

THIẾT KẾ TẤM KHUÔN ÂM CÓ ĐƯỜNG NƯỚC 3D

DESIGN CAVITY MOLD WITH 3D COOLING CHANNEL

Phạm Anh Tuấn*, Nguyễn Ngọc Thuận, Dư Nguyễn Trường Thịnh,
Hoàng Văn Hiếu, Đỗ Thành Trung

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

TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu quy trình ứng dụng công nghệ WAAM trong chế tạo lòng khuôn âm cho sản phẩm có hình dạng 3D. Thiết kế khuôn 2 tấm, kết hợp với quá trình cắt lớp, giúp giảm chi phí và tăng năng suất. Đường nước 3D, được thiết kế theo hình dạng sản phẩm, cải thiện đáng kể khả năng làm nguội và thoát khí. Kết quả cho thấy WAAM có khả năng sản xuất khuôn mẫu với độ chính xác cao, chi tiết tốt và tốc độ nhanh hơn so với phương pháp truyền thống. Mặc dù chi phí ban đầu cao, WAAM tiết kiệm chi phí trong sản xuất quy mô lớn nhờ tính linh hoạt và chất lượng cao, mở rộng tiềm năng ứng dụng trong nhiều ngành công nghiệp.

Từ khóa: WAAM; Khuôn âm; Đường nước 3D; Khuôn 2 tấm; Cắt lớp.

ABSTRACT

This article studies the process of applying WAAM technology in manufacturing mold cavities for products with 3D shapes. The two-plate mold design, combined with the layer-cutting process, helps reduce costs and increase productivity. The 3D cooling channels, designed according to the product's shape, significantly improve cooling and venting efficiency. The results show that WAAM can produce molds with high precision, good detail, and faster speed compared to traditional methods. Although the initial cost is high, WAAM saves costs in large-scale production due to its flexibility and high quality, expanding its potential applications in many industries.

Keywords: WAAM; Cavity; 3D cooling channel; 2 plate mold; Layer.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

Ngày nay, trong sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghiệp kim loại kỹ thuật sản xuất như hàn đắp thu hút sự chú ý đáng kể trong ngành công nghiệp vì khả năng tạo ra các thành phần kim loại lớn với chi phí thấp và thời

gian ngắn, làm cho nó trở nên xuất sắc hơn. Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) là một phương pháp sản xuất tiên tiến trong ngành công nghiệp kim loại. Phương pháp này cho phép chế tạo các bộ phận kim loại có hình dạng phức tạp và kích thước lớn một cách hiệu quả và chính xác. WAAM có ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như hàng không, ô tô, y tế và năng lượng.

1.2. Nguyên lý hoạt động

WAAM là phương pháp sản xuất kim loại 3D bằng cách hàn điện giữa dây kim loại và bề mặt làm việc. Dòng điện tạo ra nhiệt độ cao làm tan chảy vật liệu hàn, tạo thành lớp mối hàn. Quá trình này lặp lại để bồi đắp sản phẩm 3D từ các lớp vật liệu hàn.

1.3. Cơ sở lý thuyết

Đề tài này nghiên cứu cách chế tạo lòng khuôn âm 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/mm²)	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

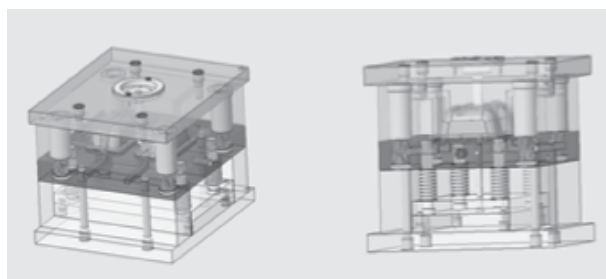
Mô tả	1 pha 220V
Điện áp vào	AC220V, ±15% 50/60Hz
Hệ số công suất	0.67
Điện áp hở mạch định mức (V)	70
Đầu ra định mức (A/V)	200/24
Chu kỳ tải định mức (%)	30
Phạm vi điều chỉnh điện áp hàn (V)	13-28
Phạm vi điều chỉnh dòng hàn (A)	40-270
Nguồn sấy nhiệt của đồng hồ (W)	120
Đặc điểm đầu ra	MIG:CV MMA:CC
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 ÂM VÀ ĐƯỜNG NƯỚC 3D

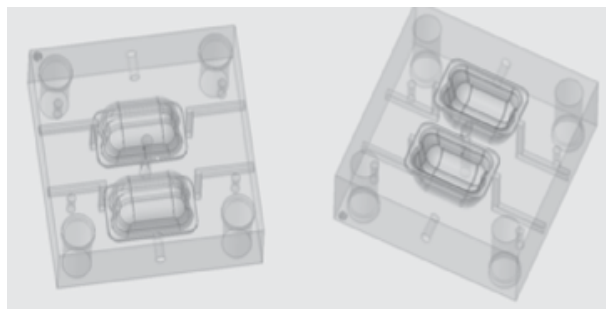
2.1. Thiết kế bộ khuôn

Bộ khuôn có kích thước 350x300x261mm, được thiết kế 2 lòng khuôn sản phẩm có kích thước 130x80x22mm. Lựa chọn việc sử dụng thiết kế chế tạo khuôn 2 tấm thay vì khuôn 3 tấm vì nghiên cứu chỉ cần chứng minh được việc ứng dụng công nghệ WAAM vào khuôn 3D, vì vậy nên việc sử dụng khuôn 2 tấm có thể giúp giá thành rẻ hơn, thời gian thiết kế và gia công nhanh hơn và việc thiết kế trở nên đơn giản hơn nhiều so với khuôn 3 tấm.



Hình 2. Bộ khuôn hoàn thiện

Để có được tấm khuôn âm hoàn chỉnh hình dạng 3D cho nghiên cứu, việc thiết kế bộ khuôn hoàn chỉnh là việc cần thiết. Sau khi hoàn thành việc thiết kế bộ khuôn, tiến hành lấy tấm khuôn âm có kích thước 300x300x80 cùng vật liệu thép S50C với bộ khuôn.



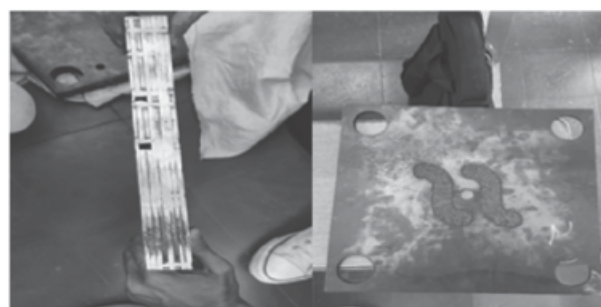
Hình 3. Tấm khuôn âm sản phẩm 3D

2.2. Cắt lớp tấm khuôn âm

Cắt lớp tấm khuôn có ý nghĩa chứng minh được quá trình áp dụng công nghệ WAAM vào nghiên cứu có hiệu quả. Việc chia nhỏ tấm khuôn thành từng lớp với nhau có tác dụng giúp sản phẩm có khả năng giảm nhiệt độ nhanh chóng sau khi nhựa được phun vào bên trong lòng khuôn và điền đầy, giải quyết được bài toán thời gian làm nguội của sản phẩm. Quá trình đó giúp tăng năng suất cho sản phẩm lên nhiều lần.



Hình 4. Tấm khuôn âm sản phẩm 3D cắt lớp



Hình 5. Hình sản phẩm cắt lớp thực tế

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 xỉ nhựa và chảy nước làm mát.



Hình 6. Hình dạng của đường nước 3D

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Quá trình thực nghiệm về việc ứng dụng WAAM vào chế tạo khuôn mẫu 3D đã đem lại những kết quả đáng chú ý. Đầu tiên, WAAM cho thấy khả năng sản xuất các khuôn mẫu với độ chính xác cao và chi tiết tốt, đồng thời cung cấp tính linh hoạt trong thiết kế với các hình dạng phức tạp.

Tốc độ sản xuất của WAAM cũng được chứng minh là nhanh hơn so với các phương pháp truyền thống, đặc biệt là đối với các sản phẩm có tính phức tạp cao. Mặc dù chi phí ban đầu có thể cao hơn do việc cắt các tấm khuôn thành nhiều lớp nhỏ đã làm đội lên chi phí ban đầu nhiều hơn, nhưng nếu ứng dụng trong quá trình sản xuất lớn, WAAM có thể tiết kiệm chi phí đáng kể do tính chính xác cao, chi tiết tốt và sự linh hoạt trong thiết kế.

Đánh giá về độ bền và độ ổn định của kết cấu WAAM cũng cho thấy khả năng chịu tải và độ bền vật liệu cao. Tuy nhiên, việc kiểm soát quá trình sản xuất và điều chỉnh các tham số (thông số hàn) cần được thực hiện cẩn thận để đảm bảo chất lượng sản phẩm cuối cùng.

➔ Kết quả này làm rõ tiềm năng và ưu điểm của việc sử dụng WAAM trong lĩnh vực chế tạo khuôn mẫu 3D và đề xuất mở rộng ứng dụng của nó trong các ngành công nghiệp khác nhau.

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: Đỗ Thành Trung;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Phạm Anh Tuấn, Nguyễn Ngọc Thuận, Dư Nguyễn Trường Thịnh, Hoàng 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: SV2024-243.



Ngày nhận bài: **15/5/2024**

Ngày phản biện: **03/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. TS. Phạm Sơn Minh, ThS. Trần Minh Thế Uyên (2014); “*Giáo trình Thiết kế và chế tạo khuôn phun ép nhựa*”, NXB. Đại học Quốc gia, Thành phố Hồ Chí Minh, 286 page.
- [2]. Đặng Văn Nghìn; “*Hiện trạng và chiến lược phát triển công nghệ in 3D của nước ta trong xu thế cuộc cách mạng 4.0*”, Viện Cơ học và Tin học ứng dụng, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 2018, trang 23.
- [3]. Kai Treutler, “*The current state of research of Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM)*”, Wesling Manuf, (2018), pp.24-27.
- [4]. J.T. Xiong, “*Research status of wire and arc additive manufacture and its application in aeronautical manufacturing*”, Aeron. Manuf. Technol. (2015), pp. 80-85.
- [5]. Yon Li, “*Comprehensive review of wire arc additive manufacturing: Hardware system, physical process, monitoring, property characterization, application and future prospect*”, Beijing Key Laboratory of Process Fluid Filtration and Separation, China University of Petroleum-Beijing, Beijing, 102249, China, (2019), pp. 310-319.