

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ ĐIỆN: DÒNG PHÓNG TIA LỬA ĐIỆN TỐI ĐA (I_p), ĐỘ KÉO DÀI XUNG (T_{ON}) TỚI KHE HỖ PHÓNG ĐIỆN (δ) KHI GIA CÔNG THÉP SKD61 TRÊN MÁY CẮT DÂY DEM 320A

STUDY THE INFLUENCE OF ELECTRICAL PARAMETERS: MAXIMUM DISCHARGE CURRENT (I_p), PULSE DISCHARGE TIME (T_{ON}) ON DISCHARGES KERF (δ) WHEN MACHINING SKD61 STEEL ON A DEM 320A WIRE CUTTER

Trịnh Kiều Tuấn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 15/4/2017, chấp nhận đăng ngày 11/5/2017

Tóm tắt: Trong gia công cắt dây tia lửa điện, khe hở phóng điện ảnh hưởng trực tiếp tới sự ổn định và độ chính xác gia công. Việc nghiên cứu tìm ra mối liên hệ giữa các thông số công nghệ và khe hở phóng điện có ý nghĩa quan trọng, giúp chúng ta lựa chọn được chế độ cắt phù hợp, vừa đảm bảo năng suất vừa đảm bảo được độ chính xác gia công. Bài báo tiến hành phân tích ảnh hưởng, sử dụng mô hình hồi quy tuyến tính đơn giản để thiết lập công thức thực nghiệm xác định sự ảnh hưởng của hai thông số là dòng phóng điện I_p và độ kéo dài xung T_{on} đến khe hở phóng điện δ .

Từ khóa: Cắt dây, CNC.

Abstract: In wire electrical discharge machining, the discharges kerf directly affects work stability and precision. It is crucial to research the interaction between technological parameters and the discharges kerf in order to identify suitable cut-off modes for both productivity and accuracy of machining. This paper presents an analysis of technological parameters effect, using simple linear regression to find out the empirical formula, which defines the effects of maximum discharge current I_p and pulse discharge time T_{on} on discharges kerf δ .

Keywords: WEDM, CNC.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, nhu cầu sử dụng các thép hợp kim cứng SKD61, SKD11, BK15, BK20, BK25... làm dụng cụ cắt, khuôn dập, chày dập, chế tạo roto và stato của động cơ điện không ngừng tăng thêm. Thép SKD61 có các đặc tính phù hợp với phương pháp gia công tia lửa điện như: Có độ cứng cao mà gia công bằng các phương pháp cắt gọt truyền thống rất khó khăn, có độ bền nhiệt cao và biến dạng rất ít sau khi nhiệt luyện [3]... Các sản phẩm như dụng cụ cắt, khuôn mẫu, lá thép kỹ thuật điện... đều

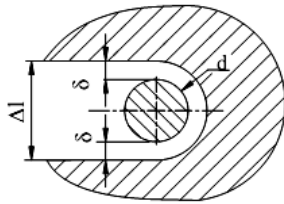
yêu cầu độ chính xác kích thước gia công cao, vì vậy việc nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến độ chính xác kích thước gia công là một yêu cầu cấp thiết được đặt ra.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Ảnh hưởng của khe hở phóng điện (δ) tới độ chính xác gia công

Trong gia công cắt dây tia lửa điện thì biên dạng gia công được thực hiện theo chương trình gia công được lập trình sẵn và chương trình được sử dụng để điều khiển quỹ đạo

tâm dây trùng với profin của chi tiết cần gia công [1]. Tuy nhiên, trong quá trình gia công có tồn tại khe hở phóng điện nên profin của chi tiết sau khi gia công sẽ không trùng với quỹ đạo tâm dây mà nó có hình đồng dạng và cách tâm dây một khoảng là $1/2\Delta l$. Vì vậy, khi lập trình gia công cắt dây tia lửa điện người lập trình phải thực hiện bù dao dây (các lệnh G40, G41, G42) để dây dịch chuyển một khoảng phù hợp với khe hở phóng điện δ sao cho chi tiết sau khi gia công có kích thước đạt yêu cầu kỹ thuật [5].



Hình 1. Khe hở phóng điện δ

Qua phân tích trên ta nhận thấy, với mỗi chương trình gia công sau khi đã thiết lập thông số hiệu chỉnh bù dao cố định, nếu trong quá trình gia công khe hở phóng điện δ thay đổi sẽ dẫn đến sai số kích thước gia công (ảnh hưởng tới độ chính xác kích thước gia công).

Cụ thể, giả sử kích thước bù dao cố định là $\Delta l_0/2$. Khi đó sai số gia công được tính theo công thức:

$$\Delta = \frac{(2\delta + d - \Delta l_0)}{2}$$

Mặt khác, các nghiên cứu [3], [4], [5] cho thấy với các thông số công nghệ điện đầu vào (I_p , T_{on} , T_{off} , U_i) khác nhau thì khe hở phóng điện lại khác nhau. Vì vậy, để tăng độ chính xác gia công cắt dây tia lửa điện thì ta phải nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ điện đầu vào (I_p , T_{on} , T_{off} , U_i) tới khe hở phóng điện δ .

2.2. Phân tích ảnh hưởng của các thông số công nghệ điện đầu vào máy cắt dây DEM 320A đến khe hở phóng điện δ khi gia công

Máy cắt dây DEM 320A của hãng Knuth sản xuất với các thông số công nghệ điện điều chỉnh đầu vào gồm: I_p , T_{on} , T_{off} , U_i . Trong đó:

Dòng phóng tia lửa điện tối đa I_p : Dòng phóng tia lửa điện I_p có ảnh hưởng lớn nhất đến chất lượng bề mặt và lượng hớt vật liệu (năng suất). Dòng I_p càng mạnh thì lượng hớt vật liệu càng lớn và khe hở phóng điện δ cũng càng lớn.

Độ kéo dài xung T_{on} : Là khoảng thời gian giữa hai lần đóng của máy phát trong cùng một chu kỳ phóng điện. Độ kéo dài xung ảnh hưởng tới tốc độ bóc tách vật liệu độ mòn điện cực nên cũng ảnh hưởng lớn tới khe hở phóng điện δ .

Khoảng cách xung T_{off} : Là khoảng thời gian giữa hai lần ngắt - đóng của máy phát thuộc chu kỳ phóng điện kế tiếp nhau. Đây là tham số không chế thời gian dừng phóng tia lửa điện để đẩy phoi ra khỏi vùng gia công và làm mát vùng gia công, phạm vi điều chỉnh từ 1 đến 1027 μs , giá trị càng lớn thì thời gian ngừng mạch xung càng dài, thời gian cắt càng ổn định, ít xảy ra hiện tượng đứt dây nhưng giá trị thời gian nghỉ lại tỷ lệ nghịch với tốc độ gia công. Do đó thông số này thường được chọn phù hợp với hai thông số T_{on} và I_p , ít ảnh hưởng tới khe hở phóng điện δ .

Điện áp đánh lửa U_i : Dùng điện áp đánh lửa U_i để khởi đầu sự phóng tia lửa điện. Cùng bước của dòng điện, trong máy cắt dây DEM320A, thông số này được tích hợp theo I_p .

Qua phân tích trên ta nhận thấy hai thông số điện đầu vào là I_p và T_{on} có ảnh hưởng lớn tới khe hở phóng điện δ , các thông số khác đã được tích hợp tối ưu hoặc phụ thuộc vào hai thông số này. Do vậy khi nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số điện đầu vào ảnh hưởng tới khe hở phóng điện chúng ta chỉ cần nghiên cứu hai thông số này.

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA I_p VÀ T_{on} TỚI KHE HỖ PHÓNG ĐIỆN δ .

3.1. Thiết bị thí nghiệm

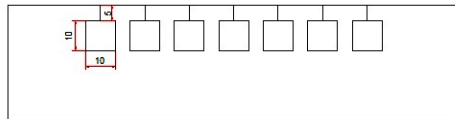
- Các thí nghiệm cắt được thực hiện trên máy cắt dây tia lửa điện CNC DEM320A.



Hình 2. Máy cắt dây CNC DEM 320A

Bảng 1. Xuất xứ và thành phần hóa học của thép SKD61 dùng làm thí nghiệm

Loại thép					Thành phần hóa học %							
Tiêu chuẩn Nhật	HITACHI(YSS)	DAIDO	AISI	DIN	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
SKD61	DAC	DHA1	H13	2344	0,39	1,0	0,4	<=0,03	<=0,01	5,15	1,40	0,8



Hình 3. Sơ đồ gia công phôi

3.3. Thiết bị đo

Sử dụng máy đo ba chiều Mitutoyo với độ chính xác 0,001 mm để đo kích thước dài.



Hình 4. Máy đo tọa độ 3 chiều Mitutoyo

3.4. Mô hình quy hoạch thực nghiệm

Xây dựng quy hoạch thực nghiệm cần phải thỏa mãn các yêu cầu: Số thí nghiệm ít nhất, tính toán đơn giản nhất, đảm bảo độ chính xác cao nhất [2].

3.4.1. Chọn các thông số đầu vào: I_p , T_{on}

Theo khuyến cáo của nhà sản xuất thiết bị máy cắt dây DEM 320A khi gia công vật liệu cứng ta chọn khảo sát : I_p khảo sát từ 4

3.2. Vật liệu thí nghiệm

Thép hợp kim SKD61 với các đặc tính kỹ thuật rất phù hợp với gia công cắt dây như: Có độ cứng cao mà gia công bằng các phương pháp cắt gọt truyền thống rất khó khăn, có độ bền nhiệt cao và biến dạng rất ít sau khi nhiệt luyện.

Phôi thép hợp kim SKD61 thí nghiệm có kích thước: 200 mm×100 mm×20 mm và có sơ đồ gia công thí nghiệm như sau:

đến 8 A, T_{on} khảo sát từ 20 đến 40 μ s.

Số điểm thí nghiệm n theo quy hoạch thực nghiệm là : $n = 2^k$

Trong đó : n - số thí nghiệm;

k - số biến đầu vào.

Với số biến đầu vào $k = 2$ ta có số thí nghiệm $N = 4$. Để nâng cao độ chính xác ta thêm 3 thí nghiệm ở tâm nên tổng số thí nghiệm là $n = 2^k + 3 = 7$.

Đặt $X_1 = I_p$; $X_2 = T_{on}$.

$I_{p \max} = 8 \text{ A}$; $I_{p \min} = 4 \text{ A}$;

$I_{p \text{ trung bình}} = 6 \text{ A}$; $T_{on \min} = 20 \mu\text{s}$;

$T_{on \max} = 40 \mu\text{s}$; $T_{on \text{ trung bình}} = 30 \mu\text{s}$.

Mã hóa giá trị ta có: $I_{p \max} = +1$; $I_{p \min} = -1$;

$I_{p \text{ trung bình}} = 0$; $T_{on \max} = +1$; $T_{on \min} = -1$;

$T_{on \text{ trung bình}} = 0$

Bảng 2. Quy hoạch thực nghiệm thông số đầu vào

Thí nghiệm	Biến thức mã hóa		I_p (A)	T_{on} (μ s)	T_{off} (μ s)
	X_1	X_2			
1	-1	-1	4	20	150
2	-1	+1	4	40	150
3	+1	-1	8	20	150
4	+1	+1	8	40	150
5	0	0	6	30	150
6	0	0	6	30	150
7	0	0	6	30	150

Với thí nghiệm đầu vào là 2 yếu tố; I_p , T_{on} , theo quy hoạch thực nghiệm ta thực hiện bảy thí nghiệm, ta có thông số quy hoạch thực nghiệm trên máy gia công cắt dây tia lửa điện DEM320A với đường kính dây molipden là 0,18 mm như bảng 2.

3.4.2. Chọn thông số đầu ra

Khe hở phóng điện δ , ký hiệu Y được xác định theo công thức:

$$\delta = \left(\frac{\Delta l - 180}{2} \right) \mu\text{m}$$

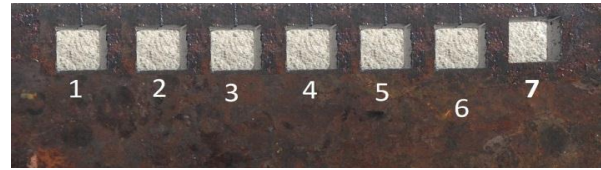
Trong đó $\Delta l = \left(\frac{L-l}{2} \right) 1000 \mu\text{m}$ (chiều rộng rãnh cắt thực) với L và l là kích thước ngoài và trong của biên dạng sau khi cắt.

4. THỰC NGHIỆM ĐO KẾT QUẢ VÀ XÂY DỰNG PHƯƠNG TRÌNH TOÁN HỌC BIỂU DIỄN PHỤ THUỘC CỦA KHE HỖ PHÓNG ĐIỆN δ VÀO I_p , T_{on}

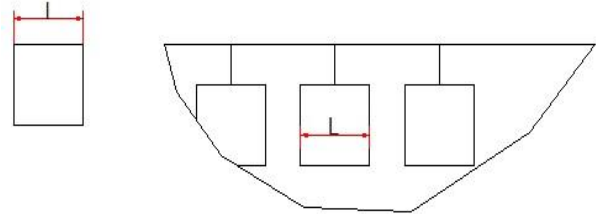
4.1. Kết quả thí nghiệm

Tiến hành 7 thí nghiệm, mỗi thí nghiệm cắt

biên dạng hình vuông 10×10 mm với thông số điện đầu vào như bảng 2 ta được sản phẩm cắt ở hình 5.



Hình 5. Sản phẩm sau khi cắt



Hình 6. Mô hình sản phẩm sau khi cắt thử nghiệm

Với mỗi mẫu thí nghiệm tiến hành đo ba lần, giá trị đo được tính là trung bình của ba lần đo. Ta có kết quả đo được thống kê ở bảng 3.

Bảng 3. Bảng kết quả đo thực nghiệm

Thí nghiệm	Biến thức mã hóa		I_p (A)	T_{on} (μs)	T_{off} (μs)	L (mm)	l (mm)	Δl (μm)	δ (μm)
	X_1	X_2							
1	-1	-1	4	20	150	10,303	9,864	219,50	19,75
2	-1	+1	4	40	150	10,291	9,871	210,00	15,00
3	+1	-1	8	20	150	10,281	9,817	232,00	26,00
4	+1	+1	8	40	150	10,301	9,814	243,50	31,75
5	0	0	6	30	150	10,280	9,825	227,50	23,75
6	0	0	6	30	150	10,282	9,820	231,00	25,50
7	0	0	6	30	150	10,279	9,816	231,50	25,75

4.2. Xử lý số liệu và xây dựng phương trình hồi quy

Ứng dụng phần mềm Excel sử dụng phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) tính toán và đánh giá phương trình hồi quy thực nghiệm.

Nhập dữ liệu trong bảng 3 vào phần mềm EXCEL, sau khi tính toán phần mềm xuất ra kết quả trình bày trong bảng 4.

Theo bảng phân tích ANOVA ta có phương trình hồi quy tuyến tính bậc nhất có dạng:

$$y = 5,928 + 2,85x_1 + 0,025x_2 \quad (1)$$

$$\text{Hay: } \delta = 5,928 + 2,85I_p + 0,025T_{on} \text{ (}\mu\text{m)}$$

Qua phương trình hồi quy vừa tìm được ta nhận thấy khi gia công thép SKD61 trên máy cắt dây DEM 320A khe hở phóng điện δ tỷ lệ thuận với I_p và T_{on} . Khi I_p thay đổi thì δ thay đổi nhiều hơn.

Bảng 4. Kết quả phân tích bằng phần mềm Excel các số liệu thực nghiệm trong bảng 3

SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0,88686							
R Square	0,78652							
Adjusted R Square	0,67978							
Standard Error	2,99851							
Observations	7							
ANOVA								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	2	132,5	66,25	7,36842	0,04558			
Residual	4	35,9643	8,99107					
Total	6	168,464						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	5,92857	6,46098	0,9176	0,41075	-12,01	23,8671	-12,01	23,8671
IP	2,875	0,74963	3,83524	0,01853	0,7937	4,9563	0,7937	4,9563
Ton	0,025	0,14993	0,16675	0,87566	-0,39126	0,44126	-0,39126	0,44126

Do thông số bù khi cắt dây là $\Delta = \Delta l / 2$ (Δl là chiều rộng rãnh cắt), nên với phương trình liên hệ tìm được ở trên chúng ta lựa chọn I_p và T_{on} hợp lý để đảm bảo năng suất cắt đồng thời từ đó tính toán được thông số bù dao để đảm bảo độ chính xác gia công theo công thức: $\Delta = \Delta l / 2 = (2 \cdot \delta + d) / 2$ (d là đường kính dây cắt).

4.3. Đánh giá độ tin cậy của hàm hồi quy thực nghiệm

Theo nghiên cứu [2], để kiểm nghiệm độ tin cậy của công thức thí nghiệm ta dùng chỉ tiêu sau:

$$\sigma_{YTN} \leq \sigma_Y$$

Trong đó:

$$\sigma_{YTN} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{TN})^2}{n - k}} \quad (2)$$

Y_{TN} - giá trị của hàm thực nghiệm. Thay giá trị X_1, X_2 theo bảng 3 vào phương trình 1) ta được Y_{TN} trình bày ở bảng 5.

$Y_i = Y_j$ - giá trị đo trong thí nghiệm bảng 3;

n - số giá trị đo ($n=7$);

k - số hằng số cần xác định ($k=2$);

σ_{YTN} - sai lệch bình phương trung bình của các giá trị thí nghiệm;

σ_Y - sai lệch bình phương trung bình khi đo y .

$$\sigma_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{tb})^2}{n}} \quad (3)$$

y_{tb} - giá trị trung bình sau n lần đo.

Ta có:

$$\begin{aligned} Y_{tb} &= \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \\ &= \frac{19,75 + 15,00 + 26,00 + 31,75 + 23,75 + 25,50 + 25,75}{7} \\ &= 23,93 \end{aligned}$$

Thay Y_i , Y_{tb} vào công thức (3) ta được:

$$\sigma_Y = 12,979$$

Lập bảng tính các giá trị thành phần cho công thức (3.1) ta được kết quả ở bảng 5.

Bảng 5. Giá trị thành phần trong công thức (2)

STT	Số thí nghiệm	Y_i	Y_{TN}	$Y_i - Y_{TN}$	$(Y_i - Y_{TN})^2$
1	1	19,75	17,83	1,92	3,69E+00
2	2	15,00	18,33	-3,33	1,11E+01
3	3	26,00	29,23	-3,23	1,04E+01
4	4	31,75	29,73	2,02	4,09E+00
5	5	23,75	23,78	-0,03	7,84E-04
6	6	25,50	23,78	1,72	2,97E+00
7	7	25,75	23,78	1,97	3,89E+00

Thay các giá trị ở bảng 5 vào công thức (2) ta được: $\sigma_{YTN} = 2,688$.

Ta nhận thấy $\sigma_{YTN} = 2,688 < \sigma_Y = 12,979$. Vậy công thức thực nghiệm đã xác định chấp nhận được.

5. KẾT LUẬN

Bằng thực nghiệm tác giả đã tìm ra ảnh hưởng của các thông số điện I_p và T_{on} đến khe hở phóng điện δ . Phương trình biểu diễn mối liên hệ toán học giữa dòng điện phóng tia lửa

điện tối đa I_p và độ kéo dài xung T_{on} là:

$$\delta = 5,928 + 2,85I_p + 0,025T_{on} \quad \mu\text{m} (*)$$

Việc tìm được phương trình biểu diễn mối liên hệ toán học như trên là rất quan trọng, vì từ đó ta có thể đánh giá được ảnh hưởng của I_p , T_{on} đến khe hở phóng điện δ để điều chỉnh thông số bù kích thước khi cắt nhằm đạt được độ chính xác về kích thước tốt nhất khi gia công trên máy cắt dây DEM 320A.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vũ Hoài Ân, *Gia công tia lửa điện CNC*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2007.
- [2] Trần Văn Địch, *Nghiên cứu độ chính xác gia công bằng thực nghiệm*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2003.
- [3] Phan Hùng Dũng, *Tối ưu hóa các thông số công nghệ trên máy cắt dây EDM khi gia công thép không gỉ*, Luận văn thạc sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên, 2008.
- [4] Vũ Quang Hà, *Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ công nghệ đến năng suất và chất lượng bề mặt khi gia công bằng phương pháp cắt dây tia lửa điện*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Hà Nội, 2012.
- [5] Nguyễn Tiến Nga, *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, 2009.

Thông tin liên hệ: **Trịnh Kiều Tuấn**

Điện thoại: 0984.472.888 - Email: tktuan@uneti.edu.vn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

