

# MÔ PHÒNG QUÁ TRÌNH GIẢI NHIỆT BẰNG XUNG ĐỘNG DÒNG CHẢY CHO KHUÔN PHUN ÉP VỚI KÊNH GIẢI NHIỆT DẠNG XOẮN ỐC

SIMULATE THE PULSED COOLING FOR INJECTION MOLD WITH THE HELICAL COOLING CHANNEL

Nguyễn Vinh Dự<sup>1</sup>, Lê Thành Nhân<sup>2</sup>, Trần Ngọc Hiệp<sup>3</sup>, Dương Quốc Dũng<sup>4</sup>,  
Lưu Phương Minh<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Nghiên cứu và Chuyển giao Công nghệ TP. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup>Trường Cao đẳng Kinh tế - Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

<sup>3</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

<sup>4</sup>Học viện Kỹ thuật Quân sự

<sup>5</sup>Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

## TÓM TẮT

Trong bài báo này, quá trình gia và giải nhiệt cho tấm khuôn dương của quy trình phun ép nhựa đã được tiến hành mô phỏng, nhằm quan sát phân bố nhiệt độ của tấm khuôn. Tấm khuôn được thiết kế với kênh giải nhiệt dạng xoắn ốc, gồm: 1, 2, và 3 vòng. Ngoài ra, phương pháp điều khiển nhiệt độ bằng xung động dòng chảy cũng được sử dụng trong quá trình mô phỏng. Qua quá trình mô phỏng và phân tích, các kết quả cho thấy, số vòng xoắn có ảnh hưởng khá rõ đến quá trình gia và giải nhiệt. Số vòng xoắn càng tăng, khả năng điều khiển nhiệt độ sẽ càng tốt hơn. Ở giai đoạn gia nhiệt và giải nhiệt, nhiệt độ thay đổi theo thời gian gần như tuyến tính.

**Từ khóa:** Khuôn phun ép nhựa, nhiệt độ nhựa, giải nhiệt bằng xung động dòng chảy, phân bố nhiệt độ.

## ABSTRACT

In this paper, the dynamic mold temperature control for cavity plate was simulated for observing the temperature distribution. The mold plate was designed with 3 types of helical cooling channel as 1, 2, and 3 turns. On the other hand, the pulsed cooling method is also applied for this simulation. The result shows that the number of turn impacts clearly on the heating and cooling process. The more number of turn, the better ability of mold temperature control. Addition, in the heating and cooling process the temperature is a function of time as a linear function.

**Keywords:** Injectionmolding, melt temperature, pulsed cooling, temperature distribution.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

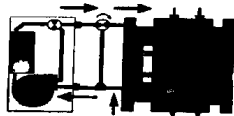
Trong công nghệ gia công sản phẩm nhựa bằng phương pháp ép phun, nhiệt độ bề mặt lòng khuôn là một trong những thông số quan trọng, có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sản phẩm nhựa [1-3]. Theo các nghiên cứu trên thế giới về lĩnh vực điều khiển nhiệt độ cho khuôn ép phun, nếu ép phun với nhiệt độ bề mặt khuôn cao, chất lượng sản phẩm sẽ được nâng cao, tuy nhiên, thời gian làm nguội, cũng như thời gian gia công sản phẩm sẽ tăng đáng kể [4, 5]. Ngược lại, nếu giảm nhiệt độ bề mặt khuôn trong quá trình ép phun, thời gian làm nguội có thể được rút ngắn, nhưng chất lượng bề mặt sẽ giảm hoặc các khuyết tật của sản phẩm ép phun sẽ xuất hiện nhiều hơn [6]. Do đó, việc rút ngắn thời gian chu kỳ ép phun nhưng vẫn đảm bảo chất lượng sản phẩm là vấn đề được đặt ra cho các nghiên cứu về khuôn ép phun nói chung và quá trình điều khiển nhiệt độ cho khuôn, nói riêng.

Với quá trình làm nguội cho khuôn ép phun, hiện nay, có hai phương pháp làm nguội chính:

- Làm nguội liên tục (Phương pháp truyền thống - Traditional cooling).
- Làm nguội theo xung động dòng chảy (Phương pháp mới - Pulsed cooling).

Khi làm nguội theo phương pháp làm nguội liên tục, nước làm nguội sẽ chảy liên tục trong các kênh làm nguội của khuôn. Do đó, nhiệt độ của nước thường được chọn bằng với nhiệt độ yêu cầu của khuôn. Ngược lại, với phương pháp làm nguội theo xung động dòng chảy [7], nước sẽ được điều khiển theo 2 trạng thái: Chảy trong kênh làm nguội (hình 1a) và dừng lại trong những khoảng thời gian nhất định của quá trình ép phun (hình 1b). Thông thường, quy trình này thường sử dụng van đảo

chiều dòng chảy để điều khiển chiều của dòng nước như hình 1.



a) Trạng thái nước chảy trong kênh dẫn



b) Trạng thái nước ứ đọng trong kênh dẫn

Hình 1: Phương pháp giải nhiệt theo xung động dòng chảy [7]

Trong chu kỳ ép phun, việc thiết kế và chọn phương pháp gia nhiệt và giải nhiệt là một vấn đề hết sức quan trọng, quyết định đến toàn bộ thời gian của chu kỳ ép phun. Trong quá trình điều khiển nhiệt độ của khuôn cần lưu ý phù hợp với từng loại vật liệu làm khuôn, vật liệu sản phẩm, và kích thước của chi tiết. Đối với lõi khuôn dương hình trụ đường kính lớn hơn 50mm, hệ thống giải nhiệt xoắn ốc sẽ cung cấp nhiệt độ đồng đều và giải nhiệt hiệu quả hơn cho phép kiểm soát tốt nhiệt độ. Ngoài ra, kênh giải nhiệt có thể bám sát hình dạng của lõi khuôn với các sản phẩm phức tạp [8].

Do thời gian giải nhiệt thông thường chiếm 70-80% toàn bộ thời gian chu kỳ ép phun, giải pháp giải nhiệt hợp lý có thể rút ngắn đáng kể thời gian chu trình, tăng năng suất và hạ giá thành sản phẩm. Mặt khác, nếu giải pháp giải nhiệt không hợp lý có thể kéo dài chu kỳ làm việc và tăng giá thành. Ngoài ra, giải nhiệt không đều còn là nguyên nhân của hiện tượng cong vênh, biến dạng.

Từ những phân tích trên, việc nghiên cứu công nghệ và chế tạo thiết bị giải nhiệt cho khuôn theo phương pháp xung động dòng chảy là một hướng đi đầy tiềm năng trong lĩnh vực giải nhiệt cho khuôn nói riêng, và quy trình ép phun nhựa nói chung. Công nghệ này, sẽ góp phần nâng cao hiệu quả của quá trình giải nhiệt, cũng như rút ngắn thời gian chu kỳ ép phun của một sản phẩm nhựa. Từ đó, chi phí sản xuất sẽ giảm, tạo tiền đề nâng cao khả năng cạnh tranh của các cơ sở sản xuất nhựa.

## 2. PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG

Trong bài báo này, phương pháp giải nhiệt bằng xung động dòng chảy với kênh dẫn dạng xoắn ốc sẽ được mô phỏng bằng module CFX trong phần mềm ANSYS Workbench. Quá trình mô phỏng này, được thực hiện thông qua 5 bước chính như sau:

- Bước 1: Xây dựng mô hình hình học (hình 2): Trong giao diện DesignModeler: Người dùng có thể thiết kế mô hình hình học của bài toán bằng hai môi trường xây dựng là Sketching và Modeling. Bên cạnh đó, phần mềm cũng cho phép nhập các mô hình hình học từ các phần mềm CAD, tuy nhiên file nhập phải có định dạng phù hợp.

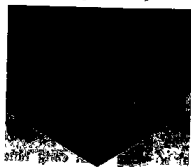
- Bước 2: Chia lưới phần tử: Sau khi xây dựng mô hình hình học cho bài toán, tiến hành chia lưới phần tử cho mô hình vừa tạo ra để phần mềm có thể phân tích trên từng phần tử và đưa ra kết quả chính xác nhất cho bài toán. Việc chia lưới càng mịn thì bài toán phân tích càng chính xác. Với bài toán trên, liên kết giữa các phần tử ở dạng "contact region" và lưới được chia theo dạng "inflation", như hình 3.

- Bước 3: Thiết lập các thông số của quá trình mô phỏng, bao gồm: Các ràng buộc và các thông số phân tích - mô phỏng. Sau khi đã tiến

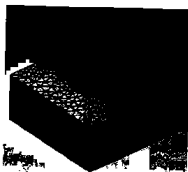
hành chia lưới các phần tử cần khảo sát, tiến hành thiết lập các thông số thuộc tính của các đối tượng, các ràng buộc và các thông số phân tích - mô phỏng.

- Bước 4: Tiến hành chạy mô phỏng, phân tích mô hình.

- Bước 5: Phân tích kết quả mô phỏng: Sau khi phân tích, phần mềm sẽ đưa ra kết quả mô phỏng sự biến thiên nhiệt độ trên bề mặt của lòng khuôn khi ta tiến hành sử dụng hệ thống gia nhiệt để gia nhiệt cho lòng khuôn trước khi tiến hành quá trình ép tạo sản phẩm.



Hình 2: Mô hình hình học của khuôn



Hình 3: Mô hình lưới của khuôn

## 3. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Trong bài báo này, mô hình khuôn dương như hình 4, sẽ được tiến hành phân tích với phương pháp giải nhiệt bằng ứ động dòng chảy. Sau khi tiến hành mô phỏng trên phần mềm Ansys CFX mô hình khuôn dương với hệ thống kênh dẫn xoắn ốc, tác giả đã thu nhận được phân bố nhiệt độ tại mặt cắt ở thời điểm

cuối quá trình gia nhiệt và cuối quá trình giải nhiệt. Hình 5, 6 và 7 thể hiện phân bố nhiệt độ ứng với trường hợp 1, 2, và 3 vòng xoắn.

Qua hình ảnh về phân bố nhiệt độ của các khối nước, khuôn trong quá trình gia nhiệt và giải nhiệt, cho thấy:

Số vòng xoắn của hệ thống nhiệt trong khuôn ảnh hưởng lớn đến sự phân bố nhiệt độ của khuôn.

Số vòng xoắn của hệ thống nhiệt trong khuôn càng tăng, quá trình gia nhiệt và giải nhiệt diễn ra càng thuận lợi, nhiệt độ phân bố giữa các vùng càng đồng đều.

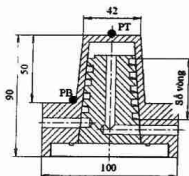
(\*) Tại điểm PB.

Khi số vòng xoắn càng tăng, tốc độ gia nhiệt, giải nhiệt, giá trị nhiệt độ cao nhất trong quá trình gia nhiệt và giải nhiệt càng tăng. Vì khi số vòng xoắn càng tăng điểm PB sẽ được tăng số lần nhận nhiệt ở cùng một thời điểm.

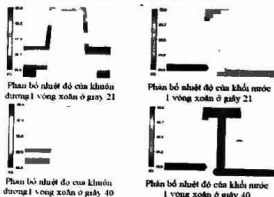
Với khuôn dương có một và hai vòng xoắn nhiệt độ trong quá trình gia nhiệt và giải nhiệt thay đổi không đáng kể, vì lúc này điểm PB nằm tương đối xa kênh dẫn nước.

(\*) Tại điểm PT:

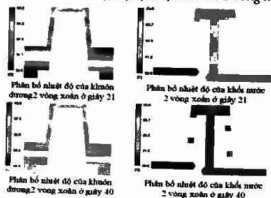
Khi tăng số vòng xoắn kênh dẫn nước của khuôn dương, tốc độ gia nhiệt, giải nhiệt, giá trị nhiệt độ tại điểm PT càng giảm. Vì số vòng xoắn càng tăng, nước trong kênh dẫn phải đi quãng đường xa hơn nên bị thất thoát nhiệt và bị mất áp nhiều hơn.



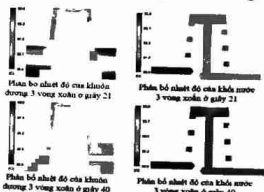
Hình 4: Kích thước khuôn và vị trí hai điểm đo PT và PB



Hình 5: Phân bố nhiệt độ tại mặt cắt với 1 vòng xoắn



Hình 6: Phân bố nhiệt độ tại mặt cắt với 2 vòng xoắn



Hình 7: Phân bố nhiệt độ tại mặt cắt với 3 vòng xoắn

Trong quá trình gia nhiệt của khuôn dương với hệ thống kênh dẫn xoắn ốc, nhiệt độ của khuôn dương tại hai điểm PB và PT tăng dần theo thời gian. Ngược lại, trong quá trình giải nhiệt, nhiệt độ của khuôn dương tại hai điểm PB và PT giảm dần theo thời gian. Có thể nói, sự biến thiên nhiệt độ trong quá trình gia nhiệt và giải nhiệt của khuôn dương tại hai điểm PB và PT theo thời gian gần như gần như tuyến tính.

#### 4. KẾT LUẬN

Qua quá trình thí nghiệm và đo kiểm thực tế, nhóm tác giả đã xây dựng mô hình 3D của khuôn dương với hệ thống kênh giải nhiệt kiểu nhiệt độ dạng xoắn ốc, gồm: 3 trường hợp: 1, 2 và 3 vòng xoắn. Với phương pháp giải nhiệt xung động dòng chảy, mô hình khuôn dương đã được tiến hành mô phỏng. Sau đó, phân bố nhiệt độ tại mặt cắt đã được tiến hành

phân tích với các kết quả đạt được như sau:

Số vòng xoắn của hệ thống nhiệt trong khuôn dương ảnh hưởng nhiều đến sự phân bố nhiệt độ của khuôn.

Số vòng xoắn của hệ thống nhiệt trong khuôn dương càng tăng, quá trình gia nhiệt và giải nhiệt diễn ra càng thuận lợi, nhiệt độ phân bố đồng đều giữa các vùng trong khuôn.

Trong quá trình gia nhiệt của khuôn dương với hệ thống kênh dẫn xoắn ốc, nhiệt độ của khuôn dương tại hai điểm PB và PT tăng dần theo thời gian. Ngược lại, trong quá trình giải nhiệt, nhiệt độ của khuôn dương tại hai điểm PB và PT giảm dần theo thời gian. Có thể nói, sự biến thiên nhiệt độ trong quá trình gia nhiệt và giải nhiệt của khuôn dương tại hai điểm PB và PT theo thời gian gần như tuyến tính. ❖

Ngày nhận bài: 22/3/2016

Ngày phản biện: 18/4/2016

#### Tài liệu tham khảo:

- [1]. Chen S. C., Chang Y., Chang T. H., Chien R. D., *Influence of using pulsed cooling for mold temperature control on microgroove duplication accuracy and warpage of the Blu-ray Disc*, International Journal of Heat and Mass Transfer 35 (2) (2008) 130 – 138.
- [2]. Smith G., Wrobel L. C., McCalla B. A., Allan P. S. and Hornsby P. R., *Optimisation of continuous and pulsed cooling in injection moulding processes*, Plastics, Rubber and Composites: Macromolecular Engineering 36 (3) (2007) 93 – 100.
- [3]. McCalla B. A., Allan P. S. and Hornsby P. R., *An evaluation of heat management in injection mould tools*, Plastics, Rubber and Composites: Macromolecular Engineering 36 (1) (2007) 26 – 33.
- [4]. McCalla B. A., Allan P. S. and Hornsby P. R., *A computational model for the cooling phase of injection moulding*, Journal of Materials Processing Technology 195 (1-3) (2008) 305 – 313.
- [5]. Chen S. C., Wang Y. C., Liu S. C., Cin J. C., *Mold temperature variation for assisting micro-molding of DVD micro-featured substrate and dummy using pulsed cooling*, International Journal of Heat and Mass Transfer 151 (1) (2009) 87 – 93.
- [6]. Chen S. C., Tarng S. H. and Tseng C. Y., *Using pulsed cooling to reduce cycle time and improve part warpage*, SPE Antec Technical Paper, 52 (2010) 1421 – 1425.
- [7]. Phạm Sơn Minh, Thanh Trung Do - *Điều chỉnh nhiệt độ khuôn bằng quá trình làm nguội theo xung động dòng chảy*, Journal of Science and Technology, 52 (1) (2014) 123 – 132.
- [8]. Minh P. S., Huang S. W., Chiou Y. C., Wang H. C., *Effect of processing parameters on pulse cooling efficiency in injection molding*, SPE Antec Technical Paper, 52 (2010) 760 – 764.