

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN ĐỘ CHÍNH XÁC KÍCH THƯỚC VÀ ĐỘ KHÔNG TRÒN CỦA BỀ MẶT LỖ KHI GIA CÔNG THÉP SKD11 TRÊN MÁY GIA CÔNG TIA LỬA ĐIỆN SỬ DỤNG ĐIỆN CỰC DÂY BẰNG ĐỒNG

INFLUENCE OF TECHNICAL PARAMETERS ON PRECISION DIMENSION AND ROUNDNESS ERROR OF WORKPIECE SKD11 ON THE ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING THAT USES TOOL ELECTRODES MADE BY COPPER

Trần Quốc Hùng^{1*}, Nguyễn Quốc Dũng²

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến dung sai kích thước đường kính (δ) và độ không tròn (Δ) của bề mặt lỗ khi gia công thép SKD11 trên máy gia công tia lửa điện sử dụng điện cực dây bằng đồng. Hai thông số công nghệ cơ bản của quá trình gia công được đề cập đến trong nghiên cứu này là điện áp đánh lửa (U_i) và thời gian phóng tia lửa điện (t_c). Tiến hành thí nghiệm và phân tích kết quả bằng phần mềm thống kê Minitab 16 cho thấy: cả U_i và t_c đều có ảnh hưởng đáng kể đến δ , trong đó U_i ảnh hưởng đến δ nhiều hơn mức độ ảnh hưởng của t_c , sự tương tác giữa U_i và t_c ảnh hưởng không đáng kể đến δ ; Còn đối với chỉ tiêu Δ thì chỉ có U_i là có mức độ ảnh hưởng đáng kể. Sau đó hướng phát triển cho các nghiên cứu tiếp theo cũng được đề cập đến trong bài báo này.

Từ khóa: Gia công tia lửa điện, độ chính xác kích thước, độ không tròn.

ABSTRACT

This paper presents the study of the influence of some parameters of the Electrical discharge machining (EDM) that uses tool electrodes made by copper on dimensional precision and roundness error of the workpiece SKD11. Two of processing parameters to be considered in this report are current pulse (U_i) and discharge time (t_c). After experimental and used Minitab 16 software to solve its results, we know: Both U_i and t_c have significant influence on δ ; influence rule of U_i on δ is bigger than its of t_c ; there is only U_i has significant influence on Δ . Finally, suggestions for further research are given.

Keywords: Electrical discharge machining, dimensional precision, roundness error.

¹Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Trường Cao đẳng Công nghiệp Thái Nguyên

*Email: tranquochung.tn@gmail.com

Ngày nhận bài: 10/5/2020

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/6/2020

Ngày chấp nhận đăng: 21/10/2020

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, trong gia công cơ khí, phương pháp gia công bằng tia lửa điện điện cực dây ngày càng phổ biến và phát huy được những ưu điểm của nó khi gia công những loại vật liệu có tính dẫn điện, có độ cứng và độ bền cao hoặc gia công những bề mặt thông có đường sinh thẳng nhưng có biên dạng phức tạp mà với các phương pháp cắt gọt truyền thống khó hoặc không thể thực hiện được.

Khi gia công lỗ bằng phương pháp tia lửa điện sử dụng điện cực dây, độ chính xác gia công được đánh giá qua nhiều chỉ tiêu, trong đó dung sai kích thước đường kính và độ không tròn là hai trong số những chỉ tiêu quan trọng quyết định đến chất lượng sản phẩm, qua đó quyết định đến hiệu quả của quá trình gia công.

Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến dung sai kích thước đường kính và độ không tròn của bề mặt lỗ gia công khi sử dụng điện cực dây để gia công bề mặt lỗ trụ trơn như: thành phần hóa học của vật liệu, loại vật liệu điện cực, điện áp đánh lửa, thời gian phóng tia lửa điện, tính dẫn điện, dẫn nhiệt của vật liệu gia công, điện trở cách điện của dung môi... [1, 2, 3]. Vì thế khó có thể lựa chọn được một bộ thông số của quá trình gia công nhằm đảm bảo độ chính xác gia công cho tất cả các trường hợp khác nhau. Do đó, đối với mỗi điều kiện gia công cụ thể, thì cần thiết phải nghiên cứu để xác định được mức độ ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ chính xác gia công, làm cơ sở cho việc lựa chọn được bộ giá trị hợp lý cho các thông số đó.

Đã có một số nghiên cứu tiến hành khảo sát ảnh hưởng của một số thông số của quá trình gia công đến năng suất và độ chính xác khi gia công một số loại vật liệu làm khuôn như: SKD61, SKD11, X12M... [3]. Nhưng ảnh hưởng của một số thông số công nghệ đến dung sai kích thước đường kính và độ không tròn của bề mặt lỗ khi gia công thép SKD11 trên máy gia công tia lửa điện sử dụng điện cực dây bằng

đồng chưa được đề cập triệt để. Hai thông số công nghệ cơ bản của quá trình gia công được đề cập đến trong nghiên cứu này là điện áp đánh lửa (U_i) và thời gian phóng tia lửa điện (t_e). Tiến hành thí nghiệm và phân tích kết quả bằng phần mềm thống kê Minitab 16 cho thấy cả U_i và t_e đều có ảnh hưởng đáng kể đến δ , trong đó U_i ảnh hưởng đến δ nhiều hơn mức độ ảnh hưởng của t_e , sự tương tác giữa U_i và t_e ảnh hưởng không đáng kể đến δ ; Còn đối với chỉ tiêu Δ thì chỉ có U_i là có mức độ ảnh hưởng đáng kể. Sau đó hướng phát triển cho các nghiên cứu tiếp theo cũng được đề cập đến trong bài báo này.

2. THIẾT BỊ VÀ VẬT LIỆU

2.1. Máy thí nghiệm

Máy gia công tia lửa điện sử dụng điện cực dây bằng đồng được sử dụng trong nghiên cứu này là máy CW420HS của Hãng CHMEREDM đặt tại phòng thực hành tia lửa điện của trường Đại học Công nghiệp Hà Nội (hình 1).

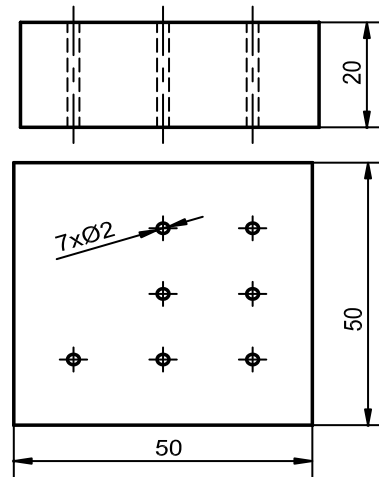


Hình 1. Máy gia công tia lửa điện CW420HS

2.2. Mẫu thí nghiệm

Vật liệu thí nghiệm là thép SKD11 theo tiêu chuẩn [JIS G4404(1983)]. Đây là loại vật liệu thường được sử dụng làm khuôn đột nguội các lỗ trên thanh nhôm hợp kim hệ Xingfa sử dụng trong chế tạo cửa đi, vách ngăn,... Kết quả phân tích thành phần hóa học của mẫu thép SKD11 như bảng 1. Độ cứng sau nhiệt luyện của mẫu thép SKD11 đạt 52 ÷ 55 HRC.

Trước khi tiến hành nhiệt luyện, trên mỗi mẫu được tạo sẵn các lỗ $\phi 2$ bằng phương pháp khoan để số dây khi gia công cắt dây. Để thuận lợi cho việc xác định các thông số đầu ra (δ và Δ), đồng thời đảm bảo chi phí cho quá trình thực nghiệm không quá cao, ta tiến hành cắt lỗ có đường kính là $\phi 10,5$. Hình dáng mẫu thí nghiệm và việc gá đặt mẫu lên máy được thể hiện trong hình 2, 3.



Hình 2. Mẫu thí nghiệm



Hình 3. Gá mẫu lên máy gia công

Bảng 1. Thành phần hóa học mức vật liệu SKD11 [6]

Mức vật liệu	Thành phần hóa học trung bình các nguyên tố (%)					
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
SKD11	1,4 ÷ 1,6	≤ 0,4	≤ 0,6	11 ÷ 13	0,8 ÷ 1,2	0,2 ÷ 0,5

2.3. Vật liệu điện cực

Vật liệu điện cực được sử dụng là dây đồng có đường kính 0,2mm của Hãng Pungkuk (Hàn Quốc) có ký hiệu CuZn35, độ bền kéo căng cơ học 750 - 790N/mm². Đây là loại vật liệu điện cực thông dụng, đang được dùng phổ biến trong công nghệ gia công tia lửa điện hiện nay.

