

NGHIÊN CỨU HOÀN THIỆN CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO QUẢ NỔ TẠO CỘT NƯỚC CÓ MÀU

INVESTIGATION TO IMPROVE THE TECHNOLOGY FOR PRODUCING EXPLOSIVES THAT GENERATE COLUMNS OF COLORED WATER

Đào Văn Vượng¹ Đào Văn Đoan^{2,*}

DOI: <http://doi.org/10.57001/huieh5804.2025.066>

TÓM TẮT

Làm chủ công nghệ thiết kế, chế tạo các sản phẩm phục vụ kinh tế và quốc phòng là yêu cầu cấp thiết của quân đội nói riêng và của tất cả các ngành nói chung. Trong lĩnh vực thử nghiệm, việc sản xuất ra các thiết bị giá rẻ, phù hợp với giá thành trong điều kiện hiện nay là hết sức cần thiết, nhất là các thiết bị phải sử dụng nhiều trong thực tế. Trong diễn tập, quả nổ tạo màu đóng vai trò quan trọng để chỉ thị vị trí và kết hợp hành động giữa các bộ phận. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu hoàn thiện công nghệ chế tạo sản phẩm quả nổ tạo cột nước có màu. Kết quả thử nghiệm cho thấy, sản phẩm đã đạt được các chỉ tiêu kỹ thuật đề ra, cụ thể chiều cao cột nước trên 25m, chiều cao màu trên 15m, thời gian lưu màu trên 5 giây, tầm quan sát thấy màu trên 1000m. Do đó, sản phẩm quả nổ tạo cột nước có màu có thể đưa vào trang bị trong quân đội phục vụ công tác huấn luyện, diễn tập, hiệp đồng quân binh chủng hoặc trình diễn trong các sự kiện.

Từ khóa: Quả nổ, composite, cột nước màu, diễn tập, sự kiện.

ABSTRACT

Proficiency in product design and manufacturing technology for economic and national security purposes is an imperative need for the military specifically and for all industries broadly. In the realm of testing, the development of cost-effective equipment that aligns with current pricing is critically essential, particularly for apparatus that requires frequent practical use. Colored explosives are crucial for signaling locations and coordinating activities among groups throughout the practice. For the first time, this article delineates the findings of a study aimed at refining the technique for producing colored water column explosives. The test results indicate that the product meets the specified technical criteria: the water column height exceeds 25m, the color height surpasses 15m, the color retention duration exceeds 5 seconds, and the color visibility exceeds 1000m. The colored water column explosive product may be used by the military for training, exercises, synchronization of military balance, or demonstrations at events.

Keywords: Explosive, composite, colored water column, rehearsal, event.

¹Viện Thuốc phóng Thuốc nổ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

²Khoa Vũ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự

*Email: doandv@lqdtu.edu.vn

Ngày nhận bài: 17/12/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 17/01/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/3/2025

1. GIỚI THIỆU

Tình hình thế giới, khu vực dự báo tiếp tục có nhiều diễn biến phức tạp, khó lường; các xung đột vũ trang quân sự ngày càng gay gắt; tình hình Biển Đông tiềm ẩn nhiều nguy cơ bất ổn. Trước tình hình đó, toàn quân ta cần tiếp tục điều chỉnh tổ chức lực lượng, xây dựng Quân đội “tinh, gọn, mạnh”, tiến lên hiện đại; yêu cầu, nhiệm vụ bảo vệ Tổ quốc đặt ra càng cao,... Trong đó, một trong những yêu cầu, nhiệm vụ quan trọng đó là đổi mới nội dung, nâng cao chất lượng huấn luyện, diễn tập, sẵn sàng chiến đấu phù hợp với điều kiện tác chiến trong tình hình mới.

