



ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN ĐỘ BỀN KÉO MẪU HÀN KHI HÀN TIG THÉP CACBON THẤP

Bùi Ngọc Tuyên^{1,2*}, Nguyễn Văn Ninh³

¹ Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

² Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng yên

³ Trường Cao đẳng nghề Việt nam- Hàn quốc

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 08/10/2019

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 12/11/2019

Ngày bài báo được duyệt đăng: 24/11/2019

Tóm tắt:

Hàn TIG hay hàn hồ quang điện cực von phram trong môi trường khí là một quá trình hàn hồ quang sử dụng điện cực không nóng chảy để tạo ra mối hàn. Đây là phương pháp hàn phát triển mạnh mẽ trong khoảng ba thập kỷ trở lại đây và được ứng dụng rộng rãi trong rất nhiều lĩnh vực cơ khí. Một trong những chỉ tiêu để đánh giá chất lượng mối hàn là độ bền kéo phá hủy mẫu. Bài báo này trình bày một nghiên cứu về ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến độ bền kéo của mẫu hàn khi hàn TIG thép cacbon thấp. Các thông số công nghệ hàn khảo sát ở đây gồm có: cường độ dòng điện hàn (I_h), lưu lượng khí bảo vệ (L_v), khe hở lắp ghép (a). Ứng dụng phương pháp Taguchi với phần mềm thống kê Minitab, nghiên cứu đã xác định được mức độ ảnh hưởng của các thông số trên đến giới hạn chảy, giới hạn bền kéo của mẫu hàn. Nghiên cứu cũng lựa chọn được bộ thông số công nghệ phù hợp cho giới hạn chảy, giới hạn bền mẫu hàn là cao nhất.

Từ khóa: Hàn TIG; Dòng điện hàn; Lưu lượng khí bảo vệ; Khe hở lắp ghép; Taguchi; Minitab.

1. Đặt vấn đề

Hàn TIG (Tungsten inert gas) hay hàn hồ quang điện cực không nóng chảy trong môi trường khí trơ (Gas tungsten arc welding -GTAW) là quá trình hàn nóng chảy, trong đó nguồn nhiệt điện cung cấp bởi hồ quang được tạo thành giữa điện cực không nóng chảy và vũng hàn (xem Hình 2). Vùng hồ quang được bảo vệ bằng môi trường khí trơ (Ar, He hoặc Ar + He) để ngăn cản những tác động có hại của oxi và nitơ trong không khí. Điện cực không nóng chảy thường dùng là volfram, nên phương pháp hàn này tiếng Anh gọi là hàn TIG (Tungsten Inert Gas). Có rất nhiều chỉ tiêu để đánh giá chất lượng mối hàn như kích thước mối hàn, cơ tính mẫu hàn, ...[1], [2]. Việc nghiên cứu tối ưu hóa các thông số công nghệ hàn nhằm đạt được các chỉ tiêu trên đã được các nhà khoa học quan tâm từ lâu. Sau đây là một số nghiên cứu trên thế giới đã công bố về vấn đề này:

Trong công trình [4] Ajit Khatter, Pawan Kumar, Manish Kumar đã thực hiện tối ưu hóa các thông số công nghệ khi hàn TIG thép không

gi 304 bằng phương pháp Taguchi.

Trong công trình [5] Tadele Tesfaw, Ajit Pal Singh, Abebaw Mekonnen Gezahegn cũng đã sử dụng phương pháp Taguchi để tối ưu hóa quá trình hàn MAG thép cacbon thấp

Trong công trình [6] P Vasantharaja, M Vasudevan đã nghiên cứu tối ưu hóa các tham số công nghệ hàn A-TIG khi hàn thép **RAFM** nhằm đạt được các thông số hình dạng mối hàn mong ước như chiều sâu, chiều rộng vùng hàn, chiều rộng vùng ảnh hưởng nhiệt bằng phương pháp bề mặt đáp ứng (RSM).

Trong công trình [7] Pushp Kumar Baghel, Doddalahally Shivalingaiah Nagesh đã phân tích và nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ quá trình hàn TIG đến cơ tính của mối hàn các chi tiết bằng nhôm

Trong nghiên cứu này các tác giả đã sử dụng phương pháp Taguchi và phân tích phương sai ANOVA với trợ giúp bởi phần mềm Minitab 8.1 và Microsoft Excel để thiết kế thực nghiệm và xử lý số liệu thực nghiệm. Mục đích nghiên cứu là

đánh giá mức độ ảnh hưởng của thông số chế độ hàn (cường độ dòng điện hàn, lưu lượng khí bảo vệ, khe hở lắp ghép) đến giới hạn chảy cũng như giới hạn bền kéo của mẫu hàn bằng thép CT3. Qua đó tìm ra được các bộ thông số công nghệ phù hợp nhất nhằm đạt được chỉ tiêu giới hạn chảy và giới hạn bền kéo mẫu hàn là cao nhất.

2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp Taguchi [3] cho phép đánh giá mức độ tác động độc lập, tác động lẫn giữa các yếu tố chính, yếu tố không điều khiển được (yếu tố nhiễu). Tỷ số tín hiệu trên nhiễu S/N (Signal to Noise) phát triển bởi Taguchi được sử dụng để phân tích, nhằm đánh giá kết quả quá trình đảm bảo chính xác hơn. Công thức tính S/N phụ thuộc vào tiêu chí tối ưu hóa kết quả đầu ra: S/N=-10log(MSD); MSD là độ lệch trung bình bình phương và tính cho ba trường hợp khác nhau:

- Đầu ra càng nhỏ càng tốt:

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j)^2 \tag{1}$$

- Đầu ra càng lớn càng tốt:

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{x_j}\right)^2 \tag{2}$$

- Đảm bảo giá trị danh nghĩa:

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - x_0)^2 \tag{3}$$

Trong đó:

n là số thí nghiệm,

x_j là kết quả đầu ra thí nghiệm thứ j,

x₀ kết quả đầu ra mong muốn.

Để đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố ta phải tính giá trị phương sai:

- Phương sai tổng:

$$S_T = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{T^2}{n} = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n y_i\right]^2}{n} \tag{4}$$

trong đó: y_i - Giá trị S/N thứ i

T- Tổng giá trị S/N

- Phương sai thành phần yếu tố A:

$$S_A = \sum_{k=1}^L \frac{1}{n_{A_k}} \sum_{i=1}^n y_{iA_k}^2 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n y_i\right]^2}{n} \tag{5}$$

trong đó: y_{iA_k} - Kết quả thứ i của A tại mức k

n_{A_k} - Số lần lặp lại của A tại mức k.

Phương sai thành phần các yếu tố B, C cũng xác định tương tự.

- Phương sai của yếu tố nhiễu:

$$S_e = S_T - S_A - S_B - S_C \tag{6}$$

- Mức độ (%) ảnh hưởng của các yếu tố chính và nhiễu:

$$P_A=S_A/S_T; P_B=S_B/S_T; P_C=S_C/S_T; P_e=S_e/S_T \tag{7}$$

Chọn bộ thí nghiệm mảng trực giao Taguchi gồm 27 thí nghiệm, MSD tính theo công thức (2) để đảm bảo giới hạn chảy và giới hạn bền kéo càng lớn càng tốt.

Cài đặt các công thức trên trong Microsoft Excel và sử dụng phần mềm thống kê Minitab 8.1 để xử lý số liệu thực nghiệm ta có kết quả thực nghiệm trình bày trong mục 3.

3. Nội dung nghiên cứu

3.1. Điều kiện thực nghiệm

a- Mẫu thực nghiệm.

Vật liệu mẫu là thép các bon thấp mác CT3 có thành phần hóa học trình bày trong bảng 1.

Hình dạng vật liệu mẫu thí nghiệm trình bày trên hình 1, sơ đồ hàn TIG trình bày trên hình 2 và hình 3 là kết quả 27 mẫu thí nghiệm.

