

# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ ĐÁNH GIÁ ĐỘ BỀN CỦA VÀNH HỢP KIM Ô TÔ

## RESEARCH OF DESIGN AND DURABILITY ASSESSMENT OF AUTOMOBILE WHEEL RIMS

Nguyễn Quang Cường<sup>1</sup>, Nguyễn Thành Công<sup>1,\*</sup>,  
Phạm Thị Thanh Nhân<sup>2</sup>

### TÓM TẮT

Vành hợp kim ô tô là bộ phận để lắp lốp, chúng thường xuyên chịu các lực nên rất dễ bị biến dạng, trầy xước và hỏng hóc. Do đó, nghiên cứu thiết kế kích thước, hình dạng của vành phải phù hợp để lắp lốp và đảm bảo độ bền làm việc. Bài báo trình bày nội dung nghiên cứu thiết kế và tính toán bền chịu va đập của vành hợp kim ô tô được sử dụng tại Việt Nam. Dựa trên quy chuẩn QCVN78:2014/BGTVT của Việt Nam và ISO 4000-2 xác định tham số kết cấu cho vành ô tô và tiến hành xây dựng mô hình tính toán bền. Sử dụng phần mềm Solidwork để xây dựng mô hình 3D và phần mềm Ansys tính toán bền vành bánh xe. Phương pháp này giúp giảm thời gian công sức cũng như chi phí trong quá trình thiết kế.

**Từ khóa:** Vành hợp kim, phân tử hữu hạn, thiết kế và tính toán bền, QCVN78:2014/BGTVT, ISO 4000-2.

### ABSTRACT

Automobile alloy wheel rims are the parts that are frequently subject to mechanical forces so they are easily deformed, scratched and damaged. Therefore, design of the size and shape of the rim must be suitable for tire mounting and ensure durability. The article presents the contents of design and calculation of impact resistance of automobile alloy rims used in Vietnam. Based on National technical regulation QCVN78:2014/BGTVT of Vietnam and ISO 4000-2 to determine structural parameters for automobile rims and to build a durable computational model. Using Solidwork software to build 3D models and using Ansys software to calculate durability for wheel rim. This method helps to reduce the time and effort in the design process.

**Keywords:** Alloy wheel rims, Finite Element, design and durability assessment, QCVN78:2014/BGTVT, ISO 4000-2.

<sup>1</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

<sup>2</sup>Khoa Khoa học cơ bản, Trường Đại học Công nghiệp Việt Hưng

\*Email: congnt@utc.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/8/2021

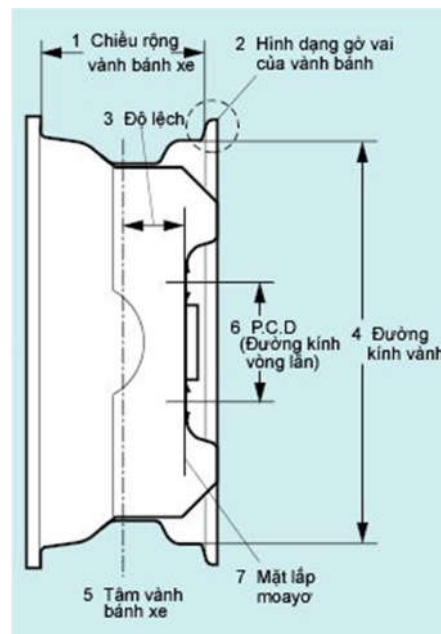
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/9/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/10/2021

### 1. TỔNG QUAN

Ô tô ngày nay đã và đang là phương tiện giao thông được ưa chuộng và phổ biến trên thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng. Chính vì lý do đó tính an toàn, tính tiện nghi, thân thiện và thẩm mỹ luôn luôn đòi hỏi loại phương tiện này phải phát triển không ngừng.

Trên 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. Cấu tạo chung của vành bánh xe ô tô thường bao gồm hai chi tiết chính là vành và mâm vành (nan hoa) có thể được chế tạo liền khối, được kẹp chặt cố định với nhau hoặc tháo được. Vành hợp kim là bộ phận mang tải quay nằm giữa lốp và trục, 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. Các thông số chính đối với vành hợp kim là: đường kính vành, chiều rộng vành, đường kính vòng lăn, số bu lông, hình dạng gờ vai vành, kích thước, hình dạng, cấu tạo nan hoa đúc,...như hình 1.



Hình 1. Một số thông số chính vành hợp kim

Hiện nay, việc ứng dụng công nghệ mô phỏng số vào tính toán thiết kế trong ngành kỹ thuật ô tô ở Việt Nam hiện vẫn đang là lĩnh vực mới đối với nền công nghiệp ô tô. Công nghệ mô phỏng số góp phần không nhỏ giúp cải thiện thời gian tính toán cũng như đưa ra các giải pháp trong việc cải thiện thiết kế từ đó nâng cao hiệu quả trong quá trình sản xuất và phát triển sản phẩm về sau. Việc thiết kế kích thước, hình dạng của vành yêu cầu phải phù hợp để

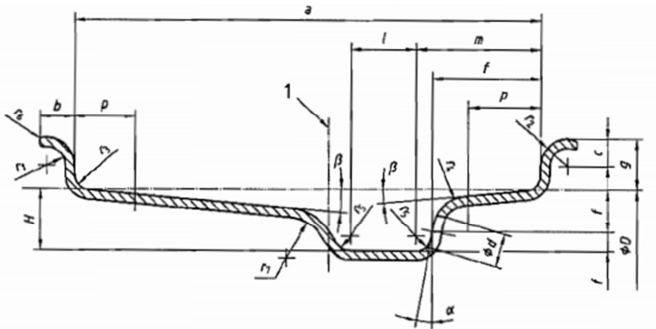
lắp lớp và đảm bảo độ bền làm việc. Trên thế giới, P. Meghashyam và cộng sự [1] đã ứng dụng phần mềm Catia và phần mềm Ansys để thiết kế mô hình 3D và tính toán kiểm nghiệm bền của vành ô tô trạng thái vành chịu áp suất. Kalpesh R.Salunkhe và cộng sự [2] đã ứng dụng phần mềm Creo thiết kế và phần mềm Ansys tính toán bền vành hợp kim ở chế độ chịu tải trọng hướng kính vành. Atish Prabhakar Pawar và cộng sự [3] đã sử dụng phần mềm Solidwork thiết kế mô hình vành bánh xe, phần mềm ansys tính toán bền vành bánh xe ở mức tải trọng hướng kính 8000 (N) và tính toán tối ưu xác định tham số của vành.

Tại Việt Nam, hiện nay quy chuẩn QCVN78:2014/BGTVT [4] đã được ban hành nhằm quy định về yêu cầu kỹ thuật và kiểm tra chất lượng an toàn kỹ thuật đối với vành xe hợp kim nhôm và vành xe hợp kim magiê (gọi chung là vành xe hợp kim nhẹ) mới. Để làm cơ sở cho việc thử nghiệm, Đặng Việt Hà và cộng sự [5] đã trình bày phương pháp thử nghiệm và giới thiệu thiết bị thử độ bền va đập của vành hợp kim nhẹ ô tô phù hợp với QCVN78:2014/BGTVT. Ngoài ra, Đặng Việt Hà và cộng sự [6] cũng đã công bố công trình nghiên cứu về phương pháp thử độ bền mỏi uốn khi quay của vành sử dụng cho ô tô sản xuất lắp ráp tại Việt Nam. Tuy nhiên, trên thực tế các công trình nghiên cứu của Việt Nam liên quan tới vành hợp kim ô tô còn rất hạn chế. Do đó, việc nghiên cứu phương pháp thiết kế và đánh giá khả năng chịu va đập của vành bánh xe giúp cho các nhà sản xuất, các nhà quản lý chất lượng sản xuất lắp ráp kiểm soát được chất lượng của vành bánh xe, tối ưu chi phí.

**2. THIẾT KẾ VÀNH HỢP KIM Ô TÔ**

**2.1. Xác định thông số cho profin của vành ô tô**

Quy chuẩn quốc gia QCVN 78:2014/BGTVT về vành hợp kim nhẹ dùng cho xe ô tô quy định về các kích thước của vành như hình 2.

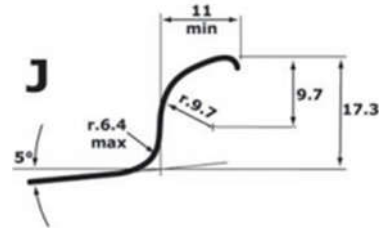


Hình 2. Quy định về các kích thước của vành

a - Chiều rộng quy định của vành; b - Chiều rộng gờ vành; c - Vị trí bán kính gờ vành; d - Lỗ van; D - Đường kính quy định của vành; f - Vị trí lỗ van; g - Chiều cao gờ vành; H - Độ sâu mặt lôm; l - Chiều rộng mặt lôm; m - Vị trí mặt lôm; p - Chiều rộng mặt tựa của mép lốp; r<sub>1</sub> - Bán kính cong trong của gờ vành; r<sub>2</sub> - Bán kính gờ vành; r<sub>3</sub> - Bán kính mặt tựa mép lốp; r<sub>4</sub> - Bán kính đỉnh mặt lôm - Phía lắp lốp; r<sub>5</sub> - Bán kính đáy mặt lôm; r<sub>6</sub> - Bán kính mép gờ vành; r<sub>7</sub> - Bán kính gờ vành ở phía khối lượng cân bằng; r<sub>8</sub> - Bán kính đỉnh lôm - Phía không lắp lốp; α - Góc mặt lôm; β - Góc mặt tựa của mép lốp; 1 - Mặt phẳng trung tâm của vành

Trong các tiêu chuẩn ISO về lốp và vành, profin mặt cắt ngang của vành được kí hiệu theo một hoặc các chữ cái.

Theo tiêu chuẩn ISO 4000-2 [7], profin mặt cắt ngang của vành dùng cho xe con ký hiệu là "J" như hình 3. Ký hiệu chữ "J" được coi là biên dạng của gờ vành hay profin của mép lốp. Profin của vành có biên dạng "J" là kiểu vành một mảnh liền khối, có thân lôm và côn 5° (β = 5°).



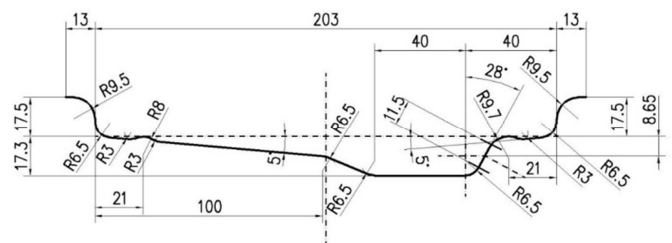
Hình 3. Dạng profin mặt cắt ngang của vành

Dựa trên thông số đưa ra của hãng sản xuất, chiều rộng danh nghĩa vành và đường kính danh định tương ứng của xe Honda Civic 2020 có thể phù hợp với thông số của các loại vành trong bảng 1.

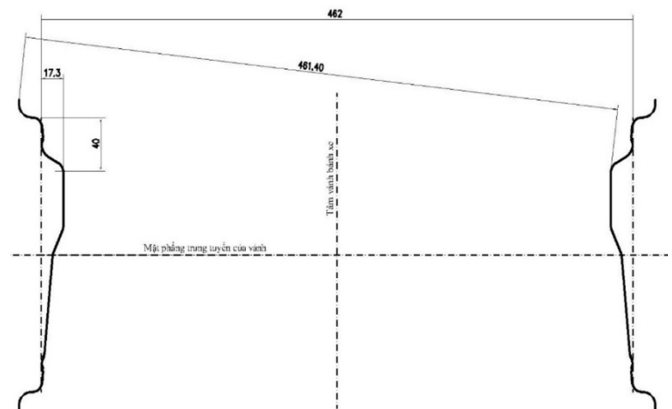
Bảng 1. Một số loại vành cho Honda Civic 2020

Ký hiệu vành	Đường kính danh định (mm)	Chiều rộng danh nghĩa (mm)
7Jx16	405,6	178,0
7 1/2Jx17	436,6	190,5
8Jx18	462,0	203,0
9Jx19	487,4	228,5
9 1/2x20	512,5	241,5

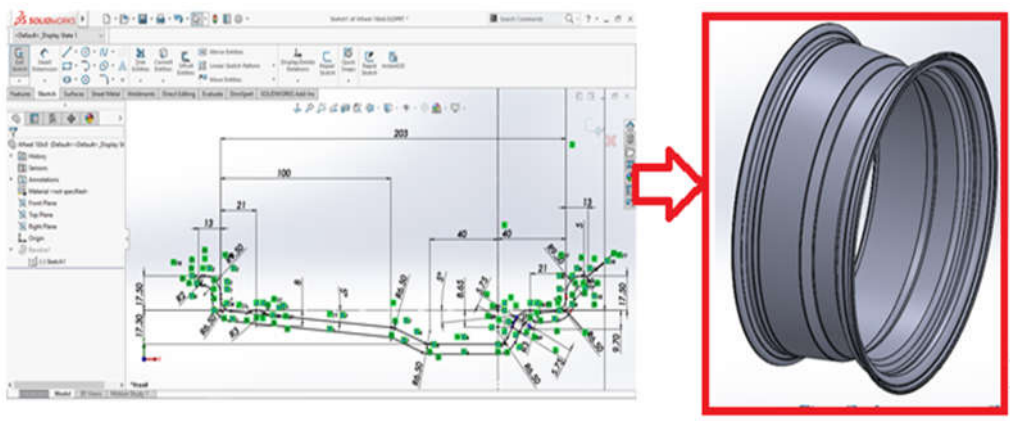
Lựa chọn vành cơ sở ký hiệu 8Jx18 để xác định và tính toán thiết kế vành bánh xe ô tô cho lớp xe có kí hiệu 235/40ZR18 91W. Các kích thước về profin của vành được liệt kê trong hình 4.



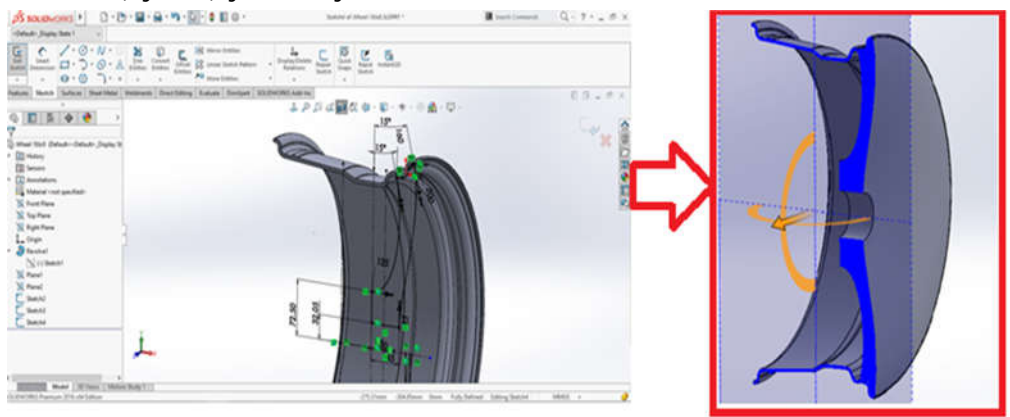
Hình 4. Hình dạng của profin vành thiết kế



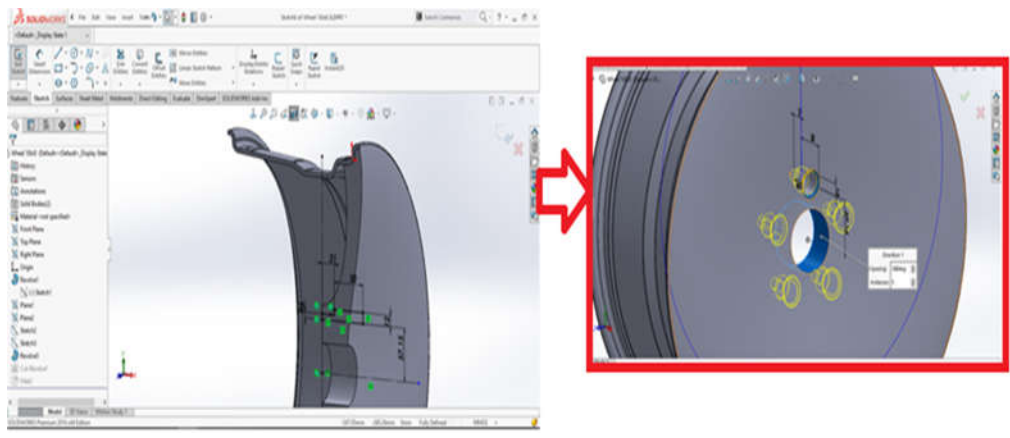
Hình 5. Kiểm nghiệm khoảng cách tháo lắp lốp



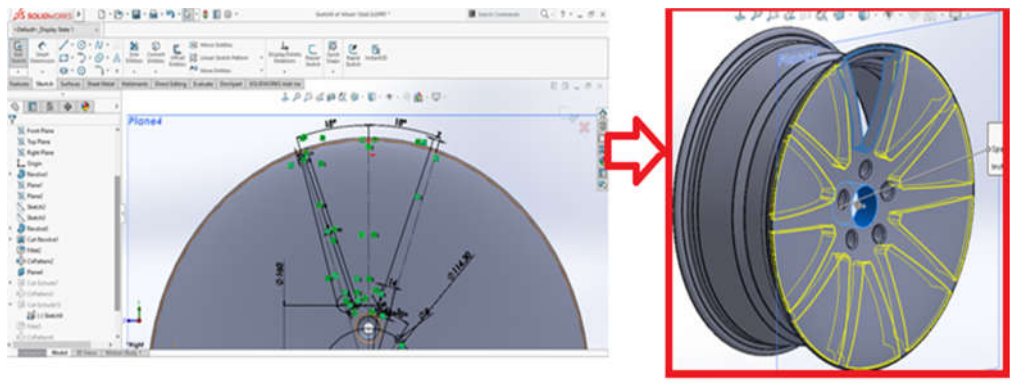
Hình 6. Dựng biên dạng vành bao ngoài



Hình 7. Dựng biên dạng mayơ và nan hoa



Hình 8. Dựng biên dạng lỗ bắt bu lông



Hình 9. Thiết kế hình dạng cho các chấu

Độ sâu tối thiểu của mặt lõm và vị trí của mặt lõm phải thỏa mãn điều kiện khoảng cách tính từ đáy mặt lõm phía lắp lớp đến mép gờ vành phía đối diện (khoảng cách tháo lắp) nhỏ hơn hoặc bằng đường kính danh định của vành. Khoảng cách này liên quan đến việc tháo và lắp lớp vào vành bánh xe. Kiểm nghiệm với profin thiết kế được thể hiện trên hình 5.

Như vậy, khoảng cách tháo lắp bằng 461,40 (mm) nhỏ hơn đường kính danh định của vành bánh xe bằng 462,0 (mm). Profin của vành xe thiết thỏa mãn về kích thước. Đối với vành bánh xe liền khối, độ dày của vành phụ thuộc vào vật liệu chế tạo, độ dày này trong khoảng từ 3 (mm) đến 7 (mm). Chọn độ dày của vành thiết kế là 5 (mm).

**2.2. Xây dựng mô hình 3D vành ô tô bằng phần mềm Solidwork**

Bước 1. Dựng biên dạng vành bao ngoài: Trong môi trường Sketch 2D, vẽ biên dạng của phần vành bằng kích thước đã thiết kế. Sử dụng lệnh Revolved để tạo nên phần vành tròn xoay với bán kính là bán kính danh định của vành. Kết thúc lệnh Reloved, ta được mô hình phần vành. Quá trình này thể hiện trên hình 6.

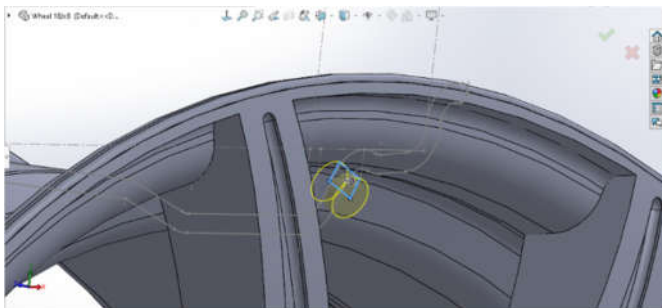
Bước 2. Dựng biên dạng may ở và nan hoa: Trên mặt phẳng chứa mặt cắt ngang của vành xe, sử dụng các lệnh trong môi trường Sketch 2D tạo biên dạng cho

moay  $\sigma$  và nan hoa của vành bánh xe. Sử dụng lệnh Revolved biên dạng vừa tạo với trục là tâm của vành bánh xe. Quá trình này thể hiện trên hình 7.

Bước 3. Dựng lỗ bắt bulông: Dựng Sketch trên mặt phẳng chiếu đứng và Revolved Cut để tạo lỗ bắt bu lông cho vành bánh xe. Tạo bốn lỗ bắt bu lông còn lại bằng lệnh Circular Pattern với thuộc tính là lỗ bắt bu lông vừa dựng và tâm xoay là lỗ đặt trục bánh xe. Quá trình này thể hiện trên hình 8.

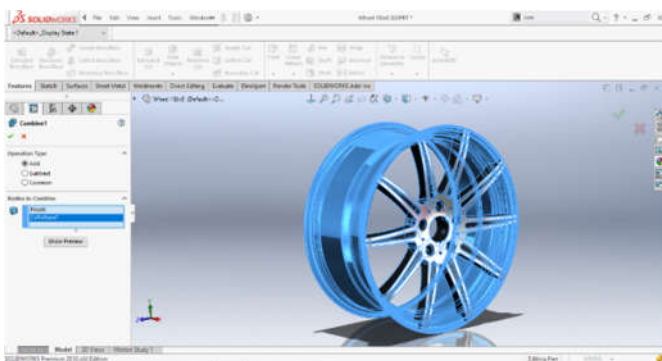
Bước 4. Dựng biên dạng các chấu cho nan hoa của vành bánh xe: Trong Sketch 2D trên mặt phẳng song song với mặt phẳng trung tuyến có offset bằng 150 (mm). Sử dụng lệnh Extruded Cut để tạo hình cho các đường vừa thiết kế, tiếp tục lần lượt dùng Circular Pattern vào các lỗ vừa cắt tạo nên các chấu hoàn chỉnh của vành bánh xe ô tô. Quá trình này thể hiện trên hình 9.

Bước 5. Dựng lỗ cắm van cho vành bánh xe: Quá trình này thực hiện như hình 10.



Hình 10. Dựng lỗ cắm van

Bước 6. Dựng hoàn thiện mô hình 3D vành bánh xe: Vì vành bánh xe thiết kế là vành nguyên khối nên sau khi thiết kế tất cả các bộ phận phải được liên kết lại làm một khối đồng nhất. Lệnh Combine trong Solidworks thực hiện nhiệm vụ này. Mô hình 3D hoàn chỉnh của vành bánh xe ký hiệu 8Jx18 ET50 được xây dựng bằng phần mềm CAD Solidworks 2016 như hình 11.



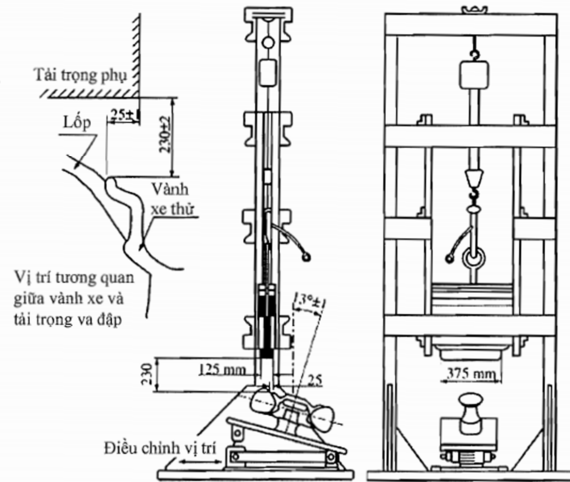
Hình 11. Combine vành, moay  $\sigma$  và nan hoa

### 3. TÍNH TOÁN KẾT CẤU VÀNH HỢP KIM Ô TÔ KHI CHỊU VA ĐẬP BẰNG PHẦN MỀM ANSYS

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

Mô hình tính toán và đánh giá độ bền vành ô tô được xây dựng dựa trên quy chuẩn QCVN78:2014/BGTVT như

hình 12 đó là xây dựng mô hình với ba thành phần: vành hợp kim, giá lắp và khối tải trọng va đập. Vành hợp kim được lắp ghép với giá lắp qua điều kiện tiếp xúc giữa các bề mặt. Mô phỏng quá trình va đập của khối tải trọng và vành hợp kim ở độ cao 230mm.



Hình 12. Mô hình thử nghiệm và đập vành hợp kim

Thực hiện xây dựng mô hình phần tử hữu hạn cho vành ô tô từ mô hình hình học hình 13, lựa chọn kiểu phần tử SOLID185 cho mô hình vành, các bề mặt tiếp xúc giữa khối vật thể với vành, vành ô tô với chân đế có kiểu phần tử CONTA174, TARGE170 và vật liệu hợp kim có tính chất thể hiện trong bảng 2, thông qua việc chia lưới mô hình hình học được mô hình phần tử hữu hạn kết cấu vành ô tô như hình 13.



Hình 13. Mô hình phần tử hữu hạn vành ô tô

Bảng 2. Tính chất vật liệu vành hợp kim ô tô

Tính chất vật liệu	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Mô đun đàn hồi	E	71,7	GPa
Hệ số Poisson	$\nu$	0,33	
Giới hạn bền uốn (Tensile Yield Strength)	$\sigma_c$	505	MPa
Giới hạn bền kéo (Ultimate Tensile Strength)	$\sigma_k$	570	MPa

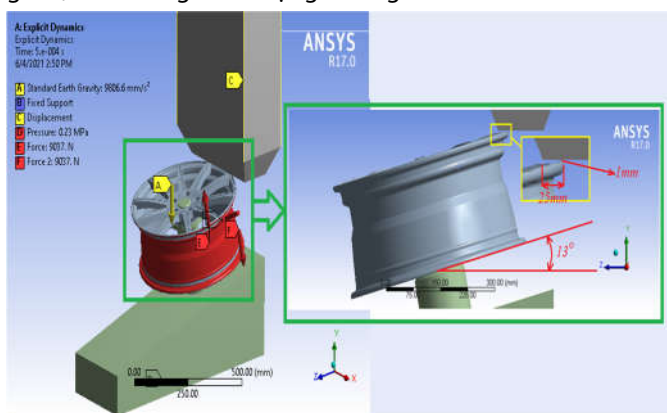
**3.2. Phương án đặt tải**

Khi thực hiện đặt tải cho mô hình dựa trên quy định của quy chuẩn QCVN 34:2017/BGTVT về kiểm tra vành hợp kim ô tô thực hiện như sau:

- Khối vật thể va chạm có khối lượng được lựa chọn theo QCVN 34:2017/BGTVT là 550kg với khả năng chịu tải lớn nhất của bánh xe được lấy theo quy định của nhà sản xuất lốp. Khối vật thể thực hiện chuyển động va chạm xuống vành hợp kim được quy đổi từ độ cao 230mm xuống độ cao 1mm, vận tốc của khối vật thể va chạm lúc cách vành 1mm tính theo công thức:

$$v = \sqrt{2.g.h} = 2,2321(m/s) \tag{1}$$

Trong đó: h = 0,229m là độ cao của khối vật thể ban đầu so với vị trí cách bề mặt va chạm của vành ô tô là 1mm, g = 9,81m/s<sup>2</sup> là gia tốc trọng trường.



Hình 14. Mô hình phân tích độ bền và va chạm vành ô tô trong phần mềm Ansys

- 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 có giá trị là P<sub>0</sub> = 2,3.10<sup>5</sup>Pa. Thành phần thứ hai tác dụng lên gờ của vành, thành phần này có giá trị được tính theo công thức:

$$T_r = \frac{F_p}{4\pi.r_f} = (a^2 - r_f^2) \frac{P_0}{4r_f} \tag{2}$$

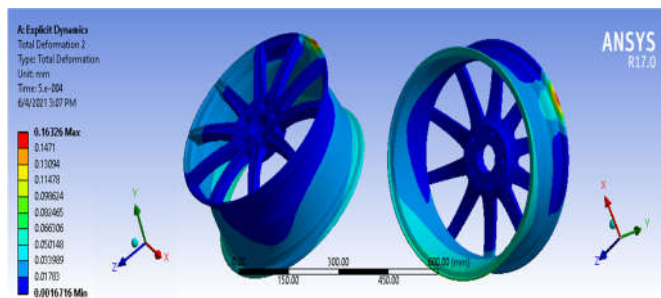
$$= (0,278^2 - 0,2286^2) \frac{230000}{4.0,2285} = 18074(Pa)$$

Trong đó: T<sub>r</sub> là lực do không khí nén bên trong lốp tác dụng lên một gờ vành ô tô. P<sub>0</sub> là áp suất tĩnh tiêu chuẩn của lốp theo quy chuẩn, a = 0,346m là bán kính ngoài của bánh xe, r<sub>f</sub> = 0,457/2 = 0,2286m là bán kính danh nghĩa của vành hợp kim.

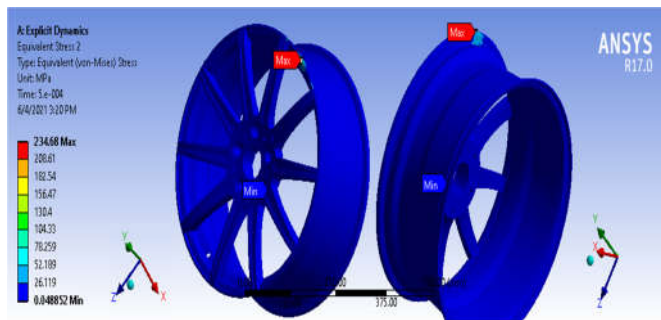
Giá đỡ được cố định trên mặt phẳng và khối tải trọng va đập được gán vận tốc, áp lực của không khí trong lốp tác dụng lên vành, được trình bày như trong hình 14.

**3.3. Giải bài toán**

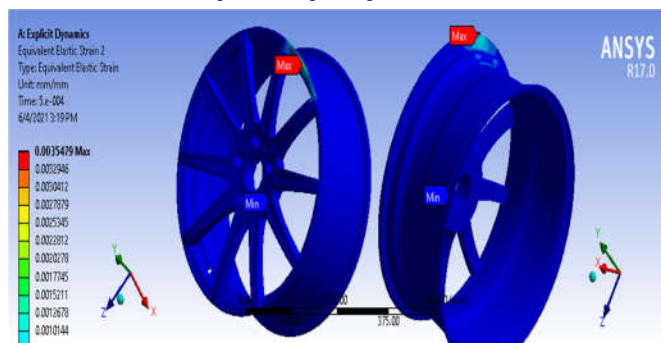
Sau khi tiến hành giải bài toán trên phần mềm Ansys thu được kết quả trường phân bố chuyển vị nút (hình 15), trường phân bố ứng suất nút theo Von Mises (hình 16) và trường phân bố biến dạng tương đương theo Von Mises (hình 17).



Hình 15. Phân bố chuyển vị theo phương thẳng đứng



Hình 16. Phân bố ứng suất tương đương theo Von Mises



Hình 17. Phân bố biến dạng tương đương theo Von Mises

Từ kết quả hình 16 và 17 cho thấy, nơi có biến dạng lớn nhất và tập trung ứng suất lớn nhất tại vị trí tiếp xúc giữa vành với khối vật thể va chạm. Giá trị ứng suất sinh ra lớn nhất là 234,68 (MPa) < 505 (MPa) (ứng suất giới hạn của vật liệu vành) vành đủ bền. Phân bố biến dạng tương đương theo Von Mises trên hình 16 cho thấy giá trị lớn nhất tại vùng tiếp xúc giữa khối vật thể và vành bánh xe khi va chạm và có giá trị là 0,0035479 (mm). Như vậy căn cứ theo Tiêu chuẩn đánh giá dựa theo mục Đánh giá 4.4 trong QCVN 78:2014/BGTVT thì vành tính toán đạt yêu cầu.

**4. KẾT LUẬN**

Vành hợp kim ô tô là bộ phận thường xuyên chịu các lực tác động cơ học nên rất dễ bị biến dạng, trầy xước và hỏng hóc. Do đó, nghiên cứu thiết kế kích thước, hình dạng của vành phải phù hợp để lắp lốp và đảm bảo độ bền làm việc. Nội dung bài báo đã trình bày nghiên cứu thiết kế và tính toán bền chịu va đập của vành hợp kim ô tô được sử dụng tại Việt Nam. Dựa trên quy chuẩn QCVN78:2014/BGTVT của Việt Nam và ISO 4000-2 xác định tham số kết cấu cho vành ô tô và tiến hành xây dựng một mô hình tính toán bền. Sử dụng phần mềm Solidwork để xây dựng mô hình 3D và

phần mềm Ansys tính toán bền vành bánh xe. Kết quả tính toán cho một vành hợp kim cụ thể lắp cho lốp có kí hiệu 235/40ZR18 91W xác định được ứng suất lớn nhất trên vành tập trung tại vị trí tiếp xúc giữa khối vật thể và vành ô tô trong quá trình va chạm là 234,68 (MPa) nhỏ hơn ứng suất cho phép của vật liệu và kết quả thử nghiệm cho thấy không xuất hiện vết nứt xuyên tâm căn cứ theo quy chuẩn QCVN78:2014/BGTVT vành đảm bảo chất lượng. Như vậy thông qua việc nghiên cứu này cho thấy kết quả có thể được sử dụng làm cơ sở để nghiên cứu các thông số thay đổi bánh xe như vật liệu mới, độ dày, kích thước và kiểu nan hoa. Do đó, nghiên cứu nhiều hơn sẽ cung cấp các giải pháp tốt hơn cho các vấn đề công nghiệp liên quan đến thiết kế, sản xuất và sử dụng vành lắp trên ô tô được sử dụng tại Việt Nam.

### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong đề tài mã số T2021-CK-017.

---

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. P. Meghashyam, S. Girivardhan Naidu, N. Sayed Baba, 2013. *Design and Analysis of Wheel Rim using CATIA & ANSYS*. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM), ISSN 2319 - 4847, Volume 2, Issue 8.
- [2]. Kalpesh R. Salunkhe, Shailesh S. Pimpale, 2017. *Design, FEM Analysis and of Alloy Wheel Rim*. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, ISSN (Online) 2393 ISSN (Print) 2394- -1588 8021, Vol. 4, Issue 9.
- [3]. Atish Prabhakar Pawar, B. D. Patil, 2020. *Design, analysis and optimization of wheel rim*. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR), Volume 7, Issue 8.
- [4]. QCVN78:2014/BGTVT, National technical regulation on light alloy wheels for automobiles
- [5]. Dang Viet Ha, Vu Thanh Niem, Dinh Quang Vu, 2015. *Research methodology and introduce equipment impact test*. Transport Journal, Ministry of Transport Vol. 08.
- [6]. Dang Viet Ha, Duong Hiep Si, 2018. *Rotating bending fatigue testing of light alloy wheels used for automobile according to QCVN 78:2014/BGTVT*. Transport Journal, Ministry of Transport Vol. 08.
- [7]. ISO 4000-2, 2017. *Passenger car tyres and rims - Part2: Rims*. International Standard, Fourth edition.

---

### AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Quang Cuong<sup>1</sup>, Nguyen Thanh Cong<sup>1</sup>, Pham Thi Thanh Nhan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculty of Mechanical Engineering, University of Transport and Communications

<sup>2</sup>Faculty of Fundamental Science, Viet - Hung Industrial University