

MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU TÍNH CHẤT CƠ LÝ VÀ KHẢ NĂNG CHỐNG HÀ CỦA HỆ SON EPOXY SỬ DỤNG NANOCOMPOSITE AgCu-SiO₂

Đỗ Đình Trung^{1*}, Đỗ Thanh Văn², Võ Thanh Tùng²

¹ Viện Độ bền Nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga

² Khoa Điện, Điện tử và CN vật liệu, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Email: trungdodinh@mail.ru

Ngày nhận bài: 11/01/2023; ngày hoàn thành phản biện: 02/02/2023; ngày duyệt đăng: 8/6/2023

TÓM TẮT

Bài báo trình bày một số kết quả khảo sát tính chất cơ lý và khả năng chống hà của màng son epoxy (nhựa YD-011) với chất đóng rắn polyamide (G-700) và nanocomposite AgCu-SiO₂. Các tính chất cơ lý của màng son được xác định theo TCVN. Khả năng chống hà được đánh giá qua phân bậc bám bẩn sinh vật biển. Kết quả nghiên cứu cho thấy, bổ sung 1,0% nanocomposite AgCu-SiO₂, độ bền va đập tăng 18,9%, độ cứng màng son tăng 15,8%, độ mài mòn giảm 29,6%, các tính chất khác thay đổi không nhiều. Thử nghiệm tự nhiên trong môi trường biển (tại Trạm thử nghiệm biển Đầm Báy, Tp. Nha Trang, Khánh Hòa) trong thời gian 3 tháng cho thấy, khả năng chống hà đạt bậc 5 (có một vài cá thể ở phép mẫu thử).

Từ khóa: Son epoxy, epotec YD-011, chất đóng rắn G-700, nanocomposite AgCu-SiO₂, chống hà biển.

1. MỞ ĐẦU

Khác biệt so với những hệ son khác, son epoxy có khả năng bám dính tốt trên bề mặt nhiều vật liệu khác nhau, màng son có độ cứng cao, khả năng chịu nhiệt, chịu mài mòn, bền trong môi trường kiềm và axit,... nên được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau [1, 2, 3]. Hiện nay, các công trình biển được sơn phủ bằng lớp son epoxy đã nâng cao được hiệu quả chống ăn mòn và phá hủy của nước biển, tăng độ bền cho vật liệu kết cấu [4, 5]. Đối với tàu thuyền hoạt động trên biển, vỏ tàu được chế tạo từ vật liệu thép chiếm tỷ lệ lớn trong số các loại tàu biển nên chịu những tác hại vô cùng to lớn của hà biển bám trên bề mặt, hình thành những mảng bám lớn làm tăng lực cản của nước biển lên thân tàu, giảm tính cơ động và hiệu suất chiến đấu của tàu chiến. Sử dụng lớp son phủ là giải pháp hữu hiệu để bảo vệ vỏ tàu, thuyền là vật liệu thép hạn chế được sự ăn mòn và khả năng chống hà bám, đồng thời đáp ứng yêu cầu bảo vệ môi trường

sinh thái luôn là vấn đề cấp thiết hiện nay. Các loại sơn chống hà được các trung tâm nghiên cứu hay các hãng sơn lớn sản xuất liên tục nghiên cứu phát triển nhằm đáp ứng được nhu cầu thực tiễn đặt ra, các sơn này chống hà dựa theo cơ chế thủy phân của các độc chất trong thành phần màng sơn hoặc cơ chế hydrat hóa (màng sơn phản ứng với nước để giải phóng độc tố, màng sơn bị mài mòn dần). Độc chất gây độc đối với hà biển trong thành phần của sơn chủ yếu là Cu_2O (Từ năm 2003, công ước quốc tế đã cấm sử dụng các loại sơn chống hà trên cơ sở các hợp chất của thiếc). Trong lĩnh vực vật liệu nano, nhóm nghiên cứu Sarkar D. [6] và Behzadinasab S. [7] đã nghiên cứu khả năng chống vi khuẩn, chống nấm, khử trùng và làm sạch bề mặt vật liệu của nanocomposite. Các nghiên cứu khác về khả năng chống sinh vật biển của nanocomposite AgCu-SiO_2 [8] cho thấy, nanocomposite này được sử dụng trong màng sơn epoxy, acrylic,...

Đặc tính nổi bật về khả năng chống hà của các hệ sơn sử dụng nanocomposite AgCu-SiO_2 được hướng tới sử dụng cho các tàu thuyền vỏ thép trong môi trường khí hậu biển nhiệt đới Việt Nam là hướng đi mới, mang tính khoa học thực tiễn cao, nhưng chưa được khoa học quan tâm nhiều.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Nguyên vật liệu, dụng cụ

Dung dịch 75% nhựa epoxy trong xylene (mác YD-011X75) (Kukdo, Hàn Quốc); dung dịch chất đóng rắn trên cơ sở 60% hợp chất polyamide trong hỗn hợp xylene và n-butanol (mác G-700XB60) (Kukdo, Hàn Quốc); nanocomposite AgCu-SiO_2 (kích thước hạt nano AgCu : < 100 nm, kích thước hạt AgCu-SiO_2 : < 10 μm ; Việt Nam); xylene (Xilong, Trung Quốc); butyl acetate (Xilong, Trung Quốc); acetone (Xilong, Trung Quốc); n-butanol (Xilong, Trung Quốc); thép tấm CT-3 (các kích thước: 100 x 150 x 2 mm; 100 x 75 x 1 mm; 350 x 150 x 2 mm và 100 x 100 x 3 mm) (Việt Nam); tấm hợp kim nhôm (kích thước 150 x 10 x 0,2 mm) (Việt Nam).

Máy khuấy từ gia nhiệt (IKA C-MAG HS 7); bể siêu âm Elma S10 (Elma, Đức); cân kỹ thuật (Ohaus PR2202/E); cốc thủy tinh 100 ml (Schott-Duran, Đức); đĩa thủy tinh (Trung Quốc).

2.2. Chế tạo mẫu sơn

Dung môi hỗn hợp được sử dụng để pha loãng dung dịch sơn trong quá trình phủ sơn lên bề mặt các tấm mẫu, thành phần và tỷ lệ (khối lượng) các dung môi như sau: xylene/butylacetate/acetone = 4/4/3.

Sơn epoxy bao gồm 2 thành phần: thành phần nhựa epoxy (trong nghiên cứu này đã sử dụng dung dịch nhựa YD-011X75) và chất đóng rắn (G-700XB60). Ngoài ra, nanocomposite AgCu-SiO_2 được bổ sung vào thành phần của sơn.

Sử dụng bể siêu âm để phân tán đều nanocomposite AgCu-SiO₂ vào dung dịch nhựa epoxy. Đầu tiên phân tán nanocomposite AgCu-SiO₂ hỗn hợp dung môi, sau đó hỗn hợp này tiếp tục được phân tán vào dung dịch nhựa YD-011X75.

Chuẩn bị sẵn dung dịch chất đóng rắn G-700XB60 theo tỷ lệ (phần khối lượng) nhựa epoxy/chất đóng rắn = 1/1. Khuấy trộn đều hỗn hợp dung dịch nhựa epoxy và chất đóng rắn để tạo dung dịch đồng nhất. Bổ sung dung môi hỗn hợp để được dung dịch với độ nhớt thích hợp, phủ lên bề mặt tấm mẫu thép CT-3.

2.3. Chế tạo tấm mẫu nghiên cứu

Để xác định các chỉ tiêu về độ dày, độ cứng màng sơn, độ bám dính đối với nền thép CT-3 và độ bóng của màng sơn: Dung dịch sơn được sơn phủ lên bề mặt tấm mẫu thép CT-3 với kích thước: $L \times W \times H = 150 \times 100 \times 2$ mm, ổn định màng sơn ở nhiệt độ phòng trong thời gian ít nhất 7 ngày. Tiến hành xác định các chỉ tiêu trên thiết bị tương ứng.

Đối với chỉ tiêu độ bền va đập: Lớp sơn được đưa lên bề mặt tấm thép CT-3 với kích thước: $L \times W \times H = 150 \times 100 \times 1$ mm.

Với việc xác định chỉ tiêu độ bền uốn của màng sơn: Lớp sơn được phủ lên bề mặt tấm hợp kim nhôm với kích thước: $L \times W \times H = 150 \times 10 \times 0,2$ mm, đặt ổn định các tấm mẫu thí nghiệm ở nhiệt độ phòng, độ bền uốn được xác định sau ít nhất 7 ngày ổn định.

Với các mẫu xác định độ bền mài mòn: Lớp sơn được phủ lên bề mặt tấm thép CT-3 hình vuông 100 mm, dày 3 mm, độ mài mòn (chỉ số mài mòn I) được xác định sau ít nhất 7 ngày ổn định màng sơn ở nhiệt độ phòng, sử dụng thiết bị Taber, với bánh mài mác CS-17.

Với mẫu thử nghiệm khả năng chống hà: Lớp sơn phủ được tạo trên bề mặt tấm thép CT-3 với kích thước $350 \times 150 \times 2$ mm. Mẫu được đặt tại Trạm thử nghiệm tự nhiên biển Đầm Báy (Tp. Nha Trang, Khánh Hòa).

2.4. Các phương pháp xác định

Độ bóng màng sơn được xác định theo TCVN 2101:2016, sử dụng góc đo 60° trên máy đo độ bóng 3 góc 20/60/85 của hãng Rhopoint [9].

Độ dày màng sơn được xác định bằng phương pháp siêu âm theo TCVN 9760:2013 [10].

Độ cứng màng sơn được xác định bằng phép thử dao động tắt dần của con lắc Persoz theo TCVN 2098:2007 [11].

Độ bám dính màng sơn được xác định bằng phương pháp dao cắt theo TCVN 2097:1993, sử dụng dao cắt số 2 [12].

Độ bền va đập được xác định bằng phép thử tải trọng rơi, vết lõm có diện tích lớn theo TCVN 2100-1:2013 [13].

Độ bền uốn được xác định bằng phép thử uốn trực hình trụ theo TCVN 2099:2013 [14].

Độ chịu mài mòn được xác định trên thiết bị Taber theo TCVN 11474:2016 (ISO D4060:2010- Standard test method for abrasion resistance of organic coatings by the Taber abraser) [15].

Đánh giá khả năng chống hà theo phân bậc bám bẩn [16] được đưa ra trong bảng 1.

Bảng 1. Phân bậc bám bẩn

Diện tích bám bẩn trên toàn bề mặt mẫu thử	Bậc
Không có sinh vật bám hoặc có một vài cá thể ở mép mẫu thử	5
Dưới 10%	4
Từ 10% đến 20%	3
Từ 20% đến 50%	2
Trên 50%	1

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Nhựa epoxy YD-011 và chất đóng rắn G-700 được sử dụng với tỷ lệ (phần khối lượng) là: YD-011/G-700 = 1/1.

Hàm lượng nanocomposite AgCu-SiO₂ trong thành phần các mẫu sơn được khảo sát với tỷ lệ trong bảng 2.

Bảng 2. Thành phần (phần khối lượng) các mẫu sơn khảo sát

Ký hiệu mẫu	Nhựa epoxy YD-011	Chất đóng rắn G-700	Nano AgCu-SiO ₂
TV0.0	50	50	0,0
TV0.1	50	50	0,1
TV0.5	50	50	0,5
TV1.0	50	50	1,0

3.1. Một số tính chất cơ lý của màng sơn

Một số tính chất cơ lý của màng sơn là: độ dày, độ bóng, độ cứng, độ bền va đập và độ mài mòn có sự thay đổi khi được bổ sung nano AgCu-SiO₂. Kết quả xác định tính chất cơ lý của các màng sơn được tổng hợp trong bảng 3.

phân tử trong quá trình đóng rắn nhựa epoxy, đồng thời bột nano có độ cứng cao là thành phần biến tính cơ học trong màng sơn.

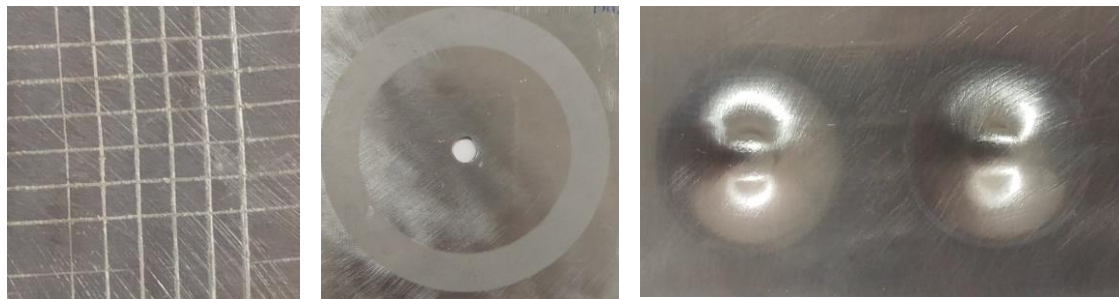
3.2. Khảo sát một số chỉ tiêu khác của màng sơn

Ngoài các chỉ tiêu kỹ thuật chính nêu trên, một số chỉ tiêu khác của màng sơn cũng được xác định theo các TCVN tại phòng thí nghiệm Vilas 938, đó là: độ dày màng sơn, độ bám dính, độ bền uốn. Kết quả được tổng hợp trong bảng 4.

Bảng 4. Một số chỉ tiêu cơ lý của màng sơn

Tên mẫu	Độ dày màng sơn, μg	Độ bám dính, điểm	Độ bền uốn, mm
TV0.0	40,5	1	1
TV0.1	39,7	1	1
TV0.5	42,1	1	1
TV1.0	41,3	1	1

Kết quả trong bảng 4 cho thấy, các mẫu sơn được bổ sung bột nano, việc thi công phun phủ với độ dày khác nhau không nhiều. Với chỉ tiêu về độ bám dính và độ bền uốn cho thấy, màng sơn trên cơ sở nhựa epoxy đạt độ bám dính cao, độ bền uốn tốt. Việc bổ sung bột nano không ảnh hưởng nhiều đến các tính chất này. Hình ảnh một số mẫu sau khi đo đạc, xác định cơ tính được minh họa trên hình 2.



a) Độ bám dính.

b) Độ mài mòn.

c) Độ bền va đập

Hình 2. Hình ảnh các tấm mẫu được xác định cơ tính.

3.3. Thử nghiệm, đánh giá khả năng chống hà

Thử nghiệm tự nhiên biển đối với các tấm mẫu thép CT-3 được thực hiện tại Trạm thử nghiệm biển Đầm Báy (Tp. Nha Trang, Khánh Hòa), đây là vị trí có đặc điểm môi trường biển tương tự khu vực biển Cam Ranh, vùng có nhiều tàu thuyền quân sự cũng như dân sự neo đậu, vì thế kết quả thử nghiệm mang tính thực tiễn cao.

Tính đến thời điểm hiện tại, các mẫu thử nghiệm tự nhiên biển đã thực hiện được 3 tháng, theo đánh giá [16], có một vài cá thể ở mép mẫu thử, tương ứng với Bạc 5. Hình ảnh bề mặt các mẫu thử nghiệm tự nhiên biển thể hiện trên hình 3.

LỜI CẢM ƠN

Tập thể tác giả chân thành cảm ơn Phòng thí nghiệm VILAS 938/Viện Độ bền Nhiệt đới và Trạm thử nghiệm khí hậu biển Đầm Báy/Chi nhánh Ven biển đã tạo điều kiện để thực hiện các phép đo trên các trang thiết bị, máy móc và hệ thống thử nghiệm tự nhiên biển của đơn vị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Lộc (2005). *Kỹ thuật sơn*. NXB Giáo dục.
- [2]. Nguyễn Quang Huỳnh (2010). *Công nghệ sản xuất sơn, vecni*. NXB Khoa học Kỹ thuật.
- [3]. Nguyễn Việt Bắc (2000). *Vật liệu sơn và chất tạo màng bảo vệ*. Giáo trình cao học, Trung tâm khoa học Kỹ thuật - Công nghệ Quân sự, Bộ quốc phòng.
- [4]. Rui Ding et al (2018). *Antifouling properties and release of dissolved copper of cold spray Cu/Cu₂O coatings for ships and steel structures in marine environment*. Journal of materials engineering and performance, doi.org/10.1007/s11665-018-3580-7.
- [5]. Carla Calabrese et al (2022). *Antifouling and antimicrobial activity of Ag, Cu and Fe nanoparticles supported on silica and titania*. Inorganica Chimica Acta, doi.org/10.1016/j.ica.2021.129636.
- [6]. Sarkar D. et al (2019). *Green and scalable synthesis of nanosilver loaded silica microparticles by spray-drying: application as antibacterial agent, catalyst and SERS substrate*. Appl. Nanosci. 9 1925–37.
- [7]. Behzadinasab S. et al (2020). *A surface coating that rapidly inactivates SARS-CoV-2*. ACS Applied nano materials. Interfaces 12, p. 34723–7.
- [8]. Edgardo Cruces et al (2022). *Copper/silver bimetallic nanoparticles supported on aluminosilicate geomaterials as antibacterial agents*. ACS applied nano materials. Interfaces 5, p. 1742 – 1483.
- [9]. TCVN 2101:2016. *Sơn và vecni - Xác định giá trị độ bóng ở 20°, 60° và 85°*.
- [10]. TCVN 9760:2013. *Sơn và vecni - Xác định độ dày màng*.
- [11]. TCVN 2098:2007. *Sơn và vecni - Phép thử dao động tắt dần của con lắc*.
- [12]. TCVN 2097:1993. *Sơn - Phương pháp cắt xác định độ bám dính của màng*.
- [13]. TCVN 2100-1:2013. *Sơn và vecni- Phép thử biến dạng nhanh (độ bền va đập) - Phần 1: Phép thử tải trọng rơi, mũi ấn có diện tích lớn*.
- [14]. TCVN 2099:2013. *Sơn và vecni - Phép thử uốn (trục hình trụ)*.
- [15]. TCVN 11474:2016. *Lớp phủ hữu cơ - Xác định độ chịu mài mòn bằng thiết bị Taber*.
- [16]. Гуревич Е. С., Искра Е. В., Куцевалова Е. П. *Защита морских судов от обрастания*. Ленинград Судостроение, 1978, с.132 – 136.
- [17]. Takeshi Horiuchi, Masahiro Nomoto and Ken Nanaumi (1995). *Reaction of amides with epoxy compounds and its application*. Japan thermosetting plastic industry association, Vol. 16, № 4, 23-30.

- [18]. Komarova L. I. et al (1990). *New polymers and polymeric systems based on epoxide oligomers and polyheteroarylenes - Review*. Polymer science U.S.S.R, Vol. 32, № 8, 1493-1514.

**SOME RESEARCH RESULTS OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES
AND ANTIFOULING ABILITY OF EPOXY COATING SYSTEM
USING AgCu-SiO₂ NANOCOMPOSITE**

Do Dinh Trung^{1*}, Do Thanh Van², Vo Thanh Tung²

¹ Institute of Tropical Durability,
Joint Vietnam-Russia Tropical Science and Technology Research

² Faculty of Electronics, Electrical Engineering and Material Technology,
University of Sciences, Hue University

*Email: trungdodinh@mail.ru

ABSTRACT

This paper presents the results of investigation of physico-mechanical properties and antifouling ability of epoxy coating film (YD-011 resin) with polyamide curing agent (G-700) and AgCu-SiO₂ nanocomposite. The physico-mechanical properties of the paint film were determined according to Vietnamese standards. Antifouling ability is assessed through the classification of fouling marine organisms. Research results showed that, adding 1.0% AgCu-SiO₂ nanocomposite, durability increased by 18.9%, paint film hardness increased by 15.8%, abrasion decreased by 29.6%, other properties were not much change. Natural testing in the marine environment (at Dam Bay Marine Testing Station, Nha Trang City, Khanh Hoa) for a period of 3 months showed that antifouling ability reached level 5 (there were a few individuals in the test sample).

Keywords: Antifouling, Epoxy paint, epotec YD-011 resin, hardener G-700, AgCu-SiO₂ nanocomposite.



Đỗ Đình Trung sinh ngày 29/06/1979 tại Nam Định. Năm 2002, ông tốt nghiệp kỹ sư chuyên ngành Công nghệ Hữu cơ - Hóa dầu tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Năm 2011, ông tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành Vật liệu polymer - composite tại Trường Đại học Công nghệ Hóa học Mendeleev, LB Nga. Hiện nay đang công tác tại Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga.

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật liệu polymer - composite, vật liệu nano composite, vật liệu sơn và màng phủ, vật liệu phát quang,...



Đỗ Thanh Văn sinh ngày 10/01/1978 tại Quảng Ngãi. Năm 2001, ông tốt nghiệp cử nhân ngành sư phạm Vật lý – công nghệ tại Trường Đại học Quy Nhơn. Hiện nay đang học thạc sĩ ngành vật lý chất rắn tại Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Một số kết quả nghiên cứu tính chất cơ lý và khả năng chống hà của hệ sơn EPOXY sử dụng NANOCOMPOSITE AgCu-SiO₂



Võ Thanh Tùng sinh ngày 17/07/1979 tại Quảng Bình. Năm 2001, ông tốt nghiệp cử nhân ngành Vật lý Chất rắn tại Trường Đại học Tổng hợp Huế. Năm 2004, ông tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Vật lý Chất rắn. Năm 2009, ông tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành Vật lý Chất rắn tại Belarus. Năm 2015, ông nhận học hàm PGS. Hiện nay, ông công tác tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật liệu áp điện, kỹ thuật siêu âm, mô phỏng lý thuyết, kỹ thuật vi xử lý và ứng dụng, xử lý tín hiệu số...