

บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลและการวิเคราะห์ผลตอนที่ 1

ใช้สถิติในการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลแบบแผนการทดลอง และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ “Statgraphics Plus for Windows Version4” ช่วยในการคำนวณ ค่าทางสถิติและทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง Factorial Design แบบ 2^3 โดยค่าทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ F-ratio และค่าระดับความเชื่อมั่น 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ 5% กำหนดค่ามุมงยไบมีดตัด (A) มี 2 ระดับ คือ 60 และ 40 องศา อัตราการป้อนชิ้นงาน (B) มี 2 ระดับคือ 14 และ 8 ม./นาที ความลึกในการตัด (C) มี 2 ระดับคือ 2.5 และ 1.5 มม. ผลตอบสนองเป็นค่าความขรุขระพื้นผิวไม้ โดยจะหาค่าอิทธิพลหลัก (Main Effect) ของตัวแปรแต่ละตัว ค่าอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ระหว่างตัวแปร ดังต่อไปนี้

4.1.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง วัดค่า R_a ในแนวขวางเส้นไม้

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดลองตอนที่ 1 วัดค่า R_a ในแนวขวางเส้นไม้

A	B	C	Treatment	Replicate						Total
				1	2	3	4	5	6	
-	-	-	(1)	4.21	3.87	4.20	3.54	3.93	3.52	23.27
+	-	-	a	2.87	3.10	2.98	3.01	2.84	3.04	17.84
-	+	-	b	6.16	6.24	6.25	6.26	5.91	6.01	36.83
+	+	-	ab	5.18	5.78	5.15	5.59	5.50	5.89	33.09
-	-	+	c	3.97	3.99	4.49	4.10	4.20	4.62	25.37
+	-	+	ac	3.85	3.98	4.01	3.93	3.52	3.50	22.79
-	+	+	bc	6.54	6.59	6.31	6.48	6.54	6.30	38.76
+	+	+	abc	5.79	5.69	5.80	6.09	6.10	5.72	35.19

$$y_{\dots} = 233.14$$

ตารางที่ 4.2 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Statgraphics Plus for Windows (Version 4)

Analysis of Variance for Roughness					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
A: Rake angle	4.88963	1	4.88963	100.26	. 0
B: Feed	62.1075	1	62.1075	1273.50	. 0
C: Depth	2.55763	1	2.55763	52.44	. 0
AB	.0102083	1	.0102083	.21	.6498
AC	.190008	1	.190008	3.90	.553
BC	.190008	1	.190008	3.90	.553
ABC	.149633	1	.149633	3.07	.875
Total error	1.95077	40	.0487692		

Total (corr.)	72.0454	47			
R-squared = 95.2923 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 94.8185 percent					
The StatAdvisor					

The Effect model สำหรับ Three – Factor factorial คือ

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, c \\ l = 1, 2, \dots, n \end{array} \right.$$

โดยที่

- τ_i : Treatment Effect ของค่า Rake Angle
- β_j : Treatment Effect ของค่า Feed
- γ_k : Treatment Effect ของค่า Depth
- $(\tau\beta)_{ij}$: Treatment Effect ของค่า Interaction ระหว่าง Rake Angle และค่า Feed
- $(\tau\gamma)_{ik}$: Treatment Effect ของค่า Interaction ระหว่าง Rake Angle และ Depth
- $(\beta\gamma)_{jk}$: Treatment Effect ของค่า Interaction ระหว่าง Feed และค่า Depth
- $(\tau\beta\gamma)_{ijk}$: Treatment Effect ของค่า Interaction ระหว่าง Rake Angle, Feed, และค่า Depth

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบ

1. $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$
 $H_1 : \text{At least one } \tau_i \neq 0$
2. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = 0$
 $H_1 : \text{At least one } \beta_j \neq 0$
3. $H_0 : \gamma_1 = \gamma_2 = 0$
 $H_1 : \text{At least one } \gamma_k \neq 0$
4. $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ ทุกค่าของ i, j
 $H_1 : \text{At least one } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$
5. $H_0 : (\tau\eta)_{ik} = 0$ ทุกค่าของ i, k
 $H_1 : \text{At least one } (\tau\eta)_{ik} \neq 0$
6. $H_0 : (\beta\eta)_{jk} = 0$ ทุกค่าของ j, k
 $H_1 : \text{At least one } (\beta\eta)_{jk} \neq 0$
7. $H_0 : (\tau\beta\eta)_{ijk} = 0$ ทุกค่าของ i, j, k
 $H_1 : \text{At least one } (\tau\beta\eta)_{ijk} \neq 0$

ผลจากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.2 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ซึ่งค่า F_{α, v_1, v_2} จากตาราง F - ratio ที่ $\alpha = 0.05$ จะได้ค่า $F_{0.05, 1, 40} = 4.08$ มีเกณฑ์การตัดสินใจคือถ้าค่า F - ratio มีค่ามากกว่า F_{α, v_1, v_2} จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่ยางพารา

ค่า Rake Angle

จากตารางที่ 4.2 ค่า F - ratio เท่ากับ 100.26 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05, 1, 40} = 4.08$ และค่า P-value มีค่าน้อยมากซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ของสมมติฐานที่ 1 สรุปได้ว่าค่า Rake Angle มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่ยางพารา

ค่า Feed

จากตารางที่ 4.2 ค่า F – ratio เท่ากับ 1273.50 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05,1,40} = 4.08$ และค่า P-value มีค่าน้อยมากซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ของสมมติฐานที่ 2 สรุปได้ว่าค่า Feed มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่อย่างพารา

ค่า Depth

จากตารางที่ 4.2 ค่า F – ratio เท่ากับ 52.44 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05,1,40} = 4.08$ และค่า P-value มีค่าน้อยมากซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ของสมมติฐานที่ 3 สรุปได้ว่าค่า Depth มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่อย่างพารา

ค่า Interaction ระหว่าง Rake Angle กับค่า Feed

จากตารางที่ 4.2 ค่า F – ratio เท่ากับ 0.21 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $F_{0.05,1,40} = 4.08$ และค่า P-value มีค่ามากกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 ของสมมติฐานที่ 4 สรุปได้ว่าค่า Interaction ระหว่างค่า Rake Angle กับค่า Feed ไม่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่อย่างพารา

ค่า Interaction ระหว่าง Rake Angle กับค่า Depth

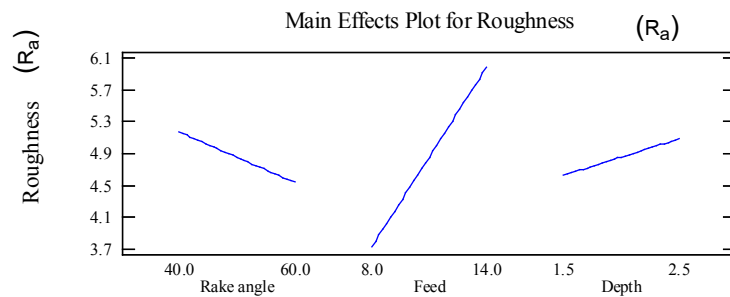
จากตารางที่ 4.2 ค่า F – ratio เท่ากับ 3.90 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $F_{0.05,1,40} = 4.08$ และค่า P-value มีค่ามากกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 ของสมมติฐานที่ 5 สรุปได้ว่าค่า Interaction ระหว่างค่า Rake Angle กับค่า Depth ไม่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่อย่างพารา

ค่า Interaction ระหว่าง Feed กับค่า Depth

จากตารางที่ 4.2 ค่า F – ratio เท่ากับ 3.90 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $F_{0.05,1,40} = 4.08$ และค่า P-value มีค่ามากกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 ของสมมติฐานที่ 6 สรุปได้ว่าค่า Interaction ระหว่างค่า Feed กับค่า Depth ไม่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่อย่างพารา

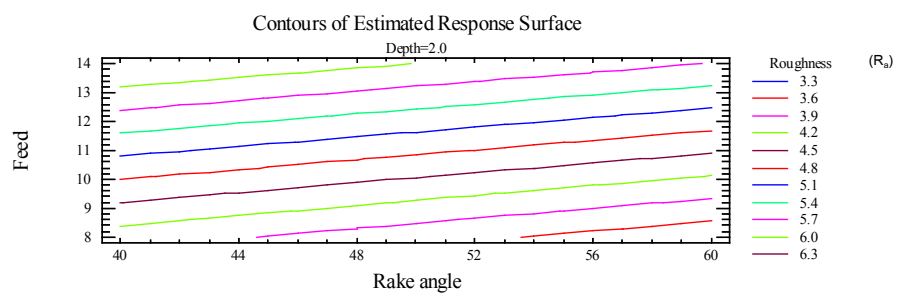
ค่า Interaction ระหว่าง Rake Angle, Feed, และ Depth

จากตารางที่ 4.2 ค่า F – ratio เท่ากับ 3.07 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $F_{0.05,1,40} = 4.08$ และค่า P-value มีค่ามากกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 ของสมมติฐานที่ 7 สรุปได้ว่าค่า Interaction ระหว่างค่า Rake Angle, Feed, และ Depth ไม่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่



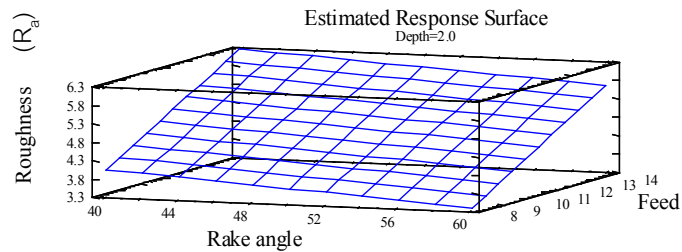
ภาพประกอบที่ 4.1 Main Effects Plot for Roughness

จากภาพประกอบที่ 4.1 พบว่า เมื่อค่ามุมเฉยใบมีดตัดเปลี่ยนแปลงจาก 40 องศา เป็น 60 องศา จะทำให้ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่ลดลง แต่เมื่อค่าอัตราการป้อนชิ้นงานและความลึกในการตัดเปลี่ยนแปลงจาก 8.0 ม/นาที เป็น 14.0 ม/นาที และ 1.5 มม. เป็น 2.5 มม. ตามลำดับ จะทำให้ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่เพิ่มขึ้น



ภาพประกอบที่ 4.2 Contours of Estimate Response Surface

จากภาพประกอบที่ 4.2 พบว่า Contour Lines มีลักษณะตรงและขนานกัน แสดงว่าค่า Interaction ระหว่างค่า Rake Angle, Feed, และค่า Depth ไม่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่



ภาพประกอบที่ 4.3 Estimate Response Surface

จากภาพประกอบที่ 4.3 พบว่า ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่ามากที่สุด เมื่อค่า Rake Angle มีค่า 40 องศา (Low Level) ค่า Feed มีค่า 14 ม./นาที (High Level) และค่า Depth มีค่า 2.5 มม. (High Level) ส่วนค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าน้อยสุด เมื่อ Rake Angle มีค่า 60 องศา (High Level) ค่า Feed มีค่า 8 ม./นาที (Low Level) และค่า Depth มีค่า 1.5 มม. (Low Level)

ตารางที่ 4.3 Regression coeffs. For Roughness

Regression coeffs. for Roughness

```
-----
constant      = 6.05611
A:Rake angle  = -.144319
B:Feed        = .0665278
C:Depth       = -1.75333
AB            = .00793056
AC           = .0535278
BC           = .144167
ABC          = -.00372222
-----
```

The StatAdvisor

This pane displays the regression equation which has been fitted to the data. The equation of the fitted model is

$$\text{Roughness} = 6.05611 - .144319 \cdot \text{Rake angle} + .0665278 \cdot \text{Feed} - 1.75333 \cdot \text{Depth} + .00793056 \cdot \text{Rake angle} \cdot \text{Feed} + .0535278 \cdot \text{Rake angle} \cdot \text{Depth} + .144167 \cdot \text{Feed} \cdot \text{Depth} - .00372222 \cdot \text{Rake angle} \cdot \text{Feed} \cdot \text{Depth}$$

where the values of the variables are specified in their original units. To have STATGRAPHICS evaluate this function, select Predictions from the list of Tabular Options. To plot the function, select Response Plots from the list of Graphical Options.

การวิเคราะห์ผลการทดลองของการวัดค่า R_u ในแนวขวางเฉียงไม้ (45°), วัดค่า R_u ในแนวตามเฉียงไม้, การวิเคราะห์ผลการทดลอง วัดค่า R_t ในแนวขวางเฉียงไม้, วัดค่า R_t ในแนวตามเฉียงไม้ (45°), วัดค่า R_t ในแนวตามเฉียงไม้, การวิเคราะห์ผลการทดลอง วัดค่า R_{rms} ในแนวขวางเฉียงไม้, วัดค่า R_{rms} ในแนวตามเฉียงไม้ (45°), วัดค่า R_{rms} ในแนวตามเฉียงไม้ รายละเอียดการวิเคราะห์ทั้ง R_t และ R_{rms} แสดงไว้ในภาคผนวก ผลการวิเคราะห์ให้ค่าออกมาในทิศทางเดียวกันคือ ตัวแปรที่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ คือค่าอัตราป้อนชิ้นงาน มุมเงยใบมีดตัดและค่าความลึกในการตัด ส่วนค่า Interaction ระหว่างตัวแปรไม่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ เมื่อค่ามุมเงยใบมีดตัดเปลี่ยนแปลงจาก 40 องศา เป็น 60 องศา จะทำให้ค่าความขรุขระพื้นผิวไม้ลดลง แต่เมื่อค่าอัตราการป้อนชิ้นงานและความลึกในการตัดเปลี่ยนแปลงจาก 8.0 ม/นาที่ เป็น 14.0 ม/นาที่ และ 1.5 มม. เป็น 2.5 มม. ตามลำดับ จะทำให้ค่าความขรุขระพื้นผิวไม้เพิ่มขึ้น

4.2 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 2

จากผลการทดลองเบื้องต้นในขั้นตอนที่ 1 พบว่าค่าอัตราป้อน ค่ามุมเงยใบมีดตัดและค่าความลึกในการตัดมีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ทางพาราที่ผ่านกระบวนการไสเรียบนั้น ในส่วนของมุมเงยใบมีดตัดพบว่า ปัจจุบันใบมีดตัดที่มีขายทั่วไปมีค่ามุมเงยใบมีดตัดเท่ากับ 45 องศา แต่เวลาใช้งานแต่ละโรงงานจะลับมุมเงยใบมีดตัดตามความชำนาญของผู้ควบคุมเครื่องจักร ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงนำค่ามุมเงยใบมีดตัดมาศึกษาทดลองเพื่อหาค่ามุมเงยที่เหมาะสมกับการไสเรียบไม้ทางพารา การทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง ใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลแบบแผนการทดลอง (Experimental Design) และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ "Statgraphics Plus for Windows Version 4" ช่วยในการคำนวณค่าทางสถิติและทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง Factorial Design แบบ Single Factorial โดยค่าทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ F-ratio และค่าระดับความเชื่อมั่น 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ 5% ตัวแปรที่จะทำการศึกษาคือค่ามุมเงยของใบมีดตัด ซึ่งมี 5 ระดับคือ ค่ามุมเงย 40, 45, 50, 55 และ 60 องศา ผลตอบสนองเป็นค่าความขรุขระพื้นผิวไม้ทางพารา

4.2.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง วัดค่า R_a ในแนวขวางเส้นไม้

ตารางที่ 4.4 สรุปผลการทดลองตอนที่ 2 วัดค่า R_a ในแนวขวางเส้นไม้

Rake Angle (degree)	Roughness(μm)						Total	Average
	1	2	3	4	5	6	Y_i	\bar{Y}_i
40	6.37	6.34	6.26	6.32	6.30	6.29	37.85	6.313
45	6.14	6.20	6.13	6.19	6.21	6.16	37.14	6.175
50	6.02	6.08	6.04	5.99	5.96	6.02	36.05	6.018
55	5.88	5.85	5.80	5.76	5.81	5.80	34.85	5.817
60	5.45	5.47	5.54	5.56	5.49	5.50	33.02	5.502
							$y_{..} = 178.91$	$\bar{y}_{..} = 29.82$

ค่า Sum of Squares Total

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \frac{Y_{...}^2}{N}$$

$$= (6.37)^2 + (6.34)^2 + (6.26)^2 + \dots + (5.50)^2 - \frac{178.91^2}{30}$$

$$= 2.471$$

$$SS_{\text{Treatments}} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^a Y_i^2 - \frac{Y_{...}^2}{N}$$

$$= \frac{1}{6} [(37.85)^2 + (37.14)^2 + \dots + (33.02)^2] - \frac{178.91^2}{30}$$

$$= 2.430$$

$$\begin{aligned}
 SS_E &= SS_T - SS_{\text{Treatments}} \\
 &= 2.471 - 2.430 \\
 &= 0.041
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่า } MS_{\text{Treatments}} &= \frac{SS_{\text{Treatments}}}{a - 1} = \frac{2.42977}{6 - 1} \\
 &= 0.607442
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่า } MS_E &= \frac{SS_E}{N - a} = \frac{0.0409833}{30 - 6} \\
 &= 0.00163933
 \end{aligned}$$

$$\text{ค่า } F_0 = \frac{MS_{\text{Treatments}}}{MS_E}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่า } F_0 &= \frac{0.607442}{0.00163933} \\
 &= 370.54
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 4.5 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Statgraphics Plus for Windows (Version 4)

Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Squares	F_0	P-value
Between groups	2.42977	4	0.607442	370.54	. 0
Within groups	0.0409833	25	0.00163933		
Total (corr.)	2.47075	29			

The Effect model สำหรับ Single – Factor factorial คือ

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

โดยที่ τ_i : Treatment Effect ของค่า Rake Angle

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบ

$$1. H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

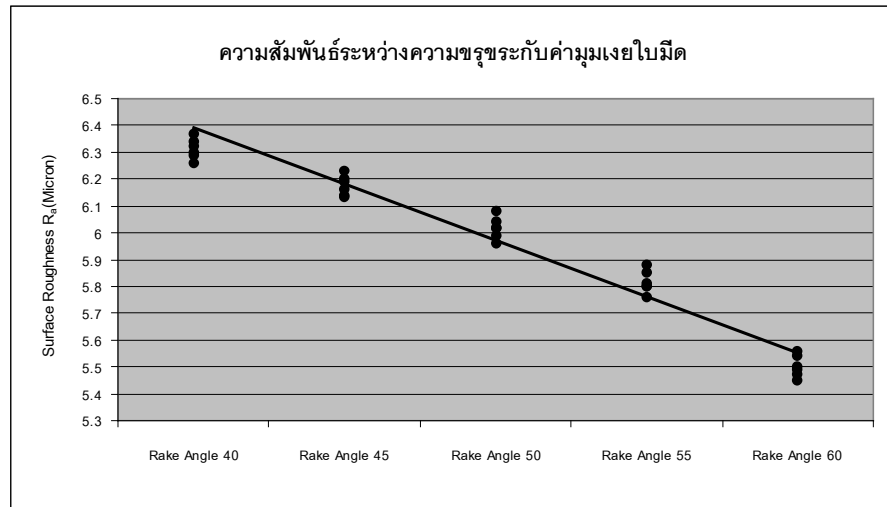
$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j \text{ for at least one pair } (i, j)$$

ผลจากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.5 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ซึ่งค่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จากตาราง F – ratio ที่ $\alpha = 0.05$ จะได้ค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ มีเกณฑ์การตัดสินใจคือถ้าค่า F – ratio มีค่ามากกว่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่ยางพารา

ค่า Rake Angle

จากตารางที่ 4.5 ค่า F – ratio เท่ากับ 370.54 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ และค่า P-value มีค่าน้อยมากซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ของสมมติฐานที่ 1 สรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันระหว่างค่า μ ของค่า Rake Angle ต่อความขรุขระพื้นผิวไม่ยางพารา



ภาพประกอบที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความขรุขระพื้นผิว R_a กับค่า Rake Angles

จากภาพประกอบที่ 4.4 พบว่า ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าลดลงเมื่อค่า Rake Angles มีค่าสูงขึ้น ค่า Rake Angle 60 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าน้อยที่สุด และค่า Rake Angle 40 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มากที่สุด เมื่อเทียบกับค่า Rake Angle ที่ 45, 50, และ 55 องศา

4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง วัดค่า R_a ในแนวขวางเสี้ยนไม้ (45°)

ตารางที่ 4.6 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Statgraphics Plus for Windows (Version 4)

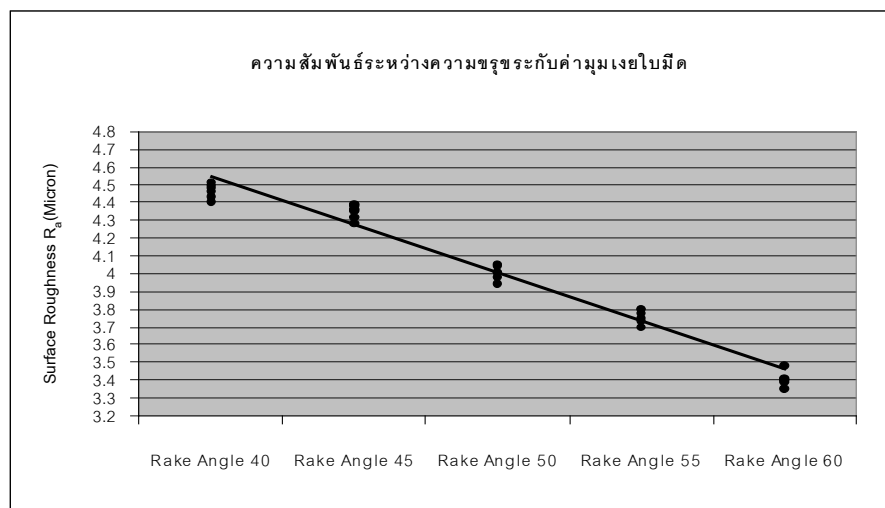
Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Squares	F_0	P-value
Between groups	4.450945	4	1.12736	583.12	. 0
Within groups	0.00483333	25	0.00193333		
Total (corr.)	4.55779	29			

ผลจากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.6 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ซึ่งค่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จากตาราง F-ratio ที่ $\alpha = 0.05$ จะได้ค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ มีเกณฑ์การตัดสินใจคือถ้าค่า F-ratio มีค่ามากกว่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่อย่างพารา

ค่า Rake Angle

จากตารางที่ 4.6 ค่า F-ratio เท่ากับ 583.12 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ และค่า P-value มีค่าน้อยมากซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ของสมมติฐานที่ 1 สรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันระหว่างค่า μ ของค่า Rake Angle ต่อความขรุขระพื้นผิวไม่อย่างพารา



ภาพประกอบที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความขรุขระพื้นผิว R_a กับค่า Rake Angles

จากภาพประกอบที่ 4.5 พบว่า ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าลดลงเมื่อค่า Rake Angles มีค่าสูงขึ้น ค่า Rake Angle 60 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าน้อยที่สุด และค่า Rake Angle 40 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มากที่สุด เมื่อเทียบกับค่า Rake Angle ที่ 45, 50, และ 55 องศา

4.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง วัดค่า R_a ในแนวตามเส้นไม้

ตารางที่ 4.7 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Statgraphics Plus for Windows (Version 4)

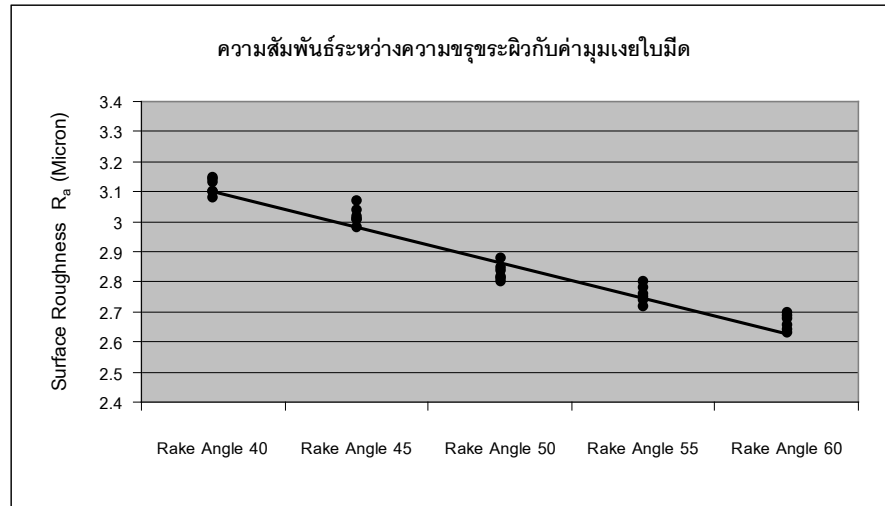
Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Squares	F_0	P-value
Between groups	0.83142	4	0.207855	250.23	. 0
Within groups	0.0207667	25	0.000830667		
Total (corr.)	0.853187	29			

ผลจากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.7 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ซึ่งค่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จากตาราง F - ratio ที่ $\alpha = 0.05$ จะได้ค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ มีเกณฑ์การตัดสินใจคือถ้าค่า F - ratio มีค่ามากกว่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา

ค่า Rake Angle

จากตารางที่ 4.7 ค่า F - ratio เท่ากับ 250.23 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ และค่า P-value มีค่าน้อยมากซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ของสมมติฐานที่ 1 สรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันระหว่างค่า μ ของค่า Rake Angle ต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา



ภาพประกอบที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความขรุขระพื้นผิว R_a กับค่า Rake Angles

จากภาพประกอบที่ 4.6 พบว่า ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าลดลงเมื่อค่า Rake Angles มีค่าสูงขึ้น ค่า Rake Angle 60 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าน้อยที่สุด และค่า Rake Angle 40 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มากที่สุด เมื่อเทียบกับค่า Rake Angle ที่ 45, 50, และ 55 องศา

4.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง วัดค่า R_t ในแนวขวางเส้นใบมีด

ตารางที่ 4.8 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Statgraphics Plus for Windows (Version 4)

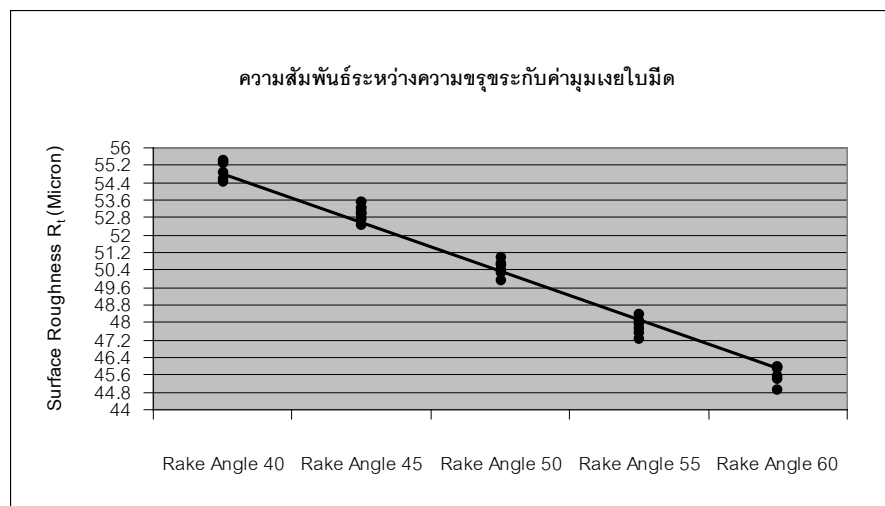
Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Squares	F_0	P-value
Between groups	346.491	4	86.6278	551.37	. 0
Within groups	3.92758	25	0.157103		
Total (corr.)	350.419	29			

ผลจากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.8 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%หรือที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ซึ่งค่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จากตาราง F-ratio ที่ $\alpha = 0.05$ จะได้ค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ มีเกณฑ์การตัดสินใจคือถ้าค่า F-ratio มีค่ามากกว่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่อย่างพารา

ค่า Rake Angle

จากตารางที่ 4.8 ค่า F-ratio เท่ากับ 551.37 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ และค่า P-value มีค่าน้อยมากซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ของสมมติฐานที่ 1 สรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันระหว่างค่า μ ของค่า Rake Angle ต่อความขรุขระพื้นผิวไม่อย่างพารา



ภาพประกอบที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความขรุขระพื้นผิว R_q กับค่า Rake Angles

จากภาพประกอบที่ 4.7 พบว่า ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าลดลงเมื่อค่า Rake Angles มีค่าสูงขึ้น ค่า Rake Angle 60 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าน้อยที่สุด และค่า Rake Angle 40 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มากที่สุด เมื่อเทียบกับค่า Rake Angle ที่ 45, 50, และ 55 องศา

4.2.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง วัดค่า R_f ในแนวขวางเสี้ยนไม้ (45°)

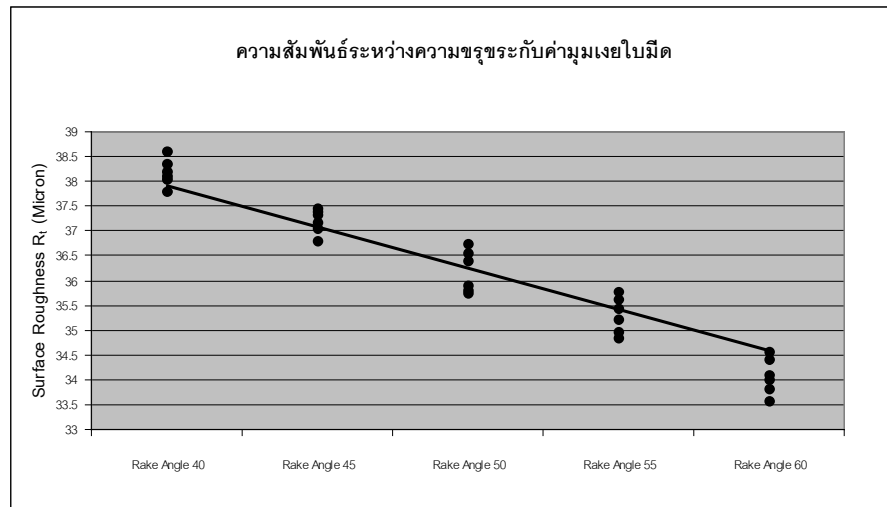
ตารางที่ 4.9 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Statgraphics Plus for Windows (Version 4)

Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Squares	F_0	P-value
Between groups	61.5048	4	15.3771	133.13	. 0
Within groups	2.88763	25	0.115505		
Total (corr.)	64.399	29			

จากตารางที่ 4.9 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ซึ่งค่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จากตาราง F - ratio ที่ $\alpha = 0.05$ จะได้ค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ มีเกณฑ์การตัดสินใจคือถ้าค่า F - ratio มีค่ามากกว่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา

ค่า Rake Angle

จากตารางที่ 4.9 ค่า F - ratio เท่ากับ 133.13 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ และค่า P-value มีค่าน้อยมากซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ของสมมติฐานที่ 1 สรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันระหว่างค่า μ ของค่า Rake Angle ต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา



ภาพประกอบที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความขรุขระพื้นผิว R_r กับค่า Rake Angles

จากภาพประกอบที่ 4.8 พบว่า ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าลดลงเมื่อค่า Rake Angles มีค่าสูงขึ้น ค่า Rake Angle 60 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าน้อยที่สุด และค่า Rake Angle 40 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มากที่สุด เมื่อเทียบกับค่า Rake Angle ที่ 45, 50, และ 55 องศา

4.2.6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง วัดค่า R_r ในแนวตามเส้นใบมีด

ตารางที่ 4.10 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Statgraphics Plus for Windows (Version 4)

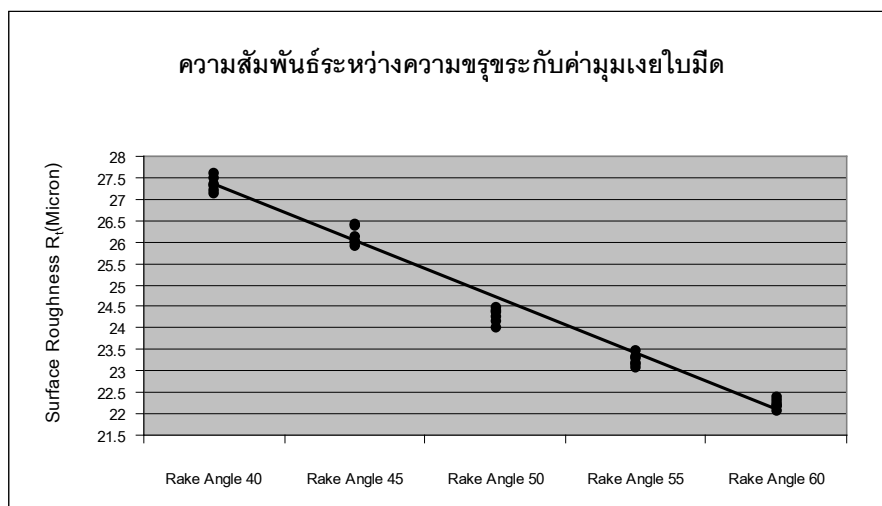
Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Squares	F_0	P-value
Between groups	103.028	4	25.7569	624.83	. 0
Within groups	1.03055	25	0.041222		
Total (corr.)	104.058	29			

ผลจากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.10 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ซึ่งค่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จากตาราง F-ratio ที่ $\alpha = 0.05$ จะได้ค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ มีเกณฑ์การตัดสินใจคือถ้าค่า F-ratio มีค่ามากกว่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่อย่างพารา

ค่า Rake Angle

จากตารางที่ 4.10 ค่า F-ratio เท่ากับ 624.83 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ และค่า P-value มีค่าน้อยมากซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ของสมมติฐานที่ 1 สรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันระหว่างค่า μ ของค่า Rake Angle ต่อความขรุขระพื้นผิวไม่อย่างพารา



ภาพประกอบที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความขรุขระพื้นผิว R_q กับค่า Rake Angles

จากภาพประกอบที่ 4.9 พบว่า ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าลดลงเมื่อค่า Rake Angles มีค่าสูงขึ้น ค่า Rake Angle 60 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าน้อยที่สุด และค่า Rake Angle 40 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มากที่สุด เมื่อเทียบกับค่า Rake Angle ที่ 45, 50, และ 55 องศา

4.2.7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง วัดค่า R_{rms} ในแนวขวางเส้นไม้

ตารางที่ 4.11 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Statgraphics Plus for Windows (Version 4)

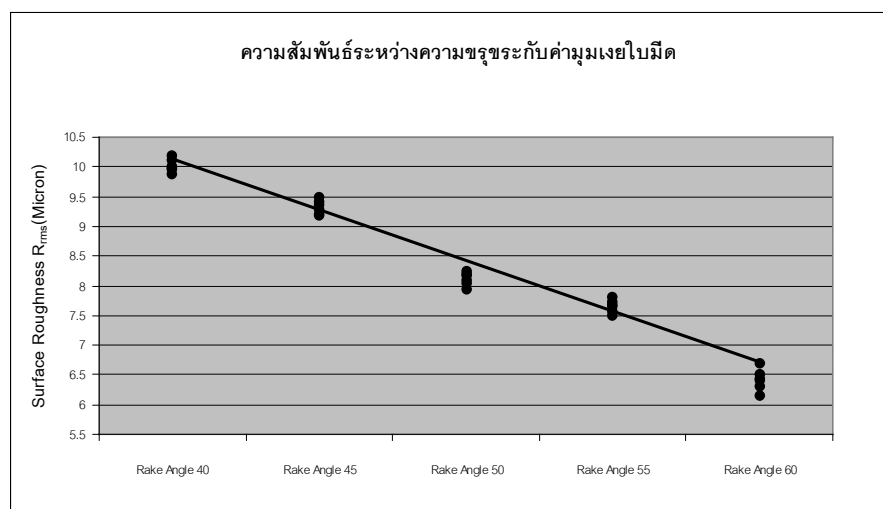
Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Squares	F_0	P-value
Between groups	46.6074	4	11.6518	801.51	. 0
Within groups	0.363433	25	0.0145373		
Total (corr.)	46.9708	29			

ผลจากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.11 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ซึ่งค่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จากตาราง F - ratio ที่ $\alpha = 0.05$ จะได้ค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ มีเกณฑ์การตัดสินใจคือถ้าค่า F - ratio มีค่ามากกว่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา

ค่า Rake Angle

จากตารางที่ 4.11 ค่า F - ratio เท่ากับ 801.51 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ และค่า P-value มีค่าน้อยมากซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ของสมมติฐานที่ 1 สรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันระหว่างค่า μ ของค่า Rake Angle ต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา



ภาพประกอบที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความขรุขระพื้นผิว R_{rms} กับค่า Rake Angles

จากภาพประกอบที่ 4.10 พบว่า ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าลดลงเมื่อค่า Rake Angles มีค่าสูงขึ้น ค่า Rake Angle 60 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าน้อยที่สุด และค่า Rake Angle 40 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มากที่สุด เมื่อเทียบกับค่า Rake Angle ที่ 45, 50, และ 55 องศา

4.2.8 การวิเคราะห์ผลการทดลอง วัดค่า R_{rms} ในแนวขวางเสี้ยนไม้ (45°)

ตารางที่ 4.12 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Statgraphics Plus for Windows (Version 4)

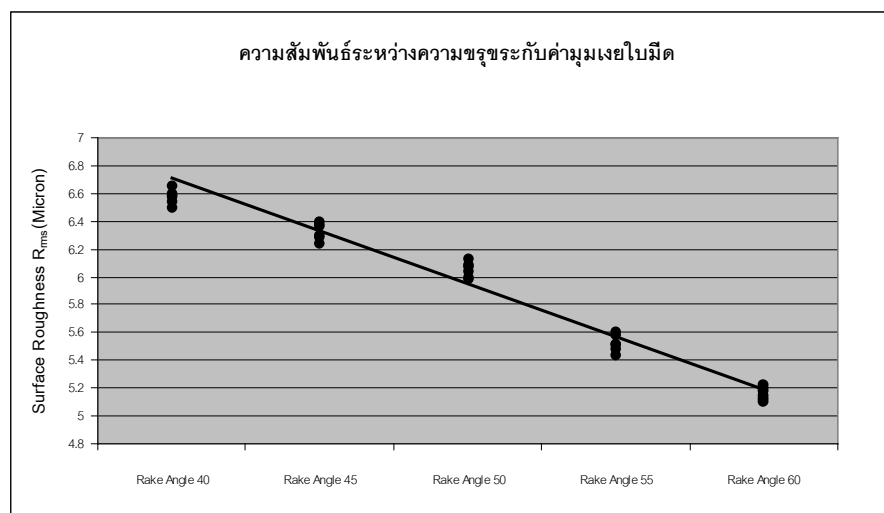
Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Squares	F_0	P-value
Between groups	8.0873	4	2.202183	652.48	. 0
Within groups	0.0774667	25	0.00309867		
Total (corr.)	8.16473	29			

ผลจากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.12 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ซึ่งค่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จากตาราง F-ratio ที่ $\alpha = 0.05$ จะได้ค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ มีเกณฑ์การตัดสินใจคือถ้าค่า F-ratio มีค่ามากกว่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม่อย่างพารา

ค่า Rake Angle

จากตารางที่ 4.12 ค่า F-ratio เท่ากับ 652.48 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ และค่า P-value มีค่าน้อยมากซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ของสมมติฐานที่ 1 สรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันระหว่างค่า μ ของค่า Rake Angle ต่อความขรุขระพื้นผิวไม่อย่างพารา



ภาพประกอบที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความขรุขระพื้นผิว R_{rms} กับค่า Rake Angles

จากภาพประกอบที่ 4.11 พบว่า ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าลดลงเมื่อค่า Rake Angles มีค่าสูงขึ้น ค่า Rake Angle 60 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าน้อยที่สุด และค่า Rake Angle 40 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มากที่สุด เมื่อเทียบกับค่า Rake Angle ที่ 45, 50, และ 55 องศา

4.2.9 การวิเคราะห์ผลการทดลอง วัดค่า R_{rms} ในแนวตามเส้นไม้

ตารางที่ 4.13 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน แสดงผลที่ได้จากโปรแกรม Statgraphics Plus for Windows (Version 4)

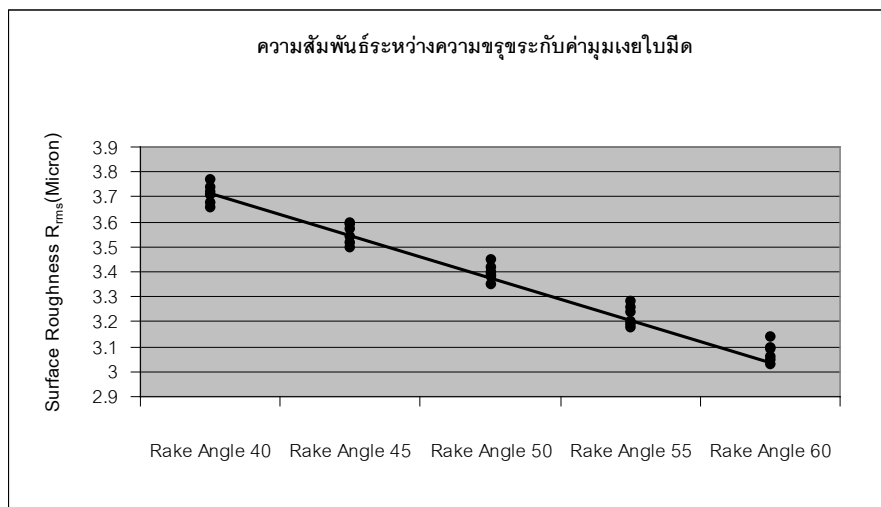
Source of Variation	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Squares	F_0	P-value
Between groups	1.53351	4	0.383378	252.33	. 0
Within groups	0.0379833	25	0.00151933		
Total (corr.)	1.5715	29			

ผลจากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.13 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ซึ่งค่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จากตาราง F - ratio ที่ $\alpha = 0.05$ จะได้ค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ มีเกณฑ์การตัดสินใจคือถ้าค่า F - ratio มีค่ามากกว่า $F_{\alpha, a-1, N-a}$ จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา

ค่า Rake Angle

จากตารางที่ 4.13 ค่า F - ratio เท่ากับ 252.33 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05, 5, 24} = 2.62$ และค่า P-value มีค่าน้อยมากซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ของสมมติฐานที่ 1 สรุปได้ว่ามีความแตกต่างกันระหว่างค่า μ ของค่า Rake Angle ต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา



ภาพประกอบที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความขรุขระพื้นผิว R_{rms} กับค่า Rake Angles

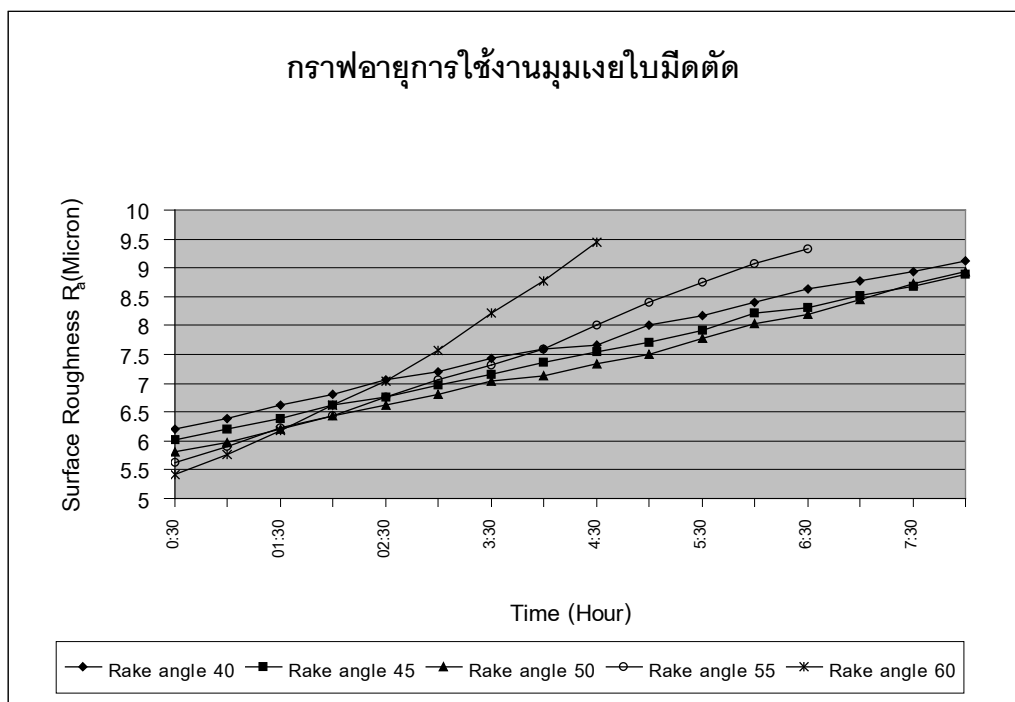
จากภาพประกอบที่ 4.12 พบว่า ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าลดลงเมื่อค่า Rake Angles มีค่าสูงขึ้น ค่า Rake Angle 60 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มีค่าน้อยที่สุด และค่า Rake Angle 40 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม่มากที่สุด เมื่อเทียบกับค่า Rake Angle ที่ 45, 50, และ 55 องศา

ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่ยังพาราที่ได้ออกมาจากการวัดค่าทั้ง ค่า R_a , R_t , และค่า R_{rms} นั้นได้ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่ออกมาในทิศทางเดียวกันคือ ค่ามุมเงยใบมีดตัดมุม 60 องศา ให้ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่ยังพาราน้อยที่สุด และค่ามุมเงยใบมีดตัดมุม 40 องศา ให้ค่าความขรุขระพื้นผิวไม่ยังพารามากที่สุด เมื่อเทียบกับค่ามุมเงยใบมีดตัดมุม 45, 50, และ 55 องศา ในส่วนของการวัดค่าทั้ง 3 แนวนั้นได้ค่าออกมาในทิศทางเดียวกันคือ การวัดในแนวขวางเส้นไม้ให้ค่าความขรุขระพื้นผิวมากที่สุด รองลงมาคือการวัดค่าในแนวขวางเส้นไม้ 45 องศา และการวัดในแนวตามเส้นไม้ให้ค่าความขรุขระพื้นผิวน้อยที่สุด

4.3 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 3

การทดลองในขั้นตอนที่ 3 เป็นการศึกษาทดลองอายุการใช้งานของมุมเงยใบมีดตัด โดยที่ค่ามุมเงยใบมีดตัดที่จะทำการศึกษาทดลองอายุการใช้งานคือค่ามุมเงย 40 45 50 55 และ 60 องศา ซึ่งในการทดลองกำหนด ค่าความเร็วรอบใบมีดตัด อัตราป้อนชิ้นงานและความลึกในการตัดคงที่

เท่ากับ 6,000 รอบ/นาที 14 ม./นาทีและ 1.5 มม. ตามลำดับและค่ามุมคายใบมีดเท่ากับ 15 องศา ผลตอบสนองเป็นค่าความขรุขระพื้นผิวไม้วัดค่า Ra ในแนวขวางเส้นไม้ (Ra 90°) ซึ่งเป็นค่าที่นิยมใช้กันทั่วไปในโรงงานและเป็นค่าที่สะท้อนค่าความขรุขระจริงของพื้นผิวไม้ โดยที่มีเกณฑ์ในการกำหนดอายุการใช้งานใบมีดคาร์ไบด์ตามโรงงานอุตสาหกรรมใช้เกณฑ์อายุใบมีดที่ 8 ชั่วโมง หรือเมื่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารามีค่าเกิน 9.00 μm (คูสิต, 2545)



ภาพประกอบที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าขรุขระพื้นผิวกับค่าอายุการใช้งานมุมเงยใบมีด

จากภาพประกอบที่ 4.13 พบว่าเมื่อมุมเงยใบมีดตัดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ค่าความขรุขระพื้นผิวไม้มีค่าน้อยลงและอายุการใช้งานของใบมีดตัดลดลงเช่นกัน อายุการใช้งานของมุมเงยใบมีดตัดที่ 45 และ 50 องศา มีค่าอายุการใช้งานเท่ากันคือ 8 ชั่วโมง แต่ค่ามุมเงยที่ 50 องศา ให้ค่าความขรุขระพื้นผิวไม้มีค่าต่ำกว่า ดังที่แสดงในตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4. 14 ตารางเปรียบเทียบความขรุขระพื้นผิวกับอายุการใช้งานของมัมเงยใบมีดตัด

มัมเงยใบมีด ตัด (องศา)	ค่า R_a เฉลี่ย (μm)	ค่า R_z เฉลี่ย (μm)	ค่า R_{rms} เฉลี่ย (μm)	อายุการใช้งาน (ชม.)
40	6.31	54.52	9.98	7.0
45	6.18	52.43	9.24	8.0
50	6.02	50.24	8.11	8.0
55	5.82	47.35	7.55	6.0
60	5.50	45.03	6.60	4.5

จากตารางที่ 4.14 ค่าอายุการใช้งานใบมีดตัดของค่ามัมเงยใบมีดมุม 60 องศา สามารถใช้ไสเรียบไม้ยางพาราได้ 4.5 ชั่วโมง ค่ามัมเงยใบมีดมุม 55 องศา สามารถใช้ไสเรียบไม้ยางพาราได้ 6 ชั่วโมง ค่ามัมเงยใบมีดมุม 50 องศา สามารถใช้ไสเรียบไม้ยางพาราได้ 8 ชั่วโมง ค่ามัมเงยใบมีดมุม 45 องศา สามารถใช้ไสเรียบไม้ยางพาราได้ 8 ชั่วโมง และค่ามัมเงยใบมีดมุม 40 องศา สามารถใช้ไสเรียบไม้ยางพาราได้ 7 ชั่วโมง ซึ่งค่ามัมเงยใบมีดตัดมุม 45 และ 50 องศา นั้นมีอายุการใช้งานเท่ากันแต่ค่ามัมเงยใบมีดตัดมุม 50 องศา จะมีค่าความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพาราที่ต่ำกว่า