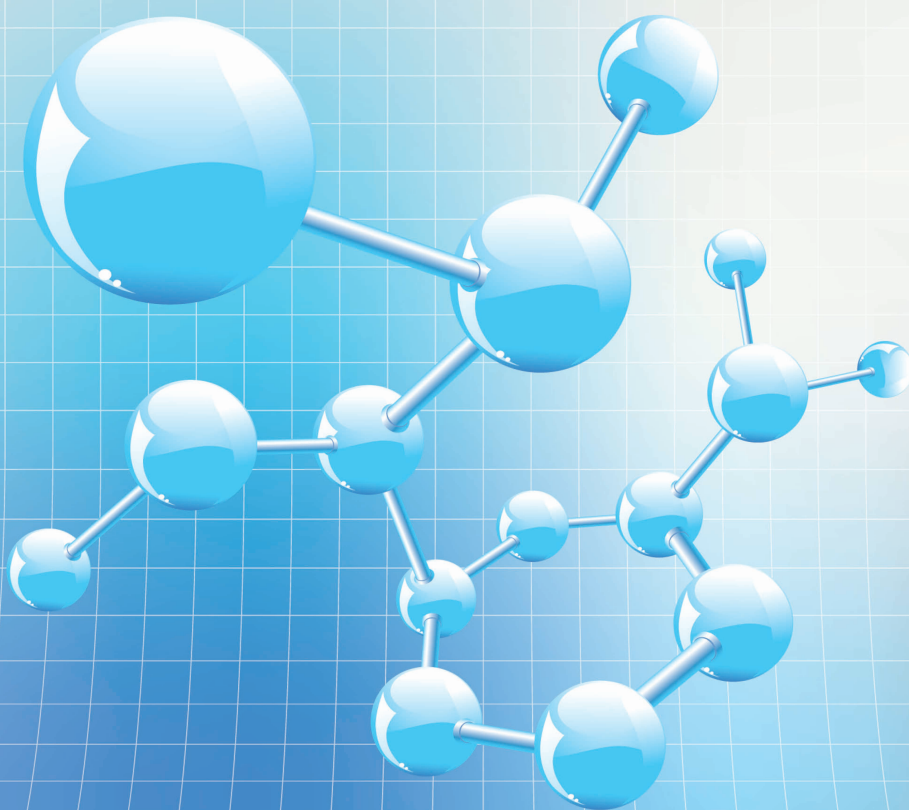




Tạp chí NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

Đ A I H O C S A O ĐỎ
SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X



Số 3 (91)
2025

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

■ **Tổng Biên tập**

TS. Đỗ Văn Đình

■ **Phó Tổng biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn

■ **Thư ký Tòa soạn**

PGS.TS. Ngô Hữu Mạnh

■ **Hội đồng Biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn - Chủ tịch Hội đồng

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Văn Liễn

GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn

GS.TSKH. Bành Tiến Long

GS.TS. Nguyễn Đức Toàn

PGS.TS. Lê Thu Quý

GS.TS. Lê Anh Tuấn

GS.TS. Đinh Văn Sơn

PGS.TS. Trương Thị Thủy

PGS.TS. Nguyễn Thị Bất

GS.TS. Đỗ Quang Kháng

PGS.TS. Ngô Sỹ Lương

PGS.TS. Khuất Văn Ninh

GS.TSKH. Phạm Hoàng Hải

PGS.TS. Đoàn Ngọc Hải

PGS.TS. Nguyễn Ngọc Hà

GS.TS. Yu Ming Zhang

GS.TS. Nguyễn Văn Anh

■ **Ban Biên tập**

TS. Vũ Văn Đông - Trưởng ban

ThS. Đoàn Thị Thu Hằng - Phó Trưởng ban

■ **Editor-in-Chief**

Dr. Do Van Dinh

■ **Vice Editor-in-Chief**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen

■ **Office Secretary**

Assoc.Prof.Dr. Ngo Huu Manh

■ **Editorial Board**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen - Chairman

Prof.Dr. Pham Thi Ngoc Yen

Assoc.Prof.Dr.Sc. Tran Hoai Linh

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Van Lien

Prof.Dr.Sc. Than Ngoc Hoan

Prof.Dr.Sc. Bành Tiến Long

Prof.Dr. Nguyen Duc Toan

Assoc.Prof.Dr. Le Thu Quy

Prof.Dr. Le Anh Tuan

Prof.Dr. Dinh Van Son

Assoc.Prof.Dr. Truong Thi Thuy

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Thi Bat

Prof.Dr. Do Quang Khang

Assoc.Prof.Dr. Ngo Sy Luong

Assoc.Prof.Dr. Khuat Van Ninh

Prof.Dr.Sc. Pham Hoang Hai

Assoc.Prof.Dr. Doan Ngoc Hai

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Ngoc Ha

Prof.Dr. Yu Ming Zhang

Prof.Dr. Nguyen Van Anh

■ **Editorial**

Dr. Vu Van Dong - Head

MSc. Doan Thi Thu Hang - Deputy Head

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/> Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.

In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

Phương pháp phân loại sâu bệnh cho đồng lúa bằng máy bay không người lái và kỹ thuật học sâu	5	Hà Minh Tuấn Phạm Đức Khấn Lê Ngọc Hòa Nguyễn Thị Sim
Ứng dụng thuật toán nhận diện vật thể YOLOv11 và sinh trắc vân tay, đề xuất mô hình cổng tự động nhà xe học sinh, sinh viên	11	Lý Quang Minh Phạm Như Phẩm Hồ Thị Dung
Nghiên cứu ứng dụng thị giác máy tính để tự động hóa công đoạn kiểm tra mạch PCB	18	Nguyễn Ngọc Đức Hà Nhật Tiến Dương Đoàn Văn Khánh Phạm Thành Đạt Vũ Trường Hải
Phát triển hệ thống phát hiện không thắt dây an toàn đúng quy định trên ô tô dựa trên mạng YOLOv11	25	Hoàng Thị An
Đô thị thông minh với sự quản lý giám sát của cảm biến IoT	32	Lê Thị Thanh Bình
Khung nhận dạng hai giai đoạn để kiểm tra ngoại quan các sản phẩm đa thành phần	35	Hà Minh Tuấn Lê Ngọc Hòa Nguyễn Trương Huy Nguyễn Thị Việt Hương

