

## Nghiên cứu đánh giá hiệu quả bảo quản kim loại bằng công nghệ hút chân không và chất ức chế bay hơi quy mô phòng thí nghiệm

Nguyễn Văn Đồng\*, Hà Quốc Bằng, Nguyễn Việt Hưng,  
Trịnh Đắc Hoàn, Nguyễn Hữu Văn, Khổng Mạnh Hùng

Viện Hoá học - Vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, 17 Hoàng Sâm, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam.

\*Email: vandongnguyen168@gmail.com

Nhận bài: 20/01/2024; Hoàn thiện: 19/3/2024; Chấp nhận đăng: 02/4/2024; Xuất bản: 25/6/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.96.2024.85-91>

### TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá khả năng bảo vệ bề mặt kim loại của công nghệ bảo quản có chất ức chế bay hơi kết hợp với bao gói màng PE và hút chân không bằng các phương pháp đánh giá tự nhiên, các phương pháp đánh giá bằng các trang thiết bị hiện đại quy mô phòng thí nghiệm tại Viện Hoá học-Vật liệu. Kết quả đạt được của quá trình nghiên cứu cho thấy, với một lượng nhỏ hàm lượng chất ức chế bay hơi thì mẫu sau quá trình được bảo quản đem cho tiếp xúc trực tiếp với môi trường ăn mòn có thể bảo vệ thép CT3 30,49% và với kim loại đồng đỏ hiệu suất là 45,91% và với các tiêu chuẩn đánh giá mù muối, nhiệt ẩm trong điều kiện mẫu được bao gói theo quy trình bảo quản trên thì bề mặt các mẫu kim loại CT3, đồng đỏ, đồng vàng cho kết quả là không bị mất màu, không xuất hiện vết ó, điểm gỉ.

**Từ khoá:** Chất ức chế bay hơi; Chống ăn mòn khí quyển cho kim loại; Chống ăn mòn bằng chất ức chế bay hơi.

### 1. MỞ ĐẦU

Ăn mòn là một quá trình xảy ra tự nhiên, tác động tiêu cực đến chi phí và hư hỏng các bộ phận (do sự tấn công phá hủy của kim loại bằng phản ứng hóa học của nó với môi trường khí, lỏng và rắn) trong các ngành công nghiệp [1, 2].

Trong các yếu tố gây ra ăn mòn thì ăn mòn khí quyển là quá trình phá huỷ kim loại phổ biến nhất nó thường xảy ra rất nghiêm trọng ở các vùng khí hậu có độ ẩm, nhiệt độ cao và có độ nhiễm bẩn không khí cao [3].

Tại Việt Nam hội tụ đủ các yếu tố trên, do đó, nghiên cứu chống ăn mòn khí quyển ở nước ta cho các trang thiết bị kỹ thuật, vũ khí quân sự là nhiệm vụ cấp bách và ưu tiên hàng đầu. Các biện pháp chống ăn mòn kim loại nói chung và chống ăn mòn khí quyển nói riêng đã được nghiên cứu nhiều trên thế giới, các chế phẩm chống ăn mòn cùng với quy trình sử dụng chúng đã được quy chuẩn và sử dụng rộng rãi dưới dạng thương phẩm trên thị trường [4]. Các kho vũ khí ở ta vẫn đang sử dụng các biện pháp phổ biến như sơn, bảo quản bằng dầu mỡ, chất tẩm phủ, protector [5],... riêng chất ức chế bay hơi cũng đã được nước ta nghiên cứu, thử nghiệm cho kết quả bảo quản tốt [6-8].

Tuy nhiên, nghiên cứu đánh giá hiệu quả của chất ức chế bay hơi kết hợp với bao gói bằng giấy bảo quản có tẩm chất ức chế bay hơi, màng PE và được hút chân không để loại bỏ các tác nhân ăn mòn thì chưa được tiến hành nghiên cứu đánh giá. Nghiên cứu này tiến hành đánh giá hiệu quả bảo quản khi kết hợp các công nghệ trên ở quy mô phòng thí nghiệm là tiền đề để triển khai thử nghiệm thực tế cho các trang thiết bị, kỹ thuật trong và ngoài quân đội.

