

NGHIÊN CỨU KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG LỚP IN ĐẾN ĐỘ BỀN SẢN PHẨM WAAM

INVESTIGATE THE EFFECT OF PRINTING LAYER ON WAAM PRODUCT DURABILITY

Nguyễn Ngọc Duy*, Phạm Thanh Phong, Phạm Ngọc Triển, Nguyễn Văn Minh

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

TÓM TẮT

Nghiên cứu “Khảo sát ảnh hưởng lớp in đến độ bền sản phẩm WAAM” được thực hiện nhằm mục tiêu nghiên cứu về các thông số lớp in đến độ bền của sản phẩm. Kết quả của đề tài sẽ góp phần quan trọng trong việc hiểu rõ các cơ chế ảnh hưởng của quá trình in đến cấu trúc vật liệu và độ bền của sản phẩm WAAM. Từ đó, các giải pháp kỹ thuật nhằm tối ưu hóa quá trình sản xuất, cải thiện độ bền cho sản phẩm WAAM sẽ được đề xuất. Đề tài nghiên cứu này có ý nghĩa cấp thiết và thiết thực đối với việc phát triển công nghệ in 3D kim loại tiên tiến WAAM tại Việt Nam. Kết quả nghiên cứu sẽ góp phần ứng dụng công nghệ 4.0 trong sản xuất công nghiệp, nâng cao năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp trong nước.

Từ khóa: WAAM; In 3D kim loại; Độ bền sản phẩm; Thông số in 3D.

ABSTRACT

The project “Investigating the effect of printing layer on WAAM product durability” was carried out for the purpose of this basic research. The results of the project will make an important contribution to understanding the mechanisms affecting the printing process on the material structure and durability of WAAM products. From there, technical solutions to optimize the production process and improve the durability of WAAM products will be proposed. Thus, this research topic has urgent and practical significance for the development of advanced metal 3D printing technology WAAM in Vietnam. Research results will contribute to the application of 4.0 technology in industrial production, improving the competitiveness of domestic enterprises.

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

1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

**Trong nước:*

- Công nghệ in 3D kim loại đang được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trên thế giới trong những năm gần đây. Tại Việt Nam, công nghệ này cũng đang được quan tâm nghiên cứu và ứng dụng. Các nhóm nghiên cứu tại một số trường đại học, viện nghiên cứu như Đại học Bách khoa Hà Nội, Đại học Công nghệ, Viện Kỹ thuật Nhiệt đới... đã và đang thực hiện các đề tài, dự án nghiên cứu về công nghệ in 3D kim loại.

- Một số đề tài nghiên cứu tiêu biểu gần đây có thể kể đến như:

- Nghiên cứu chế tạo kết cấu 3D bằng công nghệ nấu chảy bột kim loại laser trực tiếp (DMLM) sử dụng nguyên liệu là hợp kim nhôm AlSi10Mg, thực hiện bởi nhóm nghiên cứu Đại học Bách khoa Hà Nội.

- Nghiên cứu ứng dụng công nghệ in liên kết lớp mỏng kim loại (WAAM) trong chế tạo các bộ phận cơ khí, thực hiện bởi Viện Cơ khí.

- Nghiên cứu chế tạo các cấu trúc ô vuông bằng kỹ thuật in 3D kim loại, thực hiện bởi nhóm nghiên cứu Đại học Công nghệ.

- Nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật in liên kết lớp mỏng kim loại (WAAM) trong sản xuất các bộ phận cơ khí, thực hiện bởi Viện Công nghệ Máy và Tự động hóa.

- Nhìn chung, các nghiên cứu tại Việt Nam đang tập trung vào việc ứng dụng công

nghệ in 3D kim loại, đặc biệt là công nghệ WAAM để chế tạo các bộ phận, cấu kiện cơ khí. Một số vấn đề then chốt đang được quan tâm nghiên cứu gồm tối ưu hóa thông số in, nghiên cứu vật liệu, cải thiện độ chính xác hình dạng và cơ tính của sản phẩm.

