

การศึกษาอิทธิพลความเร็วรอบ และอัตราการป้อนในการเชื่อมด้วยการเสียดทาน แบบกวนอลูมิเนียม 6063 ความหนาต่างกันด้วยตัวกวนทรงเรียว

Study the Influence Cycle Speed and the Feed Rate in Friction Stir Welding Aluminum 6063 Different Thickness with Slender Stirrer

ชนัญดร มีมุข¹ วรพงษ์ สว่างศรี² สมเกียรติ นุชพงษ์³ อติสร เปลียนดิษฐ์⁴

Chanandon Meemuk¹ Worapong Sawangsri² Somkiat Nuchapong³ Adisorn Pliandist⁴

¹⁻⁴ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท จังหวัดชัยนาท 17000

Production Technology, Chainat Technical College, Chainat 17000

¹ Corresponding Author: E-mail: chanandon_jarn@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลความเร็วรอบ และอัตราการป้อนของตัวกวน ด้วยการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานแบบกวนรอยต่อชนแผ่นเทเลอร์แบบลงค้อลูมิเนียม 6063 ที่มีผลต่อสมบัติความแข็งแรงแนวเชื่อมด้วยตัวกวนรูปทรงเรียว มีตัวแปรในการเชื่อมคือ ความเร็วรอบของตัวกวน 300, 400 และ 500 รอบต่อนาที อัตราความเร็วในการเดินแนวเชื่อม 60, 80, 100 และ 125 มม./นาที

ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง เครื่องมือเชื่อมทรงเรียว ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ความเร็วการเดินแนวเชื่อม 100 มม./นาที ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุด 192 MPa. ผลการเปรียบเทียบลักษณะรอยขาดของแนวเชื่อมมีลักษณะการขาดของชิ้นงานอยู่ 2 ลักษณะ ชิ้นงานที่มีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุดมีการขาดบริเวณเนื้อชิ้นงานหนา 3 มม. ผลการทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อม ชิ้นงานที่มีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุดบริเวณแนวเชื่อม และบามีค่าความแข็งแรงสูงกว่าพื้นที่ขาดบริเวณเนื้อชิ้นงานหนา 3 มม. ผลของการวิเคราะห์โครงสร้างมหภาคจุลภาครอยเชื่อม ที่มีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุด การขาดบริเวณเนื้อชิ้นงานหนา 3 มม. มีเกรนขนาด 125.31 μm โครงสร้างของแนวเชื่อม ที่มีลักษณะของโครงสร้างที่กลม และเล็กละเอียดมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของรอยต่อมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับโลหะหลักที่มีเกรนขนาดใหญ่กว่า ทำให้แนวเชื่อมมีความแข็งแรงกว่าโลหะหลัก เป็นสาเหตุทำให้เกิดการพังทลายของชิ้นทดสอบ บริเวณโลหะหลักด้านที่หนา 3 มม.

คำสำคัญ : การเชื่อมเสียดทานแบบกวน เทเลอร์แบลิ่งค์ รอยต่อชน

Abstract

This research objectives were study the influence of cycle speed (Revolutions per minute) and the feeding rate of the agitator. With friction stir welding, butt joints, tailed blanks of, 6063 aluminum which affects the welding strength properties with a tapered agitator. There are variables in welding: Stirring speed 300,400, and 500 RPM. Welding speed of 60, 80, 100 and 125 minutes respectively.

The Tensile strength test results for tapered welding tool, speed 500 is at rpm, The stir welding speed 100 mm / min. Provides a maximum tensile strength of 192 MPa. The results of comparing the fracture characteristics of the welds consist of two deficiency characteristics. The workpiece with the highest tensile strength goes for a 3 mm thickness of the workpiece. For the welding hardness test results. Workpiece with maximum tensile strength at the weld area and the shoulder of workpiece has a hardness value is at 3 mm thicker than the broken area of the workpiece. The results of the analysis of the macro-microstructures of welds with the highest tensile strength. The tearing of 3 mm. thickness of workpiece and grain size is at 125.31 μm . Welding structure That has the characteristics of a circular structure And smaller and more detailed. Resulting in an increasing of the strength of the joint. Comparing with the main metal with a larger grain which the welds more stronger than the main metal, it is the cause of the breakdown of the test workpiece at the 3 mm. of main metal side.

Keywords : Friction stir welding, Tailored Blank, Butt joints

1. บทนำ

ปัจจุบันงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีการพัฒนากระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้มีการแข่งขันของอุตสาหกรรม เป็นสาเหตุให้ต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมตลอดเวลา ทำให้มีการนำวัสดุที่มีน้ำหนักเบาและความแข็งแรงไม่ต่างกันมาใช้ เช่น อลูมิเนียมชนิดต่างๆ มาใช้ทดแทนชิ้นส่วนบางอย่างที่ผลิตขึ้นจากเหล็กเพื่อเป็นการลดน้ำหนัก เช่น โครงสร้างและตัวถังรถยนต์ อุตสาหกรรมการต่อเรือ และอุตสาหกรรมการบิน เพื่อลดน้ำหนักให้น้อยลง จะได้ประหยัดเชื้อเพลิง ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม มีความจำเป็นต้องใช้การเชื่อมต่อวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่มีสมบัติแตกต่างกัน ความหนาต่างกันหรือวัสดุชนิดเดียวกันมาเชื่อมประกอบกัน แต่ความแข็งแรงของวัสดุใกล้เคียงกับวัสดุเดิม [1] เรียกว่า เทลเลอร์แบลงค์ (Tailored Blank) นำมาใช้ในอุตสาหกรรม ดังนั้น การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน (Friction Stir Welding) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเชื่อมต่อวัสดุที่ยากต่อการเชื่อม ได้มีการพัฒนากระบวนการเชื่อมต่อวัสดุที่มีความยากต่อการเชื่อมอย่างเช่น อลูมิเนียม เหล็ก และสแตนเลส การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน (Friction Stir Welding) เป็นกระบวนการที่คิดค้นโดย TWI (The Welding Institute) ของสถาบันวิจัยเทคโนโลยีของอังกฤษในปี ค.ศ. 1991 เป็นกระบวนการเชื่อมในสถานะของแข็ง (Solid State Welding) [2] ซึ่งมีความรวดเร็ว และแข็งแรงในการเชื่อมต่อวัสดุที่มีความยากในการต่อเชื่อม ทำให้มีการใช้วิธีการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนกันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมรถยนต์ การต่อเรือ และเครื่องบิน

อลูมิเนียม AA6063 ซึ่งเป็นเกรดอุตสาหกรรมที่นิยมใช้กันทั่วไป เช่น งานกลึงชิ้นส่วนต่าง ๆ อะไหล่รถยนต์ ส่วนประกอบในเครื่องจักร อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ เครื่องประดับตกแต่ง งานปั๊มขึ้นรูป งานแม่พิมพ์ อย่างไรก็ตามได้มีการทดลองการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนรอยต่อของอลูมิเนียมผสม และรอยต่อของวัสดุต่างชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพกระบวนการเชื่อมในสถานะของแข็งปัญหาที่มักเกิดขึ้นในขั้นตอนการเปลี่ยนเฟส จากของเหลวเป็นของแข็งของการเชื่อมวัสดุที่ยากต่อการเชื่อม ด้วยการเชื่อมแบบหลอมละลายกระบวนการเชื่อมในสถานะของแข็งปัญหาที่มักเกิดขึ้นในขั้นตอนการเปลี่ยนเฟสจากของเหลวเป็นของแข็งของการเชื่อมวัสดุที่ยากต่อการเชื่อมด้วยการเชื่อมแบบหลอมละลายจะหมดไป นอกจากนั้นผิวออกไซด์หนาที่เคลือบอยู่บนผิวของอลูมิเนียมจะถูกทำให้แตกออกด้วยการขัดหมุนของตัวกวน และกระจายไปทั่วทั้งแนวเชื่อม และลดปัญหาการเสื่อมสภาพของแนวเชื่อมลง

[3] และอิทธิพลของความเร็วในการเชื่อม และรูปแบบของตัวกวน ที่มีผลต่อสมบัติทางโลหะวิทยาและสมบัติทางกล ในการเชื่อมอลูมิเนียมผสม A356 ที่หล่อโดยเทคโนโลยีหล่อกึ่งของแข็งด้วยกรรมวิธีการเชื่อมเสียดทานแบบกวน ทำให้บริเวณรอยเชื่อมมีลักษณะโครงสร้างที่ละเอียดมาก [4] ได้กล่าวว่าตัวกวนทรงเกลียววนซ้ายและวนขวา ทำให้ได้แนวเชื่อมที่มีความสมบูรณ์ ไม่มีจุดบกพร่องภายในแนวเชื่อม ส่งผลทำให้แนวเชื่อมมีความแข็งแรงกว่าวัสดุโลหะเดิม [5]

ผู้วิจัยจึงศึกษาอิทธิพลความเร็วรอบ และอัตราการป้อนในการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนอลูมิเนียม 6063 ความหนาต่างกันด้วยตัวกวนทรงเรียว โดยมีตัวแปรที่ต้องการศึกษา ที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อม ได้แก่ อัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อม 60-125 มม./นาที ความเร็วรอบ 300-500 รอบต่อนาที มุมเอียงของ Tool (Pin) 2 องศา Mishra and Ma ได้กล่าวไว้ว่า หากมีการเอียงตัวกวนเพิ่มมากขึ้นหรือรูปร่างของตัวกวนถูกออกแบบให้มีลักษณะที่คาดว่าทำให้เกิดการกวนที่รุนแรงขึ้นและจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นนั้นสามารถกำจัดออกได้ [6] ซึ่งจากคำกล่าวนี้ผู้วิจัยจึงใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบตัวกวนในการทดลองงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์เฉพาะความเร็วรอบอัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อมเท่านั้น ส่วนอิทธิพลของปัจจัยอื่น ๆ ได้นำมาศึกษาวิเคราะห์และพัฒนาในโอกาสต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

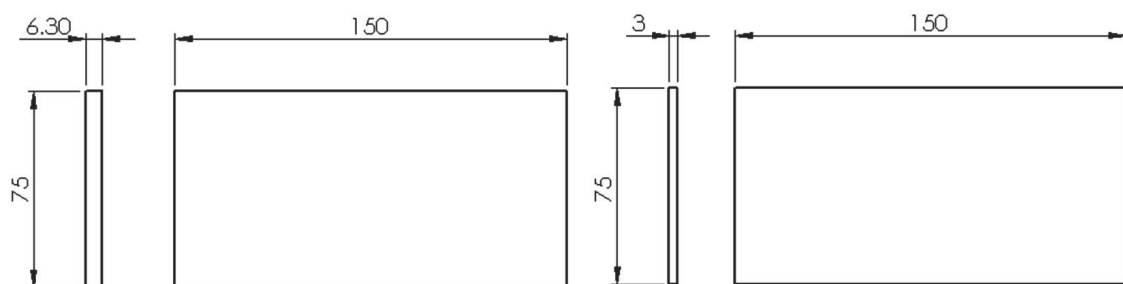
เพื่อศึกษาอิทธิพลความเร็วรอบ และอัตราการป้อนของตัวกวน ด้วยการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานแบบกวนด้วยตัวกวนรูปทรงเรียว แบบรอยต่อชนแผ่นเทเลอร์แบลงค์อลูมิเนียม 6063 ที่มีผลต่อสมบัติความแข็งแรงแนวเชื่อม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาอิทธิพลความเร็วรอบ และอัตราการป้อนของตัวกวนด้วยการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานแบบกวนด้วยตัวกวนรูปทรงเรียวแบบรอยต่อชนแผ่นเทเลอร์แบลงค์อลูมิเนียม 6063 ที่มีผลต่อสมบัติความแข็งแรงแนวเชื่อม ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

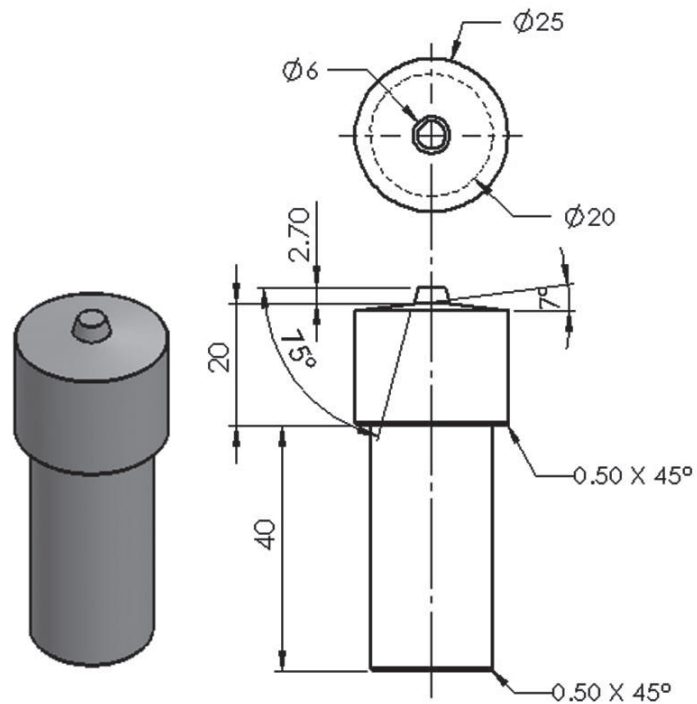
3.1 วัสดุ และอุปกรณ์เครื่องจักรที่ใช้ในการเชื่อม

ในการทดลองใช้อลูมิเนียมเกรด 6063 โดยในการเตรียมชิ้นงานทดลอง ใช้ชิ้นงานขนาดความกว้าง 75 มม. ยาว 150 มม.หนา 6.3 และ 3 มม. แสดงดังภาพที่ 1 ตัวกวนทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD 11 ผ่านการชุบแข็ง โดยมีความแข็งแรงประมาณ 58 – 60 HRC โดยรูปทรงของตัวกวนมีลักษณะเป็นทรงเรียว โดยมีขนาดของตัวกวน 6 มม. ลึก 2.7 มม.ปาดตัวกวนทำมุม 7 องศา แสดงดังภาพที่ 2



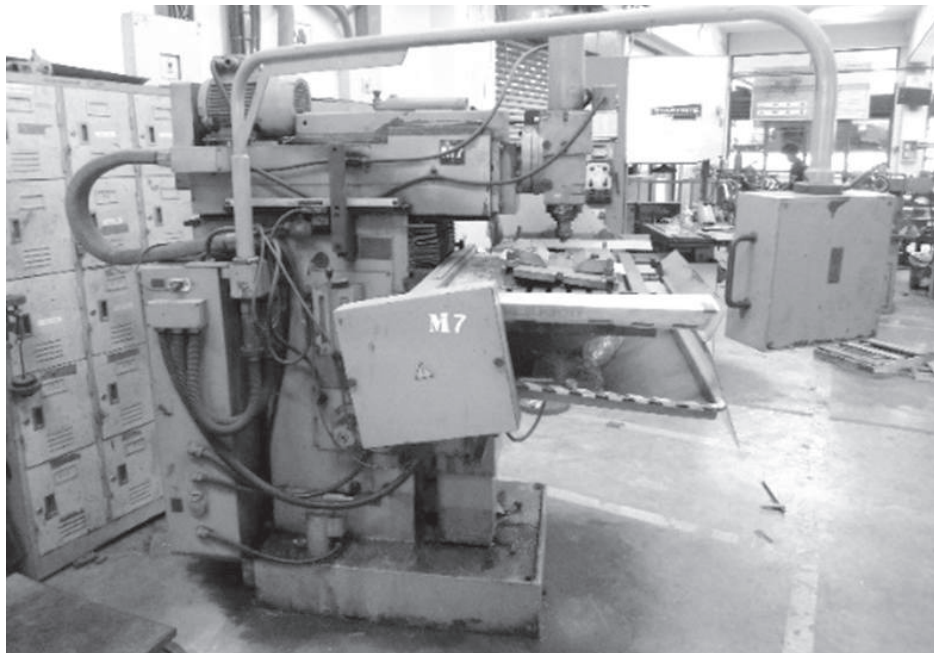
(ก) อลูมิเนียมเกรด 6063 ความหนา 6 มม. (ข) อลูมิเนียมเกรด 6063 ความหนา 3 มม.

ภาพที่ 1 ขนาดวัสดุที่ใช้ทำการทดลอง



ภาพที่ 2 มิติของตัวกวนเครื่องมือเชื่อมรูปทรงเรียว (หน่วย: mm)

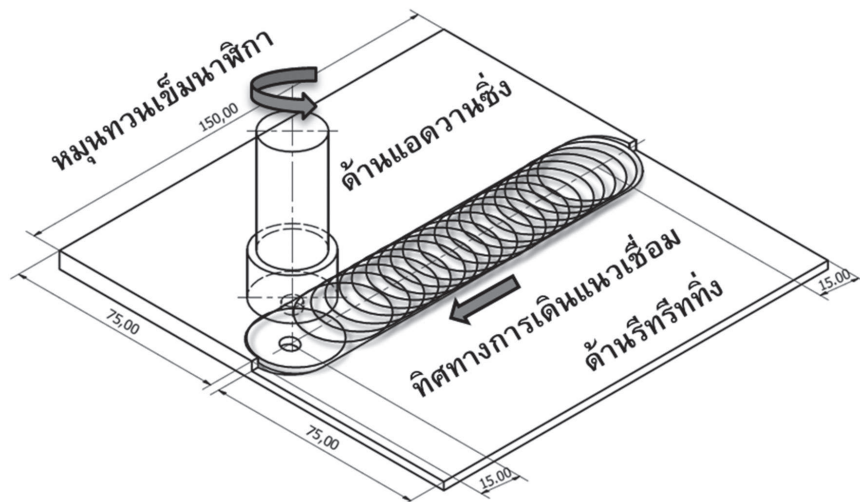
ในการเชื่อมประยุกต์ใช้เครื่องกัดอัตโนมัติยี่ห้อ AVIASOP MADE IN PORLAN รุ่น SAX50469 ประกอบติดตั้งตัวกวนตามตัวแปรที่กำหนด ก่อนการเชื่อมทำการจับยึดชิ้นงาน (Jig) ประกอบเข้ากับอุปกรณ์จับยึด ติดตั้งเข้ากับโต๊ะงานของเครื่องกัด ก่อนทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องตามตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เครื่องกัดยี่ห้อ AVIASOP MADE IN POR LAN รุ่น SAX 50469

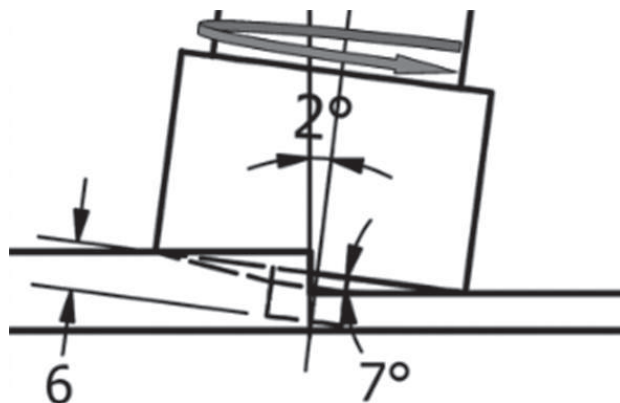
3.2 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการศึกษาความสามารถเชิงกลคือ ความแข็งแรงดึง และค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อม อลูมิเนียมที่มีขนาดความหนาที่ต่างกันด้วยรอยต่อชน ทำการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานแบบกวน ซึ่งจากการศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าความเร็วรอบอัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อม มีผลต่อสมบัติของแนวเชื่อม ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการทดลอง โดยใช้ตัวกวนมีลักษณะเป็นทรงรียาว ในการเชื่อม กัดตัวกวนลงระหว่างกลางรอยต่อชนของอลูมิเนียม ที่ความลึกของตัวกวน 2.5 มม. ซึ่งบ่าของตัวกวนชิดขอบขวา และซ้ายเท่า ๆ กัน หมุนกวน ในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา เดินแนวเชื่อมยาวตลอดแนว แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนรอยต่อชนอลูมิเนียม 6063 ความหนา 6.3 มม. และ 3 มม.

ในการหมุนของตัวกวน กำหนดให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา เพื่อให้เนื้อของอลูมิเนียมที่มีความหนา 6.3 มม. เคลื่อนตัวมาเกาะติดบริเวณแนวเชื่อมฝั่งรีทรีททิ้ง ที่มีความหนา 3 มม. โดยเอียงมุมของอุปกรณ์ยึด 7 องศา แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 มิติของตัวกวนขณะเชื่อม (หน่วย: มม.)

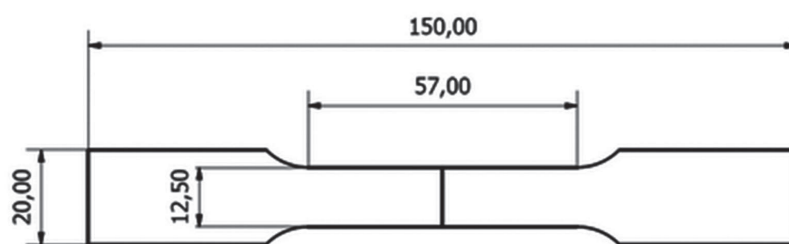
ในการทดลองนี้ประยุกต์ใช้เครื่องกัดอัตโนมัติเชื่อมด้วยความเสียดทาน โดยได้กำหนดตัวแปรในการทดลองไว้ 2 ตัวแปร คือ อัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อมและความเร็วรอบของตัวกวน โดยค่าตัวแปรในการทดลองแสดงดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรการทดลอง

รายการ	ค่าตัวแปร
อัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อม	60, 80 และ 100 มม./นาที
ความเร็วรอบของหัวกลึง	300, 400 และ 500 รอบต่อนาที

เมื่อทำการเซตเครื่อง และจับยึดชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ทำการเชื่อมตามตัวแปรที่กำหนด โดยเมื่อเชื่อมเสร็จแต่ละครั้งปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวในอากาศก่อนนำชิ้นงานออกจากอุปกรณ์จับยึด แล้วนำชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อมไปเตรียม สำหรับการทดสอบสมบัติทางกลของแนวเชื่อม

การตรวจสอบความสมบูรณ์แนวเชื่อมก่อนการเตรียมชิ้นงานทดสอบสมบัติทางกล โดยสังเกตตรวจสอบผิวหน้าของรอยแนวเชื่อม เศษครีที่ที่เกิดขึ้นจากการเชื่อม เมื่อตรวจสอบลักษณะของการเชื่อมแล้วนำชิ้นงานเตรียมทดสอบสมบัติทางกล คือค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง การเตรียมใช้เครื่องจักรกลช่วยในการกัดตัดแบ่ง และทำชิ้นทดสอบ ตามมาตรฐาน ASTM E8M-04 โดยขนาด และลักษณะของชิ้นทดสอบสมบัติทางกลแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E8M-04 (หน่วย: มม.)

เมื่อได้ชิ้นงานทดสอบตามขนาดและจำนวนที่ต้องการนำชิ้นงานที่ได้เข้าเครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine) ใช้ความเร็วในการดึง 2 มม./นาที จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ผล

การทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อม ใช้มาตรฐาน ASTM E92 โดยใช้เครื่องทดสอบไมโครวิกเกอร์ ยี่ห้อ MATSUZAWA รุ่น MMT-X7-LCD กดบริเวณพื้นที่หน้าตัดของบริเวณเนื้อแนวเชื่อมและบริเวณพื้นที่กระพริบรอยระหว่างรอยกดแต่ละรอย 1 มม. โดยใช้แรงกด 50 kgf. และใช้เวลาในการกด 10 วินาที

การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคแนวเชื่อมตัดชิ้นงานทดสอบในทิศทางตั้งฉากกับเนื้อแนวเชื่อม จากนั้นนำชิ้นทดสอบมาขัดกระดาษทราย และทำการกัดกรด (Etching) ด้วยสารละลายไฮโดรฟลูออริก กับน้ำกลั่น ตามมาตรฐาน ASTM E407 แล้วส่องด้วยกล้อง Optical Micro Scope ยี่ห้อ LEICA รุ่น SDM2500M ที่กำลังขยาย 200 เท่า

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

4.1 การทดสอบค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง

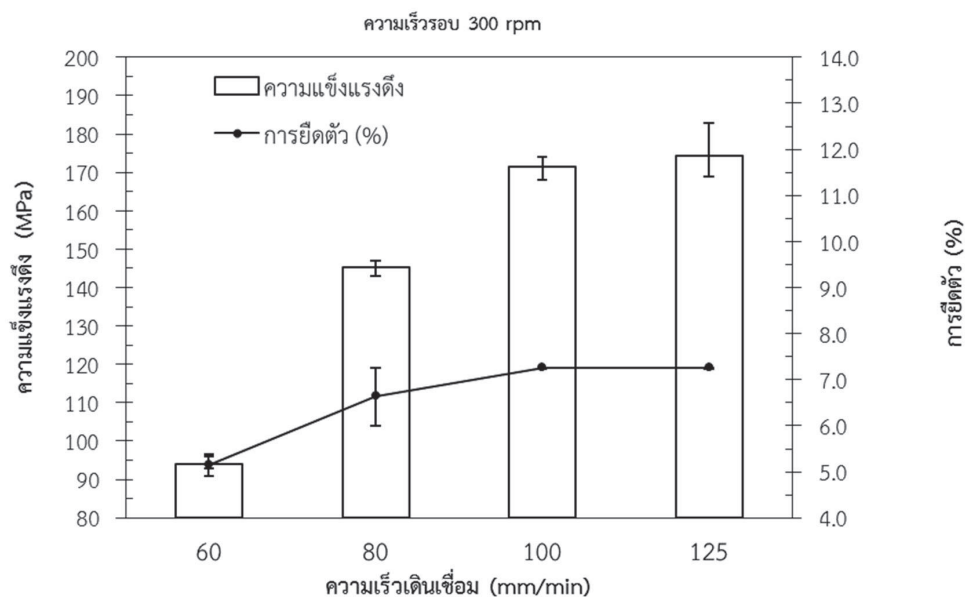
ผลการทดลองการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานแบบกวนรอยต่อชนแผ่นเทเลอร์แบบลงคัลลูมิเนียม 6063 เชื่อมด้วยหัวกลึงรูปทรงทรงเรียว (T3) ที่มีผลต่อความสมบูรณ์ต่อชิ้นงาน และความแข็งแรงของวัสดุรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

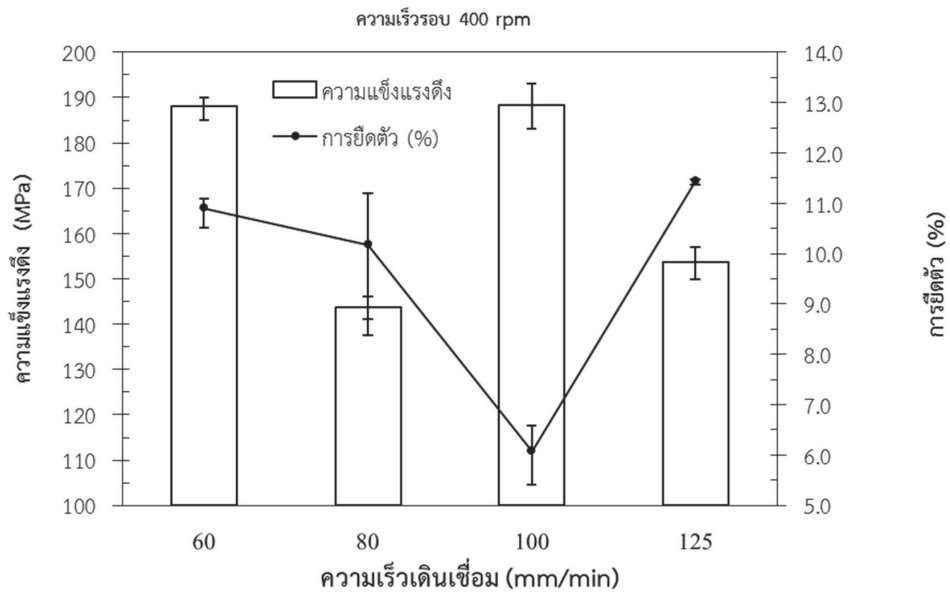
วัสดุ	ค่าความต้านทานแรงดึง (MPa)	% Elongation
อลูมิเนียมผสม AA6063 ความหนา 6.3 มม.	268	23.41
อลูมิเนียมผสม AA6060 ความหนา 3 มม.	241	20.26

จากการทดลองพบว่า ความเร็วรอบของตัวกวน 300, 400, 500 รอบต่อนาที มีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของแนวเชื่อม แสดงดังภาพที่ 7, 8, 9 ขึ้นงานที่ผ่านการเชื่อมด้วยตัวกวนทรงเรียวที่อัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที ความเร็วรอบของตัวกวน 500 รอบต่อนาที ให้ค่าความแข็งแรงดึงมากที่สุด 192 MPa. แสดงดังภาพที่ 9 และที่อัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อม 60 มม./นาที ความเร็วรอบของตัวกวน 300 รอบต่อนาที ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงต่ำสุดที่ 60 MPa. แสดงดังภาพที่ 7

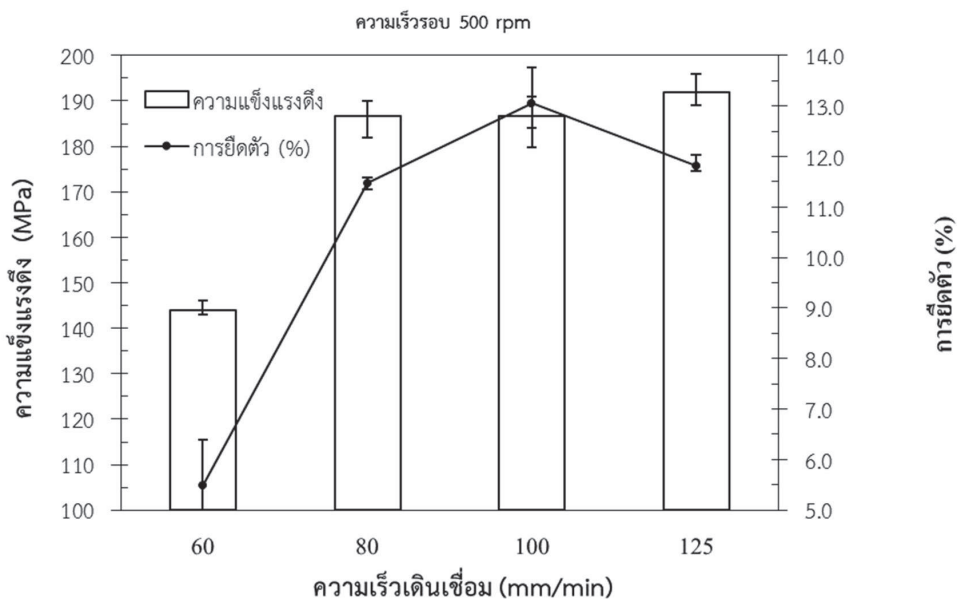
ซึ่งจากค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงที่ได้ พบว่าความเร็วรอบของตัวกวน และอัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อมที่ต่างกันส่งผลต่อความแข็งแรงดึง ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงขึ้น เมื่ออัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อมสูงขึ้นที่ความเร็วรอบ 300 และ 500 รอบต่อนาที โดยพบว่าที่อัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อมที่ 60 – 125 มม./นาที ความแข็งแรงดึงสูงขึ้นตามลำดับ



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ความแข็งแรงดึงความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที

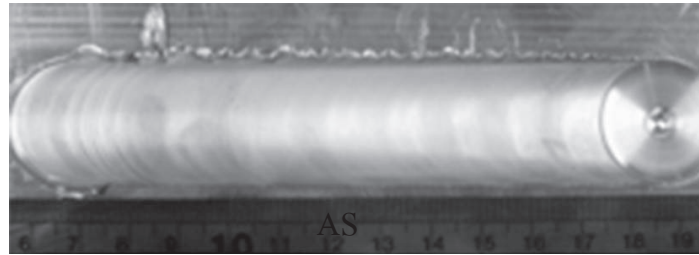


ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ความแข็งแรงดึงความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที

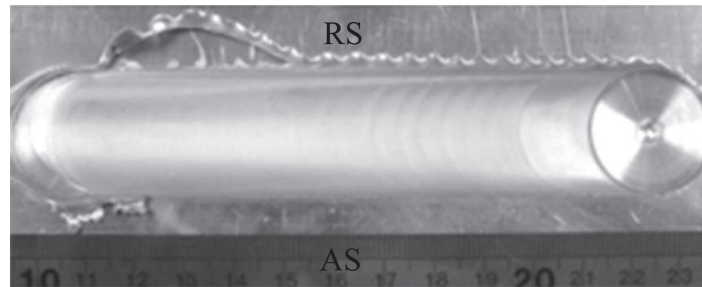


ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ความแข็งแรงดึงความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที

การตรวจสอบด้วยตาเปล่าผิวหน้ารอยเชื่อม พบว่าผิวหน้ารอยเชื่อมความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที ความเร็วเดินแนวเชื่อม 60 มม./นาที มีครีบทึบบริเวณผักริทธิทึงเท่านั้น เพราะการหมุนทวนเข็มนาฬิกาของตัวกวนที่มีลักษณะเป็นทรงเรียวทำหน้าที่หมุนนำพาอลูมิเนียมขึ้นมาที่บ่าของตัวกวนเนื้อขึ้นทดสอบจากด้าน แอดวานซ์ไปด้านริทธิทึง ทำให้เกิดลักษณะผิวหน้าแนวเชื่อมที่มีรอยสม่ำเสมอ ที่ความเร็วรอบ 500 รอบ ต่อนาที ความเร็วเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที ทำให้เกิดลักษณะผิวหน้าแนวเชื่อมที่มีรอยสม่ำเสมอ มีครีบทึบบริเวณผักริทธิทึงเท่านั้น แสดงดังภาพที่ 10 (ข)



(ก) ผิวหน้ารอยเชื่อมความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที ความเร็วเดินแนวเชื่อม 60 มม./นาที



(ข) ผิวหน้ารอยเชื่อมความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ความเร็วเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที

ภาพที่ 10 เปรียบเทียบผิวหน้าลักษณะผิวหน้ารอยเชื่อม

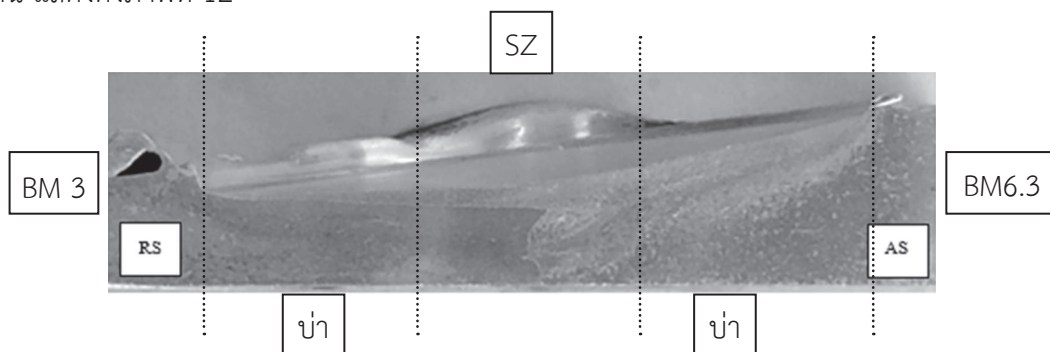
4.2 ผลของการวิเคราะห์โครงสร้างมหภาคและจุลภาค

การเสียดสีของวัสดุกับแกนหมุนในระหว่างการเชื่อมภายในแนวเชื่อม ซึ่งมีอิทธิพลโดยตรง/โครงสร้างในแนวเชื่อม นั่นคือการเสียสภาพร่างในสภาวะพลาสติก (Plastic Deformation) [2] ซึ่งสามารถแบ่งเป็นบริเวณได้ ดังนี้ คือ Nugget Zone (NZ), Stir Zone (SZ), Thermal Mechanical Affected Zone (TMAZ), Heat Affected Zone (HAZ) และ Base Material (BM) แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 บริเวณพื้นที่งานเชื่อม

การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคจะนำชิ้นงานที่มีค่าความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูงสุด ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ความเร็วเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที มาตรวจสอบโครงสร้างมหภาค โดยมีลักษณะการผสมกวนรวมแบบกึ่งกลางเท่า ๆ กัน แสดงดังภาพที่ 12



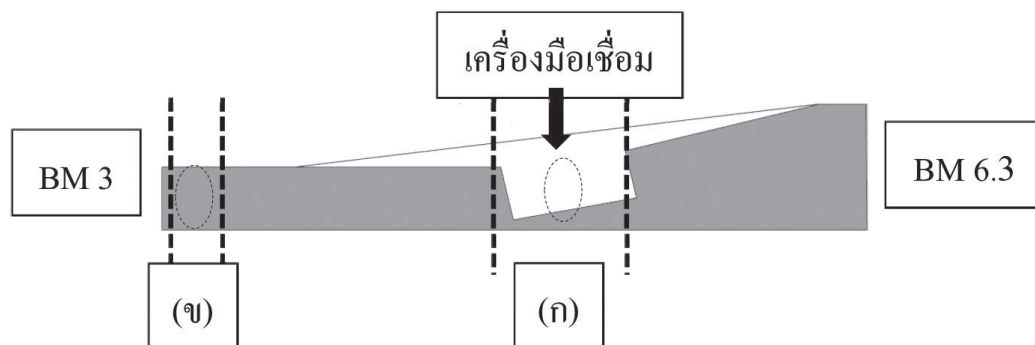
ภาพที่ 12 การผสมกวนรวมที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ความเร็วเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที

Mishra กล่าวว่ารูปร่างของ Nugget Zone ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์หรือตัวแปรในการเชื่อม (ความเร็วการหมุนและความเร็วการเชื่อม) รูปร่างตัวเชื่อม อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในวัสดุในระหว่างการเชื่อม และความเหนียวนำทางความร้อนของวัสดุ และองศาในการเชื่อม [6] สรุปผลการตรวจสอบโครงสร้างมหภาคได้ว่าลักษณะการผสมผสานรวมแบบกึ่งกลางเท่าๆ กัน ดังภาพที่ 12 มีความแข็งแรงมากที่สุดวัดได้จากการทดสอบแรงดึงที่ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ความเร็วการเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที เครื่องมือเชื่อมทรงเรียว ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุด 192 MPa

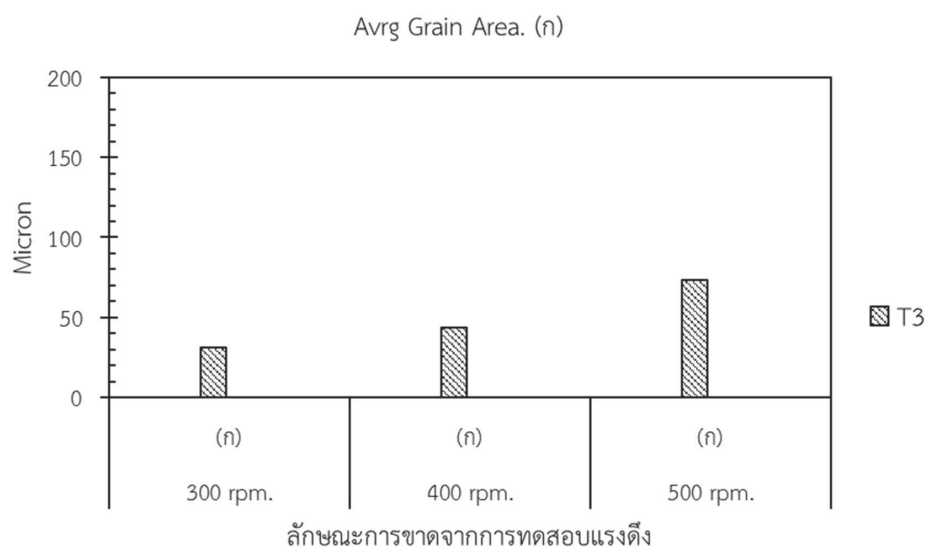
โครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม (Microstructure) การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียม AA6063 ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง Optical Micro Scope เพื่อการประเมินเปรียบเทียบขนาดตามมาตรฐาน ASTM E 1382-97/E112 เกรนบริเวณพื้นที่การพังทลาย 2 จุด ได้แก่

(ก) การขาดบริเวณกลางรอยเชื่อม ดังภาพที่ 13 (ก)

(ข) การขาดบริเวณเนื้อชิ้นงานความหนา 3 มม. ดังภาพที่ 13 (ข)

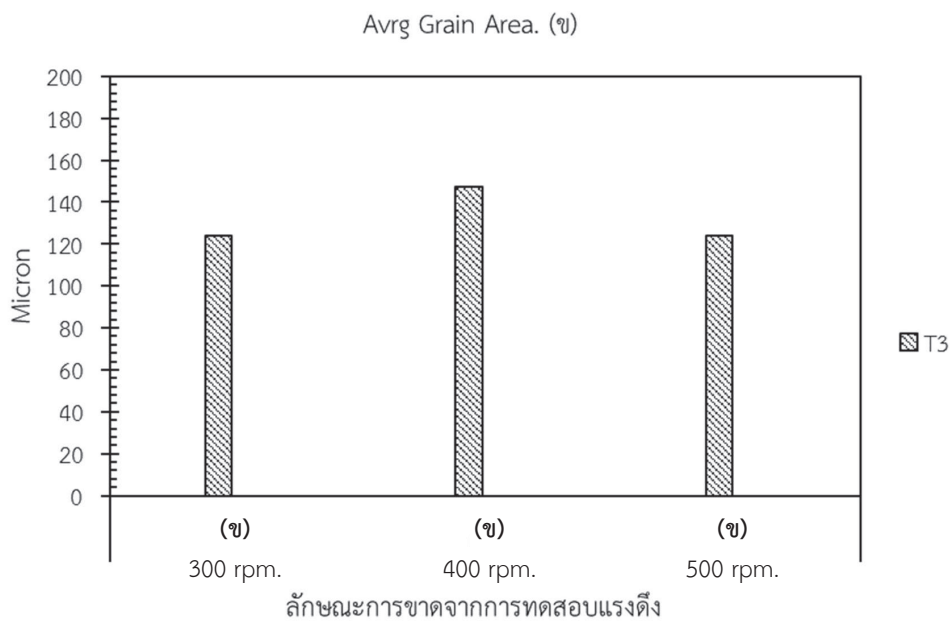


ภาพที่ 13 บริเวณประเมินเปรียบเทียบขนาดเกรน



ภาพที่ 14 กราฟแสดงการเปรียบเทียบขนาดเกรน (ก) ความเร็วเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที

ภาพที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบขนาดเกรน บริเวณ (ก) ความเร็วเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มขนาดเกรนใหญ่ขึ้น ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที มีเกรนขนาดเล็กที่สุด 30.15 μm ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที มีเกรนขนาดใหญ่ที่สุด 76.25 μm รูปทรงของเครื่องมือเชื่อม มีผลต่อการไหลของเนื้อวัสดุ และความร้อนจากการเสียดทานมีผลต่อขนาดของเกรน ขนาดเกรนมีผลต่อความแข็งแรงดึง, ความแข็ง, ความเปราะ และความเหนียวของโลหะ ขนาดเกรนที่ใหญ่ทำให้ชิ้นงานพังทลายได้ง่ายแต่เหนียว ขนาดเกรนที่เล็กมีความแข็งแรงมากกว่าเกรนที่ใหญ่ ขนาดเกรนบริเวณตัวกวน มีขนาดเกรนใหญ่กว่าบริเวณบ่าเครื่องมือ และบริเวณเนื้อวัสดุเดิม

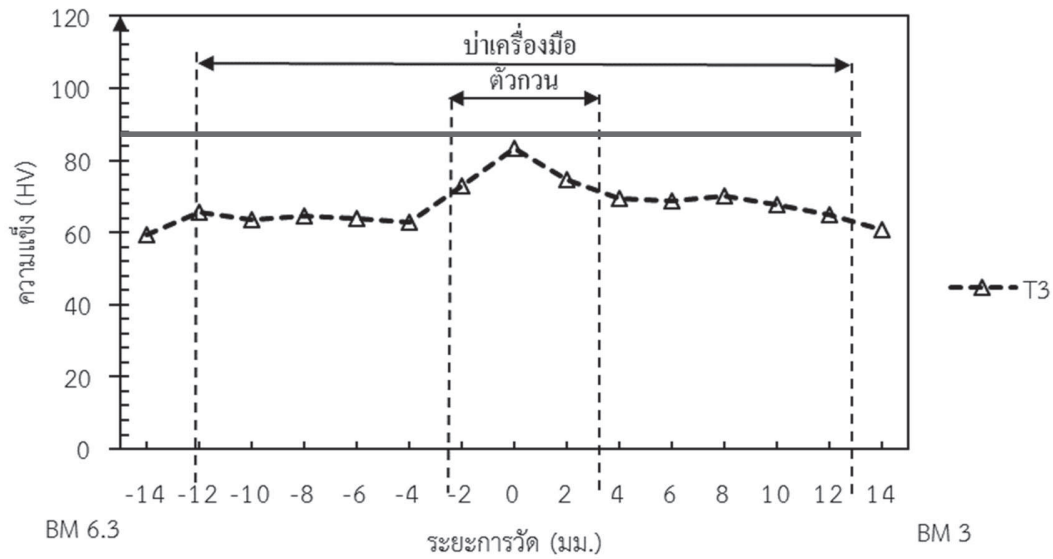


ภาพที่ 15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบขนาดเกรน (ข) ความเร็วเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที

ภาพที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบขนาดเกรน บริเวณ (ข) ความเร็วเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที ความเร็วรอบ 300 และ 500 รอบต่อนาที มีเกรนขนาดใกล้เคียงกัน 125.31 และ 125.05 μm ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที มีเกรนขนาดใหญ่ที่สุด 147.85 μm

4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรง

การวัดความแข็งแรงเป็นการทดสอบความสามารถของโลหะในการต้านทานต่อการเปลี่ยนสภาพถาวร เมื่อถูกแรงกดจากหัวกดกระแทกลงบนชิ้นงานทดสอบและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างอูมิเนียม ซึ่งเป็นอิทธิพลมาจากความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการเชื่อม ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกบริเวณนี้ว่า HAZ [1] ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E92 แล้วนำผลที่ได้ไปเขียนในภาพแบบกราฟเปรียบเทียบวัดค่าความแข็งแรงของแต่ละพื้นที่ได้รับอิทธิพลจากเครื่องมือเชื่อม นำชิ้นงานที่มีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงที่สุด นำเสนอค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อม



ภาพที่ 16 กราฟค่าความแข็งแนวเชื่อม ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที
ความเร็วเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที

ภาพที่ 16 กราฟค่าความแข็งแนวเชื่อม ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ความเร็วเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที บริเวณพื้นที่วัสดุเดิม (-14) บริเวณพื้นที่กระทบร้อน (-3 ถึง -13) บริเวณ -3 ถึง -12 มีแนวโน้มค่าใกล้เคียงกัน มีความแข็งต่ำกว่าค่าความแข็งบริเวณแนวเชื่อม แต่พื้นที่ที่กระทบร้อน (3 ถึง 13) ไปจนถึงบริเวณพื้นที่วัสดุเดิม (8) มีแนวโน้มค่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้นกว่าด้าน 6.3 และลดลงไปจนถึงบริเวณพื้นที่วัสดุเดิม (14) บริเวณตัวกวน มีค่าความแข็งสูงกว่าบริเวณบ่งงานเพราะ การไหลของเนื้อวัสดุและรูปทรงของตัวกวน

4.4 การเปรียบเทียบลักษณะรอยขาดของแนวเชื่อม

ผลการทดสอบแรงดึงมีลักษณะของการขาดอยู่ 2 ลักษณะ โดยการนำเสนอจะใช้สัญลักษณ์แทน ลักษณะการขาดทั้ง 2 แบบ และอธิบายผลการทดลองโดยใช้ตารางสรุปลักษณะการขาดของชิ้นงานทดสอบ แสดงดังภาพที่ 17 และ ตารางที่ 3



(ก) การขาดกลางรอยเชื่อม



(ข) การขาดบริเวณเนื้อชิ้นงานหนา 3 มม.

ภาพที่ 17 ลักษณะการขาดจากการทดสอบแรงดึง



ตารางที่ 3 ลักษณะการขาดจากการทดสอบแรงดึงความเร็วการเดินแนวเชื่อม 122 มม./นาที่

ความเร็วรอบ	ความเร็วเดินเชื่อม มม./นาที่				ลักษณะการพังทลายของชิ้นงานทดสอบ
	60	80	100	120	
300 รอบต่อนาที	ก	ก	ก	ก	ก = การขาดกลางรอยเชื่อม
400 รอบต่อนาที	ข	ข	ก	ข	ข = การขาดบริเวณเนื้อชิ้นงานหนา 3 มม.
500 รอบต่อนาที	ข	ข	ข	ข	

การเปรียบเทียบลักษณะการพังทลายของชิ้นงานทดสอบความเร็วการเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที่ จากการตรวจสอบรอยขาดความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที มีลักษณะการขาดกลางรอยเชื่อมความเร็วรอบ 400 - 500 รอบต่อนาที มีลักษณะการขาดชิ้นงานบริเวณความหนา 3 มม. การขาดชิ้นงานบริเวณความหนา 3 มม. มีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงอยู่ที่ 192 (MPa.)

5. อภิปรายผลการวิจัย

ผลจากค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงที่ได้ พบว่าความเร็วรอบของตัวกวน และอัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อมที่ต่างกันส่งผลต่อความแข็งแรงดึง จากการวิเคราะห์พบว่าค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงขึ้น เมื่ออัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อมสูงขึ้นที่ความเร็วรอบ 300 และ 500 รอบต่อนาที โดยพบว่าที่อัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อมที่ 60 - 125 มม./นาที่ ความแข็งแรงดึงสูงขึ้นตามลำดับ

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัยการศึกษาอิทธิพลความเร็วรอบ และอัตราการป้อนในการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน อลูมิเนียม 6063 ความหนาต่างกันด้วยตัวกวนทรงเรียว

6.1 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง เครื่องมือเชื่อมทรงเรียว ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที ความเร็วการเดินแนวเชื่อม 125 มม./นาที่ ให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุด 192 MPa.

6.2 ผลการเปรียบเทียบลักษณะรอยขาดของแนวเชื่อมมีลักษณะการขาดชิ้นงานอยู่ 2 ลักษณะ ชิ้นงานที่มีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุดมีการขาดบริเวณเนื้อชิ้นงานหนา 3 มม.

6.3 ผลการทดสอบความแข็งของแนวเชื่อม ชิ้นงานที่มีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุดบริเวณแนวเชื่อมและบามีค่าความแข็งสูงกว่าพื้นที่ขาดบริเวณเนื้อชิ้นงานหนา 3 มม.

6.4 ผลของการวิเคราะห์โครงสร้างมหภาคจุลภาครอยเชื่อมที่มีค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงสูงสุดการขาดบริเวณเนื้อชิ้นงานหนา 3 มม. มีเกรนขนาด 125.31 μm

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการทดลองที่ความเร็วรอบและอัตราการป้อนของการเดินแนวเชื่อมที่หลากหลาย



7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ธรรมนูญ อินทรพล, และกิตติพงษ์ กิมะพงศ์. (2551). อิทธิพลของตัวแปรการเชื่อมเลเซอร์ต่อสมบัติทางกลของรอยต่อชนแผ่นเทเลอร์แบลิ่งค์เหล็กเคลือบสังกะสีเกรด SGACD. รายงานการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 6 (น. 579-583). สงขลา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [2] W.M. Thomas, E.D.N., J.C. Needham, M.G. Murch, P.Temple-Smith, C.J. Dawes. (1991). *Friction Stir Butt Welding*. Retrieved 20 February 2021 from <https://patents.google.com/patent/US5460317A/en>
- [3] กิตติพงษ์ กิมะพงศ์. (2551). การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน:การแก้ปัญหาการต่อวัสดุที่ยากต่อการเชื่อมหลอมละลาย. รายงานการประชุมข่ายงานวิชาการวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2551 (น. 712-717). สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [4] ธงชัย เครือฝื่อ และคนอื่นๆ. (2551). อิทธิพลของความเร็วในการเชื่อมและรูปแบบของหัวพินที่มีผลต่อสมบัติทางโลหะวิทยาและสมบัติทางกลในการเชื่อมอลูมิเนียมผสม A356 ที่หล่อโดยเทคโนโลยีหล่อกึ่งของแข็งด้วยกรรมวิธีการเชื่อมเสียดทานแบบกวน. การประชุมข่ายงานวิชาการวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2551 (น. 933-939). สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [5] นราธิป แสงซ้าย, สงกรานต์ บางศรีณย์ทิพย์ และกิตติพงษ์ กิมะพงศ์. (2551). อิทธิพลรูปร่างตัวกวนการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนต่อความต้านทานแรงดึงของรอยต่อชนอลูมิเนียม AA6063-T1. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม*, 9 (2), 19-25.
- [6] R.S. Mishra, Z.Y.M.. (2005). Friction stir welding and processing. *Materials Science and Engineering*, 50 (1-2), P. 1-78.