

# KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA NGUỒN CUNG CẤP CARBON, TÁC NHÂN TẠO ACID ĐẾN CÁC TÍNH CHẤT CỦA MÀNG SƠN PHỦ NGĂN CHÁY - CÁCH NHIỆT ACRYLIC DUNG MÔI NƯỚC

STUDY THE EFFECTS OF CARBON SOURCES, ACID-FORMING AGENTS ON PROPERTIES OF THE WATER SOLVENT ACRYLIC-BASED FIRE RESISTANCE-THERMAL INSULATION PAINT FILM

Trịnh Xuân Anh<sup>1,2</sup>, Trần Ngọc Anh<sup>2</sup>, Nguyễn Thị Tuyết Mai<sup>1</sup>, Nguyễn Đức Thắng<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Viện Kỹ thuật Hoá học, Trường ĐHBK Hà Nội

<sup>2</sup>Công ty TNHH MTV Tư vấn và CGCN Bách Khoa, Trường ĐHBK Hà Nội

<sup>3</sup>Trung tâm Tư vấn và CGCN PCCC & CNCH

Đến Tòa soạn: 01/06/2021

## ABSTRACT

This study had fabricated water solvent acrylic paint film samples coated on steel materials with requirements on expansion ability, fire prevention-heat insulation properties and mechanical durability. The experiment investigated the effect of the carbon source materials, the acid-forming agents on the properties of the coating paint films. The results show that, the coating film using a penta-containing carbon source had the lowest heat absorption, the best thermal insulation properties compared to di-penta and tri-penta. In addition, the surface of the paint film was smooth and beautiful, without clumping. The coated paint films using an acid-forming agent (ammonium polyphosphate (APP) salt) had the best effect on the fire prevention-heat insulation compared with acid-forming agents (monoammonium phosphate (MAP) and diammonium phosphate (DAP) salts).

**Từ khóa:** *Màng sơn phủ cơ sở acrylic, màng sơn phủ dung môi nước, ngăn cháy-cách nhiệt, công nghệ xanh.*

## 1. MỞ ĐẦU

Trong ngành sản xuất công nghiệp và trong đời sống thì việc phòng chống cháy, nổ luôn luôn là vấn đề cấp thiết để bảo vệ tính mạng và tài sản của con người. Trong các đám cháy thì nhiệt độ thường dễ dàng đạt tới 800-900°C đồng thời phát sinh ra rất nhiều loại khí độc như CO, HCN (trong các đám cháy chất dẻo), gây nguy hiểm đến tính mạng chỉ với một nồng độ rất thấp khoảng từ 0,025% - 0,05% thể tích [1-3]. Ngoài ra, nhiệt độ cao trong đám cháy cũng khiến kết cấu thép chịu lực của các công trình xây dựng công nghiệp trở nên suy yếu. Khi nhiệt độ đạt 550°C, kết cấu thép mất đi phần lớn khả năng chịu lực khiến cho công trình dễ dàng sụp đổ gây thiệt hại lớn về nhân mạng cũng như tài sản. Chính vì vậy, các kết cấu thép, bê tông chịu lực cần phải được phủ một lớp bao bọc chống cháy

nhằm bảo vệ khả năng chịu lực trong một khoảng thời gian nhất định phục vụ cho công cuộc sơ tán và chữa cháy [4-6]. Theo Quy chuẩn Việt nam QCVN 06-2010, yêu cầu về thời gian chống cháy cho kết cấu chịu lực công trình cấp 1, 2 lần lượt là 150 phút và 120 phút. Do đó cột và dầm kết cấu thép cần phải được bảo vệ trong thời gian tương ứng. Ở Việt Nam, tuy kết cấu thép đã được sử dụng khá phổ biến từ nhiều năm nhưng việc chống cháy cho các công trình hầu như vẫn bị xem nhẹ, chủ yếu là do vấn đề chi phí. Vì vậy, giải pháp bảo vệ kết cấu thép đã được sử dụng ở nhiều nước trên thế giới, đó là phương pháp sử dụng màng sơn phủ phòng nỏ: hiệu quả cao về khả năng ngăn cháy, cách nhiệt; chi phí màng phủ đảm bảo hiệu quả về lợi ích kinh tế [7-10]. Vấn đề đặt ra là ngày càng nâng cao được chất lượng, giảm được chi phí sản xuất

và chi phí thành phẩm, nâng cao được tính thẩm mỹ của màng sơn phủ phòng nỡ.

Trong nghiên cứu này đã tiến hành: **Khảo sát ảnh hưởng của nguồn cung cấp carbon, tác nhân tạo acid đến các tính chất của màng sơn phủ ngăn cháy, cách nhiệt acrylic dung môi nước.**

## 2. THỰC NGHIỆM

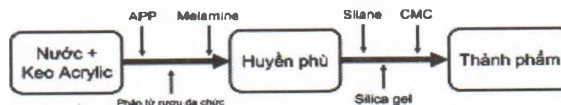
### 2.1. Hóa chất sử dụng

Tất cả các hóa chất sử dụng đều là hóa chất tinh khiết: Ammonium polyphosphate-APP ( $\text{NH}_4\text{PO}_3)_n(\text{OH})_2$  (China-AR, >95%); MonoAmmoniumphosphate (China-AR, >95%); DiAmmoniumphosphate (China-AR, >95%); Melamine ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$ ) (China-AR, >95%); Pentaerythritol ( $\text{C}(\text{CH}_2\text{OH})_4$ ) (China-AR, >95%); Dipentaerythritol (China-AR, >95%); Tripentaerythritol (China-AR, >95%); Keo acrylic (China-AR, >95%); Silane (China-AR, >95%); Silica (China-AR, >95%); Caboxylmethyl Cellulose (China-AR, >95%); Kẽm borate ( $\text{ZnB}_4\text{O}_7$ ) (China-AR, >95%);  $\text{TiO}_2$  (China-AR);  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  (China-AR, >95%);  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (China-AR, >95%); nước cất 2 lần được sử dụng trong tất cả thực nghiệm.

### 2.2. Quy trình thực nghiệm

+ Trình thực nghiệm chế tạo màng sơn phủ: Keo Acrylic được phân tán đều vào nước bằng cách phương pháp khuấy, với tỷ lệ nước: keo AC là 3:2, tổng khối lượng nước +

keo acrylic chiếm 45,5% khối lượng toàn bộ thành phẩm. Sau khi phân tán hoàn toàn keo AC trong dung môi nước, bổ sung các phụ gia tham gia quá trình phòng nỡ ở nhiệt độ cao là: Ammonium polyphosphate (APP), melamine và các hóa chất loại rượu đa chức (pentaerythritol (penta), dipentaerythritol (dipenta), tripentaerythritol (tripenta)), trong đó APP chiếm 24,5% khối lượng, melamine chiếm 14,5% khối lượng và các rượu đa chức chiếm 8,5% khối lượng. Các hóa chất được bổ sung lần lượt và phải phân tán hoàn toàn trong hệ keo AC - nước, tránh hiện tượng vón cục, phân tán không đều. Kết thúc giai đoạn này, sản phẩm thu được là huyền phù mịn. Tiếp theo, thêm silica gel vào huyền phù vừa thu được ở bước trên, với mức cho cỡ 2% khối lượng toàn bộ sản phẩm. Tiếp tục duy trì quá trình khuấy, đồng thời nhỏ từ từ silane vào huyền phù với mức cho là 4,5%. Cuối cùng, bổ sung caboxylmethyl cellulose (CMC) đến mức khối lượng yêu cầu. Khuấy đều hỗn hợp đến khi các hóa chất tan hoàn toàn, thu được hỗn hợp thành phẩm (huyền phù mịn). Thành phẩm sau khi được chế tạo sẽ được phủ lên bề mặt thép bằng phương pháp phun phủ để nghiên cứu và khảo sát hình thái bề mặt màng sơn phủ, khả năng phòng nỡ khi tăng nhiệt và các tính chất cơ lý của lớp phủ. Hình 1 là biểu diễn sơ đồ quy trình chế tạo màng sơn phủ trương nở ngăn cháy, cách nhiệt acrylic dung môi nước.



Hình 1. Sơ đồ quy trình chế tạo màng sơn phủ phòng nỡ ngăn cháy, cách nhiệt acrylic dung môi nước

+ Để khảo sát ảnh hưởng của các hóa chất cung cấp nguồn carbon (cụ thể trong nghiên cứu này là các loại rượu đa chức) tới tính chất của màng phủ (khả năng phòng nỡ khi gặp nhiệt độ cao, độ bền cơ học), thực nghiệm tiến hành so sánh các tính chất trên giữa 2 hỗn hợp màng sơn phủ có thành phần nguồn cung cấp carbon (đi từ rượu đa chức pentaerythritol) và không có thành phần cung cấp carbon. Màng phủ sau khi tổng hợp được phủ lên thép, để khô tự nhiên và sau đó nung tấm thép đã được phủ màng chống cháy phòng nỡ tại 500°C trong thời gian 60 phút.

Thành phần của mẫu màng sơn phủ nguồn cung cấp carbon (C1) và không có nguồn cung cấp carbon (C2) được thể hiện ở Bảng 1. Sau đó, để so sánh về hiệu quả ảnh hưởng của nguồn cung cấp carbon trong màng sơn phủ chống cháy phòng nỡ, thành phần rượu đa chức pentaerythritol (penta) lần lượt được thay bởi dipentaerythritol (di-penta) và tripentaerythritol (tri-penta). Tiếp theo thực hiện thí nghiệm so sánh khả năng che chắn nhiệt của các màng phủ chống cháy chứa các hợp chất này khi tiếp xúc với nhiệt độ cao.

**Bảng 1.** Thành phần màng của mẫu màng sơn phủ có nguồn cung cấp carbon (mẫu C1) và không có nguồn cung cấp carbon (mẫu C2)

Thành phần	Mẫu C1 (% khối lượng)	Mẫu C2 (% khối lượng)
Nước+ keo acrylic	45,5	45,5
Ammonium polyphosphate (APP)	24,5	28,75
Pentaerythritol (hoặc Di-penta; hoặc Tri-penta)	8,5	0
Melamine	14,5	18,75
Silica	2	2
Silane	4,5	4,5
Caboxylmethyl Cellulose (CMC)	0,5	0,5

+ Để khảo sát ảnh hưởng của hợp chất gốc muối polyphosphate đến màng phủ, cụ thể muối là ammonium polyphosphate (APP), thực nghiệm tiến hành pha chế hai mẫu sơn: M1 - không có sự xuất hiện của APP trong thành phần của sơn và M2 - có APP trong thành phần của mẫu sơn với tỉ lệ như Bảng 2. Tiếp theo, tiến hành phủ các mẫu sơn M1 và M2 lên tấm thép có diện tích phủ 10x10cm<sup>2</sup> với độ dày 1,5mm. Sau đó, nung các mẫu sơn phủ với tốc độ gia nhiệt 20°C/phút, nhiệt độ nung 500°C và thời gian lưu nhiệt 60 phút (để đảm bảo đốt cháy

hoàn toàn các mẫu). Các mẫu màng sơn phủ sau khi nung được làm mát trong lò, độ phồng nở của tro xốp được đo và so sánh với độ dày ban đầu của lớp phủ. Tiếp theo, thành phần Ammonium polyphosphate (APP) trong công thức màng sơn phủ lần lượt được thay bởi thành phần MonoAmmoniumphosphate (MAP) và DiAmmoniumphosphate (DAP) và tiếp tục thí nghiệm đánh giá ảnh hưởng của các loại tác nhân tạo axit này đến khả năng phồng nở và các tính chất ngăn cháy, cách nhiệt của màng sơn phủ.

**Bảng 2.** Tỉ lệ thành phần các mẫu màng sơn phủ: M1 - không có sự xuất hiện của APP trong thành phần của sơn và M2 - có APP trong thành phần của mẫu sơn

Thành phần	M1	M2 (APP)	M2' (MAP)	M2'' (DAP)
H <sub>2</sub> O (g)	20,80	17,80	17,80	17,80
Keo acrylic 398 (g)	31,89	26,79	26,79	26,79
Ammoniumpolyphosphate(APP) (hoặc MAP ;DAP ) (g)	0	24,1	24,1	24,1
Pentaerythritol(g)	13,5	8,5	8,5	8,5
Melamine(g)	19,3	14,3	14,3	14,3
Silica (g)	1,8	1,8	1,8	1,8
Al(OH) <sub>3</sub> (g)	2,34	1,34	1,34	1,34
Kẽm Borat (g)	2,34	1,34	1,34	1,34
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g)	1,45	0,45	0,45	0,45
TiO <sub>2</sub> (g)	3,23	2,23	2,23	2,23
CMC (g)	1,45	0,45	0,45	0,45
NH <sub>4</sub> OH (g)	1,9	0,9	0,9	0,9

### 2.3. Các phương pháp nghiên cứu

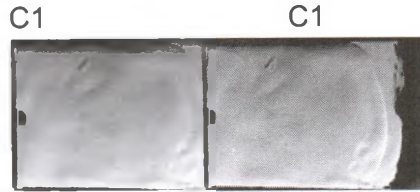
Các phương pháp nghiên cứu đặc trưng vật liệu: Phương pháp kiểm tra khả năng chống cháy theoTCVN 9311-1-2012; Phân tích lớp tro

xốp sau khi thử khả năng chống cháy bằng chụp kính hiển vi điện tử quét Hitachi S4800; Phương pháp đo độ bền cơ học theo TCVN 2100-2007.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Ảnh hưởng của nguồn cung cấp carbon tới bề mặt màng sơn phủ

Hình 2 là hình ảnh chụp quan sát bề mặt của mẫu màng sơn phủ lên đế thép C1, C2 tương ứng là có thành phần cung cấp nguồn

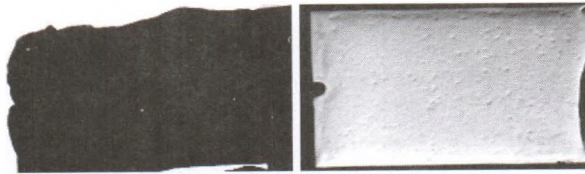


Hình 2. Bề mặt của các mẫu màng sơn phủ C1, C2 trên tấm thép trước khi nung

Điều này có thể được giải thích là do phải bù phụ gia cung cấp nguồn carbon bằng các phụ gia khác, trong đó có melamine. Melamine kém tan trong hỗn hợp keo acrylic/nước hơn so với pentaerythritol, do pentaerythritol là một hợp chất hữu cơ rượu đa chức tan tốt trong nước. Điều này dẫn đến hỗn hợp màng phủ mẫu C2 có hiện tượng vón cục trên bề mặt và độ mịn của màng ở mẫu C2 sau khi phủ kém hơn so với màng phủ mẫu C1.

#### 3.2. Ảnh hưởng của nguồn cung cấp carbon đến khả năng phòng nở của màng sơn phủ

Để đánh giá ảnh hưởng của nguồn cung cấp carbon đến khả năng phòng nở của màng sơn phủ. Các mẫu C1, C2 được đem nung ở 500°C trong thời gian 60 phút. Các màng sơn phủ trên tấm thép từ màu trắng chuyển sang màu đen do bị đốt cháy. Kết quả hình ảnh chụp bề mặt mẫu màng sơn phủ sau nung được thể hiện trên Hình 3. Trên Hình 3 cho quan sát thấy sự khác biệt ở mức độ phòng nở



Hình 3. Hình ảnh chụp quan sát bề mặt của mẫu màng sơn phủ C1, C2 sau khi nung 500°C trong 60 phút

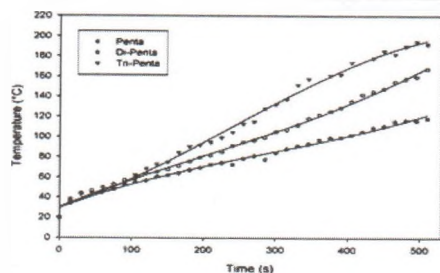
Từ thí nghiệm trên, có thể thấy chất cung cấp nguồn carbon là một phần quan trọng trong công thức chế tạo màng phủ chống cháy phòng nở. Chất cung cấp nguồn carbon cho lớp màng sơn phủ khi gặp nhiệt độ cao sẽ là chất chịu trách nhiệm chính cho chiều cao của lớp phòng nở.

carbon và không có thành phần cung cấp nguồn carbon (hóa chất sử dụng cung cấp nguồn carbon từ rượu đa chức pentaerythritol). Trên Hình 2 có thể quan sát thấy màng phủ của mẫu C1 sau khi phủ có bề mặt đẹp hơn so với màng phủ của mẫu C2.

của 2 mẫu khảo sát C1, C2. Sau khi quá trình nung kết thúc, màng sơn phủ ở mẫu C1 đã phòng căng lên và đặc biệt là bề mặt màng phủ sau khi nung vẫn còn khá nguyên vẹn, không bị nứt. Còn ở mẫu C2 chỉ có dấu hiệu của sự phòng rộp do hoạt động của thành phần hoạt tính là nguồn chứa axit (ammonium polyphosphate) và chất phòng nở (melamine). Nguồn cung cấp carbon ở mẫu C2 là các phụ gia hữu cơ có mặt trong màng phủ như keo acrylic, cacboxymethyl cellulose. Điều này có thể được giải thích: Do lượng carbon từ các nguồn vừa nêu không đủ để cung cấp cho sự phát triển độ cao của màng phủ nên độ cao phòng nở của màng phủ C2 rất kém, hầu như không đáng kể. Ngoài ra do thiếu carbon cho quá trình phòng nở, bề mặt phòng nở của màng phủ C2 còn bị nứt. Lí do là vì khí từ tác nhân phòng nở thoát ra nhưng không đủ carbon cung cấp cho quá trình này nên khí làm nứt lớp phủ thoát ra ngoài.

#### 3.3. Khảo sát khả năng che chắn nhiệt của màng sơn phủ sử dụng nguồn carbon từ penta, di-penta và tri-penta

Hình 4 là đồ thị khảo sát khả năng che chắn nhiệt của màng sơn phủ phòng nở sử dụng nguồn carbon từ penta, di-penta và tri-penta.



Hình 4. Đồ thị khảo sát khả năng che chắn nhiệt của màng sơn phủ phòng nổ sử dụng nguồn carbon từ penta, di-penta và tri-penta

Trên Hình 4 có thể thấy mẫu màng sơn phủ chứa tri-penta có độ hấp thụ nhiệt cao nhất, sau đó tới di-penta và penta có độ hấp thụ nhiệt kém nhất. Như vậy, khả năng cách nhiệt của penta là cao nhất trong 3 hợp chất rượu đa chức này. Từ Hình 4 cho thấy, với cùng một nguồn nhiệt, nhiệt độ của lớp phủ dùng tri-penta là 190°C, lớp phủ dùng di-penta là 160°C thì nhiệt độ của lớp phủ dùng penta chỉ là 110°C. Từ thực nghiệm khảo sát này có thể đưa ra nhận xét penta rất phù hợp sử dụng cho màng phủ cách nhiệt phòng nổ vì ngoài chức năng làm nguồn cung cấp carbon, khả năng cách nhiệt của penta cũng rất tốt so với các hóa chất khác được sử dụng.

### 3.4. Ảnh hưởng của các hợp chất gốc muối polyphosphate đến độ phòng nổ của màng sơn phủ

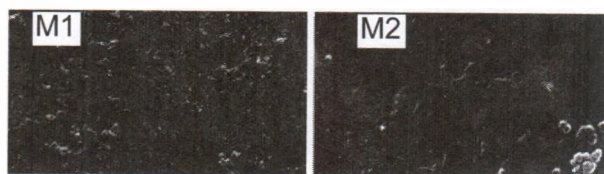
+ Đánh giá độ phòng nổ của các mẫu M1, M2 tương ứng là các mẫu có APP và không có APP trong thành phần của mẫu sơn sau khi

nung 500°C trong 60 phút, được thể hiện ở Hình 5. Kết quả phòng nổ đo được như sau: mẫu M1 nổ gấp 7,61 lần so với độ dày lớp phủ ban đầu; mẫu M2 nổ gấp 2 lần so với độ dày lớp phủ ban đầu. Điều này cho thấy sự xuất hiện của APP trong mẫu M1 sẽ làm tăng khả năng phòng nổ của lớp phủ. Cơ chế này có thể giải thích như sau: ở nhiệt độ cao (trên 250°C) APP sẽ giải phóng gốc acid ( $\text{HPO}_3$ )<sub>n</sub>, gốc acid này sẽ tham gia phản ứng carbon hóa để hình thành tro, sau đó tác nhân tạo độ xốp (melamine) sẽ thổi khí hình thành sự phòng nổ, tạo bọt và sau đó hóa rắn để hình thành lớp cách nhiệt cho cấu trúc nền. Cũng qua kết quả hình ảnh độ phòng nổ có thể thấy với mẫu M2 không chứa APP thì bề mặt lớp phủ xuất hiện các vết nứt. Điều này cho thấy khi không có APP độ bền nhiệt của màng phủ là kém hơn nhiều, dẫn đến hình thành các khe nứt và nhiệt qua các khe nứt có thể gây phá hủy cấu trúc nền.



Hình 5. Hình ảnh chụp quan sát bề mặt của mẫu màng sơn phủ M1, M2 sau khi nung 500°C trong 60 phút

+ Hình 6 là hình ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) cho quan sát thấy bề mặt lớp tro xốp chống cháy của các mẫu M1, M2. Ở hình ảnh mẫu M2 cho thấy bề mặt có nhiều các bọt khí, bề mặt sít đặc. Trong khi đó, mẫu M1 có cấu trúc xốp trên bề mặt, với các lớp carbon dày đặc không có vết nứt như ở M2 sẽ giúp cho các khí giải phóng được giữ lại ở cấu trúc xốp, làm tăng khả năng phòng nổ hoạt động như một rào cản nhiệt giữa lửa và chất nền mà qua đó bảo vệ được cấu trúc nền.

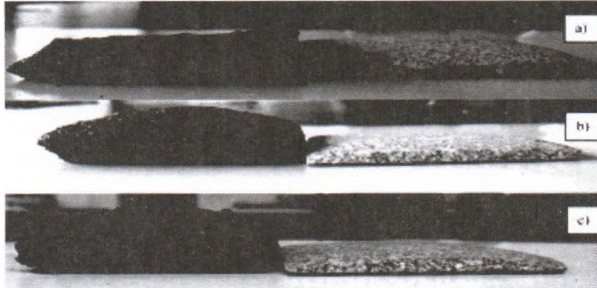


Hình 6. Hình ảnh chụp hiển vi điện tử quét (SEM) của mẫu M1 và M2 sau khi nung 500°C trong 60 phút

+ Hình 7 là hình chụp các mẫu màng sơn phủ thí nghiệm chứa thành phần (a) MonoAmmoniumphosphate (MAP); (b) DiAmmoniumphosphate (DAP) và (c)

Ammonium polyphosphate (APP) sau nung ở 500°C trong 60 phút. Thí nghiệm khảo sát này nhằm mục đích so sánh về hiệu quả và ảnh hưởng của MonoAmmoniumphosphate

(MAP), DiAmmoniumphosphate (DAP) và Ammonium polyphosphate (TPP) đến khả năng phòng nỡ, tính chất chống cháy và bền nhiệt của lớp sơn phủ. Trên Hình 7 có thể quan sát thấy, màng phủ phòng nỡ sử dụng APP làm chất tạo gốc acid có độ phòng nỡ tốt hơn so với MAP và DAP. Mặt khác, bề mặt lớp tro xốp của mẫu chứa APP dày khít, xốp và bền hơn so với hai chất còn lại.



Hình 7. Hình ảnh trước và sau khi nung ở nhiệt độ 500°C của các mẫu lớp phủ chứa (a) MonoAmmoniumphosphate; (b) DiAmmoniumphosphate và (c) Ammonium polyphosphate

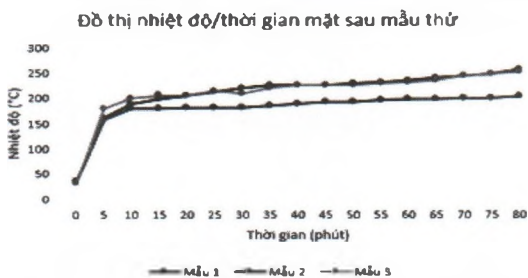


Hình 8. Bề mặt nền thép sau quá trình thử lửa của các mẫu màng phủ chứa (a) MAP, (b) DAP và (c) APP

Qua quá trình khảo sát và đánh giá tính chất, hình thái bề mặt của màng sơn phủ ở nhiệt độ 500°C trong 60 phút đã cho thấy rằng các hợp chất muối gốc polyphosphate là: MonoAmmoniumphosphate, DiAmmoniumphosphate và Ammonium polyphosphate có tác động làm tăng khả năng phòng nỡ cũng như độ bền nhiệt của lớp phủ chống cháy. Các kết quả chỉ ra APP có tác động đến độ bền nhiệt và ngăn lửa tốt hơn so với MAP và DAP. Do đó, ammonium polyphosphate là tối ưu cho lựa chọn làm nguồn tạo gốc acid cho hệ màng sơn phủ chống cháy.

### 3.5. Khảo sát khả năng che chắn nhiệt của màng sơn phủ sử dụng muối gốc polyphosphate khác nhau

Biến thiên nhiệt độ theo thời gian của các mẫu màng sơn phủ chứa APP, MAP và DAP tương ứng với ký hiệu của Mẫu 1, Mẫu 2 và Mẫu 3 được ghi lại và trình bày theo đồ thị Hình 9.



Hình 9. Biến thiên nhiệt độ theo thời gian của các mẫu: Mẫu 1 (TPP), Mẫu 2 (MAP) và Mẫu 3 (DAP)

Nhìn vào đồ thị biến thiên nhiệt độ theo thời gian, có thể thấy được tốc độ biến thiên nhiệt độ của các mẫu thử là tương đối giống nhau trong 5 phút đầu tiên. Nhưng sau đó mẫu số 1 đã biến nhiệt chậm hơn 2 mẫu còn lại và sau 80 phút thì nhiệt độ ghi nhận được ở mặt sau của mẫu thử thứ nhất cũng thấp hơn hẳn 2 mẫu thử còn lại. Do đó, công thức

màng phủ phòng nỡ thứ nhất được lựa chọn sử dụng cho các thí nghiệm tiếp theo.

### 3.6. Kết quả khảo sát thí nghiệm xác định độ bền uốn, độ bền va đập và độ nhớt của màng sơn phủ

Độ bền uốn, độ bền va đập và độ nhớt của các mẫu thí nghiệm Mẫu 1 (TPP), Mẫu 2 (MAP) và Mẫu 3 (DAP) đã được khảo sát. Kết quả

được trình bày ở Bảng 3.

Như vậy, từ kết quả khảo sát ở Bảng 3 trên có thể thấy các mẫu hệ màng sơn phủ đều các

tính chất cơ học (độ bền uốn, độ bền va đập và độ nhót) đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn và tương đương nhau.

**Bảng 3.** Độ bền uốn, độ bền va đập và độ nhót của các mẫu: Mẫu 1 (TPP), Mẫu 2 (MAP) và Mẫu 3 (DAP)

Độ bền uốn			Độ bền va đập			Độ nhót		
Mẫu	Kết quả	Đơn vị	Mẫu	Kết quả	Đơn vị	Mẫu	Kết quả	Đơn vị
Mẫu 1	4	mm	Mẫu 1	36	Kg.cm	Mẫu 1	81	KU
Mẫu 2	3	mm	Mẫu 2	40	Kg.cm	Mẫu 2	85	KU
Mẫu 3	3	mm	Mẫu 3	39	Kg.cm	Mẫu 3	87	KU
Trung bình	3,3	mm	Trung bình	38,3	Kg.cm	Trung bình	84,3	KU

#### 4. KẾT LUẬN

Thực nghiệm khảo sát nguồn cung cấp carbon tới tính chất màng sơn phủ cho thấy: màng sơn phủ có chứa nguồn carbon cho bề mặt màng láng mịn đẹp, không có hiện tượng vón cục bề mặt hơn hẳn so với màng sơn phủ không chứa nguồn carbon; màng sơn phủ nguồn carbon chứa penta có độ hấp thụ nhiệt kém nhất, khả năng cách nhiệt tốt nhất so với di-penta và tri-penta. Do đó lựa chọn được màng sơn phủ nguồn carbon chứa penta rất phù hợp sử dụng cho màng phủ cách nhiệt phòng nổ. Khảo sát ảnh hưởng của các hợp chất gốc muối polyphosphate cho thấy: màng sơn phủ có chứa APP làm tăng khả năng phòng nổ gấp 7,61 lần so với độ dày lớp sơn phủ ban đầu. APP tạo được cấu trúc xốp với các lớp carbon dày đặc không có vết nứt trên bề mặt màng và hoạt động như một rào cản nhiệt giữa lửa và chất nền mà qua đó bảo vệ được cấu trúc nền thép. Với các hợp chất gốc muối polyphosphate khác nhau (monoammoniumphosphate (MAP); diammoniumphosphate (DAP) và ammonium polyphosphate (APP)) đều có tác động tốt đến tính chất chống cháy màng phủ phòng nổ. Trong đó APP có tác động tốt nhất đến độ bền nhiệt và ngăn lửa so với MAP và DAP và được chọn làm nguồn tạo gốc acid cho hệ sơn phủ chống cháy. Các màng sơn phủ đều có độ bền cơ học đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn.

**Lời cảm ơn:** Công trình này được thực hiện với sự hỗ trợ về kinh phí của đề tài Mã số: KC.02/16-20, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. J. Asua. *Emulsion Polymerization: From Fundamental Mechanisms to Process Developments*, J. Polym. Sci. Part A Polym. Chem., 42, 1025-1041 (2004).

2. Y. Lin. *Stability of Carboxylated Poly (butyl acrylate) Latices during Semibatch Emulsion Polymerization*, J. Appl. Polym. Sci., 61, 989-1001 (1996).

3. Zhu-Bao Shao, Cong Deng, Yi Tan, Li Yu et al. *Ammonium polyphosphate chemically-modified with ethanolamine as an efficient intumescent flame retardant for polypropylene*, J. Mater. Chem. A, 2, (2014) 13955.

4. Jun-wei Gu, Guang-cheng Zhang, Shan-lai Dong, Qiu-yu Zhang, Jie Kong. *Study on preparation and fire-retardant mechanism analysis of intumescent flame-retardant coatings*, Surface & Coatings Technology, 201, 7835-7841 (2007).

5. M. Jimenez, S. Duquesne, and S. Bourbigot. *Multiscale Experimental Approach for Developing High-Performance Intumescent Coatings*, Ind. Eng. Chem. Res., 45, 4500-4508 (2007).

6. H. Horacek, J. Appl. *Reactions of Stoichiometric Intumescent Paints*, Polyme Science, 113, 1745-1756 (2009).

7. W.C. Puspitasaria, Faiz Ahmada, Sami Ullahb, Patthi Hussaina, Puteri S.M. Megat-Yusoffa, Patrick J. Masset. *The study of adhesion between steel substrate, primer, and char of intumescent fire retardant coating*, Progress in Organic Coatings, 127, 181-193 (2019).

8. Thirumal Mariappan, Aishvarya Agarwal, Sushma Ray. *Influence of titanium dioxide on the thermal insulation of water-borne intumescent fire protective paint on structural steel*, Progress in Organic Coatings, 111, 67-74 (2017).

9. Phạm Văn Hội, *Kết cấu thép cấu kiện cơ bản* (2006).

10. Nguyễn Văn Lộc. *Kỹ thuật sơn*, Tập 1, Nhà xuất bản Giáo dục (2001).