

Khảo sát các thông số thủy lý hóa, mức độ hà bám và tốc độ ăn mòn kim loại trong nước biển khu vực Long Sơn tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu

Phạm Hồng Thạch*, Nguyễn Văn Sơn, Phạm Thanh Hải, Nguyễn Trọng Cường, Trần Phương Chiến, Nguyễn Văn Dũng, Lê Thị Thùy Nguyên, Lâm Ngọc Nam

Viện Nhiệt đới Môi trường/Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.

*Email: phamhongthach.ndmt@gmail.com

Nhận bài: 25/10/2022; Hoàn thiện: 10/11/2022; Chấp nhận đăng: 14/12/2022; Xuất bản: 20/12/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.VITTEP.2022.192-199>

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả xác định các thông số thủy lý hóa, mức độ hà bám và tốc độ ăn mòn của thép, đồng, nhôm, kẽm ở dưới nước khu vực cầu cảng của Lữ đoàn M/Bộ Tư lệnh (BTL) Vùng 2 Hải quân đóng quân trên địa bàn xã đảo Long Sơn, Thành phố Vũng Tàu, tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu. Kết quả xác định các thông số thủy lý hóa: độ muối 18,4 ppt, pH = 6,9, nhiệt độ 29,2 °C, độ dẫn điện 30,6 mS/cm, TDS 15,5 g/L; mức độ hà bám cho thấy mẫu nhôm có mức độ cao nhất và có cả tảo biển bám, mẫu thép mật độ hà bám cũng rất cao, mẫu kẽm và đồng có mật độ hà bám thấp. Kết quả tốc độ ăn mòn cho thấy thép $218 \pm 8,72 \mu\text{m}/\text{năm}$, đồng $93 \pm 4,46 \mu\text{m}/\text{năm}$, kẽm $79 \pm 3,16 \mu\text{m}/\text{năm}$, nhôm $9 \pm 0,42 \mu\text{m}/\text{năm}$. Đặc biệt mẫu đồng có xuất hiện ăn mòn cục bộ nghiêm trọng ở biên các cạnh mẫu sau khi ngâm trong nước biển.

Từ khoá: Thông số thủy lý hóa; Mức độ hà bám; Tốc độ ăn mòn.

1. MỞ ĐẦU

Trong các lĩnh vực kinh tế và xã hội của loài người, kim loại và hợp kim đã và đang đóng một vai trò vô cùng quan trọng. Nó là vật liệu không thể thiếu và ngày càng được sử dụng rộng rãi hơn. Tuy nhiên cho đến ngày nay, con người vẫn đang phải đối đầu với một vấn đề rất nghiêm trọng, đó là “Ăn mòn kim loại”. Hiện tượng ăn mòn kim loại gây ra những thiệt hại rất lớn cho nền kinh tế quốc dân. Theo ước tính của Hiệp hội kỹ sư ăn mòn Hoa Kỳ (NACE) có tới 10% lượng kim loại sản xuất ra hàng năm trên thế giới bị thiệt hại do ăn mòn, tương ứng khoảng 1-5% GDP thiệt hại hàng năm về kinh tế, năm 2002 tổn thất hại 552 tỷ USD và vào năm 2016 con số này đã tăng lên đến 2.500 tỷ USD. Ăn mòn không chỉ gây tổn thất nghiêm trọng đối với nền kinh tế quốc dân mà còn gây ra những tác hại nhất định đối với môi trường [1–5].

Ăn mòn kim loại, một lĩnh vực nghiên cứu từ thế kỷ XX, nhưng không bao giờ mất đi tầm quan trọng của nó trong khoa học, các ứng dụng quốc phòng và công nghiệp. Do tốc độ đô thị hóa chóng mặt, nhu cầu ngày càng tăng đối với thép song song với ô nhiễm môi trường ngày càng tăng đã thúc đẩy nghiên cứu về sự ăn mòn kim loại trong phức tạp rủi ro các môi trường. Vì cả môi trường và hệ thống gi sét đều phức tạp và liên tục thay đổi, các nhà nghiên cứu chủ yếu ước tính tổn thất trung bình của vật liệu tiếp xúc với môi trường nước biển trong khoảng thời gian dài. Mặc dù số lượng các nghiên cứu về lĩnh vực này đã được công bố rộng rãi, chúng không phải là một bức tranh hoàn chỉnh cho ăn mòn các cấu trúc quy mô lớn, chẳng hạn như tàu, cầu, các nhà máy điện, các tòa nhà trong và ngoài khơi. Một số nghiên cứu chi tiết và dài hạn đã được thực hiện ở các địa điểm đặc biệt, chẳng hạn như bờ biển Đại Tây Dương, Châu Á - Thái Bình Dương và các đảo để hoàn thiện thế giới bản đồ ăn mòn. Hầu hết các nghiên cứu thực địa như vậy đã thu thập các kết quả tốc độ ăn mòn và hình thái trên các mẫu có kích thước nhỏ (diện tích dưới 1 m²) tại các trạm quan sát [7-14], trong khi một số ít kết quả đưa ra trước các cấu trúc quy mô lớn, chẳng hạn như đường ống [15-17], cầu tàu [18] và cầu [19, 20] được xây dựng tại mực nước biển nhất định. Các nghiên cứu ăn mòn truyền thống như vậy đã liên tục mở rộng kiến thức khoa học cơ bản quá trình ăn mòn nhưng chưa hoàn toàn trả lời các vấn đề về dự đoán thời gian tồn tại cho các công trình. Do đó, Nghiên cứu thử nghiệm hiện trường về sự ăn mòn kim

