

# KHẢO SÁT ĐỘ NHÁM BỀ MẶT CHI TIẾT GIA CÔNG KHI XUNG TIA LỬA ĐIỆN VỚI ĐIỆN CỰC ĐỒNG ĐỎ TRÊN THÉP SKD11

A STUDY ON SURFACE ROUGHNESS IN EDM MACHINING WITH COPPER ELECTRODE IN STAINLESS STEEL SKD11

Trần Quang Huy<sup>1,\*</sup>, Trần Văn Khiêm<sup>1</sup>,  
Hoàng Vĩnh Sinh<sup>2</sup>, Lê Văn Nghĩa<sup>3</sup>

## TÓM TẮT

Trong quá trình gia công xung tia lửa điện, độ nhám của bề mặt chi tiết cần đạt được sau quá trình gia công ảnh hưởng lớn đến độ chính xác và chất lượng sản phẩm. Các tham số công nghệ của quá trình gia công như: thời gian phóng xung, thời gian ngừng phóng xung và cường độ dòng điện đầu vào được phối hợp sử dụng theo thuật toán phương pháp mảng trực giao của Taguchi kết hợp với 9 thí nghiệm. Trên cơ sở thí nghiệm khi thay đổi các tham số đầu vào kết quả thí nghiệm sẽ được phân tích phương sai để đánh giá mức độ ảnh hưởng của các tham số đến độ nhám bề mặt chi tiết gia công. Đây là cơ sở lựa chọn các thông số đầu vào để đạt độ nhám bề mặt chi tiết gia công hợp lý trong quá trình gia công xung tia lửa điện (EDM).

**Từ khóa:** Gia công tia lửa điện, điện cực đồng đỏ, chất lượng bề mặt chi tiết gia công, thép SKD11.

## ABSTRACT

In EDM machining, surface roughness of workpiece greatly influenced the accuracy and product quality. Technological parameters of the process such as: Pulse on time, pulse off time and machining current were considered according to Taguchi's orthogonal array then coupled with nine samples for experiment. On the basis of the experiment, when changing the input parameters, the results of the experiment will be analyzed for variance to evaluate the effect of parameters on the surface roughness. This is the basis for selecting the input parameters to achieve the optimum machining surface roughness in the EDM die sinking.

**Keywords:** EDM die sinking, copper electrode, surface roughness, stainless steel SKD11.

<sup>1</sup>Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Nam Định

<sup>2</sup>Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

<sup>3</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: quanghuy511@gmail.com

Ngày nhận bài: 25/05/2018

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/06/2018

Ngày chấp nhận đăng: 28/06/2018

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Gia công xung định hình đã được áp dụng vào phục vụ gia công khuôn mẫu từ khá lâu, khoảng thập niên 80 của thế kỷ 20. Xung định hình cũng đã trở nên thông dụng tại Việt Nam, hầu hết các xưởng gia công khuôn mẫu đều có

máy xung định hình. Các máy xung định hình thường được nhập từ Trung Quốc, Đài Loan và Thụy Sĩ... Các máy này thường không có hướng dẫn sử dụng do đó người dùng gặp khó khăn trong quá trình gia công. Bên cạnh đó, thợ gia công tại các xưởng gia công khuôn mẫu lại không được đào tạo chính quy về gia công xung định hình hoặc có cũng chỉ là được chuyển giao công nghệ trong khoảng thời gian ngắn điều này dẫn đến nhiều khó khăn trong quá trình vận hành.

Chất lượng bề mặt chi tiết khi gia công xung định hình cần đạt được yêu cầu nhất định. Chất lượng yêu cầu bề mặt được đại diện bởi: Chất lượng về hình dáng hình học, độ dày của lớp trắng sau quá trình gia công, độ nhám bề mặt chi tiết gia công. Độ nhám bề mặt là yếu tố phụ thuộc vào nhiều thông số công nghệ đầu vào của quá trình gia công xung tia lửa điện như: Vật liệu làm điện cực, vật liệu được gia công, cường độ dòng điện đầu vào, thời gian phát xung, thời gian ngừng xung... Việc xác định được bộ thông số tối ưu cho quá trình xung định hình để đạt độ nhám bề mặt tốt nhất là việc vô cùng cấp thiết. Đây sẽ là cơ sở để chọn chế độ gia công hợp lý cho các xưởng gia công khuôn mẫu.

Đã có một số nghiên cứu về gia công tia lửa điện với các loại điện cực khác nhau như: khảo sát khe hở khi gia công xung tia lửa điện với điện cực nhôm [2, 6], xác định hiệu suất của điện cực đồng, crôm [1, 3, 4, 5], ảnh hưởng của cường độ dòng điện đến độ chính xác bề mặt chi tiết gia công [7]. Một số nghiên cứu có sử dụng thuật toán trực giao Taguchi để lựa chọn các bộ tham số cho một số sản phẩm công nghiệp [8].

Bài báo này tập trung khảo sát ảnh hưởng của các thông số công nghệ đầu vào để phân tích lựa chọn ra bộ thông số tối ưu cho độ nhám bề mặt chi tiết gia công.

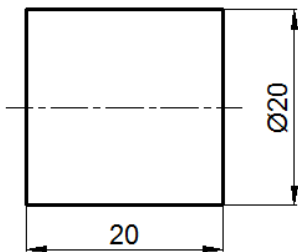
## 2. THÍ NGHIỆM

### 2.1. Điều kiện thí nghiệm

Khảo sát độ nhám của bề mặt chi tiết gia công với vật liệu là thép SKD11 có thành phần như trong bảng 1 và hình dạng như hình 1, điện cực đồng đỏ với đường kính là  $\varnothing 9,98 - 9,99\text{mm}$  có thành phần như trong bảng 2.

Bảng 1. Thành phần của thép SKD11

Vật liệu	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
SKD11	1,5	0,25	0,45	12,0	1,0	0,35



Hình 1. Hình dạng của phôi thép SKD11

Bảng 2. Thành phần đồng đồ

Vật liệu	Cu	P	Tạp chất
C12200	99,90	0,015-0,040	-

Các điều kiện thí nghiệm:

- Vật liệu chi tiết: Thép SKD11 nhiệt luyện đạt độ cứng 58HRC.
- Cường độ dòng điện:  $I_e$  trong khoảng 5A đến 15A
- Thời gian phóng xung:  $t_{on}$  trong khoảng 5 $\mu$ s đến 20 $\mu$ s
- Thời gian ngừng xung:  $t_{off}$  trong khoảng 50 $\mu$ s đến 70 $\mu$ s
- Chất điện môi là dầu Shell EDM Fluid
- Độ sâu gia công: 10mm.

Thí nghiệm sử dụng máy xung EDM EXPRESS của Đài Loan và thiết bị đo SURFTEST SJ-210 của Nhật Bản (hình 2)



Hình 2. Thiết bị thí nghiệm (máy xung EDM EXPRESS của Đài Loan) và thiết bị đo (SURFTEST SJ-210 của Nhật Bản)

Điện cực và chi tiết sau khi xung như hình 3.



Hình 3. Điện cực và chi tiết sau khi xung

### 2.2. Mảng trực giao Taguchi

Xung định hình với các thông số đầu vào khác nhau ta có độ nhám bề mặt chi tiết khác nhau. Theo phương pháp Taguchi thì các giá trị độ nhám bề mặt ( $R_a$ ) càng nhỏ thì chất lượng bề mặt của sản phẩm càng tốt. Tỷ lệ S/N (signal-to-noise) được xác định theo công thức:

$$\eta_i \text{ (mm)} = -10 \log_{10}(R_a^2) \tag{1}$$

Khi tỷ lệ S/N là lớn nhất thì độ nhám bề mặt là nhỏ nhất. Các ảnh hưởng của cường độ dòng điện đầu vào  $I_e$ , thời gian phóng xung  $t_{on}$ , thời gian ngừng xung  $t_{off}$  đến độ nhám bề mặt được khảo sát. Các hệ số và cấp độ của chế độ gia công như trong bảng 3.

Bảng 3. Các hệ số và cấp độ trong thí nghiệm

Các hệ số	Cấp độ		
	1	2	3
A ( $t_{on}$ ( $\mu$ s))	5	20	10
B ( $t_{off}$ ( $\mu$ s))	60	70	50
C ( $I_e$ (A))	5	10	15

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Khi sử dụng thí nghiệm có 3 cấp độ của từng hệ số được lựa chọn nên bảng trực giao  $L_9$  sẽ được dùng để thiết kế quy hoạch thực nghiệm. Việc sử dụng thuật toán trực giao Taguchi sẽ giảm số lượng thiết kế thí nghiệm từ 27 thí nghiệm xuống còn 9 thí nghiệm. Ta có kết quả thí nghiệm như bảng 4.

Bảng 4. Kết quả mô phỏng theo mảng trực giao Taguchi

Điều kiện	Các hệ số			Độ nhám bề mặt	
	A ( $t_{on}$ ( $\mu$ s))	B ( $t_{off}$ ( $\mu$ s))	C ( $I_e$ (A))	Giá trị	$\eta_i$ (mm)
1	1(5)	1(60)	1(5)	2,42	-7,66
2	1(5)	2(70)	2(10)	7,74	-17,77
3	1(5)	3(50)	3(15)	5,57	-14,91
4	2(20)	1(60)	2(10)	3,51	-10,90
5	2(20)	2(70)	3(15)	7,08	-17,00
6	2(20)	3(50)	1(5)	2,21	-6,90
7	3(10)	1(60)	3(15)	7,76	-17,80
8	3(10)	2(70)	1(5)	6,35	-16,05
9	3(10)	3(50)	2(10)	6,61	-16,40

Theo như phương pháp Taguchi, phân tích phương sai (ANOVA) được sử dụng để miêu tả các quan hệ giữa các tham số và giá trị quan sát được của độ nhám bề mặt. Bảng 5 tổng hợp các kết quả tính toán với công thức tính tổng bình phương như sau:

$$3(m_{j1} - m)^2 + 3(m_{j2} - m)^2 + 3(m_{j3} - m)^2 \quad (2)$$

$$\text{Trong đó, } m = (1/9) \sum_{i=1}^9 \eta_i = -1,424 \text{ và } m_{ji} = (1/3) \sum_{i=1}^3 (\eta_j)_i$$

Kết quả của các phân tích (ANOVA) cho các giá trị độ nhám bề mặt trong bảng 5 chứng tỏ rằng cường độ dòng điện  $I_e$  ảnh hưởng nhiều nhất đến độ nhám bề mặt với 44,33%, trong khi đó ảnh hưởng của thời gian ngừng phóng xung  $t_{off}$  và thời gian phóng xung  $t_{on}$  là ít hơn 27,97% và 27,70%. Do vậy cường độ dòng điện  $I_e$  là tham số ảnh hưởng quan trọng nhất đến độ nhám bề mặt.

Bảng 5. Ảnh hưởng của các tham số đến độ nhám bề mặt

Hệ số	Giá trị trung bình $\eta$ của từng cấp độ			Tổng bình phương	Phân bố
	1	2	3		
A ( $t_{on}$ ( $\mu s$ ))	-13,447	-11,061*	-16,752	40,8658	27,70%
B ( $t_{off}$ ( $\mu s$ ))	-12,122*	-16,941	-12,738	41,2613	27,97%
C ( $I_e$ (A))	-10,206*	-14,908	-16,571	65,4009	44,33%
Tất cả				147,528	100,00%

\* Cấp độ tối ưu

Giá trị  $\eta$  (dB) của các cấp độ cho từng tham số được chỉ rõ trong bảng 5. Theo như Taguchi giá trị lớn nhất của  $\eta$  sẽ cho khả năng tạo hình tốt nhất do đó các hệ số nên được lựa chọn với cấp độ cao nhất của  $\eta$ . Các điều kiện để cải thiện độ nhám bề mặt chi tiết gia công trong quá trình gia công xung định hình là  $A_2B_1C_1$ , nghĩa là  $t_{on} = 20\mu s$ ,  $t_{off} = 60\mu s$  và  $I_e = 5A$ . Ta thực hiện lại thí nghiệm ở điều kiện  $t_{on} = 20\mu s$ ,  $t_{off} = 60\mu s$  và  $I_e = 5A$  thu được độ nhám bề mặt chi tiết gia công  $R_a^* = 2,188\mu m$  đây là độ nhám bề mặt nhỏ nhất trong quá trình thực hiện thí nghiệm.

#### 4. KẾT LUẬN

Khi gia công xung định hình với điện cực đồng đỏ, chi tiết gia công SKD11 với bộ thông số  $t_{on} = 20\mu s$ ,  $t_{off} = 60\mu s$  và  $I_e = 5A$  được dự đoán là tạo ra độ nhám bề mặt nhỏ nhất.

Kết quả thí nghiệm được áp dụng cho quá trình gia công xung định hình tại xưởng gia công của công ty TNHH MTV phát triển kỹ thuật và thương mại Huy Chính.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hoàng Vĩnh Sinh, 2003. *Tối ưu hoá quá trình gia công kim loại trên máy xung tia lửa điện*. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [2]. Trần Quang Huy, 2017. *Khảo sát khe hở phóng điện khi xung tia lửa điện với điện cực đồng đỏ trên thép SKD11*. Tạp chí cơ khí Việt Nam, 10, p. 76-80.
- [3]. Allen, P and Chen, 2007. *X Process simulation of micro electro-discharge machining on molybdenum*. Journal of Processing Technology, Vol. 186 (3), p. 346-355.
- [4]. H.C Tsai, B.H Yan, 2003. *EDM performance of Cr/Cu-based composite electrodes*. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol. 43 (3), p. 245-252.
- [5]. A. A. Khan, 2008. *Electrode wear and material removal rate during EDM of aluminum and mild steel using copper and brass electrodes*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 39 (5), p. 482-487.
- [6]. Yan Cherng Lin, 2001. *Surface modification of Al-Zn-Mg aluminum alloy using the combined process of EDM with USM*. Journal of Materials Processing Technology, Vol. 115 (3), p. 359-366.
- [7]. P. Bleys, J.-P. Kruth, 2002. *Real-time Tool Wear Compensation in Milling EDM*. CIRP Annals - Manufacturing Technology, Vol. 51 (1), p. 157-160.
- [8]. Nguyen, D.T. and Kim, Y.S., 2010. *Combination of isotropic and kinematic hardening to predict fracture and improve press formability of a door hinge*. Proc. Inst. Mech. Eng., Part B: J. Eng. Manuf., Vol. 224, pp. 435-445.