**Ngoài nước:*

- Công nghệ WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) hay còn gọi là in liên kết dây kim loại, là một công nghệ in 3D kim loại sử dụng quá trình hàn MIG/MAG để tạo ra các chi tiết kim loại. Công nghệ này có ưu điểm là tốc độ nhanh, chi phí thấp so với các công nghệ in kim loại khác.

- Công nghệ WAAM được phát triển từ những năm 1990s với các công trình nghiên cứu tiên phong của Đại học Cranfield (Anh). Sau đó, công nghệ này được phát triển mạnh mẽ tại các nước châu Âu như Anh, Pháp, Đức; cũng như một số nước châu Á như Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc.

- Các vấn đề then chốt trong nghiên cứu WAAM ở nước ngoài tập trung vào:

- Nghiên cứu vật liệu: sử dụng các loại vật liệu khác nhau như thép, hợp kim nhôm, titan... trong WAAM.

- Tối ưu hóa các thông số in như tốc độ, công suất, vật liệu đầu vào... để cải thiện chất lượng sản phẩm.

- Kiểm soát nhiệt và căng gây ra trong quá trình in để giảm biến dạng và ứng suất dư.

- Giảm thiểu các khuyết tật trong sản phẩm WAAM như vết nứt, lỗ khí, kết dính kém... 

- Tăng cường độ chính xác hình dạng và kích thước của sản phẩm.

- Cải thiện cơ tính và độ bền của sản phẩm WAAM như độ bền kéo, độ cứng, độ bền mỏi...

- Các phương pháp nghiên cứu chủ yếu bao gồm: thí nghiệm khảo sát các đặc trưng cơ học, phân tích cấu trúc vật liệu bằng kính hiển vi, nhiễu xạ tia X, mô phỏng lý thuyết quá trình nhiệt và ứng suất trong WAAM.

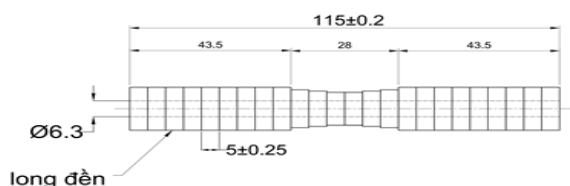
- Một số hướng nghiên cứu tiềm năng trong thời gian tới là tối ưu hoá chi phí sản xuất WAAM, mở rộng ứng dụng cho các ngành công nghiệp hàng không, ô tô, cơ khí chế tạo... Đây vẫn là những thách thức lớn đối với việc ứng dụng rộng rãi công nghệ WAAM trên thế giới.

- Như vậy, nhóm nghiên cứu đã trình bày tóm tắt tình hình nghiên cứu WAAM tại các nước phát triển trên thế giới liên quan đến đề tài.

1.2. Cơ sở lý thuyết

- Đề tài sẽ nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của lớp in đến độ bền cơ học của sản phẩm được chế tạo bằng công nghệ WAAM. Cụ thể:

+ Khảo sát ảnh hưởng của chiều dày lớp, hướng in và hình dạng mép lớp đến độ bền kéo, độ bền uốn và độ bền mỏi của sản phẩm WAAM. Xác định các thông số in tối ưu để đạt độ bền cơ học tốt nhất cho sản phẩm WAAM.



Hình 1a. Hình mẫu thiết kế



Hình 1b. Hình mẫu thực tế

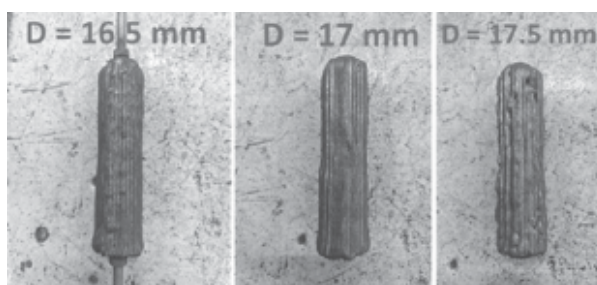
2. MÔ HÌNH THỬ NGHIỆM

2.1. Mẫu chế tạo

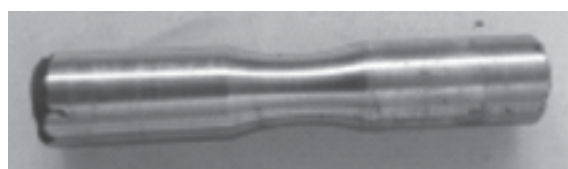
Bảng 1. Các thông số chế tạo mẫu

STT	I (A)	Offset (mm)	a (mm)	V (mm/phút)	D (mm)
1	120	2	Thẳng	425	16.5
2	120	2	Thẳng	425	17
3	120	2	Thẳng	425	17.5

- Đường kính mẫu: Trong khoảng 15 mm đến 20 mm, chọn ba kích thước đường kính nằm trong khoảng để hàn theo Bảng 1.



Hình 2. Hình mẫu sau khi chế tạo



Hình 3. Hình mẫu sau khi chế tạo và gia công tiện

2.2. Mô hình máy hàn MIG WAAM 4 trục

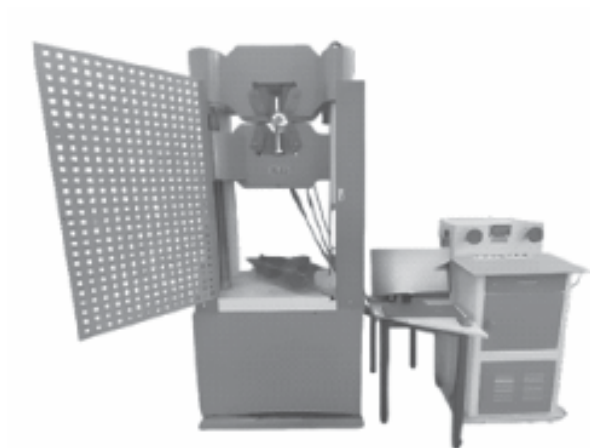


Hình 4. Mô hình máy hàn MIG WAAM 4 trục

(*) 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: Max 2500 mm/phút;
- Độ chính xác lặp lại: $\leq 0.03\text{mm}$.

2.3. Mô hình máy thử kéo



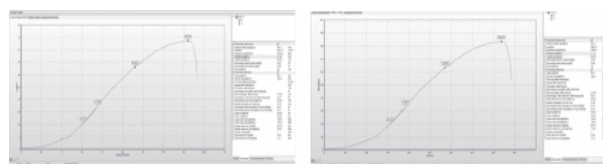
Hình 5. Máy thử kéo Universal Testing machine WE-1000B

Thông số máy:

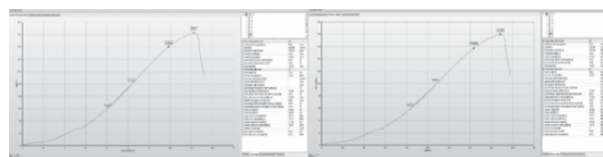
- Model: WE-1000B;
- Số Serial: 72106;
- Lực tối đa: 1000 kN;
- Độ chính xác: $\pm 1\%$;
- Không gian thử kéo: 0-700 mm;
- Không gian thử nén: 0-600 mm;
- Hàm kẹp: Bằng tay/Thủy lực;

- Hàm kẹp cho mẫu tròn: $\Phi 14-45\text{ mm}$;
- Hàm kẹp cho mẫu phẳng: 0-40 mm;
- Trục nén: $\Phi 225\text{ mm}$;
- Hành trình piston: 200 mm;
- Đường kính con lăn uốn: $\Phi 50\text{ mm}$;
- Kích thước máy tính lớn: 900 x 700 x 2250 mm;
- Kích thước tủ điều khiển: 550 x 500 x 1250 mm;
- Công suất máy: 1.1 kW;
- Trọng lượng: 2900 kg.

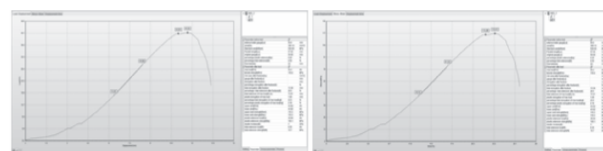
3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM



Hình 3.1. Biểu đồ giá trị biến $D = 16.5\text{mm}$



Hình 3.2. Biểu đồ giá trị biến $D = 17\text{mm}$



Hình 3.3. Biểu đồ giá trị biến $D = 17.5\text{mm}$

Qua quá trình làm thực nghiệm đo cường độ kéo của ba mẫu hàn như trên thì nhóm nghiên cứu rút ra được bảng thông số và biểu đồ như trên Hình 3.1; 3.2; 3.3 và Bảng 2. Ta thấy rằng ảnh hưởng của lớp in lên độ bền của sản phẩm là có thay đổi khi sản phẩm có thông số hàn nhiều hơn cần ứng suất lớn hơn để bị biến dạng giống với mẫu khác. Hơn nữa, điểm bền kéo của sản phẩm có lớp in lớn hơn thì cần ứng suất và lực kéo đứt lớn hơn.



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

Mẫu	Đường kính (mm/phút)	Tiết diện (mm ²)	Lực kéo chảy (kN)	Giới hạn chảy (Mpa)	Lực kéo đứt (kN)	Giới hạn đứt (Mpa)
1	16.5	226.98	52.82	139.00	69.70	183.40
2	17	230.75	48.46	124.60	49.30	143.40
3	17.5	234.83	43.82	115.30	44.30	116.40

4. KẾT LUẬN

Thông qua quá trình thực nghiệm và phân tích kết quả thực nghiệm, việc tăng lớp in 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 lớp in khác nhau. Trong các ngành công nghiệp như chế tạo máy, xây dựng, và sản xuất kết cấu thép, việc chọn lớp in hàn phù hợp rất quan trọng. Tuy nhiên, cần cân nhắc thêm về các yếu tố khác như loại vật liệu, hình dạng mối hàn và điều kiện thi công thực tế.

(*) Đóng góp của tác giả:

- Hình thành ý tưởng và mục tiêu nghiên cứu: Nguyễn Văn Minh;
- Thực hiện nghiên cứu, thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu, viết và chỉnh sửa bài báo: Nguyễn Ngọc Duy*, Phạm Thanh Phong, Phạm Ngọc Triền.

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: SV2024-255.❖

Ngày nhận bài: **03/5/2024**

Ngày phản biện: **05/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trần Ngọc Hiền, Bùi Văn Hưng (2016); “*Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy in 3D-FDM*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, (Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải).
- [2]. Gideon N. Levy, Ralf Schindel, J.P. Kruth (2003), “*Rapid manufacturing and rapid tooling with layer manufacturing (LM) technologies, state of the art and future perspectives*”, CIRPAnnals - Manufacturing Technology, 52(2), pp.589-609.
- [3]. Trần Ngọc Hiền, Trần Ngọc Tú (2012), “*Tích hợp kỹ thuật thiết kế ngược và công nghệ tạo mẫu nhanh trong chế tạo cơ khí*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng, 59(10), pp.7-12.
- [4]. Hong Seok Park, Ngọc Hien Tran(2015), “*Computer Aided process planning for 3D printing*”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, 24(2), pp.148-154.
- [5]. “*Thiết kế chế tạo máy in chi tiết nhựa 3D*”, Bộ môn Cơ khí chính xác và Quang học, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.