

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

\*\*\*\*\*&\*\*\*\*\*

**TRẦN THẾ LONG**

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA BÔI TRƠN LÀM NGUỘI TỐI THIỂU (MQL)  
CÓ SỬ DỤNG HẠT NANO  $Al_2O_3$  ĐẾN LỰC CẮT VÀ CHẤT LƯỢNG BỀ MẶT  
KHI PHAY CỨNG THÉP**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**  
**CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ**

MÃ SỐ: 60520103

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: PGS.TS. TRẦN MINH ĐỨC**

Thái Nguyên – năm 2017

## LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: Trần Thế Long

Học viên: Lớp cao học K18

Chuyên ngành: Kỹ thuật Cơ khí

Đơn vị công tác: Bộ môn Chế tạo máy – Khoa Cơ khí – Trường Đại học KTCN

Tôi xin cam đoan toàn bộ luận văn này do chính bản thân tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn của **PGS.TS. Trần Minh Đức**

Nếu sai, tôi xin chịu mọi hình thức kỷ luật theo quy định.

Người thực hiện

**Trần Thế Long**

## LỜI CẢM ƠN

Trong thời gian thực hiện đề tài, tác giả đã nhận được rất nhiều sự giúp đỡ từ phía Nhà trường và các thầy cô giáo trong Bộ môn Chế tạo máy – Khoa Cơ khí – Trường Đại học KTCN đã tạo mọi điều kiện để tác giả được học tập nâng cao trình độ.

Tác giả xin chân thành cảm ơn Ban Giám hiệu, Phòng Đào tạo và các thầy cô giáo tham gia giảng dạy đã tạo điều kiện cho tác giả hoàn thành chương trình học và hoàn thành luận văn này.

Tác giả xin bày tỏ lời cảm ơn đặc biệt đến thầy giáo PGS.TS. Trần Minh Đức đã định hướng, hướng dẫn rất nhiệt tình trong suốt thời gian học để tác giả có thể hoàn thành được luận văn này.

Mặc dù đã rất cố gắng song do kiến thức và kinh nghiệm còn hạn chế nên đề tài vẫn còn những thiếu sót và cần bổ sung. Do vậy, kính mong quý thầy cô, đồng nghiệp, bạn bè đóng góp để tác giả hoàn thiện kiến thức và ứng dụng kiến thức học tập được vào thực tiễn.

Tác giả xin chân thành cảm ơn!

## DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

STT	Số bảng	Nội dung	Trang	Ghi chú
1	3.1	Thành phần hóa học của thép 60Si <sub>2</sub> Mn	41	
2	3.2	Thông số kỹ thuật của hạt nano Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42	
4	4.1	Hàm hồi quy thực nghiệm của thành phần F <sub>z</sub> lực cắt phụ thuộc thời gian cắt	51	
5	4.2	Hàm hồi quy thực nghiệm của nhám bề mặt phụ thuộc vào thời gian cắt	51	
6	4.3	Tuổi bền của dụng cụ cắt phụ thuộc nồng độ hạt	52	
7	4.4	Ảnh hưởng của nồng độ hạt đến các hệ số a <sub>1</sub> , a <sub>2</sub>	53	

## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ - ĐỒ THỊ - ẢNH CHỤP

STT	Hình	Nội dung	Trang	Ghi chú
1	1.1	Đầu phun Noga tạo sương mù	12	
2	1.2	Kết cấu phun tạo dòng tia chất lỏng áp lực cao	13	
4	2.1	Nguyên lý hình thành phoi xếp khi gia công vật liệu cứng của Shaw	22	
5	2.2	Sự thay đổi về hình dạng của phoi theo độ cứng của vật liệu gia công	23	
6	2.3	Các dạng phoi xếp hình thành khi tiện thép AISI 4340 với độ cứng khác nhau	24	
7	2.4	Lực cắt tác dụng lên dao tiện	24	
8	2.5	Lực tác dụng lên dao khi phay mặt đầu	25	
9	2.6	Trường nhiệt trên một dao tiện sau vài giây cắt gọt	26	
10	2.7	Mòn mặt trước trên dao tiện (theo ISO 3685)	28	
11	2.8	Mòn mặt trước khi tiện Ti6Al4V	28	
12	2.9	Mòn mặt sau tại hai thời điểm của dao phay đầu cầu khi gia công tinh khuôn thép có độ cứng 50 HRC. Phần trong khung hình chữ nhật là mòn mặt sau trung bình (VB1) và vùng khoanh tròn là mòn mặt sau lớn nhất (VB3)	29	
13	2.10	Mòn mặt sau khi thay đổi vận tốc cắt	29	
14	2.11	Mòn trên dao phay ngón (tiêu chuẩn ISO 8688)	30	
15	2.12	Dạng mẻ dao trên dao phay	30	
16	2.13	Mẻ dao trên dao phay đầu cầu khi phay thép đã qua nhiệt luyện (HRC=55)	31	
17	2.14	Ảnh hưởng của vật liệu dụng cụ cắt và thời gian cắt khi tiện tinh thép DIN 19MnCr5 (HRC=66) ( $v=180$ m/phút, $S_v = 0,08$ mm/vòng, và $t=0,15$ mm)	32	
18	2.15	Ảnh SEM chụp lớp biến trắng khi tiện thép AISI 52100 (HRC=62) sử dụng mảnh PCBN	33	
19	2.16	(a) Chiều dày lớp biến trắng; (b) lớp vật liệu trung gian (dark layer)	33	
20	2.17	Mô hình quá trình cắt khi có ứng dụng MQL sử dụng: (a) dung dịch thông thường, (b) dung dịch Nanofluid	35	
21	3.1	Trung tâm gia công VMC85S	39	
22	3.2	Thân dao phay mặt đầu Ø80	40	
23	3.3	Mảnh dao APMT 1604 PDTR LT30	40	
24	3.4	Hệ thống đo lực cắt	41	
25	3.5	Máy đo nhám Mitutoyo SJ-210 – Nhật bản	41	
26	3.6	Hệ thống thí nghiệm	42	
27	3.7	Sơ đồ đo và ví dụ về kết quả đo lực cắt	42	
28	3.8	Máy nén khí Model PT-0136	42	
29	3.9	Trị số $R_a$ phụ thuộc vào chế độ BTLN và thời gian cắt	43	
30	3.10	Trị số $R_z$ phụ thuộc vào chế độ BTLN và thời gian cắt	43	
31	3.11	Trị số lực $F_x$ phụ thuộc vào chế độ BTLN và thời gian cắt	44	

32	3.12	Trị số lực $F_y$ phụ thuộc vào chế độ BTLN và thời gian cắt	44	
33	3.13	Trị số lực $F_z$ phụ thuộc vào chế độ BTLN và thời gian cắt	44	
34	3.14	Tuổi bên của dao phụ thuộc vào chế độ BTLN	44	
35	3.15	Mòn dao khi MQL với dầu đậu nành không có hạt Nano	44	
36	3.16	Mòn dao khi MQL với dầu đậu nành có hạt Nano	45	
37	4.1	Sơ đồ quy hoạch thực nghiệm và ma trận thí nghiệm	49	
38	4.2	Ảnh hưởng của thời gian cắt đến lực cắt $F_z$ ứng với các nồng độ hạt	51	
39	4.3	Ảnh hưởng của thời gian cắt đến trị số nhám $R_a$ ứng với các nồng độ hạt	52	
40	4.4	Ảnh hưởng của nồng độ hạt Nano $Al_2O_3$ đến tuổi bên của	53	
41	4.5	Ảnh hưởng của nồng độ hạt Nano đến hệ số $a_1$	54	
42	4.6	Ảnh hưởng của nồng độ hạt Nano đến hệ số $a_2$	54	

## KÝ HIỆU - VIẾT TẮT

- MQL		Minimum quantity lubrication
- MQCL		Minimum quantity cooling lubrication
- CH		Chipping
- DDTN		Dung dịch trơn nguội
- HKC		Hợp kim cứng
- BTLN		Bôi trơn làm nguội
- CLBM		Chất lượng bề mặt
- ĐĐN		Dầu đậu nành
- V	[m/phút]	Vận tốc cắt
- t	[mm]	Chiều sâu cắt
- S <sub>v</sub>	[mm/vòng]	Lượng chạy dao vòng
- S <sub>p</sub>	[mm/phút]	Lượng chạy dao phút
- S <sub>r</sub>	[mm/răng]	Lượng chạy dao răng
- F <sub>x</sub>	[N]	Lực cắt theo phương chạy dao
- F <sub>y</sub>	[N]	Lực cắt theo phương dọc trục
- F <sub>z</sub>	[N]	Lực cắt tiếp tuyến
- F <sub>r</sub>	[N]	Lực cắt tổng hợp
- VB	[mm]	Lượng mòn
- r <sub>ε</sub>	[mm]	Bán kính mũi dao
- B	[mm]	Chiều rộng lớp cắt
- P	[bar]	Áp suất dòng khí
- Q	[ml/phút]	Lưu lượng

# MỤC LỤC

PHẦN MỞ ĐẦU .....	10
CHƯƠNG 1- Tổng quan về bôi trơn làm nguội tối thiểu sử dụng dung dịch Nanofluid và ứng dụng trong gia công vật liệu cứng.....	12
1.1. Bôi trơn làm nguội tối thiểu .....	12
1.2. Bôi trơn làm nguội tối thiểu sử dụng dung dịch Nanofluid .....	15
1.3. Giới thiệu về gia công vật liệu cứng .....	16
1.4. Tổng quan về MQL sử dụng dung dịch Nanofluid và ứng dụng trong gia công vật liệu cứng.....	19
1.5. Kết luận chương 1 .....	22
CHƯƠNG 2- Nghiên cứu ảnh hưởng của MQL sử dụng dung dịch Nanofluid đến quá trình cắt và chất lượng bề mặt khi phay cứng thép .....	22
2.1. Quá trình tạo phoi trong gia công vật liệu cứng.....	23
2.2. Lực cắt.....	25
2.3. Nhiệt cắt .....	26
2.4. Mòn và tuổi bền của dụng cụ cắt trong gia công vật liệu cứng.....	28
2.5. Chất lượng bề mặt .....	32
2.6. Nghiên cứu ảnh hưởng của dung dịch Nanofluid trong MQL đến quá trình cắt khi gia công vật liệu cứng .....	35
2.7. Kết luận chương 2 .....	37
CHƯƠNG 3- Nghiên cứu ảnh hưởng của dung dịch Nanofluid đến lực cắt, mòn, tuổi bền và nhám bề mặt khi phay cứng thép 60Si <sub>2</sub> Mn.....	40
3.1. Đặt vấn đề.....	40
3.2. Xây dựng hệ thống thí nghiệm.....	40
3.3. Kết quả và thảo luận.....	44
3.4. Kết luận chương 3 .....	48
CHƯƠNG 4- Nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ hạt Nano trong dung dịch Nanofluid đến lực cắt, mòn, tuổi bền và nhám bề mặt khi phay cứng thép 60Si <sub>2</sub> Mn .....	49
4.1. Đặt vấn đề.....	49
4.2. Hệ thống thí nghiệm.....	49
4.3. Kết quả và thảo luận.....	51
4.4. Kết luận chương 4 .....	57
PHẦN KẾT LUẬN CHUNG .....	58
A.    KẾT LUẬN CHUNG .....	58



B. HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	58
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	60
PHỤ LỤC.....	64

## PHẦN MỞ ĐẦU

Hiện nay, tình hình ô nhiễm môi trường và biến đổi khí hậu đã và đang có những ảnh hưởng sâu rộng đời sống kinh tế, chính trị, xã hội của các nước trên thế giới. Việc bảo vệ môi trường, sản xuất sạch, thân thiện môi trường và phát triển bền vững là một yêu cầu tất yếu đối với mọi ngành sản xuất hiện nay. Bôi trơn làm nguội tối thiểu là một hướng nghiên cứu đáp ứng được xu thế gia công xanh – sạch trong ngành công nghệ chế tạo máy.

Bôi trơn làm nguội tối thiểu (Minimum Quantity Lubrication-viết tắt MQL) ngoài việc thân thiện với môi trường, còn có nhiều ưu điểm nổi bật khác như hiệu quả bôi trơn cao, ma sát trong vùng cắt giảm do đó làm giảm lực cắt, nhiệt cắt, độ mòn của dụng cụ, v.v. dẫn đến tuổi bền dụng cụ tăng, chất lượng bề mặt gia công được cải thiện, v.v. Vì vậy, bôi trơn làm nguội tối thiểu đã được triển khai và ứng dụng khá rộng rãi trong ngành chế tạo máy từ những năm 90 của thế kỷ trước, và đã mang lại những kết quả khả quan, đặc biệt đối với một số phương pháp gia công không sử dụng được công nghệ tưới tràn.

Trong những năm gần đây gia công vật liệu cứng, vật liệu khó gia công bằng dụng cụ cắt có lưỡi cắt xác định được sử dụng khá phổ biến trong ngành chế tạo máy để thay thế một phần cho nguyên công mài, đặc biệt trong gia công các loại khuôn mẫu, v.v. Tuy nhiên, do điều kiện cắt khi gia công vật liệu cứng, vật liệu khó gia công là rất khắc nghiệt nên việc bôi trơn làm nguội là rất cần thiết. Việc ứng dụng công nghệ bôi trơn làm nguội tưới tràn vào gia công vật liệu cứng gặp nhiều khó khăn hoặc không thể sử dụng được. MQL là một hướng nghiên cứu rất khả quan.

Để tiếp tục nâng cao hiệu quả của MQL trong gia công vật liệu cứng, một hướng mới đang rất được quan tâm hiện nay đó là sử dụng dung dịch Nanofluid (dung các loại hạt Nano kim loại có độ cứng cao trộn vào dung dịch trơn nguội).

Để nâng cao hiệu quả của quá trình gia công vật liệu và ứng dụng vào thực tiễn sản xuất ở Việt Nam, tác giả chọn hướng nghiên cứu ứng dụng MQL sử dụng dung dịch Nanofluid để gia công vật liệu cứng.

Trong nội dung luận văn này, tác giả chỉ tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của MQL sử dụng dung dịch Nanofluid đến một số thông số của quá trình gia công như lực cắt, tuổi bền dụng cụ, nhám bề mặt gia công, v.v. Vì vậy tác giả chọn đề tài “*Nghiên cứu ảnh hưởng của bôi trơn làm nguội tối thiểu (MQL) có sử dụng hạt Nano  $Al_2O_3$  đến lực cắt và chất lượng bề mặt khi phay cứng thép*” là cần thiết.

### **Mục đích nghiên cứu:**

- Đánh giá tác dụng và hiệu quả của dung dịch Nanofluid (cụ thể là hạt Nano  $Al_2O_3$ ) đến tương tác ma sát, đến các quá trình vật lý xảy ra trong quá trình cắt do đó ảnh hưởng đến kết quả của quá trình gia công;