

Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thành phần đến tính chất của cụm rít khói màu

Tô Phương Linh^{1*}, Lê Hồng Minh¹, Nguyễn Quang Lý², Nguyễn Thị Thu Hương¹

¹Viện Công nghệ mới, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

²Trường Sĩ quan Lục quân I.

*Email: tolinhlinh123@gmail.com

Nhận bài: 29/9/2022; Hoàn thiện: 17/10/2022; Chấp nhận đăng: 12/12/2022; Xuất bản: 28/12/2022.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.84.2022.66-72>

TÓM TẮT

Quả rít khói màu là phương tiện phát khói cầm tay được trang bị cho lực lượng an ninh, quân đội sử dụng trong huấn luyện, diễn tập, sẵn sàng chiến đấu. Cụm rít khói màu là chi tiết quan trọng để chế tạo quả rít khói màu. Đơn thành phần có ảnh hưởng rất lớn tới tính năng kỹ thuật của sản phẩm. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần đơn tới một số tính năng kỹ thuật của cụm rít khói màu bằng một số phương pháp như STANAG 4491, 06 TCN 889:2001, ... Sau khi tối ưu thành phần đơn, kết quả phân tích đánh giá cho thấy sản phẩm có tính năng kỹ thuật đáp ứng các chỉ tiêu nêu trong tiêu chuẩn TCVN-AN 114:2017 với thời gian rít đạt $14,01 \pm 0,37$ giây, cường độ rít đạt $94,4 \pm 0,45$ dB, thời gian phát khói màu đạt $13,61 \pm 0,41$ giây và màn khói màu đỏ cờ. Ngoài ra, kết quả xác định một số tính chất đặc trưng cho quá trình cháy cho thấy cụm rít khói màu phù hợp với mục đích sử dụng làm phương tiện phát khói và phát tín hiệu.

Từ khóa: Cụm rít khói màu; Quả rít khói màu; Huấn luyện; Diễn tập; Sẵn sàng chiến đấu.

1. MỞ ĐẦU

Quả rít khói màu được lực lượng an ninh, quân đội sử dụng nhiều trong huấn luyện, diễn tập, sẵn sàng chiến đấu, tạo các tình huống mô phỏng, giải tán đám đông, ... Chất lượng của quả rít khói màu được quy định theo tiêu chuẩn TCVN-AN 114:2017 [1]. Quả rít khói màu gồm các hợp phần: kíp (mỏ vệt F41-ống nổi kíp mỏ vệt), cụm rít khói màu (hỗn hợp tạo màu, hỗn hợp tạo rít), vỏ quả rít khói màu (thân, nắp) [1]. Trong đó, cụm rít khói màu là thành phần hỏa thuật, có ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng màn khói tạo ra cũng như thời gian phát khói, cường độ rít, ... của quả rít khói màu [2-4]. Cụm rít khói màu được kết hợp giữa hai hợp phần là cụm rít (phần tạo tiếng rít) và cụm khói màu (phần tạo khói màu). Thông thường, thành phần của cụm rít khói màu gồm chất cháy, chất ổn định cháy, chất duy trì cháy, chất kết dính, chất tạo màu, chất tạo tiếng rít và chất an định. Việc thay đổi tỷ lệ các thành phần đơn cũng như chủng loại chất trong thành phần đơn sẽ tạo ra các cụm rít có tính năng kỹ thuật rất khác nhau [3, 5, 6].

Hiện nay, trong nước có một số đơn vị đang nghiên cứu chế tạo sản phẩm này như: Nhà máy X61, Nhà máy E112, Viện Thuốc phóng - Thuốc nổ, tuy nhiên, chất lượng sản phẩm chưa ổn định về thời gian phát khói, màu màn khói, độ đậm đặc của màu khói, cường độ rít, ... Nguyên nhân được cho là thành phần đơn chưa được ổn định [2, 4]. Trên cơ sở nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần đơn cụm rít và thành phần đơn của cụm tạo màu, chúng tôi đã tối ưu hóa được thành phần đơn chế tạo cụm rít khói màu. Kết quả đánh giá cho thấy, sản phẩm có tính năng kỹ thuật đáp ứng các chỉ tiêu nêu trong tiêu chuẩn TCVN-AN 114:2017 với thời gian rít 10-15 s, cường độ rít 90-95 dB, thời gian phát khói màu 10-15 s, màu khói đậm đặc - màu đỏ cờ.

2. THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hóa chất

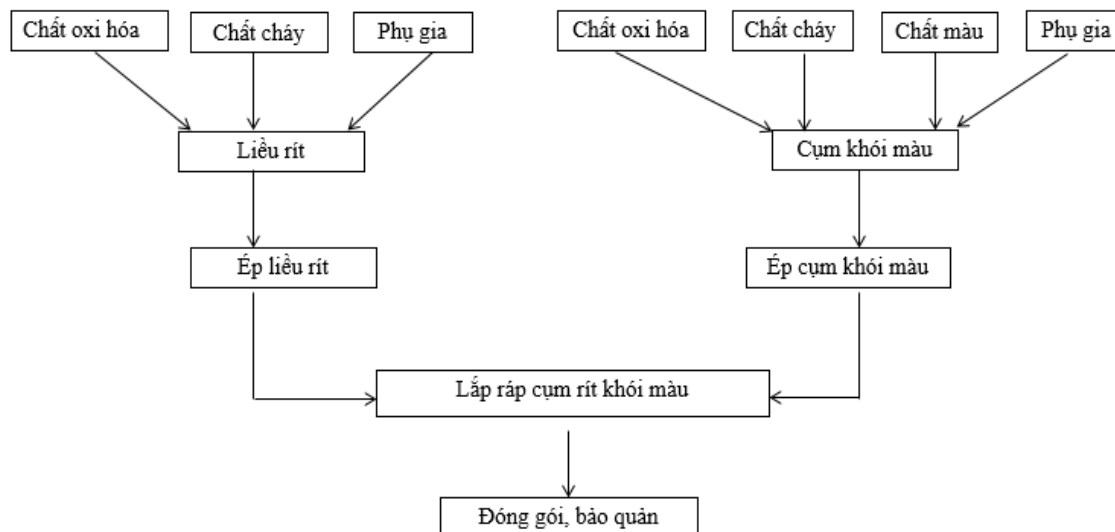
Kali peclorat ($KClO_4$), natri benzoat (C_6H_5COONa), kali clorat ($KClO_3$), tinh bột ($C_6H_{12}O_6$), lưu huỳnh (S), natri bicacbonat, Rhodamin B: hóa chất tinh khiết (Trung Quốc).

Dầu GTX Castrol 20W-50, Việt Nam

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp chế tạo cụm rít khói màu

Phương pháp chế tạo cụm rít khói màu sử dụng trong nghiên cứu này được nêu trong hình 1 dưới đây.



Hình 1. Các bước công nghệ dùng để chế tạo cụm rít khói màu.

Phương pháp và khảo sát ảnh hưởng của thành phần đơn tới một số chỉ tiêu chiến - kỹ thuật của cụm rít:

Cân và sấy các hóa chất dạng rắn (kali peclorat, natri benzoat) ở 40 °C tới khối lượng không đổi. Sau đó nghiền từng loại hóa chất, sàng qua rây inox 0,1 mm, bao gói trong hộp nhựa có nắp kín, ghi nhãn bên ngoài. Tính toán và cân lần lượt từng thành phần đơn các mẫu cụm rít từ M1 đến M5 với khối chất oxi hóa kali peclorat thay đổi từ (65 - 80) % về khối lượng, chất cháy natri benzoat từ (15 - 30) % về khối lượng và cố định tỷ lệ phụ gia (Dầu GTX Castrol) là 5% về khối lượng. Trộn hợp các hóa chất với nhau bằng cách sàng qua rây inox 0,1 mm (3-5 lần) sau đó thu gom và bảo quản hỗn hợp chất tạo cụm rít vào lọ nhựa, nắp kín, ghi nhãn bên ngoài.

Cân (40 ± 0,5) g chất tạo cụm rít cho vào ống PVC C3 Φ 27, dài 9,3 cm. Đặt ống nhựa PVC vào phần đặt mẫu của máy ép thủy lực, tiến hành ép hỗn hợp bột cụm rít với lực ép 2,4 tấn trong 5 lần mỗi lần 5 s.

