

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ HÀN ĐẾN KÍCH THƯỚC VỮNG CHẢY KHI HÀN THÉP CT38 BẰNG PHƯƠNG PHÁP HÀN TIG

RESEARCH ON THE EFFECT OF WELDING MODE ON MOLTEN POOL SIZE CT38 STEEL BY TIG WELDING METHODS

ThS. **Đặng Tiến Hiếu**
Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT

Trong quy trình hàn TIG tự động thép tấm CT38, không có khe hở ($a = 0$ mm), không sử dụng kim loại bổ sung, người ta thấy rằng kích thước của vũng hàn có giới hạn ở giá trị nhất định. Do đó, để tăng chiều rộng vũng hàn (b) và chiều sâu chảy (h) của mối hàn tới một giá trị thích hợp, cần có chế độ hàn phù hợp.

Bài báo này trình bày nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của chế độ hàn bởi ba thông số là dòng điện hàn (I_h), tốc độ hàn (V_h) và khe hở hàn (a) tới chiều rộng vũng hàn (b), chiều sâu chảy (h) và các mối quan hệ toán học để dự đoán miền phân bố kích thước chiều rộng vũng hàn (b), chiều sâu chảy (h).

Từ khóa: Dòng điện hàn; Tốc độ hàn; Khe hở; Thép CT38; Hàn TIG; Kích thước vũng hàn.

ABSTRACT

In the welding process TIG of CT38 steel plate, thickness 4 mm, no root gap ($a = 0$ mm), with out use filler metal, it was found that the depth penetration is limited to the depth determined. Therefore, to increase depth penetration (h) of the weld to an appropriate value it is necessary to maintain the root gap (a) to obtain the molten pool width (b) and the depth penetration (h) from minimum to max.

This paper presents an experimental study on the influence of welding current (I_h), welding speed (V_h), root gap (a) to molten pool width (b), depth penetration (h) and mathematical relationships to predict the dimension distribution domain the molten pool width (b), depth penetration (h).

Keywords: Welding current; Welding speed; Root gap; CT38 mild steel; Tungsten Inert Gas Welding (TIG); Molten pool size.

1. MỞ ĐẦU

Quá trình khảo sát thực nghiệm hàn TIG thép CT38 (cacbon thấp) cho liên kết hàn giáp mối chiều dày tấm 4 mm được thực hiện trên xe tự hành mang mỏ hàn, không sử dụng kim loại bổ sung, lựa chọn các thông số công nghệ có ảnh hưởng lớn đến năng suất chất lượng để khảo sát đó là dòng điện hàn (I_h), tốc độ hàn (V_h), khe hở hàn (a), còn các thông số khác được lựa chọn tối ưu, quy hoạch xử lý số

liệu thực nghiệm để đánh giá ảnh hưởng chiều rộng vùng hàn (b), chiều sâu chảy (h).

2. NỘI DUNG

2.1. Thiết lập quá trình thực nghiệm

- Kết hợp phương pháp nghiên cứu lý thuyết với khảo sát thực nghiệm hàn trên các mẫu thép CT38 chiều dày tấm 4 (mm), không sử dụng kim loại bổ sung.

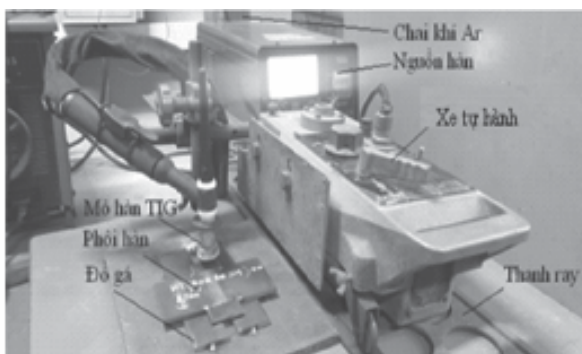
Bảng 1. Thành phần hóa học của thép CT38

Tiêu chuẩn	Mác thép	Thành phần hóa học				
		C	S _i	M _n	P _(max)	S _(max)
1651-85	CT38	0,14 ÷ 0,22	0,12 ÷ 0,30	0,40 ÷ 0,65	0,04	0,045

- Quá trình hàn TIG được thiết lập với thông số khảo sát thay đổi như dòng điện hàn từ 160 (A) đến 170 (A), tốc độ hàn từ 2,6 (mm/s) đến 3,4 (mm/s), khe hở hàn từ 0,5 (mm) đến 1 (mm), các thông số công nghệ khác không theo bảng 2. Khi hàn, ta đều nhận được kích thước, hình dạng đáp ứng được yêu cầu. Ngoài khoảng dòng điện hàn (I_h), tốc độ hàn (V_h), khe hở hàn (a), mẫu hàn không đạt yêu cầu hoặc bị phế phẩm [2], [4].

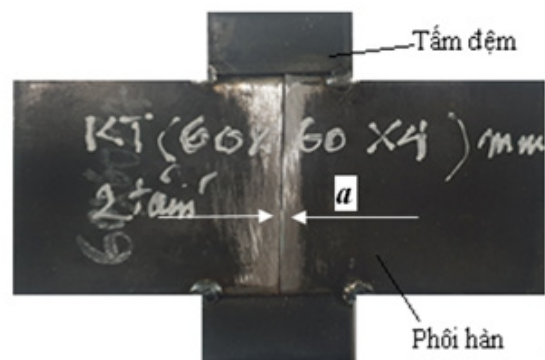
Xe tự hành mang mỏ hàn với tốc độ 5÷100 cm/phút (đường ray như hình 1).

- Mẫu thực nghiệm với thành phần hóa học theo bảng 1, kích thước tấm 60 x 60 x 4 (mm) được mài sạch mép hàn bằng máy mài hình 2, hàn dính với khe hở hàn (a) theo bảng 3.



Hình 1. Hình ảnh quá trình hàn TIG

- Nguồn hàn LINCOLN AC/DC-350 – TP; khí Ar 99%, mỏ hàn TIG và các phụ kiện.



Hình 2. Mẫu thí nghiệm

2.2. Thiết lập quy hoạch thực nghiệm

- Mẫu được chuẩn bị tạo ra liên kết hàn giáp mối thực nghiệm toàn phần trực giao của

Box-Wilson với phương trình hồi quy (Y_i) [3]:

$$Y_i = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{33} X_3^2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3$$

- Biến đầu vào X_1 – Dòng điện hàn I_h [A];
 X_2 – Tốc độ hàn V_h [mm/s]; X_3 – Khe hở hàn a_h [mm].

- Số lượng thí nghiệm:

$$N = 2^k + 2k + n_0 = 2^3 + 2 \cdot 3 + 3 = 17$$

(k: Số biến đầu vào, $k = 3$; n_0 : Số thí nghiệm ở mức cơ sở, $n_0 = 3$; cánh tay đòn $\alpha = 1,215$)

Y_1 – Chiều rộng vũng hàn b [mm]; Y_2 – Chiều sâu chày h [mm].

Bảng 2. Chế độ hàn TIG thép CT38

TT	Thông số chế độ hàn
1	Kích thước tấm 60x60x4 (mm): 2 tấm
2	Kích thước tấm đệm 20x10x4 (mm): 2 tấm
3	Góc độ mở hàn: 90°
4	Điện cực WTh-2: $\phi 2,4 \times 175$
5	Miệng phun khí: $N_2 6$
6	Chiều dài hồ quang: 3 (mm)
7	Lưu lượng khí bảo vệ: 7 (l/p)
8	Tốc độ hàn V (mm/p): 2,6 (mm/s) đến 3,4 (mm/s)
9	Dòng điện hàn I (A): 160 (A) đến 170 (A)
10	Khe hở hàn a : 0,5 (mm) đến 1(mm)
11	Loại dòng điện: DCEN

- Kết hợp phương pháp nghiên cứu lý thuyết với thực nghiệm, tiến hành hàn lần lượt trên 17 mẫu thép CT38 chiều dày tấm 4 mm, không sử dụng kim loại bổ sung với chế độ hàn theo bảng 2 và bảng 3 [2], [4].

Bảng 3. Thứ tự hàn thực nghiệm

TT Thực nghiệm	Dòng điện hàn $X_1 - I$ (A)	Tốc độ hàn $X_2 - V$ (mm/p)	Khe hở hàn $X_3 - a$ (mm)
1	160	2,6	0,5
2	170	2,6	0,5
3	160	3,4	0,5
4	170	3,4	0,5
5	160	2,6	1
6	170	2,6	1
7	160	3,4	1
8	170	3,4	1
9	158,9	3,0	0,75
10	171,1	3,0	0,75
11	165	2,51	0,75
12	165	3,49	0,75
13	165	3,0	0,75
14	165	3,0	0,75
15	165	3,0	0,75
16	165	3,0	0,75
17	165	3,0	0,75

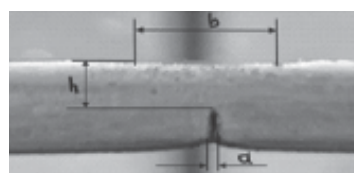
- Sau khi hàn thực nghiệm tương ứng với 17 chế độ hàn theo thông số bảng 3, làm sạch và kiểm tra ngoại dạng các mẫu thực nghiệm đều không có sự phân bố của các khuyết tật trên bề mặt, ta được 17 mẫu mối hàn như hình 3.



Hình 3. Mẫu hàn ở các chế độ hàn khác nhau.

- Các mẫu thực nghiệm được cắt ở giữa, vuông góc với trục mỗi hàn bằng máy cắt cao tốc. Phay bề mặt đã cắt, đánh bóng bề mặt bằng giấy đánh bóng Silicon carbide CC400, CC1000. Nhúng mặt cắt ngang đã đánh bóng vào dung dịch HNO_3 (15%) trong 10 giây để ăn mòn hóa học. Quan sát bề mặt cắt ngang của 17 mẫu.

- Đo kiểm kích thước chiều rộng vũng hàn (b) và chiều sâu chảy (h) (hình 4) bằng thước cặp MITUTOYO 530-108 (0-200mm/0,05mm).



Hình 4. Mặt cắt ngang mẫu hàn số 4

2.3. Kết quả thực nghiệm

- Kết quả thực nghiệm thu được đều tuân thủ theo các tiêu chuẩn/quy phạm về chất lượng mối hàn để đánh giá sự ảnh hưởng của dòng điện hàn (I_h), tốc độ hàn (V_h) và khe hở hàn (a) tới kích thước chiều rộng vũng hàn (b) và chiều sâu chảy (h) (bảng 4).

Bảng 4. Kết quả đo kích thước chiều rộng vũng hàn (b), chiều sâu chảy (h)

TT Thực nghiệm	Dòng điện hàn $X_1 - I(A)$	Tốc độ hàn $X_2 - V(mm/p)$	Khe hở hàn $X_3 - a(mm)$	Chiều rộng vũng hàn b(mm)	Chiều sâu chảy h(mm)
1	160	2,6	0,5	7,2	2,7
2	170	2,6	0,5	7,8	2,9
3	160	3,4	0,5	6,5	2,2
4	170	3,4	0,5	6,8	2,6
5	160	2,6	1	8,2	4,2
6	170	2,6	1	8,6	4,6
7	160	3,4	1	7,6	3,2
8	170	3,4	1	8,0	3,8
9	158.9	3,0	0,75	7,0	2,7
10	171.1	3,0	0,75	7,9	3,4
11	165	2,51	0,75	7,8	3,3
12	165	3,49	0,75	6,7	2,5
13	165	3,0	0,45	6,8	2,6
14	165	3,0	1,05	7,6	3,2
15	165	3,0	0,75	7,1	2,8
16	165	3,0	0,75	7,1	2,8
17	165	3,0	0,75	7,2	2,9



- Kết quả thực nghiệm bảng 4, ta sử dụng phần mềm MODE5.0 xác định được phương trình hồi quy, độ lệch chuẩn R, tính tương thích Q cùng các hệ số tương quan của mô hình thực nghiệm [3].

- Mô hình chiều rộng vũng hàn: b (Y_1);
 $R^2 = 0,969$.

$$Y_1 = 7,09933 + 0,255057X_1 - 0,386809X_2 + 0,463093X_3 + 0,260215X_1^2 + 0,124735X_2^2 + 0,0908642X_3^2 - 0,0375X_1X_2 - 0,012499X_1X_3 + 0,0625004X_2X_3$$

- Mô hình chiều sâu chảy: h (Y_2);
 $R^2 = 0,928$.

$$Y_2 = 2,77309 + 0,22374X_1 - 0,326137X_2 + 0,559601X_3 + 0,227748X_1^2 + 0,126137X_2^2 + 0,126137X_3^2 - 0,05X_1X_2 - 0,05X_1X_3 - 0,125X_2X_3$$

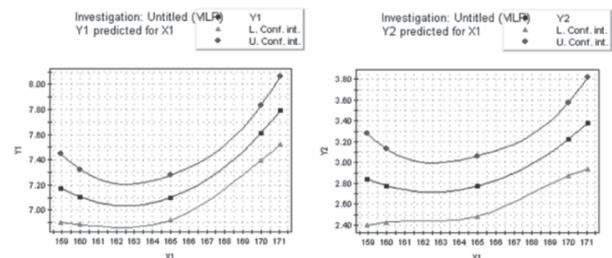
Các phương trình hồi quy mô tả ảnh hưởng của dòng điện hàn (I_h), tốc độ hàn (V_h), khe hở hàn (a) tới kích thước chiều rộng vũng hàn (b) và chiều sâu chảy (h).

3. ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN CHIỀU RỘNG VŨNG HÀN (b) VÀ CHIỀU SÂU CHẢY (h)

3.1. Ảnh hưởng của dòng điện hàn (I_h)

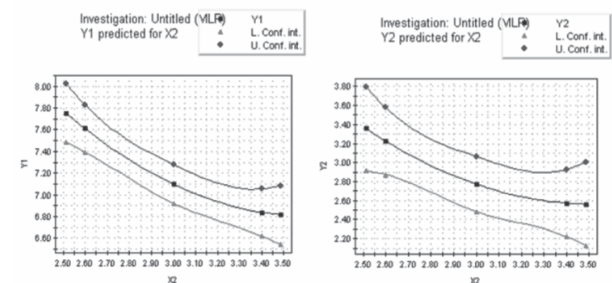
Dòng điện hàn có ảnh hưởng lớn đến kích thước hình dạng mối hàn. Khi tăng dòng điện hàn dẫn tới tăng mật độ dòng điện, tăng nhiệt độ làm nóng chảy kim loại. Ở giai đoạn đầu, khi tăng dòng điện hàn tới giá trị khoảng 162,5 (A), kích thước chiều rộng vũng hàn (b) và chiều sâu chảy (h) có xu hướng giảm do nhiệt hồ quang giai đoạn này tác động chủ yếu lên vũng hàn thay vì lên mép hàn, tiếp tục tăng dòng điện hàn tăng mạnh hệ số chảy, tốc độ

chảy mép hàn dẫn tới kích thước chiều rộng vũng hàn (b) và chiều sâu chảy (h) cũng tăng mạnh (hình 5). Chiều rộng vũng hàn (b) lớn nhất và chiều sâu chảy (h) lớn nhất khi tốc độ hàn nhỏ nhất và khe hở hàn, dòng điện hàn là lớn nhất.



Hình 5. Ảnh hưởng của dòng điện hàn (I_h)
 a - Ảnh hưởng đến chiều rộng vũng hàn (b)
 b - Ảnh hưởng đến chiều sâu chảy (h)

3.2. Ảnh hưởng của tốc độ hàn (V_h)

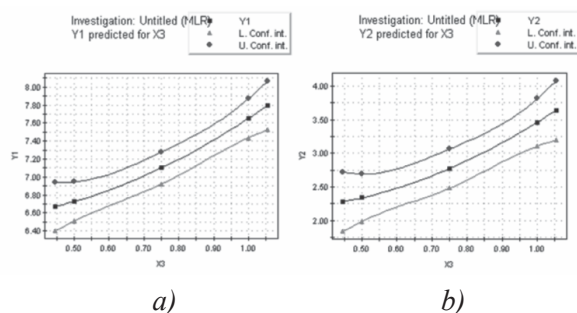


Hình 6. Ảnh hưởng của tốc độ hàn (V_h)
 a - Ảnh hưởng đến chiều rộng vũng hàn (b)
 b - Ảnh hưởng đến chiều sâu chảy (h)

Tốc độ hàn có ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất hàn. Việc lựa chọn tốc độ hàn phụ thuộc vào hình dạng mối hàn (hình 6) cho thấy, khi tăng tốc độ hàn làm tăng nhiệt tác động lên phía trước hồ quang, tăng tốc độ nguội và giảm nhiệt nung nóng mép hàn dẫn tới kích thước chiều rộng vũng hàn (b), chiều sâu chảy (h) giảm tuyến tính. Chiều rộng vũng hàn nhỏ nhất 6,5 (mm), chiều sâu chảy hàn nhỏ nhất 2,2

(mm) khi hàn với tốc độ 3,4 (mm/s), khe hở hàn 0,5 (mm) và dòng điện hàn 160 (A).

3.3. Ảnh hưởng của khe hở hàn (a)



Hình 7. Ảnh hưởng khe hở hàn (a)
a - Ảnh hưởng đến chiều rộng vùng hàn
b - Ảnh hưởng đến chiều sâu chảy

Từ biểu đồ, ta thấy khi tăng khe hở hàn làm gia tăng sự tác động nhiệt hồ quang, tăng hệ số chảy, tốc độ chảy lên các mặt của mép hàn dẫn tới kích thước chiều rộng vùng hàn (b) (hình 7-a) và chiều sâu chảy (h) (hình 7-b) cũng tăng. Chiều rộng vùng hàn lớn nhất và chiều sâu chảy lớn nhất khi tốc độ hàn nhỏ nhất, dòng điện hàn là lớn nhất.

4. KẾT LUẬN

Kết quả của nghiên cứu thực nghiệm hàn TIG vật liệu thép CT38 chiều dày tấm 4 mm cho thấy:

- Quá trình nghiên cứu thực nghiệm đã xác định được ảnh hưởng của các thông số chính là dòng điện hàn (I_h), tốc độ hàn (V_h), khe hở hàn (a) tới miền phân bố kích thước chiều rộng vùng hàn (b), chiều sâu chảy (h).

- Với các thông số (I_h), (V_h), (a) khác nhau sẽ có kích thước chiều rộng vùng hàn (b) và chiều sâu chảy (h) khác nhau.

- Trong sản xuất hàn TIG khi hàn các vật liệu thép cacbon thấp, nếu sử dụng phương pháp nghiên cứu của bài báo này sẽ tìm được với bộ thông số chế độ hàn phù hợp để đáp ứng yêu cầu kích thước vùng hàn. ❖

Ngày nhận bài: 15/5/2023

Ngày phản biện: 01/6/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. TS. Vũ Huy Lâm, TS. Bùi Văn Hạnh; *Giáo trình Vật liệu hàn*, NXB. Bách Khoa Hà Nội, 2010.
- [2]. TS. Ngô Lê Thông; *Công nghệ hàn điện nóng chảy* (Tập 1&2), NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2004.
- [3]. TS. Vũ Huy Lâm; *Bài giảng Quy hoạch thực nghiệm và xử lý số liệu*.
- [4]. Dự án JICA –HIC; *Thực hành hàn TIG*, 2002.
- [5]. TS. Hoàng Tùng, TS. Nguyễn Thúc Hà, TS. Ngô Lê Thông, KS. Chu Văn Khang; *Sổ tay hàn*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2007.
- [6]. Trần Văn Mạnh; *Giáo trình kỹ thuật hàn*, NXB. Lao động, Hà Nội, 2007.
- [7]. AWS D1.1/D1.1M; *Structural Welding Code – Steel*, 2006.