อิทธิพลของความเร็วตัดที่มีต่ออายุของมีดตัดคาร์ไบด์สำหรับชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์

นายสมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-465-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18355584

EFFECT OF CUTTING SPEED ON THE LIFE OF THE CARBIDE TOOL FOR WATER PUMP CENTER PART

Mr. Somkiat Tangjitsitcharoen

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

ISBN 974-639-465-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของความเร็วตัดที่มีต่ออายุของมีดตัดคาร์ไบด์สำหรับชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์ (EFFECT OF CUTTING SPEED ON THE LIFE OF THE CARBIDE TOOL FOR WATER PUMP CENTER PART)
โดย	นายสมเกียรติ ตั้งจิตสิดเจริญ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จรูญ มหิทธาฟองกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา)

.....กรรมการ
(นาย เศรษฐศักดิ์ เชาวนาจิณ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมเกียรติ ตั้งจิตสิทธิเจริญ : อิทธิพลของความเร็วตัดที่มีต่ออายุของมีดตัดคาร์ไบด์สำหรับชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์ (EFFECT OF CUTTING SPEED ON THE LIFE OF THE CARBIDE TOOL FOR WATER PUMP CENTER PART) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. อ.ที่ปรึกษาร่วม: รศ.สมชาย พวงเพิกศึก, 177 หน้า. ISBN 974-639-465-7.

การวิจัยนี้ศึกษาถึงการใช้มีดตัดสำเร็จรูปที่ใช้วัสดุคาร์ไบด์เคลือบผิวในการกลึงวัสดุชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์ที่เป็นวัสดุเหล็กหล่อสีเทา โดยมีวัตถุประสงค์คือนำเสนอผลจากการวิจัยถึงอิทธิพลของความเร็วตัดที่มีต่ออายุของมีดตัดคาร์ไบด์ในการผลิตชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์ เพื่อนำไปหาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด โดยจะคำนึงถึงต้นทุนในการกลึงต่ำสุดและอัตราการผลิตสูงสุด

การวิจัยได้ใช้วัสดุชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์ที่เป็นวัสดุเหล็กหล่อสีเทา ชนิด FC25 ตามมาตรฐาน JIS G5501 (1989) ที่สภาวะเงื่อนไขการตัดต่าง ๆ ได้แก่ มีดตัดคาร์ไบด์ 5 ชนิด โดยที่มีดตัดแต่ละชนิดจะใช้ความเร็วรอบเปลี่ยนไปคือ 600, 800 และ 1,000 รอบต่อนาที อัตราการป้อนตัดคงที่เท่ากับ 0.3 มิลลิเมตรต่อรอบ ความลึกในการตัดคงที่เท่ากับ 2 มิลลิเมตร และศึกษาอายุการใช้งานของมีดตัดที่กำหนดจากความเรียบผิวของชิ้นงาน

จากการทดลองพบว่า ความเร็วตัดและชนิดของมีดตัดจะมีผลต่ออายุของเครื่องมือตัด เมื่อนำมีดตัดทั้ง 5 ชนิดมาเปรียบเทียบราคามีดตัด, อายุของเครื่องมือตัด, ค่าใช้จ่ายในการกลึงต่ำสุดและอัตราการผลิตสูงสุดของชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์ พบว่ามีดตัดชนิดที่ 1 คือ DNMG150408A จะประหยัดค่าใช้จ่ายหรือลดต้นทุนได้มากกว่ามีดตัดทั้ง 4 ชนิด เนื่องจากมีราคาถูกที่สุดและให้อายุของเครื่องมือตัดสูงเป็นอันดับ 2 ดังนั้นมีดตัด DNMG150408A จึงดีที่สุดและควรเลือกใช้ที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต สมเกียรติ ตั้งจิตสิทธิเจริญ

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

##3971926521 MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: TOOL LTFE/PRODUCTION COST/CUTTING SPEED/CARBIDE TOOLS/PRODUCTION RATE/WATER PUMP CENTER PART
SOMKIAT TANGJTTSITCHAROEN : EFFECT OF CUTTING SPEED ON THE LIFE OF THE CARBIDE TOOL FOR WATER PUMP CENTER PART. THESIS ADVISOR : PROF. SIRICHAN THONGPRASERT, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : ASSO. PROF. SOMCHAI PUANGPHUAKSOOK. 170 pp. ISBN 974-639-465-7.

This research studied the turning conditions of water pump center part made of grey cast iron by using carbide coated cutting tools. The objective was to present the results from the study of the effect of cutting speed on the life of carbide tools in fabricating water pump center part in order to find the optimal cutting speed based on minimum production cost and maximum production rate.

Under the study, water pump center part was made of grey cast iron FC 25 according to the JIS G 5501 standard. There were 5 types of carbide tools with cutting speeds of 600, 800 and 1,000 rev/min at a constant feed rate of 0.3 mm/rev and a depth of cut of 2 mm. The criterion in considering the tool life was based on surface roughness.

The results showed that cutting speed and type of cutting tool affected the tool life. By comparing 5 types of carbide tools for price, tool life, minimum production cost and maximum production rate, carbide tool No.1, which is DNMG150408A, ytelded the least production cost. The carbide tool DNMG150408A was the cheapest, though its tool life was in the second highest. Therefore, the carbide coated tool DNMG150408A was the best and should be selected for the operation.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต สมเกียรติ ตั้งจิตสิทธิเจริญ

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และรองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยมาด้วยดีตลอด และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....จ

กิตติกรรมประกาศ .....ฉ

สารบัญตาราง .....ฌ

สารบัญรูป .....ฐ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ .....ฒ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 สถานภาพของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาและวิจัย 3

1.3 ขอบเขตในการศึกษาและวิจัย 3

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 5

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

1.6 สำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 11

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 11

3. วิธีทดลอง 60

3.1 การออกแบบการทดลอง 60

3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 68

3.3 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง 69

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ความแปรปรวน 72

4.1 ผลการทดลองอายุของมีดตัด 72

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง 91

4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน 91

5. สมการอายุของมีดตัด 94

5.1 การหาสมการอายุของมีดตัดทั้ง 5 ชนิด 94

5.2 ข้อสังเกตเกี่ยวกับสมการอายุของมีดตัดจากนักวิจัย 110

5.3 วิเคราะห์สมการอายุของมีดตัด 112

6. สมการค่าใช้จ่ายในการกลึง สมการอัตราการผลิต
และความเร็วในการตัดที่เหมาะสม 114

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.1 การหาสมการค่าใช้จ่ายในการกลึงชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์ 114
6.2 สมการค่าใช้จ่ายในการกลึงชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์ 115
6.3 สมการอัตราการผลิตชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์ 127
7. วิเคราะห์ผลการทดลอง 139
8. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 153
8.1 สรุปผลการวิจัย 153
8.2 ข้อเสนอแนะ 154
รายการอ้างอิง 155
ภาคผนวก 157
ภาคผนวก ก. การคำนวณหาค่าความเร็วตัดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการกลึงต่ำสุด(V_{opc}) และค่าความเร็วในการตัดที่ทำให้อัตราการผลิตสูงสุด(V_{opr}) 158
ภาคผนวก ข. รูปภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ใช้งาน 161
ภาคผนวก ค. แบบขนาดและความเรียบผิวต่างๆ ของชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์.....173
ภาคผนวก ง. ตารางทางสถิติ 175
ประวัติผู้เขียน 177

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงส่วนผสมและการแบ่งชนิดของซีเมนต์คาร์ไบด์ 12

