

อิทธิพลของแรงดันน้ำที่มีผลต่อการตัดอลูมิเนียมเกรด A1100 ในกระบวนการขึ้นรูปด้วยน้ำแรงดันสูง

The Influence of Water Pressure Affect Cutting for the Grade Aluminum A1100 in the Forming Process with High Pressure Water

เมที สุขชี¹ ธวัช วิวัฒน์เจริญ¹ และสุรศักดิ์ มะริโตปะนะ¹

Received: June, 2014; Accepted: April, 2015

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของแรงดันน้ำที่มีผลต่อความเรียบผิว และค่าความฉากของชิ้นงานของวัสดุอลูมิเนียม A1100 โดยศึกษาแรงดันน้ำ 5 ระดับ คือ 170 200 240 275 และ 310 MPa ใช้ทรายเป็นสารขัดขนาด 120 Mesh ชิ้นงานทดลองมีลักษณะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 10 x 40 x 25 มิลลิเมตร ระยะยกหัวตัดจากชิ้นงานสูง 2.0 มิลลิเมตร อัตราการไหลของสารขัดอยู่ที่ 0.368 กิโลกรัมต่อนาที วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยเทคนิค ANOVA จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการศึกษาพบว่า แรงดันน้ำที่เปลี่ยนแปลงส่งผลต่อความเรียบผิวรอยตัดของชิ้นงาน ซึ่งแรงดันน้ำที่เหมาะสมสำหรับการตัดวัสดุอะลูมิเนียมเกรด AA1100 คือ 170 MPa ได้ค่าความเรียบผิวดีที่สุด 2.53 ไมโครเมตร และให้ค่าความฉากของชิ้นงานดีที่สุด 0.59 องศา อีกทั้งยังพบว่าเมื่อแรงดันน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้ความเรียบผิวและค่าความฉากของชิ้นงานน้อยลง และยืนยันว่าแรงดันน้ำมีอิทธิพลต่อความเรียบผิวและค่าความฉากของชิ้นงานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

คำสำคัญ : น้ำแรงดันสูง; สารขัด; ความเรียบผิว; ค่าความฉาก

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
E-mail: mateesukkee@gmail.com

Abstract

This research was a study of the influences of water pressure affecting of surface roughness and perpendicular value of work pieces of Aluminum grade A1100 with 5 levels of water pressure as: 170, 200, 240, 275 and 310 MPa by using sand 120 Mesh as abrasives. The study was conducted on rectangular work pieces with dimension 10 x 40 x 25 mm, 2.0 mm. Stand - off distance and 0.368 kg/min of abrasive flow rate. ANOVA statistical method was used for analysis with a computer application.

The results revealed that varied water pressures were affected to surface roughness. The proper water pressures for cutting Aluminum grade A1100 was at 170 MPa that yielded the best of average surface roughness at 2.53 μm and the average perpendicular value of work pieces at 0.59 degrees. Moreover, it was also found that the more increased water pressure made more increased perpendicular value of work pieces and confirmed that water pressure influenced to the water pressure and perpendicular value of work pieces with statistically significant level of 0.05.

Keywords: Water Pressure; Abrasives; Surface Roughness; Perpendicular Value

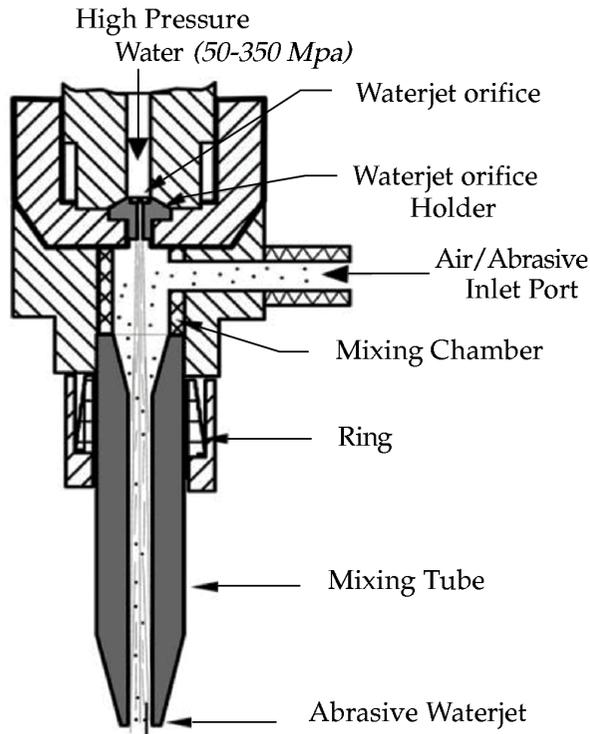
บทนำ

เทคโนโลยีการขึ้นรูปด้วยวอเตอร์เจ็ท เป็นเครื่องมือที่เติบโตที่เร็วในอุตสาหกรรมปัจจุบัน เนื่องจากมีความสามารถรอบตัวและง่ายต่อการนำไปใช้งาน (A Division of Omax Corporation, 2552) วอเตอร์เจ็ทจึงกลายเป็นทางเลือกของสถานประกอบการทั่วไป กระบวนการขึ้นรูปด้วยวอเตอร์เจ็ทยังประสบปัญหาด้านคุณภาพผิวรอยตัด ความฉากของชิ้นงาน (Adnan, 2009; Fowler G. et al., 2009; Chen L. et al., 1998; Orbanic H. and Junkar M., 2008) ซึ่งเกิดจากสภาวะการขึ้นรูปที่ไม่เหมาะสม ปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูป ได้แก่ แรงดันน้ำ ขนาดของทราย วัสดุ และอัตราการไหลของทราย ซึ่งปัจจุบันข้อมูลเกี่ยวกับแรงดันน้ำสำหรับการตัดวัสดุชนิดต่าง ๆ ยังมีน้อย เช่น วัสดุประเภทอลูมิเนียมที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน เป็นต้น อลูมิเนียมเกรด A1100 เป็นอีกเกรดหนึ่งที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการกัดกร่อนที่เหนือกว่าวัสดุอื่น ๆ สามารถผลิตโลหะผสมอื่นได้ สามารถป้องกันความชื้นได้ โดยมีส่วนประกอบของโพลิเอททีลีน นอกจากนี้จะป้องกันความชื้น และยังสามารถป้องกันกัลวานิกและการกัดกร่อนของสารเคมีได้อีกด้วย เหมาะสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม

ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาอิทธิพลของแรงดันน้ำที่มีผลต่อความเรียบผิว และค่าความฉากของชิ้นงาน ในกระบวนการขึ้นรูปวัสดุอลูมิเนียม A1100 โดยสนใจศึกษาแรงดันน้ำที่มีผลต่อความเรียบผิว และค่าความฉากของชิ้นงาน ในแต่ละสภาวะการทดลองใช้เครื่อง Roughness Tester วัดความเรียบผิว และใช้โปรแกรม Rhinoceros วัดค่าความฉากของชิ้นงาน และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยเทคนิค ANOVA

วิธีการทดลอง

ในการศึกษาอิทธิพลของแรงดันน้ำที่มีผลต่อการตัดอลูมิเนียม เกรด A1100 ในกระบวนการขึ้นรูปด้วยน้ำแรงดันสูง ใช้เครื่องวอเตอร์เจ็ท รุ่น MAXIEM Water jet Model 1530 สารขัดเป็นประเภททราย (Garnet) (Boud F. et al., 2010) เทคโนโลยีการตัดวัสดุด้วยน้ำแรงดันสูง แสดงในรูปที่ 1 - 2



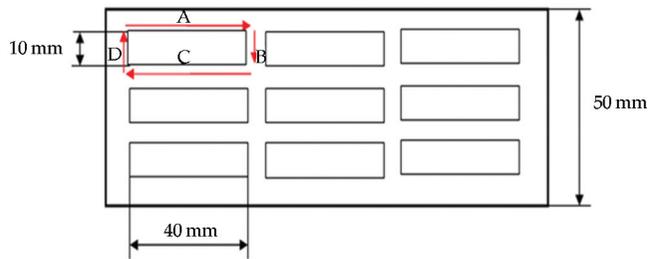
รูปที่ 1 เทคโนโลยีการตัดวัสดุด้วยน้ำแรงดันสูง



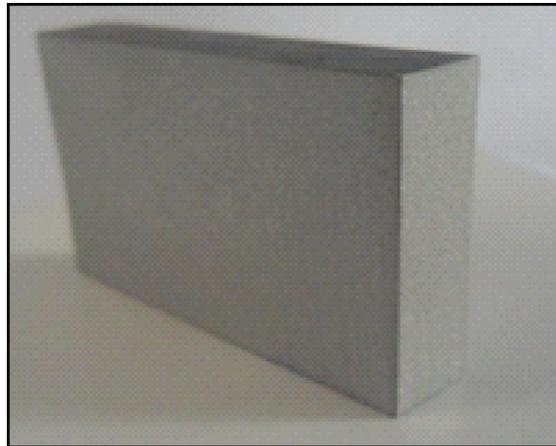
รูปที่ 2 ลักษณะของเครื่องตัดวัสดุด้วยน้ำแรงดันสูง

การตัดชิ้นงานทดลอง

ในกระบวนการตัดชิ้นงานทดลองนี้ ขนาดชิ้นงานจะมีความกว้าง 10 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตรหนา 25 มิลลิเมตร แต่วัสดุที่นำมาทดลองตัดจะมีขนาดความกว้าง 50 มิลลิเมตร หนา 25 มิลลิเมตร ซึ่งทิศทางการตัดจะเริ่มต้นที่ตำแหน่ง A ตัดจนแสดงดังรูปที่ 3 ตามแผนงานจนจบกระบวนการ หลังจากนั้นจะเคลื่อนที่ตำแหน่งในการตัด (Offset) ไป 2 มิลลิเมตร และดำเนินการตัดเหมือนกับชิ้นงานชิ้นที่ 1 จนกระทั่งได้ชิ้นงานทดลองครบตามที่ต้องการ ดังรูปที่ 4 หลังจากที่ได้จำนวนชิ้นงานทดลองครบตามต้องการแล้ว จึงจะทำการเปลี่ยนค่าแรงดันน้ำจนถึง 310 MPa และใช้ทิศทางการตัดเหมือนกันทุกสภาวะการทดลอง



รูปที่ 3 ทางเข้าตัดชิ้นงานทดลอง



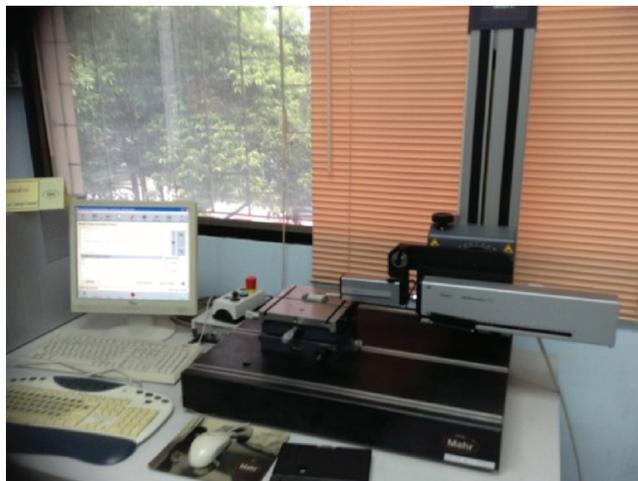
รูปที่ 4 ลักษณะของชิ้นงาน

ตารางที่ 1 สภาวะการตัดลูมิเนียมผสมด้วยน้ำแรงดันสูงแบบมีสารขัด

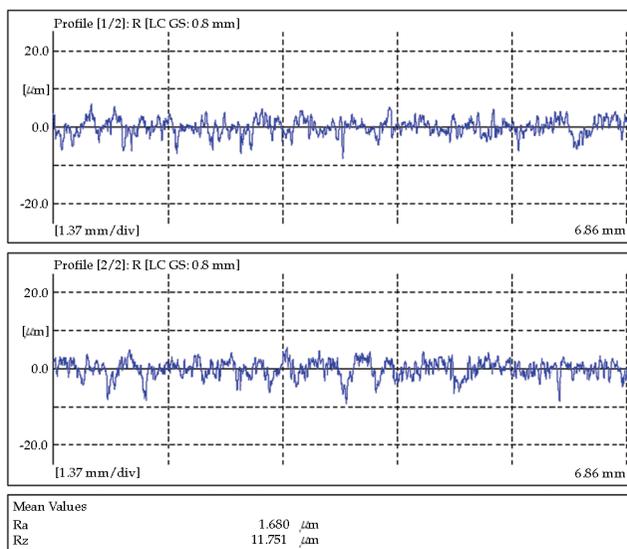
Parameter	Operating range
Water jets pressure	170, 200, 240, 275, 310(MPa)
Abrasive type and size	Garnet with 120 Mesh
Material type	AA1100
Stand-off distance	2 mm
Angle of cutting	90 degrees
Feed rate	0.266 mm/sec
Abrasive flow rate	0.36 kg/min
Focusing nozzle	0.7 mm

การทดสอบความเรียบผิวรอยตัด

การทดสอบความเรียบผิวรอยตัดใช้เครื่อง Surface Roughness Instrument ชนิด Contact Stylus Profilometer ยี่ห้อ Mahr รุ่น MarSurf XR20 แสดงดังรูปที่ 5 ใช้ปลายเข็มขนาดเล็กสแกนลากไปบนผิววัสดุ ลักษณะการสปริงขึ้นลงของปลายเข็ม เมื่อลากผ่านผิวไม่เรียบ จะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าผ่านระบบการวิเคราะห์สัญญาณ แสดงเป็นแผนภาพและค่าความหยาบผิวในหน่วยไมโครเมตร ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 ลักษณะเครื่องวัดความความเรียบผิว



รูปที่ 6 ลักษณะการทดสอบความเรียบผิว

การทดสอบความฉากชิ้นงาน

การตัดวัสดุด้วยน้ำแรงดันสูงที่ชิ้นงานมีความหนามาก ๆ มีผลกระทบในเรื่องของความฉากของชิ้นงาน เนื่องจากเจ็ทสตรีมของน้ำที่ออกจากหัวตัดมีแรงดันมากกว่าภายนอก จึงส่งผลให้ชิ้นงานที่ตัดออกมาเกิดมีมุมเอียง การทดสอบความฉากของชิ้นงานนี้ใช้กล้อง Microscope ประกอบร่วมคอมพิวเตอร์พร้อมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการวัด ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ลักษณะการวัดความฉากชิ้นงาน

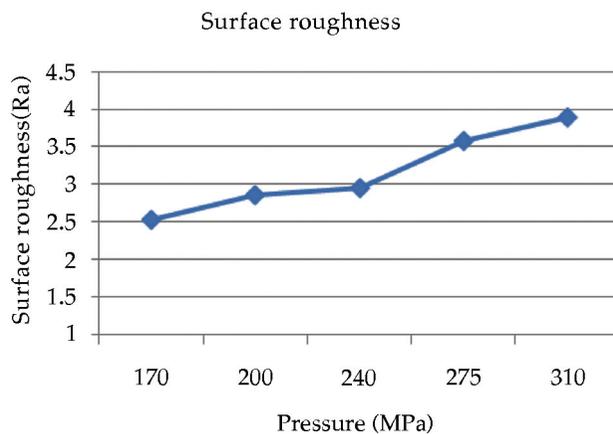


รูปที่ 7 ลักษณะการวัดความฉากชิ้นงาน (ต่อ)

ผลการทดลอง

ผลการทดลองความเรียบผิว

การตรวจสอบความหยาบผิวของชิ้นงานทดลองที่บริเวณผิวรอยตัด ตามเงื่อนไขการทดลอง ด้วยเครื่องวัดความเรียบผิว ยี่ห้อ Mahr รุ่น MarSurf XR20 ซึ่งทำการวัดความเรียบผิว 4 ด้านของชิ้นงานทดลอง ได้ผลการทดลองเฉลี่ยดังต่อไปนี้

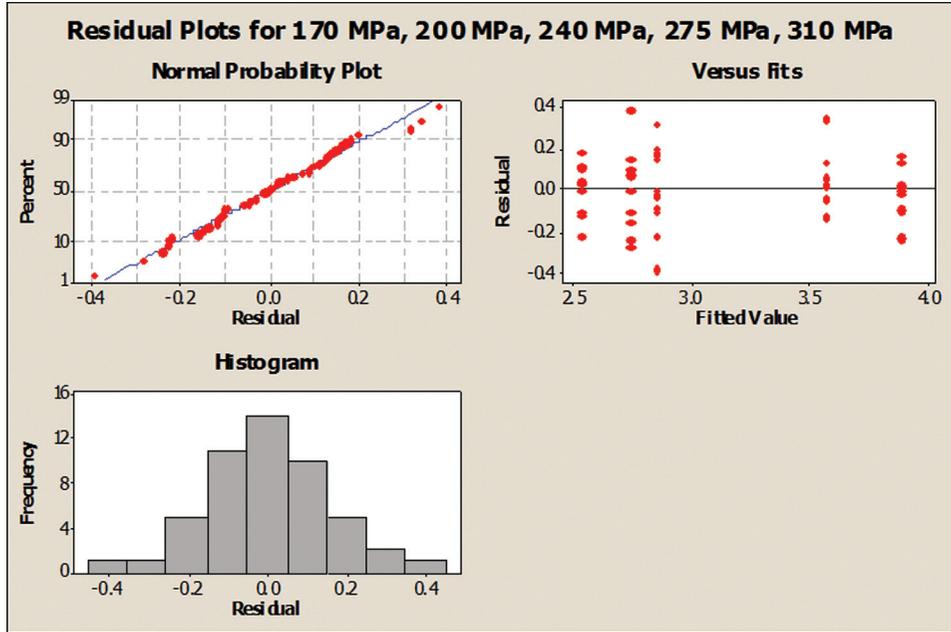


รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองความเรียบผิว รอยตัด

จากรูปที่ 8 เปรียบเทียบผลการทดลองความเรียบผิวรอยตัดของการตัดวัสดุอะลูมิเนียมเกรด A1100 ความหนา 25 มิลลิเมตร จะสังเกตเห็นว่าความเรียบผิวดีที่สุดที่ 2.53 ไมโครเมตร ซึ่งใช้สารขัดประเภททรายขนาด 120 Mesh แรงดันน้ำ 170 MPa และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันสูงขึ้น แสดงว่าแรงดันน้ำมีอิทธิพลต่อความเรียบผิวรอยตัดโดยตรง หากเปรียบเทียบความเรียบผิวกับกระบวนการตัดด้วยเลเซอร์ กระบวนการตัดด้วยน้ำแรงดันสูงนี้ยังถือว่าดีน้อยกว่า (John Rozario J. et al., 2005; Hlavav L.M. et al., 2009;

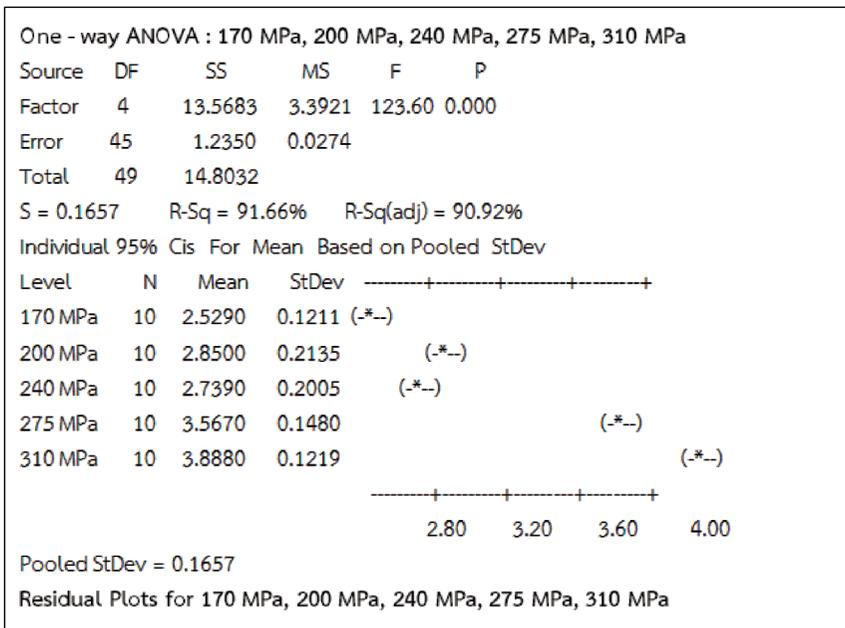
วิเคราะห์ผลการทดลองความเรียบผิวด้วยสถิติ

การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองเป็นการตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องของข้อมูลที่ได้มาจากการทดลอง ซึ่งผลการตรวจสอบสามารถแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความเรียบผิวของชิ้นงาน

จากรูปที่ 9 กราฟที่ 1 ซ้ายบนเป็นการตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติของ Residual มีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงข้อมูลอยู่ในแนวเส้น ทำให้ประมาณได้ว่า Residual มีการแจกแจงแบบปกติ กราฟที่ 2 ล่างซ้ายฮิสโตแกรมมีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ หรือค่า Residual มีการแจกแจงแบบปกติเหมือนกราฟแรก กราฟที่ 3 แสดงการกระจายตัวของ Residual ในแต่ละระดับของปัจจัยที่กระจายในด้านบวกและด้านลบมีความสมดุลกัน จึงประมาณได้ว่าค่าเฉลี่ยของ Residual มีค่าใกล้เคียงกันหรือเท่ากับศูนย์ แสดงว่าข้อมูลของตัวอย่างการทดลองมีความเหมาะสม สามารถนำมาวิเคราะห์ผลในขั้นต่อไปได้

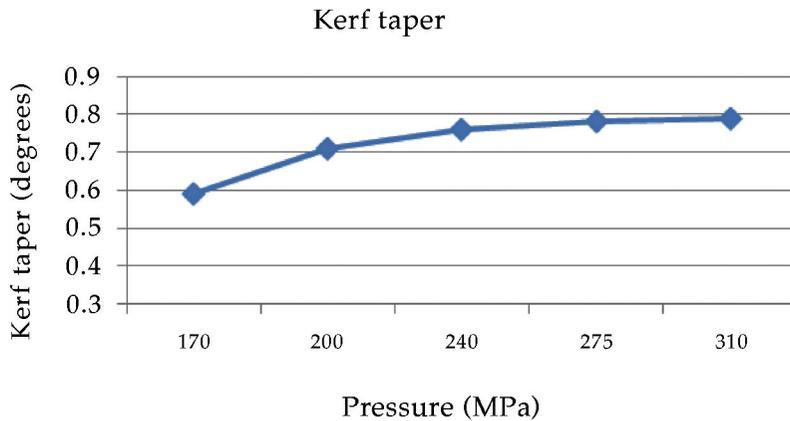


รูปที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความเรียบผิวของชิ้นงาน

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าความเรียบผิวของชิ้นงานวัสดุอะลูมิเนียมเกรด A1100 โดยการตัดด้วยเครื่องตัดวัสดุด้วยน้ำแรงดันสูง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์ความเรียบผิวของชิ้นงานจะให้ค่า P-Value = 0.000 ซึ่งค่า P - Value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ แสดงว่าแรงดันน้ำ มีผลต่อความเรียบผิวของชิ้นงาน

ผลการทดลองค่าความฉากชิ้นงาน

การตัดวัสดุด้วยน้ำแรงดันสูงที่ชิ้นงานมีความหนา มาก ๆ มีผลกระทบในเรื่องของความฉากของชิ้นงาน เนื่องจากเจ็ทสตรีมของน้ำที่ออกจากหัวตัดมีแรงดันมากกว่าภายนอก จึงส่งผลให้ชิ้นงานที่ตัดออกมาเกิดมีมุมทำให้ชิ้นงานเกิดมุมเอียง การทดสอบความฉากของชิ้นงานใช้โปรแกรม Rhinoceros ประกอบร่วมกับคอมพิวเตอร์ในการวัด ผลการทดลองแสดงดังต่อไปนี้

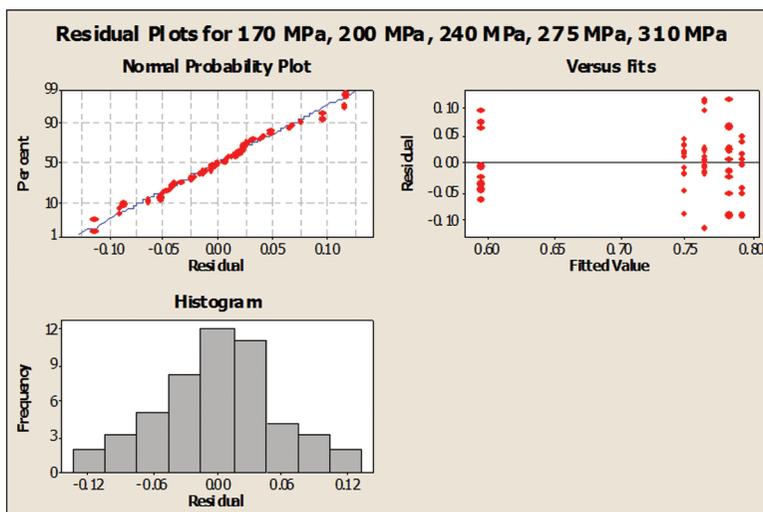


รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองค่าความฉากของชิ้นงาน

จากรูปที่ 11 เปรียบเทียบผลการทดลองความฉากของชิ้นงาน พบว่าแรงดันน้ำ 170 MPa มีค่ามุมเอียงน้อยสุด 0.59 องศา และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อแรงดันน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากแรงดันน้ำต่ำทำให้เจ็ทสตรีมที่ออกมาจากหัวตัดโตน้อยกว่าแรงดันน้ำระดับสูง จึงส่งผลให้มุมของชิ้นงานที่ได้จากการตัดด้วยแรงดันน้ำต่ำ เข้าใกล้ค่าความฉากกว่าแรงดันน้ำระดับสูงขึ้น จึงสามารถอธิบายได้ว่าแรงดันน้ำมีอิทธิพลต่อความฉากของชิ้นงาน

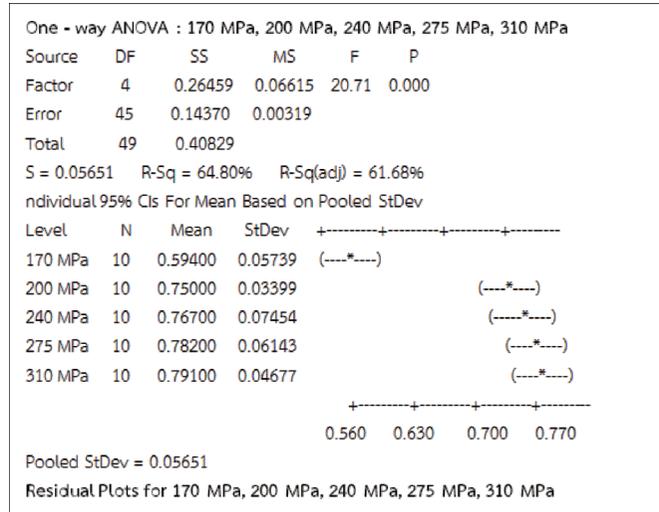
วิเคราะห์ผลการทดลองความฉากชิ้นงานด้วยสถิติ

การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองเป็นการตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้องของข้อมูลที่ได้มาจากการทดลอง ซึ่งผลการตรวจสอบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนความฉากของชิ้นงาน

จากรูปที่ 12 กราฟที่ 1 ซ้ายบนเป็นการตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติของ Residual มีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรงข้อมูลอยู่ในแนวเส้น ทำให้ประมาณได้ว่า Residual มีการแจกแจงแบบปกติ แสดงว่าข้อมูลของตัวอย่างการทดลองมีความเหมาะสม สามารถนำมาวิเคราะห์ผลในขั้นต่อไปได้



รูปที่ 13 ผลการวิเคราะห์ค่าความฉีกชิ้นงาน

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ค่าความเอียงของชิ้นงานวัสดุอะลูมิเนียมเกรด A1100 โดยการตัดด้วยเครื่องตัดด้วยน้ำแรงดันสูง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ผลการวิเคราะห์ความฉีกของชิ้นงานจะให้ค่า P - Value = 0.000 ซึ่งค่า P - Value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญแสดงว่าแรงดันน้ำ มีผลต่อค่าความฉีกของชิ้นงานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานและวิเคราะห์ผลการทดลองในการศึกษาอิทธิพลของแรงดันน้ำที่มีผลต่อการตัดวัสดุอะลูมิเนียมเกรด A1100 ผลการศึกษาพบว่าแรงดันน้ำที่เปลี่ยนแปลงส่งผลต่อความเรียบผิวรอยตัดของชิ้นงาน ซึ่งแรงดันน้ำที่เหมาะสมในการตัดวัสดุอะลูมิเนียมเกรด AA1100 คือ 170 MPa ได้ค่าความเรียบผิวสุด 2.53 ไมโครเมตร และให้ค่าความฉีกของชิ้นงานดีสุด 0.59 องศา อีกทั้งยังพบว่าเมื่อแรงดันน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้ความเรียบผิวและค่าความฉีกของชิ้นงานน้อยลง และผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า แรงดันน้ำมีอิทธิพลต่อความเรียบผิวและค่าความฉีกของชิ้นงานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 อย่างไรก็ตามกระบวนการขึ้นรูปด้วยน้ำแรงดันสูง ยังด้อยกว่ากระบวนการขึ้นรูปโลหะด้วยเลเซอร์ในด้านความเรียบผิว แต่ยังมีข้อดีที่สามารถขึ้นรูปวัสดุที่มีความหนามากกว่าการขึ้นรูปด้วยเลเซอร์ อีกทั้งชิ้นงานไม่โก่งงอ และผิวของชิ้นงานไม่เกิดรอยไหม้จากกระบวนการตัด การวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของแรงดันน้ำในการตัดอะลูมิเนียมเพียงเกรดเดียว ควรจะนำวัสดุหลากหลายชนิดมาทดลองเปรียบเทียบเพื่อให้มีข้อมูลเพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ปีงบประมาณ 2556 คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้และขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม โปรแกรมวิชาช่างผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุน เครื่องจักร เครื่องมือเพื่อทดลองงานวิจัย และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบขนาดชิ้นงาน

References

- Adnan Akkurt. (2009). The effect of material type and plate thickness on drilling time of abrasive water jet drilling process. *Materials and Design* 30. Vol. 2009. pp. 810-815
- Fowler G., Pashby I. R. and Shipway P. H. (2009). The effect of particle hardness and shape when abrasive water jet milling alloy Ti6Al4V. *Wear*. Vol. 266. pp. 613-620
- Chen L., Siores E. and Wong W. C. K. (1998). Optimising abrasive waterjet cutting of ceramic materials. *Journal of Material Processing Technology*. Vol. 74. pp. 251-254
- Orbanic H. and Junkar M. (2008). Analysis of striation formation mechanism in abrasive water jet cutting. *Wear*. Vol. 265. pp. 821-830
- Boud F., Carpenter C., Folkes J. and Shipway P. H. (2010). Abrasive waterjets cutting of a titanium alloy : The influence of abrasive morphology and mechanical properties on workpiece grit embedment and cut quality. *Journal of Materials Processing Technology* 210. pp. 2197-2205
- John Rozario J. Jegaraj. and Ramesh Babu N. (2005). A strategy for efficient and quality cutting of materials with abrasive water jets considering the variation in orifice and focusing nozzle diameter. *International Journal of Machine Tool & Manufacture*. Vol. 45. pp. 1443-1450
- Hlavav L.M., Hlavacova. and Gembalova L. (2009). Experimental method for the investigation of the abrasive water jets cutting quality. *Journal of Materials Processing Technology* 209. pp. 6190-6195