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

Nghiên cứu ảnh hưởng của thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi gia công thép không gỉ S136 trên máy phay CNC	41	Mạc Thị Nguyên Đào Văn Kiên
Nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dài mũi may, chiều cao trục vít và chiều cao thanh răng đến biến dạng đường may tra khóa giọt lệ	50	Bùi Thị Loan Nguyễn Thị Hồi
Ảnh hưởng mật độ mũi may, chỉ số chỉ và số lớp vải đến hệ số tiêu hao chỉ trên đường may 301 và 401	57	Tạ Văn Hiền Nguyễn Thị Hiền
Đánh giá hiệu quả bộ giảm chấn kết cấu đàn hồi nhót trong kiểm soát rung động địa chấn và gió	63	Dương Thị Hà

NGÀNH KINH TẾ

- | | | |
|---|----|---|
| Nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến ý định khởi nghiệp của thanh niên khu vực Hải Dương cũ (thành phố Hải Phòng) | 70 | Vũ Mạnh Cường
Nguyễn Thị Thủy
Lương Thị Hoa |
| Đào tạo nguồn nhân lực cho các khu công nghiệp tỉnh Hải Dương cũ (nay thuộc thành phố Hải Phòng): Thực trạng và mô hình đề xuất | 76 | Nguyễn Thị Kim Nguyên
Nguyễn Thị Nhan |
| Các yếu tố ảnh hưởng đến sự hài lòng của người tiêu dùng khi mua hàng trên TikTok Shop tại Thành phố Hà Nội | 82 | Vũ Mạnh Cường
Nguyễn Thị Ngọc Mai
Lê Thị Huyền
Đào Thị Kim Tuyền |
| Nghiên cứu việc thực hiện trách nhiệm và nghĩa vụ thuế của doanh nghiệp nhỏ và vừa ở Việt Nam: Góc nhìn từ số liệu quyết toán thuế và xử phạt vi phạm | 89 | Định Thị Kim Thiết
Nguyễn Hải Hà |
| CSR và ý định mua hàng của thế hệ Gen Z tại Việt Nam: Bằng chứng từ ngành Thời trang | 95 | Vũ Mạnh Cường
Hoàng Thị Hoa
Hoàng Thị Thu Trang |

LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC

- | | | |
|--|-----|-----------------------------------|
| Chuyển đổi số trong dạy học các môn Lý luận chính trị tại Trường Đại học Sao Đỏ hiện nay | 102 | Nguyễn Mạnh Tường |
| Xây dựng gia đình văn hóa Việt Nam trong thời kỳ hội nhập toàn cầu | 106 | Phùng Thị Lý |
| Nhận thức và vận dụng chủ nghĩa xã hội khoa học ở Việt Nam hiện nay | 111 | Nguyễn Thị Nhan
Nguyễn Thị Nga |
| Giáo dục đại học trong nền kinh tế số ở Việt Nam hiện nay | 118 | Phạm Xuân Đức |
| Tư tưởng chính trị của Ngô Thì Nhậm, ý nghĩa đương thời và giá trị thời đại | 123 | Phạm Văn Dự |

TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION

- | | | |
|--|----|--|
| Disease classification method for rice fields using drones and deep learning technique | 5 | Ha Minh Tuan
Pham Duc Khan
Le Ngoc Hoa
Nguyen Thi Sim |
| Applying object recognition algorithm YOLOv11 and fingerprint biometrics, proposing an automatic gate model for student parking lots | 11 | Ly Quang Minh
Pham Nhu Pham
Ho Thi Dung |
| Research on applying computer vision for automating PCB inspection processes | 18 | Nguyen Ngoc Duc
Ha Nhat Tien Duong
Doan Van Khanh
Pham Thanh Dat
Vu Truong Hai |
| An automobile seatbelt non-compliance detection system developed with the YOLOv11 network | 25 | Hoang Thi An |
| Smart city with IoT sensor monitoring management | 32 | Le Thi Thanh Binh |
| A two-stage identification framework for visual inspection of multi-component products | 35 | Ha Minh Tuan
Le Ngoc Hoa
Nguyen Truong Huy
Nguyen Thi Viet Huong |

TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

- | | | |
|--|----|--------------------------------|
| Study on the effect of cutting parameters on surface roughness during CNC milling of S136 stainless steel | 41 | Mac Thi Nguyen
Dao Van Kien |
| Study on the influence of stitch length, screw height and gear bar height to on zipper stitch deformation | 50 | Bui Thi Loan
Nguyen Thi Hoi |
| The influence of stitch density, thread count and number of fabric layers on the sewing thread consumption coefficient on stitch 301 and 401 | 57 | Ta Van Hien
Nguyen Thi Hien |
| Evaluate the effectiveness of viscous elastic dampers in controlling seismic and wind-induced vibrations | 63 | Duong Thi Ha |

TITLE FOR ECONOMICS

- | | | |
|--|----|---|
| Research on the factors affecting entrepreneurial intentions among the youth in the old Hai Duong area (Hai Phong city) | 70 | Vu Manh Cuong
Nguyen Thi Thuy
Luong Thi Hoa |
| Training human resources for Industrial zones in the former Hai Duong province (now part of Hai Phong city): Current situation and proposed, model | 76 | Nguyen Thi Kim Nguyen
Nguyen Thi Nhan |
| Factors affecting consumer satisfaction when shopping on TikTok shop in Hanoi city | 82 | Vu Manh Cuong
Nguyen Thi Ngoc Mai
Le Thi Huyen
Dao Thi Kim Tuyen |
| Research on tax compliance of small and medium enterprises in VietNam: Perspectives from tax settlement data and violation penalties | 89 | Dinh Thi Kim Thiet
Nguyen Hai Ha |
| CSR and purchase intention of generation Z in Vietnam: Evidence from the fashion industry | 95 | Vu Manh Cuong
Hoang Thi Hoa
Hoang Thi Thu Trang |

TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE

- | | | |
|---|-----|-----------------------------------|
| Digital transformation in teaching political theory subjects at Sao Do University today | 102 | Nguyen Manh Tuong |
| Building Vietnamese cultural families in the period of global integration | 106 | Phung Thi Ly |
| Theoretical and practical values of scientific socialism in the construction of a fair, democratic and civilized society in Vietnam today | 111 | Nguyen Thi Nhan
Nguyen Thi Nga |
| Higher education in the digital economy in Vietnam now | 118 | Pham Xuan Duc |
| Ngo Thi Nham's political thought, contemporary significance and contemporary values | 123 | Pham Van Du |

Study on the effect of cutting parameters on surface roughness during CNC milling of S136 stainless steel

Nghiên cứu ảnh hưởng của thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi gia công thép không gỉ S136 trên máy phay CNC

Mac Thi Nguyen*, Dao Van Kien

*Corresponding Author: nguyenmacthi@gmail.com

Sao Do University

Received date: 07/12/2024

Accepted date: 05/5/2025

Published date: 29/8/2025

Abstract

This paper presents an experimental study to investigate the impact of several cutting parameters on the surface roughness R_a (μm) when machining S136 stainless steel using a CNC milling machine. The study employed the Response Surface Methodology with a 25-point experimental matrix. The data was analyzed and visualized using the Pandas, Matplotlib and NumPy libraries in the Python programming language on Visual Studio Code. The results revealed the influence and interaction of the four mentioned input cutting parameters cutting speed V (m/min), feed per tooth F_z (mm/tooth), depth of cut a_p (mm) and width of cut a_e (mm) on the surface roughness R_a , with this relationship represented through a second-order regression equation within the studied paper. The analysis showed that the effect of increasing the cutting parameters on R_a varies depending on each specific parameter and their interactions, detailed through the regression model. The research findings also indicate that the feed per tooth had the most significant impact on surface roughness, followed by cutting speed, then depth of cut, with the width of cut having the least effect on surface roughness.

Keywords: Machining; cutting parameters; CNC milling machine; surface roughness; cutting speed; feed per tooth; depth of cut; width of cut.

Tóm tắt

Bài báo này thực hiện nghiên cứu thực nghiệm nhằm khảo sát tác động của một số thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt R_a (μm) khi gia công thép không gỉ S136 trên máy phay CNC. Nghiên cứu sử dụng phương pháp bề mặt đáp ứng với ma trận 25 điểm thí nghiệm. Dữ liệu được phân tích và trực quan hóa bằng thư viện Pandas, Matplotlib và Numpy trong ngôn ngữ lập trình Python trên Visual Studio Code. Kết quả đã cho thấy ảnh hưởng và sự tương tác của bốn thông số chế độ cắt đầu vào được đề cập là vận tốc cắt V (m/ph), lượng chạy dao F_z (mm/răng), chiều sâu cắt a_p (mm) và chiều rộng cắt a_e (mm) đến độ nhám bề mặt R_a , mối quan hệ đó được biểu diễn thông qua phương trình hồi quy bậc II trong nội dung bài báo đã nghiên cứu. Phân tích cho thấy ảnh hưởng của việc tăng các thông số chế độ cắt đến R_a thay đổi tùy thuộc vào từng thông số cụ thể và tương tác giữa chúng, được mô tả chi tiết qua mô hình hồi quy. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy lượng chạy dao răng có mức độ ảnh hưởng lớn nhất đến độ nhám bề mặt, sau đó đến vận tốc cắt, tiếp đến là chiều sâu cắt và mức độ ảnh hưởng của chiều rộng cắt tới độ nhám bề mặt là thấp nhất.

Từ khóa: Gia công; chế độ cắt; máy phay CNC; độ nhám bề mặt; vận tốc cắt; lượng chạy dao răng; chiều sâu cắt; chiều rộng cắt.

I. INTRODUCTION

In the modern mechanical manufacturing industry, the machining of machine parts from stainless steel is increasingly popular due to the outstanding advantages of this material in terms of durability and corrosion resistance. In particular, S136 stainless steel

is commonly used for making plastic injection mold cores and cavities due to its corrosion resistance, high hardness and good polishing ability. Given the high hardness and difficult machinability of S136, ensuring the surface roughness after machining is a critical factor to reduce the risk of product sticking when the plastic is ejected from the mold. In the CNC milling process, surface roughness is affected by many factors, among which cutting regime parameters play a crucial role.

Reviewers: 1. Prof.Dr. Ngo Huu Manh
2. Prof.Dr. Nguyen Duc Toan

Selecting appropriate cutting regimes not only ensures the quality of the machined surface but also directly affects the productivity and economic efficiency of the manufacturing process.

Several studies have been published concerning CNC milling for mold materials: Study [1] experimentally investigated the influence of two cutting regime parameters, spindle speed (n) and feed rate (S), on surface roughness (R_a) when machining SKD61 steel on a CNC milling machine. The research results showed that the level of influence of n on R_a was greater than S . Study [2] investigated the influence of three cutting regime parameters when machining 40Cr steel on a CNC milling machine. The study developed a regression equation to evaluate the influence of three cutting parameters: Cutting speed (V), feed rate (S), depth of cut (t) on surface roughness: $R_a = 0,01079 \cdot V^{0,77396} \cdot S^{1,20887} \cdot t^{-0,28811}$. The values of the exponents show that the influence of the feed rate on surface roughness is the greatest, followed by the cutting speed, the influence of the depth of cut on surface roughness is the smallest. Study [3] focused on optimizing machining parameters when CNC milling AISI H13 steel using the response surface method. The paper proposed the optimal cutting parameters: Spindle speed $S = 4500$ (rpm), feed per tooth $F_z = 0,01$ mm/tooth and depth of cut $a_p = 0,2$ (mm), achieving a surface roughness of $R_a = 0,113$ (μm). Surface roughness decreased with increasing spindle speed and increased with increasing feed rate or depth of cut.

Despite numerous studies on the influence of cutting regimes on the surface quality of CNC milling, the relationship between these parameters and the surface roughness when machining S136 stainless steel has not been fully and systematically investigated, especially when considering all four input parameters simultaneously. Therefore, it is necessary to study the influence of cutting regime parameters such as cutting speed, feed per tooth, depth of cut and width of cut on the surface roughness when machining S136 stainless steel on a CNC milling machine. This research will contribute to the optimization of the machining process, improving the surface quality for mechanical products in general and in the field of mold making in particular.

2. EXPERIMENTAL SETUP AND MATERIALS

2.1. Experimental workpiece

The experimental workpiece has dimensions of $198 \times 58 \times 30$ (Figure 1), the material is S136 stainless steel and the hardness after heat treatment is 48 ± 54 HRC.

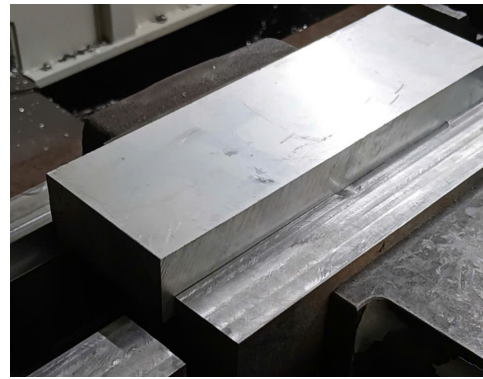


Figure 1. S136 stainless steel workpiece clamped on a vise

According to [4], the chemical composition of S136 stainless steel is presented in Table 1.

Table 1. Chemical Composition of S136 Stainless Steel

C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	Mo (%)	V (%)	S (%)
~0.38	~0,8	~0,50	~13.6	~0,3	~0,2	<0.03

2.2. Experimental equipment

a. Machining equipment

Machining Equipment: CNC milling machine Xmill - M900 with a maximum spindle speed of $n = 10000$ RPM and spindle motor power $P = 7.5$ kW (Figure 2).



Figure 2. CNC Milling Machine Xmill-M900

b. Cutting tool

According to [5], the Coromill 390 end mill from Sandvik was selected, with a diameter $D = 10$ (mm) and number of teeth $Z = 3$, mounted on a BT40 tool holder (Figure 3).



Figure 3. End mill mounted on the spindle

c. Measuring equipment

A Mitutoyo SJ-201P surface roughness tester was used (Figure 4).



Figure 4. Mitutoyo SJ-201P surface roughness tester

3. PLANNING METHOD

3.1. Selection of planning method

a. Number of experiments

According to [6], the response surface methodology is chosen using central composite design with axial points, excluding factorial points. The total number of experiments is denoted by N:

$$N = 2 \cdot k(k-1) + N_0 = 25 \quad (1)$$

Where:

Number of input variables: $k = 4$.

Number of central experiments: $N_0 = 1$.

b. General form of the regression equation

According to [6], when using a second-order orthogonal experimental design, the regression equation has the following second-order form:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i,j=1}^k b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2 \quad (2)$$

Where:

Y: The objective function is surface roughness.

β_0 : The zero-order regression coefficient.

β_j : The first-order regression coefficient describing the effect of a single cutting parameter on the objective function.

β_{ij} : The regression coefficient describing the simultaneous effect of two cutting parameters on the objective function.

β_{jj} : The second-order regression coefficient describing the effect of a single cutting parameter on the objective function.

X_{ij} : The coded variable representing the effect of the cutting parameter on the objective function.

Expanding equation (2), we get the canonical form of the regression equation (3) as follows:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{14} X_1 X_4 + b_{23} X_2 X_3 + b_{24} X_2 X_4 + b_{34} X_3 X_4 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{33} X_3^2 + b_{44} X_4^2 \quad (3)$$

c. Levels of factors in the second-order orthogonal experiment

According to [5], the levels of cutting regime parameters are presented in Table 2.

Table 2. Levels of factors in the second-order orthogonal experiment

Levels	Influencing factors			
	$X_1 = V$ m/min	$X_2 = F_z$ mm/tooth	$X_3 = a_p$ mm	$X_4 = a_e$ mm
Higher level (+1)	90	0,04	0,3	3
Basic level (0)	80	0,03	0,25	2,5
Lower level (-1)	70	0,02	0,2	2

d. Research model diagram

The relationship between the parameters is shown (Figure 5).

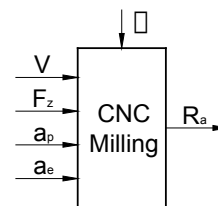


Figure 5. Relationship between parameters

Where:

ξ is a random variable affecting surface roughness such as: tool wear, vibration, homogeneity of the tool and workpiece material pair, properties of the cutting fluid, ambient temperature, accuracy of the CNC milling machine,...

4. EXPERIMENTAL PROCEDURE

4.1. Building experimental data

In order to save costs and reduce the influence of setup errors, the experiment used a single workpiece with 25 machining positions as open cavities.

After machining, the surface roughness was measured sequentially for each machining position. The method

of measuring surface roughness is shown in Figure 6 and the surface roughness values are presented in Table 3.

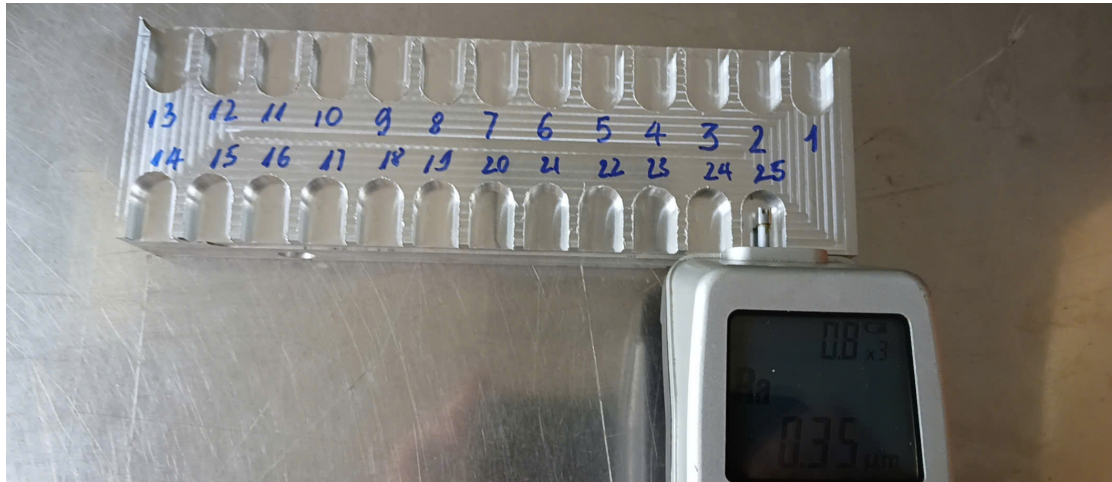


Figure 6. Measuring surface roughness at the experimental positions

The experimental data are synthesized and presented in Table 3.

Table 3. Second-order orthogonal experimental matrix (24 experiments with 2 factors varied simultaneously, the other 2 factors kept at the center level and 1 experiment at the center point)

Experimental position	Encoded variable				Influencing factors				$R_a(\mu\text{m})$
	X_1	X_2	X_3	X_4	$V(\text{m/min})$	$F_z(\text{mm/min})$	$a_p(\text{mm})$	$a_e(\text{mm})$	
1	-1	-1	0	0	70	0,02	0,25	2,5	0,38
2	+1	-1	0	0	90	0,02	0,25	2,5	0,42
3	-1	+1	0	0	70	0,04	0,25	2,5	0,45
4	+1	+1	0	0	90	0,04	0,25	2,5	0,48
5	-1	0	-1	0	70	0,03	0,20	2,5	0,40
6	+1	0	-1	0	90	0,03	0,20	2,5	0,43
7	-1	0	+1	0	70	0,03	0,30	2,5	0,42
8	+1	0	+1	0	90	0,03	0,30	2,5	0,45
9	0	-1	-1	0	80	0,02	0,20	2,5	0,39
10	0	+1	-1	0	80	0,04	0,20	2,5	0,46
11	0	-1	+1	0	80	0,02	0,30	2,5	0,41
12	0	+1	+1	0	80	0,04	0,30	2,5	0,47
13	-1	0	0	-1	70	0,03	0,25	2,0	0,41
14	+1	0	0	-1	90	0,03	0,25	2,0	0,44
15	-1	0	0	+1	70	0,03	0,25	3,0	0,42
16	+1	0	0	+1	90	0,03	0,25	3,0	0,45
17	0	-1	0	-1	80	0,02	0,25	2,0	0,40
18	0	+1	0	-1	80	0,04	0,25	2,0	0,47
19	0	-1	0	+1	80	0,02	0,25	3,0	0,41

Experimental position	Encoded variable				Influencing factors				R_a ((μ m))
	X_1	X_2	X_3	X_4	V(m/min)	F_z (mm/min)	a_p (mm)	a_e (mm)	
20	0	+1	0	+1	80	0,04	0,25	3,0	0,48
21	0	0	-1	-1	80	0,03	0,20	2,0	0,42
22	0	0	+1	-1	80	0,03	0,30	2,0	0,44
23	0	0	-1	+1	80	0,03	0,20	3,0	0,43
24	0	0	+1	+1	80	0,03	0,30	3,0	0,41
25	0	0	0	0	80	0,03	0,25	2,5	0,35

4.2. Experimental data processing

To investigate the influence of cutting parameters including cutting speed V (m/min), feed rate F_z (mm/tooth), depth of cut a_p (mm) and width of cut a_e (mm) on surface roughness R_a (μ m), a second-order polynomial regression model was built and analyzed using the Python programming language.

The experimental data, comprising 25 experiments (as presented in Table 3), was used as the basis. Before building the model, the input variables (V, F_z , a_p , a_e) were standardized using the centering method around the central point of the design domain: V = 80, F_z = 0,03, a_p = 0,25 and a_e = 2,5.

The second-order polynomial regression model, including linear terms, quadratic terms and two-factor interaction terms of the centered variables, was created using the Polynomial Features class from the scikit-learn library [7]. The coefficients of the regression model were then determined using the linear regression method based on the generated polynomial features and the R_a values measured from the experiments.

The regression equation representing the relationship between R_a and the input parameters was extracted from the trained model as follows:

$$R_a = 0,35 + 1583.10^{-6}.V + 3,333333.F_z + 0,116667.a_p + 3333.10^{-6}.a_e + 379.10^{-6}.V^2 - 25.10^{-6}.V.F_z + 466,666667.F_z^2 - 5.F_z.a_p + 14,166667.a_p^2 - 0,4.a_p.a_e + 0,166667.a_e^2 \quad (4)$$

The regression model demonstrates a high level of fit with the experimental data, with a coefficient of determination R-squared (R^2) of 0,9767, indicating that the model explains 97.67% of the variability in the R_a (μ m) data. The average prediction error, measured by the Root Mean Squared Error (RMSE), is 0,0048. To evaluate the accuracy at specific points, a comparison between the actual R_a (μ m) values and the values predicted by the model is presented in Table 4.

Table 4. Predicted R_a at the experimental points

TT	V	F_z	a_p	a_e	R_a	R_a predicted
1	70	0,02	0,25	2,5	0,38	3,829
2	90	0,02	0,25	2,5	0,42	4,196
3	70	0,04	0,25	2,5	0,45	4,546
4	90	0,04	0,25	2,5	0,48	4,813
5	70	0,03	0,20	2,5	0,4	4,017
6	90	0,03	0,20	2,5	0,43	4,333
7	70	0,03	0,30	2,5	0,42	4,133
8	90	0,03	0,30	2,5	0,45	4,450
9	80	0,02	0,20	2,5	0,39	3,904
10	80	0,04	0,20	2,5	0,46	4,621
11	80	0,02	0,30	2,5	0,41	4,071
12	80	0,04	0,30	2,5	0,47	4,688
13	70	0,03	0,25	2,0	0,41	4,121
14	90	0,03	0,25	2,0	0,44	4,438
15	70	0,03	0,25	3,0	0,42	4,154
16	90	0,03	0,25	3,0	0,45	4,471
17	80	0,02	0,25	2,0	0,4	4,033
18	80	0,04	0,25	2,0	0,47	4,700
19	80	0,02	0,25	3,0	0,41	4,067
20	80	0,04	0,25	3,0	0,48	4,733
21	80	0,03	0,20	2,0	0,42	4,096
22	80	0,03	0,30	2,0	0,44	4,412
23	80	0,03	0,20	3,0	0,43	4,329
24	80	0,03	0,30	3,0	0,41	4,246
25	80	0,03	0,25	2,5	0,35	3,500

Numerical optimization (L-BFGS-B algorithm, SciPy library [9]) was performed to find the set of cutting

parameters (V , F_z , a_p , a_e) that minimize the R_a value predicted by the regression model, within the investigated range. Extracting the Python program execution results in Appendix I yielded the optimal result: $R_{a_{min}} = 0,34(\mu\text{m})$ at $V = 77,792(\text{m/min})$, $F_z = 0,026$ (mm/tooth), $a_p = 0,245$ (mm), $a_e = 2,484$ (mm). The effects of the parameters are illustrated by the 2D plots presented in Figures 7 to 10 [9].

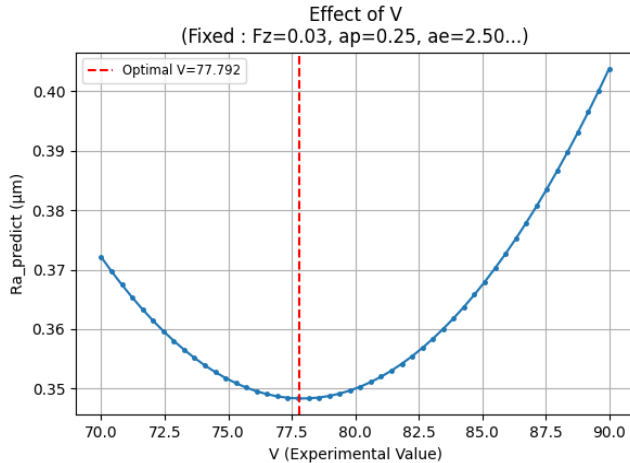


Figure 7. Effect of V on R_a

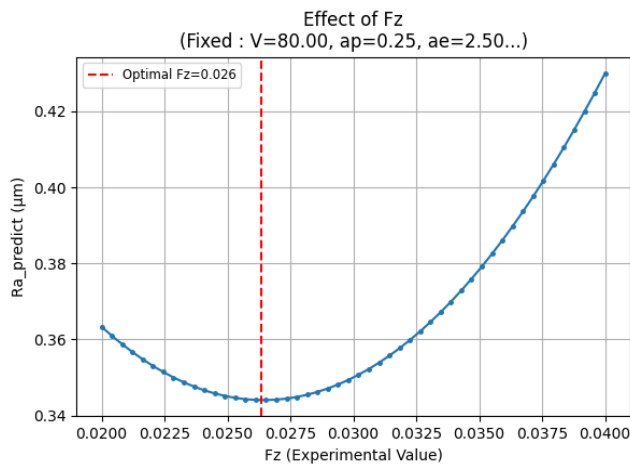


Figure 8. Effect of F_z on R_a

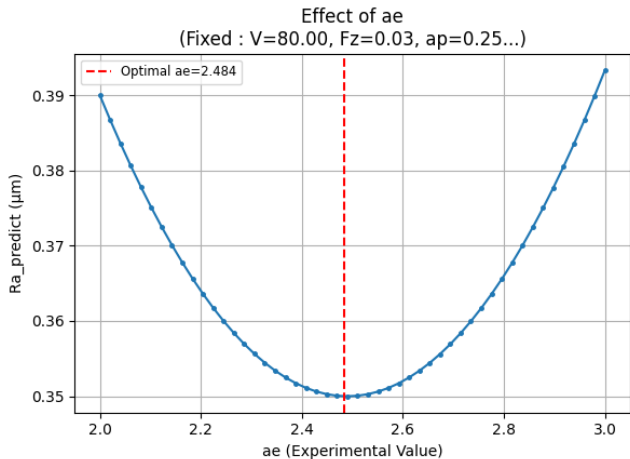


Figure 9. Effect of a_p on R_a

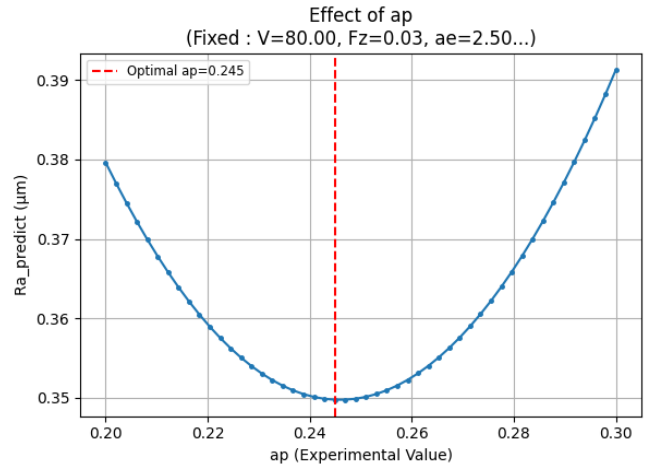


Figure 10. Effect of a_e on R_a

Extracted from [10], the quantification of the influence of cutting mode parameters on R_a is ranked from highest to lowest as follows:

F_z : Range of variation $R_a \approx 0,0859$ (μm), corresponding to 38%.

V : Range of variation $R_a \approx 0,0554$ (μm), corresponding to 24.5%.

a_e : Range of variation $R_a \approx 0,0433$ (μm), corresponding to 19.2%.

a_p : Range of variation $R_a \approx 0,0415$ (μm), corresponding to 18.4%.

Using the NumPy library in combination with the minimize function from the optimize module of SciPy [9], the numerical optimization of the regression equation (4) was performed. A Python program (Appendix 2) was developed to calculate the set of parameters (V , F_z , a_p , a_e) for a given R_a to ensure surface roughness meets machining requirements, with the program's constraints based on [10] for the Xmill-M900 CNC milling machine: $V = 7,85 \div 1979,2$ m/min, $F_z = 0,01 \div 0,25$ (mm/tooth), $a_p = 0,01d \div 1d$ (mm), $a_e = 0,02d \div 0,75d$ (mm).

4.3. Discussion of results

Surface roughness in milling is a complex parameter influenced by the interaction of multiple cutting mode parameters. This study simultaneously investigates four key parameters: cutting speed (V), feed per tooth (F_z), depth of cut (a_p) and width of cut (a_e) to comprehensively evaluate their effects.

Quantitative analysis results indicate that feed per tooth (F_z) is the dominant factor affecting surface roughness when milling S136 steel, accounting for 38% of the total variation. This influence mechanism is directly related to the geometry of the cut: an increase in F_z results in larger cutting marks on the surface, leading to the formation of higher peaks and thus increasing the R_a .

roughness value. Conversely, reducing F_z minimizes the size of the cutting marks, resulting in a smoother surface. Therefore, F_z plays a decisive role in shaping the surface microtexture.

Cutting speed (V) is identified as the second most significant factor (24.5%). Although increasing V may reduce cutting forces and localized temperatures, potentially improving roughness, its influence is less dominant than that of F_z . The depth of cut (a_p) and width of cut (a_e) primarily affect cutting forces and material removal efficiency. Within the surveyed range and stable machining conditions, their direct impact on surface roughness is negligible compared to F_z and V , unless their values are large enough to induce vibration.

Compared to previous studies, the dominant role of F_z in S136 steel aligns with findings for 40Cr steel [2], but differs from studies on SKD61 steel [1] (where spindle speed, related to V , had a greater impact) or AISI H13 steel [3] (which also emphasized F_z but within a different optimized parameter set). These differences can be attributed to the specific material properties of S136 stainless steel (high hardness post-heat treatment) and the particular machining conditions. Additionally, the simultaneous analysis of all four parameters in this study provides a more comprehensive assessment of their interactions compared to prior research, which often focused on only two or three parameters.

The results underscore the critical importance of controlling F_z as a key factor in achieving the desired surface roughness when milling S136 steel. Optimal adjustment of F_z , combined with rational selection of V , a_p and a_e , is essential to ensure surface quality and overall machining efficiency.

By fixing the random variable ξ , a set of cutting mode parameters dependent on the required roughness can be extracted for machining S136 stainless steel under the given conditions (as per the Python program in Appendix II).

5. CONCLUSION

This study successfully developed a second-order regression equation (4) to model the relationship between cutting mode parameters and surface roughness in CNC milling of S136 steel. Quantitative analysis revealed that feed per tooth (F_z) is the predominant factor influencing surface roughness, contributing 38%. Cutting speed (V) and depth of cut (a_p) also exhibit notable effects, though to a lesser extent, while the impact of width of cut (a_e) is minimal.

These findings provide a scientific basis for optimizing the machining process. Specifically, the regression equation (4) and the influence evaluation charts

(Figures 7+10) serve as technical tools for support. Using these tools, operators can predict and select an appropriate combination of cutting mode parameters (particularly F_z and V) to achieve the required surface roughness for S136 steel components, significantly reducing the time and cost of experimental trials.

The practical significance of this research is particularly evident in the field of mold manufacturing, where S136 steel is widely used and high surface quality is critical to ensuring the functionality and longevity of mold products.

REFERENCES

- [1]. Nguyễn Văn Thiện, Hoàng Tiến Dũng, Đỗ Đức Trung, Lại Văn Thuyền (2018), *Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi gia công thép SKD61 trên máy phay CNC*, Tạp chí Khoa học & Công nghệ, Đại học Công nghiệp Hà Nội - Số 47 (8/2018): 48-51.
- [2]. Nguyễn Huy Kiên, Phạm Văn Đông, Phạm Văn Bổng, Trần Văn Địch (2014), *Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi gia công trên máy phay CNC*, Tạp chí Khoa học & Công nghệ, Số 22.
- [3]. Anmol Kumar and M K Paswan¹ (2013), *Optimization of cutting parameters of aisi h13 with multiple performance characteristics*, ISSN 2278 - 0149 Vol. 2, No. 3, July.
- [4]. <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=c40d1dc6431c4e8695d7319f959f-de94>.
- [5]. NS TOOL ENDMILL CATALOG Vol. 20 2022.11.
- [6]. Montgomery, Douglas C (2013), *Design and Analysis of Experiments*, Arizona State University.
- [7]. Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., & Duchesnay, E. (2011), *Scikit-learn: Machine Learning in Python. Journal of Machine Learning Research*, 12(Oct), 2825-2830.
- [8]. Hunter, J. D (2007), *Matplotlib: A 2D graphics environment*, Computing in Science & Engineering, 9(3), 90-95. DOI: 10.1109/MCSE.2007.55.

- [9]. Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., Burovski, E., Peterson, P., Weckesser, W., Bright, J., van der Walt, S. J., Brett, M., Wilson, J., Millman, K. J., Mayorov, N., Nelson, A. R. J., Jones, E., Kern, R., Larson, E.,... & SciPy 1.0 Contributors (2020), *SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python*, Nature Methods, 17(3), 261-272.
- [10]. Fanuc Series-oi MC Operation's Manual, 2017

THÔNG TIN TÁC GIẢ

Mạc Thị Nguyên*, Đào Văn Kiên

**Tác giả liên hệ: nguyenmac thi@gmail.com*

Trường Đại học Sao Đỏ.

APPENDIX

Appendix I: Python Program Verified for Legality and Stored as Follows: GPG key ID: B5690EEEEBB952194

<https://github.com/giangmac/M-C-V-N-GIANG--I-H-C-SAO-/blob/main/88.05.02.py>

Appendix II: Python Program Verified for Legality and Stored as Follows: GPG key ID: B5690EEEEBB952194

<https://github.com/giangmac/M-C-V-N-GIANG--I-H-C-SAO-/blob/main/88.05.02-opt.py>

THẺ LỆ GỬI BÀI

TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ (P. ISSN 1859-4190, E. ISSN 2815-553X), thường xuyên công bố kết quả, công trình nghiên cứu khoa học và công nghệ của các nhà khoa học, cán bộ, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, sinh viên ở trong và ngoài nước.

1. Tạp chí xuất bản 01 số/quý bằng hai ngôn ngữ tiếng Việt và tiếng Anh. Tạp chí nhận đăng các bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực: Điện - Điện tử - Tự động hóa; Cơ khí - Động lực; Kinh tế; Triết học - Xã hội học - Chính trị học; Các lĩnh vực khác gồm: Công nghệ thông tin; Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Ngôn ngữ học; Toán học; Vật lý; Văn hóa - Nghệ thuật - Thể dục thể thao...
2. Bài nhận đăng là những công trình nghiên cứu khoa học chưa công bố trong bất kỳ ấn phẩm khoa học nào.
3. Tòa soạn chỉ nhận bài báo gửi online trên website <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>. Bài báo gửi về tòa soạn dưới dạng file điện tử (*.doc *.docx và *.pdf); cuối bài báo, tác giả ghi rõ thông tin địa chỉ liên hệ, số điện thoại, email và cập nhật thông tin trên website. Bài báo phải được trình bày đúng định dạng, rõ ràng; Trường hợp bài báo phải chỉnh sửa theo thể lệ hoặc theo yêu cầu của Phản biện thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phản biện sẽ do tòa soạn mời. Tòa soạn không gửi lại bài nếu không được đăng.
4. Các công trình thuộc đề tài nghiên cứu có Cơ quan quản lý cần kèm theo giấy phép cho công bố của cơ quan (Tên đề tài, mã số, tên chủ nhiệm đề tài, cấp quản lý,...).
5. Tên bài báo trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 14, in đậm, căn giữa.
6. Tên tác giả (không ghi học hàm, học vị), font Arial, cỡ chữ 10, in đậm, căn lề phải; cơ quan công tác của các tác giả, font Arial, cỡ chữ 9, in nghiêng, căn lề phải.
7. Chữ "Tóm tắt" in đậm, font Arial, cỡ chữ 10; Nội dung tóm tắt của bài báo không quá 10 dòng, trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 10, in thường.
8. Chữ "Từ khóa" in đậm, nghiêng, font Arial, cỡ chữ 10; Có từ 03÷05 từ khóa, font Arial, cỡ chữ 10, in nghiêng, ngăn cách nhau bởi dấu chấm phẩy, cuối cùng là dấu chấm.
9. Nội dung bài báo viết bằng tiếng Việt hoặc tiếng Anh; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Việt: Tiêu đề tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Tóm tắt tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Từ khóa tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Anh: Tiêu đề tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Tóm tắt tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Từ khóa tiếng Anh trước, tiếng Việt sau.
10. Bài báo được đánh máy trên khổ giấy A4 (21 × 29,7cm) có độ dài không quá 8 trang, font Arial, cỡ chữ 10, giãn dòng At least 12pt, Before 3pt, After 3pt; căn lề trên 2.5cm, dưới 2.5cm, trái 3cm, phải 2cm; hình vẽ phải rõ ràng, đủ nét và được định dạng dưới dạng file ảnh (*.jpg); Phương trình, công thức phải soạn thảo bằng Mathtype hoặc Equation; Phần nội dung bài báo được chia thành 02 cột, khoảng cách cột là 1cm; Trong trường hợp hình vẽ, hình ảnh có kích thước lớn, bảng biểu có độ rộng lớn hoặc công thức, phương trình dài thì cho phép trình bày dưới dạng 01 cột.
11. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự tài liệu được trích dẫn trong bài báo.
 - Nếu là sách/luận án: Tên tác giả (năm), Tên sách/luận án/luận văn, Nhà xuất bản/Trường/Viện, lần xuất bản/tái bản.
 - Nếu là bài báo/báo cáo khoa học: Tên tác giả (năm), Tên bài báo/báo cáo, Tạp chí/Hội nghị/Hội thảo, Tập/Kỷ yếu, số, trang.
 - Nếu là trang web: Phải trích dẫn đầy đủ tên website và đường link, ngày cập nhật.
12. Định dạng mẫu bài báo tham khảo tại địa chỉ http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format_paper
Bài báo sau khi xuất bản sẽ được công bố trên <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>.

THÔNG TIN LIÊN HỆ:

Ban Biên tập Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ

Phòng 203, Tầng 2, Nhà B1, Trường Đại học Sao Đỏ.

Địa chỉ: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>

Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ, Số 3 (91) 2025



BỘ CÔNG THƯƠNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Địa chỉ:

- **Số 1:** Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Số 2:** Số 72, đường Nguyễn Thái Học, quốc lộ 37, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Điện thoại:** (0220) 3882 269 **Fax:** (0220) 3882 921 **Website:** <http://saodo.edu.vn> **Email:** info@saodo.edu.vn

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

Số 3 (91)
2025

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ

Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>/Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.