

NGHIÊN CỨU BIẾN DẠNG VÀ ĐẶC TÍNH KIM TƯƠNG HỌC MỐI HÀN TIG LIÊN KẾT GIÁP MỐI VẬT LIỆU COMPOSITE LUYỆN KIM BỘT TRIMETAL HỢP KIM ĐỒNG – THÉP CÁC BON – HỢP KIM ĐỒNG

A RESEARCH ON DEFORMATION AND METALLOGRAPHIC CHARACTERISTIC
OF TIG WELDS COMPOSITE TRIMETAL COPPER ALLOY – CARBON STEEL –
COPPER ALLOY MADE BY POWDER METALLURGY

ThS. Nguyễn Văn Mễ^{1,3}, PGS, TS. Hà Minh Hùng^{1,2,4}, TS. Nguyễn Hoàng Quân^{4,5},
TS. Ngô Trọng Bình¹, KS. Đinh Khắc Mác^{4,5}

¹Viện Nghiên cứu Cơ khí

²Trường Đại học Duy Tân

³Trường Cao đẳng Công nghiệp Bắc Ninh

⁴Viện Phát triển Kỹ thuật, Công nghệ tiên tiến (IDAT)

⁵Viện Công nghệ Hàng không Vũ trụ, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu đặc tính biến dạng và kim tương học của mối hàn TIG liên kết giáp mối vật liệu composite trimetal luyện kim bột hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng để đánh giá tính khả dụng của công nghệ trong việc tạo hình phôi gia công cơ khí chi tiết dạng đĩa có đường kính lớn, chiều dày mỏng. Kết quả thực nghiệm cho thấy mối hàn TIG thử nghiệm mặc dù có đặc tính kim tương học gồm tiêu chí tổ chức thô đại, tổ chức tế vi tốt, nhưng hình thái bề mặt và biến dạng kết cấu hàn vẫn chưa phù hợp với yêu cầu tạo hình phôi hàn phải đảm bảo lượng dư gia công tinh sản phẩm tối ưu.

Từ khóa: Hàn TIG; Vật liệu composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng luyện kim bột; Quy hoạch thực nghiệm.

ABSTRACT

This paper introduces the results of a study on the deformation and metallographic properties of TIG butt welds composite trimetal materials made by powder metallurgy from carbon steel, and copper alloys. The research aims to evaluate the technology's feasibility in shaping large, thin disc-shaped mechanical parts. The results indicate that although the TIG welds display good macroscopic and microscopic metallographic properties, their surface morphology and weld deformation do not meet the required standards. Ensuring optimal finishing residues is crucial for meeting the shaping requirements of the welded workpieces.

Keywords: TIG welding; Powder Metallurgy Composite Trimetal Copper Alloy – Carbon Steel – Copper Alloy; Design of Experiments.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở ngoài nước, vật liệu luyện kim bột nói chung ngày càng được nghiên cứu và đưa vào ứng dụng phổ biến trong chế tạo máy móc thiết bị hiện đại. Việc sử dụng các loại vật liệu ma sát luyện kim bột nói riêng để chế tạo các chi tiết máy làm việc ở điều kiện có bôi trơn cưỡng bức trong các cụm thiết bị như: đĩa ly hợp, máy điều tốc, khớp nối truyền động cơ khí có mô-men tới hạn, hệ truyền dẫn thủy lực ngày càng được cải tiến nhờ có khả năng điều chỉnh thành phần các nguyên tố hợp kim và phụ gia của nguyên liệu bột đầu vào trước khi thiêu kết. Vật liệu ma sát luyện kim bột đồng thời tạo điều kiện tốt để thiết kế, chế tạo các cụm ma sát có kết cấu mới với hệ số ma sát từ thấp đến cao, khả năng làm việc ổn định, chịu mài mòn, chịu bền nhiệt cao của cả hai chi tiết cặp đôi ma sát [8].

Ở Việt Nam hiện nay đã bắt đầu có nhiều nghiên cứu ứng dụng công nghệ luyện kim bột để chế tạo chi tiết máy chịu mài mòn cao trong các ổ trượt của máy móc, thiết bị nhiều ngành kinh tế hoặc chi tiết phanh trong truyền động cơ khí đã có tiềm năng ứng dụng thực tiễn cao. Gần đây, nhóm chuyên gia tại Viện Nghiên cứu Cơ khí (NARIME) và Viện Phát triển Kỹ thuật Công nghệ tiên tiến (IDAT) đã có một số nghiên cứu ứng dụng công nghệ luyện kim bột để chế tạo thành công một số sản phẩm như băng bimetal thép – hợp kim đồng làm bạc trượt [1], [2]; tấm vật liệu composite trimetal trên cơ sở nền đồng làm đĩa ma sát trong bộ ly hợp truyền động xe ô tô vận tải hoặc vật liệu composite trên cơ sở nền bột sắt sử dụng làm phanh cho tàu vận tải khoáng sản bằng đường sắt [3] ÷ [8].

