เอกสารอ้างอิง

1. Armarego, E.J.A., and Brown, R.H. The Machining of Metal. 10th ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1969.
2. ศุภโชค วิริยโกศล, ทฤษฎีกลศาสตร์ของการตัดโลหะ, พิมพ์ครั้งที่ 3, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่, 2525.
3. Barrow, G. "Tool-Life Equation and Machining Economic." Proceedings of The Twelfth International Machine Tool Design and Research Conference" Vol 12, 1972 : 481-493.
4. Cook, N.H. "Tool Wear and Tool Life." Journal of Engineering for Industry" (November 1973) : 931-938.
5. มนตรี เถียรสุทธิกุล "การศึกษาสมการของเทเลอร์เกี่ยวกับอายุการใช้งานของใบมีดในการตัดโลหะ" ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา, 2520.
6. Heginbotham, W.B. and Pandley, P.C. "Taper Turning Tests Produce Reliable Tool-Wear Equation." Advance in Machine Tool Design and Research, Dept of Production Engineering University of Nottinham, September 1966 : 518.
7. Lorenz, G "Machinability Testing." Australian Mechanical Engineering, Tait Publishing Co.Pty Ltd., Melbourne and Sydney, April 1962.
8. Wager, J.G. "A Repetitive Test for Assessing Tool-Life Distributions." Annals of The CIRP, Vol 24, 1975.

9. Kiang, T.S. and Barrow G. "Determination of Tool-Life Equations by Step Turning Test." Proceedings of The Twelfth International Machine Tool Design and Research Conference, Vol 12, 1972.

10. Lorenz, G. "The Determination of Comprehensive Machinability Equation by Means of Rapid Facing Tests." Technical Paper of Society of Manufacturing Engineers. Vol MR 70-177,1970.

11. Ploymekha, Cha-um "Cutting Conditions for Maximum Production Rate." A thesis presented for the degree of Master of Engineering Science in the University of Melbourne,1974.

12. Colding, B and Kong, W. "Validity of The Taylor Equation in Metal Cutting." Annals of The IRP, Vol XVIV, 1971: 793-812.

13. Armarego, E.J.A. and Uthaichaya, M. "A Mechanics of Cutting Approach for Force Prediction in Turning Operations" Journal of Engineering Production, Vol 1, 1977:1-18.

14. Armarego, E.J.A. and Whitfield, R.C. "Computer Based Modelling of Popular Machining Operations for Force and Power Prediction" Annals of The CIRP, Vol 34, January 1985 : 65-69.

15. Uthaichaya, M. "A Study of The Forces in Turning." Master's Thesis of Engineering Science, The University of Melbourne, July 1974.

16. Wager, J G. and Barash, M.M. "Study of Distribution of The Life of HSS Tools." Journal of Engineering for Industry, Vol 93, November 1971.

17. Klopstock, H. "Investigations in Turning and Planning." Amer.Soc.Mech.Engrs., 1925 : 47,474.

18. Armitage, J.B. and Schmidt, A.O. "Experimental Measurement of Cutting Forces and Speeds." Manufacturing Engineering and Management, 1951 : 26-27.

19. Boston, O.W. " Metal Cutting Forces and Power Requirements for Machine Tools." Automotive and Aviation Industries, 1942.

20. Kuhn, E. "Cutting and Fragmentation Formular." Manufacturing Engineering and Management, 1948 : 20.

21. McKee, R.E. "Effects of Machining Forces on Tools." The Tool Engineer,1959.

22. วิจิตร ตัณฑสุทธิ์และคณะ, การศึกษาการทำงาน, พิมพ์ครั้งที่ 3, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524 หน้า 260.

23. ศุภโชค วิริยโกศลและคณะ "สมการของแรงในการตัดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ" วารสารสงขลานครินทร์, กุมภาพันธ์ 2531, หน้า 77-82.

24. พิจิตร พิศสุวรรณและศุภโชค วิริยโกศล, วิศวกรรมเครื่องมือกล, พิมพ์ครั้งที่ 1, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่, 2531.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

คู่มือและตัวอย่างการใช้โปรแกรม

ในภาคผนวกนี้กล่าวถึงขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจและสามารถใช้งานโปรแกรมได้ถูกต้อง

1) การเตรียมการสำหรับการใช้โปรแกรม

1.1) การเปิดเครื่อง

- นำแผ่นดิสค์ที่มีโปรแกรมจัดระบบงาน PC-DOS หรือ MS-DOS (ควรเป็น Version 2.0 ขึ้นไป) ใส่ไว้ในเครื่องขับ A เปิดสวิทช์ของเครื่องและจอภาพ รอจนปรากฏข้อความบนจอภาพดังรูปที่ ก-1

```
Current date is Fri  3-08-1991
Enter new date (mm-dd-yy):
```

รูปที่ ก-1 แสดงข้อความเพื่อบันทึก วัน เดือน ปี

- ทำการพิมพ์ วัน เดือน ปี ในรูปแบบ เดือน-วันที่-ปี และกด ENTER จอภาพจะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-2

```
Current date is Fri  3-08-1991
Enter new date (mm-dd-yy):
Current time is 17:31:27.75
Enter new time:
```

รูปที่ ก-2 แสดงข้อความเพื่อบันทึกเวลา

- ทำการพิมพ์เวลาในรูปแบบ นาฬิกา:นาที และกด ENTER จอภาพจะปรากฏสัญลักษณ์เตรียมพร้อม ดังนี้

A>

- นำแผ่นโปรแกรมจัดระบบงานออกจากเครื่องขับ A

2) <u>การเข้าสู่โปรแกรม</u>

นำแผ่นดิสค์ที่มีโปรแกรม OCVRT.EXE ใส่ไว้ในเครื่องขับ A แล้วพิมพ์ดังนี้

A> OCVRT.EXE

กด ENTER จอภาพจะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-3

T H E S I S

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

BY.... Miss. A-ngoon Petrat
Industrial Engineering C-015984

PRESS ANY KEY TO START PROGRAM :

รูปที่ ก-3 แสดงชื่อโครงงาน

กดปุ่มใด ๆ บนแป้นพิมพ์ จากนั้นจะปรากฏรูปเมนูหลักของโปรแกรมบนจอภาพดังรูปที่ ก-4

```
     SELECT YOUR OPTION
     ==================


 ¡1¿. WORK MATERIALS AND TOOL MATERIALS
 ¡2¿. DATA OF WORKPIECE AND CUTTING TOOL
 ¡3¿. SELECTION OF CUTTING VARIABLES
 ¡4¿. RESULT ON SCREEN
 ¡5¿. RESULT ON PRINTER
 ¡6¿. QUIT

 Your Option is No. ¡ ¿
```

รูปที่ ก-4 แสดงเมนูหลักของโปรแกรม

3) <u>การเลือกเมนู</u>

- เลือกเมนูหมายเลข 1 จะเข้าสู่การทำงานในโปรแกรมขั้นตอนที่ 1 คือ เลือกชนิดของสารชิ้นงานและสารใบมีด รวมถึงเกณฑ์การหมดอายุของใบมีด

- เลือกเมนูหมายเลข 2 จะเข้าสู่การทำงานของโปรแกรมขั้นตอนที่ 2 คือ ป้อนข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของชิ้นงานและลักษณะเรขาคณิตของใบมีด รวมถึงเวลาในการถอดเปลี่ยนใบมีด

- เลือกเมนูหมายเลข 3 จะเข้าสู่การทำงานในโปรแกรมขั้นตอนที่ 3 คือ วิเคราะห์หาตัวแปรในการตัดที่เหมาะสม

- เลือกเมนูหมายเลข 4 จะแสดงผลการวิ่งโปรแกรมบนหน้าจอ
- เลือกเมนูหมายเลข 5 จะแสดงผลการวิ่งโปรแกรมออกเครื่องพิมพ์

การเลือกเมนูในการวิ่งโปรแกรมครั้งแรก ผู้ใช้โปรแกรมต้องเลือกเมนูตามลำดับขั้นตอนจากหมายเลข 1 ถึง 3 นั่นคือ จะเลือกหมายเลข 2 โดยยังไม่ได้เลือกหมายเลข 1 หรือเลือกหมายเลข 3 โดยยังไม่ได้เลือกหมายเลข 2 ไม่ได้ เนื่องจากโปรแกรมต้องรับข้อมูลต่อเนื่อง เพื่อที่จะทำงานในขั้นตอนที่ 3 ส่วนการทำงานในขั้นตอนที่ 4 และ 5 สามารถทำข้ามขั้นตอนได้

ในการวิ่งโปรแกรมครั้งถัดไป ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเริ่มต้นที่ขั้นตอนที่ 2 ได้ ถ้าข้อมูลที่จะป้อนในขั้นตอนที่ 1 ยังคงเป็นตัวเดียวกันกับในการวิ่งโปรแกรมครั้งล่าสุด แต่ต้องไม่ลืมสั่งให้โปรแกรมทำงานในขั้นตอนที่ 3 ใหม่ และในลักษณะเดียวกัน ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเริ่มต้นที่ขั้นตอนที่ 3 ได้ ถ้าข้อมูลที่จะป้อนในขั้นตอนที่ 1 และ 2 ยังไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

ในการวิ่งโปรแกรมครั้งแรก ถ้ามีการสั่งให้โปรแกรมทำงานข้ามขั้นตอน หน้าจอจะปรากฏข้อความให้กลับไปทำขั้นตอนก่อนหน้านี้ เช่น ถ้าเลือกขั้นตอนที่ 2 โดยยังไม่ได้ทำในขั้นตอนที่ 1 หน้าจอจะปรากฏข้อความว่า " Back to Do Option 1" หรือถ้าเลือกขั้นตอนที่ 3 โดยผ่านขั้นตอนที่ 2 หน้าจอจะปรากฏข้อความว่า "Back to Do Option 2"

4) <u>ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม</u>

เมื่อหน้าจอคอมพิวเตอร์ปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-4 ให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกเมนูหมายเลข 1 โดยพิมพ์เลข 1 ลงไป ตามด้วยการกด ENTER จอภาพจะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-5

What is your work material ?	
Type	No.
Cast Iron	1
Sulphurized Steel	2
Stainless Steel	3
Carbon Steel	4
Molybdenum Steel	5
Aluminium	6
Mild Steel	7
Your work material is No.	

รูปที่ ก-5 แสดงชนิดของสารชิ้นงาน

ข้อความที่ปรากฏในรูปที่ ก-5 คือชนิดของสารชิ้นงาน 7 ชนิดที่มีให้เลือกในโปรแกรม ผู้ใช้สามารถเลือกชนิดของสารชิ้นงานโดยพิมพ์ตัวเลข 1 ถึง 7 ในกรณีที่มีการป้อนค่าใด ๆ นอกเหนือจากนี้โปรแกรมจะไม่รับค่า ตัวอย่างเช่น เลือกสารชิ้นงาน Carbon Steel โดยพิมพ์เลข 4 ตามด้วยการกด ENTER จะปรากฏข้อความบนหน้าจอดังรูปที่ ก-6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Type of Carbon Steel & Component	
Type	No.
Pearlite 90-100%,Carbon 0.99%	1
Pearlite 90-100%,Carbon 0.41%	2
Pearlite 90-100%,Carbon 0.17%	3
Pearlite 50-60%,Carbon 0.99%	4
Pearlite 50-60%,Carbon 0.41%	5
Pearlite 50-60%,Carbon 0.17%	6
Pearlite 20-30%,Carbon 0.41%	8
Pearlite 20-30%,Carbon 0.17%	9
Pearlite 0-10%,Carbon 0.99%	10
Pearlite 0-10%,Carbon 0.41%	11
Pearlite 0-10%,Carbon 0.17%	12
Grade C1018	13
Grade 1010	14
Low alloy steel	15

Your type of carbon steel is No.

รูปที่ ก-6 แสดงชนิดย่อยของสารชิ้นงาน Carbon Steel

ข้อความที่ปรากฏในรูปที่ ก-6 คือชนิดย่อยของ Carbon Steel โดยแสดงส่วนผสมทางเคมีหรือเกรดที่มีให้เลือกในโปรแกรม เช่น เลือกเกรด C1018 โดยพิมพ์เลข 13 ตามด้วยการกด ENTER เป็นการสิ้นสุดการเลือกสารชิ้นงาน

ขั้นตอนต่อไปเป็นการเลือกสารใบมีด หน้าจอจะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

What is your tool material ?	
Type	No.
HSS	1
Carbide	2
Your Tool material is No.	

รูปที่ ก-7 แสดงชนิดของสารใบมีด

รูปที่ ก-7 แสดงชนิดของสารใบมีดที่ใช้คู่กับชนิดของสารชิ้นงานที่เลือกไว้แล้ว นั่นคือถ้าผู้ใช้โปรแกรมเลือกใช้สารชิ้นงานชนิดอื่น ข้อความในรูปที่ ก-7 อาจจะเปลี่ยนไป ตัวอย่างนี้เลือกใช้สารใบมีด HSS โดยพิมพ์หมายเลข 1 ตามด้วย ENTER จอภาพจะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-8 และ ก-9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Type of HSS & Component							
	Type						No.
Tungsten Types	C	Cr	Mo	W	V	Co	
T1	0.70	4.00	-	18.00	1.00	-	1
T2	0.85	4.00	-	18.00	2.00	-	2
T3	1.05	4.00	-	18.00	3.00	-	3
T4	0.75	4.00	-	18.00	1.00	5.00	4
T5	0.80	4.00	-	18.00	2.00	7.00	5
T6	0.80	4.50	-	20.00	1.50	12.00	6
T7	0.75	4.00	-	14.00	2.00	-	7
T8	0.80	4.00	-	14.00	2.00	5.00	8
T9	1.20	4.00	-	18.00	4.00	-	9
T10	1.50	4.00	-	12.00	5.00	5.00	10

PgDn-next data RETURN-Select

รูปที่ ก-8 แสดงชนิดย่อยของสารใบมีด HSS

Type of HSS & Component.							
	Type						No.
Molybdenum Type	C	Cr	Mo	W	V	Co	
M1	0.80	4.00	8.50	1.50	1.00	-	11
M2	0.85	4.00	5.00	6.25	2.00	-	12
M3	1.00	4.00	5.00	6.00	2.70	-	13
M4	1.3	4.00	4.50	5.50	4.00	-	14
M6	0.80	4.00	5.50	4.00	1.50	12.00	15
M7	1.00	4.00	8.75	1.75	2.00	-	16
M8	0.80	4.00	5.00	5.00	1.50	1.25Cb	17
M10	0.85	4.00	8.00	-	2.00	-	18
M15	1.50	4.00	3.50	6.50	5.00	5.00	19
M30	0.80	4.00	8.00	2.00	1.25	5.00	20
M34	0.90	4.00	8.00	2.00	2.00	8.00	21
M35	0.80	4.00	5.00	6.00	2.00	5.00	22
M36	0.80	4.00	5.00	6.00	2.00	8.00	23

PgUp-back data RETURN-select data

รูปที่ ก-9 แสดงชนิดย่อยของสารใบมีด HSS

รูปที่ ก-8 และ ก-9 แสดงชนิดย่อยของสารใบมีด HSS ซึ่งมีทั้งสิ้น 23 ชนิด ในขณะที่จอภาพปรากฏรูปที่ ก-8 ถ้าผู้ใช้โปรแกรมต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับชนิดย่อยของสารใบมีด HSS เพิ่มเติม ให้กด PgDn จอภาพจะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-9 และเมื่อต้องการเลือกชนิดย่อยของสารใบมีด HSS ให้ผู้ใช้โปรแกรมกด ENTER (RETURN) แล้วพิมพ์เลขที่ต้องการลงไป เช่น ในตัวอย่างเลือกใช้ HSS ชนิด Tungsten Type T1 โดยการพิมพ์เลข 1 ตามด้วย ENTER จึงเสร็จสิ้นการเลือกชนิดสารใบมีด

จากนั้นโปรแกรมจะแสดงข้อความเกี่ยวกับเกณฑ์การหมดอายุใบมีดของสารใบมีดที่เลือกไว้ ดังรูปที่ ก-10 (เกณฑ์การหมดอายุของใบมีดเป็นค่าเฉพาะของคู่สารชิ้นงานและสารใบมีดชนิดหนึ่ง)

```
                    This Criterion is ToTal Destruction




  Press any key to continue  :
```

รูปที่ ก-10 แสดงเกณฑ์การหมดอายุของใบมีดกลึง

ก่อนเสร็จสิ้นการทำงานขั้นตอนที่ 1 ของโปรแกรม หน้าจอจะแสดงผลการป้อนข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 เช่น จากตัวอย่าง เมื่อกดปุ่มใด ๆ จะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-11

```
Result of your selection
========================

Work Material => Carbon Steel AISI C1018

Tool Material => High Speed Steel Tungsten Types 1


Press ¡Enter¿ to continue
```

รูปที่ ก-11 แสดงผลการป้อนข้อมูลในขั้นตอนที่ 1

โปรแกรมจะกลับเข้าสู่เมนูหลักอีกครั้ง ขั้นต่อไป ผู้ใช้โปรแกรมจะเลือกหมายเลข 2 ในเมนูหลัก ตามด้วย ENTER โปรแกรมจะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-12

Approximate Diameter of Workpieces	
Diameter (in , mm)	No.
1.0 , 25.4	1
1.5 , 38.1	2
2.0 , 50.8	3
2.5 , 63.5	4
3.0 , 76.2	5
Other	6

Your workpiece has diameter as No.

รูปที่ ก-12 แสดงค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน

รูปที่ ก-12 แสดงค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานที่ใช้กันโดยทั่ว ๆ ไป ให้ผู้ใช้เลือก ซึ่งมี 5 ตัวเลือก หรือถ้าผู้ใช้โปรแกรมใช้ชิ้นงานที่มีขนาดนอกเหนือจากนี้ ให้พิมพ์เลข 6 ตามด้วย ENTER หน้าจอจะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-13

Diameter of your workpiece is mm.

รูปที่ ก-13 แสดงข้อความการป้อนค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมป้อนค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานที่ต้องการจะกลึงในรูปที่ ก-13 และตามด้วย ENTER แล้ว(ตัวอย่างนี้กำหนดให้เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานมีค่า 30 มม.)หน้าจอจะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-14

Approximate Length of Workpieces	
length(metres)	No.
0.1	1
0.2	2
0.3	3
0.6	4
Other	5

Your workpiece has the length as No.

รูปที่ ก-14 แสดงค่าความยาวของชิ้นงาน

รูปที่ ก-14 แสดงค่าความยาวของชิ้นงานให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือก 4 ค่า แต่ถ้าผู้ใช้โปรแกรมต้องการป้อนขนาดความยาวของชิ้นงานนอกเหนือจากนี้ให้พิมพ์เลข 5 ตามด้วย ENTER จอภาพจะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-15

Length of your workpiece is m.

รูปที่ ก-15 แสดงข้อความการป้อนค่าความยาวของชิ้นงาน

ในตัวอย่างนี้ใช้ชิ้นงานที่มีความยาว 0.4 เมตร เมื่อป้อนตัวเลข 0.4 ลงในรูปที่ ก-15 กด ENTER จอภาพจะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-16

```
                HOW MANY CUTTING EDGE PER TOOL

 ¡1¿ 1 edge, changing time per cutting edge is 0.15 min.
 ¡2¿ 2 edge, changing time per cutting edge is 0.55 min.
 ¡3¿ 8 edge, changing time per cutting edge is 0.26 min.
 ¡4¿ Other

                 ÞÞ YOUR TOOL MATERIAL IS...
                   High Speed Steel Tungsten Types 1

                What is your case number? (1/2/3)
```

รูปที่ ก-16 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการเปลี่ยนใบมีดกลึง

รูปที่ ก-16 เป็นข้อความแสดงถึงลักษณะของมีดกลึงที่มีอยู่ในโปรแกรม 3 ชนิด และเวลาในการเปลี่ยนมีดกลึงแต่ละชนิด พร้อมทั้งบอกชนิดของสารใบมีดที่ผู้ใช้โปรแกรมเลือกไว้แล้วในขั้นตอนที่ 1 เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมป้อนข้อมูลเกี่ยวกับเวลาในการเปลี่ยนใบมีดกลึงได้ถูกต้อง จากตัวอย่าง ผู้ใช้โปรแกรมเลือกใช้สารใบมีด HSS ซึ่งมีคมมีดเพียงคมเดียว จึงพิมพ์เลข 1 ลงไป ตามด้วย ENTER เมื่อโปรแกรมรับข้อมูลแล้ว จอภาพจะเปลี่ยนเป็นรูปที่ ก-17

```
SIDE CUTTING EDGE ANGLE    =  15.00  DEGREES

          Is it OK ? ¡Y/N¿
```

รูปที่ ก-17 แสดงค่ามุม Side Cutting Edge Angle

รูปที่ ก-17 แสดงค่ามุม Side Cutting Edge Angle ที่พบโดยทั่ว ๆ ไป ของสารใบมีดที่เลือกไว้ในขั้นตอนที่ 1 จากตัวอย่างนี้เลือกสารใบมีด HSS รูปที่ ก-17 จึงแสดงค่ามุม Side Cutting Edge Angle 15 องศา ซึ่งถ้าผู้ใช้โปรแกรมไม่ต้องการใช้ค่าที่กำหนดไว้ ให้พิมพ์ N หน้าจอจะปรากฏข้อความเดียวกับรูปที่ ก-17 แต่จะเว้นว่างค่าตัวเลขไว้ให้ผู้ใช้โปรแกรมเติมค่าที่ต้องการลงไป สำหรับในตัวอย่างนี้ เมื่อจอภาพปรากฏดังรูปที่ ก-17 ให้พิมพ์ Y ลงไป (นั่นคือ ใช้ค่า Side Cutting Edge Angle 15 องศา) จอภาพจะเปลี่ยนเป็นรูปที่ ก-18

```
SIDE NORMAL RAKE ANGLE    =  15.00  DEGREES

          Is it OK ? ¡Y/N¿
```

รูปที่ ก-18 แสดงค่ามุม Side Normal Rake Angle

รูปที่ ก-18 แสดงค่ามุม Side Normal Rake Angle ที่นิยมใช้กันของสารใบมีดที่เลือกไว้ในขั้นตอนที่ 1 ในตัวอย่างนี้ ให้พิมพ์ Y (ถ้าไม่ต้องการใช้ค่า 15 องศา ให้พิมพ์ N แล้วเติมค่าใหม่ลงไป) จอภาพจะเปลี่ยนเป็นรูปที่ ก-19

```
END CUTTING EDGE ANGLE    =  5.00  DEGREES.

          Is it OK ? ¡Y/N¿
```

รูปที่ ก-19 แสดงค่ามุม End Cutting Edge Angle

รูปที่ ก-19 แสดงค่ามุม End Cutting Edge Angle ที่นิยมใช้กัน ของสารใบมีดที่เลือกไว้ในขั้นตอนที่ 1 ในตัวอย่างนี้ ใช้ค่า 5 องศา จึงพิมพ์ Y (ถ้าไม่ต้องการใช้ค่า 5 องศา ให้พิมพ์ N แล้วเติมค่าใหม่ลงไป) เป็นการเสร็จสิ้นการทำงานขั้นที่ 2 ของโปรแกรม และจะกลับเข้าสู่เมนูหลักอีกครั้ง

จากเมนูหลักในรูปที่ ก-4 ให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกการทำงานขั้นตอนที่ 3

โดยพิมพ์เลข 3 ตามด้วย ENTER จอภาพจะปรากฏข้อความดังรูปที่ ก-20

```
WHAT IS YOUR SELECTION METHOD?
==============================

¡1¿. Inputting Speed and Depth of Cut and then calculating
     Feed for Maximum Production Rate.

¡2¿. Inputting Feed and Dept of Cut and then Calculating
     Speed for Maximum Production Rate.

          Your Selection is No. ¡ ¿
```

รูปที่ ก-20 แสดงทางเลือกในการวิเคราะห์ตัวแปรตัดที่เหมาะสม

ข้อความในรูปที่ ก-20 แสดงทางเลือก 2 ทาง ในการสั่งให้โปรแกรมคำนวณหาค่าตัวแปรที่เหมาะสม ในตัวอย่างนี้ เลือกวิธีที่ 1 คือให้ผู้ใช้โปรแกรมกำหนดค่าความเร็วตัดและความลึกในการตัด แล้วโปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าอัตราการป้อนมีดที่ดีที่สุด ดังนั้นให้ผู้ใช้พิมพ์เลข 1 ตามด้วย ENTER หน้าจอจะปรากฏดังรูปที่ ก-21

```
PLEASE INPUT YOUR DEPTH OF CUT

You want to cut at Depth of Cut   =          mm.
```

รูปที่ ก-21 แสดงข้อความเพื่อรับค่าความลึกในการตัด

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมเติมค่าความลึกในการตัดในรูปที่ ก-21 และตามด้วย ENTER แล้วหน้าจอจะเปลี่ยนเป็นรูปที่ ก-22

```
Please input Cutting Speed =          m/min.
```

รูปที่ ก-22 แสดงข้อความเพื่อรับค่าความเร็วตัด

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมเติมค่าความเร็วตัดในรูปที่ ก-22 และตามด้วย ENTER แล้ว หน้าจอจะเปลี่ยนเป็นรูปที่ ก-23

```
FOR MAXIMUM ALLOWABLE POWER = 3.00 HORSEPOWER

          Is it OK ? ¡Y/N¿
```

รูปที่ ก-23 แสดงค่ากำลังขับของเครื่องกลึง

ข้อความในรูปที่ ก-23 แสดงค่ากำลังขับของมอเตอร์ที่ใช้ขับเครื่องกลึง ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไป จะมีกำลัง 3 แรงม้า ถ้าผู้ใช้โปรแกรมต้องการเปลี่ยนค่า ให้กด N หน้าจอจะปรากฏข้อความเดิม (รูปที่ ก-23) แต่จะเว้นช่องว่างให้ผู้ใช้โปรแกรมเติมตัวเลขลงไป เมื่อตัวเลขถูกต้องแล้วให้กด Y หน้าจอจะปรากฏดังรูปที่ ก-24

```
What is your maximum limit of Ftpost
set on Ftang to prevent toolpost failure?

        Ftpost =              Newtons.
(If unknown suggest Ftpost = 9800 Newtons)
```

