

TRẠNG THÁI ĂN MÒN BAN ĐẦU CỦA THÉP AH36 TRONG NƯỚC BIỂN Ở ĐIỀU KIỆN PHÒNG THÍ NGHIỆM CÓ TÍNH ĐẾN DÒNG CHẢY

NGUYỄN VĂN CHI ⁽¹⁾, MAI VĂN MINH ⁽¹⁾, CAO NHẬT LINH ⁽¹⁾, LÊ HỒNG QUÂN ⁽¹⁾,
ĐỒNG VĂN KIÊN ⁽¹⁾, NÔNG QUỐC QUẢNG ⁽¹⁾

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong môi trường nước biển, các kết cấu thép, thiết bị trong lĩnh vực đóng tàu, hệ thống khí đốt, công trình ven bờ... thường bị ăn mòn và có tỷ lệ sự cố nghiêm trọng ước tính đến khoảng 3% GDP toàn cầu [1-3]. Quá trình ăn mòn phá huỷ các kết cấu thép ngoài biển, vỏ tàu... là sự tác động kết hợp phức tạp của nhiều yếu tố lý hoá của môi trường biển và sự tương tác lẫn nhau giữa chúng [4]. Có thể chia thành 4 nhóm yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến ăn mòn trong nước biển: Các yếu tố vật lý, các yếu tố hóa học của nước biển; bám bẩn sinh học và bản chất vật liệu [1]. Sự tác động của yếu tố vật lý (di chuyển của vỏ tàu, dòng chảy hoặc sóng biển) đến tốc độ ăn mòn tổng hợp (Erosion corrosion - ăn mòn xói mòn) là rất đáng kể [5]. Về mặt cơ học, dòng chảy loại bỏ sản phẩm ăn mòn trên bề mặt dẫn tới việc tiếp xúc của các tác nhân gây ăn mòn đến kim loại nền dễ dàng hơn; về mặt động học, quá trình khuếch tán (bao gồm quá trình khuếch tán tác nhân từ nước biển đến bề mặt kim loại và quá trình khuếch tán sản phẩm ăn mòn từ bề mặt vào môi trường) diễn ra thuận lợi hơn. Bên cạnh đó, dòng chảy có thể làm tăng hàm lượng oxy trong nước (tăng tác nhân oxy hoá) cũng như tạo lên các bong bóng khí trên bề mặt nên cũng làm tăng tốc độ ăn mòn [5, 6]. Thử nghiệm hiện trường chỉ ra rằng, vận tốc dòng nước có tác động làm tăng rõ rệt sự ăn mòn trong thời gian đầu thử nghiệm (khoảng 1-2 tháng) và ít ảnh hưởng ở những tháng sau đó [7]. Ngoài ra, ảnh hưởng của oxy hòa tan cũng có tác động tương tự, thúc đẩy tốc độ ăn mòn, hình thành sản phẩm ăn mòn của sắt trong nước máy [8].

Trong một dung dịch điện ly, nhờ các kỹ thuật điện hóa hiện đại có thể đánh giá phản ứng của bề mặt vật liệu kim loại theo thời gian thực từ đó dự đoán cách các tác nhân khác có thể ảnh hưởng đến động học ăn mòn như thế nào [9]. Việc này mở ra hướng nghiên cứu bài toán ăn mòn tổng hợp thông qua các chỉ số đặc trưng về điện hóa. Mới đây ảnh hưởng của dòng chảy đến tốc độ ăn mòn thép vỏ tàu trong nước biển thông qua phương pháp tổng trở điện hóa và kính hiển vi điện tử cũng được nghiên cứu [10]. Kết quả cho thấy, tốc độ dòng chảy càng cao thì ăn mòn càng phức tạp nhưng khi tăng tốc độ dòng chảy lên cao hơn giá trị nhất định, tốc độ ăn mòn điện hóa lại giảm.

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu mối tương quan giữa một số thông số điện hóa và ăn mòn tổng hợp giai đoạn đầu của thép kết cấu đóng tàu AH36 trong nước biển tự nhiên tại phòng thí nghiệm ở điều kiện có dòng chảy.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- Đối tượng nghiên cứu là thép hợp kim thấp AH36 được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp đóng tàu với thành phần được trình bày trong bảng 1 [11].

Bảng 1. Thành phần của thép đóng tàu AH36

Thành phần nguyên tố của thép, % max (Fe còn lại)											
C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	Mo	P	S	Nb	Ti	Al
0,180	0,500	0,900	0,200	0,050	0,400	0,080	0,350	0,035	0,020	0,020	0,015

- Các mẫu thử nghiệm tự nhiên (10 x 15 x 0,4 cm) được bố trí trong 2 bể nhựa hình trụ tròn 1000 L (Ø146 - 118 x 79 cm, Hình 1). Nước biển tự nhiên được bơm đầy vào trong 2 bể với chiều cao cột nước là 75 cm. Trong thử nghiệm có dòng chảy, một hình trụ tròn Ø 80 cm được đặt thêm ở giữa. Máy bơm chìm được bố trí sao cho 3 đầu nước ra tiếp tuyến và ở cùng độ sâu với mẫu để tạo ra dòng nước chảy vòng tuần hoàn. Tốc độ dòng chảy đạt 0,2 m/s được đo bởi thiết bị Model FP211.



Hình 1. Cách bố trí mẫu và mô hình tạo dòng chảy vòng trong bể thử nghiệm

- Các thông số môi trường trong bể thử nghiệm được thể hiện trong bảng 2. Các thông số cơ bản ổn định, ít thay đổi. Tuy nhiên, nồng độ oxy hòa tan ở thùng có dòng chảy cao hơn hẳn. Kết quả này được giải thích là do sự khuấy đảo liên tục của dòng dẫn tới khả năng hấp thụ oxy từ không khí cao hơn [12].

Bảng 2. Một số thông số nước biển trong 2 môi trường thử nghiệm:

Thông số	Nhiệt độ (°C)	Độ mặn (%)	Độ pH	Nồng độ O ₂ hòa tan (mg/L)
Bể thử nghiệm tĩnh	27,80 ÷ 30,30	3,40 ÷ 3,50	7,76 ÷ 8,08	1,72 ÷ 2,94
Bể thử nghiệm động (có dòng chảy)	28,10 ÷ 30,90	3,40 ÷ 3,50	7,59 ÷ 7,99	6,67 ÷ 7,54

- Quét thể mạch hồ, phổ tổng trở điện hóa và đường cong phân cực được thực hiện trên thiết bị Autolab PGSTAT 204N theo những khoảng thời gian khác nhau. Hệ đo 3 điện cực: Điện cực đối là tấm platin 8x8 mm; Điện cực so sánh là Ag/AgCl trong KCl bão hòa và điện cực làm việc là mẫu thép AH36, diện tích 3,46 cm². Các thông số điện hóa được xác định bằng phần mềm Nova 2.0 đồng bộ với thiết bị.

- Các mẫu thử nghiệm tự nhiên để xác định tốc độ ăn mòn theo phương pháp hạt khối phù hợp với tiêu chuẩn ISO 8047 và ISO 11306 [13].

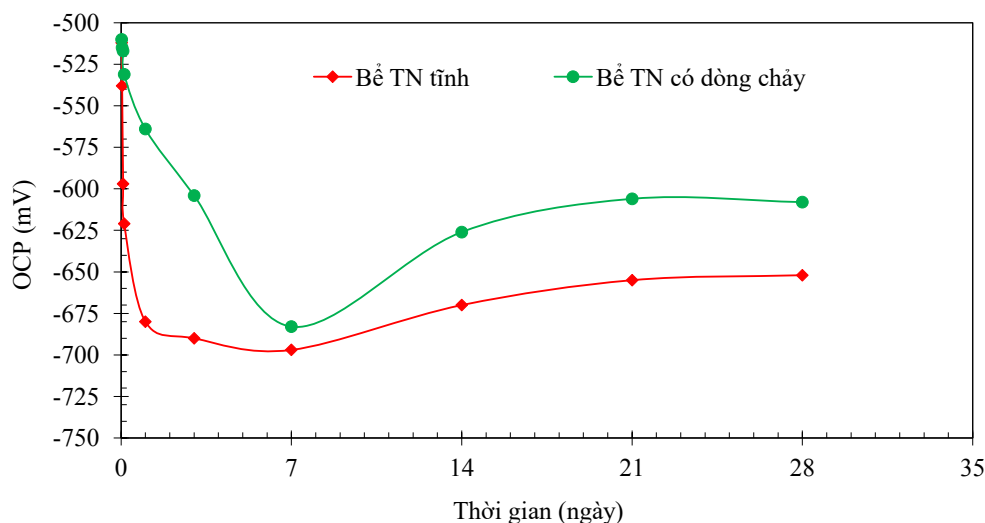
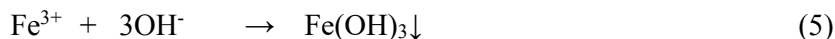
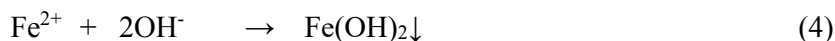
3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Biến thiên thế mạch hở và lớp kép của thép AH36 trong nước biển

Biến thiên thế mạch hở (OCP) của mẫu thép AH36 trong nước biển tự nhiên không và có dòng chảy thể hiện trên hình 2. Sự biến thiên này phản ánh quá trình sụt thế trong lớp kép Helmholtz và phụ thuộc vào trạng thái của lớp thụ động trên bề mặt thông qua việc hòa tan cation Fe^{n+} ($n = 2$ hoặc 3) vào trong nước biển theo các phản ứng (1-3) [14, 15].



Trong dung dịch thường tồn tại một hàm lượng oxy hòa tan, nó tham gia trực tiếp vào phản ứng điện cực (phản ứng (5)) cùng với quá trình hòa tan kim loại để hình thành sản phẩm ăn mòn được coi như một lớp màng mỏng bảo vệ theo phản ứng (4,5).

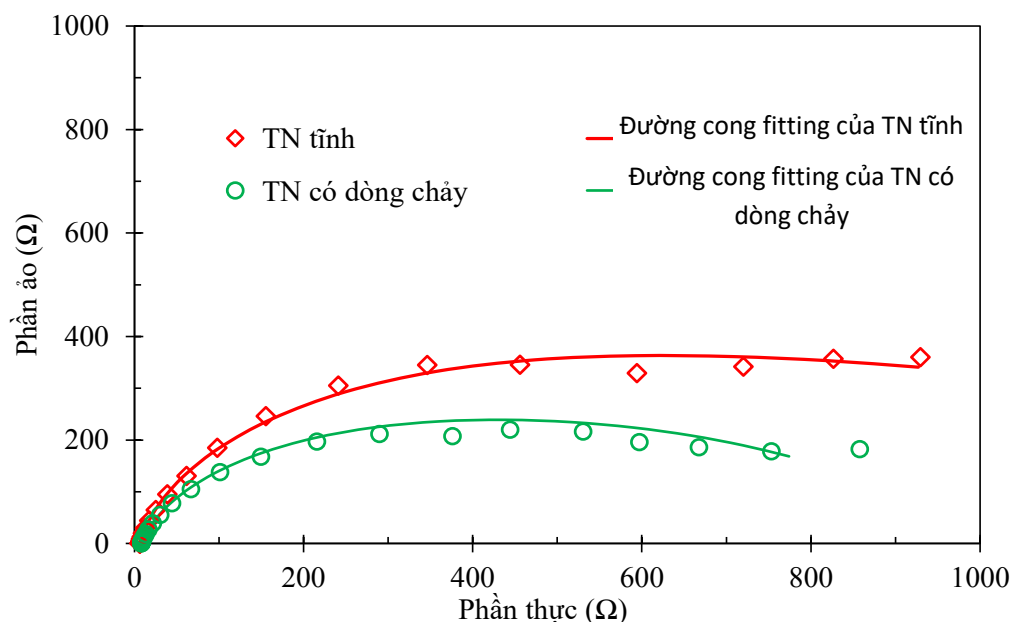


Hình 2. Xu hướng biến đổi OCP của thép AH36 trong nước biển tự nhiên

Hình 2 cho thấy, ở trong điều kiện nước biển tĩnh, OCP của mẫu thép AH36 nhanh chóng dịch chuyển về phía âm hơn ngay trong ngày đầu tiên thử nghiệm và ổn định dần đến khoảng 7 ngày, sau đó thì dịch chuyển và ổn định về phía dương hơn khoảng 20-30 mV. Kết quả này cho thấy, quá trình hòa tan kim loại sẽ đạt trạng thái cân bằng động trong khoảng 1 đến 7 ngày. Tuy nhiên dưới tác động của dòng chảy, OCP ở quá trình này biến thiên dương hơn so với điều kiện tĩnh. Như đã biết, khi môi trường nước bị khuấy đảo sẽ tạo ra nồng độ oxy hòa tan cao hơn nên tạo ra

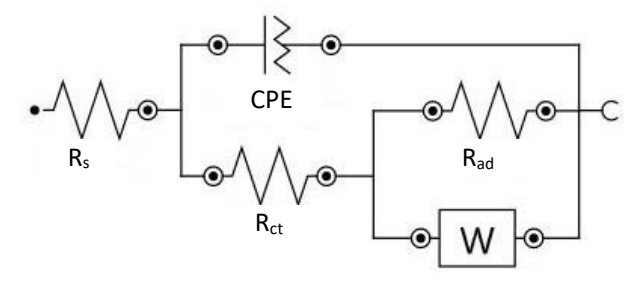
sản phẩm ăn mòn dạng đa lớp, theo xu hướng giàu kim loại bên trong và giàu oxy bên ngoài [12,16]. Độ lớn của lớp sản phẩm ăn mòn đạt được nhanh chóng theo hàm mũ ở gian đoạn đầu, ổn định rồi tuyến tính dần ở giai đoạn sau. Trong trường hợp này, sự có mặt của dòng chuyển động với oxy cao rõ ràng đã kéo dài giai đoạn tạo sản phẩm ăn mòn theo hàm mũ. Dòng chảy cũng tạo ra các khoảng trống oxy nhiều hơn trên bề mặt mẫu [15]. Những chỗ trống như vậy đóng vai trò như một loại bể tích tụ điện tích âm nên dẫn tới bề mặt cũng trở nên dương hơn [15]. Xét về việc hình thành lớp kép, do tác động trượt của dòng nước trên bề mặt, sự cân bằng động về điện khó được thiết lập hơn dẫn tới giao diện bề mặt mẫu-nước biển cũng khó ổn định hơn. Kết quả này cho phép dự đoán mức độ hòa tan kim loại cũng cao hơn so với trường hợp nước biển tĩnh. Ở giai đoạn sau đó, OCP của mẫu trong hai môi trường đều có xu hướng trở về trạng thái dương hơn và ổn định dần sau 14 ngày thử nghiệm. Điều này có thể giải thích nhờ việc hình thành lớp sản phẩm ăn mòn ổn định như một màng mỏng trên bề mặt mẫu có tác dụng hạn chế sự khuếch tán ion kim loại vào dung dịch. Kết quả cũng cho phép đề xuất quá trình ăn mòn kim loại lúc này đã đạt đến trạng thái cân bằng tương đối.

Trong giai đoạn trao đổi điện tích, sự hình thành lớp kép luôn gắn với việc tạo ra mặt phẳng Helmholtz bên trong (inner) và bên ngoài (outer) cân bằng nhau [14]. Quá trình ăn mòn sau này làm thay đổi rõ nét sự cân bằng trong lớp kép Helmholtz. Khi môi trường không còn đồng nhất, lớp kép Helmholtz không còn cân bằng về điện mà nó tạo ra một không gian khuếch tán phụ bên ngoài lớn hơn và có độ dày đến 1 μm . Kết quả là lớp Helmholtz bên ngoài chuyển thành lớp Guoy-Chapman (đặt theo tên của 2 người đề xuất) [14]. Phổ tổng trở của mẫu thép AH36 sau 14 ngày thử nghiệm thể hiện trên hình 3.



Hình 3. Phổ tổng trở của thép AH36 sau 14 ngày thử nghiệm

Đặc trưng điện hóa nói chung là phản ánh sự kết hợp giữa động học hòa tan kim loại và quá trình khuếch tán qua lớp kép tuân thủ theo sơ đồ mạch điện tương đương Randles [17]. Mỗi một quá trình điện hóa thường được mô tả bằng một sơ đồ mạch điện tương đương phù hợp nhất với nó. Trong trường hợp này mạch tương đương (hình 4) được sử dụng để fit số liệu dựa trên tổng trở Warburg, điện trở hấp phụ R_{ad} do hình thành nhóm hydroxyl dưới tác động của oxy hòa tan. Kết quả thu được trên hình 3 cho thấy đường mô phỏng (nét liền) gần như trùng khít với các điểm thực nghiệm (các biểu tượng), chứng tỏ sơ đồ tương đương là phù hợp.



Hình 4. Sơ đồ mạch điện tương đương phù hợp với hình 3

Trong đó:

- R_s là điện trở dung dịch;
- R_{ct} là điện trở chuyển dịch điện tích;
- R_{ad} là điện trở hấp phụ;
- W là tổng trở khuếch tán Warburg;
- CPE trong hệ điện hóa này đóng vai trò như là một tụ điện có điện dung được xác định gián tiếp thông qua các thông số đặc trưng riêng theo công thức (6) [18]:

$$C = (Y_0 \times R_{ct}^{1-n})^{\frac{1}{n}} \quad (6)$$

- Y_0 là thông số về độ lớn dẫn nạp của thành phần pha không đổi CPE;
- n là chỉ số mũ của thành phần CPE đặc trưng cho thuộc tính bề mặt như: độ đồng đều, độ nhám, thành phần màng, mức độ hòa tan của nền,... [19-21].

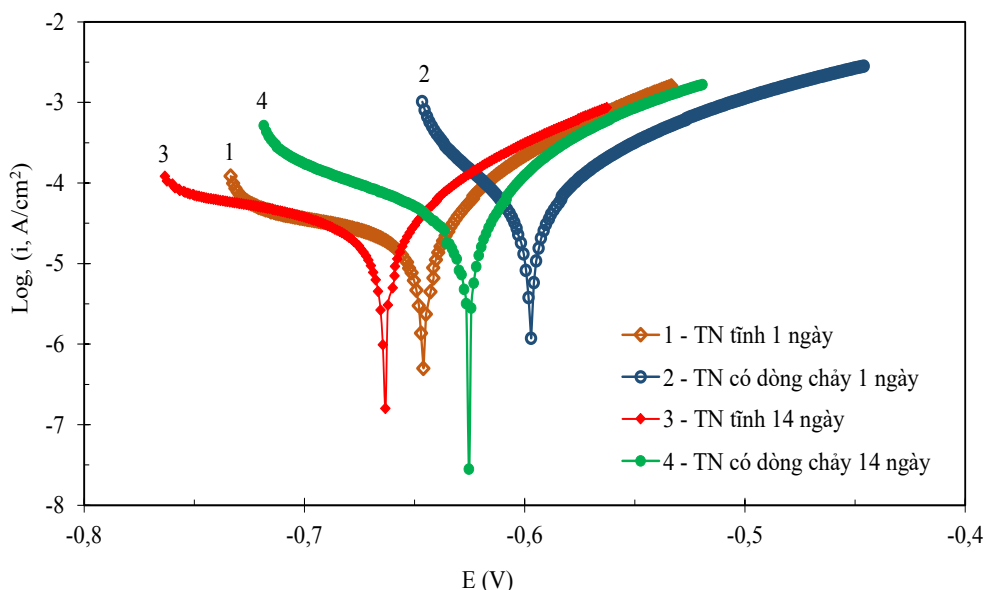
Bảng 3. Các thông số điện hóa của các mẫu sau 14 ngày thử nghiệm

Chế độ thử nghiệm	R_s ($\Omega \cdot \text{cm}^2$ $\pm$ %)	R_{ct} ($\Omega \cdot \text{cm}^2 \pm$ %)	Constant Phase Element (CPE)			W ($\Omega \cdot \text{cm}^2 \pm$ %)	R_{ad} ($\Omega \cdot \text{cm}^2 \pm$ %)
			Y_0 $\pm$ %	n $\pm$ %	C ($\mu\text{F} \cdot \text{cm}^{-2}$ $\pm$ %)		
Tĩnh	$22,56 \pm 0,97$	$1948 \pm 5,62$	$1,83 \pm 1,91$	$0,895 \pm 0,72$	249,58	$210 \pm 10,45$	$1100 \pm 13,21$
Có dòng chảy	$25,09 \pm 1,89$	$1236 \pm 9,76$	$0,97 \pm 6,65$	$0,859 \pm 1,67$	87,79	$306 \pm 16,24$	$653 \pm 9,49$

Số liệu thu được từ đường cong phổ tổng trở (bảng 3) cho thấy, sự tác động của dòng chảy làm giảm đáng kể điện trở chuyển dịch điện tích R_{ct} của mẫu thử nghiệm. Điện dung trong tụ điện ở trường hợp thử nghiệm cao gấp 3 lần so với khi có dòng chảy cho thấy mức độ cản trở việc trao đổi điện tích của lớp kép giữa mẫu nền và dung dịch. Kết quả này chứng tỏ sự hình thành màng sản phẩm ăn mòn đã hạn chế nhiều lần tốc độ ăn mòn của kim loại trong cùng 1 điều kiện.

3.2. Đặc trưng ăn mòn trong 2 môi trường thử nghiệm

Đường cong phân cực được đo sau 1 ngày thử nghiệm (đại diện cho quá trình trao đổi điện tích) và 14 ngày (đại diện cho giai đoạn đã hình thành sản phẩm ăn mòn ổn định) trình bày trên hình 5. Số liệu ngoại suy Tafel từ đường cong phân cực được trình bày trong bảng 4.



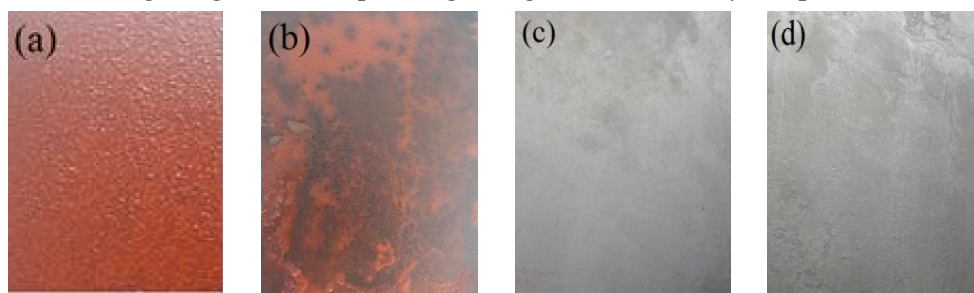
Hình 5. Đường cong phân cực của thép AH36 theo các điều kiện thử nghiệm

Bảng 4. Thông số điện hóa ăn mòn ngoại suy từ hình 5

Chế độ thử nghiệm	Bể TN tĩnh		Bể TN có dòng chảy	
	1 ngày	14 ngày	1 ngày	14 ngày
Thế ăn mòn (mV)	- 645,9	- 687,8	- 597,1	- 640,8
Mật độ dòng ăn mòn ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	5,64	3,67	8,82	4,75
Điện trở phân cực (Ω)	754,7	1246,9	278,7	689,7
Độ dốc anot b_a (mV/dec)	199	114	40	93
Độ dốc catot b_c (mV/dec)	- 41	- 54	- 39	- 36

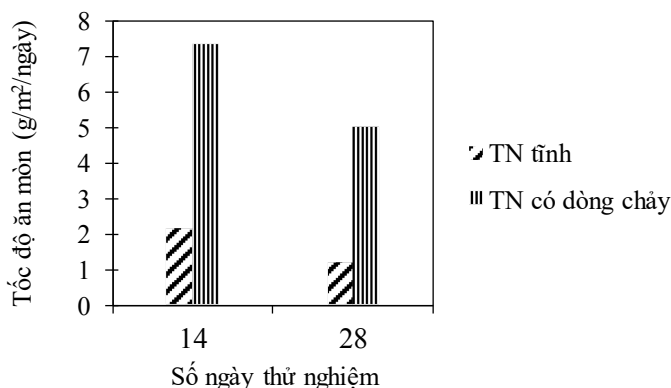
Có thể thấy rằng, khi có dòng chảy, mật độ dòng ăn mòn tăng khoảng 1,5 lần (Điện trở phân cực giảm khoảng 2,5 lần). Kết quả này chứng tỏ, ngay trong giai đoạn chuyển dịch điện tích, sự có mặt của dòng chảy kèm theo oxy hòa tan đã dẫn tới tốc độ ăn mòn tăng lên đáng kể. Khi quá trình ăn mòn đã ổn định (ví dụ sau 14 ngày) cùng với việc sản phẩm ăn mòn được hình thành thì mật độ dòng ăn mòn của cả hai môi trường thử nghiệm đều giảm (điện trở phân cực tăng). Khi có dòng chảy, mật độ dòng ăn mòn vẫn cao hơn đến gần 1,3 lần (Điện trở phân cực giảm khoảng 1,8 lần). Kết quả này cũng cho thấy, trên bề mặt các mẫu thử nghiệm trong điều kiện có dòng chảy, màng sản phẩm ăn mòn vẫn tạo thành nhưng ở mức độ thấp hơn.

Ảnh chụp bề mặt mẫu thử nghiệm ở 2 môi trường sau 28 ngày thể hiện trên hình 6 (a-mẫu TN tĩnh, b-mẫu TN có dòng chảy, c,d-lần lượt là mẫu a,b sau khi tẩy sản phẩm ăn mòn). Mẫu thử nghiệm trong môi trường nước biển tĩnh tạo ra sản phẩm ăn mòn đều, trong khi mẫu có dòng chảy bị loang lổ, hay lớp màng sản phẩm ăn mòn không đồng nhất. Kết quả cũng tương tự sau khi đã tẩy sản phẩm ăn mòn.



Hình 6. Ảnh chụp bề mặt mẫu thử nghiệm sau 28 ngày

Biểu đồ hình 7 trình bày tốc độ ăn mòn của mẫu theo phương pháp hụt khối. Kết quả cho thấy, tốc độ ăn mòn của mẫu trong nước biển có dòng chảy cao hơn nhiều so với tính toán từ số liệu điện hóa. Trong khoảng thời gian quá trình ăn mòn chủ yếu là trao đổi điện tích mà chưa bị tác động bởi lớp màng sản phẩm ăn mòn, tốc độ ăn mòn cao hơn đến 3 lần. Trong khoảng thời gian đã hình thành sản phẩm ăn mòn, tốc độ ăn mòn cao hơn đến 5 lần. Điều này cho thấy tác dụng kép khi có dòng chảy vừa hạn chế hình thành sản phẩm ăn mòn, vừa tăng oxy hòa tan.



Hình 7. Tốc độ ăn mòn theo phương pháp hụt khối

4. KẾT LUẬN

- Trong cùng một môi trường thử nghiệm, sự tác động của dòng chảy làm thay đổi đáng kể thể mạo bề mặt của thép AH36 trong nước biển đồng thời làm thay đổi đặc trưng lớp kép hình thành trên giao diện thép-nước biển theo xu hướng thúc đẩy hòa tan kim loại nhanh hơn.

- Tác động chảy của nước biển trên bề mặt thép AH36 vừa thúc đẩy quá trình ăn mòn hóa học diễn ra nhanh hơn vừa phá vỡ và hạn chế việc hình thành màng sản phẩm ăn mòn. Tốc độ ăn mòn kim loại khi có dòng chảy tăng cao hơn nhiều (từ 3-5 lần) do tác động cộng hưởng giữa xói mòn và nồng độ oxy hòa tan cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. J. Bhandari, F. Khan, R. Abbassi, V. Garaniya and R. Ojeda, *Modelling of pitting corrosion in marine and offshore steel structures - A technical review*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2015, **37**:39-62.
2. Maureen Heraty Wood, A. Lisa, V. Arellano and L. Van Wijk, *Corrosion-related accidents in petroleum refineries: Lessons learned from accidents in EU and OECD countries*, 2013.
3. H. Li, S. Nešić and B. Brown, *Predicting localized CO₂ corrosion in carbon steel pipelines*, NACE - International Corrosion Conference Series, 2011, **11253**:1-23.
4. R. E. Melchers, T. Moan and Z. Gao, *Corrosion of working chains continuously immersed in seawater*, Journal of Marine Science and Technology, 2007, **12**(2):102-110.
5. H. Fang and M. Duan, *Chapter 6. Submarine Pipelines and Pipeline Cable Engineering, in Offshore Operation Facilities*, Elsevier Inc, 2014, ISBN 978-0-12-396977-4.
6. P. Novak, *Section 4.24. Anodic protection, in Shreir's Corrosion*, Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, 2010, p. 2857-2889.
7. R. E. Melchers and R. Jeffrey, *Influence of water velocity on marine immersion corrosion of mild steel*, Corrosion, 2004, **60**(1):84-94.
8. Y. Tian, C. Liu, H. Guo, H. Zhang, X. Liu and Y. Chen, *Study on the electrochemical corrosion and scale growth of ductile iron in water distribution system. PART II*, International Journal of Electrochemical Science, 2018, **13**(11):10023-10049.
9. D. Landolt, *Electrochemical and materials aspects of tribocorrosion systems*, Journal of Physics D: Applied Physics, 2006, **39**(15):3121-3127.

10. J. Xia, Z. Li, J. Jiang, X. Wang, and X. Zhang, *Effect of Flow Rates on erosion corrosion behavior of hull steel in real seawater*, International Journal of Electrochemical Science, 2021, **16**:1-13.
11. F. Yilmaz Ahmet and G. Mustafa, *Investigation of mechanical strength and distortion in submerged arc welding of AH36 ship steel plate*, Journal of Ship Production and Design, 2017, **33**(4):335-341.
12. P. Mack, *Dissolved Oxygen and the three S's: Sources, sinks, and solubility* (<https://www.sierraclub.org/sites/www.sierraclub.org/files/sce/river-prairie-group/WaterProject/InternalDocumentation/dol.pdf>), RPG River Monitoring Program, 2003.
13. ISO 11306:1998, *Corrosion of metals and alloys - Guidelines for exposing and evaluating metals and alloys in surface sea water*. (Last reviewed and confirmed in 2019).
14. Z. Ahmad, *Charter 3. Corrosion kinetics, in principles of corrosion engineering and corrosion control*, 2006, ISBN 9780080480336.
15. Z. Feng, X. Cheng, C. Dong, L. Xu and X. Li, *Effects of dissolved oxygen on electrochemical and semiconductor properties of 316L stainless steel*, Journal of Nuclear Materials, 2010, **407**(3):171-177.
16. M. Danielewski, *Gaseous corrosion mechanisms, in corrosion: fundamentals, testing, and protection*, ASM Handbook, ASM International, 2003, **13A**:106-114.
17. J. E. B. Randles, *Kinetics of rapid electrode reactions*, Discussions of the Faraday Society, 1947, **1**:11-19.
18. G. J. Brug, A. L. G. Van den Eeden, M. Sluyters-Rehbach, J. H. Sluyters, *The analysis of electrode impedances complicated by the presence of a constant phase element*, Journal of Electroanalytical Chemistry, 1984, **176**(1-2):275-295.
19. H. E. Mohammadloo, A. A. Sarabi, A. A. S. Alvani, H. Sameie and R. Salimi, *Nano-ceramic hexafluorozirconic acid based conversion thin film: Surface characterization and electrochemical study*, Surface and Coatings Technology, 2012, **206**(19-20):4132-4139.
20. H. T. M. Abdel-Fatah, H. S. Abdel-Samad, A. A. M. Hassan and H. E. E. El-Sehiety, *Effect of variation of the structure of amino acids on inhibition of the corrosion of low-alloy steel in ammoniated citric acid solutions*, Research on Chemical Intermediates, 2014, **40**(4):1675-1690.
21. A. A. Hermas and M. S. Morad, *A comparative study on the corrosion behaviour of 304 austenitic stainless steel in sulfamic and sulfuric acid solutions*, Corrosion Science, 2008, **50**(9):2710-2717.

SUMMARY

INITIAL CORROSION BEHAVIOR OF AH36 STEEL IN FLOWING OF SEA WATER UNDER LABORATORY CONDITIONS

The effect of velocity on initial electrochemical behavior and corrosion state of AH36 shipbuilding structural steel was studied in the laboratory. Open-circuit potential, electrochemical impedance spectroscopy and linear polarization were used to evaluate the electrochemical properties. Corrosion rate was determined by mass loss method. The results showed that the surface electrochemical behavior changed rapidly in a short time and was stable up to 7 days before achieving a stable value. There was a difference between samples in flowing compared with stationary samples. Velocity of sea water flow did not only accelerate the higher steel corrosion rate in the same conditions, but also cause uneven surface corrosion due to non-uniform self-dissection of the corrosion product.

Keywords: *AH36 structural steel, seawater, initial corrosion behavior, velocity, thép kết cấu AH36, nước biển, trạng thái ăn mòn ban đầu, dòng chảy.*

Nhận bài ngày 20 tháng 7 năm 2021

Phản biện xong ngày 22 tháng 9 năm 2021

Hoàn thiện ngày 02 tháng 10 năm 2021

⁽¹⁾ *Chi nhánh Ven Biển, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga*