

THIẾT KẾ KHUÔN PHUN ÉP NHỰA CÓ SỬ DỤNG KÊNH GIẢI NHIỆT DẠNG 3D

DESIGN OF PLASTIC INJECTION MOLD USING 3D HEAT CHANNELS

Dư Nguyễn Trường Thịnh*, Phạm Anh Tuấn, Vũ Đức Hoàn,

Bùi Văn Hiếu, Huỳnh Đỗ Song Toàn

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUTE)

TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu quy trình thiết kế khuôn ép bằng phương pháp sử dụng công nghệ in 3D kim loại (WAAM – Wire Arc Additive Manufacturing). Quy trình thiết kế khuôn 2 tấm sử dụng kênh giải nhiệt 3D được thiết kế có biên dạng tựa như sản phẩm phun ép, từ đó nâng cao khả năng làm nguội. Cùng với sự kết hợp quá trình chế tạo cắt lớp giúp tiết kiệm được chi phí, cũng như gia tăng năng suất. Kết quả cho thấy công nghệ in 3D kim loại WAAM có thể nâng cao tính chính xác trong việc sản xuất khuôn mẫu trong khoảng thời gian ngắn hơn so với các phương pháp gia công khuôn mẫu khác.

Từ khóa: Thiết kế; Kênh giải nhiệt dạng 3D; Công nghệ in 3D kim loại; WAAM.

ABSTRACT

This article studies the injection mold design process using metal 3D printing technology (WAAM – Wire Arc Additive Manufacturing). The 2-plate mold design process uses a 3D cooling channel designed with the same profile as the injection molding product, thereby improving cooling ability. Combined with the cutting process, it saves costs and increases productivity. The results show that WAAM metal 3D printing technology can improve mold manufacturing accuracy in a shorter time period than other mold processing methods.

Keywords: Design; 3D cooling channel; Metal 3D printing technology; WAAM.



1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

Thực tế cho thấy, các phương pháp giải nhiệt cho khuôn phun ép hiện nay chủ yếu có hình trụ thẳng, được gia công chủ yếu bằng phương pháp khoan sâu. Với các kênh giải nhiệt này, đa số các khuôn ở Việt Nam chỉ có thể đáp ứng nhu cầu sản xuất các sản phẩm có chất lượng thông thường. Ngoài ra, kênh giải nhiệt dạng thẳng không thể nào tối ưu hóa quá trình giải nhiệt cho các sản phẩm nhựa. Các lỗi thường gặp ở dạng khuôn này là cong vênh, không điền đầy, chất lượng bề mặt thấp... Ngoài ra, thời gian chu kỳ phun ép cũng là một trong những vấn đề cần được cải tiến cho các loại khuôn truyền thống hiện nay. Và việc thiết kế chế tạo khuôn phun ép nhựa có sử dụng kênh giải nhiệt dạng 3D đã trở nên dễ dàng nhờ công nghệ in 3D kim loại (WAAM – Wire Arc Additive Manufacturing).

Nguyên lý hoạt động của công nghệ WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing): sử dụng nguồn năng lượng hàn để nấu chảy vật liệu kim loại dạng sợi và bồi đắp vật liệu theo lớp có khí bảo hộ nhằm tạo nên sản phẩm. Một hệ thống WAAM bao gồm hệ thống tạo hình (rô bốt hoặc hệ thống máy CNC), nguồn năng lượng hàn (có thể là nguồn hàn MIG/GMAW, nguồn hàn CMT, nguồn hàn TIG/GTAW hay nguồn hàn plasma/PAW).

1.2. Cơ sở lý thuyết

Đề tài này nghiên cứu cách chế tạo lòng khuôn phun ép nhựa trong công nghệ ép phun cho sản phẩm có hình dạng 3D bằng công nghệ WAAM với vật liệu hàn là dây hàn MIG 0.8mm và khí bảo vệ argon (Ar).

WAAM có nhiều ưu điểm như tính linh hoạt và đa dạng trong thiết kế sản phẩm, khả năng tạo ra các sản phẩm lớn với chi phí thấp, tính hiệu quả về thời gian so với các phương pháp truyền thống.

Bảng 1. Cơ tính của thép C45

Mác thép	Tiêu chuẩn	Giới hạn bền sb (MPa)	Giới hạn chảy (N/mm ²)	Độ giãn dài tương đối δ (%)	Độ cứng HRC
C45	TCVN 1765 - 75	610	360	16	23

Máy hàn sử dụng để nghiên cứu đề tài này là loại máy hàn MIG NB270D J346:



Hình 1. Máy hàn được sử dụng để hàn

Bảng 2. Thông số kỹ thuật máy hàn MIG NB270D J346

Mô tả	1 pha 220V
Điện áp vào	AC220V, $\pm 15\%$ 50/60Hz
Hệ số công suất	0.67
Điện áp hở mạch định mức (V)	70
Đầu ra định mức (A/V)	200/24
Chu kỳ tải định mức (%)	30
Phạm vi điều chỉnh điện áp hàn (V)	13-28
Phạm vi điều chỉnh dòng hàn (A)	40-270
Nguồn sấy nhiệt của đồng hồ (W)	120
Đặc điểm đầu ra	MIG:CV MMA:CC
Cấp bảo vệ	IP21S
Cấp cách điện	Mát khí
Đường kính dây hàn (mm)	0.8-1.0
Kích thước (mm)	620x405x550
Trọng lượng máy (kg)	30.9

2. THIẾT KẾ BỘ KHUÔN, CẮT LỚP TẤM KHUÔN PHUN ÉP NHỰA

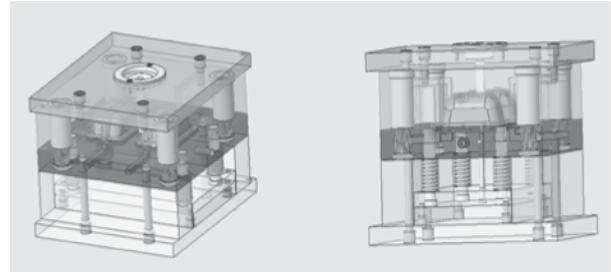
2.1. Thiết kế bộ khuôn

Thiết kế sản phẩm phun ép: kích thước 130x80x22.

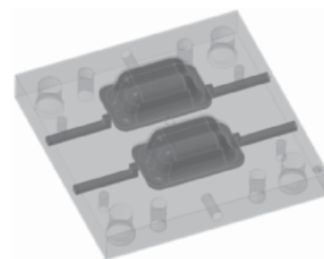


Hình 2. Sản phẩm có biên dạng 3D

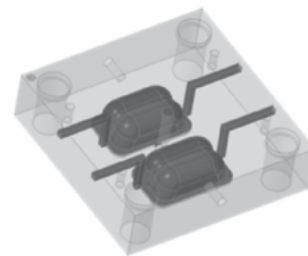
Bộ khuôn hoàn thiện có kích thước: 3350x300x261mm.



Hình 3. Bộ khuôn hoàn thiện



Hình 4. Tấm khuôn dương



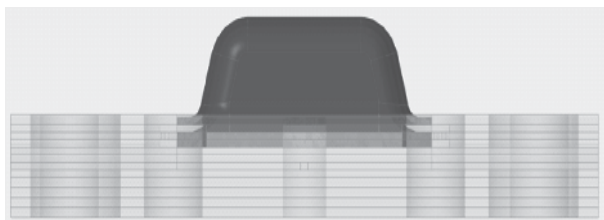
Hình 5. Tấm khuôn âm

2.2. Cắt lớp hai tấm khuôn

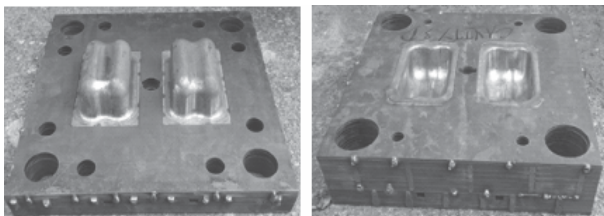
Cắt lớp tấm khuôn có ý nghĩa chứng minh được quá trình áp dụng công nghệ WAAM vào quy trình chế tạo mang lại một hiệu quả đáng kể trong việc chế tạo kênh giải nhiệt dạng 3D.



Hình 6. Tấm khuôn âm được mô phỏng cắt lớp



Hình 7. Tấm khuôn dương được mô phỏng cắt lớp



Hình 8. Hình ảnh thực tế của 2 tấm khuôn sau khi được cắt lớp và hàn ghép lại với nhau

2.3. Đường nước 3D

Việc sử dụng đường nước 3D thay vì đường nước thẳng như thông thường sẽ giúp tăng khả năng làm nguội gần như là tối ưu. Vì việc đường nước được thiết kế 3D ôm theo hình dạng của sản phẩm giúp mọi điểm trên bề mặt của sản phẩm có thể được làm mát cùng tăng khả năng làm mát lên gấp nhiều lần. Để thiết kế được đường nước 3D thì việc cắt lớp bộ khuôn là cần thiết, vì dễ thuận tiện trong việc thiết kế đường nước theo hình dạng tùy thích mà không gặp khó khăn trong gia công, và đồng thời tăng khả năng thoát khí của lòng khuôn do các kẽ hở của các tấm khuôn giúp thoát khí mà không bị xì nhựa và chảy nước làm mát.

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM



Hình 9: Kênh giải nhiệt hình 3D ở tấm khuôn âm



Hình 10: Kênh giải nhiệt hình 3D ở tấm khuôn dương

Quá trình thực nghiệm về việc ứng dụng WAAM vào chế tạo khuôn mẫu có sử dụng kênh giải nhiệt 3D đã đem lại nhiều hiệu quả, đáng chú ý nhất là tốc độ làm nguội được giảm xuống đáng kể đem lại nhiều ưu điểm về mặt kỹ thuật, giảm được thời gian làm nguội sẽ rút ngắn được thời gian chu kỳ của sản phẩm, dẫn đến tiết kiệm được thời gian và năng lượng, hạ giá thành sản phẩm.

Khi sử dụng các kênh giải nhiệt dạng 3D, chất lượng bề mặt (một trong những tiêu chí chất lượng) của sản phẩm được tăng cao so với sản phẩm được làm bằng các kênh giải nhiệt thông thường.

4. KẾT LUẬN

Trong quá trình thực nghiệm hoàn thiện sản phẩm và phân tích các kết quả, việc thay đổi cường độ dòng điện trong quá trình hàn có thể gây ảnh hưởng lớn kết quả của sản phẩm, việc tạo ra một đường hàn đẹp và có thể bồi đắp lên nhiều lớp là kết quả của việc sự phối hợp hài hòa giữa cường độ dòng điện, tốc độ ra dây của cuộn dây và lượng khí bảo vệ cùng nhau tạo ra một đường bồi đắp đẹp và tròn vẹn. Tuy nhiên, cần thực hiện kiểm soát cẩn thận để đảm bảo chất lượng và độ ổn định của sản phẩm. Sự kết hợp giữa công nghệ và kiểm soát chất lượng sẽ mở ra những cơ hội mới cho ngành công nghiệp sản xuất kim loại trong tương lai.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Huỳnh Đỗ Song Toàn;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Du Nguyễn Trường Thịnh*, Phạm Anh Tuấn, Vũ Đức Hoàn và Bùi Văn Hiếu.

Lời cảm ơn:

Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh đã tài trợ kinh phí cũng như hỗ trợ trong quá trình nhóm thực hiện nghiên cứu này. Bài báo này là sản phẩm của đề tài NCKH với mã số: SV2024-248.❖

Ngày nhận bài: **15/5/2024**

Ngày phản biện: **03/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Hong Seok Park, Xuan Phuong Dang (2017). “Development of a smart plastic injection mold with conformal cooling channels”. 45th SME North American Manufacturing Research Conference pp. 48-59.
- [2]. Lê Văn Thảo (2023); “Công nghệ in 3D kim loại sử dụng nguồn năng lượng hồ quang (WAAM): triển vọng phát triển và áp dụng trong công nghiệp tại Việt Nam”. Trung tâm Công nghệ, Học viện Kỹ thuật Quân sự.
- [3]. Đặng Xuân Phương (2018); “Tối đa hóa hiệu năng của hệ thống làm mát khuôn đúc ép phun nhựa chế tạo bằng công nghệ in 3D kim loại”. pp. 3-9.
- [4]. Park S. J. and T. H. Kwon (1998). “Optimal cooling system design for the injection molding process”. Polymer Engineering & Science, vol. 38, pp. 1450-1462.
- [5]. Rao N. S. and G. Schumacher (2004). “Design formulas for plastics engineers”.
- [6]. Park, H.-S. and X.-P. Dang (2010). “Optimization of conformal cooling channels with array of baffles for plastic injection mold”. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 116: pp. 879-890.
- [7]. Wu T., S. A. Jahan, Y. Zhang, J. Zhang, H. Elmounayri, and A. Tovar (2017). “Design optimization of plastic injection tooling for additive manufacturing”. Procedia Manufacturing, vol. 10, pp. 923-934.
- [8]. Rännar L. E., A. Glad, and C. G. Gustafson (2007). “Efficient cooling with tool inserts manufactured by electron beam melting”. Rapid Prototyping Journal, vol. 13, pp. 128-135.
- [9]. Jahan S. A. and H. El-Mounayri (2016). “Optimal conformal cooling channels in 3D printed dies for plastic injection molding”. Procedia Manufacturing, vol. 5, pp. 888-900.
- [10]. Vojnová E (2016). “The benefits of a conforming cooling systems the molds in injection moulding process”. Procedia Engineering, vol. 149, pp. 535-543.
- [11]. Ahn D.-G., S.-H. Park, and H.-S. Kim (2010). “Manufacture of an injection mould with rapid and uniform cooling characteristics for the fan parts using a DMT process”. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, vol. 11, pp. 915-924.
- [12]. Wu T., S. A. Jahan, P. Kumaar, A. Tovar, H. El-Mounayri, Y. Zhang, J. Zhang, D. Acheson, K. Brand, and R. Nalim (2015). “A framework for optimizing the design of injection molds with conformal cooling for additive manufacturing”. Procedia Manufacturing, vol. 1, pp. 404-415.
- [13]. Khan M., S. K. Afaq, N. U. Khan, and S. Ahmad (2014). “Cycle time reduction in injection molding process by selection of robust cooling channel design”. ISRN Mechanical Engineering, vol. 2014, p. 8.