

# PHÂN BỐ NHIỆT ĐỘ CỦA TẤM KHUÔN DƯƠNG VỚI PHƯƠNG PHÁP GIA NHIỆT BẰNG ĐIỆN TRỞ

## TEMPERATURE DISTRIBUTION OF CORE PLATE WITH THE HEATER HEATING METHOD

Đỗ Thành Trung, Nguyễn Văn Dũng

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh

### TÓM TẮT

Trong bài báo này, trình bày 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 với số lượng điện trở, chiều cao tấm khuôn thay đổi. Tấm khuôn dương được thiết kế với kênh giải nhiệt dạng thẳng và số lượng các điện trở tăng từ 4 đến 8. Ngoài ra, chiều cao của tấm khuôn dương được tăng từ 45 mm đến 55 mm. Kết quả mô phỏng cho thấy, với số lượng điện trở càng nhiều, khả năng tăng nhiệt độ của khuôn càng cao với tốc độ gia nhiệt lần lượt là 0,417 °C/s, 0,63 °C/s và 0,875 °C/s; tuy nhiên, chênh lệch nhiệt độ tại đỉnh của khuôn dương cũng sẽ gia tăng. Với khuôn càng cao, khả năng tăng nhiệt độ của khuôn càng thấp với tốc độ gia nhiệt lần lượt là 0,768 °C/s, 0,63 °C/s, và 0,515 °C/s. Chênh lệch nhiệt độ tại đỉnh của khuôn dương có chiều hướng giảm khi chiều cao khuôn tăng.

**Từ khóa:** Khuôn phun ép nhựa; Nhiệt độ khuôn dương; Gia nhiệt bằng điện trở.

### ABSTRACT

In this paper, the dynamic mold temperature control for core plate was simulated for observing the temperature distribution under different number of heater and the height of core plate. The core plate was designed with the straight cooling channel and the number of heater varies from 4 to 8. In addition, the height of core plate increases from 45 mm to 55 mm. The simulation result shows that with the number of heater is 4, 6, and 8, the heating rate of mold plate is 0,417 °C/s, 0,63 °C/s, and 0,875 °C/s, however, the difference temperature at the top of core plate is also higher. With the height of core plate is 45 mm, 50 mm, and 55 mm, the heating rate is slower as 0,768 °C/s, 0,63 °C/s, and 0,515 °C/s. However, the difference temperature was reduced.

**Keywords:** Injection molding; Core plate temperature; Heater heating.

## 1. TỔNG QUAN

Ngày nay, với sự phát triển vượt bậc của khoa học kỹ thuật, các sản phẩm nhựa được thiết kế và phát triển theo xu hướng có kết cấu nhẹ hơn, nhỏ hơn, mỏng hơn. Do đó, quá trình phun ép các sản phẩm dạng này đang đổi mới với các thử thách lớn. Nếu trong quá trình nhựa điền đầy lòng khuôn, nhiệt độ khuôn có thể duy trì ở giá trị cao hơn nhiệt độ chuyển pha của vật liệu nhựa thì khả năng điền đầy khuôn với những chi tiết có kích thước micro sẽ tăng lên. Vì vậy, mục tiêu quan trọng của quá trình điều khiển nhiệt độ khuôn phun ép là: Gia nhiệt cho bề mặt khuôn đến nhiệt độ yêu cầu, nhưng vẫn đảm bảo thời gian chu kỳ phun ép không quá dài. Ngoài ra, người vận hành cũng cần biết được ảnh hưởng của vật liệu khuôn, hình dáng và kích thước khuôn và hình dáng kênh giải nhiệt đến quá trình điều khiển nhiệt độ cho tấm khuôn dương.

Như phân tích trên, nhiệt độ khuôn đóng một vai trò quan trọng trong sự hình thành chất lượng sản phẩm. Kiểm soát và điều khiển nhiệt độ của khuôn là một trong những phương pháp giúp đạt được chất lượng sản phẩm tốt nhất [1,2]. Vì thế hiện nay, một kỹ thuật mới đã được nghiên cứu và áp dụng thành công cho các sản phẩm đòi hỏi cao về độ chính xác cũng như cơ tính, đó là phương pháp gia nhiệt bằng điện trở cho tấm khuôn [3-5], nhằm đáp ứng yêu cầu gia nhiệt nhanh và nhiệt độ cao cho bề mặt khuôn. Các kết quả của nghiên cứu trước đây cũng cho thấy hiệu quả tích cực của phương pháp này [6].

Nhìn chung, điều khiển được nhiệt độ bề mặt lòng khuôn cũng góp phần giảm được chu kỳ phun ép một cách đáng kể, điều này mang lại nhiều lợi ích kinh tế [7]. Thông qua việc điều khiển nhiệt độ, người vận hành sẽ tìm ra được thời gian gia nhiệt và giải nhiệt hợp lý tránh lãng phí thời gian cũng như công suất của điện trở, nhằm giảm chu kỳ phun ép đồng nghĩa với

sản lượng được tăng lên rất nhiều, giảm hao phí năng lượng không cần thiết trong quá trình gia nhiệt [8]. Khi sản phẩm đảm bảo yêu cầu về kỹ thuật và sản lượng tăng chắc chắn sẽ mang lại nhiều lợi nhuận cho doanh nghiệp.

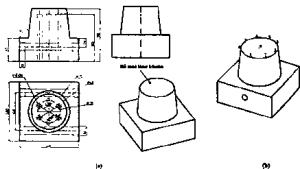
Tuy nhiên, việc thiết kế khuôn với hệ thống gia nhiệt bằng điện trở vẫn còn phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm. Ngoài ra, với các qui trình thiết kế hiện nay, phân bố nhiệt độ vẫn chỉ được ước đoán với độ chính xác thấp, vì hình dạng của tấm khuôn luôn thay đổi theo loại sản phẩm. Do đó, việc nghiên cứu công nghệ và chế tạo mô hình thí nghiệm phục vụ cho quá trình xác định phân bố nhiệt độ trên tấm khuôn dương được để xuất và thực hiện trong bài báo này.

## 2. PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG

Trong bài báo này, phương pháp điều khiển nhiệt độ cho tấm khuôn dương với hệ thống điện trở và kênh nước giải nhiệt sẽ được tiến hành mô phỏng với mô hình như hình 1 nhằm đạt mục tiêu:

-Gia nhiệt sao cho nhiệt độ bề mặt lòng khuôn lớn hơn  $80^{\circ}\text{C}$  và giải nhiệt xuống còn  $40^{\circ}\text{C}$ .

-Nhận biết được sự ảnh hưởng của các yếu tố: Số lượng điện trở và chiều cao của tấm khuôn đến nhiệt độ tấm khuôn dương trong quá trình gia nhiệt và giải nhiệt.



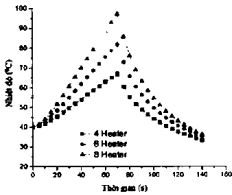
Hình 1. Mô hình tấm khuôn dương (a) và vị trí điểm khảo sát nhiệt độ (b)

Với mô hình như hình 1, các điều kiện biên được cài đặt cho quá trình mô phỏng như sau:

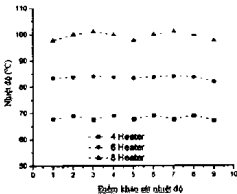
- Điện trở gia nhiệt: Công suất và kích thước có thể đặt làm theo yêu cầu nhưng phổ biến nhất là  $\varnothing 8 \times 80$  mm có công suất 200 W.

- Kênh giải nhiệt: Kích thước đường nước giải nhiệt phụ thuộc vào bề dày thành sản phẩm và nó phổ biến ở các kích thước  $\varnothing 8$  mm ÷  $\varnothing 12$  mm [5]. Khoảng cách các đường nước phải bố trí hợp lý, các đường này cách nhau ít nhất là 3 mm và với chiều dài đường nước lớn hơn 150 mm. Trong nghiên cứu này, đường kính của kênh giải nhiệt được chọn là 12 mm.

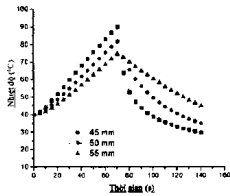
- Để gia nhiệt bề mặt lòng khuôn đạt được hơn  $80^\circ\text{C}$  và giải nhiệt xuống  $40^\circ\text{C}$ , thời gian cần cho cả chu kỳ được sử dụng là 140s, trong đó 70s gia nhiệt bằng điện trở và 70s sau giải nhiệt bằng nước.



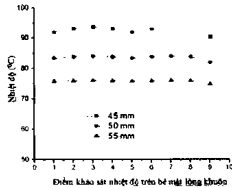
Hình 2. Thay đổi nhiệt độ tại điểm 9 ứng với số lượng điện trở khác nhau



Hình 3. So sánh nhiệt độ bề mặt tại đỉnh của khuôn với số lượng điện trở khác nhau



Hình 4. Thay đổi nhiệt độ tại điểm 9 với chiều cao khuôn khác nhau



Hình 5. So sánh nhiệt độ bề mặt tại đỉnh của khuôn với chiều cao khuôn khác nhau

### 3. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Trong bài báo này, mô hình khuôn dương như hình 1, sẽ được tiến hành phân tích với phần mềm ANSYS. Trong đó, số lượng điện trở và chiều dao của khuôn sẽ được thay đổi nhằm quan sát phân bố nhiệt độ của khuôn dương trong quá trình gia và giải nhiệt.

#### 3.1. Ảnh hưởng của số lượng điện trở đến quá trình điều khiển nhiệt độ

Trong bài báo này, chiều cao khuôn được giữ với giá trị 50 mm, số lượng điện trở sẽ được tiến hành thay đổi với 4, 6, và 8 điện trở. Thông qua quá trình mô phỏng, kết quả cho thấy nhiệt độ bề mặt tại cuối quá trình gia nhiệt lần lượt là  $69,236^\circ\text{C}$ ,  $84,124^\circ\text{C}$ , và  $101,24^\circ\text{C}$  ứng với trường hợp 4, 6, và 8 điện trở. Quá trình thay đổi

hiệt độ tại điểm trung tâm của khuôn (điểm 9 – hình 1b) được trình bày như hình 2. Ngoài ra, chênh lệch nhiệt độ tại đỉnh của tấm khuôn được xác định thông qua quá trình so sánh nhiệt độ tại điểm 1 đến điểm 8 (hình 1b) và được trình bày như hình 3. Các kết quả này cho thấy, với số lượng điện trở càng nhiều, khả năng tăng nhiệt độ của khuôn càng cao với tốc độ gia nhiệt lần lượt là 0,417 °C/s, 0,63 °C/s, và 0,875 °C/s. Tuy nhiên, chênh lệch nhiệt độ tại đỉnh của khuôn dương cũng sẽ gia tăng. Cụ thể, khi sử dụng 4, 6, 8 điện trở, chênh lệch nhiệt độ tương ứng là 1.904 °C, 2.014 °C, và 3.677 °C.

### 3.2. Ảnh hưởng của chiều cao khuôn đến quá trình điều khiển nhiệt độ

Trong thực tế sản xuất, tùy thuộc vào hình dáng, kích thước sản phẩm, khuôn sẽ được thiết kế với các kích thước khác nhau. Trong bài báo này, nhằm quan sát khả năng điều khiển nhiệt độ cho tấm khuôn dương ứng với các kích thước khác nhau của sản phẩm, tấm khuôn dương với 6 điện trở sẽ được sử dụng trong quá trình mô phỏng với các chiều cao khuôn là 45 mm, 50 mm, và 55 mm. Tương tự như trường hợp trên, nhiệt độ tại điểm trung tâm sẽ được quan sát sự thay đổi nhiệt độ, ngoài ra, giá trị nhiệt độ tại điểm 1 đến điểm 8 (hình 1b) cũng sẽ được sử dụng nhằm so sánh chênh lệch nhiệt độ tại bề mặt khuôn.

Kết quả mô phỏng cho thấy nhiệt độ bề mặt tại cuối quá trình gia nhiệt lần lượt là 93,814 °C, 84,124 °C, và 76,083 °C ứng với trường hợp chiều cao khuôn 45 mm, 50 mm, và 55 mm. Quá trình thay đổi nhiệt độ tại điểm trung tâm của khuôn (điểm 9 – hình 1b) được trình bày như hình 4, chênh lệch nhiệt độ tại đỉnh của tấm khuôn được trình bày như hình 5. Các kết quả này cho thấy, với khuôn càng cao, khả năng tăng nhiệt độ của khuôn càng thấp với tốc độ gia nhiệt lần lượt là 0,768 °C/s, 0,63 °C/s, và 0,515

°C/s. Tuy nhiên, chênh lệch nhiệt độ tại đỉnh của khuôn dương có chiều hướng giảm khi chiều cao khuôn tăng. Cụ thể, với chiều cao khuôn 45 mm, 50 mm, và 55 mm, chênh lệch nhiệt độ ở cuối quá trình gia nhiệt lần lượt là 3,291 °C, 2,014 °C, và 1,207 °C.

### 4. KẾT LUẬN

Thông qua mô phỏng quá trình điều khiển nhiệt độ cho tấm khuôn dương bằng điện trở và nước giải nhiệt, với sự thay đổi về số lượng điện trở 83 và chiều cao khuôn, các kết luận sau được rút ra:

- Nhiệt độ chênh lệch trên bề mặt lòng khuôn với 4 điện trở là 1,904°C và 6 heater là 2,014°C, 8 điện trở là 3,677°C. Vậy, khi tăng số lượng điện trở thì chênh lệch nhiệt độ ở bề mặt lòng khuôn tăng.

- Tốc độ gia nhiệt với 4 điện trở là 0,417°C/s, 6 điện trở 0,63°C/s, 8 điện trở là 0,875°C/s. Tốc độ giải nhiệt với 4 điện trở là 0,51°C/s, 6 điện trở 0,7°C/s, 8 điện trở là 0,928°C/s. Điều này chứng tỏ khi tăng số lượng heater sẽ làm tăng tốc độ gia nhiệt và giải nhiệt trên bề mặt lòng khuôn.

- Nhiệt độ chênh lệch trên bề mặt lòng khuôn có chiều cao 45mm là 3,291°C và chiều cao 50mm là 2,014°C, chiều cao 55mm là 1,207°C. Điều này chứng tỏ khi giảm chiều dài sản phẩm sẽ làm tăng chênh lệch nhiệt độ trên bề mặt lòng khuôn.

- Tốc độ gia nhiệt với chiều cao 45mm là 0,7680°C/s, chiều cao 50 mm là 0,63°C/s, chiều cao 55mm là 0,515°C/s. Tốc độ giải nhiệt với chiều cao 45mm là 0,91°C/s, chiều cao 50mm là 0,7°C/s, chiều cao 55mm là 0,442°C/s. Điều này chứng tỏ khi giảm chiều dài sản phẩm sẽ làm tăng tốc độ gia nhiệt và giải nhiệt trên bề mặt lòng khuôn. ♦

Ngày nhận bài: 04/4/2016

Ngày phản biện: 18/4/2016

**Tài liệu tham khảo:**

- [1]. 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.
- [2].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.
- [3].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.
- [4].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.
- [5].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.
- [6].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.
- [7].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.
- [8].Chen S. C, Tarnq 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.