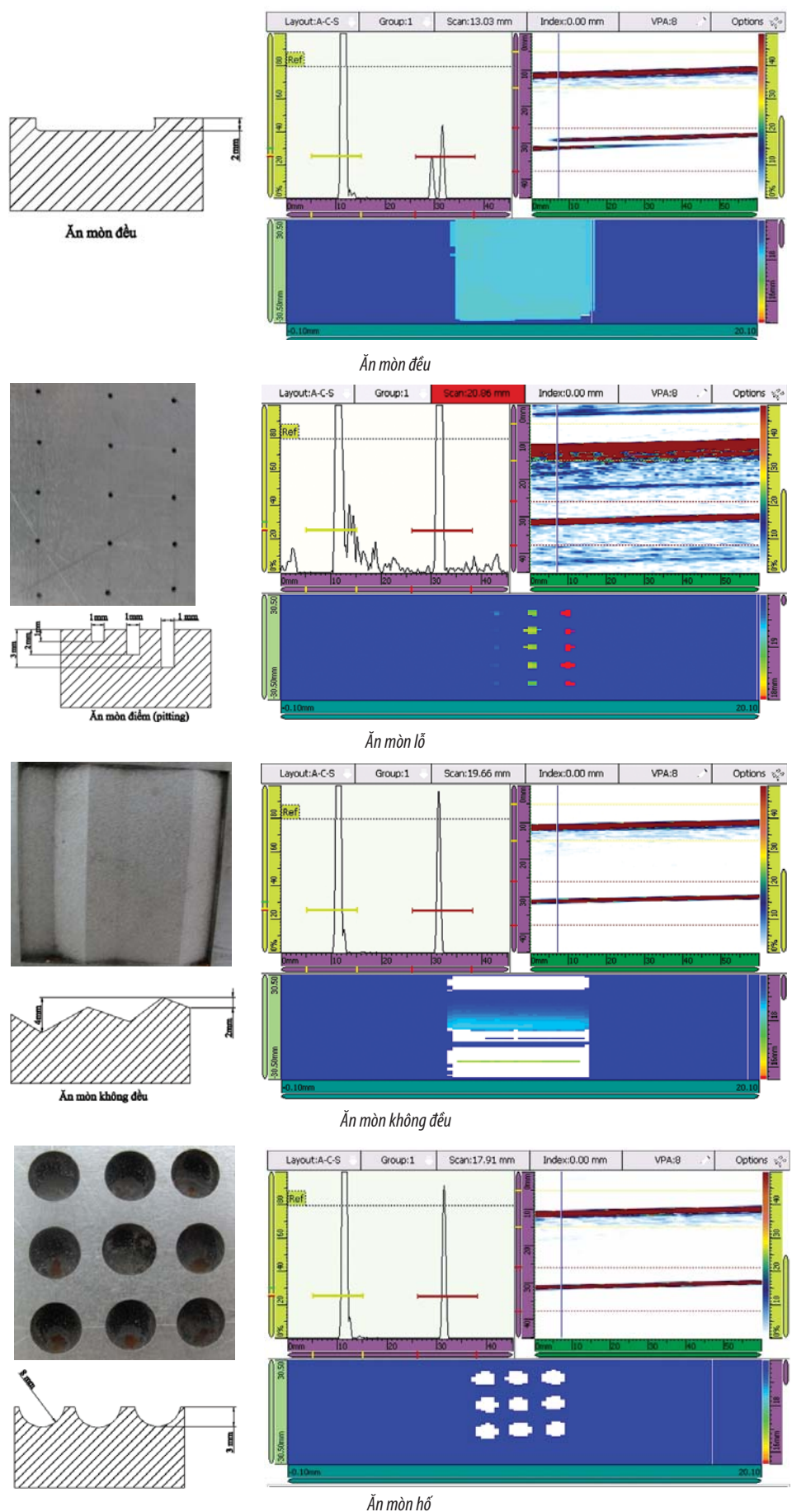
Hình 6 giới thiệu một số kết quả siêu âm Phased Array trên các mẫu so sánh. Các kết quả thu được cho hình ảnh các dạng ăn mòn phù hợp với các dạng ăn mòn được thiết kế trên các mẫu so sánh đối chứng.

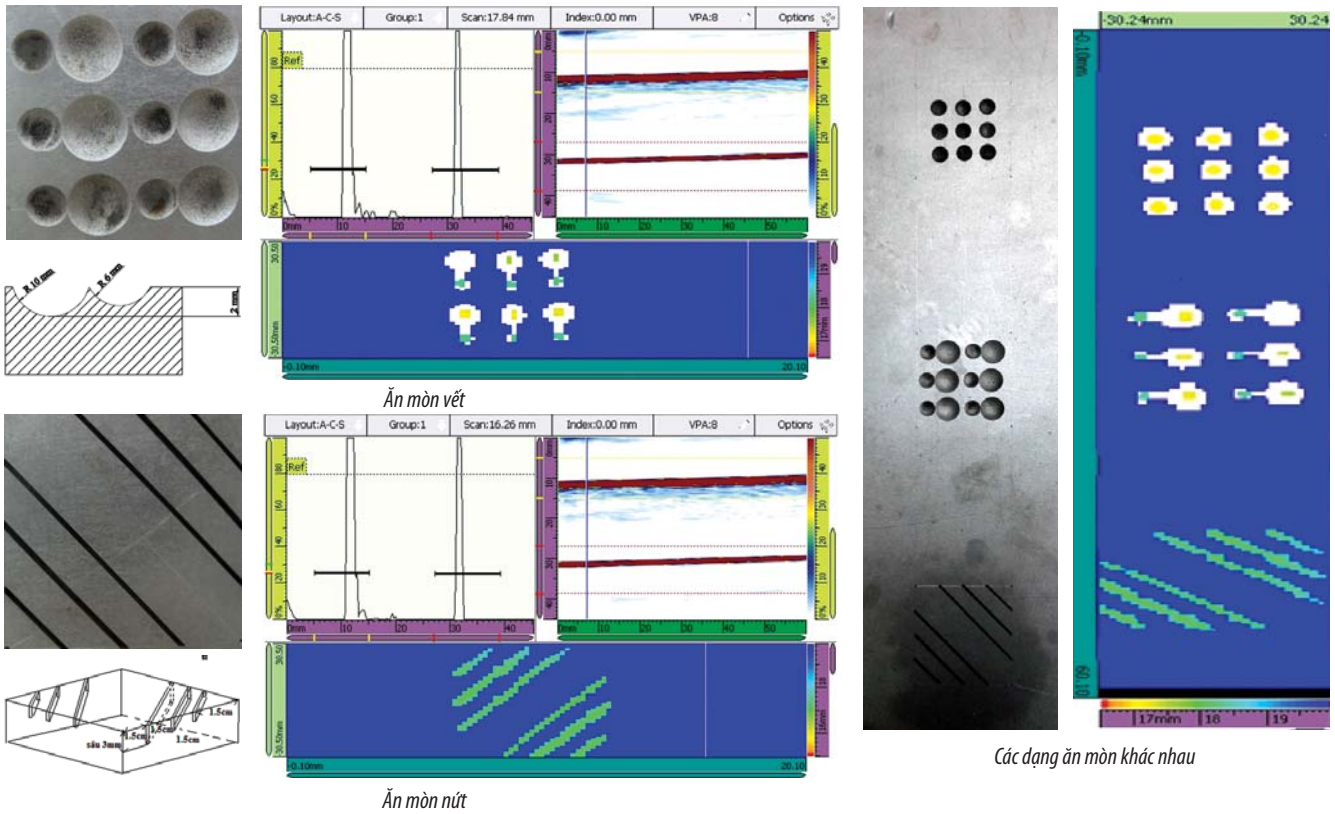
Trên cơ sở các kết quả khảo sát, chế độ siêu âm đã được lựa chọn (Bảng 1) cho phép phát hiện ra các dạng ăn mòn khác nhau trên cùng một mẫu so sánh.

### 3. Kết quả áp dụng thực tế

Trên cơ sở các chế độ tối ưu đã khảo sát trong phòng thí nghiệm trên các mẫu chuẩn và các mẫu đối chứng so sánh, kỹ thuật Phased Array đã được áp dụng thực tế nhằm xây dựng bản đồ ăn mòn cho đoạn đường ống thép carbon có đường kính  $\Phi$  20 inch (508mm), dài 12cm, dày 10,5mm. Lưu chất: nước thải xả biển. Nhiệt độ bề mặt: 26°C. Tình trạng bề mặt bên ngoài: phủ sơn, không bong tróc.

Cài đặt các thông số cho thiết bị: Chuẩn Encoder quãng đường và tốc độ quét 3.829mm.





Ảnh mòn nứt

Hình 6. Các kết quả siêu âm Phased Array trên các mẫu so sánh đối chứng

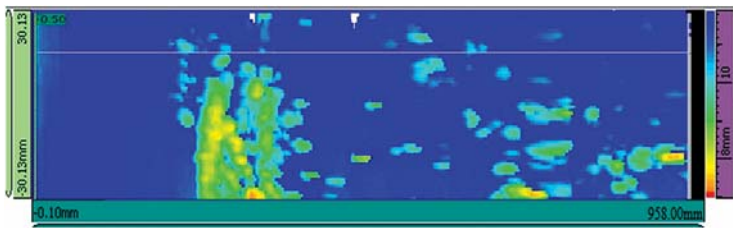
Bảng 1. Bảng thông số siêu âm tối ưu

Lưu chất vận chuyển trong đường ống	Dạng đường ống	Vật liệu	Thông số thiết bị					Độ phân giải quét (Scan resolution) (mm)
			Độ khuếch đại (Gain) (dB)	Vận tốc sóng âm (Sound Velocity) (m/s)	Độ sâu hội tụ (Focal Depth) (mm)	Bảng màu (Color Palette) (mm)	Bộ mã hoá (Encoder) (step/mm)	
Dầu, khí	Thẳng	Thép carbon thấp	20	5.889,3	Phụ thuộc độ dày ban đầu	Phụ thuộc độ dày ban đầu	79,19	0,3 - 0,4
		Thép không gỉ	20	5.665,7				0,2
	T, khuỷu	Thép carbon thấp	27	5.889,3				0,3 - 0,4
		Thép không gỉ	27	5.665,7				0,2
Nước có chứa Cl	Thẳng	Thép carbon thấp	27	5.889,3	Phụ thuộc độ dày ban đầu	Phụ thuộc độ dày ban đầu	79,19	0,3 - 0,4
		Thép không gỉ	27	5.665,7				0,2
	T, khuỷu	Thép carbon thấp	42	5.889,3				0,3 - 0,4
		Thép không gỉ	42	5.665,7				0,2



Hình 7. Đoạn đường ống khảo sát thực tế

- Dựa vào bảng thông số tối ưu cài đặt các thông số:  
 Độ khuếch đại (gain): 27dB;  
 Vận tốc sóng âm (sound velocity): 5889,3m/s;  
 Chiều dày (thickness): 10,5mm;  
 Độ sâu hội tụ (focal depth): 10,5mm;  
 Bảng màu hiển thị (display color pallette): 7 - 12mm;  
 Bộ mã hóa (encoder): 79,19 step/mm;  
 Độ phân giải quét (scan resolution): 0,3mm.



Hình 8. Hình ảnh bản đồ ăn mòn

Phân tích dữ liệu kết quả quét thu được thiết bị Phased Array bằng các công cụ và phần mềm Tomoview hỗ trợ cho thấy, phát hiện các vị trí bất thường là các điểm khác màu xanh nước biển. Chiều dày đường ống còn lại tại các điểm màu vàng là 8,4mm, tại các điểm màu xanh ngọc là 9,4mm. Vậy các khuyết tật màu vàng sâu 2,1mm, màu xanh ngọc là 1,1mm.

Phát hiện các dạng ăn mòn: Bản đồ Hình 8 cho thấy xảy ra dạng ăn mòn đều và ăn mòn hố tròn bên trong đường ống. Do đó, cần tiến hành xác định chính xác lại vị trí các điểm bất thường, quét lại để kiểm tra có phải ăn mòn điểm (pitting) hay nứt không (hai dạng nguy hiểm nhất); theo dõi định kỳ các vị trí này và đưa ra phương án hợp lý để giảm thiểu quá trình ăn mòn, tránh các nguy cơ không mong muốn có thể xảy ra.

#### 4. Kết luận

Công nghệ Phased Array với khả năng sử dụng nhiều biến tử để hướng, hội tụ và quét chùm tia chỉ bằng một đầu dò đơn sẽ tiện lợi hơn so với siêu âm truyền thống. Lập bản đồ ăn mòn bằng siêu âm Phased Array là một kỹ thuật không phá hủy biểu đồ hóa độ dày vật liệu. Độ dày khác nhau của vật liệu do quá trình ăn mòn có thể được xác định sau đó mô phỏng lại dưới dạng hình ảnh (bản

đồ). Phương pháp lập bản đồ ăn mòn sử dụng kỹ thuật siêu âm Phased Array đã đánh giá chính xác điều kiện thực tế của các phần hoặc toàn bộ thiết bị, cung cấp đầy đủ dữ liệu để lập kế hoạch tối ưu cho bảo trì, bảo dưỡng.

Lập bản đồ ăn mòn được áp dụng trên các tàu, hệ thống đường ống (uốn cong), thành bồn bể..., cho các dữ liệu chính xác về các vùng bị ăn mòn, cho phép phát hiện các dạng ăn mòn cũng như các khuyết tật trên bề mặt kim loại. Phương pháp này có thể được áp dụng trong các công trình, đường ống có nhiệt độ làm việc đến 250°C. Đây có thể là một trong các công cụ hữu hiệu nhất cho phép theo dõi tốc độ ăn mòn thực theo thời gian và được chấp nhận trong kiểm tra trực quan bên trong của thiết bị.

#### Tài liệu tham khảo

1. Olympus. *Introduction to phased array ultrasonic technology and applications*. www.olympus-ims.com. 2007.
2. Milton Keynes. *Pipeline corrosion mapping at speed - Where there's a wheel there's a way*. 2010.
3. Olympus. *Introduces a semi-automated corrosion mapping solution utilizing the hydroform phased array probe immersion box*. www.olympus-ims.com. 2010.

## Application of phased array technology on corrosion mapping for petroleum facilities

Phan Cong Thanh, Dang The Tung, Nguyen Dinh Dzung  
 Truong Quang Truong, Le Thi Hong Giang, Nguyen Thi Le Hien  
 Vietnam Petroleum Institute

#### Summary

**Corrosion mapping is an effective way of finding, revealing and measuring corrosion, erosion, pitting, doubling, and delamination or of mapping the whole wall thickness. Using the Phased-Array technique, the effectiveness of corrosion mapping is significantly enhanced. This paper presents the principles of the Phased Array technology and the application of the innovation for corrosion mapping for equipment used in the petroleum industry.**

**Key words:** Corrosion mapping, Phased Array, non-destructive testing.