รูปที่ ก-24 แสดงข้อความเพื่อรับค่าแรงสูงสุดที่ป้อมมีด

ให้ผู้ใช้โปรแกรมป้อนค่าแรงสูงสุดที่ไม่ทำให้ป้อมมีดหัก เพื่อโปรแกรมจะได้นำค่านี้ไปตรวจสอบกับค่าแรงที่เกิดขึ้นที่คมมีดกลึง ในกรณีที่ผู้ใช้โปรแกรมไม่ทราบค่าที่แน่นอนให้ใส่ค่าประมาณ 9800 นิวตัน(1000 กิโลกรัม) กด ENTER จึงเสร็จสิ้นการทำงานขั้นตอนที่ 3 ของโปรแกรม หน้าจอจะปรากฏเมนูหลักอีกครั้ง

หมายเหตุ ในการทำงานขั้นตอนที่ 3 ของโปรแกรมนี้ ถ้าผู้ใช้โปรแกรมเลือกวิธีที่ 2 (จากจอภาพในรูปที่ ก-20) ขั้นตอนลำดับการป้อนข้อมูลต่าง ๆ ยังคงเหมือนเดิม เพียงแต่จอภาพในรูปที่ ก-22 จะเปลี่ยนเป็นข้อความเพื่อรับค่าอัตราการ

ป้อนมีด

ถ้าผู้ใช้โปรแกรมต้องการแสดงผลออกทางหน้าจอ ให้พิมพ์เลข 4 ตามด้วย ENTER แต่ถ้าต้องการแสดงผลออกทางเครื่องพิมพ์ ให้พิมพ์เลข 5 ตามด้วย ENTER โปรแกรมจะแสดงผลดังรูปที่ ก-25

```
                    THIS IS YOUR SELECTION
                    ======================
WORK MATERIAL              :     Carbon Steel AISI C1018
  Diameter/Length          :     30.000  mm./0.400  m.
TOOL MATERIAL              :     High Speed Steel Tungsten Types 1
CUTTING SPEED                =       60.000  M/MIN.
  RPM                        =       636.364 REV/MIN.
FEED                         =       0.430  MM/REV.
DEPTH OF CUT                 =       0.254  MM.
TOOL LIFE CRITERION          =       TOTAL DESTRUCTION
TOOL LIFE                    =       0.334  MIN.
TIME PER COMPONENT           =       2.523  MIN.
  Workpiece changing time    =       0.255  min.
  Machining time             =       1.612  min.
  Cutting tool changing time =       0.150  min.
  Actual cutting time        =       1.462  min.
SIDE CUTTING EDGE ANGLE      =       15.000  DEGREES.
SIDE NORMAL RAKE ANGLE       =       15.000  DEGREES.
END CUTTING EDGE ANGLE       =       5.000  DEGREES.
TANGENTIAL FORCE             =       722.264  NEWTONS.
MAXIMUM FORCE AT TOOLPOST    =       9800.000  NEWTONS.
```

รูปที่ ก-25 แสดงผลการทำงานของโปรแกรม

เมื่อต้องการออกจากโปรแกรมให้พิมพ์หมายเลข 6 ตามด้วย ENTER

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองต่าง ๆ และสมการอายุใบมีด ที่ใช้ในโปรแกรม

ตารางที่ ข-1 แสดงตัวอย่างผลการทดลองจับเวลาในการถอดเปลี่ยนชิ้นงานบนแท่นกลึง

การทดลองครั้งที่	เส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความยาวชิ้นงาน (เมตร)	เวลาในการทำงาน (วินาที)		
			งานที่ 1	งานที่ 2	งานที่ 3
1.	19.05	0.1	5	7	7
2.	19.05	0.1	4	7	6
3.	19.05	0.1	5	7	7
4.	19.05	0.1	5	7	6
5.	19.05	0.1	5	10	5
6.	19.05	0.1	5	9	6
7.	19.05	0.1	5	7	8
8.	19.05	0.1	5	8	6
9.	19.05	0.1	5	7	7
10.	19.05	0.1	6	10	7
11.	19.05	0.1	6	8	4
12.	19.05	0.1	5	6	4
13.	19.05	0.1	5	9	6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-2.1 แสดงตัวอย่างเวลาของการใส่เล็บมือคาร์ไบด์ 2 คม เข้ากับด้ามมีด

ครั้งที่	งาน 1(x0.01 นาที)	งาน 2(x0.01 นาที)	เวลารวม(x0.01 นาที)
1	11.9	20.1	32.0
2	10.8	23.7	34.5
3	12.6	20.6	33.2
4	10.5	15.5	26.0
5	9.0	20.5	29.5
6	8.3	19.1	27.4
7	10.7	22.9	33.6
8	8.0	19.5	27.5
9	8.2	25.5	33.7
10	8.1	26.0	34.1
11	9.7	17.3	27.0
12	9.5	16.4	25.9
13	9.3	19.9	29.2
14	10.0	19.1	29.1

หมายเหตุ

งานที่ 1 คลายสกรูยึดหมุดที่ด้ามมีดด้วยอุปกรณ์ขันเกลียว (Screw Driver) แล้วดึงหมุดออกจากด้ามมีด (Tool holder)

งานที่ 2 ใส่เล็บมีดเข้ากับหมุด แล้วนำไปประกอบเข้ากับด้ามมีด และขันสกรูจับยึดให้แน่น

ตารางที่ ข-2.2 แสดงตัวอย่างเวลาในการใส่เล็บมือคาร์ไบด์ชนิด 8 คม เข้ากับด้ามมีด

ครั้งที่	งาน 1(x0.01 นาที)	งาน 2(x0.01 นาที)	เวลารวม (x0.01 นาที)
1	12.4	11.6	24.0
2	14.0	18.4	32.4
3	13.3	13.7	27.0
4	12.0	18.0	30.0
5	12.2	16.1	28.3
6	12.1	16.5	28.6
7	11.6	16.9	28.5
8	10.7	14.0	24.7
9	9.9	14.7	24.6
10	10.6	12.9	23.5
11	10.2	14.7	24.9
12	10.0	17.8	27.8
13	12.1	15.6	27.7
14	13.9	19.1	33.0
15	10.7	13.9	24.6

หมายเหตุ งาน 1 : คลายสกรูยึดใบมีดที่ด้ามมีดด้วยอุปกรณ์ขันเกลียว แล้วดึงหมุดออกจากด้ามมีด

งาน 2 : ใส่เล็บมีดเข้ากับหมุด แล้วนำไปประกอบเข้ากับด้ามมีดและขันสกรูจับยึดให้แน่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-2.3 แสดงตัวอย่างเวลาในการถอดเล็บมือดคาร์ไบด์ชนิด 2 คม ออกจากด้ามมีด

ครั้งที่	เวลา (x0.01 นาที)
1	31.0
2	24.4
3	28.3
4	26.2
5	30.5
6	25.0
7	28.6
8	25.7
9	26.8
10	25.9
11	30.0
12	22.2
13	23.6
14	25.7
15	23.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-2.4 แสดงตัวอย่างเวลาในการถอดเล็บมีดคาร์ไบด์ 8 คม ออกจากด้ามมีด

ครั้งที่	งาน 1(x0.01 นาที)	งาน 2(x0.01 นาที)	เวลารวม(x0.01 นาที)
1	12.5	19.2	31.7
2	12.4	19.2	31.6
3	12.0	30.4	32.4
4	11.2	22.1	33.3
5	11.3	14.7	26.0
6	11.2	17.3	28.5
7	12.0	17.0	29.0
8	12.1	12.1	24.2
9	11.9	16.2	28.1
10	11.0	19.4	30.4
11	11.2	14.8	26.0
12	11.1	16.4	27.5
13	11.0	16.7	27.7
14	11.2	14.4	25.6
15	11.9	19.0	30.9

หมายเหตุ งาน 1 : คลายสกรูที่ด้ามมีดด้วยอุปกรณ์ขันเกลียว แล้วถอดหมุดและเล็บมีดออกจากด้ามมีด

งาน 2 : ถอดด้ามมีดออกจากหมุด ใส่หมุดกลับคืนเข้าด้ามมีดและขันสกรูยึดหมุดจนแน่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-2.5 แสดงตัวอย่างเวลาในการหมุนเปลี่ยนคมมีดของเล็บมีดคาร์ไบด์ 8 คม

ครั้งที่	เวลา (0.01 นาที)
1	17.1
2	16.3
3	15.2
4	18.5
5	16.4
6	16.2
7	17.3
8	18.0
9	15.6
10	13.7
11	15.4
12	13.3
13	17.5
14	16.2
15	18.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-2.6 แสดงตัวอย่างเวลาในการใส่ด้ามมีดเข้ากับป้อมมีด

ครั้งที่	งาน 1(x0.01 นาที)	งาน 2(x0.01 นาที)	เวลารวม(x0.01 นาที)
1	6.2	12.8	19.0
2	6.3	13.7	20.0
3	5.2	13.4	18.6
4	5.5	12.5	18.0
5	4.3	14.5	18.8
6	4.1	13.9	18.0
7	4.5	14.3	18.8
8	4.5	12.5	17.0
9	4.5	12.5	17.0
10	4.2	11.9	16.1
11	6.2	11.0	17.2
12	5.0	10.4	15.4
13	5.2	11.3	16.5
14	5.3	13.8	19.1
15	5.7	10.8	16.5

หมายเหตุ งาน 1 : คลายสกรูจับยึดที่ป้อมมีดด้วยอุปกรณ์ขันเกลียว และใส่ด้ามมีดเข้าไปในป้อมมีด

งาน 2 : ขันสกรูจับยึดที่ป้อมมีด เพื่อจับยึดด้ามมีด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-2.7 แสดงตัวอย่างเวลาในการถอดด้ามมีดออกจากป้อมมีด

ครั้งที่	เวลา (0.01 นาที)
1	16.5
2	16.2
3	15.9
4	15.6
5	16.0
6	13.9
7	12.5
8	13.0
9	12.9
10	13.9
11	14.3
12	14.0
13	13.5
14	13.1
15	11.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-3.1 แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัม ด้วยใบมีด HSS ที่สภาวะการตัดต่าง ๆ

ลำดับที่	ความลึกในการตัด(นิ้ว)	อัตราการป้อนมีด(นิ้ว/รอบ)	ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	Ftang (Newton)	Ffeed (Newton)	Frad (Newton)
01	0.05	0.005	12.2	139.71	36.76	22.96
02	0.05	0.005	12.2	158.63	36.76	22.96
03	0.05	0.005	12.2	106.77	36.76	19.83
04	0.05	0.005	15.0	170.83	42.89	24.00
05	0.05	0.005	15.0	167.17	42.89	24.00
06	0.05	0.005	15.0	167.78	36.76	22.54
07	0.05	0.005	17.0	176.93	49.02	24.00
08	0.05	0.005	17.0	112.87	36.76	20.87
09	0.05	0.005	17.0	134.23	46.57	30.89
10	0.05	0.008	12.1	225.44	51.47	31.73
11	0.05	0.008	12.1	214.15	49.02	30.47
12	0.05	0.008	12.1	243.90	55.14	33.40
13	0.05	0.008	14.9	231.84	58.82	31.30
14	0.05	0.008	14.9	207.44	49.02	30.89
15	0.05	0.008	14.9	227.27	55.14	31.31
16	0.05	0.008	16.8	212.93	51.47	28.80
17	0.05	0.008	16.8	230.01	55.14	31.73
18	0.05	0.008	16.8	226.96	53.92	31.52
19	0.05	0.010	11.4	263.88	55.14	39.66
20	0.05	0.010	11.4	247.10	51.47	32.98
21	0.05	0.010	11.4	259.30	56.37	33.81

ตารางที่ ข-3.2 แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัม ด้วยใบมีดคาร์ไบด์เกรด P25 (8 คม)

ลำดับที่	ความลึกในการตัด(นิ้ว)	อัตราการป้อนมีด(นิ้ว/รอบ)	ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	Ftang (Newton)	Ffeed (Newton)	Frad (Newton)
01	0.05	0.003	064.6	127.48	60.06	24.00
02	0.05	0.003	064.6	107.10	47.79	49.41
03	0.05	0.003	064.6	121.41	47.79	19.83
04	0.05	0.003	120.1	115.34	58.33	21.29
05	0.05	0.003	120.1	098.23	42.89	16.49
06	0.05	0.003	120.1	100.06	45.34	16.70
07	0.05	0.003	121.1	121.43	58.82	20.87
08	0.05	0.003	121.1	106.16	56.37	20.45
09	0.05	0.003	121.1	104.66	58.82	20.87
10	0.05	0.008	060.8	186.98	82.12	43.83
11	0.05	0.008	060.8	206.83	75.98	35.69
12	0.05	0.008	060.8	210.49	74.75	35.69
13	0.05	0.008	105.7	188.25	79.18	40.49
14	0.05	0.008	105.7	193.73	90.68	39.66
15	0.05	0.008	105.7	194.95	91.91	40.91
16	0.05	0.008	115.4	191.84	77.22	39.24
17	0.05	0.008	115.4	194.63	85.78	40.07
18	0.05	0.008	115.4	192.80	83.33	39.24
19	0.05	0.013	058.9	261.13	94.86	61.59
20	0.05	0.013	058.9	309.65	93.13	50.51
21	0.05	0.013	058.9	312.71	89.45	49.26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-3.3 แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัม ด้วยใบมีดคาร์ไบด์ เกรด CM3 (2 คม)

