

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



**LUẬN VĂN THẠC SĨ
ĐỒ TIẾN SĨ**

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG THÔNG SỐ HÌNH HỌC
DAO ĐẾN LỰC CẮT, MÒN DAO & CHẤT LƯỢNG
BỀ MẶT TRONG GIA CÔNG TIỆN SỬ DỤNG
MẢNH HỢP KIM TIÊU CHUẨN**

NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ - 8520103



Tp. Hồ Chí Minh, tháng 9/2019

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

LUẬN VĂN THẠC SĨ

ĐỖ TIẾN SĨ

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG THÔNG SỐ HÌNH HỌC
DAO ĐẾN LỰC CẮT, MÒN DAO & CHẤT LƯỢNG
BỀ MẶT TRONG GIA CÔNG TIỆN SỬ DỤNG
MẢNH HỢP KIM TIÊU CHUẨN**

NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ - 8520103

Hướng dẫn khoa học:

TS. MAI ĐỨC ĐÃI

Th.S PHẠM MINH ĐỨC

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 9/2019

LÝ LỊCH KHOA HỌC

I. LÝ LỊCH SƠ LƯỢC:

Họ & tên: ĐỖ TIẾN SĨ

Giới tính: Nam

Ngày, tháng, năm sinh: 15/1/1995

Nơi sinh: Đồng Nai

Quê quán: Thái Bình

Dân tộc: Kinh

Chỗ ở riêng hoặc địa chỉ liên lạc: 9/5 Đường số 7, Linh Chiểu, Thủ Đức, Tp. HCM

Điện thoại cơ quan: Điện thoại nhà riêng: 0367331125

Fax:

E-mail: dotiensi000@gmail.com

II. QUÁ TRÌNH ĐÀO TẠO:

1. Đại học:

Hệ đào tạo: Chính Quy

Thời gian đào tạo từ 2013 đến 2017

Nơi học (trường, thành phố): Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM

Ngành học: Công nghệ chế tạo máy

Tên đề án, luận án hoặc môn thi tốt nghiệp: Thiết kế, chế tạo máy cắt nhôm định hình chính xác

Ngày & nơi bảo vệ đề án, luận án hoặc thi tốt nghiệp: 7/2017- Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM

Người hướng dẫn: Th.S Nguyễn Văn Đoàn

III. QUÁ TRÌNH CÔNG TÁC CHUYÊN MÔN KỂ TỪ KHI TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC:

Thời gian	Nơi công tác	Công việc đảm nhiệm

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đây là công trình nghiên cứu của tôi.

Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 15 tháng 9 năm 2019

(Ký tên và ghi rõ họ tên)

Đỗ Tiến Sĩ

CẢM TẠ

Để hoàn thành luận văn thạc sĩ này, tôi đã nhận được rất nhiều sự giúp đỡ. Trước hết tôi kính gửi đến quý thầy, cô giáo trong phòng sau đại học, khoa Cơ khí chế tạo máy, Ngành Kỹ thuật cơ khí trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh lời cảm ơn chân thành.

Trân trọng cảm ơn TS. Trương Quang Tri và PGS. TS Phạm Huy Tuân đã sát cánh cùng lớp 2018A trong thời gian qua.

Và đặc biệt, tôi xin gửi đến TS. Mai Đức Đãi và Th.S Phạm Minh Đức, người đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ tôi hoàn thành luận văn thạc sĩ lời cảm ơn sâu sắc.

Trân trọng cảm ơn TS. Tôn Thiện Phương cùng Ban giám hiệu Đại học Bách khoa Tp.HCM đã nhiệt tình giúp đỡ hỗ trợ trang thiết bị thí nghiệm.

Trân trọng cảm ơn Th.S Trần Chí Thiên và Th.S Nguyễn Nhật Phi Long đã nhiệt tình giúp đỡ hỗ trợ trang thiết bị thí nghiệm.

Tôi xin chân thành cảm ơn gia đình, bạn bè đã giúp đỡ tạo điều kiện thuận lợi cho tôi trong suốt quá trình nghiên cứu, ứng dụng thực tế tại trường để tôi hoàn thành tốt luận văn thạc sĩ này.

Cuối cùng, kính chúc quý thầy, cô dồi dào sức khỏe và thành công trong sự nghiệp cao quý, hoàn thành tốt mọi nhiệm vụ được giao.

Ngày 15 tháng 9 năm 2019

Người viết

TÓM TẮT

Nghiên cứu các đặc trưng để hiểu rõ và điều khiển các yếu tố ảnh hưởng tới hiệu quả quá trình tiện cứng đã và đang được tiến hành tại nhiều nơi trên thế giới, các kết quả công bố cho thấy việc nghiên cứu vẫn chưa đủ sâu sắc và triệt để. Chính vì độ ổn định và độ tin cậy thấp khi gia công nên tiện cứng chính xác còn chưa thỏa mãn được yêu cầu của hầu hết các ngành công nghiệp.

Có nhiều nguyên nhân làm cho chi phí sản xuất cao, chất lượng sản phẩm thấp nhưng trong đó có nguyên nhân chính là chưa có đủ nghiên cứu để tạo lập cơ sở khoa học xác định ảnh hưởng của các yếu tố đến chất lượng gia công, thiết lập các mô hình toán học bài toán tối ưu hóa quá trình và nghiên cứu sử dụng hiệu quả thiết bị hiện có. Cải tiến để tăng độ bóng bề mặt là một nhu cầu cần thiết trong các sản phẩm công nghiệp. Bên cạnh đó, sự lãng phí các yếu tố trong quá trình gia công như công cụ cắt, hiệu suất máy, thời gian vv... là một trong các nguyên nhân chính gây tăng giá sản phẩm.

Từ những yêu cầu thực tiễn nêu trên, tác giả nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số hình học của dao đến chất lượng gia công trên máy tiện với mục tiêu xác định mức độ và qui luật ảnh hưởng của một số tham số chủ yếu của thông số hình học dao (góc nâng, góc trước, góc nghiêng chính) đến các thông số ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm và tính hiệu quả của quá trình gia công (độ nhám bề mặt chi tiết, độ mòn dao, lực cắt).

Kết quả nghiên cứu là tài liệu cần thiết cho tính toán thiết kế, cải tiến và sử dụng hiệu quả các thiết bị phụ vụ thực tiễn sản xuất, góp phần nâng cao chất lượng sản phẩm và hiệu quả sản xuất.

ABSTRACT

Research the characteristics to identify and control the factors that affect the efficiency of hard turning processes has been carried out in many parts of the world, the published results show that the research is still not deep enough and thorough. Because of the low stability and reliability in machining, precision hard turning does not meet the requirements of most industries.

There are many reasons for high production costs and low product quality, but the main reason is that there aren't enough researchs to create a scientific theory to determine the effects factors on machining quality and equipment, calculate mathematical models for problem optimization and research and efficient use of available equipments. Improvements to increasing roughness quality are an important things in industrial products. In addition, the waste of processing such as cutting tools, machine performance, time, etc. is one of the main causes of high product price.

From the reality requirements mentioned above, the author decided to research about the influence of the geometry parameters of the cutting tool on the quality of machining on the lathe, with the aim of determining the level and rule of influence of some key parameters of tool geometry (Inclination Angle, Orthogonal Rake Angle, Principal Cutting Edge Angle) to parameters that affect product quality and the efficiency of the machining process (surface roughness of parts, tool wear, cutting force).

Research results are documents for design calculations, improvements and effective use of equipment for production practices, contributing to improving product quality and production efficiency.

MỤC LỤC

Quyết định giao đề tài	i
Lý lịch cá nhân	ii
Lời cam đoan	iii
Cảm tạ	iv
Tóm tắt	v
Mục lục	vi
Danh sách các chữ viết tắt	viii
Danh sách các hình	ix
Danh sách các bảng	x
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN	1
1.1 Giới thiệu chung	1
1.2 Tổng quan các nghiên cứu trong, ngoài nước	3
1.2.1 Nghiên cứu trong nước	3
1.2.2 Nguyên cứu ngoài nước	5
1.3 Đối tượng nghiên cứu	10
1.4 Mục tiêu và nội dung nghiên cứu	10
1.5 Giới hạn đề tài	11
1.6 Ý nghĩa khoa học & thực tiễn	11
CHƯƠNG 2: CƠ BẢN VỀ CẮT KIM LOẠI - GIA CÔNG TIỆN	13
2.1 Cơ sở lý thuyết và nguyên lý cắt gọt	13
2.1.1 Những định nghĩa cơ bản	13
2.1.2 Thông số hình học của dao tiện	14
2.2 Cơ sở vật lý của quá trình cắt gọt	17
2.2.1 Quá trình hình thành phoi cắt	17
2.2.2 Lực và ứng suất trong cắt kim loại	18
2.2.3 Hiện tượng nhiệt khi cắt	21
2.2.4 Hiện tượng và phương thức mài mòn dao	22
2.3 Tiện cứng và các đặc trưng	25

2.3.1	So sánh với phương pháp mài	26
2.3.2	Quy trình công nghệ sử dụng phương pháp tiện cứng	28
2.3.3	Các thuộc tính của tiện cứng	29
CHƯƠNG 3: CÁC CÔNG CỤ TỐI ƯU HÓA DỰA TRÊN QUI HOẠCH THỰC		
NGHIỆM		32
3.1	Tối ưu quá trình gia công	32
3.2	Thiết kế thực nghiệm (DOE)	34
3.2.1	Các khái niệm	35
3.2.2	Thực nghiệm yếu tố toàn phần (Full factorial design)	35
3.2.3	Thực nghiệm yếu tố từng phần (Fractional factorial design)	35
3.3	Phương pháp đáp ứng bề mặt (RSM-respond surface method)	35
3.3.1	Thiết kế thực nghiệm phù hợp với phương pháp đáp ứng bề mặt	36
3.3.2	Những phương án quay của Box và Hunter	38
3.3.3	Tối ưu hóa đa mục tiêu (Multiple Responses Optimization)	40
CHƯƠNG 4: XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ THỰC NGHIỆM		42
4.1	Vật mẫu thực nghiệm (phôi)	42
4.2	Mảnh dao (<i>insert</i>) và thân dao (<i>holder</i>)	43
4.3	Chế độ cắt	46
4.4	Thiết kế thực nghiệm	47
CHƯƠNG 5: THỰC NGHIỆM, KẾT QUẢ & BÌNH LUẬN		48
5.1	Tổ chức thực nghiệm	48
5.1.1	Đồ gá thay đổi góc dao	48
5.1.2	Trang thiết bị đo	49
5.1.3	Các công cụ phần mềm	55
5.1.4	Các bước tiến hành thực nghiệm	56
5.2	Phân tích kết quả bằng phương pháp đáp ứng bề mặt	60
5.2.1	Xử lý kết quả đo	60
5.2.2	Kết quả và phân tích ANOVA	64
5.2.3	Mô hình bậc hai của lực cắt, tốc độ mòn và độ nhám	72

5.2.4	Biểu đồ bề mặt đáp ứng 3D và đường đồng mức	77
5.3	So sánh giữa kết quả thực nghiệm và dự đoán	82
5.4	Tối ưu hóa đáp ứng	85
5.5	Bình luận	88
	CHƯƠNG 6: KẾT LUẬN & KIẾN NGHỊ	90
	TÀI LIỆU THAM KHẢO	92

DANH SÁCH CHỮ VIẾT TẮT/KÝ HIỆU KHOA HỌC

Kí hiệu	Mô tả	Đơn vị (nếu có)
\varnothing	Góc trượt	°
a	Chiều dày cắt	mm
Aver.Vb	Độ mòn mặt sau	μm
b	Chiều rộng cắt	mm
F_F	Lực ma sát ở trên mặt trước của dụng cụ	N
F_N	Lực pháp tuyến với mặt trước của dụng cụ	N
F	Lực tổng hợp	N
F_S	Lực cắt nằm trong mặt phẳng trượt	N
F_{SN}	Lực vuông góc với mặt phẳng trượt	N
F_x	Lực theo phương chạy dao	N
F_y	Lực theo phương hướng kính	N
F_z	Lực theo phương tiếp tuyến	N
R	Bán kính mũi dao	mm
R_a	Độ nhám bề mặt	μm
S	Lượng chạy dao	mm/vòng
t	Chiều sâu cắt	mm
V_c	Vận tốc cắt	m/phút
w	Chiều rộng phoi	mm
α	Góc sau chính	°
α_1	Góc sau phụ	°
γ_0	Góc trước	°
λ	Góc nâng	°
μ	Hệ số ma sát	
Φ	Góc nghiêng chính	°

Φ_1	Góc nghiêng phụ	°
DF	Bậc tự do	
Seq SS	Tổng bình phương	
Adj SS	Tổng bình phương đã điều chỉnh	
Adj MS	Trung bình bình phương đã điều chỉnh	
F-Value	Giá trị F	
P-Value	Giá trị P	

DANH SÁCH CÁC BẢNG

Bảng 1.2.1 Tóm tắt các nghiên cứu về quá trình gia công tiện	5
Bảng 2.2.1 Tính toán lực cắt theo công thức (2.1) cho trường hợp thép có $\sigma_a=750$ Mpa, $V_c = 120$ m/ph, $S = 0.08$ mm/v, $t = 0.2$ mm.....	20
Bảng 3.3.1 Ma trận thiết kế thực nghiệm cấu trúc có tâm, 3 yếu tố [26].	38
Bảng 3.3.2 Trị số cánh tay đòn sao và số điểm thí nghiệm ở tâm phương án quay đồng đều [26].	39
Bảng 3.3.3 Ma trận thiết kế thực nghiệm cấu trúc có tâm phương án quay, 3 yếu tố [26].	39
Bảng 4.1.1 Thành phần hóa học của thép AISI 1055 [28]	42
Bảng 4.1.2 Thuộc tính vật lý, cơ học thép AISI 1055 [28]	42
Bảng 4.2.1 Thuộc tính mảnh dao TNGA160404S01525 6050 [29].....	44
Bảng 4.2.2 Thuộc tính của thân dao PTG NR 1616H 16 [30]	45
Bảng 4.2.3 Chế độ cắt khuyến dùng.....	45
Bảng 4.3.1 Các yếu tố không phụ thuộc và các mức được chọn.....	46
Bảng 4.3.2 Chế độ cắt trong thí nghiệm.	47
Bảng 4.4.1 Ma trận thông số thí nghiệm	47
Bảng 5.1.1 Thông số của Cảm biến đo lực Multicomponent Dynamometer Kistler Type 9257B [32]	50
Bảng 5.1.2 Chuỗi thiết bị thường được sử dụng khi đo [32].....	53
Bảng 5.1.3 Thuộc tính Hệ thống đo độ nhám bề mặt MITUTOYO SJ-210 178-390 [33]	53
Bảng 5.1.4 Quy trình thực hiện thí nghiệm	56
Bảng 5.2.1 Kết quả thí nghiệm	64
Bảng 5.2.2 Phân tích ANOVA cho F_x	65
Bảng 5.2.3 Phân tích ANOVA cho F_y	66
Bảng 5.2.4 Phân tích ANOVA cho F_z	68

Bảng 5.2.5 Phân tích ANOVA cho độ mòn	69
Bảng 5.2.6 Phân tích ANOVA cho độ nhám bề mặt.....	71
Bảng 5.4.1 Thông số đầu vào trong tính toán tối ưu	85
Bảng 5.4.2 Kết quả tối ưu.....	86
Bảng 5.4.3 So sánh giữa cán dao tiêu chuẩn với kết quả tối ưu.....	87

DANH SÁCH CÁC HÌNH

Hình 1.2.1 Đồ thị biến thiên các thành phần lực cắt theo chiều dài cắt khi tiện thép 9XC(a) và X12M(b) độ cứng 57HRC ở chế độ cắt $V_c = 110$ m/ph; $S = 0,07$ mm/v; $t = 0,115$ mm [2].....	4
Hình 1.2.2 Vùng mòn mặt sau mảnh PCBN khi tiện cứng thép 9XC với $t = 0,12$ mm; $S = 0,1$ mm/v; $V_c = 140$ m/ph (a-d); $V_c = 180$ m/ph (e-h); chiều dài cắt tương ứng $l_1 = 510; 1020; 1530; 2551$ m (e-h).	4
Hình 1.2.3 Độ mòn mặt sau ở $V_c = 200$ m/ph, $S = 0.08$ mm/v, $t = 0.2$ mm ở nghiên cứu của Samir Khamel [13]	8
Hình 1.2.4 Biểu đồ tối ưu hóa ở nghiên cứu của của Süleyman Neseli [14].....	9
Hình 1.2.5 Tổng quan trong nghiên cứu quá trình gia công tiện	9
Hình 2.1.1 Tập hợp các yếu tố vận tốc cắt V_c , chiều sâu cắt t , lượng chạy dao S . ..	14
Hình 2.1.2 Những bộ phận chính của dụng cụ cắt.....	15
Hình 2.1.3 Biểu diễn các góc của công cụ cắt trong hệ thống Orthogonal Reference System (Tiêu chuẩn ISO).....	16
Hình 2.4 Vòng tròn lực khi cắt trực giao của Ernst và Merchant [15]	19
Hình 2.2.5 Các dạng mài mòn dao [19]	23
Hình 2.2.6 Các giai đoạn của quá trình mài mòn dao [19]	24
Hình 2.3.1 Độ nhám bề mặt và độ chính xác có thể đạt được khi tiện cứng [22]	26
Hình 2.3.2 Tổng quan về tiện cứng và mài [23].	28
Hình 2.3.3 Quy trình công nghệ truyền thống (a) Quy trình công nghệ sử dụng phương pháp tiện cứng (b) [21].....	28
Hình 2.3.4 Cơ chế hình thành phoi thép cứng 100Cr6 (60-62 HRC) khi sử dụng dao PCBN [21].....	30
Hình 2.3.5 Các dạng mòn trên dao CBN khi tiện tinh vật liệu cứng [21]	31

Hình 3.3.1 (a) Bề mặt đáp ứng lý thuyết về mối quan hệ giữa hiệu suất của quá trình phản ứng hóa học và thời gian phản ứng (ξ_1) và nhiệt độ phản ứng (ξ_2). (b) Đường đồng mức của bề mặt đáp ứng lý thuyết. [29].....	36
Hình 3.3.2 Sơ đồ thí nghiệm phương án cấu trúc có tâm, 3 yếu tố [29].....	37
Hình 4.1.1 Kích thước phôi.....	43
Hình 4.2.1 Kích thước mảnh dao TNGA160404S01525 6050 [31].....	43
Hình 4.2.2 Thông số của thân dao PTG NR 1616H 16 [32].....	44
Hình 5.1.1 Quy trình gia công các chi tiết đồ gá thay đổi góc dao.....	48
Hình 5.1.2 Bộ đồ gá dao có gắn cảm biến đo lực	49
Hình 5.1.3 Cảm biến đo lực Multicomponent Dynamometer Kistler Type 9257B [34]	50
Hình 5.1.4 Kích thước lắp ráp khi đo lực trong quá trình tiện [34]	52
Hình 5.1.5 Hệ thống đo kết hợp với Laboratory charge amplifier Type 5167A41xK [34]	52
Hình 5.1.6 Hệ thống đo độ nhám bề mặt MITUTOYO SJ-210 178-390 [35].....	53
Hình 5.1.7 Kính hiển vi Oxion Inverso materials science [36]	55
Hình 5.1.8 Hệ thống đo lực.....	57
Hình 5.1.9 Hệ thống gá đặt	57
Hình 5.1.10 Tổng quan máy tiện trước khi gia công	58
Hình 5.1.11 Tổng quan máy tiện khi gia công.....	58
Hình 5.1.12 Quá trình thu dữ liệu lực cắt	59
Hình 5.1.13 Đo độ nhám.....	59
Hình 5.1.14 Ca-líp máy đo độ nhám.....	60
Hình 5.1.15 Đo mòn dao	60
Hình 5.2.1 So sánh phổ của giá trị lực F_x của thí nghiệm thứ 4 trước và sau xử lý 6th-order lowpass Butterworth filter với tần số cắt là 15Hz	61
Hình 5.2.2 biểu đồ thể hiện giá trị trung bình của các lực cắt thành phần của thí nghiệm thứ 4.....	62

Hình 5.2.3 Các loại mòn mặt sau theo ISO Standard 3685-1993 (E) Tool Life Testing [33]	63
Hình 5.2.4 Hình chụp từ kính hiển vi Oxion Inverso materials science với độ phóng đại 200x	63
Hình 5.2.5 Kết quả độ nhám hiển thị trên thiết bị khi đo với tiêu chuẩn ISO 1997 .64	
Hình 5.2.6 Ma trận thể hiện sự ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào tới Fx.....	66
Hình 5.2.7 Ma trận thể hiện sự ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào tới Fy.....	68
Hình 5.2.8 Ma trận thể hiện sự ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào tới Fz.....	69
Hình 5.2.9 Ma trận thể hiện sự ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào tới độ mòn.....	71
Hình 5.2.10 Ma trận thể hiện sự ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào tới độ nhám....	72
Hình 5.2.11 Biểu đồ phân phối tích lũy của phần dư của phương trình đáp ứng (5.1)	74
Hình 5.2.12 Biểu đồ phân phối tích lũy của phần dư của phương trình đáp ứng (5.2)	74
Hình 5.2.13 Biểu đồ phân phối tích lũy của phần dư của phương trình đáp ứng (5.3)	75
Hình 5.2.14 Biểu đồ phân phối tích lũy của phần dư của phương trình đáp ứng (5.4)	75
Hình 5.2.15 Biểu đồ phân phối tích lũy của phần dư của phương trình đáp ứng (5.5)	76
Hình 5.2.16 Ma trận thể hiện biểu đồ đường đồng mức quan hệ của các yếu tố đầu vào với Fx.....	77
Hình 5.2.17 Ma trận thể hiện biểu đồ đường đồng mức quan hệ của các yếu tố đầu vào với Fy.....	78
Hình 5.2.18 Ma trận thể hiện biểu đồ đường đồng mức quan hệ của các yếu tố đầu vào với Fz.....	78
Hình 5.2.19 Ma trận thể hiện biểu đồ đường đồng mức quan hệ của các yếu tố đầu vào với độ mòn.....	79

Hình 5.2.20 Ma trận thể hiện biểu đồ đường đồng mức quan hệ của các yếu tố đầu vào với độ nhám.....	79
Hình 5.2.21 Ma trận thể hiện biểu đồ bề mặt 3D quan hệ của các yếu tố đầu vào với F_x	80
Hình 5.2.22 Ma trận thể hiện biểu đồ bề mặt 3D quan hệ của các yếu tố đầu vào với F_y	80
Hình 5.2.23 Ma trận thể hiện biểu đồ bề mặt 3D quan hệ của các yếu tố đầu vào với F_z	81
Hình 5.2.24 Ma trận thể hiện biểu đồ bề mặt 3D quan hệ của các yếu tố đầu vào với độ mòn.....	81
Hình 5.2.25 Ma trận thể hiện biểu đồ bề mặt 3D quan hệ của các yếu tố đầu vào với độ nhám.....	82
Hình 5.3.1 Biểu đồ thể hiện kết quả của F_x giữa thực nghiệm và dự đoán.....	83
Hình 5.3.2 Biểu đồ thể hiện kết quả của F_y giữa thực nghiệm và dự đoán.....	83
Hình 5.3.3 Biểu đồ thể hiện kết quả của F_z giữa thực nghiệm và dự đoán.....	84
Hình 5.3.4 Biểu đồ thể hiện kết quả của độ mòn giữa thực nghiệm và dự đoán.....	84
Hình 5.3.5 Biểu đồ thể hiện kết quả của độ nhám giữa thực nghiệm và dự đoán.....	85
Hình 5.4.1 Ma trận biểu đồ tối ưu hóa.....	86
Hình 5.5.1 Biểu diễn hướng của các lực mà dụng cụ nhận được khi gia công bên dưới và trên bán kính mũi [38].....	88
Hình 5.5.2 Ma trận thể hiện sự ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào tới lực cắt.....	89

Chương 1:

TỔNG QUAN

1.1 Giới thiệu chung

Sản xuất hay chế tạo là xương sống công nghiệp của bất kỳ quốc gia nào. Tầm quan trọng của nó được khẳng định bởi trên thực tế, nó chiếm khoảng 20 - 30% giá trị của tất cả hàng hóa và dịch vụ được sản xuất trong nền kinh tế. Ở cấp độ quốc gia, hoạt động sản xuất có ảnh hưởng trực tiếp đến kinh tế của quốc gia. Nói chung, hoạt động sản xuất ở một quốc gia có mức độ càng cao thì tiêu chuẩn cuộc sống của người dân càng cao, đất nước càng phát triển.

Ngành chế tạo máy đóng vai trò quan trọng trong việc sản xuất ra các thiết bị, công cụ cho mọi ngành trong nền kinh tế quốc dân, tạo tiền đề cần thiết để các ngành này phát triển mạnh hơn. Vì vậy, việc phát triển khoa học kỹ thuật trong lĩnh vực Công nghệ chế tạo máy có ý nghĩa hàng đầu nhằm thiết kế, hoàn thiện và vận dụng các phương pháp chế tạo, tổ chức và điều khiển quá trình sản xuất đạt hiệu quả kinh tế cao nhất.

Công nghệ chế tạo máy là một lĩnh vực khoa học kỹ thuật có nhiệm vụ nghiên cứu, thiết kế và tổ chức thực hiện quá trình chế tạo sản phẩm cơ khí đạt các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật nhất định trong điều kiện quy mô sản xuất cụ thể. Một mặt công nghệ chế tạo máy là lý thuyết phục vụ cho công việc chuẩn bị sản xuất và tổ chức sản xuất có hiệu quả nhất. Mặt khác, nó là môn học nghiên cứu các quá trình hình thành các bề mặt chi tiết và lắp ráp chúng thành sản phẩm. Công nghệ chế tạo máy là một môn học liên hệ chặt chẽ giữa lý thuyết và thực tiễn sản xuất. Nó được tổng kết từ thực tế sản xuất trải qua nhiều lần kiểm nghiệm để không ngừng nâng cao trình độ kỹ thuật, rồi được đem ứng dụng vào sản xuất để giải quyết những vấn đề thực tế phức tạp hơn, khó khăn hơn. Vì thế, phương pháp nghiên cứu công nghệ chế tạo máy phải luôn liên hệ chặt chẽ với điều kiện sản xuất thực tế.

Ở nước ta, ngoài các nhà máy gia công lớn được đầu tư những trung tâm gia công hiện đại nhưng còn có rất nhiều xưởng gia công nhỏ và vừa mà quá trình sản xuất các chi tiết, sản phẩm ở các cơ sở này còn có nhiều bất cập như chất lượng, năng suất thấp, giá thành cao làm hạn chế tính cạnh tranh của sản phẩm, gây không ít khó khăn trong khâu tiêu thụ. Có nhiều nguyên nhân làm cho chi phí sản xuất cao, chất lượng sản phẩm thấp nhưng trong đó có nguyên nhân chính là chưa có nghiên cứu tạo lập cơ sở khoa học xác định ảnh hưởng của các yếu tố đến chất lượng gia công, thiết lập các mô hình toán học bài toán tối ưu hóa quá trình và nghiên cứu sử dụng hiệu quả thiết bị hiện có.

Độ bóng bề mặt là yếu tố đóng vai trò quan trọng đối với chất lượng của sản phẩm. Độ nhám bề mặt là thước đo độ mịn của bề mặt sản phẩm và nó là yếu tố có ảnh hưởng lớn đến chi phí sản xuất. Bề mặt cũng ảnh hưởng đến tuổi thọ của bất kỳ sản phẩm nào và do đó, ta luôn luôn mong muốn có được độ nhám bề mặt cao hơn với chi phí tối thiểu. Do đó, cải tiến để tăng độ bóng bề mặt là một nhu cầu cần thiết trong các sản phẩm công nghiệp. Bên cạnh đó, sự lãng phí các yếu tố trong quá trình gia công như công cụ cắt, hiệu suất máy, thời gian vv... là một trong các nguyên nhân chính gây tăng giá sản phẩm.

Từ những yêu cầu thực tiễn nêu trên, tác giả nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số hình học của dao đến chất lượng gia công trên máy tiện với mục tiêu xác định mức độ và qui luật ảnh hưởng của một số tham số chủ yếu của thông số hình học dao (góc nâng, góc trước, góc nghiêng chính) đến các thông số ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm và tính hiệu quả của quá trình gia công (độ nhám bề mặt chi tiết, độ mòn dao, lực cắt). Kết quả nghiên cứu là tài liệu cần thiết cho tính toán thiết kế, cải tiến và sử dụng hiệu quả các thiết bị phụ vụ thực tiễn sản xuất, góp phần nâng cao chất lượng sản phẩm và hiệu quả sản xuất.

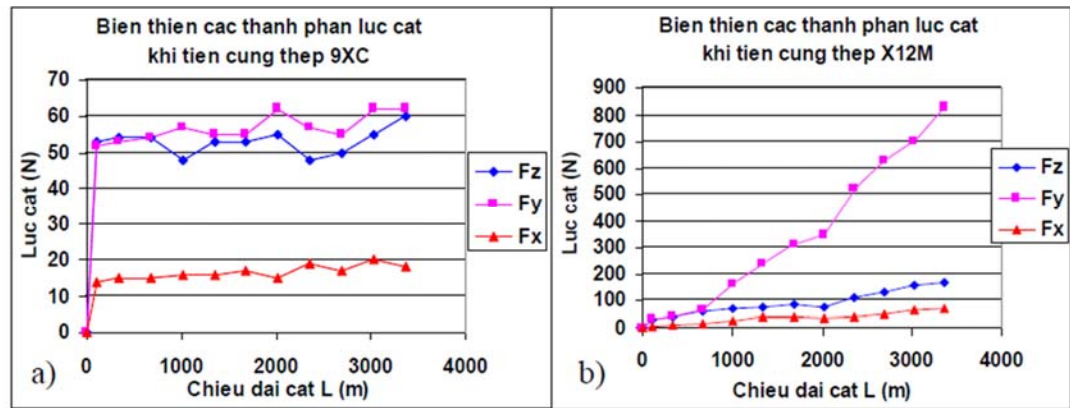
1.2 Tổng quan các nghiên cứu trong, ngoài nước

1.2.1 Nghiên cứu trong nước

Ở nước ta hiện có rất ít các nghiên cứu thực nghiệm chuyên sâu về cắt gọt kim loại đặc biệt là gia công tiện. Tiêu biểu về gia công tiện có thể nói đến hai nghiên cứu:

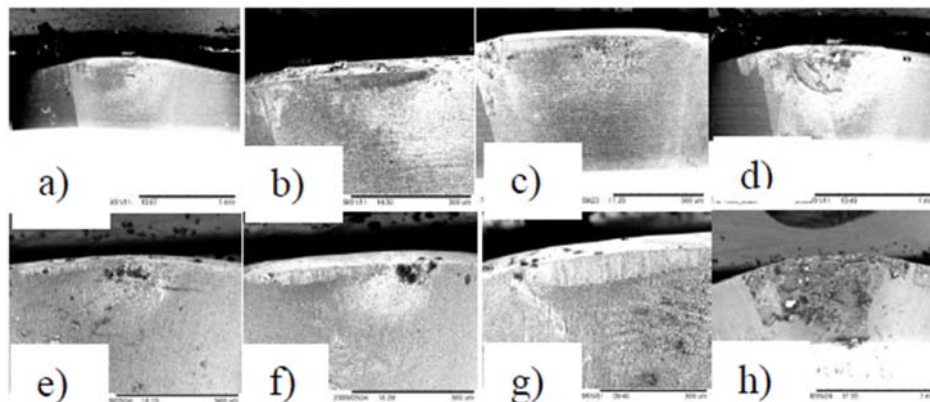
Nghiên cứu "*Ảnh hưởng của một số thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt gia công trên máy tiện*" của Hoàng Việt [1]. Nghiên cứu đi sâu vào thực nghiệm các ảnh hưởng của thông số chế độ cắt đến bề mặt gia công với việc sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm đơn yếu tố và thực nghiệm đa yếu tố. Kết quả của nghiên cứu cho thấy trong 3 thông số chế độ cắt: vận tốc cắt, lượng chạy dao, chiều sâu cắt, thì vận tốc cắt ảnh hưởng lớn nhất đến độ nhám bề mặt gia công, trong khi đó chiều sâu cắt ảnh hưởng không nhiều.

Hay chuỗi nghiên cứu "*Nghiên cứu quá trình tiện thép hợp kim qua tôi bằng dao PCBN*" của Nguyễn Thị Quốc Dung [2], là nghiên cứu rất hay và khá đầy đủ về quá trình tiện cứng, trong bài có nghiên cứu một cách riêng lẻ sự ảnh hưởng của chế độ cắt lên từng đại lượng đầu ra của quá trình tiện cứng, trong đó tiêu biểu là "*Nghiên cứu đặc trưng về lực cắt khi tiện thép hợp kim qua tôi bằng dao PCBN*". Kết quả của nghiên cứu này cho thấy sự chênh lệch lực cắt khi gia công hai loại thép 9XC và X12M là do cấu trúc tổ chức tế vi của chúng ở cùng độ cứng 57 HRC. Trong cả hai trường hợp tiện cứng lực hướng tâm F_y luôn có giá trị lớn nhất trong ba thành phần lực cắt được giải thích là do hình học lưỡi cắt và đặc điểm quá trình tiện cứng chính xác. Cụ thể, bán kính mũi dao lớn ($R = 0,8 \text{ mm}$) và chiều sâu cắt nhỏ ($t = 0,115 \text{ mm}$) nên quá trình cắt chỉ diễn ra tại bán kính mũi dao làm góc tiếp xúc của lưỡi cắt và bề mặt gia công nhỏ.



Hình 1.2.1 Đồ thị biến thiên các thành phần lực cắt theo chiều dài cắt khi tiện thép 9XC(a) và X12M(b) độ cứng 57HRC ở chế độ cắt $V_c = 110$ m/ph; $S = 0,07$ mm/v; $t = 0,115$ mm [2].

Trong nghiên cứu “*Mòn dụng cụ PCBN và chất lượng bề mặt khi tiện thép hợp kim qua tôi*” của chuỗi nghiên cứu, mà cụ thể ở mòn dụng cụ nghiên cứu cho thấy các giai đoạn trong quá trình mòn trong đó có tốc độ mòn mặt sau trung bình khi gia công thép 9XC và X12M lần lượt là 0,025; 0,111 μm trên mét chiều dài cắt. Độ nhám bề mặt gia công nhận được có trị số khá nhỏ, tương đương độ nhám cấp 7 – 8; độ nhám bề mặt tăng khi độ cứng vật liệu gia công tăng.



Hình 1.2.2 Vùng mòn mặt sau mảnh PCBN khi tiện cứng thép 9XC với $t = 0,12$ mm; $S = 0,1$ mm/v; $V_c = 140$ m/ph (a-d); $V_c = 180$ m/ph (e-h); chiều dài cắt tương ứng $l_1 = 510; 1020; 1530; 2551$ m (e-h).

Qua khảo sát các nghiên cứu trong nước, tác giả nhận thấy có khá ít nghiên cứu thực nghiệm về quá trình tiện và cũng chỉ mới tập trung vào sự ảnh hưởng của các thông số chế độ cắt mà chưa có nghiên cứu nào về sự ảnh hưởng của thông số hình học dao tới quá trình gia công.

1.2.2 Nguyên cứu ngoài nước

Ở nước ngoài đã có rất nhiều nghiên cứu thực nghiệm chuyên sâu về quá trình gia công tiện. Các nghiên cứu, bài báo chủ yếu tập trung vào mối liên hệ giữa thông số cắt tới độ nhám bề mặt hoặc tuổi bền dao, bên cạnh đó cũng có số ít các nghiên cứu về mối liên hệ thông số hình học dao tới độ nhám bề mặt. Đặc biệt, trong 5 năm trở lại đây, các nghiên cứu bắt đầu tập trung vào các yếu tố hình học dao như bán kính mũi dao, lưỡi cắt và yếu tố tưới nguội. Sau đây là bảng tóm tắt các nghiên cứu tiêu biểu:

Bảng 1.2.1 Tóm tắt các nghiên cứu về quá trình gia công tiện

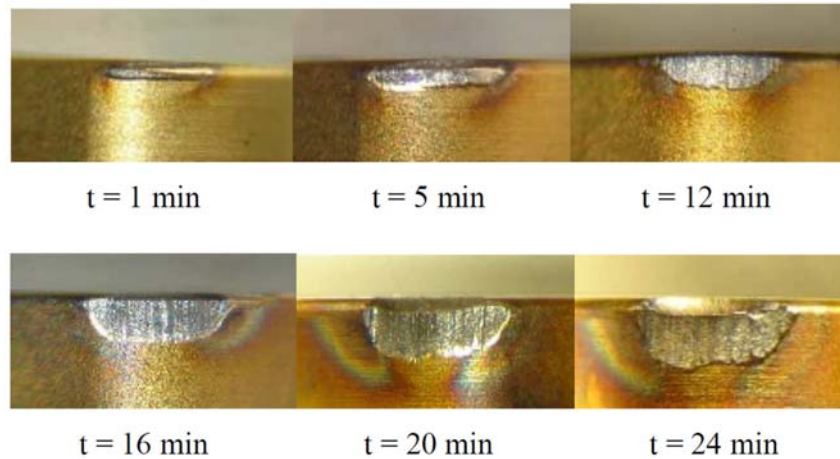
Tác giả	Các yếu tố đầu vào	Vật liệu	Phương pháp
Bouacha et al. [3]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt	Thép AISI52100 tôi cứng	Đáp ứng bề mặt
Kini and Chincholkar [4]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt, bán kính mũi dao	Polymer gia cường	Đáp ứng bề mặt
Cakir et al. [5]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt	AISI P20 cold work tool steel	Đáp ứng bề mặt
Hornig et al. [6]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt, bán kính mũi dao	Hadfield steel	Đáp ứng bề mặt
Lalwani et al. [7]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt	Thép MDN250	Đáp ứng bề mặt
Sahin and Motorcu [8]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt	AISI 1050 tôi cứng	Đáp ứng bề mặt

Davidson et al. [9]	Vận tốc cắt, bước tiến, tưới nguội	Flow-formed AA6061 tube	Đáp ứng bề mặt
Öktem et al. [10]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt dọc trục, chiều sâu cắt hướng kính, dung sai	Aluminum (7075-T6)	Đáp ứng bề mặt
Noordin et al. [11]	Vận tốc cắt, bước tiến, góc nghiêng chính	Thép AISI 1045	Đáp ứng bề mặt
Yang and Tarng [12]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt	Thép S45C	Taguchi
Samir Khamel [13]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt	Thép AISI 52100	Đáp ứng bề mặt
Süleyman Neseli et al. [14]	Bán kính mũi dao, góc trước, góc nghiêng chính	AISI 1040	Đáp ứng bề mặt
T. Zhao [15]	Bán kính cạnh cắt, vận tốc cắt	Thép AISI 52100 tô cứng	
Sudhansu Ranjan Das [16]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt	Thép AISI 52100 tô cứng	Đáp ứng bề mặt
H Aouici [17]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt, bán kính mũi dao	AISI H11	Đáp ứng bề mặt
Mourad Nouioua [18]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt, bán kính mũi dao, tưới nguội	X210Cr12	Đáp ứng bề mặt và mạng thần kinh
Waleed Bin Rashid [19]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt	AISI 4340	Taguchi

Trong đó, nghiên cứu “*Application of response surface methodology in describing the performance of coated carbide tools when turning AISI 1045 steel*” [11] của M.Y.Noordin và các cộng sự là nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của lượng chạy dao, góc nghiêng chính (theo chuẩn ASA của Mỹ) và vận tốc cắt tới độ nhám bề mặt và lực cắt chính khi gia công tiện thép AISI 1045. Theo đó, kết quả cho thấy

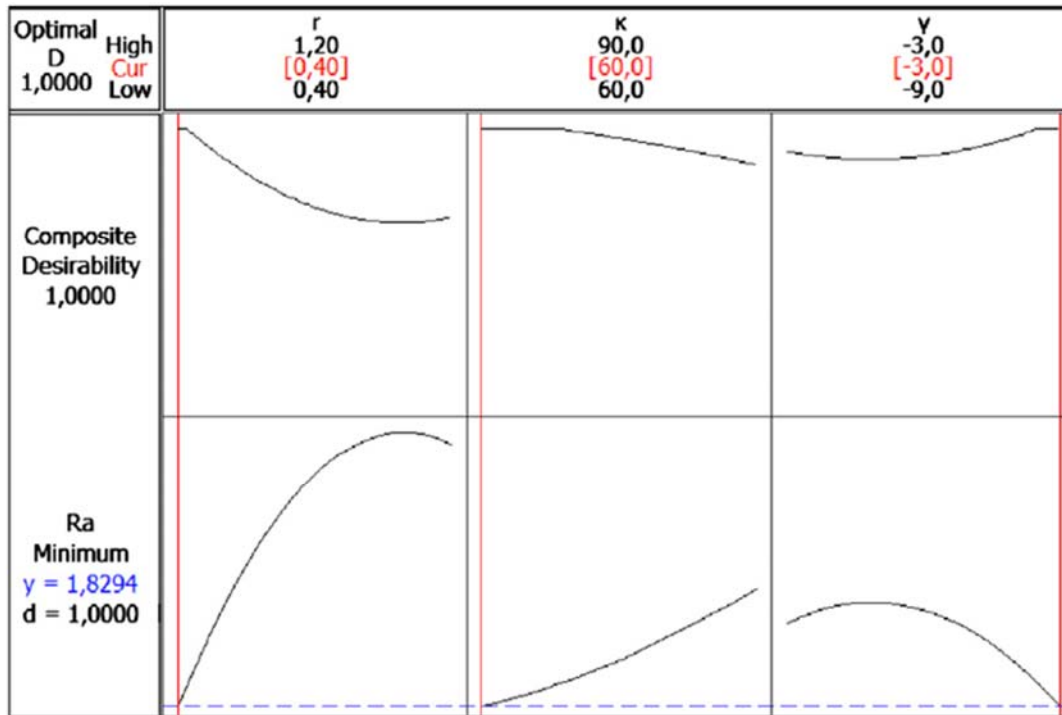
lượng chạy dao ảnh hưởng lớn nhất tới các giá trị đầu ra, tiếp theo đó là giá trị góc nghiêng chính ở bậc hai và tương tác của góc này với lượng chạy dao. Giá trị vận tốc cắt chỉ sức ảnh hưởng tới lực cắt chính hơn góc nghiêng chính.

Nghiên cứu “*Analysis and prediction of tool wear, surface roughness and cutting forces in hard turning with CBN tool*” [13] của Samir Khamel và đồng sự là nghiên cứu thực nghiệm khảo sát về sự ảnh hưởng của các thông số chế độ cắt tới độ nhám bề mặt, lực cắt, và mòn dao khi gia công tiện cứng bằng mảnh CBN. Nghiên cứu này cho thấy cái nhìn khách quan về các mối quan hệ giữa các yếu tố đầu vào tới đầu ra, và bằng phương pháp đáp ứng bề mặt tác giả lập được các công thức thực nghiệm. Cụ thể, trong nghiên cứu này tác giả sử dụng mảnh dao CBN để gia công thép AISI 52100 độ cứng 60 HRC. Kết quả của tuổi bền dao khoảng từ 13,2 đến 54,11 phút. Độ nhám bề mặt đạt từ 0,5 μm đến 1,15 μm . Lực theo chiều chạy dao F_x , lực cắt chính F_z , lực đẩy dao F_y thu được lần lượt bằng 50,875 – 179,014 N, 70,628 – 314,496 N và 111,177 – 403,842 N. Từ đó có thể thấy lực đẩy dao F_y lớn hơn lần lượt 1,5 – 2,5 và 1,2 – 2 lần lực theo chiều chạy dao F_x và lực cắt chính F_z . Qua các phân tích ANOVA nghiên cứu cho thấy vận tốc cắt ảnh hưởng nhiều nhất tới tuổi bền dao, tiếp theo là lượng chạy dao và chiều sâu cắt. Độ nhám bề mặt bị gây ảnh hưởng nhiều nhất bởi lượng chạy dao theo tỉ lệ thuận; vận tốc cắt và chiều sâu cắt thì theo tỉ lệ nghịch, cụ thể chiều sâu cắt ảnh hưởng ít nhất. Còn lực cắt thì tuân theo quy luật sẽ tăng khi tăng lượng chạy dao và chiều sâu cắt. Hơn nữa, nghiên cứu còn đưa ra bộ thông số dự đoán đầu vào tối ưu cho các đầu ra mục tiêu bằng phương pháp tối ưu hóa thỏa hiệp.



Hình 1.2.3 Độ mòn mặt sau ở $V_c = 200$ m/ph, $S = 0.08$ mm/v, $t = 0.2$ mm ở nghiên cứu của Samir Khamel [13]

"*Optimization of tool geometry parameters for turning operations based on the response surface methodology*" của Süleyman Neseli [14], đây là nghiên cứu thực nghiệm về sự ảnh hưởng của thông số hình học dao (bán kính mũi dao, góc trước, góc nghiêng chính) tới độ nhám bề mặt gia công khi tiện thép AISI 1040 bằng mảnh dao gốm, sử dụng công cụ thiết kế nghiệm là phương pháp Taguchi, ứng dụng phương pháp đáp ứng bề mặt để tìm ra phương trình dự đoán và tối ưu hóa. Trong đó, kết quả của các thí nghiệm cho thấy bán kính mũi dao là yếu tố ảnh hưởng mạnh nhất đến độ nhám với 51,45 % tổng sự biến đổi của phương trình đáp ứng. Bên cạnh đó Góc nghiêng chính và góc trước cũng chiếm lần lượt 18,24 % và 17,74 % tổng sự biến đổi của phương trình đáp ứng. Từ các kết quả trên tác giả áp dụng tối ưu hóa để đạt các giá trị tối ưu đầu vào là bán kính mũi dao, góc nghiêng chính, góc trước lần lượt là 0,4 mm, 60° , -3° .



Hình 1.2.4 Biểu đồ tối ưu hóa ở nghiên cứu của của Süleyman Neseli [14]

Nhưng vẫn còn đó các thông số đầu ra của quá trình tiện quan trọng có ảnh hưởng lớn song song với độ nhám bề mặt gia công mà qua khảo sát vẫn chưa có nghiên cứu nào đi sâu là mòn dao và lực cắt.

Input		Output		
		Độ bóng bề mặt	Lực cắt	Độ mòn dao
Chế độ cắt	Vận tốc cắt	x	x	x
	Bước tiến	x	x	x
	Độ sâu cắt	x	x	x
Hình học dao	Góc trước	x	-	-
	Góc nghiêng chính	x	-	-
	Bán kính mũi dao	x	-	-
	Góc nâng	-	-	-

Hình 1.2.5 Tổng quan trong nghiên cứu quá trình gia công tiện

Qua khảo sát các kết quả nghiên cứu đã được thực hiện, tác giả nhận thấy vẫn còn nhiều lỗ hổng, khía cạnh còn khuyết. Từ đó, tác giả muốn thiết lập các thí nghiệm để nghiên cứu sâu hơn về ảnh hưởng của thông số hình học dao (tập trung vào các góc độ dao) vào các thông số quan trọng trong quá trình tiện như độ nhám bề mặt gia công, lực cắt và độ mòn dao.

1.3 Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là mối quan hệ giữa các thông số hình học dao (góc trước, góc nghiêng chính, góc nâng) đến các thông số ảnh hưởng chất lượng sản phẩm và tính hiệu quả của quá trình gia công (độ nhám bề mặt chi tiết, độ mòn mặt sau dao, lực cắt).

1.4 Mục tiêu và nội dung nghiên cứu

Mục tiêu của nghiên cứu là tìm ra mối quan hệ của góc trước, góc nghiêng chính, góc nâng và độ nhám bề mặt chi tiết, độ mòn mặt sau dao, lực cắt; qua đó xác định bộ thông số hình học dao tối ưu.

Tác giả sử dụng phương pháp kế thừa kết hợp với phương pháp thực nghiệm. Việc nghiên cứu lý thuyết dựa trên sự phân tích và tổng hợp các kết quả đã công bố, đưa ra các giả thiết và các tính toán thay đổi phù hợp để xây dựng cơ sở lý thuyết và thiết lập các mô hình thực nghiệm.

Nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành với hệ thống thiết bị thực nghiệm được thiết kế, chế tạo có đủ độ tin cậy, sử dụng các thiết bị đo hiện đại có độ chính xác cao nhằm kiểm chứng các mô hình lý thuyết, tìm ra các mối quan hệ hoặc đối chiếu, kiểm chứng với các kết quả nghiên cứu đã có.

Nội dung nghiên cứu sẽ đi sâu vào các vấn đề sau:

- + Tổng quan về cơ sở lý thuyết và nguyên lý cắt gọt, cơ sở vật lý của quá trình cắt gọt, thiết kế thực nghiệm, các phương pháp tối ưu.
- + Thiết kế thực nghiệm

- + Thực nghiệm, khảo sát, xử lý số liệu.
- + Đưa ra mối liên hệ giữa thông số hình học dao (góc nâng, góc trước, góc nghiêng chính) đến các thông số độ nhám bề mặt chi tiết, độ mòn mặt sau dao, lực cắt. Đề xuất thông số hình học dao tối ưu.
- + Đưa ra kết luận chung và phương hướng nghiên cứu tiếp theo.

1.5 Giới hạn đề tài

Đề tài giới hạn phạm vi nghiên cứu ở các vấn đề sau:

- + Nghiên cứu tổng quan về công nghệ tiện cứng.
- + Nghiên cứu mối quan hệ của góc trước, góc nghiêng chính, góc nâng và độ nhám bề mặt chi tiết, mòn mặt sau dao, lực cắt khi tiện cứng sử dụng mảnh hợp kim tiêu chuẩn.
- + Xác định tập hợp các thông số hình học tối ưu thỏa mãn mục tiêu độ nhám, lực cắt, độ mòn khi gia công trên máy tiện với mảnh dao hợp kim tiêu chuẩn.

1.6 Ý nghĩa khoa học & thực tiễn

Ý nghĩa khoa học

Các kết quả nghiên cứu của đề tài sẽ là cơ sở khoa học để thiết lập các chỉ dẫn công nghệ trong quá trình tiện, đặc biệt trong việc điều khiển, tối ưu hóa quá trình hoặc sẽ cung cấp các số liệu tham khảo, đối chiếu cho các nghiên cứu sau này về quá trình gia công (lập mô hình toán hay mô phỏng số). Kết quả nghiên cứu cũng là cơ sở khoa học để ứng dụng công nghệ tiện trong chế tạo các sản phẩm đòi hỏi bề mặt làm việc có chất lượng cao với giá thành hợp lý, nâng cao hiệu quả và mở rộng phạm vi ứng dụng.

Ý nghĩa thực tiễn

Những kết quả nghiên cứu của đề tài có thể ứng dụng tại các nhà máy, phân xưởng sản xuất cơ khí gia công các sản phẩm, chi tiết phục vụ chế tạo các máy móc,

thiết bị ở trong nước với hiệu quả cao (tăng chất lượng sản phẩm trong chí phí sản suất giảm).

Quá trình ứng dụng các kết quả nghiên cứu sẽ cho phép gia tăng hiệu quả gia công của ngành chế tạo máy nói chung và của công nghệ gia công tiện nói riêng, góp phần tạo ra những sản phẩm có chất lượng tốt, giá thành hạ và nâng cao khả năng ứng dụng vào thực tiễn một phương pháp gia công linh hoạt, chi phí đầu tư thấp, phù hợp với điều kiện sản xuất ở Việt Nam.

Chương 2:

CƠ BẢN VỀ CẮT KIM LOẠI - GIA CÔNG TIỆN

2.1 Cơ sở lý thuyết và nguyên lý cắt gọt

2.1.1 Những định nghĩa cơ bản

Chuyển động trong quá trình cắt gọt:

Chuyển động chính (chuyển động cắt chính) là chuyển động cơ bản của máy cắt được thực hiện qua dụng cụ cắt hay chi tiết gia công. Nó có thể là chuyển động quay, tịnh tiến khứ hồi hoặc ở dạng kết hợp.

Chuyển động chạy dao là chuyển động của dao hay chi tiết gia công nó kết hợp với chuyển động chính tạo nên quá trình cắt gọt.

Chuyển động phụ là chuyển động không trực tiếp tạo ra phôi như chuyển động tịnh tiến, lùi dao (không cắt vào phôi).

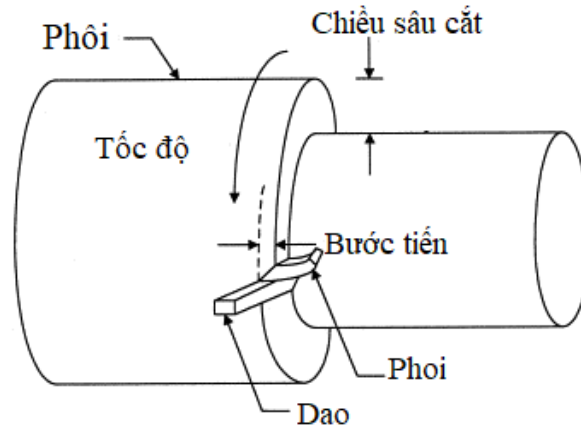
Chế độ cắt:

Vận tốc cắt (vec-tơ V_c) là lượng dịch chuyển tương đối giữa lưỡi cắt và chi tiết gia công trong một đơn vị thời gian (hoặc lượng dịch chuyển tương đối của một điểm trên bề mặt chi tiết gia công và lưỡi cắt trong một đơn vị thời gian) ta có :

$$\vec{V}_c = \vec{V} + \vec{S}$$

Chiều sâu cắt (t) : là chiều sâu lớp kim loại bị hớt đi sau một lần cắt (hoặc là khoảng cách giữa hai bề mặt đã và chưa gia công kề nhau đo theo phương vuông góc với phương chạy dao).

Lượng chạy dao (S) là quãng đường tương đối của lưỡi cắt so với chi tiết theo phương chuyển động chạy dao sau một đơn vị thời gian, sau một vòng quay của phôi hay sau một hành tình kép.



Hình 2.1.1 Tập hợp các yếu tố vận tốc cắt V_c , chiều sâu cắt t , lượng chạy dao S .

2.1.2 Thông số hình học của dao tiện

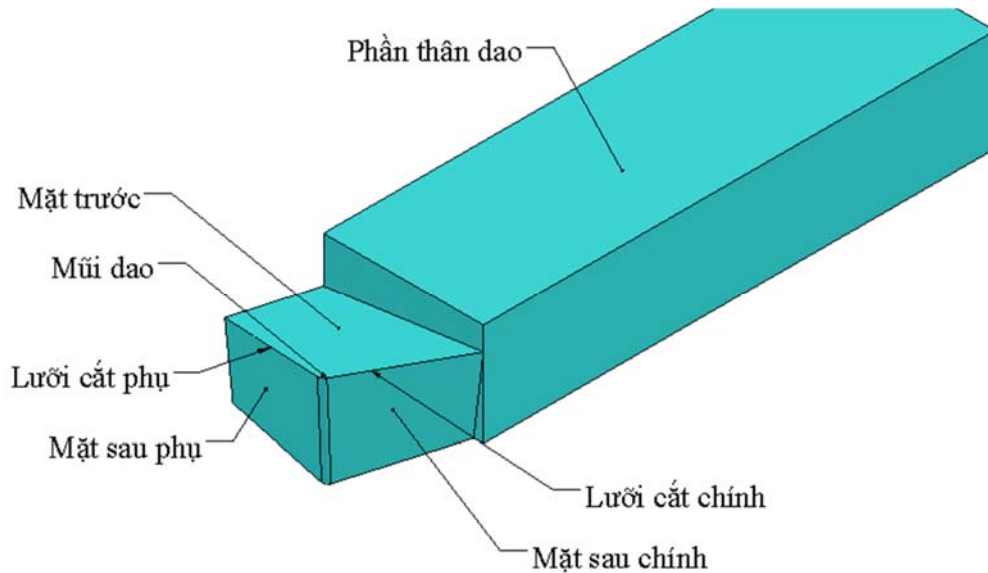
Các thông số hình học dao dưới đây được mô tả theo *Orthogonal Reference System* (Tiêu chuẩn ISO).

Những bộ phận chính của dụng cụ cắt

Mỗi dao tiện thường gồm hai phần:

- + **Thân dao:** dùng để gá vào bàn dao, nó phải đủ độ bền và độ cứng vững,... Nhằm đảm bảo vị trí tương quan giữa dao và chi tiết.
- + **Đầu dao:** là phần làm nhiệm vụ cắt gọt. Đầu dao được hợp thành bởi các bề mặt sau:
 - **Mặt trước:** là bề của dao tiếp xúc với phoi và phoi trực tiếp trượt trên trên đó và thoát ra ngoài.
 - **Mặt sau chính :** là bề của dao đối diện với mặt đang gia công.
 - **Mặt sau chính :** là bề của dao đối diện với mặt đã gia công.
 - **Lưỡi cắt chính:** là giao tuyến của mặt trước và và mặt sau chính, nó trực tiếp cắt vào kim loại. Độ dài lưỡi cắt chính có liên quan đến chiều sâu cắt và bề rộng của phoi.

- **Lưỡi cắt phụ:** là giao tuyến của mặt trước và mặt sau phụ, một phần lưỡi cắt phụ gần mũi dao cũng tham gia cắt với lưỡi cắt chính.
- **Lưỡi cắt nối tiếp:** (chỉ có một số loại dao tiện) là phần nối tiếp giữa lưỡi cắt chính và lưỡi cắt phụ. Khi không có lưỡi cắt nối tiếp dao tiện sẽ có mũi. Mũi dao có thể nhọn hoặc lạng. Các lưỡi cắt có thể thẳng hoặc cong và một đầu dao nên có thể có một hoặc hai lưỡi cắt phụ .



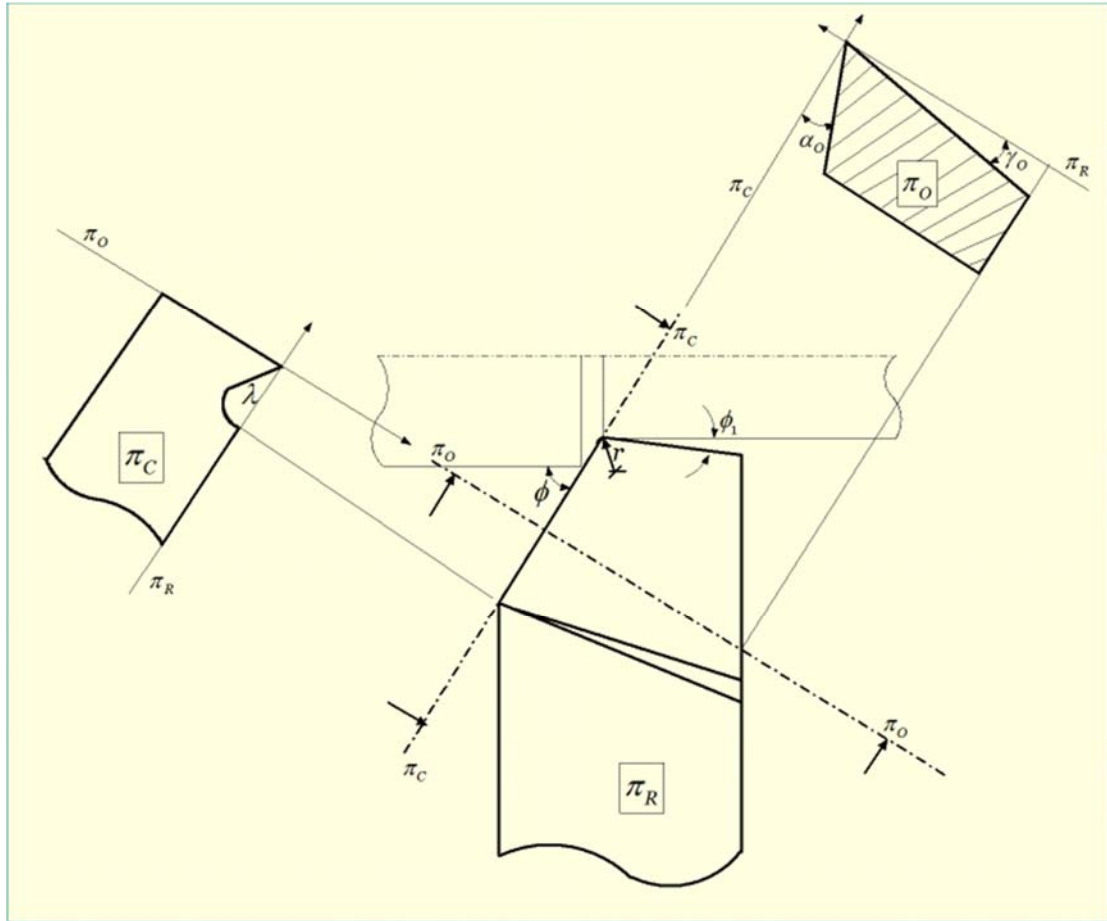
Hình 2.1.2 Những bộ phận chính của dụng cụ cắt

Góc độ của dao được xét trên cơ sở: dao tiện đầu thẳng đặt vuông góc với phương chạy dao, mũi dao được gá ngang tâm phôi.

Mặt phẳng chuẩn (Reference Plane π_R) : là mặt phẳng vuông góc với vec-tơ vận tốc cắt.

Mặt phẳng cắt (Cutting Plane π_C) : là mặt phẳng vuông góc với π_R chứa lưỡi cắt.

Mặt phẳng trực giao (Orthogonal Plane π_o) : là mặt phẳng vuông góc với hai mặt trên. Nên cả 3 mặt phẳng trên đều vuông góc với nhau.



Hình 2.1.3 Biểu diễn các góc của công cụ cắt trong hệ thống Orthogonal Reference System (Tiêu chuẩn ISO).

Góc nâng (Inclination Angle λ): là góc của cạnh cắt với mặt phẳng tham khảo được đo trên π_c .

Góc trước (Orthogonal Rake Angle γ_0): là góc của mặt trước với π_R được đo trên π_o .

Góc sau chính (Orthogonal Clearance Angle α_0): là góc của mặt sau chính với π_c được đo trên π_o .

Góc nghiêng chính (Principal Cutting Edge Angle Φ): là góc của π_c với phương chạy dao (the longitudinal feed direction) được đo trên π_R .

Các thông số của lớp kim loại bị cắt

Chiều dày cắt a: là khoảng cách giữa hai vị trí liên tiếp của lưỡi cắt sau một vòng quay của phôi hay một hành trình kép của dao (bàn máy) đo theo phương thẳng góc với chiều rộng cắt.

Chiều rộng cắt b: là khoảng cách giữa hai bề mặt chưa gia công và bề mặt đã gia công đo dọc theo lưỡi cắt (tính bằng mm).

Thông số hình học của phoi có ảnh hưởng đến lực cắt và nhiệt cắt. Khi tăng a thì lực cắt và nhiệt cắt tăng, dao bị mòn nhanh còn khi tăng b thì lực cắt và nhiệt cắt trên đơn vị dài của lưỡi cắt không thay đổi.

Nếu tăng S thì Ra tăng (độ nhám bề mặt gia công giảm) và nếu R tăng thì nhấp nhô bề mặt giảm (độ nhám sẽ tăng).

2.2 Cơ sở vật lý của quá trình cắt gọt

2.2.1 Quá trình hình thành phoi cắt

Khi cắt lưỡi cắt của dao tác dụng vào kim loại một lực (lực cắt), nó gây ra một sự thay đổi cơ lý tại vùng cắt của vật liệu.

- + Đầu tiên dưới tác dụng của lực \vec{P} kim loại bị nén và biến dạng đàn hồi
- + Dao tiến sâu vào (lực \vec{P} càng lớn) gây nên ứng suất bên trong kim loại lớn hơn giới hạn đàn hồi do đó kim loại bắt đầu bị biến dạng dẻo (các phần tử bên trong kim loại bắt đầu bị trượt theo mặt trượt và phương trượt)
- + Do biến dạng các tinh thể trên phương này bị kéo dài thành hình elíp (góc của mặt trượt so với phương của lực cắt là β_1)
- + Khi dao tiếp tục tiến thêm \Rightarrow áp lực gia tăng làm ứng suất tăng vượt quá giới hạn bền kim loại bị biến dạng lớn và bắt đầu bị phá huỷ.

Trên phần kim loại của phôi ở mặt trước daop xuất hiện các vết nứt theo góc phá huỷ β_2 ($\beta_2 \neq \beta_1$).

- + Khi dao tiếp tục tiến, phôi bị cắt sẽ trượt trên mặt trước của dao, còn dao tiếp tục ép lên các phần tử kim loại tiếp theo.

2.2.2 Lực và ứng suất trong cắt kim loại

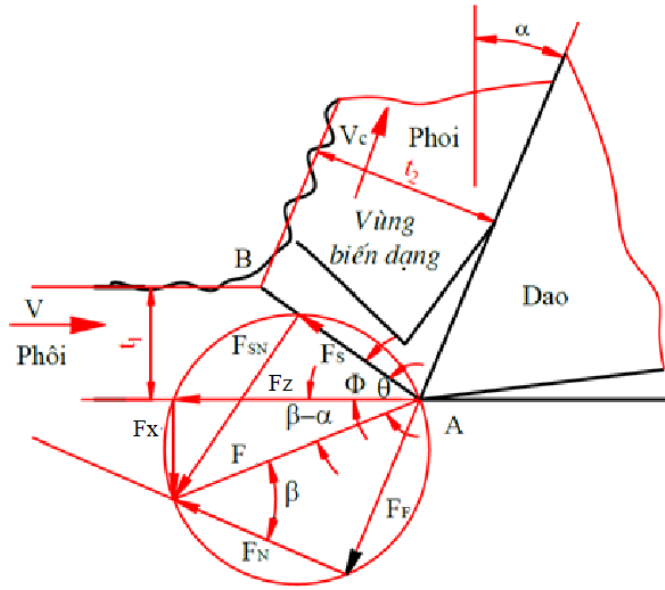
Mô hình lực cắt

Lực cắt cần thiết để tạo thành phôi trong cắt kim loại phụ thuộc vào giới hạn trượt của vật liệu phôi và diện tích mặt phẳng trượt. Trong khi giới hạn chảy trượt của các kim loại và hợp kim trong cắt kim loại thay đổi rất ít trong dải rộng vận tốc cắt và chiều sâu cắt thông thường thì diện tích mặt phẳng trượt lại thay đổi nhiều phụ thuộc vào điều kiện cắt nên ảnh hưởng của diện tích mặt phẳng trượt tới lực cắt lớn hơn nhiều so với ảnh hưởng của giới hạn chảy trượt trong cắt kim loại [20].

Trong quá trình cắt, có thể chủ động điều khiển được các thông số chiều sâu cắt (t) và lượng chạy dao (S) nhưng không thể điều khiển được trực tiếp góc trượt ϕ . Khi góc trượt nhỏ, lực trượt có thể lớn gấp 5 lần khi góc trượt lớn nhất. Vì vậy việc nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng tới góc trượt ϕ sẽ giúp điều khiển hoặc dự đoán được lực cắt. [20]

Để thiết lập các phương trình dự đoán định lượng về trạng thái vật liệu phôi trong quá trình cắt cũng như xác định các nhân tố quyết định chiều dày phôi, góc trượt ϕ và lực cắt tương ứng, nhiều mô hình dự đoán lực cắt, ứng suất dư, hình dạng phôi đã được phát triển như mô hình của Ernst và Merchant (1941), Lee và Shaffer (1951), Kobayashi và Thomsen (1962), Rowe và Spick (1967), Wright (1982)... ***Tuy nhiên, cho đến nay vẫn chưa có mô hình nào đúng với mọi điều kiện cắt.***

Trong số các mô hình đề cập ở trên, mô hình của Ernst và Merchant là mô hình chuẩn mà các mô hình sau cải tiến dựa trên nó [2]. Theo mô hình này, lực tổng hợp giữa dao và phôi F là một vector tổng hợp của các thành phần lực vuông góc:



Hình 2.4 Vòng tròn lực khi cắt trực giao của Ernst và Merchant [20]

$$\vec{F} = \vec{F}_S + \vec{F}_{SN} = \vec{F}_F + \vec{F}_N = \vec{F}_Z + \vec{F}_X \quad (2.1)$$

Trong đó: F là lực tổng hợp; F_S là lực cắt nằm trong mặt phẳng trượt; F_{SN} là lực vuông góc với mặt phẳng trượt; F_F lực ma sát ở trên mặt trước của dụng cụ; F_N là lực pháp tuyến với mặt trước của dụng cụ; F_Z là lực cắt chính; F_X là lực dọc trục.

Lực thành phần tác dụng trên mặt phẳng trượt và mặt trước của dụng cụ có quan hệ với các thành phần lực cắt chính (lực tiếp tuyến F_Z và lực dọc trục F_X):

$$\begin{cases} F_S = F_Z \cos \phi - F_X \sin \phi \\ F_{SN} = F_Z \sin \phi - F_X \cos \phi \\ F_F = F_Z \sin \alpha - F_X \cos \alpha \\ F_N = F_Z \cos \alpha - F_X \sin \alpha \end{cases} \quad (2.2)$$

Với α là góc trước; ϕ là góc trượt.

Công thức thực nghiệm tính toán lực cắt

Các công thức tính lực cắt khi tiện hiện có chỉ mang tính tham khảo cho việc lựa chọn công suất của máy gia công.

Tham khảo trong sổ tay Công nghệ chế tạo máy [21] ta có thể tính sơ bộ được lực cắt dựa trên các hệ số thực nghiệm cho trường hợp tiện các loại thép thông dụng, công thức tính lực cắt như sau:

$$F_{x,y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_c^n \cdot k_p \quad (2.3)$$

Bảng 2.2.1 Tính toán lực cắt theo công thức (2.3) cho trường hợp thép có $\sigma_a = 750$ Mpa, $V_c = 120$ m/ph, $S = 0,08$ mm/v, $t = 0,2$ mm.

	k_p	C_p	x	y	n	t	S	V_c	Kết quả (N)
Fz	0,890	300,000	1,000	0,750	-0,150	0,200	0,080	119,822	39,181
Fy	0,5	243,000	0,900	0,600	-0,300	0,200	0,080	119,822	14,921
Fx	1,17	339,000	1,000	0,500	-0,400	0,200	0,080	119,822	33,078
									F
									53,404

Trong công thức (2.3) các hệ số về góc dao được chọn trong miền có độ phân giải thấp nên không có lực cắt chi tiết cho từng góc dao.

Tham khảo công cụ tính toán lực cắt lý thuyết của Kennametal [22] để tính toán cho trường hợp thép có công suất bóc tách vật liệu (*Power Constant*) = 0,03458 kW/cm³/ph (Tra với thép AISI 1045 độ cứng 195 HB), chế độ cắt $t = 0,2$ mm, $S = 0,08$ mm, $V_c = 120$ m/s. Kết quả là $F_x = 3,32$ N, $F_y = 79,07$ N, $F_z = 142,48$ N, $F = 162,98$ N.

Ứng suất bề mặt gia công

Khi gia công cơ trên bề mặt sinh ứng suất dư – trị số, dấu và chiều sâu phân bố của nó phụ thuộc vào phương pháp gia công và chế độ cắt.

Ứng suất dư làm giảm chất lượng bề mặt chi tiết gia công, làm giảm khả năng chịu mỏi, ... Hạn chế khi sử dụng chi tiết máy sau này. Nếu ứng suất dư quá lớn, sau khi gia công chi tiết bị biến dạng, vỡ, nứt... không dùng được.

Để giảm ứng suất dư cần phải chọn được chế độ cắt, góc độ dao hợp lý và tưới dung dịch trơn nguội vào vùng cắt.

2.2.3 Hiện tượng nhiệt khi cắt

Trong quá trình cắt, công tiêu hao được chuyển thành nhiệt năng. Nhiệt sinh ra trong quá trình cắt là một hiện tượng vật lý quan trọng trực tiếp ảnh hưởng đến tính chất cơ lý của vật liệu gia công và độ bền của dao cụ. Nhiệt sinh ra làm giảm năng suất và độ chính xác gia công.

$$Q = Q_F + Q_d + Q_c + Q_{mt} \quad (2.4)$$

Q_F – Nhiệt đi vào phoi.(75 ~ 80%)

Q_d – Nhiệt đi vào dao.(15 ~ 20%)

Q_c – Nhiệt đi vào chi tiết.(~ 4%)

Q_{mt} – Nhiệt đi vào môi trường. (~ 2%)

Trong thực tế không phải toàn bộ công tiêu hao chuyển thành nhiệt. Một phần công được tiêu hao để làm thay đổi thế năng của mạng tinh thể.

Tất cả nhân tố ảnh hưởng đến biên dạng đều ảnh hưởng tới nhiệt độ cắt, dưới đây là một vài nhân tố ảnh hưởng chính:

- Chế độ cắt: V_c , S , t tăng nhiệt độ cắt tăng, nhưng không tỉ lệ thuận.
- Thông số hình học dao:
 - o Góc trước tăng, biên dạng giảm nên nhiệt độ cắt giảm. Song góc trước tăng, khả năng truyền nhiệt kém đi, kết quả nhiệt độ cắt giảm ít.
 - o Góc nghiêng chính tăng, điều kiện truyền nhiệt xấu, nhiệt độ cắt tăng.
- Vật liệu gia công giòn, biên dạng ít, nhiệt độ cắt thấp so với vật liệu dẻo.
- Vật liệu dao có hệ số ma sát càng lớn và tính truyền nhiệt càng bé thì nhiệt độ trên dao càng cao.
- Khi cắt có tưới dung dịch trơn nguội thì ma sát và nhiệt độ trên dao giảm.

2.2.4 Dung dịch trơn nguội:

Để cải thiện điều kiện cắt gọt, nâng cao năng suất, tăng độ bóng bề mặt gia công ... Người ta tưới vào vùng cắt một loại dung dịch trơn nguội. Dung dịch trơn nguội có hai tính năng quan trọng:

- Làm nguội để giảm nhiệt độ vùng cắt, giảm biến dạng nhiệt, ...
- Bôi trơn để giảm ma sát, giảm lực cắt để nâng cao năng suất.

Yêu cầu đối với dung dịch trơn nguội là phải luôn ổn định có nghĩa là không bị biến chất trong một thời gian dài, mặt khác là không ảnh hưởng đến công nhân như gây mùi hôi hoặc ăn mòn da thịt – quần áo ... ; không đông đặc hay ngưng tụ làm cản trở cho việc bơm tưới ; không làm gỉ sét hay ăn mòn máy, dao, chi tiết gia công.

Các loại dung dịch trơn nguội thông dụng :

Khi gia công thô người ta thường dùng dung dịch nước có pha chất chống ăn mòn như: Axit Nitơ, loăng, Xút, Êmuxi,

Còn khi gia công tinh thường dùng dung dịch chứa các chất hoạt tính như Axít béo hữu cơ, Axít béo, Kiềm hữu cơ, Dầu thực vật....

Để tưới dung dịch trơn nguội vào vùng cắt người ta người ta sử dụng hệ thống bơm kết hợp với vòi phun. Lưu lượng dung dịch trơn nguội được tính toán và điều chỉnh sao cho đảm bảo được hiệu quả làm nguội và bôi trơn tại vùng cắt.

2.2.5 Hiện tượng và phương thức mài mòn dao

2.2.5.1 Hiện tượng mài mòn dao khi cắt kim loại

Trong suốt quá trình cắt gọt mặt trước của dao luôn tiếp xúc và có chuyển động tương đối với mặt đã gia công của chi tiết. Sự tiếp xúc giữa các phần tử kim loại có những đặc điểm đáng chú ý:

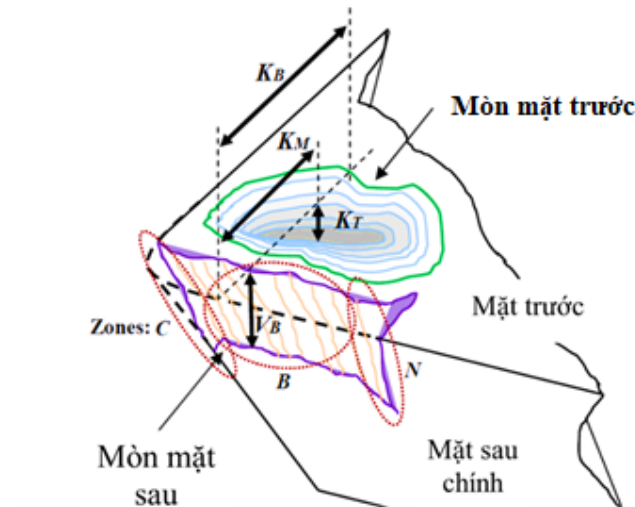
- + Sự tiếp xúc thực hiện dưới áp lực lớn.
- + Quá trình diễn ra ở nhiệt độ cao.

- + Hệ số ma sát tại vùng tiếp xúc có chuyển động rất lớn ($\mu = 0,4 - 1$)
- + Mỗi phần tử kim loại của dao chỉ tiếp xúc với phần tử phoi hay chi tiết có một lần và không lặp lại.

Từ lý thuyết về mài mòn đã khái quát thành 4 nguyên nhân dẫn đến mài mòn dao như sau [23]:

- + Mài mòn do quá trình ma sát cơ học gây nên
- + Mài mòn do sự xuất hiện và mất đi liên tục của các khối lẹo dao
- + Mài mòn do hiện tượng khuếch tán tại vùng tiếp xúc
- + Sự xuất hiện và phát triển các vết nứt tế vi dẫn đến gãy vỡ dao

2.2.5.2 Các dạng mài mòn dao



Hình 2.2.5 Các dạng mài mòn dao [24]

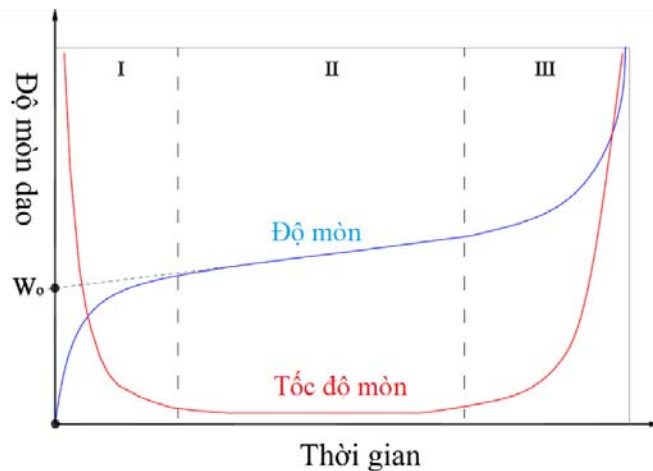
- + Mũi dao bị mài mòn : Vị trí tiếp xúc giữa dao và chi tiết (theo phương t) sẽ thay đổi dẫn đến thay đổi đường kính gia công, mặt khác bán kính mũi dao (R) thay đổi sẽ dẫn đến sự thay đổi khi cắt.
- + *Mặt sau khi bị mài mòn* (góc sau 0°) làm tăng sự tiếp xúc giữa mặt sau dao và mặt đang gia công của chi tiết. Sự tiếp xúc làm tăng sự đáng kể tải trọng lực và nhiệt.

- + Mặt trước dao bị mài mòn (góc trước dao âm) làm tăng mức độ biến dạng khi cắt và cũng dẫn đến tăng tải trọng.
- + Mài mòn lưỡi liềm: làm tăng góc trước tăng lên phoi dễ thoát, nhưng ngược lại làm yếu dao. Độ lớn lưỡi liềm này tăng đến mức nào đó dao không còn khả năng chịu được lực cắt được nữa sẽ gây gãy vỡ dao.
- + Cùn lưỡi cắt: Dao cùn sẽ không thể hút bột lớp kim loại ra khỏi chi tiết mà chỉ trượt trên bề mặt gia công.

Thông thường cả 5 dạng mài mòn đồng thời xảy ra trên dao cắt. Song với một dao cho trước tại một thời điểm khảo sát với những điều kiện cắt cụ thể thì có 1 hoặc 2 dạng mài mòn là đặc trưng. Loại mài mòn đặc trưng thường phụ thuộc vào vật liệu gia công, vật liệu dao, phương pháp cắt và tính chất cắt gọt.

2.2.5.3 Các giai đoạn của quá trình mài mòn dao

Lý thuyết mài mòn nói chung và kết quả thí nghiệm về mài mòn dao đã nói riêng đã chứng minh rằng: quá trình mài mòn dao diễn ra trong ba giai đoạn [25].



Hình 2.2.6 Các giai đoạn của quá trình mài mòn dao [24]

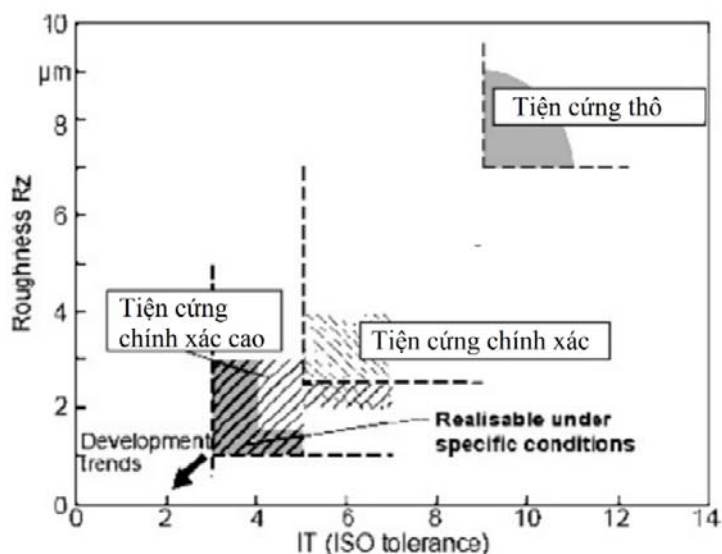
- + Giai đoạn bắt đầu mài mòn: có tốc độ mài mòn lớn diễn ra trong thời gian ngắn, mài mòn chủ yếu trong giai đoạn này là sang bằng cơ học các nhấp nhô để lại khi gia công cơ.

- + Giai đoạn mài mòn bình thường: có tốc độ mài mòn nhỏ diễn ra trong thời gian dài, giai đoạn tương tự như giai đoạn làm việc bình thường của các chi tiết máy sau thời kỳ chạy rà.
- + Giai đoạn mài mòn khốc liệt (sau): với tốc độ lớn diễn ra trong thời gian ngắn liền sau đó là dao bị cháy hoặc bị gãy vỡ mất khả năng cắt. Điểm được gọi là điểm mòn tới hạn. Độ cứng mài mòn tương ứng với điểm gọi là độ mài mòn cho phép.

2.3 Tiện cứng và các đặc trưng

Tiện thép hợp kim qua tôi có độ cứng lớn hơn 45HRC hay tiện cứng, đang là một lựa chọn rất hấp dẫn thay cho nguyên công mài bởi các ưu thế: thời gian quay vòng ngắn, quá trình gia công linh hoạt, tuổi thọ làm việc cao, chi phí đầu tư thấp và ít tác động đến môi trường. Trong quá trình tiện cứng, nhờ dụng cụ có lưỡi cắt đơn nên có thể điều chỉnh chính xác góc cắt và do đó, dễ dàng gia công các bề mặt phức tạp của sản phẩm. Mặt khác, một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng, ứng suất dư gây bởi tiện cứng đã làm cải thiện độ bền mỏi của chi tiết gia công.

Về cơ bản, tiện cứng, là hoạt động gia công được thực hiện trên vật liệu cứng, được định nghĩa là quá trình cắt gọt bằng 1 lưỡi cắt các chi tiết có giá trị độ cứng trên 45 HRC thường trong phạm vi 58–68 HRC. Nhà sản xuất dụng cụ cắt hàng đầu thế giới, “Sandvik Coromant”, định nghĩa vật liệu cứng là vật liệu có độ cứng từ 42 HRC lên đến 65 HRC. Thông thường, người ta gia công các vật liệu cứng bao gồm gang trắng /đã tôi, thép gió, thép công cụ, thép ổ bi, thép đã tôi và thép thấm cacbon. [26]



Hình 2.3.1 Độ nhám bề mặt và độ chính xác có thể đạt được khi tiện cứng [27]

Như được hiển thị trong hình, giá trị $1 \mu\text{m Rz}$ (tương đương $0,1 \mu\text{m Ra}$) trong gia công có độ chính xác cao CBN và độ chính xác tương ứng IT3 là khả thi. Tuy nhiên, đối với các chi tiết lắp có độ dôi, tiện cứng cũng có thể sử dụng như là một công đoạn gia công bán tinh hiệu quả, tiếp theo là mài tinh.

Nói chung, tiện cứng có thể cung cấp độ chính xác tương đối cao cho nhiều chi tiết khó nhưng đôi khi phát sinh các vấn đề quan trọng liên quan tới độ nhám bề mặt, đặc biệt là ứng suất dư không mong muốn, sự thay đổi của cấu trúc vi mô dưới bề mặt, gọi là lớp trắng, làm giảm tuổi thọ mỏi của các chi tiết.

2.3.1 So sánh với phương pháp mài

Theo truyền thống, bước gia công tinh các chi tiết máy đã qua xử lý nhiệt hoặc ở trạng thái cứng với giá trị độ cứng vượt quá 60 HRC là quá trình mài, nhưng gần đây phương pháp cắt gọt vật liệu cứng sử dụng các công cụ với cạnh cắt có khả năng thay thế và đảm bảo độ nhám bề mặt.

Một số khác biệt như sau [26]:

1. Tiện cứng là phương pháp nhanh hơn nhiều vì có thể được thực hiện trong một lần thiết lập và lần cắt trong điều kiện không nguội.

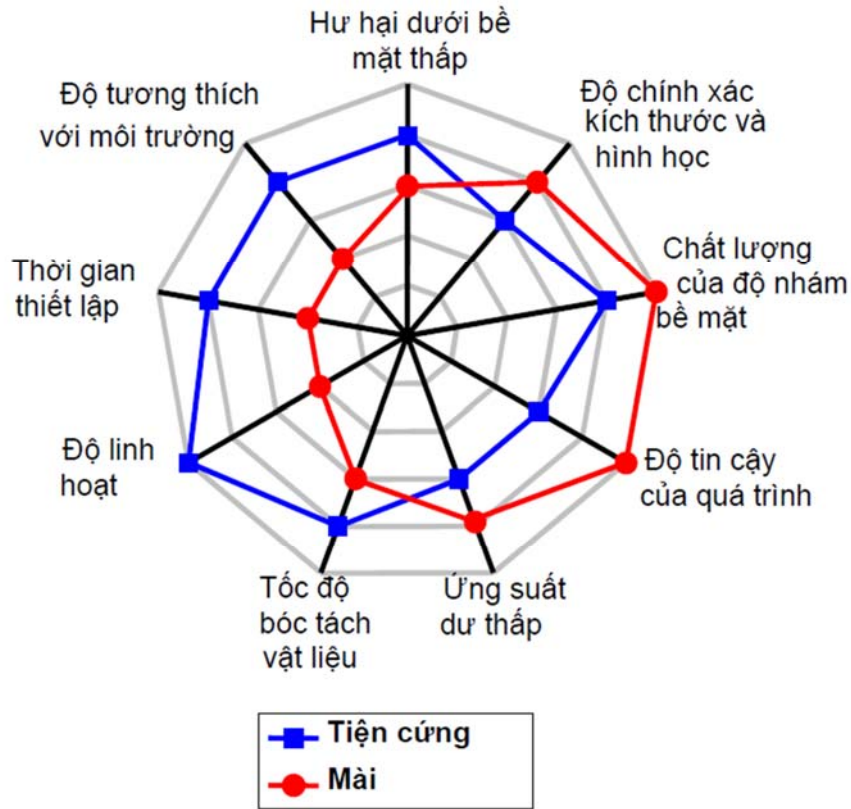
2. Máy tiện có khả năng sản xuất linh hoạt hơn.

3. Công đoạn gia công thô và tinh có thể được thực hiện với một lần kẹp khi sử dụng một máy tiện CNC.

4. Nhiều nguyên công tiện dễ dàng để tự động hóa hơn thông qua thay đổi công cụ tự động trên máy tiện trung tâm.

5. Quá trình tiện cứng được thực hiện trong điều kiện không nguội, không có chi phí cho chất làm mát, bảo trì của nó hoặc xử lý.

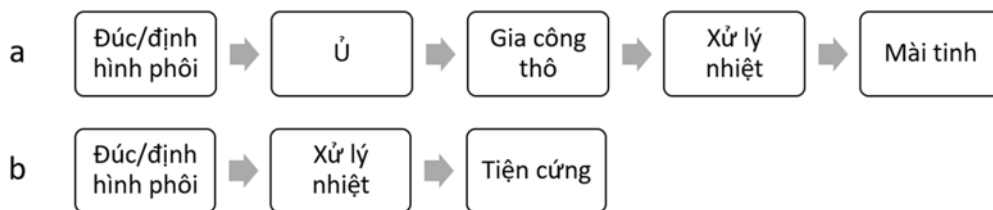
Nói chung, tiện cứng hơn phương pháp mài ở các mặt như: tốc độ bóc tách vật liệu, độ linh hoạt, độ tương thích với môi trường (năng lượng tiêu thụ ít hơn, không cần chất làm nguội, khả năng tái chế phoi...), hư hại lớp dưới bề mặt thấp.



Hình 2.3.2 Tổng quan về tiện cứng và mài [28].

2.3.2 Quy trình công nghệ sử dụng phương pháp tiện cứng

Với sự phát triển không ngừng của vật liệu cắt siêu cứng, quy trình gia công vật liệu cứng đã được tối ưu hóa so với quy trình truyền thống với xử lý nhiệt và mài tinh sau khi gia công thô. Quy trình gia công được tinh giản, chi phí bỏ ra được cắt giảm, thời gian gia công ngắn hơn...



Hình 2.3.3 Quy trình công nghệ truyền thống (a) Quy trình công nghệ sử dụng phương pháp tiện cứng (b) [26]

2.3.3 Các thuộc tính của tiện cứng

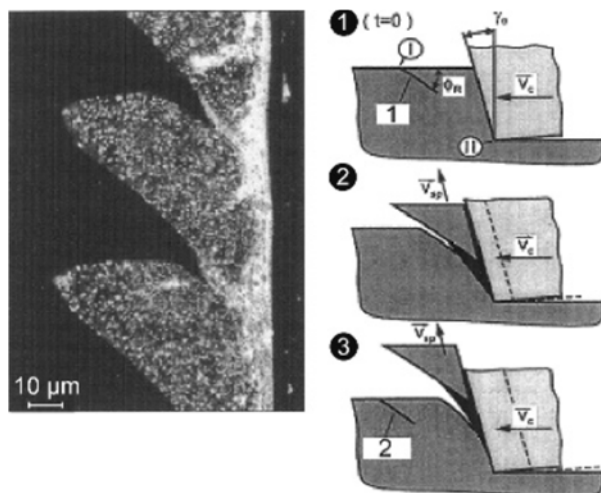
Lực cắt khi tiện thép cứng

Lực cắt trong gia công các vật liệu cứng không lớn hơn các vật liệu mềm. Góc trượt lớn và sự hình thành phoi răng cưa do độ dẻo kém làm giảm lực cắt mặc dù độ bền cao của vật liệu cứng. Trường hợp gia công các thép cứng, góc trước âm của dụng cụ càng lớn thì lực dọc trục càng cao và lực cắt tiếp tuyến càng thấp. Sự biến thiên của các thành phần lực cắt cũng bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi độ cứng vật liệu gia công. Strafford và Audy đã khẳng định khi tiện cứng thép AISI 4340 có độ cứng từ 29 đến 57 HRC bằng dụng cụ gốm đã có sự tăng tương ứng lực cắt từ 30 – 80 %. Trong một công bố khác đã chứng tỏ rằng vận tốc cắt càng lớn, lực dọc trục và lực cắt riêng càng thấp, không phụ thuộc vào mòn dụng cụ. [2]

Quá trình hình thành phoi khi tiện thép cứng

Sự khác biệt cơ bản của quá trình tạo phoi khi gia công thép cứng và thép thông thường là sự hình thành phoi răng cưa lần đầu tiên được Shaw [29] phát hiện vào năm 1954. Các lý thuyết khác nhau để giải thích về cơ chế hình thành phoi răng cưa có thể chia thành hai dạng [2]:

- + Dạng thứ nhất dựa trên sự trượt đoạn nhiệt ban đầu, một trạng thái mất ổn định nhiệt dẻo thường thấy ở các vật liệu hạn chế về khả năng biến cứng khi bị biến dạng ở vận tốc cao hoặc biến dạng dẻo lớn.



Hình 2.3.4 Cơ chế hình thành phoi thép cứng 100Cr6 (60-62 HRC) khi sử dụng dao PCBN [26]

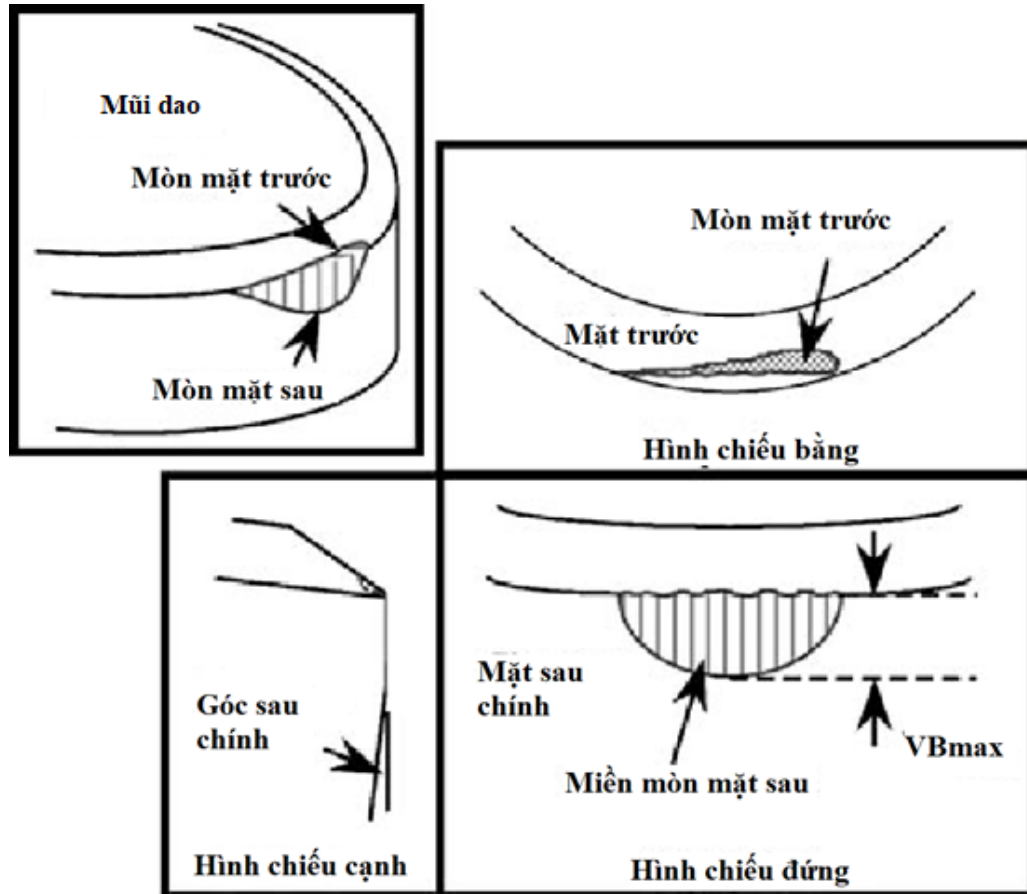
- + Dạng thứ hai cho rằng do sự mất ổn định theo chu kỳ dựa trên sự xuất hiện và lan truyền của các vết nứt ở bề mặt tự do của phoi trải qua các giai đoạn:
 - o Giai đoạn 1: Khi ứng suất cắt đạt tới giá trị tới hạn, một vết nứt đột nhiên xuất hiện và phát triển về phía lưỡi cắt.
 - o Giai đoạn 2: Do sự xuất hiện của vết nứt, thể tích phoi giữa vết nứt và cạnh viền lưỡi cắt bị đẩy lên hầu như không có bất kỳ biến dạng nào.
 - o Giai đoạn 3: Chiều rộng của khe hở hẹp đến mức mà tốc độ đẩy ra và biến dạng dẻo của phoi là rất cao
 - o Giai đoạn 4: Phân đoạn phoi được hình thành và điền đầy vào chỗ trống giữa vết nứt và mặt bên trong của phoi do biến dạng lớn.

Nhiệt cắt khi tiện thép cứng

Nhiệt của các quá trình gia công cứng là yếu tố rất quan trọng ảnh hưởng tới cơ chế mòn dụng cụ cắt và lớp dưới bề mặt, dẫn đến đến sự hình thành của lớp trắng và xác định sự phân bố của ứng suất dư. Các nhà nghiên cứu cho thấy rằng nhiệt độ cắt trong gia công cứng không chỉ phụ thuộc vào các điều kiện cắt (chủ yếu chịu ảnh hưởng bởi vận tốc cắt và bán kính mũi dao) mà còn về độ cứng của vật liệu phoi.

Mòn dao

Hình dưới đây minh họa các dạng mòn dao điển hình được quan sát khi tiện tinh vật liệu cứng sử dụng dao CBN (Cubic Boron Nitric) với dạng mòn chiếm ưu thế là mòn mặt sau (VB_{max} , VB_C).



Hình 2.3.5 Các dạng mòn trên dao CBN khi tiện tinh vật liệu cứng [26]

Chương 3:

CÁC CÔNG CỤ TỐI ƯU HÓA DỰA TRÊN QUI HOẠCH THỰC NGHIỆM

Phần lớn sự tiến bộ trong khoa học đến từ việc thực hiện các thí nghiệm, có thể là những thí nghiệm thăm dò hoặc xác nhận. Các bằng chứng thực nghiệm có thể tương phản với các bằng chứng thu được từ các nguồn khác như nghiên cứu quan sát, bằng chứng từ giai thoại, hoặc từ cơ quan thẩm quyền. Không thể chê bai vai trò của giai thoại và bằng chứng quan sát, lợi ích đáng kể của các thí nghiệm làm cho nó trở thành một trong những nền tảng của khoa học. Trái với suy nghĩ phổ biến, nhiều phần quan trọng nhất của thiết kế thực nghiệm và phân tích cần ít hoặc không cần có toán học [30].

3.1 Tối ưu quá trình gia công

Mô hình hóa và tối ưu hóa các tham số quy trình của bất kỳ quá trình sản xuất là một nhiệm vụ khó khăn, trong đó yêu cầu các khía cạnh sau: kiến thức về quá trình sản xuất, phương trình thực nghiệm để phát triển các ràng buộc thực tế, đặc điểm kỹ thuật của máy, cải tiến hiệu quả tiêu chí tối ưu hóa, và kiến thức về tối ưu hóa toán học và phương pháp số. Do có nhiều biến số, tính chất phức tạp và ngẫu nhiên của quá trình, ngay cả một người có tay nghề cao hiếm khi có thể đạt được hiệu suất tối ưu. Để giải quyết vấn đề này một cách hiệu quả người ta cần khám phá mối quan hệ giữa hiệu suất của quá trình và các tham số đầu vào, nó có thể kiểm soát bằng cách mô hình hóa quá trình gia công thông qua các kỹ thuật toán học phù hợp và tối ưu hóa bằng cách sử dụng phù hợp thuật toán tối ưu hóa.

Bước cần thiết đầu tiên để tối ưu hóa tham số quá trình là hiểu nguyên tắc quản lý quá trình sản xuất bằng cách phát triển một mô hình toán học rõ ràng, có thể là bằng mô hình cơ học hoặc thực nghiệm. Mô hình mà trong đó mối quan hệ giữa đầu ra và các tham số của đầu vào trong quá trình được xác định và phân tích được gọi là mô hình cơ học. Tuy nhiên, vì thiếu mô hình cơ học đầy đủ và chấp nhận được cho

các quy trình sản xuất, nên mô hình thực nghiệm thường được sử dụng. Mô hình của mối quan hệ đầu ra và tham số đầu vào trong quá trình chủ yếu thành lập dựa trên hồi quy thống kê, lý thuyết tập mờ và mạng nơ-ron nhân tạo. Các thuật toán tối ưu hóa có thể được phân loại thành hai loại khác nhau:

- + Các thuật toán tối ưu hóa truyền thống: đây là các thuật toán xác định với quy tắc cụ thể để chuyển từ giải pháp này sang giải pháp khác. Những thuật toán này có đã được sử dụng trong một thời gian và đã được áp dụng thành công cho nhiều vấn đề thiết kế kỹ thuật. Các ví dụ về các thuật toán này bao gồm: phi tuyến tính, hình học, bậc hai, động vv... Tuy nhiên, các vấn đề tối ưu hóa liên quan đến sản xuất thường phức tạp và đặc trưng bởi tập hợp các biến liên tục-rời rạc và các không gian thiết kế không liên tục và không lồi. Do đó, các phương pháp tối ưu hóa truyền thống không cung cấp giải pháp tối ưu toàn diện, vì chúng thường bị mắc kẹt ở mức tối ưu cục bộ. Ngoài ra những thuật toán này là thường chậm hội tụ. Để khắc phục những vấn đề này, các nhà nghiên cứu đã đề xuất phương pháp phi truyền thống để tối ưu hóa các tham số quá trình khác nhau của quy trình sản xuất.
- + Các thuật toán tối ưu hóa phi truyền thống: các thuật toán này có bản chất ngẫu nhiên, với các quy luật xác suất chuyển tiếp. Các thuật toán này là tương đối mới và được phổ biến do tính chất chắc chắn, mà tính quyết định thuật toán không có. Những phương pháp này chủ yếu dựa trên sinh học, tính chất phân tử, hoặc thần kinh, bắt chước tiến hóa sinh học hoặc hành vi xã hội của loài trong tự nhiên. Để bắt chước hiệu quả, các nhà nghiên cứu đã phát triển hệ thống tính toán để tìm kiếm nhanh chóng và mạnh mẽ giải pháp để tối ưu hóa các vấn đề phức tạp. Ví dụ về các thuật toán này bao gồm: simulated annealing (SA), thuật toán di truyền-genetic algorithm (GA), tối ưu hóa tổ hợp điểu-particle swarm optimization (PSO), artificial bee colony (ABC), shuffled frog leaping (SFL), harmony search (HS) vv...

3.2 Thiết kế thực nghiệm (DOE)

Thiết kế thử nghiệm là một sự cân bằng tỉ mỉ một số yếu tố, bao gồm “năng lực”, tính tổng quát, nhiều hình thức khác nhau của tính hợp lệ, tính thực tế và chi phí.. Mục tiêu là luôn tích cực thiết kế một thử nghiệm có kết quả tốt nhất để tạo ra bằng chứng có ý nghĩa, khả năng phản biện, thay vì hy vọng phân tích thống kê tốt có thể sửa chữa các khiếm khuyết sau đó [30].

Một thí nghiệm được thiết kế tốt khi có thể thu thập tối đa các thông tin với tối thiểu số thí nghiệm. Các yếu tố đầu vào có thể được xác định bằng cách xem xét tất cả các đại lượng có thể ảnh hưởng đến kết quả của thí nghiệm. Điều quan trọng nhất trong số này có thể được xác định bằng cách sử dụng: một vài thí nghiệm thăm dò, từ kinh nghiệm, dựa trên một số lý thuyết. Dựa trên thống kê để thiết kế thí nghiệm là một phương pháp để dự đoán về một quá trình phức tạp, đa biến với ít thử nghiệm nhất, từ đó tối ưu hóa quá trình thử nghiệm.

Một số thí nghiệm thống kê đặc biệt yêu cầu chỉ tính toán số học đơn giản để mang lại thông tin đủ chính xác và đáng tin cậy. Mỗi thiết kế đặc biệt như vậy có mối quan hệ hợp lý với mục đích thử nghiệm, nhu cầu của người điều tra và giới hạn vật lý của các thí nghiệm. Tất cả các thiết kế như vậy bắt đầu với tuyên bố về mục tiêu của điều tra viên và xác định các yếu tố có ảnh hưởng tiềm năng lớn nhất đến phản ứng. Một số thiết kế thống kê phổ biến là [31]:

- + Phân tích hồi quy (*Regression analysis*)
- + Phương pháp thống kê:
 - o Khối ngẫu nhiên (*Randomized block*)
 - o Thiết kế hoàn toàn ngẫu nhiên (*Completely randomized design*)
 - o Thiết kế giai thừa (*Factorial design*)
 - o Thiết kế giai thừa bị chặn (*Blocked factorial design*)
 - o Latin lập phương (*Latin square*) v.v
- + Phương pháp Taguchi
- + Phương pháp cấu trúc có tâm...

3.2.1 Các khái niệm

- + Biến đáp ứng (*Response variable*): là các giá trị đầu ra có thể đo được.
- + Yếu tố (*Factors*): là các biến đầu vào có thể thay đổi.
- + Mức (Levels): là các giá trị cụ thể của yếu tố, có thể liên tục hoặc rời rạc.
- + Bản sao (*Replication*): lặp lại thí nghiệm với cùng thông số để xác định tác động của lỗi đo đạc.
- + Tương tác (*Interaction*) ảnh hưởng của một yếu tố đầu vào phụ thuộc vào mức độ của yếu tố đầu vào khác.

3.2.2 Thực nghiệm yếu tố toàn phần (Full factorial design)

Thực nghiệm yếu tố toàn phần là một thử nghiệm có thiết kế bao gồm hai hoặc nhiều yếu tố, với các mức độ riêng biệt và các thử nghiệm có tất cả các kết hợp có thể có của tất cả các cấp độ trong tất cả các yếu tố đó. Một thiết kế thử nghiệm thường gặp là một thiết kế có tất cả các yếu tố đầu vào được đặt ở hai cấp độ. Nếu có k yếu tố mỗi cấp ở 2 cấp độ; một thiết kế giai thừa đầy đủ có 2^k thí nghiệm. Do đó, đối với 6 yếu tố ở hai cấp độ, sẽ mất 64 lần thí nghiệm [32].

3.2.3 Thực nghiệm yếu tố từng phần (Fractional factorial design)

Thực nghiệm yếu tố từng phần là thực nghiệm chỉ tiêu chỉ tiến hành ở một số kết hợp giữa các mức của yếu tố.

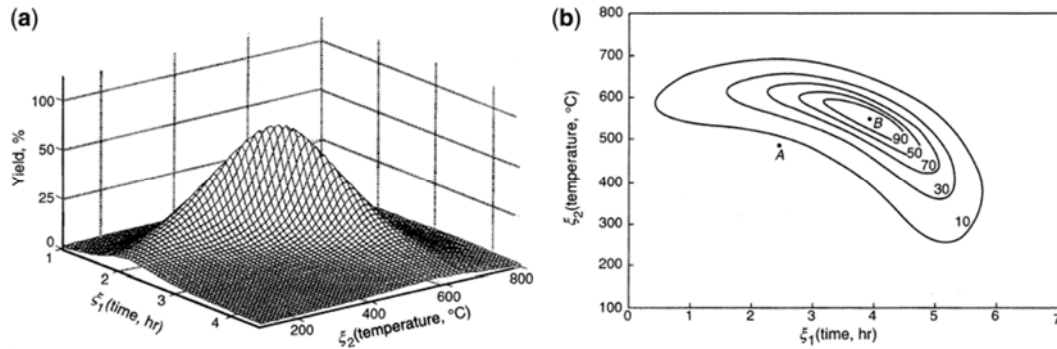
Khi dùng mô hình tuyến tính thì số thí nghiệm trong thực nghiệm yếu tố toàn phần sẽ quá nhiều so với số hệ số hồi quy tuyến tính cần tính. Số thí nghiệm sẽ giảm đáng kể nếu dùng thực nghiệm yếu tố từng phần.

Đề lời giải từng phần là một phương án trực giao cần chọn thực nghiệm yếu tố toàn phần có số yếu tố nhỏ hơn làm cơ sở. [33]

3.3 Phương pháp đáp ứng bề mặt (RSM-respond surface method)

Phương pháp phản ứng bề mặt (RSM) là tập hợp các phương pháp thống kê và toán học phụ vụ cho việc phát triển, cải thiện và tối ưu hóa các quy trình. Nó cũng

được ứng dụng trong thiết kế, phát triển và xây dựng các sản phẩm mới, cũng như trong cải tiến các thiết kế sản phẩm hiện có. [34]



Hình 3.3.1 (a) Bề mặt đáp ứng lý thuyết về mối quan hệ giữa hiệu suất của quá trình phản ứng hóa học và thời gian phản ứng (ξ_1) và nhiệt độ phản ứng (ξ_2). (b) Đường đồng mức của bề mặt đáp ứng lý thuyết. [34]

3.3.1 Thiết kế thực nghiệm phù hợp với phương pháp đáp ứng bề mặt

Các phương án cấu trúc có tâm (Composite Central Designs)

Ngày nay đa thức bậc hai được dùng rộng rãi nhất. Giả sử xét ảnh hưởng của k yếu tố vào thông số tối ưu hóa y , phương trình hồi quy bậc hai có dạng [33]:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_{ij} + \varepsilon \quad (3.3)$$

Số hệ số trong đa thức bậc hai được xác định theo công thức:

$$m = k + 1 + k + C_k^2 = 2k + 1 + \frac{k!}{2!(k-2)!} = \frac{(k+1)(k+2)}{2} \quad (3.4)$$

Để xác định các hệ số trong phương trình hồi quy (3.3) thì số thí nghiệm N không được nhỏ hơn số hệ số cần xác định trong phương trình. Vì vậy, để ước lượng tất cả các hệ số, mỗi yếu tố trong phương án có số mức không nhỏ hơn 3.

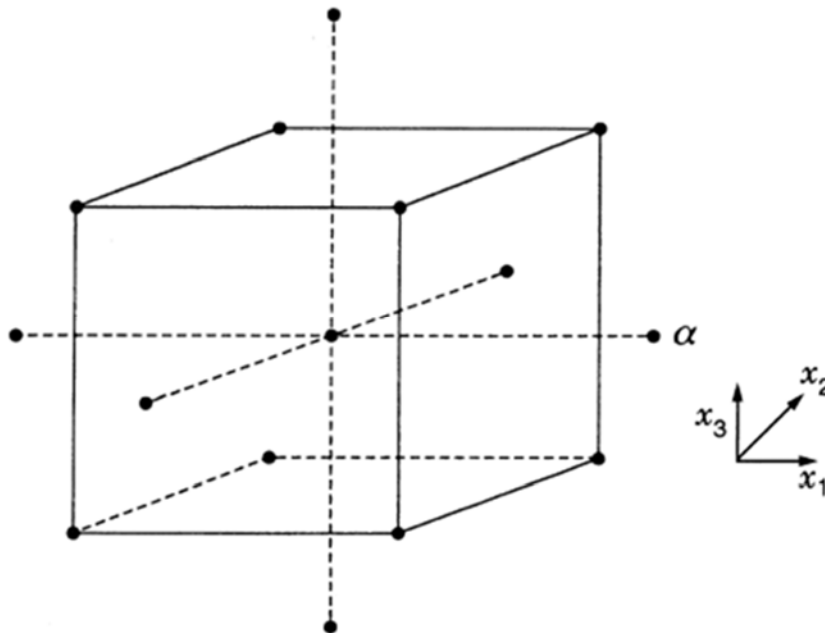
Số thí nghiệm giảm xuống đáng kể nếu sử dụng những phương án cấu trúc có tâm của Box-Wilson đề ra. Ta nhận được phương án cấu trúc có tâm bằng cách thêm một số điểm vào nhân. Nhân là một phương án tuyến tính.

Khi $k < 5$, nhân là phương án thực nghiệm yếu tố toàn phần 2^k .

Khi $k \geq 5$, nhân là $\frac{1}{2}$ lời giải của phương án thực nghiệm yếu tố toàn phần 2^k .

Theo phương pháp chung trong quy hoạch từng bước, nếu phương trình hồi quy tuyến tính không tương thích với thực nghiệm thì cần thiết:

- + Bổ sung $2k$ điểm sao (*) nằm trên các trục tọa độ của không gian yếu tố.
- + Làm thêm n_0 thí nghiệm ở tâm phương án.



Hình 3.3.2 Sơ đồ thí nghiệm phương án cấu trúc có tâm, 3 yếu tố [34].

Số thí nghiệm của phương án cấu trúc có tâm k yếu tố được tính [33]:

$$N = 2^k + 2k + n_0 \text{ với } k < 5 \quad (3.5)$$

$$N = 2^{k-1} + 2k + n_0 \text{ với } k \geq 5 \quad (3.6)$$

Cánh tay đòn sao α và số thí nghiệm n_0 ở tâm được chọn phụ thuộc vào tiêu chuẩn tối ưu, thường là phương án trực giao hay phương án quay.

Bảng 3.3.1 Ma trận thiết kế thực nghiệm cấu trúc có tâm, 3 yếu tố [33].

Nội dung phương án	STT	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	x_1^2	x_2^2	x_3^2	y
Phương án thực nghiệm yếu tố toàn phần 2^3	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	y_1
	2	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	y_2
	3	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	y_3
	4	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	y_4
	5	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	y_5
	6	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	y_6
	7	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	y_7
	8	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	y_8
Các điểm sao(*)	9	+	$+\alpha$	0	0	0	0	0	α^2	0	0	y_9
	10	+	$-\alpha$	0	0	0	0	0	α^2	0	0	y_{10}
	11	+	0	$+\alpha$	0	0	0	0	0	α^2	0	y_{11}
	12	+	0	$-\alpha$	0	0	0	0	0	α^2	0	y_{12}
	13	+	0	0	$+\alpha$	0	0	0	0	0	α^2	y_{13}
	14	+	0	0	$-\alpha$	0	0	0	0	0	α^2	y_{14}
Điểm 0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	y_{15}

3.3.2 Những phương án quay của Box và Hunter

Ưu điểm của những phương án trực giao là khối lượng tính toán ít, do mọi hệ số hồi quy được xác định độc lập với nhau. Nhưng tiêu chuẩn trực giao không phải là tiêu chuẩn đủ mạnh để tối ưu hóa các phương án cấu trúc có tâm vì tin về bề mặt

đáp ứng nhận được trong phương án trực giao khác nhau ở những hướng khác nhau. Khi yếu tố lớn hơn những mặt có tin bằng nhau, có đặc tính rất phức tạp.

Người nghiên cứu lúc bắt đầu thực nghiệm không biết hướng nào là hướng cần quan tâm nhất, Box và Hunter đã đề nghị xem phương án quay là phương án tối ưu.

Tính quay của phương án cấu trúc có tâm sẽ đạt được khi chọn cánh tay đòn sao [33]:

$$\alpha = 2^{\frac{k}{4}}, \text{ khi nhân là phương án thực nghiệm yếu tố toàn phần} \quad (3.7)$$

$$\alpha = 2^{\frac{k-p}{4}}, \text{ khi nhân là phương án thực nghiệm yếu tố từng phần} \quad (3.8)$$

Số thí nghiệm n_0 ở tâm phương án quay có một ý nghĩa quan trọng, nó xác định đặc tính phân bố tin trên bề mặt đáp ứng. Phương án được gọi là quay đồng đều nếu lượng tin không đổi trong khoảng $0 \leq \rho \leq 1$, ρ là bán kính đường viền tin.

Bảng 3.3.2 Trị số cánh tay đòn sao và số điểm thí nghiệm ở tâm phương án quay đồng đều [33].

Số yếu tố (k)	Phương án tâm	Số điểm nhân, (n_{nh})	Số điểm sao, (n_a)	Số điểm không, (n_0)	Cánh tay đòn sao, (α)	Số thí nghiệm chung, (N)
2	2^2	4	4	5	1,414	13
3	2^3	8	6	6	1,682	20
4	2^4	16	8	7	2	31
5	2^5	32	10	10	2,378	52

Bảng 3.3.3 Ma trận thiết kế thực nghiệm cấu trúc có tâm phương án quay, 3 yếu tố [33].

STT	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	x_1^2	x_2^2	x_3^2	y
-----	-------	-------	-------	-------	-----------	-----------	-----------	---------	---------	---------	---

1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	y ₁
2	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	y ₂
3	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	y ₃
4	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	y ₄
5	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	y ₅
6	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	y ₆
7	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	y ₇
8	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	y ₈
9	+	+1,682	0	0	0	0	0	2,828	0	0	y ₉
10	+	-1,682	0	0	0	0	0	2,828	0	0	y ₁₀
11	+	0	+1,682	0	0	0	0	0	2,828	0	y ₁₁
12	+	0	-1,682	0	0	0	0	0	2,828	0	y ₁₂
13	+	0	0	+1,682	0	0	0	0	0	2,828	y ₁₃
14	+	0	0	-1,682	0	0	0	0	0	2,828	y ₁₄
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	y ₁₅
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	y ₁₆
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	y ₁₇
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	y ₁₈
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	y ₁₉
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	y ₂₀

3.3.3 Tối ưu hóa đa mục tiêu (Multiple Responses Optimization)

Trong nhiều nghiên cứu thực nghiệm, có nhiều hơn một đáp ứng được người thí nghiệm quan tâm. Hơn nữa, đôi khi chúng ta muốn tìm một giải pháp cho các yếu tố kiểm soát dẫn đến giá trị tốt nhất cho mỗi đáp ứng. Đây là tối ưu hóa nhiều đáp ứng, phương pháp mà chúng ta tìm kiếm sự cân bằng giữa các đáp ứng; tuy nhiên,

không phải lúc nào cũng có thể tìm ra giải pháp cho các yếu tố kiểm soát mà tối ưu hóa được tất cả các đáp ứng đồng thời [34].

Có một số khía cạnh của vấn đề này làm phức tạp quá trình chọn một bộ đầu vào tốt nhất khi xem xét nhiều khía cạnh.

Đầu tiên, thực tế hầu như không có quyết định nào có thể nhận được kết quả tối ưu cho từng tiêu chí trong một lựa chọn duy nhất. Do đó, đối với hầu hết các tình huống, cần phải đánh đổi giữa các mục tiêu.

Thứ hai, nhiều đại lượng được xem xét được đo trên các thang đo khác nhau.

Thứ ba, không có sự đồng thuận toàn diện về sự đánh đổi nào có thể là lý tưởng giữa chi phí và chất lượng, nhưng có khá nhiều câu trả lời đúng cho các nhóm ưu tiên khác nhau. Vì vậy, phần này của quá trình vốn đã có một thành phần chủ quan trong đó các ưu tiên cá nhân được tích hợp vào quá trình [34].

Do đó, các phương pháp đánh giá và tối ưu hóa dựa trên nhiều mục tiêu cung cấp các cơ chế để kết hợp các ưu tiên của quá trình và ưu tiên của người thí nghiệm.

Sau đây là một số phương pháp tìm nghiệm thỏa hiệp:

- + Phương pháp thừa số Lagrange
- + Phương pháp tối ưu hóa thỏa hiệp
- + Phương pháp tối ưu hóa Pareto
- + ...

Chương 4:

XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ THỰC NGHIỆM

4.1 Vật mẫu thực nghiệm (phôi)

Sử dụng thép tròn AISI 1055 đã tôi cứng (tương đương thép C55 theo TCVN), được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất chi tiết máy như: trục truyền động, bánh răng...Sau đây là các thông tin cơ bản của thép AISI 1055 và kích thước vật mẫu.

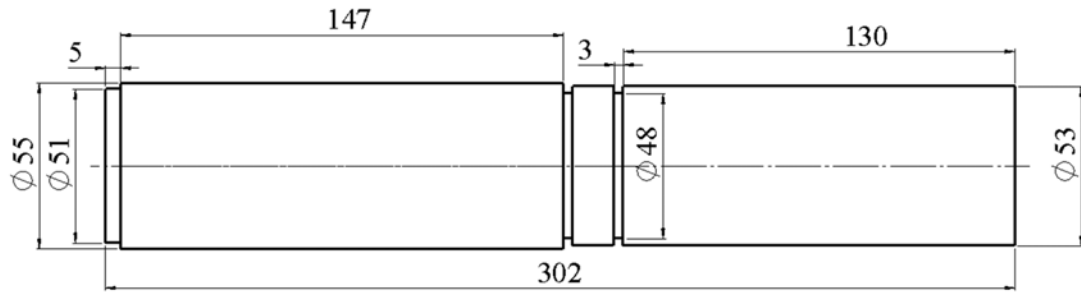
Bảng 4.1.1 Thành phần hóa học của thép AISI 1055 [35]

Loại thép	C	Fe	Mn	P	S
AISI 1055	0,5-0,6%	98,41-98,9 %	0,60-0,90%	≤0,040%	≤0,050%

Bảng 4.1.2 Thuộc tính vật lý, cơ học thép AISI 1055 [35]

Thuộc tính	Hệ mét
Khối lượng riêng	7,85 g/cm ³
Độ bền kéo	660 MPa
Giới hạn chảy	560 MPa
Mo-dun đàn hồi	190-210 GPa
Mo-dun trượt	80 GPa
Hệ số Poisson	0,27-0,30
Độ giãn dài giới hạn (ở 50 mm)	10%
Độ cứng Brinell	197

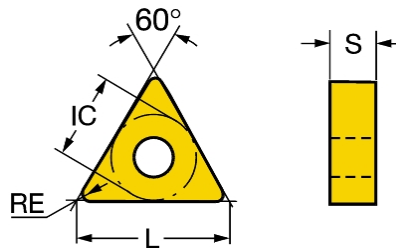
Độ cứng sau tôi cứng trong dầu đạt 52 ± 1 HRC.



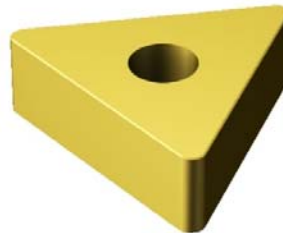
Hình 4.1.1 Kích thước phôi

4.2 Mảnh dao (*insert*) và thân dao (*holder*)

Trong các thí nghiệm, mảnh dao TNGA160404S01525 6050 được sử dụng kết hợp với thân dao PTGNR 1616H 16 được sản xuất bởi Sandvik Coromant. Mảnh dao làm từ vật liệu gốm với mã vật liệu là 6050, được thiết kế cho mục đích chung, thích hợp cho gia công tiện cứng vì có cạnh cắt khả năng chịu lực tốt.



Hình 4.2.1 Kích thước mảnh dao TNGA160404S01525 6050 [36]

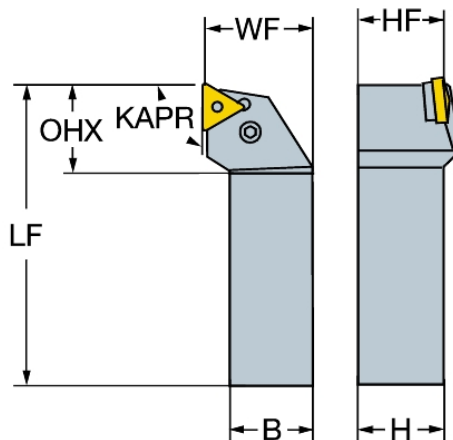


Hình 4.2.1 Mảnh dao TNGA160404S01525 6050

Bảng 4.2.1 Thuộc tính mảnh dao TNGA160404S01525 6050 [36]

Đường kính vòng tròn nội tiếp - Inscribed circle diameter (IC)	9,525 mm
Mã hình dạng mảnh dao - Insert shape code (SC)	T
Chiều dài cạnh cắt - Cutting edge effective length (LE)	16,098 mm
Bán kính góc - Corner radius (RE)	0,397 mm
Cạnh gạt nước - Wiper edge property (WEP)	False
Độ rộng mặt đáy - Face land width (BN)	0,15 mm
Góc mặt đáy - Face land angle (GB)	25 deg
Tay - Hand (HAND)	N
Mã vật liệu - Grade (GRADE)	6050
Chất nền - Substrate (SUBSTRATE)	CC
Lớp phủ - Coating (COATING)	PVD TiN
Độ dày mảnh dao - Insert thickness (S)	4,763 mm
Góc sau chính - Clearance angle major (AN)	0 deg
Khối lượng - Weight of item (WT)	0,002 kg

Thân dao PTGNR 1616H 16 là loại thân dao thông dụng dùng để gắn mảnh dao TNGA160404S01525 6050 có thông tin như sau:



Hình 4.2.2 Thông số của thân dao PTGNR 1616H 16 [37]

Bảng 4.2.2 Thuộc tính của thân dao PTG NR 1616H 16 [37]

Góc nghiêng chính - Tool cutting edge angle (KAPR)	91 deg
Góc dẫn dụng cụ - Tool lead angle (PSIR)	-1 deg
Kích thước cán dao - Rectangular shank -metric	16 x 16
Góc nghiêng tối đa - Maximum ramping angle (RMPX)	0 deg
Maximum overhang (OHX)	20,2 mm
Chiều cán dao - Hand (HAND)	R
Dài - Functional length (LF)	100 mm
Rộng - Functional width (WF)	20 mm
Cao - Functional height (HF)	16 mm
Góc trước - Orthogonal rake angle (GAMO)	-6 deg
Góc nâng - Inclination angle (LAMS)	-6 deg
Mô-men xoắn - Torque (TQ)	2 Nm
Body material code (BMC)	Steel
Khối lượng - Weight of item (WT)	0,224 kg

Như vậy cán dao chuẩn này có góc dao chuẩn: góc trước γ_0 là -6° , góc nâng λ là -6° , góc nghiêng chính Φ là 91° . Và theo thông tin từ nhà sản xuất chế độ cắt phù hợp với công cụ cắt này để tiện cứng được thể hiện theo bảng sau:

Bảng 4.2.3 Chế độ cắt khuyến dùng

Chế độ cắt	Giá trị khuyến dùng	Khoảng giới hạn	Đơn vị
Chiều sâu cắt	0,1	0,1 – 0,5	mm

Bước tiến	0,1	0,05 – 0,2	mm/v
Vận tốc cắt	160	170 - 120	m/ph

4.3 Chế độ cắt

Sử dụng máy tiện Chungshi CS660x1600G gia công trong điều kiện không tưới nguội. Các thông số cắt được sử dụng trong thí nghiệm chọn tham khảo tiêu chuẩn ISO 3685:1993 [38] (các tiêu chuẩn cho thí nghiệm mòn dao) kết hợp với thông số khuyến dùng của nhà sản xuất **Bảng 4.2.3** (Sandvik Coromant). Trong thí nghiệm, có ba yếu tố hình học dao và các mức độ sử dụng trong các thí nghiệm được chọn để nghiên cứu trình bày trong **Bảng 4.3.1**.

Bảng 4.3.1 Các yếu tố không phụ thuộc và các mức được chọn

Kí hiệu	Yếu tố	Đơn vị	Mức 1	Mức 2	Mức 3	Mức 4	Mức 5
Φ	Góc nghiêng chính	Độ (°)	90	84	75	66	60
γ_0	Góc trước	Độ (°)	-2	-3,6	-6	-8,4	-10
λ	Góc nâng	Độ (°)	-2	-3,6	-6	-8,4	-10

Bên cạnh đó chế độ cắt cũng được chọn và giữ cố định trong toàn bộ các thí nghiệm, trong đó có vận tốc cắt có sự thay đổi nhỏ khoảng 0,75%, do mỗi phôi được cắt 3 lần với tổng chiều dài cắt là 882 m. Các thông số trình bày trong **bảng 4.3.2**:

Bảng 4.3.2 Chế độ cắt trong thí nghiệm.

Tên	Thông số
Độ sâu cắt	0,2 mm
Vận tốc cắt	120 m/ph
Lượng chạy dao	0,08 mm/v

4.4 Thiết kế thực nghiệm

Trong nghiên cứu này, phương pháp cấu trúc có tâm phương án quay được sử dụng trong thiết kế thực nghiệm năm mức độ của các yếu tố bố trí trong từng thí nghiệm được trình bày trong bảng dưới đây. Trong đó, cột thứ nhất gán cho góc nghiêng chính, thứ hai là góc trước và thứ ba là góc nâng.

Bảng 4.4.1 Ma trận thông số thí nghiệm

Thí nghiệm	Yếu tố			Thí nghiệm	Yếu tố		
	Φ (°)	γ_0 (°)	λ (°)		Φ (°)	γ_0 (°)	λ (°)
1	84	-3,6	-3,6	11	75	-2	-6
2	66	-3,6	-3,6	12	75	-10	-6
3	84	-8,4	-3,6	13	75	-6	-2
4	66	-8,4	-3,6	14	75	-6	-10
5	84	-3,6	-8,4	15	75	-6	-6
6	66	-3,6	-8,4	16	75	-6	-6
7	84	-8,4	-8,4	17	75	-6	-6
8	66	-8,4	-8,4	18	75	-6	-6
9	90	-6	-6	19	75	-6	-6
10	60	-6	-6	20	75	-6	-6

Chương 5:

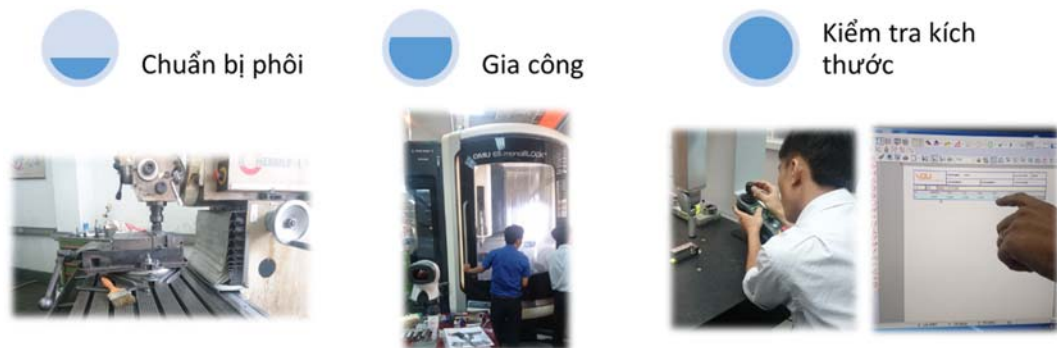
THỰC NGHIỆM, KẾT QUẢ & BÌNH LUẬN

5.1 Tổ chức thực nghiệm

5.1.1 Đồ gá thay đổi góc dao

Để thay đổi các góc dao, chúng tôi sử dụng bộ đồ gá được thiết kế cho từng thí nghiệm. Bộ gá này cần được chế tạo chính xác để đảm bảo độ tin cậy của góc dao. Do đó các chi tiết được gia công kỹ lưỡng, sử dụng các máy gia công có độ tin cậy cao.

Các chi tiết của đồ gá sử dụng vật liệu thép làm khuôn SKD11 với các ưu điểm dễ gia công, độ cứng sau tôi tốt và có độ chịu mài mòn cao. Vật liệu sẽ qua công tác tạo hình trước khi được gia công trên máy CNC với độ chính xác rất cao. Sau đó các chi tiết sẽ được kiểm tra các kích thước bằng hệ thống đo ba tọa độ, có thể kiểm tra sai số về góc các chi tiết gá dao. Sau đó các chi tiết sẽ được đem xử lý nhiệt.



Hình 5.1.1 Quy trình gia công các chi tiết đồ gá thay đổi góc dao



Hình 5.1.2 Bộ đồ gá dao có gắn cảm biến đo lực

5.1.2 Trang thiết bị đo

Trong các thí nghiệm, người thí nghiệm sử dụng các thiết bị đo có độ chính xác, tin cậy cao được chứng nhận.

Cảm biến đo lực Multicomponent Dynamometer Kistler Type 9257B

Đây là cảm biến đo lực ba thành phần để đo ba thành phần trực giao của lực. Cảm biến đo lực có độ cứng lớn và do đó tần số tự nhiên cao. Độ phân giải cao của nó cho phép ghi nhận những thay đổi động nhỏ nhất khi đo lực.

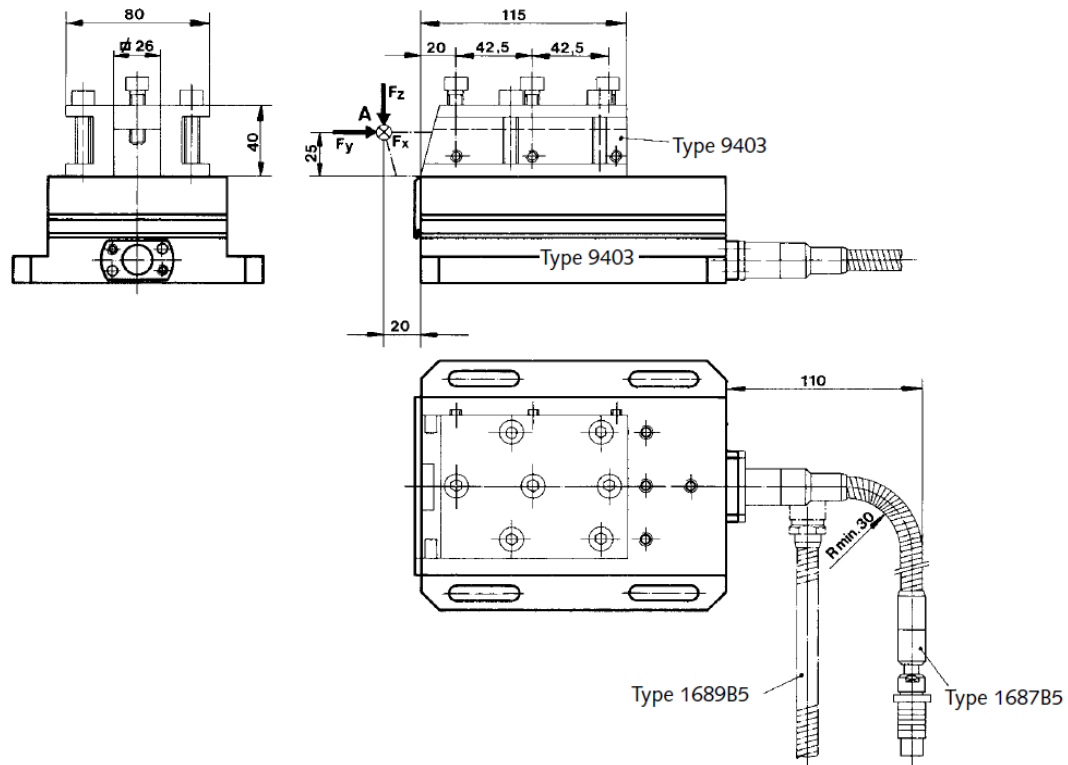


Hình 5.1.3 Cảm biến đo lực Multicomponent Dynamometer Kistler Type 9257B
[39]

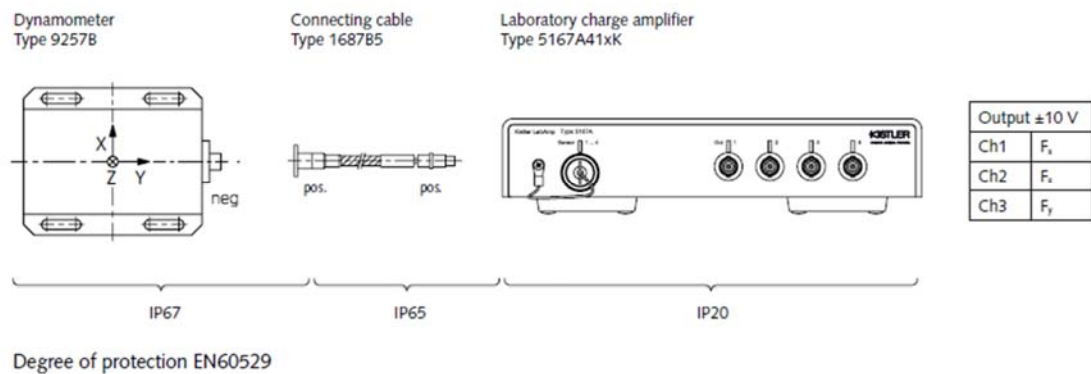
Bảng 5.1.1 Thông số của Cảm biến đo lực Multicomponent Dynamometer Kistler
Type 9257B [39]

Thuộc tính		Đơn vị	Thông số
Phạm vi - Range	Fx, Fy, Fz	kN	-5 ... 5
Fz for Fx and Fy ≤ 0,5 Fz	Fz	kN	-5 ... 10
Quá tải - Overload	Fx, Fy, Fz	kN	-7,5/7,5
Fz for Fx and Fy ≤ 0,5 Fz	Fz	kN	-7,5/15
Ngưỡng - Threshold		N	<0,01
Độ nhạy - Sensitivity	Fx, Fy	pC/N	≈ -7,5
	Fz	pC/N	≈ -3,7
Độ tuyến tính - Linearity, all ranges		%FS	≤ ± 1
		O	
Độ cứng - Rigidity	cx, cy	kN/μm	> 1
		m	

	cz	kN/μ m	>2
Tần số tự nhiên -Natural frequency	fn(x, y, z)	kHz	≈3,5
Tần số tự nhiên (có gán đồ gá) -Natural frequency (mounted on flanges)	fn(x, y) fn(z)	kHz	≈2,3 ≈3,5
Nhiệt độ hoạt động - Operating temperature range		°C	0 ... 70
Điện dung - Capacitance	Fx, Fy, Fz	pF	≈220
Trở cách ly - Insulation resistance (20 °C)		Ω	>1013
Trở cách lý đất - Ground insulation		Ω	>108
Chuẩn bảo vệ - Protection class EN60529		-	IP67
Khối lượng - Weight		kg	7,3
Diện tích kẹp - Clamping area		mm	100x170
Kết nối - Connection	-	-	Fischer flange,9 pol. neg.

