

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA LƯỢNG BỔ SUNG CHO MÒN GỈ ĐẾN ĐỘ BỀN KẾT CẤU THÂN TÀU A STUDY THE EFFECT OF CORROSION ADDITION ON THE SHIP STRENGTH

VŨ VĂN TUYỀN*, ĐỖ QUANG QUẬN

Khoa Đóng tàu, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

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

Tóm tắt

Lượng bổ sung cho mòn gỉ áp dụng cho toàn bộ kết cấu của tàu và được quy định trong các quy phạm của các tổ chức đăng kiểm hoặc trong quy tắc của Hiệp hội đăng kiểm quốc tế. Giá trị của lượng bổ sung cho mòn gỉ là lớn làm tăng khối lượng tàu không, tăng giá thành đóng mới và giảm dung tích chở hàng của tàu,... Bài báo này sẽ đánh giá độ bền dọc chung tới hạn và sự thay đổi của các đặc trưng hình học mặt cắt ngang của một tàu chở hàng rời và một tàu chở dầu khi giảm giá trị của lượng bổ sung cho mòn gỉ. Các kết quả tính toán cho hai vấn đề này sẽ được giới thiệu, đánh giá và làm căn cứ đưa ra đề xuất về giảm giá trị của lượng bổ sung cho mòn gỉ.

Từ khóa: Độ bền thân tàu, kết cấu thân tàu, lượng bổ sung cho mòn gỉ, đặc trưng hình học mặt cắt ngang.

Abstract

The corrosion addition is applied to the entire ship hull structures and is specified in the regulations of the classification societies or the rules of the International Association of Classification Societies (IACS). The values of corrosion addition are large, which lead to increasing the ship's lightweight, increasing the cost of new construction, reducing the ship's cargo capacity, etc. This paper will evaluate the longitudinal ultimate strength and the changes in the transverse cross-sectional properties of a bulk carrier and an oil tanker when reducing the value of the corrosion addition. The results for these two mentioned issues will be introduced, evaluated, and used as a basis for making recommendations on reducing the value of corrosion addition.

Keywords: Hull girder strength, hull structures, corrosion addition, transverse cross-sectional properties.

1. Tổng quan

Khi tính toán, thiết kế kết cấu tàu vỏ thép theo quy phạm, lượng bổ sung cho mòn gỉ (LBSMG) phải được quan tâm và bổ sung vào chiều dày cho toàn bộ tôn vỏ bao, tôn bên trong thân tàu, tấm bản thành và bản cánh các cơ cấu. Giá trị của LBSMG là khác nhau cho các vùng kết cấu, điều này phụ thuộc vào điều kiện làm việc của từng kết cấu, đặc biệt là môi trường mà kết cấu tiếp xúc như nước dằn, dầu, hàng hóa, nước biển, khí nóng, hóa chất,... Ví dụ, LBSMG cho kết cấu của tàu hàng rời dao động từ 0,5mm đến 5,2mm [1]. Trong khi đó, giá trị này áp dụng cho kết cấu của tàu chở dầu nằm trong khoảng từ 1,5mm đến 4,5mm [2]. LBSMG càng lớn sẽ làm chiều dày tổng thể của kết cấu tăng lên đáng kể. Điều này làm tăng khối lượng phần thân vỏ dẫn tới các tác động xấu đến tàu như làm giảm dung tích chở hàng, tăng hoặc lãng phí vật tư đóng mới, tăng nhiên liệu trong khai thác, đặc biệt tăng giá thành đóng mới, giảm tính cạnh tranh và khai thác hiệu quả cho chủ tàu,... Các nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của ăn mòn nói chung và LBSMG nói riêng đến độ bền kết cấu thân tàu và các đặc trưng hình học mặt cắt ngang (MCN) đã được đề cập và công bố trên nhiều bài báo, cụ thể.

Về ăn mòn trên kết cấu tàu thủy, 30 loại ăn mòn và 14 mô hình mô tả sự phát triển của ăn mòn trên bề mặt kết cấu tàu và công trình nổi đã được giới thiệu. Các mô hình mô tả sự phát triển của ăn mòn được chia thành nhóm có giả thuyết về thời gian lớp sơn phủ chống ăn mòn còn phát huy tác dụng và nhóm không giả thuyết về sự bảo vệ chống ăn mòn của lớp sơn này. Các biểu thức xác định tỉ lệ ăn mòn cũng như giá trị của LBSMG của tàu dầu và tàu hàng rời cũng đã được giới thiệu trong các tài liệu [3-5]. Các giá trị của tỉ lệ ăn mòn cho từng nhóm kết cấu dọc có trên MCN của tàu dầu [6] và tàu hàng rời [7-9] cũng đã được công bố.

Các nghiên cứu, đánh giá về ảnh hưởng của các khuyết tật trên kết cấu thân tàu như biến dạng ban đầu, ứng suất dư và ăn mòn đến độ bền tới hạn và sự thay đổi của các đặc trưng hình học MCN thân tàu đã được công bố. Các khuyết tật với các mức độ khác nhau và được giả định xuất hiện độc lập hoặc kết hợp với nhau

khi đánh giá ảnh hưởng của chúng tới kết cấu thân tàu. Nhóm tàu chở hàng rời có kết cấu mạn đơn và mạn kép được đề cập trong các nghiên cứu [7, 9, 10]. Một số chủng loại tàu dầu cỡ lớn (Very Large Crude Oil Carrier - VLCC), Suezmax, Aframax, Panamax và FPSO có kết cấu mạn đơn hoặc mạn kép cũng được lựa chọn để nghiên cứu, đánh giá các tác động của ăn mòn trên kết cấu tới mô men uốn tới hạn (MMUTH) và một số đặc trưng hình học MCN [11-14].

Trong các nghiên cứu đã công bố, LBSMG vẫn chưa được quan tâm nhiều, đặc biệt là tác động của việc giảm LBSMG đến các đặc trưng hình học MCN thân tàu. Bài báo này sẽ đánh giá tác động của việc giảm LBSMG đến MMUTH và các đặc trưng hình học MCN. Kết quả của nghiên cứu có ý nghĩa lớn trong việc hiểu và nắm bắt thay đổi của kết cấu, độ bền của tàu. Từ đó có kiến nghị và điều chỉnh LBSMG cho phù hợp với từng vị trí kết cấu của nhóm tàu chở hàng rời và tàu chở dầu.

2. Phương pháp

2.1. Xác định mô men uốn tới hạn

Trong các phương pháp xác định MMUTH đã được giới thiệu trong các nghiên cứu [3, 10, 15-17], nhóm tác giả sử dụng phương pháp phân bổ ứng suất trên MCN thân tàu tại trạng thái tới hạn để xác định các giá trị MMUTH [15]. Các giá trị mô men này được tính cho hai trường hợp tải trọng nguy hiểm nhất là khi thân tàu trên đỉnh sóng và trên đáy sóng.

2.2. Các đặc trưng hình học của MCN

Đặc trưng hình học của MCN được giới thiệu trong công bố của tác giả Vũ Văn Tuyên [18] bao gồm: Mô đun chống uốn tiết diện MCN tại đáy tàu (Z_b), mô đun chống uốn tiết diện ngang tại boong tàu (Z_d), mô men quán tính tiết diện ngang thân tàu của tất

cả các cơ cấu dọc đối với trục trung hòa nằm ngang (J), vị trí trục trung hòa của MCN tính từ mặt phẳng cơ bản đáy (Z_n) và diện tích tiết diện ngang của toàn bộ mặt cắt (A).

2.3. Độ bền dọc chung tới hạn

Độ bền dọc chung tới hạn được kiểm tra thông qua khả năng uốn tới hạn của thân tàu tại MCN giữa tàu, cụ thể [1, 2, 5]:

$$M \leq \frac{M_u}{\gamma_R} \quad (1)$$

Trong đó: M_u là khả năng uốn tới hạn của MCN đang xét, M là mô men uốn ở trạng thái tàu vòng lên hoặc vòng xuống, γ_R là hệ số an toàn.

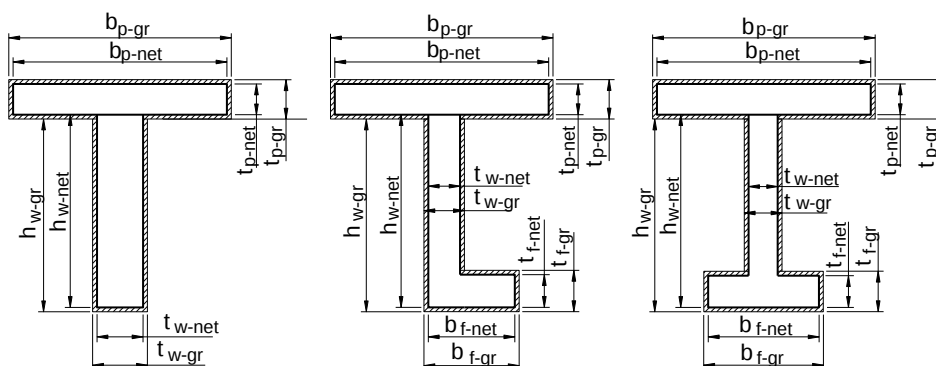
3. Lựa chọn tàu và thông số tính toán

3.1. Thông tin tàu

Để áp dụng các phương pháp gần đúng xác định MMUTH, nhóm tác giả lựa chọn một tàu chở hàng rời có kết cấu mạn đơn, trọng tải 170.000DWT và một tàu chở dầu cỡ lớn có kết cấu đáy đôi, mạn kép, trọng tải 313.000 tấn. Các kích thước và thông số chủ yếu của hai tàu được thể hiện trong Bảng 1 [19].

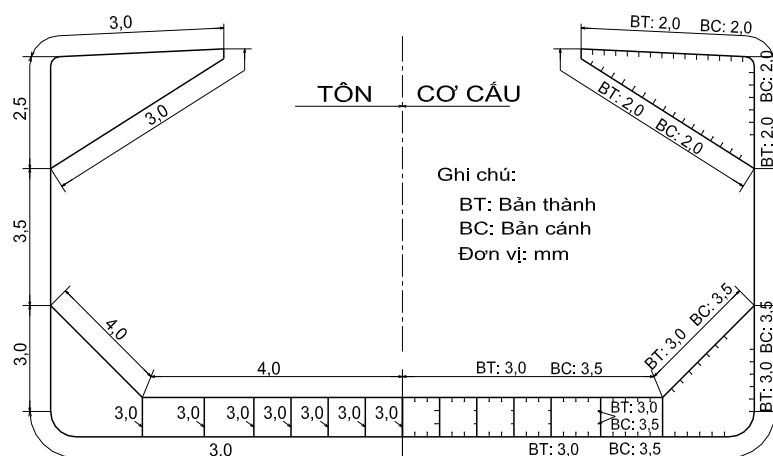
Bảng 1. Thông số cơ bản của tàu

Thông số	Đơn vị	Tàu chở hàng rời (BC)	Tàu chở dầu (OT)
Trọng tải	DWT	170.000	313.000
Chiều dài giữa hai trụ	m	285	315
Chiều rộng thiết kế	m	50	58
Chiều cao mạn	m	26,7	30,3
Chiều cao đáy đôi	m	2,79	3
Hệ số béo thể tích		0,826	0,86

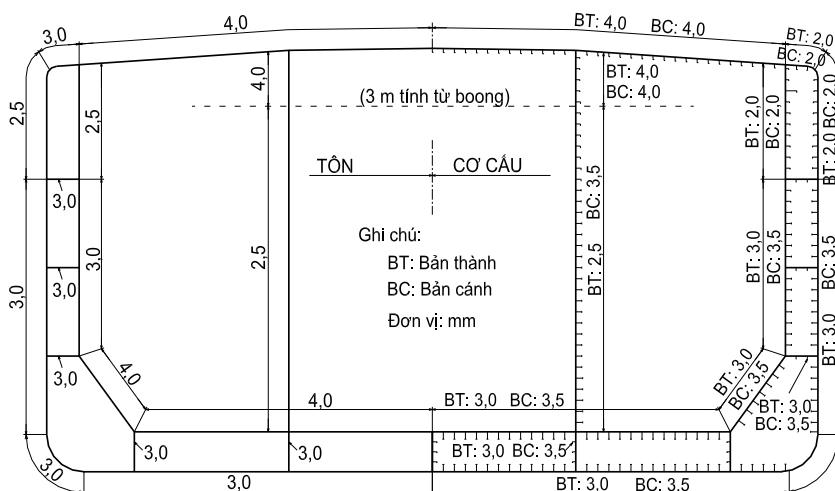


Hình 1. Định nghĩa LBSMG

gr - chiều dày toàn bộ được chọn, net - chiều dày cơ bản được chọn, phân gạch chéo là lượng bổ sung mòn gi



Hình 2. Giá trị LBSMG cho các cơ cấu trên MCN vùng khoang hàng - tàu hàng rời



Hình 3. Giá trị LBSMG cho các cơ cấu trên MCN vùng khoang hàng - tàu chở dầu

3.2. Thông số lượng bổ sung mìn gỉ

LBSMG là phần chiều dày được bổ sung vào chiều dày của cơ cấu và tôn tấm để khắc phục sự hao hụt chiều dày do ăn mòn trên bề mặt vật liệu. Hình 1 mô tả phần chiều dày của LBSMG của tấm tôn mép kèm, tấm bản thành và bản cánh của cơ cấu. Thông số của LBSMG cho từng cơ cấu tại từng vùng của MCN là khác nhau như Hình 2 và 3.

