

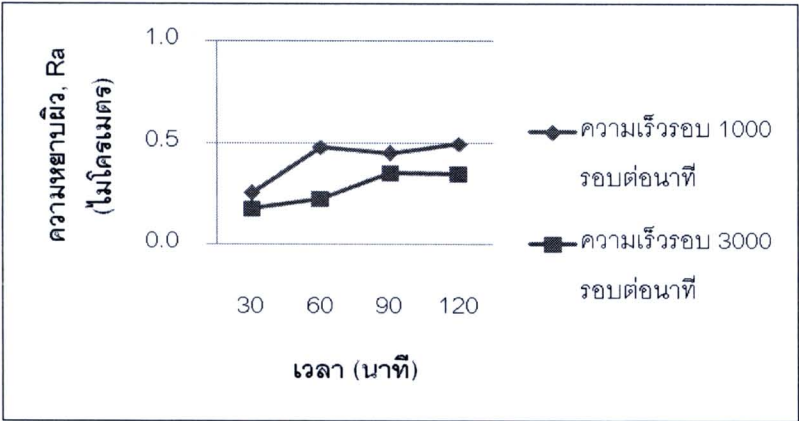
บทที่ 4

การตัดแบบลมเป่า

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการตัดกับความเรียบของผิวชิ้นงาน

4.1.1 อิทธิพลของความเร็วยรอบต่อความหยาบผิว

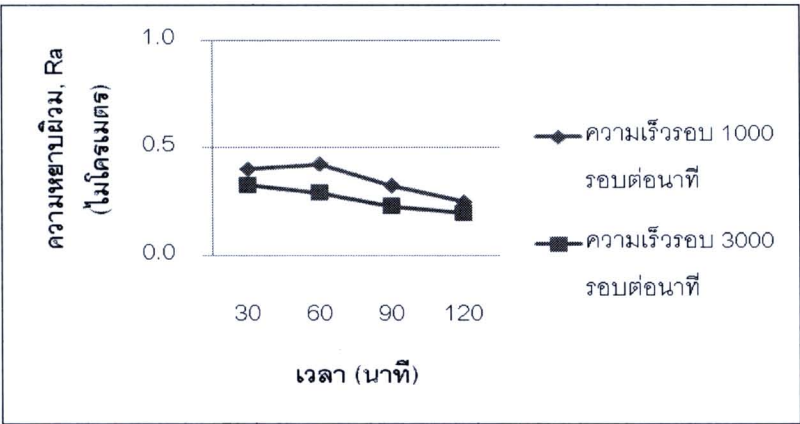
จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 เห็นได้ว่าความเร็วยรอบในการตัดที่ต่ำจะให้ค่าความหยาบผิวสูงกว่าความเร็วยรอบในการตัดสูง สามารถอธิบายได้จากการตัดที่ความเร็วยรอบสูงทำให้เกิดความร้อนสูงบริเวณพื้นที่ตัดเฉือน จึงส่งผลให้ชิ้นงานนิ่มขึ้นทำให้การตัดง่ายขึ้น จึงให้ค่าความหยาบผิวดำกว่าการใช้ความเร็วยรอบต่ำ และนอกจากนี้เมื่อระยะเวลาในการตัดที่ยาวนานขึ้น ค่าความหยาบผิวมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลของการเกิด BUE ทำให้ความสามารถในการตัดเฉือนลดลงหรือการตัดเฉือนไม่มีเสถียรภาพและทำให้ได้ผิวชิ้นงานไม่ดี เพราะเมื่อการตัดยาวนานขึ้นอัตราการเกิด BUE สะสมเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้ความหยาบผิวชิ้นงานสูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบความหยาบผิวของการตัดแบบลมเป่าที่ความลึก 1 มิลลิเมตร อัตราป้อน 0.03 มิลลิเมตรต่อรอบที่ความเร็วยรอบต่าง ๆ

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อระยะเวลาในการตัดที่ยาวนานขึ้นความหยาบผิวของชิ้นงานควรจะเพิ่มขึ้น แต่รูปที่ 4.2 กลับแสดงว่าความเรียบผิวมีแนวโน้มที่ลดลง สามารถอธิบายได้ว่าเนื่องจากค่าความลึกตัดที่ต่างกันจะส่งผลต่อความเรียบผิวของชิ้นงานและแรงตัดที่เกิดขึ้น รวมถึงพลังงานที่ต้องใช้ในการตัดเฉือนเนื้อวัสดุให้แยกออกจากกันก็จะแตกต่างกัน เนื่องจากรูปที่ 4.1 มีความลึกตัดสูงกว่ารูปที่ 4.2 จึงส่งผลให้พลังงานที่ใช้สูงตามไปด้วย จึงทำให้การสึกหรอของมีดตัดเกิดขึ้นมากกว่า ในขณะที่ความลึกตัดที่ต่ำจะทำให้อัตราการสึกหรอของมีดตัดเกิดขึ้นน้อย จึงทำ

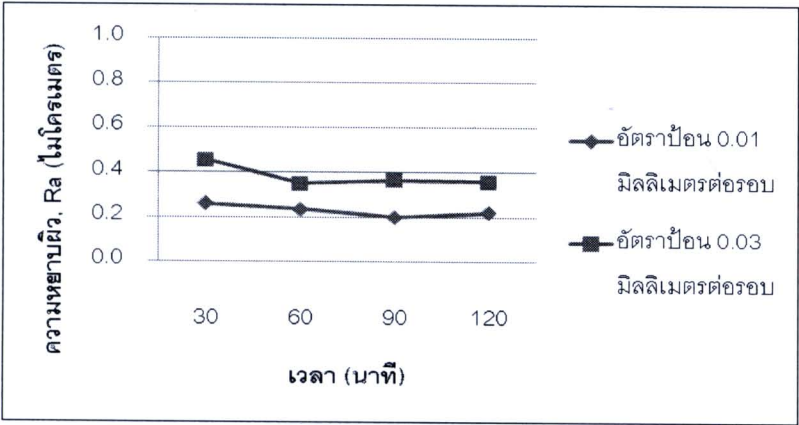
ให้การสึกหรอแทนที่ส่งผลเสียต่อความเรียบผิวของชิ้นงานกลับส่งผลดี คือทำให้ความเรียบผิวมีค่าน้อย อันเนื่องมาจากการสึกหรอทำให้ขอบคมตัดมีความมนเปรียบเสมือนเป็นการเพิ่มรัศมีของขอบคมตัดจึงทำให้ผิวชิ้นงานออกมาดีหรือค่าความหยาบผิวลดลง



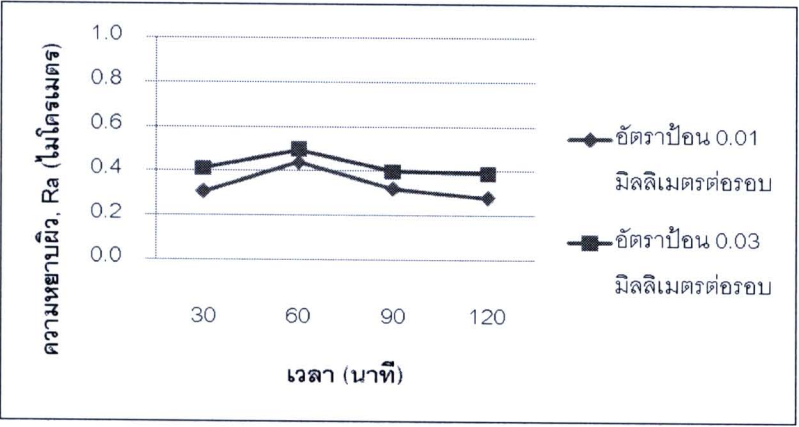
รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบความหยาบผิวของการตัดแบบลมเป่าที่ความลึก 0.5 มิลลิเมตร อัตราป้อน 0.02 มิลลิเมตรต่อรอบที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

4.1.2 อิทธิพลของอัตราป้อนต่อความหยาบผิว

จากรูปที่ 4.3 และ 4.4 สามารถเปรียบเทียบได้ว่าที่อัตราการป้อนตัดที่สูง ทำให้ค่าความหยาบผิวสูง อธิบายได้จากอัตราป้อนที่มากกว่า หรือการเข้าตัดด้วยอัตราการกินเนื้อโลหะที่มากกว่าต่อรอบซึ่งตัดยากกว่า ส่งผลให้เกิดความหยาบที่สูงกว่า ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของค่าความหยาบผิวของชิ้นงาน (พิจารณาจะสมการที่ 2.10) สามารถอธิบายได้ว่า เมื่ออัตราการป้อนตัดสูงขึ้นค่าความหยาบผิวที่ได้จะสูงขึ้นตาม และอีกเหตุผลหนึ่งคือการตัดด้วยอัตราป้อนตัดที่สูงจะต้องใช้แรงในการตัดที่สูงกว่า มีผลต่อการเกิดการสั่นของมีดตัดซึ่งส่งผลให้ความหยาบผิวสูงกว่าการกัดที่อัตราป้อนต่ำ ซึ่งแนวโน้มที่เกิดขึ้นก็เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการตัดแบบเปียก



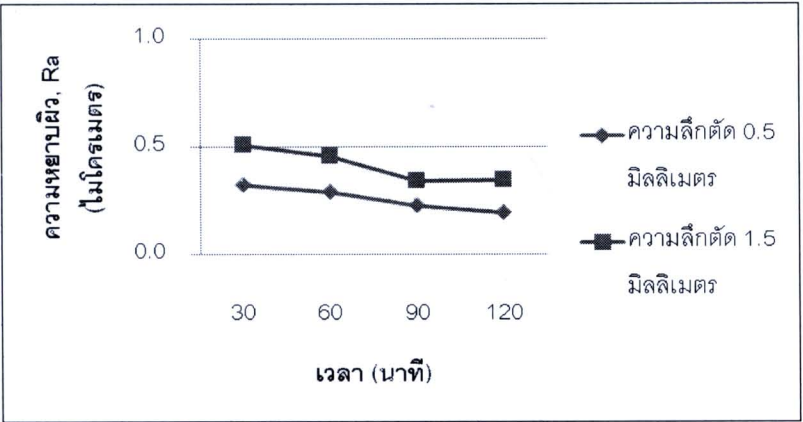
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบความหยาบผิวของการตัดแบบเปีกที่ความลึกตัด 0.5 มิลลิเมตร ความเร็วรอบ 2,000 รอบต่อนาทีที่อัตราป้อนต่าง ๆ



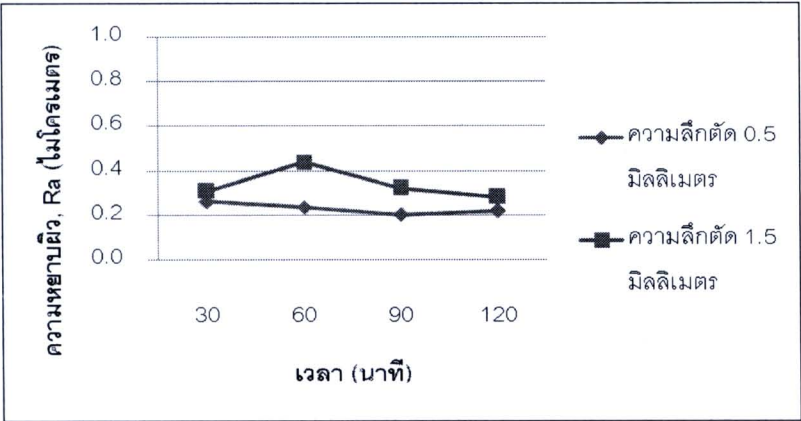
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบความหยาบผิวของการตัดแบบเปีกที่ความลึกตัด 1.5 มิลลิเมตร ความเร็วรอบ 2,000 รอบต่อนาทีที่อัตราป้อนต่าง ๆ

4.1.3 อิทธิพลของความลึกตัดต่อความหยาบผิว

จากรูปที่ 4.5 และ 4.6 แสดงให้เห็นว่าการตัดด้วยความลึกตัดที่มากกว่า ส่งผลให้เกิดความหยาบผิวที่สูงกว่า สามารถอธิบายได้จากการที่มีดตัดกินเนื้อผิวที่ลึกกว่าทำให้เกิดโอกาสในการสั่นสูงกว่าที่ความลึกตัดต่ำ เนื่องจากที่ความลึกตัดสูงมีพื้นที่สัมผัสระหว่างมีดตัดกับชิ้นงานสูง จึงทำให้ได้ความหยาบผิวที่สูงตามไปด้วย และอีกกรณีหนึ่งคือ ที่ความลึกในการตัดต่ำสำหรับการตัดแบบลมนเป่ามีอุณหภูมิในการตัดที่เหมาะสมกว่าที่ความลึกตัดสูง จึงทำให้การตัดเฉือนง่ายกว่า ส่งผลให้ได้ความหยาบผิวของชิ้นงานที่ต่ำ



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบความหยาบผิวของการตัดแบบลมเป่าที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที อัตราป้อน 0.02 มิลลิเมตรต่อรอบที่ความลึกตัดต่าง ๆ



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบความหยาบผิวของการตัดแบบลมเป่าที่ความเร็วรอบ 2,000 รอบต่อนาที อัตราป้อน 0.01 มิลลิเมตรต่อรอบที่ความลึกตัดต่าง ๆ

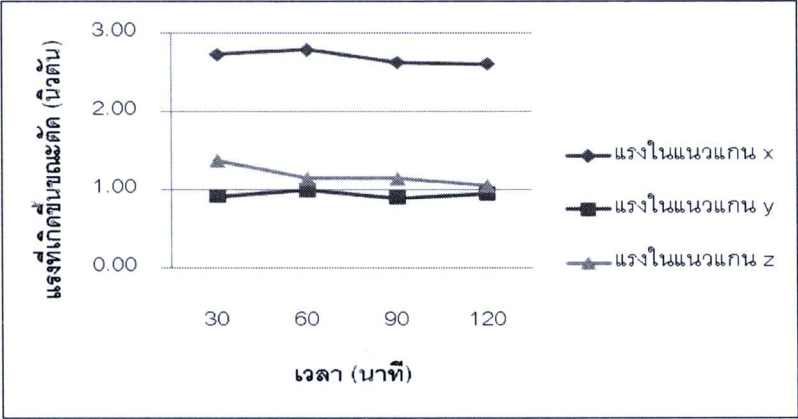
เมื่อเปรียบเทียบที่ความเร็วรอบที่ต่างกัน คือ ที่ 2,000 และ 3,000 รอบต่อนาที จะพบว่าความเร็วรอบสูงค่าความหยาบผิวมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการตัดนานขึ้น สามารถอธิบายได้ว่า ที่ความเร็วรอบสูงวัสดุมีความอ่อนตัวทำให้การตัดเฉือนง่าย จึงส่งผลให้ความหยาบผิวมีแนวโน้มลดลง และเนื่องจากขอบคมตัดของมีดกัดมีความมนมากขึ้นทำให้การตัดเฉือนได้ผิวชิ้นงานที่ดีกว่าที่ความเร็วรอบต่ำซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันกับการตัดแบบเปียก

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการตัดกับแรงที่เกิดขึ้นขณะตัดในแกนต่าง ๆ ของการตัดแบบลมเป่า

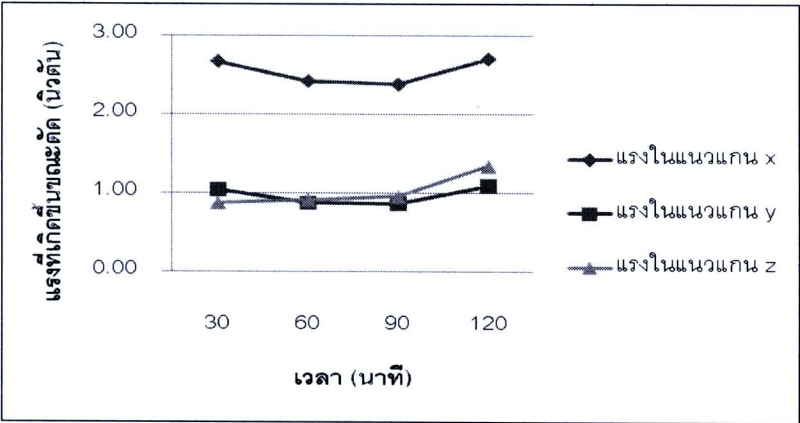
จากรูปที่ 4.7 ถึง 4.12 จะพบว่าแรงที่เกิดขึ้นในเวลาต่าง ๆ มีค่าไม่ต่างกันมากโดยแรงในแนวแกน x เกิดขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือแรงในแนวแกน y ซึ่งจะมีค่าไม่ต่างจากแรงในแนวแกน z มากนัก ดังนั้นในการทดลองจึงนำแรงในแนวแกน x มาพิจารณาแรงเดียว

4.2.1 อิทธิพลของความเร็รรอบต่อแรงตัดในสามแกน

จากรูปที่ 4.7 และ 4.8 จะพบว่าความเร็รรอบที่แตกต่างกันจะไม่ส่งผลต่อแรงตัดที่เกิดขึ้น เนื่องจากแรงตัดที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างกัน ซึ่งจะแตกต่างกับการตัดแบบเปียก โดยการตัดแบบเปียกจะเห็นว่าที่ความเร็รรอบสูงเกิดความร้อนสูงทำให้เนื้อวัสดุอ่อนตัวแรงตัดที่เกิดขึ้นควรจะต่ำ แต่เนื่องจากที่ความร้อนสูงจะทำให้มีดตัดเกิดการสึกหรอสูงด้วย ซึ่งความสึกหรอส่งผลมากกว่าการอ่อนตัวของเนื้อวัสดุทำให้เกิดแรงตัดสูงขึ้น ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลของสารหล่อเย็น ในขณะที่การตัดแบบลมเป่าไม่ใช้สารหล่อเย็นจึงทำให้ความเร็รรอบที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อแรงตัดที่เกิดขึ้น โดยแรงที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือแรงในแนวแกน x และที่รองลงมาและมีค่าใกล้เคียงกันคือ แรงในแนวแกน y และ z ตามลำดับ



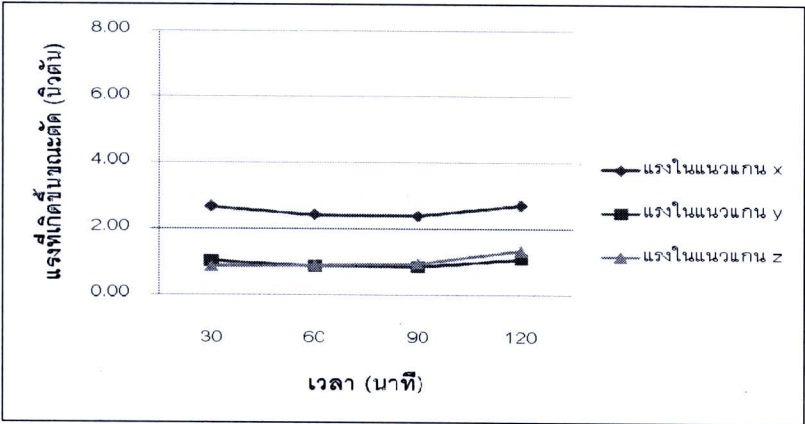
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นในสามแกนสำหรับความเร็รรอบ 1,000 รอบต่อนาที อัตราป้อน 0.01 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด 1.0 มิลลิเมตร ของการตัดแบบลมเป่า



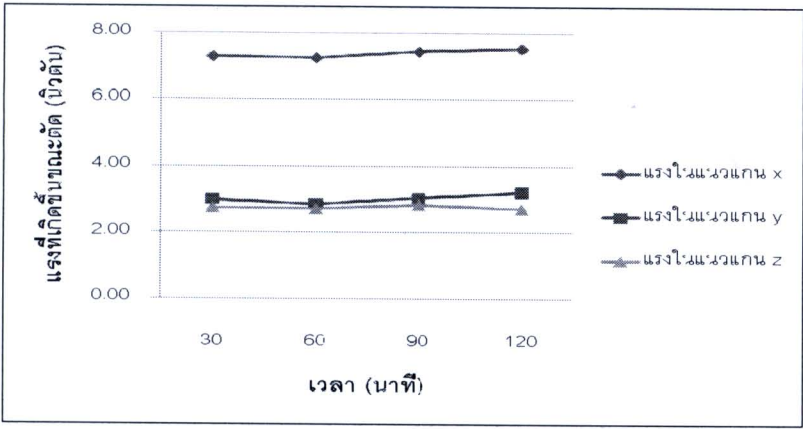
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นในสามแกนสำหรับความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที อัตราป้อน 0.01 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด 1.0 มิลลิเมตร ของการตัดแบบลมเป่า

4.2.2 อิทธิพลของอัตราป้อนต่อแรงตัดในสามแกน

รูปที่ 4.9 และ 4.10 แสดงแรงตัดที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำการตัดเฉือนชิ้นงาน จากรูปจะพบว่าแรงตัดในแนวแกน x มีค่าสูงสุด และแรงตัดในแนวแกน y และ z มีค่าที่ค่อนข้างจะใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบแรงตัดที่เกิดขึ้นที่อัตราการป้อนตัดที่ต่างกัน คือที่อัตราป้อนตัด 0.01 และ 0.03 มิลลิเมตรต่อรอบ ที่อัตราการป้อนตัดที่สูงกว่าจะเกิดแรงในขณะตัดสูงกว่าที่อัตราการป้อนตัดต่ำ สามารถอธิบายได้ว่า ที่อัตราการป้อนตัดสูงจะมีพื้นที่ในการตัดเฉือนสูง (พื้นที่สัมผัสระหว่างมีดตัดกับเนื้อชิ้นงาน) เนื่องจากระยะในการเคลื่อนที่เข้าตัดชิ้นงานสูงขึ้นเมื่ออัตราการป้อนตัดเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดแรงในการตัดสูงตามไปด้วย ดังที่ได้อธิบายมาแล้วก่อนหน้านี้ในการตัดแบบเปียก



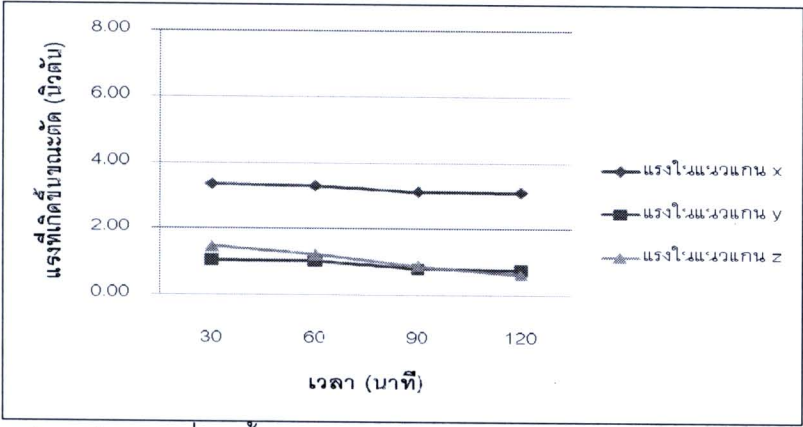
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นในสามแกนสำหรับความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที อัตราป้อน 0.01 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด 1.0 มิลลิเมตร ของการตัดแบบลมเป่า



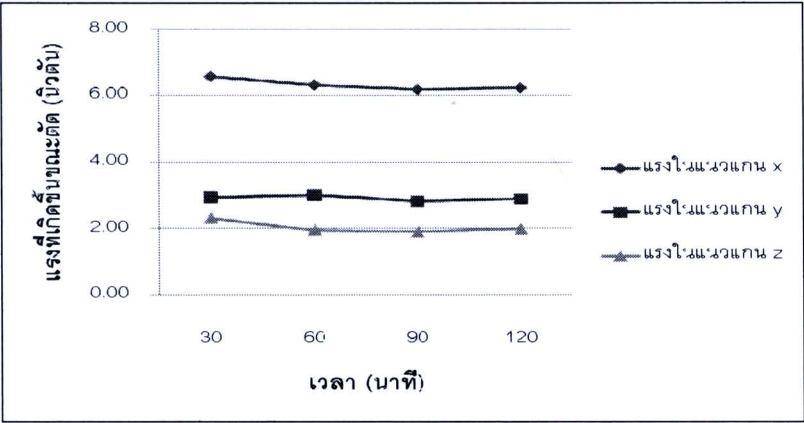
รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นในสามแกนสำหรับความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที อัตราป้อน 0.03 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด 1.0 มิลลิเมตร ของการตัดแบบลมเป่า

4.2.3 อิทธิพลของความลึกตัดต่อแรงตัดในสามแกน

รูปที่ 4.11 และ 4.12 แสดงแรงตัดที่เกิดขึ้นในขณะที่ตัดเฉือนชิ้นงานที่ความลึกแตกต่างกันคือ ที่ความลึกตัด 0.5 และ 1.5 มิลลิเมตร จากรูปจะพบว่าแรงตัดในแนวแกน x มีค่าสูงสุด และแรงตัดในแนวแกน y และ z มีค่าที่ค่อนข้างจะใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับอิทธิพลของอัตราการป้อนตัด ที่ความลึกตัดที่สูงกว่าจะเกิดแรงในขณะตัดสูงกว่าที่ความลึกตัดต่ำ ซึ่งเหตุผลสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับอัตราการป้อนตัด นั่นคือ ที่ความลึกตัดสูงจะมีพื้นที่ในการตัดเฉือนสูง (พื้นที่สัมผัสระหว่างมีดตัดกับเนื้อชิ้นงาน) จึงทำให้เกิดแรงในการตัดสูงตามไปด้วย ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับการตัดแบบเปียก



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นในสามแกนสำหรับความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที อัตราป้อน 0.02 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด 0.5 มิลลิเมตร ของการตัดแบบลมเป่า



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นในสามแกนสำหรับความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที อัตราป้อน 0.02 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด 1.5 มิลลิเมตร ของการตัดแบบลมเป่า

4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและพื้นผิวผลตอบของแรงที่ใช้ในการตัดของการตัดแบบลมเป่า

ตารางที่ 4.1 การออกแบบการทดลองความขรุขระผิวและแรงในการตัดแบบลมเป่า

Standard Order	Input Value			Responses		
	S (rpm)	F (mm/rev)	D (mm)	Fx (N)	Fy (N)	Fz (N)
1	1,000	0.01	1	2.61	0.94	1.05
2	3,000	0.01	1	2.70	1.09	1.34
3	1,000	0.03	1	5.90	2.41	2.09
4	3,000	0.03	1	7.54	3.21	2.72
5	1,000	0.02	0.5	3.11	0.76	0.63
6	3,000	0.02	0.5	3.30	1.13	1.27
7	1,000	0.02	1.5	6.24	2.89	1.99
8	3,000	0.02	1.5	7.12	3.29	2.33
9	2,000	0.01	0.5	2.27	0.86	1.06
10	2,000	0.03	0.5	5.29	1.85	1.93
11	2,000	0.01	1.5	3.53	1.41	1.44
12	2,000	0.03	1.5	9.58	4.49	3.23
13	2,000	0.02	1	4.93	2.03	1.65
14	2,000	0.02	1	5.19	2.07	2.06
15	2,000	0.02	1	5.46	2.40	1.93

จากข้อมูลแรงตัดที่แนวแกนต่างๆ (Fx Fyและ Fz) ในตารางที่ 4.1 เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) จะได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.2 ความแปรปรวนของแรงในแนวแกน x ก่อนการตัดพจน์ที่ไม่ผ่านความเชื่อมั่นของการ
จัดแบบลมนเปา

Source	DF	Seq	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	61.1308	61.1308	6.7923	61.71	0
Linear	3	57.4913	57.4913	19.1638	174.1	0
Square	3	0.6247	0.6247	0.2082	1.89	0.249
Interaction	3	3.0149	3.0149	1.005	9.13	0.018
Residual Error	5	0.5504	0.5504	0.1101		
Lack-of-Fit	3	0.4099	0.4099	0.1366	1.95	0.357
Pure Error	2	0.1405	0.1405	0.0702		
Total	14	61.6812				

ตารางที่ 4.3 สมการการถดถอยของพื้นผิวผลตอบก่อนการตัดพจน์ที่ไม่ผ่านความเชื่อมั่นของการ
จัดแบบลมนเปา

Term		Coef	SE Coef	T	P
Constant		5.1933	0.1915	27.112	0
S	rpm	0.35	0.1173	2.984	0.031
F	mm/rev	2.15	0.1173	18.329	0
D	mm	1.5625	0.1173	13.321	0
S*S	rpm ²	-0.3654	0.1727	-2.116	0.088
F*F	mm ² /rev ²	-0.1404	0.1727	-0.813	0.453
D*D	mm ²	0.1146	0.1727	0.664	0.536
S*F	rpm*mm/rev	0.3875	0.1659	2.336	0.067
S*D	rpm*mm	0.1725	0.1659	1.04	0.346
F*D	mm ² /rev	0.7575	0.1659	4.566	0.006
S = 0.3318 R-Sq = 99.1% R-Sq(adj) = 97.5%					

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าสมการถดถอย (Regression model) ที่ค่าความเชื่อมั่น 95 %
สามารถใช้ได้ กล่าวคือ มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 และค่า Lack of fit test ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอก

ถึงการขาดความเหมาะสมของสมการมีค่า P-value 0.357 ซึ่งมากกว่า 0.05 หมายถึงสมการมีความเหมาะสม

เมื่อพิจารณาต่อไปพบว่าตัวแปรที่มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งหมายความว่าเป็นตัวแปรที่สามารถใช้ได้ในการสมการ Regression ได้แก่ ค่าคงที่ ความเร็วรอบ (S) อัตราป้อนตัด (F) ความลึกตัด (D) ความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราป้อนและความลึกตัด (FD) ซึ่งทุกพจน์มี P-value น้อยกว่า 0.05 ทั้งสิ้น และทำการทดลองตัดพจน์ที่ไม่ผ่านความเชื่อมั่น (P-value น้อยกว่า 0.05) พบว่าได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 ความแปรปรวนของแรงในแนวแกน x หลังการตัดพจน์ที่ไม่ผ่านความเชื่อมั่นของการกัดแบบลมเป่า

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	4	59.7865	59.7865	14.9466	78.89	0
Linear	3	57.4913	57.4913	19.1638	101.14	0
Interaction	1	2.2952	2.2952	2.2952	12.11	0.006
Residual Error	10	1.8947	1.8947	0.1895		
Lack-of-Fit	8	1.7542	1.7542	0.2193	3.12	0.265
Pure Error	2	0.1405	0.1405	0.0702		
Total	14	61.6812				

ตารางที่ 4.5 สมการการถดถอยของพื้นผิวผลตอบหลังการตัดพจน์ที่ไม่ผ่านความเชื่อมั่นของการกัดแบบลมเป่า

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4.9847	0.1124	44.352	0
S	0.35	0.1539	2.274	0.046
F	2.15	0.1539	13.971	0
D	1.5625	0.1539	10.153	0
F*D	0.7575	0.2176	3.481	0.006
S = 0.4353 R-Sq = 96.9% R-Sq(adj) = 95.7%				

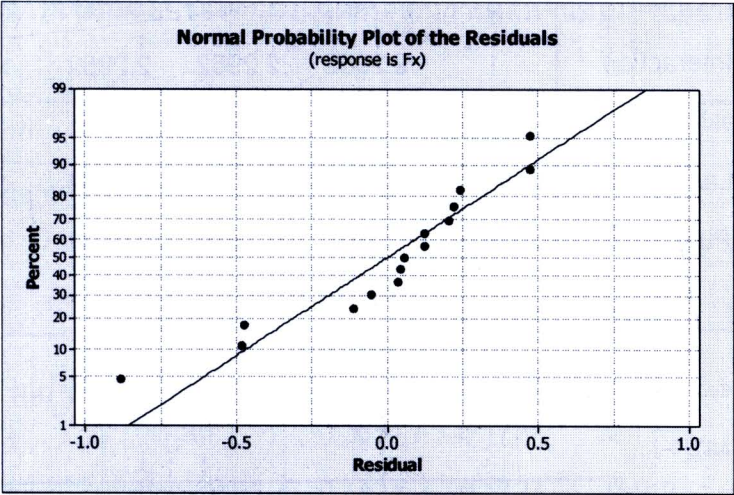
พบว่าสมการถดถอยที่ได้ยังคงมีค่า R-Square และค่า R-Square Adj. สูง และมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 สำหรับทุกปัจจัย และค่า P-value ของค่าการขาดความเหมาะสมของสมการ

(Lack of fit) มีค่า 0.16 ซึ่งมากกว่า 0.05 หมายความว่าสมการนี้เหมาะสม ทำให้ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่าง แรงในแนวแกน x ต่อตัวแปรต้นต่าง ๆ คือ

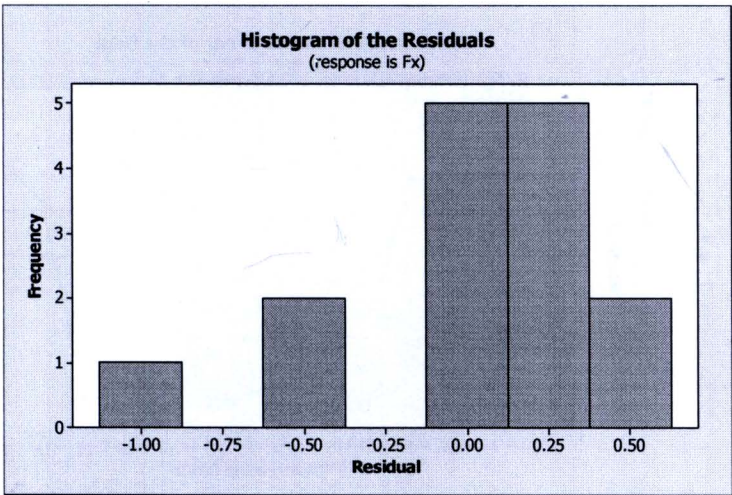
$$F_x = -0.110333 + 0.00035S + 63.5F + 0.095D + 151.5FD$$

จากสมการความสัมพันธ์สามารถอธิบายได้ว่า อัตราป้อนตัด (F) และผลคูณของอัตราป้อนตัดกับความลึกตัด (FD) มีอิทธิพลต่อแรงที่เกิดขึ้นในแนวแกน x มาก ในส่วนของความเร็วรอบ (S) และความลึกตัด (D) มีอิทธิพลต่อแรงที่เกิดขึ้นในแนวแกน x น้อย ดังนั้นถ้าในการตัดมีอัตราป้อนตัดและความลึกตัดสูง จะส่งผลให้แรงในแนวแกน x มีค่ามาก

เมื่อทำการวิเคราะห์กราฟรูปที่ 4.13 ซึ่งเป็นการตรวจสอบสมมติฐานที่ว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ จะสังเกตได้ว่าข้อมูลมีค่าใกล้เคียงเส้นตรงที่กำหนด แสดงให้เห็นถึงสมมติฐานมีความถูกต้อง ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ และเมื่อพิจารณารูปที่ 4.14 จะเห็นกลุ่มข้อมูลมีแนวโน้มที่จะกระจายเป็นรูปประหลาดว่า

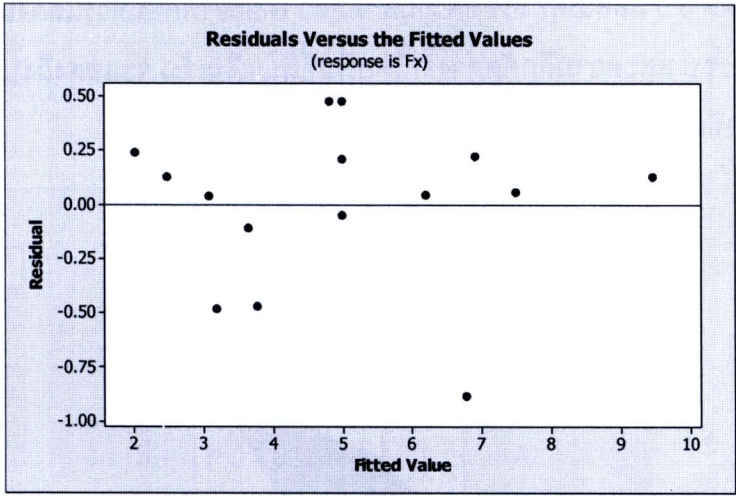


รูปที่ 4.13 ความน่าจะเป็นของค่าความผิดพลาดที่มีการกระจายแบบปกติ สำหรับแรงแนวแกน x (Fx) ของการกัดแบบลมนเป่า

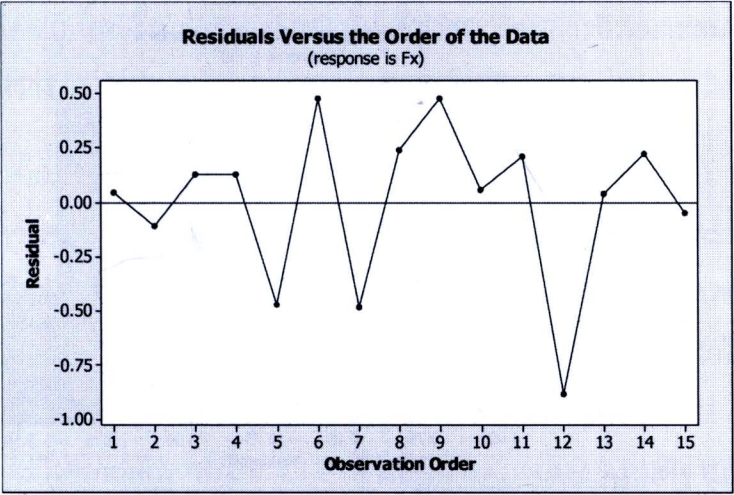


รูปที่ 4.14 ความน่าจะเป็นของค่าความผิดพลาดที่มีการกระจายแบบปกติ สำหรับแรงแนวแกน x (Fx) ของการกัดแบบลมเป่า

รูปที่ 4.15 และ 4.16 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาด (Residual) ซึ่งไม่มีรูปแบบการกระจาย หรือมีการกระจายแบบสุ่ม

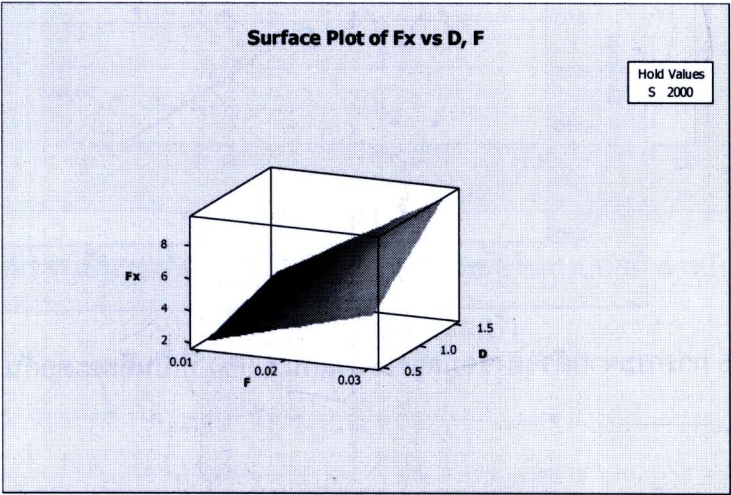


รูปที่ 4.15 การกระจายตัวของข้อมูลแรงแนวแกน x (Fx) ที่เป็นอิสระต่อกัน ของการกัดแบบลมเป่า

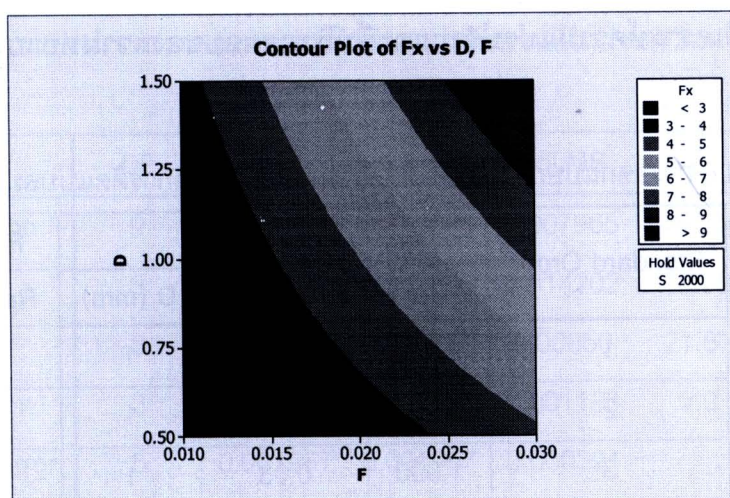


รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและลำดับของการทดลองของข้อมูลแรงแนวแกน x (Fx) ที่เป็นอิสระต่อกัน ของการตัดแบบลมเป่า

รูปที่ 4.17 และ 4.18 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการกักตุนลมเป่าแบบลมเป่าจะได้แรงในแนวแกน x (Fx) จะมีค่าน้อยที่สุด ที่อัตราป้อน 0.01 มิลลิเมตรต่อรอบ หรือเป็นอัตราป้อนที่ต่ำและความลึกตัด 0.5 มิลลิเมตร หรือที่ความลึกตัดต่ำ โดยกราฟคอนทัวร์แสดงถึงระดับความหนาแน่นที่ความเร็วรอบ และความลึกตัดต่าง ๆ โดยพื้นที่สีน้ำเงินเข้ม จะแสดงถึงบริเวณที่ใช้แรงในการตัดแกน x ต่ำที่สุด



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงตัดแกน x (Fx) กับความลึกตัด (D) และอัตราป้อนตัด (F) ของการตัดแบบลมเป่า



รูปที่ 4.18 กราฟคอนทัวร์แสดงระดับของแรงตัดแกน x (F_x) กับความลึกตัด (D) และอัตราป้อนตัด (F) ของการตัดแบบลมเป่า

4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนและพื้นผิวผลตอบของความหยาบผิวของการตัดแบบ
ลมเป่า

ตารางที่ 4.6 การออกแบบการทดลองต่อความหยาบผิวของการตัดแบบลมเป่า

Standard Order	Input Value			Responses
	S (rpm)	F (mm/rev)	D (mm)	Ra (micro m)
1	1,000	0.01	1	0.3304
2	3,000	0.01	1	0.3180
3	1,000	0.03	1	0.4331
4	3,000	0.03	1	0.4069
5	1,000	0.02	0.5	0.3532
6	3,000	0.02	0.5	0.3052
7	1,000	0.02	1.5	0.2828
8	3,000	0.02	1.5	0.2500
9	2,000	0.01	0.5	0.2688
10	2,000	0.03	0.5	0.3599
11	2,000	0.01	1.5	0.1260
12	2,000	0.03	1.5	0.3319
13	2,000	0.02	1	0.3529
14	2,000	0.02	1	0.3486
15	2,000	0.02	1	0.3618

จากข้อมูลความหยาบผิวในตารางที่ 4.6 เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) จะได้ผลดังนี้



ตารางที่ 4.7 ความแปรปรวนของความหยาบผิวก่อนการตัดพจน์ที่ไม่ผ่านความเชื่อมั่นของการตัดแบบลมนเป้า

Source	DF	Seq	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	0.071684	0.071684	0.007965	20.35	0.002
Linear	3	0.042605	0.042605	0.014202	36.28	0.001
Square	3	0.025679	0.025679	0.00856	21.87	0.003
Interaction	3	0.0034	0.0034	0.001133	2.9	0.141
Residual Error	5	0.001957	0.001957	0.000391		
Lack-of-Fit	3	0.001867	0.001867	0.000622	13.73	0.069
Pure Error	2	0.000091	0.000091	0.000045		
Total	14	0.073641				

ตารางที่ 4.8 สมการถดถอยของพื้นผิวผลตอบของความหยาบผิวก่อนการตัดพจน์ที่ไม่ผ่านความเชื่อมั่นของการตัดแบบลมนเป้า

Term		Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.3544	0.011423	31.028	0
S	rpm	-0.01493	0.006995	-2.134	0.086
F	mm/rev	0.061075	0.006995	8.731	0
D	mm	-0.03705	0.006995	-5.297	0.003
S*S	rpm ²	0.021908	0.010297	2.128	0.087
F*F	mm ² /rev ²	-0.00424	0.010297	-0.412	0.697
D*D	mm ²	-0.07854	0.010297	-7.628	0.001
S*F	rpm*mm/rev	-0.00345	0.009893	-0.349	0.741
S*D	rpm*mm	0.0038	0.009893	0.384	0.717
F*D	mm ² /rev	0.0287	0.009893	2.901	0.034
S = 0.01979 R-Sq = 97.3% R-Sq(adj) = 92.6%					

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าสมการถดถอย (Regression model) ที่ค่าความเชื่อมั่น 95 % สามารถใช้ได้ กล่าวคือมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 และค่า Lack of fit test ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึง

การขาดความเหมาะสมของสมการมีค่า P-value 0.069 ซึ่งมากกว่า 0.05 หมายถึงสมการมีความเหมาะสม

เมื่อพิจารณาต่อไปพบว่าตัวแปรที่มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งหมายความว่าเป็นตัวแปรที่สามารถใช้ได้ในการ Regression ได้แก่ ค่าคงที่ อัตราป้อนตัด (F) ความลึกตัด (D) ความลึกตัดลำดับสอง (D^2) ความสัมพันธ์กันระหว่างอัตราป้อนและความลึกตัด (FD) ซึ่งทุกพจน์มี P-value น้อยกว่า 0.05 ทั้งสิ้น และทำการทดลองตัดพจน์ที่ไม่ผ่านความเชื่อมั่น (P-value น้อยกว่า 0.05) พบว่าได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.9 ความแปรปรวนของความหยาบผิวหลังการตัดพจน์ที่ไม่ผ่านความเชื่อมั่นของการตัดแบบลดเป้า

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	4	0.067894	0.067894	0.016973	29.53	0
Linear	2	0.040823	0.040823	0.020411	35.51	0
Square	1	0.023776	0.023776	0.023776	41.37	0
Interaction	1	0.003295	0.003295	0.003295	5.73	0.038
Residual Error	10	0.005747	0.005747	0.000575		
Lack-of-Fit	4	0.003547	0.003547	0.000887	2.42	0.16
Pure Error	6	0.002201	0.002201	0.000367		
Total	14	0.073641				

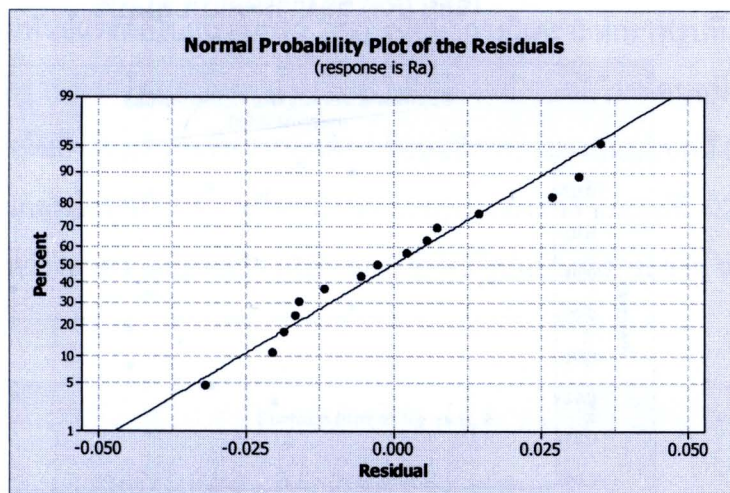
ตารางที่ 4.10 สมการถดถอยของพื้นผิวผลตอบของความหยาบผิวหลังการตัดพจน์ที่ไม่ผ่านความเชื่อมั่นของการตัดแบบลดเป้า

Term		Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.36453	0.009061	40.23	0.000
F	mm/rev	0.06108	0.008476	7.206	0.000
D	mm	-0.03705	0.008476	-4.371	0.001
D*D	mm^2	-0.0798	0.012408	-6.432	0.000
F*D	mm^2/rev	0.0287	0.011987	2.394	0.038

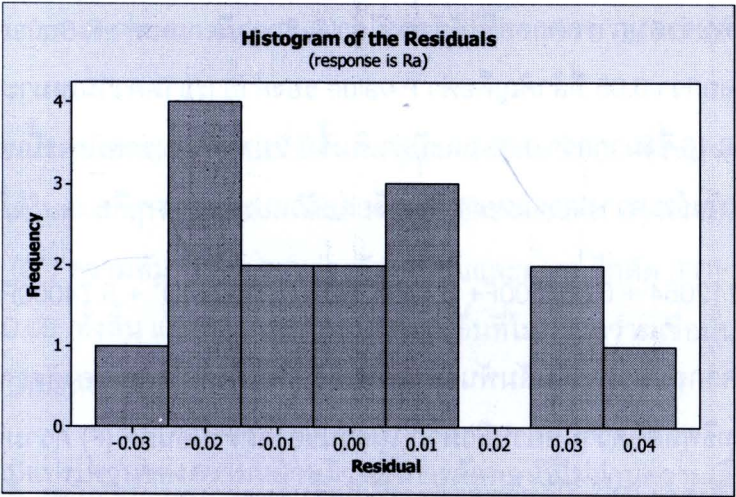
พบว่าสมการถดถอยที่ได้ยังคงมีค่า R-Square และค่า R-Square Adj. สูง และมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ที่สำคัญคือค่า P-value ของค่าการขาดความเหมาะสมของสมการ (Lack of fit) มีค่า 0.16 ซึ่งมากกว่า 0.05 และมีค่าเพิ่มขึ้น หมายความว่าสมการนี้เหมาะสม ทำให้ได้สมการความสัมพันธ์ระหว่าง ความหยาบผิวเฉลี่ยต่อตัวแปรต้นต่าง ๆ คือ

$$Ra = 0.112064 + 0.367500F + 0.449529D - 0.319214D^2 + 5.74000FD$$

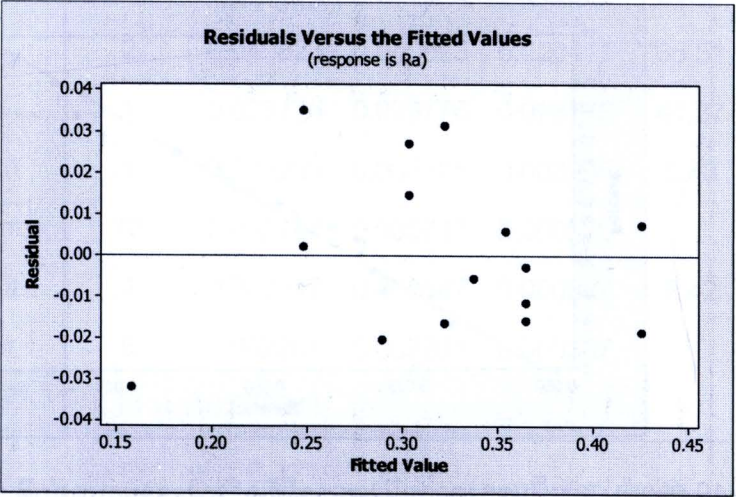
จากสมการความสัมพันธ์สามารถอธิบายได้ว่า ผลคูณของอัตราป้อนตัดกับความลึกตัด (FD) มีอิทธิพลต่อความหยาบผิวมาก ในส่วนของอัตราป้อนตัด (F) ความลึกตัด (D) และความลึกตัดยกกำลังสอง (D^2) มีอิทธิพลต่อแรงที่เกิดขึ้นต่อความหยาบผิวน้อย ดังนั้นถ้าในการตัดมีอัตราป้อนตัดและความลึกตัดสูง จะส่งผลให้ความหยาบผิวมีค่าน้อย



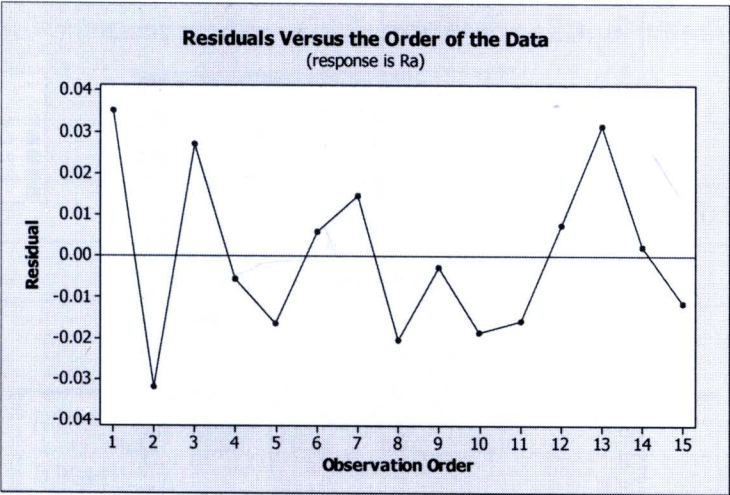
รูปที่ 4.19 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดที่มีการกระจายแบบปกติ สำหรับความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) ของการตัดแบบลมเป่า



รูปที่ 4.20 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดที่มีการกระจายแบบปกติ สำหรับความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) ของการตัดแบบลมเป่า

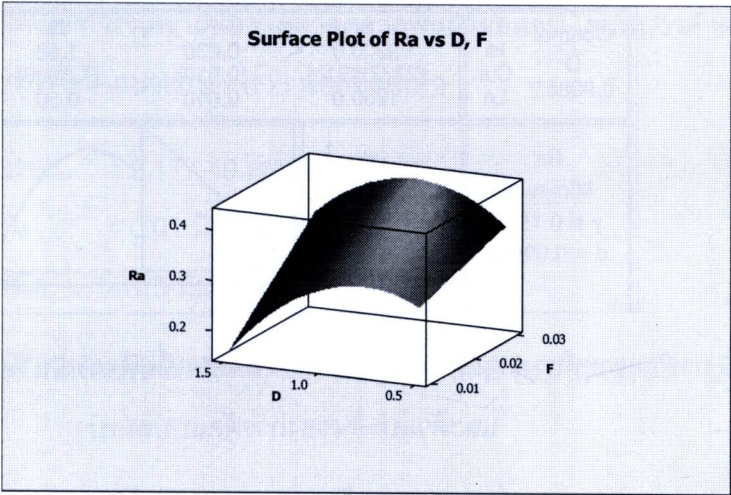


รูปที่ 4.21 การกระจายตัวของข้อมูลความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) ที่เป็นอิสระต่อกันของการตัดแบบลมเป่า

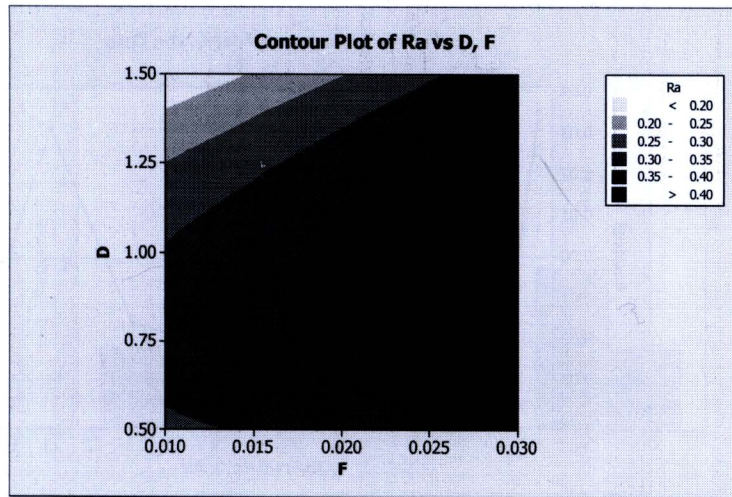


รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดและลำดับของการทดลองของการตัดแบบลมเป่า

ความสัมพันธ์แรงตัดในแนวแกน x (F_x) เมื่อทำการวิเคราะห์กราฟรูปที่ 4.19 ซึ่งเป็นการตรวจสอบสมมติฐานที่ว่าข้อมูลมีการกระจายเป็นปกติ จะสังเกตได้ว่าข้อมูลมีค่าใกล้เคียงเส้นตรงที่กำหนด แสดงให้เห็นถึงสมมติฐานมีความถูกต้อง ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ และเมื่อพิจารณารูปที่ 4.20 จะเห็นกลุ่มข้อมูลมีแนวโน้มที่จะกระจายเป็นรูปประขังคว่ำ และรูปที่ 4.21 และ 4.22 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าความผิดพลาด (Residual) ซึ่งไม่มีรูปแบบการกระจาย หรือมีการกระจายแบบสุ่ม

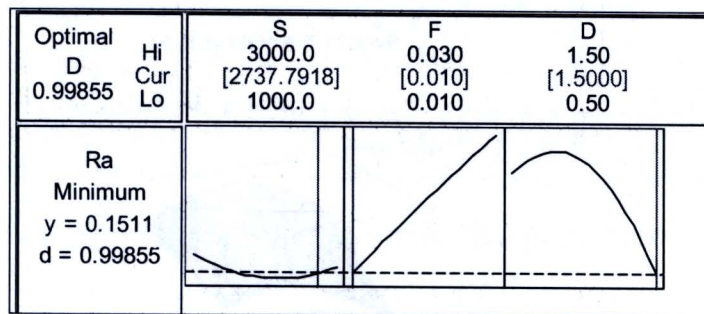


รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวเฉลี่ย (R_a) กับความลึกตัด (D) และอัตราป้อน (F) ของการตัดแบบลมเป่า



รูปที่ 4.24 กราฟคอนทัวร์แสดงระดับของความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) กับความลึกตัด (D) และอัตราป้อน (F) ของการตัดแบบลมนเป่า

เมื่อพิจารณาหาจุดต่ำสุดของความหยาบผิวจากพื้นผิวผลตอบ เมื่อกำหนดค่าเป้าหมายไว้เท่ากับ 0.2 ไมโครเมตร และค่าขอบบน (Upper value) ไว้เท่ากับ 0.9 ไมโครเมตร พบว่า ความหยาบผิวจะต่ำที่สุดเมื่อใช้ความเร็วรอบ 2737.79 รอบต่อนาที อัตราป้อน 0.01 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกตัด 1.5 มิลลิเมตร นั่นหมายถึงความหยาบผิวจะต่ำที่สุดเมื่อความเร็วรอบสูง อัตราป้อนตัดต่ำ และความลึกตัดต่ำ ดังรูป

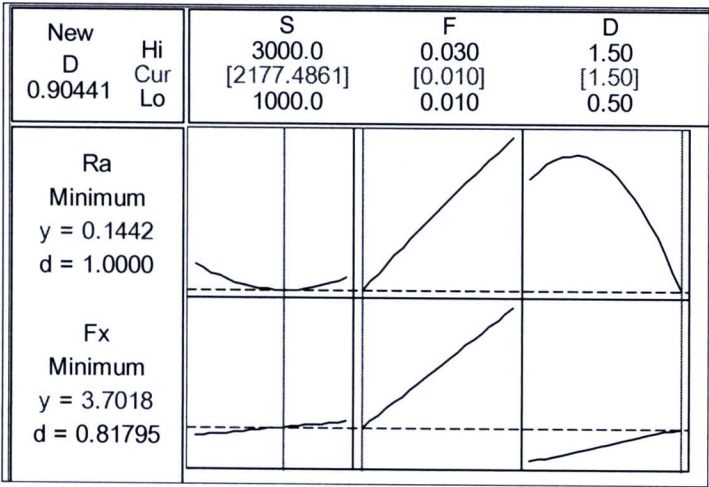


รูปที่ 4.25 การวิเคราะห์หาค่าจุดต่ำสุดจากพื้นผิวผลตอบ เมื่อพิจารณา ความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) และตัวแปรต้นของการตัดแบบลมนเป่า

ทำการวิเคราะห์หาค่าต่ำสุดจากพื้นผิวผลตอบอีกครั้งโดยมีปัจจัยเพิ่มเข้ามาคือแรงในแนวแกน x โดยตั้งค่าเป้าหมาย (Target value) ไว้เท่ากับ 0.2 ไมโครเมตร และค่าขอบบน (Upper value) ไว้เท่ากับ 0.9 ไมโครเมตร สำหรับค่าผลตอบความหยาบผิว และ ตั้งค่าเป้าหมายไว้เท่ากับ 2.3 นิวตันและค่าขอบบนไว้เท่ากับ 10 นิวตันสำหรับแรงตัดในแกน x (Fx)

ตารางที่ 4.11 ค่าเป้าหมายและขอบบนเพื่อใช้พิจารณาค่าต่ำสุดในพื้นที่ผิวผลตอบของการตัดแบบ
ลมเป้า

ผลตอบ	เป้าหมาย	ค่าเป้าหมาย	ขอบบน
Ra	จุดต่ำที่สุด	0.15 ไมโครเมตร	0.9 ไมโครเมตร
Fx	จุดต่ำที่สุด	2.3 นิวตัน	10 นิวตัน



รูปที่ 4.26 การวิเคราะห์หาค่าต่ำสุดจากพื้นที่ผิวผลตอบของการตัดแบบลมเป้า

จากรูปที่ 4.26 การวิเคราะห์หาค่าต่ำสุดจากพื้นที่ผิวผลตอบ โดยพบว่าค่าความหยาบผิวต่ำ
ที่สุดและเกิดแรงการตัดในแนวแกน x (Fx) น้อยที่สุดเมื่อ

- ความเร็วรอบ = 2,177.49 รอบต่อนาที
- อัตราป้อน = 0.01 มิลลิเมตรต่อรอบ
- ความลึกตัด = 1.5 มิลลิเมตร

หรือหมายถึง การกัดที่เงื่อนไขการตัด ความเร็วรอบปานกลาง อัตราป้อนตัดต่ำ และความลึกตัดสูง