

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ HÀN TỰ ĐỘNG DƯỚI LỚP THUỐC ĐỂ HÀN THÉP HỢP KIM THẤP ĐỘ BỀN CAO Q345B

Nguyễn Hữu Hưởng*, Tống Ngọc Tuấn

Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

Email: nhhuong@vnua.edu.vn*

Ngày gửi bài: 04.07.2016

Ngày chấp nhận: 25.12.2016

TÓM TẮT

Trên cơ sở trang thiết bị hiện có, xây dựng mô hình thí nghiệm tích hợp hệ thống thiết bị, đồ gá và máy hàn tự động dưới lớp thuốc để hàn thép hợp kim thấp độ bền cao (HSLA) Q345B với dạng mối hàn chữ T có chiều dày các tấm lần lượt là 5 mm và 8 mm. Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết về công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc, tiến hành hàn thực nghiệm, sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm, xử lý số liệu tìm ra bộ thông số chế độ hàn để phục vụ cho quá trình hàn ứng dụng thép Q345B. Qua quá trình khảo sát bước đầu, cố định một số thông số đầu vào và tiến hành thực nghiệm hàn với các khoảng thông số đầu vào và đánh giá các thông số đầu ra, xác định được thông số chế độ hàn: cường độ dòng điện hàn $I_h \approx 440$ A, tốc độ hàn $V_h \approx 19,6$ m/h. Với bộ thông số chế độ hàn đã xác định được, kết hợp với yếu tố công nghệ và kết cấu cụ thể, mối hàn chữ T được hàn thực nghiệm đảm bảo tốt về hình dạng, kích thước và chất lượng.

Từ khóa: hàn tự động dưới lớp thuốc, thép hợp kim thấp độ bền cao, mối hàn chữ T.

Research and Apply Automatic Submerged Arc Welding Technology to Weld Q345B High-Strength Low-Alloy Steel

ABSTRACT

Based on available equipments, an experimental model combining with equipment system, attachment and automatic submerged arc welding machine to weld Q345B high-strength low-alloy (HSLA) steel with T-letter shaped joint with a thickness of plates of 5 mm and 8 mm, respectively. Based on theoretic research on automatic submerged arc welding technology, experimental welding using experimental design and data processing were performed to find out parameters for welding process of Q345B steel. Through the initial survey with constant parameters and experimental welding with input parameter intervals and evaluating output parameters, the following parameters of welding conditions were determined: welding current $I_h \approx 440$ A and welding speed $V_h \approx 19.6$ m/h. With parameters of welding conditions determined combining with technological elements and specific structure, T-letter joint welding produced good form, dimension and quality.

Keywords: automatic submerged arc welding, high-strength low-alloy steel, T joint.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hàn tự động dưới lớp thuốc là phương pháp hàn mà trong đó các khâu của quá trình được tiến hành tự động bởi máy hàn, bao gồm: gây hồ quang, dịch chuyển điện cực hàn xuống vùng hàn để duy trì hồ quang cháy ổn định, dịch chuyển điểm hàn dọc mối hàn, cấp thuốc hàn. Đây là một trong những công nghệ có rất nhiều

ưu điểm như: không phát sinh khói, hồ quang kín; không đòi hỏi kỹ năng cao của thợ hàn; năng suất hàn cao, chất lượng mối hàn tốt và ổn định (Ngô Lê Thông, 2009). Khi khảo sát tính hàn của vật liệu sử dụng công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc, có thể sử dụng các công thức tính để xác định các giá trị như cường độ dòng điện hàn, tốc độ hàn,... (Ngô Lê Thông, 2009), nhưng với khoảng giá trị thay đổi khá lớn. Đối với mối

vật liệu khác nhau, các công thức đó có thể dùng để tham khảo nhưng phải kết hợp với thực nghiệm để tìm ra giá trị hợp lý. Do đó, kết hợp công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc với trang thiết bị phù hợp để khảo sát tính hàn và khả năng ứng dụng của vật liệu cụ thể có ý nghĩa thực tiễn.

Trong số những vật liệu được ứng dụng để chế tạo chi tiết máy nói chung, chi tiết máy nông nghiệp nói riêng có vật liệu thép hợp kim thấp độ bền cao (HSLA) (cũng được gọi là thép kết cấu hợp kim thấp). Các ứng dụng tiêu biểu của thép HSLA là giá đỡ và thân xe tải, toa xe, thiết bị vận tải, chi tiết máy nông nghiệp, sàn cầu, đường ống và bình áp lực (Ngô Lê Thông, 2009; Trần Văn Địch và Ngô Trí Phúc, 2006; ASM International, 2001). Thép hợp kim thấp độ bền cao được sử dụng nhằm tạo ra cơ tính tốt hơn và khả năng chống ăn mòn tốt hơn trong không khí so với thép carbon thông thường vì thép được chế tạo nhằm đáp ứng các yêu cầu cụ thể về mặt cơ tính chứ không phải về mặt thành phần hóa học. Thép HSLA có nồng độ carbon thấp để có tính biến dạng và tính hàn tốt. Trong ngành chế tạo máy, thép hợp kim thấp ít carbon thường được sử dụng để chế tạo các kết cấu hàn (Ngô Lê Thông, 2009).

Trên cơ sở tài liệu về các vật liệu dùng trong chế tạo máy và trên cơ sở chi tiết máy nông nghiệp cụ thể sử dụng vật liệu là thép HSLA Q345B, nhóm tác giả lựa chọn vật liệu Q345B để khảo sát tính hàn và tiến hành hàn ứng dụng với bộ thông số hàn đã tìm ra. Trong số các dạng cơ bản của liên kết hàn (liên kết giáp mối, liên kết chữ T, liên kết góc và liên kết chồng), dạng liên kết hàn chữ T cũng rất hay thường gặp nên việc nghiên cứu về dạng mối hàn này là có ý nghĩa.

Khi nói đến các chi tiết máy nông nghiệp, rất nhiều chi tiết trong số này làm việc trong điều kiện có những đặc điểm khác với chi tiết ở các loại máy móc khác. Trong quá trình làm việc, bên cạnh việc ảnh hưởng của các yếu tố thông thường như ma sát giữa các chi tiết, điều kiện bôi trơn, chịu tác động của tải trọng với các giá trị khác nhau,... rất nhiều chi tiết máy nông nghiệp trong quá trình làm việc tiếp xúc với đất, với thành phần cơ học, độ ẩm, tính dẻo, tính đàn hồi, độ cứng, tính mài mòn khác nhau. Những

đặc điểm trên của đất ảnh hưởng rất nhiều đến khả năng làm việc, tuổi thọ của chi tiết máy. Trên cơ sở đó khi chế tạo những chi tiết máy nông nghiệp, phải tính đến việc lựa chọn vật liệu để chế tạo một cách hợp lý kết hợp với việc sử dụng các loại công nghệ chế tạo khác nhau để đảm bảo chi tiết chế tạo ra sẽ có hiệu quả sử dụng cao nhất.

Vấn đề chế tạo các chi tiết máy nói chung, chi tiết máy nông nghiệp nói riêng có thể được tiến hành bằng rất nhiều các công nghệ khác nhau cán, kéo, dập, đúc, hàn,... (Trần Văn Địch và cs., 2009) và trên các thiết bị máy móc khác nhau. Một trong những công nghệ vẫn thường hay được sử dụng là công nghệ hàn. Hiện nay, ở các cơ sở sản xuất vẫn sử dụng nhiều phương pháp hàn hồ quang tay hoặc bán tự động cho năng suất thấp và mối hàn không ổn định. Khi chế tạo các chi tiết máy có sử dụng công nghệ hàn thì công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc là công nghệ rất được quan tâm vì những ưu điểm nổi trội.

Trong quá trình hàn tự động dưới lớp thuốc có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến hình dạng và kích thước mối hàn, nhưng đề tài lựa chọn 2 thông số chính để nghiên cứu khi hàn thép HSLA Q345B gồm: Cường độ dòng điện hàn (I_h), tốc độ hàn (V_h). Các thông số khác như điện áp hàn, tầm với điện cực, các yếu tố công nghệ thì qua quá trình nghiên cứu tài liệu (Blodgett *et al.*, 1999; Kumanan *et al.*; Lincoln Global Inc., 2014) và thực nghiệm sơ bộ tại phòng thí nghiệm để đưa ra giá trị phù hợp với khoảng thông số khảo sát của cường độ dòng điện hàn và tốc độ hàn. Các thông số đặc trưng cho hình dạng và kích thước của đường hàn đáy: Chiều cao đường hàn (H), bề rộng mặt trên của đường hàn (b).

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Thép hợp kim thấp độ bền cao Q345B đang được ứng dụng vào việc chế tạo một số chi tiết máy nói chung, chi tiết máy nông nghiệp nói riêng với thành phần hóa học và cơ tính cụ thể (Bảng 1, 2) (Trần Văn Địch và Ngô Trí Phúc, 2006).

Bảng 1. Thành phần hóa học của thép hợp kim thấp độ bền cao Q345B

Tiêu chuẩn	Mác thép	C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S	V (%)	Nb (%)	Ti (%)	Nguyên tố khác
GB/T 1591 - 94	Q345B	≤ 0,2	1 ÷ 1,6	≤ 0,55	≤ 0,04	≤ 0,04	0,02 ÷ 0,15	0,015 ÷ 0,06	0,02 ÷ 0,2	-

Bảng 2. Cơ tính của thép Q345B

Tiêu chuẩn	Mác thép	Độ bền kéo σ_b (MPa)	Giới hạn chảy (MPa)	Độ giãn dài tương đối δ (%)	Chịu công va đập	
					Nhiệt độ (°C)	A_k (J)
GB/T 1591 - 94	Q345B	470 ÷ 630	≥ 345	21	+20	34

Bảng 3. Thành phần thuốc hàn gồm Automelt A55 (Automelt Gr II)

SiO ₂ + TiO ₂	CaO + MgO	Al ₂ O ₃ + MnO	CaF ₂
30	10	45	15

Bảng 4. Thành phần hóa học của dây hàn EL - 12

Nguyên tố	C	Mn	Si	S	P
Trị số %	0,06 - 0,12	0,35 - 0,6	0,1 max	0,03 max	0,03 max

- Kích thước các tấm mẫu 240 x 100 x 5 và 240 x 80 x 8 được cắt theo tiêu chuẩn để phục vụ cho quá trình hàn thực nghiệm trên các mẫu và đặc biệt là quá trình kiểm tra đánh giá chất lượng mối hàn (An American National Standard, 2007; Mohd Shahar Sulaiman *et al.*, 2011).

- Sử dụng thuốc hàn gồm Automelt A55 (Bảng 3) phù hợp khi sử dụng cùng với dây hàn thép carbon thấp có phủ đồng và với vật liệu có hàm lượng carbon thấp (Ador welding Limited, 2015).

- Dây hàn EL - 12 là loại dây hàn thép carbon thấp có phủ đồng, đảm bảo chất lượng của liên kết mối hàn tốt, đồng đều, năng suất cao và tiết kiệm được dây hàn. Dây hàn được chế tạo theo tiêu chuẩn Mỹ: AWS F6A2/F7A0 - EL12. Đường kính dây hàn sử dụng là 2 mm.

- Máy hàn model: Autotractor - 630 - 1, nguồn hàn Armada - 630.

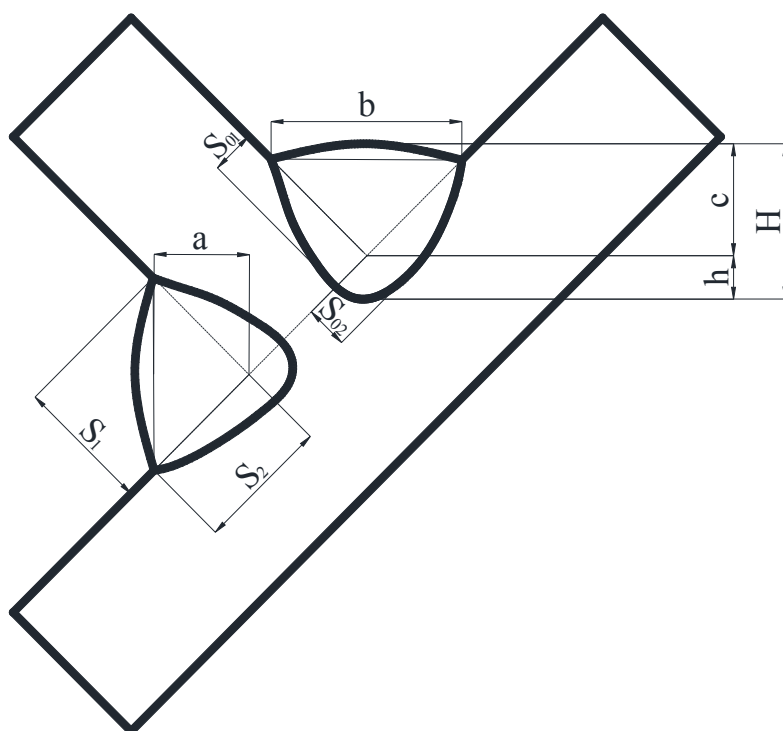
- Thông số kích thước của mối hàn chữ T (Hình 1) (ISO 5817, 2003; An American National Standard, 2007; Ngô Lê Thông, 2009; KOBE STEEL, LTD, 2015).

Các giá trị thể hiện trên hình 2 có thể được kiểm tra thông qua các công thức sau:

$$S_{01} = S_{02} = S_0; S_0 = (0,8 \quad 1,0).h; S_1 = S_2 = S; a = \frac{S}{\sqrt{2}} \approx 0,7S; \emptyset_n = b/H \leq 2$$

$S \leq 1,2T_{\min}$ ($T_{\min}$: chiều dày nhỏ nhất của phần tử được nối)

Trong số những thông số kích thước, tập trung vào 2 thông số chính đó là chiều rộng mối hàn, chiều cao mối hàn, còn các thông số khác kiểm tra sơ bộ để đánh giá hình dáng mối hàn.- Chi tiết máy ứng dụng công nghệ hàn: Qua khảo sát với các loại máy móc thực tế, rất nhiều chi tiết máy nông nghiệp sử dụng vật liệu thép hợp kim thấp độ bền cao, trong đó có mác thép Q345B. Trên hình 2, bánh xe của máy trồng khoai tây sử dụng vật liệu thép Q345B, đường kính vành bánh xe là 455 mm, trên vành của bánh xe có hàn rất nhiều gân tạo ra nhiều mối liên kết hàn chữ T với kích thước đường hàn ≥ 100 mm. Nhóm tác giả lựa chọn dạng chi tiết đơn giản, dễ chế tạo để bước đầu đánh giá khả năng ứng dụng của công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc với bộ thông số đã nghiên cứu và tính toán. Trong quá trình hàn sẽ áp dụng tốt kỹ thuật bắt đầu gây và kết thúc hồ quang để hạn chế khuyết tật ở nơi bắt đầu và kết thúc mối hàn.



Hình 1. Thông số kích thước của mối hàn chữ T

Ghi chú: b - chiều rộng mối hàn; S_{01} , S_{02} - chiều sâu chảy của bản bụng (tấm vách); c - chiều cao của kim loại đắp; h - chiều sâu ngấu; H - chiều cao mối hàn.



Hình 2. Bánh xe của một số máy trồng khoai tây với dạng mối hàn chữ T

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Nghiên cứu lý thuyết

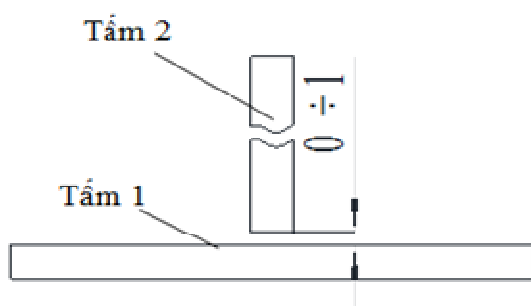
Thu thập, phân tích và tổng hợp các kiến thức, các công trình nghiên cứu về công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc. Nghiên cứu lý thuyết về phương pháp thiết kế thí nghiệm.

Nghiên cứu ứng dụng phần mềm Minitab và Modde.

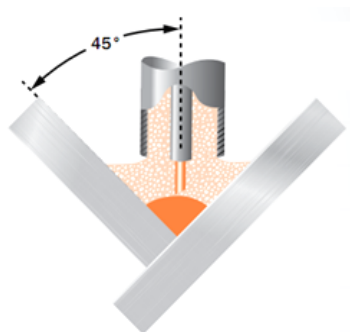
2.2.2. Nghiên cứu thực nghiệm

Tiến hành quá trình hàn thực nghiệm với các thông số đầu vào, các khoảng giá trị đã được xác định thông qua nghiên cứu lý thuyết, hàn thực nghiệm bước đầu. Tiến hành hàn với các

cặp mẫu để hàn, với mô hình mối ghép cụ thể (Hình 3) và vị trí hàn phù hợp (hình 4). Cắt cặp mẫu hàn, kiểm tra kích thước mối hàn. Tiến hành phương pháp quy hoạch thực nghiệm, phân tích số liệu và sau đó sử dụng phần mềm Modde 11.0.1 xác định ra bộ thông số chế độ hàn. Tiến hành quá trình hàn trên cặp mẫu với bộ thông số chế độ hàn đã xác định trước khi tiến hành hàn trên chi tiết cụ thể. Cắt mẫu hàn để đánh giá chất lượng mối hàn, phân tích tổ chức vật liệu.



Hình 3. Mô hình mối ghép thực nghiệm



Hình 4. Vị trí mối hàn dùng để thực nghiệm (1F)

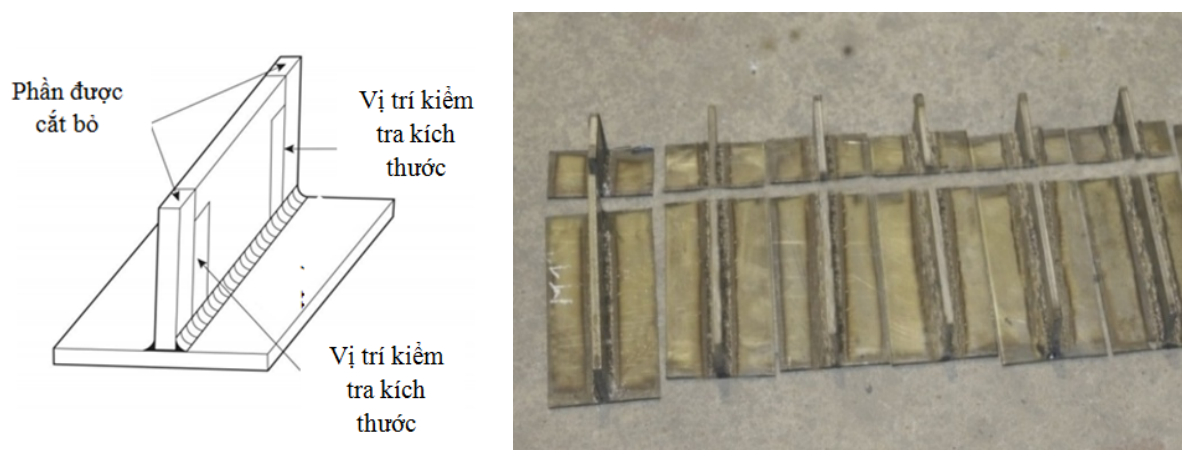
- Các thí nghiệm được tiến hành tại Phòng thí nghiệm Công nghệ phục hồi và Xử lý bề mặt, thuộc Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam. Để tiến hành được thí nghiệm, thiết kế và chế tạo đồ gá phù hợp với kích thước của các cặp mẫu hàn và đảm bảo vị trí hàn theo như yêu cầu (Hình 4). Gá đặt máy hàn và cặp mẫu hàn đã được hàn dính lên đồ gá và tiến hành quá trình hàn (Hình 5).



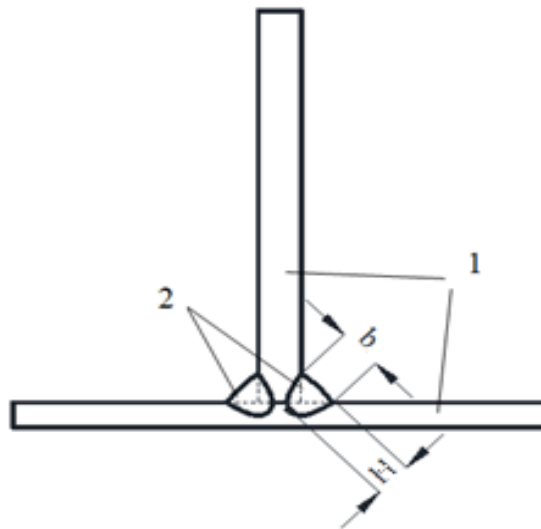
Hình 5. Quá trình hàn thực nghiệm các cặp mẫu

- Phương pháp xác định các kích thước tiết diện ngang của mối hàn, tác giả tiến hành thực nghiệm qua các bước sau: Cắt mẫu hàn, mài và đánh bóng vùng mặt cắt ngang của mối hàn bằng máy mài chuyên dùng và giấy ráp với độ nhám khác nhau; sử dụng dung dịch cồn với 3 - 4% dung dịch axit nitric để tẩy thực bề mặt mẫu rồi rửa sạch và sấy khô (Nghiêm Hùng, 2010). Trên cơ sở đó có thể phân biệt được vùng kim loại mối hàn và vùng kim loại cơ bản, từ đó ta cũng có thể quan sát được hình dạng, vùng kết tinh của mối hàn và chụp ảnh; sử dụng thước đo để đo các thông số kích thước của mối hàn đã xác định từ trước (Hình 7). Với mỗi chế độ, hàn trên 3 cặp mẫu sau đó tiến hành đo, kết quả đo sẽ lấy trung bình cộng và lập bảng thông số kích thước của mối hàn. Cách kiểm tra thông số kích thước của mối hàn được thể hiện trong hình 8 dưới đây:

Thực nghiệm xác định bộ thông số chế độ hàn và xác định hình dáng, kích thước mối hàn: Xây dựng mô hình thực nghiệm trên cơ sở các thông số: liên kết hàn chữ T, hàn ở vị trí hàn bằng (1F); thép chế tạo chi tiết máy là thép Q345B dày 5 mm và 8 mm bằng quá trình hàn tự động dưới lớp thuốc (SAW); thuốc hàn gồm Automelt A55 và dây hàn EL12 với đường kính 2 mm; tấm với điện cực 30 mm; điện áp hàn 27 V; khoảng thực nghiệm của cường độ dòng điện hàn $I_h = 420 - 440$ A; khoảng thực nghiệm của vận tốc hàn $V_h = 16 - 20$ m/h.



Hình 6. Một số cặp mẫu đã được hàn và tiến hành cắt để kiểm tra kích thước mỗi hàn



Hình 7. Hình dạng và kích thước mỗi hàn
(1 - vật hàn; 2 - mối hàn)



Hình 8. Cách đo kích thước của đường hàn

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thực nghiệm xác định bộ thông số chế độ hàn và xác định hình dáng, kích thước mối hàn

Như đã trình bày ở trên, mặc dù trong quá trình hàn tự động dưới lớp thuốc có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến hình dạng và kích thước mối hàn, nhưng chúng tôi lựa chọn 2 thông số chính trên cơ sở trang thiết bị và điều kiện cho phép để nghiên cứu gồm: Cường độ dòng điện hàn (I_h), tốc độ hàn (V_h). Các thông số đặc trưng cho hình dạng và kích thước của đường hàn đáy: Chiều cao mối hàn (H), chiều rộng mối hàn (b) (Hình 7)

- Quy ước các thông số đầu vào (thông số chế độ hàn chính) như sau:

X_1 - cường độ dòng điện hàn I_h [A]

X_2 - tốc độ hàn (tốc độ di chuyển mỏ hàn) V_h [m/h]

- Quy ước các thông số đầu ra (hình dạng và kích thước của mối hàn) như sau:

Y_1 - chiều cao mối hàn H [mm]

Y_2 - chiều rộng mối hàn b [mm]

Theo các kết quả nghiên cứu và trong các tài liệu đã được công bố (Kumanan *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 1993) cũng như qua quá trình thực nghiệm sơ bộ, kết quả cho thấy các thông số kích thước mối hàn (chiều cao, chiều rộng) phụ thuộc tuyến tính và qua lại với các thông số chế độ hàn (cường độ dòng điện hàn và vận tốc hàn).

Hàm số tương đương có dạng:

$$Y_i = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2$$

Cũng thông qua quá trình thực nghiệm sơ bộ và kết quả thu được thỏa mãn các mục tiêu đặt ra của bài toán quy hoạch thực nghiệm, xác định được khoảng biến thiên của các thông số chế độ hàn như mô tả trong bảng 5:

Theo dự kiến mô hình có dạng tuyến tính bậc nhất nên ta bố trí số điểm thực nghiệm $N \geq 2^k = 2^2 = 4$, với k là số biến cần khảo sát. Để tăng thêm tính chính xác mỗi thí nghiệm tác giả sẽ tiến hành 3 lần và lấy giá trị trung bình và tiến hành thêm 3 thực nghiệm ở tâm.

Bảng 5. Giá trị và khoảng biến thiên của thông số đầu vào

Mức thay đổi	Các thông số đầu vào	
	I_h (A) X_1	V_h (m/h) X_3
Mức trên ($Z_i = +1$)	440	20
Mức cơ bản ($Z_i = 0$)	430	18
Mức dưới ($Z_i = -1$)	420	16
Khoảng biến thiên ΔX_i	10	2

Bảng 6. Ma trận kế hoạch thực nghiệm

Biến thực		Biến mã hóa	
I_h (A) X_1	V_h (m/h) X_2	Z_1	Z_3
420	16	- 1	- 1
440	16	+1	- 1
420	20	- 1	+1
440	20	+1	+1
430	18	0	0
430	18	0	0
430	18	0	0

Bảng 7. Kết quả thực nghiệm

Thông số công nghệ hàn		Kích thước mối hàn tương ứng (mm)		Ghi chú
I_h (A)	V_h (m/h)	Y_1 (H)	Y_2 (b)	
420	16	7,1	11,9	
440	16	8,9	13,1	
420	20	5,6	10,2	
440	20	7,5	11,2	

Bảng 8. Hệ số hồi quy thu được từ kết quả thực nghiệm

	b_0	b_1	b_2	b_{12}
$h_d(Y_1)$	7,275	0,925	- 0,725	0,025
$b_h(Y_2)$	11,6	0,55	- 0,9	- 0,05

Bảng 9. Kết quả thực nghiệm ở tâm

Thông số công nghệ hàn		Kích thước mối hàn tương ứng (mm)		Ghi chú
I_h (A)	V_h (m/h)	H	b	
430	18	7,1	11,8	
430	18	6,4	11,1	
430	18	6,7	11,6	
(Giá trị trung bình ở m lần đo)		6,73	11,5	

- Kiểm tra sự có nghĩa của các hệ số trong phương trình:

Các giá trị phương sai tái hiện: $S_{th}(b) \approx 0,36$; $S_{th}(H) \approx 0,351$.

Trên cơ sở đó ta tính được các giá trị t_i ($S_{b_i}(b)$) và t'_i ($S_{b_i}(H)$).

Tra bảng tiêu chuẩn Student với mức ý nghĩa $p = 0,05$, bậc tự do $f = N_0 - 1 = 2$, ta có $t_p(f) = t_{0,05}(2) = 2,920$ (Nguyễn Văn Dự và Nguyễn Đăng Bình, 2011)

Trong số các hệ số t_i trong bảng thì ta thấy chỉ có các hệ số t_0 , t_1 , $t_2 > t_{0,05}(2)$. Do đó, các hệ số này có nghĩa trong phương trình hồi quy. Hệ số $t_{12} > t_{0,05}(2)$ nên không có nghĩa.

Từ đó ta có phương trình hồi quy:

$$Y_1 = 7,275 + 0,925X_1 - 0,725X_2 \quad (1)$$

$$Y_2 = 11,6 + 0,55X_1 - 0,9X_2 \quad (2)$$

- Kiểm định sự phù hợp của phương trình hồi quy với thực nghiệm:

$$S_{du(H)}^2 = \frac{\sum_i^N (Y_i - \hat{Y}_1)^2}{N-L} = 0,0025;$$

$$F(H) = \frac{S_{du(H)}^2}{S_{th}^2} = 0,02$$

Sự tương thích của phương trình với thực nghiệm được kiểm tra theo tiêu chuẩn Fisher với $p = 0,05$; $f_1 = N - L = 4 - 3 = 1$; $f_2 = N_0 - 1 = 2$; $F_{1-p} = F_{0,95}(1,2) = 18,51$

Ta có: $F(H) > F_{0,95}(1,2)$. Vậy phương trình hồi quy (1) tương thích với thực nghiệm

$$S_{du(b)}^2 = \frac{\sum_i^N (Y_i - \hat{Y}_2)^2}{N-L} = 0,01;$$

$$F(b) = \frac{S_{du(b)}^2}{S_{th}^2} = 0,077$$

Sự tương thích của phương trình với thực nghiệm được kiểm tra theo tiêu chuẩn Fisher với $p = 0,05$; $f_1 = N - L = 4 - 3 = 1$; $f_2 = N_0 - 1 = 2$; $F_{1-p} = F_{0,95}(1,2) = 18,51$

Ta có: $F(b) > F_{0,95}(1,2)$. Vậy phương trình hồi quy (2) tương thích với thực nghiệm

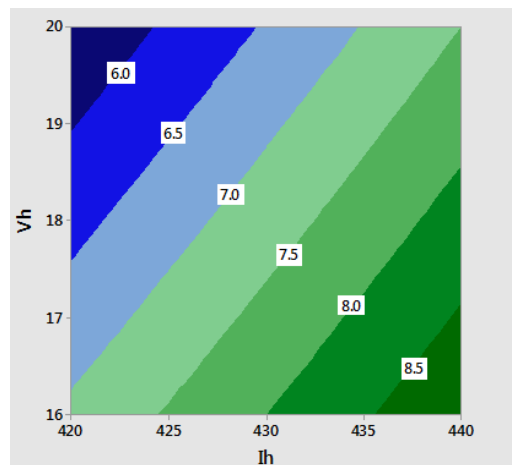
- Sử dụng phần mềm Minitab 17.3.1 xây dựng đồ thị ảnh hưởng đồng thời của 2 thông số cường độ dòng điện hàn và tốc độ hàn đến kích thước của mối hàn (Hình 9; 10)

Bảng 10. Các giá trị $t_i(S_{bi}(b))$

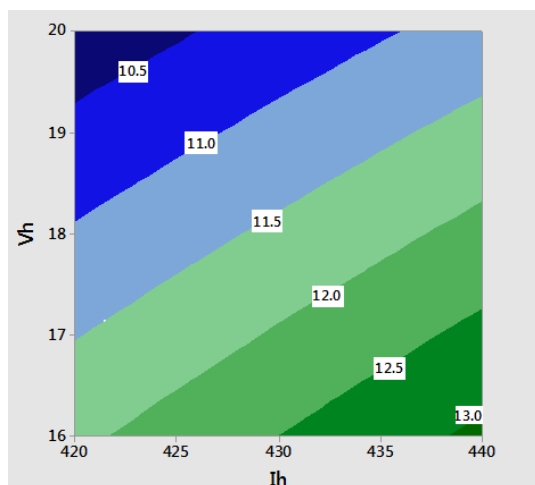
t_0	t_1	t_2	t_{12}
64,444	3,056	5,0	0,278

Bảng 11. Các giá trị $t'_i(S_{bi}(H))$

t'_0	t'_1	t'_2	t'_{12}
41,335	5,256	4,119	0,142



Hình 9. Đồ thị ảnh hưởng đồng thời của I_h và V_h đến chiều cao mối hàn H



Hình 10. Đồ thị ảnh hưởng đồng thời của I_h và V_h đến chiều rộng mối hàn b

Nhìn vào đồ thị (Hình 9; 10) và phương trình hồi quy thực nghiệm (1; 2) ta thấy:

Hệ số ảnh hưởng đồng thời giữa $I_h(X_1)$ và $V_h(X_2)$ đến chiều cao mối hàn H (Y_1) ngược chiều nhau (lần lượt là +0,925 và -0,725), có nghĩa là khi I_h tăng và V_h giảm thì chiều cao mối hàn

tăng, ngược lại khi I_h giảm và V_h tăng thì chiều cao mối hàn giảm.

Hệ số ảnh hưởng đồng thời giữa $I_h(X_1)$ và $V_h(X_2)$ đến bề rộng mối hàn b (Y_2) ngược chiều nhau (lần lượt là +0,55 và -0,9), có nghĩa là khi I_h tăng và V_h giảm thì bề rộng mối hàn tăng,

ngược lại khi I_h giảm và V_h tăng thì bề rộng mỗi hàn giảm.

Dựa vào các mẫu thực nghiệm, các mẫu đã kiểm tra macro để xác định kích thước mong muốn của mỗi hàn và vùng kim loại mỗi hàn để đảm bảo không xảy ra hiện tượng cháy lem cạnh hàn (hệ số ngẫu (hệ số hình dạng bên trong) $\phi_n = b/H \leq 2$) (Ngô Lê Thông, 2009). Trên cơ sở đã đưa ra và dựa vào kinh nghiệm để xác định các thông số kích thước mong muốn:

- Đối với giá trị chiều cao mỗi hàn phải đảm bảo để mỗi hàn có sự liên kết bền chặt, giá trị chiều sâu ngẫu càng lớn càng tốt nhưng phải đảm bảo hình dáng mỗi hàn đẹp, không bị hiện tượng cháy lem cạnh hàn. Dựa vào các mẫu thực nghiệm và bằng kinh nghiệm ta xác định được chiều cao mỗi hàn phù hợp từ $7 \div 9$ mm (trong đó chiều cao đắp có giá trị 0 ± 2).

- Bề mặt trên của mỗi hàn mịn, không bị khuyết lõm, góc chuyển tiếp giữa mặt trên của

mỗi hàn và mặt chảy của mỗi ghép hàn tốt. Dựa vào các mẫu thực nghiệm và bằng kinh nghiệm ta xác định được chiều rộng mỗi hàn phù hợp từ $10 \div 12$ mm.

Sử dụng công cụ “Optimizer” của phần mềm Modde 11.0.1 để tìm ra bộ thông số chế độ hàn theo kích thước mong muốn. Nhập các thông số đầu vào với khoảng biến thiên đã xác định và các thông số phạm vi kích thước mong muốn của mỗi hàn. Kết quả thu được thể hiện trên bảng 13.

Dựa vào đồ thị (Hình 11; 12 và Bảng 12) có thể thấy rất rõ khoảng phạm vi kích thước mong muốn: giá trị nhỏ nhất, giá trị lớn nhất và kết quả nhắm tới ở tâm (target) khi các giá trị I_h (X_1) và V_h (X_2) thay đổi trong khoảng giá trị ta xét. Qua bảng 13, xác định được giá trị phù hợp của cường độ dòng điện hàn $I_h \approx 440$ A và tốc độ hàn $V_h \approx 19,6$ m/h để phục vụ cho quá trình hàn thực nghiệm.

Bảng 12. Phạm vi kích thước mong muốn của mỗi hàn

Chiều cao toàn bộ mỗi hàn (H)	Chiều rộng mỗi hàn (b)
$7 \div 9$	$10 \div 12$

Bảng 13. Bộ thông số chế độ hàn theo phạm vi kích thước mong muốn của mỗi hàn

Khoảng biến thiên của các thông số đầu vào

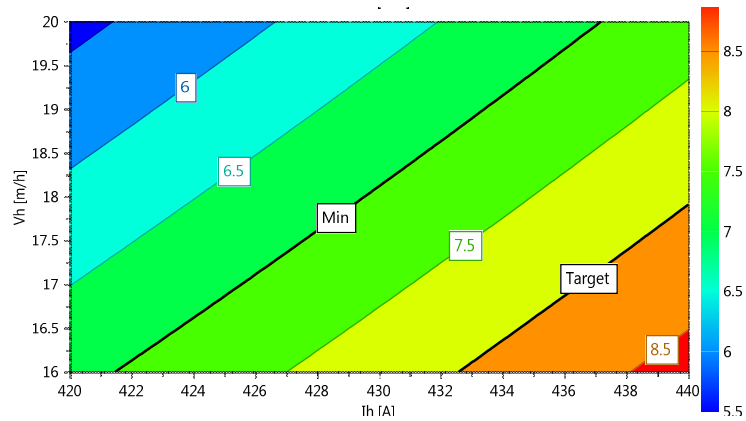
Factor	Role	Value	Graph	Factor co
1 I_h	Free	439.993		
2 V_h	Free	19.5678		

Phạm vi kích thước đường hàn mong muốn

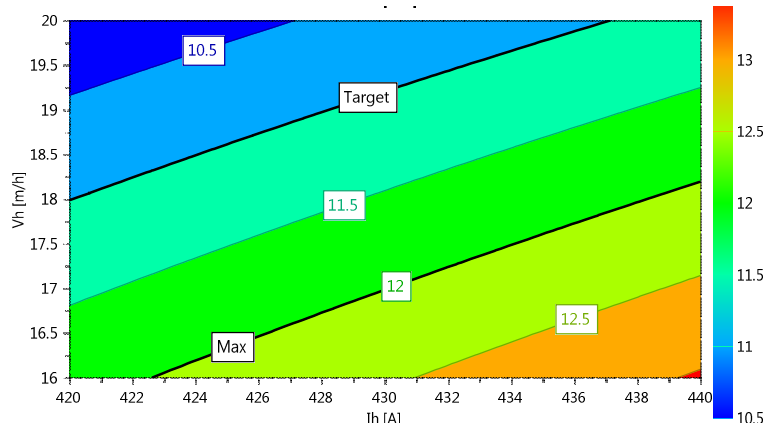
Exp	Nr	Exp	Rur	Incl/Excl	I_h	V_h	H	b
1	1	N1	5	Incl	420	16	7.1	11.9
2	2	N2	6	Incl	440	16	8.9	13.1
3	3	N3	2	Incl	420	20	5.6	10.2
4	4	N4	1	Incl	440	20	7.5	11.2
5	5	N5	4	Incl	430	18	7.1	11.8
6	6	N6	3	Incl	430	18	6.4	11.1
7	7	N7	7	Incl	430	18	6.7	11.5

Bộ thông số chế độ hàn

Model Cond. no: 1.32288 Fitted with: MLR



Hình 11. Ảnh hưởng đồng thời của V_h và I_h đến chiều cao mỗi hàn H với khoảng giá trị mong muốn



Hình 12. Ảnh hưởng đồng thời của V_h và I_h đến chiều rộng mỗi hàn b với khoảng giá trị mong muốn

3.2. Kiểm tra chất lượng mỗi hàn

3.2.1. Thử bẻ liên kết hàn

Trong điều kiện làm việc thực tế, liên kết hàn chữ T có thể bị uốn hoặc chịu tác động của ngoại lực theo phương ngang hoặc xiên so với tấm thép. Vì vậy, chúng tôi tiến hành kiểm tra bẻ liên kết hàn.

Trên cơ sở 5 cặp mẫu được hàn với bộ thông số đã nghiên cứu và tính toán. Cắt các mẫu thử bẻ theo tiêu chuẩn (An American National Standard, 2007). Mẫu thử bẻ liên kết hàn được tiến hành tại phòng thí nghiệm sức bền vật liệu thuộc Khoa Cơ - Điện, Học viện Nông nghiệp Việt Nam. Các mẫu phá hủy sau khi thử bẻ liên kết hàn chữ T cho biết rằng vị trí bị phá hủy của mẫu không thuộc vùng mỗi hàn hay vùng ảnh

hưởng nhiệt, mà chúng bị đứt ở vị trí giữa vùng ảnh hưởng nhiệt và kim loại cơ bản.



Hình 13. Kết quả thử bẻ liên kết hàn chữ T

3.2.2. Phân tích cấu trúc vật liệu

Sau khi hàn cặp mẫu với bộ thông số đã nghiên cứu và tính toán, tiến hành cắt mẫu và kiểm tra cấu trúc thô đại và cấu trúc tế vi:

a. Cấu trúc thô đại

Tiến hành cắt cặp mẫu hàn bằng máy cắt dây CNC ở kích thước phù hợp, sau đó mài phẳng và đánh bóng mẫu bằng giấy ráp với các cỡ hạt khác nhau, tẩm thực bằng dung dịch cồn với 4% dung dịch axit nitric lên bề mặt mẫu rồi rửa sạch và sấy khô. Trên cơ sở đó có thể phân biệt được vùng kim loại mối hàn và vùng kim loại cơ bản, có thể quan sát được hình dạng, vùng kết tinh của đường hàn và tiến hành chụp bằng máy ảnh thông thường sẽ nhận được các kết quả về cấu trúc thô đại của mối hàn. Với các mẫu khi hàn bằng chế độ hàn đã được tính

toán, thấy rằng mối hàn không bị rỗng, rỗ khí, không bị nứt, mối hàn không bị cháy cạnh.

b. Cấu trúc tế vi

Trên hình 14 chỉ rõ các vùng khảo sát cấu trúc tế vi của mối hàn: vùng kim loại cơ bản (KLCB) (V1), vùng ảnh hưởng nhiệt (HAZ) (V2) và vùng kim loại mối hàn (KLMH) (V3).

Nhận xét:

- Kết quả soi tổ chức tế vi (Hình 15, 16, 17): Kết quả phân tích kim tương học tại 3 vùng cho thấy rằng kim loại có các nhóm tổ chức là ferit + peclit, ferit + bainit và ferit biên hạt + bainit.

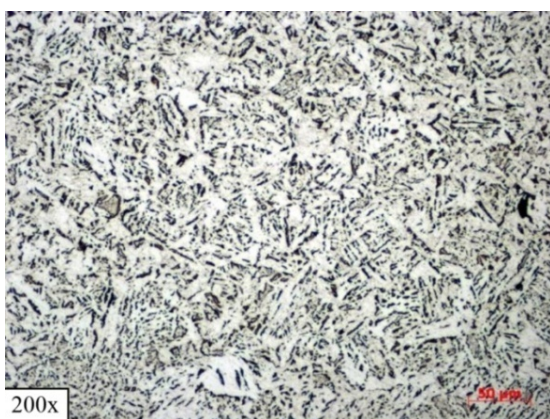
- Tổ chức tế vi vùng KLCB (vùng 1) là ferit và peclit, các hạt kim loại phân bố đều và không có tính định hướng. Điều này có thể hiểu được là do KLCB đã qua xử lý nhiệt (thường hóa).



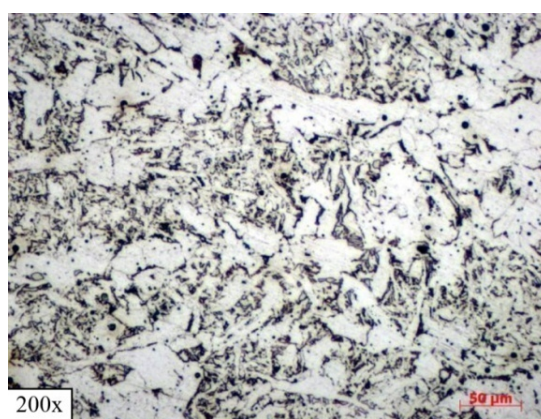
Hình 14. Các vùng khảo sát của mối hàn



Hình 15. Cấu trúc tế vi vùng V1



Hình 16. Cấu trúc tế vi vùng V2



Hình 17. Cấu trúc tế vi vùng V3

- Tổ chức tế vi của cả hai vùng HAZ (giữa vùng 1 - vùng 3) là ferit + bainit. Ở vùng HAZ tuy kích thước của các hạt đã phát triển nhưng so với kích thước của các hạt ở vùng KLCB liền kề vẫn còn chưa quá lớn, cơ tính bị suy giảm khi so sánh với KLCB. Tuy nhiên khi nhìn vào tổ chức vật liệu thì thấy rõ sự ảnh hưởng của nhiệt hàn, tổ chức kim loại ở dạng tổ chức quá nhiệt. Cấu trúc hạt kim loại tại khu vực này cũng khá thô.

- Cấu trúc tế vi vùng KLMH (vùng 3) là pha ferit biên hạt và bainit, các hạt kim loại có dạng hình kim ngắn, thô và quay hướng về phía tâm đường hàn. Sở dĩ chúng có dạng thô như vậy là do hàn với cường độ dòng tương đối lớn và tốc độ tương đối chậm.

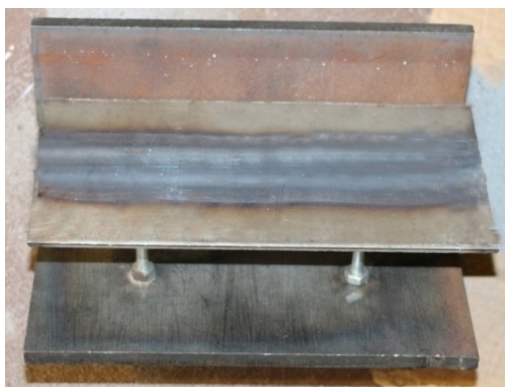
3.3. Hình ảnh mối hàn trên trên cặp mẫu hàn và chi tiết ứng dụng

Trên hình 19 và hình 20 là hình ảnh các mối hàn với bộ thông số đã nghiên cứu và tính toán:

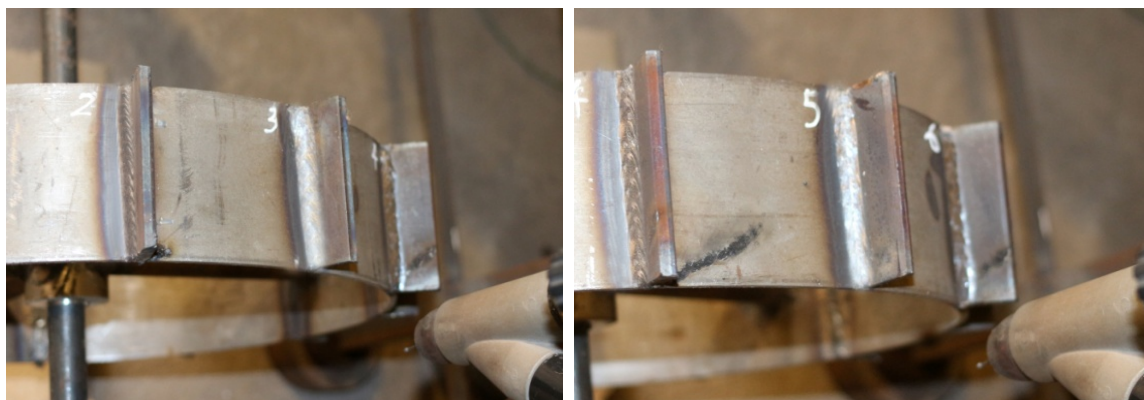
Nhận xét: Với bộ thông số chế độ hàn đã nghiên cứu và tính toán ra, khi tiến hành hàn trên cặp mẫu và hàn trên chi tiết máy cho hình dạng mối hàn tương đối ổn định, tiến hành đo sơ bộ kích thước bề rộng mối hàn có sự dao động nhưng không đáng kể và vẫn nằm trong giá trị mong muốn. Mối hàn không bị cháy rỗ, không có những vết lõm trên bề mặt và có sự đồng đều về hình dáng.

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở công nghệ hàn tự động dưới lớp thuốc, trang thiết bị hiện có, kết hợp với nghiên cứu lý thuyết và tiến hành thực nghiệm đã xây dựng được bộ thông số hàn để hàn thép hợp kim thấp độ bền cao Q345B với chiều dày nhất định, làm cơ sở cho việc tham khảo khi nghiên cứu về loại vật liệu này và khi muốn hàn ứng dụng trên các chi tiết máy.



Hình 19. Hình ảnh mặt trên và mặt dưới mối hàn của cặp mẫu được đặt trên đồ gá



Hình 20. Hình ảnh một số mối hàn khi hàn trên bánh của máy trồng khoai tây

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- An American National Standard (2007). Standard methods for mechanical testing of welds. Copyright American Welding Society.
- Ador welding Limited (2015). Automelt A55 (Automelt Gr II). Maharashtra, India, http://www.adorwelding.com/index.php?option=com_content&view=article&id=68&Itemid=208&cat1=Welding%20Consumables#. Cited 14/3/2016.
- ASM International (2001). High - streng low - allow steels. Materials Park, Ohio, USA.
- Blodgett O., R. Scott Funderburk, D. Miller, M. Quintana (1999). Fabricators' and Erectors' guide to welded steel construction. The James F. Lincoln Arc welding Foundation, Florida, USA.
- Nguyễn Văn Dự và Nguyễn Đăng Bình (2011). Quy hoạch thực nghiệm trong kỹ thuật. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Trần Văn Định và Ngô Trí Phúc (2006). Sổ tay thép thế giới. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Nghiêm Hùng (2010). Vật liệu học cơ sở, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Kumanan S., Raja Dhas J. E., and Gowthaman K. (2007). Determination of submerged arc welding process parameters using Taguchi method and regression analysis. Indian journal of Engineering and Materials Sciences, 14: 177 - 183.
- ISO 5817 (2003). Welding - Fusion - welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) - Quality levels for imperfections.
- KOBE STEEL, LTD (2015). The ABC's of arc welding and inspection.
- Lincoln Global Inc. (2014). Hardfacing product and procedure selection. 22801 St. Clair Avenue, Cleveland, U.S.A.
- Sulaiman, M. S., Manurung Y. H., Haruman E., Abdun Rahim M. R., Redza M. R., Ak. Lidam R. N., Abas S. K., Tham G. and Chau C. J. (2011). Simulation and experimental study on distortion of butt and T - joints using weld planner. Journal of mechanical science and technology, 25(10): 2641 - 2646.
- Ngô Lê Thông (2009). Công nghệ hàn điện nóng chảy, tập 1. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Yang L., Bibby M. and Chandel R. (1993). Linear regression equations for modelling the submerged arc welding process. J. of Materials process technology, 39: 33 - 42.