

## Tính tương thích hoá học, độ bền cơ lý và khả năng phát xạ hồng ngoại của thuốc hoả thuật trên cơ sở hệ thành phần Al/Mg/PTFE/PAC/HD-70

Bùi Đình Phong\*, Nguyễn Trung Toàn, Trần Quang Phát, Đoàn Anh Phan

Viện Thuốc phóng Thuốc nổ, Số 192 Đức Giang, Long Biên, Hà Nội.

\*Email: phongmtak48@gmail.com

Nhận bài: 06/7/2024; Hoàn thiện: 06/9/2024; Chấp nhận đăng: 18/9/2024; Xuất bản: 14/10/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.IPE.2024.168-174>

### TÓM TẮT

Độ bền cơ lý và khả năng phát xạ hồng ngoại là một trong đặc trưng quan trọng của thuốc hoả thuật phát xạ hồng ngoại. Nghiên cứu này tập trung vào đánh giá độ bền cơ lý của hệ thuốc hoả thuật khi sử dụng các chất kết dính: nitroxenlulo (NC), shellac, viton, poly acrylat (PAC) đã được hoá dẻo bằng hệ hoá dẻo năng lượng HD-70 (HD-70 là hỗn hợp chất hoá dẻo năng lượng trietylen glycol dinitrat (TEDGN) và dietylen glycol dinitrat (DEDGN) có tỷ lệ 70/30) và ảnh hưởng tỷ lệ Al/Mg đến khả năng phát xạ hồng ngoại. Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ kết dính PAC/HD-70 có khả năng tương thích hoá học tốt với hệ thuốc nền Al/Mg/PTFE. Đồng thời, các thời thuốc sử dụng hệ kết dính PAC/HD-70 có độ bền nén cao hơn đáng kể so với khi sử dụng các hệ chất kết dính/HD-70 khác. Bên cạnh đó, khi hàm lượng Al trong hỗn hợp Al/Mg tăng lên, cường độ bức xạ hồng ngoại ở cả hai dải bức xạ từ  $(1,65 \div 2,55) \mu\text{m}$  và  $(3,6 \div 5,3) \mu\text{m}$  đều tăng. Đáng chú ý là sự tăng cường độ bức xạ vùng  $\alpha$   $(3,6 \div 5,3) \mu\text{m}$  không đáng kể so với vùng  $\beta$   $(1,65 \div 2,55) \mu\text{m}$ .

**Từ khóa:** Thuốc hoả thuật tạo nhiễu hồng ngoại; Hỗn hợp Al/Mg; Cường độ bức xạ.

### 1. MỞ ĐẦU

Trong quá trình hoạt động, các máy bay quân sự thường phát ra các bức xạ hồng ngoại trong các vùng khác nhau, trong đó, chủ yếu do bức xạ nhiệt có cường độ cao từ thành động cơ và luồng phụt sản phẩm cháy của nhiên liệu. Dựa trên các nguồn nhiệt đặc trưng này, các loại tên lửa dẫn đường bằng hồng ngoại (tên lửa tầm nhiệt) đã được phát triển và là mối đe dọa tiềm tàng đối với các máy bay quân sự [5, 7]. Các vùng hồng ngoại đặc trưng của máy bay chiến đấu là các vùng hồng ngoại  $\alpha$   $(2 \div 2,5) \mu\text{m}$  và  $\beta$   $(3 \div 5) \mu\text{m}$  [4]. Hiện nay trong nước đang nghiên cứu và phát triển đầu tự dẫn hồng ngoại theo dõi vùng  $\alpha$   $(1,65 \div 2,55) \mu\text{m}$  và  $\beta$   $(3,6 \div 5,3) \mu\text{m}$ . Để đối phó với các tên lửa dẫn đường bằng hồng ngoại, các loại đạn sử dụng hệ thuốc hỏa thuật môi bẫy hồng ngoại đã được nghiên cứu và đưa vào sử dụng từ những năm 1950 [5-7]. Nguyên lý hoạt động của các đạn môi bẫy hồng ngoại là tạo ra các nguồn nhiệt mô phỏng tương tự như các nguồn nhiệt đặc trưng của máy bay tại các vị trí khác nhau để gây nhiễu hệ thống dẫn đường của tên lửa.

