

ẢNH HƯỞNG CỦA NANOCOMPOSITE Cu-SiO₂ ĐẾN TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA SƠN ACRYLIC

Đỗ Đình Trung^{1*}, Dương Thị Sâm², 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

Nhựa acrylic với khả năng thủy phân trong nước, tạo thuận lợi cho các độc tố trong thành phần của sơn được giải phóng ra môi trường biển và gây độc đối với hà. Bài báo trình bày một số kết quả khảo sát cơ lý tính của màng sơn acrylic được bổ sung nanocomposite Cu-SiO₂, định hướng sử dụng chế tạo sơn chống hà. Các tính chất cơ lý của màng sơn được xác định theo TCVN trong hệ thống Vilas 938. Kết quả khảo sát cho thấy, với hàm lượng 1,5% nano Cu-SiO₂, độ mài mòn giảm 36,7%, độ cứng và độ bền va đập tăng nhiều khi bổ sung 0,5% nano Cu-SiO₂ với mức tăng tương ứng là 14,7% và 11,0%; độ bóng thay đổi rất ít; độ bám dính và độ bền uốn không thay đổi. Các màng sơn chịu được 35 chu kỳ thử nghiệm gia tốc mù muối.

Từ khóa: Sơn acrylic Pioneer topcoat, dung môi thinner No 7, nano Cu-SiO₂, thử nghiệm mù muối.

1. MỞ ĐẦU

Nhựa acrylic khai thác sử dụng với tính năng nổi trội về khả năng chống tia UV và bền oxy hóa [1]. Sơn acrylic được sử dụng rộng rãi trên nhiều lĩnh vực khác nhau, để phủ lên nhiều bề mặt vật liệu khác nhau (thép, gỗ, bê tông,...), các công trình trên đất liền và cả trên biển đảo; cùng với đặc tính độ phủ cao, bám dính, chịu uốn và đa dạng về màu sắc, sơn acrylic được sử dụng trong công nghiệp, trong ngành điện tử, trong nội thất, hội họa,... [2]. Với sự phát triển như vũ bão của khoa học - vật liệu nano đã mở ra nhiều hướng đi mới với nhiều triển vọng ứng dụng cao, vật liệu nanocomposite là một trong số hướng đi mới mẻ đầy triển vọng đó. Đã có nhiều nghiên cứu tổng hợp và đánh giá khả năng kháng khuẩn, kháng nấm của nanocomposite Cu-SiO₂, kết quả cho thấy nano Cu có khả năng kháng khuẩn, kháng nấm vượt trội [3, 4, 5]. Dưới tác dụng

của các nhóm chức đặc biệt (amin, carboxyl, hydroxyl, sulfonic,...) trong các polymer, kim loại đồng chịu lực tương tác (kim loại đồng có khả năng liên kết với các nhóm chức trên) [6]. Tuy nhiên, việc nghiên cứu ảnh hưởng của nano Cu-SiO₂ đến tính chất cơ lý của màng sơn acrylic, hay tương tác giữa nhóm chức carboxyl trong phân tử acrylic với kim loại Cu (trong nano Cu-SiO₂) đến các tính chất khác của màng sơn acrylic chưa được quan tâm nghiên cứu.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Nguyên vật liệu, dụng cụ

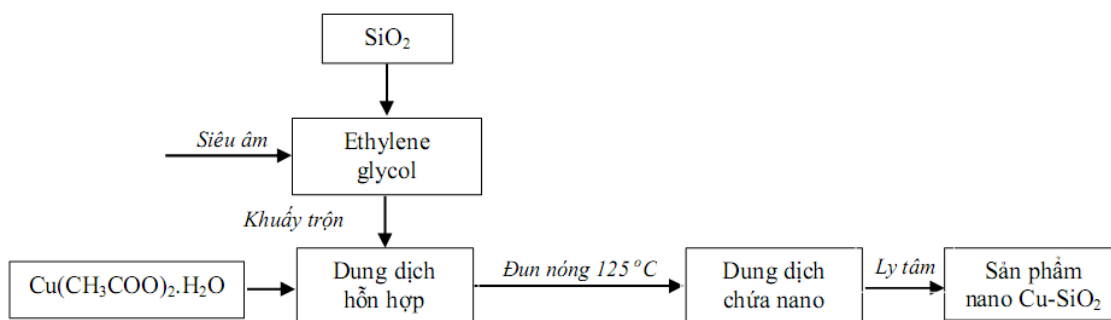
Sơn acrylic (mác Pioneer topcoat) (hàm lượng rắn: $34 \pm 2\%$, Jotun, Việt Nam); dung môi pha loãng (Jotun thinner No 7, Jotun, Việt Nam); nano Cu-SiO₂ (kích thước: $< 10 \mu\text{m}$; Việt Nam); các mẫu thép tấm CT-3 (kích thước: $100 \times 150 \times 2 \text{ mm}$; $100 \times 75 \times 1 \text{ mm}$ và $100 \times 100 \times 3 \text{ mm}$) (Việt Nam); tấm hợp kim nhôm (kích thước $150 \times 10 \times 0,2 \text{ mm}$) (Việt Nam).

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

Tủ thử nghiệm mù muối Weiss Umwelttechnik GmbH (Đức).

2.2. Chế tạo nano Cu-SiO₂

Nano Cu-SiO₂ sử dụng trong khảo sát này là sản phẩm được chế tạo theo quy trình [7], sơ đồ quy trình chế tạo trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ quy trình tổng hợp vật liệu nano Cu-SiO₂

2.3. Chế tạo mẫu sơn

Các mẫu sơn thử nghiệm được chế tạo theo thứ tự các bước như sau:

Bước 1: Cân các thành phần theo đơn khảo sát;

Bước 2: Sử dụng bể siêu âm để phân tán đều nano Cu-SiO₂ vào dung môi pha loãng thinner No 7;

Bước 3: Sử dụng máy khuấy từ để phân tán hỗn hợp (được tạo ra ở Bước 2) vào sơn acrylic. Bổ sung dung môi pha loãng đến độ nhớt thích hợp khi sử dụng súng phun sơn.

2.4. Chế tạo tấm mẫu nghiên cứu

Đối với các chỉ tiêu: độ dày, độ bóng, độ cứng, độ bám dính của màng sơn và thử nghiệm mù muối: 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 phủ trên bề mặt tấm thép CT-3 kích thước: $L \times W \times H = 150 \times 100 \times 1$ mm.

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.

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), sử dụng thiết bị Taber, với bánh mài mác CS-17.

Tất cả các tấm mẫu được xác định sau khi sơn ít nhất 7 ngày ổn định ở nhiệt độ phòng.

2.5. 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 [8].

Độ dày màng sơn được xác định bằng phương pháp siêu âm theo TCVN 9760:2013 [9].

Độ cứng màng sơn được xác định bằng phép thử dao động tắt dần của con lắc Persoz theo TCVN 2098:2007 [10].

Độ bám dính màng sơn được xác định bằng phương pháp dao cắt theo TCVN 2097:1993, sử dụng dao cắt số 2 [11].

Độ bền va đập được xác định bằng phép thử tải trọng rơi, vết lõm có diện tích lớn theo TCVN 2100-1:2013 [12].

Độ bền uốn được xác định bằng phép thử uốn trực hình trụ theo TCVN 2099:2013 [13].

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) [14].

Thử nghiệm gia tốc mù muối được thực hiện trong tủ mù muối Weiss Umwelttechnik GmbH (Đức), với dung dịch NaCl 5%, nhiệt độ 35 °C, tốc độ phun mù muối 200 mL/giờ.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hàm lượng nanocomposite Cu-SiO₂ trong thành phần các mẫu sơn acrylic (khối lượng khô) khảo sát với các tỷ lệ trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần (phần khối lượng) các mẫu sơn khảo sát

Ký hiệu mẫu	Sơn acrylic (Pioneer topcoat)	Nano Cu-SiO ₂
TS0.0	100	0,0
TS0.5	99,5	0,5
TS1.0	99,0	1,0
TS1.5	98,5	1,5

Các mẫu sơn được chế tạo theo quy trình trong mục 2.3.

3.1. Khảo sát cơ tính của màng sơn

Đối với sơn chống hà thì chỉ tiêu chống hà là quan trọng, tuy nhiên các chỉ tiêu cơ tính của màng sơn cũng đóng góp vai trò quan trọng không kém. Làm việc trong môi trường nước biển, nên các yêu cầu của màng sơn về khả năng chịu mặn, chịu áp lực nước, chịu các tác động khác từ môi trường là rất cần thiết và việc khảo sát các tính chất này mang tính thực tiễn.

Các mẫu sơn chế tạo đã được xác định cơ tính: độ cứng, độ bền va đập và độ mài mòn khi được bổ sung nano Cu-SiO₂ với các hàm lượng khác nhau. Kết quả xác định cơ tính màng sơn được tổng hợp trong bảng 2.

Bảng 2. Cơ tính của màng sơn chế tạo

Ký hiệu mẫu	Độ cứng	Độ bền va đập, kg.cm	Độ mài mòn, mg
TS0.0	0,414	100	0,030
TS0.5	0,475	111	0,024
TS1.0	0,501	117	0,022
TS1.5	0,511	118	0,019

Kết quả xác định cơ tính màng sơn trong bảng 2 cho thấy, khi sử dụng nano Cu-SiO₂ tăng, độ cứng màng sơn tăng lên rõ rệt (tăng 14,7 %) khi sử dụng 0,5% bột nano. Tuy nhiên, với hàm lượng 1,0 % và 1,5%, sự tăng độ cứng không nhiều.

Độ bền va đập đạt giá trị tăng nhanh (tăng 11,0%) ở hàm lượng 0,5% bột nano, các hàm lượng 1,0% và 1,5% tăng chậm hơn.

Có thể giải thích về sự hình thành cấu trúc ảnh hưởng đến độ cứng và độ bền va đập của màng sơn như sau: Trong phân tử acrylic chứa nhóm chức carboxyl có khả năng liên kết với kim loại Cu [6]. Ở nồng độ 0,5% nano Cu-SiO₂, đảm bảo sự liên kết nhóm carboxyl với kim loại Cu tương đối đầy đủ, tạo ra giá trị độ cứng và độ bền va đập nổi trội cho mẫu sơn acrylic. Tuy nhiên, khi tăng hàm lượng nano Cu-SiO₂, giá trị độ cứng và độ bền va đập tiếp tục tăng nhưng chỉ tăng nhẹ.

Đối với khả năng chịu mài mòn, mẫu sơn sử dụng 1,5% bột nano chịu sự mài mòn tăng vọt (đến 36,7%). Các mẫu với hàm lượng nhỏ hơn (0,5% và 1,0%), độ mài mòn được cải thiện đáng kể. Có thể giải thích về các kết quả này như sau: ngoài độ bền do liên kết của phân tử acrylic với Cu được lý giải tương tự như sự tăng độ cứng và độ bền va đập, đồng thời bột nano với kích thước nhỏ được điền vào các khoảng trống của phân tử trong quá trình hình thành màng sơn, ngoài ra bột nano Cu-SiO₂ có độ cứng cao là thành phần biến tính cơ học cho màng sơn.

3.2. Một số chỉ tiêu cơ lý khác của màng sơn

Một số chỉ tiêu cơ lý khác của màng sơn chế tạo được xác định theo các TCVN tại phòng thí nghiệm Vilas 938, đó là: độ dày màng sơn, độ bóng, độ bám dính, độ bền uốn. Kết quả được tổng hợp trong bảng 3.

Bảng 3. Một số chỉ tiêu cơ lý của màng sơn

Ký hiệu mẫu	Độ dày màng sơn, μg	Độ bóng, GU	Độ bám dính, điểm	Độ bền uốn, mm
TS0.0	29,8	101,0	1	1
TS0.5	30,2	105,7	1	1
TS1.0	32,1	111,0	1	1
TS1.5	31,6	111,3	1	1

Kết quả tổng hợp trong bảng 3 cho thấy, các mẫu sơn được bổ sung bột nano, khả năng thi công phun phủ tương đương nhau (độ dày khác nhau không nhiều). Độ bóng màng sơn thay đổi rất ít khi bổ sung bột nano Cu-SiO₂. Với chỉ tiêu bền uốn và độ bám dính, đây là ưu điểm nổi bật của nhựa acrylic, nên việc bổ sung bột nano Cu-SiO₂ không làm thay đổi các giá trị này.

3.3. Thử nghiệm mù muối các tấm mẫu màng sơn phủ

Với định hướng sử dụng màng sơn acrylic chứa nano Cu-SiO₂ làm lớp sơn phủ chống hà cho các tàu thuyền hoạt động trên biển, vì thế thử nghiệm gia tốc mù muối đối với các mẫu sơn chế tạo có ý nghĩa thực tiễn cao.

Các tấm mẫu thử nghiệm mù muối được thử trong tủ mù muối Weiss Umwelttechnik GmbH. Thời gian thử nghiệm tính đến hiện tại được 35 ngày (tương đương với 35 chu kỳ), đánh giá bề mặt các tấm mẫu cho thấy, chưa xuất hiện các vết gỉ, điểm gỉ, màng sơn không bị bong tróc, phồng rộp, màu sắc ổn định. Rìa của tấm mẫu xuất hiện một số điểm gỉ là do quá trình tạo mẫu thử chưa dùng keo viền mẫu.

Hình ảnh bề mặt các mẫu thử nghiệm mù muối được mô tả trên hình 2.



Hình 2. Bề mặt các mẫu thử nghiệm mù muối.

4. KẾT LUẬN

Đã chế tạo và khảo sát cơ lý tính một số mẫu sơn acrylic sử dụng nano Cu-SiO₂. Kết quả khảo sát chỉ ra rằng, việc bổ sung nano Cu-SiO₂ ảnh hưởng nhiều và theo chiều hướng tích cực tới cơ tính (độ cứng, độ bền va đập, độ mài mòn) của màng sơn, trong đó độ mài mòn được cải thiện rõ nhất (từ giá trị 0,030 mg xuống 0,019 mg khi bổ sung 1,5% nano Cu-SiO₂). Độ cứng và độ bền va đập được nâng lên, nhưng với hàm lượng 0,5% nano Cu-SiO₂ thể hiện rõ sự thay đổi, ở các nồng độ tiếp theo (là 1,0 % và 1,5%) sự tăng lên không nhiều. Các chỉ tiêu cơ lý khác (độ dày màng sơn, độ bóng, độ bám dính, độ bền uốn) thay đổi không đáng kể, thậm chí giữ nguyên giá trị khi tăng hàm lượng nano Cu-SiO₂. Các mẫu sơn đã thử nghiệm gia tốc được 35 chu kỳ mù muối, chưa xuất hiện gỉ, chưa bị bong tróc, không vết rạn nứt. Các chỉ tiêu đạt được và kết quả thử nghiệm mù muối nêu trên mở ra triển vọng ứng dụng loại sơn này làm sơn chống hà biển.

LỜI CẢM ƠN

Tập thể tác giả chân thành cảm ơn Phòng thí nghiệm VILAS 938/Viện Độ bền Nhiệt đới đã tạo điều kiện để thực hiện các phép đo trên các trang thiết bị, máy móc của đơn vị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bhatnagar A. et al (2006). *Lightweight ballistic composites*. Woodhead publishing series in composites science and engineering, p. 272-304.
- [2]. Nguyễn Quang Huỳnh (2010). *Công nghệ sản xuất sơn, vecni*. NXB Khoa học Kỹ thuật.
- [3]. Young Hwan Kim et al (2007). *Preparation and characterization of Cu-SiO₂ nanoparticles*. *Solid state phenomena*, Vol. 121, p. 255 - 258.
- [4]. Cai Y. et al (2016). *Room-temperature synthesis of silica supported silver nanoparticles in basic ethanol solution and their antibacterial activity*. *RSC Adv.* 6 18407–12.
- [5]. Zhang N. et al (2010). *Preparation and characterization of core-shell structure of SiO₂@Cu antibacterial agent*. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces* 81 537–43.
- [6]. Bernabé L. Rivas et al (2003). *Water-soluble polymer-metal ion interactions*. *Progress in polymer science*. Vol. 28, p. 173 - 208.
- [7]. Vo Le Minh Man (2021). *Synthesis of Ag@Cu-SiO₂ bimetallic nanocomposites by the polyol method*. *Undergraduation thesis*, Ho Chi Minh City-2021.
- [8]. TCVN 2101:2016. *Sơn và vecni - Xác định giá trị độ bóng ở 20°, 60° và 85°*.
- [9]. TCVN 9760:2013. *Sơn và vecni - Xác định độ dày màng*.
- [10]. TCVN 2098:2007. *Sơn và vecni - Phép thử dao động tắt dần của con lắc*.
- [11]. TCVN 2097:1993. *Sơn - Phương pháp cắt xác định độ bám dính của màng*.
- [12]. 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*.
- [13]. TCVN 2099:2013. *Sơn và vecni - Phép thử uốn (trục hình trụ)*.
- [14]. TCVN 11474:2016. *Lớp phủ hữu cơ - Xác định độ chịu mài mòn bằng thiết bị Taber*.

EFFECT OF Cu-SiO₂ NANOCOMPOSITES ON THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF ACRYLIC PAINT

Do Dinh Trung^{1*}, Duong Thi Sam², 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

Acrylic resin with the ability to hydrolyze in water, facilitates the toxins in the paint's composition to be released into the marine environment and is toxic to the barnacles. This paper presents some results of physico-mechanical investigation of acrylic paint film supplemented with Cu-SiO₂ nanocomposite, oriented to use anti-fouling paint. The physico-mechanical properties of the paint film were determined according to TCVN in the Vilas 938 system. The survey results showed that, with the content of 1.5% nano Cu-SiO₂, the abrasion decreased by 36.7%, the hardness and the impact resistance increased much when adding 0.5% nano Cu-SiO₂ with increases of 14.7% and 11.0% respectively; gloss changes very little; adhesion and flexural strength remained unchanged. Paint films withstood 35 cycles of salt-blind acceleration tests.

Keywords: acrylic paint Pioner topcoat, solvent thinner No 7, nano Cu-SiO₂, salt-blind acceleration tests.



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...



Dương Thị Sâm sinh ngày 16/04/1985 tại Quảng Ngãi. Năm 2008, bà tốt nghiệp cử nhân ngành Vật lý tại Trường Đại học Quy Nhơn. Từ năm 2020, bà học thạc sĩ chuyên ngành Vật lý Chất rắn tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Ảnh hưởng của NANOCOMPOSITE Cu-SiO₂ đến tính chất cơ lý của sơn Acrylic.



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...

