

THỰC NGHIỆM CÔNG NGHỆ WAAM CHO SẢN PHẨM DẠNG TRỤC VỚI CÁC CƯỜNG ĐỘ DÒNG ĐIỆN KHÁC NHAU

EXPERIMENTAL WAAM TECHNOLOGY FOR AXIAL PRODUCTS WITH DIFFERENT CURRENT INTENSITIES

Nguyễn Đức Mạnh*, Nguyễn Đức Nam, Nguyễn Khắc Nhật,
Lương Thanh Khánh, Phạm Sơn Minh

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

TÓM TẮT

Trong lĩnh vực WAAM, để hiểu sự ảnh hưởng của cường độ dòng điện đến các đặc trưng trong quá trình thực hiện như: tốc độ lắng đọng, khả năng kết dính giữa các lớp phủ, cấu trúc vi mô và tính chất cơ học của sản phẩm dạng trục là một thách thức quan trọng. Mục tiêu của nghiên cứu là giải quyết vấn đề này, thông qua các thí nghiệm về công nghệ WAAM cho sản phẩm dạng trục được thực hiện trên hệ thống máy CNC với nguồn năng lượng hàn MIG/GMAW cho thấy: Cường độ dòng điện có ảnh hưởng rất lớn đến tốc độ lắng đọng, khả năng kết dính giữa các lớp phủ và tính chất cơ học của sản phẩm.

Từ khóa: Công nghệ WAAM; Hàn MIG/GMAW; Sản xuất phụ gia; Kim loại; Tính chất cơ học.

ABSTRACT

In the WAAM field, to understand the influence of current intensity on process characteristics such as: deposition rate, adhesion between coatings, microstructure and mechanical properties of Axial products are a significant challenge. The goal of the research is to solve this problem, through experiments on WAAM technology for axial products performed on CNC machine systems with MIG/GMAW welding power sources showing: The current intensity has greatly affects the deposition rate, adhesion between coatings and mechanical properties of the product.

Keywords: WAAM technology; MIG/GMAW welding; Additive manufacturing; Metals; Mechanical properties.

1. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN

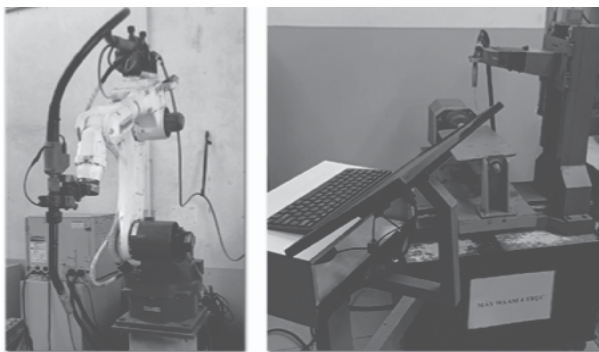
Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghiệp 4.0, nhu cầu tạo ra những sản phẩm có kích thước lớn, hình dạng phức tạp, tiết kiệm thời gian và chi phí đang được khách hàng ưu tiên lựa chọn. Công nghệ in 3D là phương pháp có thể giải quyết được vấn đề này. Công nghệ sản xuất này đã phổ biến

trên thế giới, sự kết hợp giữa hồ quang điện làm nguồn nhiệt và dây làm nguyên liệu được gọi là WAAM đã được nghiên cứu từ những năm 1990 [1], mặc dù bằng sáng chế đầu tiên được cấp vào năm 1925, tuy nhiên tại Việt Nam vẫn còn khá mới mẻ. Nhìn chung, các nghiên cứu về in 3D tại Việt Nam chủ yếu tập trung vào mảng polymer. Các nghiên cứu về in 3D bằng dây kim loại còn rất hạn chế. Nên việc nghiên

cứu và cải tiến quy trình in 3D bằng dây kim loại nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm là vô cùng cần thiết. Như vậy, lĩnh vực nghiên cứu của đề tài nằm trong xu thế chung của thế giới, phù hợp với định hướng phát triển công nghệ tại Việt Nam. Các kết quả nghiên cứu có thể ứng dụng rộng rãi trong ngành hàng không vũ trụ, ngành hàng hải, ngành ô tô,...

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 in 3D bằng dây kim loại. 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 [2]. Chuyển động có thể được cung cấp bằng hệ thống robot (hình a) hoặc hệ thống máy CNC (hình b). 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.



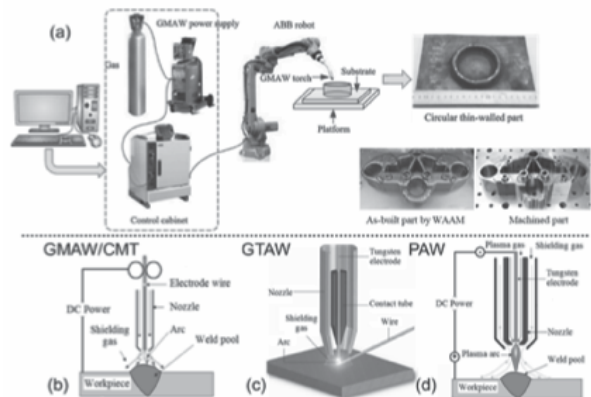
Hình a

Hình b

Hình 2.1. Hệ thống robot (hình a) và hệ thống máy CNC (hình b)

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 [3]. 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.



Hình 2.2. Hệ thống WAAM và các nguồn năng lượng hồ quang khác nhau có thể được sử dụng.

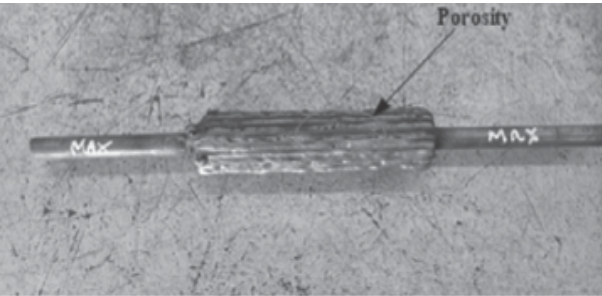
Hiện nay, công nghệ WAAM đang được nghiên cứu mạnh trên thế giới, đặc biệt trong khoảng 15 năm trở lại đây. Trong đó, Đại học Cranfield, Vương quốc Anh là đơn vị dẫn đầu nghiên cứu và phát triển công nghệ này. Tính đến thời điểm hiện tại, mới có duy nhất Đại học Cranfield và công ty WAAM 3D đã nghiên cứu và hoàn thiện hệ thống công nghệ WAAM, bao gồm hệ thống phần cứng, phần mềm đi kèm và bắt đầu thương mại hóa hệ thống WAAM trên thị trường trong năm 2022. Bên cạnh đó, Mỹ, Pháp, Trung Quốc, Hàn Quốc, Úc,... cũng là những nước đầu tư, nghiên cứu và phát triển mạnh về công nghệ này [4].

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, phần này còn cung cấp về quy trình sản xuất mẫu, các thông số thiết kế và máy thử nghiệm.

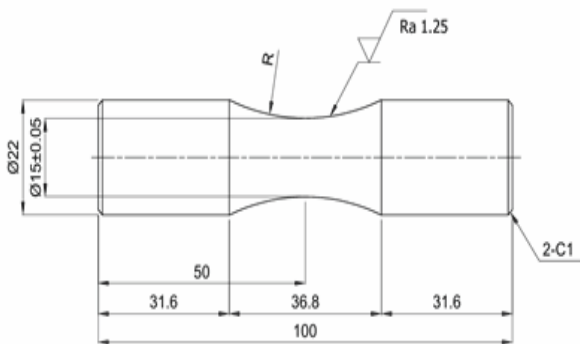
Trong phương pháp hàn bồi đắp, cường độ dòng điện có ảnh hưởng lớn đến chất lượng và độ bền của sản phẩm. Cường độ dòng điện được kiểm soát trực tiếp trên máy in. Khi cường độ dòng điện quá thấp sẽ dẫn đến hiện tượng mối hàn không đủ liên kết với vật liệu nền hoặc xuất hiện các lỗ khí mà chúng ta có thể thấy được từ bên ngoài, như hình dưới đây:



Hình 3.1. Mẫu thử sản xuất theo phương pháp WAAM trên hệ thống máy CNC xuất hiện lỗ khí

4. THIẾT KẾ MẪU THỬ

Bước đầu tiên trong nghiên cứu là thiết kế mẫu thử để xác định độ bền kéo theo tiêu chuẩn TCVN 5400 và mô hình 3D được tạo trên phần mềm Inventor 2025 dựa theo hình dạng và kích thước của tiêu chuẩn.



Hình 4.1. Mẫu kéo tiêu chuẩn TCVN-5400

5. SẢN XUẤT MẪU THỬ

Bảng 5.1. Thông số của mẫu thử

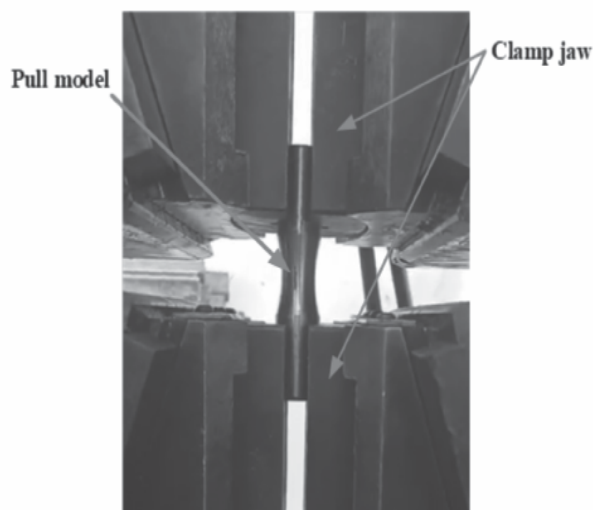
PARAMETER	SPECMENT		
	A	B	C
Cường độ dòng điện I (A)	110	120	130
Offset (mm)	2.25	2.25	2.25
Vận tốc mũi hàn (mm/phút)	450	450	450
Góc xoắn (độ)	180	180	180
Tỷ lệ lớp đắp (%)	70	70	70

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 Inventor 2025. 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.

6. KIỂM NGHIỆM VÀ BÁO CÁO

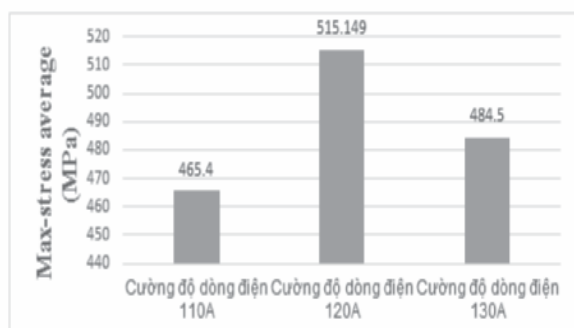
Sau khi quá trình sản xuất mẫu hoàn tất, thử nghiệm độ bền kéo được thực hiện để tìm độ bền kéo và độ biến dạng của mẫu. Máy kéo vạn năng WA-1000B được sử dụng để thử nghiệm.



Hình 6.1. Kiểm tra độ bền kéo của mẫu

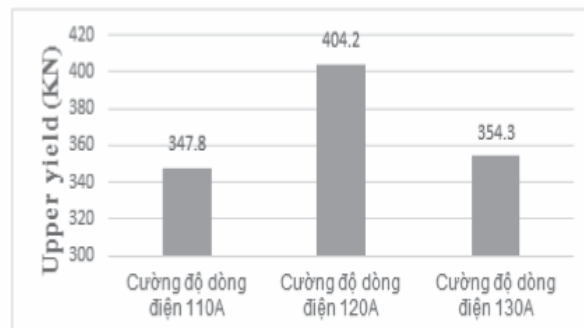
7. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Kết quả thử nghiệm các mẫu vật được mô tả trong kế hoạch thử nghiệm có kết quả kéo như biểu đồ dưới đây:



Hình 7.1. Biểu đồ thể hiện độ bền kéo của mẫu thử

Trong một biểu đồ kéo, độ bền kéo đứt là chỉ số không thể thiếu. Với các mẫu thử có cường độ dòng điện 110A, 120A, 130A thì có độ bền kéo tương ứng là 465.4 Mpa, 515.1 Mpa, 484.5 Mpa. Đây là chỉ số vô cùng quan trọng, vì nó biểu thị cho cường độ căng tối đa mà vật liệu có thể chịu được trước khi bị đứt gãy. Độ bền kéo đứt phụ thuộc chủ yếu và thành phần hóa học, quá trình sản xuất và xử lý nhiệt của vật liệu.

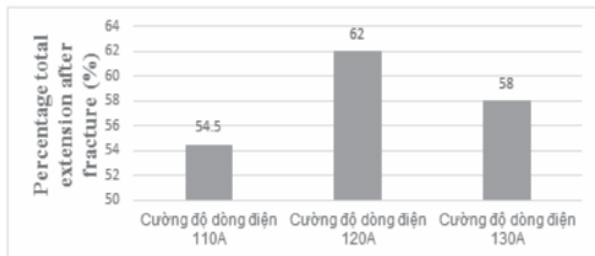


Hình 7.2. Biểu đồ thể hiện độ bền chảy của mẫu thử

Ta thấy lần lượt các mẫu thử với cường độ dòng điện 110A, 120A, 130A có giới hạn chảy lần lượt ở mức 347.8Mpa, 402Mpa, 354.3Mpa. Đây là một chỉ số quan trọng để đánh giá tính chất cơ học của vật liệu, là nơi mà vật liệu bắt đầu chảy và biến dạng vĩnh viễn dưới tác động của tải trọng. Trong thực tế, các nhà thiết kế sử dụng chỉ số này để lựa chọn vật liệu phù hợp với nhu cầu tải trọng cần dùng.

Dãy đàn hồi là chỉ số khá được chú ý, các mẫu có cường độ dòng điện lần lượt 110A, 120A, 130A tương ứng với dãy đàn hồi 54.4%, 62%, 58%. Đây là phần của biểu đồ kéo bền mà vật liệu vẫn có thể phục hồi về trạng thái ban đầu mà không gây ra biến dạng vĩnh viễn sau khi áp lực bị loại bỏ.

Nhìn chung ta có thể thấy, cường độ dòng điện có ảnh hưởng lớn trực tiếp đến tính chất cơ học của sản phẩm. Nhưng thực tế, cường độ dòng điện càng tăng thì độ bền kéo, giới hạn chảy và dãy hồi không chắc sẽ tăng vì trong quy trình hàn cường độ cao, dòng điện lớn sẽ tạo ra nhiệt lượng lớn, gây ra nhiều ảnh hưởng đến vật liệu. Dưới áp lực nhiệt độ cao, vật liệu có thể bị biến dạng, làm giảm độ bền của điểm hàn. Điều này có thể dẫn đến việc hàn không đồng đều hoặc kém chất lượng. Để có kết quả hàn tốt, việc kiểm soát cả dòng điện là rất quan trọng.



Hình 7.3. Biểu đồ thể hiện độ dẫn dài của chi tiết

8. KẾT LUẬN

Thông qua quá trình thực nghiệm và phân tích kết quả thực nghiệm, việc tăng cường độ dòng điện làm ảnh hưởng đáng kể đến tốc độ lắng đọng, khả năng kết dính giữa các lớp phủ, cấu trúc vi mô và tính chất cơ học của sản phẩm dạng trục. Một cường độ dòng điện cao sẽ tạo ra một mối hàn có độ cứng cao hơn, trong khi một mối hàn có cường độ dòng điện thấp hơn sẽ tạo ra mối hàn có độ dẻo cao hơn. Tùy thuộc vào sản phẩm có yêu cầu về độ cứng và độ dẻo cụ thể thì ta sẽ xem xét sử dụng cường độ dòng điện phù hợp, từ đó giúp tiết kiệm chi phí, tăng hiệu suất, tăng hiệu quả kinh tế.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Phạm Sơn Minh;

- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Nguyễn Đức Mạnh, Nguyễn Đức Nam, Nguyễn Khắc Nhật và Lương Thanh Khánh.

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 – 246.❖

Ngày nhận bài: **16/5/2024**

Ngày phản biện: **05/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. R. Acheson: “Automatic welding apparatus for weld build-up and method of achieving weld build-up”. US patent no. 4 952 769 1990.
- [2]. R. Baker: “Method of making decorative articles”. US patent no.1 533 300 1925.
- [3]. Wu, B., Pan, Z., Ding, D., Cuiuri, D., Li, H., Xu, J., & Norrish, J. (2018). “A review of the wire Arc additive manufacturing of metals: properties, defects and quality improvement”. Journal of Manufacturing Processes, 35, 127-139.
- [4]. Lei Huang, Xizhang, Chen, Sergey Konovalov, Chuanchu Su, Pengfei Fan, Yanhu Wang, Pan Xiaoming, Irina Panchenko(2020). “A Review of Challenges for Wire and Arc Additive Manufacturing (WAAM)”.