การโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการเลือกตัวแปรควบคุมได้ที่เหมาะสมที่สุด ในการกลึงอย่างหยาบ

นางสาวองุ่น เพ็ชรรัตน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2534

ISBN 974-578-777-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017464 i10313461

COMPUTER PROGRAMMING FOR THE SELECTION OF OPTIMUM CONTROLLABLE CUTTING VARIABLES IN ROUGH TURNING

Miss A-ngoon Petrat

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1991

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเลือกตัวแปรควบคุมได้ที่เหมาะสมที่สุดในการกลึงอย่างหยาบ
โดย	นางสาวองุ่น เพ็ชรรัตน์
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ชอุ่ม มลิลา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภโชค วิริยโกศล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ชอุ่ม มลิลา)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภโชค วิริยโกศล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อรุ่น เพ็ชรรัตน์ : การโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการเลือกตัวแปรควบคุมได้ที่เหมาะสมที่สุดในการกลึงอย่างหยาบ (COMPUTER PROGRAMMING FOR THE SELECTION OF OPTIMUM CONTROLLABLE CUTTING VARIABLES IN ROUGH TURNING)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ชุ่ม มลิลา, รศ.ดร.คุภโชค วิริยโกศล, 171 หน้า.
ISBN 974-578-777-9

ได้สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการเลือกตัวแปรควบคุมในการกลึงโลหะอย่างหยาบ เพื่อให้ได้อัตราการผลิตสูงสุด โปรแกรมนี้เขียนด้วยภาษาปาสคาลรุ่น 4.0 สำหรับใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ IBM-PC Compatible ขนาด 16 บิท ตัวแปรควบคุมที่นำมาใช้ได้แก่ ความเร็วในการตัดและอัตราการป้อนใบมีด

วิธีการทำงานของโปรแกรมมี 2 กรณีคือ กรณีแรกให้ผู้ใช้โปรแกรมกำหนดค่าความเร็วในการตัด แล้วโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์หาค่าอัตราการป้อนที่เหมาะสมที่สุด หรือให้ผู้ใช้โปรแกรมกำหนดค่าอัตราการป้อนมีด แล้วโปรแกรมทำการวิเคราะห์หาค่าความเร็วในการตัดที่เหมาะสมที่สุด และแสดงผลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือทางเครื่องพิมพ์

ข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรม ส่วนหนึ่งได้มาจากผลการวิจัยที่มีผู้ทำไว้แล้ว และอีกส่วนหนึ่งได้จากการทดลองในโครงงานนี้ ซึ่งได้แก่ การทดลองหาเวลาในการถอดเปลี่ยนเหล็กยึดงานบนแท่นกลึง การทดลองหาเวลาในการถอดเปลี่ยนใบมีดกลึง การทดลองหาอายุใบมีด และการทดลองหาแรงในการกลึง

ในการวิเคราะห์หาค่าความเร็วในการตัด และอัตราการป้อนมีดที่เหมาะสม โปรแกรมจะให้ค่าอัตราการผลิตผิดพลาดน้อยกว่า 8% ซึ่งมีค่าน้อยและเป็นที่ยอมรับได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา ๒๕๓๓ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

A-NGOON PETRAT : COMPUTER PROGRAMMING FOR THE SELECTION OF OPTIMUM CONTROLLABLE CUTTING VARIABLES IN ROUGH TURNING. THESIS ADVISERS : ASSO. PROF. CHA-UM MALILA, ASSO. PROF. DR. SUPACHOK WIRIYACOSOL. 171 PP. ISBN 974-578-777-9

A computer program had been developed for the selection of controlled variables in rough turning for the maximum production rate. The program was written in Pascal language version 4.0 on 16 bits IBM-PC compatible microcomputers. The controlled variables were cutting speed and feed.

The program operated in 2 modes. In the first mode, the value of cutting speed was selected and the program would find the optimum feed. In the second mode, the value of feed was selected and the program would then find the optimum cutting speed. The results were shown on computer screen or printer.

The data used in the program were drawn from published papers as well as from the experiments carried out in this research project. The experiments done were workpiece and tool changing time measurement, tool life testing, and turning force measurement.

