

PHÂN TÍCH GIA NHIỆT VÀ LÀM NGUỘI BẰNG NƯỚC TRONG KHUÔN ÉP PHUN MỘT SỐ SẢN PHẨM KHÁC NHAU

ANALYZE HEATING AND COOLING BY WATER IN INJECTION MOLDING PROCESS FOR DIFFERENT PRODUCTS

Huỳnh Đỗ Song Toàn, Trần Minh Thế Uyên
Võ Bá Anh Đại, Lê Hiếu Giang
Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM

Ngày tòa soạn nhận bài 24/3/2015, ngày phản biện đánh giá 30/3/2015, ngày chấp nhận đăng 3/4/2015

TÓM TẮT

Hiện nay, trên thế giới và trong nước đã có nhiều công trình nghiên cứu tối ưu hóa nhiệt độ khuôn. Tuy nhiên, việc phân tích gia nhiệt và làm nguội bằng nước trong khuôn ép nhựa chưa được thực hiện nhiều trên các sản phẩm thực tế. Kết quả đạt được của bài báo là hoàn thành việc mô phỏng truyền nhiệt trong khuôn ép nhựa sử dụng hệ thống nước để gia nhiệt và làm nguội lòng khuôn. Phương pháp gia nhiệt bằng nước nóng có thể nâng nhiệt độ khuôn từ 30 0C đến 63.50C trong 20s, sau đó, khuôn được giải nhiệt đến 350C trong thời gian 20s tiếp theo. Sau đó tiến hành đánh giá sai số và cách hạn chế sai số khi thực hiện mô phỏng; phân tích truyền nhiệt trong khuôn một số sản phẩm khác nhau.

Từ khóa: khuôn nhựa ép phun, hệ thống làm mát bằng nước, sự truyền nhiệt..

ABSTRACT

Currently, there are many research results to optimize the mold temperature. However, the analysis of heating and cooling by water injection molding is not yet enough for reference. The outcomes of this paper include a complete analysis of heat transfer in plastic injection molds using water for heating and cooling. This method is able to increase the mold temperature from 30 0C to 63.50C in 20s for the heating step and decrease the mold temperature to 350C in the next 20s for the cooling step. Also, the errors when performing simulation are examined. Finally, the analysis of heat transfer in mold for different products is performed.

Keywords: plastic injection molding, water cooling system, heat transfer.

1. GIỚI THIỆU

Nghiên cứu về nhiệt độ khuôn tập trung vào nhiệt độ nhựa nóng chảy (melt temperature) và nhiệt độ khuôn (mold temperature). Trong đó, nhiệt độ nhựa nóng chảy thường được nhà sản xuất qui định nên là thông số rất khó thay đổi [1]. Thay vào đó, nhiệt độ khuôn là yếu tố ảnh hưởng đến: độ co rút và ứng suất dư của sản phẩm [2], dòng chảy nhựa khi điền vào lòng khuôn [3,4] và quá trình giải nhiệt cho sản phẩm [5-7].

Trong quá trình xác định các thông số phun ép, giá trị nhiệt độ khuôn thường được nhà sản xuất vật liệu nhựa qui định trong khoảng nhiệt độ cho phép. Tuy nhiên, khác với nhiệt độ nhựa nóng chảy, nhiệt độ khuôn có thể được phân thành hai thời điểm khác nhau: nhiệt độ khuôn khi nhựa chảy vào lòng khuôn (Filling step) và nhiệt độ khuôn sau khi nhựa đã điền đầy lòng khuôn (full fill). Nếu trong quá trình nhựa điền đầy lòng khuôn, nhiệt độ khuôn càng cao (nhưng phải thấp hơn nhiệt độ nhựa – melt temperature) thì quá trình

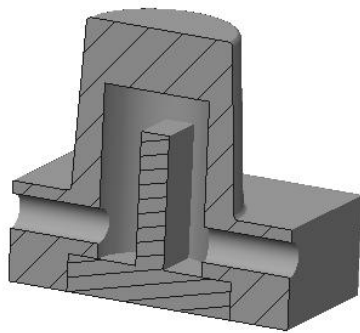
điền đầy lòng khuôn càng dễ, và nhiều lợi ích khác có thể đạt được như: ứng suất dư trên sản phẩm thấp, độ chính xác về kích thước và hình dáng càng cao [8]. Nếu trong quá trình sau khi nhựa đã điền đầy lòng khuôn, nhiệt độ khuôn càng thấp, quá trình giải nhiệt cho sản phẩm sẽ càng thuận lợi hơn, và kết quả là độ cong vênh của sản phẩm sẽ giảm đáng kể [8].

Tuy nhiên việc phân tích gia nhiệt và làm nguội bằng nước trong khuôn ép phun chưa được thực hiện nhiều trên các sản phẩm khác nhau.

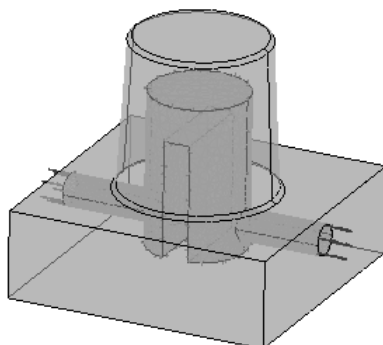
2. THIẾT KẾ CHẾ TẠO BỘ KHUÔN THỰC NGHIỆM

2.1 Thiết kế và mô phỏng tấm khuôn

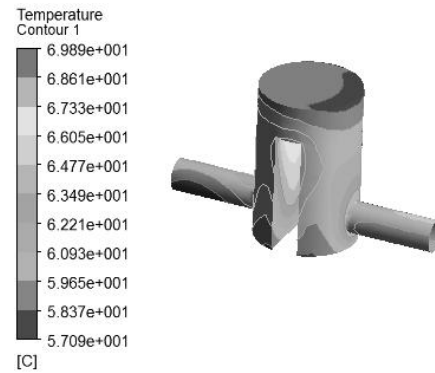
Thiết kế tấm khuôn với đường nước kiểu baffle như hình 1. Tiến hành phân tích mô phỏng đường nước vào khuôn theo hình 2. Kết quả mô phỏng nhiệt độ đường nước được thể hiện ở hình 3. Và kết quả nhiệt độ bề mặt khuôn trình bày trong hình 4.



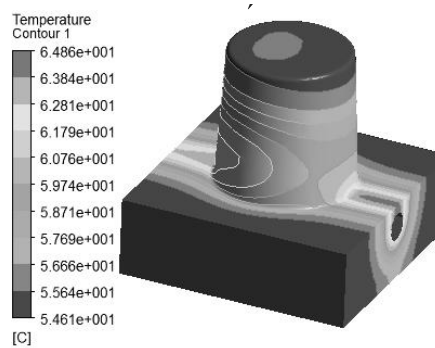
Hình 1: Mặt cắt tấm khuôn với đường nước.



Hình 2: Đường nước vào khuôn.



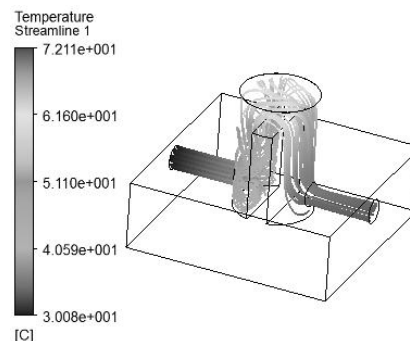
Hình 3: Kết quả mô phỏng nhiệt độ đường nước



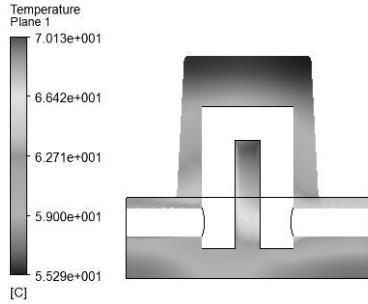
Hình 4: Kết quả mô phỏng nhiệt độ bề mặt tấm khuôn.

Phân tích kiểu Streamline như hình 5 thể hiện kết quả dưới dạng các dòng chảy trong hệ thống làm nguội, nhiệt độ của dòng nước, dòng chảy rối trong hệ thống.

