

MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH VA CHẠM CỦA BA-ĐỜ-SỐC CỦA XE Ô TÔ VÀO TƯỜNG THÉP SỬ DỤNG TƯƠNG TÁC GIỮA PHẦN MỀM MOLDFLOW VÀ ABAQUS

CRASH TEST SIMULATION OF CAR'S BUMPER WITH STEEL WALL USING INTERACTION BETWEEN MOLDFLOW AND ABAQUS

Lê Thị Tuyết Nhung
Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Ba-đờ-sốc (BDS) là một kết cấu được gắn vào phía trước hoặc phía sau của ô tô, nhằm mục đích hấp thụ những chấn động nhỏ để giảm thiểu tác động lên người ngồi trong xe. Ba-đờ-sốc bảo vệ cho các bộ phận của xe bằng cách hấp thụ động năng được sinh ra trong quá trình va chạm. Ba-đờ-sốc của các mẫu xe hiện đại được làm bằng vật liệu composite nền nhựa sợi thủy tinh hoặc sợi các bon và được sản xuất bằng phương pháp đúc khuôn. Phần mềm Moldflow cho phép mô phỏng tính chất của composite ở từng vị trí mẫu theo thông số phương pháp đúc khuôn. Các thông số này sẽ là thông số đầu vào vật liệu để mô phỏng tính toán va chạm giữa ba-đờ-sốc và tường thép trong thử nghiệm va chạm. Trong nghiên cứu này, phương pháp kết nối giữa hai phần mềm mô phỏng Moldflow và Abaqus sẽ được sử dụng để tính toán trực tiếp trạng thái ứng suất và biến dạng của ba-đờ-sốc từ những thông số đầu vào của quá trình sản xuất như loại nhựa, vị trí cổng phun, áp suất phun và vận tốc va chạm. Ảnh hưởng của vận tốc va chạm đến trạng thái ứng suất cũng được khảo sát.

Từ khóa: *Phân bố hướng sợi; Ba-đờ-sốc; Moldflow; Abaqus; Thử nghiệm va chạm.*

ABSTRACT

The bumper is an element of the car's front or back that works to absorb minor shock from collisions. By absorbing the kinetic energy created during the collision, the bumper shields various vehicle components. Modern cars use composite bumpers that are manufactured from fiberglass or carbon fiber. Moldflow software allows to simulate the properties of the composite in each sample position according to the molding method parameters. The output parameters of the moldflow will be the input parameters to simulate the impact calculation between the bumper and the wall in crash tests. In this study, the coupling method between Moldflow and Abaqus software will be used to directly calculate the stress and deformation state of the bumper from manufacturing process's parameters such as plastic type, spray port position, injection pressure and crash velocity. The effect of impact velocity on stress state will be also investigated.

Keywords: *Fiber orientation; Bumper; Moldflow; Abaqus; Crash test.*

1. TỔNG QUAN

Vấn đề dự đoán phân bố hướng sợi trong các chi tiết được chế tạo bằng phương pháp đúc khuôn đã được nghiên cứu từ lâu nhưng vẫn đặt ra mối quan tâm đối với các nhà sản xuất bởi độ đồng đều của tính chất cơ học phụ thuộc vào rất nhiều thông số. Sau khi mô phỏng tính chất vật liệu trong quá trình phun, nếu phần mềm cho phép kiểm bền luôn chi tiết đó để tìm ra vị trí ứng suất tập trung lớn nhất và từ đó quay ngược lại điều chỉnh thông số phun chính là hướng đi của các nhà sản xuất hiện nay. Jin Wang và cộng sự [1] đã nghiên cứu phân bố hướng sợi trong chi tiết đơn giản hình chữ nhật hoặc đĩa tròn bằng mô phỏng số Moldflow với vận tốc phun khác nhau và cho ra kết quả khá chính xác so với dữ liệu thực nghiệm. Ba phương pháp khác nhau để nghiên cứu phân bố hướng sợi bằng Moldflow, Digimat và Ansys được nghiên cứu và so sánh bởi A. Isaincu và cộng sự [2]. Ma Zhiguo và cộng sự [3] trình bày một phương pháp hiệu quả để chuyển đổi dữ liệu vật liệu từ phần mềm mô phỏng dòng chảy khuôn Moldflow sang phần mềm mô phỏng cấu trúc Abaqus cho các bộ phận có thành mỏng có thể được chia thành các phần tử vỏ 2D. Andreassona và cộng sự [4] đã sử dụng phương pháp xây dựng mô hình phần tử hữu hạn phân lớp trong Abaqus bằng cách sử dụng kết quả từ mô phỏng Moldflow về tăng trưởng kết tinh và định hướng phân tử trên mẫu nhựa tinh thể. Remy và cộng sự [5] đã nghiên cứu các biến số quan trọng nhất như vật liệu, cấu trúc, hình dạng và điều kiện va chạm được nghiên cứu để phân tích bài thử va chạm nhằm cải thiện khả năng hấp thụ năng lượng trong quá trình va chạm.

Mục đích chính của nghiên cứu này là ứng dụng phương pháp mô phỏng bằng Moldflow để đưa ra được phân bố hướng sợi

trong chi tiết ba-đờ-sóc phía trước BMW E90, từ đó xuất ra được các thông số cơ học của vật liệu. Sau đó, mô hình Abaqus tương tác sẽ sử dụng tính chất cơ học vật liệu đầu ra của mô hình Moldflow để tính toán bền của ba-đờ-sóc chịu tải va đập vào tường để đưa ra khuyến cáo thiết kế lại cho nhà sản xuất.

2. MÔ HÌNH HÓA THÔNG SỐ VẬT LIỆU NHỰA DÙNG MOLDFLOW

Mô hình được sử dụng là ba-đờ-sóc với vật liệu CYCOLAC EP mô phỏng bằng phần mềm Moldflow với số lượng cổng phun là 1 và vận tốc ép phun là $300\text{cm}^3/\text{s}$ (Hình 1). Các thông số của quá trình phun được chọn như sau: Khối lượng riêng trạng thái lỏng $D_d = 0.933\text{ g/cm}^3$, khối lượng riêng của nhựa ở trạng thái rắn $D_{nr} = 1.0421\text{ g/cm}^3$, máy ép phun SUN – 2800, nhiệt độ nhựa 260°C , nhiệt độ khuôn -60°C .



Hình 1. Mô hình BDS I cổng phun trong Moldflow

Phần mềm Moldflow cho phép tính toán ra được ten-xơ hướng sợi, đồng thời cũng xuất ra các thông số vật liệu như độ cứng và hệ số poisson tại nút bất kì trong chi tiết ba-đờ-sóc và lưu dưới dạng tệp dữ liệu. Tệp này xuất ra từ Moldflow nằm một thư mục cùng với mô hình mô phỏng trong Moldflow.

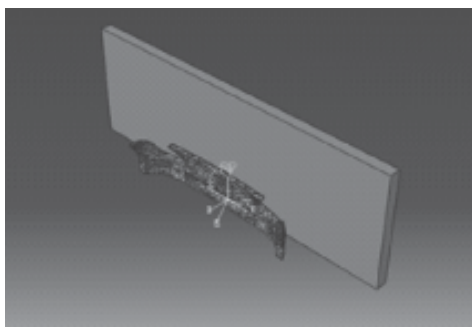
Để đánh giá độ chính xác của thông số mô phỏng, kết quả ten-xơ tại các vị trí lớn nhất và nhỏ nhất trên mẫu đĩa đơn giản hơn cùng thông số được so sánh với kết quả của Jin Wang và cộng sự [1]. Giá trị lớn nhất của thành phần ten-xơ σ_{xx} tại vị trí cách mép tám 0.125 lần kích

thước cho sai số so với Jin Wang là 10% cho thấy độ tin cậy của mô phỏng là chấp nhận được.

3. MÔ HÌNH HÓA BA-ĐỜ-SỐC CHỊU TẢI VA CHẠM VỚI TƯỜNG

3.1. Hình học và vật liệu

Trong nghiên cứu này, mô hình được sử dụng là BDS với vật liệu CYCOLAC EP đúng như mô hình đã làm trong phần mềm Moldflow (Hình 1) với cùng số điểm lưới. Tập dữ liệu đầu ra của Moldflow được nhập vào phần mềm ABAQUS mang theo cả thông số hình học, lưới và tính chất cơ học vật liệu tại mỗi điểm. Để kiểm tra các điều kiện bên của ba-đờ-sốc, ta sử dụng đặc trưng cơ học của vật liệu, ở đây các tiêu chuẩn được sử dụng để so sánh là: ứng suất chảy dẻo của vật liệu $\sigma_y = 45$ MPa, ứng suất tới hạn của vật liệu $\sigma_u = 49$ MPa, ε là biến dạng dẻo khi vật liệu bị phá hỏng (0,03). Tạo chi tiết tường có kích thước $3 \times 1 \times 0.2$ m (Hình 2). Vật liệu của tường là thép với các thông số: khối lượng riêng 7850 kg/m^3 , mô đun đàn hồi 200 GPa và hệ số Poisson là $0,3$, ứng suất chảy dẻo của vật liệu $\sigma_y = 380$ MPa, ứng suất tới hạn của vật liệu $\sigma_u = 500$ MPa. Điều kiện biên đặt vào mô hình là cố định tường, cho BDS di chuyển với vận tốc cho sẵn. Mô phỏng quá trình va chạm của BDS vào tường thép được thực hiện với các vận tốc khác nhau từ $1,5 \text{ m/s}$ đến 15 m/s . Thời gian tính toán trong Abaqus là $0,005 \text{ s}$.



Hình 2. Mô hình và va chạm trong ABAQUS

3.2. Kết quả mô phỏng dùng tương tác giữa hai phần mềm Moldflow và Abaqus

Mô hình được mô phỏng đầu tiên với vận tốc va chạm 5 m/s . Kết quả trên hình 3 cho thấy đồ thị phân bố ứng suất nằm ở cùng vị trí thanh chắn ở giữa phía dưới của BDS. Ứng với vận tốc 5 m/s thì ứng suất lớn nhất trong chi tiết là $46.1 \text{ MPa} > \sigma_y = 45 \text{ MPa}$, chứng tỏ với vận tốc 5 m/s , BDS đã xảy ra hiện tượng dẻo và xuất hiện biến dạng dẻo trong chi tiết. Hình 4 cho ta thấy biến dạng dẻo lớn nhất trong mẫu với vận tốc 5 m/s là $\varepsilon = 0.0314$. Như vậy mô hình Moldflow đã tích hợp được với mô hình ABAQUS để tính toán ra trường ứng suất và trường biến dạng trong tấm.



Hình 3. Phân bố ứng suất ứng với vận tốc 5 m/s

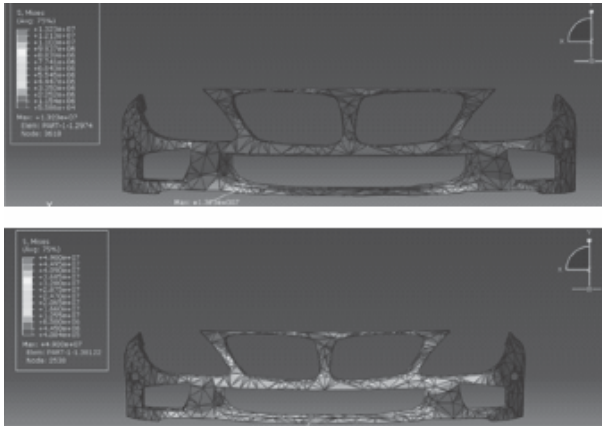


Hình 4. Phân bố biến dạng dẻo ứng với vận tốc 5 m/s

3.3. Khảo sát ảnh hưởng của vận tốc va chạm tới độ bền Ba-đờ-sốc

Các thông số phun được chọn giống mô tả trong phần 2 phía trước, dùng máy ép phun SUN – 2800, dùng để sản xuất ba-đờ-sốc. Thông số vận tốc va chạm được thay đổi như trong Bảng 1 để nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc đến hiện tượng dẻo và phá hủy của chi tiết ba-đờ-sốc. Phân bố ứng suất trong chi tiết ứng với vận tốc va chạm nhỏ nhất ($1,5 \text{ m/s}$) và vận

tốc va chạm lớn nhất (15 m/s) được biểu thị trong Hình 5.



Hình 5. Phân bố ứng suất ứng với vận tốc 1.5 m/s (trên) và 15 m/s (dưới)

Dựa vào kết quả mô phỏng va chạm trong các trường hợp, ta thấy tại vận tốc 1,5 m/s, giá trị ứng suất lớn nhất là 13.2 MPa nằm trong miền đàn hồi nên giá trị độ biến dạng dẻo bằng 0. Vật liệu không bị dẻo và không bị phá hủy.

Tại vận tốc 5 m/s, giá trị ứng suất lớn nhất trong BDS vượt ứng suất chảy dẻo nhưng chưa đạt tới giá trị ứng suất tới hạn. Tuy nhiên, giá trị độ biến dạng dẻo lớn hơn 0,03 nên chi tiết bị phá hủy. Tại giá trị vận tốc 10-15 m/s, cả hai giá trị ứng suất đều vượt ứng suất tới hạn, độ biến dẻo lớn hơn nhiều lần giá trị 0,03 nên vật liệu bị phá hủy.

Bảng 1. Kết quả ứng suất và biến dạng của BDS ở vận tốc khác nhau

Vận tốc (m/s)	$\sigma_{\max}$ (MPa)	$\varepsilon_p \max$	Hiện tượng dẻo ($\varepsilon_p > 0$)	Hiện tượng gãy ($\sigma > \sigma_u = 49 \text{ MPa}$, $\varepsilon_p > 0.03$)
1.5	13.2	0	Không	Không
3.5	40.3	0.013	Có	Không
4.5	42	0.019	Có	Không
5	46.1	0.0314	Có	Có
10	49	0.149	Có	Có
15	49	0.225	Có	Có



4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, phương pháp sử dụng phần mềm Moldflow đã được ứng dụng trong dự đoán phân bố sợi bằng thông qua ten-xơ hướng sợi của chi tiết ba-đờ-sốc trong ô tô, Nghiên cứu chỉ ra phương pháp là đáng tin cậy khi được so sánh với kết quả mô phỏng của Jin Wang và đồng nghiệp đối với trường hợp đĩa tròn [1]. Từ đó, phần mềm Moldflow tính toán được các thông số cơ học của vật liệu trên chi tiết và lưu thành tệp dữ liệu. Mô hình được kết nối vào ABAQUS để tính toán kiểm bền trong trường hợp chịu va chạm với tường và từ đó đưa ra phân bố ứng suất, biến dạng và các vị trí hư hại của chi tiết để có thể quay ngược lại cải thiện thiết kế và thông số quá trình phun. ❖

Ngày nhận bài: 19/5/2023

Ngày phản biện: 18/6/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Jin Wang and Xiaoshi Jin, “*Comparison of recent fiber orientation models in autodesk moldflow insight simulations with measured fiber orientation data*”, Proceedings of the Polymer Processing Society 26th Annual Meeting pp.26, Canada, 2010.
- [2]. A. Isaincu, M. Dan, V. Ungureanu et al., “*Numerical investigation on the influence of fiber orientation mapping procedure to the mechanical response of short-fiber reinforced composites using Moldflow, Digimat and Ansys software*”, Materials Today Proceedings, 2020.
- [3]. Ma Zhiguo, Shi Xianzhang, Han Yulong, Zhou Jun, Huang Ming, Liu Yongzhi, Liu Chuntai, “*Co-simulation technology of moldflow and structure for injection molding reinforced thermoplastic composite (FRT) parts*”, Advanced Composites and Hybrid Materials, pp. 960–972, 2022.
- [4]. Eskil Andreassona, Leo Perssona, Henrik Jacobssonc, Johan Nordgren, “*Integrating Moldflow and Abaqus in the Package Simulation Workflow*”, Simulia Community Conference, 2013.
- [5]. Rimy M.M, Faieza A.A, “*Simulation of Car Bumper Material using Finite Element Analysis, Journal of Software Engineering*”, vol 4, issue 3, p257-264, 2010.