

## NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CẮT ỐNG THÉP BẰNG LƯỢNG NỔ DẠNG MÁNG TRÒN XOAY

Nguyễn Quang Huy<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Trang Minh<sup>2</sup>, Trần Văn Doanh<sup>3</sup>

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu thực nghiệm cắt kim loại bằng năng lượng nổ của các loại lượng nổ định hướng có cấu trúc dạng máng (thẳng và tròn xoay) với các phương án gá đặt khác nhau nhằm kiểm chứng lại các kết quả tính toán trên cơ sở mô hình nghiên cứu lý thuyết về cắt nổ bằng lượng nổ dạng máng có và không có vuốt dài lưỡi cắt...

**Từ khóa:** Kỹ thuật cơ khí động lực; Ứng dụng năng lượng nổ; Cắt tấm kim loại.

### I. ĐẶT VẤN ĐỀ

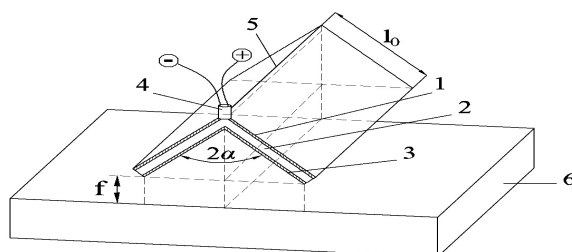
Cắt kim loại bằng lượng nổ dạng máng đã được ứng dụng để cắt các kết cấu thép dạng tấm phẳng, dạng ống và dạng trụ tròn. Nghiên cứu về quá trình hình thành lưỡi cắt tập trung, tương tác phá hủy vật đích, từ đó xây dựng mô hình bài toán cắt tấm vật liệu bằng lượng nổ dạng máng thẳng đã được các tác giả trong và ngoài nước công bố [5], [6].

Công nghệ cắt ống trụ bằng lượng nổ dạng máng tròn xoay đặt trong lòng ống (nổ mìn kín), đã được ứng dụng rất hiệu quả ở Liên bang Nga và một số nước trên thế giới. Tuy nhiên lý thuyết tính toán cho dạng máng nổ tròn xoay chưa thấy được công bố ở cả trong và ngoài nước. Do vậy, nhóm tác giả Nguyễn Quang Huy, Nguyễn Trang Minh, Trần Văn Doanh đã xây dựng mô hình tính toán cắt vật liệu dạng ống bằng lượng nổ dạng máng tròn xoay. Các kết quả nguyên cứu lý thuyết bước đầu đã được công bố trong các công trình [1], [2], [3] mà ở đó chưa có điều kiện để được kiểm nghiệm thực tế. Từ các kết quả nghiên cứu lý thuyết có tính chất định hướng, nhóm tác giả đã tổ chức thực nghiệm cho một số mẫu điển hình và so sánh, đánh giá mức độ chính xác của mô hình nghiên cứu lý thuyết như các nội dung dưới đây.

### II. LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN CẮT VẬT LIỆU BẰNG LƯỢNG NỔ DẠNG MÁNG TRÒN XOAY

#### 2.1. Lý thuyết tính toán cắt tấm vật liệu bằng lượng nổ dạng máng thẳng

Do nguyên lý nổ định hướng, quá trình nổ lượng nổ máng thẳng tạo ra lưỡi cắt trên mặt phẳng trung tâm (mặt phẳng cắt). Kết quả của quá trình tạo ra vết cắt có chiều dài bằng chiều dài của lượng nổ. Do tính chất hội tụ của lưỡi cắt, vật cần cắt cũng cần đặt cách lượng nổ một khoảng cách nhất định gọi là tiêu cự cắt ( $f$ ) như trong hình 1.



**Hình 1.** Mô hình cắt ống trụ bằng lượng nổ dạng máng thẳng.

1. Vỏ; 2. Thuốc nổ; 3. Máng lót; 4. Kíp nổ; 5. Liều dẫn nổ; 6. Vật đích.

Trên cơ sở các lý thuyết về quá trình lan truyền nổ, lý thuyết thủy động của dòng sản phẩm nổ, lý thuyết về sự phá hủy vật liệu của dòng sản phẩm nổ tập trung của tác giả Lavanchev [4]. Tác giả đã xây dựng các biểu thức tính toán cắt tẩm vật liệu bằng lượng nổ dạng máng thẳng như sau [1]:

a. Biểu thức tính vận tốc của lưỡi cắt tập trung:  $U_c = U_0 \cot \frac{\gamma}{2}$ , (1)

Trong đó:

$$U_0 - \text{Vận tốc của máng lót bị nén ép, } U_0 = \frac{D}{\sqrt{k^2 - 1}} \sqrt{\frac{3\beta}{3 + \beta}}, \quad (2)$$

$$D - \text{Tốc độ nổ của thuốc nổ nhồi trong lượng nổ, } \beta = \frac{m_a}{M},$$

$$m_a - \text{Khối lượng thuốc nổ tích cực, } m_a = \frac{m}{2} \left( 1 + \frac{M_v - M}{M_v + M + m} \right). \quad (3)$$

$M$  - Khối lượng máng lót,

$M_v$  - Khối lượng vỏ bọc của lượng nổ,

$m$  - Khối lượng thuốc nổ trong lượng nổ;

b. Biểu thức tính một nửa góc nhập khập:  $\gamma = \alpha + \arccos \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{U_0^2}{D_H^2 \tan^2 \varphi}}}$  (4)

Trong đó:  $\varphi$  - Góc nghiêng sóng nổ,  $\varphi = \arcsin \frac{D}{D_H}$ .

$D$ ;  $D_H$  : Tốc độ nổ của thuốc nổ chính và liều dẫn nổ.

c. Biểu thức tính chiều rộng lưỡi cắt:

$$l_{c0} = l_0 \left( \frac{U_0}{D_H \tan \varphi} \cot \frac{\gamma}{2} + \tan \alpha \cot \frac{\gamma}{2} - \frac{1}{\cos \alpha} \right) \quad (5)$$

d. Biểu thức tính bề dày lưỡi cắt:  $\delta_c = \frac{2\delta_m l_0}{l_{c0}} \sin^2 \frac{\gamma}{2}$ . (6)

Trong đó:

$l_0$  - Chiều dài đường sinh máng lót,

$\delta_m$  - Bề dày máng lót.

e. Biểu thức tính chiều sâu cắt lớn nhất:  $b = l_{c0} \sqrt{\frac{\rho_m}{\rho_t}}$  (7)

Trong đó:

$L_{c0}$  - Bề rộng lưỡi cắt sau khi hình thành;

$\rho_m$  - Mật độ của vật liệu làm máng lót;

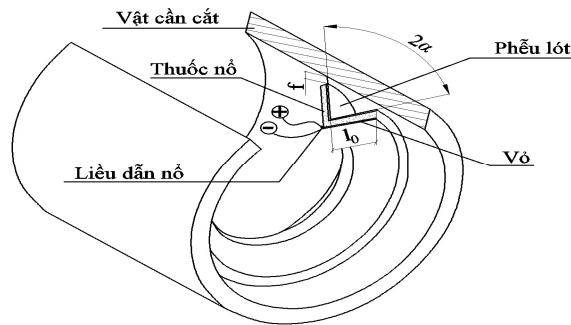
$\rho_t$  - Mật độ của vật đích.

g. Biểu thức tính bề rộng đường cắt: 
$$\delta_t = \frac{A\delta_c U_c^2}{2} \sqrt{\frac{\rho_t}{\rho_m}} \quad (8)$$

Trong đó: A- Hệ số phụ thuộc độ bền vật liệu đích.

## 2.2. Mô hình tính toán cắt ống trụ bằng lượng nổ dạng máng tròn xoay

Trên thực tế, việc cắt các ống trụ tròn xoay bằng nổ đã được tiến hành bằng modul tròn xoay (kiểu mìn đĩa) hoặc tập hợp các modul thẳng liên kết với nhau bằng các dây dẫn nổ (kiểu mìn vòng). Việc sử dụng các modul thẳng liên kết với nhau chạy xung quanh biên dạng cong của ống trụ đã được sử dụng trong thực tế nhưng chỉ áp dụng trong trường hợp cắt từ ngoài vào. Trường hợp cắt từ trong ra sẽ gặp các hạn chế khi tiến hành cắt, các điểm nối của các modul thẳng sẽ không được cắt đứt hoàn toàn chu vi ống do hướng chuyển động của lưỡi cắt tập trung đi thẳng tạo ra khoảng trống hình dẻ quạt trên chiều dày ống hướng ra ngoài. Vì vậy, để cắt đứt một cách tin cậy ống trụ tròn xoay theo phương án cắt từ trong ra, lựa chọn modul lượng nổ dạng máng tròn xoay, khép kín và tiêu cự đều nhau trên toàn bộ đường cắt như trong hình 2.



**Hình 2.** Mô hình cắt ống trụ bằng lượng nổ dạng máng tròn xoay.

Theo [2], [3] các biểu thức tính khả năng cắt của lượng nổ dạng máng tròn xoay là:

a. Biểu thức tính tốc độ nén ép máng lót: 
$$U_0 = \frac{D}{\sqrt{k^2 - 1}} \sqrt{\frac{3\beta}{3 + \beta}} \quad (9)$$

b. Biểu thức tính một nửa góc nhập khép: 
$$\gamma = \alpha + \arccos \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{U_0^2}{D_H^2 (q\vec{d}) \tan^2 \varphi}}} \quad (10)$$

Trong đó: - Góc nghiêng của sóng nổ: 
$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \arctan \frac{\tan \theta_m - k_{CC'}}{1 + \tan \theta_m k_{CC'}}$$

$$k_{CC'} = \frac{\sin \theta_m - \frac{R_d}{R_m} \sin \theta_d}{\cos \theta_m - \frac{R_d}{R_m} \cos \theta_d} \quad ; \quad \theta_m = \arccos \frac{R_d}{R_m} \quad ; \quad \theta_d = \frac{R_d \tan \theta_m}{R_d} \quad ; \quad \frac{R_d}{R_m} = \frac{1}{1 + \frac{l_0 \cos \alpha}{r_d}}$$

- Tốc độ của liều dẫn nổ (quy đổi):  $D_{H(q\vec{d})} = D \cdot \arcsin \varphi$

c. Biểu thức tính chiều rộng lưỡi cắt:

$$l_{c0} = l_0 \left( \frac{U_0}{D_H(q\vec{d}) \tan \varphi} \cot \frac{\gamma}{2} + \tan \alpha \cot \frac{\gamma}{2} - \frac{1}{\cos \alpha} \right) \quad (11)$$

d. Biểu thức tính chiều dày lưỡi cắt:  $\delta_c = \frac{2\delta_m l_0}{l_{c0}} \sin^2 \frac{\gamma}{2}$  (12)

$$b = l_{c0} \sqrt{\frac{\rho_m}{\rho_t}} \quad (13)$$

e. Biểu thức tính chiều sâu cắt lớn nhất:

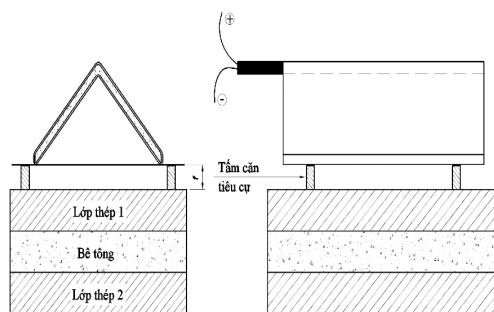
$$g. \text{ Biểu thức tính bề rộng đường cắt: } \delta_t = \frac{A\delta_c U_C^2}{2} \sqrt{\frac{\rho_t}{\rho_m}} \quad (14)$$

Kết quả tính toán khả năng cắt cho máng nỏ thẳng và máng nỏ tròn xoay theo các công thức lý thuyết (1), (2), ... (14) sẽ được so sánh với kết quả thực nghiệm và thực hiện trong phần 4.

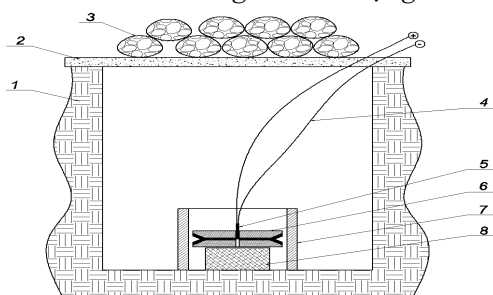
### III. THỰC NGHIỆM CẮT TẤM VÀ ỐNG THÉP BẰNG LƯỢNG NỔ DẠNG MÁNG THẲNG VÀ MÁNG TRÒN XOAY

#### 3.1. Mô hình thực nghiệm

Để đánh giá được tính đúng đắn của mô hình lý thuyết, cần thiết tiến hành các thực nghiệm để đo đặc khả năng cắt của lượng nổ máng thẳng và máng tròn xoay trong các điều kiện thực tế, cũng như xác định các hệ số ăn khớp của tính toán lý thuyết so với kết quả thực.



**Hình 3.** Mô hình đo khả năng cắt của lượng nổ máng thẳng.



**Hình 4.** Mô hình đo khả năng cắt của lượng nổ máng tròn xoay.

1- Đất; 2- Nắp đậy; 3- Bao cát; 4- Dây điện; 5- Kíp nổ; 6- Máng nỏ; 7- Vỏ thép; 8- Tấm kê.

### 3.2. Thông số mẫu thử nghiệm

\* Máng nổ thẳng: sử dụng thuốc nổ A-IX-1, trong điều kiện môi trường không khí.

- Bề dày thuốc nổ: 4,0; 5,6; 7,2 (mm);
- Mật độ của thuốc nổ:  $1,68 \text{ (g/cm}^3\text{)}$
- Tốc độ nổ của thuốc nổ:  $D = 7100 \text{ (m/s)}$ ;
- Chỉ số mũ đoạn nhiệt của sản phẩm nổ:  $k = 3$  ;
- Bề dày máng lót: 1,5 (mm);
- Bề rộng thành máng lót: 30 (mm);
- Mật độ vật liệu máng lót:  $8,9 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ ;
- Góc mở máng lót:  $84^{\circ}30'$ ;
- Bề dày vỏ lượng nổ: 1,5 (mm);
- Mật độ vỏ lượng nổ:  $8,9 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ ;

Các tham số trung gian:

- Cự ly cắt:  $f = 20 \text{ (mm)}$ ;
- Vận tốc giới hạn:  $V_{gh} = 2200 \text{ (m/s)}$ ;

Các tham số vật cản cắt bao gồm:

- Mật độ vật liệu cản cắt (vật đích):  $= 7,8 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ ;
- Hệ số phụ thuộc độ bền vật liệu cản cắt:  $A = 1,4 \text{ (m}^3\text{/J)[6]}$ ;

\* Đối với lượng nổ máng tròn xoay có vuốt dài lưỡi cắt:

- Bề dày thuốc nổ tại đỉnh máng lót: 8,42 (mm);
- Bề dày thuốc nổ tại miệng máng lót: 6,42 (mm);
- Cự ly cắt:  $f = 10 \text{ (mm)}$ ;

Các tham số còn lại giống như đối với các lượng nổ không vuốt dài lưỡi cắt.

\* Máng nổ tròn xoay: sử dụng thuốc nổ C4 trong điều kiện môi trường không khí.

- Bề dày thuốc nổ: 6,42 (mm);
- Mật độ của thuốc nổ:  $1,65 \text{ (g/cm}^3\text{)}$
- Tốc độ nổ của thuốc nổ:  $D = 6800 \text{ (m/s)}$ ;
- Chỉ số mũ đoạn nhiệt của sản phẩm nổ:  $k = 3$ ;
- Bề dày máng lót: 1,5 (mm);
- Bề rộng thành máng lót: 24 (mm);
- Mật độ vật liệu máng lót:  $8,9 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ ;
- Góc mở máng lót:  $60^{\circ}$ ;
- Bề dày vỏ lượng nổ: 6 (mm);
- Mật độ vỏ lượng nổ:  $1,95 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ ;
- Bán kính cong của lượng nổ  $r_d = 80,5 \text{ (mm)}$

Các tham số trung gian:

- Cự ly cắt:  $f = 0; 10; 20 \text{ (mm)}$ ;
- Vận tốc giới hạn của lưỡi cắt:  $V_{gh} = 2200 \text{ (m/s)}$ ;

Các tham số vật cản cắt bao gồm:

- Mật độ vật liệu cản cắt (vật đích):  $= 7,8 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ ;
- Hệ số phụ thuộc độ bền vật liệu cản cắt:  $A = 1,4 \text{ (m}^3\text{/J)}$ ;

### 3.3. Kết quả thử nghiệm



Hình 5. Kết quả thử nghiệm cắt bằng máng nổ thẳng.



Hình 6. Kết quả thử nghiệm cắt bằng máng nổ tròn xoay.

#### IV. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

##### 4.1. Kết quả thực nghiệm cho lượng nổ dạng máng thẳng

Bảng 1. Kết quả thử nghiệm khả năng cắt của máng nổ thẳng.

TT	Tên mẫu	Đặc điểm mẫu thử	Chiều sâu cắt (mm)	Đặc điểm vết cắt
1	Mẫu 1	-Mẫu thử khối lượng 80g. - Kích nổ bằng kíp nổ điện số 8.	18	Vết cắt chưa thủng hoàn toàn, đầu vết cắt loe rộng, cuối vết cắt thu hẹp lại.
2	Mẫu 2	- Mẫu thử khối lượng 90g. - Kích nổ bằng kíp nổ điện số 8.	20	Vết thủng nhỏ, không hết toàn bộ chiều dài lượng nổ.
3	Mẫu 3	-Mẫu thử khối lượng 100g. - Kích nổ bằng kíp nổ điện số 8.	20	Vết thủng nhỏ, miệng vết cắt loe rộng, không hết toàn bộ chiều dài lượng nổ.

##### 4.2. Kết quả thực nghiệm cho lượng nổ dạng máng tròn xoay

Bảng 2. Kết quả thử nghiệm khả năng cắt của lượng nổ máng tròn xoay không vượt dài lưỡi cắt.

Trạng thái kích nổ	Mẫu số 1		Mẫu số 2		Mẫu số 3	
	Chiều sâu cắt (mm)	Bề rộng đường cắt (mm)	Chiều sâu cắt (mm)	Bề rộng đường cắt (mm)	Chiều sâu cắt (mm)	Bề rộng đường cắt (mm)
Kích nổ tại 1 điểm	16	15	16	16	14	15
Kích nổ tại 2 điểm	16	16	13	16	16	16
Kích nổ tại 4 điểm	15	16	16	15	16	14

Bảng 3. Kết quả thử nghiệm khả năng cắt của lượng nổ máng tròn xoay có vượt dài lưỡi cắt.

Chỉ tiêu	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4
Chiều sâu cắt (mm)	19	19	17	19
Bề rộng đường cắt (mm)	16	17	16	16

##### 4.3. Tính toán, đánh giá hệ số khớp của mô hình lý thuyết

###### 4.3.1. Tính khả năng cắt của mẫu thử theo lý thuyết

Sử dụng các công thức lý thuyết đã xây dựng trong mục 2 để tính toán cho các mẫu thử thực nghiệm, với các tham số đầu vào tính toán như trong mục 3.2, ta được kết quả như sau:

**Bảng 4. Kết quả tính toán khả năng cắt của lượng nổ máng thẳng.**

<b>Chỉ tiêu</b>	<b>Mẫu 1</b>	<b>Mẫu 2</b>	<b>Mẫu 3</b>
Chiều sâu cắt (mm) <i>(không tính đến hệ số A)</i>	32	32	32
Chiều sâu cắt (mm) <i>(có tính đến hệ số A)</i>	22.86	22.86	22.86

**Bảng 5. Kết quả tính toán khả năng cắt của lượng nổ máng tròn xoay.**

<b>Chỉ tiêu</b>	<b>Máng nổ tròn xoay không vuốt dài lưỡi cắt</b>	<b>Máng nổ tròn xoay có vuốt dài lưỡi cắt</b>
Chiều sâu cắt (mm) <i>(không tính đến hệ số A)</i>	24.4	27.5
Bề rộng đường cắt (mm) <i>(có tính đến hệ số A)</i>	17.43	19.57

#### 4.3.2. Tính hệ số khớp

So sánh đánh giá tính phù hợp của tính toán lý thuyết với kết quả thực nghiệm (hệ số khớp). Lấy giá trị kết quả đo khả năng cắt của mẫu thử nghiệm thực tế chia cho kết quả tính khả năng cắt bằng công thức lý thuyết xây dựng được.

- Đối với lượng nổ máng thẳng, hệ số khớp là: 0.875.
- Đối với lượng nổ máng tròn xoay không vuốt dài lưỡi cắt, hệ số khớp là: 0.918.
- Đối với lượng nổ máng tròn xoay có vuốt dài lưỡi cắt, hệ số khớp là: 0.971.

#### 4.4. Kết quả và bình luận

Các kết quả thực nghiệm sai khác không nhiều so với các kết quả tính toán lý thuyết cả về định tính cũng như định lượng thể hiện ở các yếu tố sau:

- + Về khả năng cắt của lượng nổ dạng máng thẳng không vuốt dài lưỡi cắt trên thực tế hoàn toàn tương đồng với tính toán lý thuyết, chiều sâu cắt sai khác không quá 13%.
- + Về khả năng cắt của lượng nổ dạng máng tròn xoay không vuốt dài lưỡi cắt, trên thực tế hoàn toàn tương đồng với tính toán lý thuyết, chiều sâu cắt sai khác không quá 9%.
- + Về khả năng cắt của lượng nổ dạng máng tròn xoay có vuốt dài lưỡi cắt, trên thực tế hoàn toàn tương đồng với tính toán lý thuyết, chiều sâu cắt sai khác không quá 4%.

Sự sai khác giữa tính toán lý thuyết và thực nghiệm như trên là những nguyên nhân cơ bản sau: do công thức thực nghiệm tính khả năng xuyên của lưỡi cắt tập trung dựa trên cơ sở dòng xuyên tập trung của đạn lõm, chưa kể đến các suy biến trên đường thẳng và đường cong của máng nổ thẳng và máng nổ tròn xoay; ngoài ra, các sai lệch do gia công chế tạo dẫn đến sự sai khác của các tham số hình học và động học của lưỡi cắt.

Như vậy, mô hình nghiên cứu lý thuyết đã xây dựng là phù hợp và đúng đắn, có thể sử dụng để khảo sát ảnh hưởng của các tham số đầu vào thiết kế của lượng nổ dạng máng tròn xoay đến khả năng cắt các tấm vỏ trụ.

## 5. KẾT LUẬN

Trên cơ sở mô hình lý thuyết cho bài toán cắt nổ bằng lượng nổ dạng máng thẳng và máng tròn xoay có kể đến hiện tượng vượt dài lưỡi cắt [1], Các kết quả thực nghiệm sai khác không nhiều so với các kết quả tính toán lý thuyết cả về định tính cũng như định lượng. Từ đó chứng minh cho tính đúng đắn của mô hình lý thuyết đã xây dựng.

Về khả năng cắt của lượng nổ dạng máng thẳng không vượt dài lưỡi cắt trên thực tế hoàn toàn tương đồng với tính toán lý thuyết, chiều sâu cắt sai khác không quá 13%. Về khả năng cắt của lượng nổ dạng máng tròn xoay trên thực tế hoàn toàn tương đồng với tính toán lý thuyết, chiều sâu cắt sai khác không quá 9% đối với lượng nổ không vượt dài lưỡi cắt và 4% đối với lượng nổ có vượt dài lưỡi cắt.

Việc kích nổ tại một điểm, hai điểm đối diện và bốn điểm cách nhau góc  $90^0$  của máng nổ tròn xoay không ảnh hưởng nhiều đến vết cắt. Việc kích nổ đồng thời cho khả năng cắt lớn nhất. Khi thay đổi tiêu cự cắt, ảnh hưởng đến chiều sâu cắt do lưỡi cắt tập trung không được hình thành hoàn toàn.

Tại vị trí kích nổ, chiều sâu cắt có giá trị lớn nhất, sau đó giảm dần đến giá trị trung bình do quá trình cắt chưa đạt ổn định, góc nghiêng sóng nổ tăng từ giá trị 0 đến giá trị  $\varphi$ .

Như vậy, mô hình nghiên cứu lý thuyết đã xây dựng là hoàn toàn phù hợp, có thể sử dụng để khảo sát ảnh hưởng của các tham số đầu vào thiết kế của lượng nổ dạng máng tròn xoay đến khả năng cắt vỏ trụ. Cần thiết đặt vấn đề nghiên cứu thêm trường hợp cắt từ ngoài vào để bổ sung hoàn thiện lý thuyết cắt nổ các tấm vỏ trụ bằng lượng nổ.

*Lời cảm ơn:* Nhóm tác giả cảm ơn sự tài trợ về kinh phí thử nghiệm của nhà máy Z117/ Tổng cục CNQP, sự giúp đỡ về ý tưởng khoa học của PGS-TS Nguyễn Thái Dũng, các điều kiện thử nghiệm của Trung tâm Kỹ thuật Vũ khí/ HVKTQ.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Văn Doanh, Nguyễn Quang Huy, “Mô hình tính toán quá trình cắt kim loại bằng lượng nổ dạng máng thẳng” Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật, Học viện Kỹ thuật Quân sự, số 162 (10-2014).
- [2]. Trần Văn Doanh, Nguyễn Trang Minh, Nguyễn Quang Huy, “Mô hình tính toán quá trình cắt tấm kim loại bằng lượng nổ dạng máng thẳng có tính đến sự mở rộng của lưỡi cắt tập trung”, Tuyển tập công trình hội nghị cơ học kỹ thuật toàn quốc, Viện Cơ học, số tháng (6/2014).
- [3]. Nguyen Quang Huy, Nguyen Trang Minh and Tran Van Doanh, "A model for calculating shell cutting process using an explosive charge of a revolved channel", Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật, Học viện Kỹ thuật Quân sự, số (10-2017).
- [4]. Аттетков А. В., Гнускин А. М., Пырьев В. А., Сагидуллин Г. Г. *Резка металлов взрывом*. Изд. сип риа Москва 2000 г.
- [5]. н.п. михайлов. *технологические основы управления ударно-волновыми процессами при упрочнении фрагментации массивных металлических конструкций*. Диссертация д.т.н. Кривой Пог - 1991 г.
- [6] н.п. михайлов. *основы физики взрыва и удара*. Учебное пособие. Санкт-Петербург 2003.



**ABSTRACT**

EXPERIMENTAL RESEARCH FOR METAL SHELLS CUTTING USING  
EXPLOSIVE CHARGE OF REVOLVED CHANNEL

*In the article, the results of experimental research for metal cutting using explosive energy of explosive charges, which have channel shape (straight and revolved) are presented. The experiments were carried out with different mounting options to verify the calculated results based on the theoretical model for metal cutting using explosive charge of channel shape with and without longitudinal blade...*

**Keywords:** Mechanical engineering dynamics, Application of explosive energy, Metal cutting.

*Nhận bài ngày 06 tháng 11 năm 2017*

*Hoàn thiện ngày 07 tháng 12 năm 2017*

*Chấp nhận đăng ngày 26 tháng 02 năm 2018*

*Địa chỉ:* <sup>1</sup> Nhà máy Z117/ Tổng cục CNQP;  
<sup>2</sup> Viện Khoa học và Công nghệ quân sự;  
<sup>3</sup> Học viện Kỹ thuật quân sự.  
\* Email: huytptn@gmail.com.