

KHẢO SÁT ỨNG SUẤT VÀ BIẾN DẠNG CỦA NÒNG SÚNG 12,7mm - NSV DO VIỆT NAM SẢN XUẤT KHI BẮN

SURVEY OF STRESS AND DEFORMATION OF A VIETNAMESE-MADE 12.7mm
NSV GUN BARREL DURING FIRING

Nguyễn Đình Thân, Trần Quốc Trình

Học viện Kỹ thuật quân sự

Email: thankhi2193@gmail.com;

tranquoctrinhh@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT

Đối với các loại vũ khí do Việt Nam tự thiết kế chế tạo, việc khảo sát các tải trọng lên nòng, lên các bộ phận của súng khi bắn là hết sức cần thiết. Súng 12,7mm NSV Việt Nam cũng vậy, cần khảo sát tỷ mỉ ứng suất và biến dạng của nòng súng với các tải nhiệt độ, áp suất khi bắn phát một, liên thanh loạt ngắn hoặc loạt dài. Bài báo này ứng dụng phần mềm chuyên dụng ANSYS WORKBENCHES để khảo sát ứng suất và biến dạng của nòng súng khi bắn phát một và liên thanh. Kết quả này được sử dụng để đánh giá độ bền và tuổi thọ của nòng súng khi bắn. Khuyến nghị lựa chọn chế độ bắn phù hợp.

Từ khóa: Súng 12,7mm NSV; Nòng; Ứng suất; Biến dạng; Nhiệt độ.

ABSTRACT

The types of weapons designed and manufactured by Vietnam require thorough investigation of the loads on the barrel and the components of the gun when firing. This article applies specialized software ANSYS WORKBENCHES to investigate the stress and deformation of the barrel during single and automatic firing. So that, the load on the barrel wall includes both thermal and pressure loads. There results are used to assess the strength and lifespan of the gun barrel during firing. The 12.7mm NSV gun in Vietnam is no exception; it is necessary to study the stress and deformation of the barrel under temperature and pressure loads when firing single shots or automatic shots. This result is used to assess the strength and lifespan of the gun barrel during firing. Recommendation to choose the appropriate shooting mode.

Keywords: 12.7mm NSV gun; Barrel; Stress; Deformation; Temperature.



1. TỔNG QUAN VỀ SÚNG 12,7mm NSV VIỆT NAM

Súng máy 12,7mm NSV là súng có hỏa lực mạnh dùng để tiêu diệt cụm cứ điểm, xe bọc thép hạng nhẹ, máy bay lên thẳng hoặc máy bay tầm thấp... Hiện nay, súng được lắp trên tàu chiến, trên xe bọc thép và trang bị cho các đơn vị lực lượng trong Quân khu, Quân đoàn để bảo đảm cho huấn luyện, sẵn sàng chiến đấu. Súng cao xạ 12,7mm NSV có tốc độ bắn cao, vì vậy nghiên cứu trạng thái ứng suất và biến dạng nòng súng có ý nghĩa rất quan trọng, từ đó tìm ra nguyên nhân chính ảnh hưởng tới tuổi thọ của súng.

Nòng súng là một trong những bộ phận quan trọng nhất, nó có ảnh hưởng rất lớn đến độ chính xác bắn và tuổi thọ. Những vấn đề liên quan đến động lực học nòng súng đã được nhiều tác giả nghiên cứu và công bố kết quả. Nhiều công bố về ứng suất và biến dạng nòng pháo 23mm, 37mm, 57mm, hay 85mm thậm chí 122mm hay 130mm cũng đã được công bố trong các tài liệu [1], [2], [3].

Đối với nòng súng bộ binh có các công bố đối với nòng súng tiểu liên AKM, PKMS,... như các tài liệu [2], trong bài báo này tác giả dùng phần mềm ANSYS để làm phương tiện khảo sát ứng suất và biến dạng của nòng súng khi bắn kết hợp với sử dụng phương pháp năng lượng và tiêu chuẩn Von Mises.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Xây dựng mô hình tính toán nòng súng 12,7mm NSV

Các giả thiết sau được sử dụng để xây dựng mô hình tính toán [4]:

- Nòng pháo là một ống hình trụ dày,

thành trụ trơn, không tính đến dòng nhiệt chảy bao.

- Sự nung nóng nòng chỉ do khí thuốc và ma sát của đai dẫn với bề mặt rãnh nòng khi bắn.

