

## Nghiên cứu thành phần phụ gia nhạy nổ sử dụng trong thuốc nổ nhũ tương dùng cho lộ thiên

Lê Viết Tú\*, Nguyễn Trung Toàn, Đàm Quang Sang

Học viện Kỹ thuật Quân sự, 236 Hoàng Quốc Việt, Cổ Nhuế, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam.

\*Email: tutimta@gmail.com

Nhận bài: 02/3/2024; Hoàn thiện: 19/4/2024; Chấp nhận đăng: 12/6/2024; Xuất bản: 25/6/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.96.2024.99-106>

### TÓM TẮT

Thuốc nổ nhũ tương là một loại vật liệu nổ có độ nhạy khá thấp với xung nổ và thường được nhạy hóa bằng chất tạo bọt khí hoặc vi cầu thủy tinh để tăng khả năng nổ tin cậy. Tuy nhiên, các phương pháp nhạy hóa kể trên vẫn còn nhiều điểm hạn chế như độ ổn định thấp và giá thành cao. Trong nghiên cứu này, thuốc nổ nhũ tương được nhạy hóa bằng thành phần phụ gia nhạy nổ mới bao gồm:  $NH_4NO_3$ ,  $NaClO_4$ ,  $H_2O$ , dung dịch  $NaNO_2$  15%, dung dịch  $H_3PO_4$  10%. Kết quả nghiên cứu cho thấy, bổ sung mới khoảng 30 ÷ 35%  $NH_4NO_3$ , 9 ÷ 10%  $NaClO_4$  và giảm đến 40%  $NaNO_2$  so với thuốc nổ nhũ tương chỉ sử dụng thành phần phụ gia nhạy nổ gồm: dung dịch  $NaNO_2$  15% và dung dịch  $H_3PO_4$  10% không chỉ đảm bảo được các chỉ tiêu kỹ thuật theo yêu cầu mà còn giúp hạn chế được sự suy giảm độ ổn định nhạy nổ và các đặc trưng năng lượng của thuốc nổ nhũ tương theo thời gian bảo quản.

**Từ khóa:** Thuốc nổ nhũ tương; Chất nhạy hóa; Natri peclorat.

### 1. MỞ ĐẦU

Thuốc nổ nhũ tương dùng cho lộ thiên là loại vật liệu năng lượng quan trọng được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, đặc biệt là công nghiệp khai khoáng. Thuốc nổ này chủ yếu bao gồm các chất oxy hóa, nước, dầu, chất nhũ hóa và chất nhạy nổ [1]. Bản thân nhũ tương nền không có khả năng phát nổ và duy trì nổ, do đó cần phải được làm nhạy bằng phương pháp nhạy hóa vật lý hoặc hóa học phụ thuộc vào mối tương quan với loại thuốc nổ nhũ tương dạng bao gói hoặc dạng rời [2]. Phương pháp nhạy nổ hóa học có thể được thực hiện bằng các phản ứng hóa học tạo ra sản phẩm khí phân bố đều trong nhũ tương [3]. Thuốc nổ nhũ tương được nhạy nổ bằng bột khí (thông thường sử dụng natri nitrit) dạng rời và dạng bao gói hiện nay đang được sản xuất tương đối phổ biến ở Việt Nam (tại các Nhà máy của Tổng cục Công nghiệp quốc phòng) nhờ ưu điểm nguồn phụ gia dồi dào, giá thành rẻ.

Tuy nhiên, thuốc nổ nhũ tương nhạy nổ bằng bột khí hóa học tồn tại một số nhược điểm như: Đối với thuốc nổ nhũ tương dạng rời, trộn nạp trực tiếp vào lỗ khoan, đặc biệt khi sử dụng trong các môi trường khai thác quá nóng hoặc quá lạnh sẽ khó kiểm soát được độ nhạy nổ và các đặc trưng năng lượng, do sự hình thành và phát triển của bọt khí (điểm nhiệt) phụ thuộc vào nhiệt độ, làm thay đổi mật độ của thuốc nổ [4]. Đối với thuốc nổ nhũ tương dạng bao gói, sự suy giảm của hàm lượng bọt khí sẽ dẫn đến sự suy giảm nhanh về khả năng nhạy nổ và các đặc trưng năng lượng theo thời gian bảo quản. Ngoài ra, phụ gia natri nitrit nếu sử dụng với hàm lượng lớn sẽ gây ô nhiễm môi trường lao động do sinh ra các oxit nitơ.

