

NGHIÊN CỨU ĐỘ BỀN THỜI TIẾT CỦA MÀNG SƠN ACRYLIC CHỨA PHỤ GIA TRO BAY

STUDY ON THE WEATHER RESISTANCE OF ACRYLIC PAINT FILMS CONTAINING FLY ASH ADDITIVES

Hoàng Thị Hương Thủy^{1,*}, Đỗ Trúc Vy²,
Lê Thị Mát², Vũ Thị Hòa³

DOI: <https://doi.org/10.57001/hu1h5804.2025.172>

TÓM TẮT

Công trình này trình bày kết quả khảo sát các tính chất cơ lí (độ bám dính, độ bền mài mòn) của màng sơn acrylic chứa phụ gia tro bay, sự biến đổi hoá học, sự sụt giảm khối lượng và tính chất bề mặt của lớp phủ sau quá trình thử nghiệm thời tiết. Các kết quả cho thấy tro bay phân tán và liên kết tốt với cấu trúc của lớp phủ, làm tăng độ bền mài mòn của lớp phủ từ 84,2 lít/mil lên 108,1 lít/mil. Sau 48 chu kì thử nghiệm, nhờ sự che chắn bảo vệ của tro bay trên bề mặt đã giúp tăng cường khả năng chống lão hoá của lớp phủ. Cụ thể, so sánh sự thay đổi của lớp phủ chứa 10% tro bay và không chứa tro bay sau quá trình thử nghiệm gia tốc: i) hàm lượng còn lại của nhóm alkane trong lớp phủ chứa còn lại cao hơn (tương ứng là 65% và 54%), ii) sự sụt giảm khối lượng thấp hơn (tương ứng 83% và 89%); iii) độ bền mài mòn sau thử nghiệm đều giảm nhẹ, iv) độ phân hóa cao hơn so với lớp phủ không chứa tro bay. Từ đó cho thấy những ứng dụng triển vọng của màng sơn chống lão hóa trên cơ sở nhựa acrylic và tro bay.

Từ khóa: *Lớp phủ bền thời tiết, lớp phủ hữu cơ, nhựa acrylic, tro bay.*

ABSTRACT

This study elucidates the findings of an inquiry into the mechanical characteristics (adhesion, wear resistance) of acrylic paint films that incorporate fly ash additives, alongside an analysis of chemical modifications, mass loss, and surface attributes of the coating after rigorous weathering tests. The findings indicated that the fly ash exhibited effective dispersion and adhesion within the coating's matrix, resulting in an enhancement of the wear resistance of the coating from 84.2 liters/mil to 108.1 liters/mil. Following 48 test cycles, the protective barrier formed by the fly ash on the surface contributed to an augmented aging resistance of the coating. In particular, a comparative analysis of the variations between the 10% fly ash coating and the coating devoid of fly ash after the accelerated testing revealed: i) a higher residual content of the alkane group in the coating containing fly ash (65% compared to 54%), ii) a reduced mass loss (83% versus 89%); iii) a slightly diminished abrasion strength post-testing, and iv) an increased pulverization compared to the coating lacking fly ash. A paint film with 10% fly ash exhibits superior weather resistance relative to a paint film that does not incorporate fly ash. This observation underscores the promising potential for applications of anti-aging paint films based on acrylic resins augmented with fly ash.

Keywords: *Weather resistant coating, organic coatings, acrylic polymers, fly ash.*

¹Trường Đại học Hồng Đức

²Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: hoangthihuongthuy@hdu.edu.vn

Ngày nhận bài: 23/02/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 22/5/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, việc tìm kiếm, khai thác nguồn nguyên liệu mới để hạn chế sự phát thải, tái sử dụng các chất phế thải

từ các hoạt động công nghiệp là việc làm rất cần thiết và có ý nghĩa trong thực tiễn. Trong khi nhu cầu tiêu thụ điện năng trên thế giới không ngừng gia tăng cùng với việc

phát triển kinh tế, xã hội; lượng than đốt cho các nhà máy nhiệt điện, không ngừng tăng lên. Tro bay (fly ash) là một trong những chất thải của các nhà máy Nhiệt điện trong quá trình đốt than, sự phát sinh ngày một nhiều của tro bay dẫn tới khó khăn về diện tích chứa cũng như ảnh hưởng tới môi trường. Thực tế cho thấy, khả năng ứng dụng của tro bay rất đa dạng, đặc biệt trong lĩnh vực làm vật liệu xây dựng [1-7]. Tuy nhiên, việc nghiên cứu nhằm đưa tro bay vào công thức sản xuất sơn nước và tạo ra các sản phẩm sơn có chất lượng cao, có thể ứng dụng trong công nghiệp và dân dụng là chưa có. Việc kết hợp phụ gia tro bay với các bột màu và chất tạo màng trong sản xuất sơn nước ngoài làm tăng tính chất cơ lý của màng sơn, còn có thể giúp tăng cường khả năng chống lão hoá thời tiết của lớp phủ do thành phần chính trong tro bay (SiO_2) hấp thụ mạnh UV, có khả năng bảo vệ rất tốt [8-10].

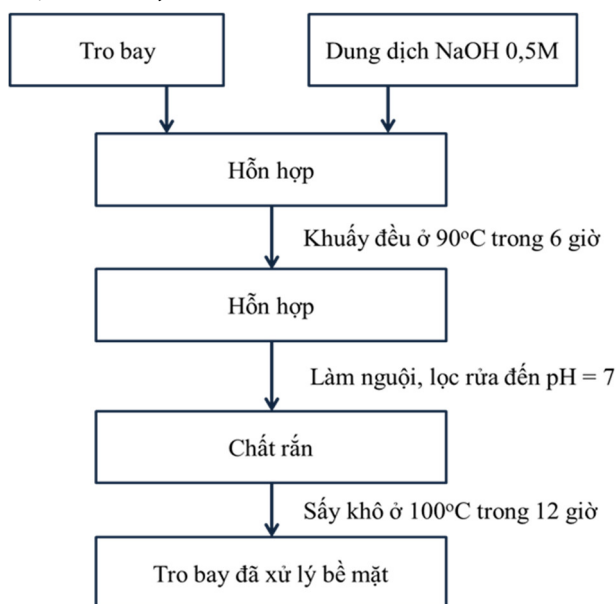
2. THỰC NGHIỆM

2.1. Nguyên liệu hóa chất

- Nhựa acrylic R 4152, Hàm gốc 50%, Synthomer.
- Tro bay của Nhà máy nhiệt điện Nghi Sơn I (Thanh Hóa).
- Dung dịch NaOH 0,5N và dung dịch HCl 36% (hãng Xilong, Trung Quốc)
- Chất làm đặc 3025, hãng DOW (Mỹ)
- Phụ gia điều chỉnh pH PHLEX 110; phụ gia hỗ trợ phân tán Triton X405.

2.2. Chuẩn bị các mẫu sơn sử dụng tro bay

Xử lý bề mặt tro bay: Sơ đồ quy trình xử lý tro bay được trình bày trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ quy trình xử lý tro bay

Phân tán tro bay trong nhựa acrylic nhũ tương: Các hạt tro bay sau khi xử lý kiểm được đưa vào công thức sơn với tỷ lệ 10% so với nhựa acrylic, được trình bày trong bảng 1. Tiến hành khảo sát 2 mẫu sơn, nhựa acrylic R4152 không chứa tro bay (AC) và mẫu nhựa acrylic R4152 chứa tro bay xử lý kiểm và phụ gia (AC-10%TB).

Bảng 1. Thành phần tỷ lệ các chất trong mẫu sơn

Hóa chất	AC	AC-10%TB
Nhựa R4152	60	60
Tro bay xử lý kiểm (g)	0	3
Phụ gia làm đặc 3025	0	1,5
Phụ gia trợ phân tán	0	0,06
Phụ gia điều chỉnh pH	0	0,09

Mẫu sơn sau khi được chuẩn bị sẽ đem khuấy trộn ở vận tốc khoảng 1200 - 1400 vòng/phút trong khoảng 2 giờ để hạt tro bay phân tán đều trong hệ nhựa.

2.3. Chế tạo các mẫu màng sơn

Tấm nền bê tông có các kích thước phù hợp với từng tiêu chuẩn, được gia công bằng vữa xi măng (Hoàng Thạch PC 30) - cát vàng - sỏi (kích thước < 0,5cm). Trước khi chế tạo màng sơn, bề mặt tấm nền đã được làm phẳng và được dưỡng hộ trong 28 ngày.

Các mẫu sơn thu được đem chế tạo các màng sơn có chiều dày khô khoảng 60μm bằng dụng cụ khung gạt chiều dày ERICHSEN MODEL 360 trên bề mặt các tấm kính kích thước 100×70×2mm. Sau 7 ngày để màng sơn khô tự nhiên trong phòng thí nghiệm, màng sơn sẽ được tiếp tục mang đi thử nghiệm.

2.4. Kỹ thuật sử dụng, phương pháp phân tích, đánh giá tính chất của màng sơn

- Các tính chất của màng sơn được xác định như sau: Độ bám dính theo tiêu chuẩn ISO 2409, độ bền mài mòn cát rơi theo tiêu chuẩn ASTM D968-15, được đo tại Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

- Phân tích hình thái bề mặt của lớp phủ được thực hiện trên kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường S-4800 (Hitachi).

- Độ bền thời tiết gia tốc của lớp phủ được thử nghiệm trong tủ Atlas UVCON UC-327-2, áp dụng chu kỳ 8 giờ chiếu tia UV-A ở 60°C và 4 giờ ngưng nước ở 50°C.

- Phân tích tổn hao khối lượng: các mẫu lớp phủ dùng để phân tích tổn hao khối lượng trong quá trình thử nghiệm được chế tạo với chiều dày màng ướt là 120 μm trên các tấm kính (10 x 7cm) bằng khung gạt tạo màng

ERICHSEN MODEL 360. Lớp phủ sau khi tạo xong sẽ được để khô hoàn toàn ở nhiệt độ phòng trong vòng 7 ngày. Công thức tính tổn hao khối lượng như sau:

$$D = \frac{m_0}{m_1} \times 100$$

Trong đó: D là phần trăm tổn hao khối lượng

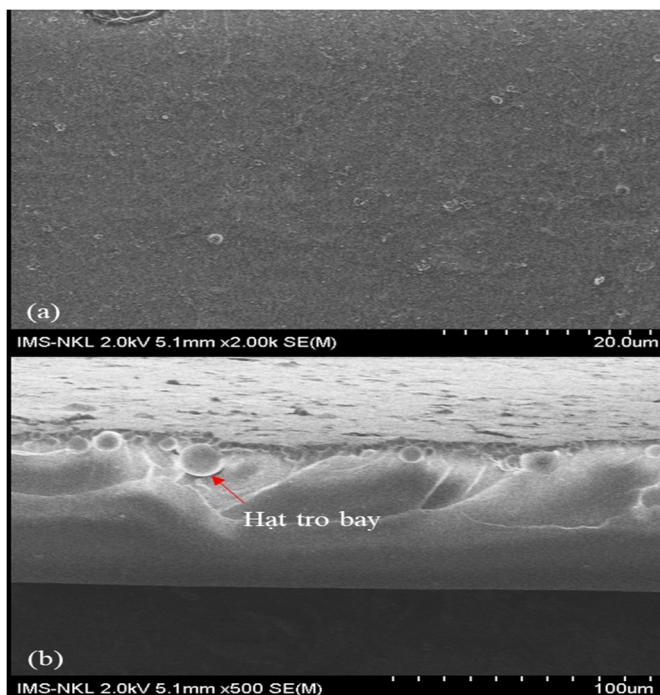
m_0 và m_1 lần lượt là khối lượng lớp phủ (khô hoàn toàn) ban đầu và sau khi thử nghiệm.

Sự bong tróc, rạn nứt, phấn hóa, phồng rộp của màng sơn trong môi trường thời tiết gia tốc của các mẫu sơn không chứa hạt và chứa 10% hạt tro bay sau 48 chu kỳ thử nghiệm thời tiết gia tốc theo tiêu chuẩn BS EN ISO 4628. Có 6 cấp độ ký hiệu từ 0 (tốt nhất) đến 5 (kém nhất).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Các đặc trưng hình thái cấu trúc và tính chất cơ lý của màng sơn

Để quan sát khả năng phân tán của các hạt tro bay trong lớp phủ sử dụng phương pháp FE-SEM. Trên hình 2 là ảnh FE-SEM bề mặt và mặt cắt ngang của lớp phủ.



Hình 2. Ảnh FE-SEM phân tích bề mặt (a) và mặt cắt ngang (b) của lớp phủ chứa 10% hạt tro bay

Trên hình 2a, thấy rằng hạt tro bay phân tán tương đối đồng đều trong lớp phủ, không quan sát thấy trên bề mặt lớp phủ có khuyết tật và lớp phủ có cấu trúc chặt chẽ. Trên ảnh FE-SEM mặt cắt ngang (hình 2b) thấy rằng hạt tro bay liên kết với cấu trúc lớp phủ có thể là do diện tích bề mặt lớn của hạt tro bay sau khi xử lý kiềm được tăng lên nên khả năng phân tán của chúng được tối ưu hơn.

Ngoài ra, phần lớn các hạt tro bay xuất hiện trên bề mặt của lớp phủ nên có thể giúp tăng cường một số tính chất của lớp phủ vì hạt tro bay có khả năng hấp thụ UV nên sẽ có nhiều ứng dụng triển vọng cho lớp phủ chống lão hóa.

Khảo sát một số tính chất cơ lý của lớp phủ acrylic không chứa hạt và lớp phủ acrylic có chứa 10% hạt tro bay. Kết quả tính chất cơ lý được thể hiện như trong bảng 2.

Bảng 2. Các tính chất cơ lý của lớp phủ

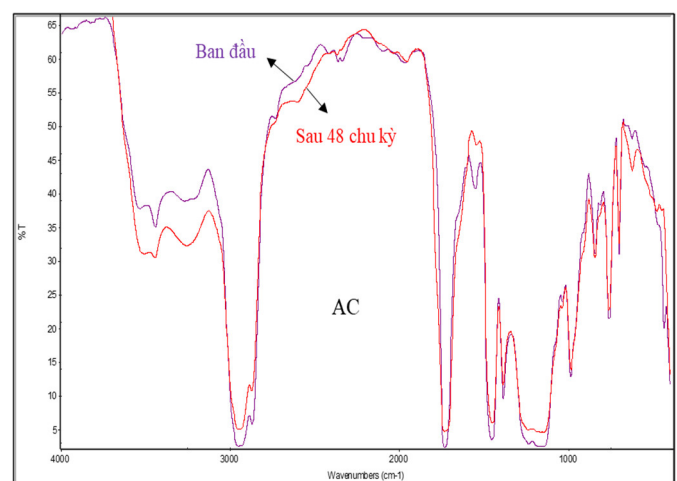
TT	Tính chất cơ lý	Mẫu 0%	Mẫu 10%
1	Độ bám dính điểm	1	1
2	Độ bền mài mòn cát rơi, lít/mil	84,2	108,1

Từ kết quả bảng 2 cho thấy, khi thêm 10% hạt tro bay xử lý kiềm vào lớp phủ acrylic (AC-10%TB) không làm thay đổi độ bám dính của lớp phủ so với lớp phủ acrylic ban đầu (AC). Mặt khác, khi lớp phủ chứa 10% hạt tro bay xử lý kiềm (AC-10%TB) thì độ bền cát rơi tăng lên 1,28 lần so với lớp phủ không chứa hạt (AC). Có thể thấy rằng, hạt tro bay có độ bền cơ học cao, chịu mài mòn tốt từ đó tăng độ chịu mài mòn của lớp phủ (vì hạt tro bay nằm phần lớn trên bề mặt của lớp phủ), kết quả này phù hợp với kết quả FE-SEM.

3.2. Độ bền thời tiết của màng sơn acrylic chứa tro bay

3.2.1. Sự biến đổi hóa học của màng sơn

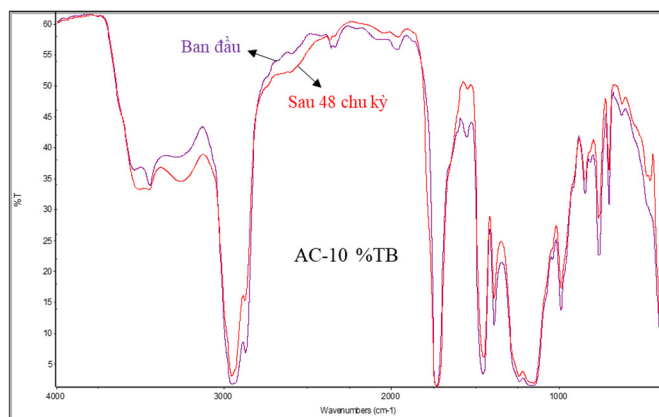
Để nghiên cứu sự ảnh hưởng của hạt tro bay đến quá trình chống lão hóa của lớp phủ thì sẽ tiến hành phân tích phổ hồng ngoại của lớp phủ không chứa hạt và chứa 10% hạt tro bay tại thời điểm ban đầu và sau 48 chu kỳ thử nghiệm độ bền thời tiết gia tốc, kết quả được trình bày như trên hình 3 và 4.



Hình 3. Phổ hồng ngoại của lớp phủ acrylic không chứa hạt tro bay ban đầu và sau 48 chu kỳ thử nghiệm độ bền thời tiết gia tốc

Quan sát trên hình 3 và 4 thấy rằng, khi thêm hạt tro bay vào lớp phủ thì không làm thay đổi các dao động đặc trưng

so với lớp phủ không chứa hạt. Như vậy khi thêm hạt tro bay vào lớp phủ không làm ảnh hưởng đến cấu trúc và đặc điểm của nhựa acrylic. Ngoài ra, sau 48 chu kỳ thử nghiệm gia tốc thời tiết, vị trí các dao động đặc trưng của lớp phủ không chứa hạt (AC) và chứa 10% hạt tro bay (AC-10%TB) không có sự thay đổi về các đỉnh dao động nhưng chúng có sự thay đổi về cường độ các dao động. Sau quá trình thử nghiệm thì cường độ các dao động hầu như có xu hướng thay đổi, kết quả được thể hiện cụ thể ở bảng 3.

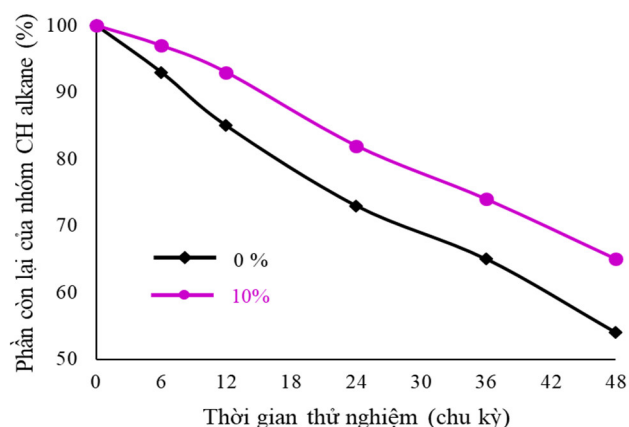


Hình 4. Phổ hồng ngoại của lớp phủ acrylic chứa 10% hạt tro bay ban đầu và sau 48 chu kỳ thử nghiệm thời tiết gia tốc

Bảng 3. Bảng tóm tắt các dao động đặc trưng của các liên kết trong lớp phủ acrylic không chứa và có chứa 10% hạt tro bay

STT	Số sóng (cm ⁻¹)	Dao động đặc trưng	0%		10%		Nhận xét	
			Ban đầu	Sau 48 chu kỳ	Ban đầu	Sau 48 chu kỳ	Cường độ	Sự thay đổi
1	3550 - 3443	ν của O-H ancol, acid	+	+	+	+	Yếu	Tăng
2	2960-2850	ν của C-H alkane trong nhóm CH ₃ , CH ₂	+	+	+	+	Mạnh	Giảm
3	1730	ν của C=O ester	+	+	+	+	Mạnh	Không rõ ràng
4	1450	δ của C-H alkane trong nhóm CH ₃ , CH ₂	+	+	+	+	Mạnh	Giảm
5	1387	δ của C-H alkane trong nhóm CH ₃	+	+	+	+	Trung bình	Giảm
6	1250 - 1165	ν của C-O- trong nhóm ester	+	+	+	+	Mạnh	Không rõ ràng

Có thể thấy rằng sau 48 chu kỳ thử nghiệm thời tiết gia tốc thì cường độ dao động của nhóm OH có xu hướng tăng nhẹ. Trong khi đó, cường độ dao động của các nhóm alkane đều có xu hướng giảm mạnh, vì thế sẽ tiến hành nghiên cứu sự suy giảm của nhóm alkane trong quá trình thử nghiệm để có thể thấy được sự ảnh hưởng của các hạt tro bay. Hình 5 là kết quả nghiên cứu định lượng sự thay đổi cường độ nhóm alkane trong quá trình thử nghiệm thời tiết gia tốc theo thời gian.



Hình 5. Ảnh hưởng của tro bay đến sự biến đổi nhóm CH alkane trong quá trình thử nghiệm thời tiết gia tốc

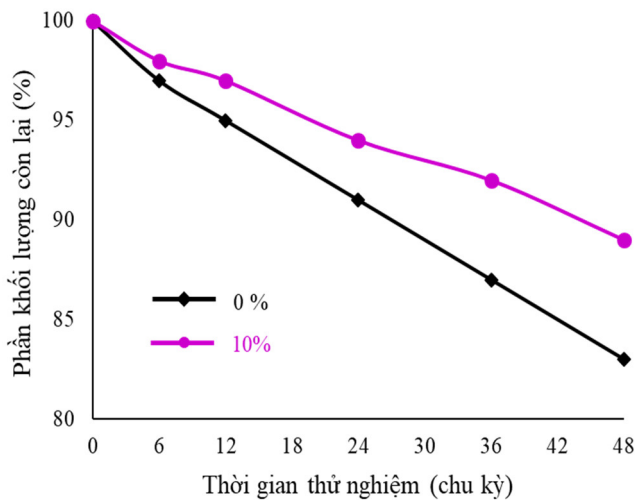
Trên hình 5 có thể thấy rằng sau 48 chu kỳ, hàm lượng nhóm alkane của lớp phủ không chứa hạt (AC) và (AC-10%TB) đều có xu hướng giảm theo thời gian. Lớp phủ (AC) có xu hướng giảm mạnh ngay từ khi bắt đầu thử nghiệm gia tốc, nhưng với phủ (AC-10%TB) sau 12 chu kỳ đầu mới bắt đầu có xu hướng giảm mạnh. Cụ thể, sau 48 chu kỳ thử nghiệm thì hàm lượng nhóm alkyl lớp phủ (AC) giảm nhiều hơn lớp phủ (AC-10%TB), với giá trị lần lượt là 54% và 65%. Như vậy, bước đầu có thể thấy rằng với sự có mặt của tro bay đã giúp tăng cường khả năng chống lão hoá của lớp phủ.

3.2.2. Nghiên cứu sự tổn hao khối lượng của màng sơn trong môi trường thời tiết gia tốc

Hình 6 thể hiện phần trăm khối lượng còn lại của các lớp phủ không chứa (AC) và chứa 10% hạt tro bay (AC-10%TB) trong quá trình thử nghiệm thời tiết gia tốc theo thời gian.

Kết quả trên hình 6 cho thấy sau quá trình thử nghiệm thì khối lượng của lớp phủ không chứa (AC) và chứa 10% hạt tro bay (AC-10%TB) đều có xu hướng giảm dần theo thời gian. Khối lượng lớp phủ (AC) giảm nhiều hơn khối lượng lớp phủ (AC-10%TB), phần trăm khối lượng còn lại của lớp phủ (AC) và lớp phủ AC-10%TB) cụ thể lần lượt là 83% và 89%. Như vậy, có thể khẳng định rằng khả năng

chống lão hoá của lớp phủ acrylic khi được thêm tro bay tốt hơn so với lớp phủ không chứa hạt.



Hình 6. Khối lượng còn lại của lớp phủ không chứa và chứa 10% hạt tro bay trong quá trình thử nghiệm thời tiết gia tốc

3.2.3. Nghiên cứu sự thay đổi tính chất cơ lý của màng sơn sau thử nghiệm thời tiết gia tốc

Trên bảng 4 thể hiện sự thay đổi tính chất cơ lý của lớp phủ không chứa (AC) và chứa 10% hạt tro bay (AC-10%TB) sau 48 chu kỳ thử nghiệm gia tốc thời tiết.

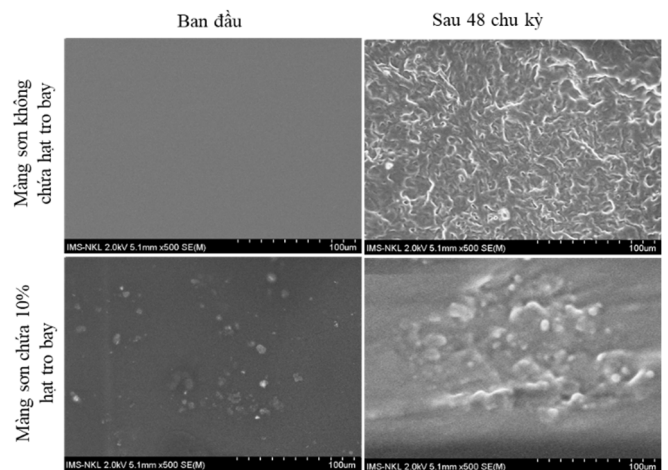
Bảng 4. Sự thay đổi tính chất cơ lý của màng sơn sau thử nghiệm thời tiết gia tốc

TT	Tính chất cơ lý	Mẫu 0%		Mẫu 10%	
		Ban đầu	Sau 48 chu kỳ	Ban đầu	Sau 48 chu kỳ
1	Độ bám dính điểm	1	2	1	1
2	Độ bền mài mòn cát rơi, lít/mil	84,2	80,1	108,1	105,1

Dựa vào kết quả trong bảng 4 cho thấy sau quá trình thử nghiệm gia tốc tính chất cơ lý của lớp phủ có xu hướng giảm. Cụ thể, với tính chất độ bám dính thì lớp phủ (AC-10%TB) không thay đổi nhưng lớp phủ (AC) thì lại giảm. Mặt khác, giá trị độ mài mòn cát rơi của các lớp phủ đều có xu hướng giảm, lớp phủ (AC) giảm 1,05 lần và lớp phủ (AC-10%TB) giảm 1,03 lần. Có thể thấy rằng sau quá trình thử nghiệm thời tiết gia tốc thì các lớp phủ đều suy giảm nhẹ về tính chất cơ lý nhưng với lớp phủ chứa tro bay thì tính chất cơ lý ít bị ảnh hưởng hơn.

3.2.4. Nghiên cứu sự thay đổi hình thái cấu trúc của màng sơn

Kết quả phân tích FE-SEM của các màng sơn không chứa hạt và chứa 10% hạt tro bay ban đầu và sau 48 chu kỳ thử nghiệm thời tiết gia tốc được trình bày trên hình 7.



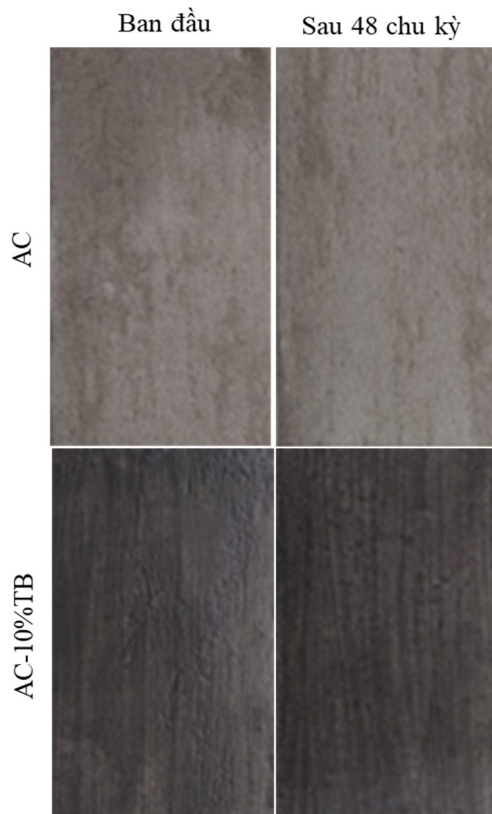
Hình 7. Ảnh FE-SEM của các màng sơn không chứa hạt và chứa 10% hạt tro bay ban đầu và sau 48 chu kỳ thử nghiệm thời tiết gia tốc

Từ hình 7 cho thấy, sau 48 chu kỳ thử nghiệm các màng sơn không chứa tro bay bị lão hóa biến dạng, hình thành các vết nhăn trên bề mặt trong khi bề mặt của màng sơn chứa 10% tro bay không bị biến dạng và hình thành các vết nhăn mà chỉ bị bào mòn để lộ ra các hạt tro bay. Kết quả này cũng phù hợp với các kết quả nghiên cứu sự biến đổi hóa học và sự tổn thất mẫu của màng sơn sau 48 chu kỳ thử nghiệm gia tốc thời tiết. Nhờ có sự che chắn bảo vệ của tro bay, màng sơn chứa 10% tro bay có độ bền thời tiết cao hơn hẳn màng sơn không chứa tro bay.

3.2.5. Nghiên cứu sự bong tróc, rạn nứt, phần hóa, phồng rộp của màng sơn

Ảnh chụp các mẫu sơn không chứa hạt và chứa 10% hạt tro bay ban đầu và sau 48 chu kỳ thử nghiệm thời tiết gia tốc được trình bày trên hình 8. Kết quả đánh sự bong tróc, rạn nứt, phần hóa, phồng rộp của màng sơn trong môi trường thời tiết gia tốc của các mẫu sơn không chứa hạt và chứa 10% hạt tro bay sau 48 chu kỳ thử nghiệm thời tiết gia tốc trình bày trên bảng 5.

Từ hình 8 và bảng 5 cho thấy, sau 48 chu kỳ thử nghiệm các màng sơn không chứa và chứa 10% tro bay quan sát bằng mắt thường đều chưa có sự thay đổi nhiều ngoại trừ màng sơn không chứa tro bay có sự phần hóa nhẹ. Kết hợp các kết quả nghiên cứu sự biến đổi hóa học, tổn thất mẫu, phân tích FE-SEM và đánh giá sự bong tróc, rạn nứt, phần hóa, phồng rộp của màng sơn sau 48 chu kỳ thử nghiệm gia tốc thời tiết cho thấy màng sơn chứa 10% tro bay có độ bền thời tiết cao hơn hẳn màng sơn không chứa tro bay. Sự lão hóa của các màng sơn mới ở giai đoạn đầu tức là sự thay đổi rõ ràng về cấu trúc, tính chất cơ lý giảm nhẹ. Sự tổn thất mẫu chủ yếu liên quan đến các quá trình biến đổi hóa học tạo thành các phân tử nhỏ hơn bị bay hơi hoặc rửa trôi trong quá trình thử nghiệm.



Hình 8. Ảnh chụp các màng sơn không chứa hạt và chứa 10% hạt tro bay ban đầu và sau 48 chu kỳ thử nghiệm thời tiết gia tốc

Bảng 5. Kết quả đánh sự bong tróc, rạn nứt, phân hóa, phồng rộp của màng sơn trong môi trường thời tiết gia tốc của các mẫu sơn không chứa hạt và chứa 10% hạt tro bay sau 48 chu kỳ thử nghiệm thời tiết gia tốc

TT	Tính chất	Màng sơn không chứa hạt tro bay	Màng sơn chứa 10% hạt tro bay
1	Độ bong tróc	0	0
2	Độ phân hóa	1	0
3	Độ phồng rộp	0	0
4	Độ rạn nứt	0	0

4. KẾT LUẬN

Các hạt tro bay khi được thêm vào màng sơn acrylic liên kết tốt với cấu trúc của lớp phủ đã giúp cho lớp phủ tăng độ bền mài mòn từ 84,2 lên 108,1 lít/mil. Mặt khác, lớp phủ trên cơ sở nhựa acrylic và các hạt tro bay đã cho thấy khả năng chống lão hoá thời tiết tốt hơn nhiều so với lớp phủ không chứa hạt. Sau 48 chu kỳ thử nghiệm thời tiết, lớp phủ chứa tro bay giữ được nhiều nhóm alkane hơn (65% so với 54%), sụt giảm khối lượng ít hơn (83% so với 89%), độ bền mài mòn giảm nhẹ và độ phân hóa tăng. Như vậy, lớp phủ chứa hạt tro bay có tiềm năng lớn cho ứng dụng sơn bền thời tiết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Thái Hoàng, *Nghiên cứu chế tạo vật liệu compozit từ một số nhựa nhiệt dẻo (PP, PE, EVA)/tro bay nhà máy nhiệt điện và ứng dụng làm một số sản phẩm dân dụng*. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Hà Nội, 2010.
- [2]. Bạch Trọng Phúc, *Nghiên cứu chế tạo vật liệu polyme compozit trên cơ sở nhựa nền polyeste không no gia cường bằng tro bay sử dụng trong công nghiệp và dân dụng*. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo, Hà Nội, 2017.
- [3]. D. C. D. Nath, S. Bandyopadhyay, S. Gupta, A Yu, D. Blackburn, C. White, "Surface-coated fly ash used as filled in biodegradable poly (vinyl alcohol) composit: Part 1 - The modification process," *Applied Surface Science*, 256(9) 2759-2763, 2010.
- [4]. Ku, H Trada, Kota V, "Optimum percentage of fly ash reinforced in vinylester composites," *Journal of material in Civil Engineering*, 22, 1, 104-107, 2010.
- [5]. K. Das, D. Ray, K Adhikary, N R Bandyopadhyay, AK Mohanty, M Misra, "Development of recycled polypropylene matrix composites filled with fly ash," *J. Reinf Plast. Compos*, 29, 510-517, 2011.
- [6]. Tô Xuân Hằng, "Kết hợp tro bay biến tính silan và oxit sắt trong chế tạo màng sơn epoxy bảo vệ chống ăn mòn thép cacbon," *Tạp chí Hóa học*, 50(4) 502-506, 2012.
- [7]. Tô Xuân Hằng, Nguyễn Tuấn Dung, Trịnh Anh Trúc, "Nghiên cứu biến tính tro bay bằng silan và ứng dụng trong chế tạo màng sơn epoxy bảo vệ chống ăn mòn thép cacbon," *Tạp chí Khoa học Công nghệ*, 48(3A) 87-94, 2010.
- [8]. Thien Vuong Nguyen, Phuong Nguyen Tri, Tuan Dung Nguyen, Rachid El Aidani, Van Thanh Trinh, Christian Decker, "Accelerated degradation of water borne acrylic nanocomposites used outdoor protective coatings," *Polymer Degradation and Stability*, 128: 65-76, 2016.
- [9]. Hoang T. H. T., Hoang T. H., Nguyen T. V., Nguyen T. A, "The Alkaline Resistance of Waterborne Acrylic Polymer/SiO₂ Nanocomposite Coatings," *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 8266576, 2022.
- [10]. NL Nguyen, TML Dang, TA Nguyen, HT Ha, TV Nguyen, "Study on Microstructure and Properties of the UV Curing Acrylic Epoxy/SiO₂ Nanocomposite Coating," *Journal of Nanomaterials*, 1-9, 2021.

AUTHORS INFORMATION

Hoang Thi Huong Thuy¹, Do Truc Vy², Le Thi Mat², Vu Thi Hoa³

¹Hong Duc University, Vietnam

²Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam

³Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry, Vietnam