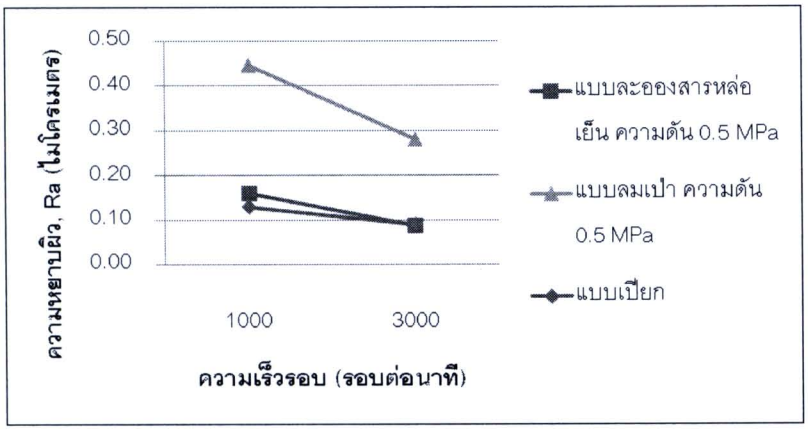
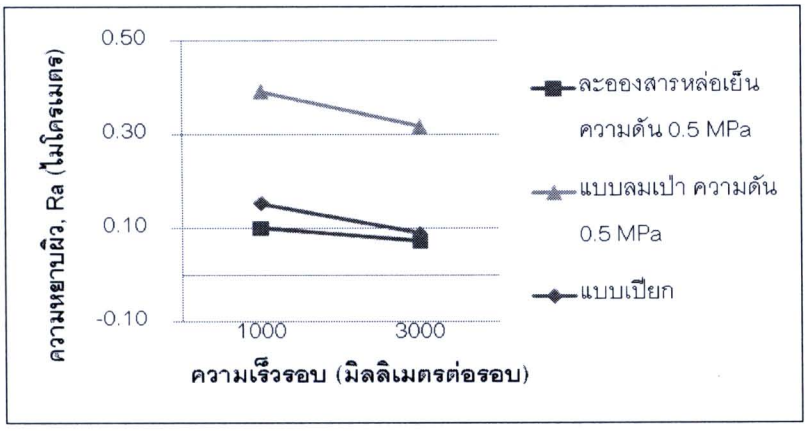
บทที่ 6

การวิเคราะห์ลักษณะการใช้สารหล่อเย็น

6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหยาบผิวและปัจจัยต่าง ๆ



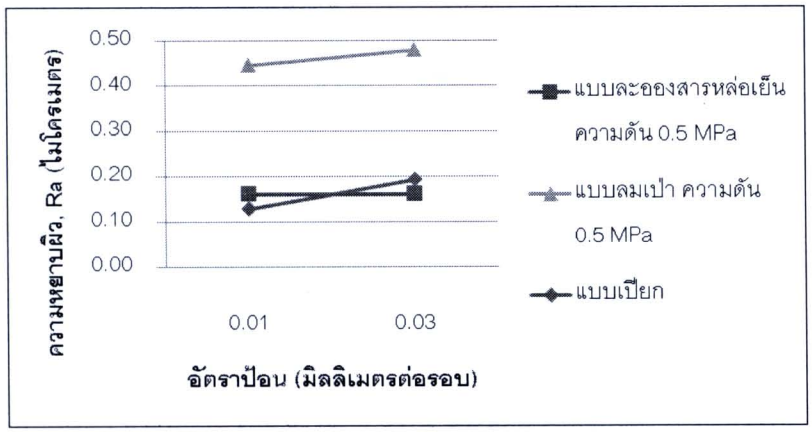
รูปที่ 6.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความหยาบผิว และความเร็วรอบ 1,000 และ 3,000 รอบต่อนาที ของอัตราป้อนตัด 0.1 มิลลิเมตรต่อรอบ ความลึกตัด 1 มิลลเมตรที่เวลา 60 นาที ของการตัดแบบต่าง ๆ



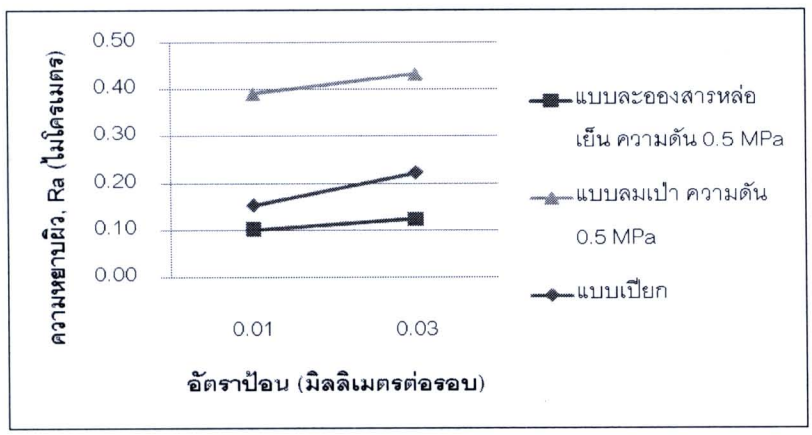
รูปที่ 6.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความหยาบผิว และความเร็วรอบ 1,000 และ 3,000 รอบต่อนาที ของอัตราป้อนตัด 0.1 มิลลิเมตรต่อรอบ ความลึกตัด 1 มิลลเมตรที่เวลา 120 นาที ของการตัดแบบต่าง ๆ

เมื่อพิจารณารูปแบบการใช้สารหล่อเย็นทั้งสามแบบ ดังรูปที่ 6.1 และรูปที่ 6.2 จะเห็นว่าความหยาบผิวในการตัดแบบลมเป่าจะมีค่ามากกว่าการตัดแบบเปียกและแบบละอองของสาร

หล่อเย็น โดยการตัดที่ความเร็วรอบมากขึ้นจะทำให้ความหยาบผิวลดลง ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า การตัดความเร็วสูงทำให้เกิดอุณหภูมิสูงขึ้น แต่ยังไม่เกินค่าความเสถียรทางความร้อน (Thermal stability) ส่งผลให้วัสดุเกิดการอ่อนตัวทำให้การตัดเฉือนง่ายจึงได้ผิวที่ดีหรือชิ้นงานมีความหยาบผิวต่ำ และเนื่องจากการสึกหรอมีดตัดเกิดขึ้นน้อย จึงส่งผลกระทบน้อยมากต่อความหยาบผิว



รูปที่ 6.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความหยาบผิว และอัตราป้อน 0.01 และ 0.03 มิลลิเมตรต่อรอบ ของความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที ความลึกตัด 1 มิลลิเมตรที่เวลา 60 นาทีของการตัดแบบต่าง ๆ

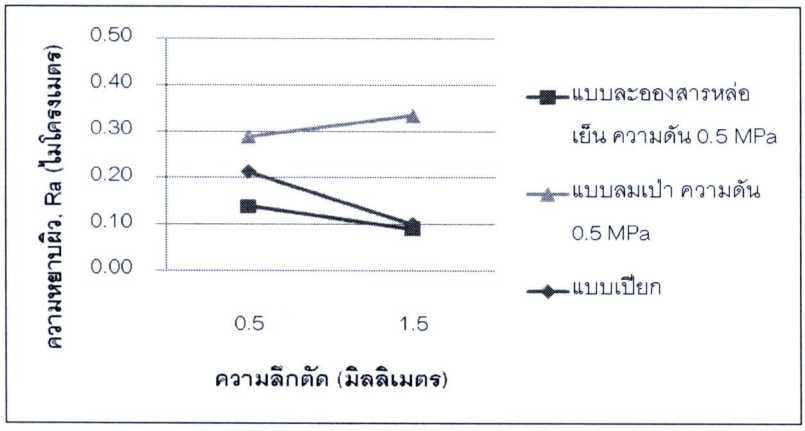


รูปที่ 6.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความหยาบผิว และอัตราป้อน 0.01 และ 0.03 มิลลิเมตรต่อรอบ ของความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที ความลึกตัด 1 มิลลิเมตรที่เวลา 120 นาทีของการตัดแบบต่าง ๆ

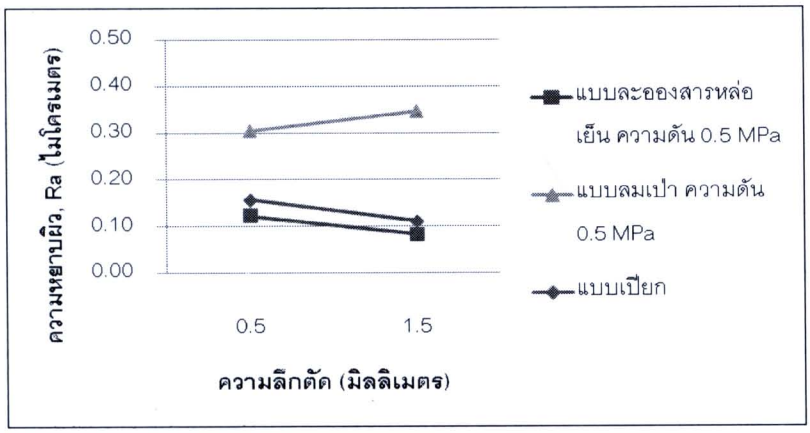
จากรูปที่ 6.3 และ 6.4 พบว่าเมื่ออัตราการป้อนตัดเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความหยาบผิวมีแนวโน้มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีของความหยาบผิวชิ้นงาน (สมการที่ 2.10) เมื่อเปรียบเทียบเงื่อนไขการตัดที่แตกต่างกันคือ การตัดแบบเปียก การตัดแบบละอองสารหล่อเย็น

และการตัดแบบลมเป่า พบว่าการตัดแบบเปียกและละอองสารหล่อเย็นให้ค่าความหยาบผิวที่ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่การตัดแบบลมเป่าให้ค่าความหยาบผิวสูงสุดของเงื่อนไขการตัดทั้ง 3 แบบ เนื่องจากอุณหภูมิในการตัดไม่เหมาะสม สามารถอธิบายได้ว่าการประยุกต์ใช้สารหล่อเย็นจะทำให้อุณหภูมิในการตัดเหมาะสมกว่าการตัดแบบลมเป่าเพราะมีการนำสารหล่อเย็นเข้ามาใช้ในการตัดเฉือน

เมื่อเปรียบเทียบความหยาบผิวของการตัดแบบเปียกกับการตัดแบบละอองสารหล่อเย็น จะพบว่าการตัดแบบละอองสารหล่อเย็นจะให้ผิวที่ดีกว่า ซึ่งเป็นเหตุผลมาจากการที่ละอองสารหล่อเย็นซึ่งมีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็ก สามารถเข้าถึงในพื้นผิวการตัดได้ดีกว่าการตัดแบบเปียก ทำให้อุณหภูมิการตัดเหมาะสมส่งผลให้ความหยาบผิวต่ำลง



รูปที่ 6.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความหยาบผิว และความลึกตัด 0.5 และ 1.5 มิลลิเมตรของความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที อัตราป้อนตัด 0.03 มิลลิเมตรที่เวลา 60 นาทีของการตัดแบบต่าง ๆ

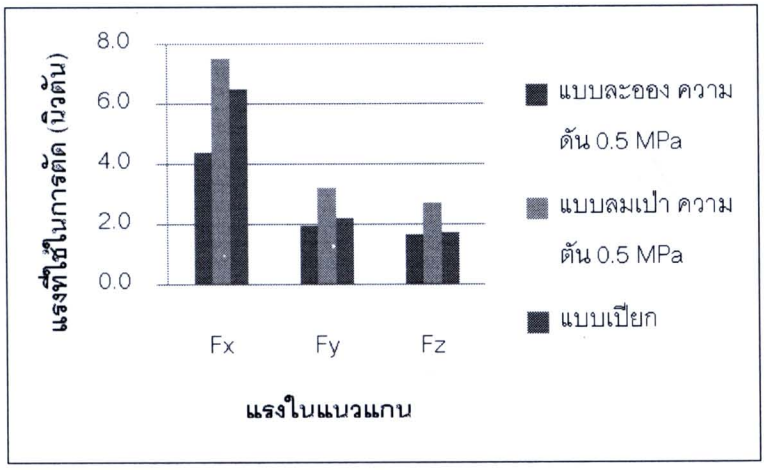


รูปที่ 6.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความหยาบผิว และความลึกตัด 0.5 และ 1.5 มิลลิเมตรของความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที อัตราป้อนตัด 0.03 มิลลิเมตรที่เวลา 120 นาทีของการตัดแบบต่าง ๆ

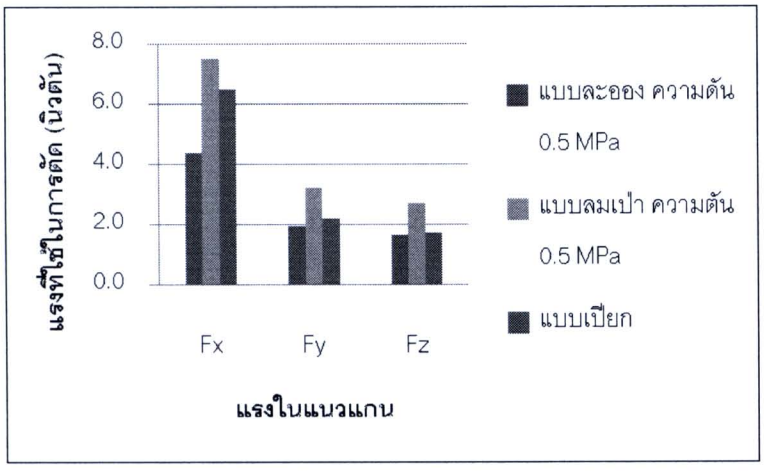
จากรูปที่ 6.5 และ รูปที่ 6.6 เห็นได้ว่าสำหรับการกัดแบบลมเป่าเมื่อเพิ่มความลึกตัด จะทำให้ความหยาบผิวเพิ่มขึ้น ในขณะที่การกัดแบบเปียกและแบบละอองของสารหล่อเย็นการเพิ่มความลึกตัดส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อความหยาบผิว แต่มีแนวโน้มที่ลดลง สามารถอธิบายได้จากการที่มีสารหล่อเย็นช่วยลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้น จึงทำให้ได้พื้นผิวที่ดี โดยที่การใช้ละอองของสารหล่อเย็นจะได้ผิวที่ดีกว่า ดังที่อธิบายในรูปที่ 6.3 และ 6.4 และการที่ค่าความหยาบผิวลดลงนั้น มีเหตุผลมาจากความลึกตัดที่มากขึ้นจะช่วยกำจัดเศษโลหะได้มากขึ้น นั่นก็คือลดความร้อนบริเวณผิวตัดดีขึ้นนั่นเอง

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงในการตัดและปัจจัยต่าง ๆ

แรงที่เกิดขึ้นในการตัดแบ่งพิจารณาออกเป็นแรงในสามแกน ได้แก่ แรงในแนวแกน x (Fx: tangential force) แรงในแนวแกน y (Fy: radial force) และแรงในแนวแกน z (Fz: axial force) ซึ่งแรงในแกนต่าง ๆ เหล่านี้จะส่งผลต่อการสึกหรอของมีดตัด ซึ่งเนื่องจากการตัดอลูมิเนียม (Al 6063) ในช่วงที่ทำการทดลอง พบว่าเกิดการสึกหรอของมีดตัด (Tool ware) เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งไม่มีนัยสำคัญที่จะนำมาพิจารณา อย่างไรก็ตามยังคงต้องมีการศึกษาแรงในการตัดต่อไป

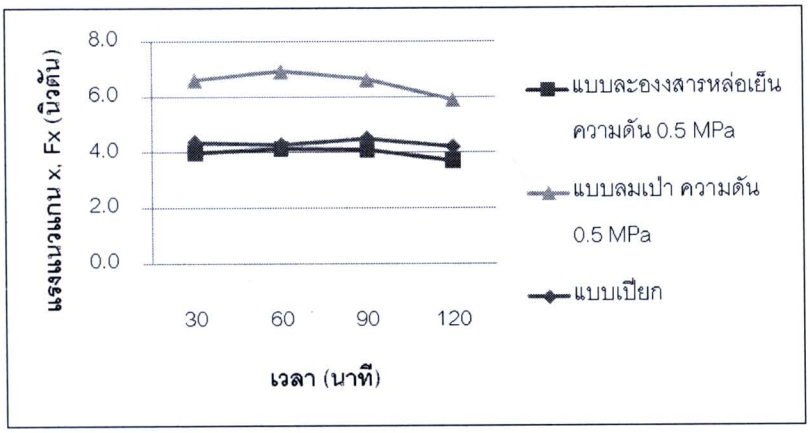


รูปที่ 6.7 แรงที่ใช้ในการตัดในแนวแกนต่างๆ ของการตัดที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที อัตราป้อนตัด 0.03 มิลลิเมตร ความลึกตัด 1 มิลลิเมตรที่เวลา 120 นาที

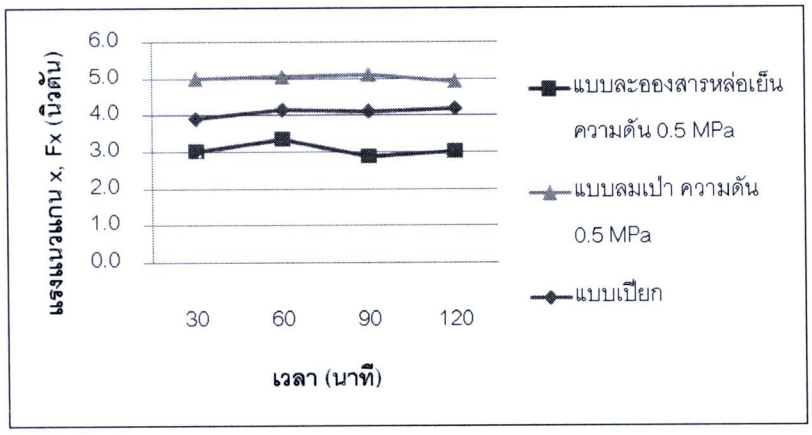


รูปที่ 6.8 แรงที่ใช้ในการตัดในแนวแกนต่างๆ ของการตัดที่ความเร็วรอบ 2,000 รอบต่อนาที อัตราป้อนตัด 0.03 มิลลิเมตร ความลึกตัด 1.5 มิลลิเมตรที่เวลา 120 นาที

ผลการทดลองแสดงถึงการตัดอลูมิเนียมจะต้องใช้แรงตัดในแนวแกน x มากที่สุด รองลงมาคือ แรงในแนวแกน y และแรงในแนวแกน z ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 6.7 และ 6.8 โดยมีแนวโน้มว่าการตัดแบบลมป่าจะใช้แรงในการตัดสูงที่สุด รองลงมาคือการตัดแบบเปียก และการตัดแบบละอองของสารหล่อเย็นจะใช้ในการตัดต่ำที่สุด สามารถอธิบายได้จาก การตัดแบบลมเป่าจะเกิดแรงเสียดทานมากที่สุดจึงต้องใช้แรงในการตัดสูงสุด ซึ่งการตัดแบบเปียกจะสามารถตัดได้ง่ายกว่า และการตัดแบบละอองของสารหล่อเย็นจะช่วยให้สารหล่อเย็นสามารถเข้าถึงผิวสัมผัสการตัดได้ดีเนื่องจากมีอนุภาคเล็กและไม่หลุดออกไปได้ง่ายเมื่อมีดตัดหมุนซึ่งเป็นการช่วยในการหล่อลื่นขณะทำการตัดเฉือนจึงใช้แรงในการตัดต่ำที่สุด



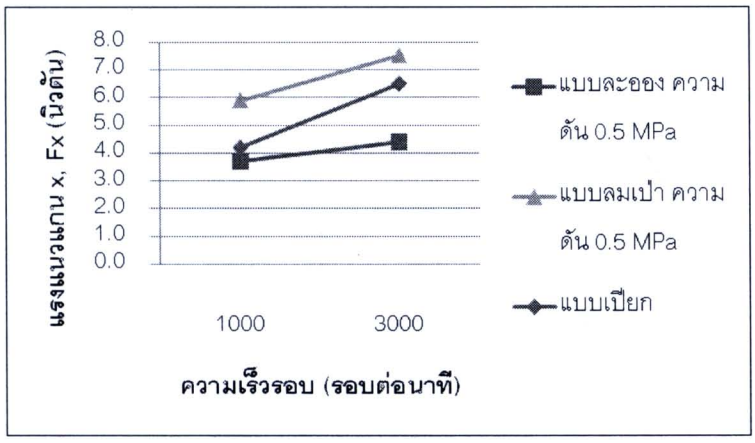
รูปที่ 6.9 แรงที่ใช้ในการตัดในแนวแกน x (Fx) ที่เกิดขึ้นที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที อัตราป้อนตัด 0.03 มิลลิเมตรต่อรอบ ความลึกตัด 1 มิลลิเมตรของการตัดแบบต่าง ๆ ในเวลาต่าง ๆ



รูปที่ 6.10 แรงที่ใช้ในการตัดในแนวแกน x (Fx) ที่เกิดขึ้นที่ความเร็วรอบ 2,000 รอบต่อนาที อัตราป้อนตัด 0.02 มิลลิเมตรต่อรอบ ความลึกตัด 1 มิลลิเมตรของการตัดแบบต่าง ๆ ในเวลาต่าง ๆ

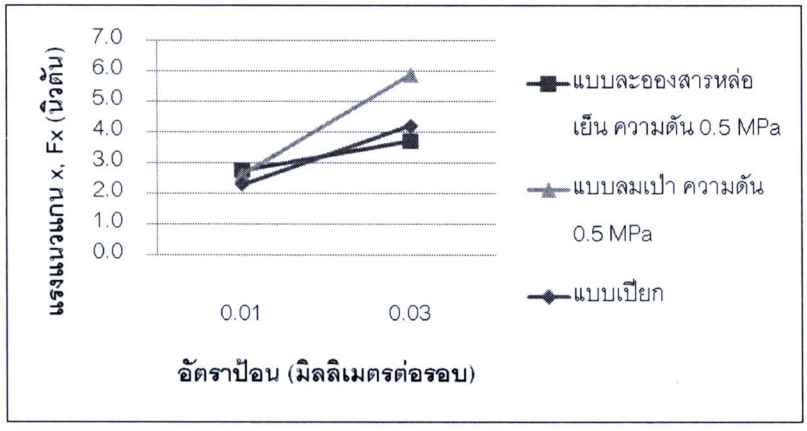
เมื่อพิจารณารูปที่ 6.9 และ 6.10 จะเห็นได้ว่าการตัดแบบละออง ต้องใช้แรงในการตัดสูงสุด รองลงมาคือการตัดแบบการตัดแบบเปียก และ ใช้ละอองของสารหล่อเย็น ซึ่งอธิบายไว้ในรูปที่ 6.7 และ 6.8

จากรูปที่ 6.11 เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบที่ต่างกัน พบว่าที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาทีจะใช้แรงในการตัดน้อยกว่าที่ 3,000 รอบต่อนาที เนื่องจากการตัดที่ความเร็วรอบสูงจะทำให้ความร้อนสูงกว่าการตัดที่ความเร็วรอบต่ำ ซึ่งความร้อนที่สูงกว่านี้เองจะช่วยให้อลูมิเนียมอ่อนตัวลงและตัดได้ง่ายกว่า ทำให้ใช้แรงในการตัดที่ต่ำกว่า โดยการตัดแบบลมเป่ายังคงใช้แรงในการตัดสูงสุด รองลงมาคือการตัดแบบเปียก และการตัดแบบละอองของสารหล่อเย็นตามลำดับ



รูปที่ 6.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงที่ใช้ในการตัดแนวแกน x (Fx) และความเร็วรอบ 1,000 และ 3,000 รอบต่อนาทีของอัตราป้อน 0.02 มิลลิเมตรต่อรอบ ความลึกตัด 1 มิลลิเมตรที่เวลา 120 นาทีของการตัดแบบต่าง ๆ

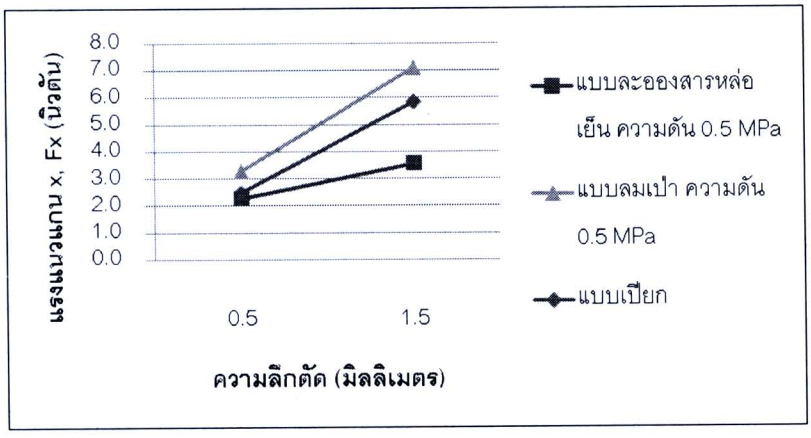
จากรูปที่ 6.12 อัตราป้อนตัดส่งผลโดยตรงกับแรงในแนวแกน x ซึ่งเป็นแนวเดียวกับแนวการป้อน โดยอัตราป้อนที่สูงขึ้น จะทำให้เกิดแรงต้านมากขึ้น เนื่องจากการเคลื่อนที่ที่มากกว่าต่อการหมุนหนึ่งรอบจะต้องใช้แรงที่มากกว่า โดยการตัดแบบลมเป่ายังคงใช้แรงในการตัดสูงสุด รองลงมาคือการตัดแบบเปียก และการตัดแบบละอองของสารหล่อเย็นตามลำดับ



รูปที่ 6.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงที่ใช้ในการตัดแนวแกน x (Fx) และอัตราป้อน 0.01 และ 0.03 มิลลิเมตรต่อรอบของความเร็วรอบ 2,000 รอบต่อนาที ความลึกตัด 1 มิลลิเมตรที่เวลา 120 นาทีของการตัดแบบต่าง ๆ

จากรูปที่ 6.13 เมื่อพิจารณาความลึกการตัดและแรงเกิดขึ้นในแนวแกน x พบว่า การตัดที่ความลึกที่มากกว่าจะทำให้เกิดแรงที่สูงกว่า เนื่องจากการตัดด้วยความลึกสูง เป็นการกำจัดเศษ

โลหะในปริมาณที่มากกว่าต่อหน่วยเวลา จะทำให้ต้องใช้แรงในการนำเศษโลหะออกจากชิ้นงานสูงขึ้นกว่าการตัดด้วยความลึกตัดที่ต่ำ



รูปที่ 6.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงที่ใช้ในการตัดแนวแกน x (Fx) และความลึกตัด 0.5 และ 1.5 มิลลิเมตรของความเร็วรอบ 2,000 รอบต่อนาที อัตราป้อน 0.02 มิลลิเมตรต่อรอบที่เวลา 120 นาที ของการตัดแบบต่าง ๆ

6.3 ความสัมพันธ์ได้สำหรับปัจจัยต่าง ๆ และตัวแปรตาม

จากตารางที่ 6.1 จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อความหยาบผิวเฉลี่ยของการตัดทั้งสามรูปแบบนั้น (แบบเปียก, แบบละอองของสารหล่อเย็น, และแบบลมเป่า) ประกอบด้วย อัตราป้อนตัด ความเร็วรอบ และความลึกตัด ยกเว้นการตัดแบบลมเป่าที่ไม่มีปัจจัยของความเร็วรอบเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่ในขณะเดียวกัน ค่าสัมประสิทธิ์ของความเร็วรอบของการตัดแบบเปียก และแบบละอองของสารหล่อเย็นมีค่าน้อยมาก แม้ความเร็วรอบจะเป็นปัจจัยที่มีผลตามที่สมการแสดง แต่ค่าที่ได้จากการคำนวณไม่มีผลต่อค่าความหยาบผิวของการตัดแบบต่างๆ จากค่าของอัตราป้อนของความหยาบผิวของการตัดทั้งสามแบบ จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดทั้งสามแบบมีค่าใกล้เคียงกันโดยการตัดแบบเปียกมีค่าสัมประสิทธิ์มากที่สุด ตามด้วยการตัดแบบละอองของสารหล่อเย็น และการตัดแบบลมเป่าตามลำดับ ซึ่งสาเหตุอาจเกิดมาจากเนื้อวัสดุที่มีความแข็งตัวน้อย ประกอบกับความร้อนในการตัดทำให้วัสดุเกิดความนิ่มขึ้นมาก มีดตัดจึงเกิดการสึกหรอน้อยมาก ค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยต่างๆจึงมีค่าน้อยและมีความใกล้เคียงกัน

แรงในแนวแกน x (Fx) ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อความหยาบผิวเฉลี่ยของการตัดทั้งสามรูปแบบนั้น (แบบเปียก, แบบละอองของสารหล่อเย็น, และแบบลมเป่า) ประกอบด้วย อัตราป้อนตัด ความเร็วรอบ และความลึกตัด เหมือนกับค่าความหยาบผิว ปัจจัยที่

ส่งผลมากคืออัตราป้อนตัด และผลคูณของอัตราป้อนตัดกับความลึกตัดเหมือนกันทั้งสามแบบการตัด และค่าสัมประสิทธิ์ของความเร็วรอบ และความลึกตัดมีค่าน้อยและใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 6.1 สมการความสัมพันธ์ของการตัดแบบต่าง ๆ

แบบเปียก	ความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra)	$Ra = 0.451150 - 2.40570E\text{-}04S + 3.05000F - 0.243040D + 5.19519E\text{-}08S^2 + 0.0980077D^2$
	แรงแนวแกนป้อนตัด (Fx)	$Fx = -0.483571 + 0.00243768S - 91.0000F - 0.432500D - 7.46607E\text{-}07S^2 + 0.0560000SF + 154.000FD$
แบบละอองของสารหล่อเย็น	ความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra)	$Ra = 0.182679 - 1.24E\text{-}05S + 1.45F - 0.146443D + 0.0578714D^2$
	แรงแนวแกนป้อนตัด (Fx)	$Fx = -0.575000 + -0.00139096S + 121.875F + 6.05558D + 2.92115E\text{-}07S^2 - 1.72154D^2 - 57.5000FD$
แบบลมเป่า	ความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra)	$Ra = 0.112064 + 0.367500F + 0.449529D - 0.319214D^2 + 5.74000FD$
	แรงแนวแกนป้อนตัด (Fx)	$Fx = -0.110333 + 0.00035S + 63.5F + 0.095D + 151.5FD$

หลังจากนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยวิธีพื้นผิวผลตอบแล้ว ทำการวิเคราะห์ผลจนได้ผลปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลให้ค่าความเรียบผิวเกิดต่ำที่สุด ดังนี้

ตารางที่ 6.2 ค่าของปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลให้ค่าความเรียบผิวเกิดต่ำที่สุดของการตัดแบบต่าง ๆ

	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	อัตราป้อนตัด (มิลลิเมตรต่อรอบ)	ความลึกตัด (มิลลิเมตร)
แบบเปียก	2,323.37	0.01	1.25
แบบละอองของสารหล่อเย็น	3,000.00	0.01	1.5
แบบลมเป่า	2,737.79	0.01	1.5

เมื่อพิจารณาร่วมกับแรงที่เกิดขึ้น ซึ่งส่งผลต่ออายุของมีดตัด พบว่า แรงที่เกิดขึ้นต่ำและความหยาบผิวที่ต่ำที่สุดเกิดขึ้นเมื่อมีปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 6.3 ค่าของปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลให้ค่าความเรียบผิวเกิดต่ำที่สุดร่วมกับแรงที่เกิดขึ้นของการตัดแบบต่าง ๆ

	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	อัตราป้อนตัด (มิลลิเมตรต่อรอบ)	ความลึกตัด (มิลลิเมตร)
แบบเปียก	2,323.37	0.01	1.25
แบบละอองของสารหล่อเย็น	3,000.00	0.01	1.5
แบบลมเป่า	2,737.79	0.01	1.5