ลำดับที่	ความลึกในการตัด(นิ้ว)	อัตราการป้อนมีด(นิ้ว/รอบ)	ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	Ftang (Newton)	Ffeed (Newton)	Frad (Newton)
01	0.05	0.003	071.7	186.69	55.50	24.63
02	0.05	0.003	071.7	186.39	55.14	19.20
03	0.05	0.003	071.7	181.51	51.47	18.78
04	0.05	0.003	128.9	171.14	48.89	24.00
05	0.05	0.003	128.9	203.78	58.82	16.70
06	0.05	0.003	128.9	208.05	58.82	17.53
07	0.05	0.003	132.4	178.04	50.82	15.29
08	0.05	0.003	132.4	216.59	67.40	18.78
09	0.05	0.003	132.4	224.52	67.40	18.78
10	0.05	0.008	070.1	169.80	56.87	38.63
11	0.05	0.008	070.1	253.20	71.07	31.10
12	0.05	0.008	070.1	253.20	71.07	30.68
13	0.05	0.008	123.6	242.52	57.55	33.85
14	0.05	0.008	123.6	247.71	73.53	28.80
15	0.05	0.008	123.6	251.67	73.53	28.80
16	0.05	0.008	133.7	184.44	59.21	39.24
17	0.05	0.008	133.7	269.98	83.33	32.35
18	0.05	0.008	133.7	268.45	85.78	33.19
19	0.05	0.013	068.3	169.31	58.93	54.27
20	0.05	0.013	068.3	329.46	87.01	45.56
21	0.05	0.013	068.3	330.99	88.23	45.30

ตารางที่ ข-3.4 แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าคาร์บอน ด้วยใบมีด HSS

ลำดับที่	ความลึกในการตัด(นิ้ว)	อัตราการป้อนมีด(นิ้ว/รอบ)	ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	Ftang (Newton)	Ffeed (Newton)	Frad (Newton)
01	0.03	0.004	33.3	058.57	18.38	09.60
02	0.03	0.004	33.3	064.06	15.93	09.18
03	0.03	0.004	33.3	060.45	17.63	09.57
04	0.03	0.004	51.3	167.78	28.18	12.52
05	0.03	0.004	51.3	161.68	24.51	11.48
06	0.03	0.004	51.3	162.29	25.73	09.39
07	0.03	0.004	70.6	222.08	31.86	11.48
08	0.03	0.004	70.6	215.06	33.09	12.52
09	0.03	0.004	70.6	210.49	31.86	12.52
10	0.03	0.008	32.5	131.18	31.86	15.86
11	0.03	0.008	32.5	138.80	24.51	17.32
12	0.03	0.008	32.5	132.70	24.51	15.86
13	0.03	0.008	55.1	280.96	49.02	19.83
14	0.03	0.008	55.1	279.75	45.34	19.83
15	0.03	0.008	55.1	282.62	42.89	18.78
16	0.03	0.008	69.8	269.06	34.31	18.78
17	0.03	0.008	69.8	270.89	36.76	19.20
18	0.03	0.008	69.8	263.27	36.76	18.37
19	0.03	0.006	32.5	108.91	22.06	13.98
20	0.03	0.006	32.5	097.01	22.06	13.57
21	0.03	0.006	32.5	103.72	20.83	13.15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-3.5 แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าคาร์บอน ด้วยใบมีดคาร์ไบด์เกรด P25 (8 คม)

ลำดับที่	ความลึกในการตัด(นิ้ว)	อัตราการป้อนมีด(นิ้ว/รอบ)	ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	Ftang (Newton)	Ffeed (Newton)	Frad (Newton)
01	0.02	0.007	050.5	98.75	09.50	11.06
02	0.02	0.007	050.5	97.62	08.58	10.44
03	0.02	0.007	050.5	97.62	09.80	10.44
04	0.02	0.007	078.7	95.16	12.26	10.44
05	0.02	0.007	078.7	86.03	07.35	10.64
06	0.02	0.007	078.7	85.74	08.58	10.52
07	0.02	0.007	102.6	92.78	13.79	10.23
08	0.02	0.007	102.6	88.47	09.80	10.64
09	0.02	0.007	102.6	91.23	09.80	10.02
10	0.02	0.010	50.0	116.61	12.26	25.05
11	0.02	0.010	50.0	128.73	11.03	14.19
12	0.02	0.010	50.0	131.18	09.80	20.62
13	0.02	0.010	80.4	118.99	12.30	12.94
14	0.02	0.010	80.4	116.25	09.80	13.57
15	0.02	0.010	80.4	115.92	12.25	14.42
16	0.02	0.010	98.7	117.78	15.01	13.78
17	0.02	0.010	98.7	119.30	11.03	12.52
18	0.02	0.010	98.7	118.08	12.25	13.62
19	0.02	0.016	47.4	153.47	10.72	18.79
20	0.02	0.016	47.4	189.14	11.03	19.20
21	0.02	0.016	47.4	189.14	11.03	18.65

ตารางที่ ข-3.6 แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าคาร์บอน ด้วยใบมีดคาร์ไบด์ เกรด CM3 (8 คม)

ลำดับที่	ความลึกในการตัด(นิ้ว)	อัตราการป้อนมีด(นิ้ว/รอบ)	ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	Ftang (Newton)	Ffeed (Newton)	Frad (Newton)
01	0.02	0.003	053.60	052.34	7.88	6.05
02	0.02	0.003	053.60	058.90	4.90	5.43
03	0.02	0.003	053.60	058.57	2.45	5.64
04	0.02	0.003	085.10	066.75	8.82	6.05
05	0.02	0.003	085.10	103.72	9.80	7.31
06	0.02	0.003	085.10	109.82	8.58	7.72
07	0.02	0.003	103.80	066.75	9.45	5.84
08	0.02	0.003	103.80	096.72	8.58	6.68
09	0.02	0.003	103.80	106.16	9.80	6.47
10	0.02	0.005	050.80	071.99	8.19	8.14
11	0.02	0.005	050.80	095.50	9.80	8.77
12	0.02	0.005	050.80	096.11	8.58	9.18
13	0.02	0.005	085.10	094.21	10.08	09.18
14	0.02	0.005	085.10	144.92	12.25	10.44
15	0.02	0.005	085.10	146.43	12.25	10.02
16	0.02	0.005	106.10	111.24	11.97	09.39
17	0.02	0.005	106.10	140.33	11.03	09.60
18	0.02	0.005	106.10	140.33	09.80	09.80
19	0.02	0.007	049.90	103.39	08.82	11.68
20	0.02	0.007	049.90	131.79	12.25	10.64
21	0.02	0.007	049.90	137.28	09.80	11.27

ตารางที่ ข-3.7 แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัม ด้วยใบมีดคาร์ไบด์เกรด P25 (8 คม)

ลำดับที่	ความลึกในการตัด(นิ้ว)	อัตราการป้อนมีด(นิ้ว/รอบ)	ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	Ftang (Newton)	Ffeed (Newton)	Frad (Newton)
01	0.05	0.003	69.00	148.38	53.69	23.79
02	0.05	0.003	69.00	131.18	49.02	14.61
03	0.05	0.003	69.00	129.67	46.57	18.78
04	0.05	0.003	95.40	156.60	62.35	22.75
05	0.05	0.003	95.40	130.89	49.02	17.32
06	0.05	0.003	95.40	130.89	44.12	16.70
07	0.05	0.003	122.3	175.51	64.95	22.12
08	0.05	0.003	122.3	140.94	49.02	16.70
09	0.05	0.003	122.3	140.33	51.47	17.74
10	0.05	0.008	065.3	234.42	81.20	43.22
11	0.05	0.008	065.3	231.84	71.07	34.65
12	0.05	0.008	065.3	228.80	71.07	35.07
13	0.05	0.008	090.5	229.71	79.04	41.33
14	0.05	0.008	090.5	225.74	68.62	32.35
15	0.05	0.008	090.5	225.74	71.07	33.40
16	0.05	0.008	117.9	241.48	79.04	40.71
17	0.05	0.008	117.9	227.57	71.07	30.90
18	0.05	0.008	117.9	227.57	68.62	30.47
19	0.05	0.013	061.0	297.99	90.07	60.95
20	0.05	0.013	061.0	340.45	99.26	53.43
21	0.05	0.013	061.0	306.60	87.01	49.05

ตารางที่ ข-3.8 แสดงตัวอย่างค่าแรงจากการทดลองกลึงเหล็กกล้าคาร์บอน ด้วยใบมีดคาร์ไบด์เกรด CM3 (2 คม)

ลำดับที่	ความลึกในการตัด(นิ้ว)	อัตราการป้อนมีด(นิ้ว/รอบ)	ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	Ftang (Newton)	Ffeed (Newton)	Frad (Newton)
01	0.03	0.003	34.1	123.26	21.34	11.48
02	0.03	0.003	34.1	058.27	09.80	07.51
03	0.03	0.003	34.1	070.77	11.03	08.56
04	0.03	0.003	52.8	041.54	10.36	07.10
05	0.03	0.003	52.8	070.16	14.71	08.35
06	0.03	0.003	52.8	075.04	13.48	08.14
07	0.03	0.003	62.5	055.39	15.24	07.93
08	0.03	0.003	62.5	067.72	15.93	06.26
09	0.03	0.003	62.5	070.47	17.16	06.68
10	0.03	0.005	34.1	141.28	25.30	13.15
11	0.03	0.005	34.1	100.06	19.61	12.52
12	0.03	0.005	34.1	097.01	22.06	12.94
13	0.03	0.005	53.1	191.13	32.92	14.61
14	0.03	0.005	53.1	125.38	24.51	12.52
15	0.03	0.005	53.1	122.02	25.73	12.73
16	0.03	0.005	61.4	217.51	27.44	15.65
17	0.03	0.005	61.4	157.41	29.41	13.36
18	0.03	0.005	61.4	158.02	28.18	12.73
19	0.03	0.007	33.8	166.21	27.13	16.70
20	0.03	0.007	33.8	121.41	24.51	15.24
21	0.03	0.007	33.8	128.12	22.06	15.03

ตารางที่ ข-4 แสดงสมการอายุใบมีดที่ใช้ในโปรแกรม

No.	วัสดุชิ้นงาน	วัสดุใบมีด	เกณฑ์การหมดอายุของใบมีด	สมการอายุใบมีด	อ้างอิง
1	Cast Iron Grade 100	Carbide K6	Flank Wear 0.38 mm.	$T=\frac{4.827\times10^{6}}{f^{0.45051}v^{2.07949}}$	Juneja
2	Cast Iron Grade 100	Carbide K3H	Flank Wear 0.38 mm.	$T=\frac{7.611\times10^{5}}{v^{2.7701}}$	Juneja
3	Cast Iron Grade 80	Carbide K6	Flank Wear 0.38 mm.	$T=\frac{3.953\times10^{6}}{f^{0.32869}v^{2.94321}}$	Juneja
4	Cast Iron Grade 80	Carbide K3H	Flank Wear 0.38 mm.	$T=\frac{1.581\times10^{5}}{v^{2.42309}}$	Juneja
5	Cast Iron Grade 80	Ceramic Tunglox	Flank Wear 0.38 mm.	$T=\frac{64.831}{f^{2.28708}v^{1.09299}}$	Juneja
6	Cast Iron Grade 60	Carbide K6	Flank Wear 0.38 mm.	$T=\frac{5.222\times10^{7}}{v^{2.92398}}$	Juneja
7	Cast Iron Grade 60	Carbide K3H	Flank Wear 0.38 mm.	$T=\frac{4.986\times10^{7}}{v^{3.12281}}$	Juneja

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

No.	วัสดุชิ้นงาน	วัสดุใบมีด	เกณฑ์การหมดอายุของใบมีด	สมการอายุใบมีด	อ้างอิง
8	Cast Iron Grade 60	Ceramic Tunglox	Flank Wear 0.38 mm.	$T = \frac{1.206 \times 10^{4}}{v^{1.25471}}$	Juneja
9	Free-machining Steel	Carbide	Flank Wear 0.75 mm.	$T = \frac{2.180 \times 10^{9} S^{0.85863}}{v^{3.09350}}$	Juneja
10	Free-machining Steel	HSS	Total Destruction	$T = \frac{1.046 \times 10^{20} S^{0.19192}}{v^{13.25814}}$	Juneja
11	Stainless Steel AISI 304	Carbide MB2	Flank Wear 0.82 mm.	$T = \frac{4.567 \times 10^{14} v^{-5.2632}}{f^{4.62158} d^{1.62158}}$	Juneja
12	Stainless Steel AISI 304	Carbide MB2	Flank Wear 0.71 mm.	$T = \frac{1.778 \times 10^{13} v^{-4.7619}}{f^{4.28571} d^{1.47619}}$	Juneja
13	Stainless Steel AISI 304	Carbide MB2	Flank Wear 0.61 mm.	$T = \frac{1.503 \times 10^{3} v^{-4.7619}}{f^{4.28571} d^{1.47619}}$	Juneja