Phương pháp chế tạo cụm khói màu:

Tiến hành cân và sấy các hóa chất dạng rắn (kali clorat, tinh bột, lưu huỳnh, natri bicacbonat) ở 40 °C tới khối lượng không đổi. Sau đó nghiền từng loại hóa chất, sàng qua rây inox 0,1 mm, bao gói trong hộp nhựa có nắp kín, ghi nhãn bên ngoài. Tính toán và cân lần lượt từng thành phần đơn các mẫu từ M1 đến M6 với lượng chất oxi hóa kali clorat từ (25 - 45) % về khối lượng, hỗn hợp chất cháy (hỗn hợp tinh bột và lưu huỳnh tỉ lệ 1:1 về khối lượng) từ (40 - 50) % về khối lượng, bột màu (Rhodamin B) từ (10 - 30) % về khối lượng, cố định tỷ lệ phụ gia (natri bicacbonat) là 5% về khối lượng. Trộn hợp các hóa chất với nhau bằng cách sàng qua rây inox 0,1 mm (3-5 lần). Thu gom và bảo quản hỗn hợp bột màu vào lọ nhựa, nắp kín, ghi nhãn bên ngoài.

Cân (30 ± 0,5) g hỗn hợp bột màu cho vào đầu bịt PVC Φ 42. Đặt đầu bịt vào phần đặt mẫu của máy ép thủy lực, tiến hành ép cụm khói màu với lực ép 2,4 tấn trong 5 lần mỗi lần 5 s.

Quy trình lắp ráp cụm rít khói màu:

Sử dụng tấm định vị bằng bìa cứng, được cắt hình trụ ống có đường kính ngoài bằng với đường kính ống chứa khói màu, đường kính trong bằng đường kính ống chứa cụm rít. Quần lớp băng dính mỏng cách đáy cụm rít 5 - 7 mm, đặt tấm định vị và quần lớp băng dính mỏng lên phía trên giữ chặt tấm định vị. Đặt cụm rít lên trên cụm tạo khói màu sao cho tấm định vị trùng khít với miệng cụm khói màu. Sau đó dùng 04 sợi dây buộc cố định chắc chắn tấm định vị với cụm khói màu tại vị trí các lỗ khoan trên tấm định vị và vỏ cụm khói màu. Tiếp theo, đặt cụm rít lên trên tấm băng dính tráng kim loại, bóc bỏ lớp bảo vệ băng dính và dán đều lên cụm rít sao cho kín các khe hở giữa tấm định vị và miệng cụm khói màu. Cụm rít và cụm khói sau khi liên kết lại với nhau được đặt vào trong một vỏ nhựa HDPE mua sẵn, đậy kín nắp, bảo quản tại nơi khô ráo, thoáng mát.

2.2.2. Phương pháp điểm hỏa cụm rít khói màu

Để điểm hỏa cụm rít khói màu, sử dụng thanh môi cháy dài 10 - 12 cm đặt vào cụm, sau đó dùng môi lửa đốt thanh môi cháy.

2.2.3. Phương pháp đánh giá tính chất và một số chỉ tiêu chiến - kỹ thuật của cụm rít khói màu

Thời gian rít, thời gian phát khói màu xác định trực tiếp bằng đồng hồ bấm giây. Cường độ rít xác định bằng máy đo độ ồn ONO SOOKI LA215, tần suất đo 5 s/lần, đo 5 lần. Màu sắc màn khói xác định bằng cách quan sát trực tiếp.

Các tính chất cháy của cụm khói và cụm khói màu được xác định tại Học viện Kỹ thuật quân sự. Cụ thể như sau: Nhiệt độ bùng cháy (với tốc độ gia nhiệt 10 °C/min) được xác định theo phương pháp STANAG 4491. Nhiệt lượng cháy được xác định dựa theo phương pháp 06 TCN 889:2001 về Vật liệu nổ, thuốc nổ, thuốc phóng rắn - Phương pháp đo nhiệt lượng cháy. Thể tích khí của sản phẩm cháy (ở điều kiện tiêu chuẩn) được xác định bằng phương pháp môi cháy mẫu trong bom nhiệt lượng cháy kín. Nhiệt độ cháy của sản phẩm được xác định bằng phương pháp cặp nhiệt điện.

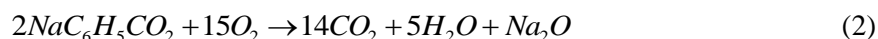
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ các thành phần tới thời gian rít và cường độ rít (cách 01 m) của cụm rít

Thành phần của cụm rít bao gồm: chất oxi hóa kali perclorat, chất cháy natri benzoat và phụ gia (Dầu GTX Castrol). Khi hỗn hợp cụm rít được môi cháy với nguồn nhiệt, quá trình phân hủy chất oxi hóa kali perclorat sẽ diễn ra theo phương trình (1):



Sau đó, oxi sinh ra từ phản ứng (1) sẽ oxi hóa natri benzoat theo phương trình (2). Natri benzoat khi được nhồi vào trong ống và đốt cháy sẽ sinh ra tiếng rít:



Để đánh giá sự ảnh hưởng của tỷ lệ thành phần tới thời gian rít và cường độ rít của cụm rít, chúng tôi tiến hành thay đổi tỷ lệ về khối lượng các thành phần của cụm rít với các mẫu từ M1 tới M5. Sử dụng nguồn nhiệt để đốt lần lượt các mẫu cụm rít. Kết quả xác định thời gian rít và cường độ rít của các mẫu được trình bày trong bảng 1.

Yêu cầu chất lượng của cụm rít khói màu được quy định trong TCVN-AN 114:2017, cụ thể thời gian rít trong khoảng 10 đến 15 giây và cường độ rít (trong phạm vi 01 m) là từ 90 dB đến 95 dB. Từ kết quả trong bảng 1, chúng tôi nhận thấy mẫu M4 là mẫu có thời gian rít (14,01 ± 0,37 giây) và cường độ rít (94,4 ± 0,45 dB) là phù hợp với tiêu chuẩn TCVN-AN 114:2017. Với tỷ lệ thành phần đơn như mẫu M4, hàm lượng chất oxi hóa và chất cháy là phù hợp, không bị dư chất. Khi tỉ lệ chất oxi hóa dư so với chất cháy thì thời gian rít ngắn do lượng chất cần đốt cháy

ít, hầu hết là quá trình phân hủy chất oxi hóa. Ngược lại, khi tỷ lệ chất oxi hóa ít hơn so với lượng chất cháy, thời gian rít cũng không kéo dài lâu do lượng khí O₂ sinh ra theo phản ứng (1) không đủ để cung cấp cho phản ứng cháy.

Bảng 1. Thời gian rít và cường độ rít của cụm rít khi thay đổi tỷ lệ thành phần đơn.

Ký hiệu mẫu	KClO ₄ (%)	C ₆ H ₅ COONa (%)	Phụ gia (%)	Thời gian rít (giây)	Cường độ rít (dB)
M1	68	27	5	9,24 ± 0,09	87,4 ± 1,98
M2	70	25	5	9,92 ± 0,24	90,5 ± 0,65
M3	72	23	5	12,21 ± 0,04	90,7 ± 0,91
M4	75	20	5	14,01 ± 0,37	94,4 ± 0,45
M5	78	17	5	12,82 ± 0,44	95,8 ± 0,45

Như vậy, thành phần đơn được lựa chọn để chế tạo cụm rít là: kali peclorat 75% về khối lượng, natri benzoat 20% về khối lượng và phụ gia 5% về khối lượng.

Đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ các thành phần tới thời gian phát khói và màu sắc khói của cụm khói màu

Thành phần của cụm khói màu bao gồm chất oxi hóa kali clorat, chất cháy bao gồm tinh bột và lưu huỳnh, bột màu Rhodamin B và phụ gia natri bicacbonat. Dưới tác dụng của nhiệt, sẽ diễn ra các phản ứng đốt cháy của chất oxi hóa kali clorat với hỗn hợp chất cháy gồm tinh bột, lưu huỳnh. Lượng nhiệt sinh ra từ phản ứng cháy giữa chất oxi hóa và chất cháy giúp thăng hoa chất tạo màu Rhodamin B để chuyển chất màu thành trạng thái hơi, nhưng không tăng lên trong quá trình cháy ở nhiệt độ cao để tránh gây phân hủy [4]. Quá trình cháy diễn ra theo phương trình (3) và (4) sau:



Để đánh giá sự ảnh hưởng của tỷ lệ thành phần tới thời gian phát khói và màu sắc của cụm khói màu, chúng tôi tiến hành thay đổi tỷ lệ về khối lượng các thành phần của cụm khói màu với các mẫu từ M1 tới M6. Sử dụng nguồn nhiệt để đốt lần lượt các mẫu cụm khói. Kết quả xác định thời gian phát khói và màu sắc của các mẫu được trình bày trong bảng 2 sau đây.

Bảng 2. Thời gian phát khói màu và màu sắc màn khói của cụm khói màu khi thay đổi tỷ lệ các thành phần.

