

Thông số chính trong hàn ma sát khuấy vật liệu nhôm

Main parameters of friction stir welding aluminium

Vũ Dương^{a*}, Nguyễn Thanh Tùng^{a,b}
Vu Duong^{a*}, Nguyen Thanh Tung^{a,b}

^aTrường Công Nghệ, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

^aSchool of Engineering Technology, Duy Tan University, 550000, Danang, Vietnam

^bKhoa Cơ khí, Trường Đại học Duy Tân, Đà Nẵng, Việt Nam

^bMechanical Engineering Faculty, Duy Tan University, 550000, Danang, Vietnam

(Ngày nhận bài: 20/7/2022, ngày phản biện xong: 01/8/2022, ngày chấp nhận đăng: 7/8/2022)

Tóm tắt

Trong quá trình hàn khuấy sẽ gây ra sự thay đổi tổ chức, ứng suất dư ở các vùng khác nhau ảnh hưởng đến cơ tính và chất lượng mối hàn. Những thay đổi đó trong mỗi vùng phụ thuộc rất nhiều vào quá trình cơ nhiệt khi hàn. Bài báo này tập trung nghiên cứu các thông số thay đổi trên cơ sở bài toán quy hoạch thực nghiệm.

Từ khóa: Ma sát khuấy; quy hoạch; thực nghiệm; vật liệu hàn; mô hình hóa.

Abstract

The stir welding process will cause structural change, residual stress in different zones affecting the physical properties and quality of the weld. Those changes in each zone are highly dependent on the thermomechanical process of welding. The article focused on the experimental design to reveal the main parameters of this process.

Keywords: Friction stirring; planning; experiment; welding materials; modelling.

1. Đặt vấn đề

Hàn ma sát khuấy là một dạng công nghệ hàn thân thiện với môi trường, do ít tạo ra các tác nhân gây ô nhiễm, như bức xạ, khí độc hại. Đặc biệt gần đây người ta tập trung nghiên cứu hàn ma sát khuấy hợp kim nhôm do các kết cấu này có nhiều ứng dụng trong công nghiệp sản xuất ô tô, tàu thủy và hàng không. Bài báo này tập trung nghiên cứu để đưa ra ảnh hưởng tương hỗ giữa các thông số chính quá trình hàn ma sát khuấy hợp kim nhôm. Hợp kim nhôm 6061 là loại hợp kim có tính chống gỉ cao, khả năng dễ gia công, tỷ lệ độ bền/trọng lượng cao. Đồng thời hợp kim này cũng có tính hàn cao, cho nên dạng tấm của nó thường được dùng chế tạo kết cấu hàn tấm.

Dùng quy hoạch thực nghiệm được áp dụng để tìm ra các yếu tố ảnh hưởng chính trong quy trình công nghệ, ảnh hưởng của một yếu tố đến đối tượng nghiên cứu, sai lệch trong quy trình công nghệ, những vấn đề sai hỏng của máy, lựa chọn các thông số, mô hình hóa toán học của đối tượng nghiên cứu.

Dữ liệu thực nghiệm được thu thập và phân tích để tìm ra các thông số công nghệ tốt nhất với số lượng thí nghiệm ít nhất.

2. Vật liệu thí nghiệm

Vật liệu hợp kim nhôm được lựa chọn trong thí nghiệm này là mác 6061, có nhiều ứng dụng trong ngành đóng tàu, chế tạo máy bay, ô tô, thiết bị lạnh, do có độ bền và giãn dài cao, độ

chịu mài tốt với trọng lượng riêng thấp. Thành phần vật liệu hợp kim nhôm 6061 trong Bảng

2.1, cơ tính vật liệu hợp kim nhôm 6061 thể hiện trong Bảng 2.2.

Bảng 2.1. Thành phần hóa học hợp kim nhôm 6061

Nguyên tố	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Tổng các nguyên tố khác
Hàm lượng (%)	Còn lại	0.4-0.8	0.7	0.15-0.4	0.15	0.8-1.2	0.04-0.35	0.25	0.0-0.15

Bảng 2.2. Cơ tính hợp kim nhôm 6061.

Độ bền kéo (MPa)	Độ bền chảy (MPa)	Độ dẫn dài tương đối (%)
124	55	25

3. Phương pháp nghiên cứu

Kích thước mẫu hàn có chiều dài 200mm, rộng 100mm, dày 5mm. Quá trình hàn sử dụng dụng cụ đầu khuấy tiêu chuẩn có ren được chế tạo từ thép dụng cụ H13 [1]. Mô hình thực nghiệm:

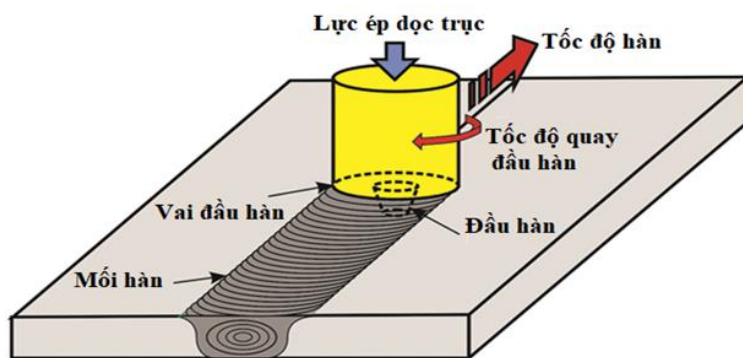
- Hàm mục tiêu là độ bền kéo. Áp dụng mô hình quy hoạch thực nghiệm Box-Behnken [2;3] để xác định mức độ ảnh hưởng và tối ưu hoá các thông số quá trình.

- Các thông số thay đổi: tốc độ quay đầu hàn, ký hiệu là n , đơn vị (v/ph); vận tốc hàn, ký hiệu là V_h , đơn vị (mm/ph) và đường kính vai hàn, ký hiệu là d , đơn vị (mm).

Thí nghiệm được thực hiện trên máy phay CNC VP 3000, công suất 5.5kW và tốc độ quay

lớn nhất 3500 v/ph. Nguyên lý hàn được thể hiện trong Hình 3.1.

Máy phay CNC có thể cài đặt được tốc độ quay và tốc độ hàn theo chương trình gia công được lập trình sẵn. Chỉ có lực dọc trục là khó có thể kiểm soát được trên máy phay thông thường. Trên máy phay, chiều sâu xâm nhập của vai có thể thay thế cho thông số lực dọc trục. Khi tăng chiều sâu xâm nhập của vai, lực dọc trục sẽ tăng theo do phản lực giữa vai dụng cụ và vật liệu với đe hàn. Hơn nữa trên những máy hàn ma sát khuấy chuyên dụng, việc kiểm soát và duy trì lực trong suốt quá trình hàn cũng hết sức khó khăn, trong khi đó chiều sâu xâm nhập của vai có thể được duy trì dễ dàng. Do đó, ta có thể sử dụng thông số chiều sâu xâm nhập của vai đại diện cho lực dọc trục.



Hình 3.1. Nguyên lý hàn ma sát khuấy



Hình 3.2. Mối hàn góc

4. Kết quả thực nghiệm và bàn luận

Mỗi hàn góc, phôi được kẹp chặt bởi bộ đồ gá bằng thép trên bàn chạy dao của máy phay như Hình 3.2.

Bảng 4.1. Số liệu thực nghiệm

STT	n (v/ph)	Vh (mm/ph)	d (mm)
1	1000	70	12
2	1400	70	12
3	1000	110	12
4	1400	110	12
5	1000	90	10
6	1400	90	10
7	1000	90	14
8	1400	90	14
9	1200	70	10

10	1200	110	10
11	1200	70	14
12	1200	110	14
13	1200	90	12
14	1200	90	12
15	1200	90	12

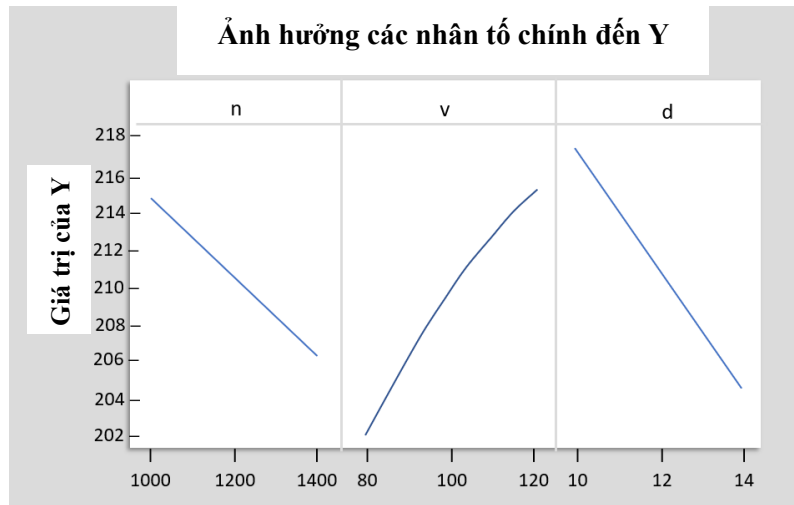
Chế độ hàn thăm dò (Bảng 4.1) ở mức cơ sở là: tốc độ quay dụng cụ (n) là 1200 v/ph, vận tốc hàn (Vh) là 90 mm/ph, đường kính vai dụng cụ (d) là 12mm, chiều sâu xâm nhập vai vào bề mặt vật hàn là 0,15mm. Kết quả thực nghiệm và kiểm tra thể hiện như Bảng 4.2, cho thấy sự thay đổi độ bền kéo phụ thuộc vào các thông số chính trong chế độ hàn đã khảo sát, ý nghĩa của nó được đề cập trong Kết luận.

Bảng 4.2. Kết quả thực nghiệm

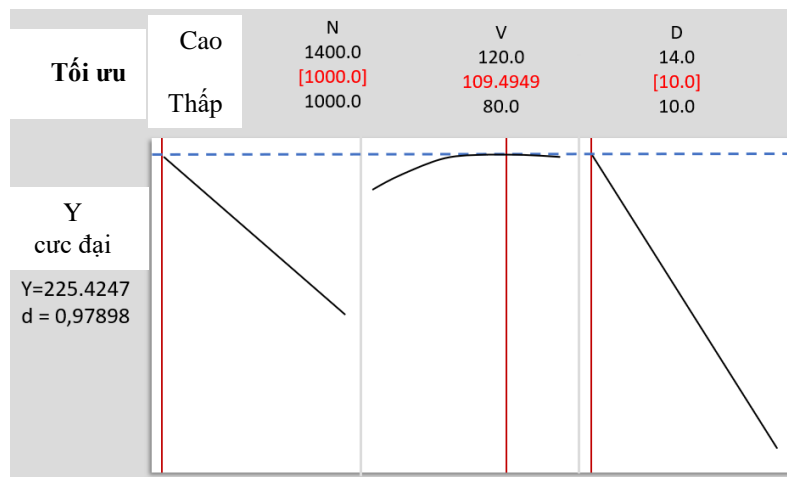
STT	Tốc độ quay (v/ph)	Vận tốc hàn (mm/ph)	Đường kính vai (mm)	Kết quả thí nghiệm 1 (MPa)	Kết quả thí nghiệm 2 (MPa)	Kết quả thí nghiệm 3 (MPa)	Giá trị TB (MPa)
	n	Vh	d	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y
1	1000	80	12	210.774	212.888	213.729	212.464
2	1400	80	12	193.825	194.375	192.617	193.606
3	1000	120	12	213.354	215.813	214.729	214.632
4	1400	120	12	217.774	218.761	215.223	217.253
5	1000	100	10	223.912	225.255	226.129	225.099
6	1400	100	10	208.021	207.708	210.333	208.687
7	1000	100	14	204.542	203.5	205.792	204.611
8	1400	100	14	204.025	204.931	203.125	204.027
9	1200	80	10	209.375	207.803	211.292	209.25
10	1200	120	10	221.092	223.765	222.587	222.481
11	1200	80	14	196.563	194.958	197.958	196.493
12	1200	120	14	208.708	210.133	209.833	209.558
13	1200	100	12	209.75	212.042	210.958	210.917
14	1200	100	12	212.417	211.708	208.042	210.722
15	1200	100	12	212.333	209.208	210.833	210.791

Kết quả tính toán và kiểm tra kết quả trên phần mềm Minitab là giống nhau. Sau khi tính toán và kiểm tra xử lý số liệu bằng phần mềm

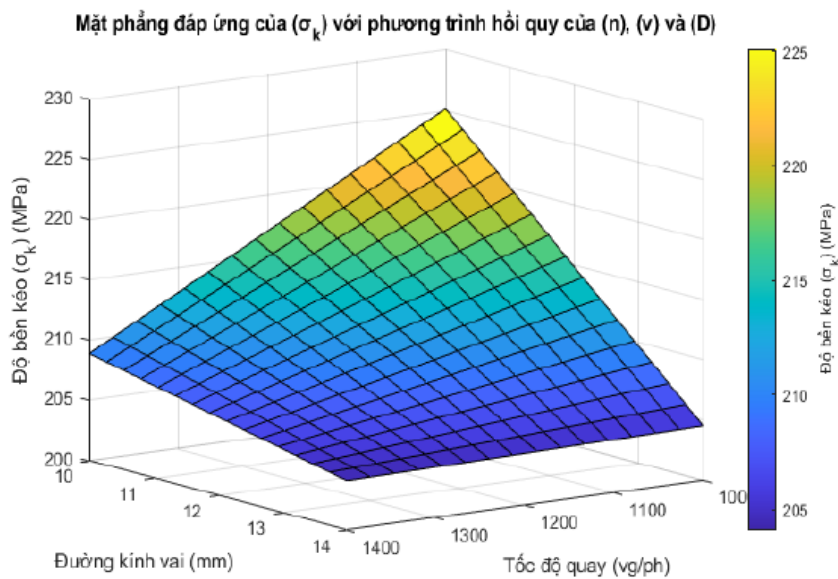
[5;6], mức độ ảnh hưởng của các thông số hàn và giá trị tối ưu của chúng lần lượt được thể hiện trong Hình 4.1 -Hình 4.4.



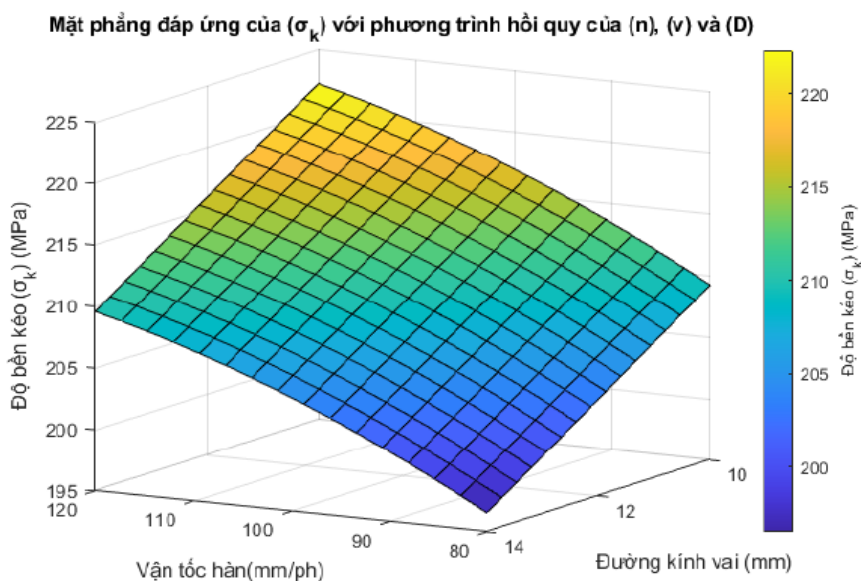
Hình 4.1. Mức ảnh hưởng của các thông số hàn.



Hình 4.2. Tối ưu các thông số hàn.



Hình 4.3. Mặt phẳng đáp ứng của σ với tốc độ hàn (mm/ph) và đường kính vai (mm).



Hình 4.4. Mặt phẳng đáp ứng của σ_k với vận tốc hàn (mm/ph) và đường kính vai (mm).

Thông số tối ưu tại các yếu tố: $n = 1000$ v/ph, $v = 109.4949$ mm/ph và $d = 10$ mm, với giá trị độ bền kéo đạt được là 225.4247MPa. Các mối hàn được kiểm tra cơ tính [4], soi tổ chức tế vi, đo độ cứng tế vi và chụp tia X- để đánh giá và bàn luận.

5. Kết luận

Mối hàn được thực hiện trên máy phay CNC với các điều kiện khác nhau, trong miền thông số đã xác định mối hàn hình thành tốt, không khuyết tật, đảm bảo cơ tính tốt và đạt tổ chức hạt mịn tương tự kết quả đã công bố trong [7]. Qua kết quả thực nghiệm, tính toán xử lý số liệu đã khẳng định được độ chính xác của mô hình nhiệt, kết quả mô phỏng và việc lựa chọn xác lập mô hình để nghiên cứu quá trình hàn. Mặc dù có nhiều thông số ảnh hưởng đến chất lượng mối hàn như đã trình bày ở phần trước nhưng qua kiểm tra (đặc biệt là tổ chức tế vi và độ bền kéo), đánh giá và phân tích thì có thể khẳng định rằng ba thông số (tốc độ quay dụng cụ hàn, vận tốc hàn và chiều sâu xâm nhập của vai dụng cụ vào vật hàn) có tác động nhiều nhất đến chất lượng mối hàn.

Miền thông số thích hợp cho mối liên kết hàn góc hợp kim nhôm 6061 có chiều dày tấm

5mm là tốc độ quay 1000 v/ph, vận tốc hàn 110 mm/ph, đường kính vai dụng cụ là 10mm. Hệ số WP từ 4 - 7 và chiều sâu xâm nhập là 0.1mm.

Tài liệu tham khảo

- [1] Trần Văn Dũng (2010), *Lý thuyết biến dạng dẻo kim loại*, NXB Bách Khoa Hà Nội.
- [2] Nguyễn Hữu Lộc (2011), *Quy hoạch và phân tích thực nghiệm*, ĐHQG TPHCM.
- [3] Phan Đình Huân (2011), *Phương pháp phần tử hữu hạn*, NXB Tp HCM.
- [4] Hoàng Trọng Bá (2006), *Công nghệ Kim loại*, NXB Tp HCM.
- [5] Song, M. and R. Kovacevic (2003), *Numerical and Experimental Study of the Heat Transfer Process in Friction Stir Welding*, Proceedings of the Instn. of Mechanical Engineer, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 217, 73-85.
- [6] Tang, W., X. Guo, J.C. McClure and L.E. Murr (1998), *Heat Input and Temperature Distribution in Friction Stir Welding*, Journal of Materials Processing and Manufacturing Science, 7, p. 163-172.
- [7] Chao, Y. J. and Qi, X. (1998), *Thermal and thermo-mechanical modeling of friction stir welding of aluminum alloy 6061-T6*, Journal of Materials Processing & Manufacturing Science, Vol. 7, No. 2, pp. 215-233. *Thermal Modeling of the Friction Stir Welding Process*, Proceedings of the Second International Symposium on Friction Stir Welding, June 26–28, Gothenburg, Sweden.