

## Nghiên cứu chế tạo thuốc hỏa thuật CC-21 có tốc độ cháy từ 0,5 đến 0,8 mm/s

Lý Hùng, Trần Quang Phát, Phạm Văn Tú, Bùi Đình Phong,  
Nguyễn Huyền Nga, Trần Đình Tuấn\*

Viện Thuốc phóng Thuốc nổ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng.

\*Email: dinhantuanmta39@gmail.com

Nhận bài: 10/01/2022; Hoàn thiện: 13/6/2022; Chấp nhận đăng: 11/8/2022; Xuất bản: 26/8/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.81.2022.100-104>

### TÓM TẮT

Thuốc hỏa thuật cháy chậm dùng trong quân sự từ lâu đã được các nước trên thế giới nghiên cứu và sử dụng. Đặc điểm chung của các loại thuốc này là trong những điều kiện cụ thể chúng có tốc độ cháy ổn định và thường được nén ép vào các chi tiết như ngòi lựu đạn, vành tự hủy của ngòi đạn pháo, ngòi nổ tên lửa,... Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu, chế tạo thuốc hỏa thuật CC-21 với đơn thành phần gồm BaCrO<sub>4</sub> - 70%; KClO<sub>4</sub> - 9%; TiC - 8%; Teflon - 13%; NC - 1% (cho ngoài), có tốc độ cháy 0,5 ÷ 0,8 mm/s. Đây là nghiên cứu về một mác thuốc hỏa thuật mới, có khả năng ứng dụng trong các ngòi đạn có thời gian cháy dài.

**Từ khóa:** Thuốc hỏa thuật cháy chậm; Tốc độ cháy; Titan cacbua.

### 1. MỞ ĐẦU

Thuốc hỏa thuật là hỗn hợp cơ học của các chất làm những chức năng khác nhau như: chất cháy, chất oxy hoá, chất kết dính. Ngoài ra, còn có các chất dùng để tạo ra các hiệu ứng đặc biệt, đặc trưng cho thành phần hoặc phương tiện đó như: chất tạo khói, màu ngọn lửa,... và các chất phụ gia khác [1].

Trong đó, thành phần hỏa thuật cháy chậm rất được quan tâm nghiên cứu. Đây là thành phần dùng để tạo độ trễ thời gian theo yêu cầu [2]. Các thành phần này cháy với tốc độ ổn định, do đó, có thể tạo khoảng thời gian cần thiết từ lúc kích hoạt thiết bị cho đến lúc tạo ra hiệu ứng chính. Trong lĩnh vực quân sự cần sử dụng các thành phần có độ tin cậy cao, vì thế, các nhà khoa học đã nỗ lực nghiên cứu chế tạo những thành phần hỏa thuật hoạt động tin cậy trong dải áp suất và nhiệt độ rộng [3]. Hiện nay, có nhiều mác thuốc hỏa thuật cháy chậm được sử dụng nhưng việc chế tạo các thành phần cháy chậm có tốc độ cháy thấp vẫn là điều khó khăn [8].

Tại nước ta, đã nghiên cứu, chế tạo và ứng dụng thành công một số mác thuốc hỏa thuật như MGC-100, MGC-54, MC-2, CB-150,... Tuy nhiên, đây là các mác thuốc có tốc độ cháy khá cao (>1,5 mm/s), trong điều kiện hoạt động khắc nghiệt (-50 ÷ 100 °C) nhiều khi cháy không ổn định. Đối với mác thuốc MGC-54 và MGC-100 trong điều kiện ẩm và nhiệt độ thấp xảy ra hiện tượng phân hủy chất cháy Sb<sub>2</sub>S<sub>5</sub>. Trên thực tế, trong số những vũ khí bộ binh hiện nay của Việt Nam có súng AGS-17. Đây là vũ khí hạng nặng, sử dụng đạn 30 mm, có thể trang bị trên cả máy bay và xe bọc thép. Trong cơ cấu tự hủy của đạn 30 mm này sử dụng thuốc hỏa thuật với tốc độ cháy khoảng 0,5 ÷ 0,8 mm/s [4, 7]. Vì vậy, việc nghiên cứu, chế tạo thuốc hỏa thuật có tốc độ cháy thấp 0,5 ÷ 0,8 mm/s (đặt tên là CC-21), đồng thời hoạt động hiệu quả trong dải nhiệt độ (-50 ÷ 100 °C) là vấn đề cần thiết.

### 2. THỰC NGHIỆM

#### 2.1. Vật tư, hóa chất

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

- Bari cromat (BaCrO<sub>4</sub>), xuất xứ Việt Nam, hàm lượng ≥ 99,0%, kích thước hạt 4 ÷ 10 µm;
- Kali peclorat (KClO<sub>4</sub>), Ấn Độ, hàm lượng ≥ 99,0%, kích thước hạt 8 ÷ 15 µm;
- Bột teflon, Ấn Độ, hàm lượng ≥ 99,0%, cỡ hạt ≤ 100 µm;

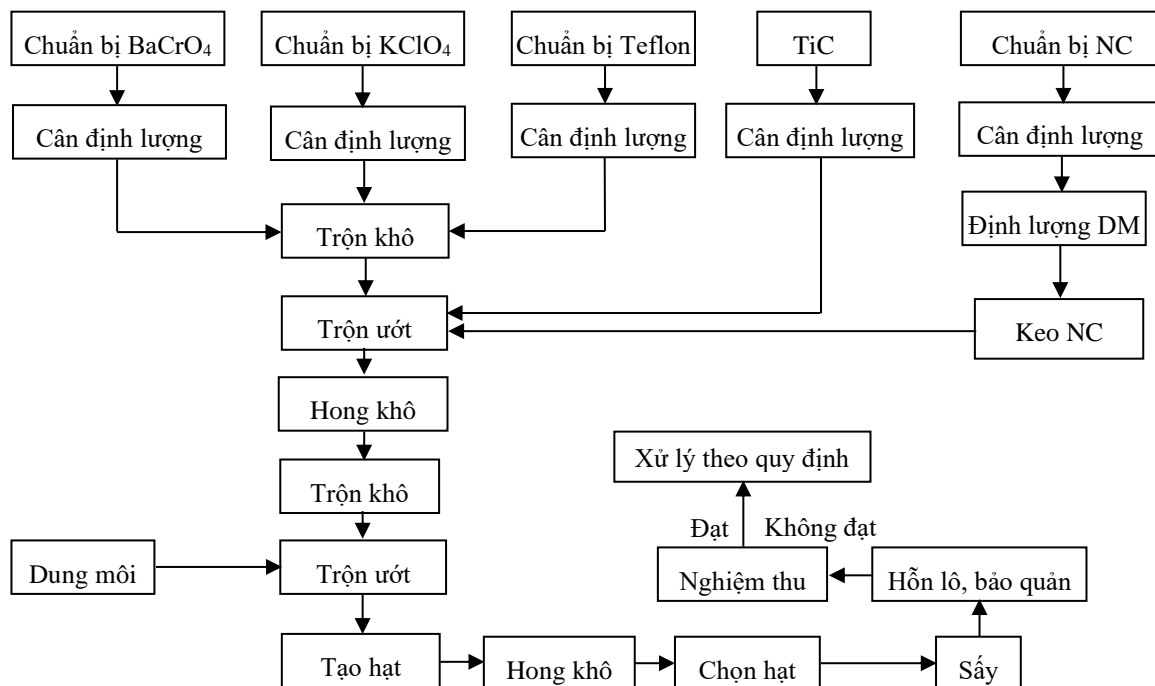
**Nghiên cứu khoa học công nghệ**

- Titan cacbua (TiC), Nga, hàm lượng  $\geq 99,7\%$ , tổng hàm lượng C  $\geq 19,4\%$ ;
- Nitroxenlulozo (NC), Việt Nam, hàm lượng N  $11,8 \div 12,5\%$ .
- Thuốc hỏa thuật: MC-1, CC-8B, CB-150, MC-2, MGC-100 (Việt Nam).

**2.2. Phương pháp nghiên cứu**

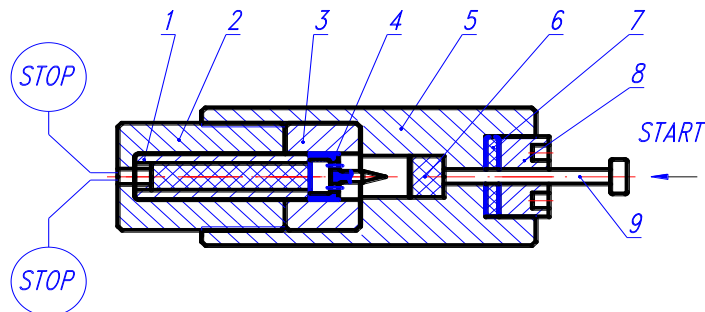
- Nghiên cứu, tính toán, thiết kế đơn thành phần: Dựa trên các tài liệu tham khảo [5-7], các tính toán trên phần mềm REAL và phân tích, thử nghiệm thực tế.

- Chế tạo mẫu: mẫu thuốc CC-21 được chế tạo theo tiến trình công nghệ cho trong hình 1.



**Hình 1.** Sơ đồ chế tạo mẫu thuốc hỏa thuật.

- Đo tốc độ cháy: Mẫu được nén ép trong ống chuẩn  $\Phi 3,5 \times 20$  mm với công nghệ: 300 mg CC-21 + 30 mg CC-8B + 30 mg MC-1 (MC-1 và CC-8B là các thuốc hỏa thuật môi cháy để kích hoạt thuốc CC-21), áp suất nén  $100 \text{ kg/cm}^2$ , thời gian lưu áp  $5 \div 7$  s. Tốc độ cháy được đo theo phương pháp đo tốc độ cháy trong ống chuẩn đã được Viện TPTN phê duyệt.



- |                                      |                 |                 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|
| 1. Ống chuẩn $\Phi 3,5 \times 20$ mm | 4. Kim hỏa      | 7. Đệm cao su   |
| 2. Thân trong                        | 5. Thân ngoài   | 8. Đai ốc       |
| 3. Nắp chắn                          | 6. Hạt lửa MG-8 | 9. Thanh truyền |

**Hình 2.** Sơ đồ nguyên lý gá đo thời gian thuốc cháy chậm.

- Đo đạc các thông số hóa lý xạ 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
- Nghiên cứu đánh giá độ bền nhiệt của thuốc hỏa thuật: Các mẫu thuốc được bảo ôn ở nhiệt độ cố định -50 °C, 0 °C, 25 °C, 100°C trong 4 giờ, sau đó, đưa ra thử nghiệm đo đạc các thông số năng lượng xạ thuật và tốc độ cháy.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Tính toán, thiết kế đơn thành phần thuốc hỏa thuật

Nhóm nghiên cứu đã tính toán trên phần mềm REAL phiên bản 3.5, phần mềm tính toán trạng thái cân bằng của hệ thống nhiệt động học không đồng nhất đa thành phần ở nhiệt độ cao. Chương trình cho phép xác định thành phần hóa học và pha của một hệ thống nhiệt động học tùy ý trong các điều kiện quy định. Các đặc tính nhiệt động và nhiệt lý của hệ được tính toán đồng thời. Nhóm đề tài lựa chọn hệ thuốc CC-21 trên nền bari cromat/kali peclorat/teflon/titan cacbua để nghiên cứu, chế tạo mìn thuốc với yêu cầu đặt ra có tốc độ cháy thấp (0,5 - 0,8 mm/s) và bền với nhiệt độ. Kết quả tính toán với thành phần gồm BaCrO<sub>4</sub> - 70%; KClO<sub>4</sub> - 9%; TiC - 8%; Teflon -13%; NC - 1% (cho ngoài) được mô tả ở bảng 1.

**Bảng 1.** Tính toán mẫu thuốc hỏa thuật trên phần mềm REAL.

Tỷ lệ chất oxi hóa/ chất cháy: 0,922					
Cân bằng oxi: -2.28%					
Các thông số cân bằng phản ứng:					
p = 0,10000 Pa			S = 3,36699 kJ/(kg*K)		
T = 2110,45313 K			H = -5245,73145 kJ/kg		
Mu = 0,00005982 N*s/sq.m			V = 1,16545 cub.m/kg		
M = 8,84009 mole/kg			Mg = 6,64155 mole/kg		
Rg = 0,05522 kJ/(kg*K)			k'' = 1,16481		
a'' = 353,3 m/s			Cv'' = 1,89138 kJ/(kg*K)		
Cp'' = 2,20310 kJ/(kg*K)			Lt'' = 0,74229 W/(m*K)		
Lt = 0,08364 W/(m*K)			Mcond = 0,5802		
V = 1,16545 cub.m/kg			p*V/(R*T) = 1,000		
Nồng độ các chất có tỷ lệ nhỏ, M:					
CO	0,0332106	CO <sub>2</sub>	0,129207	Cl	0,006107
BaCl <sub>2</sub>	0,0105338	CrF <sub>3</sub>	0,0314735	CrF <sub>4</sub>	0,00042
BaF <sub>2</sub>	0,085249	CrOF <sub>2</sub>	0,0027844	CrOF <sub>3</sub>	0,0001382
HCl	0,0008232	HF	0,0053101	K <sub>2</sub> FCl	0,0001483
KCl	0,037153	KF	0,008152	N <sub>2</sub>	0,0011866
TiF <sub>3</sub>	0,0557023	TiF <sub>4</sub>	0,0172329	BaTiO <sub>3</sub>	0,15190599
Ba(CrO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	0,368701621	BaF <sub>2</sub>	0,059561969		
Thông số trạng thái đồng đặc:					
Cp = 0,80617 kJ/(kg*K)			Cp/Cv = 1,07353		
a = 353,7 m/s			k = 1,07353		
Thông số trạng thái bột:					
Fp = 116,54 kJ/kg		Cov = 0,043 cub.dm.kg		pp = 1584,85 kJ/kg	

Cân bằng oxy của thành phần thuốc là -2,28%. Ngoài ra, các sản phẩm cháy ở dạng rắn như  $(\text{BaCrO}_2)_2$ ,  $\text{BaF}_2$ ,  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{TiF}_3$ ,... có tỉ lệ lớn và không xuất hiện các loại sản phẩm cháy ở dạng lỏng, đây là yêu cầu quan trọng khi đưa vào sử dụng trong các ngòi đạn, pháo. Cùng với đó, lượng khí sinh ra, gồm chủ yếu là  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,... khoảng 1%, tương đương với khoảng 80 ml/g.

**3.2. Thử nghiệm đo tốc độ cháy, các thông số năng lượng xạ thuật**

Trên cơ sở yêu cầu đặt ra, nhóm nghiên cứu đã tính toán, chế thử các mẫu thuốc hỏa thuật trong phòng thí nghiệm có tốc độ cháy từ 0,5 đến 0,8 mm/s. Thành phần các mẫu thử nghiệm được trình bày trong bảng 2.

**Bảng 2.** Thành phần các mẫu thử nghiệm CC-21.

TT	Thành phần, %	M1	M2	M3
1	$\text{BaCrO}_4$	68	70	71
2	$\text{KClO}_4$	11	9	8
3	Teflon	13	13	13
4	TiC	8	8	8
5	NC (cho ngoài)	1	1	1
6	Tốc độ cháy ở điều kiện thường, mm/s	0,83	0,71	0,65

Từ kết quả trên cho thấy, mẫu thuốc M2 và M3 có tốc độ cháy nằm trong yêu cầu đề ra (từ 0,5 đến 0,8 mm/s). Mẫu M2 có tốc độ cháy tương đương với mẫu thuốc của Nga sử dụng trong ngòi đạn 30 mm. Tiến hành đo đạc các thông số xạ thuật của mẫu thuốc CC-21 (M2) và mẫu thuốc của Nga. Kết quả đo các thông số của hai mẫu thuốc kể trên cùng với một số mẫu thuốc hỏa thuật cháy chậm do Việt Nam sản xuất được cho dưới bảng 3.

**Bảng 3.** Thông số hóa lý, xạ thuật của một số loại thuốc hỏa thuật cháy chậm.

Mẫu thuốc Thông số xạ thuật	CC-21	Mẫu của Nga	CB-150	MC-2	MGC-100
Tốc độ cháy, mm/s	0,71	0,70	3,8	4,5	5,5
Nhiệt độ bùng cháy, °C	440 ÷ 480	460	470	330 ÷ 380	470
Thể tích sinh khí, ml/g	< 100	89	40	25	40
Nhiệt lượng cháy, cal/g	380 ÷ 440	411,4	260 ÷ 320	170 ÷ 240	240 ÷ 320

Kết quả cho thấy, mẫu thuốc CC-21 và mẫu thuốc của Nga có các thông số xạ thuật tương đương nhau [8]. Hai loại thuốc này đều có tốc độ cháy thấp hơn hẳn so với các mẫu thuốc hỏa thuật hiện đang được sử dụng tại Việt Nam, đảm bảo cho việc sử dụng các chi tiết hỏa thuật có kích thước nhỏ nhưng vẫn duy trì được thời gian giữ chậm cần thiết. Ngoài ra, nhiệt lượng cháy của thuốc CC-21 cũng khá cao, nên mẫu thuốc này có thể duy trì mạch cháy tốt, đảm bảo cho việc hoạt động ổn định của các chi tiết hỏa thuật sử dụng nó.

Khả năng hoạt động của các mẫu thuốc CC-21 ở các nhiệt độ khác nhau cũng đã được nghiên cứu. Kết quả được cho trong bảng 4. Kết quả có thể thấy, các mẫu thuốc CC-21 có tốc độ cháy ít phụ thuộc vào nhiệt độ ban đầu. Đây là sự khác biệt khi đem so sánh với các mẫu thuốc hỏa thuật đã đưa vào ứng dụng trong nước. Các mẫu thuốc này khi ở cháy ở nhiệt độ khác nhau sẽ có sự sai khác lớn về tốc độ [9]. Như vậy, thuốc hỏa thuật CC-21 tương đối ổn định trong vùng nhiệt độ khảo sát, có thể sử dụng được trong các điều kiện môi trường khác nhau.

**Bảng 4.** Tốc độ cháy của các mẫu thuốc hỏa thuật trong các nhiệt độ khác nhau.

TT	Nhiệt độ bảo ôn, °C	Tốc độ cháy, mm/s		
		M1	M2	M3
1	-50	0,83	0,70	0,66
2	0	0,82	0,69	0,65
3	25	0,83	0,71	0,65
4	+100	0,85	0,74	0,68

#### 4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở lý thuyết và thực nghiệm, nhóm nghiên cứu đã tính toán, thiết kế và chế tạo thành công mìn thuốc hỏa thuật CC-21 với thành phần gồm BaCrO<sub>4</sub> - 70%; KClO<sub>4</sub> - 9%; TiC - 8%; Teflon - 13%; NC - 1% (cho ngoài). Thuốc hỏa thuật chế tạo được có tốc độ cháy từ 0,5 đến 0,8 mm/s và các thông số năng lượng xạ thuật tương đương với mìn thuốc của Nga. Ưu điểm của mìn thuốc này là có khả năng hoạt động ổn định trong vùng nhiệt độ rộng. Đây là một nghiên cứu mới góp phần bổ sung vào danh mục các loại thuốc hỏa thuật có thể sản xuất ở trong nước, có khả năng ứng dụng vào trong các ngòi đạn có thời gian cháy dài.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Tính, Trần Quang Phát, “Cơ sở hỏa thuật”, Nxb Quân đội nhân dân, (2009).
- [2]. H.B. Faber, “Military Pyrotechnics”, Government Printing Office, Washington, USA, (1979).
- [3]. Eller H, “Military and Civilian Pyrotechnics”, Chemical Publishing Inc., New York, USA, (1968).
- [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]. Patent US 4963204, “Pyrotechnic delay compositions”, (1990).
- [6]. Patent RU 2256638 C1, “Retarding low-gas composition”, (2004).
- [7]. Patent RU 2185355 C2, “Малозазовый медленногорящий состав”, (2000).
- [8]. Мельников В.Э, “Современная пиротехника”, Москва, (2014).
- [9]. Шидловский А. А. “Основы пиротехники”, Машиностроение, Москва, (1973).

#### ABSTRACT

##### **A research to produce the pyrotechnic compositions with a burning rate of 0.5 ÷ 0.8 mm/s**

*Delay pyrotechnic compositions used in the military have been studied for a long time. The common feature of these compositions is that under certain conditions, they have a stable burning rate and are usually compressed into a grenade fuse, a self-destructive, or missile fuse. This paper presents the results of research and manufacture of delay pyrotechnic compositions CC-21 with a burning rate of 0.5 ÷ 0.8 mm/s. This is a research on a new type of pyrotechnic composition, capable of being used in cannon fuse with a long burning time.*

**Keywords:** Pyrotechnic retardants; Burning rate; Titan carbide.