

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ CHẾ ĐỘ HÀN ĐẾN SỰ HÌNH THÀNH MỖI HÀN GÓC TƯ THỂ HÀN NGANG KHI HÀN TỰ ĐỘNG DƯỚI LỚP THUỐC HÀN THIÊU KẾT HỆ BAZO' TRUNG BÌNH F7A(P)4-BK

RESEARCH THE INFLUENCES OF THE PARAMETERS OF THE WELDING CONDITION ON WELD FORMATION OF HORIZONTAL FILLET WELD FOR SUBMERGED ARC WELDING USING AGGLOMERATED BASIC FLUX F7A(P)4-BK

PGS, TS. **Vũ Huy Lâm**¹, ThS. **Vũ Thanh Quỳnh**²

¹Trường Cơ khí, Đại học Bách Khoa Hà Nội

²Trường Cao đẳng Cơ điện Phú Thọ

TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn dưới lớp thuốc thiêu kết bazơ trung bình F7A(P)4-BK đến các kích thước mối hàn góc tư thể hàn ngang khi hàn trên kết cấu thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp là vấn đề cấp thiết trong lĩnh vực sản xuất vật liệu hàn và công nghệ hàn. Bài báo này đã dẫn các kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn chủ yếu (I , U , V_p) đến các kích thước mối hàn góc tư thể hàn ngang và xác định giá trị tối ưu của chúng. Kết quả nghiên cứu được sử dụng để xây dựng bản hướng dẫn sử dụng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình F7A(P)4-BK cho tư thế hàn 2F.

Từ khóa: Tối ưu hóa; Thuốc hàn thiêu kết hệ bazơ trung bình; Thuốc hàn F7A(P)4-BK; Thông số chế độ hàn; Hàn tự động dưới lớp thuốc; Mối hàn góc tư thể hàn ngang.

ABSTRACT

In this paper, the research the influence of the parameters of welding condition on geometry of horizontal position fillet weld using the agglomerated basic flux F7A(P)4-BK during submerged arc welding (SAW) for the production of low-carbon steel and low-alloy steel is currently an urgent inssue manufacturing welding materials and welding technology. This paper presents the results of research the influence of the parameters (I , U , V_p) on dimensions of the weld and were determined optimized values of the welding parameters. This results use to build the manual instruction of the agglomerated basic flux F7A(P)4-BK with welding position 2F.

Keywords: Optimization; Agglomerated basic flux; Flux F7A(P)4-BK; Parameters of welding condition; Submerged arc welding (SAW); Horizontal position fillet weld.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, công nghệ hàn tự động dưới dòng hàn SAW (Submerged Arc Welding) được ứng dụng phổ biến ở nước ta để hàn các kết cấu thép có chiều dày và chiều dài đường hàn lớn với yêu cầu chất lượng cao, nên nhu cầu về thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình khá nhiều. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã nghiên cứu chế tạo một số loại thuốc hàn thiêu kết hệ bazơ khác nhau, trong đó có loại thuốc hàn bazơ trung bình F7A(P)4-BK. Trong số những kết cấu thép thường sử dụng loại thuốc hàn này là dầm hàn, cụ thể là mối hàn góc với tư thế hàn ngang (2F). Vì vậy, bài báo sẽ trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ hàn và điều kiện hàn SAW tại vị trí 2F.

Mục tiêu và nội dung nghiên cứu

Mục tiêu nghiên cứu là tìm ra quy luật ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn và điều kiện hàn SAW đến sự hình thành mối hàn khi dùng loại thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình F7A(P)4-BK ở vị trí 2F.

Nội dung nghiên cứu gồm có:

+ Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn SAW đến kích thước và sự hình thành mối hàn góc khi dùng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình F7A(P)4-BK vị trí 2F.

+ Tối ưu hóa các thông số chế độ hàn SAW khi dùng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình F7A(P)4-BK vị trí 2F.

2. ĐỐI TƯỢNG, VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu là thuốc hàn

thiêu kết bazơ trung bình ($B \approx 1,6$) tương đương với loại thuốc hàn F7A(P)4 theo tiêu chuẩn của Hội Hàn Mỹ AWS A5.17-80 được kí hiệu F7A(P)4-BK.

- Mẫu hàn: Thép tấm dày $S = 15$ mm, không vát mép, vị trí 2F, dây hàn $d = 4,0$ mm.

2.2. Vật liệu và thiết bị nghiên cứu

- Vật liệu để chế tạo mẫu hàn là thép kết cấu hàn SM400B theo JIS G3106, kích thước mẫu theo tiêu chuẩn [4, 5].

- Dây hàn dùng kết hợp với thuốc hàn là EM12K theo AWS A5.17-80.

- Thiết bị nghiên cứu chủ yếu:

- Máy hàn SAW model Dosun DZ1000.
- Các dụng cụ đo theo tiêu chuẩn.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

- Kết hợp nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm.

- Ứng dụng quy hoạch thực nghiệm để nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến các kích thước mối hàn và xác định giá trị hợp lý của chúng khi hàn mối hàn góc vị trí hàn 2F.

- Mô hình nghiên cứu có dạng tổng quát:

$$Y_i = f(X_i), i = 1 \div k$$

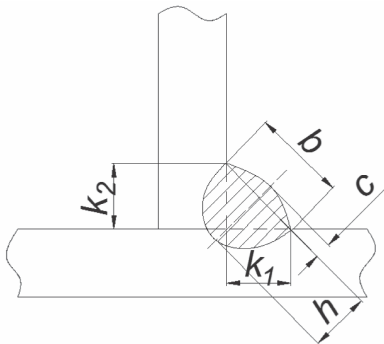
Trong đó:

- + X_i – Các thông số chế độ hàn (I, U, V_h);
- + Y_i – Hàm mục tiêu là các kích thước mối hàn, gồm có:

- Chiều rộng mỗi hàn b , mm;
- Chiều cao lõi của mỗi hàn c , mm;
- Chiều sâu ngấu của mỗi hàn h , mm;
- Cạnh dưới của mỗi hàn góc k_1 , mm;
- Cạnh trên của mỗi hàn góc k_2 , mm.

Mô hình có dạng quan hệ như sau:

$$b, c, h, k_1, k_2 = f(I, U, V_h)) \quad (1)$$



Hình 1. Các kích thước của mỗi hàn góc

Kích thước của mỗi hàn góc phụ thuộc vào tính chất lý nhiệt của thuốc hàn và các thông số chế độ hàn.

3. KẾ HOẠCH THỰC NGHIỆM

3.1. Xây dựng kế hoạch thực nghiệm

- Sau thí nghiệm sàng lọc, mô hình (1) có dạng đa thức bậc 2 như sau:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_iX_i + b_{12}X_1X_2 + \dots + b_{11}X_1^2 + \dots + b_{ii}X_i^2.$$

Các biến đầu vào:

+ X_1 – Cường độ dòng điện hàn I , A;

+ X_2 – Điện áp hàn U , V;

+ X_3 – Vận tốc hàn V_h , cm/ph.

Các biến số còn lại được giữ cố định:

+ Chiều dày tấm mẫu hàn: $t = 15\text{mm}$;

+ Đường kính dây hàn đặc: $d = 4\text{mm}$;

+ Tầm với điện cực: 30mm ;

+ Góc nghiêng điện cực: $\alpha = 40^\circ$.

Chọn kế hoạch thực nghiệm trực giao hai mức tối ưu của Box-Wilson với khoảng biến thiên của các biến số và kế hoạch thực nghiệm như sau:

Bảng 1. Khoảng biến thiên của các biến số

Các biến số	Biến thực			Biến mã hoá		
	I, A Z_1	U, V Z_2	V_h , cm/ph Z_3	X_1	X_2	X_3
Mức trên	800	34	62	+1	+1	+1
Mức cơ sở	700	30	50	0	0	0
Mức dưới	600	26	38	-1	-1	-1
Khoảng biến thiên	100	4	12			

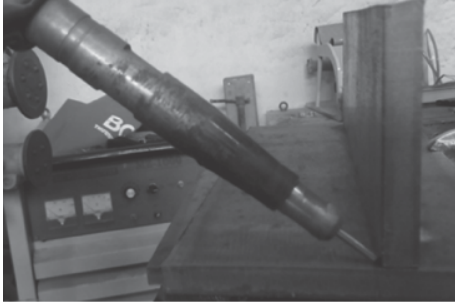
X_i – Các biến số mã hóa (không thứ nguyên).

Bảng 2. Kế hoạch thực nghiệm và kết quả thí nghiệm

Số thí nghiệm	Giá trị các biến thực			Giá trị các biến mã hóa			Giá trị các hàm mục tiêu				
	Z_1	Z_2	Z_3	X_1	X_2	X_3	b, Y_1	c, Y_2	h, Y_3	k_1, Y_4	k_2, Y_5
1	600	26	38	-1	-1	-1	9.9	0.66	7.88	8.74	7.74
2	800	26	38	+1	-1	-1	10.35	1.95	10.71	9.86	8.46
3	600	34	38	-1	+1	-1	11.23	1.65	9.45	9.49	8.1
4	800	34	38	+1	+1	-1	11.57	2.27	11.55	10.51	9.45
5	600	26	62	-1	-1	+1	7.2	0.56	4.83	6.23	5.58
6	800	26	62	+1	-1	+1	9.45	0.39	8.19	7.91	7.11
7	600	34	62	-1	+1	+1	8.1	0.23	6.09	6.51	5.85
8	800	34	62	+1	+1	+1	10.8	1.43	10.50	7.63	6.93
9	578,5	30	50	$-\frac{1}{1,215}$	0	0	9	0.44	6.30	6.60	5.85
10	821,5	30	50	$+\frac{1}{1,215}$	0	0	10.32	1.32	8.93	10.42	9.54
11	700	25,1	50	0	$-\frac{1}{1,215}$	0	8.28	0.55	7.67	7.35	6.75
12	700	34,9	50	0	$+\frac{1}{1,215}$	0	10.8	0.77	8.51	9.11	8.37
13	700	30	35,14	0	0	$-\frac{1}{1,215}$	13.12	1.65	10.19	10.60	9.81
14	700	30	64,58	0	0	$+\frac{1}{1,215}$	8.1	0.74	6.62	6.51	5.94
15	700	30	50	0	0	0	9.9	1.10	7.98	8.37	8.01
16	700	30	50	0	0	0	10.25	0.98	8.40	8.74	8.28
17	700	30	50	0	0	0	9.54	1.25	7.14	8.18	7.74

3.2. Tiến hành thí nghiệm

Mẫu thử được chuẩn bị theo tiêu chuẩn ANSI/AWS B4.0 và hàn mẫu với giá trị các biến theo kế hoạch thực nghiệm ở trên.



Hình 2. Hàn mẫu tư thế 2F

Mẫu sau khi hàn sẽ được gia công cơ khí, tẩy thực và đo kích thước mỗi hàn.



Hình 3. Mẫu sau hàn được cắt để đo

Kết quả cuối cùng là giá trị trung bình của 03 thí nghiệm song song sau khi xử lý loại bỏ thí nghiệm có sai số thô quá mức tiêu chuẩn.



Hình 4. Mẫu sau tẩy thực

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Xử lý số liệu

Xử lý số liệu thực nghiệm bằng phần mềm chuyên dụng thu được các phương trình hồi quy sau:

$$b = 9,941 + 0,67X_1 + 0,718X_2 - 1,241X_3 + 0,042X_1X_2 + 0,52X_1X_3 - 0,037X_2X_3 - 0,221X_1^2 - 0,302X_2^2 + 0,422X_3^2 \quad (2)$$

Hệ số tương quan: $R^2 = 0,898$.

$$c = 0,981 + 0,366X_1 + 0,208X_2 - 0,458X_3 + 0,087X_1X_2 - 0,11X_1X_3 - 0,075X_2X_3 + 0,016X_1^2 - 0,132X_2^2 + 0,229X_3^2$$

Hệ số tương quan $R^2 = 0,856$.

$$H = 7,719 + 1,451X_1 + 0,639X_2 - 1,307X_3 + 0,04X_1X_2 + 0,355X_1X_3 + 0,145X_2X_3 + 0,01X_1^2 + 0,331X_2^2 + 0,545X_3^2$$

Hệ số tương quan $R^2 = 0,955$.

$$k_1 = 8,45 + 0,874X_1 + 0,323X_2 - 1,395X_3 - 0,082X_1X_2 + 0,082X_1X_3 - 0,175X_2X_3 + 0,025X_1^2 - 0,164X_2^2 + 0,0556X_3^2$$

Hệ số tương quan $R^2 = 0,909$.

$$k_2 = 8,01 + 0,836X_1 + 0,311X_2 - 1,185X_3 + 0,022X_1X_2 + 0,067X_1X_3 - 0,157X_2X_3 - 0,212X_1^2 - 0,304X_2^2 - 0,09X_3^2$$

Hệ số tương quan $R^2 = 0,883$.

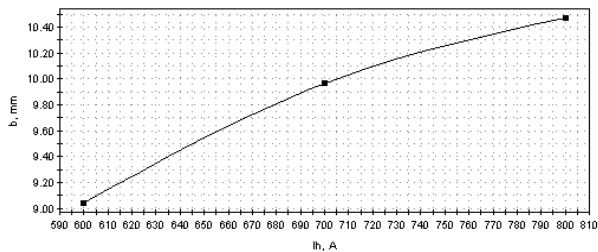
Các hệ số tương quan cao cho thấy mức độ tương thích của các phương trình hồi quy tốt.



4.2. Biểu diễn các đường đặc tính

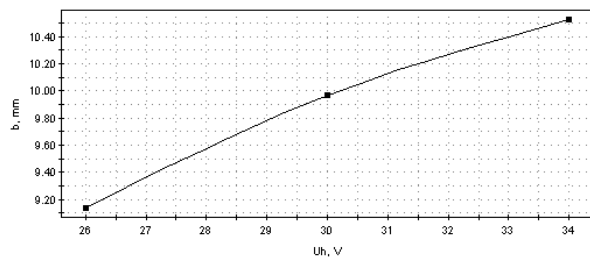
4.2.1. Sự phụ thuộc của chiều rộng mối hàn vào chế độ hàn

- Ảnh hưởng của cường độ dòng điện đến chiều rộng mối hàn b :



Hình 5. Chiều rộng mối hàn phụ thuộc vào I

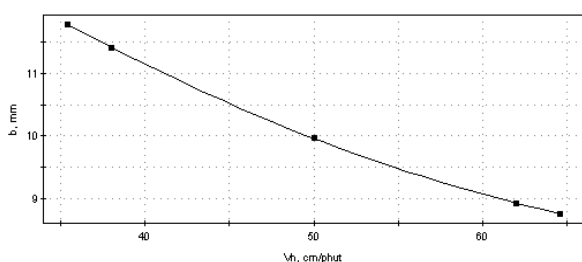
- Ảnh hưởng của điện áp hàn đến chiều rộng mối hàn b :



Hình 6. Chiều rộng mối hàn phụ thuộc vào U

Đặc tính cho thấy khi I và U tăng thì bề rộng mối hàn tăng, nhưng sau đó tăng chậm.

- Ảnh hưởng của vận tốc hàn đến chiều rộng mối hàn b :

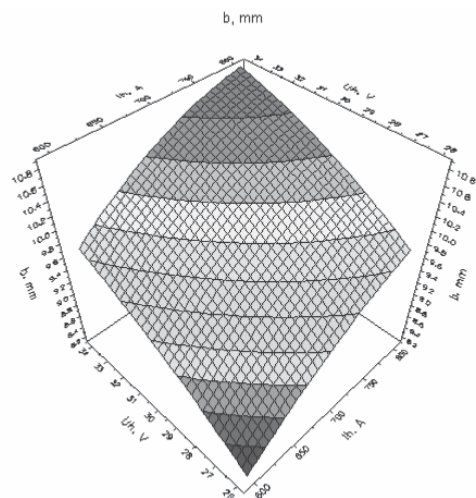


Hình 7. Chiều rộng mối hàn phụ thuộc vào V_h

Hình biểu diễn cho thấy vận tốc hàn làm giảm mạnh bề rộng mối hàn.

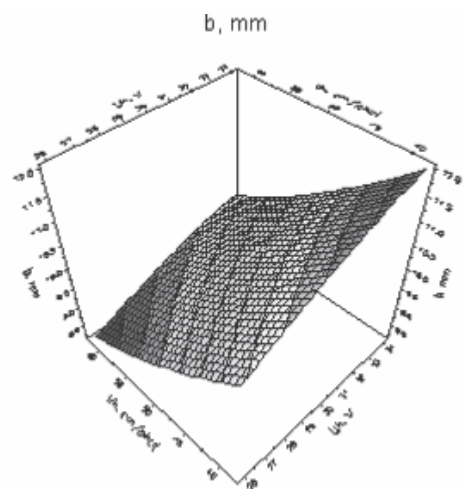
- Sự phụ thuộc của chiều rộng mối hàn b vào các yếu tố dạng 3D:

+ Ảnh hưởng đồng thời của dòng điện và điện áp hàn đến chiều rộng mối hàn với tốc độ hàn không đổi như sau:



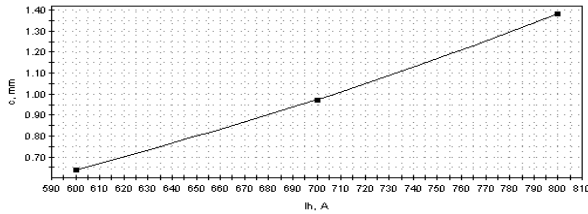
Hình 8. Chiều rộng b phụ thuộc vào I và U

+ Tương tự ảnh hưởng đồng thời của dòng điện và tốc độ hàn đến chiều rộng b :

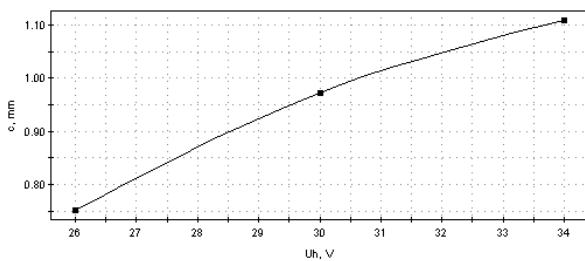


Hình 9. Chiều rộng b phụ thuộc vào U và V_h

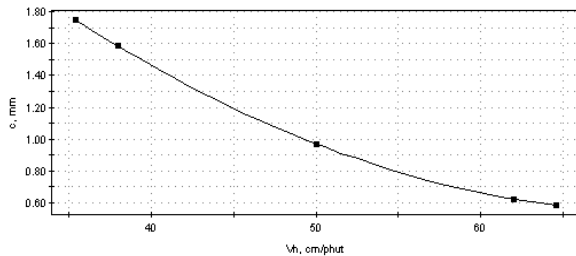
4.2.2. Sự phụ thuộc của chiều cao lõi mỗi hàn vào chế độ hàn



Hình 10. Chiều cao c phụ thuộc vào I



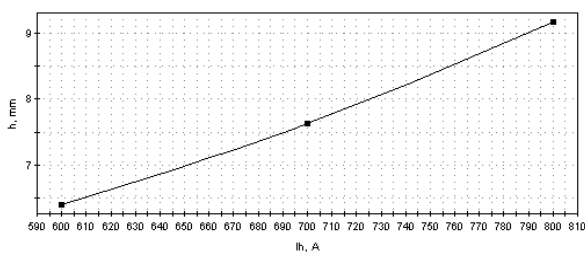
Hình 11. Chiều cao c phụ thuộc vào U



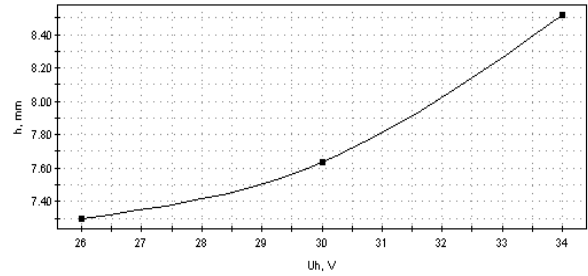
Hình 12. Chiều cao c phụ thuộc vào V_h

Đặc tính cho thấy ảnh hưởng mạnh nhất của mỗi hàn V_h đến chiều cao c, sau đó là I và U.

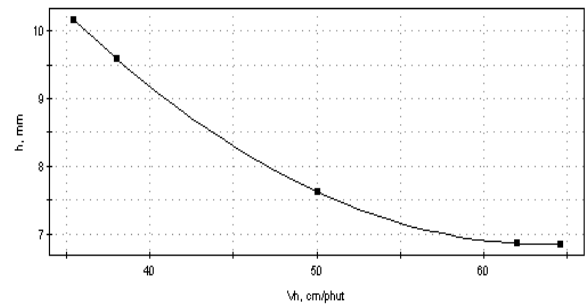
4.2.3. Sự phụ thuộc của chiều sâu ngấu mỗi hàn vào chế độ hàn



Hình 13. Chiều sâu ngấu h phụ thuộc vào I

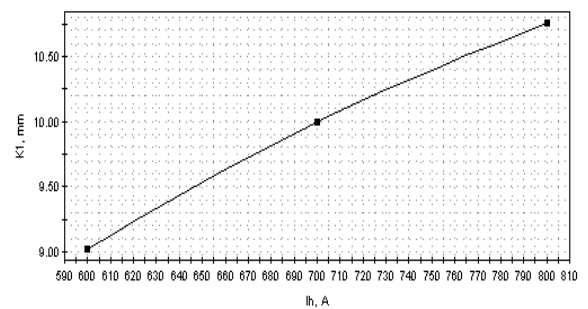


Hình 14. Chiều sâu ngấu h phụ thuộc vào U

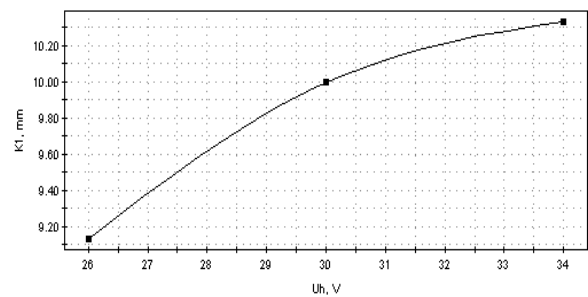


Hình 15. Chiều sâu ngấu h phụ thuộc vào V_h

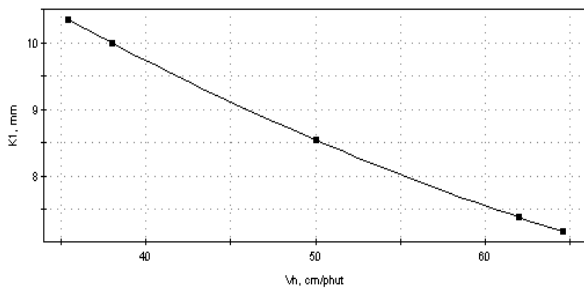
4.2.4. Sự phụ thuộc của cạnh dưới mỗi hàn k_1 vào chế độ hàn



Hình 16. Cạnh dưới k_1 phụ thuộc vào I

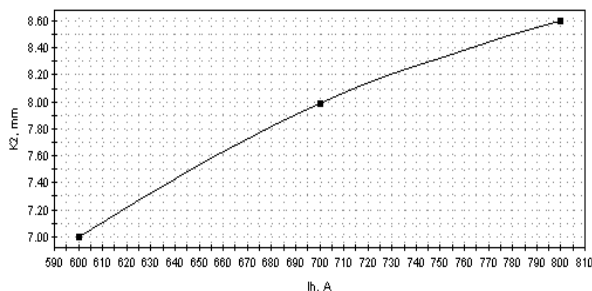


Hình 17. Cạnh dưới k_1 phụ thuộc vào U

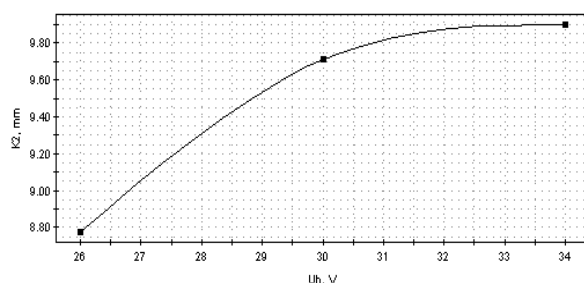


Hình 18. Cạnh dưới k_1 phụ thuộc vào V_h

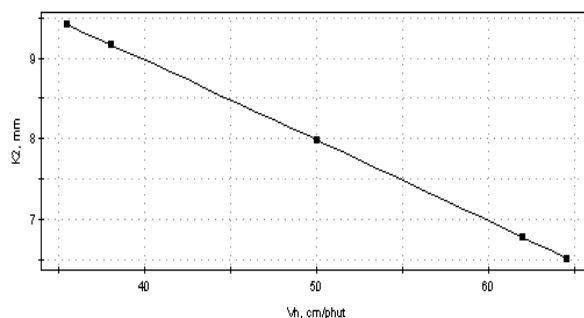
4.2.5. Sự phụ thuộc của cạnh trên mỗi hàn k_2 vào chế độ hàn



Hình 19. Cạnh trên k_2 phụ thuộc vào I



Hình 20. Cạnh trên k_2 phụ thuộc vào U



Hình 21. Cạnh trên k_2 phụ thuộc vào V_h

4.3. Xác định giá trị tối ưu

4.3.1. Các điều kiện ràng buộc

Trong trường hợp nghiên cứu, các giá trị của các thông số chế độ hàn hợp lý phải thỏa mãn một số chỉ tiêu ràng buộc về hình dạng và kích thước mối hàn của mỗi hàn góc tư thế hàn ngang 2F.

Với cặp thuốc hàn – dây hàn F7A(P)4-BK-EM12K, các yêu cầu về sự hình thành mối hàn với các ràng buộc sau:

+ Điều kiện tường minh:

$$\begin{aligned} 578 &\leq I \leq 821 \text{ A;} \\ 25 &\leq U \leq 35 \text{ V;} \\ 35 &\leq V_h \leq 65 \text{ cm/ph.} \end{aligned} \quad (3)$$

+ Ràng buộc ẩn:

Các ràng buộc ẩn đối với hàn SAW mỗi hàn góc tư thế hàn ngang thường yêu cầu phải đảm bảo kích thước và hình dạng của mối hàn theo mức B (ng nghiêm ngặt) chấp nhận được [4] và chiều rộng mối hàn từ 8÷25 mm với các ràng buộc sau:

$$\begin{aligned} Y_1 &= b \geq 7,5 \\ 0 &\leq Y_2 = c \leq 2,3 \\ Y_3 &= h \geq 6 \end{aligned} \quad (4)$$

Còn sự khác nhau giữa các cạnh của mối hàn không lớn (thông thường cạnh dưới mỗi hàn k_1 lớn hơn cạnh trên mỗi hàn k_2 khoảng 5÷15 % là chấp nhận được).

Tiếp theo chọn các thông số chế độ hàn thỏa mãn 3 điều kiện trên.

4.3.2. Kết quả tối ưu

Kết quả giải bài toán tối ưu với điều kiện liên kết trên với dây hàn $d = 4$ mm như sau:

Bảng 3. Các giá trị tối ưu

Dòng điện hàn I	700	A
Điện áp hàn U	30	V
Vận tốc hàn V_h	50	cm/ph
Chiều rộng b	9,94	mm
Chiều cao lõi c	0,98	mm
Chiều sâu ngấu h	7,72	mm
Cạnh dưới k_1	8,01	mm
Cạnh trên k_2	8,45	mm

4.4. Thảo luận

Từ kết quả thu được có thể rút ra kết luận sau:

- Ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến kích thước mỗi hàn góc ngang khi hàn SAW sử dụng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình có thể được mô tả bằng mối quan hệ toán học với hệ số tương quan cao.

- Ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến kích thước mỗi hàn góc tư thể hàn ngang trong hàn SAW sử dụng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình khác đáng kể so với hàn giáp mối. Thể hiện rõ nhất là chiều rộng và chiều sâu mỗi hàn phụ thuộc vào I giảm đi nhiều. Các đặc tính này phản ánh tính chất vật lý của thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình ($B \approx 1,6$) và đặc điểm của các vị trí hàn đối với sự hình thành mỗi hàn góc tư thể hàn ngang.

5. KẾT LUẬN

- Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ hàn SAW đến kích thước mỗi hàn góc tư thể hàn ngang sử dụng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình có ý nghĩa quan trọng trong lĩnh vực công nghệ hàn.

- Đã thiết lập được mối quan hệ và đề xuất phương pháp nghiên cứu định lượng để xác định giá trị hợp lý của các thông số chế độ hàn mỗi hàn góc tư thể hàn ngang sử dụng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình.

- Các kết quả nghiên cứu được dùng để xây dựng bản hướng dẫn sử dụng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình F7A(P)4-BK cho mỗi hàn ngang vị trí hàn góc. ❖

Ngày nhận bài: 27/8/2023

Ngày phản biện: 08/9/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Vũ Huy Lâm, Bùi Văn Hạnh (2010); *Giáo trình Vật liệu hàn*, NXB. Bách khoa Hà Nội.
- [2]. TS. Ngô Lê Thông (2004); *Công nghệ hàn điện nóng chảy*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 2004.
- [3]. Nguyễn Minh Tuyển (2005); *Quy hoạch thực nghiệm*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [4]. AWS Welding Handbook, 9th Edition, 2001.
- [5]. *Lincoln Welding Handbook*, Lincoln Welding Co., LTD., USA 2005.