

NGHIỆM BỀN VỎ ĐỘNG CƠ PHÓNG CỦA TÊN LỬA 9M14M BẰNG PHẦN MỀM SIEMENS NX

DURABILITY TEST OF THE LAUNCH ENGINE CASING OF THE 9M14M ROCKET
USING SIEMENS NX SOFTWARE

TS. Võ Văn Biên^{1*}, ThS. Hà Văn Luận², ThS. Hoàng Duy Vinh³

¹Khoa Vũ khí, Học viện Kỹ thuật quân sự

²Khoa Sư phạm quân sự, Trường Sĩ quan Lục quân 2

³Phòng Hậu cần – Kỹ thuật, Trường Sĩ quan Lục quân 2

*Email: vovanbien@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo đã trình bày một phương pháp tính toán nghiệm bền thân vỏ động cơ tên lửa bằng phương pháp phần tử hữu hạn trên phần mềm Siemens NX. Đây là phần mềm chuyên dụng trong tính toán, thiết kế vũ khí. Động cơ phóng của tên lửa có điều khiển 9M14M đã được sử dụng để xây dựng mô hình và tính toán nghiệm bền thân vỏ của động cơ dưới tải trọng của phát bắn. Kết quả mô phỏng cho thấy vỏ động cơ đảm bảo bền khi bắn. Kết quả thu được từ nghiên cứu này có thể được sử dụng để phân tích, đánh giá lựa chọn các thông số kết cấu tối ưu cũng như vật liệu chế tạo động cơ tên lửa nhiên liệu rắn.

Từ khóa: Động cơ tên lửa; Phần mềm Siemens NX; Phương pháp phần tử hữu hạn.

ABSTRACT

The article presents a method for calculating the structural integrity of a rocket engine casing using finite element method on Siemens NX software. This software is specialized for the calculation and design of weaponry. The propulsion motor of the 9M14M guided missile was used to construct the model and calculate the casing's structural integrity under the firing load conditions. The simulation results indicate that the motor casing is ensured durability during firing. The findings obtained from this research can be used to analyze, evaluate, and select optimal structural parameters as well as manufacturing materials for solid-propellant rocket engines.

Keywords: Rocket engine; Siemens NX software; Finite element method.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, tên lửa đã trở thành một loại vũ khí không thể thiếu trong trang bị quân đội của bất kỳ một quốc gia nào. Với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học và kỹ thuật, đặc biệt là ngành công nghệ thông tin, đã cho phép giải quyết nhiều bài toán phức tạp của tên lửa. Công dụng của tên lửa ngày càng trở nên đa dạng, đòi hỏi kỹ thuật tên lửa phải phát triển, hoàn thiện theo các chỉ tiêu và yêu cầu chiến-kỹ thuật đã được đặt ra. Đối với các loại tên lửa có nhiều động cơ thì động cơ phóng là một trong những thành phần quan trọng, luôn được ưu tiên quan tâm hàng đầu. Việc thiết kế, chế tạo động cơ phóng có liên quan đến một số lĩnh vực khoa học, kỹ thuật và công nghệ, đặc biệt là lĩnh vực cơ khí và chế tạo máy.

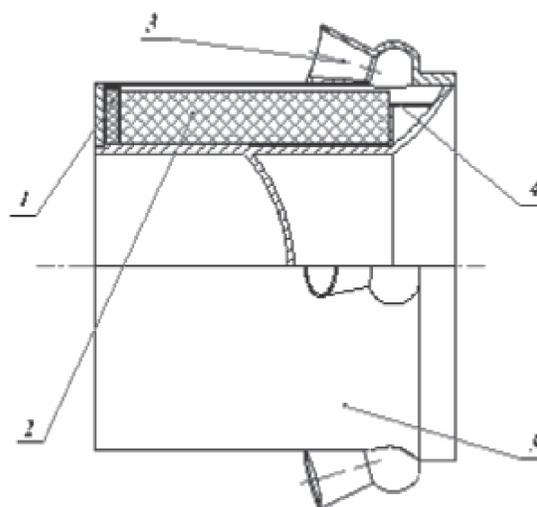
Ở Việt Nam, ngành công nghiệp tên lửa đang từng bước được nội địa hóa. Với mục đích hiện đại hóa quân đội, tự chủ trong việc thiết kế, chế tạo vũ khí thì việc nghiên cứu, thiết kế chế tạo tên lửa đã và đang được các Viện nghiên cứu, các Học viện, nhà trường tích cực triển khai và đã đạt được một số thành tựu nhất định. Tuy nhiên, trong quá trình thiết kế tên lửa, việc tính toán nghiệm bền thân vỏ động cơ thường mới chỉ dừng lại bằng phương pháp giải tích. Phương pháp này thường sử dụng nhiều giả thiết khi tính toán nên độ tin cậy chưa cao và để đảm bảo cho động cơ đủ bền khi làm việc chúng ta thường đưa hệ số an toàn khá lớn khi thiết kế, chế tạo. Chính điều này là một trong những nguyên nhân dẫn đến vỏ động cơ được thiết kế chế tạo có độ dày và khối lượng rất lớn. Song vấn đề này có thể được giải quyết bằng cách xây dựng mô hình và chương trình tính thông qua phần mềm Siemens NX. Đây là phần mềm chuyên dụng được trang bị cho Phòng thí nghiệm Thiết kế hệ thống vũ khí của Học viện Kỹ thuật quân sự. Trong phạm vi nghiên cứu của bài báo, nhóm tác giả đã tiến hành xây dựng

mô hình và chương trình tính nghiệm bền cho động cơ phóng của đạn tên lửa chống tăng có điều khiển 9M14M bằng phần mềm Siemens NX. Từ kết quả mô phỏng thu được, chúng ta có thể phân tích, đánh giá lựa chọn các thông số kết cấu tối ưu cho động cơ phóng.

2. XÁC ĐỊNH ĐIỀU KIỆN BIÊN CHO BÀI TOÁN NGHIỆM BỀN

2.1. Tìm hiểu động cơ phóng của tên lửa chống tăng 9M14M

Động cơ phóng của tên lửa 9M14M là loại động cơ tên lửa nhiên liệu rắn có tác dụng đẩy quả tên lửa ra khỏi bộ phóng với một vận tốc rời bộ cần thiết để đảm bảo điều kiện không gục của tên lửa. Động cơ phóng có cấu tạo được thể hiện trên hình 1. Buồng đốt động cơ có 4 loa phụt, nghiêng với trục đạn một góc 7° . Các loa phụt động cơ lệch một góc $0^\circ 50'$ bảo đảm tốc độ quay ban đầu cho đạn. Bên trong buồng đốt động cơ có bố trí liều phóng và chất cháy môi hình vòng. Thuốc phóng động cơ phóng đặt trên đế và giữ bằng đáy buồng đốt.



Hình 1. Động cơ phóng của tên lửa 9M14M
1. Liều thuốc môi; 2. Thuốc phóng; 3. Loa phụt; 4. Đế chấn thuốc; 5. Thân vỏ.

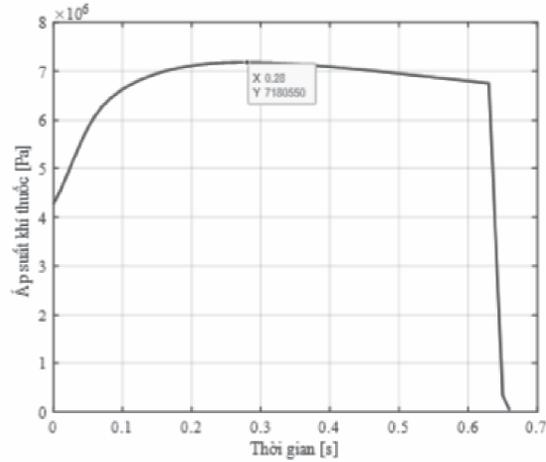
2.2. Bài toán thuật phóng trong của động cơ phóng

Bài toán thuật phóng trong của động cơ tên lửa nhiên liệu rắn là bài toán xác định quy luật thay đổi theo thời gian t của áp suất p , lực đẩy P , lượng thuốc phóng cháy tương đối $\psi(t)$. Kết quả giải bài toán thuật phóng trong là cơ sở để tính toán nghiệm bền thân vỏ của động cơ tên lửa. Hệ phương trình vi phân thuật phóng trong của động cơ tên lửa nhiên liệu rắn được thiết lập dựa trên cơ sở mối quan hệ về mặt nhiệt động và khí động, mô tả trạng thái làm việc của môi chất trong buồng đốt và loa phụt, các đặc trưng kích thước và hình dáng của thuốc phóng. Hệ phương trình vi phân thuật phóng trong của động cơ tên lửa được thể hiện ở công thức (1) [1]:

$$\begin{cases} \frac{d\psi}{dt} = \frac{S_u \cdot \rho_T}{\omega_T} \\ \frac{d\chi_n}{dt} = \frac{a \cdot b}{(1+b\psi)^2} \frac{d\psi}{dt} \\ \chi_1 = \frac{1}{\chi_n} \cdot \frac{d\chi_n}{dt} \\ \frac{dp}{dt} = -\frac{1}{V} \left[(\varphi_2 \cdot K_0(k) \cdot F_{th} \cdot \sqrt{\chi_n \cdot f_0} + S_u - V \cdot \chi_1) p - S_u \cdot \chi_n \cdot f_0 \cdot \rho_T \right] \end{cases} \quad (1)$$

Các ký hiệu trong công thức (1) được trình bày chi tiết trong tài liệu [1].

Để nghiệm bền cho thân vỏ động cơ tên lửa, chúng ta xem xét trường hợp thuốc phóng cháy ở nhiệt độ môi trường là 50°C, đây là trường hợp động cơ làm việc ở chế độ khắc nghiệt nhất. Sử dụng phần mềm lập trình Matlab và số liệu đầu vào ở tài liệu [2], sau khi giải ta thu được đồ thị áp suất của khí thuốc trong buồng đốt động cơ ở hình 2.



Hình 2. Đồ thị áp suất khí thuốc $p(t)$ theo thời gian

Dựa vào kết quả thu được, áp suất khí thuốc lớn nhất tác dụng lên thành vỏ động cơ là

$p_{\max}^{+50^{\circ}C} = 7,18 \text{ MPa}$. So với kết quả công bố của nhà sản xuất là 7,0 MPa [2], sai số: 2,57 %, kết quả tính toán bài toán thuật phóng trong đảm bảo độ tin cậy.

Để nghiệm bền buồng đốt, chúng ta sử dụng giá trị áp suất tính toán (p_u) được xác định theo công thức sau [3]:

$$p_u = K_1 \cdot K_2 \cdot p_{\max}^{+50^{\circ}C}$$

Trong đó, K_1 là hệ số tính tới dự trữ bền và sự không đồng nhất của liều phóng ($K_1 = 1,1 \div 1,2$); K_2 là hệ số tính tới đỉnh sôi mìn khi liều phóng có dạng cháy từ các bề mặt bên ($K_2 = 1,12$).

3. NGHIỆM BỀN THÀNH VỎ ĐỘNG CƠ BẰNG PHẦN MỀM SIEMENS NX

3.1. Một số giả thiết khi tính toán

Để thuận lợi cho quá trình tính toán mà vẫn đảm bảo được các đặc trưng cơ bản, chúng ta sử dụng một số giả thiết sau:

- Vật liệu biến dạng tuyến tính dưới tác dụng của tải trọng phát bắn.

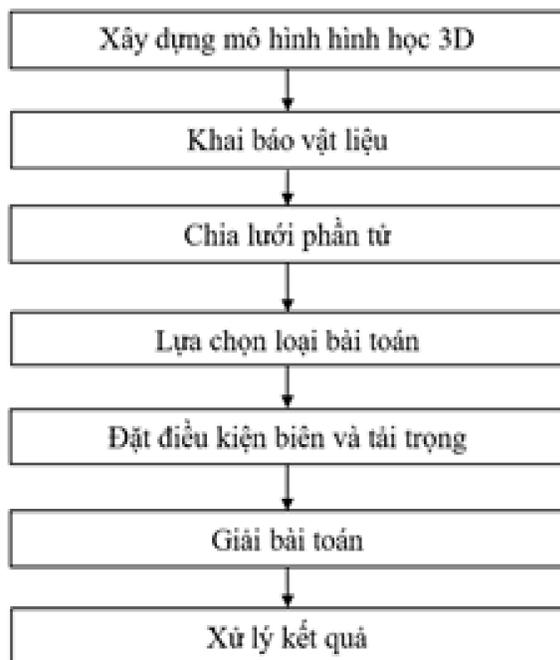
- Thời gian làm việc của động cơ ngắn ($t < 0,7s$) nên coi bài toán là bài toán phân tích tĩnh, tức là vỏ động cơ chịu tác dụng của tải trọng tĩnh, có giá trị không đổi.

- Lấy áp suất tác dụng vào thành buồng đốt bằng áp suất lớn nhất của khí thuốc xuất hiện trong quá trình làm việc của động cơ phóng.

- Các liên kết cơ học đảm bảo đủ bền.

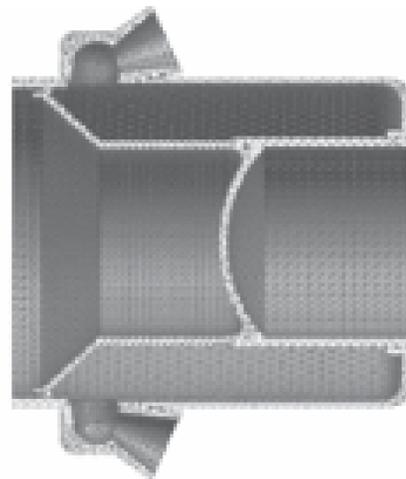
3.2. Giải bài toán nghiệm bền bằng phần mềm Siemens NX

Để giải bài toán nghiệm bền bằng phương pháp phần tử hữu hạn trên phần mềm Siemens NX, chúng ta tiến hành theo các bước ở hình 3 như sau:

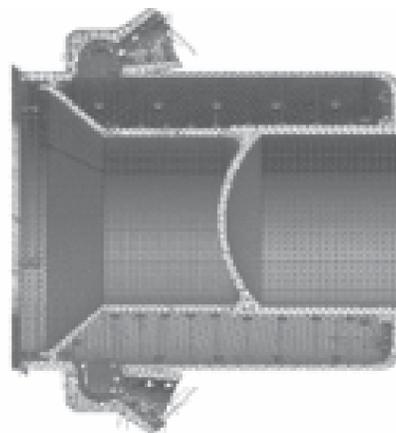


Hình 3. Các bước tiến hành giải bằng phần mềm Siemens NX

Trên cơ sở cấu tạo cụ thể của động cơ phóng của đạn tên lửa 9M14M, ta tiến hành xây dựng mô hình vỏ động cơ ở dạng 3D. Vật liệu được sử dụng để chế tạo động cơ phóng là 30XГСА có giới hạn bền cho phép là $\sigma_B = 1300 \text{ MPa}$ [2]. Sau đó, ta tiến hành chia lưới cho thành vỏ động cơ như hình 4 và đặt tải áp suất tính toán (p_t) được trình bày ở hình 5. Loại bài toán phân tích kết cấu (Simcenter Nastran) đã được lựa chọn để nghiệm bền buồng đốt.

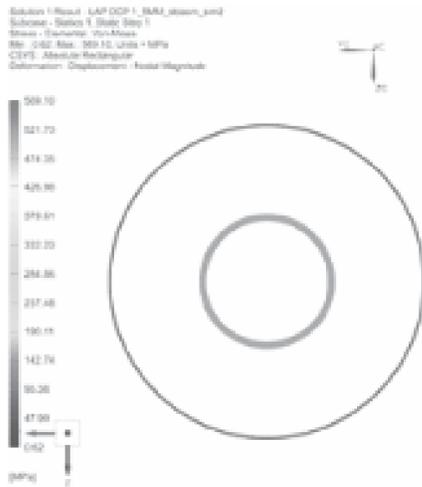


Hình 4. Mô hình chia lưới 3D



Hình 5. Mô hình đặt tải áp suất trong động cơ

Kết quả giải ta thu được trường ứng suất của thành vỏ động cơ ở mặt cắt có ứng suất lớn nhất được thể hiện trên hình 6.



Hình 6. Ứng suất trong thành vỏ động cơ ở mặt cắt có ứng suất lớn nhất

Từ kết quả nghiên cứu, chúng ta có một số nhận xét sau đây:

- Ảnh hưởng của áp suất khí thuốc trong buồng đốt động cơ làm tăng giá trị của ứng suất trên thành vỏ động cơ. Ứng suất lớn nhất xuất hiện trong thành vỏ động cơ theo tính toán là $\sigma_t = 569,1$ MPa (hình 6). Ứng suất này bé hơn ứng suất bền cho phép của vật liệu chế tạo vỏ động cơ nên động cơ đảm bảo điều kiện bền khi làm việc. Hệ số dư bền (n_k) của buồng đốt được tính theo biểu thức có dạng:

$$n_k = \frac{\sigma_B}{\sigma_t} = \frac{1300}{569,1} = 2,28$$

- Ở trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của nhiệt độ khí thuốc chưa được đề cập nên độ chính xác của phép toán còn có mặt hạn chế nhất định. Trong nghiên cứu tiếp theo, chúng tôi sẽ khảo sát đồng thời tác động của áp suất và nhiệt độ của khí thuốc đến trạng thái ứng suất và biến dạng của thành vỏ động cơ để kết quả được chính xác hơn.

4. KẾT LUẬN

Bài báo này đã trình bày một phương pháp tính toán nghiệm bền thành vỏ động cơ tên lửa bằng phương pháp phần tử hữu hạn trên phần mềm Siemens NX. Động cơ phóng của tên lửa chống tăng có điều khiển 9M14M đã được lựa chọn làm đối tượng nghiên cứu của bài báo. Mô hình 3D đã được thiết lập và giải bài toán phân tích kết cấu theo quy trình mô phỏng trong phần mềm Siemens NX. Kết quả mô phỏng cho thấy vỏ động cơ đảm bảo bền khi bắn. Kết quả thu được từ nghiên cứu này có thể được sử dụng để phân tích, đánh giá lựa chọn các thông số kết cấu tối ưu cũng như vật liệu chế tạo động cơ tên lửa nhiên liệu rắn. Hướng nghiên cứu tiếp theo sẽ phân tích tác động đồng thời của áp suất và nhiệt độ khí thuốc lên thành vỏ động cơ tên lửa để nâng cao độ chính xác cho bài toán. ❖

Ngày nhận bài: 02/10/2025

Ngày phản biện: 15/10/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trần Đăng Điện, “*Thuật phóng trong vũ khí đặc biệt*”. Học viện Kỹ thuật quân sự, 1977.
- [2]. Nguyễn Thanh Hải, Nguyễn Thái Dũng, Võ Văn Biên, “*Trang bị vũ khí phân lực*”. NXB. Quân đội nhân dân, Hà Nội, 2016.
- [3]. Phạm Thế Phiệt, “*Cơ sở tính toán thiết kế động cơ tên lửa nhiên liệu rắn*”. NXB. Quân đội nhân dân, Hà Nội, 2013.
- [4]. Nguyễn Quốc Bảo, Trần Nhật Dũng, “*Lý thuyết phần tử hữu hạn*”. Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội, 2001.