

HÀN GIÁP MỐI KHÁC VẬT LIỆU GIỮA HỢP KIM NHÔM A5052 VÀ THÉP CT38 BẰNG QUÁ TRÌNH HÀN GMAW

DISSIMILAR WELDING BETWEEN A5052 ALLOYS AND CT38 STEEL BY GMAW PROCESS

Nguyễn Quận¹, Nguyễn Quốc Mạnh²

¹Trường Đại học Phạm Văn Đồng

²Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu hàn liên kết giáp mối giữa hợp kim nhôm A5052 với thép CT38 bằng quá trình hàn GMAW, sử dụng dây hàn bù ER4043 với thành phần Si. Các đặc tính của liên kết hàn được đánh giá bằng các quá trình khác nhau như OM, SEM. Hình thái bề mặt liên kết hàn và các thông số khác được đánh giá bằng các phương pháp đánh giá và phân tích cơ học. Độ bền kéo của liên kết hàn đạt giá trị 225.9MPa với khu vực đứt gãy xuất hiện tại khu vực có lớp liên kim cứng, độ cứng lớp liên kim được xác định là 830HV.

Từ khóa: Quá trình hàn MIG; Liên kết hàn giáp mối; Lớp liên kim; Hợp kim nhôm A5052; Thép CT38; Dây hàn ER4043.

ABSTRACT

The paper is to investigate the experimental butt-joint between the A5052 alloy sheet and SS400 steel by GMAW process with ER4043 welding wire. The properties of welded joints have been evaluated using various methods such as OM, and SEM. Welds are examined by mechanical testing and analysis. The surface morphology welding seam and other welding problems are being researched. Tensile strength analysis reveals a crack at the intermetallic layer when the maximum tensile strength is 214.5MPa. The microhardness of the steel sheet and the aluminum alloy increases in areas near the intermetallic layer; at the intermetallic (IMCs) layer, the microhardness is 835HV.

Keywords: GMAW; Butt joint; IMCs layer; A5052 aluminum; CT38 steel; ER4043 welding wire.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với những lợi thế về cơ tính tốt, có khả năng thích nghi với các điều kiện làm việc khác nhau và khối lượng nhẹ của mình, hợp kim nhôm được ứng dụng rất phổ biến trong ngành hàng không – vũ trụ, đóng tàu và nhiều ngành công nghiệp quan trọng. Bên cạnh đó, thép các-bon trung bình có mức chi phí rẻ khi chế tạo, khả năng công nghệ rất cao nên được ứng dụng trong hầu hết các ngành công nghiệp [1]. Mặc dù có sự khác biệt rất lớn về đặc tính cơ học, tính chất lý – hóa – nhiệt, nhưng việc kết nối hai vật liệu này luôn hứa hẹn mang đến rất nhiều lợi ích về giá cả, khối lượng kết cấu sau chế tạo và giảm thiểu tác hại đến môi trường sống [2]. Việc kết hợp giữa hai vật liệu này có một điểm khó, đến nay hầu hết các nhà nghiên cứu chưa giải quyết được một cách triệt để, đó là sự hình thành lớp liên kim cứng tồn tại giữa liên kết hàn. Lớp liên kim này luôn làm giảm khả năng chịu tải trọng của liên kết sau khi hàn, đặc biệt là khả năng chịu tải trọng động [3]. Đã có nhiều phương pháp hàn được sử dụng để ghép nối giữa hợp kim nhôm và thép các-bon thấp và trung bình như: hàn laser [4], hàn ma sát khuấy [5], hàn điện cực không nóng chảy trong môi

trường khí trơ bảo vệ [6]... Tuy nhiên, những hạn chế của các nghiên cứu trên vẫn là sự tồn tại của lớp liên kim với chiều dày khá lớn do ảnh hưởng bởi nguồn nhiệt hàn. Bên cạnh đó, một vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ) rộng cũng được tìm thấy trong các nghiên cứu, điều này sẽ làm giảm đi khả năng chịu lực của liên kết trong quá trình làm việc [7]. Bài báo này nghiên cứu phương pháp giảm mức năng lượng vào trong vùng hàn nhằm giảm chiều dày lớp liên kim sau khi hàn giáp mối thép các-bon CT38 với hợp kim nhôm A5052 bằng quá trình hàn GMAW, sử dụng dây hàn bù ER4043 với hàm lượng Si lớn hơn 5%.

2. VẬT LIỆU VÀ TRÌNH TỰ THỰC HIỆN

2.1. Vật liệu cơ bản và dây hàn bù

Vật liệu cơ bản sử dụng trong nghiên cứu là hợp kim nhôm A5052 và thép CT38 dạng tấm với chiều dày cố định là 4mm. Dây hàn sử dụng trong thí nghiệm là dây hàn ER4043 với khoảng 5%Si. Thành phần của hai kim loại cơ bản và dây hàn được thể hiện tương ứng trong Bảng 1, 2 [7, 8].

Bảng 1. Thành phần của hai kim loại cơ bản (wt. %)

Vật liệu	Al	Mg	Fe	Si	Mn	C	Cr
A5052	Chính	2.46	0.24	0.10	0.03	-	0.15
CT38	-	-	Chính	0.12-0.30	0.40-0.65	0.14-0.22	-

Bảng 2. Thành phần của dây hàn bù ER4043 (wt. %)

Al	Mg	Fe	Si	Mn	Cu	Zn
Chính	0.05	0.8	4.5-6	0.05	0.3	0.1



Bảng 3. Thông số chế độ hàn

Đường kính dây hàn (mm)	Cường độ dòng điện (A)	Điện áp hàn (V)	Lưu lượng khí bảo vệ (l/ph)	Vận tốc hàn (m/s)	Tầm với điện cực (mm)
1	85	17.5	10	4	8

2.2. Trình tự thực hiện thí nghiệm

Các tấm kim loại cơ bản được sử dụng trong thí nghiệm đều được cắt bằng máy cắt thủy lực theo một kích thước cố định (dài x rộng) là 150mm x 80mm với chiều dày cố định của các tấm là 4mm. Sau khi cắt, bề mặt các tấm được làm sạch bằng giấy nhám. Máy hàn MigMatic S400iP của hãng Miller được sử dụng để hàn các mẫu. Các thông số của chế độ hàn được thể hiện trong Bảng 3. Sau khi hàn thành công, năm mẫu được lựa chọn để cắt và thử độ bền kéo, mẫu phân tích cấu trúc tế vi được lấy từ phần cắt ra của các mẫu thử kéo này.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Máy kéo – nén vạn năng Unitest-H2-H2-Extra của hãng Univer được lựa chọn để

kiểm tra độ bền kéo của các mẫu hàn. Điều kiện thực hiện độ bền kéo của năm mẫu được thực hiện tương tự nhau. Hình 1 thể hiện kích thước mẫu thử bền kéo liên kết hàn giáp mối giữa hợp kim nhôm A5052 và thép CT38, và bảng 4 thể hiện kết quả kiểm tra độ bền kéo mà các liên kết hàn nhận được. Từ các kết quả trong Bảng 4 ta nhận thấy, độ bền kéo lớn nhất của năm mẫu kéo ta nhận được sau khi hàn giữa hai vật liệu tương ứng là 205.5 MPa, độ bền kéo này lớn hơn khoảng 12.45% so với độ bền kéo của dây hàn ER4043 và giá trị này cũng đạt tương ứng 77.3% so với độ bền của hợp kim nhôm A5052 như đã được công bố bởi nghiên cứu [2]. Điều này cho thấy liên kết hàn giáp mối giữa thép CT38 với hợp kim nhôm A5052 đã thành công về mặt giới hạn độ bền kéo đạt được sau khi hàn.

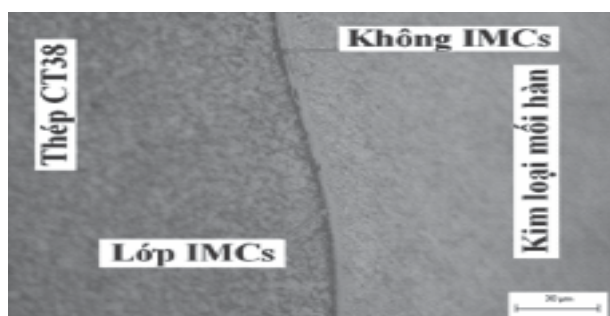
Bảng 4. Độ bền kéo 5 mẫu hàn tương ứng

Mẫu số	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Mẫu 5
Độ bền kéo (MPa)	185.7	205.5	195.9	201.3	198.5



Hình 1. Cấu trúc thô đại liên kết hàn giáp mối giữa thép CT38 và hợp kim nhôm A5052 bằng quá trình hàn GMAW

Hình 1 mô tả cấu trúc thô đại của liên kết hàn giáp mối giữa thép CT38 và hợp kim nhôm A5052 được hàn bằng quá trình hàn GMAW. Quan sát hình ảnh ta có thể thấy, tấm thép cacbon CT38 được vát mép theo kiểu phi truyền thống với đường cong dạng parabol nhằm mục đích tạo thêm diện tích bám dính và liên kết cho vùng kim loại mối hàn với tấm thép. Khu vực kim loại mối hàn được hình thành bởi phần lớn kim loại phụ từ dây hàn và một phần kim loại từ tấm hợp kim nhôm A5052, tại khu vực này không có sự nóng chảy của tấm thép do nhiệt độ nóng chảy của thép cao hơn rất nhiều so với hợp kim nhôm A5052 và dây hàn bù ER4043 (khoảng nhiệt độ 680°C đến dưới 700°C), nhiệt độ này không đủ để làm nóng chảy bề mặt tấm thép CT38. Vì vậy, sự liên kết tại khu vực này của tấm thép CT38 với kim loại mối hàn là sự liên kết khuếch tán bề mặt giữa kim loại mối hàn và bề mặt tấm kim loại CT38.

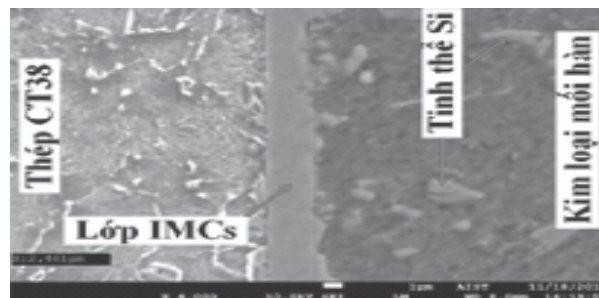


Hình 2. Cấu trúc tế vi khu vực liên kết giữa mối hàn và bề mặt tấm thép khi hàn giáp mối giữa thép CT38 với hợp kim A5052 bằng quá trình hàn GMAW

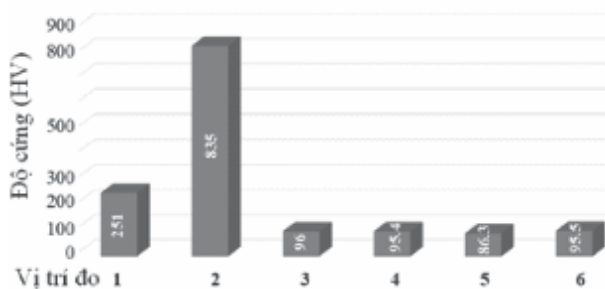
Hình 2 mô tả cấu trúc tế vi của liên kết hàn tại các vị trí 2 (khu vực có sự liên kết giữa kim loại mối hàn và bề mặt tấm thép CT38 bằng sự khuếch tán vật liệu) như mô tả trong hình số 1. Quan sát hình ảnh tại hình số 2 ta có thể nhận thấy, tại khu vực liên kết này có sự xuất hiện của lớp liên kim (IMCs) trong suốt chiều dài liên kết. Tuy nhiên, tại một số điểm liên kết không thấy sự xuất hiện lớp IMCs,

điều này có thể là do sự tác động từ nguyên tố Si trong thành phần kim loại của dây hàn phụ ER4043, kết hợp với sự kiểm soát tốt mức năng lượng nguồn nhiệt và sự duy trì đều của khoảng cách từ đầu súng hàn đến bề mặt vật hàn trong suốt quá trình hàn. Lớp liên kim này có chiều dày mỏng hơn khá nhiều so với những công bố trước đó từ những nghiên cứu [2, 9, 10], khi lớp IMCs này mỏng hoặc tốt nhất là không có lớp IMCs sẽ giúp nâng cao đáng kể độ bền kéo của liên kết hàn như công bố [7]. Quan sát hình 2 ta nhận thấy, lớp IMCs này có chiều dày khoảng 2μm.

Hình 3 mô tả cấu trúc siêu tế vi khu vực liên kết giữa kim loại mối hàn và bề mặt của tấm thép CT38 với que bù ER4043 khi được phóng đại lên 4000 lần. Quan sát hình ảnh ta có thể nhận thấy, khi thước đo đặt vào khu vực lớp IMCs, độ dày đo được là 2.41μm, qua đó ta có thể nói, độ dày này thấp hơn nhiều so với các công bố trước đó như trong các báo cáo [9-11]. Bên cạnh đó, ta có thể nhận thấy sự xuất hiện của các tinh thể Si trong khu vực của kim loại mối hàn, điều đó chứng tỏ nguyên tố này tham gia rất tích cực vào trong quá trình hình thành nên liên kết hàn và nó cũng có thể là nguyên tố chính giúp tăng cường sự khuếch tán của kim loại mối hàn vào trong bề mặt của tấm thép CT38 giúp tăng cường sự bám dính giữa kim loại mối hàn với bề mặt của tấm thép CT38.

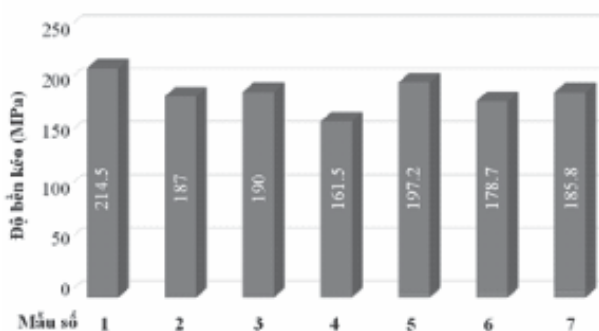


Hình 3. Cấu trúc siêu tế vi khu vực liên kết giữa mối hàn và bề mặt tấm thép khi hàn giáp mối giữa thép CT38 với hợp kim A5052 bằng quá trình hàn GMAW



Hình 4. Độ cứng tế vi khi hàn giáp mối giữa thép CT38 với hợp kim A5052 bằng quá trình hàn GMAW

Hình 4 mô tả độ cứng tế vi liên kết hàn giáp mối giữa hợp kim nhôm A5052 với thép CT38 bằng quá trình hàn GMAW với que bù ER4043. Quan sát các thông số trong hình ta nhận thấy, độ cứng tế vi của liên kết lớn nhất là điểm đo tại vị trí số 2 (835HV). Ta cũng có thể hiểu được đây là vị trí đo lại khu vực hàn có sự xuất hiện của lớp IMCs, lớp này là sự hình thành pha trung gian giữa thép và hợp kim nhôm nên độ cứng là rất lớn. Đây cũng là nguyên nhân chính gây ra sự chịu tải trọng động kém đối với các liên kết hàn khác vật liệu vì nó thường cứng và giòn. Giá trị độ cứng lớn thứ hai là điểm đo tại khu vực tấm thép CT38 với sự ảnh hưởng không lớn của nguồn nhiệt hàn, và tại khu vực tấm hợp kim nhôm A5052 có sự thay đổi về độ cứng là ít hơn.



Hình 5. Độ bền kéo liên kết hàn giáp mối giữa thép CT38 với hợp kim A5052 bằng quá trình hàn GMAW

Hình 5 mô tả kết quả kiểm tra độ bền kéo của bảy mẫu hàn giữa hợp kim nhôm A5052 với thép CT38 bằng quá trình hàn GMAW với que hàn bù ER4043. Quan sát hình ảnh ta có thể nhận thấy, độ bền kéo lớn nhất của các mẫu được khảo sát khi hàn hai vật liệu này là 214.5MPa (mẫu hàn số 1) và độ bền kéo nhỏ nhất nhận được là 161.5MPa (mẫu hàn số 4). Kết quả kiểm tra độ bền kéo trung bình nhận được từ bảy mẫu là 187.81MPa, độ bền kéo này tương đương với 75.12% so với hợp kim nhôm A5052 và cao hơn 11.38% so với dây hàn ER4043. Với kết quả kiểm tra độ bền kéo đã đạt được khi kiểm tra bảy mẫu hàn trong nghiên cứu, ta có thể khẳng định quá trình hàn giữa hợp kim nhôm A5052 và thép CT38 đạt được kết quả khá tốt.

4. KẾT LUẬN

Một vài kết luận trong nghiên cứu này có thể tóm tắt như sau:

- Nghiên cứu này cho thấy việc hàn hợp kim nhôm A5052 với thép CT38 bằng quá trình hàn GMAW có sử dụng que hàn bù ER4043 với phương pháp vát mép phi truyền thống là hoàn toàn khả thi.

- Sự xuất hiện nhiều của nguyên tố Si trong khu vực kim loại mối hàn đã cho thấy nguyên tố này tham gia tích cực vào trong quá trình hình thành liên kết hàn, giúp hạn chế được chiều dày của lớp liên kim, từ đó nâng cao độ bền kéo cho liên kết hàn, giúp liên kết hàn có khả năng chịu lực tốt hơn khi làm việc.

- Độ bền kéo trung bình của bảy mẫu nhận được cao hơn độ bền kéo của kim loại loại phụ và đạt giá trị 75% độ bền kéo của hợp kim nhôm A5052. Đây là cơ sở để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo nhằm nâng cao độ bền kéo

của liên kết hàn khác vật liệu giữa các hợp kim nhôm và thép. ❖

Ngày nhận bài: 16/3/2024

Ngày phản biện: 10/5/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Shih, J.S.; Tzeng, Y.F.; Lin, Y.F.; Yang, J.B. “Multi-objective process optimization of pulsed plasma arc welding SS400 steel pipe with foamed aluminum liner”. J. Adv. Mech. Des. Syst. Manuf. 2012, 6, 222-235.
- [2]. Watanabe, T.; Sakuyama, H.; Yanagisawa, A. “Ultrasonic welding between mild steel sheet and Al-Mg alloy sheet”. J. Mater. Process. Technol. 2009, 209, 5475-5480
- [3]. Sun, J.; Yan, Q.; Gao, W.; Huang, J. “Investigation of laser welding on butt joints of Al/steel dissimilar materials”. Mater. Des. 2015, 83, 120-128.
- [4]. Evdokimov, Anton, et al. “Thermomechanical laser welding simulation of dissimilar steel-aluminum overlap joints”. International Journal of Mechanical Sciences 190 (2021): 106019.
- [5]. Kaushik, Pankaj, and Dheerendra Kumar Dwivedi. “Effect of tool geometry in dissimilar Al-steel friction stir welding”. Journal of Manufacturing Processes 68 (2021): 198-208.
- [6]. Nguyen, Van Nhat, Quoc Manh Nguyen, and Shyh-Chour Huang. “Microstructure and mechanical properties of butt joints between stainless steel SUS304L and aluminum alloy A6061-T6 by TIG welding”. Materials 11.7 (2018): 1136.
- [7]. Nguyen, Quoc Manh, and Shyh-Chour Huang. “An investigation of the microstructure of an intermetallic layer in welding aluminum alloys to steel by MIG process”. Materials 8.12 (2015): 8246-8254.
- [8]. <https://thephuongbac.vn/thanh-phan-hoa-hoc.html>
- [9]. Chang, Qing, et al. “Microstructures and mechanical properties of metal inert-gas arc welded joints of aluminum alloy and ultrahigh strength steel using Al-Mg and Al-Cu fillers”. Journal of Materials Research 32.3 (2017): 666-676.
- [10]. Cheepu, Muralimohan, et al. “Dissimilar joining of stainless steel and 5083 aluminum alloy sheets by gas tungsten arc welding-brazing process”. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 330. No. 1. IOP Publishing, 2018.
- [11]. Ye, Zheng, et al. “Microstructure and mechanical properties of 5052 aluminum alloy/mild steel butt joint achieved by MIG-TIG double-sided arc welding-brazing”. Materials & Design 123 (2017): 69-79.
- [12]. Chang, Qing, et al. “Microstructures and mechanical properties of metal inert-gas arc welded joints of aluminum alloy and ultrahigh strength steel using Al-Mg and Al-Cu fillers”. Journal of Materials Research 32.3 (2017): 666-676.