

# ẢNH HƯỞNG CỦA VẬT LIỆU KHUÔN ĐẾN QUÁ TRÌNH ĐIỀU KHIỂN NHIỆT ĐỘ KHUÔN VỚI KÊNH DẪN DẠNG XOẪN ỐC

EFFECT OF MOLD MATERIAL ON THE MOLD TEMPERATURE CONTROL WITH THE HELICAL COOLING CHANNEL

Phạm Sơn Minh, Trần Ngọc Hiệp

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật 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 nghiên cứu với ba loại vật liệu khuôn là thép C45, đồng C3602 và nhôm A6061. Với khuôn dương, hệ thống đường nước dạng xoắn ốc sẽ được sử dụng nhằm gia nhiệt với nước nóng 80°C và giải nhiệt với nước 30°C, thời gian mỗi bước gia và giải nhiệt là 20s. Quá trình thí nghiệm và mô phỏng sẽ làm rõ các ưu và nhược điểm của hệ thống kênh dẫn dạng xoắn ốc với các loại vật liệu khuôn khác nhau. Kết quả mô phỏng và thí nghiệm cho thấy với dạng kênh dẫn xoắn ốc trong khuôn dương, phân bố nhiệt độ khuôn sẽ đồng đều hơn so với các dạng kênh dẫn trước đây.

**Từ khóa:** Khuôn phun ép nhựa, nhiệt độ khuôn, kênh dẫn xoắn ốc, phân bố nhiệt độ.

## ABSTRACT

In this paper, the heating and cooling step for the core plate in injection molding process was studied under three types of mold material as steel C45, copper C3602 and aluminum A6061. With the core plate, the helical channel was applied for the heating step with the 80 °C water, and then, the cooling step will be continuous with the water of 30°C, the time for each step is 20 s. The simulation and experiment will make clear the advantages and disadvantages of helical channel with different material of core plate. The result shows that the temperature distribution is more uniform than the other types of channel.

**Keywords:** Injectionmolding, mold temperature, helical channel, temperature distribution.

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Ngành Sản xuất sản phẩm nhựa là một trong những ngành công nghiệp đang phát triển nhanh nhất tại Việt Nam, tốc độ tăng trưởng trung bình trong 10 năm trở lại đây là 15 - 20%. Năm 2010, cả nước có 1,200 công ty nhựa, đến nay đã tăng lên khoảng 2,200 công ty. Thị trường xuất khẩu chính hiện nay là Nhật, Mỹ và một số nước châu Âu. Năm 2014, kim ngạch xuất khẩu Ngành đạt 3 tỷ USD, tăng bình quân hơn 29%/năm kể từ 2009, ngành Nhựa sẽ đứng trước cơ hội rất lớn để phát triển hoạt động xuất khẩu. Hiện nay, cơ cấu các sản phẩm nhựa tại Việt Nam trải rộng theo các lĩnh vực như: Sản phẩm đóng gói, đồ gia dụng, vật liệu xây dựng, thiết bị điện và điện tử, linh kiện xe máy, ô tô và các linh kiện phục vụ cho ngành Viễn thông và Giao thông vận tải... Trong đó, nhựa kỹ thuật chiếm khoảng 20% [1] và đang có xu thế ngày càng gia tăng do lợi nhuận lớn và tiêu tốn nguyên vật liệu ít. Tuy nhiên, với dạng sản phẩm này, yêu cầu về chất lượng sản phẩm đang là một trong những khó khăn cho các cơ sở sản xuất. Các yêu cầu phổ biến về chất lượng sản phẩm như: Độ chính xác về kích thước, hình dạng hình học, vật liệu nhựa, thời gian chế tạo sản phẩm,...

Trong nhóm các phương pháp chế tạo sản phẩm nhựa kỹ thuật, phương pháp phun ép đang là một trong những lựa chọn đầu tiên hiện nay [2]. Công nghệ phun ép là quá trình phun nhựa nóng chảy điển đầy lòng khuôn. Khi nhựa được giải nhiệt và đông cứng lại trong lòng khuôn, khuôn mở ra và sản phẩm được đẩy ra khỏi khuôn nhờ hệ thống đẩy. Trong quá trình ép phun không có bất kỳ phản ứng hóa học nào. 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 [3-5]. Theo các nghiên cứu trên thế giới về lĩnh vực điều khiển nhiệt độ cho khuôn ép

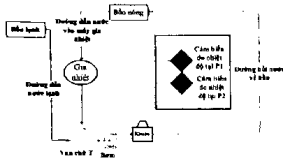
phun, nếu ép phun với nhiệt độ bề mặt khuôn cao, chất lượng sản phẩm sẽ được nâng cao, tuy nhiên, thời gian làm nguội, cũng như thời gian gia công sản phẩm sẽ tăng đáng kể [5, 6]. Ngược lại, nếu giảm nhiệt độ bề mặt khuôn trong quá trình ép phun, thời gian làm nguội có thể được rút ngắn, nhưng chất lượng bề mặt sẽ giảm hoặc các khuyết tật của sản phẩm ép phun sẽ xuất hiện nhiều hơn [7]. 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.

Hiện nay, nhằm rút ngắn thời gian giải nhiệt cho khuôn, các công ty thường sử dụng các hệ thống kênh dẫn dạng xoắn ốc nhằm tăng hiệu quả của quá trình trao đổi nhiệt. Hệ thống dạng này phù hợp với lõi khuôn dương hình trụ đường kính lớn hơn 50 mm [8, 9], hệ thống giải nhiệt xoắn ốc sẽ cung cấp đồng đều và giải nhiệt hiệu quả hơn cho phép kiểm soát tốt nhiệt độ. Ngoài ra, hệ thống này có thể được thiết kế theo đúng hình dạng của lõi khuôn [10]. Hệ thống xoắn ốc thường được thiết kế dạng côn theo lõi của khuôn để giải nhiệt tốt hiệu quả hơn.

Trong quá trình ép phun vật liệu chế tạo khuôn ảnh hưởng rất lớn đến quá trình gia nhiệt, giải nhiệt của khuôn [7-10]. Cụ thể, ba thông số khối lượng riêng, nhiệt dung riêng và hệ số dẫn nhiệt sẽ đồng thời tác động đến quá trình truyền nhiệt của khuôn. Đặc biệt, trong ba thông số trên hệ số truyền nhiệt ảnh hưởng rõ nhất đến quá trình truyền nhiệt của khuôn [5,6]. Thông thường, hệ số truyền nhiệt càng cao, quá trình truyền nhiệt của vật liệu càng tốt [8].

Trong bài báo này, nhằm kiểm nghiệm ảnh hưởng của vật liệu làm khuôn đến khả năng điều khiển nhiệt độ lòng khuôn, cũng như khả năng dự đoán trước nhiệt độ lòng khuôn, mô hình nghiên cứu khuôn dương (hình 1) với hệ

thống kênh dẫn dạng xoắn ốc như hình 2 sẽ được thiết kế, mô phỏng và chế tạo với vật liệu khuôn: Thép C45, Đồng C3602 và Nhôm A6061. Trong quá trình mô phỏng và thí nghiệm, nhiệt độ tại điểm PB và PT sẽ được thu thập và so sánh phân tích.



Hình 1: Mô hình thí nghiệm

## 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.

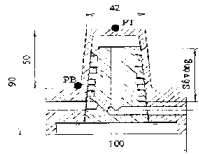
- Bước 2: Chia lưới phân tử: Sau khi xây dựng mô hình hình học cho bài toán, tiến hành chia lưới phân tử cho mô hình vừa tạo ra để phần mềm có thể phân tích trên từng phần tử và đưa ra kết quả chính xác nhất cho bài toán. Việc chia lưới càng mịn thì bài toán phân tích càng chính xác. Với bài toán trên,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

chia theo dạng "inflation" như hình 3.

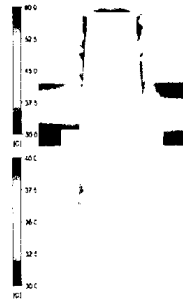
- Bước 3: Thiết lập các thông số của quá trình mô phỏng bao gồm: Các ràng buộc và các thông số phân tích - mô phỏng. Sau khi đã tiến hành chia lưới các phần tử cần khảo sát, tiến hành thiết lập các thông số thuộc tính của các đối tượng, các ràng buộc và các thông số phân tích - mô phỏng.

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

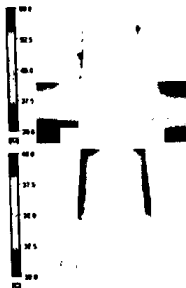
- Bước 5: Phân tích kết quả mô phỏng: Sau khi phân tích, phần mềm sẽ đưa ra kết quả mô phỏng sự biến thiên nhiệt độ trên bề mặt của lòng khuôn khi ta tiến hành sử dụng hệ thống gia nhiệt để gia nhiệt cho lòng khuôn trước khi tiến hành quá trình ép tạo sản phẩm.



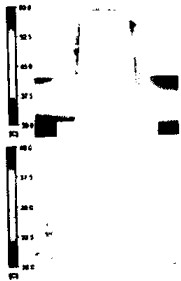
Hình 2: Kích thước khuôn và vị trí hai điểm đo PT và PB



Hình 3: Phân bố nhiệt độ tại mặt cắt tại cuối quá trình gia và giải nhiệt với khuôn thép C45



Hình 4: Phân bố nhiệt độ tại mặt cắt tại cuối quá trình gia và giải nhiệt với khuôn đồng C3620

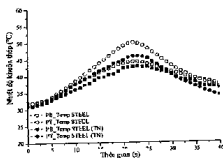


Hình 5: Phân bố nhiệt độ tại mặt cắt tại cuối quá trình gia nhiệt với khuôn nhôm A6061

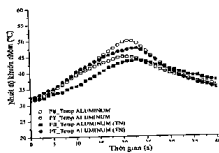
### 3. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

Trong bài báo này, mô hình khuôn dương như hình 2 sẽ được tiến hành phân tích với thời gian một chu kỳ gia giải nhiệt là 40s. Mô hình kênh dẫn dạng xoắn ốc với 4 vòng xoắn. Trong quá trình gia nhiệt cho khuôn từ nhiệt độ phòng 31°C, nước nóng 80°C sẽ được bơm vào lòng khuôn với thời gian 20 s thông qua hệ thống kênh dẫn dạng xoắn ốc. Sau đó, quá trình

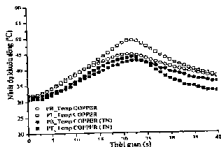
giải nhiệt sẽ được bắt đầu với thời gian giải nhiệt 20 s và nhiệt độ nước giải nhiệt là 30°C. Sau khi tiến hành mô phỏng trên phần mềm Ansys CFX mô hình khuôn dương với hệ thống kênh dẫn xoắn ốc, phân bố nhiệt độ tại mặt cắt ở thời điểm cuối quá trình gia nhiệt và cuối quá trình giải nhiệt được thể hiện như hình 3, 4, và 5 ứng với vật liệu làm khuôn là thép C45, đồng C3620 và nhôm A6061. Nhằm đánh giá độ chính xác của quá trình mô phỏng, các mô hình khuôn ứng với 3 dạng nhiệt độ này được tiến hành chế tạo và thực nghiệm với các thông số giống như mô phỏng. Sau đó, nhiệt độ tại điểm PT và PB (hình 2) được tiến hành thí nghiệm và so sánh với kết quả mô phỏng. Các kết quả về thí nghiệm được trình bày như hình 7. Các kết quả này cho thấy:



(a) Khuôn thép C45



(b) Khuôn Nhôm A6061



(c) Khuôn đồng C3620

Hình 6: Thay đổi nhiệt độ khuôn tại điểm PT và PB với các loại vật liệu khuôn khác nhau

Quy luật phân bố nhiệt độ của khuôn dương vật liệu thép giữa mô phỏng và thực nghiệm tương khá giống nhau.

Ở bước nhập thông số đầu vào cho phần mềm mô phỏng, 20 giây đầu tiên hành gia nhiệt với nhiệt độ nước gia nhiệt 80°C, 20 giây sau tiến hành giải nhiệt với nhiệt độ nước giải nhiệt 30°C. Nhưng khi xuất ra dữ liệu mô phỏng cũng như kết quả thí nghiệm cho thấy quá trình gia nhiệt cho khuôn vật liệu thép diễn ra trong 22 giây đầu, quá trình giải nhiệt diễn ra trong 18 giây cuối. Điều này, có nghĩa sau khi kết thúc 20 giây nước nóng gia nhiệt, nước lạnh giải nhiệt chảy vào khuôn nhưng nhiệt độ khuôn vẫn tiếp tục tăng lên trong 2 giây tiếp theo sau đó mới giảm xuống dần dần.

Tốc độ gia nhiệt và giải nhiệt tại, nhiệt độ cao nhất điểm PT cao hơn ở tại điểm PB.

Tốc độ gia nhiệt diễn ra chậm trong thời gian dài, tốc độ gia nhiệt diễn ra nhanh trong thời gian ngắn.

Bên cạnh những đặt điểm giống nhau, giữa mô phỏng và thực nghiệm cũng tồn tại những đặt điểm khác nhau như:

Tại điểm PB mô phỏng nhiệt độ đầu chu trình gia nhiệt 32°C, nhiệt độ cao nhất của chu trình ở giây 21 là 47.78°C, nhiệt độ tại cuối chu trình 37.49°C.

Tại điểm PT mô phỏng nhiệt độ đầu chu trình gia nhiệt 32°C, nhiệt độ cao nhất của chu trình ở giây 22 là 49.24°C, nhiệt độ tại cuối chu trình 37.78°C.

Tại điểm PB thực nghiệm nhiệt độ đầu

chu trình gia nhiệt 31.6°C, nhiệt độ cao nhất của chu trình ở giây 22 là 42.8°C, nhiệt độ tại cuối chu trình 36°C.

Tại điểm PT thực nghiệm nhiệt độ đầu chu trình gia nhiệt 30.8°C nhiệt độ cao nhất của chu trình ở giây 22 là 44°C nhiệt độ tại cuối chu trình 33°C.

Qua biểu đồ thể hiện phân bố nhiệt độ của khuôn dương tại hai điểm PB và PT giữa lý thuyết và thực nghiệm theo thời gian cho thấy được trong cả chu trình gia nhiệt và giải nhiệt của khuôn dương vật liệu thép C45, xảy ra sự chênh lệch nhiệt độ khoảng từ 0.4°C ~ 5°C.

#### 4. KẾT LUẬN

Qua quá trình thí nghiệm và mô phỏng, bài báo cho thấy sự phân bố nhiệt độ trong khuôn dương với 3 loại vật liệu khác nhau là nhôm A6061, đồng thau C3602, thép C45. Phân tích được những ưu điểm và khuyết điểm của kênh dẫn nhiệt bằng xoắn ốc, phân tích được tính dẫn nhiệt của từng loại vật liệu khác nhau. Kiểm tra đối chứng được sự giống và khác nhau giữa mô phỏng và thực nghiệm. Từ điều kiện bài toán ban đầu, nhiệt độ nước nóng (80°C) gia nhiệt trong 20 giây đầu, nước nguội (30°C) giải nhiệt trong 20 giây sau, tác giả đã tiến hành mô phỏng và phân tích ảnh hưởng của vật liệu khuôn đến phân bố nhiệt của khuôn dương. Kết quả đạt được cho thấy được với dạng kênh dẫn xoắn ốc trong khuôn dương, sẽ cho sự phân bố nhiệt đồng đều hơn so với các dạng kênh dẫn thẳng trong các nghiên cứu trước đây. ❖

Ngày nhận bài: 24/3/2016

Ngày phản biện: 24/4/2016

Tài liệu tham khảo:

- [1]. <http://www.vietrade.gov.vn>.
- [2]. <http://www.saigonplastic.com.vn>.
- [3]. Minh P. S., Huang S. W., Chiou Y. C., Wang H. C., *Effect of processing parameters on pulse cooling efficiency in injection molding*, SPE AntecTechnical Paper, 52 (2010) 760 – 764.
- [4]. 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.
- [5]. 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.
- [6]. 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.
- [7]. 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.
- [8]. 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.
- [9]. 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.
- [10]. Chen S. C., Targ S. H. and Tseng C. Y., *Using pulsed cooling to reduce cycle time and improve part warpage*, SPE AntecTechnical Paper, 52 (2010) 1421 – 1425.