

ỨNG DỤNG DUNG DỊCH GRAPHENE VÀO HỆ SƠN EPOXY

Nguyễn Mạnh Huấn¹, Nguyễn Huỳnh Hưng Mỹ¹, Huỳnh Minh Thuận¹, Phan Minh Quốc Bình^{1,2}, Phạm Ngọc Kiên¹, Vũ Duy Cường³

¹Viện Dầu khí Việt Nam (VPI)

²Trường Đại học Dầu khí Việt Nam (PVU)

³Công ty Cổ phần Sơn Dầu khí Việt Nam (PVPaint)

Email: huannm.pvpro@vpi.pvn.vn

<https://doi.org/10.47800/PVSI.2025.02-03>

Tóm tắt

Nghiên cứu này tập trung vào việc ứng dụng dung dịch graphene vào hệ sơn epoxy để nâng cao khả năng bảo vệ chống ăn mòn cho kết cấu thép. Vật liệu graphene được phân tán trong dung môi xylene tạo thành dung dịch có độ ổn định phân tán cao. Dung dịch graphene được thêm vào hệ sơn epoxy 2 thành phần bằng phương pháp khuấy trộn. Kết quả thử nghiệm cho thấy màng sơn có khả năng chịu được kiềm, acid, nước muối và nhiệt. Đặc biệt, mẫu sơn có nồng độ graphene cao giúp tăng độ bền va đập từ 50 kg.m lên 60 kg.m so với mẫu không có graphene. Thử nghiệm ngâm trong nước muối 5% sau 2 tháng cho thấy mẫu có graphene không xuất hiện hiện tượng phồng rộp và rỉ sét, trong khi mẫu đối chứng đã bắt đầu xuất hiện các dấu hiệu trên. Thử nghiệm gia tốc thời tiết cũng cho thấy mẫu có graphene có độ bền UV tốt hơn với độ bóng giảm ít hơn. Khi ứng dụng vào sơn thương mại, graphene giúp tăng độ cứng màng sơn từ F, HB, H lên 2H và 3H, giảm độ mài mòn từ 5,65% xuống 2,43%, tăng độ bám dính từ 10,2 MPa lên 13,5 MPa. Thử nghiệm muối sau 816 giờ cho thấy mẫu có graphene có khả năng chống rỉ vượt trội. Sản phẩm đã được đăng ký nhãn hiệu Peraphene và được trưng bày tại triển lãm công nghệ cao năm 2024.

Từ khóa: Graphene, sơn epoxy, phân tán, chống ăn mòn, peraphene.

1. Giới thiệu

Kết cấu thép của các công trình ven biển và ngoài khơi Việt Nam đang đối mặt với tình trạng ăn mòn nghiêm trọng. Quá trình này làm giảm tiết diện thanh thép, suy yếu khả năng chịu tải, tăng nguy cơ phá hoại giòn, đồng thời gây ô nhiễm môi trường do sản phẩm ăn mòn bị rửa trôi. Sử dụng sơn phủ để bảo vệ bề mặt thép được áp dụng rộng rãi, chiếm trên 80% công trình. Giải pháp này được lựa chọn do thi công đơn giản, phù hợp với nhiều kích thước và hình dạng, đảm bảo tính thẩm mỹ và dễ bảo dưỡng. Lớp sơn đóng vai trò như tấm chắn vật lý, ngăn cản sự tiếp xúc trực tiếp giữa kim loại và môi trường biển [1]. Nhựa epoxy được sử dụng phổ biến làm lớp phủ chống ăn mòn kim loại nhờ có độ bền cao với hóa chất, khả năng kháng nước, chống va đập và mài mòn tốt. Tuy nhiên, vật liệu này dễ bị phân hủy dưới tia UV và có thể bị thấm thấu bởi nước và ion Cl⁻. Sơn phủ epoxy 2 thành phần bao gồm nhựa epoxy (A), chất đóng rắn (B) và các phụ gia tính năng. Cơ chế bảo vệ chống ăn mòn hoạt động theo 2 hướng: tạo

rào chắn vật lý ngăn sự xâm nhập của các tác nhân gây ăn mòn và bảo vệ điện hóa thông qua phụ gia như oxide kẽm để thụ động hóa bề mặt kim loại. Vật liệu nano carbon đặc biệt là graphene ngày càng được ứng dụng nhiều trong sản phẩm sơn epoxy nhằm nâng cao hiệu quả bảo vệ ăn mòn kim loại (Bảng 1).

Sơn epoxy có chứa graphene là giải pháp hiệu quả và tiên tiến giúp bảo vệ ăn mòn kim loại do loại vật liệu này có nhiều đặc tính nổi bật sau [2]:

- Khả năng chống thấm cao: Graphene sở hữu cấu trúc dạng tấm phẳng với diện tích bề mặt lớn, giúp tạo ra rào cản hiệu quả, ngăn chặn sự xâm nhập của các tác nhân gây ăn mòn như oxy, hơi ẩm, hóa chất... vào bề mặt kim loại [3, 4].
- Độ bền cơ học cao: Graphene được biết đến với độ bền cơ học vượt trội, giúp tăng cường khả năng chống trầy xước, mài mòn và va đập cho lớp sơn, bảo vệ kim loại khỏi tác động cơ học bên ngoài [5].
- Tính dẫn điện tốt: Graphene có khả năng dẫn điện cao, giúp phân tán điện tích đồng đều trên bề mặt, hạn chế hiện tượng ăn mòn điện hóa học trên kim loại [6].



Ngày nhận bài: 26/11/2024.

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 27/11/2024 - 14/1/2025.

Ngày bài báo được duyệt đăng: 14/1/2025.

Bảng 1. Một số nhà cung cấp phụ gia graphene, sơn phủ epoxy có sử dụng phụ gia graphene trên thị trường

TT	Công ty	Lĩnh vực sản xuất	Sản phẩm sơn phủ sử dụng phụ gia graphene
1	GrapheneUp	Sản xuất và cung cấp các sản phẩm sơn phủ có sử dụng phụ gia graphene. Vật liệu graphene chủ yếu được sản xuất từ nguồn nguyên liệu graphite thân thiện với môi trường do quy trình sản xuất graphene không phát sinh hóa chất độc hại.	Sơn phủ công nghiệp, sơn phủ xây dựng, sơn phủ ô tô, sơn phủ hàng không vũ trụ.
2	GrapheneMex	Sản xuất và cung cấp các sản phẩm sơn phủ sử dụng phụ gia graphene.	Nhiều loại sơn phủ có sử dụng phụ gia graphene, graphene oxide cho các ứng dụng khác nhau như: sơn phủ công nghiệp, sơn phủ xây dựng, sơn phủ ô tô, sơn phủ hàng không vũ trụ.
3	Talga	Khai thác và sản xuất graphene cung cấp ra thị trường dưới dạng sản phẩm phụ gia tính năng. Nghiên cứu ứng dụng phụ gia graphene, biến tính graphene ứng dụng cho sơn phủ epoxy và các vật liệu khác.	Các sản phẩm phụ gia graphene, graphene biến tính cho sơn phủ epoxy và các vật liệu khác.
4	Akzo Nobel	Sản xuất sơn, chất phủ và hóa chất chuyên dụng	Phát triển thương mại sản phẩm sơn phủ epoxy có sử dụng phụ gia graphene, graphene biến tính cho các ngành công nghiệp đóng tàu, ô tô, xây dựng, hàng không vũ trụ.

Bảng 2. Các loại nguyên liệu của thành phần A của công thức sơn phủ epoxy

TT	Nguyên liệu	Hãng sản xuất	Công dụng
1	Epoxy resin BE501X75	Chang Chun Plastic Co., Ltd.	Chất tạo màng epoxy
2	Butylglycol	Công ty TNHH Top Solvent	Dung môi hòa tan
3	Methyl proxitol (MP)	Công ty TNHH Top Solvent	Dung môi đệm
4	Methyl isobutyl ketone (MIBK)	Công ty TNHH Top Solvent	Dung môi pha loãng
5	SG-520	KeumJung Co., Ltd.	Phụ gia chống lắng
6	Dioxide titan NTR 606	Ningbo, Trung Quốc	Bột màu
7	Talc HTP	Liaoning Aihai Imi Mineral Co., Ltd.	Bột độn
8	Barium sulphate AB1600	Elementis	Bột độn
9	Methyl proxitol (MP)	Công ty TNHH Top Solvent	Vệ sinh
10	SG-720	KeumJung Co., Ltd.	Phụ gia chống chảy
11	Xylene có/không có graphene	Công ty TNHH Top Solvent	Dung môi

- Khả năng tương thích với các hợp phần sơn phủ: Graphene có thể tương thích tốt với nhiều loại nhựa epoxy khác nhau [7].

Graphene đã được ứng dụng rộng rãi như phụ gia trong sơn phủ epoxy. So với sơn phủ epoxy sử dụng phụ gia oxide kẽm truyền thống, các sản phẩm chứa graphene có hiệu quả cao trong bảo vệ chống ăn mòn cho kết cấu thép trong môi trường khắc nghiệt. Với đặc tính này, graphene được dự báo sẽ trở thành thành phần thiết yếu trong các sản phẩm sơn phủ thế hệ mới. Các nhà nghiên cứu và sản xuất đang tiếp tục phát triển những ứng dụng mới của graphene, nhằm tạo ra các sản phẩm sơn phủ có hiệu năng cao hơn, độ bền tốt hơn [8 - 10]. Nghiên cứu này tập trung vào việc khảo sát và đánh giá các tính chất của hệ sơn epoxy cơ bản và hệ sơn epoxy thương mại có và không sử dụng graphene, từ đó đánh giá tiềm năng ứng dụng của vật liệu này trong các hệ sơn epoxy khác nhau.

2. Thực nghiệm

2.1. Nguyên vật liệu

Nghiên cứu sử dụng graphene có số lớp từ 15 - 30 lớp, với độ tinh khiết cao hơn 95%. Graphene được phân tán vào dung môi xylene tạo thành dung dịch có chỉ số đa phân tán nhỏ hơn 1, điều này chứng tỏ hệ phân tán có độ ổn định cao. Hệ sơn epoxy được nghiên cứu là loại 2 thành phần A và B, với thành phần nguyên liệu được thể hiện trong Bảng 2 và 3. Graphene được đưa vào mẫu sơn epoxy thông qua dung dịch phân tán trong xylene, được liệt kê là nguyên liệu số 11 trong thành phần A (Bảng 2). Do đặc tính màu đen của graphene có thể ảnh hưởng đến màu sắc của sản phẩm cuối cùng khi sử dụng ở nồng độ cao, nghiên cứu tiến hành khảo sát ở 2 mức nồng độ thấp và cao, trong đó mức nồng độ cao được xác định là nồng độ tối đa mà sản phẩm vẫn chưa bị ảnh hưởng bởi màu đen của graphene. Mẫu đối chứng được chuẩn bị không sử dụng graphene, chỉ sử dụng dung môi xylene trong

Bảng 3. Các loại nguyên liệu của thành phần B của công thức sơn phủ epoxy

TT	Nguyên liệu	Hãng sản xuất	Công dụng
1	BS850EX	Jiangxi Baisheng Fine Chemical's Co., Ltd.	Chất tạo màng polyamide biến tính, tác nhân đông rắn
2	R-1085	Rich Special Materials Co., Ltd.	Chất xúc tác đông rắn
3	Iso butanol	Công ty TNHH Top Solvent	Dung môi hòa tan
4	Xylene	Công ty TNHH Top Solvent	Dung môi đệm

Bảng 4. Chỉ tiêu phân tích hệ sơn

TT	Chỉ tiêu phân tích	Phương pháp thử
1	Khả năng kháng nước muối	TCVN 9014:2011
2	Khả năng kháng kẽm	TCVN 9014:2011
3	Khả năng kháng xăng	TCVN 9014:2011
4	Thời gian khô (giờ)	TCVN 2096-2015
5	Độ bền va đập (kg.m)	TCVN 2100-2:2013
6	Khả năng chịu nhiệt của màng sơn ở 105°C/24 giờ	ASTM D2485-91 A
7	Đo độ dày màng khô của lớp phủ bảo vệ hữu cơ	TCVN 9014:2011
8	Đánh giá độ bền màng sơn theo phương pháp mù muối	ASTM D117
9	Đánh giá độ bền UV	ISO 11341, TCVN 2069:1993

Bảng 5. Tính chất màng sơn với thành phần khác nhau

TT	Tên mẫu	Khả năng chịu xăng	Khả năng chịu kiềm	Khả năng chịu nước muối	Khả năng chịu nhiệt	Độ bám dính (loại)	Độ bền va đập (kg.m)
1	Mẫu epoxy	x	x	x	x	0	50
2	Mẫu epoxy với graphene mức thấp	x	x	x	x	0	55
3	Mẫu epoxy với graphene mức cao	x	x	x	x	0	60

Ghi chú: - Đối với các chỉ tiêu chịu xăng, chịu kiềm, chịu nước muối và chịu nhiệt: X: Đạt, O: không đạt.
 - Đối với chỉ tiêu độ bám dính (loại): 0: Các cạnh của vết cắt hoàn toàn nhẵn; không có ô vuông nào của mạng lưới bị tách ra.

thành phần A (nguyên liệu số 11, Bảng 2). Các nguyên liệu của thành phần A và B của hệ sơn epoxy được phối trộn đồng nhất với nhau bằng phương pháp khuấy trộn.

2.2. Thử nghiệm, đánh giá đặc trưng tính chất của hệ sơn phủ

Thép CT3 được sử dụng để làm mẫu thử nghiệm sơn epoxy trong nghiên cứu này, bề mặt vật liệu thép được xử lý theo tiêu chuẩn quốc gia TCVN 8790:2011 (Tiêu chuẩn sơn bảo vệ kết cấu thép - quy trình thi công và nghiệm thu), theo cách xử lý bề mặt vật liệu thép carbon bằng giấy nhám:

- Sử dụng giấy nhám mác P100, 150, 180 chà bề mặt thép carbon có kích thước 3 × 9 cm để loại bỏ các vết rỉ, sét có trên bề mặt;
- Sau khi được đánh nhám, bề mặt thép được rửa lại bằng cồn, sau đó sấy khô trước khi sơn phủ.

Quá trình chuẩn bị hệ sơn được thực hiện theo các bước:

- + Bước 1: Chuẩn bị bình chứa mẫu sơn, bề mặt kim loại, đánh dấu mẫu sơn;

- + Bước 2: Cân thành phần A và B của sơn epoxy theo tỷ lệ xác định;
- + Bước 3: Khuấy đều hỗn hợp đã chuẩn bị trong 2 phút;
- + Bước 4: Sơn lên miếng thép, bề dày màng sơn theo quy định tại TCVN 9014:2011, sau đó tiến hành các bước phân tích, đánh giá tiếp theo.

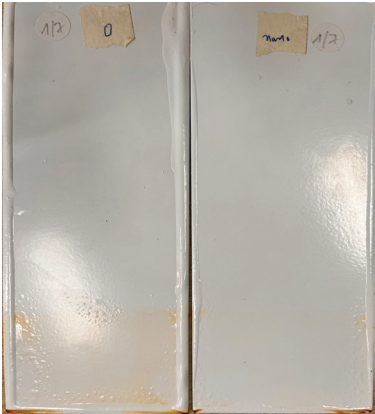
Phân tích chất lượng hệ sơn theo các chỉ tiêu được thể hiện ở Bảng 4 tại Nhà máy PVPaint, Viện Khoa học Vật liệu Ứng dụng, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

3. Kết quả và thảo luận

Kết quả phân tích mẫu sơn sau khi phối trộn được thể hiện ở Bảng 5, cho thấy các mẫu sơn epoxy đạt khả năng chịu kiềm, chịu xăng, chịu nước muối (thông số và điều kiện thử nghiệm ở Bảng 6), bổ sung graphene vào đã giúp hệ sơn có độ bền va đập cao hơn so với mẫu không sử dụng, giải thích bởi cấu trúc mạng lưới 2D của graphene với liên kết sp² có độ bền cao đã tạo ra một khung gia cường trong nền epoxy [5].

Bảng 6. Thống số và điều kiện thử nghiệm màng sơn

TT	Thông số	Điều kiện thử nghiệm
1	Khi ngâm trong kiềm, không có dấu hiệu bất thường	Sodium hydroxide (NaOH) 50 g/l sau 168 giờ
2	Khi ngâm trong xăng, không có dấu hiệu bất thường	Ngâm trong 48 giờ
3	Khi ngâm trong dung dịch sodium chloride (NaCl), không có dấu hiệu bất thường	Ngâm vào dung dịch sodium chloride (30 g/l) trong 240 giờ
4	Sau khi chịu nhiệt ở 105°C trong 24 giờ màng sơn không có dấu hiệu hư hỏng	



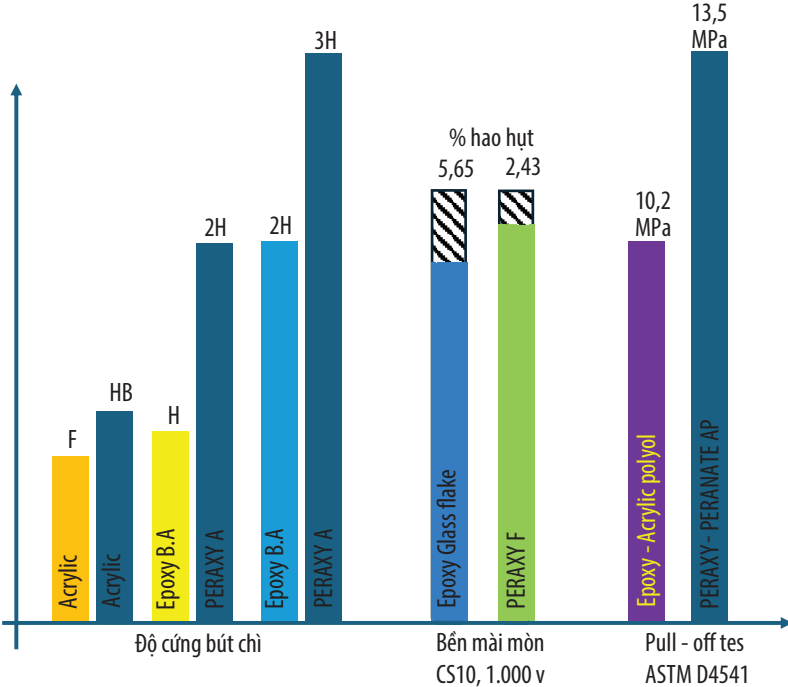
Hình 1. Mẫu thử nghiệm ngâm muối theo ASTM B895.



Mẫu epoxy Mẫu E10
Hình 2. Mẫu gia tốc hiện trường trước (a, b) và sau (c, d).

Sau 2 tháng thử nghiệm ngâm nước muối 5% theo ASTM B895 (Hình 1), mẫu sơn có graphene nồng độ cao thể hiện khả năng chống nước muối: bề mặt màng sơn của mẫu có graphene (b) vẫn chưa có hiện tượng phồng rộp, trong khi mẫu không chứa graphene (a) đã có hiện tượng phồng rộp và các rỉ sắt đã xuất hiện trên bề mặt sơn. Kết quả trên là do tính kỵ nước của graphene, hiệu ứng "rào cản nano" Nielson [11] ngăn chặn sự xâm nhập của nước và ion, mạng lưới graphene làm giảm thể tích tự do trong màng sơn.

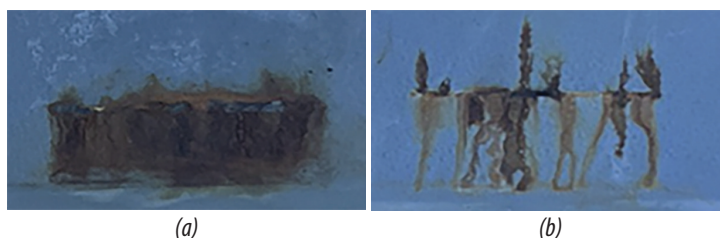
Ảnh hưởng bền thời tiết cho màng sơn được thực hiện ở điều kiện giả lập: Nhiệt độ 63°C, bước sóng bức xạ 295 nm, cường độ bức xạ 2,6 W/m², thời gian thử nghiệm tương đương 5 năm (Hình 2). Kết quả cho thấy mẫu sơn có graphene có độ bóng giảm ít hơn so với mẫu epoxy không sử dụng graphene, chứng minh khả năng chống UV cho lớp phủ epoxy, tương tự kết quả nghiên cứu [12]. Ảnh hưởng của nồng độ graphene: Kết quả thử nghiệm cho thấy graphene ở nồng độ cao cho hiệu quả tốt hơn về độ bền va đập, khả năng chống mù muối, độ bền UV do nồng độ đủ cao để tạo ra mạng lưới liên tục, không quá cao để gây



Hình 3. Khả năng cải thiện tính năng cơ lý của graphene khi cho vào các hệ sơn khác nhau.

ra hiện tượng kết tụ, tối ưu cho sự phân tán đồng đều trong nền epoxy. Graphene tạo ra hiệu ứng hiệp trợ trong bảo vệ chống ăn mòn thông qua các tính chất tăng cường độ bám dính giữa sơn và bề mặt kim loại, cải thiện tính chất cơ học của màng sơn, ngăn chặn sự khuếch tán của tác nhân ăn mòn. Sự kết hợp này tạo ra hiệu quả bảo vệ vượt trội so với từng cơ chế riêng, giải thích cho hiệu quả tổng thể của hệ sơn có graphene trong các thử nghiệm thực tế.

Graphene cũng được thử nghiệm vào các hệ sơn thương mại khác



Hình 4. Thử nghiệm muối, mẫu đối chứng (a) mẫu Peraxy (b).



Hình 5. Sản phẩm sơn Peraphene tại triển lãm sản phẩm công nghệ cao năm 2024.

nau tại Công ty CP Sơn Dầu khí Việt Nam (PVPaint)/Tổng công ty Bảo dưỡng - Sửa chữa Công trình Dầu khí (PVMR). Kết quả Hình 3 cho thấy mẫu Peraxy (mẫu sơn sử dụng graphene) giúp tăng độ cứng cho màng sơn từ F, HB, H lên 2H và 3H, bền mài mòn giảm từ 5,65% xuống 2,43%, gia tăng khả năng bám dính của màng sơn từ 10,2 MPa lên 13,5 MPa của các mẫu sơn có sử dụng graphene (Peraxy) so với mẫu sơn so sánh, chứng minh khả năng cải thiện các tính năng cho các mẫu sơn của graphene không chỉ ở các mẫu nghiên cứu, mà còn có khả năng cải thiện tính năng cho các mẫu sơn thương mại sẵn có.

Thử nghiệm muối ở điều kiện độ ẩm 100%, nước muối 5%, 35°C theo ASTM B117, sau 816 giờ (Hình 4) mẫu Peraxy cho kết quả chống rỉ tốt hơn mẫu so sánh do graphene đã ngăn chặn xâm nhập ẩm, O_2 trong không khí - tác nhân của quá trình ăn mòn điện hóa - làm giảm mức độ ăn mòn [6].

GNRs cũng được thử nghiệm vào các hệ sơn epoxy khác nhau tại PVPaint và PVMR. Từ kết quả này, nhóm nghiên cứu và PVMR đã đăng ký nhãn hiệu sơn Peraphene, giới thiệu tại Sự kiện "Kết nối công nghệ và Đổi mới sáng tạo Việt Nam năm 2024" (Techconnect and Innovation Vietnam 2024), Hình 5. Sản phẩm của nhóm nghiên cứu đang được tiếp tục thử nghiệm ở giai đoạn tiếp theo, để ứng dụng vào các công trình khác nhau trong và ngoài tập đoàn.

4. Kết luận

Hệ sơn epoxy có chứa graphene. Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ sơn này có khả năng kháng muối, kháng acid, kháng bazơ, độ bền va đập và độ bám dính. Đặc biệt, mẫu có hàm lượng graphene cao thể hiện hiệu quả khi gia tăng độ bền va đập từ 50 kg.m lên 60 kg.m và khả năng chống UV tốt hơn

trong thử nghiệm gia tốc thời tiết. Thử nghiệm trong môi trường nước muối 5% sau 2 tháng cũng cho thấy độ bền vượt trội của hệ sơn có graphene. Quan trọng hơn, graphene không chỉ cải thiện tính năng cho hệ sơn nghiên cứu mà còn cho cả sơn thương mại.

Từ kết quả nghiên cứu, để ứng dụng graphene vào các hệ sơn nói chung và hệ sơn epoxy nói riêng, ở các quy mô lớn hơn, cần có những chính sách hỗ trợ phát triển sản phẩm này trong ngành dầu khí và các ngành công nghiệp liên quan. Đối với lĩnh vực công nghiệp - năng lượng, cần ưu tiên sử dụng sơn epoxy-graphene cho các công trình biển và ven biển có yêu cầu chống ăn mòn cao, đồng thời xây dựng tiêu chuẩn ngành về sử dụng loại sơn này trong bảo vệ kết cấu thép. Các ngành công nghiệp khác như đóng tàu, xây dựng và năng lượng tái tạo xem xét áp dụng công nghệ này cho các kết cấu tiếp xúc với môi trường biển như: thân tàu, cầu cảng và trụ turbine gió ngoài khơi.

Để thúc đẩy nghiên cứu và ứng dụng công nghệ này, cần cơ chế ưu đãi về thuế cho việc sản xuất và sử dụng sơn epoxy-graphene trong các dự án công trình trọng điểm; tăng cường hợp tác quốc tế trong nghiên cứu và phát triển công nghệ sơn nano tiên tiến; xây dựng hệ thống tiêu chuẩn và quy chuẩn kỹ thuật cho sản phẩm sơn có graphene.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Nam Thắng, Nguyễn Mạnh Hồng và Phan Văn Chương, "Đánh giá chất lượng các hệ sơn phủ chống ăn mòn kết cấu thép vùng biển Việt Nam", *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, Số 3, 2011.
- [2] Tullio Monetta, Annalisa Acquesta, and Francesco Bellucci, "Graphene/epoxy coating as multifunctional material for aircraft structures, aerospace", *Aerospace*, Volume 2, Issue 3, pp. 423 - 434, 2015. DOI: 10.3390/aerospace2030423.
- [3] Samarah V. Harb, Sandra H. Pulcinelli, Celso V. Santilli, Kevin M. Knowles, and Peter Hammer, "A comparative study on graphen oxide and carbon nanotube reinforcement of PMMA-Siloxane-Silica anticorrosive coatings", *ACS Applied Materials & Interfaces*, Volume 8, Issue 25, pp. 16339 - 16350, 2016. DOI: 10.1021/acsami.6b04780.

[4] Sepideh Pourhashem, Mohammad Reza Vaezi, Alimorad Rashidi, and Mohammad Reza Bagherzadeh, "Exploring corrosion protection properties of solvent based epoxy-graphen oxide nanocomposite coatings on mild steel", *Corrosion Science*, Volume 115, pp. 78 - 92, 2017. DOI: 10.1016/j.corsci.2016.11.008.

[5] Xin Li, Bing Yu, Jie Chen, Dongxia Huo, Jun Liu, and Ding Nan, "Optimized functionalization of graphene oxide for enhanced mechanical properties in epoxy resin composites", *Coatings*, Volume 14, Issue 5, 2024. DOI: 10.3390/coatings14050609.

[6] Seyed Rasoul Mousavi, Sara Estaji, Hediye Kiaei, Mohammad Mansourian-Tabaei, Sasan Nouranian, Seyed Hassan Jafari, Holger Ruckdäschel, Mohammad Arjmand, and Hossein Ali Khonakdar, "A review of electrical and thermal conductivities of epoxy resin systems reinforced with carbon nanotubes and graphene-based nanoparticles", *Polymer Testing*, Volume 112, 2022. DOI: 10.1016/j.polymertesting.2022.107645.

[7] Sheetal Gulia, Md Moniruzzaman, and Atanu Panda, "Approaches in graphene-based nanocomposites: Synthesis, modification, and multifaceted applications", *FlatChem*, Volume 48, 2024. DOI: 10.1016/j.flatc.2024.100761.

[8] Siti Shafiah Shazali, Ahmad Amiri, Mohd Nashrul Mohd Zubir, Shaifulazuar Rozali, Mohd Zakuan Zabri, Mohd

Faizul Mohd Sabri, and Mohammadreza Soleymaniha, "Investigation of the thermophysical properties and stability performance of non-covalently functionalized graphene nanoplatelets with Pluronic P-123 in different solvents", *Materials Chemistry and Physics*, Volume 206, pp. 94 - 102, 2018. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2017.12.008.

[9] Sutripto Majumder, Ankita Meher, Srikanta Moharana, and Ki Hyeon Kim, "Graphene nanoribbon synthesis and properties in polymer composites: A review", *Carbon*, Volume 216, 2024. DOI: 10.1016/j.carbon.2023.118558.

[10] Sabih Qamar, Naveed Ramzan, and Waqas Aleem, "Graphene dispersion, functionalization techniques and applications: A review", *Synthetic Metals*, Volume 307, 2024. DOI: 10.1016/j.synthmet.2024.117697.

[11] Lawrence E. Nielsen, "Models for the permeability of filled polymer systems", *Journal of Macromolecular Science Part A: Chemistry*, Volume 1, Issue 5, pp. 929 - 942, 1967. DOI: 10.1080/10601326708053745.

[12] Hao Li, Qin-Hao Zhang, and Xian-Ze Meng, Hao-Jie Yan, Hui-Song Hu, Lian-Kui Wu, and Fa-He Cao, "Active/passive protection and anti-UV waterborne epoxy coatings based on low defect functionalized PDA-GO-CeO₂ material for excellent corrosion control", *Chemical Engineering Journal*, Volume 479, 2024. DOI: 10.1016/j.ccej.2023.147859.

APPLICATION OF GRAPHENE SOLUTION IN EPOXY PAINT SYSTEMS

Nguyen Manh Huan¹, Nguyen Huynh Hung My¹, Huynh Minh Thuan¹, Phan Minh Quoc Binh^{1,2}, Pham Ngoc Kien¹, Vu Duy Cuong³

¹Vietnam Petroleum Institute (VPI)

²Petrovietnam University (PVU)

³Petrovietnam Paint Joint Stock Company (PVPaint)

Email: huanm.pvpro@vpi.pvn.vn

Summary

This study focuses on applying graphene solution to epoxy paint systems to enhance corrosion protection for steel structures. Graphene material is dispersed in xylene solvent to create a solution with high dispersion stability. The graphene solution is added to the two-component epoxy paint system using a stirring method. Test results show that the paint film is resistant to alkali, acid, salt water, and heat. Notably, samples with high graphene content increased impact resistance from 50 to 60 kg.m compared to samples without graphene. The immersion test in 5% NaCl solution (salt spray test) after 2 months showed that samples with graphene exhibited no blistering or rusting, while control samples began to show these signs. Accelerated weathering tests also demonstrated that samples with graphene had better UV resistance with less gloss reduction. When applied to commercial paints, graphene improved film hardness from F, HB, H to 2H and 3H, reduced wear resistance from 5.65% to 2.43%, and increased adhesion strength from 10.2 MPa to 13.5 MPa. Salt spray testing after 816 hours indicated that samples with graphene demonstrated superior anti-corrosion resistance. The product has been registered under the Peraphene trademark and was showcased at the 2024 high-tech exhibition.

Key words: Graphene, epoxy paint, dispersion, anti-corrosion, peraphene.