

# NGHIÊN CỨU TỐI ƯU CÁC THÔNG SỐ MÀI PHẪNG ĐỂ CẢI THIẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT CỦA THÉP SKD61

PHẠM HỮU LỘC

Khoa Công nghệ cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

Tác giả liên hệ: phamhuuloc@iuh.edu.vn

DOIs: <https://www.doi.org/10.46242/jstiuh.v72i6.5070>

**Tóm tắt.** Độ nhám bề mặt thép SKD61 được cải thiện bằng quá trình mài phẳng CNC. Các nhân tố mài phẳng tối ưu được điều tra bằng cách sử dụng phương pháp thực nghiệm Taguchi. Dựa vào kết quả thực nghiệm Taguchi  $L_9$  và tỉ số (S/N), các nhân tố mài phẳng tối ưu được xác định: tốc độ quay của đá mài 1600 (vòng/phút), bước tiến ngang bàn máy 5000 (mm/phút), chiều sâu cắt 0,0075 (mm), kiểu đá mài Noritake-355x38x127 #60 WA. Độ nhám bề mặt thép SKD61 được cải thiện từ 0,295  $\mu\text{m}$  đến 0,035  $\mu\text{m}$  tương ứng với 88,1%.

**Từ khóa.** Thép SKD61, thực nghiệm Taguchi, mài phẳng, độ nhám bề mặt, tỉ số S/N.

## 1. GIỚI THIỆU

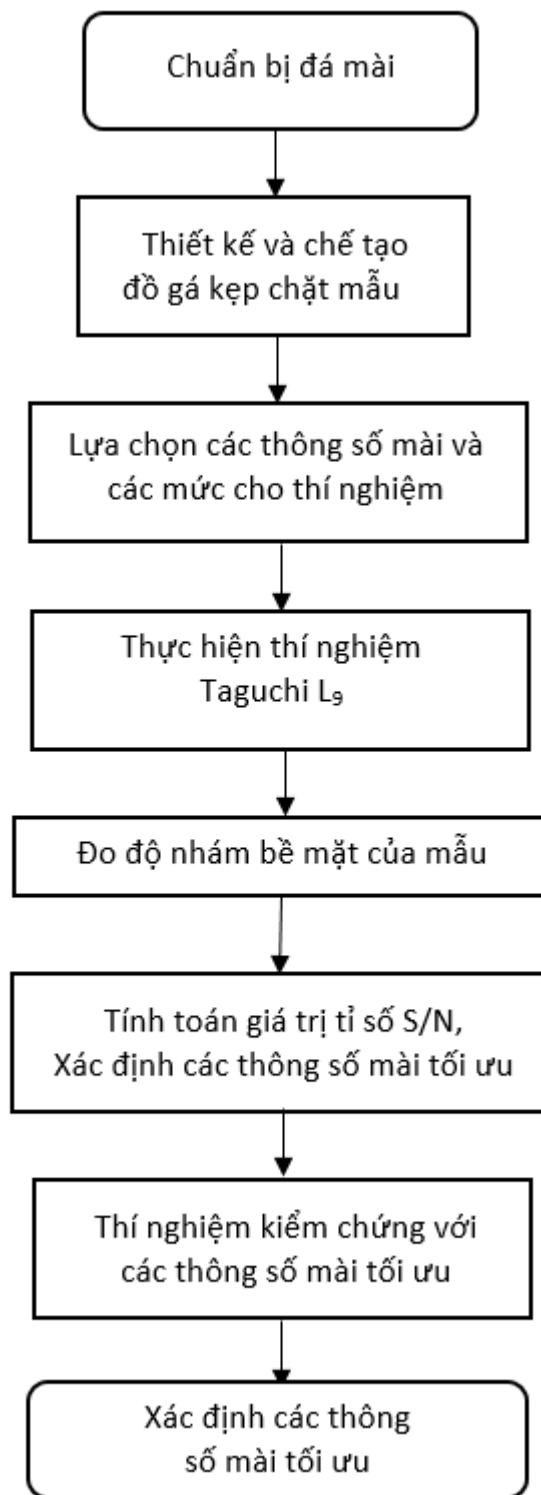
Thép SKD61 là một loại thép làm khuôn dập nóng được sản xuất theo tiêu chuẩn JIS G 4404 của Nhật Bản. Hàm lượng Carbon trong mác thép SKD61 ở mức 0,39% giúp thép cứng hơn nhưng không giảm tính đàn hồi của thép [1]. Đây là loại thép công cụ hợp kim crôm có độ cứng cao và có khả năng chống mài mòn tốt sau khi được xử lý nhiệt, rất phù hợp để sản xuất các loại khuôn dập nóng yêu cầu độ chính xác và tuổi thọ sản phẩm cao.

Chất lượng chi tiết phụ thuộc vào chất lượng bề mặt khuôn, nhiều phương pháp gia công cải thiện độ nhám bề mặt khuôn thép SKD61 được sử dụng như: đánh bóng, mài, lăn ép, phay [2,3,4,5]. Bài báo sử dụng quá trình mài phẳng CNC để cải thiện độ nhám bề mặt thép SKD61. Ứng dụng phương pháp thực nghiệm Taguchi để xác định các nhân tố mài phẳng tối ưu trên thép SKD61. Các nhân tố mài phẳng CNC được sử dụng trong thí nghiệm là: tốc độ quay của đá mài, bước tiến ngang bàn máy, chiều sâu cắt, kiểu đá mài. Sau khi thực hiện các thí nghiệm Taguchi, những nhân tố mài phẳng tối ưu được xác định dựa vào kết quả tỉ số S/N. Hình 1 giới thiệu qui trình điều tra các thông số mài phẳng tối ưu.

## 2. NỘI DUNG THÍ NGHIỆM

### 2.1 Dụng cụ đá mài

Dụng cụ cắt sử dụng trong thí nghiệm này là đá mài. Đá mài cho các loại máy mài phẳng cấu tạo từ các hạt mài (vật liệu mài), sợi nỉ (sợi vải) và chất dính kết. Hạt mài là thành phần chính của đá mài, Hạt mài được chế tạo từ các loại vật liệu như: kim cương, CBN (Cubic Boron Nitride), cacbit Silic (SiC), oxit nhôm ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), cacbit bo ( $\text{B}_4\text{C}$ ),... Đá mài được sử dụng trong thí nghiệm bao gồm 3 loại khác nhau: Đá mài EMA - 205x15x50.8 #120 CBN; đá mài Noritake-305x38x76 #60 PA và đá mài Noritake-355x38x127 #60 WA. Hình 2 minh họa ba loại đá mài phẳng phổ biến trên thị trường được sử dụng trong nghiên cứu [6].



Hình 1. Qui trình thực nghiệm Taguchi để xác định các nhân tố mài phẳng CNC tối ưu.



Đá mài EMA-205x15x50.8  
#120 CBN



Đá mài Noritake-305x38x76  
#60 PA

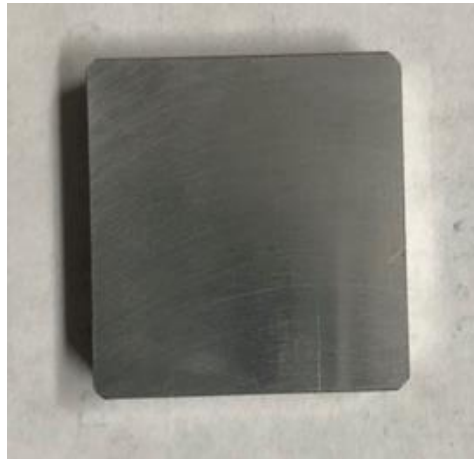


Đá mài Noritake-355x38x127  
#60 WA

Hình 2. Đá mài phẳng [6].

## 2.2 Vật liệu thí nghiệm

Trong nghiên cứu này, vật liệu thí nghiệm được chọn là thép khuôn dập nóng SKD61 (Hình 3). Kích thước của mẫu thí nghiệm: 25x25x8mm. Các mẫu thí nghiệm được tiến hành đo độ nhám bề mặt trên thiết bị Mitutoyo (Hình 4). Mẫu thử trước khi mài phẳng có độ nhám bề mặt 0,295  $\mu\text{m}$ .



Hình 3: Vật liệu thí nghiệm thép SKD61.



Hình 4: Thiết bị đo độ nhám bề mặt Mitutoyo.

### 2.3. Thực nghiệm Taguchi

Hình 5 minh họa quá trình mài thép SKD61 trên máy mài phẳng CNC EQUIPTOP SGD 3A1224. Chương trình gia công mài được lập trình bởi phần mềm SolidCam và truyền dữ liệu vào hệ điều khiển máy mài CNC.



Hình 5: Mài thép SKD61 trên máy mài phẳng CNC

### 2.4. Số mẫu thực nghiệm

Các nhân tố mài trên thép SKD61 ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt vật liệu được điều tra bằng các thực nghiệm Taguchi [7, 8]. Các nhân tố ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt của thép SKD61 trong quá trình mài phẳng CNC bao gồm: tốc độ quay của đá mài (vòng/phút), bước tiến ngang bàn máy (mm/phút), chiều sâu cắt (mm) và kiểu đá mài [9, 10]. Những nhân tố này được sử dụng để điều tra giá trị tối ưu dựa vào thực nghiệm Taguchi. Những nhân tố và mức giá trị thí nghiệm được trình bày cụ thể trong Bảng 1 [9, 10]. Các nhân tố này bao gồm bốn nhân tố chính với ba mức giá trị tương ứng với mảng trực giao  $L_9 (3^4)$  [7]. Do đó, tổng số lượng mẫu thí nghiệm riêng biệt để tiến hành thí nghiệm là 9 mẫu.

Bảng 1. Các nhân tố và mức giá trị trong thí nghiệm mài CNC.

Nhân tố	Các mức giá trị		
	1	2	3
A. Tốc độ quay của đá mài (vòng/phút)	1400	1600	1800
B. Bước tiến ngang bàn máy (mm/phút)	5000	8000	11000
C. Chiều sâu cắt (mm)	0,005	0,0075	0,01
D. Kiểu đá mài	EMA-205x15x50.8 #120 CBN	Noritake- 305x38x76 #60 PA	Noritake- 355x38x127 #60 WA

Thiết kế thí nghiệm theo phương pháp Taguchi có ba loại cơ bản: ‘thấp hơn là tốt hơn’ (lower is better), ‘trung bình là tốt nhất’ (nominal is best) và ‘cao hơn là tốt hơn’ (higher is better) [7, 8]. Giá trị tỷ số S/N (Signal to Noise ratios) được xác định là hàm mục tiêu. Mẫu thép SKD61 được mài CNC yêu cầu độ nhám bề mặt thấp hơn giá trị ban đầu. Như vậy, phương pháp mài CNC là mô hình ‘thấp hơn là tốt hơn’. Phương trình xác định tỷ số S/N ( $\eta$ ) được thiết lập theo công thức sau [7]:

$$\eta = -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (dB) \quad (1)$$

n: Tổng số lần đo trên một mẫu thử.

$y_i$ : Độ nhám bề mặt mẫu thí nghiệm lần đo thứ  $i$ .

Mô hình ‘nhỏ hơn là tốt hơn’ với mục tiêu tối ưu là xác định cực đại tỉ số S/N ( $\eta$ ) với các nhân tố mài CNC [7, 8]. Các nhân tố tối ưu của phương pháp mài CNC được điều tra dựa vào cực đại tỉ số S/N. Gọi  $\eta_{opt}$  là giá trị S/N tối ưu và tính bằng công thức sau [7]:

$$\eta_{opt} = \eta_m + \sum(\eta_i - \eta_m) \quad (2)$$

$\eta_{opt}$ : Giá trị S/N tối ưu;  $\eta_m$ : giá trị S/N trung bình chung;  $\eta_i$ : giá trị S/N ứng với nhân tố thứ  $i$ .

Nếu giá trị  $\eta_{op}$  xấp xỉ bằng giá trị S/N của thí nghiệm kiểm chứng (tương đương 90%) thì các nhân tố mài được xem độc lập, không phụ thuộc nhau [7, 8].

### 3. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1 Nhân tố mài phẳng tối ưu

Bảng 2 trình bày kết quả đo độ nhám bề mặt các mẫu thép SKD61 được mài phẳng CNC, mỗi mẫu thử được đo ở ba vị trí khác nhau. Kết quả trung bình tỷ số S/N cho mỗi mức của bốn nhân tố được minh họa Bảng 3. Mức tối ưu cho mỗi nhân tố ứng với cực đại tỷ số S/N ( $\eta$ ) và sự kết hợp của các mức tối ưu cho bốn nhân tố đó là: A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>D<sub>3</sub> (Hình 6, 7 và Bảng 4). Các nhân tố mài tối ưu thép SKD61 hoàn toàn được xác định: tốc độ quay của đá mài 1600 (vòng/phút), bước tiến ngang bàn máy 5000 (mm/phút), chiều sâu cắt 0,0075 (mm) và kiểu đá mài Noritake-355x38x127 #60 WA.

Bảng 2: Kết quả đo mẫu thép SKD61 được mài phẳng CNC.

Mẫu thử	Nhân tố				Độ nhám ( $\mu\text{m}$ )			Giá trị S/N	Trung bình Độ nhám
	A	B	C	D	1	2	3	(dB)	( $\mu\text{m}$ )
1	1	1	1	1	0,154	0,144	0,159	16,337	0,152
2	1	2	2	2	0,087	0,106	0,035	21,754	0,076
3	1	3	3	3	0,075	0,076	0,045	23,492	0,065
4	2	1	2	3	0,033	0,042	0,020	29,648	0,032
5	2	2	3	1	0,114	0,100	0,109	19,346	0,108
6	2	3	1	2	0,046	0,082	0,094	22,297	0,074
7	3	1	3	2	0,058	0,055	0,032	26,071	0,048
8	3	2	1	3	0,046	0,059	0,048	25,794	0,051
9	3	3	2	1	0,123	0,126	0,131	17,944	0,127

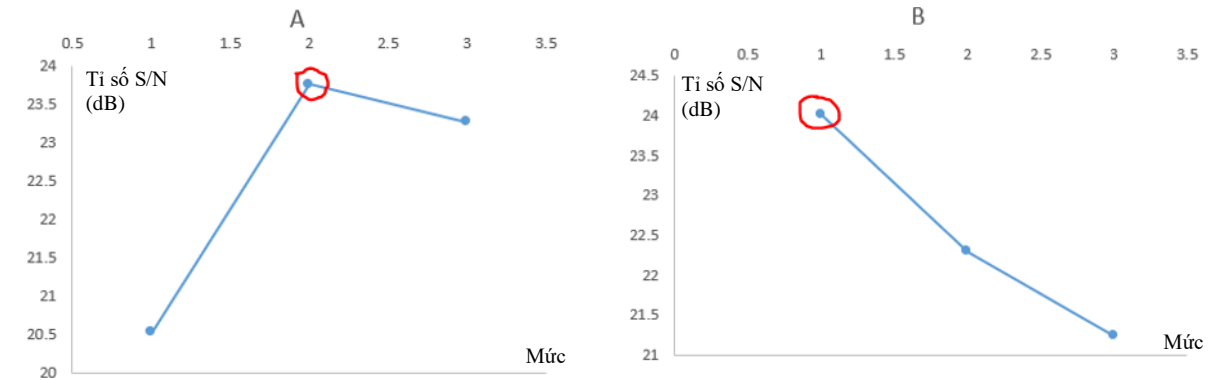
Bảng 3: Giá trị S/N trung bình chung (dB).

Nhân tố	A	B	C	D
Mức 1	20,528	24,019	21,476	17,875
Mức 2	23,764	22,298	23,116	23,374
Mức 3	23,270	21,244	22,970	26,312
Trung bình chung	22,521			

Bảng 4: Giá trị tối ưu các nhân tố mài thép SKD61.

Nhân tố đầu vào	Giá trị
A. Tốc độ quay của đá mài (vòng/phút)	1600
B. Bước tiến ngang bàn máy (mm/phút)	5000
C. Chiều sâu cắt (mm)	0,0075
D. Kiểu đá mài	Noritake-355x38x127 #60 WA.

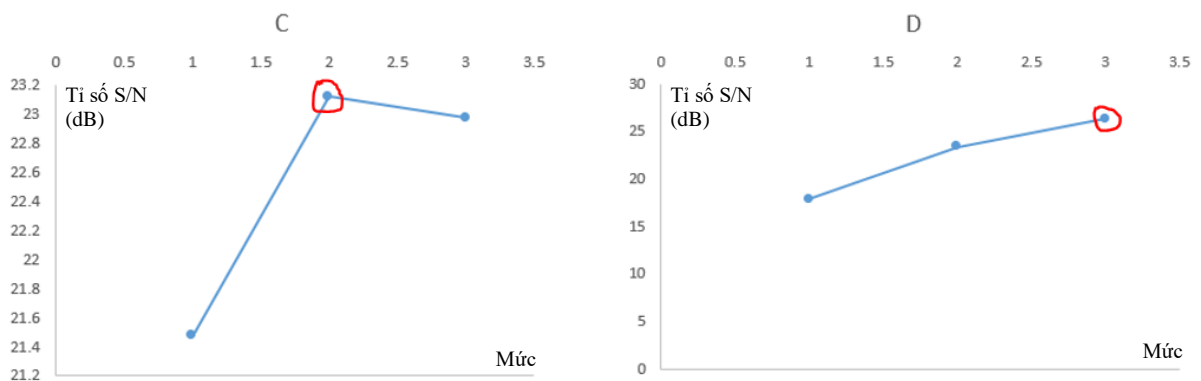
## NGHIÊN CỨU TỐI ƯU CÁC THÔNG SỐ MÀI PHẪNG.....



a. Mức tối ưu của nhân tố A

b. Mức tối ưu của nhân tố B

Hình 6: Trung bình tỷ số S/N các nhân tố A, B.



a. Mức tối ưu của nhân tố C

b. Mức tối ưu của nhân tố D

Hình 7: Trung bình tỷ số S/N các nhân tố C, D.

### 3.2. Kiểm chứng thực nghiệm Taguchi

Sau khi có bộ nhân tố tối ưu quá trình mài phẳng CNC, để đánh giá độ tin cậy của thí nghiệm, các thí nghiệm kiểm chứng được thực hiện với các nhân tố mài tối ưu. Ba mẫu thép SKD61 kiểm chứng được tiến hành gia công mài. Các mẫu thử sau kiểm chứng có độ nhám bề mặt trung bình  $0,035\mu\text{m}$  (Bảng 5). Như thế, độ nhám bề mặt thép SKD61 sau khi mài phẳng CNC được cải thiện xấp xỉ 88,1 %.

Bảng 5: Độ nhám bề mặt các mẫu thử

Mẫu kiểm chứng	Giá trị Ra ( $\mu\text{m}$ )			Giá trị S/N (dB)	Độ nhám trung bình ( $\mu\text{m}$ )
	1	2	3		
1	0,038	0,029	0,035	29,318	0,034
2	0,032	0,034	0,039	29,088	0,035
3	0,031	0,036	0,041	28,818	0,036
Trung bình chung				<b>29,075</b>	<b>0,035</b>

Bảng 3 minh họa giá trị S/N trung bình chung:  $\eta_m = 22,521$ . Như vậy, giá trị  $\eta_{opt}$  với các nhân tố tối ưu được tính toán bằng công thức (2):

$$\eta_{opt} = \eta_m + \sum(\eta_i - \eta_m)$$

$$= 22,521 + (29,318 - 22,521) + (29,088 - 22,521) + (28,818 - 22,521) = 42,182 (dB)$$

Theo lý thuyết Taguchi, nếu giá trị  $\eta_{op}$  xấp xỉ bằng giá trị S/N của thí nghiệm kiểm chứng (tương đương 90%) thì các nhân tố mài được xem độc lập, không phụ thuộc nhau. Như vậy, so sánh giá trị  $\eta_{opt} = 42,182$  (dB) với giá trị S/N của thí nghiệm kiểm chứng  $\eta = 29,075$  (dB) (Bảng 5). Hai giá trị này khác nhau nhiều. Do đó, các nhân tố mài lựa chọn xem như không độc lập với nhau.

## 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đề xuất quá trình mài CNC cải thiện độ nhám bề mặt thép SKD61. Các nhân tố mài tối ưu được nhận dạng dựa vào kết quả thí nghiệm Taguchi như sau: tốc độ quay của đá mài 1600 (vòng/phút), bước tiến ngang bàn máy 5000 (mm/phút), chiều sâu cắt 0,0075 (mm) và kiểu đá mài Noritake-355x38x127 #60 WA. Ngoài ra, sử dụng các nhân tố mài tối ưu, độ nhám bề mặt thép SKD61 cải thiện đáng kể từ 0,295  $\mu\text{m}$  đến 0,035  $\mu\text{m}$  tương ứng với 88,1 %.

## LỜI CẢM ƠN

Nhóm nghiên cứu trân trọng cảm ơn các ý kiến đóng góp của quý Thầy, Cô trong Khoa Cơ khí trường Đại học Công Nghiệp Tp.HCM.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Sevit Special Steel. (2021, 04/07) Chất lượng tốt hơn với thép SKD61 làm khuôn tay nắm cửa. Available: <https://sevit.vn/goc-chia-se/thep-lam-khuon-skd61/thep-skd61-lam-khuon-tay-nam-cua.html>
- [2] Q.N.Banh, H.D.Nguyen, A.S.Tran, "Numerical Simulation and Experimental Validation of Surface Roughness by the Smoothing Small Ball-Burnishing Process," *Machines*, 2021.
- [3] F.C. Tsai, B.H. Yan, C.Y. Kuan and F.Y. Huang, "A Taguchi and experimental investigation into the optimal processing conditions for the abrasive jet polishing of SKD61 mold steel," *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol.48, pp. 932-945, 2008.
- [4] V. H. Nguyen, "Nghiên cứu ứng dụng mạng nơron để xác định các nhân tố chế độ cắt của quá trình gia công mặt phẳng trên máy phay CNC ba trục bằng mảnh dao hợp kim phủ TiALN đối với thép tấm SKD61," *Tạp Chí Khoa Học Đại Học Đồng Nai*, số 23, 2022.
- [5] T. T. Nguyen, T. N. Nguyen, "Tối ưu hóa đa mục tiêu quá trình phay khô thép skd61 để giảm công suất cắt và độ nhám bề mặt," *Tạp Chí Khoa Học & Công Nghệ - Đại Học Công Nghiệp Hà Nội*, 2018.
- [6] Công ty kỹ thuật Tân Việt. (2010) Đá mài phẳng. Available: <https://damaidacat.tech/product-category/da-mai-phang/>
- [7] R. K. Roy, *Design of Experiments Using The Taguchi Approach: 16 Steps to Product and Process Improvement*, Wiley-Interscience, 2001.
- [8] H. L. Nguyen, *Giáo Trình Qui Hoạch và Phân Tích Thực Nghiệm*, NXB Đại Học Quốc Gia Tp.HCM, 2021.
- [9] T. Zhao, Y. Shi, L. Sampsa, J. Zhou, "Investigation of the effect of grinding parameters on surface quality in grinding of TC4 titanium alloy," *Procedia Manufacturing*, vol.11, pp. 2131-2138, 2017.
- [10] M. Mukhopadhyay, P. K. Kundu, "Performance Evaluation of Conventional Abrasive Wheels for Grinding Ti-6Al-4V," *Materials Science and Engineering*, vol. 377, pp. 012-043, 2018.

## RESEARCH OPTIMAL FLAT GRINDING PARAMETERS TO IMPROVE SURFACE ROUGHNESS OF SKD61 STEEL

HUU LOC PHAM

*Faculty of Mechanical Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City,*

*\*Corresponding author: phamhuuloc@iuh.edu.vn*

**Abstract.** The surface roughness of SKD61 steel is enhanced through the implementation of a computer numerical control (CNC) flat grinding method. The optimal flat grinding parameters were identified through the application of the Taguchi method. The optimal flat grinding parameters were determined based on the Taguchi L9 experimental results and the ratio value (S/N). The optimal parameters are as follows: grinding wheel spindle speed of 1600 (rpm), feed rate of 5000 (mm/min), depth of cut of 0,0075 (mm), and grinding wheel material Noritake-355x38x127 #60 WA. The surface roughness of SKD61 steel was improved from 0,295  $\mu\text{m}$  to 0,035  $\mu\text{m}$ , corresponding to an 88.1% reduction.

**Keywords.** SKD61 steel, Taguchi, flat grinding, surface roughness, Signal to Noise ratios.

*Ngày nhận bài: 22/05/2024*

*Ngày chấp nhận đăng: 25/11/2024*