

XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG LÁ NHÍP Ô TÔ BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

BUILDING AND SIMULATION MODELS LEAF SPRING BY FINITE ELEMENT METHOD

ThS. Lê Huỳnh Đức*, ThS. Vũ Văn Thi, ThS. Nguyễn Tuấn Hưng

Trường Đại học Kinh tế – Kỹ thuật Công nghiệp

*Email: lhduc@uneti.edu.vn

TÓM TẮT

Nhíp lá (lò xo lá) là một bộ phận được sử dụng rộng rãi trong hệ thống treo ô tô, bên cạnh lò xo xoắn và bóng hơi. Chức năng chính của các loại hệ thống treo là hấp thụ chấn động và giảm rung. Dù có nhiều loại lò xo khác nhau, nhíp lá vẫn đóng vai trò quan trọng, đặc biệt trong xe tải. Nghiên cứu này tập trung tính toán ứng suất và tần số dao động của nhíp lá đơn, được mô hình hóa với hai loại vật liệu: thép và composite. Kết quả cho thấy nhíp bằng vật liệu composite chịu ứng suất thấp hơn và nhẹ hơn so với thép, giúp giảm trọng lượng xe, tiết kiệm nhiên liệu và tăng tuổi thọ các chi tiết máy.

Từ khóa: Nhíp lá; Vật liệu composite; Ứng suất; Tần số.

ABSTRACT

Leaf springs are a widely used component in automobile suspension systems, along with coil springs and air springs. The main function of suspension systems is to absorb shock and reduce vibration. Although there are many different types of springs, leaf springs still play an important role, especially in trucks. This study focuses on calculating the stress and oscillation frequency of single leaf springs, modeled with two materials: steel and composite. The results show that composite springs are less stressed and lighter than steel, which helps reduce vehicle weight, save fuel and increase the life of machine parts.

Keywords: Leaf springs; Composite materials; Stress; Frequency.

1. GIỚI THIỆU

Nhíp lá là loại lò xo đàn hồi, dùng phổ biến trong hệ thống treo sau của xe tải và xe thương mại để hấp thụ chấn động và giảm rung động [1]. Cấu tạo gồm nhiều lá nhíp, trong đó lá chính gắn với khung xe và các lá chia độ liên kết bằng đai thép [2]. Một đầu bộ nhíp cố

định, đầu còn lại gắn tùy động để đảm bảo linh hoạt [2]. Măt nhíp thường dùng ống lót cao su để giảm ma sát và dễ thay thế [1]. Ma sát giữa các lá nhíp có thể gây mài mòn, giảm độ bền và phát sinh tiếng ồn, do đó các biện pháp như sơn chống ma sát, chèn cao su hoặc bọc kín nhíp được áp dụng để cải thiện hiệu suất làm việc [2].



Nhiều nghiên cứu quốc tế đã phân tích ảnh hưởng của ma sát và vật liệu đến độ bền của nhíp lá, như nghiên cứu của Rao et al. (2017) đánh giá mô hình ứng suất và tuổi thọ nhíp composite [3]. Trong nước, các đề tài tại Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh và Trường Đại học Giao thông Vận tải cũng đã mô phỏng ứng suất, biến dạng và đánh giá giải pháp bọc nhíp nhằm tăng tuổi thọ [4]. Kết quả đều cho thấy việc sử dụng vật liệu nhẹ như composite và các biện pháp bôi trơn hoặc giảm ma sát là hướng đi hiệu quả trong thiết kế hiện đại [1, 3].

Nghiên cứu tập trung vào ứng xử cơ học của nhíp lá sử dụng trong hệ thống treo sau của ô tô tải. Mục tiêu chính là đánh giá ứng suất, tần số dao động và độ bền mỏi của nhíp lá khi làm việc trong điều kiện tải trọng thực tế, đồng thời so sánh giữa hai loại vật liệu: thép truyền thống và composite [4]. Nhằm tăng hiệu quả làm việc và giảm khối lượng xe, nghiên cứu đề xuất thay thế vật liệu thép bằng composite nhằm cải thiện độ bền, giảm tiêu hao nhiên liệu và tăng tuổi thọ chi tiết [3, 4].

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tính toán phân tích

Bằng phương pháp tính toán phân tích, với tải trọng 1000N, chuyển vị và ứng suất uốn của lá nhíp được tính toán như sau:

- Chuyển vị:

$$\delta = \frac{4F \cdot L^3}{E \cdot b \cdot t^3} = 22,34 \text{ (mm)}$$

- Ứng suất uốn:

$$\frac{6F \cdot L}{b \cdot t^2} = 309,91 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

2.2. Vật liệu composite

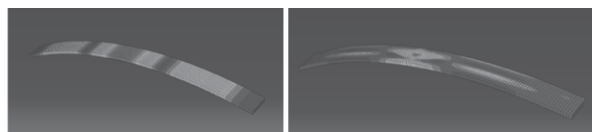
Vật liệu tổng hợp composite là loại vật liệu được cấu thành từ hai hay nhiều loại vật liệu có tính chất vật lý hóa học khác nhau đáng kể mà khi kết hợp lại tạo thành vật liệu có đặc tính khác với các thành phần vật liệu cấu thành [1]. Vật liệu được cấu thành có những đặc tính, tính chất đặc biệt ví dụ như mạnh hơn, nhẹ hơn, rẻ hơn,... khi so sánh với vật liệu truyền thống [2]. Dưới đây là các thông số vật liệu cơ bản của hai loại vật liệu composite được sử dụng trong công nghiệp [3].

Bảng 1. Thông số vật liệu của cacbon epoxy và thủy tinh epoxy

Tính chất cơ học	Đơn vị	Cacbon Epoxy	Thủy tinh Epoxy
Mô-đun đàn hồi	GPa	131,6	43,3
Mô-đun cắt	GPa	3,5	3,5
Hệ số Poisson's		0,28	0,3
Khối lượng riêng	Kg/m ³	1550	2100
Ứng suất cắt	MPa	40	65

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Với tải trọng 1000N đặt vào lá nhíp, ta có mô hình chuyển vị và ứng suất của lá nhíp được thể hiện như hình 1 dưới đây:



Hình 1. Mô phỏng chuyển vị và ứng suất của lá nhíp

Kết quả so sánh giữa hai phương pháp mô phỏng phân tích và tính toán phân tích được thể hiện trong bảng 2 dưới đây:

Bảng 2. So sánh giữa hai phương pháp tính toán phân tích và mô phỏng phân tích bằng phân tích phần tử hữu hạn.

Thông số	Tính toán phân tích	Phân tích phần tử hữu hạn	Độ sai khác
Chuyển vị (mm)	22,34	26,13	14,51 %
Ứng suất uốn (N/mm ²)	309,91	247,05	20,29 %

Bảng so sánh giữa kết quả tính toán phân tích lý thuyết và phân tích bằng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) cho thấy có sự sai khác nhất định. Về chuyển vị, FEM cho giá trị 26,13 mm, cao hơn so với tính toán lý thuyết là

22,34 mm, với độ sai khác khoảng 14,51%. Về ứng suất uốn, kết quả từ FEM là 247,05 N/mm², thấp hơn so với lý thuyết (309,91 N/mm²), với độ sai khác khoảng 20,29%.

Độ chênh lệch này được đánh giá là chấp nhận được trong giới hạn kỹ thuật, do phương pháp phần tử hữu hạn có khả năng phản ánh chính xác hơn các yếu tố hình học phức tạp, điều kiện biên thực tế và phân bố tải trọng. Trong khi đó, phương pháp tính tay thường sử dụng các giả thiết đơn giản hóa. Kết quả này khẳng định tính tin cậy của mô hình FEM trong việc phân tích nhíp lá và có thể dùng để hỗ trợ thiết kế tối ưu hóa chi tiết. Bảng 3 thể hiện kết quả mô phỏng ứng suất và chuyển vị của hai loại vật liệu composite.

Bảng 3. Kết quả mô phỏng ứng suất và chuyển vị của hai loại vật liệu composite.

Vật liệu composite	Ứng suất uốn theo trục X (N/mm ²)	Ứng suất uốn theo trục Z (N/mm ²)	Chuyển vị (mm)	Ứng suất Von-Mises (N/mm ²)
Cacbon Epoxy	39,97	6,15	6,97	88,05
Thủy tinh Epoxy	38,26	7,18	14,69	104,24

Bảng số liệu cho thấy sự khác biệt rõ giữa Cacbon Epoxy và Thủy tinh Epoxy về các chỉ tiêu cơ lý. Cụ thể, Cacbon Epoxy có ứng suất uốn theo trục X cao hơn (39,97 N/mm² so với 38,26 N/mm²), nhưng Thủy tinh Epoxy lại có ứng suất uốn cao hơn ở trục Z (7,18 N/mm² so với 6,15 N/mm²). Về chuyển vị, Cacbon Epoxy có giá trị thấp hơn (6,97 mm so với 14,69 mm), cho thấy khả năng chống biến dạng tốt hơn. Ứng suất Von-Mises của Cacbon Epoxy cũng thấp hơn (88,05 N/mm² so với 104,24 N/mm²), chứng tỏ độ bền tổng thể cao hơn. Nhìn chung, Cacbon Epoxy vượt trội về chịu tải, độ bền và chống biến dạng, thích hợp cho các ứng

dụng yêu cầu tính ổn định và độ bền cao, trong khi Thủy tinh Epoxy phù hợp hơn cho các ứng dụng yêu cầu linh hoạt và chi phí thấp.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả tính toán phân tích và mô phỏng phân tích đã khảo sát. Ta có thể đưa ra một số kết luận sau:

- Phân tích và so sánh giữa Cacbon Epoxy và Thủy tinh Epoxy cho thấy Thủy tinh Epoxy có khả năng chịu ứng suất uốn và đàn hồi tốt hơn Cacbon Epoxy.



- Việc sử dụng vật liệu mới giúp giảm ứng suất đối với từng lá nhíp.

- Khi các lá nhíp được ghép lại thành bộ nhíp, khả năng chịu ứng suất của bộ nhíp sẽ tăng lên nhờ sự cải thiện khả năng chịu tải của từng lá nhíp.

- Composite có thể thay thế lá nhíp thép truyền thống, mang lại nhiều lợi ích về hiệu suất.

- Sử dụng vật liệu composite giúp giảm chi phí, giảm trọng lượng xe, cải thiện hiệu suất sử dụng, kéo dài tuổi thọ các chi tiết máy, tăng tuổi thọ của xe và tiết kiệm nhiên liệu trong quá trình vận hành. ❖

Ngày nhận bài: **21/4/2025**

Ngày phản biện: **14/5/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Rao, V. K., & Iyer, S. V. (2017), “*Design and Analysis of Leaf Spring for Automotive Applications: A Review*”. International Journal of Automotive Engineering, 10(4), 349-358.
- [2]. Kumar, P., & Verma, V. K. (2014), “*Fatigue and Fracture Behavior of Leaf Spring in Automotive Suspension System*”. Journal of Engineering Materials and Technology, 136(3), 031008.
- [3]. Nguyễn, M. T., & Trương, P. T. (2020), “*Mô phỏng ứng suất và phân tích tuổi thọ của nhíp lá trong hệ thống treo ô tô tại Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh*”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, 12(5), 123-130.
- [4]. Lê, H. Q., & Nguyễn, T. S. (2018), “*Nghiên cứu về vật liệu composite cho nhíp lá ô tô tại Đại học Giao thông Vận tải*”. Tạp chí Kỹ thuật Cơ khí, 15(2), 45-55.