

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG THÔNG SỐ HÌNH HỌC CỦA DAO TIỆN TRỤ NGOÀI BẰNG THÉP GIÓ ĐẾN KHẢ NĂNG CẮT GỌT

RESEARCH ON THE EFFECT OF GEOMETRIC PARAMETERS OF HIGH SPEED STEEL EXTERNAL CYLINDRICAL TURNING TOOLS ON CUTTING ABILITY

Trần Quốc Nhiệm¹, Lê Xuân Long²

¹Khoa Cơ khí Chế tạo máy, Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

²Khoa Cơ khí Chế tạo máy, Trường Cao đẳng Công nghệ Thủ Đức Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Quá trình cắt gọt kim loại là quá trình con người sử dụng các dạng năng lượng và dụng cụ cắt để cắt bỏ lớp kim loại thừa ra khỏi chi tiết, nhằm đạt được những yêu cầu cho trước về hình dáng, kích thước, vị trí tương quan giữa các bề mặt và chất lượng bề mặt của chi tiết. Vì vậy dụng cụ cắt đóng một vai trò rất quan trọng trong quá trình cắt gọt. Chẳng hạn như trong quá trình tiện, để góp phần tăng khả năng cắt gọt, hay tăng năng suất cắt thì cần chú ý một trong những yếu tố quan trọng đó là các thông số hình học của dao tiện. Mục tiêu chính của bài báo này là lựa chọn thông số hình học của dao vai tiện trụ ngoài tốt nhất khi tiện phôi thép C45 với dao tiện trụ thép gió M2, dùng phần mềm Ansys 18.2 để phân tích ứng suất thực nghiệm, và phương pháp Taguchi để tối ưu hóa góc độ dao tiện. Thực nghiệm kết hợp với phương pháp Taguchi cho thấy dao vai tiện trụ ngoài có góc $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 7^\circ$, $\alpha_1 = 5^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$ cho khả năng cắt tốt nhất.

Từ khóa: Thông số hình học dao tiện; Tối ưu hóa; Phương pháp Taguchi.

ABSTRACT

The metal cutting process is the process in which humans use various types of energy and cutting tools to cut the metal layer from the part, achieving given requirements for shape, size, and relative position between the parts. surfaces and surface quality of parts. Therefore, cutting tools play a very important role in the cutting process. Nutrients such as in the utility process, to contribute to enhancing cutting ability, or enhancing cutting capacity, need to pay attention to one of the important factors which is the geometrical quantity of the utility knife. The main goal of this article is to select the best number of parameters for external cylindrical turning shoulder tools when turning C45 steel with M2 high-speed steel cylindrical tools, using Ansys 18.2 software to analyze experimental applications, and methods. Taguchi method to optimize the convenience angle. Experiments combined with the Taguchi method show that the external utility shoulder knife has an angle of $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 7^\circ$, $\alpha_1 = 5^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$ for the best cutting ability.

Keywords: Turning learning parameters; Optimization; Taguchi method.

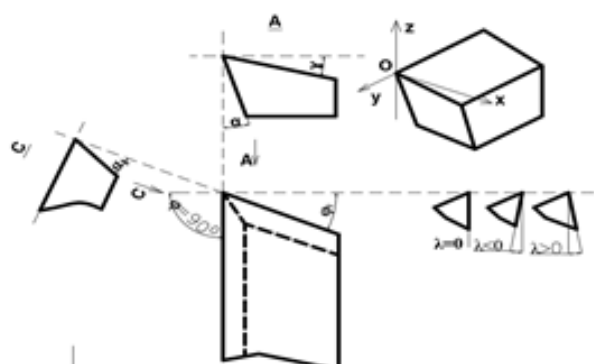
1. TỔNG QUAN

Dao tiện là dụng cụ cắt gọt không thể thiếu trong quá trình gia công tiện trong lĩnh vực cơ khí chế tạo. Dao tiện nhằm mục đích bóc tách lớp phoi thừa ra khỏi bề mặt chi tiết để đạt được kích thước, độ bóng, hình dáng hình học, vị trí tương quan giữa các bề mặt như mong muốn. Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của ngành cơ khí chế tạo, đòi hỏi năng suất cắt gọt ngày càng cao, cũng như tuổi thọ dao cắt đòi hỏi ngày càng nâng cao. Chính vì lẽ đó, ngày nay rất nhiều công ty nghiên cứu về lĩnh vực dao cắt nhằm đi tìm vật liệu cắt, cũng như góc độ dao cắt nhằm làm tăng khả năng cắt gọt, tăng bền dao cắt. Vì vậy để tăng khả năng cắt gọt của dao ngoài việc phụ thuộc vào các yếu tố như vật liệu dao, chế độ cắt, điều kiện cắt, máy công cụ, đồ gá... còn phụ thuộc vào yếu tố quan trọng đó chính là thông số hình học dao cắt. Việc lựa chọn thông số hình học dao tiện một cách hợp lý sẽ góp phần tăng khả năng cắt gọt của dao, đồng thời giúp dao bền lâu hơn. Do đó phương pháp phân tích ứng suất bóc tách phoi thực nghiệm cũng có thể được sử dụng để nghiên cứu ứng suất.

Trong quá trình làm việc dao cắt tạo ra một lực rất lớn để bóc tách phoi, lực này phải lớn hơn lực liên kết giữa các phần tử bên trong chi tiết, hay nói cách khác tạo ra ứng suất bóc tách phoi. Ứng suất này sẽ ảnh hưởng đến khả năng bóc tách phoi của dao cắt cũng như ảnh hưởng đến tuổi thọ của dao.

Do đó việc xác định giá trị ứng suất sinh ra trong quá trình tiện, khi ta thay đổi thông số hình học của dao là rất quan trọng. Trong nghiên cứu này chúng tôi phân tích ứng suất ở trạng thái động ứng với các góc độ khác nhau của dao tiện trụ ngoài từ đó làm cơ sở đánh giá so sánh, lựa chọn các góc của dao tiện để tăng

khả năng cắt gọt của dao tiện.



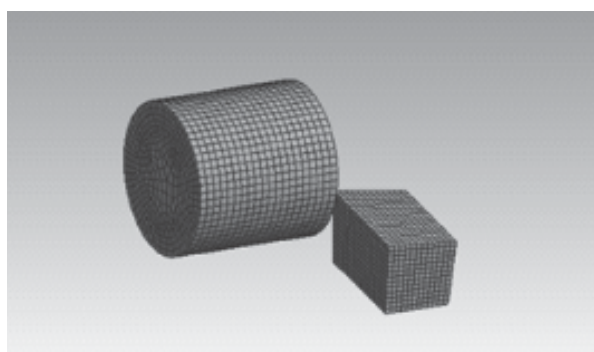
Hình 1. Các góc độ chính khi mài hình thành phần cắt dao vai tiện trụ ngoài.

2. ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP TAGUCHI TRONG TỐI ƯU GÓC CẮT KHI TIỆN

2.1. Ứng suất thực nghiệm

2.1.1. Mô hình thực nghiệm

Mô hình được vẽ bởi phần mềm Inventor 2020 với phôi thép C45, đường kính phôi $\Phi 40$, dao tiện thép gió với diện tích mặt cắt ngang (10×10) mm² và sau đó được xuất sang phần mềm Ansys 18.2 để phân tích, tính toán.

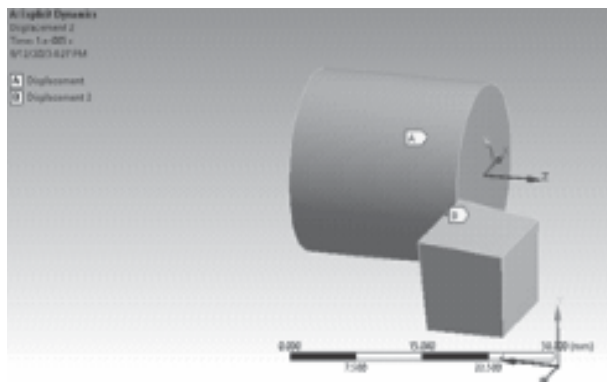


Hình 2. Mô hình chia lưới phần tử.

2.1.2. Điều kiện thực nghiệm

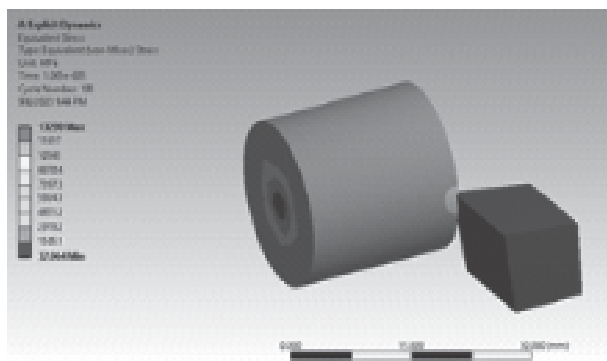
Quá trình tiện trụ ngoài được phân tích ở trạng thái động điều kiện cắt khô, hệ số ma

sát giữa dao và phôi 0,41, chiều sâu cắt 1 mm, góc quay phôi 95° , chiều dài cắt 4 mm, xem hình 3.

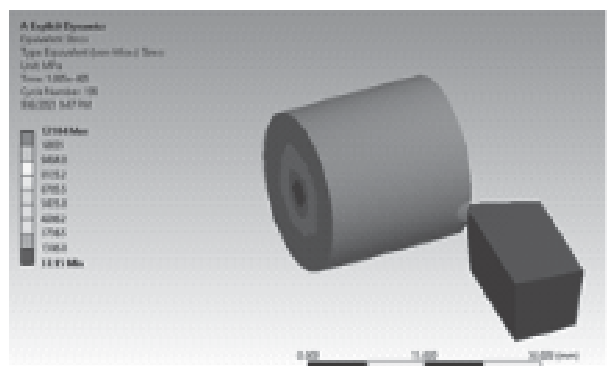


Hình 3. Mô hình điều kiện biên

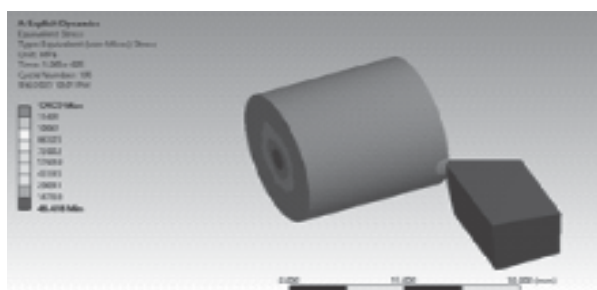
2.1.3. Kết quả mô phỏng ứng suất thực nghiệm



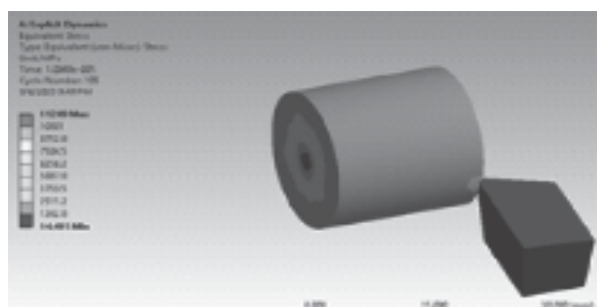
Hình 4. Ứng suất khi $\gamma = 5^\circ$, $\alpha = 5^\circ$, $\alpha_l = 5^\circ$, $\varphi_l = 8^\circ$



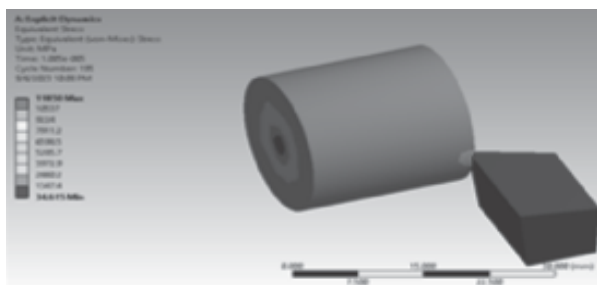
Hình 5. Ứng suất khi $\gamma = 5^\circ$, $\alpha = 7^\circ$, $\alpha_l = 10^\circ$, $\varphi_l = 12^\circ$



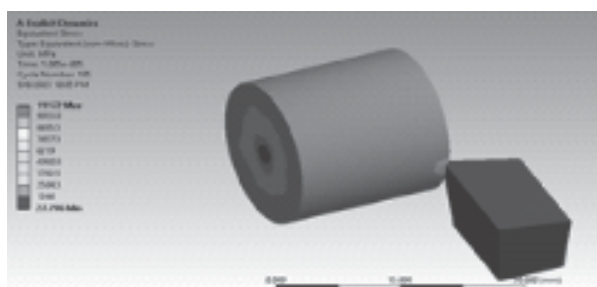
Hình 6. Ứng suất khi $\gamma = 5^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\alpha_l = 15^\circ$, $\varphi_l = 15^\circ$



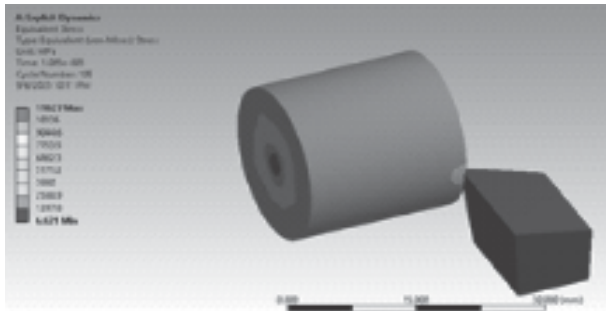
Hình 7. Ứng suất khi $\gamma = 9^\circ$, $\alpha = 5^\circ$, $\alpha_l = 10^\circ$, $\varphi_l = 15^\circ$



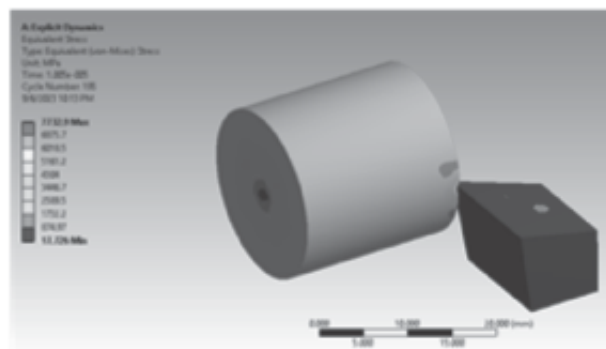
Hình 8. Ứng suất khi $\gamma = 9^\circ$, $\alpha = 7^\circ$, $\alpha_l = 15^\circ$, $\varphi_l = 8^\circ$



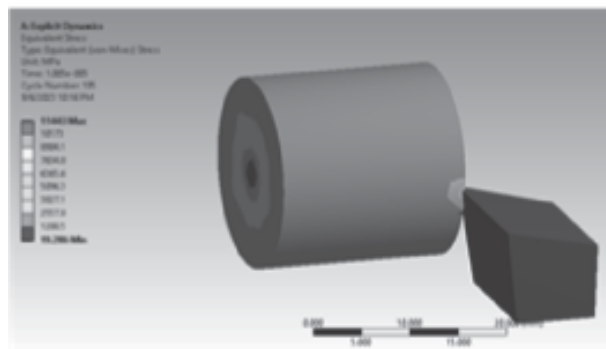
Hình 9: Ứng suất khi $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\alpha_l = 10^\circ$, $\varphi_l = 8^\circ$



Hình 10. Ứng suất khi $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 5^\circ$, $\alpha_1 = 15^\circ$, $\varphi_1 = 12^\circ$



Hình 11. Ứng suất khi $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 7^\circ$, $\alpha_1 = 5^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$



Hình 12. Ứng suất khi $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\alpha_1 = 10^\circ$, $\varphi_1 = 8^\circ$

Nhận xét: Trong 09 trường hợp ứng suất khác nhau với các góc độ dao khác nhau, với trường hợp ứng suất sinh ra nhỏ nhất gần bằng 7733 Mpa khi góc độ dao $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 7^\circ$, $\alpha_1 = 5^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$ (xem hình 11), khi đó dao vai tiện trụ ngoài có khả năng cắt tốt nhất.

2.2. Ứng dụng Taguchi

Giải bài toán tối ưu góc độ dao cắt khi tiện dùng phương pháp Taguchi với các điều kiện và thông số đầu vào vật liệu phôi cắt thép C45, vật liệu dao tiện thép gió M2. Yêu cầu khảo sát ảnh hưởng của thông số hình học của dao vai tiện trụ ngoài (γ , α , α_1 , φ_1), với góc nghiêng chính $\varphi = 90^\circ$, góc nâng $\lambda = 0^\circ$. Khoảng giá trị góc độ dao cắt như sau [1]: góc trước chính $\gamma = (5 \div 12^\circ)$, góc sau chính $\alpha = (5 \div 8^\circ)$, góc sau phụ $\alpha_1 = (5 \div 15^\circ)$, góc nghiêng phụ $\varphi_1 = (8 \div 15^\circ)$; bán kính mũi dao $r \approx 0$. Giá trị đầu ra là ứng suất bóc tách phoi, giá trị càng nhỏ càng tốt. Ứng suất thực nghiệm được xác định ở trạng thái động (phân tích động lực học), với chiều sâu cắt 1 mm. Theo phương pháp Taguchi là giải bài toán đạt giá trị cực tiểu.

Bài toán cực tiểu:

Mục tiêu là xác định thông số góc độ cắt dao tiện để đạt tiêu chí dao cắt gọt được tốt nhất.

Bước 1: Chọn các biến độc lập và hàm mục tiêu. Có 04 biến độc lập là góc trước chính (γ), góc sau chính (α), góc sau phụ (α_1), góc nghiêng phụ (φ_1). Mục tiêu tối ưu đầu ra là ứng suất (P).

Bước 2: Phân chia các khoảng với khoảng biến thiên đã cho, các biến thành phần được chia làm 03 khoảng cho trong bảng 1.

Bảng 1. Giá trị mức biến đổi các góc của dao tiện

Ký hiệu	Tham số	Mức 1	Mức 2	Mức 3
A	γ	5	9	12
B	α	5	7	8
C	α_1	5	10	15
D	φ_1	8	12	15



Bước 3: Tạo dạng ma trận quy hoạch thực nghiệm.

Kích thước của ma trận phụ thuộc vào số nhân tố và số mức giá trị. Trong trường hợp này với 4 yếu tố, mỗi yếu tố có 3 mức, bảng ma trận trực giao có cấu trúc L9, xem bảng 2. Cột P (Mpa) thêm vào đại diện cho ứng suất được xác định ở bước 4.

Bảng 2. Bảng ma trận trực giao thực nghiệm ứng suất tác động lên phoi.

N	γ	α	α_1	ϕ_1	P (Mpa)
1	1	1	1	1	13290
2	1	2	2	2	12184
3	1	3	3	3	11249
4	2	1	2	3	12922
5	2	2	3	1	11172
6	2	3	1	2	11850
7	3	1	3	2	11627
8	3	2	1	3	7733
9	3	3	2	1	11443

Bước 4: Tiến hành thực nghiệm.

Tiến hành 9 thực nghiệm với các yếu tố theo từng mức. Ví dụ, thực nghiệm số 1, góc $\gamma = 5^\circ$, $\alpha = 5^\circ$, $\alpha_1 = 5^\circ$, $\phi_1 = 8^\circ$. Ứng suất P thu được 13290 Mpa. Kết quả của P được ghi ở cột cuối cùng bảng 2.

Bảng 3. Bảng kết quả thực nghiệm và xử lý kết quả theo Taguchi

N	γ	α	α_1	ϕ_1	P (Mpa)	Tỉ số S/N
1	5	5	5	8	13290	-82,47
2	5	7	10	12	12184	-81,716
3	5	8	15	15	11249	-81,022
4	9	5	10	15	12922	-82,227
5	9	7	15	8	11172	-80,963
6	9	8	5	12	11850	-81,474
7	12	5	15	12	11627	-81,309
8	12	7	5	15	7733	-77,767
9	12	8	10	8	11443	-81,171

Bước 5: Phân tích số liệu dựa trên tỉ số S/N và xác định các góc tối ưu của dao tiện.

Với bài toán cực tiểu giá trị S/N được tính theo công thức sau:

$$S/N = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (1)$$

n – Số lần lặp lại thí nghiệm (n = 1);
 y_i – Giá trị đo ứng suất của thí nghiệm thứ i ($y = P$).

Từ đó ta có:

$$S/N = -20 \log_{10}(P) \quad (2)$$

Áp dụng công thức (2) với từng thực nghiệm ứng với giá trị P (Mpa) ta xác định được tỉ số S/N ghi trong bảng 3.

Sử dụng phương pháp phân tích phương sai ANOVA để đánh giá các thông số nghiên cứu ta thu được kết quả như trong bảng 4.

Bảng 4. Phân tích S/N và phương sai ANOVA

	γ	α	α_1	ϕ_1	Góc tối ưu
1	-81.73	-82.00	-80.57	-81.53	$\gamma 3 \alpha 2 \alpha_1 1 \phi_1 3$ $\gamma = 12^\circ$ $\alpha = 7^\circ$ $\alpha_1 = 5^\circ$ $\phi_1 = 15^\circ$
2	-81.55	-80.14	-81.70	-81.50	
3	-80.08	-81.22	-81.09	-80.33	
Mean (m)	-81.12	-81.12	-81.12	-81.12	
Max	-80.08	-80.14	-80.57	-80.33	
Max-m	1.042	0.976	0.554	0.786	
% ảnh hưởng	31.03	29.06	16.49	23.40	

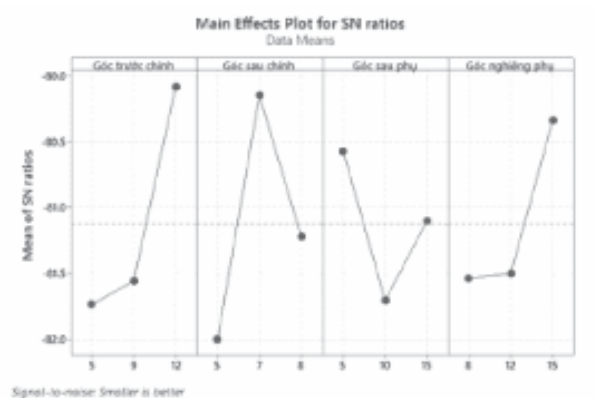
Trên cơ sở các kết quả nhận được, xây dựng đồ thị đánh giá mức độ ảnh hưởng riêng rẽ của các thông số công nghệ, phân tích S/N trên phần mềm Minitab xem Hình 13, Hình 14. Từ bảng phân tích ANOVA có thể thấy rằng phương án tối ưu sẽ là phương án với mức biến đổi của các yếu tố có tỉ số S/N trung bình là lớn nhất. Đó là phương án với bộ tham số $\gamma 3 \alpha 2 \alpha_1 1 \phi_1 3$, ứng với các thông số sau: $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 7^\circ$, $\alpha_1 = 5^\circ$, $\phi_1 = 15^\circ$.

Khi đó giá trị trung bình tỷ số S/N của phương án tối ưu sẽ là:

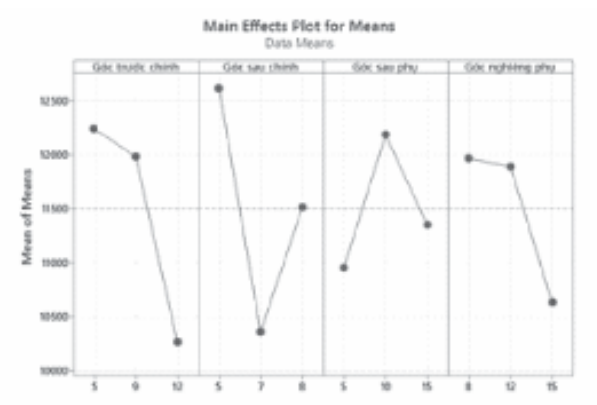
$$\begin{aligned} \eta_{\text{opt}} &= (S/N)_{\text{tu}} = m + (\eta_{1\text{max}} - m) + (\eta_{2\text{max}} - m) + \\ &+ (\eta_{3\text{max}} - m) + (\eta_{4\text{max}} - m) \\ \eta_{\text{opt}} &= \eta_{1\text{max}} + \eta_{2\text{max}} + \eta_{3\text{max}} + \eta_{4\text{max}} - 3.m \\ \eta_{\text{opt}} &= -80,08 - 80,14 - 80,57 - 80,33 - 3.(-81,12) \\ &= -77,76 \end{aligned}$$

Ứng suất nhỏ nhất đạt được là:

$$P_{\min} = 10 - \frac{\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{tu}}}{20} = 10^{3,888} = 7733 \text{ Mpa.}$$



Hình 13. Phân tích S/N trên phần mềm Minitab



Hình 14. Ảnh hưởng các yếu tố đến ứng suất (khả năng cắt gọt của dao tiện)

3. KẾT LUẬN

- Từ bảng phân tích ANOVA và hình 13, hình 14 ta thấy mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến ứng suất đầu ra theo tỉ lệ như sau: Góc trước chính γ (31,03%), góc sau chính α (29,06%), góc sau phụ α_1 (16,49%), góc nghiêng phụ φ_1 (23,40%).

- Phương án tối ưu để dao vai tiện trụ ngoài có thể cắt tốt hay nói cách khác là ứng suất sinh ra nhỏ nhất là khi: $\gamma = 12^\circ$, $\alpha = 7^\circ$, $\alpha_1 = 5^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$. Khi đó ứng suất nhỏ nhất có thể nhận được là $P = 7733$ Mpa.

Ngày nhận bài: **05/9/2023**

Ngày phản biện: **26/9/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Chí Bảo, Nguyễn Hùng Cường, Lê Thế Hưng, Hoàng Văn Nam, Ngô Minh Nhật, Nguyễn Nhật Tân, Hoàng Xuân Thịnh. *Thực hành cắt gọt kim loại trên máy tiện và máy phay*, NXB. Giáo dục Việt Nam, 2009.
- [2]. PGS,TS. Nguyễn Hữu Lộc. *Giáo trình quy hoạch và phân tích thực nghiệm*, NXB. Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh, 2021.
- [3]. TS. Trần Văn Khiêm; “*Phương pháp Taguchi và ứng dụng trong tối ưu hóa chế độ cắt*”, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Nam Định, 2017.
- [4]. Lại Đăng Giang, Nguyễn Thị Thu; “*Ứng dụng phương pháp Taguchi nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số công nghệ đến bán kính đáy sản phẩm khi dập thủy tĩnh*”, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, 2018.
- [5]. GS,TSKH. Nguyễn Minh Tuyển. *Quy hoạch thực nghiệm*, NXB Xây dựng, 2021.
- [6]. Lê Xuân Long; “*Nguyên lý cắt*”, Trường Cao đẳng Công nghệ Thủ Đức, 2016.
- [7]. Phillip J. Ross. *Taguchi techniques for quality Engineering*, McGraw-Hill Professional, 2nd edition, 1995.
- [8]. Sharma, Kapil and Mahto, Dalgobind and Sen, S. S. *In Metal Turning*, Influence of Rake Angle on Cutting Tool Life, India, 2013.