

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

PHẠM MINH ĐỨC

**TỐI ƯU HÓA CÁC THÔNG SỐ GIA CÔNG TIỆN SỬ DỤNG
MẢNH HỘP KIM TIÊU CHUẨN**

Chuyên ngành: Kỹ thuật cơ khí

Mã số chuyên ngành: 9520103

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

TP. HỒ CHÍ MINH – năm 2023

Công trình được hoàn thành tại **Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM**

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS.TS. Lê Hiếu Giang

Người hướng dẫn khoa học 2: TS. Mai Đức Đãi

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án **Cấp Cơ sở** họp tại
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM
vào ngày tháng năm

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 12/2023

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Le Hieu Giang, Mai Duc Dai and **Pham Minh Duc**. Investigation of Effects of Tool Geometry Parameters on Cutting Forces, Temperature và Tool Wear in Turning Using Finite Element Method và Taguchi's Technique. International Journal of Mechanical Engineering và Applications, 2016.
2. **Pham Minh Duc**, Le Hieu Giang, Mai Duc Dai and Do Tien Sy. An experimental study on the effect of tool geometry on tool wear và surface roughness in hard turning. Advances in Mechanical Engineering (SCIE), 2020.
3. **Pham Minh Duc**, Mai Duc Dai and Le Hieu Giang. Modeling and Optimizing the Effects of Insert Angles on Hard Turning Performance. Mathematical Problems in Engineering (SCIE), 2021.

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1: GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI	1
1.1 Lý do chọn đề tài	1
1.2 Ưu điểm, nhược điểm và ứng dụng của tiện cứng	1
1.2.1 Ưu điểm của tiện cứng	1
1.2.2 Nhược điểm của tiện cứng	1
1.2.3 Phạm vi ứng dụng	1
1.3 Vật liệu chi tiết khi tiện cứng	1
1.4 Những khó khăn khi tiện cứng	1
1.5 Dụng cụ cắt khi tiện cứng	1
1.5.1 Các loại vật liệu dụng cụ cắt cho tiện cứng	1
1.5.2 Hình học dao cắt cho tiện cứng	1
1.6 Các thông số công nghệ (chế độ cắt)	1
1.7 Các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật trong tiện cứng	1
1.7.1 Tốc độ loại bỏ vật liệu (Material Removal Rate-MRR)	1
1.7.2 Mài mòn dao-tuổi thọ dao trong tiện cứng	1
1.7.3 Độ nhám bề mặt (Ra)	1
1.8 Mục tiêu và nội dung nghiên cứu	1
1.8.1 Mục tiêu nghiên cứu	1
1.8.2 Nhiệm vụ nghiên cứu	1
1.9 Cấu trúc luận án	2
CHƯƠNG 2: TỔNG QUAN TÀI LIỆU	3
2.1 Giới thiệu chung	3
2.2 Ảnh hưởng của các thông số chế độ cắt khi tiện cứng	3
2.3 Ảnh hưởng của thông số hình học dao cắt khi tiện cứng	3
2.4 Độ nhám bề mặt khi tiện cứng	3
2.5 Mài mòn dao cắt khi tiện cứng	3
2.6 Mô hình toán và tối ưu quá trình tiện cứng	3
2.7 Nhận xét các nghiên cứu về tiện cứng	3
CHƯƠNG 3: CƠ SỞ LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH TIỆN CỨNG	4

3.1	Cơ chế hình thành phoi khi tiện cứng	4
3.2	Lực cắt trong tiện cứng	4
3.3	Nhiệt cắt khi tiện thép cứng	4
CHƯƠNG 4: MÔ HÌNH TOÁN HÌNH HỌC QUÁ TRÌNH TIỆN CỨNG		4
4.1	Giới thiệu chung	4
4.2	Mô hình toán hình học quá trình tiện cứng	4
4.2.1	Mô hình toán hình học dao	4
4.2.2	Mô hình toán diện tích cắt	4
4.3	So sánh mô hình toán và quá trình cắt thực.	5
CHƯƠNG 5: NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM QUÁ TRÌNH TIỆN CỨNG		5
5.1	Mục đích của nghiên cứu thực nghiệm	5
5.2	Thiết bị thí nghiệm	5
5.3	Dụng cụ cắt	6
5.4	Thiết kế - chế tạo hệ thống gá đỡ góc dao	6
5.5	Mẫu thí nghiệm	7
5.6	Thông số thí nghiệm	8
5.7	Chế độ cắt	8
5.8	Thiết bị đo độ nhám bề mặt	8
5.9	Thiết bị đo độ mòn dao	8
5.10	Đường lối tiến hành thí nghiệm	9
5.10.1	Phân tích lựa chọn phương pháp quy hoạch thí nghiệm	9
5.10.2	Sơ đồ quá trình thực nghiệm	10
5.10.3	Đo độ nhám bề mặt (Ra)	10
5.10.4	Đo độ mòn dao (VB)	11
CHƯƠNG 6: XỬ LÝ KẾT QUẢ VÀ TỐI ƯU HÓA QUÁ TRÌNH TIỆN CỨNG		11
6.1	Phân tích mô hình toán hình học quá trình tiện cứng	11
6.2	Phân tích kết quả thí nghiệm quá trình tiện cứng	13
6.2.1	Phân tích và mô hình toán độ nhám bề mặt	14
6.2.2	Phân tích và mô hình toán độ mòn dao	16

6.3	So sánh các kết quả thí nghiệm và phương trình hồi qui.	18
6.4	Tối ưu hóa quá trình tiệt trùng	18
6.4.1	Giới thiệu phương pháp tối ưu	18
6.4.2	Phát biểu bài toán tối ưu	18
CHƯƠNG 7: KẾT LUẬN		23
7.1	Những kết quả đã đạt được	23
7.2	Hướng phát triển	24

Chương 1:
GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI

- 1.1 Lý do chọn đề tài**
- 1.2 Ưu điểm, nhược điểm và ứng dụng của tiện cứng**
 - 1.2.1 Ưu điểm của tiện cứng**
 - 1.2.2 Nhược điểm của tiện cứng**
 - 1.2.3 Phạm vi ứng dụng**
- 1.3 Vật liệu chi tiết khi tiện cứng**
- 1.4 Những khó khăn khi tiện cứng**
- 1.5 Dụng cụ cắt khi tiện cứng**
 - 1.5.1 Các loại vật liệu dụng cụ cắt cho tiện cứng**
 - 1.5.2 Hình học dao cắt cho tiện cứng**
- 1.6 Các thông số công nghệ (chế độ cắt)**
- 1.7 Các chỉ tiêu kinh tế-kỹ thuật trong tiện cứng**
 - 1.7.1 Tốc độ loại bỏ vật liệu (Material Removal Rate-MRR)**
 - 1.7.2 Mài mòn dao-tuổi thọ dao trong tiện cứng**
 - 1.7.3 Độ nhám bề mặt (Ra)**
- 1.8 Mục tiêu và nội dung nghiên cứu**
 - 1.8.1 Mục tiêu nghiên cứu**

Mục tiêu nghiên cứu của đề tài là nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số hình học của dụng cụ cắt đến độ nhám bề mặt, độ mòn dao và xác định các thông số hình học dao tối ưu trong quá trình tiện cứng.

- 1.8.2 Nhiệm vụ nghiên cứu**

Để đạt được mục tiêu như trên, đề tài cần thực hiện các nhiệm vụ sau đây:

- Nghiên cứu tổng quan các tài liệu hiện có về các công trình đã xuất bản về tiện cứng để xác định các vấn đề chính.

