

# ẢNH HƯỞNG NHIỆT ĐỘ ĐẾN CHIỀU DÀI DÒNG CHẢY CỦA NHỰA LỎNG TRONG KHUÔN PHUN ÉP NHỰA EFFECT OF TEMPERATURE ON THE MELT FLOW LENGTH OF INJECTION MOLDING PART

Trần Minh Thế Uyên<sup>1</sup>, Phan Thế Nhân<sup>2</sup>,  
Phạm Sơn Minh<sup>1</sup>, Đỗ Thành Trung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM

<sup>2</sup>Trường Cao Đẳng Nghề Kỹ Thuật Công Nghệ TP.HCM

Ngày tòa soạn nhận được bài 29/8/2014, ngày phản biện đánh giá 10/9/2014, ngày chấp nhận đăng 30/9/2014

## TÓM TẮT

Trong qui trình phun ép nhựa, khi vận hành máy ép để sản xuất sản phẩm nhựa hàng loạt, việc lựa chọn nhiệt độ hợp lý sẽ giúp nhựa lỏng dễ dàng điền đầy lòng khuôn, giảm các khuyết tật của sản phẩm nhựa, đặc biệt đối với sản phẩm có bề dày nhỏ (thành mỏng) và chiều dài lớn. Với nghiên cứu này, nhóm tác giả sẽ gia nhiệt nước giải nhiệt khuôn ở những nhiệt độ nhất định, rồi đưa nước vào hệ thống giải nhiệt khuôn, làm thay đổi nhiệt độ khuôn, để tìm hiểu và đánh giá mối liên hệ giữa nhiệt độ khuôn và chiều dài dòng chảy của nhựa lỏng điền đầy lòng khuôn. Sau quá trình thí nghiệm, chiều dài sản phẩm sẽ được tiến hành đo kiểm. Qua quá trình nghiên cứu, các kết quả cho thấy nhiệt độ càng cao sẽ giúp tăng chiều dài dòng chảy. Ngoài ra, với phần mềm mô phỏng Moldflow, quá trình nhựa nóng chảy vào lòng khuôn với các giá trị nhiệt độ khác nhau có thể được dự đoán khá chính xác.

**Từ khóa:** Khuôn phun ép nhựa, áp suất phun, chiều dài dòng chảy, nhiệt độ khuôn, nhiệt độ nhựa.

## ABSTRACT

In injection molding field, the proper temperature helps the filling of melt becomes easier, reduces many troubles of molding part, especially with the thin wall part or the high aspect ratio L/T part. In this study, for observing the influence of mold temperature on the melt flow length, the water will be heated to the target temperature, then, this hot water will be flowed into the channel of mold plate, which will change the mold temperature. After the molding process finished, the length of molding part will be measured and compared. The result shows that higher mold temperature, longer flow length can be reached. In addition, in this paper, the Moldflow software will be used for simulating the filling process under different mold temperatures. The simulation result proves that the filling step can be predicted precisely by this software.

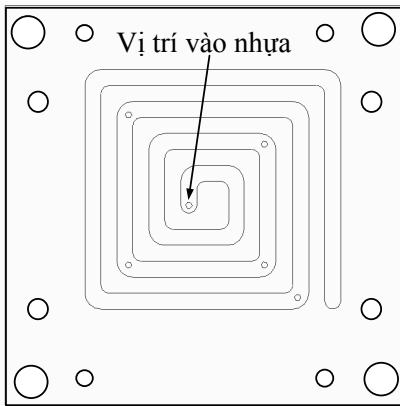
**Keywords:** Injection molding, injection pressure, melt flow length, mold temperature, melt temperature.

## I. GIỚI THIỆU

Trong lĩnh vực cơ khí chế tạo hiện nay, nhiều sản phẩm bằng kim loại đã được ưu tiên thay thế bằng nhựa. Trong lĩnh vực gia công, sản xuất các sản phẩm nhựa, phun ép nhựa là một trong những phương pháp được sử dụng nhiều nhất. Việc lựa chọn và điều chỉnh nhiệt độ khuôn vẫn thường phụ thuộc vào kinh nghiệm người vận hành máy ép nhựa. Tuy

nhien, phương pháp này gặp rất nhiều khó khăn khi sản xuất các sản phẩm có chiều dài lớn và chiều dày nhỏ [1]. Do đó, nếu không có kinh nghiệm trong việc chọn nhiệt độ, cũng như việc đầu tư các thiết bị điều khiển nhiệt độ khuôn, các khuyết tật của sản phẩm sẽ dễ dàng xuất hiện trong quá trình phun ép. Ngược lại, nếu nhiệt độ khuôn hợp lý, quá trình cân bằng dòng chảy của nhựa vào lòng khuôn sẽ được





Hình 3: Tấm khuôn âm.

Kích thước mẫu thử được thiết kế như Hình 1 (chiều dày 1.5 mm), với thiết kế lòng khuôn có vị trí vào nhựa tại điểm P. Trong quá trình phun ép, nhiệt độ nhựa (melt temperature) được điều chỉnh ở 200°C, áp suất phun (injection pressure) ở 30 Kg/cm<sup>2</sup>. Trong nghiên cứu này, chiều dài đạt được của sản phẩm sẽ được thí nghiệm với các giá trị nhiệt độ khuôn (mold temperature) thay đổi từ 40°C đến 70°C.

Nhằm nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến chiều dài dòng chảy trong lòng khuôn. Ứng với mỗi nhiệt độ khuôn và nhiệt độ nhựa, mẫu thử sẽ được đo chiều dài từ vị trí vào nhựa (điểm P) đến vị trí xa nhất mà nhựa được điền vào lòng khuôn như Hình 3. Trong quá trình thí nghiệm phun ép, nhiệt độ khuôn sẽ được gia nhiệt và giám sát thông qua hệ thống thí nghiệm gia nhiệt khuôn. Mỗi trường hợp nhiệt độ khuôn, các mẫu thử sẽ được tiến hành thu thập sau 20 chu kỳ phun ép thử, sau đó 10 mẫu kế tiếp sẽ được ghi nhận giá trị chiều dài dòng chảy. Các kết quả này sẽ được tổng hợp và so sánh.



Hình 4: Mô hình chia lưới cho mô phỏng.

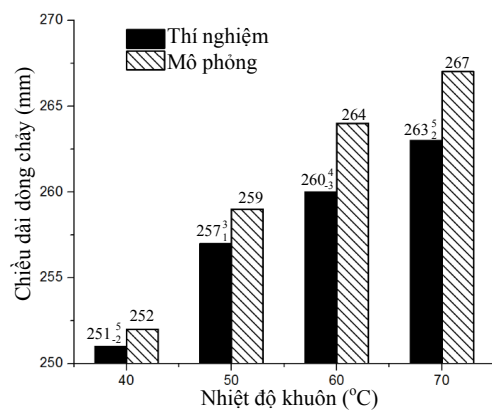
Trong nghiên cứu này, bên cạnh quá trình thí nghiệm nhằm quan sát ảnh hưởng của nhiệt độ

đến khả năng điền đầy lòng khuôn của nhựa nóng chảy, phương pháp mô phỏng cũng sẽ được sử dụng. Với thiết kế sản phẩm như Hình 2, mô hình lưới của lòng khuôn được thực hiện thông qua các công cụ chia lưới của phần mềm Moldflow 6.0 với kết quả lưới như Hình 4. Mô hình lưới có số lượng phần tử sau khi chia lưới là 84078 phần tử.

### III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ khuôn đến chiều dài dòng chảy

Trong nghiên cứu này, nhằm quan sát ảnh hưởng của nhiệt độ đến chiều dài dòng chảy nhựa trong lòng khuôn, quá trình thí nghiệm và mô phỏng đều được sử dụng. Với quá trình mô phỏng, các thông số phun ép sẽ được cài đặt như quá trình thí nghiệm thực tế như: nhiệt độ nhựa (melt temperature) được điều chỉnh ở 200°C, áp suất phun (injection pressure) ở 30 Kg/cm<sup>2</sup>. Các giá trị chiều dài dòng chảy nhựa (melt flow length) được ghi nhận như Bảng 2 và so sánh như Hình 5. Kết quả so sánh về chiều dài sản phẩm cho thấy khi tăng nhiệt độ khuôn, chiều dài dòng chảy tăng với các giá trị cụ thể như: khi nhiệt độ khuôn tăng từ 40°C lên 70°C, chiều dài dòng chảy tăng từ 251mm lên 263mm.



Hình 5: Biểu đồ mối liên hệ giữa áp suất phun và chiều dài dòng chảy.









Kết quả trên có thể được giải thích trên sự thay đổi chiều dày lớp đông đặc (freeze layer) như Hình 1. Khi nhựa nóng chảy vào lòng khuôn, nhiệt độ nhựa lỏng tại vị trí tiếp xúc với thành khuôn sẽ giảm do quá trình truyền nhiệt vào

tám khuôn; do đó, lớp nhựa lỏng tại vị trí này không còn đủ nhiệt độ để duy trì trạng thái lỏng (độ nhớt sẽ tăng cao). Do đó, lớp nguội sẽ tăng dần. Khi dòng nhựa càng đi xa đầu phun của máy ép lớp nguội này sẽ càng dày hơn, làm bề dày lòng khuôn giảm, hạn chế khả năng chảy của dòng nhựa.

Chiều dày lớp đông đặc này giảm khi nhiệt độ khuôn được nâng cao do quá trình truyền nhiệt từ nhựa nóng sang thành khuôn sẽ được hạn chế. Do đó, dòng nhựa nóng ít mất nhiệt hơn. Trong trường hợp này, độ nhớt của cả dòng nhựa sẽ được giữ ở giá trị thấp, nên nhựa dễ chảy và di chuyển được khoảng cách xa hơn. Ngoài ra, hiện tượng nguội của lớp nhựa tiếp xúc với thành khuôn cũng sẽ giảm, tạo điều kiện thuận lợi hơn cho dòng chảy nhựa.

Thông qua quá trình mô phỏng dòng chảy nhựa bằng phần mềm Moldflow 6.0, ảnh hưởng của nhiệt độ khuôn đến chiều dài dòng chảy nhựa được dự đoán khá chính xác. Kết quả mô phỏng về dòng chảy được so sánh với sản phẩm thực tế như Bảng 2. Chênh lệch lớn nhất về chiều dài dòng chảy giữa mô phỏng và thí nghiệm là 4.0 mm. Kết quả này cho thấy, với công cụ mô phỏng Moldflow 6.0, việc dự đoán khả năng điền đầy lòng khuôn ứng với các điều kiện phun ép thực tế là hoàn toàn khả thi với độ chính xác có thể đạt được 1.46% chiều dài dòng chảy nhựa.

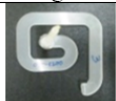
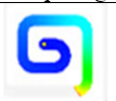


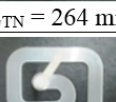
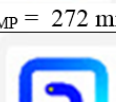
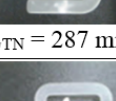
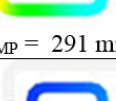
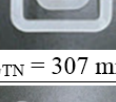
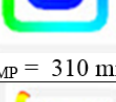
**Bảng 2. Kết quả chiều dài dòng chảy nhựa (L) giữa thí nghiệm và mô phỏng.**

Nhiệt độ khuôn (°C)	Kết quả thí nghiệm	Kết quả mô phỏng
40	 L <sub>TN</sub> = 251 mm	 L <sub>MP</sub> = 252 mm
50	 L <sub>TN</sub> = 257 mm	 L <sub>MP</sub> = 259 mm
60	 L <sub>TN</sub> = 260 mm	 L <sub>MP</sub> = 264 mm
70	 L <sub>TN</sub> = 263 mm	 L <sub>MP</sub> = 267 mm

## 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ nhựa đến chiều dài dòng chảy

Nhằm nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ nhựa đến chiều dài dòng chảy, giá trị nhiệt độ khuôn được giữ cố định ở giá trị 70°C bằng hệ thống điều khiển nhiệt độ cho khuôn. Các giá trị chiều dài sản phẩm (melt flow length) được ghi nhận như Bảng 3 và so sánh như Hình 6. Nhìn chung, kết quả về chiều dài sản phẩm cho thấy khi tăng nhiệt độ nhựa, chiều dài dòng chảy sẽ tăng. Khi nhiệt độ nhựa tăng từ 200°C lên 280°C (tăng 40%), chiều dài dòng chảy tăng từ 253 mm lên 332 mm (tăng 31,2%).

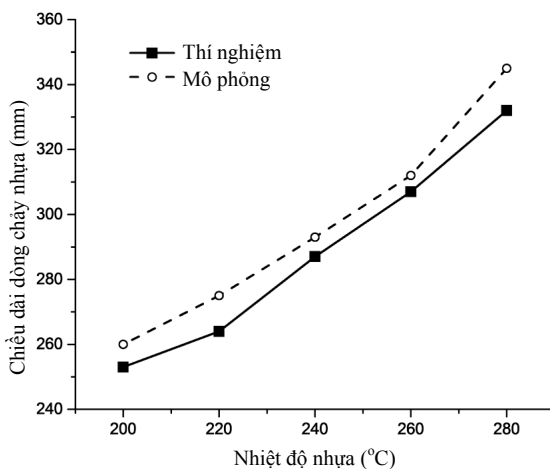
**Bảng 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ nhựa đến chiều dài dòng chảy nhựa trong phun phun ép.**

Nhiệt độ nhựa	Kết quả thí nghiệm	Kết quả mô phỏng
200 °C	 L <sub>TN</sub> = 253 mm	 L <sub>MP</sub> = 257 mm
220 °C	 L <sub>TN</sub> = 264 mm	 L <sub>MP</sub> = 272 mm
240 °C	 L <sub>TN</sub> = 287 mm	 L <sub>MP</sub> = 291 mm
260 °C	 L <sub>TN</sub> = 307 mm	 L <sub>MP</sub> = 310 mm
280 °C	 L <sub>TN</sub> = 332 mm	 L <sub>MP</sub> = 341 mm

Tương tự như nhiệt độ khuôn, kết quả trên có thể được giải thích theo độ nhớt của nhựa nóng chảy và sự thay đổi chiều dày lớp nguội (freeze layer). Với trường hợp nhiệt độ nhựa thấp, khi chảy vào lòng khuôn, nhiệt độ nhựa lỏng tại vị trí tiếp xúc với thành khuôn sẽ giảm do quá trình truyền nhiệt vào tám khuôn; do đó, lớp nhựa lỏng tại vị trí này không còn đủ nhiệt độ để duy trì trạng thái lỏng (độ nhớt sẽ

tăng cao), do đó, lớp nguội sẽ tăng dần. Khi dòng nhựa càng đi xa đầu phun của máy ép lớp nguội này sẽ càng dày hơn, làm hạn chế khả năng chảy của dòng nhựa.

Hiện tượng này được hạn chế khi nhiệt độ nhựa được nâng cao. Trong trường hợp này, độ nhớt của cả dòng nhựa sẽ giảm, nên nhựa dễ chảy và di chuyển được khoảng cách xa hơn. Ngoài ra, hiện tượng nguội của lớp nhựa tiếp xúc với thành khuôn cũng sẽ giảm, tạo điều kiện thuận lợi hơn cho dòng chảy nhựa.



Hình 6: Biểu đồ mối liên hệ giữa nhiệt độ nhựa và chiều dài dòng chảy.

Thông qua quá trình mô phỏng, dòng chảy nhựa bằng phần mềm Moldflow 6.0, ảnh hưởng của nhiệt độ nhựa đến chiều dài dòng chảy nhựa được dự đoán khá chính xác. Kết quả mô phỏng về dòng chảy được so sánh với sản phẩm thực tế như Hình 6. Chênh lệch lớn nhất về chiều dài dòng chảy giữa mô phỏng và thí nghiệm là 9 mm. Kết quả này cho thấy, với công cụ mô phỏng Moldflow 6.0, việc dự đoán khả năng điền đầy lòng khuôn ứng với các điều kiện phun ép thực tế là hoàn toàn khả thi với độ chính xác có thể đạt được 3.5%

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T. Osswald, . S. Turng and P. Gramann, *Injection Molding Handbook*, NXB Hanser; Ohio – USA, 2nd Edition, (2008), 764 trang.
- [2] S. C. Chen, H. M. Li, S. S. Hwang and H. H. Wang, *Passive mold temperature control by a hybrid filming - microcellular injection molding processing*, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, Vol 35, 2008, pp. 822-827.
- [3] A.C. Liou, R.H. Chen, C.K. Huang, C.H. Su and P.Y. Tsai, *Development of a heat-*

chiều dài dòng chảy nhựa.

## IV. KẾT LUẬN

Thông qua nghiên cứu này, chiều dài của dòng chảy nhựa trong khuôn phun ép đã được khảo sát với các nhiệt độ khuôn và nhiệt độ nhựa khác nhau là khác nhau. Thông qua quá trình thí nghiệm và đo kiểm kết quả thu được, các kết luận sau được rút ra:

- Khi tăng nhiệt độ khuôn từ 40°C đến 70°C, chiều dài dòng chảy tăng từ 251mm lên 263mm. Với kết quả này, có thể dùng thông số nhiệt độ khuôn như một giải pháp nhằm khắc phục hiện tượng không điền đầy lòng khuôn trong quá trình phun ép các sản phẩm nhựa có thành mỏng hoặc tại các vị trí khó điền đầy trong khuôn.

- Khi tăng nhiệt độ nhựa từ 200°C đến 280°C, chiều dài dòng chảy tăng từ 253mm lên 332mm. Với kết quả này, nhà sản xuất có thể dùng thông số nhiệt độ nhựa như một giải pháp nhằm khắc phục hiện tượng không điền đầy lòng khuôn trong quá trình phun ép các sản phẩm nhựa có thành mỏng hoặc các vị trí khó điền đầy trong khuôn

- Ngoài ra, với công cụ mô phỏng Moldflow 6.0, khả năng điền đầy lòng khuôn có thể được dự đoán khá chính xác. Điều này cho thấy với phương pháp mô phỏng, hoàn toàn có thể xác định thông số nhiệt độ khuôn cho quá trình phun ép nhằm thỏa mãn yêu cầu chính: nhựa được điền đầy lòng khuôn.

## LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ về kinh phí nghiên cứu trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu cấp trường của Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật TP. HCM.

*generable mold insert and its application to the injection molding of microstructures* *Microelectronic Engineering*, Vol 117, 2014, pp. 41-47.

[4] [http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/fp\\_doc/f5co1.frm.html](http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/fp_doc/f5co1.frm.html)

[5] A. Dawson, M. Rides, C.R.G. Allen and J.M. Urquhart, *Polymer–mould interface heat transfer coefficient measurements for polymer processing* *Polymer Testing*, Vol 27, 2008, pp. 555-565.

[6] A. I. Isayev, T. H. Lin and K. Kon, *Frozen-in birefringence and anisotropic shrinkage in optical moldings: II. Comparison of simulations with experiments on light-guide plates* *Polymer*, Vol 51, 2010, pp.5623-5639.

[7] B. Sha, S. Dimov, C. Griffiths and M.S. Packianather, *Micro-injection moulding: Factors affecting the replication quality of micro features*, Second International Conference on Multi-Material Micro Manufacture, 2006, pp. 269-272.