Bảng 1. Thành phần hóa học của mẫu thực nghiệm

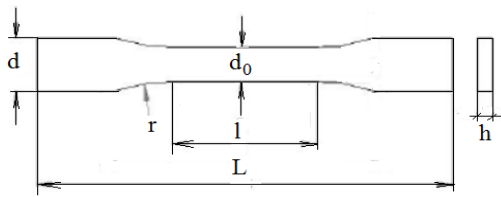
Mác thép	Thành phần hóa học(%)				
	C	Si	Mn	P (Max)	S (Max)
CT3	0.14 - 0.22	0.12 - 0.30	0.40 - 0.60	0.045	0.045

b- Thiết bị hàn TIG

Máy hàn TIG EWMT- 350A nhãn hiệu SAMHO do Hàn Quốc sản xuất (hình 4) có các thông số cơ bản trình bày trong bảng 2

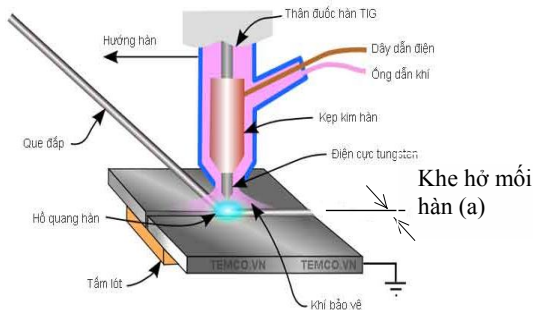
c-Thiết bị đo độ bền kéo mẫu hàn

Máy thử kéo vạn năng 30 tấn của phòng thí nghiệm trường Đại học Bách khoa Hà Nội được trình bày trên hình 5.



$d = 30 \text{ (mm)}, d_0 = 20 \text{ (mm)}$
 $L = 210 \text{ (mm)}, l = 90 \text{ (mm)}$
 $r = 35 \text{ (mm)}, h = 5 \text{ (mm)}$

Hình 1. Hình dạng mẫu thí nghiệm.



Hình 2. Sơ đồ quá trình hàn TIG



Hình 3. Hai bảy mẫu hàn TIG.



Hình 4. Máy hàn TIG 350A

Các thông số công nghệ chính ảnh hưởng tới độ bền kéo của mẫu hàn là: cường độ dòng điện hàn (I_h), lưu lượng khí bảo vệ (L_v), khe hở lắp ghép (a). Ngoài ba thông số công nghệ chính trên, độ bền kéo của mẫu hàn còn chịu ảnh hưởng của

các yếu tố khác như: Đường kính điện cực, cỡ chụp khí, tốc độ hàn... Điện cực hàn Vonfram ở đây có ký hiệu WTh-2, đường kính 2,4 mm; Que hàn phụ là que hàn thép ER70S-G đường kính 2,4 mm. Khí bảo vệ là Ar. Các thông số này được giữ không đổi trong suốt quá trình thực nghiệm

Bảng 2. Bảng thông số kỹ thuật máy hàn TIG 350A

Thông số	Giá trị
Điện áp đầu vào	380 V, 3P, 50 Hz
Công suất đầu vào	9,3 kVA
Chức năng	Hàn que, hàn TIG
Dòng điện hàn ra AC/DC	5- 350 A
Dòng hàn xung	5- 300 A
Tần số xung AC	40- 250 Hz
Tần số xung DC	0.5- 10Hz
Độ rộng xung AC/DC	15- 85%
Chu kỳ tải	40%
Kích thước (WxDxH)	400x600x550 (mm)
Trọng lượng	45 kg



Hình 5. Máy thử kéo vạn năng

Ngoài ra còn có các yếu tố nhiễu như: chất lượng phôi thép, tay nghề của thợ hàn, chất lượng khí bảo vệ, môi trường hàn...

