

Nghiên cứu khả năng chữa cháy và thử nghiệm độc tính của bột chữa cháy trên cơ sở tổ hợp monoamoni photphat và một số muối vô cơ

Nguyễn Thị Mùa², Nguyễn Hữu Đạt¹, Mai Đức Huỳnh¹, Trần Hữu Trung¹, Nguyễn Thị Thu Trang¹, Nguyễn Tiến Minh¹, Hoàng Ngọc Huỳnh², , Nguyễn Vũ Giang^{1*}

¹ Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam (VAST), Hà Nội, Việt Nam

² Cục Cảnh sát Phòng cháy chữa cháy và Cứu hộ cứu nạn, Hà Nội, Việt Nam

TỪ KHÓA

Bột chữa cháy ABC
Bột chữa cháy
Độc tính cấp
LD50
TCVN 6102-2020

TÓM TẮT

Monoamoni photphat là thành phần chính được ứng dụng nhiều trong chế tạo bột chữa cháy nhờ khả năng chữa cháy hiệu quả và độc tính thấp. Bằng phương pháp phối trộn với một số muối vô cơ khác, nhóm nghiên cứu đã tổng hợp được sản phẩm bột chữa cháy với thành phần chính là monoammonium phosphate (MAP), hợp chất photphat vô cơ, hợp chất sulfat vô cơ, magie hydroxit, hợp chất cacbonat vô cơ và các phụ gia phụ trợ khác. Nghiên cứu này phân tích các đặc trưng tính chất như đặc tính phân hủy nhiệt, khả năng chữa cháy và độc tính sinh học của phẩm bột chữa cháy. Các phương pháp nghiên cứu bao gồm phân tích nhiệt trọng (TGA), thử nghiệm chữa cháy và đánh giá độc tính cấp tính (LD50). Kết quả cho thấy, trong quy mô phòng thí nghiệm, đám cháy được dập tắt sau 10 giây phun bột và không bùng cháy lại với mức độ độc tính sinh học "gần như không độc" theo phân loại của OECD với kết quả LD50 đạt mức an toàn.

KEYWORDS

ABC fire extinguishing powder
Fire extinguishing powder
Acute Oral Toxicity
LD50
TCVN 6102-2020

ABSTRACT

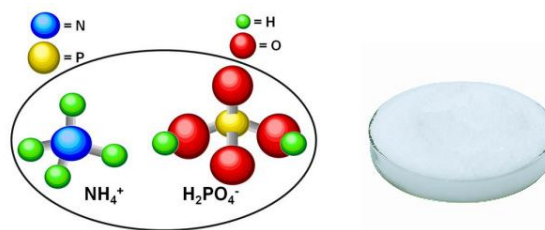
Monoammonium phosphate has been known as the main material in production of fire extinguishing powder thanks to its outstanding firefighting ability and low toxicity. By mixing with some inorganic salts, a fire extinguishing powder includes monoammonium phosphate, inorganic phosphate compounds, inorganic sulfate compounds, magnesium hydroxide, inorganic carbonate compounds and other auxiliary additives. Properties of this fire extinguishing powder were evaluated such as thermal decomposition, fire extinguishing ability and biological toxicity by using thermogravimetric analysis (TGA), fire testing and acute toxicity assessment (LD50)... The results showed that, on a laboratory scale, the fire was extinguished within 10 seconds after powder spray and did not reignite with a "virtually non-toxic" level of biological toxicity according to the OECD classification with the LD50 result reaching safe toxicity level.

1. Giới thiệu

1.1. Giới thiệu chung

Chất chữa cháy dạng bột khô (Fire Extinguishing Dry Powder - FEDP) là các hỗn hợp muối rắn nhiều thành phần, kết hợp với các loại phụ gia chống đóng bánh, vón cục và tăng khả năng chảy tự do cho chất dập cháy [1, 2]. Hiện nay muối monoamoni photphat (MAP) được sử dụng phổ biến và có nhiều nghiên cứu trên thế giới trong ứng dụng chế tạo chất chữa cháy dạng khô. MAP là một hợp chất vô cơ, tồn tại ở trạng thái rắn hoặc tinh thể màu trắng, hòa tan nhanh chóng trong nước và có mùi amoniac nhẹ. Được tổng hợp đơn giản từ axit phosphoric và amoniac tinh khiết (NH_3). Monoammonium phosphate (MAP) có công thức hóa học là $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Trong ứng dụng làm chất chữa cháy, MAP hoạt động dựa trên cơ chế phân hủy tạo ra một lớp rào cản trên bề mặt của vật liệu cháy và oxy từ đó làm giảm quá trình cháy [3]. Đồng thời MAP phân hủy ở nhiệt độ cao, giải phóng các khí không cháy và hấp thụ nhiệt, giúp làm giảm nhiệt độ của đám cháy. Bột MAP

cũng có khả năng chống lại các loại đám cháy liên quan đến chất rắn, chất lỏng và khí dễ cháy.



Hình 1. Cấu tạo phân tử của monoammonium photphat.

Để chất chữa cháy dạng khô đạt được hiệu quả dập tắt các đám cháy khác nhau (đám cháy loại A: đám cháy chất rắn thường là các chất hữu cơ khi cháy thường kèm theo tạo ra than hồng; loại B: đám cháy của các chất lỏng hữu cơ hoặc chất rắn hóa lỏng; loại C: đám cháy của các chất khí metan, propan, axetylen, propylen...) các phương pháp và

*Liên hệ tác giả: nvgiang@itt.vast.vn

Nhận ngày 09/08/2024, sửa xong ngày 20/08/2024, chấp nhận đăng ngày 23/08/2024

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2024.764>

nguyên liệu sử dụng để chế tạo bình bột chữa cháy khác nhau. Bột chữa cháy dạng khô được phân loại theo mục đích và loại đám cháy mà bột được sử dụng để dập tắt [3-5]:

- Bột ABC với thành phần chính là các muối ammonium chứa phospho như monoammonium phosphat, diammonium phosphat và ammophos;
- Bột BC có thành phần chính là các hợp chất NaHCO_3 và KHCO_3 , K_2SO_4 , KCl, cacbonat kim loại chứa urea hoặc các hợp chất khác;
- Bột B, C, E hoặc D có thành phần chính là KCl, graphit hoặc các hợp chất khác.

Các công nghệ sản xuất bột ABC ban đầu chủ yếu dựa trên quy trình nghiền và trộn hợp các muối ammonium chứa photpho cùng các hợp chất hóa học khác (muối clorua, bicacbonat,... của kim loại kiềm). Một số phương pháp sản xuất bột ABC có thêm quá trình xử lý trước nguyên liệu thô (sấy khô muối ammonium phosphat và sulfat và biến tính kỵ nước đối với hạt silica). Bên cạnh đó, một số sáng chế cũng mô tả các phương pháp sản xuất bột chữa cháy đa năng bằng cách trung hòa axit sulfuric và axit phosphoric trong dung dịch ammoniac, sau đó trộn các sản phẩm thu được với silicone hữu cơ lỏng và silicate để cải thiện khả năng dập cháy của sản phẩm [6].

1.2. Độc tính của bột chống cháy

Các chất chữa cháy được sử dụng rộng rãi trên khắp thế giới để ngăn chặn và kiểm soát đám cháy. Mỗi năm, các cơ quan kiểm soát hỏa hoạn sử dụng hàng triệu hỗn hợp trên nhiều hệ sinh thái. Tuy nhiên, việc sử dụng bột chống cháy có tác động tới hệ sinh thái, cụ thể là môi trường nước. Trong lịch sử, có rất ít thông tin về độc tính của các hóa chất này đối với thủy sinh vật và cuộc sống trên cạn; có ít thông tin hơn liên quan đến tác động tới hệ sinh thái. Các hợp chất amoni được sử dụng rộng rãi về cơ bản là các công thức phân bón khô hoặc lỏng có từ lâu đã được coi là có tác động độc tính hoặc sinh thái. Độ độc cấp tính là khả năng của một chất độc gây ra tác động tiêu cực sau một thời gian ngắn sau khi tiếp xúc. Thường được định nghĩa là tác động xảy ra trong khoảng từ vài phút đến 24 giờ sau tiếp xúc, ít khi kéo dài hơn.

Độ độc cấp tính của các chất độc như LD50 (liều gây tử vong cho 50% số động vật) và LC50 (nồng độ gây tử vong cho 50% số động vật) thường được đo và thử nghiệm trên các loài đại diện trong hệ sinh thái như động vật có vú (thỏ, chuột), chim, cá, động vật không xương sống, thực vật có mạch như tảo.

Các cơ chế chính gây độc cấp tính bao gồm ức chế enzym cholinesterase, phát sinh hôn mê và ảnh hưởng đến chức năng màng tế bào. Ví dụ, thuốc trừ sâu có thể gây ngộ độc cấp tính bằng cách ức chế cholinesterase ở cá và chim. Hơn nữa, các hóa chất công nghiệp thường gây ngộ độc cấp tính dưới dạng hôn mê, làm giảm khả năng phản ứng với kích thích bên ngoài và có thể gây tử vong nếu tiếp xúc kéo dài. Các hóa chất thường xuyên xâm nhập vào cơ thể qua đường hô hấp hoặc hấp thụ qua da tại nơi làm việc và khoảng 60 % các chất độc công nghiệp thường thể hiện tính độc cấp tính qua hiện tượng hôn mê. Điều này phần lớn do chúng tích tụ trong màng tế bào, ảnh hưởng đến chức

năng bình thường của màng và dễ dàng phân bố ở lớp mỡ. Các nhà chất độc học có thể sử dụng nhiều loại động vật nhưng phổ biến nhất là các thử nghiệm được thực hiện với chuột cống và chuột nhắt. Độ độc tính thường được biểu thị bằng lượng hóa chất được sử dụng ví dụ, miligam trên 100 gam đối với động vật nhỏ hoặc trên kilôgam trọng lượng cơ thể của động vật thử nghiệm với đối tượng thử nghiệm lớn. LD50 có thể được thử nghiệm cho bất kỳ đường xâm nhập nào nhưng phương pháp sử dụng qua da (bôi lên da) và đường uống (cho qua miệng) là phổ biến nhất.

"Liều gây chết tối thiểu" là thuật ngữ được sử dụng rộng rãi vào đầu những năm 1900 để định lượng độc tính của một chất. Các nhà độc học đã có những cách giải thích khác nhau về thuật ngữ này - một số người hiểu 'liều gây chết tối thiểu' là liều vừa đủ để chỉ giết chết một con vật không thường xuyên, hoặc liều giết chết 50% số động vật trong nhóm được dùng liều, hoặc liều giết chết tất cả các động vật được dùng liều. Trevan [7] đề nghị bãi bỏ thuật ngữ 'liều gây chết tối thiểu' và đưa ra thuật ngữ mới để định lượng độc tính của một chất: 'Liều gây chết trung bình' (MLD) hoặc LD50. LD50 do Trevan đề xuất được sử dụng để chuẩn hóa sinh học các chất chiết xuất như digitalis, insulin và độc tố bạch hầu. Tuy nhiên, sau thời Trevan, các nghiên cứu về độc tính cấp tính đã được thực hiện nhằm đánh giá tác động sinh học của một chất [8], thay vì chỉ để chuẩn hóa sinh học các loại thuốc. Ngày nay, hầu hết các xét nghiệm LD50 được tiến hành để xác định độc tính cấp tính của thuốc trừ sâu [9] và thuốc chữa bệnh [10,11]. Kể từ sau Trevan, nhiều phương pháp đã được đề xuất để tính LD50 chỉ kể tên một số phương pháp: phương pháp Karber, phương pháp số học của Reed và Muench, phương pháp Litchfield và Wilcoxon, phương pháp của Miller và Tainter, phương pháp trung bình động, phương pháp Lorke, quy trình liều cố định và quy trình lên xuống [12]. Phương pháp do Litchfield và Wilcoxon giới thiệu [13] đã được sử dụng rộng rãi để xác định LD50 và khoảng tin cậy nhờ vào các bước tính toán để thực hiện của nó. Tuy nhiên, phương pháp phân tích probit trở nên phổ biến hơn vì nó tính toán LD50 'chính xác' và khoảng tin cậy (giới hạn chuẩn).

2. Thử nghiệm và các phương pháp nghiên cứu

2.1. Hóa chất, vật liệu sinh học

2.1.1. Hóa chất

Mono amoni photphat có dạng tinh thể; amoni sunphat, tri canxi photphat, magie cacbonat, melamine photphat, amoni polyphotphat là sản phẩm thương mại của công ty công ty Shifang Changfeng Chemical.

Silica siêu mịn (fume) dạng bột siêu mịn, có diện tích bề mặt $200\text{m}^2/\text{g}$, độ tinh khiết $>99,8\%$ là sản phẩm thương mại của tập đoàn Cabot.

Hạt thủy tinh vi cầu, dầu silicon là sản phẩm thương mại của Công ty 3M.

2.1.2. Vật liệu sinh học

Mẫu chuột sinh học chuột Wistar khối lượng nằm trong khoảng $170 \pm 5\text{g}$, khoảng 42-44 tuần tuổi thu được từ Công ty TNHH Phát

triển Khoa học Sự Sống (Việt Nam) được đặt trong lồng và duy trì điều kiện phòng thí nghiệm ($30 \pm 3^\circ\text{C}$, chu kỳ chiếu sáng tự nhiên và độ ẩm tương đối $75 \pm 10\%$). Động vật được cung cấp nước và thức ăn tùy ý.

2.2. Thực nghiệm và các phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Phương pháp chế tạo

Thành phần hàm lượng của bột chữa cháy trong nghiên cứu được chế tạo với thành phần hàm lượng được cân theo tỉ lệ như Bảng 1:

Bảng 1. Thành phần hàm lượng bột chữa cháy trong nghiên cứu.

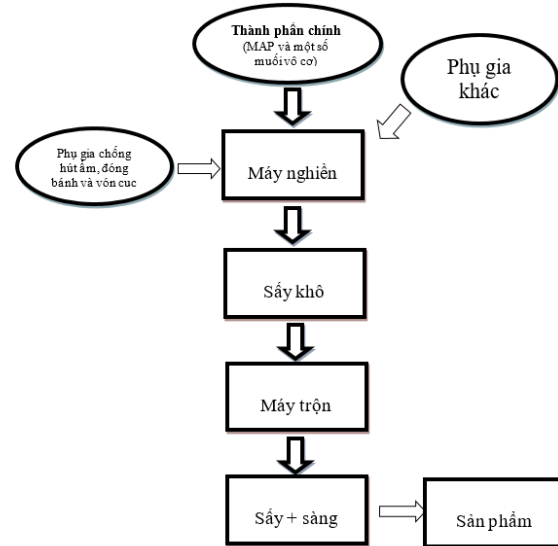
Thành phần chính	% khối lượng
MAP	54
Hợp chất phosphat vô cơ	9
Hợp chất sulfat vô cơ	13
Magie hydroxit $\text{Mg}(\text{OH})_2$	8
Hợp chất cacbonat vô cơ	6
Polysiloxan	1
Hợp chất silan	1
Silicone	1
Nano silica	2
Hạt thủy tinh cầu	5

Bột chữa cháy ABC được chế tạo theo quy trình được mô tả như trên Hình 2.

Bước 1: MAP, hợp chất phosphat vô cơ, hợp chất sulfat vô cơ, magie hydroxit $\text{Mg}(\text{OH})_2$, hợp chất cacbonat vô cơ, 54 phần trọng lượng, hợp chất sulfat vô cơ, ở các tỷ lệ khối lượng đã lựa chọn được trộn lẫn, nghiền đến kích thước 18-22 μm . Sau đó các phụ gia khác (nano silica, hạt thủy tinh cầu...) đồng thời được trộn, nghiền, đến kích thước 18- 22 μm , thêm phụ gia trợ phân tán và cải thiện khả năng chống hút ẩm, đóng bánh vón cục được phân tán trong dung môi dễ bay hơi. Tiếp tục nghiền, trộn đều 20- 30 phút, thu được bột khô A;

Bước 2: Bột khô A được đem đi sấy đến khối lượng không đổi tại nhiệt độ 110°C trong 1-2 giờ thu được hỗn hợp bột B.

Bước 3: Sau quá trình sấy khô, hỗn hợp bột B được đưa và máy trộn cao tốc để đánh tơi và đem đi sấy và sàng để thu được sản phẩm có kích thước đồng nhất.

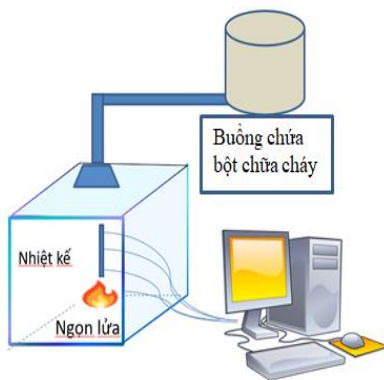


Hình 2. Quy trình chế tạo bột chữa cháy tổng hợp ABC.

2.2.2. Các phương pháp nghiên cứu

a) Thử nghiệm dập cháy trong phòng thí nghiệm

Thử nghiệm dập cháy trong phòng thí nghiệm được thực hiện trên hệ thống thiết bị gồm buồng thử cháy hình lập phương, có thể tích 1 m^3 làm bằng inox có một mặt kính chịu nhiệt để quan sát hiện của đám cháy. Ngoài ra, thiết bị có tích hợp hệ thống phun bột có điều khiển áp suất phun là 0,2/0,3/0,4 MPa mô phỏng theo hệ thống bình bột chữa cháy và tích hợp hệ thống ghi nhận nhiệt độ đám cháy. Mô hình thiết bị được miêu tả trên Hình 3.



Hình 3. Mô hình thiết bị thử nghiệm cháy quy mô phòng thí nghiệm.

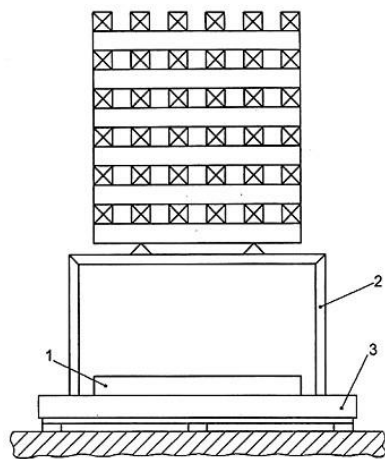


b) Phân tích nhiệt trọng lượng (TGA)

Phương pháp phân tích sự thay đổi khối lượng mẫu theo nhiệt độ (TGA) là phương pháp phân tích quá trình mất khối lượng hay sự phân hủy theo nhiệt của của các thành phần trong bột chữa cháy ABC. Đặc tính về phân hủy nhiệt của mẫu được xác định từ giản đồ mất khối lượng mẫu theo nhiệt độ trên thiết bị phân tích nhiệt khối lượng TGA209F1, Netzsch (Đức).

c) Thử nghiệm chữa cháy theo tiêu chuẩn TCVN 6102-2020 [14]

Mô hình thử nghiệm gồm những thanh gỗ xếp kiểu củi đặt trên hai thanh sắt góc 63mm x 38mm hoặc giá đỡ thích hợp, kê trên bốn trụ bê tông cao 405mm so với mặt sàn. Những thanh gỗ ở rìa củi phải buộc hoặc đóng đinh vào nhau cho chắc. Dùng gỗ thuộc loài, phân loài hay gỗ lai các chi cây thông, chế thành những thanh dài theo bảng, mặt cắt vuông, mỗi cạnh 39 ± 1 mm, độ ẩm từ 10% đến 14% (m/m).



Hình 4. Mô hình thử nghiệm đám cháy loại A.

Thử nghiệm chữa cháy với đám cháy loại A

Môi lửa

Đặt một khay kích thước thích hợp như quy định trong bảng vào giữa và đối xứng ở bên dưới củi gỗ. Đổ thể tích nhiên liệu thích hợp vào khay (theo bảng 4). Châm lửa vào nhiên liệu. Để củi gỗ cháy cho tới khi khối lượng của nó giảm đi tới $(55 \pm 2)\%$ khối lượng ban đầu của củi.

Phun bột

Lấy bình chữa cháy phun bột vào đám cháy. Ban đầu phun vào phía trước từ khoảng cách không dưới 1,8m. Giảm khoảng cách phun và tùy ý thay đổi vị trí phun trừ phía sau củi gỗ. Giữ khóa ở vị trí mở để dòng bột phun ra tối đa.

Điều kiện công nhận dập tắt có kết quả

Thử được coi là đạt kết quả khi ngọn lửa bị dập tắt hoàn toàn, củi gỗ ở trạng thái không tự cháy lại hoặc không cháy âm ỉ ở những điều kiện thử trong khoảng thời gian 15 phút.

d) Thử nghiệm độc tính LD50

Bảng 2. Phân loại mức độ độc tính theo OECD [15,16].

Cấp độ độc tính	Mức độ độc	Liều LD ₅₀ gần đúng (mg/kg)
1	Cực kỳ độc	Từ 0 đến ≤ 5
2	Rất độc	> 5 đến ≤ 50
3	Độc	> 50 đến ≤ 300
4	Độc vừa	> 300 đến ≤ 2000
5	Độc thấp	> 2000 đến ≤ 5000
6	Gần như không độc	> 5000

- Pha liều dựa trên các cấp độ độc tính được phân loại độc tính theo OECD, với các liều sử dụng là 50; 300; 2000; 5000 mg/kg thể trọng chuột.

- Bắt chuột ra khỏi chuồng bằng cách nắm đuôi chuột, nhẹ nhàng để chuột lên vỉ lưới, kéo nhẹ chuột về phía sau để chuột bám vào vỉ lưới.

- Một tay nắm đuôi chuột, ngón cái và ngón trỏ của tay còn lại nắm chặt phần da gáy và 2 lỗ tai chuột, đặt chuột nằm ngửa trong lòng bàn tay, 3 ngón còn lại nắm da lưng chuột và giữ thân chuột thẳng.

- Cho kim cong đầu tù vào mõm chuột, đẩy nhẹ từ từ và hơi ngả phần đầu tù nhẹ vào phía sau đầu chuột để đầu kim vào thực quản thẳng tới dạ dày. Tại đây, nước cất và chế phẩm được cho chuột uống vào lúc 8-10 giờ sáng, 0,5 mL/chuột/lần, 3 lần trong ngày.

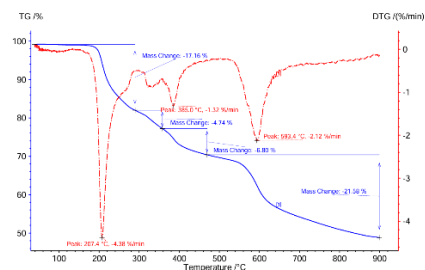
Trước khi tiến hành thí nghiệm, cho chuột nhịn ăn 16 giờ, nước uống tự do. Sau 16 giờ, chia ngẫu nhiên chuột thành 6 lô, mỗi lô 10 con. Các lô thử được cho uống thuốc với thể tích 0,5 mL/10 g trọng lượng chuột/lần, 3 lần/24 giờ, mỗi lần cách nhau 3 giờ.

Theo dõi tình trạng chung của chuột và số lượng chuột chết ở mỗi lô trong vòng 72 giờ sau khi cho chuột uống thuốc lần cuối. Tiếp tục theo dõi chuột trong 7 ngày tiếp theo. Tìm liều cao nhất không gây chết chuột (0%), liều thấp nhất gây chết chuột hoàn toàn (100%) và liều trung gian.

Từ đó xây dựng đồ thị tuyến tính để xác định LD50 của thuốc thử (nếu có). Sau đó, tiếp tục theo dõi tình trạng chung của chuột (hoạt động, ăn uống, bài tiết...) ở mỗi lô cho đến hết 10 ngày sau khi uống thuốc. Tiến hành mổ chuột, quan sát tình trạng các nội quan ngay sau khi có chuột chết (nếu có) để xác định nguyên nhân gây độc.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đặc tính phân hủy nhiệt của bột chữa cháy ABC



Hình 5. Giản đồ TGA của bột chữa cháy ABC.

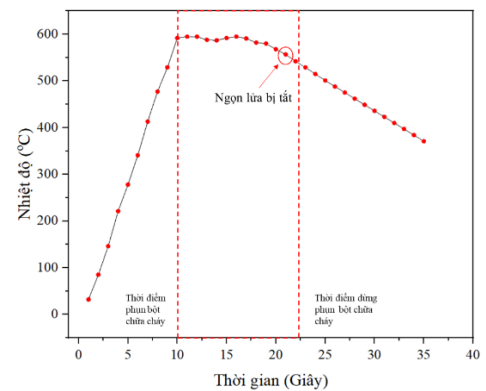
Đặc tính phân hủy nhiệt của bột chữa cháy ABC được chế tạo với thành phần chính là mono amoni photphat và các muối vô cơ (amoni sunphat, tricanxi photphat, magie cacbonat...) được thể hiện trên Hình 5.

Từ giản đồ phân hủy nhiệt TGA của bột chữa cháy ABC cho thấy đặc tính phân hủy nhiệt gồm 4 giai đoạn. Giai đoạn 1 có pic phân hủy cực đại tại nhiệt độ 207 °C với khối lượng mất đi là 17,16% khối lượng, nhiệt độ phân hủy này tương ứng với pic phân hủy nhiệt đặc trưng của MAP trong hỗn hợp, phản ứng phân hủy nhiệt của. Theo cơ chế dập tắt/cách ly đám cháy được nhà nghiên cứu J. Craig Voelkert mô tả trong ấn phẩm “A brief guide to fire chemistry and extinguishment theory for fire equipment service technicians” [17], phản ứng phân hủy nhiệt của MAP tạo ra H_3PO_4 có khả năng hiệu quả trong việc cách ly nguồn oxy với bề mặt chất cháy, ngăn trở phản ứng cháy tiếp tục [3]. Trên giản đồ TGA còn quan sát được các giai đoạn cháy phân hủy nhiệt tiếp theo lần lượt tại các pic nhiệt độ và khối lượng phân hủy nhiệt tương ứng là 338 với khối lượng mất đi là 4,47%; 385 °C – 6,8%; 593,4 °C - 21,58%. Tổng khối lượng mất đi của của quá trình phân hủy nhiệt là 50,28% và còn lại 49,72% khối lượng chất rắn không bị phân hủy và bền nhiệt cao, hỗ trợ cách ly chất cháy với oxy sau khi phân hủy sinh khí hoàn thành. Đồng thời, các phản ứng phân hủy nhiệt của bột chữa cháy là phản ứng thu nhiệt, việc hấp thụ nhiệt cũng được mô tả là một phương pháp hiệu quả để dập tắt đám cháy [17].

3.1.2. Thử nghiệm dập cháy trong buồng thử nghiệm

Nhiệt độ tại tâm đám cháy trong quá trình thử nghiệm được ghi nhận trên hệ thống máy tính mô tả trên Hình 6, quá trình thay đổi nhiệt độ của thử nghiệm cháy được ghi nhận xảy ra trong 3 giai đoạn. Giai đoạn 1 từ thời gian bắt đầu cho nhiệt kế ghi nhận nhiệt độ với thời gian trong khoản từ 1-10 giây, nhiệt độ ghi nhận được trên nhiệt kế thay đổi

nhau từ nhiệt độ môi trường là 32 °C đến 592 °C trong 10 giây, khoảng thời gian này có mục đích ổn định nguồn cháy và nhiệt độ trên nhiệt kế điện tử. Sau 10 giây, thực hiện tiến hành phun bột chữa cháy chế tạo được với áp lực phun là 0,3 MPa tương đương với áp suất thường được sử dụng trong bình bột chữa cháy. Nhìn chung, nhiệt độ của quá trình này thay đổi từ 592 giảm xuống 568 °C sau 10 giây phun bột. Khác với giai đoạn 1, quá trình này có sự thay đổi nhiệt độ một cách phức tạp không tuyến tính khi nhiệt độ đột ngột giảm sau 3-4 giây phun bột từ 592 °C giảm xuống 587 °C. Điều này được giải thích do sự phân hủy nhiệt và áp suất thổi của quá trình phun bột gây nên. Sau khi nhiệt độ giảm đột ngột, nhiệt độ có xu hướng tăng trở lại trong 2 giây kế tiếp rồi tiếp tục có xu hướng giảm nhanh và ngọn lửa tắt sau 11 giây thử nghiệm phun bột chữa cháy. Giai đoạn 3: sau khi đám cháy được dập tắt bột chữa cháy được ngừng phun. Tại giai đoạn này nhiệt độ có xu hướng giảm và sau 35 giây nhiệt độ giảm còn 371 °C.



Hình 6. Biểu đồ thay đổi nhiệt độ tại tâm đám cháy trong quá trình thử nghiệm.



Giai đoạn 1



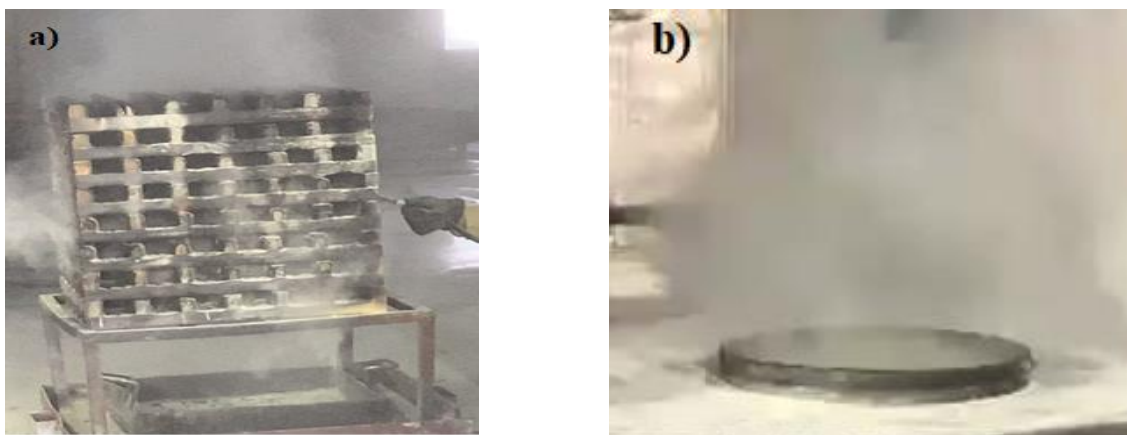
Giai đoạn 2



Giai đoạn 3

Hình 7. Thử nghiệm cháy trong buồng đốt.

3.2. Thử nghiệm chữa cháy theo tiêu chuẩn TCVN 6102-2020



Hình 8. a) Thử nghiệm khả năng dập tắt đám cháy loại A, b) Thử nghiệm khả năng dập tắt đám cháy loại B

Bảng 3. Kết quả thử nghiệm đám cháy loại A.

Lần thử nghiệm	Thời gian tắt cháy (giây)	Nhiệt độ tại nguồn cháy (°C)	Nhiệt độ nguồn cháy sau 15 phút tắt cháy (°C)	Hiện tượng sau cháy
1	9,3	570 ± 5	235 ± 5	Không cháy lại
2	9,1	563 ± 5	226 ± 5	Không cháy lại
3	7,8	527 ± 5	211 ± 5	Không cháy lại
4	8,2	552 ± 5	224 ± 5	Không cháy lại
5	8,8	561 ± 5	231 ± 5	Không cháy lại

Thử nghiệm khả năng dập tắt đám cháy loại A theo tiêu chuẩn TCVN 6102-2020 cho thấy sản phẩm bột chữa cháy được chế tạo từ MAP và một số muối vô cơ có hiệu quả tích cực trong khả năng dập tắt đám cháy sau khi phun bột với thời gian thời gian tắt cháy ngắn và không xảy ra hiện tượng cháy âm i hoặc tự cháy lại trong khoảng thời gian 15 phút. Nhiệt độ tại nguồn cháy trước khi phun bột có nhiệt độ cao nằm trong khoảng 527-570 °C giảm còn 211-235 °C sau 15 phút khi tắt cháy. Tương tự như kết quả đối với kết quả thử nghiệm đám cháy loại A, đám cháy loại B cũng cho kết quả tương tự với thời gian tắt cháy trong khoảng 8 ± 2 giây và không xuất hiện hiện tượng bùng cháy lại từ đó cho thấy bột chữa cháy tổng hợp với thành phần chính là MAP và

một số muối vô cơ khác có hiệu quả với nhiều loại đám cháy khác nhau và có triển vọng ứng dụng trong thực tế đời sống.

3.3. Thử nghiệm khả năng độc tính sinh học

Sau 3 lần uống thuốc với lượng lớn, chuột có biểu hiện mệt mỏi nhẹ, giảm vận động và ăn uống. Sau liên tục 24 giờ, 72 giờ và 7 ngày tiếp theo, quan sát chuột ở cả các lô thí nghiệm cho thấy chuột trở lại hoạt động, vận động và ăn uống bình thường; đồng tử mắt chuột bình thường; không có biểu hiện của khó thở hay tím tái; lông mượt, chuột đi ngoài phân khô, một số chuột có đi ngoài phân lỏng, nhưng sau đó nhanh chóng trở lại bình thường.

Bảng 4. Kết quả đánh giá số chuột chết ở mỗi lô trong 10 ngày sau khi uống chế phẩm.

Liều dùng (mg/kg)	Số chuột thí nghiệm	Thể tích cho uống	Số chuột sống/chết sau 72 giờ	Số chuột sống/chết sau 7 ngày tiếp
5	10	0,5 mL × 3 lần	10/0	10/0
50	10	0,5 mL × 3 lần	10/0	10/0
300	10	0,5 mL × 3 lần	10/0	10/0
2000	10	0,5 mL × 3 lần	10/0	10/0
2500	10	0,5 mL × 3 lần	10/0	10/0

Các lô thí nghiệm ở chuột bạch được uống thuốc thử với mức liều khác nhau, từ liều thấp nhất 2 mg/kg thể trọng, đến liều 2000 mg/kg thể trọng; Thể tích cho uống là $0,5 \text{ mL}/10 \text{ g} \times 3$ lần trong 24 giờ. Chuột đã uống đến liều 2000 mg/kg thể trọng nhưng không có chuột nào chết.

Theo dõi chuột trong 72 giờ, không thấy xuất hiện triệu chứng bất thường nào, không có chuột nào chết. Tiếp tục theo dõi chuột thêm 7 ngày sau uống thuốc, vẫn không thấy xuất hiện triệu chứng bất thường nào trên chuột, không có chuột nào chết.

Chưa tìm thấy LD50 của chế phẩm theo đường uống trên chuột bạch trắng. Với mức liều cao nhất đã thử nghiệm trên chuột trong 24 giờ là 2500 mg/kg thể trọng không xuất hiện độc tính cấp. Với chế phẩm có liều dung thuốc nhóm 5 theo OECD (2000-5000 mg/kg) được xem là an toàn (như Bảng 2 và Bảng 4).

Kết quả cho thấy LD50 >2000 mg/kg cũng như không thấy biểu hiện của độc tính cấp khi cho chuột uống đến mức liều tối đa, cho thấy MAP $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ có tính an toàn cao trong thử nghiệm đánh giá độc tính cấp trên chuột.

4. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu đã làm rõ hơn một số tính chất của hỗn hợp bột chữa cháy dạng khô được tổng hợp với thành phần chính là monoamoni photphat và một số muối vô cơ khác như đặc tính phân hủy nhiệt ổn định với nhiệt độ phân hủy sớm và tốc độ phân hủy cao, hàm lượng tro lớn giúp hiệu quả cách ly nguồn cháy với oxi giúp dập tắt đám cháy và ngăn đám cháy bùng phát. Các kết quả về khả năng dập cháy trên quy mô lớn theo tiêu chuẩn TCVN 6102-2020 cho thấy hiệu quả thực tế với đám cháy loại A, đám cháy loại B. Đồng thời qua quá trình thử nghiệm độc tính LD50 cho thấy hiệu quả tích cực trên sinh vật sống như chuột với liều dùng lên đến 2500 mg/kg trong lượng của sinh vật thử nghiệm nhưng không xuất hiện các biểu hiện độc tính cấp.

Lời cảm ơn

Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Bộ Công an cho đề tài “Nghiên cứu chế tạo bột chữa cháy tổng hợp ABC dùng trong công tác pccc”, mã số BCN.2021.C07.03

Tài liệu tham khảo

- [1]. TCVN 4878:2009 (ISO 3941:2007) phòng cháy chữa cháy – Phân loại đám cháy
- [2]. A.V. Kunin, S.A. Smirnov, D.N. Lapshin, A.D. Semenov, A.P. Il'in, Technology development for the production of ABCE fire extinguishing dry powders, Russian Journal of General Chemistry, 2016, Vol. 86, No. 2, pp. 450–459.
- [3]. Makarov, V.E. and Gorokhov, V.M., in Sb. Trudov “Goryuchest’ veshchestv I khimicheskie sredstva pozharotusheniya” (Coll. Of Works “Flammability of Substances and Chemical Extinguishing Agents”), Moscow: Vseross. Nauchno-Issled. Inst. Protivopozh. Obor., 1979, issue 6, pp. 139-141.
- [4]. USSR Inventor's Certificate no. 829119, 1981
- [5]. USSR Inventor's Certificate no. 596251, 1978

- [6]. Baratov, A.N., Zh. Vses. Khim. O-va. Im. D.I. Mendeleeva, 1974, vol. 19, p.531.
- [7]. Trevan JW. The error of determination of toxicity. Proc R Soc Lond. 1927; B.101: 483–514.
- [8]. Gad SC. Rodents model for toxicity testing and biomarkers. In: Gupta RC, editor. Biomarkers in toxicology. Academic Press; 2014. p. 7–69.
- [9]. Agrawal SP, Saxena VL. Prediction of LD50 of some common pesticides through QSAR (an alternative method to save experimental animals). Int J Pharm Sci Res. 2014; 5(12): 5356–5373. doi: 10.13040/IJPSR.0975-8232.5 (12).5356-73
- [10]. Badanthadka M, Mehendale HM. Hexachlorocyclopentadiene. In:
- [11]. Wexler P, editor. Encyclopedia of Toxicology. 33rd ed. Academic Press; 2014. p. 877–881.
- [12]. Fuentes D, Ray SD, Holstege CP. Anxiolytics, In: Wexler P, editor. Encyclopedia of Toxicology. 3rd ed. Academic Press; 2014. p. 280–286.
- [13]. Erhirhie EO, Ihekwereme, CP, Ilodigwe EE. Advances in acute toxicity testing: strengths, weaknesses and regulatory acceptance. Interdiscip Toxicol. 2018; 11: 5–12.
- [14]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6102:2020 (ISO 7202:2018) về Phòng cháy chữa cháy - Chất chữa cháy - Bột.
- [15]. Lê Phúc Chiến, Nguyễn Thị Thanh Tâm, Nguyễn Nguyên Bảo, Trần Phi Hoàng, Hồ Thái Như Quỳnh, Trần Cẩm Tú, Nguyễn Thị Như Quỳnh. Tạp chí Khoa học Công nghệ và Thực phẩm 20 (1) (2020) 68-75
- [16]. Đỗ Trung Đàm - Phương pháp xác định độc tính của thuốc, NXB Y học, Hà Nội (2014).
- [17]. J. CRAIG VOELKERT, A brief guide to fire chemistry and extinguishment theory for fire equipment service technicians (2009)