Ký hiệu mẫu	KClO ₃ (%)	Chất cháy (%)	Rhodamin B (%)	Phụ gia (%)	Thời gian phát khói màu (giây)	Màu sắc màn khói
M1	45	40	10	5	15,44 ± 0,08	Hồng
M2	40	40	15	5	14,44 ± 0,09	Đỏ nhạt
M3	35	40	20	5	14,49 ± 0,32	Đỏ cờ
M4	25	40	30	5	12,92 ± 0,27	Đỏ nâu
M5	30	45	20	5	13,61 ± 0,41	Đỏ cờ
M6	25	50	20	5	11,90 ± 0,22	Đỏ cờ

Yêu cầu chất lượng của cụm khói màu được quy định trong TCVN-AN 114:2017, cụ thể thời gian phát khói màu trong khoảng 10 - 15 giây và màu sắc của màn khói là màu đỏ. Từ kết quả bảng 2, chúng tôi nhận thấy mẫu M5 là mẫu có thời gian phát khói màu (13,61 ± 0,41giây) và

màu sắc khói đỏ cờ là phù hợp với tiêu chuẩn. Khi tăng tỷ lệ màu thì màu sắc của khói đậm dần từ hồng tới đỏ nâu và tỷ lệ khối lượng bột màu phù hợp là 20%. Với thành phần đơn như mẫu M5, tỷ lệ chất oxi hóa, chất cháy và bột màu là phù hợp. Thời gian phát khói màu và màu sắc màn khói sẽ được quyết định bởi tỷ lệ chất oxi hóa, chất cháy và bột màu thích hợp. Như vậy, thành phần đơn được lựa chọn để chế tạo cụm khói màu là: kali clorat 30% về khối lượng, chất cháy 45% về khối lượng, bột màu 20% về khối lượng và phụ gia 5% về khối lượng.

Quá trình cháy của cụm rít khói màu

Tiến hành điểm hỏa cụm rít khói màu, quá trình cháy của sản phẩm diễn ra trong 2 giai đoạn. Sau khi điểm hỏa khoảng 3 giây, phần cụm rít bắt đầu cháy kèm theo tiếng rít lớn và màn khói màu trắng đục được duy trì trong vòng 10 - 15 giây.

Sau khi cụm rít cháy hết, cụm màu bắt đầu cháy tạo ra một màn khói đậm đặc màu đỏ cờ, quá trình cháy không kèm theo tiếng rít. Màn khói được duy trì trong không khí từ 10 - 15 giây. Sau khi cháy hết phần cụm màu, màn khói nhanh chóng biến mất.



Hình 2. Quá trình cháy của cụm rít.



Hình 3. Quá trình cháy của cụm khói màu.

Kết quả đánh giá một số tính chất cháy của cụm rít khói màu

Trên cơ sở thành phần đơn đã được tối ưu ở trên, hỗn hợp cụm rít và cụm khói màu được chúng tôi tiến hành xác định một số đặc trưng về tính chất cháy như: nhiệt độ bùng cháy, nhiệt lượng cháy, thể tích sản phẩm khí của sản phẩm cháy và nhiệt độ cháy. Kết quả được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả xác định một số đặc trưng cháy của hỗn hợp cụm rít và cụm khói.

TT	Chỉ tiêu phân tích	Đơn vị đo	Kết quả	
			Hỗn hợp cụm rít	Hỗn hợp cụm khói
1	Nhiệt độ bùng cháy (tốc độ gia nhiệt 10 °C/min)	°C	> 400	185,5 ± 0,3
2	Nhiệt lượng cháy	kcal/kg	321,7	948,6 ± 6,4
3	Thể tích khí của sản phẩm cháy	L/kg	154,9	312 ± 9,4
4	Nhiệt độ cháy	K	1902 ± 76	1007 ± 31

Nhiệt lượng cháy và nhiệt độ cháy của hỗn hợp cụm rít và hỗn hợp cụm khói là không quá cao, phù hợp đối với loại phương tiện sử dụng với mục đích phát khói và tín hiệu. Thông thường, đối với các phương tiện phát khói, khi nhiệt lượng và nhiệt độ cháy quá cao (tương ứng là lớn hơn 2000 kcal/kg và 3000 °C) có thể sẽ làm chất tạo khói bùng cháy thành ngọn lửa, làm khói chóng tan, khói màu dễ bị mất màu đặc trưng [3, 4]. Mức nhiệt lượng này sẽ làm thăng hoa các thành phần có trong hỗn hợp mà không làm bùng cháy hỗn hợp khi bị nén chặt trong một không gian hẹp, ít tiếp xúc với không khí. Ngoài ra, thể tích khí của sản phẩm khí cháy của hỗn hợp khói màu khá cao (312 ± 9,4 L/kg), điều này ảnh hưởng tích cực tới phạm vi tác dụng của màn khói màu cũng như thời gian màn khói được duy trì sau khi đốt. Kết quả phân tích cho thấy, sản phẩm cụm rít khói màu có các tính chất phù hợp để sử dụng làm công cụ hỗ trợ có chức năng phát tín hiệu và phát khói dùng trong các hoạt động diễn tập, huấn luyện.

4. KẾT LUẬN

Đã nghiên cứu làm rõ ảnh hưởng của thành phần đơn (cụm rít và cụm khói màu) tới thời gian rít, cường độ rít, thời gian phát khói, màu sắc và một số tính chất cháy của của cụm rít khói màu. Thành phần đơn (tỉ lệ % về khối lượng) tối ưu của cụm rít gồm: kali perchlorat 75%, natri benzoat 20%, phụ gia 5%; của cụm khói màu gồm: kali chlorat 30%, chất cháy (hỗn hợp tinh bột và lưu huỳnh) 45%, bột màu Rhodamin B 20%, phụ gia 5%. Chất lượng của cụm rít khói màu sau chế tạo đạt tiêu chuẩn TCVN-AN 114:2017, cụ thể với thời gian rít đạt 14,01 giây, cường độ rít đạt 94,4 dB, thời gian phát khói màu đạt 13,61 giây và màn khói màu đỏ cờ. Ngoài ra, kết quả xác định một số tính chất cháy cho thấy cụm rít khói màu phù hợp với mục đích sử dụng làm phương tiện phát khói và phát tín hiệu với nhiệt độ bùng cháy của cụm rít > 400 °C, cụm khói màu: (185,5 ± 0,3) °C; nhiệt lượng cháy của cụm rít đạt 321,7 kcal/kg, cụm khói màu 948,6 ± 6,4 kcal/kg; thể tích khí của sản phẩm cháy của cụm rít đạt 154,9 L/kg, cụm khói màu 312 ± 9,4 L/kg; nhiệt độ cháy của cụm rít (1902 ± 76) K, cụm khói màu (1007 ± 31) K.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TCVN-AN 114: “Quả rít khói màu”, (2017).
- [2]. Ngô Văn Giao, Đàm Quang Sang, “Cơ sở lý thuyết cháy nổ”, NXB Quân đội Nhân dân, Hà Nội, (2007).
- [3]. Đàm Quang Sang, Nguyễn Văn Tính, Nguyễn Văn Tuấn, “Nguyên lý tính toán và thiết kế liều phóng”, NXB Quân đội Nhân dân, Hà Nội, (2013).
- [4]. Nguyễn Văn Tính, Trần Quang Phát, “Cơ sở hóa thuật”, NXB Quân đội Nhân dân, Hà Nội, (2009).
- [5]. Jai Prakash Argawal, “High energy materials: Propellants, Explosives and Pyrotechnics”, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, (2010).
- [6]. Johann Gluck, “Development and characterization of environmentally benign light and smoke-producing pyrotechnical formulations”, Trostberg, Deutschland, (2018).

ABSTRACT

**A study on the influence of unit component
on the properties of hiss-colored smoker cluster**

The hiss-colored smoker device is a hand-held smoke generator equipped for the security forces and the military to use in training, drills, and training - ready to fight. The hiss-colored smoker cluster is an important detail to make the hiss-colored smoker device. Unit component has a great influence on the technical properties of the product. This paper introduced the results on the influence of unit component on some technical properties of hiss- colored smoke cluster by using several methods such as STANAG 4491, 06 TCN 889:2001,... After optimizing the unit component, the results showed that the product has technical properties that suitable for the criteria stated in the standard TCVN-AN 114:2017 with the hissing time was $14,01 \pm 0,37$ seconds, the intensity of hissing was $94,4 \pm 0,45$ dB, the color smoke emission time was $13,61 \pm 0,41$ seconds and the smoke screen was red. In additon, the results of some significant properties of combustion process showed that the hiss-colored smoker cluster is suitable for using as a means of emitting smoke and transmitting signals.

Keywords: Hiss-colored smoker device; Hiss - colored smoker clusters; Training; Rehearsal; Training-ready to fight.