

## อิทธิพลของปัจจัยในการกลึงปอกต่อความขรุขระของผิวอะลูมิเนียมหล่อกึ่งของแข็ง

### Effect of Turning Parameters on Surface Roughness of Aluminum Casting Semi-Solid

วิมล บุญรอด และธเนศ รัตนวิไล

Wimon Boonrawd and Thanate Ratanawilai

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

โทรศัพท์ 074-287025 โทรสาร 074-558829

E-mail: thanate.r@psu.ac.th

#### บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยในการกลึงปอกต่อความขรุขระของผิวอะลูมิเนียมหล่อกึ่งของแข็งเกรด 7075 โดยใช้เครื่องกลึงควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์และใช้มีดกลึงคาร์ไบด์ เครื่องหมายการค้า Plansee Tizit ชนิด DCGT 070204FN-27 เกรด H10T โดยมีส่วนผสมของ Co 6.0% เป็นวัสดุคมตัด มีปัจจัยที่ใช้ศึกษา ได้แก่ ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกในการตัด โดยกำหนดความเร็วตัดอยู่ในช่วง 130-220 ม./นาที อัตราป้อน 0.02-0.1 มม./รอบ และความลึกในการตัด 0.45-0.85 มม. ผลการทดลองพบว่าอัตราป้อนมีผลต่อความขรุขระผิวสูงที่สุด โดยค่าความขรุขระผิวมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้อัตราป้อนต่ำลง จากการทดลองเพื่อยืนยันผลพบว่า ค่าความขรุขระผิวที่คำนวณได้จากสมการมีค่าแตกต่างจากค่าที่วัดได้จริง 4.22% ซึ่งถือเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

#### Abstract

To study the effect of turning parameters on surface roughness of aluminum casting semi-solid, the experiment was conducted on a computer numerical control machine using carbide insert (Plansee Tizit; DCGT 070204FN-27 grade H10T Co 6.0%) as a cutting tool. The 3 cutting factors were studied including cutting speed, feed and depth of cut in the range of 130-220 m./min, 0.02-0.1 mm./rev and 0.45-0.85 mm., respectively. The results showed that feed rate was the most affected factor to the finish surface roughness. Decreasing the feed rate gave the better surface roughness. Finally, the regression equation was validated by

comparing the value of surface roughness from the equation and the actual experiment. It was found that the absolute different value was approximately 4.22% which is in the range of acceptable criteria.

#### 1. บทนำ

งานกลึงเป็นปฏิบัติการขั้นพื้นฐานในงานอุตสาหกรรมที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยเป็นการตัดโลหะที่ให้ชิ้นงานหมุนรอบตัวเองและมีดกลึงเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน กระบวนการกลึงปอกผิวเป็นกระบวนการในการลดขนาดความโตของชิ้นงานโดยให้มีดตัดเคลื่อนที่ตัดชิ้นงานไปตามแนวขนานกับแนวแกนของชิ้นงาน ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการของการกลึงปอกคืออัตราป้อน (feed rate) ความเร็วตัด (cutting speed) ความลึกในการตัด (depth of cut) มีดกลึง (cutting tool) และชิ้นงานที่ต้องการตัด (workpiece) ผลที่เกิดขึ้นหลังผ่านกระบวนการกลึงปอกคือขนาดของชิ้นงาน (workpiece dimension) ความขรุขระของผิวชิ้นงาน (surface roughness) เศษกลึง (chip) และการสึกหรอของมีดกลึง (tool wear) [1]

จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการตัดเฉือนวัสดุชนิดต่าง ๆ เช่นการตัดเฉือนวัสดุแผ่นบางด้วยมีดมุมลิ้มแบบสมมาตร (center bevel blade) โดยเสกสรร ไชยจิตต์ [2] ซึ่งทำการศึกษาอิทธิพลความหนาปลายมีด (tip thickness) ที่มีต่อกลไกการตัดและพฤติกรรมการสึกหรอของแผ่นอะลูมิเนียม (A1050P) หนา 0.39 มม. โดยการตัดเฉือนด้วยมีดมุมลิ้มสมมาตร พบว่ากลไกผิวงานตัดและผลตอบสนองแรงตัดจากแบบจำลองวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์

สอดคล้องกับการทดลองการตัดชิ้นงานจริง พฤติกรรมการฉีกขาดของชิ้นงานขึ้นอยู่กับความหนาปลายมีดตัดและการเกิดรอยคอดของผิวล่างชิ้นงาน การเกิดรอยฉีกขาดจะอยู่ในช่วงของความหนาปลายมีดเท่ากับ 40  $\mu\text{m}$  ถึง 90  $\mu\text{m}$  รอยฉีกขาดจะเริ่มเกิดที่ผิวล่างชิ้นงานตรงจุดสูงสุดของรอยคอดและแพร่กระจายไปตามแนวแรงสู่ขอบปลายมีดตัด ในขณะที่สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์และคณะ [3] ได้ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อความขรุขระผิวและค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดในการกลึงไม้ตาลโดนดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์โดยใช้ใบมีดคาร์ไบด์และกำหนดปัจจัยในการทดลองในลักษณะเดียวกันพบว่าการกำหนดความเร็วตัดในช่วง 170-392 ม./นาที อัตราป้อน 0.03-0.2 มม./รอบ จะให้ค่าความขรุขระผิวอยู่ในช่วง 3.0-9.0  $\mu\text{m}$ . และยังพบอีกว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความขรุขระผิว คือ อัตราป้อนและความเร็วตัด โดยพบว่าค่าความขรุขระผิวจะลดลงเมื่อใช้อัตราป้อนต่ำลงและใช้ความเร็วตัดเพิ่มขึ้น ในส่วนของการกลึงวัสดุที่เป็นโลหะ ได้มีการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเรียบผิวในการกลึงเหล็กกล้าไร้สนิมซึ่งวิจัยโดย กัมพล เพชรคง [4] เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความเรียบผิวของเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel AISI/SUS 304) และใช้มีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบผิวด้วยกระบวนการซีวีดี (CA 6525) เป็นวัสดุคมตัด โดยมีปัจจัยในการศึกษาคือ ความเร็วตัด อัตราป้อนและสารหล่อเย็น ผลการทดลองพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความเรียบผิวคือความเร็วตัดซึ่งมีผลต่อคุณภาพผิวของงานอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 โดยที่ความเร็วตัดต่ำจะทำให้ค่าคุณภาพผิวของงานที่ดีที่สุด ในงานวิจัยต่างประเทศได้มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแปรรูปอะลูมิเนียมซิลิกอนคาร์ไบด์ผสม โดย N. Muthukrishnan *et al.* [5] ทำการศึกษาความขรุขระผิวของอะลูมิเนียมซิลิกอนคาร์ไบด์ผสมที่ได้จากกระบวนการกลึงโดยใช้วัสดุคมตัดคือ PCD และกำหนดสภาวะในการทดลองคือ ความเร็วตัด 3 ระดับ ได้แก่ 6.19, 5.31 และ 3.52 ม./นาที ความลึก 3 ระดับคือ 3.02, 2.63 และ 1.54 มม. และอัตราป้อน 3 ระดับเช่นกันคือ 5.09, 3.77 และ 2.81 มม./รอบ โดยกำหนดความเชื่อมั่นในการออกแบบการทดลองที่ 95% ผลการวิจัยพบว่าที่อัตราป้อน 2.81 มม./รอบ ความเร็วตัดที่ 3.52 ม./นาที

จะให้ค่าความขรุขระผิวน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอายุการใช้งาน อัตราการสึกหรอของเครื่องมือตัดและคุณภาพผิวงานในการกลึงวัสดุแข็ง ศึกษาโดย Ty G. Drawson and Thomas R. Kurfess [6] ใช้เหล็กเพลลา 52100 ความแข็ง 58-62 HRC เป็นวัสดุทดลอง มีรูปแบบการทดลอง 13 แบบซึ่งมีเงื่อนไขแตกต่างกัน ใบมีดตัดเป็น CBN ต่างชนิด ผลการศึกษาพบว่าที่อัตราป้อนต่ำกว่า 0.05 มม./รอบ จะมีความแปรปรวนของค่าความขรุขระของพื้นผิวมากแต่หากเพิ่มอัตราป้อนจะทำให้ค่าความขรุขระของพื้นผิวเข้าใกล้ค่าความขรุขระของพื้นผิวทางทฤษฎีและยังพบว่าทางเลือกใช้วัสดุตัดชนิด low CBN content มีสมรรถนะในการตัดเดือนวัสดุได้ดีกว่าการเพิ่มความเร็วตัด ทำให้อายุการใช้งานของมีดลดน้อยลง

สำหรับการเลือกใช้เครื่องมือตัดสำหรับอะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมผสมนั้นควรมี relief angle และ rake angles มากกว่าเครื่องมือตัดสำหรับงานตัดเหล็ก ในกรณีของการตัดด้วยความเร็วสูง relief angles ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 14 ถึง 16 องศา back rake angle ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 5 ถึง 20 องศา และ side rake angle ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 15 ถึง 35 องศา อะลูมิเนียมผสมที่มีส่วนผสมของซิลิกอนมากและวัสดุผสมอื่นๆ ที่ทำให้เกิด abrasive effect บนผิวหน้าเครื่องมือตัดสามารถทำการตัดด้วยความเร็วสูงได้โดยใช้ซีเมนต์คาร์ไบด์ (cemented carbides) เนื่องจากคุณสมบัติในการต้านการสึกหรอ โดย relief angles ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 12 ถึง 14 องศา back rake angle ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 15 องศา และ side rake angle ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 8 ถึง 30 องศา เครื่องมือที่ใช้สำหรับตัดและเซาะร่อง (cut-off tools และ necking tools) สำหรับงานตัดอะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมผสมนั้นควรมีมุม back rake angle ระหว่าง 12 ถึง 20 องศา และ end relief angle ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 8 ถึง 12 องศา การตัดเกลียวสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องมือตัดคมเดียว (single-point tools) ผลที่ได้ อาจแตกต่างกันไปตามขนาดของมุม rake angle ที่ใช้ โดยส่วนมากจะนิยมใช้มุม back rake และ side rake กว้าง ๆ การตัดเพื่อให้ได้คุณภาพผิวที่ดีมาก ๆ จะทำได้ค่อนข้างยากสำหรับอะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมผสม โดยเฉพาะวัสดุที่อ่อน

มาก ๆ หากต้องการผิวงานตัดที่ดี เครื่องมือตัดที่ใช้ต้องได้รับการลับคมและเตรียมผิวคมตัดเป็นอย่างดี [1]

การผลิตโลหะกึ่งของแข็งในประเทศไทยมีการคิดค้นวิธีการผลิตแบบใหม่เรียกว่า กระบวนการ Gas Induced Semi-Solid หรือ GISS [7-8] โดยจะทำการหลอมอะลูมิเนียมที่อุณหภูมิประมาณ 700-750°C เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง 641°C จะใช้แก๊สเฉื่อยผ่านแท่งกราฟไฟท์พูน (แก๊สอาร์กอนหรือไนโตรเจน) เพื่อทำให้เกิดการไหลวนของน้ำโลหะ ส่งผลให้น้ำโลหะเกิดการแตกตัวของโครงสร้างเดนไดรต์เป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นนำน้ำโลหะอะลูมิเนียมเทลงเบ้าหล่อ แล้วอัดที่ความดันไม่น้อยกว่า 2500 psi ค้างไว้จนโลหะแข็งตัว [9] การนำชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการการหล่อโลหะกึ่งของแข็งด้วยเทคโนโลยี GISS นี้ไปใช้งานในอุตสาหกรรมได้นั้นจำเป็นต้องผ่านกระบวนการกลึงปอกเพื่อให้ได้ขนาดและผิวชิ้นงานตามที่ต้องการเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการกลึงปอกผิวชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการ GISS ยังไม่มีการวิจัยเนื่องจากเป็นเทคโนโลยีใหม่ ดังนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่ต้องการหาปัจจัยในการกลึงปอกที่มีผลต่อความขรุขระของผิวอะลูมิเนียมหล่อกึ่งของแข็ง เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดปัจจัยและการเลือกใช้สภาวะการกลึงให้มีความเหมาะสม ทำให้ได้ชิ้นส่วนอะลูมิเนียมที่มีคุณภาพสามารถลดต้นทุนการผลิตให้แก่อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องได้จากการสำรวจงานวิจัยข้างต้นที่ผ่านมาพบว่าการศึกษาปัจจัยในการกลึงเพื่อให้ได้คุณสมบัติของความขรุขระผิวที่ดีนั้น จะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลักอยู่ 3 ประการ คือ ความเร็วตัด อัตราป้อนและความลึกในการตัด ซึ่งจะเป็นปัจจัยหลักในงานวิจัยนี้ โดยนำผลการทดลองผ่านการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ

## 2. วัสดุและวิธีการทดลอง

### 2.1 วัสดุและเครื่องจักรในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นอะลูมิเนียมหล่อกึ่งของแข็งเกรด 7075 ขนาด  $\varnothing 25$  มม. ยาว 100 มม. ดังรูปที่ 1(a) มีองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 และมีค่าความแข็ง 102.4 HV [9] ในขณะที่ความแข็งของอะลูมิเนียม 7075 มีค่า

185 HV [10] เลือกใช้มีดกลึงคาร์ไบด์หือ Plansee Tizit แบบ DCGT 070204FN-27 ดังรูปที่ 1(b) เป็นวัสดุตัดบนเครื่องกลึงควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์หือ Emcotronic รุ่น PC-Turn 50 ดังรูปที่ 1(c) ที่ความเร็วรอบสูงสุด 3000 รอบต่อนาที อัตราป้อน 1-750 มม.ต่อนาทีและวัดค่าความขรุขระของผิวสำเร็จที่สภาวะการตัดต่างๆ ด้วยเครื่องวัดความขรุขระหือ Mitutoyo รุ่น Surf test 301 ดังรูปที่ 1(d)

### 2.2 วิธีการทดลอง

ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง คือ ความเร็วตัด อัตราป้อนและความลึกในการตัด โดยมีตัวแปรตอบสนองคือ ค่าความขรุขระผิว ซึ่งจะทำการวัดผิวสำเร็จของชิ้นงานที่ผ่านการกลึงปอก 1 รอบที่ระยะห่างจากหน้าตัดของชิ้นงาน 20 มม. ทำการวัด 3 ตำแหน่งห่างกัน 120 องศา ดังรูปที่ 2 แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ คือ (1) หาจำนวนการทำซ้ำในแต่ละการทดลองโดยใช้ค่าระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ความเร็วตัด 120 ม./นาที อัตราป้อน 0.1 มม./รอบและความลึกในการตัด 0.3 มม. ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณทางสถิติ (2) ทำการทดลองโดยปรับช่วงสภาวะการตัดของแต่ละปัจจัยหลัก ได้แก่ความเร็วตัด อัตราการป้อนและความลึกในการตัด (ตารางที่ 2) เพื่อให้ได้ค่าความขรุขระของผิวสำเร็จที่เหมาะสม (3) สร้างสมการพยากรณ์จากผลการทดลองที่ได้และทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบค่าความขรุขระผิวที่ได้จากสมการพยากรณ์และผลจากการวัดค่าจริง



(a)

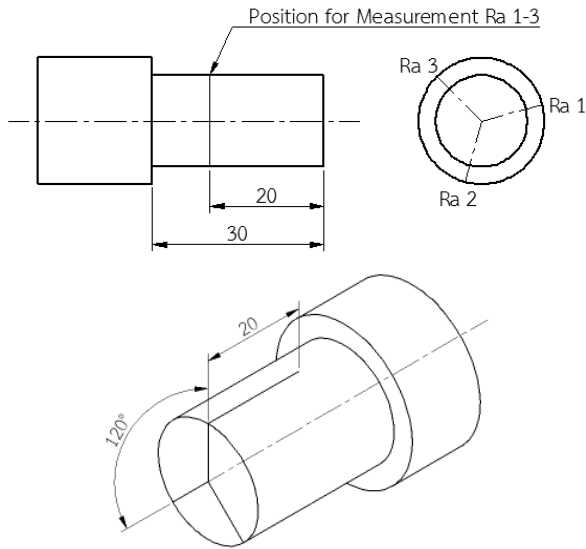
(b)



(c)

(d)

รูปที่ 1 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 2 ตำแหน่งการวัดค่าความขรุขระผิวของชิ้นงาน

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของอะลูมิเนียมหล่อกิ่งของแข็งเกรด 7075

Alloy	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
Al 7075	0.4	0.5	1.2-2	0.3	2.1-2.9	0.18-0.28	5.1-6.1	0.2

### 3. ผลการทดลองและวิเคราะห์

#### 3.1 จำนวนการทำซ้ำในแต่ละการทดลอง

ผลจากการทดลองซ้ำ 10 ครั้งแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อหาจำนวนการทำซ้ำที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรมทางสถิติพบว่า หากเลือกทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้งในแต่ละสภาวะการทดลอง จะให้ค่ากำลังแห่งการทดสอบเท่ากับ 98.8% ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งสูงกว่าค่าระดับความเชื่อมั่นที่ตั้งไว้ 95% ดังนั้นจึงเลือกทำซ้ำ 4 ครั้งสำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป

#### 3.2 ผลการปรับช่วงสภาวะการตัดต่อความขรุขระผิว

เมื่อทำการทดลองตามสภาวะที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 ซึ่งปรับช่วงของสภาวะการตัดทั้ง 3 ปัจจัย แล้วทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้พบว่า ข้อมูลจากการทดลองมีการกระจายตัวแบบปกติ มีความแปรปรวนคงที่และมีความเป็นอิสระต่อกันดังแสดงในรูปที่ 3 จึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าค่า  $R^2$  เท่ากับ 97.50% แสดงว่าค่าความขรุขระผิวที่ได้มีผลมาจากอิทธิพล

ของตัวแปรที่เป็นความเร็วตัด อัตราป้อนและความลึกในการตัดสูงถึง 97.50% ส่วนที่เหลืออีก 2.50% เป็นผลมาจากตัวแปรอื่นๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนให้ค่า P-value ของปัจจัยหลักและปัจจัยรวมมีค่าน้อยกว่าค่า  $\alpha$  ที่ 0.05 ดังนั้นทั้ง 3 ปัจจัยหลักจึงมีผลต่อความขรุขระผิว โดยรูปที่ 4 และรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยหลักและปัจจัยรวมที่มีผลต่อความขรุขระผิวซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่าอัตราป้อนจะมีผลต่อค่าความขรุขระผิวมากที่สุด โดยเมื่อยิ่งเพิ่มอัตราป้อนให้สูงขึ้นค่าความขรุขระผิวก็ยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ N. Muthukrishnan *et al.*, (2009)

#### 3.3 การสร้างสมการพยากรณ์และยืนยันผลความขรุขระผิว

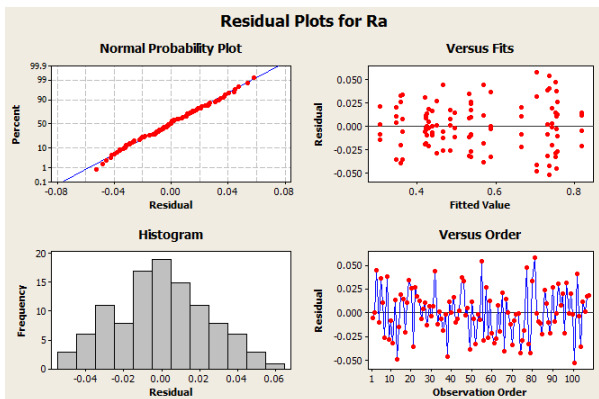
ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดลองที่ได้จากการปรับช่วงสภาวะการตัด ซึ่งพบว่าค่าให้  $R^2$  เท่ากับ 88.90% และเมื่อพิจารณาค่า P-value จะเห็นว่าอัตราป้อนให้ค่าที่น้อยกว่าค่า  $\alpha$  ที่ 0.05 แสดงให้เห็นว่าค่าอัตราป้อนมีผลต่อความขรุขระผิวมากที่สุดดังรูปที่ 4 และรูปที่ 5 โดยที่ความเร็วตัด 170 ม./นาที อัตราป้อน 0.02 มม./รอบ และความลึกในการตัด 0.85 มม. ให้ค่าความขรุขระต่ำที่สุดโดยสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ดังแสดงในสมการที่ (1) นอกจากนี้จะสังเกตเห็นได้จากรูปที่ 6 และรูปที่ 7 ซึ่งแสดงผลกระทบของ

Factor	High	Medium	Low
Speed (m/min)	220	170	130
Feed (mm/rev)	0.1	0.05	0.02
Depth (mm)	0.85	0.65	0.45

ตารางที่ 2 สภาวะการตัดเพื่อหาค่าความขรุขระผิว

ตารางที่ 3 การหาจำนวนการทำซ้ำในแต่ละการทดลอง

Power and Sample Size			
$\alpha = 0.05$ stdv ( $\sigma$ ) = 0.031 Number of Levels = 3			
SS Means	Sample Size	Power	Maximum Difference
0.007	2	0.517	0.12
0.007	3	0.905	0.12
<b>0.007</b>	<b>4</b>	<b>0.988</b>	<b>0.12</b>
0.007	5	0.999	0.12



รูปที่ 3 การตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูล

ตารางที่ 4 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ความเร็วตัดและอัตราป้อนที่มีต่อความขรุขระและอัตราป้อน

Analysis of Variance for $R_a$ using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Speed	2	0.010417	0.010417	0.005208	6.64	0.002
Feed	2	2.257550	2.257550	1.128775	1438.72	0.000
Depth	2	0.016956	0.016956	0.008478	10.81	0.000
Speed*Feed	4	0.054767	0.054767	0.013692	17.45	0.000
Speed*Depth	4	0.047678	0.047678	0.011919	15.19	0.000
Feed*Depth	4	0.047078	0.047078	0.011769	15.00	0.000
Speed*Feed*Depth	8	0.047472	0.047472	0.005934	7.56	0.000
Error	81	0.063550	0.063550	0.000785		
Total	107	2.545467				

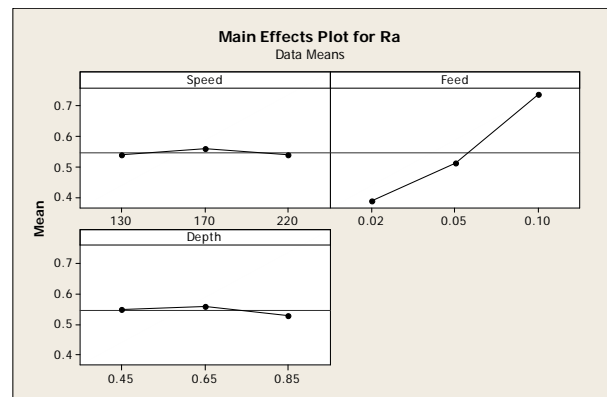
S = 0.0280101 R-Sq = 97.50% R-Sq(adj) = 96.70%

และความลึกที่มีผลต่อความขรุขระตามลำดับ พบว่าค่าความขรุขระผิวลดลงเมื่อใช้อัตราป้อนที่ต่ำลง ความเร็วตัดและความลึกสูงขึ้น

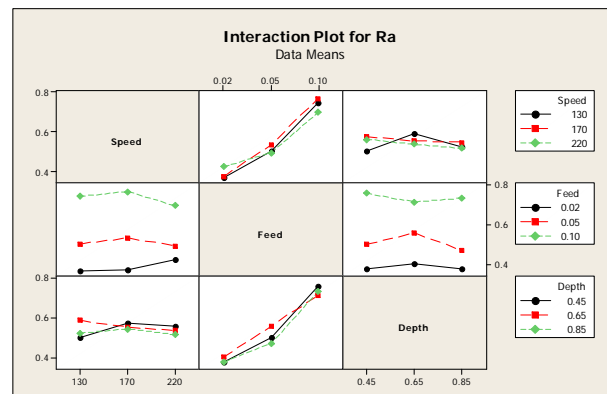
$$Ra = 0.329 - \text{Speed} + 4.38\text{Feed} - 0.0444\text{Depth} \quad (1)$$

โดยที่  $R_a$  คือความขรุขระผิว ( $\mu\text{m}$ )  
 Speed คือ ความเร็วตัด (ม./นาที)  
 Feed คืออัตราป้อน (มม./รอบ)  
 Depth คือความลึกในการตัด (มม.)

สำหรับการขึ้นชิ้นผลที่ได้จากสมการพยากรณ์โดยทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง โดยการสุ่มสภาวะการตัดให้อยู่ภายในขอบเขตที่กำหนดคือค่าความเร็วตัดอยู่ในช่วง 130-220 ม./นาที อัตราป้อนอยู่ในช่วง 0.02-0.1 มม./รอบและความลึกในการตัดอยู่ในช่วง 0.45-0.85 มม. พบว่าค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 4.22% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้



รูปที่ 4 ผลกระทบจากปัจจัยหลัก



รูปที่ 5 ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย

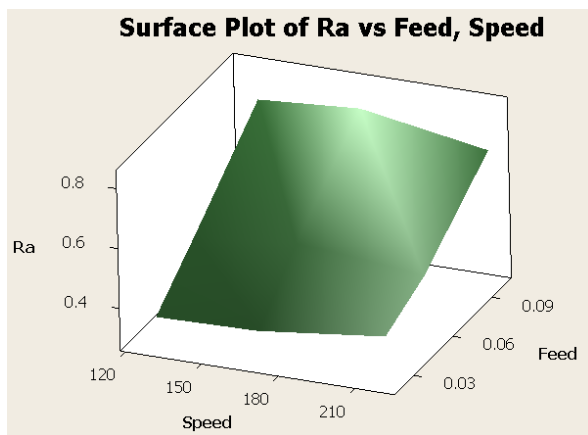
**ตารางที่ 5** การวิเคราะห์การถดถอยของค่าความขรุขระผิวกับความเร็วรอบ อัตราป้อน และความลึก

**Regression Analysis: Ra versus Speed, Feed, Depth**

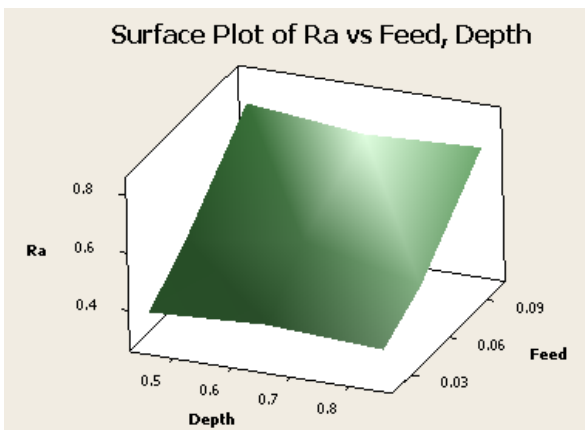
The regression equation is  
 $RA = 0.329 - 0.000001 \text{ Speed} + 4.38 \text{ Feed} - 0.0444 \text{ Depth}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.32880	0.03350	9.81	0.000
Speed	-0.00000114	0.00001117	-0.10	0.919
Feed	4.3801	0.1523	28.77	0.000
Depth	-0.04444	0.03077	-1.44	0.152

S = 0.0522161 R-Sq = 88.9% R-Sq(adj) = 88.5%



รูปที่ 6 พื้นผิวสะท้อนระหว่างค่า  $R_a$  กับ feed และ speed



รูปที่ 7 พื้นผิวสะท้อนระหว่างค่า  $R_a$  กับ Feed และ Depth

**4. สรุปผล**

จากการศึกษาปัจจัยในการกลึงปอกต่อความขรุขระผิวของอะลูมิเนียมหล่อทิ้งของแข็งเกรด 7075 โดยใช้เครื่องกลึงควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์และใช้มีดกลึงคาร์ไบด์ยี่ห้อ Plansee Tizit แบบ DCGT 070204FN-27 เกรด H10T มีส่วนผสมของ Co 6.0% เป็นวัสดุคมตัดปัจจัยที่ได้รับการควบคุมคือ ความเร็วตัด อัตราป้อนและความลึกในการตัด โดยกำหนดความเร็วตัดในช่วง 130-220 ม./นาที อัตราป้อน 0.02-0.1 มม./รอบ และความลึกในการตัด 0.45-0.85 มม. ผลการทดลองพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความขรุขระผิวมากที่สุด คือ อัตราป้อน โดยเมื่อใช้อัตราป้อนต่ำลง ความเร็วตัดและความลึกเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ค่าความขรุขระผิวมีแนวโน้มลดลง

**5. กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์และหลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องจักรและสถานที่ในการทดลอง

**เอกสารอ้างอิง**

[1] ชาญ ราชวงศ์, "การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผิวงานในการกลึงงานแข็ง" วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 2548.  
 [2] เสกสรร ไชยจิตต์, "การศึกษากลไกการตัดของอะลูมิเนียมแผ่นบางในขบวนการตัดเฉือนด้วยมีดลิ้มโดยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์", การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23, เชียงใหม่, 4-7 พฤศจิกายน, 2552.  
 [3] สุรสิทธิ์ ระวีวงศ์ จตุพร ใจดำรงค์และจักรนรินทร์ ฉัตรทอง, "การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกลึงไม้ตาลโดนดด้วยไบมีดคาร์ไบด์" การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 20-22 ตุลาคม 2551, โรงแรมบีพีสมิหลาบีช, จ.สงขลา, หน้า 787-795.

[4] กัมพล เพชรคง, “ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเรียบผิวในการกลึงเหล็กกล้าไร้สนิม” วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553.

[5] N. Muthukrishnan and J.P. Davim, “Optimization of Machining Parameters of Al/SiC-MMC with ANOVA and ANN Analysis” Journal of Materials Processing Technology, Vol. 209, 2009, pp. 225-232.

[6] T.G. Dawson and T.R. Kurfess, “Tool life, Wear Rates, and Surface Quality in Hard Turning” Transaction of the North American Manufacturing Research Institution of SME, Vol. 29, 2001, pp. 175 – 182.

[7] เจษฎา วรรณสินธุ์, “เทคโนโลยีการหล่ออะลูมิเนียมไดแคสติงแบบกึ่งของแข็ง” The Third Thai Foundry Conference, 23 พฤศจิกายน 2549, ไบเทค บางนา, กรุงเทพฯ, หน้า 7(1)-7(15).

[8] รอมฎอน บุระพา, “การพัฒนาผลิตโลหะแบบกึ่งของแข็งโดยการพ่นพองแก๊สขณะแข็งตัว” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2552. [9]

เจนณรงค์ นาคเทวัญ, “การเชื่อมเสียดทานแบบกวนอะลูมิเนียมกึ่งของแข็งเกรด 7075” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2555.

[10] B. Venkataraman and G. Sundararajan, “Correlation between the Characteristics of the Mechanically Mixed Layer and Wear Behaviour of Aluminium, Al-7075 Alloy and Al-MMCs” Wear, Vol. 245, 2000, pp. 22 – 38.