### 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

#### 2.1. Chuẩn bị thử nghiệm

##### 2.1.1. Hoá chất, vật tư

Chất ức chế bay hơi hỗn hợp gồm: benzotriazol, benzodiazol, etanol, urotropin, NDA

Giấy bao gói MUB định lượng 85-89 g/m<sup>2</sup>, độ hút nước theo mao quản 50 -70 mm, độ bền gấp

10-20 lần.

Màng PE có các thông số kỹ thuật: Chiều dày 0,16 mm ± 0,01. Độ bền kéo đứt 15- 25 MPa. Độ giãn dài 500 - 700%.

### 2.1.2. Mẫu thử nghiệm

Các mẫu kim loại thép CT, đồng đỏ, đồng vàng được cắt theo kích thước 4x6cm, sau đó được xử lý bề mặt như sau:

Mẫu thép được tẩy gỉ trong dung dịch HCl (500 ml axit tỉ trọng 1,19), urotropin (3,5 g) và nước (đến 1L), nhiệt độ phòng, thời gian 5 -10 phút.

Mẫu đồng và hợp kim đồng được tẩy gỉ trong dung dịch HCl (tỉ trọng 1,19) pha trong nước theo nồng độ 100 ml/lít. Sau khi tẩy gỉ, mẫu được rửa sạch bằng dưới dòng nước, đánh bóng bề mặt đến V8, làm khô [6].

Số lượng mẫu chuẩn bị gồm 02 mẫu:

Mẫu M0: Là các mẫu đối chứng không được bảo quản và bao gói.

Mẫu M1: Bao gói bằng giấy MUB rồi cho vào trong túi màng PE kích thước 15 x 20 cm, thêm 3,5 g chất ức chế bay hơi và sau đó hút chân không.

### 2.1.3. Thiết bị thử nghiệm

Thiết bị đo tốc độ ăn mòn điện hoá Metrohm Autolab B.V; Thiết bị thử mù muối Erichsen; Thiết bị thử nhiệt ẩm MKF115 Binde; Máy khuấy từ IKA; Máy hút chân không DZ-300°.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.2.1. Phương pháp đo điện hoá

- Tiêu chuẩn thử nghiệm: ASTM G5-14.
- Điều kiện thử nghiệm gồm:
  - + Phương pháp thử nghiệm: Ăn mòn điện hóa;
  - + Phương pháp đo: Quét thế tuyến tính;
  - + Điện cực so sánh: Ag/AgCl, KCl 3M;
  - + Tốc độ quét: 0,002 V/s;
  - + Phương pháp xử lý kết quả: Ngoại suy Tafel .

### 2.2.2. Đánh giá bằng phương pháp treo mẫu tự nhiên

- Điều kiện thử nghiệm: Chi tiết điều kiện thử nghiệm theo thời gian tại phòng thí nghiệm được thể hiện tại bảng 1:

**Bảng 1.** Thông số điều kiện khí hậu thử nghiệm tự nhiên.

Thời gian thử nghiệm	Nhiệt độ trung bình	Độ ẩm trung bình
Tháng 3/2023 đến 6/2023	40 °C	80%
Tháng 7/2023 đến 10/2023	35 °C	85%
Tháng 11/2023 đến 01/2024	20 °C	73%

Đánh giá: Hiệu quả công nghệ bảo quản được đánh giá bằng mắt thường thông qua các dấu hiệu trên bề mặt mẫu kim loại: độ sáng bóng, xuất hiện vết ố màu, điểm gỉ.

### 2.2.3. Đánh giá bằng phương pháp thử nghiệm mù muối

Chỉ tiêu yêu cầu thử nghiệm: Một chu kỳ thử nghiệm bao gồm: bốn giai đoạn phun, mỗi giai đoạn 2 h, cùng với giai đoạn lưu giữ ở điều kiện ẩm từ 20 h đến 22 h sau mỗi giai đoạn phun; sau đó một giai đoạn bảo quản là ba ngày trong điều kiện khí quyển tiêu chuẩn để thử nghiệm ở (23 ± 2) °C và độ ẩm từ 45% đến 55%. Tiêu chuẩn đánh giá theo TCVN 7699-2-52:2007 [9].

2.2.4. Đánh giá bằng phương pháp thử nghiệm nhiệt ẩm

Mẫu trước khi đưa vào tủ thử nhiệt ẩm thì được bỏ ra khỏi môi trường bảo quản.

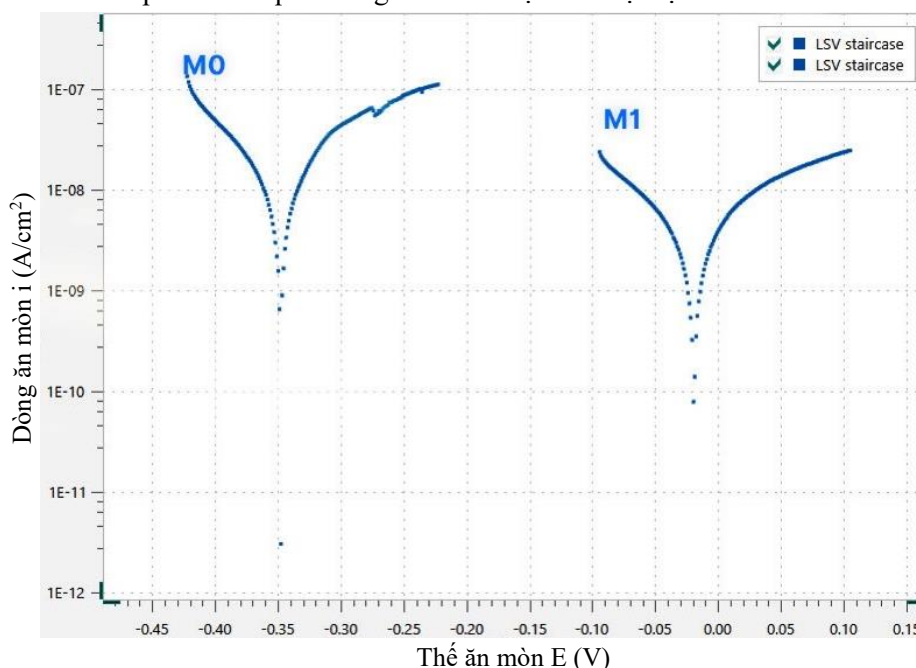
Chỉ tiêu yêu cầu thử nghiệm: Lưu mẫu trong điều kiện nhiệt độ 40 °C, độ ẩm tương đối 95%, kiểm tra ngoại quan mẫu sau 07 ngày. Tiêu chuẩn đánh giá theo TCVN 7699-2-30:2007 [10].

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả đo tốc độ ăn mòn điện hoá

Kết quả đánh giá hiệu quả chống ăn mòn kim loại của chất ức chế bay hơi được thực hiện trên mẫu thép CT3, đồng đồ cho kết quả như sau:

Đối với mẫu thép CT3 kết quả chống ăn mòn được thể hiện tại hình 1.



Hình 1. Đồ thị đường cong phân cực so sánh của mẫu thép CT3 M0 và M1.

Từ hình 1 ta thấy, đồ thị M1 của mẫu thép CT3 được bảo quản có thể ăn mòn E dịch chuyển về phía dương hơn so với đồ thị M0 của mẫu thép CT3 không được bảo quản. Điều này chứng tỏ trên lớp bề mặt của mẫu M1 đã có sự hấp phụ chất ức chế bay hơi trên bề mặt kim loại.

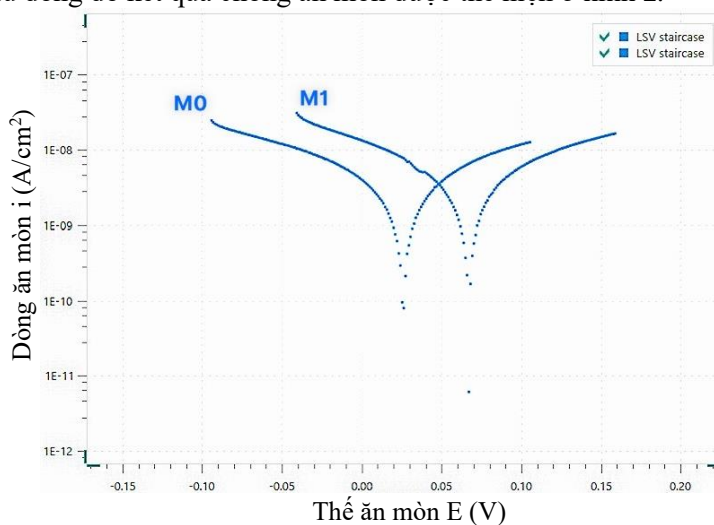
Cụ thể, đối với kết quả thu được với từng mẫu qua quá trình khảo sát như sau:

Bảng 2. Xác định hiệu suất ăn mòn sau bảo quản với mẫu thép CT3.

Tên mẫu	Ecorr, V	icorr, A	Corrosion rate, mm/year	Hiệu suất, %
M0	-0,34729	1,5846.10 <sup>-8</sup>	1,8413.10 <sup>-4</sup>	0
M1	-0,18535	1,1015.10 <sup>-8</sup>	1,2799.10 <sup>-4</sup>	30,49

Như vậy, tốc độ ăn mòn của mẫu M0 là 0,000184 mm/năm, tốc độ ăn mòn của mẫu M1 sau khi được bảo quản bằng chất ức chế bay hơi có giảm xuống còn 0,000128 mm/năm. Hiệu quả bảo vệ đạt 30,49% cho thấy tác dụng của lớp hấp thụ chất ức chế bay hơi khi tiếp xúc với môi trường ăn mòn là dung dịch NaCl 0,1N có thời gian bảo vệ ngắn do một phần chất ức chế bay hơi bị hoà tan và rửa trôi bởi dung dịch NaCl.

- Đối với mẫu đồng đo kết quả chống ăn mòn được thể hiện ở hình 2.



**Hình 2.** Đồ thị đường cong phân cực so sánh của mẫu đồng M0 và M1.

Từ đồ thị ta thấy, đồ thị M1 của mẫu đồng được bảo quản có thể ăn mòn E dịch chuyển về phía dương hơn so với đồ thị M0 của mẫu đồng không được bảo quản nhưng dịch chuyển ít hơn với mẫu kim loại thép CT3. Điều này chứng tỏ trên lớp bề mặt của mẫu M1 cũng đã có sự hấp phụ chất ức chế bay hơi trên bề mặt như mẫu kim loại thép CT3.

Cụ thể, đối với kết quả thu được với từng mẫu qua quá trình khảo sát như sau:

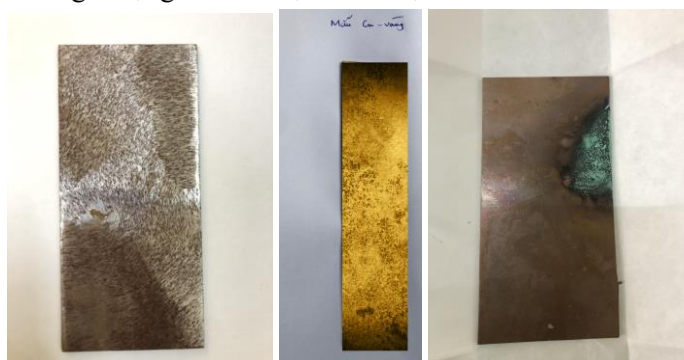
**Bảng 3.** Xác định hiệu suất ăn mòn sau bảo quản với mẫu đồng.

Tên mẫu	E <sub>corr</sub> , V	i <sub>corr</sub> , A	Corrosion rate, mm/year	Hiệu suất, %
M0	0,026216	1,492.10 <sup>-8</sup>	17,304.10 <sup>-5</sup>	0
M1	0,067415	8,0703.10 <sup>-9</sup>	9,3599.10 <sup>-5</sup>	45,91

Như vậy, tốc độ ăn mòn của mẫu M0 là 17,304.10<sup>-5</sup> mm/năm, tốc độ ăn mòn của mẫu M1 sau khi được bảo quản bằng chất ức chế bay hơi có giảm xuống còn 9,3599.10<sup>-5</sup> mm/năm. Hiệu quả bảo vệ đạt 45,91% cho thấy tác dụng của lớp hấp thụ chất ức chế bay hơi khi tiếp xúc với môi trường ăn mòn là dung dịch NaCl 0,1N có thời gian bảo vệ tốt hơn mẫu thép CT3 và hiệu suất bảo vệ chỉ đạt 45,91% cũng có thể giải thích là do một phần chất ức chế bay hơi bị hoà tan và rửa trôi bởi dung dịch NaCl trong quá trình thử nghiệm.

### 3.2. Kết quả thử nghiệm treo mẫu tự nhiên

- Kết quả kiểm tra đánh giá trạng thái bề mặt mẫu được thể rõ trên hình 3, hình 4 như sau:



**Hình 3.** Kết quả thử nghiệm tự nhiên với mẫu không được bảo quản.

Từ hình 3 dễ dàng nhận biết bằng mắt thường với mẫu thép CT3 hình thành các vảy kim loại, mẫu đồng vàng bề mặt bị oxy hoá xuống màu, nhiều điểm gỉ xuất hiện, với mẫu đồng đỏ bị xuống màu và bị oxy hoá mạnh.



**Hình 4.** Kết quả thử nghiệm tự nhiên với mẫu được bảo quản.

Từ hình 4 mẫu thép, đồng đỏ, đồng vàng do được bảo quản tách biệt với môi trường ăn mòn, đồng thời trong không gian bảo quản được loại bỏ hết các tác nhân gây ăn mòn khí quyển nên không xuất hiện vết ố và vết gỉ. Đối với mẫu đồng vàng tuy có xuất hiện vết ố màu trên bề mặt nhưng không hình thành điểm gỉ.

**3.3. Kết quả thử nghiệm mù muối**

Kết quả thử nghiệm mù muối theo TCVN 7699-2-52:2007 được thể hiện ở bảng 4 như sau:

**Bảng 4.** Kết quả thử nghiệm mù muối.

Ký hiệu mẫu	CT3-MM	CuD-MM	CuV-MM
Mẫu M0- Sau thử nghiệm			
Mẫu M1-Trước thử nghiệm			
Mẫu M1-Sau thử nghiệm			

Đối với mẫu thử nghiệm kim loại không được bảo quản bề mặt mẫu đều bị mất màu và xuất hiện nhiều điểm gỉ.

Đối với các mẫu kim loại được tiến hành bảo quản bằng chất ức chế bay hơi và bao gói bằng màng PE, chúng ta có thể thấy rằng bề mặt của các mẫu kim loại sáng bóng và không xuất hiện các vết ố, vết gỉ. Điều đó khẳng định khi mẫu kim loại được tách biệt với môi trường ăn mòn hoàn toàn bằng màng PE và việc tạo màng bảo vệ trên bề mặt kim loại do chất ức chế bay hơi hình thành thì hiệu quả bảo vệ tăng lên rõ rệt so với mẫu không được bảo quản trong cùng điều kiện thử nghiệm.

### 3.4. Kết quả thử nghiệm nhiệt ẩm

Kết quả thử nghiệm nhiệt ẩm theo TCVN 7699-2-30:2007 được thể hiện ở bảng 5 như sau:

**Bảng 5. Kết quả thử nghiệm nhiệt ẩm.**

<p><b>Kết quả mẫu M0 sau 7 ngày</b></p>			
<p><b>Kết quả mẫu M1 sau 7 ngày</b></p>			

Từ bảng trên có thể thấy, với mẫu thép CT3 mẫu được phủ màng xuất hiện vết gỉ điều này cũng phù hợp với kết đo điện hoá với khả năng bảo vệ bề mặt thép CT3 trong điều kiện tiếp xúc trực tiếp với môi trường chỉ đạt 30,49%. Đối với mẫu đồng đỏ và đồng vàng được phủ màng thì mẫu không bị gỉ, bề mặt mẫu vẫn sáng bóng.

## 4. KẾT LUẬN

- Trong điều kiện môi trường mở với thử nghiệm nhiệt ẩm mẫu kim loại tiếp xúc trực tiếp với các yếu tố ăn mòn thì bề mặt kim loại thép CT3 bị biến đổi màu, tạo lớp vảy; bề mặt mẫu kim loại đồng vàng, đồng đỏ chỉ bị giảm độ sáng bề mặt. Đối với thử nghiệm đo tốc độ ăn mòn thép CT3 đạt hiệu suất bảo vệ là 30,49% và đồng đỏ là 45,91%.

- Khi tiến hành thử nghiệm trong điều kiện bảo quản bao gói kín, các yếu tố ăn mòn trong môi trường bảo quản được loại bỏ và mẫu kim loại không tiếp xúc trực tiếp với môi trường ăn mòn thì bề mặt các mẫu kim loại CT3, đồng đỏ, đồng vàng không xuất hiện sự biến đổi màu sắc, độ tạo vảy và bong tróc cũng không xảy ra.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả cảm ơn sự tài trợ về kinh phí của Viện Hoá học-Vật liệu, giúp đỡ về ý tưởng khoa học của TS. Võ Hoàng Phương.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hou, B., Li, X., Ma, X., Du, C., Zhang, M., Zheng, M., Xu, W., Lu, D. & Ma, F. "The cost of corrosion in China". MaterialsDegradation, (2017), DOI:10.1038/s41529-017-0005-2.

- [2]. Khan, M.A.A., Hussain, M. & Djavanroodi, F. “Microbiologically influenced corrosion in oil and gas industries: A review”. International Journal of Corrosion and Scale Inhibition, pp.80-106, (2021). DOI: 10.17675/2305-6894-2021-10-1-5.
- [3]. R. Baboian Ed, “Corrosion: Fundamentals, Testing and Protection,” ASM International, OH, Vol.13A, pp.196-209, (2003).
- [4]. Shahram Meery, “Corrosion and Corrosion Control,” Corpro Technical Library.
- [5]. Nguyễn Việt Hưng, “Các phương pháp và kỹ thuật đánh giá đặc trưng tính chất vật liệu, kiểm tra độ bền và khả năng bảo vệ của vật liệu,” Tài liệu bài giảng môn học Công nghệ và vật liệu bảo quản vũ khí trang bị quân sự (2021).
- [6]. Nguyễn Thế Nghiêm, “Nghiên cứu thử nghiệm khí hậu một số vật liệu nhằm xây dựng công nghệ bảo quản máy móc tổng thành (trong đó có VKTBKT quân sự) chống ăn mòn khí quyển,” Đề tài KC02-11 (2003).
- [7]. Nguyễn Thế Nghiêm, “Nghiên cứu vật liệu bao gói chống ăn mòn kim loại trên cơ sở các chất ức chế bay hơi,” Đề tài KHCN 03-21 (2000).
- [8]. Nguyễn Hữu Đoàn “Hoàn thiện công nghệ và áp dụng bảo quản VKTBKT trên cơ sở vật liệu bao gói chống ăn mòn kim loại bằng chất ức chế bay hơi”, Đề tài AT cấp Bộ Quốc phòng (2008).
- [9]. TCVN 7699-2-52:2007 “Thử nghiệm môi trường- Phần 2-52: Các thử nghiệm- Thử nghiệm Kb: Sương muối, chu kỳ (dung dịch natri clorua),”.
- [10]. TCVN 7699-2-30:2007 “Thử nghiệm môi trường- Phần 2-30: Các thử nghiệm- Thử nghiệm Db: Nóng ẩm, chu kỳ (Chu kỳ 12h + 12h),”.

#### **ABSTRACT**

##### **Research to evaluate the effectiveness of metal preservation using vacuum technology and volatile inhibitors on a laboratory scale**

*This study investigated the metal surface protection ability of a preservation technology combining a volatile corrosion inhibitor (VCI) with PE film packaging and vacuum sealing. The evaluation was conducted using both natural exposure tests and modern laboratory equipment at the Institute of Chemistry and Materials. The results showed that a small amount of VCI can effectively protect metal surfaces from corrosion. After being exposed to a corrosive environment, the CT3 steel sample protected by the preservation process showed a protection efficiency of 30.49%, while the red copper sample showed an efficiency of 45.91%. According to the salt spray and temperature-humidity test results, the surfaces of CT3 steel, red copper, and yellow copper samples showed no discoloration, stains, or rust spots after being packaged using the above preservation process.*

**Keywords:** Volatile inhibitors; Atmospheric corrosion protection for metals; Corrosion protection with volatile inhibitors.