

## Khảo sát cơ tính, đặc trưng năng lượng và định tính một số thành phần trong vỏ đạn có khả năng cháy

Phạm Văn Khương<sup>1,2</sup>, Nguyễn Mạnh Tường<sup>1</sup>, Hoàng Thế Vũ<sup>2</sup>, Lê Phú Soàn<sup>2</sup>,  
Đỗ Thanh Hưng<sup>2</sup>, Đỗ Đức Trí<sup>2\*</sup>, Trịnh Đắc Hoàn<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Viện Hóa học – Vật Liệu, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;

<sup>2</sup>Viện Thuốc phóng Thuốc nổ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng.

\*Email: ddtripe@gmail.com

Nhận bài: 14/6/2023; Hoàn thiện: 14/11/2023; Chấp nhận đăng: 12/12/2023; Xuất bản: 25/12/2023.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.92.2023.71-78>

### TÓM TẮT

Bài báo trình bày một số kết quả khảo sát cơ tính, đặc trưng năng lượng và định tính một số thành phần mẫu vật liệu vỏ đạn cháy được của nước ngoài. Kết quả cho thấy, vật liệu khảo sát có mật độ khoảng  $1,40 \text{ g/cm}^3$ , mô đun đàn hồi Young trong khoảng từ  $1300 - 2000 \text{ N/mm}^2$ , độ bền kéo của vật liệu dao động trong khoảng  $15,4 - 34,2 \text{ Mpa}$  (tùy các hướng và các vị trí khác nhau), độ giãn dài không nhỏ hơn  $2\%$ , nhiệt lượng không nhỏ hơn  $550 \text{ kcal/kg}$ , nhiệt độ bùng cháy không nhỏ hơn  $180^\circ\text{C}$ , trong thành phần có chứa phần vật liệu gia cường không tan trong acetone, phần các chất tan trong acetone là trinitrotoluene và nitroxenlulo.

**Từ khóa:** Vỏ đạn cháy được; Cơ tính; Đặc trưng năng lượng; Định tính thành phần.

### 1. MỞ ĐẦU

Đạn bắn trên xe tăng hiện đại sử dụng vỏ đạn cấu tạo từ phần đế kim loại và phần thân bằng vật liệu mang năng lượng (vỏ đạn cháy được) [4, 5, 7]. Sử dụng phần vỏ đạn cháy được để góp thêm năng lượng đẩy đầu đạn đem đến nhiều lợi ích [8]. Việc thay thế vỏ kim loại bằng vật liệu compozit làm giảm khối lượng tổng thể của phát bắn và giảm áp lực cho hệ thống vận tải, phần khí thuốc tích tụ lại sau khi bắn sẽ giảm đi đáng kể, do phần đế ngắn hơn [8]. Một phát bắn trên xe tăng bao gồm 02 liều phóng: liều chính, liều phụ [6]. Mỗi liều phóng lại bao gồm nhiều chi tiết vỏ đạn cháy được, tuy nhiên, đối với từng liều phóng các chi tiết có chung đơn thành phần, tính chất. Theo tác giả A.N. Krestovsky Độ bền kéo không nhỏ hơn  $9,807 \text{ N/mm}^2$  ( $100 \text{ kg/cm}^2$ ), modun đàn hồi Young không nhỏ hơn  $490,3 \text{ N/mm}^2$  ( $5000 \text{ kg/cm}^2$ ), Biến dạng tương đối theo chiều dài khi đứt không nhỏ hơn  $3\%$ , nhiệt độ bùng cháy không nhỏ hơn  $170^\circ\text{C}$  [9].

Vỏ đạn cháy được là loại vật liệu mới, chưa được nghiên cứu đầy đủ ở nước ta. Để có thể đưa ra định hướng cho các nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả đã tiến hành khảo sát một số chỉ tiêu chính mẫu vỏ đạn cháy được của nước ngoài, các chỉ tiêu khảo sát bao gồm: cơ tính, nhiệt lượng cháy, nhiệt độ bùng cháy, định tính một số thành phần vỏ đạn cháy được.

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

#### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu: Vật liệu vỏ đạn cháy được của nước ngoài.
- Phạm vi nghiên cứu: Cơ tính, đặc trưng năng lượng và xác định định tính một số thành phần mẫu vật liệu vỏ đạn cháy được của nước ngoài.

#### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

##### 2.2.1. Phương pháp đo các chỉ tiêu cơ tính của vật liệu

- Độ bền cơ lý được đo trên thiết bị đo độ bền kéo nén M350-10CT. Dùng dao cắt chuyên dụng để cắt các tấm vật liệu thành 5 mẫu với kích thước theo GOST 11262-2017. Tiến hành đo kích thước mẫu (bề dày, bề ngang) của mẫu tại 03 vị trí, xác định giá trị nhỏ nhất. Lắp mẫu lên

thiết bị sao cho trục của mẫu và các mẫu giữ tạo thành một đường thẳng đứng. Tiến hành nhập các thông số kích thước của mẫu gồm: giá trị bề dày nhỏ nhất, giá trị bề ngang nhỏ nhất. Cài đặt tốc độ kéo 30 mm/phút. Nhiệt độ môi trường 25 °C, độ ẩm 70%. Nhấn nút đo, máy sẽ tự động tiến hành đo, tính toán và đưa ra các kết quả. Ghi lại kết quả đo và tính toán giá trị trung bình của 5 lần đo.

#### 2.2.2. Phương pháp đo các đặc trưng năng lượng của vật liệu

- Phương pháp xác định nhiệt lượng cháy được thực hiện theo TCVN/QS 889: 2019;
- Phương pháp xác định nhiệt độ bùng cháy: Cấp 0,3 g mẫu vào thiết bị DT-400 (R&P GmbH), gia nhiệt theo các tốc độ 5 K/phút và 20 K/phút, xác định bằng mắt thường thời điểm mẫu bùng cháy.

#### 2.2.3. Phương pháp tách chiết các thành phần

##### 2.2.3.1. Tách các thành phần tan trong acetone bằng phương pháp chiết Soxhlet

Mẫu được cắt nhỏ thành từng miếng với kích thước 5 mm x 5 mm. Rửa sạch các thiết bị, dụng cụ thủy tinh, tráng bằng acetone, sấy khô trong tủ sấy ở 105 °C và sau khi lấy ra được giữ trong bình hút ẩm. Cân khoảng 5 gam mẫu đã cắt nhỏ rồi cho vào túi giữ mẫu và đặt vào ống chiết. Đặt ống chiết vào bộ chiết soxhlet. Cấp acetone vào khoảng 2/3 bình cầu. Đặt bình cầu lên thiết bị gia nhiệt, điều chỉnh nhiệt độ để acetone sôi vừa phải. Tiến hành quá trình chiết xuất trong 6 giờ. Để tránh tổn thất dung môi, dung môi trong bình cầu không được sôi mạnh, đảm bảo khoảng 5 - 6 chu trình trong 1 giờ. Khi ngừng chiết tháo bộ ngưng tụ ra khỏi bộ chiết và để mẫu nguội bớt, thu dung môi sau khi chưng cất. Phần còn lại trong túi giữ mẫu, sấy ở nhiệt độ 90 - 95 °C trong 1 giờ, lấy ra để nguội ở bình hút ẩm và cân, sấy đến khi khối lượng mẫu sau 2 lần cân không lệch quá quá 0,001 gam.

Đối với mẫu phục vụ đo các chỉ tiêu của giấy gia cường, không cắt nhỏ, cắt thành các tấm hình vuông khổ 15 cm, ngâm rửa nhiều lần trong acetone cho đến khi tan hết các thành phần khác.

##### 2.2.3.2. Kết tủa các chất tan trong acetone bằng nước lạnh

100 ml dung dịch các chất tan trong acetone được cấp vào bình cầu 2 lít, lắp máy khuấy, bật khuấy, tốc độ 1000 v/phút, cấp từ từ 1000 ml nước lạnh vào, khuấy 15 phút cho kết tủa hết chất tan. Đem hỗn hợp đi lọc và sấy khô trong môi trường chân không, nhiệt độ 45 °C.

##### 2.2.3.3. Tách chiết các chất bằng toluen

Mẫu các chất kết tủa ở mục trên sau khi được sấy khô, được lọc rửa nhiều lần bằng toluen, phần chất tan đem đi cô đặc, chất không tan trong toluen sấy khô trong môi trường chân không, nhiệt độ 75 °C.

#### 2.2.4. Phương pháp đo đặc các chỉ tiêu kỹ thuật khác của giấy gia cường

- Xác định định lượng của giấy theo TCVN 1270:2017; Xác định bề dày của giấy theo TCVN 3652:2007; Xác định độ bền kéo của giấy theo TCVN 1862-2:2010; Xác định độ bền xé của giấy theo TCVN 3229: 2015; Xác định thành phần bột giấy theo TCVN 3980:2001.

#### 2.2.5. Phương pháp đo đặc các chỉ tiêu kỹ thuật khác của vật liệu

- Xác định tỷ trọng theo TQSA 1282 : 2006; Phân tích phổ FT-IR; Quét nhiệt vi sai DSC.

### 2.3. Vật tư, hóa chất

- Mẫu vỏ đạn cháy được của nước ngoài; Acetone AR, Toluene AR xuất xứ Trung Quốc.

### 2.4. Thiết bị và dụng cụ

- Thiết bị đo độ bền kéo nén M350-10CT và dao cắt mẫu chuyên dụng; Bom đo nhiệt lượng 1261 Parr (Mỹ); Thiết bị DT-400 (R&P GmbH); Thiết bị phân tích nhiệt vi sai (Netzsch, Đức). Bộ chiết Soxhlet (Witeg, Đức); Tủ sấy hút chân không, hãng Binder, model VD 115; Cân phân tích Ohaus PA214 độ chính xác  $10^{-4}$ , giới hạn 210 g; Cân kỹ thuật Ohaus PR2202/E độ chính xác  $10^{-2}$ ,

giới hạn 2,2 kg; Máy khuấy IKEA; Bình cầu 2 lít, 1 lít; Ống đong các loại: 100, 200, 250, 500 mL; Thiết bị phân tích FT-IR, phân tích nhiệt của Viện Kỹ thuật Nhiệt đới/Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Các thiết bị phân tích các chỉ tiêu của giấy gia cường của Viện Công nghiệp Giấy và Xenlulo.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Kết quả khảo sát mật độ của vật liệu

Khảo sát mật độ mẫu vật liệu vỏ đạn cháy được liều chính, nắp liều chính và liều phụ của nước ngoài, theo tiêu chuẩn TQSA 1282:2006. Kết quả cho thấy, vỏ liều chính có mật độ 1,37 g/cm<sup>3</sup>, vỏ liều phụ có mật độ 1,40 g/cm<sup>3</sup>, nắp liều chính có mật độ 1,43 g/cm<sup>3</sup>. Như vậy, vật liệu vỏ đạn cháy được có mật độ rất nhỏ chỉ khoảng 1,40 g/cm<sup>3</sup>, thấp hơn nhiều so với các vật liệu làm vỏ liều truyền thống (đồng thau, mật độ: 8,4 - 8,73 g/cm<sup>3</sup>), điều này dẫn tới làm giảm đáng kể khối lượng của liều phóng.

#### 3.2. Kết quả khảo sát cơ tính của vật liệu

Khảo sát cơ tính mẫu vật liệu vỏ đạn cháy được liều chính và liều phụ của nước ngoài, theo chiều dọc và chiều ngang. Kết quả được trình bày trong các bảng 1, 2, 3, 4. Trong đó, các thông số chính đo được như sau: E: Modun đàn hồi Young, N/mm<sup>2</sup>; F<sub>max</sub>: Lực lớn nhất khi kéo mẫu, N; Δl: Biến dạng tuyệt đối theo chiều dài khi đứt, mm; σ: Độ bền kéo đứt, N/mm<sup>2</sup>; δ: Biến dạng tương đối theo chiều dài khi đứt, %.

*Bảng 1. Kết quả khảo sát cơ tính của vỏ liều chính (dọc).*

TT	Bề dày (mm)			Bề ngang (mm)			E (N/mm <sup>2</sup> )	F <sub>max</sub> (N)	Δl (mm)	σ (N/mm <sup>2</sup> )	δ (%)
	1	2	3	1	2	3					
1	2,35	2,39	2,40	5,94	5,95	5,98	1659,9	226,9	0,587	16,255	1,468
2	2,38	2,39	2,40	5,93	5,94	6,00	1516,2	216,8	0,701	15,360	1,759
3	2,42	2,50	2,52	6,08	6,11	6,12	1541,8	242,4	0,758	16,475	1,896
4	2,49	2,50	2,55	6,02	6,07	6,09	1401,8	250,0	0,878	16,678	2,745
5	2,30	2,38	2,42	6,04	6,11	6,07	1464,9	267,3	0,964	18,752	2,408
<b>TB</b>							<b>1516,9</b>	<b>240,68</b>	<b>0,7776</b>	<b>16,704</b>	<b>2,0552</b>

*Bảng 2. Kết quả khảo sát cơ tính của vỏ liều chính (ngang).*

TT	Bề dày (mm)			Bề ngang (mm)			E (N/mm <sup>2</sup> )	F <sub>max</sub> (N)	Δl (mm)	σ (N/mm <sup>2</sup> )	δ (%)
	1	2	3	1	2	3					
1	2,36	2,38	2,38	6,08	6,11	6,15	1372,0	255,5	0,621	17,80	1,55
2	2,39	2,41	2,40	6,03	6,10	6,09	1180,7	285,7	0,795	19,824	1,986
3	2,32	2,36	2,38	6,02	6,11	6,05	1276,0	310,7	0,846	22,246	2,113
4	2,30	2,33	2,35	6,03	6,04	6,09	1501,0	278,6	1,286	20,08	3,214
5	2,42	2,40	2,39	6,05	6,09	6,11	1487,0	341,3	1,551	23,604	3,875
<b>TB</b>							<b>1363,3</b>	<b>294,4</b>	<b>1,020</b>	<b>20,711</b>	<b>2,548</b>

*Bảng 3. Kết quả khảo sát cơ tính của vỏ liều phụ (dọc).*

TT	Bề dày (mm)			Bề ngang (mm)			E (N/mm <sup>2</sup> )	F <sub>max</sub> (N)	Δl (mm)	σ (N/mm <sup>2</sup> )	δ (%)
	1	2	3	1	2	3					
1	1,75	1,72	1,76	6,05	6,07	6,09	1966,0	186,2	0,852	17,894	2,12
2	1,74	1,76	1,76	6,10	6,11	6,13	1971,3	188,2	0,911	17,730	2,276
3	1,73	1,76	1,78	6,03	6,05	6,11	1848,9	179,1	0,909	17,188	2,273
4	1,73	1,74	1,72	6,00	6,03	6,09	2058,8	199,5	0,825	19,330	2,061
5	1,70	1,75	1,76	6,06	6,09	6,11	1908,4	205,3	1,076	19,928	2,689
<b>TB</b>							<b>1950,7</b>	<b>191,7</b>	<b>0,915</b>	<b>18,414</b>	<b>2,284</b>

**Bảng 4.** Kết quả khảo sát cơ tính của vỏ liều phụ (ngang).

TT	Bề dày (mm)			Bề ngang (mm)			E (N/mm <sup>2</sup> )	F <sub>max</sub> (N)	Δl (mm)	σ (N/mm <sup>2</sup> )	δ (%)
	1	2	3	1	2	3					
1	1,80	1,81	1,81	6,05	6,08	6,09	1411,2	232,9	1,826	21,458	4,56
2	1,62	1,65	1,66	6,07	6,11	6,07	1352,0	251,4	1,486	25,566	3,713
3	1,70	1,71	1,80	5,96	6,08	6,11	1290,1	322,7	1,396	31,860	3,486
4	1,73	1,74	1,72	6,04	6,11	6,12	1460,5	287,0	1,367	21,331	3,414
5	1,70	1,75	1,76	6,05	6,07	6,11	1510,3	329,4	1,898	34,240	4,742
<b>TB</b>							<b>1404,8</b>	<b>284,7</b>	<b>1,595</b>	<b>26,891</b>	<b>3,983</b>

Từ bảng 1 đến bảng 4, có thể kết luận sơ bộ về cơ tính của vật liệu như sau:

- Đối với vật liệu vỏ liều chính:

+ Khi khảo sát theo hướng dọc, mô đun đàn hồi Young có giá trị trung bình 1516,9 N/mm<sup>2</sup> và thay đổi trong khoảng (1400 ÷ 1660) N/mm<sup>2</sup>, độ bền kéo đứt có giá trị trung bình 16,704 N/mm<sup>2</sup> và thay đổi trong khoảng từ (15,36 ÷ 18,752) N/mm<sup>2</sup>, biến dạng tương đối theo chiều dài khi đứt có giá trị trung bình 2,055% và thay đổi trong khoảng từ (1,468 ÷ 2,745)%.

+ Khi khảo sát theo hướng ngang, mô đun đàn hồi Young có giá trị trung bình 1363,3 N/mm<sup>2</sup> và thay đổi trong khoảng (1180,7 ÷ 1501,0) N/mm<sup>2</sup>, độ bền kéo đứt có giá trị trung bình 20,711 N/mm<sup>2</sup> và thay đổi trong khoảng từ (17,80 ÷ 23,604) N/mm<sup>2</sup>, biến dạng tương đối theo chiều dài khi đứt có giá trị trung bình 2,548% và thay đổi trong khoảng từ (1,55 ÷ 3,875)%.

- Đối với vật liệu vỏ liều phụ:

+ Khi khảo sát theo hướng dọc, mô đun đàn hồi Young có giá trị trung bình 1950,7 N/mm<sup>2</sup> và thay đổi trong khoảng (1848,9 ÷ 2058,8) N/mm<sup>2</sup>, độ bền kéo đứt có giá trị trung bình 18,414 N/mm<sup>2</sup> và thay đổi trong khoảng từ (17,188 ÷ 19,928) N/mm<sup>2</sup>, biến dạng tương đối theo chiều dài khi đứt có giá trị trung bình 2,284% và thay đổi trong khoảng từ (2,061 ÷ 2,689)%.

+ Khi khảo sát theo hướng ngang, mô đun đàn hồi Young có giá trị trung bình 1404,8 N/mm<sup>2</sup> và thay đổi trong khoảng (1290,1 ÷ 1510,3) N/mm<sup>2</sup>, độ bền kéo đứt có giá trị trung bình 26,891 N/mm<sup>2</sup> và thay đổi trong khoảng từ (21,331 ÷ 34,240) N/mm<sup>2</sup>, biến dạng tương đối theo chiều dài khi đứt có giá trị trung bình 3,983% và thay đổi trong khoảng từ (3,414 ÷ 4,742)%.

Về cơ bản vật liệu vỏ liều phụ có cơ tính tốt hơn vật liệu vỏ liều chính.

### 3.3. Kết quả khảo sát tính chất cháy của vật liệu

Nhóm tác giả đã tiến hành khảo sát nhiệt lượng cháy của mẫu vật liệu theo TCVN/QS 889:2019. Kết quả như sau: Vỏ liều chính: 572,0 cal/g; Vỏ liều phụ: 582,9 cal/g; Nắp vỏ liều chính: 568,0 cal/g. Như vậy, vật liệu có nhiệt lượng cháy ở mức trung bình thấp khi so sánh với nhiệt lượng cháy của thuốc phóng từ 900 - 1000 cal/g. Như vậy, có thể dự đoán ngoài những thành phần mang năng lượng vật liệu còn chứa lượng chất độn trơ, chất gia cường không mang năng lượng.

Nhóm tác giả khảo sát nhiệt độ bùng cháy của mẫu vật liệu theo phương pháp ở mục 2.2.2. Kết quả được trình bày trong bảng 5.

**Bảng 5.** Kết quả khảo sát nhiệt độ bùng cháy.

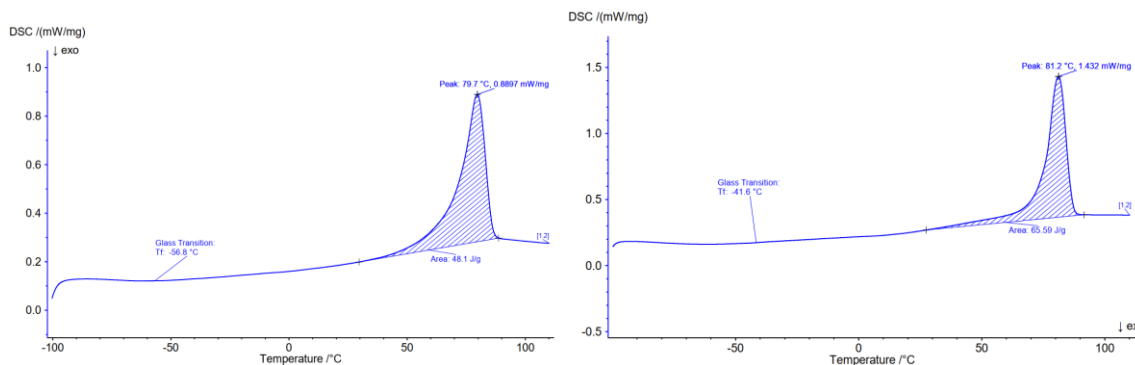
TT	Tên mẫu	Tốc độ gia nhiệt 5K/phút		Tốc độ gia nhiệt 20K/phút	
		Thoát khí nâu lần 1 (°C)	Thoát khí nâu kèm cháy (°C)	Thoát khí nâu lần 1 (°C)	Thoát khí nâu kèm cháy (°C)
1	Vỏ liều phụ	182,5 ± 0,3	248,6 ± 0,3	202,5 ± 0,4	262,2 ± 0,6
2	Vỏ liều chính	180,5 ± 0,2	253,4 ± 0,3	200,4 ± 0,5	271,3 ± 0,5

Kết quả cho thấy trong thành phần của vật liệu có cấu tử có nhiệt độ bùng cháy khoảng 180 - 200 °C (dự kiến là nitroxenlulo).

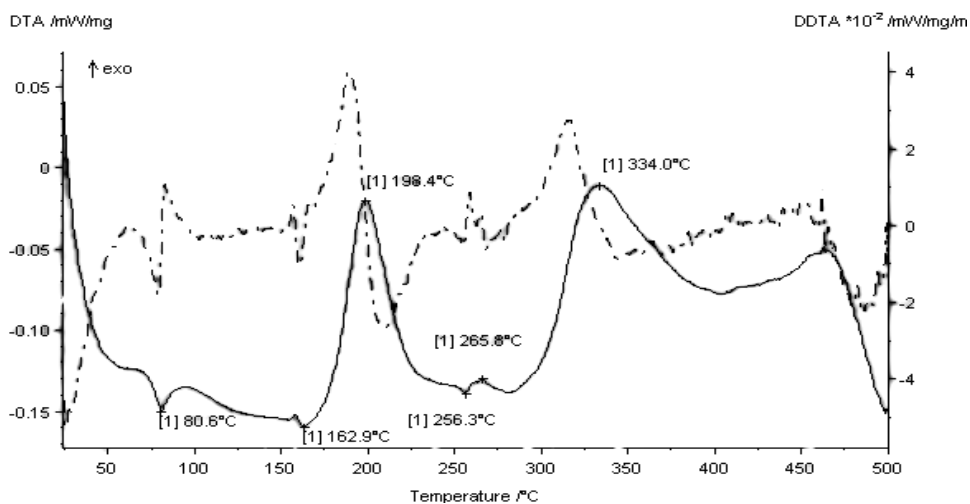
### 3.4. Kết quả khảo sát định tính thành phần của vật liệu vỏ đạn cháy được

#### 3.4.1. Kết quả phân tích nhiệt

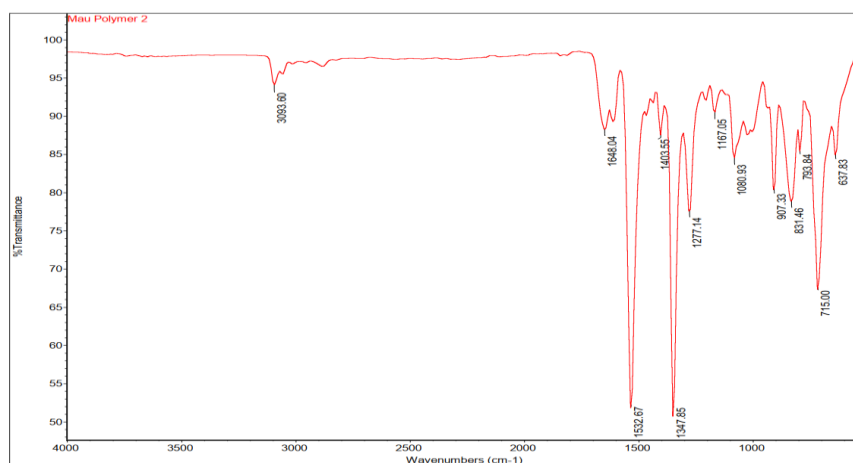
Để đánh giá sơ bộ về thành phần vỏ đạn cháy được, nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu mẫu vỏ đạn cháy được, tiến hành phân tích nhiệt DTA, DSC, kết quả như sau:



Hình 1. Kết quả phân tích DSC mẫu vỏ liều chính (trái), vỏ liều phụ (phải).



Hình 2. Kết quả phân tích DTA mẫu vỏ liều chính.



Hình 3. Phổ FT-IR mẫu kết tủa thu được.

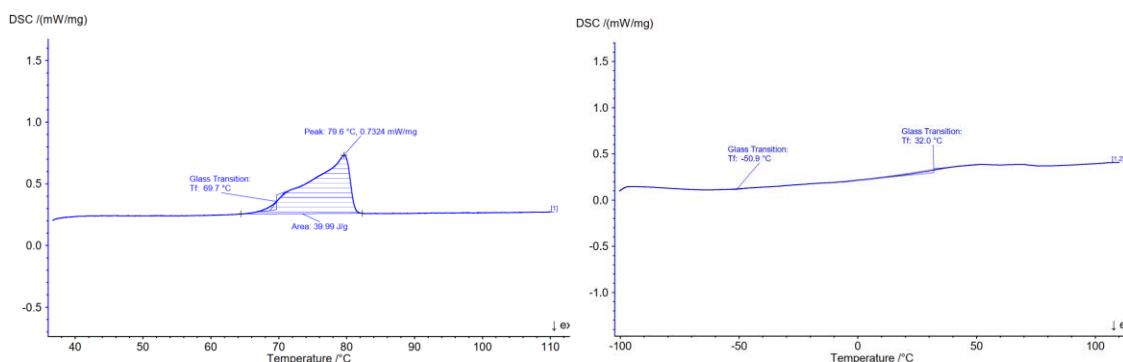
Từ đồ thị DSC (hình 1) có thể thấy rõ peak nóng chảy ( $79,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $81,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) minh chứng cho việc trong thành phần của vỏ đạn cháy được có trinitrotoluene (nhiệt độ nóng chảy  $80,35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Về cơ bản các đường cong DSC có biên dạng giống nhau, tuy nhiên vẫn có sự sai khác về đỉnh peak và năng lượng nóng chảy, điều này có thể là hệ quả của hàm lượng trinitrotoluene khác nhau trong các mẫu vật liệu vỏ liều chính, phụ.

Từ đồ thị DTA (hình 2) có thể thấy rõ peak nóng chảy  $80,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  của trinitrotoluene, tiếp theo đó là các peak phân hủy ở các nhiệt độ  $198,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $265,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $334,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Từ đó có thể dự đoán sơ bộ vật liệu vỏ đạn cháy được có 3 thành phần chính dự kiến là: nitroxenlulo (phân hủy ở  $198,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), trinitrotoluene (phân hủy ở  $265,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), của xenlulo –giấy (phân hủy ở  $334,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

#### 3.4.2. Kết quả đo đặc hỗn hợp các chất tan trong acetone

Nhằm định tính các thành phần tan trong acetone của mẫu vật liệu, nhóm tác giả đã tiến hành tách chiết các chất tan trong acetone theo quy trình trong mục 2.2.3.1 và kết tủa theo mục 2.2.3.2, hỗn hợp các chất thu được đem phân tích phổ IR và DSC, kết quả trên hình 3, hình 4.

Có thể quan sát trong phổ FT-IR mẫu kết tủa thu được (hình 3) có các dao động kéo dài đối xứng và không đối xứng của nhóm  $\text{NO}_2$  làm phát sinh hai dải hấp thụ rõ rệt, có giá trị chẩn đoán cao, các dải này lần lượt xuất hiện ở  $1390,1320\text{ cm}^{-1}$  và  $1590 - 1510\text{ cm}^{-1}$  là minh chứng cho việc có mặt của 2,4,6-Trinitrotoluene. Hai dao động kéo giãn  $\text{NO}_2$  trong este nitrat xuất hiện lần lượt ở  $1285 - 1270\text{ cm}^{-1}$  và  $1660 - 1640\text{ cm}^{-1}$  cũng có mặt trong phổ là cơ sở cho dự đoán việc có nitroxenlulo trong thành phần vỏ đạn cháy được.



**Hình 4.** Đồ thị DSC hỗn hợp kết tủa từ acetone (trái), và khi rửa sạch trinitrotoluene bằng toluene (phải).

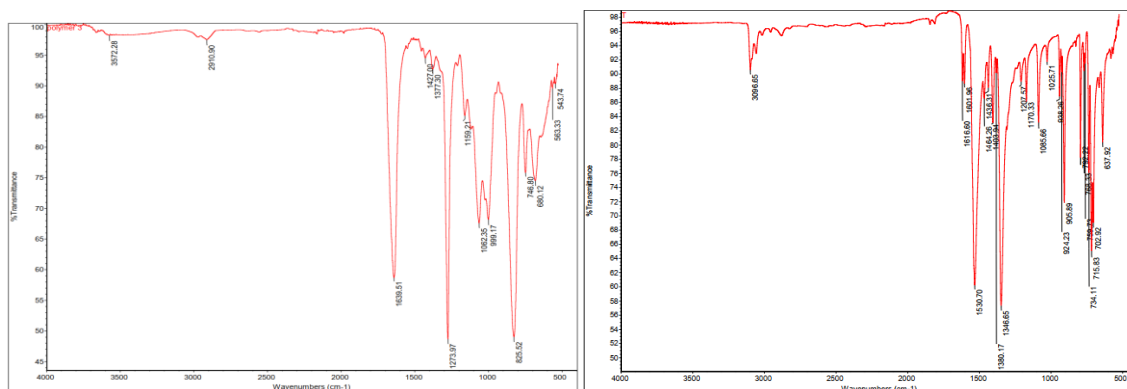
Giản đồ DSC của hỗn hợp các chất kết tủa từ acetone (hình 4 (trái)) cho thấy peak nóng chảy của trinitrotoluene ở  $79,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nhóm tác giả đã tiến hành rửa sạch kết tủa các chất tan trong acetone bằng toluene nhằm loại bỏ trinitrotoluene, sau đó phân tích DSC. Kết quả ở giản đồ trên hình 4 (phải) cho thấy sự mất đi của trinitrotoluene (bị hòa tan bởi toluen).

Phổ IR mẫu kết tủa thu được sau khi rửa sạch trinitrotoluene bằng toluen (hình 5 bên trái) đồng dạng với phổ IR của nitroxenlulo trong các tài liệu [10, 15] đã công bố.

Phần chất tan trong toluene, được đem sấy cô đặc ở  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ , trong điều kiện chân không, phần chất rắn thu được đem phân tích phổ IR (hình 5 bên phải). Kết quả cho thấy phổ IR tương ứng với trinitrotoluene trong các tài liệu [14-16].

#### 3.4.3. Kết quả phân tích chỉ tiêu giấy gia cường

Qua quan sát bằng mắt thường phần không tan trong acetone là các tấm giấy có chức năng tăng cường cơ tính của vỏ đạn. Nhóm tác giả đã gửi các mẫu giấy gia cường của vỏ liều chính và vỏ liều phụ đem đo đặc các chỉ tiêu kỹ thuật tại Viện Công nghiệp Giấy và Xenlulo, kết quả phân tích được trình bày trong bảng 6.



**Hình 5.** Phổ IR mẫu kết tủa sau khi rửa toluene (trái), chất tan trong toluene sau khi được cô đặc (phải).

**Bảng 6.** Kết quả khảo sát giấy gia cường của vỏ liều chính và vỏ liều phụ.

STT	Tên phép thử	Đơn vị	Phương pháp thử	Vỏ liều chính	Vỏ liều phụ
1	Định lượng	g/m <sup>2</sup>	TCVN 1270:2017	148	85,2
2	Bề dày	µm	TCVN 3652:2007	465	266
3	Độ bền kéo - Chiều dọc - Chiều ngang	Kgf/15mm	TCVN 1862-2:2010	7,0 4,7	5,8 2,9
4	Độ bền xé - Chiều dọc - Chiều ngang	mN	TCVN 3229:2015	2714 2807	1573 1653
5	Thành phần bột giấy - Bột giấy cơ học và hóa cơ - Bột giấy hóa học sản xuất bằng phương pháp sulphat	%	TCVN 3980:2001	0 100	0 100

Như vậy, vỏ liều chính và vỏ liều phụ đều sử dụng vật liệu gia cường là các tấm giấy craft chế tạo từ bột giấy hóa học sản xuất bằng phương pháp sulphat, tuy nhiên có bề dày khác nhau.

#### 4. KẾT LUẬN

Bằng các phương pháp thực nghiệm, nhóm tác giả đã khảo sát các mẫu vật liệu vỏ đạn cháy được của nước ngoài. Kết quả cho thấy vật liệu khảo sát có mật độ khoảng 1,40 g/cm<sup>3</sup>, mô đun đàn hồi Young trong khoảng từ 1300 - 2000 N/mm<sup>2</sup>, độ bền kéo của vật liệu dao động trong khoảng 15,4 - 34,2 Mpa (tùy các hướng và các vị trí khác nhau), độ giãn dài không nhỏ hơn 2%, nhiệt lượng không nhỏ hơn 550 kcal/kg, nhiệt độ bùng cháy không nhỏ hơn 180 °C. Dựa vào các phương pháp tách chiết, các phép đo phân tích nhiệt và phổ FT-IR có thể kết luận sơ bộ trong thành phần vật liệu vỏ đạn cháy được có chứa phần vật liệu gia cường không tan trong acetone là tấm giấy craft chế tạo từ bột giấy hóa học sản xuất bằng phương pháp sulphat, tuy nhiên có bề dày khác nhau, phần các chất tan trong acetone là trinitrotoluene và nitroxenlulo. Trong đó nitroxenlulo đóng vai trò là thành phần mang năng lượng chính, trinitrotoluene là chất kết dính và phụ gia bổ sung năng lượng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ngô Văn Giao, “*Tính chất thuốc phóng và nhiên liệu tên lửa*”, Nhà xuất bản Quân đội nhân dân, Hà Nội, (2005).
- [2]. Phan Đức Nhân và cộng sự, “*Công nghệ sản xuất thuốc phóng và nhiên liệu tên lửa nitroxenlulo*”, Nhà xuất bản Quân đội nhân dân, Hà Nội, (2013).
- [3]. Дик В.Н. “*Взрывчатые вещества, пороха и боеприпасы отечественного производства. Часть I. Справочные материалы*”, (2009).
- [4]. В. К. Марьин, Н. М. Боклашов, Б. Г. Романенко и др, “*Производство и эксплуатация порохов и взрывчатых веществ: П80 Учебник*” – Пенза: ПАИИ, (2005).
- [5]. А. В. Бабкин, В. А. Велданов, Е. Ф. Грязнов и др.; “*Средства поражения и боеприпасы*”: Учебник / Под общ. ред. В. В. Селиванова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана.— 984 с.: ил, (2008).
- [6]. Продукция военного назначения. Каталог. Научно-производственный концерн «Технологии машиностроения». (2018).
- [7]. Б.Б.П. Жуков. “*Энергетические конденсированные системы*”. Янис-К, Москва. 596с, (1999).
- [8]. F.W. Robbin, J.W. Colburn. “*Combustible cartridge case: Curent status and future prospects*”. Ballistic research laboratory Aberdeen Proving Ground, Maryland. (1992).
- [9]. Yang W-t, Yang J-x, Zhang Y-c, Ying S-j. “*A comparative study of combustible cartridge case materials*”. Defence Technology, doi: 10.1016/j.dt.2017.02.003. (2017).
- [10]. Hisham Mattar, Zahraa Baz. “*Nitrocellulose: Structure, Synthesis, Characterization, and Applications*”. Wat.Ener.Food.Env.J 1, No. 3,1-15. (2020).
- [11]. А.Н. Крестовский, “*Разработка олигоэфируретанакрилатного сгораемого материала и технологии изготовления нового поколения жестких сгораемых картузов для модульных метательных зарядов*”. ФГУП «Научно-исследовательский институт полимерных материалов». Пермь. (2011).
- [12]. Солдатов С.В., Енейкина Т.А. и др.; Патент RU 2270895. “*Способ получения жесткого сгорающего картуза*”. (2018).
- [13]. Билалов Т.Р., Гумеров Ф.М. “*Экстракция энергонасыщенных компонентов из сгорающих материалов в среде чистого и модифицированного сверхкритического CO<sub>2</sub>*”. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики; 19(5-6):132-143, (2017).
- [14]. [https://www.chemicalbook.com/SpectrumEN\\_118-96-7\\_IR1.htm](https://www.chemicalbook.com/SpectrumEN_118-96-7_IR1.htm);
- [15]. Kevin L. McNesby and Rose A. Pesce-Rodriguez. “*Applications of vibrational spectroscopy in the study of explosives*”. Army research laboratory. Aberdeen Proving Ground, MD 21005-5066. (2002).
- [16]. Jin-Shuh Li, Jian-Jing Chen, Chyi-Ching Hwang, Kai-Tai Lu, Tsao-Fa Yeh. “*Study on Thermal Characteristics of TNT Based Melt-Cast Explosives*”. Propellants, Explosives, Pyrotechnics, (2019), <https://doi.org/10.1002/prep.201900078>

## ABSTRACT

**The results of a survey on the mechanical properties, energy characteristics, and qualitative analysis of materials on combustible cartridge case**

*The article presents some results of a survey on the mechanical properties, energy characteristics, and qualitative analysis of materials in foreign combustible cartridge cases. The results show that the material has a density of about 1.40 g/cm<sup>3</sup>, Young's modulus of elasticity in the range 1300-2000 N/mm<sup>2</sup>, the tensile strength of the material ranges from 15.4-34.2 Mpa (depending on the orientations and positions), elongation is not less than 2%, the heat of combustion is not less than 550 kcal/kg, flash point is not less than 180 °C, the composition contains reinforcement material that is insoluble in acetone and is made of craft paper from chemical pulp produced by the sulphate method, the substances soluble in acetone are trinitrotoluene and nitrocellulose. It is expected that nitrocellulose plays the role of the main energy carrier, trinitrotoluene is the binder and energy supplement.*

**Keywords:** Combustible cartridge case; Mechanical properties; Burning characteristics; Qualitative analysis.