loại luôn là quan trọng cho giai đoạn trước khi áp dụng các vật liệu mới đặc biệt hoặc phức tạp môi trường ăn mòn. Các nghiên cứu có thể cho thấy ảnh hưởng của điều kiện môi trường về loại và tốc độ ăn mòn như cơ chế hình thành gỉ. Dựa trên kết quả lâu dài, có thể lựa chọn các giải pháp chống ăn mòn hoặc bảo vệ phù hợp để ứng dụng vào thiết kế, xây dựng và sản xuất.

Hà bám (bám bản sinh học) trên thân vỏ tàu biển gây ra những tác động tiêu cực trong quá trình khai thác sử dụng. Hà bám làm giảm tính chất thủy động học của vỏ tàu dẫn đến tăng lực cản của nước biển lên thân tàu, có thể làm tăng tiêu hao nhiên liệu lên đến 40%, làm phí tổn hành trình tới 77%. Hà bám lên chân vịt, bánh lái ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả và độ chính xác điều khiển, đồng thời làm giảm khả năng cơ động và hiệu suất khai thác. Hà bám làm tăng số lần lên dock, phát sinh nhân lực, vật lực để làm sạch chúng và tạo ra chất độc hại đối với con người và môi trường [21-25].

Các nhà khoa học ăn mòn kim loại trong nước rất quan tâm đến vấn đề nghiên cứu này. Từ năm 1997, Đặng Thế Phương và các đồng sự Viện NC&TK LĐDK Vietsopetro đã xác định tốc độ ăn mòn của thép ngâm trong nước biển tại Cảng Cầu Đá (Phường 2, TP Vũng Tàu) là 476 $\mu\text{m}/\text{năm}$, tại khu vực giàn MSP-1 Mỏ Bạch Hồ là 511 $\mu\text{m}/\text{năm}$ [26].

Năm 2015, nhóm nghiên cứu của Bùi Bá Xuân và các đồng sự thuộc Trung tâm Nhiệt đới Việt – Nga Chi nhánh Ven biển đã nghiên cứu về các thông số thủy hóa lý tại khu vực Đầm Bậy (TP Nha Trang): độ muối 31,98 - 33,05 ppt, pH = 8,08 - 8,45 và mức độ hà bám trên cao su Neoprene chỉ sau 3 tháng thử nghiệm thì hà bám trên toàn bộ diện tích bề mặt mẫu thử nghiệm [27].

Năm 2020, Võ Hoàng Phương và các đồng sự Viện Hóa học – Vật liệu thuộc Viện Khoa học và Công nghệ quân sự [28] đã nghiên cứu các thông số thủy hóa lý tại Cầu cảng Trung đoàn 196/Quân chủng Hải quân: độ mặn 33,54-34,89 ppt, pH = 8,42 – 8,46 và mức độ hà bám trên cao su cách âm tàu ngầm Kilo 636 chỉ sau 5 tháng thử nghiệm thì hà bám trên toàn bộ diện tích bề mặt mẫu thử nghiệm (bậc 1).

Gần đây nhất (năm 2022), nhóm nghiên cứu do Lê Văn Thăng và các đồng sự trường Đại học Bách khoa – ĐHQG TP HCM đã tiến hành khảo sát các thông số hóa lý nước và xác định tốc độ ăn mòn thép ngâm trong nước thời gian 5 năm tại khu vực Cảng Phú Mỹ. Các thông số hóa lý của nước tại khu vực này bị ảnh hưởng bởi thủy triều sông Thị Vải nên có giá trị thấp, pH trung tính từ 6,4-7,5, độ muối 20-25 ppt, tốc độ ăn mòn thép là 150-200 $\mu\text{m}/\text{năm}$ [29].

Mặt khác, ta thấy khu vực Long Sơn (TP Vũng Tàu) là nơi đóng quân của BTL Vùng 2 Hải quân và nhiều đơn vị trực thuộc trong đó có Lữ đoàn M được trang bị nhiều tàu chiến hiện đại Project 12418 Molniya do Việt Nam đóng theo thiết kế của CHLB Nga, nhiều kim loại VKTBKT công nghệ cao hoạt động trong nước biển.