4. Thảo luận

Bằng việc áp dụng phương pháp dựa trên giả thiết phân bố ứng suất trên MCN tại trạng thái tối hạn và các công thức xác định ứng suất tối hạn của phần tử kết cấu dạng tấm và phần tử kết cấu có mép kèm như đã giới thiệu ở trên, các kết quả được giới thiệu như Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả tính toán cho trường hợp 100%
LBSMG

Đơn vị: M_{uh0} (MN.m), M_{us0} (MN.m), g_{uh0} (m), g_{us0} (m),
 I_0 (m⁴), Z_{b0} (m³), Z_{d0} (m³), A_0 (m²), Z_{m0} (m)

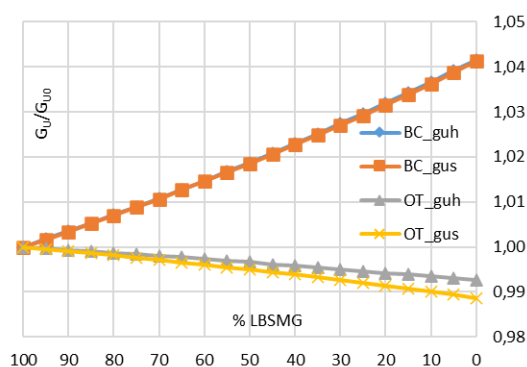
Thông số	Loại tàu					
	BC			OT		
	Bài báo này [18]	ISSC [19]	Sai lệch (%)	Bài báo này	ISSC [19]	Sai lệch (%)
M_{uh0}	19,266			31,892		
g_{uh0}	12,267			13,246		
M_{us0}	17,984			30,106		
g_{us0}	10,711			12,206		
I_0	673,5	690,3	2,4	1352,3	1352,63	0,0
Z_{d0}	42,66	42,7	0,1	77,76	72,65	7,0
Z_{b0}	61,71	61,77	0,1	104,75	103,32	1,4
A_0	5,57	5,66	1,6	9,72	9,62	1,0
Z_{n0}	10,91	11,17	2,3	12,91	13,15	1,8

Bảng 3. Kết quả kiểm tra bền dọc chung tới hạn

Đơn vị: MN.m

Loại tàu	M_{uh}	$\gamma_R \cdot M_h$	M_{us}	$\gamma_R \cdot M_s$
BC	16061,6	14254,8	15108,8	14359,1
OT	25738,9	20802,6	24330,6	20914,2
Kết luận	$M_{uh} > \gamma_R \cdot M_h$		$M_{us} > \gamma_R \cdot M_s$	

Ghi chú: MMUTH ứng với trường hợp LBSMG là 0%



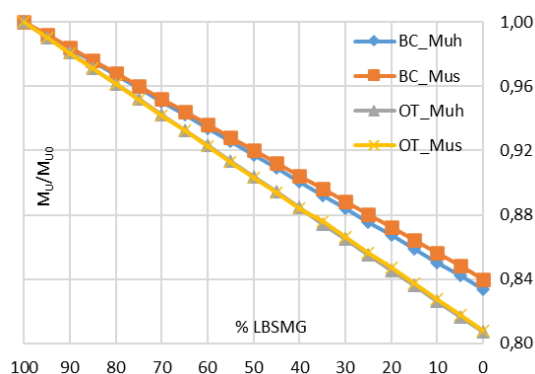
Hình 5. Thay đổi của vị trí trục trung hòa

4.1. Mô men uốn tới hạn

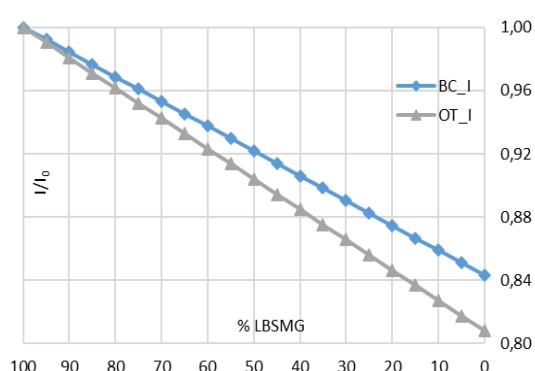
MMUTH dọc chung thân tàu thu được khi giảm giá trị của LBSMG từ 0% đến 100% được thể hiện trong Hình 4. Theo kết quả thu được, khi giảm giá trị của LBSMG trên tôn và cơ cấu, MMUTH có xu hướng giảm đều. Sự giảm của MMUTH dọc chung thân tàu của tàu dầu (OT) lớn hơn của tàu chở hàng rời (BC). Cụ thể khi giảm 100% giá trị LBSMG, MMUTH của tàu dầu giảm lớn nhất là 19,3% trong khi đó MMUTH của tàu chở hàng rời giảm lớn nhất là 16,6%. Từ kết quả thể hiện trên Hình 4, MMUTH trường hợp tàu trên đỉnh sóng (M_{uh}) luôn giảm nhiều hơn giá trị này trong trường hợp tàu trên đáy sóng (M_{us}) tuy giá trị chênh lệch không quá lớn. MMUTH giảm 10% so với giá trị ban đầu khi LBSMG cho tàu hàng rời giảm 40% và LBSMG cho tàu chở dầu giảm 50%.

Đánh giá độ bền tới hạn kết cấu thân tàu:

Kết quả tính toán MMUTH và mô men uốn dọc chung thân tàu của tàu chở hàng rời và tàu chở dầu được thể hiện trong Bảng 3. Theo kết quả này, độ bền tới hạn của cả hai tàu đều đảm bảo khi giảm LBSMG về 0%. Điều này có ý nghĩa lớn đến việc xem xét điều chỉnh giá trị của LBSMG cho kết cấu tàu chở hàng rời và tàu chở dầu.



Hình 4. Kết quả MMUTH của hai tàu



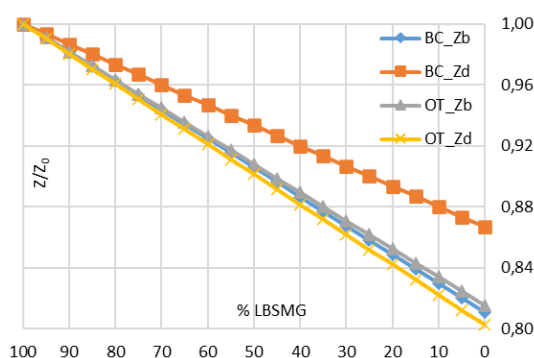
Hình 6. Thay đổi mô men quán tính tiết diện MCN

4.2. Kết quả các đặc trưng hình học của MCN

Khi thay đổi giá trị của LBSMG, xu hướng thay đổi vị trí trục trung hòa tại trạng thái tới hạn của hai tàu là ngược nhau, như trong Hình 5. Cụ thể, khi giảm giá trị của LBSMG thì vị trí trục trung hòa của tiết diện MCN của tàu chở hàng rời có xu hướng dịch lên trên, trong khi đó vị trí này của tàu chở dầu lại tuân theo xu hướng ngược lại. Sự thay đổi vị trí trục trung hòa của tàu chở hàng rời tăng mạnh nhất, bằng 4,2% (trường hợp tàu trên đỉnh sóng). Với tàu chở dầu, khi LBSMG giảm 100% so với giá trị quy định thì vị trí trục trung hòa của tiết diện MCN giảm 1,1% (trường hợp tàu trên đáy sóng).

Về mô men quán tính tiết diện MCN thân tàu, khi giảm dần giá trị của LBSMG, giá trị của mô men quán tính cũng tuân theo quy luật giảm đều như trong Hình 6. Khi LBSMG giảm về 0% thì mô men quán tính giảm tương ứng 15,7% cho tàu chở hàng rời và 19,2% cho tàu chở dầu.

Hình 7 mô tả xu thế giảm của mô đun chống uốn tiết diện MCN thân tàu cho hai tàu được lựa chọn trong bài báo này. Với tàu chở hàng rời, mô đun chống



Hình 7. Thay đổi của mô đun chống uốn tiết diện MCN thân tàu

uốn tiết diện MCN thân tàu tại boong (Z_d) giảm ít nhất (bằng 13,3%) trong khi đó mô đun này của tàu dầu lại giảm lớn nhất (bằng 19,7%).

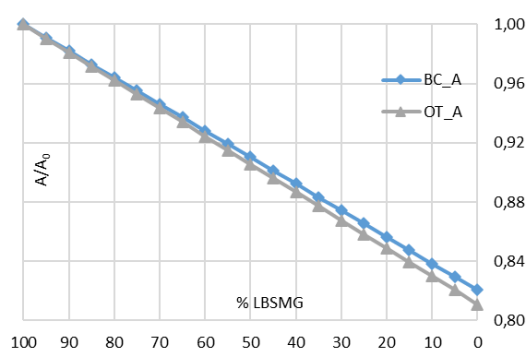
Sự giảm chiều dày các phần tử kết cấu có trong MCN thân tàu do giảm LBSMG dẫn tới sự giảm tổng diện tích tiết diện MCN thân tàu. Do đặc thù kết cấu MCN của tàu dầu nên tổng diện tích tiết diện MCN giảm nhiều hơn, mạnh hơn so với giá trị này của tàu chở hàng rời (18,9% so với 17,9%) như Hình 8.

5. Kết luận

Phương pháp xác định MMUTH, các đặc trưng hình học MCN của tàu, giá trị LBSMG, thông số và kích thước cơ bản của một tàu chở hàng rời và một tàu dầu đã được giới thiệu. Các kết quả về MMUTH, kiểm tra độ bền dọc chung tới hạn, mô men quán tính tiết diện MCN thân tàu, mô đun chống uốn tiết diện MCN tại boong và đáy, vị trí trục trung hòa của MCN so với mặt phẳng cơ bản đáy và tổng diện tích tiết diện MCN của toàn bộ cơ cấu dọc đã được giới thiệu, phân tích trong bài báo này, một số nhận định được đưa ra như sau:

MMUTH của tàu giảm đi 10% so với giá trị ban đầu khi giảm 50% LBSMG (với tàu chở dầu) và 40% LBSMG (với tàu chở hàng rời). MMUTH trường hợp tàu trên đỉnh sóng luôn có xu hướng giảm mạnh hơn giá trị này khi tàu trên đáy sóng. Các yếu tố này làm căn cứ và cần được quan tâm khi nghiên cứu, tính toán độ bền kết cấu thân tàu.

Khi giảm LBSMG thì các đặc trưng hình học MCN của cả hai tàu được lựa chọn đều có xu hướng giảm theo, tuy nhiên mức độ giảm khác nhau. Chỉ có trường hợp vị trí trục trung hòa so với mặt phẳng cơ bản đáy của MCN tàu chở hàng rời lại dịch chuyển lên trên (theo xu thế tăng). Khi LBSMG là 0%, các đặc trưng hình học MCN của tàu chở dầu giảm mạnh hơn, dao động từ 18,4% đến 19,7%. Trong khi đó lượng



Hình 8. Thay đổi tổng diện tích tiết diện MCN

giảm các giá trị này của tàu chở hàng rời nằm trong khoảng 13,3% - 18,9%.

Từ những nhận định trong bài báo này, các đánh giá, đề xuất giảm giá trị của LBSMG cần thực hiện nhằm giảm quy cách của kết cấu thân tàu bao gồm cả tấm mép kèm và cơ cấu. Điều này giúp khối lượng tàu không giảm đáng kể dẫn đến giảm giá thành đóng mới, tăng dung tích chở hàng, giảm thiểu tiêu hao vật liệu và nhiên liệu dùng trong đóng mới và khai thác tàu.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT23-24.27.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Cục Đăng kiểm Việt Nam (2010), *Quy phạm phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép (QCVN 21:2010/BGTVT), Phần 2A-B Kết cấu thân tàu và trang thiết bị tàu chở hàng rời có chiều dài từ 90 m trở lên*, Phòng Quy phạm, Cục đăng kiểm Việt Nam, Hà Nội, tr. 7-459.
- [2] Cục Đăng kiểm Việt Nam (2010), *Quy phạm phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép (QCVN 21:2010/BGTVT), Phần 2A-T Kết cấu thân tàu và trang thiết bị tàu chở dầu vỏ kép có chiều dài từ 150 m trở lên*, Phòng Quy phạm, Cục đăng kiểm Việt Nam, Hà Nội, tr. 13-618.
- [3] Vũ Văn Tuyển, Đỗ Quang Quận (2021), *Tổng quan về các mô hình xác định ăn mòn trên kết cấu tàu và công trình biển di động*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số đặc biệt, tr. 45-51.
- [4] Paik J.K, Thayamballi A.K, Park Y.I, Hwang J.S (2003), *A time-dependent corrosion wastage model for bulk carrier structures*, International Journal of Maritime Engineering, Vol.145(A2), pp.61-87.