- Nghiên cứu cơ sở lý thuyết quá trình tiện cứng để nắm vững đặc điểm, tính chất cắt gọt, hình học dao và chế độ cắt của quá trình tiện cứng và xây dựng mô hình toán hình học dao cho quá trình tiện cứng.
- Phân tích và lựa chọn phương pháp qui hoạch thực nghiệm.
- Thiết kế, chế tạo đồ gá thay đổi góc dao và các mẫu thí nghiệm.
- Tiến hành nghiên cứu thực nghiệm để xác định ảnh hưởng, mối quan hệ giữa các thông số hình học dao với độ nhám bề mặt và độ mòn dao.
- Giải các bài toán tối ưu hóa một mục tiêu và đa mục tiêu thông số hình học dao cho quá trình tiện cứng.

1.9 Cấu trúc luận án

Luận án gồm các nội dung sau đây:

Chương 1: Giới thiệu đề tài

Giới thiệu tóm tắt về quá trình tiện cứng, đồng thời trình bày chi tiết mục tiêu và nội dung nghiên cứu.

Chương 2: Tổng quan tài liệu

Xem xét các tài liệu liên quan đến chủ đề và xác định những vấn đề chính để xác định nội dung thích hợp cho nghiên cứu này.

Chương 3: Cơ sở lý thuyết quá trình tiện cứng

Trình bày bản chất vật lý quá trình tiện cứng để làm cơ sở cho phân tích và mô hình toán quá trình gia công tiện cứng.

Chương 4: Mô hình toán hình học quá trình tiện cứng

Xác định thông số hình học dao cho các phần tử cạnh cắt bán kính mũi dao tham gia cắt gọt.

Chương 5: Nghiên cứu thực nghiệm quá trình tiện cứng

Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của thông số hình học góc dao đến độ nhám bề mặt và độ mòn dao trong quá trình tiện cứng.

Chương 6: Xử lý kết quả và tối ưu hóa quá trình tiện cứng

Phân tích kết quả thực nghiệm và tối ưu hóa thông số hình học góc dao cho quá trình tiện cứng.

Chương 7: Kết luận

Trình bày những kết luận quan trọng rút ra dựa trên kết quả của công việc nghiên cứu đã trình bày và đề xuất một số công việc trong tương lai.

Chương 2:

TỔNG QUAN TÀI LIỆU

2.1 Giới thiệu chung

2.2 Ảnh hưởng của các thông số chế độ cắt khi tiện cứng

2.3 Ảnh hưởng của thông số hình học dao cắt khi tiện cứng

2.4 Độ nhám bề mặt khi tiện cứng

2.5 Mài mòn dao cắt khi tiện cứng

2.6 Mô hình toán và tối ưu quá trình tiện cứng

2.7 Nhận xét các nghiên cứu về tiện cứng

- Các nghiên cứu về thông số chế độ cắt khá đầy đủ. Kết quả chung của các nghiên cứu cho thấy rằng ảnh hưởng của bước tiến dao có ảnh hưởng nhiều nhất đến độ nhám bề mặt, khi tăng bước tiến dao làm tăng độ nhám bề mặt. Vận tốc cắt có ảnh hưởng nhiều nhất đến độ mòn dao (tuổi thọ dao), khi tăng vận tốc cắt làm tăng độ mòn dao nhưng làm giảm độ nhám bề mặt. Ảnh hưởng của chiều sâu cắt đến độ mòn dao (tuổi thọ dao) và độ nhám bề mặt là ít nhất.
- Có ít các nghiên cứu về thông số hình học dao như góc dao (góc trước dao, góc nghiêng dao), bán kính mũi dao và hình dáng cạnh cắt. Trong đó góc dao đóng vai trò rất quan trọng trong quá trình tiện cứng. Tuy nhiên ảnh hưởng tổng hợp và tương tác của các thông số góc dao đến đồng thời các đáp ứng đầu ra của quá trình tiện cứng chưa được nghiên cứu một cách đầy đủ và đặc biệt nghiên cứu về góc nâng dao trong tiện cứng.
- Độ nhám bề mặt (R_a) và độ mòn dao (VB) là hai thông số đầu ra quan trọng nhất của quá trình tiện cứng vì nó phản ánh chất lượng và hiệu quả gia công.

- Dao hợp kim gồm là dụng cụ cắt phù hợp nhất xét cả về tính kinh tế và kỹ thuật và nó phổ biến trong tiện cứng

Chương 3:

CƠ SỞ LÝ THUYẾT QUÁ TRÌNH TIỆN CỨNG

3.1 Cơ chế hình thành phoi khi tiện cứng

3.2 Lực cắt trong tiện cứng

3.3 Nhiệt cắt khi tiện thép cứng

Chương 4:

MÔ HÌNH TOÁN HÌNH HỌC QUÁ TRÌNH TIỆN CỨNG

4.1 Giới thiệu chung

4.2 Mô hình toán hình học quá trình tiện cứng

4.2.1 Mô hình toán hình học dao

4.2.2 Mô hình toán diện tích cắt

Tóm tắt mô hình toán hình học quá trình tiện cứng như sau:

- Góc nghiêng dao cục bộ (Local cutting-edge angle):

$$K_r^j = K_r - \theta^j \quad \text{at } \theta^j \leq K_r$$

$$K_r^j = \theta^j - K_r \quad \text{at } \theta^j > K_r$$

- Góc trước cục bộ (Local rake angle):

$$\gamma_o^j = \tan^{-1} \left(\sin \left(\frac{\pi}{2} - \theta^j \right) \tan \gamma_o + \cos \left(\frac{\pi}{2} - \theta^j \right) \tan \lambda_s \right)$$

- Góc trước pháp tuyến cục bộ (Local normal rake angle):

$$\tan \gamma_n^j = \tan \gamma_o^j \cos \lambda^j$$

- Góc nâng dao cục bộ (Local inclination angle):

$$\lambda^j = \tan^{-1} \left(-\cos \left(\frac{\pi}{2} - \theta^j \right) \tan \gamma_o + \sin \left(\frac{\pi}{2} - \theta^j \right) \tan \lambda_s \right) \quad \text{at } \theta^j \leq K_r$$

$$\lambda^j = -\tan^{-1} \left(-\cos \left(\frac{\pi}{2} - \theta^j \right) \tan \gamma_o + \sin \left(\frac{\pi}{2} - \theta^j \right) \tan \lambda_s \right) \quad \text{at } \theta^j > K_r$$

- Phần bán kính mũi dao tham gia quá trình cắt gọt:

$$\theta_A = K_r - \cos^{-1} \left(\frac{r - d_w}{r} \right)$$

$$\theta_C = K_r$$

$$\theta_D = K_r + \sin^{-1} \left(\frac{f}{2r} \right)$$

$$\theta_B = K_r - \tan^{-1} \left(\frac{r \sin(K_r - \theta_A) - f}{r - d_w} \right)$$

- Góc trên mặt trước dao (The angle θ_c^j in the tool rake plane):

$$\theta_c^j = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \theta^j \cos \lambda_s}{\cos \gamma_n - \tan \theta^j \sin \gamma_n \sin \lambda_s} \right) \quad \text{at } \theta^j < \frac{\pi}{2}$$

$$\theta_c^j = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \theta^j \cos \lambda_s}{\cos \gamma_n - \tan \theta^j \sin \gamma_n \sin \lambda_s} \right) + \pi \quad \text{at } \theta^j > \frac{\pi}{2}$$

- Chiều dày lớp cắt cục bộ:

Zone 1: $\theta_A \leq \theta^j < \theta_B$

$$t_1(\theta^j)$$

$$= r - \frac{r - d_w}{\cos(K_r - \theta^j)}$$

Zone 2: $\theta_B \leq \theta^j \leq \theta_D$

$$t_2(\theta^j)$$

$$= r - \sqrt{r^2 + f^2 - 2rf \cos \left(\theta^j + \frac{\pi}{2} - K_r - \sin^{-1} \left(\frac{f}{r} \sin \left(\theta^j + \frac{\pi}{2} - K_r \right) \right) \right)}$$

- Diện tích lớp cắt cục bộ tương ứng:

$$dA^j = t(\theta^j) r d\theta \quad \text{với gia số } d\theta$$

4.3 So sánh mô hình toán và quá trình cắt thực.

Chương 5:

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM QUÁ TRÌNH TIỆN CỨNG

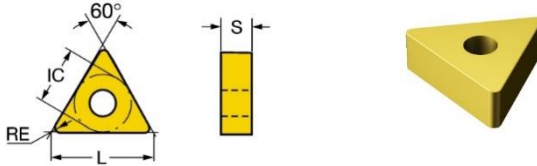
5.1 Mục đích của nghiên cứu thực nghiệm

5.2 Thiết bị thí nghiệm

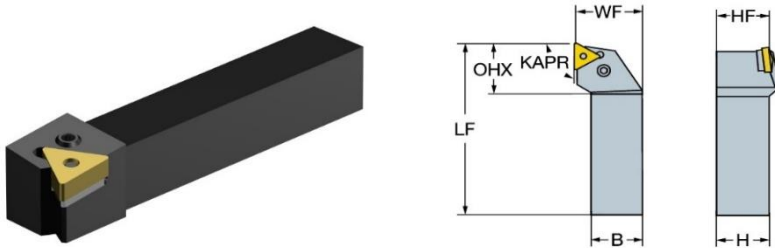
Quá trình thực nghiệm tiện cứng được thực hiện trên máy tiện CNC BOEHRINGER DUS-400ti với công suất trục chính 11kw, tốc độ quay 3000 vòng/phút.

5.3 Dụng cụ cắt

Dụng cụ cắt sử dụng trong các thí nghiệm (Hình 5.1) được thiết kế theo tiêu chuẩn ISO TNGA160408S01525 6050 bằng dao hợp kim gốm (70% Al₂O₃ và 30% TiC) phủ (PVD-TiN) được gắn trên cán dao tiêu chuẩn ISO PTGNR 1616H 16 (Hình 5.2) Mảnh dao và cán dao được sản xuất từ tập đoàn Sandvik.



Hình 5.1 Kích thước mảnh dao TNGA160404S01525 6050 [1]

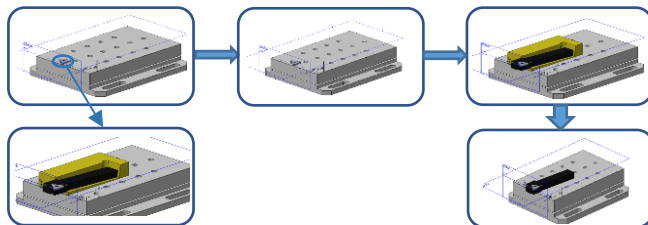


Hình 5.2 Thông số của thân dao PTGNR 1616H 16 [2]

Như vậy mảnh dao gắn với cán dao chuẩn này có góc dao chuẩn: góc trước γ_0 là -6° , góc nâng λ_s là -6° , góc nghiêng dao K_r là 91° .

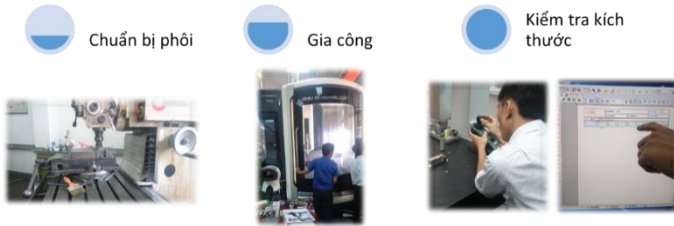
5.4 Thiết kế - chế tạo hệ thống gá đổi góc dao

Hệ thống đồ gá để thay đổi góc dao được thiết kế trên phần mềm Solidwork, chế tạo trên máy phay 5 trục DMG MORI DMU65 mono BLOCK và được kiểm tra trên máy đo tọa độ (CMM) Hexagon GLOBAL Classic như Hình 5.4. Sau đó các chi tiết sẽ được đem xử lý nhiệt (tôi chân không).



Hình 5.3 Quá trình thiết kế hệ thống đồ gá thí nghiệm cho trường hợp: $\gamma = -6^\circ$,
 $\lambda = -2^\circ$

Quá trình thiết kế đồ gá để thay đổi góc dao như **Hình 5.3**, bước 1: định vị vị trí mũi dao và lưỡi cắt chính với mặt phẳng tham khảo và thay đổi góc trước, góc nâng dao. Bước 2: lắp ghép cán dao với mảnh dao. Bước 3: lắp ghép miếng chêm dao với cán dao. Bước 4: hoàn tất.



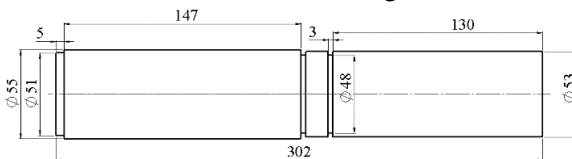
Hình 5.4 Quy trình gia công các chi tiết đồ gá thay đổi góc dao

5.5 Mẫu thí nghiệm

Mẫu thí nghiệm sử dụng thép tròn AISI 1055 đã tôi cứng 52 ± 1 HRC (**Hình 5.5**), được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất chi tiết máy như: trục truyền động, bánh răng... Sau đây là kích thước mẫu thí nghiệm và các thông tin cơ bản của thép AISI 1055, **Hình 5.6**.



Hình 5.5 Mẫu thí nghiệm



Hình 5.6 Kích thước mẫu thí nghiệm

5.6 Thông số thí nghiệm

Qua phân tích tổng quan tài liệu, chúng tôi chọn 3 thông số hình học dao bao gồm:

- Góc nghiêng dao: $60^\circ \leq \text{Kr} \leq 90^\circ$
- Góc trước dao: $-2^\circ \leq \gamma_o \leq -10^\circ$
- Góc nâng dao: $-2^\circ \leq \lambda_s \leq -10^\circ$

5.7 Chế độ cắt

Chế độ cắt cố định, được chọn dựa theo catalogue của nhà sản xuất như sau:

- Vận tốc cắt $v=120$ m/min.
- Bước tiến dao $f=0.08$ mm/rev.
- Chiều sâu cắt $d_w=0.2$ mm.

5.8 Thiết bị đo độ nhám bề mặt

Trong quá trình thí nghiệm, chúng tôi dùng thiết bị hám bề mặt MITUTOYO SJ-210/SJ-310 178-390 (Hình 5.7) để đo độ nhám bề mặt mẫu thí nghiệm.



Hình 5.7 Hệ thống đo độ nhám bề mặt MITUTOYO SJ-210 178-390

5.9 Thiết bị đo độ mòn dao

Để đo độ mòn dao chúng tôi sử dụng kính hiển vi khoa học vật liệu Oxion Inverso Hình 5.8 tích hợp phần mềm Amscope được sử dụng để quan sát và đo độ mòn dao.



Hình 5.8 Kính hiển vi Oxion Inverso materials science

5.10 Đường lối tiến hành thí nghiệm

5.10.1 Phân tích lựa chọn phương pháp quy hoạch thí nghiệm

Phương pháp bề mặt đáp ứng (RSM) là tập hợp các kỹ thuật thống kê và toán học hữu ích để mô hình toán, phân tích các đáp ứng đầu ra của các quá trình kỹ thuật bị ảnh hưởng của nhiều yếu tố đầu vào và tối ưu hóa các quá trình [3].

Kết quả thí nghiệm được sử dụng để xây dựng mô hình toán bậc 2 như sau:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1} a_i X_i + \sum_{i=1} a_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j} a_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad (5.1)$$

Bảng 5.1 Thiết kế thí nghiệm dựa trên CCD

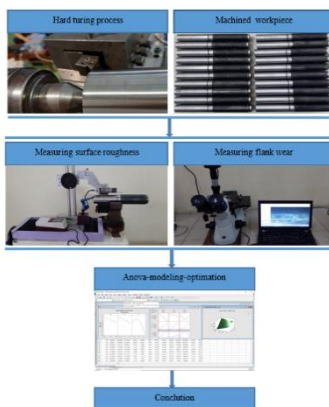
Input parameters	Unit	Level				
		$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
Cutting edge angle(κ_r)	Celsius ($^{\circ}$)	60	66	75	84	90
Rake angle(γ_o)	Celsius ($^{\circ}$)	-2	-3.6	-6	-8.4	-10
Inclination angle(λ_s)	Celsius ($^{\circ}$)	-2	-3.6	-6	-8.4	-10

Bảng 5.2 Ma trận mã hóa thông số thí nghiệm

Thí nghiệm	Yếu tố			Thí nghiệm	Yếu tố		
	κ_r ($^{\circ}$)	γ_o ($^{\circ}$)	λ_s ($^{\circ}$)		κ_r ($^{\circ}$)	γ_o ($^{\circ}$)	λ_s ($^{\circ}$)
1	+1	-1	-1	11	0	$-\alpha$	0
2	-1	-1	-1	12	0	$+\alpha$	0

3	+1	+1	-1	13	0	0	$-\alpha$
4	-1	+1	-1	14	0	0	$+\alpha$
5	+1	-1	+1	15	0	0	0
6	-1	-1	+1	16	0	0	0
7	+1	+1	+1	17	0	0	0
8	-1	+1	+1	18	0	0	0
9	$+\alpha$	0	0	19	0	0	0
10	$-\alpha$	0	0	20	0	0	0

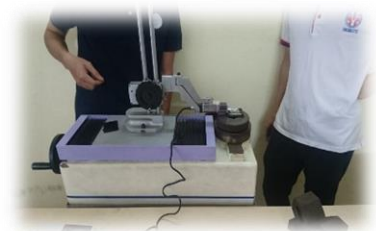
5.10.2 Sơ đồ quá trình thực nghiệm



Hình 5.9 Quá trình thí nghiệm

5.10.3 Đo độ nhám bề mặt (Ra)

Độ nhám bề mặt của chi tiết gia công được đo bằng thiết bị Surftest SJ-210 Mitutoyo. Thiết bị đo độ nhám được ca-líp kỹ lưỡng trước khi đo và trong khi đo, **Hình 5.10**. Quá trình đo được thực hiện tại 3 vị trí trên một đường tròn cách nhau 120° , như **Hình 5.11**.



Hình 5.10 Ca-líp máy đo độ nhám

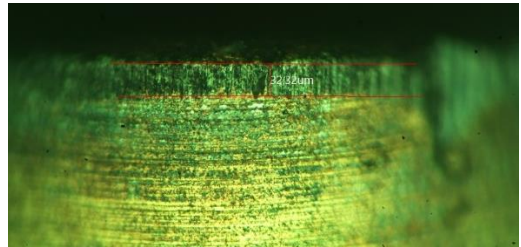
Hình 5.11 Đo độ nhám bề mặt mẫu thí nghiệm

5.10.4 Đo độ mòn dao (VB)

Quá trình kiểm tra mòn dao (**Hình 5.12**) được dựa trên tiêu chuẩn ISO 3685:1993, bằng kính hiển vi microscope Oxion Inverso kết nối với phần mềm Amscope. Thiết bị đo được ca-líp kỹ lưỡng trước khi đo. Kết quả đo mòn mặt sau được thể hiện ở **Bảng 5.9**.



Hình 5.12 (a) Quá trình đo mòn dao



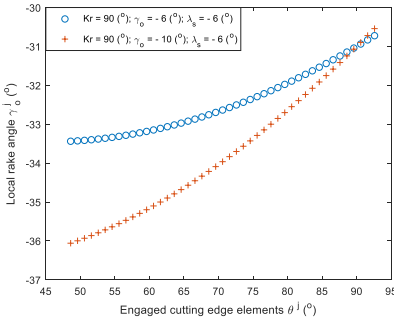
(b) Mòn mặt sau cho trường hợp thí nghiệm số 17: $\gamma_o = -6^\circ$, $\lambda_s = -6^\circ$ và $K_r = 75^\circ$

Chương 6:

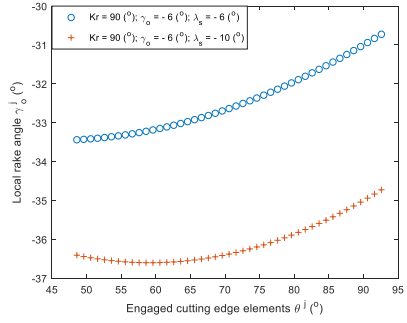
PHÂN TÍCH KẾT QUẢ VÀ TỐI ƯU HÓA QUÁ TRÌNH TIỆN CỨNG

6.1 Phân tích mô hình toán hình học quá trình tiện cứng

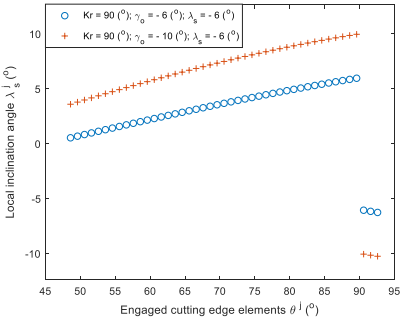
Dựa trên các kết quả thí nghiệm và phân tích mô hình toán quá trình tiện cứng, chúng ta thấy rằng quá trình cắt chỉ xảy ra ở bán kính mũi dao. Sự thay đổi góc nghiêng dao dẫn đến sự thay đổi vị trí cắt trên bán kính mũi dao (**Hình 6.1(e, f)** và **Hình 6.2**). **Hình 6.1(a-d)** cũng chỉ ra rằng sự thay đổi của góc trước chủ yếu gây ra sự thay đổi của góc nâng dao cục bộ, trong khi sự thay đổi của góc nâng dao chủ yếu gây ra sự thay đổi của góc trước cục bộ của các phần tử cạnh cắt của bán kính mũi dao.



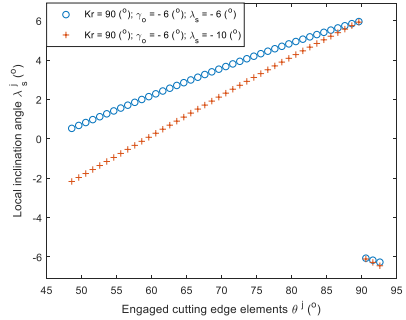
(a). Góc trước cục bộ của các phần tử cạnh cắt bán kính mũi tham gia cắt gọt khi tăng góc trước dao.



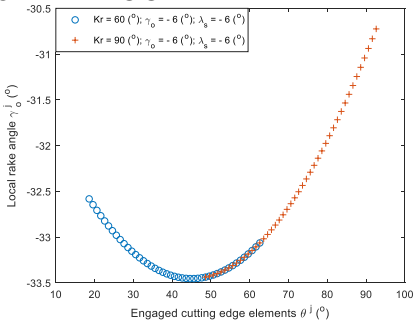
(b). Góc trước cục bộ của các phần tử cạnh cắt bán kính mũi tham gia cắt gọt khi tăng góc nâng dao.



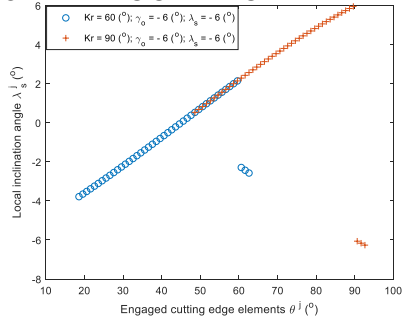
(c). Góc nâng cục bộ của các phần tử cạnh cắt bán kính mũi tham gia cắt gọt khi tăng góc trước dao.



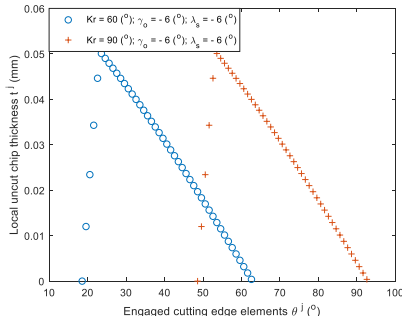
(d). Góc nâng cục bộ của các phần tử cạnh cắt bán kính mũi tham gia cắt gọt khi tăng góc nâng dao.



(e). Góc trước cục bộ của các phần tử cạnh cắt bán kính mũi tham gia cắt gọt khi tăng góc nghiêng dao.

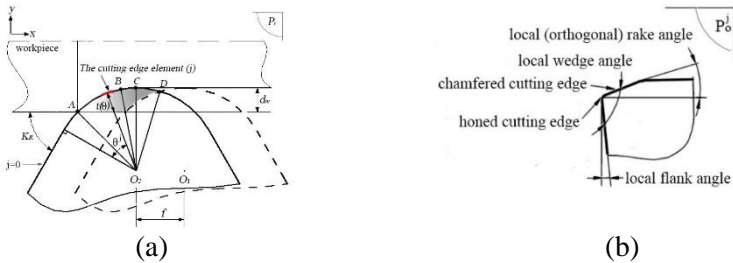


(f). Góc nâng cục bộ của các phần tử cạnh cắt bán kính mũi tham gia cắt gọt khi tăng góc nghiêng dao.



Hình 6.1. Chiều dày cục bộ lớp cắt của các phần tử cạnh cắt của bán kính mũi dao tham gia cắt gọt khi tăng góc nghiêng dao, với chế độ cắt $d_w=0.2$ mm, $f=0.08$ mm/rev, $r=0.8$ mm.

6.2 Phân tích kết quả thí nghiệm quá trình tiện cứng



Hình 6.2 (a). Cấu hình quá trình tiện cứng, (b). Thông số hình học dao tại mỗi điểm cắt (mỗi phần tử cạnh cắt) của cạnh cắt bán kính mũi dao.

Bảng 6.1 Các kết quả thí nghiệm dựa trên thiết kế thí nghiệm CCD.

Góc nghiêng dao K_r ($^\circ$)	Góc trước γ_0 ($^\circ$)	Góc nâng λ_s ($^\circ$)	Mòn dao VB (μm)
84	-3.6	-3.6	44.04
66	-3.6	-3.6	44.82
84	-8.4	-3.6	35.98
66	-8.4	-3.6	32.24
84	-3.6	-8.4	31.24
66	-3.6	-8.4	32.00
84	-8.4	-8.4	30.12
66	-8.4	-8.4	23.54
90	-6.0	-6.0	37.80
60	-6.0	-6.0	29.27
75	-2.0	-6.0	42.11
75	-10.0	-6.0	27.70
75	-6.0	-2.0	50.26
75	-6.0	-10.0	22.20
75	-6.0	-6.0	31.85
75	-6.0	-6.0	32.01
75	-6.0	-6.0	32.33
75	-6.0	-6.0	32.93
75	-6.0	-6.0	31.63
75	-6.0	-6.0	31.92

6.2.1 Phân tích và mô hình toán độ nhám bề mặt

Từ **Bảng 6.2**, cho thấy góc nâng dao có ảnh hưởng nhiều nhất đến độ nhám bề mặt với 32.54%, tiếp theo là góc trước và góc nghiêng với 11.88% và 9.97%, tương ứng. Các hệ số bậc hai $\lambda^* \lambda$ và tương tác $\kappa_r^* \lambda$, $\kappa_r^* \gamma$ có ảnh hưởng đáng kể đến độ nhám bề mặt với 31.95 %, 6.6 % và 3,39%, tương ứng.

Các ảnh hưởng chính và tương tác của các thông số góc dao đến độ nhám bề mặt được thể hiện trong **Hình 6.4**. Rõ ràng khi góc nâng và góc trước tăng theo hướng âm, độ nhám bề mặt tăng. Nếu góc nâng dao tiếp tục tăng qua một giới hạn nào đó ($\lambda = -8,1^\circ$) như **Hình 6.4(a)**, độ nhám sẽ giảm, đây là điểm mới và đáng chú ý trong nghiên cứu về tiện cứng. Điều này có thể được giải thích rằng, khi góc nâng và góc trước âm tăng, dẫn đến sự tăng góc trước cục bộ theo hướng âm và góc sau cục bộ tương ứng (**Hình 6.3(b)**), với sự tăng do góc nâng dao là lớn nhất (**Hình 6.1(a, b)**). Khi góc trước cục bộ tăng, làm tăng chiều dài tiếp xúc giữa phoi và mặt trước dao và tăng tỷ số nén phoi (chip compression ratio (CCR)). Điều này gây ra sự rung động, vì vậy độ nhám bề mặt tăng. Kết quả này tương tự Singh và Rao [4]. Tuy nhiên, Singh và Rao chỉ thay đổi góc trước cục bộ bằng cách sử dụng các mảnh dao có góc vát cạnh cắt (chamfer) khác nhau. Ngược lại, việc tăng góc sau cục bộ làm giảm diện tích tiếp xúc giữa mặt sau dao- mặt mới gia công và ma sát do hiện tượng đàn hồi (springback) của vật liệu chi tiết gia công [5] vì vậy nó gây ra ít rung động hơn do hiện tượng cọ xát của dao với bề mặt mới cắt của chi tiết gia công và điều này cải thiện độ nhám bề mặt. Khi tới một giới hạn nào đó, ảnh hưởng tích cực của việc tăng góc sau cục bộ lớn hơn ảnh hưởng tiêu cực của việc tăng góc trước âm cục bộ đến độ nhám bề mặt, vì vậy độ nhám giảm. Hay nói cách khác, với các góc dao tối ưu, dao cắt chi tiết dễ hơn.

Và độ nhám giảm khi tăng góc nghiêng chính, kết quả này tương tự như **Sharma et al. [6]** và **Zerti et al. [7]**. Lý do cho ảnh hưởng này là khi thay đổi góc nghiêng (từ 60 đến 90) làm thay đổi vị trí cắt trên bán kính mũi dao và giảm góc trước cục bộ tương ứng (**Hình 6.1(e)**) điều này dẫn tới giảm độ nhám

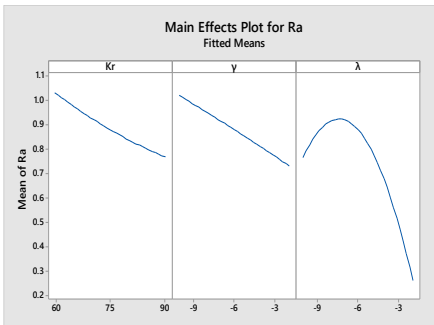
bề mặt. Phương trình hồi qui bậc hai giữa các yếu tố đầu vào và độ nhám bề mặt như sau:

$$Ra = 3.581 - 0.0654 \kappa_r + 0.1495 \gamma - 0.0806 \lambda + 0.000117 \kappa_r^2 + 0.00024 \gamma^2 - 0.02373 \lambda^2 - 0.002731 \kappa_r \gamma - 0.003808 \kappa_r \lambda - 0.00382 \gamma \lambda$$

