

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BỘT NHÔM ĐẾN MỘT SỐ TÍNH CHẤT CỦA THUỐC NỔ NHŨ TƯƠNG

NGUYỄN VĂN TÍNH, ĐÀM QUANG SANG

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, thuốc nổ nhũ tương được ứng dụng rộng rãi trong công tác nổ nhờ tính ưu việt như có độ an toàn, khả năng chịu nước và đặc trưng năng lượng khá cao, giá thành rẻ và sạch về môi trường. Một trong những hướng nghiên cứu chính thuộc lĩnh vực này là chế tạo thuốc nổ nhũ tương có đặc trưng năng lượng cao hơn, đáp ứng được yêu cầu cần phá hủy các loại đất đá có độ cứng cao. Đã có những công trình nghiên cứu chế tạo thuốc nổ nhũ tương năng lượng cao như sử dụng  $MgH_2$  làm phụ gia tăng nhạy và tốc độ nổ [4], song bột nhôm vẫn được áp dụng với vai trò là phụ gia năng lượng chính cho thuốc nổ nói chung và thuốc nổ nhũ tương nói riêng.

Ở trong nước, mặc dù công nghệ chế tạo thuốc nổ nhũ tương đã được phát triển khá lâu ở các doanh nghiệp trong và ngoài Quân đội, tuy nhiên các nghiên cứu có hệ thống về thuốc nổ nhũ tương chứa bột nhôm vẫn còn rất hạn chế. Nội dung bài báo này sẽ giới thiệu một số kết quả nghiên cứu bước đầu về ảnh hưởng của bột nhôm đến tính chất của thuốc nổ nhũ tương như tốc độ nổ, nhiệt lượng nổ, thể tích sản phẩm khí, khả năng chịu nước... góp phần làm sáng tỏ vai trò của bột nhôm trong thuốc nổ và giúp các nhà nghiên cứu, người sản xuất có cơ sở khoa học để lựa chọn và sử dụng một cách hiệu quả hơn.

## 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là thuốc nổ nhũ tương chứa phụ gia bột nhôm có hàm lượng từ 4,0% đến 10% và kích thước hạt dao động trong khoảng từ 0,038 mm đến 0,15 mm.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Phương pháp chế tạo mẫu thuốc nổ nhũ tương

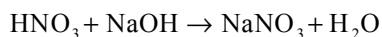
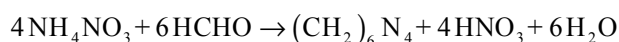
Cân 175 g  $NH_4NO_3$  và 27,5g  $NaNO_3$  với độ chính xác  $10^{-2}$  g cho vào cốc thủy tinh chịu nhiệt 250 ml, sau đó bổ sung 30 ml nước cất, tiến hành gia nhiệt đến nhiệt độ  $90^\circ C$  trên bếp cách thủy và khuấy đều đảm bảo hòa tan hết tạo pha nước có dạng dung dịch trong suốt. Pha dầu được chuẩn bị bằng cách cân 10,75 g sáp phức hợp, 3,0 g dầu LPE và 3,75 g chất nhũ hóa span-80, sau đó gia nhiệt trên bếp cách thủy đến nhiệt độ  $85^\circ C$  và khuấy đảm bảo nhận được hỗn hợp đồng nhất. Khi 2 pha chuẩn bị xong, tiến hành cho từ từ pha nước vào trong pha dầu, tăng đều tốc độ khuấy lên 1500 vòng/phút và duy trì nhiệt độ ở  $90^\circ C$  trong khoảng 5 phút. Sau đó nhũ tương được để nguội tới nhiệt độ khoảng  $60^\circ C$  thì tiến hành trộn phụ gia bột nhôm và chất nhạy hóa (vi cầu thủy tinh hoặc dung dịch muối  $NaNO_2$  có nồng độ 0,3%).

### 2.2.2. Phương pháp đánh giá sự thoát khí của thuốc nổ nhũ tương nhạy hóa bằng bột khí

Cân khoảng 30,0 g thuốc nổ nhũ tương trên cân phân tích điện tử có độ chính xác  $10^{-4}$  g, sau đó nhồi vào ống nhựa PVC đường kính trong 32 mm, dài 30 mm ( $\rho=1,12 \text{ g/cm}^3$ ). Tiến hành bảo quản liều nổ trong bình hút ẩm ở nhiệt độ thường và theo dõi sự thay đổi khối lượng liều nổ trước và sau bảo quản trong khoảng thời gian nhất định để xác định lượng khí thoát ra.

### 2.2.3. Đánh giá khả năng chịu nước của thuốc nổ nhũ tương

Khả năng chịu nước của thuốc nổ nhũ tương được đánh giá bằng lượng muối amoni nitrat tách ra khi ngâm mẫu trong nước. Lượng muối amoni nitrat tan trong nước được xác định bằng phương pháp chuẩn độ theo phương trình phản ứng:



Cân khoảng 10,0 gam thuốc nổ nhũ tương cho vào cốc 500 ml, sau đó rót 400 ml nước cất, để yên và ngâm trong điều kiện nhiệt độ khác nhau. Sau một thời gian xác định dùng pipet lấy 25 ml dung dịch ngâm cho vào bình tam giác 250 ml, đồng thời bổ sung 10 ml dung dịch HCHO 0,1 N và 2 giọt chất thử phenolphthalein lắc đều. Tiến hành chuẩn độ dung dịch này bằng dung dịch NaOH 0,1 N cho đến khi chuyển sang màu hồng nhạt.

Lượng amoni nitrat tách ra được tính bằng công thức:

$$m = V \times N \times M \times 10^{-3}, g$$

Trong đó: m - khối lượng  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tách ra trong 25 ml dung dịch, g;

V - thể tích dung dịch NaOH tiêu tốn trong quá trình chuẩn độ, ml;

M - khối lượng phân tử của  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;

N - nồng độ đương lượng mol của dung dịch NaOH

### 2.2.4. Phương pháp đo tốc độ nổ trên thiết bị EXPLOMET FO-2000

Cân khoảng 300 g thuốc nổ nhũ tương, sau đó nhồi vào ống nhựa PVC đường kính trong 32 mm, dài 320 mm tại hai đầu thổi thuốc có dùi hai lỗ nhỏ cách nhau 250 mm để cắm đầu cáp truyền quang của thiết bị EXPLOMET FO-2000.

Tiến hành kích nổ liều nổ bằng kíp nổ điện số 8, ghi lại giá trị thời gian di chuyển của sóng nổ giữa hai đầu cắm dây rồi tính tốc độ nổ trung bình của thuốc nổ.

### 2.2.5. Phương pháp dự đoán các thông số nổ của thuốc nổ nhũ tương

Sử dụng phần mềm DETO 1.0 [1] để tính toán các thông số nổ của thuốc nổ nhũ tương bao gồm: Tốc độ nổ lý tưởng, áp suất và nhiệt độ trên mặt sóng nổ, thể tích sản phẩm khí, nhiệt lượng nổ.

## 2.3. Dụng cụ và hóa chất thí nghiệm

### 2.3.1. Dụng cụ thí nghiệm

Máy khuấy cơ tạo nhũ IKEA (tốc độ khuấy tối đa 2000 vòng/phút), bình ổn nhiệt, cân phân tích điện tử độ chính xác  $10^{-4}$  g, bếp điện, buret 50 ml, pipet 25 ml, bình tam giác 250 ml, 500 ml, cốc thủy tinh 100 ml, 250 ml, 500 ml, ống đong 100ml, 250 ml, tủ sấy, bình hút ẩm, nhiệt kế và thiết bị đo tốc độ nổ EXPLOMET FO-2000.

### 2.3.2. Hóa chất thí nghiệm

Muối tinh thể  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (độ tinh khiết  $\geq 99,0\%$ , Việt Nam),  $\text{NaNO}_3$  (độ tinh khiết  $\geq 99,0\%$ , Trung Quốc),  $\text{NaNO}_2$  0,3%, dung dịch NaOH 0,1N, HCl 0,1N, HCHO 0,1N, phenolphthalein, sáp (nhiệt độ nóng chảy  $58^\circ\text{C}$ , độ nhớt 11 cSt ở  $100^\circ\text{C}$ , Trung Quốc), dầu khoáng LPE (độ nhớt 72 cSt ở  $100^\circ\text{C}$ , Trung Quốc), Span-80 (độ nhớt 270 cSt ở  $100^\circ\text{C}$ , trị số axit 8 mgKH/g, Trung Quốc), vi cầu thủy tinh (mật độ  $0,13 \text{ g/cm}^3$ , kích thước  $65 \div 75 \text{ }\mu\text{m}$ , Hàn Quốc) và bột nhôm (độ tinh khiết 95%, mật độ  $1,55 \text{ g/cm}^3$ , Hàn Quốc).

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

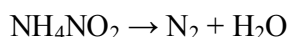
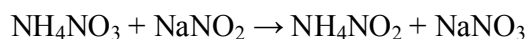
### 3.1. Ảnh hưởng của bột nhôm tới sự thoát khí của thuốc nổ nhũ tương được nhậy hóa bằng bột khí

Hiện tại, các nhà máy sản xuất thuốc nổ nhũ tương ở nước ta sử dụng phổ biến tác nhân nhậy hóa là chất tạo bột  $\text{NaNO}_2$  sẵn có và rẻ tiền. Tuy nhiên, khi bổ sung thêm phụ gia bột nhôm cần phải nghiên cứu ảnh hưởng của bột nhôm đến độ bền của bột khí trong hệ nhũ. Nhóm tác giả đã tiến hành thí nghiệm theo dõi sự thoát khí của 2 mẫu thuốc nổ nhũ tương có thành phần như sau:

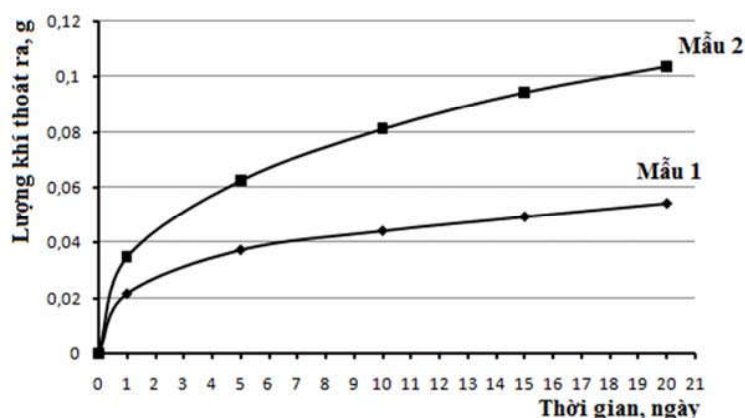
- Mẫu 1: Nhũ tương nền pha thêm 1,0% dung dịch  $\text{NaNO}_2$  nồng độ 0,3% (tính ngoài 100%).

- Mẫu 2: Mẫu 1 có bổ sung thêm 4% bột nhôm, kích thước hạt  $0,038\text{mm} \div 0,08\text{mm}$  (tính ngoài 100%).

Kết quả theo dõi sự thoát khí nitơ của các mẫu thuốc tính theo g được thể hiện trong phản ứng hóa học và trên hình 1.



Hình 1 cho thấy, lượng khí thoát ra của thuốc nổ chứa nhôm luôn lớn hơn thuốc nổ thường, tốc độ thoát khí trong khoảng 10 ngày đầu ở hai mẫu đều khá lớn. Thời gian bảo quản mẫu càng dài thì tốc độ thoát khí đối với mẫu thuốc nổ không chứa bột nhôm giảm, còn tốc độ thoát khí của mẫu thuốc chứa bột nhôm vẫn còn rất lớn. Điều này có thể giải thích như sau: Lúc đầu các bọt khí nitơ (được hình thành từ phản ứng 2) trong vùng tiếp giáp với bề mặt thuốc nổ sẽ khuếch tán ra ngoài nhanh hơn so với các lớp thuốc nổ phía trong, do đó giai đoạn đầu (10 ngày) lượng khí thoát ra sẽ nhiều hơn giai đoạn sau. Đối với thuốc nổ nhũ tương khi bổ sung bột nhôm sẽ tạo ra hệ nhũ không đồng nhất dẫn đến tốc độ khí thoát ra sẽ nhanh hơn so với thuốc nổ không chứa bột nhôm.



**Hình 1.** So sánh lượng khí thoát ra của các mẫu thuốc nổ nhũ tương được nhậy hóa bằng bột khí

Như vậy, đối với mẫu thuốc nổ chứa bột nhôm không thể bảo quản được lâu dài do lượng bột khí còn lại ít sẽ dẫn tới khả năng không kích nổ được khối thuốc. Do đó, không được sử dụng bột nhôm làm phụ gia năng lượng cho thuốc nổ nhũ tương nhậy hóa bằng bột khí. Để khắc phục vấn đề này, có thể sử dụng vi cầu thủy tinh làm chất nhậy hóa với hàm lượng khoảng 2% [2, 3, 5, 6].

### 3.2. Ảnh hưởng của bột nhôm đến khả năng chịu nước của thuốc nổ nhũ tương nhậy hóa bằng vi cầu thủy tinh

#### 3.2.1. Ảnh hưởng của thời gian ngâm nước đến hàm lượng $NH_4NO_3$ tách ra

Để nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian ngâm nước đến hàm lượng  $NH_4NO_3$  tách ra, nhóm tác giả đã tiến hành chế tạo 02 mẫu thuốc nổ nhũ tương:

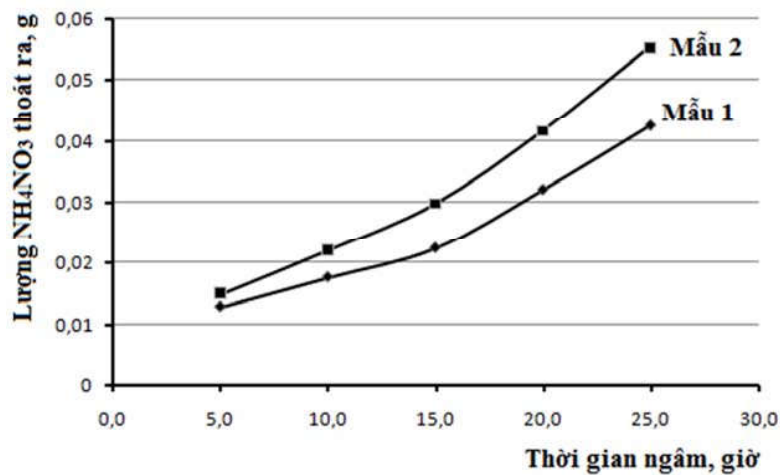
- Mẫu 1: Nhũ tương nền pha thêm 2% vi cầu thủy tinh (tính ngoài 100%).
- Mẫu 2: Mẫu 1 có bổ sung thêm 4% bột nhôm, kích thước hạt  $0,038mm \div 0,08mm$  (tính ngoài 100%).

Các mẫu thuốc nổ nhũ tương được ngâm nước với các khoảng thời gian khác nhau (5 h, 10 h, 15 h, 20 h và 25 h) ở nhiệt độ thường, sau đó tiến hành xác định hàm lượng  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tách ra, kết quả nghiên cứu được thể hiện trên hình 2.

Từ các kết quả trên hình 2 cho thấy, thời gian ngâm nước ảnh hưởng lớn đến hàm lượng muối  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tách ra, thời gian ngâm càng dài thì lượng muối tách ra càng nhiều và có thể được chia ra làm 2 giai đoạn sau:

Giai đoạn 1: Thời gian ngâm từ 5 h đến 15 h, lượng muối tách ra ở các mẫu đạt mức thấp, cụ thể sau 15 h mẫu 1 là 0,0224 g, mẫu 2 là 0,0308 g.

Giai đoạn 2: Từ 15 h trở đi, hàm lượng muối tăng mạnh, lượng muối thoát ra lớn dần. Đến 25 h, lượng muối thoát ra ở các mẫu cụ thể như sau: mẫu 1 là 0,0424 g, mẫu 2 là 0,0554 g.



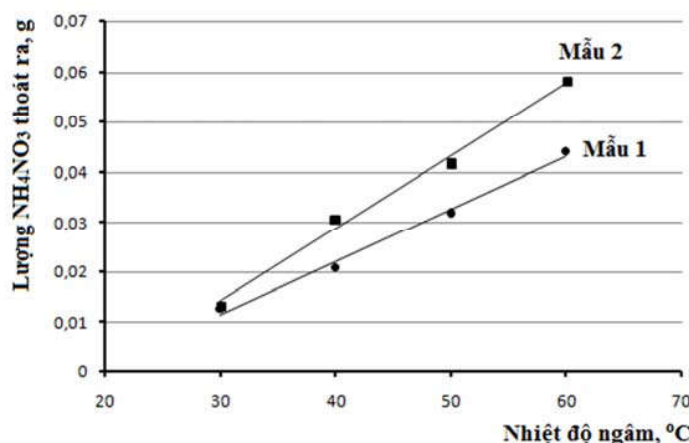
**Hình 2.** Ảnh hưởng của thời gian ngâm nước đến lượng  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tách ra

Dựa vào đồ thị trên hình 2 nhận thấy, mẫu thuốc nổ nhũ tương chứa bột nhôm kém bền hơn. Điều này có thể được giải thích do bột nhôm và vi cầu thủy tinh là những chất rắn nên khi trộn vào thuốc nổ nhũ tương sẽ phá hủy cấu trúc nhũ tương dẫn đến nước sẽ thấm và khuếch tán vào trong khối thuốc nhanh hơn, khi đó lượng muối sẽ tách ra nhiều hơn.

Căn cứ vào các kết quả phân tích trên cho thấy, để đảm bảo được chất lượng thuốc nổ nhũ tương khi tiến hành công tác nổ ở các lỗ khoan có nước thì thời gian ngâm nước tối đa cho phép nhỏ hơn 15 h, điều này phù hợp với thực tế khuyến cáo của các nhà máy sản xuất thuốc nổ. Riêng đối với thuốc nổ nhũ tương chứa bột nhôm thì thời gian chịu nước nhỏ hơn thuốc nổ nhũ tương thường.

### 3.2.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ ngâm nước đến hàm lượng muối $\text{NH}_4\text{NO}_3$ tách ra

Các mẫu thuốc nổ nhũ tương được ngâm nước ở nhiệt độ 30, 40, 50 và 60°C trong khoảng thời gian 2 h, sau đó lấy dung dịch để xác định hàm lượng  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tách ra (hình 3).



**Hình 3.** Ảnh hưởng của nhiệt độ ngâm nước đến lượng amoni nitrat tách ra

Kết quả xác định trên đồ thị (hình 3) cho thấy, nhiệt độ nước càng cao thì hàm lượng muối amoni nitrat tách ra càng lớn. Điều này là do khi tăng nhiệt độ thì các phân tử nước sẽ linh động hơn nên tốc độ khuếch tán và thấm sâu vào trong khối thuốc sẽ nhanh hơn làm cho lượng muối tan ra nhiều hơn. Ngoài ra, còn do nguyên nhân là ở nhiệt độ cao làm lớp vỏ bọc dầu bên ngoài trở nên mềm hơn và độ bền cấu trúc của hệ nhũ giảm dần, dẫn đến phá hủy nhũ và lượng muối tách ra nhanh hơn. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, ảnh hưởng của nhiệt độ đến hàm lượng amoni nitrat tách ra lớn hơn nhiều so với ảnh hưởng của thời gian ngâm nước. Đồng thời, khi so sánh hai mẫu thuốc nổ cho thấy, mẫu thuốc chứa bột nhôm có độ bền kém hơn.

### 3.3. Ảnh hưởng của bột nhôm đến một số đặc trưng nổ của thuốc nổ nhũ tương

Qua tham khảo tài liệu [6, 9] hàm lượng của bột nhôm đưa vào trong thành phần thuốc nổ không được vượt quá 10%. Tiến hành chế tạo 5 mẫu thuốc nổ nhũ tương trong đó có 4 mẫu chứa bột nhôm có kích thước hạt khác nhau với hàm lượng lần lượt là 4, 6, 8 và 10%. Kết quả thực nghiệm và tính toán xác định ảnh hưởng của hàm lượng bột nhôm đến một số đặc trưng nổ của thuốc nổ nhũ tương được thể hiện trong bảng 1. Khi tính toán lý thuyết, lấy mật độ thuốc nổ bằng mật độ thuốc nổ đo được đối với các mẫu chứa nhôm có cỡ hạt nằm trong khoảng  $0,038 \div 0,080$  mm và giả thuyết rằng, bột nhôm tham gia phản ứng hoàn toàn trên bề mặt sóng nổ (quá trình nổ được coi là lý tưởng). Từ các số liệu trong bảng 1 cho thấy:

- Khi tăng hàm lượng nhôm, mật độ thuốc nổ đều tăng theo do mật độ của bột nhôm lớn hơn mật độ của nhũ tương ban đầu;
- Các mẫu thuốc nổ đều nhạy với kíp nổ số 8, khả năng kích nổ đạt 100%;

- Các mẫu thuốc nổ chứa bột nhôm có tốc độ nổ đều lớn hơn mẫu thuốc nổ không chứa bột nhôm ở các dải kích thước hạt. Điều này cũng phù hợp với nhận xét được đưa ra trong tài liệu [4], theo đó với hàm lượng bột nhôm nhỏ hơn 10% thì tốc độ nổ sẽ tăng. Lý giải cho hiện tượng này có thể là do mẫu thuốc nổ chứa nhôm đều có mật độ cao hơn thuốc nổ không chứa nhôm, mặt khác ở hàm lượng nhỏ, tỷ lệ lượng nhôm tham gia phản ứng trên bề mặt sóng nổ lớn nên cũng góp phần làm tăng tốc độ nổ. Kết quả tính toán lý thuyết cũng khẳng định sự tăng lên của tốc độ nổ lý tưởng và nhiệt lượng nổ khi tăng hàm lượng nhôm.

Nhìn chung, các mẫu thuốc nổ sử dụng nhôm có kích thước hạt lớn có tốc độ nổ thấp hơn mẫu thuốc nổ sử dụng nhôm có kích thước hạt nhỏ. Nguyên nhân là do nhôm có kích thước hạt lớn sẽ có tỷ lệ tham gia phản ứng trên bề mặt sóng nổ thấp. Chính vì vậy, để sử dụng chế tạo thuốc nổ nhũ tương thì kích thước hạt nhôm nên nhỏ hơn 0,098 mm là phù hợp.

Theo tính toán lý thuyết, hàm lượng bột nhôm tăng sẽ làm nhiệt lượng nổ tăng theo, tuy nhiên cùng với đó là thể tích riêng sản phẩm khí (một trong các thông số quan trọng phản ánh khả năng sinh công của thuốc nổ) lại có xu hướng giảm nhanh. Mặt khác, khi tăng hàm lượng nhôm thì tỷ lệ nhôm tham gia phản ứng trên bề mặt sóng nổ giảm đi. Do đó, hàm lượng nhôm sử dụng trong thuốc nổ nhũ tương không nên vượt quá 10%. Thực tế cho thấy Công ty Crystal của Liên bang Nga [8] cũng chỉ chế tạo hai mức thuốc nổ nhũ tương năng lượng cao chứa hàm lượng nhôm lần lượt là 4 và 8%.

**Bảng 1.** Ảnh hưởng của hàm lượng bột nhôm tới một số đặc trưng nổ

| Đặc trưng nổ của thuốc nổ nhũ tương         | Hàm lượng bột nhôm, % |       |       |       |       |
|---------------------------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                             | 0                     | 4     | 6     | 8     | 10    |
| <b>Kích thước hạt nhôm 0,038 ÷ 0,080 mm</b> |                       |       |       |       |       |
| Mật độ (g/cm <sup>3</sup> )                 | 1,15                  | 1,18  | 1,19  | 1,21  | 1,23  |
| Tốc độ nổ (m/s)                             | 4149                  | 5025  | 4975  | 5011  | 5033  |
| <b>Kích thước hạt nhôm 0,080 ÷ 0,098 mm</b> |                       |       |       |       |       |
| Mật độ (g/cm <sup>3</sup> )                 | 1,15                  | 1,17  | 1,20  | 1,21  | 1,22  |
| Tốc độ nổ (m/s)                             | 4149                  | 5025  | 4831  | 5009  | 5000  |
| <b>Kích thước hạt nhôm 0,098 ÷ 0,15 mm</b>  |                       |       |       |       |       |
| Mật độ (g/cm <sup>3</sup> )                 | 1,15                  | 1,17  | 1,19  | 1,21  | 1,22  |
| Tốc độ nổ (m/s)                             | 4149                  | 4831  | 4915  | 4715  | 4392  |
| <b>Các thông số tính toán lý thuyết</b>     |                       |       |       |       |       |
| Áp suất trên mặt sóng nổ (GPa)              | 9,69                  | 10,29 | 10,45 | 10,78 | 11,10 |
| Nhiệt độ trên mặt sóng nổ (K)               | 2030                  | 2288  | 2416  | 2538  | 2657  |
| Tốc độ nổ lý tưởng (m/s)                    | 5845                  | 5932  | 5946  | 5992  | 6034  |
| Thể tích riêng sản phẩm nổ (l/kg)           | 934                   | 884   | 858   | 833   | 807   |
| Nhiệt lượng nổ (kcal/kg)                    | 1102                  | 1217  | 1273  | 1329  | 1383  |

#### 4. KẾT LUẬN

Bằng phương pháp thực nghiệm kết hợp với tính toán lý thuyết, nhóm tác giả đã bước đầu phân tích ảnh hưởng của bột nhôm đến tính chất của thuốc nổ nhũ tương. Kết quả nghiên cứu khẳng định, muốn chế tạo thuốc nổ nhũ tương có đặc trưng năng lượng cao cần phải sử dụng chất nhạy hóa là vi cầu thủy tinh, trường hợp nhạy hóa bằng bột khí sẽ dẫn tới độ ổn định thấp khi đưa bột nhôm vào thành phần thuốc nổ. Qua các số liệu nhận được cho thấy, khi hàm lượng nhôm nhỏ dưới 10%, tốc độ nổ, nhiệt lượng nổ của thuốc nổ nhũ tương đều cao hơn so với thuốc nổ không chứa nhôm. Tuy nhiên, do bột nhôm có ảnh hưởng không tốt tới khả năng chịu nước nên cần lưu ý giảm thời gian chờ của thuốc nổ trong lỗ khoan ngập nước.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đàm Quang Sang, *Dự đoán các thông số trên mặt sóng nổ của thuốc nổ chứa C, H, O và N*, Tạp chí khoa học và kỹ thuật, HVKTQS, 2014, **163**:80-90.
2. Ngô Văn Tùng, *Lý thuyết cơ bản và công nghệ sản xuất thuốc nổ công nghiệp*, Tổng Công ty Công nghiệp hóa chất mỏ, Hà Nội, 2001.
3. Ngô Văn Giao, *Lý thuyết, tính chất và công nghệ sản xuất thuốc nổ công nghiệp*, NXB QĐND, Hà Nội, 2007.
4. Cheng Ya. F., Ma H. H., Shen Zh. W., *Detonation Characteristics of Emulsion Explosives Sensitized by  $MgH_2$* . Combustion, Explosion, and Shock Waves, 2013, **49**(5):614-619.
5. Gogulya M. F., Brazhnikov M. A., *Detonation of Metalized Composite Explosives*, Shock Wave Science and Technology Reference Library: Heterogeneous.
6. Wang Xuguang, *Emulsion Explosives*, Metallurgical Industry Press, Pekin, 1994.
7. Erode G., Mahadevan, *Ammonium Nitrate Explosives for Civil Applications*. Wiley-VCH, Singapore, 2013.
8. Detonation, *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 2009, p.217-286.
9. Коланов Е. В., Соснин В. А., *Промышленные взрывчатые вещества, 2-я книга*, ГосНИИ Кристалл, Дзержинск, 2010.



## SUMMARY

### EFFECT OF ALUMINUM POWDER ON SOME PROPERTIES OF EMULSION EXPLOSIVE

The article studies the effect of aluminum powder (with different content and particle size) on some significant properties of emulsion explosive such as density, water resistance, detonation velocity and heat of explosion. The calculated data and experimental results show that the density, heat of explosion and detonation velocity of the emulsion explosive with aluminum powder as an energy additive which is less than 10% of the content are higher than those without aluminum powder, while its water resistance decreases. It is proved that aluminum powder can be completely used to improve the detonation energy of emulsion explosive with paying attention to its low water resistance when conduct underwater blasting.

*Từ khóa: Explosives, emulsion, aluminum powder, glass microspheres, thuốc nổ, nhũ tương, bột nhôm, vi cầu thủy tinh.*

*Nhận bài ngày 24 tháng 10 năm 2016*

*Hoàn thiện ngày 15 tháng 11 năm 2016*

*Học viện Kỹ thuật Quân sự*