2.4. Thiết bị đo



Hình 4. Máy đo 3 chiều Mitutoyo QM333

Kích thước đường kính lỗ và độ không tròn của lỗ gia công được khảo sát bằng máy đo 3 chiều Mitutoyo QM333 tại Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội (hình 4).

Kích thước đường kính của bề mặt lỗ gia công được đo trên một tiết diện ngẫu nhiên trong phạm vi chiều dài lỗ, tiết diện này là cố định trên các mẫu nhờ có cữ chặn dọc trục. Dung sai kích thước đường kính được lấy bằng độ lớn của hiệu số giữa kết quả đo đường kính lỗ gia công và kích thước mong muốn đạt được của quá trình gia công, tức là:

$$\delta = |d_{th} - 10,5| \tag{1}$$

Trong đó:

d_{th} - kích thước thực tế đo được sau khi gia công.

Vị trí xác định độ không tròn trên các lỗ cũng được thống nhất trên mỗi mẫu ở các lần đo khác nhau nhờ cữ chặn dọc trục được đặt trong lỗ của chi tiết khi tiến hành đo.

2.5. Điều kiện thí nghiệm

Ngoài các thông số (biến) sẽ thay đổi trong quá trình thí nghiệm bao gồm U_i và t_e sẽ được trình bày chi tiết trong phần tiếp theo thì một số thông số cơ bản của quá trình thí nghiệm được chọn theo điều kiện sản xuất cụ thể cũng như phù hợp với máy thí nghiệm, bao gồm:

- Thời gian ngừng phóng tia lửa điện $t_{off} = 12$ (μ s).
- Điện áp phóng tia lửa điện: $SV = 33$ (V).
- Lượng tiến dao của dây: $FR = 10$ (mm/ph)
- Vận tốc chạy dây (WF) được thiết lập bằng $= 8$ tương đương với 170 (mm/s)
- Lực căng dây (WT) được thiết lập bằng $= 6$ tương đương với 1000 (g)
- Áp lực nước ($WL = 4$ (kg/cm²))

3. THÍ NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

3.1. Thiết kế thí nghiệm

Với hai thông số đầu vào sẽ thay đổi của quá trình thí nghiệm (U_i và t_e) sẽ có $2^k = 2^2 = 4$ điểm thí nghiệm gốc (ở mức mã hóa -1 và +1); và nên lựa chọn ít nhất 3 điểm trung tâm (ở mức mã hóa 0) [5]. Như vậy kế hoạch thí nghiệm sẽ bao gồm 7 điểm và được sắp xếp ngẫu nhiên bằng phần mềm thống kê Minitab 16 như trong bảng 2.

Bảng 2. Ma trận thí nghiệm

Thứ tự thí nghiệm	U_i	t_e
1	-1	-1
2	0	0
3	0	0
4	-1	+1
5	+1	-1
6	0	0
7	+1	+1

Giá trị các thông số U_i , t_e trong quá trình thí nghiệm được chọn theo kinh nghiệm thực tế trong sản xuất và phù hợp với loại máy đang sử dụng thí nghiệm. Giá trị của chúng ở dạng mã hóa có giá trị như trong bảng 3.

Bảng 3. Giá trị của các biến tại các mức thí nghiệm

Tên gọi	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị tại các mức		
			-1	0	+1
Điện áp đánh lửa	U_i	Vôn (V)	75	80	85
Thời gian phóng tia lửa điện	t_e	Giây (s)	7	10	13

3.2. Kết quả thí nghiệm

Tiến hành thí nghiệm theo trình tự đã thiết kế ở bảng 2, với giá trị của các biến tại các mức như trong bảng 3; giá trị dung sai kích thước đường kính và độ không tròn được đo tại mỗi lỗ ít nhất 3 lần sau đó lấy giá trị trung bình của các lần đo liên tiếp. Kết quả được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4. Kết quả thí nghiệm

TT	U_i	t_e	δ (mm)	Δ (mm)
1	-1	-1	0,009	0,003
2	0	0	0,017	0,005
3	0	0	0,016	0,006
4	-1	+1	0,014	0,005
5	+1	-1	0,015	0,006
6	0	0	0,018	0,005
7	+1	+1	0,024	0,009

3.3. Phân tích kết quả

Sử dụng phần mềm thống kê Minitab 16 để phân tích kết quả trong bảng 4 cho chỉ tiêu δ và Δ , ta được kết quả như trong bảng 5 và 6.

Bảng 5. Kết quả phân tích cho hàm mục tiêu δ

```

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for  $\delta$ 

Term          Coef    SE Coef    T      P
Constant     0.017333 0.000333  52.000 0.000
Ui           0.003750 0.000289  12.990 0.006
te           0.003250 0.000289  11.258 0.008
Ui*Ui       -0.002083 0.000441  -4.725 0.042
Ui*te       0.000750 0.000289   2.598 0.122
    
```

Bảng 6. Kết quả phân tích cho hàm mục tiêu Δ

```

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for  $\Delta$ 

Term          Coef    SE Coef    T      P
Constant     0.005333 0.000333  16.000 0.004
Ui           0.001500 0.000289   5.196 0.035
te           0.001000 0.000289   3.464 0.074
Ui*Ui       0.000167 0.000441   0.378 0.742
Ui*te       0.000000 0.000289   0.000 1.000
    
```

Quan sát bảng 5 cho thấy:

- U_i và t_e đều có ảnh hưởng đáng kể đến δ (vì đều có giá trị xác suất tương ứng là 0,006 và 0,008 nhỏ hơn nhiều so với mức ý nghĩa α , thường $\alpha = 0,05$).

- U_i có ảnh hưởng đến δ nhiều hơn so với mức độ ảnh hưởng của t_e (vì hệ số ảnh hưởng của U_i bằng 0,00375 lớn hơn hệ số ảnh hưởng của t_e là 0,00325).

- Sự tương tác giữa U_i và t_e có ảnh hưởng không đáng kể đến δ (vì có giá trị xác suất bằng 0,122 lớn hơn nhiều so với mức ý nghĩa α).

Quan sát bảng 6 cho thấy:

- U_i có ảnh hưởng đáng kể đến Δ (vì có giá trị xác suất bằng 0,035 nhỏ hơn so với mức ý nghĩa α).

- t_e cũng như sự tương tác giữa U_i và t_e ảnh hưởng không đáng kể đến Δ .

4. KẾT LUẬN

Từ một số kết quả đã thực hiện trong nghiên cứu này, rút ra một số kết luận khi gia công thép SKD11 bằng phương pháp cắt dây sử dụng điện cực bằng đồng như sau:

- Cả U_i và t_e đều có ảnh hưởng đáng kể đến δ ; U_i có ảnh hưởng đến δ nhiều hơn so với mức độ ảnh hưởng của t_e ; sự tương tác giữa U_i và t_e có ảnh hưởng không đáng kể đến δ .

- Đối với thông số đầu ra Δ : chỉ có U_i là có mức độ ảnh hưởng đáng kể.

- Trên cơ sở kết quả thí nghiệm trong bảng 4, trong nghiên cứu tiếp theo chúng tôi sẽ tiến hành nghiên cứu bổ sung thêm các điểm thí nghiệm dọc trục để xây dựng mối quan hệ giữa δ , Δ với U_i , t_e ; đồng thời nghiên cứu về chỉ tiêu năng suất gia công và sử dụng các thuật giải tối ưu để tìm giá trị tối ưu của các thông số U_i , t_e nhằm gia công được bề mặt chi tiết có δ , Δ đạt giá trị nhỏ và nâng cao được năng suất của quá trình gia công.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Vũ Hoài Ân, 2003. *Gia công tia lửa điện*. NXB khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[2]. Nguyễn Tiến Nga, 2009. *Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ tới độ chính xác gia công khi gia công cắt dây các vật liệu khó gia công*. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Thái Nguyên.

[3]. Nguyễn Quốc Tuấn, Vũ Ngọc Pi, Nguyễn Văn Hùng, 2009. *Các phương pháp gia công tiên tiến*, NXB khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[4] Nguyễn Tiến Thọ, Nguyễn Thị Xuân Bầy, Nguyễn Thị Cẩm Tú, 2001. *Kỹ thuật đo lường-Kiểm tra trong chế tạo cơ khí*. NXB khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[5]. Nguyễn Văn Dự, Nguyễn Đăng Bình, 2011. *Qui hoạch thực nghiệm trong kỹ thuật*. NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.

[6]. Trần Văn Địch, Ngô Trí Phúc, 2006. *Sổ tay thép thế giới*. NXB khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội..

AUTHORS INFORMATION

Tran Quoc Hung¹, Nguyen Quoc Dung²

¹Hanoi University of Industry

²Thai Nguyen College of Industry