

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ CHẾ ĐỘ HÀN ĐẾN CÁC KÍCH THƯỚC MỐI HÀN KHI SỬ DỤNG THUỐC HÀN THIÊU KẾT HỆ BAZO THẤP

RESEARCH THE INFLUENCES OF THE WELDING PARAMETERS ON WELD BEAD GEOMETRY USING THE AGGLOMERATED NEUTRAL FLUX FOR SUBMERGED ARC WELDING

TS. Vũ Huy Lâm

Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Trong bài báo này, trình bày nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến các kích thước mối hàn khi hàn tự động dưới lớp thuốc thiêu kết hệ bazo thấp ($B=1,1$), các kết cấu thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp là vấn đề cấp thiết trong lĩnh vực sản xuất vật liệu hàn. Bài báo nêu 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 và phương pháp 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 hệ bazo thấp, tương đương loại F7A(P) 2 theo tiêu chuẩn AWS A5.17-80.

Từ khóa: Tối ưu hóa; Thuốc hàn thiêu kết hệ bazo thấp; Thuốc hàn F7A(P)2-BK; Thông số chế độ hàn; Hàn tự động dưới lớp thuốc.

ABSTRACT

In this paper, the research the influence of the welding parameters on weld bead geometry using the agglomerated neutral flux ($B=1,1$) during submerged arc welding (SAW) for the production of low-carbon steel and low-alloy steel is currently an urgent insssue manufacturing welding materials. This paper reports the results of research the influence of the parameters (I, U, V_p) on weld bead geometry and were determined optimized values of the welding parameters. This results use the design for the manual the agglomerated neutra flux F7A(P) 2 according to AWS A5.17-80.

Keywords: Optimization; Agglomerated neutra flux; Flux F7A(P)2-BK; Welding parameters; submerged arc welding (SAW).

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc SAW (Submerged Arc Welding) được sử dụng khá phổ biến ở nước ta để hàn các kết cấu thép có yêu cầu chất lượng cao. Nên có nhu cầu về thuốc hàn thiếu kết hệ bazơ. Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội đã nghiên cứu và chế tạo một số loại thuốc hàn thiếu kết, trong đó, có loại thuốc hàn thiếu kết hệ bazơ thấp F7A(P)2-BK. Để sử dụng đúng và hiệu quả loại thuốc hàn này cần nghiên cứu mối quan hệ giữa các thông số chế độ hàn và sự hình thành mối hàn. Do vậy, công trình này sẽ trình bày kết quả nghiên cứu theo nội dung trên.

Mục tiêu và nội dung nghiên cứu:

Mục tiêu của nghiên cứu là tìm ra quy luật ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn chủ yếu trong quá trình hàn SAW đến sự hình thành mối hàn, khi hàn bằng thuốc hàn thiếu kết hệ bazơ thấp F7A(P)2-BK.

Nội dung nghiên cứu gồm có:

+ Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến sự hình thành mối hàn và hệ số thuốc hàn nóng chảy khi hàn thuốc hàn thiếu kết hệ bazơ thấp F7A(P)2-BK.

+ Tối ưu hóa chế độ hàn và xác định hệ số thuốc hàn nóng chảy cho thuốc hàn bazơ thấp.

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

2.1. Đối tượng nghiên cứu

- Đối tượng là thuốc hàn thiếu kết hệ bazơ thấp (B=1,1) tương đương với loại thuốc hàn F7A(P) 2 theo tiêu chuẩn của Hội Hàn Mỹ AWS A5.17-80 được kí hiệu F7A(P)2-BK.

- Vật hàn là thép tấm có chiều dày điển hình: $S = 20$ mm liên kết giáp mối không vát mép, tư thế 1G, dây hàn đường kính $d = 4,0$ 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 [5,6].

- Dây hàn dùng kết hợp với thuốc hàn là EL8 theo tiêu chuẩn AWS A5.17-80.

- Thiết bị nghiên cứu chủ yếu:

• Máy hàn tự động dưới lớp thuốc Dosun DZ1000.

• Các dụng cụ đo, cân mẫu với yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

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 sự hình thành mối hàn và hệ số thuốc hàn nóng chảy và xác định giá trị hợp lý của chúng.

- Mô hình nghiên cứu có dạng tổng quát:

$$Y_i = f(X_j), i = 1 + k$$

Trong đó:

+ X_j - Các thông số chế độ hàn (I, U, V_b).

+ Y_i - Hàm mục tiêu là các kích thước mối hàn và hệ số thuốc hàn nóng chảy gồm có:

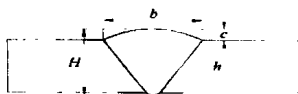
- Chiều rộng mối hàn b, mm;
- Chiều cao đắp của mối hàn c, mm;
- Chiều sâu gấu của mối hàn h, mm;

- Hệ số thuốc hàn nóng chảy $k_{th} = G_{th}/G_d$
- o G_{th} - Khối lượng thuốc hàn nóng chảy, g.
- o G_d - Khối lượng kim loại đắp tương ứng với khối lượng thuốc hàn nóng chảy ở trên, g.

- + X_1 - Cường độ dòng điện hàn I, A;
- + X_2 - Điện áp hàn U, V;
- + X_3 - Vận tốc hàn V_h , inch/ph (ipm).

Mô hình có dạng quan hệ như sau:

$$b, c, h, k_{th} = f(I, U, V_h) \quad (1)$$



Hình 1. Các kích thước cơ bản của mối hàn

Các kích thước mối hàn và hệ số thuốc hàn nóng chảy phụ thuộc vào tính chất lý nhiệt của thuốc hàn và giá trị của các thông số chế độ hàn.

3. KẾ HOẠCH THỰC NGHIỆM

3.1. Xây dựng kế hoạch thực nghiệm

- Mô hình nghiên cứu (1) có dạng đa thức bậc 2 theo [2,5,6] như sau:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n + b_{12}X_1X_2 + \dots + b_{11}X_1^2 + \dots + b_{nn}X_n^2$$

Các biến đầu vào như sau:

Các biến số chế độ hàn còn lại được giữ cố định:

- + Tầm với điện cực: 30 mm;
- + Góc nghiêng điện cực: 0°.

Chọn kế hoạch thực nghiệm trực giao hai mức tối ưu của Box - Wilson có 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 hóa		
	I_h, A Z_1	U_h, V Z_2	V_h, ipm Z_3	X_1	X_2	X_3
Mức trên	850	40	36	+1	+1	+1
Mức cơ sở	700	32	24	0	0	0
Mức dưới	550	24	12	-1	-1	-1
Khoảng biến thiên	150	8	12			

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

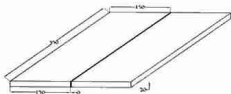
Bảng 2: Bảng kế hoạch thực nghiệm và kết quả thí nghiệm

№ 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_{th}, Y_4
1	550	24	12	-1	-1	-1	13.7	4.3	1.9	0.75
2	850	24	12	+1	-1	-1	21.7	4	5.3	0.60
3	550	40	12	-1	+1	-1	21.2	3.5	1.0	1.48
4	850	40	12	+1	+1	-1	28.6	3.2	2.8	1.32
5	550	24	36	-1	-1	+1	9.5	3.3	1.4	0.55

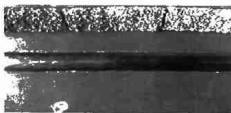
6	850	24	36	+1	-1	+1	13	2.8	3.2	0.55
7	550	40	36	-1	+1	+1	11	1.9	1.1	1.72
8	850	40	36	+1	+1	+1	15.3	2.6	4.6	0.95
9	517.7	32	24	-1,215	0	0	12	2.6	1.0	0.86
10	882.2	32	24	+1,215	0	0	19.4	2.7	4.0	0.75
11	700	22.2	24	0	-1,215	0	12.6	3.3	2.1	0.57
12	700	41.7	24	0	+1,215	0	17.2	2.4	3.0	1.29
13	700	32	9.4	0	0	-1,215	26.2	5.2	2.0	1.06
14	700	32	38.5	0	0	+1,215	13	2.1	2.4	0.90
15	700	32	24	0	0	0	16.4	2.5	2.0	0.85
16	700	32	24	0	0	0	16.8	2.7	2.1	0.89
17	700	32	24	0	0	0	16.6	2.3	1.9	0.81

3.4. Tiến hành thí nghiệm

Mẫu kiểm tra được chuẩn bị theo tiêu chuẩn ANSI/AWS B4.0 và được tiến hành hàn với các giá trị của các biến số như bảng kế hoạch thực nghiệm nêu trên. Mẫu sau hàn được gia công, tấm thực và xác định các kích thước 10δ hàn và lượng thuốc hàn nóng chảy.



Hình 2. Kích thước mẫu hàn



Hình 3. Mẫu đã hàn xong

Mẫu sau khi hàn sẽ tiến hành gia công.



Hình 4. Mẫu sau hàn được cắt để đo



Hình 5. Hình dạng và kích thước mỗi hàn

Kết quả cuối cùng là trung bình cộng của 3 thí nghiệm song song cho các số liệu thí nghiệm.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Xử lý số liệu

Xử lý các số liệu thí nghiệm bằng phần mềm chuyên dụng nhận được các phương trình hồi quy sau đây:

$$b = 16.754 + 2.393X_1 + 1.821X_2 - 4.049X_3 + 0.106X_1X_2 - 0.604X_1X_3 - 0.782X_2X_3 - 0.487X_1^2 - 0.690X_2^2 + 1.139X_3^2 \quad (2)$$

Hệ số tương quan: $R^2 = 0,992$.

$$c = 2.564 - 0.016X_1 - 0.326X_2 - 0.615X_3 + 0.098X_1X_2 + 0.054X_1X_3 - 0.052X_2X_3 + 0.029X_1^2 + 0.072X_2^2 + 0.385X_3^2$$

Hệ số tương quan $R^2 = 0,855$

$$h = 2.009 + 1.074X_1 - 0.092X_2 - 0.0004X_3 + 0.012X_1X_2 - 6.437X_1X_3 + 0.349X_2X_3 + 0.210X_1^2 + 0.204X_2^2 + 0.063X_3^2$$

Hệ số tương quan $R^2 = 0,897$

$$k_{th} = 0.818 - 0.084X_1 + 0.294X_2 - 0.039X_3 - 0.066X_1X_2 - 0.040X_1X_3 + 0.008X_2X_3 + 0.006X_1^2 + 0.050X_2^2 + 0.066X_3^2$$

Hệ số tương quan $R^2 = 0,938$.

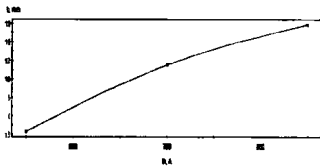
Mức độ tương thích của các phương trình hồi qui cao, với các hệ số tương quan từ $R^2 = 0,855 \div 0,992$.

4.2. Biểu diễn các đường đặc tính

Từ phương trình hồi quy biểu diễn các đường đặc tính như sau:

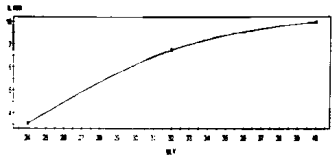
4.2.1. Sự phụ thuộc của chiều rộng mối hàn vào chế độ hàn

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



Hình 6. Chiều rộng mối hàn phụ thuộc vào I

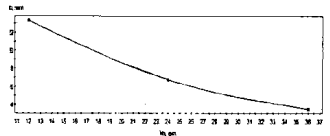
- Ảnh hưởng của điện áp hàn đến chiều rộng mối hàn b.



Hình 7. Chiều rộng mối hàn phụ thuộc vào U

Đặc tính của đồ thị cho thấy khi I và U tăng thì chiều rộng mối hàn tăng mạnh.

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

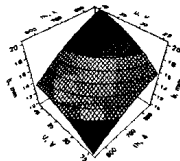


Hình 8. Chiều rộng mối hàn phụ thuộc vào V_h

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

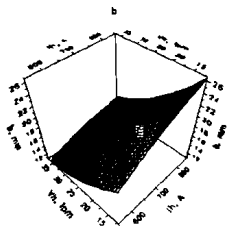
- Sự phụ thuộc của chiều rộng mối hàn b vào các yếu tố dạng 3D:

+ Ảnh hưởng đồng thời của cường độ dòng điện và điện áp hàn đến chiều rộng mối hàn với vận tốc hàn không đổi có dạng sau đây.



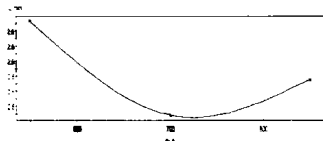
Hình 9. Chiều rộng mối hàn vào I và U

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

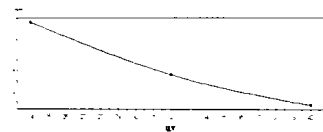


Hình 10. Chiều rộng mối hàn vào I và V_h

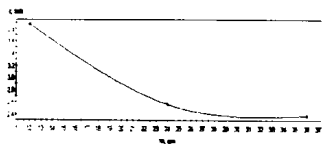
4.2.2. Sự phụ thuộc của chiều cao đắp mối hàn vào chế độ hàn



Hình 11. Chiều cao đắp phụ thuộc vào I_h



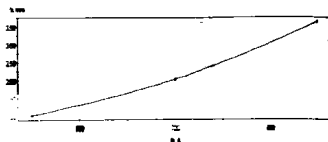
Hình 12. Chiều cao đắp phụ thuộc vào U



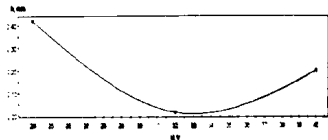
Hình 13. Chiều cao đắp phụ thuộc vào V_h

Các đồ thị cho thấy V_h ảnh hưởng mạnh nhất đến chiều cao c mối hàn, sau đó đến I_h và U.

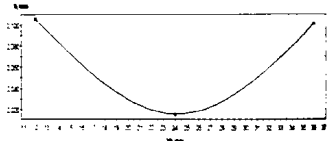
4.2.3. Sự phụ thuộc của chiều sâu ngấu mối hàn vào chế độ hàn



Hình 14. Chiều sâu ngấu phụ thuộc vào I

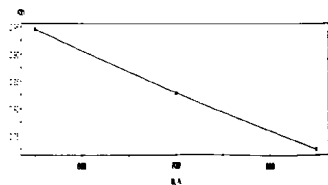


Hình 15. Chiều sâu ngấu phụ thuộc vào U

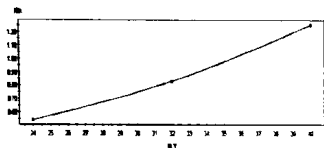


Hình 16. Chiều sâu ngấu phụ thuộc vào V_h

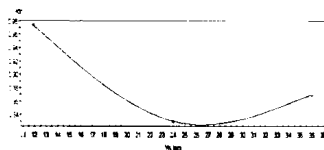
4.2.4. Sự phụ thuộc của hệ số thuốc hàn nóng chảy vào chế độ hàn



Hình 17. Hệ số thuốc hàn nóng chảy phụ thuộc vào I



Hình 18. Hệ số thuốc hàn nóng chảy phụ thuộc vào d



Hình 19. Hệ số thuốc hàn nóng chảy phụ thuộc vào V_h

4.3. Xác định giá trị tối ưu

4.3.1. Các điều kiện ràng buộc và hàm tối ưu

Trong trường hợp nghiên cứu ảnh hưởng của thông số chế độ hàn đến các kích thước mối hàn và lượng thuốc hàn tiêu hao, các giá trị thông số chế độ hàn hợp lý thỏa mãn một số các tiêu chí ràng buộc về hình dạng mối hàn và hệ số thuốc nóng chảy để đạt được giá trị Log (D) có giá trị tuyệt đối lớn nhất.

- Điều kiện tương minh là giới hạn của các biến đầu vào:

$$\begin{aligned} \Psi_{mh1} \leq \Psi_{mh} = b/c \leq \Psi_{mh2} \\ k_{th1} \leq k_{th} \leq k_{th2} \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó:

+ Ψ_{mh1}, Ψ_{mh2} - Các giá trị giới hạn cho phép

Đường kính đây hàn, mm	I, (A)	U, (V)	V_h , (ipm)	Ψ_{mh}	C_x
4.0	668	31,8	14,1	6,1	0,94

của hình dạng mối hàn, phụ thuộc vào phương pháp hàn và tính chất của mỗi loại thuốc hàn.

+ k_{th1}, k_{th2} - Các giá trị giới hạn phụ thuộc vào tính chất của mỗi loại thuốc hàn.

Đối với cặp thuốc hàn Dây hàn (F7A(P)2-BK-EL8), yêu cầu về sự hình thành mối hàn và hệ số thuốc hàn tiêu hao với các ràng buộc dưới đây.

+ Điều kiện tương minh:

$$\begin{aligned} 550 \text{ A} \leq I \leq 850 \text{ A}; \\ 24 \text{ V} \leq U \leq 40 \text{ V}; \\ 12 \text{ ipm} \leq V_h \leq 36 \text{ ipm}. \end{aligned}$$

+ Ràng buộc ẩn: Đối với hàn tự động dưới lớp thuốc thông thường yêu cầu hệ số hình dạng mối hàn thường $\Psi_{mh} = 7 \div 10$ [2]. Tuy nhiên, đối với thuốc hàn bazơ thấp thì khả năng hình thành mối hàn giảm đáng kể, nên có thể chọn hệ số hình dạng mối hàn thấp hơn.

$$5,0 \leq \Psi_{mh} = b/c \leq 10 \quad (4)$$

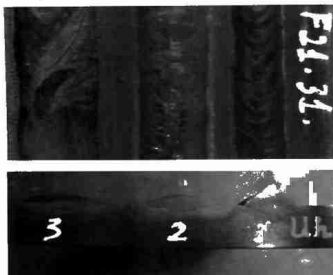
Và lượng thuốc hàn tiêu hao (thuốc hàn bazơ thấp thường có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn hệ thuốc hàn axit), nên lượng thuốc hàn tiêu hao hay hệ số thuốc hàn nóng chảy thường lớn hơn đáng kể, kết hợp tham khảo các tài liệu [4,5,6] chọn các giá trị giới hạn như sau:

$$0,7 \leq k_{th} \leq 1,3 \quad (5)$$

4.3.2. Kết quả tối ưu

Giải bài toán tối ưu với các điều kiện ràng buộc nêu trên bằng phần mềm tối ưu cho kết quả như sau:

Kết quả hàn kiểm tra và ví dụ so sánh hình dạng và kích thước mối hàn phụ thuộc vào thông số chế độ hàn như sau:



Hình 20. Ảnh hưởng của điện áp hàn đến hình dạng mối hàn ($d = 4,0 \text{ mm}$; $I = 700 \text{ A}$; $V_h = 20 \text{ ipm}$ ($0,50 \text{ m/phút}$))

$U = 40 \text{ V}$ $U = 32 \text{ V}$ $U = 24 \text{ V}$

4.4. Thảo luận

Từ các kết quả thu được dạng các phương trình hồi qui và dạng các đường đặc tính có thể rút ra những kết luận chính như sau:

- Xây dựng được các phương trình toán học bằng ứng dụng quy hoạch thực nghiệm, đã mô tả ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn khi hàn tự động dưới lớp thuốc đến các kích thước mối hàn và hệ số thuốc hàn nóng chảy có sự tương thích cao.

- Chiều rộng mối hàn b phụ thuộc mạnh nhất vào điện áp hàn, tiếp đến I_h , V_h . Chiều sâu ngấu mối hàn h phụ thuộc mạnh nhất vào I_h , tiếp đến V_h , U . Các đặc tính này đã phản ánh các tính chất vật lý của thuốc hàn tiêu kết hệ bazơ thấp ($B = 1,1$).

- Các đồ thị cho thấy khi điện áp hàn tăng

thì hệ số thuốc hàn nóng chảy sẽ tăng nhanh, khi cường độ dòng điện hàn tăng thì hệ số thuốc hàn nóng chảy lại giảm. Còn quy luật ảnh hưởng của vận tốc hàn đến hệ số thuốc hàn nóng chảy phức tạp hơn.

5. KẾT LUẬN

- Báo cáo đã nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn khi hàn SAW đến các kích thước mối hàn và hệ số thuốc hàn nóng chảy với thuốc hàn tiêu kết hệ bazơ thấp.

- Xây dựng các quan hệ định lượng và đưa ra phương pháp xác định giá trị hợp lý cho các thông số chế độ hàn để khi hàn bằng thuốc hàn tiêu kết hệ bazơ thấp.

- Xác định được chế độ hàn hợp lý và hệ số thuốc hàn nóng chảy là cơ sở xây dựng bản hướng dẫn sử dụng thuốc hàn tiêu kết hệ bazơ thấp F7A(P)2-BK. ♦

Ngày nhận bài: 10/02/2016

Ngày phản biện: 17/3/2016

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Vũ Huy Lân, Bùi Văn Hanh (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]. ESAB Welding Consumables – ESAB Welding Co., LTD., 2005.
- [6]. Lincoln Welding Handbook, Lincoln Welding Co., LTD., USA 2005.