บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาถึงสภาวะการตัดที่เหมาะสมในการกลึงไม้ยางพาราด้วยใบมีดเซรามิก โดยใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีเครื่องมือสนับสนุนงานวิจัย สำหรับวัสดุชิ้นงานและใบมีดได้เลือกชนิดที่มีขายในท้องตลาดและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.1 ชิ้นงานและใบมีดตัด

3.1.1 ชิ้นงานไม้ยางพารา เป็นไม้ยางพาราชนิดอัดประสานหน้ากว้าง 76.2 มม. ยาว 970 มม. หนา 76.2 มม. มีความชื้นในเนื้อไม้ระหว่าง 11 – 13 % เนื่องจากเป็นไม้ยางพาราชนิดที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ (ดูภาพประกอบที่ 3.1, 3.2)

ภาพประกอบที่ 3.1 แสดงไม้ยางพาราแบบต่อประสาน

ภาพประกอบที่ 3.2 แสดงชิ้นงานไม้ยางพาราที่ผ่านการกลึง

3.1.2 ใบมีดตัดที่ใช้ในการทดลอง เป็นใบมีดเซรามิกแบบ Mixed ceramic(CM) Al_2O_3 -TiC รหัส TPGN 16 03 04 T01020 ใบมีดที่ใช้ในการทดลองมี มุมคมตัดหลัก 30 ° มุมคมตัดรอง 30 ° มุมเงย (Rake angle) เมื่อนำมาประกอบกับด้ามมีดเท่ากับ 6 ° และรัศมีมุมมีด (r_ε) 0.4 mm. (ดูภาพประกอบที่ 3.3)

ภาพประกอบที่ 3.3 แสดงเม็ดมีดเซรามิก

3.1.3 ด้ามมีด SANDVIK Coromant รหัส CTTPR2525M16 (ดูภาพประกอบที่ 3.4)

ภาพประกอบที่ 3.4 แสดงด้ามมีด SANDVIK

3.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องกลึง Mashstroy Troyan รุ่น Super C490 ปรับความเร็วรอบได้ต่อเนื่อง 10 – 3000 rpm. มอเตอร์ขนาด 5.5 kw. (ดูภาพประกอบที่ 3.5)

ภาพประกอบที่ 3. 5 แสดงเครื่องกลึงที่ใช้ทดลอง Mashstroy Troyan

3.2.2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน SEM. (Scanning electron microscopy) **รุ่น JSM – 5800LV** ใช้ในการส่องดูเม็ดมีดเซรามิก ก่อนการกลึงและหลังการกลึงเพื่อเปรียบเทียบดูการสึกหรอของใบมีด (ดูภาพประกอบที่ 3.6)

ภาพประกอบที่ 3.6 แสดงกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน SEM.

3.2.3 เครื่องวัดความขรุขระพื้นผิว (Surface roughness) Mitutoyo รุ่น SJ-301 เป็นเครื่องวัดความขรุขระชนิดเข็มลากผ่านผิวสำเร็จของชิ้นงาน ใช้วัดความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพาราที่ผ่านการกลึง (ดูภาพประกอบที่ 3.7)

ภาพประกอบที่ 3.7 แสดงเครื่องวัดความขรุขระพื้นผิว Mitutoyo

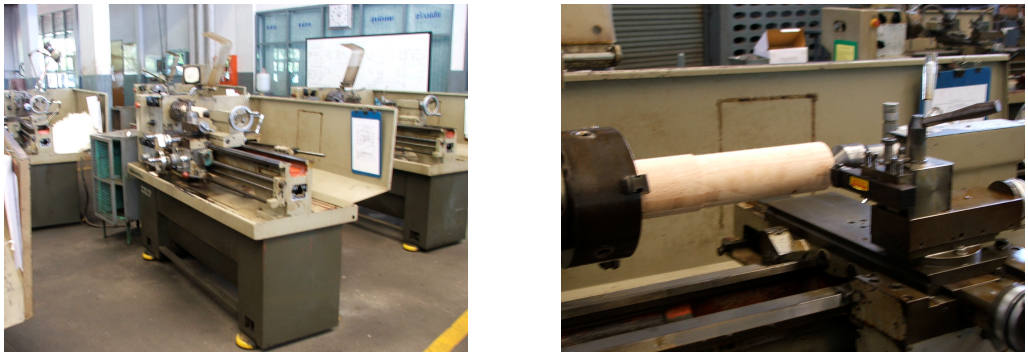
3.2.4 เครื่องวัดความชื้น ยี่ห้อ Testo รุ่น Testo 606 วัดความชื้นได้ตั้งแต่ 6-44 % ใช้วัดความชื้นของไม้ยางพาราที่ผ่านการอบมาแล้วว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (ดูภาพประกอบที่ 3.8)

ภาพประกอบที่ 3.8 แสดงเครื่องวัดความชื้น Testo

3.2.5 ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) Mitutoyo OM – 75 วัดขนาดในช่วง 50-75 mm. ใช้วัดขนาดของไม้ยางพาราที่ผ่านการกลึง (ดูภาพประกอบที่ 3.9)

ภาพประกอบที่ 3.9 แสดงไมโครมิเตอร์ Mitutoyo

3.2.6 เครื่องกลึง Harrison รุ่น M 350 มอเตอร์ 2.2 kw. 3 hp. สามารถปรับความเร็วรอบในช่วง 40-2500 rpm. เป็นเครื่องกลึงธรรมดาแบบควบคุมด้วยมือ (ดูภาพประกอบที่ 3.10)



ภาพประกอบที่ 3.10 แสดงเครื่องกลึง Harrison M350

3.3 วิธีการทดลอง

ในการศึกษาเพื่อหาสภาวะการตัดที่เหมาะสมในการกลึงไม้ยางพารา เพื่อผลิตเป็นชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยในขั้นตอนแรกจะทำการศึกษาตัวแปรที่คาดว่าจะมีผลต่อความขรุขระพื้นผิวในการกลึงไม้ยางพารา ขั้นตอนที่สองจะเป็นการทดลองปรับตัวแปรเพื่อหาค่าความขรุขระพื้นผิวและความคลาดเคลื่อนขนาด นอกจากนั้นยังทำการศึกษาดูว่าจากสภาวะการตัดที่กำหนดคมมีดมีการสึกหรอหรือไม่ และในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการทดลองเพื่อยืนยันผล (ดูภาพประกอบที่ 3.11)

3.3.1 การทดลองตอนที่ 1

ศึกษาทดลองปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อความขรุขระพื้นผิวและความคลาดเคลื่อนขนาดเป็นการศึกษาเบื้องต้น เพื่อหาตัวแปรที่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวและความคลาดเคลื่อนขนาดของไม้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการกลึงด้วยใบมีดเซรามิก

การออกแบบการทดลอง 2^3 Completely randomized factorial design โดยกำหนดตัวแปรที่ทำการทดลอง 3 ตัวแปร คือ ค่าความเร็วตัด (Cutting speed) อัตราป้อนชิ้นงาน (feed) และความลึกในการตัด (depth of cut) ซึ่งแต่ละตัวแปรกำหนดให้มี 2 ระดับ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงการกำหนดค่าตัวแปรสำหรับการทดลองเบื้องต้น

	High	Low
Cutting speed (m/min)	300	150
Feed (mm/rev)	0.4	0.1
Depth of cut (mm)	1.0	0.5

จากการออกแบบ 2^3 ได้สภาวะการทดลอง 8 สภาวะการตัด กำหนดลำดับของสภาวะโดยวิธีการสุ่มแบบธรรมดา เพื่อลดความแปรปรวนของตัวแปรบางตัว ในแต่ละการทดลองมีการทำซ้ำ 3 ครั้ง นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab Release 14

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเชิงเส้น กับความเร็วรอบ สามารถคำนวณได้ ดังสมการ (3-1)

$$V = (\pi dn)/1000 \qquad (3\text{-}1)$$

โดยที่ V คือ ความเร็วเชิงเส้น(m/min)

π คือ ค่าคงที่ = 3.1416

n คือความเร็วรอบของชิ้นงาน (rpm)

d คือเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (mm)

ภาพประกอบที่ 3.11 แสดงลักษณะการกลึงชิ้นงาน

3.3.2 **การทดลองตอนที่ 2 การทดลองปรับตัวแปรครั้งที่ 1**

จากการทดลองเบื้องต้นได้ปรับเปลี่ยนค่าต่างๆของตัวแปรที่มีผล และนอกจากนี้ยังได้มีการปรับค่าตัวแปรบางตัวคงที่

การออกแบบการทดลอง General factorial design ในการทดลองครั้งนี้ได้กำหนดค่าคงที่ของ ความลึกในการตัดไว้ที่ 1 mm. อัตราป้อนมีด 3 ระดับ และความเร็วตัด 3 ระดับ เนื่องจากการทดลองเบื้องต้นพบว่า (ดูตารางที่ 4.2 หน้า 62) ความลึกไม่มีผลต่อค่าความขรุขระพื้นผิวจึงได้ปรับคงที่ความลึกในการตัดและพบว่าอัตราป้อนมีผลต่อค่าความขรุขระพื้นผิวจึงได้ปรับลดค่าลงมา และยังพบว่าผลของ ความเร็วตัดมีผลต่อความขรุขระพื้นผิวด้วยโดยมีแนวโน้มว่า ที่ความเร็วรอบสูงทำให้ค่าความขรุขระพื้นผิวต่ำด้วย ดังนั้นจึงได้ปรับเพิ่มความเร็วตัด ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงการกำหนดค่าตัวแปรสำหรับการทดลองตอนที่ 2 ครั้งที่ 1

	Level 1	Level 2	Level 3
Cutting speed (m/min)	300	400	500
Feed (mm/rev)	0.08	0.10	0.12
Depth of cut (mm)	1	1	1

การหาค่าจำนวนทำซ้ำ (Replicate) จากการทดลองเบื้องต้นนำค่าที่ได้มาหาจำนวนการทำซ้ำด้วยโปรแกรม Minitab Release 14 (ดูภาพประกอบที่ 3.12)

```
Power and Sample Size

Plackett-Burman Design

Alpha = 0.05  Assumed standard deviation = 0.526

Factors:            2   Design: 9
Center pts (total): 0

Center                  Total
Points  Effect  Reps    Runs    Power
     0       1     4      36  1.00000
     0       1     5      45  1.00000
     0       1     6      54  1.00000
```

ภาพประกอบที่ 3.12 การหาค่า Sample size (n) การทดลองตอนที่ 2 ครั้งที่ 1

3.3.3 การทดลองตอนที่ 2 การทดลองปรับตัวแปรครั้งที่ 2

ในการทดลองนี้ได้ปรับเปลี่ยนมาใช้เครื่องกลึง Harrison M350 แต่เนื่องจากเครื่องกลึงไม่สามารถปรับความเร็วรอบแบบต่อเนื่องได้ ดังนั้นในการทดลองจึงได้มีการกลึงไม้ให้ได้ขนาดเท่ากันทุกชิ้นคือ 68 mm. และการทดลองครั้งนี้ได้ปรับอัตราป้อนเพิ่มขึ้นเพื่อครอบคลุมค่าที่ใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์

การออกแบบการทดลอง Completely randomized block factorial design ในการทดลองครั้งนี้ได้ปรับค่าคงที่ของ ความลึกในการตัดไว้ที่ 1 mm. อัตราป้อนมีด 3 ระดับ และความเร็วตัด 3 ระดับ

ตารางที่ 3.3 แสดงการกำหนดค่าตัวแปรสำหรับการทดลองตอนที่ 2 ครั้งที่ 2

	Level 1	Level 2	Level 3
Cutting speed (m/min)	256	363	534
Feed (mm/rev)	0.6	0.8	1.0
Depth of cut (mm)	1	1	1

การหาค่าจำนวนทำซ้ำ (Replicate) จากการทดลองเบื้องต้นนำค่าที่ได้มาหาจำนวนการทำซ้ำด้วยโปรแกรม Minitab Release 14 (ดูภาพประกอบที่ 3.13)

```
Power and Sample Size

Plackett-Burman Design

Alpha = 0.05  Assumed standard deviation = 0.526

Factors:            2   Design: 9
Center pts (total): 0

Center                  Total
Points  Effect  Reps    Runs     Power
     0       1     4      36  1.00000
     0       1     5      45  1.00000
     0       1     6      54  1.00000
```

ภาพประกอบที่ 3.13 การหา Sample size (n) การทดลองตอนที่ 2 ครั้งที่ 2

3.3.4 การทดลองตอนที่ 3 การทดลองเพื่อยืนยัน

ขั้นตอนนี้เป็นการทดลองเพื่อยืนยันว่า ผลการทดลองให้ผลที่สอดคล้องกัน โดยเป็นการนำสมการเชิงเส้นที่ได้จากการทดลองตอนที่ 2 แล้วนำมาพยากรณ์สภาวะการตัดที่สุ่มเลือกเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง ดังตารางที่ 3.4

การออกแบบการทดลอง ได้ทำการสุ่มสภาวะการตัดที่อยู่ในขอบเขตที่สมการเชิงเส้นตรงสามารถพยากรณ์ได้ โดยสุ่มเลือกมา 6 สภาวะการตัดและแต่ละสภาวะทำการทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ไม่เกิน 10%

ตารางที่ 3.4 แสดงการสุ่มเลือกสภาวะการตัด

No.	speed	feed	depth	R_a cal.	R_a	Dim. error cal.	Dim. error
1	320	0.11	1	2.34		0.22	
2	430	0.1	1	2.40		0.20	
3	475	0.09	1	2.46		0.16	
4	270	1	1	4.97		0.37	
5	365	0.6	1	3.77		0.26	
6	420	0.9	1	4.53		0.22	

cal. = ค่าที่ได้จากการคำนวณ

3.3.5 **การออกแบบวิธีการวัด** (Design of measurement method)

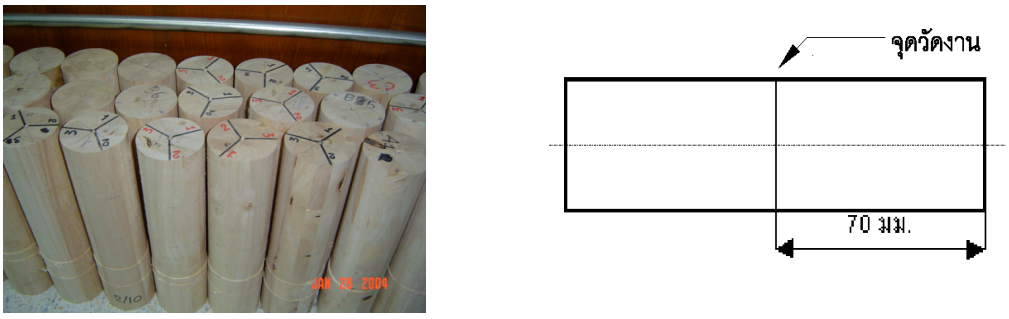
ในการทดลองนั้นจะทำการกลึงปอกชิ้นงาน เป็นระยะทาง 200 mm. และกำหนดจุดวัดที่ระยะกลึง 70 mm. โดยแบ่งไม้ออกเป็น 3 จุดแต่ละจุดห่างกัน 120 องศา (ดูภาพประกอบที่ 3.14)

การวัดค่าความขรุขระพื้นผิว จะวัดตามเสี้ยนไม้ด้วยเครื่องวัดความขรุขระ Mitotuyo SJ-301 โดยในแต่ละชิ้นจะทำการวัด 3 ครั้งเพื่อมาหาค่าเฉลี่ย โดยค่าที่วัดได้จะมี 3 ค่าคือ R_a, R_q และ R_t แต่ในการนำมาประมวลผลใช้ค่า R_a เพราะเป็นค่าที่ใช้กันอย่างกว้างขวางทางอุตสาหกรรม

ภาพประกอบที่ 3.14 แสดงการวัดค่าความขรุขระพื้นผิว

การวัดค่าความคลาดเคลื่อนขนาด จะใช้ไมโครมิเตอร์วัดที่ระยะกลึง 70 mm. โดยทำการวัดขนาดก่อนกลึงและหลังกลึง ที่จุดเดียวกัน และทำการวัด 3 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย (ดูภาพประกอบที่ 3.15) โดยที่ ความคลาดเคลื่อนขนาด = ขนาดที่คาดว่าจะเป็น – ขนาดจริงจากการทดลอง

Dimensional error = Dimension expected – Dimension True



ภาพประกอบที่ 3.15 แสดงการกำหนดจุดวัดชิ้นงาน