Phân tích kiểu Plane như hình 6 thể hiện chế độ xem kết quả theo từng mặt cắt trên vật thể. Cụ thể hơn, xem nhiệt độ ở các vùng khác nhau trên từng mặt cắt.



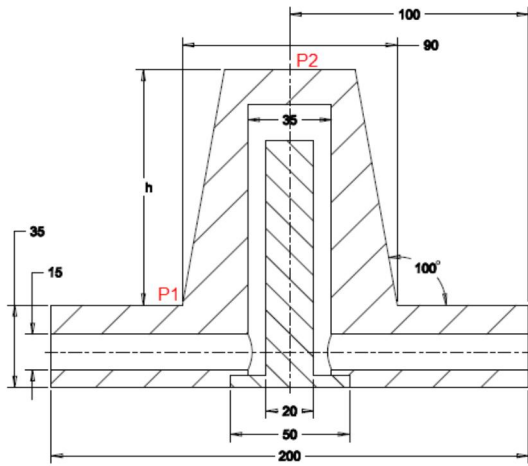
Hình 5: Kết quả mô phỏng theo kiểu Streamline khuôn thí nghiệm.



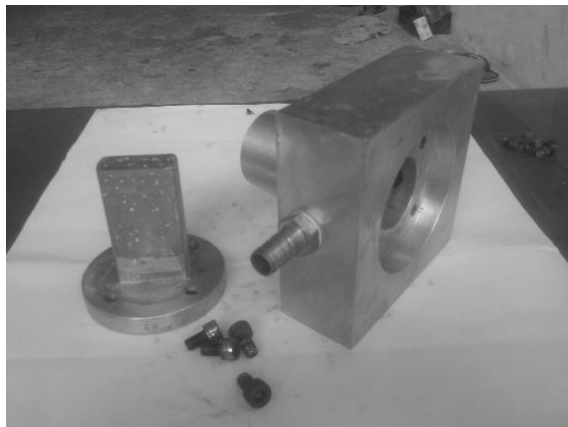
Hình 6: Kết quả mô phỏng theo kiểu Plane khuôn thí nghiệm.

2.2 Chế tạo khuôn thực nghiệm

Thiết kế khuôn theo bản vẽ thể hiện ở hình 7. Tấm khuôn được gia công thực tế như hình 8.

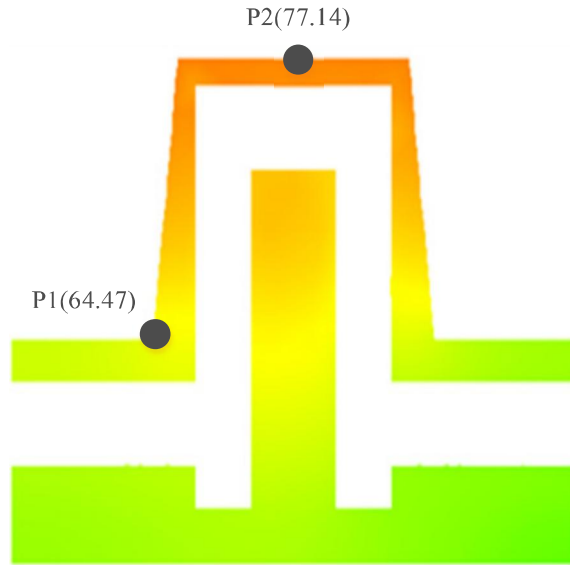


Hình 7: Thiết kế khuôn.

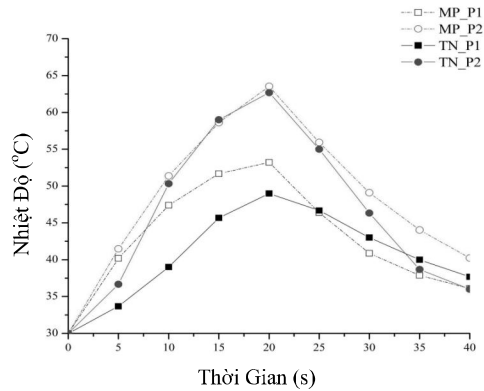


Hình 8: Tấm khuôn gia công thực tế.

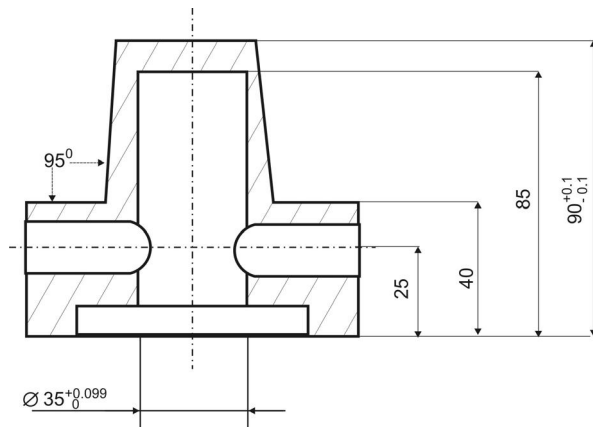
Mô phỏng nhiệt độ giữa 2 điểm trên bề mặt khuôn P1 và P2 theo hình 9. Tiến hành đo đặc nhiệt độ thực tế để có biểu đồ nhiệt độ giữa thực nghiệm và mô phỏng như hình 10.



Hình 9: Mô phỏng nhiệt độ giữa 2 điểm trên bề mặt khuôn.



Hình 10: Biểu đồ nhiệt độ giữa thực nghiệm và mô phỏng.



Hình 11: Bản vẽ khuôn.

Kết quả này cũng cho thấy, kết quả thí nghiệm và mô phỏng tại điểm P2 chênh lệch không đáng kể trong quá trình gia nhiệt. Tuy nhiên, kết quả mô phỏng và thí nghiệm tại điểm P1 có sự chênh lệch khá lớn. Sai lệch này do đặc tính vật liệu khuôn trong quá trình thí nghiệm không hoàn toàn chính xác như thí nghiệm. Do đó, kết quả mô phỏng có sai lệch so với thực tế. Sai lệch này xuất hiện rõ hơn tại điểm P1 vì tại vị trí này, chiều dày khuôn (khoảng cách từ vị trí đo đến mặt tiếp xúc với nước) khá lớn, do đó, ảnh hưởng của sai lệch vật liệu sẽ rõ hơn trường hợp tại điểm P2.

Bên cạnh đó, sự khác biệt về nhiệt độ tại điểm P1 và P2 cũng xuất hiện khá rõ trong Hình 10. Với điểm P2, tốc độ gia nhiệt và giải nhiệt nhanh hơn điểm P1. Sự khác biệt này có thể được giải thích dựa trên chiều dày khuôn tại hai điểm này. Với điểm P2, chiều dày khuôn là 5 mm, tuy nhiên, tại điểm P1, chiều dày khuôn là 7.5 mm như hình 11. Do đó, trong cả quá trình gia nhiệt và giải nhiệt, nhiệt độ tại điểm P2 sẽ thay đổi nhanh hơn điểm P1.

Với các khả năng mô phỏng như mô hình trên, bài báo đề xuất phương án mô phỏng gia nhiệt và làm nguội bằng ANSYS với các sản phẩm khác. Từ đó, tiến hành phân tích truyền nhiệt trong khuôn một số sản phẩm khác nhau.

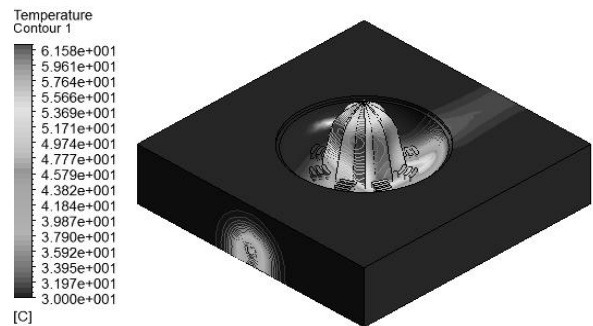
3. PHÂN TÍCH GIA NHIỆT VÀ LÀM NGUỘI BẰNG NƯỚC TRONG KHUÔN ÉP PHUN MỘT SỐ SẢN PHẨM KHÁC NHAU

3.1 Sản phẩm 1

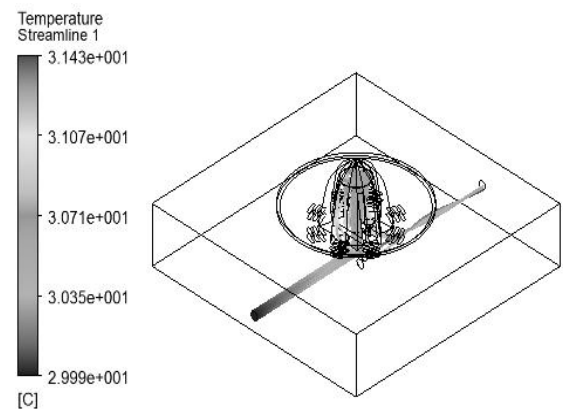
Dụng cụ vắt nước cam được thể hiện như hình 12 với kết quả mô phỏng Contour như hình 13 và Streamline như hình 14.



Hình 12: Sản phẩm dụng cụ vắt nước cam.



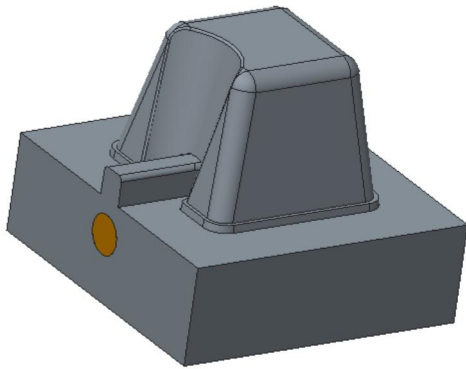
Hình 13: Kết quả mô phỏng với kiểu xem Contour dụng cụ vắt nước cam.



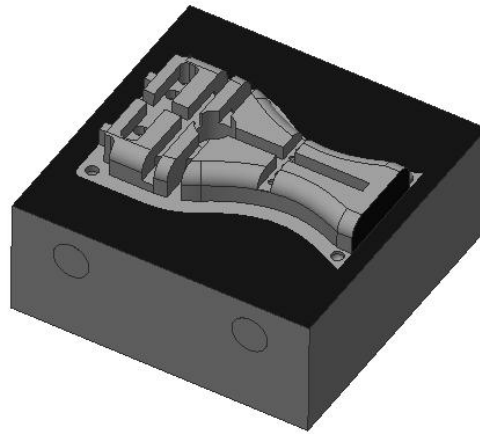
Hình 14: Kết quả mô phỏng với kiểu xem Streamline dụng cụ vắt nước cam.

3.2 Sản phẩm 2

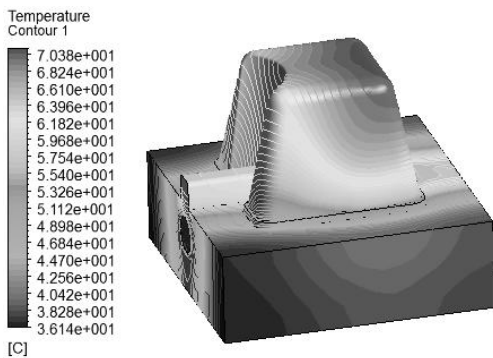
Hình hộp cao được thể hiện như hình 15 với kết quả mô phỏng Contour như hình 16 và Streamline như hình 17.



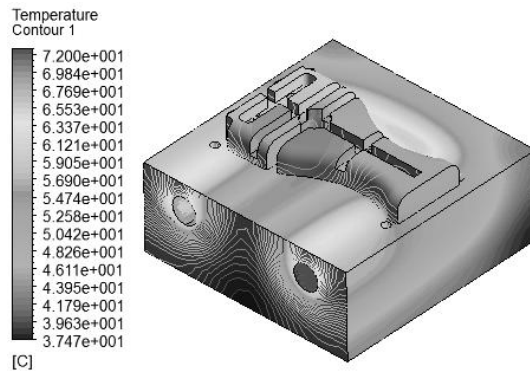
Hình 15: Sản phẩm hộp cao



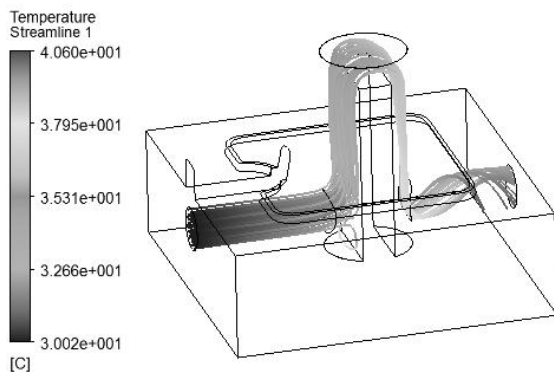
Hình 18: Sản phẩm phích cắm điện



Hình 16: Kết quả mô phỏng với kiểu Contour sản phẩm dạng hộp cao



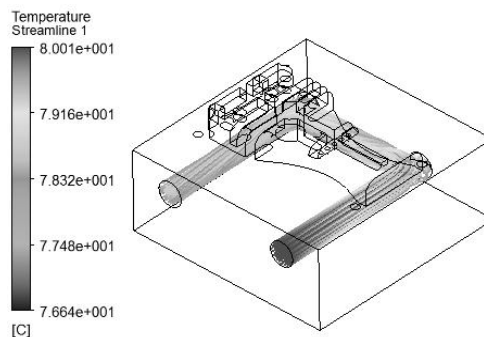
Hình 19: Kết quả mô phỏng với kiểu Contour sản phẩm phích cắm điện



Hình 17: Kết quả mô phỏng với kiểu Streamline sản phẩm dạng hộp cao

3.3 Sản phẩm 3

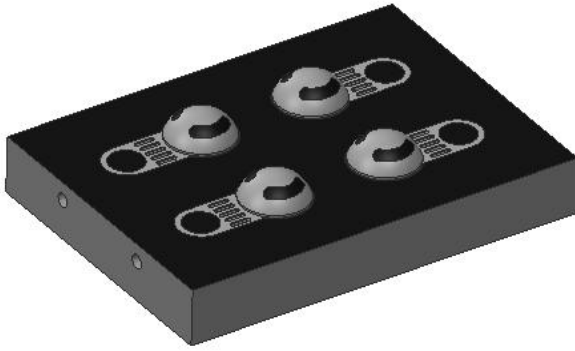
Phích cắm điện được thể hiện như hình 18 với kết quả mô phỏng Contour như hình 19 và Streamline như hình 20.



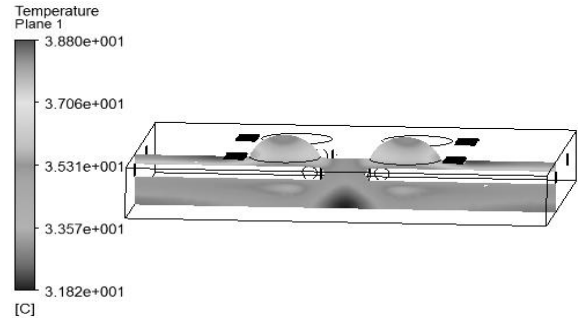
Hình 20: Kết quả mô phỏng với kiểu Streamline sản phẩm phích cắm điện

3.4 Sản phẩm 4

Dụng cụ lọc lòng đỏ trứng được thể hiện như hình 21 với kết quả mô phỏng Contour như hình 22, Streamline hình 23 và Plane như hình 24.



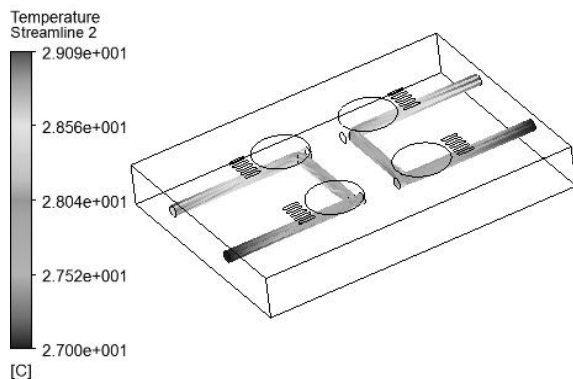
Hình 21: Sản phẩm lọc lòng đỏ trứng khuôn có nhiều lòng khuôn.



Hình 24: Kết quả mô phỏng với kiểu xem Plane sản phẩm lọc lòng đỏ trứng.



Hình 22: Kết quả mô phỏng với kiểu xem Contour sản phẩm lọc lòng đỏ trứng.



Hình 23: Kết quả mô phỏng với kiểu xem Streamline sản phẩm lọc lòng đỏ trứng.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã hoàn thành bài mô phỏng truyền nhiệt trong khuôn ép nhựa sử dụng hệ thống nước để gia nhiệt và làm nguội lòng khuôn; đánh giá xu hướng và sự biến đổi nhiệt độ trong khuôn; đánh giá sai số và cách hạn chế sai số khi thực hiện mô phỏng; phân tích truyền nhiệt trong khuôn một số sản phẩm khác nhau. Với mô hình tám khuôn dương, phương pháp gia nhiệt bằng nước nóng có thể nâng nhiệt độ khuôn từ 30°C đến 63.5°C trong 20 s, sau đó, khuôn được giải nhiệt đến 35°C trong thời gian 20 s.

Với mô hình này, phương pháp mô phỏng và thực nghiệm cho kết quả khá chính xác với nhiệt độ tại điểm P2. Tuy nhiên, với nhiệt độ tại điểm P1, sai lệch giữa kết quả mô phỏng và thực nghiệm vẫn còn khá lớn. Vì vậy, trong các nghiên cứu tiếp theo, các phương án nhằm nâng cao độ chính xác của phương pháp mô phỏng cần được tiếp tục nghiên cứu.

Ngoài ra, phương pháp mô phỏng cũng được sử dụng cho 4 tấm khuôn thực với các loại sản phẩm khác nhau nhằm quan sát phân bố nhiệt độ của các tấm khuôn này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Sơn Minh - Trần Minh Thế Uyên, Bài giảng *Thiết Kế Chế Tạo Khuôn Ép Nhựa*, Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM.
- [2] H. L. Chen, S. C. Chen, W. H. Liao, R. D. Chien, Y. T. Lin, *Effects of insert film on asymmetric mold temperature and associated part warpage during in-mold decoration injection molding of PP parts*, International Communications in Heat and Mass Transfer 41 (2013) 34-40.

- [3] X. Xu, C. B. Park, J. W. S. Lee, X. Zhu, *Advanced Structural Foam Molding Using a Continuous Polymer/Gas Melt Flow Stream*, Journal of Applied Polymer Science 109 (2008) 2855–2861
- [4] W. Wu, N. Yoon Lee, *Two-layer microdevice for parallel flow-through PCRs employing plastic syringes for semi-automated sample injection and a single heater for amplification: Toward process simplification and system miniaturization*, Sensors and Actuators B: Chemical, 181 (2013) 756-765.
- [5] G. Wang, G. Zhao, H Li, Y Guan, *Research of thermal response simulation and mold structure optimization for rapid heat cycle molding processes*, respectively, with steam heating and electric heating, Materials & Design 31 (1) (2010) 382-395.
- [6] S. C. Chen, H. M. Li, S. S. Hwang, H. H. Wang, *Passive mold temperature control by a hybrid filming-microcellular injection molding processing*, International Communications in Heat and Mass Transfer, 35 (7) (2008) 822-827.
- [7] A. Kumar, P. S. Ghoshdastidar, M.K Muju, *Computer simulation of transport processes during injection mold-filling and optimization of the molding conditions*, Journal of Materials Processing Technology, 120 (1–3) (2002) 438-449.
- [8] Injection molding handbook Osswald, Lih-Sheng Turng and Paul Gramann (Jun 1, 2008).