

# ẢNH HƯỞNG CỦA THÔNG SỐ CHẾ ĐỘ HÀN ĐẾN ĐỘ BỀN KÉO KHI HÀN GIÁP MỐI HAI TẤM THÉP CT38

## EFFECT OF BUTT WELDED PARAMETERS ON TENSILE STRENGTH OF TWO PLATES OF CT38 STEEL

Vũ Văn Khánh\*, Nguyễn Hồng Thanh, Hoàng Trọng Ánh, Ngô Mạnh Hà  
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 2/7/2019, ngày phản biện đánh giá 24/7/2019, ngày chấp nhận đăng 26/7/2019

### TÓM TẮT

Ngày nay công nghệ hàn được ứng dụng rộng rãi trong mọi lĩnh vực như: đóng tàu, chế tạo kết cấu thép, đóng mới toa xe lửa, cầu thép, .... Tuy nhiên, trong hàn thường xuất hiện ứng suất dư và biến dạng do hiện tượng nung nóng và làm nguội không đều. Đây chính là nguyên nhân ảnh hưởng trực tiếp đến độ bền và tuổi thọ làm việc của kết cấu hàn, đặc biệt tại vùng ảnh hưởng nhiệt (AHN). Bài báo này, nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn hồ quang tay (SMAW) đến độ bền kéo tại vùng AHN và vùng kim loại mối hàn (KLMH) khi hàn giáp mối hai tấm thép CT38. Nhận thấy giới hạn chảy và giới hạn bền của kim loại vùng ảnh hưởng nhiệt phụ thuộc nhiều nhất vào số lớp hàn và đạt giá trị cao nhất tương ứng lần lượt là 589MPa và 685 MPa khi hàn với dòng điện  $I_h=120A$ , khe hở lắp ghép  $g=3mm$  và số lớp hàn  $n=4$ . Dòng điện hàn là thông số ảnh hưởng trực tiếp đến cơ tính ở vùng kim loại mối hàn. Giới hạn chảy và giới hạn bền ở vùng này đạt giá trị cao nhất khi hàn với dòng điện  $I_h=120A$ , khe hở lắp ghép  $g=5mm$ , số lớp hàn  $n=6$  với các trị số lần lượt tương ứng là 759MPa và 880MPa.

**Từ khoá:** SMAW; Thông số hàn; Cơ tính; Thử kéo; Thép CT38.

### ABSTRACT

Today, welding technology is widely applied in all areas such as shipbuilding, steel structure fabrication, railway and steel bridge construction. However, welding often appears residual stress and deformation due to irregularity of heating and cooling. This is the direct impact on the durability and working life of the weld structure, especially in the heat-affected area (AHN). This paper studies the effect of manual arc welding (SMAW) parameters on the ultimate tensile strength in the AHN zone and the welded zone (KLMH) when welding the two steel plates CT38. Realizing that the flow limit and the durable limit of the metal in the heat-affected zone depend on the number of layers and the highest value is 589MPa and 685 MPa, respectively, when welding current  $I_h=120A$ , the gap  $g=3mm$  and number of welding layers  $n=4$ . The welding current is the parameter that directly affects the mechanical properties. The yield strength and tensile strength in this zone reach the highest value when welding current  $I_h=120A$ , the gap  $g=5mm$ , the number of welding layers  $n=6$  with the corresponding values 759MPa and 880MPa respectively.

**Keywords:** SMAW; Welding parameters; Mechanical properties; Tension test; CT38 steel.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thép CT38 là thép carbon cán nóng thông dụng theo TCVN 1765: 1975 thường được sử dụng rộng rãi trong ngành xây dựng dân dụng, đóng tàu, giao thông vận tải, đóng mới toa xe lửa, các công trình biển, giàn không gian,..[1]. Đây là loại thép carbon có tính hàn tốt, thường được chế tạo bằng

phương pháp hàn và được sử dụng với một sản lượng lớn.

Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn: dòng điện hàn ( $I_h$ ), số lớp hàn ( $n$ ) và khe hở lắp ghép ( $g$ ) [2] đến cơ tính vùng kim loại mối hàn (KLMH) và vùng ảnh hưởng nhiệt (AHN). Sử dụng phương pháp thử kéo để đánh giá cơ tính vì

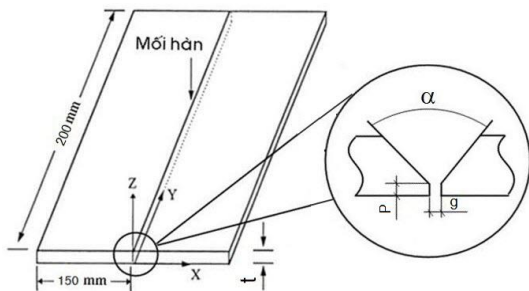
đây là phương pháp đánh giá đầy đủ các tính chất cơ bản của vật liệu như là: độ bền kéo, độ dẻo, giới hạn đàn hồi, giới hạn chảy [1, 3].

## 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Phương pháp nghiên cứu

Liên kết hàn được thiết kế như hình 1, vật liệu thép CT38 có kích thước  $200 \times 150 \times 13\text{mm}$ , chiều dày tấm hàn  $t=13\text{mm}$ ; góc vát  $\alpha=60 \pm 3^\circ$ ;  $p = 1,5\text{mm}$ ; khe hở lắp ghép  $g=(3, 4, 5)\text{mm}$ ; số đường hàn  $n=(4, 5, 6)$ .

Que hàn sử dụng loại E7016 theo AWS A5.1 [4]. Lớp phủ và lớp trung gian sử dụng đường kính que hàn  $\varnothing 3,2$ ; Lớp lót sử dụng que hàn có đường kính  $\varnothing 2,5$ . Sau mỗi đường hàn đều được làm sạch xỉ và kiểm tra ngoại dạng. Trong nghiên cứu này sử dụng chế độ hàn với 2 mức dòng điện là 75A khi hàn lớp lót và 120A khi hàn các lớp tiếp theo [5].



Hình 1. Liên kết hàn giáp mối

### 2.2. Thiết bị nghiên cứu

Máy hàn: Sử dụng thiết bị hàn hồ quang tay ARC 400, dòng điện hàn tối đa 400A.

Máy kéo vạn năng WEW – 600D: lực kéo tối đa 600kN, không gian kéo tối đa 910mm, dài mẫu phẳng  $0 \div 30\text{mm}$ , độ chính xác lực 1% giá trị chỉ định.

### 2.3. Các thông số của vật liệu

Cơ tính và thành phần hoá học của thép CT38 và que hàn E7016 [3, 4] được thể hiện trong bảng 1 và bảng 2.

Bảng 1. Thành phần hoá học

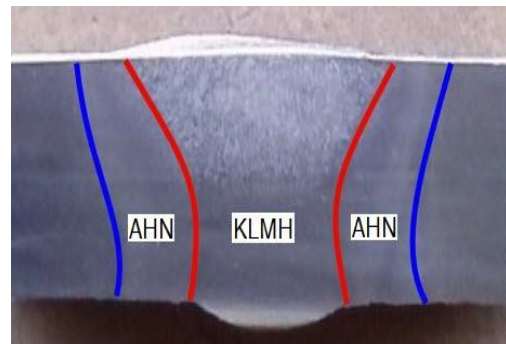
Vật liệu	Hàm lượng các nguyên tố, %				
	C	Mn	Si	S	P
CT38	0,20	0,6	0,3	0,04	0,045
E7016	0,1	0,1	0,4	0,035	0,035

Bảng 2. Cơ tính của thép và que hàn

Vật liệu	$\sigma_{ch}$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)
CT38	355	640
E7016	420	660

