

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA TỐC ĐỘ QUAY ĐẾN CHẾ ĐỘ NHIỆT VÀ ĐỘ BỀN KÉO CỦA LIÊN KẾT HÀN MA SÁT NGOÁY HỢP KIM NHÔM 5052

RESEACH ON EFFECT OF ROTATING SPEED ON HISTORICAL TEMPERATURE AND TENSILE STRENGTH OF FRICTION STIR WELDING AA 5052 JOINT

Trần Văn Châu¹, Hán Lê Duy², Đỗ Thanh Tùng³

¹Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Viện Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

³Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ quay khi hàn ma sát ngoáy hợp kim nhôm 5052 giáp mối (với máy phay CNC ba trục) đến chế độ nhiệt và độ bền kéo của liên kết hàn. Quá trình hàn ma sát ngoáy giáp mối các tấm hợp kim nhôm 5052 được tiến hành với một loại đầu hàn và các tốc độ quay khác nhau trong khoảng 500-900 vòng/phút trong khi giữ nguyên tốc độ tịnh tiến. Chế độ nhiệt được quan sát và ghi lại vào máy tính thông qua bộ đo nhiệt độ sử dụng cặp nhiệt. Các mẫu thí nghiệm được kéo để đánh giá độ bền. Các kết quả chỉ ra rằng, về cơ bản trong khoảng thí nghiệm, nhiệt độ tỷ lệ thuận với tốc độ quay và với tốc độ khoảng từ 500 đến 600 vòng/phút cho mỗi hàn có độ bền kéo tốt nhất.

Từ khóa: Hàn ma sát ngoáy; Hợp kim nhôm 5052; Tốc độ quay trục chính; Đầu hàn ma sát ngoáy.

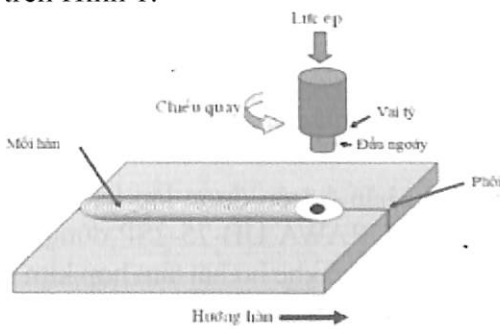
ABSTRACT

This paper presents the effect of rotation speed when Friction Stir Welding (FSW) of aluminium alloy 5052 plates abutment (with three-axis CNC milling machine) to heat diffusion and tensile strength of welding joint. The FSW process of the aluminium alloy 5052 plates is carried out with a FSW tool and different tool rotation speed of 500-900 rpm while stable tool traverse speed. Heat regimes are observed and recorded to the computer via thermocouples using thermocouples. Experimental samples were drawn to evaluate the durability. The results show that, basically, in the test range, the temperature is proportional to the tool rotation speed and at tool rotation speed of about 500 to 600 rpm for the best tensile strength.

Keywords: Friction stir welding (FSW), aluminum alloy 5052, Tool rotation speed, Friction stir tool.

1. GIỚI THIỆU

Hàn ma sát ngoáy là một phương pháp công nghệ hàn kim loại mà vật liệu hàn chưa đạt đến trạng thái chảy lỏng, nó được phát minh bởi Viện hàn Anh quốc năm 1991. Công nghệ này ban đầu chủ yếu áp dụng cho nhôm và các hợp kim nhôm, được mở rộng cho magie, đồng và các hợp kim của chúng. Sau đó công nghệ hàn ma sát ngoáy được tiếp tục phát triển ứng dụng cho các hợp kim khác cứng hơn, ngoài ra còn mở rộng sang cả vật liệu composite và nhựa. Công nghệ hàn này đơn giản, thân thiện với môi trường, hiệu suất cao và nhanh chóng trở thành mối quan tâm lớn cho nhiều ngành công nghiệp như: Ô-tô, hàng không vũ trụ [1]...Nguyên lý của quá trình hàn ma sát ngoáy được thể hiện như trên Hình 1.



Hình 1. Nguyên lý hàn ma sát ngoáy

Một số nghiên cứu hàn ma sát ngoáy hợp kim 5052 đã được công bố [2,3] về xử lý

sau hàn, cấu trúc tế vi và cơ tính. Kulekci và đồng nghiệp [4] phân tích ảnh hưởng của tốc độ quay và đường kính đầu hàn đến độ bền mỏi của mối hàn nhôm. S Verma [5], P H Shah [6], nghiên cứu phân bố nhiệt độ trong quá trình hàn ma sát ngoáy nhưng trên vật liệu nhôm 6xxx và 7xxx trong khi thay đổi góc nghiêng đầu hàn, thời gian giữ đầu hàn khi hoàn toàn ở trong phôi hàn ban đầu hoặc đường kính vai tỳ của đầu hàn.

Nghiên cứu này, đánh giá ảnh hưởng của tốc độ quay đầu hàn đến trường nhiệt độ và độ bền kéo của mối hàn giáp mối tấm nhôm hợp kim 5052 với chiều dày 6 mm bằng một đầu hàn ma sát ngoáy xác định và lắp trên máy phay CNC 3 trục. Nhiệt độ trên phôi hàn được ghi lại bởi các cặp nhiệt trong suốt quá trình hàn với tốc độ hàn thay đổi từ 500 đến 900 vòng/phút.

2. QUÁ TRÌNH THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu

Các tấm hợp kim nhôm 5052 dày 6.0 mm được cắt thành kích thước yêu cầu (dài 155 mm và rộng 80 mm) bởi máy cưa và phay đạt kích thước chuẩn. Thành phần hóa học và cơ tính của hợp kim này được liệt kê trong Bảng 1 và Bảng 2.

Bảng 1. Thành phần hóa học của hợp kim nhôm 5052:

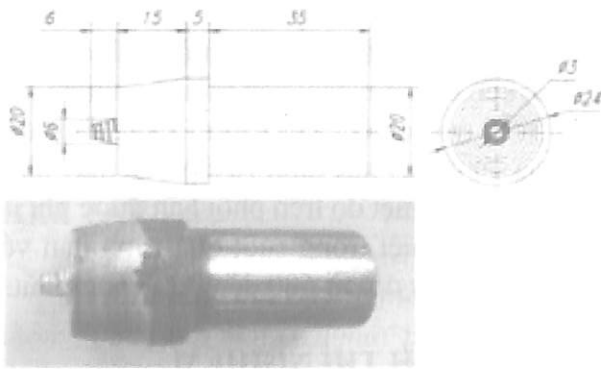
Thành phần	Mg	Si	Fe	Cu	Cr	Zn	Mn	Chất khác	Al
Tỷ lệ %	2.2-2.8	< 0.25	< 0.4	< 0.1	0.15-0.35	< 0.1	< 0.01	< 0.2	Còn lại

Bảng 2. Cơ tính của hợp kim nhôm 5052:

Hợp kim	Độ bền kéo (MPa)	Giới hạn chảy 0.2 % (MPa) Min	Độ giãn dài tương đối (% tại độ dài 50 mm) Nhỏ nhất cho tấm có các chiều dày sau				
			0.15-0.32 mm	0.33-0.63 mm	0.64-1.20 mm	1.21-6.30 mm	6.31-80.0 mm
5052	170-215	65	13	15	17	19	18

2.2. Thiết kế và chế tạo đầu hàn ma sát ngoáy

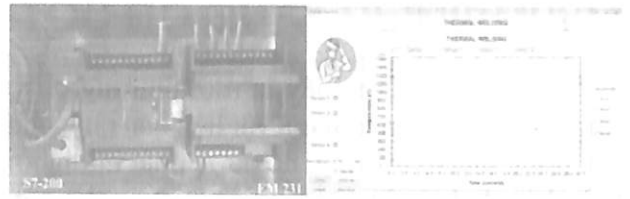
Một đầu hàn ma sát ngoáy được chế tạo từ vật liệu thép gió P6M5 với mũi dạng nón cụt và vai tỳ dạng lõm được sử dụng để dùng trong quá trình hàn ma sát. Đầu hàn sau khi gia công cơ được xử lý nhiệt để đạt độ cứng bề mặt lên tới 50-55 HRC. Thiết kế của đầu hàn và sản phẩm đầu hàn thực tế dùng trong thí nghiệm được mô tả như trong Hình 2.



Hình 2. Đầu hàn ma sát ngoáy dùng trong thí nghiệm.

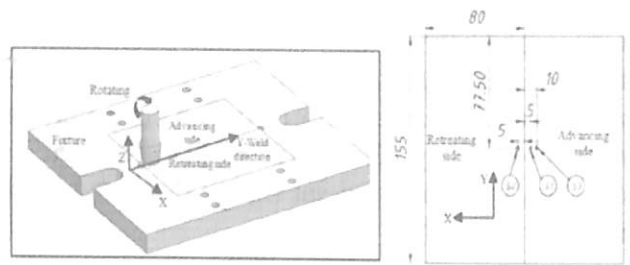
2.3. Cặp nhiệt và thiết bị đo, ghi nhiệt độ

Nhiệt độ đóng vai trò quan trọng trong xác định cơ tính và tổ chức kim loại mối hàn ma sát. Ba cặp nhiệt kiểu K được đặt trong hai tấm phôi hàn, phần đầu còn lại của dây cặp nhiệt được nối vào module đo nhiệt độ dùng cặp nhiệt EM 231 và thông qua PLC S7-200 (như trên Hình 3), sau đó được kết nối với một máy tính. Một chương trình được nhóm tác giả tự viết với tên Thermal Welding được dùng để ghi các giá trị nhiệt độ đọc được thông qua bộ EM 231/S7-200 và lưu dữ liệu trên máy tính. Hệ thống này có thể ghi giá trị nhiệt độ lên tới 1.100°C với tần suất thời gian lấy mẫu từ 0.1 tới 1s.



Hình 3. Bộ PLC S7-200/ EM 231 và phần mềm ThermalWelding

2.4. Bố trí và tiến hành thí nghiệm



Hình 4. Gá đặt phôi và vị trí cặp nhiệt (nhìn từ dưới lên)

Đầu hàn ở trên được lắp lên máy phay CNC 3 trục URAWA UB-75-2SP dùng để hàn giáp môi không có khe hở hai tấm hợp kim nhôm 5052 với nhau. Một bộ đồ gá được thiết kế riêng cho quá trình hàn này để cố định vị trí phôi hàn trên bàn máy phay trong quá trình hàn. Trên phôi hàn, 3 lỗ với chiều sâu 3 mm và đường kính mỗi lỗ 2 mm được khoan ở hai phía của phôi hàn để làm vị trí gắn các cặp nhiệt như trên Hình 4. Các cặp nhiệt thứ nhất và thứ hai (S1 và S2) được đặt cách tâm đường hàn dự kiến 5 mm về hai bên. Cặp nhiệt thứ 3 được bố trí cách tâm đường hàn 10 mm về cùng phía với cặp nhiệt S1. Các thông số hàn ma sát chính như tốc độ hàn, tốc độ quay, chiều sâu hàn và góc nghiêng đầu hàn được liệt kê trong Bảng 3. Trong suốt quá trình hàn với 5 mẫu, dữ liệu nhiệt độ được liên tục ghi tại 3 vị trí đặt các cặp nhiệt. Phần mềm Thermal Welding không những chỉ hiển thị, ghi lại nhiệt độ thời gian thực tại các vị trí dưới dạng file text mà còn có thể vẽ ra các biểu đồ nhiệt độ tức thời trong cửa sổ đồ họa.

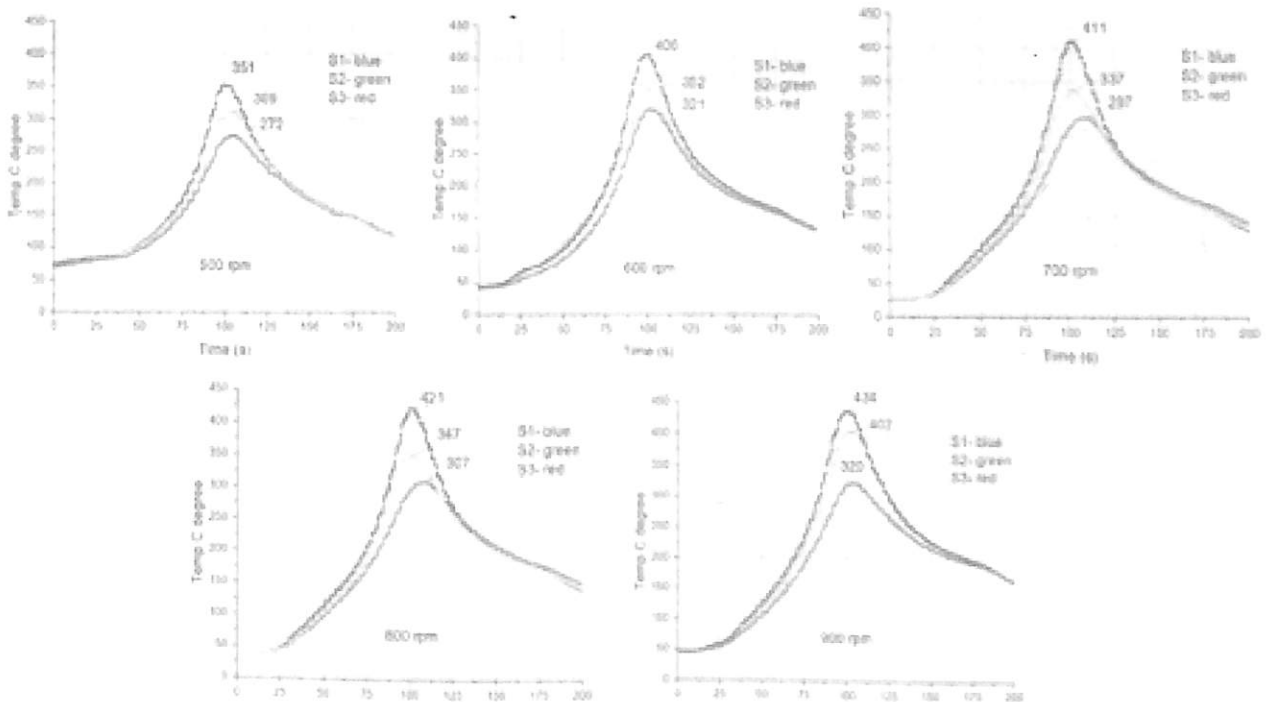
Bảng 3. Thông số quá trình hàn:

Mẫu	Tốc độ quay (vòng/phút)	Tốc độ hàn (mm/phút)	Chiều sâu hàn (mm)	Góc nghiêng (°)
SP1	500	52	6	2
SP2	600			
SP3	700			
SP4	800			
SP5	900			

3. KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ

3.1. Về nhiệt độ

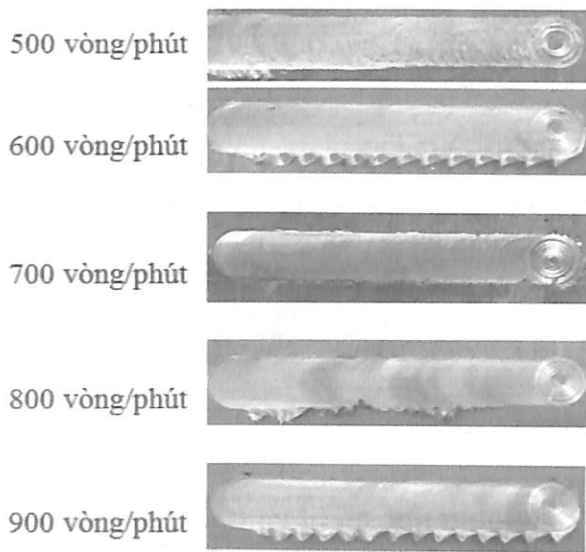
Quá trình hàn được tiến hành với 5 mẫu dưới các điều kiện khác nhau về tốc độ quay của đầu hàn. Hình 5, chỉ ra nhiệt độ cao nhất (tại 3 điểm S1, S2, S3) khi tốc độ quay thay đổi từ 500 đến 900 vòng/phút với tốc độ hàn không đổi 52 mm/phút. Biểu đồ nhiệt độ cũng chỉ ra rằng, nhiệt độ tại phía đặt S1, S3 cao hơn phía đặt S2 khoảng 10 – 20 %. Bên cạnh đó, nhìn chung theo độ tăng của tốc độ quay đầu hàn, nhiệt độ đỉnh cũng tăng theo, tăng mạnh nhất trong chuyển biến từ tốc độ 500 vòng/phút khi lên tốc độ 600 vòng/phút (Hình 5).



Hình 5. Biểu đồ nhiệt độ của 5 mẫu hàn

3.2. Về chất lượng bề mặt mối hàn

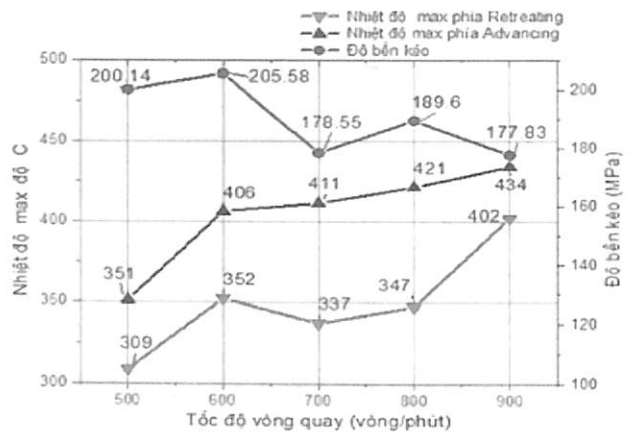
Như kết quả thu được trên Hình 6, tại tốc độ quay 500 vòng/phút, bề mặt mối hàn có chất lượng kém, các nhấp nhô bề mặt tương đối lớn. Tại các tốc độ 600 và 700 vòng/phút cho chất lượng bề mặt tốt nhất. Với tốc độ 800 – 900 vòng/phút, bề mặt mối hàn thô và có hiện tượng quá nhiệt tạo các vết cháy trên bề mặt.



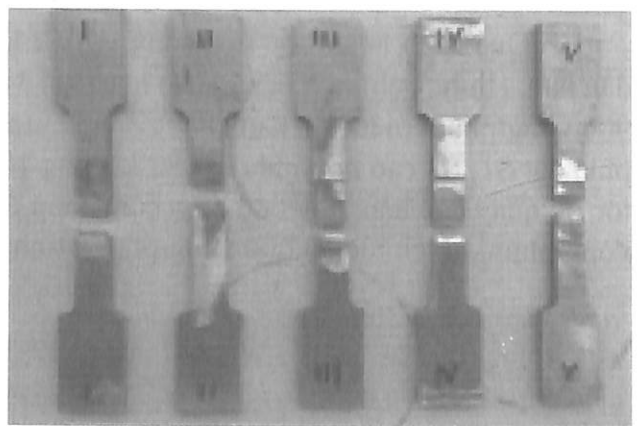
Hình 6. Ảnh chụp bề mặt mối hàn

3.3. Độ bền kéo

Các mẫu hàn được cắt và tiến hành đo độ bền kéo. Các kết quả kéo mẫu được thể hiện trên biểu đồ các Hình 7 và 8. So sánh chỉ ra rằng, độ bền kéo tối đa đạt được với mẫu tại tốc độ quay 600 vòng/phút có giá trị 205.58 MPa. Mẫu có độ bền kéo thấp nhất là 177.83 MPa tại tốc độ quay 900 vòng/phút. Nhiệt độ cao làm cho mối hàn có độ bền kéo tốt hơn, tuy nhiên khi nhiệt độ cao quá giới hạn sẽ có ảnh hưởng làm giảm độ bền kéo của liên kết. Sự kết hợp đúng, cần thiết của các thông số hàn ma sát ngoáy mới tạo ra mối hàn ma sát có chất lượng tốt nhất [8].



Hình 7. Ảnh hưởng của tốc độ quay đến nhiệt độ và độ bền kéo



Hình 8. Các mẫu kéo từ SP1 đến SP5

Hình 8 chỉ ra rằng, các vùng kéo đứt đều nằm trong vùng hàn, kết hợp với biểu đồ Hình 7 nhận thấy độ bền kéo đạt được rất gần với độ bền của kim loại cơ bản trong Bảng 2, riêng mẫu SP2 tại tốc độ quay 600 vòng/phút đạt được 95,6% độ bền lớn nhất của kim loại cơ bản.

4. KẾT LUẬN

Nhóm tác giả đã thực hiện thành công quá trình hàn ma sát ngoáy hợp kim nhôm 5052 trên máy phay CNC ba trục URAWA UB-75-2SP với đầu hàn, hệ thống đồ gá, hệ thống đo, ghi nhiệt độ tự thiết kế. Với sự thay đổi của tốc độ hàn từ 500 đến 900 vòng/phút

và giữ nguyên tốc độ hàn 52 mm/phút, qua so sánh nhiệt độ thu được cùng độ bền kéo mẫu, đánh giá chất lượng bề mặt mối hàn, các kết luận rút ra như sau:

1) Chất lượng bề mặt mối hàn tốt nhất khi tốc độ quay trong khoảng 600 đến 700 vòng/phút.

2) Nhiệt độ một phía thuận luôn cao hơn phía còn lại 10 – 20 %.

3) Mặc dù bề mặt mối hàn tại tốc độ 500 vòng/phút là thô ráp, tuy nhiên tại tốc độ này lại cho độ bền kéo tương đối tốt, độ bền kéo lớn nhất đạt được là 205.58 MPa tại tốc độ quay 600 vòng/phút. Độ bền kéo giảm dần khi tăng tốc độ quay vượt quá 600 vòng/phút. ❖

Ngày nhận bài: 08/7/2018

Ngày phản biện: 19/7/2018

Tài liệu tham khảo:

- [1]. R.S. Mishraa, Z.Y. Mab., Friction stir welding and processing, Materials Science and Engineering R 50 (2005), 1–78.
[2]. Sato Y.S., Sugiura Y, Shoji Y, Park SHC,

Kokawa H, Ikeda K., Post-weld formability of friction stir welded Al alloy 5052. Mater Sci Eng A 2004; A369 (1–2), 138–43.

- [3]. Raza et al, Effect of tool rotational speed on forge generation, microstructure and mechanical properties of friction stir welded Al-Mg-Cr-Mn (AA 5052-O) alloy, Material and Design 66 (2015), 118-128.
[4]. Kulekci M, Kulekci M, Sik A, Kaluç E., Effects of tool rotation and pin diameter on fatigue properties of friction stir welded lap joints. Int J Adv Manuf Technol 2008;36 (9), 877–82.
[5]. S Verma, Study on temperature distribution during Friction Stir Welding of 6082 aluminium alloy, Materials Today: Proceeding 4 (2017) 1350-1356.
[6]. Mr. P H Shah, An experimental investigation of temperature distribution and joint properties of Al 7075 T651 friction stir welded aluminium alloys, Procedia Technology 23 (2016) 543-550.
[7]. Pankaj Sharma, Deepak Bhati, Effects of tool rotation speed and tilt angle on friction stir welding of Al- 6075, IJRMEE 2(8), August 2015.
[8]. Jitender Kundu, Gyander Ghangas, Nav Rattan and Satish Kumar Sharma, Effect of Different Parameters on Heat Generation and Tensile Strength of FSW AA5083 Joint, International Journal of Current Engineering and Technology, Vol.7, No.3 (June 2017).