

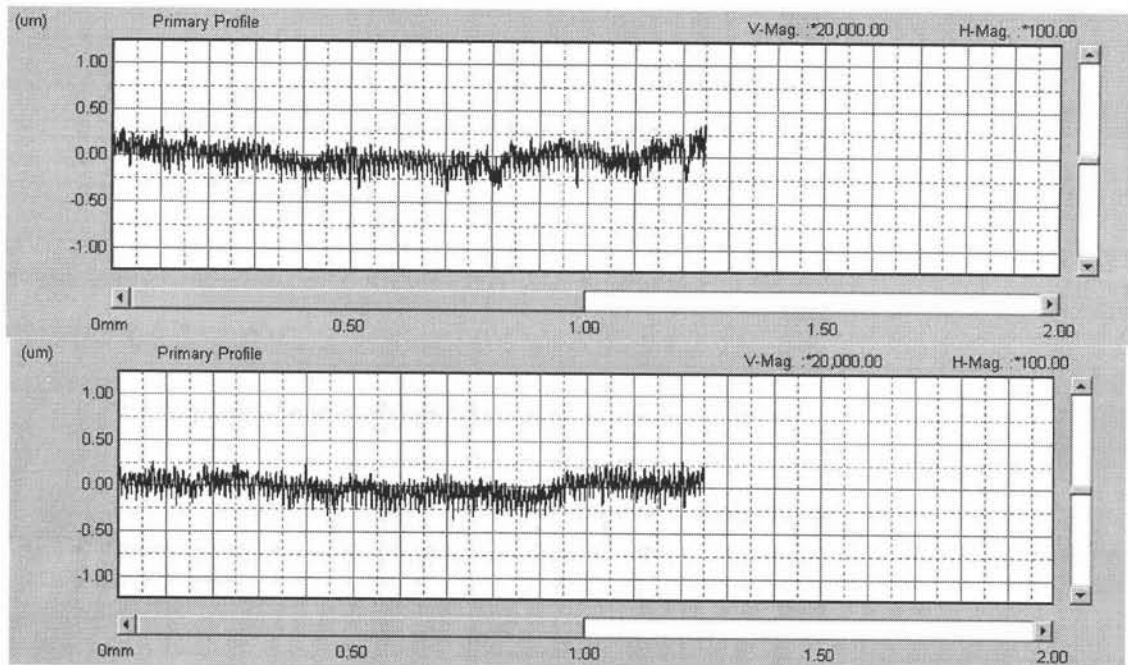
บทที่ 5

ผลการวิจัย

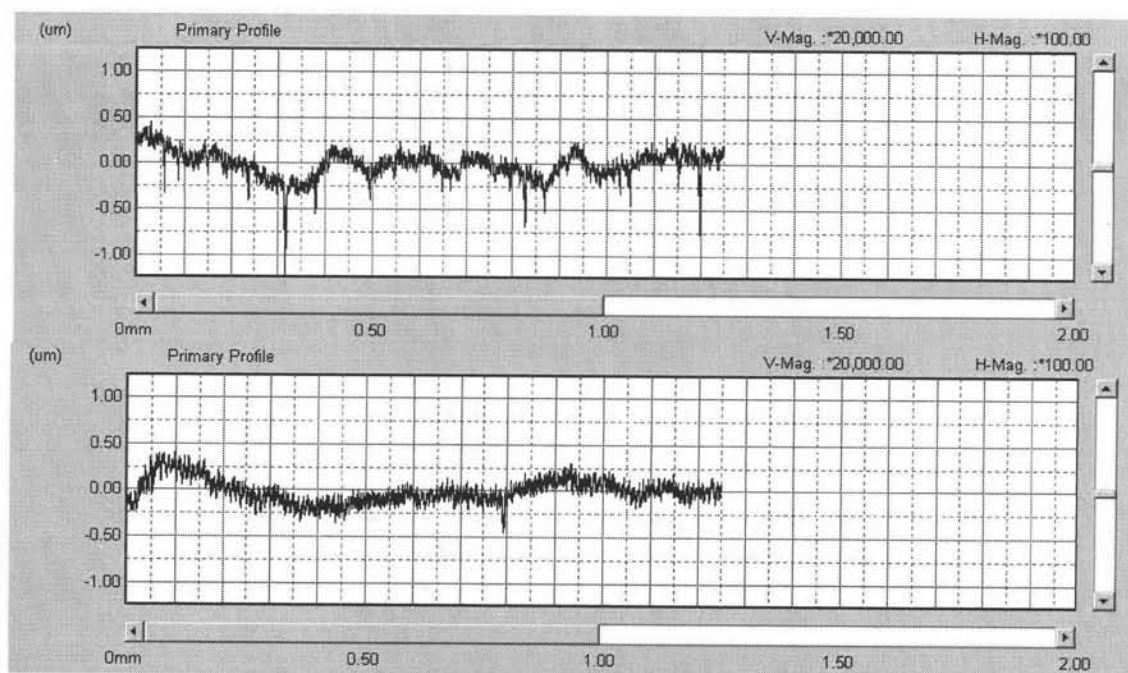
เมื่อทำการกลึงปาดหน้าครบทุกเงื่อนไขการทดลองแล้ว จะนำชิ้นงานมาวัดความหยาบผิวด้วยเครื่องวัดความหยาบผิวชิ้นงาน (Roughness tester) ของ Surfcom รุ่น 1400D เพื่อนำค่าที่อ่านได้มาวิเคราะห์ด้วย การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) นอกจากนี้ เครื่องวัดความหยาบผิวชิ้นงานยังมีความสามารถแสดงให้เห็นถึงรูปโครงสร้างของผิวชิ้นงาน (Surface profile) เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับตาเปล่าได้อีกด้วย

5.1. รูปโครงสร้างของผิวชิ้นงาน

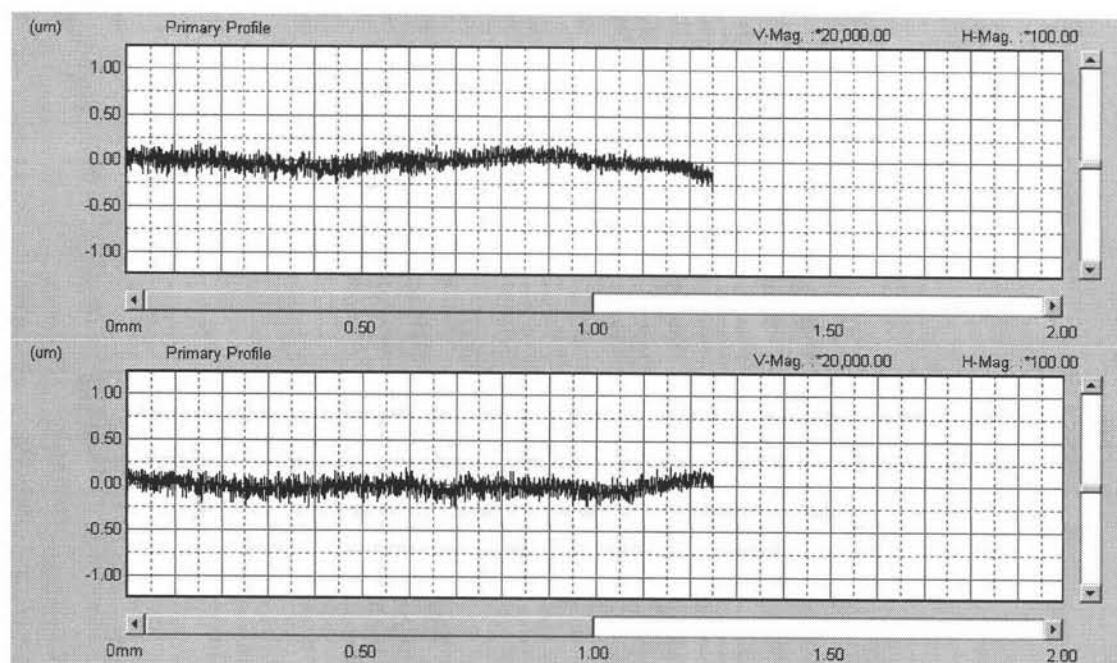
5.1.1. รูปโครงสร้างของชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยความเร็วรอบตัด 2 รอบต่อนาที



รูปที่ 5.1. ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA ที่ความเร็วรอบ 2 รอบต่อนาที ทำซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 5.2. ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ ที่ความเร็วรอบ 2 รอบ ต่อนาที ความถี่ในการสั่น 0 เฮิรตซ์ ทำซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

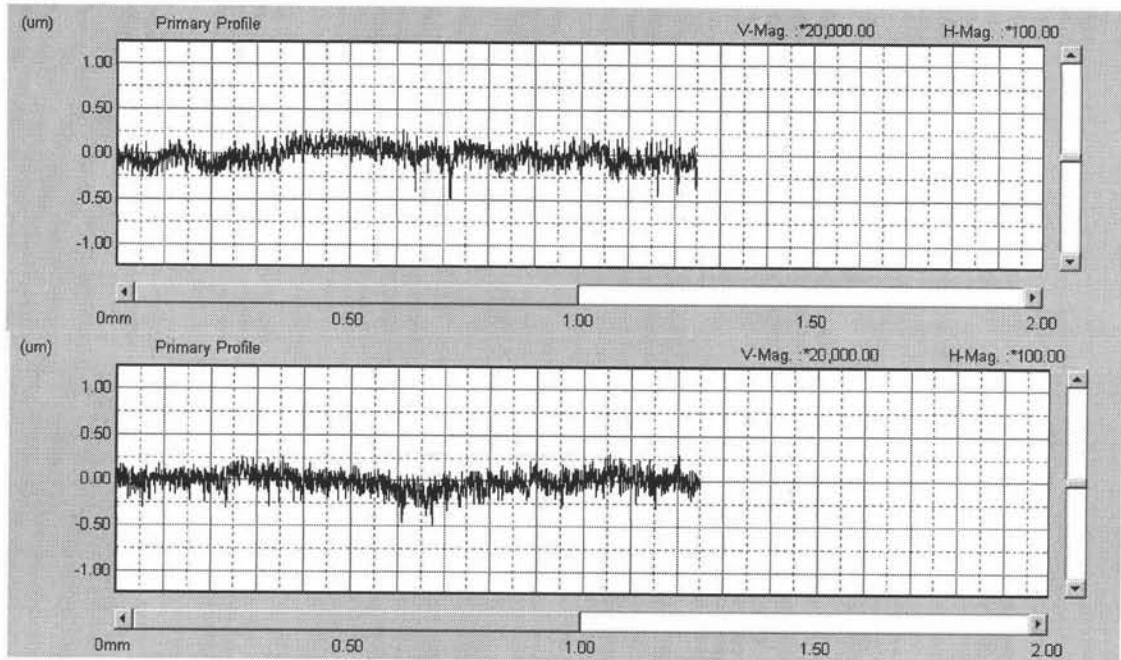


รูปที่ 5.3. ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ ที่ความเร็วรอบ 2 รอบ ต่อนาที ความถี่ในการสั่น 400 เฮิรตซ์ ทำซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

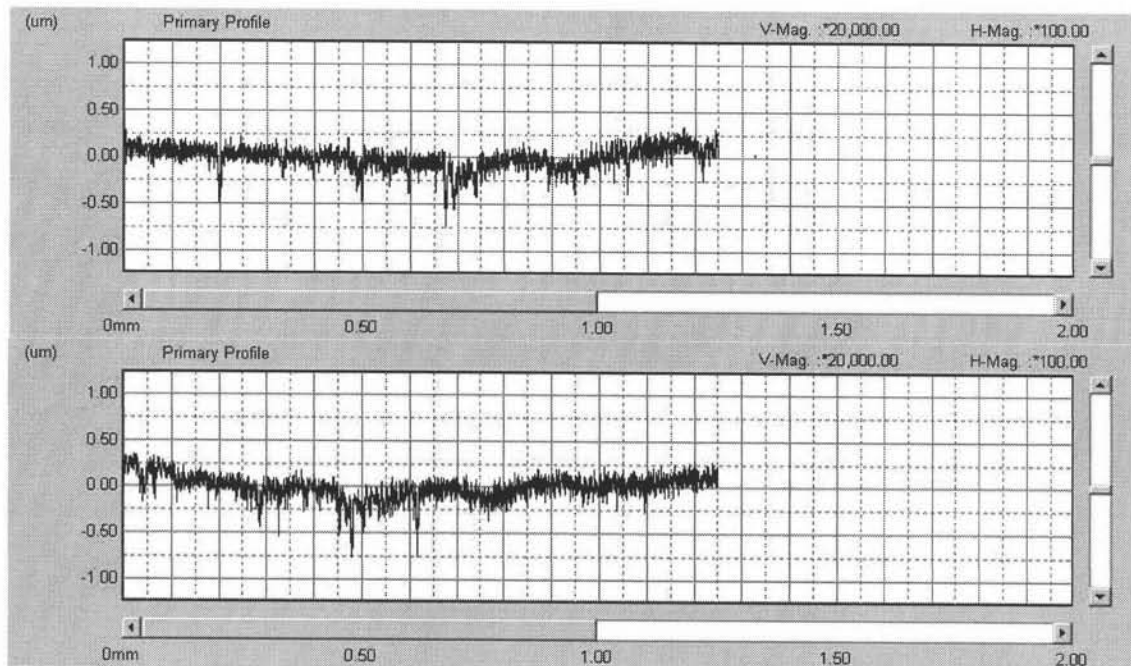
ที่เงื่อนไขความเร็วรอบตัด 2 รอบต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบรูปโครงสร้างของผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยค้ำจับเครื่องมือตัด KYOCERA (รูปที่ 5.1) กับ ค้ำจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ (รูปที่ 5.2) ด้วยตาเปล่า จะพบว่า ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยค้ำจับเครื่องมือตัด KYOCERA รุ่น STGCR2525M-11 มีความ**สม่ำเสมอ**กว่าผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยค้ำจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ และเมื่อเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวสูงสุด (Rz) พบว่าผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยค้ำจับเครื่องมือตัด KYOCERA มีค่าความหยาบผิวสูงสุด**น้อยกว่า** การกลึงปาดหน้าด้วยค้ำจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ

จากการเปรียบเทียบรูปโครงสร้างของผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยค้ำจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ โดยใช้ความถี่ในการสั่น 400 เฮิร์ตซ์ (รูปที่ 5.3) กับ การใช้ความถี่ในการสั่น 0 เฮิร์ตซ์ (รูปที่ 5.2) และ ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยค้ำจับเครื่องมือตัด KYOCERA (รูปที่ 5.1) ด้วยตาเปล่า จะพบว่า ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ในการสั่น 400 เฮิร์ตซ์ จะมีความ**สม่ำเสมอ**กว่าเงื่อนไขอื่น เมื่อเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวสูงสุด (Rz) และ รอยจากการป้อน (Feed mark) ก็จะพบว่า ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ในการสั่น 400 เฮิร์ตซ์ มี**น้อยกว่า** ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยเงื่อนไขอื่นเช่นกัน ส่งผลให้ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) ของชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ในการสั่น 400 เฮิร์ตซ์ มีค่า**น้อยกว่า** ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยเงื่อนไขอื่น

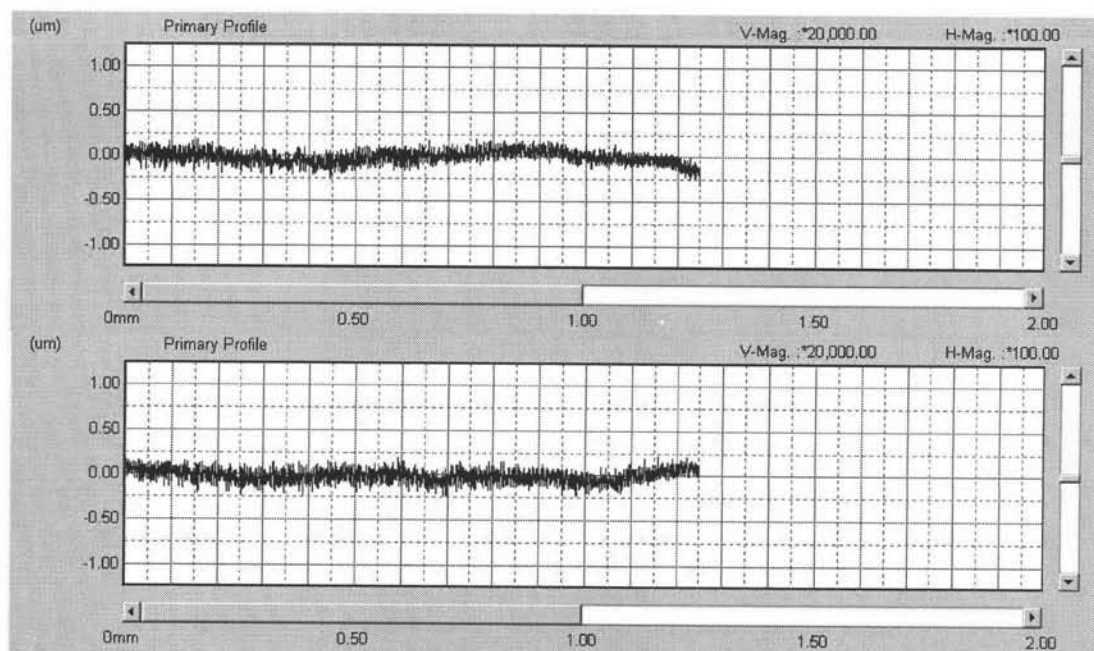
5.1.2. รูปโครงสร้างของชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยความเร็วรอบตัด 4 รอบต่อนาที



รูปที่ 5.4. ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA ที่ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที ทำซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 5.5. ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ ที่ความเร็วรอบ 4 รอบต่อนาที ความถี่ในการสั่น 0 เฮิรตซ์ ทำซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

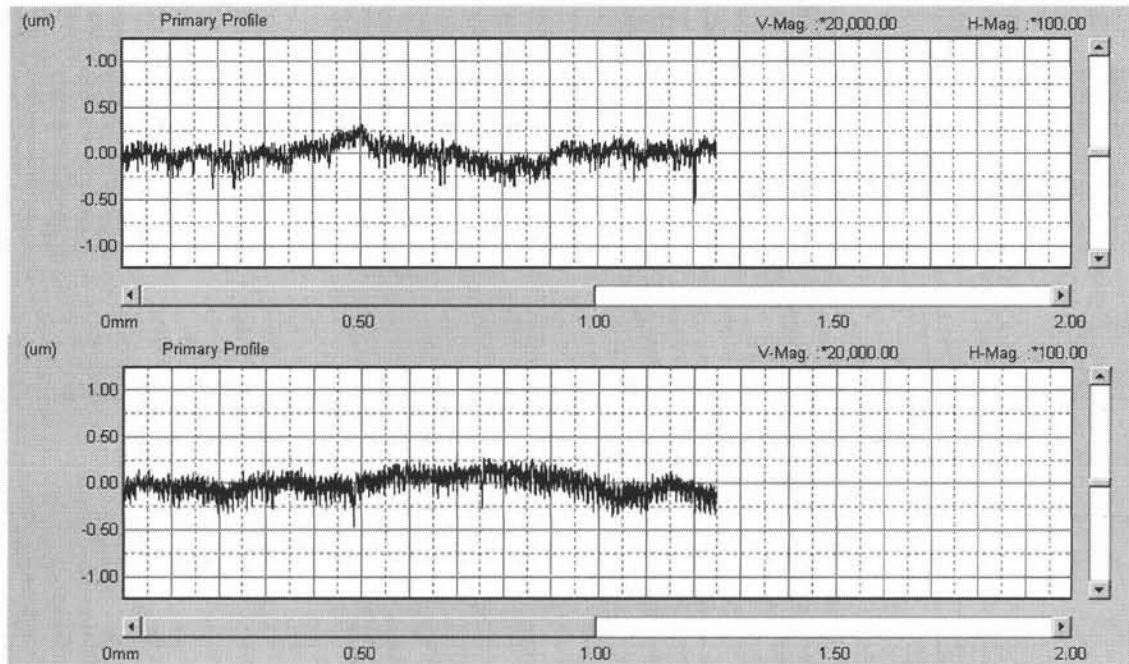


รูปที่ 5.6. ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ ที่ความเร็วรอบ 2 รอบต่อนาที ความถี่ในการสั่น 400 เฮิร์ตซ์ ทำซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

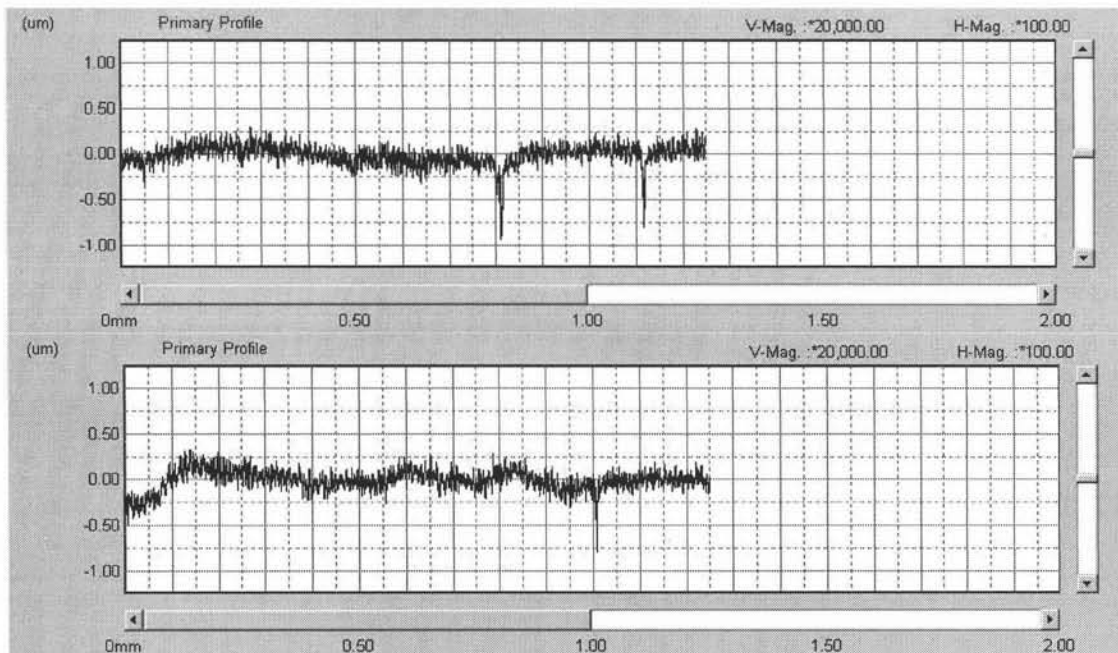
ที่เงื่อนไขความเร็วรอบตัด 4 รอบต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบรูปโครงสร้างของผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA (รูปที่ 5.4) กับ ด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ (รูปที่ 5.5) ด้วยตาเปล่า จะพบว่า ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA รุ่น STGCR2525M-11 มีความสม่ำเสมอผิวสูงกว่าผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ และเมื่อเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวสูงสุด (R_z) พบว่าผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA มีค่าความหยาบผิวสูงสุดใกล้เคียงกันกับการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ

จากการเปรียบเทียบรูปโครงสร้างของผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ โดยใช้ความถี่ในการสั่น 400 เฮิร์ตซ์ (รูปที่ 5.6) กับ การใช้ความถี่ในการสั่น 0 เฮิร์ตซ์ (รูปที่ 5.5) และ ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA (รูปที่ 5.4) ด้วยตาเปล่า พบว่า ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ในการสั่น 400 เฮิร์ตซ์ จะมีความสม่ำเสมอผิวสูงกว่าเงื่อนไขอื่น เมื่อเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวสูงสุด (R_z) และ รอยจากการป้อน (Feed mark) ก็จะพบว่า ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ในการสั่น 400 เฮิร์ตซ์ มีน้อยกว่า ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยเงื่อนไขอื่นเช่นกัน ส่งผลให้ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (R_a) ของชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ในการสั่น 400 เฮิร์ตซ์ มีค่าน้อยกว่าผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยเงื่อนไขอื่น

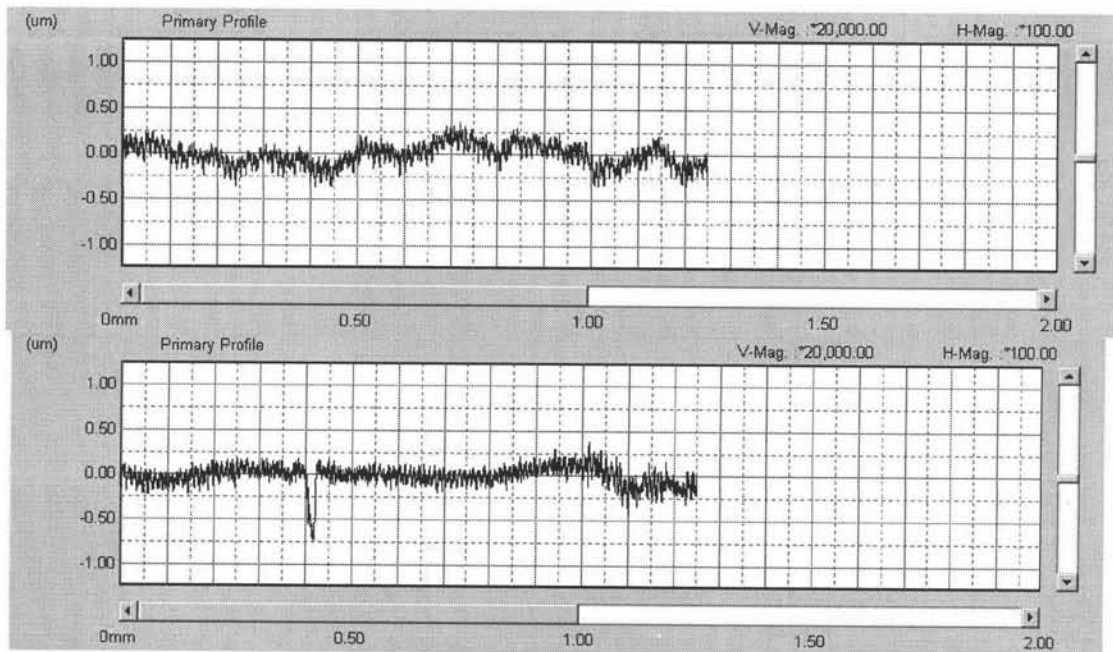
5.1.3. รูปโครงสร้างของชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยความเร็วรอบตัด 10 รอบต่อนาที



รูปที่ 5.7. ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA ที่ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที ทำซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 5.8. ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ ที่ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที ความถี่ในการสั่น 0 เฮิรตซ์ ทำซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

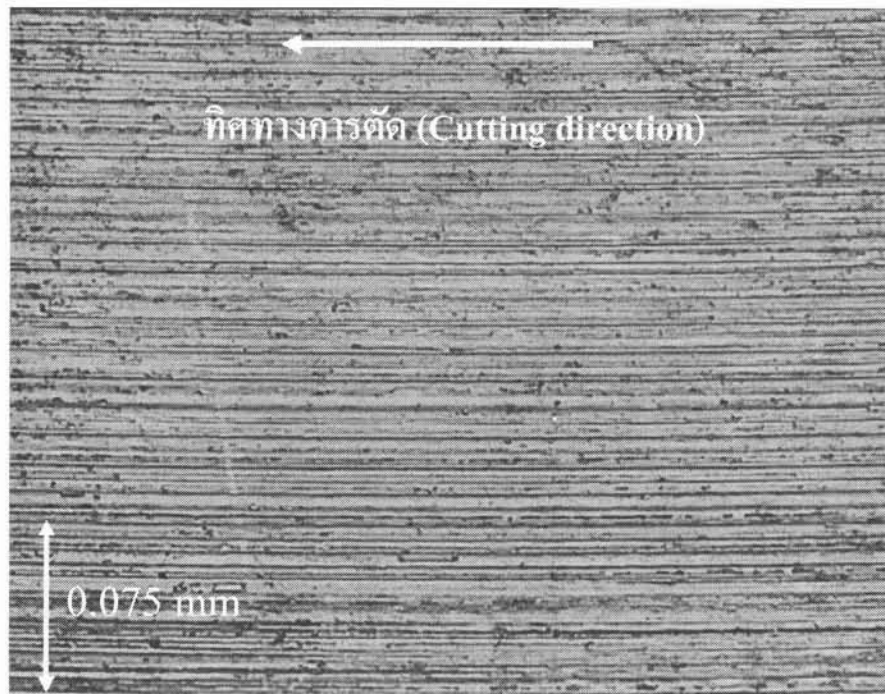


รูปที่ 5.9. ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ ที่ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที ความถี่ในการสั่น 400 เฮิรตซ์ ทำซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

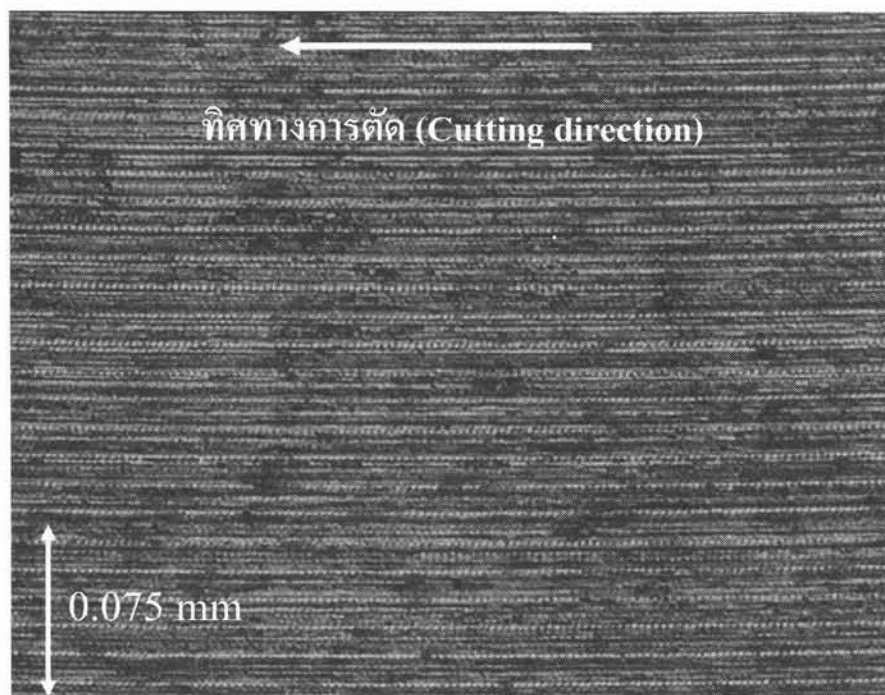
ที่เงื่อนไขความเร็วรอบตัด 10 รอบต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบรูปร่างของผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA (รูปที่ 5.7) กับ ด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ (รูปที่ 5.8) ด้วยตาเปล่า จะพบว่า ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA มีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกับ ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ และเมื่อเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวสูงสุด (R_z) พบว่าผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA มีค่าความหยาบผิวสูงสุด ใกล้เคียงกันกับการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ

จากการเปรียบเทียบรูปร่างของผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบ โดยใช้ความถี่ในการสั่น 400 เฮิรตซ์ (รูปที่ 5.9) กับ การใช้ความถี่ในการสั่น 0 เฮิรตซ์ (รูปที่ 5.8) และ ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA (รูปที่ 5.7) ด้วยตาเปล่า จะพบว่า ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ในการสั่น 400 เฮิรตซ์ มีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกันกับเงื่อนไขอื่น เมื่อเปรียบเทียบค่าความหยาบผิวสูงสุด (R_z) และ รอยจากการป้อน (Feed mark) ก็จะพบว่า ผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ในการสั่น 400 เฮิรตซ์มีความ ใกล้เคียงกันกับผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยเงื่อนไขอื่นเช่นกัน ส่งผลให้ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (R_a) ของชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ในการสั่น 400 เฮิรตซ์ มีค่าใกล้เคียงกับผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าด้วยเงื่อนไขอื่น

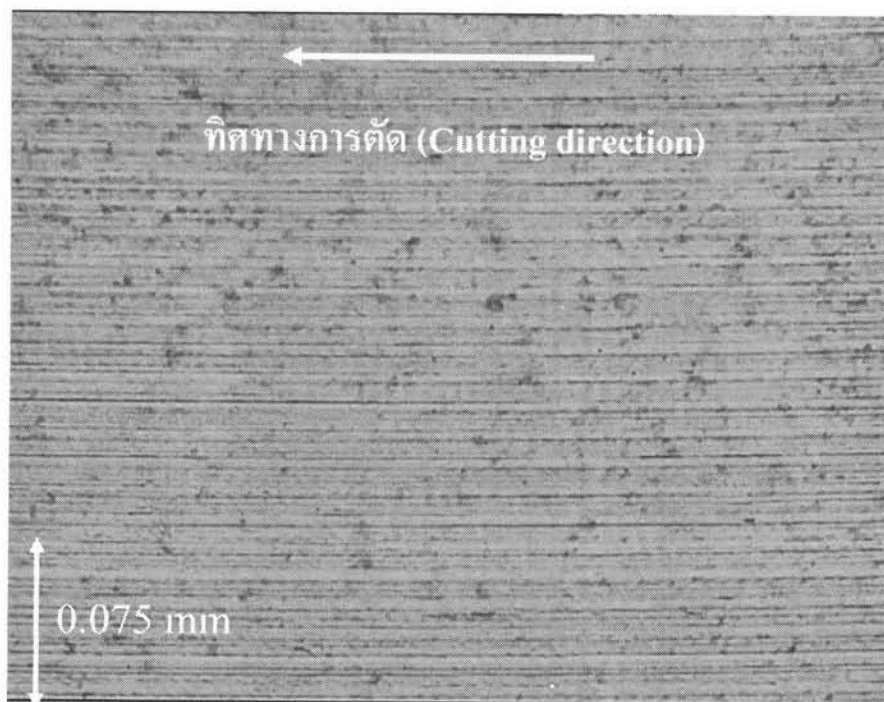
5.2. ผิวชิ้นงาน



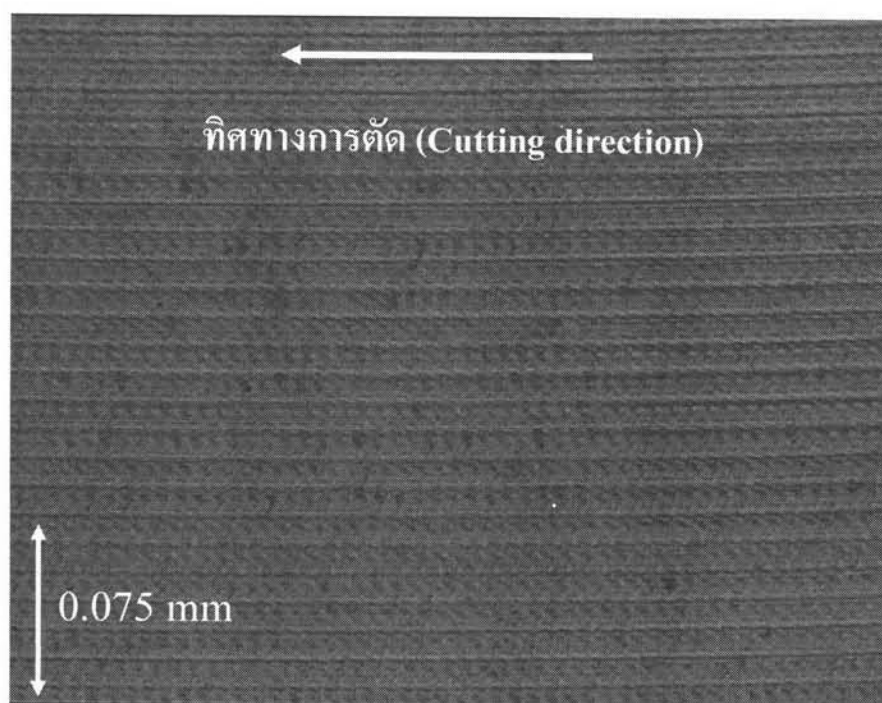
รูปที่ 5.10. ภาพขยาย 200 เท่าของผิวชิ้นงานที่ได้จากการกลึงปาดหน้าโดยไม่มี การสั่นเครื่องมือตัด ที่ความเร็วรอบตัด 2 รอบต่อนาที



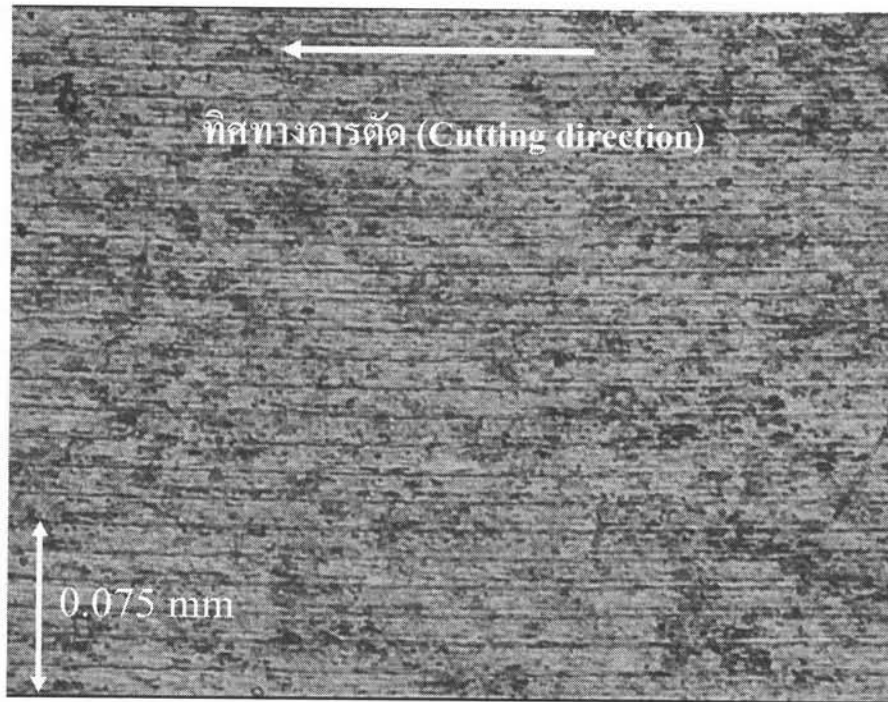
รูปที่ 5.11. ภาพขยาย 200 เท่าของผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ 400 เฮิรตซ์ ในการ สั่นเครื่องมือตัดที่ความเร็วรอบตัด 2 รอบต่อนาที



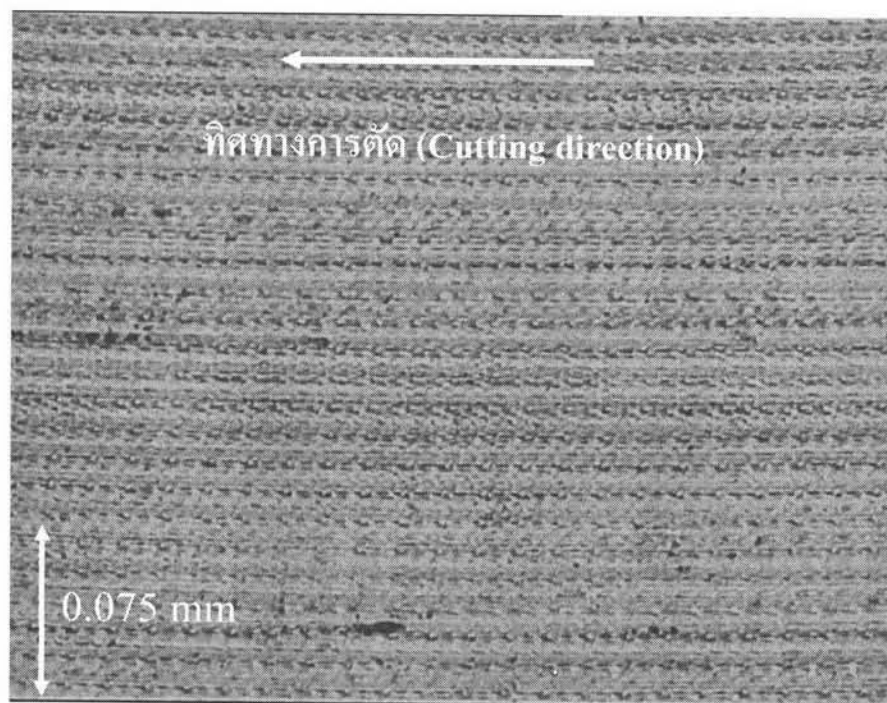
รูปที่ 5.12. ภาพขยาย 200 เท่าของผิวชิ้นงานที่ได้จากการกลึงปาดหน้าโดยไม่มีการสั่นเครื่องมือตัด
ที่ความเร็วรอบตัด 4 รอบต่อนาที



รูปที่ 5.13. ภาพขยาย 200 เท่าของผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ 400 เฮิรตซ์ในการ
สั่นเครื่องมือตัดที่ความเร็วรอบตัด 4 รอบต่อนาที

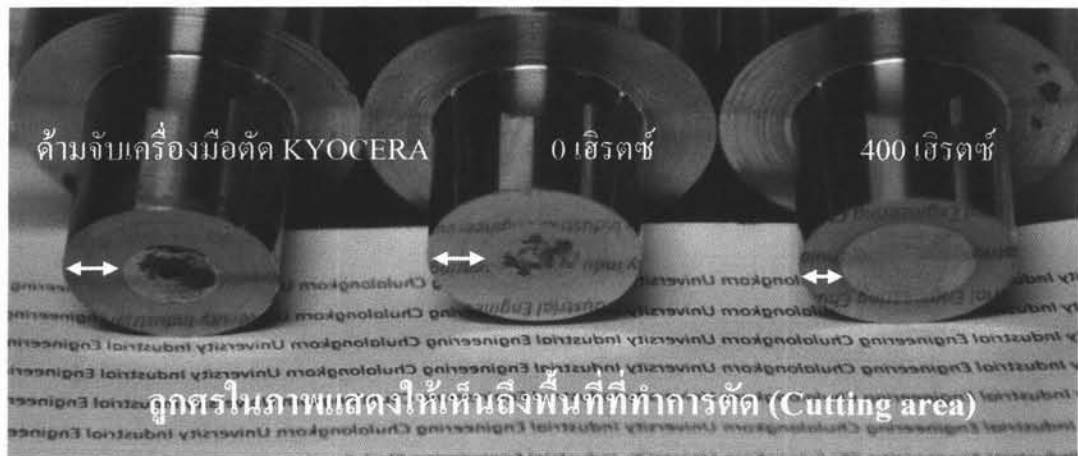


รูปที่ 5.14. ภาพขยาย 200 เท่าของผิวชิ้นงานที่ได้จากการกลึงปาดหน้าโดยไม่มีการสั่นเครื่องมือตัด ที่ความเร็วรอบตัด 10 รอบต่อนาที

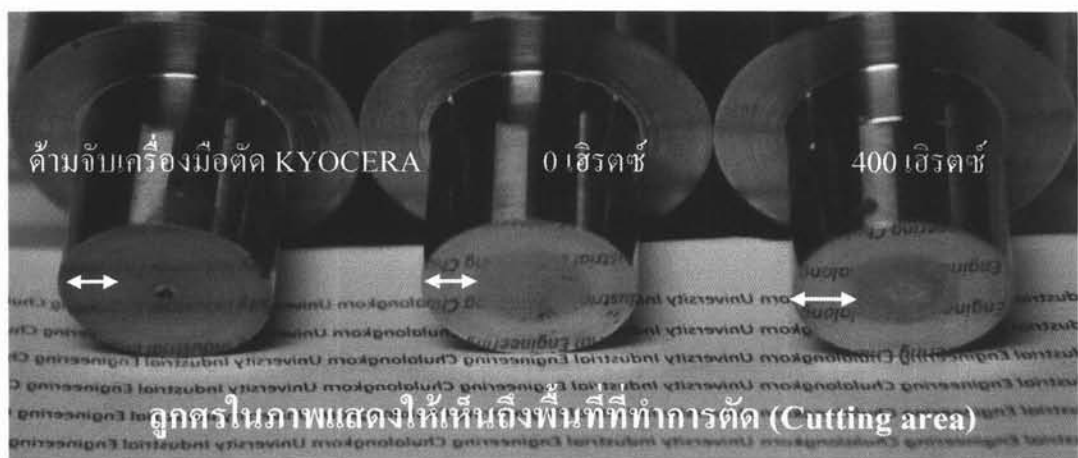


รูปที่ 5.15. ภาพขยาย 200 เท่าของผิวชิ้นงานจากการกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ 400 เฮิรตซ์ ในการสั่นเครื่องมือตัดที่ความเร็วรอบตัด 10 รอบต่อนาที

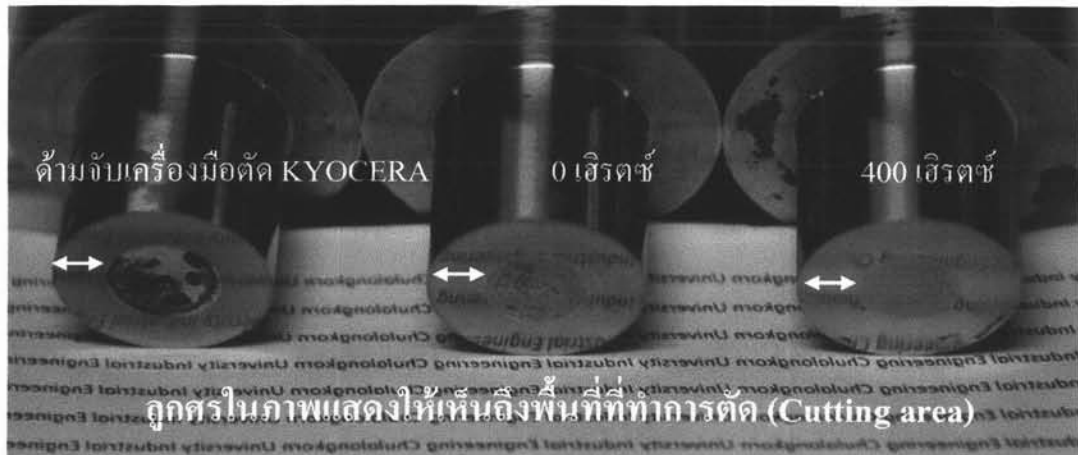
เมื่อเปรียบเทียบภาพขยายผิวชิ้นงานระหว่างการกลึงปาดหน้าโดยไม่มีการสั่น เครื่องมือตัด กับการกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ 400 เฮิรตซ์ในการสั่นเครื่องมือตัดด้วยตาเปล่า จะพบว่า ผิวชิ้นงานตามทิศทางการตัด (Cutting direction) จะมีลักษณะเป็นคลื่น (Wavy) อย่างเห็นได้ชัด อันเป็นผลเนื่องมาจากวิธีการตัดแบบสั่นตามทฤษฎีการตัดแบบสั่น ดังที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ในขณะที่การกลึงปาดหน้าโดยไม่มีการสั่นเครื่องมือตัด ผิวชิ้นงานตามทิศทางการตัด ไม่มีลักษณะเป็นคลื่นปรากฏให้เห็นแต่ประการใด



รูปที่ 5.16. เปรียบเทียบผิวชิ้นงานที่ความเร็วรอบตัด 2 รอบต่อนาที ที่เงื่อนไขการตัดต่างๆ



รูปที่ 5.17. เปรียบเทียบผิวชิ้นงานที่ความเร็วรอบตัด 4 รอบต่อนาที ที่เงื่อนไขการตัดต่างๆ



รูปที่ 5.18. เปรียบเทียบผิวชิ้นงานที่ความเร็วรอบตัด 10 รอบต่อนาที ที่เงื่อนไขการตัดต่างๆ

จากการเปรียบเทียบผิวชิ้นงานด้วยตาเปล่า จะเห็นได้ว่าผิวชิ้นงานเมื่อกลึงปาดหน้า โดยใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 400 เฮิร์ตซ์ที่ความเร็วรอบตัด 2 และ 4 จะมีผิวชิ้นงานที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงที่ดีกว่าผิวหน้าชิ้นงานที่กลึงปาดหน้าโดยไม่มีการสั่นเครื่องมือตัด ซึ่งหมายความว่าความสามารถในการตัดดีกว่า เพราะผิวชิ้นงานมีความหยาบผิวที่น้อยกว่านั่นเอง ส่วนผิวชิ้นงานที่กลึงปาดหน้าด้วยความเร็ว 10 รอบต่อนาที คุณสมบัติการสะท้อนแสงของผิวหน้าชิ้นงานที่เงื่อนไขการตัดต่างๆจะไม่ค่อยมีความแตกต่างมากนัก

5.3. ผลจากการทดลองและผลตอบที่ใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยการตัด (ความเร็วตัด และ ความถี่ที่ใช้ในการสั่น) ที่ส่งผลต่อ ความหยาบผิวชิ้นงาน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.1 โดยมีปัจจัยและผลตอบที่ทำการพิจารณาดังต่อไปนี้

ปัจจัยในการทดลอง

- 1) ปัจจัย ความเร็วตัด (เมตร ต่อ นาที)
- 2) ปัจจัย ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด (เฮิร์ตซ์)
- 3) ปัจจัย แบบของด้ามจับเครื่องมือตัด

ผลตอบของการทดลอง

- 1) ผลตอบ Ra คือความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (ไมโครเมตร)
- 2) ผลตอบ Rz คือความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (ไมโครเมตร)

ตารางที่ 5.1. ผิวสำเร็จของชิ้นงานที่ได้จากค้ำจับเครื่องมือตัด KYOCERA รุ่น STGCR2525M-11

เงื่อนไขการทดลอง	ความเร็วรอบตัด (รอบต่อนาที)	ทำซ้ำรอบที่	ความหยาบผิวเฉลี่ย (ไมโครเมตร Ra)	ความหยาบผิวสูงสุด (ไมโครเมตร Rz)
1	2	1	68.9	516.8
2	4	1	64.1	539.2
3	10	1	61.0	518.4
4	2	2	68.8	495.2
5	4	2	66.6	548.8
6	10	2	58.8	494.4

ตารางที่ 5.2. ผิวสำเร็จของชิ้นงานที่ได้จากค้ำจับเครื่องมือตัดต้นแบบที่ออกแบบและผลิตขึ้น

เงื่อนไขการทดลอง	ความเร็วรอบตัด (รอบต่อนาที)	ความถี่ (เฮิรตซ์)	ทำซ้ำรอบที่	ความหยาบผิวเฉลี่ย (ไมโครเมตร Ra)	ความหยาบผิวสูงสุด (ไมโครเมตร Rz)
7	2	0	1	71.8	911.2
8	2	400	1	43.5	320.0
9	4	0	1	62.8	670.4
10	4	400	1	46.8	376.0
11	10	0	1	61.6	692.0
12	10	400	1	65.8	462.4
13	2	0	2	57.4	436.0
14	2	400	2	48.2	367.2
15	4	0	2	65.6	648.8
16	4	400	2	46.7	384.8
17	10	0	2	61.2	556.8
18	10	400	2	62.1	523.2

5.4. การวิเคราะห์ความแปรปรวน

หลังจากการเก็บผลการทดลองและได้ผลตอบที่จะใช้นำมาวิเคราะห์ผลการทดลองแล้ว จะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยจะทำการวิเคราะห์ผลตอบต่างๆตามลำดับต่อไปนี้

- 1) วิเคราะห์ปัจจัยโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (Ra)
- 2) วิเคราะห์ปัจจัยโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz)
- 3) วิเคราะห์ปัจจัยความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (Ra)
- 4) วิเคราะห์ปัจจัยความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz)

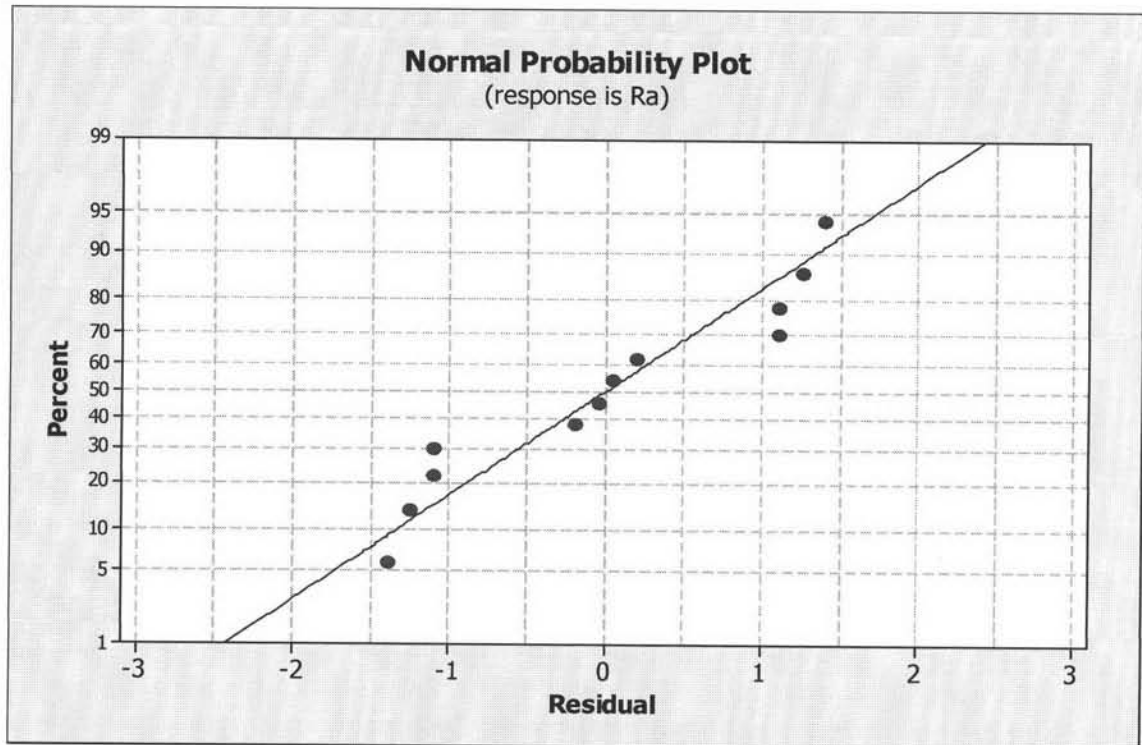
5.4.1. วิเคราะห์ปัจจัยโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (Ra)

การที่จะวิเคราะห์ความมีอิทธิพลระหว่างปัจจัย โครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัดต่อผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (Ra) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จะต้องวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลองก่อน ซึ่งแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนดังนี้คือ

- 1) ทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลจากกราฟการกระจายแบบปกติ
- 2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูลจากกราฟส่วนตกค้าง (Residual) และ ค่าที่ถูกฟิต (Fitted value)

5.4.1.1. การทดสอบการกระจายแบบปกติ

การทดสอบการกระจายแบบปกติของความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) แสดงได้ดังรูปที่



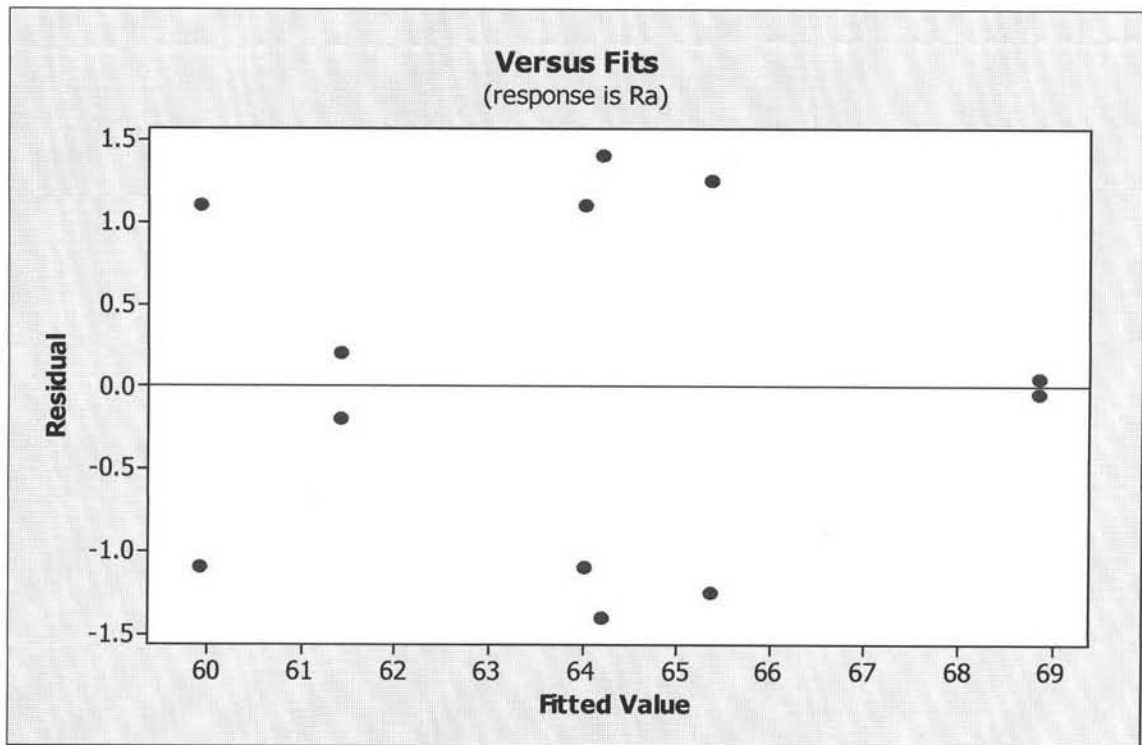
รูปที่ 5.19. กราฟแสดงการกระจายแบบปกติของ Ra

จากกราฟแสดงการกระจายแบบปกติ จะเห็นได้ว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ดังนั้นสมมติฐานการกระจายแบบปกติของแบบจำลองจึงถูกต้อง สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

5.4.1.2. การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

การทดสอบการกระจายแบบปกติของความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) แสดงได้ดังรูปที่

5.20



รูปที่ 5.20. กราฟแสดงส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิตของ Ra

จากกราฟแสดงส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้ ไม่ได้มีรูปร่างการกระจายโดยเฉพาะแต่อย่างใด แสดงว่าแบบจำลองถูกตั้งและสมมติฐานมีความเหมาะสม ดังนั้น สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

5.4.1.3. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยของด้ามจับเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (Ra)

เมื่อนำผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (Ra) มาประมวลผลด้วยวิธี ANOVA โดยโปรแกรมประยุกต์ Minitab™ ได้ผลดังนี้

General Linear Model: Ra versus RPM, ToolHolder

Factor	Type	Levels	Values
RPM	fixed	3	2, 4, 10
ToolHolder	fixed	2	Purchased, Made

Analysis of Variance for Ra, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
RPM	2	70.785	70.785	35.392	17.74	0.003
ToolHolder	1	6.750	6.750	6.750	3.38	0.115
RPM*ToolHolder	2	20.345	20.345	10.173	5.10	0.051
Error	6	11.970	11.970	1.995		
Total	11	109.850				

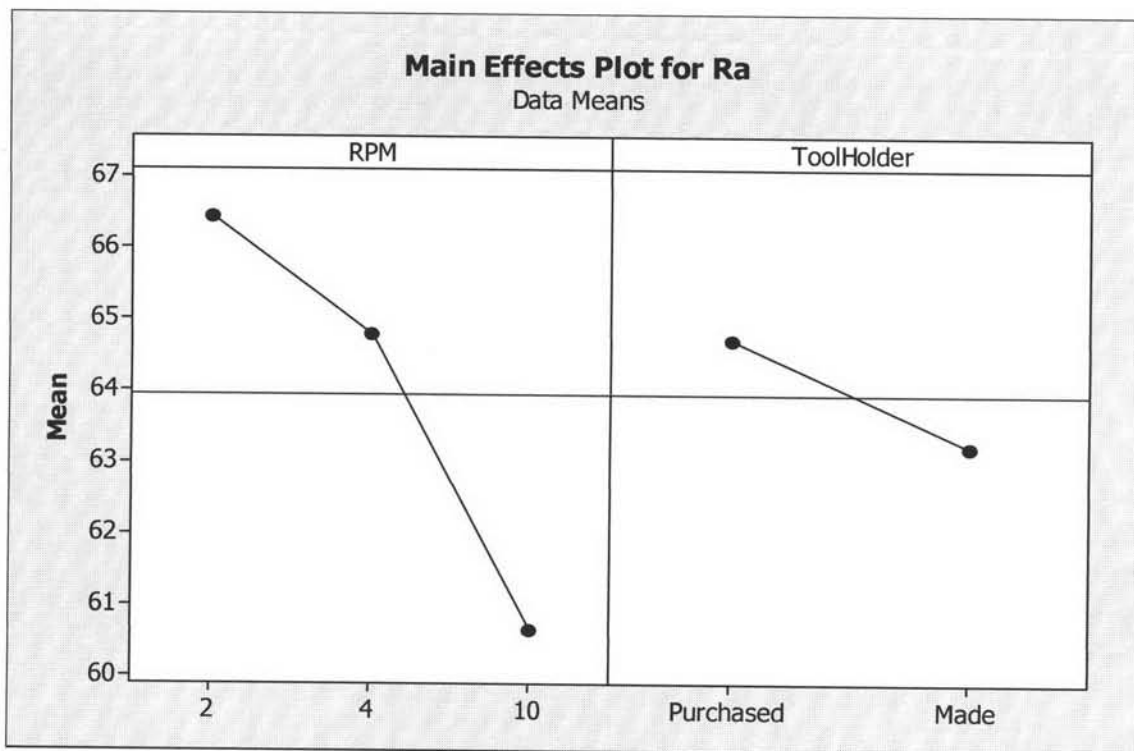
จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนข้างต้นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (Ra) ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% หรือปัจจัยที่มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 คือ ปัจจัยเนื่องจากความเร็วรอบตัด (RPM) ซึ่งค่า P-value เท่ากับ 0.003

ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (Ra) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือปัจจัยที่มีค่า P-value มากกว่า 0.05 คือปัจจัยเนื่องจากโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัด (ToolHolder) ซึ่งค่า P-value เท่ากับ 0.115 ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า ปัจจัยเนื่องจากความเร็วรอบตัดมีผลโดยตรงต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ และ ปัจจัยเนื่องจากโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัด ไม่มีผลต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ

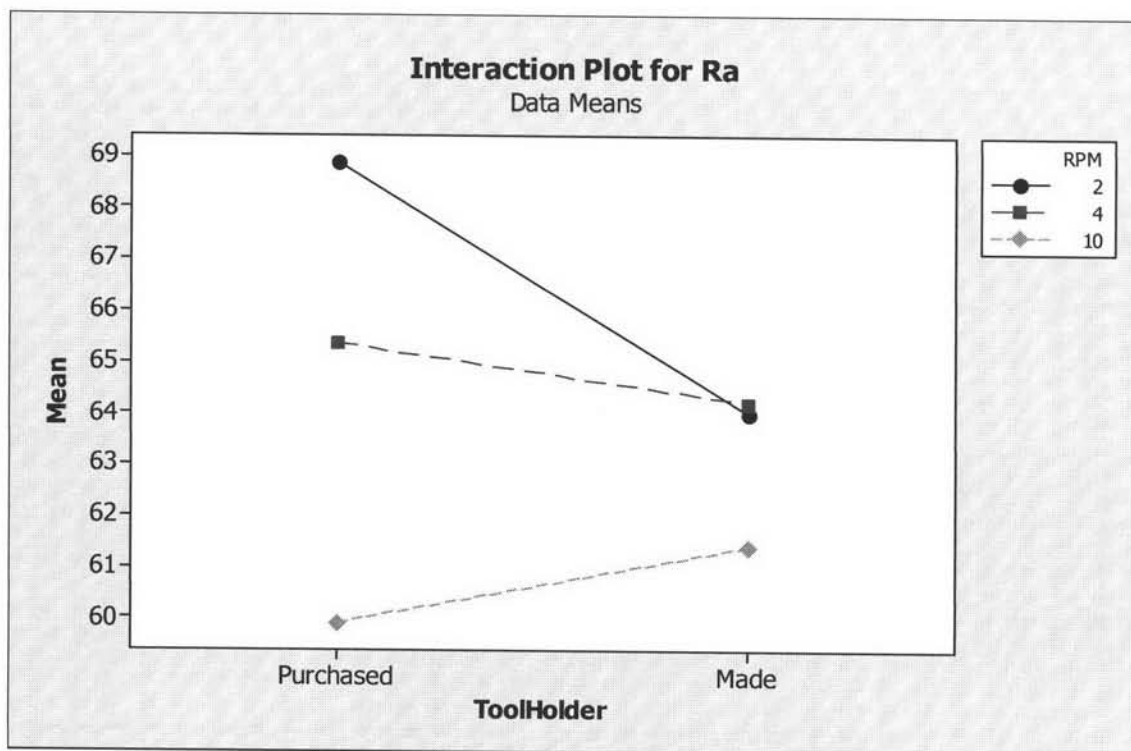
ส่วนอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่าง ความเร็วรอบตัดกับโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัด (RPM*ToolHolder) ไม่อาจสรุปได้ว่า ไม่มีผลต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากมีค่า P-value เท่ากับ 0.051 ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับ 0.05 มาก แต่อาจมีผลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่สูงกว่านั้น ขึ้นอยู่ที่ว่ามีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาที่ระดับความเชื่อมั่นสูงกว่านั้นหรือไม่

5.4.1.4. ผลการวิเคราะห์ผลผลิตหลักและอันตรกิริยา

ผลผลิตหลัก และอันตรกิริยาแสดงไว้ในรูปที่ 5.21 และ รูปที่ 5.22 ตามลำดับ



รูปที่ 5.21. ผลลัพธ์หลักระหว่างความหยาบผิวเฉลี่ยกับปัจจัยต่างๆ



รูปที่ 5.22. อันตรกิริยาระหว่างความหยาบผิวเฉลี่ยกับปัจจัยต่างๆ

จากพล็อตอิทธิพลหลัก (Main effect plot) ต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (R_a) สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ปัจจัยความเร็วรอบตัดมีผลต่อค่าเฉลี่ย (Mean) ความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงาน (R_a) อย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเร็วรอบตัด 10 รอบต่อนาที จะให้ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงานต่ำที่สุด ($60.65 \mu\text{m}$) ในขณะที่ความเร็วรอบตัดลดลง ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงานจะมีค่าสูงขึ้น ดังเห็นได้จากค่าเฉลี่ยความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงานที่ความเร็วรอบตัด 4 รอบต่อนาที ($64.775 \mu\text{m}$) และที่ความเร็วรอบตัด 2 รอบต่อนาที ($66.425 \mu\text{m}$) จะให้ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงานสูงสุด
- 2) ปัจจัยโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัดไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ย (Mean) ของความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงาน (R_a) อย่างมีนัยสำคัญ จากพล็อตอิทธิพลหลักจะเห็นได้ว่า เมื่อใช้ด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA ($64.7 \mu\text{m}$) จะให้ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงานที่สูงกว่าด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบสำหรับงานวิจัยนี้ ($63.2 \mu\text{m}$) เพียงเล็กน้อย ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจเกิดขึ้นจากความผิดพลาดแบบสุ่ม (Random error) เท่านั้น

จากพล็อตอันตรกิริยา (Interaction) ต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (R_a) สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ที่ความเร็วรอบตัด 2 และ 4 รอบต่อนาที ค่าเฉลี่ย (Mean) ความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงาน (R_a) ที่ใช้ด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA ($68.85 \mu\text{m}$ และ $65.35 \mu\text{m}$ ตามลำดับ) จะมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงานที่ใช้ด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบและผลิตขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ ($64 \mu\text{m}$ และ $64.2 \mu\text{m}$ ตามลำดับ) เพียงเล็กน้อย แต่ที่ความเร็วรอบตัด 10 รอบต่อนาที ค่าเฉลี่ยของความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงานที่ใช้ด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA ($59.9 \mu\text{m}$) กลับมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงานที่ใช้ด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบและผลิตขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ ($61.4 \mu\text{m}$) เพียงเล็กน้อยเท่านั้น การแตกต่างกันดังกล่าวอาจเกิดขึ้นได้จากการผิดพลาดแบบสุ่ม (Random error) ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ทำให้ทราบได้ว่าอันตรกิริยาไม่มีผลต่อค่าความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ

5.4.2. วิเคราะห์ปัจจัยโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (R_z)

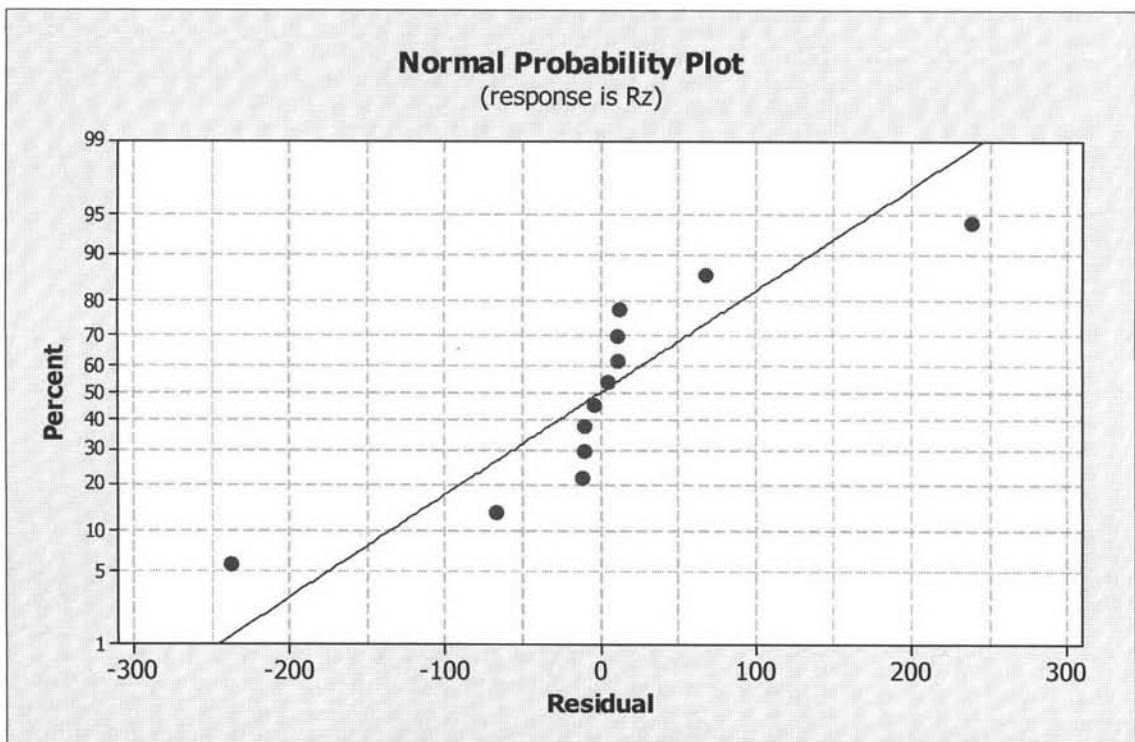
การที่จะวิเคราะห์ความมีอิทธิพลระหว่างปัจจัยโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (R_z) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความ

แปรปรวน (ANOVA) จะต้องวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลองก่อน ซึ่งแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนดังนี้คือ

- 1) ทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลจากกราฟการกระจายแบบปกติ
- 2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูลจากกราฟส่วนตกค้าง (Residual) และ ค่าที่ถูกฟิต (Fitted value)

5.4.2.1. การทดสอบการกระจายแบบปกติ

การทดสอบการกระจายแบบปกติของผลตอบความหยابผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz) แสดงได้ดังรูปที่ 5.23

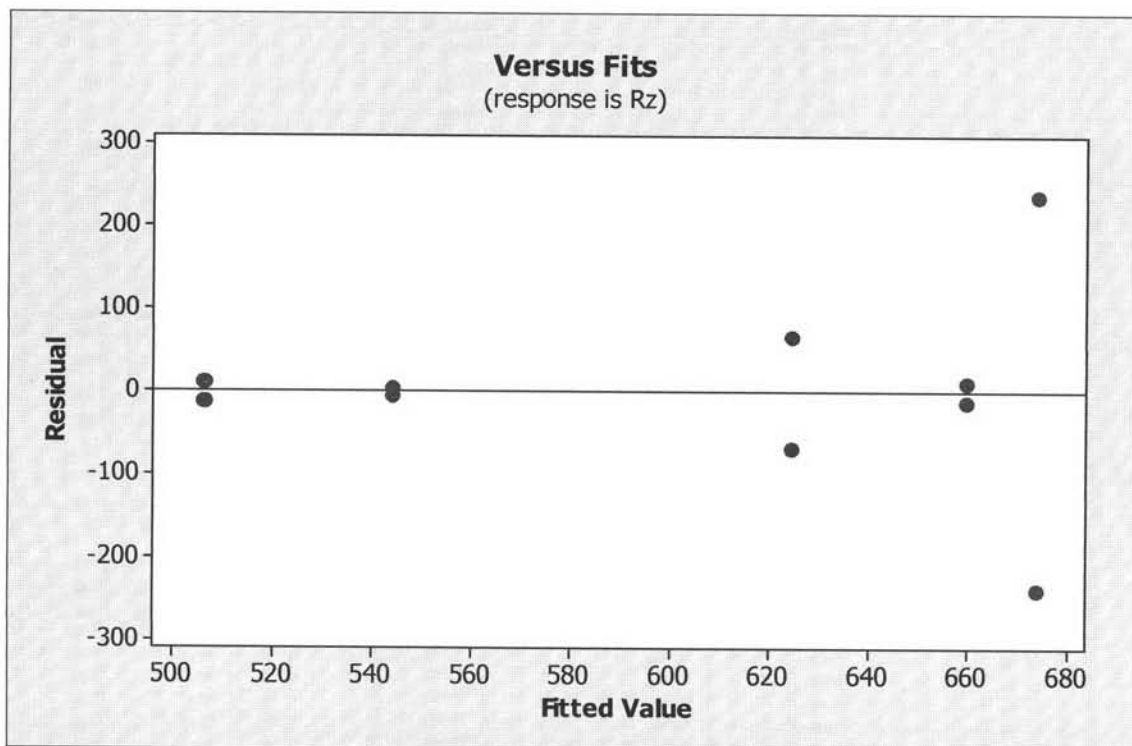


รูปที่ 5.23. กราฟแสดงการกระจายแบบปกติของ Rz

จากกราฟแสดงการกระจายแบบปกติ จะเห็นได้ว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ดังนั้นสมมติฐานการกระจายแบบปกติของแบบจำลองจึงถูกต้อง สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

5.4.2.2. การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

การทดสอบการกระจายแบบปกติของผลตอบความหยابผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz) แสดงได้ดังรูปที่ 5.24



รูปที่ 5.24. กราฟแสดงส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิตของ Rz

จากกราฟแสดงส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้ ไม่ได้มีรูปร่างการกระจายโดยเฉพาะแต่อย่างใด แสดงว่าแบบจำลองถูกต้องและสมมติฐานมีความเหมาะสม ดังนั้น สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

5.4.2.3. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยโครงสร้างของค้ำจับเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลตอบความหยابผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz)

เมื่อนำผลตอบความหยابผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz) มาประมวลผลด้วยวิธี ANOVA โดยโปรแกรมประยุกต์ Minitab™ ได้ผลดังนี้

General Linear Model: Rz versus RPM, ToolHolder

Factor	Type	Levels	Values
RPM	fixed	3	2, 4, 10
ToolHolder	fixed	2	Purchased, Made

Analysis of Variance for Rz, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
RPM	2	2752	2752	1376	0.07	0.936
ToolHolder	1	53654	53654	53654	2.62	0.157
RPM*ToolHolder	2	1723	1723	862	0.04	0.959
Error	6	122848	122848	20475		
Total	11	180977				

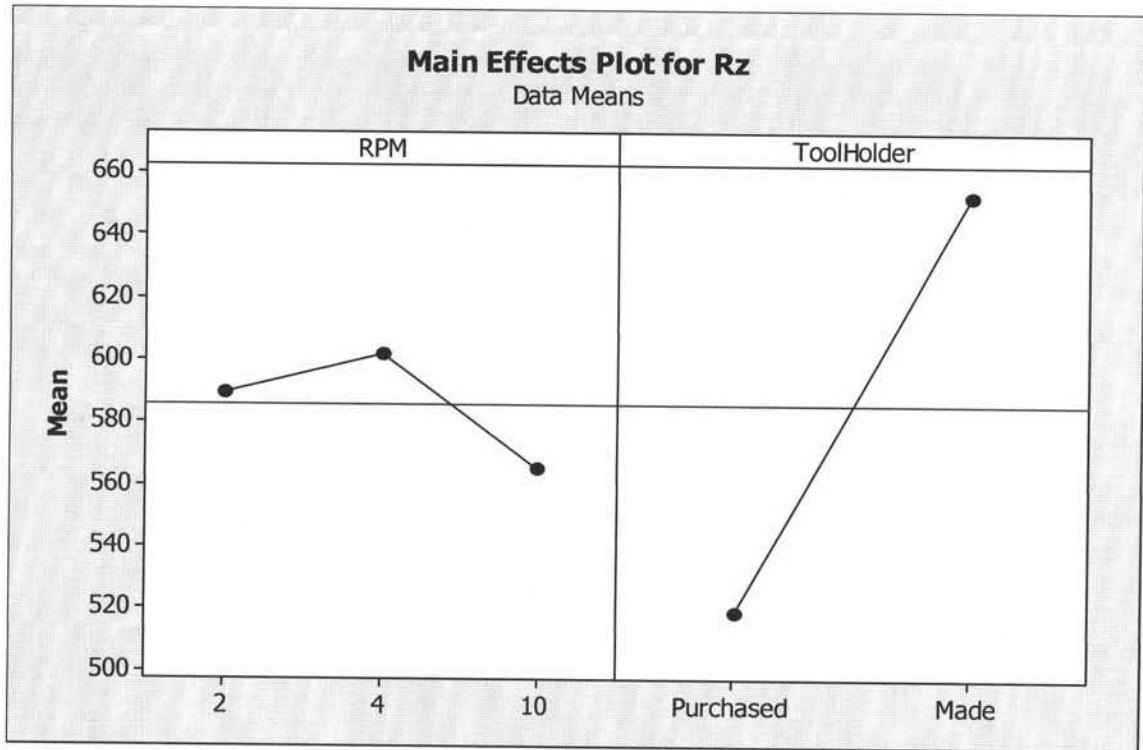
จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนข้างต้น ไม่พบว่ามีปัจจัยใดที่มีอิทธิพลต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz) ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% หรือปัจจัยที่มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05

ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือปัจจัยที่มีค่า P-value มากกว่า 0.05 คือปัจจัยเนื่องจากความเร็วรอบตัด (RPM) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.936 และ ปัจจัยเนื่องจากโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัด (ToolHolder) ซึ่งค่า P-value เท่ากับ 0.157 ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า ปัจจัยเนื่องจากความเร็วรอบตัด และ ปัจจัยเนื่องจากโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัด ไม่มีผลต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ

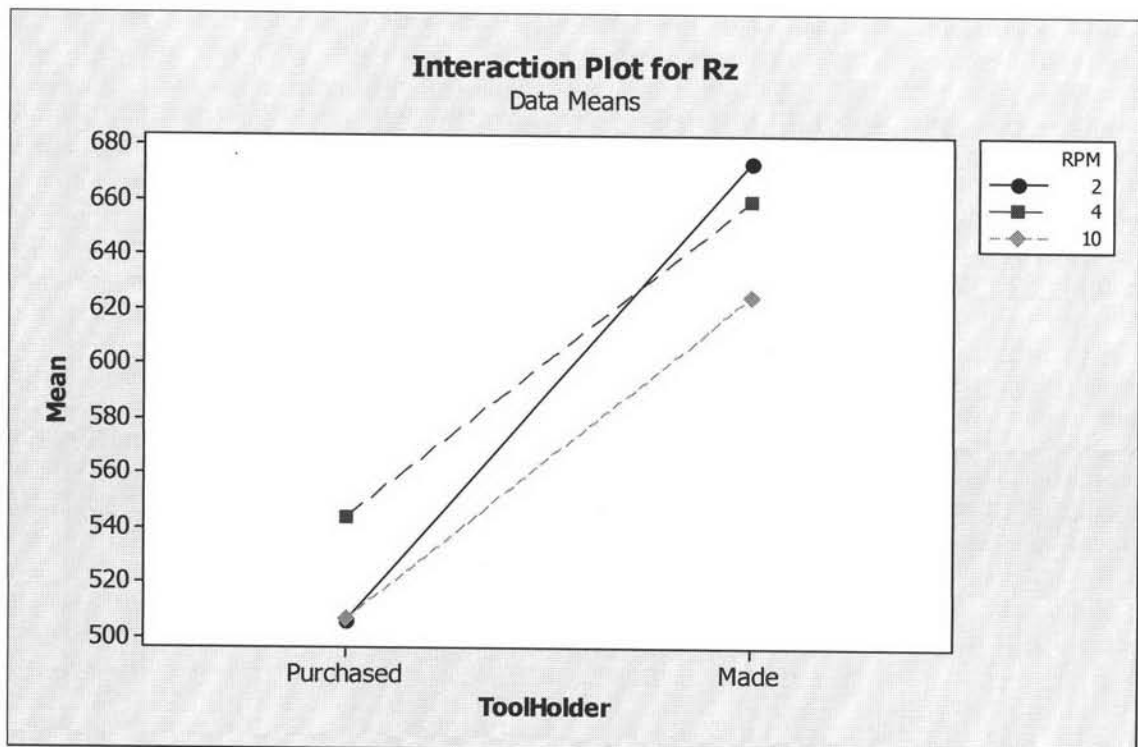
ส่วนอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่าง ความเร็วรอบตัดกับโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัด (RPM*ToolHolder) ไม่มีผลต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากมีค่า P-value เท่ากับ 0.959

5.4.2.4. ผลการวิเคราะห์ผลผลิตหลักและอันตรกิริยา

ผลผลิตหลัก และอันตรกิริยาแสดงไว้ในรูปที่ 5.25 และ รูปที่ 5.26 ตามลำดับ



รูปที่ 5.25. ผลลัพธ์หลักระหว่างความหยาบผิวสูงสุดกับปัจจัยต่างๆ



รูปที่ 5.26. อันตรกิริยาระหว่างความหยาบผิวสูงสุดกับปัจจัยต่างๆ

จากพล็อตอิทธิพลผลหลัก (Main effect plot) ต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (R_z) สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ปัจจัยความเร็วรอบตัด **ไม่มีผล**ต่อค่าเฉลี่ย (Mean) ความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงาน (R_z) อย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเร็วรอบตัด 10 รอบต่อนาที จะให้ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงานต่ำที่สุด ($565.4 \mu\text{m}$) เมื่อลดความเร็วรอบตัดลดลง ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงานจะมีค่าสูงขึ้น ดังเห็นได้จากค่าเฉลี่ยความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงานที่ความเร็วรอบตัด 4 รอบต่อนาที ($601.8 \mu\text{m}$) แต่เมื่อลดความเร็วรอบตัดเป็น 2 รอบต่อนาที ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงานกลับลดลงอีก ($589.8 \mu\text{m}$) ทั้งนี้ปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจเกิดขึ้นได้จากการผิดพลาดแบบสุ่ม (Random error) เท่านั้น
- 2) ปัจจัยโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัด **ไม่มีผล**ต่อค่าเฉลี่ย (Mean) ความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงาน (R_z) อย่างมีนัยสำคัญ จากพล็อตอิทธิพลผลหลักจะเห็นได้ว่า การใช้ด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA จะให้ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงาน ($518.8 \mu\text{m}$) ต่ำกว่าการใช้ด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบสำหรับงานวิจัยนี้ ($652.33 \mu\text{m}$) เพียงเล็กน้อยซึ่งอาจเกิดจากการผิดพลาดแบบสุ่ม (Random error) เท่านั้น

จากพล็อตอันตรกิริยา (Interaction) ต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (R_z) สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ที่ความเร็วรอบตัด 2 4 และ 10 รอบต่อนาที ค่าเฉลี่ย (Mean) ความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงาน (R_z) ที่ใช้ด้ามจับเครื่องมือตัด KYOCERA ($506.4 \mu\text{m}$ $544 \mu\text{m}$ และ $506 \mu\text{m}$ ตามลำดับ) จะมีค่าต่ำกว่า ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงาน ที่ใช้ด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบและผลิตขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ ($673.6 \mu\text{m}$ $659.6 \mu\text{m}$ และ $624.4 \mu\text{m}$ ตามลำดับ) ทุกกรณี ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ทำให้ทราบได้ว่าอันตรกิริยา **ไม่มีผล**ต่อค่าเฉลี่ยความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ

5.4.3. วิเคราะห์ปัจจัยความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (R_a)

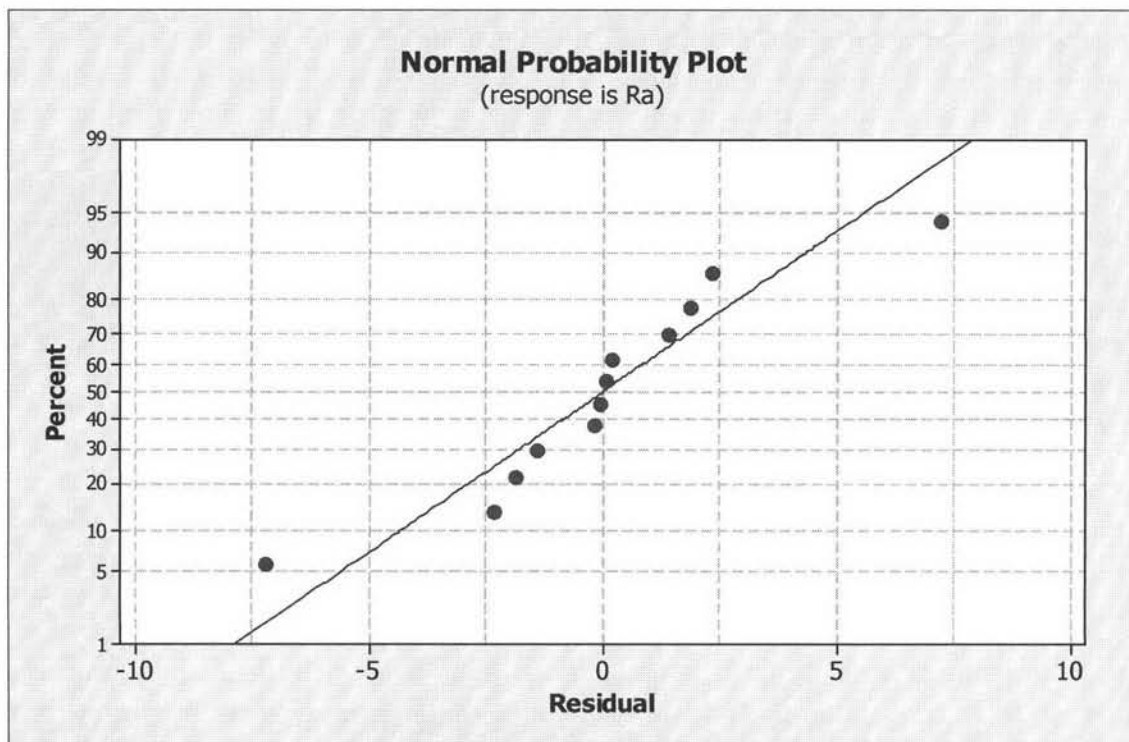
การที่จะวิเคราะห์ความมีอิทธิพลระหว่างปัจจัยความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (R_a) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จะต้องวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลองก่อน ซึ่งแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนดังนี้คือ

- 1) ทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลจากกราฟการกระจายแบบปกติ
- 2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูลจากกราฟส่วนตกค้าง (Residual) และ ค่าที่ถูกฟิต (Fitted value)

5.4.3.1. การทดสอบการกระจายแบบปกติ

การทดสอบการกระจายแบบปกติของความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) แสดงได้ดังรูปที่

5.27



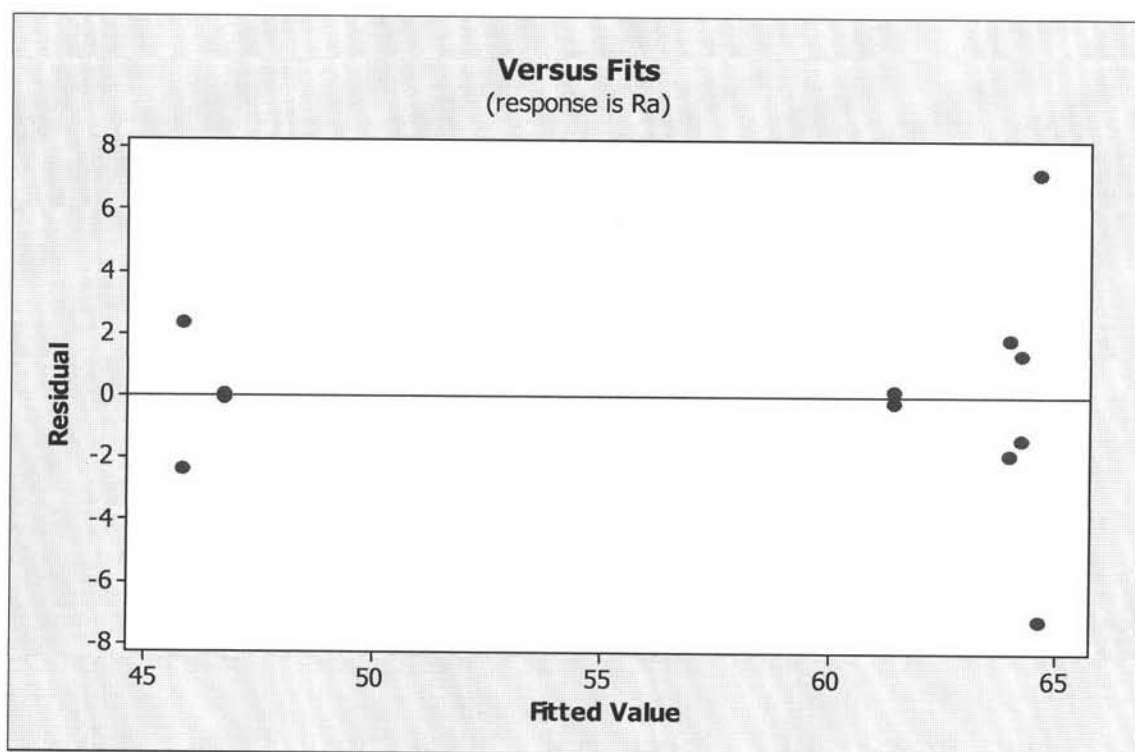
รูปที่ 5.27. กราฟแสดงการกระจายแบบปกติของ Ra

จากกราฟแสดงการกระจายแบบปกติ จะเห็นได้ว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ดังนั้นสมมติฐานการกระจายแบบปกติของแบบจำลองจึงถูกต้อง สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนได้

5.4.3.2. การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

การทดสอบการกระจายแบบปกติของความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) แสดงได้ดังรูปที่

5.28



รูปที่ 5.28. กราฟแสดงส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิตของ Ra

จากกราฟแสดงส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้ ไม่ได้มีรูปร่างการกระจายโดยเฉพาะแต่อย่างใด แสดงว่าแบบจำลองถูกต้องและสมมติฐานมีความเหมาะสม ดังนั้น สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

5.4.3.3. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยในการสั่นเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (Ra)

เมื่อนำผลตอบความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (Ra) มาประมวลผลด้วยวิธี ANOVA โดยโปรแกรมประยุกต์ Minitab™ ได้ผลดังนี้

General Linear Model: Ra versus RPM, Frequency

Factor	Type	Levels	Values
RPM	fixed	3	2, 4, 10
Frequency	fixed	2	0, 400

Analysis of Variance for Ra, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
RPM	2	143.21	143.21	71.60	3.42	0.102
Frequency	1	377.44	377.44	377.44	18.03	0.005
RPM*Frequency	2	285.13	285.13	142.56	6.81	0.029
Error	6	125.58	125.58	20.93		
Total	11	931.35				

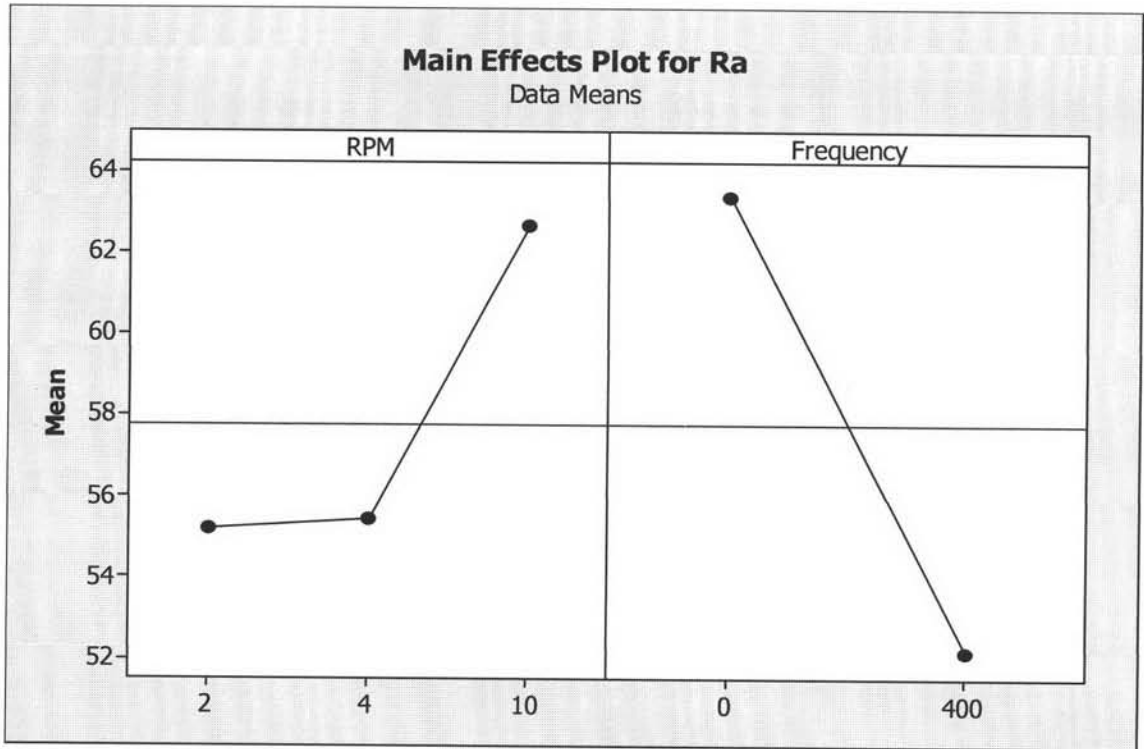
จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนข้างต้นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (Ra) ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% หรือปัจจัยที่มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 คือ ปัจจัยเนื่องจากความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด (Frequency) ซึ่งค่า P-value เท่ากับ 0.005

ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (Ra) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือปัจจัยที่มีค่า P-value มากกว่า 0.05 คือปัจจัยความเร็วรอบตัด (RPM) ซึ่งค่า P-value เท่ากับ 0.102 ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า ปัจจัยเนื่องจากความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัดมีผลโดยตรงต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ และ ปัจจัยเนื่องจากความเร็วรอบตัด ไม่มีผลต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ

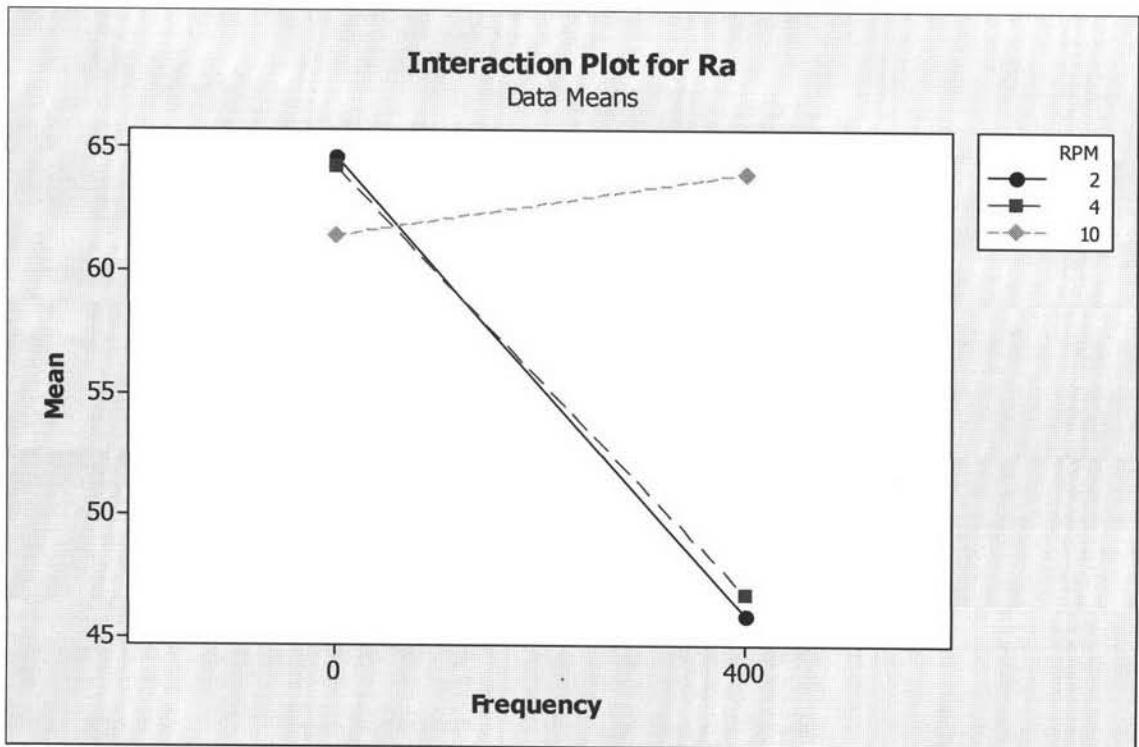
ส่วนอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่าง ความเร็วรอบตัดกับความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด (RPM*Frequency) อาจสรุปได้ว่า มีผลต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากมีค่า P-value เท่ากับ 0.029

5.4.3.4. ผลการวิเคราะห์ผลผลิตหลักและอันตรกิริยา

ผลผลิตหลัก และอันตรกิริยาแสดงไว้ในรูปที่ 5.29 และ รูปที่ 5.30 ตามลำดับ



รูปที่ 5.29. พล็อตผลหลักระหว่างความหยาบผิวเฉลี่ยกับปัจจัยต่างๆ



รูปที่ 5.30. อันตรกิริยาระหว่างความหยาบผิวเฉลี่ยกับปัจจัยต่างๆ

จากพล็อตอิทธิพลผลหลัก (Main effect plot) ต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (R_a) สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ปัจจัยความเร็วรอบตัด (RPM) **ไม่มีผล**ต่อค่าเฉลี่ย (Mean) ความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงาน (R_a) อย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเร็วรอบตัด 10 รอบต่อนาที จะให้ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงานสูงสุด ($62.675 \mu\text{m}$) ในขณะที่ลดความเร็วรอบตัดเป็น 4 รอบต่อนาที ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงานจะมีค่าลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด ($55.475 \mu\text{m}$) แต่ที่ความเร็วรอบตัด 2 รอบต่อนาที จะให้ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงานลดลงมาจากที่ใช้ความเร็วรอบตัด 4 รอบต่อนาทีเพียงเล็กน้อย ($55.225 \mu\text{m}$) ซึ่งการลดลงของค่าความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย อาจเกิดขึ้นได้จากความผิดพลาดแบบสุ่ม (Random error)
- 2) ปัจจัยความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด**มีผล**ต่อค่าเฉลี่ย (Mean) ของความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงาน (R_a) อย่างมีนัยสำคัญ จากพล็อตอิทธิพลผลหลักจะเห็นได้ว่า เมื่อใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 0 เฮิร์ตซ์ (ไม่สั่น) จะให้ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงาน ($63.4 \mu\text{m}$) สูงกว่าการใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 400 เฮิร์ตซ์ ($52.183 \mu\text{m}$) อย่างมีนัยสำคัญ

จากพล็อตอันตรกิริยา (Interaction) ต่อความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ย (R_a) สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ที่ความเร็วรอบตัด 2 และ 4 รอบต่อนาที ค่าเฉลี่ย (Mean) ความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงาน (R_a) ที่ใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 0 เฮิร์ตซ์ ($64.6 \mu\text{m}$ และ $64.2 \mu\text{m}$ ตามลำดับ) จะมีค่าสูงกว่า ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงานที่ใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 400 เฮิร์ตซ์ ($45.85 \mu\text{m}$ และ $46.75 \mu\text{m}$ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ แต่ที่ความเร็วรอบตัด 10 รอบต่อนาที ค่าเฉลี่ยของความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงานที่ใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 0 เฮิร์ตซ์ ($61.4 \mu\text{m}$) กลับมีค่าต่ำกว่า ค่าเฉลี่ยของความหยาบผิวเฉลี่ยของชิ้นงาน ที่ใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 400 เฮิร์ตซ์ ($63.95 \mu\text{m}$) เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ทำให้ทราบได้ว่าอันตรกิริยา**มีผล**ต่อค่าความหยาบผิวชิ้นงานเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญ

5.4.4. วิเคราะห์ปัจจัยความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (R_z)

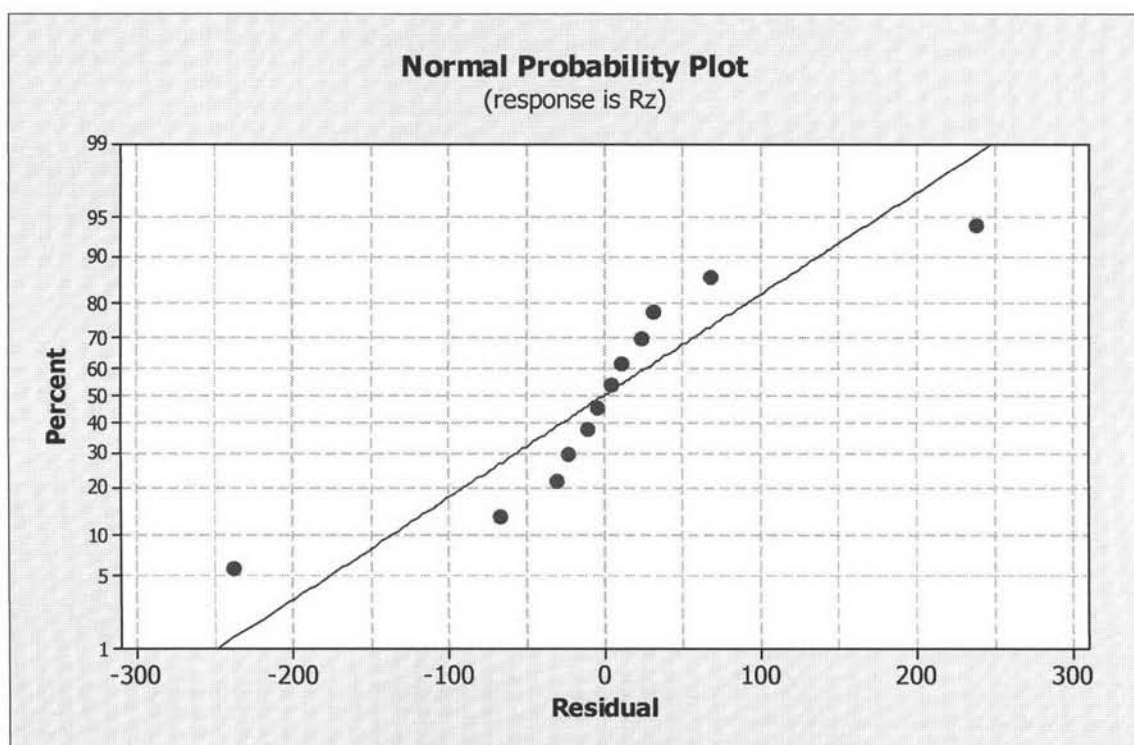
การที่จะวิเคราะห์ความมีอิทธิพลระหว่างปัจจัยความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (R_z) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) จะต้องวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลองก่อน ซึ่งแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนดังนี้คือ

- 1) ทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลจากกราฟการกระจายแบบปกติ

- 2) การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูลจากกราฟส่วนตกค้าง (Residual) และ ค่าที่ถูกฟิต (Fitted value)

5.4.4.1. การทดสอบการกระจายแบบปกติ

การทดสอบการกระจายแบบปกติของผลตอบความหยابผิวชั้นงานสูงสุด (Rz) แสดงได้ดังรูปที่ 5.31

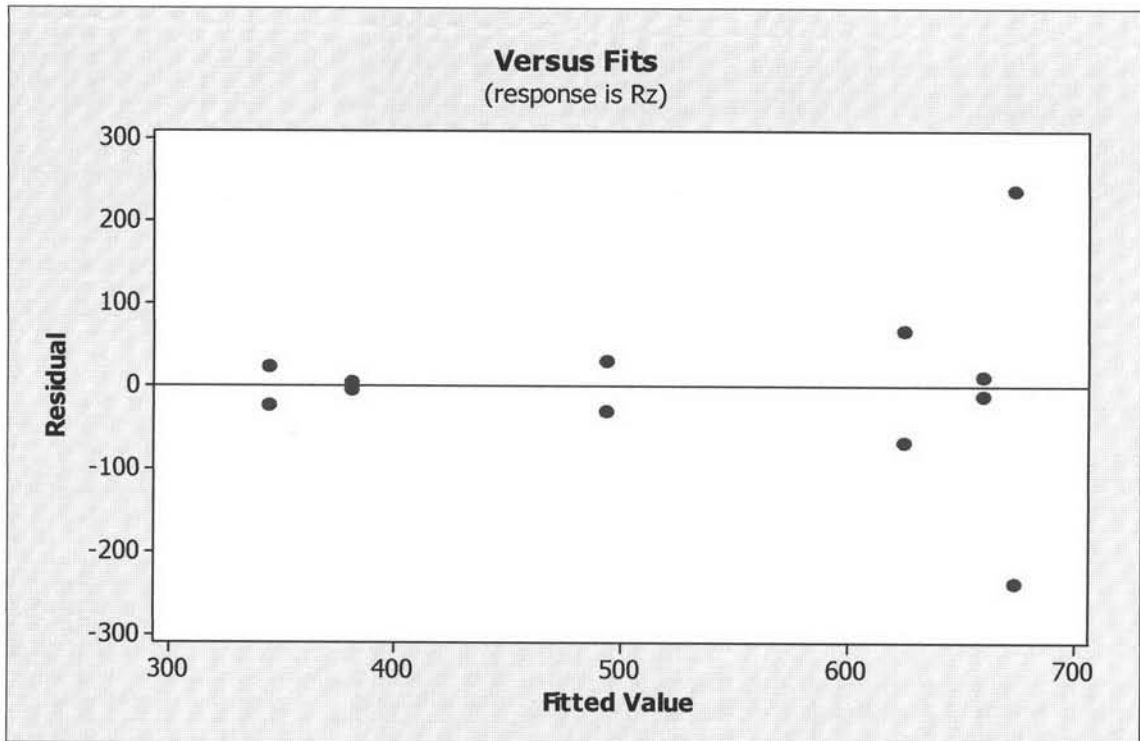


รูปที่ 5.31. กราฟแสดงการกระจายแบบปกติของ Rz

จากกราฟแสดงการกระจายแบบปกติ จะเห็นได้ว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ดังนั้นสมมติฐานการกระจายแบบปกติของแบบจำลองจึงถูกต้อง สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

5.4.4.2. การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

การทดสอบการกระจายแบบปกติของผลตอบความหยابผิวชั้นงานสูงสุด (Rz) แสดงได้ดังรูปที่ 5.32



รูปที่ 5.32. กราฟแสดงส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิตของ Rz

จากกราฟแสดงส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้ ไม่ได้มีรูปร่างการกระจายโดยเฉพาะแต่อย่างใด แสดงว่าแบบจำลองถูกต้องและสมมติฐานมีความเหมาะสม ดังนั้น สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

5.4.4.3. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัดต่อผลตอบแทนความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz)

เมื่อนำผลตอบแทนความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz) มาประมวลผลด้วยวิธี ANOVA โดยโปรแกรมประยุกต์ Minitab™ ได้ผลดังนี้

General Linear Model: Rz versus RPM, Frequency

Factor	Type	Levels	Values
RPM	fixed	3	2, 4, 10
Frequency	fixed	2	0, 400

Analysis of Variance for Rz, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
RPM	2	5493	5493	2747	0.13	0.879
Frequency	1	182928	182928	182928	8.76	0.025
RPM*Frequency	2	21243	21243	10621	0.51	0.625
Error	6	125281	125281	20880		
Total	11	334946				

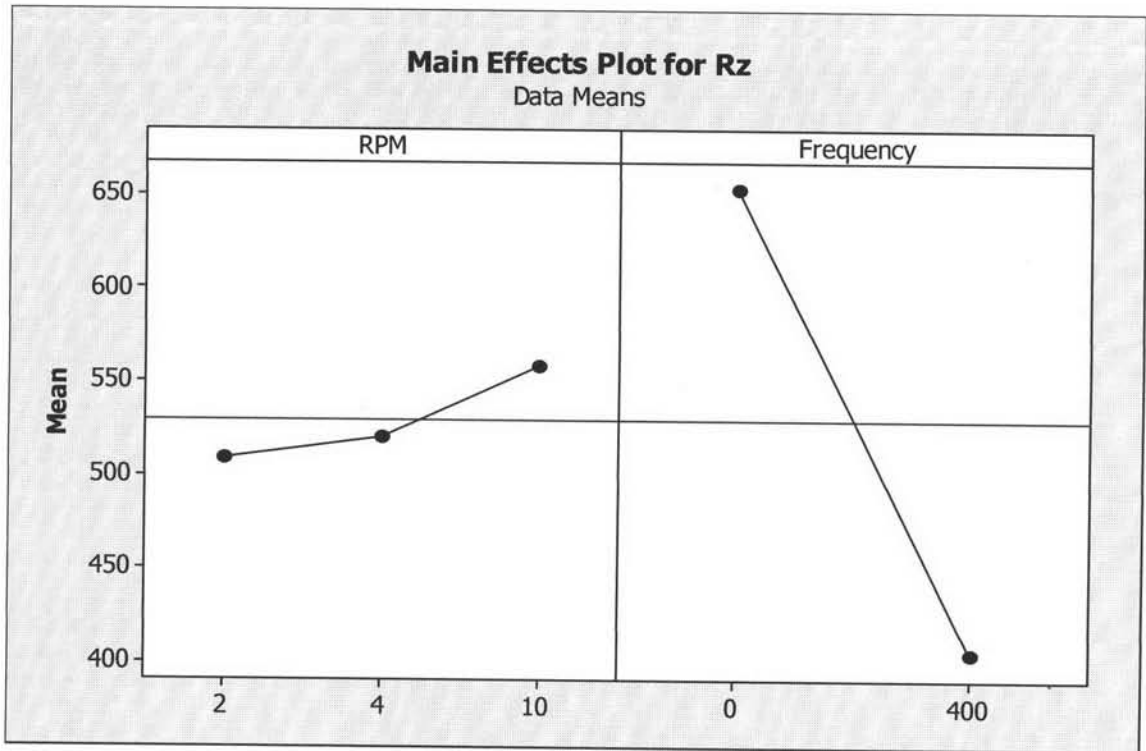
จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนข้างต้นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz) ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% หรือปัจจัยที่มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 คือ ปัจจัยเนื่องจากความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด (Frequency) ซึ่งค่า P-value เท่ากับ 0.025

ปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือปัจจัยที่มีค่า P-value มากกว่า 0.05 คือปัจจัยความเร็วรอบตัด (RPM) ซึ่งค่า P-value เท่ากับ 0.879 ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า ปัจจัยเนื่องจากความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัดมีผลโดยตรงต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ และ ปัจจัยเนื่องจากความเร็วรอบตัด ไม่มีผลต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ

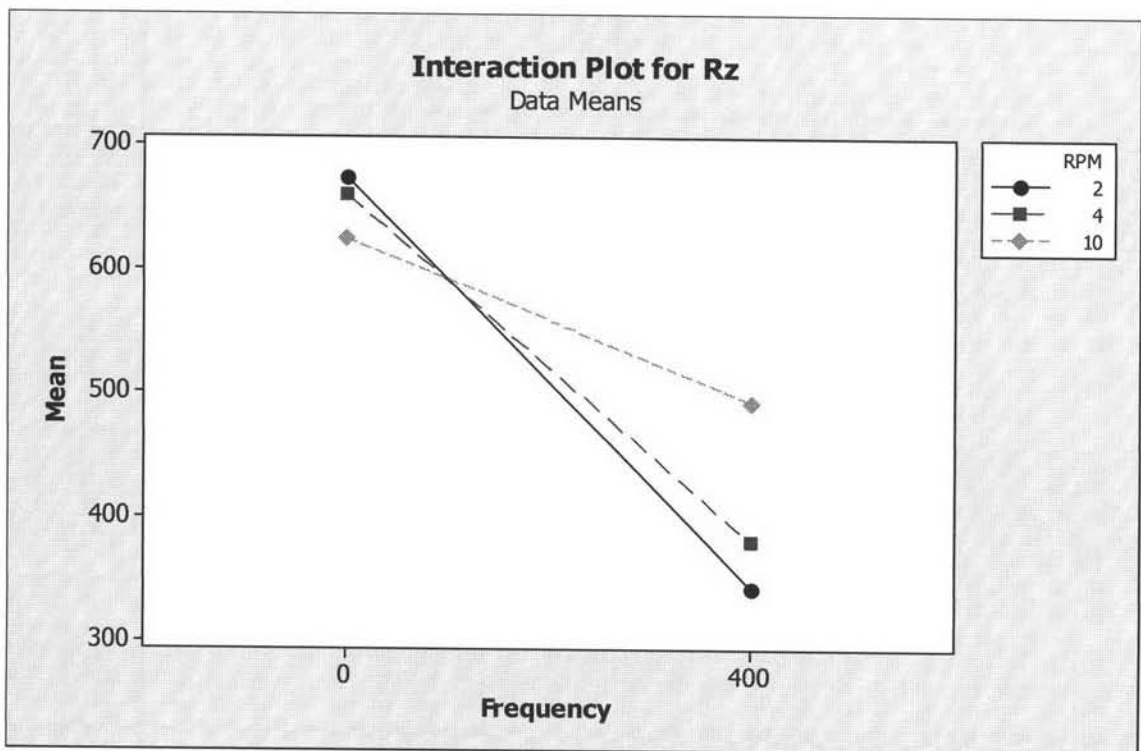
ส่วนอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่าง ความเร็วรอบตัดกับความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด (RPM*Frequency) อาจสรุปได้ว่า ไม่มีผลต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากมีค่า P-value เท่ากับ 0.625

5.4.4.4. ผลการวิเคราะห์พล็อตผลหลักและอันตรกิริยา

พล็อตผลหลัก และอันตรกิริยาแสดงไว้ในรูปที่ 5.33 และ รูปที่ 5.34 ตามลำดับ



รูปที่ 5.33. ผลลัพธ์หลักระหว่างความหยาบผิวสูงสุดกับปัจจัยต่างๆ



รูปที่ 5.34. อันตรกิริยาระหว่างความหยาบผิวสูงสุดกับปัจจัยต่างๆ

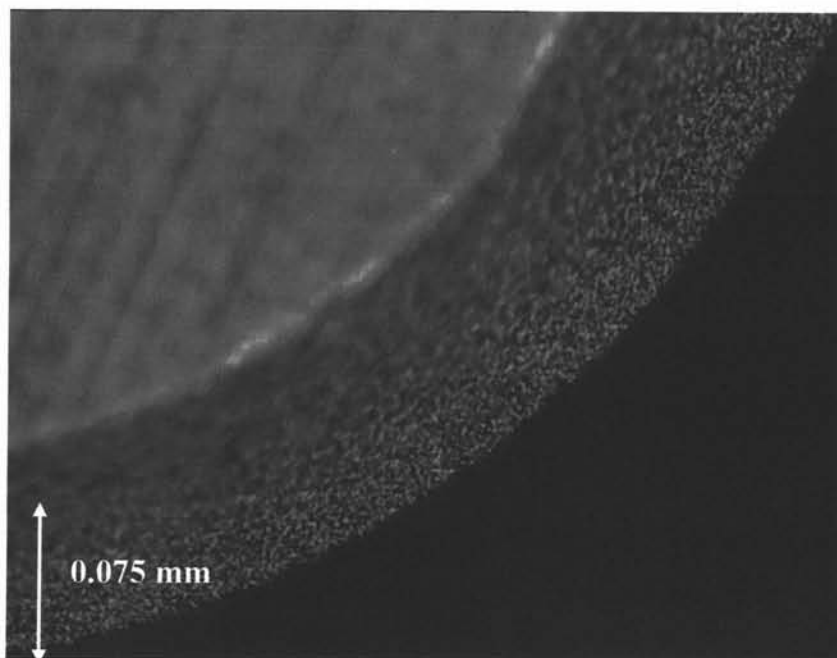
จากพล็อตอิทธิพลหลัก (Main effect plot) ต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz) สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ปัจจัยความเร็วรอบตัด**ไม่มีผล**ต่อค่าเฉลี่ย (Mean) ความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงาน (Rz) อย่างมีนัยสำคัญ ที่ความเร็วรอบตัด 10 รอบต่อนาที จะให้ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงานสูงที่สุด (558.6 μm) เมื่อลดความเร็วรอบตัดลดลง ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงานจะมีค่าต่ำลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สังเกตได้จากค่าเฉลี่ยความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงานที่ลดความเร็วรอบตัดลงเป็น 4 และ 2 รอบต่อนาที (520 μm และ 508.6 μm ตามลำดับ) ทั้งนี้ปรากฏการณ์ดังกล่าวอาจเกิดขึ้นจากความผิดพลาดแบบสุ่ม (Random error)
- 2) ปัจจัยความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด**มีผล**ต่อค่าเฉลี่ย (Mean) ความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงาน (Rz) อย่างมีนัยสำคัญ จากพล็อตอิทธิพลหลักจะเห็นได้ว่า การใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 0 เฮิรตซ์ (ไม่สั่น) จะให้ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงาน (652.533 μm) สูงกว่าการใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 400 เฮิรตซ์ (405.6 μm) อย่างมีนัยสำคัญ

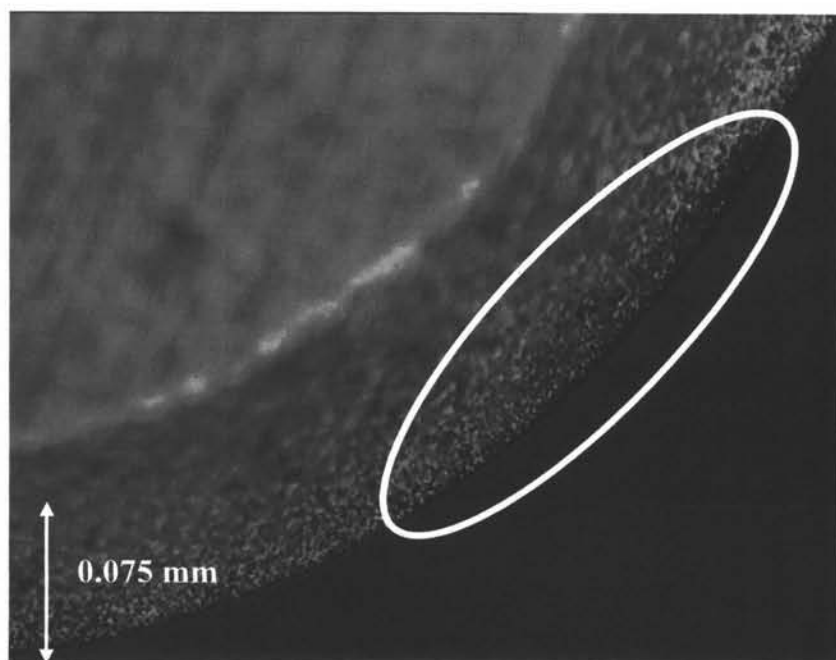
จากพล็อตอันตรกิริยา (Interaction) ต่อความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุด (Rz) สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ที่ความเร็วรอบตัด 2 4 และ 10 รอบต่อนาที ค่าเฉลี่ย (Mean) ความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงาน (Rz) ที่ใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 0 เฮิรตซ์ (673.6 μm 659.6 μm และ 625.4 μm ตามลำดับ) จะมีค่าสูงกว่า ค่าเฉลี่ยความหยาบผิวสูงสุดของชิ้นงาน ที่ใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 400 เฮิรตซ์ (343.6 μm 380.4 μm และ μm 492.8 μm ตามลำดับ) ทุกกรณี ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ทำให้ทราบได้ว่าอันตรกิริยา**ไม่มีผล**ต่อค่าความหยาบผิวชิ้นงานสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ

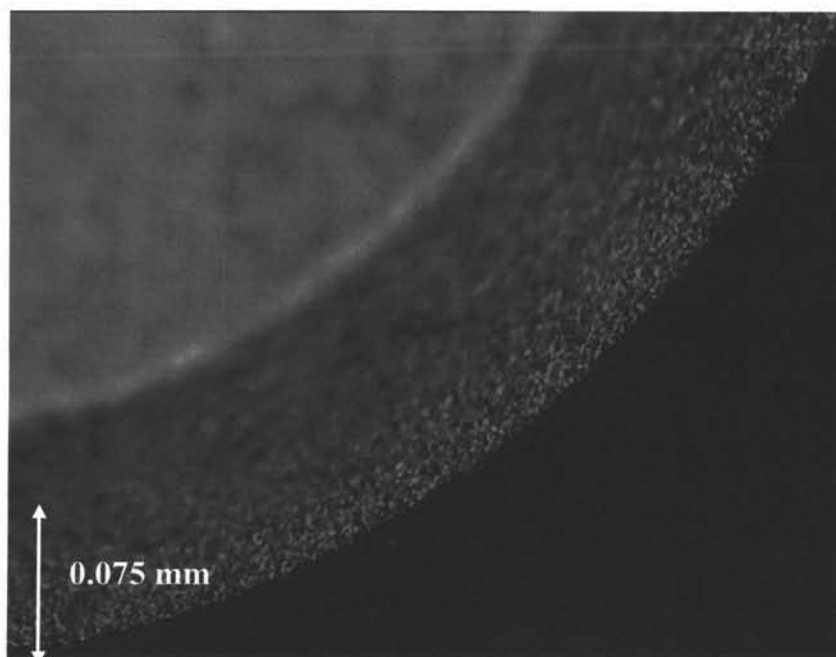
5.5. ความสึกหรอของเครื่องมือตัด



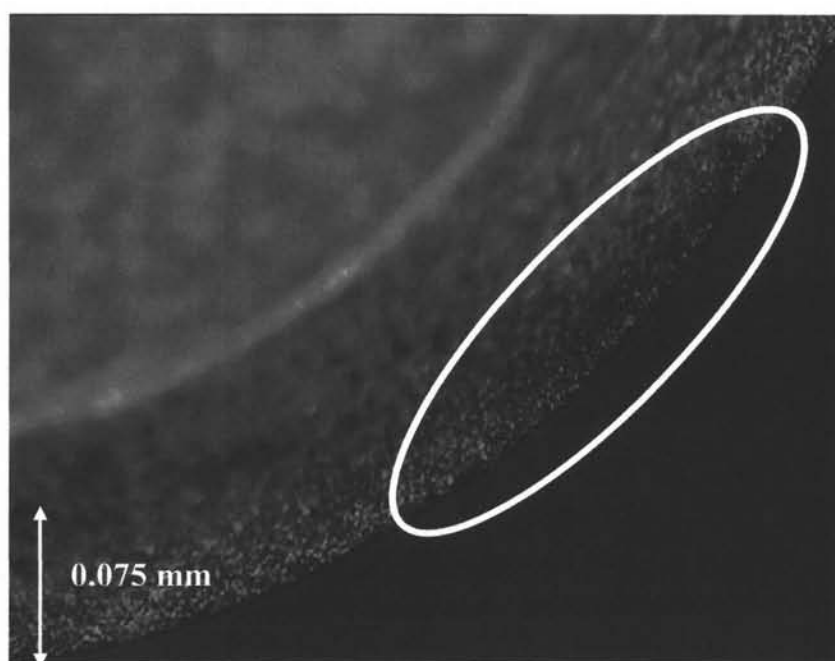
รูปที่ 5.35. ภาพขยาย 200 เท่า ของคมเครื่องมือตัดก่อนทำการทดลองกลึงปาดหน้าโดยใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 400 เฮิรตซ์



รูปที่ 5.36. ภาพขยาย 200 เท่า ของคมเครื่องมือตัดหลังจากทำการทดลองกลึงปาดหน้าชิ้นงาน 6 ชั้น โดยใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 400 เฮิรตซ์



รูปที่ 5.37. ภาพขยาย 200 เท่า ของคมเครื่องมือตัดที่ก่อนการทดลองกลึงปาดหน้าโดยไม่มีการลับ
เครื่องมือตัด



รูปที่ 5.38. ภาพขยาย 200 เท่า ของคมเครื่องมือตัดหลังจากทำการทดลองกลึงปาดหน้าชิ้นงาน 6 ชั้น
โดยไม่มีการลับเครื่องมือตัด

จากภาพเครื่องมือตัดขยาย 200 เท่า โดยกล้องจุลทรรศน์ เมื่อเปรียบเทียบคมเครื่องมือตัด ก่อนและหลังทำการทดลองพบว่า คมเครื่องมือตัดของการตัดแบบสั้นและการตัดแบบไม่มีการสั้น ยังคงมีสภาพที่ดี ไม่มีการสึกหรอให้เห็นอย่างชัดเจน ดังนั้นสมมติฐานของการทดลองที่ไม่นำไปจ่ายการสึกหรอของคมเครื่องมือตัดจึงมาพิจารณาจึงถูกยืนยันแล้วว่าถูกต้อง

แต่เมื่อนำภาพขยายของคมเครื่องมือตัดมาเปรียบเทียบกันระหว่าง การตัดแบบสั้น (รูปที่ 5.36) และการตัดแบบไม่มีการสั้น (รูปที่ 5.38) จะเห็นได้ว่า คมเครื่องมือตัดที่ไม่มีการสั้น มีความสึกหรอมากกว่าคมเครื่องมือตัดที่มีการตัดแบบสั้นเล็กน้อย ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า เครื่องมือตัดที่ไม่มีการสั้นจะมีแนวโน้มการสึกหรอเร็วกว่าการตัดแบบสั้น และการประยุกต์ใช้การตัดแบบสั้น สามารถยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดได้