คอมพิวเตอร์ช่วยการวิเคราะห์หาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการปฏิบัติงานกลึง

นายสัญญา พิพัฒพรรณวงศ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-347-063-8
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPUTER AIDED ANALYSIS OF THE OPTIMAL CUTTING SPEED FOR TURNING OPERATION

Mr. Sanya Pipatpanwong

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
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2000
ISBN 974-347-063-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	คอมพิวเตอร์ช่วยการวิเคราะห์หาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการปฏิบัติงานกลึง
โดย	นายสัญญา พิพัฒพรรณวงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์

สัญญา พิพัฒพรรณวงศ์ : คอมพิวเตอร์ช่วยการวิเคราะห์หาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการปฏิบัติงานกลึง. (COMPUTER AIDED ANALYSIS OF THE OPTIMAL CUTTING SPEED FOR TURNING OPERATION) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร, 143 หน้า. ISBN 974-347-063-8.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์หาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการปฏิบัติงานกลึง โดยพิจารณาจากผลของการวิเคราะห์โดยหลักการทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ อัตราการผลิตสูงสุด ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด และอัตราผลกำไรสูงสุด

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมา ได้แบ่งการทำงานหลักออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึงกับปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง ได้แก่ ความเร็วตัด อัตราการป้อน และความลึกตัด โดยแสดงออกมาในรูปของสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์ และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับปัจจัยที่มีผลต่อการกลึงแต่ละปัจจัย ส่วนที่สองเป็นการหาความเร็วตัดภายใต้เงื่อนไขที่เป็นผลของการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ อัตราการผลิตสูงสุด ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด และอัตราผลกำไรสูงสุด โดยแสดงออกมาในรูปแบบของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดกับอัตราการผลิต ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต และอัตราผลกำไร ตามลำดับ

การศึกษาเพื่อหาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด ในสภาวะการปฏิบัติงานที่มีความแตกต่างกันของอัตราป้อนและความลึกตัด และหาอายุการใช้งานมีดกลึงจากขนาดของชิ้นงานหลังการกลึง โดยขนาดที่ได้ต้องไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ เมื่อใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ช่วยในการวิเคราะห์พบว่า การเพิ่มอัตราป้อนและความลึกตัดทำให้ความเร็วตัดที่ให้ค่าอัตราการผลิตสูงสุดและความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดลดลง อัตราการผลิตสูงสุดเพิ่มขึ้น และค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดลดลง ส่วนผลที่เกิดขึ้นต่ออัตราผลกำไรพบว่า การเพิ่มอัตราป้อนและความลึกตัดทำให้อัตราผลกำไรสูงสุดเพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ **ลายมือชื่อนิสิต** .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา** .....

ปีการศึกษา 2543 **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** .....

AN ABSTRACT

4070456121 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: Cutting Speed/Tool Life/Production Rate/Total Cost/Profit Rate

SANYA PIPATPANWONG : COMPUTER AIDED ANALYSIS OF THE OPTIMAL CUTTING SPEED FOR TURNING OPERATION. THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROF. SOMCHAI PUAJINDANETR, Ph.D., 143 pp. ISBN 974-347-063-8.

The main purpose of this study was to develop a computer program in aid of finding the most suitable cutting speed for the turning operation with economic cost analysis such as the maximum production rate, the minimum total cost of production and the maximum profit rate.

The computer program developed was divided into two functions. The first function was designed to find out the relationship between the tool life and the cutting variables such as the cutting speed, the feed rate and the depth of cut. This function demonstrated in Taylor's equations and graphs, showing the relationship between tool life and the cutting variables. The second function was performed to determine the optimal cutting speed, with respected to the maximum production rate, the minimum total cost and the maximum profit rate. This function could be able to demonstrate in graphs, which were the relationship between cutting speed and the relevant economic factors.

This study with the purpose to find the optimal cutting speed under the circumstances of the various operating condition such as the feed rate and the depth of cut, finding the tool life judging from the workpiece resulting from the operation with the required dimension not exceeding the acceptable value. Using the computer program developed, it could help to calculate the increased feed rate and depth of cut in order to increase the production rate, to decrease the total cost, to increase the profit rate and to decrease the cutting speed.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department	Industrial Engineering	**Student's signature**	.....
Field of study	Industrial Engineering	**Advisor's signature**	.....
Academic year	2000	**Co-advisor's signature**	.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยมาด้วยดีตลอด และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฏ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ณ

บทที่

1. บทนำ
   - 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
   - 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
   - 1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
   - 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 4
   - 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - 2.1 แนวคิดและทฤษฎี 5
   - 2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27
3. รูปแบบทางคณิตศาสตร์และขั้นตอนการคำนวณ
   - 3.1 รูปแบบทางคณิตศาสตร์ 30
   - 3.2 กลุ่มของตัวแปรที่ต้องกำหนดค่า 37
   - 3.3 ขั้นตอนการคำนวณที่ใช้ในโปรแกรม 38
4. การสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์
   - 4.1 การออกแบบกระบวนการทำงานของโปรแกรม 49
   - 4.2 การเขียนโปรแกรม 51

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

5. การทดลองหาค่าตัวแปรเพื่อใช้วิเคราะห์
   - 5.1 ขอบเขตของการทดลอง 57
   - 5.2 การออกแบบการทดลอง 58
   - 5.3 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง 59
   - 5.4 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง 61
   - 5.5 ผลการทดลอง 63
   - 5.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดลอง 75
6. การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง
   - 6.1 การใช้โปรแกรมเพื่อหาสมการอายุการใช้งานมีดกลึง 78
   - 6.2 การใช้งานโปรแกรมหาสภาวะการกลึงตามหลักการทางเศรษฐศาสตร์ 83
   - 6.3 การใช้งานในส่วนเพิ่มเติมของโปรแกรม 92
   - 6.4 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม 95
7. ผลการวิเคราะห์การทดลองจากโปรแกรม
   - 7.1 ผลของสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด 99
   - 7.2 การวิเคราะห์หาสภาวะการกลึงที่เหมาะสมที่สุด 103
   - 7.3 หลักการวิเคราะห์หาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด 116
   - 7.4 ข้อสังเกตที่ได้จากการใช้โปรแกรม 118
   - 7.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโปรแกรม 122
8. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ
   - 8.1 สรุปผลการวิจัย 123
   - 8.2 ข้อเสนอแนะ 125

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รายการอ้างอิง 126

ภาคผนวก

ก. รูปแบบของสมการที่ใช้ในโปรแกรม 129

ข. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 141

ประวัติผู้เขียน 143

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

3.1 แสดงขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมเพื่อหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งาน 40
3.2 แสดงขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมเพื่อหาอัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต 41
3.3 แสดงขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลง ของอัตราผลิตและค่าใช้จ่ายรวม 42
3.4 แสดงขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมเพื่อหาอัตราผลกำไร 43
3.5 แสดงขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมเพื่อหาอายุการใช้งานมีดกลึง 43
5.1 แสดงสภาวะการทดลองกลึงทั้งหมด 60
5.2 ตารางบันทึกผลการทดลองที่สภาวะต่างๆ 60
5.3 ตารางสรุปผลการทดลอง 61
5.4 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ได้ในสภาวะการกลึงที่ 1 เมื่อ f = 0.2 mm/rev; d = 1 mm 64
5.5 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ได้ในสภาวะการกลึงที่ 2 เมื่อ f = 0.2 mm/rev; d = 2 mm 64
5.6 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ได้ในสภาวะการกลึงที่ 3 เมื่อ f = 0.4 mm/rev; d = 1 mm 64
5.7 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ได้ในสภาวะการกลึงที่ 4 เมื่อ f = 0.4 mm/rev; d = 2 mm 64
5.8 ตารางสรุปผลการทดลอง แสดงจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ 68
5.9 ตารางสรุปผลการทดลอง แสดงอายุการใช้งานมีดกลึง 71
5.10 อายุเฉลี่ยของมีดกลึงที่สภาวะการกลึงต่างๆ 71
5.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน 77
6.1 ผลการเปรียบเทียบตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ของหนังสืออ้างอิง 96
6.2 ผลการเปรียบเทียบตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ของวิทยานิพนธ์ (มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ) 97
6.3 ผลการเปรียบเทียบตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ของวิทยานิพนธ์ (มีดกลึงเซรามิค) 97

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

6.4 ผลการเปรียบเทียบตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ระหว่างการใช้โปรแกรม กับการคำนวณด้วยมือ (ใช้ข้อมูลของสภาวะการกลึงที่ 1 อัตราป้อน 0.2 มิลลิเมตร/รอบ ความลึกตัด 1 มิลลิเมตร) 98
7.1 แสดงค่าความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดของแต่ละสภาวะการกลึง 105
7.2 แสดงค่าความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุดของแต่ละสภาวะการกลึง 105
7.3 แสดงช่วงประสิทธิภาพสูงของความเร็วตัดสำหรับการปฏิบัติงาน ของแต่ละสภาวะการกลึง 105
7.4 แสดงค่าที่เปลี่ยนแปลงไปสูงสุดในช่วงของความเร็วที่เหมาะสมแก่การใช้งาน 107
7.5 แสดงค่าความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุดของแต่ละสภาวะการกลึง 107
7.6 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความเร็วตัดของสภาวะการกลึงที่ 4 117
7.7 อัตราผลกำไรที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงราคาขาย 119
7.8 ผลของการเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึง 120
7.9 ผลของการเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการหยิบชิ้นงานเข้า-ออก 120
7.10 ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราค่าแรง 121
7.11 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคามีดกลึง 121

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

2.1 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อความแข็งของวัสดุที่นำมาทำเครื่องมือตัด 7

2.2 (a) ภาพส่วนประกอบของมีดกลึงในแต่ละด้าน
(b) แสดงรูปร่างเหมือนจริงพร้อมส่วนประกอบของมีดกลึง 8

2.3 แสดงส่วนประกอบของด้ามมีดกลึงและอินเสิร์ท 9

2.4 แสดงรหัสมาตรฐานของอินเสิร์ทมีดกลึง และด้ามจับ (มาตรฐาน ISO 1832-1991) 10

2.5 แสดงคำอธิบายรหัสมาตรฐานของอินเสิร์ทมีดกลึง และด้ามจับ
(มาตรฐาน ISO 1832-1991) 11

2.6 แสดงลักษณะการสึกหรอของเครื่องมือตัด 12

2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสึกหรอกับอายุการใช้งานมีดกลึง 13

2.8 แสดงการสึกหรอที่เกิดตรงด้านข้างมีดกลึง 14

2.9 แสดงการสึกหรอที่เกิดตรงด้านบนมีดกลึง 14

2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับค่าความเร็วตัด
ของวัสดุเครื่องมือตัดชนิดต่างๆ 15

2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานกับความเร็วตัด 19

2.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการกลึงชิ้นงานกับความเร็วตัด 21

2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายรวมในการกลึงชิ้นงานกับความเร็วตัด 21

2.14 แสดงช่วงประสิทธิภาพสูงของความเร็วตัดสำหรับการปฏิบัติงาน 24

3.1 แสดงการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งาน 44

3.2 แสดงการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต 45

3.3 แสดงการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลง
ของอัตราผลิตและค่าใช้จ่ายรวม 46

3.4 แสดงการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาอัตราผลกำไร 47

3.5 แสดงการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาอายุการใช้งานมีดกลึง 48

4.1 แสดงขั้นตอนการเขียนโปรแกรม 53

4.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม 54

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.1 แสดงจุดที่ต้องทำการวัดตรวจสอบบนชิ้นงาน 62
5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้กับความเร็วตัด 65
5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้กับอัตราป้อน 66
5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้กับความลึกตัด 67
5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึงกับความเร็วตัด 72
5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึงกับอัตราป้อน 73
5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึงกับความลึกตัด 74
6.1 หน้าจอโปรแกรมสำหรับเลือกรูปแบบการใช้งาน 80
6.2 แสดงหน้าจอโปรแกรมเพื่อรับค่าปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง 80
6.3 แสดงหน้าจอโปรแกรมเพื่อรับค่าอายุการใช้งานที่เงื่อนไขการกลึงต่างๆ 81
6.4 โปรแกรมแสดงสมการอายุการใช้งานมีดกลึงที่ประมวลผลได้ 81
6.5 กราฟความสัมพันธ์ของอายุการใช้งานมีดกลึงกับความเร็วตัด (Log-Log Scale) ที่แสดงทางหน้าจอโปรแกรม 82
6.6 หน้าจอโปรแกรมสำหรับป้อนข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ 87
6.7 กรอบสำหรับป้อนข้อมูลของปัจจัยการตัด 87
6.8 กรอบสำหรับป้อนข้อมูลรายละเอียดของชิ้นงาน 87
6.9 กรอบสำหรับป้อนข้อมูลที่เกี่ยวกับเวลา และค่าใช้จ่าย 88
6.10 กรอบสำหรับป้อนค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานมีดกลึงของทุกปัจจัยการตัด 88
6.11 กรอบสำหรับป้อนค่าคงที่ในสมการอายุการใช้มีดกลึง กรณีคิดปัจจัยตัดเพียงอย่างเดียว 88
6.12 แสดงปุ่มเปลี่ยนชุดข้อมูล 89
6.13 ตารางแสดงข้อมูลการวิเคราะห์สภาวะการกลึง 89
6.14 ปุ่มเลือกวาดกราฟแต่ละประเภท 89
6.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวมกับความเร็วตัด จากหน้าจอโปรแกรม 90

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

6.16 กราฟวิเคราะห์ความไวที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วตัด จากหน้าจอโปรแกรม 90

6.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลกำไรกับค่าความเร็วตัด จากหน้าจอโปรแกรม 91

6.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึงกับค่าความเร็วตัด จากหน้าจอโปรแกรม 91

6.19 หน้าต่างโปรแกรมสำหรับเลือกระบบหน่วยของข้อมูล 94

6.20 หน้าต่างโปรแกรมสำหรับเลือกประเภทของกราฟวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 94

6.21 หน้าต่างโปรแกรมสำหรับเลือกชุดข้อมูลของกราฟที่ต้องการเปรียบเทียบ 94

6.22 หน้าต่างโปรแกรมสำหรับเลือกชุดข้อมูลของกราฟเพื่อวิเคราะห์ความไว 95

6.23 หน้าต่างโปรแกรมสำหรับเลือกวิเคราะห์ค่าปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง 95

7.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึง ที่ทำการทดลองกับความเร็วตัด (V) 101

7.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึง ที่ทำการทดลองกับอัตราป้อน (f) 101

7.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึง ที่ทำการทดลองกับความลึกในการตัด (d) 102

7.4 แสดงอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวม เมื่อ f = 0.2 mm/rev และ d = 1 mm 108

7.5 แสดงอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวม เมื่อ f = 0.2 mm/rev และ d = 2 mm 108

7.6 แสดงอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวม เมื่อ f = 0.4 mm/rev และ d = 1 mm 109

7.7 แสดงอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวม เมื่อ f = 0.4 mm/rev และ d = 2 mm 109

7.8 แสดงแนวโน้มของความเร็วตัดที่ทำให้ค่าอัตราการผลิตสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราป้อน 110

7.9 แสดงแนวโน้มของความเร็วตัดที่ทำให้ค่าอัตราการผลิตสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกตัด 110

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

7.10 แสดงแนวโน้มของความเร็วตัดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราป้อน 111

7.11 แนวโน้มของความเร็วตัดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกตัด 111

7.12 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความไว ที่ f = 0.2 mm/rev และ d = 1 mm 112

7.13 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความไว ที่ f = 0.2 mm/rev และ d = 2 mm 112

7.14 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความไว ที่ f = 0.4 mm/rev และ d = 1 mm 113

7.15 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความไว ที่ f = 0.4 mm/rev และ d = 2 mm 113

7.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลกำไรกับความเร็วตัด ของสภาวะการกลึงที่ 1 2 และ 3 114

7.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลกำไรกับความเร็วตัด ของสภาวะการกลึงที่ 2 3 และ 4 114

7.18 แสดงแนวโน้มของความเร็วตัดที่ทำให้อัตราผลกำไรสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราป้อน 115

7.19 แสดงแนวโน้มของความเร็วตัดที่ทำให้อัตราผลกำไรสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกตัด 115

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

a ค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์ที่เป็นผลจากความเร็วตัด

b ค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์ที่เป็นผลจากอัตราป้อน

c ค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์ที่เป็นผลจากความลึกตัด

C ค่าคงที่ที่ความเร็วตัดใดๆ ณ อายุการใช้งาน 1 นาที

C_1 ค่าคงที่ที่อัตราป้อนใดๆ ณ อายุการใช้งาน 1 นาที

C_2 ค่าคงที่ที่ความลึกตัดใดๆ ณ อายุการใช้งาน 1 นาที

C_e ค่าใช้จ่ายเฉพาะส่วนที่เกิดขึ้นระหว่างที่กลึงชิ้นงาน

C_h ค่าใช้จ่ายเฉพาะส่วนที่เกิดขึ้นระหว่างที่เปลี่ยนมีดกลึง

C_{misc} ค่าใช้จ่ายเฉพาะส่วนที่เพิ่มเติมต่อหนึ่งชิ้นงาน

C_n ค่าใช้จ่ายเฉพาะส่วนที่เกิดขึ้นระหว่างที่นำชิ้นงานเข้า-ออกเครื่องกลึง และอื่นๆ ที่สูญเปล่า

C_t ค่ามีดกลึง

C_T ค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นทั้งหมดในการกลึงชิ้นงานหนึ่งชิ้น

C_{Tmin} ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด

d ความลึกในการตัด

d_x ความลึกตัดในการกลึงครั้งสุดท้าย

D เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานตอนเริ่มต้น

D_n เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานที่ต้องการภายหลังการกลึง

D_x เส้นผ่าศูนย์กลางก่อนการกลึงครั้งสุดท้าย

f อัตราการป้อนตัด

f_{mc} อัตราการป้อนตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด

f_{mf} อัตราการป้อนตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด

f_{mp} อัตราการป้อนตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด

F_r อัตราผลกำไร

K ค่าคงที่ที่ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกตัดใดๆ ณ อายุการใช้งาน 1 นาที

L ระยะในการกลึงชิ้นงาน

n ค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์ที่เป็นผลจากความเร็วตัด

n_1 ค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์ที่เป็นผลจากอัตราป้อน

n_2 ค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์ที่เป็นผลจากความลึกตัด

N_t จำนวนคมตัดที่ต้องใช้ต่อหนึ่งชิ้นงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

N_T จำนวนครั้งที่ต้องทำการกลึงด้วยค่าความลึกตัดที่มีค่าเท่ากับ d

P_r อัตราการผลิต หรือจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ต่อหน่วยเวลา

P_{rmax} อัตราการผลิตสูงสุด

R_c อัตราค่าแรงงานและค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน

S ราคาขายชิ้นงาน

t_c เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึง

T_{cp} เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึงเฉลี่ยต่อหนึ่งชิ้นงาน

t_n เวลาที่ใช้ในการหยิบชิ้นงานเข้า-ออก และเวลาในส่วนอื่นๆ ที่สูญเปล่า

T อายุการใช้งานมีดกลึง

T_d อายุการใช้งานที่กลึงด้วยความลึกตัดที่มีค่าเท่ากับ d

T_{dx} อายุการใช้งานที่กลึงด้วยความลึกตัดที่มีค่าเท่ากับ d_x

T_m เวลาที่ใช้ในการกลึงชิ้นงาน

T_{md} เวลาที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานด้วยความลึกตัดที่มีค่าเท่ากับ d

T_{mdx} เวลาที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานด้วยความลึกตัดที่มีค่าเท่ากับ d_x

T_{np} จำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ทั้งหมดตลอดอายุการใช้งาน T

T_T เวลารวมทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานหนึ่งชิ้น

V ความเร็วตัด

V_{mc} ความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด

V_{mf} ความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด

V_{mp} ความเร็วตัดอัตราการผลิตสูงสุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญมากอย่างหนึ่งคือ การแปรรูปวัสดุโดยเครื่องจักรกล (Machining Process) ในปัจจุบันกระบวนการแปรรูปวัสดุสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆ โดยใช้เกณฑ์ประเภทของเครื่องจักร ได้แก่การแปรรูปด้วยเครื่องจักรแบบดั้งเดิม (Conventional Machining) เช่น การกลึง การกัด การไส การเจียร และการแปรรูปด้วยเครื่องจักรสมัยใหม่ (Non-Conventional Machining) เช่น การใช้เลเซอร์ (Laser Machining) การใช้กระแสไฟฟ้า (Electrical Discharge Machine) การใช้กระบวนการทางไฟฟ้าเคมี (Electro-Chemical Machining) โดยมากแล้วเครื่องจักรกลสมัยใหม่นี้จะทำงานภายใต้การควมคุมของคอมพิวเตอร์ แต่ถึงแม้ว่าจะมีเครื่องจักรกลสมัยใหม่แล้วก็ตาม เครื่องจักรกลแบบดั้งเดิมก็ยังใช้งานกันอยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เพราะลักษณะงานหลายๆ ประเภทยังคงต้องใช้วิธีการปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลแบบดั้งเดิม จึงได้มีการพัฒนารูปแบบของเครื่องจักรกลแบบดั้งเดิมให้มีความทันสมัยยิ่งขึ้น จนสามารถทำเป็นระบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่นิยมเรียกกันว่าเครื่องจักรซีเอ็นซี (Computer Numerical Control Machine)

เนื่องจากกระบวนแปรรูปด้วยเครื่องจักรกลแบบดั้งเดิม เป็นขั้นตอนพื้นฐานของกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมทั่วไป และใช้กันอย่างแพร่หลายมาก ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาวิธีการต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานขึ้นมาอยู่เสมอ รวมทั้งมีการศึกษาวิจัยถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตด้วยวิธีนี้ จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันเครื่องจักรได้รับการออกแบบให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพดี มีความเที่ยงตรงสูง ดังนั้นอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตก็มีการพัฒนาขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องมือตัด (Cutting Tool) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญที่สุดอย่างหนึ่ง ได้เปลี่ยนมาเป็นแบบสำเร็จรูปและเป็นมาตรฐานในรูปของอินเสิร์ท (Insert) เพื่อรองรับกระบวนการผลิตสมัยใหม่ที่อยู่ในรูปแบบของศูนย์การแปรรูปวัสดุด้วยเครื่องจักรกลภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์ (CNC Machining Center) นอกจากนี้แล้วเครื่องมือตัดที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมานี้ยังสามารถนำมาใช้ในงานที่อยู่ภายใต้สภาวะการปฏิบัติงานที่หนักหน่วง อันเนื่องมาจากอุณหภูมิและแรงกระทำที่สูงจนทำให้เครื่องมือตัดแบบเดิมเกิดการสึกหรอขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตลดลง โดยทั่วไป

แล้วเมื่อเกิดความเสียหายขึ้นกับเครื่องมือตัดแล้วจะทำให้เกิดการสูญเสียความสามารถที่จะผลิตชิ้นงานให้ได้ตามคุณลักษณะที่ถูกกำหนดไว้ เช่น คุณภาพผิวของชิ้นงาน ความสม่ำเสมอของขนาด และอัตราการผลิต

การที่จะเพิ่มผลกำไรในกระบวนการแปรรูปวัสดุด้วยเครื่องจักรกลนั้น ควรพิจารณาจากการเลือกใช้เครื่องจักรกล และเครื่องมือตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับลักษณะของงานที่ทำการผลิต นอกจากนี้แล้วในการปฏิบัติงานนั้น ค่าของตัวแปรต่างๆ ที่มีความสำคัญกับกระบวนการผลิตนี้ โดยเฉพาะค่าของความเร็วตัด ถ้าเลือกใช้ได้อย่างถูกต้องจะทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตลง และเพิ่มอัตราการผลิตให้สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดเวลาที่ใช้ในการผลิตได้ และยังทำให้ได้รับผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย จึงเกิดปัญหาขึ้นตามมาว่า จะต้องใช้วิธีการใดถึงจะทำให้ได้ผลดังกล่าว ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาและวิจัยเพื่อหาค่าของความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้หลักการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์มาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา

วิธีการวิเคราะห์โดยใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาสภาวะสภาวะในการปฏิบัติงานกลึงที่เหมาะสมที่สุดนั้น จะพิจารณาจากค่าของตัวแปรต่างๆ ที่แปรผันไปตามค่าความเร็วตัด ซึ่งได้แก่ อัตราการผลิต ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต และอัตราผลกำไร โดยทั่วไปแล้วจะใช้การคำนวณทำให้รูปแบบของข้อมูลดังกล่าวนี้จะอยู่ในรูปของผลที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งจะได้แต่ข้อมูลของความเร็วตัดที่ให้ค่าวิกฤตของตัวแปรตามเหล่านี้ ข้อจำกัดของวิธีการนี้คือ ผู้ใช้ไม่สามารถเห็นแนวโน้มที่เกิดขึ้นระหว่างความเร็วตัดและตัวแปรตาม และยังยากที่จะเลือกสภาวะในการปฏิบัติงานในกรณีที่มีการเปรียบเทียบระหว่างสภาวะที่แตกต่างกัน

ปัจจุบันนี้คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในการทำงานประเภทต่างๆ มากขึ้น ซอฟท์แวร์คอมพิวเตอร์ที่ใช้กันแพร่หลายสามารถนำประยุกต์ใช้กับการทำงานในรูปแบบเฉพาะบางอย่างได้ แม้แต่ในกรณีของการคำนวณหาสภาวะการปฏิบัติงานกลึง การใช้ซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถในการคำนวณจำพวกโปรแกรมสเปรทชีท เช่น ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล (Microsoft Excel) มาช่วยทำให้การวิเคราะห์ทำได้สะดวกมากขึ้น ทั้งนี้นอกจากจะช่วยในการคำนวณแล้ว ยังสามารถสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ทำให้ผู้ใช้งานได้เห็นถึงแนวโน้มที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วได้อีกด้วย แต่การใช้งานโปรแกรมประเภทนี้ก็ยังมีข้อจำกัดหลายๆ อย่างเกิดขึ้น เป็นต้นว่าจะต้องเรียนรู้วิธีการใช้งานโปรแกรมประเภทนี้อยู่บ้างจึงจะใช้หาสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์ได้ หรือแม้กระทั่งผู้ที่มีความชำนาญในการใช้งานโปรแกรมนี้อยู่แล้วยังต้องใช้เวลาอยู่มากพอสมควรในการจัดรูปแบบหรือออกแบบการทำงานของโปรแกรมเพื่อรองรับการใช้งานให้ได้ตามที่ต้องการทั้งหมด

แนวความคิดที่จะสร้างโปรแกรมเฉพาะทางด้านนี้จึงเกิดขึ้น เพื่อให้รองรับการใช้งานได้อย่างครบถ้วนและมีประสิทธิภาพ ตัดปัญหาเรื่องข้อจำกัดของการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีความยุ่งยากซับซ้อน ทั้งนี้เพราะปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการวิเคราะห์มีจำนวนมาก ทำให้การวิเคราะห์กระทำได้ยากและสูญเสียเวลามาก การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำให้ให้การตัดสินใจกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความสะดวก และยังสามารถเพิ่มเติมผลการวิเคราะห์ในรูปแบบอื่นประกอบการตัดสินใจได้อีกด้วย เช่นการวิเคราะห์ความไวที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของบางปัจจัย หรือการเปรียบเทียบอัตราผลกำไรก็สามารถแสดงให้แก่ผู้ใช้เห็นได้อีกด้วย โดยในการวิจัยครั้งนี้จะเลือกศึกษาจากกระบวนการกลึง เพราะเป็นกระบวนการตัดโลหะที่ใช้กันมากที่สุด และสามารถใช้เป็นพื้นฐานของกระบวนการตัดแบบอื่นๆ ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์หาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการปฏิบัติงานกลึง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้มีการกำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1.3.1 ทำการทดลองโดยใช้เครื่องกลึง

1.3.2 เลือกใช้มีดกลึงคาร์ไบด์ แบบอินเสิร์ท (Inserted carbide tool) ในการทดลอง

1.3.3 เลือกใช้เหล็กเกรด S45C เป็นวัสดุชิ้นงานในการทดลองกลึง

1.3.4 หาความเร็วตัด (Cutting speed) ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำสุด และความเร็วตัดที่ทำให้อัตราการผลิตสูงสุด เมื่อกำหนดให้อัตราการป้อนมีด (Feed rate) และความลึกตัด (Depth of cut) คงที่ที่ค่าต่างๆ

1.3.5 จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนและรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีที่จำเป็นต้องใช้ในงานวิจัย และสำรวจงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้อง

1.4.2 สำรวจและรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการจัดทำโปรแกรม

1.4.3 ศึกษา และทดลองหาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด โดยวิธีการทั่วไป

1.4.4 จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด

1.4.5 นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้วิเคราะห์ปัญหา

1.4.6 ปรับปรุง และแก้ไขให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถรองรับการใช้งานได้ ตามที่กำหนดไว้

1.4.7 สรุปผลการวิจัย และเสนอแนะ

1.4.8 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้คาดหวังถึงประโยชน์ที่จะได้รับ คือ

1.5.1 ทำให้ทราบถึงความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานต่ำและอัตราการผลิตสูง

1.5.2 ทำให้การวิเคราะห์หาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการปฏิบัติงานกลึงสามารถทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.5.3 นำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมที่ต้องใช้กระบวนการกลึง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 เครื่องมือตัด (Cutting Tool) และอินเสิร์ท (Insert)

ในงานอุตสาหกรรมสมัยใหม่เครื่องจักรกลได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น ทำให้อัตราการผลิต และความเที่ยงตรงของขนาดชิ้นงานเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้นการใช้เครื่องมือตัดสมัยเก่าจึงไม่เหมาะสมกับการผลิตในปัจจุบันนี้มากนัก เพราะต้องเสียเวลาในการถอดมาปรับแต่งลับคม ซึ่งในการลับคมแต่ละครั้งก็เป็นการยากที่จะควบคุมให้ได้มุมและความคมเท่าเดิมทำให้งานที่ได้มาไม่ได้มาตราฐาน ดังนั้นมีดกลึงสำเร็จรูปที่เป็นมาตรฐานในรูปของอินเสิร์ท (Indexable Insert) ที่ถอดเปลี่ยนง่ายและรวดเร็วจึงเข้ามาแทนที่มีดกลึงแบบเดิม

ทางด้านวัสดุที่ใช้สำหรับทำอินเสิร์ทก็ได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีหลายประเภทตามลักษณะการใช้งานที่เหมาะสม ในตอนแรกเริ่มจากการนำเหล็กกลุ่มที่มีธาตุผสมสูงโดยเฉพาะทังสเตนและโมลิบดีนัมและธาตุโลหะตัวอื่นๆ ที่จะทำให้คุณสมบัติของวัสดุผสมนี้ดีขึ้นซึ่งได้แก่มีความทนทาน ต่อการสั่นสะเทือนสูงต้านทานการอ่อนตัวเนื่องจากความร้อนได้ดี รวมทั้งใช้เทคนิคการชุบแข็งอินเสิร์ทเพื่อเพื่อความทนทาน จนต่อมาก็ได้ค้นพบวิธีการเคลือบผิวอินเสิร์ทโดยธาตุโลหะผสมบางตัวเพื่อให้สามารถทนการสึกหรอได้เพิ่มขึ้น โดยที่วัสดุต่างๆ ที่นิยมนำมาใช้ทำอินเสิร์ท ได้แก่

2.1.1.1 ซีเมนต์คาร์ไบด์ (Cemented Carbide) ผลิตโดยกรรมวิธีโลหะผง มีทังสเตนคาร์ไบด์เป็นองค์ประกอบและโคบอลท์เป็นตัวประสาน คุณสมบัติมีความแข็งแรงที่อุณหภูมิปกติและความแข็งไม่ลดต่ำลงมากที่อุณหภูมิสูง มีความต้านทานแรงกดสูง แต่มีความต้านทานแรงดึงต่ำกว่าเหล็กกล้า มีดคาร์ไบด์เป็นที่นิยมใช้กันกว้างขวาง เพราะมีรูปร่างให้เลือกมากมาย ทั้งแบบคมตัดเดียวและหลายคมตัด มักใช้ในงานกลึง งานกัด งานปาดหน้า เป็นต้น

2.1.1.2 คาร์ไบด์ชนิดเคลือบ (Coated Carbide) ทำจากทังสเตนคาร์ไบด์ซึ่งมีคุณสมบัติทนทานต่อการสึกหรอ เมื่อเคลือบผิวด้วยสารประกอบ เช่น ไททาเนียมคาร์ไบด์ (TiC) ไททาเนียมไนไตรด์ (TiN) หรือไดอลูมิเนียมไตรออกไซด์ (Al_2O_3) ทำให้มีความสามารถตัดเนื้อโลหะได้

มากกว่าเดิม 5 เท่า ซึ่งมีทั้งชนิดที่เคลือบชั้นเดียวและหลายชั้น แต่ไม่เหมาะที่จะใช้กับงานไลท์ฟินิชชิ่ง (Light Finishing) งานที่ผิวชิ้นงานขรุขระมีทรายฝังอยู่หรือผิวมีเกล็ด รวมทั้งไม่เหมาะกับการกัดหรือปลอกโลหะนอกกลุ่มเหล็กเช่นเดียวกับมีดตัดคาร์ไบด์ธรรมดา

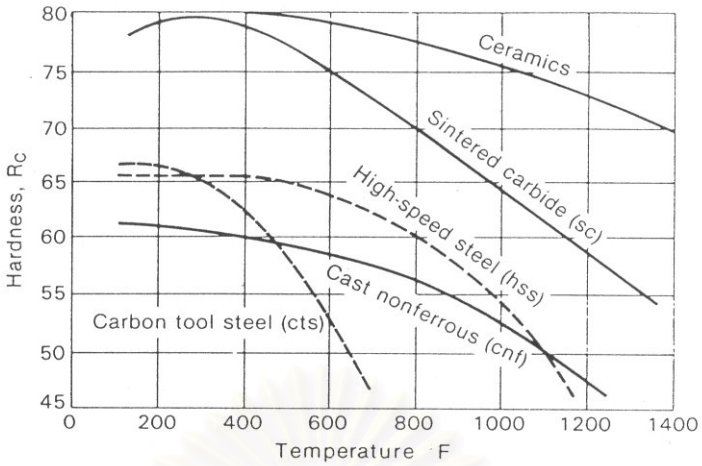
2.1.1.3 เซรามิก แบ่งออกเป็นสองชนิดคืออลูมิน่าบริสุทธิ์ (Al_2O_3) และคอมโพสิท มีความแข็งมาก สามารถปลอกเนื้อโลหะได้เร็วกว่ามีดชนิดอื่นๆ ทนความร้อนสูงจึงทำให้ยังคงแข็งแรงแม้จะใช้งานในที่อุณหภูมิสูง ทนการสึกหรอ และนำความร้อนต่ำ สามารถกลึงงานด้วยความเร็วสูงติดต่อกันได้นาน และมีความเที่ยงตรงในการขึ้นรูป แต่มีความเปราะ จึงต้องระวังไม่ให้ได้รับความร้อนหรือแรงกระแทกในทันทีทันใด (Thermal and Mechanical Shock)

2.1.1.4 ไททาเนียมคาร์ไบด์หรือเซอร์เม็ท (TiC, Cermet) มีไททาเนียมและคาร์บอนเป็นส่วนประกอบ โดยมีนิกเกิลและโมลิบดีนัมเป็นตัวประสาน ถือเป็นคาร์ไบด์ที่มีความแข็งที่สุด มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเซรามิก ใช้สำหรับกลึงงานละเอียด ลักษณะเด่นของเซอร์เม็ท คือทนการสึกหรอแบบเป็นหลุม (Crater Wear) ได้ดีมาก ไม่ทำให้เกิดการเกาะตัวของเศษโลหะที่มุมมีด (Build Up Edge) ได้ง่าย และให้คุณภาพของผิวงานดีมาก

2.1.1.5 เพชรแบบโพลีคริสตันลีน (Polycrystalline Diamond) เป็นวัสดุกลุ่มอโลหะที่มีความแข็งมากอีกประเภทหนึ่ง เหมาะสำหรับใช้ปลอกวัสดุอโลหะ หรือโลหะนอกกลุ่มเหล็ก แต่ไม่เหมาะกับงานปลอกเหล็ก เพราะจะทำปฏิกิริยากับเหล็กได้ในที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากมีราคาสูงจึงไม่นิยมใช้กันแพร่หลายนัก มักจะใช้กับงานปลอกกราไฟต์พลาสติก และแก้วเสริมพลาสติก

2.1.1.6 คิวบิคโบรอนไนไตรด์ (Cubic Boron Nitride, CBN) เป็นวัสดุแข็งมาก (Super Hard Material) ซึ่งมีเซรามิกเป็นตัวประสาน ใช้ตัดเหล็กแข็งได้ดีมาก เหมาะสำหรับใช้ในงานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง จึงมักที่จะนำมาใช้ในขั้นตอนสุดท้าย (Finishing) ทำให้สามารถลดขั้นตอนการเจียระไนลงไปได้ เนื่องจากมีความแข็งมากทนการสึกหรอได้ดีมาก ทำให้ขนาดและผิวที่ออกมาแน่นอนและสวยงาม สามารถใช้ความเร็วตัดได้สูงกว่าทังสเตนคาร์ไบด์หลายเท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



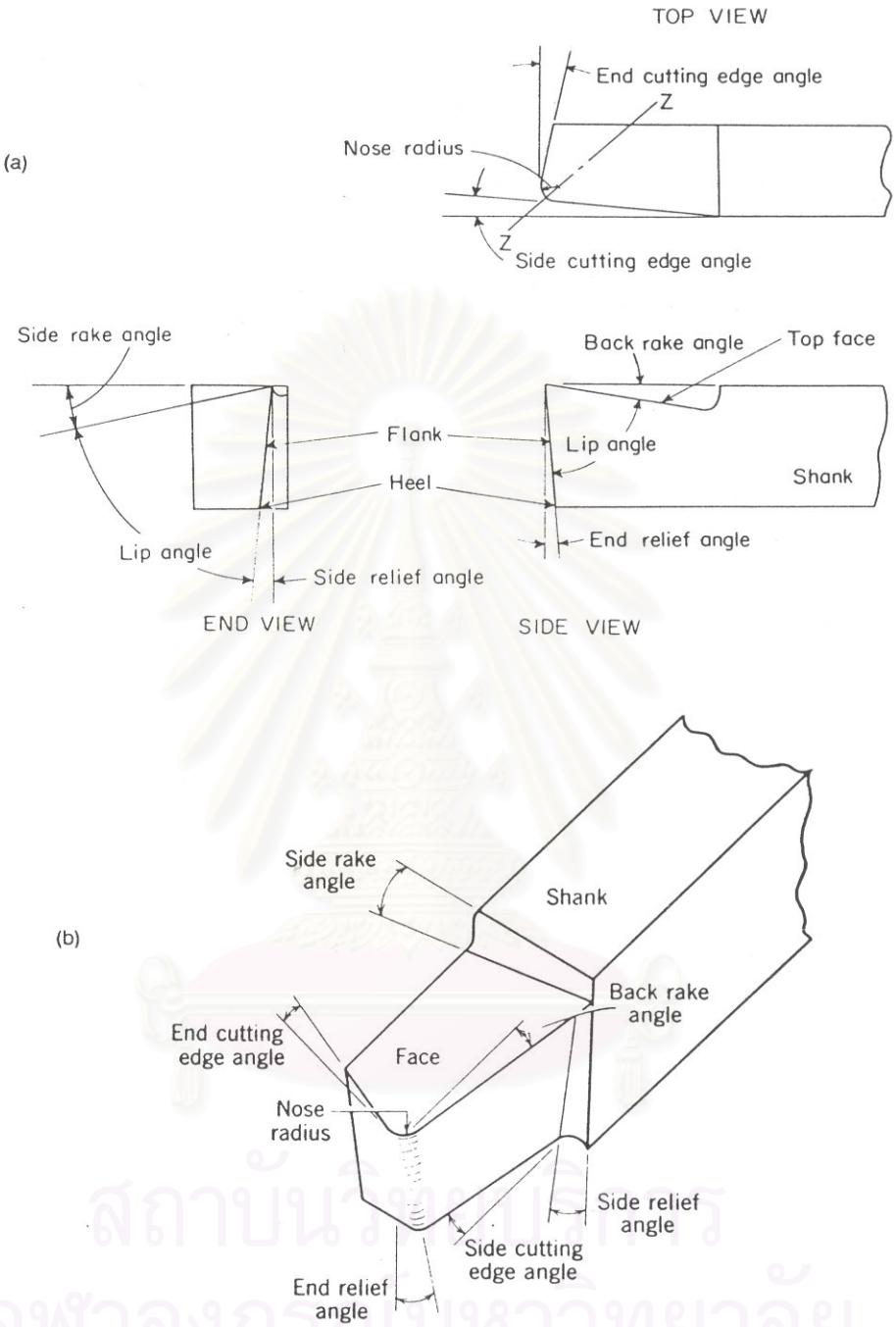
รูปที่ 2.1 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อความแข็งของวัสดุที่นำมาทำเครื่องมือตัด

2.1.2 ส่วนประกอบของเครื่องมือตัด

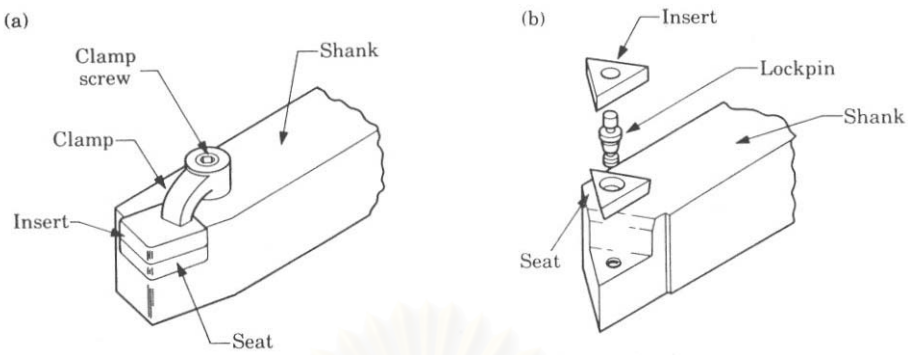
โดยทั่วไปแล้วเครื่องมือตัดไม่ว่าจะเป็นของกระบวนการแปรรูปวัสดุด้วยเครื่องจักรกลชนิดใดก็ตาม จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญสามอย่าง ได้แก่ วัสดุที่ใช้ทำมีด คมมีด และการจับยึดมีด เครื่องมือตัดสำหรับงานกลึงหรือมีดกลึงนั้นจะมีลักษณะและรายละเอียดดังในรูปที่ 2.2 สำหรับมีดกลึงอยู่ในรูปของอินเสิร์ท เมื่อนำมาใช้งานนั้นจะต้องนำมาประกอบยึดติดกับด้ามจับตามลักษณะดังรูปที่ 2.3 หลังจากกลึงชิ้นงานจนมีดเกิดความเสียหายก็ถอดเปลี่ยนเฉพาะตัวอินเสิร์ท และเพื่อรองรับการทำงานที่หลากหลาย อินเสิร์ทจึงมีผลิตออกมามากมายหลายชนิดด้วยเช่นกัน เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อผู้ใช้งานจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานของอินเสิร์ท และด้ามจับอินเสิร์ทขึ้นมา ซึ่งมาตรฐานที่ใช้กันทั่วไปในขณะนี้เป็นมาตรฐานของ ISO มีลักษณะเป็นรหัสตัวเลขและตัวอักษรรวมกัน 10 ตัว ความหมายของตัวเลขและตัวอักษรแต่ละตัวของอินเสิร์ท และด้ามจับมีดกลึงแสดงในรูปที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

2.1.3 การสึกหรอของเครื่องมือตัด

การทำงานของเครื่องมือตัดที่ไม่สมบูรณ์จะก่อให้เกิดความเสียหายขึ้น ส่วนใหญ่แล้วเป็นผลเนื่องมาจากการสึกหรอของคมมีดตัด ซึ่งเมื่อคมตัดสึกหรอถึงจุดหนึ่งแทนที่จะทำให้เกิดการตัดวัสดุขึ้น กลับกลายเป็นว่าจะเกิดการขัดถูกันระหว่างชิ้นงานและเครื่องมือตัดเท่านั้นเอง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้แรงในการทำงานเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้เกิดความร้อนและอุณหภูมิสูงขึ้นตามมา ชิ้นงานที่ได้จึงมีคุณภาพต่ำทั้งผิวของชิ้นงาน ขนาดและความเรียบผิว



รูปที่ 2.2 (a) ภาพส่วนประกอบของมีดกลึงในแต่ละด้าน (b) แสดงรูปร่างเหมือนจริงพร้อมส่วนประกอบของมีดกลึง



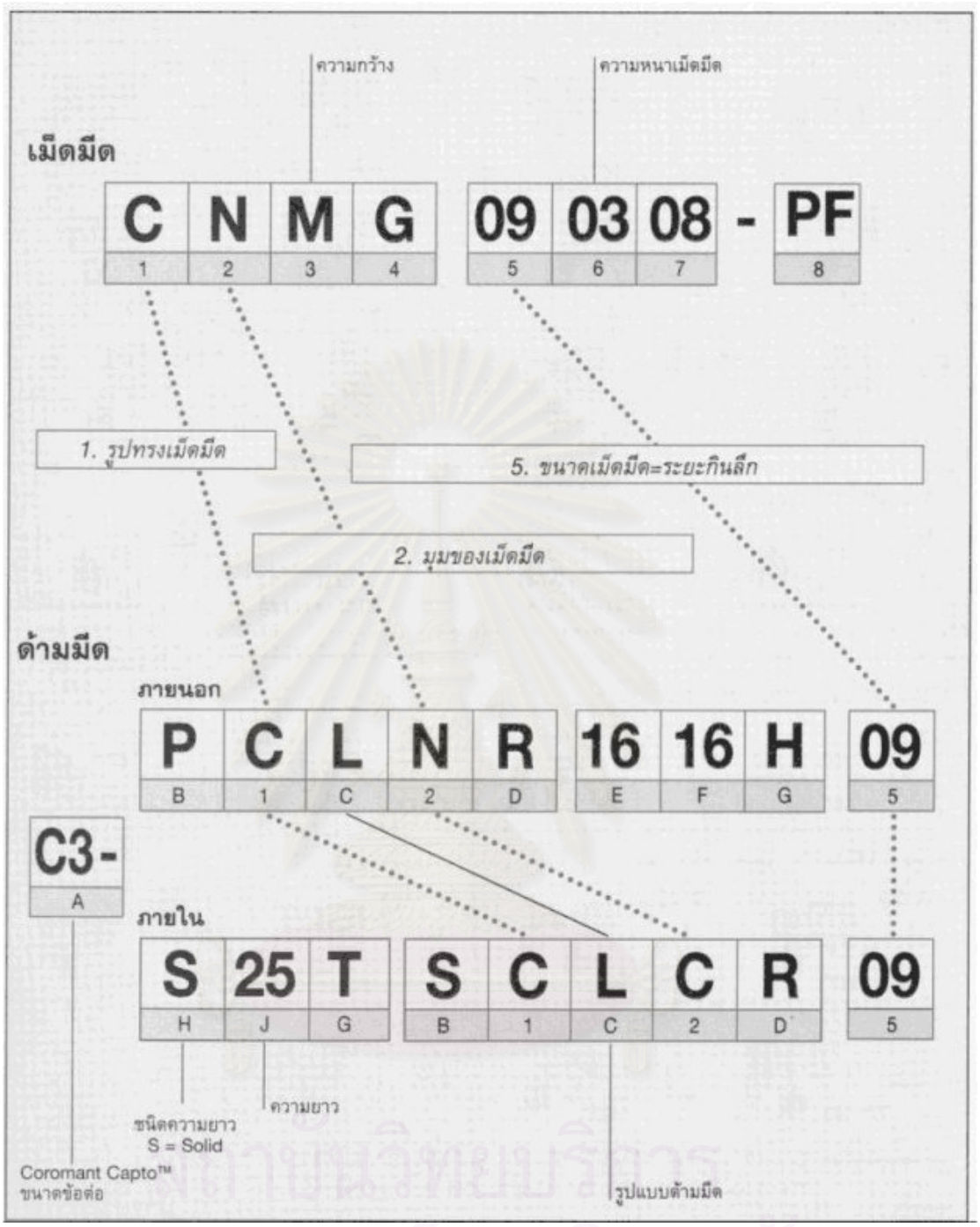
รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของด้ามมีดกลึงและอินเสิร์ท

การสึกหรอของเครื่องมือตัด เป็นปรากฏการณ์ที่มีความละเอียดซับซ้อนเป็นผลอันเนื่องมาจากหลายๆ ปัจจัย ได้แก่

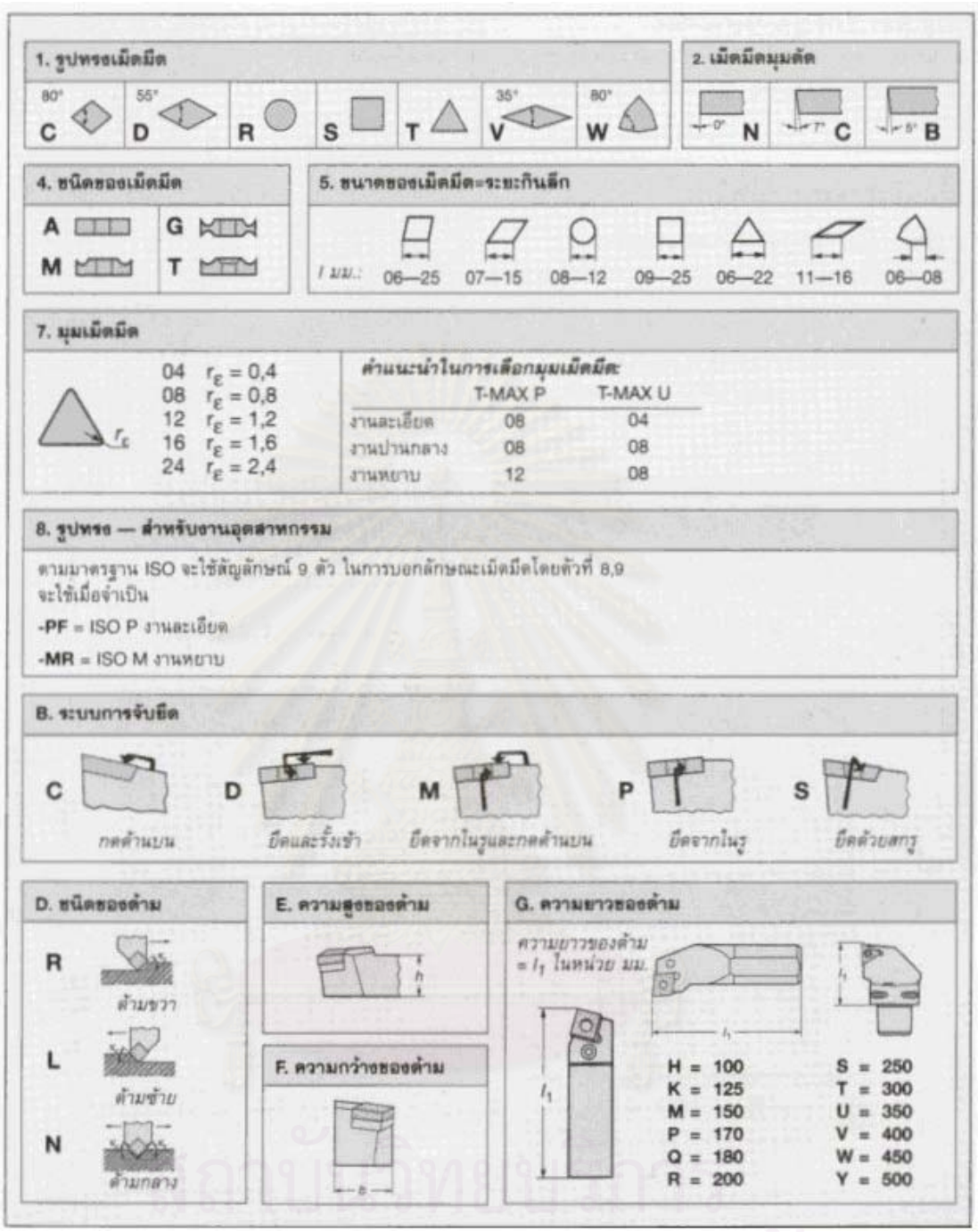
2.1.3.1 การสึกหรอเนื่องมาจากการเสียดสี (Abrasion Wear) เมื่อการเศษโลหะ (Chip) ขึ้นระหว่างที่โลหะสองชนิดกำลังขัดสีกันอยู่ เศษโลหะนั้นบางส่วนจะเคลื่อนที่ผ่านมีดกลึงและเกิดการเสียดสีขึ้นระหว่างเศษโลหะและมีดกลึง ถึงแม้ว่าแรงที่เกิดขึ้นในการเสียดสีจะมีไม่มาก แต่ก็ทำให้เกิดการเสียรูปร่างแบบพลาสติกได้ (Plastic Deformation) ทำให้มีดกลึงเกิดการสึกหรอขึ้น

2.1.3.2 การสึกหรอเนื่องมาจากการเกาะติด (Adhesion Wear) เมื่อเกิดการขัดสีกันระหว่างโลหะสองชนิดซ้ำไปซ้ำมาบนผิวสัมผัสเดิมในกรณีที่มีแรงมากระทำสูงมากพอ จะทำให้โลหะที่อ่อนกว่าส่วนหนึ่งเกิดการหลอมละลายไปติดกับโลหะที่แข็งกว่าซึ่งในที่นี้ก็คือมีดกลึง ทำให้โลหะที่แข็งกว่าเกิดเป็นปุ่มนูนขึ้น ซึ่งปุ่มนูนนั้นจะหลุดออกไปเพราะเกิดแรงกระแทกขึ้นบริเวณปุ่มนูนในระหว่างที่โลหะทั้งสองทำการขัดสีกันต่อ ทำให้ผิวหน้าเดิมของโลหะที่แข็งกว่าเกิดรอยฉีกขึ้นเป็นผลให้โลหะที่แข็งกว่าเกิดการสึกร่อน

2.1.3.3 การสึกหรอเนื่องมาจากการแพร่ (Diffusion Wear) เกิดจากการแพร่ของอะตอมที่ผิวหน้าของโลหะที่เกิดการขัดสีกัน การแพร่จะเกิดได้มากขึ้นเมื่อบริเวณที่เกิดการสัมผัสมีอุณหภูมิสูง และมีความเร็วต่ำ เมื่ออะตอมของธาตุบางอย่างในมีดกลึงแพร่ออกไป จึงทำให้คุณสมบัติของมีดกลึงเปลี่ยนแปลงไป อาจทำให้มีดกลึงมีความแข็งแรงลดลง และในทางกลับกันบางที



รูปที่ 2.4 แสดงรหัสมาตรฐานของอินเสิร์ทมีดกลึง และด้ามจับ (มาตรฐาน ISO 1832-1991)



รูปที่ 2.5 แสดงคำอธิบายรหัสมาตรฐานของอินเสิร์ทมีดกลึง และด้ามจับ (มาตรฐาน ISO 1832-1991)

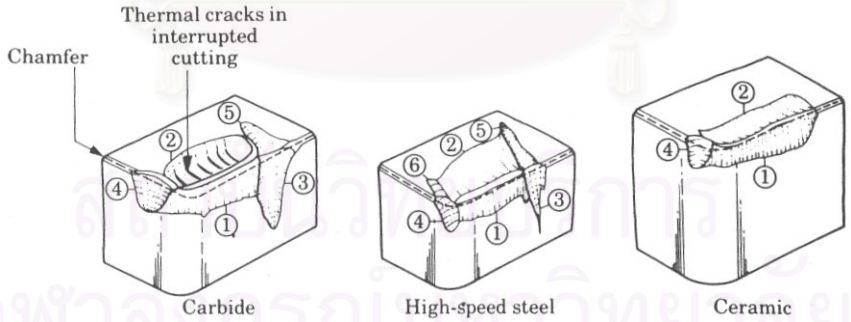
อะตอมที่แพร่ออกไปนั้นทำให้วัสดุชิ้นงานที่กลึงอยู่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีดกลึงเกิดการสึกหรอขึ้น

2.1.3.4 ปัจจัยอื่นๆ เช่น ความล้า (Fatigue) การสึกหรอเนื่องมาจากการกัดเซาะ (Erosive Wear) เมื่อทำการตัดโดยมีของเหลวเป็นส่วนประกอบ การสึกหรอเนื่องมาจากการกัดกร่อน (Corrosive Wear) เป็นผลมาจากปฏิกิริยาเคมีที่ผิวสัมผัส การสึกหรอเนื่องมาจากการแตกหัก (Fracture Wear) เมื่อเกิดเศษโลหะขึ้นที่ผิวหน้าของวัสดุเปราะ

รูปแบบการสึกหรอของมีดกลึงที่เกิดขึ้น จะมีลักษณะตามรูปที่ 2.6 ซึ่งแสดงบริเวณสึกหรอของปลายมีด (Nose Wear) ด้านข้างมีด (Flank Wear) และผิวหน้ามีด (Face Wear) ของมีดกลึง เมื่อมีดกลึงตัดผ่านชิ้นงานในระหว่างกระบวนการกลึง จะเกิดการสึกหรอขึ้นในส่วนของปลายมีด และด้านข้างของมีด ดังในภาพ ทำให้มีแนวโน้มที่จะเกิดการสึกกร่อนของมุมเผื่อ (Clearance angle) ส่วนในด้านหน้าของมีดจะเกิดการสึกหรอแบบหลุม (Crater wear)

2.1.4 อายุการใช้งานของเครื่องมือตัด

ไม่ว่าจะเป็นกรณีที่คมตัดมีความแข็งแรงลดลง เนื่องจากอุณหภูมิและความเครียดที่เกิดมาจากการเสียรูปร่างแบบพลาสติกของเครื่องมือตัด หรือการแตกหักของคมตัดจากแรงที่มากระทำมีขนาดใหญ่ หรือชิ้นงานมีความแข็งมาก ก็จะทำให้คมตัดเกิดความเสียหายได้



1. การสึกหรอด้านข้าง (Flank wear or wear land)
2. การสึกหรอแบบหลุม (Crater wear)
3. การสึกหรอที่เส้นความลึกตัด (Primary groove or or depth-of-cut line)
4. การสึกหรอจากปฏิกิริยาเคมี (Secondary groove oxidation wear)
5. รอยบากด้านนอก (Outer metal chip notch)
6. รอยบากด้านใน (Inner chip notch)

รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะการสึกหรอของเครื่องมือตัด

เช่นเดียวกัน ถ้าพิจารณาขนาดของแรงที่ใช้ในการตัดออกมาในรูปความสัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการตัด จะเห็นว่าแรงที่ใช้ในการตัดที่เกิดขึ้นหลังจากที่คมตัดเกิดการเสียหายจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก ทำให้สังเกตุเห็นได้อย่างชัดเจนว่าเครื่องมือตัดนั้นไม่สามารถใช้การได้อีกต่อไป ในรูปที่ 2.7 แสดงกรณีที่เกิดเหตุการณ์ดังกล่าว

จากรูปจะเห็นได้ว่าการสึกหรอเกิดที่เกิดขึ้นในช่วงแรก (Initial Breakdown) จะรวดเร็วมากทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และการเสียรูปแบบพลาสติก ช่วงที่สอง (Uniform Wear Rate) อัตราการสึกหรอที่เกิดขึ้นจะช้าลงและมีลักษณะคงที่ทั้งนี้เพราะการสึกหรอในช่วงนี้ส่วนใหญ่จะเป็นผลจากการสึกหรอทางกล และในช่วงสุดท้าย (Rapid Breakdown) การสึกหรอจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนเกิดการแตกหักของเครื่องมือตัดขึ้น โดยทั่วไปแล้วอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดกำหนดได้จากหลักเกณฑ์ที่สำคัญๆ ดังต่อไปนี้

2.1.4.1 เครื่องมือตัดเกิดการแตกหักหรือเสียหาย

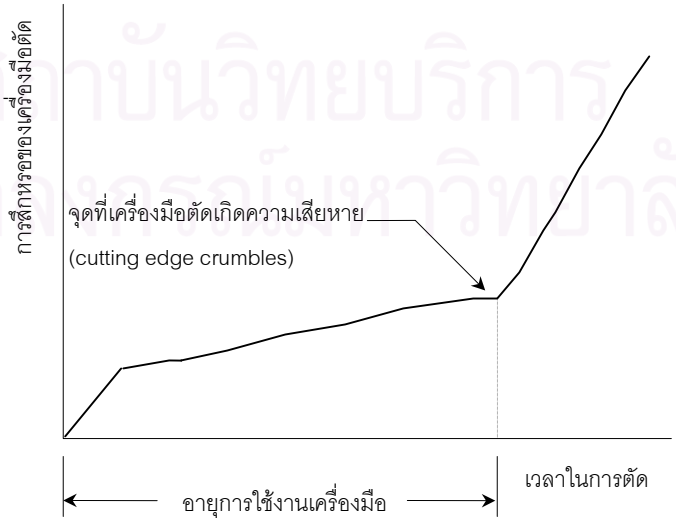
2.1.4.2 ขนาดของบริเวณที่เกิดการสึกหรอด้านข้าง (Flank Wear) ใหญ่เกินไป ดังรูปที่ 2.8

2.1.4.3 ขนาดของบริเวณที่เกิดการสึกหรอแบบหลุม (Crater Wear) กว้างหรือลึกเกินไป ดังรูปที่ 2.9

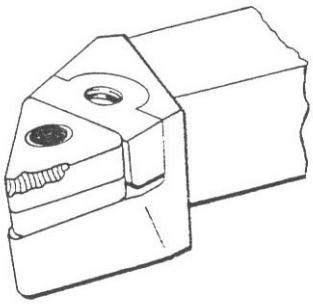
2.1.4.4 การสูญเสียความเที่ยงตรงของขนาดชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานมีขนาดใหญ่กว่าที่กำหนดไว้

2.1.4.5 คุณภาพผิวของชิ้นงานไม่ได้ตามความต้องการ ชิ้นงานมีความเรียบผิวลดลง

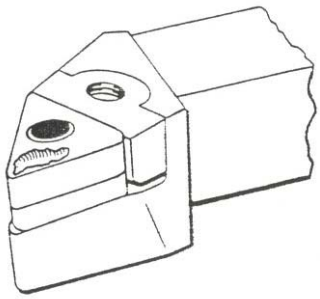
2.1.4.6 แรงที่ต้องใช้ในการตัดโลหะมีค่าสูงเกินไป



รูปที่ 2.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสึกหรอกับอายุการใช้งานมีดกลึง



รูปที่ 2.8 แสดงการสึกหรอที่เกิดตรงด้านข้างมีดกลึง



รูปที่ 2.9 แสดงการสึกหรอที่เกิดตรงด้านบนมีดกลึง

2.1.5 สมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด

ในปี ค.ศ. 1906 Frederick W. Taylor ได้เสนอความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดกับอายุการใช้งานเครื่องมือตัดไว้ดังนี้

$$V \times T^n = C \tag{2.1}$$

เมื่อ V คือ ความเร็วตัด มีหน่วยเป็นเมตรต่อนาที (หรือฟุตต่อนาที)

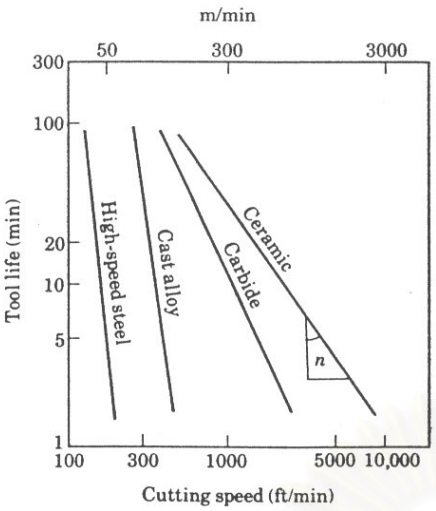
T คือ อายุการใช้งานของเครื่องมือตัด มีหน่วยเป็นนาที

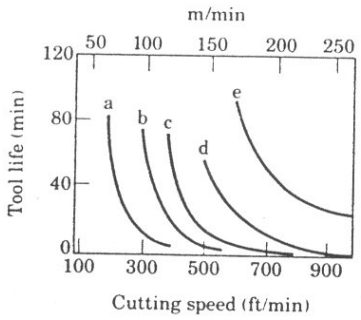
n และ C คือ ค่าคงที่ของสมการอายุการใช้งาน

สมการดังกล่าวนี้ ได้รับการยอมรับและนำไปใช้ในการอ้างอิง โดยเรียกกันว่า สมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์ ค่าคงที่ในสมการนี้ขึ้นกับลักษณะเฉพาะของกระบวนการตัด สามารถหาได้จากการทดลองวัดการสึกหรอของเครื่องมือตัด อย่างไรก็ตามก่อนที่จะทำการทดลองจะต้องมีการเลือกใช้หลักเกณฑ์ที่พิจาณาอายุเครื่องมือตัดก่อน เพื่อที่จะนำมากำหนดขอบเขตของหลักเกณฑ์ดังกล่าวมาหาอายุการใช้งานเครื่องมือตัด ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานเครื่องมือและความเร็วตัดแสดงในรูปที่ 2.10

ต่อมาเทเลอร์ได้ค้นพบความสัมพันธ์ของอัตราการป้อนและความลึกตัดที่มีผลต่ออายุการใช้งานเครื่องมือตัดจึงทำให้สมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดเปลี่ยนเป็น

$$V^a \times f^b \times d^c \times T = K \tag{2.2}$$





	Hardness (HB)	Ferrite	Pearlite
a. As cast	265	20%	80%
b. As cast	215	40	60
c. As cast	207	60	40
d. Annealed	183	97	3
e. Annealed	170	100	—

รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับค่าความเร็วตัดของวัสดุเครื่องมือตัดชนิดต่างๆ

เมื่อ f คือ อัตราป้อน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อรอบ (หรือนิ้วต่อรอบ)

d คือ ความลึกตัด มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (หรือนิ้ว)

a b c และ K คือ ค่าคงที่ของสมการอายุการใช้งาน

2.1.6 การควบคุมลักษณะการทำงานในการตัดโลหะ

ในการใช้เครื่องจักรกลและวัตถุดิบในงานตัดโลหะให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงควรที่จะต้องมีการวางแผนการทำงานขึ้นมาเสียก่อน จากการศึกษาถึงการตัดโลหะสามารถจำแนกสิ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการตัดออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกคือปัจจัยในเรื่องของลักษณะการทำงาน (Process performance parameters) กลุ่มที่สองคือตัวแปรของการตัด (Cutting variables) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.6.1 ปัจจัยในเรื่องของลักษณะการทำงาน

ค่าปัจจัยต่างๆ ที่จะบ่งบอกถึงคุณภาพหรือความสามารถในการผลิต ได้แก่

1. แรงในการตัด
2. ความเรียบของพื้นผิวสำเร็จ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเที่ยงตรง (Accuracy) และขนาดความผิดพลาดที่ยอมรับได้ (Tolerance)

3. อายุการใช้งานของเครื่องมือตัด
4. อุณหภูมิของใบมีดและชิ้นงาน
5. ค่าดัชนีทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย อัตราการผลิตต่อหน่วยเวลา ต้นทุนการผลิตต่อชิ้น และอัตรากำไรต่อหน่วยเวลา

2.1.6.2 ตัวแปรในการตัด (Cutting variables)

ปัจจัยต่างๆ ที่อยู่ภายใต้สภาวะการตัดโลหะที่สามารถควบคุมได้ ได้แก่

1. คุณสมบัติของวัสดุที่เป็นชิ้นงาน
2. คุณสมบัติของวัสดุที่เป็นเครื่องมือตัด
3. ลักษณะทางเรขาคณิตของเครื่องมือตัด
4. ความเร็วในการตัด
5. อัตราการป้อนตัด
6. ระยะลึกของการตัด
7. น้ำยาหล่อเย็นและอัตราการฉีด
8. สภาพของเครื่องจักรกล

2.1.7 ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการกระบวนการกลึงวัสดุ

ตัวแปรที่ที่มีผลต่อการกลึงวัสดุ ใช้ควบคุมคุณสมบัติด้านอื่นๆ เช่น อายุการใช้งานมีดกลึง คุณภาพผิวของชิ้นงาน แรงที่ใช้ในการกลึง เวลาที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น ประกอบด้วย

2.1.7.1 ความเร็วตัด (Cutting Speed) หมายถึงความยาวของเนื้อโลหะชิ้นงานที่ถูกตัดเฉือนผ่านปลายคมตัด ในระยะเวลาที่กำหนด โดยทั่วไปมักกำหนดให้อยู่ในหน่วยเมตรต่อวินาที หรือเมตรต่อนาที

2.1.7.2 อัตราป้อน (Feed Rate) หมายถึงระยะทางที่เครื่องมือตัดเดินไปตามความยาวของชิ้นงานในแต่ละรอบการหมุนของชิ้นงาน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อรอบ

2.1.7.3 ความลึกในการตัด (Depth of Cut) หมายถึงความหนาของวัสดุที่ถูกเฉือนออกมาจากชิ้นงานวัดในทิศทางของรัศมีชิ้นงาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานจะลดลงเป็นสองเท่าของความลึกในการตัด มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

ตัวแปรทั้งสามที่กล่าวมาแล้วนั้นมีความสัมพันธ์กันในการทำงาน กล่าวคือถ้าต้องการงานในลักษณะหยาบๆ จะใช้อัตราป้อนที่สูง ความลึกในการตัดมาก ในขณะที่ความเร็วในการตัดต่ำ ส่วนในงานที่ต้องการความละเอียดจะใช้อัตราป้อนต่ำ ความลึกในการตัดน้อย ความเร็วในการตัดสูง

2.1.8 การวิเคราะห์หาสภาวะการตัดโดยใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์

การเลือกใช้ค่าของตัวแปรที่มีผลต่อการกลึงวัสดุ นอกจากการพิจารณาลักษณะงานแล้ว ในการทำงานควรถือหลักการทางเศรษฐศาสตร์ด้วย เพราะจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง ซึ่งหลักการทางเศรษฐศาสตร์ที่นำมาใช้กับการแปรรูปวัสดุด้วยเครื่องจักรกลนี้ ได้แก่การพิจารณาค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต และอัตราการผลิต ในบางกรณีรวมถึงอัตราผลกำไรด้วย การหาค่าของตัวแปรหรือสภาวะในการปฏิบัติงานนั้น จำเป็นที่จะต้องทำการทดลองหาอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดก่อน แล้วจึงนำมาวิเคราะห์หาจุดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำงาน เพื่อเป็นการลดขั้นตอนการทดลองให้น้อยลง

2.1.8.1 อัตราการผลิต

ในการที่จะกลึงชิ้นงานออกมาแต่ละครั้งนั้น เวลาทั้งหมดที่ใช้ไปต่อหนึ่งชิ้นงานจะประกอบไปด้วยเวลาย่อยๆ สามส่วนด้วยกัน ได้แก่

1. เวลาที่ใช้ในการกลึงชิ้นงาน คือเวลาทั้งหมดที่มีดกลึงได้ทำการกลึงตัดชิ้นงานหนึ่งชิ้น
2. เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึง คือเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึงต่อหนึ่งชิ้นงาน
3. เวลาที่ไม่เกี่ยวกับการกลึง คือเวลาที่เกิดขึ้นนอกเหนือจากเวลาข้างต้น เป็นเวลาของกิจกรรมที่จำเป็นในการกลึงชิ้นงานแต่ละครั้ง แต่ไม่ก่อให้เกิดการผลิต เช่น เวลาที่ใช้ในการหยิบชิ้น4.งานเข้าออกเครื่องกลึง เวลาที่ใช้ในการตั้งเครื่องกลึง โดยนำเวลาเหล่านี้คิดเฉลี่ยต่อหนึ่งชิ้นงาน

$$T_T = T_m + T_{cp} + t_n \tag{2.3}$$

เมื่อ T_T คือ เวลารวมที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานหนึ่งชิ้น มีหน่วยเป็นนาที

T_m คือ เวลาที่ใช้ในการกลึงชิ้นงาน

T_{cp} คือ เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึง

t_n คือ เวลาที่ใช้หยิบชิ้นงานเข้า-ออก และเวลาที่ไม่เกี่ยวข้องกับการกลึง

โดยที่

$$T_m = \frac{\pi DL}{1000 fV} \tag{2.4}$$

และ

$$T_{cp} = T_m \times \frac{1}{T} \times t_c \tag{2.5}$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (หรือนิ้ว)

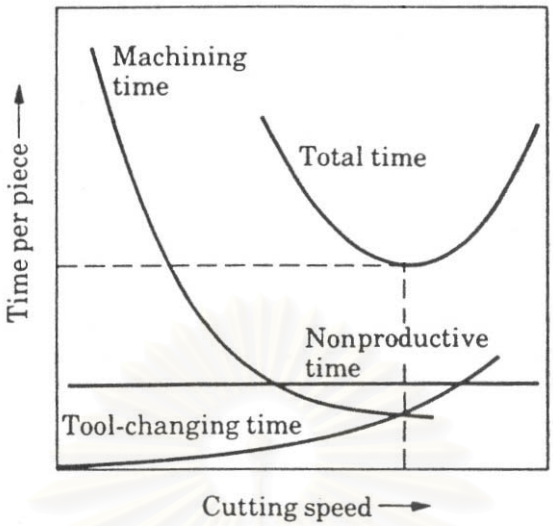
L คือ ระยะในการกลึงตัดชิ้นงาน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (หรือนิ้ว)

t_c คือ เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึงต่อครั้ง มีหน่วยเป็นนาที

หมายเหตุ ในกรณีที่ใช้หน่วยเป็นฟุต ค่าของตัวเลข 1000 ในสมการที่ (2.4) จะเปลี่ยนเป็น 12

ความสัมพันธ์ระหว่างเวลารวมที่ใช้ในการกลึงและความเร็วในการตัดสามารถแสดงด้วยกราฟ ในรูปที่ 2.11 เริ่มต้นความเร็วตัดต่ำมากๆ เวลาที่ใช้ก็สูงขึ้นมากตามไปด้วย เพราะใช้เวลาในการกลึงนาน ต่อมาเมื่อความเร็วในการตัดเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ก็จะลดลงอย่างชัดเจนไปเรื่อยๆ จนถึงจุดที่มีเวลารวมต่ำสุด และ เมื่อความเร็วในการตัดเพิ่มขึ้นเกินกว่าที่จุดนี้ เวลาที่ต้องใช้จะเริ่มเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากเกิดการสึกหรอเพิ่มขึ้นกับมีดกลึงนั่นเอง ทำให้เกิดเวลาสูญเปล่าในการปฏิบัติงาน เนื่องจากต้องเปลี่ยนมีดกลึงบ่อยขึ้น ทำให้เวลาที่เครื่องจักรไม่ได้ทำงานเพิ่มขึ้นด้วย จนในที่สุดความเร็วในการตัดที่สูงมากถึงจุดหนึ่ง จะทำให้เครื่องมือตัดเสียหายทันทีที่เกิดการสัมผัสกับชิ้นงานทำให้ไม่สามารถปฏิบัติงานได้อีก

พิจารณากราฟพบว่าถ้าเครื่องจักรไม่ได้ปฏิบัติการที่ค่าความเร็วตัดที่ทำให้เวลาที่ใช้ในการกลึงต่ำสุดแล้ว จะต้องมีความเร็วตัดสองค่าที่ให้เวลารวมที่ใช้เท่ากันเสมอ ในการปฏิบัติงานควรที่จะเลือกใช้ความเร็วตัดที่ต่ำกว่าแทนที่จะใช้ความเร็วตัดที่สูงกว่า ทั้งนี้เพราะที่



รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานกับความเร็วตัด

ความเร็วต่ำจะใช้เวลาในการผลิตยาวนานกว่า ส่วนที่ความเร็วสูงจะใช้เวลาในการผลิตสั้นกว่า แต่จะมีเวลาที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนเครื่องมือ ดังนั้นจึงเกิดค่าใช้จ่ายขึ้นในส่วนของเครื่องมือตัดมากกว่า

ส่วนกลับของเวลาที่ใช้ในการผลิตนี้ ก็คือค่าอัตราการผลิตนั่นเอง เนื่องจากการพิจารณาข้อมูลในรูปของอัตราการผลิตจะทำให้เข้าใจได้ง่ายกว่าการพิจารณาจากเวลาที่ใช้ในการผลิต ดังนั้นจึงนิยมเปลี่ยนค่าของเวลาที่ใช้ไปต่อชิ้นงานหนึ่งชิ้นเป็นอัตราการผลิต ดังนี้

$$P_r = \frac{1}{T_T} \tag{2.6}$$

หรือ

$$P_r = \frac{1}{T_m + T_{cp} + t_n} \tag{2.7}$$

เมื่อ P_r คือ อัตราการผลิต มีหน่วยเป็นจำนวนชิ้นงานต่อนาที

2.1.8.2 ค่าใช่จ่ายในการผลิต

นอกจากการพิจารณาอัตราการผลิตแล้ว เกณฑ์ในการเลือกสภาวะการปฏิบัตงานยังพิจารณาได้จากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการผลิตด้วย ถ้าทำการพิจารณาเครื่องมือตัดแบบคมตัดเดียว จะพบว่าค่าใช้จ่ายในการผลิตเกิดจากการรวมค่าใช้จ่ายในการผลิตย่อยๆ 4 ส่วนได้แก่

1. ค่าใช้จ่ายในการกลึง คือค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระหว่างที่เครื่องจักรทำการกลึง ได้แก่ ค่าแรง ค่าใช้จ่ายที่เกิดกับเครื่องกลึง และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดอื่นๆ
2. ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนมีดกลึง คือค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการเปลี่ยนมีดกลึง ได้แก่ ค่าแรง ค่าใช้จ่ายที่เกิดกับเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนมีดกลึง และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดอื่นๆ
3. ค่าใช้จ่ายของมีดกลึง หรือค่าเสื่อมราคาของมีดกลึง
4. ค่าใช้จ่ายในการนำชิ้นงานเข้าออกเครื่องกลึง และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการกลึง

ซึ่งค่าใช้จ่ายต่างๆ ทั้งหมดสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$C_T = C_c + C_h + C_t + C_n \tag{2.8}$$

เมื่อ C_T คือ ค่าใช้จ่ายรวม มีหน่วยเป็นบาทต่อชิ้นงาน

C_c คือ ค่าใช่จ่ายในการกลึง

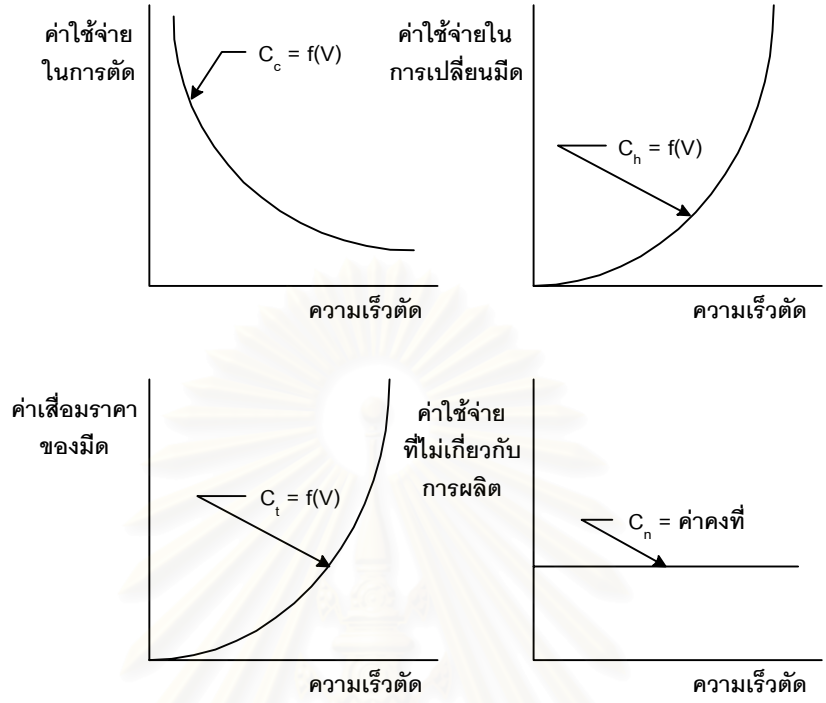
C_h คือ ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนมีดกลึง

C_t คือ ค่าใช้จ่ายของมีดกลึง

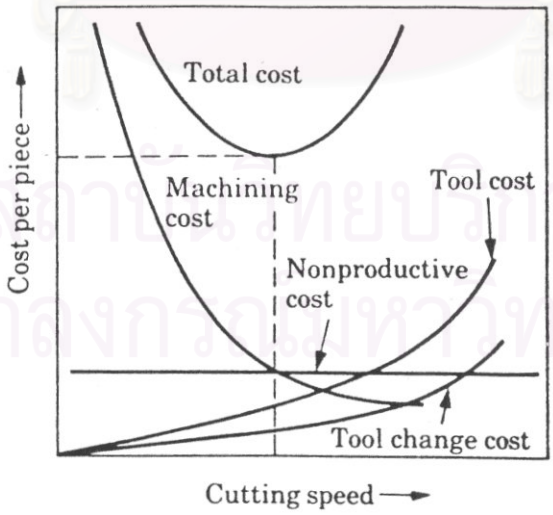
C_n คือ ค่าใช้จ่ายในการนำชิ้นงานเข้า-ออก และค่าใช้จ่ายที่ไม่เกี่ยวข้องกับการกลึง

ในรูปที่ 2.12 แสดงกราฟของค่าใช้จ่ายย่อยที่สัมพันธ์กับความเร็วตัด ส่วนในรูปที่ 2.13 แสดงกราฟของค่าใช้จ่ายรวมที่สัมพันธ์กับความเร็วตัด ซึ่งจากรูปจะทำให้ทราบถึงจุดที่จะให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตรวมต่ำสุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการกลึงชิ้นงานกับความเร็วตัด



รูปที่ 2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายรวมในการกลึงชิ้นงานกับความเร็วตัด

รายละเอียดของค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการกลึง สามารถพิจารณาได้จากสมการแสดงความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

ค่าใช้จ่ายในการตัด = ค่าแรงบวกค่าใช้จ่ายหน่วยงาน ต่อนาที x เวลาในการกลึง

$$C_c = R_c \times T_m \tag{2.9}$$

ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนมีดกลึง = ค่าแรงบวกค่าใช้จ่ายหน่วยงานต่อนาที x จำนวนของคมตัดที่ใช้ต่อหนึ่งชิ้นงาน x เวลาในการเปลี่ยนมีดกลึง

$$C_h = R_c \times \left(T_m \times \frac{1}{T} \right) \times t_c \tag{2.10}$$

ค่าเสื่อมราคาของมีดกลึง = ราคามีดกลึงต่อคมตัด x จำนวนของคมตัดที่ใช้ต่อหนึ่งชิ้นงาน

$$C_t = C_e \times \left(T_m \times \frac{1}{T} \right) \tag{2.11}$$

ค่าใช้จ่ายที่ไม่ก่อให้เกิดผลผลิต = ค่าแรงบวกค่าใช้จ่ายหน่วยงานต่อนาที x เวลาที่ไม่ก่อให้เกิดงาน

$$C_n = R_c \times t_n \tag{2.12}$$

เมื่อ R_c คือ ค่าแรงบวกค่าใช้จ่ายหน่วยงาน มีหน่วยเป็นบาทต่อนาที

C_e คือราคามีดกลึงต่อคมตัด มีหน่วยเป็นบาทต่อคมตัด

สมการค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต เขียนให้อยู่ในรูปของความสัมพันธ์กับค่าเวลาต่างๆ โดยการแทนค่าสมการที่ (2.9) ถึง (2.12) ลงในสมการที่ (2.8) ซึ่งจะได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$C_T = (R_c \times T_m) + \left(\frac{R_c \times T_m \times t_c}{T}\right) + \left(\frac{C_e \times T_m}{T}\right) + (R_c \times t_n) \quad (2.13)$$

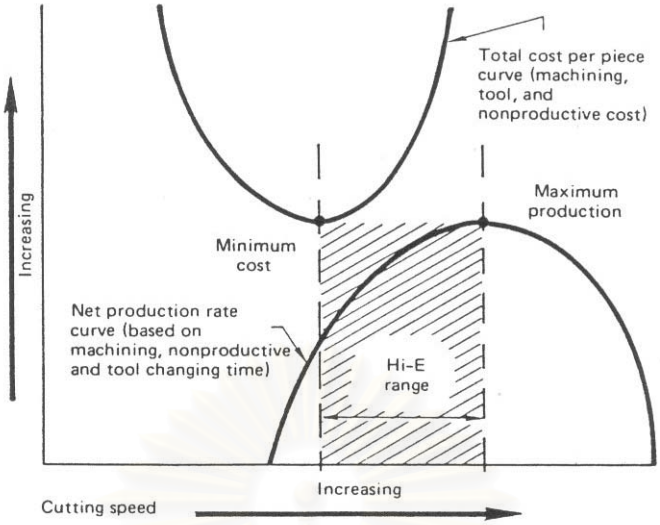
เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการผลิตและความเร็วตัด ให้พิจารณารูปที่ 2.13 จากรูปที่จุดเริ่มต้นแสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตที่สูง สาเหตุเพราะต้องใช้เวลาจำนวนมากเพื่อที่จะทำการผลิต ซึ่งเป็นผลมาจากความเร็วตัดต่ำ เมื่อเพิ่มความเร็วตัดขึ้นไปจากเดิม ค่าใช้จ่ายในการผลิตจะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากเวลาในการผลิตที่ต้องการก็ลดลงเช่นเดียวกัน จนเมื่อถึงที่ค่าความเร็วตัดค่าหนึ่ง จะทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตลดต่ำสุด และเมื่อเพิ่มความเร็วตัดสูงขึ้นอีกต่อไปค่าใช้จ่ายในการผลิตจะเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ที่เป็นเช่นนั้นก็เพราะมีผลของการสึกหรอของเครื่องมือตัดเกิดขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายของเครื่องมือตัดเพิ่มสูงขึ้น

พิจารณากราฟพบว่าถ้าเครื่องจักรไม่ได้ทำการผลิตที่ค่าความเร็วตัดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุดแล้ว จะต้องมีความเร็วตัดสองค่าที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมเท่ากันเสมอ ในการปฏิบัติงานควรที่จะเลือกใช้ความเร็วตัดที่สูงกว่าแทนที่จะใช้ความเร็วตัดที่ต่ำกว่า ทั้งนี้เพราะที่ความเร็วต่ำจะใช้เวลาในการผลิตยาวนานกว่า ส่วนที่ความเร็วสูงจะใช้เวลาในการผลิตสั้นกว่า ทำให้สามารถผลิตจำนวนชิ้นงานออกมาได้มากกว่า

2.1.8.3 การหาความเร็วตัดที่เหมาะสมในการกลึง

เมื่อทำการวิเคราะห์ทั้งในเรื่องของอัตราการผลิตที่ต้องการให้สูงสุด และค่าใช้จ่ายในการผลิตที่ต้องการให้ต่ำสุด จะพบว่าความความเร็วที่ทั้งสองเงื่อนไขการปฏิบัติงานนั้นจะมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงทำให้เกิดช่วงของความเร็วซึ่งอยู่ระหว่างค่าความเร็วทั้งสองขึ้นมา ช่วงความเร็วนี้มีชื่อเรียกว่า ช่วงประสิทธิภาพสูง (High-Efficiency Range) ค่าของความเร็วตัดที่อยู่ในช่วงนี้ เหมาะสมที่จะนำไปใช้ปฏิบัติงาน ข้อสังเกตอีกประการของช่วงความเร็วนี้ก็คือ ค่าของความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำสุดจะน้อยกว่าค่าของความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด ดังในรูปที่ 2.14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.14 แสดงช่วงประสิทธิภาพสูงของความเร็วตัดสำหรับการปฏิบัติงาน

2.1.9 การหาค่าความเร็วที่ทำให้อัตราการผลิตสูงสุด และค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำสุด

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตกับความเร็วตัดจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งคว่ำ โดยจุดวิกฤตของกราฟจะให้ค่าอัตราการผลิตสูงสุด เมื่อทำการหาอนุพันธ์ของกราฟอัตราการผลิตซึ่งแทนด้วยสมการที่ (2.7) แล้วกำหนดให้มีค่าเท่ากับศูนย์ จะทำให้ทราบค่าของความเร็วที่ทำให้อัตราการผลิตสูงสุด (V_{mp}) ได้ดังนี้

จากสมการ (2.7) เขียนให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่าง P_r และ V จะได้

$$P_r = \frac{1}{\left[\frac{\pi DL}{1000fV}\right] + \left[\left(\frac{\pi DL}{1000fV}\right) \times \left(\frac{V}{C}\right)^{\frac{1}{n}} \times t_c\right] + t_n} \qquad (2.14)$$

กำหนดให้ $z = \left[\frac{\pi DL}{1000fV}\right] + \left[\left(\frac{\pi DL}{1000fV}\right) \times \left(\frac{V}{C}\right)^{\frac{1}{n}} \times t_c\right] + t_n$ เมื่อหาอนุพันธ์สมการที่ (2.11) จะได้

$$\frac{dP_r}{dV} = -\frac{1}{z^2}\frac{dz}{dV}$$

โดยที่ $\frac{dz}{dV} = \left[\left(\frac{\pi DL}{1000f}\right) \times \left(-\frac{1}{V^2}\right)\right] + \left[\left(\frac{\pi DLt_c}{1000fC^{\frac{1}{n}}}\right) \times \left(\frac{1}{n} - 1\right) \times \left(V^{\left(\frac{1}{n}-2\right)}\right)\right]$

ที่จุดวิกฤตซึ่งมีค่าอัตราการผลิตสูงสุด ค่าอนุพันธ์หรือความชันของกราฟจะเท่ากับศูนย์ เมื่อพิจารณาจากสมการ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ $\frac{dP_r}{dV}=0$ จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ $\frac{dz}{dV}=0$ นั่นเอง ดังนั้นจะได้เป็น

$$\left[\left(\frac{\pi DL}{1000f}\right)\times\left(-\frac{1}{V^2}\right)\right]+\left[\left(\frac{\pi DLt_c}{1000fC^{\frac{1}{n}}}\right)\times\left(\frac{1}{n}-1\right)\times\left(V^{\left(\frac{1}{n}-2\right)}\right)\right]=0$$

$$\left(\frac{\pi DL}{1000f}\right)\times\left(\frac{1}{V^2}\right)=\left(\frac{\pi DLt_c}{1000fC^{\frac{1}{n}}}\right)\times\left(\frac{1}{n}-1\right)\times\left(V^{\left(\frac{1}{n}-2\right)}\right)$$

$$\left(\frac{1}{V^2}\right)=\left(\frac{t_c}{C^{\frac{1}{n}}}\right)\times\left(\frac{1}{n}-1\right)\times\left(V^{\left(\frac{1}{n}-2\right)}\right)$$

$$\left(\frac{1}{V^{\frac{1}{n}}}\right)=\left(\frac{t_c}{C^{\frac{1}{n}}}\right)\times\left(\frac{1}{n}-1\right)$$

$$V_{mp}=\frac{C}{\left[t_c\times\left(\frac{1}{n}-1\right)\right]^n} \qquad (2.15)$$

นั่นคือค่าความเร็วที่ให้อัตราการผลิตสูงสุดสามารถหาได้จากสมการที่ (2.15)

ส่วนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตกับความเร็วตัดจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งหงาย โดยจุดวิกฤตของกราฟจะให้ค่าค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด เมื่อทำการหาอนุพันธ์ของกราฟค่าใช้จ่ายรวมซึ่งแทนด้วยสมการที่ (2.13) แล้วกำหนดให้มีค่าเท่ากับศูนย์ จะทำให้ทราบค่าของความเร็วที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุดสุด (V_{mc}) ซึ่งหาได้ดังนี้

จากสมการ (2.13) เขียนให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่าง C_T และ V จะได้

$$C_T=\left[R_c\times\frac{K_c}{V}\right]+\left[R_ct_c\times\frac{K_c}{V}\times\left(\frac{V}{C}\right)^{\frac{1}{n}}\right]+\left[C_e\times\frac{K_c}{V}\times\left(\frac{V}{C}\right)^{\frac{1}{n}}\right]+\left[R_c\times t_n\right] \qquad (2.16)$$

โดยที่ $K_c = \frac{\pi DL}{1000f}$

$$\frac{dC_T}{dV} = \left[R_c K_c \times \left(-\frac{1}{V^2}\right)\right] + \left[\frac{R_c t_c K_c}{C^{\frac{1}{n}}} \times \left(\frac{1}{n} - 1\right) \times V^{\left(\frac{1}{n}-2\right)}\right] + \left[\frac{C_e K_c}{C^{\frac{1}{n}}} \times \left(\frac{1}{n} - 1\right) \times V^{\left(\frac{1}{n}-2\right)}\right]$$

ที่จุดวิกฤตซึ่งมีค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด ค่าอนุพันธ์หรือความชันของกราฟจะเท่ากับศูนย์ ที่จุดซึ่ง $\frac{dC_T}{dV} = 0$ ดังนั้นจะได้เป็น

$$\left[R_c K_c \times \left(-\frac{1}{V^2}\right)\right] + \left[\left(\frac{R_c t_c K_c + C_e K}{C^{\frac{1}{n}}}\right) \times \left(\frac{1}{n} - 1\right) \times V^{\left(\frac{1}{n}-2\right)}\right] = 0$$

$$R_c \times \left(\frac{1}{V^2}\right) = \left(\frac{R_c t_c + C_e}{C^{\frac{1}{n}}}\right) \times \left(\frac{1}{n} - 1\right) \times V^{\left(\frac{1}{n}-2\right)}$$

$$V^{\frac{1}{n}} = \frac{R_c C^{\frac{1}{n}}}{\left(R_c t_c + C_e\right) \times \left(\frac{1}{n} - 1\right)}$$

$$V_{mc} = \frac{C}{\left[\left(t_c + \frac{C_e}{R_c}\right) \times \left(\frac{1}{n} - 1\right)\right]^n} \qquad (2.17)$$

นั่นคือค่าความเร็วที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุดสามารถหาได้จากสมการที่ (2.17)

2.1.10 อัตราผลกำไร

เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต จะทำให้เกิดช่วงของความเร็วตัดที่เหมาะสมแก่การปฏิบัติงานมีลักษณะเป็นช่วงของความเร็ว จึงทำให้ต้องเลือกตัดสินใจว่าควรจะเลือกใช้ความเร็วเท่าใดในช่วงของความเร็วตัดนั้นจึงจะให้ผลดีที่สุด เพื่อให้ความยุ่งยากของการตัดสินใจหมดไป จึงได้มีแนวความคิดที่จะรวมเอาค่าของอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตมาสร้างเกณฑ์การพิจารณาใหม่ เพื่อให้ค่าของความเร็วตัดที่ได้ออกมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อยู่จุดเดียว หลักเกณฑ์ที่นำมาใช้นี้คือการคิดอัตราผลกำไร ซึ่งอัตราผลกำไรสามารถหาได้จากสมการ

$$F_r = (S - C_T) \times P_r \tag{2.18}$$

เมื่อ F_r คือ อัตราผลกำไรมีหน่วยเป็น บาทต่อนาที

S คือ ราคาขายชิ้นงาน มีหน่วยเป็นบาท

เกณฑ์การใช้อัตราผลกำไรมาวิเคราะห์หาสภาวะการตัดโลหะนี้ จะทำให้ได้ค่าความเร็วค่าหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติงาน ซึ่งก็คือความเร็วตัดที่ให้ค่าอัตราผลกำไรสูงสุด

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภูวดล วงศ์สร้างทรัพย์ (2541) ศึกษาถึงเงื่อนไขที่เหมาะสมของการเจียรเหล็กหล่อสีเทาด้วยหินซิลิคอนคาร์ไบด์ และคิวบิกโบรอนไนไตรด์ พบว่าความสัมพันธ์ของอายุการใช้งานกับความเร็วตัด (V) อัตราป้อน (f) และความลึกของการตัด (d) สำหรับหินซิลิคอนคาร์ไบด์ และคิวบิกโบรอนไนไตรด์ คือ $V T^{0.21} f^{0.05} d^{0.23} = 680$ และ $V T^{0.36} f^{0.83} d^{0.45} = 136{,}702$ ตามลำดับ ส่วนเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจียรเหล็กหล่อสีเทาทั้งในกรณีที่ค่าใช้จ่ายต่ำสุด และกำลังการผลิตสูงสุดพบว่าควรเลือกใช้หินเจียรชนิดซิลิคอนคาร์ไบด์ โดยมีเงื่อนไขในการเจียรที่เหมาะสมสำหรับค่าใช้จ่ายต่ำสุดคือ อัตราการป้อน 70 มิลลิเมตรต่อรอบ ความลึกในการตัด 38 ไมครอน ที่ความเร็วตัด 41 เมตรต่อนาที ซึ่งให้อัตราการผลิตเท่ากับ 1,786 ชิ้นต่อวัน และเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงานต่ำสุดคือ 14.97 บาทต่อ 1,000 ชิ้น และสำหรับกำลังการผลิตสูงสุดนั้นจะใช้อัตราการป้อน 70 มิลลิเมตรต่อรอบ ความลึกในการตัด 16 ไมครอน ที่ความเร็วตัด 75 เมตรต่อนาที ซึ่งให้อัตราการผลิตเท่ากับ 2,464 ชิ้นต่อวัน และเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงานต่ำสุดคือ 34.25 บาทต่อ 1,000 ชิ้น

สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ (2541) ศึกษาถึงอิทธิพลของความเร็วตัดที่มีต่ออายุของมีดตัดคาร์ไบด์ในการผลิตชิ้นส่วนปั๊มน้ำรถยนต์ที่เป็นวัสดุเหล็กหล่อสีเทา ชนิด FC25 เพื่อนำไปหาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงต้นทุนในการกลึงต่ำสุดและอัตราการผลิตสูงสุด ในการทดลองใช้มีดตัดคาร์ไบด์ 5 ชนิด ที่ความเร็วรอบ 600, 800 และ 1,000 รอบต่อนาที อัตราการป้อนตัดคงที่เท่ากับ 0.3 มิลลิเมตรต่อรอบ ความลึกในการตัดคงที่เท่ากับ 2 มิลลิเมตร และศึกษาอายุ

การใช้งานของมีดตัดที่กำหนดจากความเรียบของผิวชิ้นงาน ซึ่งจากการทดลองพบว่า ความเร็วตัดและชนิดของมีดมีผลต่ออายุของมีดตัด และได้แนะนำว่ามีดตัดชนิด DNMG150408A มีความน่าใช้งานมากที่สุด

สุขชีพ โลพันธ์ศรี (2539) ศึกษาถึงผลกระทบของอัตราการป้อน และความเร็วตัดของมีดกลึงที่มีผลต่อความสึกหรอของใบมีดและความเรียบผิวของชิ้นงานสำหรับงานกลึงละเอียด และหาอายุการใช้งานที่กำหนดจากความสึกหรอของมีดกลึงและความเรียบผิวของชิ้นงาน เพื่อให้ได้จุดสภาวะเงื่อนไขการตัดที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด โดยใช้วัสดุเป็นเหล็กหล่อสีเทาชนิด FC25 กับมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบผิวและมีดกลึงเซรามิค จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วตัดและอัตราป้อนมีดมากขึ้น จะมีผลให้อายุการใช้งานมีดกลึงลดลง โดยเฉพาะความเร็วตัดจะมีผลต่ออายุการใช้งานมีดกลึงมากกว่าอัตราป้อน นอกจากนี้ยังค้นพบว่าการเพิ่มอัตราป้อนจะทำให้ความเรียบผิวของชิ้นงานลดลงด้วย สำหรับเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกลึงนั้น ในมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบผิวคือที่ความเร็วตัด 234 เมตรต่อนาทีจะให้ผลกำไรต่อเวลาการผลิตสูงสุดเท่ากับ 0.037 บาทต่อวินาที ส่วนในมีดกลึงเซรามิคคือที่ความเร็วตัดเท่ากับ 186 เมตรต่อนาที จะให้กำไรต่อเวลาการผลิตสูงสุดเท่ากับ 0.019 บาทต่อวินาที โดยมีเงื่อนไขราคาขายของชิ้นงานเท่ากับ 37.50 บาทต่อชิ้น

บรรยงค์ จงไทยรุ่งเรือง (2537) ศึกษาหาความสัมพันธ์ของรัศมีมุมมีด ความลึกในการตัดและอัตราการป้อน ที่มีผลต่อความเรียบผิวชิ้นงาน โดยการใช้เครื่องกลึงซีเอ็นซี กับชิ้นงานที่เป็นเหล็กชนิด S50C ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25มิลลิเมตร ยาว 60 มิลลิเมตร โดยใช้ความเร็วตัด 150 เมตรต่อนาที รัศมีมุมมีด 0.4 - 1.2 มิลลิเมตร ความลึกในการตัด 0.5 - 1.5 มิลลิเมตร และอัตราการป้อน 0.1 - 0.3 มิลลิเมตรต่อรอบ จากการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวชิ้นงาน คือ รัศมีมุมมีด และอัตราการป้อน จากข้อสรุปเพิ่มเติมพบว่า รัศมีมุมมีดไม่มีผลต่ออัตราการหลุดออกของเศษโลหะ และแม้ว่าความลึกในการกินชิ้นงานไม่มีผลต่อความเรียบผิว แต่สามารถควบคุมอัตราการหลุดออกของเศษโลหะให้ได้ตามความเรียบผิวที่ต้องการได้ โดยการเลือกใช้อัตราการป้อนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความเรียบผิวที่ต้องการ

ไสว สุขวิทยาวงษ์ (2533) ศึกษาหาความเร็วในการตัดและ อัตราการป้อนตัดของมีดตัดคาร์ไบด์และมีดตัดคาร์ไบด์ชนิดเคลือบ เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายในการตัดต่อชิ้นงานต่ำสุด โดยใช้วัสดุชิ้นงานเป็นเหล็ก AISI 1045 ใช้วิธีการของ Optimum Gradient Method เพื่อหาสภาวะการตัดที่เหมาะสมที่สุด จากการทดลองโดยใช้มีดตัดคาร์ไบด์ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือมีความเร็วในการตัด 172 เมตรต่อนาที และอัตราการป้อนตัด 0.5146 มิลลิเมตรต่อรอบ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการ

ตัด 9.39 บาทต่อชิ้น สำหรับมีดตัดคาร์ไบด์ชนิดเคลือบ มีสภาวะการตัดที่เหมาะสมที่สุดที่ความเร็วในการตัด 185 เมตรต่อนาที และอัตราการป้อนตัด 0.4994 มิลลิเมตรต่อรอบ โดยมีค่าใช้จ่ายในการตัด 8.83 บาทต่อชิ้น ซึ่งจากการทดลองทำให้พบว่าการตัดด้วยมีดตัดคาร์ไบด์ชนิดเคลือบ มีค่าใช้จ่ายในการตัดน้อยกว่าการตัดด้วยมีดตัดคาร์ไบด์

สุนันท์พูลผล และสาโรจน์ เจนเขา (2528) ศึกษาเกี่ยวกับการสึกหรอของมีดกลึงชนิดเหล็กกล้าความเร็วสูง (High-Speed Steel) จาก 8 บริษัทผู้ผลิต ในสภาวะการตัดที่ความเร็วต่างๆ กัน ทั้งใช้และไม่ใช้สารหล่อเย็น โดยวัดขนาดของการสึกหรอด้านข้าง (Flank Wear) และได้ทำการบันทึกภาพไว้ด้วย จากผลการทดลองปรากฏว่าเมื่อไม่ใช้สารหล่อเย็นมีดกลึงทั้งแปดชนิด มีการสึกหรอใกล้เคียงกันที่ระดับความเร็วต่างๆ ที่ไม่เกิน 30 เมตรต่อนาที โดยที่การสึกหรอในกรณีที่ใช้สารหล่อเย็นต่ำกว่ากรณีที่ไม่ใช้เพียงเล็กน้อย ที่ความเร็วตัดสูงกว่า 35 เมตรต่อนาที การสึกหรอของกรณีที่ไม่ใช้สารหล่อเย็นสูงกว่ากรณีที่ใช้สารหล่อเย็นมาก และที่ความเร็วตัด 45 เมตรต่อนาที จะเป็นความเร็วตัดที่เหมาะสมของมีดกลึงจากทุกบริษัทในกาณีที่ใช้สารหล่อเย็น

ปรีชา บริการหัตถกิจ และพิชัย พิชัยกมล (2527) ศึกษาถึงอายุการใช้งานของมีดกลึงเหล็กกล้าความเร็วสูง (High-Speed Steel) โดยใช้มีดกลึงเหล็กกล้าความเร็วสูง จากบริษัทผู้ผลิต 8 แห่ง ซึ่งมีดกลึงเหล่านี้ลับมุมตามมาตราฐานมีดกลึงของอเมริกา (American Lathe Tool Specification) และทำการกลึงชิ้นงานบนเครื่องกลึง Harrison M 500 ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่ามีดกลึงเหล็กกล้าความเร็วสูง จากบริษัทผู้ผลิตที่มีราคาแพงกว่ามีแนวโน้มของอายุการใช้งานสูงกว่าจากบริษัทผู้ผลิตที่มีราคาต่ำกว่า

นิธิ บุรณจันทร์ และพงศ์ธร เหราปัตย์ (2527) ได้ทำการศึกษาหาแรงตัดสูงสุดที่มีดกลึงเหล็กความเร็วสูงสามารถรับได้ โดยใช้มีดกลึงจาก 9 บริษัทผู้ผลิต ลับมุมตามมาตรฐานมีดกลึงของสหรัฐอเมริกา รับแรงกดบนผิวหน้ากวาด (Rake Face) จนกระทั่งมีดกลึงแตกหัก ซึ่งจากการทดลองทำให้ทราบว่ามีดกลึงที่มีความแข็งสูงมีแนวโน้มที่จะรับแรงตัดได้น้อยกว่ามีดกลึงที่มีความแข็งต่ำกว่า

บทที่ 3

รูปแบบทางคณิตศาสตร์ และขั้นตอนการคำนวณ

3.1 รูปแบบทางคณิตศาสตร์

วิธีการวิเคราะห์หาสภาวะการปฏิบัติงานกลึง ขั้นแรกจะเป็นการหาสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด ซึ่งในที่นี้คือมีดกลึง เพื่อที่จะใช้ค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดนี้ไปคำนวณหาค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องทางเศรษฐศาสตร์ในขั้นตอนต่อไป

3.1.1 ค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด

3.1.1.1 สมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์

สมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์ที่อยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการกลึงสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบทั่วไปได้ ดังนี้

$$V^a \times f^b \times d^c \times T = K \tag{3.1}$$

สมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดนี้ เมื่อแยกพิจารณาเฉพาะผลของแต่ละปัจจัย โดยให้อีกสองปัจจัยที่เหลือคงที่ จะเขียนได้เป็น

$$V \times T^n = C \tag{3.2}$$

$$f \times T^{n_1} = C_1 \tag{3.3}$$

$$d \times T^{n_2} = C_2 \tag{3.4}$$

โดยที่ $n = 1/a$ $n_1 = 1/b$ $n_2 = 1/c$ $C = \left(\frac{K}{f^b \times d^c}\right)^{1/a}$ $C_1 = \left(\frac{K}{V^a \times d^c}\right)^{1/b}$ และ $C_2 = \left(\frac{K}{V^a \times f^b}\right)^{1/c}$

3.1.1.2 การหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด

ในการหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานนั้น จำเป็นต้องใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ซึ่งลักษณะของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการกลึงกับค่าอายุการใช้งานเครื่องมือตัดจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งแบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential) เพื่อให้สามารถทำการคำนวณหาค่าคงที่ได้ จึงต้องใส่ Log เข้าไปในสมการเพื่อทำให้รูปแบบของกราฟเอ็กโปเนนเชียลเปลี่ยนเป็นกราฟเส้นตรง สมการแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบใหม่คือ

$$\log T = k - a(\log V) - b(\log f) - c(\log d) \tag{3.5}$$

รูปแบบของการถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression) เมื่อมีตัวแปรอิสระสามตัว คือ

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \tag{3.6}$$

ค่าคงที่ต่างๆ ในสมการจะมีค่าเท่ากับ

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2 - b_3 \bar{x}_3 \tag{3.7}$$

$$b_1 = \sum X_{1j} Y_j \div \sum X_{1j}^2 \tag{3.8}$$

$$b_2 = \sum X_{2j} Y_j \div \sum X_{2j}^2 \tag{3.9}$$

$$b_3 = \sum X_{3j} Y_j \div \sum X_{3j}^2 \tag{3.10}$$

โดยที่ $\sum X_{ij} Y_j = \sum_{j=1}^{m} \left[\left(x_{ij} - \bar{x}_i \right) \left(y_j - \bar{y} \right) \right]$ และ $\sum X_{ij}^2 = \sum_{j=1}^{m} \left(x_{ij} - \bar{x}_i \right)^2$

จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงซ้อน จะทำให้สามารถหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดได้ ซึ่งค่าคงที่ต่างๆ จะมีค่าดังนี้

$$a = -b_1 \tag{3.11}$$

$$b = -b_2 \tag{3.12}$$

$$c = -b_3 \tag{3.13}$$

$$K = 10^{b_0} \tag{3.14}$$

เมื่อพิจารณาเฉพาะผลของความเร็วตัด อัตราป้อน หรือความลึกตัด ที่มีต่ออายุการใช้งานเครื่องมือตัด ทีละปัจจัยโดยให้อีกสองปัจจัยที่เหลือมีค่าคงที่ สมการของกราฟอายุการใช้งานเครื่องมือตัดที่เป็นเส้นตรงคือ

$$\log T = c - \frac{1}{n} (\log V) \tag{3.15}$$

$$\log T = c_1 - \frac{1}{n_1} (\log f) \tag{3.16}$$

$$\log T = c_2 - \frac{1}{n_2} (\log d) \tag{3.17}$$

รูปแบบของการถดถอยเชิงเส้น เมื่อมีตัวแปรอิสระหนึ่งตัวคือ

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \tag{3.18}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าคงที่ต่างๆ ในสมการจะมีค่าเท่ากับ

$$b_0 = \bar{y} - b_1\bar{x} \tag{3.19}$$

$$b_1 = \frac{m\sum x_j y_j - \sum x_j \sum y_j}{m\sum x_j^2 - \left(\sum x_j\right)^2} \tag{3.20}$$

จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น จะทำให้สามารถหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดได้ ซึ่งค่าคงที่ต่างๆ จะมีค่าดังนี้

ค่าคงที่จากผลของความเร็วตัด

$$n = -\frac{1}{b_1} \tag{3.21}$$

$$C = 10^{b_0} \tag{3.22}$$

ค่าคงที่จากผลของอัตราป้อน

$$n_1 = -\frac{1}{b_1} \tag{3.23}$$

$$C_1 = 10^{b_0} \tag{3.24}$$

ค่าคงที่จากผลของความลึกในการตัด

$$n_2 = -\frac{1}{b_1} \tag{3.25}$$

$$C_2 = 10^{b_0} \tag{3.26}$$

3.1.2 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

3.1.2.1 สมการของอัตราการผลิต

อัตราการผลิตที่อยู่ในรูปของจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ต่อหน่วยเวลา หาได้จากส่วนกลับของผลรวมของเวลาที่ต้องใช้ในการกลึงชิ้นงานหนึ่งชิ้น โดยมีรูปแบบของสมการเป็น

$$P_r = \frac{1}{T_m + T_{cp} + t_n} \tag{3.27}$$

เวลาที่ใช้ในการผลิต (T_m) เขียนให้อยู่ในรูปของสมการที่มีความสัมพันธ์กับความเร็วตัดได้ดังนี้

$$T_m = \frac{\pi DL}{1000 fV} \tag{3.28}$$

เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนเครื่องมือตัด (T_{cp}) มีค่าเท่ากับ

$$T_{cp} = N_t \times t_c \tag{3.29}$$

จำนวนของคมตัดที่ใช้ต่อหนึ่งชิ้นงาน (N_t) หาได้จากสมการ

$$N_t = \frac{T_m}{T} \tag{3.30}$$

3.1.2.2 ความสัมพันธ์ของอัตราการผลิตกับปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง

อัตราการผลิตจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานกลึงด้วย ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วตัด อัตราการป้อน หรือความลึกในการตัด ก็จะทำให้อัตราการผลิตเกิดความเปลี่ยนแปลงขึ้นตามไปด้วย

สมการของอัตราการผลิตที่เปลี่ยนแปลงตามความเร็วตัด จะมีรูปแบบเป็น

$$P_r = \frac{1}{\left(\frac{\pi DL}{1000fV}\right) + \left[\left(\frac{\pi DL}{1000fV}\right) \times \left(\frac{V}{C}\right)^{1/n} \times t_c\right] + t_n} \tag{3.31}$$

ความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุดหาได้จากสมการ

$$V_{mp} = \frac{C}{\left[t_c \times \left(\frac{1}{n} - 1\right)\right]^n} \tag{3.32}$$

สมการของอัตราการผลิตที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราป้อน จะมีรูปแบบเป็น

$$P_r = \frac{1}{\left(\frac{\pi DL}{1000fV}\right) + \left[\left(\frac{\pi DL}{1000fV}\right) \times \left(\frac{f}{C_1}\right)^{1/n_1} \times t_c\right] + t_n} \tag{3.33}$$

อัตราป้อนตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุดหาได้จากสมการ

$$f_{mp} = \frac{C_1}{\left[t_c \times \left(\frac{1}{n_1} - 1\right)\right]^{n_1}} \tag{3.34}$$

สำหรับกรณีของการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตกับความลึกตัด จะมีความแตกต่างจากการหาความสัมพันธ์กับความเร็วตัด และอัตราป้อน เนื่องจากในสองกรณีแรกนั้น ไม่ว่าค่าความเร็วตัด และอัตราป้อนเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง จำนวนครั้งที่ทำการกลึงชิ้นงานจะยังคงเท่าเดิม แต่เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกตัด จะทำให้จำนวนครั้งที่ต้องกลึง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชิ้นงานจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบการกลึงชิ้นงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความลึกในการตัดด้วย

การกลึงชิ้นงานที่ต้องทำการกลึงมากกว่าหนึ่งครั้ง จึงจะได้ขนาดตามที่ต้องการ ในงานวิจัยฉบับนี้จะกำหนดรูปแบบการกลึงให้มีลักษณะเป็น การกลึงโดยใช้ค่าของความลึกในการตัดมีค่าคงที่ตลอดการกลึงชิ้นงานนั้น จนกระทั่งการกลึงครั้งสุดท้าย จึงจะใช้ค่าความลึกตัดที่น้อยกว่าค่าเดิมนั้นแล้วทำให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการกลึงชิ้นงานจากเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร ให้เหลือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร โดยใช้ค่าความลึกตัดเท่ากับ 3 มิลลิเมตร จะต้องทำการกลึงทั้งหมด 4 ครั้ง โดยเป็นการกลึงด้วยความลึกตัด 3 มิลลิเมตร 3 ครั้ง จนชิ้นงานมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 42 มิลลิเมตร ในการกลึงครั้งสุดท้ายจำเป็นต้องใช้ความลึกตัดเท่ากับ 1 มิลลิเมตร จึงจะทำให้ชิ้นงานมีขนาดเท่ากับ 40 มิลลิเมตร

จำนวนครั้งที่ต้องทำการกลึงด้วยค่าความลึกตัดที่กำหนด หาได้จากสมการ

$$N_T = \frac{(D - D_n)}{2d} \tag{3.35}$$

โดยที่ N_T จะมีค่าเป็นจำนวนเต็ม โดยค่าที่อยู่ข้างหลังจุดทศนิยมให้ปัดลงทุกกรณี เมื่อทำการกลึงชิ้นงานแล้วสามารถใช้ค่าความลึกตัดที่กำหนดเพียงค่าเดียว โดยไม่จำเป็นต้องใช้ความลึกตัดค่าอื่นในการกลึงครั้งสุดท้ายเพื่อให้ได้ขนาดที่กำหนด จำนวนครั้งที่ทำการกลึงจะเท่ากับ N_T แต่ในกรณีที่ต้องกลึงชิ้นงานครั้งสุดท้ายที่ค่าความลึกตัดอื่น จำนวนครั้งที่ทำการกลึงจะเท่ากับ $N_T + 1$

ความลึกตัดที่ต้องใช้ในการกลึงชิ้นงานครั้งสุดท้ายเพื่อให้ได้ขนาดที่กำหนด ในกรณีที่ต้องใช้ความลึกตัดน้อยกว่าค่าความลึกตัดเริ่มต้น จะมีค่าเท่ากับ

$$d_x = \frac{(D - D_n) - (2d \times N_T)}{2} \tag{3.36}$$

ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางที่ทำการกลึงครั้งเดียว แล้วใช้เวลาเท่ากับการกลึงชิ้นงานในขนาดที่กำหนด ด้วยค่าความลึกตัดเดียวกัน (รายละเอียดเพิ่มเติมอยู่ในภาคผนวก ก.)

$$D_T = \frac{N_T}{2} \times [2D + (N_T - 1) \times (-2d)] \tag{3.37}$$

เวลาเฉพาะในส่วนของการกลึงชิ้นงาน หาได้จากสมการ

$$T_m = \frac{\pi D_T L}{1000 fV} + \frac{\pi D_x L}{1000 fV} \tag{3.38}$$

อายุการใช้งานของเครื่องมือตัดในรูปความสัมพันธ์กับค่าความลึกตัดคือ

$$T = T_{md_T} \times \left(\frac{C_2}{d}\right)^{1/n_2} + T_{md_x} \times \left(\frac{C_2}{d_x}\right)^{1/n_2} \tag{3.39}$$

โดยที่ $T_{md_T} = \dfrac{\frac{\pi D_T L}{1000 fV}}{\frac{\pi D_T L}{1000 fV} + \frac{\pi D_x L}{1000 fV}}$ และ $T_{md_x} = \dfrac{\frac{\pi D_x L}{1000 fV}}{\frac{\pi D_T L}{1000 fV} + \frac{\pi D_x L}{1000 fV}}$

สมการของอัตราการผลิตที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราป้อน จะมีรูปแบบเป็น

$$P_r = \frac{1}{\left(\frac{\pi D_T L}{1000 fV} + \frac{\pi D_x L}{1000 fV}\right) + \left(\frac{\left(\frac{\pi D_T L}{1000 fV} + \frac{\pi D_x L}{1000 fV}\right) \times t_c}{\left(T_{md_T} \times \left(\frac{C_2}{d}\right)^{1/n_2} + T_{md_x} \times \left(\frac{C_2}{d_x}\right)^{1/n_2}\right)}\right) + t_n} \tag{3.40}$$

3.1.2.3 สมการของค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการกลึงชิ้นงาน เกิดจากค่าใช้จ่ายย่อยห้าส่วน โดยหาได้จากสมการ

$$C_T = C_c + C_h + C_t + C_n + C_{misc} \tag{3.41}$$

ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการปฏิบัติงานกลึง มีค่าเท่ากับ

$$C_c = R_c \times T_m \tag{3.42}$$

ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเปลี่ยนมีดกลึง มีค่าเท่ากับ

$$C_h = R_c \times T_{cp} \tag{3.43}$$

ค่าของมีดกลึงที่ใช้ในการปฏิบัติงาน มีค่าเท่ากับ

$$C_t = C_e \times N_t \tag{3.44}$$

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการหยิบชิ้นงานเข้าและออกจากเครื่องกลึง และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ไม่เกี่ยวข้องกับการกลึง มีค่าเท่ากับ

$$C_n = R_c \times t_n \tag{3.45}$$

3.1.2.4 ความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตกับปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง

ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานกลึงเช่นเดียวกับอัตราการผลิต ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ ของปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง ก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายรวมเกิดความเปลี่ยนแปลงขึ้นตามไปด้วย

สมการของค่าใช้จ่ายรวมที่เปลี่ยนแปลงตามความเร็วตัด จะมีรูปแบบเป็น

$$C_T = \frac{R_c \pi DL}{1000 fV} + \left(\frac{R_c t_c \pi DL}{1000 fV}\right)\left(\frac{V}{C}\right)^{1/n} + \left(\frac{C_e \pi DL}{1000 fV}\right)\left(\frac{V}{C}\right)^{1/n} + R_c t_n + C_{misc} \tag{3.46}$$

ความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุดหาได้จากสมการ

$$V_{mc} = \frac{C}{\left[\left(t_c + \frac{C_e}{R_c}\right) \times \left(\frac{1}{n} - 1\right)\right]^n} \tag{3.47}$$

สมการของค่าใช้จ่ายรวมที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการป้อน จะมีรูปแบบเป็น

$$C_T = \frac{R_c \pi DL}{1000 fV} + \left(\frac{R_c t_c \pi DL}{1000 fV}\right)\left(\frac{f}{C_1}\right)^{1/n_1} + \left(\frac{C_e \pi DL}{1000 fV}\right)\left(\frac{f}{C_1}\right)^{1/n_1} + R_c \times t_n + C_{misc} \tag{3.48}$$

อัตราการป้อนตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุดหาได้จากสมการ

$$f_{mc} = \frac{C_1}{\left[\left(t_c + \frac{C_e}{R_c}\right) \times \left(\frac{1}{n_1} - 1\right)\right]^{n_1}} \tag{3.49}$$

สมการของค่าใช้จ่ายรวมที่เปลี่ยนแปลงตามความลึกในการตัด จะมีรูปแบบเป็น

$$C_T = R_c\left(\frac{\pi D_T L}{1000 fV} + \frac{\pi D_x L}{1000 fV}\right) + \left(R_c t_c + C_e\right)\left(\frac{\left(\frac{\pi D_T L}{1000 fV} + \frac{\pi D_x L}{1000 fV}\right)}{\left(T_{md_T}\left(\frac{C_2}{d}\right)^{1/n_2} + T_{md_x}\left(\frac{C_2}{d_x}\right)^{1/n_2}\right)}\right) + R_c t_n + C_{misc} \tag{3.50}$$

3.1.2.5 สมการของอัตราผลกำไร

อัตราผลกำไร คือกำไรที่ได้ต่อหน่วยเวลา มีรูปแบบของสมการดังนี้

$$F_r = \left(S - C_T\right) \times P_r \tag{3.51}$$

ความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด หาได้จากสมการ

$$\frac{\pi DLC_e}{1000 nfVC^{1/n}} - \frac{S}{V^{1/n}} + \left(\frac{1-n}{nC^{1/n}}\right)\left(t_n C_e + t_c S\right) = 0 \tag{3.52}$$

อัตราป้อนที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด หาได้จากสมการ

$$\frac{\pi DLC_e}{1000n_1 fVC_1^{1/n_1}} - \frac{S}{f^{1/n_1}} + \left(\frac{1-n_1}{nC_1^{1/n_1}}\right)\left(t_n C_e + t_c S\right) = 0 \qquad (3.53)$$

3.2 กลุ่มของตัวแปรที่ต้องกำหนดค่า

ตัวแปรที่จำเป็นสำหรับการคำนวณเพื่อหาค่าคงที่ของสมการอายุการใช้งานมีดกลึง และค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

3.2.1 กลุ่มตัวแปรที่ได้จากการทดลอง

เป็นตัวแปรที่หาค่าได้จากการทดลอง ได้แก่ค่าของความเร็วตัด (V) อัตราการป้อน (f) ความลึกตัด (d) และค่าคงที่ของสมการอายุการใช้งานมีดกลึง (a b c K c c_1 c_2 n n_1 หรือ n_2) ตัวแปรดังกล่าวจะได้มาจากการทดลองเพื่อหาอายุการใช้งานมีดกลึงที่ขึ้นกับค่าของปัจจัยที่มีผลต่อการกลึงที่ค่าต่างๆ ซึ่งจากการทดลองจะทำให้สามารถหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์ได้

3.2.2 กลุ่มตัวแปรที่ไม่ได้มาจากการทดลอง

เป็นตัวแปรทั่วไปที่ต้องทราบค่าจึงจะสามารถทำการคำนวณได้ ได้แก่ระยะที่กลึงบนชิ้นงาน (L) รัศมีของชิ้นงานที่ทำการกลึง (D) อัตราค่าแรง ค่ามีดกลึงต่อหนึ่งคมตัด (C_e) เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึง (t_c) เวลาที่ใช้ในการหยิบชิ้นงานเข้าและออก (t_n) และค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม (C_{misc})

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 ขั้นตอนการคำนวณที่ใช้ในโปรแกรม

3.3.1 การเตรียมตัวแปรเพื่อใช้ในการคำนวณ

3.3.1.1 การวิเคราะห์สมการอายุการใช้งาน

จำนวนของสมการขึ้นอยู่กับจำนวนของค่าความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกในการตัด เช่นในการศึกษาครั้งนี้ เมื่อใช้ความเร็วตัดที่ 3 ค่า อัตราป้อนที่ 2 ค่าและความลึกตัดที่ 2 ค่า จำนวนสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดจะเท่ากับ 17 สมการ ซึ่งประกอบด้วย สมการอายุการใช้งานจากผลของทุกปัจจัย 1 สมการ สมการอายุการใช้งานจากผลของความเร็วตัด 4 สมการ สมการอายุการใช้งานจากผลของอัตราการป้อน 6 สมการ และสมการอายุการใช้งานจากผลของความลึกตัด 6 สมการ

จำนวนตัวแปรที่ต้องใช้ในการคำนวณหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดหาได้จากสมการ

$$E_n = V_{num} + f_{num} + d_{num} + V_{num}f_{num}d_{num} \qquad (3.54)$$

โดยที่ V_{num} คือจำนวนค่าของความเร็วที่ทำการทดลอง f_{num} คือจำนวนค่าของอัตราป้อนที่ทำการทดลอง และ d_{num} คือจำนวนค่าของความลึกในการตัดที่ทำการทดลอง

ดังนั้น ถ้า V_{num} = 3 f_{num} = 2 และ d_{num} = 2 ตัวแปรที่ต้องใช้ในการหาสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดคือจะประกอบด้วยตัวแปรทั้งหมด 19 ตัว คือ $V1$ $V2$ $V3$ $f1$ $f2$ $d1$ $d2$ T_{V1f1d1} T_{V2f1d1} T_{V3f1d1} T_{V1f2d1} T_{V2f2d1} T_{V3f2d1} T_{V1f1d2} T_{V2f1d2} T_{V3f1d2} T_{V1f2d2} T_{V2f2d2} และ T_{V3f2d2}

3.3.1.2 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การเตรียมตัวแปรเพื่อการวิเคราะห์สภาวะการปฏิบัติงานกลึง ด้วยหลักการทางเศรษฐศาสตร์นั้น ค่าของตัวแปรที่ต้องใช้ในการคำนวณแบ่งตามประเภทได้ดังต่อไปนี้

1. อัตราการผลิต
   1) การหาอัตราการผลิตที่เกิดขึ้น เมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วตัด ต้องใช้ตัวแปรทั้งหมดจำนวน 8 ตัว ซึ่งประกอบด้วย f d D L t_n t_c C และ n
   2) การหาอัตราการผลิตที่เกิดขึ้น เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อน ต้องใช้ตัวแปรทั้งหมดจำนวน 8 ตัว ซึ่งประกอบด้วย V d D L t_n t_c C_1 และ n_1

3) การหาอัตราการผลิตที่เกิดขึ้น เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกในการตัด ต้องใช้ตัวแปรทั้งหมดจำนวน 9 ตัว ซึ่งประกอบด้วย $V\ f\ D\ D_n\ L\ t_n\ t_c\ C_2$ และ n_2

2. ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต

1) การหาค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้น เมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วตัด ต้องใช้ตัวแปรทั้งหมดจำนวน 10 ตัว ซึ่งประกอบด้วย $f\ d\ D\ L\ R_c\ C_e\ t_n\ t_c\ C$ และ n

2) การหาค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้น เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อน ต้องใช้ตัวแปรทั้งหมดจำนวน 10 ตัว ซึ่งประกอบด้วย $V\ d\ D\ L\ R_c\ C_e\ t_n\ t_c\ C_1$ และ n_1

3) การหาค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้น เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกในการตัด ต้องใช้ตัวแปรทั้งหมดจำนวน 11 ตัว ซึ่งประกอบด้วย $V\ f\ D\ D_n\ L\ R_c\ C_e\ t_n\ t_c\ C_2$ และ n_2

3. อัตราผลกำไร

1) การหาอัตราผลกำไรที่เกิดขึ้น เมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วตัด ต้องใช้ตัวแปรทั้งหมดจำนวน 11 ตัว ซึ่งประกอบด้วย $S\ f\ d\ D\ L\ R_c\ C_e\ t_n\ t_c\ C$ และ n

2) การหาอัตราผลกำไรที่เกิดขึ้น เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อน ต้องใช้ตัวแปรทั้งหมดจำนวน 11 ตัว ซึ่งประกอบด้วย $S\ V\ d\ D\ L\ R_c\ C_e\ t_n\ t_c\ C_1$ และ n_1

3) การหาอัตราผลกำไรที่เกิดขึ้น เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกในการตัด ต้องใช้ตัวแปรทั้งหมดจำนวน 12 ตัว ซึ่งประกอบด้วย $S\ V\ f\ D\ D_n\ L\ R_c\ C_e\ t_n\ t_c\ C_2$ และ n_2

3.3.2 ขั้นตอนการคำนวณ

ในการคำนวณหาค่าของตัวแปรแต่ละตัว จะใช้ชุดของสมการแตกต่างกันออกไปตามวิธีการคำนวณของค่าตัวแปรนั้นๆ ตามตารางที่ 3.1 ถึง 3.5 ซึ่งรูปแบบของสมการที่อยู่ในตารางจะแสดงอยู่ในภาคผนวก ก.

รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด ก่อนที่จะเริ่มคำนวณตามลำดับขั้นของสมการที่แสดงในตารางที่ 3.1 นั้น ข้อมูลอายุการใช้งานที่ป้อนเข้ามาจะถูกนำไปหาผลรวม และผลรวมของกำลังสอง ของทุกสภาวะการปฏิบัติงานที่จะเกิดขึ้นได้ และหลังจากที่คำนวณหาค่าคงที่ได้แล้ว ก็จะสามารถสร้างสมการขึ้นได้แล้วนำสมการที่ได้ไปวาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ให้อยู่ในช่วงของข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในรูปของ

กราฟเส้นตรง ดังนั้นค่าที่คำนวณได้จึงเป็นค่าที่ได้หลังจากใส่ Log แล้ว จึงต้องแปลงค่าให้กลับเป็นค่าปกติอีกที

รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาอัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายในการผลิต ถ้าสมมติให้เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสองนั้นกับความเร็วตัด เมื่อทำการหาค่าความเร็วที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด และความเร็วที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดได้แล้ว ก็จะนำค่าความเร็วทั้งหมดนั้นมาเฉลี่ยกัน เพื่อหาค่ากลางของความเร็วตัด แล้วนำไปใช้เป็นจุดกลึงกลางแกน X ของรูปกราฟ โดยค่าของความเร็วที่แสดงในกราฟจะเริ่มตั้งแต่ความเร็วตัดเท่ากับศูนย์จนถึงสองเท่าของความเร็วเฉลี่ย ส่วนรูปที่ 3.3 และ 3.4 นั้น แสดงการหาความเปลี่ยนแปลงของอัตราการผลิตเทียบกับค่าสูงสุดและค่าใช้จ่ายรวมเทียบกับค่าต่ำสุดในรูปแบบของกราฟ และอัตราผลกำไรที่เกิดขึ้นที่อยู่ในช่วงของความเร็วตัดเท่ากับศูนย์จนถึงสองเท่าของความเร็วเฉลี่ยตามลำดับ

รูปที่ 3.5 แสดงการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาอายุการใช้งานเครื่องมือตัด ในรูปแบบของกราฟมาตราส่วนปกติ หน่วยของอายุการใช้งานที่แสดงนั้น อยู่ในรูปของเวลาและจำนวนชิ้นงานที่สามารถกลึงได้ ตั้งแต่ความเร็วตัดเท่ากับศูนย์จนถึงสองเท่าของความเร็วเฉลี่ย

ขั้นตอนการคำนวณทั้งหมดนี้ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะพัฒนาขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ และเมื่อรวมขั้นตอนการคำนวณเข้าไปในตัวโปรแกรมแล้ว จะต้องมีการควบคุมระบบการทำงานโดยรวมของโปรแกรมขึ้นมา เพื่อใช้ควบคุมขั้นตอนการคำนวณหลากหลายรูปแบบนี้ให้ออกมาอย่างสัมพันธ์กัน ซึ่งรายละเอียดจะอยู่ในบทถัดไป

ตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมเพื่อหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งาน

ลำดับที่	ตัวแปรที่ต้องการหาค่า	สมการที่		
		ความเร็วตัด	อัตราป้อน	ความลึกตัด
1	a	A.31	A.31	A.31
2	b	A.32	A.32	A.32
3	c	A.33	A.33	A.33
4	K	A.34	A.34	A.34
5	n	A.44	A.49	A.54
6	C	A.45	A.50	A.55
7	$logT$	A.36	A.47	A.53

ตารางที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมเพื่อหาอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต

ลำดับที่	ตัวแปรที่ต้องการหาค่า	สมการที่		
		ความเร็วตัด	อัตราป้อน	ความลึกตัด
1	V_{mc}	A.82	A.83	-
2	V_{mp}	A.61	A.63	-
D1	N_T	-	-	A.66
D2	d_x	-	-	A.67
D3	D_x	-	-	A.68
D4	D_T	-	-	A.70
D5	T_{md}	-	-	A.72
D6	T_{mdx}	-	-	A.73
D7	T_d	-	-	A.74
D8	T_{dx}	-	-	A.75
3	T_m	A.57	A.57	A.71
4	T	A.60	A.62	A.76
5	N_t	A.59	A.59	A.59
6	T_{cp}	A.58	A.58	A.58
7	P_{rmax}	A.56	A.56	A.56
8	C_c	A.78	A.78	A.78
9	C_h	A.79	A.79	A.79
10	C_t	A.80	A.80	A.80
11	C_n	A.81	A.81	A.81
12	C_{Tmin}	A.77	A.77	A.77
13	P_r	A.56	A.56	A.56
14	C_T	A.77	A.77	A.77

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลิตและค่าใช้จ่ายรวม

ลำดับที่	ตัวแปรที่ต้องการหาค่า	สมการที่		
		ความเร็วตัด	อัตราป้อน	ความลึกตัด
1	V_{mc}	A.82	A.83	-
2	V_{mp}	A.61	A.63	-
D1	N_T	-	-	A.66
D2	d_x	-	-	A.67
D3	D_x	-	-	A.68
D4	D_T	-	-	A.70
D5	T_{md}	-	-	A.72
D6	T_{mdx}	-	-	A.73
D7	T_d	-	-	A.74
D8	T_{dx}	-	-	A.75
3	T_m	A.57	A.57	A.71
4	T	A.60	A.62	A.76
5	N_t	A.59	A.59	A.59
6	T_{cp}	A.58	A.58	A.58
7	P_{rmax}	A.56	A.56	A.56
8	C_c	A.78	A.78	A.78
9	C_h	A.79	A.79	A.79
10	C_t	A.80	A.80	A.80
11	C_n	A.81	A.81	A.81
12	C_{Tmin}	A.77	A.77	A.77
13	Q_p	A.90	A.90	A.90
14	Q_c	A.91	A.91	A.91

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

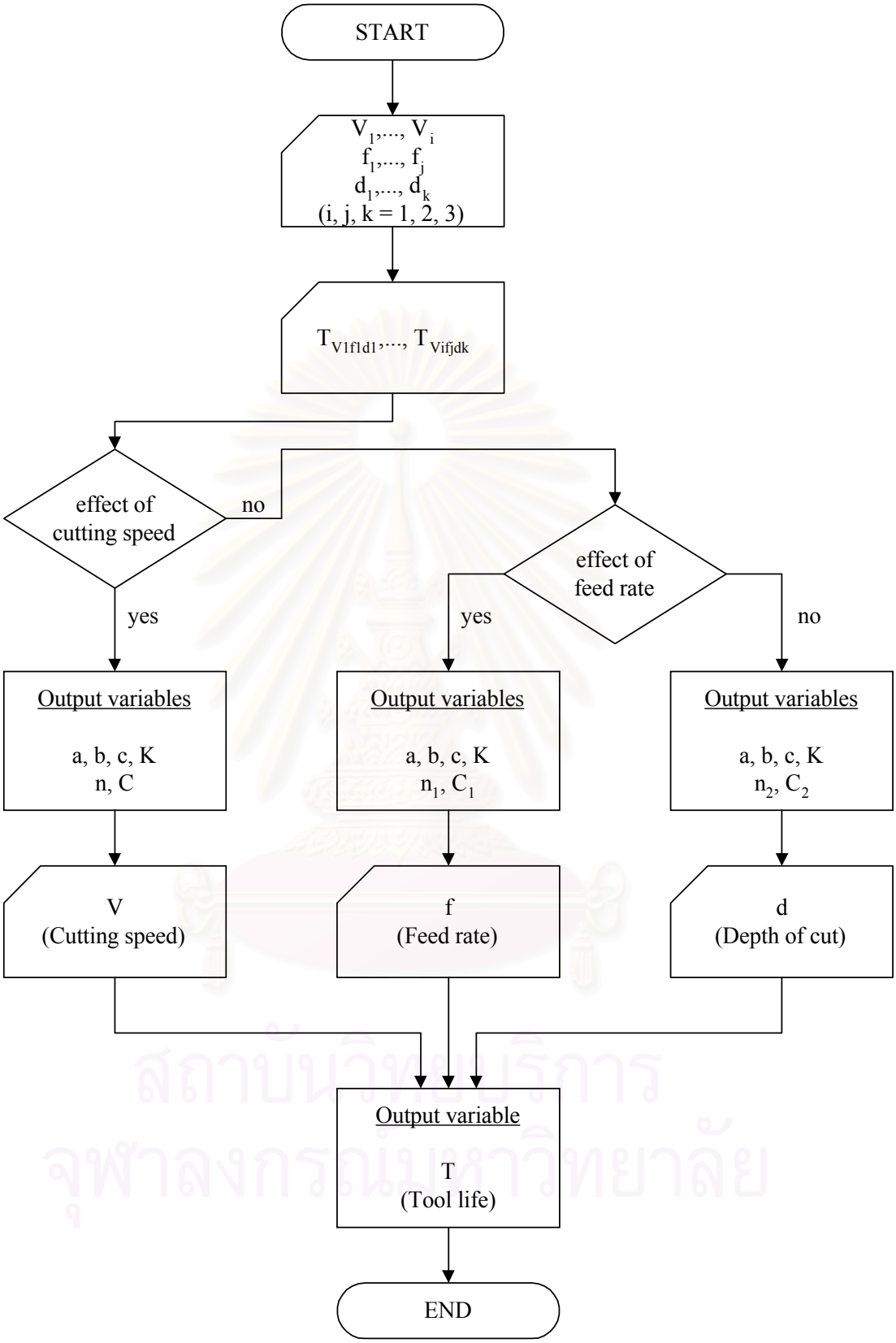
ตารางที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมเพื่อหาอัตราผลกำไร

ลำดับที่	ตัวแปรที่ต้องการหาค่า	สมการที่		
		ความเร็วตัด	อัตราป้อน	ความลึกตัด
1	V_{mf}	A.88	A.89	-
2	T_m	A.57	A.57	-
3	T	A.60	A.62	-
4	N_t	A.59	A.59	-
5	T_{cp}	A.58	A.58	-
6	P_{rmax}	A.56	A.56	-
7	C_c	A.78	A.78	-
8	C_h	A.79	A.79	-
9	C_t	A.80	A.80	-
10	C_n	A.81	A.81	-
11	C_{Tmin}	A.77	A.77	-
12	F_{rmax}	A.84	A.84	-
13	F_r	A.84	A.84	-

ตารางที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมเพื่อหาอายุการใช้งานมีดกลึง

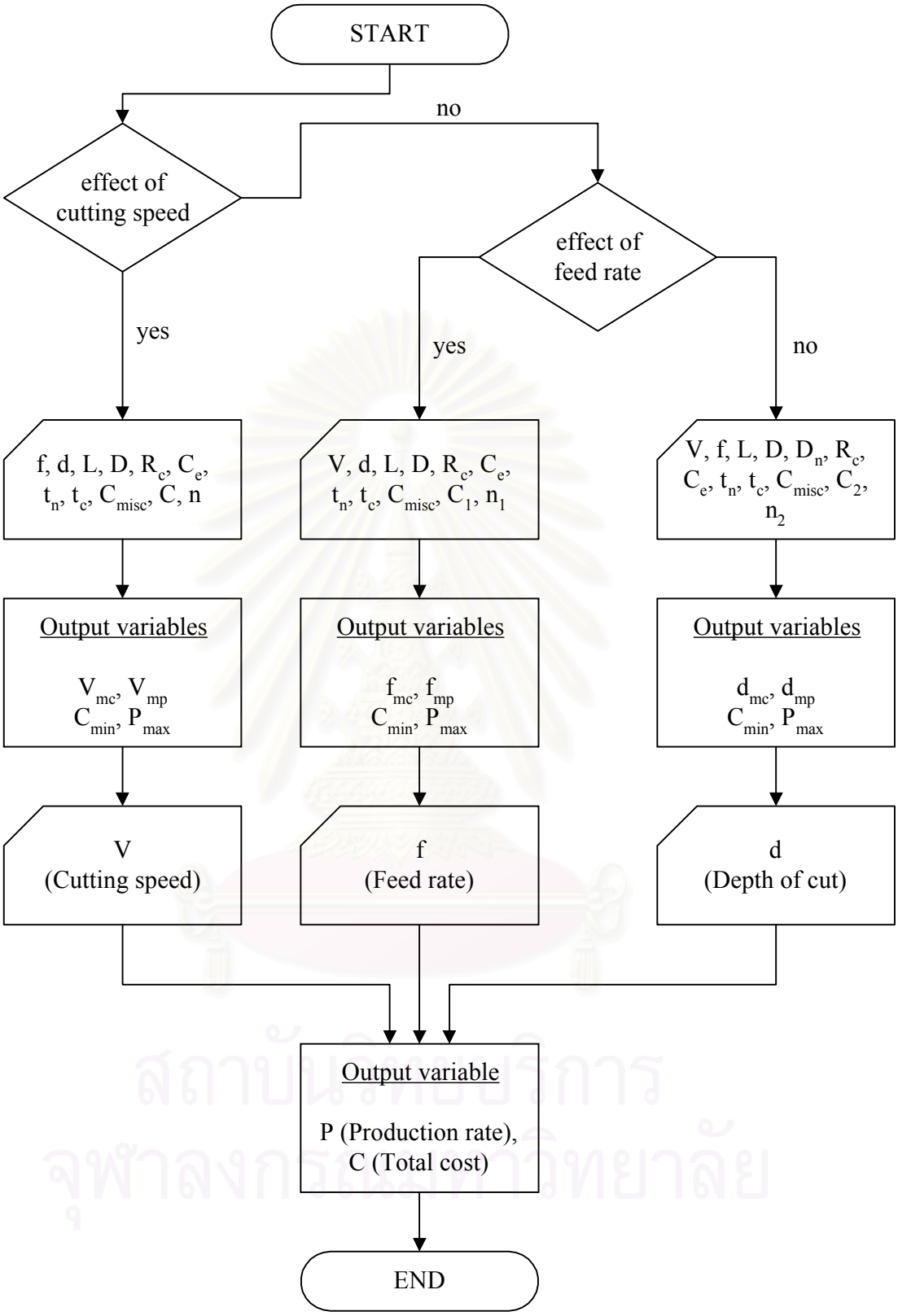
ลำดับที่	ตัวแปรที่ต้องการหาค่า	สมการที่		
		ความเร็วตัด	อัตราป้อน	ความลึกตัด
1	V_{mc}	A.82	A.83	-
2	V_{mp}	A.61	A.63	-
D1	N_T	-	-	A.66
D2	d_x	-	-	A.67
D3	D_x	-	-	A.68
D4	D_T	-	-	A.70
D5	T_{md}	-	-	A.72
D6	T_{mdx}	-	-	A.73
D7	T_d	-	-	A.74
D8	T_{dx}	-	-	A.75
3	T_m	A.57	A.57	A.71
4	T	A.60	A.62	A.76
5	T_{np}	A.92	A.92	A.92

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

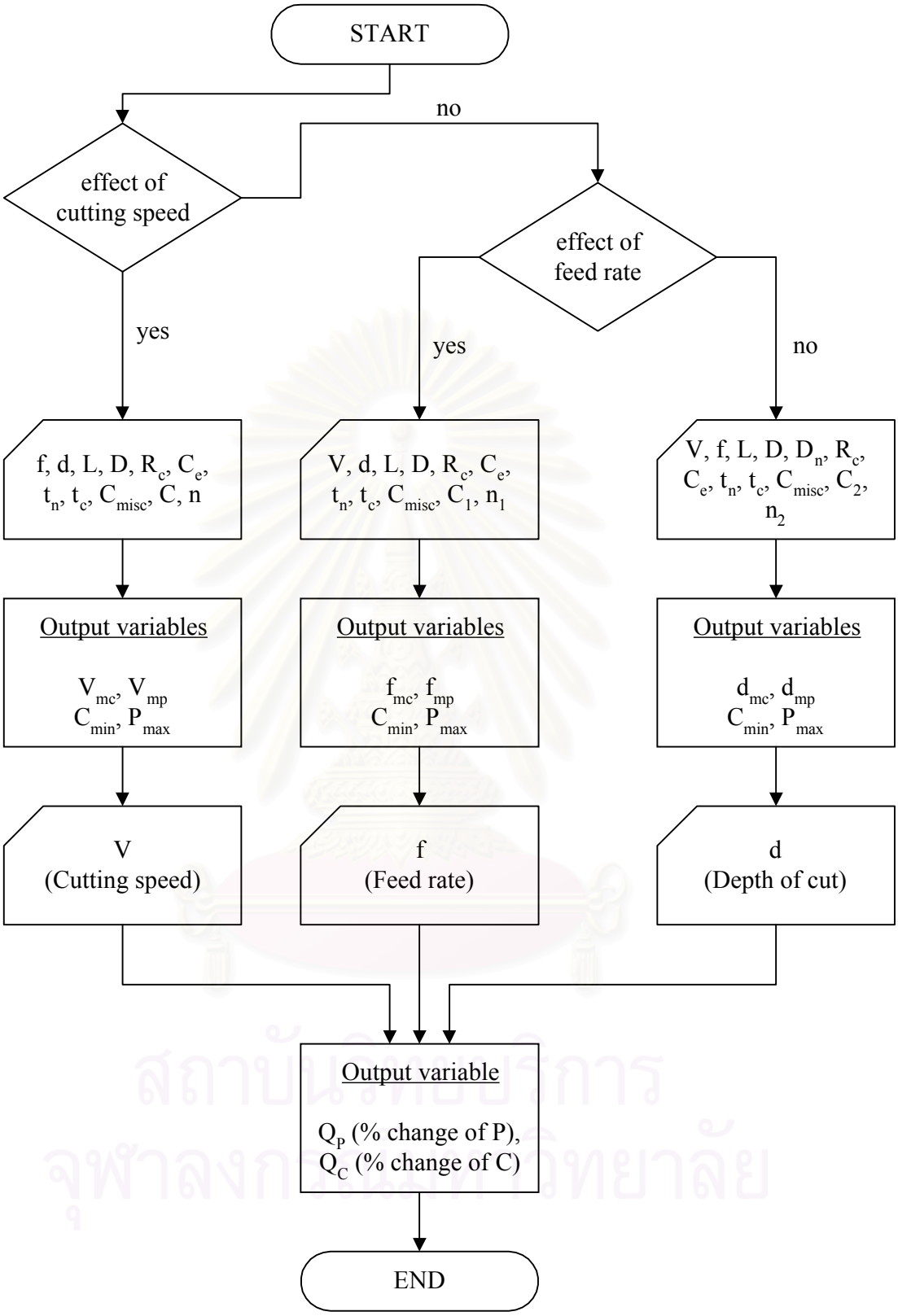


รูปที่ 3.1 แสดงการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งาน

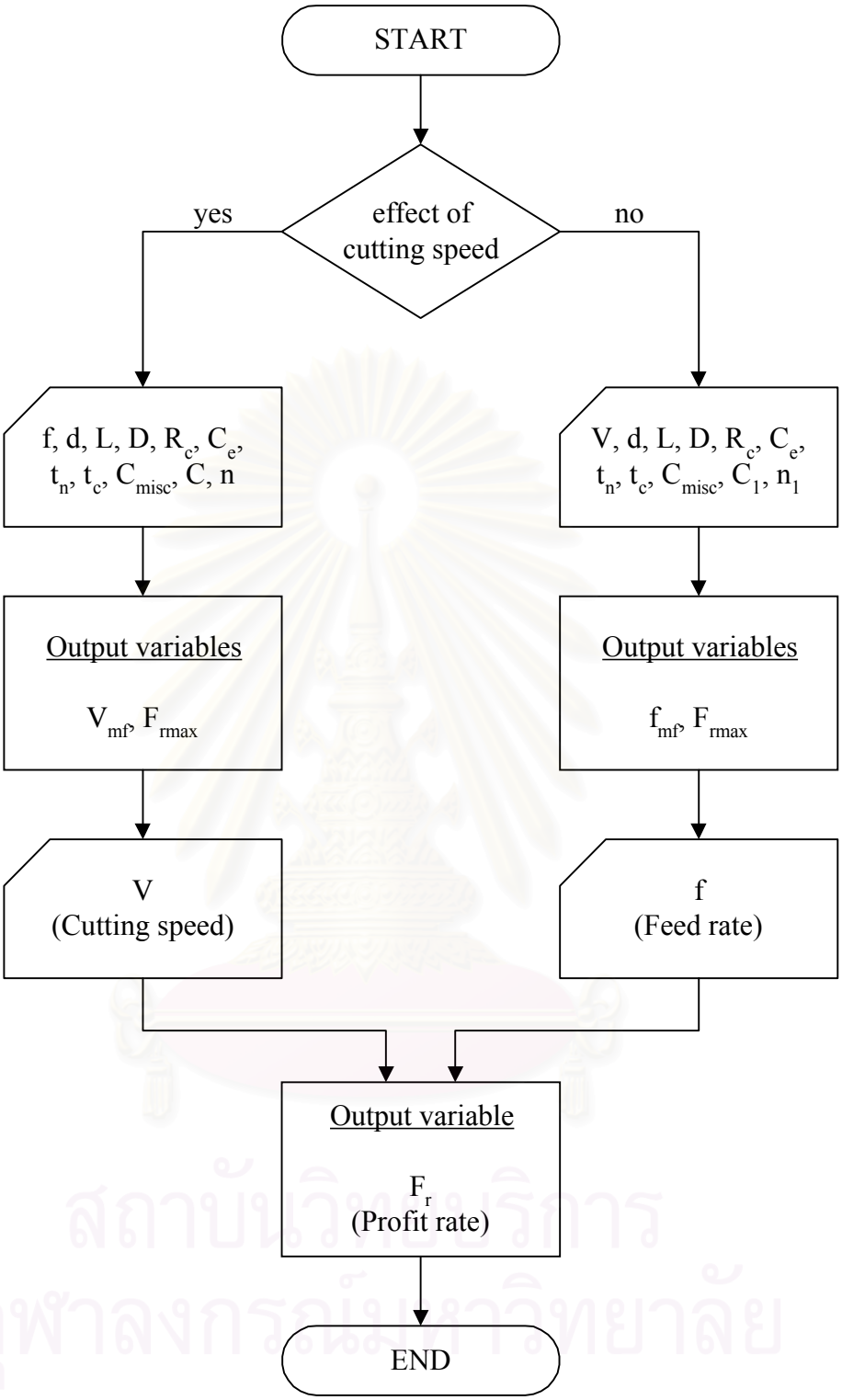
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 แสดงการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต

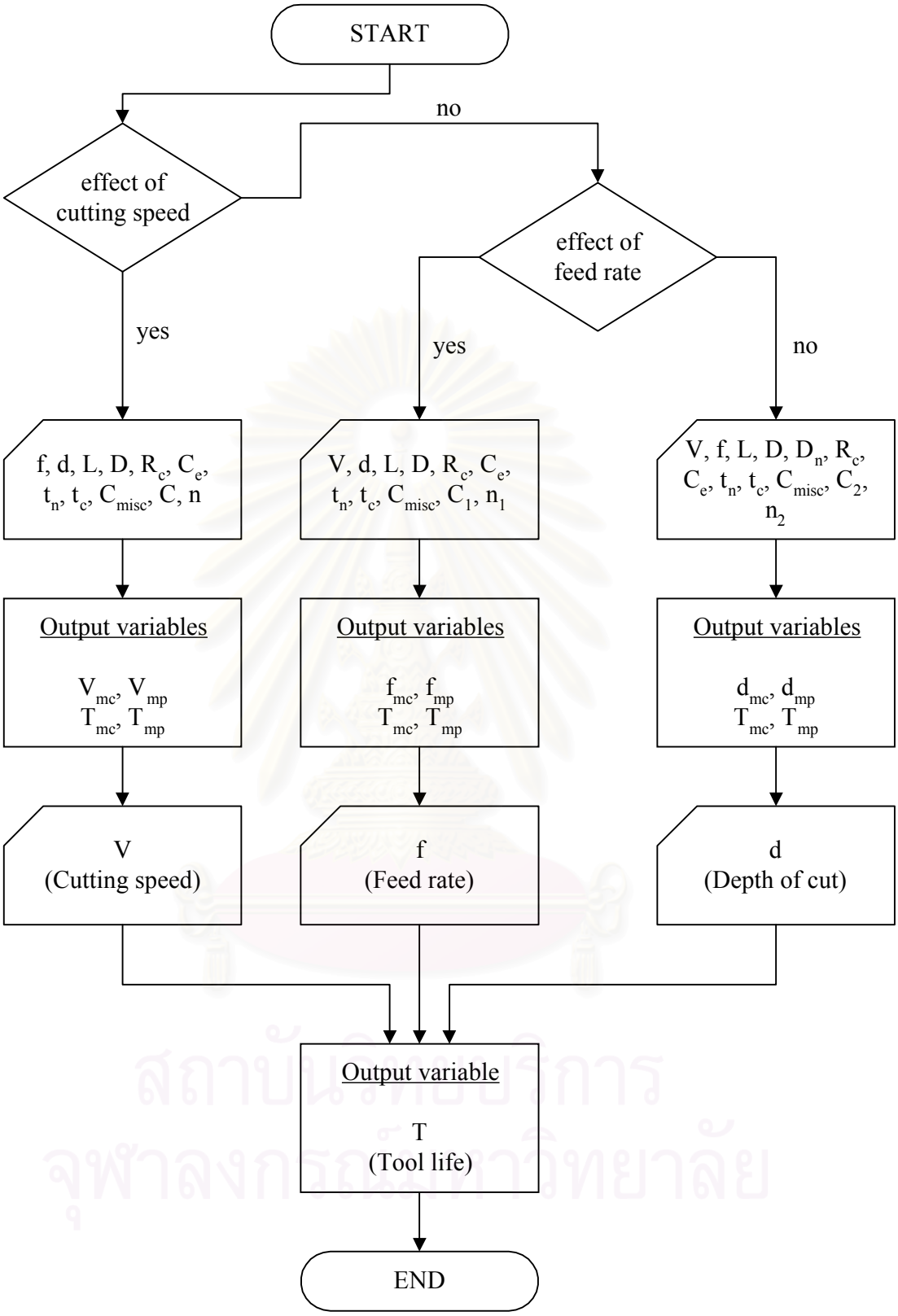


รูปที่ 3.3 แสดงการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงของอัตราผลิตและค่าใช้จ่ายรวม



รูปที่ 3.4 แสดงการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาอัตราผลกำไร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.5 แสดงการทำงานของโปรแกรมเพื่อหาอายุการใช้งานมีดกลึง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4.1 การออกแบบกระบวนการทำงานของโปรแกรม

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ เป็นโปรแกรมเฉพาะด้าน สำหรับการใช้หาเงื่อนไขสภาวะการกลึง และอายุการใช้งานมีดกลึง โดยหน้าที่หลักของโปรแกรมคือ เป็นเครื่องมือช่วยเหลือผู้ใช้งาน ในการตัดสินใจเลือกค่าปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะมุ่งเน้นไปที่ค่าความเร็วตัด โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์

4.1.1 วัตถุประสงค์ของโปรแกรม

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ

4.1.1.1 ใช้หาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์

4.4.1.2 ใช้หาความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำสุด

4.1.1.3 ใช้หาความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด

4.1.1.4 ใช้หาความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด

4.1.1.5 ใช้วิเคราะห์ความไวที่เกิดขึ้นกับอัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายในการผลิต เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วตัด

4.1.2 ขอบเขตของการใช้โปรแกรม

โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ จะแบ่งการทำงานเป็นสองส่วน ในส่วนแรกจะเป็นการวิเคราะห์หาสภาวะการกลึง ส่วนที่สองจะเป็นการหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานมีดกลึง โดยโปรแกรมทั้งสองส่วนนี้แยกอิสระต่อกัน และเช่นเดียวกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่นๆ เมื่อใช้งานโปรแกรมจึงจำเป็นที่จะต้องป้อนข้อมูล (Input) เข้าไปในโปรแกรม เพื่อให้โปรแกรมประมวลผลการวิเคราะห์ (Output) ออกมา โดยรายละเอียดของข้อมูลทั้งสองชนิดที่ทำงานรวมกับโปรแกรมนี้ ได้แก่

4.1.2.1 เมื่อต้องการหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด

ส่วนประกอบของข้อมูลที่ต้องจำเป็นต้องใช้ในตอนเริ่มต้น และข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม ได้แก่

1. ข้อมูลที่ต้องป้อนเข้าโปรแกรม ได้แก่
   1) ค่าความเร็วตัด อัตราการป้อน และความลึกตัด
   2) อายุการใช้งานเครื่องมือตัด ที่ค่าความเร็วตัด อัตราการป้อน และความลึกตัดนั้นๆ
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม ได้แก่
   1) ค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด
   2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานเครื่องมือตัด กับความเร็วตัด อัตราการป้อน และความลึกตัด ในช่วงของค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่าปัจจัยเหล่านั้น

4.1.2.2 เมื่อต้องการวิเคราะห์หาสภาวะการกลึง

ข้อมูลที่ต้องจำเป็นต้องใช้ในตอนเริ่มต้น และข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมประกอบด้วย

1. ข้อมูลที่ต้องป้อนเข้าโปรแกรม ได้แก่
   1) ลักษณะงานกลึง ในโปรแกรมนี้ จะสามารถวิเคราะห์งานกลึงได้ 3 ลักษณะ คือ การกลึงปอกผิว (Straight Turning) การกลึงปาดหน้า (Facing) และการกลึงเซาะร่อง (Cutting Off)
   2) ตัวแปรที่มีผลต่อการตัด (Cutting Variable) จะแบ่งเป็นสามลักษณะคือ
      (1) เมื่อต้องการหาค่าความเร็วตัด ตัวแปรที่ป้อนคือ ค่าของอัตราป้อนตัด และความลึกตัด
      (2) เมื่อต้องการหาค่าอัตราป้อนตัด ตัวแปรที่ป้อนคือ ค่าของความเร็วตัด และความลึกตัด
      (3) เมื่อต้องการหาค่าความลึกตัด ตัวแปรที่ป้อนคือ ค่าของความเร็วตัด และอัตราป้อนตัด

3) ข้อมูลของชิ้นงาน ได้แก่ ระยะของชิ้นงานที่ทำการกลึง เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานที่นำมากลึง
4) ข้อมูลของเวลา และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ได้แก่ ค่าแรงในการปฏิบัติงาน ค่ามีดกลึง เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึง เวลาที่ใช้ในการหยิบชิ้นงานเข้า-ออก
5) ค่าคงที่ของอายุการใช้งานมีดกลึง
6) ราคาขายชิ้นงาน เพื่อใช้คำนวณหาอัตราผลกำไร หรือผลกำไรต่อหน่วยเวลา

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม ได้แก่
1) ตารางสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล ในตารางจะประกอบไปด้วยค่าความเร็วที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด และค่าความเร็วที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด พร้อมทั้งอายุการใช้งาน อัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายรวมที่ความเร็วนั้นๆ
2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตกับความเร็วตัด และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายรวมกับความเร็วตัด
3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตที่ลดลงเมื่อเทียบกับอัตราการผลิตสูงสุดกับความเร็วตัด และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายรวมที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดกับความเร็วตัด หรือกราฟวิเคราะห์ความไว
4) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลกำไรกับความเร็วตัด
5) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึงกับความเร็วตัด

4.2 การเขียนโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยวิเคราะห์ในครั้งนี้ ใช้โปรแกรมวิชวลเบสิค (Visual Basic) เป็นเครื่องมือในการพัฒนา โปรแกรมที่ได้จากการพัฒนาจะทำงานบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์ วินโดวส์ และในการวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นไปที่การหาค่าความเร็วตัดเป็นหลัก ดังนั้นกราฟที่ได้จากโปรแกรม จะเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วตัดกับค่าผลการวิเคราะห์ที่พิจารณา อย่างไรก็ตามเพื่อให้การวิเคราะห์มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น จึงได้เพิ่มความสามารถในส่วนของการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการป้อนและความลึกตัด กับค่าผลการวิเคราะห์ลงไปด้วย โดยการเขียนโปรแกรมมีขั้นตอนตามรูปที่ 4.1 และมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การออกแบบการทำงานของโปรแกรม

ขั้นตอนแรกของการเขียนโปรแกรม เป็นการกำหนดว่าต้องการให้โปรแกรมทำงานอะไรบ้าง มีขั้นตอนการทำงานอย่างไร และมีรูปแบบโดยรวมอย่างไร สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์นี้ รูปแบบการทำงานมีลักษณะดังแผนผังแสดงการทำงาน ในรูปที่ 4.2 โดยในแต่ละขั้นตอนย่อยของการทำงานของโปรแกรมจะมีรูปแบบขั้นตอนการทำงานดังนี้

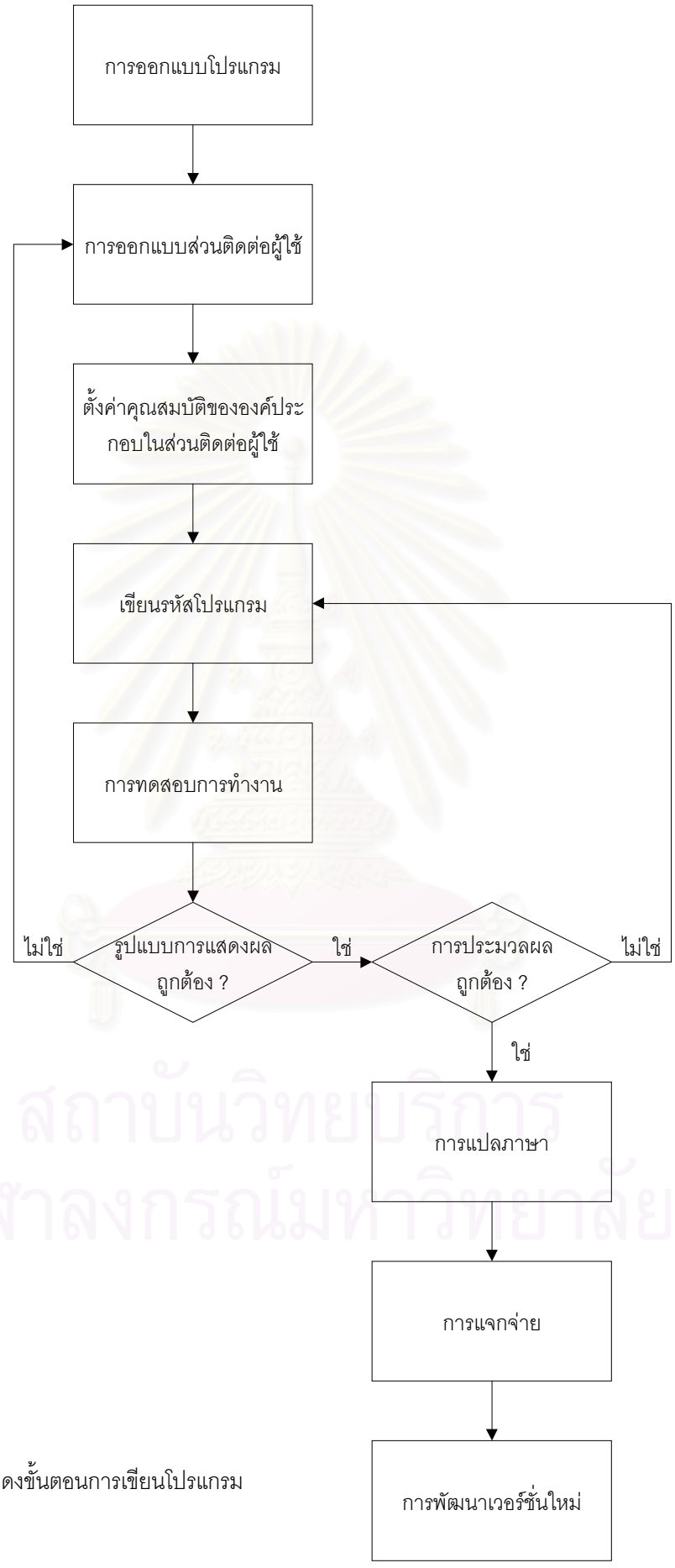
4.2.1.1 การหาสมการอายุการใช้งานมีดกลึง (P1)

เป็นการหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์ แล้วนำค่าคงที่เหล่านั้นไปสร้างสมการหาอายุการใช้งานของมีดกลึง (รูปแบบขั้นตอนการทำงานเป็นไปตามตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.1)

4.2.1.2 การหาสภาวะการกลึง โดยใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์ (P2)

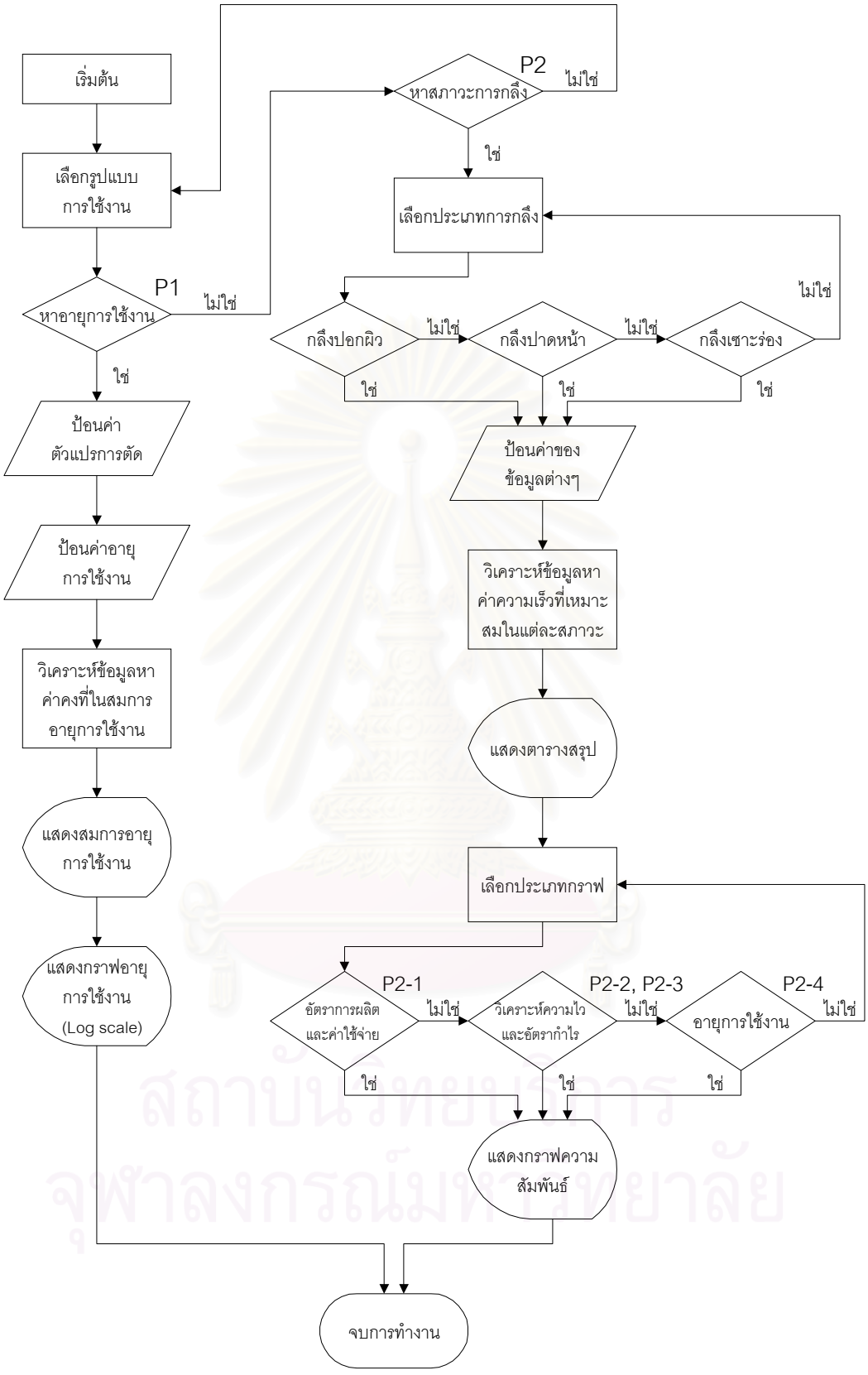
เป็นการหาค่าปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง (ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกตัด) ที่สัมพันธ์กับค่าของตัวแปรทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งได้แก่ อัตราการผลิต ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต และอัตราผลกำไร โดยข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมคือ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง (ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกในการตัด) กับอัตราการผลิต และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง (ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกในการตัด) กับค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต (P2-1) (รูปแบบขั้นตอนการทำงานเป็นไปตามตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.2)
2. การวิเคราะห์ความไวที่เกิดขึ้นกับอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวม (P2-2) (รูปแบบขั้นตอนการทำงานเป็นไปตามตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.3)
3. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง (ความเร็วตัด และอัตราป้อน) กับอัตราผลกำไรสูงสุด (P2-3) (รูปแบบขั้นตอนการทำงานเป็นไปตามตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.4)
4. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง (ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกในการตัด) กับอายุการใช้งานมีดกลึง (P2-4) (รูปแบบขั้นตอนการทำงานเป็นไปตามตารางที่ 3.5 และรูปที่ 3.5)



รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

4.2.2 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้

หลังจากที่ได้กำหนดรูปแบบการทำงานของโปรแกรมแล้ว ขั้นตอนนี้คือการออกแบบลักษณะของโปแกรม หรือการออกแบบจอภาพของโปรแกรม เป็นการสร้างรูปร่างหน้าตาของโปรแกรมในส่วนที่ติดต่อใช้งานกับผู้ใช้ (User Interface) ซึ่งมีทั้งเมนู และปุ่มต่างๆ ที่ผู้ใช้เห็นขณะที่โปรแกรมกำลังทำงาน

4.2.3 การตั้งค่าคุณลักษณะ

เมื่อได้รูปแบบจอภาพของโปรแกรมแล้ว ก็ต้องทำการกำหนดคุณลักษณะให้แก่องค์ประกอบของจอภาพโปรแกรม เช่น การกำหนดขนาดของปุ่มและช่องรับค่าต่างๆ การกำหนดสีของตัวอักษร เป็นต้น

4.2.4 การเขียนรหัสคำสั่ง

ขั้นตอนนี้คือการเขียนรหัสให้ชุดคำสั่งของโปรแกรม เพื่อให้โปรแกรมทำงานตามรูปแบบขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้แล้วทั้งหมด โดยใช้ภาษาวิชวลเบสิค

4.2.5 การทดสอบการแสดงผล

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกของการตรวจสอบโปรแกรม เป็นการทดสอบให้โปรแกรมทำงานเพื่อดูการแสดงผลของโปรแกรมว่าถูกต้องตามที่ต้องการหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องจะต้องกลับไปกำหนดคุณลักษณะให้แก่องค์ประกอบที่แสดงผลออกมาผิดพลาด แต่ถ้าถูกต้องแล้วก็จะไปสู่การตรวจสอบในขั้นตอนต่อไป

4.2.6 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบขั้นสุดท้ายของผู้พัฒนาโปรแกรม จะเป็นการทดสอบให้โปรแกรมทำงานอย่างเต็มรูปแบบ เพื่อดูความถูกต้องของโปรแกรม ถ้าโปรแกรมทำงานผิดพลาดที่จุดใด ก็จะต้องทำการแก้ไขที่รหัสคำสั่งของจุดนั้น และที่สำคัญอีกประการของขั้นตอนนี้ก็คือ การทดสอบขีดจำกัดของโปรแกรม เช่น ในบางกรณีการป้อนค่าข้อมูลที่ผิดพลาด อาจส่งผลต่อการ

คำนวณทางคณิตศาสตร์ ทำให้โปรแกรมไม่สามารถทำงานต่อได้ ดังนั้นจึงต้องทำการป้องกันไม่ให้เกิดกรณีดังกล่าวขึ้นมา

4.2.7 การแปลภาษา

หลังจากที่ตรวจสอบโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการแปลภาษโปรแกรมเพื่อให้โปรแกรมแปรสภาพเป็นไฟล์ที่สามารถปฏิบัติการ (Execute) ได้โดยตนเอง ภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ โดยไม่จำเป็นต้องมีโปรแกรมวิชวลเบสิคที่เครื่องคอมพิวเตอร์นั้นๆ วิธีการแปลภาษานี้ทำโดยสั่งการให้โปรแกรมวิชวลเบสิคดำเนินการ

4.2.8 การแจกจ่าย

เป็นการนำโปรแกรมออกให้แก่ผู้ที่ต้องการใช้งาน เพื่อประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ของโปรแกรม นอกจากนี้การแจกจ่ายยังมีประโยชน์ทางอ้อมก็คือ การให้ผู้อื่นที่ไม่ใช้ผู้ที่ทำการพัฒนาโปรแกรมได้ลองดูจดอ่อนของโปรแกรมว่ามีส่วนไหนที่ยังตอบสนองการใช้งานได้ไม่เต็มที่บ้าง เพื่อจะได้นำไปพัฒนาในครั้งต่อไป

4.2.9 การพัฒนาเวอร์ชันใหม่

เมื่อได้แจกจ่ายโปรแกรมออกใช้งานไปได้ซักระยะแล้ว ย่อมต้องพบเจอข้อด้อย หรือความต้องการเพิ่มเติมอื่นๆ สำหรับการใช้งาน ดังนั้นเพื่อให้โปรแกรมสามารถรองรับการใช้งานได้อย่างเต็มที่จึงต้องมีการพัฒนาเพิ่มเติม เพื่อรองรับความต้องการใช้งานในรูปแบบใหม่ที่ยังไม่ได้รวบรวมไว้ในโปรแกรมชุดปัจจุบัน เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของโปรแกรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การทดลองหาค่าตัวแปรเพื่อใช้วิเคราะห์

5.1 ขอบเขตของการทดลอง

การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราป้อน และความลึกตัดไว้ที่ค่าต่างกัน ซึ่งผลที่เกิดขึ้นก็คือ คุณภาพบางอย่างของชิ้นงานที่ได้ในแต่ละสภาวะการทดลองนั้นย่อมมีความแตกต่างกันด้วย เช่น ความเรียบของผิวชิ้นงาน ดังนั้นจึงต้องทำการกำหนดขอบเขตของการทดลองไว้ ดังนี้

5.1.1 อายุการใช้งานมีดกลึง กำหนดจาก

5.1.1.1 เกณฑ์ที่ใช้กำหนดอายุการใช้งานของมีดกลึงจากชิ้นงานคือ ขนาดของชิ้นงาน เมื่อชิ้นงานที่ได้ภายหลังการกลึงมีขนาดเกินกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางที่กำหนดไว้ ให้ถือว่ามีดกลึงหมดอายุการใช้งาน ต้องทำการเปลี่ยนมีดกลึง

5.1.1.2 เมื่อคมตัดของมีดกลึง หรือตัวมีดกลึงเกิดการแตกหัก ที่ไม่ใช่การสึกหรอตามปกติ ให้ถือว่ามีดกลึงหมดอายุการใช้งาน และต้องทำการเปลี่ยนมีดกลึง

5.1.2 สภาวะการกลึงที่เหมาะสมที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์สภาวะการกลึงที่อยู่ภายในขอบเขตดังนี้

5.1.2.1 ลักษณะการปฏิบัติงานกลึง เป็นการกลึงหยาบ

5.1.2.2 เกณฑ์ที่ใช้กำหนดคุณภาพของชิ้นงานคือ ขนาดของชิ้นงาน โดยไม่คำนึงถึงความเรียบผิวของชิ้นงาน

5.1.2.3 ใช้ค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์ ที่เป็นผลจากความเร็วตัดเพียงปัจจัยเดียว ของแต่ละสภาวะการทดลองต่างๆ เป็นตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

5.2 การออกแบบการทดลอง

5.2.1 การกำหนดเงื่อนไขในการทดลอง

การทดลองสำหรับงานวิจัยนี้ เป็นการทดลองเพื่อหาค่าคงที่ใช้แทนในสมการอายุเครื่องมือตัดของเทเลอร์ ดังนั้นจึงต้องทำการหาอายุของเครื่องมือตัด โดยมีการตั้งข้อกำหนดและขอบเขตของการทดลองไว้ดังนี้

5.2.1.1 ทำการทดลองกลึงโดยการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วที่อัตราการป้อน และความลึกตัดคงที่ที่ค่าต่างๆ

5.2.1.2 หน่วยความยาวที่ใช้ในการทดลองคือ เมตรและมิลลิเมตร ส่วนหน่วยเวลาคือ นาที

5.2.1.3 ลักษณะการกลึงเป็นการกลึงงานหยาบ (Rough cut) โดยกลึงปอกผิวชิ้นงานจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ไปเป็นขนาด 46 มิลลิเมตร

5.2.1.4 ตรวจสอบหาอายุการใช้งานของมีดกลึงโดยการวัดขนาดของชิ้นงาน โดยชิ้นงานจะต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยไม่เกิน 46.37 มิลลิเมตร

5.2.1.5 สภาวะการทดลองให้อยู่ในช่วงของการใช้งาน ตามมาตรฐานจากบริษัทเจ้าของผู้ผลิตมีดกลึง กล่าวคือใช้อัตราการป้อน ระหว่าง 0.20 – 0.55 มิลลิเมตรต่อรอบ และใช้ความลึกตัด ระหว่าง 0.7 – 6.0 มิลลิเมตร

5.2.1.6 ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง มีการแบ่งประเภทของไว้ดังนี้

1. ตัวแปรคงที่ คือ ชิ้นงานที่นำมาทดลอง สารหล่อเย็นที่ใช้ในการทดลอง อินเสิร์ทมีดกลึง และเครื่องกลึงที่ใช้ในการทดลอง
2. ตัวแปรแปรผัน คือ ความเร็วตัด (Cutting Speed) ที่ 125.66, 157.08, และ 188.50 เมตรต่อนาที อัตราการป้อน (Feed Rate) ที่ 0.2 และ 0.4 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด (Depth of Cut) ที่ 1 และ 2 มิลลิเมตร

5.2.1.7 ค่าที่บันทึกลงในผลการทดลองคือ จำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ภายใต้สภาวะการทดลองต่างๆ โดยทำการทดลองซ้ำในแต่ละสภาวะเป็นจำนวน 3 ครั้ง

5.2.1.8 ในการทดลองซ้ำใช้การเปลี่ยนคมตัดในอินเสิร์ทอันเดิม แล้วหาอายุของมีดตัดเฉลี่ย โดยพิจารณาจากจำนวนชิ้นงานที่ทำการกลึง เพื่อมาใช้คำนวณหาสมการอายุของมีดตัด

5.2.2 แผนการทดลอง

สภาวะการทดลองทั้งหมด มีจำนวนทั้งสิ้น 12 สภาวะการทดลอง และในแต่ละสภาวะการทดลองจะทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง โดยแบ่งเป็น 4 สภาวะการกลึงตามอัตราการป้อนและความลึกตัด ดังนี้

5.2.2.1 สภาวะการกลึงที่ 1 ใช้อัตราการป้อน 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด 1 มิลลิเมตร

5.2.2.2 สภาวะการกลึงที่ 2 ใช้อัตราการป้อน 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด 2 มิลลิเมตร

5.2.2.3 สภาวะการกลึงที่ 3 ใช้อัตราการป้อน 0.4 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด 1 มิลลิเมตร

5.2.2.4 สภาวะการกลึงที่ 4 ใช้อัตราการป้อน 0.4 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด 2 มิลลิเมตร

เนื่องจากสภาวะการกลึงที่ 1 และ 3 ใช้ความลึกตัด 1 มิลลิเมตร ดังนั้นเพื่อที่จะให้ได้ชิ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 46 มิลลิเมตร จะต้องทำการกลึงชิ้นงานที่สภาวะเหล่านี้สองครั้ง ชิ้นงานที่ได้จึงจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตามที่กำหนด

5.3 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

5.3.1 วัสดุชิ้นงาน และมีดกลึง

5.3.1.1 ชิ้นงานทดสอบเป็นเหล็กเกรด S45C ลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ความยาว 250 มิลลิเมตร โดยมีระยะที่ต้องทำการกลึง 200 มิลลิเมตร

5.3.1.2 มีดกลึงหรืออินเสิร์ทที่ใช้ทำด้วยคาร์ไบด์ มีรหัส TNMM160408-PR มีคุณสมบัติเหมาะสำหรับกลึงงานหยาบและงานปานกลางของเหล็กเหนียวทั่วไป ให้แรงตัดปานกลางและอัตราป้อนสูง มีความแข็งเท่ากับ 180 HB เป็นมีดกลึงชนิดใช้งานด้านเดียวรูปสามเหลี่ยม หรือมี 3 คมตัดต่อต่อมีดกลึง (รายละเอียดเพิ่มเติมดูในภาคผนวก ข.)

5.3.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

5.3.2.1 เครื่องกลึงที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC turning machine) ยี่ห้อ Miyano รุ่น BND-34C ขนาด 5.5 kW 7.5 HP (รายละเอียดเพิ่มเติมดูในภาคผนวก ข.)

5.3.2.2 เครื่องมือวัดขนาดชิ้นงาน (Micrometer)

ตารางที่ 5.1 แสดงสภาวะการทดลองกลึงทั้งหมด

ลำดับ	เงื่อนไข		
	ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	อัตราป้อน (มิลลิเมตร/รอบ)	ความลึกตัด (มิลลิเมตร)
1	125.66	0.2	1
2	157.08	0.2	2
3	188.50	0.2	1
4	125.66	0.2	2
5	157.08	0.2	1
6	188.50	0.4	2
7	125.66	0.4	1
8	157.08	0.4	2
9	188.50	0.4	1
10	125.66	0.4	2
11	157.08	0.4	1
12	188.50	0.4	2

ตารางที่ 5.2 ตารางบันทึกผลการทดลองที่สภาวะต่างๆ

ความเร็วตัด		จำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ (ชิ้น)			ค่าเฉลี่ย
(รอบต่อนาที)	(เมตรต่อวินาที)	คมตัดที่ 1	คมตัดที่ 2	คมตัดที่ 3	
800	125.66				
1000	157.08				
1200	188.50				

ตารางที่ 5.3 ตารางสรุปผลการทดลอง

ความเร็วตัด (V)	อัตราการป้อน (f)			
	f_1 = 0.2 มิลลิเมตรต่อนาที		f_2 = 0.4 มิลลิเมตรต่อนาที	
	ระยะลึกในการตัด (d)		ระยะลึกในการตัด (d)	
	d_1 = 1 มิลลิเมตร	d_2 = 2 มิลลิเมตร	d_1 = 1 มิลลิเมตร	d_2 = 2 มิลลิเมตร
V_1 = 125.66 เมตรต่อนาที				
V_2 = 157.08 เมตรต่อนาที				
V_3 = 188.50 เมตรต่อนาที				

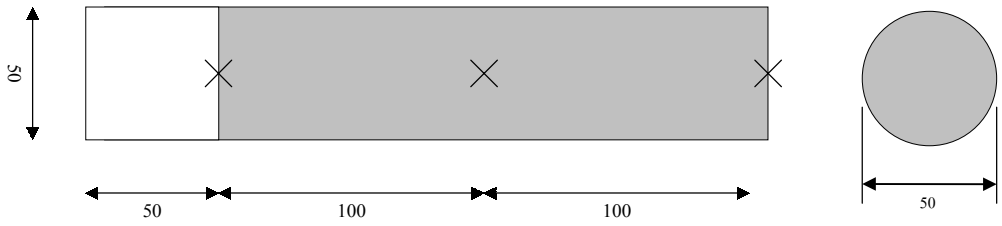
5.4 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

5.4.1 การเตรียมชิ้นงาน

การเตรียมชิ้นงานเริ่มต้นจากนำเหล็กเกรด S45C รูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว (50.8 มิลลิเมตร) มากลึงปอกผิวเพื่อเตรียมผิวและลดขนาดชิ้นงานให้ได้ 50 มิลลิเมตร แล้วตัดให้เป็นชิ้นงานยาว 250 มิลลิเมตร หลังจากนั้นทำการตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน โดยการวัดขนาดชิ้นงานที่จุดต่างๆ ด้วยไมโครมิเตอร์ ตามรูปที่ 5.1 โดยที่ชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบแล้วพร้อมจะนำไปทดลองกลึงจะต้องมีขนาดเท่ากับ 50 มิลลิเมตรที่ทุกจุดที่ตรวจสอบ

5.4.2 วิธีการทดลองกลึงตัดชิ้นงาน

5.4.2.1 ตั้งค่าเครื่องมือที่ใช้ในระบบ และป้อนคำสั่งกลึง จากก็ทำการจับยึดชิ้นงานบนเครื่องกลึง แล้วเริ่มทำการกลึงที่สภาวะต่างๆ ตามค่าที่ได้ตั้งไว้ในตอนต้น



(a) ภาพด้านข้าง (b) ภาพด้านหน้า

รูปที่ 5.1 แสดงจุดที่ต้องทำการวัดตรวจสอบบนชิ้นงาน

5.4.2.2 กลึงปลอกผิวชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 800 1,000 และ 1,200 รอบต่อนาที ที่อัตราการป้อน 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด 1 มิลลิเมตร เมื่อชิ้นงานกลึงไปได้ระยะ 200 มิลลิเมตร ก็ทำการกลึงซ้ำอีกครั้งด้วยความเร็วรอบ 833 1,042 และ 1,250 รอบต่อนาที ทั้งนี้เพื่อต้องการให้ความเร็วตัดมีค่าคงที่ เมื่อกลึงจนได้ระยะ 200 มิลลิเมตร ก็ทำการเปลี่ยนชิ้นงานใหม่เข้ามากลึง

5.4.2.3 ตั้งค่าเครื่องกลึงใหม่ให้ทำการกลึงที่ความเร็วรอบ 800 1,000, และ 1,200 รอบต่อนาที ที่อัตราการป้อน 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด 2 มิลลิเมตร และ ส่วนชิ้นงานที่ทำการกลึงด้วยความลึกตัด 2 มิลลิเมตร โดยไม่ต้องทำการกลึงซ้ำครั้งที่สองสำหรับสภาวะการกลึงที่ความลึกตัด 2 มิลลิเมตร เพราะได้ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 46 มิลลิเมตรจากการกลึงเพียงครั้งเดียว กลึงจนได้ระยะ 200 มิลลิเมตรตามที่กำหนด แล้วเปลี่ยนชิ้นงานใหม่เข้ามากลึง

5.4.2.4 ทำการกลึงที่สภาวะอัตราการป้อนเท่ากับ 0.4 มิลลิเมตรต่อรอบ ทั้งที่ใช้ความลึกตัด 1 และ 2 มิลลิเมตร ตามวิธีการข้างต้น

5.4.2.5 หลังจากที่กลึงชิ้นงานเสร็จในแต่ละครั้ง จะทำการตรวจวัดชิ้นงานตามจุดที่กำหนดในรูป 5.1 โดยเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานที่กลึงได้จะต้องมีค่าไม่มากกว่า 46.37 มิลลิเมตร เมื่อใดที่ชิ้นงานมีเส้นผ่าศูนย์กลางเกินค่าที่กำหนด ก็ทำการเปลี่ยนด้านคมตัดใหม่ แล้วบันทึกผลเป็นจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ ทำเช่นนี้จนครบทั้งสามคมตัด

5.4.2.6 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุเฉลี่ยของมีดกลึง กับความเร็วตัดเปรียบเทียบกันในสภาวะการกลึงต่างๆ พร้อมทั้งเขียนกราฟเปรียบเทียบค่าอายุการใช้งานเฉลี่ยที่หาได้จากสมการอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดกับค่าที่ได้จากการทดลองด้วย

5.4.2.7 จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.5 ผลการทดลอง

การทดลองในครั้งนี้ ได้กำหนดให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามขั้นตอนที่ได้ระบุไว้ข้างต้น ตั้งแต่การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง การตรวจสอบขนาดชิ้นงานก่อนทำการกลึง การบันทึกผลการทดลอง จนถึงการตรวจสอบขนาดของชิ้นงานภายหลังการกลึง เพื่อนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ต่อไป

ค่าของอายุการใช้งานมีดกลึงที่บันทึกได้จากการทดลอง แยกเป็นแต่ละสภาวะการกลึง โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.5.1 สภาวะการกลึงที่ 1 ใช้อัตราการป้อน (f) 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ และระยะลึกตัด (d) เท่ากับ 1 มิลลิเมตร ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5.4

5.5.2 สภาวะการกลึงที่ 2 ใช้อัตราการป้อน 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ และระยะลึกตัดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5.5

5.5.3 สภาวะการกลึงที่ 3 ใช้อัตราการป้อน 0.4 มิลลิเมตรต่อรอบ และระยะลึกตัดเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5.6

5.5.4 สภาวะการกลึงที่ 4 ใช้อัตราการป้อน 0.4 มิลลิเมตรต่อรอบ และระยะลึกตัดเท่ากับ 2 มิลลิเมตร ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 5.7

ในรูปที่ 5.2 ถึงรูปที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้กับค่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัด ได้แก่ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกตัด ตามลำดับ ส่วนตารางที่ 5.8 เป็นตารางสรุปจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ในทุกเงื่อนไขการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ได้ในสภาวะการกลึงที่ 1 เมื่อ f = 0.2 mm/rev; d = 1 mm

ความเร็วตัด		จำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ (ชิ้น)			ค่าเฉลี่ย
(รอบต่อนาที)	(เมตรต่อวินาที)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	(ชิ้น/คมตัด)
800/833	125.66	15	14	14	14.26 $\pm$ 0.47
1000/1042	157.08	10	10	11	10.06 $\pm$ 0.47
1200/1250	188.50	9	7	7	7.57 $\pm$ 0.94

ตารางที่ 5.5 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ได้ในสภาวะการกลึงที่ 2 เมื่อ f = 0.2 mm/rev; d = 2 mm

ความเร็วตัด		จำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ (ชิ้น)			ค่าเฉลี่ย
(รอบต่อนาที)	(เมตรต่อวินาที)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	(ชิ้น/คมตัด)
800	125.66	23	19	19	20.30 $\pm$ 1.89
1000	157.08	12	16	15	14.32 $\pm$ 1.70
1200	188.50	11	13	8	10.77 $\pm$ 2.05

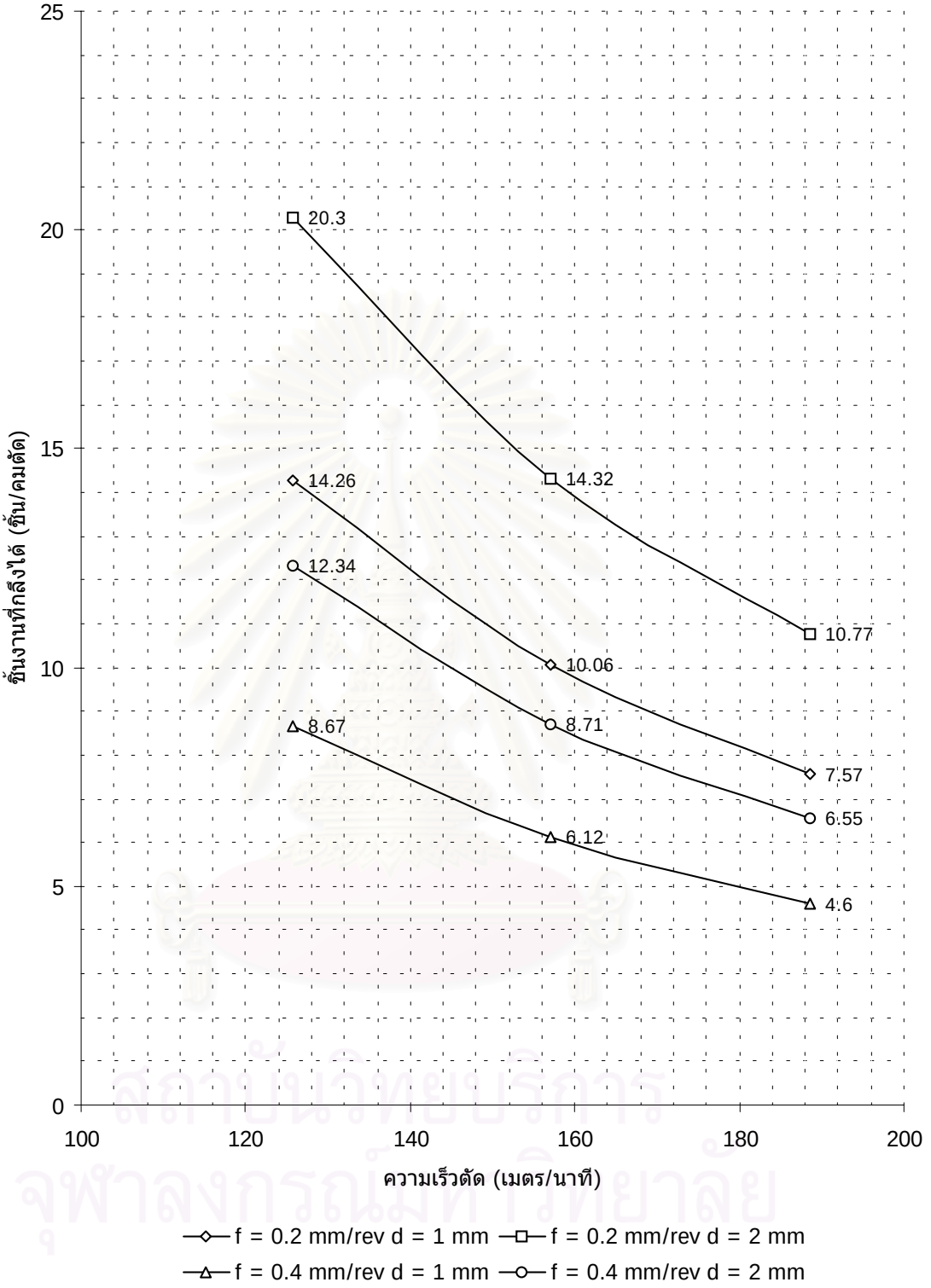
ตารางที่ 5.6 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ได้ในสภาวะการกลึงที่ 3 เมื่อ f = 0.4 mm/rev; d = 1 mm

ความเร็วตัด		จำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ (ชิ้น)			ค่าเฉลี่ย
(รอบต่อนาที)	(เมตรต่อวินาที)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	(ชิ้น/คมตัด)
800/833	125.66	8	9	9	8.67 $\pm$ 0.47
1000/1042	157.08	5	7	6	6.12 $\pm$ 0.82
1200/1250	188.50	5	4	5	4.60 $\pm$ 0.47

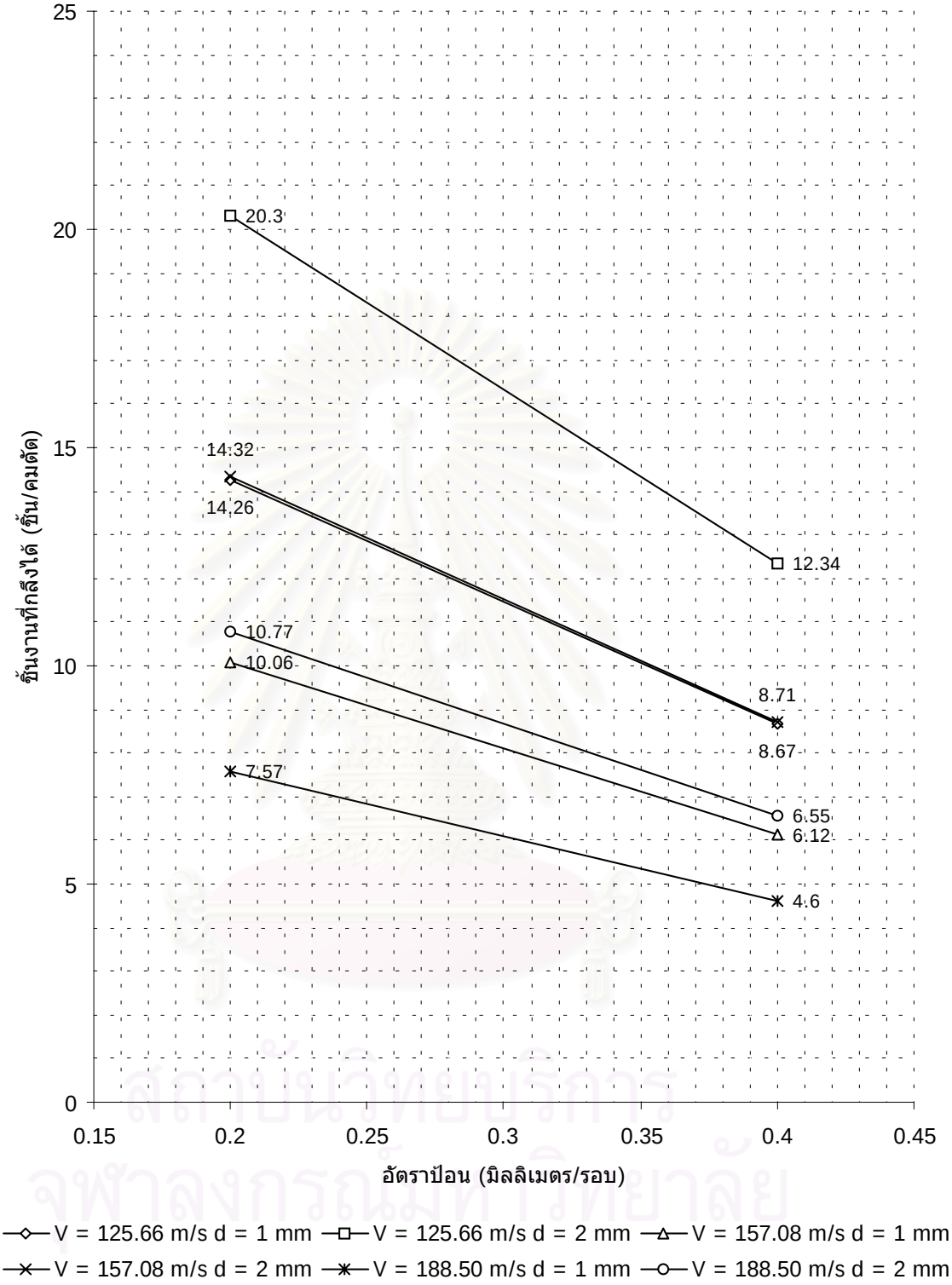
ตารางที่ 5.7 แสดงจำนวนชิ้นงานที่ได้ในสภาวะการกลึงที่ 4 เมื่อ f = 0.4 mm/rev; d = 2 mm

ความเร็วตัด		จำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ (ชิ้น)			ค่าเฉลี่ย
(รอบต่อนาที)	(เมตรต่อวินาที)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	(ชิ้น/คมตัด)
800	125.66	13	12	12	12.34 $\pm$ 0.47
1000	157.08	9	9	8	8.71 $\pm$ 0.47
1200	188.50	7	5	7	6.55 $\pm$ 0.94

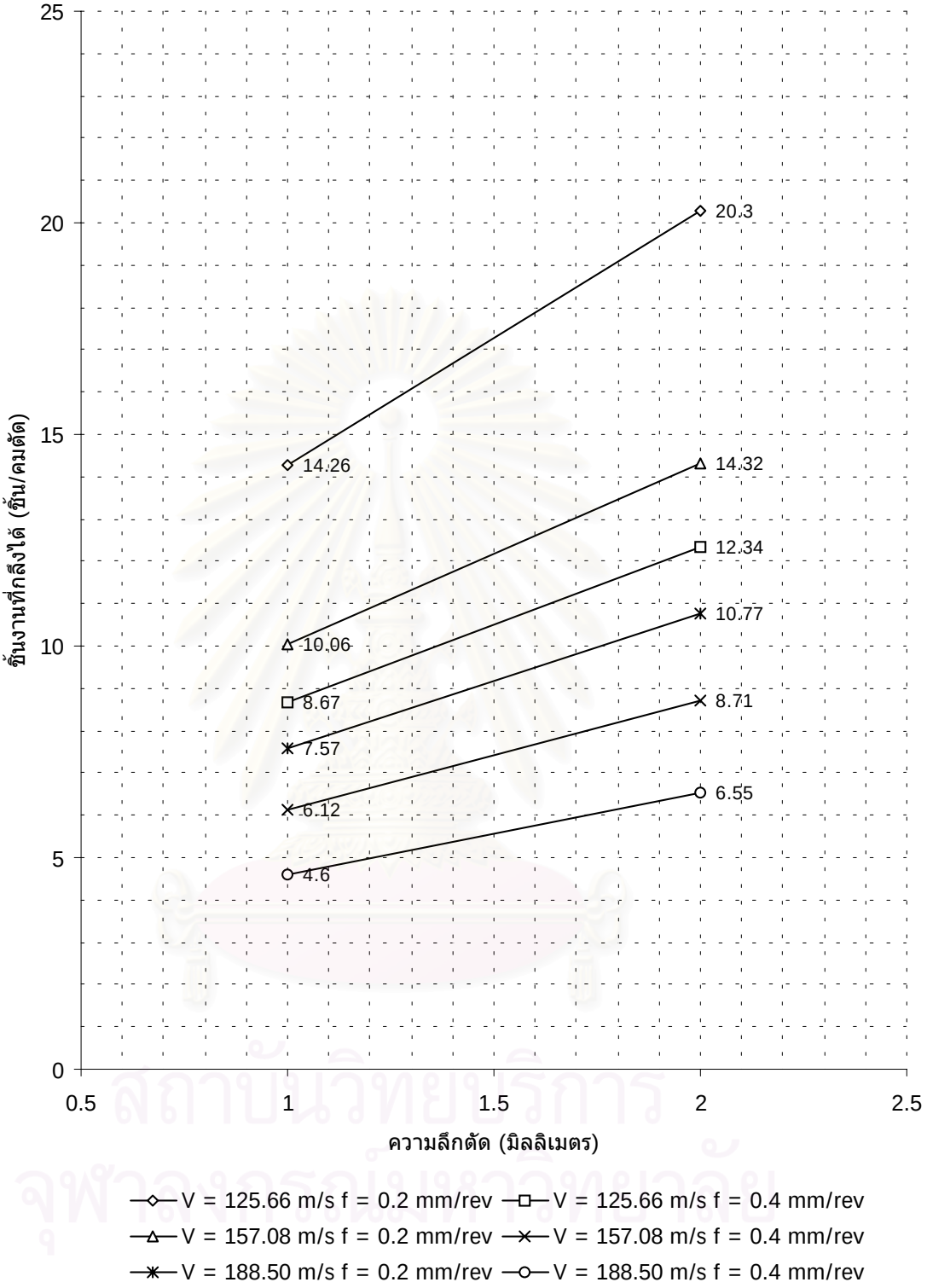
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้กับความเร็วตัด



รูปที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้กับอัตราป้อน



รูปที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้กับความลึกตัด

ตารางที่ 5.8 ตารางสรุปผลการทดลอง แสดงจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้

ความเร็วตัด (เมตรต่อนาที)	อัตราการป้อน			
	0.2 มิลลิเมตรต่อนาที		0.4 มิลลิเมตรต่อนาที	
	ระยะลึกในการตัด		ระยะลึกในการตัด	
	1 มิลลิเมตร	2 มิลลิเมตร	1 มิลลิเมตร	2 มิลลิเมตร
125.66	15	23	8	13
	14	19	9	12
	14	19	9	12
157.08	10	12	5	9
	10	16	7	9
	11	15	6	8
188.50	9	11	5	7
	7	13	4	5
	7	8	5	7

ค่าที่ได้จากการทดลองอยู่ในรูปของจำนวนชิ้นงานที่มีดกลึงสามารถกลึงได้ในหนึ่งคมตัด ที่จริงแล้วก็คือ อายุการใช้งานมีดกลึงในหน่วยของจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ แต่เพื่อที่จะหาค่าคงที่สำหรับใช้ในสมการอายุเครื่องมือตัดของเทเลอร์ จำเป็นต้องแปลงข้อมูลผลการทดลองให้อยู่ในรูปของอายุการใช้งานของมีดกลึงในหน่วยของเวลา โดยหาจากจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ในสภาวะต่างๆ และเวลาที่ต้องใช้ในการกลึงชิ้นงานแต่ละชิ้น ซึ่งหาได้จากสมการที่ (2.4) ค่าอายุการใช้งานของแต่ละสภาวะการกลึงที่แปลงเป็นหน่วยเวลาแล้วแสดงในตารางที่ 5.9 ส่วนค่าเฉลี่ยของอายุการใช้งานมีดกลึงที่ได้จากการทดลองแสดงในตารางที่ 5.10

สภาวะการกลึง f = 0.2 และ d = 1
เวลาที่ใช้ในการกลึงเมื่อ V = 125.66 จะมีค่าเท่ากับ

$$T_m = \left(\frac{\pi \times 50 \times 200}{1000 \times 0.2 \times 125.66}\right) + \left(\frac{\pi \times 48 \times 200}{1000 \times 0.2 \times 125.66}\right)$$

$$T_m = \left(\frac{200}{0.2 \times 800}\right) + \left(\frac{200}{0.2 \times 833}\right)$$

$$T_m = 1.25 + 1.20$$

นั่นคือ เวลาในการกลึงชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที เท่ากับ 1.25 นาทีต่อชิ้น
เวลาในการกลึงชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 833 รอบต่อนาที เท่ากับ 1.20 นาทีต่อชิ้น
ดังนั้นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานที่สภาวะการกลึงนี้ เท่ากับ 2.45 นาทีต่อชิ้น

เวลาที่ใช้กลึงชิ้นงานของสภาวะการกลึง และค่าความเร็วอื่นๆ หาได้โดยใช้การคำนวณตามวิธีการข้างต้น ผลที่ได้คือ

สภาวะการกลึง f = 0.2 d = 1 และ V = 157.08
เวลาในการกลึงชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที เท่ากับ 1 นาทีต่อชิ้น
เวลาในการกลึงชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 1042 รอบต่อนาที เท่ากับ 0.96 นาทีต่อชิ้น
ดังนั้นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานที่สภาวะการกลึงนี้ เท่ากับ 1.96 นาทีต่อชิ้น

สภาวะการกลึง f = 0.2 d = 1 และ V = 188.50
เวลาในการกลึงชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 1200 รอบต่อนาที เท่ากับ 0.83 นาทีต่อชิ้น
เวลาในการกลึงชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 1250 รอบต่อนาที เท่ากับ 0.8 นาทีต่อชิ้น
ดังนั้นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานที่สภาวะการกลึงนี้ เท่ากับ 1.63 นาทีต่อชิ้น

สภาวะการกลึง f = 0.2 d = 2 และ V = 125.66
เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานที่สภาวะการกลึงนี้ เท่ากับ 1.25 นาทีต่อชิ้น

สภาวะการกลึง f = 0.2 d = 2 และ V = 157.08
เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานที่สภาวะการกลึงนี้ เท่ากับ 1 นาทีต่อชิ้น

สภาวะการกลึง f = 0.2 d = 2 และ V = 188.50
เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานที่สภาวะการกลึงนี้ เท่ากับ 0.83 นาทีต่อชิ้น

สภาวะการกลึง f = 0.4 d = 1 และ V = 125.66
เวลาในการกลึงชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที เท่ากับ 0.63 นาทีต่อชิ้น
เวลาในการกลึงชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 833 รอบต่อนาที เท่ากับ 0.6 นาทีต่อชิ้น
ดังนั้นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานที่สภาวะการกลึงนี้ เท่ากับ 1.23 นาทีต่อชิ้น

สภาวะการกลึง f = 0.4 d = 1 และ V = 157.08
เวลาในการกลึงชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที เท่ากับ 0.5 นาทีต่อชิ้น
เวลาในการกลึงชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 1042 รอบต่อนาที เท่ากับ 0.48 นาทีต่อชิ้น
ดังนั้นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานที่สภาวะการกลึงนี้ เท่ากับ 0.98 นาทีต่อชิ้น

สภาวะการกลึง f = 0.4 d = 1 และ V = 188.50
เวลาในการกลึงชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 1200 รอบต่อนาที เท่ากับ 0.42 นาทีต่อชิ้น
เวลาในการกลึงชิ้นงานที่ความเร็วรอบ 1250 รอบต่อนาที เท่ากับ 0.4 นาทีต่อชิ้น
ดังนั้นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานที่สภาวะการกลึงนี้ เท่ากับ 0.82 นาทีต่อชิ้น

สภาวะการกลึง f = 0.4 d = 2 และ V = 125.66
เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานที่สภาวะการกลึงนี้ เท่ากับ 0.63 นาทีต่อชิ้น

สภาวะการกลึง f = 0.4 d = 2 และ V = 157.08
เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานที่สภาวะการกลึงนี้ เท่ากับ 0.5 นาทีต่อชิ้น

สภาวะการกลึง f = 0.4 d = 2 และ V = 188.50
เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานที่สภาวะการกลึงนี้ เท่ากับ 0.42 นาทีต่อชิ้น

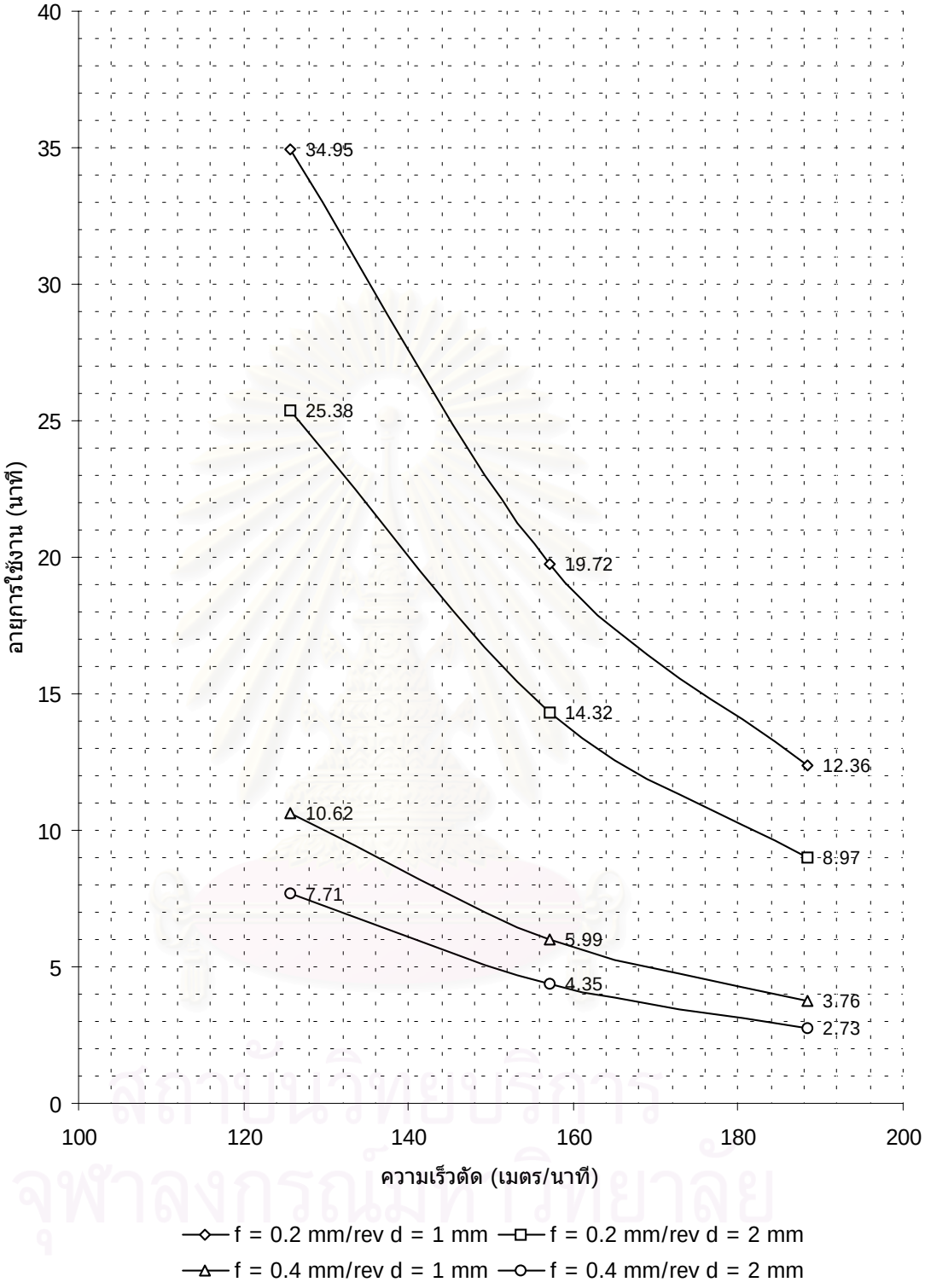
เมื่อนำค่าเวลาที่ใช้ในการกลึงของแต่ละสภาวะการทำงานไปคูณกับจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ในสภาวะการทำงานนั้นๆ จะได้ค่าอายุการใช้งานมีดกลึงในหน่วยเวลา (นาที) เพื่อที่จะนำไปใช้หาสมการอายุการใช้งานมีดกลึงในขั้นตอนต่อไป รูปที่ 5.5 ถึงรูปที่ 5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกตัด ตามลำดับ

ตารางที่ 5.9 ตารางสรุปผลการทดลอง แสดงอายุการใช้งานมีดกลึง

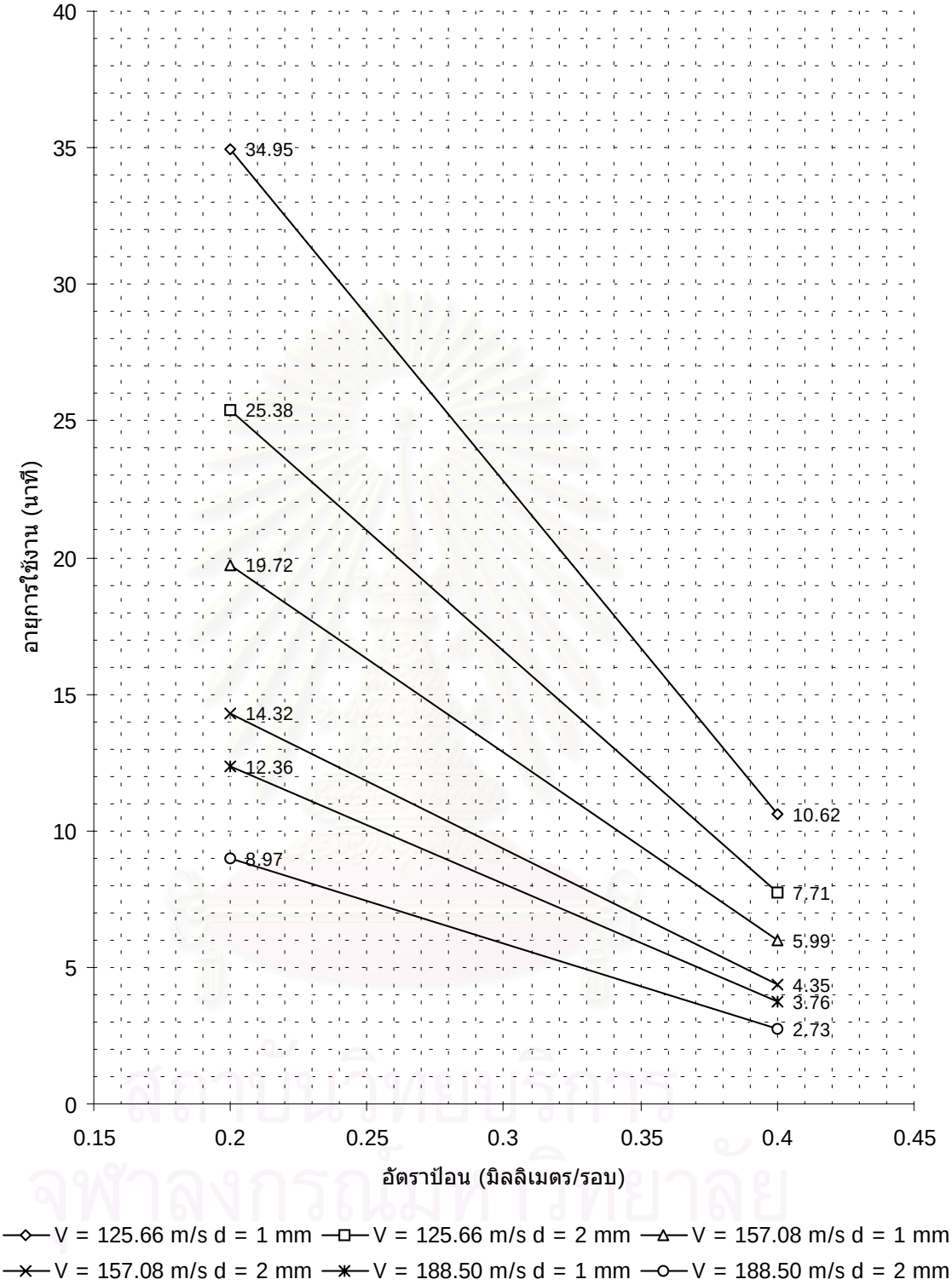
ความเร็วตัด (เมตรต่อนาที)	อัตราการป้อน			
	0.2 มิลลิเมตรต่อนาที		0.4 มิลลิเมตรต่อนาที	
	ระยะลึกในการตัด		ระยะลึกในการตัด	
	1 มิลลิเมตร	2 มิลลิเมตร	1 มิลลิเมตร	2 มิลลิเมตร
125.66	36.75	28.75	9.84	8.19
	34.3	23.75	11.07	7.56
	34.3	23.75	11.07	7.56
157.08	19.6	12	4.9	4.5
	19.6	16	6.86	4.5
	21.56	15	5.88	4
188.50	14.67	9.13	4.1	2.94
	11.41	10.79	3.28	2.1
	11.41	6.64	4.1	2.94

ตารางที่ 5.10 อายุเฉลี่ยของมีดกลึงที่สภาวะการกลึงต่างๆ

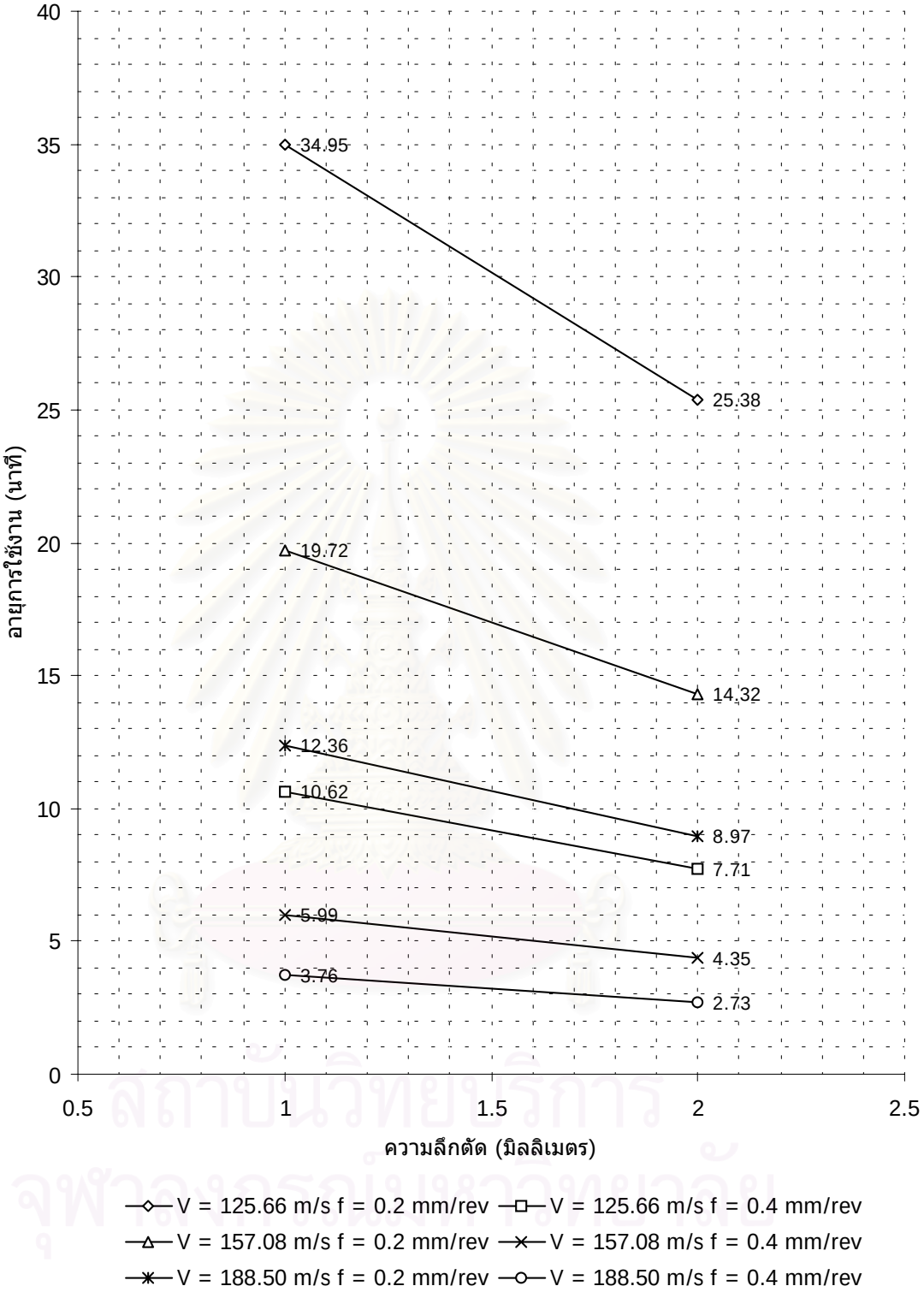
สภาวะการกลึง	อายุการใช้งานมีดกลึงเฉลี่ย (นาที) ที่ความเร็วตัด (เมตร/นาที) ต่างๆ		
	125.66	157.08	188.50
1. f = 0.2 mm./rev d = 1 mm.	34.95	19.72	12.36
2. f = 0.2 mm./rev d = 2 mm.	25.38	14.32	8.97
3. f = 0.4 mm./rev d = 1 mm.	10.62	5.99	3.76
4. f = 0.4 mm./rev d = 2 mm.	7.71	4.35	2.73



รูปที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึงกับความเร็วตัด



รูปที่ 5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึงกับอัตราป้อน



รูปที่ 5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึงกับความลึกตัด

พิจารณาจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้กับปัจจัยที่มีผลต่อการกลึงจะพบว่า เมื่อความเร็วตัด และอัตราป้อนเพิ่มขึ้น จำนวนชิ้นงานที่กลึงได้จะลดลง แต่ในกรณีของความลึกตัดจะให้ผลตรงกันข้าม ทั้งนี้เนื่องมาจาก การกลึงชิ้นงานที่ค่าความลึกตัดน้อยกว่าจะใช้เวลามากกว่าการกลึงที่ค่าความลึกตัดสูงกว่า ถึงแม้ว่าการสึกหรอของมีดกลึงที่ความลึกตัดน้อยกว่าจะมีค่าต่ำกว่าที่ความลึกตัดที่ค่าสูง แต่เมื่อต้องใช้เวลาในการกลึงนานขึ้นมากกว่าเดิมมากๆ จึงทำให้จำนวนชิ้นงานที่กลึงได้น้อยลง

การทดลองแสดงให้เห็นว่าความเร็วตัด อัตราการป้อน และระยะลึกในการตัด ล้วนมีผลต่ออายุการใช้งานของมีดกลึงทั้งสิ้น โดยถ้าพิจารณาผลของความเร็วตัดที่มีต่ออายุการใช้งานมีดกลึงจะพบว่าแนวโน้มเป็นในลักษณะที่ว่าอายุการใช้งานมีดกลึงจะลดลงเมื่อความเร็วตัดเพิ่มขึ้น ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับเมื่ออัตราการป้อน และความลึกตัดเพิ่มขึ้น

สาเหตุที่อายุการใช้งานลดลงเมื่อเพิ่มค่าของปัจจัยที่เกียวข้องนั้นเป็นผลมาจากการที่ชิ้นงานและมีดกลึงมีการขัดสีกันเพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิบริเวณผิวที่มีการสัมผัสกันสูงขึ้นตามไปด้วย และพบว่าการเพิ่มอัตราป้อนนั้นมีผลต่ออายุการใช้งานมีดกลึงมากกว่าการเพิ่มความลึกตัด ดูจากสภาวะการกลึงที่ 1 เป็นหลัก เมื่อเพิ่มความลึกตัดเป็น 2 เท่าจากเดิม เป็นการกลึงในสภาวะที่ 2 แล้ว อายุการใช้จะลดลง แต่ก็ยังสูงกว่าอายุการใช้งานที่สภาวะการกลึงที่ 3 ซึ่งเกิดจากการเพิ่มค่าอัตราป้อนจากเดิมเป็น 2 เท่า

แต่นอกเหนือจากอายุการใช้งานที่เปลี่ยนแปลงแล้ว การเพิ่มความเร็วตัด อัตราการป้อน และความลึกตัด ยังมีผลทำให้ปัจจัยตามอีกหลายอย่างเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน เช่นคุณภาพของผิวชิ้นงาน ยิ่งเพิ่มอัตราป้อนมากผิวชิ้นงานจะเรียบมากขึ้น ทำให้คุณภาพของชิ้นงานดีขึ้นด้วย ซึ่งในการปฏิบัติงานบางครั้งก็จำเป็นที่จะต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ประกอบกันด้วย

5.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดลอง

เพื่อตรวจสอบว่าค่าของปัจจัยต่างๆ ในสภาวะการกลึงมีผลต่ออายุการใช้งานของมีดกลึงจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลของปัจจัยหลัก และอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ในปัจจัยหลัก โดยปัจจัยหลักในที่นี้ประกอบด้วย ความเร็วตัด อัตราการป้อน และความลึกตัดดังนั้นสมการแสดงความแปรผันของตัวแปรตาม ซึ่งก็คืออายุการใช้งานมีดกลึงสามารถเขียนได้ดังนี้

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

เมื่อ $i = 1,2,3$

$j = 1,2$

$k = 1,2$

$l = 1,2,3$

โดยที่ τ_i คืออิทธิพลของความเร็วตัด

β_j คืออิทธิพลของอัตราป้อน

γ_k คืออิทธิพลของระยะลึกตัด

สมมติฐานที่ทำการทดสอบคือ

$H_0 : \tau_i = 0$ สำหรับทุก i

$H_1 : \tau_i \neq 0$ สำหรับบาง i

$H_0 : \beta_j = 0$ สำหรับทุก j

$H_1 : \beta_j \neq 0$ สำหรับบาง j

$H_0 : \gamma_k = 0$ สำหรับทุก k

$H_1 : \gamma_k \neq 0$ สำหรับบาง k

$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ สำหรับทุก i และ j

$H_1 : (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ สำหรับบาง i และ j

$H_0 : (\tau\gamma)_{ik} = 0$ สำหรับทุก i และ k

$H_1 : (\tau\gamma)_{ik} \neq 0$ สำหรับบาง i และ k

$H_0 : (\beta\gamma)_{jk} = 0$ สำหรับทุก j และ k

$H_1 : (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$ สำหรับบาง j และ k

$H_0 : (\tau\beta\gamma)_{ijk} = 0$ สำหรับทุก i j และ k

$H_1 : (\tau\beta\gamma)_{ijk} \neq 0$ สำหรับบาง i j และ k

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งความแปรผัน	ผลบวกกำลังสอง	ดีกรีความอิสระ	ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง	F_0
ความเร็วตัด *(A)*	1017.21	2	508.60	234.80
อัตราการป้อน *(B)*	1654.05	1	1654.05	763.60
ระยะลึกตัด *(C)*	154.59	1	154.59	71.37
AB	286.70	2	143.35	66.18
AC	23.46	2	11.73	5.41
BC	46.65	1	46.65	21.54
ABC	7.08	2	3.54	1.63
ความผิดพลาดแบบสุ่ม	51.99	24	2.17	
รวม	3241.72	35		

ค่า $F_{0.05,1,24}$ = 4.26 และ $F_{0.05,2,24}$ = 3.40 ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 5.11 แสดงให้เห็นว่าเมื่อพิจารณาที่ระดับนัยสำคัญ 5 % ปัจจัยหลักทั้งสาม และปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัยหลักสองปัจจัยล้วนแต่มีผลต่อต่ออายุการใช้งานมีดกลึงทั้งสิ้น ส่วนปัจจัยร่วมระหว่างปัจจัยหลักสามปัจจัยนั้นไม่มีผลต่ออายุการใช้งานมีดกลึง และจากค่า F_0 พบว่าปัจจัยหลักมีผลต่ออายุการใช้งานมีดกลึงมากกว่าปัจจัยร่วมอยู่มาก

จากการทดลองทำให้ได้ค่าของอายุการใช้งานมีดกลึงที่สภาวะการกลึงต่างๆ โดยสามารนำค่าที่ได้เหล่านี้ไปใช้คำนวณหาค่าคงที่สมการหาอายุเครื่องมือตัดของเทเลอร์ เพื่อใช้ประโยชน์ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างอายุของมีดกลึงกับความเร็วตัด และนำไปใช้แทนค่าในสมการหาอัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตได้ เพื่อดูแนวโน้มของค่าเหล่านั้น เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วตัด เป็นผลให้สามารถรู้ค่าของความเร็วตัดที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ปฏิบัติงานกลึงได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

6.1 การใช้โปรแกรมเพื่อหาสมการอายุการใช้งานมีดกลึง

ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมเพื่อหาสมการอายุการใช้งานมีดกลึง มีดังนี้

6.1.1 การป้อนค่าเข้าสู่โปรแกรม (Input)

6.1.1.1 การเลือกรูปแบบการใช้งาน

จากหน้าต่างการเลือกรูปแบบการใช้งานในรูปที่ 6.1 เลือกการหาสมการอายุการใช้งานมีดกลึงโดยการนำเมาส์ไปคลิกที่รูปมีดกลึง เมื่อคลิกเรียบร้อยแล้วโปรแกรมจะทำงานต่อไป

6.1.1.2 การป้อนค่าของข้อมูลที่จำเป็นลงสู่โปรแกรม

โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างเพื่อให้ผู้ใช้ได้ป้อนข้อมูล ทั้งในส่วนของค่าปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง ดังรูปที่ 6.2 และส่วนของอายุการใช้งานในแต่ละเงื่อนไขการกลึง ตามรูปที่ 6.3 เพื่อให้ผู้ใช้ได้ป้อนค่าของปัจจัยการตัดลงไป ขั้นตอนการใส่ค่าเข้าสู่โปรแกรมคือ ทำการป้อนข้อมูลในส่วนของปัจจัยเรียบร้อยก่อนแล้วจึงกดปุ่ม “OK” โปรแกรมจะเปิดหน้าต่างขึ้นมาอีกอันเพื่อให้ผู้ใช้ป้อนค่าของอายุการใช้งานที่แต่ละสภาวะการกลึงที่เกิดได้ ภายใต้ค่าปัจจัยต่างๆ ที่ป้อนไปแล้วข้างต้น เมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลในส่วนนี้เรียบร้อยแล้ว ให้กดปุ่ม “OK” โปรแกรมจะทำการประมวลผลเพื่อหาสมการอายุการใช้งานเครื่องมีดกลึง

6.1.2 ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (Output)

6.1.2.1 โปรแกรมแสดงสมการอายุการใช้งาน

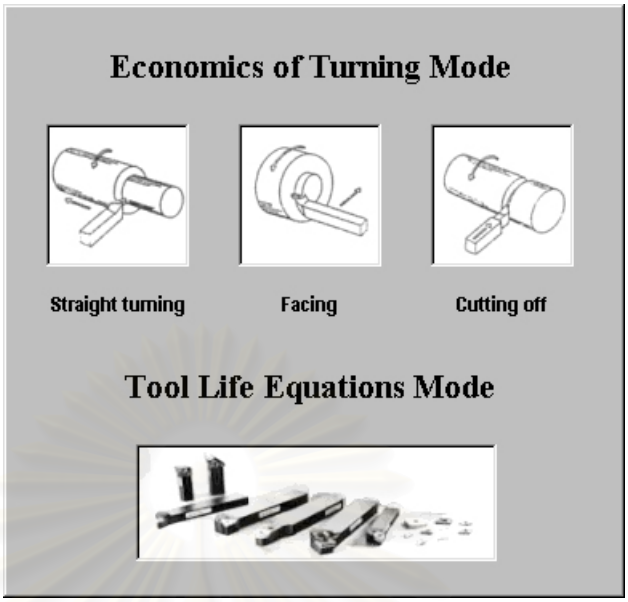
หลังจากโปรแกรมประมวลผลเรียบร้อยแล้ว จะแสดงสมการอายุการใช้งานมีดกลึงออกมา ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 6.4 ในหน้าต่างที่แสดงสมการนี้ ด้านล่างจะมีปุ่มเลือกให้ผู้ใช้ได้เลือกเปลี่ยนรูปแบบสมการที่สัมพันธ์กับปัจจัยที่มีผลต่อการกลึงต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกตัด

6.1.2.2 โปรแกรมแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับปัจจัยการกลึง

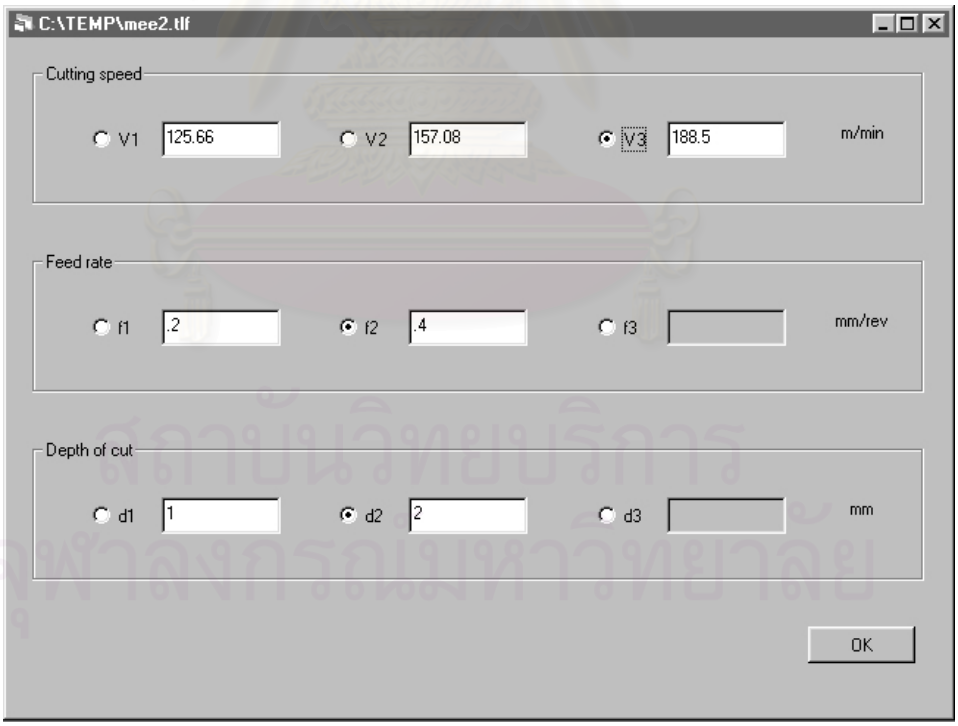
ที่หน้าจอแสดงสมการ เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม “Plot graph” โปรแกรมจะเปิดหน้าต่างขึ้นอีกอันหนึ่ง เพื่อแสดงรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับปัจจัยที่มีผลต่อการตัดตัวที่ผู้ใช้สนใจ โดยในรูปกราฟนี้มาตราส่วนของค่าบนแกน X และแกน Y จะอยู่ในรูปของลอกการิทึ่ม ดังรูปที่ 6.5 สำหรับส่วนประกอบของหน้าต่างนี้จะประกอบไปด้วย

1. กรอบเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการตัด ซึ่งประกอบด้วยความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกตัด เมื่อต้องการดูกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยตัวใดกับค่าอายุการใช้งาน ก็ให้เลือกปัจจัยตัวที่ต้องการนั้น
2. กรอบเลือกแสดงผลของค่าปัจจุบัน เพื่อให้ผู้ใช้เลือกที่จะให้โปรแกรมแสดงผลระหว่างค่าอายุการใช้งานที่ค่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดค่าปัจจุบัน หรือค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานของกราฟแต่ละชุด
3. ช่องรับค่าความเร็วตัด
4. ปุ่มสั่งพิมพ์รูปกราฟออกทางเครื่องพิมพ์ (Print)

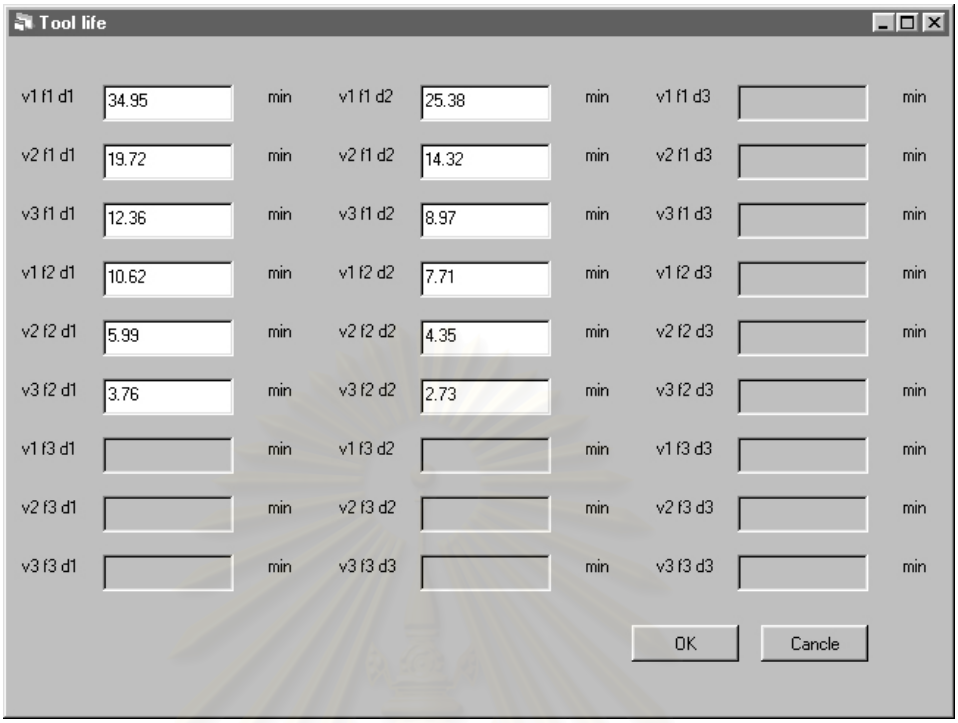
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



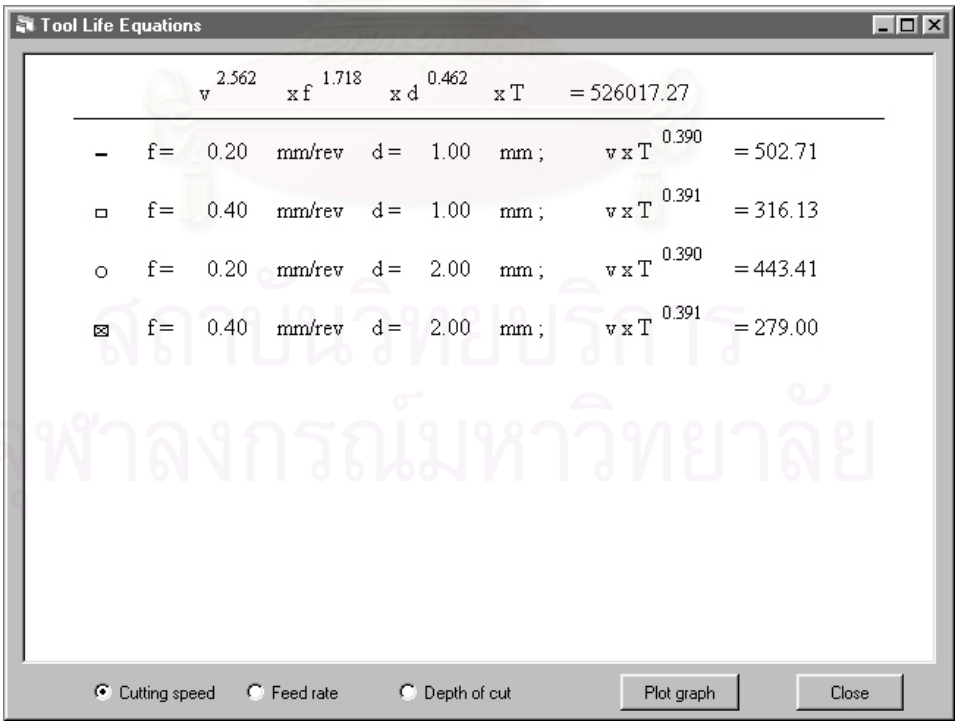
รูปที่ 6.1 หน้าจอโปรแกรมสำหรับเลือกรูปแบบการใช้งาน



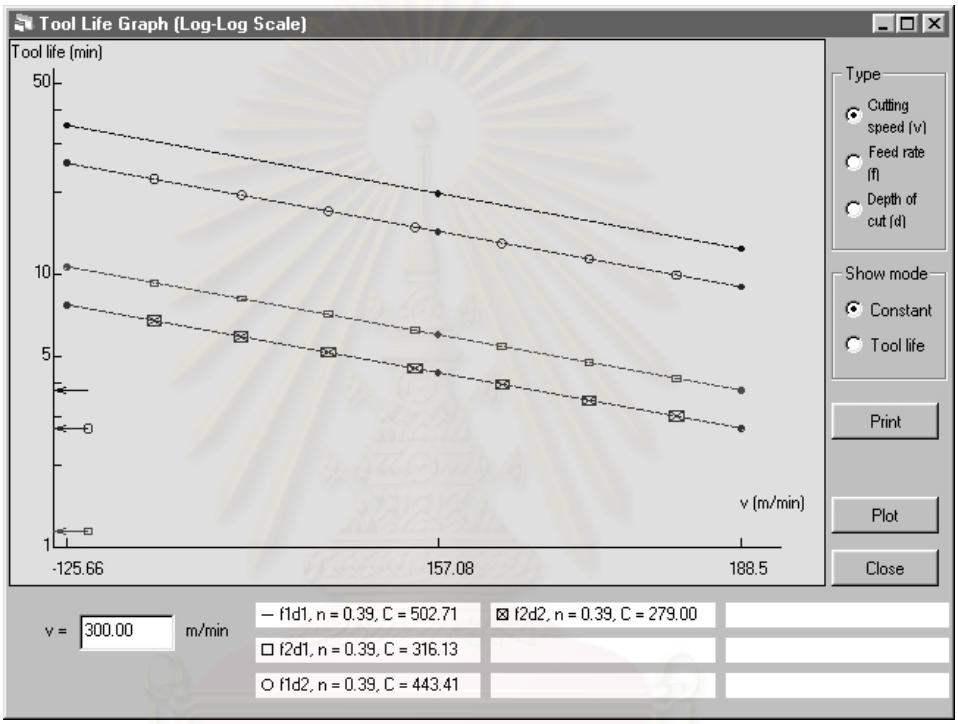
รูปที่ 6.2 แสดงหน้าจอโปรแกรมเพื่อรับค่าปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง



รูปที่ 6.3 แสดงหน้าจอโปรแกรมเพื่อรับค่าอายุการใช้งานที่เงื่อนไขการกลึงต่างๆ



รูปที่ 6.4 โปรแกรมแสดงสมการอายุการใช้งานมีดกลึงที่ประมวลผลได้



รูปที่ 6.5 กราฟความสัมพันธ์ของอายุการใช้งานมีดกลึงกับความเร็วตัด (Log-Log Scale) ที่แสดงทางหน้าจอโปรแกรม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 การใช้งานโปรแกรมหาสภาวะการกลึงตามหลักการทางเศรษฐศาสตร์

รูปแบบการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ มีลักษณะและวิธีการใช้งานในส่วนของการวิเคราะห์หาสภาวะการปฏิบัติงานกลึง ที่ผู้ใช้งานจำเป็นต้องทำการศึกษาก่อนที่จะเอาโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ไปใช้ในงานวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

6.2.1 การป้อนค่าเข้าสู่โปรแกรม (Input)

6.2.1.1 การเลือกรูปแบบการใช้งาน

หลังจากเปิดโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้ว โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างดังรูปที่ 6.1 เพื่อให้ผู้ใช้ได้ทำการเลือกรูปแบบการใช้งานโปรแกรม การทดลองในครั้งนี้เป็นการกลึงปอกผิว ดังนั้นให้นำเมาส์ไปคลิกที่รูปการกลึงปอกผิว เมื่อคลิกเรียบร้อยแล้วโปรแกรมจะทำงานต่อไป

6.2.1.2 การป้อนค่าของข้อมูลที่จำเป็นลงสู่โปรแกรม

หลังจากที่ได้ทำการเลือกรูปแบบการใช้งานแล้ว โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างเพื่อให้ผู้ใช้ได้ป้อนข้อมูล ดังรูปที่ 6.6 โดยในหน้าต่างการป้อนข้อมูลนี้ สามารถแบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

1. กรอบสำหรับป้อนค่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัด ซึ่งสามารถเลือกชนิดของปัจจัยที่จะทำการวิเคราะห์ได้ที่เมนู Option แล้วเลือกเมนูย่อย Cutting variable ถ้าเลือกปัจจัยที่จะนำมาวิเคราะห์เป็นความเร็วตัด ดังนั้นค่าของตัวแปรที่ต้องป้อนให้แก่โปรแกรม ได้แก่ f และ d ดังในรูปที่ 6.7 สมมติให้อัตราป้อน (f) เท่ากับ 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด (d) เท่ากับ 1 มิลลิเมตร
2. กรอบสำหรับป้อนข้อมูลที่เกี่ยวกับชิ้นงานที่นำมากลึง เพื่อที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหาเวลาที่ใช้กลึงชิ้นงาน ตัวแปรที่ต้องป้อนค่าเข้าสู่โปรแกรมคือ D และ L ดังในรูปที่ 6.8 สมมติให้เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (D) เท่ากับ 98 มิลลิเมตร และระยะที่กลึงบนชิ้นงาน (L) เท่ากับ 200 มิลลิเมตร
3. กรอบสำหรับป้อนข้อมูลเกี่ยวกับเวลา และค่าใช้จ่าย ค่าของตัวแปรที่ต้องทำการป้อนลงในกรอบนี้ ประกอบไปด้วยค่า R_c C_e t_c t_n และ C_{misc} (ในกรณีที่ไม่มีค่าใช้

จ่ายในส่วนเพิ่มเติม ค่าของ C_{misc} จะเท่ากับศูนย์) ดังรูปที่ 6.9 สมมติให้อัตราค่าแรงในการปฏิบัติงาน (R_c) เท่ากับ 10 บาทต่อนาที ราคามีดกลึง (C_e) เท่ากับ 43 บาทต่อหนึ่งคมตัด เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึง (t_c) เท่ากับ 1 นาที เวลาที่ใช้ในการหยิบชิ้นงานเข้าและออก (t_n) เท่ากับ 0.5 นาที และไม่มีค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด (C_{misc}) หรือเท่ากับ 0 บาท

4. กรอบสำหรับป้อนข้อมูลที่เกี่ยวกับอายุการใช้งานมีดกลึง ซึ่งก็คือค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์ การป้อนข้อมูลที่กรอบนี้สามารถทำได้สองลักษณะ ทั้งการป้อนค่าคงที่ของทุกปัจจัยในสมการ ซึ่งได้แก่ค่าของตัวแปร a b c และ K ดังรูปที่ 6.10 หรือป้อนเฉพาะค่าคงที่ของปัจจัยที่ทำการวิเคราะห์ ซึ่งได้แก่ค่าของตัวแปร n และ C ในรูปที่ 6.11 สมมติให้ค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด n มีค่าเท่ากับ 0.39 และ C มีค่าเท่ากับ 502.61 ผู้ใช้งานสามารถสลับรูปแบบการป้อนข้อมูลค่าคงที่ได้โดยการกดปุ่ม “Detail”
5. ปุ่มเปลี่ยนชุดข้อมูล โปรแกรมนี้สามารถใส่ชุดข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ได้สูงสุด 3 ชุดข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของสภาวะการกลึงที่แตกต่างกันได้ วิธีการป้อนค่าของโปรแกรมในแต่ละชุดทำได้โดยกดปุ่ม << และ >> โดยที่ปุ่ม << ใช้เพื่อเปลี่ยนชุดข้อมูลเป็นชุดก่อนหน้านี้ ส่วนปุ่ม >> ใช้เพื่อเปลี่ยนชุดข้อมูลเป็นชุดถัดไป ดังรูปที่ 6.12

6.2.2 ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม (Output)

เมื่อทำการป้อนข้อมูลครบถ้วนแล้วกดปุ่ม “OK” โปรแกรมก็จะทำการประมวลผลแล้วจะแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาให้แก่ผู้ใช้งาน ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้ออกมาจากโปรแกรมจะอยู่ในรูปของข้อมูลชนิดต่างๆ ดังต่อไปนี้

6.2.2.1 ตารางสรุป

ประกอบด้วยข้อมูลของค่าความเร็ว อายุการใช้งาน อัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายรวม ที่จุดซึ่งให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด และจุดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุดของสภาวะการกลึงที่ทำการวิเคราะห์ออกมาดังรูปที่ 6.13 ในส่วนล่างของตาราง จะมีปุ่มการเลือกประเภทกราฟ ผู้ใช้สามารถสั่งการให้โปรแกรมวาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ต่างๆ ได้โดยการใช้เมาส์คลิกที่ปุ่มประเภทของกราฟที่ต้องการดังรูปที่ 6.14

6.2.2.2 กราฟอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวม

เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม “Production rate and Total cost” โปรแกรมจะเปิดหน้าต่างเพื่อแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลิตกับความเร็วตัด และค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตกับความเร็วตัด ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 6.15 โดยแกน X ของกราฟจะแสดงค่าความเร็วตัด แกน Y ด้านซ้ายมือจะแสดงอัตราการผลิต ส่วนแกน Y ด้านขวามือจะแสดงค่าใช้จ่ายรวมในการกลึง ส่วนประกอบของหน้าต่างแสดงกราฟรูปนี้ ได้แก่

1. ช่องรับค่าความเร็วตัด เพื่อให้ผู้ใช้ป้อนค่าความเร็วตัดที่ต้องการลงไป แล้วโปรแกรมจะคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิต และค่าอัตราการผลิต ที่ความเร็วนั้นออกมา
2. ปุ่ม – และ + ใช้เลื่อนลูกศรบอกค่าความเร็วตัดในตำแหน่งปัจจุบัน ให้เพิ่มขึ้น (+) หรือลดลง (-) ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าของความเร็วตัดที่ต้องการให้เพิ่ม หรือลดได้ที่เมนู Option แล้วเลือกเมนูย่อย Scale
3. ปุ่ม Print หรือปุ่มสั่งพิมพ์รูปกราฟ ใช้เพื่อสั่งโปรแกรมให้พิมพ์รูปกราฟออกทางเครื่องพิมพ์

6.2.2.3 กราฟวิเคราะห์ความไว และกราฟอัตราผลกำไร

เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม “Sensitivity and Profit rate” โปรแกรมจะเปิดหน้าต่าง เพื่อแสดงกราฟความสัมพันธ์ในหน่วยร้อยละของอัตราการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับอัตราการผลิตสูงสุด และค่าใช้จ่ายรวมที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด กับความเร็วตัด กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลิตกับความเร็วตัด และค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตกับความเร็วตัด ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 6.16 และที่หน้าต่างนี้ยังสามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำไรต่อหน่วยเวลาที่ค่าความเร็วตัดต่างๆได้อีกด้วย เมื่อผู้ใช้เลือกชนิดของกราฟเป็น “Profit rate” และป้อนราคาขายชิ้นงานที่ช่องรับค่า ดังรูปที่ 6.17 ส่วนประกอบของหน้าต่างแสดงกราฟรูปนี้ ได้แก่

1. กรอบเลือกประเภทกราฟ ใช้เลือกชนิดของกราฟที่จะให้โปรแกรมแสดงผล เลือก “Sensitivity analysis” เมื่อต้องการดูกราฟวิเคราะห์ความไว และเลือก “Profit rate” เมื่อต้องการดูกราฟอัตราการผลิต

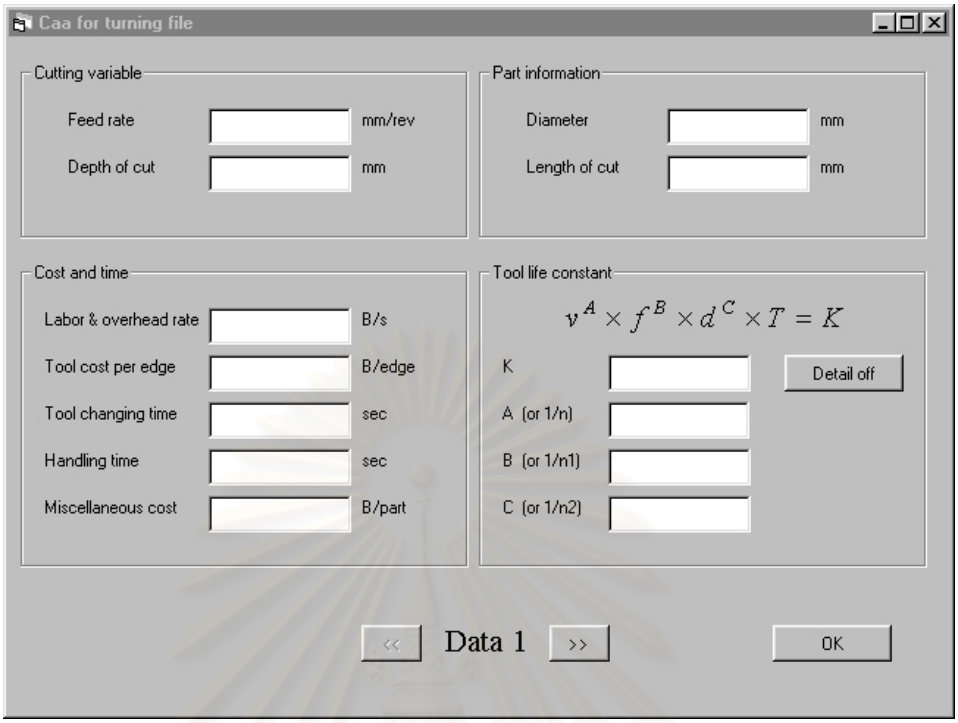
2. ช่องรับค่าราคาขายชิ้นงาน เมื่อต้องการดูกราฟอัตราผลกำไร จำเป็นต้องใส่ค่าราคาขายชิ้นงานเพื่อให้โปรแกรมใช้ในการคำนวณ
3. ช่องรับค่าความเร็วตัด
4. ปุ่มสั่งพิมพ์รูปกราฟออกทางเครื่องพิมพ์ (Print)
5. ปุ่มเลื่อนลูกศรบอกค่า (-,+)

6.2.2.4 กราฟอายุการใช้งานมีดกลึง

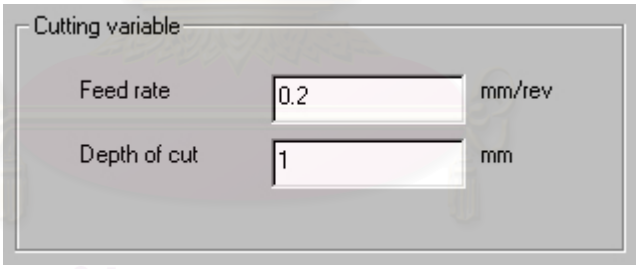
เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม “Tool life” โปรแกรมจะเปิดหน้าต่าง เพื่อแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับความเร็วตัด ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 6.18 ส่วนประกอบของหน้าต่างแสดงกราฟรูปนี้ ได้แก่

1. กรอบขยายรูปกราฟ เนื่องจากส่วนมากแล้วอายุการใช้งานที่ความเร็วต่ำ จะมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับอายการใช้งานที่ความเร็วใช้งานโดยปกติทั่วไป ดังนั้นที่แกน Y ซึ่งแสดงค่าอายุการใช้งาน บางครั้งมาตราส่วนที่แสดงอาจมากเกินไปไม่เหมาะสมแก่การวิเคราะห์ ผู้ใช้ก็สามารถขยายรูปกราฟนี้ให้ชัดเจนขึ้นได้
2. กรอบเลือกหน่วยของอายุการใช้งานมีดกลึง เลือกได้ระหว่างหน่วยเวลา และจำนวนชิ้นงานที่สามารถกลึงได้
3. ช่องรับค่าความเร็วตัด
4. ปุ่มสั่งพิมพ์รูปกราฟออกทางเครื่องพิมพ์ (Print)
5. ปุ่มเลื่อนลูกศรบอกค่า (-,+)

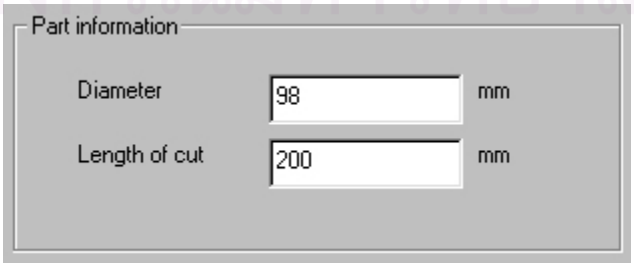
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.6 หน้าจอโปรแกรมสำหรับป้อนข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์

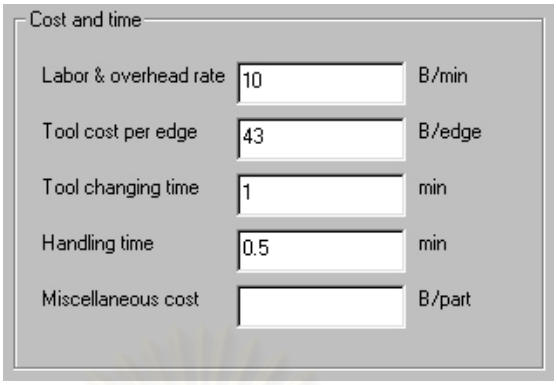


รูปที่ 6.7 กรอบสำหรับป้อนข้อมูลของปัจจัยการตัด

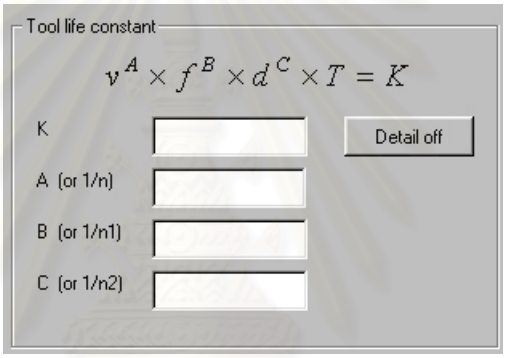


รูปที่ 6.8 กรอบสำหรับป้อนข้อมูลรายละเอียดของชิ้นงาน

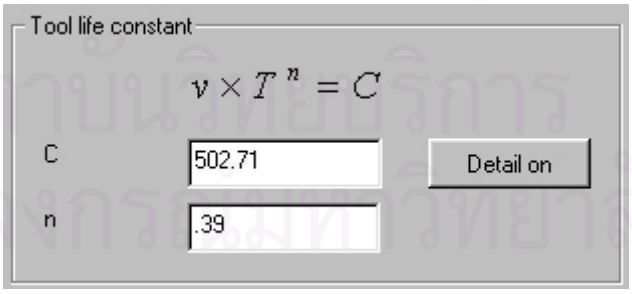
สำนักวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



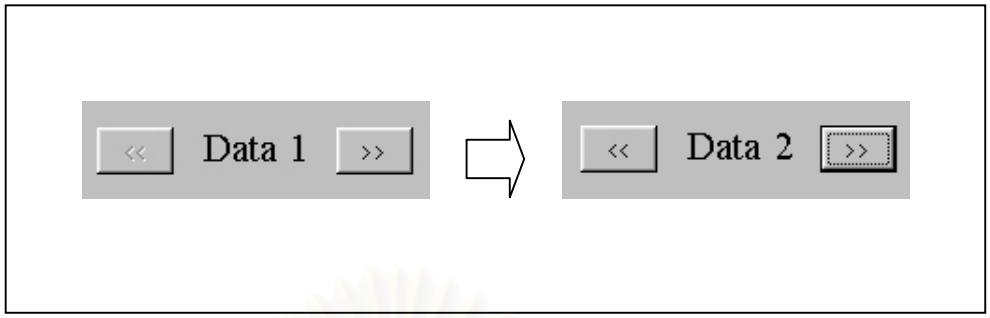
รูปที่ 6.9 กรอบสำหรับป้อนข้อมูลที่เกี่ยวกับเวลา และค่าใช้จ่าย



รูปที่ 6.10 กรอบสำหรับป้อนค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานมีดกลึงของทุกปัจจัยการตัด



รูปที่ 6.11 กรอบสำหรับป้อนค่าคงที่ในสมการอายุการใช้มีดกลึงกรณีคิดปัจจัยตัดเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 6.12 แสดงปุ่มเปลี่ยนชุดข้อมูล

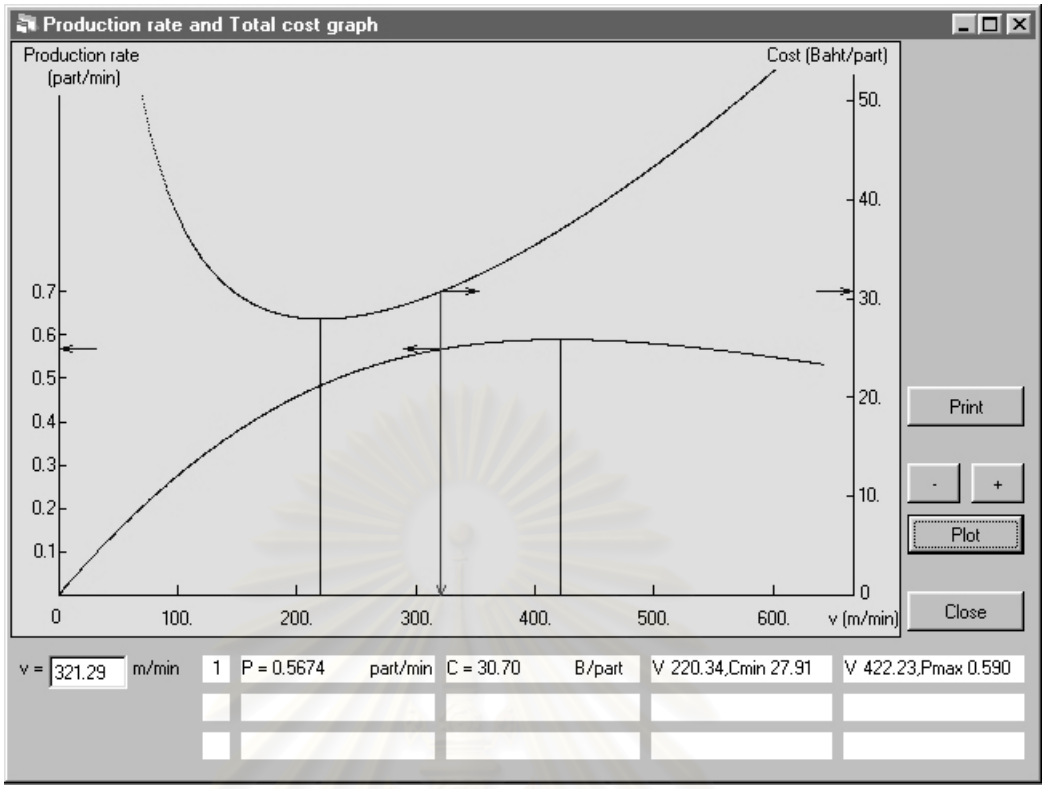
Status 1

Cutting Condition for Minimum Cost			Cutting Condition for Maximum Production Rate		
Cutting speed	220.34	m/min	Cutting speed	422.23	m/min
Tool life	8.29	min	Tool life	1.56	min
Production	0.4841	part/min	Maximum Production	0.5899	part/min
Minimum Cost	27.9065	Baht/part	Cost	36.9993	Baht/part

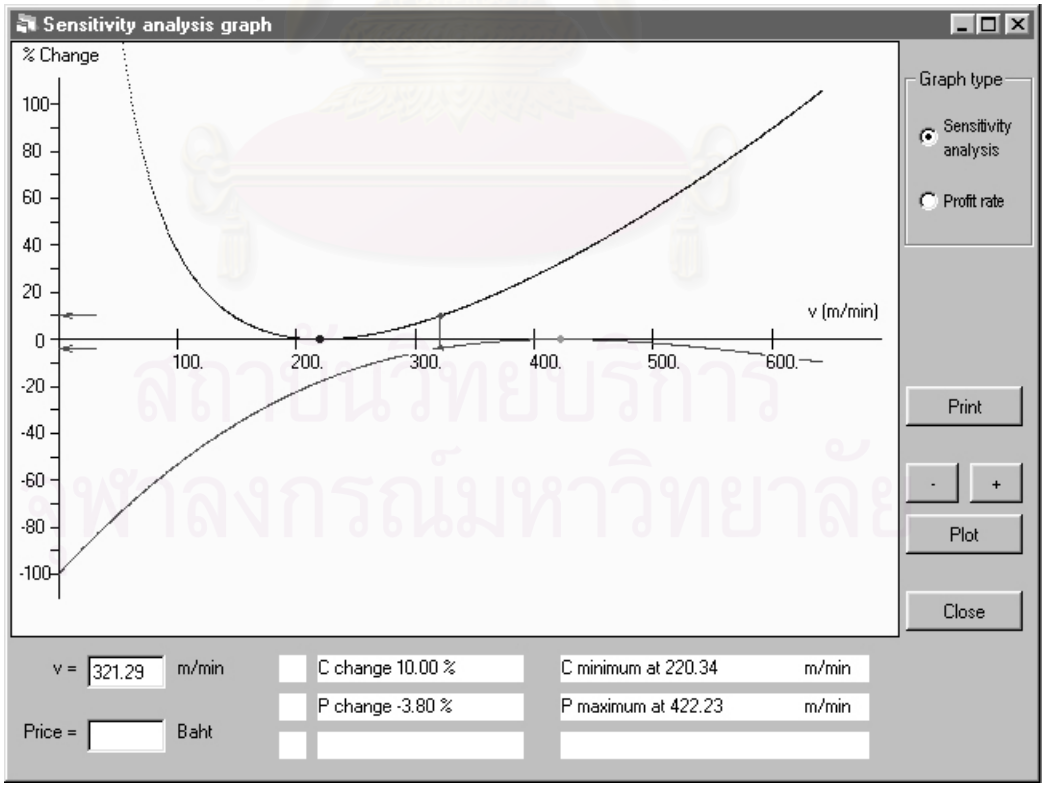
รูปที่ 6.13 ตารางแสดงข้อมูลการวิเคราะห์สภาวะการกลึง

รูปที่ 6.14 ปุ่มเลือกวาดกราฟแต่ละประเภท

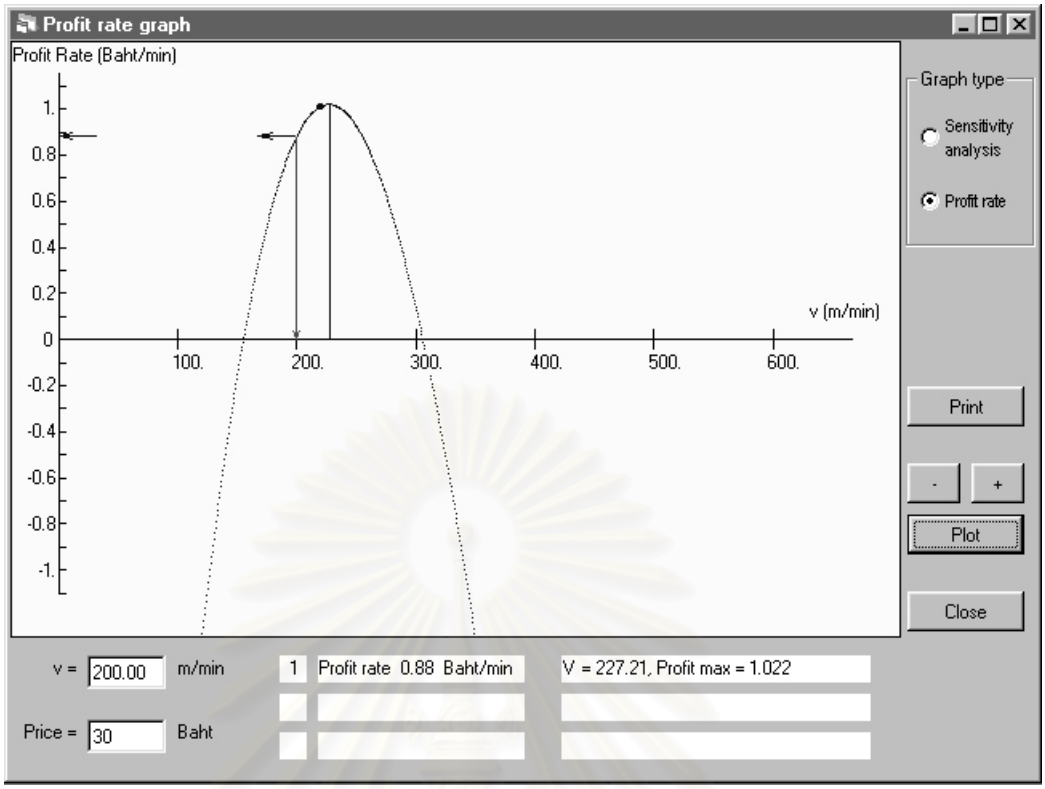
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



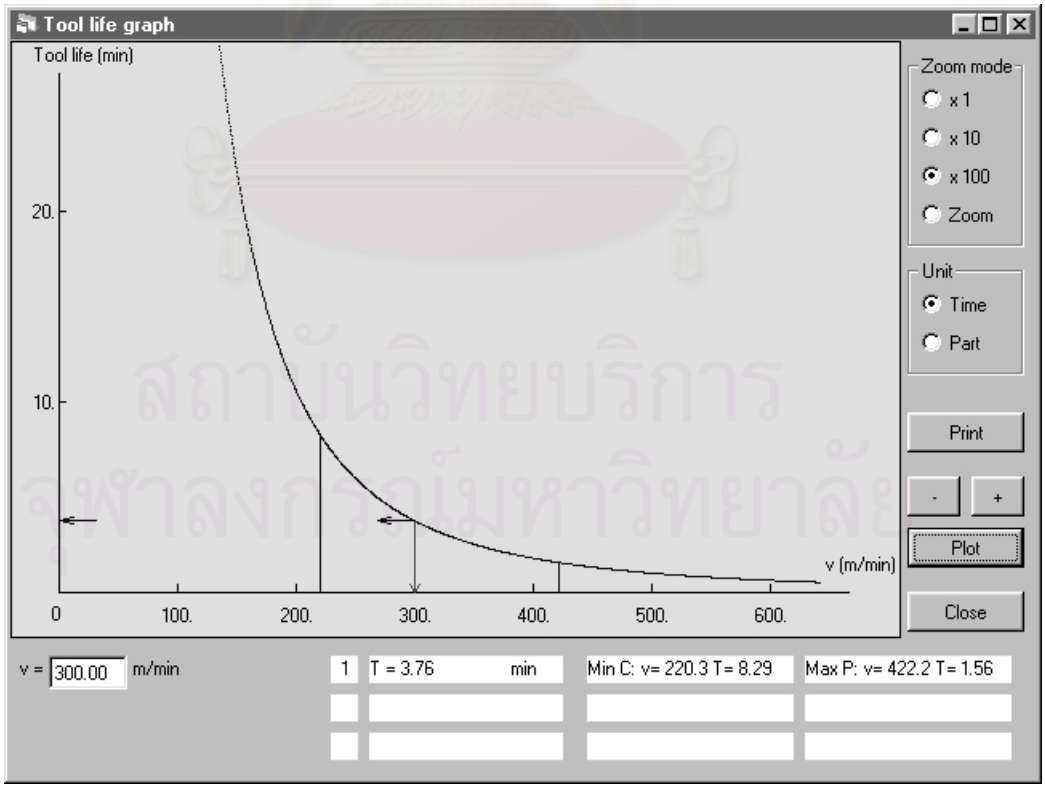
รูปที่ 6.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวมกับความเร็วตัด จากหน้าจอโปรแกรม



รูปที่ 6.16 กราฟวิเคราะห์ความไวที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วตัด จากหน้าจอโปรแกรม



รูปที่ 6.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลกำไรกับค่าความเร็วตัด จากหน้าจอโปรแกรม



รูปที่ 6.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึงกับค่าความเร็วตัด จากหน้าจอโปรแกรม

6.3 การใช้งานในส่วนเพิ่มเติมของโปรแกรม

นอกจากการใช้งานตามปกติตามวิธีการข้างต้นแล้ว โปรแกรมยังมีเครื่องมือเสริมให้แก่ผู้ใช้งานได้รับความสะดวกเพิ่มเติมดังนี้

6.3.1 การจัดการข้อมูล

ผู้ใช้สามารถบันทึกข้อมูลที่ได้ป้อนลงในโปรแกรมแล้ว เพื่อเวลาเรียกใช้ในคราวต่อไปจะได้ไม่ต้องทำการป้อนข้อมูลซ้ำอีกครั้ง โปรแกรมสามารถจัดเก็บข้อมูลที่ผู้ใช้บันทึกไว้ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือบนแผ่นดิสก์เก็ต การบันทึกไฟล์ทำได้โดยเลือกเมนู File แล้วเลือกเมนูย่อย Save หรือ Save As และใช้เมนูย่อย Load เมื่อต้องการเปิดชุดข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกไว้แล้ว

6.3.2 ระบบหน่วยของข้อมูล

หน่วยที่ใช้กับข้อมูลในโปรแกรมนี้มีอยู่ 3 แบบ โดยอ้างอิงหน่วยของความยาว และเวลาเป็นหลัก ได้แก่ เมตร-วินาที เมตร-นาที และฟุต-นาที ผู้ใช้งานสามารถเลือกหน่วยที่จะใช้งานและทำการแปลงหน่วยใช้งานได้โดยเลือกเมนู Option แล้วเลือกเมนูย่อย Unit system ดังรูปที่ 6.19

6.3.3 รูปแบบกราฟ

เป็นการตั้งค่าเพื่อให้กราฟแสดงตามรูปแบบที่กำหนด ประกอบด้วย

6.3.3.1 รูปแบบกราฟวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ผู้ใช้งานสามารถเลือกรูปแบบกราฟได้ 3 ลักษณะคือ ให้กราฟแสดงทั้งค่าอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายในการผลิต หรือให้กราฟแสดงเฉพาะอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายในการผลิตอย่างใดอย่างนี้ โดยการเลือกที่เมนู Graph แล้วเลือกเมนูย่อย Graph type ดังรูปที่ 6.20

6.3.3.2 รูปแบบชุดข้อมูลของกราฟ เนื่องจากโปรแกรมสามารถรับข้อมูลของสภาวะการกลึงได้ 3 ชุด ดังนั้นผู้ใช้จำเป็นต้องกำหนดว่าจะให้โปรแกรมทำการวาดกราฟของข้อมูลชุดใดบ้าง โดยการเลือกเมนู Graph แล้วเลือกเมนูย่อย Multiple graph แล้วทำเครื่องหมาย √ หน้าชุด

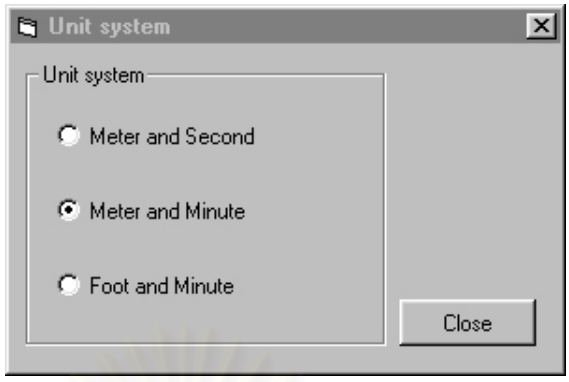
ข้อมูลที่ต้องการให้โปรแกรมแสดงผลลงในกราฟดังรูปที่ 6.21 ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกข้อมูลตั้งแต่สองชุดขึ้นไป โปรแกรมจะทำการวาดรูปกราฟทั้งสองชุดข้อมูลลงบนหน้าจอแสดงผลเดียวกัน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของสภาวะที่ต่างกันนั้นได้ สำหรับกราฟที่สามารถเปรียบเทียบระหว่างชุดข้อมูลได้นั้น ได้แก่กราฟอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวม กราฟอัตราผลกำไร และกราฟอายุการใช้งานมีดกลึง ส่วนกราฟวิเคราะห์ความไวนั้นจะไม่สามารถแสดงการเปรียบเทียบได้ เมื่อต้องการให้โปรแกรมแสดงกราฟวิเคราะห์ความไวของชุดข้อมูลใด ให้เลือกเมนู Graph แล้วเลือกเมนูย่อย Sensitivity analysis graph แล้วเลือกชุดข้อมูลที่ต้องการนั้น ดังรูปที่ 6.22

6.3.4 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการกลึงตัวอื่น

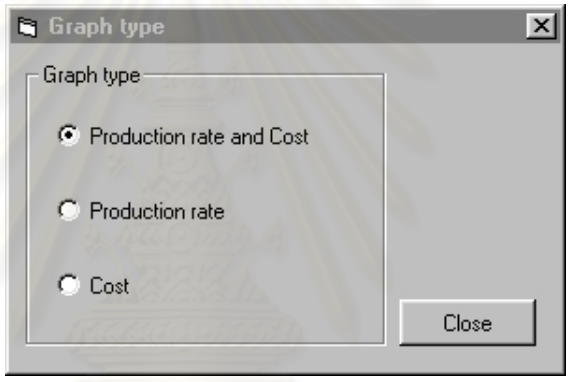
ผู้ใช้สามารถดูผลวิเคราะห์ค่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัด (Cutting Variable) ตัวอื่นๆ นอกจากความเร็วตัด โดยโปรแกรมนี้ได้เพิ่มการวิเคราะห์อัตราป้อน และความลึกตัด เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างค่าปัจจัยที่มีผลในการตัดนั้น กับค่าอัตราการผลิต ค่าใช้จ่ายรวม และอัตราผลกำไรด้วย ผู้ใช้เลือกเปลี่ยนปัจจัยที่มีผลต่อการตัดเพื่อวิเคราะห์ได้จากเมนู Option แล้วเลือกเมนูย่อย Cutting variable ดังรูปที่ 6.23

การจัดการข้อมูล และการเปลี่ยนระบบหน่วยของข้อมูลสามารถใช้ได้ทั้งกรณีที่ทำการหาค่าคงที่ของสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด และการวิเคราะห์สภาวะการกลึงโดยหลักการทางเศรษฐศาสตร์ ส่วนการใช้งานเพิ่มเติมที่เหลือใช้ได้แต่เฉพาะกรณีที่ทำการวิเคราะห์หาสภาวะการกลึงเท่านั้น

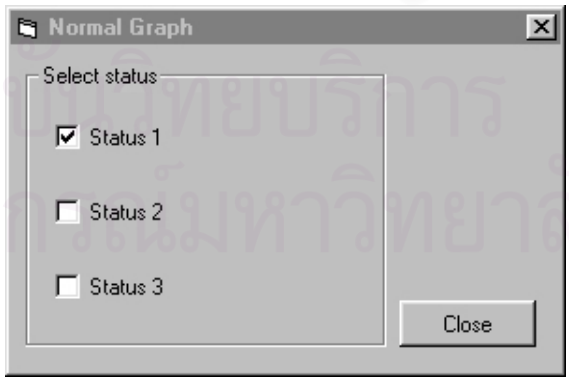
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



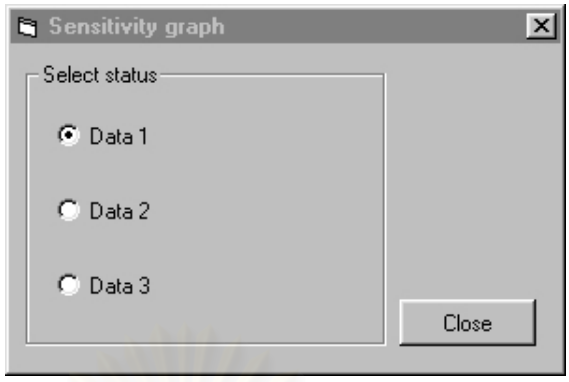
รูปที่ 6.19 หน้าต่างโปรแกรมสำหรับเลือกระบบหน่วยของข้อมูล



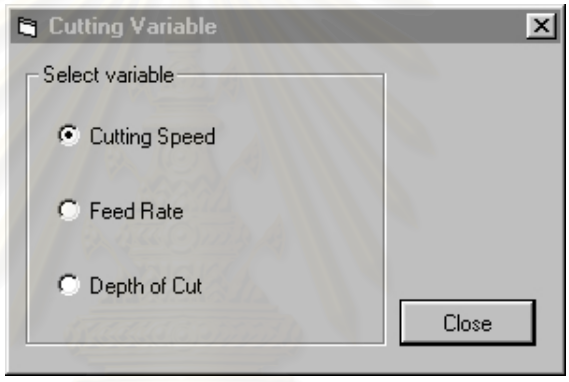
รูปที่ 6.20 หน้าต่างโปรแกรมสำหรับเลือกประเภทของกราฟวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์



รูปที่ 6.21 หน้าต่างโปรแกรมสำหรับเลือกชุดข้อมูลของกราฟที่ต้องการเปรียบเทียบ



รูปที่ 6.22 หน้าต่างโปรแกรมสำหรับเลือกชุดข้อมูลของกราฟเพื่อวิเคราะห์ความไว



รูปที่ 6.23 หน้าต่างโปรแกรมสำหรับเลือกวิเคราะห์ค่าปัจจัยที่มีผลต่อการกลึง

6.4 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

ก่อนที่จะนำโปรแกรมไปวิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อที่จะให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความถูกต้อง จึงต้องทำการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมก่อน วิธีการตรวจสอบนั้น จะทำโดยนำโปรแกรมไปใช้คำนวณหาค่าตัวแปรที่ได้ เทียบกับปัญหาโจทย์ในตำรา และงานวิทยานิพนธ์ แล้วตรวจสอบความถูกต้องของผลการคำนวณที่ได้

6.4.1 ตัวแปรที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

ค่าของตัวแปรที่ใช้เปรียบเทียบผลของการวิเคราะห์ที่ได้มีการศึกษาไว้แล้วกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์นี้ พิจารณาจาก

6.4.1.1 ค่าความเร็วตัดที่เงื่อนไขต่างๆ

6.4.1.2 ค่าของอัตราการผลิตสูงสุด ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด และอัตราผลกำไร

6.4.2 ผลของการเปรียบเทียบ

ผลของการเปรียบเทียบแบ่งตามลักษณะของแหล่งข้อมูลที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบได้ดังนี้

6.4.2.1 ตำราเอกสารอ้างอิง

หนังสืออ้างอิงที่ใช้ในการพิจารณา ชื่อ Manufacturing Processes and Systems. ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 9 ปี 1997 โดย Phillip Ostwald และ Jairo Muñoz (หน้า 747-753) ได้แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการกลึง และการหาความเร็วที่ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด เมื่อนำค่าของตัวแปรที่ใช้โปรแกรมทำการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ระบุไว้ในหนังสือ จะได้ผลตามตารางที่ 6.1 ซึ่งจะเห็นว่าค่าของตัวเลขมีความใกล้เคียงกันมาก แต่ที่เกิดความแตกต่างขึ้นนั้น เนื่องมากจากในหนังสือใช้วิธีอธิบายให้ผู้อ่านฟังโดยใช้ค่าประมาณ ดังนั้นจึงไม่ใช่ค่าที่ตรงตัวของตัวแปรนั้นๆ

ตารางที่ 6.1 ผลการเปรียบเทียบตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ของหนังสืออ้างอิง

ตัวแปรที่เปรียบเทียบ	ค่าของตัวแปรจากหนังสือ		ค่าของตัวแปรจากโปรแกรม	
ความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด	200	ฟุต/นาที	201	ฟุต/นาที
ความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด	-	ฟุต/นาที	274	ฟุต/นาที
ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด	0.80	เหรียญ/ชิ้น	0.79	เหรียญ/ชิ้น
อัตราการผลิตสูงสุด	-	ชิ้น/นาที	0.43	ชิ้น/นาที

6.4.2.2 งานวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ที่ใช้ในการพิจารณาคือ วิทยานิพนธ์เรื่อง เงื่อนไขการกลึงเหล็กหล่อสีเทาด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบผิว และมีดกลึงเซรามิก โดย สุขชีพ โลพันธ์ศรี ปี 2539 ได้วิเคราะห์ความเร็วตัดที่เงื่อนไขการกลึงต่างๆ ของมีดกลึงสองชนิด การเปรียบเทียบค่าของตัวแปรได้ผลตามตารางที่ 6.2 และ 6.3 ซึ่งจากตารางจะเห็นว่าค่าของตัวแปรที่ได้จากโปรแกรม และที่ระบุในวิทยานิพนธ์มีค่าตรงกันส่วนมาก ในส่วนที่มีความแตกต่างกันคือ ส่วนที่เกี่ยวกับอัตราผลกำไร สาเหตุของความต่างกันนั้นมาจากวิธีการหาค่าอัตราผลกำไร และความเร็วที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำโดยการดูจากกราฟที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซล ทำให้ผลที่ได้อาจเกิดความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 6.2 ผลการเปรียบเทียบตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ของวิทยานิพนธ์ (มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบ)

ตัวแปรที่เปรียบเทียบ	ค่าของตัวแปรจากงานวิจัย		ค่าของตัวแปรจากโปรแกรม	
ความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด	207	เมตร/นาที	207	เมตร/นาที
ความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด	258	เมตร/นาที	258	เมตร/นาที
ความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด	234	เมตร/นาที	216	เมตร/นาที
ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด	27.66	ชิ้น/นาที	27.79	ชิ้น/นาที
อัตราการผลิตสูงสุด	0.22	บาท/ชิ้น	0.22	บาท/ชิ้น
อัตราผลกำไรสูงสุด	2.22	บาทต่อนาที	2.07	บาทต่อนาที

ตารางที่ 6.3 ผลการเปรียบเทียบตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ของวิทยานิพนธ์ (มีดกลึงเซรามิค)

ตัวแปรที่เปรียบเทียบ	ค่าของตัวแปรจากงานวิจัย		ค่าของตัวแปรจากโปรแกรม	
ความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด	178	เมตร/นาที	178	เมตร/นาที
ความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด	258	เมตร/นาที	258	เมตร/นาที
ความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด	186	เมตร/นาที	185	เมตร/นาที
ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด	31.84	บาท/ชิ้น	31.99	บาท/ชิ้น
อัตราการผลิตสูงสุด	0.21	ชิ้น/นาที	0.21	ชิ้น/นาที
อัตราผลกำไรสูงสุด	1.14	บาทต่อนาที	1.08	บาทต่อนาที

6.4.2.3 การคำนวณด้วยมือ

การพิจารณาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรม กับวิธีการคำนวณโดยไม่ใช้โปรแกรมด้วยข้อมูลของการทดลองครั้งนี้ ผลของการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 6.4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เมื่อพิจารณาค่าของความเร็วตัด โดยกำหนดค่าความละเอียดของตัวแปรไว้ที่เลขทศนิยมสองตำแหน่ง พบว่าค่าของตัวแปรที่คำนวณได้จากโปรแกรมและวิธีคำนวณด้วยมือ มีค่าเท่ากันสำหรับความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด และความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด ส่วนค่าความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุดนั้น ค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรมแตกต่างจากค่าที่คำนวณด้วยมือ 0.02 %
2. เมื่อพิจารณาค่าของ อัตราการผลิตสูงสุด ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด และอัตราผลกำไรสูงสุด โดยกำหนดค่าความละเอียดของตัวแปรไว้ที่เลขทศนิยมสี่ตำแหน่ง พบว่าค่าของตัวแปรที่คำนวณด้วยมือ และโดยใช้โปรแกรมทุกตัวมีค่าเท่ากันหมด

ตารางที่ 6.4 ผลการเปรียบเทียบตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์ระหว่างการใช้โปรแกรม กับการคำนวณด้วยมือ (ใช้ข้อมูลของสภาวะการกลึงที่ 1 อัตราป้อน 0.2 มิลลิเมตร/รอบ ความลึกตัด 1 มิลลิเมตร)

ตัวแปรที่เปรียบเทียบ	ค่าของตัวแปรจากการคำนวณด้วยมือ		ค่าของตัวแปรจากโปรแกรม	
ความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด	220.34	เมตร/นาที	220.34	เมตร/นาที
ความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด	422.23	เมตร/นาที	422.23	เมตร/นาที
ความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด	227.10	เมตร/นาที	227.15	เมตร/นาที
ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด	27.9065	บาท/ชิ้น	27.9065	บาท/ชิ้น
อัตราการผลิตสูงสุด	0.5899	ชิ้น/นาที	0.5899	ชิ้น/นาที
อัตราผลกำไรสูงสุด	1.0219	บาทต่อนาที	1.0219	บาทต่อนาที

จากการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมเทียบกับหนังสืออ้างอิง หรืองานวิจัย พบว่าค่าของตัวแปรที่ได้จากโปรแกรมจะมีค่าตรงกับค่าในแหล่งข้อมูลที่ทำการทดสอบอ้างอิง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้มีความถูกต้อง สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความเร็วตัดที่เหมาะสม สำหรับการปฏิบัติงานกลึงได้

บทที่ 7

ผลการวิเคราะห์การทดลองจากโปรแกรม

7.1 ผลของสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด

ข้อมูลอายุการใช้งานมีดกลึงที่ได้จากการทดลอง (ตารางที่ 5.10) เมื่อนำไปป้อนลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์และค่าคงที่ต่างๆ ในสมการ ที่จะต้องนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์หาสภาวะการปฏิบัติงานกลึงในขั้นตอนต่อไป โดยสมการอายุการใช้งานของมีดกลึงที่ใช้ในการทดลองที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีดังนี้

7.1.1 สมการอายุการใช้งานมีดกลึงที่คิดผลของความเร็วตัด อัตราการป้อน และความลึกในการตัด คือ $V^{2.652} f^{1.718} d^{0.462} T = 526017.27$

7.1.2 สมการอายุการใช้งานมีดกลึงที่คิดเฉพาะผลของความเร็วตัด ได้แก่

7.1.2.1 ที่ f = 0.2 mm/rev และ d = 1 mm คือ $V T^{0.390} = 502.71$
7.1.2.2 ที่ f = 0.4 mm/rev และ d = 1 mm คือ $V T^{0.391} = 316.13$
7.1.2.3 ที่ f = 0.2 mm/rev และ d = 2 mm คือ $V T^{0.390} = 443.41$
7.1.2.4 ที่ f = 0.4 mm/rev และ d = 2 mm คือ $V T^{0.391} = 279.00$

7.1.3 สมการอายุการใช้งานมีดกลึงที่คิดเฉพาะผลของอัตราป้อน ได้แก่

7.1.3.1 ที่ V = 125.66 m/min และ d = 1 mm คือ $f T^{0.582} = 1.58$
7.1.3.2 ที่ V = 157.08 m/min และ d = 1 mm คือ $f T^{0.582} = 1.13$
7.1.3.3 ที่ V = 188.50 m/min และ d = 1 mm คือ $f T^{0.582} = 0.87$
7.1.3.4 ที่ V = 125.66 m/min และ d = 2 mm คือ $f T^{0.582} = 1.13$
7.1.3.5 ที่ V = 157.08 m/min และ d = 2 mm คือ $f T^{0.582} = 0.94$
7.1.3.6 ที่ V = 188.50 m/min และ d = 2 mm คือ $f T^{0.583} = 0.72$

7.1.4 สมการอายุการใช้งานมีดกลึงที่คิดเฉพาะผลของความลึกในการตัด ได้แก่

7.1.4.1 ที่ V = 125.66 m/min และ f = 0.2 mm/rev คือ $d T^{2.166} = 2206.41$

7.1.4.2 ที่ V = 157.08 m/min และ f = 0.2 mm/rev คือ $d T^{2.166} = 638.39$

7.1.4.3 ที่ V = 188.50 m/min และ f = 0.2 mm/rev คือ $d T^{2.162} = 229.68$

7.1.4.4 ที่ V = 125.66 m/min และ f = 0.4 mm/rev คือ $d T^{2.165} = 166.39$

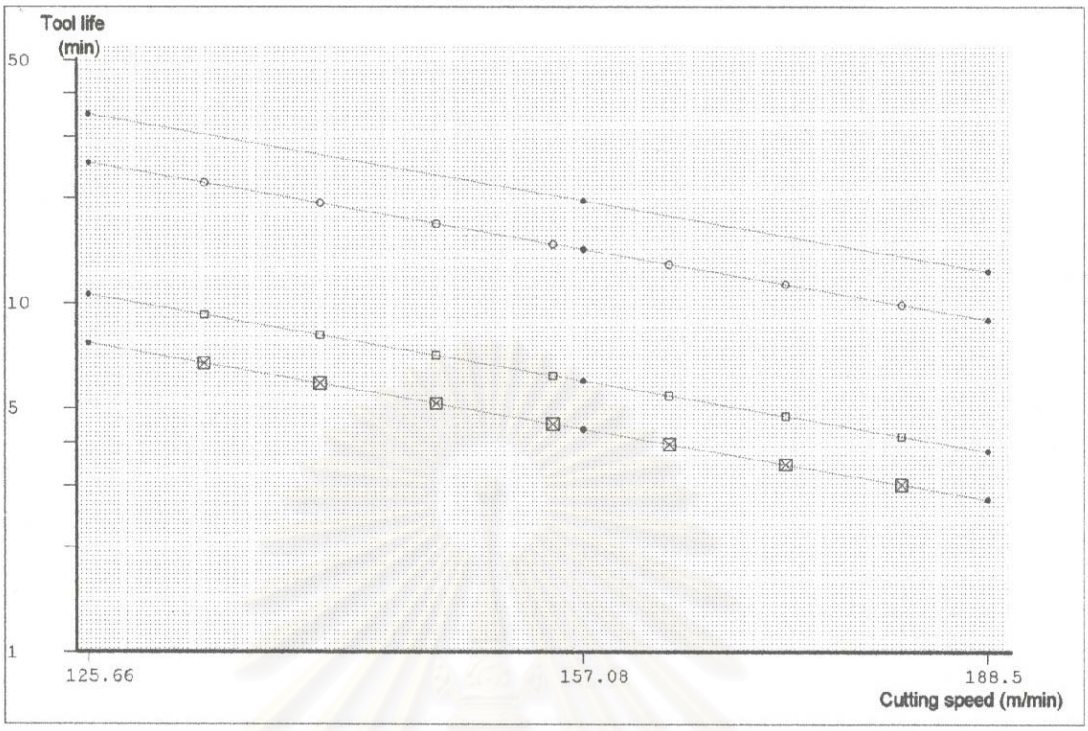
7.1.4.5 ที่ V = 157.08 m/min และ f = 0.4 mm/rev คือ $d T^{2.167} = 48.35$

7.1.4.6 ที่ V = 188.50 m/min และ f = 0.4 mm/rev คือ $d T^{2.165} = 17.60$

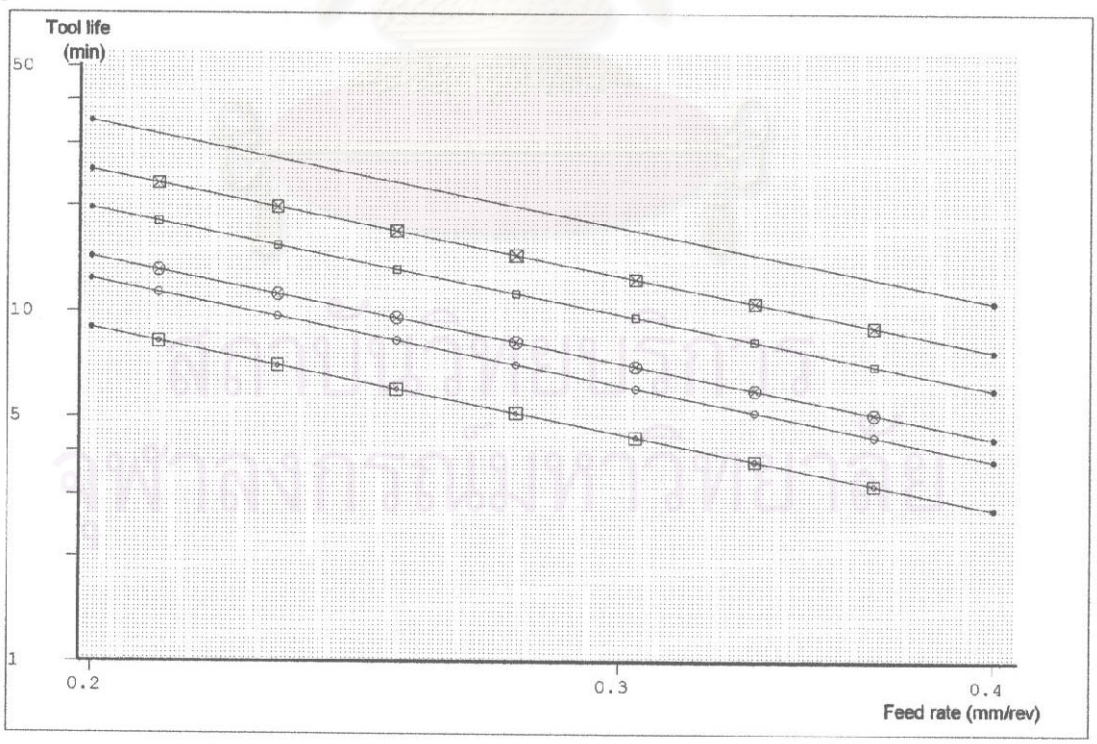
เมื่อสังเกตสมการข้างต้นจะพบว่า ค่าคงที่ n ของสมการอายุการใช้งานมีดกลึงที่ขึ้นกับความเร็วตัดมีค่าเท่ากับ 0.39 เท่ากันหมดทุกสมการ เช่นเดียวกับค่าคงที่ n_1 ของสมการอายุการใช้งานมีดกลึงที่ขึ้นกับอัตราป้อน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.58 และค่าคงที่ n_2 ของสมการอายุการใช้งานมีดกลึงที่ขึ้นกับความลึกในการตัด ที่มีค่าเท่ากับ 2.17 เท่ากันหมดทุกสมการ ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าค่า n (n_1 และ n_2) ขึ้นกับวัสดุชิ้นงาน และวัสดุเครื่องมือตัด เนื่องจากทุกสภาวะการทดลองใช้ชิ้นงานและมีดกลึงเป็นชนิดเดียวกัน ดังนั้นค่าคงที่ที่ได้จึงเท่ากัน ความแตกต่างของสมการอายุการใช้งานมีดกลึงที่ต่างกันจึงขึ้นอยู่กับค่า C (C_1 และ C_2) เท่านั้น ทั้งนี้เพราะค่า C ขึ้นอยู่กับค่าของปัจจัยที่มีผลต่อการกลึงตัวอื่นๆ ด้วย

ค่า n ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ ถือได้ว่ามีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้ เนื่องจากมีค่าสอดคล้องกับค่า n ที่เป็นของเครื่องมือตัดคาร์ไบด์ ซึ่งแสดงอยู่ในหนังสืออ้างอิงต่างๆ เช่น ในหนังสืออ้างอิงชื่อ Manufacturing Processes for Engineering Materials โดย Serope Kalpakjian หน้า 506 แสดงค่า n ของมีดกลึงคาร์ไบด์ไว้ที่ค่า 0.2-0.5 หนังสืออ้างอิงชื่อ Manufacturing Technology โดย M. Haslehurst หน้า 19 แสดงค่า n ของมีดกลึงคาร์ไบด์ไว้ที่ค่า 0.2-0.4 และหนังสืออ้างอิงชื่อ Modern Manufacturing Process Engineering โดย Benjamin W. Niebel และ Alan B. Draper ในหน้า 489 แสดงค่า n ของมีดกลึงคาร์ไบด์กับวัสดุที่เป็นหลักเกรด AISI 1045 ไว้ที่ค่า 0.281-0.429

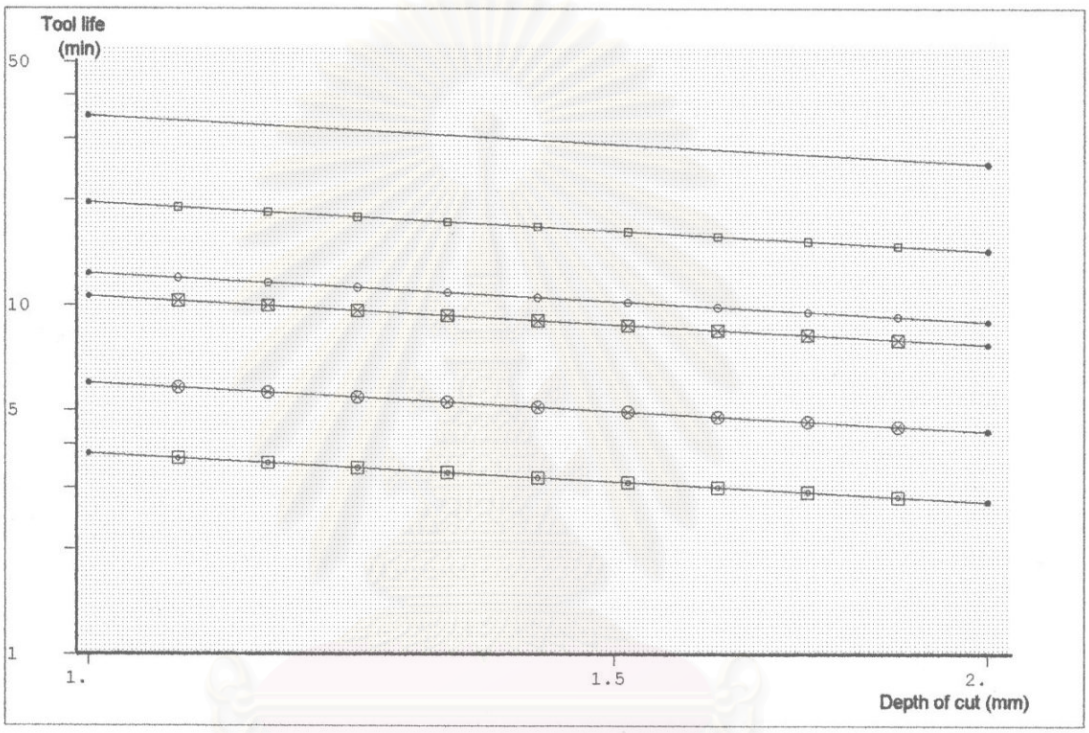
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับความเร็วตัด อัตราการป้อน และความลึกในการตัดของผลการทดลอง ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมแสดงในรูปที่ 7.1 ถึง 7.3 ตามลำดับ



รูปที่ 7.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึงที่ทำการทดลองกับความเร็วตัด (V)



รูปที่ 7.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึงที่ทำการทดลองกับอัตราป้อน (f)



รูปที่ 7.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานมีดกลึงที่ทำการทดลองกับความลึกในการตัด (d)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2 การวิเคราะห์หาสภาวะการกลึงที่เหมาะสมที่สุด

7.2.1 ข้อมูลที่ต้องใช้เพื่อการวิเคราะห์หาสภาวะการกลึงด้วยวิธีการทางเศรษฐศาสตร์

การหาสภาวะการปฏิบัติงานกลึงที่เหมาะสม จะถือแนวทางการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เป็นหลัก โดยจะพิจารณาจากค่าของตัวแปรที่เกี่ยวข้องซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต อัตราการผลิต และอัตราผลกำไร โดยอาศัยวิธีการคำนวณหาค่าดังกล่าว ที่ความเร็วตัดค่าต่างๆ แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อเลือกค่าความเร็วไปใช้ในการปฏิบัติงาน การที่จะให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประมวลผลเพื่อหาค่าตัวแปรทางเศรษฐศาสตร์ จำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลของตัวแปรเริ่มต้นที่ต้องป้อนเข้าโปรแกรมดังต่อไปนี้

7.2.1.1 ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานกลึง (R_c) ประกอบด้วย ค่าแรง ค่าโสหุ้ย และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการกลึง คิดเป็นต่อหน่วยเวลา เท่ากับ 10 บาทต่อนาที

7.2.1.2 อินเสิร์ทมีดกลึงราคา 129 บาทต่อชิ้น และจำนวนคมตัดต่ออินเสิร์ทหนึ่งชิ้นเท่ากับ 3 คมตัด ดังนั้นค่าอินเสิร์ทมีดกลึงต่อคมตัด (C_e) เท่ากับ 43 บาทต่อคมตัด

7.2.1.3 เวลาในการเปลี่ยนมีดกลึง (t_c) เท่ากับ 1 นาที

7.2.1.4 เวลาที่ไม่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน (t_n) เช่น เวลาในการตั้งค่าเครื่องกลึง เวลาที่ใช้ในการติดตั้งด้ามมีดกลึง เวลาที่ใช้ในการจับยึดชิ้นงาน และเวลาที่ใช้ในการถอดชิ้นงานเป็นต้น เท่ากับ 0.5 นาที

7.2.1.5 เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (D) เท่ากับ 50 มิลลิเมตร

7.2.1.6 ระยะของการกลึงในชิ้นงาน (L) เท่ากับ 200 มิลลิเมตร

7.2.2 ผลการวิเคราะห์หาสภาวะการกลึงด้วยหลักการทางเศรษฐศาสตร์

ในการหาเงื่อนไขการปฏิบัติงานที่เหมาะสมของการศึกษาครั้งนี้ จะพิจารณาเฉพาะการเลือกใช้ค่าความเร็วตัดที่มีความเหมาะสมที่สุดในแต่ละสภาวะเงื่อนไขของการกลึงที่ได้ทำการทดลองไว้ ซึ่งมีทั้งหมด 4 สภาวะการปฏิบัติงาน ที่มีความแตกต่างกันของค่าอัตราการป้อนเท่ากับ 0.2 และ 0.4 มิลลิเมตรต่อรอบ และค่าความลึกตัดที่ 1 และ 2 มิลลิเมตร ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรมได้แก่

7.2.2.1 ช่วงประสิทธิภาพสูงของความเร็วตัดสำหรับการปฏิบัติงาน

ช่วงประสิทธิภาพสูงคือ ช่วงของค่าความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุดถึงค่าความเร็วที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด ค่าความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุดแสดงในตารางที่ 7.1 และค่าความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุดแสดงในตารางที่ 7.2 ส่วนในตารางที่ 7.3 แสดงช่วงประสิทธิภาพสูงของแต่ละสภาวะการกลึง ซึ่งจากตารางจะพบว่าเมื่ออัตราการป้อนและความลึกตัดเพิ่มขึ้น จะทำให้ช่วงประสิทธิภาพสูงลดลงด้วย ให้สภาวะการกลึงที่ 1 เป็นหลัก ผลต่างของช่วงประสิทธิภาพสูงที่ใช้งานจะเท่ากับ 202 เมตรต่อนาที ถ้าเพิ่มความลึกตัดคือในสภาวะการกลึงที่ 2 ทำให้ผลต่างลดลงเหลือ 178 เมตรต่อนาที คิดเป็นการลดลงประมาณ 12% และเมื่อเพิ่มอัตราป้อนให้เป็นสภาวะการกลึงที่ 3 ผลต่างของช่วงความเร็วดังกล่าวจะลดลงเหลือ 127 เมตรต่อนาที คิดเป็นการลดลงประมาณ 37% ซึ่งจะเห็นว่าการเพิ่มอัตราป้อนจะทำให้ช่วงประสิทธิภาพสูงแคบลงมากกว่าการเพิ่มความลึกตัด และช่วงประสิทธิภาพสูงที่แคบลงนั้น จะทำให้การตัดสินใจเลือกค่าความเร็วตัดทำได้ง่ายขึ้น

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดกับอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต ของแต่ละสภาวะการกลึงแสดงในรูปที่ 7.4 ถึง 7.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดกับอัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต ซึ่งจากรูปจะพบว่าความเร็วตัดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดจะมีค่าน้อยกว่าความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุดเสมอ และเมื่อพิจารณาดูที่ค่าของความเร็วตัดในแต่ละสภาวะการกลึงจะพบว่า ยิ่งใช้อัตราป้อนสูงขึ้นค่าของความเร็วตัดที่ทำให้อัตราการผลิตสูงสุด และค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด จะลดลงจากเดิม ในทำนองเดียวกันความลึกตัดที่มากขึ้นก็จะทำให้ค่าความเร็วตัดที่ใช้ลดลงจากเดิมด้วยเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบดูผลของอัตราป้อนและความลึกตัดที่เพิ่มขึ้นที่มีต่อค่าความเร็วตัดนั้นพบกว่าการเพิ่มอัตราการป้อนจะมีผลต่อความเร็วตัดมากกว่าการเพิ่มความลึกตัด รูปที่ 7.8 ถึง 7.11 แสดงแนวโน้มของค่าความเร็วตัดที่เกิดขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนและความลึกตัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1 แสดงค่าความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดของแต่ละสภาวะการกลึง

สภาวะการกลึง	ความเร็วตัด (เมตรต่อนาที)	ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด (บาท)	อัตราผลิต (ชิ้นต่อนาที)
1. f = 0.2 mm./rev d = 1 mm.	220.34	27.91	0.48
2. f = 0.2 mm./rev d = 2 mm.	194.35	18.25	0.71
3. f = 0.4 mm./rev d = 1 mm.	138.56	23.21	0.57
4. f = 0.4 mm./rev d = 2 mm.	122.28	15.53	0.82

ตารางที่ 7.2 แสดงค่าความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุดของแต่ละสภาวะการกลึง

สภาวะการกลึง	ความเร็วตัด (เมตรต่อนาที)	อัตราการผลิตสูงสุด (ชิ้น/นาที)	ค่าใช้จ่ายรวม
1. f = 0.2 mm./rev d = 1 mm.	422.23	0.59	37.00
2. f = 0.2 mm./rev d = 2 mm.	372.43	0.84	23.51
3. f = 0.4 mm./rev d = 1 mm.	265.52	0.69	30.44
4. f = 0.4 mm./rev d = 2 mm.	234.34	0.95	19.71

ตารางที่ 7.3 แสดงช่วงประสิทธิภาพสูงของความเร็วตัดสำหรับการปฏิบัติงานของแต่ละสภาวะการกลึง

สภาวะการกลึง	ช่วงประสิทธิภาพสูง	ความกว้างของช่วง
1. f = 0.2 mm./rev d = 1 mm.	220 – 422	202
2. f = 0.2 mm./rev d = 2 mm.	194 – 372	178
3. f = 0.4 mm./rev d = 1 mm.	139 – 266	127
4. f = 0.4 mm./rev d = 2 mm.	122 – 234	112

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.2.2 การวิเคราะห์ความไว

ผลของอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวมที่เปลี่ยนแปลงไปตามค่าความเร็วตัดของแต่ละสภาวะการปฏิบัติงานนั้นมีความแตกต่างกัน การปฏิบัติงานในบางครั้งนั้นไม่สามารถที่จะเลือกใช้ค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุดเพียงค่าเดียวได้ โดยทั่วไปแล้วการใช้ความเร็วค่าต่างๆ ภายในช่วงประสิทธิภาพสูงก็ถือว่าเหมาะสมสำหรับการปฏิบัติงานแล้ว ถ้าสภาวะการปฏิบัติงานนั้นมีความความเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตน้อย อัตราการผลิตที่ลดลงจากค่าสูงสุด และค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตที่เพิ่มขึ้นจากค่าต่ำสุดนั้นก็จะมีผลไม่มากนัก ในทางกลับกันถ้าความเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นมาก อาจส่งผลกระทบต่อการปฏิบัติงานด้วย เพราะจะต้องหาสภาวะการกลึงใหม่ที่มีความเหมาะสมกว่าเดิม

พิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นในช่วงประสิทธิภาพสูงของแต่ละสภาวะการกลึงที่ทำการทดลอง จะพบว่าที่สภาวะการกลึงที่มีอัตราป้อน และความลึกตัดสูงกว่าจะให้ค่าการเปลี่ยนแปลงของอัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายรวมลดลงจากเดิม ค่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสภาวะการกลึงต่างๆ ดูได้จากตารางที่ 7.4 ซึ่งจะทำให้ทราบว่าช่วงกว้างของค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมกับการใช้งานไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายรวมนี้ ส่วนรูปที่ 7.12 ถึง 7.15 แสดงกราฟการวิเคราะห์ความไวของสภาวะการกลึงที่ทำการทดลองทั้งสี่สภาวะ

7.2.2.3 อัตราผลกำไร

เพื่อที่จะให้การเลือกใช้ค่าความเร็วตัดทำได้อย่างสะดวกขึ้น จึงได้เกิดแนวความคิดที่จะนำค่าใช้จ่ายรวม และอัตราการผลิตมาสร้างความสัมพันธ์ร่วมกันกับค่าความเร็วตัด จึงทำให้ได้ค่าผลกำไรต่อหน่วยเวลา หรืออัตราผลกำไรขึ้น ซึ่งค่าความเร็วที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุดจะมีอยู่ค่าเดียว ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการวิเคราะห์เพื่อเลือกค่าความเร็วใช้งานอีก ถ้ากำหนดให้ราคาขายชิ้นงานเท่ากับ 30 บาท ค่าอัตราผลกำไรสูงสุดและความเร็วที่ให้อัตรากำไรสูงสุดของทุกสภาวะการกลึงดูได้จากตารางที่ 7.5 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลกำไรและความเร็วตัดดูได้จากรูปที่ 7.16 และ 7.17

จะเห็นได้ว่าอัตราผลกำไรที่สภาวะการกลึงที่ 4 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 12.50 บาทต่อนาที และพบว่าการเพิ่มอัตราการป้อน และความลึกตัดจะทำให้อัตราผลกำไรสูงขึ้น ส่วน

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความเร็วที่ใช้ในการกลึงเพื่อให้อัตราผลกำไรสูงสุดนั้น ถ้าเพิ่มอัตราป้อน จะทำให้ค่าความเร็วที่ให้อีตราผลกำไรสูงสุดลดลง ดังรูปที่ 7.18 แต่ถ้าเพิ่มความลึกตัดจะทำให้ต้องเพิ่มความเร็วตัดเพื่อให้ได้อัตราผลกำไรสูงสุด แต่ว่าอัตราผลกำไรใหม่ที่ได้จากการเพิ่มความลึกตัดนี้ จะมีค่าสูงกว่าอัตรากำไรที่ค่าความลึกตัดเดิมอยู่มากพอสมควร ดังรูปที่ 7.19 อาจกล่าวได้ว่าผลกระทบของอัตราผลกำไรเมื่อมีการเพิ่มอัตราป้อนคือ จะทำให้ใช้ความเร็วทีให้อัตราผลกำไรสูงสุดลดลง แต่ถ้ากรณีที่ต้องการให้อัตราผลกำไรสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นแล้วควรจะเพิ่มค่าความลึกตัดมากกว่า

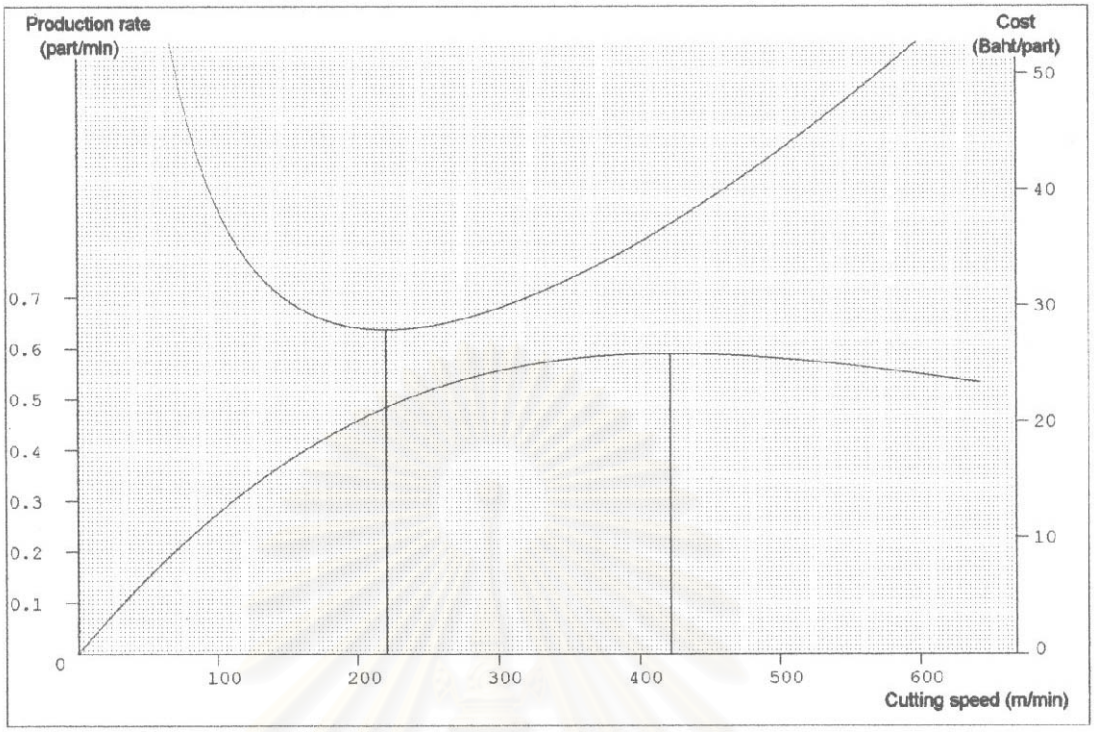
ตารางที่ 7.4 แสดงค่าที่เปลี่ยนแปลงไปสูงสุดในช่วงของความเร็วที่เหมาะสมแก่การใช้งาน

สภาวะการกลึง	อัตราการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับค่าสูงสุด	ค่าใช้จ่ายรวมที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับค่าต่ำสุด
1. f = 0.2 mm./rev d = 1 mm.	-17.93%	32.58%
2. f = 0.2 mm./rev d = 2 mm.	-15.25%	28.82%
3. f = 0.4 mm./rev d = 1 mm.	-16.88%	31.14%
4. f = 0.4 mm./rev d = 2 mm.	-13.96%	26.92%

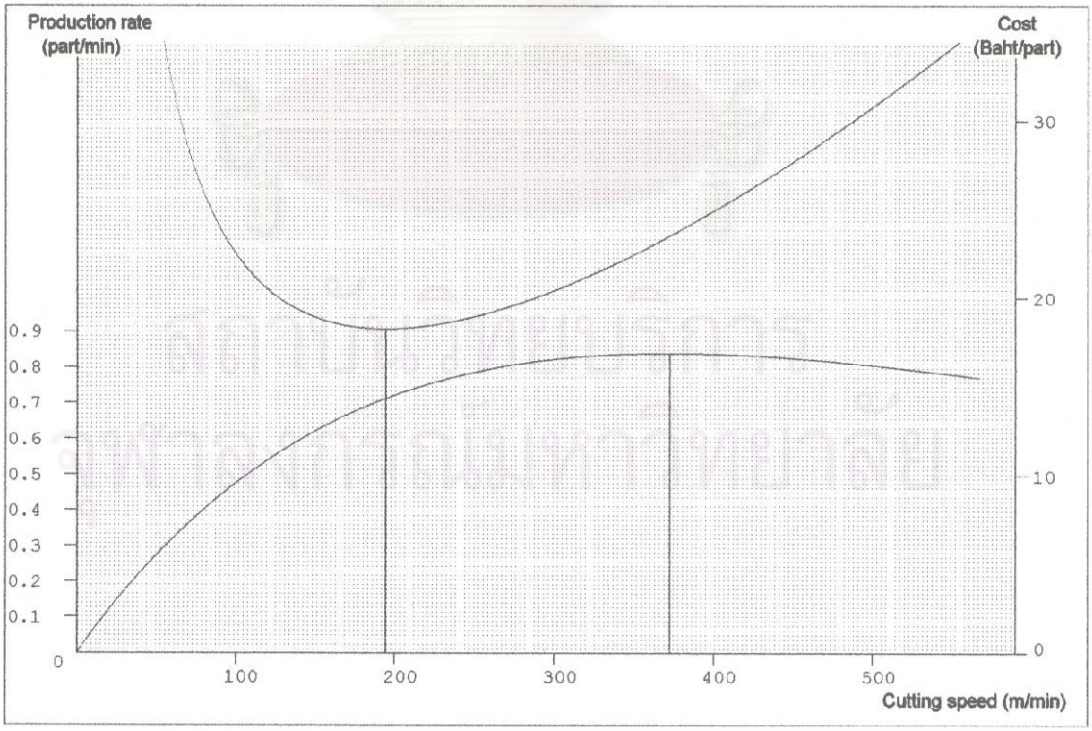
* อัตราการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับค่าสูงสุด คิดจากอัตราการผลิตที่ความเร็วตัดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด
ค่าใช้จ่ายรวมที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับค่าต่ำสุด คิดจากค่าใช้จ่ายรวมที่ความเร็วตัดที่ทำให้อัตราการผลิตต่ำสุด

ตารางที่ 7.5 แสดงค่าความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุดของแต่ละสภาวะการกลึง

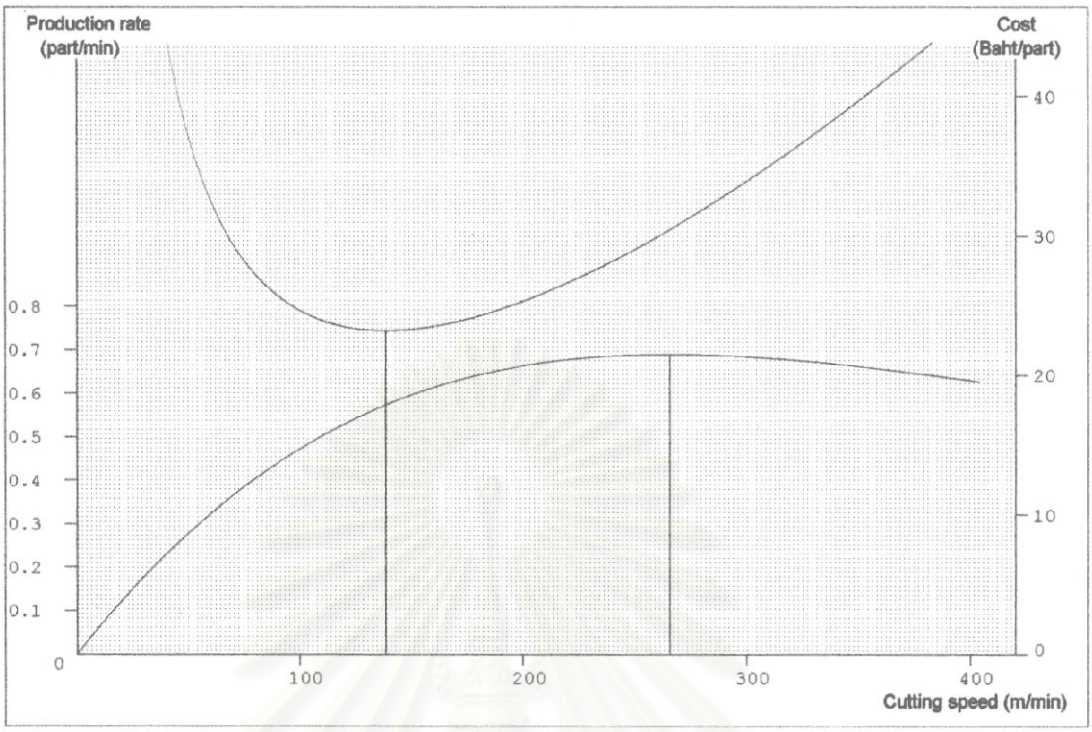
สภาวะการกลึง	ความเร็วตัด (เมตรต่อนาที)	อัตราผลกำไรสูงสุด (บาท/นาที)
1. f = 0.2 mm./rev d = 1 mm.	227.15	1.02
2. f = 0.2 mm./rev d = 2 mm.	233.93	8.74
3. f = 0.4 mm./rev d = 1 mm.	153.54	4.00
4. f = 0.4 mm./rev d = 2 mm.	154.45	12.50



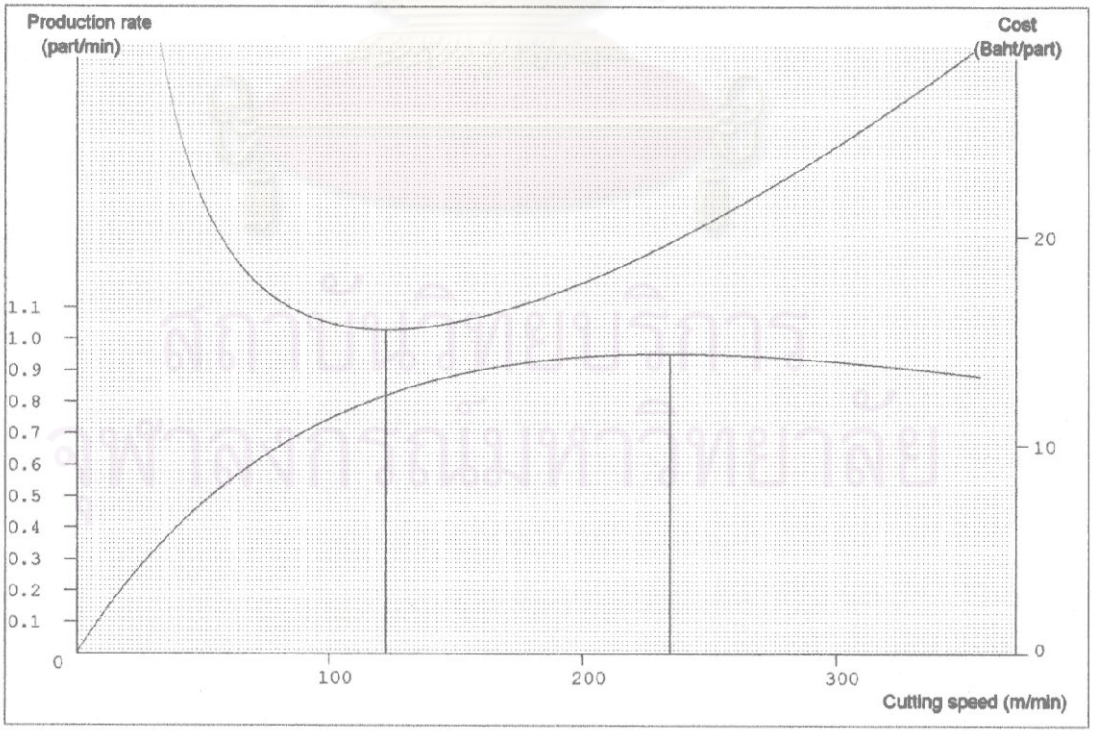
รูปที่ 7.4 แสดงอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวม เมื่อ f = 0.2 mm/rev และ d = 1 mm



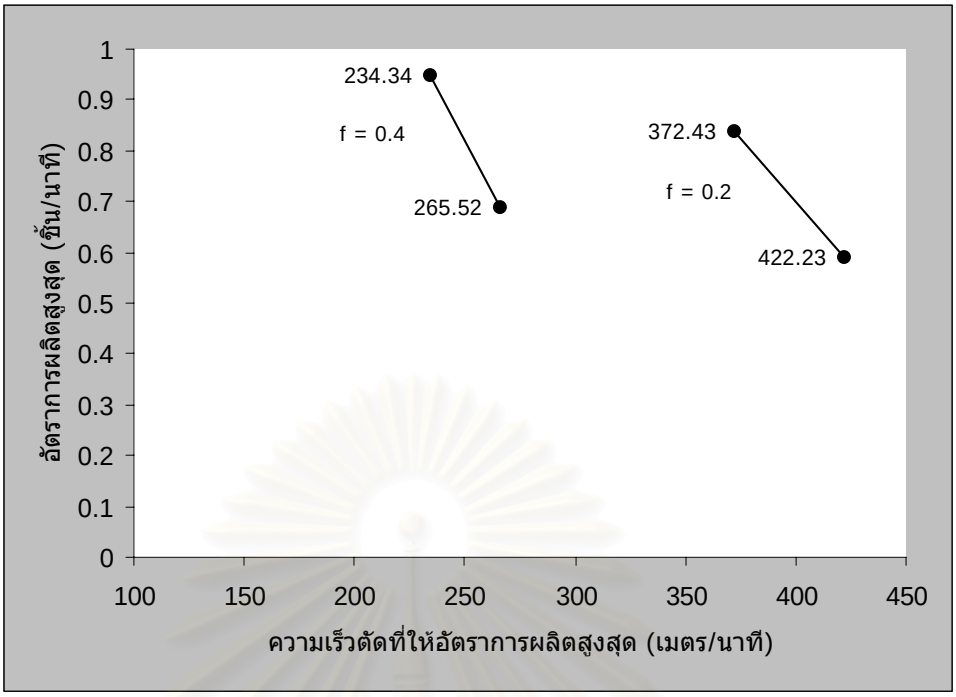
รูปที่ 7.5 แสดงอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวม เมื่อ f = 0.2 mm/rev และ d = 2 mm



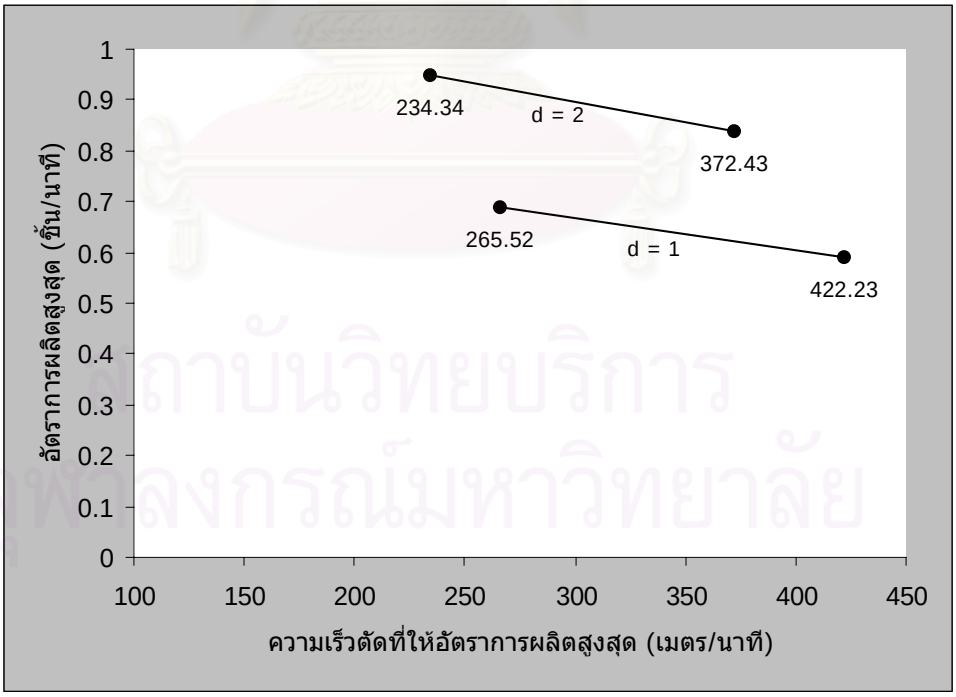
รูปที่ 7.6 แสดงอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวม เมื่อ f = 0.4 mm/rev และ d = 1 mm



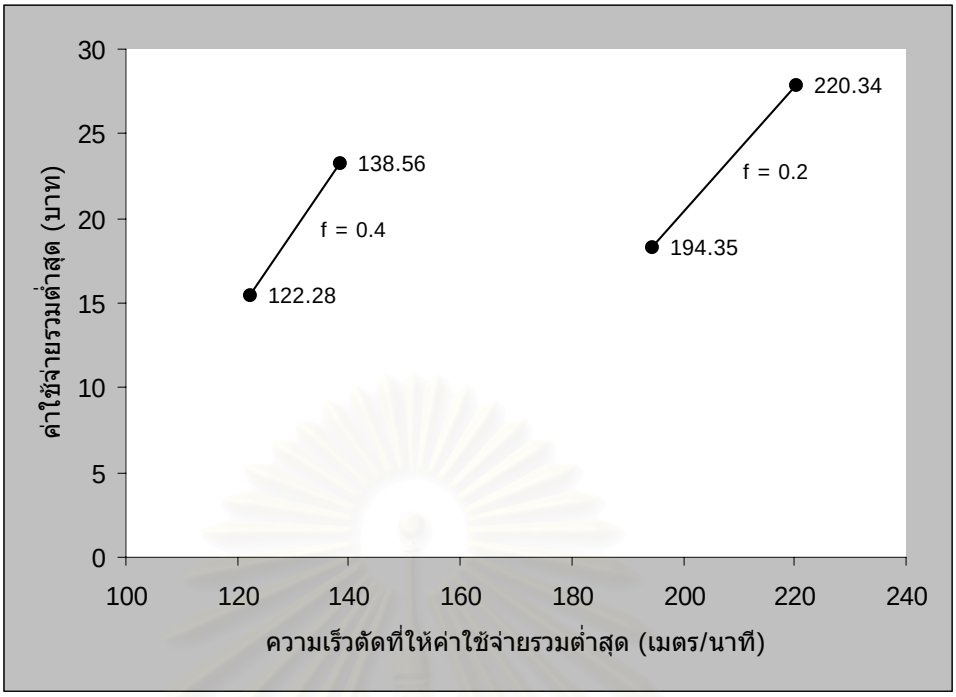
รูปที่ 7.7 แสดงอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวม เมื่อ f = 0.4 mm/rev และ d = 2 mm



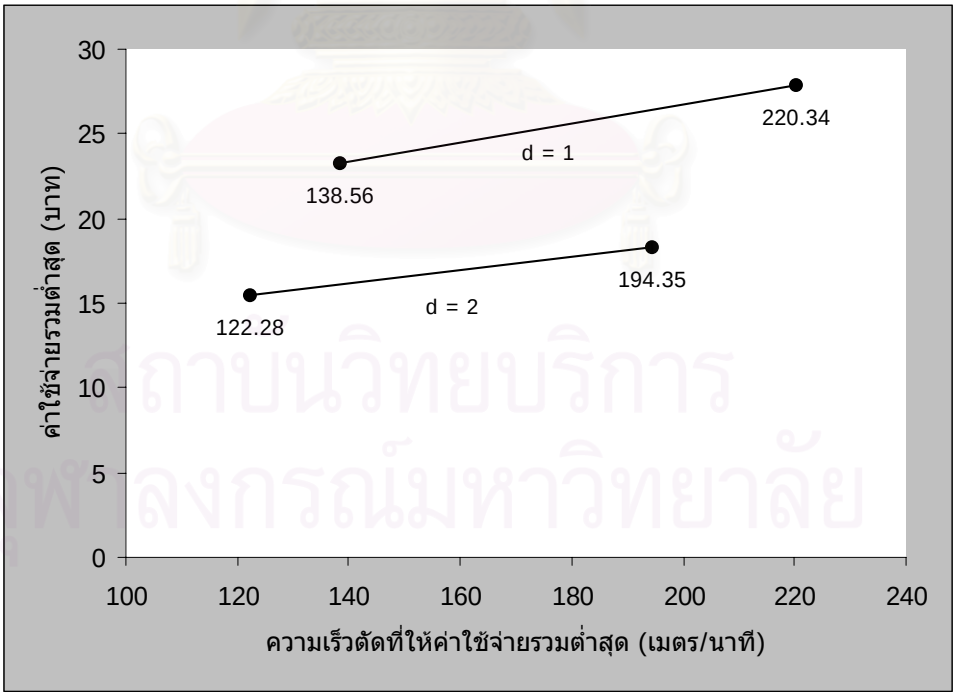
รูปที่ 7.8 แสดงแนวโน้มของความเร็วตัดที่ทำให้ค่าอัตราการผลิตสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราป้อน



รูปที่ 7.9 แสดงแนวโน้มของความเร็วตัดที่ทำให้ค่าอัตราการผลิตสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกตัด

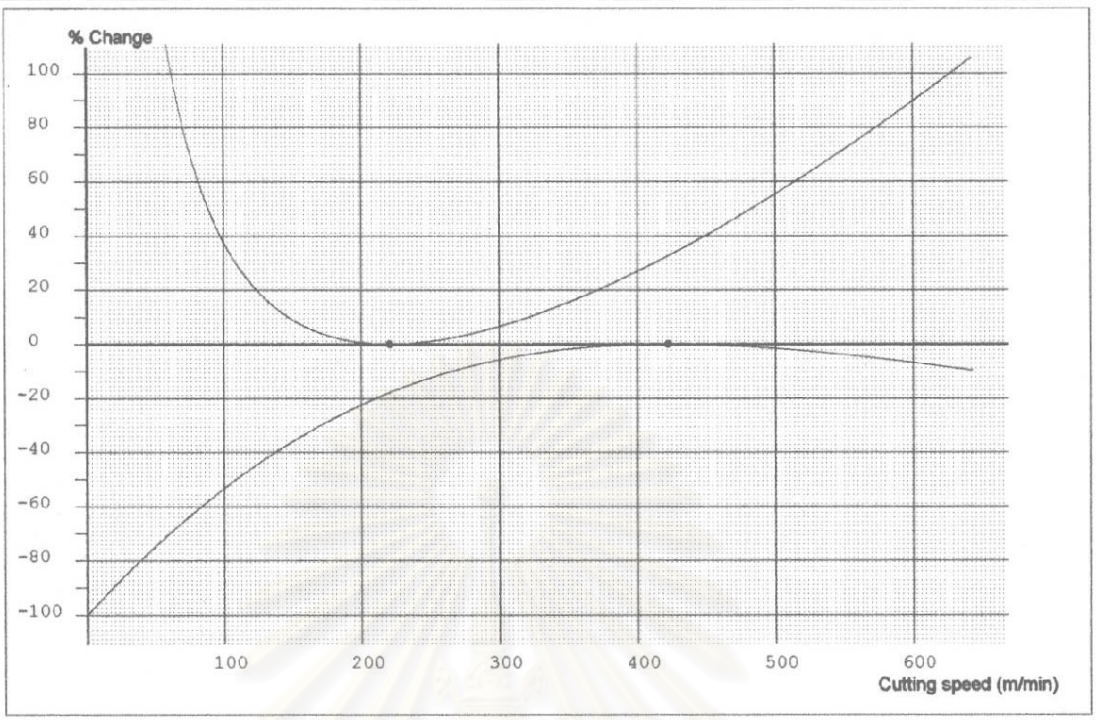


รูปที่ 7.10 แสดงแนวโน้มของความเร็วตัดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราป้อน

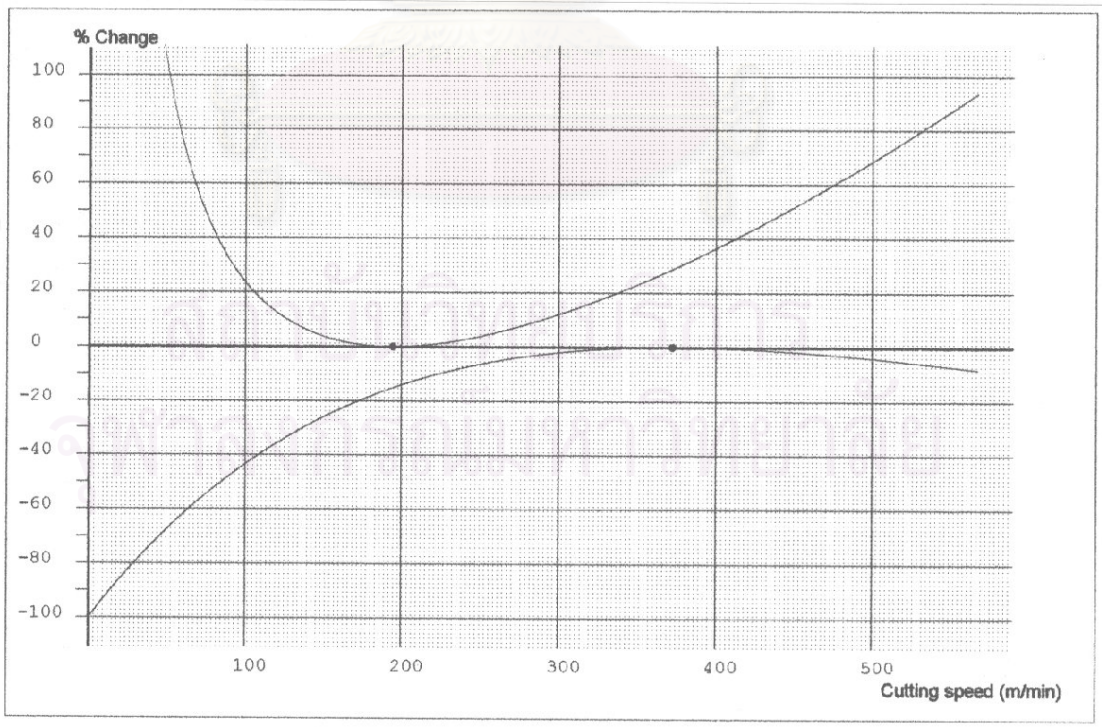


รูปที่ 7.11 แนวโน้มของความเร็วตัดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกตัด

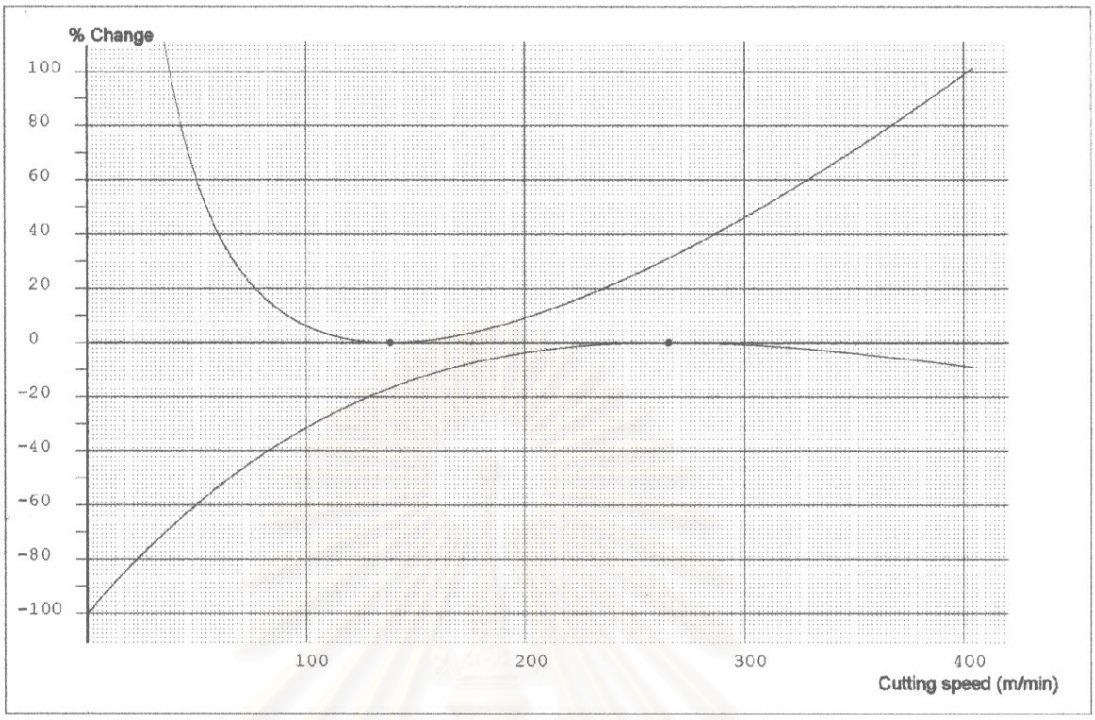
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



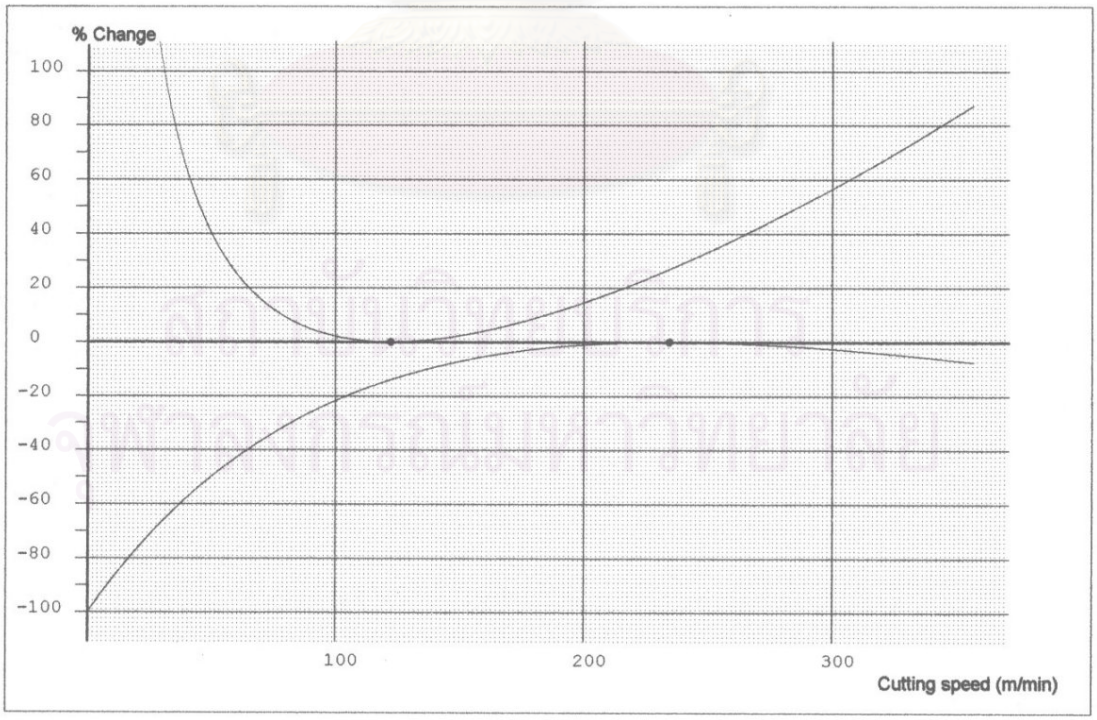
รูปที่ 7.12 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความไว ที่ f = 0.2 mm/rev และ d = 1 mm



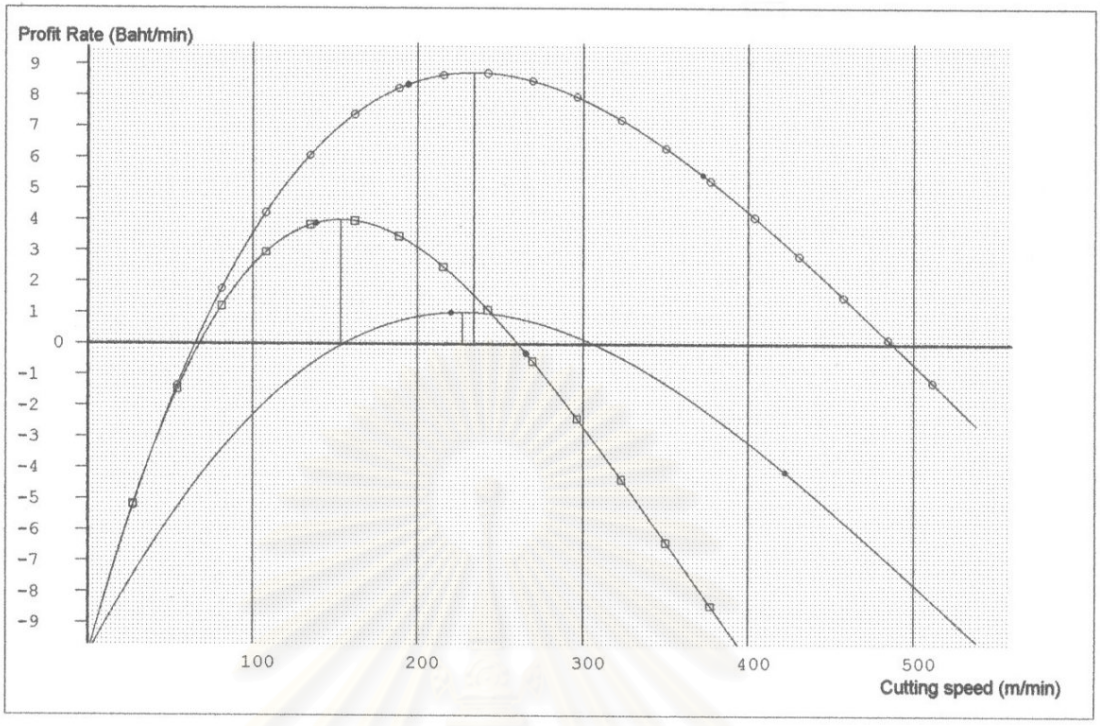
รูปที่ 7.13 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความไว ที่ f = 0.2 mm/rev และ d = 2 mm



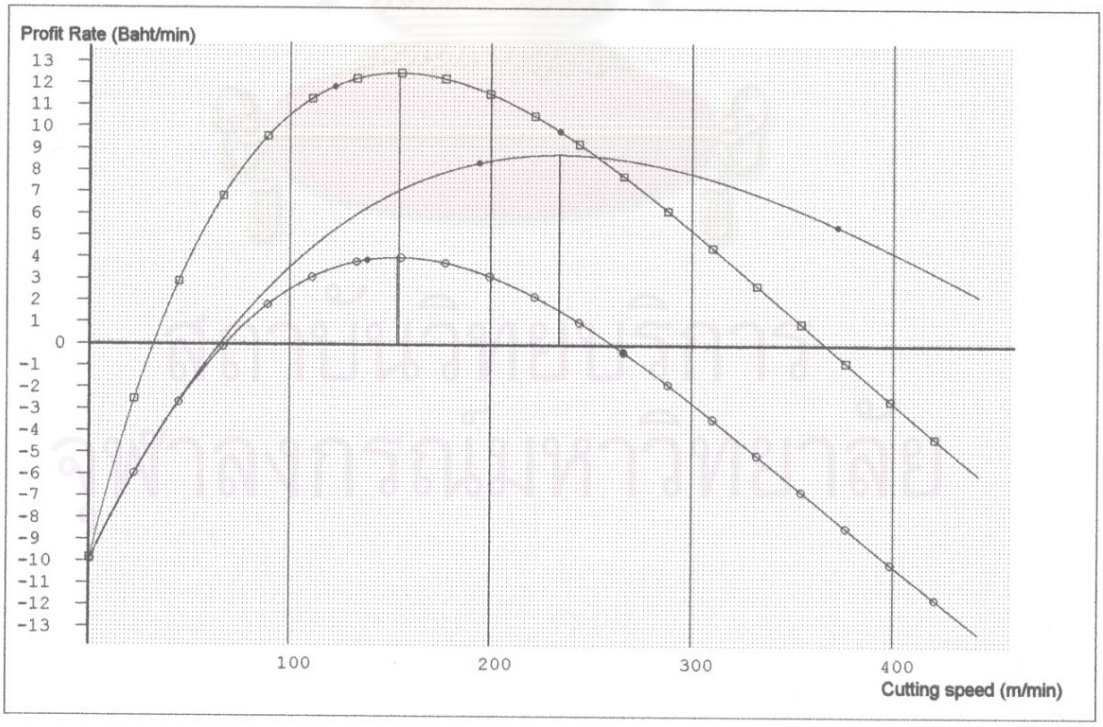
รูปที่ 7.14 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความไว ที่ f = 0.4 mm/rev และ d = 1 mm



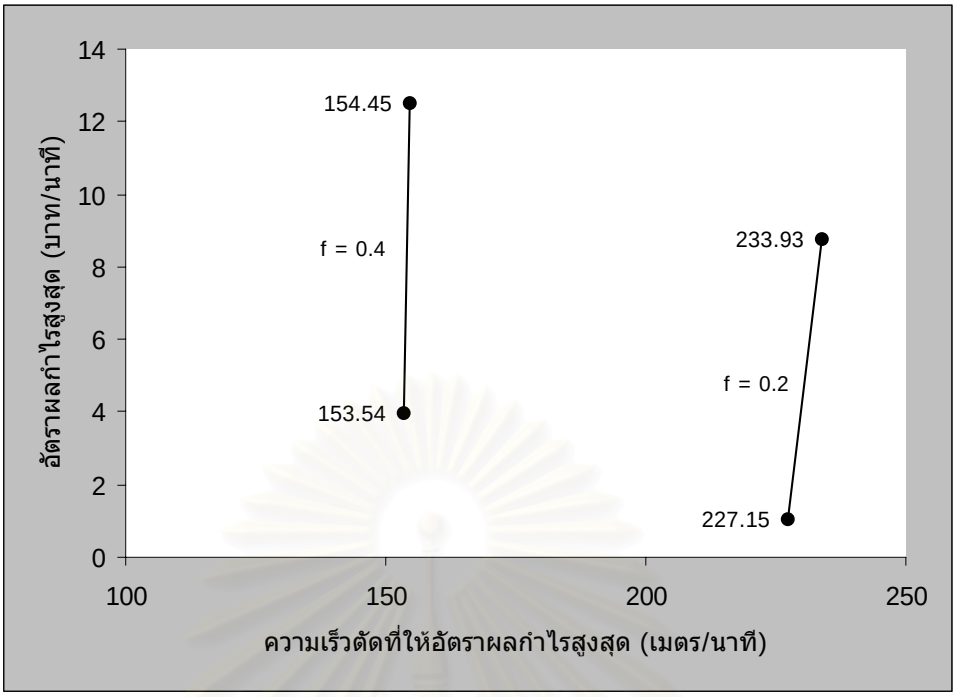
รูปที่ 7.15 แสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความไว ที่ f = 0.4 mm/rev และ d = 2 mm



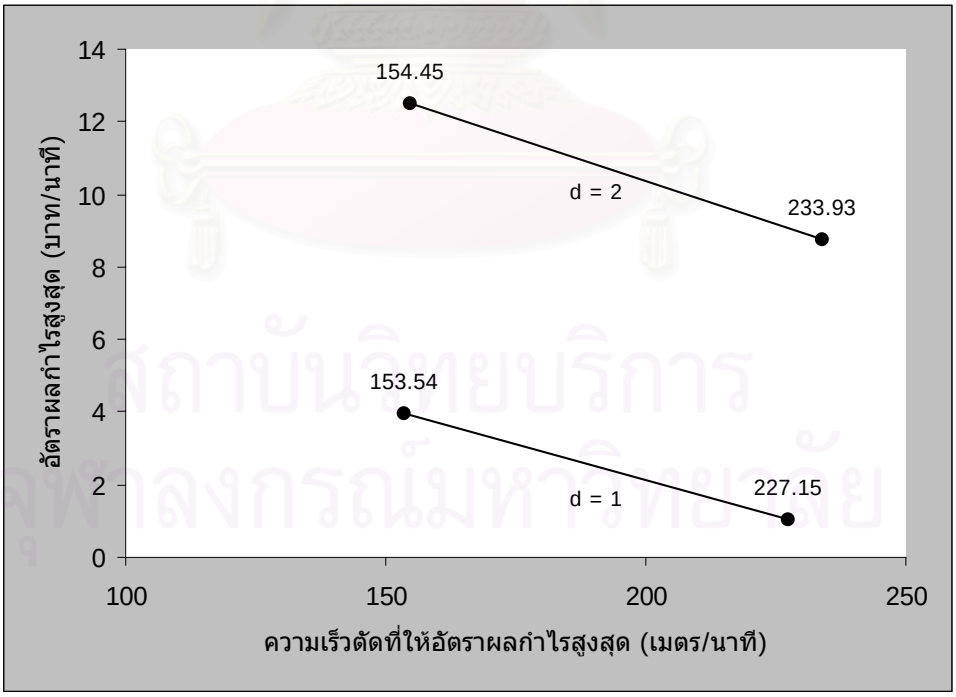
รูปที่ 7.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลกำไรกับความเร็วตัดของสภาวะการกลึงที่ 1 2 และ 3 (— f = 0.Ω, d = 1, f = 0.2; d = 2, □ f = 0.4; d = 1)



รูปที่ 7.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราผลกำไรกับความเร็วตัดของสภาวะการกลึงที่ 2 3 และ 4 (— f = 0.Ω, d = 2, f = 0.4; d = 1, □ f = 0.4; d = 2)



รูปที่ 7.18 แสดงแนวโน้มของความเร็วตัดที่ทำให้อัตราผลกำไรสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราป้อน



รูปที่ 7.19 แสดงแนวโน้มของความเร็วตัดที่ทำให้อัตราผลกำไรสูงสุด เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกตัด

7.3 หลักการวิเคราะห์หาความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุด

เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการเลือกใช้ความเร็วตัดสำหรับการปฏิบัติงานกลึง จึงได้ทำการแบ่งสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในการผลิตออกเป็นกรณีต่างๆ ดังต่อไปนี้

7.3.1 กรณีที่ไม่มีการจำกัดเวลาในการผลิต และจำนวนชิ้นงานที่ต้องการผลิต

ในกรณีแรกนี้มีความต้องการชิ้นงานไม่จำกัดจำนวน โดยไม่สนใจว่าจะมีจำนวนเท่าใดไม่ว่าจะมากหรือน้อยก็ใช้ได้หมด โดยที่ไม่ต้องคำนึงถึงระยะเวลา ถ้าเป็นในลักษณะนี้โดยหลักการแล้วเมื่อต้องการที่จะได้กำไรมากๆ ก็ควรที่จะทำการผลิตให้ได้มากๆ แต่ถ้าใช้ความเร็วที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด ก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตสูงตามไปด้วยกำไรที่ได้ก็จะลดลงเนื่องจากค่าใช้จ่ายรวม ในทำนองเดียวกันถ้าใช้ความเร็วที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด จำนวนชิ้นงานที่ได้ก็จะมีปริมาณลดลง จะเห็นได้ว่าในกรณีที่ไม่มีการจำกัดทั้งเวลาและจำนวนชิ้นงานนี้ ความเร็วที่เหมาะสมที่สุดที่ควรจะนำมาใช้งานในกรณีนี้คือความเร็วที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด ซึ่งก็คือความเร็วที่อยู่ระหว่างความเร็วที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด และความเร็วที่ให้อัตราการผลิตสูงสุดนั้นเอง

7.3.2 กรณีที่ไม่มีการจำกัดเวลาในการผลิต แต่กำหนดจำนวนชิ้นงานที่ต้องการผลิต

ในกรณีนี้มีการจำกัดจำนวนชิ้นงานที่ต้องการ ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องรีบทำการผลิต ทั้งนี้เพราะเวลาที่มีอยู่พอเพียง ค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกรณีนี้ คือค่าความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด ถ้าเลือกใช้ค่าความเร็วตัดที่จุดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุดมาทำการผลิต ก็จะทำให้ต้นทุนของการผลิตสูงขึ้นโดยใช่เหตุ ทั้งนี้เพราะว่าความเร็วที่อัตราผลกำไรสูงสุดจะให้อัตราการผลิตที่สูงกว่าความเร็วที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด ถึงแม้ว่าที่ความเร็วนี้จะทำให้ใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่า แต่เวลาไม่ใช่ข้อจำกัดจึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องรีบเร่งทำงาน

7.3.3 กรณีที่ไม่จำกัดจำนวนชิ้นงาน แต่เวลาที่ใช้ผลิตมีจำนวนจำกัด

ในกรณีนี้ให้ถือว่าจำนวนชิ้นงานที่ออกมาสามารถขายได้หมด แต่มีข้อจำกัดอยู่ที่เวลาในการผลิต สมมติว่าได้รับคำสั่งให้กลึงชิ้นงานเพื่อส่งไปยังกระบวนการผลิตต่อไป โดยมีเวลาจำกัด 100 นาที จำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ของความเร็วแต่ละค่าจะไม่เท่ากัน ถ้าใช้ความเร็วตัดสูง

ย่อมได้ชิ้นงานมากกว่าความเร็วตัดต่ำกว่า ถ้ากำหนดให้ราคาขายชิ้นงานเท่ากับ 30 บาท ดังนั้นจะสามารถหากำไรจากการกลึงชิ้นงานครั้งนี้ได้ โดยค่าต่างๆ ดูได้จากตารางที่ 7.6 ในตารางจะพบว่าค่าของความเร็วที่ให้กำไรสูงสุดมิใช่ความเร็วที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด ซึ่งความจริงแล้วความเร็วทั้งสองค่านี้สามารถกลึงชิ้นงานได้สูงสุดภายในเวลาที่กำหนดไว้เท่ากันคือ 89 ชิ้น แต่ว่าต้นทุนการผลิตของชิ้นงานที่สองความเร็วนี้ไม่เท่ากันจึงทำให้กำไรที่ออกมาไม่เท่ากันด้วย จะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่กลึงด้วยความเร็วต่ำกว่าจะให้ต้นทุนที่ต่ำกว่า ดังนั้นในการเลือกใช้ความเร็วที่กรณีเวลาการผลิตมีจำนวนจำกัดนี้ ควรเลือกใช้ความเร็วตัดที่น้อยที่สุดที่ทำให้สามารถกลึงชิ้นงานได้จำนวนเท่ากับความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด

ตารางที่ 7.6 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาความเร็วตัดของสภาวะการกลึงที่ 4

ความเร็วตัด	อัตราผลิต	ค่าใช้จ่ายรวม	อัตรากำไร	จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้	รายได้จากการขายชิ้นงาน	ต้นทุนรวม	กำไร
122.28	0.8198	15.53	11.863	81.00	2430.00	1257.93	1172.07
130.00	0.8408	15.56	12.141	84.00	2520.00	1307.04	1212.96
140.00	0.8645	15.68	12.380	86.00	2580.00	1348.48	1231.52
150.00	0.8848	15.89	12.485	88.00	2640.00	1398.32	1241.68
152.86	0.8900	15.96	12.496	89.00	2670.00	1420.44	1249.56
154.45	0.8925	16.00	12.497	89.00	2670.00	1424.00	1246.00
160.00	0.9018	16.16	12.481	90.00	2700.00	1454.40	1245.60
170.00	0.9160	16.49	12.374	91.00	2730.00	1500.59	1229.41
180.00	0.9275	16.88	12.169	92.00	2760.00	1552.96	1207.04
190.00	0.9366	17.31	11.884	93.00	2790.00	1609.83	1180.17
200.00	0.9434	17.79	11.519	94.00	2820.00	1672.26	1147.74
210.00	0.9483	18.31	11.086	94.00	2820.00	1721.14	1098.86
220.00	0.9514	18.86	10.599	95.00	2850.00	1791.70	1058.30
230.00	0.9528	19.44	10.062	95.00	2850.00	1846.80	1003.20
234.34	0.9529	19.71	9.805	95.00	2850.00	1872.45	977.55

7.3.4 กรณีที่กำหนดจำนวนชิ้นงาน และเวลาในการผลิต

ในกรณีนี้นี้วิธีการพิจารณาไม่ต่างจากกรณีข้างต้น แต่ว่าข้อจำกัดที่เพิ่มเข้ามาในเรื่องของจำนวนชิ้นงานที่ต้องผลิตให้ทัน มีผลทำให้ค่าความเร็วตัดที่เลือกใช้เปลี่ยนไปด้วย จากตัวอย่างเดิมถ้ามีการความต้องการชิ้นงานจำนวน 95 ชิ้น ภายในระยะเวลาเท่าเดิม ความเร็วตัดที่ได้จากกรณีที่แล้ว ไม่สามารถนำมาใช้กลึงงานในกรณีนี้ได้ เพราะไม่สามารถกลึงชิ้นงานได้ตามจำนวนที่กำหนดไว้ได้ ดังนั้นความเร็วที่ควรจะเลือกใช้ในกรณีนี้คือ ความเร็วตัดที่ต่ำที่สุดที่สามารถกลึงชิ้นงานได้ครบจำนวน 95 ชิ้น จากตารางคือความเร็วตัดที่ประมาณ 220 เมตรต่อนาที เมื่อพิจารณาดูข้อกำหนดในกรณีนี้จะพบว่าถ้ามีการกำหนดจำนวนชิ้นงานที่ต้องการภายใน 100 นาทีเท่าเดิมนี้เป็นจำนวน 100 ชิ้นงาน จะไม่สามารถกลึงชิ้นงานด้วยสภาวะการกลึงนี้ได้เลย เพราะว่าขีดจำกัดของสภาวะการกลึงนี้ภายใน 100 นาที ถ้าใช้ความเร็วที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด จะสามารถกลึงชิ้นงานได้ 95 ชิ้นเท่านั้น ถ้าจะทำให้สามารถกลึงชิ้นงานได้จำนวน 100 ชิ้นจะต้องเลือกสภาวะการกลึงใหม่โดยการเพิ่มอัตราการป้อนชิ้นงานขึ้นจากเดิม

จากกรณีต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะพบว่าความเร็วตัดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานนั้นจะอยู่ระหว่างค่าความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด กับความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด จึงไม่มีความจำเป็นที่จะใช้ความเร็วสูงกว่าค่าความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด นอกจากกรณีที่ต้องการชิ้นงานจำนวนมากเกินกว่าที่จะสามารถทำได้ในช่วงความเร็วตัดดังกล่าวภายในระยะเวลาที่กำหนด และความเร็วตัดที่เลือกใช้ก็อยู่ไม่เกินค่าความเร็วตัดที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด

7.4 ข้อสังเกตที่ได้จากการใช้โปรแกรม

จากความสะดวกในการใช้โปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ ทำให้สามารถสมมติสถานการณ์ต่างๆ เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของผลการวิเคราะห์ที่เกิดขึ้น ทำให้ได้ทราบถึงข้อมูลบางอย่างที่มีความน่าสนใจ ดังนี้

7.4.1 อัตราผลกำไรและราคาขาย

ถ้ากำหนดราคาขายสินค้าสูงขึ้นจะพบว่าความเร็วที่ให้ค่าอัตราผลกำไรสูงสุดจะสูงขึ้นตามไปด้วย ดังตารางที่ 7.7 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก เมื่อสามารถขายชิ้นงานได้ราคาสูงขึ้นจึง

ควรทำการผลิตให้มากขึ้น เพื่อที่จะได้จำนวนชิ้นงานที่มากขึ้นตามมา ดังนั้นความเร็วที่เลือกใช้ก็ควรจะสูงขึ้นด้วย แต่ว่าไม่ว่าราคาขายจะสูงถึงเท่าใดก็ตามค่าความเร็วที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุดก็จะไม่เกินค่าของความเร็วที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด ดังนั้นถ้าคิดในแง่ของผลกำไรที่ได้จากการกลึงชิ้นงานแล้ว จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้ความเร็วตัดเกินค่าของความเร็วตัดที่ทำให้อัตรากำไรสูงสุด

ตารางที่ 7.7 อัตราผลกำไรที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงราคาขาย

ราคาขาย	ความเร็วที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด	อัตราผลกำไร
10.00	101.12	- 4.36
15.00	120.57	- 0.43
15.53	122.32	0.00
20.00	134.79	3.74
25.00	145.73	8.07
30.00	154.45	12.50
35.00	161.59	16.99
40.00	167.54	21.54
100.00	200.52	77.56
1000.00	230.29	934.23
10000.00	233.91	9510.13
100000.00	234.29	95270.25

7.4.2 เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึง

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของค่าเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึง พบว่าเมื่อใช้เวลาในส่วนนี้เพิ่มขึ้นแล้ว จะทำให้ช่วงความเร็วที่เหมาะสมของการปฏิบัติงานลดลง แต่ค่าใช้จ่ายจะเพิ่มขึ้น และอัตราการผลิตจะลดลง ส่วนผลที่มีต่ออัตรากำไรนั้นคือจะทำให้อัตรากำไรลดลง และความเร็วที่ให้ค่าอัตราผลกำไรสูงสุดก็จะลดลงด้วย สำหรับกรณีที่ลดเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึงลงได้ จะให้ผลตรงข้ามกับผลที่ได้ข้างต้น

ตารางที่ 7.8 ผลของการเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึง

เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนมีดกลึง	อัตราการผลิตสูงสุด	ความเร็วที่อัตราการผลิตสูงสุด	ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด	ความเร็วที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด	อัตรากำไร	ความเร็วที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด
0.9	0.973	244	15.46	123	12.7	157
1.0	0.952	234	15.54	122	12.5	154
1.1	0.934	226	15.62	121	12.3	152

7.4.3 เวลาที่ใช้ในการหยิบชิ้นงานเข้า-ออก

การเปลี่ยนแปลงเวลาในส่วนนี้จะไม่มีผลต่อความเร็วที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด และความเร็วที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด แต่จะทำให้อัตราการผลิตลดลงเมื่อใช้เวลาเพิ่ม และให้อัตราการผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลาในส่วนนี้น้อยลง ผลต่อค่าใช้จ่ายในการผลิตนั้นก็คือเมื่อเวลาส่วนนี้เพิ่มค่าใช้จ่ายจะเพิ่มตามและเมื่อเวลาในส่วนนี้ลดลงค่าใช้จ่ายก็จะลดลงไปด้วย ส่วนผลต่ออัตรากำไรนั้นคือทำให้อัตรากำไรสูงสุด และความเร็วที่ให้อัตรากำไรสูงสุดลดลง

ตารางที่ 7.9 ผลของการเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการหยิบชิ้นงานเข้า-ออก

เวลาที่ใช้ในการหยิบชิ้นงาน	อัตราการผลิตสูงสุด	ความเร็วที่อัตราการผลิตสูงสุด	ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด	ความเร็วที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด	อัตรากำไร	ความเร็วที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด
0.4	1.053	234	14.54	122	14.7	158
0.5	0.952	234	15.54	122	12.5	154
0.6	0.870	234	16.54	122	10.6	150

7.4.4 ค่าแรง

การเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในส่วนนี้พบว่าจะไม่มีผลต่ออัตราการผลิต แต่จะมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการผลิตโดยพบว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เพิ่มจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตเพิ่มขึ้นและความเร็วที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนผลต่ออัตรากำไรนั้นพบว่าเมื่อเพิ่มค่าแรงอัตรากำไรสูงสุดก็จะลดลง แต่จะไม่มีผลต่อความเร็วที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด

ตารางที่ 7.10 ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราค่าแรง

ค่าแรง	อัตราการผลิตสูงสุด	ความเร็วที่อัตราการผลิตสูงสุด	ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด	ความเร็วที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด	อัตรากำไร	ความเร็วที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด
9	0.952	234	14.31	118	13.5	154
10	0.952	234	15.54	122	12.5	154
11	0.952	234	16.75	125	11.5	154

7.4.5 ราคามีดกลึง

เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงค่าแรง กล่าวคือการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในส่วนนี้พบว่าจะไม่มีผลต่ออัตราการผลิต แต่จะมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการผลิตโดยพบว่าเมื่อค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เพิ่มจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการผลิตเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเร็วที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจะลดลง ส่วนผลต่ออัตรากำไรนั้นพบว่าเมื่อค่ามีดกลึงสูงขึ้นอัตรากำไรสูงสุดก็จะลดลง และความเร็วที่ให้อัตรากำไรสูงสุดก็จะลดลงด้วย

ตารางที่ 7.11 ผลของการเปลี่ยนแปลงราคามีดกลึง

ราคามีดกลึง	อัตราการผลิตสูงสุด	ความเร็วที่อัตราการผลิตสูงสุด	ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด	ความเร็วที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด	อัตรากำไร	ความเร็วที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด
40	0.952	234	14.30	125	12.8	158
43	0.952	234	15.54	122	12.5	154
46	0.952	234	15.77	120	12.2	151

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากโปรแกรม

ในการวิเคราะห์หาความเร็วตัดที่สภาวะการกลึงต่างๆ กันของการทดลองครั้งนี้ โดยการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาเป็นเครื่องมือทำให้ได้รับประโยชน์มากมาย ซึ่งได้แก่

7.5.1 ทำให้การวิเคราะห์มีความถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็วขึ้น

7.5.2 ทำให้สามารถคาดการณ์แนวโน้มที่เกิดขึ้น เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของปัจจัยต่างๆ เช่นราคามีดกลึง เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนชิ้นงาน เป็นต้น

7.5.3 ทำให้เห็นการเปรียบเทียบกันของสภาวะการกลึงที่ต่างกัน ทำให้การพิจารณาเลือกใช้สภาวะการกลึงทำได้สะดวกขึ้น

7.5.4 สามารถเก็บข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์แล้ว ไว้อ้างอิงในโอกาสต่อไปได้ โดยไม่ต้องทำการวิเคราะห์ใหม่ให้เสียเวลา

7.5.5 การเตรียมข้อมูลช่วยในการวิเคราะห์เพิ่มเติมทำได้ถูกต้อง และสะดวกมากขึ้น เพราะโปแกรมสร้างมารถพิมพ์กราฟออกทางเครื่องพิมพ์ได้

7.5.6 บุคคลทั่วไปที่ไม่มีความรู้ในวิธีการคำนวณ หรือวิธีการวิเคราะห์แบบเดิมก็สามารถใช้โปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 8

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการวิจัย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์ สามารถรองรับการใช้งานด้านการวิเคราะห์หาความเร็วตัดได้อย่างครบถ้วนตามหัวข้อที่จำเป็นต่อการพิจารณา และเมื่อได้ทดลองนำโปรแกรมไปใช้วิเคราะห์ผลการทดลอง สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบค่าของตัวแปรที่คำนวณจากโปรแกรมกับวิธีคำนวณด้วยมือ พบว่าค่าของตัวแปรทุกตัวที่คำนวณได้จากทั้งสองวิธีมีค่าเท่ากัน ยกเว้นค่าความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด โดยค่าที่ได้จากโปรแกรมมีความแตกต่างจากค่าที่คำนวณได้ด้วยมือ 0.02%

2. ในการศึกษาหาอายุการใช้งานมีดกลึงพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งานมีดกลึงมากที่สุดคือความเร็วตัด รองลงมาคืออัตราป้อน และสุดท้ายคือความลึกตัด

3. ความเร็วที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด (V_{mc}) จะน้อยกว่าความเร็วที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด (V_{mp}) เสมอ

4. เมื่อเพิ่มอัตราป้อนและความลึกตัด จะทำให้ช่วงประสิทธิภาพสูงแคบลง และยังทำให้ V_{mc} และ V_{mp} ลดลงด้วย โดยอัตราป้อนจะมีผลต่อการลดลงของค่า V_{mc} และ V_{mp} มากกว่าความลึกตัด (ตามตารางที่ 7.3)

5. ถ้าเพิ่มอัตราป้อนและความลึกตัด โดยที่ปัจจัยอื่นคงที่ พบว่าจะทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดลดลง และอัตราการผลิตสูงสุดเพิ่มขึ้น โดยความลึกตัดจะมีผลมากกว่าอัตราป้อนในกรณีนี้ (ตามตารางที่ 7.1 และ 7.2)

6. การเพิ่มอัตราป้อนและความลึกตัดจะทำให้ความไวของการเปลี่ยนแปลงอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวมลดลง (ตามตารางที่ 7.4)

7. ค่าของความเร็วตัดที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด (V_{mf}) ที่มีค่าเป็นบวกหรือกำไรจะอยู่ภายในช่วงประสิทธิภาพสูงเสมอ แต่เมื่ออัตราผลกำไรเป็นลบหรือขาดทุน ค่าของ V_{mf} จะต่ำกว่า V_{mc} และเมื่อราคาขายชิ้นงานสูงขึ้น V_{mf} จะเพิ่มขึ้นตามด้วย แต่จะไม่เกินค่า V_{mp} (ตามตารางที่ 7.7)

8. อัตราป้อนและความลึกตัดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราผลกำไรสูงสุดเพิ่มขึ้นด้วย และพบว่าการเพิ่มความลึกตัดมีผลให้อัตราผลกำไรสูงสุดเพิ่มขึ้นมากกว่าการเพิ่มอัตราป้อน (ตามตารางที่ 7.5)

9. การเปลี่ยนแปลงเวลาที่ใช้ในการหยิบชิ้นงานเข้าและออก จะไม่มีผลต่อ V_{mc} และ V_{mp} และการเปลี่ยนแปลงอัตราค่าแรง จะไม่มีผลต่อ V_{mp} และ V_{mf} ส่วนการเปลี่ยนแปลงราคามีดกลึง จะไม่มีผลต่อ V_{mp} (ตามตารางที่ 7.9 – 7.11 ตามลำดับ)

10. การปฏิบัติงานกลึง ในกรณีที่ทำการกลึงชิ้นงานโดยที่ไม่คำนึงถึงจำนวนของชิ้นงานที่ต้องการ หรือกรณีที่ไม่มีการจำกัดจำนวนชิ้นงานที่ต้องการ ความเร็วตัดที่เหมาะสมกับการกลึงในกรณีนี้คือ V_{mf}

11. การปฏิบัติงานกลึง ในกรณีที่ทำการกลึงชิ้นงานโดยมีการกำหนดจำนวนของชิ้นงานที่ต้องการ และไม่มีข้อจำกัดทางด้านเวลา ความเร็วตัดที่เหมาะสมกับการกลึงในกรณีนี้คือ V_{mc}

12. การปฏิบัติงานกลึง ในกรณีที่ทำการกลึงชิ้นงานโดยมีการกำหนดจำนวนของชิ้นงานที่ต้องการ และมีข้อจำกัดทางด้านเวลา ความเร็วตัดที่เหมาะสมกับการกลึงในกรณีนี้จะอยู่ระหว่าง V_{mf} กับ V_{mp} และหลักในการพิจารณาเลือกค่าความเร็วสำหรับกรณีนี้คือ ถ้าจำนวนชิ้นงานที่ต้องการสามารถกลึงได้ทันเวลาโดยใช้ความเร็วไม่เกิน V_{mf} ให้เลือกใช้ความเร็วตัดเท่ากับ V_{mf} แต่ถ้าไม่สามารถกลึงได้ตามจำนวนด้วยค่า V_{mf} ให้ใช้ค่าความเร็วที่น้อยที่สุดที่สามารถกลึงชิ้นงานได้ตามจำนวนภายในเวลาที่กำหนด (ตามตารางที่ 7.6)

8.2 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาโปรแกรมในครั้งแรกย่อมมีจุดอ่อนอยู่บ้างพอสมควร เนื่องมาจากข้อจำกัดบางอย่างของภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม และยังต้องมีการแก้ไขเพิ่มเติมหลายต่อหลายครั้ง เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งาน โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ ถึงแม้ว่าจะมีความสามารถช่วยเหลือผู้ใช้งานได้ครบถ้วนในระดับที่ต้องการ แต่ก็ยังสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ตัวโปรแกรมได้อีกหลายอย่างด้วยกัน ซึ่งควรจะมีเพิ่มเติมในการพัฒนาโปรแกรมครั้งต่อไป ตามตัวอย่างดังต่อไปนี้

1. ส่วนการเสนอแนะค่าความเร็วตัดให้ผู้ใช้ ในโปรแกรมชุดปัจจุบันนี้ ยังไม่มีส่วนที่จะตัดสินใจเลือกค่าความเร็วตัดให้แก่ผู้ใช้งานได้โดยตรง ถ้าได้ทำการเพิ่มส่วนนี้ลงไป โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ที่ได้กล่าวมาในบทวิจารณ์งานวิจัยนี้ น่าจะทำให้โปรแกรมนี้มีขีดความสามารถสูงกว่าเดิม เมื่อพัฒนาจนถึงที่สุดแล้วก็จะได้ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert system) สำหรับการเลือกสภาวะการกลึงไว้เป็นที่ปรึกษาให้แก่ผู้ใช้งานได้

2. การปฏิบัติการด้วยเครื่องจักรกลของโลหะนอกจากงานกลึงแล้ว ยังมีงานอื่นๆ อยู่ด้วยอีกหลายประเภท เช่น งานกัด งานไส งานเจียร ล้วนแล้วแต่มีหลักการที่ใกล้เคียงกัน ถ้าสามารถขยายโปรแกรมให้มีความสามารถวิเคราะห์งานอื่นได้จะยิ่งทำให้ความสมบูรณ์แบบของโปรแกรมมีสูงขึ้น

3. ความสามารถของโปรแกรมนี้ นอกจากจะหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆ กับความเร็วตัดได้แล้ว ยังสามารถใช้กับอัตราป้อน และความลึกตัดได้อีกด้วย แต่ในรายงานการวิจัยฉบับนี้เน้นไปที่การหาค่าความเร็วตัด จึงน่าจะทำการวิจัยถึงผลของอัตราป้อน และความลึกตัด ที่มีต่ออัตราการผลิต ค่าใช้จ่ายในการผลิต และอัตรากำไร จนในที่สุดแล้วอาจจะทำให้พบกับสภาวะการกลึงที่เหมาะสมทั้งในแง่ของความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกตัด ครบทั้งสามปัจจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และ จำลอง ครูอุตสาหะ. VISUAL BASIC 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : หจก. ไทยเจริญการพิมพ์, 2542.

นิธิ บุรณจันทร์ และ พงศ์ธร เหราปัตย์. การหาแรงตัดสูงสุดที่มีดกลึง HSS สามารถทนได้. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2527.

บรรยงค์ จงไทยรุ่งเรือง. การศึกษาหาความสัมพันธ์ของส่วนโค้งปลายมีด ความลึกในการตัดและอัตราการเดินมีดที่มีผลต่อความเรียบผิว. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2537.

ปรีชา บริการหัตถกิจ และ พิชัย พิชัยกมล. การหาอายุการใช้งานของมีดกลึง HSS. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2527.

ภูวดล วงศ์สร้างทรัพย์. การศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการเจียรเหล็กหล่อสีเทาด้วยหินซิลิคอนคาร์ไบด์ และคิวบิคโบรอนไนไทรด์. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ. อิทธิพลของความเร็วตัดที่มีผลต่ออายุของมีดตัดคาร์ไบด์สำหรับชิ้นส่วนของปั๊มน้ำรถยนต์. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

สุขชีพ โลพันธ์ศรี. เงื่อนไขการกลึงเหล็กหล่อสีเทาด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบผิวและมีดกลึงเซรามิก. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

สุนันท์ พูลบุญ และ สาโรจน์ เจนเขา. อิทธิพลของความเร็วตัดและสารหล่อเย็นที่มีต่อการสึกหรอของคมตัดมีด HSS. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2528.

ไสว สุขวิทยาวงษ์. การศึกษาสภาวะการตัดที่เหมาะสมที่สุดระหว่างมีดตัดคาร์ไบด์และมีดตัดคาร์ไบด์โค๊ต. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.

ภาษาอังกฤษ

B. H., Amstead, P. F., Ostwald, and M. L., Begeman. Manufacturing processes. 8th ed. New York : John Wiley & Sons, 1987.

E. J., Armarego, and R. H., Brown. The machining of metals. 10th ed. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall International Editions, 1969.

Gensky, Rudolf. Metal cutting operations. Translated by Herbert Liebscher. Leipzig : Edition Leipzig, 1966.

Herbert W., Yankee. Manufacturing processes. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall International Editions, 1979.

John A., Schey. Introduction to manufacturing process. McGraw-Hill Book Company, 1977.

Kenneth C., Ludema, Robert M., Caddell, and Anthony G., Atkins. Manufacturing engineering : Ecomomics and process. Prentice-Hall International Editions, 1987.

Lawrence E., Doyle, Joe L., Morris, James L., Leach, and George F., Schrader. Manufacturing processes and materials for engineers. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall International Editions, 1961.

M., Haslehurst. Manufacturing technology. The English Universities Press Ltd, 1970.

Nikolai Nikolaevich, Zorev. Metal cutting mechanics. Translated by H. S. H. Massey. New York : Pergamon Press, 1966.

Phillip F., Oswald and Jairo, Muñoz. Manufacturing process and systems. 9th ed. John Wiley & Sons, 1997.

Robert E., Smith. Machining of metal. Bloomington, Il. : McNight, 1949.

Roy A., Lindberg. Processes and materials of manufacture. 4th ed. Prentice-Hall International Editions.

Serope, Kalpakjian. Manufacturing process for engineering material. 2nd ed. Addison-Wesley Publishing Company, 1992.

Shaw, Milton Clayton. Metal cutting principles. Oxford: Clarendon Press, 1984.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก. รูปแบบของสมการที่ใช้ในโปรแกรม

1. สมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดของเทเลอร์

เมื่อคิดปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติงานตัดทั้งสามปัจจัย ที่ประกอบด้วย ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกตัด

$$V^a \times f^b \times d^c \times T = K \tag{A.1}$$

เมื่อพิจารณาเฉพาะผลของค่าความเร็วตัด โดยให้อัตราป้อน และความลึกในการตัดคงที่ จะเขียนได้เป็น

$$V^a \times T = \frac{K}{f^b \times d^c}$$

$$V \times T^{1/a} = \left(\frac{K}{f^b \times d^c} \right)^{1/a}$$

$$V \times T^n = C \tag{A.2}$$

ดังนั้น

$$n = \frac{1}{a} \tag{A.3}$$

$$C = \left(\frac{K}{f^b \times d^c} \right)^{1/a} \tag{A.4}$$

เมื่อพิจารณาเฉพาะผลของค่าอัตราป้อน โดยให้ความเร็วตัด และความลึกในการตัดคงที่ จะเขียนได้เป็น

$$f^b \times T = \frac{K}{V^a \times d^c}$$

$$f \times T^{1/b} = \left(\frac{K}{V^a \times d^c} \right)^{1/b}$$

$$f \times T^{n_1} = C_1 \tag{A.5}$$

ดังนั้น

$$n_1 = \frac{1}{b} \tag{A.6}$$

$$C_1 = \left(\frac{K}{V^a \times d^c} \right)^{1/b} \tag{A.7}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาเฉพาะผลของค่าความลึกในการตัด โดยให้ความเร็วตัด และอัตราป้อนตัดคงที่ จะเขียนได้เป็น

$$d^c \times T = \frac{K}{V^a \times f^b}$$

$$d \times T^{1/c} = \left(\frac{K}{V^a \times f^b} \right)^{1/c}$$

$$d \times T^{n_2} = C_2 \tag{A.8}$$

ดังนั้น

$$n_2 = \frac{1}{c} \tag{A.9}$$

$$C_2 = \left(\frac{K}{V^a \times f^b} \right)^{1/c} \tag{A.10}$$

2. การหาค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด

จากสมการ (A.1) เมื่อใส่ log ลงไปในสมการ จะได้สมการใหม่ที่มีรูปแบบดังนี้

$$a(\log V) + b(\log f) + c(\log d) + \log T = \log K \tag{A.11}$$

$$\log T = -a(\log V) - b(\log f) - c(\log d) + k \tag{A.12}$$

รูปแบบการถดถอยเชิงซ้อนที่มีตัวแปรอิสระสามตัว คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \varepsilon \tag{A.13}$$

ถ้าให้ $logT = y \quad logV = x_1 \quad logf = x_2 \quad logd = x_3$ สมการถดถอยเชิงซ้อนของอายุการใช้งานเครื่องมือตัด จะได้

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \tag{A.14}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2 - b_3 \bar{x}_3 \tag{A.15}$$

แทนค่า b_0 ลงในสมการ (A.14) จะได้

$$\hat{y} = \bar{y} + b_1 (x_1 - \bar{x}_1) + b_2 (x_2 - \bar{x}_2) + b_3 (x_3 - \bar{x}_3) \tag{A.16}$$

โดยมีสมการปกติจำนวน 4 สมการ ดังนี้

$$\sum y_j = b_0 m + b_1 \sum x_{1j} + b_2 \sum x_{2j} + b_3 \sum x_{3j} \quad \text{(A.17)}$$

$$\sum x_{1j} y_j = b_0 \sum x_{1j} + b_1 \sum x_{1j}^2 + b_2 \sum x_{1j} x_{2j} + b_3 \sum x_{1j} x_{3j} \quad \text{(A.18)}$$

$$\sum x_{2j} y_j = b_0 \sum x_{2j} + b_1 \sum x_{1j} x_{2j} + b_2 \sum x_{2j}^2 + b_3 \sum x_{2j} x_{3j} \quad \text{(A.19)}$$

$$\sum x_{3j} y_j = b_0 \sum x_{3j} + b_1 \sum x_{1j} x_{3j} + b_2 \sum x_{2j} x_{3j} + b_3 \sum x_{3j}^2 \quad \text{(A.20)}$$

แปลงข้อมูลเดิมให้เป็นค่าของส่วนเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยสำหรับตัวแปรแต่ละตัว

$$X_1 = x_1 - \bar{x}_1 \quad \text{(A.21)}$$

$$X_2 = x_2 - \bar{x}_2 \quad \text{(A.22)}$$

$$X_3 = x_3 - \bar{x}_3 \quad \text{(A.23)}$$

$$Y_j = y_j - \bar{y} \quad \text{(A.24)}$$

เนื่องจาก $\sum (y_j - \bar{y}) = 0$ $\sum (x_{1j} - \bar{x}_1) = 0$ $\sum (x_{2j} - \bar{x}_2) = 0$ และ $\sum (x_{3j} - \bar{x}_3) = 0$ โดยการแทนค่า b_0 จากสมการ (A.15) ลงในสมการปกติ สมการปกติจะลดลงเหลือ 3 สมการดังนี้

$$\sum X_{1j} Y_j = b_1 \sum X_{1j}^2 + b_2 \sum X_{1j} X_{2j} + b_3 \sum X_{1j} X_{3j} \quad \text{(A.25)}$$

$$\sum X_{2j} Y_j = b_1 \sum X_{1j} X_{2j} + b_2 \sum X_{2j}^2 + b_3 \sum X_{2j} X_{3j} \quad \text{(A.26)}$$

$$\sum X_{3j} Y_j = b_1 \sum X_{1j} X_{3j} + b_2 \sum X_{2j} X_{3j} + b_3 \sum X_{3j}^2 \quad \text{(A.27)}$$

และเนื่องจาก $\sum X_{1j} X_{2j} = 0$ $\sum X_{1j} X_{3j} = 0$ และ $\sum X_{2j} X_{3j} = 0$ ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ในสมการ (A.14) จะมีค่าเท่ากับ

$$b_1 = \frac{\sum X_{1j} Y_j}{\sum X_{1j}^2} \quad \text{(A.28)}$$

$$b_2 = \frac{\sum X_{2j} Y_j}{\sum X_{2j}^2} \quad \text{(A.29)}$$

$$b_3 = \frac{\sum X_{3j} Y_j}{\sum X_{3j}^2} \quad \text{(A.30)}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้สามารถแปลงเป็นค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัดได้ดังนี้

$$a = -\frac{\sum X_{1j} Y_j}{\sum X_{1j}^2} \quad \text{(A.31)}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$b = -\frac{\sum X_{2j} Y_j}{\sum X_{2j}^2} \quad \text{(A.32)}$$

$$c = -\frac{\sum X_{3j} Y_j}{\sum X_{3j}^2} \quad \text{(A.33)}$$

$$K = 10^{(\bar{y} - b_1\bar{x}_1 - b_2\bar{x}_2 - b_3\bar{x}_3)} \quad \text{(A.34)}$$

สมการกราฟเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดกับอายุการใช้งานเครื่องมือตัด คือ

$$\log V + n(\log T) = \log C \quad \text{(A.35)}$$

$$\log T = -\frac{1}{n}(\log V) + \frac{1}{n}(\log C) \quad \text{(A.36)}$$

$$\log T = -\frac{1}{n}(\log V) + c \quad \text{(A.37)}$$

รูปแบบการถดถอยเชิงเส้นที่มีตัวแปรอิสระหนึ่งตัว คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad \text{(A.38)}$$

ถ้าให้ $logT = y$ $logV = x$ สมการถดถอยเชิงเส้นของอายุการใช้งานเครื่องมือตัด จะได้

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \quad \text{(A.39)}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1\bar{x} \quad \text{(A.40)}$$

โดยมีสมการปกติจำนวน 2 สมการ ดังนี้

$$\sum y_j = b_0 m + b_1 \sum x_j \quad \text{(A.41)}$$

$$\sum x_j y_j = b_0 \sum x_j + b_1 \sum x_j^2 \quad \text{(A.42)}$$

จากสมการที่ และ จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร x (b_1) ในสมการ (A.39) เท่ากับ

$$b_1 = \frac{m\sum x_j y_j - \sum x_j \sum y_j}{m\sum x_j^2 - \left(\sum x_j\right)^2} \quad \text{(A.43)}$$

ดังนั้นค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด (A.35) จึงมีค่าเท่ากับ

$$n = -\frac{m\sum x_j^2 - \left(\sum x_j\right)^2}{m\sum x_j y_j - \sum x_j \sum y_j} \quad \text{(A.44)}$$

$$C = 10^{(\bar{y} - b_1\bar{x})} \quad \text{(A.45)}$$

สมการกราฟเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างอัตราป้อนกับอายุการใช้งานเครื่องมือตัด คือ

$$\log f + n_1(\log T) = \log C_1 \tag{A.46}$$

$$\log T = -\frac{1}{n_1}(\log f) + \frac{1}{n_1}(\log C_1) \tag{A.47}$$

$$\log T = -\frac{1}{n_1}(\log f) + c_1 \tag{A.48}$$

รูปแบบการถดดอยเชิงเส้นที่มีตัวแปรอิสระหนึ่งตัว คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \tag{A.38}$$

ถ้าให้ $logT = y \quad logV = x$ สมการถดถอยเชิงเส้นของอายุการใช้งานเครื่องมือตัด จะได้

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \tag{A.39}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} \tag{A.40}$$

โดยมีสมการปกติจำนวน 2 สมการ ดังนี้

$$\sum y_j = b_0 m + b_1 \sum x_j \tag{A.41}$$

$$\sum x_j y_j = b_0 \sum x_j + b_1 \sum x_j^2 \tag{A.42}$$

จากสมการที่ และ จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร x (b_0) ในสมการ (A.39) เท่ากับ

$$b_1 = \frac{m\sum x_j y_j - \sum x_j \sum y_j}{m\sum x_j^2 - \left(\sum x_j\right)^2} \tag{A.43}$$

ดังนั้นค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด (A.46) จึงมีค่าเท่ากับ

$$n_1 = -\frac{m\sum x_j^2 - \left(\sum x_j\right)^2}{m\sum x_j y_j - \sum x_j \sum y_j} \tag{A.44}$$

$$C_1 = 10^{(\bar{y} - b_1 \bar{x})} \tag{A.45}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมการกราฟเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่างความลึกตัดกับอายุการใช้งานเครื่องมือตัด คือ

$$\log d + n_2(\log T) = \log C_2 \tag{A.51}$$

$$\log T = -\frac{1}{n_2}(\log d) + \frac{1}{n_2}(\log C_2) \tag{A.52}$$

$$\log T = -\frac{1}{n_2}(\log d) + c_2 \tag{A.53}$$

รูปแบบการถดดอยเชิงเส้นที่มีตัวแปรอิสระหนึ่งตัว คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \tag{A.38}$$

ถ้าให้ $logT = y \quad logV = x$ สมการถดถอยเชิงเส้นของอายุการใช้งานเครื่องมือตัด จะได้

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \tag{A.39}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} \tag{A.40}$$

โดยมีสมการปกติจำนวน 2 สมการ ดังนี้

$$\sum y_j = b_0 m + b_1 \sum x_j \tag{A.41}$$

$$\sum x_j y_j = b_0 \sum x_j + b_1 \sum x_j^2 \tag{A.42}$$

จากสมการที่ และ จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร x (b_0) ในสมการ (A.39) เท่ากับ

$$b_1 = \frac{m\sum x_j y_j - \sum x_j \sum y_j}{m\sum x_j^2 - \left(\sum x_j\right)^2} \tag{A.43}$$

ดังนั้นค่าคงที่ในสมการอายุการใช้งานเครื่องมือตัด (A.51) จึงมีค่าเท่ากับ

$$n_2 = -\frac{m\sum x_j^2 - \left(\sum x_j\right)^2}{m\sum x_j y_j - \sum x_j \sum y_j} \tag{A.44}$$

$$C_2 = 10^{(\bar{y} - b_1 \bar{x})} \tag{A.45}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. อัตราการผลิต

อัตราการผลิต คือจำนวนชิ้นงานที่ได้จากการกลึงต่อหน่วยของเวลา หรือเท่ากับส่วนกลับของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานหนึ่งชิ้น ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

$$P_r = \frac{1}{T_m + T_{cp} + \underline{t_n}} \tag{A.56}$$

โดยเวลาย่อยส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานหาได้จากสมการที่มีความสัมพันธ์กับความเร็วตัด ดังต่อไปนี้

$$T_m = \frac{\pi \underline{D}\underline{L}}{1000 \underline{f} \underline{V}} \tag{A.57}$$

$$T_{cp} = N_t \times \underline{t_c} \tag{A.58}$$

$$N_t = \frac{T_m}{T} \tag{A.59}$$

$$T = \left(\frac{\underline{C}}{\underline{V}} \right)^{\frac{1}{\underline{n}}} \tag{A.60}$$

ความเร็วที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด สามารถหาได้จากสมการ

$$V_{mp} = \frac{\underline{C}}{\left[\underline{t_c} \times \left(\frac{1}{\underline{n}} - 1 \right) \right]^{\underline{n}}} \tag{A.61}$$

เวลาย่อยส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานที่มีความสัมพันธ์กับอัตราป้อนหาได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$T_m = \frac{\pi \underline{D}\underline{L}}{1000 f \underline{V}} \tag{A.57}$$

$$T = \left(\frac{\underline{C_1}}{f} \right)^{\frac{1}{\underline{n_1}}} \tag{A.62}$$

อัตราป้อนที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด สามารถหาได้จากสมการ

$$f_{mp} = \frac{\underline{C_1}}{\left[\underline{t_c} \times \left(\frac{1}{\underline{n_1}} - 1\right)\right]^{\underline{n_1}}} \tag{A.63}$$

สำหรับเวลาย่อยส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานหาได้จากสมการที่มีความสัมพันธ์กับความลึกในการตัดตัดได้ดังนี้

$$T_m = \frac{\pi DL}{1000fV} + \frac{\pi(D-(1\times 2d))L}{1000fV} + \frac{\pi(D-(2\times 2d))L}{1000fV} + \ldots + \frac{\pi(D-((N_T-1)\times 2d))L}{1000fV} \tag{A.64}$$

เมื่อกำหนดให้เส้นผ่าศูนย์กลางเริ่มต้นของชิ้นงานเท่ากับ D และเส้นผ่าศูนย์กลางสุดท้ายที่ต้องการเท่ากับ D_n โดยใช้ความลึกในการตัดเท่ากันทุกครั้ง ส่วนกรณีที่ต้องใช้ความลึกในการตัดครั้งสุดท้ายด้วยค่าที่ไม่เท่ากับครั้งอื่นๆ นั้น เวลาที่ใช้ในการกลึงชิ้นงานสมารถหาได้จากสมการ

$$T_m = \frac{\pi \underline{D}\underline{L}}{1000\underline{f}\underline{V}} + \frac{\pi(\underline{D}-(1\times 2d))\underline{L}}{1000\underline{f}\underline{V}} + \ldots + \frac{\pi(\underline{D}-((N_T-1)\times 2d))\underline{L}}{1000\underline{f}\underline{V}} + \frac{\pi D_x \underline{L}}{1000\underline{f}\underline{V}} \tag{A.65}$$

$$N_T = \frac{(\underline{D}-\underline{D_n})}{2d} \tag{A.66}$$

เมื่อ N_T เป็นจำนวนเต็มโดยตัดตัวเลขหลังทศนิยมทิ้งหมด และในกรณีที่ N_T มีตัวเลขหลังทศนิยม แปลว่าจำเป็นต้องกลึงชิ้นงานครั้งที่ N_T+1 จึงจะได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตามที่ต้องการ โดยความลึกตัดที่ใช้ในการกลึงครั้งสุดท้ายจะมีค่าเท่ากับ

$$d_x = \frac{(\underline{D}-\underline{D_n})-(2d\times N_T)}{2} \tag{A.67}$$

และเส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงานก่อนที่จะกลึงครั้งสุดท้าย ด้วยความค่าความลึกตัด d_x จะมีค่าเท่ากับ

$$D_x = \underline{D} - ((N_T-1)\times 2d) \tag{A.68}$$

สมการที่ (A.64) สามารถลดรูปลงได้เป็น

$$T_m = \frac{\pi D_T \underline{L}}{1000 \underline{f} \underline{V}} \tag{A.69}$$

$$D_T = \frac{N_T}{2} \times \left[2\underline{D} + \left(N_T - 1 \right) \times \left(-2d \right) \right] \tag{A.70}$$

และสมการที่ (A.65) เขียนใหม่ได้เป็น

$$T_m = \frac{\pi D_T \underline{L}}{1000 \underline{f} \underline{V}} + \frac{\pi D_x \underline{L}}{1000 \underline{f} \underline{V}} \tag{A.71}$$

สัดส่วนของเวลาที่ใช้ในการกลึงด้วยค่าความลึกตัด d เท่ากับ

$$T_{md} = \frac{\dfrac{\pi D_T \underline{L}}{1000 \underline{f} \underline{V}}}{\dfrac{\pi D_T \underline{L}}{1000 \underline{f} \underline{V}} + \dfrac{\pi D_x \underline{L}}{1000 \underline{f} \underline{V}}} \tag{A.72}$$

สัดส่วนของเวลาที่ใช้ในการกลึงด้วยค่าความลึกตัด d_x เท่ากับ

$$T_{md_x} = \frac{\dfrac{\pi D_x \underline{L}}{1000 \underline{f} \underline{V}}}{\dfrac{\pi D_T \underline{L}}{1000 \underline{f} \underline{V}} + \dfrac{\pi D_x \underline{L}}{1000 \underline{f} \underline{V}}} \tag{A.73}$$

อายุการใช้งานเมื่อกลึงด้วยค่าความลึกตัด d เท่ากับ

$$T_d = \left(\frac{C_2}{d} \right)^{1/\underline{n_2}} \tag{A.74}$$

อายุการใช้งานเมื่อกลึงด้วยค่าความลึกตัด d_x เท่ากับ

$$T_{d_x} = \left(\frac{C_2}{d_x} \right)^{1/\underline{n_2}} \tag{A.75}$$

อายุการใช้งานมีดกลึงเฉลี่ยเมื่อกลึงด้วยค่าความลึกตัด d และ d_x เท่ากับ

$$T = T_{md} T_d + T_{md_x} \times T_{d_x} \tag{A.76}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต

ค่าใช้จ่ายรวมในการกลึงชิ้นงานหนึ่งชิ้น หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$C_T = C_c + C_h + C_t + C_n + C_{misc} \quad \text{(A.77)}$$

$$C_c = \underline{R_c} \times T_m \quad \text{(A.78)}$$

$$C_h = \underline{R_c} \times T_{cp} \quad \text{(A.79)}$$

$$C_t = \underline{C_e} \times N_t \quad \text{(A.80)}$$

$$C_n = \underline{R_c} \times \underline{t_n} \quad \text{(A.81)}$$

ความเร็วตัดที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด คือ

$$V_{mc} = \frac{\underline{C}}{\left[\left(\underline{t_c} + \frac{C_e}{\underline{R_c}}\right) \times \left(\frac{1}{\underline{n}} - 1\right)\right]^{\underline{n}}} \quad \text{(A.82)}$$

อัตราป้อนที่ให้ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด คือ

$$f_{mc} = \frac{\underline{C_1}}{\left[\left(\underline{t_c} + \frac{C_e}{\underline{R_c}}\right) \times \left(\frac{1}{\underline{n_1}} - 1\right)\right]^{\underline{n_1}}} \quad \text{(A.83)}$$

5. อัตราผลกำไร

อัตราผลกำไร คือกำไรที่ได้จากการขายชิ้นงานต่อหน่วยของเวลา หาได้จากอัตราการผลิตและค่าใช้จ่ายรวมในการผลิต สมการของอัตราผลกำไรคือ

$$F_r = (\underline{S} - C_T) \times P_r \quad \text{(A.84)}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เพื่อจะหาอัตราผลกำไรสูงสุด จำเป็นต้องหาอนุพันธ์ของสมการที่ (A.84) ซึ่งจะได้

$$\frac{dF_r}{dV} = P_r \times \frac{d}{dV}(S - C_T) + (S - C_T) \times \frac{dP_r}{dV} \tag{A.85}$$

$$\frac{dF_r}{dV} = \left(\frac{1}{T_m + T_{cp} + T_n}\right) \times (-1)\left(\left(R_c K_c \times \left(-\frac{1}{V^2}\right)\right) + \left(\frac{1}{n} - 1\right)\left(\frac{(R_c t_c + C_e) K_c V^{\frac{1}{n}-2}}{C^{\frac{1}{n}}}\right)\right) +$$

$$\left(S - \left(K_c \times \left(\frac{R_c}{V} + \frac{R_c t_c V^{\frac{1}{n}-1}}{C^{\frac{1}{n}}} + \frac{C_e V^{\frac{1}{n}-1}}{C^{\frac{1}{n}}}\right) + R_c t_n\right)\right) \times \left(\frac{K_c}{(T_m + T_{cp} + T_n)^2}\right) \times \left(\left(-\frac{1}{V^2}\right) + \left(\frac{1}{n} - 1\right)\left(\frac{t_c V^{\frac{1}{n}-2}}{C^{\frac{1}{n}}}\right)\right)$$

(A.86)

$$K_c = \frac{\pi \underline{D} \underline{L}}{1000 \underline{f}} \tag{A.87}$$

จุดที่ให้สมการค่าอนุพันธ์เท่ากับศูนย์ คือจุดที่อัตราผลกำไรสูงสุด เมื่อจัดรูปสมการ (A.86) ใหม่จะได้

$$\frac{\pi \underline{D} \underline{L} \underline{C_e} V^{-1}}{1000 \underline{f} \underline{n} \underline{C}^{\frac{1}{n}}} - \underline{S} V^{-\frac{1}{n}} + \left(\frac{1}{\underline{n}} - 1\right)\left(\frac{\underline{t_n} \underline{C_e} + \underline{t_c} \underline{S}}{\underline{C}^{\frac{1}{n}}}\right) = 0 \tag{A.88}$$

ดังนั้นความเร็วที่ให้อัตราผลกำไรสูงสุด คือความเร็วที่ทำให้สมการ (A.88) มีค่าเท่ากับศูนย์ ส่วนอัตราป้อนที่ทำให้ได้อัตราผลกำไรสูงสุด หาได้จากสมการ

$$\frac{\pi \underline{D} \underline{L} \underline{C_e} f^{-1}}{1000 V \underline{n_1} \underline{C_1}^{\frac{1}{n_1}}} - \underline{S} f^{-\frac{1}{n_1}} + \left(\frac{1}{\underline{n_1}} - 1\right)\left(\frac{\underline{t_n} \underline{C_e} + \underline{t_c} \underline{S}}{\underline{C_1}^{\frac{1}{n_1}}}\right) = 0 \tag{A.89}$$

6. ความเปลี่ยนแปลงของอัตราการผลิต และค่าใช้จ่ายในการผลิต

อัตราการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับค่าอัตราการผลิตสูงสุด โดยคิดเป็นค่าร้อยละ สามารถหาได้จากสมการ

$$Q_P = \frac{P_{r\max} - P_r}{P_{r\max}} \times 100\% \tag{A.90}$$

ค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด โดยคิดเป็นค่าร้อยละ สามารถหาได้จากสมการ

$$Q_C = \frac{C_{T\min} - C_T}{C_{T\min}} \times 100\% \qquad \text{(A.91)}$$

7. จำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ตลอดอายุการใช้งานมีดกลึง

อายุการใช้งานเครื่องมือตัดในหน่วยของจำนวนชิ้นงานที่กลึงได้ทั้งหมดตลอดอายุการใช้งาน หาได้จากสมการ

$$T_{np} = \frac{T}{T_m} \qquad \text{(A.92)}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องกลึง

BND SERIES
MACHINE TYPE: BND-34C

MACHINE CAPACITY

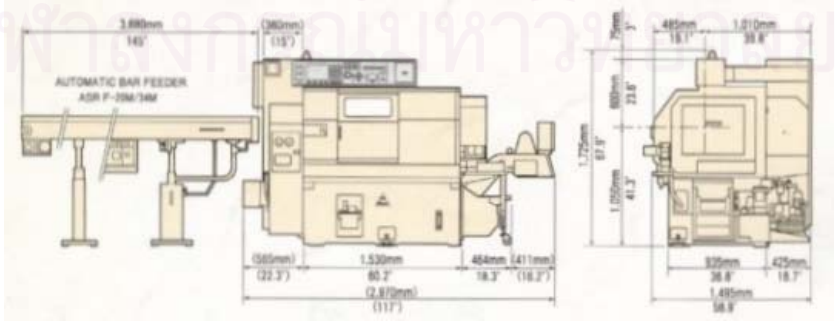
Max. Turning dia.	Chuck:	120 mm (4.7”)
	Bar:	34mm (1.34”)
Max. Turning length	Chuck:	230 mm (9.1”)
	Bar:	200mm (7.9”)

SPINDLE

Spindle motor	VAC 5.5 kW: 7.5 HP/7.5kW: 10HP (Cont./30min. rating)
Spindle speed	150~5,000 min^{-1} {rpm}

MAIN TURRET

No. of Tool Stations	8 Stations
Indexing Time	0.3 sec./pos.



2. อินเสิร์ท

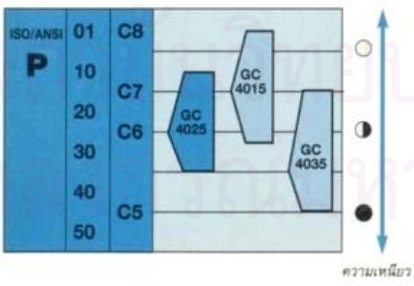
รหัสสินค้า ด้าม, หน้า 40 – 51. ใช้งานด้านเดียว		○ GC4015	◑ GC4025	● GC4035	ข้อมูลการตัดCOROKEY, CMC 02.1 / ความแข็ง 180 HB ◑ GC4025 ค่าเริ่มต้น (ช่วงการใช้งาน) ระยะกินลึก a_p มม.	อัตราป้อน f_n มม./รอบ	ความเร็วตัด v_c มม./นาที
	CNMM 12 04 08-PR	☆	★	☆	5,0 (0,7-7,5)	0,40 (0,20-0,55)	290 (375-250)
	12 04 12-PR	☆	★	☆	5,0 (1,0-7,5)	0,50 (0,25-0,70)	260 (350-220)
	12 04 16-PR	☆	★	☆	5,0 (1,5-7,5)	0,55 (0,32-0,90)	250 (320-190)
	16 06 08-PR	☆	★	☆	6,0 (0,7-9,5)	0,40 (0,20-0,55)	290 (375-250)
	16 06 12-PR	☆	★	☆	6,0 (1,0-9,5)	0,50 (0,25-0,70)	260 (350-220)
	16 06 16-PR	☆	★	☆	6,0 (1,5-9,5)	0,55 (0,32-0,90)	250 (320-190)
	19 06 12-PR	☆	★	☆	6,0 (1,0-12,0)	0,50 (0,25-0,70)	260 (350-220)
	19 06 16-PR	☆	★	☆	6,0 (1,5-12,0)	0,55 (0,32-0,90)	250 (320-190)
	19 06 24-PR	☆	★	☆	6,0 (2,0-12,0)	0,55 (0,35-1,20)	250 (310-160)
	DNMM 15 06 08-PR	☆	★	☆	5,0 (0,7-6,0)	0,40 (0,20-0,55)	290 (375-250)
	15 06 12-PR	☆	★	☆	5,0 (1,0-6,0)	0,50 (0,25-0,70)	260 (350-220)
	15 06 16-PR	☆	★	☆	5,0 (1,5-6,0)	0,55 (0,32-0,90)	250 (320-190)
	SNMM 12 04 08-PR	☆	★	☆	5,0 (0,7-7,5)	0,40 (0,20-0,55)	290 (375-250)
	12 04 12-PR	☆	★	☆	5,0 (1,0-7,5)	0,50 (0,25-0,70)	260 (350-220)
	15 06 12-PR	☆	★	☆	6,0 (1,0-9,0)	0,50 (0,25-0,70)	260 (350-220)
	15 06 16-PR	☆	★	☆	6,0 (1,5-9,0)	0,55 (0,32-0,90)	250 (320-190)
	19 06 12-PR	☆	★	☆	6,0 (1,0-12,0)	0,50 (0,25-0,70)	260 (350-220)
	19 06 16-PR	☆	★	☆	6,0 (1,5-12,0)	0,55 (0,32-0,90)	250 (320-190)
	19 06 24-PR	☆	★	☆	6,0 (2,0-12,0)	0,55 (0,35-1,20)	250 (310-180)
	TNMM 16 04 08-PR	☆	★	☆	4,0 (0,7-6,0)	0,40 (0,20-0,55)	290 (375-250)
	16 04 12-PR	☆	★	☆	4,0 (1,0-6,0)	0,50 (0,25-0,70)	260 (350-220)
	22 04 08-PR	☆	★	☆	5,0 (0,7-8,0)	0,40 (0,20-0,55)	290 (375-250)
	22 04 12-PR	☆	★	☆	5,0 (1,0-8,0)	0,50 (0,25-0,70)	260 (350-220)
	22 04 16-PR	☆	★	☆	5,0 (1,5-8,0)	0,55 (0,32-0,90)	250 (320-190)

★ = ตัวเลือกแรกด้วยข้อมูลการตัด CoroKey
☆ = ตัวเลือกสำรอง ข้อมูลการตัดดูตารางหน้าก่อนนี้

ตัวอย่างการสั่ง: CNMM 120412-PR 4025 : 10 ชิ้น

* ข้อมูลการตัดอื่นๆ ดูหน้า 7.

เกรดเม็ดมีด



ข้อมูลการตัด/เกรด	อัตราป้อน f_n มม./รอบ		
CMC 02.1	0,25	0,4	0,7
○ GC4015 v_c m/min	385	320	240
◑ GC4025 v_c m/min	350	290	220
● GC4035 v_c m/min	210	175	135

อัตรากำลังตัดโดยประมาณ
ประสิทธิภาพเครื่องจักร 85%
$a_p \times f_n$

	4 x 0,3	6 x 0,5	8 x 0,7
v_c 150	7,4	18,5	34,6
v_c 200	9,9	24,7	46,1
v_c 250	12,3	30,8	56,6
v_c 300	14,8	37,0	69,1

ประวัติผู้เขียน

นายสัญญา พิพัฒพรรณวงศ์ เกิดวันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ. 2517 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อ พ.ศ. 2540

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย