

NGHIÊN CỨU KHẢO SÁT ĐỘ BỀN KẾT CẤU VÀNH BÁNH XE Ô TÔ

RESEARCH ON INVESTIGATION AND EVALUATION OF THE DURABILITY OF AUTOMOTIVE WHEEL STRUCTURES

Nguyễn Văn Đoàn¹, Nguyễn Thành Công^{1,*},
Nguyễn Đăng Bách¹, Trần Đức Khải¹, Nguyễn Như Quyết¹,
Trương Văn Quảng¹, Nguyễn Ngọc Hà¹

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.271>

TÓM TẮT

Vành xe là bộ phận để lắp lốp xe và được liên kết với moay ơ bán trục giúp truyền momen từ bán trục đến lốp tạo thành lực kéo giúp xe có thể di chuyển. Khi làm việc vành thường xuyên chịu tải như trọng tải của ô tô, lực phanh, lực va đập với mặt đường xấu, áp suất không khí bên trong lốp, vì vậy chúng rất dễ bị biến dạng, hỏng hóc. Việc nghiên cứu đánh giá độ bền của vành bánh xe là rất cần thiết, nhằm đảm bảo an toàn trong quá trình sử dụng xe. Hiện nay, việc ứng dụng công nghệ mô phỏng số vào tính toán kiểm nghiệm bền chi tiết được sử dụng rộng rãi nhằm nâng cao hiệu suất của quá trình thiết kế chế tạo sản phẩm. Nội dung bài báo đã trình bày phương pháp ứng dụng phần mềm Ansys để tính toán kiểm nghiệm bền vành ô tô ở một chế độ tải trọng của vành với các loại vật liệu khác nhau. Kết quả tính toán xác định được ứng suất phân bố và biến dạng lớn nhất trên vành bánh xe. Qua đó xác định ra được hệ số an toàn tương ứng với các loại vật liệu khác nhau, giúp các nhà thiết kế có thể lựa chọn được thông số kết cấu phù hợp đáp ứng tốt các yêu cầu về độ bền, tuổi thọ, tính thẩm mỹ và an toàn kỹ thuật của vành bánh xe.

Từ khóa: Ô tô, vành, phần tử hữu hạn, tối ưu, giới hạn bền, Catia, Ansys.

ABSTRACT

The wheel rim is the component where the tire is mounted and is linked to the half shaft hub to transmit torque from the half shaft to the tire, generating the traction necessary for the vehicle to move. When in operation, the wheel rim regularly experiences load such as the vehicle's weight, braking force, impact force from rough road surfaces, internal air pressure of the tire, etc., making it prone to deformation and damage. Researching the durability of wheel rims is crucial to ensure safety during use vehicle. Nowadays, the application of simulation technology in calculating and testing the durability of components is widely used to enhance the efficiency of product design and manufacturing processes. The article presents a method utilizing Ansys software to calculate the durability of automobile wheel rims under various loading conditions and with different materials. The computational results determine the distribution of stress and the maximum deformation on the wheel rim. Thereby, corresponding safety factors are determined for different materials, enabling designers to select suitable structural parameters that meet the requirements for durability, longevity, aesthetics, and technical safety of the wheel rim.

Keywords: Automobile, wheel rim, finite element method, optimize, strength, Catia, Ansys.

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

*Email: congnt@utc.edu.vn

Ngày nhận bài: 02/4/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 06/5/2024

Ngày chấp nhận đăng: 27/8/2024

1. TỔNG QUAN

Đối với ô tô, vành hợp kim ô tô đóng vai trò hết sức quan trọng, đây chính là bộ phận trực tiếp nhận toàn bộ lực tác động khi ô tô di chuyển. Tuy nhiên, vì là bộ phận thường xuyên chịu các lực tác động cơ học nên vành hợp kim xe ô tô rất dễ bị biến dạng, trầy xước và hỏng hóc. Do đó xuất hiện những vấn đề về thiết kế, thử nghiệm, khai thác sử dụng trong điều kiện cơ sở hạ tầng giao thông ở Việt Nam còn nhiều hạn chế [1]. Để nghiên cứu về an toàn giao thông có liên quan đến vấn đề này, chúng ta cần xem xét những điều kiện làm việc đặc trưng cụ thể, dựa trên cơ sở đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến an toàn chuyển động của ô tô và từ đó đưa ra các giải pháp nâng cao an toàn chuyển động để hạn chế giảm thiểu khả năng xảy ra tai nạn [2]. Thông thường vành bao gồm các bộ phận: nan hoa, giá bắt bu

lông, vành bao ngoài, gờ vành, lỗ định tâm, lỗ chân van như hình 1 [3].



Hình 1. Cấu tạo vành hợp kim

- 1- Nan hoa; 2- Giá bắt bu lông; 3- Bích lắp ghép; 4- Vành bao ngoài;
- 5- Gờ vành; 6- Lỗ định tâm

Việc nghiên cứu đánh giá độ bền vành hợp kim là cơ sở cho các nhà chế tạo, sản xuất ô tô thực hiện những cải tiến nhằm nâng cao chất lượng và khả năng khai thác của các phương tiện giao thông phục vụ tốt hơn cho nhu cầu vận tải hành khách và hàng hóa ngày càng tăng trong xu hướng phát triển và hội nhập kinh tế khu vực và thế giới.

2. CÁC CHẾ ĐỘ TẢI TRỌNG TÁC DỤNG LÊN VÀNH BÁNH XE

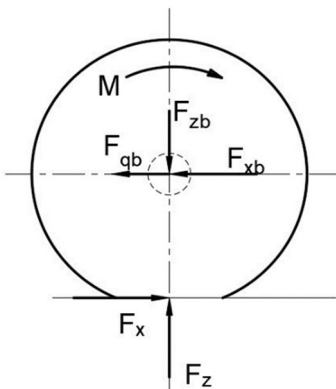
Bánh xe tiếp xúc với mặt đường, trục bánh xe được bắt vào khung xe. Coi như bánh xe không dao động thẳng đứng. Trong trường hợp tổng quát vành bánh xe chịu tải trọng quy dẫn từ lực tác dụng và mô men lên bánh xe. Các lực và mô men tác dụng lên bánh xe trên hình 2 gồm:

Mô men xoắn M (N.m) : mô men này có thể là mô men xoắn chủ động hoặc mô men phanh.

Lực tác dụng từ mặt đường được phân thành hai thành phần:

Thành phần tiếp tuyến song song với mặt phẳng tiếp xúc theo phương chuyển động của xe F_x (N).

Thành phần pháp tuyến vuông góc với mặt phẳng tiếp xúc F_z (N) vị trí này sẽ được nói rõ ở mục dưới đây.



Hình 2. Các lực tác dụng lên bánh xe hay vành bánh xe

Lực tác dụng từ khung xe cũng được phân thành hai thành phần:

Thành phần nằm ngang F_{xb} (N), chiều của lực này phụ thuộc trạng thái làm việc của bánh xe: bánh xe không chịu mômen (bánh xe bị động), bánh xe chịu mômen chủ động, bánh xe chịu mômen phanh.

Thành phần thẳng đứng F_{zb} (N), nếu coi bánh xe và khung xe không dao động, thành phần này chính là trọng lượng xe phân bố lên bánh xe.

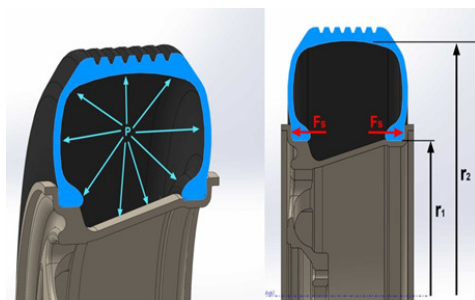
Lực quán tính tịnh tiến của bánh xe F_{qb} (N), chiều của lực F_{qb} phụ thuộc vào gia tốc a (m/s^2) và khối lượng m (kg) của xe, nếu gia tốc dương (xe chuyển động có gia tốc tăng dần) lực F_{qb} ngược chiều chuyển động, ngược lại, khi xe chuyển động chậm dần (ví dụ khi phanh xe) lực F_{qb} cùng chiều chuyển động. Giá trị lực quán tính được xác định theo công thức (1):

$$F_{qb} = m.a \text{ (N)} \tag{1}$$

Ngoài ra tác dụng lên vành còn có áp suất không khí bên trong lốp. Áp suất do không khí bên trong lốp tác dụng lên vành xe ô tô chia làm hai thành phần: Thành phần thứ nhất tác dụng lên bề mặt vành bao ngoài là áp suất tĩnh theo tiêu chuẩn. Thành phần thứ hai tác dụng lên gờ của vành, thành phần này có giá trị được tính theo công thức (2):

$$F_s = \frac{F_p}{4.\pi.r_1} = (r_2^2 - r_1^2) . \frac{P}{4r_1} \text{ (N)} \tag{2}$$

Trong đó: F_s (N) là áp lực do không khí nén bên trong lốp tác dụng lên một gờ vành ô tô; P (Pa) là áp suất tĩnh tiêu chuẩn của lốp theo quy chuẩn; r_2 (m) là bán kính ngoài của bánh xe; r_1 (m) là bán kính danh nghĩa của vành hợp kim.



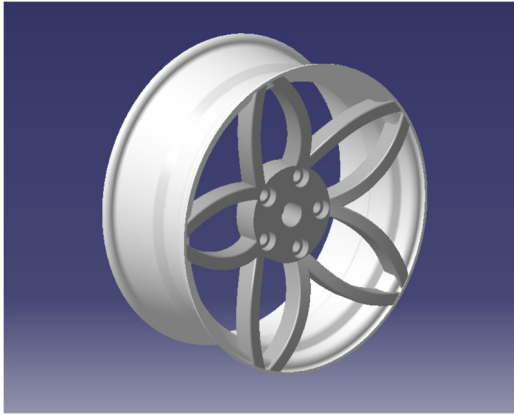
Hình 3. Áp suất không khí tác dụng lên mặt trong của vành

Trong quá trình xe chuyển động, vành xe còn chịu lực va đập từ mặt đường hoặc các vật cản. Tải trọng này là dạng tải trọng động có thể xuất phát từ các yếu tố như mặt đường mấp mô, ô tô quay vòng hay sự xuất hiện của các vật cản như đất, đá, hoặc các vật liệu xây dựng khác trên đường,...

3. SỬ DỤNG PHẦN MỀM ANSYS ĐỂ TÍNH TOÁN VÀ KHẢO SÁT ĐỘ BỀN VÀNH Ô TÔ

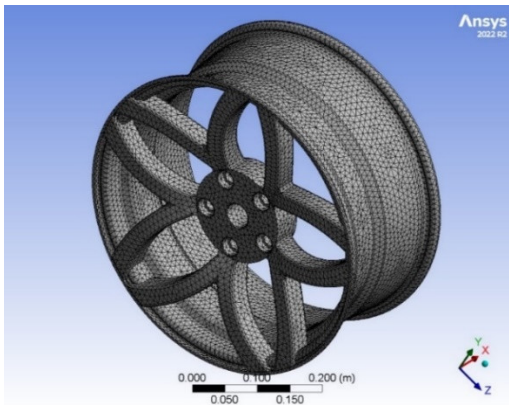
3.1. Xây dựng mô hình tính toán độ bền vành ô tô bằng phần mềm ANSYS

Mô hình hình học của vành ô tô được xây dựng trong phần mềm Catia được thể hiện trong hình 4.



Hình 4. Mô hình CAD trên phần mềm CATIA

Vật liệu hợp kim có tính chất thể hiện trong bảng 1, thông qua việc chia lưới mô hình hình học được mô hình phần tử hữu hạn kết cấu vành ô tô như hình 5 [4, 5].



Hình 5. Mô hình phần tử hữu hạn vành ô tô

Bảng 1. Tính chất của một số loại vật liệu vành hợp kim ô tô

Tính chất vật liệu	Kí hiệu	Giá trị vật liệu hợp kim nhôm	Giá trị vật liệu thép	Giá trị vật liệu hợp kim magie	Giá trị vật liệu sợi cacbon	Đơn vị
Mô đun đàn hồi (theo phương x)	E	71	200	45	290	GPa
Hệ số Poisson (tỉ lệ xy)	v	0,33	0,3	0,35	0,2	
Giới hạn bền uốn (Tensile YieldStrength)	σ_c	280	250	193	3500	MPa

Giới hạn bền kéo (Tensile Ultimate Strength)	σ_k	310	460	255	3400	MPa
--	------------	-----	-----	-----	------	-----

3.2. Phương án đặt tải

Lựa chọn thông số kỹ thuật của ô tô trong bài toán như bảng 2.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của ô tô

Tên thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Khối lượng ô tô	m	1200	kg
Mô men xoắn lớn nhất của động cơ ô tô	M_e	240	N.n
Tỷ số truyền lực chính	i_0	4	
Tỷ số truyền lực ở thay số 1	i_1	3	
Hiệu suất truyền lực	μ_{tl}	0,9	
Áp suất lốp	P	$2,3 \cdot 10^5$	N/m^2
Bán kính ngoài của bánh xe	r_2	0,278	m
Bán kính danh nghĩa của vành hợp kim	r_1	0,2286	m

Khối lượng ô tô $m = 1200$ (kg), gia tốc trọng trường $g = 9,81$ (m/s²), mô men động cơ $M_e = 240$ (N.m). Các lực đặt lên mô hình tính toán vành bánh xe trong phần mềm Ansys được thể hiện trên hình 6 với các giá trị như sau:

Giả sử trọng lượng xe bằng nhau được phân bổ lên cả bốn bánh, trọng lượng tác dụng lên một bánh xe là phản lực thẳng đứng của mặt đất và được tính bằng công thức (3):

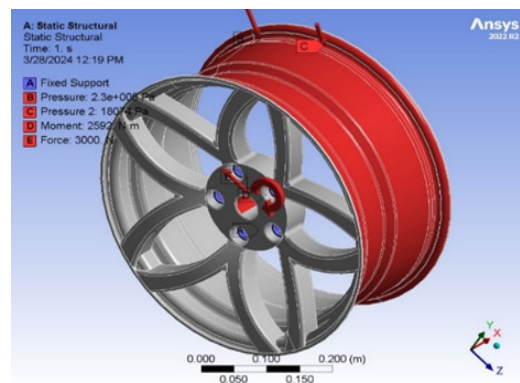
$$F_{zb} = mg / 4 = 11772 / 4 = 2943 \text{ (N)} \tag{3}$$

Độ lớn của momen xoắn tác dụng lên vành ô tô được xác định bằng công thức:

$$M = M_e \cdot i_0 \cdot i_1 \cdot \mu_{tl} = 240 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 0,9 = 2592 \text{ (N.m)} \tag{4}$$

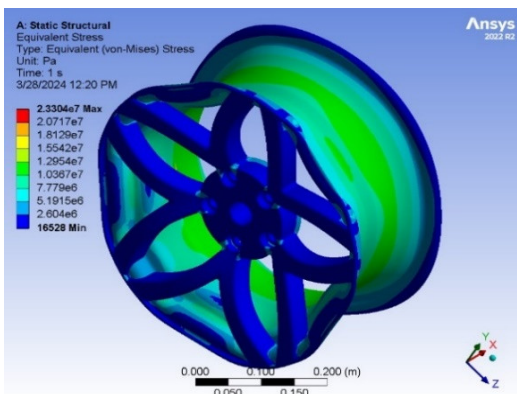
Áp suất lốp, $P = 2,3 \cdot 10^5$ (N/m²), F_s tính theo công thức (2) được:

$$F_s = \frac{F_p}{4 \cdot \pi \cdot r_1} = (r_2^2 - r_1^2) \cdot \frac{P}{4r_1} = (0,278^2 - 0,2286^2) \cdot \frac{230000}{4 \cdot 0,2285} = 18074 \text{ (Pa)}$$

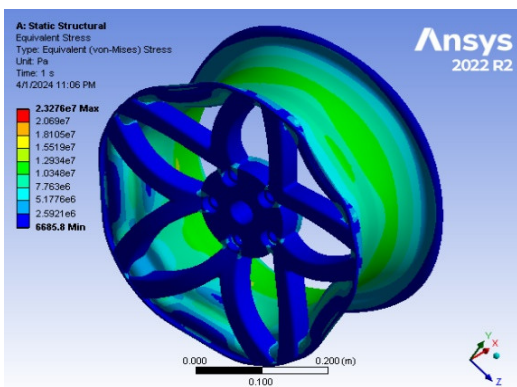


Hình 6. Mô phỏng đặt lực lên vành

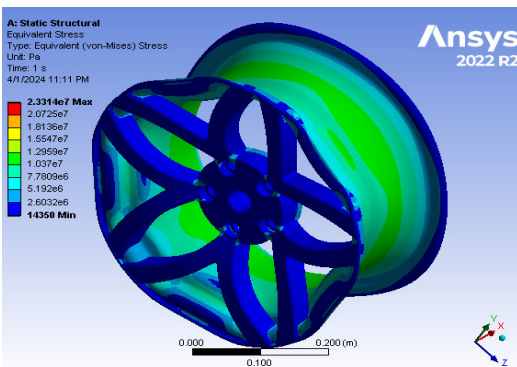
3.3. Giải bài toán



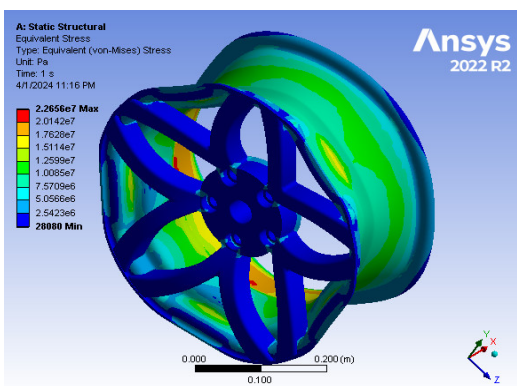
Hình 7. Phân bố ứng suất vật liệu hợp kim nhôm



Hình 8. Phân bố ứng suất vật liệu thép



Hình 9. Phân bố ứng suất vật liệu hợp kim magie



Hình 10. Phân bố ứng suất sợi cacbon

Tiến hành giải bài toán trên phần mềm Ansys cho từng loại vật liệu vành bánh xe như bảng 1. Thu được kết quả như thể hiện trên hình 7-10.

Từ kết quả mô phỏng cho thấy, vị trí có biến dạng lớn nhất là tại tâm vành nơi chịu tải trọng trực tiếp từ trọng lượng xe và momen xoắn của bán trục tác dụng lên. Giá trị ứng suất sinh ra lớn nhất so với ứng suất cho phép của từng loại vật liệu là:

- Hợp kim nhôm** : 23,30 (MPa) < 310 (MPa)
- Thép** : 23,27 (MPa) < 460 (MPa)
- Hợp kim magie** : 23,31 (MPa) < 255 (MPa)
- Sợi cacbon** : 22,65 (MPa) < 3400 (MPa)

Vi vậy căn cứ theo điều kiện bền của vành thì vành thiết kế đạt các yêu cầu kỹ thuật.

3.4. Xác định hệ số an toàn của vành bánh xe

Hệ số an toàn cho thấy tải trọng làm việc có thể được tăng lên bao nhiêu, để các hiện tượng nguy hiểm xuất hiện trong các chi tiết. Khi giá trị của tải trọng làm việc trở nên bằng với giá trị nguy hiểm, giá trị của hệ số an toàn là S = 1. Trong trường hợp này, không thể đảm bảo an toàn độ bền vành, điều này dẫn đến các hiện tượng nguy hiểm như nứt, gãy, vỡ,... Từ các giá trị ứng suất σ của vành mô phỏng với giá trị ứng suất cho phép [σ] của vật liệu cấu thành [4], ta xác định hệ số an toàn của vành đối với từng loại vật liệu như công thức (5):

$$S = \frac{[\sigma]}{\sigma} \tag{5}$$

Hệ số an toàn của vành đối với các loại vật liệu được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Hệ số an toàn của vành đối với các vật liệu

Vật liệu	Ứng suất σ (MPa)	Ứng suất cho phép [σ] (MPa)	Hệ số an toàn S
Hợp kim nhôm	23,30	280	12,02
Thép	23,27	250	10,74
Hợp kim magie	23,31	193	8,28
Sợi Cacbon	22,65	3500	154,53

4. KẾT LUẬN

Vành ô tô là bộ phận thường xuyên chịu các lực cơ học nên rất dễ bị biến dạng. Nội dung bài báo trình bày thiết kế và tính toán độ bền khi chịu tác dụng của lực lên vành với các vật liệu khác nhau. Sử dụng phần mềm Catia để xây dựng mô hình hình học và phần mềm ANSYS để tính toán bền, hệ số an toàn. Nghiên cứu đã trình bày phương pháp ứng dụng phần mềm Ansys để tính toán kiểm nghiệm bền vành ô tô ở một chế độ tải trọng của vành

với các loại vật liệu khác nhau. Kết quả tính toán xác định được ứng suất lớn nhất phân bố và hệ số an toàn của vành với Hợp kim nhôm là 23,30 (MPa), $S = 12,02$; Thép: 23,27 (MPa), $S = 10,74$; Hợp kim magie: 23,31 (MPa), $S = 8,28$; Sợi cacbon: 22,65 (MPa), $S = 154,53$. Các giá trị ứng suất này đều nhỏ hơn giá trị bền cho phép của vật liệu. Việc đánh giá độ bền và lựa chọn hệ số an toàn giúp các nhà thiết kế có thể lựa chọn được thông số kết cấu phù hợp đáp ứng tốt các yêu cầu về độ bền, tuổi thọ, tính thẩm mỹ và an toàn kỹ thuật của vành bánh xe. Thông qua việc nghiên cứu có thể dùng kết quả này để tối ưu hóa hơn về kích thước, vật liệu và hình dạng nan hoa của vành bánh xe.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyen Quang Cuong, Nguyen Thanh Cong, Pham Thi Thanh Nhan, "Research of design and durability assessment of automobile wheel rims," *Journal of Science and Technology, Hanoi University of Industry*, 57, 5, 84-89, 2021. (In Vietnamese)
- [2]. Dang Viet Ha, Duong Hiep Si, "Rotating bending fatigue testing of light alloy wheels used for automobile according to QCVN 78:2014/BGTVT," *Transport Journal, Ministry of Transport*, 08, 2018. (In Vietnamese)
- [3]. Nguyen Thanh Cong, "Research of Calculation and Testing Assessment of Impact Resistance of Automobile Alloy Wheel Rims Used in Vietnam," In: Le, AT., Pham, VS., Le, MQ., Pham, HL. (eds) *The AUN/SEED-Net Joint Regional Conference in Transportation, Energy, and Mechanical Manufacturing Engineering (RCEMME 2021) Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Springer, Singapore, 200-210, 2022.
- [4]. E. Desnica, M. Đurđev, B. Vaščić, R. Turmanidze, P. Dašić, "Determination of a safety factor of a car wheel rim using finite element analysis in Solidworks," *Applied Engineering Letters*, 7, 4, 163-171, 2022.

[5]. S. Mishra, L.P . Singh, "Structural and Material Analysis of an Automobile Wheel Rim using ANSYS," *International Research Journal of Engineering and Technology*, 06, 12, 2019.

[6]. Nguyen Van Tra, Nguyen Si Dinh, 10/2021. "Determination of dynamic load acting on the wheel by experience," *Journal of Marine Science and Technology*, No. Special, 274-277, 2021.

AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Van Doan, Nguyen Thanh Cong, Nguyen Dang Bach,
Tran Duc Khai, Nguyen Nhu Quyet, Truong Van Quang,
Nguyen Ngoc Ha**

Faculty of Mechanical Engineering, University of Transport and Communications, Vietnam