

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

อิทธิพลของความเร็วยรอบในการเสียดทานที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อมที่เชื่อม ด้วยความเสียดทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอื่น ๆ

The influence of rotational speed on the strength of joint under the variation of other parameters

ช่วงชัย ชูปวา*, ขวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์, สุริยา โชคสวัสดิ์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี 34190
* ติดต่อ: E-mail: pui2006me@hotmail.com โทรศัพท์: 045 353 308, โทรสาร: 045 353 309

บทคัดย่อ

ในกระบวนการเชื่อมด้วยความเสียดทานนั้นมีตัวแปรหลายตัวที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อม บทความนี้จะนำเสนอถึงอิทธิพลของความเร็วยรอบในการเสียดทานที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อมภายใต้การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอื่น ๆ โดยวัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (AISI 1015) หน้าตัดกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 mm ยาว 100 mm โดยมีชิ้นงานทดลองทั้งสิ้น 2,304 ชิ้น ทำการทดลองภายใต้ตัวแปรต่าง ๆ คือ เวลาในการเสียดทาน 4 ค่า เวลาในการอัด 4 ค่า แรงดันในการเสียดทาน 3 ค่า แรงดันในการอัด 4 ค่า และความเร็วยรอบในการเสียดทาน 4 ค่า จากนั้นนำชิ้นงานที่เชื่อมติดกันแล้วมาทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ในบทความนี้จะนำเสนอผลการวิเคราะห์อิทธิพลของความเร็วยรอบในการเสียดทานเท่านั้น ซึ่งได้ข้อสรุปว่า เมื่อเพิ่มความเร็วยรอบในการเสียดทานจาก 1,100 rpm ไปถึง 1,300 rpm ค่าความแข็งแรงของรอยเชื่อมจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ในทางตรงกันข้ามเมื่อเพิ่มความเร็วยรอบในการเสียดทานจาก 1,300 rpm ไปถึง 1,400 rpm ค่าความแข็งแรงของรอยเชื่อมกลับมีแนวโน้มลดลง ส่วนอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆจะได้นำมาศึกษาวิเคราะห์ และนำเสนอในโอกาสต่อไป

คำหลัก: การเชื่อมด้วยความเสียดทาน, ความเร็วยรอบในการเสียดทาน, เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

Abstract

There are many parameters affect to the mechanical property of joint 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 by using AISI 1015 round steel rods of diameter 10 mm and 100 mm length. The experiment was performed under 4 values of friction time, 3 values of friction pressure, 4 values of rotational speed, 4 values of upset time and 4 values of upset pressure. Totally 2304 specimens were used in this study. The welded specimens were proceeded to conduct tensile test to determine their strengths. The result indicated that as the speed increases from 1100 rpm – 1300 rpm the strength is also increased. In contrast for the speed is increasing from 1300

rpm – 1400 rpm the strength is found decreased. The influence of other parameters is also under investigation and the result will be reported in the near future.

Keywords: friction welding, low carbon steel, rotational speed

1. บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่ากระบวนการเชื่อมเสียดทานเป็นการเชื่อมอีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเนื่องจากมีข้อดีหลายประการ เช่น สามารถใช้เชื่อมชิ้นงานที่เป็นวัสดุต่างชนิดกันได้ ใช้เวลาในการเชื่อมสั้น ไม่จำเป็นต้องใช้ช่างฝีมือ ไม่ต้องใช้วัสดุช่วยผสมในการเชื่อม มีความแข็งแรงของรอยเชื่อมสูงเพราะชิ้นงานมีการเชื่อมผสมติดกันทั้งพื้นที่หน้าตัด รอยเชื่อมไม่ได้เป็นการเชื่อมพอกแบบการใช้รูปเชื่อมไฟฟ้า จากข้อดีข้างต้นที่ได้กล่าวมาทำให้มีผู้สนใจได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเชื่อมด้วยความเสียดทานอย่างต่อเนื่อง ในกระบวนการเชื่อมด้วยความเสียดทานนั้นมีตัวแปรที่มีผลต่อการเชื่อมมากมาย เช่น แรงดันในการเสียดทาน แรงดันในการอัด เวลาในการเสียดทาน เวลาในการอัด ความเร็วรอบในการหมุนเนื้อโลหะที่สูญเสียไปและความร้อนขณะเชื่อม เป็นต้น แต่งานวิจัยส่วนใหญ่มักจะศึกษาตัวแปรเหล่านี้ในเชิงเดี่ยว กล่าวคือมีการศึกษาตัวแปรเพียงบางตัวโดยไม่คำนึงถึงอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆ เช่น การศึกษาการเชื่อมเหล็กเพลลาขาวที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอน 0.17-0.23 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วัสดุที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากันและต่างขนาดกัน การศึกษาดังกล่าวพบว่าการใช้แรงดันในการเสียดทาน 30 บาร์ และเวลาในการเสียดทาน 5 วินาทีที่มีผลทำให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงมากที่สุด[1] งานศึกษาวิจัยรอยเชื่อมต่อที่มีผลต่อความแข็งแรงโครงสร้างของวัสดุในระดับจุลภาค ของวัสดุ austenitic – stainless Steels (AISI304) [2] งานศึกษาวิจัยความเร็วรอบในการหมุนชิ้นงานเชื่อมซึ่งมีผลกระทบต่อโครงสร้าง ความแข็งแรง และความแข็งแรงของรอยเชื่อม ของวัสดุต่างชนิดกัน ระหว่าง AISI 3042 กับ AISI 4340 [3] งานศึกษาวิจัยแรงดันในการเสียดทานของชิ้นงานซึ่งมีผลกระทบต่อ

โครงสร้างความแข็งแรง และความแข็งแรงของรอยเชื่อม โดยใช้ MA 956 Iron-Based super alloy เป็นวัสดุในการศึกษาวิจัย [4] การศึกษาผลของ เวลาในการเสียดทานและต่อความยาวของชิ้นงานที่ลดลงหลังการเชื่อมโลหะ 45 steel พบว่าความยาวที่หดสั้นลงของชิ้นงานหลังการเชื่อมมีความสัมพันธ์ ดังสมการ $H_s = 1.06 t^{1.69}$ เวลาในการเสียดทาน 3 วินาที เป็นเวลาที่เหมาะสม[5] ทำการศึกษาการเชื่อม Stainless steel AISI 430 ออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการ Taguchi method จากการศึกษาพบว่าเกรนที่รอยเชื่อมมีขนาดเล็กลง และ ที่เวลาในการเชื่อม 3 วินาที แรงดันในการเชื่อม 95 MPa เวลาในการอัด 5 วินาที แรงดันในการอัด 180 MPa และที่ความเร็วรอบ 1125 rpm มีผลทำให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงมากที่สุด[6] การนำเอาเศษวัสดุมากลับมาใช้ใหม่โดยใช้ระบบการเชื่อมด้วยความเสียดทาน โดยในการศึกษาใช้โลหะ AISI 1040 พบว่าค่าความเค้นเฉือนสูงสุดจากการเชื่อมที่สภาวะเหมาะสม คือ 630 MPa[7] การศึกษาเพื่อหาผลของการเชื่อมโลหะ AISI 1040 ที่มีขนาดต่างกัน โดยชิ้นงานขนาดเล็กที่สุดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm. โดยทำการเชื่อมที่สัดส่วนขนาดชิ้นงานใหญ่ต่อชิ้นงานเล็ก (D/d) เท่ากับ 1 , 1.5 , 2 , 3 และ 4 ตามลำดับ หาค่าความแข็งแรงดึงโดยใช้ Tensile Test พบว่าค่าความแข็งแรงดึง ลดลงเมื่อ D/d เพิ่มขึ้น ทำการวัดความแข็ง (HV) พบว่าในแนวตั้งบริเวณรอยเชื่อมโลหะมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น[8] การศึกษาในกรณีของ อลูมิเนียมที่ทดลองผสม $Al_2 O_3$ ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันและผสมกับอลูมิเนียมอัลลอยด์เบอร์ 6160 จากนั้นนำมาเชื่อมกับเหล็ก AISI 1020 ด้วยวิธีการเชื่อมด้วยความเสียดทาน พบว่าบริเวณรอยเชื่อมที่เกิดจากการเชื่อมวัสดุต่างชนิดกันนี้ทำให้ได้รอยเชื่อมที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น[9] การศึกษา

ความเร็วรอบและความเร็วในการเคลื่อนของหัวหมุน เชื่อม โดยการทดลองเชื่อมชิ้นงานด้วยการ เปรียบเทียบการเชื่อมอลูมิเนียมอัลลอยด์ชนิดเบอร์ AA 1050, AA 6061, AA 2024, AA7039 และ AA 7075 พบว่าต้องใช้ความเร็วรอบในการหมุนและเวลา ในการเคลื่อนที่เชื่อมแตกต่างกัน เพื่อให้ได้รอยเชื่อม ที่สมบูรณ์[10] การศึกษาคุณสมบัติของรอยเชื่อมของ เหล็กกล้า AISI1015 ที่เชื่อมด้วยแรงเสียดทาน ซึ่งให้ผลการทดลองว่าชิ้นงานที่เชื่อมมีความแข็งแรง มากกว่าวัสดุเดิม ประมาณร้อยละ 17 [11] เป็นต้น

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อศึกษา ระดับอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ในการเชื่อมเสียดทาน เนื่องจากแต่ละตัวแปรนั้นจะส่งผลกระทบต่อ กัน ดังนั้นในการศึกษาจึงใช้หลักการทางสถิติช่วยใน การออกแบบการทดลอง ซึ่งผลที่ได้จะทำให้ทราบ ระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆว่าส่งผลกระทบต่อ คุณภาพของรอยเชื่อมอย่างไร โดยในบทความนี้มุ่ง ศึกษาเฉพาะความสัมพันธ์ของความเร็วรอบในการ เสียดทานกับตัวแปรในการทดลองตัวอื่นๆเท่านั้น ส่วนความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เหลือ กำลังอยู่ใน ระหว่างการศึกษาและจะนำเสนอในโอกาสต่อไป

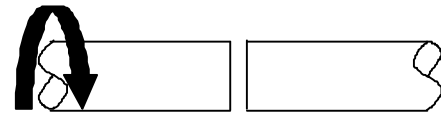
2. เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานและวิธี

การศึกษา

2.1 แนวคิดเบื้องต้นของกระบวนการเชื่อมด้วยความ เสียดทาน

กระบวนการเชื่อมด้วยความเสียดทานนั้นอาศัย หลักการการเสียดสีทำให้เกิดความร้อนสูงจนทำให้ ชิ้นงานอ่อนตัวในระดับที่สามารถอัดให้ติดกันได้ ใน กระบวนการเชื่อมที่ใช้ในการทดลองนั้นทำได้โดยการ หมุนชิ้นงานด้านหนึ่งด้วยความเร็วและค่าแรงบิดที่ เหมาะสมดังรูปที่ 1(ก) จากนั้นให้แรงดันที่เหมาะสม แก่ชิ้นงานอีกด้านหนึ่งให้เคลื่อนเข้าหาชิ้นงานด้านที่ กำลังหมุน เมื่อชิ้นงานสัมผัสกันทำให้เกิดการเสียดสี จนเกิดความร้อนที่หน้าสัมผัสทั้งสองจนเกิดการอ่อน ตัวดังรูปที่ 1(ข) จึงหยุดการหมุนของชิ้นงานอย่าง รวดเร็วพร้อมทั้งให้แรงดันที่เหมาะสม ให้ชิ้นงาน

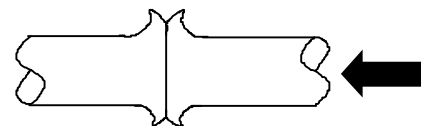
เคลื่อนเข้าอัดติดเป็นชิ้นเดียวกัน ดังรูปที่ 1(ค) ซึ่ง พลังงานความร้อนที่ชิ้นงานทั้งสองได้รับจะขึ้นอยู่กับ ตัวแปรต่างๆ เช่น แรงบิด แรงดัน ความเร็วรอบในการ หมุน และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของชิ้นงานนั้น เป็นต้น



(ก) จังหวะหมุนเริ่มการเชื่อม



(ข) จังหวะหมุนเพื่อเสียดสี



(ค) จังหวะอัด

รูปที่ 1 แสดงกระบวนการเชื่อมด้วยความเสียดทาน

2.2. เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน

เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานที่ใช้ในการศึกษานี้ ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

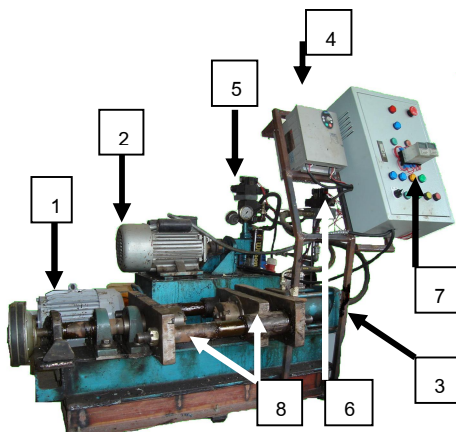
- 1) มอเตอร์ขนาด 5 Hp เป็นต้นกำลังในการหมุนหัวจับ ที่ 1
- 2) มอเตอร์ขนาด 3 Hp ใช้ในการขับปั๊มไฮดรอลิกส์ ขนาดแรงดัน 100 bar
- 3) กระบอกไฮดรอลิกส์ขนาดลูกสูบ 4 inches ใช้ใน การให้แรงดันแก่หัวจับที่ 2
- 4) Inverter ขนาด 7.5 Hp ใช้ในการควบคุมความเร็ว รอบในการทำงานของมอเตอร์ขนาด 5 Hp
- 5) ระบบ Manual Relief Valves ใช้ในการปรับค่า แรงดันของเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน
- 6) ระบบ Electric Solenoid Valve ควบคุมการปล่อย

แรงดันในช่วงต่างๆ

7) Timer ใช้ควบคุมเวลาช่วงต่างๆของการเชื่อม

8) หัวจับเชื่อมที่ 1 และหัวจับเชื่อมที่ 2

ตำแหน่งของอุปกรณ์ที่กล่าวมาข้างต้นจะแสดงในรูปที่ 2 ส่วนการออกแบบโดยละเอียดสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก เอกสารอ้างอิง [12, 13]



รูปที่ 2 เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานที่ใช้ในการศึกษา

2.3 วัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ ใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำซึ่งตามท้องตลาดเรียกว่าเหล็กเพลขา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 mm. ยาว 100 mm. นำไปทดสอบค่าความแข็งแรงดึงได้ 663 MPa และได้นำชิ้นงานไปหาส่วนประกอบทางเคมี เทียบกับมาตรฐานของระบบ AISI (American Iron and Steel Institute) จากการตรวจสอบพบว่าชิ้นงานมีส่วนประกอบทางเคมีตรงกับเหล็กเบอร์ AISI 1015 ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

Material	%C	%P	%S	%Mn	%Si	%Cr
AISI1015	0.15	0.03	0.01	0.47	0.17	0.01

2.4 วิธีการออกแบบการทดลองและวิธีการทดลอง

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ให้ความสนใจศึกษาตัวแปร 5 ตัว ประกอบด้วย เวลาในการเสียดทาน (T_1) 4 ค่า คือ 6, 8, 10, 12 วินาที แรงดันในการเสียดทาน (P_1) 3 ค่า คือ 103, 206, 309 MPa เวลาในการอัด (T_2) 4 ค่า คือ 1, 2, 3, 4 วินาที แรงดันในการอัด (P_2) 4 ค่า คือ 309, 412, 516, 619. MPa ความเร็วรอบในการหมุนชิ้นงาน (S) 4 ค่า คือ 1100, 1200, 1300, 1400 rpm จากนั้น นำค่าตัวแปรมาใส่ในโปรแกรม Minitab ให้ช่วยในการออกแบบและลำดับการทดลองให้เป็นแบบทำซ้ำ 2 ครั้ง ทำให้ได้วิธีการทดลองทั้งหมด 768 เงื่อนไข และได้ชิ้นงานทดลองทั้งหมด 2304 ชิ้น

ในการทดลองนั้นได้นำชิ้นงานมาทำการกลึงปาดหน้า และลบมุมของผิวหน้าที่จะทำการเชื่อม ทำการติดลำดับการทดลองตัวอย่างชิ้นงานก่อนการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 3 แล้วจึงนำชิ้นงานมาเชื่อมตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้น จะได้ชิ้นงานที่มีรอยเชื่อมที่นูนออกมา ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 3 ชิ้นงานที่พร้อมนำไปทำการทดลอง



รูปที่ 4 ลักษณะรอยเชื่อมของชิ้นงาน

หลังจากที่เชื่อมชิ้นงานติดกันแล้วได้ทำการนำชิ้นงานไปกลึงปาดเอาเศษโลหะที่ถูกดันออกมาจากกระบวนการเชื่อม และได้ทำการกลึงบากกำหนดจุดขาดให้ขาดตรงรอยเชื่อมพอดีโดยให้ชิ้นงานเหลือเส้นผ่าศูนย์กลางตรงรอยบาก 5.5 mm. ดังแสดงในรูปที่ 5 นำชิ้นงานมาดัดทดสอบแรงดึงด้วยเครื่อง Tensile test

ดังแสดงในรูปที่ 6 ตัวอย่างชิ้นงานที่นำไปทดสอบแรงดึงแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 5 ชิ้นงานที่กลึงปากกำหนดจุดขาด พร้อมทั้งจะนำไปทดสอบแรงดึง



รูปที่ 6 เครื่อง Tensile test ที่ใช้ในการทดสอบค่าความแข็งแรง



รูปที่ 7 ตัวอย่างชิ้นทดลองที่ผ่านการทดสอบแรงดึงแล้ว

3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

3.1 ลักษณะของรอยเชื่อม

หลังจากนำชิ้นงานเชื่อมไปผ่าเพื่อดูความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมภายใน ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ชิ้นงานเชื่อมที่ผ่าแล้ว

จากรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่าที่บริเวณรอยเชื่อมจะมีการประสานตัวเป็นเนื้อเดียวกันของชิ้นงานทั้งสอง โดยที่ไม่มีรอยแยกหรือโพรงอากาศ แสดงให้เห็นว่าการเชื่อมเหล็ก AISI 1015 ด้วยเครื่องเชื่อมที่ประกอบขึ้นนี้สามารถใช้เชื่อมได้จริง ได้รอยเชื่อมที่มีคุณภาพสูง และสามารถนำไปเป็นอุปกรณ์ในการทดลองได้

3.2 อิทธิพลของความเร็วยรอบในการเสียตทาน

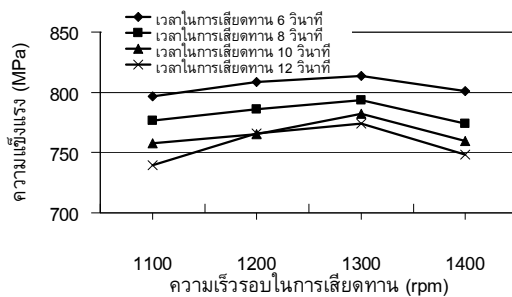
จากการทดลองนำชิ้นงานไปดึงด้วยเครื่อง Tensile test แรงดึงที่ได้จะนำไปคำนวณหาค่าความแข็งแรงของรอยเชื่อมภายใต้เงื่อนไขต่างๆ แล้วนำค่าความแข็งแรงของชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นที่มีค่าเงื่อนไขในการทดลองที่เหมือนกันมาเฉลี่ยกัน เพื่อเป็นการลดอิทธิพลของตัวแปรอื่นที่ไม่เกี่ยวข้อง และนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร กับค่าความแข็งแรง ดังจะอภิปรายต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับความเร็วยรอบในการเสียตทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรเวลาในการเสียตทาน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่เกิดจากอิทธิพลของความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรเวลาในการเสียดทาน

S (rpm)	1100	1200	1300	1400
$T_1 = 6$ วินาที	797	809	814	801
$T_1 = 8$ วินาที	777	786	793	774
$T_1 = 10$ วินาที	758	765	782	760
$T_1 = 12$ วินาที	740	766	774	749

จากตารางที่ 2 นำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรเวลาในการเสียดทาน ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกับความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรเวลาในการเสียดทาน

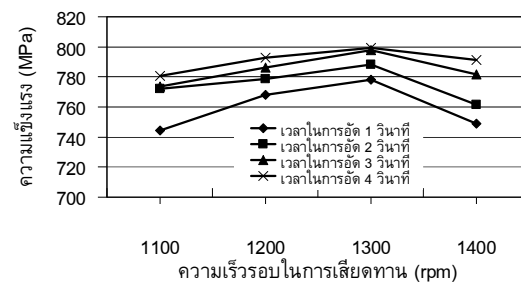
จากกราฟรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟของเวลาในการเสียดทานที่ 6 sec จะให้ค่าความแข็งแรงสูงกว่าเส้นกราฟของเวลาในการเสียดทานที่ 8, 10, 12 sec ตามลำดับ และยังจะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วยรอบในการเสียดทานเพิ่มขึ้นเส้นกราฟความแข็งแรงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดที่ 1300 rpm และเมื่อเพิ่มความเร็วยรอบในการเสียดทานเป็น 1400 rpm เส้นกราฟความแข็งแรงจะมีแนวโน้มลดลง

ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรเวลาในการอัด ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่เกิดจากอิทธิพลของความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรเวลาในการอัด

S (rpm)	1100	1200	1300	1400
$T_2 = 1$ วินาที	745	768	778	749
$T_2 = 2$ วินาที	772	779	788	762
$T_2 = 3$ วินาที	774	786	798	782
$T_2 = 4$ วินาที	781	793	799	791

จากตารางที่ 3 นำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรเวลาในการอัด ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกับความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรเวลาในการอัด

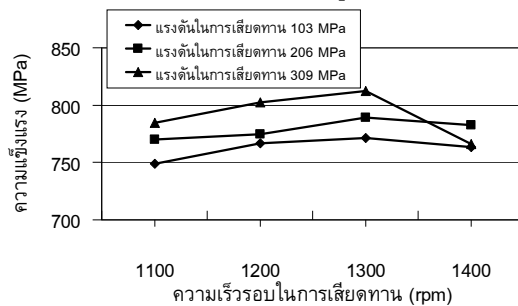
จากกราฟรูปที่ 10 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟของเวลาในการอัดที่ 4 sec จะให้ค่าความแข็งแรงสูงกว่าเส้นกราฟของเวลาในการอัดที่ 3, 2, 1 sec ตามลำดับ และยังจะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วยรอบในการเสียดทานเพิ่มขึ้นเส้นกราฟความแข็งแรงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดที่ 1300 rpm และเมื่อเพิ่มความเร็วยรอบในการเสียดทานเป็น 1400 rpm เส้นกราฟความแข็งแรงจะมีแนวโน้มลดลง

ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรแรงดันในการเสียดทาน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่เกิดจากอิทธิพลของความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรแรงดันการเสียดทาน

S (rpm)	1100	1200	1300	1400
$P_1 = 103 \text{ MPa}$	749	767	771	763
$P_1 = 206 \text{ MPa}$	770	775	789	783
$P_1 = 309 \text{ MPa}$	785	803	812	766

จากตารางที่ 4 นำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรแรงดันการเสียดทาน ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกับความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรแรงดันการเสียดทาน

จากกราฟรูปที่ 11 จะเห็นว่าเส้นกราฟของแรงดันในการเสียดทานที่ 309 MPa จะให้ค่าความแข็งแรงสูงกว่าเส้นกราฟของแรงดันในการเสียดทานที่ 206, 103 MPa แต่ที่ช่วง 1400 rpm เส้นกราฟของแรงดันในการเสียดทานที่ 206 MPa มีค่าสูงที่สุด และยังจะเห็นว่าเมื่อความเร็วยรอบในการเสียดทานเพิ่มขึ้นเส้นกราฟความแข็งแรงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดที่ 1300 rpm และเมื่อเพิ่มความเร็วยรอบในการเสียดทานเป็น 1400 rpm เส้นกราฟความแข็งแรงจะมีแนวโน้มลดลง

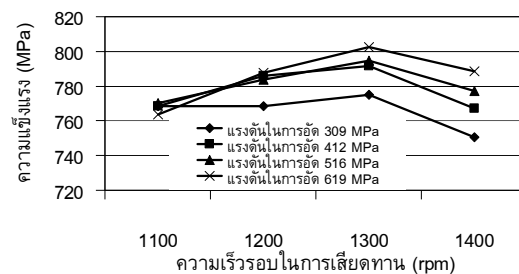
ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้

เงื่อนไขตัวแปรแรงดันในการเสียดทาน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่เกิดจากอิทธิพลของความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรแรงดันการอัด

S (rpm)	1100	1200	1300	1400
$P_2 = 309 \text{ MPa}$	769	769	775	751
$P_2 = 412 \text{ MPa}$	769	786	792	767
$P_2 = 516 \text{ MPa}$	770	784	795	777
$P_2 = 619 \text{ MPa}$	764	788	802	789

จากตารางที่ 5 นำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของรอยเชื่อมกับความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรแรงดันการเสียดทาน ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงกับความเร็วยรอบในการเสียดทาน ภายใต้เงื่อนไขตัวแปรแรงดันการอัด

จากกราฟรูปที่ 12 จะเห็นว่าเส้นกราฟของแรงดันในการอัดในช่วงความเร็วยรอบระหว่าง 1100, 1200, rpm มีค่าใกล้เคียงกันมาก เส้นกราฟของแรงดันในการอัดในช่วง 1300, 1400, rpm ค่าแรงดันในการอัดที่ 619 MPa จะให้ค่าความแข็งแรงสูงกว่าเส้นกราฟของแรงดันในการอัดที่ 309, 412, 516 MPa และยังจะเห็นว่าเมื่อความเร็วยรอบในการเสียดทานเพิ่มขึ้นเส้นกราฟความแข็งแรงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดที่ 1300 rpm และเมื่อเพิ่ม

ความเร็วรอบในการเสียดทานเป็น 1400 rpm
เส้นกราฟความแข็งแรงจะมีแนวโน้มลดลง

จากรูปที่ 9 ถึง 12 จะเห็นได้ว่าภายใต้เงื่อนไขการทดลองต่างๆ เมื่อความเร็วรอบในการเสียดทานเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความแข็งแรงของรอยเชื่อมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรณี และจะมีค่าความแข็งแรงสูงที่สุดที่ความเร็วรอบ 1300 rpm แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบในการเสียดทานไปที่ 1400 rpm จะส่งผลให้ความแข็งแรงของรอยเชื่อมมีแนวโน้มลดลงในทุกกรณีเช่นกัน ซึ่งการที่ค่าแนวโน้มความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว อาจเกิดจากเมื่อความเร็วรอบในการเสียดทานเพิ่มขึ้นทำให้เกิดความร้อนจากการเสียดทานเพิ่มมากขึ้นจนถึงจุดที่ความร้อนเหมาะสมที่ 1300 rpm ส่งผลให้ความแข็งแรงมีค่าสูงสุด ด้วยเหตุผลเดียวกันเมื่อความเร็วรอบในการเสียดทานเพิ่มขึ้นถึง 1400 rpm ทำให้เกิดความร้อนสูงกว่าค่าที่เหมาะสมก่อให้เกิดกระบวนการคลายกับการอบอ่อน ส่งผลให้บริเวณรอยเชื่อมมีความแข็งแรงลดลง โดยพบว่าไม่ว่าตัวแปรอื่นจะเปลี่ยนแปลงในทิศทางใด อิทธิพลของความเร็วรอบในการเสียดทานก็ยังคงทำให้ความแข็งแรงของรอยเชื่อมลดลงเมื่อความเร็วรอบในการเสียดทานสูงกว่า 1300 rpm

4. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอการศึกษาถึงแนวโน้มของความแข็งแรงรอบในการเสียดทาน ที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อมจากกระบวนการเชื่อมเสียดทานโดยใช้เหล็ก (AISI 1015) ขนาด 10 mm. ยาว 100 mm. เป็นวัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ใช้ค่าความแข็งแรงดึง Tensile test เป็นตัวชี้วัดผลการทดลอง ผลการศึกษาพบว่าเมื่อความเร็วรอบในการเสียดทานเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ความแข็งแรงของรอยเชื่อมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันและมีค่าความแข็งแรงสูงที่สุดเมื่อเพิ่มความเร็วรอบในการเสียดทานที่ 1300 rpm แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบในการเสียดทานมากกว่า 1300 rpm ค่าความแข็งแรงจะมีแนวโน้มลดลง ในส่วนของอิทธิพลของตัวแปรอื่นนั้นกำลังอยู่ใน

ระหว่างการศึกษา และจะได้แสดงผลการศึกษาในโอกาสต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการศึกษาวิจัยนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่องานศึกษาวิจัยนี้

ขอขอบคุณ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่องานศึกษาวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Mumin Sahin and H. Erol Akata. (2003). Joining with friction welding of plastically deformed steel, Journal of Materials Processing Technology, vol. 142, pp. 239-246.
- [2] Mumin Sahin. (2007). Evaluation of the joint – interface properties of austenitic – stainless steels (AISI304) joined by friction welding, Materials and Design, vol. 28, pp. 2244-2250.
- [3] N. Ozdemir, F. Sarsilmaz, A. Hascalik. (2007). Effect of rotational speed on the interface properties of friction-welding AISI 304L to 4340 steel, Materials and Design, vol. 28, pp. 301-307.
- [4] Hakan Ates, Mehmet Turker, Adem Kurt. (2007) Effect of friction pressure on the friction-welded MA956 iron – based super alloy, Materials and Design, vol. 28, pp. 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, joined by friction welding, Materials and Design, vol. 62 pp. 293-296.
- [6] Paulraj Sathiya, S.Aravindan, A.Noorul Haq. (2007). Optimization for friction welding parameters with multiple performance characteristics, Materials and Design, pp. 309-

318.

[7] H. Erol Akata , Mumin Sahin and M. Turan Ipekci, (2007). An investigation into reutilizing of waste materials using friction welding and upset manufacturing methods. Journal of Industrial Lubrication and Tribology, Vol. 59, pp. 230-235.

[8] H. Erol Akata and Mumin Sahin, (2003). An investigation on the effect of dimensional differences in friction welding of AISI 1040 specimens. Journal of Industrial Lubrication and Tribology, Vol. 55, pp. 223-232

[9] Ahmet Hascalik, Nuri Orhan, (2007). Effect of particle size on friction welding of Al₂O₃ reinforced 6160 Al alloy composite and SAE 1020 steel. Materials and Design, Vol. 28, pp. 313-317.

[10] V. Balasubramanian, (2008). Relationship between base metal properties and friction stir welding process parameters. Materials Science and Engineering, Vol. 480, pp. 163-175

[11] สุรสิงห์ อารยางค์กูร. อติศักดิ์ บุตรวงษ์ และ ขวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์. (2552). การศึกษาคุณสมบัติของรอยเชื่อมของเหล็กกล้าที่เชื่อมด้วยความเสียดทาน, วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. มกราคม-เมษายน, หน้า 83-98.

[12] สุรสิงห์ อารยางกูร และ ขวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์ (2551). การเชื่อมเหล็กกล้าด้วยความเสียดทาน, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

[13] สุรสิงห์ อารยางกูร และ ขวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์ (2551). อิทธิพลของแรงดันเสียดทานต่อคุณสมบัติของเหล็กที่เชื่อมด้วยความเสียดทาน, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี