

อิทธิพลของเวลาในการเสียดทานที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อมของเหล็ก AISI 1015 ที่เชื่อมด้วยการเชื่อมเสียดทาน

Influence of Friction Time on The Strength of AISI 1015 Steel Rods Welded by Friction Welding

ชวงชัย ชูปวา* ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ

จ.อุบลราชธานี 34190

Chuangchai Chooppava* Chawalit Thinwongpituk

Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Warinchamrap, Ubonratchathani 34190

Tel : 0-4535-3309 E-mail: pui2006me@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในกระบวนการเชื่อมเสียดทานนั้นมีตัวแปรหลายตัวที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อม บทความนี้จะนำเสนอถึงอิทธิพลของเวลาในการเสียดทานที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อม โดยวัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นเหล็กเพลลาขาว (AISI 1015) หน้าตัดกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 mm. ยาว 100 mm. โดยมีชิ้นงานทดลองทั้งสิ้น 2,304 ชิ้น ทำการทดลองภายใต้ เวลาในการเสียดทาน 4 ค่าคือ 6, 8, 10, 12 sec ความดันในการเสียดทาน 3 ค่าคือ 103, 206, 309 MPa ความเร็วรอบในการเสียดทาน 4 ค่าคือ 1,100, 1,200, 1,300, 1,400 rpm เวลาในการอัด 4 ค่าคือ 1, 2, 3, 4 sec และความดันในการอัด 4 ค่าคือ 309, 412, 516, 619 MPa จากนั้นนำชิ้นงานมาทดสอบความแข็งแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบ ในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์เฉพาะอิทธิพลของเวลาในการเสียดทานเท่านั้น ซึ่งได้ข้อสรุปว่า เมื่อเวลาในการเสียดทานเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงของรอยเชื่อมจะมีแนวโน้มลดลง

คำหลัก การเชื่อมเสียดทาน เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ เวลาในการเสียดทาน ความแข็งแรงของรอยเชื่อม

Abstract

There are many parameters affecting the strength of joints welded by friction welding. This paper is aimed to investigate the effect of friction

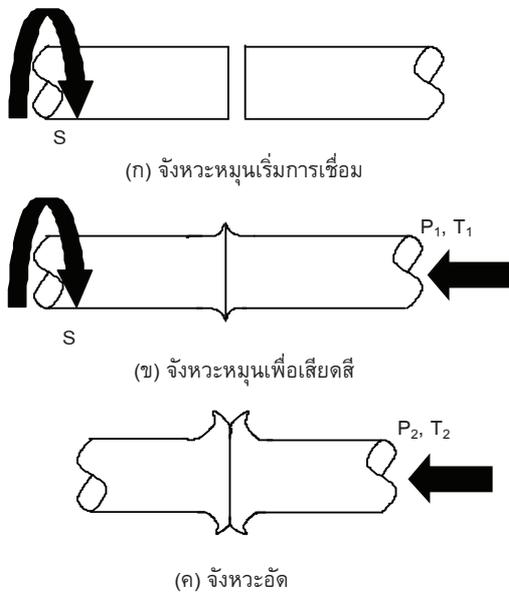
time on the strength of welded area of AISI 1015 steel rods joined by friction welding. The study was conducted using AISI 1015 steel rods with diameter of 10 mm and length of 100 mm. The experiments were performed under 4 values of friction time which are 6, 8, 10, 12 sec. 3 values of friction pressure which are 103, 206, 309 MPa. 4 values of rotational speed which are 1,100, 1,200, 1,300, 1,400 rpm. 4 values of upset time which are 1, 2, 3, 4 sec and 4 values of upset pressure which are 309, 412, 516, 619 MPa. Totally 2,304 specimens were used in this study. The welded specimens were subsequenced to tensile test to determine their strengths. The result indicated that the strength of welded specimen decreases as the friction time increases.

Keywords: Friction welding, low carbon steel, friction time, strength of joint

1. บทนำ

กระบวนการเชื่อมเสียดทานนั้นอาศัยหลักการการเสียดสีทำให้เกิดความร้อนสูงจนทำให้ชิ้นงานอ่อนตัวในระดับที่สามารถอัดให้ติดกันได้ ในกระบวนการเชื่อมที่ใช้ในการทดลองนั้นทำได้โดยการหมุนชิ้นงานด้านหนึ่งด้วยความเร็วรอบ (S) และค่าแรงบิดที่เหมาะสมดังรูปที่ 1(ก) จากนั้นให้ความดันในการเสียดทาน (P_1) ที่เหมาะสมแก่

ชิ้นงานอีกด้านหนึ่งให้เคลื่อนเข้าหาชิ้นงานด้านที่กำลังหมุนภายใต้เวลาในการเสียดทาน (T_1) ที่ได้กำหนดไว้แล้ว เมื่อชิ้นงานสัมผัสกันทำให้เกิดการเสียดสี จนเกิดความร้อนที่หน้าสัมผัสทั้งสองจนเกิดการอ่อนตัวดังรูปที่ 1(ข) จึงหยุดการหมุนของชิ้นงานอย่างรวดเร็วพร้อมทั้งให้ความดันในการอัด (P_2) ที่เหมาะสม ให้ชิ้นงานเคลื่อนเข้าอัดติดเป็นชิ้นเดียวกันภายใต้เวลาในการอัด (T_2) ที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 1(ค) ซึ่งพลังงานความร้อนที่ชิ้นงานทั้งสองได้รับจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ เช่น แรงบิด ความดัน ความเร็วรอบในการหมุน และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของชิ้นงานนั้น เป็นต้น



รูปที่ 1 แสดงกระบวนการเชื่อมเสียดทาน

กระบวนการเชื่อมเสียดทานเป็นการเชื่อมอีกวิธีหนึ่ง ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเนื่องจากมีข้อดีหลายประการ เช่น สามารถใช้เชื่อมชิ้นงานที่เป็นวัสดุต่างชนิดกันได้ ใช้เวลาในการเชื่อมสั้น ไม่จำเป็นต้องใช้ช่างฝีมือ ไม่ต้องใช้วัสดุช่วยผสมในการเชื่อม มีความแข็งแรงของรอยเชื่อมสูงเพราะชิ้นงานมีการเชื่อมผสมกันทั้งพื้นที่หน้าตัด รอยเชื่อมไม่ได้เป็นการเชื่อมพอกแบบการใช้รูปเชื่อมไฟฟ้า จากข้อดีข้างต้นที่ได้กล่าวมาทำให้มีผู้สนใจได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเชื่อมเสียดทานอย่างต่อเนื่อง

ในกระบวนการเชื่อมเสียดทานนั้นมีตัวแปรที่มีผล

ต่อการเชื่อมมากมาย เช่น ความดันในการเสียดทาน ความดันในการอัด เวลาในการเสียดทาน เวลาในการอัด ความเร็วรอบในการหมุน เนื้อโลหะที่สูญเสียไปและความร้อนขณะเชื่อม เป็นต้น แต่งานวิจัยส่วนใหญ่มักจะศึกษาตัวแปรเหล่านี้ในเชิงเดี่ยว กล่าวคือมีการศึกษาตัวแปรเพียงบางตัวโดยไม่คำนึงถึงอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆ เช่น การศึกษาการเชื่อมเหล็กเพลลาขาวที่มีคาร์บอนร้อยละ 0.17-0.23 โดยใช้วัสดุที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากันและต่างขนาดกัน การศึกษาดังกล่าวพบว่าการใช้ความดันในการเสียดทาน 30 bar และเวลาในการเสียดทาน 5 sec มีผลทำให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงมากที่สุด[1] งานศึกษาวิจัยรอยเชื่อมที่มีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างวัสดุในระดับจุลภาค ของวัสดุ austenitic - stainless steels (AISI 304) พบว่าที่แรงดันในการเสียดทาน 60 MPa และเวลาเสียดทานที่ 9 sec ส่งผลให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงที่สุด [2] งานศึกษาวิจัยความเร็วรอบในการหมุนชิ้นงานเชื่อมซึ่งมีผลกระทบต่อโครงสร้าง ความแข็งแรง และความแข็งแรงของรอยเชื่อม ของวัสดุต่างชนิดกัน ระหว่าง AISI 3042 กับ AISI 4340 พบว่าที่ความเร็วรอบ 1,500 rpm มีผลกระทบต่อโครงสร้างน้อยที่สุด [3]

งานศึกษาวิจัยความดันในการเสียดทานของชิ้นงานซึ่งมีผลกระทบต่อโครงสร้างความแข็งแรง และความแข็งแรงของรอยเชื่อมโดยใช้ MA 956 iron-based superalloy เป็นวัสดุในการศึกษาวิจัย [4] การศึกษาผลของเวลาในการเสียดทานและต่อความยาวของชิ้นงานที่ลดลงหลังการเชื่อมโลหะ 45 steel ขนาด กว้าง 10 mm. ยาว 17 mm. และสูง 45 mm. เชื่อมที่ความถี่ 37 Hz แอมพลิจูด 4 mm. และความดันเท่ากับ 80.5 MPa ซึ่งพบว่าความยาวที่หดสั้นลงของชิ้นงานหลังการเชื่อมมีความสัมพันธ์ ดังสมการ $H_s = 1.06 t^{1.69}$ โดยที่ H_s คือระยะชิ้นงานที่เสียไปมีหน่วยเป็น mm. และ t คือเวลาในการเสียดทาน ทั้งยังพบว่าการเชื่อมที่ เวลาในการเสียดทานเท่ากับ 3 sec เป็นเวลาที่เหมาะสม [5] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการเชื่อม stainless steel AISI 430 โดยใช้วัสดุที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากันโดยออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการ taguchi method จากการศึกษาพบว่า เกรนที่รอยเชื่อมมีขนาดเล็กลง และ ที่เวลาในการเชื่อม 3 sec ความดันในการเชื่อม 95 MPa เวลาในการอัด 5 sec ความดันในการอัด 180 MPa และที่ความเร็วรอบ 1,125 rpm มีผลทำให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงมากที่สุด [6]

การศึกษาเพื่อนำเอาเศษวัสดุหนักกลับมาใช้ใหม่โดยใช้ระบบการเชื่อมเสียดทานและกระบวนการ upset โดยในการศึกษาใช้โลหะ AISI 1040 เพื่อหาความเป็นไปได้ในการใช้กระบวนการเชื่อมเสียดทานกับการเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก (plastic deforming) ในการนำเพลลาที่เป็นของเสียในกระบวนการผลิตกลับมาใช้ใหม่ พบว่าค่าความเค้นเฉือนสูงสุดจากการเชื่อมที่สภาวะเหมาะสม คือ 630 MPa [7] การศึกษาเพื่อหาผลของการเชื่อมโลหะ AISI 1040 ที่มีขนาดต่างกัน โดยการเชื่อมที่เงื่อนไขเวลาในการเสียดทาน 5 sec , ความดันในการเสียดทาน 30 MPa , เวลาในการอัด 20 sec และ ความดันในการอัด 110 MPa และทำการเชื่อมชิ้นงานที่มีขนาดต่างกัน โดยชิ้นงานขนาดเล็กที่สุดมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 mm. โดยทำการเชื่อมที่สัดส่วนขนาดชิ้นงานใหญ่ต่อชิ้นงานเล็ก (D/d) เท่ากับ 1, 1.5, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ จากนั้นหาค่าความแข็งแรงดึงโดยใช้ Tensile Test พบว่าค่าความแข็งแรงดึงลดลงเมื่อ D/d เพิ่มขึ้น ทำการวัดความแข็ง (HV) โดยวัดค่าความแข็งในแนวตั้ง ในแนวรอยเชื่อม และแนวระดับรอบแนวรอยเชื่อม พบว่าในแนวตั้งบริเวณรอยเชื่อมโลหะมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าเมื่อค่า D/d มากขึ้นค่าความแข็งจะมีแนวโน้มมากขึ้น [8]

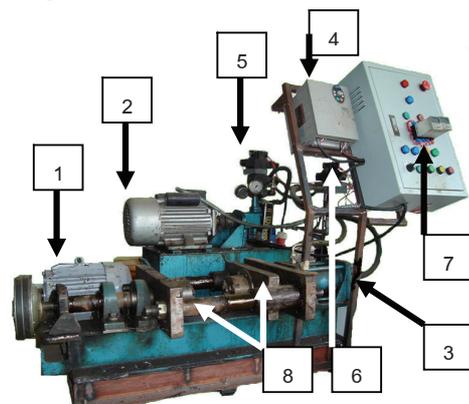
การศึกษาในกรณีของอัลลอยด์ที่ทดลองผสม Al_2O_3 ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันและผสมกับบอลูมิเนียมอัลลอยด์เบอร์ 6160 จากนั้นนำมาเชื่อมกับเหล็ก AISI 1020 ด้วยวิธีการเชื่อมเสียดทาน โดยกำหนดตัวแปรในการเชื่อมคือ ความดันในการเสียดทาน 10 MPa เวลาในการเสียดทาน 8 sec ความดันในการเชื่อม 5 MPa เวลาในการเชื่อม 4 sec และความเร็วรอบการหมุนของชิ้นงานที่ 2,500 rpm ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าบริเวณรอยเชื่อมที่เกิดจากการเชื่อมวัสดุต่างชนิดกันนี้ทำให้ได้รอยเชื่อมที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น [9] การศึกษาความเร็วรอบและความเร็วในการเคลื่อนของหัวหมุนเชื่อมที่เชื่อมด้วยวิธีการเชื่อมแบบ Friction Stir Welding โดยการทดลองเชื่อมชิ้นงานด้วยการเปรียบเทียบการเชื่อมอลูมิเนียมอัลลอยด์ชนิดเบอร์ AA 1050, AA 6061, AA 2024, AA 7039 และ AA 7075 พบว่าต้องใช้ความเร็วรอบในการหมุนและเวลาในการเคลื่อนที่เชื่อมแตกต่างกัน เพื่อให้ได้รอยเชื่อมที่สมบูรณ์[10] การศึกษาคุณสมบัติของรอยเชื่อมของเหล็กกล้า เบอร์ AISI 1015 ที่เชื่อมด้วยแรงเสียดทาน ซึ่งให้ผลการทดลองว่าชิ้นงานที่เชื่อมมีความ

แข็งแรงมากกว่าวัสดุเดิม ประมาณร้อยละ 17 [11] เป็นต้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อศึกษาระดับอิทธิพลของเวลาในการเสียดทานที่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตัวอื่น เนื่องจากแต่ละตัวแปรนั้นจะส่งผลกระทบต่ออีกและกัน ดังนั้นในการศึกษาจึงใช้หลักการทางสถิติช่วยในการออกแบบการทดลอง ซึ่งผลที่ได้จะทำให้ทราบระดับความสัมพันธ์ของตัวแปร ว่าส่งผลกระทบต่อคุณภาพของรอยเชื่อมอย่างไร

2. เครื่องเชื่อมเสียดทานและวิธีการศึกษา

2.1 เครื่องเชื่อมเสียดทาน

เครื่องเชื่อมเสียดทานที่ใช้ในการศึกษานี้สร้างขึ้นตามหลักการทำงานดังได้อธิบายในข้างต้นแล้ว และประกอบด้วยอุปกรณ์แสดงในรูปที่ 2 ส่วนการออกแบบโดยละเอียดสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก เอกสารอ้างอิง [13-14]



รูปที่ 2 เครื่องเชื่อมเสียดทานที่ใช้ในการศึกษา

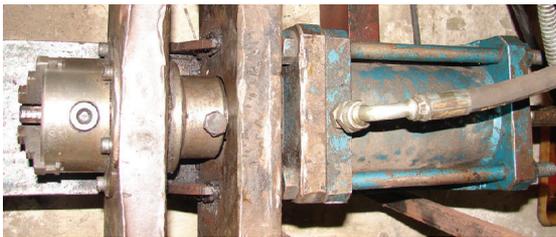
- 1) มอเตอร์ขนาด 5 HP เป็นต้นกำลังในการหมุนหัวจับที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3
- 2) มอเตอร์ขนาด 3 HP ใช้ในการขับปั๊มไฮดรอลิกส์ขนาดความดัน 100 bar
- 3) ครอบป้องกันไฮดรอลิกส์ขนาดลูกสูบ 4 inches ใช้ความดันให้หัวจับที่ 4 ดังแสดงในรูปที่ 3
- 4) Inverter ขนาด 7.5 HP ใช้ในการควบคุมความเร็วรอบในการทำงานมอเตอร์ 5 HP
- 5) ระบบ Manual Relief Valves ใช้ในการปรับค่าความดันของเครื่องเชื่อมเสียดทาน
- 6) ระบบ Electric Solenoid Valve ควบคุมการปล่อยความดันในช่วงต่าง ๆ

7) Timer ใช้ควบคุมเวลาในช่วงต่างๆของกระบวนการเชื่อม

8) หัวจับเชื่อมที่ 1 และหัวจับเชื่อมที่ 2



รูปที่ 3 มอเตอร์และหัวจับที่ 1



รูปที่ 4 กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกและหัวจับที่ 2

2.2 วัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ ใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำหรือเหล็กเพลลาขาว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 mm. ยาว 100 mm. นำชิ้นงานมาทดสอบแรงดึงได้ค่าความต้านแรงดึงสูงสุด (ultimate tensile strength) 663 MPa และได้นำชิ้นงานไปทดสอบหาส่วนประกอบทางเคมี เทียบกับมาตรฐานของระบบ AISI (American Iron and Steel Institute) จากการตรวจสอบพบว่าชิ้นงานมีส่วนประกอบทางเคมีตรงกับเหล็กเบอร์ AISI 1015 มีส่วนประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

%by weight	%C	%P	%S	%Mn	%Si	%Cr
วัสดุทดลอง	0.15	0.03	0.01	0.47	0.17	0.01
AISI 1015	0.13-0.18	≤ 0.04	≤ 0.05	0.3-0.6	0.1-0.2	-

2.3 วิธีการออกแบบการทดลองและวิธีการทดลอง

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ศึกษาตัวแปร 5 ตัวแปร ประกอบด้วย เวลาในการเสียดทาน (T_1) 4 ค่า คือ 6, 8, 10, 12 sec ความดันในการเสียดทาน (P_1) 3 ค่า คือ 103, 206, 309 MPa เวลาในการอัด (T_2) 4 ค่า คือ 1, 2, 3, 4 sec ความดันในการอัด (P_2) 4 ค่า คือ 309, 412, 516, 619. MPa ความเร็วรอบในการหมุนชิ้นงาน (S) 4 ค่า คือ 1,100, 1,200, 1,300, 1,400 rpm จากนั้นนำค่าตัวแปรมาใส่ในโปรแกรม MINITAP ให้ช่วยในการออกแบบและลำดับการทดลองให้เป็นแบบทำซ้ำ 2 ครั้ง ทำให้ได้วิธีการทดลองทั้งหมด 768 เงื่อนไข และได้ชิ้นงานทดลองทั้งหมด 2,304 ชิ้น

ในการทดลองนั้นได้นำชิ้นงานมาทำการกลึงปาดหน้า และลบมุมของผิวหน้าที่จะทำการเชื่อม ดังแสดงในรูปที่ 5 แล้วจึงนำชิ้นงานมาเชื่อมตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้น จะได้ชิ้นงานที่มีรอยเชื่อมที่นูนออกมาดังแสดงในรูปที่ 6

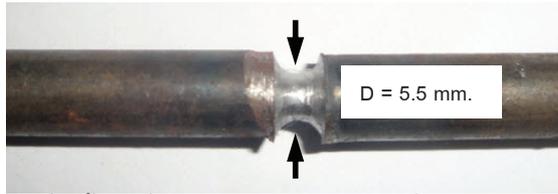


รูปที่ 5 ชิ้นงานที่พร้อมนำไปทำการทดลอง



รูปที่ 6 ลักษณะรอยเชื่อมของชิ้นงาน

หลังจากที่เชื่อมชิ้นงานติดกันแล้วได้ทำการนำชิ้นงานไปกลึงปลอกเอาเศษโลหะที่ถูกดันออกมาจากกระบวนการเชื่อม และได้ทำการกลึงบากกำหนดจุดขาดให้ขาดตรงรอยเชื่อมพอดีโดยใช้มีดกลึงที่มีรัศมีความโค้งเท่ากับ 5 mm. และให้ชิ้นงานเหลือเส้นผ่าศูนย์กลางรอยบากเท่ากับ 5.5 mm. ดังแสดงในรูปที่ 7 นำชิ้นงานมาดึงทดสอบแรงดึงด้วยเครื่อง Tensile Test

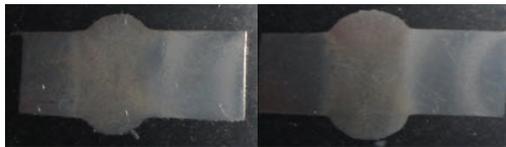


รูปที่ 7 ชิ้นงานที่กลึงบอกกำหนดจุดขาด พร้อมที่จะนำไปทดสอบแรงดึง

3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

3.1 ลักษณะของรอยเชื่อม

หลังจากที่นำชิ้นงานเชื่อมไปตัดตามยาวเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมภายในด้วยตาเปล่า ได้ผลดังแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 8



12-4-309-619-1300

6-4-309-619-1100



6-4-309-619-1400

6-4-309-309-1300



6-4-103-619-1300

6-1-309-619-1300

รูปที่ 8 ตัวอย่างชิ้นงานเชื่อมที่ตัดตามยาวเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมโดยที่ตัวเลขได้ภาพแสดงค่าเงื่อนไขการเชื่อมคือ T₁-T₂-P₁-P₂-S ตามลำดับ

จากรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่าที่บริเวณรอยเชื่อมจะมีการประสานตัวเป็นเนื้อเดียวกันของชิ้นงานทั้งสอง โดยที่ไม่มีรอยแยกหรือโพรงอากาศ แสดงให้เห็นว่าการเชื่อมเหล็ก AISI 1015 ด้วยเครื่องเชื่อมที่ประกอบขึ้นนี้สามารถขึ้นเชื่อมได้จริง และนำไปเป็นอุปกรณ์ในการทดลองได้

3.2 อิทธิพลของเวลาในการเสียดทาน

จากการทดลองนำชิ้นงานไปดึงด้วยเครื่อง Tensile Test แรงดึงที่ได้จะนำไปคำนวณหาค่าความแข็งแรง

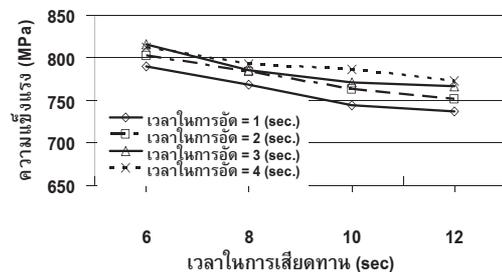
(ultimate tensile strength) ของรอยเชื่อมภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ แล้วนำค่าความแข็งแรงของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นที่มีค่าเงื่อนไขในการทดลองที่เหมือนกันมาเฉลี่ยกัน เพื่อเป็นการลดอิทธิพลของตัวแปรอื่นที่ไม่เกี่ยวข้อง และนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร กับค่าความแข็งแรง ดังจะอภิปรายต่อไป

ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับเวลาในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรเวลาในการอัด ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดึง (MPa) ที่เกิดจากอิทธิพลของเวลาในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรเวลาในการอัด

เวลาในการเสียดทาน	UTS (MPa)			
	6	8	10	12
เวลาในการอัด 1 sec.	790	768	744	737
เวลาในการอัด 2 sec.	802	784	763	751
เวลาในการอัด 3 sec.	816	786	771	767
เวลาในการอัด 4 sec.	812	793	786	773

จากตารางนำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับเวลาในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรเวลาในการอัด ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันแรงดึงสูงสุด (ultimate tensile strength) กับเวลาในการเสียดทาน (T₁) ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรเวลาในการอัด

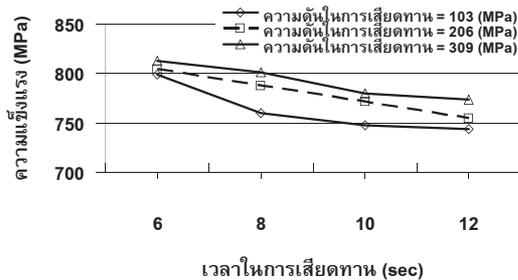
จากกราฟรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟของเวลาในการอัดที่ 4 sec จะให้ค่าความแข็งแรงสูงกว่าเส้นกราฟของเวลาในการอัดที่ 1, 2, 3 sec ตามลำดับ และยังจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาในการเสียดทานเพิ่มขึ้นเส้นกราฟจะมีความโน้มถ่วง

ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับเวลาในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรความดันในการเสียดทาน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดึง (MPa) ที่เกิดจากอิทธิพลของเวลาในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรความดันในการเสียดทาน

เวลาในการเสียดทาน	UTS (MPa)			
	6	8	10	12
แรงดันในการเสียดทาน 103 MPa	799	760	748	744
แรงดันในการเสียดทาน 206 MPa	804	787	771	754
แรงดันในการเสียดทาน 309 MPa	812	801	780	773

จากตารางนำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับเวลาในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรความดันในการเสียดทาน ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันแรงดึงสูงสุด (ultimate tensile strength) กับเวลาในการเสียดทาน (T₁) ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรความดันในการเสียดทาน

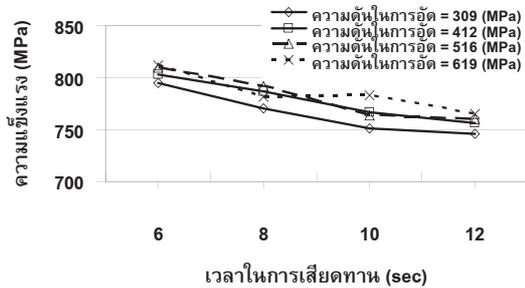
จากกราฟรูปที่ 10 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟของความดันในการเสียดทานที่ 309 MPa จะให้ค่าความแข็งแรงสูงกว่าเส้นกราฟของความดันในการเสียดทานที่ 103, 206 MPa ตามลำดับ และยังจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาในการเสียดทานเพิ่มขึ้นเส้นกราฟจะมีแนวโน้มลดลง

ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับเวลาในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรความดันในอัด ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดึง (MPa) ที่เกิดจากอิทธิพลของเวลาในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรความดันในอัด

เวลาในการเสียดทาน	UTS (MPa)			
	6	8	10	12
แรงดันในการอัด 309 MPa	795	770	751	746
แรงดันในการอัด 412 MPa	803	787	767	757
แรงดันในการอัด 516 MPa	810	792	764	760
แรงดันในการอัด 619 MPa	812	781	783	765

จากตารางนำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับเวลาในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรความดันในการอัด ดังแสดงในรูปที่ 11



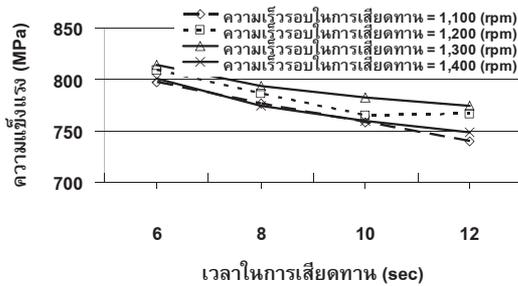
รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันแรงดึงสูงสุด (ultimate tensile strength) กับเวลาในการเสียดทาน (T₁) ภายใต้เงื่อนไขความดันในการอัด

จากกราฟรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาในการเสียดทานเพิ่มขึ้นเส้นกราฟจะมีแนวโน้มลดลง ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับเวลาในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรความเร็วรอบในการเสียดทาน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดึง (MPa) ที่เกิดจากอิทธิพลของเวลาในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรความเร็วรอบในการเสียดทาน

เวลาในการเสียดทาน	UTS (MPa)			
	6	8	10	12
ความเร็วรอบในการเสียดทาน 1100 rpm	797	777	758	740
ความเร็วรอบในการเสียดทาน 1200 rpm	809	786	765	766
ความเร็วรอบในการเสียดทาน 1300 rpm	814	793	782	774
ความเร็วรอบในการเสียดทาน 1400 rpm	801	774	760	749

จากตารางนำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับเวลาในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรความเร็วรอบในการเสียดทาน ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงดึงสูงสุด (ultimate tensile strength) กับเวลาในการเสียดทาน (T_1) ภายใต้เงื่อนไขความเร็วรอบในการเสียดทาน

จากกราฟรูปที่ 12 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟของความเร็วยรอบในการเสียดทานที่ 1,300 rpm จะให้ค่าความแข็งแรงสูงกว่าเส้นกราฟของความเร็วยรอบในการเสียดทานที่ 1,100, 1,200, 1,400 rpm ตามลำดับ และยังจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาในการเสียดทานเพิ่มขึ้นเส้นกราฟจะมีแนวโน้มลดลง

จากรูปที่ 9 ถึง 12 จะเห็นได้ว่าภายใต้เงื่อนไขการทดลองต่างๆ เมื่อเวลาในการเสียดทานเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความแข็งแรงของรอยเชื่อมมีแนวโน้มลดลงในทุกกรณี ซึ่งการที่ค่าแนวโน้มความแข็งแรงที่ลดลงดังกล่าว อาจเกิดจากเมื่อเวลาในการเสียดทานเพิ่มขึ้นทำให้เกิดความร้อนจากการเสียดทานเพิ่มมากขึ้นในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นและปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ส่งผลให้บริเวณรอยเชื่อมมีความแข็งแรงลดลงเมื่อเวลาในการเสียดทานเพิ่มขึ้น ผลการศึกษานี้ถือเป็นการสนับสนุนผลการศึกษาก่อนหน้า[12] โดยพบว่าไม่ว่าตัวแปรอื่นจะเปลี่ยนแปลงในทิศทางใด อิทธิพลของเวลาในการเสียดทานก็ยังคงทำให้ความแข็งแรงของรอยเชื่อมลดลงเมื่อเวลาในการเสียดทานเพิ่มขึ้น

4. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอการศึกษาถึงแนวโน้มของเวลาในการเสียดทาน ที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อมจากกระบวนการเชื่อมเสียดทานโดยใช้เหล็ก (AISI 1015) ขนาด 10 mm. ยาว 100 mm. เป็นวัสดุที่ใช้ใน

การศึกษาวิจัย ใช้ค่าความแข็งแรงดึง Tensile Test เป็นตัวชี้วัดผลการทดลอง ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเวลาในการเสียดทานเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ความแข็งแรงของรอยเชื่อมมีแนวโน้มลดลง แต่กระบวนการเชื่อมนี้ยังให้ค่าความต้านแรงดึงสูงกว่าค่าความต้านแรงดึงของชิ้นงานปกติ โดยให้ค่าความต้านแรงดึงสูงสุดที่ประมาณร้อยละ 23 ซึ่งให้ค่าความแข็งแรงที่สูงกว่าผู้ที่ทำการทดลองก่อนหน้านี้ [11] ทำให้เชื่อได้ว่าเมื่อนำไปใช้งานจะไม่เกิดความเสียหายบริเวณก่อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการศึกษาวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Sahin and H.E. Akata. 2003. Joining with friction welding of plastically deformed steel. *Journal of Materials Processing Technology*, 142: 239-246.
- [2] M. Sahin. 2007. Evaluation of the joint – interface properties of austenitic – stainless steels (AISI304) joined by friction welding. *Materials and Design*, 28: 2244-2250.
- [3] N. Ozdemir, F. Sarsilmaz and A. Hascalik. 2007. Effect of rotational speed on the interface properties of friction-welding AISI 304L to 4340 steel. (Short communication) *Materials and Design*, 28: 301-307.
- [4] H. Ates, M. Turker and A. Kurt. 2007. Effect of friction pressure on the friction-welded MA956 iron – based super alloy. *Materials and Design*, 28: 948-953.
- [5] W.-Y. Li, T.J. Ma, S.Q. Yang, Q.Z. Xu, Y. Zhang, J.L. Li and H.L. Liao. 2008. Effect of friction time on flash shape and axial shortening of linear friction welded 45 steel. *Materials and Design*, 62: 293-296
- [6] P. Sathiya, S. Aravindan and A.N. Haq. 2007.

Optimization for friction welding parameters with multiple performance characteristics. *Materials and Design*, 309-318.

- [7] H. E. Akata , M. Sahin and M. T. Ipekci. 2007. An investigation into reutilizing of waste materials using friction welding and upset manufacturing methods. *Journal of Industrial Lubrication and Tribology*, 59: 230-235
- [8] H. E. Akata and M. Sahin. 2003. An investigation on the effect of dimensional differences in friction welding of AISI 1040 specimens. *Journal of Industrial Lubrication and Tribology*, 55: 223-232
- [9] A. Hascalik and N. Orhan. 2007. Effect of particle size on friction welding of Al₂O₃ reinforced 6160 Al alloy composite and SAE 1020 steel. *Materials and Design*, 28: 313-317.
- [10] V. Balasubramanian. 2008. Relationship between base metal properties and friction stir welding process parameters. *Materials Science and Engineering*, 480: 163-175
- [11] สุรสิงห์ อารยางค์กูร, อติศักดิ์ บุตรวงษ์ และ ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์. 2552. การศึกษาคุณสมบัติของรอยเชื่อมของเหล็กกล้าที่เชื่อมเสียดทาน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*. 1: 83-98.
- [12] ชวงชัย ชูปวา และ ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์. 2552. การศึกษาอิทธิพลของเวลาในการเสียดทานและความดันในการอัดที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อม. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, ประเทศไทย, 4-7 พฤศจิกายน 2552.
- [13] สุรสิงห์ อารยางค์กูร และ ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์. 2551. การเชื่อมเหล็กกล้าด้วยความเสียดทาน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย, 15-17 ตุลาคม 2551.
- [14] สุรสิงห์ อารยางค์กูร และ ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์. 2551. อิทธิพลของความดันเสียดทานต่อคุณสมบัติของเหล็กที่เชื่อมเสียดทาน. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัย

อุบลราชธานี ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี, ประเทศไทย, 28-29 กรกฎาคม 2551.