

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

-----

**BÁO CÁO HỌC THUẬT**

**‘NGHIÊN CỨU CẢI TIẾN THUỐC HOẢ THUẬT CC-37, CC-57  
CHO NGÒI ĐẠN CAO XẠ 37mm’**

**BÁO CÁO HỌC THUẬT :**

**HOÀNG THỊ CHUNG,**

---

**DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT**

<b>Chữ viết tắt</b>	<b>Tên tiếng Việt</b>	<b>Tên tiếng Anh hoặc tên khoa học</b>
AQI	Chỉ số chất lượng không khí	Air Quality Index
D-16		Mn/BaCrO <sub>4</sub> /PbCrO <sub>4</sub>
EPI	Chỉ số hiển thị môi trường	Environmental Performance Index
NC	Nitro xenlulozo	Nitro Cellulozo
Mk3	Thuốc phóng ống	
MK-37-VN	Thuốc hoá thuật sử dụng trong ngòi cao xạ 37mm	
MC-2-VN	Thuốc hoá thuật sử dụng trong ngòi cao xạ 57mm	
MADA		2,4 diazido – 6 – azidoetocxi triazin
QCVN	Quy chuẩn Việt Nam	National Technical Regulation
TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam	
T-10		BaCrO <sub>4</sub> /B
WHO	Tổ chức Y tế Thế giới	World Health Organization
Z-1		Zr-Ni/KClO <sub>4</sub> /BaCrO <sub>4</sub>

---

## MỞ ĐẦU

Ngay từ buổi đầu phát triển của hỏa khí, các loại lựu đạn, tên lửa đều cần có thời gian giữ chậm trước khi được kích hoạt nhằm đảm bảo khoảng cách an toàn để kích nổ thiết bị đúng thời điểm cần thiết. Lúc đầu, người ta sử dụng các dây dẫn cháy đơn giản (dây được tẩm dung dịch  $\text{KNO}_3$ ). Loại dây này cháy với tốc độ  $1 \div 2$  cm/phút và không làm việc tin cậy trong điều kiện thời tiết ẩm ướt. Sau đó, trong lựu đạn và bom đã sử dụng các ống giữ chậm chứa thuốc đen – là tiền thân của dây cháy chậm hiện nay. Còn trong pháo hoa người ta sử dụng loại dây cháy nhanh.

Thuốc phóng đen đóng vai trò thuốc giữ chậm có ưu điểm là: dễ chế tạo, dễ sản xuất hàng loạt, dễ bắt cháy, nguyên liệu phổ biến, sẵn có. Tuy nhiên nó cũng có các nhược điểm như dễ nhiễm ẩm, khi cháy sinh nhiều khí. Do sản phẩm cháy có nhiều khí nên tốc độ cháy của nó phụ thuộc nhiều vào áp suất nên cần phải có lỗ trích khí. Khi bay, do hiện tượng quay của đạn cũng dẫn đến sự không ổn định cháy vì vậy cần nhiều nghiên cứu thực tế để hoàn thiện các tính chất của hỗn hợp giữ chậm đối với từng trường hợp cụ thể.

Mặc dù vậy, do không có loại thuốc mới thay thế cho thuốc đen, chúng vẫn được sử dụng trong thời gian dài. Chỉ sau Thế chiến I (giữa những năm 20 của thế kỷ XX) ở Đức và Anh mới bắt đầu tạo ra các hỗn hợp giữ chậm sinh ít khí.

Năm 1930 người Đức chế tạo được hỗn hợp giữ chậm sinh ít khí đầu tiên trên cơ sở  $\text{KMnO}_4$  và Fe. Từ đầu những năm 30 của thế kỷ XX, quân đội Đức bắt đầu dùng các thành phần giữ chậm là hỗn hợp  $\text{KMnO}_4$  và Sb có tỷ lệ 64/36. Cuối Thế chiến thứ II, trong nhiều loại bom đạn của Đức đã sử dụng hỗn hợp  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  và Si được kết dính bởi nitroxenlulo (NC) với tỷ lệ 72,0/25,3/2,7 và “hỗn hợp 121” chứa 50%  $\text{PbCrO}_4$ , 25%  $\text{KClO}_4$ , 25% Si, 0,8% NC (tính ngoài 100%).

Hỗn hợp giữ chậm sinh ít khí của Mỹ đầu tiên xuất hiện vào năm 1931, chứa 84%  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , 15% Si, 1% glycerin. Hỗn hợp này cháy khá nhanh, vì thế

chẳng bao lâu sau (vào năm 1932) hỗn hợp có tốc độ cháy chậm hơn chứa 89%  $\text{PbCrO}_4$ , 10% Si và 1% dầu sơn đã được sử dụng thành công trong các chi tiết giữ chậm của bom không quân trong Thế chiến II. Trong một bằng sáng chế của Mỹ lúc này cũng giới thiệu loại thuốc giữ chậm có tốc độ cháy nhanh chứa 44%  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , 16% fero-silic (Fe-Si), 39%  $\text{PbCrO}_4$  và 1% dầu sơn.

Vào năm 1934 ở Mỹ, hỗn hợp giữ chậm trên cơ sở  $\text{BaO}_2$  và chalcogenid (hỗn hợp của Selen và Telu) được cấp bằng sáng chế, đến nay vẫn được sử dụng trong kíp điện dùng trong công nghiệp.

Nhật Bản bắt đầu nghiên cứu hỗn hợp sinh ít khí vào năm 1937, được đánh giá là đạt tương đương như của Mỹ. Các hỗn hợp sinh ít khí của Nhật đầu tiên được thử nghiệm vào năm 1943, có chứa  $\text{BaO}_2$  và chất cháy (S và Se). Các hỗn hợp chứa  $\text{BaO}_2$  đã không được sử dụng thành công trong pháo có rãnh nòng xoắn vì tạo ra xỉ. Thêm vào đó, các thành phần này khó bảo quản trong môi trường ẩm. Thành công nhất của Nhật là hỗn hợp “P-4” dùng để nhồi vào các ngòi nổ đạn pháo “loại 3” chứa 10%  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , 20% Si, 60%  $\text{PbCrO}_4$  và 10%  $\text{Cu}_3\text{P}_2$  được bọc cao su. Năm 1944 Nhật đã làm theo các hỗn hợp của Mỹ trên cơ sở  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , fero-silic và  $\text{PbCrO}_4$ . Tốc độ cháy của nó đạt 3÷4 mm/s ở tỷ lệ các thành phần là 25/25/50. Với tỷ lệ 16/38/46 tốc độ cháy của hỗn hợp đạt 4,5 mm/s. Đơn pha chế hỗn hợp cuối cùng được sử dụng cuối Thế chiến II để nhồi vào ngòi nổ “loại AA” và ngòi nổ 5 giây cho bom xuyên.

Ở Liên Xô (cũ), hỗn hợp giữ chậm sinh ít khí được chú ý vào giữa những năm 30 của thế kỷ 20. Hỗn hợp sinh ít khí đầu tiên là mác “BJI” được chế tạo bởi F.A. Baum và N.A. Levkovich ở Học viện pháo binh. Hỗn hợp này chứa  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , fero-silic, hợp kim FeSiCrAl và lượng nhỏ chất kết dính NC. Khi thử nghiệm đã thấy rõ hạn chế của hỗn hợp mới này đó là tốc độ cháy phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ ban đầu. Sự chênh lệch thời gian giữ chậm dưới mặt đất và khi bay là khoảng 10 giây, điều đó là hoàn toàn không đạt yêu cầu. Do đó, người ta sử dụng chất cháy chậm “MK” được chế tạo bởi R.V. Musselius và S.N. Korolev vào năm 1939-1940, cũng giống như thành phần “19IQ” (F.A. Baum,

N.A. Levkovich, V.A. Jdanovski) để thay thế “BJI” vào năm 1942. Hỗn hợp “MK” được sử dụng rộng rãi trong quân đội và trên hạm đội cho các ngòi nổ MF-8, K-3 và AB-1, trong khi đó “19II” được áp dụng cho pháo cao xạ do khả năng cháy ổn định ở độ cao trên 10-11 km. Thành phần “MK” được sử dụng rộng rãi trên các loại vũ khí của quân đội Liên Xô (cũ) và các nước Đông Âu.

Mặc dù người Mỹ đi đầu trong việc chế tạo hỗn hợp sinh ít khí nhưng phải từ năm 1942 hỗn hợp sinh ít khí mới được quan tâm nhiều. Trong những năm này Mỹ đã chế tạo hỗn hợp gồm 74÷77% BaCrO<sub>4</sub>, 20÷22% Mn và 3÷4% S (do tính bền nhiệt kém nên sau này nó được thay thế bằng các thành phần khác). Sau này, họ đã chế tạo được hỗn hợp trên cơ sở Zr, Ni, BaCrO<sub>4</sub> và KClO<sub>4</sub>.

Do việc ứng dụng thành phần giữ chậm sinh ít khí trong quân đội diễn ra tương đối chậm nên cho tới đầu Thế chiến II hầu hết các nước vẫn còn sử dụng thuốc đen. Sau chiến tranh, các chất cháy B và W ít được sử dụng, còn hỗn hợp bột Zr và Ni được thay thế bằng hợp kim của chúng có giá rẻ và an toàn hơn.

Trong các hỗn hợp của Nga, các chất cháy có giá thành rẻ và phổ biến được sử dụng nhiều nhất là S, Sb<sub>2</sub>S<sub>5</sub>, fero-silic, fero-silic-crom (là hợp kim của Fe, Cr và Si, thành phần Cr: 20÷65%, Si: 10÷60%), Si ...

Thuốc hỏa thuật cháy chậm được quan tâm nghiên cứu nhiều để sử dụng trong các loại hỏa cụ. Đối với các sản phẩm này, thuốc hỏa thuật cần có tốc độ cháy ổn định trong khoảng nhiệt độ và áp suất sử dụng.

Thuốc hỏa thuật sử dụng trong ngòi cao xạ 37mm, 57mm trước đây là MK-37-VN, MC-2-VN. Chúng có tốc độ cháy (2,0 ÷ 4,0 mm/s), khi sử dụng chưa hoàn toàn tin cậy trong việc mồi cháy thuốc tăng lửa trên vòng tự hủy và bị suy giảm chất lượng nhanh theo thời gian. Do đó cần nghiên cứu cải tiến, chế tạo thuốc hỏa thuật cháy chậm cho ngòi cao xạ 37mm, 57mm có khả năng bắt cháy tốt, ổn định lâu dài trong suốt quá trình bảo quản và sử dụng. Trong khuôn khổ báo cáo học thuật này chúng tôi tập trung nghiên cứu, khảo sát chế tạo, thử nghiệm cải tiến thuốc hỏa thuật MK-37-VN, MC-2-VN đáp ứng mục tiêu đặt ra

---

với tên đề tài: **“Nghiên cứu cải tiến thuốc hỏa thuật CC-37, CC57 cho ngòi đạn cao xạ 37mm, 57mm”**

đã được lựa chọn với nội dung nghiên cứu chính như sau:

- Tổng quan về thuốc hỏa thuật và thuốc hỏa thuật cháy chậm
- Nghiên cứu, tính toán, thiết kế đơn thành phần: Dựa trên các tài liệu tham khảo, các tính toán trên phần mềm REAL và phân tích, thử nghiệm thực tế.
- Chế tạo mẫu cải thiện thuốc hoá thuật cháy chậm CC-37, CC-57
- Thử nghiệm đo các thông số của mẫu thuốc mới cải tiến chế tạo
- Đánh giá và so sánh mẫu thuốc mới nghiên cứu với thuốc hỏa thuật CC-37, CC-57

## 1.1. TỔNG QUAN VỀ THUỐC HOẢ THUẬT CHÁY CHẬM

### 1.1.1. Khái niệm

Hoả thuật là danh từ chung dùng để chỉ các thành phần hoặc phương tiện khi hoạt động có kèm theo hiệu ứng đốt cháy, phát khói, âm thanh, ánh sáng hoặc phản lực v.v...[1].

Thuốc hoả thuật thường là hỗn hợp cơ học của nhiều chất có chức năng khác nhau như: chất cháy, chất ôxi 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, âm thanh, nhiễu hồng ngoại ... và các phụ gia khác.

Phần lớn các thuốc hoả thuật về bản chất đều là các chất nổ, nhưng tính chất nổ của chúng kém hơn nhiều so với các thuốc nổ thông thường. Trong điều kiện sử dụng bình thường, trạng thái biến đổi nổ chủ yếu của chúng là cháy.

### 1.1.2. Phân loại thuốc hoả thuật

Để phân loại thuốc hoả thuật có thể dựa vào đặc điểm của chất cháy, chất ôxi hoá hoặc công dụng của phương tiện hoả thuật. Theo công dụng, phương tiện hoả thuật có các loại sau:

- Phương tiện chiếu sáng;
- Phương tiện vạch đường;
- Phương tiện giữ chậm;
- Phương tiện bức xạ hồng ngoại;
- Phương tiện tín hiệu ban đêm;
- Phương tiện đốt cháy;
- Phương tiện phát khói nguy trang;
- Phương tiện mô phỏng phục vụ cho công tác học tập và diễn tập;
- Phương tiện chỉ thị mục tiêu;
- Phương tiện hoả thuật sinh khí.

### 1.1.3. Yêu cầu đối với thuốc hoá thuật

- Đạt được hiệu quả tốt nhất khi tiêu tốn một lượng nhỏ thuốc hoá thuật do giá thành thường rất cao (đặc biệt là bột kim loại);
- Quá trình cháy và tốc độ cháy phải ổn định vì hiệu quả của phương tiện hoá thuật phụ thuộc chủ yếu vào quá trình cháy;
- Có độ bền, độ ổn định lý hoá cao khi bảo quản lâu dài;
- Có độ nhạy nhỏ với xung cơ học, không có tính chất nổ song phải có tốc độ cháy theo ý muốn;
- Có độ nhạy không quá cao với xung nhiệt;
- Khả năng truyền nổ thấp hoặc không xảy ra;
- Có tỉ trọng cao ở dạng bột và dạng nén;
- Không độc hại đối với con người;
- Quá trình công nghệ sản xuất và chế tạo liều thuốc đơn giản, an toàn.

### 1.1.4. Các thành phần của thuốc hoá thuật

#### 1.1.4.1. Chất ôxi hoá

Chất ôxi hoá là một trong hai thành phần chính của thuốc hoá thuật có vai trò cung cấp oxy cho quá trình đốt cháy chất cháy. Quá trình cháy của chất cháy trong không khí xảy ra thường chậm hơn so với quá trình cháy nhờ oxy có trong chất ôxi hoá, vì vậy hỗn hợp không chứa chất ôxi hoá rất ít được sử dụng so với hỗn hợp chứa chất ôxi hoá.

Các yêu cầu kỹ thuật đối với chất ôxi hoá dùng trong thuốc hoá thuật như sau:

- Hàm lượng của chất ôxi hoá lớn nhất;
- Hàm lượng các muối hút ẩm và kim loại nặng nhỏ nhất;
- Phản ứng hoà tan muối là phản ứng trung hoà;
- Không có tạp chất cháy và tạp chất rắn cơ học (cát, thuỷ tinh) làm tăng độ nhạy của thuốc với xung cơ học;
- Không có các tạp chất làm giảm độ bền hoá học của thuốc khi bảo quản, hoặc các tạp chất làm giảm hiệu ứng đặc biệt của thuốc;



- 
- Với chất ôxi hoá dạng bột phải thoả mãn yêu cầu về cỡ hạt.

#### *1.1.4.2. Chất cháy*

Khi lựa chọn chất cháy để sử dụng trong thuốc hoả thuật cần phải tính đến tất cả các yêu cầu, trong đó yêu cầu chủ yếu là đạt được hiệu quả cao nhất. Ví dụ đối với thuốc hoả thuật tạo khói thì không cần nhiệt độ cháy cao, thường chọn chất cháy có năng lượng trung bình. Chất cháy dùng trong thuốc hoả thuật phải đáp ứng những yêu cầu sau đây:

- Có nhiệt lượng cháy bảo đảm hiệu quả đặc biệt tốt đối với từng loại thuốc hoả thuật;
- Dễ dàng bị ôxi hoá nhờ các chất ôxi hoá chứa ôxy hay ôxy của không khí (với thuốc hoả thuật tạo khói);
- Các sản phẩm cháy bảo đảm đúng yêu cầu sử dụng;
- Độ bền vững cao trong điều kiện bảo quản và sử dụng;
- Không hút ẩm;
- Dễ nghiền nhỏ;
- Không độc hại với con người.

#### *1.1.4.3. Chất kết dính*

Để nhồi thuốc hoả thuật vào hoả cụ, người ta thường phải nén ép, nén xoáy vít hoặc đúc. Các phương pháp cơ học này nhiều khi chưa bảo đảm được độ bền chắc của khối thuốc trong hoả cụ. Vì vậy phải đưa thêm vào các chất kết dính để liên kết các cấu tử trong hỗn hợp thành một khối, bảo đảm khối thuốc có độ bền cơ học cao, không nứt, vỡ trong bảo quản và sử dụng.

Do có vai trò như vậy nên chất kết dính phải đáp ứng những yêu cầu sau:

- Không tan trong nước, tan trong một số hợp chất hữu cơ. Chất kết dính hữu cơ đồng thời còn là chất cháy, có tác dụng làm chậm quá trình cháy của các thành phần hoả thuật;
- Lượng chất kết dính đưa vào trong thuốc hoả thuật không quá 10÷12%. Khi lượng chất kết dính vượt quá chỉ tiêu này thì độ bền của thuốc hoả thuật

chế tạo ra không tăng lên nhiều trong khi đó hàm lượng của chất ôxi hoá và chất cháy trong thuốc hoá thuật giảm làm giảm hiệu quả của thuốc.

Ngoài ba thành phần trên, trong thuốc hoá thuật còn có thể có các chất phụ gia khác như chất tạo khói màu, lửa màu. Chất tạo lửa màu thường là các hợp chất vô cơ chứa các ion kim loại màu đặc trưng như:  $\text{Na}^+$  tạo ngọn lửa màu vàng,  $\text{Ba}^{2+}$  tạo ngọn lửa màu xanh lá cây v.v... Chất tạo khói màu thường là các hợp chất hữu cơ như: rôđamin, auramin, xanh mêtylen v.v ...

## **1.2. Khái quát chung về thuốc hoá thuật cháy chậm**

### **1.2.1. Khái niệm**

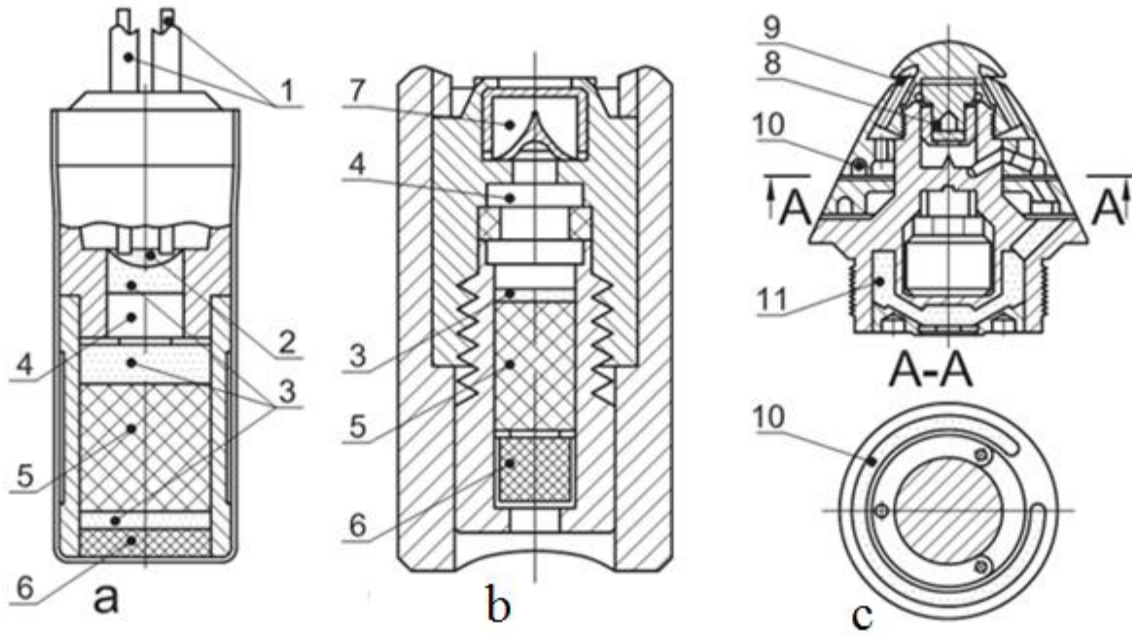
Thuốc hoá thuật cháy chậm hay chính xác hơn là thuốc hỏa thuật giữ chậm (delay compositions) là hỗn hợp dùng trong các trụ hoặc vành giữ chậm có tốc độ cháy không đổi để đảm bảo một thời gian trễ (giữ chậm) cần thiết trước khi kích hoạt thiết bị nào đó (ngòi nổ, động cơ hành trình v.v...) [19].

Dựa theo khả năng sinh khí khi cháy, người ta chia thành:

- Hỗn hợp giữ chậm sinh khí;
- Hỗn hợp giữ chậm sinh ít khí hoặc không sinh khí.

Thuật ngữ hỗn hợp giữ chậm “sinh ít khí” được sử dụng phổ biến hơn so với thuật ngữ “không sinh khí”. Thực vậy, khi thiết lập phương trình lý thuyết quá trình cháy các thành phần này, sản phẩm cháy chỉ có các chất ngưng tụ (không sinh khí). Tuy nhiên trong điều kiện thực tế, khi cháy hỗn hợp hỏa thuật này cũng sẽ tạo ra một lượng hơi kim loại nhất định hoặc sản phẩm của các thành phần phụ là các chất hữu cơ. Vì thế tên gọi hỗn hợp giữ chậm “sinh ít khí” chính xác hơn là “không sinh khí”.

### 1.2.2. Sơ đồ thiết bị đo các thông số của thuốc hoá thuật giữ chậm



Hình **Error! No text of specified style in document.** 1. Sơ đồ cấu tạo của một số chi tiết giữ chậm.

a) Kíp điện giữ chậm kiểu kín MK-148; b) Mạch giữ chậm kiểu kín T2E1;

c) Vành giữ chậm kiểu hở (cơ cấu mồi cháy đạn pháo);

1 – Dây điện; 2 – Cầu nung, được bọc bởi thành phần nhạy với xung nhiệt; 3 – Thành phần bất cháy; 4 – Buồng giãn nở; 5 – Thành phần giữ chậm sinh ít khí; 6 – Thuốc nổ mồi; 7 – Kíp va đập; 8 – Kíp đâm chọc; 9 – Lỗ trích khí; 10 – Thành phần giữ chậm từ thuốc đen; 11 – Liều thuốc đen

Các hỗn hợp sinh ít khí có thể chứa các chất cháy chậm và các chất ổn định cháy ( $\text{BaF}_6\text{Si}$ , kryolit, diatomit), các chất làm giảm độ nhạy với xung cơ học ( $\text{MoS}_2$ ), chất kết dính (NC, cao su flo). Để làm tăng khoảng nhiệt độ ổn định cháy, trong hỗn hợp thường cho thêm lượng nhỏ  $\text{KClO}_4$ .

Đến ngày nay, hầu hết các hỗn hợp kể trên vẫn còn được sử dụng ở một vài biến thể, trong một số trường hợp  $\text{PbCrO}_4$  có độc tính cao đã được thay thế bằng  $\text{Bi}_2\text{Cr}_3\text{O}_{12}$ .

Các chất kết dính như NC có tính chất hữu dụng là làm giảm nhiệt độ bùng cháy của hỗn hợp sinh ít khí. Ví dụ cho 3% NC vào hỗn hợp 30% fero-silic-crom và 70%  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  làm giảm nhiệt độ bùng cháy từ 597 xuống còn 357 °C.

Nhiều hỗn hợp giữ chậm không đủ nhạy với phương tiện môi cháy sơ cấp như môi lửa và chỉ được môi cháy tin cậy từ bộ môi cháy chuyên dụng cho hỗn hợp sinh ít khí. Với mục đích làm tăng độ tin cậy của mạch giữ chậm, tốt hơn cả là sử dụng những hỗn hợp dễ bắt cháy nhất.

Các chất giữ chậm có thể hở (cho khả năng thoát sản phẩm khí khi cháy ra ngoài không khí) và cũng có thể làm kín. Tuy nhiên, loại kín được ưu tiên lựa chọn hơn.

### 1.2.3. Yêu cầu đối với thuốc hoả thuật giữ chậm

Mặc dù có khá nhiều loại hỗn hợp khi cháy không sinh khí, nhưng thực tế chỉ một số có thể được sử dụng làm chất giữ chậm do các yêu cầu sau:

- Cháy ổn định, không cháy đứt quãng (gián đoạn);
- Khả năng cháy hết với đường kính nhỏ;
- Tốc độ cháy ít phụ thuộc vào nhiệt độ (hệ số nhiệt không lớn);
- Cháy tốt ở nhiệt độ thấp;
- Chống ẩm tốt;
- Khả năng bảo quản lâu dài;
- Nguyên liệu sẵn có;
- Tốc độ cháy ít phụ thuộc áp suất;
- Cháy tin cậy trong không khí loãng;
- Sinh ra xỉ cứng (yêu cầu đối với hỗn hợp giữ chậm trong pháo có rãnh nòng xoắn).

Đặc điểm của các hỗn hợp giữ chậm sinh ít khí là có chứa các chất oxi hóa và các chất cháy kém hoạt động, bởi vậy nhiệt lượng và nhiệt độ cháy của chúng tương đối thấp. Nhiệt độ thấp làm giảm lượng sản phẩm khí sinh ra khi cháy. Thường là khi cháy hết 1g hỗn hợp giữ chậm sinh ít khí thì sinh ra 5÷10 ml khí và chúng có thể ảnh hưởng đến thời gian cháy. Vì thế trong các chi tiết giữ chậm thường có buồng giãn nở nhỏ để loại bỏ ảnh hưởng của khí sinh ra trong quá trình cháy.

### 1.2.4. Các đặc tính của hỗn hợp giữ chậm sinh ít khí

#### 1.2.4.1. Tốc độ cháy

Tốc độ cháy là tỷ số của chiều dài trụ giữ chậm và thời gian cháy hết. Trong nhiều tài liệu khác, người ta sử dụng đại lượng nghịch đảo của nó – gọi là “thời gian cháy”. Các yếu tố ảnh hưởng lớn đến tốc độ cháy gồm: kích thước hạt, thành phần, lượng tạp chất, độ chính xác khi định lượng các thành phần, mức độ nén và đường kính trụ giữ chậm. Tất cả các thông số trên phải được làm với độ chính xác cao để giảm đến mức thấp nhất độ sai lệch giữa các lô. Chế tạo hỗn hợp giữ chậm và các chi tiết giữ chậm phải đảm bảo độ chính xác cao nhất khi sử dụng trong lĩnh vực quân sự (bom, đạn v.v...).

Các hỗn hợp giữ chậm thường được phân loại theo tốc độ cháy (hoặc thời gian cháy): nhanh, trung bình và chậm (bảng 1.1). Hỗn hợp giữ chậm được áp dụng trong thực tế có tốc độ cháy  $0,6 \div 2500$  mm/s. Thực tế kích thước trụ giữ chậm có giới hạn, vì thế giới hạn giữ chậm trong khoảng 5  $\mu$ s đến 5 phút với độ lặp lại tốt. Để duy trì cháy ở mức  $\mu$ s, người ta sử dụng kết hợp thuốc nổ môi với các thành phần hóa thuật hoạt động, ví dụ hỗn hợp Zr,  $Pb_3O_4$  và  $AgN_3$ . Còn khi cần thời gian giữ chậm lớn hơn 5 phút cần phải sử dụng thiết bị giữ chậm làm việc trên cơ sở nguyên tắc vật lý và hóa học hoàn toàn khác.

Bảng **Error! No text of specified style in document.** 1. Phân loại các hỗn hợp giữ chậm theo thời gian cháy

Các thành phần giữ chậm được phân loại theo thời gian cháy	Tốc độ cháy, mm/s	Ví dụ
Mili giây	$> 30 \div 50$	$PbO_2/Zr$ , $PbO_2/Si$ , $KClO_4/Mo$ , $BaCrO_4/PbO_2/B$ , $Pb_3O_4/Fe-Si-Cr$ , $PbO_2/Fe-Si-Cr$ , $Pb_3O_4/Ca-Si$ , $Pb_3O_4/Fe-Si$
Một vài giây	$3 \div 30$	Thuốc đen, $BaO_2/Se$ , $KMnO_4/Fe$ , $KMnO_4/Sb$ , $BaCrO_4/B$ ,

		BaCrO <sub>4</sub> /PbCrO <sub>4</sub> /Mn, BaCrO <sub>4</sub> /KClO <sub>4</sub> /hợp kim Zr-Ni, Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /Si
Hàng chục và hàng trăm giây	< 2÷3	BaCrO <sub>4</sub> /KClO <sub>4</sub> /W/diatomit, BaCrO <sub>4</sub> /KClO <sub>4</sub> /Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> /NC, PbCrO <sub>4</sub> /Fe-Si/Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> /NC

#### 1.2.4.2. Đường kính cháy tới hạn

Đường kính cháy tới hạn là đường kính nhỏ nhất của trụ thuốc, mà khi đó quá trình cháy không bị dập tắt. Sự tồn tại của đường kính cháy tới hạn là do quá trình trao đổi nhiệt với môi trường xung quanh, hay đúng hơn là do tỏa nhiệt ra thành trụ giữ chậm. Nếu lượng nhiệt tỏa ra thành trụ giữ chậm lớn hơn năng lượng cần thiết để môi cháy lớp hỗn hợp tiếp theo thì quá trình cháy bị dập tắt. Như vậy, đường kính tới hạn phụ thuộc vào hệ số trao đổi nhiệt và nhiệt dung của vật liệu chế tạo thân trụ giữ chậm. Vì thế trong điều kiện tổng quát, tốc độ cháy của hỗn hợp càng lớn thì đường kính tới hạn càng nhỏ vì nhiệt sẽ không kịp truyền ra ngoài thành trụ. Đường kính cháy tới hạn thay đổi từ 2,5 mm (đối với các hỗn hợp KMnO<sub>4</sub>/Sb) đến hơn 5 mm (đối với hỗn hợp 20% fero-silic, 30% PbCrO<sub>4</sub> và 50% KClO<sub>4</sub>).

#### 1.2.4.3. Hệ số nhiệt độ

Thông số này cho biết khi nhiệt độ tăng 1°C thì tốc độ cháy tăng bao nhiêu lần. Thông số này rất quan trọng, nó quyết định trong điều kiện nhiệt độ môi trường cao hay thấp sẽ có thời gian giữ chậm trong đạn dược được bao lâu. Đối với phần lớn các hỗn hợp thì hệ số này xấp xỉ khoảng một vài phần trăm trên một độ. Trong các chi tiết giữ chậm của Mỹ, thời gian giữ chậm tới 20 s thì hệ số này xấp xỉ ±12% khi thay đổi nhiệt độ từ -54 °C tới +74 °C. Đối với loại có thời gian giữ chậm lớn trong các điều kiện không thuận lợi, hệ số nhiệt độ có thể tới ±30%. Hệ số nhiệt độ đối với các chi tiết hỏa thuật hiện đại của Nga vào khoảng 10÷11,5% đối với thành phần cháy nhanh và 11,7÷19% đối với thành phần cháy chậm (trong phạm vi nhiệt độ ±60 °C).

### 1.2.5. Các hỗn hợp giữ chậm sinh khí

Ngày nay các hỗn hợp giữ chậm sinh khí thường dùng cho các loại có giá thành rẻ như dây cháy chậm, khi đó thời gian cháy được kéo dài bằng cách tăng chiều dài của dây. Quá trình cháy của các thành phần này chịu ảnh hưởng nhiều của điều kiện bên ngoài, vì thế các hỗn hợp giữ chậm sinh khí được sử dụng khi không cần độ chính xác cao về thời gian cháy.

Từ thời cổ đại đến tận đầu Thế chiến II, thuốc đen ống là thành phần giữ chậm duy nhất được dùng. Thực chất nó không khác gì thuốc phóng đen thông thường, có cùng thành phần và công nghệ chế tạo nhưng quá trình nghiền nhỏ các thành phần được làm cẩn thận hơn và sử dụng các thành phần có độ tinh khiết cao hơn.

Từ đầu thế kỷ XX, do tầm bắn của pháo tăng lên nhiều nhờ sử dụng thuốc phóng keo, tốc độ cháy của thuốc đen ống thông thường trong trụ giữ chậm trở lên quá lớn. Để giảm tốc độ cháy xuống dưới  $5 \div 7$  mm/s (của các loại thuốc đen ống thông thường là  $8 \div 10$  mm/s), người ta cho thêm chất kết dính (nhựa cánh kiến, nhựa thông, parafin) hoặc chất độn ( $1 \div 6\%$  BaSO<sub>4</sub>). Các loại thuốc phóng này có tên là “thuốc đen ống cháy chậm”. Từ năm 1909 đến trước khi kết thúc thế chiến thứ nhất, thuốc đen được trộn thêm 2% nhựa cánh kiến đã được đưa từ Pháp vào Nga (người Nga khi đó chưa chế tạo thành công loại tương tự).

Sau chiến tranh, người Nga đã chế tạo được thuốc đen ống cháy chậm mác “O” chứa 1,5% nhựa thông. Các thử nghiệm tiếp theo cho thấy, việc giảm tốc độ cháy của thuốc đen ống bằng cách tăng lượng chất kết dính không thành công, nó làm giảm tính ổn định cháy và xuất hiện cháy tắt dần. Cách thứ hai hiệu quả hơn là sử dụng than củi loại đặc biệt có hàm lượng cacbon thấp. Từ đó, trong những năm 1938-1939 ở Liên Xô (cũ) đã chế tạo được thuốc đen ống cháy chậm mác “Kp-75”, vào năm 1940 đã được sử dụng trong vũ khí. Thành phần loại này gồm 75% KNO<sub>3</sub>, 10,1% S, 10,9% than (than của cây liễu bụi có hàm lượng cacbon 60%) và 4% than (than của vỏ cây liễu có hàm lượng cacbon 72%). Trong ống giữ chậm T-3, “Kp-75” cho thời gian giữ chậm là 75 giây. Nó cũng được dùng trong ngòi nổ T-5 và Д-1.

Ở Nhật từ những năm 1920 đã sử dụng thuốc phóng ống “Mk3” có cho thêm nhựa cánh kiến, gồm: 75%  $\text{KNO}_3$ , 14,5% than củi, 10% S, 0,5% nhựa cánh kiến. Từ năm 1943 để nhồi nạp cho ngòi nổ “loại 89AA”, người ta sử dụng thuốc đen ống giữ chậm với lượng lưu huỳnh cao: 55%  $\text{KNO}_3$ , 15% than củi và 30% S. Tốc độ cháy của Mk3 và Mk4 là  $5 \div 10$  và  $2,9 \div 3,3$  mm/s trong khoảng áp suất là  $300 \div 760$  mmHg.

Thuốc đen ống khó được ứng dụng trong đạn pháo tầm xa, ở độ cao  $5 \div 6$  km đã thấy có hiện tượng dập tắt. Có thể tăng giới hạn chiều cao đến 7,5 km bằng ngòi nổ đặc biệt (ví dụ ngòi nổ T-3), nhưng để giải quyết được vấn đề thực tế đó thì vẫn phải chuyển sang các hỗn hợp sinh ít khí.

Các hỗn hợp sinh khí đã thay thế phần lớn thuốc đen ống cháy chậm, nhưng ở nhiều nước vẫn tiếp tục sản xuất thuốc đen ống, hơn nữa còn xuất hiện thêm một số mác thuốc mới.

Mặc dù trước đây, thuốc đen thường được sử dụng làm thành phần giữ chậm có sinh khí nhưng hiện nay người ta đã loại nó ra khỏi trang bị. Nhiều cơ cấu giữ chậm của Anh được nhồi những hỗn hợp trên cơ sở tetranitrocacbazol hoặc tetranitroocxanilid cùng với chất oxi hóa. Thường dùng hơn cả là hỗn hợp SR-74 chứa 60%  $\text{BaNO}_3$  và 40% tetranitroocxanilid.

Các hỗn hợp cũ khác cũng được biết đến: SR-214 ( 60%  $\text{KNO}_3$  và 40% lactoza), RM1A1 (76%  $\text{KNO}_3$ , 10% S và 14% nhựa tổng hợp DDP 5081) và RD202 dùng cho vành giữ chậm: amoni peclorat – 74,2%, than củi – 23%, tinh bột – 2,8%.

Cách đây không lâu, công ty Pháp GIAT đưa ra hỗn hợp giữ chậm trên cơ sở  $\text{NH}_4\text{ClO}_4$  và antraxen. Ví dụ như hỗn hợp gồm 88% amoni peclorat, 7% antraxen và 5% sáp được nén vào ống đường kính 3,1 mm có tốc độ cháy  $0,94 \div 0,97$  mm/s trong khoảng nhiệt độ  $-32$  đến  $+44$  °C.

Dây cháy chậm Trung Quốc “visco-xanh” được sử dụng trong lĩnh vực pháo hoa, hỗn hợp chứa  $\text{KClO}_4$  và kali terephtalat và grafit.

Để truyền lửa trong các chi tiết pháo hoa hoặc cơ cấu hỏa thuật tự động cần sử dụng các dây cháy nhanh. Ở Nga sử dụng rộng rãi hỗn hợp chứa  $55 \div 80\%$  Ti,



24÷42%  $\text{KClO}_4$  và chất cải biến xenlulo, metyl xenlulo, cao su butadien nitryl. Trong vỏ bọc PVC, nó tốc độ cháy đạt 5 m/s. Ngoài ra còn có dây dẫn cháy mềm dẻo trên cơ sở chất cháy bột kim loại và cao su flo có tốc độ cháy từ 10 tới 100 mm/s.

Trong sáng chế của Nga, các hỗn hợp hoá thuật dẻo cháy nhanh dùng để truyền lửa chứa:  $\text{KClO}_4$  – 12%,  $\text{BaCrO}_4$  – 48%, Ti – 32%, cao su flo – 5%, amiang – 3%. Tốc độ cháy đạt 3÷4 m/s, khả năng sinh khí: 40÷50 ml/g, nhiệt lượng cháy: 3,77 MJ/kg.

Để kích hoạt thiết bị tạo sol khí dập lửa, người ta sử dụng các dây dẫn lửa không có vỏ bọc, mềm trên bề mặt có rãnh được chế tạo bằng phương pháp ép đùn. Dây này thường dựa trên cơ sở NC được hoá dẻo bằng các chất hoá dẻo mang năng lượng – nitroeste hoặc 2,4 diazido – 6 – azidoetoxi triazin đối xứng (2,4 diazide – 6 – azidoethoxy symmetric triazine) còn gọi là chất “MADA” – chất hoá dẻo họ azid, cháy ở chế độ không có ngọn lửa. Nhờ nhiệt độ bùng cháy thấp, những loại dây này còn được sử dụng làm cảm biến nhạy nhiệt để phát hiện đám cháy.

#### 1.2.6. Thành phần sinh ít khí có thời gian giữ chậm cỡ mili giây

Các hỗn hợp giữ chậm sinh ít khí phổ biến và được biết đến nhiều nhất ở hầu hết các nước thường là hỗn hợp trên cơ sở Zr hoặc Si và oxit chì để duy trì cháy trong thời gian ngắn (mili giây). Có các tính chất tốt nhất là hỗn hợp gồm 28% Zr và 72%  $\text{PbO}_2$  với tốc độ cháy vào khoảng 500 mm/s. Các nước Đông Âu sử dụng hỗn hợp 40% Zr và 60%  $\text{PbO}_2$ , tốc độ cháy của nó là khoảng 400 mm/s. Cũng hỗn hợp đó cho thêm 1÷3% NC (trên 100%) làm chất môi cháy. Zr dạng bột dễ cháy nhưng nó rất nhạy với điện tích và không an toàn trong vận chuyển. Do đó trong các thiết bị giữ chậm thời gian ngắn (mili giây) người ta sử dụng hợp kim fero-silic-crom, cũng như hợp kim fero-silic-ziconi.  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  hoặc  $\text{PbO}_2$  thường được dùng làm chất oxi hóa. Để giảm tốc độ cháy có thể cho vào hỗn hợp dưới 10%  $\text{TiO}_2$ .

Chất giữ chậm của Mỹ T2E1 duy trì được thời gian cháy 0,01 và 0,025 giây là hỗn hợp của Zr và oxit sắt, và hỗn hợp Zr/ $\text{BaCrO}_4$  duy trì được thời gian

cháy 0,12 và 0,24 giây. Ở Mỹ và Anh cũng sử dụng hỗn hợp cháy nhanh  $\text{KClO}_4$  và Mo. Khi không bị nén hỗn hợp cháy mạnh và phụt ra xỉ nóng đỏ. Để làm chậm hỗn hợp chứa Mo, cần cho thêm  $\text{BaCrO}_4$  và dưới 5% diatomit.

Các chất cháy nhanh được quan tâm nhiều là dây kim loại kép (lưỡng kim), có tên là “Pyrofuze”. Bằng sáng chế đầu tiên về chi tiết trên là ở Mỹ vào năm 1958. Pyrofuze gồm lõi nhôm và vỏ bọc làm từ Ni hoặc hợp kim của Pd với 2% Ru. Khi môi cháy bằng xung nhiệt hoặc bằng điện thì phản ứng nhiệt xảy ra nhanh đến 2800 °C và sinh ra các sản phẩm liên kết của các kim loại. Các dây kim loại kép dùng trong hệ thống cháy chậm hoạt động trong điều kiện chân không hoặc trong dải nhiệt độ rộng. Chúng có độ chính xác cao và tốc độ cháy ít phụ thuộc vào nhiệt độ. Các dây kim loại đó có đường kính  $0,0381 \pm 0,0008$  mm. Tốc độ cháy phụ thuộc vào các vật liệu sử dụng từ 240 ÷ 542 mm/s.

Thành phần và tốc độ cháy của một số loại hỏa thuật giữ chậm có thời gian cháy cỡ mili giây được trình bày trong bảng 1.2.

Bảng **Error! No text of specified style in document..2**. Hỗn hợp giữ chậm thời gian cháy cỡ mili giây

Hỗn hợp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\text{Pb}_3\text{O}_4$	50	-	-	70	54	-	-	-	50	-
CuO	-	-	-	-	-	-	88	80	-	-
$\text{KClO}_4$	-	4	11	-	-	-	-	-	-	-
$\text{BaO}_2$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40
$\text{BaCrO}_4$	-	-	-	-	-	79	-	-	-	-
$\text{BaSO}_4$	-	-	-	-	38	-	-	-	-	-
Mo	-	-	89	-	-	-	-	-	-	-
Si	45	-	-	-	7	-	12	20	-	-
Zr	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-
W	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe-Si-Cr	-	-	-	30	-	-	-	-	50	60
Chất khác	5	16	-	-	1	-	-	-	1	1
Tốc độ cháy, mm/s	65	90	635	100	45	-	-	-	-	-

### 1.2.7. Các thành phần sinh ít khí có thời gian giữ chậm cỡ vài giây

Có thể chia các thành phần sinh ít khí có thời gian giữ chậm cỡ vài giây thành một số loại khác nhau.

- $Pb_3O_4/Si$ : Hỗn hợp có giá rẻ, ổn định khi bảo quản, được chế tạo trước Thế chiến II. Ở Nga không sử dụng hỗn hợp này do có độ tin cậy thấp, sinh ra bọt hơi chì kim loại khi cháy đoạn dài. Khi kết hợp với hỗn hợp  $BaCrO_4/Bo$  có thể dùng làm môi cháy cho các hỗn hợp đó. Mật độ nhồi là  $2,8 \div 3,8 \text{ g/cm}^3$ . Tốc độ cháy trung bình khoảng  $16 \text{ mm/s}$ . Để làm chậm hỗn hợp cháy có thể dùng dưới 7% diatomit. Hỗn hợp  $Pb_3O_4/Si/Sb_2S_3$  được sử dụng ở Trung Quốc cho thời gian giữ chậm cỡ ms.

- $Se/BaO_2$ : Hỗn hợp giữ chậm với Se đã được chế tạo ở Mỹ trước Thế chiến II và được sử dụng khá rộng rãi những năm 70 của thế kỷ 20. Ví dụ như hỗn hợp gồm 84%  $BaO_2$ , 16% Se và 0,5% hoạt thạch (tính ngoài 100%) có tốc độ cháy  $11 \text{ mm/s}$  ở mật độ  $4,4 \text{ g/cm}^3$ . Do dễ nhiễm ẩm và khi cháy sinh ra xỉ dễ nóng chảy ngày nay nó chỉ được sử dụng trong dịp nổ công nghiệp ở Mỹ. Hỗn hợp giữ chậm với chalcogenid-Te đã được cấp bằng sáng chế nhưng không được sử dụng trong nhiều chi tiết. Se và Te có thể vừa là chất cháy và vừa là chất oxy hóa (trong hỗn hợp với kim loại), được sử dụng trong các hỗn hợp môi cháy chuyên dụng.

- $BaCrO_4/B$  (T-10): là các hỗn hợp sinh ít khí ổn định nhất khi bảo quản. Lượng B (bo) thực tế được sử dụng là  $3 \div 15\%$  còn tốc độ cháy thay đổi trong khoảng  $3,2 \div 70 \text{ mm/s}$ . Hỗn hợp này kém nhạy với xung va đập và xung nổ, dễ bắt cháy. Các thành phần của hỗn hợp dễ kiểm và công nghệ sản xuất đơn giản. Nhiều chuyên gia cho rằng hỗn hợp  $BaCrO_4/B$  là lựa chọn tốt nhất cho các thành phần giữ chậm duy trì trong một vài giây. Nhược điểm của nó là rất nhạy với ma sát và điện tích, cần sấy và làm kín cẩn thận do khả năng bị oxy hóa của B vô định hình trong không khí ẩm. Hỗn hợp chứa B biến tính có cấu trúc tinh thể cháy chậm hơn vài lần cho với B vô định hình. Khi cho thêm crom oxit có thể thu được các hỗn hợp tương tự. Tuy nhiên do sự phụ thuộc lớn của tốc độ cháy

vào sự thay đổi thành phần hỗn hợp, nên các hỗn hợp chứa crom oxit không được sử dụng rộng rãi.

- Mn/BaCrO<sub>4</sub>/PbCrO<sub>4</sub> (D-16): được chế tạo ngay sau Thế chiến II ở Mỹ với tên gọi là D-16 có độ tin cậy cao, các thành phần có giá thành rẻ, không quá phức tạp trong sản xuất. Nhược điểm duy nhất là cần sử dụng vỏ làm kín và sấy cẩn thận do dưới tác động của hơi ẩm quá trình ăn mòn Mn có trong hỗn hợp diễn ra khá nhanh, dẫn đến thay đổi các thông số cháy của hỗn hợp. Tốc độ cháy nằm trong khoảng 1,85÷12,5 mm/s.

- Hợp kim Zr-Ni/KClO<sub>4</sub>/BaCrO<sub>4</sub> (Z-1): hỗn hợp có dải tốc độ cháy rộng, ngoài ra chúng dễ bảo quản, dễ cháy, kém nhạy với các tác động cơ học và lượng khí sinh ra ít nhất so với các hỗn hợp sinh ít khí khác. Tính chất tốt nhất của hỗn hợp là khi sử dụng để giữ chậm một vài giây. Nó được sử dụng rộng rãi trong các phương tiện khác nhau của Mỹ, ví dụ như trong kíp nổ của lựu đạn.

Các hỗn hợp đầu tiên với Ni ở Mỹ được chế tạo đến cuối Thế chiến II, hỗn hợp chứa bột Ni và Zr được chuẩn bị riêng. Bột Zr nguy hiểm khi vận chuyển và nhạy với điện tích, còn bột Ni thì được sản xuất bằng phương pháp rất đắt tiền (bay hơi hỗn hống thủy ngân). Theo chuẩn Mỹ MIL-D-85855 (AS) từ năm 1990, các hỗn hợp có tên gọi là Z-1, chúng chứa 60% BaCrO<sub>4</sub>, 14% KClO<sub>4</sub> còn lại là hợp kim Zr-Ni 70/30 và 30/70 ở các tỷ lệ khác nhau.

- Mo/KClO<sub>4</sub>/BaCrO<sub>4</sub>: Hỗn hợp có dải thời gian giữ chậm rộng từ mili giây đến hàng chục giây. Do có nhiều nguyên nhân nên Mo trong hỗn hợp nên được ưu tiên sử dụng khi cần thời gian cháy mili giây.

- Sb/KMnO<sub>4</sub>: Hỗn hợp này với tỷ lệ 36/64 được chế tạo vào đầu những năm 30 của thế kỷ 20 và được sử dụng rộng rãi trong các chất giữ chậm có thời gian cháy 4 và 7 giây của Đức trong Thế chiến II. Tốc độ cháy được điều chỉnh bằng cách thay đổi độ phân tán của các thành phần. Hỗn hợp sử dụng với các tỷ lệ 70/30 có tốc độ cháy chậm và 46/54 có tốc độ cháy nhanh. Các hỗn hợp trên cơ sở KMnO<sub>4</sub> và Sb có tính ổn định thấp khi bảo quản và khi bị nung nóng nhưng do nguyên liệu dồi dào, dễ cháy nên vẫn được chú ý trong ngành công

nghiệp mỏ. Ví dụ như đối với hỗn hợp cháy chậm trên 150 mili giây chứa 33÷45% Sb, 55÷65%  $\text{KMnO}_4$  và 0,1÷2% Si. Hỗn hợp 60%  $\text{KMnO}_4$  và 40% Zn được dùng để môi cháy thuốc phóng “Hydrox” và an toàn với hỗn hợp khí metan.

- Các hỗn hợp sinh ít khí khác: Trong các bằng sáng chế của Mỹ những năm 60 của thế kỷ 20 xuất hiện các hỗn hợp trên cơ sở  $\text{BaCrO}_4$  và các kim loại như Cr, Nb và Ti, chúng có nhiều ưu điểm nhưng không được sử dụng rộng rãi do chứa các thành phần như Ti và Nb khan hiếm và giá thành cao.

Trong các hỗn hợp sinh ít khí sản xuất ở Nga cũng như ở các nước Đông Âu và châu Á thường sử dụng các thành phần có giá thành rẻ và không khan hiếm như fero-silic, fero-silic-crom, S và các sunfit của Sb. Chú ý rằng các hỗn hợp có chứa sunfit của Sb bị mất các tính chất khi bảo quản trong môi trường ẩm vì vậy cần làm kín tốt.

Người ta cũng thử sử dụng các hỗn hợp sinh ít khí loại tecmit. Chúng không độc và kém nhạy với các tác động bên ngoài. Nhược điểm chính của hỗn hợp là cháy kém và độ tản mát của các thông số trong các lô. Sáng chế ở Thụy Điển đã đưa ra hỗn hợp trên cơ sở đồng oxit, ví dụ hỗn hợp nén chứa 60% đồng oxit và 40% Sn cháy với tốc độ 10 mm/s. Các hỗn hợp không độc của Thụy Điển trong đó chứa  $\text{BaSO}_4$  45÷70% và Si 30÷55%, có tốc độ cháy 4,28÷7,5 mm/s. Hệ số nhiệt là 0,059 %/K.

Công ty Bofors của Thụy Điển đã chế tạo một vài hỗn hợp thân thiện môi trường sử dụng oxit Sn và Ti: B-5%, Zr-8%,  $\text{TiO}_2$ -28%,  $\text{ZnO}_2$ -58%, cao su clo-3%. Tốc độ cháy trong ống đường kính 3,5 mm là 6 mm/s. Tốc độ cháy của các hỗn hợp khác khi thay đổi tỷ lệ thành phần là 3÷20 mm/s.

Cuối những năm 80 của thế kỷ 20 ở Anh và Úc đã chế tạo được những hỗn hợp không độc trên cơ sở oxit sắt và Bo có khả năng được môi cháy trực tiếp từ môi lửa điện, tốc độ cháy của chúng cỡ 2,2÷25 mm/s.

Trong những năm gần đây các hỗn hợp sinh ít khí không độc được sử dụng trên cơ sở  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  và B. Khi thay đổi hàm lượng B từ 8% đến 3% thì tốc độ cháy

thay đổi trong khoảng 1,5÷4,2 mm/s. Người Mỹ đưa ra các nghiên cứu về hỗn hợp giữ chậm sinh ít khí không độc: Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Si; W/Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/KIO<sub>4</sub>/chất kết dính; Ti/C-3Ni/Al.

Trong bảng 1.3 đưa ra thành phần và tính chất của một số loại thuốc hỏa thuật trên cơ sở Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Si có thời gian cháy cỡ vài giây.

Bảng **Error! No text of specified style in document.**3. Các hỗn hợp giữ chậm trên cơ sở Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Si

Hỗn hợp	1	2	3	4	5	6
Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	80	85	87,5	90	87	80
Si	20	15	12,5	10	12,5	16
Keo Sellac	-	-	-	-	0,5	-
Viton A	-	-	-	-	-	4
NC, ngoài 100%	1,8	1,8	1,8	1,8	-	-
Nhiệt lượng cháy, MJ/Kg	1,4	1,37	1,34	1,07	-	-
Nhiệt độ bùng cháy, °C	671	721	713	765	-	-
Thể tích khí sinh ra, ml/g	11	10,6	15	14	-	-

### 1.3. Ứng dụng chương trình REAL trong nghiên cứu thuốc hỏa thuật cháy chậm

Năng lượng phản ứng hóa học phụ thuộc nhiều yếu tố trong đó có năng lượng liên kết của các chất trong hợp chất ban đầu, năng lượng liên kết của các chất trong sản phẩm, khối lượng các chất, tỷ lệ giữa các chất, hiệu suất của phản ứng, năng lượng hoạt hóa...

Phần mềm REAL là một ngôn ngữ lập trình hàm cấp cao vừa là một môi trường dành cho tính toán sơ bộ năng lượng trong quá trình hóa học dựa trên các thông số trên. REAL hỗ trợ rất nhiều công cụ cho phân tích dữ liệu và dự đoán sơ bộ trước khi tiến hành thí nghiệm.

---

Nhập các dữ liệu thông số về nhiệt của các hợp chất, khối lượng của các thành phần, phần mềm REAL sẽ tính toán sơ bộ các thông số kỹ thuật.

Dựa trên dữ liệu tính toán trên phần mềm REAL, nghiên cứu viên sẽ tiến hành lựa chọn và tiến hành thí nghiệm.

---

## Chương 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu tối ưu hóa thành phần tỷ lệ pha trộn giữa các chất tạo nên thuốc hỏa thuật cháy chậm dựa trên phần mềm REAL

Tiến hành thực nghiệm trên các sản phẩm theo quy trình tạo ra các mẫu thuốc hỏa thuật cháy chậm

Thử nghiệm và đo các thông số kỹ thuật khi tiến hành đo mẫu thuốc mới chế tạo

### 2.2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

#### 2.2.1. Phương pháp thu thập dữ liệu

Trên cơ sở phân tích, xác định các tài liệu cần thiết, có liên quan đến đề tài nghiên cứu. Việc thu thập, được thực hiện nhằm đưa ra các kết quả chính xác theo nội dung, mục tiêu nghiên cứu của đề tài.

#### 2.2.2. Phương pháp thực nghiệm

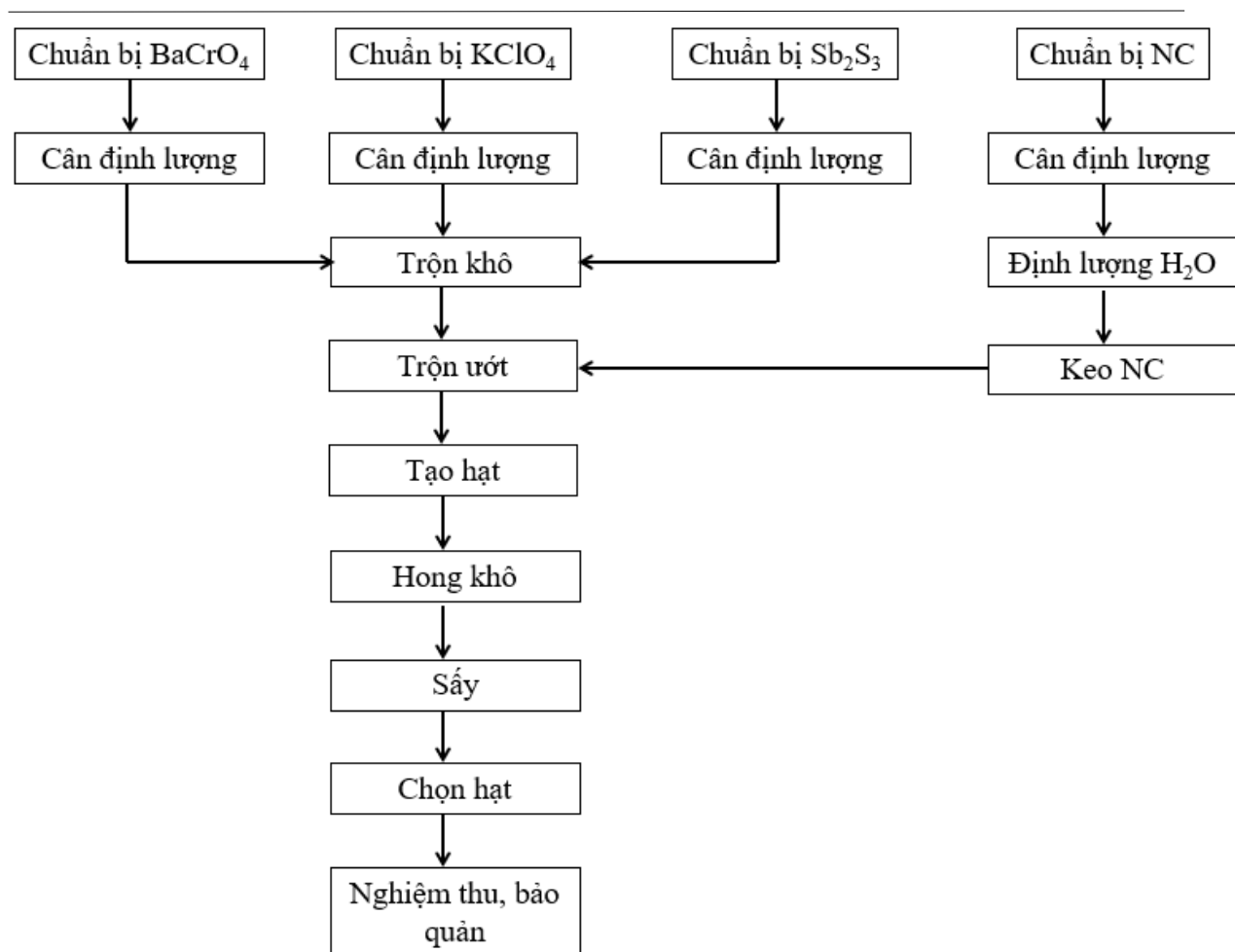
a) Thiết bị, dụng cụ, hóa chất thí nghiệm

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

- Bari cromat ( $\text{BaCrO}_4$ ), xuất xứ Việt Nam, hàm lượng  $\geq 99,0\%$ , kích thước hạt  $3 \div 10\mu\text{m}$ ;
- Chì cromat ( $\text{PbCrO}_4$ ), xuất xứ Việt Nam, hàm lượng  $\geq 99,0\%$ , kích thước hạt  $3 \div 10\mu\text{m}$ ;
- Kali peclorat ( $\text{KClO}_4$ ), Ấn Độ, hàm lượng  $\geq 99,0\%$ , kích thước hạt  $19 \div 25\mu\text{m}$ ;
- Antimon sunfua ( $\text{Sb}_2\text{S}_3$ ), Ấn Độ, hàm lượng  $\geq 99,0\%$ , cỡ hạt  $\leq 100\mu\text{m}$ ;
- Nitroxenlulozo (NC), Việt Nam, hàm lượng N  $11,8 \div 12,5\%$ .

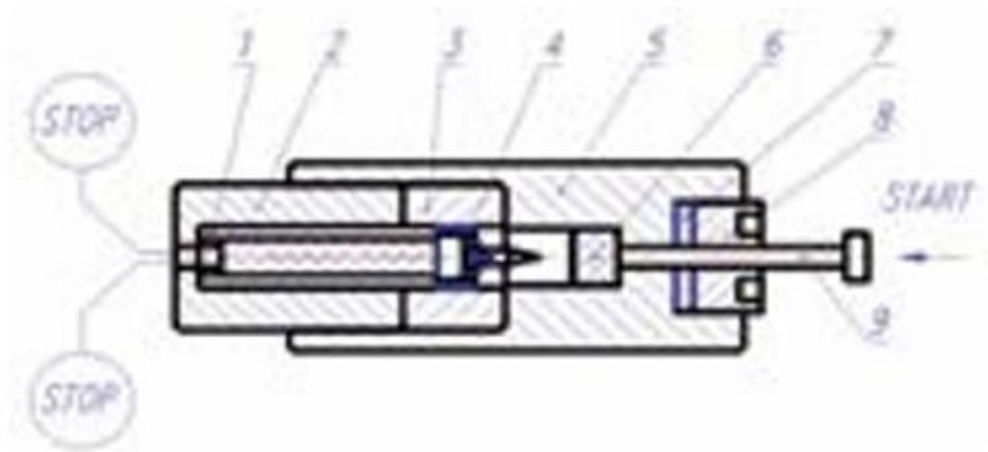
Các chất được pha trộn theo quy trình sau





Hình 2.1. Sơ đồ chế tạo mẫu thuốc hóa thuật

## Thiết bị đo tốc độ cháy



Hình 2.2. Cấu tạo của thiết bị đo tốc độ cháy.

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

b) Phương pháp tiến hành

Nghiên cứu tối ưu hóa thành phần của các chất  $Sb_2S_3$ ,  $BaCrO_4$ ,  $PbCrO_4$  và  $KClO_4$  cho thuốc hỏa thuật CC37 và CC57

Tạo 10 mẫu hỏa thuật CC37 và CC57

Thử nghiệm đo tốc độ cháy, nhiệt lượng cháy, thể tích sinh khí, nhiệt độ bùng cháy trung bình của 10 mẫu

**2.2.3. So sánh và đánh giá các thông số với thuốc hỏa thuật cũ**

Tiến hành so sánh các thông số đo tốc độ cháy, nhiệt lượng cháy, thể tích sinh khí, nhiệt độ bùng cháy trung bình của 10 mẫu với thuốc hỏa thuật MK-37-VN, MC-2-VN

Đánh giá ưu nhược điểm của thuốc hỏa thuật mới nghiên cứu với thuốc hỏa thuật MK-37-VN, MC-2-VN

### Chương 3: KẾT QUẢ VÀ BIỆN LUẬN

#### 3.1. Nghiên cứu đã lựa chọn được đơn thành phần và cỡ hạt nguyên liệu thuốc hỏa thuật như sau

Thuốc hỏa thuật	Đơn thành phần (%)			
	Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	PbCrO <sub>4</sub>	BaCrO <sub>4</sub>	KClO <sub>4</sub>
<b>Thuốc hỏa thuật cháy chậm dùng cho ngòi cao xạ 37mm</b>				
MK-37-VN	11,5 (5 ÷ 10) $\mu$ m	-	77,5 (8 ÷ 15) $\mu$ m	11,0 (10 ÷ 15) $\mu$ m
CC-37	19,0 (22 ÷ 27) $\mu$ m	-	70,5 (3 ÷ 10) $\mu$ m	10,5 (60 ÷ 65) $\mu$ m
<b>Thuốc hỏa thuật cháy chậm dùng cho ngòi cao xạ 57mm</b>				
MC-2-VN	15,0 (5 ÷ 10) $\mu$ m	80,0 (8 ÷ 15) $\mu$ m	-	5,0 (10 ÷ 15) $\mu$ m
CC-57	17,0 (22 ÷ 27) $\mu$ m	55,0 (3 ÷ 10) $\mu$ m	23,0 (3 ÷ 10) $\mu$ m	5,0 (60 ÷ 65) $\mu$ m

Bảng 3.1. Thành phần các thuốc hỏa thuật

#### 3.2. Thử nghiệm đo tốc độ cháy của các mẫu chế tạo

Thuốc hỏa thuật	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
CC-37	3,6	3,7	3,8	3,5	3,7	3,7	3,7	3,8	3,5	3,6
CC-57	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8	2,7	2,8	2,6	2,6	2,5

Bảng 3.2. Tốc độ cháy của thuốc hỏa thuật

#### 3.3. So sánh nhiệt lượng cháy, thể tích sinh khí, nhiệt độ bùng cháy của

Thuốc hỏa thuật	Nhiệt lượng cháy (kcal/kg)	Thể tích sinh khí (l/kg)	Nhiệt độ bùng cháy (°C)
<b>Hoả thuật cháy chậm cho ngòi cao xạ 37mm</b>			
MK-37-VN	260	3,0	460
CC-37	298	3,5	500
<b>Hoả thuật cháy chậm cho ngòi cao xạ 57mm</b>			
MC-2-VN	189	2,5	440
CC-57	221,2	3,0	420

Bảng 3.3. So sánh thông số kỹ thuật của thuốc hỏa thuật của thuốc mới chế tạo với thuốc cũ

#### 3.4. Biện luận

1. Các mác thuốc CC-37, CC-57 có ưu điểm là nhiệt lượng cháy cao hơn so với MK-37-VN, MC-2-VN nhưng tốc độ cháy lại tương đương, phù hợp để nén ép vào ngòi cao xạ 37mm, 57mm.

- 
2. Điểm mới của giải pháp là tăng cỡ hạt chất cháy, tăng hàm lượng chất cháy, điều chỉnh cỡ hạt nguyên liệu chất oxy hoá làm tăng nhiệt lượng cháy của hệ. Các chất oxy hoá không hút ẩm như  $\text{PbCrO}_4$ ,  $\text{BaCrO}_4$  được giảm kích thước hạt, chất oxy hoá hút ẩm thấp như  $\text{KClO}_4$  được tăng kích thước hạt sẽ hạn chế bề mặt hút ẩm nhưng vẫn duy trì khả năng bắt cháy và tốc độ cháy như mong muốn.
3. Ưu điểm của các thuốc hoá thuật CC-37, CC-57 là có khả năng cháy ổn định với nhiệt lượng cháy cao hơn, tăng khả năng môi cháy tin cậy trong mạch tư huỷ của ngòi

---

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Nguyễn Văn Tính, Trần Quang Phát. “Cơ sở hỏa thuật”, Nxb Quân đội nhân dân, 2009.
- [2]. Thuốc hỏa thuật – Phương pháp thử nghiệm đo tốc độ cháy, Viện Thuốc phóng Thuốc nổ 2016.
- [3]. ĐKKT thuốc hỏa thuật MC-2-VN, Viện Thuốc phóng Thuốc nổ 2008.
- [4]. ĐKKT thuốc hỏa thuật MK-37-VN, Viện Thuốc phóng Thuốc nổ 2013.