

TÍNH TOÁN, KIỂM NGHIỆM BỀN MÁY XÉ KIỆN BÔNG CÓ CÔNG SUẤT 30 TẤN/NGÀY TRONG DÂY CHUYỀN KÉO SỢI

STRENGTH CALCULATION AND VERIFICATION OF A 30-TON-PER-DAY COTTON BALE OPENER IN A SPINNING PRODUCTION LINE

ThS. **Đỗ Thị Tuyết Lan**

Khoa Dệt may và Thời trang, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

TÓM TẮT

Bài báo trình bày tính toán và kiểm nghiệm bền cho máy xé kiện bông với năng suất thiết kế 30 tấn/ngày. Trên cơ sở phân tích điều kiện làm việc và đặc điểm tải trọng, các thông số chính như lực xé, mômen xoắn trục trống, công suất truyền động đã được xác định; động cơ điện 11 kW được lựa chọn đáp ứng yêu cầu làm việc. Đồng thời, mô phỏng số bằng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) được thực hiện trên phần mềm ANSYS để kiểm nghiệm bền kết cấu vỏ máy trong các chế độ tải khác nhau. Kết quả cho thấy, trong dải tải từ 1000 kg/h đến trên 3000 kg/h, kết cấu máy đảm bảo điều kiện bền và làm việc an toàn. Nghiên cứu là cơ sở khoa học cho việc thiết kế, chế tạo và tối ưu hóa máy xé kiện bông trong sản xuất dệt may.

Từ khóa: *Máy xé kiện bông; Dây chuyền kéo sợi; Tính toán bền; Kiểm nghiệm bền; Phần tử hữu hạn; Thiết kế cơ khí.*

ABSTRACT

This paper presents the strength calculation and verification of a cotton bale opener designed for a capacity of 30 tons per day. Based on the analysis of working conditions and load characteristics, key parameters such as opening force, drum shaft torque, and driving power were determined, and an 11 kW electric motor was selected. In addition, finite element method (FEM) simulations were carried out using ANSYS software to evaluate the structural strength of the machine casing under different loading conditions. The results indicate that the structure satisfies strength requirements and operates safely within the load range from 1000 kg/h to over 3000 kg/h. The study provides a scientific basis for the design, manufacturing, and optimization of cotton bale openers in the textile industry.

Keywords: *Cotton bale opener; Spinning line; Strength calculation; Strength verification; Finite element method; Mechanical design.*



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong xu thế tự động hóa và tối ưu hóa dây chuyền sản xuất dệt may, công đoạn xử lý nguyên liệu đầu vào có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sợi. Theo các tài liệu chuyên ngành kéo sợi, máy xé kiện bông (Bale Opener) là thiết bị thực hiện công đoạn đầu tiên, có chức năng phá vỡ kiện bông nén, làm tơi xơ và cấp liệu ổn định cho các công đoạn làm sạch và chải tiếp theo [1], [2]. Chất lượng làm việc của thiết bị này quyết định độ đồng đều xơ, hiệu quả tách tạp chất và sự ổn định của toàn bộ dây chuyền kéo sợi; quá trình xé không đồng đều có thể làm tăng đứt sợi, giảm chất lượng bán thành phẩm và tăng tiêu hao năng lượng ở các công đoạn sau [3].

Về mặt cơ khí, máy xé kiện bông làm việc trong điều kiện tải trọng va đập và tải trọng chu kỳ, phát sinh từ tương tác giữa trống xé quay và khối bông có độ nén lớn, không đồng nhất. Các chi tiết chính như trục trống xé, dao xé, ổ trục và khung máy chịu đồng thời ứng suất uốn, xoắn và mỏi trong chế độ làm việc liên tục [4], [5]. Theo lý thuyết thiết kế máy, các chi tiết quay chịu tải dạng này cần được tính toán bền theo điều kiện tĩnh, bền mỏi và độ cứng, kết hợp với mô phỏng số bằng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) nhằm kiểm nghiệm phân bố ứng suất và biến dạng của kết cấu máy [5-7].

Tuy nhiên, thực tế tại Việt Nam cho thấy nhiều máy xé kiện bông vẫn được thiết kế dựa chủ yếu trên kinh nghiệm, thiếu cơ sở tính toán và kiểm nghiệm bền chi tiết, chưa phân tích đầy đủ điều kiện làm việc thực tế của dây chuyền kéo sợi, làm giảm tuổi thọ thiết bị và hiệu quả vận hành [8]. Do đó, nghiên cứu tính toán và kiểm nghiệm bền cho máy xé kiện bông trong dây chuyền kéo sợi là cần thiết, góp phần tối ưu hóa kết cấu, nâng cao độ tin cậy và khả năng ứng dụng trong sản xuất.

2. TÍNH TOÁN MÁY XÉ KIỆN BÔNG

Năng suất danh nghĩa của máy được xác định theo [1]:

$$Q = \frac{G}{t}$$

Trong đó: Q – Năng suất máy (kg/s);
G = 30.000 kg/ngày; t = 24 × 3600 = 86.400 s.

Suy ra: Q ≈ 0,347 kg/s.

Lưu lượng khối lượng này là cơ sở để xác định tốc độ trống, công suất truyền động và tải trọng tác dụng.

Loại máy: Máy xé kiện bông trống đơn.

Đường kính trống xé:

$$D = 600 \text{ mm} \Rightarrow r = 0,3 \text{ m.}$$

Chiều dài trống: L = 1,2 m.

Số dao (răng) xé trên trống: z = 60 dao.

Tốc độ quay trống: n = 6000 v/p.

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \approx 62,8 \text{ rad/s}$$

Lực xé sinh ra do tương tác giữa dao xé và khối bông nén, phụ thuộc vào [2, 3].

Ứng suất nén tương đương của kiện bông: $\sigma_n = 15 \div 30 \text{ kPa} \rightarrow$ chọn: $\sigma_n = 25 \text{ kPa}$.

Diện tích tiếp xúc trung bình mỗi dao:
 $A = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$.

Hệ số va đập và không đồng nhất: k = 1,5.

Lực tác dụng lên một dao xé:

$$F_d = k \cdot \sigma_n \cdot A$$

$$F_d = 1,5 \times 25000 \times 5 \times 10^{-4} \approx 18,75 \text{ N}$$

Trong thực tế, chỉ khoảng 10-20% số dao tiếp xúc vật liệu cùng lúc → chọn: $z_{hd} = 10$ dao.

Tổng lực xé tác dụng lên trống: trống:
 $F_{tot} = z_{hd} \cdot F_d = 10 \times 18,75 \approx 188 \text{ N}$.

Mômen xoắn trên trục trống xé được xác định theo [9].

$$M = 188 \times 0,3 \approx 56,4 \text{ N}$$

Áp dụng hệ số tải động:
 $K_d = 2,0; M_{tt} = 113 \text{ N}$.

Trục trống xé chịu uốn + xoắn + mỏi, ứng suất tương đương được xác định theo thuyết bền Von Mises [5, 6].

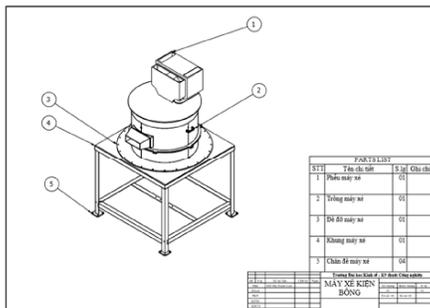
Công suất trên trục trống:
 $P = M_{tt} \cdot \omega = 113 \times 62,8 \approx 7,1 \text{ kW}$

Hiệu suất truyền động (đai + ổ):
 $\eta = 0,85;$

$$P_{đc} = \frac{P}{\eta} \approx \frac{7,1}{0,85} \approx 8,4 \text{ kW}$$

Theo dãy tiêu chuẩn: Chọn động cơ 11 kW, 1450 v/p.

- Từ những thông số tính toán trên, đưa ra được mô hình dự kiến của máy xé kiện bông như như bản vẽ hình 1:



Hình 1. Bản vẽ cấu tạo máy xé kiện bông

- Để kiểm tra độ phù hợp của các thông số tính toán và đánh giá độ bền kết cấu trong điều kiện làm việc, nhóm nghiên cứu đã sử dụng phần mềm kiểm nghiệm bền cho máy.

3. KIỂM BỀN MÁY XÉ KIỆN BÔNG BẰNG PHẦN MỀM ANSYS

Do đặc tính độ nén lớn và tính chất cơ học không đồng nhất của bông nguyên liệu, trong quá trình làm việc, các bộ phận như dao xé và vỏ máy xé kiện bông chịu tải trọng lớn. Trong đó, vỏ máy được lựa chọn làm đối tượng mô phỏng và kiểm nghiệm bền. Việc kiểm nghiệm được thực hiện bằng mô phỏng số trên phần mềm ANSYS, với các điều kiện biên phù hợp thực tế, đánh giá thông qua các trường ứng suất và chuyển vị nhằm xác định các vùng chịu tải lớn và nguy cơ mất bền.

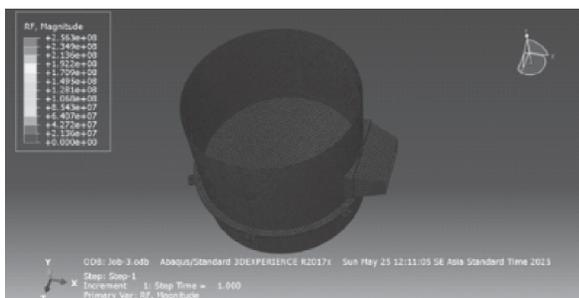


Hình 2. Tải trọng trong máy xé trên 1000 kg/h

Quá trình kiểm nghiệm bền được tiến hành theo ba phương án tải trọng tăng dần. Với trường hợp tải trọng trên 1000 kg/h, kết quả mô phỏng cho thấy tại các vị trí chịu tải lớn như đáy và thành vỏ máy, ứng suất và chuyển vị xuất hiện nhưng chưa vượt quá giới hạn cho phép của vật liệu, chứng tỏ vỏ máy xé kiện bông đảm bảo điều kiện bền và làm việc an toàn ở chế độ này.

Trường hợp thứ hai: Với trường hợp tăng tải lên trên 2000 kg/h, kết quả mô phỏng cho thấy ứng suất và chuyển vị tại đáy và thành

vỏ máy tăng lên rõ rệt so với trường hợp 1000 kg/h. Tuy nhiên, các giá trị ứng suất tương đương vẫn chưa vượt quá giới hạn cho phép của vật liệu, kết cấu vỏ máy chưa xuất hiện biến dạng dư hay vùng tập trung ứng suất nguy hiểm. Điều này cho thấy vỏ máy xe kiện bông vẫn đảm bảo điều kiện bền và ổn định làm việc trong chế độ tải này.



Hình 3. Tải trọng trong máy xe trên 2000 kg/h

Trường hợp thứ ba: Đối với trường hợp tăng tải lên trên 3000 kg/h, mô phỏng cho thấy ứng suất tập trung xuất hiện rõ tại các vị trí liên kết và khu vực đáy vỏ máy, đồng thời chuyển vị đạt giá trị lớn nhất trong ba trường hợp khảo sát. Mặc dù ứng suất tương đương tiệm cận giới hạn cho phép của vật liệu, kết cấu chưa xảy ra mất bền, song hệ số an toàn giảm đáng kể. Kết quả này cho thấy, ở chế độ tải trên 3000 kg/h, vỏ máy xe kiện bông vẫn làm việc bình thường, nhưng cần xem xét tăng cường kết cấu hoặc tối ưu thiết kế để đảm bảo độ tin cậy và tuổi thọ lâu dài.



Hình 4. Tải trọng trong máy xe trên 3000 kg/h

Kiểm nghiệm bền trong 3 trường hợp cho thấy, với trọng lượng rác thải lên tới 3182 kg/h trong máy xé, máy vẫn đảm bảo được điều kiện bền. Tải trọng lên tới 4773 kg/h thì lúc này máy xe mới có hiện tượng thay đổi từ màu xanh lam sang dần màu cam, biểu hiện máy bắt đầu quá tải.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thực hiện tính toán và kiểm nghiệm bền cho máy xé kiện bông trong dây chuyền dệt may với năng suất thiết kế 30 tấn/ngày. Trên cơ sở các giả thiết làm việc thực tế, các thông số chính của máy đã được xác định, gồm: tốc độ trống xé 600 vòng/phút, mômen xoắn tính toán trên trục trống khoảng 113 N·m, công suất yêu cầu trên trục khoảng 7,1 kW, từ đó lựa chọn động cơ điện công suất 11 kW đảm bảo dự trữ công suất và độ tin cậy khi làm việc.

Kết quả kiểm nghiệm bền bằng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) cho thấy, trong các chế độ tải từ 1000 kg/h đến trên 3000 kg/h, vỏ máy xé kiện bông đảm bảo điều kiện bền, với ứng suất và chuyển vị không vượt quá giới hạn cho phép của vật liệu. Khi tải trọng tăng cao, ứng suất tập trung xuất hiện tại khu vực đáy và các vị trí liên kết, tuy nhiên kết cấu chưa xảy ra mất bền, chứng tỏ phương án thiết kế là phù hợp.

Các kết quả đạt được là cơ sở khoa học cho việc thiết kế, chế tạo và ứng dụng máy xé kiện bông trong thực tế sản xuất, đồng thời làm tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo về tối ưu kết cấu và đánh giá bền mỏi nhằm nâng cao tuổi thọ và hiệu quả vận hành của thiết bị. ❖

Ngày nhận bài: 24/12/2025

Ngày phản biện: 08/01/2026

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lawrence, C. A., “*Advances in Yarn Spinning Technology*”. Woodhead Publishing, 2010.
- [2]. Klein, W., “*The Rieter Manual of Spinning*” (Vol. 1). Rieter Machine Works Ltd, 2014.
- [3]. Hearle, J. W. S., & Morton, W. E., “*Physical Properties of Textile Fibres*”. Woodhead Publishing, 2008.
- [4]. Shigley, J. E., Mischke, C. R., & Budynas, R. G., “*Mechanical Engineering Design*”. McGraw-Hill, 2015.
- [5]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển, “*Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí – Tập 1*”. NXB. Giáo dục Việt Nam, 2013.
- [6]. Nguyễn Trọng Hiệp, “*Chi tiết máy*”. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2012.
- [7]. Cook, R. D., Malkus, D. S., Plesha, M. E., & Witt, R. J., “*Concepts and Applications of Finite Element Analysis*”. Wiley, 2007.
- [8]. Phạm Xuân Mai, “*Tự động hóa và thiết bị trong công nghiệp dệt may*”. NXB. Bách Khoa Hà Nội, 2018.
- [9]. Norton, R. L., “*Design of Machinery: An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines*” (5th ed.). New York: McGraw-Hill, 2011.