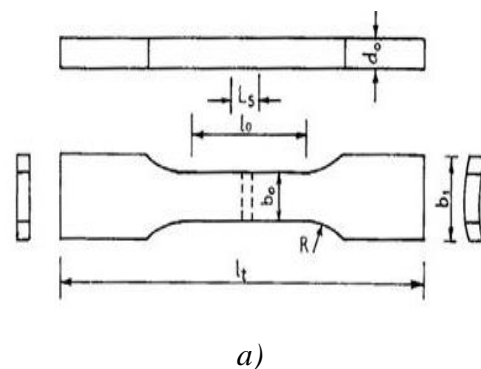
## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Mẫu được kẹp chặt trong suốt quá trình hàn. Sau khi hàn thực nghiệm xong tiến hành lấy mẫu nghiên cứu. Vùng lấy mẫu thử kéo gồm: vùng KLMH và vùng AHN, xem hình 2. Sử dụng phương pháp cắt dây trong chuẩn bị mẫu thử kéo nhằm tránh hiện tượng sai lệch về cơ tính của vật liệu mà các phương pháp khác gây ra.



Hình 2. Vị trí lấy mẫu thử kéo

Mẫu thử kéo được chuẩn bị như hình 3 theo TCVN 5403-1991 [6].



a)



b)

Hình 3. Mẫu thử kéo

Sau khi thử kéo mẫu ta thu được kết quả thí nghiệm như bảng 3:

**3.1. Vùng ảnh hưởng nhiệt của mối hàn**

**Bảng 3. Kết quả thí nghiệm xác định cơ tính vùng ảnh hưởng nhiệt**

TT	I <sub>h</sub>	n	g	σ <sub>ch</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
1	120	4	3	589	685
2	75	4	3	517,5	630
3	120	6	3	408,5	430
4	75	6	3	400,5	550

TT	I <sub>h</sub>	n	g	σ <sub>ch</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
5	120	6	5	400,5	575
6	75	6	5	444	640
7	120	4	5	557,5	660
8	75	4	5	550,5	640

Sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm và xử lý số liệu [7] để tìm mối quan hệ giữa các thông số chế độ hàn và cơ tính của vùng AHN. Ta có bảng ma trận kết quả thực nghiệm như sau:

**Bảng 4. Bảng ma trận thực nghiệm xác định cơ tính vùng ảnh hưởng nhiệt**

Biến thực			Biến mã hóa						
I <sub>h</sub>	n	g	X1	X2	X3	X12	X13	X23	X123
120	4	3	1	-1	-1	-1	-1	1	1
75	4	3	-1	-1	-1	1	1	1	-1
120	6	3	1	1	-1	1	-1	-1	-1
75	6	3	-1	1	-1	-1	1	-1	1
120	6	5	1	1	1	1	1	1	1
75	6	5	-1	1	1	-1	-1	1	-1
120	4	5	1	-1	1	-1	1	-1	-1
75	4	5	-1	-1	1	1	-1	-1	1
100	5	4	0	0	0	0	0	0	0
100	5	4	0	0	0	0	0	0	0
100	5	4	0	0	0	0	0	0	0

Từ kết quả thực nghiệm ta xác định được quan hệ giữa các yếu tố ảnh hưởng (dưới dạng mã) đến giới hạn chảy, giới hạn bền của vật liệu.

$$Y_i = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3 \quad (1)$$

Trong đó: b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>,... b<sub>123</sub> là các hệ số hồi quy, X<sub>1</sub> là biến mã số của dòng điện, X<sub>2</sub> là biến mã số của số lớp hàn, X<sub>3</sub> là biến mã số của khoảng cách khe hở.

**Bảng 5. Kết quả xác định hệ số hồi quy thực nghiệm**

Hàm mục tiêu	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>12</sub>	b <sub>13</sub>	b <sub>23</sub>	b <sub>123</sub>
Giới hạn chảy	484	5,38	-70,1	4,63	-14,3	-14,5	4,25	1,63
Giới hạn bền	601	-13,8	-52,5	27,5	-32,5	2,5	31,3	336

Theo bảng 5 nhận thấy ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến cơ tính của vùng AHN như sau:

+ Dòng điện hàn (I<sub>h</sub>): thấy rằng hệ số ảnh hưởng của dòng điện (b<sub>1</sub>) là khá nhỏ (lần lượt là 5,38 và -13,8). Nghĩa là, khi tăng

dòng điện thì giới hạn chảy sẽ tăng một chút, giới hạn bền sẽ giảm (hệ số âm (-13,8)).

+ Số lớp hàn (n): nhận thấy hệ số ảnh hưởng số lớp hàn (b<sub>2</sub>) khá lớn (lần lượt là -70,1 và -52,5). Tức là khi tăng số lớp hàn thì cơ tính (giới hạn bền và giới hạn chảy) giảm

manh. Giới hạn chảy sẽ giảm nhiều hơn so với giới hạn bền.

+ Khe hở lắp ghép (g): kết quả cho thấy hệ số ảnh hưởng của khe hở lắp ghép (b3) (lần lượt là 4,63 và 27,5). Như vậy, khi khe hở lắp ghép tăng thì giới hạn chảy tăng nhưng không đáng kể, giới hạn bền tăng mạnh hơn.

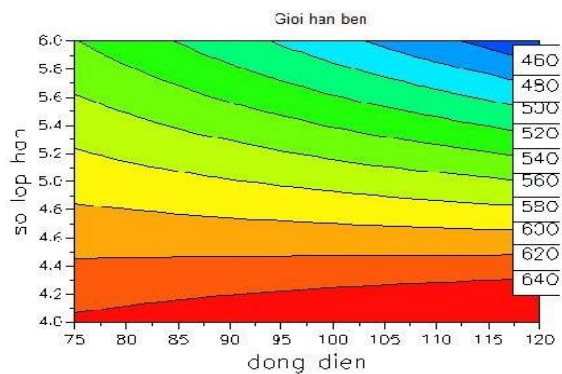
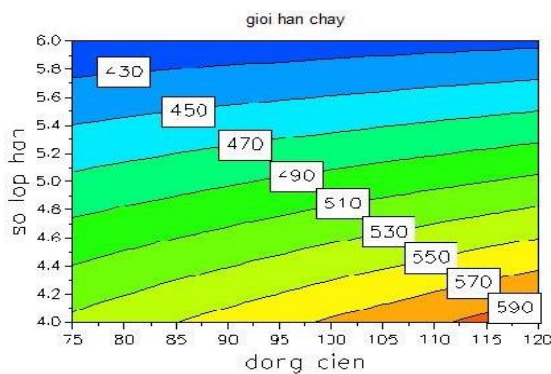
Để kiểm định ý nghĩa của hệ số hồi quy và sự tương thích của phương trình hồi quy với thực nghiệm phải tiến hành làm thêm 3 thí nghiệm ở tâm. Bảng 6 mô tả kết quả thí nghiệm ở tâm với cùng thông số chế độ hàn ở 3 lần thực nghiệm cho các kết quả giới hạn chảy và giới hạn bền tương ứng.

**Bảng 6. Kết quả thí nghiệm ở tâm**

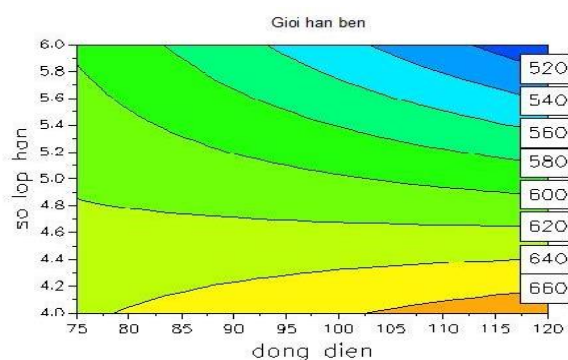
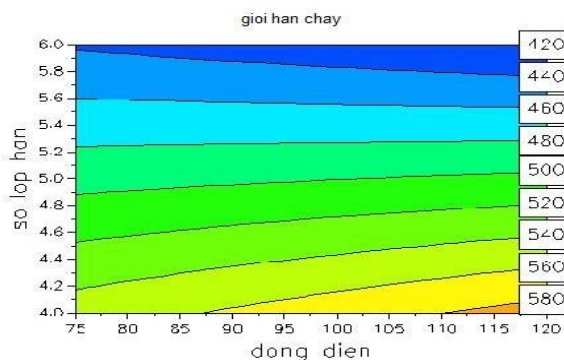
TT	I <sub>h</sub>	n	g	σ <sub>ch</sub> (MPa)	σ <sub>b</sub> (MPa)
1	100	5	4	540	610,5
2	100	5	4	550,5	620
3	100	5	4	530	595,5

Sau khi tính toán và kiểm nghiệm các hệ số ta được:

### 3.2. Vùng kim loại mối hàn



a) khe hở lắp ghép g = 3mm



b) khe hở lắp ghép g = 4mm

+ Phương trình hồi quy đối với giới hạn chảy của vùng ảnh hưởng nhiệt:

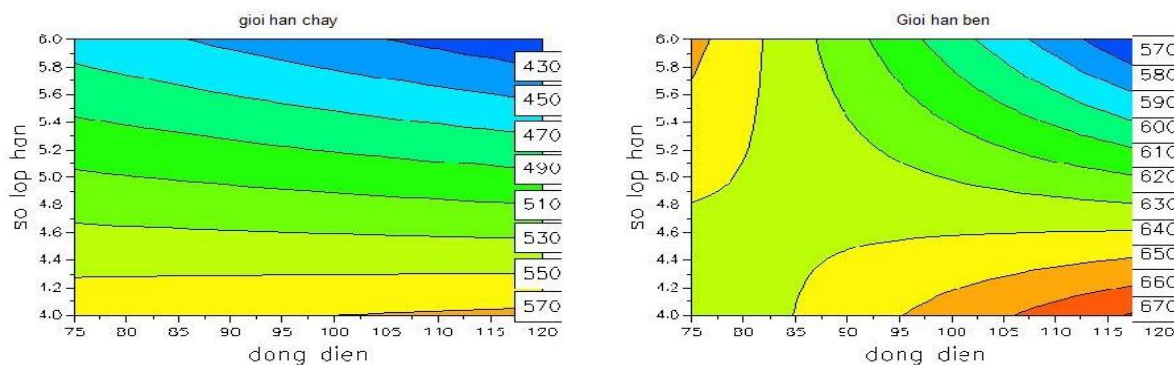
$$y = 484 - 70,1.X_2 - 14,3.X_{12} - 14,5X_{13} \quad (2)$$

+ Phương trình hồi quy đối với giới hạn bền của vùng ảnh hưởng nhiệt:

$$y = 601 - 13,8.X_1 - 52,5.X_2 + 27,5.X_3 - 32,5X_{12} + 31,25X_{23} \quad (3)$$

Như vậy với vùng ảnh hưởng nhiệt thì giới hạn chảy và giới hạn bền phụ thuộc khá nhiều vào số lớp hàn với hệ số lần lượt là -70,1 và -52,5. Dòng điện và khoảng cách khe hở ảnh hưởng đến cơ tính là không đáng kể. Tuy nhiên, khi kết hợp giữa các yếu tố khe hở với số lớp hàn và số lớp hàn với dòng điện có tác động tương đối đến cơ tính về giới hạn bền của vật liệu với các hệ số lần lượt là 31,25 và -32,5.

Khi thực hiện ở dòng 120A, khe hở lắp ghép là 3mm và số lớp hàn là 4 thì các giá trị đạt được là cao nhất, trong đó giới hạn chảy là 589MPa và giới hạn bền là 685MPa.



c) khe hở lắp ghép  $g = 5mm$

**Hình 4.** Ảnh hưởng của dòng điện và số lớp hàn đến giới chảy và giới hạn bền

Hình 4 (a, b, c) mô tả ảnh hưởng của dòng điện và số lớp hàn đến giới hạn bền kéo và giới hạn chảy tại vùng AHN. Thấy rằng cùng một khe hở lắp ghép thì giới hạn bền và giới hạn chảy của vật liệu tăng khi dòng hàn tăng. Ngược lại khi số lớp hàn tăng thì cơ

tính vùng này lại giảm mạnh. Điều này chứng tỏ rằng khi hàn nhiều đường nhiều lớp vùng AHN chịu ảnh hưởng nhiều lần thay đổi về nhiệt độ dẫn đến tăng sự tập trung ứng suất dư làm thay đổi giới hạn chảy và giới hạn bền của vật liệu.

**Bảng 7.** Kết quả thí nghiệm xác định cơ tính vùng kim loại mối hàn

TT	$I_h$	n	g	$\sigma_{ch}$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)
1	120	4	3	645	790
2	75	4	3	554,5	695
3	120	6	3	679,5	775
4	75	6	3	662,5	780
5	120	6	5	759	880
6	75	6	5	456	740
7	120	4	5	546,5	755
8	75	4	5	662,5	725

Áp dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm với các biến mã hóa giống như vùng kim loại ảnh hưởng nhiệt ta xác định được hệ số hồi quy:

**Bảng 8.** Kết quả xác định hệ số hồi quy thực nghiệm

Hàm mục tiêu	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{23}$	$b_{123}$
Giới hạn chảy	621	36,8	18,6	-14,7	43,2	9,94	-17,06	61,5
Giới hạn bền	768	32,5	26,3	7,5	1,25	10	8,75	26,25

Nhận thấy:

+ Dòng điện hàn ( $I_h$ ): hệ số ảnh hưởng của dòng điện ( $b_1$ ) là khá lớn (lần lượt là 36,8 và 32,5). Nghĩa là, khi tăng dòng điện thì giới hạn chảy và giới hạn bền sẽ tăng mạnh.

+ Số lớp hàn (n): hệ số ảnh hưởng số lớp hàn ( $b_2$ ) khá nhỏ (lần lượt là 18,6 và 26,3). Nghĩa là khi tăng số lớp hàn thì cả giới hạn

bền và giới hạn chảy đều tăng nhưng so với sự thay đổi của dòng điện thì kém hơn. Giới hạn chảy sẽ tăng ít hơn so với giới hạn bền.

+ Khe hở lắp ghép (g): hệ số ảnh hưởng của khoảng cách khe hở ( $b_3$ ) (lần lượt là -14,7; và 7,5). Như vậy, khi tăng khe hở lắp ghép thì giới hạn chảy sẽ giảm không nhiều và giới hạn bền tăng không đáng kể.

Làm thực nghiệm xác định kết quả ở tâm ta được kết quả bảng 9:

**Bảng 9. Kết quả thí nghiệm ở tâm**

TT	$I_h$	n	g	$\sigma_{ch}$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)
1	100	5	4	650	750,5
2	100	5	4	605,5	770
3	100	5	4	630	725,5

Sau khi tính toán và kiểm nghiệm các hệ số ta được:

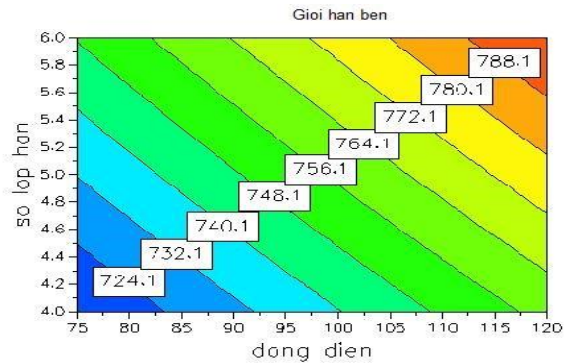
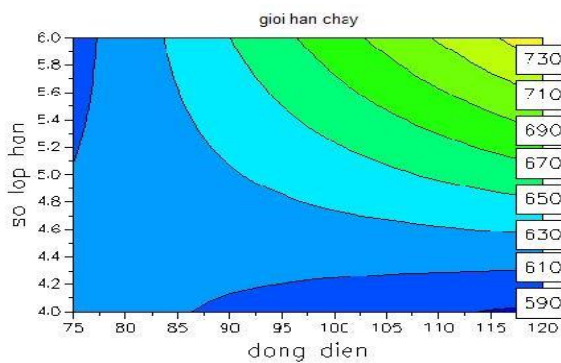
+ Phương trình hồi quy đối với giới hạn chảy của vùng kim loại mối hàn:

$$y = 621 + 36,8.X_1 + 43,2.X_{12} + 61,5.X_{123} \quad (4)$$

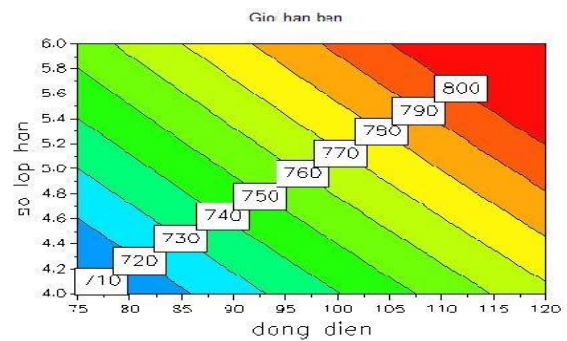
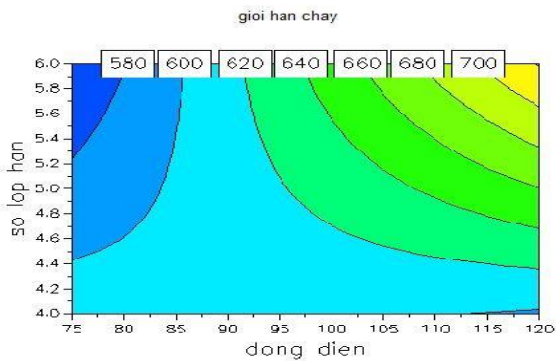
+ Phương trình hồi quy đối với giới hạn bền của vùng kim loại mối hàn:

$$y = 767,5 + 32,5X_1 + 26,3X_2 + 26,25X_{123} \quad (5)$$

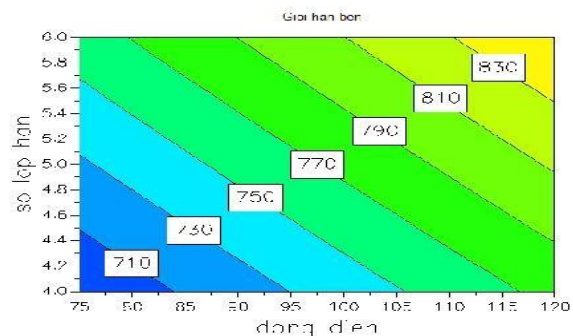
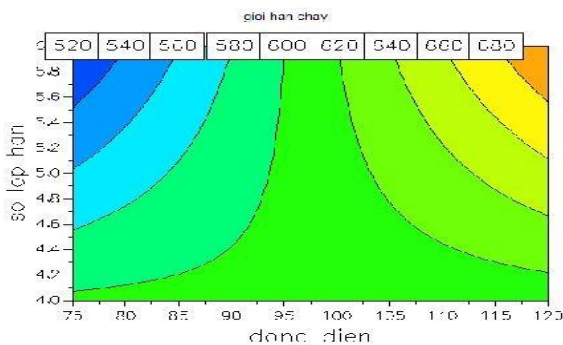
Như vậy giới hạn chảy và giới hạn bền của kim loại mối hàn phụ thuộc nhiều vào dòng điện hàn với các hệ số lần lượt là 36,8 và 32,5. Ngoài ra còn phụ thuộc đồng thời cả ba thông số dòng điện, khoảng cách khe hở và số lớp hàn với hệ số lần lượt là 61,5 và 26,25.



a) khe hở lắp ghép  $g = 3mm$



b) khe hở lắp ghép  $g = 4mm$



c) khe hở lắp ghép  $g = 5mm$

**Hình 5. Ảnh hưởng của dòng điện và lớp hàn đến giới chảy và giới hạn bền**

Với cùng một khe hở lắp ghép giới hạn bền và giới hạn chảy của KLMH tăng khi số lớp hàn và dòng điện hàn tăng hình 5 (a, b, c). Điều này chứng tỏ rằng khi tăng dòng điện hàn làm tăng nhiệt lượng cấp vào mỗi hàn dẫn tới độ bền của vùng này tăng. Đồng thời khi tăng số lớp hàn kim loại vùng này trải qua nhiều quá trình xử lý nhiệt và làm tốc độ nguội của vùng này giảm dần dần tới giảm ứng suất dư vùng lõi, còn bề mặt gần giống với quá trình tôi do vậy mà giới hạn chảy và giới hạn bền tăng lên tương ứng.

#### 4. KẾT LUẬN

Cơ tính vùng AHN phụ thuộc nhiều vào số đường (lớp) hàn. Khi tăng số đường (lớp) hàn thì cơ tính của vùng này giảm mạnh. Giới hạn chảy và giới hạn bền vùng AHN đạt

giá trị cao nhất tương ứng lần lượt là 589MPa và 685 MPa khi thực hiện với chế độ hàn  $I_h=120A$ , khe hở  $g = 3mm$ , số lớp hàn  $n = 4$ .

Cơ tính vùng kim loại mối hàn phụ thuộc chủ yếu vào dòng điện hàn. Khi tăng dòng điện hàn giới hạn chảy và giới hạn bền tăng rất cao. Giới hạn chảy và giới hạn bền của kim loại mối hàn đạt giá trị lần lượt tương ứng là 759MPa và 880MPa khi thực hiện với chế độ hàn:  $I_h=120A$ , khe hở  $g=5mm$ , số lớp hàn  $n=6$ .

Giới hạn chảy và giới hạn bền vùng kim loại mối hàn luôn đạt giá trị cao hơn vùng ảnh hưởng nhiệt. Điều này khẳng định rằng đối với liên kết hàn giáp mối mẫu thử kéo luôn bị đứt tại vùng ảnh hưởng nhiệt.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Công Dưỡng, *Kim loại học*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 1984.
- [2] Ngô Lê Thông, *Công nghệ hàn nóng chảy, Tập 1*, NXB KHKT - Hà Nội, 2007.
- [3] Nghiêm Hùng, *Vật liệu học cơ sở*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 2008.
- [4] Vũ Huy Lâm, *Giáo trình Vật liệu hàn*, NXB Bách khoa – Hà Nội, 2013.
- [5] Hoàng Tùng, *Sổ tay Công nghệ Hàn* - NXB Giáo dục - Hà Nội, 2002.
- [6] Tiêu chuẩn Việt Nam, TCVN 5400: 1991; TCVN 5401: 2010; TCVN 5403: 1991; TCVN 8310: 2010; TCVN 8311: 2010.
- [7] Bùi Minh Trí, *Xác suất thống kê và quy hoạch thực nghiệm*, NXB BK - Hà Nội, 2010.

#### Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

ThS. Vũ Văn Khánh

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định

Email: vukhanh.bk@gmail.com