



Original Article

Study on Manufacturing of Environmental- friendly Alkyd Paint

Nguyen Trung Thanh*

*Institute of Technology, General Department of National Defense Industry,
3 Cau Vong, Duc Thang, Bac Tu Liem, Hanoi, Vietnam*

Received 01 October 2019

Revised 27 November 2019; Accepted 24 September 2021

Abstract: This article presents results related to the manufacturing of environmentally friendly alkyd paint through the production of a polysaccharide intermediate emulsion (LPR) containing about 20% of water. Mechanical properties (impact resistance, flexural strength, adhesion, thermal stability) of paint coatings were studied. The durability of prepared alkyd paint was evaluated through 10-cycle UV-thermo-humidity complex stability of paint, and 03-cycle heat shocking of paint at temperatures of + 50 °C and -50 °C. The properties of prepared paint were compared to those of an alkyd paint of Hanoi Synthetic Paint Company. The results showed that the environmentally friendly alkyd paint has less volatile organic compounds (VOC), and toxic solvents, while its properties are comparable to common alkyd paint.

Keywords: Alkyd paint, polysaccharide, mechanical properties, environmentally friendly paint.

* Corresponding author.

E-mail address: nguyentrungthanhk42@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4954>

Nghiên cứu chế tạo sơn alkyd thân thiện môi trường

Nguyễn Trung Thành *

*Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng,
3 Cầu Vồng, Đức Thắng, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 01 tháng 10 năm 2019

Chỉnh sửa ngày 27 tháng 11 năm 2019; Chấp nhận đăng ngày 24 tháng 9 năm 2021

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu, chế tạo sơn alkyd thân thiện môi trường. Thông qua việc chế tạo nhũ tương trung gian từ nhựa polysacarit (LPR), đưa vào dung dịch sơn một lượng nước khoảng 20% tổng khối lượng sơn nhằm giảm bớt dung môi sử dụng trong sơn. Các tính chất cơ lý (độ bền va đập, độ bền uốn, độ bám dính) của màng sơn được nghiên cứu. Bên cạnh đó, bài báo cũng trình bày kết quả nghiên cứu độ bền nhiệt, khả năng chịu nhiệt ẩm - UV trong thời gian 10 chu kỳ của màng sơn. Ngoài ra, công trình cũng nghiên cứu khả năng chịu sốc nhiệt của màng 03 chu kỳ ở nhiệt độ +50 °C và -50 °C. Bài báo đã thử nghiệm và so sánh sơn alkyd thân thiện môi trường và sơn alkyd (sơn mã hiệu S.AK-P1) của Công ty sơn Tổng hợp Hà Nội. Kết quả nghiên cứu khẳng định được những ưu điểm của sơn alkyd thân thiện môi trường như làm giảm giá thành của sơn, giảm lượng dung môi độc hại, trong khi vẫn giữ được các tính chất tương đương sơn alkyd thông dụng và có thể sử dụng để sơn ngoài trời.

Từ khóa: Sơn alkyd, polysacarit, tính chất cơ lý, màng phủ thân thiện môi trường.

1. Mở đầu

Sơn alkyd là loại sơn phổ thông được sử dụng rộng rãi nhất trong các loại sơn [1, 2]. Sơn alkyd được chế tạo trên cơ sở hỗn hợp nhựa alkyd, bột màu, bột độn, dung môi hữu cơ và các phụ gia. Sơn alkyd dùng chống rỉ, sơn phủ trang trí cho kim loại, gỗ,... ở điều kiện trong nhà, ngoài trời [2, 3]. Để cải thiện tính chất của sơn alkyd, nhiều tác giả đã nghiên cứu biến tính nhựa alkyd với melamin, epoxy, silicon,... và thu được kết quả khả quan [4-6]. Nghiên cứu này trình bày kết quả nghiên cứu, chế tạo sơn alkyd theo hướng thân thiện với môi trường. Theo đó, công trình này đề cập đến giải pháp đưa thêm một lượng nước vào sơn alkyd hệ dung môi thông qua việc chế tạo nhũ tương trung gian từ nhựa polysacarit (LPR) trước khi sử dụng để chế tạo sơn. Nhựa polysacarit có một số nhóm hoạt tính với nước. Tuy nhiên, khi polysacarit kết hợp với nhựa alkyd trên cơ sở

dung môi hoặc nước, nhóm hoạt tính với sẽ tạo liên kết hydro giữa nhóm hydroxyl của nhựa polysacarit và các nhóm cacboxyl hóa trị hai của nhựa alkyd làm tăng mật độ khâu mạch của nhựa alkyd và làm tăng khối lượng phân tử của mạch đại phân tử alkyd [7]. Nói chung, tính chất của màng sẽ cải thiện khi khối lượng phân tử của nhựa hoặc chất liên kết tăng [8]. Thông qua việc khảo sát tính chất cơ lý, độ bền nhiệt, khả năng chịu nhiệt ẩm - UV trong thời gian 10 chu kỳ, khả năng chịu sốc nhiệt 03 chu kỳ, nghiên cứu khẳng định được những ưu điểm của sơn alkyd thân thiện môi trường như làm giảm giá thành của sơn, giảm lượng dung môi độc hại, thời gian khô nhanh hơn, trong khi vẫn giữ được các tính năng cơ lý tương đương sơn alkyd và có độ bền nhiệt cao hơn sơn alkyd.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu và hóa chất

- Nhựa alkyd QA 7812 (Đài Loan), có các chỉ tiêu kỹ thuật:

i) Hàm lượng chất không bay hơi: $(70 \pm 3)\%$;

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: nguyentruongthanhk42@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4954>

ii) Chỉ số axit < 10 mgKOH/g;

iii) Độ béo: (50 ± 2)%.

- Nhựa polysacarit LPR 76 sản phẩm thương mại của hãng Altakem Chemicals (Tây Ban Nha). Nhựa LPR 76 ở dạng huyền phù thể keo gồm 44% nhựa + 56% hàm lượng nước, pH = 6,8 là hỗn hợp đã được nghiền mịn các hạt polysacarit, được phân tán trong nước, ổn định thủy phân (không thủy phân).

- Xylen, Dầu hỏa, DOP, bentonit, chất làm khô coban, than đen N330: công nghiệp (Trung Quốc).

- CaCO₃: cỡ hạt 10 - 15 μm, thành phần CaCO₃ ≥ 98%, sản phẩm thương mại của công ty Hóa chất Minh Đức.

- Mẫu sơn alkyd (sơn mã hiệu S.AK-P1) là sản phẩm của Công ty sơn Tổng hợp Hà Nội. Sơn alkyd S.AK-P1 được chế tạo trên cơ sở nhựa alkyd, bột màu, dung môi hữu cơ và các phụ gia đặc biệt. Sơn dùng làm sơn phủ trang trí bảo vệ kim loại, gỗ ở điều kiện trong nhà và ngoài trời với yêu cầu kỹ thuật và chất lượng cao. Sơn khô mạch bằng oxy không khí. Màng sơn khô đánh, cứng, bám dính tốt, chống ẩm tốt, bền uốn, bền va đập và bền thời tiết,...

2.2. Chế tạo mẫu

2.2.1. Chế tạo nhũ tương trung gian

Bảng 1. Thành phần đơn chế tạo nhũ tương trung gian [9]

TT	Nguyên liệu	Tỷ lệ (% khối lượng)
1	Nhựa alkyd QA 7812	17
2	Nhựa LPR 76	13
3	Dầu hỏa	10,5
4	Xylen	7
5	Nước sạch	52,5

- Khuấy nhựa alkyd 1,200 - 1,500 vòng/phút, cho từ từ dầu hỏa và xylen vào.

- Tăng tốc độ khuấy lên khoảng 3,000 vòng/phút, cho từ từ nhựa LPR 76 và khuấy khoảng 15 phút, sau đó bổ sung nước sạch (sử dụng nước máy sinh hoạt).

- Tiếp tục khuấy hỗn hợp nguyên liệu trong máy khuấy ở tốc độ khoảng 3,000 vòng/phút

trong thời gian khoảng 15 phút cho đến khi dung dịch đồng nhất.

- Chuyển công đoạn chế tạo sơn.

2.2.2. Chế tạo sơn

Bảng 2. Thành phần đơn chế tạo sơn alkyd thân thiện môi trường [10]

TT	Nguyên liệu	Tỷ lệ (% khối lượng)
1	Nhựa alkyd QA 7812	15,5
2	Dầu hỏa	12
3	Xylen	10
4	CaCO ₃	18
5	Bentonit	0,5
6	Chất làm khô coban	1
7	Than đen N330	3
8	Dung dịch nhũ tương trung gian	40

- Chuẩn bị và định lượng nguyên liệu theo đơn nghiên cứu.

- Công đoạn muối ủ: cho 90% nhựa alkyd (lượng nhựa còn lại dùng để điều chỉnh hàm rắn và độ nhớt của sản phẩm sơn) và 90% lượng xylen vào khuấy đều, sau đó, cho hết các nguyên liệu còn lại khuấy ở tốc độ 20 - 40 vòng/phút trong 1 giờ. Muối ủ hỗn hợp trong 24 giờ.

- Công đoạn nghiền mịn: nghiền ở tốc độ 1,300-1,500 vòng/phút, đến khi độ mịn ≤ 25 μm.

- Công đoạn pha chỉnh: bổ sung lượng alkyd và xylen còn lại, khuấy đều trong 02 giờ. Lấy mẫu sơn đi kiểm tra.

+ Công đoạn lọc - đóng hộp - bảo quản: sử dụng lưới 100 lỗ/mm² để loại hết các hạt thô hoặc bụi bẩn ở trong sơn, sau đó chuyển sang đóng hộp.

2.3. Phương pháp thử nghiệm đánh giá

- Độ bền nhiệt: phân tích nhiệt khối lượng (TGA) được thực hiện trên thiết bị NETZSCH TG 209F1 LIBRA tại Viện Kỹ thuật Nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Điều kiện đo trong khí nitơ với tốc độ nâng nhiệt 10 °C/phút từ nhiệt độ phòng đến 600 °C.

- Sơn sau khi được chế tạo sẽ được gia công

mẫu (theo tiêu chuẩn TCVN 2090:2007) trên các tấm mẫu theo tiêu chuẩn TCVN 5670: 2007.

- Thời gian khô của màng sơn được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 2096:2015. Độ bám dính được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 2097:2007. Độ cứng của màng sơn được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 2098:2007. Độ bền uốn được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 2099:2007. Độ bền va đập xác định theo tiêu chuẩn TCVN 2100:2007 tại Viện Kỹ thuật Nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

- Hình thái cấu trúc của vật liệu được quan sát trên máy FESEM Hitachi S4800 (Nhật Bản) tại Viện Khoa học Vật liệu và máy JEOL, JSM-6510LV (Nhật Bản) tại Viện Kỹ thuật Nhiệt đới - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

- Thử nghiệm nhiệt ẩm-UV: thử nghiệm 10 chu kỳ theo tiêu chuẩn ASTM D4587-05 (1 chu kỳ 12 giờ bao gồm 8 giờ chiếu tia UV ở 60 °C, tiếp theo 4 giờ ngưng ở 50 °C). Thiết bị thử nghiệm: ATLAS UVCON UC 327-2 (Mỹ), chiếu sáng UV kết hợp ngưng ẩm, sử dụng đèn huỳnh quang UVB - 313 tại Viện Kỹ thuật Nhiệt đới - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

- Thử nghiệm khả năng chịu sốc nhiệt của màng sơn, sử dụng tủ sấy Memmer UNE-550

(Đức), bể điều nhiệt Julabo F81-ME (Đức), kính lúp để kiểm tra bề mặt mẫu trước - sau thử nghiệm. Nhiệt độ tủ sấy là +50 °C. Nhiệt độ khoang lạnh là -50 °C. Đặt mẫu vào tủ sấy, duy trì nhiệt độ + 50 °C trong 10 phút. Sau đó, lấy mẫu đột ngột từ tủ sấy, đưa vào khoang lạnh, thời gian chuyển tiếp không quá 02 phút. Mẫu được giữ ở khoang lạnh ở nhiệt độ -50 °C trong thời gian 10 phút. Sau đó, lấy mẫu đột ngột từ khoang lạnh và đưa trở lại tủ sấy, thời gian chuyển tiếp không quá 02 phút. Tiến hành lặp thử nghiệm liên tiếp 3 chu kỳ. Sau 3 chu kỳ thử nghiệm, quan sát bề mặt sơn bằng kính lúp có độ phóng đại 20 lần để quan sát và chụp ảnh SEM để đánh giá khả năng chịu sốc nhiệt của màng sơn.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Khảo sát tính chất của màng sơn alkyd thân thiện môi trường

Tiến hành khảo sát tính chất cơ lý (Độ bám dính, độ bền uốn, độ bền va đập, độ cứng) và thời gian khô của màng sơn alkyd thân thiện môi trường và mẫu sơn alkyd (sơn mã hiệu S.AK-P1) là sản phẩm của Công ty sơn Tổng hợp Hà Nội. Kết khảo sát được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Tính chất cơ lý của màng sơn alkyd thân thiện môi trường và màng sơn alkyd

TT	Tính chất cơ lý của màng sơn	Mẫu sơn thử nghiệm	
		Sơn alkyd thân thiện môi trường	Sơn alkyd (S.AK-P1)
1	Độ bám dính (điểm)	1	1
2	Độ bền uốn (mm)	2	2
3	Độ bền va đập (Kg.cm)	160	160
4	Độ cứng	0,17	0,15
5	Thời gian khô se bề mặt, chiều dày màng sơn 30 - 40 μ m, ở nhiệt độ 30 °C, phút	25	29
6	Thời gian khô hoàn toàn, chiều dày màng sơn 30 - 40 μ m, ở nhiệt độ 30 °C	20 giờ 30 phút	20 giờ 38 phút

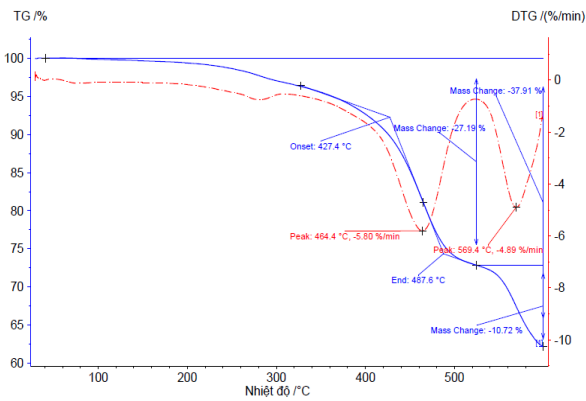
Kết quả Bảng 3 cho thấy, tất cả các mẫu sơn khảo sát đều có độ bám dính, độ bền uốn, độ bền va đập đạt mức cao nhất. Độ cứng và độ bền va đập, thời gian khô se và thời gian khô hoàn toàn của màng sơn alkyd thân thiện môi

trường tương đương với mẫu sơn alkyd đối chứng. Như vậy, với khoảng 20% khối lượng nước trong đơn thành phần nghiên cứu có thể chế tạo được sơn alkyd có các tính năng cơ lý tương đương với sơn alkyd (sơn mã hiệu S.AK-P1) của

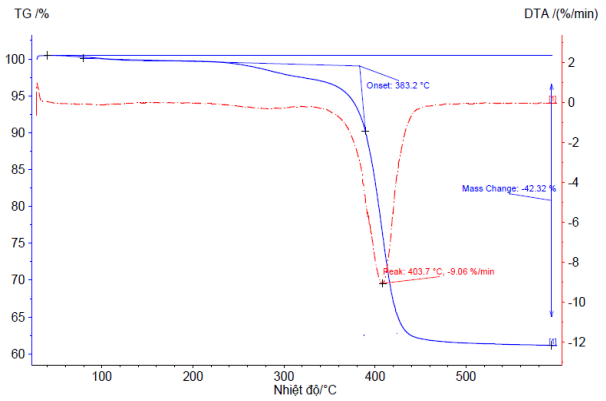
Công ty sơn Tổng hợp Hà Nội. Điều này có thể được giải thích là do liên kết hydro giữa nhóm hydroxyl của nhựa polysacarit và nhóm cacboxyl của nhựa alkyd và làm tăng khối lượng phân tử của nhựa alkyd làm cho màng sơn khô nhanh hơn và độ cứng của màng sơn cũng được cải thiện. Ngoài ra, liên kết hydro cũng tạo ra sự ổn định của hệ nhũ tương dầu - nước.

3.2. Khảo sát độ bền nhiệt của sơn

Để nghiên cứu tính chất nhiệt của màng sơn alkyd thân thiện môi trường và sơn alkyd (S.AK-P1) sử dụng phương pháp phân tích sự biến đổi khối lượng mẫu theo nhiệt độ (TGA). Độ bền nhiệt của mẫu xác định từ giản đồ mất khối lượng theo nhiệt độ.



Hình 1 a. Giản đồ TGA của sơn alkyd thân thiện môi trường.



Hình 1 b. Giản đồ TGA của sơn alkyd (S.AK-P1).

Hình 1 a, 1 b cho thấy, hình dạng đường cong TGA của mẫu sơn alkyd và mẫu sơn tương đối giống nhau. Trong khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ phòng đến 350 °C: là giai đoạn phân hủy của nhóm chức trong mạch polyme, các chất thấp phân tử,... Đường cong TGA của sơn alkyd đều và tuyến tính. Đường cong TGA của sơn alkyd thân thiện môi trường có các khoảng mất khối lượng tương ứng với sự tiêu hao của các đoạn mạch alkyd, polysacarit trong đại phân tử. Đến khoảng nhiệt độ 480 °C sơn alkyd thân thiện môi trường có lượng mẫu tiêu hao ít hơn so với sơn alkyd. Nếu so sánh độ dốc của đường TGA trên Hình 1 a và 1 b ta cũng thấy có sự khác biệt Hình 1 a có độ dốc nhỏ hơn so với Hình 1 b, nghĩa là độ bền nhiệt của sơn alkyd thân thiện môi trường cao hơn so với sơn alkyd.

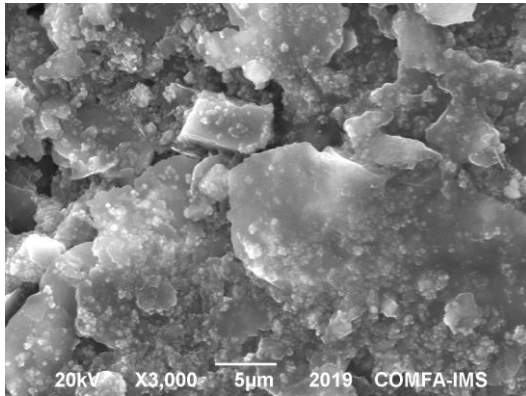
(sơn mã hiệu S.AK-P1) của Công ty sơn Tổng hợp Hà Nội. Tiến hành thử nghiệm nhiệt ẩm - UV 10 chu kỳ (1 chu kỳ 12 giờ bao gồm 8 giờ chiếu tia UV ở 60 °C, tiếp theo 4 giờ ngưng ở 50 °C). Kết quả khảo sát được trình bày trong Bảng 4 và hình 2a và 2b. Hình thái cấu trúc của vật liệu được quan sát trên máy FESEM Hitachi S4800 (Nhật Bản) tại Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

3.3. Khảo sát khả năng chịu nhiệt ẩm - UV của màng sơn

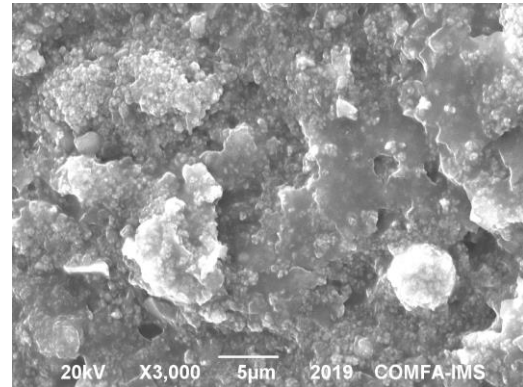
Bảng 4. Kết quả thử nghiệm khả năng chịu nhiệt ẩm - UV của màng sơn

Để nghiên cứu đánh giá độ bền trong điều kiện nóng ẩm - UV của màng sơn, chế tạo mẫu sơn alkyd thân thiện môi trường và sơn alkyd

TT	Tên mẫu	Kết quả thử nghiệm
1	Mẫu sơn alkyd thân thiện môi trường	Bề mặt không rạn nứt, không phồng rộp, không bong tróc, mất màu nhẹ, độ bóng giảm nhẹ
2	Mẫu sơn alkyd (S.AK-P1)	Bề mặt không rạn nứt, không phồng rộp, không bong tróc, mất màu nhẹ, độ bóng giảm nhẹ



Hình 2 a. Ảnh SEM mẫu sơn alkyd thân thiện môi trường sau thử nghiệm nhiệt ẩm - UV.



Hình 2 b. Ảnh SEM mẫu sơn alkyd (S.AK-P1) sau thử nghiệm nhiệt ẩm - UV.

Kết quả nghiên cứu trong Bảng 4 và Hình 2 a, 2 b cho thấy, các mẫu sơn alkyd thân thiện môi trường (sơn sử dụng ít dung môi hơn) và sơn alkyd đôi chứng đều tương đối bền trong điều kiện nhiệt ẩm - UV, ảnh SEM có độ phóng đại 3,000 lần thể hiện bề mặt mẫu sau thử nghiệm không rạn nứt, không bong tróc, điều này cho thấy cả màng sơn alkyd thân thiện môi trường và sơn alkyd đều có thể sử dụng được để sơn ngoài trời trong môi trường nhiệt độ thay đổi và có tác dụng của tia UV.

3.4. Khảo sát khả năng chịu sốc nhiệt của màng sơn

Để khảo sát khả năng chịu sốc nhiệt của màng sơn alkyd thân thiện môi trường và màng sơn alkyd (sơn mã hiệu S.AK-P1) của Công ty sơn Tổng hợp Hà Nội, sử dụng tủ sấy Memmer UNE-550 (Đức), bể điều nhiệt Julabo F81-ME (Đức), kính lúp để kiểm tra bề mặt mẫu

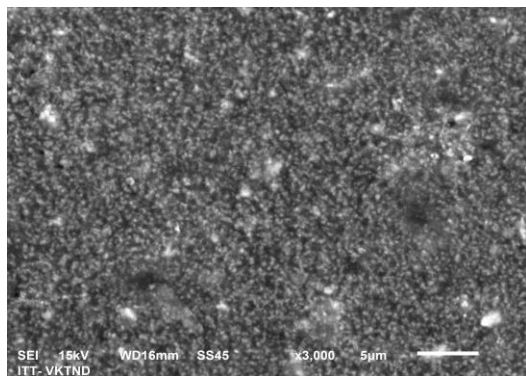
trước - sau thử nghiệm. Nhiệt độ tủ sấy là +50 °C. Nhiệt độ bể điều nhiệt (khoảng lạnh) là -50 °C. Đặt mẫu vào tủ sấy, duy trì nhiệt độ +50 °C trong 10 phút, sau đó lấy mẫu đột ngột từ tủ sấy, đưa vào khoang lạnh, thời gian chuyển tiếp không quá 02 phút. Mẫu được giữ ở khoang lạnh ở nhiệt độ - 50 °C trong thời gian 10 phút.

Sau đó, lấy mẫu đột ngột từ khoang lạnh và đưa trở lại tủ sấy, thời gian chuyển tiếp không quá 02 phút. Tiến hành lặp thử nghiệm liên tiếp 3 chu kỳ. Sau 3 chu kỳ thử nghiệm, quan sát bề mặt sơn bằng kính lúp có độ phóng đại 20 lần để quan sát và so sánh với mẫu không thử nghiệm sốc nhiệt. Kết quả thử nghiệm được thể hiện trong Bảng 5 và Hình 3 a và 3 b. Hình thái cấu trúc của vật liệu được quan sát trên máy máy JEOL JSM-6510LV (Nhật Bản) tại Viện Kỹ thuật Nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Bảng 5. Kết quả thử nghiệm sốc nhiệt của màng sơn

TT	Màng sơn sau thử nghiệm sốc nhiệt	Tên mẫu thử	
		Mẫu sơn alkyd thân thiện môi trường	Mẫu sơn alkyd (S.AK-P1)
1	Thay đổi độ bóng	không	Không
2	Xuất hiện rạn nứt	không	Không
3	Xuất hiện đứt gãy	không	Không
4	Xuất hiện phồng rộp	không	Không
5	Xuất hiện vảy và bong tróc	không	Không

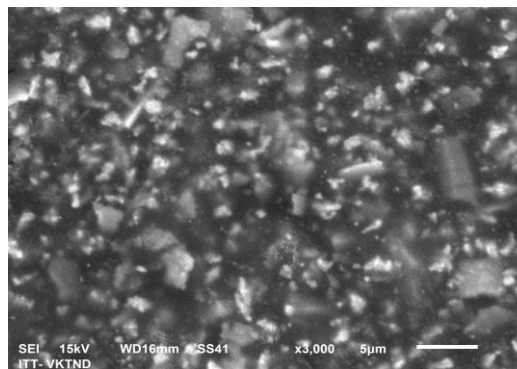
Kết quả thử nghiệm sốc nhiệt 03 chu kỳ cho thấy, không có sự thay đổi về trạng thái màng sơn sau thử nghiệm sốc nhiệt. Qua ảnh SEM ở Hình 3 a, Hình 3 b cho thấy, với độ phóng đại 3000 lần, mẫu sơn sau 3 chu kỳ sốc nhiệt



Hình 3 a. Ảnh SEM mẫu sơn alkyd thân thiện môi trường sau thử nghiệm sốc nhiệt.

không xuất hiện các vết nứt, bong tróc, phồng rộp.

Điều này cho thấy, các mẫu sơn thử nghiệm đều có khả năng chịu được điều kiện thay đổi đột ngột (sốc nhiệt) trong 03 chu kỳ.



Hình 3 b. Ảnh SEM mẫu sơn alkyd (S.AK-P1) sau thử nghiệm sốc nhiệt.

4. Kết luận

- Sơn alkyd thân thiện môi trường chế tạo từ hợp chất nhũ tương trung gian với hàm lượng nước khoảng 20% khối lượng có tính chất cơ lý tương đương với mẫu sơn alkyd (sơn mã hiệu S.AK-P1) của Công ty sơn Tổng hợp Hà Nội.

- Độ bền nhiệt và khả năng chịu nhiệt ẩm - UV của sơn alkyd thân thiện môi trường tương đương với các giá trị này của sơn alkyd (S.AK-P1) của Công ty sơn Tổng hợp Hà Nội sau 10 chu kỳ thử nghiệm.

- Sơn alkyd thân thiện môi trường có khả năng chịu sốc nhiệt ở nhiệt độ +50 °C và -50 °C trong thời gian 03 chu kỳ.

- Với hàm lượng nước khoảng 20% trong đơn thử nghiệm, nghiên cứu đã khẳng định được thành công trong chế tạo sơn alkyd thân thiện môi trường và có thể sử dụng để sơn ngoài trời để bảo vệ các kết cấu bê tông cốt thép, các công trình giao thông, gỗ,...

Tài liệu tham khảo

- [1] R. Talbert, Paint Technology Handbook, CRC Press, Florida - USA, 2008.
- [2] J. J. Licari, Handbook of Polymer Coatings for Electronics - Chemistry, Technology and Applications, Park Ridge, New Jersey, USA, 2008.
- [3] E. U. Ikuhoria, A. I Aigbodionb, F. E Okieimena, Enhancing the Quality of Alkyd Resins using Methyl Esters of Rubber Seed Oil, Tropical Journal of Pharmaceutical Research, Vol. 3, No. 1, 2004, pp. 311-317.
- [4] M. Alam, D. Akram, E. Sharmin, Vegetable Oil Based Eco-friendly Coating Materials: A Review Article, Arabian Journal of Chemistry, Vol. 7, No. 4, 2014, pp. 469-479.
- [5] D. T. C. Ang, S. N. Gan, Novel Approach to Convert Non-self Drying Palm Stearin Alkyds into Environmental Friendly UV Curable Resins, Progress in Organic Coatings, Vol. 73, 2012, pp. 409-414.
- [6] C. Aulin, G. Ström, Multilayered Alkyd Resin/Nanocellulose Coatings for use in Renewable Packaging Solutions with a High Level of Moisture Resistance, Industrial and Engineering Chemistry Research, Vol. 52, No. 7, 2013, pp. 2582-2589.
- [7] E. Sharmin, F. Zafar, Recent Advances in Vegetable Oils Based Environment Friendly Coatings: A Review, Industrial Crops and Products, Vol. 76, 2015, pp. 215-229.
- [8] C. Pirvu, I. Demetrescu, et al., Electrochemical Stability and Surface Analysis of a New Alkyd Paint with Low Content of Volatile Organic Compounds, Progress Organic Coatings, Vol. 68, No. 4, 2010, pp. 274-282.
- [9] <https://www.altakem.com/wp-content/uploads/2019/04/PRESENTACION-LPR76-OCT/,2014> (accessed on: April 24th, 2021).
- [10] A. S. Hesry, S. Syron, New Liquid Polybutadiene Polymer Replaces Solvent and Improves Application, European Coating Journal, Vol. 12, 2017, pp. 30-34.