

THỰC NGHIỆM ĐO PHÂN BỐ NHIỆT ĐỘ CỦA KHUÔN DƯỠNG CỦA KHUÔN PHUN ÉP NHỰA

SIMULATION OF TEMPERATURE DISTRIBUTION OF PLASTIC INJECTION MOLD FOR 2.5D PRODUCTS

Nguyễn Việt Tuấn Anh*, Trương Văn Thành, Trần Chí Bảo, Nguyễn Trọng Hiếu
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUTE)

TÓM TẮT

Việc chế tạo các kênh làm mát phù hợp đã trở nên dễ dàng hơn và tiết kiệm chi phí hơn nhờ những tiến bộ gần đây trong sản xuất bồi đắp. Các kênh làm mát phù hợp dạng layer cho hiệu suất làm mát tốt hơn các kênh thông thường (khoan thẳng) trong quá trình ép phun. Lý do chính cho điều này là layer có thể đi theo đường dẫn của hình dạng xếp lớp, nhưng các kênh thông thường thì không thể. Layer có thể được sử dụng để giảm ứng suất nhiệt và cong vênh đồng thời giảm thời gian chu kỳ và tạo ra sự phân bố nhiệt độ đồng đều hơn. Mô phỏng kỹ thuật được hỗ trợ bởi máy tính (CAE) rất quan trọng để thiết lập một thiết kế hiệu quả và tiết kiệm chi phí. Bài viết này tập trung vào việc tối ưu hóa thiết kế của khuôn ép phun, với mục tiêu tối ưu hóa vị trí của các kênh làm mát để giảm thời gian phun và tăng độ đồng đều phân bố nhiệt độ. Có thể suy ra rằng kỹ thuật được tạo ra có hiệu quả và phù hợp với mục tiêu của công việc này.

Từ khóa: Phân bố nhiệt độ; Khuôn phun ép nhựa; Sản phẩm 2.5D.

ABSTRACT

Fabricating suitable cooling channels has become easier and more cost-effective thanks to recent advances in additive manufacturing. The layered conformal cooling channels provide better cooling performance than conventional channels during the injection molding process. The main reason for this is that layers can follow the paths of layered forms, but regular channels cannot. Layers can be used to reduce the response temperature while also reducing cycle times and creating more uniform temperature distribution. Computer-aided engineering (CAE) simulation is important for establishing an efficient and cost-effective design. This article focuses on the design optimization work of the injection molding machine, with a targeted level of optimization of cooling channels to reduce injection time and increase temperature synchronization speed. It can be thought that the technique can produce effective results and is consistent with the goals of this work.

Keywords: Temperature distribution; Plastic injection molds; 2D products.



1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

Khả năng gia nhiệt và giải nhiệt của các kênh làm mát phù hợp đã được cải thiện nhờ việc sử dụng các kỹ thuật chế tạo bồi đắp. Khuôn ép kỹ thuật sử dụng thể hiện những đặc điểm đặc biệt. Cooling layer cho phép khả năng giảm thiểu cả cong vênh và biến dạng nhiệt. Việc đánh giá “phân bố nhiệt độ” được tiến hành bằng cách sử dụng ANSYS mô-đun phân tích. Các nhà nghiên cứu đã tiến hành đánh giá các thành phần riêng lẻ và thực hiện so sánh giữa mô phỏng và thực nghiệm bằng cách sử dụng Mô-đun mô phỏng giao diện Truyền (MPI). Các kênh phù hợp đó thể hiện tốc độ làm mát nhanh hơn so với các kênh giải nhiệt bình thường (khoan thẳng). Các nhà nghiên cứu sử dụng polyme PP làm vật liệu và dùng nước làm mát để xác định nhiệt độ của khuôn. Một phương pháp tối ưu hóa thiết kế trong phân tích ba chiều. Một nghiên cứu tương tự như hiện tại, nhưng ở dạng phân tích 2D. Nghiên cứu này trình bày một số sự khác biệt giữa phân tích nhiệt tức thời tại vị trí bất kỳ và tìm hiểu quá trình xác nhận chéo cả hai mô-đun và bao gồm bộ chia lưới phù hợp để xác định mật độ phân bố nhiệt độ phù hợp.

1.2. Cơ sở lý thuyết

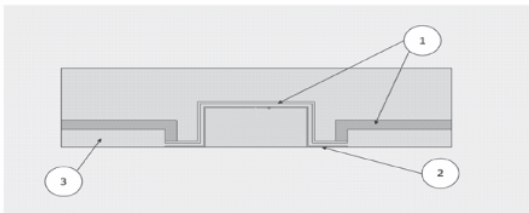
Phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) vẫn có những điều không chắc chắn vì nó coi lớp lưới là một sự liên tục. Mặc dù mô hình có thể kết hợp các đặc tính vật liệu phụ thuộc vào nhiệt độ và các thay đổi để cải thiện độ chính xác của mô hình, nhưng nó vẫn có những điểm không chắc chắn vì nó coi lớp nhựa là một chất liên tục và thường bỏ qua các tác động của thủy động lực học, chẳng hạn như sức căng bề mặt, dẫn đến sai số đáng kể trong dự đoán hành

vi của bề tan chảy. Kỹ thuật FEM hiện được sử dụng rộng rãi để dự đoán nhiệt độ bề mặt lớp, ứng suất dư, độ xốp và độ biến dạng hình học của các bộ phận được chế tạo bằng quy trình PBF. Các mô phỏng số khác, chẳng hạn như phương pháp thể tích hữu hạn (FVM) và Phương pháp Lattice Boltzmann (LBM), chủ yếu được sử dụng để nghiên cứu thủy động lực học của bề tan chảy. Phần mềm được sử dụng để giải quyết vấn đề bao gồm ANSYS, ABAQUS, COMSOL, FLUENT/CFX,... Trong bài báo nghiên cứu này, các tác giả dùng phần mềm ANSYS WORKBENCH để mô phỏng phân tích.

2. PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG MÔ HÌNH KHUÔN SẢN PHẨM DẠNG 2.5D

2.1. Thiết kế mô hình CAD

Xây dựng mô hình đường nước và khuôn theo kiểu Cooling layer như hình 1, mô hình khuôn gồm đường nước, lòng khuôn và vỏ khuôn.



Hình 1. Mô hình thiết kế tấm khuôn sản phẩm dạng 3D

Bảng 1. Cung cấp các yếu tố cấu thành của hình học của mô hình.

Số thứ tự các thành phần	Mô tả
1	Kênh làm mát
2	Lòng khuôn
3	Khuôn

2.2. Vật liệu

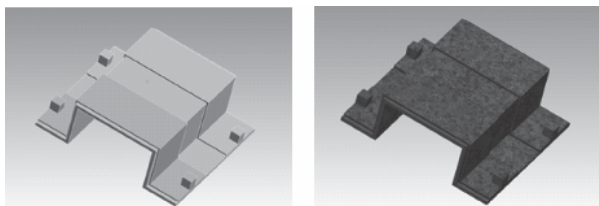
Trong phần mô phỏng, các nhà nghiên cứu sử dụng các vật liệu để làm tham số đầu vào: nước được sử dụng trong kênh làm mát, polypropylen (PP) được sử dụng trong phần phun nhựa vào lòng khuôn. Thép C45 được sử dụng để chế tạo khuôn. Trong số các thành phần, nước là chất lỏng, còn PP và thép C20 được coi là vật liệu rắn.

Bảng 2. Trình bày tổng quan về tính chất của các vật liệu.

Vật liệu	Nước	PP	C45
Khối lượng riêng (kg/m ³)	997	850-950	7850
Nhiệt dung riêng (J/kg.K)	4200	~2000	480
Độ dẫn nhiệt (W/m.K)	0.6	0.2	49.8

2.3. Phương án và kết quả mô phỏng

Phương pháp chia lưới trong nghiên cứu này là Inflation và Face Sizing, hai mô-đun này đều sử dụng các tham số lưới được tạo bởi phần mềm Workbench. Mô hình chưa được tham số hoá (hình 2a) và mô hình đã được tham số hoá chia lưới (hình 2b) trong hình 2.

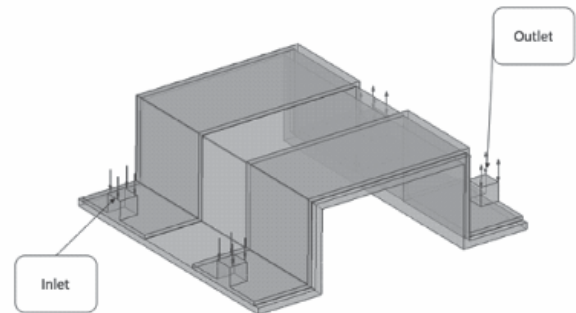


(a) (b)

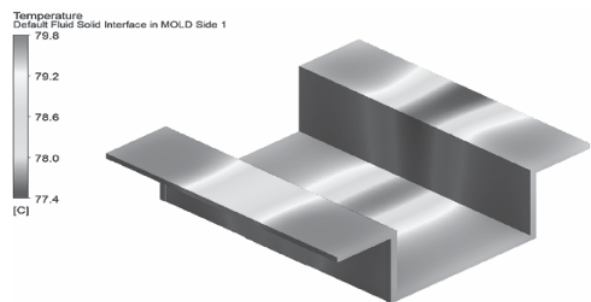
Hình 2. Mô hình chưa tham số (a) và mô hình đã tham số chia lưới (b)

Thiết kế hệ thống đường nước vào khuôn như hình 3. Thiết lập khuôn ở 30°C, sau

đó gia nhiệt khuôn bằng nước ở nhiệt độ 80°C trong 70 giây, ta có kết quả mô hình mô phỏng như hình 4.

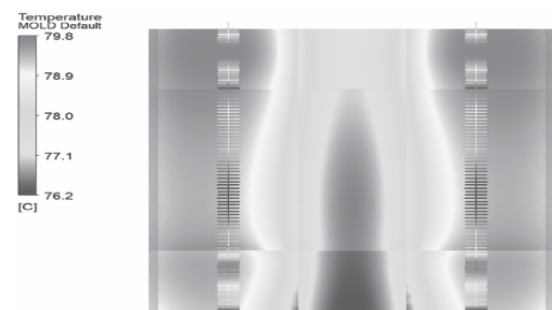


Hình 3. Đường nước vào tấm khuôn

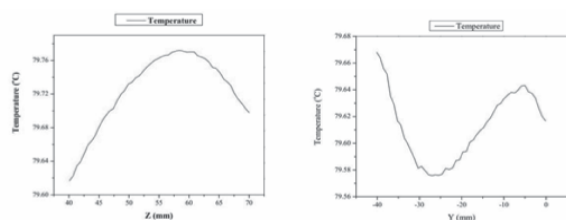


Hình 4. Kết quả mô phỏng

Để xem rõ hơn các nhiệt độ tại các vị trí nhất định, các nhà nghiên cứu dùng phương pháp Line để xuất ra dữ liệu như hình 5. Để so sánh với thực nghiệm khi đo nhiệt độ phân bố thực tế, các tác giả dùng dữ liệu polyline tạo thành biểu đồ đường viền như hình 6.



Hình 5. Xây dựng kết quả mô phỏng dưới dạng line



Hình 6. Kết quả dưới dạng biểu đồ đường viền

3. KẾT LUẬN

Hoạt động nhiệt của mô hình được cải thiện đáng kể nhờ các quy trình tối ưu hóa. Tối ưu hóa cải thiện đáng kể hiệu suất nhiệt của phần cuối cùng trong điều kiện nhiệt đối lưu tự do. Các tham số đã đánh giá mã tối ưu hóa và hàm mục tiêu. Các kết quả của phương pháp phần tử hữu hạn ANSYS cho phép đánh giá nhiệt của các mô hình ban đầu và được tối ưu hóa. Quy trình tối ưu hóa đã phát triển có thể được áp dụng cho bất kỳ bộ phận nào, trong các khuôn có kích thước bất kỳ và với bất kỳ số lượng kênh làm mát nào. Tối ưu hóa cải thiện đáng kể hiệu suất nhiệt của bộ phận/thành phần được phân tích. Các biến thiết kế được chọn là phù hợp vì giá trị của chúng trong mô hình được tối ưu hóa thay đổi đáng kể so với giá trị trong mô hình ban đầu. Trong các ứng dụng và điều kiện làm việc trong thế giới thực, độ dốc nhiệt độ giảm sẽ làm giảm cong vênh và cải thiện chất lượng sản phẩm. Phương pháp được phát triển ở đây có thể hữu ích để giúp các kỹ sư thiết kế xác định vị trí tối ưu của các kênh làm mát.

Việc phát minh ra một phương pháp giúp các kỹ sư thiết kế dự đoán vị trí nên đặt các kênh làm mát để cải thiện chất lượng của các bộ phận được sản xuất là tiến bộ quan trọng nhất đối với thực hành kỹ thuật. Phương pháp được sử dụng trong nghiên cứu này có các ứng dụng công nghiệp liên quan đến ép phun. Là một phần công việc của họ, các kỹ sư thiết kế cũng có thể thấy chiến lược này khá hữu ích

trong việc lựa chọn vị trí đặt các kênh làm mát. Trong tương lai, các kênh làm mát phù hợp cuối cùng sẽ có thể được sản xuất bằng phương pháp sản xuất bồi đắp và được thử nghiệm thực nghiệm. Phương pháp này cũng có thể được sử dụng với các khuôn khác nhau về nhiệt độ thành phần cuối cùng, số lượng kênh làm mát và kích thước khuôn.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Nguyễn Trọng Hiếu;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Nguyễn Việt Tuấn Anh, Trương Văn Thành, Trần Chí Bảo.

Lời cảm ơn:

Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí cũng như hỗ trợ trong quá trình nhóm thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này là sản phẩm của đề tài NCKH với mã số: SV2024-262. ❖

Ngày nhận bài: **15/5/2024**

Ngày phản biện: **03/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. TS. Phạm Sơn Minh, ThS. Trần Minh Thế Uyên (2014); “*Giáo trình Thiết kế và chế tạo khuôn phun ép nhựa*”, NXB. Đại học Quốc gia, Thành phố Hồ Chí Minh, 286 page.
- [2]. TS. Phạm Sơn Minh, PGS,TS. Đỗ Thành Trung (2017); “*Giáo trình ANSYS – Phân tích cơ cấu động*”, NXB. Đại học Quốc gia, Thành phố Hồ Chí Minh, 252 page.
- [3]. Saifullah, A.; Masood, S.; Sbarski, I., “*New cooling channel design for injection molding*”. In Proceedings of the World Congress on Engineering, London, UK, 1-3 July 2009.