

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO KÊNH GIẢI NHIỆT 3D CHO KHUÔN ÉP NHỰA

STUDY ON THE 3D COOLING CHANNEL FOR INJECTION MOLDING

Nguyễn Trọng Hiếu, Trần Quang Huy, Nguyễn Ngọc Thuận, Phạm Văn Tình
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Làm mát truyền thống của khuôn ép nhựa không phù hợp đường viền hình học của sản phẩm chữ U, do đó làm giảm hiệu quả làm mát của sản phẩm. Ngược lại, với sản phẩm chữ U, nếu ta sử dụng đường nước cách tân tuân theo viền hình học của sản phẩm thì hiệu suất làm mát sẽ được tăng cao và làm giảm tối đa thời gian làm mát. Nó đã chứng minh, ứng suất dư được đo bằng dụng cụ quang hoặc phần mềm CAE. Các kết quả cho thấy rằng mọi thông số đều tốt hơn khi dùng phương pháp này, ứng suất thấp hơn so với làm mát vách ngăn. Nó cũng giúp làm giảm sự cong vênh và sự co rút của sản phẩm.

Từ khóa: Ép nhựa; Làm mát; Hiệu quả làm mát; Cong vênh; Co rút.

ABSTRACT

The traditional cooling of the plastic injection mold does not match the geometric contour of the U-shaped product, thereby reducing the cooling efficiency of the product. In contrast, with the U-shaped product, if we use the innovative water line, according to the geometry of the product, the cooling efficiency will be greatly increased and the cooling time will be minimized. It has been demonstrated, residual stress is measured by optical instrument or CAE software. The results show that all flux is better using this method, stress is lower than that of baffle cooling. It also helps to reduce product warpage and shrinkage.

Keywords: Injection molding; Cooling step; Cooling efficiency; Warpage; Shrinkage.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, công nghiệp ép nhựa giúp chúng ta phát triển ngày càng nhiều mặt hàng có chất lượng cao, giảm áp lực vào việc sử dụng các tài nguyên thiên nhiên. Tuy nhiên là trong quá trình ép phun thì thời gian làm mát thường chiếm tới 60% chu kỳ ép. Để tăng năng suất của quá trình sản xuất thì chu kỳ làm mát

nên được rút ngắn. Một hệ thống làm mát có thể loại bỏ nhiệt một cách nhanh chóng và đồng đều, nhưng các sản phẩm phải được làm nguội đồng đều trong khuôn để giảm sự co rút và cong vênh. Các kênh làm mát phù hợp không bị hạn chế bởi quy trình làm mát truyền thống, có thể bám sát với sản phẩm giải quyết các vấn đề vùng chết và tích tụ nhiệt của sản phẩm. Điều này thể hiện rõ hơn với các sản phẩm hình học,

các kênh làm mát truyền thống không thể bám sát các đường nét hình học của sản phẩm, do đó chỉ phát huy khả năng giải nhiệt ở những vùng hạn chế. Ngược lại, với hệ thống làm mát được cách tân, cải tiến cho phép làm mát đồng đều và hiệu quả các khuôn phức tạp.

Các hướng nghiên cứu như sau:

1) Sử dụng phần mềm phân tích dòng khuôn Moldex3D để phân tích ảnh hưởng của các thông số quy trình khác nhau của hệ thống làm mát truyền thống và làm mát cách tân cho sản phẩm.

2) Để kiểm tra các ảnh hưởng của làm mát truyền thống và làm mát cách tân thì ta sẽ khảo sát trên cùng một sản phẩm (chọn sản phẩm có dạng chữ U để thấy rõ được độ cong vênh và co rút).

3) Kết hợp các phần mềm chuyên dụng như Anova, Taguchi,... để tìm ra được đường nước tối ưu nhất.

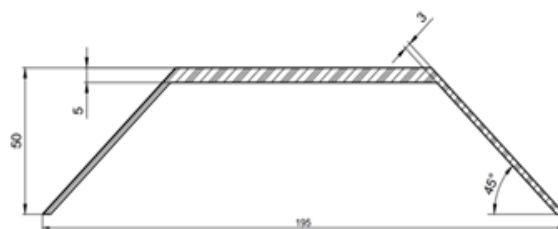
4) Tiến hành thực nghiệm sản phẩm thực tế bằng cách gia công bộ khuôn ép nhựa, dùng máy chụp hình phân tích nhiệt FLUKE để kiểm tra độ phân tán nhiệt của khuôn.

