

KIỂM NGHIỆM HÌNH DẠNG CÁC ĐƯỜNG IN 3D KIM LOẠI ỨNG VỚI CÁC PHƯƠNG ÁN DI CHUYỂN NGUỒN HÀN KHÁC NHAU

TESTING THE SHAPES OF 3D METAL PRINTING PATHS CORRESPONDING TO
DIFFERENT WELDING SOURCE MOVEMENTS

Trần Minh Thế Uyên, Huỳnh Đỗ Song Toàn, Nguyễn Văn Thức, Bùi Chấn Thanh, Nguyễn Hộ,
Nguyễn Tiến Dũng, Châu Tấn Phước, Lê Anh Vũ, Thái Huy Hoàng, Nguyễn Khắc Nhân
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tiến hành nghiên cứu về phương pháp hàn đắp lớp kim loại (WAAM) và ảnh hưởng của các phương án hàn đắp lên tổ chức tế vi và độ bền kéo của sản phẩm. Chúng tôi lựa chọn 4 phương án hàn đắp khác nhau và thực hiện thí nghiệm bằng cách kết hợp hàn MAG và máy CNC. Phương án xoắn ốc cho ra sản phẩm có độ bền kéo cao nhất và độ giãn dài thấp nhất, phù hợp cho các chi tiết yêu cầu độ bền và chống biến dạng cao. Phương án zig zag chéo có độ bền kéo cao nhất thứ hai và độ giãn dài cao thứ hai, thích hợp cho chi tiết dạng tấm. Phương án zig zag cong có độ bền kéo cao thứ ba và độ giãn dài lớn nhất, phù hợp cho chi tiết dạng tấm có biên dạng cong. Phương án zig zag ngang có độ bền kéo và độ giãn dài thấp nhất, thường được dùng cho các chi tiết đơn giản không yêu cầu độ bền và chống biến dạng cao.

Từ khóa: In 3D kim loại; Độ bền kéo; Dạng đường in 3D; Kích thước đường hàn.

ABSTRACT

This study investigates the Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) method and its impact on the microstructure and tensile strength of the products. We selected four different welding approaches and conducted experiments by combining MAG welding with CNC machining. The helical pattern yielded the highest tensile strength and the lowest elongation, making it suitable for parts requiring high strength and deformation resistance. The diagonal zigzag pattern exhibited the second-highest tensile strength and elongation, suitable for plate-like components. The curved zigzag pattern showed the third-highest tensile strength and the highest elongation, suitable for curved plate components. The horizontal zigzag pattern had the lowest tensile strength and elongation and is commonly used for simple components with minimal strength and deformation requirements.

Keywords: 3D metal printing; Tensile strength; Toolpath; Welding size.



1. GIỚI THIỆU

Ngày nay, phương pháp hàn, đặc biệt là hàn MAG, đã trở nên rất phổ biến trong ngành công nghiệp chế tạo. Hàn MAG không chỉ được sử dụng trong các ứng dụng thông thường mà còn giúp khắc phục và sửa chữa các chi tiết bị mài mòn, gãy, vỡ hoặc nứt. Hơn nữa, phương pháp này còn giúp cải thiện tính chất cơ lý của chi tiết, kéo dài tuổi thọ sản phẩm.

Tận dụng những ưu điểm của hàn MAG, gần đây, nhà nghiên cứu đã phát triển một phương pháp gia công mới có tên là Đắp Lớp Hồ Quang (WAAM), giúp giảm đáng kể thời gian và lượng vật liệu so với phương pháp gia công truyền thống. Phương pháp này cho phép tạo ra các chi tiết có hình dạng tương tự như chi tiết gia công truyền thống bằng cách đắp từng lớp kim loại chồng lên nhau để tạo hình dạng mong muốn.

Tuy nhiên, để có được sản phẩm như ý muốn, việc đảm bảo tính bền và độ bền kéo của các chi tiết đắp lớp là rất quan trọng và cần được cân nhắc kỹ. Trong đề tài này, chúng tôi tiến hành thí nghiệm và tập trung vào việc nghiên cứu tổ chức tế vi và độ bền kéo của các chi tiết đắp lớp. Hiện tại, tại Việt Nam vẫn còn ít nghiên cứu về vấn đề này.

Để đánh giá tác động của các phương án hàn đắp lên tổ chức tế vi và độ bền kéo của chi tiết đắp, chúng tôi đã lựa chọn 4 phương án có ảnh hưởng đến độ bền kéo và tổ chức tế vi của sản phẩm đắp lớp. Sau khi xác định các thông số cần thiết và kế hoạch thí nghiệm, chúng tôi tiến hành đắp lớp mẫu bằng cách kết hợp hàn MAG và máy CNC. Các mẫu sau khi đắp lớp sẽ được kiểm tra tổ chức tế vi thông qua kính hiển vi và đánh giá độ bền kéo bằng phương pháp thí nghiệm phá hủy ở nhiệt độ phòng. Phương

pháp này đã được áp dụng rộng rãi trong các ngành sản xuất kim loại, cơ khí, đúc luyện kim và kiểm định vật liệu. Từ đó, chúng tôi thu thập được dữ liệu cần thiết để phân tích chất lượng của mẫu và hiệu quả của các phương án hàn đắp.

2. PHƯƠNG ÁN THỰC NGHIỆM

Mục đích của việc kiểm tra hình dạng đường hàn là để dự đoán được các thông số tối ưu khi đắp như khoảng cách giữa chụp hàn và bề mặt cần đắp, khoảng cách giữa các đường hàn nhằm giảm thiểu hiện tượng bị đắp thiếu, rỗ khí hay bị dính chụp hàn vào mẫu trong quá trình hàn đắp.

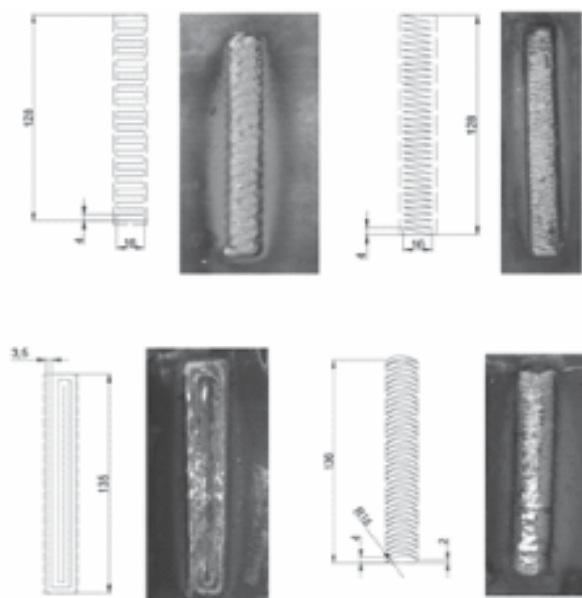
Ta sử dụng thống nhất các thông số cho tất cả các phương án khi hàn: Hiệu điện thế khi hàn 22 V, cường độ dòng điện 120 A, lưu lượng khí 10 l/phút, tốc độ hàn 400 mm/phút.

Trường hợp 1 – Hàn theo đường zig zag ngang: các đường hàn có khoảng cách đều bằng 4mm nên độ cao mà các đường hàn đắp lên nhau nằm trong khoảng 3mm đến 4mm. Ta chọn khoảng cách giữa chụp hàn và lớp hàn là 6mm.

Trường hợp 2 – Hàn theo đường zig zag chéo: các đường hàn ở hai bên có khoảng cách nhỏ hơn 4mm nên độ cao mà các đường hàn đắp lên nhau nằm trong khoảng 4mm đến 5mm. Ta chọn khoảng cách giữa chụp hàn và lớp hàn là 7mm.

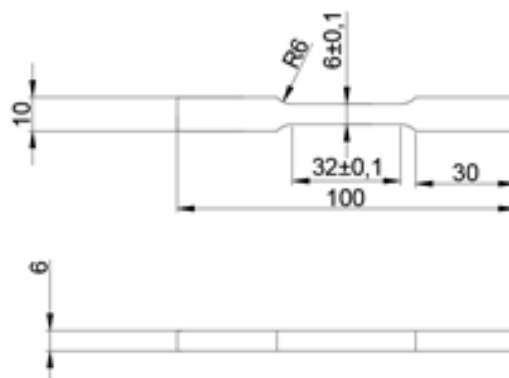
Trường hợp 3 – Hàn theo đường xoắn ốc: các đường hàn ở hai bên có khoảng cách là 3,5mm nên độ cao mà các đường hàn đắp lên nhau nằm trong khoảng 4mm đến 5mm. Ta chọn khoảng cách giữa chụp hàn và lớp hàn là 7mm.

Trường hợp 4 – Hàn theo đường zig zag cong: các đường hàn ở hai bên có khoảng cách nhỏ hơn 4mm nên độ cao mà các đường hàn đắp lên nhau nằm trong khoảng 5mm đến 6mm. Ta chọn khoảng cách giữa chụp hàn và lớp hàn là 8mm.

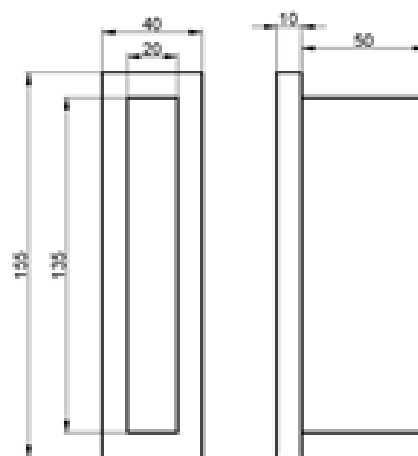


Hình 1. Đường hàn trong các trường hợp của mẫu và hình ảnh thực nghiệm theo chiều từ trên xuống

Dựa theo tiêu chuẩn ASTM E8/E8M – 13, ta chọn và thiết kế mẫu thử kéo có kích thước như hình sau:



Hình 2. Mẫu thử kéo



Hình 3. Thông số mẫu hàn

Bảng 1. Các trường hợp mẫu thử

STT	Điện thế hàn U (V)	I (A)	V (mm/phút)	CO ₂ (l/phút)	Phương án
1	22	120	60	10	Zig zag ngang
2					Zig zag chéo
3					Xoắn ốc
4					Zig zag cong

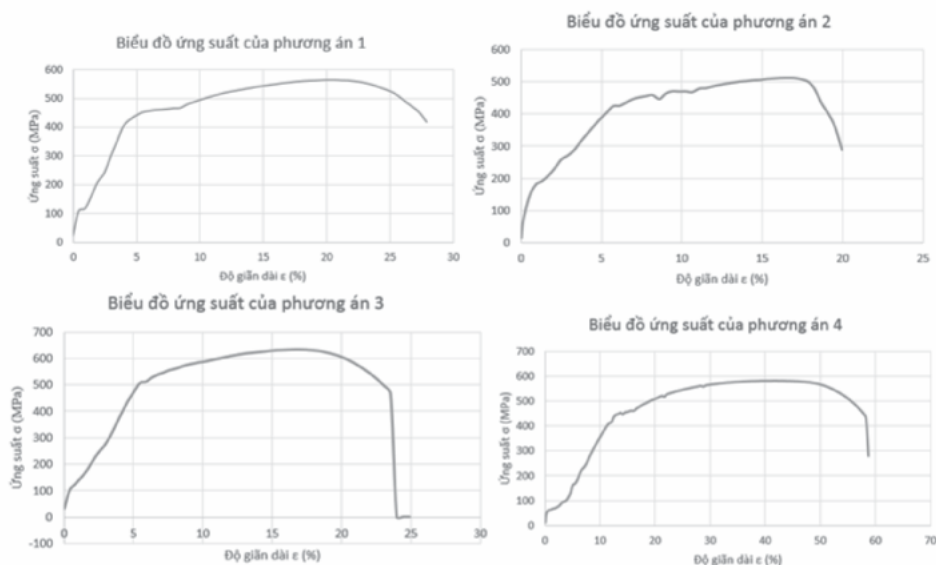


Các mẫu với thông số đường hàn song song với chiều dài mẫu thử. Ta gia công cắt mẫu hàn theo từng khối, mỗi khối ta sẽ gia công thành 1 mẫu nhỏ để quan sát tế vi và 3 mẫu nhỏ với kích thước 100x10x3mm để tiến hành thử kéo. Ta tiến hành hàn đắp thành các mẫu như hình 3.

3. KẾT QUẢ VÀ PHÂN TÍCH ĐỘ BỀN

Bảng 2. Kết quả kiểm tra trung bình của các phương án

Phương án	Mẫu	Tiết diện (mm ²)	Lực kéo đứt (KN)	Độ bền kéo (N/mm ²)	Độ biến dạng mẫu sau khi kéo đứt Δ_{lmax} (mm)	Độ giãn dài tương đối sau khi kéo đứt ε_{max} (%)
Zig zag ngang	1A	25.01	13.91	556.14	12.33	49.32
	1B	24.6	14.12	574.15	12.46	49.85
	1C	14.75	8.31	563.59	6.97	27.88
Zig zag xéo	2A	22.20	11.35	511.40	4.99	19.96
	2B	22.94	13.59	592.20	13.37	53.51
	2C	18.00	10.19	565.94	10.02	40.08
Xoắn ốc	3A	22.04	13.48	611.48	12.11	48.43
	3B	12.39	7.87	635.03	5.551	23.56
	3C	22.94	14.26	621.45	11.49	45.94
Zig zag cong	4A	21.60	12.31	569.77	9.05	36.18
	4B	26.55	15.40	577.74	14.163	58.68
	4C	20.06	11.75	585.79	7.44	29.77



Hình 4. Biểu đồ ứng suất của các phương án khác nhau

Xét tại độ bền kéo, ta thấy được so với dây hàn ban đầu GM-70S với độ bền kéo theo AWS là 72000 psi $\approx 496,42\text{N/mm}^2$ thì các phương án đều cho mẫu có độ bền cao hơn dây hàn. Xét về độ giãn dài sau khi đứt, các mẫu hàn hầu hết đều có độ giãn dài cao hơn hẳn so với dây hàn ban đầu. Nguyên nhân khi ta tiến hành hàn đắp, dây hàn thông qua chuyển dịch tia tập trung lại thành các thớ hàn, các thớ hàn này thường có độ bền và độ giãn dài cao hơn so với dây hàn do trải qua quá trình nóng chảy làm thay đổi tổ chức tế vi và thành phần hóa học của nó.

Khi ta tiến hành gia công hoàn thiện sau quá trình hàn đắp, ta thường tiến hành gia công cắt gọt để loại bỏ lượng dư tại vị trí A và vị trí C nhằm đảm bảo độ nhám bề mặt cho sản phẩm nên sản phẩm thường có cơ tính phụ thuộc lớn vào vị trí B.

Xét tại vị trí B – vị trí cho ra mẫu có cơ tính ổn định nhất, ta thấy được phương án 3 cho mẫu có độ bền kéo cao nhất, phương án 2 cho mẫu có độ bền kéo cao thứ hai, tiếp đến là phương án 4 và cuối cùng là phương án 1. Các thớ hàn có chiều dọc theo mẫu thường có độ bền kéo cao hơn, khi các lớp hàn đắp lên nhau sẽ hình thành biên giới hàn có độ bền kéo thấp hơn. Xét theo phương lực kéo tác động dọc mẫu hàn, càng nhiều biên giới hàn, độ bền kéo càng giảm.

4. KẾT LUẬN

Khi ta tiến hành gia công hoàn thiện sau quá trình hàn đắp, ta thường tiến hành gia công cắt gọt để loại bỏ lượng dư tại vị trí A và vị trí C nhằm đảm bảo độ nhám bề mặt cho sản phẩm nên sản phẩm thường có cơ tính phụ thuộc lớn vào vị trí B. Do đó, để đảm bảo độ bền sản phẩm được ổn định, cần tính thêm lượng dư

ở lớp trên cùng và lớp dưới đáy trước khi tiến hành hàn đắp sản phẩm.

Phương án xoắn ốc cho ra mẫu có độ bền kéo cao nhất nhưng độ giãn dài thấp nhất. Đây là phương án đắp lớp hiệu quả với nhiều loại biên dạng và cho sản phẩm có chất lượng bền nhất. Phương án này phù hợp trong việc chế tạo các chi tiết có yêu cầu độ bền và chống biến dạng cao như bánh răng, giá đỡ có biên dạng phức tạp...

Phương án zig zag xéo dù cho ra mẫu có độ bền kéo cao nhất so với các phương án zig zag nhưng độ giãn dài lại cao thứ hai trong tất cả các phương án. Sản phẩm tạo bởi phương án này tuy độ bền cao nhưng khả năng chống biến dạng khá thấp phù hợp chế tạo chi tiết dạng tấm như giá chữ L, vỏ thiết bị...

Phương án zig zag cong tuy cho ra mẫu có độ bền kéo cao thứ ba nhưng độ giãn dài lớn nhất trong các phương án. Sản phẩm tạo ra bởi phương án này tuy độ bền không cao nhưng độ giãn dài lớn phù hợp trong việc chế tạo các chi tiết dạng tấm có biên dạng cong như giá đỡ cong, ống trụ...

Phương án zig zag ngang độ bền kéo và độ giãn dài thấp nhất trong tất cả các phương án zig zag khác. Phương án zig zag ngang thường sử dụng nhiều trong hàn đắp thông thường khi không yêu cầu độ bền và độ chống biến dạng cao do tính đơn giản trong phương pháp khi tiến hành. Sản phẩm tạo bởi phương án này thường được dùng để chế tạo chi tiết như vỏ thiết bị, thùng chứa.

(*) Kinh phí nghiên cứu: Bài báo này là sản phẩm của nhiệm vụ NCKH và CN “Nghiên cứu công nghệ và chế tạo thiết bị gia công kênh giải nhiệt 3D cho khuôn phun ép nhựa”.



Ngày nhận bài: 10/7/2023

Ngày phản biện: 01/8/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Amit Bandyopadhyay, YanningZhang, SusmitaBose; “Recent developments in metal additive manufacturing”. Current Opinion in Chemical Engineering, Volume 28, June 2020, Pages 96-104.
- [2]. Thomas Hassel, Torben Carstensen; “Properties and anisotropy behaviour of a nickel base alloy material produced by robot-based wire and arc additive manufacturing”. Welding in the World, 24 July 2020.
- [3]. Hoàng Đức Lượng; “Giáo trình mô đun Hàn MIG, MAG cơ bản và nâng cao”. Trường Trung cấp nghề Lào Cai, 2017.
- [4]. Nguyễn Công Chính; “Nghiên cứu ảnh hưởng thông số hàn đắp đến độ bền kéo lớp đắp”. Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, 2019.
- [5]. Nguyễn Văn Thành; “Giáo trình công nghệ hàn MIG”. NXB. Lao động và Xã hội, 2006.
- [6]. Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials - An American National Standard, E8/E8M – 13a, September 2013.
- [7]. Tiêu chuẩn Việt Nam về vật liệu kim loại – thử kéo, TCVN 197-1, (2014).