

## การศึกษาอิทธิพลด้านตัวแปรของการเชื่อมเสียดทานแบบกวนของรอยต่ออลูมิเนียมผสมแมกเนต 5083

## Influence Parameter of Friction Stir Welding of Aluminium 5083 Butt joint

อนุวัต สุเพียร, สิทธินัน บุญเลิศ\*

Anuwat Supian, Sitthinan Boonlerd\*

สาขาวิชาเครื่องกลและการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร สกลนคร 47000 ประเทศไทย

\*Corresponding Author: [emilpom@windowslive.com](mailto:emilpom@windowslive.com)

Received: 28 June 2016; Revised: 30 May 2017; Accepted: 30 May 2017; Available online: 1 August 2017

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลตัวแปรการเชื่อมเสียดทานต่อคุณสมบัติรอยต่ออลูมิเนียมผสมแมกเนต 5083 ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมมากมาย ซึ่งได้มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะกับงานด้านอุตสาหกรรมในประเทศ อุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ อุตสาหกรรมประกอบเรือ นอกจากนี้ในวงการอุตสาหกรรมยังพยายามใช้อลูมิเนียมเกรดนี้เข้ามาแทนที่วัสดุเหล็ก เนื่องจากอลูมิเนียมเกรดนี้มีน้ำหนักเบาแต่มีความแข็งแรงในระดับหนึ่ง จากการศึกษาอิทธิพลตัวแปรการเชื่อมต่อกลสมบัติของรอยต่อชน ระหว่างอลูมิเนียม โดยทำการเชื่อมเสียดทานตามตัวแปรต่างๆ ที่ทำการกำหนดไว้ ได้แก่ ความเร็วรอบของตัวกวน และความเร็วในการเดินแนวเชื่อม เพื่อทำการวิเคราะห์ตัวแปร และทำการเปรียบเทียบในแต่ละตัวแปรของการเชื่อมเสียดทาน จากผลการวิจัยพบว่า ที่ความเร็วรอบของตัวกวนที่ระดับ 800 รอบต่อนาที และความเร็วเดินแนวเชื่อมที่ระดับ 75 มิลลิเมตรต่อนาที ที่สภาวะนี้พบว่าบริเวณแนวเชื่อมพบจุดบกพร่องเกิดขึ้นจากการที่แนวเชื่อมไม่เกิดการประสานกันอย่างสมบูรณ์ ในขณะที่การเชื่อมที่ความเร็วรอบของตัวกวนที่ระดับ 800 รอบต่อนาที และความเร็วเดินแนวเชื่อมที่ระดับ 125 มิลลิเมตรต่อนาที ที่สภาวะนี้พบว่าเมื่อทำการตรวจสอบโครงสร้างแบบมหภาคบริเวณแนวเชื่อมไม่พบจุดบกพร่องเกิดขึ้น แนวเชื่อมมีการประสานกันอย่างแข็งแรง และมีค่าการทดสอบแรงดึงสูงที่สุดอยู่ที่ระดับ 244 MPa

คำสำคัญ: การเชื่อมเสียดทาน; รอยต่อชน; อลูมิเนียม

## Abstract

This research aims to study the influence of a variable mechanical Friction Stir Welding of Aluminium 5083 butt joint. That used in many industrial applications, which are widely used by industry, such as in the car industry, assembly ship industrial. In addition, this also is trying to use this grade of aluminum to replaced steel material since aluminum is lightweight, but strength in one level. From a study of the influence of variables mechanical properties of butt joints. Between the aluminum by using Friction Stir Welding and various variables defined, include the rotating speed, welding speed, Insert of Tool and Tilt angle. Then studied mechanical connection variables influence the properties of structural welding seam to make the analysis of variables and compare in each variable connection friction. From this research found that, at 800 rpm welding speed at 75 mm. min<sup>-1</sup>.

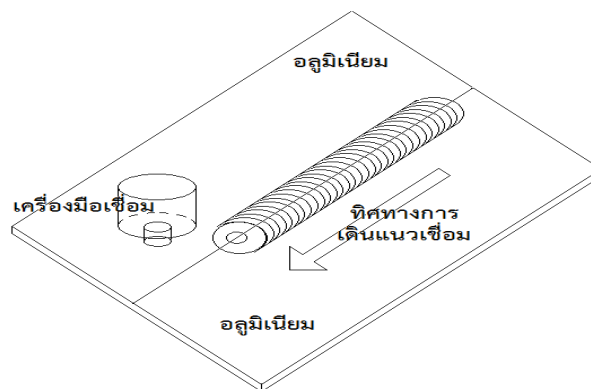
©2017 Sakon Nakhon Rajabhat University reserved

respectively. At this condition found the Defect in welding. At 800 rpm welding speed at 125 mm. min<sup>-1</sup>. found the highest tensile strength and not Defect in welding, the value is 244 MPa.

**Keywords:** Friction Stir Welding; Butt joint; Aluminium

## 1. บทนำ

การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน (Friction Stir Welding: FSW) เป็นกระบวนการเชื่อมในสภาวะของแข็ง (Solid State Welding) ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรม การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนสามารถเชื่อมวัสดุที่มีความยากต่อการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมหลอมละลาย (Conventional Fusion Welding) เช่นวัสดุประเภทอลูมิเนียม เมื่อเปรียบเทียบกับ การเชื่อมแบบหลอมละลายจะพบว่า การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนสามารถทำให้กลสมบัติของแนวเชื่อมมีค่าสูงในบริเวณแนวเชื่อม (Welded Zone) กรรมวิธีการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนได้มีการประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมด้านการผลิตเครื่องบิน รถยนต์ และเรือเดินสมุทร นอกจากนี้ในปัจจุบันยังเป็นกระบวนการเชื่อมที่ได้รับความนิยมในการทำวิจัยเพื่อพัฒนาสมบัติต่างๆอย่างต่อเนื่องทั้งในอุตสาหกรรม การเชื่อม อุตสาหกรรมด้านวัสดุ ตลอดจนหน่วยงานวิจัยระดับองค์กรและสถาบันการศึกษา หลักการและลักษณะของกระบวนการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนจะเป็นการประสานวัสดุแบบไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนสูงมาจากแหล่งพลังงาน ไม่จำเป็นต้องใช้ลวดเชื่อม ไม่จำเป็นต้องใช้แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม ดังนั้นแนวเชื่อมที่ได้จะมีความสะอาด ไม่มีสแล็ค และไม่เปื้อนมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนจะทำการหมุนตามเข็มนาฬิกาโดยอาศัยเครื่องมือเชื่อมเป็นตัวกลางในการประสาน โดยเครื่องมือเชื่อมจะกดลงสู่วัสดุด้านหนึ่ง จากนั้นจึงเดินแนวระดับเข้าสู่กลางแนวเชื่อม จากนั้นเครื่องมือเชื่อมจะเดินแนวเป็นทางตรงตามแนวเชื่อมจนกระทั่งวัสดุทั้ง 2 ด้านเกิดการประสานกัน แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะกระบวนการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน (Friction Stir Welding: FSW)

เครื่องมือเชื่อมมีส่วนประกอบหลักๆคือ ป่าเครื่องมือเชื่อม (Shoulder) และตัวกวน (Probe or Stirrer) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญมาอย่างหนึ่ง ซึ่งตัวกวนนี้จะถูกสอดเข้าไปในรอยต่อของวัสดุบริเวณแนวเชื่อมจนกระทั่งป่าเครื่องมือเชื่อมสัมผัสกับผิวของรอยต่อของวัสดุในแนวตั้ง การเสียดทานที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิดความร้อนจากแรงเสียดสีระหว่างผิวของตัวกวนและป่าเครื่องมือกับเนื้อวัสดุรอบๆตัวกวน ซึ่งจะทำให้วัสดุเกิดการอ่อนตัวอยู่ในสภาวะคล้ายของไหล (Plastic Fluid-like State) ตัวกวนจะเกิดการเคลื่อนที่ด้านบนของรอยต่อ และเกิดการกดขยอนลงมาเนื่องจากการกดของป่าเครื่องมือทำให้วัสดุเกิดการไหลวน หรือเกิดการกวน (Stirring) ภายใต้อำนาจ [1] เมื่อวัสดุเกิดการอ่อนตัวและเกิดการไหลวนแล้ว ตัวกวนจะทำการเคลื่อนที่ให้วัสดุที่อ่อนตัวแล้วเกิดการกวนอยู่ด้านหน้าของตัวกวน และจะถูกถ่ายเทมาสู่ด้านหลังตามทิศทางการหมุนของตัวกวนทางด้านรีทริทิ่ง และบางส่วนจะไหลจากด้านหลังสู่ด้านหน้าทางด้านแอดวานซ์ ซึ่งด้านรีทริทิ่ง คือ ด้านที่ทิศทางการหมุนของตัวกวนสวนทางกับทิศทางการเชื่อม ขณะที่ด้านแอดวานซ์ คือ ด้านที่ทิศทางการ

หมุนของตัวกวนขนานกับทิศทางการเชื่อม จากนั้นเมื่อวัสดุส่งผ่านรอบๆตัวกวนและตัวกวนเกิดการเคลื่อนที่บ่าด้านหลังของเครื่องมือเชื่อมจะกดอัด และผสมวัสดุทำให้เกิดการรวมตัวกันขึ้นเป็นแนวเชื่อม [2]

จากการศึกษาพบว่าอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 เป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย และมีคุณสมบัติทางกลที่ดี นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่อเรือ รวมถึงอุตสาหกรรมด้านการประกอบรถยนต์ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีจุดมุ่งหมายในการประยุกต์การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนในการเชื่อมรอยต่อชนระหว่างอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 ซึ่งอลูมิเนียมนี้ว่าเป็นวัสดุที่เชื่อมได้ยาก [3] เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติทางกลของรอยต่อ ซึ่งคาดว่าประสาณกันระหว่างวัสดุจะสามารถทำได้ดีและได้ค่าการทดสอบคุณสมบัติด้านความแข็งแรงของวัสดุมีความใกล้เคียงกับเนื้อวัสดุหลักที่ไม่ผ่านกระบวนการเชื่อม จากนั้นทำการตรวจสอบโครงสร้างและสมบัติทางกลของแนวเชื่อมที่ดีที่สุดมาตรวจสอบและเปรียบเทียบความแข็งแรงของรอยต่อชนของอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมต่างๆต่อไป ดังที่เคยปรากฏในงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการเชื่อมเสียดทานแบบกวนสามารถให้ค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมที่ใกล้เคียงกับค่าความแข็งแรงของวัสดุที่ไม่ผ่านการเชื่อมเสียดทาน [4] นอกจากนี้ตัวแปรด้านการเชื่อมต่างๆ ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมอีกด้วย [5]

### **วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย**

วัตถุประสงค์ในการทำวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลด้านตัวแปรที่ส่งผลต่อการเชื่อมเสียดทานแบบกวน โดยทำการศึกษาด้านความเร็วรอบและความเร็วในการเดินแนวเชื่อมของตัวกวนในการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนของรอยต่อชนอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 และศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากการเชื่อม โดยชิ้นงานมีขนาดความกว้างแผ่นละ 75 มิลลิเมตร ความยาว 150 มิลลิเมตร และความหนา 6.3 มิลลิเมตร เพื่อทำการศึกษาอิทธิพลตัวแปรการเชื่อมเสียดทานแบบกวนต่อคุณสมบัติของรอยต่อชน เช่น ความเร็วรอบของตัวกวน ความเร็วในการเดินแนวเชื่อม จากนั้นจึงทำการทดสอบความแข็งแรงที่เกิดขึ้นของแนวเชื่อมโดยกระบวนการทดสอบแรงดึง (Tensile Strength)

## **2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย**

การวิจัยเรื่อง การศึกษาอิทธิพลด้านตัวแปรของการเชื่อมเสียดทานแบบกวนของรอยต่อชนอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนของรอยต่อชนอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 ซึ่งเป็นวัสดุที่มีราคาสูงสามารถหาซื้อได้ง่ายภายในประเทศ และยังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในอุตสาหกรรมของไทย และศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากการเชื่อม และทราบถึงตัวแปรที่เกิดขึ้นที่มีความเหมาะสม ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ

**ระยะที่ 1** ศึกษาความเป็นไปได้ของงานวิจัย ศึกษาจากเอกสารงานวิจัยที่ผ่านมา ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเชื่อมเสียดทานแบบกวนของอลูมิเนียม

**ระยะที่ 2** ช่วงการจัดเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทำวิจัย จัดเตรียมแผ่นอลูมิเนียมตามขนาดที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย เช่น เครื่องมือเชื่อม เครื่องจักรกล CNC Milling ที่ใช้ในการเชื่อมเสียดทาน เครื่องตัดโลหะแบบไม่ทำลายโครงสร้าง และอุปกรณ์ที่ใช้อำนวยความสะดวกในการเชื่อมเสียดทาน

**ระยะที่ 3** เชื่อมเสียดทานอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 ตามตัวแปรที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ โดยเชื่อมแบบทำซ้ำ 3 ชุด เพื่อให้ผลที่ได้จากการเชื่อมเสียดทานแบบกวนได้ค่าที่มีความน่าเชื่อถือและมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 เชื่อมชิ้นงานตามตัวแปรที่กำหนดจากการศึกษาการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน

ขั้นตอนที่ 2 ตัดชิ้นงานตามขนาดมาตรฐาน AWS D1.2 เพื่อให้ได้ขนาดของชิ้นงานตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุคุณสมบัติทางกล (Tensile Strength)

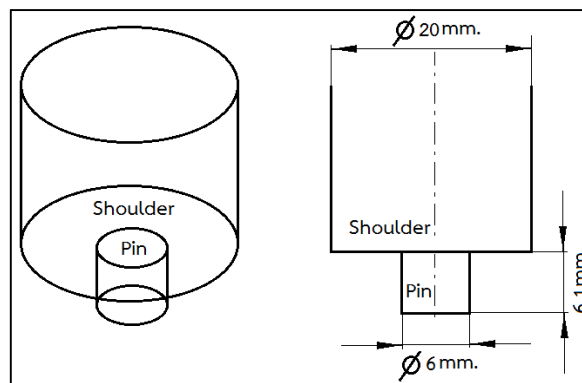
ขั้นตอนที่ 3 ตัดชิ้นงานย่อยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างบริเวณแนวเชื่อม เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างกลสมบัติและโครงสร้าง

ขั้นตอนที่ 4 สรุปผลการวิจัยโดยการวิเคราะห์ปัจจัยด้านความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ส่งผลให้การเชื่อมเสียตามแบบกวนของอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 มีผลต่อคุณสมบัติทางกลและวิเคราะห์โครงสร้างที่เกิดขึ้น

### การดำเนินงานวิจัย

การทดลองการวิจัยนี้ได้ทำการกำหนดจากตัวแปรที่สำคัญในการเชื่อมเสียตามแบบกวนรอยต่อชนแผ่นอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 ได้แก่ ความเร็วรอบของตัวกวน และความเร็วในการเดินแนวเชื่อม หลังจากทำการเชื่อมตามตัวแปรที่ได้กำหนดไว้แล้วจึงทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลด้านความแข็งแรงแนวเชื่อมโดยการทดสอบแรงดึง และทำการตรวจสอบโครงสร้าง

การออกแบบเครื่องมือเชื่อมนั้นขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในการเชื่อมเป็นหลัก ทั้งในเรื่องของขนาดและความหนาของวัสดุ ดังนั้นขนาดของเครื่องมือเชื่อมจึงได้ถูกออกแบบตามที่ได้กำหนดไว้ในตัวแปร ซึ่งจากตัวแปรที่ได้ทำการกำหนดขนาดไว้คือ ตัวกวนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และได้ทำการกำหนดขนาดบ่าเครื่องมือที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 20 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2 สำหรับวัสดุที่นำมาใช้ทำตัวกวน และบ่าเครื่องมือ เป็นวัสดุประเภทเหล็กกล้าเครื่องมือสำหรับงานเย็นเกรด SKD 11 (ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม: Japanese Industrial Standard: JIS) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความสามารถทนทานต่อการสึกหรอ ทนต่อการถูกขัดสี มีความแข็งแรงทนทานซึ่งรวมถึงการเสียดสีของคมตัดด้วย มีความสามารถในการกลึงใส (Machinability) โดยทำการกลึงด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติ โดยตัวหมุนกวนและบ่าเครื่องมือมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องทำให้ผิวหน้าบริเวณบ่ามีความเรียบสูง ดังนั้นบริเวณผิวหน้าต้องทำการกลึงผิวเรียบและปรับแต่งความเรียบอีกครั้งด้วยการขัดด้วยกระดาษทรายละเอียด โดยการขัดกระดาษทรายจะทำการขัดโดยเรียงจากระดับความหยาบผิวจนกระทั่งความละเอียดที่มากที่สุด เพื่อที่จะสามารถนำตัวกวนมาทำการเชื่อมเสียตามแบบกวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากว่าหากบ่าเครื่องมือไม่มีความเรียบที่เพียงพอ อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเชื่อม คุณภาพของแนวเชื่อม และอาจเกิดปัญหาที่บริเวณแนวเชื่อมได้



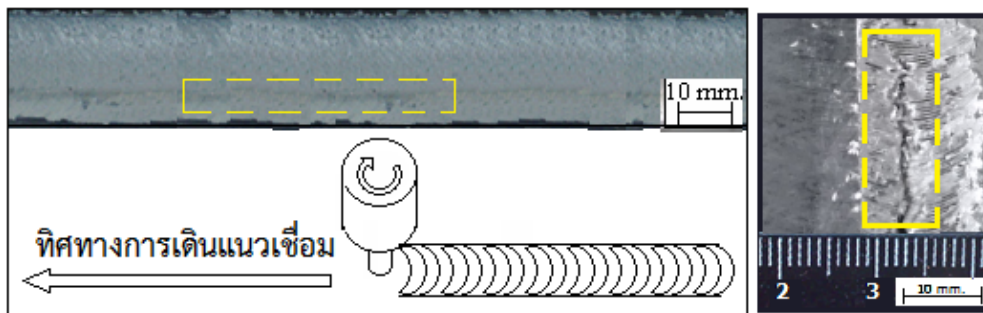
ภาพที่ 2 แสดงขนาดเครื่องมือเชื่อม

วัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 ที่มีธาตุผสมทางเคมีประกอบไปด้วย Mg 4.50% Si 0.40% Mn 0.70% ขนาดชิ้นงานทดลองที่ใช้ในการวิจัยอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 ชิ้นงานทดลองมีขนาด 75 x 150 x 6.3 มิลลิเมตร โดยในการทดลองเชื่อมจะนำชิ้นงานมาทำความสะอาดที่บริเวณผิวสัมผัสรอยต่อของวัสดุและทำการแต่งผิวหน้ารอยต่อวัสดุให้มีความเรียบ จากนั้นจึงทำการเชื่อมเสีย

ทานแบบกวนรอยต่อชน (Butt joint) แล้วทำการเชื่อมยาวตามแนวต่อของวัสดุบริเวณจุดต่อชนจากด้านหนึ่งของวัสดุไปจนสุดอีกด้านหนึ่งของวัสดุเป็นระยะทาง 150 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องจักร Milling ขนาด 15 แรงม้า

หลังจากทำการเชื่อมเสียดทานแบบกวนอลูมิเนียมเกรด 5083 ครบทุกตัวแปรที่กำหนดแล้ว ได้แก่ความเร็วในการหมุนกวนที่ 800 รอบต่อนาที และความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ 75, 100, 125 และ 150 มิลลิเมตรต่อนาที จึงนำชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมมาทำการตัดตามขนาดมาตรฐานการทดสอบวัสดุ (มาตรฐาน AWS - D1.2) เพื่อนำชิ้นงานที่ผ่านการตัดไปทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลหรือการทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อมโดยการทดสอบแรงดึงจากเครื่องทดสอบแรงดึง การทดสอบขั้นนี้เพื่อหาค่าคุณสมบัติด้านความแข็งแรงหรือความต้านทานแรงดึงของชิ้นงาน เพื่อทำการเปรียบเทียบทางกลสมบัติจากตัวแปรด้านความเร็วรอบของตัวกวนและความเร็วในการเดินแนวเชื่อม โดยทำการทดสอบแรงดึงของแนวเชื่อมทุกตัวแปรที่ได้กำหนดไว้ตัวแปรละ 3 ชิ้นทดสอบ จากนั้นจึงนำอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 ที่ไม่ผ่านกระบวนการเชื่อมเสียดทานแบบกวนมาทำการตัดตามขนาดมาตรฐานเช่นเดียวกัน เพื่อนำไปทำการทดสอบคุณสมบัติทางกลด้านความแข็งแรงเช่นเดียวกัน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหาค่าความแข็งแรงระหว่างชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมเสียดทานแบบกวนกับชิ้นงานที่ใช้เป็นวัสดุเดิมโดยเครื่องทดสอบแรงดึง ทำการตั้งค่าแรงดึงตามมาตรฐานกำหนดโดยชุดควบคุมเครื่องทดสอบแรงดึง ซึ่งมีหน้าที่ป้อนข้อมูลและสั่งการไปยังเครื่องทดสอบแรงดึงทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้เป็นไปตามค่าที่ได้ทำการกำหนดไว้

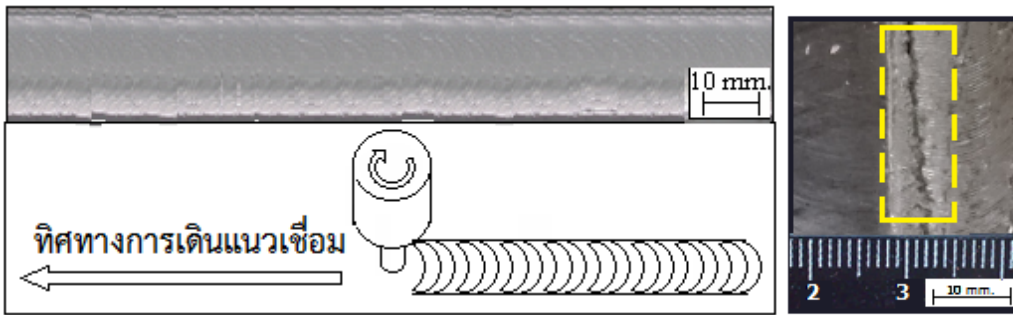
### 3. ผลและการอภิปรายผลการวิจัย



ภาพที่ 3 การเชื่อมโดยใช้ความเร็วรอบตัวกวน 800 รอบต่อนาที ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ระดับ 75 มิลลิเมตรต่อนาที

ที่ระดับความเร็วรอบตัวกวน 800 รอบต่อนาที ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ระดับ 75 มิลลิเมตรต่อนาที ดังภาพที่ 3 จะพบว่าแนวเชื่อมที่เกิดขึ้นนี้ มีผิวหน้าแนวเชื่อมที่มีความสมบูรณ์ในระดับหนึ่ง แต่ก็ยังพบว่าบริเวณที่เกิดรอยของความไม่สม่ำเสมอบนผิวหน้าแนวเชื่อมมีลักษณะเป็นเส้นตรง และมีเศษของเนื้อวัสดุเกิดขึ้น โดยคาดว่าน่าจะมีสาเหตุมาจากความเร็วรอบที่ต่ำและทำการเชื่อมเข้ากับระดับความเร็วเดินแนวเชื่อมที่ต่ำเช่นกัน อาจทำให้ตัวกวนทำการกวาดเศษของวัสดุขึ้นมาบริเวณผิว นอกจากนี้ขณะที่ทำการเชื่อมเสียดทานที่ระดับความเร็วในการเชื่อมและความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ระดับดังกล่าวพบว่า เครื่องเชื่อมเกิดการสั่นเล็กน้อยและยังพบว่าหน้าสัมผัสระหว่างเครื่องมือเชื่อมกับวัสดุเกิดการต้านทานต่อกันเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามผิวหน้าแนวเชื่อมมีความสมบูรณ์ในระดับหนึ่งมีร่องรอยความไม่สม่ำเสมอเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

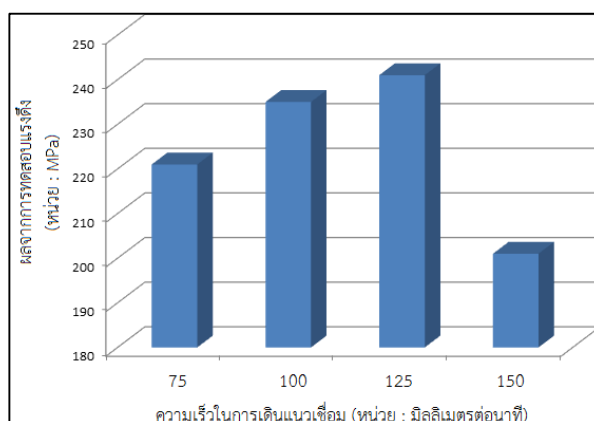
ชิ้นงานทดสอบหลังจากทำการทดสอบแรงดึงจะพบว่ามีลักษณะการฉีกขาดเกิดขึ้นในตำแหน่งของรอยเชื่อม หมายถึงบริเวณที่อยู่ใต้พื้นผิวของเครื่องมือเชื่อม การฉีกขาดเกิดขึ้นบริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อมไปทางด้านขวาเล็กน้อย โดยวัสดุด้านขวาเป็นตำแหน่งของการเดินระยะสอดเข้าสู่วัสดุที่เป็นอลูมิเนียมเช่นเดียวกันในด้านซ้ายมือ รอยขาดมีลักษณะกว้าง จากการสังเกตจึงพบว่าวัสดุมีลักษณะเกิดการยึดตัวจนผิวหน้ามีการเปลี่ยนแปลงจากสภาพปกติ



ภาพที่ 4 การเชื่อมโดยใช้ความเร็วรอบตัวกวน 800 รอบต่อนาที ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ระดับ 125 มิลลิเมตรต่อนาที

ที่ระดับความเร็วรอบตัวกวน 800 รอบต่อนาที ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ระดับ 125 มิลลิเมตรต่อนาที ดังภาพที่ 4 จากการตรวจสอบผิวหน้าแนวเชื่อมแบบมหภาคพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ การเชื่อมที่ระดับความเร็วในการเชื่อม 2 ครั้งที่ผ่านมาพบว่า ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ 125 มิลลิเมตรต่อนาที มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ระดับ 100 มิลลิเมตรต่อนาที มากกว่าความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ระดับ 75 มิลลิเมตรต่อนาที แสดงให้เห็นว่าแนวเชื่อมมีแนวโน้มว่าจะเกิดเป็นลักษณะดังกล่าว ผิวหน้าแนวเชื่อมทั้งมีลักษณะผิวหน้าที่มีความสม่ำเสมอคล้ายกันทั้งหมดของบริเวณผิวหน้าแนวเชื่อม และไม่พบว่ามีเศษของเนื้อวัสดุเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าเกิดขึ้นเหมือนกับความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ 75 และ 100 มิลลิเมตรต่อนาที โดยคาดว่าน่าจะมีสาเหตุมาจากความเร็วรอบที่ระดับนี้เริ่มเกิดความสัมพันธ์กันมากยิ่งขึ้นระหว่างความเร็วรอบตัวกวนกับความเร็วในการเดินแนวเชื่อม โดยที่ความเร็วของปัจจัยทั้ง 2 เริ่มเกิดความสัมพันธ์อาจส่งผลให้แนวเชื่อมมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามแรงของเครื่องก็อาจส่งผลต่อแนวเชื่อมเช่นเดียวกัน หากค่าความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ปัจจัยเกิดความสัมพันธ์โดยสมบูรณ์อาจส่งผลที่ดียิ่งขึ้นกับผิวหน้าของแนวเชื่อม และอาจทำให้ตัวกวนทำการกวาดเศษของวัสดุขึ้นมาบริเวณผิวที่สมบูรณ์เช่นกัน นอกจากนี้ขณะทำการเชื่อมเสียเวลานานที่ระดับความเร็วในการเชื่อมและความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ระดับดังกล่าวพบว่า เครื่องเชื่อมไม่เกิดการสะท้านและสั่นสะเทือนเมื่อเปรียบเทียบกับผิวหน้าของแนวเชื่อมที่ใช้ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ 75 และ 100 มิลลิเมตรต่อนาที และยังพบว่าหน้าสัมผัสระหว่างเครื่องมือเชื่อมกับวัสดุไม่เกิดการต้านทานต่อกันเมื่อเปรียบเทียบกับผิวหน้าของแนวเชื่อมที่ใช้ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ 75 และ 100 มิลลิเมตรต่อนาที แต่อย่างไรก็ตามผิวหน้าแนวเชื่อมมีความสมบูรณ์ แนวเชื่อมมีความแข็งแรงมากเมื่อทำการสังเกตที่บริเวณแนวเชื่อมจากการประสาน

ชิ้นงานทดสอบหลังจากทำการทดสอบแรงดึงจะพบว่ามีลักษณะการฉีกขาดจากการทดสอบแรงดึงเกิดขึ้นในตำแหน่งขอบเขตของรอยเชื่อม แต่รอยฉีกขาดบริเวณดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นกึ่งกลางแนวเชื่อม และที่สำคัญการฉีกขาดที่เกิดขึ้นไม่ได้มีลักษณะเกิดขึ้นเป็นเส้นตรง ดังนั้นหากตรวจสอบด้วยสายตาจะพบว่ามีแตกต่างกับการเชื่อมที่ความเร็วในการเดินแนวเชื่อม 75 มิลลิเมตรต่อนาที และ 100 มิลลิเมตรต่อนาที ที่มีลักษณะการฉีกขาดเกิดขึ้นบริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อมบริเวณตรงกลางแนวเชื่อมพอดี ความเร็วในการเดินแนวเชื่อม 125 มิลลิเมตรต่อนาที เส้นร่องรอยของการฉีกขาดเกิดขึ้นไม่เป็นเส้นตรง คาดว่าที่ระยะต่างๆของการเดินแนวเชื่อมอาจจะส่งผลให้เนื้อวัสดุทั้ง 2 ด้านเกิดการประสานกันอย่างสมบูรณ์ในช่วงระยะของการเชื่อม หรืออาจเป็นไปได้ว่าบางช่วงระยะของแนวเชื่อมอาจเกิดระดับความร้อนที่ส่งผลให้เกิดความสมบูรณ์และการยึดติดกันที่ดีขึ้นของวัสดุทั้ง 2 ด้าน จากการวิเคราะห์ที่ผิวหน้าแบบมหภาคหรือการวิเคราะห์ด้วยสายตาพบว่า การฉีกขาดเกิดการยึดตัวลักษณะคล้ายกันกับการเชื่อมที่ความเร็วในการเดินแนวเชื่อม 75 มิลลิเมตรต่อนาที และ 100 มิลลิเมตรต่อนาที แต่อย่างไรก็ตามผิวหน้ามีการเปลี่ยนแปลงจากสภาพปกติเล็กน้อยแสดงให้เห็นว่าขณะทำการทดสอบแรงดึงส่งผลให้ผิวหน้าเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้คาดว่าขึ้นอยู่กับอัตราการยึดตัวด้วย



ภาพที่ 5 ผลจากการทดสอบแรงดึง

จากภาพที่ 5 แสดงผลจากการทดสอบเพื่อหาค่าความแข็งแรงดึงพบว่า ที่ระดับความเร็วรอบตัวกวน 800 รอบต่อนาที ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ระดับ 75 มิลลิเมตรต่อนาที ให้ค่าการทดสอบแรงดึงที่ระดับ 221 MPa เมื่อทำการเพิ่มความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ระดับ 100 มิลลิเมตรต่อนาที ค่าของการทดสอบแรงดึงสูงขึ้นที่ 235 MPa ที่ระดับ 125 มิลลิเมตรต่อนาทีที่มีค่าแนวโน้มการทดสอบที่สูงขึ้นที่ 241 MPa อย่างไรก็ตามที่ความเร็วในการเดินแนวเชื่อม 150 มิลลิเมตรต่อนาทีที่มีค่าการทดสอบแรงดึงต่ำลงมาก อาจเกิดจากการที่ความเร็วหมุนกวนกับความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ไม่สัมพันธ์กัน

#### 4. สรุปผลการวิจัย

การเชื่อมเสียดทานต่อกลสมบัติของรอยต่อชนระหว่างอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันในประเทศ เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย จากการวิจัยพบว่าวัสดุชนิดนี้สามารถทำการเชื่อมประสานกันได้โดยวิธีการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนตามหลักการของจุดประสงค์งานวิจัย การเชื่อมเสียดทานแบบกวนที่ระดับความเร็วตัวกวน 800 รอบต่อนาที ต่ออลูมิเนียมผสมเกรด 5083 ที่ใช้เป็นวัสดุหลัก การลดความเร็วในการเดินแนวเชื่อมหรือการเพิ่มความเร็วในการเดินแนวเชื่อม ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมจากการทดสอบคุณสมบัติทางกลลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่ง M. Milicic และ P. Gladovic [6] ทำการเชื่อมเสียดทานแบบกวนทำการเชื่อมเสียดทานแบบกวนวัสดุต่างชนิดประเภททองแดง พบว่าที่ระดับความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ มิลลิเมตรต่อ นาที เป็นตัวแปรด้านความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ดี และส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมที่สูง

#### 5. ข้อเสนอแนะ

- 1) การเปลี่ยนแปลงระยะสอดของตัวหมุนกวนให้มีระยะการสอดต่ำอาจส่งผลให้การกวนเนื้อวัสดุมีลักษณะที่ต่างจากการให้ระยะสอดมีความเหมาะสม
- 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเชื่อม เป็นทรงกระบอกตรงธรรมดา ดังนั้นผลที่ได้จากการวิจัยอาจเปลี่ยนแปลงได้หากทำการเปลี่ยนแปลงเครื่องมือที่ใช้ในการเชื่อม
- 3) ที่ระดับความเร็วรอบตัวกวน 800 รอบต่อนาที สามารถทำการเชื่อมอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 ได้สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามที่ความเร็วรอบอื่นๆ ก็คาดว่าจะสามารถเชื่อมได้เช่นเดียวกัน และสิ่งที่สำคัญคือ การหาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรด้านความเร็วในการหมุนกับความเร็วในการเดินแนวเชื่อมให้เกิดความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์
- 4) ที่ระดับความเร็วรอบตัวกวน 800 รอบต่อนาที ความเร็วในการเดินแนวเชื่อมที่ 125 มิลลิเมตรต่อนาที หากทำการเพิ่มหรือลดความเร็วในการเดินแนวเชื่อม อาจส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อม

5) สภาวะที่ดีที่สุดในการเชื่อมเสียดทานต่อกลสมบัติของรอยต่อชนระหว่างอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 อาจมีผลการทดลองเปลี่ยนไปจากเดิม ในกรณีที่ทำกรเปลี่ยนแปลงวัสดุเป็นชนิดอื่น ๆ หรือเปลี่ยนแปลงขนาดของวัสดุ

6) นอกจากอลูมิเนียมผสมเกรด 5083 ยังมีอลูมิเนียมผสมเกรดอื่น ๆ ที่หาซื้อได้ง่าย มีราคาไม่สูงมากนัก และสามารถหาซื้อได้ภายในประเทศ เช่น เกรด 6061 6063 เป็นต้น ซึ่งอลูมิเนียมเกรดเหล่านี้จำเป็นต้องใช้เงื่อนไขในการเชื่อมที่ต่างจากอลูมิเนียมผสมเกรด 5083

## 6. References

- [1] D. Brandon, W.D. Kaplan, *Joining Processes-An introduction*, John Wiley and Sons Ltd, Chichester, 1997.
- [2] T.A. Branes, I.R. Pashyby, *Joining Techniques for Aluminum Spaceframes used in Automobiles Part I-Solid and Liquid Phase Welding*, *J. Mater. Process. Technol.* 99 (2000) 62 – 71.
- [3] S. Celik, R. Cakir, *Effect of Friction Stir Welding Parameters on the Mechanical and Microstructure Properties of the Al-Cu Butt Joint*, *Metals.* 6 (2016) 113.
- [4] K. Kimapong, *Effect of Fiction Spot Joining Parameter on AA1100 Aluminum*, *Conference Industrial Engineer Network.* 20 (2011) 55 – 67.
- [5] N.T. Kumbhar, K. Bhanumurthy, *Friction Stir Welding of Al 6061 Alloy*, *Asian J. Exp. Sci.*, 22 (2008) 63 – 74.
- [6] M. Milicic, P. Gladovic, R. Bojanic, T. Savkovic, N. Stojic, *Friction stir welding Process of Copper alloys.*, *METABK.* 55 (2016) 107 – 110.