

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CHẤT ỨC CHẾ ĂN MÒN DẠNG BAY HƠI NHẪM BẢO VỆ CHỐNG ĂN MÒN CHO CÁC THIẾT BỊ TRONG NGÀNH DẦU KHÍ

ThS. Phan Công Thành, ThS. Hoàng Linh Lan, PGS.TS. Nguyễn Thị Lê Hiền  
Viện Dầu khí Việt Nam

## Tóm tắt

**Sử dụng chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi là một trong các biện pháp hữu hiệu nhằm bảo vệ chống ăn mòn cho các thiết bị, máy móc có bề mặt gỗ ghe phức tạp, gồm nhiều linh kiện nhỏ mà các phương pháp bảo vệ truyền thống không khả thi. Các kết quả nghiên cứu ứng dụng tại Nhà máy Điện Cà Mau và Nhà máy Lọc dầu Dung Quất cho thấy chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi có khả năng hấp thụ trên bề mặt kim loại và ngăn cản quá trình ăn mòn xảy ra, cho hiệu quả bảo vệ chống ăn mòn cao, trên 80% đối với vật liệu đồng trong tủ điện điều khiển, trên 85% đối với vật liệu thép trong tủ điện và trên 90% đối với các vật liệu thép tại mặt bích của đường ống ngoài trời.**

**Từ khóa:** Ăn mòn, bảo vệ kim loại, ức chế ăn mòn dạng bay hơi

## 1. Mở đầu

Trong ngành công nghiệp dầu khí, các thiết bị, máy móc thường làm việc trong điều kiện môi trường khắc nghiệt, đặc biệt ở những khu vực gần biển với hàm lượng ion Cl<sup>-</sup> và độ ẩm cao nên bị ăn mòn rất mạnh. Nếu không có biện pháp bảo vệ thích hợp thì các thiết bị, máy móc sẽ bị ăn mòn nhanh và hỏng sau một thời gian ngắn sử dụng.

Sử dụng các lớp phủ kim loại, sơn phủ hữu cơ hoặc bọc composite, phủ dầu mỡ... nhằm cách ly bề mặt kim loại với môi trường khí quyển là biện pháp khả thi và được sử dụng rộng rãi để bảo vệ chống ăn mòn trong môi trường khí quyển. Tuy nhiên, các phương pháp truyền thống này lại kém hiệu quả đối với các bề mặt gỗ ghe phức tạp hoặc các thiết bị, máy móc gồm nhiều linh kiện nhỏ, khó tiếp cận như các bảng mạch điện tử của các hệ thống theo dõi, điều khiển ngoài hiện trường; các mặt bích trên các đường ống, thiết bị; phần bề mặt tiếp xúc với không khí trong các bể chứa, phần bề mặt bên trong của các tháp chưng cất, bình tách, thiết bị trao đổi nhiệt khi các thiết bị này dừng hoạt động tạm thời do bảo dưỡng, sửa chữa... Do đó, việc sử dụng chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi nhằm bảo vệ chống ăn mòn tại những vị trí này đã được nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước quan tâm nghiên cứu và ứng dụng [1 - 5]. Ức chế ăn mòn dạng bay hơi (VCI - volatile corrosion inhibitor) là hợp chất hóa học, có khả năng hóa hơi nên dễ tiếp cận và hấp thụ ở mọi vị trí trên bề mặt vật liệu; bảo vệ chống ăn mòn kim loại bằng cách hoặc liên kết với bề mặt kim loại tạo lớp màng mỏng

chiều dày cỡ phân tử, có tác dụng che chắn ngăn cản hơi ẩm và các tác nhân xâm thực ăn mòn tiếp xúc trực tiếp với bề mặt kim loại, hoặc phản ứng với bề mặt kim loại, gây thụ động, ngăn cản quá trình ăn mòn trong môi trường khí quyển.

Ở Việt Nam, các nghiên cứu chế tạo và ứng dụng các chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi còn hạn chế, các nghiên cứu chỉ ở mức nghiên cứu khảo sát trong phòng thí nghiệm nhằm hướng tới việc bảo quản tạm thời vũ khí [5]. Việc nghiên cứu phát triển và ứng dụng thành công chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi sẽ làm tăng hiệu quả bảo vệ máy móc thiết bị, đặc biệt là những thiết bị đắt tiền trong ngành công nghiệp dầu khí, đồng thời góp phần vào sự phát triển hướng nghiên cứu mới ở Việt Nam. Bài báo giới thiệu các kết quả ban đầu thử nghiệm chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi nhằm bảo vệ chống ăn mòn cho các bảng mạch điện tử của các hệ thống theo dõi, điều khiển ngoài hiện trường và các mặt bích trên các đường ống, thiết bị tại Nhà máy Điện Cà Mau và Nhà máy Lọc dầu Dung Quất.

## 2. Thực nghiệm

### 2.1. Hóa chất

Chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi được thử nghiệm trong nghiên cứu này là sản phẩm thương mại của Cortec (Mỹ), có dạng màng plastic tẩm chất ức chế bay hơi hoặc dạng viên. Trong bài báo này, nhóm tác giả đã sử dụng màng plastic tẩm chất ức chế bay hơi để bọc kín xung quanh vị trí mặt bích và chất ức chế ăn mòn dạng viên được gắn trực tiếp vào vị trí thích hợp trong tủ điện.

Để đánh giá tốc độ ăn mòn theo thời gian, các mẫu coupon được treo vào các giá mẫu, được thử nghiệm trong môi trường đặt chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi tại Nhà máy Điện Cà Mau và Nhà máy Lọc dầu Dung Quất. Tại mỗi nhà máy, 4 vị trí mặt bích và 4 vị trí tủ điện điều khiển ngoài trời được lựa chọn để thử nghiệm. Để đánh giá hiệu quả của chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi, 3 giá mẫu được đặt trong tủ điện có đặt chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi và vị trí còn lại thử nghiệm trong cùng điều kiện nhưng không sử dụng chất ức chế để so sánh đối chứng. Tương tự đối với mặt bích, 3 giá mẫu đặt tại mặt bích được bọc trong màng plastic tấm chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi và 1 vị trí đối chứng được thử nghiệm trong cùng điều kiện nhưng màng plastic không tấm chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi.

Các mẫu coupon thử nghiệm tại hiện trường được tiến hành lấy mẫu thành 3 đợt: sau 3 tháng, sau 6 tháng và sau 9 tháng thử nghiệm. Sau đó, nhóm tác giả tiến hành phân tích bề mặt các mẫu, đánh giá tốc độ ăn mòn kim loại bên trong vùng thể tích đặt chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi. Tốc độ ăn mòn được xác định bằng phương pháp mất khối lượng.

Nhóm tác giả đã sử dụng mẫu đồng nguyên chất có độ tinh khiết trên 99% tương đồng với vật liệu chế tạo mạch điện tử và mẫu thép carbon thấp tương đồng với mặt bích của đường ống.



Hình 1. Mẫu coupon thép (a), mẫu coupon đồng (b) và giá mẫu coupon (c)



Hình 2. Đặt mẫu coupon tại hiện trường

Các mẫu đồng và thép được chế tạo dạng tấm phẳng, có kích thước 10mm x 40mm x 2mm. Các mẫu này được làm sạch cơ học bằng giấy mài carbure silica tương ứng với giấy mài loại 600, 800, 1000 và 1200; tẩy sạch dầu mỡ; tráng sạch trong nước cất và lau khô; cân khối lượng mẫu và bảo quản trong bình hút ẩm trước khi sử dụng theo tiêu chuẩn ASTM G1-03 về chuẩn bị, làm sạch và đánh giá ăn mòn mẫu kim loại.

Các mẫu coupon sau khi chuẩn bị được lắp vào giá mẫu, mỗi giá gồm 6 coupon thép và 6 coupon đồng như Hình 1.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp xác định hàm lượng tác nhân gây ăn mòn trong khí quyển: Để xác định thành phần các tác nhân gây ăn mòn trong khí quyển, nhóm tác giả sử dụng thiết bị Tempet 100 (Mỹ) và các thiết bị HS-1050, HN-1050, HC-1050 (Pháp) đo các thông số môi trường như SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub> với độ chính xác cao (sai số <± 1%). Ngoài ra, các ống thử (Detector Tube) cũng được sử dụng để kiểm tra lại kết quả thu được.

- Phương pháp phân tích bề mặt: Chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi và các mẫu coupon đồng và thép sau khi thử nghiệm được quan sát hình thái học và phân tích thành phần bề mặt mẫu bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) kết hợp với phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX).

- Phương pháp xác định tốc độ ăn mòn kim loại: Phương pháp điện trở và phương pháp mất khối lượng được áp dụng để xác định tốc độ ăn mòn kim loại cũng như hiệu quả của chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi.

Phương pháp điện trở cho phép xác định tốc độ ăn mòn thông qua việc đặt các đầu dò điện trở tại môi trường khảo sát. Khi đầu dò bị ăn mòn, kích thước thay đổi dẫn đến điện trở của đầu dò thay đổi. Sau thời gian thử nghiệm, đầu dò được kết nối với thiết bị CK-3 Portable Corrosometer để tính toán tốc độ ăn mòn.

Hiệu quả bảo vệ chống ăn mòn của chất ức chế được xác định theo công thức 1:

$$\eta = 100\% \frac{V_{kuc} - V_{uc}}{V_{kuc}} \quad (1)$$

Trong đó:

$V_{kuc}$ : Tốc độ ăn mòn trong trường hợp không sử dụng chất ức chế (mm/năm);

$V_{uc}$ : Tốc độ ăn mòn trong trường hợp sử dụng chất ức chế (mm/năm).

Phương pháp mất khối lượng dựa vào sự tổn hao khối lượng của các mẫu coupon trước và sau thử nghiệm cho phép tính được tốc độ ăn mòn và hiệu quả bảo vệ của các chất ức chế.

Tốc độ ăn mòn theo phương pháp tổn hao trọng lượng (phương pháp mất khối lượng) được tính theo công thức 2:

$$\text{Tốc độ ăn mòn} = \frac{k \cdot W}{A \cdot T \cdot D} \quad (2)$$

Trong đó:

$K = 8,76 \times 10^4$ ;

T: Thời gian thử nghiệm (giờ);

A: Diện tích (cm<sup>2</sup>);

W: Khối lượng mất mát (g);

D: Khối lượng riêng (g/cm<sup>3</sup>).

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Phân tích môi trường khí quyển tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất và Nhà máy Điện Cà Mau

Các kết quả phân tích hàm lượng tác nhân gây ăn mòn trong khí quyển của Nhà máy Lọc dầu Dung Quất và Nhà máy Điện Cà Mau thể hiện trên Bảng 1 và 2.

Do gần biển, chịu tác động khí hậu nhiệt đới gió mùa

với nhiệt độ trung bình tương đối cao (25 - 28°C) (theo thống kê của Trung tâm Khí tượng Thủy văn) nên hàm lượng ion clo trong khí quyển và nhiệt độ là tác nhân chính gây ăn mòn kim loại tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất và Nhà máy Điện Cà Mau. Ngoài ra, oxy và hàm lượng CO<sub>2</sub> trong khí quyển cũng làm tăng tốc quá trình ăn mòn kim loại; tại thời điểm phân tích khác nhau (Bảng 1 và 2), hàm lượng muối và khí CO<sub>2</sub> tại Nhà máy Điện Cà Mau và Nhà máy Lọc dầu Dung Quất gần như không thay đổi.

#### 3.2. Phân tích bề mặt mẫu coupon trước và sau khi thử nghiệm tại hiện trường

##### 3.2.1. Bề mặt mẫu coupon sau khi thử nghiệm tại hiện trường

Nhóm tác giả quan sát bề mặt các mẫu coupon sau thời gian thử nghiệm 3 tháng, 6 tháng và 9 tháng (Hình 3).

Nhìn chung, bề mặt các mẫu thép đặt tại cả hai nhà máy trong trường hợp không sử dụng chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi đều xuất hiện các điểm gỉ trên toàn bộ bề mặt mẫu và mức độ ăn mòn tăng dần theo thời gian thử nghiệm (sau 9 tháng > sau 6 tháng > sau 3 tháng). So với các mẫu coupon đặt trong tủ điện có cửa kín, hạn chế tiếp xúc trực tiếp với khí quyển, các mẫu coupon đặt tại mặt bích xuất hiện các điểm gỉ sâu và rộng hơn tại cùng thời điểm thử nghiệm chứng tỏ mức độ ăn mòn cao hơn. Đối với các mẫu coupon thép được thử nghiệm trong cùng điều kiện nhưng có sử dụng chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi, theo quan sát trực quan, gần như không xuất hiện các điểm gỉ hoặc gỉ ở mức độ không đáng kể (Bảng 3 - 6).

So với thép, đồng tương đối bền trong môi trường khí quyển biển nên các mẫu coupon đồng ít bị ăn mòn hơn. Tuy nhiên, tại tủ điện không đặt chất ức chế dạng

**Bảng 1.** Hàm lượng khí ăn mòn trong khí quyển tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất

Thời điểm khảo sát	SO <sub>2</sub> (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppm)	NH <sub>3</sub> (ppm)	Độ muối (mg/m <sup>3</sup> )
Trước đặt mẫu (16/10/2011)	1,5	< 1	< 1	380	< 1	< 1	69
Lấy mẫu đợt 1 (15/1/2012)	1,5	< 1	< 1	379	< 1	< 1	71
Lấy mẫu đợt 2 (21/4/2012)	1,5	< 1	< 1	379	< 1	< 1	68
Lấy mẫu đợt 3 (22/7/2012)	1,5	< 1	< 1	378	< 1	< 1	69

**Bảng 2.** Hàm lượng khí ăn mòn trong khí quyển Nhà máy Điện Cà Mau

Thời điểm khảo sát	SO <sub>2</sub> (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	CO (ppm)	CO <sub>2</sub> (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppm)	NH <sub>3</sub> (ppm)	Độ muối (mg/m <sup>3</sup> )
Trước đặt mẫu (23/10/2011)	2	< 1	< 1	382	< 1	< 1	79
Lấy mẫu đợt 1 (22/1/2012)	2	< 1	< 1	382	< 1	< 1	76
Lấy mẫu đợt 2 (28/4/2012)	2	< 1	< 1	381	< 1	< 1	78
Lấy mẫu đợt 3 (29/7/2012)	2	< 1	< 1	382	< 1	< 1	78

**Bảng 3.** Mẫu coupon thép trong các tủ điện tại Nhà máy Điện Cà Mau

Mẫu thép đặt tại tủ điện	Đợt 1 (Sau 3 tháng)	Đợt 2 (Sau 6 tháng)	Đợt 3 (Sau 9 tháng)
Fe-TĐ-CM 1 (Không sử dụng chất ức chế)			
Fe-TĐ-CM 2 (Có sử dụng chất ức chế)			
Fe-TĐ-CM 3 (Có sử dụng chất ức chế)			
Fe-TĐ-CM 4 (Có sử dụng chất ức chế)			













**Bảng 4.** Mẫu coupon thép trên mặt bích đường ống tại Nhà máy Điện Cà Mau

Mẫu thép đặt tại mặt bích	Đợt 1 Sau 3 tháng	Đợt 2 Sau 6 tháng	Đợt 3 Sau 9 tháng
Fe-MB-CM 1 (Không sử dụng chất ức chế)			
Fe-MB-CM 2 (Có sử dụng chất ức chế)			
Fe-MB-CM 3 (Có sử dụng chất ức chế)			
Fe-MB-CM 4 (Có sử dụng chất ức chế)			













**Bảng 5.** Mẫu coupon thép trong các tủ điện tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất

Mẫu thép đặt tại tủ điện	Đợt 1 Sau 3 tháng	Đợt 2 Sau 6 tháng	Đợt 3 Sau 9 tháng
Fe-TĐ-DQ 1 (Không sử dụng chất ức chế)			
Fe-TĐ-DQ 2 (Có sử dụng chất ức chế)			
Fe-TĐ-DQ 3 (Có sử dụng chất ức chế)			
Fe-TĐ-DQ 4 (Có sử dụng chất ức chế)			

**Bảng 6.** Mẫu coupon thép trên mặt bích đường ống tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất

Mẫu thép đặt tại mặt bích	Đợt 1 Sau 3 tháng	Đợt 2 Sau 6 tháng	Đợt 3 Sau 9 tháng
Fe-MB-DQ 1 (Không sử dụng chất ức chế)			
Fe-MB-DQ 2 (Có sử dụng chất ức chế)			
Fe-MB-DQ 3 (Có sử dụng chất ức chế)			
Fe-MB-DQ 4 (Có sử dụng chất ức chế)			

**Bảng 7.** Mẫu coupon đồng trong các tủ điện tại Nhà máy Điện Cà Mau

Mẫu đồng đặt tại tủ điện	Đợt 1 Sau 3 tháng	Đợt 2 Sau 6 tháng	Đợt 3 Sau 9 tháng
Cu-TĐ-CM 1 (Không sử dụng chất ức chế)			
Cu-TĐ-CM 2 (Có sử dụng chất ức chế)			
Cu-TĐ-CM 3 (Có sử dụng chất ức chế)			
Cu-TĐ-CM 4 (Có sử dụng chất ức chế)			

bay hơi vẫn xuất hiện vết, đốm gỉ, xỉn màu trên những mẫu coupon. Trong khi đó các mẫu coupon đồng tại 3 tủ điện có sử dụng chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi, bề mặt mẫu vẫn bóng sáng, gần như không có dấu hiệu ăn mòn sau 9 tháng thử nghiệm (Bảng 7 và 8).

**3.2.2. Hình thái học và thành phần của chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi và bề mặt mẫu coupon**

Sử dụng kính hiển vi điện tử quét kết hợp phổ tán xạ năng lượng tia X (SEM/EDX) quan sát được hình thái học bề mặt và thành phần của chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi cũng như bề mặt mẫu coupon và các sản phẩm ăn mòn trên bề mặt mẫu.

- Đối với chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi

Bề mặt chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi được quan sát bằng SEM và phân tích bằng phổ EDX (Hình 3 và 4)

cho thấy cấu trúc chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi tương đối xốp, carbon chiếm khoảng 60%, O chiếm khoảng trên 35%, ngoài ra còn có thể có các nguyên tố nhẹ như hydro nhưng ngoài phạm vi phân tích của phổ EDX và một hàm lượng nhỏ nguyên tố silic Si (3,8%). Kết quả này khẳng định đây là hợp chất hữu cơ chứa silica.

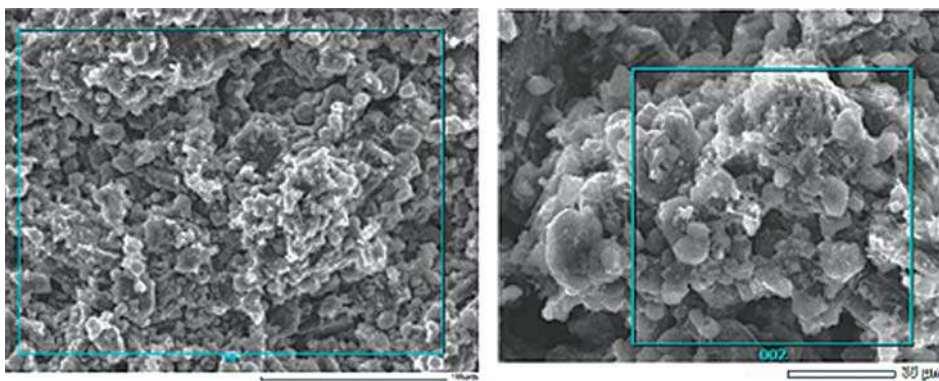
- Đối với các mẫu coupon thép

Hình ảnh các sản phẩm ăn mòn hình thành trên bề mặt các mẫu thép được thử nghiệm trong tủ điện và mặt bích tại Nhà máy Điện Cà Mau và Nhà máy Lọc dầu Dung Quất được thể hiện trên Hình 5 - 8.

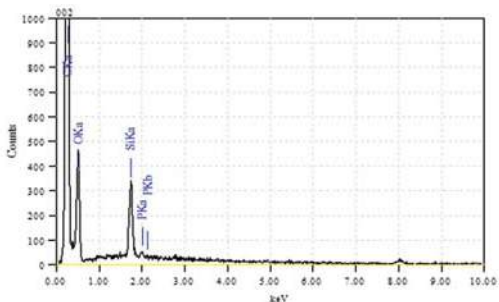
Đối với mẫu thép thử nghiệm trong tủ điện ở điều kiện không đặt chất ức chế dạng bay hơi, lớp sản phẩm ăn mòn hình thành rất dày, xốp. Ngoài thành phần chính của kim loại là sắt, hàm lượng oxy rất cao trên 20% chứng tỏ sản phẩm ăn mòn tồn tại dưới các dạng các oxide sắt (Hình 5

**Bảng 8.** Mẫu coupon đồng trong các tủ điện tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất

Mẫu đồng đặt tại mặt bích	Đợt 1 Sau 3 tháng	Đợt 2 Sau 6 tháng	Đợt 3 Sau 9 tháng
Cu-TĐ-DQ 1 (Không sử dụng chất ức chế)			
Cu-TĐ-DQ 2 (Có sử dụng chất ức chế)			
Cu-TĐ-DQ 3 (Có sử dụng chất ức chế)			
Cu-TĐ-DQ 4 (Có sử dụng chất ức chế)			

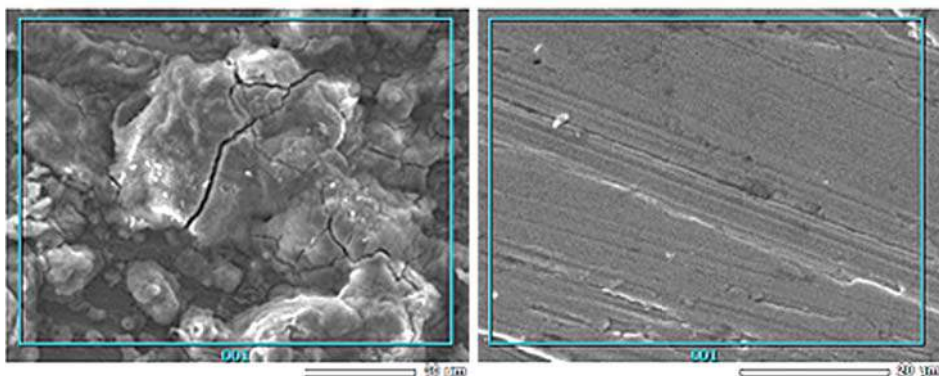


**Hình 3.** Ảnh SEM quan sát bề mặt chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi



Nguyên tố	(keV)	Khối lượng, %	Nguyên tử, %
C K	0,277	60,14	67,77
O K	0,525	35,81	30,29
Si K	1,739	3,81	1,84
P K*	2,013	0,24	0,10

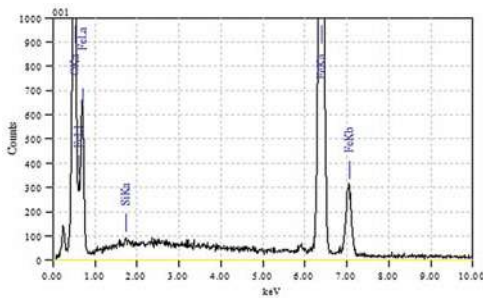
**Hình 4.** Phổ EDX chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi



**Hình 5.** Ảnh SEM bề mặt mẫu coupon thép đặt trong tủ điện tại Nhà máy Điện Cà Mau

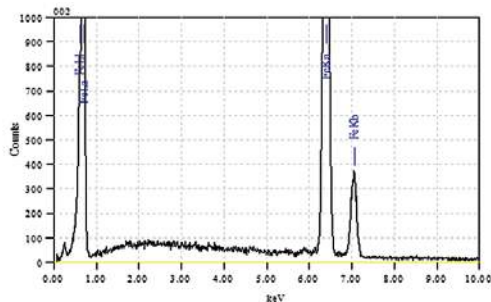
và 6). Tương tự trong tủ điện, các mẫu coupon thép thử nghiệm tại mặt bích không sử dụng chất ức chế ăn mòn, có các lớp gỉ mục rất dày và nứt gãy với hàm lượng oxy phân tích lên tới hơn 30%, đồng thời xuất hiện hàm lượng nhỏ Na, có thể do hàm lượng muối trong khí quyển lắng đọng (Hình 7 và 8). Trong khi đó, các mẫu coupon thép được thử nghiệm trong tủ điện và tại mặt bích có sử dụng chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi, bề mặt mẫu coupon gần như không bị ăn mòn, bề mặt kim loại bằng phẳng, đồng nhất. Thành phần nguyên tố trên bề mặt mẫu chủ yếu là thép và chứa một hàm lượng silica cao hơn so với các mẫu thử nghiệm trong điều kiện không có chất ức chế ăn mòn, chứng tỏ có hiện tượng hấp thụ các chất ức chế dạng bay hơi chứa silica trên bề mặt kim loại, cho phép ngăn cản quá trình ăn mòn xảy ra.

Kết quả nghiên cứu hình thái học và thành phần bề mặt các mẫu thép thử nghiệm tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất



Nguyên tố	(keV)	Khối lượng, %	Nguyên tử, %
O K	0,525	30,97	60,85
Na K*	1,041	0,27	0,38
Si K*	1,739	0,11	0,12
Fe K	6,398	68,65	38,65

a. Không có chất ức chế ăn mòn



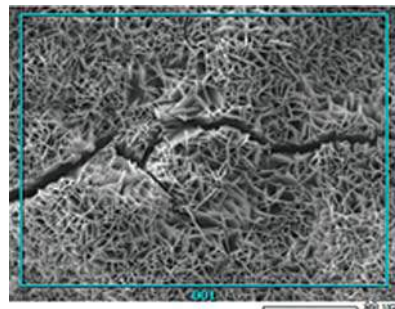
Nguyên tố	(keV)	Khối lượng, %	Nguyên tử, %
Si K*	1,739	0,09	0,18
Fe K	6,398	99,91	99,82

b. Có chất ức chế ăn mòn

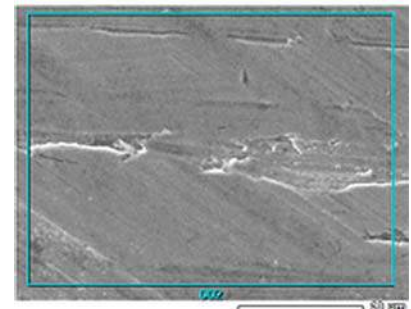
**Hình 6.** Phổ EDX bề mặt mẫu coupon thép đặt trong tủ điện tại Nhà máy Điện Cà Mau

trong điều kiện có sử dụng và không sử dụng chất ức chế ăn mòn (Hình 15 và 16). Tuy nhiên, sản phẩm ăn mòn trên bề mặt mẫu thử nghiệm trong trường hợp không có chất ức chế dạng bay hơi còn xuất hiện thêm nguyên tố clo, tác nhân gây ăn mòn trong môi trường khí quyển lắng đọng lại trong sản phẩm ăn mòn.

Đối với mẫu coupon đồng: Khác với thép, đồng là kim loại bền ăn mòn trong môi trường khí quyển biển nên bề mặt mẫu coupon đồng sau 9 tháng thử nghiệm vẫn chưa xuất hiện rõ các sản phẩm ăn mòn và bằng trực quan chưa thấy rõ sự khác biệt lớn trong trường hợp sử dụng và không sử dụng chất ức chế dạng bay hơi (Hình 13 và 14).

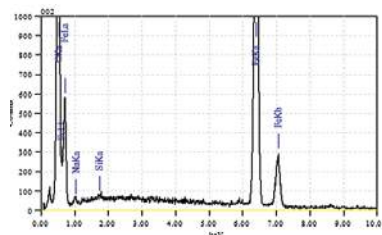


a. Không có chất ức chế ăn mòn



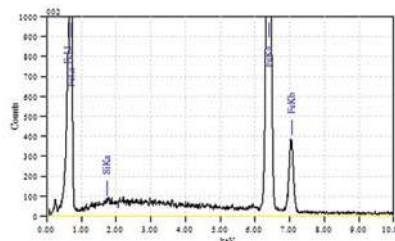
b. Có chất ức chế ăn mòn

**Hình 7.** Ảnh SEM bề mặt mẫu coupon thép đặt trên mặt bích tại Nhà máy Điện Cà Mau



a. Không có chất ức chế ăn mòn

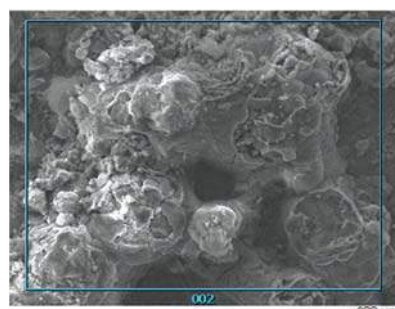
Nguyên tố	(keV)	Khối lượng %	Nguyên tử %
O K	0,525	30,97	60,85
Na K*	1,041	0,27	0,38
Si K*	1,739	0,11	0,12
Fe K	6,398	68,65	38,65



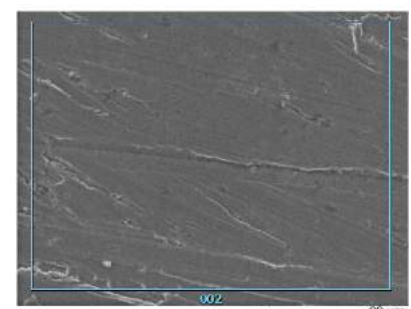
b. Có chất ức chế ăn mòn

Nguyên tố	(keV)	Khối lượng %	Nguyên tử %
Si K*	1,739	0,08	0,17
Fe K	6,398	99,92	99,83

**Hình 8.** Phổ EDX bề mặt mẫu coupon thép đặt trên mặt bích tại Nhà máy Điện Cà Mau



a. Không có chất ức chế ăn mòn



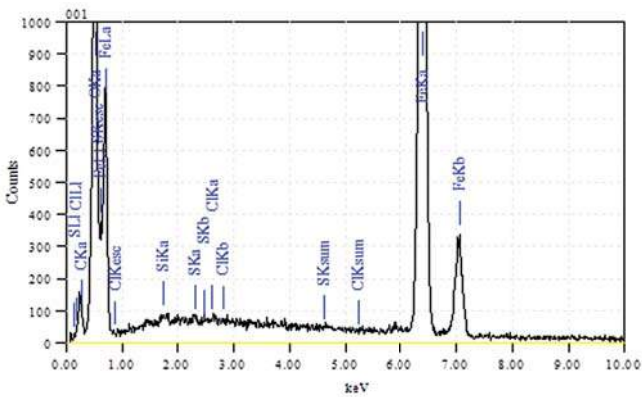
b. Có chất ức chế ăn mòn

**Hình 9.** Ảnh SEM bề mặt mẫu coupon thép đặt tại tủ điện tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất

### 3.3. Đánh giá hiệu quả chống ăn mòn của chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi

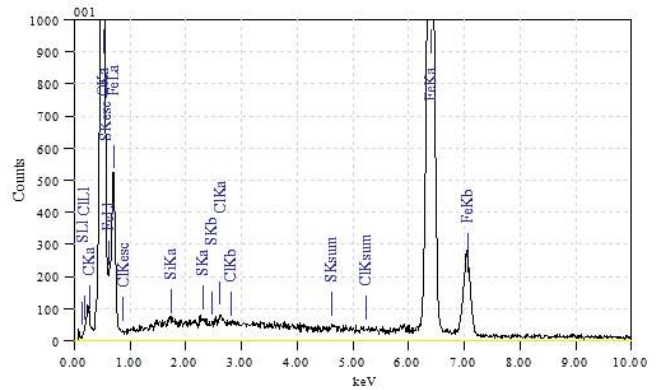
#### 3.3.1. Đánh giá hiệu quả bảo vệ chống ăn mòn của chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi bằng phương pháp điện trở

Từ các kết quả xác định tốc độ ăn mòn bằng phương pháp điện trở tại Nhà máy Điện Cà Mau và Nhà máy Lọc dầu Dung Quất, hiệu quả bảo vệ chống ăn mòn của chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi được tính theo công thức (1) và kết quả thu được thể hiện trên Hình 17.



Nguyên tố	(keV)	Khối lượng %	Nguyên tử %
C K*	0,277	2,97	8,38
O K	0,525	21,42	45,47
Si K*	1,739	0,04	0,05
S K*	2,307	0,23	0,24
Cl K*	2,621	0,13	0,13
Fe K	6,398	75,21	45,73

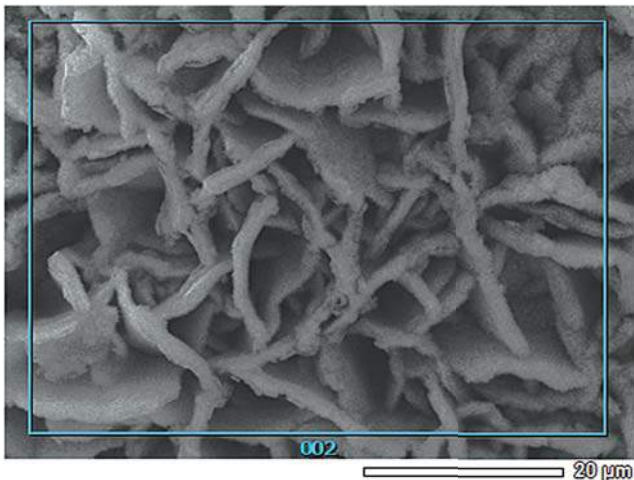
a. Không có chất ức chế ăn mòn



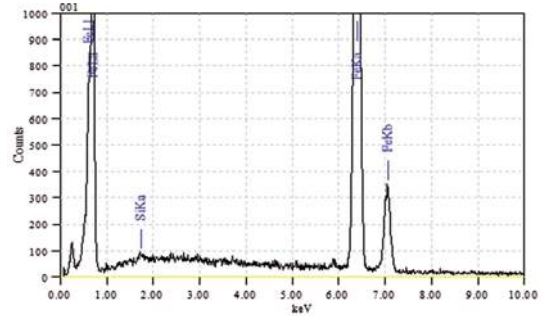
Nguyên tố	(keV)	Khối lượng %	Nguyên tử %
Si K*	1,739	0,23	0,46
Fe K	6,398	99,77	99,54

b. Có chất ức chế ăn mòn

**Hình 10.** Phổ EDX bề mặt mẫu coupon thép đặt tại tủ điện tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất

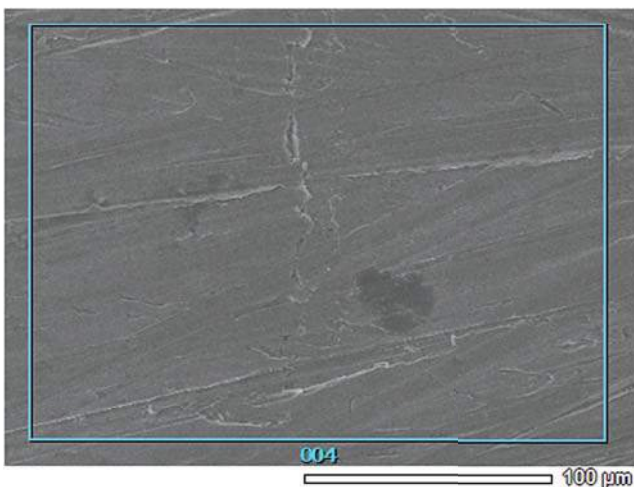


a. Không có chất ức chế ăn mòn



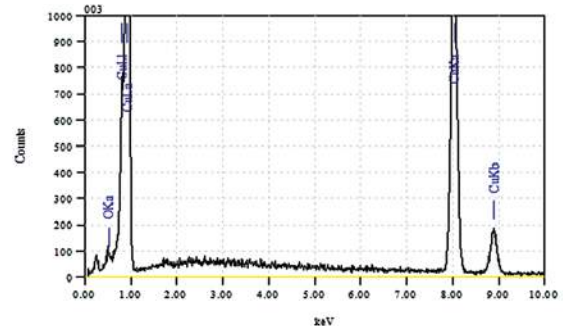
Nguyên tố	(keV)	Khối lượng %	Nguyên tử %
C K*	0,277	2,13	5,42
O K	0,525	29,69	56,93
Si K*	1,739	0,13	0,15
S K*	2,307	0,18	0,17
Cl K*	2,621	0,19	0,17
Fe K	6,398	67,68	37,16

a. Không có chất ức chế ăn mòn



b. Có chất ức chế ăn mòn

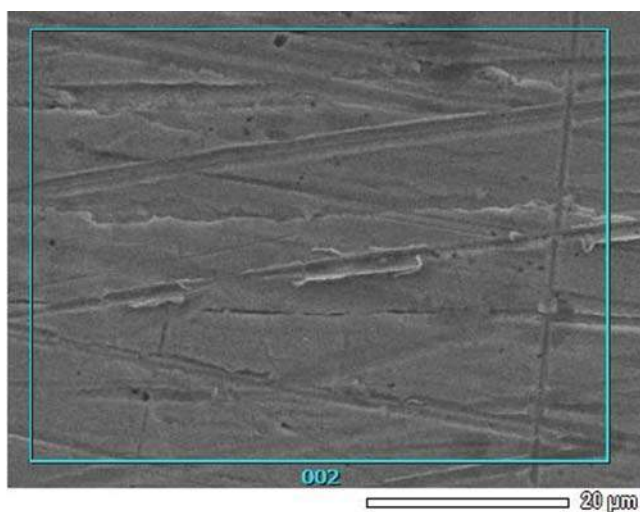
**Hình 11.** Ảnh SEM bề mặt mẫu coupon thép đặt tại mặt bích tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất



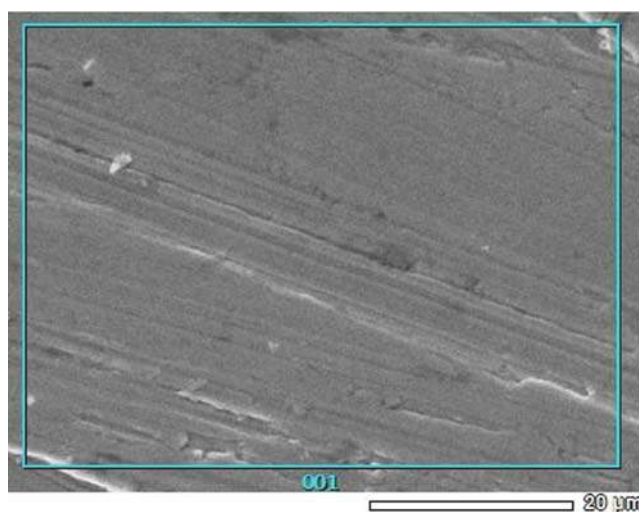
Nguyên tố	(keV)	Khối lượng %	Nguyên tử %
Si K*	1,739	0,15	0,30
Fe K	6,398	99,85	99,70

b. Có chất ức chế ăn mòn

**Hình 12.** Phổ EDX bề mặt mẫu coupon thép đặt tại tủ điện tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất

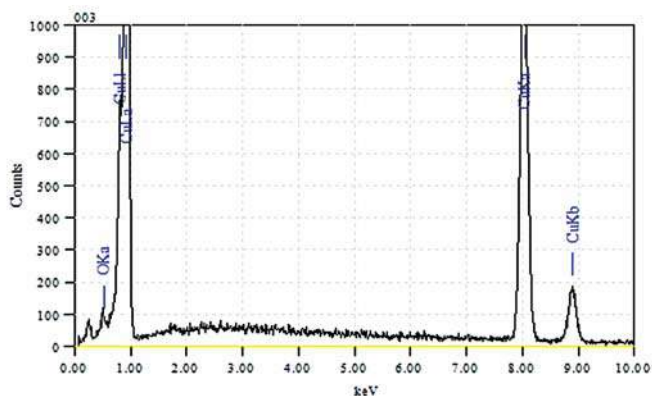


a. Không có chất ức chế ăn mòn

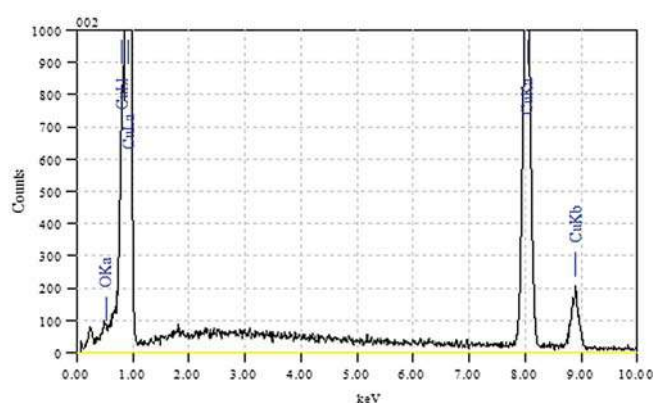


b. Có chất ức chế ăn mòn

**Hình 13.** Ảnh SEM bề mặt mẫu coupon đồng đặt trong tủ điện tại Nhà máy Điện Cà Mau



a. Không có chất ức chế ăn mòn

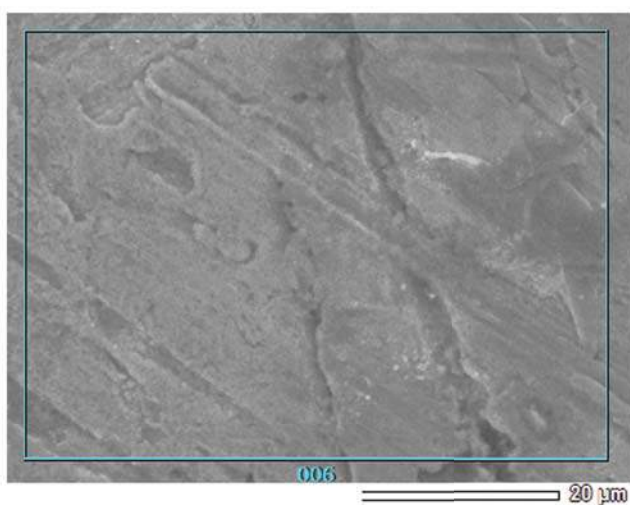


b. Có chất ức chế ăn mòn

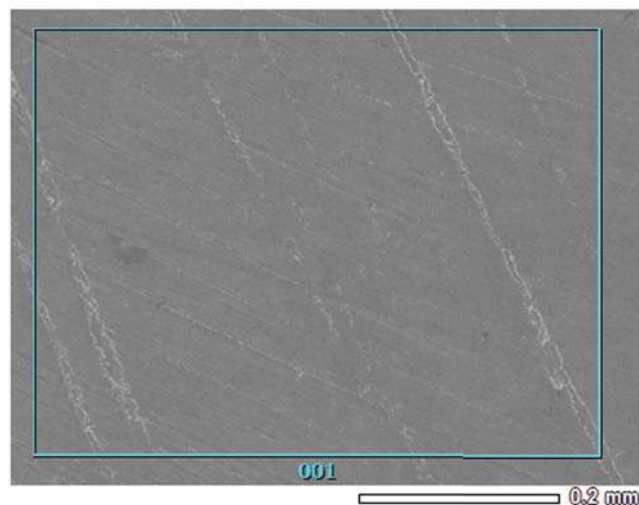
Nguyên tố	(keV)	Khối lượng %	Nguyên tử %
O K	0,525	0,81	3,16
Cu K	8,040	99,19	96,84

Nguyên tố	(keV)	Khối lượng %	Nguyên tử %
O K	0,525	0,06	0,25
Cu K	8,040	99,94	99,75

**Hình 14.** Phổ EDX bề mặt mẫu coupon đồng đặt trong tủ điện tại Nhà máy Điện Cà Mau

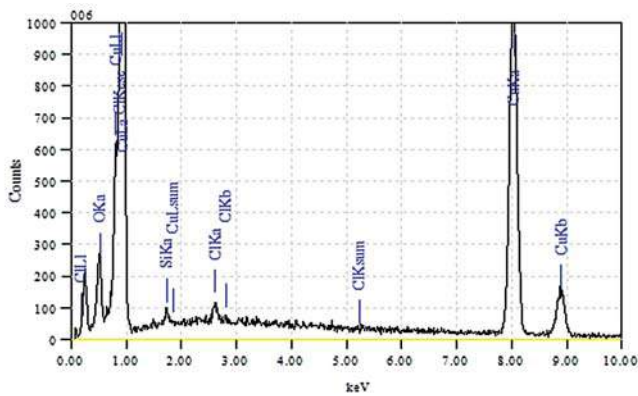


a. Không có chất ức chế ăn mòn



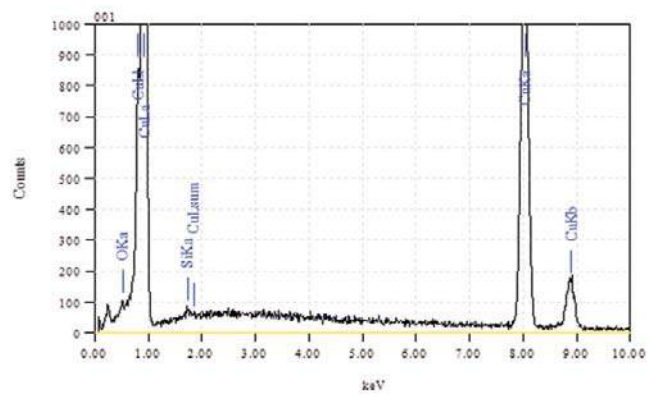
b. Có chất ức chế ăn mòn

**Hình 15.** Ảnh SEM bề mặt mẫu coupon đồng đặt trong tủ điện tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất



Nguyên tố	(keV)	Khối lượng %	Nguyên tử %
O K*	0,525	4,71	16,21
Si K*	1,739	0,65	1,27
Cl K	2,621	0,69	1,08
Cu K	8,040	93,95	81,44

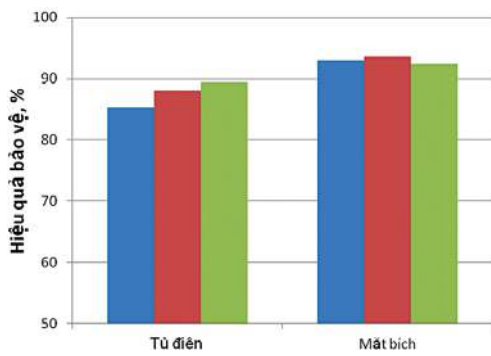
a. Không có chất ức chế ăn mòn



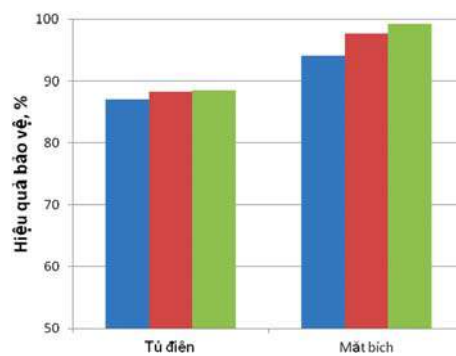
Nguyên tố	(keV)	Khối lượng %	Nguyên tử %
O K*	0,525	0,32	1,27
Si K*	1,739	0,26	0,58
Cu K	8,040	99,42	98,15

b. Có chất ức chế ăn mòn

**Hình 16.** Phổ EDX bề mặt mẫu coupon đồng đặt trong tủ điện tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất

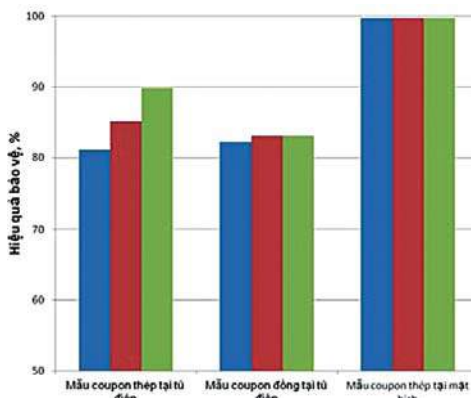


a. Tại Nhà máy Điện Cà Mau

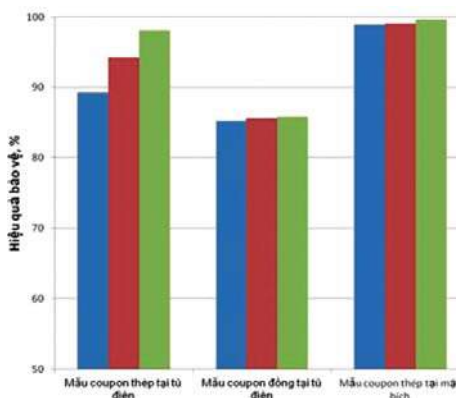


b. Tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất

**Hình 17.** Hiệu quả bảo vệ chống ăn mòn của chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi xác định bằng phương pháp điện trở với đầu dò thép



a. Tại Nhà máy Điện Cà Mau



b. Tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất

**Hình 18.** Hiệu quả bảo vệ chống ăn mòn của chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi đối với mẫu coupon thép và đồng xác định bằng phương pháp tổn hao khối lượng

Trong trường hợp không sử dụng chất ức chế ăn mòn, do tủ điện tương đối kín nên có khả năng hạn chế sự tiếp xúc trực tiếp của môi trường với bề mặt kim loại nên tốc độ ăn mòn trong tủ điện thường nhỏ hơn tốc độ ăn mòn tại

mặt bích. Trường hợp có sử dụng chất ức chế ăn mòn, tốc độ ăn mòn đã giảm đáng kể, tương ứng với hiệu quả ức chế đạt khoảng 85 - 90% đối với các mẫu đặt trong tủ điện và trên 90% đối với các mẫu đặt tại mặt bích. Nhìn chung, tốc độ ăn mòn tại Nhà máy Điện Cà Mau cao hơn Nhà máy Lọc dầu Dung Quất.

### 3.3.2. Đánh giá hiệu quả bảo vệ chống ăn mòn của chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi bằng phương pháp tổn hao khối lượng

Sau thời gian thử nghiệm tại hiện trường, các mẫu coupon được thu về, tẩy sạch sản phẩm ăn mòn, sấy khô đến khi khối lượng không đổi, cân khối lượng mẫu và tính tốc độ ăn mòn theo công thức (2). Từ các kết quả tính tốc độ ăn mòn

cho phép xác định hiệu quả bảo vệ của chất ức chế dạng bay hơi. Hình 18 biểu diễn hiệu quả ức chế ăn mòn của các mẫu coupon thép và đồng được thử nghiệm tại Nhà máy Điện Cà Mau và Nhà máy Lọc dầu Dung Quất.

Các kết quả thử nghiệm ăn mòn trên mẫu coupon cũng cho kết quả tương đồng so với kết quả đo bằng phương pháp điện trở.

Chất ức chế dạng bay hơi có tác dụng chống ăn mòn kim loại rất hiệu quả. Tại Nhà máy Điện Cà Mau, hiệu quả bảo vệ đạt khoảng 83% đối với vật liệu đồng, 85 - 99% đối với mẫu thép trong tủ điện và ở mặt bích đường ống. Tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất, hiệu quả bảo vệ đạt khoảng 85% đối với vật liệu đồng, 94% đối với vật liệu thép trong tủ điện và trên 99% đối với vật liệu thép tại mặt bích đường ống.

#### 4. Kết luận

Qua các kết quả thử nghiệm sử dụng chất ức chế ăn mòn dạng bay hơi bảo vệ chống ăn mòn cho các bảng mạch điện tử của hệ thống theo dõi, điều khiển ngoài hiện trường và các mặt bích trên các đường ống, thiết bị ngoài hiện trường của Nhà máy Điện Cà Mau và Nhà máy Lọc dầu Dung Quất cho phép khẳng định hiệu quả bảo vệ chống ăn mòn cao của chất ức chế ăn mòn bay hơi. Các kết quả thử nghiệm tại Nhà máy Điện Cà Mau cho thấy, hiệu quả bảo vệ chống ăn mòn đạt khoảng 83% đối với vật liệu đồng, 85 - 99% đối với mẫu thép trong tủ điện và tại mặt bích đường ống. Tại Nhà máy Lọc dầu Dung Quất, hiệu quả bảo vệ cũng rất cao, đạt khoảng 85% đối với vật liệu đồng, 94% đối với vật liệu thép trong tủ điện và trên 99% đối với vật liệu thép tại mặt bích đường ống. Phương

pháp này thi công đơn giản, khá thuận lợi và không ảnh hưởng đến quá trình vận hành của nhà máy (đã được Nhà máy Lọc dầu Dung Quất và Nhà máy Điện Cà Mau ghi nhận và đánh giá cao).

#### Tài liệu tham khảo

1. D.M.Bastidas, E.Cano, E.M.Mora. *Volatile corrosion inhibitors: a review*. Anti-Corrosion Methods and Materials. 2005; 52 (2): p. 71 - 77.
2. Michael E.Tarvin, Boris A.Miksic. *Volatile corrosion inhibitors for protection electronics*. NACE, National Association of Corrosion Engineers. 1989: p. 344.
3. Sakae Amamiya. *Volatile corrosion inhibitor*. Tree Bond Technical New. July 1 1987.
4. Eduardo Lozano, John Anthony Shipley. *Vapor phase corrosion inhibitors*. US Patent No 6033599. 7 March, 2000.
5. Trịnh Cương. *Nghiên cứu tổng hợp, khảo sát cấu trúc và mối quan hệ giữa cấu trúc với hoạt tính của một số chất ức chế ăn mòn kim loại dạng bay hơi dãy  $\beta$ -aminoxeton*. Luận án Tiến sỹ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội. 2007.
6. ASTM G1-03. *Standard practice for preparing, cleaning, and evaluating corrosion test specimens*.

## A study on application of volatile corrosion inhibitor for equipment protection in the petroleum industry

Phan Cong Thanh, Hoang Linh Lan, Nguyen Thi Le Hien  
Vietnam Petroleum Institute

#### Summary

***Volatile corrosion inhibitor is one of the effective solutions to protect equipment and devices having a complex, rough surface or containing small parts which traditional anti-corrosion methods cannot protect well. The results of applied research in Ca Mau Power Plant and Dung Quat Refinery showed volatile corrosion inhibitors can absorb on surfaces and prevents the metal corrosion process, with effective protection against corrosion. Obtained protection efficiencies are over 80% for copper coupons, over 85% for steel coupons in the electric box and over 90% for steel coupons on piping flange outdoor.***

**Key words:** Corrosion, protection of metal, volatile corrosion inhibitor