3.2. Kết quả thực nghiệm

- Với kết quả đầu ra mong muốn càng lớn càng tốt, sử dụng công thức (2) để tính tỷ số S/N cho giới hạn chảy và giới hạn bền.

- Tỷ số S/N được thay thế cho giá trị trung bình trong tính toán phân tích phương sai (ANOVA). Tính toán mức độ ảnh hưởng của các yếu tố chế độ công nghệ đầu vào (dòng điện, lưu lượng khí bảo vệ, khe hở lắp ghép) đến kết quả

đầu ra (giới hạn bền, giới hạn chảy).

- Từ kết quả thực nghiệm đo được, sử dụng các công thức cơ bản của phương pháp thiết kế

thực nghiệm Taguchi ta có kết quả tính toán tỷ số S/N cho giới hạn chảy và giới hạn bền (độ bền kéo) của từng mẫu hàn như sau (Bảng 3).

Bảng 3. Kết quả thực nghiệm

TT	Bảng trực giao			Giới hạn chảy (kgf)	S/N ^{Giới hạn chảy}	Giới hạn bền (kgf)	S/N ^{Giới hạn bền}
	Dòng điện	Lưu lượng	Khe hở				
1	70	4	1	3240	70.21	4030	72.11
2	70	4	1	3260	70.26	4010	72.06
3	70	4	1	3300	70.37	4020	72.08
4	70	8	2	3680	71.32	4110	72.28
5	70	8	2	3750	71.48	4140	72.34
6	70	8	2	3860	71.73	4190	72.44
7	70	10	3	3690	71.34	4270	72.61
8	70	10	3	3680	71.32	4280	72.63
9	70	10	3	3650	71.25	4290	72.65
10	100	4	2	3840	71.69	4380	72.83
11	100	4	2	3920	71.87	4360	72.79
12	100	4	2	3990	72.02	4350	72.77
13	100	8	3	4160	72.38	4410	72.89
14	100	8	3	4180	72.42	4430	72.93
15	100	8	3	4170	72.40	4390	72.85
16	100	10	1	4050	72.15	4490	73.04
17	100	10	1	4055	72.16	4480	73.03
18	100	10	1	3980	72.00	4500	73.06
19	130	4	3	3820	71.64	4370	72.81
20	130	4	3	3850	71.71	4380	72.83
21	130	4	3	3720	71.41	4390	72.85
22	130	8	1	3860	71.73	4170	72.40
23	130	8	1	3780	71.55	4150	72.36
24	130	8	1	3810	71.62	4180	72.42
25	130	10	2	4110	72.28	4500	73.06
26	130	10	2	4050	72.15	4510	73.08
27	130	10	2	4080	72.21	4520	73.10

Từ bảng trên ta tính được giá trị S/N trung bình tại các mức của các yếu tố đầu vào (dòng

điện, lưu lượng khí bảo vệ, khe hở lắp ghép) của giới hạn bền (Bảng 4), giới hạn chảy (Bảng 5).

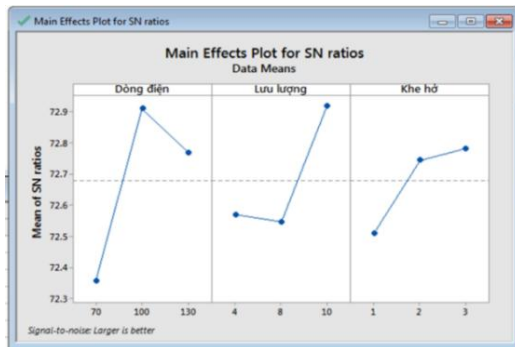
Bảng 4. Kết quả S/N trung bình của giới hạn bền ở các mức yếu tố đầu vào

Mức	Dòng điện	Lưu lượng khí bảo vệ	Khe hở lắp ghép
1	72.36	72.57	72.51
2	72.91*	72.55	72.74
3	72.77	72.92*	72.78*

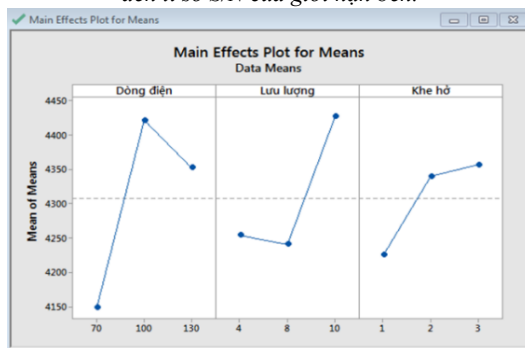
Bảng 5. Kết quả S/N trung bình của giới hạn chảy ở các mức yếu tố đầu vào

Mức	Dòng điện	Lưu lượng khí bảo vệ	Khe hở lắp ghép
1	71.03	71.24	71.34
2	72.12*	71.85	71.86*
3	71.81	71.87*	71.76

Để đánh giá mức độ ảnh hưởng của các mức yếu tố đầu vào dòng điện, lưu lượng khí bảo vệ, khe hở lắp ghép đến giới hạn bền cũng như giới hạn chảy của mẫu hàn, sử dụng phần mềm



Hình 6. Đồ thị ảnh hưởng của các mức yếu tố đầu vào đến tỉ số S/N của giới hạn bền.



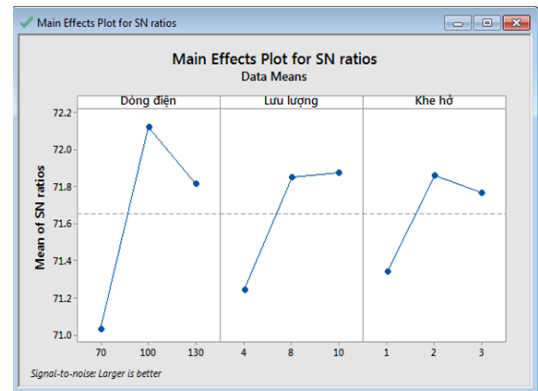
Hình 7. Đồ thị ảnh hưởng của các mức yếu tố đầu vào đến giá trị giới hạn bền

Minitab 18 có được biểu đồ ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đến tỷ số S/N và giá trị giới hạn bền như trình bày trong hình 6, hình 7 và biểu đồ ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đến tỷ số S/N và giá trị giới hạn chảy như trình bày trong hình 8, hình 9.

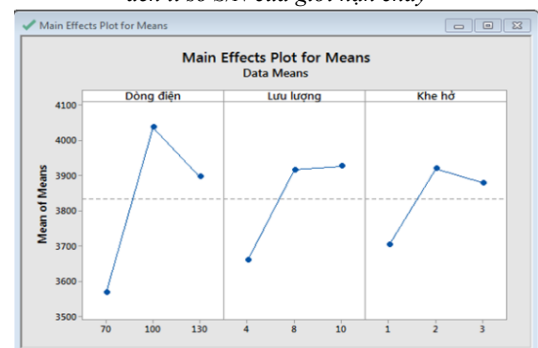
Tổng hợp các đồ thị trên hình 6 và hình 7 ta có đồ thị trên hình 10 mô tả ảnh hưởng của các mức của các yếu tố đầu vào đến tỷ số S/N trung bình của giới hạn bền.

Tổng hợp các đồ thị trên hình 8 và hình 9 ta có đồ thị trên hình 11 mô tả ảnh hưởng của các mức của các yếu tố đầu vào đến tỷ số S/N trung bình của giới hạn chảy. Từ bảng 3 và hình 10 cho thấy giá trị tối ưu của giới hạn bền ứng với các giá trị S/N lớn nhất của từng yếu tố tương ứng: dòng điện ở mức hai là 100 (A), lưu lượng khí bảo vệ mức ba là 10 (L/ph), khe hở mức ba là 3

(mm). Sử dụng phần mềm Minitab ta có kết quả dự đoán giá trị độ bền tối ưu: giới hạn bền kéo là 4589.63 (kgf), tương ứng với S/N = 73.25.



Hình 8. Đồ thị ảnh hưởng của các mức yếu tố đầu vào đến tỉ số S/N của giới hạn chảy

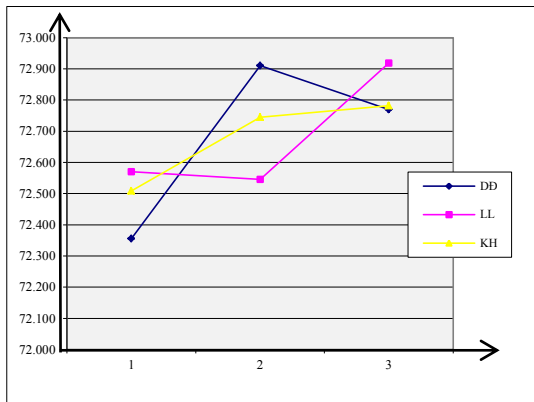


Hình 9. Đồ thị ảnh hưởng của các mức yếu tố đầu vào đến giá trị giới hạn chảy.

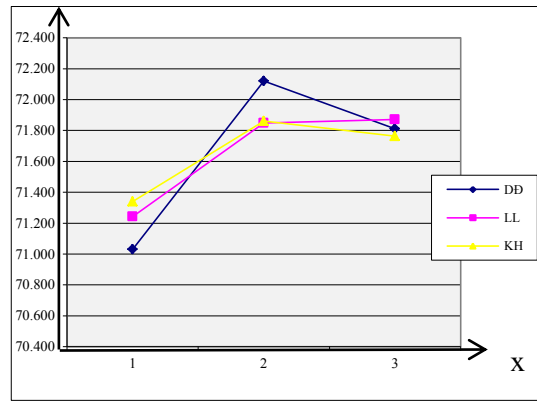
Tương tự từ bảng 3 và hình 11 cho thấy giá trị tối ưu của giới hạn chảy ứng với các giá trị S/N lớn nhất của từng yếu tố tương ứng: dòng điện mức hai là 100 (A), lưu lượng khí bảo vệ mức ba là 10 (L/ph), khe hở mức hai là 2 (mm). Sử dụng phần mềm Minitab ta có kết quả dự đoán giá trị giới hạn chảy tối ưu: giới hạn chảy là 4216.30 (kgf), ứng với S/N = 72.54.

Qua quan sát các mẫu thí nghiệm sau khi kéo phá hủy ta cũng có nhận xét là tất cả các mẫu thử sau khi kéo phá hủy thì vị trí điểm gãy nứt đều nằm phía ngoài vị trí mối hàn, tức là ở vùng ảnh hưởng nhiệt.

Sử dụng Microsoft Office Excel ta cũng tính toán được mức độ ảnh hưởng của các yếu tố chính và nhiều đến giới hạn bền và giới hạn chảy của mẫu hàn như trình bày trong bảng 6.



Hình 10. Đồ thị mối quan hệ S/N trung bình của giới hạn bền ở các mức yếu tố đầu vào



Hình 11. Đồ thị mối quan hệ S/N trung bình của giới hạn cháy ở các mức yếu tố đầu vào

Bảng 6. Mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đến giới hạn bền và giới hạn cháy mẫu hàn

Yếu tố ảnh hưởng	Mức độ ảnh hưởng (%) đến	
	Giới hạn bền	Giới hạn cháy
Dòng điện	53.67	53.67
Lưu lượng khí bảo vệ	28.17	28.17
Khe hở lắp ghép	14.24	14.24
Nhiều	3.91	3.91

4. Kết luận

Trong bài báo này các tác giả đã trình bày nghiên cứu thực nghiệm hàn TIG thép các bon thấp nhằm xác định mức độ ảnh hưởng của các thông số công nghệ chính (cường độ dòng điện hàn, lưu lượng khí bảo vệ, khe hở lắp ghép) đến giới hạn cháy và giới hạn bền của mẫu hàn. Bằng việc sử dụng phương pháp Taguchi với các công cụ như phần mềm Minitab 8.1, Microsoft Excel, nghiên cứu đã xác định được trong các điều kiện thực nghiệm như trình bày, mức độ ảnh hưởng của các yếu tố khảo sát đến giới hạn cháy cũng tương tự như mức độ ảnh hưởng đến giới hạn bền theo thứ tự như sau: cường độ dòng điện hàn I_h

ảnh hưởng lớn nhất tiếp đến lần lượt là ảnh hưởng của lưu lượng khí bảo vệ L_v , khe hở lắp ghép a và cuối cùng là ảnh hưởng của các yếu tố nhiễu. Kết quả này cho thấy cường độ dòng điện hàn có ảnh hưởng quan trọng nhất đến độ bền kéo của mẫu hàn. Nghiên cứu cũng xác định được hai bộ thông số chế độ hàn tối ưu cục bộ trong phạm vi miền giá trị thực nghiệm khảo sát: bộ thông số chế độ hàn nhằm đạt được giới hạn bền kéo mẫu hàn là cao nhất: $I_h = 100$ (A), $L_v = 10$ (L/ph), $a = 3$ (mm) và bộ thông số chế độ hàn nhằm đạt được giới hạn cháy mẫu hàn là cao nhất: $I_h = 100$ (A), $L_v = 10$ (L/ph), $a = 2$ (mm).

Tài liệu tham khảo

- [1]. Lưu Văn Huy, Đỗ Tấn Dân ; 2006; Kỹ thuật hàn - NXB KHKT.
- [2]. Ngô Lê Thông; 2004; Công nghệ hàn điện nóng chảy Tập 1. Nhà xuất bản NXB KHKT, Hà Nội.
- [3]. Ranjit Roy ; 1990; *A primer on the Taguchi method*; , TS156.R69 89- 14736
- [4]. Ajit Khatter, Pawan Kumar, Manish Kumar; 2014; Optimization of Process Parameter in TIG

Welding Using Taguchi of Stainless Steel-304. IJRMET Vo 1.4, Issu E1, NoV2013 - ApR II2014.ISSN : 2249-5770.

- [5]. Tadele Tesfaw, Ajit Pal Singh, Abebaw Mekonnen Gezahegn; 2015; *Optimization of MAG Welding Process Parameters Using Taguchi Design Method on Dead Mild Steel*. International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering Vol:2, No:3.
- [6]. P Vasantharaja, M Vasudevan; 2015; *Optimization of A-TIG welding process parameters for RAFM steel using response surface methodology*; .Proceeding of the institution of mechanical engineers, Part L: Jurnal of materials: design and applications
- [7]. Pushp Kumar Baghel, Doddalahally Shivalingaiah Nagesh; 2017; *Influencing and anlysis of TIG welding process on mechanical properties of extruded aluminum parts*; Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering

THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE TENSILE STRENGTH OF THE WELD SPECIMEN WHEN TIG WELDING MILD CARBON STEEL

Abstract:

Tungsten inert gas (TIG) welding, also known as Gas tungsten arc welding (GTAW) welding, is an arc welding process that uses a non-consumable tungsten electrode to produce the weld. This is very common welding process that rapidly develops in lately three decades and is applied in many fields of mechanical engineering. One of norms to estimate the quality of the weld is its tensile strength. This paper presents a study on the influence of technological parameters on tensile strength of the welding sample when TIG welding mild steel. The investigated parrameters include welding current, gas flow rate, and gap between two parts of the welding specimen. Using Taguchi method with Minitab 8.1 software, the study has defined the levels of the influence of the parameters on the yielding limit as well as on the ultimate strength of the welding sample. The sets of appropriate parameters for yielding limit and ultimate strength of the welding sample have been found here, too.

Keywords: *TIG welding; Welding current, Gas flow rate; Gap between two parts of the welding specimen; Taguchi; Minitab.*