บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 1

การวิเคราะห์ผลการทดลองเบื้องต้น โดยใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Minitab Release 14 ช่วยในการคำนวณค่าทางสถิติและทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง Factorial Design แบบ 2^3 โดยค่าทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ F-ratio และค่าระดับความเชื่อมั่น 95 % หรือที่ระดับนัยสำคัญ 5 % ($\alpha = 0.05$) กำหนดค่าความเร็วตัด (A) มี 2 ระดับ คือ 150 และ 300 m/min อัตราการป้อน (B) มี 2 ระดับคือ 0.1 และ 0.4 mm/rev ความลึกในการตัด (C) มี 2 ระดับคือ 0.5 และ1 mm ผลตอบสนองเป็นค่าความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา และความคลาดเคลื่อนขนาด ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1

4.1.1 การวิเคราะห์ผลการทดลอง วัดค่า R_a

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดลองตอนที่ 1 วัดค่า R_a

A	B	C	Treatment	Replicate			Total	Average
				1	2	3	$y_{i.}$	$\bar{y}_{i.}$
-	-	-	(1)	3.84	3.37	3.70	10.91	3.64
+	-	-	a	3.50	3.46	3.98	10.94	3.65
-	+	-	b	4.63	4.73	5.12	14.48	4.83
+	+	-	ab	3.72	4.20	4.17	12.09	4.03
-	-	+	c	3.82	4.25	3.88	11.95	3.98
+	-	+	ac	3.25	2.98	3.10	9.33	3.11
-	+	+	bc	3.90	4.01	4.51	12.42	4.14
+	+	+	abc	4.14	4.21	3.95	12.30	4.10
							$y_{..}$ =94.42	$\bar{y}_{..}$ =31.48

แบบจำลองเชิงเส้นสำหรับการออกแบบ Three – factor factorial คือ

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk}$$

$$+ (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \quad \begin{cases} i = 1, 2..., a \\ j = 1, 2..., b \\ k = 1, 2..., c \\ l = 1, 2..., n \end{cases}$$

โดยที่ τ_i : Treatment Effect ของค่า Speed

β_j : Treatment Effect ของค่า Feed

γ_k : Treatment Effect ของค่า Depth

$(\tau\beta)_{ij}$: Treatment Effect ของค่า Interaction ระหว่าง Speed และค่า Feed

$(\tau\gamma)_{ik}$: Treatment Effect ของค่า Interaction ระหว่าง Speed และ Depth

$(\beta\gamma)_{jk}$: Treatment Effect ของค่า Interaction ระหว่าง Feed และค่า Depth

$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$: Treatment Effect ของค่า Interaction ระหว่าง Speed, Feed, และค่า Depth

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบ

1. H_0 : $\tau_1 = \tau_2 = 0$

   H_1 : At least one $\tau_i \neq 0$

2. H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = 0$

   H_1 : At least one $\beta_j \neq 0$

3. H_0 : $\gamma_1 = \gamma_2 = 0$

   H_1 : At least one $\gamma_k \neq 0$

4. H_0 : $(\tau\beta)_{ij} = 0$ ทุกค่าของ i, j

   H_1 : At least one $(\tau\beta)_{ij} \neq 0$

5. H_0 : $(\tau\gamma)_{ik} = 0$ ทุกค่าของ i, k

   H_1 : At least one $(\tau\gamma)_{ik} \neq 0$

6. H_0 : $(\beta\eta)_{jk} = 0$ ทุกค่าของ j, k

   H_1 : At least one $(\beta\eta)_{jk} \neq 0$

7. H_0 : $(\tau\beta\eta)_{ijk} = 0$ ทุกค่าของ i, j, k

   H_1 : At least one $(\tau\beta\eta)_{ijk} \neq 0$

ตารางที่ 4.2 แสดงตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า R_a

Analysis of Variance for Ra, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
speed	1	1.12234	1.12234	1.12234	17.72	0.001
feed	1	2.83594	2.83594	2.83594	44.77	0.000
depth	1	0.26250	0.26250	0.26250	4.14	0.059
speed*feed	1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00	0.994
speed*depth	1	0.00350	0.00350	0.00350	0.06	0.817
feed*depth	1	0.07820	0.07820	0.07820	1.23	0.283
speed*feed*depth	1	1.04584	1.04584	1.04584	16.51	0.001
Error	16	1.01347	1.01347	0.06334		
Total	23	6.36189				

S = 0.251678 R-Sq = 84.07% R-Sq(adj) = 77.10%

ผลจากการวิเคราะห์

จากตารางที่ 4.2 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %หรือที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ซึ่งค่า F_{α,v_1,v_2} จากตาราง F – ratio (ภาคผนวก ตารางที่ ฉ 4) ที่ $\alpha = 0.05$ จะได้ค่า $F_{0.05,1,16} = 4.49$ มีเกณฑ์การตัดสินใจคือถ้าค่า F – ratio มีค่ามากกว่า F_{α,v_1,v_2} จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้

การวิเคราะห์ค่า Speed

จากตารางที่ 4.2 ค่า F – ratio = 17.72 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05,1,16} = 4.49$ (ภาคผนวก ตารางที่ ฉ 4) และค่า P-value = 0.001 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าค่า Speed มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา

การวิเคราะห์ค่า Feed

จากตารางที่ 4.2 ค่า F – ratio = 44.77 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05,1,16}$ = 4.49 (ภาคผนวกตารางที่ ฉ 4) และค่า P-value = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α = 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าค่า Feed มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา

การวิเคราะห์ค่า Depth

จากตารางที่ 4.2 ค่า F – ratio = 4.14 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $F_{0.05,1,16}$ = 4.49 (ภาคผนวกตารางที่ ฉ 4) และค่า P-value = 0.059 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า α = 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าค่า Depth ไม่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา

การวิเคราะห์ค่า Interaction ระหว่าง Speed กับค่า Feed

จากตารางที่ 4.2 ค่า F – ratio = 0.00 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $F_{0.05,1,16}$ = 4.49 (ภาคผนวกตารางที่ ฉ 4) และค่า P-value = 0.994 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า α = 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าค่า Interaction ระหว่างค่า Speed กับค่า Feed ไม่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา

การวิเคราะห์ค่า Interaction ระหว่าง Speed กับค่า Depth

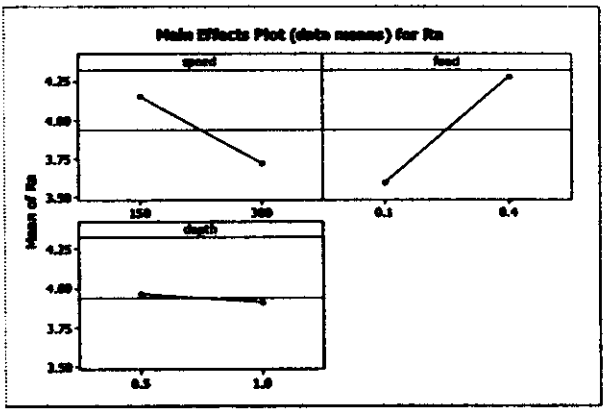
จากตารางที่ 4.2 ค่า F – ratio = 0.06 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $F_{0.05,1,16}$ = 4.49 (ภาคผนวกตารางที่ ฉ 4) และค่า P-value = 0.817 มีค่ามากกว่าค่า α = 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าค่า Interaction ระหว่างค่า Speed กับค่า Depth ไม่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา

การวิเคราะห์ค่า Interaction ระหว่าง Feed กับค่า Depth

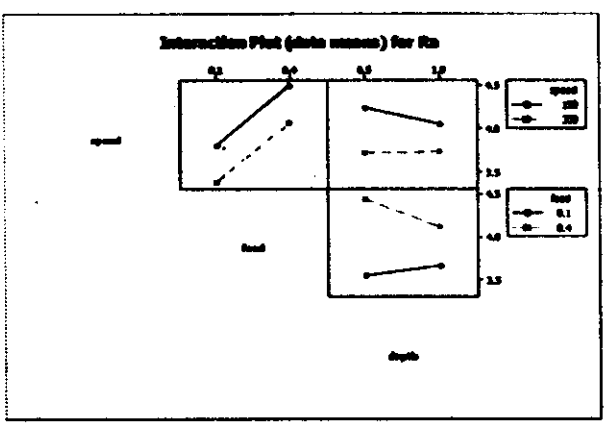
จากตารางที่ 4.2 ค่า F – ratio = 1.23 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า $F_{0.05,1,16}$ = 4.49 (ภาคผนวกตารางที่ ฉ 4) และค่า P-value = 0.283 มีค่ามากกว่าค่า α = 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าค่า Interaction ระหว่างค่า Feed กับค่า Depth ไม่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา

การวิเคราะห์ค่า Interaction ระหว่าง Speed, Feed, และ Depth

จากตารางที่ 4.2 ค่า F – ratio = 16.51 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05,1,16}$ = 4.49 (ภาคผนวกตารางที่ ฉ 4) และค่า P-value = 0.001 มีค่าน้อยกว่าค่า α = 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าค่า Interaction ระหว่างค่า Speed, Feed, และ Depth มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา



ภาพประกอบที่ 4.1 แสดง Main Effects Plot for R_a



ภาพประกอบที่ 4.2 แสดง Interaction Plot for R_a

จากภาพประกอบที่ 4.1 พบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพาราคือ อัตราป้อนโดยมีแนวโน้มว่าเมื่อเพิ่มอัตราป้อนจาก 0.1 เป็น 0.4 mm/rev ความขรุขระจะเพิ่มขึ้น และจากภาพประกอบที่ 4.2 และพบว่าปัจจัยร่วมไม่มีผลต่อความขรุขระที่เกิดขึ้น

4.1.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองวัดค่า ความคลาดเคลื่อนขนาด

ตารางที่ 4.3 แสดงตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า Dimensional error

Analysis of Variance for dim error, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
speed	1	0.087604	0.087604	0.087604	47.89	0.000
feed	1	0.026004	0.026004	0.026004	14.22	0.002
depth	1	0.000204	0.000204	0.000204	0.11	0.743
speed*feed	1	0.013538	0.013538	0.013538	7.40	0.015
speed*depth	1	0.001504	0.001504	0.001504	0.82	0.378
feed*depth	1	0.000704	0.000704	0.000704	0.38	0.544
speed*feed*depth	1	0.001838	0.001838	0.001838	1.00	0.331
Error	16	0.029267	0.029267	0.001829		
Total	23	0.160663				

S = 0.0427688 R-Sq = 81.78% R-Sq(adj) = 73.81%

วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาด

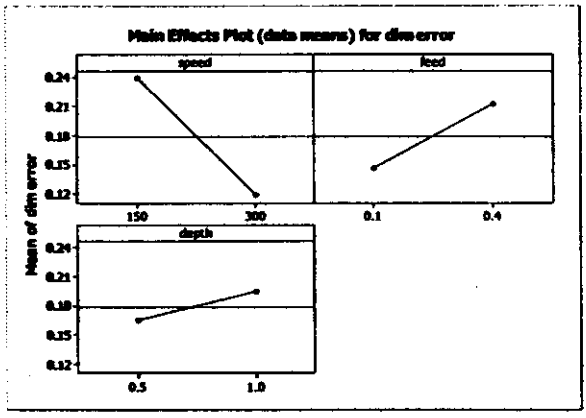
จากตารางที่ 4.3 ทำการวิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %หรือที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05 ซึ่งค่า F_{α,v_1,v_2} จากตาราง F – ratio ที่ α = 0.05 จะได้ค่า $F_{0.05,1,16}$ = 4.49 (ภาคผนวก ตารางที่ ฉ 4) มีเกณฑ์การตัดสินใจคือถ้าค่า F – ratio มีค่ามากกว่า F_{α,v_1,v_2} จะปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้น ๆ มีผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาด

ค่า Speed จากตารางที่ 4.3 ค่า F – ratio = 47.89 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05,1,16}$ = 4.49 (ภาคผนวก ตารางที่ ฉ 4) และค่า P-value = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α = 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าค่า Speed มีผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาด

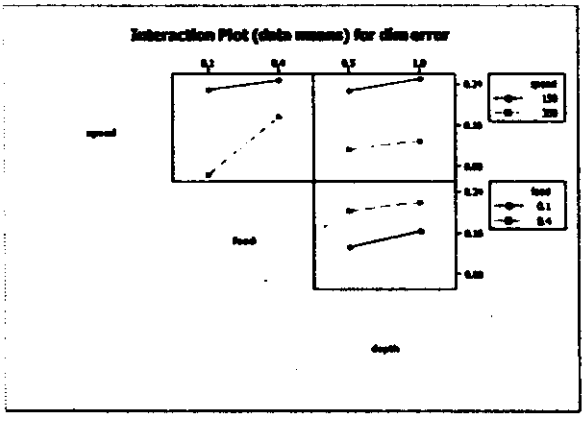
ค่า Feed จากตารางที่ 4.3 ค่า F – ratio = 14.22 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05,1,16}$ = 4.49 (ภาคผนวก ตารางที่ ฉ 4) และค่า P-value = 0.002 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α = 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าค่า Feed มีผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาด

ค่า Interaction ระหว่าง Speed กับค่า Feed

จากตารางที่ 4.3 ค่า F – ratio = 7.40 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.05,1,16}$ = 4.49 (ภาคผนวก ตารางที่ ฉ 4) และค่า P-value = 0.015 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α = 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าค่า Interaction ระหว่างค่า Speed กับค่า Feed มีผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาด



ภาพประกอบที่ 4.3 แสดง Main Effects Plot for Dimensional error



ภาพประกอบที่ 4.4 แสดง Interaction Plot for Dimensional error

จากภาพประกอบที่ 4.3 พบว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาดคือ ความเร็วตัด และ อัตราป้อน โดยมีแนวโน้มเมื่อเพิ่มความเร็วตัดจาก 150 เป็น 300 m/min ทำให้ความคลาดเคลื่อนขนาดลดลงอย่างเห็นได้ชัด และจากภาพประกอบที่ 4.4 พบว่าปัจจัยร่วมที่ส่งผลต่อความขรุขระคือ ความเร็วตัดและอัตราป้อน

4.2 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 2 ครั้งที่ 1

จากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความขรุขระพื้นผิวคือ อัตราป้อน และปัจจัยร่วมที่ส่งผลคือ ความเร็วตัดกับอัตราป้อน ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้ได้กำหนดค่าคงที่ของความลึกในการตัดเนื่องจากไม่ส่งผลต่อการทดลอง โดยในการทดลองขั้นที่ 2 ครั้งที่ 1 นี้ได้ใช้การออกแบบ Generals factorial design วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab Release 14 และในการทดลองครั้งนี้ได้มีการวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิค การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) เนื่องจากมีตัวแปรตาม 2 ตัวแปรคือ ความขรุขระพื้นผิว และ ความคลาดเคลื่อนขนาด นอกจากนั้นในการทดลองครั้งนี้ยังได้ศึกษาดูว่าใบมีดเซรามิกมีการสึกหรอหรือไม่ภายใต้เวลาและสภาวะการตัดที่กำหนด

4.2.1 การวิเคราะห์ผลด้วยเทคนิค MANOVA

ในการวิเคราะห์ได้กำหนดตัวแปรอิสระคือ Speed กับ Feed และกำหนดตัวแปรตามคือ R_a และ Dimensional error ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงการวิเคราะห์ MANOVA for Speed

```
MANOVA for speed
s = 2     m = -0.5     n = 86.0

                        Test                    DF
Criterion             Statistic      F    Num    Denom      P
Wilks'                  0.94525  2.484      4      348  0.043
Lawley-Hotelling        0.05790  2.504      4      346  0.042
Pillai's                0.05477  2.464      4      350  0.045
Roy's                   0.05749
```

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผลของ Speed มีนัยสำคัญ (ค่า Λ = 0.945 และ F = 2.484 ซึ่ง p = 0.043) และสถิติตัวอื่น ๆ ก็ให้ผลที่มีนัยสำคัญเช่นกัน

ตารางที่ 4.5 แสดงตาราง MANOVA for feed

MANOVA for feed
s = 2 m = -0.5 n = 86.0

Criterion	Test Statistic	F	DF Num	DF Denom	P
Wilks'	0.93638	2.907	4	348	0.022
Lawley-Hotelling	0.06793	2.938	4	346	0.021
Pillai's	0.06363	2.875	4	350	0.023
Roy's	0.06774				

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผลของ Feed มีนัยสำคัญ (ค่า Λ = 0.936 และ F = 2.907 ซึ่ง p = 0.022) และสถิติตัวอื่น ๆ ก็ให้ผลที่มีนัยสำคัญเช่นกัน

จากตารางที่ 4.4 พบว่าสมมติฐานหลัก $H_{0(Speed)}$ ถูกปฏิเสธดังนั้นจึงสร้างช่วงความเชื่อมั่นของตัวแปรแต่ละตัวเพื่อหาว่าตัวใดที่มีส่วนที่มีส่วนสนับสนุนต่อการปฏิเสธ $H_{0(Speed)}$ นั้น ซึ่งช่วงความเชื่อมั่นทั้งชุด (Simultaneous confidence intervals) ได้ใช้วิธีของ Tukey พบว่าตัวแปรที่มีผลคือ Dimensional error เนื่องจาก Speed มี 3 ระดับดังนั้นจึงทดสอบรายคู่ว่า คู่ไหนที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับ α = 0.05 พบว่าที่ Speed = 300 กับ 500 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก P-value = 0.0052 (ดูภาคผนวกตารางที่ ข 2.9 และ ข 2.10)

จากการวิเคราะห์ MANOVA ผลของปฏิสัมพันธ์ (Interaction) $H_{0(Speed\ Feed)}$ ไม่มีนัยสำคัญ จากตารางที่ 4.5 พบว่าสมมติฐานหลัก $H_{0(Feed)}$ ถูกปฏิเสธดังนั้นจึงสร้างช่วงความเชื่อมั่นของตัวแปรแต่ละตัวเพื่อหาว่าตัวใดที่มีส่วนที่มีส่วนสนับสนุนต่อการปฏิเสธ $H_{0(Feed)}$ นั้น ซึ่งช่วงความเชื่อมั่นทั้งชุด (Simultaneous confidence intervals) ได้ใช้วิธีของ Tukey พบว่าตัวแปรที่มีผลคือ Feed เนื่องจาก Feed มี 3 ระดับดังนั้นจึงทดสอบรายคู่ว่า คู่ไหนที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับ α = 0.05 พบว่าที่ Feed = 0.08 กับ 0.12 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก P-value = 0.004 (ดูภาคผนวกตารางที่ ข 2.7 และ ข 2.8)

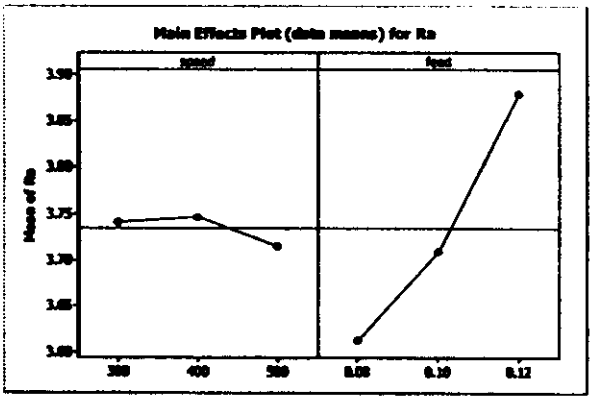
4.2.2 การวิเคราะห์ผลค่า R_a ด้วยเทคนิค ANOVA

ตารางที่ 4.6 แสดงการวิเคราะห์ ความแปรปรวนของค่า R_a

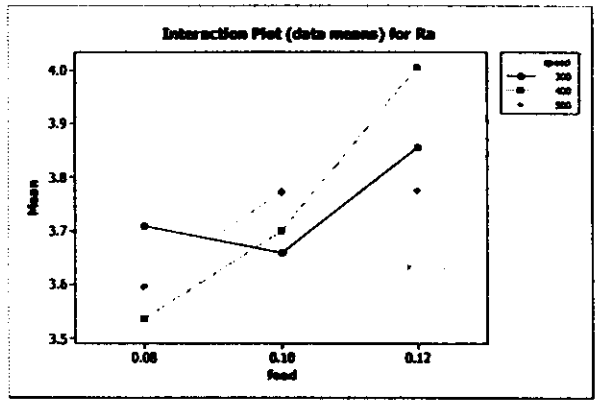
Analysis of Variance for Ra, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
speed	2	0.0351	0.0351	0.0176	0.09	0.916
feed	2	2.1707	2.1707	1.0853	5.42	0.005
speed*feed	4	0.9498	0.9498	0.2375	1.19	0.318
Error	171	34.2207	34.2207	0.2001		
Total	179	37.3764				

จากตารางที่ 4.6 วิเคราะห์ได้ว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า R_a มากที่สุดคือ อัตราป้อนมีด (Feed) ส่วนความเร็วตัดและ Interaction ระหว่างตัวแปรไม่มีผลต่อความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา



ภาพประกอบที่ 4.5 แสดง Main effect plot for R_a



ภาพประกอบที่ 4.6 แสดง Interaction plot for R_a

จากภาพประกอบที่ 4.5 พบว่ามีแนวโน้มเมื่อใช้ค่าอัตราป้อนน้อย จะทำให้ค่าความขรุขระพื้นผิวมีค่าต่ำและที่อัตราป้อน 0.8 mm/rev ให้ค่าความขรุขระพื้นผิวต่ำสุด สำหรับภาพประกอบที่ 4.6 พบว่า ค่า Interaction ระหว่างตัวแปรไม่มีผลต่อค่า R_a

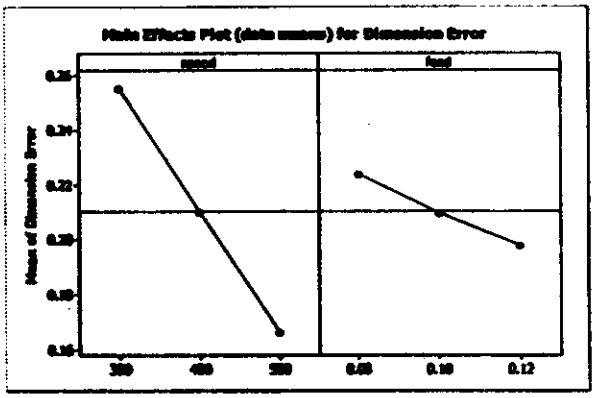
4.2.3 การวิเคราะห์ผลค่าความคลาดเคลื่อนขนาดด้วยเทคนิค ANOVA

ตารางที่ 4.7 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนขนาด

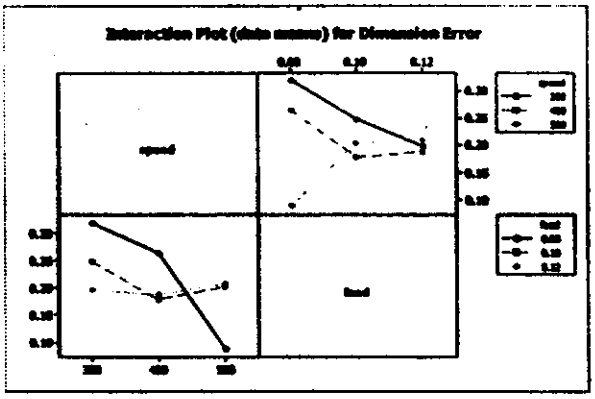
Analysis of Variance for Dimension Error, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
speed	2	0.23677	0.23677	0.11839	5.43	0.005
feed	2	0.02033	0.02033	0.01017	0.47	0.628
speed*feed	4	0.41091	0.41091	0.10273	4.71	0.001
Error	171	3.72575	3.72575	0.02179		
Total	179	4.39376				

จากตารางที่ 4.7 ทำให้วิเคราะห์ได้ว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลมากที่สุดต่อความคลาดเคลื่อนขนาดคือความเร็วตัด (Speed) นอกจากนี้ยังพบว่า Interaction ระหว่างปัจจัยก็ส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนขนาดด้วย



ภาพประกอบที่ 4.7 แสดง Main effect plot for Dimensional error



ภาพประกอบที่ 4.8 แสดง Interaction plot for dimensional error

จากภาพประกอบที่ 4.7 พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วตัดสูงขึ้นจะมีผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนขนาดลดลงและที่ค่า Speed = 500 m/min จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนขนาดน้อยสุด และจากภาพประกอบที่ 4.8 พบว่า Interaction ระหว่าง Feed กับ Speed ก็มีผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาดด้วย

ตารางที่ 4.8 แสดงการวิเคราะห์ค่า Means ของ R_a และ Dimensional error

Least Squares Means

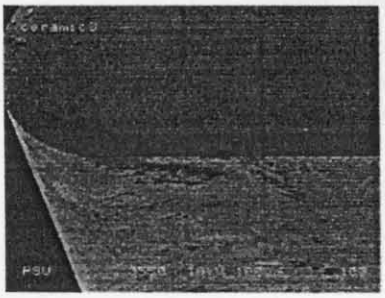
		-------Ra-------		-Dimension Error	
speed		Mean	SE Mean	Mean	SE Mean
300		3.74117	0.05775	0.25517	0.01906
400		3.74667	0.05775	0.20983	0.01906
500		3.71467	0.05775	0.16633	0.01906
feed					
0.08		3.61350	0.05775	0.22383	0.01906
0.10		3.70983	0.05775	0.20967	0.01906
0.12		3.87917	0.05775	0.19783	0.01906
speed*feed					
300	0.08	3.70850	0.10003	0.32000	0.03301
300	0.10	3.65850	0.10003	0.24800	0.03301
300	0.12	3.85650	0.10003	0.19750	0.03301
400	0.08	3.53600	0.10003	0.26450	0.03301
400	0.10	3.69850	0.10003	0.17800	0.03301
400	0.12	4.00550	0.10003	0.18700	0.03301
500	0.08	3.59600	0.10003	0.08700	0.03301
500	0.10	3.77250	0.10003	0.20300	0.03301
500	0.12	3.77550	0.10003	0.20900	0.03301

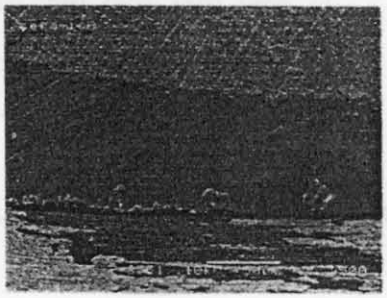
จากตารางที่ 4.8 แสดงการวิเคราะห์ค่า Means ของ R_a พบว่า ที่ Speed = 300 ค่า R_a = 3.741 ที่ 400 ค่า R_a = 3.746 ที่ 500 ค่า R_a = 3.714 ซึ่งพบว่าไม่แตกต่างกัน และผลของ Feed พบว่า ที่ Feed = 0.08 ค่า R_a = 3.613 ที่ 0.10 ค่า R_a = 3.709 ที่ 0.12 ค่า R_a = 3.879 ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกัน สำหรับผลของ Speed*Feed พบว่าที่ Speed = 400 และ Feed = 0.08 ค่า R_a = 3.536 ซึ่งต่ำสุด

จากตารางที่ 4.8 แสดงการวิเคราะห์ค่า Means ของ Dimensional error พบว่า ที่ Speed = 300 ค่า Dimensional error = 0.25 ที่ 400 ค่า Dimensional error = 0.20 ที่ 500 ค่า Dimensional error = 0.16 ซึ่งพบว่าไม่แตกต่างกัน และผลของ Feed พบว่า ที่ Feed = 0.08 ค่า Dimensional error = 0.22 ที่ 0.10 ค่า Dimensional error = 0.20 ที่ 0.12 ค่า Dimensional error = 0.19 ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกัน สำหรับผลของ Speed*Feed พบว่าที่ Speed = 500 และ Feed = 0.08 ค่า Dimensional error = 0.08 ซึ่งต่ำสุด

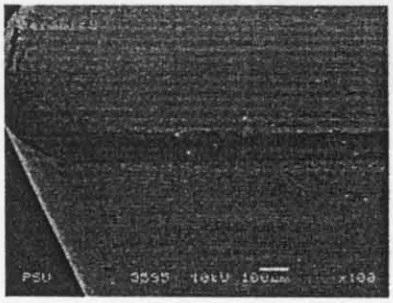
4.2.4 การวิเคราะห์การสึกหรอของใบมีดเซรามิก

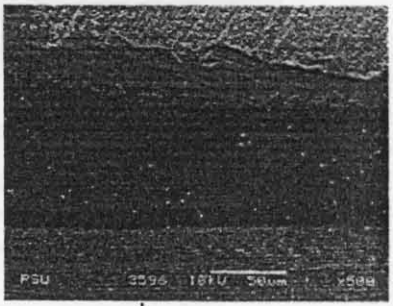
ในขั้นตอนนี้ได้มีการกำหนดการทดลอง 9 สภาวะการตัดโดยในแต่ละสภาวะใช้ใบมีดตัด 1 คมตัดโดยในแต่ละสภาวะทำการกลึง คิดเป็นระยะทาง 4000 มม. และนำใบมีดไปส่องกล้อง SEM ก่อนและหลังการกลึงเพื่อเปรียบเทียบสภาพของคมตัด ดังภาพประกอบที่ 4.9 และ 4.10





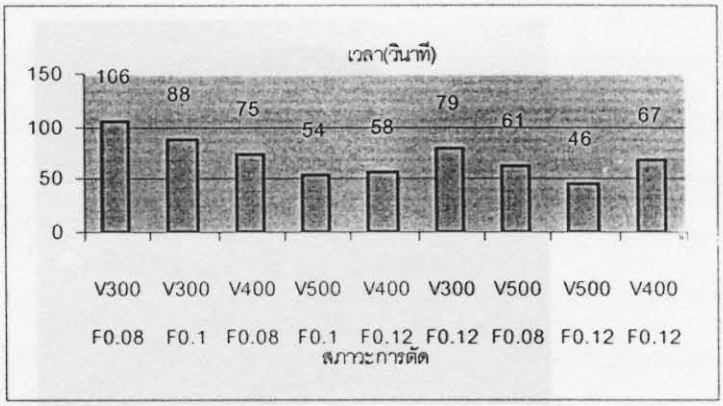
ภาพประกอบที่ 4.9 แสดงใบมีดเซรามิกก่อนตัดที่กำลังขยาย 100 เท่าและ 500 เท่าของสภาวะการตัดที่ 7 ที่ V = 500 m/min , Feed = 0.08 mm/rev และ Depth of cut = 1 mm



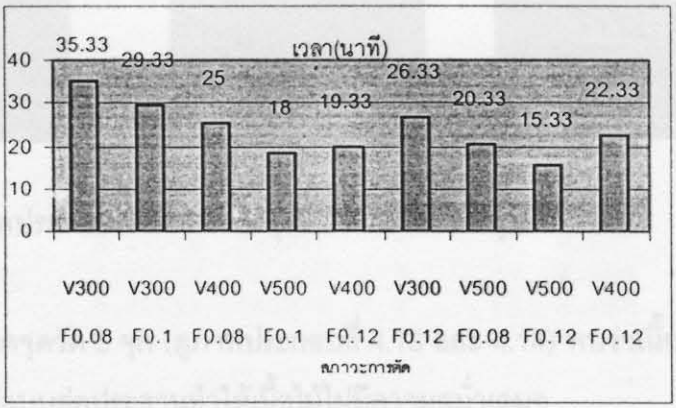


ภาพประกอบที่ 4.10 แสดงใบมีดเซรามิกหลังตัดที่กำลังขยาย 100 เท่าและ 500 เท่า ของสภาวะการตัดที่ 7 ที่ V = 500 m/min , Feed = 0.08 mm/rev และ Depth of cut = 1 mm โดยทำการกลึงไม้ยางพาราที่ระยะทาง 4000 mm

จากภาพประกอบที่ 4.9 และ 4.10 เป็นการเปรียบเทียบใบมีดก่อนตัดและหลังตัดที่ V = 500 m/min , Feed = 0.08 mm/rev และ Depth of cut = 1 mm ซึ่งพบว่าใบมีไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตที่ชัดเจน แต่จะปรากฏคราบยางไม้และยางไม้ไม่ทำปฏิกริยากับใบมีด และจากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าการสึกหรอของใบมีดเซรามิกจะเป็นการสึกหรอแบบแตกหัก และโดยมากจะเกิดจากการกระแทกกับชิ้นงานหรือ เกิดจาก Thermal shock เนื่องจากใบมีดเซรามิกมีความแข็งมากเมื่อเทียบกับไม้ยางพาราดังนั้นภายในสภาวะที่กำหนดจึงไม่อาจตรวจพบการสึกหรอ



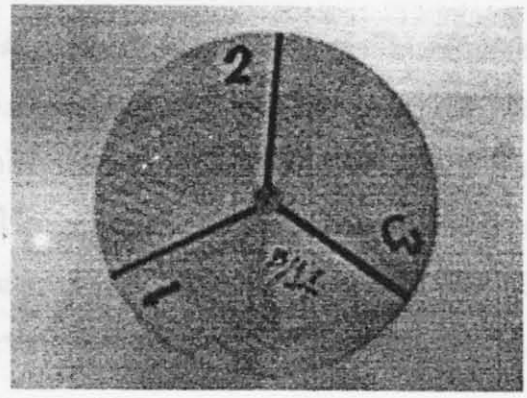
ภาพประกอบที่ 4.11 แสดงเวลางานกลึงต่อ 1 ชิ้น ใน 9 สภาวะการตัด



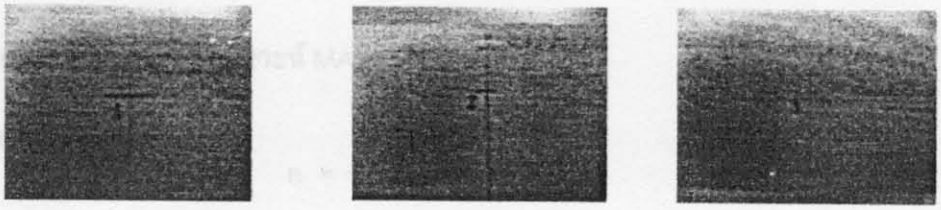
ภาพประกอบที่ 4.12 แสดงเวลางานกลึงต่อ 20 ชิ้น ใน 9 สภาวะการตัด

จากการศึกษาเวลาในการทำงาน ซึ่งในการกลึงแต่ละครั้งเป็นระยะทาง 200 mm พบว่าที่ความเร็วตัด 500 m/min และอัตราป้อน 0.12 mm/rev ใช้เวลาน้อยสุดที่ 46 วินาที และจากการศึกษาเวลารวมงานกลึง 20 ชิ้นในแต่ละสภาวะพบว่า ที่ความเร็วตัด 300 m/min และอัตราป้อน 0.08 mm/rev ใช้เวลามากที่สุด 35 นาที 33 วินาที

แสดงภาพถ่ายของเนื้อไม้ยางพาราหลังการกลึง

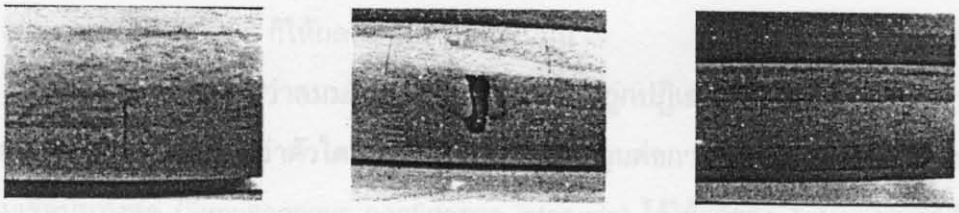


ภาพประกอบที่ 4.13 แสดงการกำหนดจุดวัด 3 จุด



ภาพประกอบที่ 4.14 แสดงจุดที่ทำการวัดทั้ง 3 จุด

จากการกำหนดจุดวัด 3 จุด (ดูภาพประกอบที่ 4.13 และ 4.14) พบว่าเนื้อไม้มีความผันแปรมากเนื่องจากเป็นไม้แบบต่อประสานทำให้เนื้อไม้ไม่มีความสม่ำเสมอ



ภาพประกอบที่ 4.15 แสดงการเกิดตำหนิของเนื้อไม้

จากการกลึงชิ้นงานพบว่าเนื้อไม้บางชิ้นจะมีตำหนิเกิดขึ้น เช่น เกิดขุยหรือเสี้ยนไม้ มีตาไม้ และนอกจากนั้น อาจมีตำหนิตรงรอยต่อ ซึ่ง ณ จุดดังกล่าวจะไม่สามารถทำการวัดได้ ดังนั้นจึงหลีกเลี่ยงการวัดจุดดังกล่าว (ดูภาพประกอบที่ 4.15)

74.3 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 2 ครั้งที่ 2

หลังจากการทดลองตอนที่ 2 ครั้งที่ 1 แล้วเสร็จก็ได้เตรียมการเพื่อทดลองครั้งที่ 2 โดยได้ปรับค่าอัตราป้อนเป็น 0.6 , 0.8 และ 1.0 mm. และความเร็วตัด 256 , 363 และ 534 m/min โดยเปลี่ยนมาใช้เครื่องกลึง Harrison M350 และได้เลือกค่าปรับตั้งสูงสุดที่เครื่องจักรสามารถทำได้ การทดลองครั้งนี้ได้ใช้การออกแบบ Generals factorial randomized block design วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab Release 14 และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ผล MANOVA เนื่องจากมีตัวแปรตาม 2 ตัวอย่างไรก็ตามก็ได้มีการใช้เทคนิควิเคราะห์ผลแบบ ANOVA เพื่อเปรียบเทียบด้วย

4.3.1 การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค MANOVA

ตารางที่ 4.9 แสดงการวิเคราะห์ MANOVA for feed

MANOVA for Feed
s = 2 m = -0.5 n = 23.0

Criterion	Test Statistic	F	DF Num	DF Denom	P
Wilks'	0.29648	20.077	4	96	0.000
Lawley-Hotelling	2.25129	26.453	4	94	0.000
Pillai's	0.73957	14.376	4	98	0.000
Roy's	2.19591				

จากตารางที่ 4.9 พบว่าผลของ Feed มีนัยสำคัญ (ค่า Λ = 0.29648 และ F = 20.077 ซึ่ง P = 0.000) และสถิติตัวอื่น ๆ ก็ให้ผลที่มีนัยสำคัญเช่นกัน

จากตารางที่ 4.9 พบว่าสมมติฐานหลัก $H_{0(Feed)}$ ถูกปฏิเสธดังนั้นจึงสร้างช่วงความเชื่อมั่นของตัวแปรแต่ละตัวเพื่อหาว่าตัวใดที่มีส่วนที่มีส่วนสนับสนุนต่อการปฏิเสธ $H_{0(Feed)}$ นั้น ซึ่งช่วงความเชื่อมั่นทั้งชุด (Simultaneous confidence intervals) ได้ใช้วิธีของ Tukey พบว่าตัวแปรที่มีผลคือ R_a เนื่องจาก Feed มี 3 ระดับดังนั้นจึงทดสอบรายคู่ว่า คู่ไหนที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ α = 0.05 (ดูภาคผนวกตารางที่ ข 3.4 และ ข 3.5)

ที่ Feed = 0.6 กับ 0.8 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก P-value = 0.0000

ที่ Feed = 0.6 กับ 1.0 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก P-value = 0.0000

ที่ Feed = 0.8 กับ 1.0 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก P-value = 0.0003

นอกจากนี้ยัง พบว่า Dimensional error ไม่มีผลต่อการปฏิเสธสมมติฐาน $H_{0(Feed)}$ และผลการวิเคราะห์ MANOVA ผลของปฏิสัมพันธ์ (Interaction) $H_{0(Speed\ Feed)}$ ไม่มีนัยสำคัญ (ดูภาคผนวกตารางที่ ข 3.6 และ ข 3.7)

ตารางที่ 4.10 แสดงการวิเคราะห์ MANOVA for Speed

```
MANOVA for speed
s = 2     m = -0.5     n = 23.0

                    Test                        DF
Criterion         Statistic        F      Num      Denom        P
Wilks'              0.33260   17.615        4         96    0.000
Lawley-Hotelling    2.00491   23.558        4         94    0.000
Pillai's            0.66798   12.286        4         98    0.000
Roy's               2.00404
```

จากตารางที่ 4.10 พบว่าผลของ Speed มีนัยสำคัญ (ค่า Λ = 0.33260 และ F = 17.615 ซึ่ง P = 0.000) และสถิติตัวอื่น ๆ ก็ให้ผลที่มีนัยสำคัญเช่นกัน

จากตารางที่ 4.10 พบว่าสมมติฐานหลัก $H_{0(Speed)}$ ถูกปฏิเสธดังนั้นจึงสร้างช่วงความเชื่อมั่นของตัวแปรแต่ละตัวเพื่อหาว่าตัวใดที่มีส่วนที่มีส่วนสนับสนุนต่อการปฏิเสธ $H_{0(Speed)}$ นั้น ซึ่งช่วงความเชื่อมั่นทั้งชุด (Simultaneous confidence intervals) ได้ใช้วิธีของ Tukey พบว่าตัวแปรที่มีผลคือ Dimensional error และ R_s ซึ่งลำดับแรกทดสอบค่า R_s ก่อนเนื่องจาก Speed มี 3 ระดับ ดังนั้นจึงทดสอบรายคู่ว่า คู่ไหนที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับ α = 0.05 (ดูภาคผนวกตารางที่ ข 3.11 และ ข 3.12) พบว่า ที่ Speed = 256 กับ 534 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ P-value = 0.0186

ลำดับต่อมาทดสอบค่า Dimensional error ที่ ระดับ α = 0.05 (ดูภาคผนวกตารางที่ ข 3.13 และ ข 3.14)

ที่ Speed = 256 กับ 363 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก P-value = 0.0080

ที่ Speed = 256 กับ 534 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก P-value = 0.0000

ที่ Speed = 363 กับ 534 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก P-value = 0.0000

ซึ่งสรุปได้ว่า ค่า Dimensional error มีผลต่อการปฏิเสธ $H_{0(Speed)}$ มากที่สุด

4.3.2 การวิเคราะห์ผล R_a ด้วยเทคนิค ANOVA

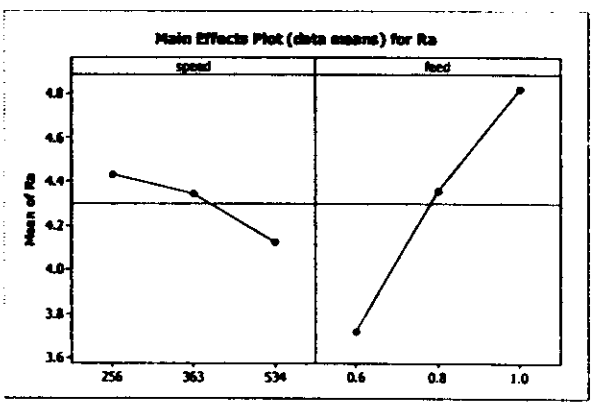
ตารางที่ 4.11 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA for R_a

Analysis of Variance for Ra, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	5	0.3490	0.3490	0.0698	0.61	0.690
speed	2	0.8997	0.8997	0.4499	3.96	0.027
feed	2	10.9836	10.9836	5.4918	48.32	0.000
speed*feed	4	0.3207	0.3207	0.0802	0.71	0.593
Error	40	4.5459	4.5459	0.1136		
Total	53	17.0989				

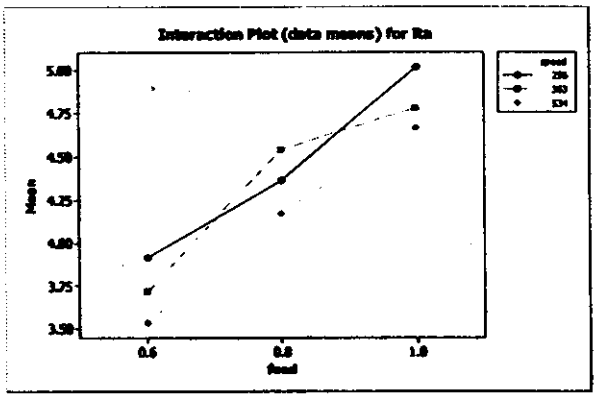
S = 0.337116 R-Sq = 73.41% R-Sq(adj) = 64.77%

จากตารางที่ 4.11 วิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าความขรุขระพื้นผิว (R_a) มากที่สุดคือ feed สังเกตได้จากค่า F= 48.32 และ P = 0.000 และปัจจัยหลักที่ส่งผลอีกค่าคือ speed แต่ส่งผลน้อยกว่าดูจากค่า F= 3.96 และP = 0.027 และนอกจากนี้พบว่าปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ไม่ส่งผลต่อค่าความขรุขระพื้นผิว ไม้ยางพารา



ภาพประกอบที่ 4.16 แสดง Main Effect plot for R_a

จากภาพประกอบที่ 4.16 อธิบายได้ว่าปัจจัยหลักทั้งสองตัว (Speed, Feed) ส่งผลต่อค่าความขรุขระพื้นผิว (R_a) โดยที่ Feed ส่งผลมากที่สุด



ภาพประกอบที่ 4.17 แสดง Interaction plot for R_a

จากภาพประกอบที่ 4.17 อธิบายได้ว่า Interaction ไม่มีผลต่อค่า R_a ซึ่งสอดคล้องกับตาราง ANOVA ที่ 4.10

4.3.3 การวิเคราะห์ผลความคลาดเคลื่อนขนาดด้วยเทคนิค ANOVA

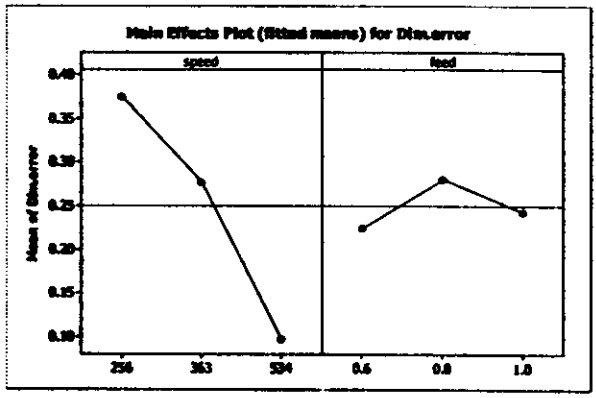
ตารางที่ 4.12 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA for Dimensional error

Analysis of Variance for Dim.error, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	5	0.012528	0.012528	0.002506	0.28	0.921
Speed	2	0.711678	0.711678	0.355839	39.89	0.000
Feed	2	0.028978	0.028978	0.014489	1.62	0.210
Speed*Feed	4	0.059644	0.059644	0.014911	1.67	0.176
Error	40	0.356856	0.356856	0.008921		
Total	53	1.169683				

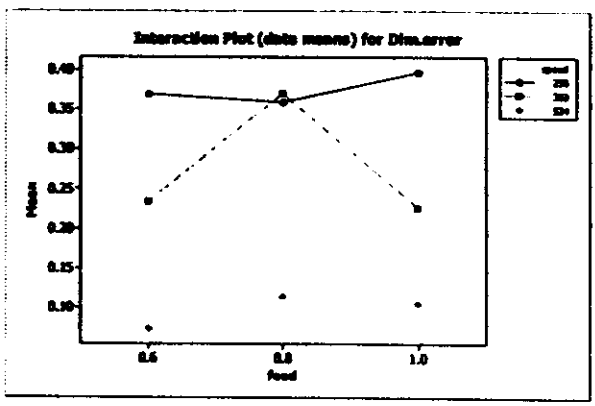
S = 0.0944531 R-Sq = 69.49% R-Sq(adj) = 59.58%

จากตารางที่ 4.12 วิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนขนาด มากที่สุด คือ Speed สังเกตได้จากค่า F= 39.89 และP = 0.000 นอกจากนี้พบว่าปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนขนาด



ภาพประกอบที่ 4.18 แสดง Main effect plot for dimensional error

จากภาพประกอบที่ 4.18 อธิบายได้ว่า Feed มีผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาด โดยมีแนวโน้มว่าค่า Feed ยิ่งสูงค่าความคลาดเคลื่อนขนาดจะสูง



ภาพประกอบที่ 4.19 แสดง Interaction plot for dimensional error

จากภาพประกอบที่ 4.19 อธิบายได้ว่า ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนขนาด ซึ่งสอดคล้องกับตาราง ANOVA ที่ 4.12

ตารางที่ 4.13 แสดง Least squares Means for R_a

Least Squares Means for Ra

speed		Mean	SE Mean
256		4.432	0.07946
363		4.346	0.07946
534		4.126	0.07946
feed			
0.6		3.722	0.07946
0.8		4.360	0.07946
1.0		4.822	0.07946
speed*feed			
256	0.6	3.915	0.13763
256	0.8	4.365	0.13763
256	1.0	5.017	0.13763
363	0.6	3.715	0.13763
363	0.8	4.542	0.13763
363	1.0	4.780	0.13763
534	0.6	3.535	0.13763
534	0.8	4.173	0.13763
534	1.0	4.668	0.13763

จากตารางที่ 4.13 พบว่าปัจจัยหลัก Feed = 0.6 ให้ค่า R_a = 3.72 ซึ่งน้อยสุด และผลระหว่าง Speed*Feed พบว่าที่ Speed = 534 และ Feed = 0.6 ให้ค่า R_a = 3.53 ซึ่งต่ำสุด

ตารางที่ 4.14 แสดง Least squares Means for Dimensional error

Least Squares Means for Dim.error

Speed		Mean	SE Mean
256		0.37444	0.02226
363		0.27667	0.02226
534		0.09722	0.02226
Feed			
0.6		0.22500	0.02226
0.8		0.28056	0.02226
1.0		0.24278	0.02226
Speed*Feed			
256	0.6	0.36833	0.03856
256	0.8	0.35833	0.03856
256	1.0	0.39667	0.03856
363	0.6	0.23333	0.03856
363	0.8	0.37000	0.03856
363	1.0	0.22667	0.03856
534	0.6	0.07333	0.03856
534	0.8	0.11333	0.03856
534	1.0	0.10500	0.03856

จากตารางที่ 4.14 อธิบายได้ว่า ปัจจัยหลัก Speed = 534 ให้ค่า Dimensional error = 0.09 ซึ่งน้อยสุด และผลระหว่าง Speed*Feed พบว่าที่ Speed = 534 และ Feed = 0.6 ให้ค่า Dimensional error = 0.07 ซึ่งต่ำสุด

4.3.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากการทดลองตอนที่ 2

การทดลองตอนที่ 2 สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและตัวแปรตามในรูปสมการเชิงเส้นตรง ได้ดังนี้

การทดลองตอนที่ 2 ครั้งที่ 1

$$R_a = 3.12 - (1.33 \times 10^{-4} \text{ speed}) + (6.64 \times \text{feed}) \quad (4\text{-}1)$$

$$\text{Dimensional error} = 1.68 - (3.5 \times 10^{-3} \text{ speed}) - (12.9 \times \text{feed}) + (0.0306 \times \text{speed} \times \text{feed}) \quad (4\text{-}2)$$

การทดลองตอนที่ 2 ครั้งที่ 2

$$R_a = 2.53 + (2.75 \times \text{feed}) - (1.12 \times 10^{-3} \text{ speed}) \quad (4\text{-}3)$$

$$\text{Dimensional error} = 0.599 + (0.0444 \times \text{feed}) - (1.0 \times 10^{-3} \text{ speed}) \quad (4\text{-}4)$$

เมื่อ

R_a	คือ ความขรุขระพื้นผิว มีหน่วย ไมโครเมตร (μm)
Dimensional error	คือ ความคลาดเคลื่อนขนาด มีหน่วย มิลลิเมตร (mm)
Feed	คือ อัตราการป้อนตัด มีหน่วย มิลลิเมตรต่อรอบ (mm/rev)
Speed	คือ ความเร็วตัด มีหน่วย เมตรต่อนาที (m/min)

4.4 การทดลองเพื่อยืนยันผล

เป็นการทดลองเพื่อยืนยันว่าผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองที่ผ่านมา โดยการนำสมการเชิงเส้นตรงมาพยากรณ์ค่าความขรุขระพื้นผิวและความคลาดเคลื่อนขนาด โดยทำการสุ่มสภาวะการตัดที่อยู่ในขอบเขตที่กำหนดแล้วนำผลที่ได้จากการพยากรณ์มาเปรียบเทียบกับค่าจริงที่ได้จากการทดลองและกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของค่าจากการทดลองไว้ไม่เกิน10% (ดูตารางที่ 4.15 และ 4.16)

ตารางที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่า R_a

speed	feed	depth	R_a	R_a cal.	ei
320	0.11	1	2.53	2.34	0.19
430	0.1	1	2.55	2.40	0.15
475	0.09	1	2.67	2.46	0.21
270	1	1	4.60	4.97	-0.37
365	0.6	1	3.91	3.77	0.14
420	0.9	1	4.45	4.53	-0.08

การหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean absolute percentage error)

$$MAPE = \frac{\left|\left(\frac{X_i - F_i}{X_i}\right)\times 100\right|}{n}$$

$$= \frac{7.51 + 5.88 + 7.86 + 8.04 + 3.58 + 1.80}{6}$$

$$= 5.78$$

การหาค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (Mean squared error)

$$MSE = \sum_{i=1}^{n} \frac{e_i^2}{n}$$

$$= \frac{0.19^2 + 0.15^2 + 0.21^2 + (-0.37)^2 + 0.14^2 + (-0.08)^2}{6}$$

$$= 0.44$$

จากการวิเคราะห์พบว่า ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 5.78 ซึ่งน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนดไว้และค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และมีการแสดงกราฟเปรียบเทียบไว้ด้วย (ดูภาพประกอบที่ 4.20)

ตารางที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนขนาด

speed	feed	depth	Dim.error	Dim. error cal.	ei
320	0.11	1	0.25	0.22	0.03
430	0.1	1	0.22	0.20	0.02
475	0.09	1	0.17	0.16	0.01
270	1	1	0.34	0.37	-0.03
365	0.6	1	0.26	0.26	0
420	0.9	1	0.26	0.22	0.04

