



TỐI ƯU HÓA THÔNG SỐ HÀN ĐỂ ĐẢM BẢO KÍCH THƯỚC MỐI HÀN TRONG HÀN MIG NHÔM BẰNG PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ THỰC NGHIỆM TAGUCHI

Đinh Văn Bản, Lê Văn Thoại

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 08/04/2018

Ngày phân biện đánh giá và sửa chữa: 06/05/2018

Ngày bài báo được duyệt đăng: 12/05/2018

Tóm tắt:

Trong hàn nóng chảy nói chung hình dạng kích thước mối hàn ảnh hưởng tương đối lớn đến chất lượng của liên kết hàn. Quá trình hàn hình dạng kích thước mối hàn chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố song chủ yếu được quyết định bởi các thông số công nghệ hàn. Vì vậy việc xác định thông số công nghệ hàn hợp lý cho mỗi liên kết hàn đóng vai trò quyết định cho việc đảm bảo hình dạng kích thước mối hàn và đặc biệt quan trọng với các liên kết hàn mà vật liệu cơ bản có tính chảy loãng cao khó khăn trong việc hình thành mối hàn. Bài báo sử dụng phương pháp thiết kế thực nghiệm Taguchi kết hợp phân tích phương sai (ANOVA) để xác định các thông số hàn tối ưu trong công nghệ hàn MIG nhôm nhằm đảm bảo hình dạng kích thước mối hàn, đáp ứng được yêu cầu chất lượng của liên kết hàn.

Từ khóa: Hàn MIG; kích thước mối hàn; thiết kế thực nghiệm Taguchi; mảng trực giao; phân tích phương sai.

1. Đặt vấn đề

Hàn MIG là phương pháp hàn tự động hoặc bán tự động bằng điện cực nóng chảy trong môi trường khí bảo vệ (Hình 1). Hiện nay công nghệ hàn này được sử dụng rộng rãi để chế tạo các kết cấu hàn bằng kim loại màu, hợp kim màu như nhôm, hợp kim nhôm, đồng, hợp kim đồng và các hợp kim khác...

Phần lớn các kim loại màu, hợp kim màu có tính hàn hạn chế nên việc đảm bảo chất lượng liên kết hàn đòi hỏi quá trình công nghệ chặt chẽ hơn. Với nhôm và hợp kim nhôm do có tính chảy loãng cao và độ dẫn nhiệt lớn nên mỗi sự thay đổi của thông số công nghệ hàn đều ảnh hưởng tới hình dạng kích thước mối hàn, vì vậy mà các thông số công nghệ hàn thường điều chỉnh trong phạm vi hẹp hơn so với hàn thép [2]. Hiện nay đã có nhiều nghiên cứu về ảnh hưởng của thông số công nghệ hàn MIG nhôm đến chất lượng của liên kết hàn. Kanwal và Jadoun đã nghiên cứu xác định được bộ thông số tối ưu I_h , U_h , V_h trong hàn MIG hai hợp kim nhôm khác nhau đạt độ cứng mối hàn cao nhất và chỉ ra mức độ ảnh hưởng của các thông số đến độ cứng mối hàn, trong đó ảnh hưởng lớn nhất là I_h và nhỏ nhất là V_h [4]. Kim và Lee đã nghiên cứu kỹ thuật hàn tổ hợp giữa hàn laser (LBW) và hàn MIG để hàn hợp kim nhôm. Nghiên cứu đã chỉ ra với kỹ thuật hàn tổ hợp độ ngẫu nhiên kết hàn tăng, kích thước chân mối hàn được hoàn thiện, tăng tốc độ hàn và tăng cường sự ổn định của quy trình hàn so với kỹ thuật thông thường, xác định được bộ thông số tối ưu cho kỹ thuật hàn tổ hợp nhôm hợp kim bao

gồm: hướng hàn, công suất nguồn laser, điện hội tụ laser, điện áp, tốc độ dây hàn, tốc độ di chuyển [5]. Bataineh và Barqawi đã xác định và tối ưu hóa các yếu tố chính có ảnh hưởng đáng kể đến độ bền mối hàn là điện áp hồ quang, tốc độ cấp dây, tốc độ dòng khí, góc rãnh mẫu và nhiệt độ nung nóng sơ bộ của quá trình hàn MIG hợp kim nhôm 1070 với dây hàn ER1100, khí bảo vệ sử dụng 100% Argon. Kết quả thí nghiệm từ các yếu tố và phân tích phương sai (ANOVA) cho thấy điện hồ quang và tốc độ cấp dây ảnh hưởng quan trọng nhất trong 5 yếu tố nghiên cứu [6]. Haragopal và đồng nghiệp trình bày một phương pháp để thiết kế quá trình tối ưu hóa các thông số cho các tính chất cơ học của mối hàn mẫu đối với hợp kim nhôm (Al-65032). Các thông số quá trình xem xét để nghiên cứu là áp suất khí, dòng điện, góc rãnh và nhiệt độ nung nóng sơ bộ. Các thông số quá trình được gán cho mỗi thí nghiệm. Các thí nghiệm được tiến hành bằng cách sử dụng mảng trực giao L9. Đã thu được sự kết hợp tham số tối ưu quá trình. Cùng với điều đó, xác định các thông số ảnh hưởng nhiều nhất cũng được thực hiện. Điều này được thực hiện bằng cách phân tích tỷ số S/N, phân tích đặc trưng trung bình và ANOVA. Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu (S/N) cho từng chất lượng cho mỗi đặc trưng chất lượng được tính toán, các thông số quan trọng được xác định và tối ưu tham số đầu vào cho từng đặc tính chất lượng được dự đoán từ các giá trị S/N và đáp ứng trung bình. Một kiểm tra xác nhận được tiến hành ở điều kiện tối ưu để đảm bảo tính chính xác của phân tích [7].

Như vậy công nghệ hàn MIG được sử dụng

chủ yếu đề hàn nhôm và hợp kim nhôm, nhiều nghiên cứu tối ưu hóa các thông số công nghệ hàn này trong hàn các hợp kim nhôm khác nhau nhằm đáp ứng tốt nhất các tính chất cơ học của mối hàn đã được thực hiện. Để đáp ứng tốt hơn nữa và nâng cao hiệu quả của công nghệ hàn MIG hợp kim nhôm, bài báo sẽ trình bày nghiên cứu tối ưu hóa các thông số (I_h, U_h, V_h) để đảm bảo kích thước mối hàn đáp ứng được yêu cầu chất lượng trong công nghệ hàn hợp kim nhôm bằng phương pháp thiết kế thực nghiệm Taguchi.

2. Phương pháp thiết kế thực nghiệm Taguchi và phân tích phương sai [1,8,9]

2.1. Phương pháp thiết kế thực nghiệm Taguchi

Phương pháp thiết kế thực nghiệm Taguchi là một công cụ có ưu thế lớn dùng để thiết kế các hệ yêu cầu chất lượng cao. Phương pháp này được phát triển bởi Genichi Taguchi, một kỹ sư người Nhật vào cuối những năm 40 của thế kỷ 20. Taguchi cho rằng khoảng sai lệch giữa giá trị thực tế với giá trị mục tiêu của một đại lượng là một tổn thất cần khắc phục. Do đó ông đã đưa ra dạng hàm tổn thất là hàm bậc 2:

$$L = k(y - y_0)^2 \quad (1)$$

Với k, y, y_0 lần lượt là hệ số tổn thất, giá trị đo và giá trị mục tiêu.

Theo phương pháp Taguchi, sự kết hợp của các yếu tố ảnh hưởng tới hàm mục tiêu được thực hiện thông qua các mảng trực giao (OAS). Các kết quả thử nghiệm được phân tích bằng các phương pháp thống kê thông qua việc tính tỷ lệ Tín hiệu/nhiều (S/N). Tỷ lệ S/N là tỷ lệ giữa giá trị trung bình của tín hiệu (S) với độ lệch chuẩn (N). Nó dùng để đo lường ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đến hàm mục tiêu. Thông qua việc tối đa hóa tỷ lệ S/N thì hàm tổn thất sẽ là tối thiểu, khi đó chất lượng hệ thống sẽ được cải thiện. Tỷ lệ S/N phụ thuộc vào đặc trưng chất lượng của hệ thống trong quá trình tối ưu, Bảng 1.

Bảng 1. Các đặc trưng chất lượng theo Taguchi

Dạng	Tên gọi	Biểu thức
1	Lớn hơn thì tốt hơn	$S/N = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum \frac{1}{y_i^2}\right)$ (2)
2	Trung bình là tốt nhất	$S/N = -10 \log(\bar{y}^2 / D^2)$ (3)
3	Nhỏ hơn thì tốt hơn	$S/N = -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum y_i^2\right)$ (4)

Trong đó: $S/N, y_i, \bar{y}, D, n$ lần lượt là: tỷ lệ tín hiệu so với nhiễu, giá trị đo của thử nghiệm thứ i , giá trị trung bình của tất cả các lần đo, phương sai và tổng số thử nghiệm cần thực hiện.

2.2. Phân tích phương sai (ANOVA)

ANOVA là kỹ thuật thống kê cho phép ta định lượng ảnh hưởng tương đối của các yếu tố và tầm quan trọng của chúng tới hàm mục tiêu. Do phương sai là độ phân tán tương đối của các quan sát so với số trung bình nên việc phân tích phương sai giúp so sánh các số trung bình dễ dàng.

Các bước trong phân tích phương sai gồm:

- Bước 1: Phân mức các yếu tố, vẽ đồ thị thể hiện tác động trung bình của các yếu tố. Để làm điều này, đầu tiên ta tính trung bình của các tỷ số tín hiệu/nhiều ứng với từng mức của mỗi yếu tố.

$$m_{ji} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 ((S/N)_j)_i \quad (5)$$

m_{ji} là trung bình của các tỉ số nhiều ứng với từng mức i ($i=1,2,3$); j là các tham số ảnh hưởng ($j=A,B,C$)

Tiếp theo ta tính tổng bình phương phương sai theo công thức sau:

$$s_j = 3(m_{j1} - m)^2 + 3(m_{j2} - m)^2 + 3(m_{j3} - m)^2 \quad (6)$$

Với m là trung bình của các tỉ số nhiều tính theo công thức sau:

$$m = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 (S/N)_i \quad (7)$$

Từ các giá trị phân mức ta vẽ đồ thị thể hiện tác động trung bình của các yếu tố và dự đoán điều kiện tối ưu theo công thức:

$$Y_{opt} = T + \sum_{j=1}^m (j_i - T) \quad (8)$$

j : Các yếu tố ảnh hưởng; i : Mức tối ưu dự đoán;

- Bước 2: Tính tổng các kết quả thí nghiệm.

$$T = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (9)$$

Y_i là kết quả đo ở điều kiện thử thứ i ;

- Bước 3: Tính hệ số điều chỉnh yếu tố.

$$CF = \frac{T^2}{n} \quad (n \text{ là tổng số thử nghiệm}) \quad (10)$$

- Bước 4: Tính tổng bình phương các yếu tố:

$$S_j = \sum_{i=1}^{n_{ji}} \frac{j_i^2}{n_{ji}} - CF \quad (11)$$

Với n_{ji} là số thử nghiệm của yếu tố j ở mức i ; j_i là tổng các kết quả của yếu tố j ở mức i .

- Bước 5: Tính bậc tự do của thực nghiệm và bậc tự do các yếu tố

$$f_T = n - 1; f_j = l - 1 \quad (12)$$

Với l là số mức của yếu tố j , n là số thí nghiệm.

- Bước 6: Tính phương sai của các yếu tố:

$$V_j = \frac{S_j}{f_j} \quad (13)$$

- Bước 7: Tính tổng bình phương làm cơ sở để so sánh sự biến thiên xung quanh giá trị trung bình:

$$S_T = \sum_{j=1}^n S_j \quad (14)$$

- Bước 8: Tính phần trăm phân bố ảnh hưởng của các yếu tố tới hàm mục tiêu:

$$P_j = \frac{S_j}{S_T} \quad (15)$$

- Bước 9: Tổng hợp các kết quả trong bảng.

3. Thục nghiệm

3.1. Thiết kế thực nghiệm

a) Thiết bị hàn thực nghiệm

Sử dụng thiết bị hàn bán tự động Miller Migmatic 380DX kết hợp máy cắt rùa CV3.

b) Vật liệu làm thí nghiệm

- Vật liệu cơ bản làm mẫu:

Sử dụng nhôm tấm hợp kim 6061 chiều dày 3mm, thành phần hóa học như Bảng 2.

Bảng 2. Thành phần hóa học [11]

Alloy	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr
6061	0.4-0.8	0.7	0.15-0.40	0.15	0.8-1.2	0.04-0.35

- Vật liệu hàn

+ Khí vào vệ: Ar 99,97%

+ Dây nhôm ER-5356 thuộc nhóm 5xxx series có hàm lượng chính là nhôm khi thêm vào Magnesium tạo ra mối hàn có độ bền kết cấu tốt, chống ăn mòn, không bị nứt nóng, thành phần hóa học như Bảng 3.

Bảng 3. Thành phần dây hàn [12]

Alloy	Si	Fe	Cu	Mn	Cr	Zn
ER5356	0.07	0.16	0.01	0.07	0.08	0.01

c) Liên kết hàn

Chọn liên kết chữ I không để khe hở, không tấm nốt đáy [10]. Kích thước phối hàn mẫu là 130x50x3mm.

3.2. Thông số thí nghiệm

Trên cơ sở tham khảo các tài liệu đã nghiên cứu và thí nghiệm thăm dò, chọn 3 thông số chế độ hàn: I_h , U_h , V_h , mỗi thông số 3 mức giá trị để thực nghiệm. Các mức và giá trị từng mức các thông số công nghệ để thí nghiệm, Bảng 4.

Bảng 4. Giá trị các thông số công nghệ thí nghiệm

TT	Thông số hàn	Mức 1	Mức 2	mức 3
1	I_h (A)	85	95	105
2	U_h (V)	14.6	15.2	15.8
3	V_h (cm/s)	0.41	0.49	0.56

- Với ba thông số, mỗi thông số 3 mức ta chọn mảng trực giao L9, các phương án thí nghiệm thực hiện hàn mẫu Bảng 5.

Bảng 5. Các điều kiện thí nghiệm tương ứng với mức các yếu tố

STT	I_h	U_h	V_h
1	85	14.6	0.41

2	85	15.2	0.49
3	85	15.8	0.56
4	95	14.6	0.49
5	95	15.2	0.56
6	95	15.8	0.41
7	105	14.6	0.56
8	105	15.2	0.41
9	105	15.8	0.49

4. Kết quả và thảo luận

Kết quả mối hàn các mẫu thí nghiệm có hình dạng kích thước khác nhau song đều đảm bảo ngẫu, và không có các khuyết tật bề mặt như cháy cạnh, rỗ khí.... Hình 3 ảnh chụp hình dạng kích thước mối hàn các mẫu thí nghiệm.



a)



b)

Hình 3. Hình dạng mối hàn các mẫu thí nghiệm:

a) mặt trước mối hàn, b) mặt sau mối hàn

Kiểm tra kích thước bên ngoài của mối hàn bằng thước đo mối hàn WG-1 Niigata.

- Kết quả đo kích thước chiều rộng mặt trước mối hàn b và giá trị tỷ lệ S/N theo đặc trưng chất lượng trung bình là tốt hơn, chiều rộng b mối hàn Bảng 6.

Bảng 6. Giá trị S/N với các chiều rộng b mối hàn

STT	I_h	U_h	V_h	b	S/N
1	85	14.6	0.41	7.8	3.52
2	85	15.2	0.49	6.6	23.52
3	85	15.8	0.56	6.4	11.48
4	95	14.6	0.49	6.8	-4.44
5	95	15.2	0.56	7.7	-0.28
6	95	15.8	0.41	8.1	-3.13
7	105	14.6	0.56	6.6	-4.44
8	105	15.2	0.41	8.2	-3.71
9	105	15.8	0.49	7.0	9.54

- Kết quả đo kích thước chiều cao mặt trước mỗi hàn c và giá trị tỷ lệ S/N theo đặc trưng chất lượng nhỏ nhất là tốt hơn với các chiều cao c mỗi hàn Bảng 7.

Bảng 7. Giá trị S/N với các chiều cao c mỗi hàn

STT	I_h	U_h	V_h	c	S/N
1	85	14.6	0.41	1.8	-5.11
2	85	15.2	0.49	1.9	-5.58
3	85	15.8	0.56	2.0	-6.02
4	95	14.6	0.49	2.1	-6.44
5	95	15.2	0.56	1.7	-4.61
6	95	15.8	0.41	1.6	-4.08
7	105	14.6	0.56	2.1	-6.44
8	105	15.2	0.41	1.4	-2.92
9	105	15.8	0.49	1.7	-4.61

- Kết quả đo kích thước chiều cao mặt sau mỗi hàn c_1 (đặc trưng độ ngẫu mỗi hàn) và giá trị tỷ lệ S/N theo đặc trưng chất lượng trung bình là tốt hơn, Bảng 8.

Bảng 8. Giá trị S/N với các chiều cao c_1 mỗi hàn

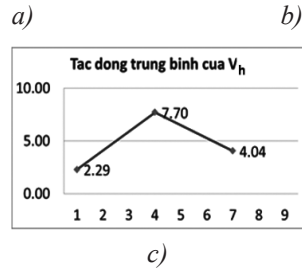
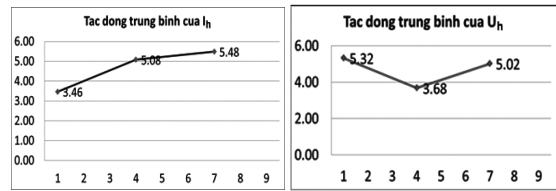
STT	I_h	U_h	V_h	C_1	S/N
1	85	14.6	0.41	1.6	29.54
2	85	15.2	0.49	1.5	17.50
3	85	15.8	0.56	1.7	23.52
4	95	14.6	0.49	0.5	-1.09
5	95	15.2	0.56	2.0	8.71
6	95	15.8	0.41	2.2	4.93
7	105	14.6	0.56	1.3	9.54
8	105	15.2	0.41	2.3	3.52
9	105	15.8	0.49	1.6	29.54

Phương pháp Taguchi và phân tích phương sai (ANOVA) được áp dụng để đánh giá ảnh hưởng của các tham số tới kích mỗi hàn (b, c, c_1). Từ kết quả các Bảng 6, 7, 8 ta tính được các mức cho từng yếu tố: I_h, U_h, V_h và trung bình của tất cả các nhóm (theo công thức mục 2.2).

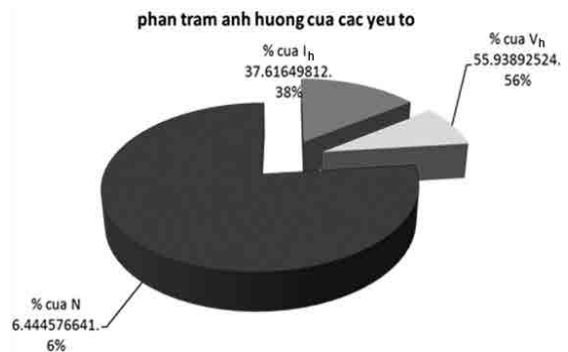
Bảng 9. Phân mức thông số I_h, U_h, V_h theo phân tích phương sai ANOVA cho chiều rộng b mỗi hàn

Thông số	Mức 1	Mức 2	Mức 3
Dòng hàn (A)	3.46	5.08	5.48
Điện áp hàn (V)	5.32	3.68	5.02
Tốc độ hàn (cm/s)	2.29	7.70	4.04

Căn cứ vào bảng phân mức của các yếu tố tới chiều rộng mỗi hàn ta có các biểu đồ phân mức các yếu tố như Hình 5.



Hình 4. Biểu đồ phân mức các yếu tố cho chiều rộng b mỗi hàn: a) phân mức I_h ; b) phân mức U_h ; c) phân mức V_h



Hình 5. Biểu đồ phân trăm ảnh hưởng của I_h, U_h, V_h tới chiều rộng b mỗi hàn

Căn cứ vào kết quả trong Bảng 9 ta xác định phân bố ảnh hưởng của thông số hàn tới chiều rộng mỗi hàn. Kết quả được tổng hợp trong Bảng 10.

Bảng 10. Phân tích ảnh hưởng các tham số đến b theo phân tích phương sai ANOVA

Thông số	Bậc tự do	Tổng bình phương	Tỷ lệ %
Dòng hàn I_h (A)	2	0.5422	14.788
Điện áp hàn U_h (A)	2	0.3098	8.424
Tốc độ hàn V_h (cm/s)	2	2.8156	76.788
Tổng		3.6676	100

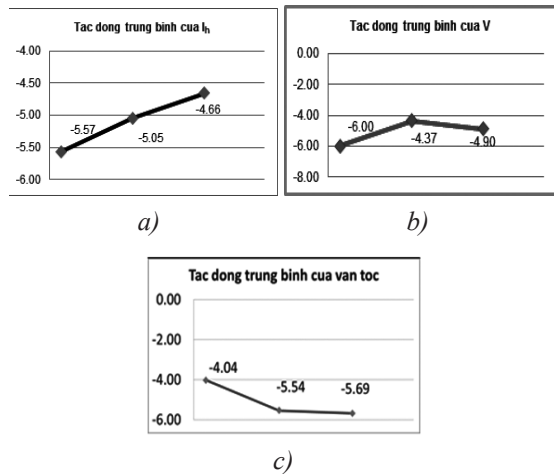
Từ đồ thị phân mức các yếu tố ta nhận thấy rằng: với đặc trưng chất lượng trung bình là tốt hơn thì mức các thông số hợp lý đảm bảo chiều rộng b mỗi hàn trung bình là (I_{h2}, U_{h3}, V_{h3}). Giá trị chiều rộng mỗi hàn tính theo công thức (8) là: 6,78mm.

Căn cứ vào biểu đồ phân bố ảnh hưởng của các thông số tới chiều rộng mỗi hàn cho thấy: Ảnh hưởng của V_h là lớn nhất (76,788%) tiếp theo là I_h hàn (14,788%) và thấp nhất là U_h hàn (8,424%).

Bảng 11. Phân mức thông số I_h, U_h, V_h theo phân tích phương sai ANOVA cho chiều cao c mỗi hàn

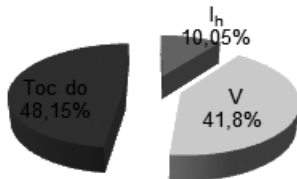
Thông số	Mức 1	Mức 2	Mức 3
Dòng hàn (A)	-5.57	-5.05	-4.66
Điện áp hàn (V)	-6.00	-4.37	-4.90
Tốc độ hàn (cm/s)	-4.04	-5.54	-5.69

Căn cứ vào bảng phân mức của các yếu tố tới chiều cao c (mặt trước) mỗi hàn ta có các biểu đồ phân mức các yếu tố như Hình 6.



Hình 6. Biểu đồ phân mức các yếu tố cho chiều cao c mỗi hàn: a) phân mức I_h ; b) phân mức U_h ; c) phân mức V_h

phan tram anh huong cua cac yeu to



Hình 7. Biểu đồ phân trăm ảnh hưởng của I_h, U_h, V_h tới chiều cao c mỗi hàn

Căn cứ vào kết quả trong Bảng 11 ta xác định phân bố ảnh hưởng của thông số hàn tới chiều cao c của mỗi hàn. Kết quả được tổng hợp trong Bảng 12. Bảng 12. Phân tích ảnh hưởng các tham số đến c theo phân tích phương sai ANOVA

Thông số	Bậc tự do	Tổng bình phương	Tỷ lệ %
Dòng hàn I_h (A)	2	0.0422	10.053
Điện áp hàn U_h (A)	2	0.1756	41.799
Tốc độ hàn V_h (cm/s)	2	0.2022	48.148
Tổng		0.4200	100

Từ đồ thị phân mức các yếu tố ta nhận thấy rằng: Với đặc trưng chất lượng thấp nhất là tốt hơn

thì mức các thông số hợp lý đảm bảo chiều cao c mỗi hàn là (I_{h1}, U_{h1}, V_{h3}) . Giá trị chiều cao c mỗi hàn tính theo công thức (8) là: 1,38mm.

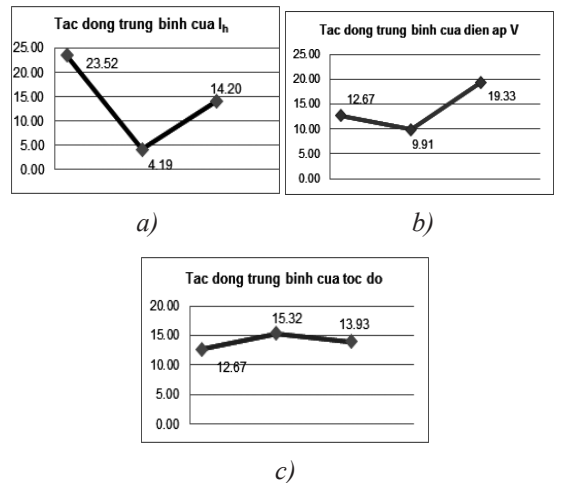
Căn cứ vào biểu đồ phân bố ảnh hưởng của các thông số tới chiều cao c mỗi hàn cho thấy:

Ảnh hưởng của tốc độ hàn và điện áp hàn là lớn nhất $V_h = 48,148\%$, $U_h = 41,799\%$ còn I_h là thấp nhất (10,053%).

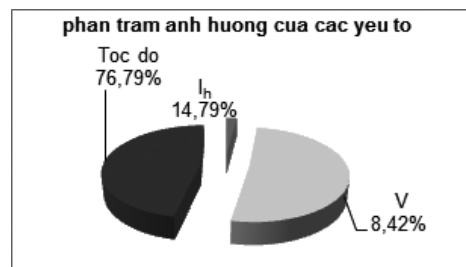
Bảng 13. Phân mức thông số I_h, U_h, V_h theo phân tích phương sai ANOVA cho chiều cao mặt sau c_1 mỗi hàn

Thông số	Mức 1	Mức 2	Mức 3
Dòng hàn (A)	23.52	4.19	14.20
Điện áp hàn (V)	12.67	9.91	19.33
Tốc độ hàn (cm/s)	12.67	15.32	13.93

Căn cứ vào bảng phân mức của các yếu tố tới chiều cao mặt sau c_1 mỗi hàn ta có các biểu đồ phân mức các yếu tố như Hình 8.



Hình 8. Biểu đồ phân mức các yếu tố cho chiều cao c_1 mỗi hàn: a) phân mức I_h ; b) phân mức U_h ; c) phân mức V_h



Hình 9. Biểu đồ phân trăm ảnh hưởng của I_h, U_h, V_h tới chiều cao c mỗi hàn

Căn cứ vào kết quả trong Bảng 13 xác định phân bố ảnh hưởng của các thông số tới chiều cao mặt sau c_1 mỗi hàn. Kết quả được tổng hợp trong

Bảng 14.

Bảng 14. Phân tích ảnh hưởng các tham số đến c_1 theo phân tích phương sai ANOVA

Thông số	Bậc tự do	Tổng bình phương	Tỷ lệ %
Dòng hàn I_h (A)	2	0.0422	2.089
Điện áp hàn U_h (A)	2	0.1756	51.045
Tốc độ V_h (cm/s)	2	0.2022	46.866
Tổng		0.4200	100

Từ đồ thị phân mức các yếu tố cho thấy rằng: Với đặc trưng chất lượng trung bình là tốt hơn thì mức các thông số hợp lý đảm bảo chiều cao chân mỗi hàn trung bình là (I_{h3} , U_{h1} , V_{h3}). Chiều cao chân mỗi hàn tính theo công thức (8) là: 1.63mm.

Căn cứ vào biểu đồ phân bố ảnh hưởng của các thông số tới chiều cao mặt sau mỗi hàn cho thấy: Ảnh hưởng của điện áp hàn và tốc độ hàn là lớn nhất $U_h = 51,045\%$, $V_h = 46,866\%$, của dòng điện hàn là nhỏ nhất $I_h = 2,089\%$.

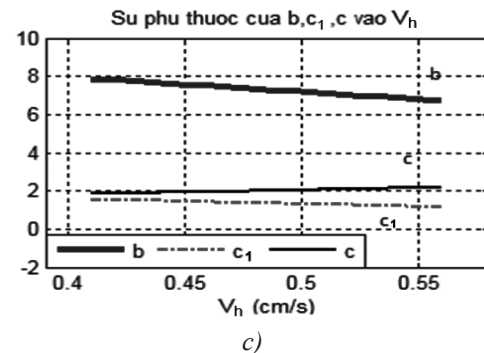
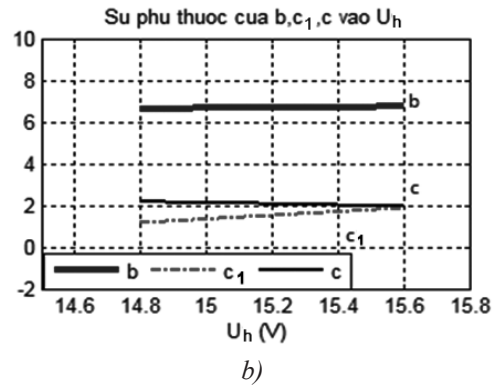
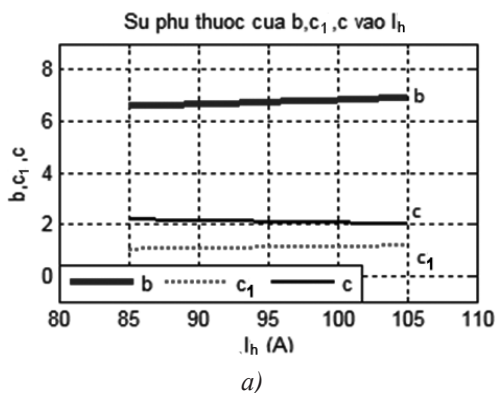
Để đánh giá ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến kích thước mỗi hàn trong phạm vi khảo sát làm cơ sở cho việc xác định các thông số quy trình hàn khi hàn hợp kim nhôm. Ta xây dựng các hàm hồi quy thể hiện quan hệ giữa kích thước mỗi hàn với các thông số công nghệ hàn. Sử dụng phương pháp bình phương tối thiểu [3] với dạng hàm tuyến tính của các kích thước mỗi hàn ta được các hàm hồi quy như dưới đây:

$$b = \frac{1}{60}I_h + \frac{1}{8}U_h - \frac{3925}{507}V_h + 7,528 \quad (16)$$

$$c = -\frac{1}{10}I_h - \frac{7}{24}U_h + \frac{1145}{507}V_h + 5,937 \quad (17)$$

$$c_1 = \frac{1}{150}I_h + \frac{7}{8}U_h - \frac{445}{169}V_h - 11,02 \quad (18)$$

Từ các hàm hồi quy (16 - 18) kết hợp với mức tối ưu của các thông số tìm được bên trên ta vẽ được đồ thị thể hiện xu thế ảnh hưởng của các thông số đến kích thước của mỗi hàn như Hình 10.

Hình 10. Đồ thị ảnh hưởng thông số hàn đến b, c, c_1

Từ Hình (10) thấy rằng: Chiều rộng b và chiều cao mặt sau c_1 của mỗi hàn tỷ lệ thuận với I_h , U_h (Hình 10a, 10b) và tỷ lệ nghịch với V_h (Hình 10c). Ngược lại chiều cao mỗi hàn tỷ lệ nghịch với I_h , U_h (Hình 10a, 10b) và tỷ lệ thuận với V_h (Hình 10c). Cũng từ đồ thị Hình 9 thấy rằng khi thay đổi các tham số I_h , U_h , V_h thì chiều cao mỗi hàn thay đổi rất ít, còn chiều cao mặt sau c_1 và bề rộng b của mỗi hàn thay đổi mạnh hơn.

4. Kết luận

Bằng phương pháp thiết kế thực nghiệm Taguchi kết hợp với phân tích phương sai (ANOVA) bài báo đã đưa ra quan hệ giữa kích thước mỗi hàn b, c, c_1 với các thông số hàn I_h , U_h , V_h của công nghệ hàn MIC hợp kim nhôm. Từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm, rút ra một số kết luận sau:

+ Mức các thông số hàn hợp lý nhằm đảm bảo chỉ tiêu kích thước b, c, c_1 của mỗi hàn theo các đặc trưng chất lượng đã xác định lần lượt là: I_{h2} , U_{h3} , V_{h3} ; I_{h1} , U_{h1} , V_{h3} ; I_{h3} , U_{h1} , V_{h3} .

+ Các thông số có sự ảnh hưởng khác nhau đến kích thước của mỗi hàn, cụ thể là:

- Chiều rộng b mỗi hàn: V_h ảnh hưởng lớn nhất 76,788%, tiếp theo là I_h : 14,788% và thấp nhất là U_h : 8,424%.

- Chiều cao c mỗi hàn: V_h ảnh hưởng lớn nhất 48,148%, rồi đến U_h : 41,799% và thấp nhất là

I_h : 10,053%.

- Chiều cao c_1 mặt sau mỗi hàn: U_h ảnh hưởng lớn nhất 51,045%, rồi đến V_h : 46,866% và nhỏ nhất là I_h : 2,089%.

+ Xây dựng hàm hồi quy thể hiện mối quan hệ giữa kích thước mỗi hàn với các thông số công nghệ hàn trong phạm vi khảo sát để đánh giá xu thế ảnh hưởng của các thông số hàn đến kích thước mỗi

hàn làm cơ sở cho việc xác định các thông số quy trình hàn trong hàn hợp kim nhôm.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trung tâm Nghiên cứu Ứng dụng Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Hưng Yên, đề tài mã số UTEHY.T031.P1718.05.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Nguyễn Trọng Hùng, Phùng Xuân Sơn. *Giáo trình Thiết kế thực nghiệm trong chế tạo máy*, NXB Xây dựng Hà Nội, 2016.
- [2]. Ngô Lê Thông. *Công nghệ hàn điện nóng chảy (tập 2)*, NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội, 2007, tr. 271-279.
- [3]. Bùi Minh Trí. *Xác xuất thống kê và quy hoạch thực nghiệm*, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
- [4]. Vineeta Kanwall, R S Jadoun, Optimization of MIG Welding Parameters for Hardness of Aluminium Alloys Using Taguchi Method. *SSRG International Journal of Mechanical Engineering (SSRG-IJME)*, June 2015, **Volume 2, Issue 6**.
- [5]. Hang Heavy Kim, Kang Yong Lee, Application of Taguchi method to determine hybrid Welding condition of Aluminum alloy. *Journal of Scientific & Industrial Research*, April 2009, **Vol 68**, pp. 296-300.
- [6]. Omar Bataineh, Anas Al-Shoubaki, Omar Barqawi, Optimising Process Conditions in MIG Welding of Aluminum Alloys Through Factorial Design Experiments. *Latest Trends in Environmental and Manufacturing Engineering*, ISBN: 978-1-61804-135-7 .
- [7]. G. Haragopal, P V R Ravindra Reddy, G Chandra Mohan Reddy and J V Subrahmanyam, Parametric design for MIG welding of Al-65032 alloy using Taguchi Technique. *Journal of Scientific and Industrial Research*, October 2011, **Vol. 70**, pp. 844-858.
- [8]. Taguchi G., Chowdhury S., Wu Y., *Taguchi's Quality Engineering Handbook*, John Wiley & Sons, New Jersey, 2005.
- [9]. Rånit K. Roy, Design of Experiments using the Taguchi Approach – 16 step to Product and process Improvement, Wiley – interscience publication, John Willey & Sons, inc 2001.
- [10]. WELDING PARAMETERS–DAIHEN CORPORATION WELDING PRODUCTS DIVISION – 5-1 Minamisenroka settsu, Osaka 566, Japan. Tel: (06) 381-7041 Fax:(06)319-2562, Telex: 523-4222 DAIHENS
- [11]. <http://vatlieu.edu.vn/thanh-phan-hoa-hoc-va-tinh-chat-cua-hop-kim-nhom/>
- [12]. <https://hancat.net/san-pham/day-han-nhom-er-5356/>

OPTIMIZING PARAMETERS FOR ENSURING ALUMINUM WELD SIZE OF MIG WELDING BY USING TAGUCHI METHOD

Abstract:

In fusion welding process, welded size greatly affects weld quality. The welded size is influenced by many factor during welding process; however it is significantly determined by welding parameters. Therefore, determination of appropriate welding parameters for each weld joint plays an important rule for ensuring shape and size of weld. Moreover, it is especially meaningful for forming the weld which its parent material has high castability. Taguchi method combined Analysis of Variance (ANOVA) was used to estimate optimized MIG parameters for assurance of the weld size and satisfaction of quality requirements of the welding joint.

Keywords: Metal inert gas welding (MIG); weld size; Taguchi's method; orthogonal array; Analysis of Variance (ANOVA).