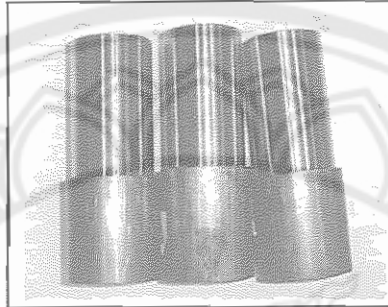


บทที่ 4
การทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1.1 ชิ้นงานสำเร็จ



รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างชิ้นงานสำเร็จ ขนาด 38 mm.

4.1.2 ตารางบันทึกผลความเรียบผิว

ค่าที่นำมาวิเคราะห์ความเรียบผิว คือ ค่า R_a มีหน่วยเป็น μm ซึ่งได้ค่าต่างๆ ดังตาราง 4.1

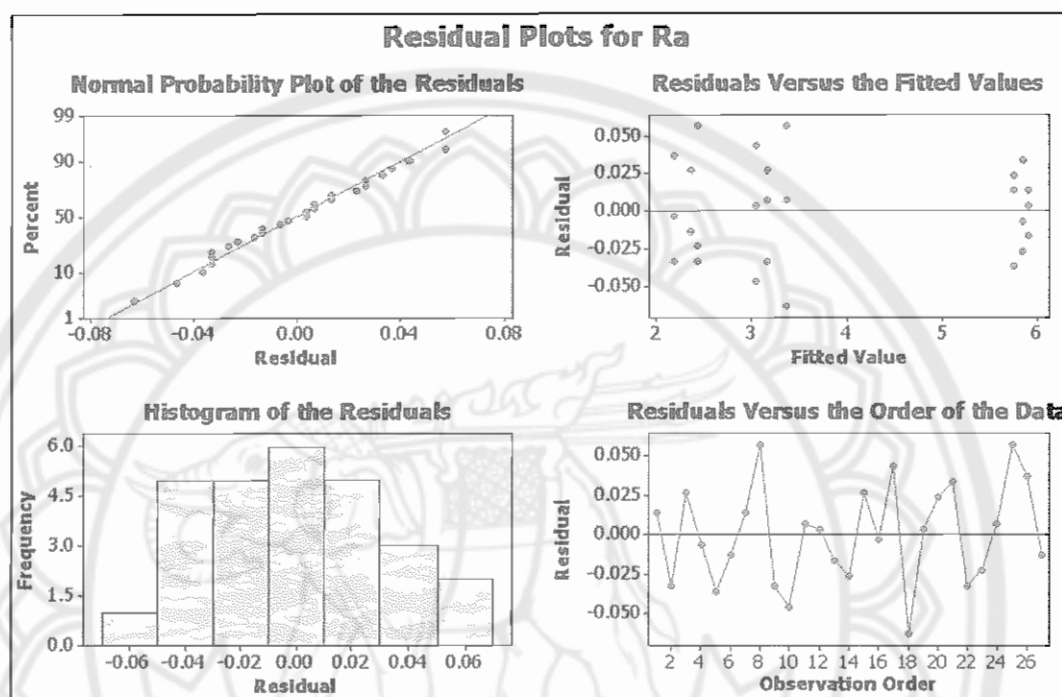
ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลความเรียบผิว

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm.)	SPEED (rpm.)	FEED (% ของ 0.15 mm./min)	R_a (μm)			
			ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3	Ra เฉลี่ย
38	1425	0.05	2.49	2.40	2.41	2.43
		0.10	3.37	3.30	3.42	3.36
		0.15	5.92	5.91	5.89	5.90
	1634	0.05	2.39	2.35	2.35	2.36
		0.10	3.13	3.19	3.17	3.16
		0.15	5.84	5.82	5.88	5.85
	1844	0.05	2.15	2.18	2.22	2.18
		0.10	3.09	3.00	3.05	3.05
		0.15	5.76	5.71	5.77	5.75

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลของข้อมูลที่ได้มานั้น จะวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งจะได้ผลดังแผนภูมิรูปภาพ ดังต่อไปนี้

4.2.1 การวิเคราะห์ผลจากกราฟ



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงส่วนตกค้างของข้อมูลของการวัดความหยาบผิวของชิ้นงาน

รูปที่ 4.2 เป็นการนำส่วนตกค้างของข้อมูลของการวัดความหยาบผิวของชิ้นงานที่ได้จากการเก็บข้อมูลนำมาวิเคราะห์ดูว่า ข้อมูลที่ได้เก็บมานั้นมีความน่าเชื่อถือหรือว่าพอเพียงต่อการวิเคราะห์โดยวิธีการปกติ หรือว่าจะต้องทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีขั้นสูงกว่า ซึ่งในรูปที่ 4.2 นี้จะแสดงถึงการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ

4.2.1.1 Normal Probability Plot of the Residuals เป็นกราฟที่แสดงค่าการกระจายตัวของส่วนตกค้าง (Residuals) ว่ามีการกระจายตัวเป็นแบบปกติหรือไม่ ซึ่งจะเห็นได้จากการที่จุดบนกราฟเรียงตัวกันเป็นลักษณะเส้นตรง และมีการกระจายตัวที่หนาแน่นบริเวณใกล้ๆ ศูนย์

4.2.1.2 Residuals Versus the Fitted Values เป็นกราฟที่ใช้ตรวจสอบว่าข้อมูลที่ได้เก็บมานั้น มีการกระจายตัวของส่วนตกค้างในแต่ละช่วงของข้อมูลนั้นควรมีการกระจายตัวใกล้ๆกันและ ลักษณะของกราฟควรมีการกระจายตัวแบบสุ่มรอบค่า 0

4.2.1.3 Histogram of the Residuals เป็นกราฟที่ใช้ตรวจสอบว่าส่วนตกค้างนั้นมีการกระจายตัวที่เป็นปกติหรือไม่ ซึ่งกราฟฮิสโตแกรมนั้นควรมีรูปร่างสมมาตรเป็นรูปประฆังคว่ำ และมีการกระจายตัวแบบสุ่มรอบค่า 0

4.2.1.4 Residuals Versus the Order of the Data เป็นกราฟที่ใช้ตรวจสอบดูว่าส่วนตกค้างนั้นขึ้นอยู่กับเวลาที่เปลี่ยนไปในการเก็บข้อมูลหรือไม่ ซึ่งบนกราฟนี้ไม่ควรปรากฏลักษณะของ แนวโน้มหรือรูปแบบใด ๆ อย่างชัดเจน ซึ่งควรจะมีการกระจายตัวที่ขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอ

ดังนั้น จากกราฟนี้ สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์นั้น สามารถให้ผลการ วิเคราะห์ที่ได้ผลที่ถูกต้อง เชื่อถือได้

4.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การปรับตัวแปรเพื่อหาค่าความเรียบผิว เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวของ Carbon Steel คือ อัตราป้อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความเร็รรอบ ดังนั้นในการทดลองนี้ได้กำหนด อัตราป้อน 3 ระดับ คือ 0.05, 0.10 และ 0.15 mm./min ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 mm. ความเร็รรอบ 3 ระดับคือ 1,425 1,634 และ 1,844 rpm.

การวิเคราะห์ผลการทดลองของการทดสอบวัดความเรียบผิว ด้วยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน จากการทดลองวัดความเรียบผิว (R_a) ตามที่ได้ออกแบบไว้ได้ผลว่า R^2 มีค่าเท่ากับ 99.96 % และค่า Adjust R^2 มีค่าเท่ากับ 99.94% ซึ่งมีความหมายว่าถ้าหากความผันแปรในข้อมูล มี $100 \mu m^2$ แล้วความผันแปร $99.96 \mu m^2$ สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอย ส่วนปริมาณที่เหลือไม่สามารถอธิบายได้เนื่องจากสาเหตุที่ไม่สามารถควบคุมได้

ดังนั้นจะได้ว่าความผันแปรของข้อมูลวัดความเรียบผิว (R_a) ส่วนใหญ่สามารถอธิบายได้ ด้วย อัตราป้อน และความเร็รรอบ แสดงว่าการออกแบบการทดลองนี้ถูกต้องและมีความเหมาะสม จึงสามารถวิเคราะห์ต่อไปได้ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่

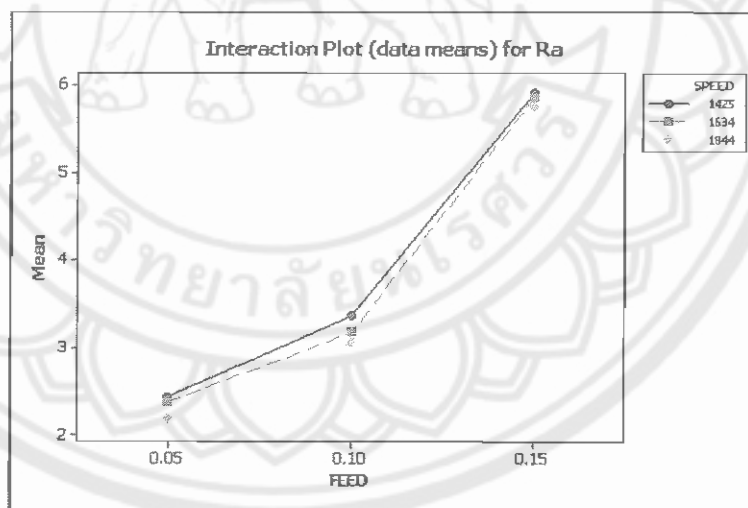
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเรียบผิว (R_a)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
feed	2	60.0759	60.0759	30.0380	20795.5	0.000
speed	2	0.2648	0.2648	0.1324	91.61	0.000
feed*speed	4	0.0281	0.0281	0.0070	4.87	0.008
Error	18	0.0260	0.0260	0.0014		
Total	26	60.3948				

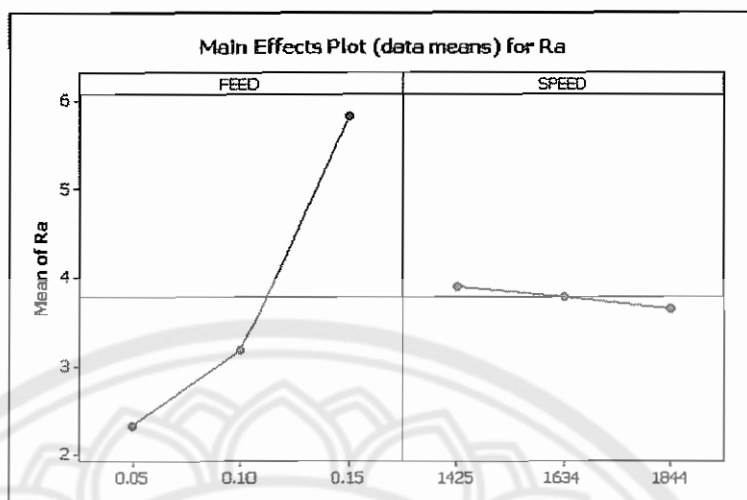
S = 0.0380058 R-Sq = 99.96% R-Sq(adj) = 99.94%

จากตารางที่ 4.2 วิเคราะห์ได้ว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอัตราป้อนกับความเร็วยรอบไม่มีผลต่อความเรียบผิว ซึ่งพิจารณาจากค่า P ที่มีค่าเกิน 0.05 ปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิว (R_a) มากที่สุด คือ อัตราป้อน รองลงมาคือ ความเร็วรอบ ตามลำดับ ซึ่งพิจารณาได้จากค่า F (ค่า F มีค่ามาก แสดงว่ามีผลต่อความเรียบผิว (R_a) มาก)

จากรูปที่ 4.3 พบว่าค่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอัตราป้อนกับความเร็วยรอบไม่มีผลต่อค่าความเรียบผิว (R_a)



รูปที่ 4.3 การปฏิสัมพันธ์ของความเรียบผิว (R_a)



รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเรียบผิวที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนระดับของปัจจัย

จากรูปที่ 4.4 ผลจากปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิว (R_a) โดยมีแนวโน้ม ดังนี้คือ