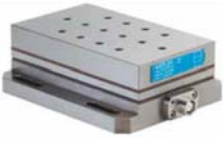





Hình 5.1.4 Kích thước lắp ráp cảm biến đo lực trong quá trình tiện [39]



Hình 5.1.5 Hệ thống đo kết hợp với Laboratory charge amplifier Type 5167A41xK [39]

Bảng 5.1.2 Chuỗi thiết bị thường được sử dụng khi đo [39]

			
Cảm biến	Cáp nối	Amplifier kết hợp integrated DAQ	Máy tính với phần mềm DynoWare
Type 9257B	Type 16xx	Type 5167A...	

Hệ thống đo độ nhám bề mặt MITUTOYO SJ-210/SJ-310 178-390

Đây là một dụng cụ đo cầm tay cho phép bạn đo độ nhám bề mặt dễ dàng và chính xác. Nó thực hiện các phân tích độ nhám tuân theo các tiêu chuẩn quốc tế khác nhau (EN ISO, VDA, ANSI, JIS) và các cài đặt tùy chỉnh. Kết quả thu được sau khi đo gồm: kết quả tính toán, hồ sơ đánh giá, đường cong biên độ. [40]



Hình 5.1.6 Hệ thống đo độ nhám bề mặt MITUTOYO SJ-210 178-390 [40]

Bảng 5.1.3 Thuộc tính Hệ thống đo độ nhám bề mặt MITUTOYO SJ-210 178-390 [40]

Thuộc tính	Thông số
Lực đầu dò - Detector	0,75 mN
measuring force:	
Góc đầu kim - Stylus tip	60°
angle:	
Bán kính đầu kim - Stylus tip	2 µm
radius:	
Khối lượng - Mass:	500 g
Traverse:	17.5 mm, 5.6 mm [S-type]
Phạm vi đo - Measuring	16 mm, 4.8 mm [S-type]
range:	
Chiều dài cáp - Cable length:	1 m
Phạm vi - Range:	360 µm
Kim - Stylus:	Diamond Tip
Bán kính trượt - Skid radius:	40 mm
Lực đo - Measuring force:	0.75 mN
Nguồn - Power supply:	Via AC adapter (DC 7,5 V 1,5 W) built-in or rechargeable battery
Bán kính - Radius:	2 µm
Tự động ngủ - Auto-sleep:	Automatic after 30 seconds
Hệ đơn vị - Inch-Metric:	Metric

Kính hiển vi Oxion Inverso materials science

Kính hiển vi Oxion Inverso cho khoa học vật liệu được sử dụng để quan sát các mảnh vật liệu lớn làm từ kim loại, gỗ, nhựa...

Oxion Inverso có sẵn với đèn chiếu sáng tương phản halogen 50 W mạnh mẽ. Bộ lọc phân cực và màu sắc làm cho thiết bị này phù hợp với nhiều ứng dụng. [41]



Hình 5.1.7 Kính hiển vi Oxion Inverso materials science [41]

5.1.3 Các công cụ phần mềm

Phần mềm minitab

Minitab là phần mềm thống kê ứng dụng được phát triển ở Đại học Pennsylvania bởi Barbara F. Ryan, Thomas A. Ryan, Jr. và Brian L. Joiner năm 1972. Minitab là phiên bản thu gọn của phần mềm OMNITAB, phần mềm phân tích thống kê của NIST.

Từ thành công của phần mềm này, những người phát triển phần mềm đã sáng lập ra công ty Minitab Inc. vào năm 1983. Công ty này đặt trụ sở chính tại đại học Pennsylvania, có chi nhánh tại Coventry, Anh (Minitab Ltd.), Paris, Pháp (Minitab SARL) và Sydney, Úc (Minitab Pty.), đồng thời duy trì mạng lưới bán lẻ và văn phòng đại diện tại các nước khác.

Ngày nay, Minitab được ứng dụng trong phân tích 6 sigma và các phương pháp cải tiến quá trình khác sử dụng các công cụ thống kê. Theo số liệu của công ty,

Minitab được sử dụng tại hơn 4.000 trường đại học và cao đẳng trên thế giới và là phần mềm hàng đầu ứng dụng trong việc giảng dạy. [42]

5.1.4 Các bước tiến hành thực nghiệm

Quá trình thực nghiệm được người thí nghiệm thực hiện theo kế hoạch đã định trước. Trong mỗi thí nghiệm, vật mẫu thực nghiệm sẽ được cắt 3 lần, với tổng chiều dài trụ là 424 mm tương đương 7 phút 21,6 giây thời gian cắt.

Bảng 5.1.4 Quy trình thực hiện thí nghiệm

Bước	Công việc	Trang thiết bị cần sử dụng
1	Chuẩn bị đồ dùng ban đầu	
2	Gá phôi	- Máy tiện
3	Gá dao	- Bộ force sensor
4	Gia công phôi lấy thông số lực cắt	- Bộ gá dao
5	- Dừng máy - Lưu dữ liệu	- Thân dao + mảnh dao - Máy tính+phần mềm
6	Tháo phôi lưu trữ Thay phôi Thay cạnh dao Bảo quản trong phôi các bao nhựa	Bao bì-bút lông
7	GHI CHÚ CẠNH DAO- bảo quản trong các bao nhựa	
8	Đo độ nhám	- Máy đo độ nhám - Thiết bị lưu trữ dữ liệu



Hình 5.1.8 Hệ thống đo lực

Để đo độ lớn lực cắt trong quá trình gia công và lưu kết quả không những cần cảm biến mà còn cần các thiết bị chuyên dụng là bộ amplifier, USB DAQ, phần mềm được viết trên Labview để đọc và lưu giá trị tín hiệu. Trong thí nghiệm này tác giả chọn tần suất lấy mẫu là 1KHz.

Phương án gá đặt phôi trong thí nghiệm là kết hợp mâm cặp và mũi chống tâm, giới hạn 5 bậc tự do.



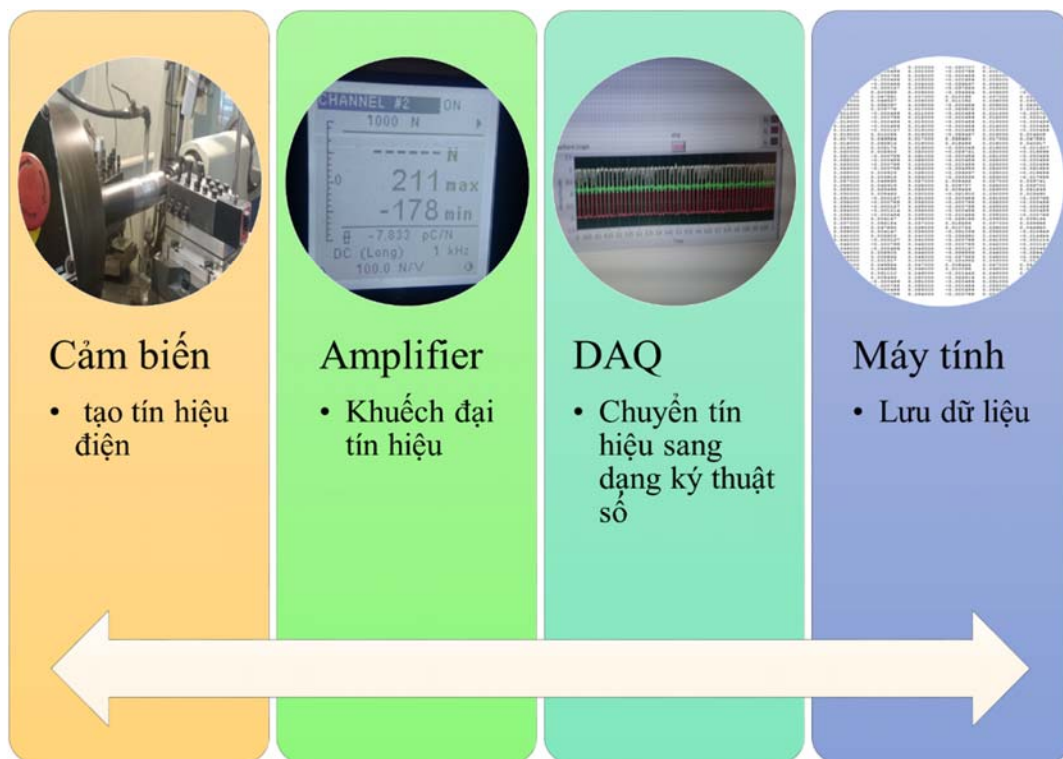
Hình 5.1.9 Hệ thống gá đặt



Hình 5.1.10 Tổng quan máy tiện trước khi gia công



Hình 5.1.11 Tổng quan máy tiện khi gia công

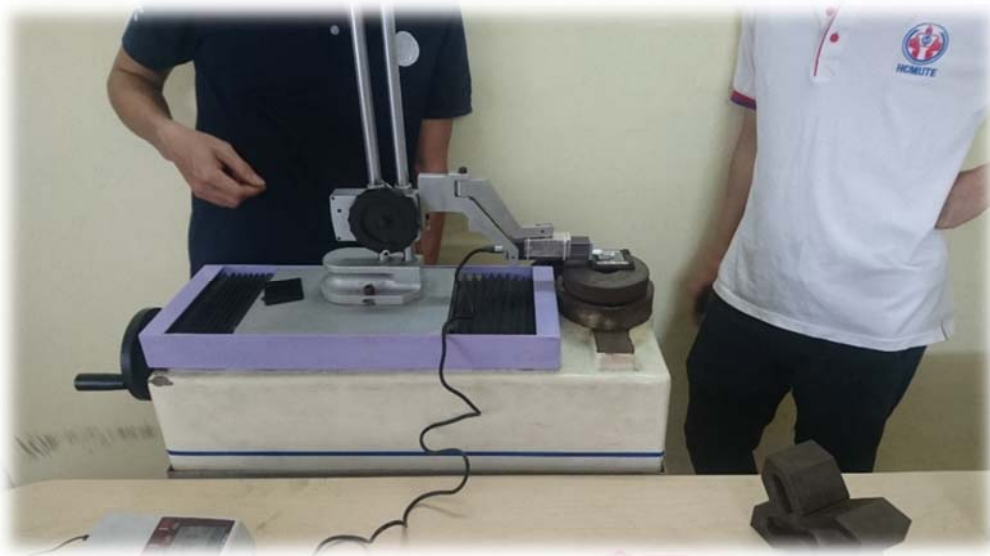


Hình 5.1.12 Quá trình thu dữ liệu lực cắt

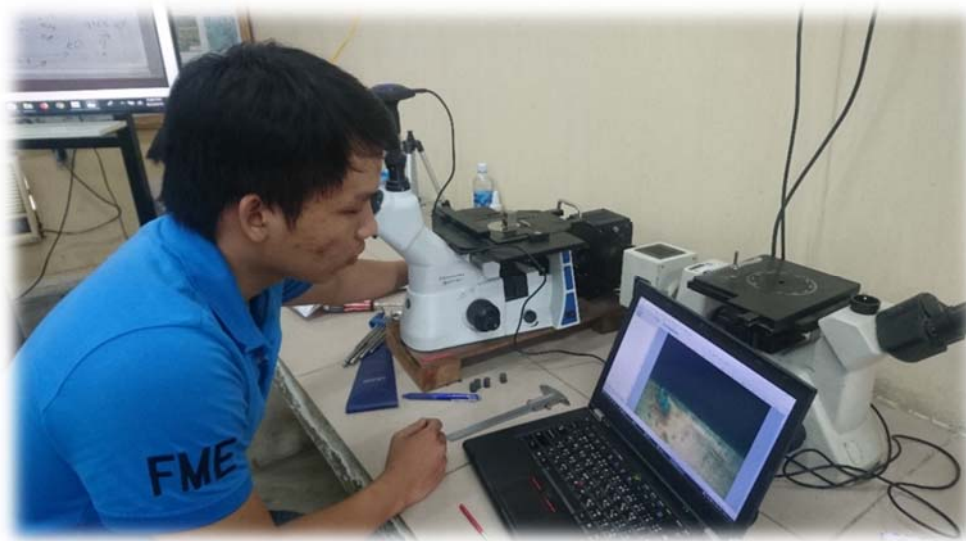
Thiết bị đo độ nhám được ca-líp kỹ lưỡng trước khi đo và trong khi đo.



Hình 5.1.13 Đo độ nhám



Hình 5.1.14 Ca-líp máy đo độ nhám



Hình 5.1.15 Đo mòn dao

5.2 Phân tích kết quả bằng phương pháp đáp ứng bề mặt

5.2.1 Xử lý kết quả đo

Kết quả của phép đo là sản phẩm nhận thức của trình độ nhận thức của chúng ta. Nó phụ thuộc không những vào bản thân đại lượng đo, mà còn phụ thuộc vào

phương pháp đo, người đo, điều kiện môi trường trong đó phép đo được thực hiện.v.v..

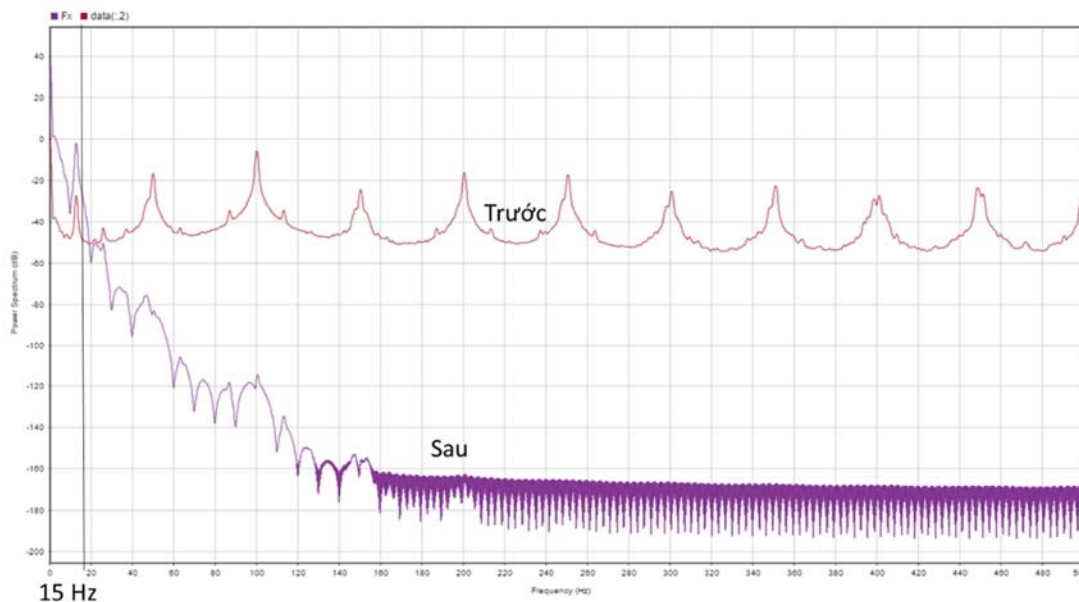
Bất kỳ phép đo nào cũng có sai số, do đó kết quả đo luôn cần được xử lý để loại bỏ tối đa sai số.

Lọc cắt

Kết quả lực cắt thu được được lưu dưới dạng ma trận độ lớn hiệu điện thế tín hiệu với thời gian. Kết quả này có gồm các sai số, nhiễu và bị trôi điểm 0 nên cần được xử lý trước khi sử dụng.

Trong thí nghiệm này, kết quả lực cắt được xử lý qua các bước sau:

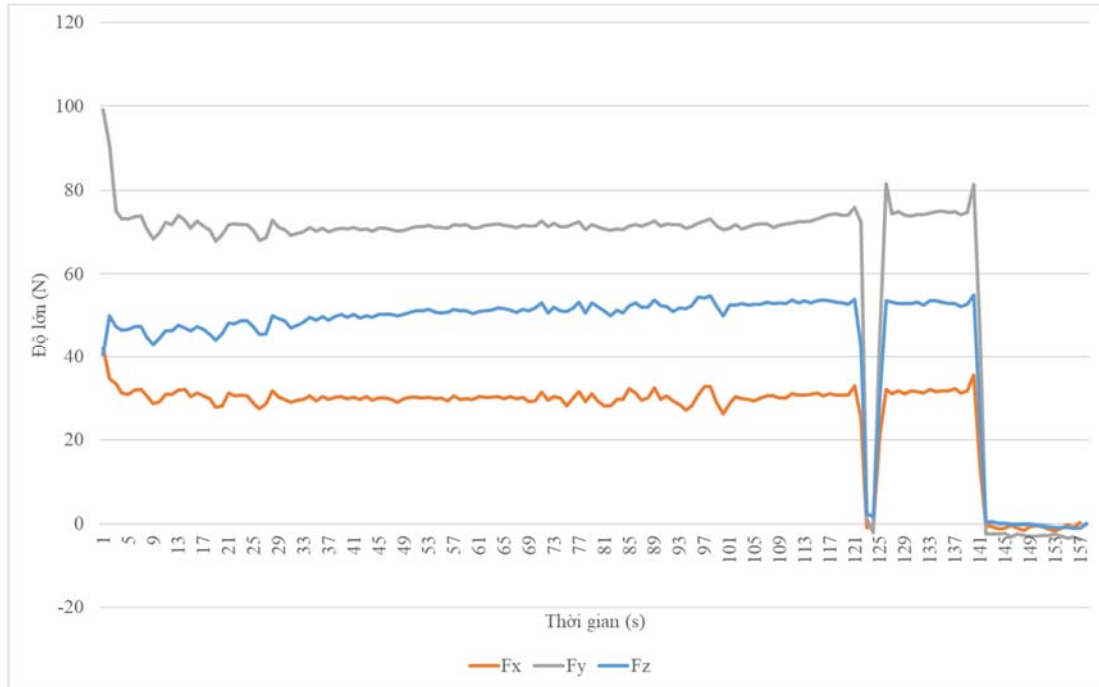
- + Lọc nhiễu với bộ lọc thông thấp Butterworth với tần số cắt lớn hơn tốc độ quay trục chính, chọn 15Hz.



Hình 5.2.1 So sánh phổ của giá trị lực Fx của thí nghiệm thứ 4 trước và sau xử lý 6th-order lowpass Butterworth filter với tần số cắt là 15Hz

- + Lọc nhiễu trắng với bộ lọc moving mean với hệ số là 80 (lấy trung bình 1 vòng quay).

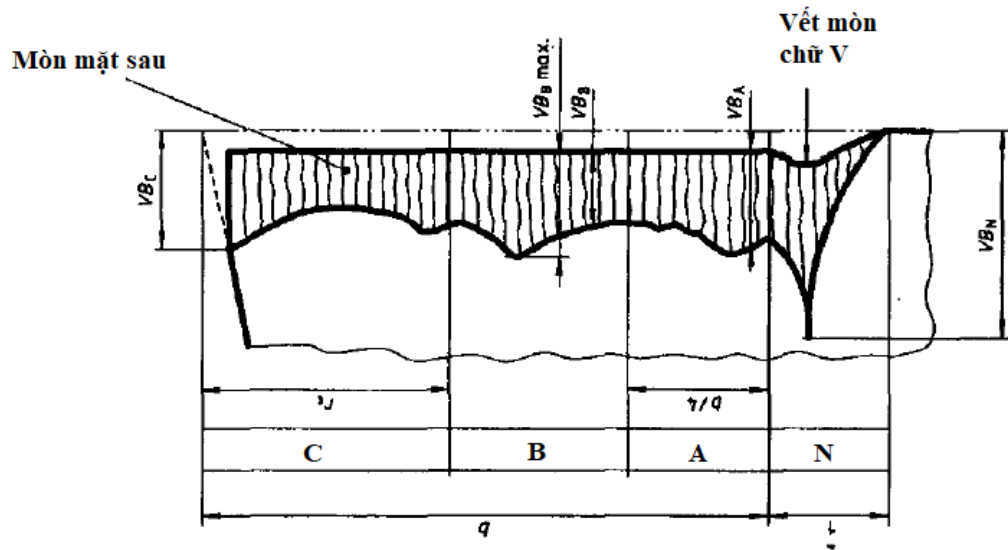
- + Loại bỏ độ trôi điếm 0 tại điếm sắp cắt phôi
- + Lấy kết quả trung bình khi lực cắt ở trạng thái ổn định của lần cắt thứ 2 của các thí nghiệm (từ giây thứ 60 đến thứ 100 khi cắt).



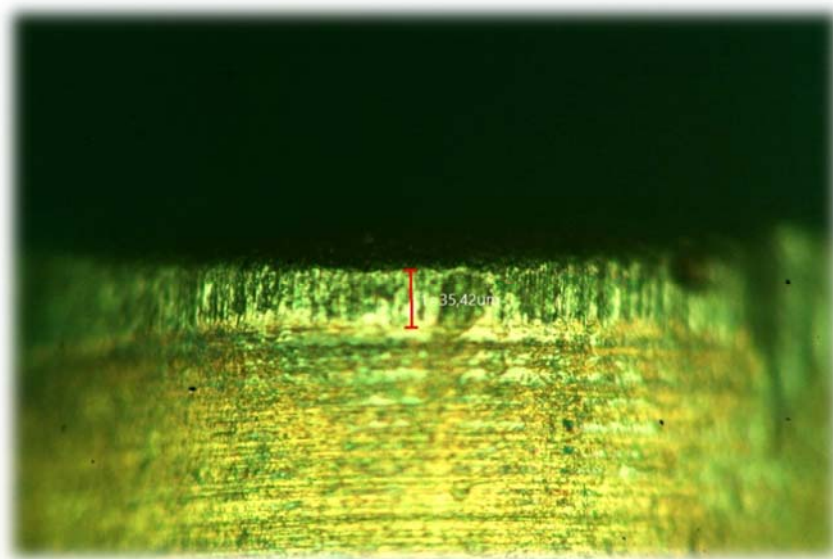
Hình 5.2.2 Biểu đồ thể hiện giá trị trung bình của các lực cắt thành phần của thí nghiệm thứ 4

Độ mòn

Giá trị độ mòn của mảnh dao được lấy trung bình ở khu vực B của mòn mặt sau. Quá trình đo được làm trong môi trường có điều kiện nhiệt độ được đảm bảo ở nhiệt độ phòng 25 °C.



Hình 5.2.3 Các loại mòn mặt sau theo ISO Standard 3685-1993 (E) Tool Life Testing [38]



Hình 5.2.4 Hình chụp từ kính hiển vi Oxion Inverso materials science với độ phóng đại 200

Độ nhám

Độ nhám của bề mặt sau gia công mẫu thí nghiệm được lấy trung bình ở 3 vị trí trên mặt trụ cách nhau 120^0 , mỗi vị trí được đo 2 lần. Quá trình đo được làm trong môi trường có điều kiện nhiệt độ được đảm bảo ở nhiệt độ phòng 25^0C . Kết quả của các lần đo được xử lý sai số bằng cách loại bỏ các sai số thô thủ công.



Hình 5.2.5 Kết quả độ nhám hiển thị trên thiết bị khi đo với tiêu chuẩn ISO 1997

5.2.2 Kết quả và phân tích ANOVA

Các bước phân tích, tính toán được hỗ trợ bởi phần MiniTab 18.

Sau quá trình thực hiện các thí nghiệm, chúng tôi đã thu được kết quả là các thông số về lực cắt, độ mòn và độ nhám được trình bày trong bảng dưới đây:

Bảng 5.2.1 Kết quả thí nghiệm

Thí nghiệm	Yếu tố			Lực cắt (N)				Độ Mòn (Aver.Vb) (μm)	Độ Nhám (Ra) (μm)
	Φ ($^{\circ}$)	γ_0 ($^{\circ}$)	λ ($^{\circ}$)	Fx	Fy	Fz	F		
1	84	-3,6	-3,6	29,42	95,46	57,91	115,46	46,7	0,474
2	66	-3,6	-3,6	24,83	75,61	53,44	95,86	49,6	0,938
3	84	-8,4	-3,6	30,65	77,37	53,07	98,7	32,5	0,772
4	66	-8,4	-3,6	30,04	71,71	52,17	93,63	32,1	1,114
5	84	-3,6	-8,4	29,23	76,61	53,95	98,16	28,9	0,849

6	66	-3,6	-8,4	27,48	73,42	53,12	94,7	36,6	1,098
7	84	-8,4	-8,4	27,65	74,75	53,72	96,11	34,8	1,173
8	66	-8,4	-8,4	28,74	75,92	53,78	97,38	30,2	1,073
9	90	-6	-6	26,88	71,08	51,09	91,57	34,8	1,102
10	60	-6	-6	28,8	74,49	51,9	95,25	32,3	1,161
11	75	-2	-6	24,09	83,03	56,03	103,03	43,9	0,997
12	75	-10	-6	27,3	70,95	51,99	92,1	27,1	1,222
13	75	-6	-2	36,96	94,29	60,47	117,96	52,1	0,424
14	75	-6	-10	33,78	81,28	56,35	104,51	21,3	1,098
15	75	-6	-6	30,43	74,81	54,13	97,23	35,4	1,059
16	75	-6	-6	37,31	73,22	55,15	98,96	33,4	1,025
17	75	-6	-6	34,8	75,69	56,13	100,46	35,1	1,023
18	75	-6	-6	32,9	72,96	56,72	98,09	36,7	1,131
19	75	-6	-6	31,09	73,22	53,34	95,77	35,7	1,157
20	75	-6	-6	35,03	74,99	54,74	99,23	33,4	1,079

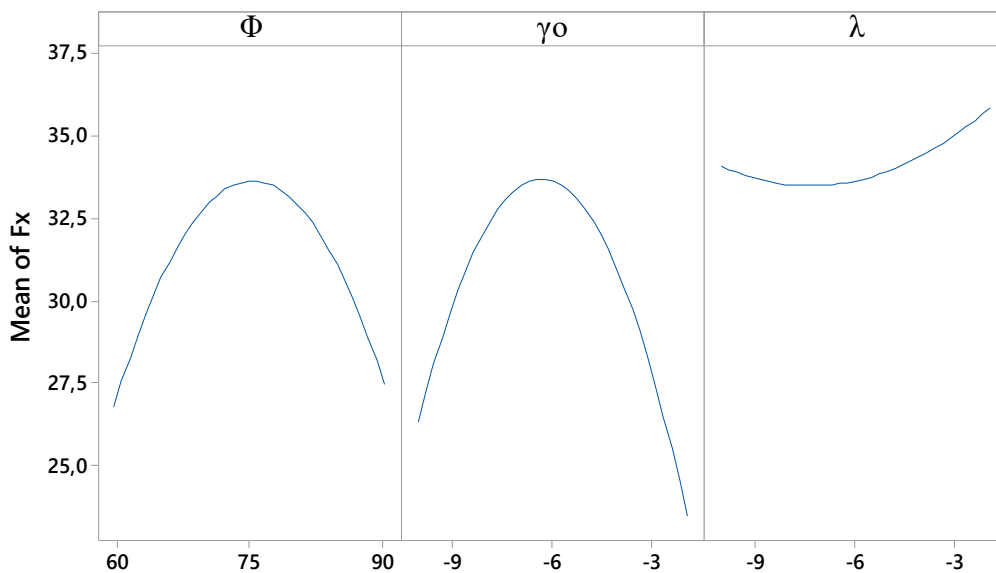
Bảng 5.2.2 Phân tích ANOVA cho Fx

	DF	Seq SS	Phân phối	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Mô hình	8	219,995	82,59%	219,995	27,499	6,52	0,003
Tuyến Tính	3	14,019	5,26%	14,019	4,673	1,11	0,387
Φ	1	0,525	0,20%	0,525	0,525	0,12	0,731
γ ₀	1	9,712	3,65%	9,712	9,712	2,30	0,157
λ	1	3,781	1,42%	3,781	3,781	0,90	0,364
Bậc hai	3	194,474	73,01%	194,474	64,825	15,37	0,000
Φ*Φ	1	58,900	22,11%	70,808	70,808	16,79	0,002
γ ₀ *γ ₀	1	132,579	49,77%	127,896	127,896	30,33	0,000
λ*λ	1	2,996	1,12%	2,996	2,996	0,71	0,417
Tương tác	2	11,502	4,32%	11,502	5,751	1,36	0,296
Φ*γ ₀	1	5,809	2,18%	5,809	5,809	1,38	0,265
γ ₀ *λ	1	5,693	2,14%	5,693	5,693	1,35	0,270

Lỗi	11	46,383	17,41%	46,383	4,217		
Lack-of-Fit	6	12,265	4,60%	12,265	2,044	0,30	0,913
Pure Error	5	34,118	12,81%	34,118	6,824		
Tổng	19	266,378	100,00%				

Theo bảng 5.2.2, Fx bị chi phối phần lớn bởi hệ số bậc hai các đầu vào. Diễn hình, giá trị góc Φ ở bậc hai có sự ảnh hưởng khá lớn tới Fx với 22,11 %; giá trị góc γ_0 ở bậc hai chiếm gần $\frac{1}{2}$ sự ảnh hưởng 49,77%. Còn các bậc một, tương tác và bậc hai của λ có sự ảnh hưởng không đáng kể tới Fx. Phần dư chiếm 17,41%, hàm hồi quy của Fx có khả năng dự đoán cũng khá chính xác.

Dưới đây là các biểu đồ thể hiện sự ảnh hưởng của các góc hình học dao tới Fx:



Hình 5.2.6 Ma trận thể hiện sự ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào tới Fx

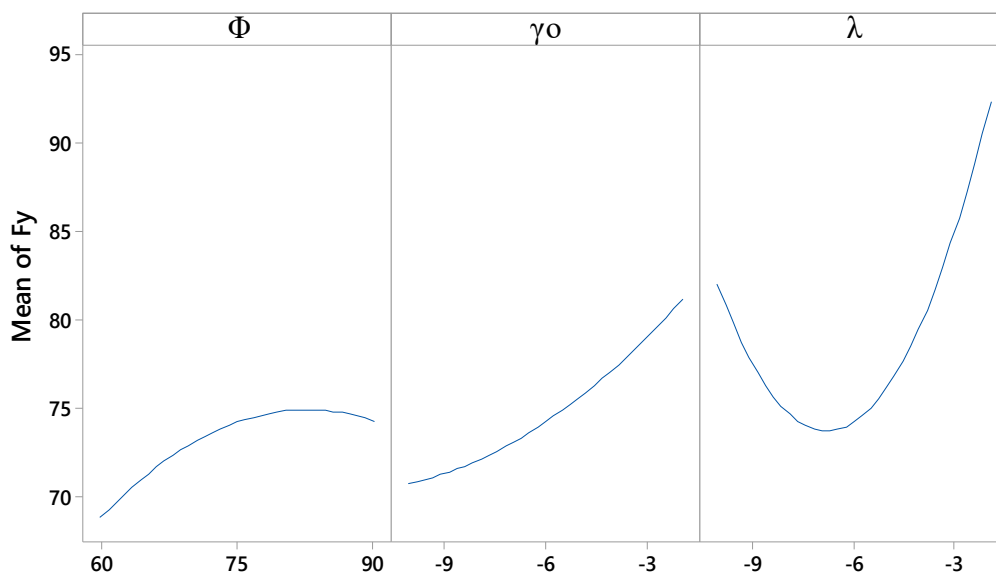
Bảng 5.2.3 Phân tích ANOVA cho Fy

DF	Seq SS	Phân phối	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
----	--------	-----------	--------	--------	---------	---------

Mô hình	8	765,690	87,30%	765,690	95,711	9,45	0,001
Tuyến Tính	3	286,906	32,71%	286,906	95,635	9,44	0,002
Φ	1	35,196	4,01%	35,196	35,196	3,47	0,089
γ_0	1	126,972	14,48%	126,972	126,972	12,54	0,005
λ	1	124,739	14,22%	124,739	124,739	12,32	0,005
Bậc hai	2	302,731	34,51%	302,731	151,366	14,94	0,001
$\Phi*\Phi$	1	25,762	2,94%	13,471	13,471	1,33	0,273
$\lambda*\lambda$	1	276,970	31,58%	276,970	276,970	27,35	0,000
Tương tác	3	176,052	20,07%	176,052	58,684	5,79	0,013
$\Phi*\gamma_0$	1	43,017	4,90%	43,017	43,017	4,25	0,064
$\Phi*\lambda$	1	69,037	7,87%	69,037	69,037	6,82	0,024
$\gamma_0*\lambda$	1	63,999	7,30%	63,999	63,999	6,32	0,029
Lỗi	11	111,415	12,70%	111,415	10,129		
Lack-of-Fit	6	104,740	11,94%	104,740	17,457	13,08	0,006
Pure Error	5	6,675	0,76%	6,675	1,335		
Tổng	19	877,105	100,00%				

Theo bảng 5.2.3, Fy chủ yếu bị ảnh hưởng bởi góc γ_0 và λ . Đặc biệt, giá trị bậc hai của λ gây sự ảnh hưởng lớn nhất với 31,58 % . Giá trị góc Φ ở cả bậc một và bậc hai đều có sự ảnh hưởng thứ yếu tới Fy với lần lượt 4,01 %; 2,94 % . Còn các tương tác có sự ảnh hưởng không nhiều tới Fy với tổng là 20,07% . Phần dư chiếm 12,70%; hàm hồi quy của Fy có khả năng dự đoán cũng khá chính xác.

