

TỔNG QUAN VỀ CÁC MÔ HÌNH XÁC ĐỊNH ĂN MÒN TRÊN KẾT CẤU TÀU VÀ CÔNG TRÌNH BIỂN DI ĐỘNG OVERVIEW OF CORROSION MODEL TO DETERMINE GENERAL CORROSION OF SHIP AND OFFSHORE STRUCTURES

VŨ VĂN TUYỂN*, ĐỖ QUANG QUẬN

Khoa Đóng tàu, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: tuyenvv.dt@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Trong các khuyết tật của kết cấu tàu và công trình biển di động như biến dạng ban đầu, ứng suất dư, ăn mòn, vết nứt, vết lõm, ... thì ăn mòn là dạng khuyết tật phổ biến nhất. Ăn mòn rất đa dạng như ăn mòn điểm, ăn mòn đều, ăn mòn tạo rãnh, ăn mòn tạo khe hở, ăn mòn do điện hoá, ăn mòn do mài mòn, ăn mòn do xâm thực, ăn mòn do ứng suất, ăn mòn do môi và vị trí xuất hiện tập trung vào những vùng nhất định tùy thuộc theo chủng loại tàu. Ảnh hưởng của ăn mòn tới kết cấu, tới độ bền cục bộ của kết cấu, độ bền môi hay độ bền tới hạn của thân tàu và các khía cạnh khác đã được đề cập nhiều trong các công bố khoa học của nhiều nhóm tác giả và nhà nghiên cứu. Vấn đề xác định loại, mức độ, phạm vi và độ lớn của ăn mòn có ý nghĩa lớn trong việc đánh giá ảnh hưởng của nó đến kết cấu thân tàu và các bài toán như kiểm tra bền kết cấu, kiểm tra bền thân tàu, bài toán đánh giá độ tin cậy của kết cấu, bài toán đánh giá rủi ro của tàu. Bài báo này sẽ tổng hợp và phân tích các mô hình xác định ăn mòn trên kết cấu tàu và công trình biển di động để làm căn cứ cho các nghiên cứu và bài toán kể trên.

Từ khóa: Khuyết tật kết cấu, ăn mòn, mô hình ăn mòn, kết cấu tàu, công trình biển di động.

Abstract

Among imperfections of ship structures and mobile offshore structures such as initial imperfections, residual stresses, corrosion, cracks, and dents, etc... corrosion is the most popular one. The corrosion is multiform, including pitting corrosion, general corrosion, grooving corrosion, crevice corrosion, galvanic corrosion, erosion-corrosion, cavitation, stress corrosion, and fatigue corrosion, and corrosion appearance is mostly in several locations inside of the ship hull which is depended on ship types. The influences of corrosion on the structures, on the local strength, the fatigue strength, hull girder

strength, and other aspects have been mentioned in the publications of the variety of groups of authors and groups of researchers. The corrosion determination of type, rate, location, and magnitude has great meaning in the influence assessment of the corrosion on the ship structures and problems such as structure strength, hull girder strength, structure reliability, and risk assessment of ship. This article will summarize and analyze all of the corrosion models to determine the corrosion in ship structures and mobile offshore structures as the basis for the above-mentioned studies and problems.

Keywords: Imperfection structures, corrosion, corrosion model, ship structure, mobile offshore unit.

1. Tổng quan về ăn mòn trên kết cấu tàu và công trình biển

Theo Tiêu chuẩn nhà nước, TCVN 2223-77, về Ăn mòn kim loại - Thuật ngữ và định nghĩa, ăn mòn kim loại là sự phá huỷ kim loại do tác dụng của hoá học hay điện hoá học (danh từ kim loại ở đây bao gồm kim loại và hợp kim) [1]. Trong lĩnh vực đóng tàu và công trình biển di động, thân vỏ thường được đóng từ vật liệu thép hoặc hợp kim (nhôm, đồng, ...). Môi trường làm việc của tàu thủy và các công trình biển di động (bao gồm các dạng công trình biển loại di động, có hình dạng giống tàu như giàn khoan bán chìm, kho chứa dầu FSO hoặc FPSO) là trên bề mặt nước (biển, sông, hồ) với nhiều yếu tố tác động từ môi trường xung quanh như hàng hoá, nước mặn, nước có chứa các chất ôxy hoá, sóng, gió, dòng chảy, hơi ẩm. Điều kiện làm việc của các kết cấu, máy móc, thiết bị, hệ thống trên tàu cũng rất đa dạng như chịu các lực va đập, lực có tính chu kỳ, tải trọng của bản thân thiết bị, của hàng hoá, cọ sát, ăn mòn, xâm thực, ... Ngoài ra, các yếu tố xuất phát từ thiết kế kết cấu và khả năng công nghệ thi công lắp ráp, hàn và đấu lắp hình thành thân tàu cũng như công trình biển di động cũng có tác động đến điều kiện làm việc của các kết cấu, máy móc, thiết bị được lắp đặt. Tất cả các yếu tố kể trên (bao