2.2 แสดงคุณสมบัติทางกลของซินเตอร์คาร์ไบด์ เมื่อได้รับแรงกดอัด 13

2.3 ขนาดของ flank wear ที่นิยมถือกันว่าอายุใบมีดหมดอายุการใช้งาน 37

2.4 การเผื่อขนาดสำหรับการตัดละเอียดสำหรับการตัดชนิดต่างๆ 40

2.5 JIS B-4011. 41

2.6 JIS B-4012 42

2.7 แสดงช่วงดัชนีอายุเครื่องมือตัด 42

2.8 เปรียบเทียบแมชีนอบิลิตีของวัสดุบางชนิด 43

3.1 แสดงรายงานการทดลองมีดตัดคาร์ไบด์เบอร์ DNMG150408A 62

3.2 แสดงรายงานการทดลองมีดตัดคาร์ไบด์เบอร์ DNMG150408B 63

3.3 แสดงรายงานการทดลองมีดตัดคาร์ไบด์เบอร์ DNMG150408C 64

3.4 แสดงรายงานการทดลองมีดตัดคาร์ไบด์เบอร์ DNMG150408D 65

3.5 แสดงรายงานการทดลองมีดตัดคาร์ไบด์เบอร์ DNMG150408E 66

3.6 สรุปอายุของมีดตัดแต่ละชนิด (ชิ้น) 67

3.7 สรุปอายุเฉลี่ยของมีดตัดคาร์ไบด์ชนิดต่างๆ 67

4.1 แสดงรายงานการทดลองมีดตัดคาร์ไบด์เบอร์ DNMG150408A 73

4.2 แสดงรายงานการทดลองมีดตัดคาร์ไบด์เบอร์ DNMG150408B 75

4.3 แสดงรายงานการทดลองมีดตัดคาร์ไบด์เบอร์ DNMG150408C 77

4.4 แสดงรายงานการทดลองมีดตัดคาร์ไบด์เบอร์ DNMG150408D 79

4.5 แสดงรายงานการทดลองมีดตัดคาร์ไบด์เบอร์ DNMG150408E 81

4.6 สรุปอายุของมีดตัดแต่ละชนิด (ชิ้น) 83

4.7 สรุปอายุเฉลี่ยของมีดตัดคาร์ไบด์ชนิดต่างๆ 83

5.1 แสดงช่วงค่าของ n สำหรับวัสดุของเครื่องมือตัดที่ต่างกัน 110

5.2 เปรียบเทียบค่าคงที่ C ของอายุเครื่องมือตัดของเทย์เลอร์ 110

6.1 แสดงค่าความเร็วตัดของมีดตัดแต่ละชนิดที่ทำให้
ค่าใช้จ่ายในการกลึงชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์ 137

6.2 แสดงค่าความเร็วตัดของมีดตัดแต่ละชนิดที่ทำให้
อัตราการผลิตชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์สูงสุด 137

6.3 แสดงค่าความเร็วตัดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการกลึงชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์ต่ำสุด
กับอายุของมีดตัดที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการอายุของมีดตัดแต่ละชนิด 138

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

6.4 แสดงค่าความเร็วตัดที่ทำให้อัตราการผลิตชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์สูงสุด กับอายุของมีดตัดที่ได้จากการแทนค่าลงในสมการอายุของมีดตัดแต่ละชนิด 138

7.1 เมื่อนำอายุของเครื่องมือตัด 5 ชนิดกับความเร็วตัดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการกลึงต่ำสุด มาเรียงลำดับจากค่าความเร็วตัดต่ำสุดไปความเร็วตัดสูงสุด 139

7.2 เมื่อนำอายุของเครื่องมือตัด 5 ชนิดกับความเร็วตัดที่ทำให้อัตราการผลิตสูงสุด มาเรียงลำดับจากค่าความเร็วตัดต่ำสุดไปความเร็วตัดสูงสุด 140

7.3 เมื่อนำค่าใช้จ่ายต่ำสุดของเครื่องมือตัด 5 ชนิดกับความเร็วตัดที่ทำให้ค่าใช้จ่าย ในการกลึงต่ำสุดมาเรียงลำดับจากค่าความเร็วตัดต่ำสุดไปความเร็วตัดสูงสุด 140

7.4 เมื่อนำอัตราการผลิตของเครื่องมือตัด 5 ชนิดกับความเร็วตัดที่ทำให้อัตราการผลิตสูงสุด มาเรียงลำดับจากค่าความเร็วตัดต่ำสุดไปความเร็วตัดสูงสุด 141

7.5 เมื่อนำราคาของเครื่องมือตัด 5 ชนิดกับค่าใช้จ่ายในการกลึงต่ำสุดและ อัตราการผลิตสูงสุดมาเรียงลำดับจากราคาต่ำสุดไปราคาสูงสุด 142

7.6 เมื่อนำราคาของเครื่องมือตัด 5 ชนิดกับอายุของเครื่องมือตัดที่ค่าใช้จ่ายต่ำสุดและอายุของ เครื่องมือตัดที่อัตราการผลิตสูงสุดมาเรียงลำดับจากราคาต่ำสุดไปราคาสูงสุด 143

7.7 เมื่อนำค่าความเร็วตัดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการกลึงต่ำสุดและค่าความเร็วตัดที่ทำให้ อัตราการผลิตสูงสุดมาเรียงลำดับตามชนิดของมีดตัด 147

ง.1 ตารางการแจกแจงแบบเอฟ 176

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงโครงสร้างซีเมนต์คาร์ไบด์ 15

