

# NGHIÊN CỨU ĐỘ BỀN ĂN MÒN TIẾP XÚC CỦA THÉP KẾT CẤU CHẾ TẠO CỬA VAN TRÊN CÔNG TRÌNH THỦY LỢI VÙNG NƯỚC LỢ

Trần Văn Khanh<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Hệ thống cửa van là hạng mục rất quan trọng trong công trình thủy lợi ven biển được chế tạo từ nhiều loại thép kết cấu khác nhau. Bản chất của quá trình ăn mòn cửa van là ăn mòn điện hoá do sự không đồng nhất về vật liệu trong môi trường xâm thực. Bên cạnh đó, cửa van còn chịu ảnh hưởng trực tiếp của quá trình ăn mòn vi sinh. Nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào việc xác định ảnh hưởng của tỷ lệ kết cấu đến độ bền ăn mòn tiếp xúc của vật liệu chế tạo cửa van, các yếu tố môi trường và thủy triều cũng được xem xét. Mục tiêu chính của nghiên cứu là tìm ra tỷ lệ kết cấu thích hợp để giảm thiểu ăn mòn cho công trình.

Trong nghiên cứu này, các mẫu được chế tạo từ hai loại vật liệu CCT38 và SUS 304 với các tỷ lệ kết cấu khác nhau đã được thí nghiệm. Các phương pháp phân tích định tính và định lượng đã được áp dụng để đánh giá độ bền ăn mòn tiếp xúc của thép kết cấu chế tạo cửa van.

**Từ khóa:** Ăn mòn tiếp xúc, nước lợ, tỷ lệ kết cấu, Diêm Điền, Trà Linh.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cửa van vùng ven biển là công trình ngăn mặn giữ ngọt, vừa làm việc trong điều kiện chịu tải trọng nặng nề, vừa phải chịu tác dụng xâm thực mạnh của môi trường nước, đặc biệt là nước lợ. Trong điều kiện làm việc khắc nghiệt, các kết cấu thép của cửa van bị ăn mòn nghiêm trọng và hệ thống cửa van bị xuống cấp nhanh chóng, làm ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả khai thác của công trình.

Nước lợ cũng là môi trường có độ dẫn điện cao nên ăn mòn tiếp xúc trong nước lợ rất quan trọng và có ảnh hưởng lớn trong quá trình phá huỷ kết cấu. Các cặp pin ăn mòn sẽ được hình thành khi ta sử dụng các kim loại có điện thế khác nhau hay kim loại đa pha. Sự chênh lệch điện thế giữa các cặp pin ăn mòn càng lớn thì tốc độ ăn mòn càng tăng, khi đó các kim loại có điện thế điện cực nhỏ hơn sẽ bị ăn mòn.

Các kết cấu cửa van thường rất phức tạp và được chế tạo từ nhiều loại vật liệu khác nhau như dầm chính, dầm phụ, bản mặt, gối xoay, gối đỡ... nên sự xuất hiện của ăn mòn tiếp xúc là không thể tránh khỏi. Do vậy, để hạn chế quá trình ăn mòn tiếp xúc đòi hỏi phải tính toán tỷ lệ sử dụng của các loại vật liệu và từ đó thiết kế công trình sao cho tốc độ ăn

mòn tiếp xúc là nhỏ nhất.

Các kết quả khảo sát cũng cho thấy nồng độ NaCl của môi trường thay đổi theo vùng và theo mùa. Mùa khô nồng độ muối tăng và độ pH giảm, mùa mưa có xu hướng ngược lại nên cũng ảnh hưởng đáng kể đến quá trình ăn mòn.

## II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

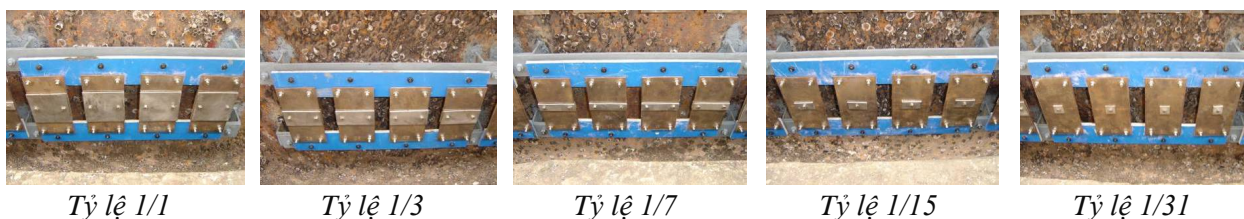
### 2.1. Chuẩn bị mẫu

Quá trình nghiên cứu ăn mòn tiếp xúc được tiến hành giữa cặp vật liệu SUS 304 và CCT38 được lấy trực tiếp từ các cửa van trên công trình thủy lợi:

- + Thép SUS 304 được lấy từ cửa van và khe van công trình thủy điện Sơn la (Nhà máy Cơ khí Thủy lợi).
- + Thép CCT38 được lấy từ cửa van cống Diêm Điền – Thái Bình.

Các mẫu nghiên cứu ăn mòn tiếp xúc được chế tạo theo các tỷ lệ diện tích bề mặt thép SUS 304/CCT38 khác nhau là: 1/1, 1/3, 1/7, 1/15 và 1/31 (hình 1).

Tại mỗi tỷ lệ các mẫu thép SUS 304 được gắn chặt vào hai mặt của thép CCT38 bằng ốc vít và trước khi tiến hành thử nghiệm, các mẫu được mài cùng độ nhẵn, đánh số để phân biệt, lau sạch bằng cồn và cân để xác định khối lượng mẫu ban đầu.



Hình 1. Mẫu nghiên cứu thử nghiệm tại hiện trường

<sup>1</sup>Trường Đại học Thủy Lợi

## 2.2. Hiện trường thử nghiệm

Đặc điểm cơ bản của môi trường nước lợ vùng ven biển là có nồng độ thay đổi trong phạm vi rộng. Để kết quả nghiên cứu thử nghiệm có độ tin cậy đảm bảo, tác giả đã tiến hành lựa chọn 2 vùng thử nghiệm có độ mặn khác nhau (vùng có độ mặn cao và vùng có độ mặn thấp), có các đặc điểm môi trường đặc trưng cho vùng đồng bằng sông Hồng.

### ❖ Hiện trường thử nghiệm vùng độ mặn thấp

Qua khảo sát một số công trình thủy lợi như: cống Cái Tát, cống Ba Gian, cống Cầu Xe, cống Trà Linh II, cống Dục Dương... ta nhận thấy đây đều là công trình thuộc vùng có độ mặn thấp (nồng độ NaCl < 1%). Ta chọn cống Trà Linh II thuộc huyện Thái Thụy, tỉnh Thái Bình có nhiều điểm thuận lợi như:

+ Môi trường nước có nồng độ NaCl đủ thấp (độ dẫn điện thấp).

+ Có kích thước van đủ lớn thuận lợi cho việc lắp đặt và tháo dỡ mẫu.

+ Gần cống Diêm Điền là điểm có thể thử nghiệm ở vùng có độ mặn cao.

### ❖ Hiện trường thử nghiệm vùng độ mặn cao

Khảo sát một số công trình thủy lợi như: cống Thiên Kiều, cống Tân Bồi, cống Diêm Điền... ta nhận thấy đây đều là công trình thuộc vùng có độ mặn cao (NaCl > 1,5%). Ta chọn cống Diêm Điền thuộc huyện Thái Thụy, tỉnh Thái Bình có nhiều điểm thuận lợi như:

+ Môi trường nước có nồng độ NaCl cao (độ dẫn điện cao).

+ Có kích thước van đủ lớn, thuận lợi cho việc lắp đặt, tháo dỡ mẫu.

+ Có cửa van điều tiết phía đồng: Có thể lắp đặt lấy mẫu mà không phụ thuộc vào thủy triều nhờ việc sử dụng hệ thống cửa van điều tiết này.

+ Gần cống Trà Linh II là điểm có thể lựa chọn thử nghiệm ở vùng có độ mặn thấp.

Khi tiến hành thử nghiệm hiện trường, để có được kết quả chính xác tại vùng nước lợ mà kết cấu phải làm việc, các mẫu sẽ được gắn treo trực tiếp ngay trên các cửa van.

## 2.3. Lắp đặt mẫu tại hiện trường

- Lắp đặt tại cửa van Trà Linh II: Để tránh hiện tượng ăn mòn tiếp xúc, các mẫu được gắn lên tấm composit và các tấm composit này được gắn lên giá đã được hàn trực tiếp trên bản mặt của các cửa van bằng bu lông thép không gỉ. Hình 2 trình bày tổng thể các mẫu thép được lắp đặt tại vùng thủy triều và vùng ngập nước cửa van Trà Linh II – Thái Bình.



a) Vùng thủy triều      b) Vùng ngập nước

Hình 2. Lắp mẫu trên cửa van Trà Linh II

- Lắp đặt tại cửa van Diêm Điền: Việc lắp đặt mẫu tại cửa van Diêm Điền cũng được tiến hành tương tự như tại cửa van Trà Linh II, các mẫu được lắp đặt như trong hình 3.



Hình 3. Lắp mẫu trên cửa van Diêm Điền

Vùng thủy triều (vùng phía trên)

Vùng ngập nước (vùng phía dưới)

## 2.4. Phương pháp phân tích định tính

Cơ sở của phương pháp là quan sát sự thay đổi bề mặt mẫu theo thời gian do hà hà, do ăn mòn bằng mắt thường và chụp ảnh kỹ thuật số, phân tích trên máy tính với độ phóng đại từ 5 ÷ 10 lần.

## 2.5. Phương pháp tổn thất khối lượng

Tốc độ ăn mòn là một chỉ tiêu quan trọng trong đánh giá mức độ ăn mòn kim loại. Hiện nay, để đánh giá tốc độ ăn mòn thì có nhiều phương pháp khác nhau tùy thuộc vào mục đích và đối tượng nghiên cứu. Ở bài báo này tác giả đã sử dụng phương pháp trọng lượng để xác định tốc độ ăn mòn của vật liệu thép kết cấu, đây là phương pháp đơn giản nhưng cho kết quả có độ chính xác cao và hiện đang được nhiều nước trên thế giới sử dụng.

Cơ sở của phương pháp khối lượng là dựa trên sự thay đổi khối lượng của mẫu nghiên cứu trên một đơn vị diện tích bề mặt trong một đơn vị thời gian. Tốc độ ăn mòn khối lượng được xác định theo biểu thức sau:

$$P_{\text{kh}} = \frac{m_1 - m_2}{S.t} = \frac{\Delta m}{S.t}, \text{ [g/m}^2 \cdot \text{năm]}$$

$$P_{tn} = \frac{P_{khl}}{\rho}, [\mu\text{m}/\text{năm}]$$

Trong đó:

- $P_{khl}$  : Tốc độ ăn mòn khối lượng,  $[\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{năm}]$   
 $P_{tn}$  : Tốc độ thâm nhập,  $[\mu\text{m}/\text{năm}]$   
 $m_1$  : Khối lượng mẫu trước khi bị ăn mòn,  $[\text{g}]$   
 $m_2$  : Khối lượng mẫu sau khi bị ăn mòn,  $[\text{g}]$   
 $S$  : Diện tích bề mặt mẫu,  $[\text{m}^2]$   
 $t$  : Thời gian,  $[\text{năm}]$ .  
 $\rho_{KL}$  : Tỷ trọng kim loại,  $[\text{g}/\text{cm}^3]$ .

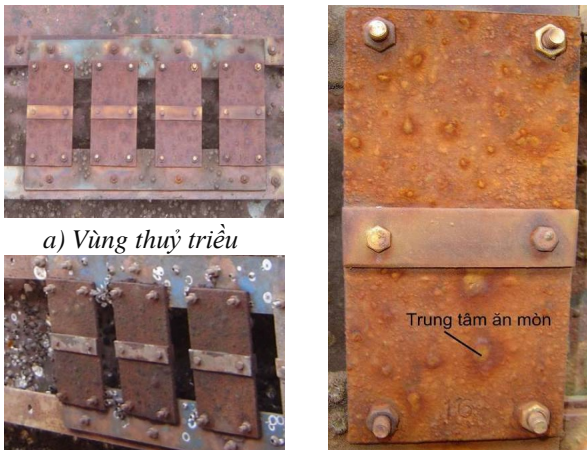
### III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Đánh giá định tính

Để nghiên cứu ảnh hưởng của độ mặn đến tốc độ ăn mòn, ta tiến hành quan sát mẫu tại 2 vùng có độ mặn khác nhau là cửa van Trà Linh II và cửa van Diêm Điền.

Sau một tháng thử nghiệm, quan sát các mẫu ta thấy rằng bề mặt đã bị đổi màu và xuất hiện nhiều trung tâm ăn mòn, ngoài ra tại vùng ngập nước, ta còn thấy có sự xuất hiện của hà, hà bám vào bề mặt, điều này có thể làm cho dạng ăn mòn vi sinh phát triển mạnh.

Mặt khác, khi so sánh bề mặt mẫu khi nghiên cứu



Hình 4. Mẫu sau 1 tháng thử nghiệm tại Trà Linh II

tại cửa van Trà Linh II và cửa van Diêm Điền ở cùng thời điểm 1 tháng thử nghiệm, tại cùng vùng thủy triều thì bề mặt mẫu thử nghiệm tại Diêm Điền sự xuất hiện của các trung tâm ăn mòn nhiều hơn khá rõ.

Tiếp theo sau 6, 12 và 18 tháng thử nghiệm, quan sát bề mặt mẫu trên các hình 6-8 ta thấy hầu hết bề mặt các mẫu đã hình thành lớp sản phẩm ăn mòn che kín bề mặt, cùng với thời gian thì lớp sản phẩm này sẽ càng dày lên nhưng cùng với đó là sự bám vào ngày càng nhiều của hà, hà và bùn đất.

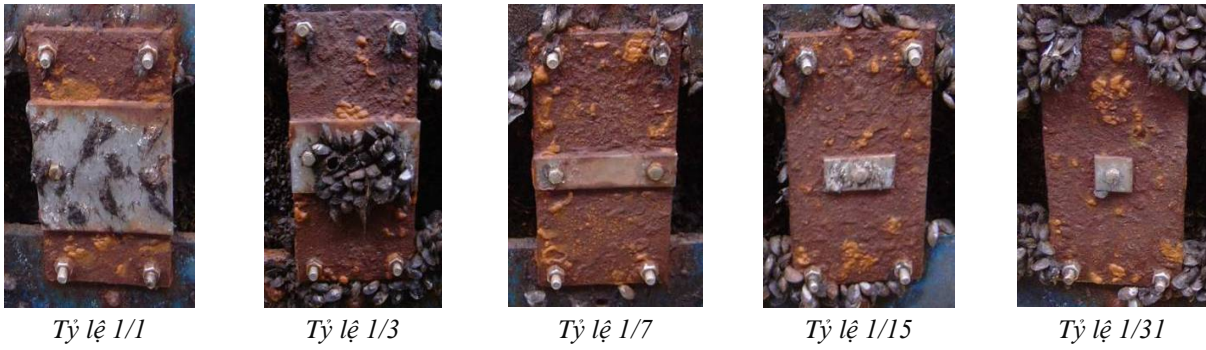
Sự xuất hiện của lớp sản phẩm ăn mòn che phủ bề mặt mẫu có thể ngăn cản sự thâm nhập của oxy vào bề mặt mẫu, do đó làm giảm quá trình catốt và dẫn tới làm giảm tốc độ ăn mòn. Tuy nhiên, trên bề mặt mẫu lại tồn tại hà, hà và bùn đất bám vào do đó sẽ thúc đẩy quá trình ăn mòn vi sinh đối với mẫu. Vì vậy, để có kết quả chính xác hơn về ảnh hưởng của các yếu tố này thì ta tiến hành lấy mẫu về làm sạch bùn đất, hà, hà và tẩy rỉ sau đó quan sát sự ăn mòn của bề mặt mẫu dưới lớp che phủ. Hình 9 mô tả sự ăn mòn bề mặt các mẫu theo tỷ lệ khác nhau sau khi được làm sạch.



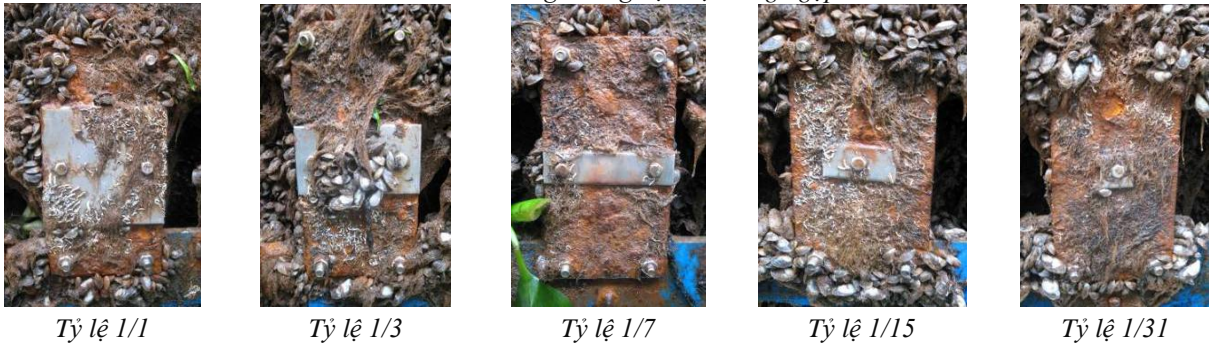
Hình 5. Mẫu sau 1 tháng thử nghiệm tại Diêm Điền



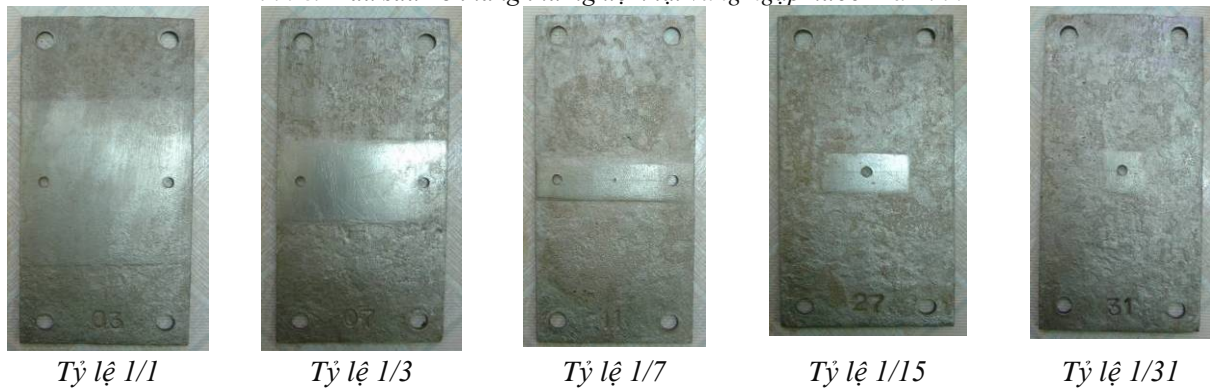
Hình 6. Mẫu sau 6 tháng thử nghiệm tại vùng ngập nước Trà Linh II



Hình 7. Mẫu sau 12 tháng thử nghiệm tại vùng ngập nước Trà Linh II



Hình 8. Mẫu sau 18 tháng thử nghiệm tại vùng ngập nước Trà Linh II



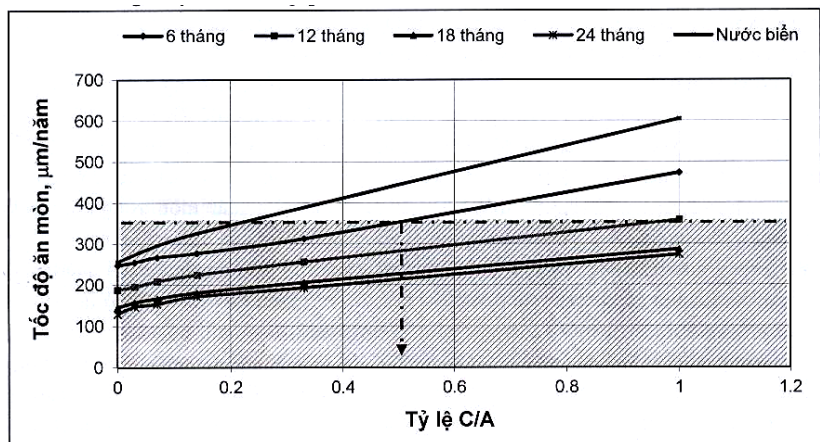
Hình 9. Bề mặt các mẫu 18 tháng sau khi làm sạch (vùng ngập nước cống Trà Linh II)

Quan sát bề mặt sau làm sạch, ta thấy các mẫu bị ăn mòn khá rõ và nhìn chung các mẫu có tỷ lệ catốt/anốt (C/A) càng lớn thì bị ăn mòn càng nhiều. Phần bề mặt tiếp xúc giữa thép không gỉ và thép CCT38 hầu như không bị ăn mòn, do đó khi tính tỷ lệ C/A cần xem xét hiệu chỉnh phần bề mặt này.

### 3.2. Đánh giá định lượng

Để tiếp tục làm sáng tỏ hơn ảnh hưởng của môi trường và thời gian thử nghiệm đến tốc độ ăn mòn, ta tiến hành đánh giá định lượng đối với các mẫu thử nghiệm tại 2 cống Trà Linh II và Diêm Điền ở vùng thủy triều và ngập nước. Hình 10 trình bày ảnh hưởng của tỷ lệ C/A đến tốc độ ăn mòn thép kết cấu ở vùng ngập nước với thời gian thử nghiệm khác

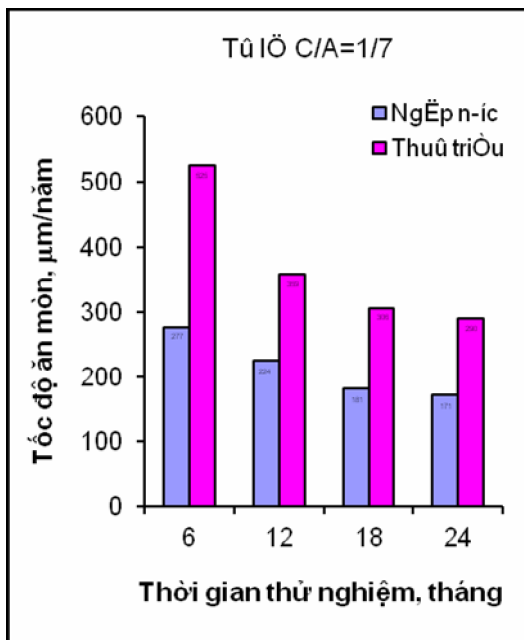
nhau. Trong hình là tỷ lệ của bề mặt thép SUS 304 và thép CCT38 sau khi đã hiệu chỉnh phần không ăn mòn quan sát được trong hình 9.



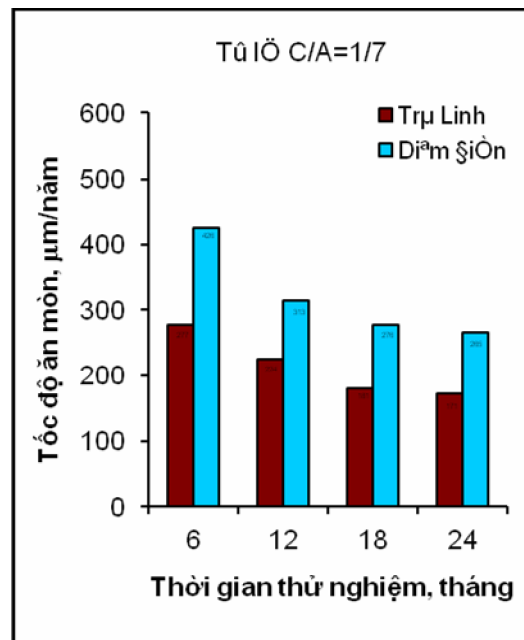
Hình 10. ảnh hưởng của tỷ lệ kết cấu đến tốc độ ăn mòn khi nghiên cứu tại hiện trường cống Trà Linh II

Các kết quả trên hình 10 đã cho thấy, tỷ lệ kết cấu C/A của các mẫu thử ăn mòn tiếp xúc càng giảm thì tốc độ ăn mòn sẽ càng giảm. Khi tỷ lệ C/A là khoảng 1/2 thì tốc độ ăn mòn giảm khoảng 1,5 lần so với tỷ lệ C/A là 1/1 và lớn hơn gần 1,5

lần khi tỷ lệ C/A là 1/31. Sau khoảng 6 tháng thử nghiệm thì tốc độ ăn mòn của mẫu có C/A = 1/2 đã giảm xuống trong khoảng 300 ÷ 350  $\mu\text{m}/\text{năm}$  đảm bảo yêu cầu về tốc độ ăn mòn cho các kết cấu thép làm việc ở vùng nước lợ.



Hình 11. Ảnh hưởng của vùng ngập nước và thủy triều đến tốc độ ăn mòn tiếp xúc tại cống Trà Linh II



Hình 12. Ảnh hưởng của môi trường thử nghiệm đến tốc độ ăn mòn tiếp xúc ở vùng ngập nước

Kết quả nhận được trên hình 11 đã chỉ ra rằng, khi các kết cấu có cùng tỷ lệ C/A làm việc trong cùng một môi trường thì tại vùng thủy triều sẽ có tốc độ ăn mòn cao hơn hẳn (1,5 ÷ 2,0 lần) so với vùng ngập nước. Nguyên nhân của hiện tượng này liên quan đến tác dụng khô ướt theo chu kỳ và vùng giàu  $\text{O}_2$  trên bề mặt của nước đã thúc đẩy quá trình ăn mòn ở vùng này.

Ngoài ra, qua các kết quả nghiên cứu ta cũng nhận thấy rằng khi nồng độ môi trường thay đổi thì cũng sẽ làm thay đổi tốc độ ăn mòn tiếp xúc. Hình 12 đã cho thấy rằng, khi các mẫu có cùng tỷ lệ C/A ở vùng nghiên cứu như nhau thì môi trường có độ mặn cao (cống Diêm Điền) có tốc độ ăn mòn tiếp xúc lớn hơn (1,2 ÷ 1,5) lần so với môi trường có độ mặn thấp (cống Trà Linh II).

#### IV. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu trên, có thể rút ra một

số kết luận sau:

- Khi sử dụng nhiều loại thép kết cấu khác nhau chế tạo cửa van thì sẽ gây nên hiện tượng ăn mòn tiếp xúc do có sự chênh lệch điện thế điện cực giữa các loại thép.
- Qua nghiên cứu ảnh hưởng của các tỷ lệ bề mặt mẫu thép SUS 304/CCT38 đã cho thấy rằng khi giảm dần tỷ lệ C/A thì tốc độ ăn mòn sẽ giảm dần.
- Kết quả cũng chỉ ra rằng với tỷ lệ  $C/A \leq 1/2$  thì tốc độ ăn mòn nhỏ, khá ổn định. Do vậy, khi tính toán thiết kế cửa van ta nên chú ý lựa chọn tỷ lệ kết cấu trong phạm vi này để giảm thiểu ăn mòn trong khi vẫn kết hợp được ưu điểm của mỗi loại thép.
- Tại vùng thủy triều quá trình ăn mòn xảy ra mạnh hơn (1,5 ÷ 2,0) lần so với vùng ngập nước.
- Nồng độ môi trường cũng ảnh hưởng mạnh đến tốc độ ăn mòn, môi trường có độ mặn càng cao thì tốc độ ăn mòn tiếp xúc xảy ra càng mạnh.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. W. A. Schultze, Phan Lương Cầm (1985), *Ăn mòn và Bảo vệ Kim loại*. Trường Đại học Bách khoa Hà nội và Trường Đại học Kỹ thuật Delft (Hà lan).

2. Alain Galerie, Nguyễn Văn Tư (2002), *Ăn mòn và Bảo vệ Vật liệu*; NXB KH&KT.
3. PGS.TS. Nguyễn Đình Tân (2011), Báo cáo tổng kết đề tài “*Nghiên cứu các giải pháp nâng cao tuổi thọ của cửa van trong công trình thủy lợi vùng nước mặn*”, Trường Đại học Thủy Lợi.
4. Trần Văn Khanh (2009), Luận văn thạc sỹ khoa học, *Nghiên cứu độ bền ăn mòn của thép kết cấu chế tạo cửa van trong công trình thủy lợi vùng ven biển*, Đại học Bách khoa Hà Nội.
5. Nguyễn Đình Tân, *Nghiên cứu tính chất điện hóa của thép kết cấu trong môi trường nước mặn*, Tạp chí khoa học kỹ thuật Thủy lợi & Môi trường, Trang 39-43, Số 29, 6-2010.
6. PGS.TS Đỗ Văn Hứa, PGS.TS Vũ Thành Hải, TS. Nguyễn Đình Tân (2003), *Báo cáo kết quả điều tra cơ bản: Điều tra khảo sát sự ăn mòn kim loại của cửa van trong hệ thống công trình thủy lợi*, Trường Đại học Thủy Lợi.
7. Denny A.J (1992), *Principles and Prevention of Corrosion*; Macmillan Publishing Company, New York.
8. E.E. Stansbury and R.A. Buchanan (2000), *Fundamentals of electrochemical corrosion*, ASM International, Materials Park, Ohio.
9. Robert Baboian and Sheldon W. Dean (1990), *Corrosion testing and evaluation*, ASTM, Philadelphia, PA.
10. Pierre R. Roberge (2000), *Handbook of corrosion engineering*, McGraw-Hill, New York.

### Summary

#### RESEARCHING ON GALVANIC CORROSION STABILITY OF STRUCTURAL STEELS FOR MANUFACTURING THE GATE ON IRRIGATION STRUCTURES IN THE BRACKISH WATER AREAS

*Gate system is very important category in coastal irrigation structure manufactured from many different types of steel structures. The nature of the gate corrosion process is electrochemical corrosion due to the heterogeneity of materials in aggressive environments. In addition, the gate is directly influenced by microbial corrosion process. This study is mainly focused on determination the effect of the structural ratios on galvanic corrosion durability of materials for manufacturing gate, in addition, environmental and tide factors are also considered. The main trust of this study is to search for the appropriate structure ratio to minimize corrosion for work.*

*In the experiments, samples made from two CCT38 and SUS 304 materials with different structural ratios have been tested. The methods of qualitative and quantitative analyses have been applied to evaluate the galvanic corrosion stability of structural steels for manufacturing the gate.*

**Keywords:** *Galvanic corrosion, brackish water, structural ratio, Diem Dien, Tra Linh*

---

*Người phân biện:* **PGS. TS. Nguyễn Đình Tân**

*BBT nhận bài:* 09/9/2013  
*Phản biện xong:* 17/9/2013