

# Lựa chọn bộ thông số hình học hợp lý của mảnh dao hợp kim cứng chế tạo tại Việt nam theo chỉ tiêu nhám bề mặt và độ chính xác kích thước khi tiện công tua thép không gỉ SUS304

Selecting the Appropriate Geometrical Parameters of made in Viet Nam Carbide Insert for Best Roughness and Dimensional Accuracy during Contour Turning of SUS304 Stainless Steel

Bùi Ngọc Tuyên<sup>1\*</sup>, Nguyễn Chí Công<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa Hà Nội - Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

<sup>2</sup>Công ty TNHH MTV Hóa chất 21 - Thị xã Phú Thọ, tỉnh Phú Thọ

Đến Tòa soạn: 22-11-2016; chấp nhận đăng: 28-02-2017

## Tóm tắt

Bài báo trình bày một nghiên cứu thực nghiệm, lựa chọn hợp lý các thông số hình dạng hình học mảnh dao hợp kim cứng chế tạo tại Việt Nam (bán kính mũi dao  $r$ , góc trước  $\gamma$ , góc sau  $\alpha$ , góc nâng  $\lambda$ ...), để đảm bảo độ nhám bề mặt và độ chính xác kích thước hình học khi tiện chi tiết thép không gỉ SUS304 có biên dạng cong lồi trên máy tiện CNC. Phương pháp thiết kế thực nghiệm Taguchi và phân tích phương sai (ANOVA) được sử dụng, nhằm đánh giá mức độ ảnh hưởng của các thông số hình học dụng cụ cắt đến hai chỉ tiêu này. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Đối với độ nhám bề mặt, và độ chính xác kích thước (đánh giá bằng sai lệch đường kính gia công so với thiết kế  $\Delta D$ ) góc trước  $\gamma$  có mức độ ảnh hưởng lớn nhất, tiếp đến là bán kính mũi dao  $r$ , góc sau  $\alpha$  và cuối cùng là góc nâng  $\lambda$ . Qua phân tích, thảo luận kết quả thực nghiệm, nghiên cứu cũng chỉ ra được bộ thông số hình dạng hình học mảnh dao hợp kim cứng phù hợp, nhằm đạt được đồng thời cả hai chỉ tiêu độ nhám bề mặt và độ chính xác kích thước như sau: Góc trước  $\gamma$  ( $-5^\circ$ ), góc sau  $\alpha$  ( $12^\circ$ ), bán kính mũi dao  $r$  ( $0,4\text{mm}$ ), góc nâng  $\lambda$  ( $-6^\circ$ ), góc nghiêng chính  $\varphi$  ( $93^\circ$ ), góc mũi dao  $\varepsilon$  ( $35^\circ$ ).

Từ khóa: Thép không gỉ, Độ nhám bề mặt ( $R_a$ ), Tỷ số S/N, Phân tích phương sai (ANOVA).

## Abstract

This paper presents an experimental study for selecting the appropriate geometrical parameters such as nose radius  $r$ , rake angle  $\gamma$ , relief angle  $\alpha$ , elevation angle  $\lambda$  ... of carbide insert, which is made in Viet nam, to ensure best surface roughness and dimensional accuracy contour turning SUS304 stainless steel with convex curved profile on the CNC lathe. Method of experimental design and analysis of variance such as Taguchi and ANOVA were used to assess the influence level of the geometric parameters of cutting tools on the two targets. The study results shows that for the surface roughness and the dimensional accuracy, assessed by the deviation of the machining diameter compared with the design diameter  $\Delta D$ , the rake angle  $\gamma$  have the the greatest influence level, Followed by, the contribution percentages for the nose radius  $r$ , the relief angle  $\alpha$ , the elevation angle  $\lambda$ . By analysis and discussion on the experimental results, the study also finds out the optimized parameters to achieve the best surface roughness and dimensional accuracy simultaneously as follows: the rake angle  $\gamma$  ( $-5^\circ$ ), the relief angle  $\alpha$  ( $12^\circ$ ), the nose radius  $r$  ( $0.4\text{ mm}$ ), the elevation angle  $\lambda$  ( $-6^\circ$ ), the cutting edge angle  $\varphi$  ( $93^\circ$ ), the nose angle  $\varepsilon$  ( $35^\circ$ ).

Keywords: Stainless steel, Surface roughness ( $R_a$ ), Signal to Noise (S/N), Analysis of variance (ANOVA).

## 1. Đặt vấn đề

Chất lượng gia công là một chỉ tiêu quan trọng trong ngành chế tạo máy. Hai tiêu chí quan trọng để đánh giá chất lượng gia công là độ nhám bề mặt và độ chính xác kích thước [1]. Bởi lẽ, độ nhám bề mặt ảnh hưởng trực tiếp đến ma sát, mài mòn và độ bền mỏi bề mặt chi tiết khi làm việc. Ngoài ra, khi độ nhám tăng làm tăng khả năng bị xâm thực, ăn mòn phá huỷ bề mặt, các bề mặt độ nhám lớn dễ đọng tạp chất có

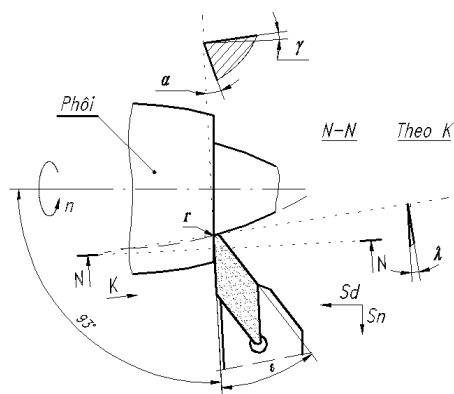
hại như axit, muối v.v... là những chất ăn mòn hoá học đối với kim loại.

Độ chính xác kích thước là đặc tính chủ yếu của chi tiết máy, quyết định tính chất lắp ráp của chi tiết, đặc biệt là những chi tiết có biên dạng phức tạp và do đó quyết định đến độ bền, tuổi thọ chi tiết máy. Độ chính xác kích thước giảm, làm giảm tính lắp ghép, tính lắp lẩn trong loạt chi tiết; làm tăng nguyên công, vật tư, dụng cụ xử lý lại kích thước sai hỏng [3].

Một trong nhóm những yếu tố ảnh hưởng mạnh mẽ và trực tiếp đến độ nhám và độ chính xác kích thước, đó là các thông số hình học phân cắt của dụng

\* Địa chỉ liên hệ: Tel: (+84) 904180428  
Email: tuyen.buingoc@hust.edu.vn

cụ gia công [1-5]. Thông số cơ bản hình học dao cắt trình bày trong Hình 1.



**Hình 1.** Thông số hình học cơ bản phần cắt của dao tiện CNC:  $\gamma$ - Góc trước, phụ;  $\alpha$ - Góc sau chính, phụ;  $\varepsilon$  - Góc mũi dao;  $\lambda$ - Góc nâng;  $r$  - Bán kính mũi dao.

Thép không gỉ (Stainless steel) nói chung và SUS304 nói riêng là những loại thép có tính dẻo dai cao, dễ cán, dập, gò nguội. Tuy nhiên, thép này khó gia công cắt gọt vì gây ra hiện tượng phoi dây, bột phoi, lẹo dao. Mặt khác, thép SUS304 thuộc nhóm thép không gỉ Austenit có hàm lượng hợp kim cao (Cr~18%, Ni~9%) khi bị biến dạng, phần lớn tổ chức austenit ở phần biến dạng chuyển thành tổ chức martensit có độ cứng, độ bền cao. Do đó, gây ra hiện tượng biến cứng bề mặt sau gia công [6-7].

Hàm lượng hợp kim cao cũng làm giảm khả năng truyền nhiệt của vật liệu, là nguyên nhân gây mài mòn, sai lệch kích thước thông số phần cắt dụng cụ. Do đó, làm giảm chất lượng bề mặt gia công, đặc biệt là giảm độ bóng, độ chính xác kích thước [6-7].

Hiện nay, để gia công thép không gỉ người ta sử dụng phổ biến vật liệu phần cắt dụng cụ bằng hợp kim cứng, thực tế đã cho thấy tính hiệu quả năng suất, chất lượng gia công được nâng lên rõ rệt [1-9].

Trong một số tài liệu chuyên ngành đã xuất bản có trình bày cơ sở lý thuyết chung về vấn đề này [1-11]. Một số bài báo, luận án tiến sĩ trong nước và nước ngoài cũng đã công bố các kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số hình học dụng cụ cắt đến độ nhám và độ chính xác kích thước thông qua các công thức hồi quy thực nghiệm thiết lập được với các trường hợp gia công cụ thể [12-21].

M. Kaladhar [16] nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt và bán kính mũi dao đến độ nhám bề mặt và năng suất cắt khi tiện CNC thép AISI 304. Nghiên cứu đã chỉ ra bán kính mũi dao 0,4 mm là kết quả tối ưu, tương ứng với mức độ ảnh hưởng đến độ nhám là 28,1%..

Rahul davis [17] nghiên cứu ảnh hưởng chế độ cắt và góc trước dao cắt (ở hai mức 4° và 7°) đến độ

nhám bề mặt. Nghiên cứu đã chỉ ra góc trước 4° là kết quả tối ưu, tương ứng với mức độ ảnh hưởng đến độ nhám là 10,9 %.

L. B. Abhang [18] nghiên cứu ảnh hưởng của của chế độ cắt và bán kính mũi dao đến độ nhám bề mặt và lực cắt khi tiện thép EN31. Nghiên cứu đã chỉ ra bán kính mũi dao 0,4 mm là kết quả tối ưu để đảm bảo độ nhám bề mặt và lực cắt nhỏ nhất.

Miroslav Radovanović [19] nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt và bán kính mũi dao đến độ nhám bề mặt. Kết quả bán kính mũi dao 1,6 mm là mức giá trị tối ưu.

Lungu. N [20] nghiên cứu ảnh hưởng của bán kính mũi dao, góc trước, góc sau phần lưỡi cắt đến nhiệt độ và lực cắt. Kết quả chỉ ra bán kính mũi dao 0,4 mm, góc trước 8° và góc sau 12° là giá trị tối ưu.

T. Tamizharasan [21] nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt, góc sau và bán kính mũi dao đến lực và nhiệt cắt. Kết quả chỉ ra bán kính mũi dao 0,8 mm, góc sau 3° là mức giá trị tối ưu.

Trong bài báo này, tác giả đã đi sâu nghiên cứu lựa chọn tối ưu hoá thông số hình học mảnh dao hợp kim cứng chế tạo tại Việt Nam (Góc trước  $\gamma$ , góc sau  $\alpha$ , bán kính mũi dao  $r$ , góc nâng  $\lambda$ , góc nghiêng chính  $\varphi$ , góc mũi dao  $\varepsilon$ ), để đảm bảo độ nhám, độ chính xác kích thước, khi tiện CNC chi tiết thép SUS304 có biên dạng trụ cong lõi. Máy tiện CNC PLG-42, máy đo độ nhám POCKETSURF (USA), Panme điện tử Mitutoyo được sử dụng cho thực nghiệm.

Phương pháp thiết kế thí nghiệm Taguchi, phân tích phương sai ANOVA, phần mềm Minitab, Excell được sử dụng để phân tích, đánh giá kết quả thực nghiệm, đồng thời đưa ra kết quả lựa chọn bộ thông số hình học dụng cụ cắt tối ưu.

**2. Thực nghiệm**

**2.1. Vật liệu, dụng cụ, thiết bị thí nghiệm**

*Vật liệu:* Thép SUS304 (JIS G-4303-91) có cơ tính, thành phần hóa học như Bảng 1, 2.

**Bảng 1.** Cơ tính của thép SUS304

Mác thép	Cơ tính				
	Giới hạn bền kéo	Giới hạn chảy	Độ dẫn dài	Độ thắt tỷ đối	Độ cứng
	$\sigma_b \text{ min}$ (MPa)	$\sigma_c \text{ min}$ (MPa)	$\delta \text{ min}$ (%)	$\psi \text{ min}$ (%)	( $HV_{max}$ )
SUS304	520	205	40	60	≤200

**Bảng 2.** Thành phần hóa học chính của thép SUS304

Mác thép	Thành phần hóa học, (%)				
	C <sub>max</sub>	Cr	Ni	Mn <sub>max</sub>	Si <sub>max</sub>
SUS304	0,08	18÷20	8÷10,5	2,00	1,00

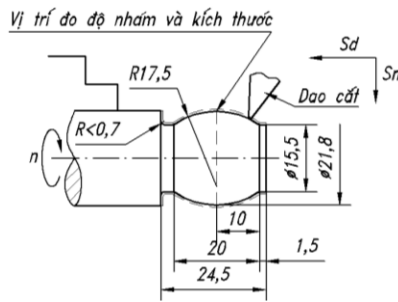
**Bảng 3.** Thành phần hóa học của TT10K8

Mác hợp kim		Thành phần hóa học, (%)			
		WC	TaC	TiC	Co
ГОСТ	ISO	82	7	3	8
TT10K8	M20				

**Bảng 4.** Cơ tính của TT10K8

Hợp kim	Cơ tính		
	Tỷ trọng, <i>d</i> (g/cm <sup>3</sup> )	Giới hạn bền uốn, $\sigma_u$ (MPa)	Độ cứng (HRA)
TT10K8	13,5÷13,8	≥1450	≥89,0

*Mẫu thí nghiệm:* Đối tượng gia công là bề mặt trụ tròn xoay, biên dạng cong lồi bằng thép SUS304 như Hình 2.



**Hình 2.** Mẫu thí nghiệm

*Dụng cụ cắt:* Mảnh dao hợp kim cứng mác TT10K8 (theo tiêu chuẩn ГОСТ 3882-74) [1,3,5,7] chế tạo tại Công ty TNHH CKHC 13, Công ty TNHH MTV HC21, Viện Công nghệ - Bộ Quốc phòng, mảnh dao được cố định trên thân dao bằng phương pháp hàn đồng, thông số hình học phần cắt được thay đổi khi thực nghiệm Hình 3. Thành phần hóa học, cơ tính hợp kim mảnh dao thể hiện trong Bảng 3, 4.



**Hình 3.** Mảnh dao hợp kim cứng dùng cho thí nghiệm

*Thiết bị:* Thí nghiệm được thực hiện trên máy tiện CNC, ký hiệu PLG-42 (Đài Loan); Hệ điều hành Mitsubishi; công suất trục chính 10KVA; Đường kính trục chính 55mm, tốc độ 100 ÷ 6000 vòng/phút, độ chính xác 0,001mm.

*Máy đo độ nhám:* Ký hiệu POCKETSURF (USA), thông số kỹ thuật trình bày trong Bảng 5.

**Bảng 5.** Thông số kỹ thuật máy POCKETSURF

TT	Tiêu chuẩn	Chỉ số
1	Dải đo	R <sub>a</sub> 0,03μm ÷ 6,35μm. R <sub>y</sub> 0,2μm ÷ 25,3μm. R <sub>max</sub> 0,2μm ÷ 25,3μm. R <sub>a</sub> 0,2μm ÷ 25,3μm.
2	Độ chính xác đo	ASME B46.1, ISO, DIN
3	Độ dài đánh giá	0.8mm; 2.4mm; 4.0mm
4	Tốc độ chuyển động	5,08m/giây

**2.2 Nghiên cứu, lựa chọn các thông số hình học mảnh dao hợp kim cứng (ở trạng thái tĩnh).**

Trên cơ sở tham khảo các tài liệu [1-12] và thực tế sản xuất tại Công ty TNHH MTV hoá chất 21, lựa chọn các thông số hình học phần cắt dụng cụ cho thực nghiệm như sau:

- Các thông số cần lựa chọn cố định để đảm bảo gia công được theo biên dạng chi tiết:

+ Chiều dày mảnh dao: Lựa chọn tiêu chuẩn hoá là δ=5<sub>-0,05</sub> mm.

+ Góc nghiêng chính φ: Với biên dạng cong phức tạp như hình 2, quá trình gia công góc nghiêng chính và phụ giữa dao và phôi thay đổi liên tục, để gia công được với một mảnh dao duy nhất, cần chọn góc φ sao cho lưỡi cắt chính cắt theo đúng biên dạng và không có hiện tượng cắt lẹm, tỷ mài các vùng không nằm trong biên dạng. Lựa chọn φ giữa lưỡi cắt chính và trục chính góc 93°, do đó, lưỡi cắt chính sẽ tạo với bề mặt vuông góc của chi tiết với trục chính một góc 3°, việc này cùng phù hợp với nguyên công xén mặt đầu chi tiết.

+ Góc mũi dao ε: Hình thành bởi lưỡi cắt chính và phụ, cần chọn góc ε sao cho lưỡi cắt phụ cắt theo đúng biên dạng và không có hiện tượng cắt lẹm, tỷ mài các vùng không nằm trong biên dạng. Lựa chọn được ε = 35°. Đối với ε = 55° cũng có thể gia công được khá tốt, tuy nhiên, qua chạy mô phỏng bằng phần mềm SSCNC và thực nghiệm cắt thử, trên bề mặt sau gia công xuất hiện cắt lẹm (Hình 4).

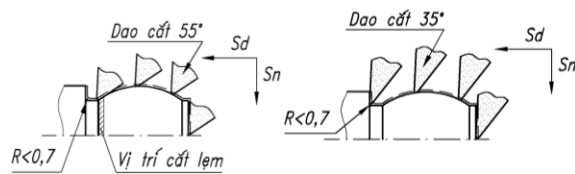
- Các thông số chính cần lựa chọn tối ưu:

+ Góc trước γ: Vật liệu dao bằng hợp kim cứng là vật liệu có độ cứng cao nhưng giòn, bền uốn thấp, để gia công thép SUS304 nên chọn góc trước âm, ta chọn khoảng nghiên cứu thực nghiệm γ = -10 ÷ 0 (°).

+ Góc sau  $\alpha$ : Ảnh hưởng lớn đến ma sát giữa mặt sau chính và mặt đang gia công, nên ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt và tuổi bền của dao. Góc  $\alpha$  càng lớn, ma sát giữa mặt sau chính của dao với bề mặt đang gia công càng giảm, do đó độ mòn mặt sau chính càng giảm, nên tuổi bền dao tăng, chất lượng bề mặt tăng lên. Tuy nhiên,  $\alpha$  càng tăng, vật liệu phần cắt giảm nên độ bền mũi dao giảm. Lựa chọn khoảng thực nghiệm  $\alpha = 10 \div 14$  (°).

+ Góc nâng  $\lambda$ : Ảnh hưởng đến phương thoát phoi, sức bền của phần cắt và điều kiện cắt của từng điểm trên lưỡi cắt chính. Khi tiện tinh dùng dao có góc nâng  $\lambda < 0$  để phoi thoát ra theo hướng chưa gia công không làm xây sát bề mặt đã gia công xong. Lựa chọn khoảng thực nghiệm  $\lambda = -6 \div 6$  (°).

+ Bán kính mũi dao  $r$ : Khi gia công tinh, bán kính mũi dao thường là chỗ duy nhất tiếp xúc mảnh dao và chi tiết. Khi tăng  $r$  thì độ nhám giảm, tiếp tục tăng  $r$  sẽ xuất hiện lực cắt lớn và rung động, do đó độ nhám lại tăng lên. Lựa chọn khoảng thực nghiệm  $r = 0,2 \div 0,6$  (mm).



Hình 4. Đường chạy dao có góc  $\varepsilon = 35^\circ, \varepsilon = 55^\circ$

2.3. Thiết kế thí nghiệm Taguchi

Phương pháp Taguchi [22-24] cho phép đánh giá mức độ tác động độc lập, tác động lẫn giữa các yếu tố chính, yếu tố không điều khiển được (yếu tố nhiễu). Tỷ số tín hiệu trên nhiễu S/N (Signal to Noise) phát triển bởi Taguchi được sử dụng để phân tích, nhằm đánh giá kết quả quá trình đảm bảo chính xác hơn. Công thức tính S/N phụ thuộc vào tiêu chí tối ưu hóa kết quả đầu ra:  $S/N = -10 \log(MSD)$ ; MSD là độ lệch trung bình bình phương và tính cho các trường hợp khác nhau:

- Đầu ra càng nhỏ càng tốt:  $MSD = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j)^2$  (1)

- Đầu ra càng lớn càng tốt:  $MSD = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\frac{1}{x_j})^2$  (2)

- Đảm bảo giá trị danh nghĩa:  $MSD = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - x_0)^2$  (3)

trong đó: n là số thí nghiệm,  $x_j$  là kết quả đầu ra thí nghiệm thứ j,  $x_0$  kết quả đầu ra mong muốn.

Để đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố ta phải tính giá trị phương sai:

- Phương sai tổng:

$$S_T = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{T^2}{n} = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left[ \sum_{i=1}^n y_i \right]^2}{n} \quad (4)$$

trong đó:  $y_i$  - Giá trị S/N thứ i

T- Tổng giá trị S/N

- Phương sai thành phần yếu tố A:

$$S_A = \sum_{k=1}^L \frac{1}{n_{A_k}} \sum_{i=1}^n y_{iA_k}^2 - \frac{\left[ \sum_{i=1}^n y_i \right]^2}{n} \quad (5)$$

trong đó:  $y_{iA_k}$  - Kết quả thứ i của A tại mức k

$n_{A_k}$  - Số lần lặp lại của A tại mức k.

Phương sai thành phần các yếu tố B, C cũng xác định tương tự.

- Phương sai của yếu tố nhiễu:

$$S_e = S_T - S_A - S_B - S_C \quad (6)$$

- Mức độ (%) ảnh hưởng của các yếu tố chính và nhiễu:

$$P_A = S_A/S_T; P_B = S_B/S_T; P_C = S_C/S_T; P_e = S_e/S_T \quad (7)$$

Chọn bộ thí nghiệm mảng trực giao Taguchi gồm 27 thí nghiệm, MSD tính theo công thức (1) để đảm bảo độ nhám bề mặt và sai lệch kích thước gia công càng nhỏ càng tốt.

Bảng 6. Mức thực nghiệm của thông số hình học

TT	Thông số	Các mức thực nghiệm
1	Góc trước $\gamma$ , (o)	-10 / -5 / 0
2	Góc sau $\alpha$ , (o)	10 / 12 / 14
3	Bán kính mũi dao r, (mm)	0,2 / 0,4 / 0,6
4	Góc nâng $\lambda$ , (o)	-6 / 0 / 6

Thí nghiệm được tiến hành ở nhiệt độ 25°C, độ ẩm 55÷65(%), mỗi thí nghiệm thực hiện bằng một mảnh dao hợp kim cứng duy nhất, với giả thiết rung động của hệ thống công nghệ không đổi, mảnh dao mòn không đáng kể trong suốt quá trình cắt, không sử dụng dung dịch trơn nguội. Chế độ cắt không đổi  $V=50$ m/phút,  $S=0,04$ mm/vòng,  $t=0,6$ mm - là giá trị tối ưu khi nhóm tác giả nghiên cứu tiện CNC thép SUS304 dạng bề mặt trụ tròn xoay có biên dạng cong lồi; Mỗi thí nghiệm tiến hành đo độ nhám (Ra) và độ sai lệch đường kính ( $\Delta D$ ) 3 lần, lấy giá trị trung bình

tại vị trí xác định trên Hình 2. Ta có bảng thí nghiệm trực giao, kết quả đo và tỷ số S/N được trình bày trong Bảng 7.

**Bảng 7.** Kết quả đo độ nhám, kích thước và tỷ số S/N

TT	Bảng trực giao				RaTB ( $\mu\text{m}$ )	S/NRa	$\Delta D$ (mm)	S/N $\Delta D$
	$\gamma$	$\alpha$	r	$\lambda$				
1	0	10	0.2	-6	1.385	-2.8290	0.0510	25.8486
2	0	10	0.2	-6	1.367	-2.7154	0.0505	25.9342
3	0	10	0.2	-6	1.371	-2.7407	0.0513	25.7977
4	0	12	0.4	0	1.227	-1.7769	0.0341	29.3449
5	0	12	0.4	0	1.203	-1.6053	0.0327	29.7090
6	0	12	0.4	0	1.231	-1.8052	0.0312	30.1169
7	0	14	0.6	6	1.113	-0.9299	0.0437	27.1904
8	0	14	0.6	6	1.112	-0.9221	0.0432	27.2903
9	0	14	0.6	6	1.117	-0.9611	0.0414	27.6600
10	-5	10	0.4	6	1.019	-0.1635	0.0350	29.1186
11	-5	10	0.4	6	1.013	-0.1122	0.0311	30.1448
12	-5	10	0.4	6	1.012	-0.1036	0.0330	29.6297
13	-5	12	0.6	-6	0.933	0.6024	0.0213	33.4324
14	-5	12	0.6	-6	0.862	1.2899	0.0242	32.3237
15	-5	12	0.6	-6	0.901	0.9055	0.0211	33.5144
16	-5	14	0.2	0	1.127	-1.0385	0.0411	27.7232
17	-5	14	0.2	0	1.122	-0.9999	0.0392	28.1343
18	-5	14	0.2	0	1.112	-0.9221	0.0363	28.8019
19	-10	10	0.6	0	1.397	-2.9039	0.0513	25.7977
20	-10	10	0.6	0	1.391	-2.8665	0.0524	25.6134
21	-10	10	0.6	0	1.397	-2.9039	0.0532	25.4818
22	-10	12	0.2	6	1.313	-2.3653	0.0573	24.8369
23	-10	12	0.2	6	1.282	-2.1578	0.0533	25.4655
24	-10	12	0.2	6	1.243	-1.8894	0.0521	25.6632
25	-10	14	0.4	-6	1.112	-0.9221	0.0432	27.2903
26	-10	14	0.4	-6	1.113	-0.9299	0.0423	27.4732
27	-10	14	0.4	-6	1.125	-1.0231	0.0441	27.1112
<b>Tổng</b>						<b>-34.789</b>		<b>756.448</b>



**Hình 5.** Mẫu thép SUS304 sau khi gia công

**Bảng 8.** Giá trị S/N trung bình ở các mức của  $\gamma$ ,  $\alpha$ , r,  $\lambda$  ảnh hưởng đến Ra

Thông số	Giá trị S/N trung bình ở các mức		
	1	2	3
$\gamma$	-1.810	-0.060*	-1.996
$\alpha$	-1.927	-0.978	-0.961*
r	-1.962	-0.938*	-0.966
$\lambda$	-0.929*	-1.869	-1.067

**Bảng 9.** Giá trị  $R_a$  trung bình ở các mức của  $\gamma$ ,  $\alpha$ , r,  $\lambda$

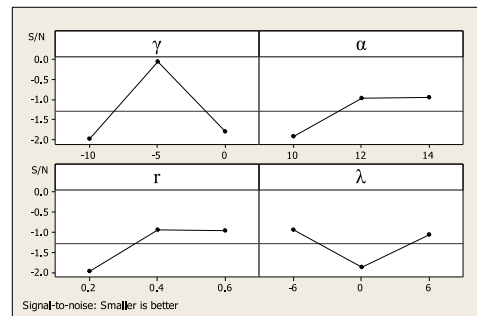
Thông số	Giá trị $R_a$ trung bình ở các mức		
	1	2	3
$\gamma$	1.136	1.011*	1.264
$\alpha$	1.228	1.099	1.084*
r	1.225	1.084*	1.103
$\lambda$	1.097*	1.212	1.103

**Bảng 10.** Giá trị S/N trung bình ở các mức của  $\gamma$ ,  $\alpha$ , r,  $\lambda$  ảnh hưởng đến  $\Delta D$

Thông số	Giá trị S/N trung bình ở các mức		
	1	2	3
$\gamma$	27.655	30.314*	26.081
$\alpha$	27.041	29.379*	27.631
r	26.467	28.882*	28.700
$\lambda$	28.747*	27.858	27.444

**Bảng 11.** Giá trị  $\Delta D$  trung bình ở các mức của  $\gamma$ ,  $\alpha$ , r,  $\lambda$

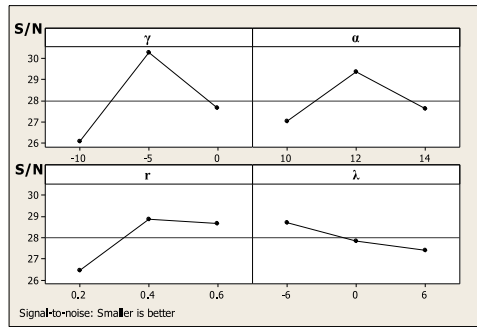
Thông số	Giá trị $R_a$ trung bình ở các mức		
	1	2	3
$\gamma$	0.042	0.031*	0.050
$\alpha$	0.045	0.036*	0.042
r	0.048	0.036*	0.039
$\lambda$	0.039*	0.041	0.043



**Hình 6.** Giá trị S/N trung bình của Ra tại các mức của  $\gamma$ ,  $\alpha$ , r,  $\lambda$

**Bảng 12.** Mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến độ nhám  $R_a$  và sai lệch kích thước  $\Delta D$

Yếu tố ảnh hưởng	Mức độ ảnh hưởng (%)	
	Độ nhám ( $R_a$ )	Sai lệch KT ( $\Delta D$ )
$\gamma$	48.96	54.0
$\alpha$	17.38	17.50
$r$	19.25	21.40
$\lambda$	13.24	5.20
Nhiều	1.17	1.90

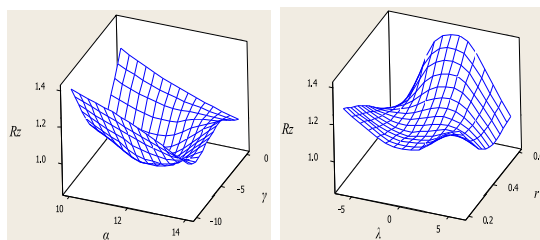


**Hình 7.** S/N trung bình của  $\Delta D$  tại các mức của  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $r$ ,  $\lambda$

Bảng 9, 10 và Hình 6 trình bày kết quả phân tích phương sai tỷ số S/N ảnh hưởng của các thông số hình học dụng cụ ( $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $r$ ,  $\lambda$ ) đến độ nhám bề mặt ( $R_a$ ). Khi S/N càng lớn có nghĩa là  $R_a$  càng nhỏ.

Sử dụng các công thức (4-7) xác định được mức độ ảnh hưởng của các thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt như trình bày trong Bảng 12. Góc trước  $\gamma$  có mức độ ảnh hưởng lớn nhất (48.96%), tiếp đến là bán kính mũi dao  $r$  (19.25%), góc sau  $\alpha$  (17.38%) và cuối cùng là góc nâng  $\lambda$  (13.24%). Ảnh hưởng của các yếu tố nhiều (1,17%). Kết quả phân tích cũng cho thấy  $R_a$  dự đoán có giá trị nhỏ nhất 0,864 $\mu$ m, tương ứng với các thông số chế độ cắt ở mức ( $\gamma_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $r_2$ ,  $\lambda_1$ ).

Tiến hành gia công kiểm chứng theo chế độ trên ( $\gamma_2=-5^\circ$ ,  $\alpha_2=14^\circ$ ,  $r_2=0,4$ mm,  $\lambda_1=-6^\circ$ ) với số lần lặp 3 lần. Kết quả đo kiểm thực tế độ nhám trung bình  $R_a=0,891\mu$ m.

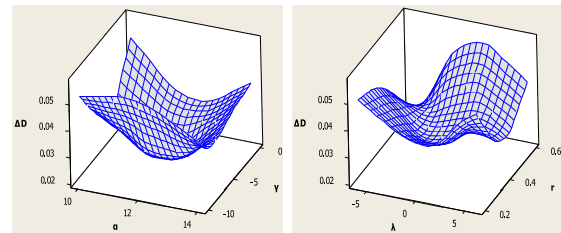


**Hình 8.** Đồ thị bề mặt ảnh hưởng của các thông số  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $r$ ,  $\lambda$  đến  $R_a$

Bảng 11, 12 và Hình 7 trình bày kết quả phân tích phương sai tỷ số S/N ảnh hưởng của các thông số hình học dụng cụ ( $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $r$ ,  $\lambda$ ) đến độ sai lệch kích thước ( $\Delta D$ ). Khi S/N càng lớn có nghĩa là  $\Delta D$  càng nhỏ.

Cũng sử dụng các công thức (4-7) xác định được mức độ ảnh hưởng của các thông số chế độ cắt đến  $\Delta D$  như trình bày trong Bảng 12. Góc trước  $\gamma$  có mức độ ảnh hưởng lớn nhất (54,0 %), tiếp đến là bán kính mũi dao  $r$  (21,4%), góc sau  $\alpha$  (17,5 %) và cuối cùng là góc nâng  $\lambda$  (5,2%). Ảnh hưởng của các yếu tố nhiều (1,9 %) Kết quả phân tích cũng cho thấy  $\Delta D$  dự đoán có giá trị nhỏ nhất 0,0194 mm, tương ứng với các thông số chế độ cắt ở mức ( $\gamma_2$ ,  $\alpha_2$ ,  $r_2$ ,  $\lambda_1$ ).

Tiến hành gia công kiểm chứng theo chế độ trên ( $\gamma_2=-5^\circ$ ,  $\alpha_2=12^\circ$ ,  $r_2=0,4$ mm,  $\lambda_1=-6^\circ$ ) với số lần lặp 3 lần. Kết quả đo kiểm thực tế độ nhám trung bình  $\Delta D=0,0201$ mm.



**Hình 9.** Đồ thị bề mặt ảnh hưởng của các thông số  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $r$ ,  $\lambda$  đến  $\Delta D$ .

Từ kết quả phân tích cho thấy, bộ thông số hình học tối ưu để đảm bảo đạt được độ nhám và sai lệch kích thước nhỏ nhất là ( $\gamma_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $r_2$ ,  $\lambda_1$ ) và ( $\gamma_2$ ,  $\alpha_2$ ,  $r_2$ ,  $\lambda_1$ ), các thông số trùng nhau là  $\gamma_2$ ,  $r_2$ ,  $\lambda_1$ , riêng góc sau  $\alpha$  khác nhau. Khi  $\alpha$  càng nhỏ thì  $R_a$  càng giảm, điều đó có lợi về chất lượng bề mặt. Tuy nhiên, khi góc sau  $\alpha$  tăng từ  $\alpha_2$  ( $12^\circ$ ) đến  $\alpha_3$  ( $14^\circ$ ) thì độ nhám trung bình giảm từ 1.099 $\mu$ m xuống 1.084 $\mu$ m là không đáng kể. Mặt khác, khi góc sau  $\alpha$  càng tăng làm góc sắc  $\beta$  càng nhỏ (theo công thức  $\beta = 90^\circ - \alpha - \gamma$ ), làm vật liệu phần cắt của dao mỏng đi, tính chịu lực giảm, nên dễ xảy ra nứt vỡ lưỡi cắt đặc biệt là đối với hợp kim cứng có tính giòn.

Để đồng thời đảm bảo độ nhám bề mặt, độ chính xác kích thước của chi tiết là nhỏ nhất, trong khi vẫn đảm bảo độ bền dụng cụ, ta nên chọn  $\alpha_2$  ( $12^\circ$ ) cho cả hai trường hợp. Do đó, các thông số hình học phần cắt dụng cụ ở các mức  $\gamma_2(-5^\circ)$ ,  $\alpha_2(12^\circ)$ ,  $r_2(0,4$ mm),  $\lambda_1(-6^\circ)$  là lựa chọn tối ưu của nghiên cứu. Từ kết quả thực nghiệm, phân tích, thảo luận ở trên ta tìm được thông số hình học tối ưu của mảnh dao hợp kim cứng:

**Bảng 13.** Thông số hình học tối ưu của mảnh dao

Thông số hình học	Giá trị
Chiều dày $\delta$ , (mm)	5 <sub>-0.05</sub>
Bán kính mũi dao $r$ , (mm)	0,4
Góc nghiêng chính $\phi 1$ , ( $^\circ$ )	93
Góc mũi dao $\epsilon$ , ( $^\circ$ )	35
Góc trước $\gamma$ , ( $^\circ$ )	-5
Góc sau $\alpha$ , ( $^\circ$ )	12
Góc nâng $\lambda$ , ( $^\circ$ )	-6

### 3. Kết luận

Trong các nghiên cứu truyền thống thường chỉ nghiên cứu thực nghiệm với những bề mặt trụ và nghiên cứu đơn lẻ ảnh hưởng của từng thông số hình học của dụng cụ cắt đến độ nhám, lực cắt ... Trong nghiên cứu này, mảnh dao hợp kim cứng chế tạo tại Việt Nam có các thông số hình học đồng thời thay đổi được dùng cho thực nghiệm. Điểm khác biệt nữa ở phôi gia công là bề mặt tròn xoay có biên dạng cong lồi, bằng vật liệu SUS304.

Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng đối với cả hai trường hợp độ nhám và độ sai lệch kích thước góc trước  $\gamma$  có mức độ ảnh hưởng lớn nhất (48,96% và 54%), đóng vai trò quan trọng để đảm bảo giảm thiểu đồng thời độ nhám và sai lệch kích thước, tiếp đến là bán kính mũi dao (19,25% và 21,40%), góc sau  $\alpha$  (17,38% và 17,50%), góc nâng  $\lambda$  có ảnh hưởng ít nhất (13,24% và 5,2%). Các yếu tố nhiễu (rung động, thay đổi nhiệt độ môi trường, độ không đồng nhất vật liệu...) ảnh hưởng không đáng kể đến kết quả đầu ra (1,17% và 1,90%).

Bộ thông số hợp lý nhằm đạt được đồng thời cả hai chỉ tiêu độ nhám bề mặt và độ sai lệch kích thước nhỏ nhất là  $\gamma_2(-5^\circ)$ ,  $\alpha_2(12^\circ)$ ,  $r_2(0,4\text{mm})$ ,  $\lambda_1(-6^\circ)$ .

Kết quả nghiên cứu trên là cơ sở để lựa chọn thông số hình học phần cắt của dụng cụ, khi tiện CNC các bề mặt có biên dạng phức tạp bằng thép không gỉ, nhằm đạt được độ nhám, độ sai lệch kích thước nhỏ nhất trên toàn bộ bề mặt gia công. Tuy nhiên, đối với các máy tiện CNC khác và điều kiện môi trường gia công khác nhau cần có thực nghiệm kiểm chứng trước khi áp dụng.

Kết quả thực nghiệm trên là cơ sở để điều khiển và tối ưu hóa đa mục tiêu quá trình gia công nhằm đem lại hiệu quả thiết thực mà các nhà công nghệ hướng tới.

#### Tài liệu tham khảo

[1] Bành Tiến Long, Trần Thế Lục, Trần Sỹ Túy (2005), Nguyên lý gia công vật liệu, NXB KHKT, Hà Nội.  
 [2] GS.TSKH Bành Tiến Long, PGS. TS Bùi Ngọc Tuyên (2013), Lý thuyết tạo hình bề mặt và ứng dụng trong kỹ thuật cơ khí, NXB GDVN, Hà Nội.  
 [3] Trần Văn Địch, Nguyễn Trọng Bình, Nguyễn Thế Đạt, Nguyễn Viết Tiếp, Trần Xuân Việt (2006), Công nghệ chế tạo máy, NXB KHKT Hà Nội.  
 [4] Nguyễn Đắc Lộc, Lê Văn Tiên, Ninh Đức Tôn, Trần Xuân Việt (2007), Sổ tay công nghệ chế tạo máy, NXB KHKT, Hà Nội.  
 [5] Nguyễn Thị Phương Giang, Trần Thế Lục, Lê Thanh Sơn (2011), Hướng dẫn thiết kế dụng cụ cắt kim loại, NXB GDVN.  
 [6] Nguyễn Viết Tiếp (1997), Nghiên cứu tính gia công của vật liệu chế tạo máy và ứng dụng, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.  
 [7] Lê Công Dưỡng (1997), Vật liệu học, NXB KHKT, Hà Nội.  
 [8] Ya. L. GUREVITS, M. V. GOROKHOV, V. L. ZAKHAROV, N. L. ZEMINA (Hồng Nguyên biên

dịch) (1981), Sách tra cứu chế độ cắt các vật liệu khó gia công, NXB KHKT, Hà Nội.  
 [9] С.А. Васин, С.Я. Хлудов Хлугов (2006), Проектирование сменных многогранных Пластин Методологические принципы, МОСКВА МАШИНОСТРОЕНИЕ.  
 [10] Sandvik Coromant (2010), Technical guide Metal cutting technology.  
 [11] David A. Stephenson, John S. Agapiou, Metal Cutting Theory and Practice, Taylor & Francis Group, 2006.  
 [12] Phạm Văn Bông (2007), Nghiên cứu xác định chế độ cắt tối ưu khi gia công mặt trụ ngoài trên máy tiện CNC, Luận án tiến sĩ - ĐHBK Hà Nội.  
 [13] Lưu Quang Huy (2004), Nghiên cứu đặc trưng của quá trình cắt gọt khi tiện năng suất cao dùng lượng chạy dao lớn, Luận án tiến sĩ - ĐHBK Hà Nội.  
 [14] Nguyễn Thị Quốc Dung (2012), Nghiên cứu quá trình tiện thép hợp kim qua tôi bằng dao PCBN, Luận án tiến sĩ - ĐHBK Hà Nội.  
 [15] Nguyễn Ngọc Kiên (2013), Ứng dụng phương pháp trí tuệ nhân tạo và phân tích Taguchi để xác định chế độ cắt tối ưu khi gia công trên máy phay CNC, Luận án tiến sĩ - ĐHBK Hà Nội.  
 [16] M. Kaladhar \*, K. Venkata Subbaiah, Ch. Srinivasa Rao (2012), Determination of Optimum Process Parameters during turning of AISI 304 Austenitic Stainless Steels using Taguchi method and ANOVA, International Journal of Lean Thinking Volume 3, Issue 1 (June 2012).  
 [17] Rahul davis<sup>1</sup>, Vivek john<sup>2</sup>, Vivek kumar lomga<sup>3</sup> & Raja paul horo<sup>4</sup> (2013), The application of taguchi's optimization method in wet turning operation of en 19 steel, International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD) ISSN 2249-6890, 3(2), (2013), 193-198.  
 [18] L. B. Abhang\* and M. Hameedullah (2010), Power Prediction Model for Turning EN-31 Steel Using Response Surface Methodology, Journal of Engineering Science and Technology Review 3 (1) (2010) 116-122.  
 [19] Miroslav Radovanović, Dušan Petković, Predrag Janković, Miloš Madić (2014), Application of taguchi method for determining optimum surface roughness in turning of medical stainless steel. International scientific conference, 21–22 november 2014, Gabrovo.  
 [20] Lungu, N; Croitoru, S. M; BoRaam, M (2013), Optimization of cutting tool geometrical parameters using taguchi method, Academic journal of manufacturing engineering, vol. 11, issue 4/2013.  
 [21] T. Tamizharasan, N. Senthilkumar (2014), Numerical simulation of effects of machining parameters and tool geometry using DEFORM-3D: Optimization and experimental validation, World Journal of Modelling and Simulation, ISSN 1 746-7233, England, UK, Vol. 10 (2014) No. 1, pp. 49-59.  
 [22] Genechi Taguchi (1990), A primer on the taguchi method - Joyce cary, TS156.R69 (1990) 89-14736  
 [23] Nguyễn Văn Dự, Nguyễn Đăng Bình (2011), Quy hoạch thực nghiệm trong kỹ thuật, NXB KHKT, Hà Nội.  
 [24] Nguyễn Doãn Ý (2009), Xử lý số liệu thực nghiệm trong kỹ thuật, NXB KHKT, Hà Nội.