Bảng 1. Các dạng ăn mòn kim loại (TCVN 2223-77)

TT	Tên tiếng Việt	Tên tiếng Anh	TT	Tên tiếng Việt	Tên tiếng Anh
1	Ăn mòn do khí	Gas phase corrosion	16	Ăn mòn không đều	Unequal corrosion
2	Ăn mòn, khí quyển	Atmosphere corrosion	17	Ăn mòn cục bộ	Local corrosion
3	Ăn mòn nhúng hoàn toàn	Deep corrosion	18	Ăn mòn ngầm	Subsurface corrosion
4	Ăn mòn theo đường ngăn	Waterline corrosion	19	Ăn mòn dạng sợi	Thread like corrosion
5	Ăn mòn nhúng gián đoạn	Periodic immersion	20	Ăn mòn điểm	Poin corrosion
6	Ăn mòn dưới đất	Underground corrosion	21	Ăn mòn đốm	Patchy corrosion
7	Ăn mòn do dòng điện rò	Stray current corrosion	22	Ăn mòn lỗ	Honeycomb corrosion
8	Ăn mòn vi sinh	Bacterial corrosion	23	Ăn mòn cấu trúc	Structural corrosion
9	Ăn mòn do dòng điện ngoài	External current corrosion	24	Ăn mòn chọn lựa	Selective corrosion
10	Ăn mòn tiếp xúc	Corrosion contact	25	Sự graphit hóa gang	Graphilic of castiron
11	Ăn mòn khe	Crevice corrosion	26	Sự loại kẽm	Dezincification
12	Ăn mòn ma sát	Erosion corrosion	27	Ăn mòn tinh giới	Intercrystalline corrosion
13	Ăn mòn fretting	Fretting corrosion	28	Ăn mòn ứng suất	Stress corrosion
14	Ăn mòn toàn bề mặt	Continious corrosion	29	Ăn mòn nứt	Fracture corrosion
15	Ăn mòn đều	Equal corrosion	30	Độ mỏi do ăn mòn	Corrosion fatigue

gồm: Môi trường làm việc, điều kiện làm việc, thiết kế kết cấu, khả năng công nghệ) là nguyên nhân dẫn đến ăn mòn và mài mòn trên các chi tiết kim loại trên kết cấu thân tàu và công trình biển di động.

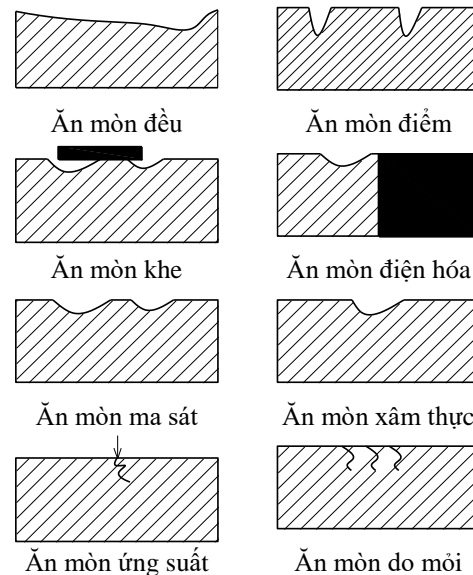
Phân loại về ăn mòn kim loại được quy định rõ trong TCVN 2223-77. Theo đó, ăn mòn kim loại gồm: ăn mòn hoá học và ăn mòn điện hoá. Trong khi đó, các dạng ăn mòn được liệt kê như trong Bảng 1 [1].

Trên kết cấu tàu thủy và công trình biển di động, tùy theo môi trường làm việc cụ thể của từng vùng, các dạng ăn mòn xuất hiện cũng khác nhau như ăn mòn đều, ăn mòn điểm, ăn mòn rãnh, ăn mòn khe, ăn mòn điện hóa, ăn mòn ma sát, ăn mòn do xâm thực, ăn mòn ứng suất và ăn mòn do môi, ... Hình 1 minh họa một số dạng ăn mòn phổ biến trên kết cấu tàu thủy [2].

Ăn mòn có thể xuất hiện tại tất cả các vùng trên kết cấu thân tàu. Khảo sát thực tế cho thấy, ăn mòn xuất hiện trong vùng hầm hàng nhiều hơn và nặng hơn các vùng khác của tàu. Tại đây, ăn mòn xuất hiện nhiều trên tôn mạn, tôn mép mạn, cơ cấu mạn, tôn boong và cơ cấu boong, tôn kết hông và kết đỉnh mạn [3]. Ăn mòn xuất hiện trên các kết cấu tàu là do nhiều yếu tố có thể kể đến như hệ thống bảo vệ chống ăn mòn, loại hàng hóa chuyên chở, nhiệt độ, độ ẩm, độ pH hoặc các thành phần hóa học, ... [4].

Một khi ăn mòn xuất hiện trên bề mặt của kết cấu và tôn vỏ tàu, chúng gây ra nhiều tác động xấu như làm giảm tính mỹ quan của tàu, làm hư hại lớp sơn bảo vệ chống ăn mòn trên bề mặt tôn và cơ cấu từ đó khiến các bề mặt này dễ bị hư hại bởi các yếu tố xâm nhập từ môi trường bên ngoài. Ở một khía cạnh khác,

việc xuất hiện ăn mòn trên bề mặt kim loại làm thay đổi thông số của kết cấu như giảm chiều dày của tôn và các cơ cấu, giảm trọng lượng kết cấu do lượng kết cấu đã bị mòn, bề mặt kim loại có những vết nứt, vết xê rãnh, vết lõm. Các yếu tố này làm giảm độ bền, độ tin cậy của kết cấu và là nguyên nhân của những hư hỏng khác trên kết cấu thân tàu. Các ăn mòn xuất hiện ở nhiều vị trí với dạng, mức độ khác nhau làm thay đổi kế hoạch bảo quản bảo dưỡng của tàu.



Hình 1. Các dạng ăn mòn phổ biến trên kết cấu tàu và công trình biển di động

Do đó, vấn đề xác định chuẩn xác hình dạng, giá trị, mức độ ăn mòn trên kết cấu của tàu và công trình

biển di động có ý nghĩa lớn. Nó giúp cho các nhà nghiên cứu có thể đánh giá ảnh hưởng của ăn mòn hoặc ăn mòn kết hợp với các yếu tố bất định khác đến độ bền cục bộ, độ bền tới hạn của cơ cấu hoặc của cả thân tàu, độ bền môi, độ tin cậy của kết cấu và bài toán đánh giá rủi ro của kết cấu tàu và công trình biển di động. Khi biết các thông số của ăn mòn, các nhà khai thác và quản lý tàu sẽ có căn cứ để lập và điều chỉnh kế hoạch sửa chữa, bảo dưỡng tàu cho phù hợp với thực tế. Các vấn đề vừa đề cập sẽ giúp cho tàu đảm bảo được độ bền, độ tin cậy trong khai thác, giúp bảo vệ an toàn cho người và hàng hoá chuyên chở, giảm tổn thất về người, hàng hoá và tài sản cho chủ tàu.

Với vai trò và ý nghĩa của vấn đề xác định thông số của ăn mòn kể trên, các nhóm nghiên cứu đã đo đạc, thống kê các dữ liệu, từ đó phân tích và đề xuất nhiều mô hình xác định ăn mòn áp dụng cho các nhóm tàu khác nhau, đặc biệt là các tàu thương mại phổ biến như tàu hàng và tàu dầu. Bài báo này sẽ tổng hợp và đưa ra so sánh các mô hình xác định ăn mòn.

2. Các mô hình xác định ăn mòn

Giải thích các ký hiệu:

$d(t)$, d_w , t_r , w_i - Chiều dày lớp ăn mòn, (mm);

t , n_y - Tuổi của tàu, (năm);

C_1 - Hệ số mô tả xu hướng phát triển của ăn mòn;

C_2 - Hệ số về tốc độ ăn mòn hàng năm;

T_0 , T_i - Thời gian lớp sơn bảo vệ còn hiệu lực, (năm);

T_r - Thời gian từ lúc lớp sơn bảo vệ hết hiệu lực

đến lúc bắt đầu ăn mòn, (năm);

η - Hệ số tỷ lệ của mô hình ăn mòn;

T_{st} - Thời điểm mà ăn mòn điểm xuất hiện, (năm);

T_L - Thời điểm bảo dưỡng, sửa chữa kết cấu,

(năm);

r_s - Tỷ lệ ăn mòn trung bình hàng năm, mm/năm;

β - Hệ số hình dáng của mô hình ăn mòn;

d_{∞} - Chiều dày lớn nhất của ăn mòn, (mm);

t_{c1} , t_{c2} - Lượng ăn mòn bổ sung ở mỗi phía của cơ cấu (giá trị của các đại lượng được quy định rõ trong quy định của IACS);

$t_{reserve}$ - Lượng chiều dày dự trữ, $t_{reserve} = 0,5\text{mm}$.

2.1. Mô hình xác định ăn mòn do các nhóm nhà nghiên cứu đề xuất

Thông tin về các mô hình xác định ăn mòn do các tác giả hoặc nhóm tác giả đề xuất được thể hiện trong Bảng 2.

2.2. Lượng ăn mòn bổ sung quy định bởi IACS

Theo quy định của tổ chức phân cấp tàu quốc tế (IACS) [5], lượng ăn mòn bổ sung phải được quy định rõ cho từng vùng kết cấu như không gian kết dẫn, kết gom nước đáy tàu, kết chứa, hầm xích neo, khoang chứa hàng, không gian hở trên tàu, kết nhiên liệu, kết nước ngọt và các không gian khô của nhóm tàu chở dầu, tàu hàng rời và nhóm tàu còn lại. Chiều dày ăn mòn bổ sung được xác định như sau (áp dụng cho thép Các bon):

Tổng chiều dày ăn mòn bổ sung, t_c , mm, cho cả hai phía của cơ cấu được xác định như sau:

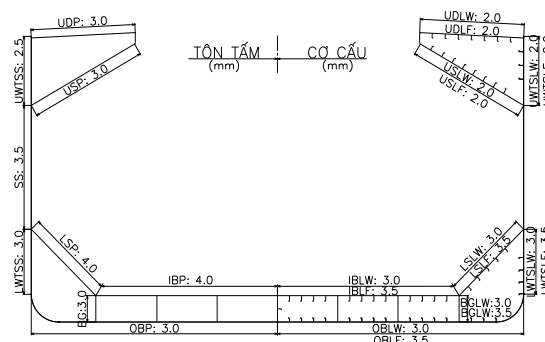
$$t_c = \text{Roundup}_{0,5}(t_{c1} + t_{c2}) + t_{reserve} \quad (1)$$

- Đối với cơ cấu nằm toàn bộ trong một khoang đã biết, tổng chiều dày ăn mòn bổ sung, t_c , được xác định như sau:

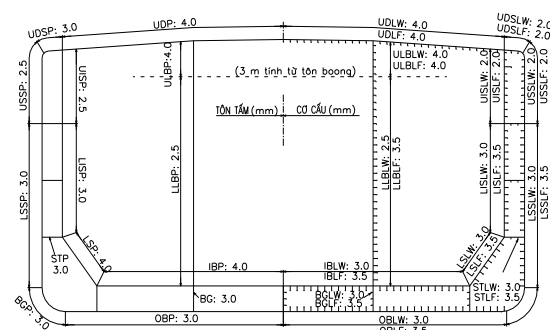
$$t_c = \text{Roundup}_{0,5}(2t_{c1}) + t_{reserve} \quad (2)$$

- Đối với hợp kim nhôm và thép độ bền cao, lượng mòn gi bổ sung được lấy bằng 0.

Giá trị lượng ăn mòn bổ sung cho tàu chở hàng rời và tàu chở dầu được minh hoạ lần lượt trong các Hình 2 và 3 [5].



Hình 2. Lượng ăn mòn bổ sung của tàu chở hàng rời



Hình 3. Lượng ăn mòn bổ sung của tàu chở dầu

Bảng 2. Các mô hình xác định ăn mòn

TT	Mô hình ăn mòn	Năm công bố	Công thức tính chiều dày lớp ăn mòn	
1	Southwell [6]	1979	Mô hình ăn mòn tuyến tính (linear model): $d(t) = 0,076 + 0,038t$	(3)
			Mô hình ăn mòn song tuyến (bilinear model): $d(t) = \begin{cases} 0,09t, & 0 < t < 1,46 \\ 0,076 + 0,038t, & 1,46 < t < 16 \end{cases}$	(4)
2	Ohyagi [7]	1987	$d_w = 0,34n_y$	(5)
3	Violet [8]	1994	$d_w = \begin{cases} 0,005n_y^2, & 0 \leq n_y < 10,83 \\ 0,03925n_y^2 - 0,8506n_y + 5,1948, & 10,83 \leq n_y \leq 25 \end{cases}$	(6)
4	Melchers [9]	1994	Mô hình ăn mòn phi tuyến (nonlinear model): $d_w = 0,0833n_y^{0,8765}, \quad 0 \leq n_y \leq 16$	(7)
			Mô hình ăn mòn song tuyến (bilinear model): $d_w = \begin{cases} 0,09n_y, & 0 \leq n_y < 1,46 \\ 0,076 + 0,038n_y, & 1,46 \leq n_y \leq 16 \end{cases}$	(8)
5	Melchers [10]	1995	$d_w = 0,084n_y^{0,823}, \quad 0 \leq n_y \leq 16$	(9)
6	Guedes Soares [11]	1996	$w_i = w_{i0} - C_i t$	(10)
7	Melchers [12]	1998	Mô hình ăn mòn ba tuyến tính: $d = \begin{cases} 0,170t, & 0 \leq t < 1 \\ 0,152 + 0,0186t, & 1 \leq t < 8 \\ -0,364 + 0,083t, & 8 \leq t \leq 16 \end{cases}$	(11)
			Mô hình ăn mòn: $d = 0,1207t^{0,6257}$	(12)
8	Paik [3]	1998	$d(t) = C_1(t - T_0)^{C_2}$	(13)
9	Sun và Bai [13]	2001	$d(t) = r_s[t - (T_i - T_t) + T_t e^{-\frac{t-T_i}{T_t}}]$	(14)
10	Paik [14]	2002	$t_r = C_1(t - T_c - T_t)^{C_2}$	(15)
11	Qin [15]	2002	$d(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < T_{st} \\ d_\infty \left\{ 1 - \exp \left[- \left(\frac{t - T_{st}}{\eta} \right)^\beta \right] \right\}, & T_{st} \leq t \leq T_L \end{cases}$	(16)
12	Melchers [16]	2003	$d(t) = \begin{cases} 0,145(t - t_0), & t_0 < t < t_1 \\ 0,25t^{0,5} - 0,125, & t_1 < t < t_a \\ d(t_a) + 0,076(t - t_a), & t_a < t \end{cases}$	(17)
13	Garbatov [17]	2007	$d(t) = \begin{cases} 0, & t < T_c \\ d_\infty \left\{ t - \exp \left[- \frac{t - T_c}{T_t} \right] \right\}, & t > T_c \end{cases}$	(18)
14	Paik [18]	2012	$d(t) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta} \right)^{\alpha-1} \exp \left[- \left(\frac{t}{\beta} \right)^\alpha \right]$	(19)

Theo Hình 2 với tàu chở hàng rời, lượng ăn mòn bổ sung của phần đáy lớn hơn của phần boong. Trong cùng một không gian thì lượng ăn mòn bổ sung của tôn là lớn hơn của bản thành và bản cánh. Lượng ăn mòn bổ sung của tôn và bản thành các cơ cấu trong không gian kết hông và đáy đôi là bằng nhau trừ trường hợp tôn đáy trên và tôn nghiêng kết hông có lượng ăn mòn bổ sung lớn nhất.

Đối với tàu chở dầu có kết cấu đáy đôi, mạn kép và vách dọc (Hình 3), lượng ăn mòn bổ sung lớn nhất áp dụng cho tôn đáy trên, tôn hông, tôn boong, cơ cấu boong, tôn vách và cơ cấu vách (vùng 3 mét tính từ tôn boong) với giá trị là 4,0mm. Trong khi đó, lượng ăn mòn bổ sung có giá trị nhỏ nhất áp dụng cho tôn mạn và cơ cấu mạn vùng mạn khô với giá trị tương ứng là 2,5mm và 2,0mm.

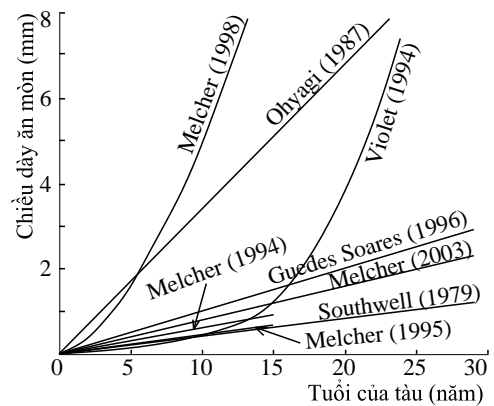
2.3. So sánh và bình luận

Các mô hình xác định ăn mòn đề cập ở trên có thể phân thành hai nhóm chính. Nhóm thứ nhất bao gồm các mô hình không giả thuyết về thời gian lớp phủ bảo vệ ăn mòn còn phát huy tác dụng. Tức là, ăn mòn sẽ xuất hiện ngay từ khi tàu được đưa vào khai thác. Nhóm thứ hai bao gồm các mô hình ăn mòn có giả thuyết ăn mòn bắt đầu xảy ra khi lớp sơn phủ bảo vệ chống ăn mòn hết tác dụng (sau một quãng thời gian từ khi tàu được đưa vào khai thác). Bảng 3 diễn tả phân nhóm các mô hình ăn mòn được đề xuất bởi các nhóm nghiên cứu. Trong khi đó, Hình 4 thể hiện tiến trình hình thành và phát triển của ăn mòn trên bề mặt kim loại của hai nhóm mô hình xác định ăn mòn.

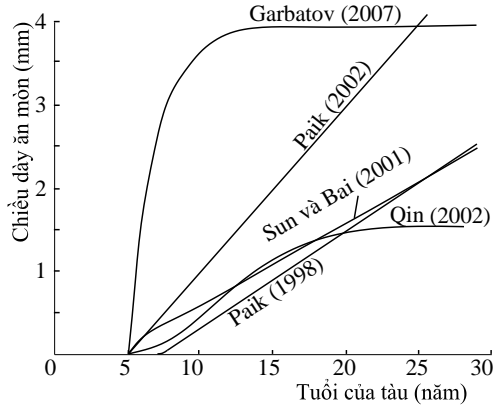
Thông qua hình ảnh về tiến trình hình thành và phát triển ăn mòn trên bề mặt kim loại của các mô hình xác định ăn mòn và thực tế quy định về sơn phủ bề mặt đặc biệt là quy định của SOLAS (1974) về sơn phủ bề mặt kết dẫn của tàu chạy biển (PSPC) [19] thì việc ăn mòn xuất hiện ngay sau khi tàu được đưa vào khai thác là chưa phù hợp (trừ trường hợp các điểm trên bề mặt bị bong hoặc hư hỏng toàn bộ các lớp sơn phủ).

Các mô hình xác định ăn mòn thuộc nhóm hai phù hợp hơn với thực tế khi có giả thuyết về thời gian lớp sơn phủ bề mặt còn phát huy tác dụng trong giai đoạn đầu. Hầu hết các mô hình xác định ăn mòn thuộc nhóm hai đều mô tả tiến trình ăn mòn là giống nhau, ăn mòn từ khi bắt đầu xuất hiện thì sẽ phát triển mãi (không có điểm dừng), chỉ có mô hình xác định ăn mòn của tác giả Garbatov (2007) [17] và Qin (2002) [15] là có sự khác biệt. Theo mô tả trong Hình 4 đối với mô hình xác định ăn mòn của Garbatov (2007) và Qin (2002) thì ăn mòn phát triển đến một giá trị nhất

định thì sẽ giữ nguyên tại giá trị đó mà không phát triển thêm. Đối với mô hình xác định ăn mòn của Paik (1998) [3] được xây dựng dựa trên dữ liệu thu thập về ăn mòn trên thực tế của chủng loại tàu chở hàng rời và tàu chở dầu. Cụ thể, tác giả Paik và các cộng sự đã thực hiện đo 7503 dữ liệu về ăn mòn của 44 tàu chở hàng rời và đề xuất tốc độ ăn mòn hàng năm cho 34 vị trí trên mặt cắt ngang của tàu chở hàng rời. Đối với tàu chở dầu, nhóm tác giả này đã thực hiện đo đạc trên 230 tàu chở dầu đang khai thác với 33820 dữ liệu và cũng chia ra thành 34 vị trí trên mặt cắt ngang của tàu chở dầu bao gồm 14 vị trí về tôn, 11 vị trí về bản thành cơ cấu, 9 vị trí về bản cánh của các cơ cấu.



a) Nhóm thứ nhất



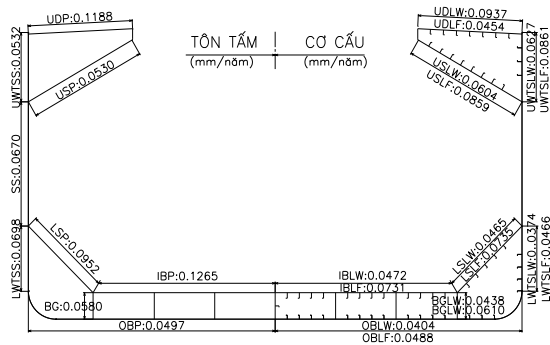
b) Nhóm thứ hai

Hình 4. Tiến trình hình thành và phát triển của ăn mòn trên kim loại

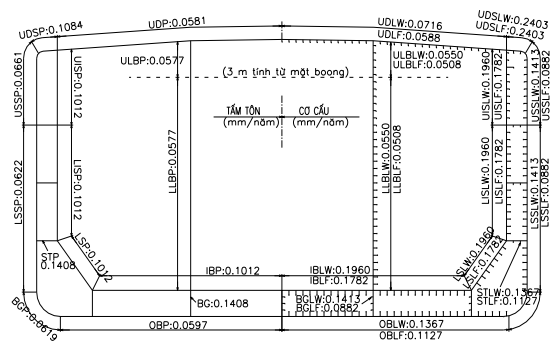
Theo Hình 5, những vị trí kết cấu có tốc độ ăn mòn hàng năm rất lớn là tôn đáy trên (0,1265mm/năm), tôn boong (0,1188mm/năm) và tôn nghiêng của kết hông (0,0952mm/năm). Tốc độ ăn mòn của tôn vùng ngâm nước thường lớn hơn tốc độ ăn mòn của bản thành và bản cánh. Giá trị này ngược lại với vùng mạn khô khi tốc độ ăn mòn của cơ cấu lại lớn hơn của tôn.

Bảng 3. Phân nhóm mô hình xác định ăn mòn

TT	Nhóm thứ nhất	Nhóm thứ hai
1	Southwell (1979)	Paik (1998)
2	Ohyagi (1987)	Sun and Bai (2001)
3	Violet (1994)	Paik (2002)
4	Melchers (1994)	Qin (2002)
5	Melchers (1995)	Garbatov (2007)
6	Guedes Soares (1996)	Paik (2012)
7	Melchers (1998)	
8	Melchers (2003)	



Hình 5. Tốc độ ăn mòn cho các cơ cấu của tàu chở hàng rời [4]



Hình 6. Tốc độ ăn mòn cho các cơ cấu của tàu chở dầu [20]

Đối với tốc độ ăn mòn của tàu chở dầu có kết cấu đáy đôi, mạn kép và vách dọc (Hình 6) những vị trí kết cấu có tốc độ ăn mòn cao bao gồm: Tôn boong vùng mạn kép, cơ cấu trong kết hông tàu, cơ cấu dọc của mạn trong.

Tóm lại, các mô hình xác định ăn mòn thuộc nhóm hai là phù hợp hơn với thực tế xuất hiện cũng như phát triển của ăn mòn trên bề mặt tôn và cơ cấu thân tàu. Trong đó, mô hình xác định ăn mòn của Paik (1998) là thuyết phục hơn cả vì được đề xuất từ dữ liệu rất lớn các đo đạc thông số ăn mòn của các tàu đang khai thác. Mô hình xác định ăn mòn này cũng được vận dụng trong rất nhiều các nghiên cứu và công bố khoa

học liên quan đến ăn mòn kim loại của kết cấu tàu thủy và công trình ngoài khơi.

3. Kết luận

Bài báo đã giới thiệu khái niệm, phân loại về ăn mòn kim loại, các dạng ăn mòn trên kim loại nói chung và ăn mòn trên kết cấu tàu và công trình biển đi động nói riêng. Các đặc điểm về ăn mòn liên quan đến tàu thủy cũng đã được đề cập như vùng xảy ra ăn mòn, ảnh hưởng của ăn mòn đến một số khía cạnh về tàu thủy.

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã phân tích đưa ra các vị trí trên mặt cắt ngang của tàu chở hàng rời và tàu chở dầu mà ăn mòn xảy ra mạnh nhất. Từ đó, các nhà nghiên cứu, nhà thiết kế và chủ tàu có thể có những giải pháp hoặc quan tâm đặc biệt đến các kết cấu tại các vị trí này. Ngoài ra, trong các mô hình xác định ăn mòn được giới thiệu thì những mô hình thuộc nhóm hai phù hợp với thực tế hơn và mô hình của Paik (1998) có độ tin cậy hơn cả vì có căn cứ xây dựng và đã được kiểm chứng, vận dụng trong rất nhiều công bố khoa học sau này.

Với các thông tin về ăn mòn kim loại và đặc biệt là ăn mòn trên kết cấu tàu và công trình biển đi động sẽ hữu ích cho các nhà khai thác tàu có kế hoạch khai thác, sửa chữa, bảo dưỡng tàu hợp lý để có thể đảm bảo an toàn cho tàu trong quá trình khai thác.

Các dữ liệu, mô hình xác định ăn mòn được đề xuất sẽ giúp các nhà nghiên cứu có căn cứ để thực hiện các bài toán, các nghiên cứu và đánh giá chuyên sâu về ảnh hưởng của ăn mòn đến kết cấu thân tàu thủy và công trình biển đi động.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] TCVN 2223-77, *Ăn mòn kim loại - Thuật ngữ và định nghĩa*, 1977.
 [2] Guedes Soares C. and Garbatov Y., *Reliability assessment of maintained ship hulls with correlated corroded elements*. *Marine Structures*, Vol.10(8): pp. 629-653, 1997.
 [3] Paik J.K. et al., *Probabilistic corrosion rate estimation model for longitudinal strength members of bulk carriers*. *Ocean Engineering*, Vol.25(10): pp. 837-860, 1998.
 [4] Paik J.K. et al., *Time-variant ultimate longitudinal strength of corroded bulk carriers*. *Marine Structures*, Vol.16(8): pp.567-600. 2003.
 [5] IACS, *Common structural rules for bulk carriers and oil tankers*. International Association of

- Classification Societies, London, United Kingdom, Jan. 1st, 2017.
- [6] Southwell C.R. et al., *Estimating of service life of steel in seawater*. Seawater corrosion handbook, New Jersey, Noyes Data Corporation, pp.374-387, 1979.
- [7] Ohyagi M., *Statistical survey on wear of ship's structural members*. NK Technical Bulletin, Tokyo, Vol.5: pp.75-86, 1987.
- [8] Violette F.L.M., *The effect of corrosion on structural detail design*. RINA international conference on marine corrosion prevention, London, Paper no.14, 1994.
- [9] Melchers R.E. and Ahammed M., *Non-linear modeling of corrosion of steel in marine environments*. Department of Civil Engineering and Surveying, University of Newcastle. 1994.
- [10] Melchers R.E., *Probabilistic modeling of seawater corrosion of steel structures. Proceedings of the international conference on applications statistics and probability in structural and geotechnical Engineering (ICASP)*, Paris, pp.265-270,1995.
- [11] Guedes Soares C. and Garbatov Y., *Reliability of maintained ship hulls subjected to corrosion*. Journal of Ship Research, Vol.40(3): pp.235-243, 1996.
- [12] Melchers R.E., *Probabilistic modeling of immersion marine corrosion*. Proceedings of the international conference on structural safety and reliability. Rotterdam: Balkema, pp.1143-1149, 1998.
- [13] Sun H.H. and Bai Y., *Time-variation reliability assessment of FPSO'S hull girders*. Marine Structures, Vol.109: pp.341-366, 2001.
- [14] Paik J.K. et al., *Time-dependent risk assessment of aging ships accounting for general pit corrosion, fatigue cracking, and local dent damage*. For presentation at the 2003 SNAME Annual Meeting in San Francisco, pp.1-37, 2003.
- [15] Qin S.P. and Cui W.C., *A discussion of the ultimate strength of aging ships, with particular reference to the corrosion model*. Journal of Engineering for the Maritime Environment. 216(M), 2002.
- [16] Melchers R.E., *Probabilistic model for marine corrosion of steel for structural reliability assessment*. Journal of Structural Engineering, Vol.129(11): pp.1484-1493, 2003.
- [17] Garbatov Y. et al., *Nonlinear time-dependent corrosion wastage of deck plates of ballast and cargo tanks of tankers*. Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering-Transactions of the ASME, Vol.129(1): pp.48-55, 2007.
- [18] Paik J.K. and Kim D.K., *Advanced method for the development of an empirical model to predict time-dependent corrosion wastage*. Corrosion Science, Vol.63: pp.51-58, 2012.
- [19] MSC 82/24/Add.1/Annex 2, *Protective coatings of dedicated seawater ballast tanks in all types of ships and double-side skin spaces of bulk carriers*, 2006.
- [20] Paik J.K. et al., *A time-dependent corrosion wastage model for the structures of single- and double-hull tankers and FSOs and FPSOs*. Maritime Technology, Vol.40(3): pp.201-217, 2003.

Ngày nhận bài:	29/6/2021
Ngày nhận bản sửa:	28/7/2021
Ngày duyệt đăng:	09/8/2021