Vi vậy, việc nghiên cứu các thông số thủy hóa lý, mức độ hà bám và tốc độ ăn mòn kim loại tại khu vực này là hết sức quan trọng và cần thiết.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm và thời gian thử nghiệm

Địa điểm thử nghiệm ở khu vực cầu cảng neo đậu tàu của Lữ đoàn M/BTL Vùng 2 Hải quân tại tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu (xã Long Sơn, TP Vũng Tàu, tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu).

Thời gian thử nghiệm từ tháng 01-07/2022.

2.2. Chuẩn bị mẫu

Mẫu kim loại thử nghiệm gồm 04 loại: Đồng, nhôm, kẽm mỗi loại 3 mẫu và thép 6 mẫu với kích thước: 200 x 100 x 2 mm, được treo trên 3 giá và các giá cách nhau 5 m như hình 1.

Thành phần hóa học của các mẫu kim loại cụ thể như sau:

+ Thép Q235: với hàm lượng Cu = 0,3%, P = 0,045%, C = 0,12 - 0,22%, Si = 0,3%, Cr = 0,3%, Mn = 0,3 - 0,8%.

- + Kẽm: hàm lượng Zn $\geq 98,5\%$;
- + Đồng: hàm lượng Cu $\geq 99,5\%$;
- + Nhôm: hàm lượng Al $\geq 99,5\%$.

2.3. Phương pháp xác định các thông số thủy lý hóa, mức độ hà bám và tốc độ ăn mòn

Độ pH, nhiệt độ, độ dẫn điện (EC), tổng hàm lượng chất rắn hòa tan (TDS) và độ muối được đo đạc bằng máy Horiba EC220-K.

Phương pháp ngâm mẫu theo quy định của tiêu chuẩn ISO 8565:2011 [30] và phương pháp xử lý mẫu theo Tiêu chuẩn ISO 8407:2021 [31].

Đánh giá mức độ hà bám trên cơ sở theo bậc bám bản của Nga như bảng [32].

Bảng 1. Bảng phân bậc mức độ hà bám bản.

Bậc	Diện tích bám bản trên toàn bề mặt mẫu thử
5	Không có sinh vật bám hoặc có một vài cá thể ở mép mẫu thử
4	Dưới 10 %
3	Từ 10 % đến 20 %
2	Từ 20 % đến 50 %
1	Trên 50 %



Hình 1. Các mẫu kim loại trước khi thử nghiệm và khu vực cầu cảng ngâm mẫu thuộc Lữ đoàn M/BTL Vùng 2 Hải quân.

Tốc độ ăn mòn kim loại được xác định theo Tiêu chuẩn ISO 9226:2012 [33].

Tốc độ ăn mòn được xác định theo hai công thức (1) và (2):

$$r_{corr,1} = \frac{\Delta m}{A \cdot t} \quad (1)$$

$$r_{corr,2} = d \cdot \frac{\Delta m}{m_0 \cdot t} \quad (2)$$

Trong đó: $r_{corr,1}$ là tốc độ ăn mòn tính theo khối lượng (g/(m².năm)) và $r_{corr,2}$ là tốc độ ăn mòn tính theo chiều dày (μm/năm), Δm là khối lượng mất đi (g), A là diện tích bề mặt (m²), t là thời gian phơi mẫu (năm), m_0 khối lượng (g) và d là chiều dày (μm) ban đầu của tấm mẫu.

Các kết quả ăn mòn được xử lý theo phương pháp thống kê:

Tốc độ ăn mòn trung bình của các mẫu kim loại sau 7 tháng thử nghiệm được xác định theo công thức (3).

$$r_{corr,tb} = \frac{r_{corr1} + r_{corr2} + r_{corr3}}{3} \quad (3)$$

Trong đó: r_{corr1} , r_{corr2} và r_{corr3} lần lượt là tốc độ ăn mòn của mẫu 1, 2 và 3 cùng loại.

Sai số tuyệt đối mỗi lần xác định tốc độ ăn mòn được thể hiện theo công thức (4).

$$\Delta r_{corri} = r_{corr,tb} - r_{corri} \quad (4)$$

Trong đó: r_{corri} là là tốc độ ăn mòn của mẫu i cùng loại.

Sai số ngẫu nhiên được thể hiện công thức (5).

$$\Delta r_{corr,tb} = \frac{\Delta r_{corr1} + \Delta r_{corr2} + \Delta r_{corr3}}{3} \quad (5)$$

Kết quả xác định tốc độ ăn mòn theo công thức (6).

$$r_{corr} = r_{corr,tb} \pm \Delta r_{corr,tb} \quad (6)$$

Sai số tỉ đối của phép đo được xác định theo công thức (7).

$$\delta r_{corr} = \frac{\Delta r_{corr,tb}}{r_{corr,tb}} \quad (7)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thu thập thông số thủy, lý hóa nước biển tại khu vực Long Sơn

Kết quả đo thu thập thông số thủy lý, thủy hóa nước biển được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Thông số thủy lý hóa nước biển ven bờ khu vực cầu cảng Lữ đoàn M.

TT	Thời điểm	Nhiệt độ (°C)	EC (mS/cm)	Độ muối (ppt)	pH	TDS (g/L)
1	Tháng 3/2022	29,3	22,9	13,4	6,7	11,4
2	Tháng 4/2022	28,7	36,2	22,2	6,5	18,1
3	Tháng 5/2022	30,8	19,87	11,7	7,1	9,89
4	Tháng 6/2022	28,7	43,4	25,8	6,9	22,1
5	Tháng 7/2022	29,3	30,6	19,0	7,5	15,9
	Trung bình	29,2	30,6	18,4	6,9	15,5

Từ bảng 2, ta thấy tháng 3/2022 (mùa nắng) độ muối là 13,4 ppt, EC = 22,9 mS/cm, TDS = 11,4 g/L tháng 5/2022 (mùa mưa) độ muối là 11,7 ppt, EC = 19,87 mS/cm, TDS = 9,89 g/L thấp bất thường so với các tháng khác. Điều này có thể giải thích do đại dịch COVID-19 tới 3/2022 mới kết thúc, các công ty, nhà máy, xí nghiệp đặc biệt là Tổ hợp lọc hóa dầu Long Sơn mới chính thức được phép hoạt động nên lượng nước chứa các hàm lượng muối thải ra ít và hơn nữa năm nay cuối tháng 3 có một vài trận mưa to và nhóm nghiên cứu lấy mẫu nước biển phân tích các thông số thủy lý hóa lý đúng vào thời điểm trên nên kết quả là giá trị thấp.

Theo bảng 2 nhận thấy nhiệt độ nước biển tương đồng với khu vực cầu cảng Trung đoàn 196/ Quân chủng Hải quân [28] và Trạm Đầm Báy [27]. Tuy nhiên, độ muối và pH thấp hơn nhiều so với hai khu vực trên, cao hơn so với khu vực Cảng Phú Mỹ (sông Thị Vải) [29].

Các thông số thủy lý hóa lý nước biển ở khu vực Long Sơn đặc trưng cho vùng biển ở cửa sông.

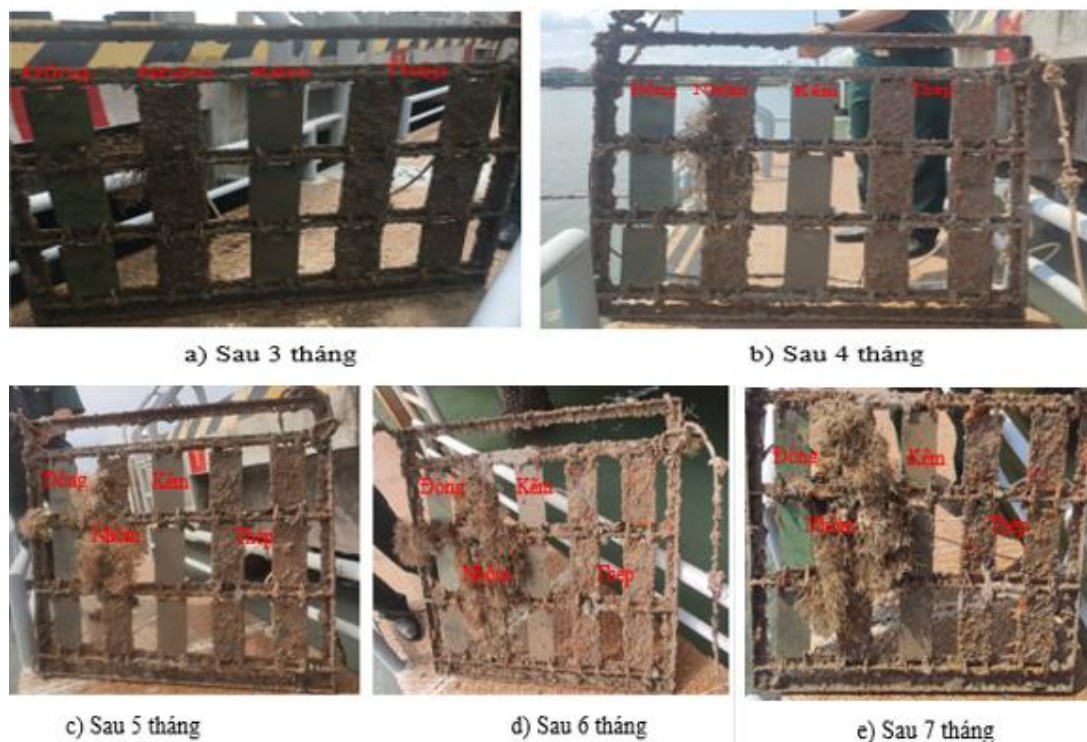
3.2. Kết quả mức độ hà bám

Do ảnh hưởng dịch COVID-19 nên sau 3 tháng ngâm dưới nước, chúng tôi mới có thể tiến hành quan sát các mẫu ngâm kim loại. Sau đó, hàng tháng đều tiến hành khảo sát, đánh giá. Hình ảnh các mẫu ngâm kim loại như hình 2.

Bằng phương pháp quan sát, thấy rằng sau 3 tháng ngâm trong nước biển, mẫu nhôm và thép có mức độ hà bám dày đặc, đều ở mức bậc 1 theo phân bậc bám bẩn, ngoài ra mẫu nhôm đã bắt đầu có tảo biển bám vào. Các mẫu đồng và kẽm không ghi nhận các sinh vật bám bẩn. Tuy nhiên, do khu vực cầu cảng ở cửa sông nên lượng đất bùn nhiều nên các mẫu kim loại đều có đất bám bẩn. Bề mặt trên các mẫu kim loại đều bị ăn mòn.

Từ tháng thứ 6 trở đi tấm kẽm bắt đầu xuất hiện các sinh vật bám bẩn ở mức độ 4 (dưới 10 %), tảo biển đã phủ 03 mẫu nhôm. Riêng mẫu đồng không có sinh vật bám bẩn nhưng bị ăn mòn cục bộ ở các cạnh.

Các mẫu đồng, kẽm sau 6 tháng thử nghiệm xuất hiện ít hoặc vẫn chưa xuất hiện hà và các vi sinh vật bám bản trên bề mặt mẫu. Điều này có thể giải thích, bản thân kim loại đồng và nhôm sau quá trình thử nghiệm dưới tác động các thông số thủy hóa lý như nhiệt độ, độ mặn, pH,... đã hình thành các phức chất trên bề mặt có tác dụng như là những độc tố có khả năng kháng vi sinh vật bám bản cao [34].



Hình 2. Hình ảnh các mẫu kim loại sau khi thử nghiệm ngâm trong nước biển.

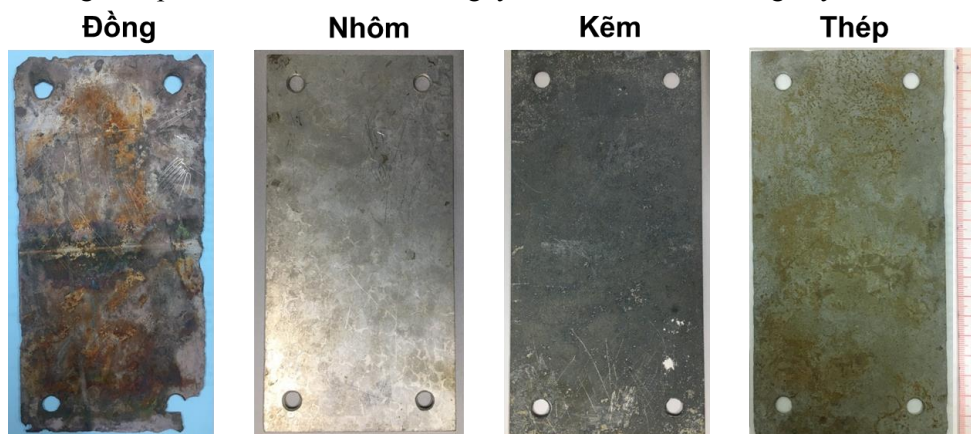
3.2. Tốc độ ăn mòn kim loại

Tốc độ ăn mòn trung bình và sai số tuyệt đối trung bình ứng với 6 lần đo đối với mẫu thép và 3 lần đo đối với mẫu kẽm, nhôm và đồng ngâm trong nước biển tại khu vực cầu cảng Lữ đoàn M/BTL Vùng 2 Hải quân được xác định theo công thức (1) - (7) và được tổng hợp trong Bảng 3. So sánh với một số kết quả đã công bố thì tốc độ ăn mòn của thép ở khu vực này cao hơn so với kết quả đo được ở Cảng Phú Mỹ gần khu vực thử nghiệm của nhóm nghiên cứu [29], Trung Quốc [35] và Australia [36].

Bảng 3. Tốc độ ăn mòn các mẫu kim loại ngâm trong nước biển tại Cảng Lữ đoàn M.

Thép			Kẽm		Kết quả đã công bố ($\mu\text{m}/\text{năm}$)
g/ ($\text{m}^2 \cdot \text{năm}$)	$\mu\text{m}/$ năm	Kết quả đã công bố ($\mu\text{m}/\text{năm}$)	g/ ($\text{m}^2 \cdot \text{năm}$)	$\mu\text{m}/$ năm	
1679 \pm 67,16	218 \pm 8,72	150-200 [29] 110-190 [35], 100-150 [36]	582 \pm 23,28	79 \pm 3,16	-
Nhôm			Đồng		Kết quả đã công bố ($\mu\text{m}/$ năm)
g/ ($\text{m}^2 \cdot \text{năm}$)	$\mu\text{m}/$ năm	Kết quả đã công bố ($\mu\text{m}/$ năm)	g/ ($\text{m}^2 \cdot \text{năm}$)	$\mu\text{m}/$ năm	
25 \pm 1,13	9 \pm 0,42	-	814 \pm 39,07	93 \pm 4,46	32 [37], 32-64 [38]

Từ bảng 3, ta thấy gần độ tin cậy của phép đo $\geq 96\%$. Điều này cho thấy trong phạm vi 10 m dọc theo hướng cầu cảng các thông số thủy hóa lý của nước biển gần như không thay đổi nên tác động ăn mòn phá hủy vật liệu kim loại là như nhau. Cũng từ bảng 3 thấy rằng kết quả tốc độ ăn mòn tại khu vực Long Sơn thử nghiệm cao hơn so với khu vực Cảng Phú Mỹ, điều này có thể giải thích tại khu vực Cảng Phú Mỹ chịu ảnh hưởng của sông Thị Vải nên các thông số hóa lý liên quan đến ăn mòn thấp như độ mặn chỉ có từ 20 - 25 ppt, pH = 6,4 - 7,5 [29] và mức độ ăn mòn đồng của nước biển bề mặt tại khu vực này cũng rất cao, cao hơn nhiều so với kết quả đã công bố ở Peru [37] và Cuba [38]. Đồng là loại kim loại được sử dụng nhiều trong các bộ phận tiếp xúc với nước biển nhờ khả năng kháng ăn mòn khá tốt, tuy nhiên mức độ ăn mòn tại đây là đáng báo động, cần phải tìm hiểu sâu hơn về nguyên nhân của hiện tượng này.



Hình 3. Hình ảnh các tấm kim loại bị ăn mòn sau 7 tháng thử nghiệm.

Ngoài ra, khi quan sát hình ảnh các mẫu kim loại sau khi loại bỏ sản phẩm ăn mòn (hình 3) có thể thấy các mẫu thép, nhôm và kẽm bị ăn mòn khá đồng đều, tuy nhiên, tấm mẫu đồng xuất hiện rất nhiều vị trí ăn mòn cục bộ, đây là dạng ăn mòn nguy hiểm. Mức độ ăn mòn đồng cao, đặc biệt là ăn mòn điểm rất mạnh của nước biển bề mặt tại khu vực này có thể là nguyên nhân chính dẫn đến hiện tượng hư hỏng rất nhanh các đường ống và bộ sinh hàn trong các hệ thống làm mát bằng nước biển, vì các bộ phận này thường được làm bằng hợp kim đồng.

4. KẾT LUẬN

Thông số thủy lý hóa tại khu vực Cầu cảng Lữ đoàn M/BTL Vùng 2 Hải quân (khu vực Long Sơn, TP Vũng Tàu): độ muối 18,4 ppt, pH = 6,9, nhiệt độ 29,2 °C, độ dẫn điện 30,6 mS/cm, TDS 15,5 g/L.

Nhôm và thép có mức độ bám bẩn cấp 1, các sinh vật bám dày đặc sau 3 tháng ngâm mẫu, ngoài ra mẫu nhôm còn có tảo biển phát triển mạnh. Đối với kẽm thì có rất ít sinh vật bám bẩn, đến tháng thứ 6 mới xuất hiện một số hà bám ở mức độ 4. Với đồng hầu như không có sinh vật nào bám và phát triển.

Kết quả tốc độ ăn mòn thép $218 \pm 8,72 \mu\text{m}/\text{năm}$, đồng $93 \pm 4,46 \mu\text{m}/\text{năm}$, kẽm $79 \pm 3,16 \mu\text{m}/\text{năm}$, nhôm $9 \pm 0,42 \mu\text{m}/\text{năm}$, độ tin cậy phép đo $\geq 96\%$. Kết quả này cao hơn so với một số nghiên cứu tại khu vực Cảng Phú Mỹ và một vài nước trên thế giới. Điều cần chú ý ở đây là đồng có xu hướng bị ăn mòn cục bộ. Đây là dạng ăn mòn rất nguy hiểm, ảnh hưởng rất nhiều các thiết bị bằng hợp kim đồng có trên tàu đặc biệt là bộ phận sinh hàn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nambiar, N.K., Brindha, D., Punniyakotti, P., Venkatraman, B.R., & Angaiah, S., “*Derris indica leaves extract as a green inhibitor for the corrosion of aluminium in alkaline medium*”, Eng. Sci. 17, pp.167-175, (2022).

- [2]. Jalgham, R.T.T., “Theoretical, monte carlo simulations studies on some triazole derivatives as corrosion inhibitors for mild steel in 1M HCl”, *ES Energ Environ.*13, pp.37–49, (2021).
- [3]. Liu, J., Zhang, J., Tang, J., Pu, L., Xue, Y., Lu, M., Xu, L., & Guo, Z., “Polydimethylsiloxane resin nanocomposite coating with alternating multilayer structure for corrosion protection performance”, *ES Mater. Manuf.* 10, pp.29–38, (2020).
- [4]. Farahmandian, M., Saidi, M., & Fazlinejad, S., “Synthesis and characterization of nickel–cobalt spin coatings reinforced with carbon nanotubes: microstructural properties microhardness, and corrosion resistance”, *Adv. Compos. Hybrid Mater*, 52, pp. 296-304, (2022).
- [5]. Zhang, M., Dong, M., “Garnet $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ solid-state electrolyte: environmental corrosion, countermeasures and applications”, *ES Energy Environ.* 14, pp.22–33, (2021).
- [6]. T.T.N. Lan, N.T.P. Thoa, R. Nishimura, Y. Tsujino, M. Yokoi and Y. Maeda, “Atmospheric Corrosion of Carbon Steel Under Field Exposure in the Southern Part of Vietnam”, *Corros. Sci.*, 48(1), pp. 179–192, (2006).
- [7]. E. Robert, “Melchers Long-Term Corrosion of Cast Irons and Steel in Marine and Atmospheric Environments”, *Corros. Sci.*, 68, pp.186–194, (2013).
- [8]. Ph. Refait, M. Jeannin, R. Sabot, H. Antony and S. Pineau, “Corrosion and Cathodic Protection of Carbon Steel in the Tidal Zone: Products, Mechanisms and Kinetics”, *Corros. Sci.*, 90, pp.375–382, (2015).
- [9]. T. Duan, W. Peng, K. Ding, W. Guo, J. Hou, W. Cheng, S. Liu and Xu. Likun, “Long-term Field Exposure Corrosion Behavior Investigation of 316L Stainless Steel in the Deep Sea Environment”, *Ocean Eng.*, 189, pp.175-182, (2019).
- [10].M. Wasim, T.D. Ngo and M. Abid, “Investigation of Long-Term Corrosion Resistance of Reinforced Concrete Structures Constructed with Various Types of Concretes in Marine and Various Climate Environments”, *Constr. Build. Mater.*, 237, pp.117701, (2020).
- [11].M. Wasim and M.B. Djukic, “Long-term External Microbiologically Influenced Corrosion of Buried Cast Iron Pipes in the Presence of Sulfate-Reducing Bacteria (SRB)”, *Eng. Fail. Anal.*, 115, pp. 362-369, (2020).
- [12].P. Craig, H.L. Ramandi, H. Chen, D. Vandermaat, A. Crosky, P. Hagan and S. Saydam, “Stress Corrosion Cracking of Rockbolts: An In-Situ Testing Approach”, *Construction and Building Materials*, 269, pp. 121-127, (2021).
- [13].J. Shi, Wu. Miao and J. Ming, “Long-term Corrosion Resistance of Reinforcing Steel in Alkali-Activated Slag Mortar After Exposure to Marine Environments”, *Corros. Sci.*, 179, pp. 109175, (2021).
- [14].I.A. Chaves and R.E. Melchers, “Pitting Corrosion in Pipeline Steel Weld Zones”, *Corros. Sci.*, 53, pp. 4026–4032, (2011).
- [15].H. Wang, Z. Zhang, H. Qian and F. Fan, “Effect of Local Corrosion on the Axial Compression Behavior of Circular Steel Tubes”, *Eng. Struct.*, 224, p 111205, (2020).
- [16].M.Y. Tan, F.B. Varela and Y. Huo, “Field and Laboratory Assessment of Electrochemical Probes for Visualizing Localized Corrosion under Buried Pipeline Conditions”, *J. Pipeline Sci. Eng.*, 1(1), p 88–99, (2021).
- [17].M. Geiker, T. Danner, A. Michel, A.B. Revert, O. Linderoth and K. Hornbostel, “25 Years of Field Exposure of Pre-cracked Concrete Beams; Combined Impact of Spacers and Cracks Reinforcement Corrosion”, *Constr. Build. Mater.*, 286, p 122801, (2021).
- [18].M. D. Pritzl, H. Tabatabai, A. Ghorbanpoor, “Long-term Chloride Profiles in Bridge Decks Treated with Penetrating Sealer or Corrosion Inhibitors”, *Constr. Build. Mater.* , 101, p 1037–1046, (2015).
- [19].V. Krivy, V. Urban and K. Kreislova, *Development and Failures of Corrosion Layers on Typical Surfaces of Weathering Steel Bridges*, *Eng. Fail. Anal.*, 69, p 147–160, (2016).
- [20].H. Zhou, S. Chen, Du. Yanliang, Z. Lin, X. Liang, J. Liu and F. Xing, *Field Test of a Reinforced Concrete Bridge under Marine Environmental Corrosion*, *Eng. Fail. Anal.*, 115, p 104669, (2020).
- [21].Abbott A., Abel P.D., Arnold D.W. and Milne A., “Cost-benefit analysis of the use of TBT: the case for a treatment approach”, *Science of the total environment*, 258:5-19, (2000).
- [22].Callow M. and Callow J.E., “Marine biofouling: a sticky problem”, *Biologist*, 49(1):10, (2002).
- [23].Rouhi A.M., “The squeeze of tributyltins”, *Chemical & Engineering News*, 27:41-42, (1998).

- [24].Schultz M.P., “Effects of coating roughness and biofouling on ship resistance and powering”, *Biofouling*, 23:331-341, (2007).
- [25]. Schultz M.P., Bendick J.A., Holm E.R. and Hertel W.M., “Economic impact of biofouling on a naval surface ship”, *Biofouling*, 27:87-98, (2011).
- [26].Đặng Thế Phương, N. I. Kuznetxop, Lê Công Thúy, “Ăn mòn và bảo vệ các công trình kim loại biển tại Vietsovpetro”, Hội thảo Môi trường nhiệt đới Việt Nam với vấn đề ăn mòn và bảo vệ kim loại, tr. 35-45, (1997).
- [27].Bùi Bá Xuân, Nguyễn Văn Chi, Mai Văn Minh, “Kết quả thử nghiệm ban đầu về sơn chống hà trên nền cao su”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ nhiệt đới, 9, tr. 61-69, (2015).
- [28].Võ Hoàng Phương, Nguyễn Thị Hương, Nguyễn Ngọc Sơn, “Nghiên cứu thử nghiệm đánh giá hiệu quả của bộ vật liệu sơn phủ bảo vệ lớp vỏ cao su cách âm tàu ngầm kilo 636 chống tác động xâm thực của môi trường biển”, Tạp chí nghiên cứu KH&CN quân sự, đặc san, tr. 88-93, (2015).
- [29].Le Van Thang et al, “Five-Year Field Exposure for Visualized Corrosion of STK400 Graded Steel Pile in Brackish Environment of Phu My Industrial Port (Southern Vietnam)”, *JMEPEG*, 31, pp. 2801-2809, (2022).
- [30].International Standard ISO 8565:2011: “Metals and Alloys – Atmospheric Corrosion Test – General Requirements for Field Test”.
- [31].International Standard ISO 8407:2021: “Metals and Alloys – Procedure for removal of corrosion products from corrosion test specimens”.
- [32].Гуречич Е.С., Искра Е.В. и Куцевалова Е.П., “Защита морских судов от обрастания, Ленинград Судостроение”, 9, 132-136, (1978).
- [33].International Standard ISO 9225:2012: “Corrosion of metals and alloys. Corrosivity of atmospheres – Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity”.
- [34].Kovalchuk I. L., Philichev N. L., Nguyễn Văn Chi, Lê Thị Mỹ Hiệp, Nguyễn Đức Anh, “Thử nghiệm tự nhiên hiệu quả chống hà đối với một số hệ sơn men của Liên bang Nga”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ nhiệt đới, 10, tr. 102-108, (2016).
- [35].Zhu, X.R., Huang, G.Q., Lin, L.Y., Liu, D.Y., “Long-term corrosion characteristics of metallic materials in marine environments”, *Corrosion engineering, science and technology*, 43, pp. 328-334, (2008).
- [36].Jeffrey, R. and Melchers, R.E, “Measuring corrosivity in immersion conditions”, *Proc. Corrosion & Prevention*, Melbourne, 53, pp. 24-27, (2019).
- [37].Farro, N.W., Veleva, L. and Aguilar, P, “Copper marine corrosion: I. Corrosion rates in atmospheric and seawater environments of Peruvian Port”, *The Open Corrosion Journal*, 2, pp. 130-138, (2009).
- [38].Nunez, L., Reguera, E., Corvo, F., Gonzalez, E. and Vazquez, C., “Corrosion of copper in seawater and its aerosols in a tropical island”, *Corrosion Science*, 47, pp. 461-484, (2005).

ABSTRACT

Investigation of Hydrological, physicochemical parameters, the level of fouling and metal corrosion rate in seawater environment at Long Son areas of Ba Ria – Vung Tau province

This article presents the results of determining the hydrophysical and chemical parameters, the degree of fouling, and the corrosion rate of carbon steel, copper, aluminum, and zinc in the water in the wharf area of the 2nd Naval Region M/BTL Brigade stationed in Ba Ria - Vung Tau province. The measurement results reached the hydrochemical parameters, the salinity of 18.4 ppt, pH = 6.9, the temperature of 29.2 °C, and conductivity of 30.6 mS/Cm, TDS 15.5 g/L; The level of fouling showed that the aluminum sample had the highest level and included seaweed, the carbon steel sample had a very high fouling density, and the zinc and copper samples had a low density. Corrosion rate results show that carbon steel $218 \pm 8.72 \mu\text{m}/\text{year}$, copper $93 \pm 4.46 \mu\text{m}/\text{year}$, zinc $79 \pm 3.16 \mu\text{m}/\text{year}$, and aluminum $9 \pm 0.42 \mu\text{m}/\text{year}$. In particular, the copper sample has severe localized corrosion at the edges of the immersed specimens.

Keywords: Hydrological; Physicochemical parameter; Level of fouling; Metal corrosion.