

## Nghiên cứu ứng dụng phụ gia trong chế tạo thuốc hỏa thuật MC-30R

Trần Đình Tuấn, Nguyễn Đức Long, Hoàng Thế Vũ\*, Trần Quang Phát

Viện Thuốc phóng Thuốc nổ, Tổng cục CNQP.

\*Email: hoangvu1076@gmail.com

Nhận bài: 10/01/2022; Hoàn thiện: 20/5/2022; Chấp nhận đăng: 10/6/2022; Xuất bản: 28/6/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.80.2022.120-125>

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng các phụ gia trong chế tạo thuốc hỏa thuật MC-30R. Kết quả cho thấy, với một hàm lượng nhỏ (khoảng 1%) các phụ gia nano  $Fe_2O_3$  và aerosil  $SiO_2$  trong thành phần giúp cho thuốc hỏa thuật hoạt động ổn định, cháy không bị ảnh hưởng bởi các tác động khắc nghiệt của môi trường và phát bắn. Thuốc hỏa thuật chế tạo được có thể ứng dụng trong sản xuất ngòi NLP-17, đáp ứng cho nhu cầu sản xuất quốc phòng hàng năm.

**Từ khóa:** Thuốc hỏa thuật; Phụ gia nano; MC-30R.

### 1. MỞ ĐẦU

Đạn 30 mm VOG-17M (ĐLP-17) được sử dụng cho súng AGS-17, là loại vũ khí phóng lựu, có uy lực sát thương lớn, được trang bị cho bộ binh chiến đấu hoặc gắn trên máy bay trực thăng, xe thiết giáp yểm trợ tiến công. Súng có thể bắn phát một hoặc liên thanh, tốc độ bắn cao lên đến 400 phát/phút. Đạn sử dụng ngòi VMG-M (NLP-17), là loại ngòi quán tính có kết cấu rất phức tạp. Nguyên lý hoạt động của ngòi là chậm nổ và tự hủy. Đặc biệt, ngòi có phần thuốc hỏa thuật cháy chậm được nén ép trong vành tự hủy. Với chiều dài vành thuốc là 23,56 mm, yêu cầu thời gian cháy chậm từ 28 đến 32 giây (tốc độ cháy từ 0,74 đến 0,84 mm/s). Đây là yêu cầu rất khó vì thời gian giữ chậm như thế đang là dài nhất trong các ngòi đạn hiện nay. Việc duy trì thời gian giữ chậm dài là vấn đề khó khăn, liên quan đến việc thiết lập hệ số cân bằng ô-xi, nhiệt lượng, lựa chọn thành phần, phụ gia, kích thước hạt và công nghệ chế tạo thuốc cháy chậm,... [1].

Việc triển khai nghiên cứu chế tạo loại vũ khí này được quân đội ta tiến hành từ những năm 2000. Đi cùng với đó là thuốc hỏa thuật cháy chậm cho ngòi NLP-17 cũng đã được nghiên cứu tại Viện TPTN, đến nay đã trải qua 03 đề tài nghiên cứu với nhiều lần điều chỉnh thiết kế, thay đổi công nghệ nén ép và thường kéo dài nhiều năm. Thuốc hỏa thuật nghiên cứu là MC-30 với thành phần gồm [2]:

- Chất cháy: vonfram (W);
- Chất oxi hóa: bari cromat ( $BaCrO_4$ ), kali peclorat ( $KClO_4$ );
- Chất kết dính: nitro xenlulo (NC).

Thuốc hỏa thuật trên nền vonfram được sử dụng rất phổ biến trong ngòi đạn các nước NATO.

Tuy nhiên, khi triển khai sản xuất ở quy mô lớn, thuốc hỏa thuật chế tạo được vẫn chưa ổn định, chưa đáp ứng được yêu cầu nhiệm vụ. Các tình trạng vướng mắc kỹ thuật gặp phải ở mạch tự hủy là:

- Thuốc mồi cháy không bắt cháy được vành thuốc cháy chậm;
- Vành thuốc cháy chậm tắt giữa chừng;
- Thuốc tăng lửa không bắt cháy được;
- Thời gian cháy của vành thuốc tự hủy không ổn định, biên rộng và có thể ra ngoài vùng của ĐKKT;
- Khi bắn kiểm tra tự hủy: có nhiều phát bắn thời gian tự giảm còn 20 ÷ 22 giây.

Đây là các hiện tượng gặp phải trong suốt quá trình sử dụng.

Qua nghiên cứu tài liệu [3] và các kết quả chế thử, thử nghiệm có thể nhận định, để thuốc hỏa thuật có tốc độ cháy thấp hoạt động tin cậy ổn định, ngoài việc lựa chọn đúng đơn thành phần, chuẩn hóa chỉ tiêu nguyên liệu thì việc nghiên cứu sử dụng đúng phụ gia là vấn đề đặc biệt quan trọng. Vì vậy, vấn đề đặt ra là cần nghiên cứu chế tạo được thuốc hỏa thuật có các đặc trưng năng lượng xạ thuật đáp ứng yêu cầu, lựa chọn đơn thành phần, phụ gia phù hợp và cải tiến công nghệ nén ép nhằm đáp ứng cho ngòi hoạt động ổn định, tin cậy [8].

## **2. THỰC NGHIỆM**

### **2.1. Vật tư, hóa chất**

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

- Bari cromat ( $BaCrO_4$ ), xuất xứ Việt Nam, hàm lượng  $\geq 99,0\%$ , kích thước hạt  $4 \div 10 \mu m$ ;
- Kali peclorat ( $KClO_4$ ), Ấn Độ, hàm lượng  $\geq 99,0 \%$ , kích thước hạt  $8 \div 15 \mu m$ ;
- Bột vonfram (W), Ấn Độ, hàm lượng  $\geq 99,0 \%$ , kích thước hạt  $8 \div 15 \mu m$ ;
- Nano  $Fe_2O_3$ , Ấn Độ, hàm lượng  $\geq 99,5 \%$ , kích thước hạt  $30 \div 50 nm$ ;
- Nano aerosil ( $SiO_2$ ), Ấn Độ, hàm lượng  $\geq 99,5 \%$ , kích thước hạt  $5 \div 15 nm$ ;
- Nitroxenlulozo (NC), Việt Nam, hàm lượng N  $11,8 \div 12,5\%$ .

### **2.2. Phương pháp nghiên cứu**

#### **2.2.1. Chế tạo mẫu thuốc hỏa thuật**

Trên cơ sở các tài liệu tham khảo [4, 5], phần mềm REAL và quá trình chế thử lựa chọn đơn thành phần thuốc hỏa thuật có  $K_b \approx 0$ , từ đó, xác định tốc độ cháy của hệ thuốc hỏa thuật cháy chậm và điều chỉnh trên cơ sở cỡ hạt nguyên liệu và phụ gia.

#### **2.2.2. Phương pháp xác định các đặc trưng năng lượng xạ thuật thuốc hỏa thuật**

- Nhiệt lượng cháy: Xác định theo TCVN/QS 889:2019;
- Thể tích sinh khí và nhiệt độ bùng cháy: Xác định theo TCVN/QS 1124:2019;
- Xác định thời gian cháy của ngòi đạn: Vành tự hủy được nén thuốc hỏa thuật, lắp trong gá đo hoặc trong ngòi đạn. Phát hỏa bằng lửa MF-8 trong gá đo hoặc bằng búa Macset và tính thời gian bằng đồng hồ bấm giây.

#### **2.2.3. Phương pháp xác định sự bảo toàn tính năng trong các điều kiện thử nghiệm**

- Thử rung xóc:

Thử rung xóc với biên độ 120 mm, tần số  $(60 \pm 2)$  lần/phút liên tục trong 2 giờ bằng thiết bị chuyên dụng.

- Thử môi trường:

Thực hiện theo tiêu chuẩn TCVN 7699-2-30: 2007, trong tủ môi trường, chu kỳ thử nghiệm theo phương án án 2.

Số chu kỳ: 6, nhiệt độ giới hạn trên:  $55^\circ C$ , nhiệt độ giới hạn dưới:  $25^\circ C$ .

- Thử sốc nhiệt:

Thử sốc nhiệt trong các tủ môi trường 1 (tủ lạnh) và tủ môi trường 2 (tủ nóng) như sau:

Nhóm 1 theo chu kỳ: 2 giờ ở  $(+55)^\circ C \rightarrow 30$  phút ở nhiệt độ phòng  $\rightarrow 2$  giờ ở  $(-10)^\circ C \rightarrow 30$  phút ở nhiệt độ phòng  $\rightarrow 2$  giờ ở  $(+55)^\circ C \rightarrow 30$  phút ở nhiệt độ phòng.

Nhóm 2 theo chu kỳ: 2 giờ ở  $(-10)^\circ C \rightarrow 30$  phút ở nhiệt độ phòng  $\rightarrow 2$  giờ ở  $(+55)^\circ C \rightarrow 30$  phút ở nhiệt độ phòng  $\rightarrow 2$  giờ ở  $(-10)^\circ C \rightarrow 30$  phút ở nhiệt độ phòng.

- Kiểm tra thời gian tự hủy:

Súng AGS-17 chiến đấu, đạn trong trạng bị. Bấm đồng hồ từ lúc bắn đến khi nghe thấy tiếng nổ của ống nổ tự hủy trong ngòi.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Xây dựng đơn thành phần thuốc hỏa thuật MC-30R

Trên cơ sở các tài liệu [4-7] và phần mềm REAL, tiến hành nghiên cứu lựa chọn tỷ lệ thành phần thuốc hỏa thuật, tính toán các đặc trưng xạ thuật và thử nghiệm đo tốc độ cháy, thời gian cháy trong ngòi NLP-17 của một số mẫu chế thử. Đã lựa chọn được mẫu thuốc hỏa thuật với đơn thành phần cơ bản và cỡ hạt như sau: BaCrO<sub>4</sub> - 60,5% - cỡ hạt (8÷10) μm; KClO<sub>4</sub> - 9% - cỡ hạt (8÷10) μm; W - 30,5% - cỡ hạt (10÷12) μm.

Từ đơn thành phần cơ bản, tác giả đã tiến hành nghiên cứu khảo sát, bổ sung các phụ gia nano vào thuốc hỏa thuật. Phụ gia nano có kích thước hạt nhỏ, diện tích bề mặt riêng lớn, dễ dàng phân tán đồng đều vào trong thành phần hỏa thuật. Nano Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> được sử dụng trong thuốc hỏa thuật trên cơ sở vonfram như là chất xúc tác cho quá trình cháy. Nó có tác dụng hấp thụ nhiệt, làm giảm năng lượng hoạt hóa của cả hệ giúp thuốc hỏa thuật dễ bắt cháy hơn. Còn khi bổ sung nano SiO<sub>2</sub> hàm lượng nhỏ sẽ làm tăng tính đồng nhất của hệ thuốc, đơn giản hóa quá trình chế tạo thuốc hỏa thuật vì hệ thuốc này không đồng đều về tỷ trọng giữa các thành phần. Phụ gia SiO<sub>2</sub> còn làm giảm tốc độ cháy của hệ và giúp thuốc hỏa thuật cháy không bị ảnh hưởng bởi các điều kiện khắc nghiệt như: lực tác dụng của phát bắn, tốc độ quay của đạn, sốc nhiệt và môi trường.

Phụ gia nano Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> được nghiên cứu khảo sát từ (0,5÷2) %, kết quả cho ở bảng 1. Khi bổ sung Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> giúp duy trì quá trình cháy ổn định và tăng độ chụm của các phép thử. Tuy nhiên, khi tăng lượng phụ gia này tốc độ cháy của thuốc hỏa thuật có xu hướng giảm, dẫn đến thời gian cháy trong ngòi dài ra. Vì vậy, đề tài lựa chọn hàm lượng phụ gia Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> trong thuốc hỏa thuật khoảng 1% là phù hợp.

**Bảng 1.** Ảnh hưởng của phụ gia Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> trong thuốc hỏa thuật.

Mẫu	Thành phần, %				Thời gian cháy trong ngòi (giây)
	W	BaCrO <sub>4</sub>	KClO <sub>4</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
M1	30,5	60	9	0,5	28,42 ÷ 29,66
M2	30,5	59,5	9	1,0	28,82 ÷ 29,78
M3	30,5	59	9	1,5	29,34 ÷ 30,53
M4	30,5	58,5	9	2,0	29,96 ÷ 31,48

**Bảng 2.** Ảnh hưởng của phụ gia SiO<sub>2</sub> trong thuốc hỏa thuật.

Mẫu	Thành phần, %					Thời gian cháy trong ngòi (giây)
	W	BaCrO <sub>4</sub>	KClO <sub>4</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	
M5	30,5	59,4	9	1	0,1	28,46 ÷ 29,75
M6	30,5	59	9	1	0,5	29,60 ÷ 30,41
M7	30,5	58,5	9	1	1,0	29,88 ÷ 30,84
M8	30,5	57,5	9	1	2,0	30,11 ÷ 31,69
M9	30,5	55,5	9	1	4,0	31,91 ÷ 33,27

Phụ gia nano aerosil (SiO<sub>2</sub>) được nghiên cứu khảo sát từ (0,1÷4) % trong thành phần thuốc hỏa thuật, kết quả cho ở bảng 2. Nano SiO<sub>2</sub> làm tăng tính đồng nhất của hệ thuốc nhưng khi tăng hàm lượng lên cũng làm cho tốc độ cháy giảm đi đáng kể. Tuy nhiên, với một lượng phù hợp phụ gia SiO<sub>2</sub> sẽ giúp cho thuốc hỏa thuật hoạt động ổn định trong mọi điều kiện sử dụng. Theo các kết quả khảo sát, đề tài lựa chọn hàm lượng SiO<sub>2</sub> là 1%.

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, khảo sát đã lựa chọn thành phần các phụ gia đưa vào thuốc hỏa thuật và đưa ra mức thuốc mới MC-30R. Thành phần thuốc MC-30R như sau:

**Bảng 3.** Thành phần của thuốc hỏa thuật MC-30R

Thành phần	W	BaCrO <sub>4</sub>	KClO <sub>4</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	NC (cho ngoài)
Mức, %	30,5	58,5	9,0	1,0	1,0	1,0

### 3.2. Các đặc trưng năng lượng xạ thuật của thuốc hỏa thuật MC-30R

**Bảng 4.** Các chỉ tiêu chính của thuốc hỏa thuật MC-30R.

TT	Tên chỉ tiêu	Kết quả
1	Dạng ngoài	Hạt màu vàng xám
2	Hàm lượng ẩm, %	≤ 0,2
3	Mật độ rắc, g/cm <sup>3</sup>	≥ 1,6
4	Nhiệt độ bùng cháy, °C	470
5	Nhiệt lượng cháy, cal/g	298
6	Thể tích khí sinh ra sau khi cháy, L/kg	6,5
7	Thời gian cháy của vành tự hủy ngòi NPL-17 ở điều kiện thường và sau khi thử nghiệm rung xóc, sốc nhiệt và môi trường theo TCVN 7699-2-30:2007:PA2, giây	28 ÷ 32

**Bảng 5.** Thời gian cháy của ngòi NLP-17 khi sử dụng các thuốc hỏa thuật khác nhau.

TT	Hạng mục thử	Thời gian cháy (giây)	
		MC-30	MC-30R
1	20 ngòi điều kiện thường	28,13 ÷ 29,59	29,88 ÷ 30,84
2	20 ngòi sốc nhiệt	- 18/20 ngòi (26,34÷31,30) - 02/20 ngòi: tắt ở điều kiện sốc nhiệt (-10°C)	29,38 ÷ 31,04
3	20 ngòi môi trường	27,05÷30,71	29,60 ÷ 30,90

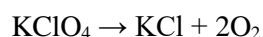
Nhận xét:

- Mạch tự hủy ngòi NLP-17 khi sử dụng thuốc hỏa thuật MC-30 (không có phụ gia) hoạt động không đạt yêu cầu. Có 02 ngòi bị tắt khi thử ở nhiệt độ âm, các mục thử qua sốc nhiệt và môi trường có thời gian cháy tản mát, biên rộng, khó khống chế vào vùng 28÷32 giây theo ĐKKT của ngòi NLP-17.

- Còn đối với ngòi sử dụng thuốc hỏa thuật MC-30R có thời gian cháy đạt yêu cầu, các kết quả thử nghiệm có độ chụm cao.

\*Kết quả phân tích nhiệt TG-DTA:

Theo giản đồ nhiệt chỉ ra ở hình 1a, đường cong DTA có pic thu nhiệt ở 300 °C là đỉnh chuyển hóa tinh thể của KClO<sub>4</sub>; pic ở 600 ÷ 650 °C là sự hấp thụ nhiệt phân hủy, tương ứng với sự giảm khoảng 50% khối lượng.



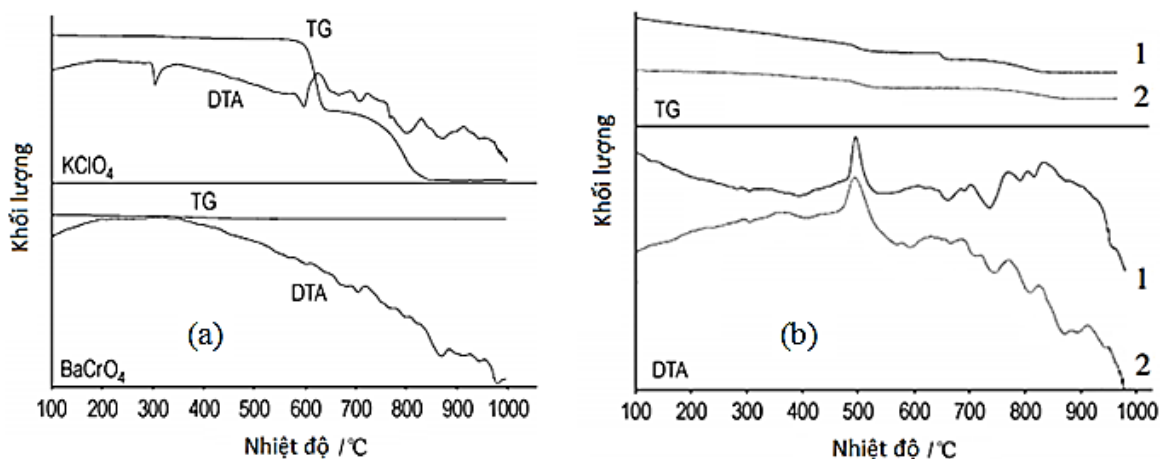
Pic khoảng 750 °C là một quá trình hấp thụ nhiệt liên tục, đến khi khối lượng giảm xuống 0, giai đoạn này KCl nóng chảy và bay hơi hoàn toàn.

Đối với BaCrO<sub>4</sub>: đường TG từ 100 ÷ 900 °C, khối lượng giảm đi không đáng kể (khoảng 3%), cho thấy không có sự phân hủy rõ ràng của bari cromat. Đường cong DTA bắt đầu giảm từ 350 °C, cho thấy rằng trong phạm vi nhiệt độ này bari cromat hấp thụ rất nhiều nhiệt, đó là lý do tại sao bari cromat vừa được sử dụng làm chất oxy hóa vừa làm chất hấp thụ nhiệt trong các loại thuốc cháy chậm có tốc độ cháy thấp.

Kết quả TG-DTA của hai nhóm thuốc hỏa thuật chỉ ra ở hình 1b:

Có thể thấy rằng đường cong DTA đều có pic dao động nhẹ ở khoảng 300 °C, là sự chuyển dạng tinh thể của KClO<sub>4</sub>. Từ 300 ÷ 400 °C đường cong TG giảm dần, cho thấy thuốc có sự phân hủy chậm. Nhiệt độ lúc này chưa đạt đến nhiệt phân hủy chất oxy hóa, nhưng do phản ứng ở pha rắn và khi có mặt của phụ gia đã kích thích sự phân hủy sớm của KClO<sub>4</sub>, đường DTA của thuốc MC-30R có xu hướng tăng từ từ, trong khi của mẫu MC-30 có xu hướng giảm, điều đó có thể suy đoán rằng Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> xúc tác cho sự phản ứng giữa W và KClO<sub>4</sub>.

Từ  $470 \div 550$  °C, xuất hiện pic tỏa nhiệt mạnh của các đường cong DTA, đây là giai đoạn bùng cháy của thuốc hỏa thuật. Đối với đường (1) của thuốc MC-30, nhiệt độ đỉnh pic là 500 °C, nhiệt độ bùng cháy ở 480 °C. Còn đối với đường (2) của thuốc MC-30R thì nhiệt độ bùng cháy là 470 °C, nhiệt độ đỉnh pic là 495 °C. Như vậy, khi thêm phụ gia sẽ làm giảm nhiệt độ bùng cháy của thuốc hỏa thuật khoảng 10 °C, và làm cho thuốc dễ bị cháy hơn. Khi đó, các phụ gia sẽ khuếch tán vào giữa các thành phần làm cho phản ứng xảy ra hoàn toàn hơn trong các điều kiện cháy khác nhau.



**Hình 1.** Giản đồ phân tích nhiệt TG-DTA của  $KClO_4$ ,  $BaCrO_4$  (a) và của thuốc hỏa thuật (b): MC-30 (1), MC-30R (2).

### 3.3. Kết quả thử nghiệm thực tế

Từ các kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, đã chế tạo lô thuốc hỏa thuật MC-30R (2,0 kg) để tiến hành thử nghiệm tại trường thử Nhà máy Z129. Công nghệ và kết quả thử nghiệm như sau:

- Thuốc bắt cháy: 50 mg MC-1HH + 120 mg CC-8B, lực nén ( $300 \div 400$ ) kG/S;
- Thuốc tăng lửa: 60 mg MC-1HH, lực nén ( $300 \div 400$ ) kG/S;
- Thuốc cháy chậm: ( $1030 \pm 10$ ) mg MC-30R, lực nén ( $700 \div 800$ ) kG/S;

Thời gian lưu áp sau mỗi lần nén là ( $5 \div 7$ ) giây.

Kết quả thử nghiệm ở bảng 6 cho thấy: Khi sử dụng thuốc hỏa thuật MC-30R nén ép vào vành tự hủy ngòi NLP-17 cho kết quả đạt yêu cầu. Các mục thử nghiệm từ điều kiện thường, qua môi trường, sốc nhiệt và bắn kiểm tra tự hủy đều có độ chụm cao.

Với các kết quả nghiên cứu và thử nghiệm thực tế, đã xác định được công nghệ chế tạo thuốc hỏa thuật và chế độ công nghệ nén ép mạch tự hủy ngòi NLP-17 cho kết quả đạt yêu cầu. Thuốc hỏa thuật MC-30R hoàn toàn đáp ứng được các yêu cầu để sử dụng cho ngòi NLP-17.

**Bảng 6.** Kết quả thử nghiệm tại Nhà máy Z129.

Hạng mục	Thời gian tự hủy (giây)	Ghi chú
20 ngòi qua mục thử rung xóc	$29,66 \div 30,75$	Đạt yêu cầu
20 ngòi qua mục thử môi trường	$29,75 \div 31,57$	Đạt yêu cầu
20 ngòi qua mục thử sốc nhiệt	$28,50 \div 30,53$	Đạt yêu cầu
20 ngòi bắn kiểm tra thời gian tự hủy	$27,19 \div 31,00$	Đạt yêu cầu

#### 4. KẾT LUẬN

Tác giả đã mạnh dạn nghiên cứu, thử nghiệm và ứng dụng thành công phụ gia mới, ít dùng trong chế tạo thuốc hỏa thuật MC-30R. Kết quả cho thấy, khi bổ sung các phụ gia nano  $Fe_2O_3$ , aerosil  $SiO_2$  với hàm lượng 1%, thuốc hỏa thuật MC-30R chế tạo được có các đặc trưng năng lượng xạ thuật phù hợp và cháy không bị ảnh hưởng bởi các điều kiện tác động khắc nghiệt của phát bắn. Từ đó, có thể nghiên cứu cải tiến được chế độ công nghệ nén ép đơn giản, thuận tiện nhất áp dụng vào thực tế. Sản phẩm thuốc hỏa thuật MC-30R đáp ứng đầy đủ các yêu cầu về tốc độ cháy, nhiệt lượng, thể tích sinh khí để sử dụng cho ngòi NLP-17.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Tính, Trần Quang Phát, “*Cơ sở hóa thuật*”, Nxb Quân đội nhân dân, (2009).
- [2]. Đoàn Anh Phan, “*Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến đặc trưng năng lượng và độ bền của thuốc hỏa thuật dùng cho ngòi đạn cao xạ*”, LATS, Viện KH-CN quân sự, (2017).
- [3]. H.B. Faber, “*Military Pyrotechnics*”, Government Printing Office, Washington, USA, (1979).
- [4]. Kai-Tai Lu, Ching-Chyuan Yang, “*Investigation of the burning properties of slow-propagation tungsten type delay compositions*”, Propellants, Explosives, Pyrotechnics, No.3, pp. 219-226, (2008).
- [5]. Charsley E.L, “*Differential thermal analysis and temperature profile analysis of pyrotechnic delay systems: mixture of tungsten and potassium dichromate*”, Thermochemica Acta, No.2, pp. 131-141, (1978).
- [6]. Juyoung Oh, Seung-gyo Jang, Jack J.Yoh, “*Towards understanding the effects of heat and humidity on ageing of a NASA standard pyrotechnic igniter*”, Scientific Reports, No. 9, pp. 1-12, (2019).
- [7]. US Patent 2002/0162615.A1, “*Slow combustion pyrotechnic composition*”, (2002).
- [8]. Мельников В.Э, “*Современная пиротехника*”, Москва, (2014).

#### ABSTRACT

##### **Research and application of additives to produce the MC-30R pyrotechnic composite**

*This paper presents the results of research on the application additives of the manufacture of MC-30R pyrotechnic composite. The results showed that a small amount of nano  $Fe_2O_3$  and aerosil  $SiO_2$  admixtures in the ingredients makes the delay composite potion work stably. MC-30 pyrotechnic delay composite can be applied in the NLP-17 fuse.*

**Keywords:** Pyrotechnic retardants; Nano additives; MC-30R.