

อิทธิพลรูปร่างตัวกวนการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนต่อความต้านทานแรงดึง ของรอยต่ออลูมิเนียม 6063-T1 และเหล็กกล้า AISI1015

Effect of Fsw Stirrer Geometries on Tensile Strength of AA6063-T1 and AISI1015 Butt Joint

กิตติพงษ์ กิมะพงศ์*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนออิทธิพลของตัวกวนรูปแบบต่างๆ เช่น ตัวกวนทรงกระบอก ตัวกวนทรงกรวย และตัวกวนเกลียว ของการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน ต่อความแข็งแรงดึงของรอยต่ออลูมิเนียม 6063-T1 และเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI1050 ผลการทดลองที่ได้พบว่า รอยต่อที่เชื่อมด้วยตัวกวนรูปแบบต่างๆ ให้ค่าความแข็งแรงและความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมที่แตกต่างกัน ค่าความแข็งแรงสูงสุดได้จากรอยต่อที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอกที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม 100 มม./นาที และความเร็วรอบ 500 รอบ/นาที ที่ค่าประมาณ 165 MPa หรือร้อยละ 78 ของความแข็งแรงของอลูมิเนียมหลัก ผลที่เกิดขึ้นนี้ เนื่องจากตัวกวนทรงกระบอกแสดงการเพิ่มขึ้นของผิวเสียดทานระหว่างเหล็กและผิวตัวกวน และส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มผิวกระตุ้นที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการสร้างการเกาะยึดระหว่างอลูมิเนียมและเหล็ก นอกจากนี้การเกิดช่องว่างจุดบกพร่องขนาดต่างๆ ที่มุมล่างของตัวกวนด้านแอดวานซ์ของรอยต่อ มีขนาดลดลงเมื่อความเร็วในการเดินแนวเชื่อมเพิ่มขึ้นและส่งผลทำให้ความแข็งแรงดึงเพิ่มขึ้น

ABSTRACT

This research proposes the effect of Friction Stir Welding (FSW) pin geometries on tensile strength of AA6063-T1 aluminum and AISI1050 steel butt joint. The main results obtained are as follows. The joint that

produced by various pin geometries gave a different tensile strength and a different sound joint. The maximum tensile strength of 165 MPa or 78% that of aluminum base material could be obtained when a butt joint was produced by a cylinder pin, a welding speed of 100 mm/min. and a rotation speed of 500 rpm. This result was due to a cylinder pin produced a larger friction area between a butt surface of steel and a pin surface. The increase of a friction area affected directly to increase the activated surface that was important factor in a bonding mechanism between aluminum and steel. Furthermore, a defect dimension at the joint bottom that was nearly the pin end of an advancing side was decreased when the welding speed increased and affected to increase the tensile strength of the joint.

1. บทนำ

การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน (Friction Stir Welding: FSW) เป็นกระบวนการเชื่อมในสภาวะของแข็งที่คิดค้นโดยสถาบันการเชื่อม ประเทศอังกฤษ (The Welding Institute: TWI) เพื่อเชื่อมวัสดุที่มีความยากต่อการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมหลอมเหลว เช่น อลูมิเนียมผสม [1] กระบวนการเชื่อมโดยสรุปแสดงดังรูปที่ 1 ตัวกวน (Pin or Stirrer) ทรงกระบอกที่หมุนสอดเข้าไปในบริเวณรอยต่อของวัสดุสองแผ่นและเคลื่อนที่ในแนวขนานกับรอยต่อ

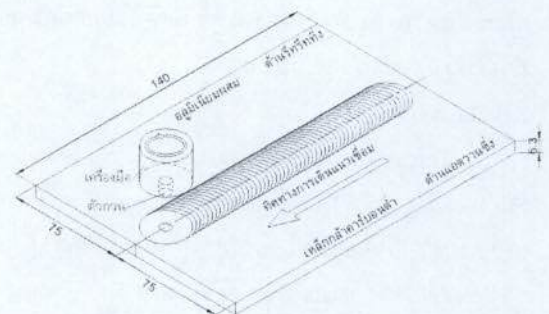
*กลุ่มการพัฒนากระบวนการผลิตวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โทรศัพท์: 0-2549-3491 โทรสาร : 0-2549-3442

ส่งผลให้เกิดการรวมตัวของวัสดุขึ้น กระบวนการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนทำให้เกิดโครงสร้างของแนวเชื่อมที่มีเกรนเล็กและละเอียดสามารถรับแรงได้สูงซึ่งการเชื่อมแบบหลอมละลายไม่สามารถทำได้ [2] นอกจากนี้การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนได้มีการประยุกต์ใช้ในการเชื่อมวัสดุต่างชนิดกันที่ยากต่อการเชื่อมหลอมละลาย เนื่องจากความลำบากในการควบคุมความร้อนบริเวณแนวเชื่อม เช่น การเชื่อมต่อชนระหว่างอลูมิเนียม A5083 และเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ SS400 ที่แสดงค่าความแข็งแรงของรอยต่อสูงสุดประมาณร้อยละ 86 ของค่าความแข็งแรงของอลูมิเนียมผสม [3] การเชื่อมรอยต่อชนระหว่างอลูมิเนียมผสม Al6061 และเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1018 ที่แสดงโครงสร้างรอยต่อซึ่งประกอบไปด้วยสารประกอบกึ่งโลหะ Fe₄Al₁₃ และ Fe₂Al₅ แต่ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับความแข็งแรงไม่มีการแสดง [4] จากหลักการเบื้องต้นตัวกวนที่สอดเข้าไปในรอยต่อเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญที่บ่งชี้การรวมตัวของวัสดุ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดของตัวกวนที่ใช้ในการเชื่อมรอยต่อคาดว่าจะทำให้ได้คุณลักษณะและความแข็งแรงของรอยเชื่อมที่แตกต่างกัน ที่ผ่านมามีการออกแบบรูปร่างตัวกวนหลายแบบเพื่อทำการเชื่อมรอยต่อชนอลูมิเนียมผสม เช่น การออกแบบตัวกวนให้มีรูปร่างแบบเกลียววนขวา (Right Screw) ที่ทำให้อลูมิเนียม 2024 สามารถรวมตัวเข้ากับอลูมิเนียม 6061 ได้ดีและเพิ่มความแข็งแรงของรอยต่อ [5] หรือการใช้ตัวกวนเกลียววนขวาในการเชื่อมรอยต่อระหว่างอลูมิเนียมและเซรามิกแต่อัตราการสึกกร่อนของตัวกวนที่เกิดมีค่าสูง [6] หรือการประยุกต์ใช้ตัวกวนที่มีรูปร่างหน้าตัดสี่เหลี่ยมจัตุรัส เกลียววนขวา และเกลียววนซ้าย ในการเชื่อมอลูมิเนียม 1018 ที่แสดงการรวมตัวของวัสดุเป็นไปได้ดีในการใช้ตัวกวนเกลียววนขวาและการทดสอบความแข็งแรงด้วยการดัดโค้ง ขึ้นทดสอบไม่แสดงการแตกหักบริเวณรอยเชื่อม [7] การออกแบบตัวกวนเกลียววนขวาที่เป็นทรงกระบอก และทรงกรวยในการเชื่อมอลูมิเนียม 2014 และค่าความแข็งแรงสูงสุดประมาณร้อยละ 75 ของความแข็งแรงอลูมิเนียมสามารถ

ทำได้โดยตัวกวนเกลียววนขวาทรงกรวย เนื่องจากตัวกวนสามารถทำให้ขนาดของเกรนเล็กและละเอียดขึ้น [8] อย่างไรก็ตามในการศึกษาการต่อชนระหว่างอลูมิเนียมผสมและเหล็ก ที่ผ่านมาใช้ตัวกวนที่มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกผิวเรียบเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ในงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ในการเชื่อมรอยต่อระหว่างอลูมิเนียม 6063-T1 และเหล็กกล้าคาร์บอน AISI1015 ด้วยตัวกวนที่มีรูปร่างต่างๆ และเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างจุลภาคและสมบัติเชิงกลของรอยต่อที่คาดว่ากรวมตัวกันระหว่างวัสดุจะสามารถทำได้ดีขึ้น และทำให้ค่าความแข็งแรงของวัสดุมีค่าเพิ่มขึ้นได้

2. วิธีการทดลอง

วัสดุ คือ แผ่นอลูมิเนียมผสม AA6063-T1 (94.7%Al-0.4%Mg-0.05%Mn-0.01%Cr-0.02%Cu โดยน้ำหนัก) และเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI1015 (99.14%Fe-0.02%Si-0.42%Mn-0.15% C-0.21%P-0.06%S โดยน้ำหนัก) หนา 6.3 มม. ขนาดกว้าง 75 มม. ยาว 140 มม. แผ่นวัสดุถูกนำมาประกอบเป็นรอยต่อชนดังแสดงในรูปที่ 1 และยึดแน่นบนแท่นเครื่องกัด โดยลักษณะการวางกำหนดให้แผ่นเหล็กกล้าอยู่ที่ด้านแอดวานซ์ (ด้านที่ทิศทางการหมุนของตัวกวนและทิศทางการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน) และแผ่นอลูมิเนียมวางอยู่ที่ด้านรีทริท (ด้านที่ทิศทางการหมุนของตัวกวนและทิศทางการเคลื่อนที่ไปในทิศทางสวนทางกัน)

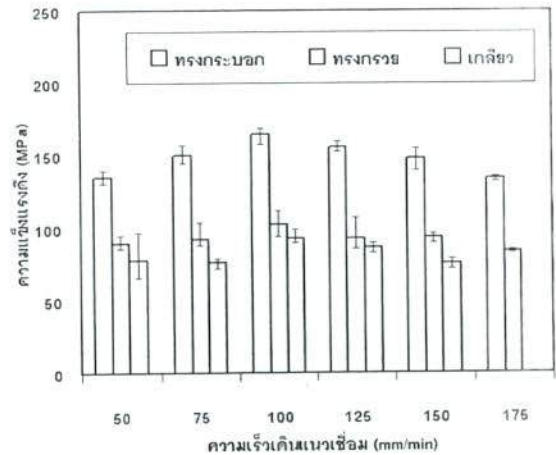


รูปที่ 1 การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนรอยต่อชนอลูมิเนียมผสมและเหล็กกล้า

เครื่องมือเชื่อมทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วรอบสูงเกรด SKD-11 ที่ผ่านการชุบแข็งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบ่าเครื่องมือ 25 มม. และบริเวณตัวกวนทำการกลึงขึ้นรูปเป็นรูปร่างต่างๆ คือ ตัวกวนทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. ตัวกวนทรงกรวยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่โคน 5 มม. และที่ปลายตัวกวน 4 มม. และตัวกวนที่เป็นเกลียวเมตริกขนาด M5 ระยะพิท 0.8 มม. ตัวกวนทั้งหมดมีความยาวประมาณ 6.2 มม. ตัวแปรการเชื่อมประกอบไปด้วย ความเร็วรอบตัวกวน 500 รอบ/นาที ความเร็วในการเดินแนวเชื่อม 50 75 100 125 150 และ 175 มม./นาที ตัวกวนทำมุมเอียง 2 องศา หลังจากการทำการเชื่อมชิ้นงานทดสอบแรงดึงถูกเตรียมตามมาตรฐาน AWS D1.2 เพื่อหาค่าความแข็งแรงของรอยต่อ และทำการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของรอยต่อด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสงต่อไป

3. ผลการทดลองและการวิจารณ์ผล

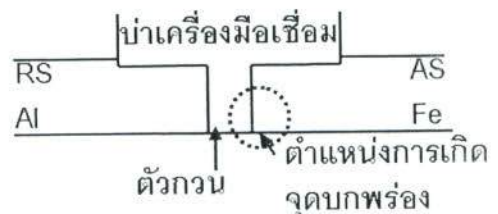
รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างตัวกวน ความแข็งแรงดึง และความเร็วในการเดินแนวเชื่อม ความแข็งแรงดึง และความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่แสดงค่าความแข็งแรงเหล่านี้ถูกเชื่อมด้วยความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ระยะตัวกวนที่สอดเข้าไปในเหล็กมีค่าเท่ากับ 0.2 มม. ซึ่งเป็นค่าที่แสดงค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดของรอยต่อสนระหว่างอลูมิเนียม 5083-O และเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 [3] พิจารณาค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอกพบค่าความแข็งแรงของรอยต่อมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วเดินแนวเชื่อมเพิ่มขึ้นและแสดงค่าความแข็งแรงสูงสุดของรอยเชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอกที่ความเร็ว 100 mm./min ที่ค่าประมาณ 165 MPa ซึ่งมีค่าประมาณ 78% ของอลูมิเนียมที่ใช้ทดลองที่มีค่าประมาณ 210 MPa ความแข็งแรงนี้จะมิลค่าลดลงเมื่อความเร็วเดินแนวเชื่อมเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างตัวกวน ความแข็งแรงดึง และความเร็วในการเดินแนวเชื่อม



(ก) โครงสร้างมหภาคแสดงจุดบกพร่อง

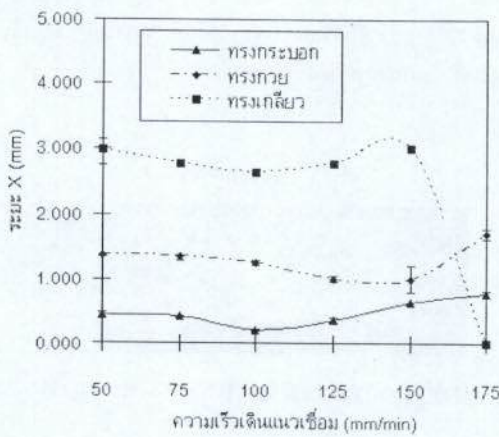


(ข) ตำแหน่งจุดบกพร่อง

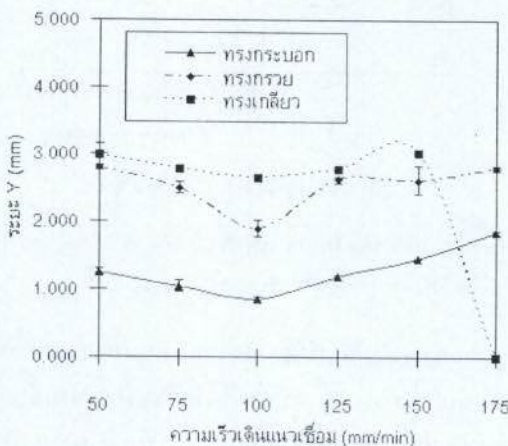
รูปที่ 3 จุดบกพร่องที่ตรวจพบในชิ้นงาน (AS=ด้านแอดวานซึ่ง RS=ด้านรีทอร์ทซึ่ง Fe=เหล็ก AI=อลูมิเนียม)

การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมนี้เกิดจากช่องว่างที่เป็นจุดบกพร่องที่เกิดบริเวณด้านข้างของตัวกวนเมื่อทำการเชื่อมดังแสดงในรูปที่ 3 (ก) ช่องว่างจุดบกพร่องนี้สามารถพบได้ในทุกชิ้นงานที่เชื่อมด้วยตัวแปรทั้งหมดในการศึกษาครั้งนี้ และตำแหน่งการเกิด จะเกิดขึ้นที่ด้านข้างของตัวกวนด้านแอดวานซึ่งดังแสดงในรูปที่ 3 (ข)

ช่องว่างแบบนี้เป็นลักษณะเดียวกันกับการเกิดในการเชื่อมรอยต่อชนอลูมิเนียมเกรด 2025 [5] และรอยต่อชนอลูมิเนียมเกรด 6063-T6 [9] ซึ่งเหตุผลการเกิด เนื่องจากการเอียงตัวกวนที่ใช้ในการเชื่อมมีค่าน้อยเกินไป ทำให้เกิดการกวนอลูมิเนียมในแนวเชื่อมน้อยไป และส่งผลทำให้อลูมิเนียมที่อ่อนตัวจากการเสียดทานกับผิวของตัวกวน ไม่สามารถเติมเต็มลงไปตำแหน่งดังกล่าวได้เพียงพอ [5] หากมีการเอียงตัวกวนเพิ่มมากขึ้น คาดว่าจะทำให้เกิดการกวนที่รุนแรงและเติมอลูมิเนียมลงไปในพื้นที่ช่องว่างจุดบกพร่องได้ต่อไป [10-11]



(ก) ระยะ X



(ข) ระยะ Y

รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเดินแนวเชื่อม มีติช่องว่างจุดบกพร่อง และรูปร่างของตัวกวน

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความกว้างและยาวของช่องว่างจุดบกพร่อง ความเร็วเดินแนวเชื่อม และรูปแบบตัวกวนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่าขนาดของช่องว่างจุดบกพร่องนี้มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วรอบของการเดินแนวเชื่อมของตัวกวนรูปทรงกระบอกมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า 100 มม./นาที ช่องว่างที่มีขนาดใหญ่กว่านั้นแสดงพื้นที่หน้าตัดของแนวเชื่อมที่เล็กลงทำให้มีความสามารถการรับแรงที่ต่ำกว่าตามไปด้วย

ค่าความแข็งแรงดึงของรอยต่อเชื่อมด้วยตัวกวนทรงกรวย ความเร็วรอบของตัวกวน 500 รอบ/นาที และค่าความเร็วเดินแนวเชื่อมที่เปลี่ยนแปลงต่างๆ แสดงค่าที่ต่ำกว่ารอยเชื่อมที่เชื่อมด้วยตัวกวนรูปทรงทรงกระบอก ดังแสดงในรูปที่ 2 ค่าความแข็งแรงของรอยต่อมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเมื่อความเร็วเดินแนวเชื่อมมีค่าที่สูงขึ้นดังแสดงในรอยต่อที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอก และแสดงค่าความแข็งแรงสูงสุดที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม 100 มม./นาที จากนั้นค่าความแข็งแรงมีค่าที่ลดต่ำลงค่าความแข็งแรงมีค่าประมาณ 102 MPa ซึ่งมีค่าต่ำกว่ารอยต่อเชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอกประมาณ 38% ค่าความแข็งแรงที่ลดต่ำลงนี้เนื่องจากตัวกวนทรงกรวยแสดงช่องว่างจุดบกพร่องในรอยต่อที่มีขนาดใหญ่กว่าดังแสดงในรูปที่ 4 และส่งผลทำให้พื้นที่รับแรงมีขนาดที่เล็กลงและฉีกขาดตามแนวอินเทอร์เฟซดังแสดงในรูปที่ 5 (ข) ซึ่งแตกต่างจากรอยเชื่อมของตัวกวนทรงกระบอกในรูปที่ 5(ก) การลดลงของค่าความแข็งแรงและพื้นที่การเกาะยึดของอลูมิเนียมและเหล็กของรอยต่อเมื่อเปรียบเทียบกับรอยต่อทรงกระบอกนั้น คาดว่าเกิดจากพื้นที่สัมผัสที่เกิดการกระตุ้นของเหล็กที่เป็นองค์ประกอบสำคัญเพื่อให้เกิดการเกาะยึดผิวรอยต่อ (Interface-activated Adhesion Method) มีค่าลดลง [3] ดังอธิบายในรูปที่ 6 ที่แสดงพื้นที่สัมผัสระหว่างตัวกวนและผิวเหล็กเมื่อตัวกวนถูกสอดเข้าไปในผิวของเหล็กที่มีค่าเท่ากับ 0.2 มม. พบว่าตัวกวนทรงกระบอกจะมีการสัมผัสกับผิวของเหล็กกล้าทั้งผิวหน้าของเหล็กที่ถูกสัมผัสด้วยตัวกวน ที่สอดเข้าไปในเนื้อเหล็กเท่ากับ 0.2 มม. ขณะเดียวกันหากพิจารณาค่าการสัมผัสของผิวตัวกวนทรงกรวยและผิวหน้ารอยต่อของ

เหล็ก พบว่ามีพื้นที่สัมผัสที่น้อยกว่า ถ้ากล่าวนี้สามารถอ้างอิงได้จากลักษณะการฉีกขาดของชิ้นงานที่เชื่อมด้วยตัวกวนทั้งสองในรูปที่ 5 (ก) และ (ข) ที่แสดงรอยต่อของตัวกวนทรงกระบอกฉีกขาดที่เนื้ออลูมิเนียมและแสดงการเกาะยึดของเหล็กและอลูมิเนียมสามารถสังเกตได้ แต่ในรอยต่อของตัวกวนทรงกรวยพื้นที่การเกาะยึดระหว่างเหล็กและอลูมิเนียมจะมีค่าน้อยกว่าและการฉีกขาดส่วนมากเกิดที่อินเทอร์เฟซระหว่างอลูมิเนียมและเหล็ก



(ก) ทรงกระบอก ความเร็วเดินแนวเชื่อม 100 mm/min



(ข) ทรงกรวย ความเร็วเดินแนวเชื่อม 100 mm/min

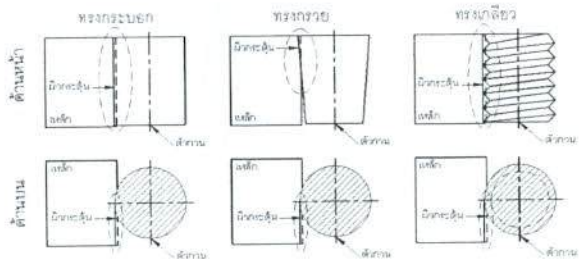


(ค) ทรงเกลียว ความเร็วเดินแนวเชื่อม 100 mm/min

รูปที่ 5 ตำแหน่งการแตกหักของชิ้นงานทดสอบแรงดึงที่ศึกษาตั้งฉากกับทิศทางเดินแนวเชื่อม

ค่าความแข็งแรงของรอยต่อที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงเกลียวมีค่าต่ำสุดในการศึกษาครั้งนี้ ค่าความแข็งแรงของรอยต่อเมื่อค่าความเร็วในการเดินแนวเชื่อมมีค่าเพิ่มขึ้นและแสดงค่าความแข็งแรงสูงสุดที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม 100 มม./นาที ดังแสดงในตัวกวนทั้งสองก่อนหน้าในที่ประมาณ 93 MPa หลังจากนั้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นไป

ค่าความแข็งแรงจะมีค่าลดลง เช่นเดียวกันกับตัวกวนทรงกระบอกและทรงเกลียว ช่องว่างจุดบกพร่องเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้ค่าความแข็งแรงของรอยต่อมีค่าเปลี่ยนแปลงเมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนแปลงดังแสดงในรูปที่ 4 แต่หากให้ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่สูงเกินไป เช่น 175 มม./นาที ตัวกวนจะเกิดการสีกก่อน และแตกหักออกจากบ่าเครื่องมือเมื่อเชื่อมไปได้ระยะทางประมาณ 50 มม. จากจุดเริ่มต้น พิจารณาการฉีกขาดของชิ้นทดสอบแรงดึงในรูปที่ 5 (ค) เปรียบเทียบกับการฉีกขาดในชิ้นทดสอบที่เชื่อมด้วยตัวกวนแบบอื่นๆ พบว่าชิ้นทดสอบเกิดการฉีกขาดที่บริเวณอินเทอร์เฟซระหว่างอลูมิเนียมและเหล็กมีเพียงส่วนน้อยที่แสดงการเกาะยึดที่แข็งแรงระหว่างอลูมิเนียมและเหล็กสาเหตุที่เกิดการเกาะยึดที่น้อยกว่าคาดว่าเกิดจากพื้นที่สัมผัสระหว่างเหล็กและอลูมิเนียมที่น้อยทำให้เกิดผิวกระตุ้นที่น้อยกว่าดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แบบจำลองการสร้างผิวกระตุ้นของตัวกวนแบบต่างๆ และผิวเหล็ก

จากผลการทดลองที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าตัวกวนที่ใช้สำหรับการเชื่อมอลูมิเนียมเข้ากับเหล็ก ส่งผลต่อความแข็งแรงและการเกาะยึดกันระหว่างอลูมิเนียมและเหล็ก ตัวกวนที่มีผิวสัมผัสมากกว่า ก่อให้เกิดการเกาะยึดระหว่างอลูมิเนียมและเหล็กมากกว่า อย่างไรก็ตามผลการทดลองที่ได้นี้แตกต่างจากการเชื่อมรอยต่อของวัสดุอลูมิเนียมผสมต่างๆ โดยสิ้นเชิง เนื่องจากในการเชื่อมรอยต่อของอลูมิเนียมอื่นๆ ตัวกวนที่เป็นเกลียวมักทำให้เกิดรอยต่อที่มีความสมบูรณ์และแสดงค่าความแข็งแรงที่สูงเพราะว่าตัวกวนแบบเกลียวจะทำให้เกิดการกวบอย่างรุนแรงและทำให้เกิดความแข็งแรงสูง [2]

4. สรุปผล

การทดลองทำการเชื่อม FSW รอยต่อชนอลูมิเนียม 6063-T1 และเหล็กกล้าคาร์บอน AISI1015 โดยการเปลี่ยนแปลงความเร็วเดินแนวเชื่อมจาก 50 ถึง 175 มม. ต่อนาที และรูปร่างของตัวกวน คือ ทรงกระบอก ทรงกรวย และทรงเกลียว ผลการทดลองโดยสรุปมีดังนี้

1) รอยต่อชนระหว่างอลูมิเนียมและเหล็ก สามารถทำการเชื่อมด้วยตัวกวนที่ออกแบบไว้ และแสดงค่าความแข็งแรงสูงสุด เมื่อทำการเชื่อมด้วยตัวกวนรูปทรงกระบอกที่ค่าความแข็งแรงดึงเฉลี่ยประมาณ 165 MPa และความเร็วเดินแนวเชื่อม 100 มม./นาที

2) ตัวกวนทรงกระบอกแสดงการเพิ่มขึ้นของผิวเสียดทานระหว่างเหล็กและผิวตัวกวน และส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มผิวกระดุนที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการสร้างการเกาะยึดระหว่างอลูมิเนียมและเหล็ก

3) การเพิ่มความเร็วในการเดินแนวเชื่อม ส่งผลทำให้ค่าความแข็งแรงของรอยต่อชนมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ช่องว่างจุดบกพร่องมีค่าลดลง แต่ค่าความเร็วเดินแนวที่สูงเกินไปทำให้ตัวกวนเกิดการสึกกร่อนและพังทลาย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ บุญส่ง จงกลนี้ สำหรับคำแนะนำในการควบคุมเครื่องกัดแบบอัตโนมัติ ขอขอบคุณ คุณทวี คู่แก้ว และคุณชยานนท์ สุ่มเมือง เจ้าหน้าที่กลุ่มการพัฒนากระบวนการผลิตวัสดุ (Materials Processing Development Group: MPDG) ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลบุรีรัมย์ สำหรับความช่วยเหลือในการเตรียมชิ้นทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- [1] W.M. Thomas, E.D. Nicholas, J.C. Needham, M.G. Murch, P. Templesmith, and C.J. Dawes. Friction Stir Welding. G.B. Patent Application. 1991. No.9125978.8.
- [2] R.S. Mishra and Z.Y. Ma. Friction Stir Welding and Processing. Materials Science and Engineering R. 50 (2005) 1-78.
- [3] K. Kimapong and T. Wanatabe. Friction Stir Welding of Aluminum Alloy to Steel. Welding J. 83-10 (2004) 277s-282s.
- [4] C.M. Chen and R. Kovacevic. "Joining of Al6061 Alloys to AISI1018 Steel by Combined Effects of Fusion and Solid State Welding." Inter. J. of Mach. Tool&Manu. 44 (200) 1205-1214.
- [5] Y. Li, L.E. Murr, and J.C. McClure. "Flow Visualization and Residual Microstructure associated with the Friction Stir Welding of 2024 Aluminum and 6061 Aluminum." Materials Science and Engineering A. 271 (1999) 213-223.
- [6] R.A. Prado, L.E. Murr, D.J. Shindo and K.F. Soto. "Tool Wear in Friction-stir Welding of Aluminum Alloy 6061+20% Al₂O₃: A Preliminary Study." Scripta Materialia 45 (2001) 75-80.
- [7] M. Boz, and A. Kurt. "The Influence of Stirrer Geometry on Bonding and Mechanical Properties in Friction Stir Welding Process." Materials and Design. 25 (2004) 343-347.
- [8] Y. Zhao, S. Lin, L. Wu and F. Qu. "The Influence of Pin Geometry on Bonding and Mechanical Properties in Friction Stir Weld 2014 Al Alloy." Materials Letters 59 (200) 2948-2952.
- [9] บรรเจิด ดอนเนตรงาม และสมนึก วัฒนศรียศกุล. "การเปรียบเทียบกระบวนการเชื่อมเสียดทานหมุน กวนอลูมิเนียมเชื่อม AA6063-T6 ระหว่างสลัก

แกนหมุนทรงกระบอกหัวตัดตรงกับหัวโค้ง.”
การประชุมช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 24-26
ตุลาคม 2550. ผู้จัด.: แผ่นซีดีรอม

- [10] K. Kimapong and T. Wanatabe. “Lap Joint of A5083 Aluminum Alloy and SS400 Steel.” Materials Trans. 46-4(2005) 835-841.
- [11] K. Kimapong and T. Wanatabe. “Effect of Welding Process Parameters on Mechanical Property of FSW Lap Joint between Aluminum Alloy and Steel.” Materials Trans. 46-10 (2005) 2211-2217.

ประวัติผู้เขียนบทความ

ชื่อ: นายกิตติพงษ์ กิมะพงษ์

ตำแหน่ง: อาจารย์ 1 ระดับ 6

ประวัติการศึกษา:

- วศ.บ. อุตสาหกรรม (การผลิต)
- วศ.ม. เทคโนโลยีวัสดุ
- Ph.D. Advanced Materials Science and Production Systems Engineering



ประสบการณ์ การฝึกอบรม:

- ฝึกอบรม เรื่อง Operation Process ที่ Northern Alberta Institute of Technology (NAIT), Edmonton, Alberta, CANADA
- ฝึกอบรมเรื่อง Renovation of Process Industry ที่ JICA Kyushu International Center, Kita-Kyushu, Fukuoka, JAPAN

สถานที่ทำงานและติดต่อ:

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

โทรศัพท์ : 0-2549-3491

โทรสาร : 0-2549-3442

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ kittipong.k@en. rmutt.ac.th