Dưới đây là các biểu đồ thể hiện sự ảnh hưởng của các góc hình học dao tới Fy:



Hình 5.2.7 Ma trận thể hiện sự ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào tới Fy

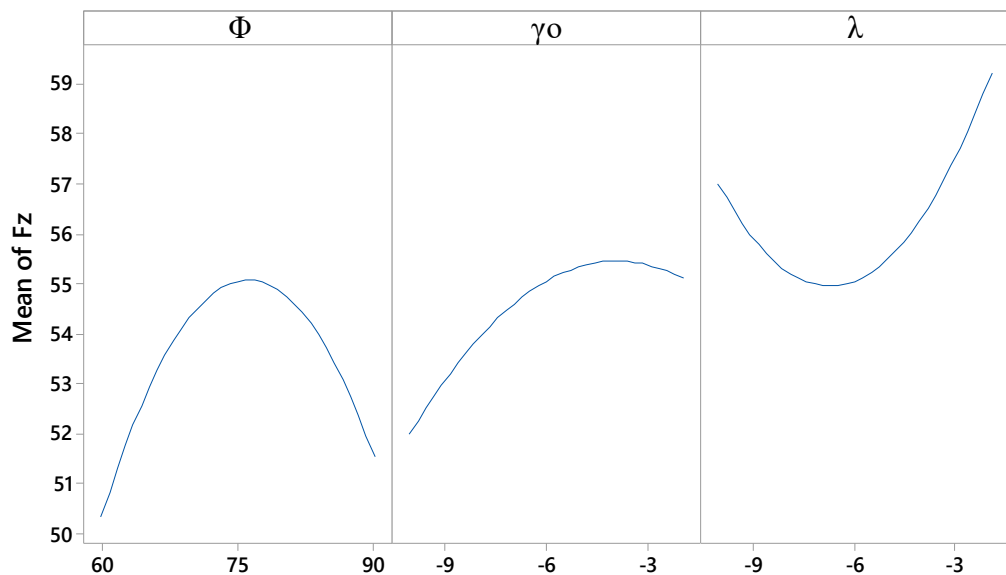
Bảng 5.2.4 Phân tích ANOVA cho Fz

	DF	Seq SS	Phân phối	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Mô hình	9	81,620	82,23%	81,620	9,069	5,14	0,009
Tuyến Tính	3	18,943	19,08%	18,943	6,314	3,58	0,055
Φ	1	1,690	1,70%	1,690	1,690	0,96	0,351
γ_0	1	11,401	11,49%	11,401	11,401	6,46	0,029
λ	1	5,851	5,89%	5,851	5,851	3,32	0,099
Bậc hai	3	52,203	52,59%	52,203	17,401	9,86	0,002
$\Phi^*\Phi$	1	30,969	31,20%	28,671	28,671	16,25	0,002
$\gamma_0^*\gamma_0$	1	5,433	5,47%	3,840	3,840	2,18	0,171
$\lambda^*\lambda$	1	15,801	15,92%	15,801	15,801	8,96	0,014
Tương tác	3	10,474	10,55%	10,474	3,491	1,98	0,181
$\Phi^*\gamma_0$	1	2,496	2,51%	2,496	2,496	1,41	0,262
$\Phi^*\lambda$	1	2,632	2,65%	2,632	2,632	1,49	0,250
$\gamma_0^*\lambda$	1	5,345	5,39%	5,345	5,345	3,03	0,112
Lỗi	10	17,644	17,77%	17,644	1,764		

Lack-of-Fit	5	9,808	9,88%	9,808	1,962	1,25	0,406
Pure Error	5	7,836	7,89%	7,836	1,567		
Tổng	19	99,264	100,00%				

Theo bảng 5.2.4, Fz chủ yếu bị ảnh hưởng bởi giá trị bậc hai của các đầu vào 52,59%, trong đó góc Φ chiếm 31,20% sự ảnh hưởng. Bên cạnh đó, giá trị bậc một và bậc hai của γ_0 gây sự ảnh hưởng khá lớn với tổng là 21,81%. Còn các tương tác có sự ảnh hưởng không nhiều tới Fz với tổng là 10,55%. Phần dư chiếm 17,77%; hàm hồi quy của Fz có khả năng dự đoán cũng khá chính xác.

Dưới đây là các biểu đồ thể hiện sự ảnh hưởng của các góc hình học dao tới Fz:



Hình 5.2.8 Ma trận thể hiện sự ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào tới Fz

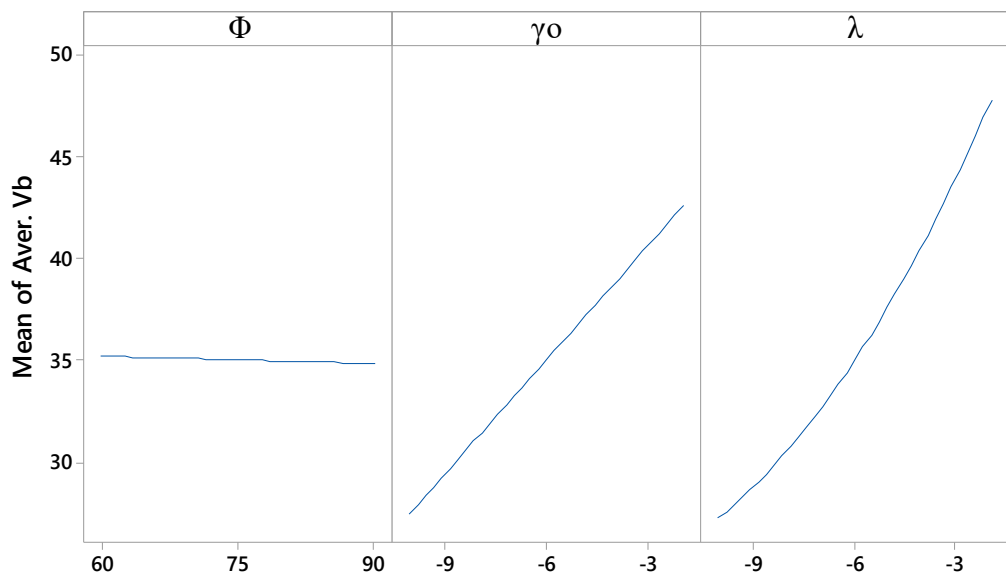
Bảng 5.2.5 Phân tích ANOVA cho độ mòn

	DF	Seq SS	Phân phối	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Mô hình	6	923,04	87,30%	923,039	153,840	14,89	0,000

Tuyến Tính	3	760,31	71,91%	760,311	253,437	24,53	0,000
Φ	1	0,15	0,01%	0,152	0,152	0,01	0,905
γ_0	1	267,35	25,28%	267,347	267,347	25,88	0,000
λ	1	492,81	46,61%	492,812	492,812	47,70	0,000
Bậc hai	1	10,63	1,01%	10,629	10,629	1,03	0,329
$\lambda*\lambda$	1	10,63	1,01%	10,629	10,629	1,03	0,329
Tương tác	2	152,10	14,39%	152,100	76,050	7,36	0,007
$\Phi*\gamma_0$	1	30,42	2,88%	30,420	30,420	2,94	0,110
$\gamma_0*\lambda$	1	121,68	11,51%	121,680	121,680	11,78	0,004
Lỗi	13	134,30	12,70%	134,303	10,331		
Lack-of-Fit	8	125,65	11,88%	125,648	15,706	9,07	0,013
Pure Error	5	8,66	0,82%	8,655	1,731		
Tổng	19	1057,34	100,00%				

Theo bảng 5.2.5, độ mòn dao bị chi phối bởi góc γ_0 và λ nhưng chủ yếu ở bậc một. Góc γ_0 là góc có ảnh hưởng lớn đến độ mòn với 25,28%. Góc λ là góc có ảnh hưởng cực lớn đến độ mòn khi chiếm tới 46,61% sự thay đổi của hàm hồi quy. Còn với góc Φ , góc này gần như không ảnh hưởng tới độ mòn chỉ với 0.01%. Còn các tương tác các tương tác và bậc hai của đầu vào có sự ảnh hưởng không đáng kể tới độ mòn, tổng là 15,4%. Phần dư chiếm 11,88% như vậy hàm hồi quy của độ mòn có khả năng dự đoán khá chính xác.

Dưới đây là các biểu đồ thể hiện sự ảnh hưởng của các góc hình học dao tới độ mòn:



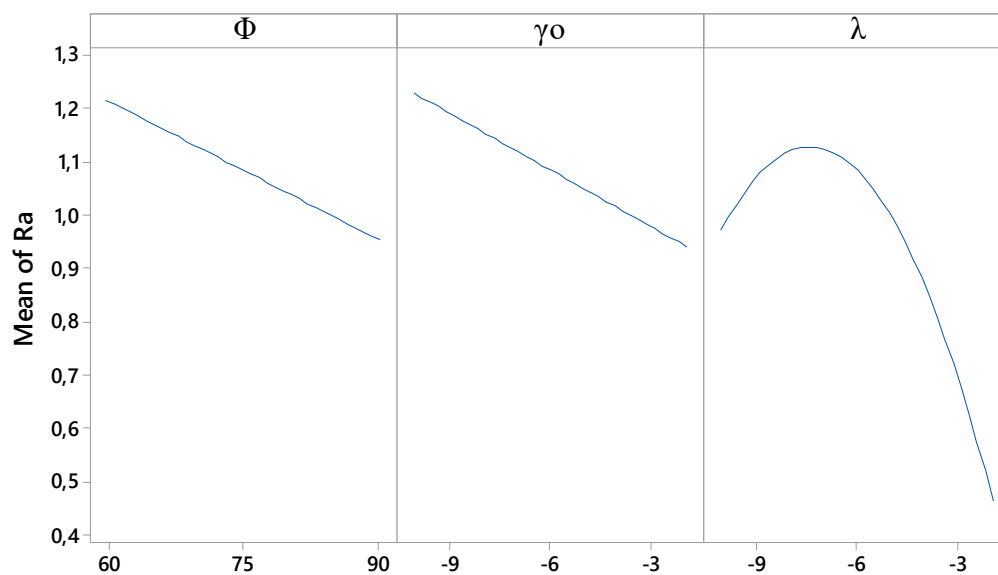
Hình 5.2.9 Ma trận thể hiện sự ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào tới độ mòn

Bảng 5.2.6 Phân tích ANOVA cho độ nhám bề mặt

	DF	Seq SS	Phân phối	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Mô hình	6	0,79153	88,76%	0,79153	0,131921	17,12	0,000
Tuyến Tính	3	0,47959	53,78%	0,47959	0,159863	20,74	0,000
Φ	1	0,08185	9,18%	0,08185	0,081849	10,62	0,006
γ_0	1	0,09722	10,90%	0,09722	0,097222	12,61	0,004
λ	1	0,30052	33,70%	0,30052	0,300517	38,99	0,000
Bậc hai	1	0,23025	25,82%	0,23025	0,230251	29,88	0,000
$\lambda*\lambda$	1	0,23025	25,82%	0,23025	0,230251	29,88	0,000
Tương tác	2	0,08169	9,16%	0,08169	0,040843	5,30	0,021
$\Phi*\gamma_0$	1	0,02773	3,11%	0,02773	0,027730	3,60	0,080
$\Phi*\lambda$	1	0,05396	6,05%	0,05396	0,053956	7,00	0,020
Lỗi	13	0,10019	11,24%	0,10019	0,007707		
Lack-of-Fit	8	0,08491	9,52%	0,08491	0,010614	3,47	0,093
Pure Error	5	0,01528	1,71%	0,01528	0,003056		
Tổng	19	0,89172	100,00%				

Theo bảng 5.2.3 góc Φ có sự ảnh hưởng không nhiều tới độ nhám với 9,18%. Góc γ_0 có sự ảnh hưởng gần tương đương với góc Φ tới độ mòn với 10,9%. Góc λ là góc có ảnh hưởng cực lớn đến độ mòn khi chiếm tới 33,7% sự thay đổi của hàm hồi quy. Còn các tương tác các tương tác và bậc hai của đầu vào có sự ảnh hưởng không đáng kể tới độ mòn ngoại trừ λ^2 , với 25,25% bậc hai của λ thực sự có đóng góp đáng kể tới sự thay đổi của độ nhám. Phần dư chiếm 10,73%, hàm hồi quy của độ nhám có khả năng dự đoán cũng khá chính xác.

Dưới đây là các biểu đồ thể hiện sự ảnh hưởng của các góc hình học dao tới độ nhám:



Hình 5.2.10 Ma trận thể hiện sự ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào tới độ nhám

5.2.3 Mô hình bậc hai của lực cắt, tốc độ mòn và độ nhám

Bằng cách sử dụng phần mềm Minitab để tính toán ta thu được các phương trình đáp ứng của các yếu tố như sau:

$$F_x = -163,8 + 4,42 \Phi - 10,48 \gamma_0 + 0,30 \lambda - 0,02774 \Phi * \Phi - 0,5242 \gamma_0 * \gamma_0 + 0,0802 \lambda * \lambda + 0,0395 \Phi * \gamma_0 - 0,146 \gamma_0 * \lambda \quad (5.1)$$

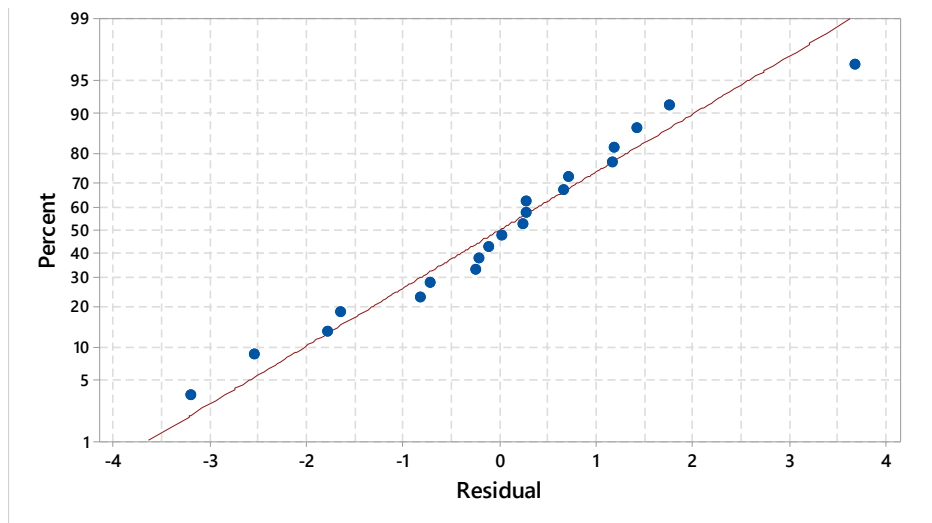
$$F_y = -55,4 + 3,45 \Phi - 3,83 \gamma_0 + 3,23 \lambda - 0,0120 \Phi * \Phi + 0,768 \lambda * \lambda + 0,1074 \Phi * \gamma_0 + 0,1360 \Phi * \lambda + 0,491 \gamma_0 * \lambda \quad (5.2)$$

$$F_z = -58,3 + 3,001 \Phi - 1,80 \gamma_0 + 1,34 \lambda - 0,01765 \Phi * \Phi - 0,0908 \gamma_0 * \gamma_0 + 0,1843 \lambda * \lambda + 0,0259 \Phi * \gamma_0 + 0,0266 \Phi * \lambda + 0,1419 \gamma_0 * \lambda \quad (5.3)$$

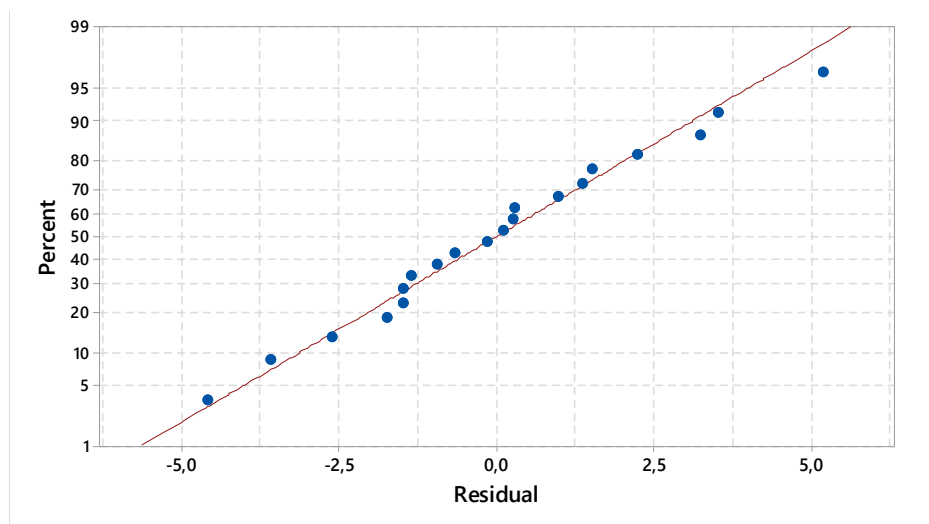
$$V_b = 132,5 - 0,553 \Phi + 12,68 \gamma_0 + 8,37 \lambda + 0,150 \lambda * \lambda - 0,0903 \Phi * \gamma_0 + 0,677 \gamma_0 * \lambda \quad (5.4)$$

$$R_a = 3,291 - 0,0478 \Phi + 0,169 \gamma_0 - 0,042 \lambda - 0,02207 \lambda * \lambda - 0,00273 \Phi * \gamma_0 - 0,00380 \Phi * \lambda \quad (5.4)$$

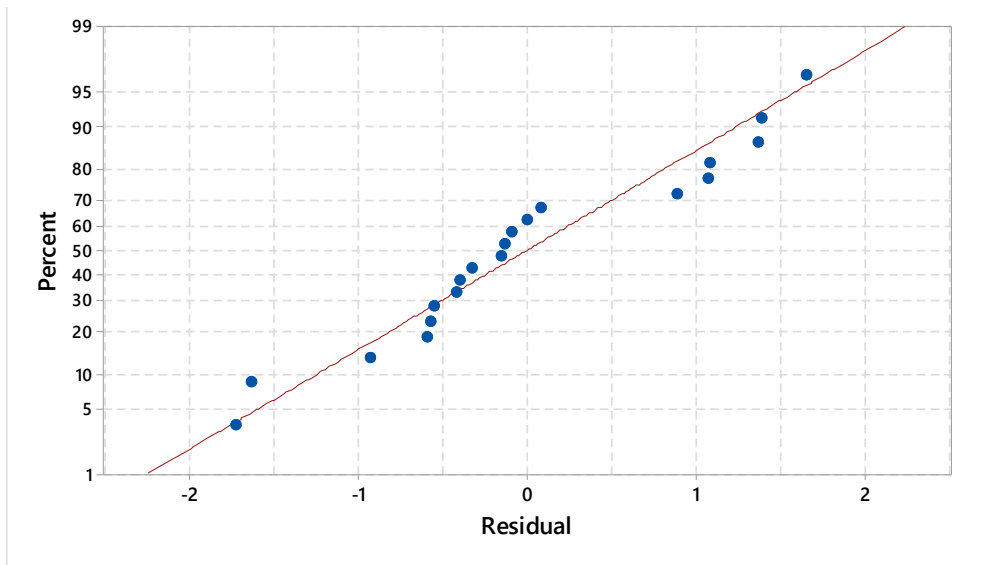
Các phương trình đáp ứng này có độ chính xác khá tốt. Điều này được thể hiện rõ qua biểu đồ phân phối tích lũy của phần dư của phương trình đáp ứng được trình bày dưới đây:



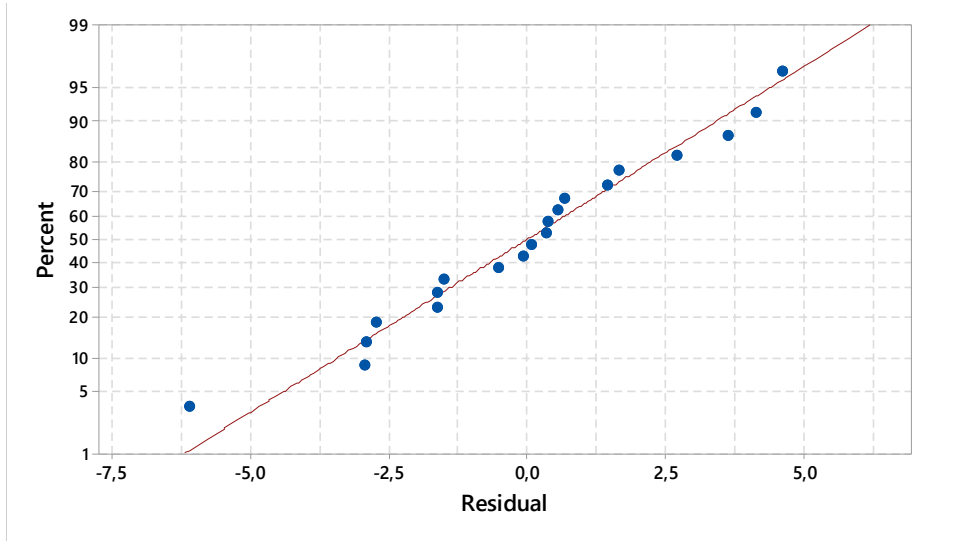
Hình 5.2.11 Biểu đồ phân phối tích lũy của phần dư của phương trình đáp ứng (5.1)



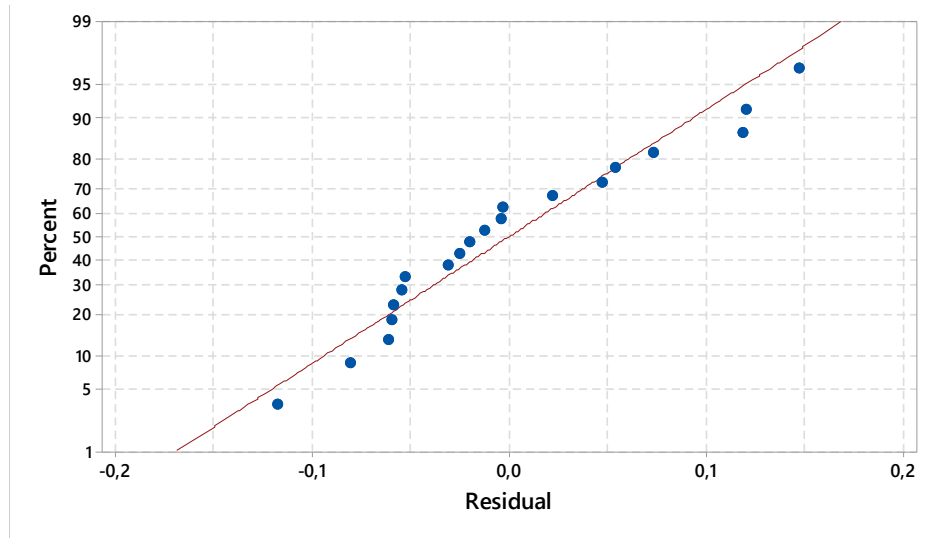
Hình 5.2.12 Biểu đồ phân phối tích lũy của phần dư của phương trình đáp ứng (5.2)



Hình 5.2.13 Biểu đồ phân phối tích lũy của phần dư của phương trình đáp ứng (5.3)



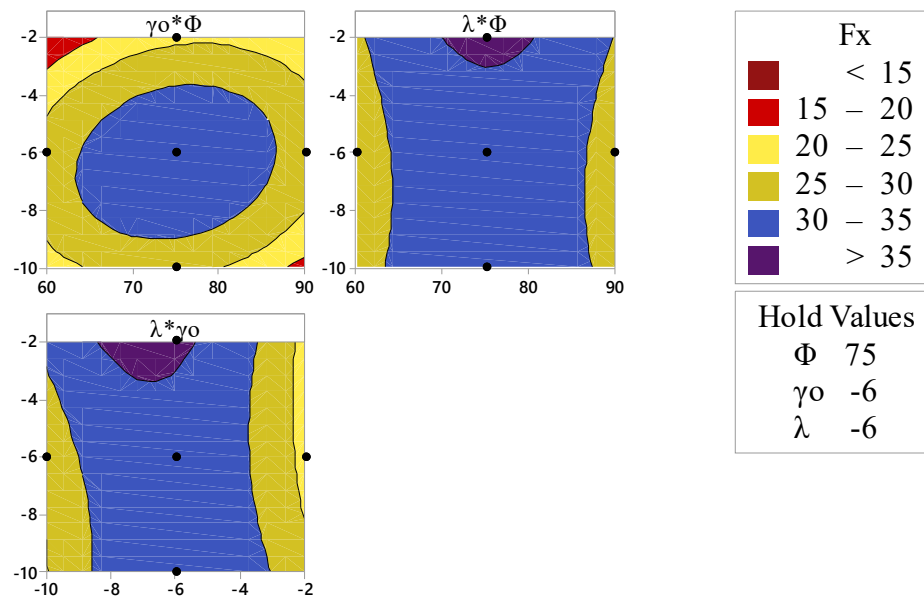
Hình 5.2.14 Biểu đồ phân phối tích lũy của phần dư của phương trình đáp ứng (5.4)



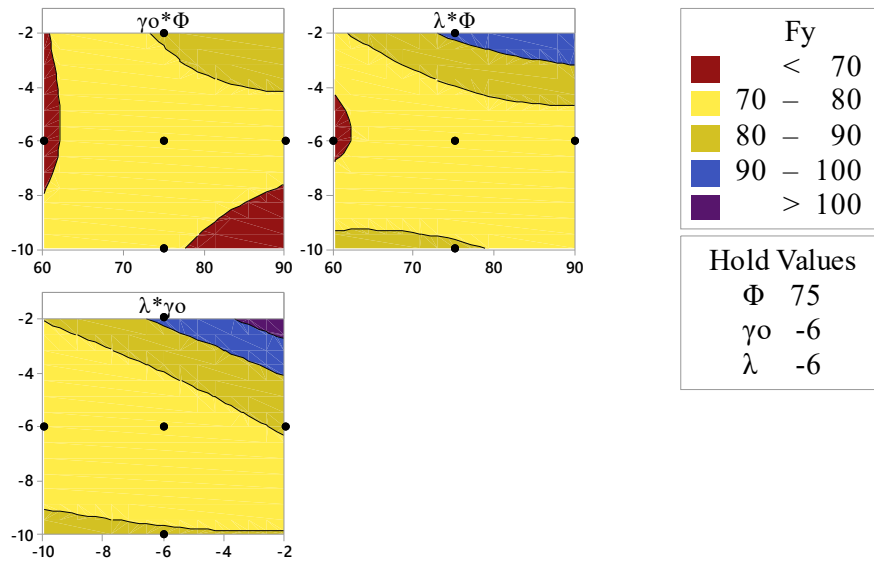
Hình 5.2.15 Biểu đồ phân phối tích lũy của phần dư của phương trình đáp ứng (5.5)

5.2.4 Biểu đồ bề mặt đáp ứng 3D và đường đồng mức

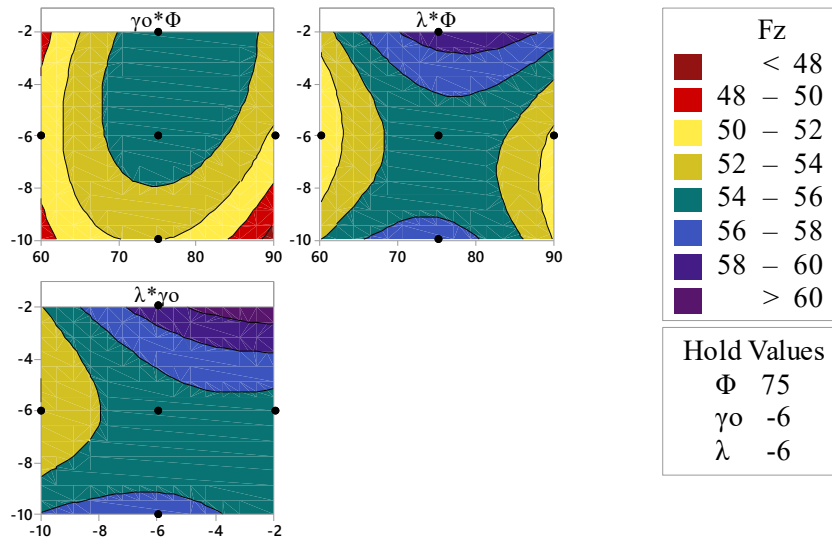
Với sự hỗ trợ của phần mềm Minitab, các ma trận thể hiện biểu đồ đường đồng mức và bề mặt 3D về quan hệ của các yếu tố đầu vào, tới các yếu tố đầu ra được thể hiện như các hình bên dưới:



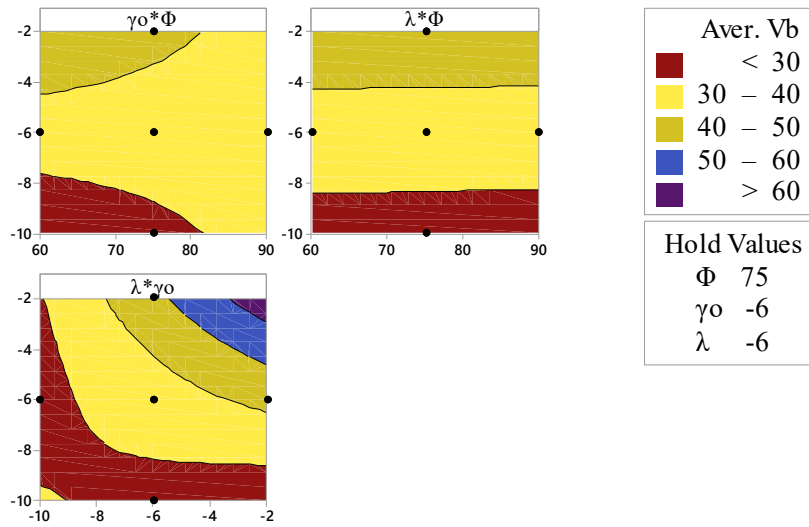
Hình 5.2.16 Ma trận thể hiện biểu đồ đường đồng mức quan hệ của các yếu tố đầu vào với F_x



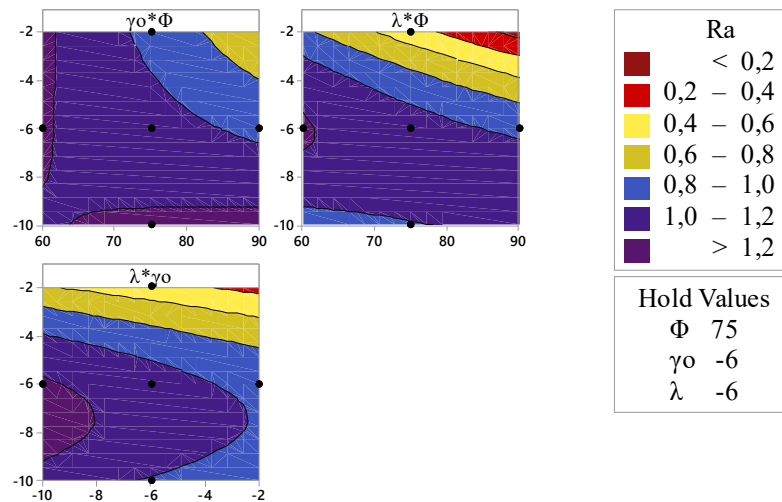
Hình 5.2.17 Ma trận thể hiện biểu đồ đường đồng mức quan hệ của các yếu tố đầu vào với F_y



Hình 5.2.18 Ma trận thể hiện biểu đồ đường đồng mức quan hệ của các yếu tố đầu vào với F_z



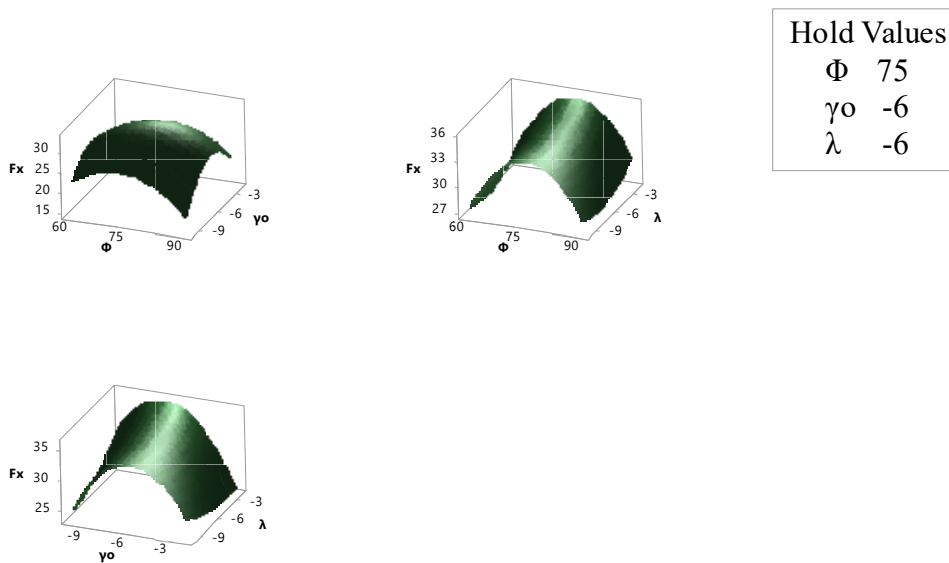
Hình 5.2.19 Ma trận thể hiện biểu đồ đường đồng mức quan hệ của các yếu tố đầu vào với độ mòn



Hình 5.2.20 Ma trận thể hiện biểu đồ đường đồng mức quan hệ của các yếu tố đầu vào với độ nhám

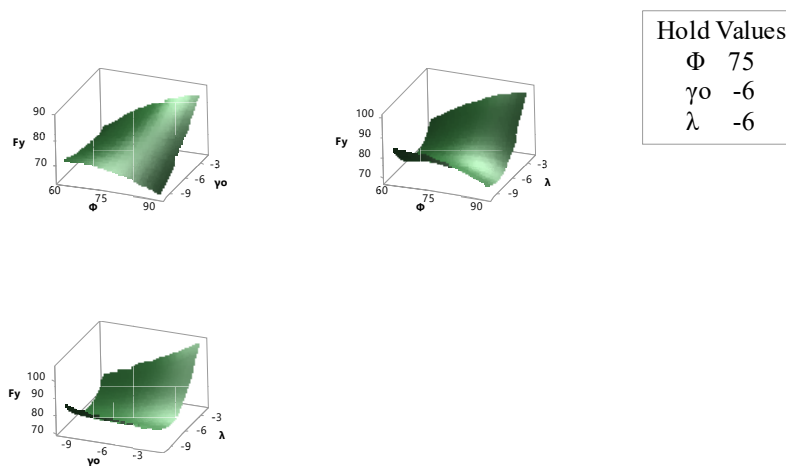
Các ma trận thể hiện biểu đồ đường đồng mức quan hệ của các yếu tố đầu vào với đầu ra được trình bày ở trên cho thấy cái nhìn phổ quát về ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào tới đầu ra. Tương tự như ma trận thể hiện biểu đồ đường đồng mức quan

hệ của các yếu tố đầu vào với đầu ra nhưng với cách thể hiện khác là ma trận thể hiện biểu đồ bề mặt 3D quan hệ của các yếu tố đầu vào với đầu ra:



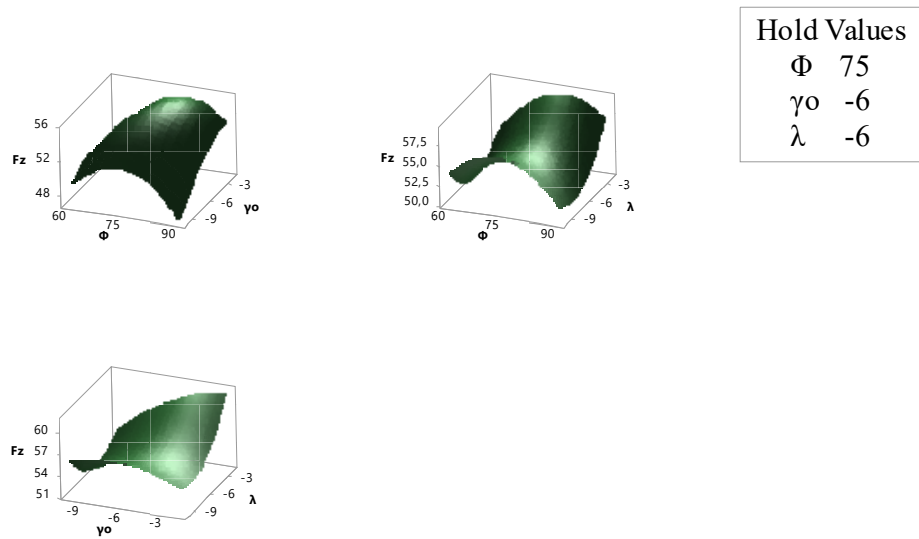
Hình 5.2.21 Ma trận thể hiện biểu đồ bề mặt 3D quan hệ của các yếu tố đầu vào với

F_x

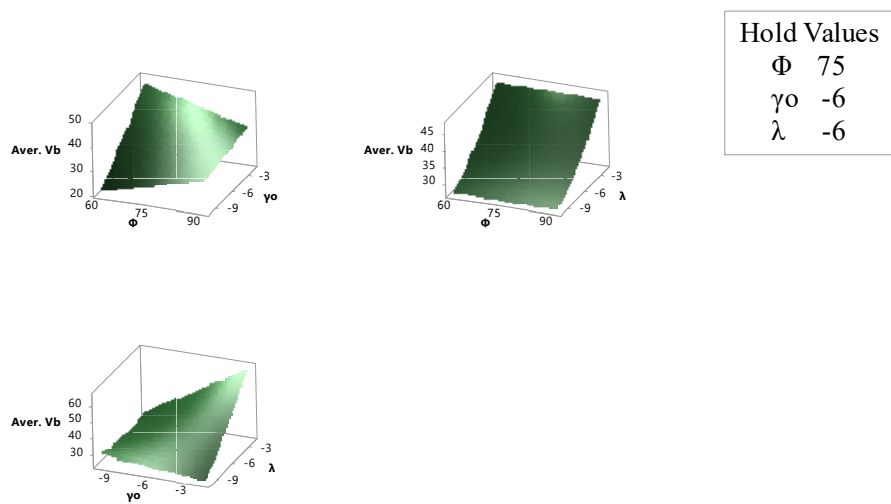


Hình 5.2.22 Ma trận thể hiện biểu đồ bề mặt 3D quan hệ của các yếu tố đầu vào với

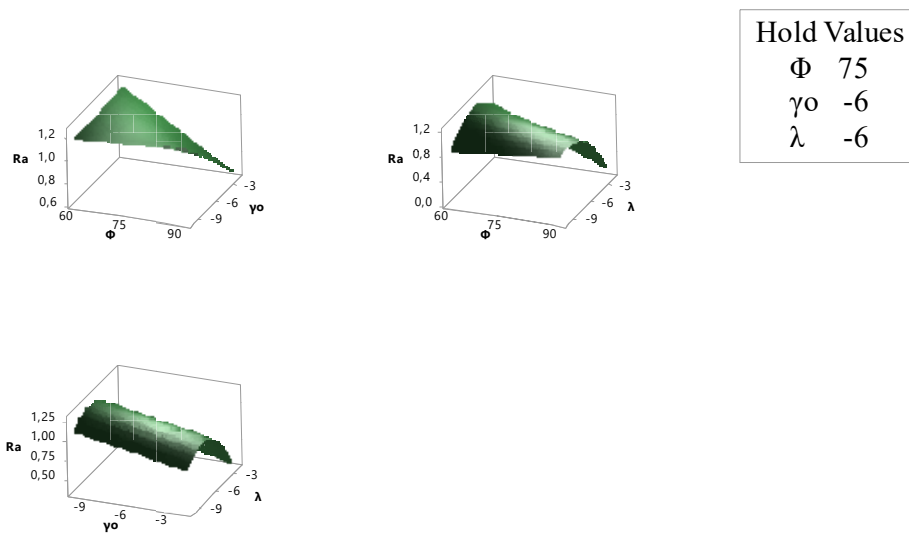
F_y



Hình 5.2.23 Ma trận thể hiện biểu đồ bề mặt 3D quan hệ của các yếu tố đầu vào với F_z



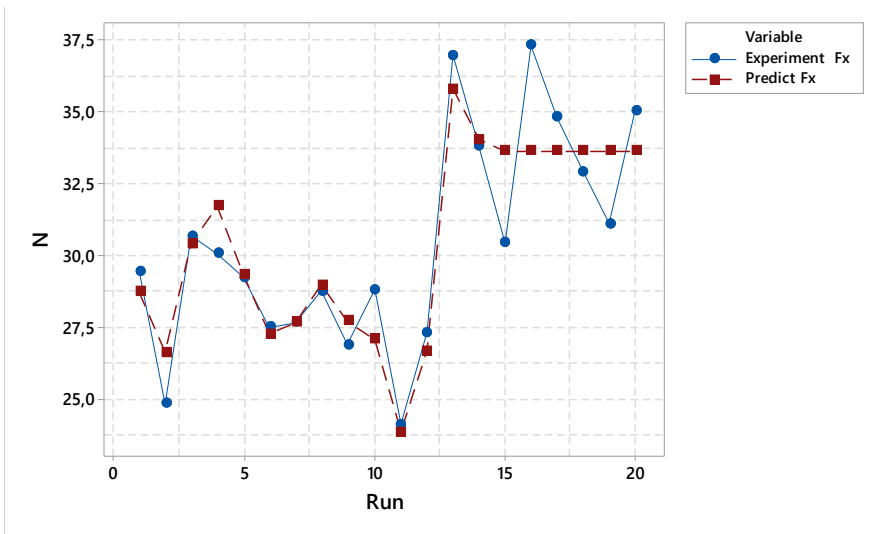
Hình 5.2.24 Ma trận thể hiện biểu đồ bề mặt 3D quan hệ của các yếu tố đầu vào với độ mòn



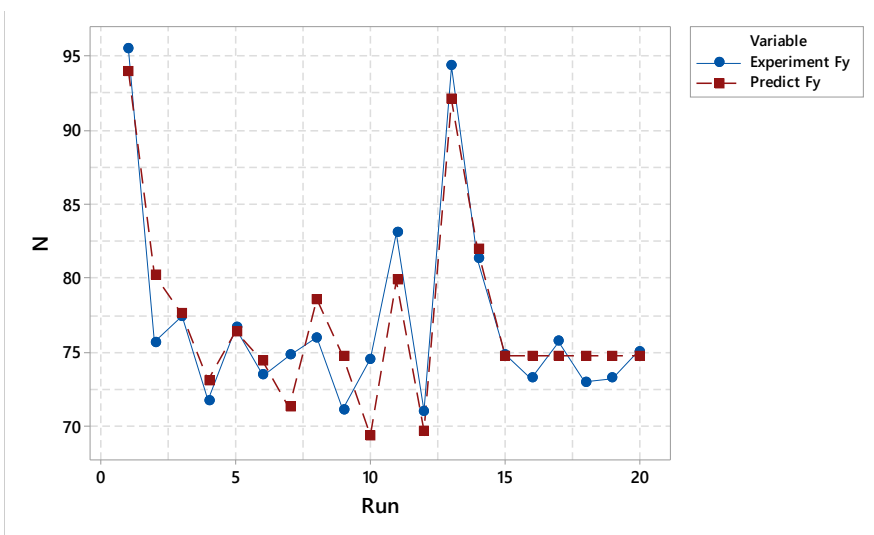
Hình 5.2.25 Ma trận thể hiện biểu đồ bề mặt 3D quan hệ của các yếu tố đầu vào với độ nhám

5.3 So sánh giữa kết quả thực nghiệm và dự đoán

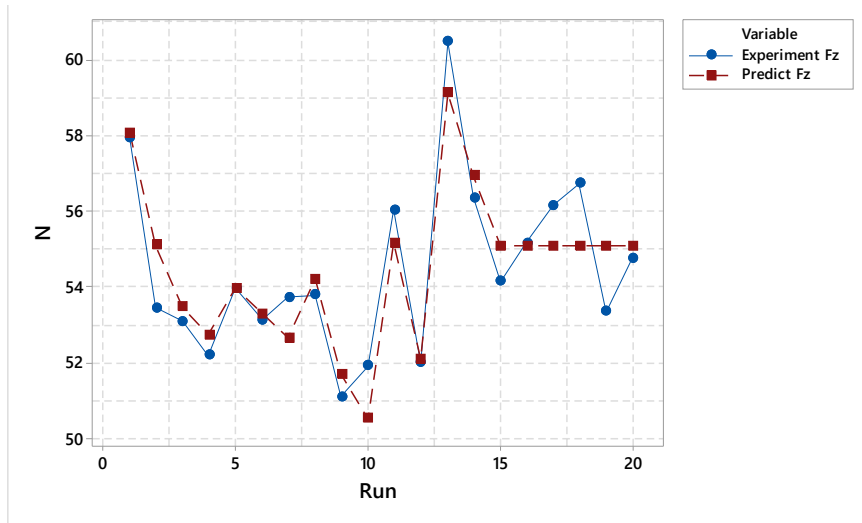
Sau quá trình tính toán được các phương trình đáp ứng ở trên, ta sử dụng các phương trình này để dự đoán kết quả từ các thông số yếu tố đầu vào cho trước. Kết quả dự đoán và thực nghiệm được trình bày ở các hình dưới đây:



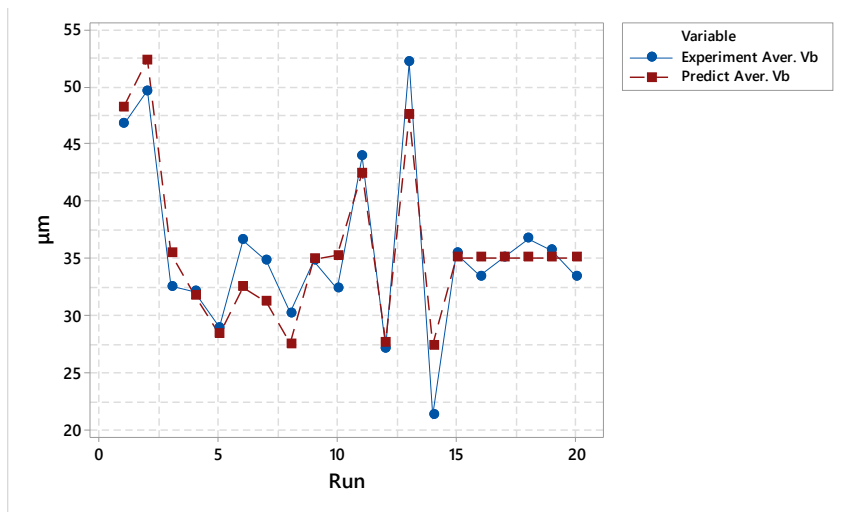
Hình 5.3.1 Biểu đồ thể hiện kết quả của Fx giữa thực nghiệm và dự đoán



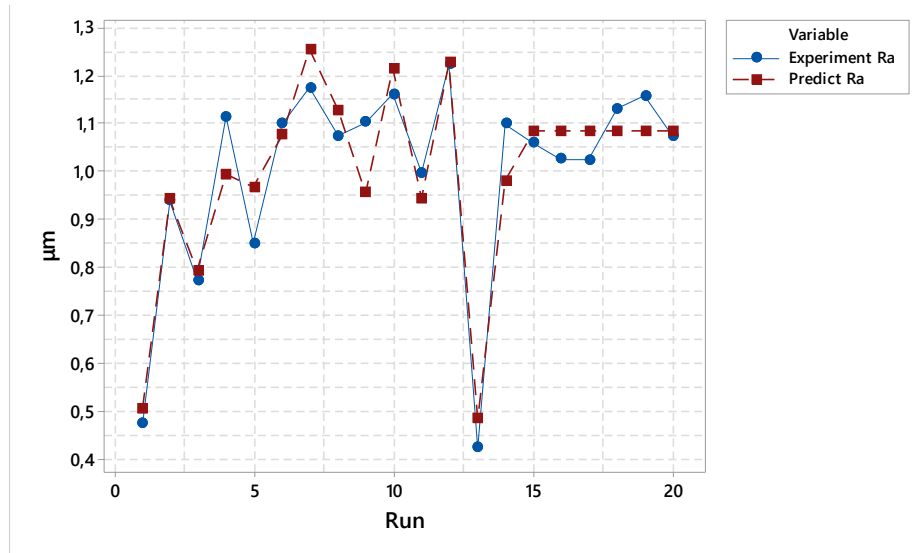
Hình 5.3.2 Biểu đồ thể hiện kết quả của Fy giữa thực nghiệm và dự đoán



Hình 5.3.3 Biểu đồ thể hiện kết quả của Fz giữa thực nghiệm và dự đoán



Hình 5.3.4 Biểu đồ thể hiện kết quả của độ mòn giữa thực nghiệm và dự đoán



Hình 5.3.5 Biểu đồ thể hiện kết quả của độ nhám giữa thực nghiệm và dự đoán

5.4 Tối ưu hóa đáp ứng

Một trong những mục tiêu chính của nghiên cứu thực nghiệm này là tìm thông số cắt tối ưu để đạt được giá trị nhỏ nhất mòn dao, độ nhám của bề mặt gia công và lực cắt thấp nhất trong quá trình quá trình tiện cứng.

Sử dụng phần mềm Minitab để tính toán theo phương pháp tối ưu hóa thỏa hiệp ta có kết quả như sau:

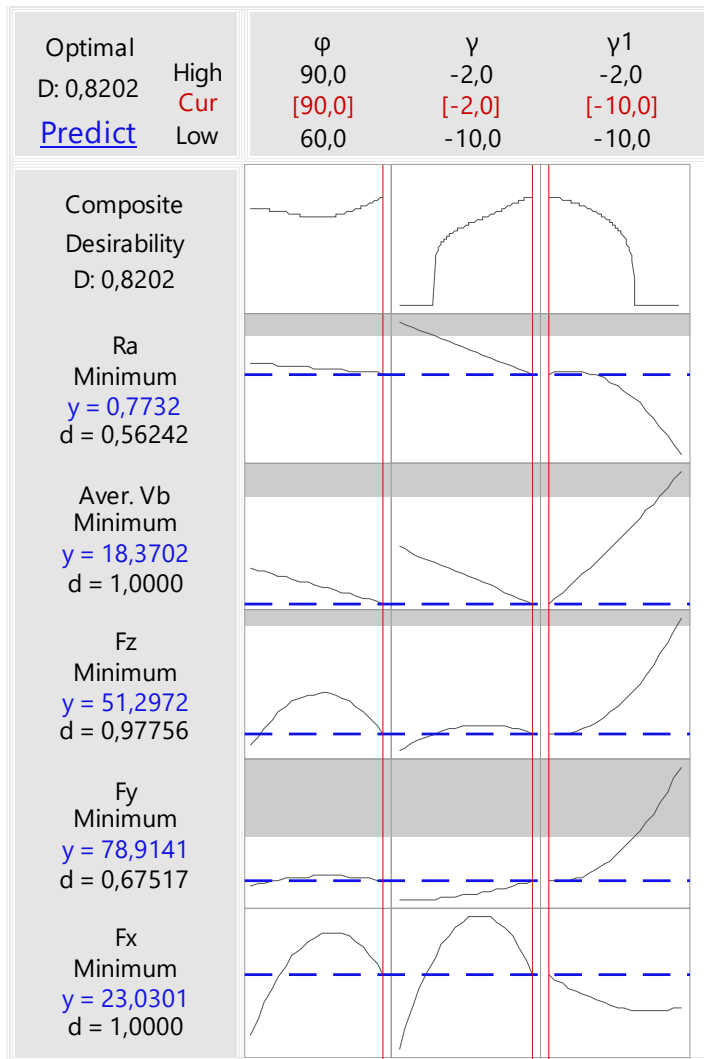
Bảng 5.4.1 Thông số đầu vào trong tính toán tối ưu

Đáp ứng	Mục tiêu	Biên dưới	Giá trị mục tiêu	Biên trên	Ảnh hưởng	Tầm quan trọng
Ra	Cực tiểu	-	0,4240	1,2220	1	1
Aver. Vb	Cực tiểu	-	21,3000	52,1000	1	1
Fz	Cực tiểu	-	51,0866	60,4731	1	1
Fy	Cực tiểu	-	70,9541	95,4595	1	1

Fx	Cực tiểu	-	24,0921	37,3079	1	1
----	----------	---	---------	---------	---	---

Bảng 5.4.2 Kết quả tối ưu

Giải pháp	Φ	γ_0	λ	Ra	Aver. Vb	Fz	Fy	Fx	Độ thỏa hiệp
1	90	-2	-10	0,773192	18,3702	51,2972	78,9141	23,0301	0,820208



Hình 5.4.1 Ma trận biểu đồ tối ưu hóa

Với trường hợp tiện cứng của thí nghiệm này, dao cắt có thuộc tính hình học với các góc nghiêng chính là 90^0 , góc trước là -2^0 , góc nâng là -10^0 là tối ưu cho phần lớn đáp ứng đầu ra.

Như vậy, nếu so sánh với cán dao tiêu chuẩn từ nhà sản xuất, kết quả tối ưu đã đưa ra bộ thông số hình học dao gồm góc nghiêng chính là 90^0 , góc trước là -2^0 , góc nâng là -10^0 có các kết quả đầu ra là độ nhám, độ mòn, F_x , là tốt hơn:

Bảng 5.4.3 So sánh giữa cán dao tiêu chuẩn với kết quả tối ưu

		Cán dao tiêu chuẩn	Tối ưu (kết quả được dự đoán)	So sánh kết quả tối ưu
Đầu vào	Φ	91 (~90)	90	~
	γ_0	-6	-2	<67,7%
	λ	-6	-10	>67,7%
Đầu ra	Ra	1,102	0,77	< 30,13%
	Aver. Vb	34,8	18,37	< 47,21%
	Fz	51,09	51,3	>0,41%
	Fy	71,08	78,9	>11%
	Fx	26,88	23	<14,43%
	F	91,6	96,88	>5,76%

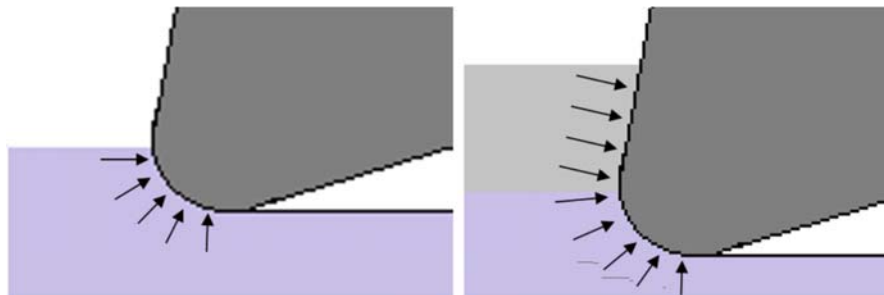
Bảng so sánh cho thấy kết quả dự đoán của bộ thông số hình học dao tối ưu có sự cải thiện đáng kể ở giá trị độ nhám bề mặt và độ mòn dao so với cán dao tiêu chuẩn. Mặc dù, lực cắt không có sự cải thiện nhưng nếu xét ở các hệ thống gia công hiện đại với độ cứng vững cao, việc lực cắt có sự gia tăng khoảng 6 % so với cán dao tiêu chuẩn sẽ không gây ảnh hưởng xấu đáng kể. Như vậy, chúng ta hoàn toàn có thể

đánh đổi sự gia tăng nhẹ lực cắt để nhận được sự cải tiến đáng kể ở độ nhám bề mặt và độ mòn.

5.5 Bình luận

Qua phân tích kết quả thu được sau thực nghiệm ta nhận thấy được một vài điểm cần đi sâu như sau:

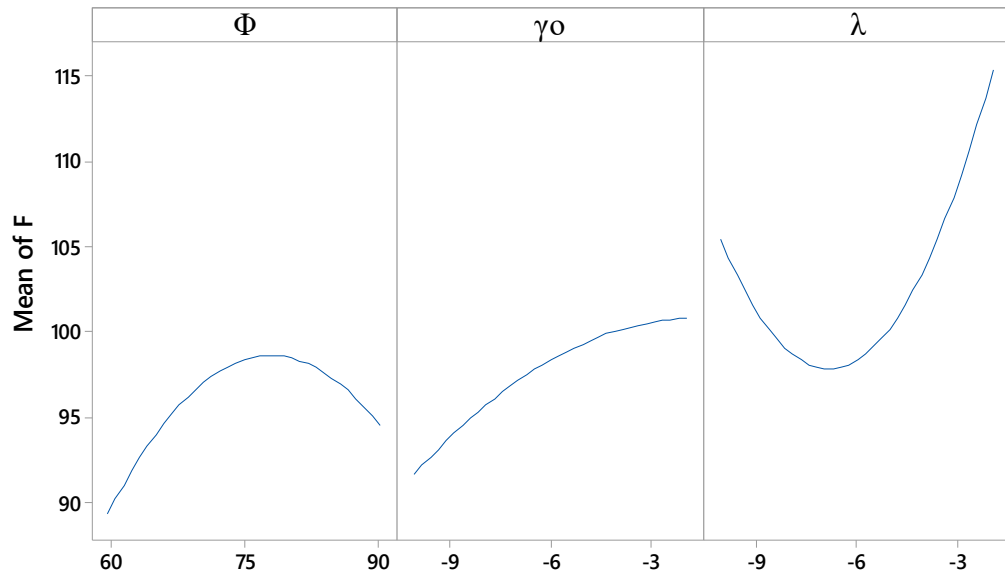
- + Kết quả thu được với lực cắt F_z (hay còn gọi lực cắt chính) lại nhỏ hơn F_y (hay còn gọi lực đẩy dao) đây là điểm khác nếu so với khi gia công thép có độ cứng thông thường. Nhưng với các nghiên cứu đã có trước về tiện cứng [2] [13] [43] thì điều này là hợp lý vì tiện cứng gia công với chiều sâu cắt nhỏ (0,2 mm) và lượng chạy dao nhỏ (0,08 mm/v) khiến cho tiết diện cắt nhỏ. Điều này có thể khiến diện tích tiếp xúc phương Z ít hơn phương Y từ đó lực F_z nhỏ hơn F_y . Và hướng của lực cũng thay đổi do cắt dưới bán kính mũi dao khi có chiều sâu cắt nhỏ.



Hình 5.5.1 Biểu diễn hướng của các lực mà dụng cụ nhận được khi gia công bên dưới và trên bán kính mũi [43].

- + Cũng vì chiều sâu cắt nhỏ nên góc nghiêng chính có ít sự ảnh hưởng tới một số đầu ra độ mòn và độ nhám nhưng lại gây ảnh hưởng đáng kể tới các lực thành phần vì góc nghiêng chính chỉ gây sự thay đổi về đường biên tiếp xúc giữa lưỡi cắt và phôi hay góc giữa mặt trước và mặt phẳng cắt.
- + Lực cắt biến thiên theo hàm bậc hai với cực tiểu ở gần giá trị góc nâng bằng -6 có thể được giải thích là vì chiều sâu cắt nhỏ nên góc nâng là yếu tố gây ảnh

hưởng nhiều nhất đến lực cắt so với góc trước và góc nghiêng chính. Trong khoảng khảo sát từ -10^0 đến -2^0 , khi góc nâng có giá trị càng gần -10 thì lực cắt càng lớn do ma sát giữa mặt trước với phoi thoát ra. Khi góc nâng ở càng gần giá trị -2 thì lực cắt cũng càng lớn do mặt sau ma sát với bề mặt đã gia công. Nên khi góc nâng gần bằng -6 thì sẽ tránh được hai hiện tượng này.



Hình 5.5.2 Ma trận thể hiện sự ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào tới lực cắt

Chương 6:

KẾT LUẬN & KIẾN NGHỊ

Kết luận

Qua quá trình làm thực nghiệm nghiên cứu về sự ảnh hưởng của hình học dao đến các yếu tố chất lượng của quá trình gia công, mà cụ thể là góc nghiêng chính, góc trước, góc nâng ảnh hưởng đến lực cắt, độ mòn và độ nhám bề mặt, tôi thu được các ý chính sau:

- + Góc nghiêng chính Φ khi càng gần 90^0 thì về lực cắt sẽ có sự biến thiên theo hàm bậc hai và nhỏ nhất khi ở gần giá trị 75^0 , độ mòn và độ nhám ít có sự ảnh hưởng bởi góc nghiêng chính.
- + Góc trước γ_0 càng tiến về -2^0 thì lực cắt càng lớn, độ mòn dao càng tăng nhưng độ nhám càng được cải thiện.
- + Góc nâng λ càng tiến về -2^0 thì lực cắt có sự biến thiên theo hàm bậc hai và có cực tiểu ở gần -6^0 , độ mòn dao càng tăng trong khi đó độ nhám đạt giá trị càng nhỏ.
- + Trong tiện cứng, góc nâng là góc có ảnh hưởng lớn nhất đến chất lượng và hiệu quả gia công.
- + Hai tiêu chí chất lượng và hiệu quả của quá trình tiện cứng là độ nhám bề mặt gia công và độ mòn dao có xu hướng đối nghịch nhau.
- + Giá trị đầu vào tối ưu với trường hợp tiện cứng của thí nghiệm này, dao cắt có thuộc tính hình học với các góc nghiêng chính là 90^0 , góc trước là -2^0 , góc nâng là -10^0 . Kết quả này nếu so sánh với cán dao tiêu chuẩn từ nhà sản xuất có các kết quả đầu ra là độ nhám, độ mòn là tốt hơn lần lượt là $< 30,13\%$, $< 47,21\%$.

Kiến nghị

Từ kết quả của quá trình thực nghiệm, tôi có các phương hướng, kiến nghị sau:

- + Thực nghiệm kiểm chứng bộ thông số hình học dao tối ưu.
- + Sử dụng kết quả thực nghiệm là cơ sở kiểm chứng, đánh giá khi phân tích quá trình tiện cứng bằng phương pháp mô phỏng số (CAE). Từ đó, hướng đến thiết lập công cụ dự đoán bộ thông số đầu vào tối ưu trong gia công tiện cứng mà không cần phụ thuộc quá nhiều thực nghiệm.
- + Sau khi gia công tiện cứng, quan sát phôi mẫu thí nghiệm người thí nghiệm quan sát thấy có sự thay đổi về chất lượng ba-via trên phôi, rất có thể chất lượng ba-via này cũng có mối liên hệ tới hình học dao nên cần nghiên cứu.
- + Quá trình gia công tiện cứng trong thí nghiệm có vài điểm lưu ý về nhiệt độ khi cắt vì ở những lần vào dao người thí nghiệm nhận thấy có sự thay đổi rõ rệt về nhiệt độ qua màu của phoi. Vậy nên, ta cũng cần có sự lưu tâm nghiên cứu đến sự ảnh hưởng của góc dao đến nhiệt độ khi cắt.
- + Trong tiện cứng nên có sự ứng dụng thay đổi các góc hình học dao vì qua kết quả thực nghiệm ta có thể thấy sự ảnh hưởng rõ rệt của nó tới chất lượng của quá trình gia công.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Việt, "Ảnh hưởng của một số thông số chế độ cắt đến độ nhám bề mặt gia công trên máy tiện," *Tạp chí khoa học và công nghiệp lâm nghiệp*, 2016.
- [2] N. T. Q. Dung, "Nghiên cứu quá trình tiện thép hợp kim qua tôi bằng dao PCBN," Đại học Thái Nguyên, 2012.
- [3] K. Bouacha, M. A. Yallese, T. Mabrouki and J.-F. Rigal, "Statistical analysis of surface roughness and cutting forces using response surface methodology in hard turning of AISI 52100 bearing steel with CBN tool," *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, 2010.
- [4] M. Kini and A.M. Chincholkar, "Effect of machining parameters on surface roughness and material removal rate in finish turning of ± 30 glass fibre reinforced polymer pipes," *Mater. Des*, vol. 31, pp. 3590-3598, 2010.
- [5] M. Cakir, C. Ensarioglu and I. Demirayak, "Mathematical modeling of surface roughness for evaluating the effects of cutting parameters and coating material," *Process. Technol*, vol. 209, p. 102–109, 2009.
- [6] J. Horng, N. Liu and K.T. Chiang, "Investigating the machinability evaluation of Hard field steel in the hard turning with Al₂O₃/TiC mixed ceramic tool based on the response surface methodology," *J.Mater. Process. Technol*, vol. 208, p. 532–541, 2008.
- [7] D. Lalwani, N. Mehta and P. Jain, "Experimental investigations of cutting parameters influence on cutting forces and surface roughness in finish hard turning of MDN250 steel," *J. Mater.Process. Technol*, vol. 206, p. 167–179, 2008.

- [8] Y. Sahin and A. Motorcu, "Surface roughness model in machining hardened steel with cubic boron nitride cutting tool," *Int. J. Refract Metals Hard Mater*, vol. 26, no. 2, p. 84–90, 2008.
- [9] M. Davidson, K. Balasubramanianb and G. Tagorea, "Surface roughness prediction of flow-formed AA6061 alloy by design of experiments," *J. Mater. Process. Technol*, vol. 202, p. 41–46, 2008.
- [10] H. Öktem, T. Erzurumlu and H. Kurtaran, "Application of response surface methodology in the optimization of cutting conditions for surface roughness," *J. Mater. Process. Technol*, vol. 170, p. 11–16, 2005.
- [11] M.Y.Noordin et al, "Application of response surface methodology in describing the performance of coated carbide tools when turning AISI 1045 steel," *J. Mater. Process. Technol*, vol. 145, p. 46–58, 2004.
- [12] W. Yang and Y. Tarn, "Design optimization of cutting parameters for turning operations based on Taguchi method," *J. Mater. Process Technol*, vol. 84, p. 112–129, 1998.
- [13] S. Khamel, N. Ouelaa and K. Bouacha, Analysis and prediction of tool wear, surface roughness and cutting forces in hard turning with CBN tool, Guelma , Algeria: *Journal of Mechanical Science and Technology*, 2012.
- [14] S. Y. E. T. Süleyman Neseli, "Optimization of tool geometry parameters for turning operations based on the response surface methodology," *Measurement*, 2011.
- [15] T. Zhao, J. M. Zhou, V. Bushlya and J. E. Ståhl, Effect of cutting edge radius on surface roughness and tool wear in hard turning of AISI 52100 steel, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2017.

- [16] S. R. Das and A. Kumar, Experimental investigation on cutting force and surface roughness in machining of hardened AISI 52100 steel using cBN tool., Jharkhand, India.: Int. J. Machining and Machinability of Materials., 2016.
- [17] H. Aouici, A. Khellaf, S. Smaiah, M. Elbah, B. Fnidesm and A. Yallese, Comparative assessment of coated and uncoated ceramic toolson cutting force components and tool wear in hard turning of AISIH11 steel using Taguchi plan and RMS., Alger, Algeria: Indian Academy of Sciences, 2017.
- [18] M. Nouioua, M. A. Yallese, R. Khettabi, S. Belhadi, M. L. Bouhalais and F. Girardin, Investigation of the performance of the MQL, dry, and wet turning by response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN), Int J Adv Manuf Technol, 2017.
- [19] W. B. Rashid, S. Goel, J. P. Davim and S. N. Joshi, Parametric design optimization of hard turning of AISI 4340 steel (69 HRC), Int J Adv Manuf Technol, 2015.
- [20] E. M. Trent and K. W. Paul, "Metal cutting," Butterworth-Heinemann, New Delhi, India, 2000.
- [21] Đ. L. Nguyễn, Sổ tay Công Nghệ Chế Tạo Máy, NXB Khoa Học Kỹ Thuật Hà Nội, 2005.
- [22] Kennametal, "Cutting Forces For Turning Application," Kennametal, 2019. [Online]. Available: <https://www.kennametal.com/en/resources/engineering-calculators/turning-calculators/cutting-forces.html>. [Accessed 2019].
- [23] S. K. A. Ber, "The First Seconds of Cutting, Wear Behaviour".
- [24] F. Ramírez, X. Soldani, J. Loya and H. Miguélez, "A new approach for time-space wear modeling applied to machining tool wear," *Wear*, 2017.

- [25] Bayer and R. G., *Fundamentals of Wear Failures*.
- [26] W. Grzesik, in *Machining of Hard Materials*, Opole, Poland, Department of Manufacturing Engineering and Production Automation.
- [27] B. G, D. D and B. Denkena, "Advancing Cutting Technology," p. 483–507, 2003.
- [28] F. Klocke, E. Brinksmeier and K. Weinert, "Capability Profile of Hard Cutting and Grinding Processes," *Ann CIRP*, vol. 54/2, p. 557–580, 2005.
- [29] M. C. Shaw, "Metal Cutting Principles," Oxford University Press, 2005.
- [30] H. J. Seltman, *Experimental Design and Analysis*, 2018.
- [31] S. Nellian, "Integration of taguchi design of experiments and finite element method for robust design," Department of Mechanical Engineering, February 1996. [Online]. Available: <http://www.ecs.umass.edu/mie/labs/mda/fea/sankar/intro.html>.
- [32] A. Srinivas and Y. Dr Venkatesh, "Application Of Taguchi Method For Optimization Of Process Parameters In Improving The Surface Roughness Of Lathe Facing Operation," *International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES)*, vol. 1, no. 3, pp. 13-19, November 2012.
- [33] N. Cảnh, *Quy hoạch thực nghiệm*, Hcm: Nxb Đh Quốc gia Tp. Hcm, 2016.
- [34] R. H. Myers, D. C. Montgomery and C. M. Anderson-Cook, *Response Surface Method: Process and Product Optimization Using Designed Experiments*, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2016.
- [35] AZoM, "AISI 1045 Medium Carbon Steel," AZoNetwork, 5 7 2012. [Online]. Available: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6130>.

- [36] Sandvik, "Product Information," [Online]. Available: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/pages/default.aspx>. [Accessed 2019].
- [37] Sandvik, "Product Information," [Online]. Available: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/pages/default.aspx>. [Accessed 2019].
- [38] ISO 3685, International Standard, 1993.
- [39] Kistler, "Multicomponent Dynamometer," Kistler Group, [Online]. Available: www.kistler.com. [Accessed 2019].
- [40] "Mitutoyo Manual Data," Mitutoyo, 2019. [Online].
- [41] Euromex, "Oxion Inverso materials science," [Online]. Available: <https://www.euromex.com/en/products/applications/mechanics/mechanics-university-labs-applications/oxion-inverso-materials-science/>. [Accessed 2019].
- [42] "Wikiperdia," [Online]. Available: <https://vi.wikipedia.org/wiki/Minitab>.
- [43] S. M. Umbert, "Cutting Forces in Turning Operations," Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2018.
- [44] M. E. A. Moneim, "Effect of the clearance angle on the wear of high speed steel tools," *Wear*, 1981.
- [45] J. N. Greenhow and C. Rubentein, "The dependence of cutting force on feed and speed in orthogonal cutting with worn tools," *Pergamon Press*, 1968.
- [46] P. Đ. Tân, "Nguyên lý và dụng cụ cắt," Nxb Hà Nội, 2004.

- [47] S. Jaspers, Metal Cutting Mechanics and Material Behaviour, Holland: Technische Universiteit Eindhoven, 1999.
- [48] N. N. Zorev, Metal cutting mechanisms, London: Pergamon Press, 1966.
- [49] L. Đ. Bình, Giáo trình Công Nghệ Chế Tạo Máy, ĐH Bách Khoa.

ẢNH HƯỞNG THÔNG SỐ HÌNH HỌC DAO ĐẾN LỰC CẮT TRONG GIA CÔNG TIỆN CỨNG SỬ DỤNG MẢNH HỘP KIM TIÊU CHUẨN

INFLUENCES OF TOOL GEOMETRY PARAMETERS ON CUTTING FORCE IN HARD TURNING WITH STANDARD INSERT

Mai Đức Đãi¹, Phạm Minh Đức¹, Đỗ Tiến Sĩ²

¹Khoa Công Nghệ Chế Tạo Máy, Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

²Học viên cao học, Khoa Công Nghệ Chế Tạo Máy, Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

TÓM TẮT

Nghiên cứu các đặc trưng để hiểu rõ và điều khiển các yếu tố ảnh hưởng tới hiệu quả quá trình tiện cứng đã và đang được tiến hành tại nhiều nơi trên thế giới, nhưng các kết quả công bố cho thấy việc nghiên cứu vẫn chưa đủ sâu sắc và triệt để đặc biệt ở mối quan hệ thông số hình học dao đến quá trình tiện cứng. Do đó, tác giả đề xuất nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số hình học dao đến lực cắt, thông số ảnh hưởng tính hiệu quả của quá trình gia công. Nghiên cứu này được thiết kế thực nghiệm bằng phương pháp cấu trúc có tâm và sử dụng phương pháp đáp ứng bề mặt để phân tích và tối ưu hóa. Kết quả phân tích cho thấy mối quan hệ phức tạp của các thông số hình học dao đến lực cắt. Bên cạnh đó, bộ thông số hình học dao tối ưu thu được có kết quả lực cắt dự đoán nhỏ hơn so với cán dao tiêu chuẩn. Như vậy, việc thay đổi các thông số hình học dao là có ý nghĩa để tối thiểu lực cắt trong tiện cứng từ đó tối ưu quá trình gia công tiện.

Từ khóa: Tiện cứng; thông số hình học dao; lực cắt; cấu trúc có tâm; đáp ứng bề mặt; tối ưu hóa.

ABSTRACT

Research on characteristics to understand and control the factors affecting the efficiency of hard turning has been carried out in many parts of the world, but the published results show that the research is still not deep and thorough enough, especially in relation of the tool geometry to hard turning. Therefore, the author proposes to study the effect of tool geometry on cutting force, which affects the efficiency of the machining process. This paper used composite central for design of experiments and respond surface methodology for analysis and optimization. The analysis results show a complex relationship of the tool geometry parameters with the cutting force. Besides that, the optimal tool geometry parameters had cutting forces less than the standard tool holder. Thus, the modification tool geometry parameters is significant to minimize the cutting force in hard turning and optimizing the hard turning.

Keywords: Hard turning; tool geometry parameters; cutting force; composite central; respond surface; optimization.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, với sự phát triển không ngừng của vật liệu cắt siêu cứng, tiện cứng, hoạt động gia công vật liệu có độ cứng trên 45 HRC bằng 1 lưỡi cắt, đang là một phương án thay thế hấp dẫn cho phương án mài vì có nhiều ưu điểm vượt trội (linh hoạt, chi phí thấp...). Thông thường, các vật liệu cứng được gia công bao gồm gang trắng đã tôi, thép gió, thép công cụ, thép ô bi, thép đã tôi và thép thấm cacbon.

Không ngoài xu hướng chung, ở Việt Nam cũng đã và đang ứng dụng tiện cứng trong gia công. Nhưng với đặc thù các xưởng gia công

thường là loại vừa và nhỏ nên ít và chưa tối ưu hóa quá trình gia công đặc biệt là tiện cứng. Để có thể tối ưu hóa quá trình gia công tiện cứng, đã có nhiều nhà khoa học ở Việt Nam cũng như trên thế giới, dành thời gian để nghiên cứu về các mối quan hệ giữa các yếu tố đầu vào như: chế độ cắt, thông số dụng cụ cắt, đến gia công tiện cứng. Và cũng đã nhiều mô hình dự đoán lực cắt, ứng suất dư, hình dạng phoi đã được phát triển như mô hình của Ernst và Merchant (1941), Lee và Shaffer (1951), Kobayashi và Thomsen (1962), Rowe và Spick (1967), Wright (1982)... Tuy nhiên, cho đến nay vẫn

chưa có mô hình nào đúng với mọi điều kiện cắt [1]. Tiêu biểu trong nước có nghiên cứu của Nguyễn Thị Quốc Dung [1] là nghiên cứu khá đầy đủ về quá trình tiện cứng, trong đó có nghiên cứu một cách riêng lẻ sự ảnh hưởng của chế độ cắt lên lực cắt khi tiện thép hợp kim qua tôi bằng dao PCBN. Nghiên cứu này cho thấy

các điểm như: lực đẩy dao F_y luôn lớn hơn các lực thành phần còn lại; dao động và lực cắt lớn khi tiện thép hợp kim qua tôi ở tốc độ thấp (<50 m/ph). Bên cạnh đó, các nghiên cứu ở ngoài nước tiêu biểu cũng được trình bày tóm tắt ở **Bảng 1**.

Bảng 1. Tóm tắt các nghiên cứu về quá trình gia công tiện

Tác giả	Các yếu tố đầu vào	Vật liệu	Phương pháp
Samir Khamel [2]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt	Thép AISI 52100	Đáp ứng bề mặt
Süleyman Neseli et al. [3]	Bán kính mũi dao, góc trước, góc nghiêng chính	AISI 1040	Đáp ứng bề mặt
T. Zhao [4]	Bán kính cạnh cắt, vận tốc cắt	Thép AISI 52100 tôi cứng	
Sudhansu Ranjan Das [5]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt	Thép AISI 52100 tôi cứng	Đáp ứng bề mặt
H Aouici [6]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt, bán kính mũi dao	AISI H11	Đáp ứng bề mặt
Mourad Nouioua [7]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt, bán kính mũi dao, tưới nguội	X210Cr12	Đáp ứng bề mặt và mạng thân kính
Waleed Bin Rashid [8]	Vận tốc cắt, bước tiến, chiều sâu cắt	AISI 4340	Taguchi

Nhìn chung các nghiên cứu về tiện cứng chỉ mới tập trung nghiên cứu về chế độ cắt mà chưa xem xét nhiều đến hình học dao. Các yếu tố như góc trước, góc sau chính, bán kính mũi dao và đặc biệt góc nâng vẫn chưa được nghiên cứu kỹ lưỡng.

Với tình hình trên, nhóm tác giả đề xuất nghiên cứu mối quan hệ giữa các thông số hình học dao gồm: góc trước γ_0 , góc nghiêng chính Φ , góc nâng λ đến lực cắt trong tiện cứng. Trong đó, nhóm tác giả đã chọn phương pháp cấu trúc có tâm để thiết kế thực nghiệm để phù hợp với phương pháp đáp ứng bề mặt, một phương

pháp được sử dụng rộng rãi [2] [3] [5] [6] [7] trong phân tích kết quả, xây dựng phương trình đáp ứng và tối ưu hóa.

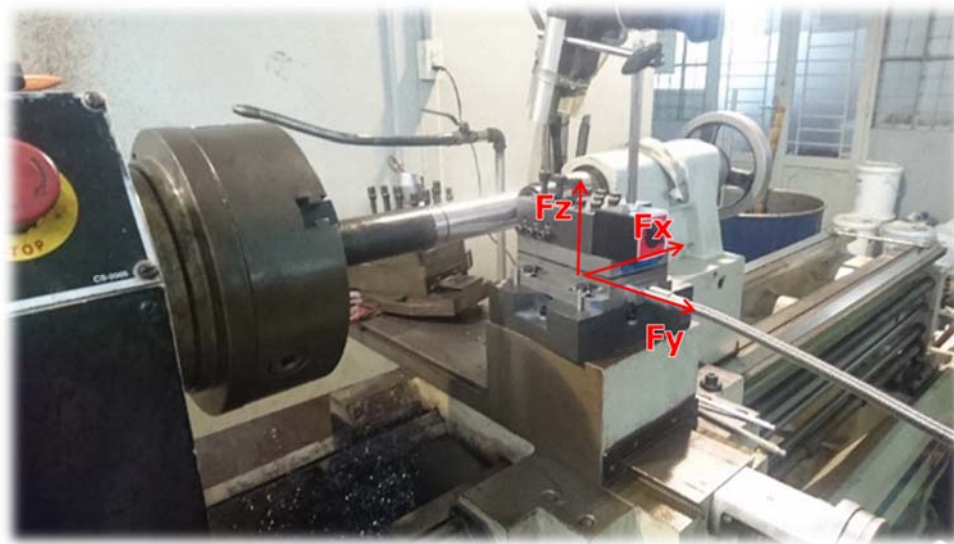
2. Nguyên vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1 Nguyên vật liệu:

Nghiên cứu này chỉ sử dụng thép tròn AISI 1055 đã tôi cứng đạt 52 HRC làm mẫu gia công, đây là loại thép được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất chi tiết máy như: trục truyền động, bánh răng.



Hình 1 Hệ thống đo lực



Hình 2. Tổng quan máy tiện

2.2 Trang thiết bị:

Trong các thí nghiệm, mảnh dao *TNGA 160404S01525 6050* được sử dụng kết hợp với thân dao *PTG NR 1616H 16* được sản xuất bởi Sandvik. ($\Phi = 90^\circ$; $\gamma_0 = \lambda = -6^\circ$)

Toàn bộ mẫu được gia công trên máy tiện *Chungshi CS660-x1600G* trang bị bộ đồ gá thay đổi góc dao kết hợp với cảm biến đo lực trong điều kiện không tưới nguội. Về cảm biến đo lực nhóm tác giả sử dụng cảm biến *Kistler 9257B* kèm *amplifier*, *USB DAQ*, phần mềm được viết trên *Labview* để đọc và lưu giá trị tín hiệu. Trong thí nghiệm này tác giả chọn tần suất lấy mẫu là 1 KHz.

Các thông số cắt được sử dụng trong thí

th nghiệm chọn tham khảo tiêu chuẩn ISO 3685:1993 [9] kết hợp với thông số khuyến dùng của nhà sản xuất. Chế độ cắt được giữ nguyên trong toàn bộ các thí nghiệm và được trình bày như **Bảng 2**.

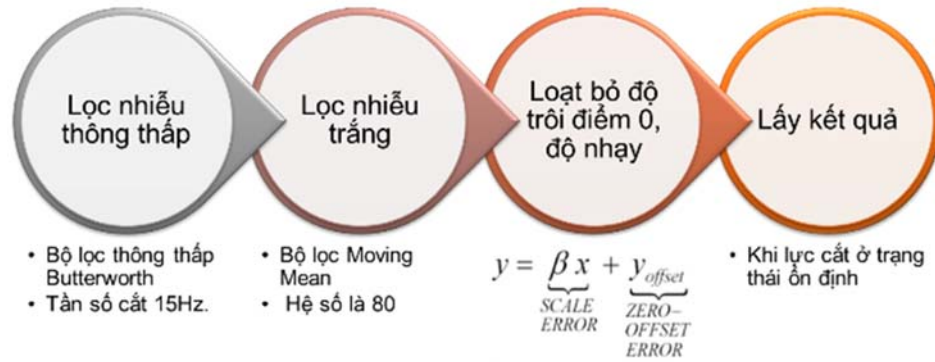
Bảng 2. Chế độ cắt

Tên	Thông số
Độ sâu cắt	0,2 mm
Vận tốc cắt	120 m/ph
Lượng chạy dao	0,08 mm/v

Về thông số hình học dao, 3 yếu tố với 5 mức độ sử dụng trong các thí nghiệm được chọn để nghiên cứu trình bày trong **Bảng 3**.

Bảng 3. Thông số hình học dao

Kí hiệu	Yếu tố	Đơn vị	Mức 1	Mức 2	Mức 3	Mức 4	Mức 5
Φ	Góc nghiêng chính	Độ ($^\circ$)	90	84	75	66	60
γ_0	Góc trước	Độ ($^\circ$)	-2	-3,6	-6	-8,4	-10
λ	Góc nâng	Độ ($^\circ$)	-2	-3,6	-6	-8,4	-10



Hình 3. Các bước xử lý kết quả đo lực

2.3 Thiết kế thực nghiệm và phương pháp đáp ứng bề mặt

Trong phương pháp cấu trúc có tâm, phương án quay của Box và Hunter là phương án tối ưu [10]. Với số yếu tố $k = 3$ ta chọn trị số cánh tay đòn sao $\alpha = 1,682$ và số điểm thí nghiệm $n = 20$. Tất cả thông số đầu vào của từng điểm thí nghiệm được trình bày trong Bảng 4.

Về phương pháp đáp ứng bề mặt, giả sử xét ảnh hưởng của k yếu tố vào thông số tối ưu hóa y , phương trình hồi quy bậc hai có dạng:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_{ij} + \varepsilon \quad (1)$$

Để ứng dụng phương pháp đáp ứng bề mặt, nhóm tác giả sử dụng công cụ phần mềm Minitab trong việc hỗ trợ tính toán.

Bảng 4. Thông số đầu vào và kết quả

Thí nghiệm	Yếu tố			Lực cắt (N)		
	Φ (°)	γ_0 (°)	λ (°)	Fx	Fy	Fz
1	84	-3,6	-3,6	29,42	95,46	57,91
2	66	-3,6	-3,6	24,83	75,61	53,44
3	84	-8,4	-3,6	30,65	77,37	53,07
4	66	-8,4	-3,6	30,04	71,71	52,17
5	84	-3,6	-8,4	29,23	76,61	53,95
6	66	-3,6	-8,4	27,48	73,42	53,12
7	84	-8,4	-8,4	27,65	74,75	53,72
8	66	-8,4	-8,4	28,74	75,92	53,78
9	90	-6	-6	26,88	71,08	51,09

10	60	-6	-6	28,8	74,49	51,9
11	75	-2	-6	24,09	83,03	56,03
12	75	-10	-6	27,3	70,95	51,99
13	75	-6	-2	36,96	94,29	60,47
14	75	-6	-10	33,78	81,28	56,35
15	75	-6	-6	30,43	74,81	54,13
16	75	-6	-6	37,31	73,22	55,15
17	75	-6	-6	34,8	75,69	56,13
18	75	-6	-6	32,9	72,96	56,72
19	75	-6	-6	31,09	73,22	53,34
20	75	-6	-6	35,03	74,99	54,74

3. XỬ LÝ KẾT QUẢ ĐO VÀ KẾT QUẢ

3.1 Xử lý kết quả đo

Kết quả lực cắt thu được gồm các sai số, nhiễu, bị trôi điểm 0 và độ nhảy nên cần được xử lý. Quá trình này được thực hiện qua 4 bước như Hình 3.

3.2 Kết quả và phân tích

Kết quả giá trị các lực cắt thành phần được trình bày ở Bảng 4.

Phân tích Anova

Theo Bảng 5, Fx bị chi phối phần lớn bởi hệ số bậc hai các đầu vào. Diễn hình, giá trị góc Φ ở bậc hai có sự ảnh hưởng khá lớn tới Fx với 22,11 %; giá trị góc γ_0 ở bậc hai chiếm gần 1/2 sự ảnh hưởng 49,77%, nó thể hiện rõ trong Hình 4.a. Theo Bảng 6, Fy chủ yếu bị ảnh hưởng bởi góc γ_0 và λ . Đặc biệt, giá trị bậc hai của λ gây sự ảnh hưởng lớn nhất với 31,58 %. Giá trị góc Φ ở cả bậc một và bậc hai đều có sự

ảnh hưởng thứ yếu tới Fy với lần lượt 4,01 %; 2,94 % . Còn các tương tác có sự ảnh hưởng không nhiều tới Fy với tổng là 20,07%. Theo **Bảng 7**, Fz bị ảnh hưởng 52,59% bởi giá trị bậc hai của các đầu vào, trong đó góc Φ chiếm 31,20% sự ảnh hưởng. Bên cạnh đó, giá trị bậc

một và bậc hai của γ_0 gây sự ảnh hưởng khá lớn với tổng là 21,81%. Còn các tương tác có sự ảnh hưởng không nhiều tới Fz với tổng là 10,55%. Nhìn chung giá trị phần dư của Fx, Fy, Fz đều thấp nên các phương trình đáp ứng đều có khả năng dự đoán khá chính xác.

Bảng 5. Phân tích Anova của Fx

	DF	Seq SS	Phân phối	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Φ	1	0,525	0,20%	0,525	0,525	0,12	0,731
γ_0	1	9,712	3,65%	9,712	9,712	2,30	0,157
λ	1	3,781	1,42%	3,781	3,781	0,90	0,364
$\Phi*\Phi$	1	58,900	22,11%	70,808	70,808	16,79	0,002
$\gamma_0*\gamma_0$	1	132,579	49,77%	127,896	127,896	30,33	0,000
$\lambda*\lambda$	1	2,996	1,12%	2,996	2,996	0,71	0,417
$\Phi*\gamma_0$	1	5,809	2,18%	5,809	5,809	1,38	0,265
$\gamma_0*\lambda$	1	5,693	2,14%	5,693	5,693	1,35	0,270
Lỗi	11	46,383	17,41%	46,383	4,217		
Tổng	19	266,378	100,00%				

Bảng 6. Phân tích Anova của Fy

	DF	Seq SS	Phân phối	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Φ	1	35,196	4,01%	35,196	35,196	3,47	0,089
γ_0	1	126,972	14,48%	126,972	126,972	12,54	0,005
λ	1	124,739	14,22%	124,739	124,739	12,32	0,005
$\Phi*\Phi$	1	25,762	2,94%	13,471	13,471	1,33	0,273
$\lambda*\lambda$	1	276,970	31,58%	276,970	276,970	27,35	0,000
$\Phi*\gamma_0$	1	43,017	4,90%	43,017	43,017	4,25	0,064
$\Phi*\lambda$	1	69,037	7,87%	69,037	69,037	6,82	0,024
$\gamma_0*\lambda$	1	63,999	7,30%	63,999	63,999	6,32	0,029
Lỗi	11	111,415	12,70%	111,415	10,129		
Tổng	19	877,105	100,00%				

Bảng 7. Phân tích Anova của Fz

	DF	Seq SS	Phân phối	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Φ	1	1,690	1,70%	1,690	1,690	0,96	0,351
γ_0	1	11,401	11,49%	11,401	11,401	6,46	0,029
λ	1	5,851	5,89%	5,851	5,851	3,32	0,099
$\Phi*\Phi$	1	30,969	31,20%	28,671	28,671	16,25	0,002
$\gamma_0*\gamma_0$	1	5,433	5,47%	3,840	3,840	2,18	0,171
$\lambda*\lambda$	1	15,801	15,92%	15,801	15,801	8,96	0,014
$\Phi*\gamma_0$	1	2,496	2,51%	2,496	2,496	1,41	0,262
$\Phi*\lambda$	1	2,632	2,65%	2,632	2,632	1,49	0,250
$\gamma_0*\lambda$	1	5,345	5,39%	5,345	5,345	3,03	0,112
Lỗi	10	17,644	17,77%	17,644	1,764		
Tổng	19	99,264	100,00%				

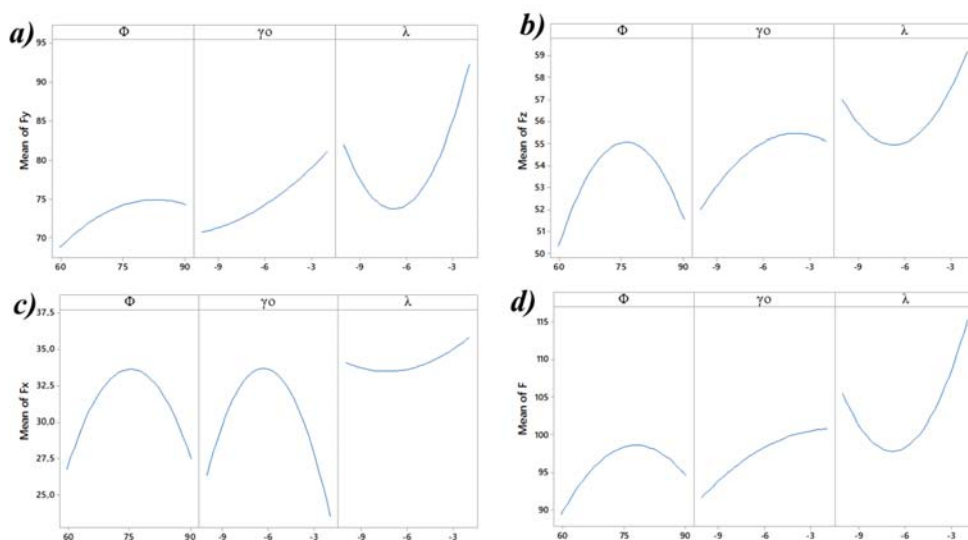
Mô hình đáp ứng bậc hai

Bằng cách sử dụng phần mềm Minitab để tính toán ta thu được các phương trình đáp ứng của các yếu tố như sau:

$$F_x = -163,8 + 4,42 \Phi - 10,48 \gamma_0 + 0,30 \lambda - 0,02774 \Phi * \Phi - 0,5242 \gamma_0 * \gamma_0 + 0,0802 \lambda * \lambda + 0,0395 \Phi * \gamma_0 - 0,146 \gamma_0 * \lambda \quad (2)$$

$$F_y = -55,4 + 3,45 \Phi - 3,83 \gamma_0 + 3,23 \lambda - 0,0120 \Phi * \Phi + 0,768 \lambda * \lambda + 0,1074 \Phi * \gamma_0 + 0,1360 \Phi * \lambda + 0,491 \gamma_0 * \lambda \quad (3)$$

$$F_z = -58,3 + 3,001 \Phi - 1,80 \gamma_0 + 1,34 \lambda - 0,01765 \Phi * \Phi - 0,0908 \gamma_0 * \gamma_0 + 0,1843 \lambda * \lambda + 0,0259 \Phi * \gamma_0 + 0,0266 \Phi * \lambda + 0,1419 \gamma_0 * \lambda \quad (4)$$



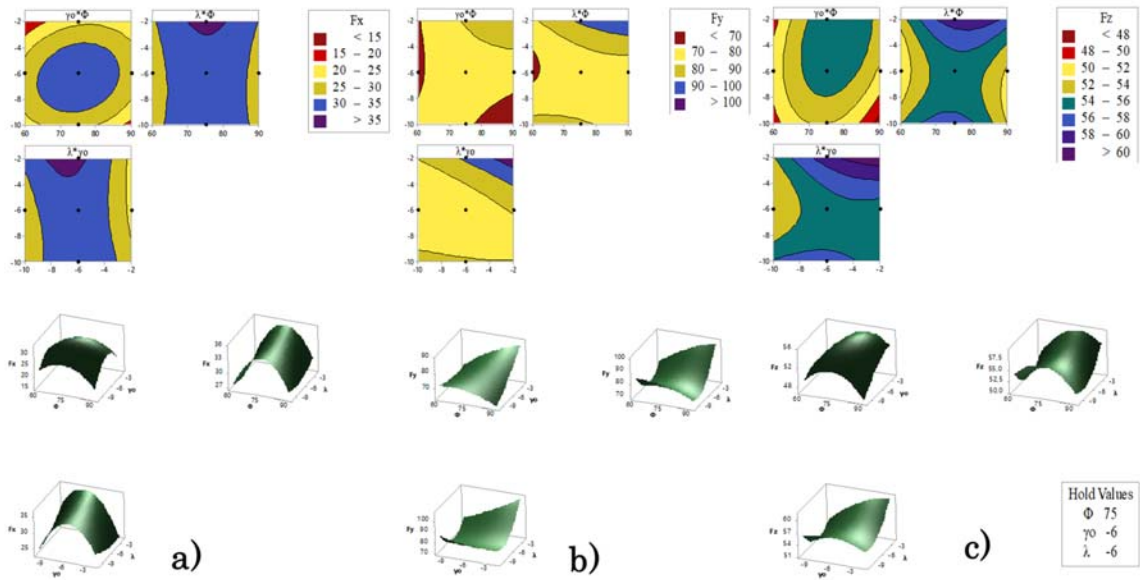
Hình 4. Biểu đồ thể hiện mối liên hệ của góc Φ ; γ_0 ; λ đến a) F_x ; b) F_y ; c) F_z d) F

Bảng 8. Thông số đầu vào của bài toán tối ưu

Đáp ứng	Mục tiêu	Biên dưới	Giá trị mục tiêu	Biên trên	Ảnh hưởng	Tầm quan trọng
F_z	Cực tiểu	-	51,08	60,47	1	1
F_y	Cực tiểu	-	70,95	95,46	1	1
F_x	Cực tiểu	-	24,09	37,3	1	1

Bảng 9. Kết quả tối ưu

Giải pháp	Φ	γ_0	λ	F_z	F_y	F_x	Độ thỏa hiệp
1	90	-10	-9,8	49,46	70,77	16,46	1



Hình 5. Các biểu đồ đường đồng mức và bề mặt đáp ứng của a) F_x ; b) F_y ; c) F_z .

3.3 Tối ưu hóa

Sử dụng phần mềm Minitab để tính toán bằng phương pháp tối ưu hóa thỏa hiệp với các thông số đầu vào như Bảng 8 thu bộ thông số hình học dao tối ưu bên cạnh các giá trị lực cắt thành phần được trình bày trong Bảng 9.

Bảng 10. So sánh cán dao tiêu chuẩn và tối ưu

		Tiêu chuẩn	Tối ưu (dự đoán)	So sánh
Đầu vào	Φ	91 (~90)	90	~
	γ_0	-6	-10	<67,7%
	λ	-6	-9,8	<63,3%
Đầu ra	F_z	51,09	49,46	<3,19%
	F_y	71,08	70,77	<0,43%
	F_x	26,88	16,46	<38,76%
	F	91,6	87,89	<4,1%

Như vậy, nếu so sánh với cán dao tiêu chuẩn từ nhà sản xuất, kết quả tối ưu đã đưa ra bộ thông số hình học dao có các kết quả đầu ra là tốt hơn. Điều này được thể hiện rõ trong bảng.

4. Lời bình

Kết quả thu được với lực cắt F_z (hay còn gọi lực cắt chính) lại nhỏ hơn F_y (hay còn gọi lực đẩy dao) đây là điểm khác nếu so với khi gia công thép có độ cứng thông thường. Nhưng với các nghiên cứu đã có trước về tiện cứng [1] [2] [11] thì điều này là hợp lý vì tiện cứng gia công với chiều sâu cắt nhỏ (0,2 mm) và lượng chạy dao nhỏ (0,08 mm/v) khiến cho tiết diện cắt nhỏ. Điều này có thể khiến diện tích tiếp xúc phương Z ít hơn phương Y từ đó lực F_z nhỏ hơn F_y . Và hướng của lực cũng thay đổi do cắt dưới bán kính mũi dao khi có chiều sâu cắt nhỏ.

Lực cắt biến thiên theo hàm bậc hai với cực tiểu ở gần giá trị góc nâng bằng -6 có thể được giải thích là vì chiều sâu cắt nhỏ nên góc nâng là yếu tố gây ảnh hưởng nhiều nhất đến lực cắt so với góc trước và góc nghiêng chính. Trong khoảng khảo sát từ -10^0 đến -2^0 , khi góc nâng có giá trị càng gần -10 thì lực cắt càng lớn do ma sát giữa mặt trước với phoi thoát ra. Khi góc nâng ở càng gần giá trị -2 thì lực cắt cũng càng lớn do mặt sau ma sát với bề mặt đã gia công. Nên khi góc nâng gần bằng -6 thì sẽ tránh được hai hiện tượng này.

5. Kết luận

Qua quá trình làm thực nghiệm nghiên cứu về sự ảnh hưởng của góc nghiêng chính, góc

trước, góc nâng ảnh hưởng đến lực cắt, thu được các ý chính sau:

- + Góc nghiêng chính Φ khi càng gần 90^0 thì lực cắt sẽ có sự biến thiên theo hàm bậc hai và nhỏ nhất khi ở gần giá trị 75^0 .
- + Góc trước γ_0 càng tiến về -2^0 thì lực cắt càng lớn.
- + Góc nâng λ càng tiến về -2^0 thì lực cắt có sự biến thiên theo hàm bậc hai và có cực tiểu ở gần -6^0 .

+ Góc nâng là góc có ảnh hưởng lớn nhất đến lực cắt.

- + Giá trị đầu vào tối ưu là góc nghiêng chính là 90^0 , góc trước là -10^0 , góc nâng là $-9,8^0$. Kết quả này nếu so sánh với cán dao tiêu chuẩn từ nhà sản xuất có các kết quả đầu ra tốt hơn.

LỜI CẢM ƠN

Trân trọng cảm ơn TS. Tôn Thiện Phương thuộc phòng thí nghiệm CAD/CAM, ĐH Bách Khoa Tp. HCM.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. T. Q. Dung, "Nghiên cứu quá trình tiện thép hợp kim qua tôi bằng dao PCBN," Đại học Thái Nguyên, 2012.
- [2] S. Khamel, N. Ouelaa and K. Bouacha, *Analysis and prediction of tool wear, surface roughness and cutting forces in hard turning with CBN tool*, Guelma, Algeria: Journal of Mechanical Science and Technology, 2012.
- [3] S. Y. E. T. Süleyman Neseli, "Optimization of tool geometry parameters for turning operations based on the response surface methodology," Measurement, 2011.
- [4] T. Zhao, J. M. Zhou, V. Bushlya and J. E. Ståhl, *Effect of cutting edge radius on surface roughness and tool wear in hard turning of AISI 52100 steel*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2017.
- [5] S. R. Das and A. Kumar, *Experimental investigation on cutting force and surface roughness in machining of hardened AISI 52100 steel using cBN tool.*, Jharkhand, India.: Int. J. Machining and Machinability of Materials., 2016.
- [6] H. Aouici, A. Khellaf, S. Smaiah, M. Elbah, B. Fnidesm and A. Yallese, *Comparative assessment of coated and uncoated ceramic toolson cutting force components and tool wear in hard turning of AISIH11 steel using Taguchi plan and RMS.*, Alger, Algeria: Indian Academy of Sciences, 2017.
- [7] M. Nouioua, M. A. Yallese, R. Khettabi, S. Belhadi, M. L. Bouhalais and F. Girardin, *Investigation of the performance of the MQL, dry, and wet turning by response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN)*, Int J Adv Manuf Technol, 2017.
- [8] W. B. Rashid, S. Goel, J. P. Davim and S. N. Joshi, *Parametric design optimization of hard turning of AISI 4340 steel (69 HRC)*, Int J Adv Manuf Technol, 2015.
- [9] ISO 3685, International Standard, 1993.
- [10] S. M. Umbert, "Cutting Forces in Turning Operations," Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2018.
- [11] N. Cảnh, *Quy hoạch thực nghiệm*, Hcm: Nxb Đh Quốc gia Tp. Hcm, 2016.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Đỗ Tiến Sĩ

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

Email: dotiens000@gmail.com