Trong những năm qua, các sản phẩm quốc phòng phục vụ công tác huấn luyện, diễn tập, hiệp đồng quân binh chủng trong toàn quân rất đa dạng về chủng loại, tính ứng dụng và tính năng kỹ - chiến thuật,... Viện Thuốc phóng Thuốc nổ (Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng) là một trong những đơn vị đi đầu trong nghiên cứu chế tạo và triển khai sản xuất nhiều sản phẩm quốc phòng phục vụ huấn luyện, diễn tập, cứu hộ cứu nạn. Một số sản phẩm quốc phòng tiêu biểu như: Bộc phá ống huấn luyện (loại 1,2m và 2m), các loại lượng nổ huấn luyện (15g, 25g, 33g,

50g, 100g và 200g), quả khói màu (3 phút và 15 phút), lựu đạn rít, lựu đạn khói màu, quả nổ tạo cột nước loại 25 - 30m [2] áp dụng hiệu ứng cháy và các nguyên lý tạo hiệu ứng nổ [1] để mô phỏng tình huống thực chiến trong diễn tập. Việc nghiên cứu tính toán các thiết bị vũ khí phục vụ ngành công nghiệp quốc phòng đã được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu và đã đạt được một số thành tựu đáng kể [7-10].

Việt Nam có bờ biển trải dài đến 3260km, có hàng ngàn đảo lớn nhỏ, có hệ thống sông ngòi, kênh rạch dày đặc. Do đó trong các tình huống huấn luyện, diễn tập liên quan đến tác chiến ở sông nước, bờ biển, hải đảo, chúng ta sử dụng quả nổ tạo cột nước cao trên 25m để tạo giả định hỏa lực của bom, đạn pháo. Tuy nhiên, sản phẩm này tồn tại một số hạn chế đó như: Khó quan sát được cột nước khi ở khoảng cách xa (trên 1000m) hoặc trong điều kiện thời tiết xấu (mưa, gió, sương mù), hay các giả định chiến thuật địch bắn phá bằng các loại vũ khí đạn đặc biệt (hiệu ứng màu sắc khác nhau). Trong tài liệu [5], nhóm tác giả đã trình bày các phương án thử nghiệm kết cấu của quả nổ tạo cột nước có màu. Tuy nhiên, để sản phẩm quả nổ tạo cột nước có màu được đưa vào trang bị, phục vụ công tác huấn luyện, diễn tập, trong bài báo này chúng tôi tiếp tục trình bày công nghệ chế tạo hoàn thiện, tính năng kỹ - chiến thuật và một số kết quả thử nghiệm của sản phẩm.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Vật tư, hóa chất

Để tạo hiệu ứng màu sắc, cần sử dụng một số bột màu sau: Bột màu xanh, màu đỏ, màu tím, màu da cam (Ấn Độ), ngoài ra một số phụ gia như paraffin, Natri bicarbonate (NaHCO_3 , Trung Quốc), Kali clorat (KClO_3 , Trung Quốc), Đường Lactose (Trung Quốc). Khối thuốc nổ lõm TG-50 được chế tạo từ thuốc nổ TNT và Hexogen với tỷ lệ 50:50.

Ngoài ra, để chế tạo các chi tiết vật liệu composite (thân, nắp đáy, đế chấn thuốc, nắp trên,...) cần sử dụng các vật tư sau: Ống nhựa PVC (Việt Nam), vải sợi thủy tinh woven roving, vải sợi thủy tinh MAT 225, vải tissue (Trung Quốc); Nhựa polyester không no mác polymal 8201PT (Luxchem, Trung Quốc); Chất xúc tác metyl etyl keton peroxit A (MEKP, Indonesia); Chất làm khô cobalt octoat (Trung Quốc).

2.2. Trang thiết bị và dụng cụ

- Các thiết bị như nồi ủ, nồi nấu, hệ thống gia nhiệt của dây chuyền sản xuất mỗi nổ công nghiệp VE-05A.
- Máy ép thủy lực 40 tấn (Việt Nam).
- Cân điện tử PA4102 với độ chính xác 0,01g (Trung Quốc).

- Thuốc cặp điện tử Mitutoyo với độ chính xác 0,01mm (Nhật Bản).

- Bộ khuôn đúc tạo khối nổ lõm (10 bộ).

- Đồng hồ PC100C-0,01 giây, thiết bị ghi hình, thiết bị điểm hỏa, dây điểm hỏa, kẹp điện số 8.

- Thiết bị đo độ cao phóng đạn tín hiệu cấp cứu hàng không của Viện Thuốc phóng Thuốc nổ.

2.3. Phương pháp đo đạc và thử nghiệm

- Kích thước và khối lượng sản phẩm được kiểm tra bằng thước kẹp điện tử, cân điện tử có tem kiểm định.

- Mật độ của thời tạo màu được xác định theo phương pháp TQSA 1282:2006.

- Chiều cao cột nước và màu được tính từ vị trí đặt quả nổ tới điểm cao nhất của cột nước có màu (sử dụng đồ gá và phương pháp đo độ cao phóng đạn tín hiệu cấp cứu hàng không của Viện Thuốc phóng Thuốc nổ theo nguyên lý tam giác đồng dạng, thiết bị đã được Hội đồng cấp Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng nghiệm thu năm 2018).

- Thời gian lưu màu được tính từ khi kích nổ quả nổ cho tới khi không còn nhìn thấy rõ cột màu bằng mắt thường và đồng hồ bấm thời gian PC100C.

- Khoảng cách nhìn thấy cột màu được tính toán trên trận địa: Từ vị trí quan sát cho tới vị trí thử nổ.

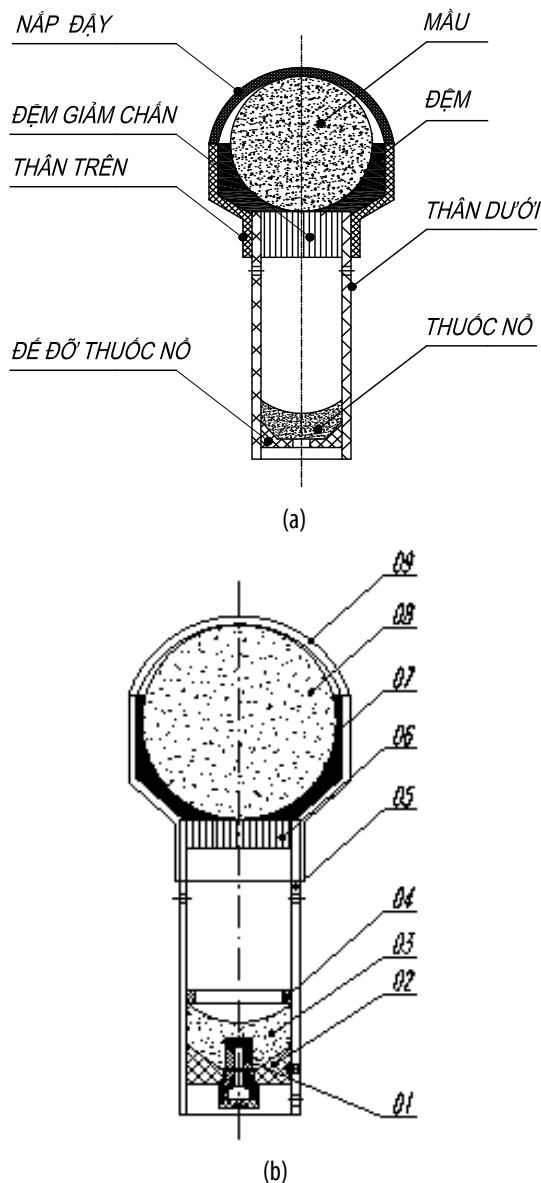
- Đánh giá khả năng nổ của quả nổ tạo cột nước và màu có chiều cao không nhỏ hơn 25m.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ chế tạo quả nổ tạo cột nước có màu

Trong tài liệu [5] đã trình bày các phương án chế tạo và thử nghiệm sản phẩm quả nổ tạo cột nước có màu, bao gồm: Nổ trực tiếp, nổ thăng hoa hỗn hợp màu, tạo vụ nổ thứ cấp trên đỉnh cột nước và nổ phân tán có định hướng. Trong đó, phương án nổ phân tán có định hướng có tính hiệu quả cao, cột nước có màu đồng đều từ dưới lên trên và nhìn thấy rõ từ khoảng cách xa (1500m). Tuy nhiên, trong quá trình chế tạo và thử nghiệm nhiều lần, một số vấn đề đã phát sinh như: Hiệu ứng tạo màu chưa ổn định, sản phẩm chưa bền (nắp đáy), chưa có các chi tiết phụ trợ giúp cân bằng sản phẩm khi ở dưới nước,... Để hoàn thiện sản phẩm và đưa vào trang bị phục vụ huấn luyện, diễn tập, tác giả tiếp tục nghiên cứu bổ sung một số nội dung, cụ thể như: Hoàn thiện kết cấu sản phẩm, kết cấu khối nổ lõm, nghiên cứu cải tiến các chi tiết vỏ bằng vật liệu composite, thiết kế phao nâng, quả đối trọng,... và các chi tiết phụ kiện công nghệ khác phục vụ quá trình vận chuyển, khai thác sử dụng và cất giữ bảo quản.

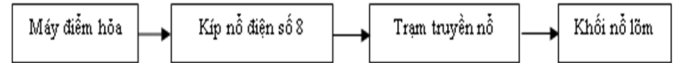
Nhóm tác giả đã nghiên cứu tính toán, thiết kế và xây dựng bản vẽ sản phẩm, cụ thể được trình bày trên hình 1. Sản phẩm được bổ sung thêm trạm nổ, khối nổ; cỡ đặt thuốc, thay đổi kết cấu đệm giảm chấn.



Hình 1. Bản vẽ sản phẩm quả nổ tạo cột nước có màu (a) trước và (b) sau khi hoàn thiện

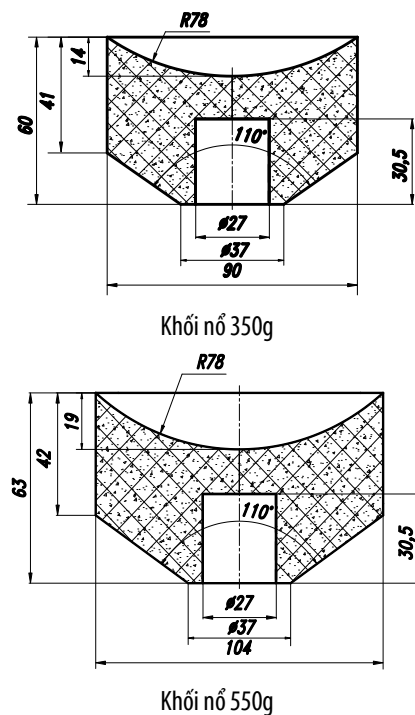
1 - Trạm nổ; 2 - Để đở thuốc; 3 - Khối nổ; 4 - Cỡ đặt thuốc; 5 - Vỏ; 6 - Đệm giảm chấn; 7 - Đệm chèn; 8 - Máu; 9 - Nắp

Kích nổ trực tiếp bằng kíp nổ điện số 8 đối với khối thuốc nổ lõm TG-50 cho kết quả nổ với độ tin cậy không cao. Do vậy để đảm bảo khả năng bắt kíp tin cậy của liều thuốc nổ lõm ta cần bố trí thêm một trạm truyền nổ được chế tạo từ thuốc nổ tetryl hoặc A-IX-I, có tác dụng khuếch đại năng lượng từ vụ nổ của kíp nổ số 8. Bởi vậy ta có thể hình thành mạch nổ cho khối thuốc nổ lõm như trên hình 2.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý mạch nổ

Với yêu cầu kỹ thuật chiều cao cột nước có màu không nhỏ hơn 25m, nhóm tác giả đã điều chỉnh khối lượng thuốc để tăng chiều cao cột nước có màu. Kết quả thử nghiệm các mẫu với khối lượng thuốc nổ TG-50 khác nhau được trình bày trên hình 3 và bảng 1. Nhận thấy rằng, khi tăng khối lượng thuốc nổ thì chiều cao cột nước có màu tăng từ 15m lên trên 25m. Ngoài ra, thực nghiệm cho thấy, khối thuốc nổ với hốc nổ lõm hình nón sẽ tạo ra dòng xuyên mạnh, xuyên qua khối màu, dẫn đến rất khó để tạo ra cột màu. Chính vì vậy, để giải quyết vấn đề này, nhóm tác giả đã cải tiến hốc nổ lõm hình nón thành hình cầu (hình 3), để hạn chế dòng xuyên mạnh, từ đó tạo ra cột nước kèm theo màu.



Hình 3. Khối nổ TG-50

Căn cứ vào kết quả thử nghiệm ở bảng 1 có thể nhận thấy rằng, với khối lượng khối nổ $550 \pm 30g$ quả nổ tạo được chiều cao cột nước và màu $h \geq 25m$.

Bảng 1. Đánh giá ảnh hưởng của khối lượng thuốc nổ đến chiều cao cột nước có màu

TT	Khối lượng, g	Đặc điểm mẫu thử	Chiều cao (h), m
1.1	350 ± 20	- Kích nổ kíp nổ điện số 8 vào trạm nổ;	15; 15; 15
1.2	350 ± 20		
1.3	350 ± 20		

2.1	550 ± 30	- Mẫu thử được cố định trong môi trường nước, khối thuốc nổ cách mặt nước 0,35 m;	25; 25; 30
2.2	550 ± 30		
2.3	550 ± 30	- Đáy lôm hướng lên trên, có phương vuông góc với mặt nước	

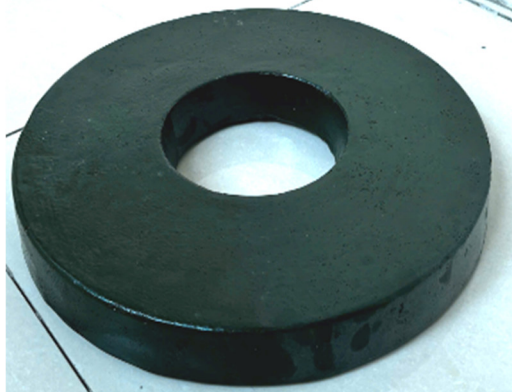
Để bảo đảm sản phẩm nguyên vẹn trong suốt quá trình bảo quản, vận chuyển, các chi tiết vỏ, thân, nắp của quả nổ được gia cường bằng các loại vải sợi thủy tinh (woven roving, vải MAT 225, vải tissiue) và nhựa polyeste không no [3, 4]. Đơn thành phần của lớp keo polyeste không no được trình bày trong bảng 2. Các lớp vải sợi thủy tinh được cắt định hình theo kích thước các chi tiết, sau đó được quét đều lớp keo trên bề mặt vải. Mỗi chi tiết được phủ từ 2 đến 4 lớp vải sợi thủy tinh. Sau khi các lớp composite đóng rắn hoàn toàn, tiến hành cắt bavia và mài nhẵn. Hình ảnh sản phẩm quả nổ hoàn chỉnh được trình bày trên hình 4.



Hình 4. Hình ảnh sản phẩm quả nổ hoàn chỉnh

Bảng 2. Đơn thành phần lớp keo polyeste không no

TT	Thành phần	Phần khối lượng
1	Polyeste không no (polymal 8201PT)	100
2	Chất xúc tác metyl etyl keton peroxit	1,4...1,6
3	Chất làm khô cobalt octoat	0,4...0,6



a) Hình ảnh phao nổi



b) Hình ảnh đối trọng và dây xích nối



c) Hình ảnh neo giữ



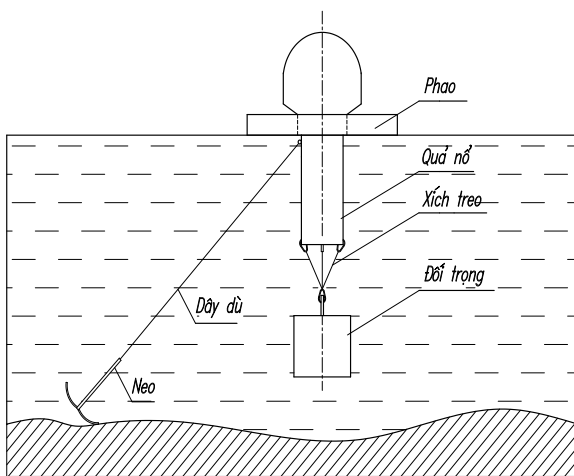
d) Hình ảnh cụm phụ kiện

Hình 5. Một số phụ kiện của quả nổ tạo cột nước có màu

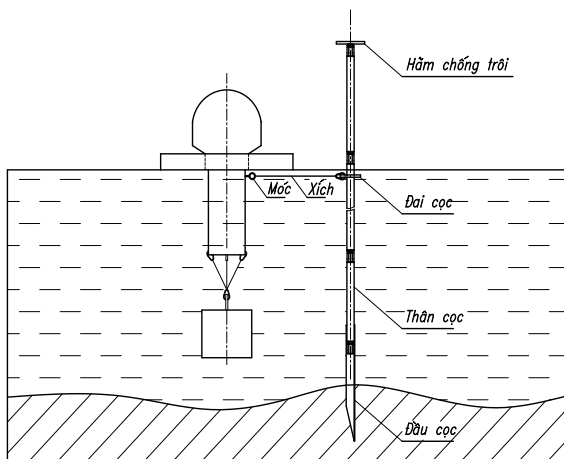
Để cố định được quả nổ trên bề mặt nước, cần tính toán thiết kế bổ sung các hệ thống phao nâng, đối trọng,

cụm neo giữ cố định. Các chi tiết này được trình bày trên hình 5.

Sản phẩm quả nổ tạo cột nước có màu được định hướng ứng dụng không chỉ trong sông, ao hồ, mà còn ứng dụng ngoài bờ biển, hải đảo, ở đó chịu tác động lớn bởi sóng biển và gió mạnh. Chính vì vậy, cần tính toán thiết kế các hệ thống cụm neo để cố định quả nổ trong môi trường nước biển. Nhóm tác giả đã tính toán, thiết kế cụm neo giữ quả nổ cho môi trường sông, ao hồ (Hình 6) và cho môi trường biển, hải đảo (hình 7). Trong đó, cụm cọc chuyên dụng gồm có các đoạn thân cọc làm bằng thép CT3 dài 700mm được nối với nhau bằng ren, đầu cọc làm bằng thép CT3 hình chữ V (40x40x2,5)mm có chiều dài 500mm.



Hình 6. Sơ đồ bố trí quả nổ trên sông, hồ



Hình 7. Sơ đồ bố trí quả nổ trên biển

3.2. Xây dựng tính năng kỹ - chiến thuật và quy trình công nghệ chế tạo sản phẩm

Sau một thời gian triển khai nghiên cứu, chế thử, thử nghiệm đánh giá, bộ chỉ tiêu tính năng kỹ - chiến thuật của quả nổ tạo cột nước có màu [6] đã được xây dựng hoàn chỉnh (bảng 3).

Bảng 3. Tính năng kỹ - chiến thuật của quả nổ tạo cột nước có màu

TT	Tên chỉ tiêu	ĐVT	Giá trị
1	Khối lượng quả nổ		
-	Màu đỏ	g	4.900 ± 300
-	Màu xanh	g	5.100 ± 300
-	Màu tím	g	6.600 ± 300
2	Kích thước bao của quả nổ		
-	Chiều dài	mm	658 ± 25
-	Đường kính	mm	218 ± 5
3	Chiều cao cột nước		
-	Không nhỏ hơn	m	25
-	Chiều cao lớn nhất	m	40
4	Chiều cao cột màu, không nhỏ hơn	m	15
5	Khoảng cách nhìn thấy cột màu (trong điều kiện ban ngày, thời tiết không mưa, gió không quá cấp 5 (38km/h), tầm nhìn xa trên 10km), không nhỏ hơn	m	1000
6	Thời gian lưu màu, không nhỏ hơn	giây	05
7	Kích nổ		Kíp nổ điện số 8
8	Thời hạn sử dụng của quả nổ, không nhỏ hơn	năm	05
9	Quả nổ có thể hoạt động trong điều kiện		
-	Sóng biển, không lớn hơn (thang sóng theo Douglas)	cấp	4
-	Vận tốc dòng chảy, không lớn hơn	m/s	0,5

Đơn thành phần hóa học hỗn hợp chất tạo màu được trình bày trong bảng 4.

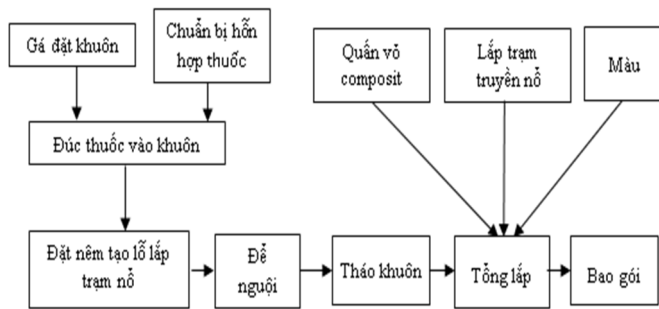
Bảng 4. Thành phần hóa học của hỗn hợp màu

TT	Thành phần	Yêu cầu
1	Hàm lượng bột màu vô cơ %	96,5
2	Phụ gia công nghệ, %	3,5

Sơ đồ công nghệ chế tạo quả nổ tạo cột nước có màu được trình bày trên hình 8.

Quy trình công nghệ chế tạo quả nổ tạo cột nước có màu bao gồm các công đoạn chính sau:

- Ép trạm truyền nổ: Sử dụng thuốc nổ A-IX-1 với khối lượng $25 \pm 0,5g$.
- Chế tạo hỗn hợp thuốc đúc TG-50;
- Chế tạo hỗn hợp màu: Hỗn hợp màu được đúc trong quả cầu, được trình bày trên hình 9.
- Quấn vỏ composite;
- Tổng lắp;
- Bao gói.



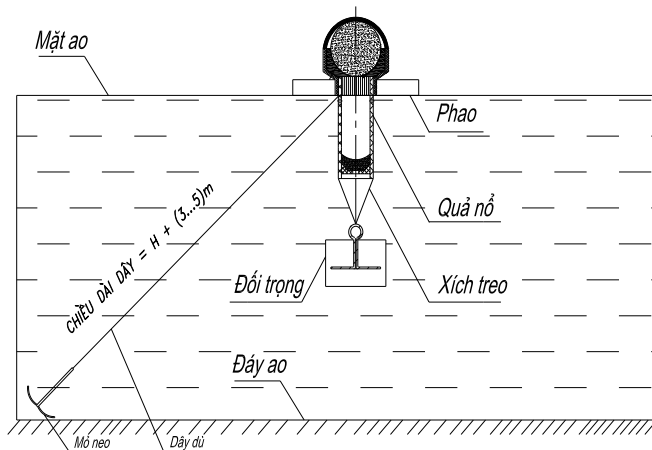
Hình 8. Sơ đồ các bước công nghệ chế tạo quả nổ tạo cột nước có màu



Hình 9. Quả cầu giấy chứa hỗn hợp màu

3.3. Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ chế tạo quả nổ tạo cột nước có màu

Sản phẩm sử dụng nguyên lý nổ định hướng [1] tạo cột nước có màu đồng đều từ dưới lên trên và nhìn thấy rõ từ khoảng cách xa (1000m). Tuy nhiên, trong quá trình chế tạo và thử nghiệm nhiều lần, một số vấn đề đã phát sinh như: Hiệu ứng tạo màu chưa ổn định, sản phẩm chưa bền (nắp dẹt), chưa có các chi tiết phụ trợ giúp cân bằng sản phẩm khi ở dưới nước,... Để hoàn thiện sản phẩm và đưa vào trang bị phục vụ huấn luyện, diễn tập, tác giả tiếp tục nghiên cứu bổ sung một số nội dung, cụ thể như: Hoàn thiện kết cấu sản phẩm, kết cấu khối nổ lõm, nghiên cứu cải tiến các chi tiết vỏ bằng vật liệu composite, thiết kế phao nâng, quả đối trọng,...



Hình 10. Sơ đồ mặt cắt bố trí quả nổ

3.4. Thử nghiệm sản phẩm

Sơ đồ bố trí thử nổ sản phẩm quả nổ tạo cột nước có màu được trình bày trên hình 10. Trong đó, Khoảng cách từ mặt trên của thuốc nổ đến màu $l = 350\text{mm}$. Quả nổ được bố trí theo phương thẳng đứng với mặt nước, được cố định trong nước bằng đối trọng và phao với 2/3 quả nổ chìm xuống dưới mặt nước. Khoảng cách từ đối trọng đến quả nổ $L = 400\text{mm}$. Điểm hỏa bằng kíp nổ điện số 8.

Một số hình ảnh thử nổ của sản phẩm quả nổ tạo cột nước có màu được trình bày trên hình 11. Nhận thấy rằng, cột nước có màu được thể hiện rõ nét về màu sắc từ mặt nước lên đỉnh cột. Kết quả thử nghiệm sản phẩm được trình bày trong bảng 5.



a) Màu đỏ



b) Màu xanh



c) Màu tím



d) Ba loại màu

Hình 11. Một số hình ảnh thử nghiệm, nghiệm thu sản phẩm quả nổ có màu

Từ kết quả thử nghiệm cho thấy, sản phẩm quả nổ tạo cột nước có màu đã đáp ứng được đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật đề ra, có thể đưa vào trang bị phục vụ công tác huấn luyện, diễn tập và hiệp đồng quân binh chủng.

Bảng 5. Kết quả thử nghiệm quả nổ tạo cột nước có màu

TT	Hạng mục	S.lg (quả)	Điều kiện thử nghiệm	Yêu cầu	Kết quả	Ghi chú
1	Chiều cao cột nước	09	- Quả nổ được bố trí theo phương thẳng đứng vuông góc với đáy ao, hốc lõm khối thuốc nổ hướng lên trên mặt nước - Điểm hỏa trạm nổ bằng kẹp nổ điện số 8.	$\geq 25\text{m}$	(25, 30, 30, 25, 30, 30, 25, 30, 25)m	Đạt
2	Chiều cao màu			$\geq 15\text{m}$	(25, 30, 30, 25, 30, 30, 25, 30, 25)m	Đạt
3	Thời gian lưu màu			≥ 05 giây	(06, 07, 08, 07, 06, 08, 07, 08, 07) giây	Đạt
4	Tầm quan sát màu			$\geq 1000\text{m}$	1100m	Đạt

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, nhóm tác giả đã trình bày kết quả nghiên cứu hoàn thiện công nghệ chế tạo sản phẩm quả nổ tạo cột nước có màu, đã xây dựng được bộ tài liệu thiết kế, tài liệu công nghệ chế tạo sản phẩm. Kết quả thử nghiệm, nghiệm thu sản phẩm phẩm cho thấy, sản phẩm đã đạt được các chỉ tiêu kỹ thuật đề ra, từ đó có thể đưa vào trang bị trong quân đội phục vụ công tác huấn luyện, diễn tập, hiệp đồng quân binh chủng hoặc trong các sự kiện văn hóa chính trị lớn của đất nước.

LỜI CẢM ƠN

Công trình này được thực hiện nhờ sự hỗ trợ của nhiệm vụ cấp Bộ Quốc phòng sản xuất loạt "O" sản phẩm "Quả nổ tạo cột nước có màu" do Viện Thuốc phóng Thuốc nổ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng chủ trì thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Văn Thủy, *Vật lý nổ*. Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 2001.
- [2]. Mai Hồng Quân và cộng sự, Bộ tài liệu thiết kế quả nổ tạo cột nước cao trên 25 m phục vụ huấn luyện diễn tập. Viện Thuốc phóng Thuốc nổ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng, 2013.
- [3]. Phạm Quang Hiếu, "Ứng dụng vật liệu composite trên nền polyester không no gia cường sợi thủy tinh trong chế tạo bọc phá ống," *Tạp chí Hóa học và ứng dụng*.
- [4]. Phạm Quang Hiếu, "Ứng dụng vật liệu composite SMC trong chế tạo các chi tiết của quả nổ tạo cột nước," *Tạp chí Hóa học và ứng dụng*.

- [5]. Nguyễn Đình Long, *Nghiên cứu thiết kế chế tạo quả nổ nước có màu*. Báo cáo khoa học đề tài Viện Thuốc phóng Thuốc nổ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng, 2022.
- [6]. Bộ chỉ tiêu chiến kỹ thuật quả nổ tạo cột nước có màu cao.
- [7] N. V. Hung, D. V. Doan, P. V. Minh, D. V. Thom, "Analysis of the Force Components Exerted on the Mount of the Amphibious Rifle When Operating in the Air," *J. Vibr. Eng. Techn*, 12, 8083-8092, 2024. <https://doi.org/10.1007/s42417-024-01346-8>.
- [8] N. V. Hung, P. V. Minh, D. V. Thom, N. V. Dung, "Effect of Barrel Rifling Twist on the Driving Force and the Spin Movement of the Rotation Band," *J. Vibr. Eng. Techn*, 12 (4), 6763-6776, 2024. <https://doi.org/10.1007/s42417-024-01282-7>
- [9] N. V. Hung, N. V. Dung, P. V. Minh, T. V. Ke, D. V. Thom, "Vibration behavior analysis of the ammunition belt of the gas-operated machine gun," *J. Vibr. Eng. Techn*, 12 (2), 1563-1575, 2024. <https://doi.org/10.1007/s42417-023-00926-4>
- [10] T. T. Anh, T. V. Do, D. P. Tien, N. D. Duc, "The effects of strength models in numerical study of metal plate destruction by contact explosive charge," *Mech. Adv. Mat. Struct.*, 26 (8), 661-670, 2029. <https://doi.org/10.1080/15376494.2017.1410907>

AUTHORS INFORMATION

Dao Van Vuong¹, Dao Van Doan²

¹Industry 1Institute of Explosive Propellants, General Department of Defense Industry, Vietnam

²Faculty of Special Equipment, Le Quy Don Technical University, Vietnam