Những hạn chế của phương pháp nhạy nổ bằng bột khí có thể khắc phục được bằng cách sử dụng vi cầu thủy tinh nhưng sẽ gây bất lợi lớn cho sản xuất thuốc nổ nhũ tương ở quy mô công nghiệp vì giá thành của vi cầu thủy tinh đắt hơn nhiều so với phụ gia hóa học.

Trên thế giới đã có một số công trình nghiên cứu nhằm khắc phục các điểm hạn chế của thuốc nổ nhũ tương nhạy nổ bằng bột khí hoá học mà không cần sử dụng vi cầu thủy tinh như: Sáng chế “Phương pháp cải tiến độ nhạy nổ của nhũ tương bằng peclorat và không khí bị chặn” năm 1979 của Charles G. Wade (Hoa Kỳ) chỉ ra rằng duy trì 3 ÷ 12% một peclorat vô cơ (thêm vào pha phân

tán) trong thành phần thuốc nổ nhũ tương giúp thuốc nổ nổ tốt ở nhiệt độ thấp và tăng thời gian bảo quản [5], nghiên cứu “Công thức chất nhạy nổ mới cho thuốc nổ nhũ tương rời với các đặc trưng năng lượng được cải thiện” năm 2022 của Bartłomiej Kramarczyk và cộng sự (Thụy Sĩ) công bố thành công đơn thành phần phụ gia nhạy nổ mới (gồm  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NaClO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaNO}_2$ , chất điều chỉnh pH và thuốc nhuộm) giúp thuốc nổ nhũ tương rời ổn định mật độ nhanh chóng sau 30 phút chế tạo và tốc độ nổ, độ nén trụ chỉ cao hơn thuốc nổ nhũ tương (có cùng nhũ tương nền gồm  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , sáp và  $\text{H}_2\text{O}$ ) chỉ sử dụng phụ gia nhạy nổ truyền thống (gồm  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , chất điều chỉnh pH và thuốc nhuộm) [4]. Tại Việt Nam, vấn đề này vẫn còn mới và chưa được chú ý. Do đó, các nghiên cứu nhằm khắc phục các điểm hạn chế của thuốc nổ nhũ tương nhạy nổ bằng bột khí hóa học hoặc vi cầu thủy tinh vừa mang ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

Nghiên cứu này tập trung vào đánh giá ảnh hưởng của thành phần phụ gia nhạy nổ mới gồm  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NaClO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dung dịch  $\text{NaNO}_2$  15%, dung dịch  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% đến các đặc trưng (mật độ, cấu trúc, tốc độ nổ, độ nén trụ chỉ, khả năng nổ lấy và độ ổn định) của thuốc nổ nhũ tương dùng cho lộ thiên dạng bao gói.

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

### 2.1. Hóa chất, vật tư

Nguyên vật liệu đầu vào (hóa chất) sử dụng trong nghiên cứu bao gồm: nhũ tương nền và thành phần phụ gia nhạy nổ trên cơ sở muối amoni nitrat, natri peclorat, natri nitrit, axit photphoric. Yêu cầu kỹ thuật của nguyên liệu đầu vào như sau:

- Nhũ tương nền do Nhà máy Z của Tổng cục Công nghiệp quốc phòng sản xuất có thành phần như trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần nhũ tương nền.

TT	Thành phần	Tỷ lệ
1	$\text{NH}_4\text{NO}_3$ tinh thể, %	71,5 ÷ 73,5
2	$\text{NaNO}_3$ , %	8 ÷ 9
3	Nước ( $\text{H}_2\text{O}$ ), %	11 ÷ 13
4	Sáp phức hợp số 1, %	6,5 ÷ 7,5

- Thành phần phụ gia nhạy nổ như sau:

+ Muối amoni nitrat xuất xứ từ Trung Quốc do Tổng công ty Công nghiệp Hóa chất mỏ - Vinacomin nhập khẩu, hạt tinh thể không màu, độ tinh khiết  $\geq 98,5\%$ .

+ Muối natri peclorat xuất xứ từ Công ty TNHH hóa chất Thành Đô Kelong (Trung Quốc), hạt tinh thể không màu, độ tinh khiết  $\geq 99,5\%$ .

+ Muối natri nitrit xuất xứ từ Công ty TNHH hóa chất Xiangyang Zedong (Trung Quốc), hạt tinh thể có màu trắng đến vàng nhạt, độ tinh khiết  $\geq 98\%$ .

+ Axit photphoric xuất xứ từ Công ty TNHH Hóa chất Mingli Quảng Tây (Trung Quốc), hàm lượng  $\geq 65\%$ .

### 2.2. Trang thiết bị, dụng cụ

- Dây chuyền sản xuất thuốc nổ nhũ tương chịu nước của Nhà máy Z/ Tổng cục Công nghiệp quốc phòng (sản xuất nhũ tương nền);

- Máy khuấy (trộn phụ gia nhạy nổ và nhũ tương nền);

- Cân phân tích 210 g, sai số  $\pm 0,0001$  g và cân kỹ thuật 15 kg, sai số  $\pm 0,5$  g;

- Thiết bị đo tốc độ nổ FO-2000 (Sec);

- Trang bị chế tạo mẫu, đo sức nén trụ chỉ, đo khoảng cách truyền nổ, đo mật độ thuốc nổ.

### 2.3. Phương pháp nghiên cứu

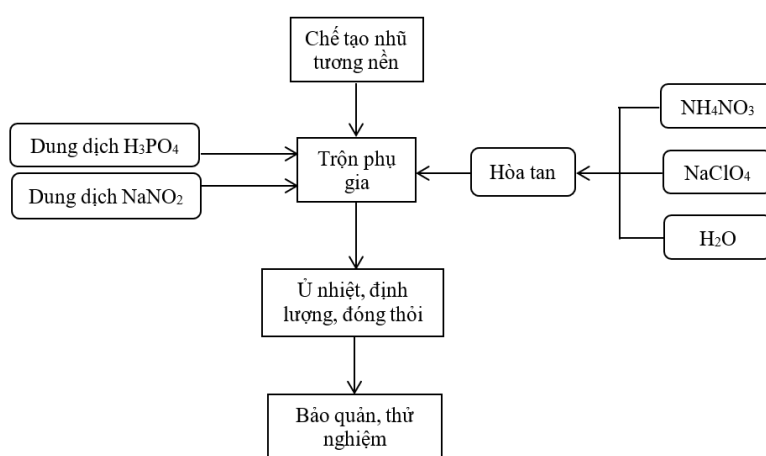
#### 2.3.1. Phương pháp chế tạo mẫu

Sơ đồ chế tạo thuốc nổ nhũ tương của Nhà máy Z và thuốc nổ nhũ tương sử dụng thành phần phụ

gia nhạy nổ mới thể hiện như hình 1. Đối với thuốc nổ nhũ tương của nhà máy Z thì không có hỗn hợp  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  và  $\text{NaClO}_4$  trong thành phần phụ gia.

Thuốc nổ nhũ tương của của Nhà máy Z và thuốc nổ nhũ tương sử dụng thành phần phụ gia nhạy nổ mới được chế tạo theo các bước sau:

- Chuẩn bị và định lượng phụ gia nhạy nổ bao gồm: dung dịch  $\text{NaNO}_2$  15%, dung dịch axit  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10%, hỗn hợp dung dịch  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  và  $\text{NaClO}_4$ .
- Chế tạo nhũ tương nền trên cơ sở pha dầu và pha phân tán ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$  và  $\text{NaNO}_3$ ).
- Tiến hành nhạy hóa: trộn phụ gia nhạy nổ với nhũ tương nền theo tỷ lệ xác định.
- Ủ nhiệt để nguội tự nhiên trong 04 giờ, sau đó định lượng và đóng gói thuốc nổ (hình 2).
- Bảo quản hoặc thử nghiệm các chỉ tiêu theo kế hoạch chuẩn bị trước.



**Hình 1.** Sơ đồ chế tạo các mẫu thuốc nổ nhũ tương.



**Hình 2.** Đóng gói các mẫu thuốc nổ nhũ tương.

### 2.3.2. Phương pháp xác định các đặc trưng của mẫu thuốc nổ

Khối lượng riêng, tốc độ nổ được xác định theo Quy chuẩn quốc gia QCVN 04:2020/BCT của Bộ Công thương về thuốc nổ nhũ tương dùng cho lộ thiên [6].

Khoảng cách truyền nổ được xác định theo Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6425:1998 Vật liệu nổ công nghiệp - Xác định khoảng cách truyền nổ [7].

Sức nén trụ chì được xác định theo Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6421:1998 Vật liệu nổ công nghiệp - Xác định khả năng sinh công bằng cách đo sức nén trụ chì [8].

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Nghiên cứu, tính toán, thiết kế đơn thành phần phụ gia nhạy nổ

#### 3.1.1. Cơ sở lựa chọn thành phần phụ gia nhạy nổ

Trên cơ sở nghiên cứu các công bố quốc tế [4, 9, 10] và thực tế sản xuất thuốc nổ nhũ tương tại các Nhà máy Z, nhóm tác giả đã lựa chọn thành phần phụ gia nhạy nổ mới gồm:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NaClO}_4$ ,

H<sub>2</sub>O, dung dịch NaNO<sub>2</sub>, dung dịch H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, do hỗn hợp này có nhiều ưu điểm hơn thành phần phụ gia nhạy nổ truyền thống của các Nhà máy Z (chỉ gồm dung dịch dung dịch NaNO<sub>2</sub> và dung dịch H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) như: giúp thuốc nổ nhũ tương dạng rời ổn định mật độ nhanh chóng phục vụ khai thác ngay sau chế tạo, hạn chế được hàm lượng khí oxit nitơ tạo môi trường làm việc an toàn hơn,...

Thành phần phụ gia nhạy nổ mới tạo ra các “điểm nhiệt” nhạy nổ không chỉ dựa vào phản ứng tạo bọt khí giữa NaNO<sub>2</sub> và NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> hoặc H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> mà còn có thể có phản ứng tạo tinh thể NH<sub>4</sub>ClO<sub>4</sub> (dựa trên độ tan thấp hơn khoảng 10 lần so với NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> và NaClO<sub>4</sub>) giữa NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> và NaClO<sub>4</sub>, là “điểm nhiệt” bổ sung cho lượng bọt khí nhất định bị mất đi theo thời gian bảo quản của thuốc nổ [4].

### 3.1.2. Xây dựng đơn thành phần phụ gia nhạy nổ

Qua nghiên cứu thành phần phụ gia nhạy nổ thuộc công trình nghiên cứu “Công thức chất nhạy nổ mới cho thuốc nổ nhũ tương rời với các đặc trưng năng lượng được cải thiện” năm 2022 của Bartlomiej Kramarczyk và cộng sự (gồm 30 ÷ 47% NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, 4 ÷ 8% NaClO<sub>4</sub>, 41 ÷ 61,6% H<sub>2</sub>O, 3 ÷ 3,3% NaNO<sub>2</sub>, 0,7 ÷ 1,5% chất điều chỉnh pH và thuốc nhuộm) và của các Nhà máy Z (gồm 69% dung dịch NaNO<sub>2</sub> 15% và 31% dung dịch H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10%), nhóm tác giả đã xây dựng được 05 đơn thành phần phụ gia nhạy nổ mới khác nhau với hàm lượng các chất thể hiện trong bảng 1.

**Bảng 2.** Kết quả xây dựng các đơn thành phần phụ gia nhạy nổ.

TT	Thành phần	TNA	TNB	TNC	TN1	TN2
1	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> tinh thể, %	30 ÷ 35	30 ÷ 35	30 ÷ 35	30 ÷ 35	30 ÷ 35
2	NaClO <sub>4</sub> tinh thể, %	1,5 ÷ 2,5	1,5 ÷ 2,5	9 ÷ 10	9 ÷ 10	9 ÷ 10
3	H <sub>2</sub> O, %	50 ÷ 55	45 ÷ 50	45 ÷ 50	40 ÷ 45	40 ÷ 45
4	NaNO <sub>2</sub> 15%, %	12 ÷ 14	12 ÷ 14	3 ÷ 5	7,5 ÷ 8	10 ÷ 10,5
5	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 10%, %	-	-	5,5 ÷ 6	5,5 ÷ 6	5,5 ÷ 6

Các mẫu thuốc nổ sử dụng các đơn thành phần phụ gia nhạy nổ theo bảng 1 được dự đoán đặc trưng năng lượng bằng chương trình DETO 2.0 do PGS, TS Đàm Quang Sang (Học viện Kỹ thuật quân sự) lập trình cho kết quả đạt yêu cầu kỹ thuật khi so sánh với các chỉ tiêu của Quy chuẩn quốc gia QCVN 04:2020/BCT.

### 3.2. Thử nghiệm lựa chọn đơn thành phần phụ gia nhạy nổ

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành thử nghiệm cả 05 thành phần phụ gia nhạy nổ được xác định ở mục 3.1.2. Tuy nhiên, qua các khảo sát sơ bộ các mẫu thuốc nổ thử nghiệm sử dụng thành phần phụ gia nhạy nổ TNA, TNB, TNC không đạt yêu cầu kỹ thuật. Vì vậy, bài báo chỉ đề cập đến hai thành phần phụ gia nhạy nổ mới là TN1 và TN2, ký hiệu các mẫu thuốc nổ sử dụng hai đơn thành phần này cũng tương ứng là TN1 và TN2. Các đặc trưng của hai mẫu thuốc nổ này sẽ được so sánh với mẫu thuốc nổ TNZ - thuốc nổ nhũ tương dùng cho lộ thiên chỉ nhạy nổ hoàn toàn bằng phụ gia tạo bọt khí được sản xuất tại Nhà máy Z của Tổng cục Công nghiệp quốc phòng.

Cả 03 loại thuốc nổ TNZ, TN1 và TN2 đều sử dụng cùng loại nhũ tương nên có thành phần như trong bảng 1.

Thành phần phụ gia nhạy nổ mới của các mẫu thuốc nổ thử nghiệm đạt yêu cầu kỹ thuật được thể hiện như trong bảng 3.

**Bảng 3.** Các thành phần phụ gia nhạy nổ đạt yêu cầu kỹ thuật.

TT	Thành phần	TNZ	TN1	TN2
1	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> tinh thể, %	-	30 ÷ 35	30 ÷ 35
2	NaClO <sub>4</sub> tinh thể, %	-	9 ÷ 10	9 ÷ 10
3	H <sub>2</sub> O, %	-	40 ÷ 45	40 ÷ 45
4	NaNO <sub>2</sub> 15%, %	69	7,5 ÷ 8	10 ÷ 10,5
5	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 10%, %	31	5,5 ÷ 6	5,5 ÷ 6

Các mẫu thuốc nổ TN1, TN2 chứa hàm lượng chất hóa học ( $\text{NaNO}_2$ ) tạo bọt khí lần lượt bằng khoảng 60% và 80% so với mẫu thuốc nổ TNZ, đồng thời còn được bổ sung thêm các phụ gia nhạy nổ khác gồm muối amoni nitrat và natri peclorat.

### **3.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của đơn thành phần phụ gia nhạy nổ đến các đặc trưng của thuốc nổ nhũ tương**

#### *3.3.1. Ảnh hưởng của thành phần phụ gia nhạy nổ đến mật độ*

Mật độ của thuốc nổ nhũ tương là thông số rất quan trọng, ảnh hưởng đáng kể đến giá trị của các thông số khác như: khoảng cách truyền nổ, sức nén trụ chì và tốc độ nổ [11].

Sau khi ủ nhiệt để nguội tự nhiên trong 04 giờ, mật độ của các thỏi thuốc nổ đã cơ bản ổn định, kết quả xác định mật độ của các mẫu thuốc nổ thử nghiệm được thể hiện trong bảng 4.

**Bảng 4.** Mật độ của các mẫu thuốc nổ nhũ tương.

TT	Tên mẫu	Mật độ ( $\text{g/cm}^3$ )
1	TNZ	1,17
2	TN1	1,21
3	TN2	1,18

Từ bảng số liệu cho thấy:

Theo Quy chuẩn quốc gia QCVN 04:2020/BCT mật độ của thuốc nổ nhũ tương chịu nước dùng cho lộ thiên yêu cầu trong khoảng  $1,05 \div 1,30 \text{ g/cm}^3$  [6]. Do đó, mật độ của các mẫu thuốc nổ trên đều đạt yêu cầu kỹ thuật.

Qua xem xét thành phần của các mẫu thuốc nổ nhũ tương có thể thấy rằng, hàm lượng amoni nitrat và natri peclorat (dạng dung dịch) có trong phụ gia nhạy nổ mới sẽ gần như không làm ảnh hưởng đến mật độ của thỏi thuốc nổ do khối lượng quá ít so với nhũ tương nền, mật độ sẽ chủ yếu phụ thuộc vào hàm lượng chất tạo bọt khí (natri nitrit). Thuốc nổ nhũ tương có hàm lượng natri nitrit càng cao thì lượng bọt khí sinh ra càng nhiều, dẫn đến mật độ càng thấp.

Mật độ của các mẫu thuốc nổ TN1, TN2 đều cao hơn mẫu TNZ do hàm lượng chất tạo bọt khí trong các mẫu thuốc nổ TN1, TN2 thấp hơn so với mẫu thuốc nổ TNZ.

#### *3.3.2. Ảnh hưởng của thành phần phụ gia nhạy nổ đến sức nén trụ chì*

Sức nén trụ chì phản ánh tác dụng đập vụn của thuốc nổ, phụ thuộc trực tiếp vào mật độ và tốc độ nổ của thuốc nổ, ngoài ra còn phụ thuộc vào chất lượng chì, khe hở giữa đáy ống giấy của khối thuốc nổ và đĩa thép [11]. Kết quả đo sức nén trụ chì thể hiện ở bảng 5.

**Bảng 5.** Sức nén trụ chì của các mẫu thuốc nổ thời điểm sau chế tạo.

TT	Tên mẫu	Mật độ ( $\text{g/cm}^3$ )	Sức nén trụ chì (mm)
1	TNZ	1,17	18,3
2	TN1	1,21	15,4
3	TN2	1,18	16,8

Từ bảng số liệu cho thấy:

Quy chuẩn quốc gia QCVN 04:2020/BCT yêu cầu độ nén trụ chì của mẫu thuốc nổ nhũ tương dùng cho lộ thiên  $\geq 14 \text{ mm}$  [6]. Như vậy, các mẫu thuốc nổ TNZ, TN1, TN2 có độ nén trụ chì đạt yêu cầu kỹ thuật.

Về mặt năng lượng, hàm lượng amoni nitrat và natri peclorat có trong thành phần phụ gia nhạy nổ của các mẫu TN1, TN2 với khối lượng khá thấp so với nhũ tương nền sẽ không ảnh hưởng đáng kể đến sức nén trụ chì của thuốc nổ. Hàm lượng natri nitrit tạo bọt khí trong các mẫu thuốc nổ sẽ gần như quyết định việc khai thác mức độ phản ứng giữa các cấu tử để sinh ra năng lượng nổ tương ứng, qua đó quyết định sức nén trụ chì của các mẫu thuốc nổ ngay sau thời điểm chế tạo.

Về mặt lý thuyết, thời thuốc nổ có mật độ cao sẽ có năng lượng nổ lớn hơn, tương ứng sức nén trụ chì cũng lớn hơn nhưng trong bảng 5 số liệu đang thể hiện quy luật ngược lại do các mẫu thuốc nổ có mật độ thấp (có hàm lượng chất tạo bọt khí cao, sinh ra nhiều “điểm nhiệt”) nổ tốt hơn và tạo ra năng lượng lớn hơn các mẫu thuốc có mật độ cao (hàm lượng chất tạo bọt khí thấp).

Từ những kết quả trên cho thấy rằng có thể chỉ cần duy trì hàm lượng chất tạo bọt khí trong các mẫu thuốc nổ TN1, TN2 khoảng  $\geq 60\%$  so với hàm lượng chất tạo bọt khí có trong thuốc nổ TNZ hiện hành thì chỉ tiêu sức nén trụ chì sau thời điểm chế tạo đã có thể đảm bảo.

### 3.3.3. Ảnh hưởng của thành phần phụ gia nhạy nổ đến khoảng cách truyền nổ

Khoảng cách truyền nổ phản ánh độ mạnh về mặt năng lượng nổ được tạo ra từ thời thuốc nổ chủ động và độ nhạy nổ của thời thuốc nổ bị động. Nếu cả thời thuốc nổ chủ động và bị động sử dụng cùng một loại thuốc nổ thì khoảng cách truyền nổ phản ánh độ mạnh, khả năng nổ ổn định và độ nhạy của loại thuốc nổ đó. Kết quả xác định khoảng cách truyền nổ thể hiện trong bảng 6.

**Bảng 6.** Khoảng cách truyền nổ của các mẫu thuốc nổ.

TT	Tên mẫu	Mật độ (g/cm <sup>3</sup> )	Khoảng cách truyền nổ lớn nhất ngay sau chế tạo (cm)	Khoảng cách truyền nổ lớn nhất sau 06 tháng (cm)
1	TNZ	1,17	6	4
2	TN1	1,21	4	4
3	TN2	1,18	5	4

Từ bảng số liệu cho thấy:

Theo Quy chuẩn quốc gia QCVN 04:2020/BCT khoảng cách truyền nổ lớn nhất mà thuốc nổ nhũ tương dùng cho lộ thiên cần đạt được là  $\geq 4$  cm [6]. Vì vậy, các mẫu thuốc nổ TNZ, TN1, TN2 có khoảng cách truyền nổ sau chế tạo và sau 06 tháng bảo quản đều đạt yêu cầu kỹ thuật.

Về mặt năng lượng, tương tự độ nén trụ chì, thời điểm ngay sau chế tạo hàm lượng amoni nitrat và natri peclorat có trong thành phần phụ gia nhạy nổ của thuốc nổ TN1, TN2 không ảnh hưởng đáng kể đến khoảng cách truyền nổ. Hàm lượng natri nitrit tạo bọt khí trong các mẫu thuốc nổ nhũ tương thông qua việc khai thác mức độ phản ứng giữa các cấu tử sẽ quyết định khoảng cách truyền nổ.

Thời điểm sau 06 tháng bảo quản khoảng cách truyền nổ của thuốc nổ TN1 có xu hướng giữ nguyên (không suy giảm), thuốc nổ TN2 chỉ giảm (01 cm) ít hơn so với thuốc nổ TNZ (giảm 02 cm), chứng tỏ sự kết tinh lại của các muối peclorat (đặc biệt là amoni peclorat) đã có vai trò tạo “điểm nhiệt” bổ sung hiệu quả, giúp thời thuốc nổ chủ động có sức nổ phá tốt hơn và thời thuốc nổ bị động có độ nhạy nổ với xung nổ tốt hơn khi một lượng bọt khí nhất định bị biến mất theo thời gian.

Từ những kết quả trên cho thấy rằng: Có thể chỉ cần duy trì hàm lượng chất tạo bọt khí trong các mẫu thuốc nổ TN1, TN2 khoảng  $\geq 60\%$  so với hàm lượng chất tạo bọt khí có trong mẫu thuốc nổ TNZ nguyên gốc, kết hợp với hàm lượng muối amoni nitrat và natri peclorat như trong các mẫu thuốc nổ này thì chỉ tiêu khoảng cách truyền nổ của thuốc nổ sau chế tạo và trong suốt thời gian bảo quản đã có thể đảm bảo theo yêu cầu kỹ thuật và ít bị suy giảm.

### 3.3.4. Ảnh hưởng của thành phần phụ gia nhạy nổ đến tốc độ nổ

Độ lớn của tốc độ nổ được quyết định chủ yếu bởi nhiệt lượng nổ cũng như mật độ thuốc nổ và thành phần sản phẩm nổ [11]. Kết quả xác định tốc độ nổ được thể hiện trong bảng 7.

**Bảng 7.** Tốc độ nổ trung bình của các mẫu thuốc nổ.

TT	Tên mẫu	Mật độ (g/cm <sup>3</sup> )	Tốc độ nổ trung bình ngay sau chế tạo (m/s)	Tốc độ nổ trung bình sau 06 tháng bảo quản (m/s)
1	TNZ	1,17	5268	4468
2	TN1	1,21	4272	4194
3	TN2	1,18	4578	4293

Từ bảng số liệu cho thấy:

Quy chuẩn quốc gia QCVN 04:2020/BCT yêu cầu tốc độ nổ cần đạt được của thuốc nổ nhũ tương dùng cho lộ thiên  $\geq 3800$  m/s [6]. Như vậy, tốc độ nổ của các mẫu thuốc nổ TNZ, TN1, TN2 ngay sau chế tạo và sau 06 tháng bảo quản đều đạt yêu cầu kỹ thuật.

Về mặt năng lượng, tương tự độ nén trụ chì và khoảng cách truyền nổ, thời điểm ngay sau chế tạo hàm lượng amoni nitrat và natri peclorat có trong thành phần phụ gia nhạy nổ của thuốc nổ TN1, TN2 không ảnh hưởng đáng kể đến tốc độ nổ của thuốc nổ. Hàm lượng natri nitrit tạo bọt khí thông qua việc khai thác mức độ phản ứng của các cấu tử sẽ quyết định đến tốc độ nổ.

Thời điểm sau 06 tháng bảo quản tốc độ nổ của thuốc nổ TN1, TN2 có xu hướng giảm nhẹ (lần lượt là 78 m/s và 285 m/s) ít hơn nhiều so với thuốc nổ TNZ (giảm 800 m/s), chứng tỏ sự kết tinh lại của các muối peclorat (đặc biệt là amoni peclorat) đã có vai trò tạo “điểm nhiệt” bổ sung hiệu quả, giúp thời thuốc nổ duy trì tốc độ nổ tốt hơn thuốc nổ TNZ khi một lượng bọt khí nhất định bị biến mất theo thời gian [4].

Từ những kết quả trên cho thấy rằng: Có thể chỉ cần duy trì hàm lượng chất tạo bọt khí trong các mẫu thuốc nổ TN1, TN2 khoảng  $\geq 60\%$  so với hàm lượng chất tạo bọt khí có trong mẫu thuốc nổ TNZ nguyên gốc, kết hợp với hàm lượng muối amoni nitrat và natri peclorat như trong các mẫu thuốc nổ này thì chỉ tiêu tốc độ nổ của thuốc nổ sau chế tạo và trong suốt thời gian bảo quản đã có thể đảm bảo theo yêu cầu kỹ thuật và ít bị suy giảm hơn nhiều.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã khảo sát ảnh hưởng của thành phần phụ gia nhạy nổ mới đến các chỉ tiêu của các mẫu thuốc nổ nhũ tương dùng cho lộ thiên dạng bao gói như: mật độ, độ nén trụ chì, khoảng cách truyền nổ và tốc độ nổ. Các nghiên cứu chỉ ra rằng trong thành phần phụ gia nhạy nổ mới chỉ cần bổ sung mới khoảng  $30 \div 35\%$   $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $9 \div 10\%$   $\text{NaClO}_4$  và giảm đến  $40\%$   $\text{NaNO}_2$  so với thuốc nổ nhũ tương chỉ sử dụng thành phần phụ gia nhạy nổ gồm: dung dịch  $\text{NaNO}_2$  15% và dung dịch  $\text{H}_3\text{PO}_4$  10% không chỉ đảm bảo được các chỉ tiêu kỹ thuật theo quy định mà còn hạn chế được sự suy giảm nhanh của độ nhạy nổ và các đặc trưng năng lượng của thuốc nổ nhũ tương theo thời gian bảo quản, giúp nâng suất và chất lượng sản phẩm trong các lần khai thác ổn định hơn. Đồng thời, thuốc nổ sử dụng thành phần phụ gia nhạy nổ mới còn tạo ra môi trường lao động an toàn hơn do hạn chế được hàm lượng oxit nitơ sinh ra từ  $\text{NaNO}_2$ . Ngoài ra, những kết quả của nghiên cứu này sẽ đặt tiền đề quan trọng cho nhóm tác giả trong việc triển khai nghiên cứu ứng dụng thành phần phụ gia nhạy nổ mới cho thuốc nổ nhũ tương dạng rời, nhờ nạp trực tiếp số lượng lớn thuốc nổ vào lỗ khoan nhờ sự ổn định nhanh chóng của mật độ ngay sau chế tạo, giúp kiểm soát độ nhạy và các đặc trưng năng lượng tốt hơn [4].

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. E. G Mahadevan, “*Emulsion Explosives. In: Ammonium nitrate explosives for civil applications: slurries, emulsions and ammonium nitrate fuel oils*”, Wiley, Weinheim, ISBN 978-3-527-33028-7, (2013).
- [2]. Bartłomiej Kramarczyk, et al, “*Emulsion Explosives: A tutorial review and highlight of recent progress*”, **Vol. 15**, No. 14, pp. 4952, (2022).
- [3]. Katende Jonathan Kabamba, “*Development of two-component gassing system to sensitize explosive emulsions*”, MEng. dissertation, Cape Peninsula University of Technology, (2019).
- [4]. Bartłomiej Kramarczyk, et al, “*Novel sensitizing agent formulation for bulk emulsion explosives with improved energetic parameters*”. *Materials* 2022, **Vol. 15**, No.3, pp. 900, (2022).
- [5]. Charles G Wade, “*Cap sensitive emulsions containing perchlorates and occluded air and method*”, United States patent and trademark Office, Patent No. 4149916, (1979).
- [6]. QCVN 04:2020, “*Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về thuốc nổ nhũ tương dùng cho lộ thiên*”, Bộ Công thương, (2020).

- 
- [7]. TCVN 6425:1998, “Tiêu chuẩn quốc gia về Vật liệu nổ công nghiệp – Khoảng cách truyền nổ”, Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [8]. TCVN 6421:1998, “Tiêu chuẩn quốc gia về Vật liệu nổ công nghiệp – Xác định khả năng sinh công bằng cách đo sức nén trụ chỉ”, Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [9]. Bartłomiej Kramarczyk, et al, "Study of the influence of sensitizer content on the density of a bulk emulsion explosive used in underground operations ", Central European journal of energetic materials, **Vol. 18**, No.4, (2021).
- [10]. Tyler, Taylor, et al, "Emulsion explosive ", World intellectual property organization international bureau, International publication number WO 2008/026124 A2, (2008).
- [11]. Ngô Văn Giao, "Lý thuyết, tính chất và công nghệ sản xuất thuốc nổ công nghiệp", Nhà xuất bản Quân đội nhân dân, tr. 22, 61, 135-137, (2007).

### ABSTRACT

#### Research on sensitizing agent formulation for emulsion explosives using in open-cast

*Emulsion explosives are low-sensitivity explosive materials that are often sensitized with gas-forming agents or glass microspheres to increase their reliable detonation ability. However, the above sensitization methods still have many limitations, such as low stability and high cost. In this study, emulsion explosives were sensitized with a new sensitive additive component, including  $NH_4NO_3$ ,  $NaClO_4$ ,  $H_2O$ , solution of  $NaNO_2$  15%, and solution of  $H_3PO_4$  10%. The research results showed that adding about 30 ÷ 35%  $NH_4NO_3$ , 9 ÷ 10%  $NaClO_4$ , and reducing up to 40%  $NaNO_2$  compared to emulsion explosives using only sensitive additive components including solution of  $NaNO_2$  15% and solution of  $H_3PO_4$  10% not only ensured the technical requirements but also helped to limit the decrease in sensitivity and energy characteristics of emulsion explosives over time of storage.*

**Keywords:** Emulsion explosives; Chemical sensitizers; Sodium perchlorate.