



Original Article

## Modification of Alkyd with Epoxy and its Application for Paint. Part 2: Durability of Paint Manufactured from this Ester

Nguyen Trung Thanh\*

*Institute of Technology - Vietnam Defence Industry,  
3 Cau Vong, Duc Thang, Bac Tu Liem, Hanoi, Vietnam*

Received 31 March 2020

Revised 28 August 2020; Accepted 22 October 2022

**Abstract:** This article synthesized the epoxy alkyd ester resin by modifying alkyd resin with epoxy resin. The characteristics of synthesized resin was considered through the thermo-oxidation resistance, the chemical resistance (in 5 wt.% HCl, or in 5 wt.% NaCl solution), the UV-thermo-humidity complex stability (30 cycles, each cycle of 8 hours in UV irradiation at 60 °C and followed by 4 hours of humidity condensation at 50 °C), and the thermal shock resistance (7 cycles, each cycle of 10 minutes in refrigerated chamber at - 50 °C and 10 minutes in oven chamber at + 50 °C) The results showed that the thermo-oxidation resistance, the chemical resistance, and the UV-thermo-humidity complex stability of the ester epoxy alkyd paint film were higher than that of alkyd paint film, while the thermal shock ability was similar to that of the alkyd paint.

**Keywords:** Epoxy alkyd esters resin, thermo-oxidation resistance, UV-thermo-humidity complex stability, thermal shock resistance.

\* Corresponding author.

*E-mail address:* [nguyentrunghanh42@gmail.com](mailto:nguyentrunghanh42@gmail.com)

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5039>

# Biến tính nhựa alkyd bằng nhựa epoxy và ứng dụng làm sơn

## Phần 2: Khảo sát độ bền của sơn chế tạo từ este này

Nguyễn Trung Thành \*

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

Nhận ngày 31 tháng 3 năm 2020

Chỉnh sửa ngày 28 tháng 8 năm 2020; Chấp nhận đăng ngày 22 tháng 10 năm 2022

**Tóm tắt:** Bài báo đề cập đến kết quả khảo sát độ bền oxy hóa nhiệt, khả năng chịu môi trường hóa chất (axit HCl 5% về khối lượng và nước muối NaCl 5% về khối lượng), khả năng chịu nóng ẩm - UV (trong 30 chu kỳ, mỗi chu kỳ bao gồm 8 giờ chiếu UV tại 60 °C và 4 giờ ngưng tụ tại 50 °C), khả năng chịu sốc nhiệt (trong 7 chu kỳ, mỗi chu kỳ bao gồm 10 phút trong khoang lạnh tại - 50 °C và 10 phút trong tủ sấy ở + 50 °C) của màng sơn chế tạo từ nhựa este epoxy alkyd thu được bằng cách biến tính nhựa alkyd với nhựa epoxy. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ bền oxy hóa nhiệt, khả năng chịu môi trường hóa chất, khả năng chịu nóng ẩm - UV của màng sơn este epoxy alkyd cao hơn mẫu sơn alkyd. Kết quả thử nghiệm sốc nhiệt cho thấy màng sơn este epoxy alkyd có khả năng chịu được sốc nhiệt tương đồng với màng sơn alkyd.

**Từ khóa:** Sơn este epoxy alkyd, độ bền oxy hóa nhiệt màng phủ, nóng ẩm - UV màng sơn, sốc nhiệt.

### 1. Mở đầu

Nhựa alkyd có đặc tính mềm dẻo, bám dính cao, bền uốn tốt, giá thành thấp, có khả năng tương hợp tốt với nhiều loại nhựa khác, đây là một trong những loại nhựa được dùng phổ biến trong ngành sơn. Tuy nhiên, màng sơn nguồn gốc từ nhựa alkyd có nhược điểm là độ cứng thấp, kém bền hóa chất,... [1-3]. Để có thể sử dụng trong ngành sơn, nhiều tác giả đã khắc phục những nhược điểm của nhựa alkyd bằng cách biến tính, phối trộn nhựa alkyd với nhựa melamin, với nhựa styren, nhựa phenolic, với dầu cao su,... nhằm cải thiện độ đàn cứng, khả năng chịu hóa chất, tính chất cơ lý,... [4-7]. Một số tác giả đã nghiên cứu biến tính nhựa alkyd bằng nhựa epoxy nhằm thu được este epoxy alkyd. Este này kết hợp được nhiều ưu điểm như khả năng bám dính cao lên nhiều loại vật liệu, bền hóa chất,... của nhựa epoxy và độ mềm

dẻo, có khả năng khâu mạch nhờ oxy không khí,... của nhựa alkyd [8-14]. Trong một nghiên cứu khác [15], tác giả đã đề cập đến kết quả của quá trình este hóa nhựa alkyd bằng nhựa epoxy để tổng hợp nhựa este epoxy alkyd. Bên cạnh đó, tác giả cũng đã khảo sát tính chất cơ lý, độ bền nhiệt của sơn trên cơ sở nhựa este epoxy alkyd và so sánh các giá trị này với các giá trị tương ứng của sơn alkyd.

Trong nghiên cứu này, tác giả sẽ đề cập đến việc khảo sát độ bền oxy hóa nhiệt, khả năng chịu môi trường hóa chất (axit HCl 5% về khối lượng và nước muối NaCl 5% về khối lượng), khả năng chịu nóng ẩm - UV trong 30 chu kỳ (1 chu kỳ bao gồm 8 giờ chiếu tia UV ở 60 °C, tiếp theo 4 giờ ngưng tụ ở 50 °C), khả năng chịu sốc nhiệt với nhiệt độ khoang lạnh - 50 °C và nhiệt độ tủ sấy + 50 °C, thử nghiệm trong thời gian 7 chu kỳ (01 chu kỳ bao gồm 10 phút trong khoang lạnh và 10 phút trong tủ sấy) màng sơn chế tạo từ nhựa alkyd và nhựa este epoxy alkyd khâu mạch bằng oxy không khí để khẳng định tính ưu việt của màng sơn este epoxy alkyd so với với màng sơn alkyd.

\* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: nguyentrongthanhk42@gmail.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5039>

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Nguyên liệu và hóa chất

- Nhựa alkyd GP-019 (Nga) có chỉ tiêu kỹ thuật:

+ Hàm lượng chất không bay hơi	(62±2)%
+ Chỉ số axit	45-60 mg KOH/g
+ Chỉ số xà phòng	300 mg KOH/g
+ Độ béo	58,3%

- Nhựa epoxy E-40 (Nga) có chỉ tiêu kỹ thuật:

+ Hàm lượng chất không bay hơi	> 94%
+ Hàm lượng nhóm epoxy	13-15%
+ Khối lượng phân tử	930-1000 g/mol

- Chất hóa dẻo Dioctyl phthalat (DOP), xylen, white spirit, bentonit, chất làm khô coban, than đen N330: công nghiệp (Trung Quốc).

- CaCO<sub>3</sub>: cỡ hạt 10 - 15 μm, độ tinh khiết ≥ 98%, là sản phẩm thương mại của công ty Hóa chất Minh Đức.

### 2.2. Chế tạo mẫu

#### 2.2.1. Chế tạo este epoxy alkyd

- Nhựa alkyd, nhựa epoxy và xylen, theo đơn nghiên cứu đã trình bày trong công trình trước [15], được đưa vào bình phản ứng, khuấy và nâng nhiệt độ lên (160 ± 2) °C. Phản ứng được duy trì ở nhiệt độ này trong 4 - 5 giờ kết hợp khuấy nhẹ, 20 - 30 vòng/phút. Các thông số của phản ứng (nhiệt độ, thời gian, tốc độ khuấy) được theo dõi và kiểm soát trong suốt quá trình. Khi chỉ số axit được xác định vào khoảng 2,5 mgKOH/g, phản ứng được dừng lại, làm nguội sản phẩm và cho vào bình thủy tinh có nút kín để bảo quản.

- Tiếp đó, sản phẩm được gạn lắng phần kết tủa màu trắng (Pentaerytrytol tách ra từ nhựa alkyd) dưới đáy bình, và lọc bằng vải lọc 2 lớp để tu được nhựa este epoxy alkyd.

- Nhựa este epoxy alkyd tổng hợp được kiểm tra chỉ số axit của theo quy trình, sản phẩm este tổng hợp có chỉ số axit khoảng 2,5 mgKOH/g. Bên cạnh đó, dung dịch nhựa este epoxy alkyd đạt hàm lượng chất không bay hơi là khoảng 60%.

- Sản phẩm, sau đó, được đóng gói và bảo quản.

#### 2.2.2. Chế tạo sơn

- Nguyên liệu được chuẩn bị và định lượng theo đơn nghiên cứu như trình bày trong Bảng 1 và Bảng 2.

- Công đoạn muối ủ: nhựa este epoxy alkyd và 90% lượng dung môi White Spirit được cho vào khuấy đều. Sau đó, toàn bộ lượng bột màu, phụ gia,... được đưa vào và khuấy ở tốc độ 20- 40 vòng/phút trong 1 giờ. Tiến hành muối ủ hỗn hợp trong 24 giờ.

- Công đoạn nghiền mịn: nghiền ở tốc độ 1300 - 1500 vòng/phút, đến khi độ mịn đạt ≤ 25 μm.

- Công đoạn pha chỉnh: hỗn hợp được bổ sung dung môi White Spirit, khuấy đều trong 2 giờ. Mẫu sơn được đi kiểm tra để đạt tiêu chuẩn cho phép.

- Công đoạn lọc - đóng hộp - bảo quản: sử dụng lưới 100 lỗ/mm<sup>2</sup> để loại hết các hạt thô hoặc bụi bẩn ở trong sơn, sau đó chuyển sang đóng hộp.

Bảng 1. Thành phần đơn chế tạo sơn alkyd

TT	Nguyên liệu	Tỷ lệ (% khối lượng)
1	Nhựa alkyd GP-019	40
2	DOP	5
3	CaCO <sub>3</sub>	30
4	Bentonit	1
5	Chất làm khô coban	2
6	Than đen N330	3
7	Xylen	4
8	White spirit	15

Bảng 2. Thành phần đơn chế tạo sơn este epoxy alkyd

TT	Nguyên liệu	Tỷ lệ (% khối lượng)
1	Nhựa este epoxy alkyd	40
2	DOP	5
3	CaCO <sub>3</sub>	30
4	Bentonit	1
5	Chất làm khô coban	1
6	Than đen N330	3
7	Xylen	5
8	White spirit	15

### 2.3. Phương pháp thử nghiệm đánh giá

- Sơn sau khi được chế tạo sẽ được gia công mẫu (theo tiêu chuẩn TCVN 2090:2015) trên các tấm mẫu theo tiêu chuẩn TCVN 5670: 2007.

- Độ bền oxy hóa 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. Các phép đo được thực hiện trong môi trường không khí, với tốc độ nâng nhiệt 10 °C/phút, từ nhiệt độ phòng đến 600 °C.

- Hình thái cấu trúc của màng sơn được quan sát trên kính hiển vi điện tử quét độ phân giải cao FESEM Hitachi S4800 (Nhật Bản) với độ phóng đại 2000 lần, điện thế 5 kV tại Viện Khoa học Vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

- Thử nghiệm nhiệt ẩm - UV: thử nghiệm 30 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 tụ ở 50 °C), độ ẩm tương đối (93 ± 2)%. 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 hóa chất của màng sơn (môi trường axit HCl 5% về khối lượng và nước muối NaCl 5% về khối lượng) theo tiêu chuẩn TCVN 10517-1:2014 ở điều kiện nhiệt độ (30 ± 2) °C và độ ẩm tương đối (50 ± 5)% tại Viện Công nghệ - Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng.

- Thử nghiệm khả năng chịu sốc nhiệt của màng sơn theo tiêu chuẩn TCVN 8653-5: 2012 tại Viện Công nghệ - Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng, sử dụng tủ sấy Memmert UNE-550 (Đức), bể điều nhiệt Julabo F81-ME (Đức), kính lúp để kiểm tra bề mặt mẫu trước và 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, mẫu được nhanh chóng đưa từ tủ sấy vào khoang lạnh. Thời gian chuyển tiếp không quá 2 phút. Mẫu được giữ trong khoang lạnh ở nhiệt độ -50 °C trong thời gian 10 phút. Sau đó, mẫu lại được chuyển từ khoang lạnh về tủ sấy, thời

gian chuyển tiếp không quá 2 phút. Tiến hành lặp quy trình này liên tiếp 7 chu kỳ. Sau 7 chu kỳ thử nghiệm, bề mặt sơn được quan sát 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.

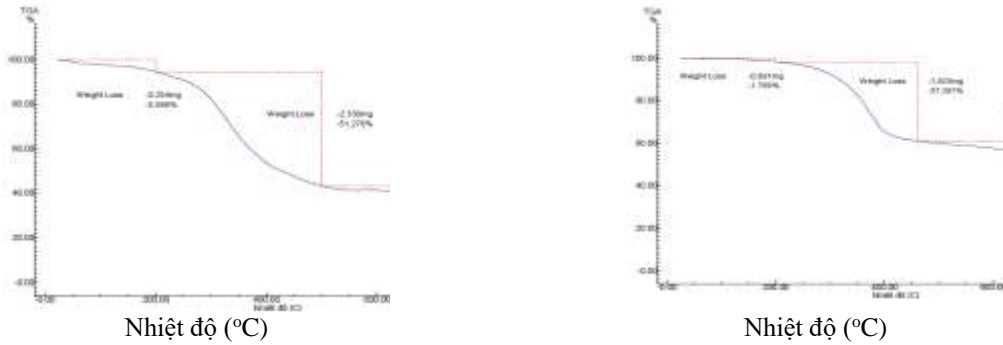
### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Khảo sát độ bền oxy hóa nhiệt của sơn alkyd và màng sơn este epoxy alkyd

Để nghiên cứu độ bền oxy hóa nhiệt của 02 loại màng sơn alkyd và sơn este epoxy alkyd, phương pháp phân tích sự biến đổi khối lượng mẫu theo nhiệt độ (TGA) được lựa chọn sử dụng. Độ bền oxy hóa nhiệt của mẫu xác định từ giảm độ mất khối lượng theo nhiệt độ. Mẫu sơn dùng để khảo sát có thành phần và được chế tạo như trình bày trong mục 2.2.2.

Hình 1 a, 1 b cho thấy hình dạng đường cong TGA của mẫu sơn alkyd và mẫu sơn este epoxy alkyd có sự khác biệt rõ rệt. Trong khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ phòng đến 300 °C, kết quả TGA thể hiện quá trình phân hủy của nhóm chức còn dư trong mạch polyme và các chất thấp phân tử,... Đường cong TGA của sơn este epoxy alkyd có các khoảng mất khối lượng tương ứng với sự tiêu hao của các đoạn mạch alkyd, epoxy trong đại phân tử este epoxy alkyd. Sau 300 °C, mẫu este epoxy alkyd chỉ mất 5,83% khối lượng, nhỏ hơn đáng kể so với mẫu sơn alkyd thông thường (19,14% khối lượng) (Bảng 3).

Ở nhiệt độ 500 °C sơn alkyd đã mất 51,28% khối lượng, trong khi mẫu sơn este epoxy alkyd mất 38,15% khối lượng. Khi so sánh độ dốc của đường TGA trên Hình 1 a và 1 b, ta cũng thấy có sự khác biệt. Đường cong của đồ thị Hình 1b thể hiện độ dốc nhỏ hơn so với đường cong của đồ thị Hình 1 a. Hiện tượng này có thể được giải thích, trong mạch đại phân tử este epoxy alkyd có các đoạn mạch epoxy có độ bền nhiệt cao hơn mạch đại phân tử của nhựa alkyd. Ngoài ra, sự có mặt của các đoạn mạch epoxy có thể làm cho cấu trúc mạch đại phân tử của este epoxy alkyd chặt chẽ hơn, từ đó, làm cản trở sự xâm nhập của oxy vào mạch đại phân tử [8-11]. Kết quả TGA cho thấy độ bền oxy hóa nhiệt của màng sơn este epoxy alkyd cao hơn so với màng sơn alkyd.



Hình 1. Giảm đồ TGA của mẫu sơn alkyd (a) và của mẫu sơn este epoxy alkyd (b).

Bảng 3. Các đặc trưng TGA của mẫu sơn alkyd và este epoxy alkyd

Tên mẫu	Khối lượng mẫu bị mất ở các nhiệt độ khác nhau, %		
	200 °C	300 °C	500 °C
Mẫu sơn este epoxy alkyd	1,77	5,83	38,15
Mẫu sơn alkyd	5,59	19,14	51,28

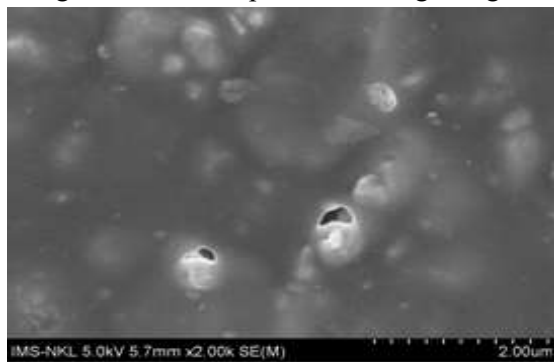
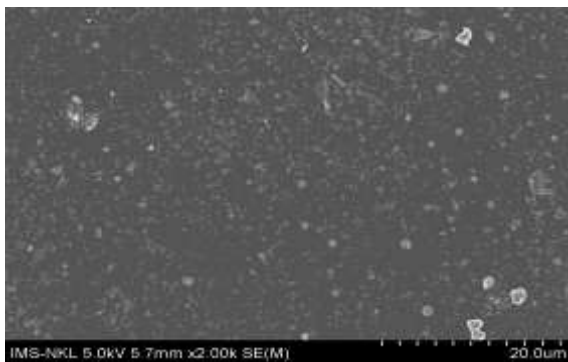
Bảng 4. Khả năng chịu môi trường hóa chất của màng sơn

Tên mẫu	Bề mặt của màng sơn (thời gian ngâm mẫu 72 giờ)	
	Độ bền trong axit HCl 5%	Độ bền trong NaCl 5%
Mẫu sơn este epoxy alkyd	Màng sơn bị giảm độ bóng	Không đổi
Mẫu sơn alkyd	Màng sơn bị phồng rộp	Màng sơn bị giảm độ bóng

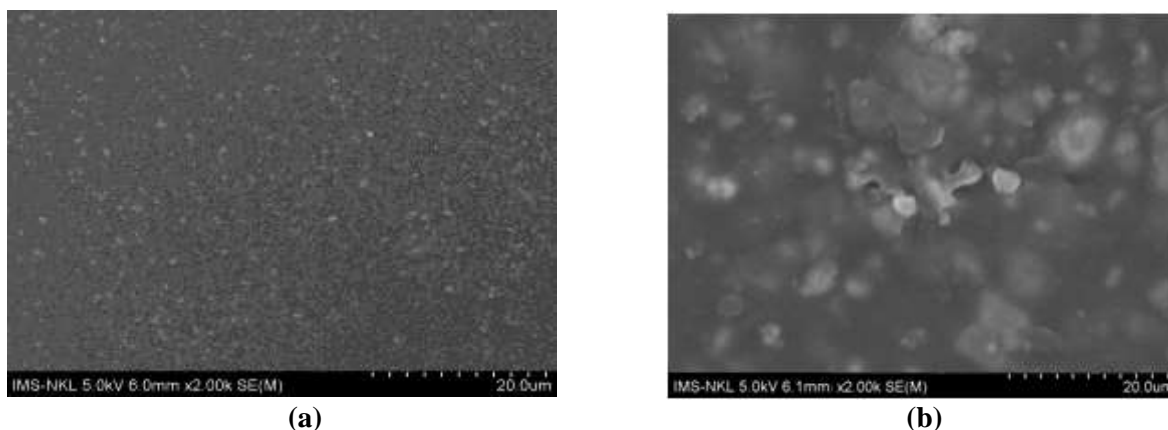
3.2. Khảo sát khả năng chịu hóa chất của sơn alkyd và màng sơn este epoxy alkyd

Khảo sát về độ bền của màng sơn trong một số môi trường axit HCl 5% về khối lượng và nước muối NaCl 5% về khối lượng ở nhiệt độ (30 ± 2) °C được thực hiện đối với mẫu sơn este epoxy alkyd và mẫu sơn alkyd. Kết quả khảo sát được trình bày trong Bảng 4 và Hình 2, 3.

Kết quả nghiên cứu trong Bảng 4 và các kết quả đo SEM thể hiện trên Hình 2, 3 cho thấy, mẫu sơn este epoxy alkyd có độ bền đối với axit HCl 5% và NaCl 5% cao hơn mẫu sơn alkyd, điều này cho thấy khi có các đoạn mạch epoxy trong đại phân tử đã làm tăng độ bền hóa chất của sơn este epoxy alkyd so với sơn alkyd. Bên cạnh đó, cấu trúc của mạch đại phân tử este epoxy alkyd cũng chặt chẽ hơn, nên quá trình thẩm thấu dung dịch axit HCl và dung dịch NaCl bị ngăn cản xâm nhập vào bên trong màng sơn.



Hình 2. Ảnh SEM của mẫu sơn este epoxy alkyd (a) và mẫu sơn alkyd (b) sau khi ngâm trong dung dịch axit HCl 5% về khối lượng.



Hình 3. Ảnh SEM của mẫu sơn este epoxy alkyd (a) và sơn alkyd (b) sau khi ngâm trong dung dịch NaCl 5% về khối lượng.

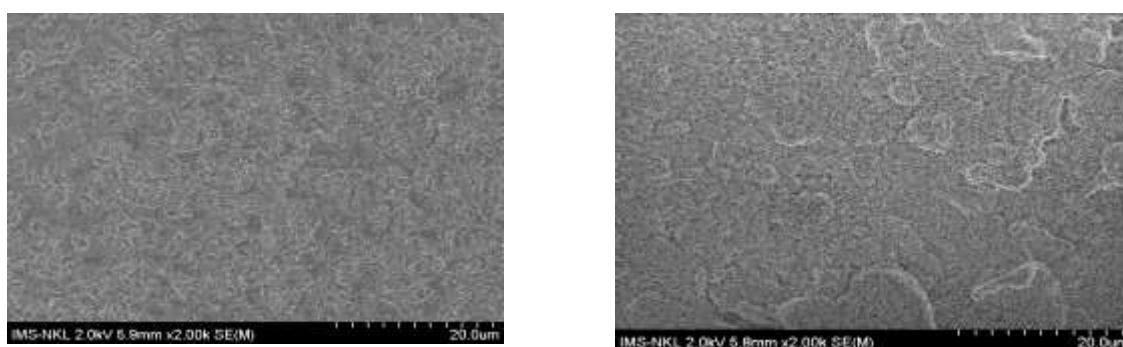
### 3.3. Khảo sát khả năng chịu nóng ẩm-UV của sơn alkyd và màng sơn este epoxy alkyd

Để nghiên cứu đánh giá độ bền trong điều kiện nóng ẩm - UV của màng sơn. Khảo sát được thực hiện đối với mẫu sơn este epoxy alkyd tổng hợp và mẫu sơn alkyd. Khảo sát được tiến

hành ở điều kiện nhiệt ẩm - UV 30 chu kỳ (1 chu kỳ là 12 giờ bao gồm 8 giờ chiếu tia UV ở 60 °C, tiếp theo 4 giờ ngưng tụ ở 50 °C). Kết quả khảo sát được trình bày trong Bảng 5 và Hình 4.

Bảng 5. Kết quả thử nghiệm khả năng chịu nhiệt ẩm - UV của màng sơn

TT	Tên mẫu	Kết quả thử nghiệm
1	Mẫu sơn este epoxy alkyd	Bề mặt không rạn nứt, không phồng rộp, không bong tróc, mất màu nhẹ, độ bóng giảm nhẹ
2	Mẫu sơn alkyd	Bề mặt có rạn nứt, phồng rộp, không bong tróc, mất màu nhiều, độ bóng giảm mạnh



Hình 4. Ảnh SEM mẫu sơn este epoxy alkyd (a) và mẫu sơn alkyd (b) sau thử nghiệm nhiệt ẩm - UV.

Kết quả nghiên cứu trong Bảng 5 và Hình 4 a và 4 b cho thấy, các mẫu sơn este epoxy alkyd có độ bền trong điều kiện nhiệt ẩm - UV tốt hơn sơn alkyd đối chứng. Kết quả này cho thấy vai trò của các đoạn mạch epoxy trong đại phân tử

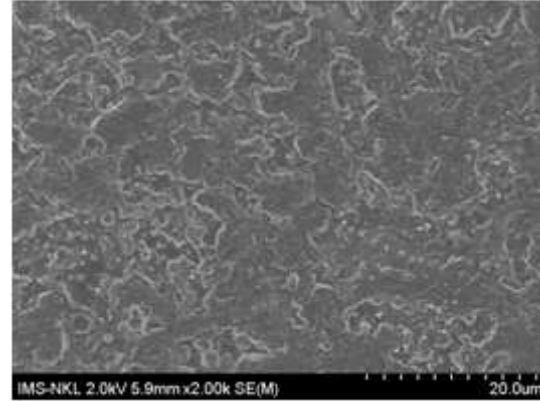
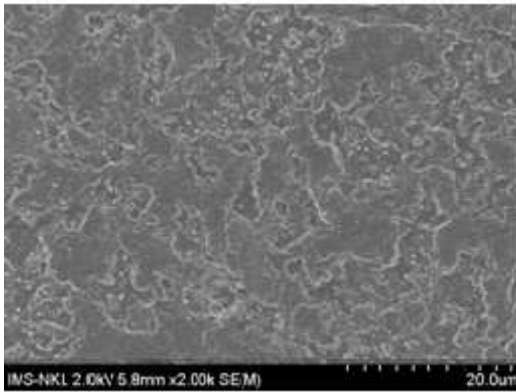
este epoxy alkyd, có thể do sự có mặt của các đoạn mạch epoxy làm cho cấu trúc mạch đại phân tử của este epoxy alkyd chặt chẽ hơn, ngăn cản sự thẩm thấu của nước vào trong màng sơn. Bên cạnh đó, những đoạn mạch

epoxy cũng góp phần làm tăng khả năng chịu nhiệt của nhựa alkyd, do đó đã cải thiện đáng kể độ bền nhiệt ẩm - UV của màng sơn este epoxy alkyd so với màng sơn alkyd.

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

Để khảo sát khả năng chịu sốc nhiệt của màng sơn este epoxy alkyd và màng sơn alkyd, sử dụng tủ sốc nhiệt Memmert UNE-550 (Đức), bể điều nhiệt Julabo F81-ME (Đức), kính lúp để kiểm tra bề mặt mẫu trước và 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 mẫu

được lấy 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, mẫu được lấy đột ngột từ khoang lạnh và đưa trở lại tủ sấy, thời gian chuyển tiếp không quá 2 phút. Tiến hành lặp thử nghiệm liên tiếp 7 chu kỳ. Sau 7 chu kỳ thử nghiệm, quan sát bề mặt sơn bằng kính lúp có độ phóng đại 20 lần và so sánh với mẫu không thử nghiệm sốc nhiệt. Bên cạnh đó, thực hiện chụp ảnh SEM có độ phóng đại 2000 lần để quan sát bề mặt của màng sơn sau thử nghiệm. Kết quả thử nghiệm được thể hiện trong Hình 5.



Hình 5. Ảnh SEM mẫu sơn este epoxy alkyd (a) và mẫu sơn alkyd (b) sau thử nghiệm sốc nhiệt.

Kết quả thử nghiệm sốc nhiệt 7 chu kỳ cho thấy, bề mặt màng sơn không có sự thay đổi về độ bóng, không có hiện tượng rạn nứt, bong tróc, phồng rộp. Qua ảnh SEM thể hiện trên Hình 5 a và Hình 5 b với độ phóng đại 2000 lần, các mẫu sơn thử nghiệm sau 7 chu kỳ sốc nhiệt không xuất hiện các vết nứt, bong tróc, phồng rộp. Điều này cho thấy, mẫu sơn este epoxy alkyd và mẫu sơn alkyd đều có khả năng chịu được điều kiện thay đổi đột ngột (sốc nhiệt) trong 7 chu kỳ.

## 4. Kết luận

- Độ bền oxy hóa nhiệt và khả năng chịu nhiệt ẩm - UV sau 30 chu kỳ thử nghiệm của sơn este epoxy alkyd cao hơn so với sơn alkyd.

- Trong điều kiện môi trường axit HCl 5% và nước muối NaCl 5% sơn este epoxy alkyd cũng thể hiện độ bền cao hơn so với mẫu sơn alkyd đối chứng.

- Sơn alkyd và sơn este epoxy alkyd có khả năng chịu sốc nhiệt ở nhiệt độ +50 °C và -50 °C trong thời gian 7 chu kỳ.

## Tài liệu tham khảo

- [1] A. Arthur, Tracton, Coatings Technology Handbook (Third ed.), Taylor and Francis Group, New York, 2006.
- [2] F. U. Mohamed, A. I. Aigbodion, Alkyd Resin from Rubber Seed Oil/linseed Oil Blend: A Comparative Study of the Physicochemical Properties, Materials Chemistry, Vol. 5, 2019, pp. 101-106.

- [3] M. Alama, D. Akram, E. Sharmin, F. Zafar, S. Ahmad, Vegetable Oil Based Eco-friendly Coating Materials: A Review Article, *Arabian Journal of Chemistry*, Vol. 7, 2014, pp. 469-479.
- [4] E. U. Ikhuoria, 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. 1, 2004, pp. 311-317.
- [5] N. Dutta, N. Karak, S. K. Dolui, Alkyd-epoxy Blends as Multipurpose Coatings, *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 100, 2006, pp. 516-521.
- [6] R. Mungroo, V. V. Goud, S. N Naik, A. K. Dalai, Utilization of Green Seed Canola Oil for in Situ Epoxidation, *European Journal of Lipid Science and Technology*, Vol. 113, 2011, pp. 768-774, <http://doi.org/10.1002/ejlt.201000500>.
- [7] L. D. Toan, Fabrication and Investigation of some Properties of Binder Based on Epoxy Resin Obtained from the Recycling of Waste Polycarbonate, Thesis of Master, University of Natural Sciences, 2011 (in Vietnamese).
- [8] M. Bajpai, S. Seth, Use of Unconventional Oils in Surface Coatings: Blends of Alkyd Resins with Epoxy Esters, Pigment and Resin Technology, Vol. 2, 2014, pp. 82-87.
- [9] P. Gogoi, M. Boruah, Blends of Epoxidized Alkyd Resins Based on Jatropha Oil and the Epoxidized Oil Cured with Aqueous Citric Acid Solution: A Green Technology Approach, *ACS Sustainable Chem, Eng*, Vol. 2, 2015, pp. 261-268.
- [10] P. Czub, I. Franek, Epoxy Resins Modified with Palm Oil Derivatives Preparation and Properties, *Polymer*, Vol. 2, 2013, pp. 135-139.
- [11] S. S. Fišer, M. Janković, Epoxidation of Castor Oil with Peracetic Acid Formed in Situ in the Presence of an Ion Exchange Resin, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, Vol. 62, 2012, pp. 106-113.
- [12] I. R. Jack, A. U. Anya, O. F. Osagie, Comparative Studies of Oil-Modified Alkyd Resins Synthesized from Epoxidized and Crude Neem Oil, *American Journal of Applied Chemistry*, Vol. 4, 2016, pp. 120-124.
- [13] China Application CN201310451747.4A, Epoxy Modified Alkyd Resin and its High Hardness Fast Reaction Coating.
- [14] J. D. Rusmirovic, A. R. Bozic, M. Stamenovic, Alkyd Nanocomposite Coatings Based on Waste PET Glicolyzates and Modified Silica Nanoparticles, *Zastita Materijala*, Vol. 1, 2016, pp. 47-54, <http://doi:10.5937/ZasMat1601047R>.
- [15] N. T. Thanh, Modification of Alkyd with Epoxy and its Application for Paint - Part 1: Epoxy Alkyd Ester Manufacturing and some Properties of Paint Made from this Ester, *VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology*, Vol. 1, 2020, pp. 36-44, <https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4971> (in Vietnamese).