- Trong khoảng thời gian sau phát bắn, bỏ qua hệ số tỏa nhiệt vào thành trong nòng.

- Không tồn tại các dòng nhiệt bên trong vật liệu thành nòng.

- Bỏ qua biến dạng nhiệt và sự thay đổi chiều dày thành nòng do mài mòn khi bắn.

- Vật liệu làm nòng coi như đồng nhất và đẳng hướng.

- Áp suất khí thuốc lên thành nòng là tĩnh, phân bố đều suốt chiều dài và đối xứng qua trục nòng.

- Nòng trước và sau biến dạng vẫn giữ nguyên hình dạng, trạng thái biến dạng phẳng.

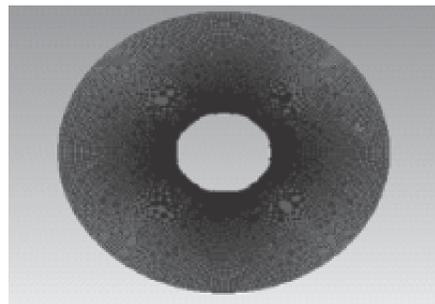
- Mọi phân tử của nòng luôn ở trạng thái cân bằng.

- Sự phụ thuộc $\sigma'(\epsilon)$ là tuyến tính tuân theo định luật Hooke.

Với các giả thiết đã nêu trên, mô hình tính toán nòng súng 12,7mm được xây dựng là mô hình 3D như hình 1 sau đây.



Hình 1. Nòng súng 12,7mm NSV



Hình 2. Mô hình mặt cắt phẳng 2D

Mô hình phẳng 2D mặt cắt nòng và mô hình PTHH của mặt cắt nòng khi thuốc phóng cháy, toàn bộ phần lòng nòng sau đáy đạn chịu tác dụng của áp lực khí thuốc và nhiệt độ khí thuốc. Các giá trị của nhiệt độ và áp suất thay đổi theo quá trình chuyển động của đầu đạn trong lòng nòng và nhận được khi giải bài toán thuật phóng trong.

2.2. Tham số vật liệu nòng súng

Các tham số vật liệu theo công bố được sử dụng làm thông số đầu vào cho các bài toán khảo sát trường nhiệt độ, ứng suất và biến dạng trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Tính chất vật liệu chế tạo nòng súng 12,7mm

T - Nhiệt độ (°C)	E - Mô đun đàn hồi (Pa)	α - Hệ số giãn nở nhiệt (1/°K)	λ - Hệ số dẫn nhiệt (W/m.°K)	ρ - Mật độ (kg/m ³)	C - Nhiệt dung riêng (J/(kg.°K))	ν - Hệ số Poisson
20	2,14E+11	1.01E-05	48	7820	440	0,3
100	2,11 E+11	1.19E-05	46	7800	466	0,3
200...	2,06 E+11	1.25E-05	42.7	7770	508	0,3
700	1,43 E+11	1.46E-05	28.8	7590	634	0,3
800	1,32 E+11	1.49E-05	26	7510	664	0,3

2.3. Tính toán áp suất trong lòng nòng khi bắn

2.3.1. Hệ phương trình vi phân thuật phóng trong

Quá trình thuốc phóng cháy tạo khí, đẩy đầu đạn đi được mô tả bởi hệ phương trình sau theo [5]:

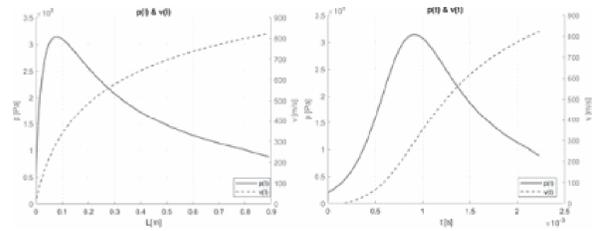
$$\begin{cases} dz / dt = s_1 \cdot p \cdot I_s \\ d\psi / dt = s_1 \cdot \chi \cdot (1 + 2\lambda z + 3\mu z^2) \cdot dz / dt \\ dv / dt = s_2 \cdot p \cdot S / (\rho m) \\ dl / dt = v \\ dT / dt = (\theta T V / f \omega \psi) \cdot ((f \omega / \theta) \cdot (d\psi / dt) - T \cdot (f \omega / (\theta T))) \cdot ((d\psi / dt) - \phi m v \cdot (dv / dt)) \end{cases} \quad (1)$$

Các đại lượng được chú thích cũng theo tài liệu [5] này.

2.3.2. Phương pháp giải hệ phương trình vi phân thuật phóng trong

Hệ phương trình thuật phóng trong được giải bằng phương pháp Runge-Kutta, sử dụng phần mềm MATLAB để giải. Các thông

số đầu vào bao gồm các đặc trưng cấu tạo của nòng súng, đạn, các đặc trưng thuốc phóng, điều kiện nhồi tham khảo tài liệu [5], [6]. Kết quả giải bài toán áp suất và vận tốc đầu đạn ta nhận được thể hiện trên hình 3 dưới đây:



Hình 3. Đồ thị áp suất theo quãng đường chuyển động của đầu đạn và theo thời gian

Tại điểm đặc biệt: $P_{max} = 314\text{MPa}$, $V_{max} = 293\text{m/s}$ và tại miệng nòng $P_d = 88,6\text{MPa}$ và $V_d = 823,45\text{m/s}$.

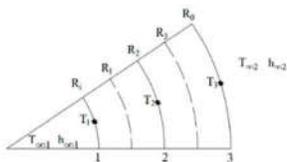
Kết quả tính toán này phù hợp với công bố của tài liệu kỹ thuật đi kèm súng.



2.4. Cơ sở bài toán nhiệt thành nòng súng

2.4.1. Hệ phương trình bài toán truyền nhiệt và phương pháp giải [4]

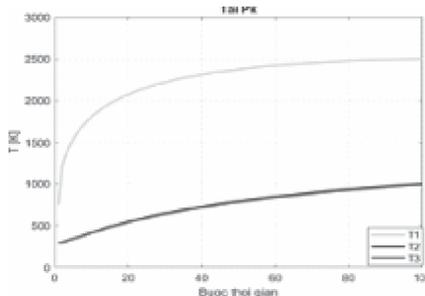
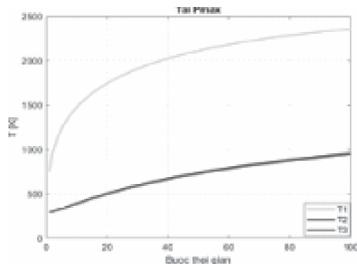
Để giải bài toán truyền nhiệt, ta sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn. Nội dung cơ bản của phương pháp này là chia lưới để tạo thành những phần tử. Sau đó, ta sử dụng phương trình cân bằng năng lượng đối với từng phần tử và từng bước thời gian. Số lượng các phần tử càng nhiều, bước chia thời gian càng nhỏ thì kết quả của phép tính càng có độ chính xác cao. Để giải bài toán truyền nhiệt thành nòng súng 12,7mm NSV, ta chia thành nòng thành 3 nút.



Hình 4. Mô hình chia lưới cho thành nòng súng 12,7mm NSV

Tiến hành cân bằng năng lượng lần lượt cho các nút và giải. Các đại lượng được giải thích theo [4].

Kết quả giải bài toán được trình bày trên hình 5 (các trục hoành có đơn vị lần lượt là chiều dài L là [m] - hình bên trái, và thời gian t là [s] - hình bên phải, các trục tung có đồng thời hai đơn vị khác nhau, ứng với đường đứt là đơn vị vận tốc V [m/s], đường liền là đơn vị áp suất P [Pa], các thông số này và đơn vị của nó được thể hiện trên phần chú thích legend của đồ thị).



Hình 5. Biểu đồ nhiệt tại các nút theo các bước thời gian tại các mặt cắt
Bảng 2. Các giá trị tại một số mặt cắt

Áp suất khí thuốc (MPa)	Tốc độ chuyển động của đạn (m/s)	Quãng đường chuyển động của đạn (m)	Thời gian chuyển động của đạn (10 ⁻³ s)
$P_m = 314,7$	$V_m = 293$	$l_m = 0,078$	$t_m = 1.05$
$P_k = 103,2$	$V_k = 797,3$	$l_k = 0,786$	$t_k = 2,1$
$P_d = 88,6$	$V_d = 823,5$	$l_d = 0,89$	$t_d = 2,23$

2.5. Phương pháp xác định ứng suất, biến dạng nòng

Để tính trường nhiệt độ, ứng suất và biến dạng nòng súng, sử dụng phần mềm ANSYS Workbench với hai mô đun Transient Thermal và Transient Structural. Kết quả khảo sát được thực hiện tại 5 mặt cắt của nòng súng. Trên bảng 3 là các thông số của một số mặt cắt tiêu biểu của nòng súng. Theo tính năng kỹ chiến thuật, súng có thể bắn loạt ngắn 3 đến 5 viên hoặc loạt dài 20 viên hoặc hơn nữa. Tốc độ bắn lý thuyết của súng là 700 phát/phút. Do đó, khi bắn liên tục 5 phút trong thời gian là 0.45s, khi bắn 1 phút là 0,09s, trong đó thời gian đạn chuyển động trong nòng là $0 \div 0.00223s$.

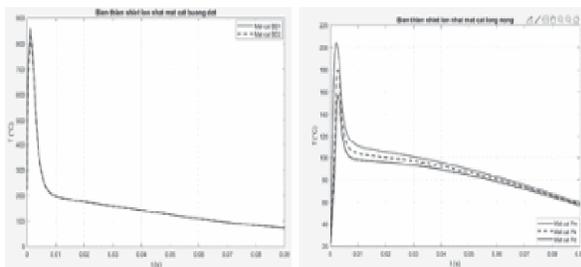
Bảng 3. Các thông số tính toán tại 5 mặt cắt của nòng

Vị trí mặt cắt	Thời gian (10 ⁻³ s)	Chiều dài (m)	Vận tốc đầu đạn (m/s)	Nhiệt độ TB khí thuốc (°K)	Áp suất khí thuốc (MPa)	HSTNDL lòng nòng (W/m ² .°K)
Mặt cắt BD thứ 1	-	-	-	1269	-	373580
Mặt cắt BD thứ 2	-	-	-	1269	-	327070
Tại P _{max}	1.05	0.078	293	1249.5	314.7	35238.46
Tại p _k	2.1	0.786	797.3	1100	103.17	33637.45
Tại t _d	2.23	0.89	823.45	1009.53	88.6	31647.97

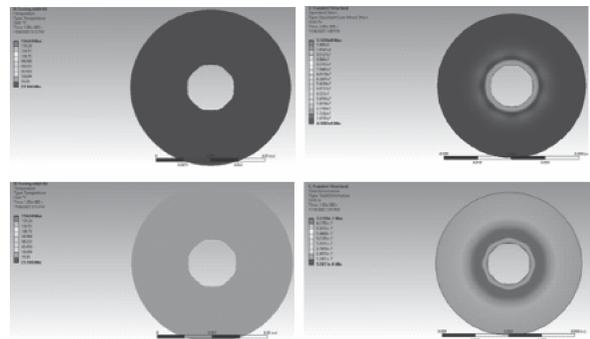
2.6. Kết quả tính

2.6.1. Trường nhiệt độ, ứng suất, biến dạng của nòng pháo khi bắn một phát đầu tiên

Sau khi chạy trên phần mềm, ta thu được kết quả thể hiện trên đồ thị ở hình 6. Kết quả tính toán cho thấy nhiệt độ phân bố trong buồng đốt tương đối là giống nhau. Nhiệt độ lớn nhất trong các mặt của buồng đốt đạt 828.19 ÷ 859.8 °C. Nhiệt độ lớn nhất tại các mặt cắt lòng nòng nhỏ hơn mặt cắt buồng đốt và giảm dần theo thời gian do sự tỏa nhiệt của bề mặt nòng ra môi trường.



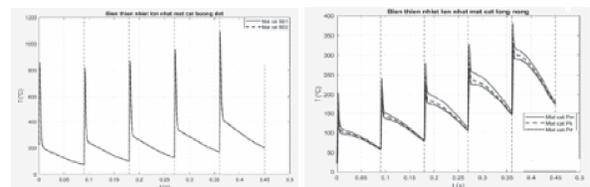
Hình 6. Sự phân bố nhiệt độ lớn nhất tại các mặt cắt



Hình 7. Phân bố nhiệt độ, ứng suất và biến dạng tại mặt cắt p_{max} thời điểm t_{max}

2.6.2. Trường nhiệt độ, ứng suất và biến dạng của nòng pháo khi bắn 5 phát liên tục

Sự thay đổi nhiệt độ lớn nhất theo thời gian tại các mặt cắt tiêu biểu khi bắn liên tục 5 phát được thể hiện hình 8:



Hình 8. Phân bố nhiệt độ, ứng suất và biến dạng của 5 mặt cắt điển hình.

* Nhận xét các kết quả thu được

Kết quả khảo sát về trường nhiệt độ, ứng suất và biến dạng của nòng súng khi bắn một phát và bắn nhiều phát liên tiếp có thể rút ra một số nhận xét sau:

- Nhiệt độ bề mặt nòng trong buồng đạn lớn hơn nhiệt độ trong phần rãnh xoắn và nhiệt độ trong các mặt cắt nòng pháo khi bắn là khác nhau, vậy có sự phân bố nhiệt độ theo chiều dài nòng.

- Sau mỗi phát bắn, nhiệt độ lớn nhất tại các mặt cắt lòng nòng tăng lên. Đó là do ảnh hưởng của phát bắn trước, nhiệt độ ban đầu trước khi bắn phát tiếp theo của nòng pháo cao hơn của phát bắn trước đó.

- Khi bắn một phát, ứng suất lớn nhất tại các mặt cắt buồng đốt đạt khoảng $1.308e8$ Pa, trong khi tại các mặt cắt lòng nòng thì ứng suất tại mặt cắt lòng nòng P_{max} là lớn nhất và bằng $1.1459e8$ Pa.

Khi bắn liên tục 5 phát trong, ứng suất lớn nhất trong buồng đốt đạt khoảng $5.5806e8$ Pa, tại các mặt cắt lòng nòng là $5.246e8$ Pa.

So với các vật liệu chế tạo nòng súng 12,7mm ($\sigma_b = 7,85 \times 10^8 \times 9,00 \times 10^8$ MPa [4], hệ số an toàn $n = 1.52 \div 1.74$) chứng tỏ nòng súng đủ bền.

- Khi bắn liên tục 5 phát, biến dạng trong nòng súng tăng lên đáng kể.

3. KẾT LUẬN

Thành công của bài báo là trình bày kết quả giải bài toán thuật phóng trong và tính toán nhiệt thành nòng của nòng súng và dùng để khảo sát trường nhiệt độ, ứng suất và biến dạng của nòng khi bắn.

Kết quả cho thấy sự phân bố nhiệt độ

theo chiều dài nòng và nhiệt độ thành nòng pháo sau mỗi phát bắn khi bắn liên tục. Điều này dẫn đến ứng suất, biến dạng và nhiệt độ của nòng súng đều tăng và có thể ảnh hưởng đến độ chính xác bắn và tuổi thọ nòng.

Có thể thấy nòng súng đủ bền khi bắn, hệ số an toàn của nòng là 1.52 đến 1.74 khi bắn liên thanh, nhiệt thành nòng tăng lên đáng kể do vậy chỉ nên bắn điểm xạ loạt ngắn. Trong trường hợp thật cần thiết mới bắn cả loạt 20 viên đạn.

Lời cảm ơn:

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn chân thành đến tập thể giáo viên K22 – Đại học Lê Quý Đôn đã đồng hành và giúp đỡ để bài báo được hoàn thành. ❖

Ngày nhận bài: **03/11/2025**

Ngày phản biện: **14/11/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Hà Huy Nguyễn (2017), “*Nghiên cứu trường nhiệt, ứng suất, biến dạng của nòng pháo phòng không 37mm K65-2 khi bắn liên thanh*”. Học viện Kỹ thuật quân sự, Luận văn cao học.
- [2]. Bùi Đức Quý (2016), “*Nghiên cứu trạng thái ứng suất và biến dạng của nòng súng AKM do Việt Nam sản xuất*”. Học viện Kỹ thuật quân sự, Luận văn cao học.
- [3]. Nguyễn Văn Khiêm (2021), “*Khảo sát ứng suất và biến dạng của nòng pháo 130mm-M46 với các chế độ hỏa lực khác nhau*”. Học viện Kỹ thuật quân sự, Luận văn cao học.
- [4]. Nguyễn Hồng Lanh (2006), “*Quá trình xung nhiệt của nòng súng pháo*”. NXB. Quân đội Nhân dân, Hà Nội.
- [5]. Trần Đăng Điện (2003), “*Thuật phóng trong*”. Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội.
- [6]. Nguyễn Quang Lượng, Trần Quốc Trình (2010), “*Số liệu vũ khí - đạn*”. Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội.