บทที่ 4

การทดลอง

การทดลองในโครงงานวิจัยนี้ มีสามส่วนใหญ่ ๆ คือ การทดลองหาเวลาถอดเปลี่ยนชิ้นงานและใบมีด การทดลองหาค่าแรงในการตัดโลหะ และการทดลองหาอายุใบมีดตัดโลหะ ซึ่งการทดลองเหล่านี้จัดทำขึ้นเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อวิเคราะห์หาค่าตัวแปรในการตัดคือ ความเร็วในการตัด อัตราการป้อนมีด ความลึกในการตัด ที่เหมาะสมที่สุด

4.1 การทดลองหาเวลาในการเปลี่ยนชิ้นงานและใบมีด

การทดลองมีสามส่วนคือ การทดลองเพื่อหาเวลามาตรฐานในการถอดเปลี่ยนชิ้นงานบนแท่นกลึง การทดลองเพื่อหาเวลามาตรฐานในการถอดเปลี่ยนใบมีดกลึง HSS และการทดลองเพื่อหาเวลามาตรฐานในการถอดเปลี่ยนคมมีดคาร์ไบด์

4.1.1 การทดลองหาเวลามาตรฐานของการใส่และถอดชิ้นงานบนแท่นกลึง

เป็นการทดลองเพื่อหาเวลามาตรฐานในการใส่และถอดชิ้นงานบนแท่นกลึง โดยใช้ตัวอย่างชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าคาร์บอน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความยาวต่าง ๆ กันดังนี้คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.75 นิ้ว 1 นิ้ว 1.5 นิ้ว 1.75 นิ้ว 2 นิ้วและ 3 นิ้ว ขนาดความยาว 10 ซม. 20 ซม. 30 ซม. และ 60 ซม. ทั้งนี้ ผลที่ได้จากการทดลองจะนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาในการถอดและใส่ชิ้นงาน กับ เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน และความยาวของชิ้นงาน โดยนำโปรแกรม SPSS PC+ มาใช้ในการวิเคราะห์

4.1.1.1) วัตถุประสงค์การทดลอง

1. หาเวลามาตรฐานของการถอดและใส่ชิ้นงานแต่ละขนาดบนแท่นกลึง

2. หาความสัมพันธ์ระหว่างเวลามาตรฐานกับตัวแปรต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อเวลา

4.1.1.2) วัสดุอุปกรณ์การทดลอง

1. เหล็กกล้าคาร์บอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.75, 1.00, 1.50, 1.75, 2.00 และ 3.00 นิ้ว ที่ขนาดความยาว 10, 20, 30 และ 60 เซนติเมตร
2. อุปกรณ์ขันหัวจับ (CHUCK DRIVER)
3. หัวยันศูนย์ (SPINDLE) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.00 นิ้ว
4. โต๊ะพักชิ้นงานขนาด 2 X 2 X 3 ฟุต
5. เครื่องกลึง COLCHESTER LATHE
6. นาฬิกาจับเวลา

4.1.1.3) วิธีการทดลอง

1. เคลื่อนย้ายชิ้นงานตัวอย่างจากโต๊ะพักชิ้นงานมาที่หัวจับชิ้นงาน ซึ่งมีระยะทางประมาณ 1 เมตร
2. ขันหัวจับชิ้นงาน (CHUCK) ให้แน่นด้วยอุปกรณ์ขันหัวจับ
3. ยันศูนย์ชิ้นงาน
4. จับเวลาครั้งที่ 1
5. เปิดสวิทช์เครื่องกลึง
6. ป้อนมีดจากปลายชิ้นงานบริเวณยันศูนย์ท้ายแท่น(TAIL STOCK) จนปลายคมมีดสัมผัสชิ้นงาน
7. ถอนปลายคมมีดออกจากผิวชิ้นงาน แล้วเลื่อนป้อมมีดไปให้สุดยันศูนย์ท้ายแท่น (TAIL STOCK)
8. ปิดสวิทช์เครื่องกลึงและเบรคหัวจับให้สนิท
9. จับเวลาครั้งที่ 2

10. คลายหัวจับชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ขันหัวจับ
11. ถอดยันศูนย์ชิ้นงาน
12. ถอดชิ้นงานออกจากหัวจับ นำไปวางบนโต๊ะพักงาน (ระยะทางประมาณ 1 เมตร)
13. จับเวลาครั้งที่ 3

โดยที่ วิธีการทดลองที่ 1-3 จัดเป็นงานที่ 1
วิธีการทดลองที่ 5-8 จัดเป็นงานที่ 2
วิธีการทดลองที่ 10-12 จัดเป็นงานที่ 3

ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่การทดลองที่ 1 ถึงการทดลองที่ 13 เป็นจำนวน 20 ครั้งแล้ว จึงนำค่าเวลาที่จับได้ของแต่ละงานมาคำนวณหาจำนวนข้อมูลที่เหมาะสม โดยคำนวณจากสมการที่ (4-1) ถ้าจำนวนข้อมูลที่เหมาะสมจากผลการคำนวณของงานใดงานหนึ่งมากกว่า 20 ข้อมูล จะต้องทำการทดลองเพิ่มเติมจนได้ข้อมูลครบตามต้องการ แล้วนำข้อมูลใหม่ทั้งหมดมาคำนวณโดยใช้สูตรเดิมอีกครั้ง จนกระทั่งจำนวนข้อมูลจากผลการคำนวน (n) มีค่าไม่มากกว่าจำนวนข้อมูลที่มีอยู่ (n')

4.1.1.4) <u>การคำนวณหาจำนวนข้อมูลที่เหมาะสม</u>

โดยอาศัยหลักการทางสถิติ[22] คำนวณหาจำนวนข้อมูลที่เหมาะสมที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้สูตร

$$n = \{[40\sqrt{(n'\Sigma x^2-(\Sigma x)^2)}]/\Sigma x\}^2 \quad \text{.....(4-1)}$$

เมื่อ n = ขนาดตัวอย่างที่จะหา
n' = จำนวนที่ทดลองจับเวลาก่อน
Σ = ผลรวมแต่ละค่า
x = ค่าที่อ่านได้ (เวลาในแต่ละวัฏจักร)

4.1.1.5) ผลการทดลองหาเวลาใส่และถอดชิ้นงานเข้ากับแท่นกลึง

เนื่องจากวิธีการทดลองแบ่งเป็น 3 งาน ดังนั้นการบันทึกผลการทดลองจึงมี 3 ค่าต่อการทดลองหนึ่งครั้ง (ดังที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 4.1.1.3) โดยที่เวลาของงานที่ 1 และงานที่ 3 คือเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนชิ้นงานที่แท่นกลึง ส่วนงานที่ 2 จะเป็นส่วนหนึ่งของเวลาที่ใช้ในการกลึงชิ้นงาน (Machine Time) และค่าของผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ ข-1 ในภาคผนวก ข

4.1.2 สมการของเวลามาตรฐานในการใส่และถอดชิ้นงานบนเครื่องกลึง

จากการศึกษาลักษณะของการใส่และถอดชิ้นงานบนเครื่องกลึง พบว่าปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อเวลามีดังต่อไปนี้

1. เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (Diameter,D) เนื่องจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใหญ่ขึ้น อาจจะทำให้การสอดใส่ชิ้นงานเข้าในหัวจับ(Chuck) หรือการถอดชิ้นงานออกจากหัวจับ(Chuck) ยุ่งยากยิ่งขึ้น

2. ความยาวของชิ้นงาน (Length,L) เนื่องจากชิ้นงานที่มีความยาวมากอาจจะทำให้เกะกะในการติดตั้งและถอดชิ้นงานออกจากหัวจับ (Chuck) นอกจากนี้ยังต้องยันศูนย์ชิ้นงานอีกด้วย

3. น้ำหนักของชิ้นงาน (Weight,Wt) ซึ่งคำนวณได้จากสูตรที่ 4-2 ดังนี้

$$Wt = \rho \pi (D^2/4) L \qquad \text{.....(4-2)}$$

เมื่อ Wt : น้ำหนักของชิ้นงาน

ρ : ความหนาแน่นของโลหะชิ้นงาน

D : เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน

L : ความยาวของชิ้นงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องจาก ρ และ π เป็นค่าคงที่ ดังนั้นจะพบว่า ค่าน้ำหนักของชิ้นงานจะแปรผันตามค่าความยาว และค่าเส้นผ่าศูนย์กลางยกกำลังสอง แต่อย่างไรก็ตาม น้ำหนักชิ้นงานที่เพิ่มมากขึ้นน่าจะทำให้การใส่และถอดชิ้นงานออกจากหัวจับ(Chuck) เป็นไปอย่างยากลำบากยิ่งขึ้น

จากเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยได้เสนอสมการการถดถอย (Regression Line) เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติคือ

$$T_1 = A_0 + A_1D + A_2L + A_3LD^2 \quad \text{.....(4-3)}$$

$$T_2 = B_0 + B_1D + B_2L + B_3LD^2 \quad \text{.....(4-4)}$$

เมื่อ T_1 : เวลาในการใส่ชิ้นงานเข้ากับหัวจับของเครื่องกลึง

T_2 : เวลาในการถอดชิ้นงานออกจากหัวจับของเครื่องกลึง

A_0, B_0 : ค่าคงที่

A_1, B_1 : ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร D

A_2, B_2 : ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร L

A_3, B_3 : ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร LD^2

D : เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน

L : ความยาวของชิ้นงาน

จากการวิเคราะห์ Multiple Regression Analysis แบบ Stepwise โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS/PC+ Version 3.0 พบข้อสรุปดังต่อไปนี้

ในกรณีของการใส่ชิ้นงานได้พบว่าที่ระดับความมั่นใจ 95% (α = 0.05%) เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (D) ไม่มีอิทธิพลต่อเวลาในการใส่ชิ้นงานโดยตรง แต่น้ำหนักและความยาวของชิ้นงานจะมีอิทธิพลต่อเวลาในการใส่ชิ้นงานเข้ากับหัวจับ ดังนั้นสมการของเวลาในการติดตั้งชิ้นงานบนเครื่องกลึง (T_1) คือ

$$T_1 = 4.35146 + 2.411433 \times 10^{6} LD^2 + 6.743914 \times 10^{-3} L \quad \text{..(4-5)}$$

ในกรณีของการถอดชิ้นงานออกจากเครื่องกลึงพบว่าตัวแปรทั้งสามตัวคือ เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน ความยาวของชิ้นงาน และน้ำหนักของชิ้นงาน มีอิทธิพลต่อเวลาในการทำงานที่ระดับความมั่นใจ 90% (α=0.1%) ดังนั้นสมการของเวลาในการถอดชิ้นงานออกจากหัวจับของเครื่องกลึงคือ

$$T_2 = 5.13017+4.690985\times10^{-3}L+2.071811\times10^{-6}LD^2(-0.01227)D \quad ...(4-6)$$

4.1.3 การทดลองหาเวลามาตรฐานในการเปลี่ยนใบมีดกลึง HSS

เนื่องจากในการเปลี่ยนใบมีด HSS เพื่อเตรียมการทำงานครั้งหนึ่ง ๆ นั้น ต้องดำเนินการสองขั้นตอนคือ การยึดใบมีด HSS เข้ากับป้อมมีด (Tool Post) และการถอดใบมีดออกจากป้อมมีด ดังนั้น การทดลองหาเวลามาตรฐานจะแบ่งเป็นสองขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น

4.1.3.1) วัตถุประสงค์การทดลอง

1. ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อเวลาในการเปลี่ยนใบมีด
2. หาเวลามาตรฐานในการเปลี่ยนใบมีดหนึ่งใบ

4.1.3.2) วัสดุอุปกรณ์การทดลอง

1. ใบมีด HSS ขนาด 1/2 x 1/2 นิ้ว
2. เครื่องกลึง COLCHESTER LATHE พร้อมป้อมมีดและที่จับมีดกลึง (Tool Holder)
3. อุปกรณ์ขันเกลียวจับยึดใบมีดกลึง
4. นาฬิกาจับเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3.3) วิธีการทดลอง

- การทดลองหาเวลาในการยึดใบมีด HSS เข้ากับป้อมมีด
  1. คลายเกลียวจับยึดใบมีดที่ป้อมมีดด้วยอุปกรณ์ขันเกลียว
  2. ใส่ใบมีดเข้าไปในป้อมมีด
  3. ขันเกลียวจับยึดใบมีด
  4. จับเวลา
- การทดลองหาเวลาในการถอดใบมีด HSS ออกจากป้อมมีด
  1. คลายเกลียวจับยึดมีดกลึงที่ป้อมมีด ด้วยอุปกรณ์ขันเกลียว
  2. ถอดใบมีดออกจากป้อมมีด
  3. จับเวลา

ทำการทดลองซ้ำในหัวข้อ 4.1.3.3 เป็นจำนวน 20 ครั้ง แล้วนำข้อมูลที่ได้ (n') ไปคำนวณหาจำนวนข้อมูลที่เหมาะสม (n) โดยใช้สมการที่ 4-1 ถ้าจำนวนข้อมูลที่มีอยู่ (n') น้อยกว่าจำนวนข้อมูลที่เหมาะสม (n) จะทำการทดลองซ้ำจนได้จำนวนข้อมูลที่ต้องการ

4.1.3.4 ผลการทดลองจับเวลาในการเปลี่ยนมีดกลึง HSS

ค่าของเวลาในการทดลองเปลี่ยนมีดกลึง HSS มีสองขั้นตอนคือ การยึดมีดกลึงเข้ากับป้อมมีดและการถอดมีดกลึงออกจากป้อมมีด แสดงอยู่ในตารางที่ ข-5 ในภาคผนวก ข ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่า ค่าเวลามาตรฐานในการเปลี่ยนใบมีด HSS หนึ่งครั้งคือ 9.1 วินาที โดยข้อมูลมีความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.79 วินาที

4.1.4 การทดลองเพื่อหาเวลามาตรฐานในการเปลี่ยนคมมีดคาร์ไบด์

เนื่องจากการเตรียมมีดกลึงคาร์ไบด์เพื่อที่จะทำการกลึงหนึ่งครั้งอาจทำได้สามกรณีดังนี้ คือ

กรณีแรก มีขั้นตอนดังนี้

1. ถอดด้ามมีดมีดคาร์ไบด์ออกจากป้อมมีด
2. ถอดเล็บมีดอันเก่าซึ่งหมดคมแล้วออกจากด้ามมีด
3. ใส่เล็บมีดอันใหม่เข้ากับด้ามมีด
4. ยึดด้ามมีดเข้ากับป้อมมีด

กรณีที่สอง มีขั้นตอนดังนี้

1. ถอดเล็บมีดออกจากด้ามมีด
2. ใส่เล็บมีดเข้ากับด้ามมีด

กรณีที่สาม เพียงแต่หมุนเปลี่ยนคมมีดเท่านั้น

จากการวิเคราะห์วิธีการเตรียมมีดกลึงคาร์ไบด์ข้างต้น ผู้วิจัยจึงทำการทดลองหาเวลาในการทำงาน 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การถอดและใส่เล็บมีดคาร์ไบด์เข้ากับด้ามมีด
2. การหมุนเปลี่ยนคมของเล็บมีดคาร์ไบด์
3. การถอดและใส่ด้ามมีด เข้ากับป้อมมีดบนเครื่องกลึง

4.1.4.1) วัตถุประสงค์การทดลอง

1. ศึกษาถึงวิธีการถอดเปลี่ยนคมมีดที่ถูกต้อง
2. หาค่าเวลามาตรฐานในการถอดเปลี่ยนมีดคาร์ไบด์

4.1.4.2) วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. คมมีดคาร์ไบด์ ยี่ห้อ HERTEL รหัส 1.81501R122 เกรด P25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และ เกรด CM3

2. ด้ามมีดยี่ห้อ HERTEL รหัส 1.78025R300
3. คมมีดคาร์ไบด์ ยี่ห้อ HERTEL รหัส 1.21503R172 เกรด CM3
5. ด้ามมีดยี่ห้อ HERTEL รหัส 1.17125R330
6. เครื่องกลึงยี่ห้อ COLCHESTER LATHE ขนาด 3 แรงม้า
7. นาฬิกาจับเวลา

4.1.4.3) วิธีการทดลอง

- การถอดเปลี่ยนด้ามมีดที่ป้อมมีด มีขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้

-การยึดด้ามมีดเข้ากับป้อมมีด

1. หยิบด้ามมีดและอุปกรณ์ขันเกลียวจากบริเวณหัวแท่นของเครื่องกลึง นำไปที่ป้อมมีด (Tool Post)
2. ใส่ด้ามมีดเข้าในป้อมมีด
3. ขันสกรูจับยึดที่ป้อมมีด เพื่อจับยึดด้ามมีดให้แน่น
4. นำอุปกรณ์ขันเกลียวไปเก็บไว้ที่หัวแท่นเครื่องกลึง

-การถอดด้ามมีดออกจากป้อมมีด

1. หยิบอุปกรณ์ขันเกลียวจากหัวแท่นของเครื่องกลึง มาคลายสกรูจับยึดด้ามมีดที่ป้อมมีด
2. ถอดด้ามมีดออกจากป้อมมีด (Tool Post)
3. นำด้ามมีดและอุปกรณ์ขันเกลียวไปวางไว้ที่หัวแท่นของเครื่องกลึง

- การถอดและใส่เล็บมีดคาร์ไบด์เข้ากับด้ามมีด

-การใส่เล็บมีด

1. คลายสกรูที่ด้ามมีดด้วยอุปกรณ์ขันเกลียว
2. ดึงหมุดออกจากด้ามมีด
3. ร้อยเล็บมีดเข้ากับหมุด
4. สวมหมุด(พร้อมเล็บมีด)เข้ากับด้ามมีด

5. ขันสกรูจับยึดหมุดให้แน่น

-การถอดเล็บมีด

1. หยิบอุปกรณ์ขันเกลียวจากบริเวณหัวแท่น (Head Stock) มาคลายสกรูที่ด้ามมีด
2. ดึงหมุดและเล็บมีดออกจากด้ามมีด
3. ดึงเล็บมีดออกจากหมุด
4. ใส่หมุดเข้ากับด้ามมีด
5. ขันสกรูจับยึดหมุดให้แน่น
6. เก็บอุปกรณ์ขันเกลียว

- การหมุนเปลี่ยนคมของเล็บมีดคาร์ไบด์

เนื่องจากในกรณีของเล็บมีดแปดคมนั้น เมื่อคมเก่าสึกจนหมดอายุการใช้งานแล้ว ช่างกลึงสามารถหมุนเปลี่ยนเล็บมีดให้คมใหม่ทำหน้าที่ตัดชิ้นงานแทนคมเก่าได้ โดยไม่ต้องถอดเล็บมีดทั้งอันออกจากด้ามมีด ซึ่งวิธีการหมุนเปลี่ยนคมมีด มีขั้นตอนดังนี้

1. หยิบอุปกรณ์ขันเกลียว มาคลายสกรูที่ด้ามมีด
2. ดึงหมุดพร้อมเล็บมีดออกจากด้ามมีด (พอที่จะหมุนเล็บมีดได้)
3. หมุนเล็บมีดเพื่อเปลี่ยนคม แล้วจึงใส่หมุดและเล็บมีดเข้ากับด้ามมีดเช่นเดิม
4. ขันสกรูจับยึดหมุดให้แน่น
5. เก็บอุปกรณ์ขันเกลียว

4.1.5 ผลการทดลองในการเปลี่ยนมีดกลึงคาร์ไบด์

เนื่องจากมีดกลึงคาร์ไบด์ที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีรูปร่างต่างกันสองชนิดคือ ชนิดสองคมและชนิดแปดคม ดังนั้นเวลาในการเปลี่ยนคมมีดจึงแตกต่างกันไปด้วย ซึ่งผลการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ ข-2.1 ถึง ข-2.7 ในภาคผนวก ข และสรุปได้ว่า

ค่าเวลามาตรฐานสำหรับการถอดเปลี่ยนด้ามมีดคือ 0.29 นาที (เวลาใน

การใส่ด้ามมีดและถอดด้ามมีดคือ 0.16 นาที และ 0.13 นาที ตามลำดับ)

ค่าเวลามาตรฐานสำหรับการถอดเปลี่ยนเล็บมีด 2 คม คือ 0.56 นาที (เวลาในการใส่เล็บมีดและถอดเล็บมีดคือ 0.30 นาที และ 0.26 นาที ตามลำดับ)

ค่าเวลามาตรฐานสำหรับการถอดเปลี่ยนเล็บมีด 8 คม คือ 0.54 นาที (เวลาในการใส่เล็บมีดและถอดเล็บมีดเท่ากันคือ 0.27 นาที)

4.2 การทดลองหาค่าแรงในการตัดโลหะ

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาแรงในการตัดโลหะชนิดต่าง ๆ ด้วยใบมีดต่างชนิดกันที่สภาพการตัดต่าง ๆ กัน โดยวิเคราะห์ถึงอิทธิพลของตัวแปรที่ควบคุมได้ 3 ตัวแปร คือ ความเร็วในการตัด อัตราการป้อนมีดและความลึกในการตัด ส่วนตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือจากนี้จะถูกกำหนดให้มีค่าคงที่ตลอดการทดลอง โดยการทดลองจะสับเปลี่ยนคู่วัสดุชิ้นงานกับวัสดุใบมีดจนครบจำนวน 8 คู่ ในจำนวนโลหะชิ้นงานตัวอย่างสองชนิดคือ เหล็กกล้าโมลิบดินัม เกรด 4140 และเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด C1018 กับวัสดุใบมีด 4 ชนิดคือ HSS คาร์ไบด์เกรด P25 (ชนิดเล็บมีด 8 คม และ 2 คม) และคาร์ไบด์เกรด CM3

4.2.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

1. ศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรควบคุมได้ต่อแรงในการตัดโลหะ
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงในการตัดกับตัวแปรที่ควบคุมได้ สำหรับคู่การตัดโลหะคู่หนึ่ง ๆ

4.2.2 วัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

1. เหล็กกล้าโมลิบดินัม เกรด AISI 4140
2. เหล็กกล้าคาร์บอน เกรด AISI C1018
3. ใบมีด HSS ขนาด 1/2 X 1/2 นิ้ว มีรูปร่างทางเรขาคณิต ดังนี้

   0-5-5-5-5-0-0.4

4. คมมีดคาร์ไบด์ ยี่ห้อ HERTEL รหัส 1.81501R122 เกรด P25
5. คมมีดคาร์ไบด์ ยี่ห้อ HERTEL รหัส 1.81501R122 เกรด CM3
6. ด้ามจับคมมีดคาร์ไบด์ ยี่ห้อ HERTEL รหัส 1.78025R300
7. คมมีดคาร์ไบด์ ยี่ห้อ HERTEL รหัส 1.81501R122 เกรด CM3
8. ด้ามจับคมมีดคาร์ไบด์ ยี่ห้อ HERTEL รหัส 1.17125R330
9. เครื่องกลึงยี่ห้อ COLCHESTER LATHE ขนาด 3 แรงม้า
10. อุปกรณ์วัดแรงในการตัดโลหะ

4.2.3 การเตรียมการทดลอง

1. ทำการติดตั้งไดนาโมมิเตอร์เข้ากับเครื่องกลึงแทนป้อมมีด(TOOL POST)
2. ประกอบไดนาโมมิเตอร์เข้ากับเครื่องแปลงสัญญาณ (AMPLIFIER) และเครื่องบันทึก (OSCILLOGRAPH) ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งาน
4. ติดตั้งชิ้นงานบนเครื่องกลึง และทำการยันศูนย์ชิ้นงาน
3. จับยึดด้ามมีดชนิดที่ต้องการใช้เข้ากับไดนาโมมิเตอร์ จรดปลายคมมีดที่ผิวชิ้นงานแล้วเลื่อนที่จับแคร่ (SADDLE) ไปชิดยันศูนย์ท้ายแท่น (TAILSTOCK)

4.2.4 วิธีการทดลอง

1. ทำการป้อนความลึกในการตัด และปรับอัตราการป้อนมีดตามที่กำหนดไว้
2. เปิดสวิทช์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ พร้อมทั้งปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ เพื่อให้ได้ความเร็วรอบของหัวจับชิ้นงานตามต้องการ บันทึกค่าความเร็วรอบของชิ้นงาน
3. เปิดสวิทช์เครื่องบันทึก (OSCILLOGRAPH) เพื่อให้กระดาษบันทึกข้อมูลเคลื่อนที่ แล้วจึงสับคันโยกเครื่องกลึงเพื่อป้อนมีดกลึงแบบอัตโนมัติ จากนั้นอ่านค่าความเร็วรอบของหัวจับชิ้นงานที่เครื่องวัดความเร็วรอบ ในขณะที่ใบมีดกำลังทำการตัดชิ้นงาน และบันทึกค่าความเร็วรอบของหัวจับชิ้นงานอีกครั้ง

4. เมื่อเครื่องบันทึกวาดเส้นกราฟของแรงได้ยาวพอสมควรแล้ว จึงถอนมีดกลึงออกจากชิ้นงาน ลดความเร็วรอบของมอเตอร์จนหยุดนิ่ง และกดสวิทช์ปิดเครื่องบันทึก
5. นำกระดาษกราฟที่บันทึกผลการทดลองจากเครื่องบันทึก มาวัดขนาดของการเบี่ยงเบนของเส้นกราฟ
6. ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-5 จนครบสภาวะการตัดที่กำหนดไว้สำหรับโลหะชิ้นงานและโลหะใบมีดคู่หนึ่ง
7. ทำการทดลองซ้ำข้อ 6 จนครบโลหะชิ้นงานกับโลหะใบมีดทุกคู่

4.2.5 สภาวะการตัดโลหะในการทดลอง

วัสดุชิ้นงานและวัสดุใบมีด ที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาค่าแรงในการตัดโลหะมีทั้งหมด 8 คู่โดยที่แต่ละคู่ใช้สภาวะในการตัดต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุชิ้นงานต่างชนิดกันย่อมมีความแข็งไม่เท่ากัน และวัสดุใบมีดต่างชนิดกันย่อมมีความสามารถในการตัดไม่เท่ากัน ซึ่งสภาวะการตัดในการทดลองกลึงโลหะแต่ละคู่นั้น จะกำหนดให้ใช้ ความเร็วในการตัด 3 ระดับ อัตราการป้อนมีด 3 ระดับ และความลึกในการตัด 3 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แสดงสภาวะการตัดที่ใช้ในการทดลองกลึงโลหะเพื่อหาแรงในการตัด

ชนิดของวัสดุ	ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด (นิ้ว/รอบ)	ความลึกในการตัด (นิ้ว)
เหล็กกล้าโมลิบดินัม–HSS	11,13,15	0.005 0.008 0.010	0.050 0.060 0.070

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ชนิดของวัสดุ	ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด (นิ้ว/รอบ)	ความลึกในการตัด (นิ้ว)
เหล็กกล้าโมลิบดินัม–คาร์ไบด์ P25,8คม	60,100,120	0.003 0.008 0.013	0.050 0.060 0.070
เหล็กกล้าโมลิบดินัม–คาร์ไบด์ CM3,2คม	69,120,134	0.003 0.008 0.013	0.050 0.060 0.070
เหล็กกล้าคาร์บอน–HSS	30,50,70	0.004 0.006 0.008	0.030 0.040 0.050
เหล็กกล้าคาร์บอน–คาร์ไบด์ P25,8คม	50,80,100	0.007 0.010 0.016	0.020 0.030 0.040

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

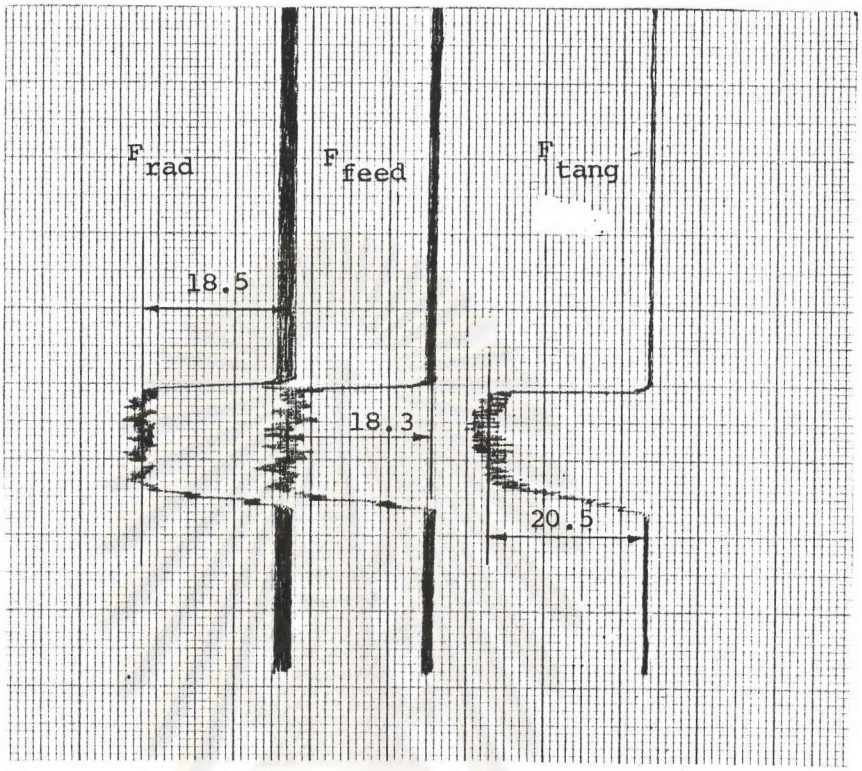
ชนิดของวัสดุ	ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด (นิ้ว/รอบ)	ความลึกในการตัด (นิ้ว)
เหล็กกล้าคาร์บอน–คาร์ไบด์ CM3,8คม	50,80,100	0.003 0.005 0.007	0.020 0.030 0.040
เหล็กกล้าโมลิบดินัม–คาร์ไบด์ CM3,8คม	60,100,120	0.003 0.008 0.013	0.050 0.060 0.070
เหล็กกล้าคาร์บอน–คาร์ไบด์ CM3,2คม	30,50,60	0.003 0.005 0.007	0.030 0.040 0.050

4.2.6 ผลการทดลองหาค่าแรงในการตัดโลหะ

จากการทดลองวัดค่าแรงที่กระทำต่อใบมีดขณะทำการตัดโลหะ ด้วยเครื่องไดนาโมมิเตอร์จะได้กราฟการเบี่ยงเบนจากเครื่องบันทึกข้อมูล (Oscillograph) จึงนำกระดาษกราฟที่ได้ไปวัดค่าการเบี่ยงเบนและเทียบหาค่าแรงในการตัดโลหะโดยใช้กราฟ Deflection-Force โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. วัดค่าความเบี่ยงเบนของเส้นกราฟ โดยวัดว่าในขณะที่คมมีดตัดเนื้อโลหะ

เส้นกราฟเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเท่าไหร่ (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) ดังตัวอย่างในรูปที่ 4-1 วัดค่าความเบี่ยงเบนได้ 18.5,18.3 และ 20.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 4-1 แสดงค่าความเบี่ยงเบนของเส้นกราฟจากเครื่องบันทึกข้อมูล

2. นำค่าความเบี่ยงเบนของเส้นกราฟที่ได้จากข้อ 1 ไปเทียบหาค่าแรงโดยใช้กราฟ Deflection-Force และตัวอย่างผลการทดลองหาค่าแรงที่แต่ละสภาวะการตัดแสดงไว้ในตารางที่ ข-3.1 ถึง ข-3.8 ในภาคผนวก ข

4.2.7 วิเคราะห์ผลการทดลอง

นำข้อมูลผลการทดลองหาค่าแรงในการตัดโลหะ ที่แสดงไว้ในตารางที่ ข-3.1 ถึง 3.8 ในภาคผนวก ข มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS/PC+ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามคือแรงในการตัด กับตัวแปรอิสระคือความเร็วในการตัด ความลึกในการตัดและอัตราการป้อนใบมีด พบว่าสมการแสดงความสัมพันธ์ของคู่โลหะต่าง ๆ เป็นดังนี้

คู่โลหะที่ 1 ระหว่างชิ้นงานเหล็กกล้าโมลิบดินัม กับ ใบมีด HSS ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Ftang = 0.48231\ v^{0.20069}\ f^{0.80316} \quad .....(4-7)$$

$$Ffeed = 5.95799\times10^{-2}\ v^{0.24420} f^{0.64744} d^{1.10308} \quad .....(4-8)$$

$$Frad = 8.13729\times10^{-2}\ f^{0.73315}\ d^{0.91619} \quad .....(4-9)$$

คู่โลหะที่ 2 ระหว่างชิ้นงานเหล็กกล้าโมลิบดินัมกับใบมีดคาร์ไบด์ เกรด P25 (8คม) ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Ftang = 0.93487\ v^{-0.17244} f^{0.54703} d^{0.34831} \quad .....(4-10)$$

$$Ffeed = 0.14525\ v^{-0.06529} f^{0.38223} d^{1.11629} \quad .....(4-11)$$

$$Frad = 0.16966\ v^{-0.14256} f^{0.63411} d^{0.81959} \quad .....(4-12)$$

คู่โลหะที่ 3 ระหว่างชิ้นงานเหล็กกล้าโมลิบดินัมกับใบมีดคาร์ไบด์ เกรด CM3 (2คม) ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Ftang = 0.15676\ v^{0.15125} f^{0.21771} d^{0.41947} \quad .....(4-13)$$

$$Ffeed = 0.95920\ f^{0.27045}\ d^{0.54498} \quad .....(4-14)$$

$$Frad = 0.13675\ v^{-0.15026} f^{0.54215} d^{0.69167} \quad .....(4-15)$$

คู่โลหะที่ 4 ระหว่างชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนกับใบมีดกลึง HSS ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Ftang = 3.88311\times10^{-2}\ v^{0.77703} f^{0.85067} d^{-0.33543} \quad ....(4-16)$$

$$Ffeed = 3.05415\times10^{-2}\ v^{0.39269} f^{0.75800} d^{0.38017} \quad ....(4-17)$$

$$Frad = 5.99404\times10^{-2}\ v^{0.07784} f^{0.83261} d^{0.40430} \quad ....(4-18)$$

คู่โลหะที่ 5 ระหว่างชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนกับใบมีดคาร์ไบด์ เกรด P25 (8คม) ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$Ftang = 0.46597\ f^{0.73558}\ d^{0.54378} \quad .....(4-19)$$

$$Ffeed = 3.14253\times10^{-2}\ v^{0.14129} f^{0.24605} d^{2.02239} \quad .....(4-20)$$

$$Frad = 6.75881\times10^{-2} f^{0.69371}\ d^{0.95899} \quad .....(4-21)$$

คู่โลหะที่ 6 ระหว่างชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนกับใบมีดคาร์ไบด์ เกรด CM3 (8คม) ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$F_{tang} = 0.11393\ v^{0.39121} f^{0.68958} d^{0.43428} \quad .....(4-22)$$

$$F_{feed} = 1.29426 \times 10^{-2}\ v^{0.46753} f^{0.43980} d^{2.11047} \quad .....(4-23)$$

$$F_{rad} = 4.24981 \times 10^{-2}\ v^{0.15526} f^{0.72379} d^{1.06019} \quad .....(4-24)$$

คู่โลหะที่7ระหว่างชิ้นงานเหล็กกล้าโมลิบดินัมกับใบมีดคาร์ไบด์ เกรด CM3 (8คม) ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$F_{tang} = 0.515027\ f^{0.49902} d^{0.10400} \quad .....(4-25)$$

$$F_{feed} = 0.11031\ f^{0.34857} d^{0.69880} \quad .....(4-26)$$

$$F_{rad} = 0.14732\ v^{-0.12341} f^{-0.64483} d^{0.81157} \quad .....(4-27)$$

คู่โลหะที่ 8 ระหว่างชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอนกับใบมีดคาร์ไบด์ เกรด CM3 (2คม) ได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$F_{tang} = 0.14332\ v^{0.57776} f^{1.06320} d^{0.73739} \quad .....(4-28)$$

$$F_{feed} = 2.12912 \times 10^{-2}\ v^{0.62755} f^{0.92141} d^{1.50448} \quad .....(4-29)$$

$$F_{rad} = 7.41276 \times 10^{-2}\ v^{0.07974} f^{0.86597} d^{1.09591} \quad .....(4-30)$$

4.3 การทดลองหาอายุใบมีดตัดโลหะ

เป็นการทดลองเพื่อหาอายุการใช้งานของใบมีดตัด ที่สภาวะการตัดต่าง ๆ กัน โดยตัวแปรในการทดลองคือ ชนิดของโลหะชิ้นงาน ชนิดของโลหะใบมีด ความลึกในการตัด อัตราการป้อนมีด และความเร็วในการตัด

4.3.1 วัสดุอุปกรณ์การทดลอง

1. เหล็กกล้าโมลิบดินัม เกรด AISI 4140
2. เหล็กกล้าคาร์บอน เกรด AISI C1018

3. ใบมีด HSS ขนาด 1/2 X 1/2 นิ้ว มีรูปร่างทางเรขาคณิต ดังนี้
   0-5-5-5-5-0-0.4
4. ใบมีดคาร์ไบด์ ยี่ห้อ HERTEL รหัส 1.81501R122 เกรด P25 (8 คม)
5. ใบมีดคาร์ไบด์ ยี่ห้อ HERTEL รหัส 1.81501R122 เกรด CM3
6. เครื่องกลึงยี่ห้อ COLCHESTER LATHE ขนาด 3 แรงม้า
7. อุปกรณ์วัดรอยสึกใบมีด (Measuring Microscope)
8. เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer)
9. นาฬิกาจับเวลา

4.3.2 วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งชิ้นงานบนเครื่องกลึง
2. คำนวณหาความเร็วรอบของชิ้นงาน เพื่อให้ได้ความเร็วตัด (Cutting Speed) ตามที่กำหนดไว้
3. ตั้งอัตราการป้อนมีด (Feed) และความลึกในการตัด (Depth of Cut) ของใบมีดกลึงตามที่กำหนดไว้
4. เปิดสวิทช์มอเตอร์ ปรับความเร็วรอบของชิ้นงาน (Spindle Speed) ให้ได้ตามที่กำหนดไว้
5. ป้อนใบมีดให้ตัดเนื้อชิ้นงาน พร้อมกับเริ่มจับเวลา
6. วัดความเร็วรอบของชิ้นงาน (Spindle Speed) ขณะใบมีดตัดเนื้อโลหะ
7. เมื่อใบมีดตัดเนื้อโลหะได้พอสมควรจึงถอนใบมีดออกจากชิ้นงานและบันทึกค่าเวลา
8. วัดรอยสึกของใบมีดและบันทึกค่ารอยสึก
9. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 2-8 จนกระทั่งใบมีดหัก

4.3.3 สภาวะการตัดโลหะ

เนื่องจากการทดลองเพื่อหาอายุใบมีดกลึง ต้องสิ้นเปลืองเนื้อโลหะซึ่งเป็นวัสดุ

ชิ้นงานเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังสูญเสียใบมีดตัด (Cutting Tool) และเวลาในการทดลองที่สภาวะการตัดหนึ่ง ๆ มากพอสมควรดังนั้นในการทดลองส่วนนี้ผู้วิจัยจึงกำหนดค่าความลึกในการตัด (Depth of Cut) เพียงค่าเดียว และใช้วัสดุชิ้นงานกับวัสดุใบมีดเพียง 3 คู่โลหะ ดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 แสดงสภาวะการตัดที่ใช้ในการทดลองกลึงโลหะเพื่อหาอายุใบมีด

ชนิดของวัสดุ	ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)	อัตราการป้อนมีด (นิ้ว/รอบ)	ความลึกในการตัด (นิ้ว)
เหล็กกล้าโมลิบดินัม–HSS	30,40,50	0.005 0.010 0.015	0.050
เหล็กกล้าโมลิบดินัม–คาร์ไบด์ P25,8คม	100,120,140	0.005 0.010 0.015	0.050
เหล็กกล้าคาร์บอน–HSS	40,50,60	0.005 0.010 0.015	0.050

4.3.4 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลองหาอายุใบมีดตัดโลหะ

จากการทดลองกลึงโลหะโดยใช้วัสดุชิ้นงานและวัสดุใบมีด 3 คู่โลหะ ได้ผล

การทดลองตามลำดับ ดังนี้

4.3.4.1 <u>การทดลองกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีด HSS</u>

ผลการทดลองหาอายุใบมีดที่แต่ละสภาวะการตัด แสดงอยู่ในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แสดงผลการทดลองหาอายุใบมีด HSS เมื่อใช้กลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมที่สภาวะการตัดต่าง ๆ

ลำดับที่	อัตราการป้อนมีด (นิ้วต่อรอบ)	ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)	อายุใบมีด (นาที)
1	0.005	30.47	178.24
2	0.010	31.58	15.68
3	0.015	29.53	27.75
4	0.005	39.74	15.08
5	0.010	39.86	12.71
6	0.015	41.51	6.62
7	0.005	50.58	32.19
8	0.010	48.95	1.91
9	0.015	50.00	2.08

4.3.4.2 <u>การทดลองกลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมด้วยใบมีดคาร์ไบด์เกรด P25 (8 คม)</u>

ผลการทดลองหาอายุใบมีดที่แต่ละสภาวะการตัด แสดงอยู่ใน

ตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 แสดงผลการทดลองหาอายุใบมีดคาร์ไบด์ เกรด P25 เมื่อใช้กลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมที่สภาวะการตัดต่าง ๆ

ลำดับที่	อัตราการป้อนมีด (นิ้วต่อรอบ)	ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)	อายุใบมีด (นาที)
1	0.005	100.45	100.47
2	0.010	96.16	77.60
3	0.015	90.33	32.85
4	0.005	120.25	20.05
5	0.010	115.42	16.44
6	0.015	110.05	8.03
7	0.005	145.19	10.65
8	0.010	135.32	13.33
9	0.015	119.28	8.25

4.3.4.3 <u>การทดลองกลึงเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยใบมีด HSS</u>

ผลการทดลองหาอายุใบมีดที่แต่ละสภาวะการตัด แสดงอยู่ใน ตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 แสดงผลการทดลองหาอายุใบมีด HSS เมื่อใช้กลึงเหล็กกล้าคาร์บอนที่สภาวะการตัดต่าง ๆ

ลำดับที่	อัตราการป้อนมีด (นิ้วต่อรอบ)	ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)	อายุใบมีด (นาที)
1	0.005	41.27	92.22
2	0.010	40.61	50.43
3	0.015	39.40	11.54
4	0.005	43.89	108.08
5	0.010	50.50	2.24
6	0.015	49.60	1.75
7	0.005	60.86	36.82
8	0.010	58.51	2.46
9	0.015	56.49	0.43

จากข้อมูลในตารางที่ (4-3)-(4-5) นำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามคือ อายุใบมีด กับตัวแปรอิสระคือ อัตราการป้อนมีด และความเร็วในการตัด (ความลึกในการตัดคงที่ คือ 0.05 นิ้ว) โดยใช้โปรแกรม SPSS/PC+ ได้ความสัมพันธ์ตามลำดับ ดังนี้

สมการอายุใบมีด HSS เมื่อใช้กลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมโดยใช้ความลึกในการตัด 0.05 นิ้ว คือ

$$T = 9.93413 \times 10^{6}\ v^{-4.38989}\ f^{-1.77017} \qquad \text{.....(4-31)}$$

สมการอายุใบมีดคาร์ไบด์ เกรด P25 (8 คม) เมื่อใช้กลึงเหล็กกล้าโมลิบดินัมโดยใช้ความลึกในการตัด 0.05 นิ้ว คือ

$$T = 3.77624 \times 10^{11} \; v^{-5.30350} \; f^{-1.33003} \qquad \text{.....(4-32)}$$

สมการอายุใบมีด HSS เมื่อใช้กลึงเหล็กกล้าคาร์บอน โดยใช้ความลึกในการตัด 0.05 นิ้ว คือ

$$T = 5.83324 \times 10^{9} \; v^{-5.42496} \; f^{-2.22526} \qquad \text{.....(4-33)}$$

โดยที่ T คือ อายุใบมีด (นาที)

v คือ ความเร็วในการตัด (เมตร/นาที)

f คือ อัตราการป้อนมีด (มิลลิเมตร/รอบ)

ในบทนี้ ได้นำเสนอวิธีการทดลอง และผลการทดลองตลอดจนข้อสรุปต่าง ๆ รวมทั้งสมการของแรงและสมการของอายุใบมีดที่ได้จากผลการทดลอง ซึ่งสมการเหล่านี้จะได้นำเอาไปใช้ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ส่วนโครงสร้างของโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะนำมาเสนอในบทที่ 5 ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย