

KHẢO SÁT CẤU TRÚC TẾ VI CỦA MẪU IN 3D KIM LOẠI

THE MICROSTRUCTURE OF THE 3D METAL PRINTING SAMPLES

Trần Minh Thế Uyên, Huỳnh Đỗ Song Toàn, Nguyễn Văn Thức, Bùi Chấn Thanh, Nguyễn Hộ, Nguyễn Tiến Dũng, Lê Minh Hậu, Châu Đăng Khoa, Hứa Thiên Long, Nguyễn Khắc Nhân
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Kết quả thử kéo cho thấy trường hợp 1 ($U = 22V$, $I = 170A$, $f = 300 \text{ mm/phút}$) và trường hợp 8 ($U = 24V$, $I = 170A$, $f = 350 \text{ mm/phút}$) đạt được độ dẻo và độ bền kéo cao nhất. Cả hai trường hợp này có điểm chung là kích thước hạt tập trung chủ yếu ở cấp 10 và 11, cho thấy thông số hàn tối ưu trong hai trường hợp này. Tốc độ hàn tăng điều chỉnh độ dẻo, với độ dẻo cao làm các hạt bị nén lại và kích thước hạt giảm, cải thiện độ bền của chi tiết. Khi tốc độ hàn đạt đến tới hạn, độ dẻo giảm và kích thước hạt tăng, làm giảm độ bền của chi tiết. Thí nghiệm cũng chỉ ra rằng với dòng hàn cao ($I = 170A$), xuất hiện hiện tượng chuyển dịch phun với độ ngẫu mồi hàn thấp. Khi tăng điện áp, tốc độ hàn tới hạn thay đổi trong khoảng nhỏ. Trong khi với dòng hàn thấp ($I = 120A$), xuất hiện hiện tượng chuyển dịch cầu, làm tăng đáng kể độ ngẫu mồi hàn. Khi tăng điện áp, tốc độ hàn tới hạn thay đổi trong khoảng lớn hơn. Tóm lại, việc thay đổi tốc độ hàn (f) có thể tăng hoặc giảm độ bền của chi tiết in 3D kim loại, tùy thuộc vào tốc độ hàn tới hạn. Thay đổi điện áp hàn (U) và dòng điện hàn (I) ảnh hưởng gián tiếp đến độ bền của chi tiết thông qua tốc độ hàn tới hạn. Sản phẩm tạo ra từ phương pháp này vẫn đáp ứng yêu cầu so với các vật liệu khác như thép có hàm lượng carbon trung bình.

Từ khóa: Uốn ống; Con lăn; Máy uốn; Ma sát lăn.

ABSTRACT

This study investigates the Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) method and its impact. Based on the results of tensile testing, Table 4.2.4 presents the values of Young's modulus, yield strength, and ultimate tensile strength. It can be observed that case 1 ($U = 22V$, $I = 170A$, $f = 300 \text{ mm/min}$) and case 8 ($U = 24V$, $I = 170A$, $f = 350 \text{ mm/min}$) yield the highest ductility and tensile strength. Both cases share the common characteristic of predominantly concentrated particle sizes at levels 10 and 11. This indicates that the welding parameters in these two cases are more optimized compared to the other cases. The study also reveals that as the welding speed increases, the ductility also increases. Higher ductility compresses the particles, leading to smaller particle sizes and thus improving the component's strength. When reaching the critical welding speed, the ductility decreases, resulting in an increase in particle size and a decrease in component strength. Furthermore, the experiments show that with higher welding currents ($I = 170A$), there will be a phenomenon of spray transfer with low weld bead penetration. Increasing the voltage

changes the critical welding speed within a small range. Conversely, with lower welding currents ($I = 120A$), there will be a phenomenon of globular transfer, leading to a significant increase in weld bead penetration. Increasing the voltage changes the critical welding speed within a larger range. In conclusion, varying the welding speed (f) can increase or decrease the strength of the 3D printed metal components, depending on the critical welding speed. Changes in welding voltage (U) and current (I) indirectly affect the component's strength by altering the critical welding speed. Moreover, the products produced by this method still meet the requirements compared to other materials such as medium carbon steel.

Keywords: *Bending pipe; Roller; Bending machine; Rolling friction.*

1. GIỚI THIỆU

Công nghệ in 3D, hay còn gọi là công nghệ Sản xuất Gia công thêm (AM), đã trở nên phổ biến vào cuối những năm 1980 dựa trên các công nghệ có sẵn như CNC, in 2D và laser. Trong những năm 1990, nhiều công nghệ đã được phát triển, cải tiến và thương mại hóa dựa trên nguyên lý cơ bản của công nghệ gia công đắp lớp AM. Theo tiêu chuẩn ASTM (American Society of Testing and Materials), có 7 phương pháp đắp lớp như: Powder Bed Fusion (PBF), Direct Energy Deposition (DED), Binder Jetting, Material Jetting, Sheet Lamination, Vat Photopolymer, Material Extrusion. Trong đó, công nghệ PBF và DED là hai công nghệ thường được sử dụng trong lĩnh vực in 3D kim loại.

Công nghệ Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) được phát triển dựa trên nguyên lý cơ bản của công nghệ DED, sử dụng phương pháp gia công đắp lớp bằng hồ quang. WAAM là sự kết hợp giữa công nghệ hàn hồ quang với việc sử dụng máy CNC hoặc cánh tay robot công nghiệp để tạo ra các chi tiết có hình dạng gần giống chi tiết mẫu.

So với các công nghệ in 3D kim loại

khác, công nghệ WAAM sử dụng công nghệ hàn hồ quang phổ biến nên chi phí đầu tư thiết bị và vật liệu thấp. Do sử dụng vật liệu dạng dây, WAAM có tốc độ đắp lớp nhanh hơn các công nghệ sử dụng vật liệu dạng bột hay dung dịch. Ngoài ra, khả năng kết hợp với công nghệ tay robot giúp gia tăng đáng kể kích thước chi tiết.

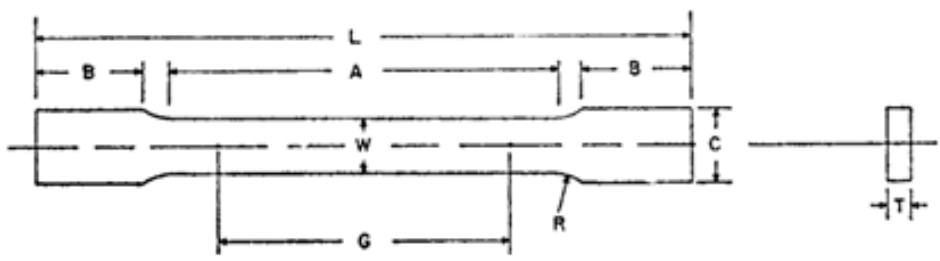
Vì đề tài này sử dụng công nghệ WAAM để chế tạo mô hình in 3D kim loại với các thông số khác nhau, quá trình đắp lớp liên quan đến hàn gây ra ứng suất dư và biến dạng sản phẩm do nhiệt độ cao, ảnh hưởng đến độ bền của sản phẩm. Vì vậy, đề tài này cũng nghiên cứu và đánh giá độ bền cơ học của các sản phẩm tương ứng với từng thông số của công nghệ WAAM.

2. PHƯƠNG ÁN THỰC NGHIỆM

Các mẫu thử nghiệm phải có kích thước tương đối đầy đủ hoặc được gia công bằng máy, như được quy định trong thông số kỹ thuật của sản phẩm đối với vật liệu được thử nghiệm.

Theo tiêu chuẩn ASTM E8/E8M-13 trang 4 [9], ta có các yêu cầu kích thước cơ bản như sau:

Bảng 1. Mẫu thử kéo tiết diện hình chữ nhật

Kích thước (mm)			
			
G – Chiều dài chuẩn đo	200.0 ± 0.2	50.0 ± 0.1	25.0 ± 0.1
W – Chiều rộng chuẩn đo	40.0 ± 2.0	12.5 ± 0.2	6.0 ± 0.1
T – Chiều dày	≥ 5	≤ 19	≤ 6
R – Bán kính bo góc	25	12,5	6
L – Tổng chiều dài	450	200	100
A – Chiều dài tiết diện thu hẹp	225	57	32
B – Chiều dài phần kẹp	75	50	30
C – Chiều dài phần kẹp	50	20	10

Các phần tiết diện thu hẹp của mẫu thử đã chuẩn bị không được có gia công nguội, khía, vết mẻ, rãnh, gờ, bề mặt hoặc cạnh gồ ghề, nung nóng hoặc bất kỳ điều kiện nào khác có thể ảnh hưởng xấu đến các tính chất cần đo. Trong phần tiết diện thu hẹp của mẫu thử hình chữ nhật, các cạnh hoặc góc không được mài hoặc mài mòn theo cách có thể làm cho diện tích mặt cắt ngang thực tế của mẫu thử khác biệt đáng kể so với diện tích được tính toán. Đối với vật liệu giòn, nên bo góc có bán kính lớn ở các đầu của chiều dài chuẩn đo. Diện tích mặt cắt ngang của mẫu phải nhỏ nhất tại tâm của phần tiết diện thu hẹp để đảm bảo đứt gãy xảy ra trong chiều dài chuẩn đo. Vì lý do này, cho phép có một độ thuôn nhỏ trong phần rút gọn của mỗi mẫu thử được mô tả trong các phần sau.

Bảng 2. Trường hợp lấy thử mẫu

Mẫu	Tốc độ hàn (mm/phút)	Điện áp hàn U (V)	Dòng hàn I (A)
1	300	22	170
2	350	22	170
3	400	22	170
4	300	24	170
5	350	24	170
6	400	24	170
7	300	24	120
8	350	24	120
9	400	24	120
10	300	22	120
11	350	22	120
12	400	22	120



(*) Tiến hành soi mẫu:

Bước 1: Đặt mẫu đã mài và tẩm thực lên bàn kính để soi. Điều chỉnh tiêu cự của kính sao cho thấy được rõ nét nhất biên giới hạt.

Bước 2: Chọn 1 hạt bất kỳ để tiến hành đo kích thước. Chọn Measure – Line  để kẻ đoạn thẳng cắt qua hạt sao cho điểm bắt đầu và điểm kết thúc đoạn nằm trùng biên giới hạt. Kích thước trên đoạn thẳng chính là kích thước hạt theo phương ngang.

Lưu ý: việc đo kích thước hạt phải sử dụng ống kính cùng một độ phóng đại với ống kính ở bước 3.

Bước 3: Kẻ đoạn thẳng vuông góc với đoạn thẳng ở bước 5, ta có kích thước hạt theo phương dọc.

Bước 4: Thực hiện lại bước 5 và 6 với các hạt khác và ghi lại kết quả.

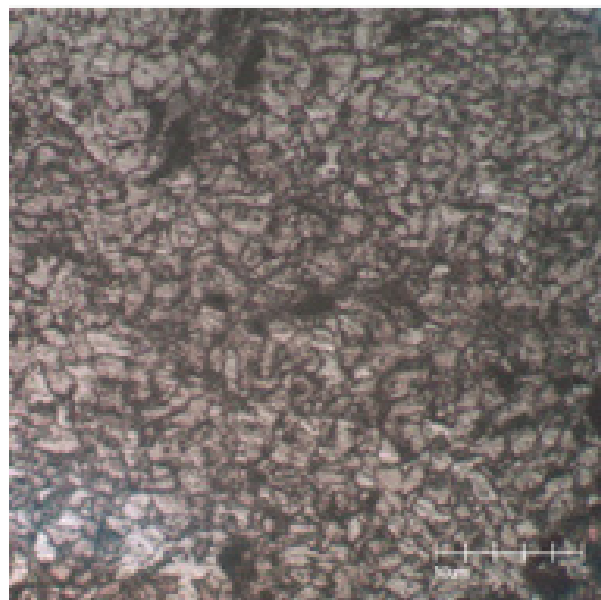
Bước 5: Sử dụng công thức (1) và (2) để tính tiết diện hạt. Dựa vào bảng 3.4.1 để xác định cấp hạt.

3. KẾT QUẢ VÀ PHÂN TÍCH CẤU TRÚC TẾ VI

(*) Ảnh hưởng của tốc độ hàn (f) đến kích thước hạt:

Mẫu 1 (f = 300 mm/phút) có kích thước hạt lớn nhất, phần lớn đạt cấp 10. Ngược lại, mẫu 2 (f = 350 mm/phút) có số lượng hạt đạt cấp 11 chiếm hơn 50% bề mặt mẫu. Sang mẫu 3 (f = 400 mm/phút), các hạt cấp 12 bắt đầu xuất hiện, trong khi lượng hạt cấp 11 có sự suy giảm.

Tóm lại, khi điện áp là 22V, dòng điện là 170A, tốc độ hàn càng nhanh thì kích thước hạt càng nhỏ.



Hình 1. Tổ chức tế vi

A – Ảnh chụp tế vi B – Tỷ lệ hạt tương ứng cấp hạt

4. KẾT LUẬN

Kết quả kiểm nghiệm cho thấy trường hợp hàn với tốc độ 300 mm/phút và dòng điện 170A cho ra chi tiết in 3D kim loại có độ dẻo và độ bền kéo cao nhất. Kết quả này đồng thời cũng cho thấy tốc độ hàn tới hạn ảnh hưởng đến độ bền của sản phẩm. Ngoài ra, dòng hàn cũng có ảnh hưởng đến độ ngấu mối hàn và kích thước hạt. Tuy nhiên, sản phẩm in 3D kim loại từ phương pháp này vẫn đáp ứng yêu cầu so với vật liệu khác như thép có hàm lượng carbon trung bình.

(*) **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: 17/7/2023

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).