5) Ép sản phẩm, đo các thông số kỹ thuật dựa vào mắt thường cũng như CAE.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Để thấy rõ được sự cong vênh và co rút theo nhiều hướng khác nhau, ta chọn sản phẩm có dạng chữ U độ dày từ 3-5mm, vì sản phẩm chữ U dễ cho việc so sánh thông số cũng như gia công khuôn ép sản phẩm thực nghiệm sau này.

Sản phẩm được thiết kế như hình 1.



Hình 1. Sản phẩm chữ U

Với sản phẩm đã được thiết kế như hình bề dày từ 3-5mm thì ta có thể chọn được đường kính tối ưu của kênh làm mát $D = 8\text{mm}$, tuy nhiên để kết quả mô phỏng thể hiện rõ hơn, ta giảm đường kính của kênh dẫn nguội xuống $D = 6\text{mm}$. Để đảm bảo cho việc so sánh khách quan nhất và dựa trên chiều sâu sản phẩm, ta chọn tổng đường nước của các trường hợp truyền thống và cách tân là 05 đường và khoảng cách giữa chúng cũng bằng nhau và bằng 20mm.

3. MÔ PHỎNG MOLDEX3D SO SÁNH SỰ HIỆU QUẢ CỦA CÁC LOẠI ĐƯỜNG NƯỚC

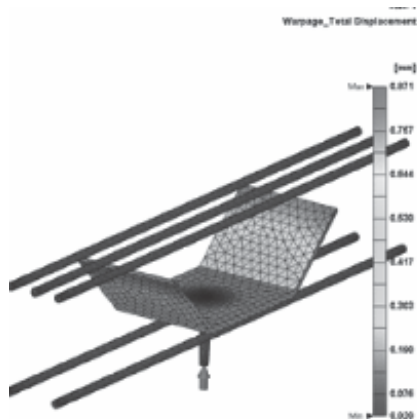
- Phần mềm Moldex3D tập trung giúp chúng ta biết trước và lường trước được những hiện tượng và khuyết tật xảy ra trong cả quá trình ép phun. Ví dụ, nó cho biết được các khuyết tật như đường hàn, rỗ khí, nhiệt độ, độ co rút và cong vênh... của sản phẩm.

- Dựa vào những ưu điểm của phần mềm, ta tiến hành mô phỏng trên sản phẩm chữ U với các trường hợp đường nước truyền thống (đường nước thẳng) và đường nước cách tân (đường nước Bafler và đường nước 3D).

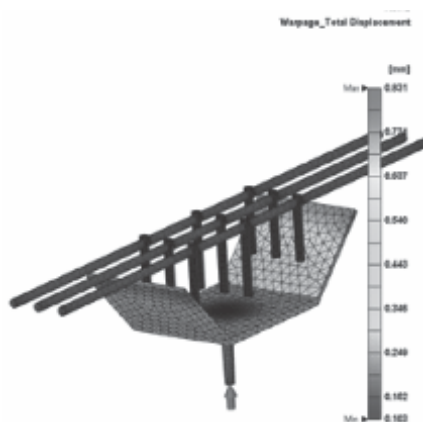
- Thiết kế các đường nước trên cùng một tiêu chuẩn máy, vật liệu và bộ thông số đã chọn ta được kết quả như hình.



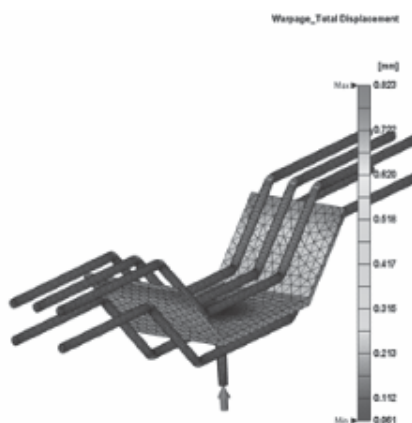
- Từ kết quả mô phỏng, ta có thể thấy được với đối với đường nước 3D thì độ cong vênh và có:



Hình 2. Đường nước thẳng



Hình 3. Đường nước Baffler



Hình 4. Đường nước 3D

- Từ kết quả mô phỏng được, ta thấy:

Trường hợp	Độ co rút (warpage)	Độ cong vênh (shrinkage)
Đường nước thẳng	Max = 0.871 và Min = 0.02	Max = 5.267% và Min = 1.836%
Đường nước Baffler	Max = 0.831 và Min = 0.103	Max = 5.439% và Min = 1.871%
Đường nước 3D	Max = 0.823 và Min = 0.061	Max = 5.152% và Min = 1.892%

Hình 5. So sánh kết quả độ co rút, cong vênh của từng trường hợp

Từ đó có thể rút ra được, đối với những sản phẩm hình học thì đường nước cách tân 3D là tốt hơn so với truyền thống và cả cách tân theo hướng Baffler.

4. KẾT HỢP CÁC PHẦN MỀM KHÁC ĐỂ TỐI ƯU ĐƯỜNG NƯỚC 3D

- Tuy đường nước 3D là tốt so với các loại còn lại nhưng chưa phải là tối tân nhất, vì thế ta kết hợp với cả các phần mềm chạy tối ưu như Anoval, Taguchi,... để tìm ra thông số tốt nhất cho hệ thống.

- Sẽ có 04 yếu tố chính ảnh hưởng lớn đến quá trình làm mát cũng như tản nhiệt của khuôn và sản phẩm:

a. Đường kính kênh dẫn ($D = 6-8\text{mm}$).

b. Khoảng cách giữa hai kênh dẫn ($d = 10-22\text{mm}$).

c. Khoảng cách kênh dẫn đến bề mặt sản phẩm ($S = 10-12\text{mm}$).

d. Tổng số đường nước của hệ thống ($n = 3, 4, 5, 6, 7$ (đường) với khuôn dương và $n = 2, 4, 6, 8, 10$ (đường) với khuôn âm).

- Thông số D, d, S và n là chọn từ trước dựa trên bề dày sản phẩm và cả hình dạng, kích thước của sản phẩm. Kết hợp hai phần mềm Anova, Taguchi chạy ra từng trường hợp với bốn yếu tố D, d, S và n sau đó chạy Moldex3D tìm ra trường hợp tối ưu nhất cho từng lòng khuôn. Đối với thực nghiệm này, ta được hệ thống làm mát như hình với khuôn âm ($D = 6, d = 10, s = 14, n = 6$) và với khuôn dương ($D = 7, d = 22, s = 10,5, n = 7$).



Hình 6. Hệ thống làm mát sau khi nghiên cứu

5. NHIỆT ĐỘ NƯỚC TRONG KÊNH LÀM MÁT ẢNH HƯỞNG ĐẾN QUÁ TRÌNH GIẢI NHIỆT

- Nghiên cứu này sử dụng Moldex3D để phân tích ảnh hưởng làm mát trong quá trình ép phun. Nó cho biết sự thay đổi nhiệt độ của các kênh làm mát trong chu trình đúc. Sự chênh lệch nhiệt độ giữa sản phẩm, lòng khuôn và nhiệt độ nước trong kênh làm mát.

- Kết hợp với ảnh phân tích nhiệt Fluke phân tích nhiệt độ giải nhiệt với các trường hợp đường nước thường và nước áp cao. Nhiệt độ sử dụng cho từng trường hợp là 40, 60 và 80 độ C. Kết quả thu được với trường hợp áp nước thấp với nhiệt độ 80 độ C là giải nhiệt tốt nhất và với trường hợp áp nước cao với nhiệt độ 60 độ C là giải nhiệt tốt nhất.



Hình 7. Sự phân bố nhiệt độ của khuôn khi nước 80 độ C áp thấp

6. KẾT LUẬN

Thí nghiệm về nhiệt độ kênh làm mát cho thấy rằng, làm mát theo viên sản phẩm loại bỏ nhiều nhiệt hơn so với làm mát bằng cách truyền thống. Sự thay đổi nhiệt độ của các kênh làm mát chỉ ra rằng, kênh làm mát cách tân làm mát cao hơn đáng kể và hiệu quả hơn so với kênh làm mát truyền thống. Nó cũng làm cho tốc độ dòng chảy êm hơn, hiệu suất truyền nhiệt cao hơn, dẫn đến lượng warpage nhỏ hơn. Trong mô phỏng, sản phẩm có mức độ cong vênh nhỏ nhất khi nhiệt độ kênh là 60°C với áp nước cao. Độ cong vênh của sản phẩm có làm mát truyền thống đã giảm đi 20% so với truyền thống và sự co rút của nó cũng đồng đều hơn, đồng thời làm giảm đáng kể thời gian giải nhiệt. ❖

Ngày nhận bài: 08/6/2022

Ngày phản biện: 14/6/2022

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Investigation of the Warpage of a High-Density Polyethylene Pallet by Plastic Injection Compression.
- [2]. Molding: Numerical Approach (<https://www.hindawi.com/journals/apt/2021/6692133/>)
- [3]. Phạm Sơn Minh, Trần Minh Thế Uyên; *Giáo trình thiết kế chế tạo khuôn mẫu*.
- [4]. Misumimold 2015.
- [5]. Nguyễn Văn Thụ; *Hướng dẫn sử dụng phần mềm Moldex3D chi tiết*. 