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

No.	วัสดุชิ้นงาน	วัสดุใบมีด	เกณฑ์การหมดอายุของใบมีด	สมการอายุใบมีด	อ้างอิง
14	Stainless Steel AISI 304	Carbide MB2	Flank Wear 0.48 mm.	$T=\frac{1.893\times10^{14}v^{-5.2632}}{f^{4.63158}d^{1.63158}}$	Juneja
15	Stainless Steel AISI 304	Carbide MB2	Crater Depth 0.10 mm.	$T=\frac{1.212\times10^{11}}{v^{4}f^{1.96}d^{0.28}}$	Juneja
16	Stainless Steel AISI 304	Carbide MB2	Crater Depth 0.082 mm.	$T=\frac{9.488\times10^{10}}{v^{4}f^{2}d^{0.28}}$	Juneja
17	Stainless Steel AISI 304	Carbide MB2	Crater Depth 0.06 mm.	$T=\frac{7.312\times10^{10}}{v^{4}f^{2}d^{0.28}}$	Juneja
18	Stainless Steel AISI 304	Carbide MB2	Crater Depth 0.05 mm.	$T=\frac{1.956\times10^{10}v^{-2.8462}}{f^{1.92308}d^{0.26923}}$	Juneja
19	Carbon Steel	Carbide C-1	Flank Wear 0.40 mm.	$T=\frac{3.672\times10^{11}}{v^{4.05791}}$	Juneja

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

No.	วัสดุชิ้นงาน	วัสดุใบมีด	เกณฑ์การหมดอายุของใบมีด	สมการอายุใบมีด	อ้างอิง
20	Carbon Steel	Cermet T-1	Flank Wear 0.40 mm.	$T=\frac{1.428\times10^{14}}{v^{4.69828}}$	Juneja
21	Carbon Steel	Ceramic O-1	Flank Wear 0.40 mm.	$T=\frac{4.763\times10^{10}}{v^{3.3228}}$	Juneja
22	Carbon Steel	Carbide P10	Flank Wear 0.30 mm.	$T=\frac{6.001\times10^{9}P^{0.25164}}{v^{4.19556}C^{0.99919}}$	Juneja
23	Carbon Steel	Carbide P10	Crater Depth 0.05 mm.	$T=\frac{5.023\times10^{10}P^{0.65969}}{v^{4.90611}C^{1.22463}}$	Juneja
24	Carbon Steel C1018	HSS	Total Destruction	$T=\frac{5.833\times10^{9}}{v^{5.42496}f^{2.22526}}$	Angoon
25	Molybde-num Steel	HSS	Total Destruction	$T=\frac{9.934\times10^{6}}{v^{4.38989}f^{1.77017}}$	Angoon
26	Molybde-num Steel	Carbide P25	Total Destruction	$T=\frac{3.776\times10^{11}}{v^{5.3695}f^{1.22802}}$	Angoon

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

No.	วัสดุชิ้นงาน	วัสดุใบมีด	เกณฑ์การหมดอายุของใบมีด	สมการอายุใบมีด	อ้างอิง
27	Mild Steel	HSS 18-4-1	Total Destruction	$T=\frac{1.5926\times10^{16}}{v^{8}f^{5.0414}d^{1.7349}}$	Cha-um Ploymekha
28	Carbon Steel Low Alloy	HSS 18-4-1	Total Destruction	$T=\frac{2.695\times10^{20}}{v^{7.7882}}$	N.H. Cook
29	Free-Machining Steel	HSS (T1)	Total Destruction	$T=\frac{1.068\times10^{20}}{v^{10.0387}}$	G.G. Lorenz

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-5 แสดงค่าของเวลาจากการทดลองถอดเปลี่ยนใบมีด HSS

การทดลองครั้งที่	เวลาในการใส่ด้ามมีดเข้ากับป้อมมีด (วินาที)	เวลาในการถอดด้ามมีดออกจากป้อมมีด (วินาที)	เวลารวม (วินาที)
1	6	4	10
2	5	4	9
3	5	4	9
4	5	3	8
5	6	4	10
6	6	4	10
7	5	4	9
8	6	4	10
9	5	4	9
10	5	3	8
11	5	3	8
12	5	3	8
13	5	4	9
14	5	3	8
15	5	4	9
16	5	4	9
17	6	4	10
18	6	4	10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

การทดลองครั้งที่	เวลาในการใส่ด้ามมีดเข้ากับป้อมมีด (วินาที)	เวลาในการถอดด้ามมีดออกจากป้อมมีด (วินาที)	เวลารวม (วินาที)
19	5	4	9
20	6	4	10

ค่าเฉลี่ยของเวลา = 9.1 วินาที

ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.79 วินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์จากโปรแกรม

ตารางที่ ค-1 ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 1

										Predicted				Measured	Error			
Force No.	SNRA (deg)	ECEA (deg)	SCEA (deg)	R (mm)	Work Material	Tool Material	Depth (mm)	Feed (mm/rev)	Speed (m/min)	F1 (Newton)	F2 (Newton)	F3 (Newton)	F4 (Newton)	Forces (Newton)	E F1 (Newton)	E F2 (Newton)	E F3 (Newton)	E F4 (Newton)
1	15	5	30	0.397	Aluminium	HSS	3.175	0.201	30.48	654.83	604.68	580.86	727.09	564.92	15.92	7.04	2.82	28.71
(อ.เมทินี)	15	5	30	0.397	Aluminium	HSS	3.175	0.201	60.96	750.12	604.68	553.53	901.13	547.13	37.10	10.52	1.17	64.70
	15	5	30	0.397	Aluminium	HSS	3.175	0.201	91.44	812.17	604.68	538.14	1021.66	524.89	54.73	15.20	2.52	94.64
	15	5	30	0.397	Aluminium	HSS	3.175	0.201	121.92	859.28	604.68	527.48	1116.83	529.34	62.33	14.23	-0.35	110.99
	15	5	30	0.397	Aluminium	HSS	3.175	0.201	152.40	897.69	604.68	519.36	1196.71	551.58	62.75	9.63	-5.84	116.96
														$\bar{E}$	46.57	11.32	0.064	83.20
														$S_{\bar{E}}$	20.04	3.37	3.530	36.59

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-2 ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 2

										Predicted				Measured	Error			
Force No.	SNRA (deg)	ECEA (deg)	SCEA (deg)	R (mm)	Work Material	Tool Material	Depth (mm)	Feed (mm/rev)	Speed (m/min)	F1 (Newton)	F2 (Newton)	F3 (Newton)	F4 (Newton)	Forces (Newton)	E F1 (Newton)	E F2 (Newton)	E F3 (Newton)	E F4 (Newton)
2	-10	5	15	0.30	Mild steel	Carbide	0.38	0.635	15.25	268.61	518.47	407.47	274.19	302.48	-11.20	71.41	34.71	-9.35
(Arnold)	-10	5	15	0.30	Mild steel	Carbide	0.38	0.635	30.48	307.69	518.47	340.42	339.83	289.13	6.42	79.32	17.74	17.54
	-10	5	15	0.30	Mild steel	Carbide	0.38	0.635	45.72	333.14	518.47	306.44	385.28	275.79	20.79	87.99	11.11	39.70
	-10	5	15	0.30	Mild steel	Carbine	0.38	0.635	60.96	352.47	518.47	284.41	421.17	271.34	29.90	91.08	4.62	55.22
	-10	5	15	0.30	Mild steel	Carbine	0.38	0.635	91.44	381.62	518.47	256.02	477.50	266.89	42.99	94.26	-4.07	78.91
	-10	5	15	0.30	Mild steel	Carbine	0.38	0.635	121.92	403.76	518.47	237.61	521.98	262.45	53.64	97.55	-9.46	98.69
	-10	5	15	0.30	Mild steel	Carbine	0.38	0.635	152.40	421.81	518.47	224.25	559.32	262.45	60.72	97.55	-14.56	113.11
	-10	5	15	0.30	Mild steel	Carbine	0.38	0.635	182.88	437.16	518.47	213.89	591.80	266.89	63.80	94.26	-19.86	121.74
														$\bar{E}$	33.41	89.18	2.55	64.47
														S_E	26.91	9.33	18.23	46.89

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-3 ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 3

										Predicted				Measured	Error			
Force No.	SNRA (deg)	ECEA (deg)	SCEA (deg)	R (mm)	Work Material	Tool Material	Depth (mm)	Feed (mm/rev)	Speed (m/min)	F1 (Newton)	F2 (Newton)	F3 (Newton)	F4 (Newton)	Forces (Newton)	E F1 (Newton)	E F2 (Newton)	E F3 (Newton)	E F4 (Newton)
3								0.1524	18.85	797.04	361.17	618.77	635.91	680.26	17.17	-46.91	-9.04	-6.52
(อ.ศุภโชค)	-10	0	0	0	Carbide17%	HSS	0.152	0.102	29.68	736.62	333.93	553.98	573.45	427.14	72.45	-21.82	29.70	34.25
	-10	0	0	0	"	"	0.102	0.152	45.38	945.77	360.91	805.19	833.36	854.28	10.71	-57.75	-5.75	-2.45
	-10	0	0	0	"	"	0.152	0.152	18.85	734.60	335.89	617.77	615.73	601.16	22.20	-44.13	2.76	2.42
	- 5	0	0	0	"	"	0.152	0.152	29.68	802.96	335.89	708.41	708.64	791.00	1.51	-57.54	-10.44	-10.41
	- 5	0	0	0	"	"	0.152	0.152	45.38	872.64	335.89	805.19	808.20	917.56	-4.90	-63.39	-12.25	-11.92
	- 5	0	0	0	"	"	0.152	0.152	18.85	680.93	311.10	617.77	598.19	585.34	16.33	-46.85	5.54	2.20
	0	0	0	0	"	"	0.152	0.203	29.68	839.95	345.19	846.72	820.74	838.46	0.18	-58.83	0.99	-2.11
	0	0	0	0	"	"	0.203	0.203	45.38	912.85	345.19	962.39	936.05	870.10	4.91	-60.33	10.61	7.58
	0	0	0	0	"	"	0.203	0.102	18.85	536.46	263.94	483.10	456.79	522.06	2.76	-49.44	-7.46	-12.50
	5	0	0	0	"	"	0.102	0.203	18.85	715.23	318.65	738.37	693.90	664.44	7.64	-52.04	11.13	4.43
	5	0	0	0	"	"	0.203	0.102	18.85	501.15	240.78	483.10	445.09	569.52	-12.00	-57.72	-15.17	-21.85
	10	0	0	0	"	"	0.102	0.102	29.68	547.78	240.78	553.98	512.26	553.70	-1.07	-56.51	0.05	-7.48
	10	0	0	0	"	"	0.102	0.152	18.85	554.93	237.80	617.77	553.33	553.70	0.22	-57.05	11.57	-0.07
	15	0	0	0	"	"	0.152	0.102	29.68	513.43	217.69	553.98	499.77	569.52	-9.85	-61.78	-2.73	-12.25
	15	0	0	0	"	"	0.102	0.152	18.85	521.70	213.67	617.77	540.46	490.42	6.38	-56.43	25.97	10.20
	20	0	0	0	"	"	0.152	0.102	18.85	416.29	171.70	483.10	414.72	348.04	19.61	-50.67	38.81	19.16
	25	0	0	0	"	"	0.102	0.102	18.85	393.42	148.78	483.10	405.89	332.22	18.42	-55.22	45.42	22.18
	30	0	0	0	"	"	0.102							$\bar{E}$	9.59	-53.02	6.65	0.83
														S_n	18.61	9.48	17.83	14.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-4 ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 4

										Predicted				Measured	Error			
Force No.	SNRA (deg)	ECEA (deg)	SCEA (deg)	R (mm)	Work Material	Tool Material	Depth (mm)	Feed (mm/rev)	Speed. (m/min)	F1 (Newton)	F2 (Newton)	F3 (Newton)	F4 (Newton)	Forces (Newton)	E F1 (Newton)	E F2 (Newton)	E F3 (Newton)	E F4 (Newton)
4	14	6	15	1.19	Mild Steel	HSS	2.540	0.254	93.76	1087.23	1737.89	994.61	1422.57	1172.10	-7.25	48.27	-15.14	21.37
(อ.ชุ่ม)	14	6	15	1.19	Mild Steel	HSS	1.588	0.127	"	568.83	471.00	539.80	652.63	356.57	59.53	32.09	51.39	83.03
	14	6	15	1.19	Mild Steel	HSS	1.588	0.305	"	820.35	1465.11	1168.75	1111.27	801.79	2.31	82.73	45.77	38.60
	14	6	15	1.19	Mild Steel	HSS	2.540	0.203	"	990.02	1037.11	816.27	1241.49	924.47	7.09	12.18	-11.70	34.29
	14	6	15	1.19	Mild Steel	HSS	3.175	0.381	"	1546.59	2798.04	1422.05	2185.32	1909.71	-19.01	46.52	-25.54	14.43
														$\bar{E}$	6.54	44.36	8.96	38.34
														S_E	30.20	25.88	36.58	26.80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-5 ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 5

										Predicted				Measured	Error			
Force No.	SNRA (deg)	ECEA (deg)	SCEA (deg)	R (mm)	Work Material	Tool Material	Depth (mm)	Feed (mm/rev)	Speed (m/min)	F1 (Newton)	F2 (Newton)	F3 (Newton)	F4 (Newton)	Forces (Newton)	E F1 (Newton)	E F2 (Newton)	E F3 (Newton)	E F4 (Newton)
5	5	5	5	0.40	Molybdenum	HSS	1.210	0.127	17.06	312.14	624.74	154.96	273.83	141.34	120.64	342.01	9.64	93.74
(อุ่น)	5	5	5	0.40	Molybdenum	HSS	1.270	0.254	15.0	406.91	1075.37	272.61	401.36	283.71	43.42	279.04	-3.91	41.47
	5	5	5	0.40	Molybdenum	HSS	1.524	0.254	14.2	470.91	1258.97	281.61	461.61	272.52	72.80	361.97	3.34	69.39
	5	5	5	0.40	Molybdenum	HSS	1.778	0.203	16.5	505.71	1197.66	248.83	483.26	254.22	96.93	371.11	-2.12	90.09
														$\bar{E}$	84.00	338.53	1.74	73.67
														S_E	33.43	41.48	6.10	24.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-6 ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 6

										Predicted				Measured	Error			
Force No.	SNRA (deg)	ECEA (deg)	SCEA (deg)	R (mm)	Work Material	Tool Material	Depth (mm)	Feed (mm/rev)	Speed (m/min)	F1 (Newton)	F2 (Newton)	F3 (Newton)	F4 (Newton)	Forces (Newton)	E F1 (Newton)	E F2 (Newton)	E F3 (Newton)	E F4 (Newton)
6	6	10	0	0.80	Molybdemum	Carbide	1.27	0.0762	121.10	420.09	250.40	108.66	421.72	110.75	279.31	126.09	-1.89	280.79
(อุ่น)	6	10	0	0.80	Molybdemum	Carbide	1.27	0.2032	115.40	626.98	557.78	187.38	753.90	193.09	224.71	188.87	-2.96	290.44
	6	10	0	0.80	Molybdemum	Carbide	1.27	0.3302	105.50	754.63	1341.36	248.18	984.80	267.66	181.94	401.14	-7.28	267.93
	6	10	0	0.80	Molybdemum	Carbide	1.524	0.0762	119.90	480.95	297.03	115.99	482.26	113.27	324.60	162.23	2.40	325.76
	6	10	0	0.80	Molybdemum	Carbide	1.524	0.2032	109.20	711.47	666.04	201.57	850.14	189.74	274.97	251.03	6.23	348.06
	6	10	0	0.80	Molybdemum	Carbide	1.524	0.3302	104.20	863.54	1511.25	265.02	1125.34	248.00	248.20	509.38	6.86	359.77
	6	10	0	0.80	Molybdemum	Carbide	1.778	0.0762	134.60	555.07	343.65	119.97	563.94	135.76	308.86	153.13	-11.63	315.39
	6	10	0	0.80	Molybdemum	Carbide	1.778	0.2032	126.70	826.44	774.30	207.31	1004.34	209.30	294.86	269.95	-0.95	379.86
	6	10	0	0.80	Molybdemum	Carbide	1.778	0.3302	114.80	992.96	1681.14	275.01	1308.31	269.81	268.02	529.08	1.93	364.90
						(Carbide												
						P25								$\bar{E}$	267.27	287.21	-0.81	327.43
						8 Edges)								$S_{\bar{E}}$	43.93	153.63	6.03	42.43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-7 ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 7

										Predicted				Measured	Error			
Force No.	SNRA (deg)	ECEA (deg)	SCEA (deg)	R (mm)	Work Material	Tool Material	Depth (mm)	Feed (mm/rev)	Speed (m/min)	F1 (Newton)	F2 (Newton)	F3 (Newton)	F4 (Newton)	Forces (Newton)	E F1 (Newton)	E F2 (Newton)	E F3 (Newton)	E F4 (Newton)
7	10	25	15	0.5	Molybdemum	Carbide	1.27	0.0762	132.40	371.88	232.09	207.16	389.99	206.38	80.19	12.46	0.38	88.97
(อลูมิน)	10	25	15	0.5	Molybdemum	Carbide	1.27	0.2032	133.70	561.37	524.84	256.85	709.81	240.96	132.97	117.81	6.59	194.58
	10	25	15	0.5	Molybdemum	Carbide	1.27	0.3302	115.10	667.75	814.54	279.09	910.11	293.32	127.65	177.70	-4.85	210.28
	10	25	15	0.5	Molybdemum	Carbide	1.524	0.0762	130.00	432.01	276.61	223.00	452.10	246.18	75.49	12.36	-9.42	63.65
	10	25	15	0.5	Molybdemum	Carbide	1.524	0.2032	139.30	659.76	628.16	278.99	838.10	285.23	131.31	120.23	-2.19	193.83
	10	25	15	0.5	Molybdemum	Carbide	1.524	0.3302	111.40	773.52	976.65	299.79	1050.36	342.18	126.06	185.42	-12.39	206.96
	10	25	15	0.5	Molybdemum	Carbide	1.778	0.0762	130.60	493.90	321.14	238.07	517.14	237.24	108.19	35.37	0.35	117.98
	10	25	15	0.5	Molybdemum	Carbide	1.778	0.2032	122.70	735.09	731.48	291.97	920.44	264.75	177.65	176.29	10.28	247.66
	10	25	15	0.5	Molybdemum	Carbide	1.778	0.3302	112.80	885.72	1138.76	320.42	1204.42	311.93	183.95	265.07	2.72	286.12
						(Carbide CM3 2 Edges)								$\bar{E}$	127.05	122.52	-0.95	181.11
														S_E	37.19	88.09	7.24	70.08

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-8 ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 8

										Predicted				Measured	Error			
Force No.	SNRA (deg)	ECEA (deg)	SCEA (deg)	R (mm)	Work Material	Tool Material	Depth (mm)	Feed (mm/rev)	Speed (m/min)	F1 (Newton)	F2 (Newton)	F3 (Newton)	F4 (Newton)	Forces (Newton)	E F1 (Newton)	E F2 (Newton)	E F3 (Newton)	E F4 (Newton)
8	5	5	5	0.40	Carbon	HSS	0.762	0.1016	70.60	216.72	275.86	166.17	214.24	215.88	0.99	27.78	-23.03	-0.76
(อุ่น)	5	5	5	0.40	Carbon	HSS	0.762	0.2032	69.80	288.89	439.24	297.01	325.28	267.74	7.90	64.05	10.93	21.49
	5	5	5	0.40	Carbon	HSS	0.762	0.1524	69.50	274.59	382.57	231.76	279.90	234.39	17.15	63.22	-1.12	19.42
	5	5	5	0.40	Carbon	HSS	1.016	0.1016	69.80	271.83	341.39	149.55	260.37	119.38	127.70	185.97	25.27	124.80
	5	5	5	0.40	Carbon	HSS	1.016	0.2032	69.00	362.34	550.60	267.29	407.44	197.27	83.68	179.11	35.49	106.54
	5	5	5	0.40	Carbon	HSS	1.016	0.1524	68.60	320.93	447.19	208.32	341.49	257.27	24.74	73.82	-19.03	32.74
	5	5	5	0.40	Carbon	HSS	1.270	0.1016	69.80	327.42	406.93	138.77	323.26	114.09	186.98	256.67	21.63	183.34
	5	5	5	0.40	Carbon	HSS	1.270	0.2032	68.30	435.57	661.97	246.06	489.22	154.88	181.23	327.41	58.87	215.87
	5	5	5	0.40	Carbon (เกรด C1018)	HSS	1.270	0.1524	68.10	386.01	535.64	192.20	410.40	171.05	125.67	213.15	12.36	139.93
														$\bar{E}$	83.94	154.58	13.49	93.71
														S_E	74.55	102.75	25.89	78.74

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-9 ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 9

										Predicted				Measured	Error			
Force No.	SNRA (deg)	ECEA (deg)	SCEA (deg)	R (mm)	Work Material	Tool Material	Depth (mm)	Feed (mm/rev)	Speed (m/min)	F1 (Newton)	F2 (Newton)	F3 (Newton)	F4 (Newton)	Forces (Newton)	E F1 (Newton)	E F2 (Newton)	E F3 (Newton)	E F4 (Newton)
9	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	0.508	0.1778	102.60	280.59	230.73	90.51	324.59	90.83	208.92	154.02	-0.35	257.36
(อลูมิ	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	0.508	0.2540	98.70	323.23	297.68	117.66	398.32	118.39	179.02	151.44	-0.62	236.45
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	0.508	0.4064	96.80	391.88	919.08	166.26	526.77	156.05	151.12	488.97	6.54	237.56
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	0.762	0.1778	97.50	353.48	329.80	112.83	406.55	108.39	226.12	204.27	4.10	275.08
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	0.762	0.2540	95.70	408.80	430.72	146.68	502.00	139.19	193.70	209.45	5.38	260.66
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	0.762	0.4064	101.70	503.48	1120.07	207.26	680.59	196.91	155.69	468.82	5.26	245.64
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	1.016	0.1778	101.50	430.54	428.35	131.94	497.44	140.46	206.52	204.96	-6.07	254.15
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	1.016	0.2540	54.80	442.87	563.25	171.52	510.47	164.74	168.83	241.90	4.12	209.86
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	1.016	0.4064	54.00	537.44	1320.53	242.36	676.08	219.16	145.23	502.54	10.53	384.90
					(เกรด C1018)	(Carbide P25 8 Edges)								$\bar{E}$	267.27	287.21	-0.81	327.43
														$S_{\bar{E}}$	43.93	153.63	6.03	42.43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-10 ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 10

										Predicted				Measured	Error			
Force No.	SNRA (deg)	ECEA (deg)	SCEA (deg)	R (mm)	Work Material	Tool Material	Depth (mm)	Feed (mm/rev)	Speed (m/min)	F1 (Newton)	F2 (Newton)	F3 (Newton)	F4 (Newton)	Forces (Newton)	E F1 (Newton)	E F2 (Newton)	E F3 (Newton)	E F4 (Newton)
10	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	0.508	0.0762	103.80	197.37	140.61	88.44	194.70	89.88	119.59	56.44	-1.60	116.62
(อลูมิ)	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	0.508	0.1270	106.10	245.39	185.76	126.87	267.35	130.63	87.85	42.20	-2.88	104.66
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	0.508	0.1778	103.10	280.96	230.73	158.22	325.08	149.75	87.55	54.08	5.66	117.08
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	0.762	0.0762	103.70	251.09	194.39	105.43	247.66	107.92	132.66	80.12	-2.31	129.48
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	0.762	0.1270	103.70	310.84	262.18	149.95	337.77	148.27	109.64	76.83	1.13	127.81
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	0.762	0.1778	102.30	356.82	329.80	188.11	412.64	174.65	104.31	88.83	7.71	136.27
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	1.016	0.0762	99.50	300.98	247.65	117.54	295.48	114.07	163.86	117.10	3.04	159.03
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	1.016	0.1270	98.10	371.50	338.09	166.26	401.23	155.50	138.95	117.42	6.92	158.03
	6	10	0	0.80	Carbon	Carbide	1.016	0.1778	98.10	427.67	428.35	209.67	492.22	182.54	134.29	134.66	14.86	169.65
					(เกรด	(Carbide												
					C1018)	CM3								$\bar{E}$	119.86	85.30	9.61	135.40
						8 Edges)								$S_{\bar{E}}$	25.22	32.12	5.80	22.28

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-11 ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 11

										Predicted				Measured	Error			
Force No.	SNRA (deg)	ECEA (deg)	SCEA (deg)	R (mm)	Work Material	Tool Material	Depth (mm)	Feed (mm/rev)	Speed (m/min)	F1 (Newton)	F2 (Newton)	F3 (Newton)	F4 (Newton)	Forces (Newton)	E F1 (Newton)	E F2 (Newton)	E F3 (Newton)	E F4 (Newton)
11	6	10	0	0.80	Molybdenum	Carbide	1.270	0.0762	122.30	420.90	250.40	146.12	423.00	152.26	176.44	64.46	-4.03	177.81
(ลูกที่)	6	10	0	0.80	Molybdenum	Carbide	1.270	0.2032	117.90	629.62	557.78	238.38	758.92	232.21	171.14	140.20	2.66	226.82
	6	10	0	0.80	Molybdenum	Carbide	1.270	0.3302	113.50	765.52	1341.36	303.73	1007.34	304.75	151.20	340.15	-0.33	230.55
	6	10	0	0.80	Molybdenum	Carbide	1.524	0.0762	127.50	486.78	297.03	148.91	491.53	166.45	192.45	78.45	-10.54	195.30
	6	10	0	0.80	Molybdenum	Carbide	1.524	0.2032	118.80	723.32	666.04	242.94	872.61	242.71	198.02	174.42	0.09	259.53
	6	10	0	0.80	Molybdenum	Carbide	1.524	0.3302	114.40	879.49	1511.25	309.54	1158.35	310.75	168.02	386.32	-0.39	272.76
	6	10	0	0.80	Molybdenum	Carbide	1.778	0.0762	127.50	549.20	343.65	151.32	554.56	159.43	244.48	115.55	-5.09	247.64
	6	10	0	0.80	Molybdenum	Carbide	1.778	0.2032	121.00	819.02	774.30	246.87	990.13	244.25	235.32	217.01	1.07	305.38
	6	10	0	0.80	Molybdenum	Carbide	1.778	0.3302	105.60	976.83	1681.14	314.55	1274.91	318.27	206.92	428.21	-1.17	300.57
						(Carbide CM3 8 Edges)								$\bar{E}$	195.44	216.09	-1.97	246.28
														S_E	30.01	136.43	4.00	43.64

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-12 ความผิดพลาดในการพยากรณ์แรงกรณีที่ 12

										Predicted				Measured	Error			
Force No.	SNRA (deg)	ECEA (deg)	SCEA (deg)	R (mm)	Work Material	Tool Material	Depth (mm)	Feed (mm/rev)	Speed (m/min)	F1 (Newton)	F2 (Newton)	F3 (Newton)	F4 (Newton)	Forces (Newton)	E F1 (Newton)	E F2 (Newton)	E F3 (Newton)	E F4 (Newton)
12	10	25	15	0.50	Carbon	Carbide	0.762	0.0762	52.80	181.20	171.80	75.13	171.18	62.25	191.08	175.98	20.69	174.99
(อลูมิน)	10	25	15	0.50	Carbon	Carbide	0.762	0.1270	61.40	231.06	236.45	141.11	244.63	177.65	30.06	33.10	-20.57	37.70
	10	25	15	0.50	Carbon	Carbide	0.762	0.1778	60.00	264.74	300.92	199.13	297.98	210.99	25.48	42.58	-5.62	41.23
	10	25	15	0.50	Carbon	Carbide	1.016	0.0762	62.80	233.99	222.73	102.68	225.44	92.32	153.46	141.26	11.22	144.19
	10	25	15	0.50	Carbon	Carbide	1.016	0.1270	62.10	289.03	309.01	175.61	306.41	196.10	47.39	57.58	-10.45	56.25
	10	25	15	0.50	Carbon	Carbide	1.016	0.1778	61.80	332.35	395.00	250.43	375.34	232.63	42.87	69.80	7.65	61.35
	10	25	15	0.50	Carbon	Carbide	1.270	0.0762	64.90	282.32	273.67	123.37	273.03	160.49	75.91	70.52	-23.13	70.12
	10	25	15	0.50	Carbon	Carbide	1.270	0.1270	71.30	356.00	381.56	224.22	383.38	252.10	41.21	51.35	-11.06	52.07
	10	25	15	0.50	Carbon	Carbide	1.270	0.1778	63.30	400.31	489.19	299.34	453.31	277.94	44.03	76.01	7.70	63.10
					(เกรด C1018)	(Carbide CM3 2 Edges)								$\bar{E}$	72.39	79.80	-2.62	77.89
														S_E	59.09	47.56	15.13	48.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-13 แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์เวลาในการกลึงชิ้นงาน
หนึ่งชิ้นเมื่อกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีด HSS
(ความลึกในการตัด 1.27 มม.)

ลำดับที่	ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนใบมีด (มม./รอบ)	ความยาวชิ้นงาน (เมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน (มม.)	ค่าเวลาจากการพยากรณ์(Tt) (นาที)	ค่าเวลาจากการทดลอง (นาที)			ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ (%)		
						ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด
1	30.47	0.127	0.1	19.05	1.84	1.958	1.864	1.770	-6.03	-1.29	3.95
2	31.58	0.254	0.3	19.05	2.61	2.763	2.651	2.538	-5.54	-1.55	2.84
3	29.53	0.381	0.2	38.10	2.48	2.517	2.446	2.374	-1.47	1.39	4.47
4	39.74	0.127	0.6	38.10	14.79	15.157	14.942	14.727	-2.42	-1.02	0.43
5	39.86	0.254	0.3	44.45	4.58	4.730	4.548	4.366	-3.17	0.70	4.90
6	41.51	0.381	0.3	50.80	3.53	3.624	3.509	3.393	-2.59	0.60	4.04
7	50.58	0.127	0.1	76.20	4.10	4.254	4.106	3.957	-3.62	-0.15	3.61
8	48.95	0.254	0.2	76.20	4.38	4.709	4.517	4.325	-6.99	-3.03	1.27
9	50.00	0.381	0.3	76.20	4.54	4.760	4.532	4.303	-4.62	0.18	5.51
								ค่าเฉลี่ย	-4.05	0.46	3.45
								ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.85	1.38	1.67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-14 แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์เวลาในการกลึงชิ้นงาน
หนึ่งชิ้นเมื่อกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีดคาร์ไบด์ P25 (8 คม)
(ความลึกในการตัด 1.27 มม.)

ลำดับที่	ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนใบมีด (มม./รอบ)	ความยาวชิ้นงาน (เมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน (มม.)	ค่าเวลาจากการพยากรณ์(Tt) (นาที)	ค่าเวลาจากการทดลอง (นาที)			ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ (%)		
						ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด
1	100.45	0.127	0.1	19.05	0.77	0.878	0.784	0.689	-12.30	-1.79	11.76
2	96.16	0.254	0.3	19.05	1.10	1.238	1.131	1.023	-11.15	-2.74	7.53
3	90.33	0.381	0.2	38.10	1.04	1.077	1.008	0.938	-3.44	3.17	10.87
4	120.25	0.127	0.6	38.10	5.24	5.496	5.308	5.120	-4.66	-1.28	2.34
5	115.42	0.254	0.3	44.45	1.84	1.976	1.803	1.630	-6.88	2.05	12.88
6	110.05	0.381	0.3	50.80	1.57	1.677	1.573	1.469	-6.38	-0.19	6.88
7	145.19	0.127	0.1	76.20	1.65	1.827	1.678	1.529	-9.69	-1.67	7.91
8	135.32	0.254	0.2	76.20	1.84	1.885	1.769	1.652	-2.39	4.01	11.38
9	119.28	0.381	0.3	76.20	2.10	2.264	2.099	1.933	-7.24	0.05	8.64
								ค่าเฉลี่ย	-7.13	0.18	8.91
								ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.40	2.38	3.24

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-15 แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์เวลาในการกลึงชิ้นงาน
หนึ่งชิ้นเมื่อกลึงเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยใบมีด HSS
(ความลึกในการตัด 1.27 มม.)

ลำดับที่	ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนใบมีด (มม./รอบ)	ความยาวชิ้นงาน (เมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน (มม.)	ค่าเวลาจากการพยากรณ์(Tt) (นาที)	ค่าเวลาจากการทดลอง (นาที)			ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ (%)		
						ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด
1	41.27	0.127	0.1	19.05	1.44	1.549	1.455	1.360	-7.04	-1.03	5.88
2	40.61	0.254	0.3	19.05	2.11	2.242	2.134	2.025	-5.89	-1.12	4.20
3	39.40	0.381	0.2	38.10	1.97	1.989	1.915	1.841	-0.96	2.87	7.01
4	43.89	0.127	0.6	38.10	13.40	13.649	13.467	13.285	-1.82	-0.50	0.87
5	50.50	0.254	0.3	44.45	3.75	4.076	3.850	3.623	-8.00	-2.60	3.51
6	49.60	0.381	0.3	50.80	3.16	3.313	3.159	3.004	-4.62	0.03	5.19
7	60.86	0.127	0.1	76.20	3.45	3.618	3.471	3.324	-4.64	-0.61	3.79
8	58.51	0.254	0.2	76.20	3.84	3.710	3.663	3.616	3.50	4.83	6.19
9	56.49	0.381	0.3	76.20	4.50	5.468	5.005	4.541	-17.70	-10.09	-0.90
							ค่าเฉลี่ย		-5.24	-0.91	3.97
							ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน		5.85	4.12	2.57

ตารางที่ ค-16 แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อายุใบมีดของโปรแกรม
เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของ อ.ชอุ่ม
(เหล็กกล้า Mild Steel และใบมีด HSS)

ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด(มม./รอบ)	ความลึกในการตัด(มม.)	อายุใบมีดจริง(นาที)	อายุใบมีดจากโปรแกรม(นาที)	ความผิดพลาด(%)
26.93	0.38	1340.61	28	28.39	1.39
32.52	"	562.10	"	28.36	1.28
40.50	"	204.37	"	28.35	1.25
49.87	"	78.23	"	28.38	1.36
60.84	"	31.27	"	28.39	1.39
75.81	"	11.35	"	28.34	1.21
93.76	"	4.26	"	28.38	1.36
113.71	"	1.75	"	28.35	1.25
140.64	"	0.66	"	28.48	1.71
173.56	"	0.25	"	28.15	0.54
209.46	"	0.10	"	28.65	2.32
26.93	0.36	1638.30	"	26.33	-5.96
32.52	"	687.02	"	26.30	-6.07
40.50	"	249.68	"	26.31	-6.04
49.87	"	95.50	"	26.37	-5.82
60.84	"	38.10	"	26.47	-5.46
75.81	"	13.87	"	26.29	-6.11
93.76	"	5.21	"	26.25	-6.25
173.56	"	0.30	"	26.95	-3.75
209.46	"	0.13	"	26.61	-4.96

ตารางที่ ค-16 (ต่อ)

ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด(มม./รอบ)	ความลึกในการตัด(มม.)	อายุใบมีดจริง(นาที)	อายุใบมีดจากโปรแกรม(นาที)	ความผิดพลาด(%)
49.87	0.33	118.62	"	28.07	0.25
60.84	"	47.50	"	27.99	-0.04
75.81	"	17.20	"	28.06	0.21
93.76	"	6.45	"	28.11	0.39
113.71	"	2.64	"	28.29	1.04
140.64	"	0.99	"	28.33	1.18
173.56	"	0.38	"	27.60	-1.43
209.46	"	0.16	"	27.63	-1.32
259.34	"	0.06	"	27.43	-2.04
49.87	0.30	149.61	"	30.35	8.39
60.84	"	59.69	"	30.45	8.75
75.81	"	21.69	"	30.34	8.36
93.76	"	8.13	"	30.43	8.68
113.71	"	3.35	"	30.26	8.07
140.64	"	1.24	"	30.99	10.68
173.56	"	0.47	"	31.00	10.71
209.46	"	0.20	"	30.34	8.36
32.52	0.28	1384.55	"	27.68	-1.14
40.50	"	503.43	"	27.67	-1.18
49.87	"	192.53	"	27.74	-0.93
60.84	"	76.96	"	27.75	-0.89
75.81	"	27.94	"	27.69	-1.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-16 (ต่อ)

ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด(มม./รอบ)	ความลึกในการตัด(มม.)	อายุใบมีดจริง(นาที)	อายุใบมีดจากโปรแกรม(นาที)	ความผิดพลาด(%)
93.76	"	10.49	"	27.68	-1.14
113.71	"	4.06	"	30.64	9.43
140.64	"	1.63	"	27.30	-2.5
173.56	"	0.61	"	27.93	-0.25
209.46	"	0.25	"	28.38	1.36
259.34	"	0.10	"	27.30	-2.5
319.19	"	0.04	"	26.35	-5.89
40.50	0.25	663.96	"	30.31	8.25
49.87	"	254.00	"	30.37	8.46
60.84	"	101.60	"	30.34	8.36
75.81	"	36.83	"	30.36	8.43
93.76	"	13.83	"	30.34	8.36
113.71	"	5.69	"	30.26	8.07
140.64	"	2.13	"	30.39	8.54
173.56	"	0.81	"	30.23	7.96
209.46	"	0.34	"	30.29	8.18
259.34	"	0.13	"	30.70	9.64
319.19	"	0.05	"	28.98	3.50
40.50	0.23	901.70	"	27.13	-3.11
49.87	"	345.16	"	27.16	-3.0
60.84	"	137.92	"	27.19	-2.89
75.81	"	50.04	"	27.16	-3.0

ตารางที่ ค-16 (ต่อ)

ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด(มม./รอบ)	ความลึกในการตัด(มม.)	อายุใบมีดจริง(นาที)	อายุใบมีดจากโปรแกรม(นาที)	ความผิดพลาด(%)
93.76	"	18.79	"	27.14	-3.07
113.71	"	7.72	"	27.14	-3.07
140.64	"	2.90	"	27.09	-3.25
173.56	"	1.09	"	27.50	-1.79
209.46	"	0.46	"	27.30	-2.5
259.34	"	0.17	"	26.97	-3.68
49.87	0.20	486.16	"	30.33	8.32
60.84	"	194.31	"	30.34	8.36
75.81	"	70.61	"	30.23	7.96
93.76	"	26.42	"	30.40	8.57
113.71	"	10.92	"	30.08	7.43
140.64	"	4.06	"	30.52	9.0
173.56	"	1.52	"	31.11	11.11
209.46	"	0.66	"	29.52	5.43
259.34	"	0.24	"	30.92	10.43
49.87	0.18	711.96	"	26.62	-4.93
60.84	"	286.51	"	26.31	-6.04
75.81	"	103.89	"	26.32	-6.00
93.76	"	39.12	"	26.17	-6.54
113.71	"	16.00	"	26.37	-5.82
140.64	"	6.02	"	26.25	-6.25
173.56	"	2.28	"	26.30	-6.07

ตารางที่ ค-16 (ต่อ)

ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด(มม./รอบ)	ความลึกในการตัด(มม.)	อายุใบมีดจริง(นาที)	อายุใบมีดจากโปรแกรม(นาที)	ความผิดพลาด(%)
209.46	"	0.96	"	26.21	-6.39
259.34	"	0.36	"	26.03	-7.04
319.19	"	0.14	"	26.42	-5.64
60.84	0.15	448.31	"	30.34	8.36
75.81	"	162.56	"	30.34	8.36
93.76	"	60.96	"	30.39	8.54
113.71	"	25.07	"	30.34	8.36
140.34	"	9.40	"	30.91	10.39
173.56	"	3.56	"	30.44	8.71
209.46	"	1.50	"	30.30	8.21
259.34	"	0.56	"	30.32	8.29
319.19	"	0.22	"	29.12	4.00
75.81	0.127	276.25	"	27.99	-0.04
93.76	"	103.63	"	28.01	0.04
113.71	"	42.60	"	27.99	-0.04
173.43	"	6.10	"	27.88	-0.43
209.46	"	2.54	"	28.12	0.43
259.34	"	0.94	"	28.57	2.04
319.19	"	0.36	"	28.68	2.43

$\bar{E}$ = 1.71

S_E = 5.63

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-17 แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อายุใบมีดของโปรแกรม
เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของ N.H.Cook
(Low Alloy Steel และใบมีด Tungsten Carbide)

ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด(มม./รอบ)	ความลึกในการตัด(มม.)	อายุใบมีดจริง(นาที)	อายุใบมีดจากโปรแกรม(นาที)	ความผิดพลาด(%)
201.17	-	-	5.5	7.76	41.09
202.08	-	-	6.0	7.69	28.17
203.30	-	-	7.5	7.60	1.33
164.13	-	-	9.9	11.40	15.15
163.37	-	-	11.0	11.50	4.55
164.59	-	-	11.5	11.34	-1.39
167.64	-	-	12.0	10.95	-8.75
170.69	-	-	12.5	10.59	-15.28
166.12	-	-	13.4	11.14	-16.87
167.64	-	-	14.3	10.95	-23.43
168.55	-	-	15.8	10.84	-31.39
132.83	-	-	14.2	17.01	19.79
134.11	-		14.3	16.71	17.26
101.50	-		23.7	28.30	19.16
124.97	-		23.5	19.09	-18.77
132.83	-		23.8	17.01	-28.53

$\bar{E}$ = 0.13

$S_{\bar{E}}$ = 21.74

ตารางที่ ค-18 แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อายุใบมีดของโปรแกรม เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลของ G.G. Lorenz (Free-Machining Steel และใบมีด HSS,TI)

ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด(มม./รอบ)	ความลึกในการตัด(มม.)	อายุใบมีดจริง(นาที)	อายุใบมีดจากโปรแกรม(นาที)	ความผิดพลาด(%)
76.20	-	-	29.32	13.68	-53.34
76.20	-	-	9.87	13.68	38.60
76.20	-	-	11.90	13.68	14.96
85.34	-	-	3.50	4.39	25.43
85.34	-	-	5.76	4.39	-23.78
85.34	-	-	4.90	4.39	-10.41
96.012	-	-	1.09	1.34	22.94
96.012	-	-	3.11	1.34	-56.91
96.012	-	-	0.74	1.34	81.08

$\bar{E}$ = 4.29

$S_{\bar{E}}$ = 44.80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-19 แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อายุใบมีดของโปรแกรม เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการทดลองในโครงงานนี้

(Carbon Steel C1018 และใบมีด HSS)

ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด(มม./รอบ)	ความลึกในการตัด(มม.)	อายุใบมีดจริง(นาที)	อายุใบมีดจากโปรแกรม(นาที)	ความผิดพลาด(%)
41.27	0.127	1.27	92.22	108.79	104.72
40.61	0.254	"	50.43	22.39	-55.60
39.40	0.381	"	11.54	7.35	-36.31
43.89	0.127	"	108.08	127.13	17.63
50.50	0.254	"	2.24	5.52	1.46
49.60	0.381	"	1.75	1.68	-4.00
60.86	0.127	"	36.82	15.56	-57.74
58.51	0.254	"	2.46	2.14	-13.01
56.49	0.381	"	0.43	0.73	69.77

$\bar{E}$ = 2.99

$S_{\bar{E}}$ = 54.77

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-20 แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อายุใบมีดของโปรแกรม
เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการทดลองในโครงงานนี้
(Molybdenum Steel 4140 และใบมีด HSS)

ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด(มม./รอบ)	ความลึกในการตัด(มม.)	อายุใบมีดจริง(นาที)	อายุใบมีดจากโปรแกรม(นาที)	ความผิดพลาด(%)
30.47	0.127	1.27	178.24	117.36	-34.16
31.68	0.254	"	15.68	29.41	87.56
29.53	0.381	"	27.75	19.26	-30.59
39.74	0.127	"	15.08	36.57	142.51
39.86	0.254	"	12.71	10.58	-16.76
41.51	0.381	"	6.62	4.32	-34.74
50.58	0.127	"	32.19	12.68	-60.61
48.95	0.254	"	1.91	4.29	124.61
50.00	0.381	"	2.08	1.91	-8.17

$\bar{E}$ = 18.85

$S_{\bar{E}}$ = 77.17

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-21 แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อายุใบมีดของโปรแกรม เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการทดลองในโครงงานนี้ (Molybdenum Steel 4140 และใบมีด Carbide เกรด P25,8 คม)

ความเร็วตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด(มม./รอบ)	ความลึกในการตัด(มม.)	อายุใบมีดจริง(นาที)	อายุใบมีดจากโปรแกรม(นาที)	ความผิดพลาด(%)
100.45	0.127	1.27	100.47	84.75	-15.65
96.16	0.254	"	77.60	45.73	-41.07
90.33	0.381	"	32.85	38.89	18.39
120.25	0.127	"	20.05	32.25	60.85
115.42	0.254	"	16.44	17.16	4.38
110.05	0.381	"	8.03	13.47	67.75
145.19	0.127	"	10.65	11.72	10.05
135.32	0.254	"	13.33	7.30	-45.24
119.28	0.381	"	8.25	8.74	5.94

$\bar{E}$ = 7.27

$S_{\bar{E}}$ = 39.19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-22 แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อัตราการผลิต
เมื่อกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีด HSS
(ความลึกในการตัด 1.27 มม.)

ลำดับที่	ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนใบมีด (มม./รอบ)	ความยาวชิ้นงาน (เมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน (มม.)	ค่าพยากรณ์อัตราการผลิต (ชิ้น/นาที)	ค่าอัตราการผลิตจริง (ชิ้น/นาที)			ค่าผิดพลาดของการพยากรณ์ (%)		
						ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	จากค่าสูงสุด	จากค่าเฉลี่ย	จากค่าต่ำสุด
1	30.47	0.127	0.1	19.05	1/1.84	0.511	0.536	0.565	-3.89	1.31	6.26
2	31.58	0.254	0.3	19.05	1/2.61	0.362	0.377	0.394	-2.79	1.59	5.80
3	29.53	0.381	0.2	38.10	1/2.48	0.397	0.409	0.421	-4.27	-1.47	1.51
4	39.74	0.127	0.6	38.10	1/14.79	0.066	0.067	0.068	0.0	1.49	3.03
5	39.86	0.254	0.3	44.45	1/4.58	0.211	0.220	0.229	-4.80	-0.91	3.32
6	41.51	0.381	0.3	50.80	1/3.53	0.276	0.285	0.295	-4.07	-0.70	2.54
7	50.58	0.127	0.1	76.20	1/4.10	0.235	0.244	0.253	-3.56	0.0	3.83
8	48.95	0.254	0.2	76.20	1/4.38	0.212	0.221	0.231	-1.30	3.17	7.55
9	50.00	0.381	0.3	76.20	1/4.54	0.210	0.221	0.232	-5.17	-0.45	4.76
								ค่าเฉลี่ย	-3.32	0.45	4.29
								ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.69	1.52	1.95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-23 แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อัตราการผลิต
เมื่อกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีดคาร์ไบด์ P25
(8 คม) (ความลึกในการตัด 1.27 มม.)

ลำดับที่	ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนใบมีด (มม./รอบ)	ความยาวชิ้นงาน (เมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน (มม.)	ค่าพยากรณ์อัตราการผลิต (ชิ้น/นาที)	ค่าอัตราการผลิตจริง (ชิ้น/นาที)			ค่าผิดพลาดของการพยากรณ์ (%)		
						ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	จากค่าสูงสุด	จากค่าเฉลี่ย	จากค่าต่ำสุด
1	100.45	0.127	0.1	19.05	1/0.77	1.139	1.275	1.451	-10.47	1.88	14.05
2	96.16	0.254	0.3	19.05	1/1.10	0.808	0.884	0.978	-7.05	2.83	12.50
3	90.33	0.381	0.2	38.10	1/1.04	0.929	0.992	1.066	-9.76	-3.02	3.55
4	120.25	0.127	0.6	38.10	1/5.24	0.182	0.188	0.195	-2.05	1.59	4.95
5	115.42	0.254	0.3	44.45	1/1.84	0.506	0.555	0.613	-11.42	-2.16	7.31
6	110.05	0.381	0.3	50.80	1/1.57	0.596	0.636	0.681	-0.06	0.16	6.88
7	145.19	0.127	0.1	76.20	1/1.65	0.547	0.596	0.654	-7.34	1.68	10.77
8	135.32	0.254	0.2	76.20	1/1.84	0.531	0.565	0.605	-10.25	-3.89	2.26
9	119.28	0.381	0.3	76.20	1/2.10	0.442	0.476	0.517	-7.93	0.0	7.69
								ค่าเฉลี่ย	-7.37	-0.10	7.77
								ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.91	2.39	4.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-24 แสดงค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์อัตราการผลิต
เมื่อกลึงเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยใบมีด HSS
(ความลึกในการตัด 1.27 มม.)

ลำดับที่	ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนใบมีด (มม./รอบ)	ความยาวชิ้นงาน (เมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางชิ้นงาน (มม.)	ค่าพยากรณ์อัตราการผลิต (ชิ้น/นาที)	ค่าอัตราการผลิตจริง (ชิ้น/นาที)			ค่าผิดพลาดของการพยากรณ์ (%)		
						ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	จากค่าสูงสุด	จากค่าเฉลี่ย	จากค่าต่ำสุด
1	41.27	0.127	0.1	19.05	1/1.44	0.645	0.689	0.735	-5.58	1.02	7.60
2	40.61	0.254	0.3	19.05	1/2.11	0.446	0.469	0.494	-4.05	1.07	6.28
3	39.40	0.381	0.2	38.10	1/1.97	0.503	0.522	0.543	-6.44	-2.68	0.99
4	43.89	0.127	0.6	38.10	1/13.40	0.073	0.074	0.075	0.0	1.35	2.74
5	50.50	0.254	0.3	44.45	1/3.75	0.245	0.260	0.276	-3.26	2.69	8.98
6	49.60	0.381	0.3	50.80	1/3.16	0.302	0.317	0.333	-5.11	-0.31	4.64
7	60.86	0.127	0.1	76.20	1/3.45	0.276	0.288	0.301	-3.65	0.69	5.07
8	58.51	0.254	0.2	76.20	1/3.84	0.269	0.273	0.276	-5.80	-4.76	-3.34
9	56.49	0.381	0.3	76.20	1/4.50	0.183	0.201	0.220	0.91	10.45	21.31
					ค่าเฉลี่ย				-3.66	1.06	6.03
					ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน				2.57	4.19	6.82

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

แสดงค่าใช้จ่ายในโครงงาน

1). <u>การปรับปรุงเครื่องกลึง</u>

โดยการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เข้ากับเครื่องกลึงแทนมอเตอร์เก่า เพื่อประโยชน์ในการปรับความเร็วรอบของแกนหมุนชิ้นงาน (Spindle Speed) ได้ตามต้องการ ซึ่งราคาของมอเตอร์และอุปกรณ์ในการติดตั้งแสดง ได้ดังนี้

- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 3 แรงม้า 1 ตัว	15,000 บาท
- อุปกรณ์ในการติดตั้ง ประกอบด้วย	
แมคเนติค คอนแทคเตอร์ 3 แรงม้า	770.00 บาท
ปุ่มกดเปิด-ปิด(เขียว-แดง)(2 ตัว)	300.00 บาท
ไฟแสดงสัญญาณ(เขียว-แดง)(2 หลอด)	150.00 บาท
โอเวอร์โหลด RVH 22	780.00 บาท
ฟิวส์กระเบื้อง 2 แอมป์	75.00 บาท
สายไฟ VCT 4x1.5 มม^2.(3 เมตร)	93.00 บาท
สายไฟ VCT 3x1.5 มม^2.(12 เมตร)	150.00 บาท
กล่องเหล็ก 14"x18"x6"	710.00 บาท
ทิชิโน(Ticino) 380V 3 Phase	380.00 บาท
สาย THW 1 มม. 750 V (4 เมตร)	11.20 บาท
รวมค่าใช้จ่ายการปรับปรุงเครื่องกลึง	18,419.20 บาท

2) <u>โลหะชิ้นงาน</u>

เหล็กกล้าโมลิบดินัม 504.9 กก.ๆ ละ 30.5 บาท	15,536.70 บาท
เหล็กกล้าคาร์บอน 200 กก.ๆ ละ 11.25 บาท	2,250.00 บาท

ค่าทดสอบส่วนผสมของเหล็กกล้าคาร์บอน	550.00 บาท
รวมค่าใช้จ่ายโลหะชิ้นงาน	18,336.70 บาท

3) **มีดกลึง**

มีดกลึง HSS ขนาด 0.5"x0.5"6 อัน ๆ ละ 80 บาท	480.00 บาท
ด้ามมีดเล็บ 1.78025 R300 1 อัน	2,140.00 บาท
มีดเล็บ 1.81501 R122 CM3 12 อัน	8,220.00 บาท
มีดเล็บ 1.81501 R122 P25 12 อัน	7,680.00 บาท
ด้ามมีดเล็บ 1.17125 R330 1 อัน	2,685.00 บาท
มีดเล็บ 1.21503 R172 CM3 1 อัน	5,760.00 บาท
รวมค่าใช้จ่ายมีดกลึง	26,965.00 บาท
รวมค่าใช้จ่ายโครงงานทั้งสิ้น	63,720.90 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

ผู้เขียนเกิดเมื่อวันที่ 7 ตุลาคม 2506 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2528

ปัจจุบันรับราชการที่ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในตำแหน่งอาจารย์ ระดับ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย