

ẢNH HƯỞNG CÁC THÔNG SỐ ĐIỆN ĐẾN NĂNG SUẤT VÀ CHẤT LƯỢNG BỀ MẶT KHI GIA CÔNG THÉP SAU NHIỆT LUYỆN TRÊN MÁY CẮT DÂY DEM320A

EFFECT OF ELECTRIC PARAMETERS ON PRODUCTION CAPACITY AND SURFACE QUALITY OF PART ON PROCESSING TEMPERED STEEL BY DEM320A WIRE CUT DISCHARGE MACHINING

Đặng Văn Hòa
Trường Cao đẳng nghề Quy Nhơn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày sự ảnh hưởng đơn và sự ảnh hưởng kết hợp của các thông số điện điều chỉnh được trên máy cắt dây CNC (WEDM) đến năng suất gia công (V) và chất lượng bề mặt chi tiết gia công, mà cụ thể là độ nhám bề mặt (Ra) khi gia công thép sau nhiệt luyện; So sánh kết quả với các nghiên cứu trước đây và đưa ra phương trình hồi quy thực nghiệm. Cuối cùng, xác định được bộ thông số tối ưu để có được sản phẩm tốt nhất.

Từ khóa: Ảnh hưởng đến năng suất chất lượng WEDM; Thông số điện WEDM; Thông số ảnh hưởng trên WEDM.

ABSTRACT

The article presents the single and multi effect of adjustable electric parameters on CNC wire electrical discharge machining (WEDM) on production capacity (V) and part of surface quality with specific roughness surface (Ra) when machining tempered steel; Comparison that results with previous investigate and then provide the experimental recurrence equation. Finally, determine the optimal set of parameters to get the best product.

Keywords: Effect to production capacity and surface quality on WEDM; Electric parameters of WEDM, Effect parameters on WEDM

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi gia công trên máy cắt dây (WEDM), có nhiều thông số điện ảnh hưởng đến năng suất và chất lượng bề mặt gia công như: Thời gian đóng xung (T_{on}); Thời gian ngắt xung

(T_{off}); Tốc độ Servo (SF); Dòng phóng tia lửa (IP), Điện áp khe hở (VP), Điện áp phóng SV). Đã có nhiều nghiên cứu về sự ảnh hưởng của các thông số này, hầu hết các kết quả đều tập trung vào đánh giá ảnh hưởng của các thông số T_{on} , T_{off} , IP và SV. Tuy nhiên, mỗi tác giả đều

có một hướng nghiên cứu khác nhau, đặt giá trị các biến đầu vào khác nhau và kết quả cũng khác nhau ở một số vấn đề cụ thể.

Bằng phương pháp thực nghiệm trên máy cắt dây DEM320A gia công thép 9XC đã nhiệt luyện đạt độ cứng 58-60 HRC, tác giả mong muốn đánh giá sự ảnh hưởng của 3 thông số điện là: T_{on} (μs), T_{off} (μs) và I (A) đến năng suất và chất lượng bề mặt chi tiết gia công, thông qua việc ghi lại kết quả nhám bề mặt chi tiết đo được trên máy SJ-201 và thời gian gia công, sau đó, so sánh với các kết quả nghiên cứu trước đây, đưa ra phương trình hồi quy thực nghiệm, cuối cùng xác định bộ thông số tối ưu để đạt được sản phẩm phù hợp. Từ kết quả này, có thể áp dụng để nâng cao năng suất và chất lượng bề mặt chi tiết khi gia công trên các máy cắt dây cùng loại hiệu DEM320A khác.

2. PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM

2.1. Thiết bị thí nghiệm

Thực nghiệm được tiến hành trên máy cắt dây CNC DEM320A của hãng Knuth và sản phẩm được đo độ nhám trên máy đo SJ-201 của hãng Mitsutoyo.

2.2. Vật liệu gia công thực nghiệm

Phôi thép hợp kim 9XC dày 20mm: Đây là loại vật liệu dùng để chế tạo dụng cụ cắt có độ chống mài mòn cao, trong điều kiện làm việc không gây ra nung nóng đáng kể lưỡi cắt, các dụng cụ cần có độ thấm tôi và độ bền nhiệt cao (ví dụ như bàn ren tròn, doa tay, khoan, doa, phay và các dụng cụ gia công kim loại mềm, các khuôn dập có tốc độ dập không lớn...).

Thành phần hóa học: C(0,85-0,95%); Mn (0,30-0,60%), Si (1,2-1,6%), Cr (0,95-

1,25%), Cu (0,30%), Ni (0,35%), S (0,03%), P (0,03%) [1].

2.3. Phương pháp thực nghiệm

Để đánh giá các ảnh hưởng đơn của từng yếu tố T_{on} ; T_{off} ; I , tác giả cố định 2 yếu tố không cần đánh giá ở mức cơ sở, thay đổi 01 yếu tố cần đánh giá ở 3 mức điều khiển (mức trên, mức dưới và mức cơ sở). Ở phương pháp thiết kế này có tổng cộng $N = 3^2 = 9$ lần thực nghiệm. Nhưng do có 3 lần trùng (mẫu số 2, số 5 và số 8), do vậy, thực tế sẽ còn 7 lần thực nghiệm. Các mẫu thực nghiệm sẽ được ghi lại thời gian gia công để đánh giá về năng suất, đồng thời được lấy trung bình của 3 lần đo độ nhám bề mặt để đánh giá chất lượng bề mặt chi tiết gia công. Sau đó so sánh với kết quả của nghiên cứu trước để đánh giá trực quan kết quả thực nghiệm.

Để đánh giá ảnh hưởng kết hợp của cả 3 yếu tố, tác giả thay đổi cả 3 yếu tố ở 2 mức trên và dưới. Như vậy, ở phương pháp này, số thí nghiệm phải thực hiện là: $N = 2^3 = 8$ lần thực nghiệm. Cuối cùng, sử dụng quy hoạch trực giao để đưa ra phương trình hồi quy thực nghiệm thể hiện mối quan hệ giữa năng suất, độ nhám với các thông số điện.

2.4. Thông số miền thực nghiệm

Theo tài liệu máy DEM320A [2], các khoảng điều chỉnh thông số là:

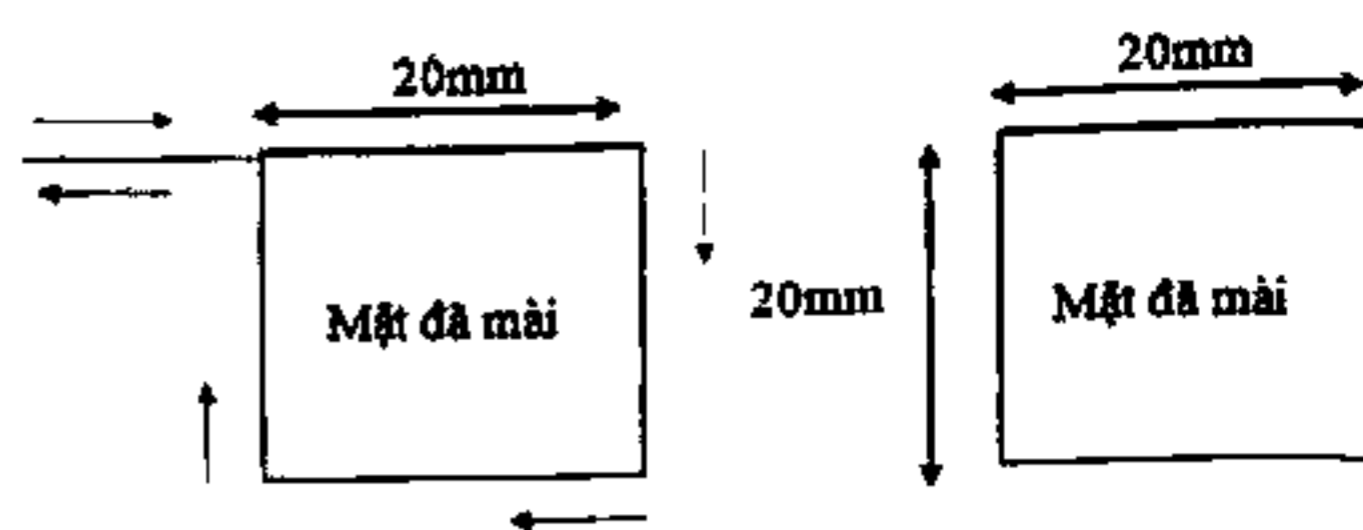
- Điện áp phóng tia lửa điện SV(Servo Voltage) từ 80-100 (V);

Độ kéo dài xung T_{on} (Pulse on Discharge Time) từ 1-127 (μs);

Khoảng cách xung T_{off} (Pulse Off Discharge Time) từ 1-1027(μs);

- Dòng phóng tia lửa điện I_p (Discharge Current Peak) từ 1-10 (A)

Theo nguyên lý cắt dây [3], khi chiều dày của phôi lớn, nên chọn độ rộng của xung lớn, bước tiến chậm và tốc độ dây cao và ngược lại. Khi cần độ bóng cao, chọn độ rộng của xung nhỏ, dòng phóng tia lửa điện nhỏ và tốc độ dây chậm. Khi cần cắt côn và vật liệu dày, tốt hơn là nên chọn T_{off} lớn.



Hình 1. Sơ đồ cắt

Với chiều dày tương đối nhỏ của mẫu trong nghiên cứu này là 20mm, miền nghiên cứu thực nghiệm sẽ lấy các giá trị (bảng 1):

Bảng 1. Thông số các biến trong miền thực nghiệm:

Các yếu tố	I (A)	T_{on} (μs)	T_{off} (μs)
Mức trên	6	10	200
Mức dưới	2	2	100
Mức cơ sở	4	6	150
Khoảng biến thiên	4	8	100

2.5. Sơ đồ cắt mẫu chi tiết

Việc gia công mẫu (dày 20mm) hoàn toàn do chương trình lập sẵn thực hiện.

Bảng 2. Kết quả thời gian gia công khi thay đổi lần lượt giá trị từng thông số điện:

Mẫu	Thông số điều khiển			Kết quả hiển thị		Năng suất V (mm^2/min)
	I(A)	T_{on} (μs)	T_{off} (μs)	S (mm)	t (h:m:s)	
Kết quả ảnh hưởng đơn T_{on} đến năng suất gia công						
Mẫu 1	4	2	150	80	0:40:45	39,26
Mẫu 2	4	6	150	80	0:34:35	46,27
Mẫu 3	4	10	150	80	0:30:40	52,17
Kết quả ảnh hưởng đơn T_{off} đến năng suất gia công						
Mẫu 4	4	6	100	80	0:28:20	56,47
Mẫu 2	4	6	150	80	0:34:35	46,27
Mẫu 5	4	6	200	80	0:40:20	39,67
Kết quả ảnh hưởng đơn I đến năng suất gia công						
Mẫu 6	2	6	150	80	0:52:24	30,53
Mẫu 2	4	6	150	80	0:34:35	46,27
Mẫu 7	6	6	150	80	0:30:40	52,17

So sánh kết quả với [4].

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ SO SÁNH

3.1. Ảnh hưởng đơn của lần lượt các thông số T_{on} ; T_{off} ; I đến năng suất gia công

Năng suất gia công V là diện tích cắt được trong một đơn vị thời gian (mm^2/min).

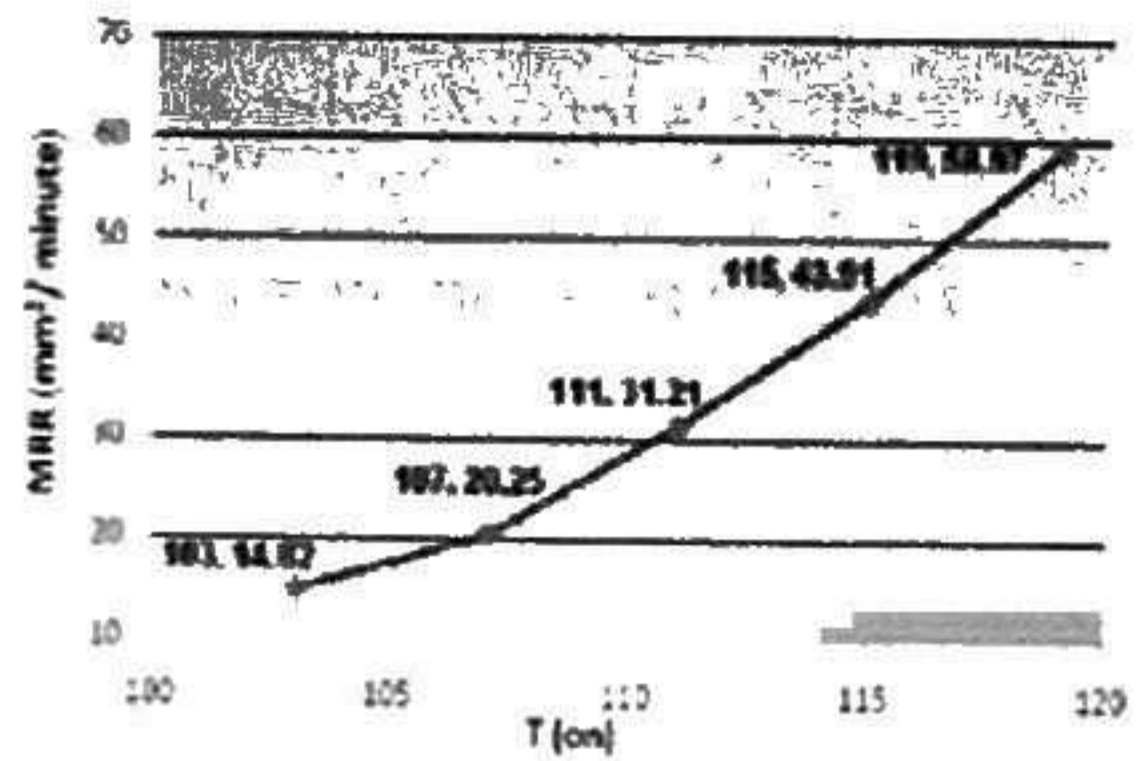
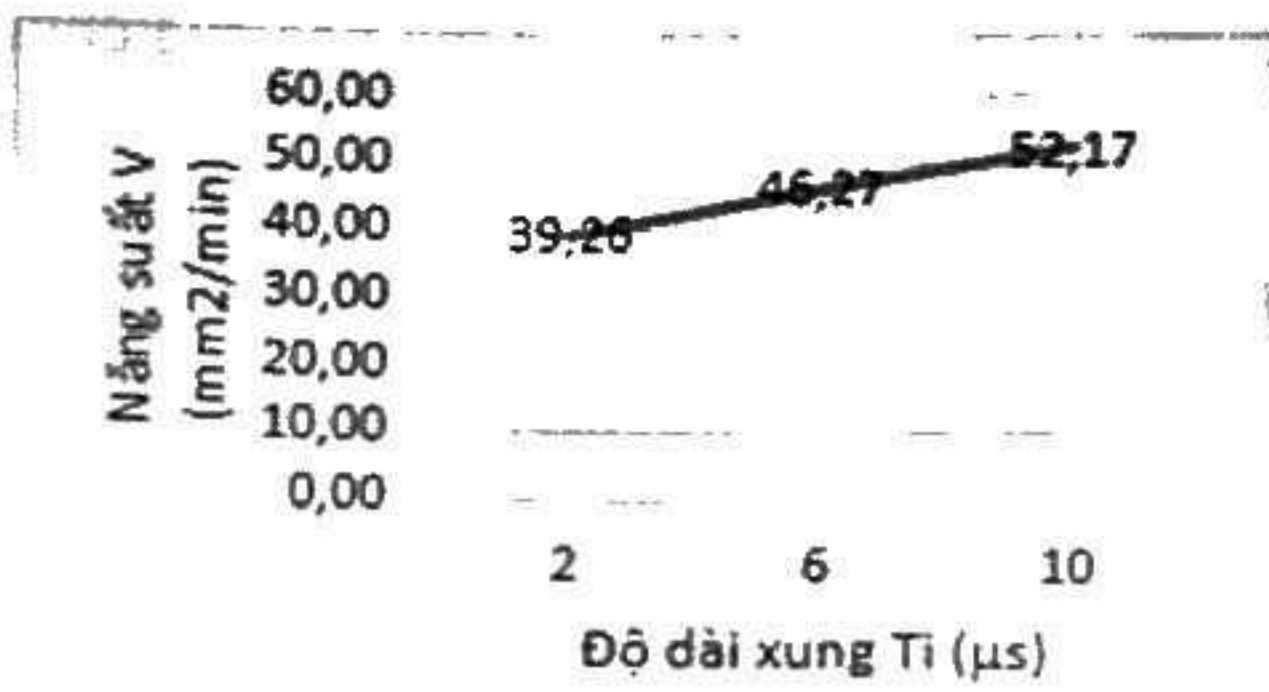
$$V = \frac{S\delta}{t} \quad [3]$$

Trong đó:

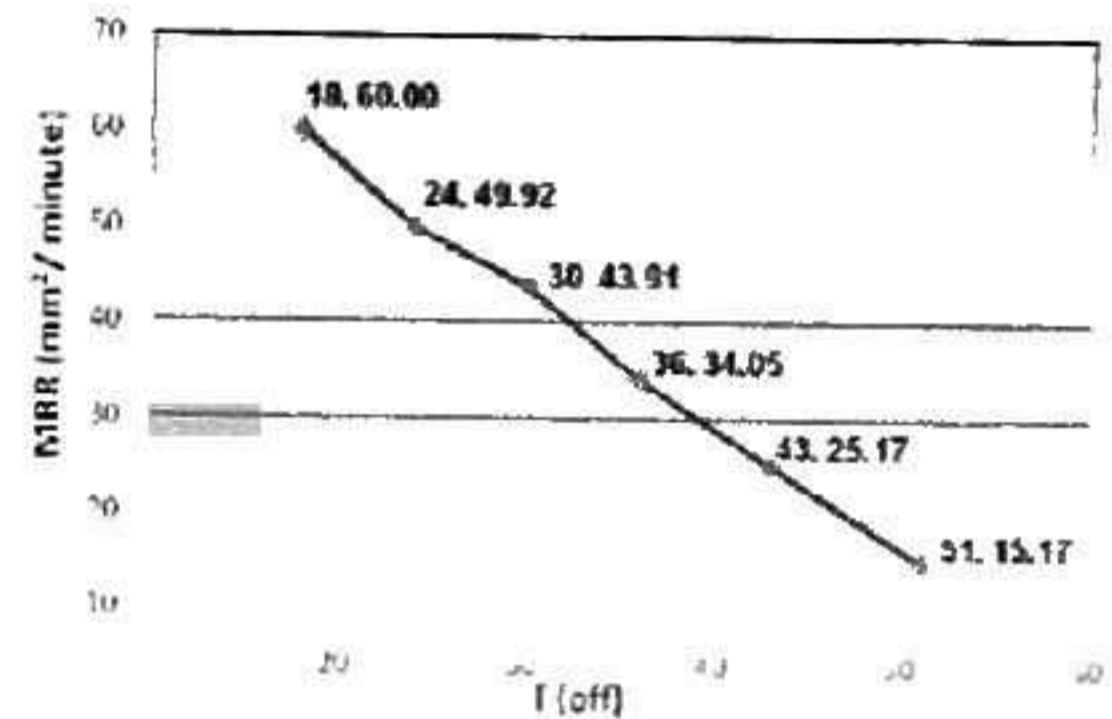
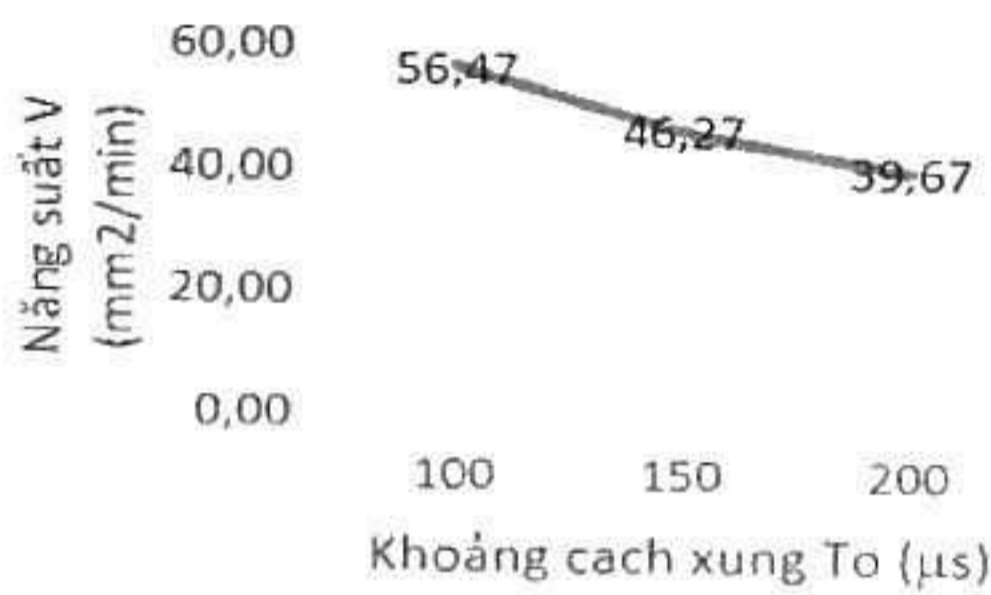
δ là chiều dày phôi cắt ($\delta = 20mm$);

S là chiều dài cắt ($S = 80mm$);

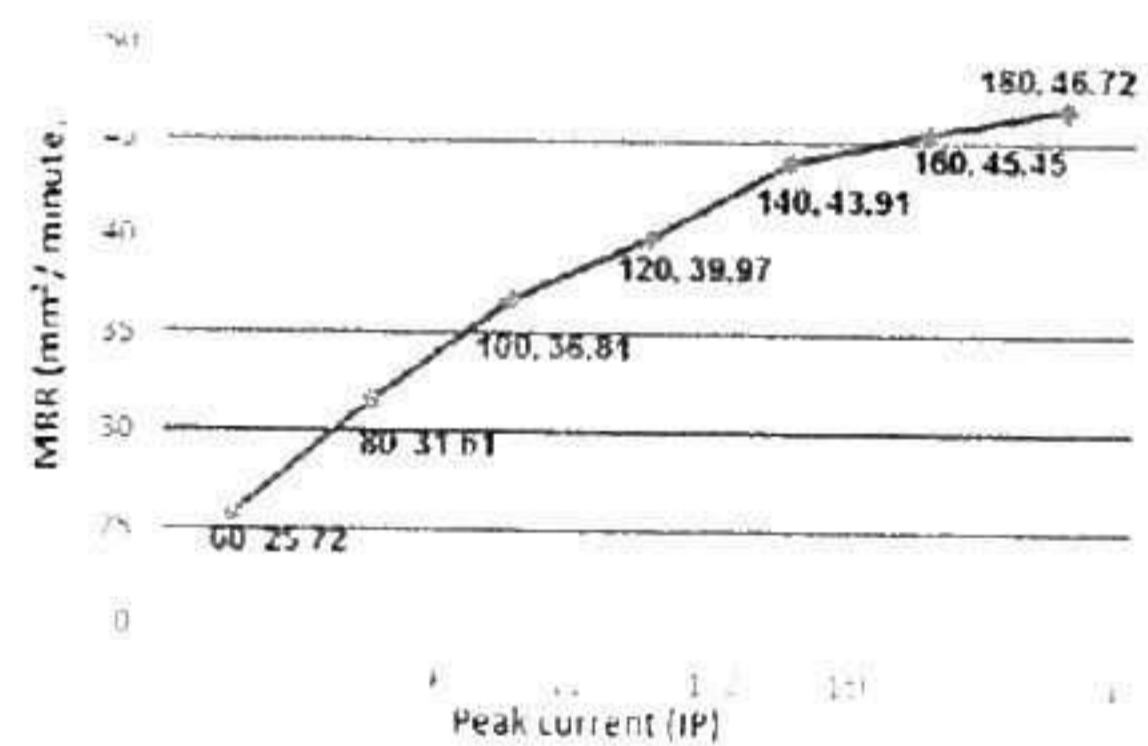
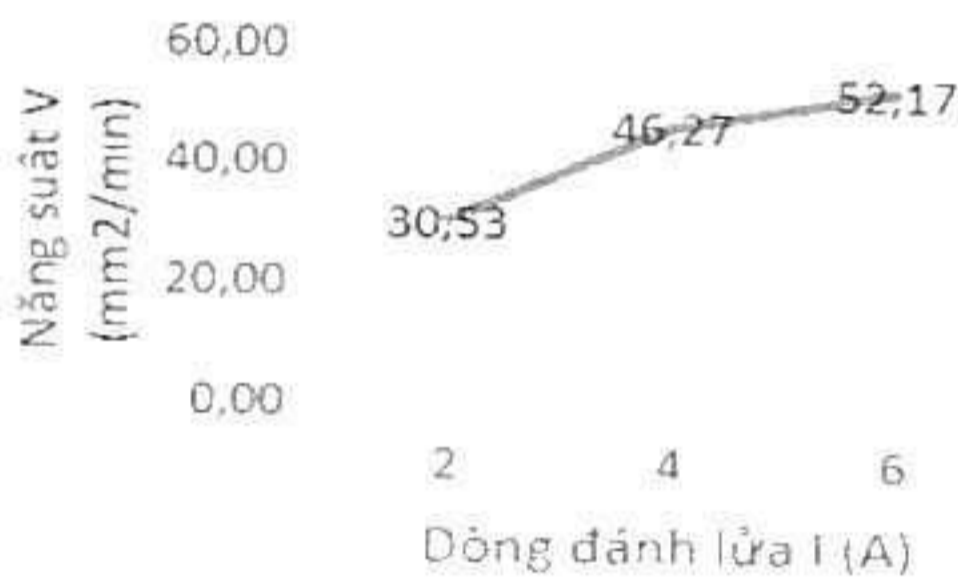
t là thời gian cắt (giây).



Hình 2: Ảnh hưởng đơn của T_{on} đến năng suất



Hình 3: Ảnh hưởng đơn của T_{off} đến năng suất



Hình 4: Ảnh hưởng đơn của I_p đến năng suất

3.2. Ảnh hưởng kết hợp cả 3 thông số T_{on} , T_{off} và I đến năng suất gia công

Năng lượng tách phôi trong gia công cắt dây [2] là: $W_c = U_c \cdot I_c \cdot t_c$.

Mặt khác, năng lượng tách phôi lại tỷ lệ với năng suất cắt phôi trong quá trình cắt. Vì vậy, phương trình hồi quy thực nghiệm có dạng như sau (với $U_c = const$).

$$V = b_0 I_c^{b_1} t_c^{b_2} t_0^{b_3}$$

Trong đó Y sẽ là độ nhám R_a hoặc Năng suất V

b_0, b_1, b_2, b_3 sẽ là các hệ số phụ thuộc [5].

$$b_2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln y_i \quad b_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_{i1} \quad b_2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_{i2} \quad b_3 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_{i3}$$

Với x_i và y_i là giá trị của ma trận trực giao của Z_1, Z_2, Z_3, Y với biến mã hóa của chúng. Và $Y = \ln V, Z_1 = \ln I, Z_2 = \ln t_{on}, Z_3 = \ln t_{off}$

Bảng 3. Kết quả thời gian gia công khi thay đổi kết hợp giá trị các thông số điện:

Mẫu	Thông số điều khiển			Kết quả hiển thị		Năng suất V (mm ² /min)
	I (A)	T _{on} (μs)	T _{off} (μs)	S (mm)	t (h:m:s)	
Mẫu 8	2	2	100	80	0:35:15	45,39
Mẫu 9	6	2	100	80	0:31:45	50,39
Mẫu 10	2	10	100	80	0:33:10	48,24
Mẫu 11	6	10	100	80	0:29:5	55,01
Mẫu 12	2	2	200	80	0:39:50	40,17
Mẫu 13	6	2	200	80	0:35:20	45,28
Mẫu 14	2	10	200	80	0:30:30	52,46
Mẫu 15	6	10	200	80	0:32:20	49,48

Theo phương pháp quy hoạch trực giao [5], [6]:

$$b_0 = 3,87333; b_1 = 0,037182; b_2 = 0,063044; b_3 = 0,03141.$$

Thay vào phương trình hồi quy thực nghiệm tổng quát có được mối quan hệ giữa năng suất gia công trên máy cắt dây DEM320A với các thông số điện là:

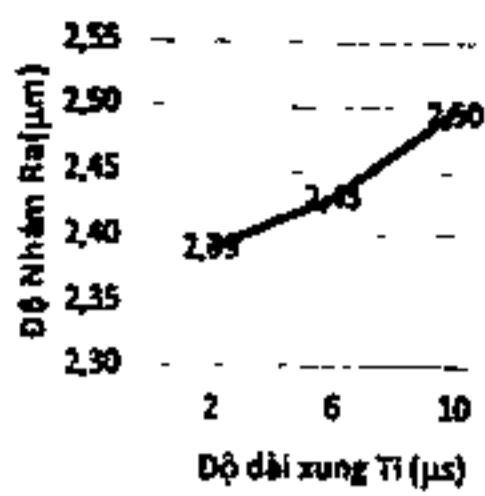
$$V = 3,873_p^{0,0372} t_{on}^{0,063} t_{off}^{0,0314}$$

3.3. Ảnh hưởng đơn của lần lượt các thông số T_{on}, T_{off}, I đến nhám bề mặt

Bảng 4 Kết quả đo nhám bề mặt chi tiết sau gia công khi thay đổi lần lượt giá trị từng thông số điện:

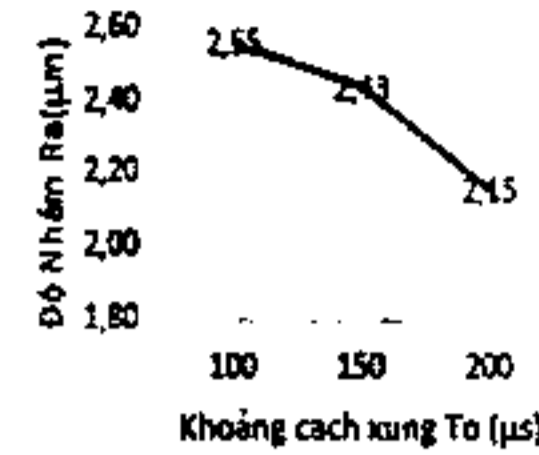
Mẫu	Thông số điều khiển			Kết quả đo Ra			Ra _{tb}
	I(A)	T _i (μs)	T _o (μs)	Lần 1	Lần 2	Lần 3	
Ảnh hưởng đơn T _{on} đến Nhám bề mặt							
Mẫu 1	4	2	150	2,38	2,39	2,4	2,39
Mẫu 2	4	6	150	2,44	2,44	2,41	2,43
Mẫu 3	4	10	150	2,48	2,5	2,51	2,50
Ảnh hưởng đơn T _{off} đến Nhám bề mặt							
Mẫu 4	4	6	100	2,57	2,56	2,52	2,55
Mẫu 2	4	6	150	2,44	2,44	2,41	2,43
Mẫu 5	4	6	200	2,1	2,2	2,15	2,15
Ảnh hưởng đơn I đến Nhám bề mặt							
Mẫu 6	2	6	150	2,1	2,05	2,06	2,07
Mẫu 2	4	6	150	2,44	2,44	2,41	2,43
Mẫu 7	6	6	150	2,96	3	2,95	2,97

So sánh kết quả với [4]



T _{on}	T _{off}	I _p	Ra
108	54	210	1,39
112	54	210	2,21
116	54	210	2,43

Nhận xét: Độ dài xung T₁ tỷ lệ thuận với nhám bề mặt

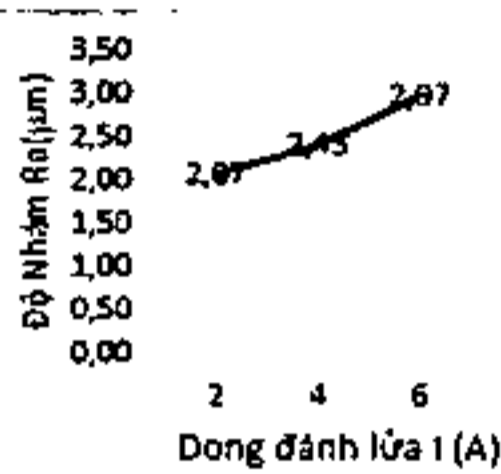


T _{on}	T _{off}	I _p	Ra
108	48	210	1,56
108	54	210	1,44
108	60	210	1,34

Nhận xét: khoảng cách xung T₀ tỷ lệ nghịch với nhám bề mặt

Hình 5: Ảnh hưởng đơn của T_{on} đến nhám bề mặt chi tiết

Hình 6: Ảnh hưởng đơn của T_{off} đến nhám bề mặt chi tiết



T _{on}	T _{off}	I _p	Ra
112	54	200	1,72
112	54	210	2,21
112	54	220	2,24

Nhận xét: Dòng phóng tia lửa điện I_p tỷ lệ thuận với nhám bề mặt

Hình 7: Ảnh hưởng đơn của I đến nhám bề mặt chi tiết

3.4. Ảnh hưởng kết hợp của cả T_{on}, T_{off} và I đến nhám bề mặt

Bảng 3. Kết quả nhám bề mặt chi tiết khi thay đổi kết hợp giá trị các thông số điện:

Mẫu	Thông số điều khiển			Kết quả đo R _a			R _a _{tb}
	I (A)	T ₁ (μs)	T ₀ (μs)	Lần 1	Lần 2	Lần 3	
Mẫu 8	2	2	100	2,55	2,58	2,56	2,56
Mẫu 9	6	2	100	3,01	3,05	3,1	3,05
Mẫu 10	2	10	100	2,25	2,44	2,46	2,38
Mẫu 11	6	10	100	2,92	2,95	2,96	2,94
Mẫu 12	2	2	200	2,56	2,70	2,65	2,64
Mẫu 13	6	2	200	2,98	3,00	2,88	2,95
Mẫu 14	2	10	200	2,88	2,78	2,9	2,85
Mẫu 15	6	10	200	2,65	2,67	2,9	2,74

Theo phương pháp quy hoạch trực giao:

$$b_0 = 1,0143101; b_1 = 0,0573571; b_2 = 0,013188; b_3 = 0,0129138.$$

Thay vào phương trình hồi quy thực nghiệm tổng quát có được mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt trên máy cắt dây tia lửa điện với các thông số điện là:

$$Ra = 1,014 I_p^{0,057} t_{on}^{0,0132} t_{off}^{0,0129}$$

3.5. Tối ưu hóa thông số điện

Từ bảng 1, giá trị các thông số đầu vào (bảng 1) và 2 hàm quan hệ giữa các thông số với năng suất và nhám bề mặt, sử dụng phân tích Taguchi để chọn bộ thông số T_{on}, T_{off}, I_p (3³=27) tối ưu để năng suất V là cao nhất và Nhám bề mặt R_a là thấp nhất

Bảng 4. Kết quả tối ưu của 27 bộ thông số đầu vào:

TT	I_p (A)	T_{on} (μs)	T_{off} (μs)	SN_s	SN_L
1	2	2	100	-35.23	7.78
2	2	2	150	-38.75	7.78
3	2	2	200	-41.25	7.78
4	2	6	100	-35.25	10.33
5	2	6	150	-38.76	10.33
6	2	6	200	-41.25	10.33
7	2	10	100	-35.27	10.62
8	2	10	150	-38.77	10.62
9	2	10	200	-41.26	10.62
10	4	2	100	-35.24	9.82
11	4	2	150	-38.75	9.82
12	4	2	200	-41.25	9.82
13	4	6	100	-35.25	15.21
14	4	6	150	-38.76	15.21
15	4	6	200	-41.26	15.21
16	4	10	100	-35.28	16.16
17	4	10	150	-38.77	16.17
18	4	10	200	-41.26	16.17
19	6	2	100	-35.25	10.33
20	6	2	150	-38.76	10.33
21	6	2	200	-41.25	10.33
22	6	6	100	-35.26	17.32
23	6	6	150	-38.76	17.32
24	6	6	200	-41.26	17.32
25	6	10	100	-35.29	18.99
26	6	10	150	-38.78	18.99
27	6	10	200	-41.26	19.00

Với giá trị lớn nhất [7]:

$$SN_L = -10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$$

Giá trị nhỏ nhất:

$$SN_s = -10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2$$

Theo đó, tương ứng với SN_L lớn nhất (19.00) và SN_s nhỏ nhất (-41.26) là bộ thông số:

$$T_{on} = 10 (\mu s).$$

$$T_{off} = 200 (\mu s).$$

$$I_p = 6 (A).$$

Thay vào hai hàm quan hệ ta có năng suất V và nhám bề mặt Ra :

$$V = 46.03 \text{ (mm}^2\text{/ph)} \text{ và } Ra = 1.239 \text{ (}\mu\text{m)}$$

4. THẢO LUẬN

Qua các biểu đồ thể hiện ảnh hưởng đơn của các thông số, nhận thấy: Độ dài xung t_{on} và dòng đánh lửa I tỷ lệ thuận với năng suất gia công và độ nhám bề mặt. Ngược lại, khoảng cách xung T_0 tỷ lệ nghịch với năng suất gia công và độ nhám bề mặt.

Điều này có nghĩa là, muốn tăng năng suất gia công và tăng chất lượng bề mặt gia công cần phải giảm khoảng cách xung T_0 . Đối với cường độ dòng đánh tia lửa điện I và độ dài xung t_{on} , nếu muốn tăng năng suất thì phải chấp nhận giảm chất lượng bề mặt gia công (do độ nhám tăng) và ngược lại.

Tuy nhiên, việc nghiên cứu ảnh hưởng đơn lẻ các thông số chỉ đánh giá ở một góc độ chưa toàn diện để nhận diện được vai trò của từng thông số, bởi vì có rất nhiều thông số tham gia vào quá trình ảnh hưởng đến năng suất và chất lượng (chứ không phải chỉ là 3) và các thông số đều ảnh hưởng qua lại lẫn nhau. Do vậy, cần phải có sự lựa chọn sự phù hợp cần thiết giữa hai yếu tố năng suất và chất lượng thông qua hai phương trình hồi quy thực nghiệm.

Kết quả bộ thông số tối ưu tìm được có thể được xem là cơ sở để điều chỉnh trên máy DEM320A và dự đoán kết quả về năng suất và chất lượng đang ở mức độ tham khảo, cần phải có những thực nghiệm khác để đánh giá mức độ chính xác của hàm quan hệ.

5. KẾT LUẬN

- Bằng phương pháp thực nghiệm trên máy cắt dây, kết quả đạt được là đã đánh giá ảnh hưởng đơn lẻ của 3 thông số điện T_{on} , T_{off} và I_e đến năng suất và chất lượng bề mặt chi tiết là: t_{on} và I tỷ lệ thuận với cả năng suất gia công và độ nhám bề mặt, còn T_0 thì ngược lại.

- Thông qua so sánh, kết quả đánh giá sự ảnh hưởng đơn lẻ của từng thông số T_{on} , T_{off} và I_e đến năng suất gia công và nhám bề mặt là hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu trước đây.

- Kết quả đánh giá ảnh hưởng kết hợp đã đưa ra phương trình hồi quy thực nghiệm thể hiện quan hệ giữa năng suất (V), chất lượng (Ra) với các thông số điện điều chỉnh được trên máy cắt dây DEM320A là:

$$V = 3,873 I_e^{0,0372} t_{on}^{0,063} t_{off}^{0,0314}$$

$$Ra = 1,014 I_e^{0,057} t_{on}^{0,0132} t_{off}^{0,0129}$$

Qua phân tích Taguchi, xác định được bộ thông số tối ưu để đạt được năng suất là cao nhất và độ nhám bề mặt là thấp nhất là:

$$T_{on} = 10 \text{ (}\mu\text{s)}; T_{off} = 200 \text{ (}\mu\text{s)}; I_p = 6 \text{ (A)}. \spadesuit$$

Ngày nhận bài: 08/12/2016

Ngày phản biện: 18/12/2016

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Ngô Trí Phúc, Trần Văn Địch (2003), *Sổ tay sử dụng thép thế giới*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [2]. DEM320A Operation Manual – CNC Wirecut EDM.
- [3]. Vũ Hoài Ân (2005), *Gia công tia lửa điện CNC*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [4]. Rohit Garg (2010); *Effect of process parameters on performance measures of wire electrical discharge machining*, Ph.D. Thesis, Mechanical Engineering Department, National Institute Of Technology, Kurukshetra-136 119, Haryana, India.
- [5]. Bùi Minh Trí (2005); *Xác suất thống kê và quy hoạch thực nghiệm*, NXB Khoa học và Kỹ thuật
- [6]. Nguyễn Doãn Ý (2003), *Giáo trình quy hoạch thực nghiệm*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [7]. William P Gardiner, George Gettinby, Taguchi Methods, *Experimental Design Techniques in Statistical Practice*, 1998, Pages 289-321.
- [8]. Trần Văn Địch (2003), *Nghiên cứu độ chính xác gia công bằng thực nghiệm*. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.