

NGHIÊN CỨU TÍNH NĂNG THIẾT KẾ TRONG KHUÔN ÉP PHUN LÀM GIẢM LƯỢNG PHÉ LIỆU

RESEACH DESIGN FEATURE OF MOLD IN INJECTION MOLDING FOR SCRAP REDUCTION

Nguyễn Tuấn Hưng

Khoa Cơ khí – Đại học Kinh tế, Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 11/4/2016, chấp nhận đăng ngày 12/5/2016

Tóm tắt: Bài báo trình bày một dạng hình dáng mặt cắt mới của hệ thống cấp nhựa trong khuôn ép phun nhằm giảm phế liệu và thời gian chu kỳ cũng như phun nhựa dễ dàng hơn từ hệ thống cấp nhựa của khuôn. Các khuyết tật của chi tiết nhựa trong quá trình ép phun được phân tích bằng phần mềm SolidWorks Plastic để đánh giá các hình dáng hình học mới. Hệ thống cấp nhựa có tiết diện hình elip được đề xuất với tỷ lệ khác nhau cho hai chi tiết tấm phẳng tròn với bề dày 1 mm. Phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng trong SolidWorks Plastic mô phỏng quá trình ép phun chi tiết. Thông số đầu vào được lựa chọn giống như đầu vào của máy ép phun.

Từ khóa: Quá trình ép phun, thiết kế khuôn, hình dạng kênh dẫn, khuyết tật.

Abstract: This paper presents a new cross sectional shape of runner system in the injection molding is to reduce the scrap and cycle time and also the easier ejection of runner system from mold tools. Short shots defect in the plastic part during the injection molding process is analyzed by SolidWorks Plastic to validate the new proposed geometry. Runner system with elliptical cross section is proposed with different ratio for two circular flat plates with thickness of 1 mm. Finite Element Method (FEM) is employed in SolidWorks Plastic for simulation of injected part. Filling time, melt temperature, mold temperature, pressure holding time, and pure cooling time are chosen as input for the injection machine. The contribution of this study is the design of new geometry of cold runner system for reduction in scrap and cycle time and also easier ejection of runner system in injection molding.

Keywords: Injection molding process, Mold design, Runner geometry, Short shot defect.

I. GIỚI THIỆU

Thời gian gần đây chúng ta có thể thấy sự gia tăng nhanh chóng của sản phẩm nhựa và ứng dụng rộng lớn, đa dạng của sản phẩm nhựa. Theo các thống kê, lượng tiêu thụ vật liệu cho sản phẩm nhựa là cao nhất so với nhôm, thép, cao su, đồng và kẽm, do sản vật liệu nhựa có thuộc tính tốt và chi phí sản xuất thấp hơn [4][5]. Khuôn ép phun là một trong những thành phần quan trọng nhất để sản xuất các sản phẩm nhựa và khoảng 1/3 của tất cả các sản phẩm nhựa được chuyển đổi thành các sản phẩm sử dụng công nghệ ép phun. Việc áp dụng các công nghệ ép phun đang gia tăng rõ rệt trong nhiều ngành công nghiệp như bao bì, hàng

không và hàng không vũ trụ, xây dựng, phụ tùng ô tô và đồ gia dụng [1][2][6]. Chất lượng sản phẩm nhựa trong quá trình ép phun phụ thuộc vào các đặc tính vật liệu, thiết kế khuôn mẫu, và các điều kiện ép phun. Có ba hoạt động cơ bản trong quá trình ép phun. Đầu tiên, các hạt nhựa được làm nóng chảy. Sau đó nhựa nóng chảy sẽ được phun vào trong lòng khuôn hoặc dưới lòng khuôn bởi áp suất cao thông qua hệ thống cuống phun, kênh dẫn và miệng phun. Cuối cùng khuôn mở để đẩy sản phẩm ra khỏi lòng khuôn [1][4][5].

Một trong những tham số ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm ép phun đó là hệ thống cấp nhựa. Hệ thống cấp nhựa là phần kết nối

giữa cuống phun và miệng phun. Trong hệ thống cấp nhựa nguội, nguồn phế liệu chính là từ hệ thống cấp nhựa và miệng phun sau khi phun. Do đó, các quy tắc khác nhau sẽ được đánh giá về thiết kế hệ thống cấp nhựa để chứng minh tầm quan trọng của hệ thống cấp nhựa trong ép phun như: kích thước nhỏ hơn để giảm phế liệu, dễ dàng phun từ các bộ phận của khuôn và loại bỏ từ sản phẩm, điền đầy lòng khuôn nhanh chóng hạn chế tối đa các dấu chìm và đường hàn. Ba yếu tố đó được coi là thông số cơ bản để thiết kế mặt cắt ngang của hệ thống cấp nhựa, đường kính và cách bố trí lòng khuôn. Có 7 kiểu hình dạng mặt cắt ngang cho hệ thống cấp nhựa cho các ứng dụng khác nhau [1][4]. Cuối cùng, phụ thuộc vào các yêu cầu, các hình dạng khác nhau của mặt cắt ngang hệ thống cấp nhựa có thể được đề xuất.

Nghiên cứu này sử dụng mặt cắt dạng elip cho hệ thống cấp nhựa nhằm đánh giá hiệu quả. Mục tiêu của bài báo là nghiên cứu hiệu quả của việc áp dụng mặt cắt dạng elip với kích thước nhỏ hơn nhằm giảm phế liệu, giảm thời gian chu kỳ ép phun và đẩy sản phẩm dễ dàng từ hệ thống đẩy [4].

Trong bài báo này, các tiêu chuẩn thiết kế cho hình dạng mặt cắt elip cho hệ thống cấp nhựa được giới thiệu và so sánh với dạng mặt cắt hình tròn và hình bán elip. Các kết quả đánh giá được thu thập qua việc sử dụng phần mềm SolidWorks Plastic.

II. THIẾT KẾ, MÔ PHỎNG VÀ KIỂM NGHIỆM HỆ THỐNG CẤP NHỰA

1. Hình dạng mặt cắt ngang của hệ thống cấp nhựa

Nhiệm vụ chính của hệ thống cấp nhựa là vận chuyển dòng nhựa nóng chảy từ cuống phun tới tất cả các lòng khuôn qua miệng phun. Có nhiều loại mặt cắt ngang với hình dạng khác nhau của hệ thống cấp nhựa và mỗi loại trong số chúng có ứng dụng khác nhau [1]. Nhà thiết kế phải so sánh các lựa chọn hình dạng của hệ thống cấp nhựa cho các sản phẩm đặc biệt. Hình dạng phổ biến nhất của hệ thống cấp nhựa mà cho hiệu quả cao nhất với khuôn hai tấm là rãnh tròn. Với khuôn ba tấm, dạng hình thang và hình thang có góc lượn là những lựa chọn tốt nhất nếu các kênh dẫn được gia công trong một nửa của các tấm khuôn, nhưng điều đó vẫn

không được chấp nhận vì miệng phun không thể bố trí phù hợp với dòng chảy cấp nhựa. Đây hệ thống cấp nhựa từ lòng khuôn với dạng hình chữ nhật, hình vuông hay hình đa giác là rất khó. Hiện tượng giảm áp dẫn đến việc không điền đầy hết lòng khuôn và nhiệt độ cao sẽ truyền ngược vào thành khuôn, nó sẽ xảy ra khi nhà thiết kế không xác định hình dạng mặt cắt và kích thước thích hợp cho hệ thống cấp nhựa. Do đó, sự khác nhau của hệ thống cấp nhựa có thể được xem xét để điều chỉnh tốc độ dòng chảy của nhựa. Cuối cùng, hình dáng và độ dài của kênh dẫn cũng rất quan trọng để có một dòng chảy tối ưu và do đó các sản phẩm đạt được là tốt nhất, hạn chế tối đa các khuyết tật.

2. Hệ thống kênh dẫn nguội với mặt cắt ngang hình elip

Trong khuôn ép nhựa, hình dạng mặt cắt ngang phổ biến nhất của hệ thống cấp nhựa là hình tròn. Lựa chọn hình tròn cho thiết kế chi tiết cụ thể, ba yếu tố chính được đánh giá đó là: kích thước kênh nhỏ hơn làm giảm tối đa phế phẩm, dễ dàng phun nhựa, điền đầy lòng khuôn một cách nhanh chóng hạn chế tối đa các vết lõm và đường hàn. Do đó, việc xem xét hình dạng mới cho hệ thống cấp nhựa để giảm thiểu phế liệu, tạo được vị trí phù hợp với dòng chảy nhựa cho miệng phun điền đầy lòng khuôn hợp lý, cách đẩy sản phẩm dễ dàng từ hệ thống đẩy. Cuối cùng, mặt cắt hình elip được lựa chọn để làm hình dạng của hệ thống cấp nhựa, một trong những lý do lựa chọn chính là tiết diện bề mặt elip lớn hơn các tiết diện khác cùng thông số, do đó dòng chảy trong hệ thống dẫn sẽ thuận lợi hơn. Nghiên cứu so sánh chính xác giữa hai hình dạng mặt cắt tròn và elip của hệ thống cấp nhựa.

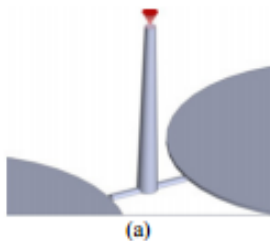
Để chứng minh tầm quan trọng của mặt cắt ngang hình elip của hệ thống kênh dẫn nhựa và lý do nó được lựa chọn là một vấn đề quan trọng trong thiết kế khuôn ép phun. Hình dáng tốt nhất của các mặt cắt ngang để so sánh các hình tròn và hình elip là hình chữ nhật và hình vuông.

Việc so sánh giữa hình tròn và hình elip có cùng cấu trúc với hình vuông và hình chữ nhật. D là đường kính đường tròn, a là chiều dài trục lớn và b là chiều dài trục nhỏ của elip. Chiều dài trục lớn là cố định và chiều dài trục nhỏ là khác nhau cho các ứng dụng khác nhau. Do đó,

tỷ lệ khác nhau của kích thước b phụ thuộc vào nhiều yếu tố của chi tiết thiết kế như kích thước và bề dày.

3. Mô phỏng và đánh giá

Sau khi thiết kế hai chi tiết tròn giống nhau, bước tiếp theo là mô phỏng chi tiết trên phần mềm SolidWorks Plastic [3]. Mô phỏng quá trình ép phun phụ thuộc vào hệ thống phun, do đó thiết kế cuống phun, kênh dẫn với $b = 0,7a$ và miệng phun được biểu diễn trong hình 1. Để chắc chắn kết quả phân tích là chính xác, phương pháp phân tích phần tử hữu hạn được sử dụng và đóng một vai trò quan trọng như hình 1b. Theo hình học của các mẫu, hình dạng tam giác của bề mặt lưới để phân tích phần tử hữu hạn sẽ được chọn. Vật liệu được lựa chọn cho các mô phỏng này là Polypropylen (PP). Kích cỡ khác nhau được đánh giá cho lưới bề mặt và cuối cùng là mặt kích thước cho bề mặt là 1 mm được lựa chọn cho phần phun nhưng đối với hệ thống phun bao gồm cuống phun, kênh dẫn và miệng phun có kích thước nhỏ hơn, kết quả của từ các điểm đặc biệt trong hệ thống phun là một vùng quan trọng của mô phỏng này. Do đó, kích cỡ bề mặt lưới chọn 0,3 mm cho cuống phun và kênh dẫn, 0,2mm cho miệng phun được lựa chọn cho cả hai dạng mặt cắt tròn và elip của hệ thống cấp nhựa trong SolidWorks Plastic. Kênh dẫn và miệng phun có chiều dài tổng cộng là 28mm cho hai chi tiết tròn với đường kính 100mm. Ngoài ra, cuống phun có chiều dài 60mm với góc nghiêng $1,5^\circ$. Tiết diện elip được lựa chọn cho kênh dẫn với kích thước cơ sở $a = 4$ mm, $b = 6$ mm.



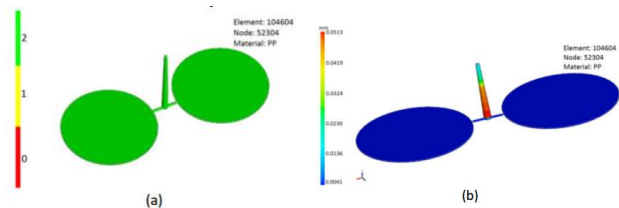
Hình 1. Mô hình mô phỏng

a. Mô hình phân tích với hệ thống cuống phun, kênh dẫn và miệng phun

b. Mô hình phân tử hữu hạn phân tích chi tiết

Bước tiếp theo để xác định tham số quá trình ép phun. Dựa trên vật liệu được lựa chọn và máy ép phun, thời gian điền đầy là 0,59s, nhiệt độ nóng chảy là 230°C , nhiệt độ khuôn là 50°C , thời gian giữ áp suất là 2,04s, và thời gian làm nguội là 3,9s. Kích thước và hình dáng hình

học của hệ thống phun được đánh giá là tiêu chí quan trọng ảnh hưởng tới thời gian chu kỳ, thời gian làm mát, các khuyết tật khác như vết lõm và phun thiếu. Các yếu tố chính để kiểm tra hệ thống cấp nhựa mới có thể chấp nhận được về mặt hình học và kích thước cho kết quả điền đầy lòng khuôn với thời gian ngắn, phân tích khuyết tật và áp suất phun vào cuối quá trình ép phun. Như thể hiện trong hình 2a, mặt cắt ngang hình elip để điền đầy hơn với màu xanh lá cây với hầu hết các phần là chấp nhận được. Một khuyết tật thường gặp liên quan tới miệng phun và kích thước và hình dạng của kênh dẫn là hiện tượng vết lõm. Hiện tượng vết lõm xảy ra trên bề mặt sản phẩm nhựa ép phun trong quá trình làm nguội sản phẩm. Hình 2b thể hiện không có vết lõm với sản phẩm ép phun ngoại trừ cuống phun là phần không quan trọng và cũng không ảnh hưởng tới chất lượng của sản phẩm. Do đó chất lượng bề mặt của phần phun cho cả kênh dẫn tròn và elip là như nhau.

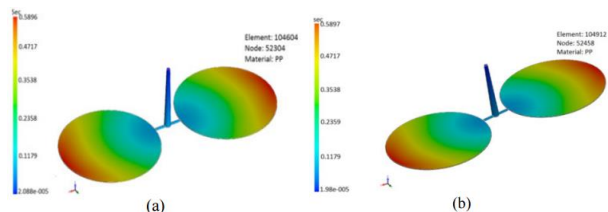


Hình 2. Phân tích quá trình ép phun sản phẩm

a. phân tích dòng chảy

b. Phân tích hiện tượng vết lõm

Một trong những khuyết tật trong quá trình phun đó là hiện tượng phun thiếu. Phun thiếu xảy ra từ miệng phun nếu khoảng cách dòng chảy quá dài hoặc bề dày thành mỏng. Theo các kết quả mô phỏng, chi tiết này có thể được điền đầy thành công và thậm chí cả thời gian điền đầy ngắn hơn với mặt cắt dạng elip so với dạng tròn của hệ thống cấp nhựa như biểu diễn ở hình 3.



Hình 3. Thời gian điền đầy lòng khuôn

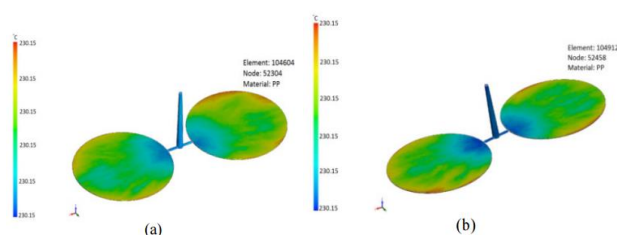
a. Mặt cắt hình elip

b. Mặt cắt hình tròn

Tham số khác để chắc chắn rằng không có hiện tượng phun thiếu cho sản phẩm ép phun là đánh giá nhiệt độ dòng chảy trung tâm tại mọi

vùng của chi tiết. SolidWorks Plastic đã thêm vào mô đun này phù hợp cho việc phân tích hiện tượng phun thiếu. Như biểu diễn trong hình 4, dựa vào quá trình mô phỏng trên phần mềm SolidWorks Plastic, nhiệt độ tại trung tâm của dòng chảy trên mọi vùng của sản phẩm là $230,15^{\circ}\text{C}$ cho cả hai hình dáng mặt cắt elip và tròn của hệ thống cấp nhựa. Điều đó nghĩa là giảm thiểu tối đa khả năng phun thiếu vào lòng khuôn với cả hai hình dạng tròn và elip.

Một trong những thông số quan trọng nhất cần thiết để đánh giá và xác định chính xác kích thước của hệ thống cấp nhựa và miệng phun là áp suất phun lớn nhất.

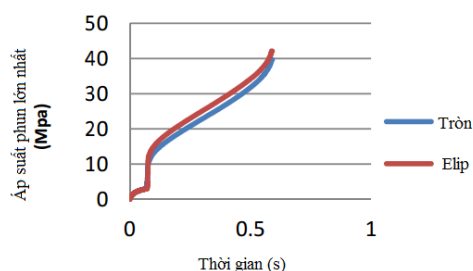


Hình 4. Nhiệt độ dòng chảy cho

a. Mặt cắt ngang hình elip

b. Mặt cắt ngang hình tròn

Sản phẩm này có thể được lắp đầy thành công với áp suất phun $42,2\text{ MPa}$. Áp suất phun nhỏ hơn 65% áp suất phun tối đa là thông số phù hợp, được thể hiện trong hình 5. Áp lực phun cho mặt cắt ngang hình tròn là $39,665\text{ MPa}$ gần ngang bằng với mặt cắt ngang hình elip.



Hình 5. Áp suất phun cho cả hai mặt cắt ngang tròn và elip

Thảo luận

Nguyên nhân chính của phế liệu trong hệ thống cấp nhựa nguội trong khuôn ép phun là hệ thống dẫn nhựa bao gồm cuống phun, hệ thống cấp nhựa và miệng phun. Kênh dẫn nhựa với mặt cắt khác được sử dụng. Trong nghiên cứu này, hình dáng hình học mới của hệ thống cấp nhựa với mặt cắt ngang hình elip được so sánh với mặt cắt ngang hình tròn và tạo ra bước phát triển thành công cho sản phẩm ép phun là hai tấm tròn có bề dày 1 mm . Thời gian điền đầy, nhiệt độ nóng chảy, nhiệt độ khuôn, thời gian giữ áp và thời gian làm nguội được đánh giá là những thông số trong quá trình ép phun.

IV. KẾT LUẬN

Mặt cắt ngang hình elip so sánh với mặt cắt ngang hình tròn cho thấy hiệu quả mang lại cao. So với các dạng mặt cắt khác, mặt cắt hình elip mang lại hiệu quả như sau: Giảm 25% phế liệu và 2,5% thời gian làm mát sản phẩm.

Kết quả từ mô phỏng cho thấy mặt cắt ngang của hệ thống cấp nhựa có dạng hình elip mang lại hiệu quả làm giảm phế liệu và thời gian chu kỳ, cũng như cấp nhựa một cách dễ dàng vào trong lòng khuôn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phạm Sơn Minh, Trần Minh Thế Uyên, Thiết kế và chế tạo khuôn ép phun nhựa, NXB Đại học Quốc Gia TP HCM, 2014.
- [2]. Lê Công Dưỡng, Vật liệu học, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, 2000
- [3]. Trung tâm công nghệ ADVANCE-CAD, Hướng dẫn sử dụng SolidWorks Plastics 2013, 2013
- [4]. Zhou, H., Computer Modeling For Injection Molding. 2013: A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- [5]. Salimi, A., et al., prediction of flow length in injection molding for engineering plastics by fuzzy logic under different processign conditions. 2013.

Thông tin liên hệ:

Nguyễn Tuấn Hưng

Điện thoại: 0963486807 – Email: nthung@uneti.edu.vn

Đơn vị công tác: Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.