

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ KẾT CẤU CỤM THÂN MAKET ỎNG PHÓNG TÊN LỬA PHỤC VỤ CHO CÔNG TÁC HUẤN LUYỆN

RESEARCH ON THE STRUCTURE DESIGN OF MISSILE LAUNCHER TUBE MOCKUP BODY ASSEMBLY FOR TRAINING PURPOSES

Mai Đình Sĩ^{1*}, Lê Thanh Bình¹, Phạm Văn Chính²

¹Trung tâm Công nghệ, Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn – Hà Nội

²Viện Kỹ thuật Hải quân – Hải Phòng

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế maket ống phóng tên lửa phục vụ cho công tác huấn luyện trong quân đội. Phương án thiết kế được lựa chọn như sau: Phần vỏ của maket được chế tạo từ Inox 316 nhằm tăng khả năng chống chịu với tác động từ môi trường biển trong thời gian dài. Trong lòng maket bổ sung tải trọng từ gang hoặc thép. Việc thiết kế kết cấu dạng này giúp giảm chi phí chế tạo sản phẩm nhờ giảm được chi phí phôi Inox 316 (đắt gấp 4 ÷ 6 lần so với sắt thép) và chi phí gia công. Vỏ maket được kiểm bền bằng phương pháp phần tử hữu hạn để lựa chọn chiều dày tối ưu. Kết quả mô phỏng đã chỉ ra rằng, vỏ maket ống phóng có thể được chế tạo từ Inox 316 dạng ống với thành ống dày 10 ÷ 12 mm.

Từ khoá: Maket ống phóng; Thiết bị huấn luyện; Phương pháp phần tử hữu hạn.

ABSTRACT

This paper presents the results of the research on the design of missile launcher mockup assembly for military training. The selected design has the following structure: The shell of the mockup is made from 316 stainless steel to increase its resistance to impacts from the marine environment over a long period of time. The inside the launcher mockup is supplemented with loads from cast iron or steel. Designing this type of structure helps reduce the cost of manufacturing the product by reducing the cost of billet made from 316 stainless steel (4 ÷ 6 times more expensive than iron and steel) and processing costs. The rocket launcher shell is tested for durability using the finite element method to select the optimal thickness. Simulation results have shown that the launch shell can be made from 316 stainless steel in the form of a tube with a wall thickness of 10 ÷ 12 mm.

Keywords: Missile launcher mockup; Training equipment; Finite element method.

1. MỞ ĐẦU

Hiện nay, ở các nước có nền công nghiệp quân sự phát triển mạnh, việc thiết kế, chế tạo maket các khí tài quan trọng có giá trị cao như tên lửa, ngư lôi, thiết bị bay... phục vụ công tác thử nghiệm trong quá trình thiết kế, hoàn thiện thiết kế hay trong huấn luyện bộ đội được chú trọng thực hiện [1, 2]. Thân vỏ maket các thiết bị này có thể xem như là một kết cấu có kích thước và trọng lượng lớn với tỷ lệ thiết kế 1:1 so với sản phẩm thật. Vỏ maket thường có kết cấu dạng ống và được chế tạo từ vật liệu có chất lượng và giá thành cao. Chính vì vậy cần phải lựa chọn chiều dày thành ống một cách tối ưu. Phần trọng lượng thiếu hụt còn lại được bổ sung bằng vật liệu phổ thông để giảm chi phí chế tạo sản phẩm.

Trong thời gian gần đây, để kiểm bền, tối ưu hóa kết cấu thường sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn. Đây là phương pháp đã được ứng dụng ở nhiều lĩnh vực công nghiệp cơ khí khác nhau và đã khẳng định được hiệu quả trong việc giúp giảm thiểu chi phí cho thử nghiệm, tăng độ tin cậy của sản phẩm thiết kế [3, 4].

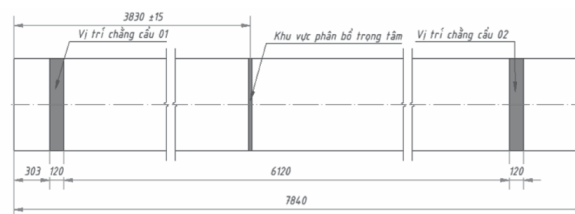
Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng phương án thiết kế cụm thân vỏ cho maket ống phóng và phân bố trọng lượng trong lòng ống; mô phỏng kiểm bền kết cấu để lựa chọn phương án thiết kế phù hợp với yêu cầu kỹ thuật đặt ra.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lựa chọn phương án thiết kế và vật liệu sử dụng

Thông số kỹ thuật chính của sản phẩm cần thiết kế như sau: Tổng khối lượng là 3.380

kg; Đường kính ngoài là Ø708 mm. Các thông số kỹ thuật khác được thể hiện trên Hình 1.



Hình 1. Bản vẽ phác thảo sản phẩm cần thiết kế.

Maket này được sử dụng để phục vụ công tác huấn luyện thao tác cầu, nạp, tháo và một số thao tác khác ở khu vực biên đảo. Chính vì vậy, vật liệu được chọn dùng cho chế tạo cụm vỏ là Inox 316 JIS G3459. Đây là loại thép không gỉ niken crom austenit có khả năng chống ăn mòn vượt trội so với các loại thép niken crom khác. Tuy vậy, giá thành phôi Inox 316 cao hơn so với giá thép 4-6 lần. Ngoài ra, Inox 316 là vật liệu khó gia công cắt gọt dẫn đến chi phí gia công cao hơn nhiều so với gia công các chi tiết từ vật liệu thép, gang. Chính vì vậy, cần tối ưu hóa độ dày của ống phù hợp cho ứng dụng của sản phẩm, giảm chi phí chế tạo. Phần khối lượng còn thiếu được bù bằng cách sử dụng các trọng vật chế tạo từ gang hoặc thép và bố trí dọc trong lòng ống.

Qua đánh giá sơ bộ, bốn phương án độ dày thành ống được lựa chọn và đưa ra mô phỏng kiểm bền là: 4 ÷ 12 mm. Để thuận tiện cho việc tái phân bố khối lượng đảm bảo khối lượng tổng của kết cấu và vị trí trọng tâm, cần chia tổng khối lượng cần phân bổ ra n phần bằng nhau. Giá trị n được xác định căn cứ vào khoảng cách l_1 và l_2 từ hai đầu của kết cấu đến vị trí trọng tâm. Lúc này, cần bố trí số lượng trọng vật n_1 ở phía l_1 và n_2 ở phía l_2 đảm bảo điều kiện:

$$\frac{n_1}{l_1} = \frac{n_2}{l_2} \quad (1)$$

Thiết kế trọng vật cần đảm bảo được hai yếu tố: Có kết cấu đơn giản, chi phí chế tạo thấp; Có khối lượng phù hợp, kích thước hợp lý thuận tiện vận chuyển, tháo lắp.

2.2 Ứng dụng công cụ Stress Analysis trong phần mềm Inventor để kiểm bền kết cấu

Việc mô phỏng kiểm bền kết cấu (chuyển vị, ứng suất, và hệ số an toàn) sau khi thiết kế được thực hiện ứng dụng công cụ Stress Analysis trong Inventor [3, 4]. Đầu vào của quá trình mô phỏng tính toán được xác định như sau: Gia tốc cầu lớn nhất là $a_{\max} = 2 \text{ m/s}^2$. Bài toán mô phỏng này được thực hiện theo phương pháp phân tích tĩnh với giả định chuyển vị tại hai vị trí chằng cầu bằng 0. Lúc này, thành ống chịu tác dụng đồng thời của trọng lực và lực quán tính, giá trị lớn nhất của chúng đạt được khi hai thành phần lực này cùng chiều và gia tốc a đạt giá trị lớn nhất:

$$F_{\max} = F_{tl} + F_{qt\max} = mg + ma_{\max} \text{ (N)} \quad (2)$$

Trong đó: F – Tổng lực tác dụng lên sản phẩm; F_{tl} – Trọng lực tác dụng lên sản phẩm; $F_{qt\max}$ – Lực quán tính sinh ra khi cầu sản phẩm lên với gia tốc $a_{\max}$; g – Gia tốc trọng trường bằng $9,81 \text{ m/s}^2$.

Chỉ tiêu về độ tin cậy của sản phẩm được đánh giá thông qua hệ số an toàn k . Hệ số này được tính bằng công thức:

$$k = \frac{F_{\text{Giới hạn}}}{F_{\max}} \text{ (kg)} \quad (3)$$

Trong đó: $F_{\text{Giới hạn}}$ – Giá trị giới hạn của lực tác dụng lên kết cấu (giá trị đưa vào mô phỏng); $F_{\max}$ – Giá trị lớn nhất của thông số này trong điều kiện làm việc (đạt được tại $a_{\max}$ khi cầu sản phẩm lên, từ là $\vec{a}_{\max}$ cùng phương với $\vec{g}$).

Điều kiện sản phẩm đạt được độ tin cậy là: $k \geq [k]$ (4)

Trong đó, $[k]$ – Hệ số an toàn định mức được xác định từ kinh nghiệm thực tế xây dựng các kết cấu tương tự và mức độ yêu cầu kỹ thuật. Đối với sản phẩm Quốc phòng được nghiên cứu: $[k] = 4,0$ [5]

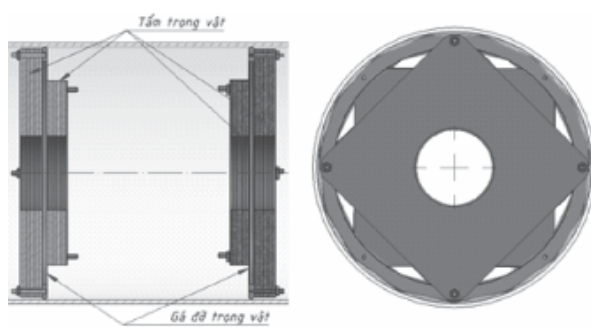
Các mô hình tương ứng chiều dày vỏ ống khác nhau được mô phỏng để so sánh về ứng suất dư, chuyển vị và hệ số an toàn. Giá trị chuyển vị lớn nhất cho phép không vượt quá 1 mm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Lựa chọn phương án thiết kế kết cấu sản phẩm

Việc phân bổ tải trọng cho kết cấu được thực hiện bằng cách sử dụng các khối trọng vật chế tạo từ thép hoặc gang và bố trí bên trong lòng ống. Trên cơ sở phân tích yêu cầu kỹ thuật, điều kiện sử dụng thiết bị đã đưa ra hai phương án thiết kế trọng vật và bố trí trong lòng ống.

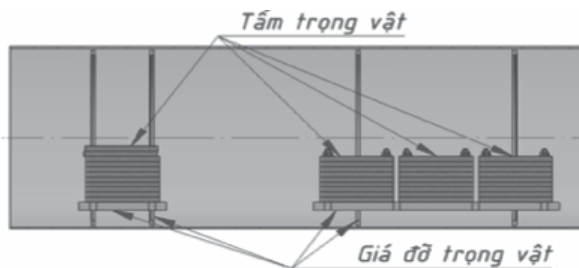
*Phương án 1 (PA1): Phương án thiết kế đầu tiên được tính đến là sử dụng các tấm đối xứng tâm, lắp trên các gân trong lòng ống để đảm bảo trọng tâm của khối trọng vật này trùng với đường tâm của ống (Hình 2).



Hình 2. PA1: Bố trí các trọng vật đối xứng qua tâm ống.

Với phương án bố trí này, khối trọng vật có thể có tiết là các khối đa giác đều nhiều cạnh giúp dễ đảm bảo trọng tâm trùng với đường tâm của ống.

*Phương án 2 (PA2): Căn cứ vào đầu bài của nhiệm vụ này, tọa độ trọng tâm chỉ có vai trò quan trọng theo phương dọc của thiết bị để đảm bảo cân bằng khi cầu và đặt trên xe vận chuyển. Chính vì vậy, một phương án thiết kế khác được tính đến là sử dụng các khối trọng vật hình chữ nhật, lắp nằm ngang thẳng nhau về cùng một phía so với đường tâm của ống (Hình 3). Tương tự như PA1, để thuận tiện cho việc vận chuyển trong lòng ống và lắp ráp lên vị trí cố định, các khối trọng vật sau khi xác định được khối lượng tương đối sẽ được tổ hợp thành các tấm có trọng lượng phù hợp cho vận chuyển trong lòng ống.

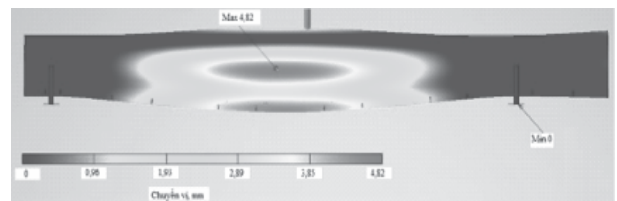


Hình 3. PA2: Bố trí trọng vật về một phía so với tâm ống

Dễ dàng nhận thấy, PA2 có nhiều ưu điểm và phù hợp hơn cho sản phẩm cần thiết kế do dễ dàng chế tạo, vận chuyển, tháo lắp trong lòng ống, chi phí sản xuất thấp mà vẫn đáp ứng được yêu cầu đặt ra.

3.2. Tối ưu hóa độ dày của ống làm từ Inox 316

Trên cơ sở lựa chọn phương án phân bố tải trọng được thực hiện ở mục 3.1, nhóm nghiên cứu tiến hành xây dựng mô hình kết cấu đảm bảo điều kiện đầu vào của bài toán và tiến hành mô phỏng kiểm bền.



Hình 4. Mô phỏng chuyển vị của mô hình kết cấu với độ dày ống 4 mm.

Mô phỏng tương tự dành cho các phương án khác được thực hiện tương ứng cho các phương án thiết kế thành ống dày 6 mm, 8 mm, 10 mm và 12 mm được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. So sánh kết quả mô phỏng với độ dày thành ống khác nhau.

Thông số kỹ thuật	Độ dày thành ống, mm				
	4	6	8	10	12
Chuyển vị max (mm)	4,8	2,6	1,5	1,1	0,9
Ứng suất max (MPa)	374,2	195,0	89,5	63,2	47,4
Hệ số an toàn min	0,6	1,2	2,6	3,6	4,8



Từ kết quả nhận được ở bảng 1, dễ dàng nhận thấy rằng, cùng với việc tăng chiều dày ống thì các thông số như chuyển vị và ứng suất max giảm dần. Điều này đồng nghĩa với việc độ bền của kết cấu được tăng lên. Điều này được khẳng định bằng sự tăng của hệ số an toàn từ 0,6 lên 4,8 khi chiều dày thành ống tăng từ 4 lên 12 mm.

Khi chiều dày ống đạt độ dày 12 mm, giá trị chuyển vị đạt được trong giới hạn cho phép là ≤ 1 mm. Tương ứng với đó, ứng suất dư max là 47,4 MPa và hệ số an toàn min là 4,8. Phương án thiết kế kết cấu với thành có độ dày 10 mm có ứng suất max là 63,2 MPa, hệ số an toàn min là 3,6 với chuyển vị max 1,1 mm vẫn có thể được sử dụng nếu chấp nhận giảm hệ số an toàn của thiết bị này. Khi đó, xác suất rủi ro tăng lên nhưng chi phí vật tư sử dụng cho chế tạo cụm vỏ giảm đi được 16,4%. Việc quyết định lựa chọn độ dày nào để chế tạo ống vỏ phụ thuộc vào tần suất sử dụng sản phẩm trong điều kiện thực tế.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, phương án thiết kế maket ống phóng tên lửa phục vụ huấn luyện ở khu vực biển đảo có kết cấu vỏ ống làm từ vật liệu Inox 316 JIS G3459 và phân bổ tải trọng trong lòng ống bằng các

trọng vật làm từ vật liệu như gang hoặc thép là phù hợp theo tiêu chí về độ bền và giảm chi phí sản xuất. Trong đó, vỏ ống được khuyến nghị chế tạo từ phôi ống với độ dày thành $10 \div 12$ mm. Phương pháp và kết quả nghiên cứu này có thể áp dụng cho việc thiết kế maket các khí tài khác. ❖

Ngày nhận bài: **25/7/2024**

Ngày phản biện: **12/8/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Яушев, А. А., and В. Г. Дегтярь. “Экспериментальная оценка влияния жесткости соединения отсеков на формы и частоты собственных колебаний изделия”. Научный поиск, 2016.
- [2]. “Испытания макета «Ангара-А5»”. <https://lenta.ru/news/2023/06/16/angara/>
- [3]. Vương Nguyên Đạt, Phạm Văn Thúc; “*Tính toán, thiết kế thùng xe tải kín trên Chassis Hino FG8JP7A bằng phần mềm Autodesk Inventor và Ansys Workbench*”. Trường Đại học Giao thông Vận tải TP. Hồ Chí Minh, 2023.
- [4]. Đỗ Hữu Quyết; “*Sử dụng ANSYS trong môi trường Inventor để tính toán thiết kế chi tiết máy*”. Tạp chí Khoa học và Phát triển, 2008: Tập VI, số 2: 192-201.
- [5]. Савкин, Алексей Николаевич, et al. “*Основы расчетов на прочность и жесткость типовых элементов конструкций*”. (2019): 252-252.