

การศึกษาพารามิเตอร์ในการตัดเฉือนวัสดุพอลิเมอร์เสริมความแข็งแรงด้วยซีเถ้าลอยลิกไนต์ Machining Parameters of Fly Ash – Filled Polymer Composite

ณัฐกฤต เอี่ยมเต็ง¹ ชาวลิต ถาวรสิน² และพีระวัฒน์ นันทรวางศ์³

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

natthakriti@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์วัสดุเหลือใช้เถ้าลอยลิกไนต์ โดยนำมาเสริมความแข็งแรงในวัสดุอีพอกซีในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับงานหล่อขึ้นรูป โดยมุ่งเน้นการศึกษาผลกระทบปัจจัยในการตัดเฉือนวัสดุชนิดนี้ต่อแรงในการตัดเฉือนและคุณภาพผิวชิ้นงาน งานวิจัยนี้พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อแรงลัดกระทำในการตัดเฉือน ที่เป็นผลรวมของแรงกระทำเนื่องจากความเร็วตัดและอัตราป้อน ตามลำดับความสำคัญ ได้แก่ ระยะกินลึก ความเร็วตัด มุมคายใบมีดกลึง และอัตราป้อน ตามลำดับ และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความหยาบผิวสำเร็จเฉลี่ยสูงสุดตามลำดับความสำคัญ ได้แก่ อัตราป้อน ระยะกินลึก ความเร็วตัด และ มุมคายใบมีดกลึง ตามลำดับ ขณะที่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติวิศวกรรมด้วยวิธีของทาคุชิ พบว่า (1) เงื่อนไขในการตัดเฉือนขึ้นอยู่กับ <1> ความเร็วตัด เท่ากับ 9.19 เมตรต่อนาที <2> อัตราป้อน เท่ากับ 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ <3> ระยะกินลึก เท่ากับ 2 มิลลิเมตร และ มุมคายใบมีดกลึง เท่ากับ 15 องศา เป็นเงื่อนไขในการตัดเฉือนวัสดุอีพอกซีเสริมแรงด้วยอนุภาคเถ้าลอยลิกไนต์ที่เหมาะสม (2) ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล พบว่า ตัวแปรในการตัดเฉือนวัสดุส่งผลต่อผิวสำเร็จที่มีนัยสำคัญ ในช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้แก่ ตัวแปรอัตราป้อน เป็นตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อค่าความหยาบผิวของชิ้นงานสำเร็จสูงสุด

คำสำคัญ: วัสดุพอลิเมอร์เชิงประกอบ เถ้าลอยลิกไนต์ พารามิเตอร์ในการตัดเฉือน วิธีทาคุชิ

Abstract

This project aims to utilize a fly ash powder as reinforcement in the epoxy matrix material. The optimum content of epoxy resin and fly ash powder is composed by casting process. In this work, the effects of machining parameters on cutting forces and finished surfaces was carried out. It was found that the resultant force during machining depends on the depth of cut, cutting speed, rake angle, and feed rate, respectively. Meanwhile the finished surface roughness can be performed on the feed rate, depth of cut, cutting speed, rake angle, respectively. The suitable condition of machining is performed by the Taguchi experimental design. It can be optimized that consists the condition of cutting speed, feed rate, depth of cut, and rake angle, respectively. There are 9.19 m min⁻¹, 0.12 mm rev⁻¹, 2 mm, and 15°, respectively. The ANOVA statistical analysis was indicated the main parameter of feed rate that the effects of the optimum machining condition on the finished surface of a work piece has the confidence value of 95%.

Keyword: polymer composites, fly ash, machining parameter, taguchi.

1. บทนำ

เมื่อทรัพยากรที่เป็นแหล่งพลังงานได้ลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้แนวโน้มของการพัฒนาวัสดุส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุชนิดคอมโพสิต เนื่องจากมีน้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะหลายๆประเภททำให้ใช้พลังงานลดลงได้ ดังพบในยานยนต์ เครื่องจักรกล ในยุคปัจจุบัน [1,2] อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะสามารถส่งเสริมการประหยัดพลังงานได้ แต่ความแข็งแรงของวัสดุส่วนใหญ่จะต่ำกว่าของโลหะ โดยเฉพาะวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิต ซึ่งความแข็งแรงขึ้นอยู่กับชนิดสารเสริมแรง สารเสริมแรงหลายประเภทที่ช่วยส่งเสริมความแข็งแรง แต่ส่วนใหญ่ก็จะมีราคาสูง ซึ่งในการใช้งานบางลักษณะอาจไม่เหมาะสมในทางด้านเศรษฐศาสตร์ จึงได้เกิดการนำวัสดุเหลือใช้มาเป็นสารเสริมแรง แทนการนำวัสดุเหลือใช้หลายชนิดมาเติมในพอลิเมอร์เพื่อทำเป็นพอลิเมอร์คอนกรีต ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานก่อสร้างและสถาปัตยกรรม [2] แต่การใช้งานในภาคอุตสาหกรรมยังไม่แพร่หลายมากนัก ซึ่งพบการใช้งานบางกลุ่มเช่น อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องจักร ในแถบทวีปยุโรป อเมริกา และในประเทศ ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ไต้หวัน เป็นต้น ได้นำวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตมาผลิตเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักร ซึ่งส่วนใหญ่จำเป็นต้องผลิตด้วยกรรมวิธีการตัดเฉือน และพบว่าการความสามารถในการตัดเฉือนของวัสดุดังกล่าวมีข้อจำกัด และได้ผลผลิตที่ต่ำกว่าการตัดเฉือนวัสดุทั่วไป [3, 4]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการการตัดปาดผิววัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตที่เติมสารเสริมแรงที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากการเผาไหม้ของถ่านหินในโรงผลิตไฟฟ้า ชนิดเถ้าลอยลิกไนต์ (Fly ash) โดยเน้นที่การศึกษาความสามารถในการตัดเฉือน (Machinability) ประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่มีผลต่อคุณภาพชิ้นงาน เพื่อเป็นข้อมูลในการนำวัสดุคอมโพสิตชนิดนี้มาผลิตเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรหรือนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาพารามิเตอร์ในการตัดเฉือนที่มีผลต่อแรงในการตัดเฉือนและคุณภาพผิวชิ้นงานสำเร็จ

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 สร้างวัสดุคอมโพสิตผสมด้วยอีพ็อกซีเรซินและสารทำให้แข็ง 80 ส่วนต่อผงซีเถ้าลอยชนิดลิกไนต์ 20 ส่วนโดยมวล โดยทำการหล่อขึ้นทดสอบในเครื่องสุญญากาศสร้างวัสดุคอมโพสิตผสมด้วยอีพ็อกซีเรซินและสารทำให้แข็ง 80 ส่วนต่อผงซีเถ้าลอยชนิดลิกไนต์ 20 ส่วนโดยมวล โดยทำการหล่อขึ้นทดสอบในเครื่องสุญญากาศ

3.2 เตรียมชิ้นงานหล่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 , 22 และ 25 มม. ความยาว 150 มม.

3.3 ปรับปรุงชุดไดนาโมมิเตอร์เพื่อวัดแรงตัดเฉือนงานกลึงในแนวแกน X (Feed force) และแกน Z (Cutting speed)

3.4 ศึกษาพารามิเตอร์ในการตัดเฉือน ได้แก่ ความเร็วตัด อัตราป้อน ระยะกินลึก และมุมคายเศษตัดด้วยเครื่องมือตัด HSS

3.5 วัดค่าคุณภาพชิ้นงานหลังการตัดเฉือน โดยพิจารณาจากค่าความหยาบผิวเฉลี่ย

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิต เป็นวัสดุที่ประกอบขึ้นด้วยการผสมกันของวัสดุพอลิเมอร์ที่เป็นเนื้อหลัก หรือเมทริกซ์ (Polymer matrix) กับวัสดุอื่นๆ เพื่อเป็น สารเสริมแต่ง (Additive) ที่เป็นสารช่วยเพิ่มสมบัติทางเคมี และ/หรือสารเสริมแรง (Reinforcement) เพื่อช่วยในการเพิ่มสมบัติเชิงกลสำหรับวัสดุที่เป็นเมทริกซ์มีทั้งชนิดที่เป็นกลุ่มเทอร์โมพลาสติก และกลุ่มเทอร์โมเซตติง ซึ่งจะทำหน้าที่ยึดสารเสริมแรงให้อยู่ในตำแหน่งและการเรียงตัวที่กำหนดด้วยพันธะเคมี และ/หรือ พันธะทางกล โดยปกติวัสดุเมทริกซ์จะมีความแข็งแรงที่ต่ำกว่าสารเสริมแรง วัสดุชนิดนี้ได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง และส่วนใหญ่จะนิยมแบ่งประเภทของวัสดุตามชนิดของเมทริกซ์ หรือตามชนิดของสารเสริมแรง ในการแบ่งชนิดตามสารเสริมแรง สามารถแบ่งชนิดเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ตามรูปร่างของสารเสริมแรง ได้แก่ แบบเส้นใย แบบอนุภาค และแบบเกร็ด

4.1 ความรู้เบื้องต้นของเถ้าลอย [5]

ถ่านลิกไนต์เมื่อถูกบดละเอียดและส่งเข้าไปในเตาเผาไหม้ที่อากาศเพียงพอ การเผาไหม้จะเกิดได้อย่างสมบูรณ์ ความร้อนในเตาเผาจะช่วยให้ปฏิกิริยาทางเคมีเปลี่ยนแปลงสภาพของแร่ธาตุที่มีอยู่ให้เป็นแร่ธาตุในรูปของออกไซด์ของโลหะหลายชนิดที่ซับซ้อน ถ่านลิกไนต์ที่เหลืออยู่จะมี 2 สภาพ คือ ส่วนที่เป็นเถ้าลอย (fly ash, pulverized fuel ash, dry ash) เป็นเถ้าที่ถูกแยกออกจากลมร้อนที่พัดออกไปสู่ปล่องควัน และถูกจับไว้ที่เครื่องดักฝุ่น (electrostatic precipitator) อีกส่วนหนึ่งจะเป็นเถ้าหนัก (bottom ash, wet ash) เป็นเถ้าที่ได้จากการปะทะกันของอนุภาคเถ้าในบริเวณที่เกิดการสันดาป อุณหภูมิบริเวณนี้สูงพอที่จะหลอมเถ้าที่เป็นเม็ดหรือก้อนตกลงสู่กันเตา บางส่วนของเถ้าจะปะทะกับผนังเตาและหลอมติดกันรวมตัวเป็นก้อนขนาดใหญ่เรียก Slag เมื่อน้ำหนักรวมกันมากจนเกาะติดผนังไม่ไหวก็จะหล่นลงสู่เตา

4.2 กลไกการตัดเฉือนวัสดุ [6, 7, 8]

การตัดปาดผิวเป็นกระบวนการกำจัดเนื้อวัสดุส่วนที่ไม่ต้องการออกทีละน้อย ๆ ในรูปของเศษตัด ลักษณะของเศษตัดขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

วัสดุชิ้นงาน วัสดุเครื่องมือคมตัด และรูปพรรณของเครื่องมือคมตัดความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกตัดมีผลต่อลักษณะการตัดปาดผิว เช่น สารหล่อลื่นเป็นการใช้ลดอุณหภูมิแรงเสียดทานต่าง ๆ

เศษตัดที่เกิดขึ้นจากการตัดปาดผิวมีหลายลักษณะที่ต่างกัน ออกไปทั้งรูปร่าง, ขนาด และสี เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

- ชนิดของกระบวนการตัดปาดผิว เช่น การตัดปาดผิวแบบต่อเนื่อง หรือการตัดปาดผิวเป็นช่วงๆ ไม่ต่อเนื่อง
- ชนิดของวัสดุชิ้นงาน
- รูปทรงเรขาคณิตของเครื่องมือคมตัด
- ความเร็วตัดและอัตราป้อน
- สารหล่อลื่นและหล่อเย็น

4.3 การจำแนกชนิดของเศษตัด

ประเภทของเศษตัดในงานกลึง มีกำหนดตามมาตรฐาน ISO 3685 – 1993 (revised) [9] แสดงในภาพที่ 1

1 Ribbon chips*	2 Tubular chips*	3 Spiral chips	4 Washer-type helical chips*	5 Conical helical chips*	6 Arc chips	7 Elemental chips	8 Needle chips
1.1 Long	2.1 Long	3.1 Flat	4.1 Long	5.1 Long	6.1 Connect		
1.2 Short	2.2 Short	3.2 Conical	4.2 Short	5.2 Short	6.2 Loose		
1.3 Sharped	2.3 Sharped		4.3 Sharped	5.3 Sharped			

ภาพที่ 1 : ประเภทของเศษตัดตามมาตรฐาน ISO 3685 – 1993

จากภาพด้านบนคือประเภทของเศษตัดสามารถแบ่งได้ 8 ประเภท ซึ่งสามารถพิจารณาได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

- เหมาะสม (Good) ประกอบด้วยหมายเลข 2.2, 3.1, 3.2 และ 4.2
- ยอมรับได้ (Favorable) ประกอบด้วยหมายเลข 2.1, 5.1, 6.2 และ 7
- ไม่ยอมรับ (Unfavorable) ประกอบด้วยหมายเลข 1.3, 2.3, 4.1, 4.3, 5.3 และ 8

5. วิธีการวิจัย

เนื่องจากส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณภาพของชิ้นงาน จึงต้องใช้ อุปกรณ์ เครื่องมือ ดังต่อไปนี้

5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- เครื่อง กลึง กิ่งอัด โนมัตติ TUG-40, Metalexport Warszawa, Poland :ซึ่งเครื่องกลึงขนาดใหญ่ ที่มีอุปกรณ์จับยึดมีดกลึงขนาดใหญ่ และทำให้งานวิจัยนี้จึงไม่พิจารณาระดับการสั่นสะเทือนระหว่างการตัดเฉือนชิ้นงานพอลิเมอร์คอมโพสิต (Tool Chattering)

- เครื่องคอมพิวเตอร์พกพา ซอฟต์แวร์ LabView 8.2 และอุปกรณ์เชื่อมสัญญาณ

- ชุดวัดแรงตัดเฉือน Dynamometer

- ชุดรับ-ส่งสัญญาณเอาท์พุทและแสดงผล

5.2 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

- อีพ็อกซีเรซิน ชื่อยี่ห้อ SIKA ชนิด Biresin L84, Sika Deutschland GmbH, Germany

- สารทำให้แข็งตัว (Hardener) ชื่อยี่ห้อ SIKA ชนิด Biresin L84T HARDENER

- ถ่านลิกไนต์แบบแห้ง ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ. ลำปาง

5.3 ขั้นตอนการวิจัย

5.3.1 การเตรียมวัสดุพอลิเมอร์เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นลวดเหล็กไนต์

การผสมอีพ็อกซีเรซินกับสารทำให้แข็งตัวในสัดส่วนเชิงมวล 80:20 (ภาพที่ 3-6) และเติมผงเส้นลวดเหล็กไนต์ ขนาดต่ำกว่า 74 ไมครอน ด้วยปริมาณ 10 %wt ของอีพ็อกซีเรซินและสารทำให้แข็ง (ข้อมูลจากผู้ผลิตและจากงานวิจัยที่ผ่านมา) ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ทำให้วัสดุมีความแข็งแรงสูงสุด

หล่อชิ้นงานทดสอบเพลานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20, 22 และ 25 มม. ความยาว 150 มม. ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 : การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

5.3.2 การการศึกษาผลกระทบของเงื่อนไขการตัดเฉือนต่อคุณภาพชิ้นงานและเครื่องมือตัดแบบการตัดแบบสองมิติ (Orthogonal cutting) ศึกษาเงื่อนไขในการตัดเฉือน

ตารางที่ 1 เงื่อนไขในการตัดเฉือน

ปัจจัย	ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Signal factors)	จำนวนระดับ		
		1 (ต่ำ)	2 (ปานกลาง)	3 (สูง)
A	Cutting speed(m/min)	9.19	14.92	16.96
B	Feed rate (mm/rev)	0.12	0.24	0.33
C	Depth of cut (mm)	1	2	3
ปัจจัย	ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Noise factor)	จำนวนระดับ		
		1 (ต่ำ)	2 (ปานกลาง)	3 (สูง)
D	Rake angle (°)	5	15	-

การออกแบบการทดลองด้วยวิธีของทากูชิ กำหนดให้ปัจจัยที่สนใจ (Signal factors) มี 3 ตัวแปร ได้แก่ ปัจจัย A B C และมีปัจจัย D เป็นปัจจัยรบกวน (Noise factor) ด้วยเทคนิค Dummy

[10] และทำการทดลองตามตารางมาตรฐาน $L_{27}(3^4)$ จำนวน 27 การทดลอง

6. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

6.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติวิศวกรรม

6.1.1 ผลกระทบของปัจจัยต่อแรงกระทำจากความเร็วตัด

ตารางที่ 2 ลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงกระทำจากความเร็วตัด

Level	A Cutting speed	B Feed rate	C Depth of cut	D Rake angle
1	88.21	83.59	65.02	92.50
2	70.20	86.04	95.69	75.11
3	101.70	90.48	99.40	-
Delta	31.50	6.89	34.37	17.38
Rank	2	4	1	3

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อแรงกระทำจากความเร็วตัดสูงที่สุดพิจารณาตามลำดับความสำคัญ (Rank) ได้แก่ ระยะกินลึก (Depth of cut) ความเร็วตัด (Cutting speed) มุมคายใบมีดกลึง (Rake angle) และอัตราป้อน (Feed rate)

6.1.2 ผลกระทบของปัจจัยต่อแรงกระทำจากอัตราป้อน

ตารางที่ 3 ลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อแรงกระทำจากอัตราป้อน

Level	A Cutting speed	B Feed rate	C Depth of cut	D Rake angle
1	44.10	41.79	32.51	46.25
2	35.10	43.02	47.85	37.55
3	50.85	45.24	49.70	-
Delta	15.57	3.44	17.19	8.69
Rank	2	4	1	3

ผลกระทบของปัจจัยต่อแรงกระทำจากอัตราป้อน

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อแรงกระทำจากอัตราป้อนสูงที่สุด มีลักษณะข้อมูลเช่นเดียวกับตัวแปรตามของแรงกระทำจากความเร็วตัด พิจารณาตามลำดับความสำคัญ ได้แก่ ระยะกินลึก ความเร็วตัด มุมคายใบมีดกลึง และอัตราป้อน ตามลำดับ

6.1.3 ผลกระทบของปัจจัยต่อแรงลัพธ์กระทำในการตัดเฉือน

ตารางที่ 4 ลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อแรงลัพธ์กระทำในการตัดเฉือน

Level	A Cutting speed	B Feed rate	C Depth of cut	D Rake angle
1	98.62	93.45	72.70	103.42
2	78.49	96.20	106.99	83.98
3	113.22	101.16	111.13	-
Delta	35.22	7.70	38.43	19.44
Rank	2	4	1	3

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อแรงลัพธ์กระทำในการตัดเฉือนที่เป็นผลรวมของแรงกระทำเนื่องจากความเร็วตัดและอัตราป้อน มีลักษณะข้อมูลเช่นเดียวกับตัวแปรตามของแรงกระทำจากความเร็วตัดและอัตราป้อน การวิเคราะห์ตามลำดับความสำคัญพิจารณาได้เช่นเดียวกับที่พบจากตัวแปรตามของแรงกระทำจากความเร็วตัด และจากตัวแปรตามของแรงกระทำจากอัตราป้อน ได้แก่ ระยะกินลึก ความเร็วตัด มุมคายใบมีดกลึง และอัตราป้อน ตามลำดับ

6.1.4 ผลกระทบของปัจจัยต่อค่าความหยาบผิวสำเร็จเฉลี่ย

ตารางที่ 5 ลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความหยาบผิวสำเร็จเฉลี่ย

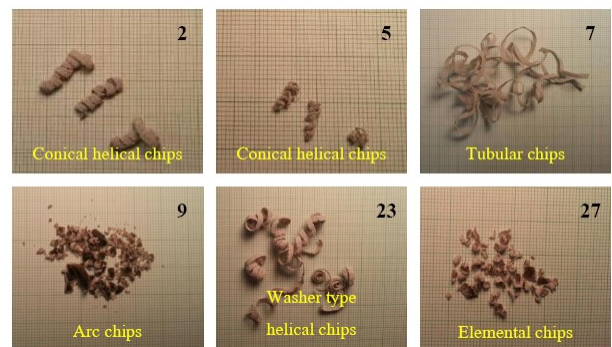
Level	A Cutting speed	B Feed rate	C Depth of cut	D Rake angle
1	4.297	2.939	4.794	4.527
2	4.817	4.241	4.263	4.577
3	4.517	6.451	4.573	-

Delta	0.519	3.512	0.531	0.051
Rank	3	1	2	4

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความหยาบผิวสำเร็จเฉลี่ยสูงที่สุด พิจารณาตามลำดับความสำคัญ ได้แก่ อัตราป้อน ระยะกินลึก ความเร็วตัด และ มุมคายใบมีดกลึง ตามลำดับ

6.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเศษตัด

การออกแบบการทดลองทางสถิติด้วยวิธีของทากูชิ จากจำนวนการทดลอง 27 การทดลอง นำมาศึกษาถึงลักษณะของเศษตัด (Chip Formation) โดยการเปรียบเทียบกับประเภทเศษตัดในงานกลึงตามมาตรฐาน ISO 3685-1993 [9] พบว่า เศษตัดที่เหมาะสม (Good chips) ได้แก่ การทดลองที่ 5 และการทดลองที่ 7 ซึ่งเป็นเศษตัดแบบ Tubular ชนิดสั้น แสดงในภาพที่ 9 เปรียบเทียบลักษณะเศษตัดในการทดลองอื่นๆ



ภาพที่ 3 : ผลการวิเคราะห์ลักษณะเศษตัด

7. สรุปผล

การศึกษาผลกระทบของปัจจัยในการตัดเฉือนที่มีต่อแรงตัดเฉือนและคุณภาพชิ้นงานกลึงวัสดุอีพ็อกซีเรซินเสริมแรงด้วยอนุภาคแก้วลอยลิกไนต์ สามารถสรุปได้ดังนี้

7.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติวิศวกรรมด้วยวิธีของทากูชิ

(1) การพิจารณาระดับของปัจจัยของเงื่อนไขในการตัดเฉือน ค่า S/Ns ratios ที่มีเงื่อนไขของ <1> ความเร็วตัด (Cutting speed) เท่ากับ 9.19 เมตรต่อนาที <2> อัตราป้อน (Feed rate) เท่ากับ 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ <3> ระยะกินลึก (Depth of cut) เท่ากับ 2 มิลลิเมตร และมุมคายใบมีดกลึง (Rake angle) เท่ากับ 15 องศา เป็นเงื่อนไขในการตัดเฉือนวัสดุ อีพ็อกซีเรซินเสริมแรงด้วยอนุภาคแก้วลอยลิกไนต์ ที่เหมาะสม

(2) ผลวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล พบว่า ตัวแปรในการตัดเลื่อยวัสดุพอลิเมอร์เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นลวดลิกไนต์ที่ส่งผลต่อผิวสำเร็จที่มีนัยสำคัญ ในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 95 ได้แก่ ตัวแปรอัตราป้อน (B) เป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อค่าความหยาบผิวของชิ้นงานสำเร็จสูงสุด ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการตัดเลื่อย

7.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเศษตัด

การเปรียบเทียบกับประเภทเศษตัดในงานกลึงตามมาตรฐาน ISO 3685-1993 พบว่า เศษตัดที่เหมาะสม (Good chips) เป็นเศษตัดแบบ Tubular ชนิดสั้น

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ควรศึกษาเพิ่มเติมในสัดส่วนการเติมเส้นลวดลิกไนต์ในปริมาณต่าง ๆ เพื่อพิจารณาสมบัติทางด้านความร้อน และสมบัติเชิงกล อาทิเช่น ความต้านทานแรงดึง และแรงกระแทกที่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของวัสดุพอลิเมอร์เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นลวดลิกไนต์

8.2 ควรศึกษาเพิ่มเติมผลกระทบของความชื้นสะท้อนของวัสดุพอลิเมอร์ที่เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นลวดลิกไนต์ในปริมาณต่าง ๆ เพื่อพิจารณาถึงคุณภาพงานตัดเลื่อย

9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัย จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประจำปี 2554 ภายใต้โครงการวิจัยการศึกษาพารามิเตอร์ในการตัดเลื่อยวัสดุพอลิเมอร์เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นลวดลิกไนต์ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] Guo, R. Q, Rohatgi, P.K. and Nath, D. "Preparation of aluminium-fly ash particulate composites by powder metallurgy technique" Journal of Materials Science. 32, 3971 (1997)
- [2] Gu, J., Wu, G.H. and Zhang, Q. "Preparation and damping properties of fly ash filled epoxy composites" Materials Science and Engineering: A 452-453, 614-618 (2007).
- [3] Wang, D. H., Ramulu, M. and Arola, D. "Orthogonal cutting mechanisms of graphite/epoxy composite. Part I: unidirectional laminate" International Journal of Machine Tools and Manufacture 35 (12), 1628-1638 (1995).

- [4] Arola, D., Ramulu, M. and Wang, D. H. "Chip formation in orthogonal trimming of graphite/epoxy composite" Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 27 (2), 121-133 (1996)
- [5] ชนวรรณ ชาวสุภ "การศึกษาสมบัติของวัสดุเชิงประกอบอีพอกซีกับเส้นลวดเป็นสารตัวเติมที่ผ่านการเชื่อมโยงสายโซ่ด้วยคลื่นไมโครเวฟ" วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2548.
- [6] E. Trent and P. Wright "Metal Cutting" Ed. 4th. Butterworth-Heinemann, Massachusetts (2000)
- [7] G. Boothroyd "Fundamentals of Machining and Machine Tools" Ed. 4th. Marcel Dekker, Inc. New York (1989)
- [8] กิตติภักดิ์ รัตนจันทร์ และ ประมุข เจนกิตติยนต์ "เทคโนโลยีการตัดเลื่อย" มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2555.
- [9] International Standard. "Tool-life testing with single-point turning tools" ISO 3685-1993 (2011)
- [10] Nouranian, S., Garmabi, H. and Mohammadi, N. "Taguchi-based optimization of adhesion of polyurethane to plasticized poly(vinyl chloride) in synthetic leather" Journal of Adhesion Science and Technology 21 (8), 705-724 (2007).