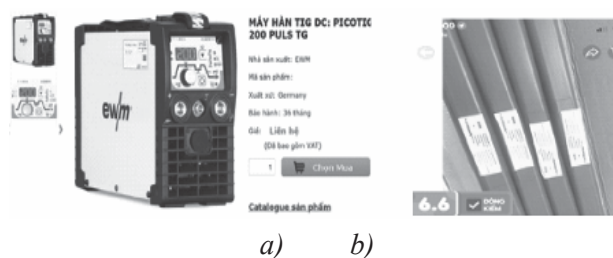
Thử nghiệm hàn MAG giáp mối các tấm vật liệu composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng có kích thước nhỏ để tạo hình phôi lớn hơn dùng cho gia công đĩa ma

sát trong bộ ly hợp truyền động cơ khí công suất lớn mới đây đã được nhóm nghiên cứu thực hiện và có kết quả khả quan. Tuy nhiên, biến dạng kết cấu hàn nhận được còn khá lớn, chưa đạt yêu cầu cần thiết để đảm bảo chi phí gia công tinh sản phẩm nhỏ nhất [8]. Vì vậy, việc thực hiện một số thử nghiệm hàn TIG đối với vật liệu composite này có thể cho phép xác định tính khả thi và so sánh với phương pháp hàn MAG khi tạo hình phôi đĩa thép đối ứng, cũng như phôi đĩa ma sát trong bộ đôi ma sát cần chế tạo là có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- Vật liệu thí nghiệm gồm: thép SS400 đường kính $D = 300$ mm, chiều dày $\delta = 3,0$ mm và tấm composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng có kích thước chiều dày tổng cộng 3 lớp x chiều rộng x chiều dài = $(2,5 + 2,2 + 2,5) \times 50,0 \times 200,0$ mm. Ký hiệu mác vật liệu hợp kim đồng luyện kim bột quy ước theo hàm lượng % khối lượng của các nguyên tố hợp kim và phụ gia (ngoài nguyên tố cơ sở Cu) là $BCu6Sn6Pb3Zn2Cgr_2Al_2O_3$. Que hàn sẵn có trên thị trường thương hiệu TIG inox ER308L chất lượng cao có đường kính $d = 1,2$ mm. Khí bảo vệ sử dụng là Ar. Phôi hàn nguội không gia nhiệt trước khi hàn.

- Sử dụng máy hàn TIG DC: PICOTIG 200 PLUS TG (CHLB Đức) hiện có tại Trường Cao đẳng Công nghiệp Bắc Ninh (hình 1).



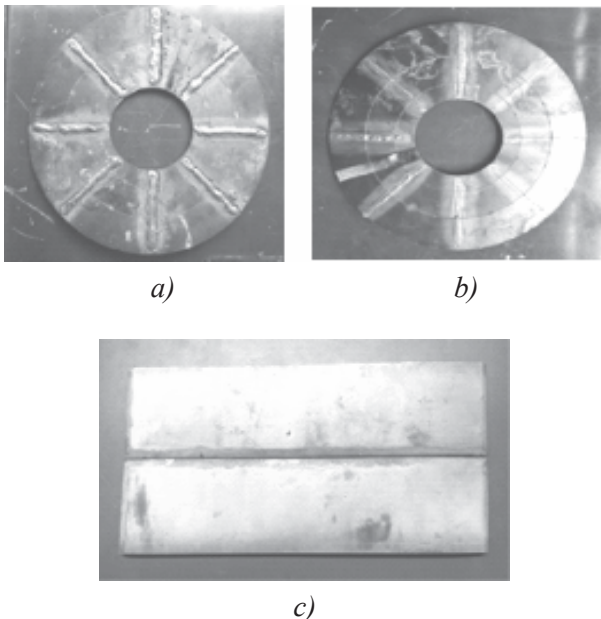
Hình 1. Nguồn hàn TIG DC: PICOTIG 200 PLUS TG (a) và que hàn (b) dùng cho thí nghiệm

- Sơ đồ kết cấu mối hàn đĩa thép đối ứng và mô hình hàn giáp mỗi hai mảnh ghép từ vật liệu composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng chọn tương tự như mô tả trong công trình [11] của cùng nhóm tác giả bài báo này.

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ BÀN LUẬN

3.1. Hình thái bề mặt liên kết hàn TIG

Trên hình 2a, b thể hiện ảnh chụp hình thái bề mặt phôi hàn đĩa thép SS400 lấy ví dụ với kết cấu 4 đường hàn đối xứng qua tâm đĩa từ 8 mảnh ghép tương ứng với bề mặt phía trên và phía dưới của nó. Hình 2c là ảnh nhìn từ một phía kết cấu mối hàn liên kết giáp mỗi qua 1 đường hàn từ 2 mảnh ghép bằng vật liệu composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng luyện kim bột.

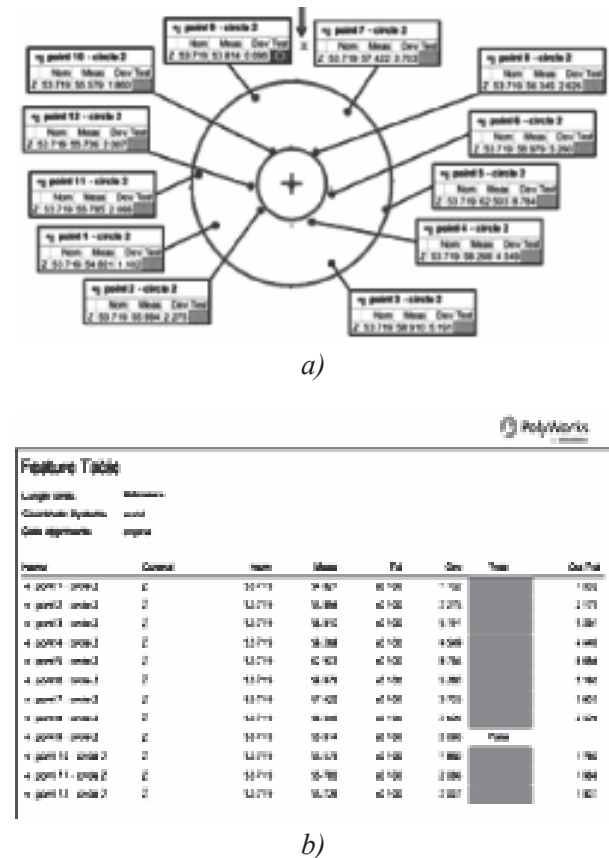


Hình 2. Ảnh mặt trên (a), mặt dưới (b) của đĩa thép đối ứng SS400 sau khi hàn TIG thử nghiệm theo liên kết giáp mỗi từ 8 mảnh ghép với 4 đường hàn đối xứng qua tâm và kết cấu mối hàn từ 2 tấm vật liệu composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng (c)

3.2. Phân tích biến dạng liên kết hàn TIG

a) Phôi hàn từ 6 mảnh ghép với 3 đường hàn:

Phôi thí nghiệm được kết cấu từ 6 mảnh ghép và theo 3 đường hàn đối xứng qua tâm. Kết quả phân tích các phép đo không tiếp xúc tại 12 vị trí đo điển hình (hình 3a) bằng phần mềm PolyWorks tích hợp trong thiết bị đo được trích xuất từ máy tính ra ở dạng bảng số liệu cho trên hình 3b.



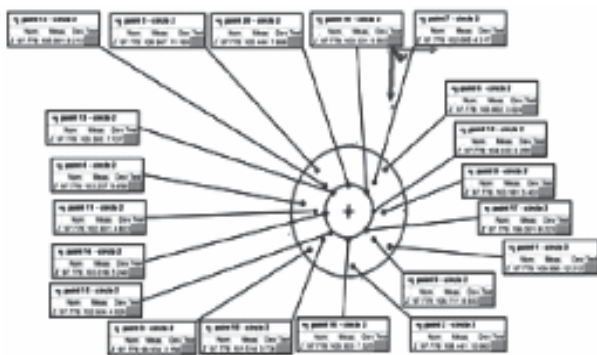
Hình 3. Mô tả các vị trí đo theo phương Oz trên bề mặt đĩa thép đối ứng với ba đường hàn và 6 mảnh ghép đối xứng qua tâm và trích xuất số liệu 12 điểm đo trên mẫu thí nghiệm No.3

Phân tích số liệu thực nghiệm tại 12 vị trí đo đặc trưng theo phương Oz (hình 3a) trong bảng (hình 3b) cho thấy nếu chọn sai số

đo quy ước ở mức $\pm 0,1$ mm và lấy điểm chuẩn gốc bắt đầu đo biến dạng liên kết hàn theo mặt phẳng gá kẹp phôi hàn. Biến dạng của phôi đĩa thép sau khi hàn TIG do ảnh hưởng của kết cấu hàn với từ 6 mảnh ghép, 3 đường hàn đối xứng qua tâm đĩa và chế độ hàn khác nhau có giá trị khá lớn trong khoảng $f_{z3} = 1,002 \div 8,684$ mm. Theo tiêu chí này, phôi hàn TIG chưa đạt yêu cầu phải có giá trị nhỏ nhất để đảm bảo không cần phải chỉ định thêm nguyên công biến dạng tạo phẳng của phôi trước khi gia công tinh sản phẩm.

b) Phôi hàn từ 8 mảnh ghép với 4 đường hàn:

Kết quả phân tích các phép đo tại 20 vị trí đo đặc trưng trên mẫu phôi hàn có ký hiệu No.4 (hình 4a) bằng phần mềm PolyWorks tích hợp trong thiết bị đo không tiếp xúc được trích xuất từ máy tính trong bảng ở hình 3b. Sai số đo quy ước cho ở mức $\pm 0,1$ mm. Biến dạng của phôi đĩa thép sau khi hàn TIG do ảnh hưởng của kết cấu hàn với từ 8 mảnh ghép, 4 đường hàn đối xứng qua tâm đĩa và chế độ hàn khác nhau có giá trị trong khoảng $f_{z4} = 2,024 \div 12,112$ mm, lớn hơn một ít so với phôi hàn từ 6 mảnh ghép với 3 đường hàn đã xét ở trên.



a)

b)

Hình 4. Mô tả các vị trí đo theo phương Oz trên bề mặt đĩa thép đối ứng với 4 đường hàn và 8 mảnh ghép đối xứng qua tâm và trích xuất số liệu 20 điểm đo trên mẫu thí nghiệm No.4

Biến dạng lớn nhất của phôi hàn TIG khảo sát trên mẫu No.4 có giá trị lớn hơn gần 4 lần so với chiều dày ban đầu của các mảnh ghép thép SS400 trước khi hàn là $\delta = 2,5$ mm. Điều đó chứng tỏ mỗi hàn TIG trong trường hợp này chưa đạt yêu cầu theo tiêu chí biến dạng nhỏ nhất.

3.3. Thử nghiệm hàn TIG liên kết giáp mỗi vật liệu composite

3.3.1. Điều kiện thí nghiệm

Chế độ hàn TIG thử nghiệm chọn sơ bộ tại một số nút theo điều kiện quy hoạch thực nghiệm trực giao kiểu 3 mức 3 yếu tố ($N = 3^3 = 27$) như cho trong bảng 1.

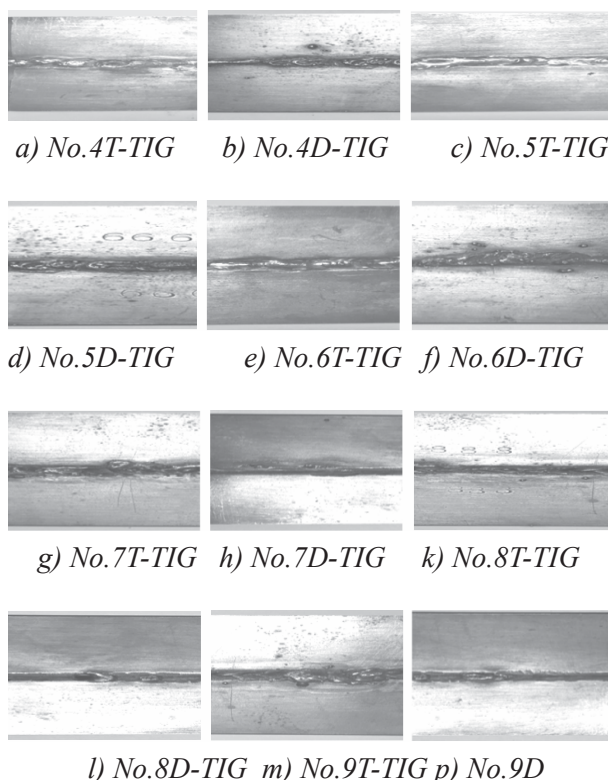


Bảng 1. Điều kiện quy hoạch thực nghiệm hàn TIG vật liệu composite

Thông số công nghệ chính, ký hiệu và đơn vị tính	Mã số QHTN	Mức điều chỉnh			Bước điều chỉnh
		0	1	2	
Cường độ dòng điện hàn, I_h , A	X_1	90	100	110	10
Tốc độ hàn, v_h , cm/ph	X_2	15	20	25	5
Lưu lượng cấp khí bảo vệ, G, l/ph	X_3	15	20	25	5
Thời gian giữ cấp khí bảo vệ khi kết thúc hàn, t, s	X_4	2	3	4	1

3.3.2. Hình thái bề mặt phôi hàn TIG

Hình thái bề mặt được khảo sát trên 06 mẫu thử nghiệm với chế độ hàn khác nhau theo điều kiện quy hoạch thực nghiệm ở bảng 1 cho trên hình 5.



Hình 5. Ảnh hình thái bề mặt phía trên (a, c, e, g, k, m) và phía dưới (b, d, f, h, l, p) của mối hàn TIG vật liệu composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng khảo sát trên các mẫu có ký hiệu tương ứng

Nhận xét: Quan sát hiện trạng bề mặt phía trên và phía dưới mối hàn TIG vật liệu composite trimetal hợp kim đồng ma sát – thép các bon – hợp kim đồng (hình 5) cho thấy trên các mẫu nhận được sau hàn TIG đều có biểu hiện mức độ điền đầy kim loại hàn khác nhau. Kim loại hàn mối hàn ở bề mặt phía trên các mẫu này đã có sự điền đầy, nhưng vẫn chưa đồng đều theo toàn bộ đường hàn của hai mảnh ghép. Mức độ điền đầy kim loại hàn theo đường hàn ở phía dưới nhỏ hơn nhiều so với phía trên mối hàn. Điều đó dẫn đến chất lượng mối hàn trong các thí nghiệm này khi đánh giá bởi tiêu chí ngoại dạng (hình thái bề mặt) của nó chưa cao và chưa ổn định.

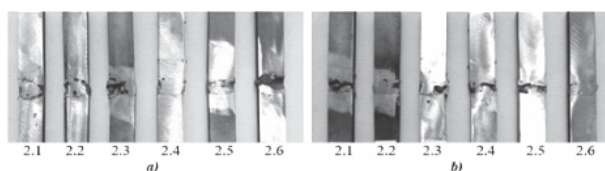
3.3.3. Kết quả gia công mẫu thử độ bền kéo liên kết hàn TIG

Việc gia công các mẫu thử độ bền kéo mối hàn TIG và mẫu khảo sát đặc tính kim tương học của mối hàn TIG liên kết giáp mối vật liệu composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng được thực hiện như sau:

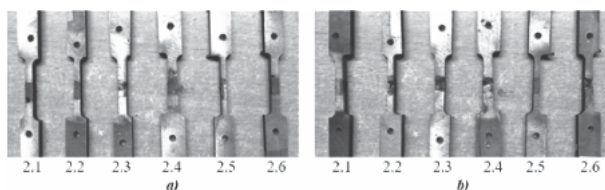
- Chọn một số vị trí đặc trưng để cắt lấy phôi gia công mẫu thử phá hủy kéo và mẫu khảo sát các đặc tính kim tương học vật liệu mối hàn. Hình 6 dưới đây là ảnh một số phôi hàn đã được mài sơ bộ phần kim loại lõi ở phía trên và phía dưới mối hàn TIG cần gia công tiếp theo để giám định chất lượng của chúng.

- Từ các phiê nhận được trên hình 6 tiến hành gia công tạo hình mẫu thử phá hủy kéo xác định độ bền kéo vật liệu mối hàn TIG như ảnh trên hình 7.

- Những mảnh vật liệu composite trimetal được cắt ra ở phần giữa đường liên kết hàn được sử dụng để gia công thành các mẫu khảo sát đặc tính kim tương học vật liệu mối hàn TIG (hình 8).



Hình 6. Ảnh bề mặt phía trên (a) và phía dưới (b) một số mẫu hàn TIG liên kết giáp mối vật liệu composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng



Hình 7. Ảnh bề mặt phía trên (a) và phía dưới (b) một số mẫu thử phá hủy kéo mối hàn TIG vật liệu composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng sau khi cắt dây

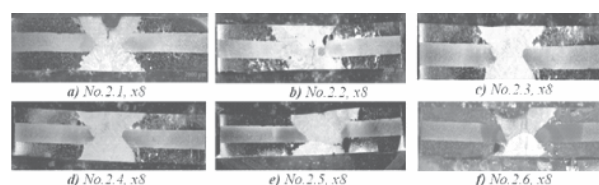
3.3.4. Kết quả khảo sát đặc tính kim tương học mối hàn TIG

a) Tổ chức thô đại

Từ 06 phiê hàn TIG cho trên hình 6 sau khi cắt dây đã chọn được 09 mẫu điển hình để đúc khuôn epoxy, mài đánh bóng và tẩm thực để tiến hành nghiên cứu khảo sát đặc tính kim tương học của vật liệu mối hàn. Chế độ tẩm thực mẫu chủ yếu được chọn cho lớp thép các bon mà chưa quan tâm đến các lớp hợp kim đồng luyện kim bột. Tổ chức thô đại mối hàn

TIG khảo sát trên 06 mẫu điển hình sau tẩm thực cho trên hình 8. Từ đó, ta có các nhận xét như sau:

- Biên giới liên kết giữa kim loại hàn với hai lớp hợp kim đồng ở cả hai bên mối hàn TIG trên mẫu thí nghiệm ký hiệu No.2.1 (hình 8a) rất tốt, không phát hiện thấy có các khuyết tật như ngậm xỉ hoặc tạp chất bẩn, ngoại trừ một vết nứt nhỏ ở giữa mối hàn ở vùng kim loại hàn đập vào phía trên mối hàn, còn ở phía dưới mối hàn đã được điền đầy, điều đó dẫn đến độ bền kéo của mối hàn sẽ bị suy giảm. Nguyên nhân dẫn đến hiện tượng này có thể là do mẫu khảo sát được cắt tại vị trí kim loại hàn bị bắn tóe mạnh và mẫu trước khi hàn không được gia nhiệt trước khi hàn. Các lớp hợp kim đồng không được tẩm thực rõ nét là do chọn quy trình tẩm thực được lựa chọn với mục đích làm rõ vùng cấu trúc mối hàn giữa hai lớp thép các bon ở giữa mẫu khảo sát là chủ yếu;



Hình 8. Ảnh tổ chức thô đại của các mối hàn TIG vật liệu composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng

- Ảnh tổ chức thô đại mẫu khảo sát No.2.2 (hình 8b) cho thấy: biên giới liên kết giữa kim loại hàn với hai lớp hợp kim đồng ở cả hai bên mối hàn TIG trên mẫu thí nghiệm này đều đạt yêu cầu, không phát hiện thấy có các khuyết tật như ngậm xỉ đáng kể. Tuy nhiên, tại biên giới liên kết của kim loại hàn đập ở bên phải mối hàn có phát hiện thấy một lỗ xốp tương đối rõ nét, còn ở vùng phía dưới mối hàn đã được điền đầy tốt. Ngoài ra, ở vùng chính giữa mối hàn có phát hiện thấy vết nứt tế vi với xu hướng tiến ra phía dưới mối hàn, điều đó

dẫn đến độ bền kéo của mối hàn sẽ bị suy giảm. Nguyên nhân xảy ra hiện tượng này cũng được giải thích như đối với mẫu No.2.1 ở trên và có thể khắc phục được bằng cách gia nhiệt phối trước khi hàn;

- Ảnh tổ chức thô đại mẫu khảo sát No.2.3 (hình 8c) cho thấy: biên giới liên kết giữa kim loại hàn với hai lớp hợp kim đồng ở cả hai bên mối hàn TIG trên mẫu thí nghiệm này ở phía dưới mối hàn đều rất tốt. Tại biên giới liên kết của kim loại hàn đắp với các lớp hợp kim đồng ở phía trên mối hàn tuy có phát hiện thấy khuyết tật dạng lỗ xốp (có thể là chúng đã có sẵn trong phối vật liệu composite trimetal được sử dụng để hàn thử nghiệm). Tại vùng chính giữa mối hàn hoàn toàn không phát hiện thấy khuyết tật dạng vết nứt tế vi nào, điều đó đảm bảo độ bền kéo của mối hàn sẽ có giá trị cao;

- Ảnh tổ chức thô đại mẫu khảo sát No.2.4 (hình 8d) cho thấy đặc điểm của nó giống như mẫu No.2.3 đã khảo sát: biên giới liên kết giữa kim loại hàn với hai lớp hợp kim đồng ở cả hai bên mối hàn TIG trên mẫu thí nghiệm này ở phía dưới mối hàn đều rất tốt. Tại vùng chính giữa mối hàn cũng hoàn toàn không phát hiện thấy khuyết tật dạng vết nứt tế vi nào, điều đó đảm bảo độ bền kéo của mối hàn sẽ có giá trị cao;

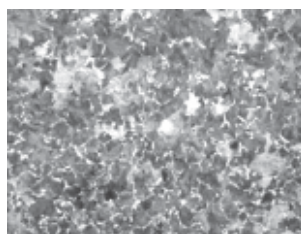
- Ảnh tổ chức thô đại mẫu khảo sát No.2.5 (hình 8e) cho thấy: vùng tổ chức thô đại ở giữa hai đầu giáp mỗi lớp thép các bon trong phối vật liệu composite trimetal đã hình thành liên kết kim loại rất tốt, không có các khuyết tật ngậm xỉ hoặc tạp chất bản, điều đó đảm bảo độ bền kéo của lớp thép trong mối hàn sẽ có giá trị cao. Liên kết giữa kim loại hàn với các lớp hợp kim đồng ở phía trên mối hàn cũng được hình thành rất tốt, không có khuyết tật. Tuy nhiên, tại biên giới liên kết giữa kim loại hàn và các

lớp hợp kim đồng tại các tiểu vùng cấu trúc ở hai bên phía dưới mối hàn có phát hiện thấy vài vết đen kích thước đáng kể, có thể là do lượng kim loại bù đắp vào còn thiếu, điều đó sẽ làm giảm độ bền kéo mối hàn;

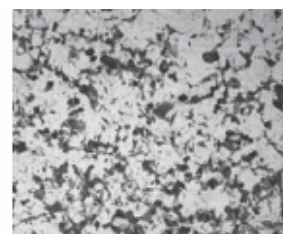
- Ảnh tổ chức thô đại mẫu khảo sát No.2.6 (hình 8f) cho thấy nó có đặc điểm tương tự như mẫu No.2.5 đã xét ở trên. Các lớp thép và hợp kim đồng trong mối hàn đều hình thành được liên kết kim loại rất tốt với hai mặt đầu của phối hàn từ vật liệu composite trimetal. Ở đây chỉ phát hiện thấy có một lỗ xốp phía bên trái tại vùng biên giới mối hàn và hợp kim đồng ở phía trái mẫu khảo sát. Ngoài ra, trong mối hàn quan sát thấy có vài vết nứt tế vi, nhưng khá cục bộ và không liên tục, điều này có thể sửa chữa bằng xử lý nhiệt ở chế độ phù hợp sau khi hàn.

b) Tổ chức tế vi

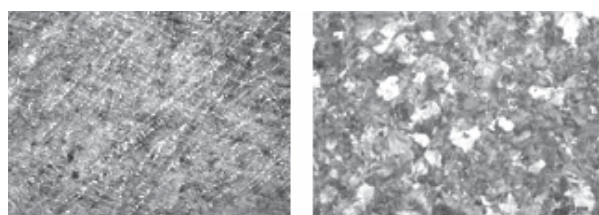
Tổ chức tế vi vật liệu mối hàn TIG từ các mảnh ghép composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng được nghiên cứu khảo sát trên 03 mẫu thí nghiệm điển hình có ký hiệu No.2.1; No.2.2 và No.2.3. Kết quả khảo sát chụp ảnh tổ chức tế vi một số mẫu liên kết hàn từ vật liệu composite trimetal trên kính hiển vi quang học tại ba tiểu vùng cấu trúc đặc trưng gồm: kim loại cơ bản (KLCB), ảnh hưởng nhiệt (HAZ) và mối hàn (MH) cho trên hình 9 dưới đây.



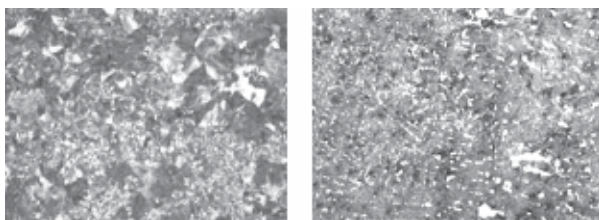
a) No.2.1, x200, KLCB



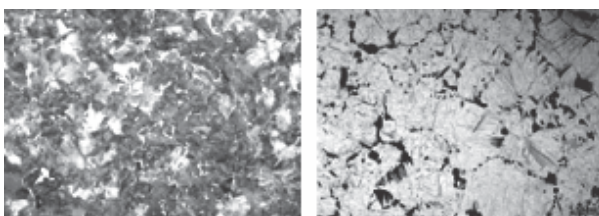
b) No.2.1, x200, HAZ



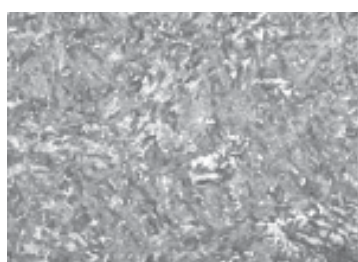
c) No.2.1, x200, MH d) No.2.2, x200, KLCB



e) No.2.2, x200, HAZ f) No.2.2, x200, MH



g) No.2.3, x200, KLCB h) No.2.3, x200, HAZ



k) No.2.3, x200, MH

Hình 9. Tổ chức tế vi tại 3 tiểu vùng đặc trưng của mối hàn TIG liên kết giáp mỗi vật liệu composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng khảo sát trên mẫu sau tấm thực

Phân tích kết quả thực nghiệm trên hình 9, ta có nhận xét như sau:

- Ảnh tổ chức tế vi mẫu No.2.1 (hình 9a, b, c) cho thấy: Vùng kim loại cơ bản (KLCB) của lớp thép (hình 9a) có cấu trúc pha đặc trưng của thép các bon rất điển hình, không bị thay

đổi do ảnh hưởng nhiệt trong quá trình hàn. Tổ chức tế vi của vùng ảnh hưởng nhiệt (vùng HAZ – hình 9b) có đặc điểm các pha cấu trúc hơi bị biến trắng, nhưng phân bố đồng đều, có thể là do có sự ảnh hưởng nhiệt trong quá trình hàn thử nghiệm đáng kể. Vùng kim loại mối hàn (hình 9c) có cấu trúc pha mịn hơn nhiều so với vùng HAZ và KLCB, cần được tiếp tục làm rõ hơn bằng phương pháp SEM và phân tích EDX;

- Ảnh tổ chức tế vi mẫu No.2.2 (hình 9d, e, f) cho thấy: vùng KLCB của lớp thép (hình 9d) và vùng HAZ (hình 9e) có cấu trúc pha đặc trưng của thép các bon rất điển hình gần giống nhau. Ở đây tổ chức pha của vùng HAZ hầu như ít bị thay đổi do ảnh hưởng nhiệt trong quá trình hàn. Vùng kim loại mối hàn (hình 9f) có cấu trúc pha nhỏ mịn hơn so với các vùng HAZ và KLCB và có phát hiện thấy nhiều tiểu vùng cấu trúc màu trắng phân bố nhiều ở phía bên phải mẫu khảo sát. Nguyên nhân có lẽ vị trí chụp ảnh trên mẫu này đã chọn gần biên giới liên kết giữa mối hàn và lớp thép nền phía bên phải kết cấu hàn giáp mỗi hai tấm vật liệu composite trimetal;

- Ảnh tổ chức tế vi mẫu No.2.3 (hình 9g, h, k) cho thấy: vùng KLCB của lớp thép (hình 9g) có cấu trúc pha đặc trưng của thép các bon rất điển hình, còn vùng HAZ (hình 9h) thấy có hiện tượng các pha cấu trúc biến trắng khá lớn, xen lẫn các lưới cấu trúc màu đen và phân bố không đồng đều trên toàn bộ bề mặt mẫu khảo sát, có thể là do có sự ảnh hưởng nhiệt trong quá trình hàn thử nghiệm đáng kể. Vùng kim loại mối hàn (MH – hình 9k) có cấu trúc pha nhỏ mịn gần giống với các vùng mối hàn trên mẫu No.2.2 đã xét ở trên. Trong vùng kim loại mối hàn có phát hiện thấy nhiều tiểu vùng cấu trúc màu trắng phân bố khá đồng đều trên bề mặt mẫu khảo sát này.



4. KẾT LUẬN

1) Biến dạng của phôi đĩa thép sau khi hàn TIG do ảnh hưởng của kết cấu hàn từ 6 mảnh ghép và 3 đường hàn đối xứng qua tâm đĩa (mẫu No.3) có giá trị khá lớn trong khoảng $f_{z3} = 1,002 \div 8,684$ mm. Đối với kết cấu mỗi hàn TIG từ 8 mảnh ghép và 4 đường hàn đối xứng qua tâm đĩa (mẫu No.4), biến dạng của phôi đĩa thép sau khi hàn có giá trị là $f_{z4} = 2,024 \div 12,112$ mm. Nhìn chung, nếu xét theo tiêu chí biến dạng liên kết hàn cần đảm bảo ở mức nhỏ nhất thì chưa đạt yêu cầu kỹ vọng, nhưng vẫn đạt mục đích thăm dò định hướng và sàng lọc công nghệ phù hợp;

2) Các mẫu hàn TIG thử nghiệm đối với vật liệu composite trimetal hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng ở những chế độ hàn đã chọn tương ứng với các mẫu khảo sát đã đảm bảo được các đặc tính kim tương học gồm tổ chức thô đại và tổ chức tế vi liên kết mỗi hàn khá tốt. Trong các mối hàn đã khảo sát đều hình thành được liên kết kim loại của lớp thép rất tốt, còn các lớp hợp kim đồng đã có liên kết với kim loại hàn trên biên giới giữa chúng ở cả hai phía trên và dưới mỗi hàn có thể chấp nhận được.

3) Để làm rõ hơn về cơ chế hình thành liên kết kim loại giữa hai lớp hợp kim đồng (mặt bên 2 phía mẫu) và lớp thép các bon ở giữa các mảnh ghép vật liệu composite luyện kim bột và chất lượng mối hàn TIG thử nghiệm, nhóm nghiên cứu đã thực hiện thêm một số thí nghiệm khảo sát tại các tiểu vùng cấu trúc đặc trưng bằng phương pháp SEM và phân tích EDX, kết quả sẽ được công bố trong một bài báo khác. ❖

Ngày nhận bài: **05/5/2024**

Ngày phản biện: **06/6/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Hà Minh Hùng (2000); “*Nghiên cứu công nghệ tạo băng bimetal thép – hợp kim đồng làm bạc trượt*”, Báo cáo tổng kết KHKT đề tài NCKH cấp Nhà nước mã số KHCN 05.06 (Báo cáo Chuyên đề 1), Viện Nghiên cứu Cơ khí, Hà Nội.
- [2]. Hà Minh Hùng (2000); “*Nghiên cứu ứng dụng công nghệ tạo hình biến dạng thích hợp để chế tạo một số cụm chi tiết quan trọng trong động cơ mô tô hai bánh*”, Báo cáo tổng kết đề tài NCKH cấp Nhà nước mã số KC06.13 CN, Viện Nghiên cứu Cơ khí, Hà Nội.
- [3]. Hà Minh Hùng, Nguyễn Văn Giáp, Đặng Văn Tuấn (2012); “*Nghiên cứu vật liệu ma sát bộ ly hợp máy động lực, ô tô vận tải hạng nặng trong ngành khai thác khoáng sản*”, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số T11/2012, trang 114-124.
- [4]. Hà Minh Hùng, Trần Tuấn Anh (2013); “*Tính chất vật liệu hợp kim đồng ma sát chế tạo trong nước bằng phương pháp ép – thiêu kết dưới áp lực*”, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, số 8, T8/2013, trang 25-34.
- [5]. Hà Minh Hùng (2013); “*Nghiên cứu công nghệ chế tạo vật liệu hợp kim 3 lớp (trimetal) ứng dụng làm đĩa ma sát của bộ ly hợp động cơ máy động lực, máy công trình*”, Báo cáo tổng kết KHKT đề tài NCKH cấp Bộ Công Thương năm 2013, mã số 119.13/RD/HĐ-KHCN, Viện Nghiên cứu Cơ khí, Hà Nội.
- [6]. Hà Minh Hùng (2016); “*Nghiên cứu ứng dụng công nghệ phối hợp luyện kim bột và xử lý bề mặt để chế tạo vật liệu trimetal thép – hợp kim đồng – lớp phủ đặc biệt làm bạc trượt động cơ ô tô tải trọng lớn thay thế hàng nhập khẩu*”, Báo cáo tổng kết KHKT đề tài NCKH cấp Liên Hiệp các Hội KHKT Việt Nam, mã số 61/HĐ-LHHVN, Viện IDAT, Hà Nội.
- [7]. Hà Minh Hùng, Nguyễn Văn Mễ (2022); “*Lựa chọn các vật liệu đĩa ma sát và chi tiết đối ứng thích hợp dự kiến ứng dụng cho xe ô tô vận tải 15 ÷ 35 tấn*”, Báo cáo Chuyên đề 3 thuộc đề tài NCKH cấp Viện Phát triển Kỹ thuật Công nghệ tiên tiến (IDAT) năm 2022, mã số: 02RD/IDAT-KHCN 2022.
- [8]. Nguyễn Văn Mễ, Hà Minh Hùng (2022); “*Nghiên cứu công nghệ hàn plasma vật liệu composite hợp kim đồng – thép các bon – hợp kim đồng chế tạo đĩa ma sát bộ ly hợp công suất lớn*”, mã số: 02.RD/IDAT-KHCN 2022.