In the determination of optimum value for cutting speed and feed, the program generated the production rate with error less than 8%. The error were considered insignificant.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา ๒๕๓๖ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ชอุ่ม มลิลา และรองศาสตราจารย์ ดร. ศุภโชค วิริยโกศล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ท่านทั้งสองได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด และขอขอบคุณคณาจารย์ ข้าราชการ และบุคคลากรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความสะดวกทางด้านสถานที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองตลอดช่วงของการวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญภาพ ..... ฎ
คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ ..... ฒ

บทที่

1. บทนำ 1
   1.1 ความเป็นและปัญหาในการตัดโลหะ 1
   1.2 ของเขตของการวิจัย 2
   1.3 วัตถุประสงค์ 3
   1.4 ลักษณะพื้นฐานของการตัดโลหะและการกลึงโลหะ 3
   1.5 ตัวแปรที่ควบคุมได้ในการกลึงโลหะ 5
   1.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 5
2. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23
   2.1 งานวิจัยเกี่ยวกับแรงในการตัดโลหะ 23
   2.2 งารวิจัยเกี่ยวกับอายุใบมีด 26
3. การเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง 37
   3.1 ชิ้นงานตัวอย่าง 37
   3.2 ใบมีดกลึง 38

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

3.3 เครื่องกลึง 41
3.4 เครื่องวัดแรงในการกลึง 42
3.5 การปรับเทียบค่า 46
3.6 อุปกรณ์วัดรอยสึกของใบมีด 50
4. การทดลอง 52
4.1 การทดลองหาเวลาในการเปลี่ยนชิ้นงานและใบมีด ... 52
4.2 การทดลองหาแรงในการตัดโลหะ 62
4.3 การทดลองหาอายุใบมีดตัดโลหะ 69
5. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 76
5.1 โครงสร้างของโปรแกรม 76
5.2 การเขียนโปรแกรม 78
5.3 ผลจากการวิ่งโปรแกรม 92
6. สรุปโครงงานและข้อเสนอแนะ 96
6.1 สรุปโครงงาน 96
6.2 ข้อเสนอแนะ 97

เอกสารอ้างอิง 98
ภาคผนวก ก. คู่มือและตัวอย่างการใช้โปรแกรม 102
ภาคผนวก ข. ผลการทดลองต่าง ๆ และสมการอายุใบมีดที่ใช้ในโปรแกรม 118
ภาคผนวก ค. ค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ของโปรแกรม 141
ภาคผนวก ง. แสดงค่าใช้จ่ายในโครงงาน 169
ประวัติผู้เขียน 171

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
4-1	แสดงสภาวะการตัดที่ใช้ในการทดลองกลึงโลหะเพื่อหาแรงในการตัด..	64
4-2	แสดงสภาวะการตัดที่ใช้ในการทดลองกลึงโลหะเพื่อหาอายุใบมีด.....	71
4-3	แสดงผลการทดลองหาอายุใบมีด HSS เมื่อใช้กลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัม ที่สภาวะการตัดต่าง ๆ.....	72
4-4	แสดงผลการทดลองหาอายุใบมีดคาร์ไบด์ เกรด P25 เมื่อใช้กลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัม ที่สภาวะการตัดต่าง ๆ.....	73
4-5	แสดงผลการทดลองหาอายุใบมีด HSS เมื่อใช้กลึงเหล็กกล้าคาร์บอน ที่สภาวะการตัดต่าง ๆ.....	74
5-1	แสดงการคำนวณหาค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อายุใบมีด.....	80
5-2	แสดงค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์แรงตัด.....	84
5-3	แสดงวิธีการคำนวณค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์เวลาในการกลึงชิ้นงานหนึ่งชิ้น เมื่อกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีด HSS (ความลึกในการตัด 1.27 มม.).....	89
ข-1	แสดงตัวอย่างผลการทดลองจับเวลาในการถอดเปลี่ยนชิ้นงานบนแท่นกลึง.....	118
ข-2.1	แสดงตัวอย่างเวลาของการใส่เล็บมีดคาร์ไบด์ 2 คม เข้ากับด้ามมีด..	119
ข-2.2	แสดงตัวอย่างเวลาของการใส่เล็บมีดคาร์ไบด์ 8 คม เข้ากับด้ามมีด..	120
ข-2.3	แสดงตัวอย่างเวลาในการถอดเล็บมีดคาร์ไบด์ 2 คม ออกจากด้ามมีด.	121
ข-2.4	แสดงตัวอย่างเวลาในการถอดเล็บมีดคาร์ไบด์ 8 คม ออกจากด้ามมีด.	122
ข-2.5	แสดงตัวอย่างเวลาในการหมุนเปลี่ยนคมมีดของเล็บมีดคาร์ไบด์ 8 คม.	123
ข-2.6	แสดงตัวอย่างเวลาในการใส่ด้ามมีดเข้ากับป้อมมีด (Tool Post)...	124
ข-2.7	แสดงตัวอย่างเวลาในการถอดด้ามมีดออกจากป้อมมีด.....	125

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ข-3.1	แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีด HSS ที่สภาวะการตัดต่าง ๆ	126
ข-3.2	แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีดคาร์ไบด์ เกรด P25 (8 คม)	127
ข-3.3	แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีดคาร์ไบด์ เกรด CM3 (2 คม)	128
ข-3.4	แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยใบมีด HSS	129
ข-3.5	แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยใบมีดคาร์ไบด์ เกรด P25 (8 คม)	130
ข-3.6	แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยใบมีดคาร์ไบด์ เกรด CM3 (8 คม)	131
ข-3.7	แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีดคาร์ไบด์ เกรด P25 (8 คม)	132
ข-3.8	แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยใบมีดคาร์ไบด์ เกรด CM3 (2 คม)	133
ข-4	แสดงสมการอายุใบมีดที่ใช้ในโปรแกรม	134
ข-5	แสดงค่าของเวลาจากการทดลองถอดเปลี่ยนใบมีด HSS	139
ค-1	ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 1	141
ค-2	ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 2	142
ค-3	ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 3	143
ค-4	ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 4	144
ค-5	ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 5	145
ค-6	ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 6	146

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ค-7	ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 7	147
ค-8	ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 8	148
ค-9	ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 9	149
ค-10	ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 10	150
ค-11	ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 11	151
ค-12	ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 12	152
ค-13	แสดงค่าค์วามผิดพลาดในการพยากรณ์เวลาในการกลึงชิ้นงาน หนึ่งชิ้น เมื่อกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีด HSS (ความลึกในการตัด 1.27 มม.)	153
ค-14	แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์เวลาในการกลึงชิ้นงาน หนึ่งชิ้น เมื่อกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีดคาร์ไบด์ P25 (8 คม) (ความลึกในการตัด 1.27 มม.)	154
ค-15	แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์เวลาในการกลึงชิ้นงาน หนึ่งชิ้น เมื่อกลึงเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยใบมีด HSS (ความลึกในการตัด 1.27 มม.)	155
ค-16	แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อายุใบมีดของโปรแกรม เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของ อ.ชอุ่ม (เหล็กกล้า Mild Steel และใบมีด HSS)	156
ค-17	แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อายุใบมีดของโปรแกรม เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของ N.H. Cook (Low Alloy Steel และใบมีด Tungsten Carbide)	161
ค-18	แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อายุใบมีดของโปรแกรม เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของ G.G.Lorenz (Free-Machining Steel และใบมีด HSS,T1)	162

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ค-19	แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อายุใบมีดของโปรแกรม เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการทดลองในโครงงานนี้ (Carbon Steel C1018 และใบมีด HSS).....	163
ค-20	แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อายุใบมีดของโปรแกรม เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการทดลองในโครงงานนี้ (Molybdenum Steel 4140 และใบมีด HSS).....	164
ค-21	แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อายุใบมีดของโปรแกรม เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการทดลองในโครงงานนี้ (Molybdenum Steel 4140 และใบมีดคาร์ไบด์ P25,8 คม).....	165
ค-22	แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อัตราการผลิตเมื่อกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีด HSS (ความลึกในการตัด 1.27 มม.).....	166
ค-23	แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อัตราการผลิตเมื่อกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีดคาร์ไบด์ P25 (8 คม) (ความลึกในการตัด 1.27 มม.)	167
ค-24	แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อัตราการผลิตเมื่อกลึงเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยใบมีด HSS (ความลึกในการตัด 1.27 มม.).....	168

