

## **Nghiên cứu ảnh hưởng của phụ gia đến tính chất chống cháy của sơn chống cháy kiểu trương nở nhằm bảo vệ cho vật liệu thép**

Đỗ Đăng Trung\*

Khoa Cơ sở ngành phòng cháy chữa cháy, Trường Đại học phòng cháy chữa cháy.

\*Email: trungdo81@gmail.com.

Nhận bài: 28/9/2022; Hoàn thiện: 08/11/2022; Chấp nhận đăng: 02/02/2023; Xuất bản: 28/02/2023.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.85.2023.53-58>

### **TÓM TẮT**

*Trong bài báo này, chúng tôi sẽ trình bày kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của phụ gia  $Al(OH)_3$  và nanoclay lên tính chất của sơn chống cháy kiểu trương nở trên cơ sở nhựa epoxy. Tính chất của sơn chống cháy được khảo sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM), phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR), phổ tán xạ năng lượng tia X (EDS), phân tích nhiệt trọng lượng (TGA). Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, mẫu sơn có bổ sung 5%  $Al(OH)_3$  làm giảm nhiệt độ mất sau của tấm thép là  $98^\circ C$  so với mẫu sơn chống cháy không có phụ gia. Ngoài ra, độ trương nở và hàm lượng tro (than) của mẫu sơn chống cháy khi trộn thêm 5%  $Al(OH)_3$  sau khi đốt lần lượt là 21 lần và 17,42% được cải thiện đáng kể so với mẫu không có phụ gia có giá trị tương ứng là 10 lần và 12,61%. Như vậy,  $Al(OH)_3$  là phụ gia thích hợp được sử dụng để cải thiện tính chất của sơn chống cháy nhằm bảo vệ cho vật liệu thép dưới tác động của đám cháy.*

**Từ khóa:** Sơn chống cháy;  $Al(OH)_3$ ; Nanoclay; Vật liệu thép.

### **1. MỞ ĐẦU**

Thép được sử dụng phổ biến trong các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp do cường độ chịu lực lớn, dễ thi công. Thép là vật liệu không cháy nhưng nó mất khoảng 50% cường độ chịu lực khi bị nung nóng trên  $500^\circ C$  [1]. Do đó, cần có biện pháp để bảo vệ cho kết cấu thép trong các công trình xây dựng tránh bị sụp đổ khi có cháy xảy ra.

Sơn chống cháy kiểu trương nở có thành phần chính gồm: (i) chất tạo carbon (tro) như Pentaerythritol, dextrins,...; (ii) chất tạo axit như ammonium polyphosphates (APP), melamine phosphate,...; (iii) chất tạo khí như melamin (MEL), urea,...; (iv) chất tạo màng như polyvinyl axetat, epoxy và (v) các chất phụ gia [2, 3]. Loại sơn này có ưu điểm là chất lượng bề mặt màng tốt, dễ thi công, tính thẩm mỹ cao, dễ sử dụng cho nhiều bề mặt vật liệu khác nhau. Tuy nhiên, hạn chế của nó là dưới tác động nhiệt của đám cháy sẽ tạo thành lớp than (tro), chúng dễ bị vỡ và độ bám dính của lớp than (tro) với bề mặt vật liệu thép kém, điều này ảnh hưởng đến khả năng bảo vệ của lớp sơn. Do đó, các nghiên cứu gần đây tập trung vào việc khắc phục những hạn chế của sơn chống cháy nhằm cải thiện khả năng bảo vệ vật liệu thép.

Sử dụng phụ gia để cải thiện tính chất của sơn chống cháy đã thu hút được nhiều sự quan tâm nghiên cứu trong thời gian gần đây [4-6]. R. Puri et al. [7] đã sử dụng zirconium silicate để cải thiện tính chất của sơn chống cháy trên cơ sở APP-PER-MEL và ethylene vinyl acetate. Y. Evtushenko et al. [8] đã nghiên cứu ảnh hưởng của aluminum hydroxide lên tính chất của sơn chống cháy sử dụng chất tạo màng là polyvinyl axetat. Chuang et al. [9] đã khảo sát ảnh hưởng của nanoclay tới tính chất của sơn chống cháy trên cơ sở nhựa styrene-acrylic. J. Kuar et al. [10] đã nghiên cứu ảnh hưởng của bentonite clay lên độ bám dính giữa lớp than (tro) với bề mặt thép của sơn chống cháy sử dụng nhựa epoxy. Các nghiên cứu trên đã sử dụng các loại phụ gia khác nhau để cải thiện tính chất của sơn chống cháy, tuy nhiên, theo hiểu biết của tác giả, chưa có nhiều công trình nghiên cứu ảnh hưởng của  $Al(OH)_3$  và nanoclay lên tính chất của sơn chống cháy trên cơ sở nhựa epoxy. Trong nghiên cứu này, chúng tôi khảo sát ảnh hưởng của  $Al(OH)_3$  và nanoclay lên tính chất của sơn chống cháy sử dụng vật liệu APP-PER-MEL và nhựa epoxy để

bảo vệ cho vật liệu thép. Tính chất chống cháy, cấu trúc, thành phần của lớp than (tro) và sự phân hủy nhiệt của màng sơn được khảo sát bằng các kỹ thuật phân tích SEM, EDS, FTIR, TGA.

## 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Nguyên liệu và hóa chất

Sơn chống cháy kiểu trương nở được chế tạo từ các nguyên liệu, hóa chất sau: Ammonium polyphosphate (APP,  $\text{NH}_4(\text{PO}_3)_n$  với  $n > 1000$ ) được cung cấp bởi Shifang Changfeng Chemical Co., LTD., Trung Quốc. Pentaerythriol (PER,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$ , MW = 126.12 g/mol), Melamin ( $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_4$ , MW = 136.15 g/mol) được mua từ hãng Sigma-Aldrich.  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , axeton được mua từ Trung Quốc. Nanoclay (hydrophilic bentonite) được cung cấp bởi Sigma-Aldrich. Nhựa epoxy được cung cấp bởi hãng Dow Chemical, Việt Nam. Chất đóng rắn được mua của hãng Evonik, Singapore và nước tinh khiết. Tất cả các hóa chất được sử dụng khi mua về mà không có thêm bất kỳ quá trình làm sạch nào. Thành phần các nguyên liệu, hóa chất được chỉ ra trong bảng 1.

**Bảng 1.** Thành phần của sơn chống cháy kiểu trương nở.

Mẫu	Thành phần % về khối lượng							
	APP	PER	MEL	$\text{TiO}_2$	Epoxy	Chất đóng rắn	$\text{Al}(\text{OH})_3$	Nanoclay
M1	11,76	5,88	11,76	5,8	43,42	21,71	0	0
M2	11,76	5,88	11,76	5,8	40,16	20,08	5	0
M3	11,76	5,88	11,76	5,8	40,16	20,08	0	5
M4	11,76	5,88	11,76	5,8	40,16	20,08	2,5	2,5

### 2.2. Quy trình chế tạo sơn chống cháy

Quy trình chế tạo vật liệu được tiến hành theo các bước sau: trước tiên hỗn hợp có thành phần như trong bảng 1 trộn với nước tinh khiết và được phân tán bằng máy khuấy với tốc độ 1000 vòng/phút trong thời gian 1 giờ để tạo thành hỗn hợp đồng nhất. Sau đó, cho chất đóng rắn vào hỗn hợp trên và khuấy trong 15 phút. Cuối cùng, cho nhựa epoxy vào và tiếp tục khuấy trong 5 phút sẽ thu được sơn chống cháy.

Vật liệu chế tạo xong được quét bằng chổi sơn lên bề mặt tấm thép có kích thước  $10 \times 10 \times 0,1$  (cm) đã được làm sạch bằng giấy giáp và dung môi nhằm tăng độ bám dính cũng như loại bỏ các chất bám trên bề mặt. Màng sơn để khô tự nhiên trong 7 ngày, sau đó đem đi khảo sát tính chất của nó. Chiều dày của màng sơn được đo bằng thiết bị xác định độ dày GM 200A-Benetech.

### 2.3. Phương pháp nghiên cứu tính chất của sơn chống cháy

#### 2.3.1. Nghiên cứu khả năng bảo vệ vật liệu thép của sơn chống cháy

Khả năng bảo vệ của lớp sơn chống cháy được thực hiện bằng thiết bị đốt kiểu Bunsen (theo tiêu chuẩn ASTM E119) như chỉ ra ở hình 1. Tấm thép sau khi phủ lớp sơn chống cháy được đốt bằng ngọn lửa sử dụng khí gas (LPG). Khoảng cách từ đầu đốt đến tấm thép là 7-8 cm và tốc độ cháy khí gas khoảng 160-180 g/giờ, tương ứng với nhiệt độ ngọn lửa khoảng 950 °C. Nhiệt độ mặt sau tấm thép được đo bằng cặp nhiệt điện kiểu J. Mẫu được đốt trong 60 phút để khảo sát sự thay đổi nhiệt độ mặt sau của tấm thép nhằm đánh giá khả năng bảo vệ của sơn chống cháy.



**Hình 1.** Thiết bị đánh giá khả năng bảo vệ của mẫu sơn chống cháy.

### 2.3.2. Nghiên cứu hình thái, cấu trúc và thành phần của lớp than (tro) sau khi đốt

- Hình thái, cấu trúc của lớp than (tro) sau khi đốt được khảo sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) trên máy JEOL JSM 6500F (Nhật Bản).

- Phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) của lớp than (tro) sau khi đốt được khảo sát trên thiết bị JACOS 4700. Thành phần của các nguyên tố trong lớp than (tro) sau khi đốt được xác định bằng phổ tán xạ năng lượng tia X (EDS) trên thiết bị JEOL JED 2300.

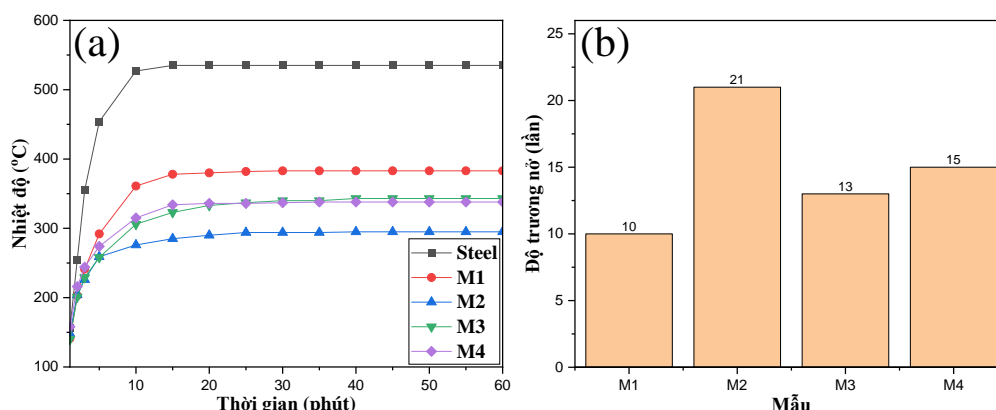
### 2.3.3. Nghiên cứu sự phân hủy nhiệt của màng sơn chống cháy

Sự phân hủy nhiệt của màng sơn chống cháy được khảo sát bằng thiết bị phân tích nhiệt trọng lượng (TGA) Labsys, Setaram (Pháp) với tốc độ gia nhiệt là 10 độ/phút trong môi trường không khí và dải nhiệt độ đo từ nhiệt độ phòng tới 900 °C.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Kết quả khảo sát khả năng bảo vệ tấm thép của màng sơn chống cháy

Nhiệt độ mặt sau của tấm thép phủ sơn chống cháy được biểu diễn trên hình 2a. Sau khi đốt các mẫu sơn trong 1 giờ, nhiệt độ mặt sau của các mẫu sơn chống cháy M1, M2, M3 và M4 lần lượt là 383, 295, 353 và 337 °C. Mẫu M1 không có phụ gia nên nhiệt độ mặt sau của tấm thép là cao nhất (383 °C), trong khi các mẫu còn lại có chứa phụ gia là  $\text{Al}(\text{OH})_3$  và nanoclay thì nhiệt độ mặt sau của tấm thép đều giảm đáng kể. Mẫu M2 chứa 5%  $\text{Al}(\text{OH})_3$  có nhiệt độ mặt sau của tấm thép thấp nhất và giảm đến 98 °C so với mẫu M1 không chứa phụ gia, trong khi mẫu M3 chứa 5% nanoclay thì nhiệt độ mặt sau của đế giảm 30 °C so với mẫu M1 và mẫu M4 chứa 2,5%  $\text{Al}(\text{OH})_3$  với 2,5% nanoclay thì nhiệt độ mặt sau tấm thép giảm 46 °C so với mẫu M1.

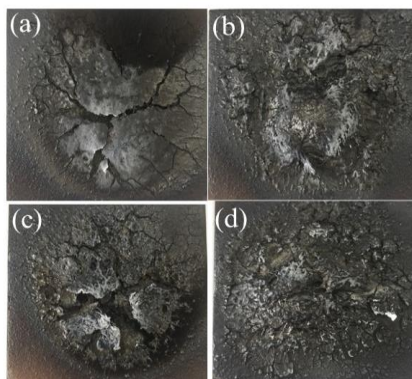


**Hình 2.** Sự thay đổi nhiệt độ mặt sau của tấm thép theo thời gian (a) và độ trương nở của các mẫu sơn chống cháy (b) sau khi đốt trong 1 giờ.

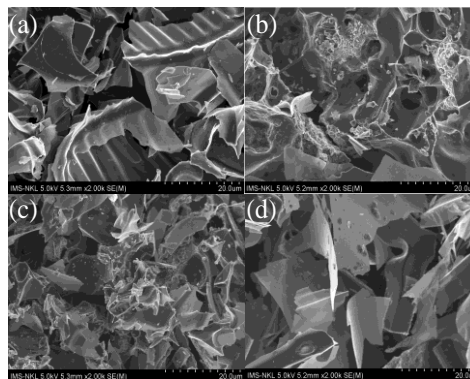
Độ trương nở của màng sơn được xác định bằng tỷ số của chiều dày lớp than (tro) sau khi đốt với chiều dày màng sơn trước khi đốt. Độ trương nở của các mẫu sơn chống cháy sau khi đốt được trình bày trên hình 2b. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, mẫu M1 có độ trương nở là 10 lần trong khi độ trương nở của mẫu M2, M3 và M4 lần lượt là 21, 13 và 15 lần. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả khảo sát sự thay đổi nhiệt độ mặt sau của tấm thép khi đốt đã được chỉ ra ở hình 2a. Kết quả nghiên cứu một lần nữa cho thấy, mẫu có thêm phụ gia  $\text{Al}(\text{OH})_3$  và nanoclay có độ trương nở cao hơn mẫu không có phụ gia (mẫu M1). Điều này được giải thích là do thêm phụ gia sẽ làm cho các chất khí thoát ra bị giữ lại trong lớp than (tro), dẫn đến độ trương nở sẽ tăng lên [7]. Như vậy, từ kết quả nghiên cứu có thể kết luận rằng, thêm phụ gia  $\text{Al}(\text{OH})_3$  và nanoclay sẽ cải thiện khả năng bảo vệ của màng sơn chống cháy đối với vật liệu thép khi cháy xảy ra.

### 3.2. Kết quả khảo sát hình thái, cấu trúc của lớp than (tro) sau khi đốt

Hình thái bề mặt của các mẫu sơn chống cháy sau khi đốt trong 1 giờ được chỉ ra trên hình 3.



**Hình 3.** Ảnh quang học các mẫu sơn sau khi đốt: a(M1), b(M2), c(M3) và d(M4).



**Hình 4.** Ảnh SEM mẫu sơn sau khi đốt: a(M1), b(M2), c(M3) và d(M4).

Từ kết quả hình 3a ta dễ dàng nhận thấy, bề mặt lớp than của mẫu M1 bị vỡ, có nhiều vết nứt to, chính vì điều này sẽ làm giảm khả năng bảo vệ của lớp than (tro) dưới tác động nhiệt của ngọn lửa. Do đó, nhiệt độ mặt sau của tấm thép mẫu M1 sau 1 giờ đốt là cao nhất. Ngoài ra, các mẫu còn lại sau khi đốt tạo thành một lớp than (tro) xốp, ít vết nứt và không bị vỡ (hình 3bcd). Như vậy, sử dụng phụ gia  $Al(OH)_3$  và nanoclay sẽ giúp cải thiện độ bám dính của than (tro) với nhau và với bề mặt tấm thép, giúp cho lớp than ít bị nứt và vỡ, đồng thời tăng khả năng bảo vệ của lớp than (tro) dưới tác dụng của ngọn lửa khi đốt.

Để tìm hiểu cấu trúc bên trong của lớp than (tro), chúng tôi tiến hành chụp ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) các mẫu sơn chống cháy sau 1 giờ đốt, kết quả được chỉ ra trên hình 4. Trên ảnh SEM có thể quan sát thấy, mẫu M1 sau khi đốt thì than (tro) bị vỡ thành các mảnh nhỏ (hình 4a) thể hiện khả năng liên kết của than (tro) không tốt nên bị vỡ dưới tác dụng của ngọn lửa. Trong khi các mẫu M2 và M3 thì than (tro) tương đối xốp, liên kết với nhau thành khối, và không bị vỡ dưới tác động của ngọn lửa, chứng tỏ độ bám dính của than (tro) được cải thiện khi trộn phụ gia.

### 3.3. Kết quả khảo sát thành phần của than (tro) sau khi đốt

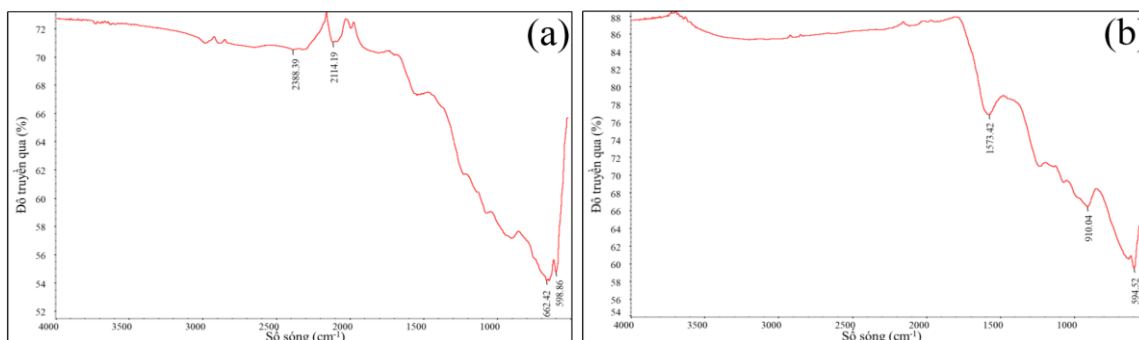
**Bảng 2.** Thành phần các nguyên tố trong lớp than (tro) của mẫu sơn sau khi đốt.

Mẫu	Thành phần % về khối lượng của các nguyên tố							
	C	O	P	Ca	Al	Ti	Si	P/O
M1	63,01	29,89	4,75	1,26	0	1,09	0	0,15
M2	48,28	24,28	12,59	3,98	2,73	8,14	0	0,51
M3	58,36	27,13	8,37	2,35	0,49	2,13	1,16	0,31
M4	38,60	32,76	10,38	5,55	1,02	9,02	2,42	0,31

Kết quả khảo sát thành phần của than (tro) sau khi đốt các mẫu sơn chống cháy bằng phổ tán xạ năng lượng tia X (EDS) được chỉ ra trong bảng 2. Từ bảng 2 có thể thấy khi thêm phụ gia  $Al(OH)_3$  và nanoclay thì hàm lượng của các nguyên tố Al, Ti, Ca trong than (tro) đều tăng so với mẫu M1. Điều này được giải thích do khi lớp sơn bị đốt nóng, các chất này sẽ phản ứng với hợp chất của phosphorus và silicon tạo thành phosphor silicate, sau đó chất này trương nở và tạo ra cấu trúc xốp do các chất khí thoát ra từ quá trình phân hủy nhiệt của các thành phần trong sơn chống cháy [11]. Do đó, độ bám dính của than (tro) với đế thép sẽ được cải thiện nên khả năng bảo vệ để thép cũng tăng lên.

Thành phần của các nguyên tố trong mẫu sơn sau khi đốt được nghiên cứu bằng phổ FTIR, kết quả được chỉ ra trên hình 5. Mẫu M1 có đỉnh hấp thụ tại  $598\text{ cm}^{-1}$  tương ứng với dao động của liên kết O-P-O do phân hủy nhiệt của APP [12]. Mẫu M2 có đỉnh hấp thụ tại  $1078\text{ cm}^{-1}$

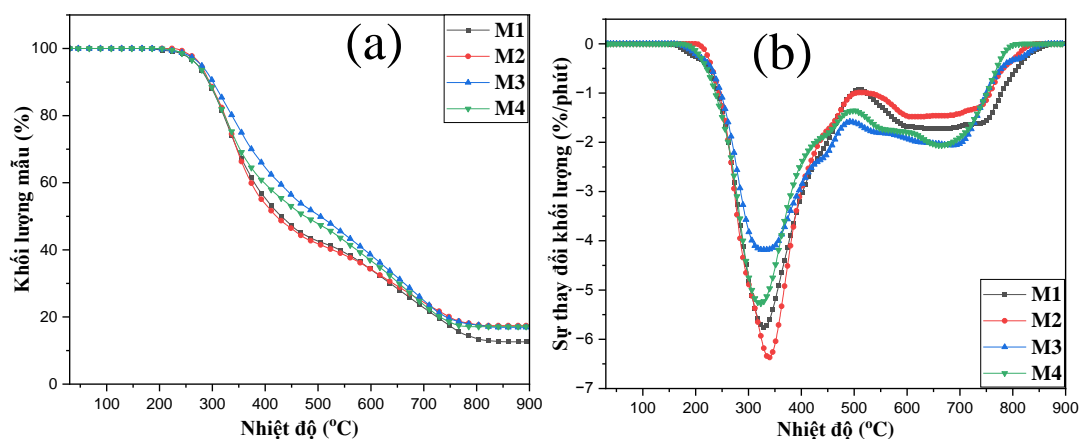
tương ứng với dao động hóa trị của P-O trong liên kết P-O-C [7] và mẫu M3, M4 còn có đỉnh hấp thụ tại  $918\text{ cm}^{-1}$  tương ứng với dao động của Si-O [13]. Kết quả khảo sát FTIR của các mẫu có chứa phụ gia sau khi đốt khăng định sự có mặt của liên kết Si-O, P-O-C sẽ giúp độ bám dính của than (tro) với bề mặt thép được cải thiện, do đó khả năng cách nhiệt sẽ tốt hơn.



**Hình 5.** Phổ FTIR của sơn chống cháy: M1(a) và M2 (b).

### 3.4. Kết quả khảo sát sự phân hủy nhiệt của màng sơn chống cháy

Kết quả phân tích nhiệt các mẫu sơn chống cháy được chỉ ra trên hình 6.



**Hình 6.** Giảm đồ phân tích nhiệt TGA (a) và DTG (b) của mẫu sơn chống cháy.

Kết quả phân tích nhiệt trọng lượng (TGA) của các mẫu sơn chống cháy M1, M2, M3 và M4 có hàm lượng than (tro) sau khi đốt lần lượt là 12,61; 17,42; 16,92 và 17,11%. Như vậy, hàm lượng than (tro) sau khi đốt tăng lên khi trộn thêm phụ gia Al(OH)<sub>3</sub> và nanoclay, điều này có thể lý giải do sự tương tác của phụ gia với các thành phần trong sơn chống cháy và tạo thành lớp than (tro). Do đó, việc bổ sung thêm Al(OH)<sub>3</sub> và nanoclay sẽ giúp cho khả năng bảo vệ chống cháy của sơn chống cháy cũng được cải thiện.

## 4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, chúng tôi đã chế tạo thành công sơn chống cháy kiểu trương nở trên cơ sở nhựa epoxy và khảo sát ảnh hưởng của phụ gia Al(OH)<sub>3</sub>, nanoclay lên tính chất của sơn chống cháy. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, mẫu sơn chống cháy bổ sung thêm 5% Al(OH)<sub>3</sub> thể hiện tính chất chống cháy tốt nhất so với các mẫu còn lại. Sau khi đốt 1 giờ, nhiệt độ mặt sau tấm thép của mẫu sơn thêm 5% Al(OH)<sub>3</sub> giảm 98 °C so với mẫu không có phụ gia. Ngoài ra, kết quả đo TGA chỉ ra rằng, mẫu M1 có hàm lượng than (tro) là 12,61% trong khi mẫu M2 có hàm lượng than (tro) là 17,42%, điều này dẫn đến sự cải thiện về khả năng chống oxy hóa của lớp tro trong

mẫu M2 so với M1. Như vậy,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  là phụ gia có thể được sử dụng nhằm cải thiện tính chất chống cháy của sơn chống cháy trên cơ sở nhựa epoxy nhằm bảo vệ cho vật liệu thép.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. S. Duquesne, S. Magnet, C. Jama, R. Delobel, "Intumescent Paints: Fire protective coating for metallic substrates," *Surf. Coat. Technol.*, **Vol 180-181**, pp. 302-307, (2004).
- [2]. R. G. Puri, A. S. Khanna, "Intumescent coating: A review on recent progress," *J. Coat. Technol. Res.*, **Vol. 14**, No. 1, pp. 1-20, (2017).
- [3]. J. Alongi, Z. Han, S. Bourbigot, "Intumescent: Tradition versus novelty. A comprehensive review," *Progress in Polymer Science*, **Vol 51**, pp. 28-73, (2015).
- [4]. J. B. Zoleta et al., "Improved pyrolysis behavior of ammonium polyphosphate-melamine-expandable (APP-MEL-EG) intumescent fire retardant coating system using ceria and dolomite as additives for I-beam steel application," *Heliyon*, **Vol 6**, pp. e03119, (2020).
- [5]. W. C. Puspitasari et al., "The study of adhesion between steel substrate, primer, and char of intumescent fire retardant coating," *Progress in Organic Coatings*, **Vol 127**, pp. 181-193, (2019).
- [6]. A. F. Baldissera, et al., "Assessment of lignin as a carbon source in intumescent coatings containing polyaniline," *J. Coat. Technol. Res.*, **Vol 17**, pp. 1-11, (2020).
- [7]. R. G. Puri, A. S. Khanna, "Influence of heat-stable filler on the thermal shielding performance of water-based intumescent fire-resistive coating for structural steel applications," *J. Coat. Technol. Res.*, **Vol. 14**, No. 2, pp. 323-331, (2017).
- [8]. Y. M. Evtushenko, Y. A. Grigoriev, T. A. Rudakova, A. N. Ozerin, "Effect of aluminum hydroxide on the fireproofing properties of ammonium polyphosphate-pentaerythritol-based intumescent coating," *J. Coat. Technol. Res.*, **Vol. 16**, No. 5, pp. 1389-1398, (2019).
- [9]. C.S. Chuang, H.J. Sheen, "Effects of added nanoclay for styrene-acrylic resin on intumescent fire retardancy and  $\text{CO}/\text{CO}_2$  emission," *J. Coat. Technol. Res.*, **Vol 17**, pp. 115-125, (2019).
- [10]. J. Kaur, F. Ahmad, S. Ullah, P. S. M. Megat Yusoff, R. Ahmad, "The role of bentonite clay on improvement in char adhesion of intumescent fire-retardant coating with steel substrate," *Arab J. Sci. Eng.*, **Vol 42**, pp. 2043-2053, (2017).
- [11]. E. D. Weil, "Fire-protective and flame-retardant coatings-a state-of-the-art review," *J. Fire Sci.*, **Vol 29**, pp. 259-296, (2011).
- [12]. M. Zia-ul-Mustafa et al., "Thermal and pyrolysis analysis of minerals reinforced intumescent fire retardant coating," *Progress in Organic Coat.*, **Vol 102**, pp.201-216, (2017).
- [13]. G. Camino, L. Costa, L. Trossarelli, F. Costanzi, A. Pagliari, "Study of the mechanism of intumescent in fire retardant polymers: Part VI-Mechanism of ester formation in ammonium polyphosphate-pentaerythritol mixtures," *Polym. Degrad. Stab.*, **Vol 12**, pp.213-228, (1985).

### ABSTRACT

#### Effect of additives on fire protection performance of epoxy-based intumescent retardant coating for steel application

*In this paper, we will investigate the influence of  $\text{Al}(\text{OH})_3$  and nanoclay on the fire performance of epoxy-based intumescent retardant coatings. The fire protection properties of the intumescent retardant coatings were characterized by a scanning electric microscope (SEM), Energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS), Fourier transformation infrared spectroscopy (FTIR), and Thermal gravimetric analysis (TGA). The results showed that, the sample added 5%  $\text{Al}(\text{OH})_3$  decreased the plate's backside temperature of 98-degree celsius compared to the control sample. Besides, char expansion and char residue of the sample added  $\text{Al}(\text{OH})_3$  have values of 21 times and 17.42% respectively while these values of the control sample have 10 times and 12.61%. Therefore,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  is the most suitable candidate for improving the fire performance of the epoxy-based intumescent retardant coating for steel application in case of fire.*

**Keywords:** Intumescent retardant coating;  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ; Nanoclay; Steel.