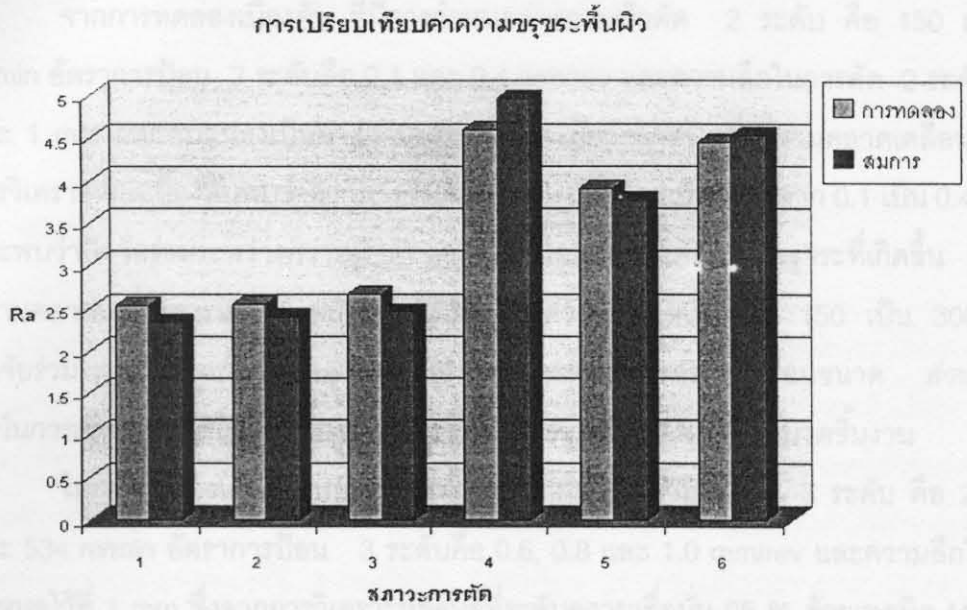
$$\text{MAPE} = \frac{12 + 9.09 + 5.88 + 8.82 + 0.00 + 15.38}{6}$$

$$= 8.53$$

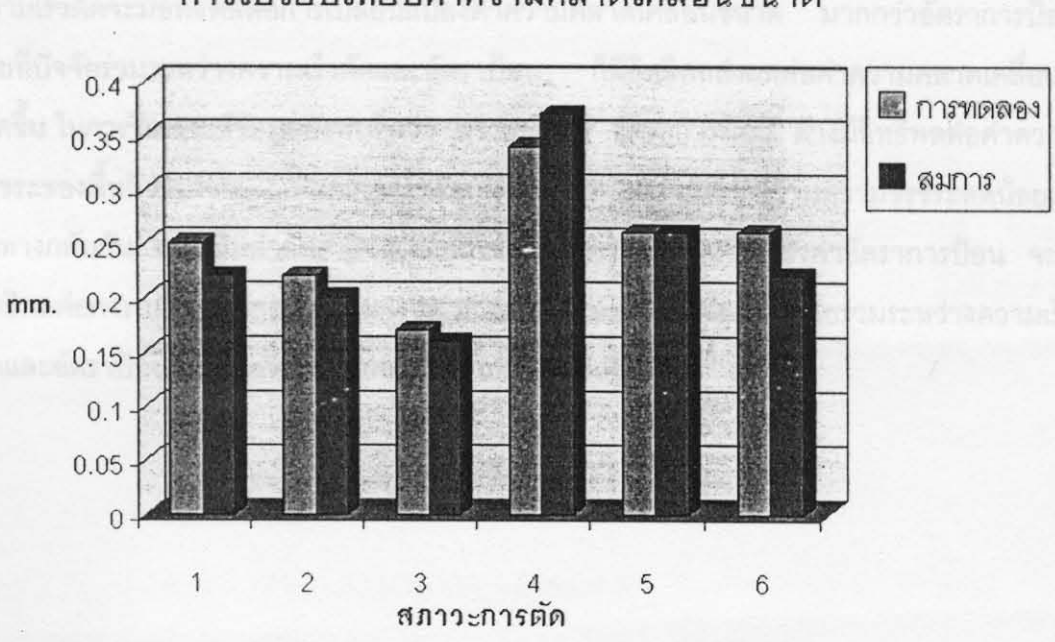
$$\text{MSE} = \frac{0.03^2 + 0.02^2 + 0.011^2 + (-0.03)^2 + 0.0^2 + 0.04^2}{6}$$

$$= 0.00065$$

จากการวิเคราะห์พบว่า ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 8.53 ซึ่งน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนดไว้ และค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้นอกจากนี้ยังได้แสดงกราฟเปรียบเทียบไว้ด้วย (ดูภาพประกอบที่ 4.21)



ภาพประกอบที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบค่าความขรุขระพื้นผิว



ภาพประกอบที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนขนาด

4.5 การวิเคราะห์ผลการศึกษา

จากการทดลองเบื้องต้น ที่มีการกำหนดค่าความเร็วตัด 2 ระดับ คือ 150 และ 300 m/min อัตราการป้อน 2 ระดับคือ 0.1 และ 0.4 mm/rev และความลึกในการตัด 2 ระดับคือ 0.5 และ 1 mm ผลตอบสนองเป็นค่าความขรุขระพื้นผิวไม้ยางพารา และความคลาดเคลื่อนขนาดนั้น การวิเคราะห์ผลเบื้องต้นพบว่าความขรุขระจะเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราป้อนเพิ่มจาก 0.1 เป็น 0.4 mm/rev และพบว่าปัจจัยร่วมระหว่างความเร็วตัดและอัตราป้อนไม่มีผลต่อความขรุขระที่เกิดขึ้น ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนขนาดลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อความเร็วตัดเพิ่มจาก 150 เป็น 300 m/min ปัจจัยร่วมระหว่างความเร็วตัดและอัตราป้อนจะส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนขนาด *ส่วนค่าความลึกในการตัดที่กำหนดไม่มีผลต่อค่าความขรุขระและความคลาดเคลื่อนขนาดชิ้นงาน*

ในการทดลองเต็มรูปแบบจริง จึงทำการกำหนดค่าความเร็วตัด 3 ระดับ คือ 256, 363 และ 534 m/min อัตราการป้อน 3 ระดับคือ 0.6, 0.8 และ 1.0 mm/rev และความลึกในการตัดกำหนดไว้ที่ 1 mm ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ด้วยเทคนิค MANOVA, ANOVA และ การวิเคราะห์การถดถอย พบว่า ความเร็วตัด อัตราการป้อน ต่างมีอิทธิพลต่อค่าความคลาดเคลื่อนขนาด (ความเร็วตัดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนขนาดลดน้อยลง ในลักษณะตรงข้ามกัน การเพิ่มค่าอัตราป้อน ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น) ซึ่งค่าความเร็วตัดจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความคลาดเคลื่อนขนาด มากกว่าอัตราการป้อน โดยที่ปัจจัยร่วมระหว่างความเร็วตัดและอัตราป้อน ก็มีอิทธิพลส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ในการวิเคราะห์ข้อมูลยังพบอีกว่า ความเร็วตัด อัตราการป้อน ต่างมีอิทธิพลต่อค่าความขรุขระของพื้นผิวชิ้นงาน (ความเร็วตัดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความความขรุขระลดน้อยลง ในทางกลับกัน การเพิ่มค่าอัตราป้อน ส่งผลให้ค่าความขรุขระเพิ่มขึ้น) ซึ่งค่าอัตราการป้อน จะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความขรุขระมากกว่าความเร็วตัด โดยที่ปัจจัยร่วมระหว่างความเร็วตัดและอัตราป้อนไม่มีอิทธิพลส่งผลต่อค่าความขรุขระที่เกิดขึ้น