

KHẢO SÁT ĐỘ BỀN KÉO CỦA CÁC MẪU WAAM VỚI CÁC CƯỜNG ĐỘ DÒNG ĐIỆN KHÁC NHAU

STUDY ON TENSILE STRENGTH OF WAAM SAMPLES WITH DIFFERENT CURRENT INTENSITIES

Lê Minh Tú*, Nguyễn Việt Tuấn, Nguyễn Việt Hải Đăng, Nguyễn Hoàng Nghĩa, Lê Bá Tân
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUTE)

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu về độ bền kéo của các sản phẩm sử dụng công nghệ WAAM với các thông số: tốc độ hàn, khoảng cách giữa các đường hàn, góc xoắn là giống nhau, chỉ cường độ dòng điện khác nhau lần lượt là 110A, 120A và 130A khi hàn đắp lên các vòng long đền sắt. Kết quả phân tích độ bền kéo cho thấy: Khi hàn với cường độ dòng điện Mid (120A) cho ra sản phẩm có độ bền kéo cao hơn so với các giá trị cường độ dòng điện Min (110A) và Max (130A).

Từ khóa: Độ bền sản phẩm; WAAM; In 3D kim loại; Cường độ dòng điện.

ABSTRACT

This paper investigates the tensile strength of products using WAAM technology with parameters such as welding speed, distance between weld paths, and twist angle kept constant, but with different current intensities of 110A, 120A, and 130A applied while welding on iron washer rings. The tensile strength analysis results indicate that welding with a medium current intensity (120A) produces products with higher tensile strength compared to those welded with the minimum (110A) and maximum (130A) current intensities.

Keywords: Product strength; WAAM; 3D metal printing; Amperage.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

• Trong nước:

Trong những năm gần đây, công nghệ in 3D kim loại đã thu hút sự quan tâm ngày càng tăng, đặc biệt là trong lĩnh vực sản xuất. Một trong những phương pháp in 3D kim loại tiên tiến nhất hiện nay là công nghệ lắng đọng hồ quang kim loại dây (WAAM). Phương pháp

này sử dụng một đầu phun hồ quang điện để nấu chảy dây kim loại và lắng đọng nó theo lớp để tạo ra các chi tiết kim loại phức tạp. Ở Việt Nam, nghiên cứu về công nghệ WAAM vẫn còn khá hạn chế. Một số nhóm nghiên cứu đã bước đầu khảo sát ứng dụng của công nghệ này, tập trung vào việc tối ưu hóa các thông số quá trình để cải thiện chất lượng in 3D. Tuy nhiên, các nghiên cứu về tính chất cơ học của các chi tiết WAAM vẫn còn hạn chế. Đặc biệt, nghiên cứu về ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn đến độ bền kéo của các mẫu WAAM còn mới. 

Vì vậy, đề tài "Khảo sát độ bền kéo của các mẫu WAAM với các cường độ dòng điện khác nhau" có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá chi tiết các tính chất cơ học then chốt của các chi tiết WAAM, đồng thời cung cấp dữ liệu thực nghiệm hữu ích cho các nhà nghiên cứu và sản xuất.

• Ngoài nước:

Công nghệ WAAM đang thu hút nhiều sự quan tâm của các nhà nghiên cứu trên thế giới do tiềm năng ứng dụng cao trong lĩnh vực sản xuất. Một số trung tâm nghiên cứu hàng đầu thế giới như Đại học Cranfield (Anh), Viện Công nghệ Liên bang Thụy Sĩ, Đại học Sheffield (Anh) đã và đang tiến hành các nghiên cứu sâu về công nghệ này. Các nghiên cứu gần đây tập trung vào việc cải thiện tính chất cơ học của các chi tiết WAAM thông qua tối ưu hóa các thông số quá trình. Trong đó, ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn đến độ bền kéo là một trong những vấn đề được quan tâm. Một số kết quả nghiên cứu chính: Nhóm của Tang (Trung Quốc, 2019) [1] khảo sát 6 mức cường độ dòng khác nhau từ 100-160A trên thép không gỉ 316L. Kết quả cho thấy cường độ dòng 130-140A mang lại độ bền kéo cao nhất (550-570 MPa). Williams (Anh, 2020) [2] nghiên cứu ảnh hưởng của dòng 110-150A lên hợp kim nhôm 6061. Cường độ kéo tối ưu đạt ở 130A (330 MPa). Nhóm của Ding (Trung Quốc, 2021) [3] khảo sát cường độ 120-180A trên thép không gỉ 316L. Kết quả cho thấy 160A thích hợp nhất, đạt độ bền 550MPa. Nhìn chung, hầu hết các nghiên cứu đều chỉ ra rằng việc lựa chọn cường độ dòng phù hợp có tác động đáng kể đến độ bền kéo của các mẫu WAAM. Tuy nhiên, cường độ dòng tối ưu phụ thuộc vào nhiều yếu tố như loại kim loại, thông số hàn khác, v.v. Do đó, việc khảo sát cụ thể cho từng loại vật liệu là cần thiết.

1.2. Cơ sở lý thuyết

Đề tài nghiên cứu về sự ảnh hưởng của cường độ dòng điện đến chất lượng sản phẩm dạng trục, khi sử dụng phương pháp WAAM. Sử dụng nguyên lý của quá trình hàn hồ quang, trong đó một dòng điện được sử dụng để tạo ra cảm biến hàn giữa dây hàn và bề mặt làm việc kim loại. WAAM sử dụng thiết bị hàn tiêu chuẩn sẵn có: nguồn điện hàn, mỏ hàn và hệ thống cấp dây. Chuyển động có thể được cung cấp bằng hệ thống cánh tay robot (hình 1A) hoặc hệ thống máy CNC (hình 1B). WAAM loại bỏ các bước chế tạo truyền thống bằng cách xây dựng sản phẩm từ dữ liệu kỹ thuật số, giúp tạo ra sản phẩm có hình dạng phức tạp mà không cần khuôn mẫu hay công cụ đặc biệt.



Hình A



Hình B

Hình 1. Hệ thống cánh tay robot và Hệ thống CNC

Ưu điểm của phương pháp gia công này là: sản xuất với tốc độ nhanh vì tỷ lệ lắng đọng WAAM dựa trên GMAW cao hơn 2-3 lần so với các kỹ thuật dựa trên GTAW hoặc PAW, tính tùy chỉnh cao, tiết kiệm nguyên vật liệu, tiết kiệm chi phí, đặc biệt là có thể tạo ra các sản phẩm có kích thước lớn với hình dạng phức tạp. Tuy nhiên, WAAM dựa trên GMAW kém ổn định hơn và tạo ra nhiều tia lửa hàn và khói hàn hơn do dòng điện được cấp trực tiếp vào nguyên liệu thô.

So với các công nghệ in 3D kim loại khác (sử dụng vật liệu bột kim loại) thì công nghệ WAAM là phù hợp nhất với điều kiện hiện tại trong nước, không chỉ về chi phí đầu tư mà còn về miền ứng dụng, cũng như nền tảng kiến thức công nghệ hàn đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi tại Việt Nam. Công nghệ WAAM có thể đáp ứng được ngay các nhu cầu trong công nghiệp cơ khí trong nước. Cụ thể, nhiều chi tiết quan trọng trong hệ thống cơ khí, máy móc có thể sửa chữa, phục hồi, hoặc chế tạo mới để thay thế bằng công nghệ WAAM.

2. MỤC TIÊU

Mục tiêu chính của đề tài là khảo sát sự ảnh hưởng của cường độ dòng điện hàn đến độ bền kéo của các mẫu in 3D bằng công nghệ WAAM. Các mục tiêu cụ thể bao gồm:

- Sử dụng công nghệ WAAM để in các mẫu thử nghiệm với các cường độ dòng điện khác nhau;
- Tiến hành các thí nghiệm kéo để xác định độ bền kéo và độ giãn dài của các mẫu thử với các cường độ dòng điện khác nhau.

3. PHƯƠNG PHÁP

Phần này cung cấp thông tin về tiêu chuẩn TCVN-5400 để xác định độ bền kéo của mẫu WAAM 3D dạng trục. Ngoài ra, cung cấp về quy trình sản xuất mẫu, các thông số thiết kế và máy thử nghiệm.

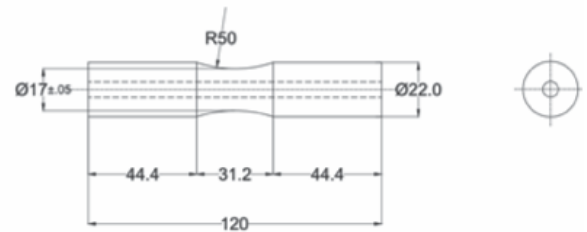
Trong phương pháp hàn bồi đắp, tốc độ ra dây có ảnh hưởng lớn đến chất lượng và độ bền của sản phẩm. Tốc độ ra dây được kiểm soát trực tiếp trên bảng điều khiển của máy hàn. Khi tốc độ ra dây quá thấp sẽ dẫn đến mối hàn nhô cao, hẹp, đôi khi không có sự hòa quyện

giữa biên mối hàn và vật hàn. Như hình dưới đây:



Hình 2. Đường hàn nhô đủ cao, hẹp

4. THIẾT KẾ MẪU



Hình 3. Mẫu kéo tiêu chuẩn TCVN-5400

5. SẢN XUẤT MẪU THỬ

PARAMETER	SPECIMEN		
	Min	Mid	Max
I (A)	110	120	130
Offset	2	2	2
V (mm/phút)	425	425	425
Góc xoắn (độ)	180	180	180
Đường kính long đền (mm)	17	17	17

Với các thông số quy trình đã chọn, mẫu thử nghiệm được chuẩn bị thông qua bốn bước được liệt kê dưới đây:

1) Mô hình ba chiều (3D) của mẫu thử được chuẩn bị thông qua phần mềm thiết kế SolidWorks 2020, sau đó tạo bản vẽ 2D để thuận tiện cho việc chuẩn bị phôi nhằm xác định phương pháp in phù hợp.

2) Tạo chương trình G-code và tiến hành nhập vào máy CNC, nhằm thiết lập hình dạng chi tiết cần sản xuất vào máy.

3) Mẫu được tạo ra sau khi điều chỉnh thiết lập máy.

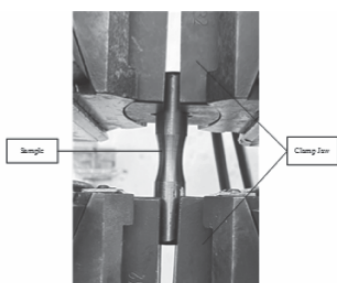
4) Mẫu được lấy ra khỏi máy sau khi thực hiện hoàn tất chương trình gia công và tiến hành loại bỏ các vật liệu còn thừa.



Hình 4. Mẫu kéo trước và sau khi gia công xong

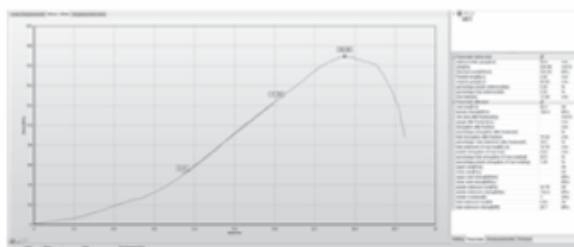
6. KIỂM NGHIỆM VÀ BÁO CÁO

Sau khi quá trình sản xuất mẫu hoàn tất, thử nghiệm độ bền kéo được thực hiện để tìm độ bền kéo và độ biến dạng của mẫu. Máy kéo vạn năng WA-1000B được sử dụng để thử nghiệm.

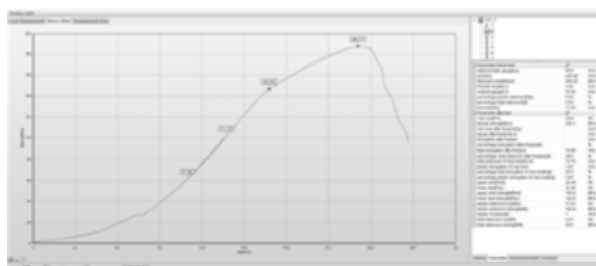


Hình 5. Gá đặt để kiểm tra độ bền kéo của mẫu

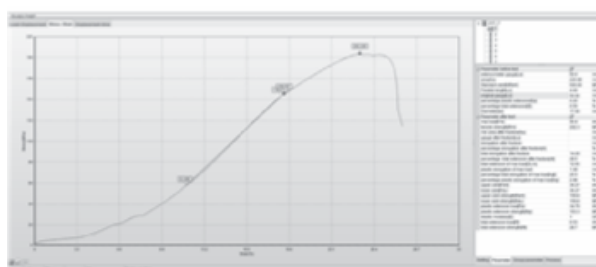
7. XỬ LÝ SỐ LIỆU



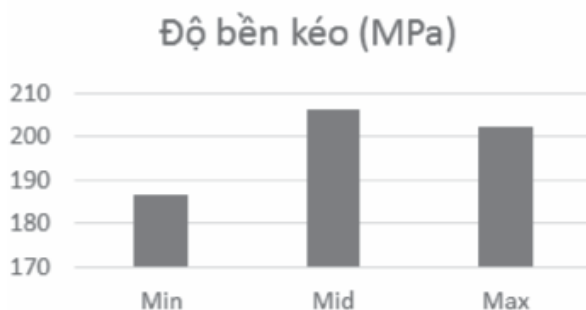
Hình 6. Kết quả thử nghiệm kéo mẫu cường độ dòng điện 110A



Hình 7. Kết quả thử nghiệm kéo mẫu cường độ dòng điện 120A



Hình 8. Kết quả thử nghiệm kéo mẫu cường độ dòng điện 130A



Hình 9. Biểu đồ thể hiện độ bền kéo của mẫu thử

Qua kết quả thí nghiệm, ta có thể thấy cường độ dòng điện có ảnh hưởng đến tính chất cơ học của sản phẩm với các mẫu thử được hàn từ nguồn điện có cường độ dòng điện của ba mẫu Min, Mid, Max thứ tự là 186.398 (A), 206.117 (A), 202.329 (A). Mẫu kéo Mid được hàn từ cường độ dòng điện 120A có độ bền tốt nhất và mẫu kéo Min được hàn từ cường độ dòng điện 110A có độ bền kém nhất trong ba mẫu → Cường độ dòng điện thấp hơn mức trung bình có thể cho ra sản phẩm có độ bền kém hơn. Có thể nói, ảnh hưởng của cường độ

dòng điện khi hàn có ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Đặc biệt, khi giảm cường độ dòng điện, độ ngẫu của mỗi hàn sẽ kém hơn so việc sử dụng cường độ dòng điện cao trong phạm vi khả thi. Tuy nhiên, cường độ dòng điện ở mức trung bình có thể lấy làm tiêu chuẩn khi mang lại sản phẩm có độ bền tốt nhất.

8. KẾT LUẬN

Thông qua quá trình thực nghiệm và phân tích kết quả thực nghiệm, việc thay đổi cường độ dòng điện có ảnh hưởng đến chất lượng mỗi hàn, độ ngẫu giữa các mối hàn, cấu trúc vi mô và tính chất cơ học của sản phẩm dạng trục. Cường độ thích hợp sẽ tạo ra một mối hàn có độ cứng và độ bền cao hơn, trong khi một mối hàn có cường độ dòng điện quá thấp hoặc quá cao sẽ khiến cho mối hàn có chất lượng kém. Việc lựa chọn tốc độ ra dây phù hợp sẽ giúp cho sản phẩm được tạo ra có chất lượng.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Lê Bá Tân;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Lê Minh Tú, Nguyễn Việt Tuấn, Nguyễn Viết Hải Đăng, Nguyễn Hoàng Nghĩa.

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: SV2024-253. ❖

Ngày nhận bài: **02/5/2024**

Ngày phản biện: **07/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Ping Yao, Hongyan Lin, Heqing Tang, Wei Wu, “*Influence of duty ratio and current mode on robot 316L stainless steel arc additive manufacturing*”. MDPI, Metals 2021, 11(3), 508. Published 19 March 2021.
- [2]. E. Eimer, S. Williams, J. Ding et al, “*Mechanical performances of the interface between the substrate and deposited material in aluminium wire Direct Energy Deposition*”. Materials & Design Volume 225, January 2023, 111594.
- [3]. Xinfeng Kan, Dengcui Yang, Zhengzhi Zhao, Jiquan Sun, “*316L WAAM and pressure machining influence*”. IOPScience, Express 3 045030, Published 22 November 2021.