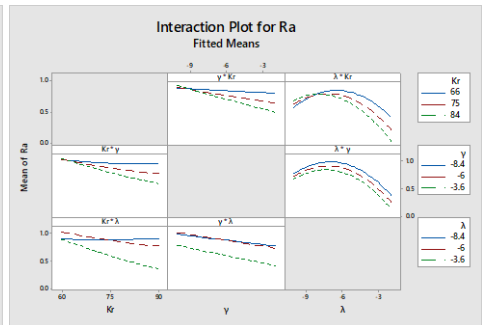
6.2

Bảng 6.2 Phân tích biến ANOVA cho độ nhám bề mặt Ra

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	0.803015	97.89%	0.803015	0.089224	51.49	0.000
Linear	3	0.446212	54.39%	0.446212	0.148737	85.83	0.000
κ_r	1	0.081797	9.97%	0.081797	0.081797	47.20	0.000
γ	1	0.097448	11.88%	0.097448	0.097448	56.23	0.000
λ	1	0.266966	32.54%	0.266966	0.266966	154.06	0.000
Square	3	0.270963	33.03%	0.270963	0.090321	52.12	0.000
$\kappa_r * \kappa_r$	1	0.006131	0.75%	0.001256	0.001256	0.72	0.415
$\gamma * \gamma$	1	0.002692	0.33%	0.000026	0.000026	0.02	0.905
$\lambda * \lambda$	1	0.262140	31.95%	0.262140	0.262140	151.27	0.000
2-Way	3	0.085840	10.46%	0.085840	0.028613	16.51	0.000
Interaction							
$\kappa_r * \gamma$	1	0.027848	3.39%	0.027848	0.027848	16.07	0.002
$\kappa_r * \lambda$	1	0.054120	6.60%	0.054120	0.054120	31.23	0.000
$\gamma * \lambda$	1	0.003872	0.47%	0.003872	0.003872	2.23	0.166
Error	10	0.017329	2.11%	0.017329	0.001733		
Lack-of-Fit	5	0.013506	1.65%	0.013506	0.002701	3.53	0.096
Pure Error	5	0.003823	0.47%	0.003823	0.000765		
Total	19	0.820344	100.00%				

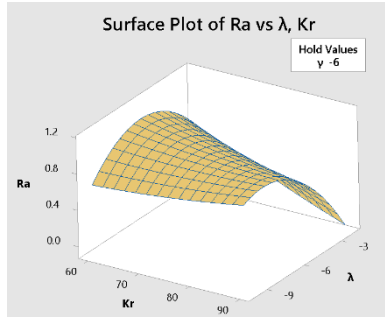


(a)



(b)

Hình 6.3 Ảnh hưởng chính và ảnh hưởng tương tác của các nhân tố đầu vào đến độ nhám bề mặt (Ra).



Hình 6.4 Ảnh hưởng của góc nghiêng dao và góc nâng dao đến độ nhám bề mặt Ra.

6.2.2 Phân tích và mô hình toán độ mòn dao

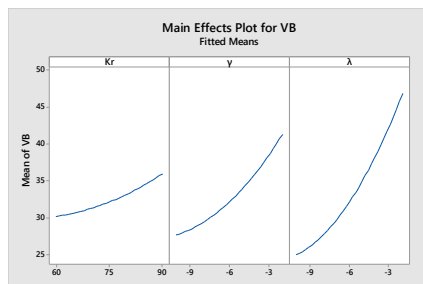
Từ **Bảng 6.3** cho thấy góc nâng dao cũng là nhân tố chính ảnh hưởng đến mòn dao, với 60.06%, góc trước là 23.37% và góc nghiêng dao là 4.2%. Còn các yếu tố khác là không đáng kể.

Như trong **Hình 6.6**, độ mòn dao giảm khi góc trước, góc nâng dao tăng theo hướng âm và góc nghiêng chính giảm từ 90° tới 60°. Lý do cho ảnh hưởng này là góc trước cục bộ âm tăng (góc sau cục bộ tăng tương ứng) khi giảm góc nghiêng dao (**Hình 6.1(e)**), tăng góc trước dao và góc nâng dao (**Hình 6.1(a, b)**). Sự tăng góc sau cục bộ dẫn đến giảm diện tích tiếp xúc và ma sát giữa chi tiết gia công và mặt sau dao do sự đàn hồi của vật liệu gia công (springback of workpiece).

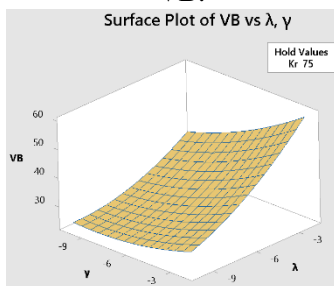
$$\begin{aligned}
 VB = & 126.8 - 0.92 \kappa_r + 9.96 \gamma + 8.05 \lambda + 0.00401 \kappa_r^2 + 0.142 \gamma^2 + 0.225 \lambda^2 \\
 & - 0.0686 \kappa_r \gamma - 0.0166 \kappa_r \lambda + 0.240 \gamma \lambda
 \end{aligned}
 \tag{6.3}$$

Bảng 6.3 Phân tích biên ANOVA cho mòn dao VB

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	878.361	94.60%	878.361	97.596	19.45	0.000
Linear	3	813.702	87.63%	813.702	271.234	54.06	0.000
κ_r	1	39.013	4.20%	39.013	39.013	7.78	0.019
γ	1	217.004	23.37%	217.004	217.004	43.25	0.000
λ	1	557.684	60.06%	557.684	557.684	111.15	0.000
Square	3	30.764	3.31%	30.764	10.255	2.04	0.172
$\kappa_r^* \kappa_r$	1	0.314	0.03%	1.478	1.478	0.29	0.599
$\gamma^* \gamma$	1	6.932	0.75%	9.382	9.382	1.87	0.201
$\lambda^* \lambda$	1	23.518	2.53%	23.518	23.518	4.69	0.056
2-Way	3	33.895	3.65%	33.895	11.298	2.25	0.145
Interaction							
$\kappa_r^* \gamma$	1	17.582	1.89%	17.582	17.582	3.50	0.091
$\kappa_r^* \lambda$	1	1.022	0.11%	1.022	1.022	0.20	0.661
$\gamma^* \lambda$	1	15.290	1.65%	15.290	15.290	3.05	0.111
Error	10	50.173	5.40%	50.173	5.017		
Lack-of-Fit	5	49.108	5.29%	49.108	9.822	46.12	0.000
Pure Error	5	1.065	0.11%	1.065	0.213		
Total	19	928.534	100.00%				

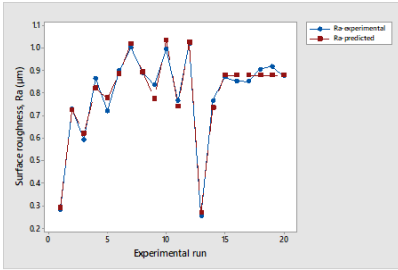


Hình 6.5 Ảnh hưởng chính của các nhân tố điều chỉnh đến độ mòn dao mặt sau VB.

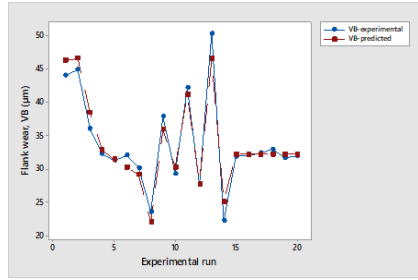


Hình 6.6 Ảnh hưởng của góc trước và góc nâng đến độ mòn dao VB.

6.3 So sánh các kết quả thí nghiệm và phương trình hồi qui.



(a)



(b)

Hình 6.7 So sánh các kết quả thí nghiệm và dự đoán từ phương trình hồi qui:
(a) độ nhám bề mặt, (b) độ mòn dao.

6.4 Tối ưu hóa quá trình tiện cứng

6.4.1 Giới thiệu phương pháp tối ưu

6.4.2 Phát biểu bài toán tối ưu

a. Bài toán 1

Mục tiêu của nghiên cứu là tối ưu các thông số góc để đạt được độ nhám bề mặt nhỏ nhất vì vậy phương trình (6.6) được dùng.

Trong đó đáp ứng đầu ra Y_i là độ nhám bề mặt Ra , $n=1$ số đáp ứng đầu ra và $r=1$ là thông số xác định hình dáng d_j .

Mô hình toán đáp ứng đầu ra Y_i là độ nhám bề mặt như sau:

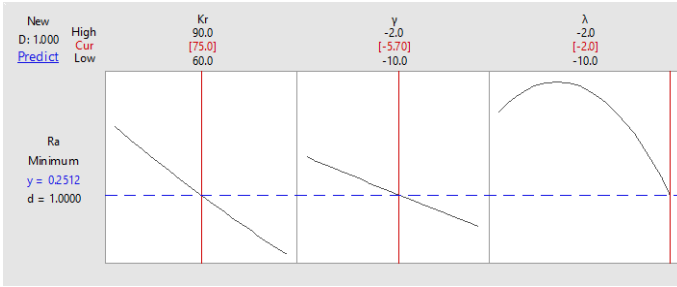
$$Ra = 3.581 - 0.0654 \kappa_r + 0.1495 \gamma - 0.0806 \lambda + 0.000117 \kappa_r^2 + 0.00024 \gamma^2 - 0.02373 \lambda^2 - 0.002731 \kappa_r \gamma - 0.003808 \kappa_r \lambda - 0.00382 \gamma \lambda \quad 6.2$$

Ràng buộc bài toán là: $Ra > 0.25$ (μm), $60^\circ \leq \kappa_r \leq 90^\circ$, $-2^\circ \leq \gamma_o \leq -10^\circ$
 $-2^\circ \leq \lambda_s \leq -10^\circ$

Áp dụng phương trình (6.6), ta có kết quả tối ưu như **Hình 6.9** và **Bảng**

6.4

Bảng 6.4 chỉ ra các kết quả tối ưu cho độ nhám bề mặt. Các thông số góc tối ưu là góc nghiêng dao $\kappa_r = 75^\circ$, góc trước $\gamma = -5.7^\circ$ và góc nâng $\lambda = -2^\circ$. Và giá trị độ nhám bề mặt nhỏ nhất là $Ra = 0.252 \mu\text{m}$.



Hình 6.8 Tối ưu hóa độ nhám bề mặt Ra.

Bảng 6.4 Kết quả tối ưu cho độ nhám bề mặt.

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Ra	Minimum		0.252	1.02	1	1

Solution	Ra			Composite	
	Kr	γ	λ	Fit	Desirability
1	75	-5.7	-2	0.252000	1.00000

b. Bài toán 2

Mục tiêu của nghiên cứu là tối ưu các thông số góc để đạt được độ mòn dao nhỏ nhất vì vậy phương trình (6.6) được dùng.

Trong đó đáp ứng đầu ra Y_i là độ mòn dao VB, $n=1$ số đáp ứng đầu ra và $r=1$ là thông số xác định hình dáng d_i .

Mô hình toán đáp ứng đầu ra Y_i là độ mòn dao như sau:

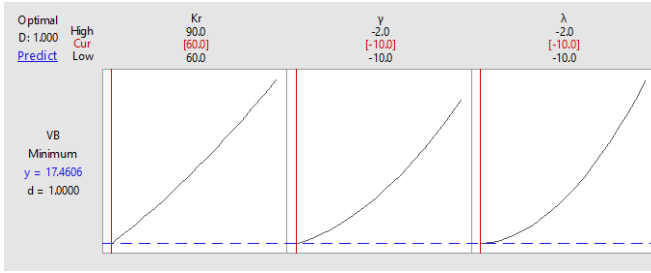
$$VB = 126.8 - 0.92 \kappa_r + 9.96 \gamma + 8.05 \lambda + 0.00401 \kappa_r^2 + 0.142 \gamma^2 + 0.225 \lambda^2 - 0.0686 \kappa_r \gamma - 0.0166 \kappa_r \lambda + 0.240 \gamma \lambda \tag{6.3}$$

Ràng buộc bài toán là: $VB > 0$ (μm), $60^\circ \leq \kappa_r \leq 90^\circ$, $-2^\circ \leq \gamma \leq -10^\circ$, $-2^\circ \leq \lambda_s \leq -10^\circ$

Áp dụng phương trình (6.6), ta có kết quả tối ưu như Hình 6.10 và

Bảng 6.5.

Bảng 6.5 chỉ ra các kết quả tối ưu cho độ nhám bề mặt. Các thông số góc tối ưu là góc nghiêng dao $\kappa_r = 60^\circ$, góc trước $\gamma = -10^\circ$ và góc nâng $\lambda = -10^\circ$. Và giá trị độ mòn dao nhỏ nhất là $VB = 17.4606 \mu\text{m}$.



Hình 6.9 Tối ưu hóa độ mòn dao VB

Bảng 6.5 Kết quả tối ưu cho độ mòn dao.

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
VB	Minimum		22.2	50.26	1	1

Solution	Ra			Composite	
	Kr	γ	λ	Fit	Desirability
1	60	-10	-10	17.4606	1.00000

c. Bài toán 3

Một trong những mục tiêu chính của nghiên cứu là tối ưu các thông số góc để đạt được độ nhám bề mặt và độ mòn dao mong muốn trong quá trình tiện cứng, vì vậy phương trình (6.7) được dùng.

Trong đó đáp ứng đầu ra Y_i là độ nhám bề mặt Ra và độ mòn dao VB , $n=2$ số đáp ứng đầu ra và $r=1$ là thông số xác định hình dáng d_i .

Mô hình toán đáp ứng đầu ra Y_i là độ nhám bề mặt và độ mòn dao như sau:

$$Ra = 3.581 - 0.0654 \kappa_r + 0.1495 \gamma - 0.0806 \lambda + 0.000117 \kappa_r^2 + 0.00024 \gamma^2 - 0.02373 \lambda^2 - 0.002731 \kappa_r \gamma - 0.003808 \kappa_r \lambda - 0.00382 \gamma \lambda \quad 6.2$$

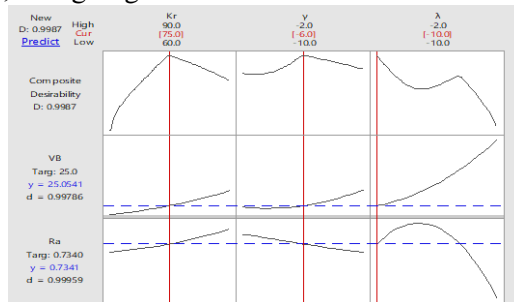
$$VB = 126.8 - 0.92 \kappa_r + 9.96 \gamma + 8.05 \lambda + 0.00401 \kappa_r^2 + 0.142 \gamma^2 + 0.225 \lambda^2 - 0.0686 \kappa_r \gamma - 0.0166 \kappa_r \lambda + 0.240 \gamma \lambda \quad 6.3$$

Ràng buộc bài toán là: $Ra > 0.25$ (μm), $VB > 0$ (μm), $60^\circ \leq \kappa_r \leq 90^\circ$
 $-2^\circ \leq \gamma_0 \leq -10^\circ$, $-2^\circ \leq \lambda_s \leq -10^\circ$

Áp dụng phương trình (6.7), ta có kết quả tối ưu như **Hình 6.11** và

Bảng 6.6.

Bảng 6.6 chỉ ra các kết quả tối ưu cho độ mòn dao và độ nhám bề mặt. Các thông số góc tối ưu đạt là góc nghiêng dao $\kappa_r = 75^\circ$, góc trước $\gamma = -6^\circ$ và góc nâng $\lambda = -10^\circ$. Và các giá trị độ nhám bề mặt và độ mòn dao tối ưu đạt được từ thí nghiệm là $Ra = 0.767\mu\text{m}$ và $V_B = 22.2\mu\text{m}$ so với các giá trị độ nhám bề mặt và độ mòn dao đạt được từ các thông số góc dao tiêu chuẩn ($\kappa_r = 91^\circ$, $\gamma = -6^\circ$ và $\lambda = -6^\circ$) là $Ra = 0.836\mu\text{m}$ và $V_B = 37.8\mu\text{m}$. Độ nhám bề mặt, độ mòn dao giảm 8.3% và 41.3%, tương ứng.



Hình 6.10 Tối ưu hóa đa mục tiêu độ nhám và độ mòn dao.

Bảng 6.6 Kết quả tối ưu cho độ nhám bề mặt và độ mòn dao.

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Ra	Target	0.252	0.734	1.020	1	1
VB	Target	22.200	25.000	50.260	1	1

Solution	Kr	γ	λ	Ra Fit	VB Fit	Composite Desirability
1	75	-6	-10	0.734000	25.0000	1.00000

d. Bài toán 4

Mục tiêu của nghiên cứu là tối ưu các thông số góc để đạt được độ nhám bề mặt và độ mòn dao nhỏ nhất, vì vậy phương trình (6.6) được dùng.

Trong đó đáp ứng đầu ra Y_i là độ nhám bề mặt R_a và độ mòn dao VB , $n=2$ số đáp ứng đầu ra và $r=1$ là thông số xác định hình dáng d_i .

Ràng buộc bài toán là:

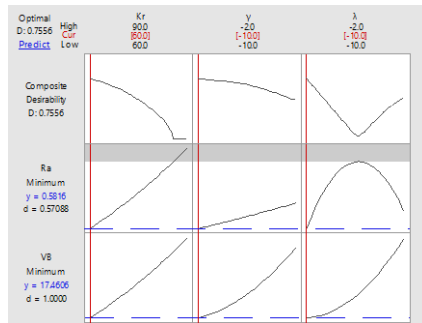
$$R_a > 0.25 (\mu\text{m}), VB > 0 (\mu\text{m}), 60^\circ \leq \kappa_r \leq 90^\circ, -2^\circ \leq \gamma_o \leq -10^\circ$$

$$-2^\circ \leq \lambda_s \leq -10^\circ$$

Áp dụng phương trình (6.6), ta có kết quả tối ưu như Hình 6.12 và

Bảng 6.7.

Bảng 6.7 chỉ ra các kết quả tối ưu cho độ mòn dao và độ nhám bề mặt. Các thông số góc tối ưu đạt là góc nghiêng dao $\kappa_r = 60^\circ$, góc trước $\gamma = -10^\circ$ và góc nâng $\lambda = -10^\circ$. Và các giá trị độ nhám bề mặt và độ mòn dao tối ưu là $R_a = 0.582\mu\text{m}$ và $V_B = 17.5\mu\text{m}$.



Hình 6.11 Tối ưu hóa đa mục tiêu độ nhám và độ mòn dao.

Bảng 6.7 Kết quả tối ưu cho độ nhám bề mặt và độ mòn dao.

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Ra	Minimum		0.252	1.02	1	1
VB	Minimum		22.200	50.26	1	1
Solution	Kr	γ	λ	Ra Fit	VB Fit	Composite Desirability

Chương 7:

KẾT LUẬN & KIẾN NGHỊ**7.1 Những kết quả đã đạt được**

Dựa trên kết quả thí nghiệm và các phân tích, một số kết luận chính từ nghiên cứu sau:

Quá trình tiện cứng là quá trình tiện tinh hoặc bán tinh, chỉ có bán kính mũi dao tham gia cắt gọt. Sự thay đổi góc trước dao và góc nâng dao chủ yếu gây ra sự thay đổi góc nâng dao cục bộ và góc trước dao cục bộ tương ứng của các phần tử cạnh cắt bán kính mũi dao. Trong khi đó sự thay đổi góc nghiêng dao làm thay đổi vị trí cắt trên bán kính mũi dao.

Góc nâng dao có ảnh hưởng nhiều nhất đến độ nhám bề mặt với 32.54 %, tiếp theo là góc trước và góc nghiêng chính với 11.88% và 9.97%, tương ứng. Ảnh hưởng tương tác giữa góc nghiêng chính với góc trước và góc nâng dao đến độ nhám bề mặt là đáng kể. Độ nhám bề mặt tăng khi góc trước, và góc nâng dao tăng theo hướng âm. Tuy nhiên, nếu góc nâng dao tiếp tục tăng qua một giới hạn nào đó ($\lambda = -8,1^\circ$), thì độ nhám bề mặt sẽ giảm. Đây là điểm mới và đáng chú ý trong nghiên cứu về tiện cứng vì khi đó độ nhám bề mặt và độ mòn dao giảm đồng thời.

Và góc nâng dao cũng là nhân tố chính ảnh hưởng đến mòn dao với 60.06%, tiếp theo là góc trước với 23.37% và góc nghiêng dao với 4.2%. Kết quả chỉ ra rằng mòn dao giảm khi tăng góc trước và góc nâng dao theo hướng âm.

Xu hướng ảnh hưởng của các thông số hình học góc dao đến độ nhám bề mặt và độ mòn dao là ngược nhau trong quá trình tiện cứng.

Vai trò của các thông số góc dao là khác nhau giữa tiện cứng và tiện truyền thống. Với góc nâng dao là góc dao quan trọng nhất trong quá trình tiện cứng, trong khi đó, góc trước có ảnh hưởng nhiều nhất trong tiện truyền thống.

Phương pháp thiết kế hệ thống đồ gá đề xuất mang lại một phương pháp

hiệu quả để thay đổi thông số hình học góc dao khi sử dụng các mảnh dao tiêu chuẩn nhằm cải thiện quá trình tiện cứng hay các vật liệu khó gia công khác.

Đã xây dựng mô hình toán hình học quá trình tiện cứng mới mô tả chính xác bản chất quá trình tiện cứng. Kết quả phân tích của mô hình toán hình học phù hợp với kết quả thực nghiệm. Và mô hình được đề xuất có thể được kết hợp với các công thức và mô hình toán học khác để tính toán lực cắt, nhiệt độ cắt và mòn dao cục bộ cho mỗi phân tử cạnh cắt và toàn cục quá trình.

Đã xây dựng các mô hình toán học thực nghiệm về độ mòn dao và độ nhám bề mặt sau:

$$Ra = 3.581 - 0.0654 \kappa_r + 0.1495 \gamma - 0.0806 \lambda + 0.000117 \kappa_r^2 + 0.00024 \gamma^2 - 0.02373 \lambda^2 - 0.002731 \kappa_r \gamma - 0.003808 \kappa_r \lambda - 0.00382 \gamma \lambda$$

$$VB = 126.8 - 0.92 \kappa_r + 9.96 \gamma + 8.05 \lambda + 0.00401 \kappa_r^2 + 0.142 \gamma^2 + 0.225 \lambda^2 - 0.0686 \kappa_r \gamma - 0.0166 \kappa_r \lambda + 0.240 \gamma \lambda$$

Đã phân tích và lựa chọn phương pháp tối ưu hóa một mục tiêu và đa mục tiêu. Với thông số góc dao tối ưu (góc nghiêng dao $\kappa_r = 75^\circ$, góc trước dao $\gamma = -6^\circ$, và góc nâng dao $\lambda = -10^\circ$), kết quả thực nghiệm cho thấy quá trình tiện cứng được cải thiện với độ nhám bề mặt và mòn dao giảm 8.3% và 41.3% tương ứng so với thông số góc dao tiêu chuẩn ($\kappa_r = 90^\circ$, $\gamma = -6^\circ$, và $\lambda = -6^\circ$).

7.2 Hướng phát triển

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu đã đạt được, nghiên cứu tiếp theo có thể mở rộng theo các hướng sau đây:

- Tiện cứng với các loại vật liệu cứng khác như AISI 5200
- Tiện cứng với các loại dụng cụ cắt khác như PCBN.
- Nghiên cứu ảnh hưởng tổng hợp của các thông số hình học dao và chế độ cắt đến độ mòn dao và độ nhám bề mặt.