- [5] IACS (2017), *Common structural rules for bulk carriers and oil tankers*, International Association of Classification Societies, London, United Kingdom.
- [6] Vu V.T, Yang P. (2017), *Effect of corrosion on the ship hull of a double hull very large crude oil carrier*, Journal of Marine Science and Application, Vol.16(3), pp.334-343.
- [7] Vu V.T, Yang P., Doan V.T (2018), *Effect of uncertain factors on the hull girder ultimate vertical bending moment of bulk carriers*, Ocean Engineering, Vol.148, pp.161-168.
- [8] Paik J.K, Kim S.K, Lee S.K (1998), *Probabilistic corrosion rate estimation model for longitudinal strength members of bulk carriers*, Ocean Engineering, Vol.25(10), pp.837-860.
- [9] Paik J.K, Lee J.M, Park Y.I, Hwang J.S, Kim C.W (2003), *Time-variant ultimate longitudinal strength of corroded bulk carriers*, Marine Structures, Vol.16(8), pp.567-600.
- [10] Vũ Văn Tuyền, Lê Văn Hạnh, Đỗ Quang Thắng (2020), *Phương pháp đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố bất định lên độ bền tới hạn của tàu*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 61(1), tr.28-32.
- [11] Ikeda A., Yao T., Kitamura O., Yamamoto N., Yoneda M., Ohtsubo H. (2001), *Assessment of ultimate longitudinal strength of aged tankers*, Practical Design of Ships and Other Floating Structures, Vol.2, pp.997-1003.
- [12] Kim D.K, Park D.K, Park D.H, Kim H.B, Kim B.J, Seo J.K, Paik J.K (2012), *Effect of corrosion on the ultimate strength of double hull oil tankers - Part II: Hull girders*, Structural Engineering and Mechanics, Vol.42(4), pp.531-549.
- [13] Kim D.K, Kim H.B, Zhang X.M, Li C.G, Paik J.K (2014), *Ultimate strength performance of tankers associated with industry corrosion addition practices*, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, Vol.6(3), pp.507-528.
- [14] Kim D.K, Liew M.S, Youssef S.A.M, Mohd M.H, Kim H.B, Paik J.K (2014), *Time-dependent ultimate strength performance of corroded FPSOs*, Arabian Journal for Science and Engineering, Vol.39(11), pp.7673-7690.
- [15] Vũ Văn Tuyền, Nguyễn Thị Thu Quỳnh (2019), *Tính toán mô men uốn dọc tới hạn của kết cấu thân tàu bằng phương pháp phân bố ứng suất*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 57, tr.59-62.
- [16] Vũ Văn Tuyền, Đỗ Quang Quận (2023), *Đánh giá ảnh hưởng của biến dạng ban đầu đến độ bền tới hạn của kết cấu thân tàu*, Tạp chí Khoa học công nghệ Giao thông vận tải, Số 11(4), tr.1-10.
- [17] Vu V.T, Yang P. (2018), *Tool for Predicting the Ultimate Bending Moment of Ship and Ship-Shaped Hull Girders*, Journal of Shanghai Jiao Tong University (Science), Vol.23(4), pp.515-526.
- [18] Vũ Văn Tuyền, Đỗ Quang Quận, Đỗ Quang Thắng (2023), *Đánh giá thay đổi của đặc trưng hình học mặt cắt ngang và mô-men uốn dọc chung tới hạn khi thay đổi lượng bổ sung cho mòn gỉ*, Tạp chí Giao thông vận tải, Số 736 (Tháng 12/2023), tr.100-104.
- [19] ISSC (2012), *Committee III.1 Ultimate Strength, 18th International Ship and Offshore Structures Congress*, Rostock, Germany.

Ngày nhận bài: 27/12/2023

Ngày nhận bản sửa: 10/01/2024

Ngày duyệt đăng: 15/01/2024