

PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA VẬT LIỆU ĐẾN ĐẶC TÍNH BỀN CỦA ĐĨA PHANH TRÊN Ô TÔ

NGUYỄN XUÂN NGỌC¹, TRẦN VĂN NHƯ^{2*}, VÕ LÂM KIM THANH¹, LÂM TRỌNG THỨC¹,
TRẦN THANH TÂM³

¹ Khoa Công Nghệ Động Lực, Trường Đại học Công Nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

² Bộ môn Cơ Khí Ô Tô, Khoa Cơ Khí, Trường Đại học Giao Thông Vận Tải, Hà Nội

³ Khoa Điện – Điện Tử, Trường Cao đẳng Công Nghệ Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh

* Tác giả liên hệ: vannhu.tran@utc.edu.vn

DOIs: <https://www.doi.org/10.46242/jstiuh.v78i6.5699>

Tóm tắt. Hiện nay đa số xe ô tô du lịch thường sử dụng phanh đĩa vì cơ cấu này mang lại sự an toàn và hoạt động nhanh chóng. Trong quá trình xe di chuyển, đĩa phanh hoạt động liên tục nên dễ bị thay đổi độ bền so với ban đầu, vì vậy các nhà sản xuất cần lựa chọn vật liệu chế tạo đĩa phanh cho phù hợp và giá cả hợp lý. Phương pháp phần tử hữu hạn được áp dụng dựa trên Ansys để phân tích ứng suất và biến dạng đĩa phanh thủy lực dùng cho xe du lịch ứng với các loại vật liệu. Mô hình phân tích 3D của đĩa được xây dựng bằng phần mềm SolidWorks. Mô phỏng cho thấy thép kết cấu (Structural steel) có ứng suất, biến dạng lần lượt là 48,778 MPa và 0,078082 mm phù hợp dùng để làm đĩa phanh. Kết quả này phục vụ cho công tác nghiên cứu cải tiến đĩa phanh hoặc cho các nhà chế tạo hệ thống phanh ô tô.

Từ khóa. Đĩa phanh, vật liệu, SolidWorks, Ansys, ứng suất, biến dạng.