Các loại đạn môi bẫy hồng ngoại hiện nay thường sử dụng các thuốc hỏa thuật trên cơ sở kim loại và polyme chứa flo như hỗn hợp MTV (Mg/Teflon/Viton), MATV (Mg-Al/Teflon/Viton) và các biến thể của nó [3, 8, 9]. Hiện nay, các nghiên cứu trên thế giới về hỏa thuật môi bẫy có xu hướng phát triển các loại thuốc hỏa thuật trên cơ sở MATV nhằm đối phó với các thể hệ tên lửa dẫn đường bằng hồng ngoại thế hệ mới. Trong đó, các nhà khoa học tập trung vào việc đánh giá và nghiên cứu cơ chế và động học quá trình cháy của thuốc hỏa thuật môi bẫy, sử dụng phụ gia nano để điều chỉnh tốc độ cháy, cường độ bức xạ và phân bố cường độ bức xạ trong dải bước sóng  $\alpha$   $(2 \div 3) \mu\text{m}$  và  $\beta$   $(3 \div 5) \mu\text{m}$  [8, 9, 11], phát triển công nghệ chế tạo để đảm bảo an toàn nâng cao chất lượng của khối thuốc môi bẫy [6].

Nghiên cứu này tập trung khảo sát độ bền nén của các thời thuốc hỏa thuật môi bẫy khi sử dụng các chất kết dính khác nhau và đánh giá khả năng tương thích hóa học của hỗn hợp trên cơ sở kim loại và Teflon (Mg, Al, Teflon) với chất kết dính tối ưu về độ bền cơ lý của hệ thuốc được hoá dẻo bằng hỗn hợp HD-70 theo tiêu chuẩn STANAG 4147. Đồng thời, đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ

hỗn hợp Al/Mg đến khả năng phát xạ hồng ngoại vùng  $\alpha$  ( $1,65 \div 2,55$ )  $\mu\text{m}$  và  $\beta$  ( $3,6 \div 5,3$ )  $\mu\text{m}$  bằng thiết bị SR-5000N.

## 2. HOÁ CHẤT, DỤNG CỤ VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật tư, hóa chất

Các vật tư, hóa chất dùng cho nghiên cứu gồm:

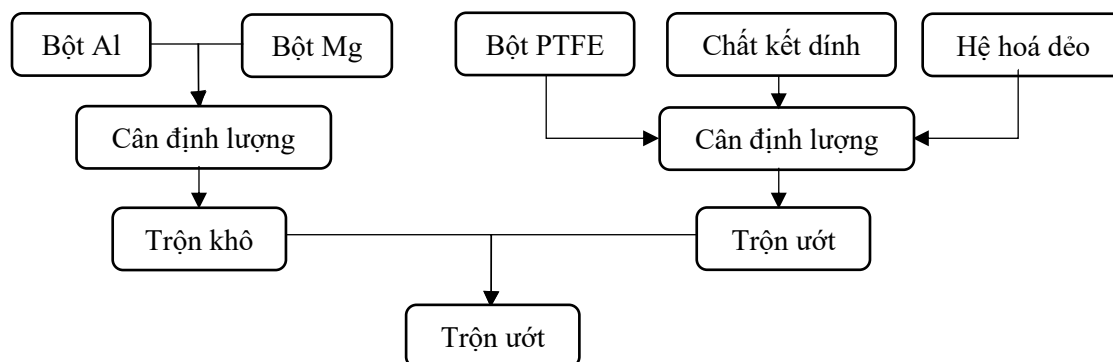
- Bột magie (Mg), xuất xứ Mỹ, hàm lượng  $\geq 99,7\%$ ; kích thước hạt trung bình  $\leq 5 \mu\text{m}$ ;
- Bột nhôm (Al), xuất xứ Mỹ, hàm lượng  $\geq 99,7\%$ , kích thước hạt trung bình  $\leq 5 \mu\text{m}$ ;
- Bột teflon (PTFE), xuất xứ Mỹ, hàm lượng  $\geq 99,0\%$ , kích thước ( $180 \div 210$ )  $\mu\text{m}$ ;
- Dietylen glycol dinitrat, xuất xứ Việt Nam, tỷ trọng so với nước ( $1,37 \div 1,4$ ), độ pH ( $6 \div 8$ );
- Trietylen glycol dinitrat, xuất xứ Việt Nam, tỷ trọng so với nước ( $1,33 \div 1,37$ ), độ pH ( $6 \div 8$ );
- Cánh kiến (shellac), xuất xứ Ấn Độ, độ axit theo  $\leq 75 \text{ mgKOH/g}$ , nhiệt độ chảy dẻo trên  $72 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- Bột Viton, xuất xứ Ấn Độ; mật độ  $1,82 \text{ g/cm}^3$ , nhiệt độ chảy dẻo  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , hàm lượng flo  $66\%$ ;
- Toluen diisocianat (TDI), xuất xứ Hàn Quốc, hàm lượng tinh khiết  $\geq 99,0\%$ ;
- Poly acrylat (PAC), xuất xứ Việt Nam, chỉ số hydroxyl  $\geq 85 \text{ mgKOH/g}$ , độ nhớt động học ở  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  (khi hoà tan trong axeton)  $\geq 36,6 \text{ cSt}$ ;
- Nitro xenlulo số 3 (NC3), xuất xứ Việt Nam, hàm lượng nitơ ( $11,8 \div 12,5$ )%.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Phương pháp chế tạo thuốc hoá thuật tạo nhiễu hồng ngoại

Sơ đồ quy trình chế tạo thuốc hoá thuật môi bẫy được trình bày trên hình 1 bao gồm 4 bước chính:

- Bước 1: Cân từng nguyên liệu theo đơn thành phần hệ hỗn hợp khảo sát;
- Bước 2: Tiến hành trộn khô hỗn hợp chất cháy kim loại qua lần lượt các sàng  $0,85 \text{ mm}$  và  $1,0 \text{ mm}$  từ ( $3 \div 4$ ) lượt;
- Bước 3: Trộn ướt chất kết dính và hệ hoá dẻo HD-70 với bột PTFE;
- Bước 4: Trộn ướt hệ hỗn hợp các thành phần qua sàng  $0,85 \text{ mm}$  từ 3 đến 4 lượt cho đến khi hệ đồng nhất;



**Hình 1.** Sơ đồ chế tạo thuốc hoá thuật tạo nhiễu.

- Riêng với các chất kết như Viton và Shellac (cánh kiến) được tiến hành hoà tan trong axeton để trộn ướt với hai thành phần bột PTFE và hệ hoá dẻo HD-70.

#### 2.2.2. Phương pháp đo độ bền nén của mẫu

Độ bền nén của các khối thuốc xác định trên thiết bị thử nghiệm độ bền kéo nén M350-10CT (Testometric, Nhật Bản) với tốc độ nén  $1 \text{ mm/phút}$ . Các khối thuốc được chuẩn bị dạng hình trụ có đường kính  $11,5 \text{ mm}$ , cao  $15,6 \text{ mm}$  và mật độ từ ( $1,70 \div 1,73$ )  $\text{g/cm}^3$ . Khi đó, mối quan hệ giữa

lực nén và quãng đường di chuyển của chày nén, lực nén cực đại và ứng suất được tính toán và ghi lại bằng phần mềm chuyên dụng đi kèm.

### 2.2.3. Phương pháp đánh giá tương thích hoá học

Tính tương thích hoá học của hệ chất kết dính/chất hoá dẻo (50/50) với hệ nền Al/Mg/PTFE (30/35/25) được đánh giá dựa trên giản đồ phân tích vi sai nhiệt DSC trên thiết bị Thermo plus EVO2 DSC 8231 (Rigaku, Ấn Độ) với tốc độ gia nhiệt 2 °C/phút trong môi trường nitơ và khối lượng mẫu  $2,0 \pm 0,1$  mg (Các mẫu phân tích DSC là các mẫu Al/Mg/PTFE và mẫu hỗn hợp có tỷ lệ hệ Al/Mg/PTFE và chất kết dính/chất hoá dẻo là 1:1).

Tính tương thích hóa học của hệ chất kết dính với hỗn hợp kim loại/Teflon được xác định theo sự thay đổi nhiệt độ phân hủy trên giản đồ DSC theo công thức:

$$\Delta T_p = T_{nen} - T_{hh}$$

Trong đó:

$T_{hh}$  - Nhiệt độ tại quá trình phân hủy cực đại của mẫu hỗn hợp, °C;

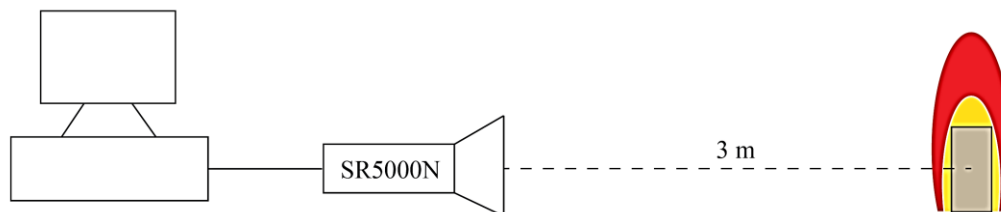
$T_{nen}$  - Nhiệt độ tại quá trình phân hủy cực đại của mẫu Al/Mg/PTFE, °C;

$\Delta T_p$  - Độ chênh lệch nhiệt độ quá trình phân hủy của mẫu hỗn hợp và nền, °C.

Theo tiêu chuẩn STANAG 4147, nếu  $\Delta T_p \leq 4^\circ\text{C}$  thì hệ sẽ tương thích;  $\Delta T_p > 20^\circ\text{C}$  thì hệ sẽ không tương thích;  $\Delta T_p$  nằm trong khoảng  $(4 \div 20)^\circ\text{C}$  cần phải sử dụng thêm phương pháp khác để đánh giá.

### 2.2.4. Phương pháp đo cường độ bức xạ hồng ngoại của mẫu

Các đặc trưng phát xạ hồng ngoại của thuốc hỏa thuốc được xác định bằng thiết bị xác định phổ phát xạ hồng ngoại SR5000N (CI Systems, Israel) theo sơ đồ hình 2.



**Hình 2.** Sơ đồ bố trí đo bức xạ hồng ngoại sử dụng thiết bị SR5000N.

Các khối thuốc đo cường độ bức xạ hồng ngoại được chuẩn bị dạng hình trụ có đường kính thước 24 mm, cao 32 mm và có khối lượng 25 gam. Khi đó, mối quan hệ giữa độ chói và bước sóng hồng ngoại được xác định và ghi lại bằng phần mềm chuyên dụng đi kèm.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Cơ sở lựa chọn đơn thành phần

Các nghiên cứu trước đây trên hệ hỗn hợp MTV và MATV tập trung nghiên cứu về ảnh hưởng của hàm lượng chất cháy kim loại, cỡ hạt nguyên liệu Mg, hợp kim Al-Mg và tỷ lệ Al/Mg đến cường độ trung bình bức xạ hồng ngoại trong vùng từ 2,5  $\mu\text{m}$  đến 5,0  $\mu\text{m}$  [8] và vùng 3  $\mu\text{m}$  đến 14  $\mu\text{m}$  [9]. Kết quả cho thấy hàm lượng chất cháy kim loại từ  $(60 \div 65)\%$ , bột PTFE từ  $(30 \div 35)\%$  và 5% chất kết dính cho giá trị cường độ bức xạ đạt cao nhất (bảng 1) [3, 8].

Một trong các tính mới của nghiên cứu là sử dụng hệ hoá dẻo HD-70 là hỗn hợp thuốc nổ lỏng TEDGN/DEDGN có tỷ lệ 70/30 đã được nghiên cứu và ứng dụng hoá dẻo polyacrylat (PAC) là thành phần kết dính trong sản xuất thuốc nổ nhiệt áp RPO-A [2]. Hệ hoá dẻo HD-70 là hệ hoá dẻo năng lượng tạo thuận lợi về công nghệ trong quá trình chế tạo và tăng nhiệt lượng cháy của hệ thuốc hoá thuật. Tuy nhiên, việc sử dụng hệ polyme-chất hoá dẻo đặt ra bài toán nghiên cứu mức

độ tương thích và độ bền nhiệt của hệ thuốc hoá thuật. Hiện nay, đã có một số tiêu chuẩn trên thế giới đánh giá độ tương thích và độ bền nhiệt thông qua phân tích vi sai nhiệt (DSC) hoặc phân tích vi sai nhiệt (DTA) theo STANAG 4147 và phương pháp áp kế Stabil ở 100 °C trong 40 h theo Standard AOP-7 (MIL-STD-1751A).

Bên cạnh đó nâng cao độ bền cơ lý của hệ thuốc hoá thuật tạo nhiều hồng ngoại là một yêu cầu quan trọng đảm bảo đạn nhiều hoạt động tin cậy và không có hiện tượng cháy chuyên nổ hoặc tắt do cơ tính của hệ thuốc thấp, bị vỡ hoặc nứt trong quá trình phát nổ tổng đạn nhiều ra khỏi hệ thống phóng. Bài báo nghiên cứu đánh giá độ bền nén khi thay đổi các chất kết dính thuộc các loại polyme nhiệt dẻo, polyme có khả năng đóng rắn khâu mạch để đưa ra lựa chọn phù hợp đáp ứng yêu cầu.

Trên cơ sở các nghiên cứu trước, bài báo lựa chọn đơn thành phần Al/Mg/PTFE/chất kết dính/HD-70 để khảo sát độ bền cơ lý, tính tương thích hoá học và ảnh hưởng của tỷ lệ Al/Mg đến khả năng phát xạ hồng ngoại. Tỷ lệ các thành phần được trình bày cụ thể trong bảng 2.

Các mẫu thuốc hoá thuật tạo nhiều hồng ngoại được chế tạo theo sơ đồ hình 1 cho các phép thử đánh giá độ bền nén, độ tương thích hoá học và ảnh hưởng của tỷ lệ Al/Mg đến cường độ bức xạ hồng ngoại trên các vùng  $\alpha$  (1,65 ÷ 2,55)  $\mu\text{m}$  và  $\beta$  (3,6 ÷ 5,3)  $\mu\text{m}$ .

**Bảng 1.** Giá trị cường độ bức xạ trung bình của một số hỗn hợp Al-Mg/PTFE/Viton [8].

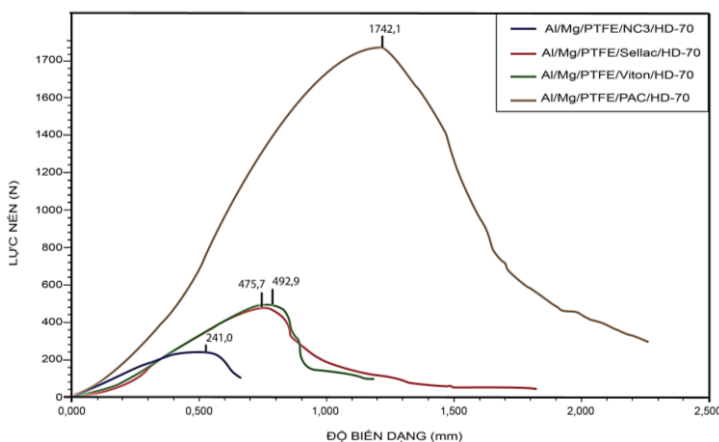
Thành phần	Đơn vị ( $\text{W.cm}^{-2}.\text{sr}^{-1}$ )	
Al-Mg/PTFE/Viton	Dạng mịn Al-Mg (20 $\mu\text{m}$ )	Dạng thô Al-Mg (120 $\mu\text{m}$ )
30/65/5	12,06	9,90
40/55/5	14,99	12,59
50/45/5	19,06	16,20
60/35/5	21,00	17,70

**Bảng 2.** Đơn thành phần thuốc hoá thuật tạo nhiều phục vụ quá trình nghiên cứu.

TT	Thành phần	Hàm lượng (%)
1	Bột nhôm	65
2	Bột magie	
3	Bột Teflon	25
4	Chất kết dính	5
5	Hệ hoá dẻo HD-70 (TEDGN/DEDGN = 70/30)	5

### 3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng chất kết dính đến độ bền nén

Kết quả đo độ bền nén hỗn hợp thuốc hoá thuật theo bảng 2 khi sử dụng các hệ chất kết dính Shellac (cánh kiến), Viton, NC3 và polyacrylat (đóng rắn bằng TDI) khác nhau được thể hiện trong bảng 3 và hình 3.



**Hình 3.** Kết quả khảo sát độ bền nén các loại keo kết dính khác nhau.

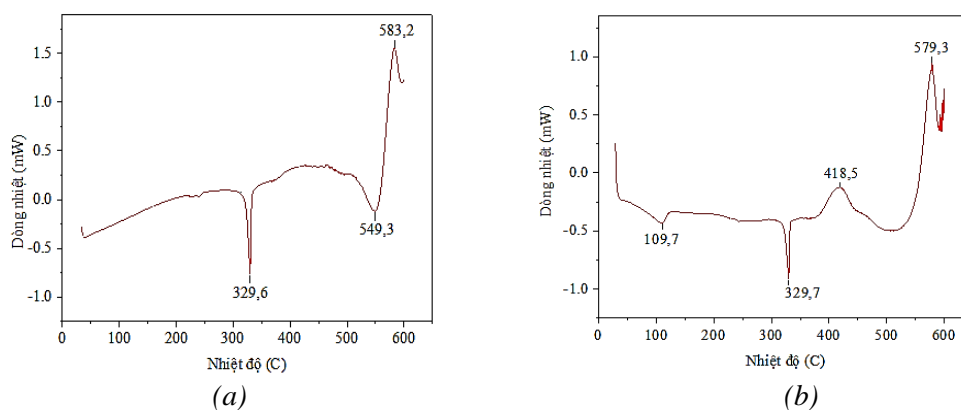
**Bảng 3.** Kết quả đo bền nén của các mẫu với các chất kết dính khác nhau.

TT	Tên mẫu	Lực nén tới hạn (N)	Ứng suất (N/mm <sup>2</sup> )
1	Al/Mg/PTFE/NC3/HD-70	241,0	2,32
2	Al/Mg/PTFE/Shellac/HD-70	475,7	4,58
3	Al/Mg/PTFE/Viton/HD-70	492,9	4,745
4	Al/Mg/PTFE/PAC/HD-70	1742,1	16,772

Nhận thấy chất kết dính polyacrylat được đóng rắn khâu mạch bằng TDI cho độ bền nén và ứng suất cao  $\alpha = 16,772 \text{ N/mm}^2$  hơn rất nhiều so với các chất kết dính NC3, Shellac, Viton là các polyme không hình thành liên kết ngang giữa các mạch polyme. Từ đó, lựa chọn hệ chất kết dính polyacrylat là chất kết dính trong hệ thuốc hoá thuật tạo nhũ với ưu điểm về độ bền nén tốt để tiến hành nghiên cứu đánh giá độ tương thích hoá học và ảnh hưởng của hàm lượng Al trong hỗn hợp Al/Mg đến cường độ bức xạ hồng ngoại trong hai vùng  $(1,65 \div 2,55) \mu\text{m}$  và  $(3,6 \div 5,3) \mu\text{m}$ .

### 3.3. Đánh giá mức độ tương thích hoá học

Kết quả phân tích vi sai nhiệt (DSC) đánh giá tương thích hoá học được thể hiện trong hình 4.

**Hình 4.** Đồ thị DSC ở tốc độ gia nhiệt  $2^\circ\text{C/phút}$ : (a) Al/Mg/PTFE; (b) Al/Mg/PTFE/PAC/HD-70.

Từ kết quả đo DSC cho thấy nhiệt độ tại quá trình phân hủy cực đại của hệ Al/Mg/PTFE có giá trị  $T_{\text{nen}} = 583,2^\circ\text{C}$  và hệ Al/Mg/PTFE/PAC/HD-70 có giá trị  $T_{\text{hh}} = 579,3^\circ\text{C}$ . Từ đó, nhận được hiệu số  $\Delta T_p = 3,9^\circ\text{C}$ , theo tiêu chuẩn STANAG 4147 hệ Al/Mg/PTFE và hệ PAC/HD-70 tương thích hoá học.

### 3.4. Nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ hàm lượng Al/Mg đến cường độ bức xạ

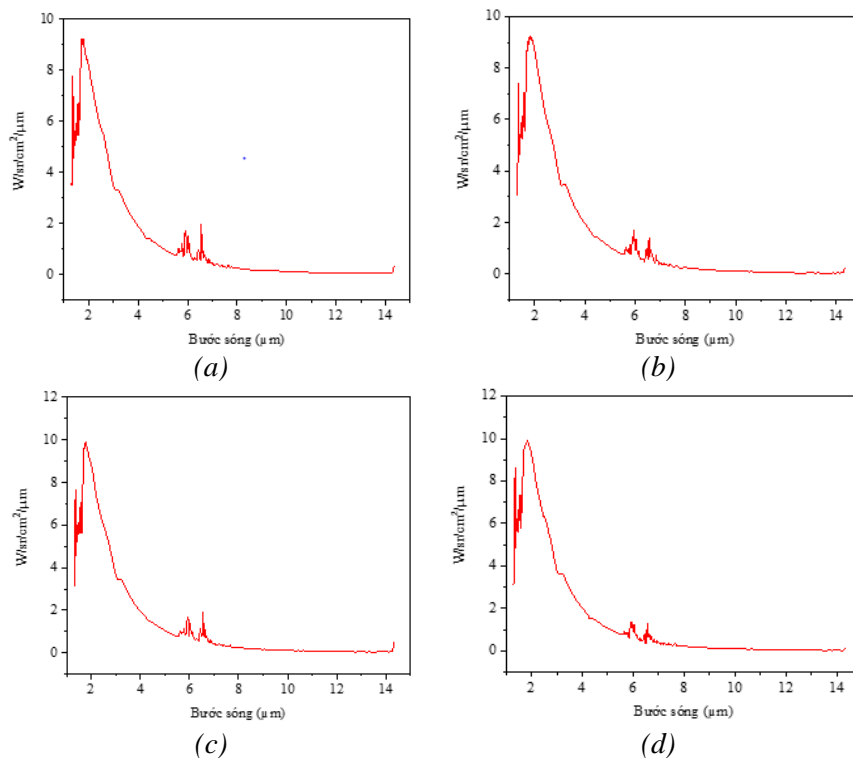
Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ Al/Mg đến cường độ bức xạ hồng ngoại sử dụng thiết bị SR5000N trong bảng 4.

**Bảng 4.** Ảnh hưởng của tỷ lệ Al/Mg đến cường độ bức xạ vùng  $(1,65 \div 2,55) \mu\text{m}$  và  $(3,6 \div 5,3) \mu\text{m}$ .

STT	Tỷ lệ Al/Mg	Độ chói (W/sr/cm <sup>2</sup> )		Tỷ lệ $\theta (I_\alpha/I_\beta)$
		Vùng $\alpha (1,65 \div 2,55) \mu\text{m}$	Vùng $\beta (3,6 \div 5,3) \mu\text{m}$	
1	28/37	664,1	251,2	2,64
2	30/35	691,6	260,1	2,66
3	32/33	721,0	268,4	2,69
4	34/31	742,8	268,4	2,77

Nhận thấy khi tỷ lệ Al trong hàm lượng Al/Mg cho giá trị độ chói cả hai vùng  $\alpha (1,65 \div 2,55) \mu\text{m}$  và  $\beta (3,6 \div 5,3) \mu\text{m}$  tăng. Tuy nhiên, mức độ tăng độ chói của vùng  $\beta (3,6 \div 5,3) \mu\text{m}$  là không đáng kể từ 251,2 lên 268,4 W/sr/cm<sup>2</sup> so với mức độ tăng của vùng  $\alpha (1,65 \div 2,55) \mu\text{m}$  từ 664,1 lên 742,8 W/sr/cm<sup>2</sup> khi hàm lượng nhôm tăng từ 28% lên 34%. Sự tăng của cường độ bức xạ hồng ngoại khi tăng hàm lượng nhôm phù hợp với đặc trưng cháy toả nhiệt của nhôm với  $1 \text{ cm}^3$  sinh ra

20 kcal so với Mg là 10 kcal [1]. Nhiệt độ quá trình cháy tăng thì sự phân bố bức xạ hồng ngoại có xu hướng dịch chuyển sang các bước sóng ngắn hơn (theo định luật dịch chuyển Wien [12]).



**Hình 5.** Ảnh hưởng của tỷ lệ Al/Mg đến độ chói trong dải hồng ngoại  $\alpha, \beta$ :  
(a) Tỷ lệ Al/Mg 28/37; (b) Tỷ lệ Al/Mg 30/35; (c) Tỷ lệ Al/Mg 32/33; (d) Tỷ lệ Al/Mg 34/31.

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các chất kết dính Nitro xenlulo (NC3), Polyacrylat (PAC), Shellac, Viton với hỗn hợp hoá dẻo HD-70 cho thấy hệ PAC/HD-70 cho khả năng bền nén cao với ứng suất lớn nhất và tương thích hoá học tốt với hỗn hợp Al/Mg/PTFE theo STANAG 4147. Khi tăng tỷ lệ Al trong hỗn hợp Al/Mg, độ chói của bức xạ hồng ngoại tăng lên cả hai vùng  $\alpha, \beta$ . Trong đó, vùng  $\alpha$  (1,65 ÷ 2,55)  $\mu m$  tăng từ 664,1 lên 742,8  $W/sr/cm^2$  cao hơn nhiều so với vùng  $\beta$  (3,6 ÷ 5,3)  $\mu m$  từ 251,2 lên 268,4  $W/sr/cm^2$  khi hàm lượng nhôm tăng từ 28% lên 34%. Do đó, hệ thành phần Al/Mg/PTFE/PAC/HD-70 chỉ có khả năng đối phó với các hệ đầu dò hồng ngoại thể hệ đầu chưa có khả năng so sánh tỷ lệ  $\theta$  ( $I_\alpha/I_\beta$ ). Để tỷ lệ  $\theta$  của hệ hỗn hợp Al/Mg/PTFE/PAC/HD-70 nằm trong vùng tỷ lệ (0,5 ÷ 0,8) của máy bay cần có sự nghiên cứu thêm điều chỉnh phân bố cường độ bức xạ.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Tính, Trần Quang Phát, “Cơ sở hoá thuật”, Nhà xuất bản Quân đội nhân dân, (2010).
- [2]. T. Q. Phát, N. V. Giao, N. Đ. Hà, H. N. Minh, “Nghiên cứu lựa chọn chất kết dính trong thành phần thuốc nổ nhiệt áp dùng cho đạn ĐNA-7V”, Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự, (2020).
- [3]. Amir Elsaidy, Hesman Ramzy Tantawy, “The Infrared Spectra of Customized Magnesium/Teflon/Viton (MTV) Decoy Flares to Thermal Signature of Jet Engine”, International Conference on Aerospace Sciences and Aviation Technology, **Vol. 17**, pp. 1-12, (2017).
- [4]. Hawass, Ahmed, and Mahmoud Awad, “Binary Mixture Based on Epoxy for Spectrally Adapted Decoy Flare”, Adv. J. Chem.-Section A, (2020).
- [5]. E. C. Koch, “Pyrotechnic countermeasures: II. Advanced aerial infrared countermeasures”,

- Propellants, Explosives, Pyrotechnics, **vol. 31**, pp. 3-19, (2006).
- [6]. Koch, Ernst-Christian, “*Metal-fluorocarbon based energetic materials*”, John Wiley & Sons, (2012).
- [7]. Douda, Bernard E, “*Genesis of infrared decoy flares: the early years from 1950 into the 1970s*”, DTIC Document, (2009).
- [8]. Trung, Toan N., and Nhung NT Cam, “*Effects of Mg-Al alloy powder on the combustion and infrared emission characteristics of the mg-al/ptfe/viton composition*”, Defence science journal 70.6, pp. 590-595, (2020).
- [9]. Wang, Yi-kai, et al, “*Effect of Mg-Al ratio on the combustion and infrared radiation properties of Al-Mg alloy/PTFE composition*”, Journal of Physics: Conference Series, **Vol. 2478**, No. 3, IOP Publishing, (2023).
- [10]. Standardization Agreement STANAG 4147, “*Chemical compatibility of ammunition components with explosives (non-nuclear applications)*”, NATO, (2001).
- [11]. S. Elbasaney, et al., “*Multi-component nanocomposite infrared flare with superior infrared signature via synergism of nanothermite and reduced graphene oxide*”, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, **Vol. 31**, No. 14, pp. 11520-11526, (2020).
- [12]. Fisenko, A. I., S. N. Ivashov, “*Determination of the true temperature of emitted radiation bodies from generalized Wien's displacement law*”, Journal of Physics D: Applied Physics, **Vol. 32** (22), 2882, (1999).

### ABSTRACT

#### **Research on physicochemical durability based and the effect of Al/Mg ratio on the infrared emission characteristics of the Al/Mg/PTFE/PAC/HD-70 composition**

*Physicochemical stability and infrared emission are important characteristics of infrared-emitting pyrotechnics. This study focuses on evaluating the mechanical strength of pyrotechnic systems when using binders: nitrocellulose (NC), shellac, viton, poly acrylate (PAC) plasticized with HD-70 energy plasticizer system (HD-70 is a mixture of triethylene glycol dinitrate (TEDGN) and diethylene glycol dinitrate (DEDGN) energy plasticizers in a ratio of 70/30) and the effect of the Al/Mg ratio on infrared emission. The research results show that the PAC/HD-70 binder system has good chemical compatibility with the Al/Mg/PTFE base system. At the same time, the binder bars using the PAC/HD-70 binder system have significantly higher compressive strength than when using other binder/HD-70 systems. In addition, as the Al content in the Al/Mg mixture increased, the infrared radiation intensity in both radiation bands from  $(1,65 \div 2,55) \mu\text{m}$  and  $(3,6 \div 5,3) \mu\text{m}$  increased accordingly. It is noteworthy that the increase in radiation intensity in the  $\alpha$  region  $(3,6 \div 5,3) \mu\text{m}$  is insignificant compared to the  $\beta$  region  $(1,65 \div 2,55) \mu\text{m}$ .*

**Keywords:** The IR decoy composition; Al/Mg mixture; Infrared radiation intensity.