

NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN THIẾT KẾ ĐẦU DAO CHUỐT RÃNH XOẮN NÒNG PHÁO P-230

THE DESIGNING CALCULATIONS BROACHING TOOL TO MACHINING TWIST ON P-230 GUN BARREL

TS. Nguyễn Quang Mạnh, ThS. Lê Hoàng Hiệp
Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu tính toán thiết kế đầu dao chuốt rãnh xoắn nòng pháo P-230. Trên cơ sở tính toán thiết kế, ứng dụng công nghệ CAD/CAE để tính toán kiểm bền bộ dao chuốt dùng để gia công rãnh xoắn nòng pháo P-230. Kết quả nghiên cứu là căn cứ để lựa chọn các thông số công nghệ của dao chuốt trong thực tế sản xuất.

Từ khóa: Rãnh xoắn; Công nghệ CAD/CAE; Gia công nòng pháo; Dao chuốt.

ABSTRACT

The article introduces results of the designing calculations broaching tool to machining twist on P-230 tube. Based on the designing calculations, CAD/CAE technology is applicated to test the durability of the tool kit to machining the twist of P-230 gun barrel. The research results will be the basis for selection parameters of broaching tool in real production.

Keywords: Twist; CAD/CAE technology; Machining gun barrel; Broaching tool.

1. MỞ ĐẦU

Trong chế tạo các chi tiết của pháo thì vấn đề công nghệ và thiết bị chế tạo nòng pháo là cơ bản nhất, đặc biệt là phần rãnh xoắn nòng pháo. Rãnh xoắn nòng pháo là rãnh nằm trên bề mặt lòng nòng và chạy theo đường vít ở trên tất cả chiều dài phần dẫn hướng [1].

Gia công rãnh xoắn nòng pháo có nhiều đặc điểm giống với quá trình chuốt lỗ then hoa nhưng có góc xoắn nhỏ và gia công trong lỗ rất sâu [2]. Cắt rãnh xoắn là nguyên công gia công tinh, trong đó việc tách phoi, chứa phoi, thoát phoi rất phức tạp do kết cấu của nòng pháo rất

dài. Quá trình cắt rãnh xoắn không thể ngừng để thay dao khi máy đang thực hiện bước gia công, thay dao chỉ có thể trong trường hợp đã kết thúc hành trình, khi đầu dao ra khỏi nòng. Nhám bề mặt của rãnh sau khi cắt phải phù hợp với yêu cầu của bản vẽ, thông thường $Ra = 0,63 \div 0,16 \mu m$ [3]. Tốc độ cắt dao động trong khoảng $4,5 \div 10$ m/phút. Tốc độ cắt này cần phải đảm bảo chính xác. Trong thời gian gia công rãnh xoắn của một nòng pháo phải đảm bảo không được hỏng dao hay sửa bề rộng lưỡi cắt, bởi vì đa số các trường hợp này đều gây phế phẩm và khuyết tật cho nòng pháo. Việc tính bền đầu dao đảm bảo bền trong quá trình làm việc là rất quan trọng, khi thiết kế dao phải

tuan thủ theo lý thuyết cắt kim loại và đảm bảo đặc điểm của công nghệ cắt rãnh xoắn.

Để đảm bảo điều kiện làm việc của đầu cắt của dao theo chuẩn của các nhà sản xuất, việc áp dụng công nghệ CAD/CAE tính toán kiểm bền, đảm bảo độ tin cậy trong quá trình gia công là giải pháp hợp lý được nhóm nghiên cứu đề xuất.

2. CƠ SỞ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ

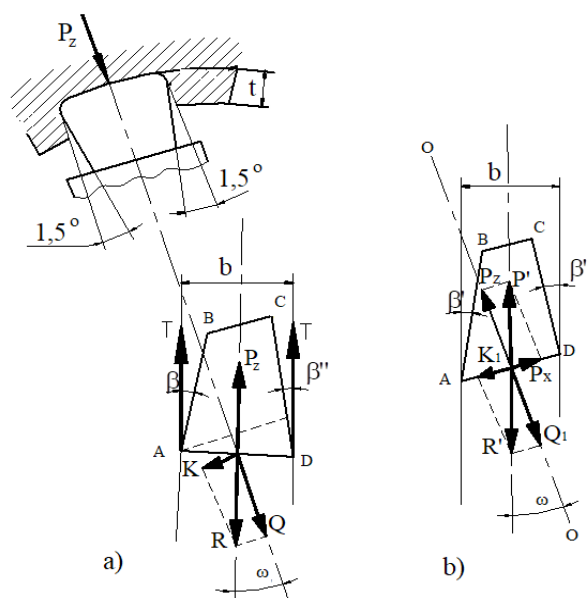
Vật liệu chế tạo nòng pháo P-230 là thép OXH3MΦA, ГОСТ 5192-78. Yêu cầu độ cứng 34 ÷ 39 HRC.

Bảng 1. Một số thông số chính của nòng pháo P-230.

- Đường kính dương tuyến d, mm	$\Phi 30^{+0,08}$
- Đường kính âm tuyến, mm	$\Phi 31^{+0,08}$
- Chiều dài l, mm	1805
- Chiều dài bước xoắn, mm	840
- Góc xoắn của rãnh, ω	$6^{\circ}24'6''$
- Số rãnh xoắn	12 (hướng xoắn phải)
- Chiều rộng rãnh xoắn, mm	$4,5^{+0,4}$

Qua nghiên cứu kết cấu của rãnh xoắn nòng pháo P-230 và phân tích ưu, nhược điểm của các loại đầu cắt và khả năng công nghệ trong nước[4], chọn phương pháp cắt theo sơ đồ kéo với đầu dụng cụ dạng lưỡi đơn, cho phép thay dao trong quá trình cắt, phương pháp này phù hợp với máy cải tạo và trình độ công nghệ nước ta. Bởi vì: nó phù hợp với nòng có chiều rộng rãnh xoắn không lớn; kết cấu đơn giản, dễ chế tạo, điều chỉnh, phục hồi và thay thế; dễ thoát phoi, bôi trơn; đảm bảo yêu cầu kỹ thuật rãnh xoắn nòng pháo.

Để nghiên cứu bản chất của nguyên công cắt rãnh xoắn, xem xét lực tác dụng lên đầu dao khi cắt rãnh xoắn được mô tả trên hình 1:



Hình 1. Sơ đồ lực cắt khi cắt rãnh xoắn:
a – Trường hợp lưỡi cắt của dao vuông góc với phương của rãnh xoắn; b – Trường hợp lưỡi cắt của dao vuông góc với phương chuyển động tịnh tiến của dụng cụ

Lực tác dụng lên dao R và R' tính theo công thức [1]:

$$R = \sqrt{Q^2 + K^2}; R' = \sqrt{Q_1^2 + K_1^2} \quad (1)$$

Trong đó: Q - Lực kéo của máy; K - Lực tiếp tuyến với phương chuyển động của dao, phát sinh do phôi quay cưỡng bức với dao. Các lực này được tính theo công thức:

$$Q = P_z \cdot \cos \omega \quad \text{và} \quad K = P_z \cdot \sin \omega \quad (2)$$

với P_z là lực cắt dọc đặt vào lưỡi dao, có hướng pháp tuyến với lưỡi cắt của dao (dọc theo hướng chuyển động của dao) được tính gần đúng theo công thức sau:

$$P_z = pf \text{ (N)} \quad (3)$$

Trong đó: p là lực cắt đơn vị, đối với thép làm nòng pháo thì $p = 3200 \text{ N/mm}^2$; f - Diện tích mặt cắt của lớp cắt (mm^2).

Tổng diện tích mặt cắt F của toàn bộ lớp cắt với đầu dao có n lưỡi cắt sau một lần cắt là:

$$F = \sum_{i=1}^n f_i = abn \text{ (mm}^2\text{)} \quad (4)$$

Trong đó: a - Chiều dày lớp cắt (mm); b - Chiều rộng lớp cắt (mm); n - Số dao của đầu cắt.

Lực ma sát tại hai lưỡi cắt bên của dao với hai thành bên của rãnh xoắn T (N). Thành phần lực này có thể bằng nhau trong điều kiện các góc sau bằng nhau và các góc tạo giữa lưỡi cắt cạnh dao với thành rãnh xoắn (trong mặt phẳng đứng) lấy $1,5^\circ$ (hình 2).

Lực tác dụng lên dao theo phương hướng kính P_y (N). Lực này không cần xét đến vì đầu dao có 12 dao cắt đối xứng. Có thể tính theo công thức gần đúng sau:

$$P_y = 0,3P_z \quad (5)$$

Nếu lưỡi cắt của dao không vuông góc với phương của rãnh xoắn, mà vuông góc với phương chuyển động tịnh tiến của đầu dụng cụ, thì lực sẽ phân bố như hình 3b. Khi đó, lực pháp tuyến P_z cần tăng hơn để cân bằng với thành phần lực xoắn và kéo R' . Hợp lực P_z và P_x là P' cân bằng với lực kéo R' . P_x xác định theo công thức:

$$P_x = P_z \tan \omega \quad (6)$$

Thành phần lực P_x sẽ gây ra sai lệch

dao do độ lớn của nó thay đổi nên làm cho dao bị dao động, điều này đã được chứng minh trong thực tế sản xuất. Nguyên nhân gây ra ở đây chính là do thiết kế dao và mài dao không chính xác.

Trường hợp lưỡi cắt của dao vuông góc với phương rãnh xoắn:

$$P_z = 0,015.4.5.12.3200 = 2592 \text{ (N)}.$$

Lực kéo cần thiết là:

$$Q = 2592 \cdot \cos 6^\circ 24' 6'' = 2574 \text{ N}; K = 2592 \cdot \sin 6^\circ 24' 6'' = 302 \text{ N}$$

Khi đó, ta có:

$$R = \sqrt{2574^2 + 302^2} = 2592 \text{ N}$$

Trường hợp lưỡi cắt không vuông góc

với hướng xoắn, ta có: $P' = \sqrt{P_z^2 + P_x^2}$

$$P' = \sqrt{P_z^2 + P_x^2} = \sqrt{2592^2 + 302^2} = 2610 \text{ N}$$

Lực kéo cần thiết là:

$$Q_1 = 2610 \cdot \cos 6^\circ 24' 6'' = 2592 \text{ N}; \\ K_1 = 2610 \cdot \sin 6^\circ 24' 6'' = 304 \text{ N}$$

Khi đó, ta có:

$$R' = \sqrt{2592^2 + 304^2} = 2610 \text{ N}$$

Như vậy, qua phân tích lực như trên, ta nhận thấy rằng trường hợp lưỡi cắt vuông góc với hướng xoắn của rãnh xoắn thì lực kéo nhỏ hơn nhưng không đáng kể. Tuy lưỡi cắt của dao khi gia công vuông góc với hướng xoắn có lợi về lực hơn nhưng quá trình gia công sẽ khó khăn, dễ dẫn đến sai số nên chọn phương án thiết kế lưỡi cắt vuông góc với trục dao. 

Trên cơ sở phân tích và tham khảo các thông số công nghệ gia công tương tự, công nghệ chế tạo dao [4], ta có thể kết luận và chọn các thông số hình học của lưỡi cắt: Góc sau α lấy bằng 4° với dao thô và bán tinh, 3° với dao cắt tinh, góc này có ảnh hưởng đến nhám bề mặt gia công; Để tăng độ bền lâu của dao và nhám bề mặt gia công, góc trước $\gamma = 5^\circ$; Do lượng dư nhỏ nên đỉnh lưỡi cắt để sắc nếu không sẽ gây trượt.

Thân dao có dạng tròn, dao dạng nguyên khối. Chiều rộng lưỡi cắt tương ứng với chiều rộng rãnh xoắn. Kích thước danh nghĩa và dung sai chiều rộng lưỡi cắt phù hợp với chiều rộng rãnh xoắn, dung sai chế tạo và độ mòn dao. Thực tế trong các nhà máy, chiều rộng lưỡi cắt không bố trí tiêu chuẩn.

Bảng 2. Thông số các dao chuốt.

STT	Tên gọi	Đường kính D	Góc sau α ($^\circ$)	Góc trước γ ($^\circ$)
1	Dao chuốt số 1	30,03 _{-0,009}	4	5
2	Dao chuốt số 1	30,06 _{-0,009}	4	5
...	...	...	...	...
45	Dao chuốt số 45	31,30 _{-0,009}	3	5
46	Dao chuốt số 46	31,32 _{-0,009}	3	5
47	Dao chuốt số 47	31,34 _{-0,009}	3	5

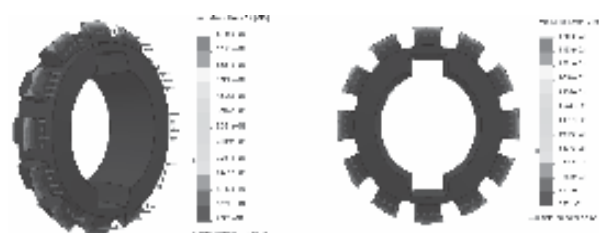
Để chuốt hoàn thiện rãnh xoắn nòng pháo P-230 đạt kích thước trước mạ crom (chiều dày lớp mạ 0,06 ÷ 0,09mm), theo tính toán ở trên cần 47 con dao chuốt. Thông số của các dao được trình bày trong bảng 2. Tác giả lựa chọn dao chuốt số 1 để tính toán kiểm bền.

3. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ CAD/CAE TÍNH TOÁN KIỂM BỀN ĐẦU DAO

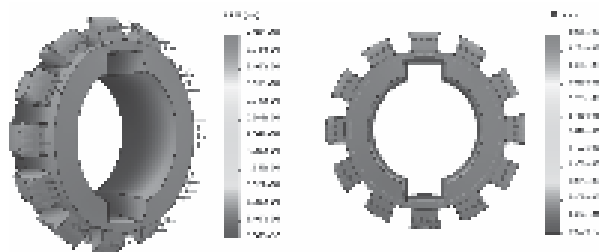
Thông số đầu vào khai báo để tính toán ngoài các thông số lực, điều kiện biên như tính toán ở trên còn chọn vật liệu dao là thép gió P9Φ-1 là loại thép gió có độ cứng và độ dai va đập cao, chịu mài mòn tốt, thành phần vật liệu như sau: W - 9%; V - 1%; C - 1,4 1,5%. Độ cứng phần đầu cắt của dao khoảng 62 ÷ 65 HRC.

Kết quả phân tích ứng suất tương đương, chuyển vị và hệ số an toàn cho lần lượt

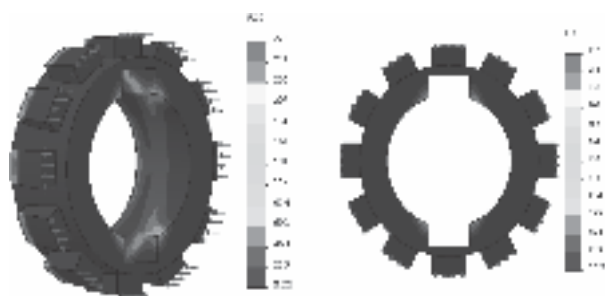
trên các hình 4 ÷ 6. Các giá trị tương ứng theo màu và vị trí trên dao.



Hình 4. Ứng suất tương đương (Von Mises Stress)



Hình 5. Kết quả tính chuyển vị

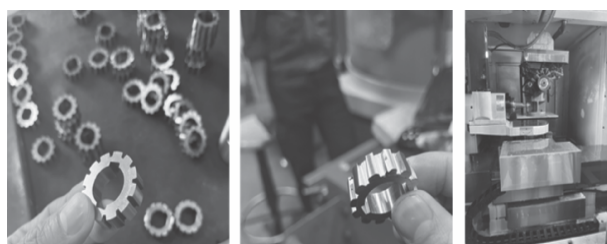


Hình 6. Kết quả tính hệ số an toàn

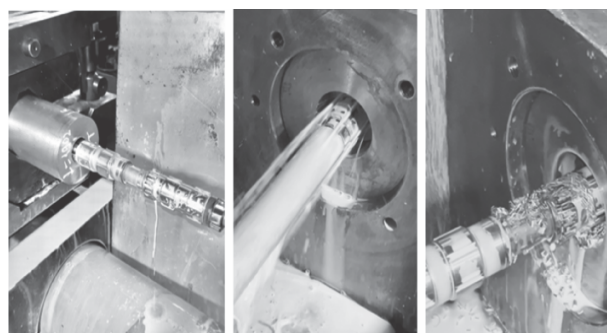
Từ kết quả tính toán kiểm nghiệm có thể thấy, các giá trị ứng suất, chuyển vị, hệ số an toàn hoàn toàn nằm trong giới hạn cho phép của vật liệu chế tạo dao. Vùng có giá trị lớn nhất nằm ở phần lưỡi cắt, đây là vùng chịu các tải trọng trong quá trình cắt.

4. MỘT SỐ HÌNH ẢNH QUÁ TRÌNH CHẾ TẠO ĐẦU DAO CHUỐT VÀ RĂNG XOẮN

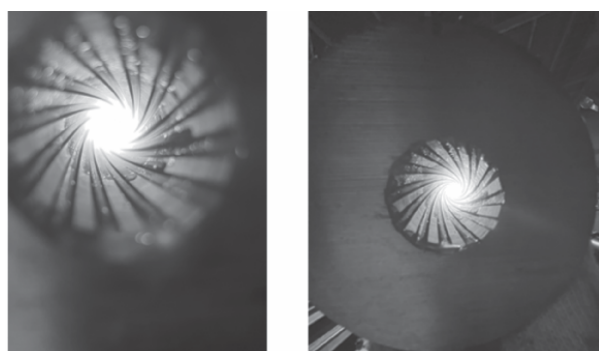
Dựa trên kết quả nghiên cứu tính toán thiết kế đầu dao chuốt, đã chế tạo thành công răng xoắn trên nòng pháo P-230.



Hình 7. Ảnh minh họa quá trình chế tạo dao chuốt



Hình 8. Ảnh minh họa quá trình chuốt răng xoắn



Hình 9. Ảnh bề mặt răng xoắn bên trong nòng pháo P-230 sau khi chuốt

5. KẾT LUẬN

- Đã ứng dụng công nghệ CAD/CAE để tính toán thiết kế kiểm bền dao chuốt, xác định được các giá trị ứng suất min – max và chuyển vị xuất hiện trong quá trình gia công răng xoắn nòng pháo P-230.

- Kết quả đã đưa vào sản xuất thử thành công tại nhà máy chế tạo thuộc Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng là tiền đề cho việc làm chủ công nghệ chế tạo trong nước, thay thế hàng nhập khẩu. ❖

Ngày nhận bài: 12/9/2023

Ngày phản biện: 26/10/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Khổng Đình Tuy; Nguyên lý kết cấu vũ khí có nòng, Học viện Kỹ thuật Quân sự (2003).
- [2]. Trần Bình Chiên; Giáo trình Nguyên lý cấu tạo súng pháo, Tổng cục Kỹ thuật (2001).
- [3]. Sổ tay thiết kế cơ khí, NXB. Khoa học và Kỹ thuật (1979).
- [4]. Vũ Quốc Toàn; Báo cáo tổng hợp đề tài “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy chuốt răng xoắn nòng pháo có chiều dài đến 5000mm, bằng thủy lực, điều khiển CNC”, Đề tài cấp Nhà nước do Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng chủ trì (2015).

