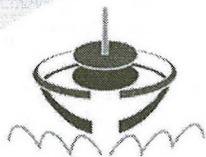


ภาคผนวก

ผลงานที่ตีพิมพ์



P

E

C



FACULTY OF ENGINEERING
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

PEC-8

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 8

The 8th PSU-Engineering Conference
22-23 เมษายน 2553

ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การเปรียบเทียบความแข็งแรงดึงของรอยเชื่อมเสียดทานแบบกวนระหว่าง อลูมิเนียม 6063 และเหล็กกล้าไร้สนิม 430 ที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอกและ ทรงกรวย

Comparison of AA6063 Aluminum and AISI430 Stainless Steel FSW Welds Tensile Strength using Cylindrical and Cone Stirrer Shapes

ศักดิ์ชัย จันทศรี¹ ปราโมทย์ พูนนายม² สมชาย วนไทยสงค์³ กิตติพงษ์ กิมพะพงศ์^{4*}

^{1,2,3,4}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
E-mail: sakchai747@yahoo.co.th*

Sakchai Chantasee¹ Pramote Poonnayom² Somchai Wonthaisong³ Kittipong Kimapong^{4*}

^{1,2,3,4}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi,
Thanyaburi, Pathumthani 12110
E-mail: sakchai747@yahoo.co.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการประยุกต์การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน ที่ประกอบไปด้วยตัวกวนรูปร่างทรงกระบอกและทรงกรวยผิวเรียบ ในการเชื่อมรอยต่อชนอลูมิเนียม AA6063 เหล็กกล้าไร้สนิม 430 และศึกษาอิทธิพลตัวแปรการเชื่อม เช่น ตัวกวนรูปร่างต่างๆ ความเร็วรอบ และความเร็วเดินแนวเชื่อมที่มีผลต่อความแข็งแรงดึงของรอยเชื่อม ผลการทดลองที่ได้มีดังนี้ ตัวกวนทรงกระบอกผิวเรียบ และตัวกวนทรงกรวยผิวเรียบ สามารถประยุกต์ใช้ในการเชื่อมรอยต่อชนระหว่างอลูมิเนียมผสมเกรด 6063 และเหล็กกล้าไร้สนิม 430 ได้แต่ให้ค่าความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมที่แตกต่างกัน ตัวกวนทรงกระบอกผิวเรียบให้รอยต่อที่มีความสมบูรณ์ ปราศจากจุดบกพร่อง และให้ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด คือ 114 MPa ที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม 75 mm/min และความเร็วรอบ 500 rpm ตัวกวนทรงกรวยผิวเรียบ สามารถเชื่อมรอยต่อให้มีความสมบูรณ์ได้ดีที่ค่าความเร็วรอบสูง แต่ค่าความแข็งแรงที่เกิดขึ้นมักไม่สม่ำเสมอตลอดความยาวแนวเชื่อม

คำหลัก การเชื่อมเสียดทานแบบกวน; อลูมิเนียม; เหล็ก; ตัวกวน;

Abstract

This paper aims to apply Friction Stir Welding using a non screw cylindrical stirrer and a non screw cone stirrer for producing the AA6063 aluminum alloy and AISI430 stainless steel joint. The paper also studied the variation of welding parameters such as stirrer shapes, rotational speed and traverse speed that affected the tensile strength of the joint.

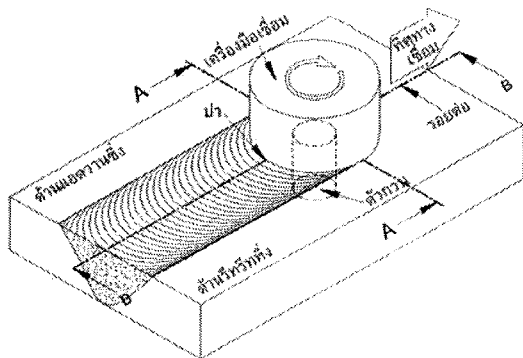
The results are as follows. A non screw cylindrical stirrer shape and a non screw cone stirrer shape could apply to produce the butt joint between AA6063 aluminum alloy and AISI 430 stainless steel but the shapes had an effect on joint quality. A non screw cylindrical stirrer shape gave the sound joints without the defect and indicated the maximum tensile strength of 114 MPa at the traverse speed of 75 mm/min and the rotational speed of 500 rpm. A non screw cone stirrer shape could produce the sound joint at the high rotational speed but the tensile strength of the joint was difference along the joint.

Keywords: friction stir welding; steel; aluminum; stirrer;

1. บทนำ

ปัจจุบันรอยต่อระหว่างเหล็กและอลูมิเนียม มีการใช้งานมากขึ้นในงานอุตสาหกรรม เช่น ในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ได้นำเอาอลูมิเนียมเข้ามาใช้งานแทนที่ชิ้นส่วนเหล็กในโครงสร้างของรถยนต์ เพื่อลดน้ำหนักโครงสร้างของรถยนต์ และส่งผลโดยตรงต่อการใช้เชื้อเพลิงอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ [1] อย่างไรก็ตามการเชื่อมอลูมิเนียมเข้ากับเหล็ก ด้วยการเชื่อมแบบหลอมละลายดั้งเดิม (Conservation fusion welding) เข้าด้วยกันเป็นวิธีที่ค่อนข้างลำบาก เนื่องจากเกิดการเกิดจุดบกพร่องต่างๆ ในโลหะเชื่อมที่มีผลในการลดความแข็งแรงของรอยต่อ [2] ดังนั้นการใช้กระบวนการเชื่อมที่เหมาะสมในการต่อวัสดุต่างชนิด จึงมีความสำคัญในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

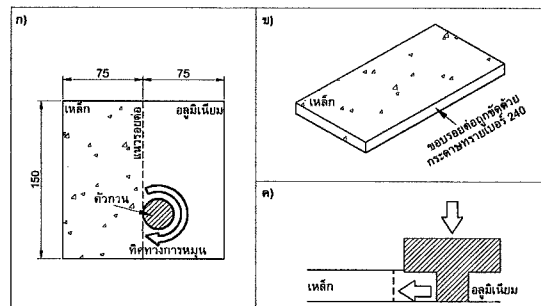
จากรายงานวิจัยที่ผ่านมา หนึ่งในกระบวนการเชื่อมที่สามารถทำการเชื่อมอลูมิเนียมเข้ากับเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ [3-7] คือ การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน (Friction Stir Welding: FSW) กระบวนการเชื่อมนี้เป็นกระบวนการเชื่อมที่คิดค้นเพื่อใช้ในการเชื่อมวัสดุที่มีความยากต่อการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมหลอมละลาย เช่น อลูมิเนียมผสม [8] และได้มีการประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องบิน รถยนต์ และเรือเดินสมุทร [9] ลักษณะกระบวนการเชื่อมแสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน [2]

ตัวกวนของเครื่องมือเชื่อมถูกสอดลงเข้าไปในรอยต่อของวัสดุ จนกระทั่งป้าของเครื่องมือเชื่อมสัมผัสกับผิวของรอยต่อ ความร้อนที่เกิดจากแรงเสียดทานระหว่างผิวของตัวกวนและป้าของเครื่องมือกับเนื้อวัสดุรอบๆ ตัวกวน ทำให้วัสดุเกิดการอ่อนตัว และเคลื่อนที่รอบตัวกวนภายใต้ป้าของเครื่องมือเชื่อม วัสดุที่เคลื่อนที่รอบๆ ตัวกวนจะเกิดการเคลื่อนที่ด้านบนของรอยต่อ และเกิดการกดย้อนลงมาเนื่องจากการกดของป้าเครื่องมือทำให้วัสดุเกิดการไหลวน เมื่อตัวกวนเกิดการเคลื่อนที่ วัสดุจะถูกถ่ายเทและเคลื่อนที่ภายใต้ป้าเครื่องมือเชื่อม ป้าเครื่องมือเชื่อมด้านหลัง จะกดอัด และผสมวัสดุทำให้เกิดการรวมตัวกันขึ้นเป็นแนวเชื่อมดังแสดงในรูปที่ 1 นอกจากนั้นจากหลักการเบื้องต้น ตัวกวนที่สอดเข้าไปในรอยต่อเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญที่บ่งชี้การรวมตัวของวัสดุ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดของตัวกวนที่ใช้ในการเชื่อมรอยต่อ คาดว่าจะทำให้ได้คุณลักษณะและความแข็งแรงของรอยเชื่อมที่แตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้ ในงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายในการประยุกต์ใช้ตัวกวนรูปร่างต่างๆ เช่น ตัวกวนรูปร่างทรงกระบอก ทรงกรวย หรือทรงเกลียว เป็นต้น ในการเชื่อมรอยต่อระหว่างอลูมิเนียมและเหล็ก และทำการศึกษเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดึงของแนวเชื่อมกับโครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อม เพื่อเตรียมข้อมูลในการประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมต่อไป ดังเหตุผลข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ในการประยุกต์การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนที่ประกอบไปด้วยตัวกวนรูปร่างทรงกระบอกและทรงกรวยผิวเรียบ ในการเชื่อมรอยต่อของอลูมิเนียม AA6063 เหล็กกล้าไร้สนิม 430 และศึกษาสมบัติทางกลของรอยเชื่อมต่อแยกที่เชื่อมด้วยตัวกวนรูปร่างดังกล่าว เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตต่อไป

2. วิธีการทดลอง

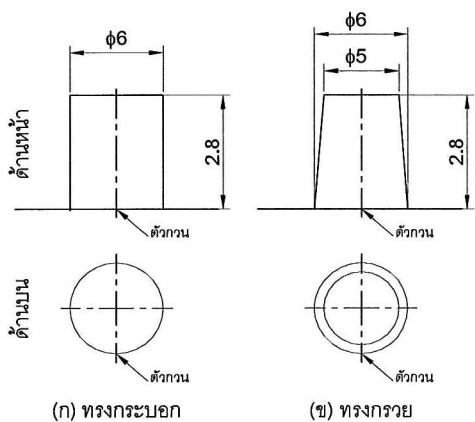


รูปที่ 2 (ก) การวางแผ่นวัสดุของรอยต่อชน (ข) ตำแหน่งการขัดกระดาษทราย และ (ค) การสอดตัวกวนเข้าไปในรอยต่อ [10]

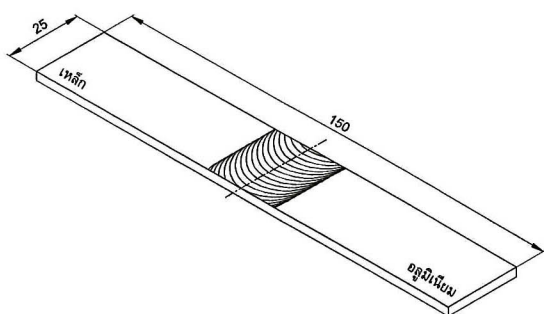
แผ่นรีดอลูมิเนียมผสม AA6063 และแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม 430 ที่มีส่วนผสมทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 ความหนา 3 มม. ขนาดกว้าง 75 มม. ยาว 150 มม. นำมาประกอบเป็นรอยต่อดังแสดงในรูปที่ 2(ก) โดยให้อลูมิเนียมวางไว้ในตำแหน่งแอดวานซ์ และแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมวางไว้ที่ด้านรีทริทิง [10] ก่อนการประกอบรอยต่อชน ด้านของรอยต่อชนดังแสดงในรูปที่ 2 (ข) นำมาทำการขัดให้มีผิวเรียบและตั้งฉากโดยกระดาษทรายเบอร์ 240 และทำความสะอาดด้วยอะซิโตน ตัวกวนทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD-11 ที่มีรูปร่างและขนาดดังแสดงในรูปที่ 3 การสอดตัวกวน เริ่มสอดตัวกวนเข้าไปที่ด้านของอลูมิเนียมในแนวแกน Z ของเครื่องกัดแนวตั้งจนกระทั่งได้ความลึกตามกำหนด จากนั้นจึงเลื่อนด้านข้างของตัวกวนเข้าสู่แนวต่อชนดังแสดงในรูปที่ 2 (ค) ความเร็วรอบของตัวกวนมีค่าเท่ากับ 250-750 รอบต่อนาที ความเร็วเดินแนวเชื่อมมีค่าเท่ากับ 50-1750 มม./นาที ระยะเวลาสอดผิวด้านข้างของตัวกวนเข้าสู่ผิวรอยต่อชนมีค่าเท่ากับ 0.2 มม. ดังแสดงในรูปที่ 2 (ค) ชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อมนำมาทำการทดสอบความแข็งแรงดึง โดยชิ้นงานถูกเตรียมให้มีขนาดดังแสดงในรูปที่ 4 โดยกำหนดให้แนวเชื่อมอยู่กึ่งกลางชิ้นทดสอบ นอกจากนั้นชิ้นงานในตำแหน่งกึ่งกลางถูกเตรียมเพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคต่อไป

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของวัสดุทดลอง

ธาตุ	อลูมิเนียม (%wt)	เหล็ก (%wt)
Fe	-	สมดุล
Al	สมดุล	-
Mg	0.40	-
C	-	0.12
S	-	0.03
Cr	0.01	17.00
Si	-	1.00
Mn	0.05	1.00



รูปที่ 3 รูปร่างตัวกวน (หน่วย: มม.)



รูปที่ 4 ชิ้นงานทดสอบแรงดึง (หน่วย: มม.)

3. ผลการทดลองและการวิจารณ์

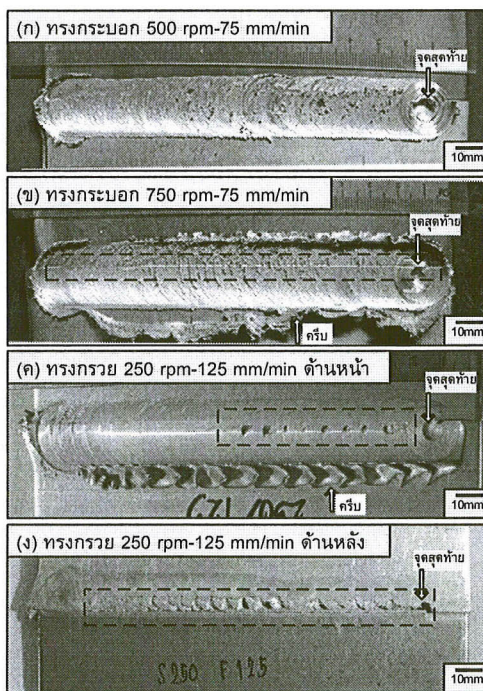
ตารางที่ 2 แสดงผลการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมด้วยสายตาที่สภาวะการเชื่อมต่างๆ ของการเชื่อมเสียดทานแบบกวน ที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอกผิวเรียบและตัวกวนทรงกรวยผิวเรียบ พบว่าการเชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอกส่วนใหญ่ ผิวหน้าแนวเชื่อมแสดงความสมบูรณ์ ไม่เกิดจุดบกพร่องใดๆ บนผิวหน้าแนวเชื่อมดังแสดงในรูปที่ 5 (ก) อย่างไรก็ตามจุดสุดท้ายของแนวเชื่อมปรากฏรูกลมเล็กๆ ที่เกิดจากตัวกวนบนแนวเชื่อม นอกจากนั้นหากให้ความเร็วรอบในการเชื่อมที่สูง เช่น 750 rpm และความเร็วเดินแนวเชื่อมที่ต่ำ เช่น 50 mm/min ผิวหน้าแนวเชื่อมจะเกิดแนวของรอยต่อที่ไม่สามารถรวมกันได้อย่างสมบูรณ์ดังแสดงภายในพื้นที่เส้นประสีเหลี่ยมในรูปที่ 5 (ก) นอกจากนั้นปริมาณครีบทที่เกิดขึ้นบริเวณด้านข้างของแนวเชื่อม มีปริมาณค่อนข้างมากที่บริเวณด้านอลูมิเนียม

เปรียบเทียบกับรอยต่อที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกรวย ที่ค่าความเร็วรอบและความเร็วเดินแนวเชื่อมต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าที่ความเร็วเดินแนวเชื่อมที่มีค่าต่ำกว่า 100 mm/min แนวเชื่อมส่วนใหญ่ที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกรวยนั้นไม่สามารถทำให้เกิดความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมขึ้นได้ แต่หากทำการเชื่อมที่ค่าความเร็วเดินแนวเชื่อมสูงกว่า จะทำให้เกิดแนวเชื่อมที่แสดงการรวมตัวกัน และไม่เกิดจุดบกพร่องบนผิวหน้าแนวเชื่อมได้ ความไม่สม

บูรณ์ของผิวหน้าแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกรวยนี้ แสดงดังรูปที่ 5 (ค) เมื่อทำการเชื่อมไปที่ระยะกึ่งหนึ่งของระยะทางเดินแนวเชื่อม เกิดเป็นส่วนของอลูมิเนียมที่ไม่สามารถไหลวนเข้าไปรวมตัวกับผิวรอยต่อด้านของเหล็กได้ดังแสดงในพื้นที่เส้นประ นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาด้านล่างของแนวเชื่อมดังแสดงในรูปที่ 5 (ง) พบว่า จุดบกพร่องที่แสดงความไม่สมบูรณ์ในการเชื่อมอลูมิเนียมเข้ากับเหล็กของตัวกวนทรงกรวยนี้ เริ่มต้นที่ตำแหน่งใกล้จุดเริ่มต้นของแนวเชื่อมและมีการขยายตัวที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อแนวเชื่อมมีระยะทางเพิ่มขึ้น การเกิดจุดบกพร่องในลักษณะนี้คาดว่าเกิดจากตัวกวนทรงกรวยเกิดการดันอลูมิเนียมขึ้นด้านบนของแนวเชื่อม และเมื่ออลูมิเนียมถูกดันขึ้นมาสู่ผิวหน้าแนวเชื่อม ทำให้ป่าเครื่องมือเชื่อมดันอลูมิเนียมออกไปสู่ด้านข้างของแนวเชื่อมมากขึ้น และเกิดเป็นครีบทขนาดใหญ่ที่ด้านรีทริทึงของรอยต่อ จึงเป็นสาเหตุทำให้อลูมิเนียมไม่เพียงพอในการเติมเต็มบริเวณรอยต่อ

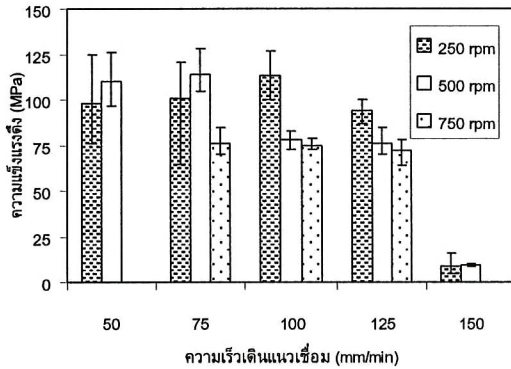
ตารางที่ 2 ความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมที่เชื่อม (O = สมบูรณ์ และ X=ไม่สมบูรณ์)

ความเร็วรอบ (rpm)	ทรงกระบอก			ทรงกรวย		
	250	500	750	250	500	750
50	O	O	X	X	X	X
75	O	O	O	X	X	X
100	O	O	O	X	X	O
125	O	O	O	X	O	O
150	O	O	O	O	O	O



รูปที่ 5 ผิวหน้าและความสมบูรณ์ของแนวเชื่อม

จากชิ้นงานที่มีความสมบูรณ์ในตารางที่ 1 ทำการเตรียมชิ้นงาน เพื่อทำการทดสอบแรงดึงของรอยต่อด้วยชิ้นงานที่มีขนาดและมีติดตั้งแสดงในรูปที่ 4 ด้วยการตัดด้วยใบตัดไม้โครไฟเบอร์พบว่าชิ้นงานที่มีผิวหน้าสมบูรณ์บางตัวนั้นมีความแข็งแรงต่ำ และไม่สามารถทำการเตรียมเป็นชิ้นทดสอบได้

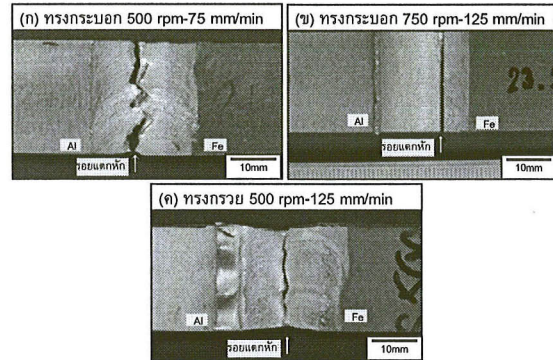


รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเดินแนวเชื่อม ความเร็วรอบ และความแข็งแรงดึงของรอยเชื่อมที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอก

รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของรอยต่อชนที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอก พบว่าค่าความแข็งแรงดึงของรอยต่อของความเร็วรอบ 250 และ 500 rpm นั้นมีแนวโน้มที่มีค่าสูงขึ้นเมื่อความเร็วเดินแนวเชื่อมมีค่าที่เพิ่มจาก 50 mm/min เป็น 75 mm/min และมีค่าลดลง เมื่อความเร็วเดินแนวเชื่อมเพิ่มสูงขึ้นสู่ 150 mm/min แนวโน้มการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่าความแข็งแรงดึงของรอยต่อของความเร็วรอบทั้งสองค่านี้ มีลักษณะคล้ายกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งแรงดึงของรอยต่อชนแผ่นอลูมิเนียม AA6063 ความหนา 6.3 มม. [11] อย่างไรก็ตาม ค่าความเร็วเดินแนวเชื่อมที่แสดงค่าความแข็งแรงสูงสุดนั้น แตกต่างกันในรายงานผลการทดลองนี้ที่ความเร็วรอบ 250 rpm นั้นค่าความแข็งแรงสูงสุดพบที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม 100 mm/min ขณะที่ความเร็วรอบ 500 rpm นั้น ค่าความแข็งแรงสูงสุดพบที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม 75 mm/min พิจารณาค่าความแข็งแรงของรอยต่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 750 rpm พบว่าที่ค่าความเร็วเดินแนวเชื่อม 50 และ 150 mm/min นั้น ไม่สามารถแสดงค่าความแข็งแรงได้ เนื่องจากรอยต่อเชื่อมที่ได้ไม่สามารถนำมาเตรียมเป็นชิ้นทดสอบได้ เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ และความแข็งแรงที่ต่ำของชิ้นทดสอบทำให้ชิ้นงานนั้นเกิดการพังทลายขณะเตรียมชิ้นงานทดสอบ ที่การศึกษาการเปลี่ยนแปลงตัวแปรการเชื่อมที่ประกอบไปด้วยความเร็วรอบ และความเร็วเดินแนวเชื่อมของตัวกวนรูปทรงกระบอกนั้น พบว่าตัวแปรการเชื่อมที่ทำให้เกิดความแข็งแรงสูงสุดที่ 114 MPa คือ ความเร็วเดินแนวเชื่อม 75 mm/min และความเร็วรอบ 500 rpm

รูปที่ 7 แสดงรอยแตกหักของชิ้นทดสอบแรงดึง พบความแตกต่างที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งแรงดึงรอยต่อที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอกดังแสดงในรูปที่ 6 กล่าวคือ รอยต่อ

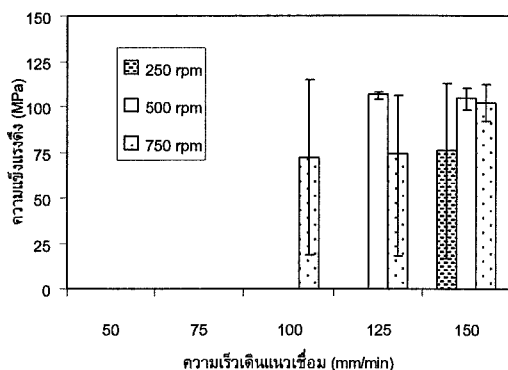
ด้วยทรงกระบอกที่มีค่าความแข็งแรงสูงดังแสดงในรูปที่ 7 (ก) นั้นมีรอยขาดเป็นแนวซิกแซกคล้ายฟันปลา เนื่องจากอลูมิเนียมและเหล็กมีการเกาะยึดกันได้ดีกว่า รอยต่อที่มีค่าความแข็งแรงน้อยอลูมิเนียมและเหล็กเกาะยึดกันไม่มากนักทำให้การแตกหักเกิดขึ้นเป็นแนวตรง



รูปที่ 7 รอยแตกหักของชิ้นทดสอบแรงดึง

รูปที่ 8 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของรอยต่อชนที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกรวย พบว่าค่าความแข็งแรงดึงของรอยต่อที่ได้นั้นมีค่าความแตกต่างจากตัวกวนทรงกรวยที่แสดงในรูปที่ 6 กล่าวคือ ค่าความแข็งแรงของรอยต่อส่วนใหญ่ไม่สามารถตรวจสอบได้ เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของรอยเชื่อม พิจารณาค่าความแข็งแรงดึงของรอยต่อที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม 100-150 mm/min พบว่า ค่าความแข็งแรงของรอยต่อที่ได้นั้นล้วนมีค่าความแข็งแรงที่ต่ำกว่ารอยต่อที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอก โดยค่าความแข็งแรงสูงสุดของรอยต่อที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกรวย ที่แสดงค่าความแข็งแรงสูงสุด คือ รอยต่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 500 rpm และความเร็วเดินแนวเชื่อม 125 mm/min ทำการตรวจสอบรอยแตกหักของชิ้นทดสอบ ที่แสดงความแข็งแรงดึงสูงสุดของรอยต่อที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกรวยดังแสดงในรูปที่ 7 (ค) พบว่า การแตกหักเกิดคล้ายกับชิ้นทดสอบที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอก ที่มีความแข็งแรงสูงสุด คือ เกิดรอยแตกแบบซิกแซกที่บ่งแสดงว่ารอยต่อมีการจับยึดการอย่างดีเยี่ยม นอกจากนั้นหากพิจารณาความผิดพลาด (Error bar) ที่แสดงในรูปที่ 8 พบว่าค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดและต่ำสุดของรอยต่อที่สมบูรณ์ของรอยต่อที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกรวยนี้มีค่าที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก ผลการทดสอบที่ได้นี้ แสดงให้เห็นถึงความแข็งแรงที่ไม่สม่ำเสมอของรอยต่อที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกรวย โดยในการทดสอบนี้ได้เลือกสุ่มชิ้นงานเพื่อทำการทดสอบที่บริเวณตอนต้น กึ่งกลาง และตอนท้ายของความยาวแนวเชื่อม พบว่าค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมนั้นจะมีค่าสูง สุดที่ตอนท้ายของแนวเชื่อม ผลการทดลองที่ได้คาดว่า ตัวกวนทรงกรวยนี้อาจทำให้แนวเชื่อมมีความสมบูรณ์ และมีความแข็งแรงเพิ่มสูงขึ้นได้ เมื่อเพิ่มระยะการเดินแนวเชื่อมให้มีค่าสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการทดลองดังกล่าวไม่ได้รวมอยู่ในรายงานนี้ นอกจากนั้นเพื่อการทดลองที่เข้าใจกลไกการรวมตัวของวัสดุทั้งสอง ว่าตัวกวนทรงกระบอก และตัวกวนทรงกรวย ให้ผลทำให้เกิดการกวนต่างกัน

อย่างไรควรมีการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างจุลภาคเพื่อการอธิบาย การเกิดการรวมตัวของอนุภาคนิยมและเหล็กต่อไปในอนาคต



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเดินแนวเชื่อม ความเร็วรอบ และความแข็งแรงดึงของรอยเชื่อมที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกรวย

4. สรุปผลการทดลอง

การศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลรูปร่างตัวกวนการเชื่อมเสียดทานแบบกวนที่ประกอบไปด้วย ตัวกวนทรงกระบอกผิวเรียบ และ ตัวกวนทรงกรวยผิวเรียบ ที่มีผลต่อการความแข็งแรงดึงของรอยต่อระหว่างอลูมิเนียมผสมเกรด 6063 และเหล็กกล้าไร้สนิม 430 ได้ผลการทดลองโดยสรุปดังนี้

- 4.1 ตัวกวนทรงกระบอกผิวเรียบ และตัวกวนทรงกรวยผิวเรียบ สามารถประยุกต์ใช้ในการเชื่อมรอยต่อระหว่างอลูมิเนียมผสมเกรด 6063 และเหล็กกล้าไร้สนิม 430 ได้แต่ให้ค่าความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมที่แตกต่างกัน
- 4.2 ตัวกวนทรงกระบอกผิวเรียบให้รอยต่อที่มีความสมบูรณ์ปราศจากจุดบกพร่อง และให้ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด คือ 114 MPa ที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม 75 mm/min และความเร็วรอบ 500 rpm
- 4.3 ตัวกวนทรงกรวยผิวเรียบ สามารถเชื่อมรอยต่อให้มีความสมบูรณ์ได้ดีที่ค่าความเร็วรอบสูง แต่ค่าความแข็งแรงที่เกิดขึ้นมักไม่สม่ำเสมอตลอดความยาวแนวเชื่อม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปี 2553 จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sun, Z. and Karppi, R. 1996. The Application of Electron Beam Welding for the Joining of Dissimilar Metals: An Overview. J. of Materials Processing Technology, 59: 257-267.
- [2] Branes, T.A. and Pashyby, I.R. 2000. Joining Techniques for Aluminum Spaceframes used in Automobiles Part I-

Solid and Liquid Phase Welding. J. of Materials Processing Technology, 99: 62-71.

- [3] Kimapong, K. and Watanabe, T. 2004. Friction Stir Welding of Aluminum Alloy to Steel. Welding Journal, 84-10: 277s-282s.
- [4] Kimapong, K. and Watanabe, T. 2005. Lap Joint of A5083 Aluminum Alloy and SS400 Steel by Friction Stir Welding. Materials Transaction, 46-4: 835-841.
- [5] Kimapong, K. and Watanabe, T. 2005. Effect of Welding Process Parameters on Mechanical Property of FSW Lap Joint between Aluminum and Steel. Materials Transaction, 46-10: 2211-2217.
- [6] Chen, C.M. and Kovacevic, R. 2004. Joining of Al6061 Alloy to AISI1018 Steel by Combined Effects of Fusion and Solid State Welding. International Journal of Machine Tool & Manufacturing, 44: 1205-1214.
- [7] Uzun, H., Donne, C.D., Argagnotto, A., Ghidini, T. and Gambaro, C. 2005. Friction stir welding of dissimilar Al 6013-T4 To X5CrNi18-10 stainless steel. Materials & Design, 26: 41-46.
- [8] Thomas, W.M., Nicholas, E.D., Needham, J.C., Murch, M.G. Templesmith, P. and Dawes, C.J. 1991. Friction Stir Welding. G.B. Patent Application No. 9125978.8.
- [9] Thomas, W.M. and Nicholas, E.D. 1997. Friction Stir Welding for the Transportation Industries. Materials and Design, 18: 269-273.
- [10] กิตติพงษ์ กิมะพงศ์ 2552. การประยุกต์การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนในการเชื่อมรอยต่อระหว่างอลูมิเนียมผสมและเหล็กกล้า. การประชุมวิชาการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 7, สงขลา, ประเทศไทย, 21-22 พฤษภาคม 2552: 521-526.
- [11] กิตติพงษ์ กิมะพงศ์. 2551. อิทธิพลความเร็วเดินแนวของการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนต่อความแข็งแรงดึงของรอยต่ออลูมิเนียม 6063-T1. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 19-3: 47-51.

