

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VỊ TRÍ CÔNG PHUN VÀ TỐC ĐỘ PHUN ĐẾN PHÂN BỐ HƯỚNG SỢI TRONG BA ĐỜ SỐC CỦA XE Ô TÔ

THE EFFECT OF THE INJECTION GATE POSITION AND THE INJECTION SPEED TO THE FIBER ORIENTATION IN CAR'S BUMPER

Lê Thị Tuyết Nhung

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Ba đờ sóc 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 chi phí sửa chữa. Ba đờ sóc bảo vệ cho các bộ phận của xe bằng cách hấp thụ động năng được sinh ra trong quá trình va chạm. Ba đờ sóc 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. Trên thực tế, cơ tính của chi tiết này không được đồng đều do đó dẫn đến độ bền thực tế không cao. Nguyên nhân chính là do quá trình ép phun, phân bố hướng sợi phụ thuộc vào việc lựa chọn các thông số của quá trình phun. Trong nghiên cứu này, phương pháp mô phỏng bằng phần mềm Moldflow sẽ đưa ra được phân bố hướng sợi trong chi tiết, từ đó phân tích được ảnh hưởng của hai yếu tố là vị trí đặt cổng phun và tốc độ phun đến phân bố hướng sợi.

Từ khóa: Phân bố hướng sợi; Ba đờ sóc; Moldflow.

ABSTRACT

The bumper is a structure that is attached to the front or rear of the car, which aims to absorb small shock due to impact. The bumper protects parts of the vehicle by absorbing the kinetic energy generated during the collision. Bumpers of modern models are made of fiberglass or carbon fiber-based composite materials using molding methods.

In reality, the mechanical properties of this part are not uniform thus leading to a low durability of material. The main reason is the non uniform of fiber orientation in this part during the injection molding process. Fiber direction depends on the selection of parameters of the injection process. In this study, two factors of injection process are investigated: the location of the injection gate and the speed of injection. The simulation method using Moldflow will give a fiber-oriented distribution in case of different injection speed and different positions of injection gates.

Keywords: Fiber orientation; Bumper; Moldflow.



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. Do đó, tối ưu tham số của quá trình đúc phun vẫn là thách thức lớn và được nghiên cứu từ nhiều năm nay, đặc biệt đối với các chi tiết có hình dạng phức tạp. 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. James Kosloski [2] đã nghiên cứu ảnh hưởng của vị trí cổng phun trong quá trình phun đúc của chi tiết đòn bẩy composite 40% sợi thủy tinh và cho thấy ứng suất dư cũng như tính chất cơ học thay đổi với cách chọn cổng phun. Chih-Chung Hsu và cộng sự [3] đã xây dựng một mô hình để mô phỏng hướng sợi trong quá trình điền đầy và tạo bó sợi. Jonathan Tamil và cộng sự [4] đã nghiên cứu sự hình thành và phân bố lỗ trống trong vật liệu composite khi phun đúc sử dụng Moldflow. 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 [5].

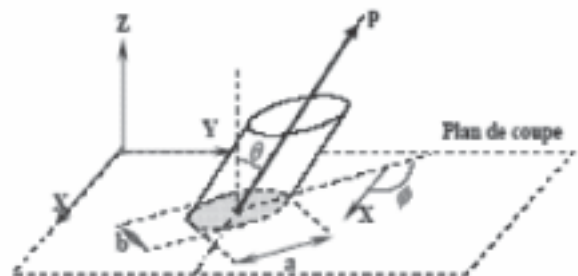
Mục đích chính của nghiên cứu này là ứng dụng phương pháp mô phỏng bằng Moldflow để đưa ra được phân bố hướng sợi trong chi tiết Ba đòn sóc phía trước BMW E90. Sau đó, nghiên cứu sẽ phân tích ảnh hưởng của tốc độ phun và vị trí, số lượng cổng phun tới các giá trị ten-xơ hướng sợi và đưa ra khuyến nghị cho nhà sản xuất.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Ten-xơ hướng sợi

Advani and Tucker và cộng sự của ông đã đưa ra lý thuyết về ten-xơ hướng sợi cho phân bố tập hợp sợi [1,5]. Một mô tả đơn giản khi một sợi k có góc định hướng (θ_k, φ_k) , chúng ta có thể suy ra ten-xơ hướng của sợi k .

$$T_{ij} = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} \end{bmatrix} \text{ với } \begin{cases} T_{11} = \sin^2(\theta) \cdot \cos^2(\varphi) \\ T_{22} = \sin^2(\theta) \cdot \sin^2(\varphi) \\ T_{33} = \cos^2(\theta) \\ T_{12} = T_{21} = \sin(\varphi) \sin^2(\theta) \cdot \cos(\varphi) \\ T_{13} = T_{31} = \sin(\theta) \cos(\theta) \cdot \cos(\varphi) \\ T_{23} = T_{32} = \sin(\theta) \cos(\theta) \cdot \sin(\varphi) \end{cases}$$



Hình 1. Giao điểm của một sợi với một mặt cắt

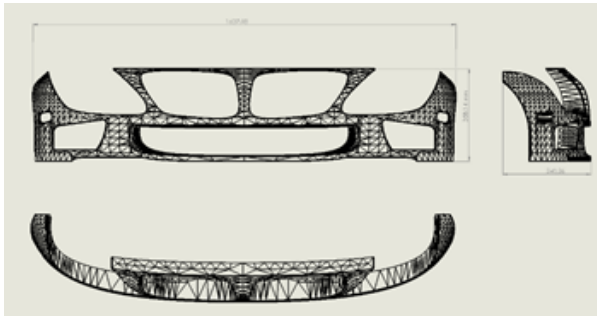
Định nghĩa về ten-xơ định hướng có thể được mô tả trong Hình 1. Ten-xơ này đại diện cho sự phân bố trung bình của hướng sợi trong một thể tích. Các thành phần đường chéo xác định cường độ phân bố của các sợi đến trục đó.

3. MÔ HÌNH HÓA TẤM COMPOSITE CHỊU VA CHẠM CÓ SỬ DỤNG LỚP KEO

3.1. Hình học và vật liệu

Trong nghiên cứu này, trước tiên, phân bố hướng sợi của tấm composite trong đường kính 178 mm (Hình 2a) sẽ được tính toán qua mô hình số trong phần mềm Moldflow. Kết quả mô phỏng phân bố hướng sợi theo đường kính đĩa sẽ được

phân tích và so sánh với kết quả của Jin Wang và cộng sự [1] để xác minh độ chính xác của việc lựa chọn bộ thông số cho quá trình phun. Sau đó, bộ thông số phun này sẽ được áp dụng cho mô hình của Ba đờ sóc BMW E90 (Hình 2b) để đưa ra được phân bố hướng sợi, đồng thời khảo sát ảnh hưởng của từng tham số tới phân bố hướng sợi trong một chi tiết có hình dạng 3D phức tạp.



Hình 2. Kích thước hình học của Ba đờ sóc BMW E90

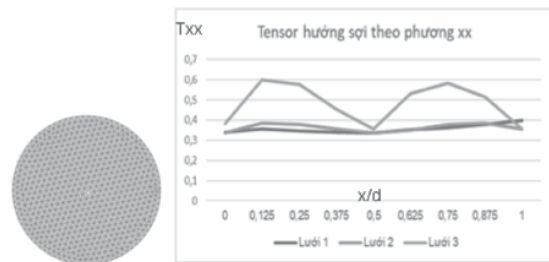
Mô hình đĩa tròn đường kính 178 mm, bề dày 2 mm, nhựa gia cường sợi thủy tinh ngắn với vị trí cổng phun nằm ở tâm của đĩa được mô phỏng. Mô hình Ba đờ sóc có kích thước: 1639 mm x 358 mm x 340 mm, thể tích 16240,4 cm³.

Vật liệu Composite CYCOLAC CRT 3370 (nhựa ABS được gia cường 15% thể tích bằng sợi thủy tinh) được sử dụng cho cả hai mô hình có các thông số như sau:

- Khối lượng riêng của nhựa ở trạng thái lỏng $D_{nd} = 0,937 \text{ g/cm}^3$.
- Khối lượng riêng của nhựa ở trạng thái rắn $D_{nr} = 1,0421 \text{ g/cm}^3$.
- Khối lượng riêng của sợi gia cường $D_{ns} = 2,54 \text{ g/cm}^3$.
- Độ dài sợi: 10 mm.
- Nhiệt độ nhựa: 230°C.
- Nhiệt độ khuôn: 50°C.
- Mô hình giải: RSC.

3.2. Kiểm chứng độ chính xác của mô phỏng đối với tấm tròn

Mô hình được mô phỏng với ba độ mịn của lưới tăng dần với số phần tử lưới lần lượt là 1830, 2681, 21925.



Hình 3. Phân bố thành phần T_{xx} hướng sợi theo vị trí trên đường kính

Kết quả trên hình 3 cho thấy đồ thị phân bố của thành phần ten-xơ hướng sợi theo phương 1 trên trục đường kính. Ten-xơ hướng sợi T_{xx} đối xứng qua tâm đĩa và phân bố rõ rệt nhất với lưới 3, đạt giá trị lớn nhất tại vị trí 0,125 đường kính với giá trị $T_{xx} = 0,6$, nhỏ nhất tại vị trí tâm đĩa với $T_{xx} = 0,36$. Hình dạng phân bố và bậc đối xứng qua tâm đĩa và kết quả phân bố đạt đỉnh ở vị trí 0,125d của lưới 3 phù hợp với xu hướng trong nghiên cứu của Jin Wang và cộng sự [1]. Từ đó cho thấy độ mịn của lưới 3 là phù hợp để thực hiện cho mô hình số 2.

Để đánh giá độ chính xác của thông số mô phỏng, kết quả ten-xơ tại các vị trí lớn nhất và nhỏ nhất được so sánh với kết quả của Jin Wang và cộng sự [1]. Giá trị lớn nhất của a_{xx} tại vị trí 0,125d cho sai số so với Jin Wang là 10% cho thấy độ tin cậy của mô phỏng là chấp nhận được.

Như vậy, với các thông số phun của tấm, kết quả mô phỏng là hợp lý và có độ tin cậy so với tài liệu tham khảo. Từ đó, bộ thông số phun đã thiết lập cho đĩa được sử dụng cho hình học của mô hình Ba đờ sóc BMW E90. 

3.3. Khảo sát ảnh hưởng của các thông số quá trình phun tới Ba đờ sóc

Các thông số phun được chọn giống mô tả trong phần 3.1 phía trước dùng máy ép phun SUN – 2800 dùng để sản xuất Ba đờ sóc. Hai thông số phun được thay đổi như sau để nghiên cứu ảnh hưởng của chúng:

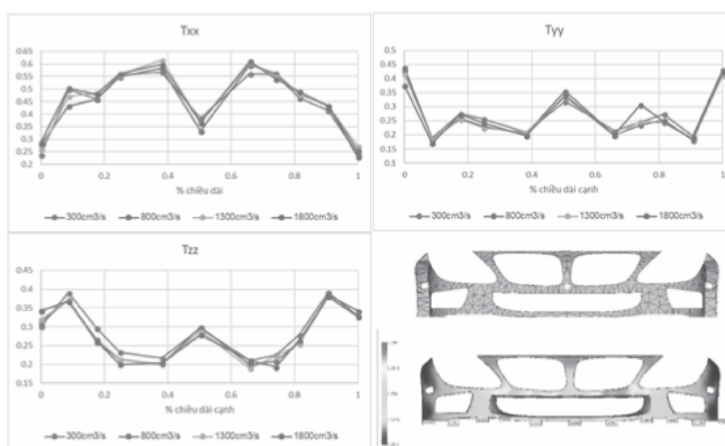
- Sử dụng 1 vị trí cổng phun tối ưu do phần mềm Moldflow cung cấp, thay đổi tốc độ phun lần lượt là 300 – 800 – 1300 – 1800 cm³/s.

- Sử dụng tốc độ phun hiệu quả nhất trong trường hợp 1, thay đổi số lượng cổng phun khác nhau lần lượt 1 – 3 – 7 – 9 cổng phun với vị trí lựa chọn thủ công.

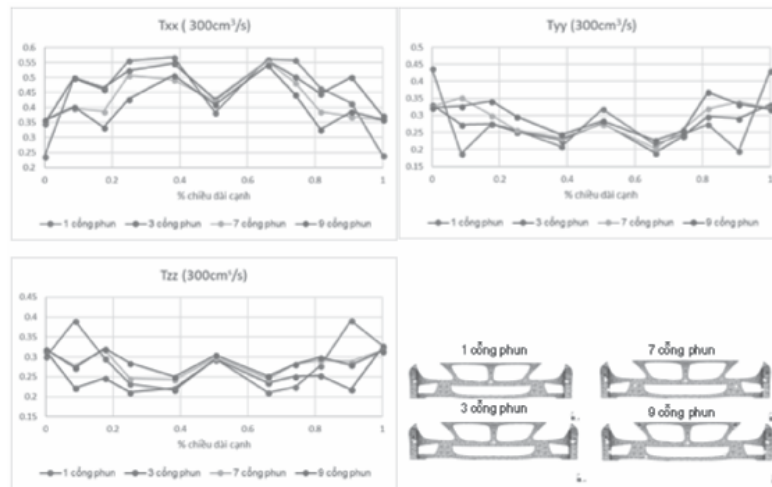
Trước tiên, ảnh hưởng của vận tốc phun được nghiên cứu. Đồ thị ten-xơ hướng sợi trong trường hợp một cổng phun và với các tốc độ phun khác nhau có dạng giống nhau được thể hiện trong Hình 4. Có thể thấy, việc thay đổi vận tốc phun có làm ảnh hưởng đến hướng sợi theo các hướng khác nhau. Vận tốc càng nhỏ thì càng có phân bố hướng sợi đồng đều, tuy nhiên nếu vận tốc quá nhỏ thì có thể làm nhựa nguội và hóa rắn trước khi điền đầy toàn bộ

sản phẩm. Từ đồ thị cho thấy vận tốc phun 300 cm³/s cho đồ thị phân bố ten-xơ hướng sợi đồng đều nhất. Kết quả mô phỏng trong trường hợp tốc độ phun 300 cm³/s, sản phẩm được điền đầy trong thời gian 55,52s. Hình 4d cho ta thấy các vùng có sự phân bố tensor hướng sợi khác nhau với vùng vị trí màu đỏ là vùng tập trung hướng sợi theo hướng xx lớn nhất ($T_{xx} = 0,765$). Trong khi vùng ở hai bên cạnh Ba đờ sóc, vùng vị trí màu xanh lam, cho giá trị tensor hướng sợi theo hướng 1 là nhỏ nhất ($T_{xx} = 0,15$).

Tiếp theo, số lượng và vị trí đặt cổng phun sẽ được khảo sát để xem xét ảnh hưởng đến phân bố hướng sợi và độ đồng đều của sợi trong chi tiết với vận tốc phun cố định 300 cm³/s đã kết luận phía trên. Kết quả mô phỏng cho thấy khi thay đổi số lượng và vị trí cổng phun cho kết quả tensor hướng sợi khác nhau về cả phân bố và giá trị. Cụ thể, với 7 vị trí cổng phun thì cho kết quả ten-xơ hướng sợi đồng đều hơn theo cả 3 phương so với 3 trường hợp còn lại. Tuy nhiên, số lượng cổng phun càng nhiều thì càng tốn kém chi phí cho việc chế tạo khuôn ép phun, do đó người thiết kế cần cân nhắc giữa các yếu tố để có thể tạo ra sản phẩm có chất lượng ổn định, giá thành kinh tế nhất.



Hình 4. Kết quả tensor hướng sợi theo phương x, y, z (Hình a, b, c) với các vận tốc khác nhau và phân bố hướng sợi a11 với vận tốc 300 cm³/s (Hình d)



Hình 5. Kết quả tensor hướng sợi theo phương x, y, z (Hình a, b, c) với số cổng phun khác nhau và vị trí các cổng phun (Hình d)

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 sóc 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]. Bộ thông số và phương pháp mô phỏng được áp dụng cho chi tiết Ba đờ sóc BMW E90 và khảo sát ảnh hưởng vận tốc ép phun thay đổi và số lượng cổng phun thay đổi. Kết quả mô phỏng cho thấy vận tốc càng nhỏ thì tensor hướng sợi có xu hướng đồng đều hơn khi ép phun với tốc độ cao, tuy nhiên khi vận tốc quá thấp thì sản phẩm không thể hoàn thành do nhựa đông rắn trước khi điền đầy. Thông qua phần mềm Moldflow có thể xác định được vận tốc phun tối ưu nhất trong trường hợp này là 300 cm³/s. Khi tăng số lượng cổng phun thì cho kết quả ten-xơ hướng sợi đồng đều hơn trường hợp 7 cổng phun, tuy nhiên khi chế tạo khuôn có nhiều vị trí cổng phun có chi phí cao, khó chế tạo nên người thiết kế cần cân nhắc lựa chọn số lượng cổng phun phù hợp sao cho hiệu quả nhất. ❖

Ngày nhận bài: 10/5/2022

Ngày phản biện: 18/5/2022

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]. James Kosloski; "Case Study: Importance of Fiber Orientation", CEA Associates Accurate FEA of Engineering Plastics Seminar, 2014.
- [3]. Chih-Chung Hsu, Dar-Der Hsieh, Hsian-Sen Chiu, Masashi Yamabe; "Investigation of fiber orientation in filling and packing phases", Molding innovation Moldex 3D conference, 2012.
- [4]. Jonathan Tamil et al.; "Molding Flow Modeling and Experimental Study on Void Control for Flip Chip Package Panel Molding with Molded Underfill Technology", Molding innovation Moldex 3D conference, 2012.
- [5]. 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. 🖱️