เมื่อกำหนดให้ค่าอัตราการป้อนมีดของเครื่องกลึงเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ความเรียบผิวของชิ้นงานมีค่าน้อยลงสรุปได้ว่า อัตราการป้อนมีดนั้นเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวของชิ้นงาน ถ้ากำหนดให้เครื่องกลึงมีอัตราการป้อนมีดต่ำจะส่งผลให้มีความเรียบผิวของชิ้นงานมากขึ้น

เมื่อกำหนดให้เครื่องกลึงมีความเร็วรอบในการกลึงเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ความเรียบผิวของชิ้นงานมีค่ามากขึ้น สรุปได้ว่า ความเร็วรอบในการกลึงนั้นเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวของชิ้นงาน ถ้ากำหนดให้เครื่องกลึงมีความเร็วรอบในการกลึงต่ำจะส่งผลให้มีความเรียบผิวของชิ้นงานมีค่าลดลง และที่อัตราป้อน 0.05 mm./min. ความเร็วรอบ 1,844 rpm. และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 mm. ให้ค่า R_a ต่ำสุด คือ มีความเรียบผิวของชิ้นงานมากที่สุด

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ค่าความเปลี่ยนแปลงของความเรียบผิว (R_a)

	Mean	SE Mean
feed		
0.05	2.327	0.01267
0.10	3.191	0.01267
0.15	5.833	0.01267
speed		
1425	3.901	0.01267
1634	3.971	0.01267
1844	3.659	0.01267
feed*speed		
0.05 1425	2.433	0.02194
0.05 1634	2.363	0.02194
0.05 1844	2.183	0.02194
0.10 1425	3.363	0.02194
0.10 1634	3.163	0.02194
0.10 1844	3.047	0.02194
0.15 1425	5.907	0.02194
0.15 1634	5.847	0.02194
0.15 1844	5.747	0.02194

จากตารางที่ 4.3 แสดงการวิเคราะห์ค่าความเปลี่ยนแปลงของความเรียบผิว (R_a) พบว่า อัตราป้อน 0.05 mm./min. ค่าความเรียบผิวเท่ากับ 2.327 μm . อัตราป้อน 0.10 mm./min. ค่าความเรียบผิวเท่ากับ 3.191 μm . และอัตราป้อน 0.15 mm./min. ค่าความเรียบผิวเท่ากับ 5.833 μm . ซึ่งพบว่าแตกต่างกัน และผลของความเร็รรอบ พบว่าที่ 1,425 rpm. ค่าความเรียบผิว 3.901 μm . ที่ 1,634 rpm. ค่าความเรียบผิวเท่ากับ 3.971 μm . ที่ 1,844 rpm. ค่าความเรียบผิวเท่ากับ 3.659 μm . ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกัน สำหรับผลของ Speed*Feed พบว่าที่อัตราป้อน 0.05 mm./min.

และความเร็วรอบ 1,844 rpm. ค่าความเรียบผิวเท่ากับ $2.183 \mu\text{m}$. ซึ่ง R_a ต่ำที่สุด นั่นก็คือ มีความเรียบผิวสูงที่สุด

4.2.2 การวิเคราะห์การถดถอย

การทดลองเพื่อหาสมการที่เหมาะสมในการกลึงชิ้นงาน โดยวิเคราะห์ผลการทดลองการกลึงในส่วนของการวิเคราะห์การถดถอย จากผลกสารถดลองเพื่อหาสภาวะที่มีผลต่อการกลึง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับ อัตราป้อน และความเร็วยรอบ วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Minitab R.14

การวิเคราะห์การถดถอยหลังจากทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วสามารถนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์การถดถอย ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 Regression Analysis: R_a versus diameter, feed, speed

Ra = 1.22 + 35.1 Feed - 0.000578 Speed					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	1.2219	0.8529	1.43	0.165	
Feed	35.067	2.107	16.64	0.000	
speed	-0.0005781	0.0005029	- 1.15	0.262	
S = 0.447007 R-Sq = 92.1% R-Sq(adj) = 91.4%					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	55.599	27.800	139.13	0.000
Residual Error	24	4.796	0.200		
Lack of Fit	6	4.770	0.795	550.33	0.000
Pure Error	18	0.026	0.001		
Total	26	60.395			

จากตารางที่ 4.4 อธิบายได้ว่าความแปรผันของข้อมูลค่าความเรียบผิว (R_a) $100 \mu\text{m}^2$ อธิบายได้ด้วยความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของความเรียบผิว (R_a) กับความเร็วรอบ และอัตราป้อน เท่ากับ 92.1% โดยปริมาณที่เหลือไม่สามารถอธิบายได้ว่ามาจากแหล่งความผันแปรใดแสดงว่าข้อมูลมี

ความสัมพันธ์กันในการวิเคราะห์ และ R-Sq. (adj.) มีค่าใกล้เคียงกับ R-Sq. แสดงว่าข้อมูลมีความเหมาะสม การทดสอบ Lack of fit มีค่าสูง แสดงว่าความเร็รรอบ อัตราป้อน มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเรียบผิว และค่าความน่าจะเป็นมีค่าต่ำ แสดงว่าความสัมพันธ์ (ความชัน) ของความเรียบผิวกับความเร็รรอบเป็นไปอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นสามารถตีความจากสมการถดถอยได้

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์การถดถอย สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและตัวแปรตามในรูปสมการเชิงเส้นของค่าความเรียบผิวกับ ความเร็รรอบและอัตราป้อน โดยสามารถแสดงได้ดังนี้

$$R_a = 1.22 + 35.1 \text{ Feed} - 0.000578 \text{ Speed}$$

เมื่อ R_a คือ ความเรียบผิว มีหน่วยเป็น μm .

F คือ อัตราป้อนตัด มีหน่วยเป็น mm./min .

S คือ ความเร็รรอบ มีหน่วยเป็น rpm .

4.2.3 การวิเคราะห์ผลจากสมการถดถอย

เป็นการทดลองเพื่อยืนยันผลที่ได้สอดคล้องกับการทดลองที่ผ่านมา โดยนำสมการเชิงเส้นมาพยากรณ์ความเรียบผิว แล้วนำผลที่ได้จากการพยากรณ์มาเปรียบเทียบกับค่าจริงจากการผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แทนค่า $S = 1,844$, $F = 0.05$

ในสมการ $R_a = 1.22 + 35.1 \text{ Feed} - 0.000578 \text{ Speed}$

จะได้ $R_a = 1.22 + (35.1 \times 0.05) - (0.000578 \times 1,844)$

$$R_a = 1.909 \mu\text{m}.$$

แทนค่า $S = 1,634$, $F = 0.10$

ในสมการ $R_a = 1.22 + 35.1 \text{ Feed} - 0.000578 \text{ Speed}$

จะได้ $R_a = 1.22 + (35.1 \times 0.10) - (0.000578 \times 1,634)$

$$R_a = 3.78 \mu\text{m}.$$

แทนค่า $S = 1,425$, $F = 0.15$

ในสมการ $R_a = 1.22 + 35.1 \text{ Feed} - 0.000578 \text{ Speed}$

จะได้ $R_a = 1.22 + (35.1 \times 0.15) - (0.000578 \times 1,425)$

$$R_a = 5.66 \mu\text{m}$$

พบว่าที่ความเร็วรอบ 1,844 rpm. อัตราป้อน 0.05 mm./min. และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 mm. ให้ผลของค่า R_a ต่ำที่สุด นั่นก็คือ มีความเรียบผิวสูงที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

4.2.4 การวิเคราะห์ผลค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างการคำนวณจากสมการถดถอยและค่าเฉลี่ยจากการทดลอง

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ผลค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างการคำนวณจากสมการถดถอยและค่าเฉลี่ยจากการทดลอง

ค่าจากการคำนวณจากสมการถดถอย (μm)	ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง (μm)	ความคลาดเคลื่อน (%)
1.909	2.18	14.20
3.78	3.16	16.40
5.66	5.90	4.24
	เฉลี่ย	11.61

หมายเหตุ ความคลาดเคลื่อน 11.61 % อาจมีสาเหตุจากตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากการกลึงอาจมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการกลึงที่ไม่ได้ใช้มาเป็นปัจจัยร่วมในการวิจัยครั้งนี้จึงทำให้สมการที่ได้มีความคลาดเคลื่อนไป