

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THÔNG SỐ HÀN ĐẾN ĐỘ BỀN KÉO
MỐI HÀN MA SÁT XOAY HAI VẬT LIỆU THÉP KHÔNG GỈ AISI 304
VÀ THÉP CACBON THẤP AISI 1020 BẰNG PHƯƠNG PHÁP TAGUCHI**
RESEARCH ON THE EFFECT OF WELDING PARAMETERS ON TENSILE
PROPERTIES OF DISSIMILAR BASE MATERIALS (LOW CARBON
STEEL AISI 1020 AND STAINLESS STEEL AISI 304) ROTARY
FRICTION WELDING JOINT USING TAGUCHI METHOD

Đặng Thiện Ngôn, Tào Anh Tuấn

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 26/2/2018, ngày phản biện đánh giá 7/3/2018, ngày chấp nhận đăng 16/3/2018.

TÓM TẮT

Mục đích của bài nghiên cứu này là khảo sát sự ảnh hưởng của các thông số hàn đến độ bền kéo của mối hàn ma sát xoay hai vật liệu thép các-bon thấp AISI 1020 và thép không gỉ AISI 304. Thời gian ma sát t_1 , lực hàn F_2 , tốc độ vòng n gây ảnh hưởng lớn đến độ bền kéo của mối hàn đã được khảo sát dựa trên phương pháp Taguchi. Kết quả nghiên cứu lý thuyết và thí nghiệm kiểm chứng cho thấy, chế độ hàn với $t_1 = 6s$, $F_2 = 100 MPa$, $N = 1450 v/ph$, lượng co $l = 3 mm$ (chọn trước) khi hàn ma sát xoay phi thép $D = 20 mm$ cặp vật liệu thép các-bon thấp AISI 1020 - thép không gỉ AISI 304 có độ bền kéo mối hàn đạt từ 86,89% đến 93,68% so với vật liệu nền (AISI 1020). Trong phạm vi khảo sát, lực hàn F_2 và tốc độ vòng n là hai thông số có tỉ lệ ảnh hưởng lớn đến độ bền kéo của mối hàn (78% và 28%), trong khi đó ảnh hưởng của thời gian hàn t_1 là không lớn.

Từ khóa: *Độ bền kéo; hàn ma sát xoay; thép các-bon thấp AISI 1020; thép không gỉ AISI 304; thời gian ma sát; lực hàn; tốc độ hàn.*

ABSTRACT

The following study objective is an investigation in order to determine welding parameter effect on dissimilar base materials (low carbon steel AISI 1020 and stainless steel AISI 304) rotary friction welding joint. In rotary friction welding process, the tensile strength is tested as welding joint quality. Friction time t_1 , friction force F_2 , rotary speed N which greatly affect the tensile strength is investigated by the Taguchi method. With the parameter setting: $t_1 = 6s$, $F_2 = 100 MPa$, $N = 1450 rpm$, upsetting length $l = 3 mm$ (selected) and workpiece diameter $D = 20 mm$. The results show that tensile strength can be from 86.89% to 93.68% AISI 1020 tensile strength. Within the experimental parameter range, welding force F_2 and rotary (friction) speed N mainly impact on the tensile strength weld joint (78% and 28% respectively), and the effect of welding time t_1 is not significant.

Keywords: *Tensile strength; rotary friction welding; low carbon steel AISI 1020; stainless steel AISI 304; friction time; welding force; rotary (friction) speed.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hàn ma sát xoay là phương pháp hàn được ứng dụng để hàn các chi tiết có yêu cầu vật liệu và chất lượng cao hoặc chế tạo đặc biệt tại một vài vị trí nhằm giảm chi phí vật liệu đầu vào, đặc biệt là các chi tiết dạng trụ

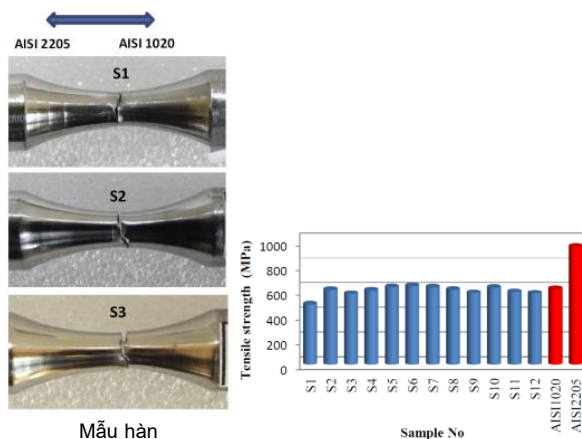
chịu tải cục bộ. Ngoài ra hàn ma sát xoay còn được ứng dụng để chế tạo các chi tiết bán thành phẩm, các chi tiết cần sự phối hợp cơ tính của hai loại vật liệu khác nhau như chi tiết van trong động cơ đốt trong, trục cánh quạt trong ngành hàng không, trục các-đăng, ống chịu lực, các dụng cụ cắt dạng tròn

xoay... [1]. Gần đây, mỗi hàn ma sát xoay giữa hai vật liệu là thép không gỉ và thép cacbon, ví dụ như thép không gỉ AISI 304 và thép cacbon thấp AISI 1020, được các công ty chế tạo hàn cũng như các trường đại học quan tâm nghiên cứu.

Nghiên cứu của Ramadhan H Gardi (2011) đã chỉ ra rằng, lượng co rút chiều dài tăng khi tăng lực hàn và lực ma sát khi hàn ma sát xoay thép không gỉ AISI SAF250 và thép cacbon thấp [2]. Giới hạn độ bền kéo của mỗi hàn giảm khi tăng lực ma sát, lực hàn và chỉ đạt trong khoảng 66,12 – 79,17% so với kim loại cơ bản.

Ảnh hưởng của lực ma sát và lực hàn đến độ bền kéo, độ cứng và cấu trúc tế vi của mỗi hàn giữa thép cacbon thấp AISI 1060 với thép không gỉ AISI 304 đã được H. Ates và cộng sự (2014) nghiên cứu [3]. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi tăng lực ma sát và lực hàn thì độ cứng, độ bền kéo của mỗi hàn tăng. Việc gia tăng độ cứng sẽ ảnh hưởng đến cấu trúc tế vi của mỗi hàn, biến dạng và các vết nứt sẽ thường gặp hơn trong vùng ảnh hưởng nhiệt của thép AISI 1060.

Serdar Mercan và cộng sự (2015) nghiên cứu về độ bền mỏi của mỗi hàn ma sát xoay giữa thép AISI 2205 và AISI 1020 [4] đã đi đến kết luận: tốc độ quay cao, thời gian và lực ma sát thấp có thể làm tăng độ bền mỏi mỗi hàn. Trong khi đó, độ bền kéo cũng như giới hạn bền mỏi giảm khi tăng thời gian ma sát và tăng lực ma sát sẽ làm độ bền kéo, độ bền mỏi giảm.



Hình 1. Mẫu hàn thực nghiệm và kết quả kiểm tra độ bền kéo [4]

Cách thức tính toán, chọn thông số hàn khi tiến hành hàn thực nghiệm ma sát xoay không được đề cập đến trong các công bố. Và đôi với mỗi hàn ma sát xoay cặp vật liệu thép không gỉ AISI 304 và thép cacbon thấp AISI 1020, việc nghiên cứu ảnh hưởng của thông số hàn (tốc độ vòng quay, thời gian ma sát và lực hàn) đến chất lượng mỗi hàn còn chưa được khảo sát đầy đủ.

Bài báo giới thiệu các kết quả nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của thông số hàn (tốc độ vòng quay, thời gian ma sát và lực hàn) đến độ bền kéo mỗi hàn cặp vật liệu thép cacbon thấp AISI 1020 - thép không gỉ austenite AISI 304 sử dụng phương pháp Taguchi.

2. HÀN MA SÁT XOAY

Hàn ma sát xoay là một quá trình liên kết các chi tiết hàn nhờ năng lượng ma sát sinh ra khi các bề mặt chi tiết tiếp xúc chuyển động tương đối với nhau dưới tác động của lực ma sát. Khi đó, nhiệt độ sinh ra nhờ năng lượng ma sát tại bề mặt tiếp xúc làm nóng các bề mặt chi tiết đến trạng thái dẻo và dưới tác dụng của lực ép làm cho kim loại khuếch tán vào nhau tạo thành mỗi hàn [5]. Như vậy quá trình hàn ma sát diễn ra ở nhiệt độ dưới nhiệt độ nóng chảy [6].

Khi hàn ma sát xoay truyền động liên tục các thông số trong quá trình hàn bao gồm [7]:

- *Tốc độ quay, n (vòng/ph):* tốc độ của chi tiết trong quá trình ma sát, được tính tại thời điểm mà hai bề mặt phi tiếp xúc với nhau.

- *Lực ma sát, F_1 (MPa):* lực ép trên đơn vị diện tích tại bề mặt của chi tiết trong quá trình ma sát. Lực ma sát xuất hiện từ lúc bắt đầu quá trình ma sát đến lúc kích hoạt lực hình thành mỗi hàn.

- *Thời gian ma sát, t_1 (s):* là khoảng thời gian từ lúc lực ma sát phát sinh đến lúc kích hoạt lực hình thành mỗi hàn, hay nói cách khác: là khoảng thời gian từ lúc lực ma sát phát sinh đến khi ngắt chuyển động của trục chính.

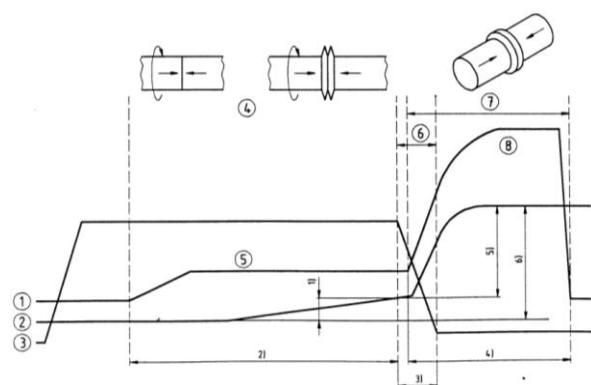
- *Lực hàn, F_2 (MPa):* lực ép trên đơn vị diện tích tại bề mặt của chi tiết trong quá

trình hình thành mối hàn, lực này được thực hiện sau quá trình ma sát [5].

- *Lượng giảm dài của chi tiết trong quá trình hình thành mối hàn, l (mm)*: là khoảng chiều dài bị rút ngắn của chi tiết dưới tác dụng của lực hàn trong khoảng thời gian hình thành mối hàn [5].

- *Thời gian hình thành mối hàn, t_4 (s)*: là khoảng thời gian dụng tồn tại lực hàn.

- *Thời gian hãm, t_3 (s)*: là khoảng thời gian từ lúc ngắt chuyển động trục chính đến khi trục chính ngừng hẳn.



1) Lượng giảm kích thước dọc trục trong giai đoạn ma sát; 2) Thời gian ma sát; 3) Thời gian dừng; 4) Thời gian hình thành mối hàn; 5) Lượng giảm kích thước dọc trục trong giai đoạn hình thành mối hàn; 6) Tổng lượng giảm kích thước dọc trục của quá trình hàn ma sát (lượng co)

① Lực hướng trục; ② Lượng giảm kích thước theo phương dọc trục; ③ Tốc độ quay; ④ Giai đoạn ma sát; ⑤ Lực ma sát; ⑥ Giai đoạn dừng; ⑦ Giai đoạn hình thành mối hàn; ⑧ Lực hàn

Hình 2. Các giai đoạn của quá trình hàn ma sát xoay [7]

3. THỰC NGHIỆM

3.1 Vật liệu

Vật liệu sử dụng trong mối hàn ma sát xoay là các vật liệu thép không gỉ austenite AISI 304, thép các-bon thấp AISI 1020.

Bảng 1. Thành phần hóa học của thép AISI 304, thép AISI 1020 [8]

	Ti%	Cr%	Ni%	C%	Fe%
AISI 304	-	19.720	7.796	0.046	68.913
AISI 1020	0.053	-	-	0.341	98.712

	P%	S%	Mn%	Si%	Co%
AISI 304	0.020	0.012	1.598	0.437	0.145
AISI 1020	0.012	0.013	0.586	0.209	0.007

Các mẫu chi tiết sử dụng trong thí nghiệm có kích thước đường kính $\varnothing 20$ mm, chiều dài 110 mm, vệ sinh sạch trước khi hàn bằng dung môi (xăng) để đảm bảo không dính phoi, dầu mỡ trên bề mặt tiếp xúc.



a) 12 mẫu chi tiết thép AISI 304 b) 12 mẫu chi tiết thép AISI 1020

Hình 3. Mẫu chi tiết thí nghiệm

3.2 Thiết bị thực nghiệm

- Máy hàn ma sát (dạng truyền động liên tục) của phòng thí nghiệm REME Lab (trường đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM) (hình 4) với các thông số kỹ thuật được giới thiệu ở bảng 2.



Hình 4. Máy hàn ma sát xoay (REME Lab)

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của máy hàn ma sát xoay

Thông số kỹ thuật	Giá trị
Công suất động cơ (kW)	6,5
Tốc độ quay trục chính tối đa (v/ph)	1500
Lực ép dọc trục tối đa (MPa)	100
Thời gian ma sát tối đa (s)	30
Thời gian hàn tối đa (s)	30

Thời gian dùng (s)	0,3 - 2
Đường kính phôi tối đa trên mâm cặp cố định (mm)	30
Đường kính phôi tối đa trên mâm cặp xoay (mm)	30
Hành trình piston (mm)	50

- Máy kiểm tra vật liệu đa năng Universal Testing Machine WEW-1000B.

3.3 Quy hoạch thực nghiệm bằng phương pháp Taguchi

Tiến hành thực nghiệm theo phương pháp Taguchi như sau:

- Bước 1:** Xác định mục tiêu của quá trình.

Mục tiêu của quá trình là độ bền kéo của sản phẩm. Độ bền kéo càng cao thì chất lượng càng tốt.

- Bước 2:** Xác định các thông số ảnh hưởng đến chất lượng của mỗi hàn và lựa chọn các thông số cần khảo sát.

Các thông số ảnh hưởng đến chất lượng mỗi hàn gồm: tốc độ vòng n , lực ma sát F_1 , thời gian ma sát t_1 , lực hàn F_2 và lượng co l .

+ *Tốc độ vòng n :*

Với từng cặp vật liệu khác nhau thì cần có một giá trị tốc độ quay khác nhau. Tốc độ dài v trong hàn ma sát xoay thường chọn trong khoảng 0,6 - 3 m/s [9]. Do đó tích tốc độ vòng với đường kính ngoài (d_n , mm) nằm trong khoảng:

$$n \cdot d_n = (1,2 - 6) \cdot 10^4 \quad (1)$$

Với đa số kim loại đen thì tốc độ dài v được chọn trong khoảng $v = 1$ m/s [9], ta chọn $n \cdot d_n = 2,8 \cdot 10^4$ (khoảng giữa giá trị cho phép). Từ đó ta được:

$$n = \frac{2,8 \cdot 10^4}{20} = 1400 \text{ vòng/phút}$$

+ *Lực ma sát F_1 :*

Lực ma sát phụ thuộc vào tính chất của vật liệu và thường dao động từ 10 - 80 MPa [9]. Khi hàn ma sát hai vật liệu thép không gỉ và thép cacbon thấp thì lực ma sát được chọn

trong khoảng 30 - 50 MPa [10, 4]. Chọn giá trị lực ma sát $F_1 = 40$ MPa để tiến hành khảo sát.

+ *Lực hàn F_2 :*

Khi hàn ma sát hai vật liệu khác nhau, lực hàn thường chọn gấp hai lần lực ma sát ($F_2 = 2F_1$) [9]. Do lực ma sát đã chọn $F_1 = 40$ MPa, nên lực hàn được chọn sẽ là:

$$F_2 = 2F_1 = 2 \cdot 40 = 80 \text{ MPa}$$

+ *Thời gian ma sát t_1 :*

Việc lựa chọn thời gian ma sát dựa vào biểu đồ quan hệ giữa thời gian ma sát t_1 với tốc độ vòng n [9]. Với giá trị tốc độ vòng tính toán $n = 1300 - 1500$ v/ph ta có thể chọn khoảng thời gian ma sát t_1 từ 5 - 6 s. Để đảm bảo thể tích kim loại nóng chảy cao ta chọn $t_1 = 6$ s.

+ *Lượng co l :*

Lượng co ảnh hưởng đến độ khuếch tán kim loại và ngấu của mỗi hàn. Nếu lượng co nhỏ sẽ làm cho kim loại không đủ khuếch tán và khả năng ngấu kém. Chọn lượng co lớn thì kim loại đã nóng chảy sẽ bị đẩy ra ngoài và khi đó ở tâm chỉ có kim loại chưa nóng chảy hoàn toàn nên khả năng khuếch tán không cao. Theo biểu đồ quan hệ giữa lượng co và đường kính phôi [9], với phôi hàn đường kính 20 mm ta chọn lượng co là 3 mm để có được mỗi hàn mà các kim loại cơ bản ngấu, khuếch tán tốt.

Các kết quả tính toán, lựa chọn được tổng hợp ở bảng 3.

Bảng 3. Thông số hàn đề xuất

Thông số hàn	Giá trị	Đơn vị
Tốc độ vòng n	1400	v/ph
Lực ma sát F_1	40	MPa
Thời gian ma sát t_1	6	s
Lực hàn F_2	80	MPa
Lượng co l	3	mm

Ta thấy, lực ma sát F_1 hoặc tốc độ vòng n khi thay đổi đều gây ảnh hưởng lớn đến lực ma sát, do vậy ở đây ta lựa chọn tốc độ vòng là đại lượng thay đổi để khảo sát.

Lực hàn F_2 được lựa chọn dựa vào F_1 , do vậy ta sẽ cố định lực hàn F_1 và sẽ khảo sát sự thay đổi của lực hàn F_2 đến chất lượng mối hàn.

Lượng co l theo các phân tích đã đề cập sẽ cũng sẽ được giữ cố định.

Từ các phân tích trên, ta sẽ khảo sát sự ảnh hưởng của các thông số tốc độ vòng n , thời gian ma sát t_1 và lực hàn F_2 đến chất lượng mối hàn. Khoảng khảo sát của các thông số này được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Thông số được lựa chọn để khảo sát

Thông số hàn	Giá trị	Đơn vị	Chức năng
Tốc độ vòng n	1300-1450	v/ph	Khảo sát
Lực ma sát F_1	40	MPa	Cố định
T/gian ma sát t_1	6-8	s	Khảo sát
Lực hàn F_2	80-100	MPa	Khảo sát
Lượng co l	3	mm	Cố định

Bảng 5. Phạm vi của các thông số khảo sát

Ký hiệu	Thông số hàn	Đơn vị	Mức giá trị	
			Thấp	Cao
A	Thời gian ma sát t_1	s	6	8
B	Lực hàn F_2	MPa	80	100
C	Tốc độ n	v/ph	1300	1450

• **Bước 3:** Thành lập bảng trực giao và điều kiện cụ thể cho mỗi thí nghiệm.

Số lần thí nghiệm trong bảng trực giao cần thỏa yêu cầu bằng hoặc lớn hơn tổng bậc tự do (DOF) +1. Với 3 yếu tố đã trình bày là t_1 , F_2 , n cùng 2 mức độ thấp và cao (bảng 5), số lượng thực nghiệm nhỏ nhất được tính theo công thức sau [11]:

$$E = 1 + [\text{Số nhân tố} \times (\text{Số mức độ} - 1)] \quad (2)$$

$$E = 1 + [3 \times (2 - 1)] = 4$$

Do đó, bảng trực giao thí nghiệm L4 (bố trí thí nghiệm cho các thông số khảo sát) được xác định thỏa mãn yêu cầu trên được trình bày ở bảng 6 [12].

Bảng 6. Bảng trực giao L4 về bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm	Thông số và mức độ mã hóa			Thông số và mức độ thực tế		
	A	B	C	t_1	F_2	n
1	1	1	1	6	80	1300
2	1	2	2	6	100	1450
3	2	1	2	8	80	1450
4	2	2	1	8	100	1300

Mỗi thí nghiệm được thực hiện 3 lần, vậy tổng số thí nghiệm cần thực hiện là 12. Đặt tên thí nghiệm lần thứ nhất là A1, và thứ 2 là A2 và A3 cho lần thứ 3 và tiếp tục tương tự cho các thí nghiệm còn lại. Bảng mã hoá các thí nghiệm được trình bày ở bảng 7.

Bảng 7. Mã ký hiệu các thí nghiệm

Thí nghiệm	Lần 1	Lần 2	Lần 3
1	A1	A2	A3
2	B1	B2	B3
3	C1	C2	C3
4	D1	D2	D3

• **Bước 4:** Thực hiện các thí nghiệm

Lần lượt thực hiện thực nghiệm hàn ma sát xoay cho các mẫu với các dữ liệu lấy từ bảng 6. Hình ảnh các mẫu hàn thành phẩm được giới thiệu ở hình 5.



Hình 5. Các mẫu hàn thực nghiệm

Tiến hành đánh giá độ bền kéo của các chi tiết hàn trên máy kiểm tra vật liệu đa năng Universal Testing Machine WEW-1000B, kết quả được chỉ ra ở bảng 8.

Bảng 8. Kết quả kiểm tra độ bền kéo các chi tiết hàn

Thí nghiệm	Thông số			Độ bền kéo		
	A	B	C	KQ1	KQ2	KQ3
1	1	1	1	439,04	412,78	439,97
2	1	2	2	557,52	549,02	569,52
3	2	1	2	492,87	491,85	476,00
4	2	2	1	507,83	516,11	524,54

• **Bước 5: Phân tích dữ liệu**

- **Tính toán S/N từ kết quả thực nghiệm**

Với giá trị độ bền kéo “càng lớn càng tốt”, do đó ta tính tỷ số tín hiệu/nhiều (signal-to-noise) S/N theo công thức sau [13]:

$$\frac{S}{N} = -10 \log \frac{1}{n} (\sum y^2) \quad (3)$$

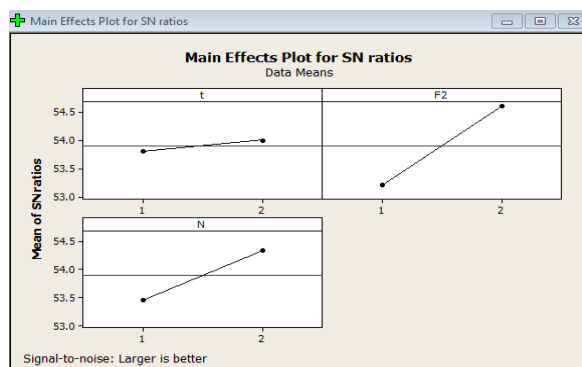
Kết quả tính toán và phân tích S/N (sử dụng phần mềm Minitab 16) được trình bày ở bảng 9 và biểu đồ mức độ ảnh hưởng của các thông số theo S/N ở hình 6. Ngoài ra, kết quả đo độ bền kéo của các mẫu thép sử dụng trong thực nghiệm như sau:

+ Ứng suất kéo trung bình thực tế của mẫu: 751,79 MPa.

+ Ứng suất kéo trung bình thực tế của mẫu: 618,15 MPa.

Bảng 9. Kết quả tính toán S/N

TN	Thông số			Độ bền kéo (MPa)			S/N (dB)
	A	B	C	KQ1	KQ2	KQ3	
1	1	1	1	439,04	412,78	439,97	52,6699
2	1	2	2	557,52	549,02	569,52	54,9404
3	2	1	2	492,87	491,85	476,00	53,7456
4	2	2	1	507,83	516,11	524,54	54,2534



Hình 6. Biểu đồ thể hiện mức độ ảnh hưởng của các thông số theo S/N

Từ biểu đồ trên ta có một số nhận xét:

+ Đường biểu diễn của thời gian t_1 gần như nằm ngang, do đó khi thời gian thay đổi từ nhỏ đến lớn trong khoảng khảo sát thì chất lượng mối hàn hầu như không thay đổi. Do vậy, giá trị t_1 ở mức nhỏ tương ứng với giá trị 6s có thể chấp nhận được, nghĩa là đủ lượng thời gian để cho mối hàn hình thành tốt.

+ Từ đường biểu diễn quan hệ giữa tốc độ vòng quay n và chất lượng mối hàn, ta thấy trong khoảng khảo sát ($n = 1300 - 1450$ v/ph) thì chất lượng mối hàn tăng tỷ lệ thuận với tốc độ vòng quay.

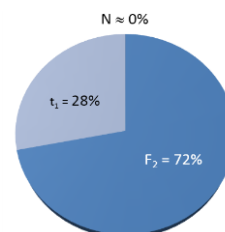
+ Với lực hàn F_2 ta cũng nhận thấy chất lượng mối hàn cũng tăng tỷ lệ thuận với lượng tăng của lực hàn trong phạm vi khảo sát ($F_2 = 80 - 100$ MPa). Ngoài ra, độ dốc của lực hàn F_2 lớn hơn so với độ dốc của tốc độ vòng quay n . Điều này thể hiện lực hàn F_2 ảnh hưởng đến chất lượng của mối hàn lớn hơn sự ảnh hưởng của tốc độ vòng quay n .

- **Phân tích phương sai (ANOVA)**

Để xác định tỷ lệ ảnh hưởng của các thông số đến chất lượng mối hàn, tiến hành phân tích phương sai các giá trị đo độ bền kéo các mẫu chi tiết hàn (bảng 9) ta có được các kết quả ở bảng 10. Và tỷ lệ phần trăm ảnh hưởng của các thông số khảo sát (t_1 , F_2 , n) đến độ bền kéo mối hàn được biểu diễn dưới dạng sơ đồ như ở hình 7.

Bảng 10. Kết quả phân tích phương sai

S	SS	f	V	F	p
A	142,4852	1	142,4852	1,1316	0,000613
B	18567,69	1	18567,69	147,4623	0,681917
C	7326,515	1	7326,515	58,18628	0,266255
e	1007,319	8	125,9148	/	/
T	27044,01	11	/	/	/



Hình 7. Tỷ lệ ảnh hưởng của các thông số đến độ bền kéo mối hàn

• **Bước 6:** Kiểm chứng kết quả thực nghiệm

- **Dự đoán giá trị bền kéo trong thực nghiệm**

Giá trị của S/N càng cao thì độ bền kéo càng tốt, vì vậy mức tốt nhất của thông số là những mức mà có giá trị S/N cao nhất. Với độ tin cậy 95%, dựa vào biểu đồ phân tích kết quả S/N thì độ bền kéo tốt nhất đạt được với giá trị S/N là 54,9404 tương ứng với giá trị cụ thể của các thông số như ở bảng 11.

Bảng 11. Thông số cho kết quả độ bền kéo tốt nhất

Thông số	Mã	Giá trị	Đơn vị
Thời gian ma sát t ₁	A ₁	6	s
Lực hàn F ₂	B ₂	100	MPa
Tốc độ n	C ₂	1450	v/ph

- **Ước lượng khoảng tin cậy của chất lượng mỗi hàn dưới chế độ hàn tốt nhất**

Từ các giá trị của các thông số đã xác định trong bảng 11, ta tính được giá trị độ bền kéo theo dự đoán trung bình theo [12]:

$$\begin{aligned} \mu_{A_1 B_2 C_2} &= \bar{A}_1 + \bar{B}_2 + \bar{C}_2 - 2\bar{T} = \\ &= 494,6416 + 537,4233 \\ &+ 522,7967 - 2 * 498,0875 \\ &= 558,5866 \text{ (MPa)} \end{aligned} \quad (4)$$

Tính khoảng tin cậy (CI) để dự đoán vùng giá trị để tiến hành các thí nghiệm kiểm chứng theo công thức sau [12]:

$$CI = \left(F_{\alpha; (1, f_e)} V_e \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{R} \right] \right)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Trong đó:

+ F_{α;(1,fe)} là số Fisher với độ rủi ro α = 0,05;

+ fe là bậc tự do của sai số, theo bảng 11 ta được fe = 8;

+ Ve là phương sai sai số, theo bảng 11 ta có Ve = 125.9148

Theo bảng D 6 F [12] ta có F_{0,05;(1,8)} = 5.32. Và giá trị hiệu dụng n_{eff} của các lần lặp được tính như sau:

$$\begin{aligned} n_{eff} &= \frac{N}{(1 + \text{tổng số bậc tự do của các yếu tố})} \\ &= \frac{12}{(1+1+1+1)} = 3 \end{aligned} \quad (6)$$

+ R là số lần thí nghiệm của thí nghiệm kiểm chứng. Ở đây, ta chọn số thí nghiệm kiểm chứng là 3.

Từ các giá trị của các tham số thành phần, tính được khoảng tin cậy (CI):

$$CI = \pm 21,13$$

Vậy chất lượng mỗi hàn được xác định như sau [12]:

$$\begin{aligned} [\mu_{A_1 B_2 C_2} - CI] &< \mu_{A_1 B_2 C_2} < [\mu_{A_1 B_2 C_2} + CI] \\ &= 558,68 - 21,13 \text{ (MPa)} < \mu_{A_1 B_2 C_2} \\ &< 558,68 + 21,13 \text{ (MPa)} \end{aligned} \quad [7]$$

Hay:

$$537,38 \text{ (MPa)} < \mu_{A_1 B_2 C_2} < 579,64 \text{ (MPa)}$$

- **Thí nghiệm kiểm chứng:**

Tiến hành các thí nghiệm kiểm chứng (3 lần) với các thông số đã chỉ ra ở trong bảng 11, kết quả thử nghiệm độ bền kéo của các mẫu được trình bày ở bảng 12.



Hình 8. Các mẫu thí nghiệm kiểm chứng

Bảng 12. Kết quả độ bền kéo các mẫu thí nghiệm kiểm chứng

Thí nghiệm	Độ bền kéo (MPa)
1	550,32
2	569,02
3	570,11
Giá trị trung bình	563,15

Như vậy thí nghiệm kiểm chứng cho kết quả trung bình là 563,15 MPa nằm trong giới hạn khoảng giá trị dự đoán (537,38 - 579,64) với độ tin cậy 95%. Do vậy, giá trị của các thông số ở bảng 11 là tin cậy và có ý nghĩa.

4. KẾT LUẬN

- Một phương thức tính toán, chọn thông số hàn ma sát xoay hai vật liệu thép cacbon thấp AISI 1020 và thép không gỉ AISI 304 đã được đề xuất.

- Chế độ hàn cho cặp vật liệu thép cacbon thấp AISI 1020 và thép không gỉ AISI 304 với đường kính phôi là 20 mm, lượng co chọn trước là 3 mm được đề xuất là: $t_1 = 6s$, $F_2 = 100 \text{ MPa}$, $n = 1450 \text{ v/ph}$. Kết quả kiểm nghiệm chế độ hàn này cho kết quả độ bền kéo của mối hàn nằm trong khoảng $537,38 \text{ MPa} < \mu A_2 B_2 C_2 < 579,64 \text{ MPa}$ với độ tin cậy 95%. So với ứng suất của vật liệu thép cacbon thấp thì đạt được từ 86.89% đến 93.68%. Kết quả đo thực tế cho thấy độ bền kéo các mẫu hàn đạt được là khoảng 90% độ bền kéo của kim loại nền (thép cacbon thấp).

- Lực hàn F_2 là thông số ảnh hưởng lớn nhất đến độ bền kéo của mối hàn, với chế độ hàn đã đề xuất lực hàn $F_2 = 100 \text{ MPa}$ có tỷ lệ

ảnh hưởng lên đến 72%. Như vậy đây là yếu tố quyết định cao nhất đến chất lượng mối hàn so với các thông số thời gian t_1 và n trong phạm vi thực nghiệm.

- Thời gian hàn $t_1 = 6s$ là giá trị mà ở đó lượng nhiệt sinh ra đủ để hình thành một mối hàn tốt. Nếu t_1 tăng thêm thì chất lượng mối hàn cũng không tăng đáng kể. Ngoài ra nếu tăng thời gian thì năng suất sẽ giảm, từ đó ảnh hưởng đến giá thành sản phẩm.

- Tốc độ vòng n cũng có ảnh hưởng lớn đến chất lượng và chiếm tỉ lệ khoảng 28%. Đối với tốc độ quay trong phạm vi $n = 1300 - 1450 \text{ v/ph}$ thì chất lượng mối hàn đều đáp ứng được chất lượng.

- Ngoài ra, giá trị độ bền kéo của chi tiết hàn chưa đạt được như vật liệu nền có thể xét đến một trong các nguyên nhân là vì ta chưa loại bỏ phần kim loại dư mà tại đó hình thành khe giữa hai kim loại nền nên dễ tạo thành ứng suất gây nên vết nứt, gãy đứt...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Manufacturing Technology, Inc., *Friction Welding*, MTI, 1999.
- [2] Ramadhan H Gardi, Salm Aziz Kako. *Efficiency of Dissimilar Friction Welded (Super Duplex Stainless Steel SAF 2507 - Mild Steel) Joints*, Al-Rafidain Engineering, Vol. 21, No. 1, February 2013, pp. 56-65.
- [3] Hakan Ates, N. Kaya, *Mechanical and Microstructural Properties of Friction Welded AISI 304 Stainless Steel to AISI 1060 Steel* AISI 1060, Archives of metallurgy and materials, Volume 59, Issue 3, 2014, pp. 841-846.
- [4] Serdar Mercan, Sinan Aydın, Niyazi Özdemir, *Effect of welding parameters on the fatigue properties of dissimilar AISI 2205–AISI 1020 joined by friction welding*, International Journal of Fatigue, Volume 81, December 2015, pp. 78-90.
- [5] American Welding Society, *Welding Handbook, Volume 3: Welding Processes, Part 2, 9th Edition*, AWS, 2007.
- [6] Andrzej Sluzalec, *Theory of Thermomechanical Processes in Welding, 1st Edition*, Springer, 2005.
- [7] *ISO 15620:2000 - Welding -- Friction welding of metallic materials*, International Organization for Standardization, September 2000.
- [8] William D. Callister Jr., David G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering: An Introduction, 8th Edition*, John Wiley & Sons, Inc., 2009, 992 Pages.
- [9] Лебедев В. К., Черненко И. А., Вилль В. И., *Сварка трением*, Издательство: Л.: Машиностроение, 1987 г., 240 страниц.
- [10] A. Chennakesava Reddy, *Fatigue Life Evaluation of Joint Designs for Friction. Welding of Mild Steel and Austenite Stainless Steel*, International Journal of Science and Research (IJSR), Volume 4 Issue 2, February 2015, pp. 1714-1719..

- [11] Mohammed Shihab Patel, Arif Upletawala, Mohammed Shihab Patel, Arif Upletawala, *Parametric Optimization of Energy Loss of a Spillway using Taguchi Method*, International Journal of Engineering Technology Science and Research (IJETSR), Volume 4, Issue 2, February 2017, pp. 48-53.
- [12] Phillip J. Ross, *Taguchi Techniques for Quality Engineering, 2nd Edition*, Tata McGraw Hill Education, 2005, 352 pages.
- [13] N. S. Kumar, Sameera Simha T. P., *Experimental Investigation on Seismic Resistance of Recycled Concrete in Filled Steel Columns - Taguchi's Approach*, Proceedings of the 15th World Conference on Earthquake Engineering (15 WCEE), Lisbon (PT), 2012.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

PGS. TS. Đặng Thiện Ngôn

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh

Email: ngondt@hcmute.edu.vn