

THÔNG BÁO KHOA HỌC

**NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ BỌC COMPOSITE ĐỂ TĂNG TUỔI THỌ  
CHO CÁC KẾT CẤU THÉP CACBON LÀM VIỆC  
TRONG MÔI TRƯỜNG BIỂN**

**RESEARCH TECHNOLOGY OF USING COMPOSITE COATING TO WRAP  
PROTECTION OF STRUCTURAL CARBON STEEL TO INCREASE WORKING LIFE  
WORK IN MARINE ENVIROMENT**

Phan Quang Nhữ<sup>1</sup>

Ngày nhận bài: 08/3/2012; Ngày phản biện thông qua: 25/7/2012; Ngày duyệt đăng: 12/9/2012

**TÓM TẮT**

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu bước đầu về khả năng có thể sử dụng vật liệu composite để bọc bảo vệ, chống ăn mòn các kết cấu thép làm việc trong môi trường biển. Phương pháp gia công lớp phủ composite bảo vệ được sử dụng là phương pháp trát lớp bằng tay có sử dụng lớp lót Primers để tăng độ bám dính của lớp phủ composite lên trên nền thép cần bảo vệ.

Từ khóa: lớp phủ composite, kết cấu thép làm việc trong môi trường biển, bọc bảo vệ

**ABSTRACT**

This paper presents the result of initial findings on the possibility of using composite materials to wrap protection against corrosion of structural steel work in the marine environment. The method of processing composite coating is plastered with layers of hand-lining using primer to increase adhesion of the composite coatings on steel substrates to be protected.

Keywords: composite coatings, structural steel work in marine enviroment, wrap protection

**I. ĐẶT VẤN ĐỀ**

Thực tế sử dụng các kết cấu thép, các trang thiết bị máy móc thường được bảo vệ bằng sơn phủ [1], [5], [7]. Mặc dù được đầu tư nghiên cứu khá lớn nhưng các loại sơn phủ chỉ có tác dụng bảo vệ với mức độ khá hạn chế các bề mặt không làm việc, với tuổi thọ khá ngắn, đặc biệt khi làm việc trong môi trường biển.

Bọc bảo vệ bề mặt kim loại bằng nhựa (polyme) là giải pháp được nhiều cơ sở kỹ thuật sử dụng. Tuy nhiên, công nghệ này mới chỉ được áp dụng cho kết cấu kim loại dân dụng làm việc trong môi trường không khí bình thường (bọc giỏ và đèo hàng xe máy...). Công nghệ này khi áp dụng cho kết cấu thép làm việc trong môi trường biển thường bị rỉ

và bong tróc rất nhanh, thậm chí một số hỗn hợp nhựa còn gây ăn mòn kim loại khá mạnh. Ngoài ra, việc bọc nhựa thông thường không tạo được độ bền bề mặt đủ lớn cho các bề mặt thiết bị kỹ thuật, kết cấu thép. Điều này chỉ có thể khắc phục nếu phủ lên các bề mặt làm việc kết cấu thép bằng vật liệu composite. Chính vì vậy, việc “nghiên cứu khả năng bọc composite cho các kết cấu thép cacbon làm việc trong môi trường biển” là rất cần thiết. Nội dung nghiên cứu trên vật liệu composite sợi thủy tinh, nền vinylester với tỉ lệ pha trộn và công nghệ bọc phủ phù hợp để có khả năng bảo vệ lâu dài kết cấu thép, góp phần hoàn thiện công nghệ bảo vệ bề mặt các thiết bị kỹ thuật, kết cấu thép làm việc trong môi trường biển.

<sup>1</sup> ThS. Phan Quang Nhữ: Trung tâm Thí nghiệm thực hành - Trường Đại học Nha Trang

**II. ĐỐI TƯỢNG, VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

**1. Đối tượng nghiên cứu**

Vật liệu composite có khả năng bảo vệ chống ăn mòn các kết cấu thép làm việc trong môi trường biển. Vật liệu composite theo yêu cầu phải kín, không ngấm nước, chịu được một số tải trọng tác dụng nhất định, ít bị phá hủy theo thời gian, đặc biệt

phải bám dính tốt vào bề mặt thép cần bảo vệ khi làm việc trong môi trường biển.

**2. Vật liệu**

Vật liệu được lựa chọn để gia công lớp phủ composite bảo vệ là loại composite cốt sợi thủy tinh ngắn, nền vinyleste có thành phần cấu tạo và đặc điểm như sau:

**Bảng 1. Vật liệu sợi - sợi E glass của Hàn Quốc**

Loại sợi thủy tinh	Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	Ứng suất kéo (MPa)	Môđun đàn hồi (GPa)	Đường kính sợi (μm)
E lựa - Mat 300	2,56	3600	72	15

**Bảng 2. Vật liệu nền - nhựa Swancor 901 thương phẩm Đài Loan**

Loại resin	Khối lượng riêng (g/cm <sup>3</sup> )	Mô đun đàn hồi (GPa)	Ứng suất kéo (MPa)	Ứng suất nén (MPa)	V co (%)	Độ nhớt (cps)
Swancor 901	1,04 (±0.01)	3,2	125	80	7,5 ÷ 8	450 (±100)

- Chất đóng rắn: Chọn chất đóng rắn là TETA (trietylentetramin), đây là loại alkylene amin không biến tính, thuộc hệ đóng rắn nguội được dùng phổ biến trên thị trường hiện nay. Tỷ lệ % trọng lượng giữa chất đóng rắn TETA với Swancor 901 đã được các nhà sản xuất quy định là 10%.

- Lớp lót primer: đóng vai trò kết dính giữa lớp phủ composite và vật liệu thép nền cần bảo vệ. Theo tính chất nhựa nền ta sử dụng lớp Swancor

984M Primers làm lớp lót trước khi phủ composite. Theo nhà sản xuất, lớp lót này có chức năng như màng kết dính, tạo liên kết giữa lớp phủ composite và thép cacbon cần bảo vệ.

Các thành phần vật liệu composite lựa chọn như trên khi phân tích lý thuyết chúng có các đặc điểm thỏa mãn theo yêu cầu bảo vệ của lớp bọc phủ đặt ra.

**3. Các thiết bị nghiên cứu chính**

**Bảng 3. Danh mục các thiết bị phục vụ thử nghiệm**

STT	Máy - Thiết bị	Nước sản xuất
1	Máy đo chiều dày lớp phủ elcometer 456 (0 - 30mm)	Anh
2	Máy đo độ nhám bề mặt elcometer 224---E (0 - 500mm)	Anh
3	Thiết bị phun bi, phun cát, gồm: Bồn phun cát 200 lít, bình tách ẩm, van cát, dây phun cát, béc phun cát	Việt Nam
4	Máy thử kéo, uốn, nén HOUNSFEILD H50K - S	Anh
5	Máy thử kéo SANS CHT 4206	Anh
6	Máy thử va đập Tinius Olsen, thang đo từ 0 ÷ 460 J	Mỹ
7	Thiết bị đo tổng trở điện hóa - kiểm tra ăn mòn Auotlab PGS.30	

**4. Phương pháp nghiên cứu**

Phương pháp nghiên cứu dựa trên kết quả thực nghiệm để kiểm chứng việc phân tích và lựa chọn các thành phần vật liệu theo lý thuyết, nội dung tiến hành thực nghiệm như sau:

- Dựa vào kinh nghiệm thực tế và kết quả nghiên cứu [2], tỉ lệ phần trăm sợi và nền theo thực nghiệm đảm bảo vật liệu đạt độ bền cao nhất, đồng thời đảm bảo kín nước theo tỉ lệ: 40% sợi + 60% resin, với tỉ lệ xúc tác bằng 10% khối lượng resin.

- Phương pháp xử lý bề mặt để tăng độ bám dính của lớp phủ composite lên bề mặt thép cần bảo vệ:

+ Phun cát tạo độ nhám bề mặt đạt giá trị trung bình là: 60mm [6].

+ Phốt phát hóa bề mặt sau khi tạo nhám vừa làm sạch bề mặt, cộng với sự có mặt của H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> sẽ tác dụng làm thụ động bề mặt thép (tăng khả năng chống ăn mòn) [3].

Với các lựa chọn xử lý trên, số mẫu tiến hành

thí nghiệm như sau:

- Thực nghiệm cơ tính: kéo, uốn, va đập - mỗi loại 5 mẫu:  $3 \times 5 = 15$  mẫu.

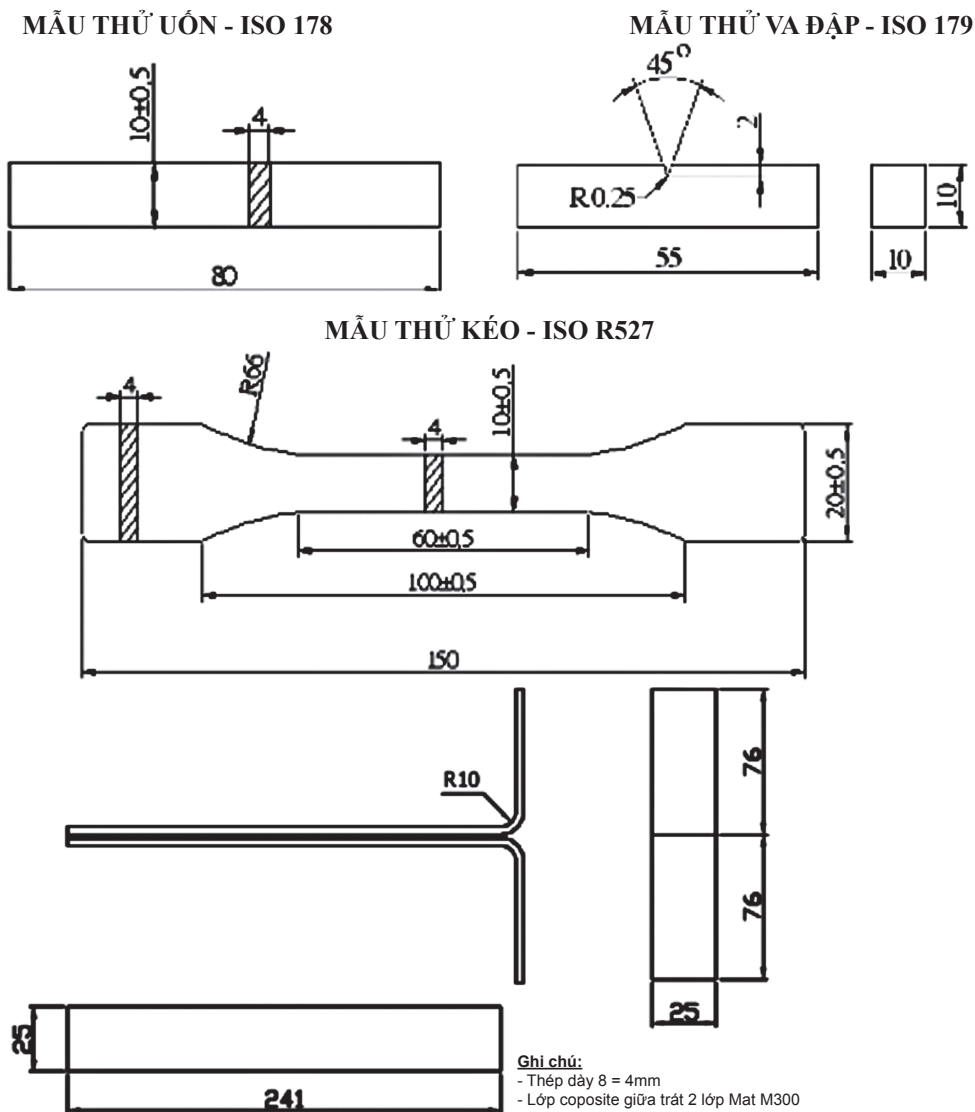
- Thực nghiệm độ bám dính: mẫu được xử lý sạch và tạo độ nhám bằng phun cát, phủ composite, gồm loại phủ composite và loại phủ composite + lớp lót primers Swancor 984M - mỗi loại 5 mẫu:  $2 \times 5 = 10$  mẫu.

- Thực nghiệm ăn mòn và hấp phụ nước: loại mẫu được phủ 1 lớp Mat, 1 lớp lụa và mẫu 2 Mat, 1 lụa + 2 phương pháp xử lý mẫu (không phot phát hóa và phot phát hóa) - mỗi loại 6 mẫu:  $2 \times 2 \times 6 = 24$  mẫu.

Tổng số lượng mẫu là: **49 mẫu**.

**Kết cấu mẫu thử:**

- Mẫu thử cơ tính:



**Kích thước mẫu thử bám dính theo tiêu chuẩn ASTM**

**Hình 1. Kích thước các loại mẫu thử nghiệm theo tiêu chuẩn ISO và ASTM**

- Mẫu thử nghiệm ăn mòn: phủ composite kín trên thép tấm 150x100x4 (mm) và có các ký hiệu sau. Mỗi loại mẫu có 6 mẫu.

- + CT3-X1 : mẫu xử lý phun cát, không phot phát hóa, bọc composite 1 lớp Mat, 1 lớp lụa
- + CT3-X2 : mẫu xử lý phun cát, không phot phát hóa, bọc composite 2 lớp Mat, 1 lớp lụa
- + CT3-XPh1 : mẫu xử lý phun cát, phot phát hóa, bọc composite 1 lớp Mat, 1 lớp lụa
- + CT3-XPh2 : mẫu xử lý phun cát, phot phát hóa, bọc composite 2 lớp Mat, 1 lớp lụa

**III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN**

**1. Kết quả nghiên cứu**

- Kiểm tra cơ tính vật liệu composite được thực hiện tại Viện nghiên cứu chế tạo tàu thủy - Trường

ĐH Nha Trang trên thiết bị thử kéo, uốn của Anh: HOUNSFEILD H50K - S, thử va đập của Mỹ: Tinius Olsen, thang đo từ 0 ÷ 460 Jun. Phương pháp thử: TCVN 6282 - 2003. Kiểm nghiệm cơ tính nhằm xác định tải trọng mà lớp phủ bảo vệ có thể chịu được.

**Bảng 4. Kết quả tổng hợp thử nghiệm cơ tính**

Giá trị trung bình thử nghiệm	Kích thước mẫu (mm)		Ứng suất (MPa)	Mô đun đàn hồi (MPa)	Vật liệu
	Rộng	Dày			
Thử kéo	10.4±0.1	3.1±0.1	110±1	6430±5	Nhựa Swancor 901 + Mat 300
Thử uốn	9.94±0.05	3.06±0.05	187±0.1	6318±5	
Thử va đập	10	10	<b>Năng lượng hấp thụ (J)</b> 4.76±0.05		

- Kiểm nghiệm bám dính mục đích xác định khả năng bám dính của lớp phủ composite với vật liệu nền cần bảo vệ. Phương pháp thử theo ASTM D1876 - 95, trên thiết bị thử kéo, uốn của Anh: SANS - CHT - 4206.

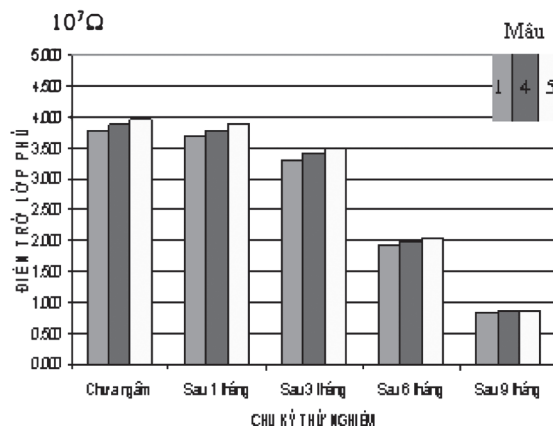
**Bảng 5. Kết quả tổng hợp thử nghiệm bám dính**

Giá trị trung bình thử nghiệm	Ứng suất tách lớp (Mpa)
Mẫu không có lớp primers	1.05±0.05
Mẫu có lớp lót primers	2.5±0.05

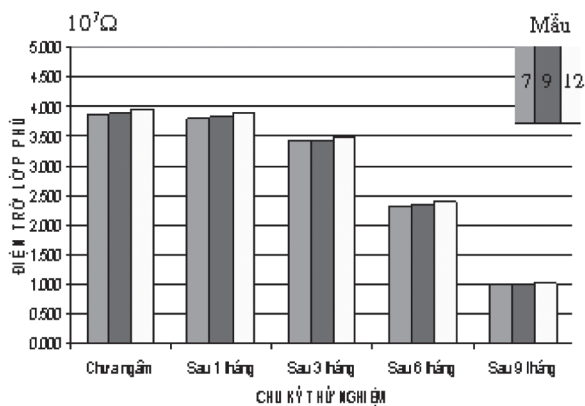
- Việc đánh giá sự thay đổi tính năng bảo vệ mẫu sau mỗi chu kỳ thử nghiệm có thể tiến hành bằng phương pháp điện hóa như nhiễu điện hóa (*electrochemical noise*) hay tổng trở điện hóa (*electroimpedance*)... Phương pháp tổng trở điện hóa được sử dụng rộng rãi bởi vì nó khá đơn giản và hữu hiệu [4]. Đo tổng trở điện hóa trên thiết bị đo tổng trở điện hóa - kiểm tra ăn mòn Autolab PGS.30.

**Bảng 6. Tổng hợp kết quả đo điện hóa sau 4 chu kỳ**

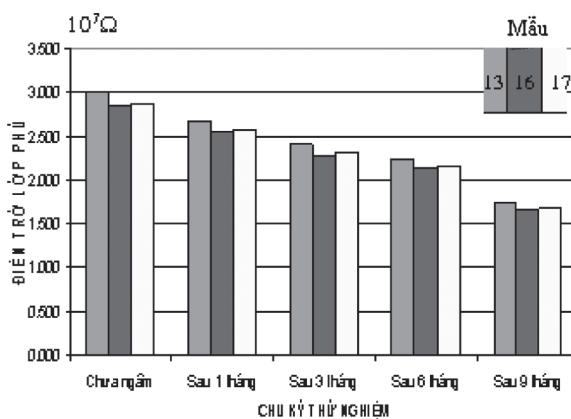
Loại mẫu	Mẫu số	R <sub>f</sub> x 10 <sup>7</sup> Ω	Sau 1 tháng	Sau 3 tháng	Sau 6 tháng	Sau 9 tháng
CT <sub>3</sub> -X1	1	3.753	3.685	3.306	1.931	0.828
	4	3.863	3.793	3.403	1.987	0.853
	5	3.965	3.894	3.493	2.040	0.875
CT <sub>3</sub> -X2	7	3.876	3.806	3.414	2.335	1.002
	9	3.897	3.827	3.433	2.348	1.007
	12	3.961	3.890	3.489	2.387	1.024
CT <sub>3</sub> -XPh1	13	2.998	2.677	2.401	2.243	1.747
	16	2.845	2.541	2.279	2.128	1.658
	17	2.879	2.571	2.306	2.154	1.678
CT <sub>3</sub> -XPh2	19	2.856	2.830	2.691	2.498	2.315
	20	2.769	2.744	2.609	2.422	2.245
	21	2.764	2.739	2.604	2.417	2.241



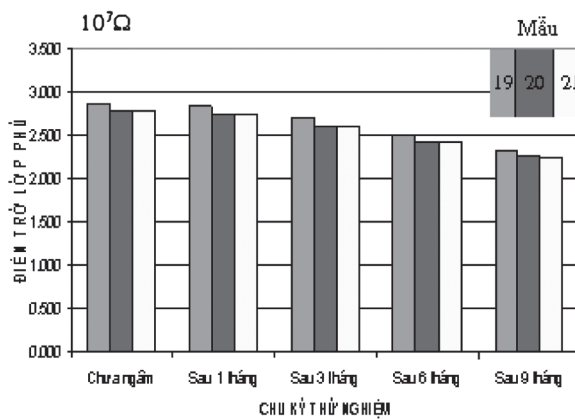
Hình 2. Sự thay đổi điện trở lớp phủ của mẫu CT3-X1 sau ngâm 9 tháng



Hình 3. Sự thay đổi điện trở lớp phủ của mẫu CT3-X2 sau ngâm 9 tháng



Hình 4. Sự thay đổi điện trở lớp phủ của mẫu CT3-XPh1 sau ngâm 9 tháng



Hình 5. Sự thay đổi điện trở lớp phủ của mẫu CT3-XPh2 sau ngâm 9 tháng

**2. Thảo luận**

- Khi khảo sát sự biến dạng tương đối giữa thép cacbon và lớp phủ composite, trong trường hợp tổng quát ta có:  $\{s\} = \{e\}.E$  với  $\{e\}$  là biến dạng dài cho phép. Do đó, ứng suất lớn nhất mà lớp composite phải chịu tương ứng với biến dạng cho phép của thép là:  $\{s\} = 0,2\% \times 6.430 = 12,860$  (MPa)  $\ll 110$  (MPa). Nếu xét biến dạng, biến dạng của composite lớn hơn rất nhiều so với biến dạng của thép.

Với các thông số phân tích về cơ tính như trên, lớp phủ đảm bảo đủ “dẻo, dai” và bền. Nghĩa là lớp phủ composite ban đầu bám chặt vào bề mặt thép, khi làm việc không bị trượt ra, tách lớp. Với kết cấu thép làm việc thời gian dài, khi xảy ra tách lớp thì lớp phủ vẫn có tác dụng bảo vệ, chống ăn mòn tốt vì lớp phủ không bị nứt, hư hỏng (phá hủy) khi chịu biến dạng cùng với thép đến giá trị biến dạng tính toán bền của thép là 0,2%.

- Đối với mẫu có sử dụng lớp keo lót swancor

984M, ứng suất tách lớp lớn hơn nhiều ( $>2,4$  lần) so với mẫu sử dụng composite không có lớp keo lót.

- Dựa vào kết quả tổng hợp đo điện hóa và phổ tổng trở của các mẫu thử nghiệm ăn mòn (ngâm trong môi trường biển tự nhiên) nhận thấy với chu kỳ ngâm 9 tháng, tất cả các loại mẫu gồm: CT<sub>3</sub>-X1, CT<sub>3</sub>-X2, CT<sub>3</sub>-XPh1, CT<sub>3</sub>-XPh2 đều chưa thấy xuất hiện ăn mòn.

- Theo đồ thị hình 2, hình 3 thì điện trở của lớp phủ giảm mạnh nhất là của 2 loại mẫu CT<sub>3</sub>-X1, CT<sub>3</sub>-X2. Hai loại mẫu này có cùng phương pháp xử lý bề mặt thép và không được phốt phát hóa. Trong cùng 1 loại mẫu thì loại chiều dày lớn (CT<sub>3</sub>-X2, CT<sub>3</sub>-XPh2) có điện trở giảm ít hơn so với loại có chiều dày nhỏ (CT<sub>3</sub>-X1, CT<sub>3</sub>-XPh1).

- Cũng theo kết quả đồ thị hình 2, hình 3, loại mẫu không phốt phát hóa (CT<sub>3</sub>-X1, CT<sub>3</sub>-X2) có điện trở giảm mạnh sau 9 tháng ngâm. Nếu tiếp tục ngâm với chu kỳ 15, 18 tháng thì có thể

xuất hiện ăn mòn. Điều này có thể khẳng định với mẫu có xử lý phốt phát hóa trong dung dịch  $H_3PO_4$  khả năng xuất hiện ăn mòn thấp hơn so với mẫu không phốt phát hóa.

#### IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

##### 1. Kết luận

- Với lớp phủ làm từ vật liệu composite sợi thủy tinh, nhựa vinyleste có các thành phần vật liệu theo tỉ lệ 40% sợi/60 nhựa, khối lượng xúc tác bằng 10% khối lượng nhựa hoàn toàn đáp ứng được các chỉ tiêu về biến dạng tương đối ( $\epsilon$ ) so với thép, và chỉ tiêu độ bền ( $s$ ) mà yêu cầu đề tài đặt ra. Ngoài ra với lớp phủ composite, bề mặt làm việc của kết cấu thép có thể chịu được năng lượng va đập đến 5.2 J mà không bị bong tróc.

- Để tăng khả năng bám dính của lớp phủ vào thép, có thể sử dụng lớp lót Swancor 984M làm "keo dán". Với lớp lót này, khả năng bám dính của lớp phủ được tăng lên đáng kể (tăng >2,4 lần so với lớp phủ composite không có lớp lót). Đồng thời với việc sử dụng lớp lót thì chuẩn bị bề mặt thép đạt độ nhám theo quy định cũng có ý nghĩa vô cùng quan trọng để nâng cao độ bám dính của lớp phủ vào kết cấu thép.

- Để tăng khả năng bảo vệ của lớp phủ, bảo vệ kết cấu thép lâu bị ăn mòn nhất, cần phải phốt phát hóa kết cấu thép cần phủ trong dung dịch phốt phát  $H_3PO_4$ . Lớp phủ này có tác dụng làm thụ động hóa bề mặt thép, đồng thời giúp liên kết tốt hơn giữa lớp

phủ composite và bề mặt kết cấu thép cần bảo vệ.

Với các kết quả đạt được nêu trên, chúng ta nhận thấy với vật liệu composite có các thành phần được lựa chọn như trong đề tài nghiên cứu hoàn toàn có thể sử dụng để bọc phủ bảo vệ các kết cấu thép làm việc trong môi trường biển.

##### 2. Kiến nghị

- Tăng thời gian thử nghiệm tự nhiên lên nhiều chu kỳ - đến 24, 30 tháng hoặc nhiều hơn nữa đến khi xuất hiện hiện tượng tách lớp và xuất hiện ăn mòn. Lúc đó mới có kết luận chính xác hiện tượng khi tách lớp thì lớp phủ có khả năng bảo vệ chống ăn mòn hay không. Qua đó kết luận tuổi thọ của lớp phủ composite và đưa ra kiến nghị sử dụng lớp phủ composite để bọc bảo vệ kết cấu thép làm việc trong môi trường biển hợp lý.

- Bên cạnh phương pháp đo điện hóa để xác định thời điểm xuất hiện ăn mòn, cần phải kết hợp với phương pháp chụp ảnh điện tử hiển vi quét (SEM) để phân tích sự thay đổi cấu trúc tế vi của lớp phủ. Từ sự thay đổi cấu trúc tế vi, chúng ta có thể đề xuất các biện pháp nghiên cứu nâng cao nhằm hoàn thiện khả năng ứng dụng của đề tài. Đối với các lớp phủ hữu cơ chịu lực, đặc biệt là lớp phủ composite cần phải có thử nghiệm uốn với tải trọng thay đổi nhằm xác định xem với bao nhiêu chu kỳ dao động, biên độ dao động bao nhiêu thì lớp phủ bị phá hủy (nứt), mất khả năng bảo vệ. Qua đó có kết luận chính xác về khả năng bảo vệ của lớp phủ.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Alain Galerie, PGS.TS Nguyễn Văn Tư (2008), *Ăn mòn và bảo vệ kim loại*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội
2. Nguyễn Thanh Lộc, *Ăn mòn và bảo vệ vật liệu*, Đại học Quốc gia TP.HCM
3. Sở Khoa học và Công nghệ Khánh Hòa (2008), "*Báo cáo đề tài xử lý chống ăn mòn kim loại cho các công trình ven biển Khánh Hòa*"
4. Tiêu chuẩn ISO 8501-1
5. Trịnh Anh Trúc - Nguyễn Tuấn Dung (2006), *Nghiên cứu lớp phủ bảo vệ chống ăn mòn cho thép cacbon trên cơ sở polyurethan và hợp chất phot pho*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ (Tập 44, số 2)
6. Trịnh Xuân Sên (2006), *Ăn mòn và bảo vệ kim loại*, NXB Đại học Quốc gia
7. Vũ Phương (2010), *Nghiên cứu công nghệ tạo vật liệu composite đảm bảo khả năng đúc áp lực bơm nước biển*, Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật, Trường Đại học Nha Trang