

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THAM SỐ THIẾT KẾ ĐẾN VẬN TỐC NẠP ĐẠN TỚI HẠN CỦA ĐẠN SÚNG BỘ BINH

RESEARCH OF THE EFFECT OF SOME DESIGN PARAMETERS ON THE CRITICAL FEEDING SPEED OF INFANTRY GUN BULLETS

Đỗ Văn Minh¹, Phạm Hồng Quang², Bùi Xuân Sơn¹, Nguyễn Văn Hường¹

¹Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Nhà máy Z113, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp tính toán lực rút đầu đạn và vận tốc nạp đạn tới hạn của đạn súng bộ binh để đảm bảo bền liên kết giữa đầu đạn và vỏ đạn. Trên cơ sở mô hình bài toán xây dựng, bài báo tiến hành khảo sát ảnh hưởng của hai tham số: độ dôi (δ) và chiều dài phần tiếp xúc (x) giữa đầu đạn và vỏ đạn đến giá trị vận tốc nạp đạn tới hạn (V_n) của mẫu đạn súng M855 NATO. Kết quả khảo sát chỉ ra rằng, khi độ dôi và chiều dài phần tiếp xúc tăng, giá trị vận tốc nạp đạn tới hạn tăng. Sự phụ thuộc của giá trị vận tốc nạp đạn tới hạn vào chiều dài phần tiếp xúc giữa đầu đạn và vỏ đạn là tuyến tính, trong khi đó sự phụ thuộc của giá trị vận tốc nạp đạn tới hạn vào độ dôi lại tuân theo quy luật hàm đa thức bậc hai. Kết quả bài báo là cơ sở tính toán thiết kế các tham số kích thước của mối ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn để đảm bảo bền liên kết khi nạp và là cơ sở đầu vào tính toán thiết kế hệ thống tổng đạn của súng pháo.

Từ khóa: Lực rút đầu đạn; Quá trình tổng đạn; Đạn súng bộ binh.

ABSTRACT

This paper presents a method to calculate the extraction force from the cartridge case and the critical feeding speed of infantry gun bullets to ensure the bond strength between the bullet and the cartridge case. On the basis of the construction model, the article investigates the influence of two parameters: redundancy (δ) and contact length (x) between the bullet and the cartridge case on the critical feeding speed value (V_n) of the M855 NATO cartridge. The investigation results show that as the redundancy and contact length increase, the critical feeding speed increases. The dependence of the critical feeding speed value on the contact length is linear, while the dependence of the critical feeding speed value on the redundancy follows the two polynomial function law. The results of the article are the basis for calculating and designing the size parameters of the joint between the bullet and the cartridge case to ensure the connection strength when ramming and the basis for the design of the projectile ramming system of the gun.

Keywords: The extraction force from the cartridge case; The projectile ramming process; Infantry gun bullets.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Hiệu quả chiến đấu của hệ thống súng đạn phụ thuộc nhiều vào chiến thuật tác chiến và yếu tố kỹ thuật. Một trong những nhân tố kỹ thuật quan trọng là tốc độ bắn nhanh. Với mục đích nâng cao tốc độ bắn, cần phải tăng tốc độ đẩy đạn vào buồng đạn (tốc độ tổng đạn). Quá trình tổng đạn vào buồng đạn có thể chia thành hai giai đoạn: giai đoạn đẩy đạn chuyển động (tăng tốc) đến một vận tốc xác định và giai đoạn hãm đạn tại vị trí cố định của nó trong buồng đạn [1]. Quá trình hãm đạn khi đẩy với vận tốc lớn có thể dẫn đến hiện tượng long đầu đạn, tức là đầu đạn bị dịch chuyển trong miệng vỏ đạn một giá trị nào đó không cho phép. Nếu sự dịch chuyển của đầu đạn là đáng kể thì có thể làm thay đổi tính chất thuật phóng của phát bắn. Đặc biệt, khi phát bắn có đầu đạn dịch chuyển quá mức khỏi miệng vỏ đạn sẽ làm tăng chiều dài toàn bộ của phát bắn và có thể không lọt được vào bộ phận nhận đạn của súng, pháo. Để loại trừ các hiện tượng kể trên, đòi hỏi trong quá trình thiết kế phải đánh giá được mối liên kết giữa đầu đạn và vỏ đạn trong quá trình nạp đạn, đặc biệt ở giai đoạn hãm đạn.

Đánh giá độ tin cậy mối ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn là một trong những tính toán cơ bản của quá trình tổng đạn vào buồng đạn. Hiện nay, tin cậy của mối ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn chủ yếu được đánh giá theo giá trị của lực rút đầu đạn F_r và giá trị vận tốc nạp tới hạn V_n . Vì vậy, việc tính toán lực rút đầu đạn và đánh giá độ bền liên kết giữa vỏ đạn và đầu đạn qua giá trị vận tốc nạp đạn tới hạn là bài toán có ý nghĩa trong quá trình thiết kế súng pháo, đạn được nói chung.

Trong kết cấu phát bắn đạn súng bộ binh, để đảm bảo mối liên kết giữa vỏ đạn và đầu đạn có nhiều phương pháp như: lắp ghép

có đội dôi, hàn nung điểm, ép ovan miệng vỏ đạn, lắp chặt nhờ sử dụng rãnh lẩn tóp và kết hợp giữa lắp có độ dôi và sử dụng rãnh lẩn tóp [1], [2], [3]. Hiện nay, phổ biến ở hầu hết các phát bắn đạn súng bộ binh là sử dụng phương pháp lắp ghép có độ dôi. Vì vậy, bài báo xây dựng mô hình tính toán khảo sát hai tham số thiết kế: độ dôi và chiều dài tiếp xúc giữa đầu đạn và vỏ đạn tới giá trị vận tốc nạp đạn tới hạn để đảm bảo bền liên kết giữa đầu đạn và vỏ đạn khi tổng đạn vào buồng nòng. Kết quả bài báo là cơ sở định hướng quá trình tính toán thiết kế các tham số kích thước của mối ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn, để đảm bảo bền liên kết khi nạp và là cơ sở đầu vào nghiên cứu quá trình cắt đai dẫn khi tính tới mối liên kết giữa đầu đạn và vỏ đạn, cơ sở tính toán thiết kế hệ thống tổng đạn của súng pháo.

2. MÔ HÌNH XÁC ĐỊNH VẬN TỐC NẠP TỚI HẠN ĐẢM BẢO ĐIỀU KIỆN BỀN MỐI GHÉP GIỮA ĐẦU ĐẠN VÀ VỎ ĐẠN KHI NẠP

2.1. Điều kiện bền mối ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn

Đối với phát bắn nạp liên nói chung, phát bắn đạn súng bộ binh nói riêng phải tiên hành liên kết đầu đạn với vỏ đạn (liều phóng). Yêu cầu đối với việc liên kết này là:

- Nói phải bền;
- Phải đồng trục.

Điều kiện bền mối ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn được xác định khi nạp vào nòng pháo, khi đó sẽ có lực quán tính tác động lên đầu đạn. Phương trình chuyển động của đầu đạn khi nạp [2]:

$$m_a \frac{dV_n}{dt} = F(x) \quad (1)$$

Trong đó:

- m_d là khối lượng đầu đạn, kg;
- V_n là vận tốc nạp đạn, m/s;
- $F(x)$ là lực chống tháo (lực rút đầu đạn).

Điều kiện đảm bảo bền mối liên kết: lực quán tính tác dụng lên đầu đạn khi nạp (F_u) không được lớn hơn lực chống tháo tối đa ($F(x)_{\max} = F_R$).

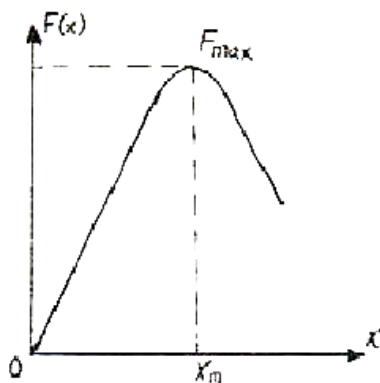
$$F_u \leq F_R \quad (2)$$

Lấy tích phân hai vế của phương trình (1), ta có:

$$m_d V_n^2 = \int_0^x F(x) dx \quad (3)$$

Vế trái của phương trình (3) là động năng của đầu đạn ở thời điểm nạp đạn, vế phải là công của lực chống tháo.

Theo [2], biểu đồ lực chống tháo $F(x)$ được thể hiện trên Hình 1. Với x là chiều dài phần tiếp xúc giữa đầu đạn và vỏ đạn, x_m là chiều dài phần tiếp xúc lớn nhất.



Hình 1. Biểu đồ lực chống tháo

Công của lực chống tháo có thể tính gần đúng như sau:

$$A(x_m) = 1/2 F_{\max} x_m \quad (4)$$

Điều kiện bền mối liên kết được viết lại: công của lực chống tháo không được nhỏ thua động năng của đầu đạn ở thời điểm nạp. Nếu tính đến hệ số dự trữ bền, ta có:

$$K.A(x_m) \geq E_d \quad (5)$$

Hay:

$$F_{\max} \geq \frac{m_d V_n^2}{x_m \cdot K} \quad (6)$$

Từ biểu thức (6), ta có biểu thức xác định vận tốc nạp đạn tối hạn V_n để đảm bảo điều kiện bền liên kết giữa đầu đạn và vỏ đạn:

$$V_n = \sqrt{\frac{F_{\max} \cdot x_m \cdot K}{m_d}} \quad (7)$$

2.2. Mô hình tính toán lực chống tháo liên kết giữa đầu đạn và vỏ đạn

Trong bài báo này, để đơn giản chỉ xét trường hợp lực chống tháo được tạo ra do lắp có độ dôi (loại mối ghép phổ biến được sử dụng cho đạn súng bộ binh).

Theo [1], [2], ta có biểu thức xác định lực chống tháo:

$$F(x) = \pi \cdot d \cdot x \cdot f \cdot p \quad (8)$$

Trong đó:

- $F(x)$ là lực chống tháo tại thời điểm đang xét;
- d là đường kính danh nghĩa mối ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn;
- x là chiều dài phần tiếp xúc giữa đầu đạn và vỏ đạn (ở thời điểm đang xét);
- f là hệ số ma sát giữa đầu đạn và vỏ đạn;

- p là áp suất do lớp có độ dôi tạo ra (áp suất do đầu đạn ép lên mặt trong của vỏ đạn).

Theo [4], giá trị của p có thể được tính theo công thức:

$$p = \frac{\delta}{d\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right)} \quad (9)$$

$$\text{Trong đó: } C_1 = \frac{1+(d_1/d)^2}{1-(d_1/d)^2} - \mu_1;$$

$$C_2 = \frac{1+(d/d_2)^2}{1-(d/d_2)^2} - \mu_2$$

Với: d_1 là đường kính lỗ đầu đạn (chi tiết bị bao); d_2 là đường kính ngoài miệng vỏ đạn (chi tiết bao); E_1, E_2 là mô đun đàn hồi vật liệu đầu đạn và vỏ đạn; μ_1, μ_2 là hệ số Poisson

vật liệu đầu đạn và vỏ đạn; δ là độ dôi mối ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn.

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ THẢO LUẬN

Trên cơ sở mô hình tính toán lực chống tháo $F(x)$, tính toán vận tốc nạp tới hạn V_n để đảm bảo bền liên kết giữa đầu đạn và vỏ đạn khi nạp, bài báo tiến hành khảo sát ảnh hưởng của tham số độ dôi (δ) và chiều dài tiếp xúc (x) giữa đầu đạn và vỏ đạn cho mẫu đạn súng M855 của NATO.

3.1. Các thông số đầu vào, thông số khảo sát

a. Các thông số đầu vào

Các thông số đầu vào của bài toán khảo sát được thể hiện trong bảng 1 [4], [5], [6].

Bảng 1. Thông số đầu vào tính toán

TT	Thông số tính toán	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Đường kính danh nghĩa mối ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn	d	5,72	mm
2	Đường kính trong của đầu đạn (chi tiết bị bao)	d_1	0	mm
3	Đường kính ngoài của vỏ đạn (chi tiết bao)	d_2	6,36	mm
4	Mô đun đàn hồi của vật liệu đầu đạn (thép)	E_1	$2,1 \cdot 10^{11}$	Pa
5	Mô đun đàn hồi của vật liệu vỏ đạn (đồng thau)	E_2	$1,0 \cdot 10^{11}$	Pa
6	Hệ số ma sát giữa đầu đạn và vỏ đạn (thép – đồng thau)	f	0,05	
7	Khối lượng đầu đạn	m_d	4	g
8	Hệ số dự trữ bền	K	1,2	
9	Hệ số Poisson của vật liệu đầu đạn (thép)	μ_1	0,3	
10	Hệ số Poisson của vật liệu vỏ đạn (đồng thau)	μ_2	0,35	



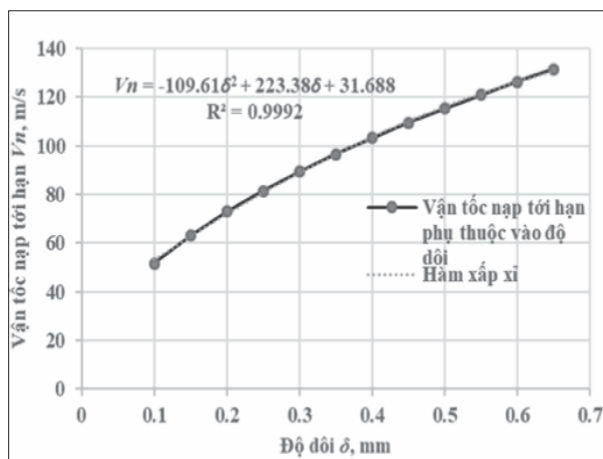
b. Thông số khảo sát

Thông số khảo sát: độ dôi lắp ghép δ và chiều dài tiếp xúc x giữa đầu đạn và vỏ đạn.

Phạm vi khảo sát: $\delta = 0,1 \dots 0,65$ (mm);
 $x = 1,5 \dots 8,0$ (mm).

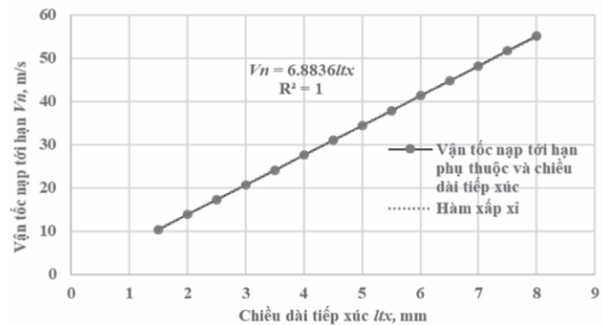
3.2. Các kết quả và bình luận

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của độ dôi δ và chiều dài tiếp xúc l_x trong mỗi ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn tới giá trị vận tốc nạp đạn tới hạn V_n để đảm bảo điều kiện bền chắc mối liên kết giữa đầu đạn và vỏ đạn được thể hiện trên Hình 2, Hình 3.



Hình 2. Mối quan hệ giữa vận tốc nạp tới hạn và độ dôi mỗi ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn

Từ đồ thị Hình 2 nhận thấy: trong miền giá trị khảo sát, khi độ dôi δ trong mỗi ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn tăng thì giá trị vận tốc nạp tới hạn V_n tăng, khi độ dôi càng tăng thì giá trị vận tốc nạp tới hạn tăng chậm lại. Mối quan hệ giữa vận tốc nạp tới hạn V_n và giá trị độ dôi δ trong mỗi ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn có thể được thể hiện qua hàm đa thức bậc 2: $V_n = -109,61\delta^2 + 223,38\delta + 31,688$ với giá trị $R^2 = 0,9992$.



Hình 3. Mối quan hệ giữa vận tốc nạp tới hạn và chiều dài tiếp xúc trong mỗi ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn

Từ đồ thị Hình 3 nhận thấy: trong miền giá trị khảo sát, khi chiều dài tiếp xúc l_x trong mỗi ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn tăng thì giá trị vận tốc nạp tới hạn V_n tăng tuyến tính. Mối quan hệ giữa vận tốc nạp tới hạn V_n và giá trị chiều dài tiếp xúc l_x trong mỗi ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn có thể được thể hiện qua hàm đa thức bậc 1: $V_n = 6,8836l_x$ với giá trị $R^2 = 1$.

Từ đồ thị Hình 2, Hình 3 nhận thấy: mức độ tác động tới vận tốc nạp tới hạn để đảm bảo mối liên kết giữa đầu đạn và vỏ đạn của giá trị độ dôi mỗi ghép lớn hơn mức độ tác động của giá trị chiều dài phần tiếp xúc. Trong quá trình thiết kế, để đảm bảo điều kiện bền mỗi ghép giữa đầu đạn và vỏ đạn khi tốc độ nạp đạn của hệ thống tổng đạn lớn, có thể tăng giá trị độ dôi và chiều dài phần tiếp xúc giữa đầu đạn và vỏ đạn.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả khảo sát ảnh hưởng của độ dôi và chiều dài phần tiếp xúc giữa đầu đạn và vỏ đạn tới giá trị vận tốc nạp đạn tới hạn, có thể rút ra các kết luận sau:

- Giá trị độ dôi và chiều dài phần tiếp xúc giữa đầu đạn và vỏ đạn ảnh hưởng lớn tới giá trị vận tốc nạp đạn tới hạn để đảm bảo bền

mối liên kết giữa đầu đạn và vỏ đạn khi tổng đạn vào buồng nòng. Cụ thể: vận tốc nạp tới hạn tăng tuyến tính khi tăng giá trị chiều dài phần tiếp xúc giữa đầu đạn và vỏ đạn, tăng theo quy luật đa thức bậc 2 (nhánh lên) khi tăng giá trị độ dôi mối ghép.

- Mức độ tác động tới giá trị vận tốc nạp tới hạn để đảm bảo bền liên kết giữa đầu đạn và vỏ đạn của giá trị độ dôi mối ghép lớn hơn giá trị chiều dài phần tiếp xúc. Trong hệ thống súng đạn, khi tốc độ nạp đạn của hệ thống tổng đạn lớn, có thể tăng giá trị độ dôi và chiều dài phần tiếp xúc để đảm bảo bền mối liên kết giữa đầu đạn và vỏ đạn. ❖

Ngày nhận bài: **15/5/2023**

Ngày phản biện: **02/6/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Đỗ Văn Minh (2022); *Giáo trình cơ sở thiết kế vỏ đạn*, NXB. Quân đội Nhân dân, Hà Nội.
- [2]. Trần Bá Tấn (2000); *Sản xuất và thử nghiệm đạn được ở trường bắn*, NXB. Quân đội Nhân dân, Hà Nội.
- [3]. Nguyễn Văn Thủy, Trần Văn Định, Trần Đình Thành (2007); *Cơ sở thiết kế đạn súng bộ binh*, Học viện Kỹ thuật Quân sự.
- [4]. Nguyễn Hữu Lộc (2020); *Thiết kế máy và chi tiết máy*, NXB. Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- [5]. Hà Văn Vui, Nguyễn Chí Sáng, Phan Đăng Phong (2006); *Sổ tay thiết kế cơ khí*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [6]. Terry J Gander, Charles Q Cutshaw (1999); *Jane's ammunition handbook*, Jane's Information Group Limited, Sentinel House, Sixth Edition.