

MÔ PHỎNG PHÂN BỐ NHIỆT CỦA TẤM KHUÔN ÂM VỚI HỆ THỐNG KÊNH DẪN XOẮN ỐC

SIMULATE THE MOLD TEMPERATURE OF CAVITY PLATE
WITH THE HELICAL CHANNEL

Phạm Sơn Minh, Đỗ Thành Trung, Trần Ngọc Rin
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Trong bài báo này, trình bày quá trình điều khiển nhiệt độ cho tấm khuôn âm của quy trình phun ép nhựa đã được mô phỏng với ba loại vật liệu khuôn là thép, đồng và nhôm. Với hai thiết kế của khuôn âm, quá trình gia nhiệt được thực hiện với nước nóng 80°C và giải nhiệt với nước 30°C, thời gian mỗi bước gia và giải nhiệt là 30s. Quá trình mô phỏng cho thấy, kênh dẫn dạng xoắn ốc có thể thay đổi nhiệt độ khuôn khá rõ, ngược lại, với kênh dẫn thẳng, độ thay đổi nhiệt độ khuôn gần như không đáng kể. Tại cuối quá trình gia nhiệt, nhiệt độ cao nhất của lòng khuôn âm có thể đạt đến 80°C với cả 3 loại vật liệu khuôn. Với vật liệu nhôm và đồng, vì hệ số dẫn nhiệt khá cao, do đó, khả năng gia nhiệt và giải nhiệt cho lòng khuôn cũng tốt hơn so với vật liệu thép.

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 cavity plate in injection molding process was studied under three types of mold material as steel, copper and aluminum. With two types of the cavity plate, the heating step was operated with 80°C water and the cooling step was operated with the 30°C. The time for each step is 30s. The simulation shows that the helical chanel is more sensitive in the mold temperature control, on the oposite, with the straight channel, the temperature control is not clear. At the end of heating step, the highest temperature of cavity plate could reaches to 80°C with three type of mold material. With the aluminum and copper, due to the high thermal conductivity, so, the ability of mold temperature control is also better than the steel material.

Keywords: Injection molding, mold temperature, helical channel, temperature distribution.

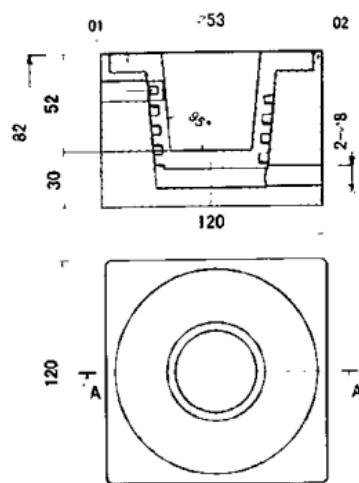
1. GIỚI THIỆU

Trong công nghệ ép phun sản phẩm nhựa, quy trình làm nguội trong một chu kỳ ép phun là giai đoạn đặc biệt quan trọng, nhằm tăng năng suất và chất lượng sản phẩm. Thiết kế hệ thống làm nguội hợp lý giúp giảm thời gian chu kỳ ép và hạn chế, loại bỏ được khuyết tật sản phẩm như vết lõm, co rút không đồng đều, ứng suất dư do phân bố nhiệt, biến dạng sản phẩm [1]. Yêu cầu của hệ thống nhiệt trong khuôn phun ép là làm giảm thời gian gia nhiệt, giải nhiệt càng nhanh càng tốt mà vẫn giữ được các tính chất vật lý của vật liệu, cũng như yêu cầu chất lượng của sản phẩm nhựa. Quá trình điều khiển nhiệt độ trong khuôn phun ép bị ảnh hưởng nhiều yếu tố như hệ thống, hình dáng, tiết diện, số lượng, vị trí kênh dẫn nước [2-4]. Hiện nay, các phương án bố trí kênh dẫn nước thường được sử dụng như: Bố trí liên tục (một đầu vào và một đầu ra) và bố trí song song (mỗi nhánh kênh làm nguội riêng biệt cung cấp nước làm nguội ở nhiệt độ như nhau). Các yếu tố ảnh hưởng đến chu kỳ làm nguội: Hình dạng và kích thước sản phẩm, bề dày sản phẩm, vật liệu nhựa ép phun, kiểu dáng - kích thước của cống phun và runner, vật liệu chế tạo khuôn, lưu lượng nước làm nguội [5-8].

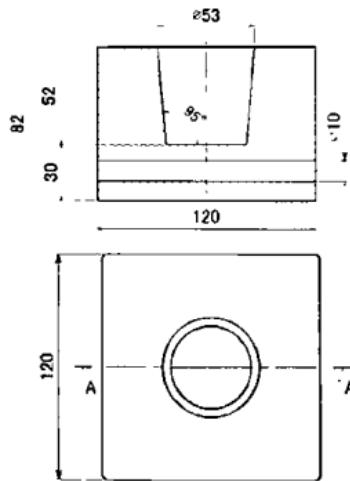
Bài báo này, trình bày khảo sát nhiệt độ trong quá trình gia nhiệt và giải nhiệt cho tấm khuôn âm có hệ thống kênh dẫn xoắn ốc; Các yếu tố thay đổi là kiểu kênh dẫn nước (có và không sử dụng kênh dẫn xoắn ốc) và vật liệu chế tạo khuôn âm với kênh dẫn xoắn ốc.

2. MÔ PHÒNG

2.1. Mô hình phân tích



Hình 1. Mô hình mô phỏng tẩm khuôn âm có sử dụng hệ thống kênh dẫn xoắn ốc



Hình 2. Mô hình sử dụng kênh dẫn thẳng

Nhằm khảo sát ảnh hưởng của kênh dẫn dạng xoắn ốc đến khả năng điều khiển nhiệt độ tấm khuôn âm, hai mô hình khuôn được thiết kế cho quá trình mỏ phỏng, gồm:

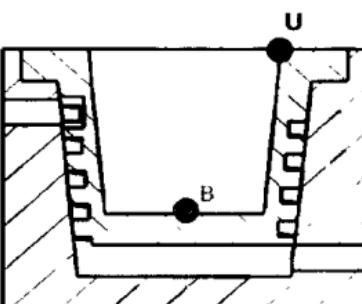
- Mô hình khuôn âm có sử dụng hệ thống kênh dẫn xoắn ốc (hình 1) được thiết kế gồm 2 phần: Khối khuôn âm và lõi khuôn dẫn nước dạng xoắn ốc. Kênh xoắn ốc được giới hạn theo hình trục côn 5°, tiết diện kênh là hình vuông 3x3 và số vòng xoắn thay đổi ứng với chiều sâu 52 mm là 4 vòng.

- Mô hình khuôn âm sử dụng kênh dẫn thẳng (hình 2) được thiết kế gồm 1 khối với kênh dẫn thẳng có đường kính 10 mm và kích thước lõng khuôn như trường hợp sử dụng kênh dẫn xoắn.

2.2. Thông số mỏ phỏng

Nhiệt độ ban đầu của khuôn là 30°C. Chu kỳ 60s được chia ra 40s đầu là quá trình gia

nhiệt: Nước ở nhiệt độ 80 °C sẽ được bơm vào khuôn, 20s sau là quá trình làm nguội: Nước ở nhiệt độ 30°C sẽ được bơm vào khuôn. Nhiệt độ được khảo sát tại 2 điểm trên khuôn, tB, tU là nhiệt độ tại điểm B, U tại mặt cắt A-A như hình 3. Ngoài ra, nhằm nghiên cứu ảnh hưởng của vật liệu khuôn đến nhiệt độ lòng khuôn, lòng khuôn sẽ được tiến hành mỏ phỏng với 3 loại vật liệu: Thép, nhôm, đồng. Thông số của 3 loại vật liệu này được trình bày như Bảng 1.



Hình 3. Vị trí khảo sát nhiệt độ tại 2 điểm B và U

Bảng 1. Thông số vật liệu [9]

Vật Liệu	Khối lượng Mol (kg/kmol)	Khối lượng riêng (kg/m ³)	Nhiệt dung riêng (J/kg.K)	Hệ số truyền nhiệt (W/m.K)
Thép CT3	55.85	7854	448	60.5
Nhôm	26.98	2702	903	237
Đồng	63.55	8933	385	401

3. SO SÁNH VÀ PHÂN TÍCH KẾT QUẢ MỎ PHỎNG

Mô phỏng phân bố nhiệt độ của lòng khuôn âm với kênh dẫn xoắn ốc được thực hiện với phần mềm ANSYS CFX. Quá trình mỏ phỏng được tiến hành cho hai dạn khuôn như hình 1 và 2, gồm 2 bước:

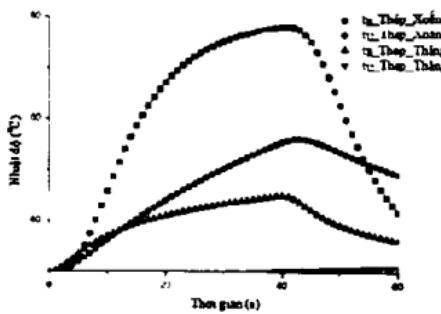
- Bước 1: Khuôn được cài đặt nhiệt độ ban đầu là 30°C, sau đó, nước 80 °C sẽ được bơm vào hệ thống kênh dẫn nhằm gia nhiệt cho khuôn. Thời gian cho quá trình gia nhiệt là 20s.

- Bước 2: Sau khi hết thời gian gia nhiệt, nước lạnh 30°C sẽ được bơm vào kênh dẫn nhằm giải nhiệt cho khuôn. Thời gian cho quá trình giải nhiệt là 20s.

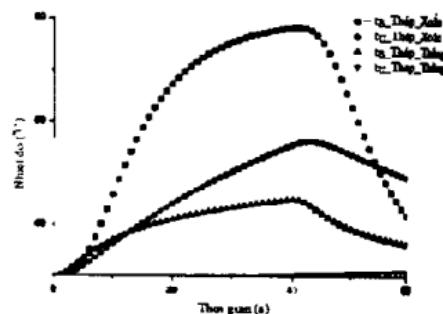
Trong quá trình gia nhiệt và giải nhiệt, nhiệt độ tại hai điểm trên bề mặt khuôn (hình 3) được thu thập và so sánh như hình 4, 5, 6. Kết quả này cho thấy, khi sử dụng hệ thống kênh dẫn xoắn ốc cho tám khuôn âm, khả năng thay đổi nhiệt độ tại 2 điểm B và U tăng lên rõ rệt trong cả giai đoạn gia nhiệt và giảm nhiệt gần về nhiệt độ khuôn ban đầu ở cuối giai đoạn giải nhiệt. Ngược lại, khi dùng hệ thống giải nhiệt truyền thống với kênh dẫn thẳng, nhiệt độ tại 2 điểm B và U hầu như không thay đổi. Do đó, mục tiêu gia nhiệt cho lò khuôn gần như không thể thực hiện với thiết kế thông thường, đặc biệt với các lò khuôn có chiều sâu (h) lớn như mô hình

trong nghiên cứu này. Theo kết quả mô phỏng với nhiệt độ ban đầu 30°C, khi hệ thống kênh dẫn xoắn ốc được sử dụng, nhiệt độ khuôn có thể được gia nhiệt đến 79,12°C, trong 40s và làm nguội đến 31°C sau 20s.

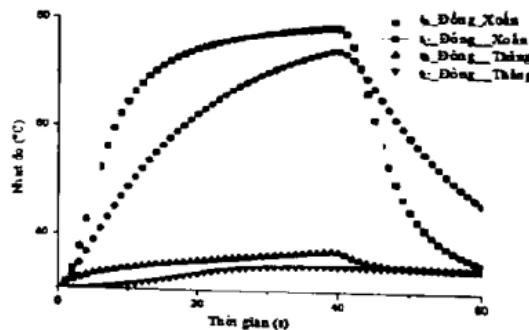
Ngoài ra, thông qua quá trình mô phỏng, phân bố nhiệt độ tại cuối thời điểm gia và giải nhiệt được trình bày như hình 7. Kết quả này cho thấy với hệ thống kênh dẫn dạng xoắn ốc, khi vật liệu khuôn là thép, tại cuối quá trình gia nhiệt, chênh lệch nhiệt độ tại điểm trên và điểm dưới là 20,25°C, tuy nhiên, tại cuối quá trình giải nhiệt, chênh lệch nhiệt độ này là 3,5°C.



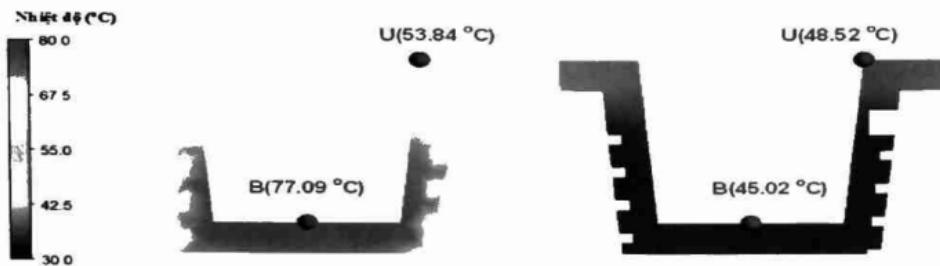
Hình 4. Nhiệt độ tại điểm U, B khuôn thép có và không có kênh dẫn xoắn ốc



Hình 5. Nhiệt độ tại điểm U, B khuôn nhôm có và không có kênh dẫn xoắn ốc



Hình 6. Nhiệt độ tại điểm U, B khuôn đồng có và không có kênh dẫn xoắn ốc



Hình 7. Phân bố nhiệt độ tại mặt cắt A-A của khuôn âm với vật liệu thép

4. KẾT LUẬN

Quá trình mô phỏng hai hệ thống kênh dẫn cho thấy, nhiệt độ ở B và U ở cuối quá trình giải nhiệt khuôn vật liệu nhôm và đồng thấp hơn khuôn vật liệu thép vì hệ số truyền nhiệt nhôm và đồng cao hơn và lượng thất thoát nhiệt nhiều hơn khuôn vật liệu thép. Thời gian đầu truyền nhiệt tốc độ gia nhiệt của nhôm, đồng nhanh hơn thép vì có hệ số truyền nhiệt cao hơn. Thời gian đầu của quá trình giải nhiệt tốc độ giải nhiệt của nhôm và đồng nhanh hơn thép vì thép có hệ số truyền nhiệt thấp hơn nhôm và đồng. Ngoài ra, hệ thống kênh dẫn xoắn ốc vẫn chưa khắc phục được nhược điểm sự phân bố nhiệt trên tâm khuôn, vẫn còn sự chênh lệch nhiệt độ đáng kể ở hai vị trí B và U, đây cũng là nhược điểm của hệ thống kênh dẫn xoắn ốc và hướng nghiên cứu tiếp theo của đề tài này. Hướng phát triển tiếp theo sẽ hướng đến việc sử dụng kênh dẫn xoắn ốc với kích thước tiết diện kênh dẫn ở dạng vi mô.❖

Ngày nhận bài: 02/3/2016

Ngày phản biện: 08/4/2016

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trần Minh Thế Uyên; *Thiết kế chế tạo khuôn ép nhựa*, Bài giảng Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.
- [2]. E. Schmachtenberg, J. Schulte zur Heide and J. Topker, *Application of ultrasonics for the process control of Resin Transfer Moulding (RTM)*, Polymer Testing, Vol. 24, pages 330-338, 2005.
- [3]. Peter Jones. *The Mould Design Guide*, Smithers Rapra, 2008.
- [4]. Hamdy Hassan, Nicolas Regnier, Ce 'dric Le Bot, Guy Defaye, *3D study of cooling system effect on the heat transfer during polymer injection molding*, 2 July 2009 Elsevier Masson SAS.
- [5]. Hamdy Hassan, Nicolas Regnier, Guy Defaye, A *3D study on the effect of gate location on the cooling of polymer by injection molding*, 15 June 2009 Elsevier Masson SAS.
- [6]. A.G. Smith, L.C. Wrobel, B.A. McCalla, P.S. Allan, P.R. Hornsby, *A computational model for the cooling phase of injection moulding*, 2007 Elsevier B.V.
- [7]. Yung-Kang Shen, Chih-Yuan Chang, Yu-Sheng Shen, Sung-Chih Hsu, Ming-Wei Wu, *Analysis for microstructure of microlens arrays on micro-injection molding by numerical simulation*, 5 March 2008 Elsevier Ltd.
- [8]. Wan Aizan Wan Abdul Rahman, Lee Tin Sin, Abdul Razak Rahmat, *Injection moulding simulation analysis of natural fiber composite window frame*, 3 June 2007 Elsevier Ltd.
- [9]. GS.TS. Nguyễn Đức Lộc; *Sổ tay công nghệ chế tạo máy tập 1*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2007.