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1-1	เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตัดกับอัตราป้อนมีด กรณีต้องการต้นทุนการผลิตต่ำสุดและไม่มีข้อจำกัดอื่นใด....	10
1-2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตัด อัตราการป้อนใบมีด และข้อจำกัดเรื่องกำลังสูงสุดของเครื่อง.....	12
1-3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตัดและอัตราการป้อนใบมีด ในกรณีที่ต้องการให้ต้นทุนการผลิตต่ำสุดและมีข้อจำกัดทางสภาพความขรุขระของพื้นผิว.....	16
1-4	แสดงการเลือกสภาวะการตัดที่ให้ต้นทุนต่อหน่วยต่ำสุดเมื่อคำนึงถึงข้อจำกัดต่าง ๆ.....	17
1-5(a)	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการกลึงชิ้นงานหนึ่งชิ้นกับความเร็วในการตัด.....	19
1-5(b)	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการกลึงชิ้นงานหนึ่งชิ้นกับอัตราการป้อนมีด.....	20
1-6	เส้นกราฟแสดงความสมพันธ์ระหว่างความเร็วในการตัดกับอัตราการป้อนใบมีด กรณีต้องการอัตราการผลิตสูงสุดและไม่มีข้อจำกัดอื่นใด.....	21
2-1	กราฟแสดงอิทธิพลของความเร็วในการตัดต่อแรงในทิศทางหลัก (Tangential Force) เมื่อกลึงเหล็กหล่อ (Cast Iron).....	24
2-2	กราฟแสดงอิทธิพลของความเร็วในการตัดต่อแรงในทิศทางหลัก (Tangential Force) เมื่อกลึงอลูมิเนียม.....	25

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2-3	กราฟแสดงอิทธิพลของความเร็วในการตัดต่อแรงในทิศทางหลัก (Tangential Force) เมื่อกลึงเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) ด้วยใบมีดคาร์ไบด์.....	25
2-4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของใบมีดและความเร็วในการตัด.....	29
2-5	กราฟแสดงการสึกหรอของใบมีดในลักษณะการสึกหรอด้านหลังมีด (Wearland).....	30
2-6	กราฟแสดงการสึกหรอของใบมีดบนแกน Log T- Log V.....	32
2-7	แสดงลักษณะการสึกหรอของใบมีด.....	34
3-1	แสดงใบมีดตัดโลหะ (Cutting Tool) ที่ใช้ในการทดลอง.....	40
3-2	แสดงรูปร่างของไดนาโมมิเตอร์.....	44
3-3	แสดงรูปร่างของเครื่องขยายสัญญาณ.....	45
3-4	แสดงรูปร่างของเครื่องบันทึกข้อมูล.....	46
3-5	แสดงลักษณะของเส้นกราฟที่ได้จากเครื่องบันทึก(Osicillograph)	48
3-6	แสดงวิธีหาค่าแรงกระทำบนไดนาโมมิเตอร์.....	49
3-7	แสดงรูปร่างของเครื่อง Measuring Microscope.....	51
4-1	แสดงค่าความเบี่ยงเบนของเส้นกราฟจากเครื่องบันทึกข้อมูล.....	67
5-1	แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	77
5-2	แสดงผลการวิ่งโปรแกรมกรณีที่ 1 จากเครื่องพิมพ์.....	93
5-3	แสดงผลการวิ่งโปรแกรมกรณีที่ 2 จากเครื่องพิมพ์.....	95
ก-1	แสดงข้อความเพื่อบันทึกวัน เดือน ปี.....	102
ก-2	แสดงข้อความเพื่อบันทึกเวลา.....	102
ก-3	แสดงชื่อโครงงาน.....	103
ก-4	แสดงเมนูหลักของโปรแกรม.....	104

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ก-5	แสดงชนิดของสารชิ้นงาน.....	106
ก-6	แสดงชนิดย่อยของสารชิ้นงาน Carbon Steel.....	107
ก-7	แสดงชนิดของสารใบมีด.....	108
ก-8	แสดงชนิดย่อยของสารใบมีด HSS กลุ่มที่ 1.....	109
ก-9	แสดงชนิดย่อยของสารใบมีด HSS กลุ่มที่ 2.....	109
ก-10	แสดงเกณฑ์การหมดอายุของใบมีดกลึง.....	110
ก-11	แสดงผลการป้อนข้อมูลในขั้นตอนที่ 1	111
ก-12	แสดงค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน.....	111
ก-13	แสดงข้อความการป้อนค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน.....	112
ก-14	แสดงค่าความยาวของชิ้นงาน.....	112
ก-15	แสดงข้อความการป้อนค่าความยาวของชิ้นงาน.....	112
ก-16	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการเปลี่ยนใบมีดกลึง.....	113
ก-17	แสดงค่ามุม Side Cutting Edge Angle.....	113
ก-18	แสดงค่ามุม Side Normal Rake Angle.....	114
ก-19	แสดงค่ามุม End Cutting Edge Angle.....	114
ก-20	แสดงทางเลือกในการวิเคราะห์ตัวแปรตัดที่เหมาะสม.....	115
ก-21	แสดงข้อความเพื่อรับค่าความลึกในการตัด.....	115
ก-22	แสดงข้อความเพื่อรับค่าความเร็วตัด.....	115
ก-23	แสดงค่ากำลังขับของเครื่องกลึง.....	116
ก-24	แสดงข้อความเพื่อรับค่าแรงสูงสุดที่ป้อมมีด.....	116
ก-25	แสดงผลการทำงานของโปรแกรม.....	117

คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ

C	ค่าใช้จ่ายในการผลิต
x_1, x_2, x_3, x	อัตราค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการสูญเสียเวลาในการผลิตชิ้นงานหนึ่งชิ้น
T_L	เวลาที่ใช้ในการถอดเปลี่ยนชิ้นงานบนแท่นกลึง
T_c	เวลาที่ใบมีดเคลื่อนที่ผ่านความยาวของชิ้นงาน 1 รอบ โดยจะตัดชิ้นงานหรือไม่ก็ตาม
T_d	เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนใบมีดกลึง
T_{dc}	เวลาที่ใบมีดกลึงตัดโลหะจริง ๆ ในการผลิตชิ้นงาน 1 ชิ้น
T	อายุใบมีด
y	อัตราค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับใบมีดกลึง
L	ระยะความยาวของชิ้นงานที่จะทำการกลึง
N	ความเร็วรอบต่อนาที
D	เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานกลึง
V, v	ความเร็วในการตัด
λ	จำนวนรอบการหมุนของชิ้นงานต่อระยะทาง 1 เมตร
f	อัตราการป้อนมีด
K, A, B, C_t	ค่าคงที่
n, n_1, n_2	ค่าคงที่ของความเร็วในการตัด อัตราการป้อนมีดและความลึกในการตัด
d	ความลึกในการตัด
T_{v_m}	อายุใบมีดเมื่อต้นทุนต่อหน่วยต่ำสุด
P	กำลังในการตัด
W, α, β	ค่าคงที่สำหรับวัสดุชิ้นงานและวัสดุใบมีดคู่หนึ่ง
P_m	กำลังสูงสุดของเครื่องกลึง
C_p	ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย
F	ค่าแรงสูงสุดจากการตัดที่เครื่องกลึงรับได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

h	ความสูงจากยอดคลื่นถึงก้นร่องคลื่นบนผิวชิ้นงาน
R,r	รัศมีปลายใบมีด
V_{min}	ค่าต่ำสุดของความเร็วในการตัด
f_{ideal}	ค่าอัตราการป้อนมีดทางทฤษฎี
T_t	เวลาในการผลิตชิ้นงาน 1 ชิ้น
T_{vb}	อายุใบมีดเมื่ออัตราการผลิตสูงสุด
KT	ค่ารอยสึกด้านหน้ามีด
Ftang	แรงในทิศทางหลัก (Tangential Force)
Ffeed	แรงในทิศทางป้อนมีด(Feed Force)
Frad	แรงในทิศทางรัศมีชิ้นงาน(Radian Force)
ATT	Attenuator
CAL	Standard equivalent strain selector switch
T_1	เวลาในการใส่ชิ้นงานเข้ากับหัวจับของเครื่องกลึง
T_2	เวลาในการถอดชิ้นงานออกจากหัวจับของเครื่องกลึง
Ftpost	แรงในการตัดสูงสุดที่ป้อมมีดรับได้
Ftp,Ftpower	แรงในการตัดสูงสุดที่มอเตอร์ขับเครื่องกลึงรับได้
F_1,F_2,F_3,F_4	แรงในการตัด
MCAR	Machinability Rating
b	ความกว้างของรอยตัดในการกลึง
SNRA	Side Normal Rake Angle
ECEA	End Cutting Edge Angle
ShearSt	Shear Strength
FrAng	Friction Angle
Cpe	Edge Effect Coefficient
ShAng	Shear Angle

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย