

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ ĐẾN ĐỘ BỀN VỎ ĐỘNG CƠ PHÓNG TÊN LỬA A87

STUDY ON THE EFFECT OF TEMPERATURE ON THE STRENGTH OF THE LAUNCH ENGINE OF THE A87 ROCKET

ThS. Hà Trung Tự

Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp quốc phòng

Email: trungtu40@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo đã trình bày phương pháp nghiên cứu trạng thái ứng suất và biến dạng của vỏ động cơ phóng tên lửa A87 có tính đến ảnh hưởng của nhiệt độ bằng phần mềm Ansys. Kết quả bài báo có thể làm tài liệu tham khảo trong tính toán, thiết kế các sản phẩm động cơ phóng phục vụ an ninh quốc phòng.

Từ khóa: Tên lửa; Động cơ phóng; Thuốc phóng.

ABSTRACT

The paper presents a research method for analyzing the stress and deformation state of the A87 rocket launch engine, taking into account the influence of temperature using Ansys software. The results of the study can serve as a reference for the calculation and design of launch engine products used in national defense and security.

Keywords: Rocket; Launch engine; Propellant.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, các nước phát triển trên thế giới không ngừng nghiên cứu, chế tạo ra các loại tên lửa nhằm trang bị vũ khí cho quân đội và xuất khẩu phục vụ mục đích an ninh quốc phòng. Trong đó, động cơ phóng (ĐCP) là thành phần quan trọng trong tổ hợp tên lửa được ưu tiên quan tâm hàng đầu. Việc thiết kế, chế tạo ĐCP có liên quan đến một loạt lĩnh vực khoa học, kỹ thuật và công nghệ, đặc biệt là lĩnh vực cơ khí, chế tạo máy.

Trong bài báo, tác giả chỉ tập trung

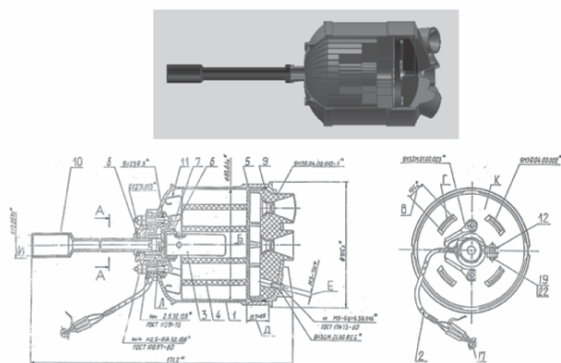
nghiên cứu độ bền của ĐCP thông qua ứng suất và biến dạng của vỏ động cơ bằng phần mềm Ansys có tính đến ảnh hưởng của nhiệt độ, từ đó đề ra các giải pháp hạn chế ảnh hưởng của nhiệt độ đến động cơ phóng, nâng cao tuổi thọ của động cơ.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

Động cơ phóng có ký hiệu 9M39 04.00.000 là động cơ tên lửa nhiên liệu rắn [1, 2, 3, 4, 5] có tác dụng để đẩy quả đạn ra khỏi ống phóng với tốc độ bay và vận tốc góc cần thiết đồng thời môi cháy cho động cơ hành trình

9M39 01. Động cơ phóng có các yêu cầu chiến kỹ thuật cơ bản sau: Vận tốc rời ống phóng nhỏ nhất: 21 m/s; Vận tốc góc: 15 vòng/s; Thời gian làm việc: 0,065s; Áp suất lớn nhất ($T_{bd} = 323^\circ\text{K}$): 175 KG/cm²; Tổng xung lực đẩy: 26 KGs; Nhiệt độ cháy trong buồng đốt: 2370°K; Khối lượng thuốc phóng: 0,124 kg.

Động cơ được cấu tạo từ buồng đốt, trong đó có thuốc phóng nhiên liệu rắn 9X196M, hộp thuốc mồi và cụm nắp động cơ. Ngoài ra, để đảm bảo cho hoạt động, động cơ còn được có các chi tiết như dây dẫn điện, tiếp điểm...



Hình 1. Mô hình động cơ phóng 9M39 04.00.000

Vỏ buồng đốt động cơ (1) là thân bằng thép 30XГCA, một đầu được gia công có dạng hình cầu, trên đỉnh chỏm cầu hàn gắn các mấu cứng và các ống ren để gắn với ống trụ (10) dùng để mồi cháy động cơ hành trình và gắn các dây dẫn (12) cùng tiếp điểm. Đầu phía sau của buồng đốt được gia công để ghép ren với cụm nắp gồm một nắp kim loại 30XГCA có 6 loa phụt. Thuốc phóng 9X196M (4) được cố định trong buồng đốt bằng đĩa chặn thuốc.

2.1. Các giả thiết

Để thuận lợi cho quá trình tính toán mà vẫn đảm bảo được các đặc trưng cơ bản, chúng ta đưa ra một số giả thiết sau [4, 5, 6]:

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

- Thời gian làm việc của động cơ ngắn ($t < 0.07\text{s}$) nên coi bài toán là bài toán phân tích tĩnh, tức là vỏ động cơ chịu tác dụng của tải trọng cơ nhiệt tĩnh, có giá trị không đổi.

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

- Các liên kết cơ học đảm bảo đủ bền.

2.2. Xây dựng mô hình và thứ tự các bước giải bài toán bằng phần mềm ANSYS WORKBENCH

***Bước 1:** Xây dựng mô hình vật thể, đặt thông số vật liệu làm thân động cơ 30XГCA và chia lưới sử dụng phần tử Planet13 với mô hình 2D và phần tử Solid98 với mô hình 3D – 10 nút cơ nhiệt.

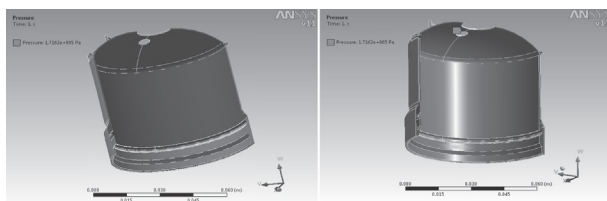
***Bước 2:** Đặt tải (hình 2).

Với hai phương án nhiệt độ môi trường $T_{mt} = 293^\circ\text{K}$ (20°C) và $T_{mt} = 323^\circ\text{K}$ (50°C). Các giá trị đặt tải dưới đây được xác định từ các số liệu thực tế diễn ra quá trình cháy trong động cơ phóng:

***Tải áp suất:** Áp suất khí thuốc $p = p_{\max} = 17162\text{e5 Pa}$ ($\approx 175\text{KG/cm}^2$).

***Tải nhiệt độ:** Nhiệt độ trong buồng đốt: 2370°K; Nhiệt độ thành buồng đốt: 1268°K; Bức xạ nhiệt ra môi trường: Hệ số bức xạ nhiệt: 0.7.





Hình 2. Mô hình đặt tải nhiệt và áp suất trong động cơ phóng A87

*Bước 3: Điều kiện biên

- Về nhiệt độ: Thành trong vỏ ĐC $T = 1268^{\circ}\text{K}$; Thành ngoài vỏ ĐC: $T = T_{\text{mt}} = 293^{\circ}\text{K}$ hoặc 323°K ($T_{\text{mt}} = 20^{\circ}\text{C}$ hoặc $T_{\text{mt}} = 50^{\circ}\text{C}$).

- Về áp suất: Thành trong vỏ ĐC: $p = p_{\text{max}}$; Thành ngoài vỏ ĐC: $p = p_{\text{mt}}$.

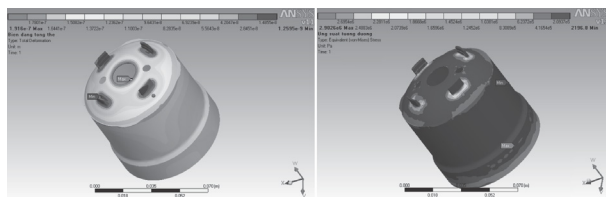
- Về chuyển vị: Hạn chế chuyển vị dọc trục của thân động cơ. Hạn chế chuyển động dọc trục của nắp do vít giữa nắp và khối loa phụt. Ràng buộc giữa thân và nắp bằng ren (bằng hạn chế theo phương x-z).

3. KẾT QUẢ ỨNG SUẤT VÀ BIẾN DẠNG CỦA VỎ ĐỘNG CƠ

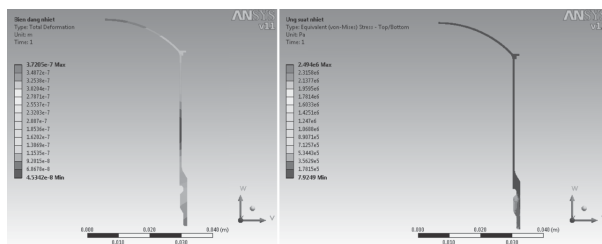
Để thấy rõ ảnh hưởng của các tải trọng nhiệt độ, áp suất, ta tiến hành giải lần lượt các bài toán nhiệt; Bài toán áp suất và Bài toán tổng hợp ứng suất cơ nhiệt. Kết quả ta nhận được trạng thái ứng suất và biến dạng phân bố trong vỏ động cơ phóng ứng với từng trường hợp được thể hiện qua các hình sau:

3.1. Kết quả với nhiệt độ $T_{\text{mt}} = 293^{\circ}\text{K}$ (20°C)

- Biến dạng nhiệt và ứng suất nhiệt:

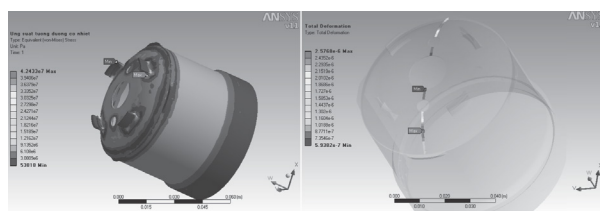


Hình 3. Biến dạng và ứng suất do ảnh hưởng của nhiệt độ trong vỏ động cơ



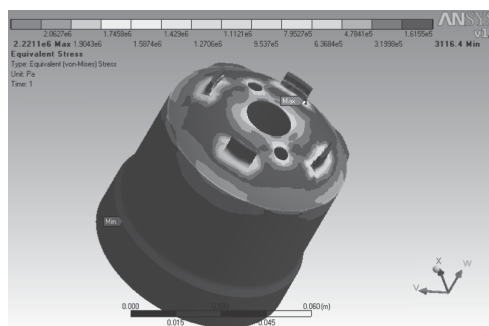
Hình 4. Biến dạng và ứng suất do ảnh hưởng của nhiệt độ dọc theo một đường sinh vỏ động cơ

- Ứng suất và biến dạng cơ nhiệt:

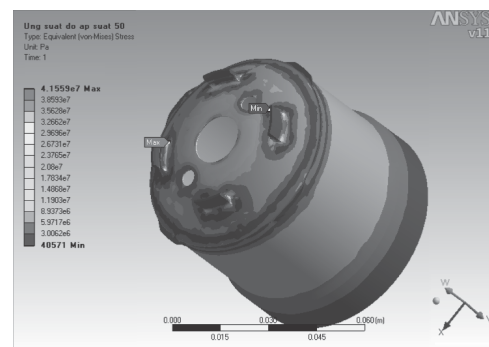


Hình 5. Ứng suất và biến dạng cơ - nhiệt trong vỏ động cơ

3.2. Kết quả với nhiệt độ $T_{\text{mt}} = 323^{\circ}\text{K}$ (50°C)



Hình 6. Ứng suất nhiệt



Hình 7. Ứng suất cơ - nhiệt

Từ kết quả của chương trình, chúng ta thấy:

Ảnh hưởng của nhiệt độ trong động cơ làm thay đổi và tăng giá trị lớn nhất của ứng suất và biến dạng trong vỏ và nắp động cơ. Ứng suất lớn nhất xuất hiện trong vỏ động cơ khoảng $4,24 \cdot 10^7$ Pa và biến dạng lớn nhất là $2,57 \cdot 10^{-6}$ mm (Hình 5). Trong đó, nhiệt độ gây ra ứng suất lớn nhất là khoảng $2,9 \cdot 10^6$ Pa (Hình 3) và biến dạng lớn nhất là $3,72 \cdot 10^{-7}$ mm (Hình 4). Như vậy, nhiệt độ làm tăng 7,44% giá trị ứng suất lớn nhất và 16,82% giá trị biến dạng lớn nhất.

Ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường bên ngoài T_{mt} đến trạng thái ứng suất và biến dạng là không đáng kể. Với $T_{mt} = 20^\circ\text{C}$, ứng suất lớn nhất trong vỏ động cơ khoảng $4,24 \cdot 10^7$ Pa (Hình 5), với $T_{mt} = 50^\circ\text{C}$, ứng suất lớn nhất trong vỏ động cơ khoảng $4,16 \cdot 10^7$ Pa (Hình 7). Do đó, có thể bỏ qua ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường T_{mt} đến trạng thái ứng suất và biến dạng.

Ứng suất và biến dạng phân bố không đồng đều theo phương dọc trục cũng như chu vi vỏ động cơ nhưng phân bố đối xứng qua mặt phẳng đối xứng của động cơ. Sự phân bố ứng suất và biến dạng cho thấy phù hợp với kết cấu của động cơ. Do đó, kết quả nhận được là đáng tin cậy.

Ứng suất lớn nhất xuất hiện trong động cơ khoảng $4,24 \cdot 10^7$ Pa và biến dạng lớn nhất là $2,57 \cdot 10^{-6}$ mm (Hình 5). Do đó, với vật liệu là thép 30XГСА thì vỏ động cơ đảm bảo độ bền và độ cứng.

Để hạn chế ảnh hưởng của nhiệt độ, trong vỏ động cơ tên lửa nên phủ sơn cách nhiệt. Tại đáy vỏ động cơ có khoét lỗ gây nên

vùng tập trung ứng suất xung quanh lỗ. Do đó, khi lắp giáp với ống trích khí bằng phương pháp hàn nên có phương án gia cường bề dày xung quanh lỗ này.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng mô hình và tính toán trạng thái ứng suất và biến dạng vỏ ĐCP tên lửa A87 có tính đến ảnh hưởng của nhiệt độ bằng phần mềm Ansys, kết quả của bài báo đã chỉ ra rằng vỏ động cơ phóng bằng vật liệu thép 30XГСА đủ bền; đồng thời ảnh hưởng của nhiệt độ trong động cơ làm thay đổi và tăng giá trị lớn nhất của ứng suất và biến dạng trong vỏ và nắp động cơ. Nhiệt độ làm tăng 7,44% giá trị ứng suất lớn nhất và 16,82% giá trị biến dạng lớn nhất do đó để hạn chế ảnh hưởng của nhiệt độ thì trong vỏ động cơ tên lửa nên phủ sơn cách nhiệt. ♦

Ngày nhận bài: 02/7/2025

Ngày phản biện: 18/7/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Абугов Д.И., “Теория и расчет ракетных двигателей твердого топлива”. М.: Машиностроение, 1984. - 264с.
- [2]. Алемасов В.Е. Дрегаллин А.Ф., “Теория ракетных двигателей”. М.: Наука. 1986. - 446с.
- [3]. Кузьмин М.П., “Нестационарный Тепловой режим элементов конструкций двигателей летательных аппаратов”. М.: Машиностроение, 1984. - 426с.
- [4]. Bộ môn Đạn, “Nguyên lý kết cấu và tính toán đạn phản lực”, tập I, II. NXB. Học viện Kỹ thuật Quân sự, 1976.
- [5]. Phạm Thế Phiệt, “Lý thuyết động cơ tên lửa”. NXB. Học viện Kỹ thuật Quân sự, 1975.
- [6]. Timôsenko X.P. (1971), “Tám và vỏ”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.