

KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG TỐC ĐỘ HÀN ĐẾN CHẤT LƯỢNG SẢN PHẨM IN 3D KIM LOẠI WAAM

SURVEY ON THE INFLUENCE OF WELDING SPEED ON THE QUALITY OF
WAAM METAL 3D PRINTED PRODUCTS

Nguyễn Võ Thành Công*, Trần Đắc Luân, Nguyễn Ngọc Duy,
Vũ Đình Thắng, Đỗ Thành Trung

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

TÓM TẮT

Đề tài “Khảo sát ảnh hưởng tốc độ hàn đến chất lượng sản phẩm in 3D kim loại WAAM” rất cấp thiết và có ý nghĩa thực tiễn cao. Tốc độ hàn là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến năng suất, cấu trúc vật liệu và độ bền cơ học của sản phẩm WAAM. Tốc độ hàn cao có thể gây khuyết tật như lỗ rỗng và vết nứt, làm giảm chất lượng sản phẩm. Hiện chưa có nhiều nghiên cứu đầy đủ về ảnh hưởng của tốc độ hàn đến chất lượng sản phẩm WAAM để xác định điều kiện tối ưu. Nghiên cứu này nhằm xác định tốc độ hàn thích hợp để nâng cao năng suất và đảm bảo chất lượng sản phẩm, góp phần hoàn thiện quy trình công nghệ in 3D WAAM và đưa vào ứng dụng thực tế, thay thế dần các phương pháp gia công truyền thống.

Từ khóa: WAAM; Tốc độ hàn; In 3D kim loại; Cấu trúc vật liệu; Phân tích khuyết tật.

ABSTRACT

The study “Investigation of the Influence of Welding Speed on the Quality of WAAM Metal 3D Printed Products” is highly urgent and practically significant. Welding speed is a crucial parameter affecting the productivity, material structure, and mechanical strength of WAAM products. High welding speed can cause defects such as porosity and cracks, reducing product quality. Currently, there is limited research on the impact of welding speed on WAAM product quality, lacking comprehensive scientific and experimental bases to determine optimal conditions. This study aims to clarify the mechanism and relationship between welding speed and the mechanical properties and material structure of WAAM products, thereby identifying appropriate welding speeds to enhance productivity and ensure product quality. The research results will contribute to improving the WAAM 3D printing process, optimizing process parameters to produce high-quality metal components, and gradually replacing traditional machining methods with WAAM technology in practical applications.

Keywords: WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing); Welding Speed; 3D Metal Printing; Material Structure; Defect Analysis.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

- Trong nước: Công nghệ in 3D kim loại WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) mới chỉ bắt đầu được nghiên cứu và ứng dụng tại Việt Nam trong vài năm gần đây. Các nghiên cứu tập trung vào khả năng ứng dụng trong lĩnh vực chế tạo khuôn mẫu, sản xuất các bộ phận hẹp trong ô tô và tàu thủy. Một số đơn vị đã nghiên cứu và chế tạo thành công máy in 3D WAAM với các nguyên lý và thông số kỹ thuật cơ bản. Tuy nhiên, nghiên cứu về quy trình, cơ chế hình thành cấu trúc và tối ưu hóa thông số để nâng cao chất lượng sản phẩm còn hạn chế.

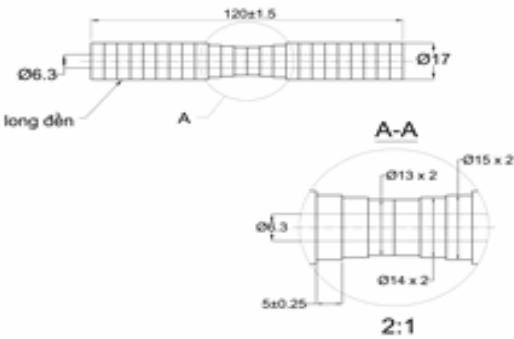
- Ngoài nước: Công nghệ in 3D kim loại WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) là một công nghệ in 3D sử dụng cung cấp dây kim loại liên tục để tạo ra các chi tiết kim loại theo lớp bằng phương pháp hàn MIG/MAG. Công nghệ này có nhiều ưu điểm như tốc độ nhanh, chi phí thấp, khả năng sản xuất các chi tiết lớn. Một số nghiên cứu đã khảo sát sự phụ thuộc của cơ chế biến dạng, cấu trúc hạt và độ bền cơ học vào tốc độ hàn trong in 3D WAAM cho các hợp kim nhôm, sắt không gỉ, titan,... [2], [3].

1.2. Cơ sở lý thuyết

- Đề tài sẽ nghiên cứu cơ chế biến dạng nhiệt và cơ chế hình thành cấu trúc kim loại trong quá trình in 3D WAAM ở các tốc độ hàn khác nhau. Khảo sát ảnh hưởng của tốc độ hàn lên cấu trúc vật liệu và các tính chất cơ học của sản phẩm in 3D bằng thí nghiệm. Các tính chất nghiên cứu bao gồm: cỡ hạt, khuyết tật, độ chặt, cường độ kéo, độ cứng,...

• Vật liệu: Kim loại phổ biến trong in 3D WAAM là sắt và thép.

- Mô tả hình dạng ban đầu mẫu: Mẫu để hàn gồm 24 long đèn sắt dày 5mm có các đường kính khác nhau nhỏ dần vào giữa phôi như Hình 1a, long đèn được gia công theo phương pháp cắt laser. Ở giữa các long đèn là lỗ Ø6.3 để kết nối tất cả các long đèn bằng một trục ren dài (Hình 1b).



Hình 1a. Kích thước mẫu trên thiết kế



Hình 1b. Mẫu thực tế

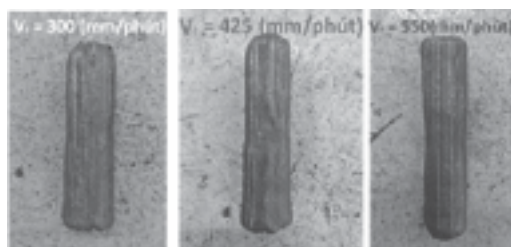
• Tốc độ hàn: Trong khoảng 200 mm/phút đến 2000 mm/phút, chọn 3 tốc độ nằm trong khoảng để hàn theo Bảng 1.

Bảng 1. Bảng thông số biến trong quá trình hàn

STT mẫu	I (A)	Khoảng cách đường hàn (mm)	Bước hàn (mm)	V (mm/phút)	D (mm)
1	120	2	Thẳng	300	17
2	120	2	Thẳng	425	17
3	120	2	Thẳng	550	17



Các mẫu vật sau khi hàn:



Hình 2a. Mẫu vật sau khi hàn (chưa qua gia công tiện)



Hình 2b. Mẫu thử kéo sau khi gia công

2. MÔ HÌNH THỬ NGHIỆM

2.1. Mô hình máy hàn



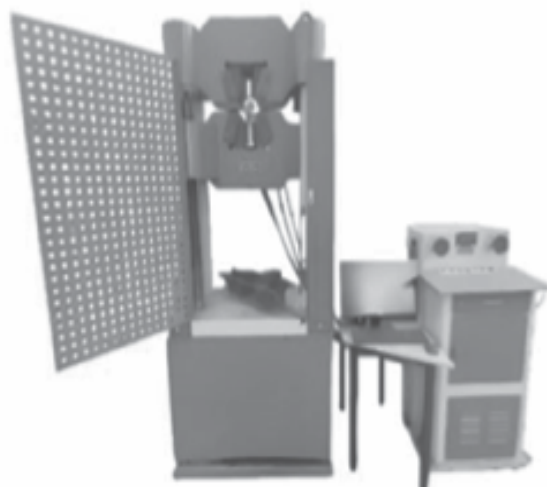
Hình 3. Máy hàn MIG 4 trực

Thông số máy:

- Hành trình trục: 300 x 260 x 250 (mm);
- Công suất tiêu thụ tối đa: 1.5 kW;

- Tốc độ tối đa các trục: 2500 mm/phút;
- Độ chính xác lặp lại: ≤ 0.03 mm.

2.2. Mô hình máy thử kéo

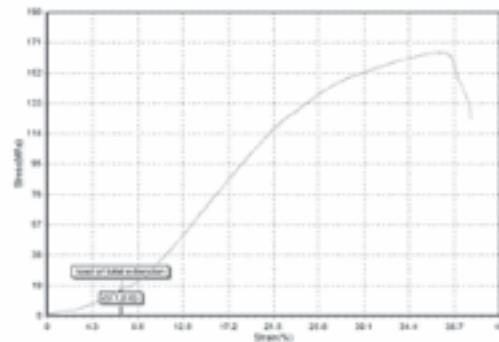


Hình 4. Universal Testing machine _ WE-1000B

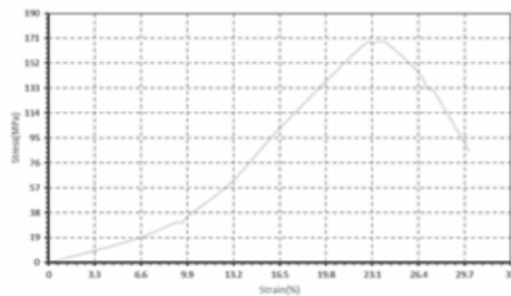
Thông số máy:

- Model: WE-1000B;
- Serial number: 72106;
- Max force: 1000 kN;
- Accuracy: ± 1 %;
- Tensile test space: 0-700 mm;
- Compression test space: 0-600 mm;
- Clamping jaw: Manual/Hydraulic;
- Clamping jaw for round specimens: $\Phi 14-45$ mm;
- Clamping jaw for flat specimens: 0-40;
- Compression platen: $\Phi 225$ mm;
- Piston stroke: 200 mm;
- Diameter of bending roller: $\Phi 50$ mm;
- Mainframe dimensions: 900 x 700 x 2250 mm;
- Control cabinet size: 550 x 500 x 1250 mm;
- Machine power: 1.1 kW;
- Weight: 2900 kg.

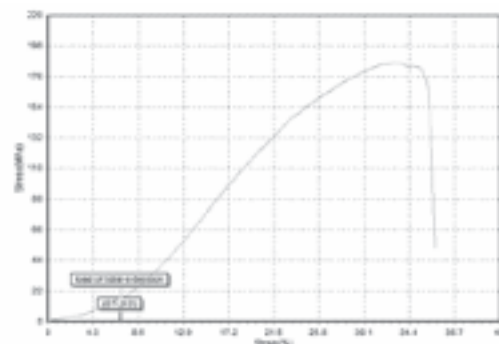
3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM



Hình 5a. Biểu đồ Ứng suất – biến dạng sau khi thực nghiệm kéo với mẫu $V = 300$ mm/phút.



Hình 5b. Biểu đồ Ứng suất – biến dạng sau khi thực nghiệm kéo với mẫu $V = 425$ mm/phút



Hình 6. Biểu đồ Ứng suất – biến dạng sau khi thực nghiệm kéo với mẫu $V = 550$ mm/phút.

Bảng 2. Kết quả đạt được sau khi thí nghiệm kéo

Mẫu	Tốc độ hàn (mm/phút)	Tiết diện (mm ²)	Lực kéo chảy (kN)	Giới hạn chảy (Mpa)	Lực kéo đứt (kN)	Giới hạn đứt (Mpa)
1	300	380.13	47.01	123.70	62.60	164.60
2	425	380.13	36.49	160.80	46.80	206.10
3	550	380.13	56.39	148.30	70.80	186.10



Qua quá trình làm thực nghiệm đo cường độ kéo của ba mẫu hàn như trên thì ta rút ra được bảng thông số và biểu đồ như trên Hình 5a, 5b, 6 và Bảng 2. Ta thấy rằng ảnh hưởng của tốc độ hàn lên độ bền của sản phẩm là có thay đổi khi sản phẩm có thông số hàn nhanh hơn cần ứng suất lớn hơn để bị biến dạng giống với mẫu khác. Hơn nữa, điểm bền kéo của sản phẩm có tốc độ cao hơn thì cần ứng suất và lực kéo đứt lớn hơn.

- Tăng tốc độ hàn cải thiện độ bền kéo: Khi tăng tốc độ hàn từ 300 mm/phút đến 550 mm/phút, lực kéo chảy tăng từ 47.01 kN lên 56.39 kN và lực kéo đứt tăng từ 62.60 kN lên 70.80 kN. Điều này cho thấy tốc độ hàn cao hơn giúp cải thiện khả năng chịu lực kéo của mối hàn. Trong các ứng dụng đòi hỏi mối hàn chịu lực kéo lớn, việc chọn tốc độ hàn cao hơn có thể là một lựa chọn tốt.

- Tăng tốc độ hàn cải thiện giới hạn chảy và giới hạn đứt: Giới hạn chảy tăng từ 123.70 MPa lên 148.30 MPa và giới hạn đứt tăng từ 164.60 MPa lên 186.10 MPa khi tốc độ hàn tăng. Điều này cho thấy rằng mối hàn sẽ chịu được ứng suất cao hơn trước khi bắt đầu biến dạng dẻo cũng như trước khi gãy. Trong các ứng dụng cần mối hàn có độ bền cao, việc tăng tốc độ hàn có thể giúp đạt được yêu cầu này.

- Tối ưu hóa quy trình hàn: Để đạt được mối hàn có tính chất cơ học tốt nhất, cần tối ưu hóa tốc độ hàn. Tốc độ hàn quá thấp có thể dẫn đến mối hàn yếu hơn, trong khi tốc độ hàn quá cao có thể dẫn đến các vấn đề khác như quá nhiệt hoặc biến dạng không mong muốn.

4. KẾT LUẬN

Thông qua quá trình thực nghiệm và phân tích kết quả thực nghiệm, việc tăng tốc độ hàn làm ảnh hưởng đáng kể đến khả năng

biến dạng, độ cứng và cường độ kéo của mẫu hàn WAAM. Tùy thuộc vào yêu cầu thực tiễn và khả năng ứng dụng của sản phẩm mà sẽ sử dụng mẫu với tốc độ khác nhau. Trong các ngành công nghiệp như chế tạo máy, xây dựng, và sản xuất kết cấu thép, việc chọn tốc độ hàn phù hợp rất quan trọng. Với những ứng dụng yêu cầu mối hàn có sức bền cao, tốc độ hàn cao có thể mang lại hiệu quả lớn. Tuy nhiên, cần cân nhắc thêm về các yếu tố khác như loại vật liệu, hình dạng mối hàn và điều kiện thực tế.

(*) 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: Nguyễn Võ Thành Công*, Trần Đắc Luân, Nguyễn Ngọc Duy và Vũ Đình Thắng.

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: SV2024-242.❖

Ngày nhận bài: 18/5/2024

Ngày phản biện: 12/6/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. ThS. Dương Văn Nguy, TS. Đoàn Tất Khoa, TS. Trịnh Quang Hưng, KS. Phạm Văn Chính, TS. Lê Văn Thảo; “*Nghiên cứu chất lượng sản phẩm vật liệu thép không gỉ 308L chế tạo bởi công nghệ WAAM*”.
- [2]. Filippo Montevercchi, Giuseppe Venturini, Antonio Scippa, Gianni Campatelli; “*Finite element modelling of Wire-Arc-Additive-Manufacturing process*”.
- [3]. S. W. Williams, F. Martina*, A. C. Addison, J. Ding, G. Pardal and P. Colegrove; “*Wire + Arc Additive Manufacturing*”.