

NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC TẾ VI LIÊN KẾT HÀN GIÁP MỐI HỢP KIM NHÔM A5083 BẰNG PHƯƠNG PHÁP HÀN MIG

INVESTIGATION MICROSTRUCTURE OF BUTT-JOINT A5083 ALUMINUM ALLOYS BY MIG

Nguyễn Quốc Mạnh¹, Vũ Văn Đạt²

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, phương pháp hàn bán tự động trong môi trường khí trơ được sử dụng để điều tra hàn hợp kim nhôm A5083 với kim loại phụ là hợp kim nhôm ER5356. Ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến hình dạng, kích thước mối hàn và cơ tính của liên kết hàn được đánh giá bằng đo kiểm và thiết bị kéo vạn năng. Cấu trúc tế vi của liên kết hàn được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (OM). Kết quả kiểm tra độ bền kéo cho thấy, sự thay đổi các thông số của chế độ hàn có ảnh hưởng trực tiếp đến giá trị của độ bền kéo của liên kết hàn.

Từ khoá: *Hợp kim nhôm A5083; Dây hàn bù ER5356; Quá trình hàn MIG; Độ bền kéo; Cấu trúc tế vi.*

ABSTRACT

In this study, the metal inert gas (MIG) welding was used to investigate the welding of A5083 alloys with ER5356 filler metal. The effect of welding parameters to weld bead and the mechanical properties of the welded joints have been evaluation by the gauging and universal testing equipment. The microstructure of welding seam was inspected using an optical microscope (OM). The tesile testing results show that, the variation of welding parameters directly affects the value of tensile strength of weld joints.

Keywords: *A5083 alloys, ER5356 filler metal, MIG welding process, Tensile strength, Microstructure.*

1. GIỚI THIỆU

Nhôm và các hợp kim của chúng ngày càng đóng vai trò quan trọng không chỉ trong công nghiệp, mà còn đóng vai trò quan trọng trong đời sống của con người. Ngày nay, việc sử dụng nhôm và hợp kim của chúng có thể đã vượt qua những kim loại khác rất nhiều, do đó có thể thấy chúng có một vai trò quan trọng và không thể thay thế. Chính vì lý do đó, đã có rất nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng các phương pháp hàn để khảo sát cấu trúc tế vi, các đặc trưng về cơ học, sự phù hợp của nhôm và hợp kim của chúng, điển hình là những nghiên cứu. Sanjeev Kumar và các cộng sự [1] đã ứng dụng công nghệ hàn TIG thường vào hàn nhôm tấm có chiều dày lớn và áp dụng công nghệ hàn TIG xung khi hàn tấm có chiều dày (3 ÷ 5mm), với dòng điện hàn trong khoảng từ 48 ÷ 112A, lưu lượng khí bảo vệ từ 7÷15 lít/phút. Ứng suất cắt của kim loại mối hàn (73MPa) nhỏ hơn kim loại cơ bản (85MPa). Từ việc phân tích các mẫu hàn dưới kính hiển vi, các tác giả nhận thấy rằng kim loại đắp có cấu trúc dạng nhánh cây, đồng trục dọc theo đường viền chảy và sự phá hủy mẫu thử nằm ở khu vực này. Indira Rani và các cộng sự [2], đã nghiên cứu cơ tính của hợp kim nhôm khi hàn TIG không xung và có xung bằng cách thay đổi tần số xung số xung trong quá trình hàn. Trong nghiên cứu, tác giả chỉ nghiên cứu dòng hàn trong khoảng 70 ÷ 74A và vận tốc hàn 700 ÷ 760mm/phút, tần số xung 3 và 7Hz. Từ kết quả thực nghiệm, nhóm tác giả đã công bố rằng giới hạn chảy và giới hạn bền kéo của kim loại mối hàn và kim loại cơ bản gần giống nhau. Mẫu thử kéo cho kết quả đứt tại vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ). Trong nghiên cứu [3], Ahmed Khalid Hussain và các cộng sự, cũng đã nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc hàn đến giới hạn bền kéo của liên kết hàn khi hàn TIG từ hợp kim nhôm AA6351 với chiều dày 4mm. Mối ghép vát kiểu chữ V, vận tốc hàn 1800 ÷ 7200mm/phút. Kết quả thử kéo cho thấy rằng khu vực mối hàn và lân cận mối

hàn cho giá trị nhỏ hơn vùng kim loại cơ bản và giới hạn bền kéo tăng lên khi vận tốc hàn giảm xuống. Norman và các cộng sự [4], đã nghiên cứu tổ chức tế vi của hợp kim Al-Mg-Cu- Mn trong phạm vi chế độ hàn rộng (dòng điện hàn từ 100 ÷ 190A), tốc độ hàn thay đổi từ 420 ÷ 1500 mm/phút. Các kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, tổ chức tế vi quan sát được ở vùng trung tâm mối hàn khi làm nguội với tốc độ lớn so sánh với tổ chức tế vi tại vùng viền chảy. Norman đã đưa ra kết luận rằng nếu tốc độ hàn tăng, tốc độ nguội ở vùng kim loại mối hàn tăng thì tổ chức tế vi tại vùng kim loại mối hàn có dạng hình nhánh cây nhưng kích thước nhỏ hơn. Trong nghiên cứu [5], Kumar và Sundarrajan, đã nghiên cứu công nghệ hàn TIG xung khi hàn hợp kim nhôm AA có chiều dày 2,14mm với dòng điện hàn (40 ÷ 90A), vận tốc hàn (210 ÷ 230 mm/phút). Tác giả đã sử dụng phương pháp Taguchi để tối ưu hóa các thông số chế độ hàn TIG xung với mục đích làm tăng cơ tính của kim loại mối hàn. Mục đích chính của nghiên cứu này là nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến sự thay đổi hình dạng mối hàn, độ ngấu và cấu trúc tế vi liên kết hàn giáp mối của hợp kim nhôm A5083 có sử dụng dây hàn bù ER5356 bằng quá trình hàn MIG.

2. VẬT LIỆU VÀ TRÌNH TỰ THỰC HIỆN THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu hàn

Vật liệu được sử dụng trong nghiên cứu này là các tấm hợp kim nhôm A5083 với chiều dày cố định là 6mm. Kim loại phụ được sử dụng trong quá trình hàn là dây hàn ER5356 với đường kính 1.2mm. Thành phần hoá học của kim loại cơ bản và kim loại phụ được giới thiệu tương ứng trong các bảng 1 và bảng 2 [6].

Bảng 1. Thành phần hoá học của hợp kim nhôm A5083 (wt%):

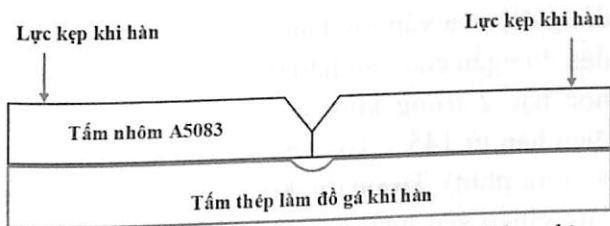
Mg	Mn	Cu	Si	Cr	Fe	Zn	Ti	Al
4÷4.9	0.4÷1	≤0.1	≤0.4	0.05÷0.25	≤0.4	≤0.25	≤0.15	Còn lại

Bảng 2. Thành phần hoá học của dây hàn ER5356 (wt%):

Mg	Mn	Si	Cr	Fe	Zn	Cu	Ti	Al
4.5÷5.5	0.05÷0.2	≤0.25	0.05÷0.2	≤0.4	≤0.1	≤0.1	0.06÷0.2	Còn lại

2.2. Trình tự thực hiện thí nghiệm

Tất cả các tấm hợp kim nhôm A5083 được sử dụng trong các thí nghiệm đều có chiều dày 6 mm được cắt theo kích thước cố định 250 mm x 200 mm. Bề mặt các tấm sau khi cắt xong được làm sạch bằng bàn chải sắt và máy mài tay sử dụng đá giấy nhám trước khi hàn. Một tấm thép với kích thước 250 mm x 200 mm x 16mm có phay rãnh tròn rộng 20 mm, sâu 5 mm được sử dụng làm đồ gá kẹp phôi hàn tạo mối ghép và chống biến dạng trong quá trình hàn như hình 1.

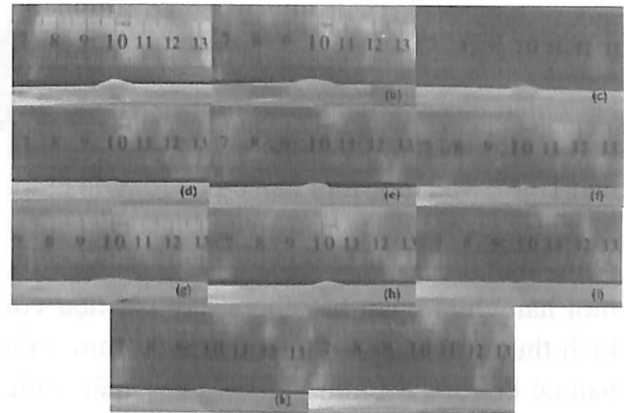


Hình 1. Điều kiện gá kẹp khi hàn MIG hợp kim nhôm A5083

Quá trình hàn được thực hiện bằng cách sử dụng một nguồn hàn xung với các thông số của chế độ hàn được lựa chọn là: Cường độ dòng điện hàn 145-164 A, vận tốc hàn là 37 cm/phút, điện áp hàn 19 V, tầm với điện cực 8 mm, lượng khí bảo vệ 11 L/phút. Sau khi hàn, mười một mẫu không bị khuyết tật bề mặt được lựa chọn để đánh giá hình dạng, kích thước và độ ngẫu nhiên của mối hàn, năm mẫu được lựa chọn để đánh giá độ bền kéo của liên kết sau khi hàn. Sau đó, các mẫu tiêu biểu được lựa chọn sẽ được cắt theo kích thước tiêu chuẩn và được cố định trong một khuôn nhựa epoxy. Bề mặt của

các mẫu này sẽ được mài và đánh bóng đảm bảo các yêu cầu đối với việc kiểm tra cấu trúc tế vi trên máy hiển vi quang học điện tử.

3. MỘT SỐ KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



Hình 2. Ảnh hưởng của chế độ hàn đến hình dạng và kích thước mối hàn với chế độ hàn tương ứng

- (a) $I_h = 145A, U_h = 19.8V, V_h = 37cm / ph$
- (b) $I_h = 165A, U_h = 20.9V, V_h = 37cm / ph ;$
- (c) $I_h = 145A, U_h = 19.8V, V_h = 47cm / ph ;$
- (d) $I_h = 165A, U_h = 20.9V, V_h = 47cm / ph ;$
- (e) $I_h = 143.6A, U_h = 19.7V, V_h = 42cm / ph ;$
- (f) $I_h = 166.4A, U_h = 21V, V_h = 42cm / ph ;$
- (g) $I_h = 155A, U_h = 20.4V, V_h = 35.6cm / ph ;$
- (h) $I_h = 165A, U_h = 20.9V, V_h = 48.4cm / ph ;$
- (i) $I_h = 155A, U_h = 20.4V, V_h = 42cm / ph ;$
- (k) $I_h = 155A, U_h = 20.4V, V_h = 42cm / ph ;$
- (l) $I_h = 155A, U_h = 20.4V, V_h = 42cm / ph .$

Hình 2, mô tả ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến hình dạng và kích thước mỗi hàn. Hình 2 (a) cho thấy, mỗi hàn chưa ngấu hết chiều dày vật liệu với phần chưa ngấu là 1.8 mm, mỗi hàn có bề rộng 12 mm và chiều cao 1.2 mm. Từ các kích thước đạt được ta có hệ số ngấu (ψ) là 5.42. Hình 2(b) cho thấy mỗi hàn ngấu hết chiều dày vật liệu với bề rộng 14.5 mm và chiều cao mặt trước mỗi hàn 0.5 mm, mặt đáy có chiều rộng 5mm và chiều cao 1.2mm. Từ các kích thước đạt được ta có hệ số ngấu là 7.7. Hình 2(c) cho thấy, mỗi hàn chưa ngấu hết chiều dày vật liệu với phần chưa ngấu là 2.3mm, mỗi hàn có bề rộng khoảng 10.5mm và chiều cao mặt trước mỗi hàn khoảng 0.8mm. Từ các kích thước đạt được ta có hệ số ngấu khoảng 4.5. Hình 2(d) cho thấy, mỗi hàn ngấu hết chiều dày vật liệu và bị lõm mặt, mỗi hàn có bề rộng 11mm và chiều cao mặt trước mỗi hàn 1mm. Mặt đáy, mỗi hàn có bề rộng là 6mm và chiều cao 1.47mm. Từ các kích thước đạt được ta có hệ số ngấu khoảng 7.57. Hình 2(e), mỗi hàn chưa ngấu hết chiều dày vật liệu với kích thước phần chưa ngấu hết là 2.4mm, mỗi hàn có bề rộng 9.8mm và chiều cao mặt trước mỗi hàn 0.6mm. Từ các kích thước đạt được ta có hệ số ngấu là 4.2. Hình 2(f) ta thấy mỗi hàn ngấu hết chiều dày vật liệu với chiều rộng mỗi hàn là 12mm và chiều cao mặt trước mỗi hàn lõm xuống khoảng 0.2mm so với mặt phôi. Mặt đáy có chiều rộng 5mm, chiều cao 1.55mm. Từ các kích thước đạt được ta có hệ số ngấu là 8.3. Hình 2(g), mỗi hàn ngấu hết chiều dày vật liệu với chiều rộng 14mm và chiều cao 0.6mm. Mặt đáy mỗi hàn có chiều cao 1.55mm và chiều rộng 6.6mm. Từ các kích thước đạt được ta có hệ số ngấu là 8.15. Hình 2(g), mỗi hàn ngấu chưa hết chiều dày vật liệu với phần chưa ngấu là 1.9mm. Mỗi hàn có chiều rộng 13mm và chiều cao 1.0mm. Từ các kích thước đạt được ta có hệ số ngấu là 5.1. Hình 2(h), mỗi hàn ngấu hết chiều dày vật liệu với chiều rộng 13mm và

chiều cao 0.2mm. Mặt đáy mỗi hàn có chiều cao 1.86mm và chiều rộng 5.5mm. Từ các kích thước đạt được ta có hệ số ngấu là 8.06. Hình 2(k), mỗi hàn ngấu hết chiều dày vật liệu với chiều rộng 12.5mm và chiều cao 0.4mm. Mặt đáy mỗi hàn có chiều cao 1.52mm và chiều rộng 5.0mm. Từ các kích thước đạt được ta có hệ số ngấu là 7.92. Hình 2(l) cho thấy mỗi hàn ngấu hết chiều dày vật liệu với chiều rộng 13mm và chiều cao 0.3mm. Mặt đáy mỗi hàn có chiều cao 1.74mm và chiều rộng 5.5mm. Từ các kích thước đạt được ta có hệ số ngấu là 8.04. Từ các kết quả thu được ở trên, tuân theo các tiêu chuẩn, quy phạm về chất lượng mỗi hàn để đánh giá ngoại dạng, kích thước, độ ngấu của các mẫu hàn. Mẫu thực nghiệm đạt tiêu chuẩn bao gồm các mẫu 2,7,9,10, và mẫu 11; Các mẫu thực nghiệm 4,6 ngấu hết chiều dày nhưng bị lõm mặt mỗi hàn; Các mẫu thực nghiệm số 1,3,5,8 chưa ngấu hết chiều dày vật liệu và chưa đạt tiêu chuẩn. Từ kết quả đo, ta cũng nhận thấy rằng các thông số: Cường độ dòng điện và vận tốc hàn có ảnh hưởng rất lớn đến độ ngấu của mỗi hàn theo mỗi quan hệ toán học bậc 2 trong khoảng biến thiên của dòng điện hàn từ $145 \div 165$ (A) và vận tốc hàn $37 \div 47$ (cm/phút). Trong đó, khi vận tốc hàn tăng sẽ làm chiều sâu ngấu của mỗi hàn giảm, nhưng khi tăng cường độ dòng điện hàn sẽ làm tăng chiều sâu ngấu của mỗi hàn.

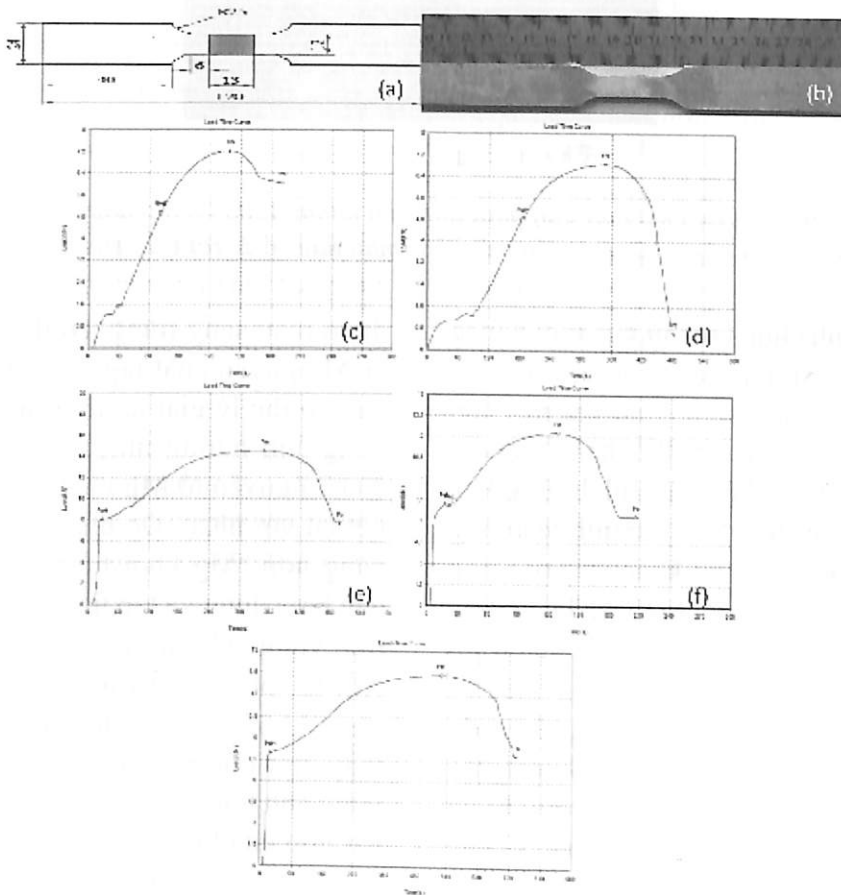
Với các kết quả thu được sau khi phân tích ở trên, các mẫu đạt tiêu chuẩn là: 2,7,9,10,11 được lựa chọn để thử độ bền kéo của mỗi hàn. Kích thước mẫu thử kéo được lấy theo tiêu chuẩn về mẫu thử độ bền kéo trong tiêu chuẩn AWS D1.2 và được mô tả trong hình 3 [7].

Hình 3, cho biết kết quả thử kéo liên kết hàn giáp mỗi hợp kim nhôm A5083 bằng phương pháp hàn MIG với dây bù ER5356. Từ

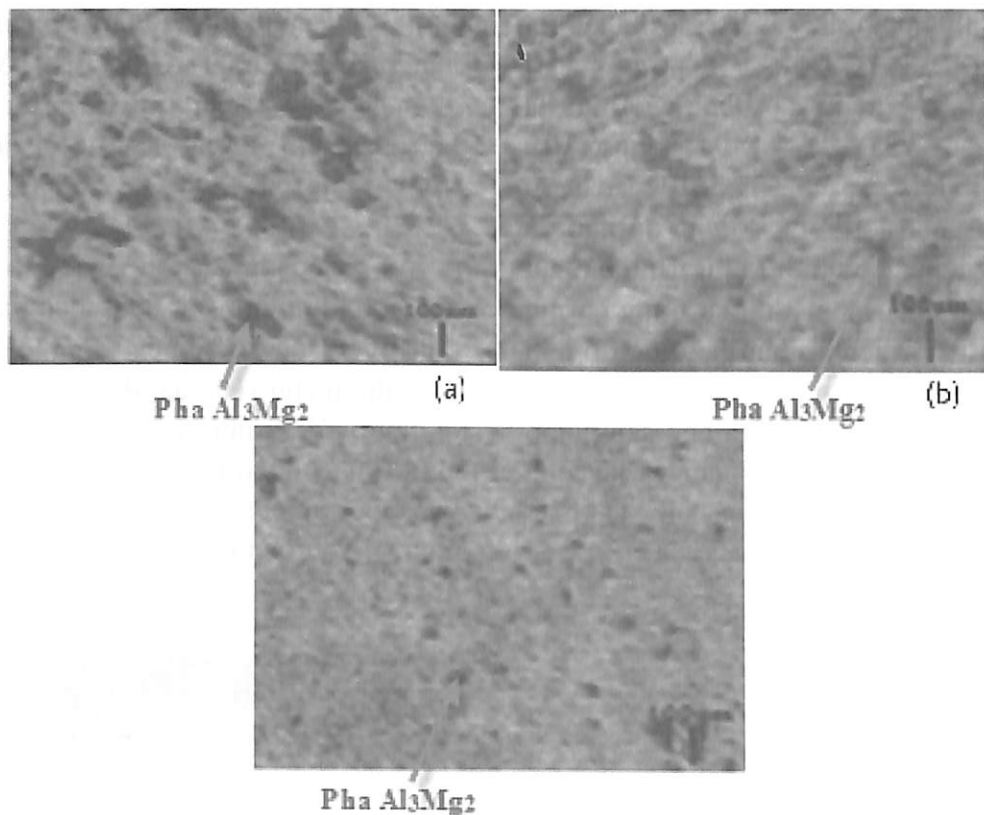
kết quả ta có thể nhận thấy giá trị lớn nhất đạt được là 221.13MPa tại mẫu số 11. Các giá trị bền kéo tương ứng giảm dần theo các mẫu là 208.5MPa (mẫu số 9), 191.45MPa (mẫu số 10), 109.23MPa (mẫu số 2) và 103.5MPa (mẫu số 4). Đối chiếu với các thông số chế độ hàn đã được sử dụng tại các mẫu thử như trình bày tại hình 2 ta có thể nhận thấy, khi sử dụng cường độ dòng điện hàn, điện áp hàn hay tốc độ hàn không phù hợp sẽ cho giá trị bền kéo thấp. Ở chế độ hàn tại tâm thực nghiệm cho sản phẩm có ngoại dạng đạt theo tiêu chuẩn và kết quả thử kéo cao hơn các mẫu hàn ở các chế độ khác.

Để đánh giá sâu hơn về chất lượng mối hàn, mẫu số 2, mẫu số 7 và mẫu số 10 được lựa chọn để kiểm tra cấu trúc tế vi sau khi hàn. Các kết quả kiểm tra cấu trúc tế vi được thể hiện trong hình số 4.

Theo giản đồ Al-Mg [8], với thành phần của hợp kim nhôm A5083 nhận thấy lượng Mg chỉ có khoảng 4,5% nên trong tổ chức của hợp kim nhôm chủ yếu của Mg và pha Al_3Mg_2 . Ảnh tổ chức với độ phóng đại 400 lần nhận thấy tổ chức khá nhỏ mịn, các pha Al_3Mg_2 phân bố khá đều trên nền của nhôm màu hơi xỉn và khó phân biệt được rạch ròi các hạt trên ảnh tổ chức tế vi.



Hình 3. Kích thước và mẫu thử độ bền kéo liên kết hàn giáp mối hợp kim nhôm A5083 bằng phương pháp hàn MIG (a) kích thước tiêu chuẩn mẫu thử kéo theo tiêu chuẩn AWS D1.2; (b) Mẫu thử kéo thực tế; (c) Kết quả thử kéo mẫu hàn số 2; (d) Kết quả thử kéo mẫu hàn số 4; (e) Kết quả thử kéo mẫu hàn số 9; (f) Kết quả thử kéo mẫu hàn số 10; (g) Kết quả thử kéo mẫu hàn số 11.



Hình 4. Cấu trúc tế vi liên kết hàn giáp mối hợp kim nhôm A5083 bằng phương pháp hàn MIG:
 (a) Cấu trúc tế vi mẫu hàn số 2; (b) Cấu trúc tế vi mẫu hàn số 2; (c) Cấu trúc tế vi mẫu hàn số 10

Từ hình ảnh chụp tại khu vực mối hàn ta nhận thấy ở đây có sự tập trung các pha Al_3Mg_2 với đặc trưng màu đen sẫm. Các hạt này tập trung thành một điểm hoặc có thể thành một dải khá dài trong mối hàn, điều này ảnh hưởng khá nhiều đến cơ tính của mối hàn. Cơ tính sẽ không đồng đều trong mối hàn và khác so với vùng ảnh hưởng nhiệt (vùng này tập trung khá nhiều Al). Điều này có thể hiểu là do trong quá trình nóng chảy, do ái lực nên các pha giống nhau có xu hướng tích tụ tập trung lại. Đồng thời, do Al_3Mg_2 tập trung ở biên giới hạt nên thường tác hại mạnh đến tính chống ăn mòn thường bị ăn mòn tinh giới và ăn mòn dưới ứng suất. Ở chế độ hàn ở tâm thực nghiệm nhận thấy, các pha Al_3Mg_2 phân bố đều hơn, tròn hơn nên cơ tính tốt hơn. Tại vùng ảnh hưởng nhiệt, pha Al_3Mg_2 phân bố cũng khá đều trên nền của hợp kim nhôm. Tuy nhiên, ở đây nhận thấy có những

điểm màu sáng trắng, có thể dự đoán điểm đó là Al nguyên chất tập trung lại với nhau. Điều này có thể lý giải là do trong quá trình hàn tại vùng ảnh hưởng nhiệt có sự di chuyển vị trí của 2 nguyên tố Mg và Al nhưng chưa kịp liên kết lại với nhau. Do nhôm có khối lượng riêng nặng hơn (Mg khối lượng riêng bằng 2/3 Al) nên lắng đọng và tập trung nhiều ở một số vị trí trên vùng ảnh hưởng nhiệt. Mặt khác, các pha Al_3Mg_2 phân bố ở vùng này khá ít nên màu khá sáng, không bị xỉn như kim loại cơ bản. Nhận thấy, trải qua một quá trình nhiệt tổ chức của vùng ảnh hưởng nhiệt thô hơn, phân biệt rõ các hạt hơn của kim loại cơ bản và với chế độ hàn càng lớn thì nhôm nguyên chất tập trung tập trung lại với nhau nhiều hơn. Vì vậy, cơ tính của vùng ảnh hưởng nhiệt giảm đáng kể so với kim loại cơ bản.

4. KẾT LUẬN

Các thông số của chế độ hàn có ảnh hưởng lớn đến độ ngẫu của mối hàn. Khi chế độ hàn lớn, độ ngẫu mối hàn sẽ lớn, chiều cao mối hàn có xu hướng lõm so với bề mặt kim loại cơ bản và ngược lại. Vận tốc hàn có ảnh hưởng theo chiều hướng giảm độ ngẫu của mối hàn và cường độ dòng điện hàn có ảnh hưởng theo chiều hướng tăng độ ngẫu của mối hàn.

Các kết quả kiểm tra cấu trúc tế vi cho thấy, tại khu vực ảnh hưởng nhiệt, các pha Al_3Mg_2 phân bố đều trên nền của hợp kim nhôm A5083. Các pha này có xu hướng tập trung tại một khu vực trong vùng kim loại mối hàn, điều này có ảnh hưởng đến cơ tính và khả năng chống ăn mòn của mối hàn. ❖

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài B2008-SKH-05 (Bộ Giáo dục và Đào tạo), các tác giả xin chân thành cảm ơn.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Kumar, Sanjeev. "Experimental investigation on pulsed TIG welding of aluminium plate." *Advanced Engineering Technology* 1.2 (2010): 200-211.
- [2]. Indira Rani, M., and R. N. Marpu. "Effect of Pulsed Current Tig Welding Parameters on Mechanical Properties of J-Joint Strength of Aa6351." *The International Journal of Engineering and Science (IJES)* 1.1 (2012): 1-5.
- [3]. Ahmed Khalid Hussain, et al. "Influence of welding speed on tensile strength of welded joint in TIG welding process." *International journal of applied engineering research* 1.3 (2010): 518.
- [4]. Norman, A. F., V. Drazhner, and P. B. Prangnell. "Effect of welding parameters on the solidification microstructure of autogenous TIG welds in an Al-Cu-Mg-Mn alloy." *Materials Science and Engineering: A* 259.1 (1999): 53-64.
- [5]. Kumar, A., and S. Sundarrajan. "Optimization of pulsed TIG welding process parameters on mechanical properties of AA 5456 Aluminum alloy weldments." *Materials & Design* 30.4 (2009): 1288-1297.
- [6]. Vũ Văn Ba, Nguyễn Thúc Hà, Vũ Văn Đạt (2016); "Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ hàn MIG đến độ ngẫu của mối hàn giáp mối một phía hợp kim nhôm 5083", Hội nghị Khoa học và Công nghệ Toàn quốc về Cơ khí – Động lực.
- [7]. AWS D1.2/D1.2M (2014), Structural Welding Code – Aluminum.
- [8]. Zuo, Y., and Y. A. Chang. "Thermodynamic calculation of the Al-Mg phase diagram." *Calphad* 17.2 (1993): 161-174.