1 GIỚI THIỆU

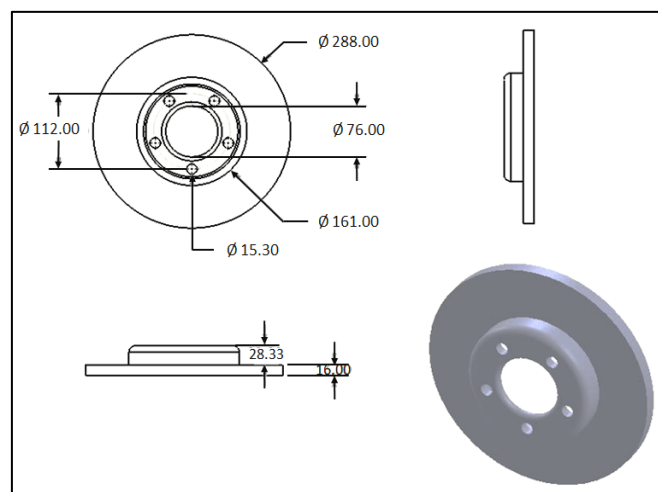
Trong thời đại các nước đều đi theo xu thế hiện công nghiệp hoá hiện đại hoá nhịp sống cùng sự phát triển đang ngày một tăng cao. Chính vì thế, phương tiện giao thông nói chung và đặc biệt ô tô nói riêng đã và đang là phương tiện đáp ứng nhu cầu di chuyển cũng như vận chuyển chủ yếu của con người. Tốc độ tăng trưởng của ngành công nghệ ô tô đang diễn ra vượt bậc, là một ngành mũi nhọn của một số quốc gia. Vậy đòi hỏi yêu cầu kỹ thuật cùng với các yêu cầu về an toàn đang cần được phát triển hơn. Và một trong những hệ thống quan trọng nhất đảm bảo an toàn trên ô tô đó là hệ thống phanh. Hệ thống phanh liên quan trực tiếp đến độ an toàn, niềm tin của người dùng đến hãng xe. Ngày nay có rất nhiều công trình khoa học nghiên cứu về hệ thống phanh rất nhiều. Cụ thể là các tác giả [1] đã sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua Ansys để phân tích rô-tô đĩa phanh tương ứng với bốn loại vật liệu được liệt kê trong công trình, kết quả cho thấy vật liệu các-bon com-po-sit (Carbon composite) dùng làm đĩa phanh tản nhiệt nhanh hơn, ma sát tốt và nhẹ hơn so với gang xám (Grey Cast Iron). Trong nghiên cứu [2] cũng đã sử dụng nhiều loại vật liệu dùng cho đĩa phanh loại có và không có lỗ thông hơi để khảo sát ứng suất, nhiệt độ và chuyển vị bằng Ansys, từ đó cho thấy hợp chất ma trận kim loại nhôm là vật liệu tối ưu nhất. Tương tự trong nghiên cứu [3], các tác giả cũng đưa ra các dạng hình dạng mẫu cắt đĩa phanh khác nhau để xem xét sự phân bố nhiệt độ khác nhau trong quá trình phanh bằng Ansys và cũng cho thấy được sự thay đổi phanh tang trống bằng phanh đĩa đạt hiệu quả hơn. Các tác giả [4] đã tính toán hành trình phanh của đĩa phanh và ảnh hưởng của lực tác động và lực ma sát đến hiệu quả phanh bằng Ansys ứng các loại vật liệu khác nhau. Hoặc các dạng hình học đĩa phanh có thể thay đổi khác nhau để giảm trọng lượng được xây dựng từ phần mềm AutoCAD và phân tích mô phỏng nhiệt bằng Ansys để xác định được hình dạng đĩa phanh tối ưu về nhiệt hơn so với đĩa phanh ban đầu [5], từ đó giảm được chi phí sản xuất. Điển hình như trong nghiên cứu [6] sử dụng đĩa phanh được thiết kế có lỗ thông gió bên trong để phân tích cấu trúc nhiệt và ứng suất bằng Ansys khi có sự tiếp xúc giữa đĩa phanh và má phanh xảy ra để khẳng định sự phù hợp với các kết quả nghiên cứu trước đó. Bên cạnh đó, đĩa phanh có lỗ thông gió cũng được đề cập đến trong nghiên cứu [7], các tác giả đã dùng phần mềm Autodesk Inventor thiết kế mô hình 3D đĩa phanh này, tổng cộng tác giả đã đưa ra sáu loại đĩa phanh với các hình dạng khác nhau để đánh giá ứng suất và biến dạng của chúng, từ đó so sánh các giá trị và xác định dạng hình học nào là tốt nhất. Trong bài báo [8], các tác giả cũng xem xét đến ảnh hưởng của

các má phanh khi chúng tác động đến đĩa phanh, khi đó sẽ phân tích ứng suất và biến dạng của đĩa phanh trong các trường hợp hệ số ma sát và tốc độ khác nhau. Nghiên cứu [9] phân tích nhiệt được sinh ra trong quá trình phanh của xe ô tô điện bằng Ansys nhằm đánh giá hiệu suất phanh của dòng xe này.

Hệ thống phanh hiện nay rất nhiều nhà khoa học quan tâm và luôn luôn tìm mọi biện pháp để cải tiến hoặc nâng cao hiệu quả trong quá trình sử dụng. Tuy nhiên vẫn tồn tại số ít nghiên cứu vẫn chưa đi sâu vào sự biến dạng của đĩa phanh vì nếu biến dạng quá lớn có thể dẫn đến đĩa phanh bị đảo và làm cho hiệu quả phanh giảm. Trong bài báo này trình bày một dạng hình học đĩa phanh đặc gần giống với thực tế đĩa phanh trên ô tô du lịch được xây dựng bằng SolidWorks và áp dụng Ansys phân tích phần tử hữu hạn ứng với các loại vật liệu khác nhau được đề xuất để so sánh các giá trị chuyển vị (biến dạng) và ứng suất. Điều này nhằm xác định được loại vật liệu phù hợp để tăng độ bền cho đĩa phanh.

2 XÂY DỰNG MÔ HÌNH

Bài nghiên cứu tập trung vào đĩa phanh của dòng xe Kia Pride. Các thông số kích thước của đĩa phanh được thể hiện trong hình 1. Mô hình 2D và 3D của đĩa phanh được xây dựng bởi phần mềm SolidWorks như sau:



Hình 1: Mô hình 3D đĩa phanh và các thông số kích thước

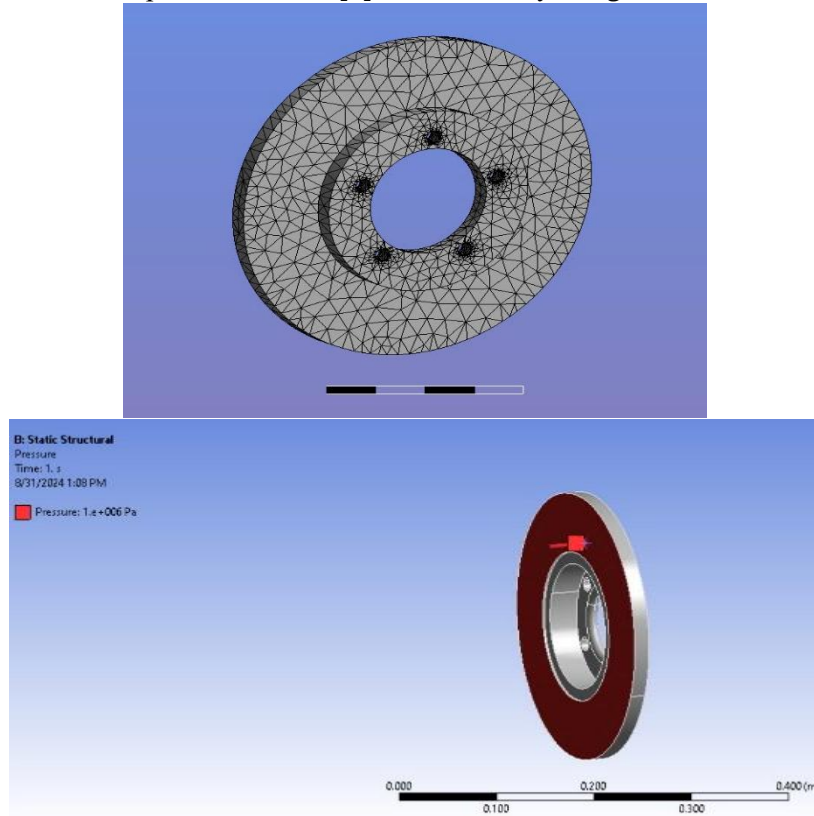
Độ bền và tuổi thọ của đĩa phanh thủy lực trên ô tô chịu ảnh hưởng từ nhiều yếu tố khác nhau. Vì vậy nghiên cứu lựa chọn loại vật liệu chế tạo đĩa phanh là rất cần thiết. Thông số một số vật liệu được đề xuất tương tự như các nghiên cứu [10-14] phân tích độ bền của đĩa phanh được trình bày trong bảng 1 như sau:

Bảng 1: Giá trị cơ bản của vật liệu dùng để mô phỏng

Vật liệu	Khối lượng riêng (kg/m ³)	Hệ số Poisson	Suất Young (GPa)	Hệ số ma sát
Gang xám (Gray Cast Iron)	7200	0.27	120	0.4
Titan (Titanium)	4480	0.31	116	0.32
Hợp kim nhôm (Aluminum Alloy)	2700	0.33	71.7	1.1
Hợp kim đồng (Copper Alloy)	8900	0.37	135	0.53
Thép kết cấu (Structural Steel)	7850	0.3	200	0.3

3 KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

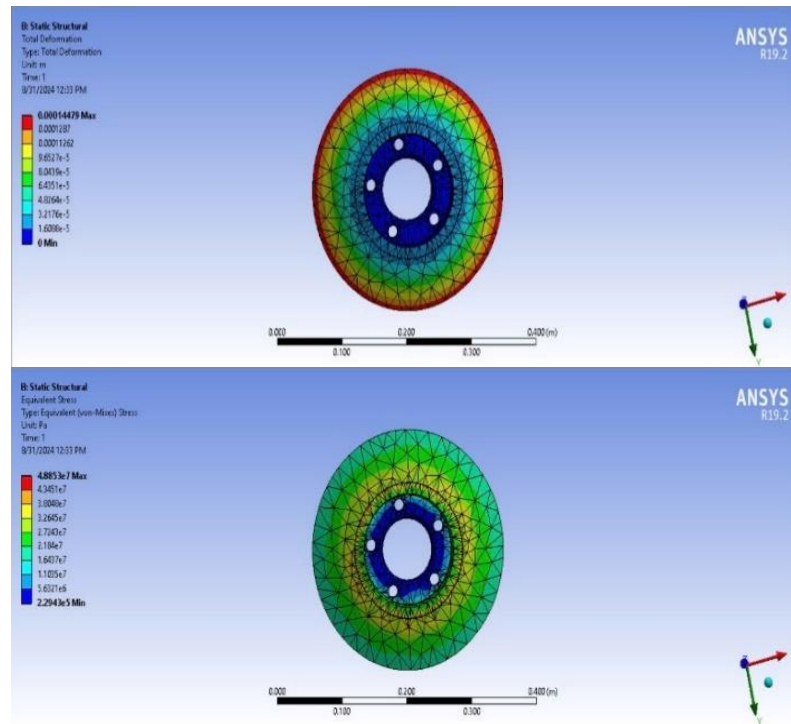
Đĩa phanh trên xe ô tô có nhiều lỗ nhỏ để gắn các bu-lông vào bánh xe và các vị trí góc cạnh được bo tròn nên hình dạng khá phức tạp, vì vậy trước khi phân tích phần tử hữu hạn, nghiên cứu phải chia nhỏ các vị trí trên đĩa phanh để phân tích, quá trình này gọi là chia lưới mô hình [15]. Đầu tiên từ mô hình 3D của SolidWorks, sản phẩm này được chuyển sang Ansys để tiến hành bước chia lưới trên toàn bộ đĩa phanh, cấu trúc lưới sử dụng phần tử tứ diện gồm có 25732 nút và 14896 phần tử tương tự như trong [12], sau đó lực tác động được đặt vào đĩa phanh là 1 MPa [8] được trình bày trong hình 2 như sau:



Hình 2: Mô hình chia lưới và đặt lực của đĩa phanh

Sau khi quá trình chia lưới và đặt lực tác dụng vào đĩa phanh được thực hiện, ứng dụng Ansys phân tích phần tử hữu hạn để xác định chuyển vị (biến dạng) và ứng suất của đĩa phanh, từ đó xác định vật liệu phù hợp để chế tạo thông qua các hình ảnh sau:

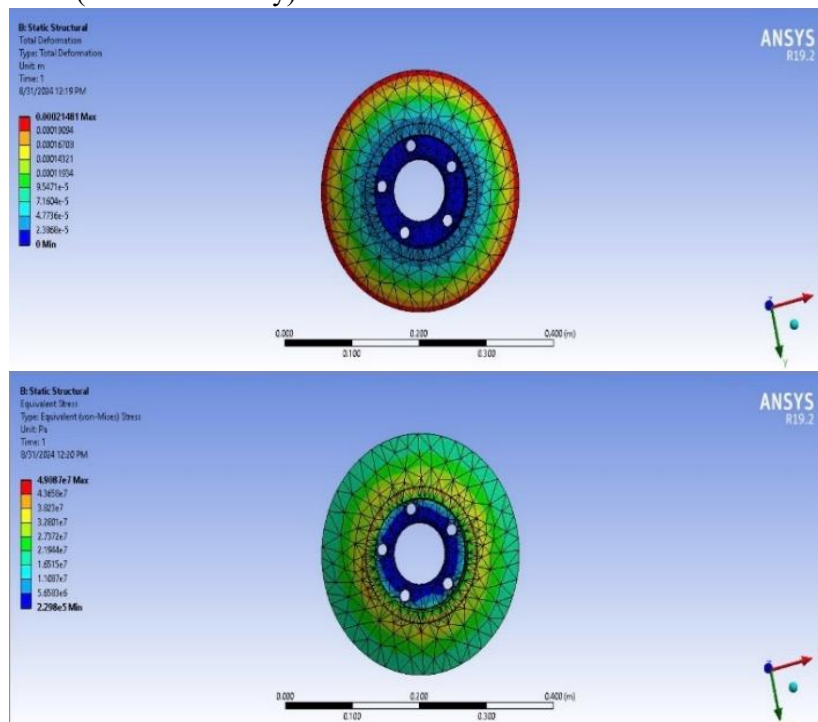
Đối với vật liệu gang xám (Gray Cast Iron):



Hình 3: Biến dạng và ứng suất của đĩa phanh gang xám

Hình 3 chỉ rõ đĩa phanh bị biến dạng 0,14479 mm, sự biến dạng nhỏ nhất nằm ở phần hình tròn tâm đĩa sau đó lớn dần ra phía ngoài mép đĩa phanh và chịu ứng suất cực đại là 48,853 MPa, ứng suất này ngược lại là giảm dần từ tâm đĩa ra đến ngoài mép đĩa phanh. Các vật liệu khác cũng có sự biến đổi tương tự như vật liệu gang xám.

Vật liệu hợp kim nhôm (Aluminum Alloy):

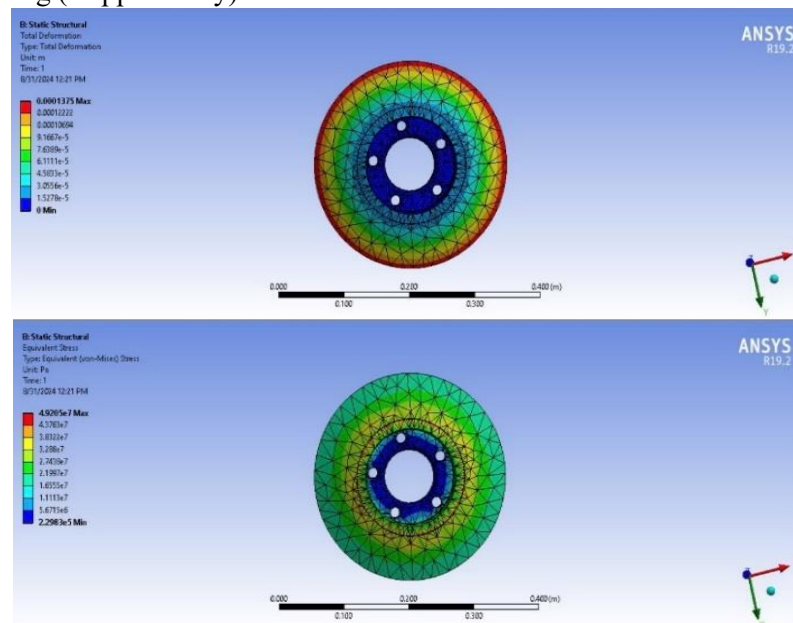


Hình 4: Biến dạng và ứng suất của đĩa phanh hợp kim nhôm

PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA VẬT LIỆU ĐẾN ĐẶC TÍNH BỀN CỦA ĐĨA PHANH TRÊN Ô TÔ

Hình 4 chỉ rõ sự biến dạng lớn nhất của đĩa phanh là 0,21481 mm ứng với phần mép ngoài của đĩa phanh vì các phần tử ở phần này liên kết với phần tâm đĩa phanh kém hơn các phần tử gần đó và phần đĩa gần tâm chịu được ứng suất cực đại là 49,087 MPa. Cũng như hình 3 thì sự biến dạng và ứng suất của các vật liệu khác cũng mô phỏng tương ứng nhưng chỉ khác giá trị đạt được.

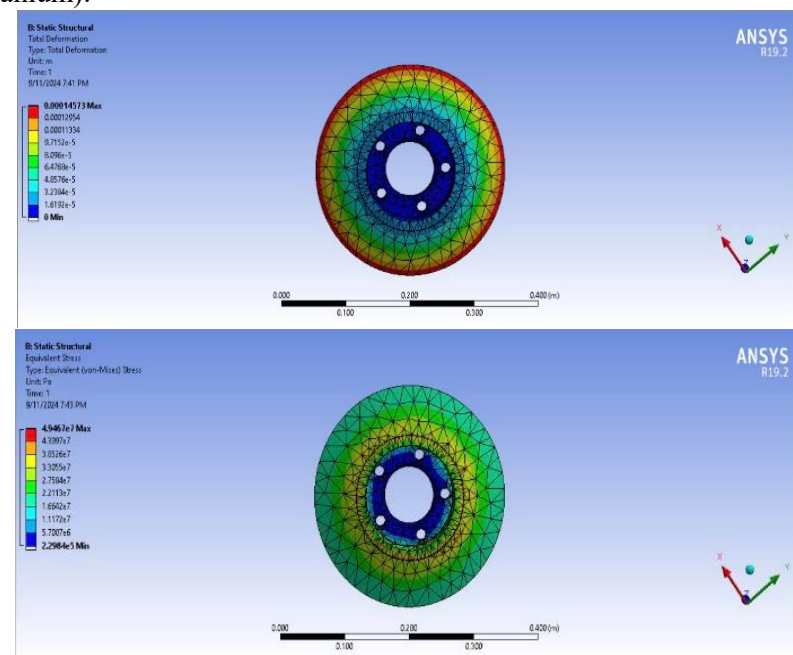
Vật liệu hợp kim đồng (Copper Alloy) :



Hình 5: Biến dạng và ứng suất của đĩa phanh hợp kim đồng

Hình 5 cho thấy đĩa phanh bị biến dạng là 0,1375 mm và ứng suất cực đại chịu được là 49,205 MPa.

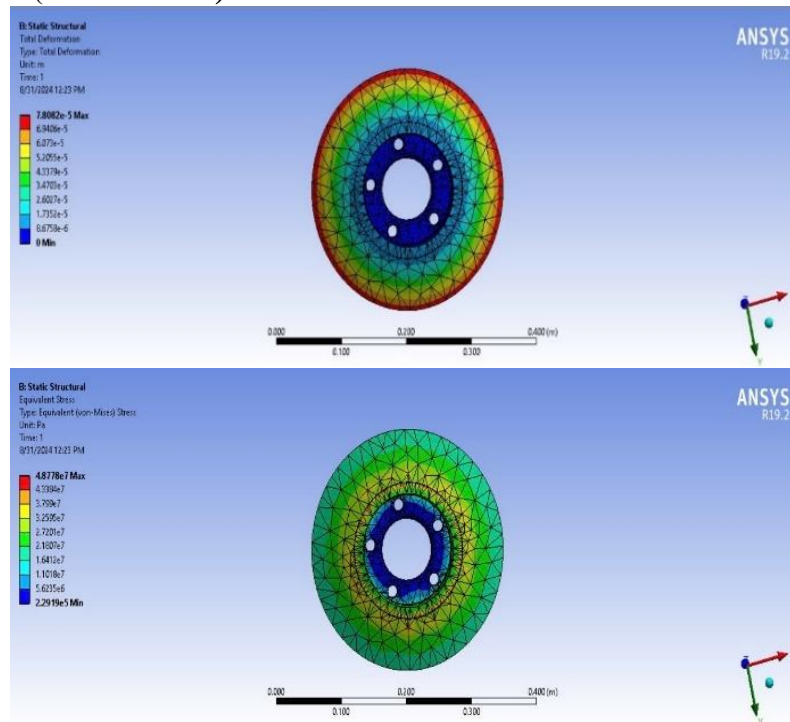
Vật liệu Titan (Titanium):



Hình 6: Biến dạng và ứng suất của đĩa phanh Titan

Hình 6 chỉ rõ đĩa phanh bị biến dạng là 0,14573 mm và chịu được ứng suất cực đại là 49,467 MPa.

Vật liệu thép kết cấu (Structural Steel):



Hình 7: Biến dạng và ứng suất của đĩa phanh thép kết cấu

Hình 7 trình bày sự biến dạng lớn nhất của đĩa phanh là 0,078082 mm và chịu được ứng suất cực đại là 48,778 MPa.

Các kết quả mô phỏng được tổng hợp trong bảng 2 như sau:

Bảng 2: Kết quả phân tích ứng suất và biến dạng của đĩa phanh ứng với các loại vật liệu được đề xuất

Vật liệu	Biến dạng (mm)	Ứng suất cực đại (MPa)
Gang xám (Gray Cast Iron)	0,14479	48,853
Titan (Titanium)	0,14573	49,467
Hợp kim nhôm (Aluminum Alloy)	0,21481	49,087
Hợp kim đồng (Copper Alloy)	0,1375	49,205
Thép kết cấu (Structural Steel)	0,078082	48,778

Từ kết quả bảng 2 cho thấy đĩa phanh thép kết cấu có biến dạng nhỏ nhất và ứng suất cực đại chịu được nhỏ nhất. Tuy nhiên nếu xét về chức năng của hệ thống hay chi tiết mà đề xuất vật liệu cho phù hợp, đĩa phanh trên ô tô hoạt động thường xuyên và đòi hỏi phải hiệu quả và lâu dài. Vì vậy nghiên cứu đề xuất thép kết cấu sử dụng chế tạo đĩa phanh vì biến dạng nhỏ nhất, nếu biến dạng lớn sẽ dễ gây hao mòn và cong vênh đĩa, các giá trị ứng suất cực đại đối với những vật liệu được phân tích có giá trị chênh lệch không nhiều, kết quả này tương tự như sự lựa chọn bởi các tác giả của nghiên cứu [16].

4 KẾT LUẬN

Việc đề xuất loại vật liệu dùng để chế tạo đĩa phanh cho hệ thống phanh thủy lực trên xe ô tô chính là mục tiêu nghiên cứu của bài báo này. Kết luận trên được rút ra từ quá trình xây dựng mô hình đĩa phanh 3D bằng phần mềm SolidWorks và ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích ứng suất và biến dạng của đĩa phanh thông qua Ansys. Bài báo đưa ra năm loại vật liệu gồm: Gang xám, Hợp kim nhôm, Hợp kim đồng, Titan, Thép kết cấu để mô phỏng và phân tích. Thép kết cấu (Structural Steel) được đề xuất sử dụng dùng chế tạo đĩa phanh. Kết quả này có thể được dùng làm kiến thức cơ bản cho các nghiên cứu về vật liệu chế tạo hoặc ứng dụng cho các nhà máy chế tạo sản xuất đĩa phanh ô tô.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. Barik and S. A. R. Khadari, Analysis Of Disc Brake, *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, vol. 1123(1):012004, 2021.
- [2] L. C. Balu and R. Rajendra, Analysis of disc brake with composite materials, *Materials Today: Proceedings*, 2023.
- [3] C. B. Chavana, A. S. Morea, N. N. Patila and P. Baskar, Static structural and thermal analysis of brake disc with different cut patterns, *Journal of Applied Research and Technology*, vol 16, iss.1, pp. 41-52, 2018.
- [4] S. R. Abhang and D. P. Bhaskar, Design and Analysis of Disc Brake, *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, vol. 8, no. 4, pp. 165-167, 2014.
- [5] B. Suwal and S. Maharjan, Design of Rotor Disc Brake using Structural & Thermal Analysis, *Proceedings of 8th IOE Graduate Conference*, 2020.
- [6] A. Belhocine and M. Bouchetara, Structural and Thermal Analysis of Automotive Disc Brake Rotor, *Archive of Mechanical Engineering*, vol. 61, no. 1, pp. 89-113, 2014.
- [7] A. S. A. Ahmed, V. A. Kumar, S. Gokul and P. Vijay, Design and analysis of disc brake rotor using different profiles, *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, vol. 4, iss. 9, pp. 286-293, 2020.
- [8] A. Belhocine, A. R. A. Bakar and M. Bouchetara, Thermal and structural analysis of disc brake assembly during single stop braking event, *Australian Journal of Mechanical Engineering*, vol. 14, no. 1, pp. 26-38, 2016.
- [9] Jaenudin, J. Jamari and M. Tauviqirrahman, Thermal analysis of disc brakes using finite element method, *International Conference On Engineering, Science And Nanotechnology 2016 (ICESNANO 2016)*, AIP Conf. Proc., 1788, 030028-1–030028-5, 2017.
- [10] A. Jadhav, G. Salvi, S. Ukamnal and P. Baskar, Static Structural Analysis of Multiplate Clutch with Different Friction Materials, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 2, iss.11, pp. 3173-3178, 2013.
- [11] H. S. Shinde, Structural Analysis of Disc Brake Rotor for Different Materials, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 4, iss. 7, pp. 2129-2135, 2017.
- [12] H. Najmi, N. Kumar, Himanshu, A. Singh, R. Singh and S. Kumar, Thermal analysis of brake disc of an automobile, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering (FSAET 2020)*, IOP Publishing, 1116, 012146, 2021.
- [13] S. Notalapati, D. Azad and G. S. Naidu, Structural Analysis of Friction Clutch Plate By Changing Fillet Radius, *International Journal of Engineering Research-Online*, vol. 5, iss. 1, pp. 79-86, 2017.
- [14] B. Sreevani and M. M. Mohan, Static and Dynamic Analysis of Single Plate Clutch, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 4, iss. 9, 2015.

- [15] X. N. Nguyen, T. P. Dang, K. D. Vo and T. T. Tran, Influence of Material Properties on the Durability of Automotive Hydraulic Brake Discs: A Finite Element Analysis Approach, *Revue des Composites et des Matériaux Avancés (RCMA)*, vol. 34, no. 6, pp. 767-773, 2024.
- [16] S. Kebede and H. N. Hailu, Modeling, and FEA of Multi-Plate Clutches by Varying Materials for Optimum Torque Transfer Capacity of TCT System of Green, And Light Vehicles, *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*, vol. 5, iss. 1, pp. 114-120, 2018.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF MATERIALS ON THE DURABILITY CHARACTERISTICS OF BRAKE DISCS ON VEHICLE

NGUYEN XUAN NGOC, TRAN VAN NHU*, VO LAM KIM THANH, LAM TRONG THUC,
TRAN THANH TAM

** Corresponding author: vannhu.tran@utc.edu.vn*

Abstract. Currently, most passenger cars often use disc brakes because this mechanism brings safety and fast operation. During the movement of the vehicle, the brake disc operates continuously, so it is easy to change the durability compared to the original, so manufacturers need to choose the appropriate material to make the brake disc at a reasonable price. The finite element method is applied based on Ansys to analyze the stress and deformation of hydraulic brake discs for passenger cars corresponding to materials. The 3D analytical model of the disc is built using SolidWorks software. The simulation shows that the structural steel with stress and strain of 48.778 MPa and 0.078082 mm respectively is suitable for making brake discs. This result serves the research work to improve brake discs or for manufacturers of automobile brake systems.

Keywords. Brake disc, material, SolidWorks, Ansys, stress, deformation.

Ngày gửi bài: 14/4/2024

Ngày chấp nhận đăng: 30/6/2025