2.2 แสดงชิ้นส่วนและเครื่องมือทำด้วยคาร์ไบด์ 16

2.3 แสดงลักษณะของรอยสึกหรอของเครื่องมือตัด 17

2.4 แสดงการสึกหรอที่เกิดจากการเสียดสี 19

2.5 การสึกหรอของมีดตัด 20

2.6 การแปรเปลี่ยนไปของอัตราการสึกกร่อน 22

2.7 แสดงขนาดของชิ้นส่วนที่หลุดไปจากผิวที่เปลี่ยนไป 24

2.8 แสดงผลของเปลี่ยนแปลงที่มีต่อความเสียดทานและอัตราการสึกหรอ 24

2.9 อุปกรณ์สำหรับทดสอบการสึกหรอเมื่อเกิดการขัดสีบนผิวหน้าใหม่อยู่เสมอ 25

2.10 การเกิด built up edge ที่คมตัดของมีด 26

2.11 (a) รูปร่างของ flank wear ที่เกิดบน clearance face

(b) รูปร่างของ crater wear ที่สมมุติโดย J. Taylor 27

2.12 ความลึกของ crater ที่แปรเปลี่ยนตามเวลา 27

2.13 Section through rake face of high speed steel tool after cutting austenitic stainless steel containing Ti(C,N) particle. 28

2.14 แบบจำลองของขบวนการ แพร่ของมีด Tungsten carbide 29

2.15 White etching layer formed at rake of high speed steel tool after cutting steel at medium cutting speed 30

2.16 Section through rake face of high speed steel tool after cutting steel. Interface characteristic of diffusion wear. 30

2.17 (a) Rake surface and (b) flank of high speed steel tool used to cut steel showing built up edge and sliding wear at position E 33

2.18 Wear mechanism on high speed steel tools 33

2.19 การเพิ่มขนาดของ flank wear เมื่อเวลาเปลี่ยนไป 35

2.20 ผลของความเร็วตัดที่มีต่อ critical flank wear 35

2.21 อายุการใช้งานของมีดตัดที่สภาวะการตัดต่างๆ 36

2.22 (a) Crater wear contour : Carbide P-25

(b) Crater wear contour : HSS 38

2.23 แสดงการวัดค่าอัตราส่วน d_c/h_c 39

2.24 แสดงโครงสร้างจุลภาคของเหล็กหล่อสีขาว 46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.25 แสดงรูปร่างของเกล็ดกราไฟต์ในเหล็กหล่อสีเทาเมื่อขยาย 100 เท่า 46
2.26 แสดงหุ่นจำลองสามมิติของเกล็ดกราไฟต์ซึ่งมีลักษณะคล้ายกลีบกุหลาบ 46
2.27 แสดงโครงสร้างจุลภาคของเหล็กหล่อสีเทา 48
2.28 การกลึงปาดหน้า 49
2.29 วิธีตั้งมีดกลึงปาดหน้า 2 แบบ 49
2.30 วิธีกลึงปาดหน้าแบบเลื่อนมีดกลึงออกจากจุดศูนย์กลางชิ้นงาน 50
2.31 วิธีกลึงปาดหน้าแบบเลื่อนมีดกลึงเข้าหาจุดศูนย์กลางกลางชิ้นงาน 50
2.32 วิธีกลึงปอกผิว 51
2.33 แสดงกราฟการกระจายของ Fisher 52
2.34 แสดงผลกระทบของความเร็วที่มีต่อต้นทุนต่างๆ 56
4.1 แสดงปริมาณจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้แต่ละคมตัดของเบอร์มีดตัด DNMG150408A 74
4.2 แสดงปริมาณจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้แต่ละคมตัดของเบอร์มีดตัด DNMG150408B 76
4.3 แสดงปริมาณจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้แต่ละคมตัดของเบอร์มีดตัด DNMG150408C 78
4.4 แสดงปริมาณจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้แต่ละคมตัดของเบอร์มีดตัด DNMG150408D 80
4.5 แสดงปริมาณจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้แต่ละคมตัดของเบอร์มีดตัด DNMG150408E 82
4.6 กราฟระหว่างอายุเฉลี่ยของมีดตัด(บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย)
กับความเร็วรอบ 84
4.7 กราฟระหว่างอายุเฉลี่ยของมีดตัด(บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย)
กับความเร็วรอบ 85
4.8 กราฟระหว่างอายุเฉลี่ยของมีดตัด(บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย)
กับความเร็วรอบ 86
4.9 กราฟระหว่างอายุเฉลี่ยของมีดตัด(บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย)
กับความเร็วรอบ 87
4.10 กราฟระหว่างอายุเฉลี่ยของมีดตัด(บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย)
กับความเร็วรอบ 88
4.11 กราฟระหว่างอายุเฉลี่ยของมีดตัด(บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย)
กับชนิดของมีดตัด 89
4.12 กราฟเปรียบเทียบระหว่างอายุเฉลี่ยของมีดตัด 5 ชนิด
(บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย)กับความเร็วรอบ 90

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.1 แสดงอายุเฉลี่ยของมีดตัดที่ได้จากการคำนวณ (บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย) กับความเร็วรอบ 99
5.2 แสดงอายุเฉลี่ยของมีดตัดที่ได้จากการคำนวณ (บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย) กับความเร็วรอบ 100
5.3 แสดงอายุเฉลี่ยของมีดตัดที่ได้จากการคำนวณ (บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย) กับความเร็วรอบ 101
5.4 แสดงอายุเฉลี่ยของมีดตัดที่ได้จากการคำนวณ (บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย) กับความเร็วรอบ 102
5.5 แสดงอายุเฉลี่ยของมีดตัดที่ได้จากการคำนวณ (บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย) กับความเร็วรอบ 103
5.6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างอายุเฉลี่ยของมีดตัด 5 ชนิด ที่ได้จากการคำนวณ (บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย) กับความเร็วรอบ 104
5.7 กราฟเปรียบเทียบอายุเฉลี่ยของมีดตัดที่ 1 (บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย) จากข้อมูลที่เก็บได้จริง (real)และข้อมูลที่คำนวณจากสมการอายุของมีดตัดที่ 1 (cal) กับความเร็วรอบ 105
5.8 กราฟเปรียบเทียบอายุเฉลี่ยของมีดตัดที่ 2 (บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย) จากข้อมูลที่เก็บได้จริง (real)และข้อมูลที่คำนวณจากสมการอายุของมีดตัดที่ 1 (cal) กับความเร็วรอบ 106
5.9 กราฟเปรียบเทียบอายุเฉลี่ยของมีดตัดที่ 3 (บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย) จากข้อมูลที่เก็บได้จริง (real)และข้อมูลที่คำนวณจากสมการอายุของมีดตัดที่ 1 (cal) กับความเร็วรอบ 107
5.10 กราฟเปรียบเทียบอายุเฉลี่ยของมีดตัดที่ 4 (บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย) จากข้อมูลที่เก็บได้จริง (real)และข้อมูลที่คำนวณจากสมการอายุของมีดตัดที่ 1 (cal) กับความเร็วรอบ 108
5.11 กราฟเปรียบเทียบอายุเฉลี่ยของมีดตัดที่ 5 (บอกเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้เฉลี่ย) จากข้อมูลที่เก็บได้จริง (real)และข้อมูลที่คำนวณจากสมการอายุของมีดตัดที่ 1 (cal) กับความเร็วรอบ 109
5.12 การเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหันในค่า n 111
6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่อชิ้นงานกับความเร็วตัด 118
6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่อชิ้นงานกับความเร็วตัด 119

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

6.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่อชิ้นงานกับความเร็วตัด 120
6.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่อชิ้นงานกับความเร็วตัด 121
6.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่อชิ้นงานกับความเร็วตัด 122
6.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่อชิ้น
ของมีดตัด 5 ชนิดกับความเร็วตัด 123
6.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตกับความเร็วตัด 128
6.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตกับความเร็วตัด 129
6.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตกับความเร็วตัด 130
6.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตกับความเร็วตัด 131
6.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตกับความเร็วตัด 132
6.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิต
ของมีดตัด 5 ชนิดกับความเร็วตัด 133
7.1 แสดงช่วงความเร็วตัดที่ประสิทธิภาพสูงสุดของมีดตัดที่ชนิดที่ 1 148
7.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการกลึงกับช่วงความเร็วตัดของมีดตัดแต่ละชนิด....151
7.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตกับช่วงความเร็วตัดของมีดตัดแต่ละชนิด 151
ข.1 มีดตัด DNMG150408A 162
ข.2 มีดตัด DNMG150408B 163
ข.3 มีดตัด DNMG150408C 164
ข.4 มีดตัด DNMG150408D 165
ข.5 มีดตัด DNMG150408E 166
ข.6 เครื่องกลึงที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC turning machine) 167
ข.7 เครื่องวัดความเรียบผิว (roughness tester) 168
ข.8 เครื่องวัดเปอร์เซนต์ความเข้มข้นของสารหล่อเย็น (refractometer) 169
ข.9 ชิ้นงานก่อนกลึง 170
ข.10 ชิ้นงานหลังกลึง 171
ข.11 แสดงการจับยึดชิ้นงานและมีดตัด 172
ค.1 แบบขนาดและความเรียบผิวต่างๆของชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์ 174

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

C B N	แทนหน่วยคิวบิกโบรอนไนไตรด์ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ทำมีดตัดสมัยใหม่แบบหนึ่ง
Sintered Diamond	มีดตัดเศษเพชรอัดแน่นทนความร้อนได้ดีมาก มีความแข็งสูง
Cermets	สารผสมระหว่างเซรามิกและโลหะ
CNC	ย่อมาจาก Computer Numerical Control
FC25	แทนด้วยชั้นมาตรฐานเหล็กหล่อสีเทาตาม JIS
ISO	ย่อมาจาก International Organization for Standardization
JIS	ย่อมาจาก JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD
WC	แทนด้วยสารประกอบทังสเตนคาร์ไบด์
α	ระดับนัยสำคัญ หรือความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1
β	ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 2
μ	ค่าเฉลี่ยของประชากร
ε	ความผิดพลาด หรือความคลาดเคลื่อน
F	ตัวสถิติเอฟ
X_{ijk}	ความแปรผันของตัวแปรตามเนื่องจาก 2 ปัจจัยและอิทธิพลร่วมของปัจจัย
μ	ค่าเฉลี่ยของประชากร
α_i	อิทธิพลของปัจจัย A หรือ ความเร็วรอบ
β_j	อิทธิพลของปัจจัย B หรือ ชนิดของมีดตัด
$(\alpha\beta)_{ij}$	อิทธิพลร่วมของปัจจัย AB หรือ ความเร็วรอบและชนิดของมีดตัด
ε_{ijk}	ความผิดพลาดแบบสุ่ม(ความแปรผันโดยธรรมชาติของข้อมูล)
ANOVA	การวิเคราะห์ความแปรปรวน
Uncontrollable factor	ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้
Noise factor	ปัจจัยรบกวน
Factorial design	การออกแบบการทดลองแบบแฟคโทเรียล
SS	ผลรวมกำลังสอง
Tool Life	อายุการใช้งานของมีดตัด
Wear	การสึกหรอ
Rake Face	ผิวหน้าคายเศษโลหะ
Cutting Edge	คมตัด
Surface Finish	ความเรียบที่ผิว

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

Build up edge	เศษโลหะเข้มติดหน้ามีด
Adhesive Wear	การสึกหรอเนื่องจากการยึดเหนี่ยว
Abrasion Wear	การสึกหรอเนื่องจากการขัดสี
Plastic Deformation	การเปลี่ยนรูปอย่างถาวร
Oxidation Wear	การสึกหรอเนื่องจากออกซิเดชัน
Surface Treatment	ผิวที่อบชุบ
Friction Area	บริเวณเสียดสี
Contact Zone	โซนสัมผัส
HSS	High Speed Steel หรือเหล็กกล้ารอบสูง
C	คาร์บอน
Ni	นิเกิล
Si	ซิลิคอน
d	ความลึกในการตัด (มิลลิเมตร)
f	อัตราการป้อน (ฟุต/นาที)
Slipped	การเลื่อน
Tool Wear	การสึกหรอของมีดตัด
Tempering	การอบคืนไฟ
Anneal	อบอ่อน
Heat Treatment	ขบวนการให้ความร้อน
Nose Radius	ปลายมนที่ปลายมีด
Micron(Z)	ไมครอน
Power Force	แรงตัด
Tool Material	วัสดุที่ใช้ทำมีดตัด
Fail	การสูญเสียสภาพการใช้งาน
Flank Wear	ขนาดของรอยสึก(Wear Land)
Crater	ขนาดของหลุม
Optimum	จุดที่เหมาะสมที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย