

Ảnh hưởng của điều kiện khí hậu đến tốc độ ăn mòn thép các bon trong khí quyển ven biển Đồ Sơn

Hoàng Lâm Hồng, Nguyễn Thị Thanh Nga, Đinh Thị Duyên, Nguyễn Văn Trang

Viện Khoa học vật liệu, viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam – số 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

TỪ KHOẢ	TÓM TẮT
Ăn mòn khí quyển Ăn mòn thép các bon Khí quyển biển Tỷ lệ thời gian khô/ướt	Tốc độ ăn mòn khí quyển của thép các bon phụ thuộc rất nhiều vào đặc điểm của môi trường khí quyển. Ảnh hưởng của các thông số khí hậu đến quá trình ăn mòn khí quyển thép các bon khác nhau tùy thuộc vào vị trí địa lý. Nghiên cứu này trình bày sự ảnh hưởng của điều kiện khí quyển đến quá trình ăn mòn khí quyển thép các bon tại vùng ven biển Đồ Sơn, Hải Phòng. Các kết quả nghiên cứu cho thấy ảnh hưởng mạnh mẽ của thời gian lưu ẩm, tỷ lệ thời gian khô/ướt, nhiệt độ và hướng gió chính thổi từ biển vào đến quá trình ăn mòn thép các bon ở Đồ Sơn.

1. Giới thiệu

Thép các bon (CS) là loại vật liệu được sử dụng rộng rãi trong các kết cấu thép xây dựng, thiết bị, đường ống công nghiệp. Phần lớn các công trình này đều được sử dụng trong môi trường khí quyển. Do đó, ăn mòn khí quyển thép các bon gây tổn thất lớn cho nền kinh tế và giảm thiểu ăn mòn là một vấn đề được quan tâm hàng đầu khi thiết kế cũng như sử dụng các kết cấu thép các bon.

Tốc độ ăn mòn khí quyển của kim loại ở giai đoạn đầu có ảnh hưởng rất lớn đến tốc độ ăn mòn trong thời gian dài. Như đã biết, ăn mòn khí quyển thép các bon là một quá trình điện hóa, do đó, nó phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện khí hậu của môi trường khí quyển [1-5]:

- Tốc độ ăn mòn (TĐAM) khí quyển các kim loại sẽ tăng lên trong điều kiện khí quyển có thời gian lưu ẩm bề mặt TOW dài (time of wetness- thời gian ướt- là khoảng thời gian không khí có độ ẩm tương đối $RH > 80\%$ và nhiệt độ $T > 0^{\circ}C$);
- TĐAM của thép cũng tăng đột biến trong điều kiện khí quyển có $RH > 80\%$ và chứa đồng thời tạp khí SO_2 và bụi [6,7];
- Lượng mưa có ảnh hưởng hai mặt tới TĐAM khí quyển: mưa làm giảm TĐAM kim loại vì đã rửa trôi tạp chất và bụi bẩn; mặt khác, mưa làm tăng thời gian lưu ẩm trên bề mặt nên nó là tăng TĐAM kim loại.
- Các tạp khí trong khí quyển như độ muối khí quyển và hàm lượng khí SO_2 có ảnh hưởng gia tốc đến TĐAM kim loại nói

chung. Vì vậy, TĐAM thép CS thường rất lớn ở vùng khí quyển biển (có độ muối lớn) và vùng khí quyển công nghiệp (có hàm lượng khí SO_2) lớn.

Quận Đồ Sơn – thành phố Hải Phòng là khu vực nằm ven biển phía Bắc, chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của biển và điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa nên các tháng trong năm có điều kiện khí hậu và môi trường rất khác nhau, dẫn đến TĐAM vật liệu khác nhau theo từng tháng. Đồ Sơn cũng là khu vực phát triển du lịch biển của Hải Phòng, các hoạt động xây dựng diễn ra rất phổ biến. Đối với các công trình xây dựng, trong quá trình thi công, rất nhiều các kết cấu thép bị phơi trong khí quyển ở trạng thái trần (không được bảo vệ). Thời gian thi công có thể kéo dài từ một vài tháng đến một vài năm nên các tổn thất do ăn mòn khí quyển thép các bon là điều khó tránh khỏi. Do đó, xác định được ảnh hưởng của điều kiện khí quyển đến quá trình ăn mòn khí quyển thép CS sẽ lựa chọn được khoảng thời gian trong năm mà TĐAM thép CS thấp nhất, từ đó làm giảm thiểu các thiệt hại do ăn mòn gây ra.

2. Mẫu và phương pháp nghiên cứu

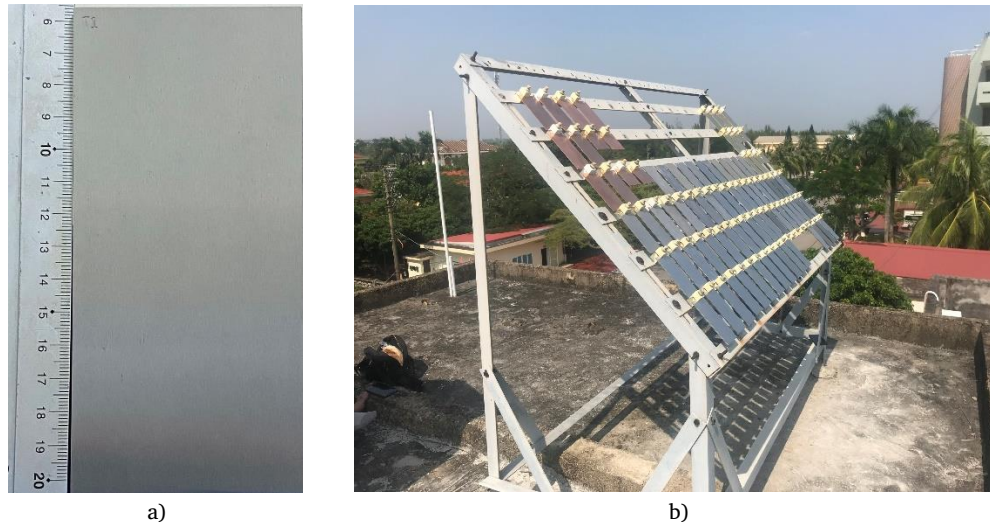
2.1. Mẫu nghiên cứu

Mẫu thép các bon (CS) kích thước 100x75mm có thành phần hóa học như trong bảng 1. Trước khi thử nghiệm, bề mặt mẫu được mài nhẵn bằng giấy mài có độ nhám 600, làm sạch bằng cồn công nghiệp và cân khối lượng ban đầu bằng cân có độ chính xác 0,01g. Hình ảnh mẫu trước khi thử nghiệm được đưa ra trong hình 1a dưới đây.

*Liên hệ tác giả: honghl@ims.vast.ac.vn

Nhận ngày 25/10/2023, sửa xong ngày 05/11/2023, chấp nhận đăng ngày 26/12/2023

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2024.621>



Hình 1. Hình ảnh mẫu thép CS trước thử nghiệm (a) và giá phơi mẫu thử nghiệm tại Đồ Sơn (b).

Bảng 1. Thành phần hóa học của mẫu thử nghiệm, % khối lượng.

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
CS lượng	0,1534	0,3412	1,4798	0,0169	0,0043	0,0514	0,0605	0,0251
	Al	Co	Cu	Ti	V	W	Fe	
CS	0,0358	0,0048	0,024	0,0036	<0,0020	<0,0300	97,72	

2.2. Phương pháp thử nghiệm

Thử nghiệm ăn mòn khí quyển trong điều kiện không có mái che tại Trạm Nghiên cứu biển Đồ Sơn, quận Đồ Sơn, thành phố Hải Phòng được thực hiện theo tiêu chuẩn ISO 8565 [7]. Mẫu được phơi nghiêng 45°, mặt mẫu hướng ra biển (hình 1b). Chu kì thử nghiệm mẫu là một (01) tháng, số chu kì thử nghiệm là 12 (từ tháng 10/2022 đến hết tháng 10/2023), số mẫu thử nghiệm trong một chu kì là 03 mẫu.

Các thông số khí hậu: nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm, thời gian lưu ẩm TOW, số giờ nắng, tốc độ hướng gió chính được thu thập tại trạm khí tượng Phù Liễn, Hải Phòng (gần khu vực thử nghiệm).

2.3. Phương pháp xác định tốc độ ăn mòn thép các bon

Sau khi thử nghiệm, các mẫu kim loại được loại bỏ lớp sản phẩm ăn mòn theo tiêu chuẩn ISO 8407 [9] ở nhiệt độ phòng bằng dung dịch HCl 1:1 và chất ức chế ăn mòn urotropin 3,5g/l. Sau đó, mẫu được rửa sạch trong dòng nước chảy, rửa lại bằng nước cất, cồn tuyệt đối, thấm khô, sấy, giữ trong bình hút ẩm 24 giờ sau đó cân xác định khối lượng còn lại.

Tồn hao khối lượng (THKL) do ăn mòn trên một đơn vị diện tích bề mặt được xác định theo phương pháp quy định trong tiêu chuẩn ISO 9226 [10], sử dụng cân có độ chính xác tới 0,01g và tính theo công thức sau:

$$THKL = \frac{\Delta m}{S} \quad (1)$$

trong đó:

THKL: Tồn hao khối lượng do ăn mòn, g/m²

$\Delta m = m_1 - m_2$ với:

m_1 : Khối lượng mẫu trước khi thử nghiệm, g.

m_2 : Khối lượng mẫu sau khi tẩy sản phẩm ăn mòn, g.

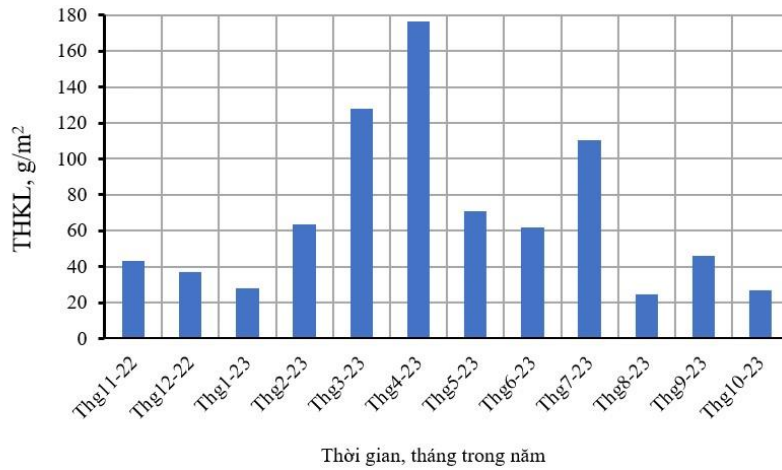
S: Diện tích bề mặt mẫu thử nghiệm, m².

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tồn hao khối lượng do ăn mòn thép các bon tại Đồ Sơn

THKL do ăn mòn thép các bon theo từng tháng tại Đồ Sơn trong thời gian từ tháng 11/2022 đến hết tháng 10/2023 được đưa ra trong hình 3.

Các kết quả thử nghiệm cho thấy THKL do ăn mòn khác nhau rõ rệt theo từng tháng thử nghiệm: THKL có xu hướng tăng dần trong các tháng mùa xuân và tăng cao nhất vào thời điểm tháng 4; trong khoảng thời gian thử nghiệm, THKL thấp nhất vào tháng 8/2023. Như vậy, tốc độ ăn mòn thép CS ở Đồ Sơn phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện khí quyển của từng tháng trong năm. Ảnh hưởng riêng rẽ và tổng hợp của các yếu tố khí hậu và tạp khí trong khí quyển đến quá trình ăn mòn thép CS tại Đồ Sơn sẽ được bàn luận chi tiết trong phần tiếp theo của bài báo.



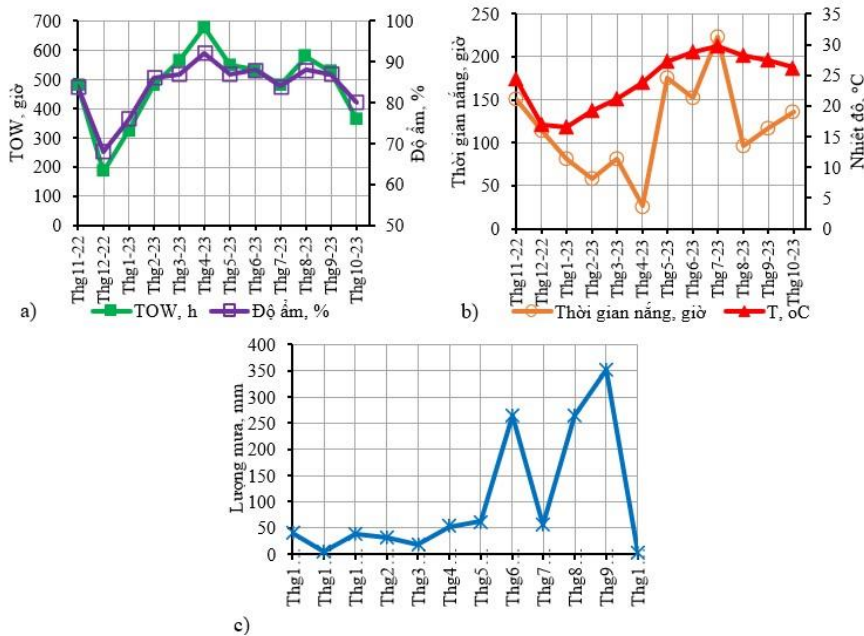
Hình 3. THKL do ăn mòn của thép các bon tại Đồ Sơn.

3.2. Biến thiên của các thông số khí hậu ở Đồ Sơn trong thời gian từ 01/11/2022 đến 31/10/2023

Biến thiên của các thông số khí hậu ở Đồ Sơn trong thời gian từ 01/11/2022 đến 31/10/2023 trong hình 4 cho thấy:

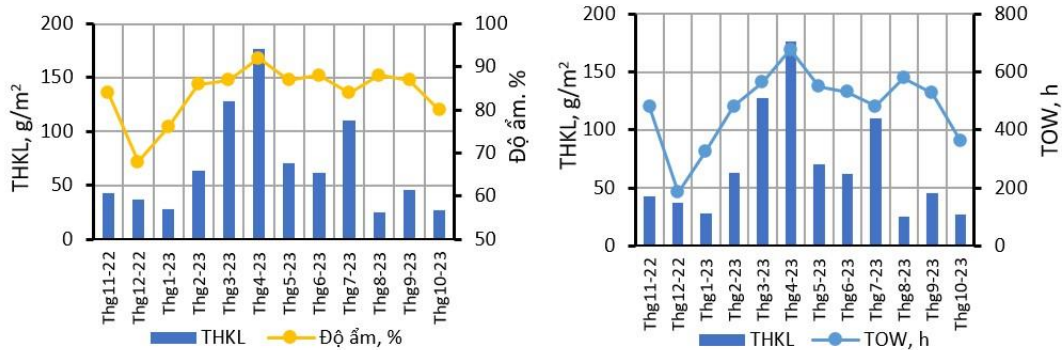
- Độ ẩm và thời gian lưu ẩm TOW tại Đồ Sơn cao nhất vào thời điểm tháng 4/2023 và thấp nhất vào tháng 12/2022. Từ tháng 3 đến tháng 9, độ ẩm và TOW có xu hướng cao hơn các tháng khác trong khoảng thời gian thử nghiệm (h.4a).

- Nhiệt độ có tăng dần từ tháng 1 và đạt cực đại vào tháng 8/2023; thời gian nắng có xu hướng giảm dần từ tháng 11/22 và đạt cực tiểu vào tháng 4/2023 (26,4 giờ). Thời gian nắng nhiều nhất vào tháng 7/2023 (223,1 giờ), sau đó giảm mạnh vào tháng 8 (96,6 giờ) và tăng nhẹ từ tháng 8 đến tháng 10 – hình 4b.
- Lượng mưa từ tháng 11/2022 đến tháng 5/2023 đều thấp; mưa nhiều vào các tháng 6, 8 và 9/2023; tháng 12/2022 và 10/2023 gần như không có mưa, lượng mưa trong thời gian này dưới 5mm – hình 4c.



Hình 4. Biến thiên của các thông số khí hậu ở Đồ Sơn trong thời gian từ 11/2022 đến hết 10/2023 (nguồn số liệu: Tổng cục Khí tượng Thủy văn).

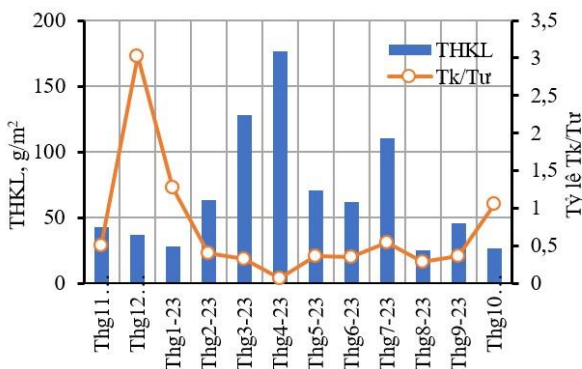
3.3. Ảnh hưởng của điều kiện khí hậu đến quá trình ăn mòn thép CS tại Đồ Sơn



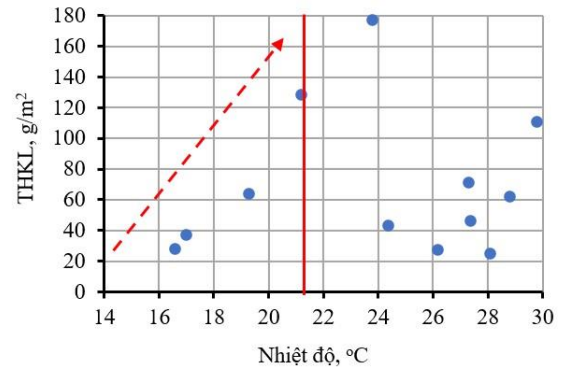
Hình 5. Ảnh hưởng của độ ẩm và TOW đến THKL do ăn mòn thép CS tại Đồ Sơn.

Trong khoảng thời gian từ tháng 11/2022 đến tháng 7/2023, THKL do ăn mòn thép CS có xu hướng biến thiên tỷ lệ thuận với biến thiên của độ ẩm và TOW (hình 5): THKL do ăn mòn lớn nhất vào tháng 4/2023 – thời điểm khí quyển Đồ Sơn có độ ẩm và TOW lớn nhất trong năm. Ở điều kiện khí quyển biển và ẩm ướt của các tháng này, màng điện ly có hoạt tính ăn mòn cao luôn tồn tại trên bề mặt thép, gia tốc quá trình ăn mòn thép CS. Điều này phù hợp với các kết quả nghiên cứu về ăn mòn khí quyển thép CS trên thế giới [1-5].

Ảnh hưởng của độ ẩm không khí đến tốc độ ăn mòn thép CS cũng có thể được đánh giá thông qua tỷ lệ giữa thời gian khô Tk (thời gian không khí có độ ẩm < 80 %) và thời gian ướt Tư (thời gian không khí có độ ẩm ≤ 80 %). Hình 6 cho thấy khi khí quyển có thời gian khô ngắn (tỷ lệ Tk/Tư < 0,5), bề mặt thép thường xuyên ở trạng thái ướt, THKL do ăn mòn tăng – giảm theo biến thiên của tỷ lệ này và đạt cực đại vào tháng 4/2023 khi Tk/Tư nhỏ nhất.



Hình 6. Ảnh hưởng của tỷ lệ Tk/Tư đến THKL ăn mòn thép CS ở Đồ Sơn.



Hình 7. Mối quan hệ giữa nhiệt độ không khí và THKL do ăn mòn thép CS ở Đồ Sơn.

Nhiệt độ khí quyển có ảnh hưởng hai chiều đến tốc độ ăn mòn kim loại. Một mặt, nhiệt độ làm tăng tốc độ của các phản ứng điện hóa, dẫn đến làm tăng tốc độ ăn mòn vật liệu. Mặt khác, nhiệt độ làm tăng tốc độ bay hơi của màng ẩm trên bề mặt kim loại, làm giảm thời gian thấm ướt bề mặt và tốc độ ăn mòn giảm khi nhiệt độ tăng. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình ăn mòn thép CS ở Đồ Sơn được đưa ra trong hình 7. Các số liệu thực nghiệm cho thấy ở Đồ Sơn, khi nhiệt độ dưới 24°C, tốc độ ăn mòn thép CS tăng theo chiều tăng của nhiệt độ; khi nhiệt độ > 24°C, quá trình ăn mòn đều giảm nhưng xu thế ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình ăn mòn thép CS không rõ ràng. Giới hạn nhiệt độ này cao hơn so với giới hạn đã công bố trên thế giới ảnh hưởng của nhiệt độ đến ăn mòn thép CS: tốc độ ăn mòn thép tăng theo nhiệt độ khi nhiệt độ < 11°C và giảm khi nhiệt độ tăng nếu khí quyển có nhiệt độ > 11°C [11]. Các số liệu thử nghiệm tại Đồ Sơn cho thấy THKL do ăn mòn thép CS lớn nhất vào tháng 4/2023 – tháng có nhiệt độ không khí trung bình là 23,8°C.

Vị trí trạm thử nghiệm ăn mòn khí quyển thép CS nằm gần bờ biển khu I, Vạn Sơn thuộc thị xã Đồ Sơn (hình 8), do đó, quá trình ăn mòn sẽ chịu ảnh hưởng mạnh của biển. Các hướng gió thổi từ biển vào sẽ đem theo hơi ẩm và các sol khí (không khí có lẫn các giọt nước biển

nhỏ li ti) nên sẽ làm tăng tốc độ ăn mòn vật liệu kim loại. Ngược lại, các hướng gió thổi từ đất liền ra sẽ làm giảm ảnh hưởng của các hướng gió biển, không gia tốc quá trình ăn mòn. Bảng 2 là thống kê các hướng gió chính thổi tại Đồ Sơn ở từng tháng thử nghiệm. Các hướng gió chính thổi từ biển vào Đồ Sơn gồm: hướng Nam (S), Đông Nam (SE),

Đông Đông Nam (ESE); hướng gió thổi từ đất liền ra bao gồm: hướng Bắc Đông Bắc (NNE), Tây Bắc. Như vậy, từ tháng 2/2023 đến tháng 7/2023, các hướng gió chính từ biển thổi vào hoạt động mạnh mẽ tại Đồ Sơn – điều này góp phần làm cho tốc độ ăn mòn khí quyển thép CS ở thời gian này lớn hơn so với các tháng còn lại của thử nghiệm.



Hình 8. Vị trí trạm thử nghiệm Đồ Sơn.

Bảng 2. Thống kê hướng gió chính hàng tháng tại Đồ Sơn.

(Nguồn số liệu: Tổng cục Khí tượng Thủy văn)

Thời gian	11/2022	12/2022	1/2023	2/2023	3/2023	4/2023
Hướng gió chính	SE	NNE	NNE	ESE	SE	ESE
THKL	43.01	36.96	27.78	63.40	127.94	176.69
Thời gian	5/2023	6/2023	7/2023	8/2023	9/2023	10/2023
Hướng gió chính	SE	SSE	SE	S	NW	NNE
THKL	70.79	62.05	110.44	24.87	45.92	26.88

(Ghi chú: E- hướng đông, W- hướng Tây, S- hướng Nam, N- hướng Bắc)

4. Kết luận

Ảnh hưởng của điều kiện khí quyển đến quá trình ăn mòn vật liệu là tác động tổng hợp và hỗ trợ lẫn nhau. Thử nghiệm ăn mòn thép các bon theo chu kỳ tháng trong khí quyển ven biển Đồ Sơn từ 11/2022 đến tháng 10/2023 cho thấy:

- Ăn mòn khí quyển thép các bon tại Đồ Sơn phụ thuộc mạnh vào điều kiện khí quyển nên tốc độ ăn mòn khác nhau theo từng tháng trong năm.
- Trong khoảng thời gian từ tháng 2/2023 đến tháng 7/2023, khí quyển Đồ Sơn có độ ẩm lớn, thời gian lưu ẩm dài nên tỷ lệ Tk/Tư nhỏ, thêm vào đó là sự hoạt động mạnh mẽ của hướng gió từ biển thổi vào nên tốc độ ăn mòn thép các bon ở tháng đầu tiên thử nghiệm cao hơn các tháng còn lại trong năm.
- Nhiệt độ tới hạn ảnh hưởng gia tốc hoặc kìm hãm đến quá trình ăn mòn thép ở Đồ Sơn là 24°C. Tốc độ ăn mòn thép các bon ở Đồ Sơn cao nhất vào tháng 4/2023 – là thời điểm có: độ ẩm lớn nhất, thời gian lưu ẩm dài nhất, tỷ lệ Tk/Tư nhỏ nhất và nhiệt độ không khí là 24°C.

- Tốc độ ăn mòn thép CS tại Đồ Sơn thấp hơn vào các tháng 11/2022 đến 1/2023 và 8/2023 đến 10/2023. Ở các thời điểm này, khí quyển Đồ Sơn có thời gian thấm ướt bề mặt ngắn hơn, nhiệt độ cao (> 24°C) và các hướng gió chính đều thổi theo hướng từ đất liền ra biển.

Tài liệu tham khảo

- [1]. ASM Handbook, Corrosion, Vol.13
- [2]. M. Morcillo, D. de la Fuente, I. Díaz, H. Cano, "Atmospheric corrosion of mild steel", Rev. Metal. Madrid 47 (2011) 426-444.
- [3]. Christofer Leygraf and Thomas Graedel, "The atmospheric corrosion of Iron and Low alloy steels", Atmospheric Corrosion, A John Wiley & Sons, INC Publication (2000) 281-294.
- [4]. V. Kucera, E. Mattsson, "Atmospheric corrosion", in: F. Mansfeld (Ed.), Corrosion Mechanisms, Marcel Dekker, New York, 1987, pp. 211-284.
- [5]. D. de la Fuente, I. Díaz, J. Simancas, B. Chico, M. Morcillo, "Long-term atmospheric corrosion of mild steel", Corros. Sci. 53 (2011) 604-617.
- [6]. W.H.J. Vernon, "A laboratory study of the atmospheric corrosion of metals. Part I. – The corrosion of copper in certain synthetic atmospheres, with particular reference to the influence of sulphur dioxide in air of various relative humidities", Trans. Faraday Soc. 27 (1931) 255-277.

- [7]. W.H.J. Vernon, "A laboratory study of the atmospheric corrosion of metals. Part II. Iron: The primary oxide film. Part III. The secondary product or rust (Influence of sulphur dioxide, carbon dioxide, and suspended particles on the rusting of iron)", Trans. Faraday Soc. 31 (1935) 1668–1700.
- [8]. ISO 8565, "Metals and alloys – Atmospheric corrosion testing – General requirements"
- [9]. ISO 8407, "Metals and alloys – procedure for removal of corrosion products from corrosion test specimens".
- [10]. ISO 9226, "Corrosion of Metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity".
- [11]. J. Tidblad, A.A. Mikhailov and Kucera, "Application of a model for Prediction of Atmospheric corrosion in Tropical Environments, Marine Corrosion in Tropical Environments", ASTM STP 1399, S.W.Dean, G.Hernandez-Duque Delgadillo and J.B.Bushman, Eds., American Society For Testing and Materials, Wet Conshohocken, PA (2000), 18-31.