

อิทธิพลของอัตราป้อนต่อสมบัติเชิงกลของเหล็ก AISI4140 และ AISI304 ที่เชื่อมด้วยวิธี เสียดทาน

The influence of feed rate on mechanical properties of AISI4140 and AISI304 connected with friction welding.

สรวิชัย จันทน์มณี*, ซวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

*ติดต่อ: E-mail, ton_huataphan2@hotmail.com เบอร์โทรศัพท์, 045-353-308 เบอร์โทรสาร 045-353-309

บทคัดย่อ

ในกระบวนการเชื่อมเสียดทานนั้นมีหลายตัวแปรที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลและเชิงจุลภาคของรอยเชื่อม โดยตัวแปรแต่ละตัวต่างก็มีอิทธิพลที่แตกต่างกันไป บทความนี้จะนำเสนอในเรื่องอิทธิพลของอัตราป้อนในการเชื่อมเสียดทานที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของรอยเชื่อมที่เชื่อมด้วยวิธีเสียดทานโดยวัสดุที่ใช้ในการทดลองคือ เหล็กกล้าผสม (AISI4140) และเหล็กกล้าไร้สนิม (AISI304) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 mm มีความยาว 70 mm โดยทำการทดลองทั้งหมด 27 คู่ ใช้เงื่อนไขในการทดลองคือ แรงดันเสียดทาน 20 bar แรงดันอัด 60 bar เวลาเสียดทาน 15 s เวลาในการอัด 7 s ความเร็วรอบ 1400 rpm และอัตราป้อนขึ้นงาน 3 ค่า ได้แก่ 0.1, 0.3 และ 0.5 mm/s จากนั้นนำชิ้นงานมาทดสอบหาค่าความแข็งและค่าความแข็งแรงดึงที่ตำแหน่งรอยเชื่อม จากการทดลองพบว่าชิ้นงานที่เชื่อมด้วยค่าอัตราป้อนแตกต่างกันนั้นจะส่งผลให้มีค่าแข็งและความแข็งแรงดึงแตกต่างกันที่รอยเชื่อมโดยที่อัตราป้อน 0.3 mm/s จะให้ค่าความแข็งแรงดึงเฉลี่ยมากที่สุดเพราะบริเวณรอยเชื่อมมีค่าความแข็งน้อยที่สุด ซึ่งสาเหตุที่เกิดความแตกต่างกันนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเกรนในบริเวณรอยเชื่อม

คำหลัก: การเชื่อมเสียดทาน การเชื่อมวัสดุต่างชนิด อัตราป้อนการเสียดทาน

Abstract

There are many parameters in friction welding process that affect to mechanical property and micro structure of welded specimens. This paper is aimed to investigate the influence of feed rates in friction period. The experiment was conducted using AISI4140 steel rods and AISI304. The specimen is 15 mm diameter and 70 mm long. Totally 27 couples of specimens were tested. The welding condition were friction pressure 20 bar upset pressure 60 bar friction time 15 sec upset time 7 sec rotational speed 1400 rpm. The feed rate was varied as 0.1, 0.3 and 0.5 mm/s. The specimens were tested for tensile strength and hardness. The result shown that feed rate has some influence on strength and hardness. In general, the feed rate of 0.3 mm/s gives higher value of average tensile strength. This is due to the change of grain at welded zone.

AMM-2040

1. บทนำ

การเชื่อมเสียดทาน (Friction welding) เป็นการเชื่อมอีกหนึ่งวิธีที่สามารถเชื่อมวัสดุชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันได้โดยไม่ก่อให้เกิดไอสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมเมื่อเปรียบเทียบกับ การเชื่อมไฟฟ้า อีกทั้งยังใช้เวลาและต้นทุนที่ต่ำ การเชื่อมโลหะด้วยวิธีดังกล่าวจัดอยู่ในกลุ่มการเชื่อมด้วยความดัน โดยความร้อนนั้นเกิดจากการเปลี่ยนพลังงานทางกลเป็นพลังงานความร้อนที่บริเวณรอยต่อของชิ้นงานโดยปราศจากพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อนจากบริเวณอื่นๆเข้ามาเกี่ยวข้องกับบริเวณหน้าสัมผัสของชิ้นงาน การเชื่อมด้วยแรงเสียดทานนี้สามารถทำได้โดยจับยึดชิ้นงานชิ้นหนึ่งให้อยู่กับที่และสัมผัสกับชิ้นงานอีกชิ้นที่กำลังหมุนภายใต้แรงกดจนกระทั่งอุณหภูมิบริเวณหน้าสัมผัสของชิ้นงานค่อยๆเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิของชิ้นงานทั้งสองสูงขึ้นพอที่จะทำให้ชิ้นงานทั้งสองเชื่อมติดกันได้จึงหยุดหมุนพร้อมกับเพิ่มแรงกดเพื่อให้ชิ้นงานทั้งสองติดกันได้ดียิ่งขึ้นโดยความร้อนที่เกิดขึ้นจะไม่ถึงจุดหลอมละลาย [1] จากรายงานของ Satiya และคณะ [2] พบว่าสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของรอยต่อที่เชื่อมด้วยความเสียดทานระหว่าง AISI 4140 และ AISI 1050 ผลจากการศึกษาพบว่าความแข็งแรงของรอยเชื่อมสูงกว่าความแข็งแรงของเหล็กเดิม โดยค่าความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นจะแตกต่างกันตามเงื่อนไขในการเชื่อม และยังพบอีกว่าการเพิ่มอุณหภูมิในครั้งแรกจะใช้เวลารวดเร็วที่โซนเชื่อมเงื่อนไขการเชื่อมสูงสุด คือความเร็วรอบ 3000 rpm ความดันเชื่อม 81 MPa เวลาเชื่อม 6 Sec การเข้าร่วมประสานติดกันได้ดีในการใช้กระบวนการเชื่อมด้วยความเสียดทาน ธรรมชาติ และคณะ [3] ได้ทำการทดลองนำการเชื่อมเสียดทานมาเชื่อมอลูมิเนียมและอะลูมินา พบว่าอิทธิพลของอัตราป้อนยังมีผลกับรอยแตกขาวในการเชื่อมอลูมิเนียมกับอลูมินาด้วยวิธีการเชื่อมแบบเสียดทานพบว่าเมื่อเชื่อมอลูมิเนียมกับอลูมินาด้วยอัตราป้อนชิ้นงานที่สูงขึ้น ทำให้พบรอยแตกขาวในเนื้ออลูมินาเพิ่มขึ้น ในการศึกษาของ Sathiya และคณะ [4] พบว่ากระบวนการเชื่อมด้วย

ความเสียดทานที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมของทองแดงและเหล็กกล้า โดยใช้ทองแดงในทางการค้า 98% H21(DIN-30 W CrV93) และเหล็กกล้า AISI1015 (DIN-1141) ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในหน้าผิวสัมผัส ในรัศมีบทบาทสำคัญในการแพร่กระจายและการพัฒนาความร้อนในบริเวณที่ได้รับผลกระทบซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของรอยเชื่อม ในการศึกษาของจักรินทร์ คงสิบ และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาลักษณะของโครงสร้างจุลภาคของเหล็กคาร์บอนปานกลาง AISI1045 ที่ผ่านการอบอ่อน และทำการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานเหล็กหน้าตัดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 mm ความยาว 100 mm จำนวน 720 ชิ้น ภายใต้เงื่อนไขการเชื่อม คือ แรงดันในการอัด 20 30 และ 40 bar เวลาในการอัด 2 3 และ 4 s อุณหภูมิในการอบอ่อน 790 850 และ 970 °C ความเร็วรอบ 1,800 rpm เมื่อเชื่อมเสร็จได้นำชิ้นงานเชื่อมไปทดสอบความแข็งแรงดึง และองค์ประกอบโครงสร้างจุลภาคที่บริเวณรอยเชื่อม จากการวิจัยพบว่าที่อุณหภูมิปกติของชิ้นงานหลังจากการเชื่อมชิ้นงานค่าแรงดึงมีค่าสูงกว่าชิ้นงานเชื่อมที่ผ่านการอบอ่อน แต่ค่าความแข็งแรงของรอยเชื่อมชิ้นงานที่อุณหภูมิปกติของรอยเชื่อมจะมีค่าน้อยกว่าชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อน ในส่วนของโครงสร้างจุลภาคพบว่าเกรนของเหล็กที่บริเวณรอยเชื่อมชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อนมีเกรนที่ละเอียดมากกว่าชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบอ่อน จึงส่งผลทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงมากกว่า สุธาสินี อารยางกูรและคณะ [6] ได้ทำการศึกษารายละเอียดและพัฒนาเครื่องเชื่อมต้นแบบ พบว่าเครื่องเชื่อมต้นแบบสามารถทำงานและเชื่อมต่อชิ้นงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยเงื่อนไขของตัวแปรต่างๆที่เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานต้นแบบทำได้คือ สามารถปรับตั้งค่าแรงดันในการเสียดทาน (Friction Pressure) ตั้งแต่ 10-60 bar แรงดันในการเชื่อม (Upset Pressure) ตั้งแต่ 20-100 bar ความเร็วรอบในการหมุน (Friction Speed) ตั้งแต่ 0-2500 rpm และสามารถปรับตั้งเวลาในการเสียดทาน (Friction Time) เวลาในการเชื่อม (Upset Time) ได้จากการทดลองเชื่อมเหล็กเพลากลมชนิด AISI 1015

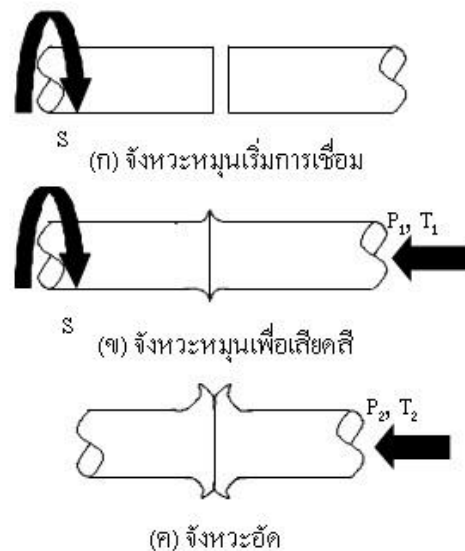
AMM-2040

พบว่าค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมตมามีค่าความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นกว่าชิ้นงานเดิม (Base Iron) ในส่วนของการวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงานที่เชื่อมด้วยความเสียดทานนั้นพบว่าความแข็งแรงบริเวณแนวเชื่อมตมามีค่าความแข็งแรงลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการเชื่อมทำให้เปอร์เซ็นต์ของ pearlite ลดลง ในส่วนของความแข็งแรงที่เพิ่มมากขึ้นนั้นจากการวิเคราะห์โครงสร้างของเกรนหลักด้วย Microphotograph พบว่าบริเวณแนวเชื่อมตมามีเกรนของเหล็กที่ละเอียดมากกว่าบริเวณอื่นที่ไม่ได้รับผลกระทบจากเชื่อม ส่งผลให้บริเวณแนวเชื่อมตมามีความแข็งแรงมากขึ้น Sahin และคณะ [7] ได้ทำการศึกษารอยเชื่อมที่มีผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างวัสดุในระดับจุลภาค ของวัสดุ austenitic-stainless steels (AISI 304) พบว่าแรงดันในการเสียดทาน 60 MPa และเวลาเสียดทาน 9 sec ส่งผลให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงที่สุด Ahmet Z.Sahin และคณะ [8] ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์กระบวนการเชื่อมด้วยความเสียดทานที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมของทองแดงและเหล็กกล้า โดยใช้ทองแดงในทางการค้า 98% H21 (DIN-30 W CrV93) และเหล็กกล้า AISI1015 (DIN-1141) ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในหน้าผิวสัมผัส ในรัศมีบัพทบาทสำคัญในการแพร่กระจายและการพัฒนาความร้อนในบริเวณที่ได้รับผลกระทบซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของรอยเชื่อม

ในบทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอัตราป้อนที่มีผลต่อสมบัติทางกลของรอยเชื่อม การศึกษาจะเน้นในเรื่องการวิเคราะห์สมบัติทางกลเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างเมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราป้อน

2.1 แนวคิดเบื้องต้นของระบบการเชื่อมด้วยความเสียดทาน

ระบบการเชื่อมด้วยความเสียดทานนั้นอาศัยหลักการเปลี่ยนแรงเสียดทานเป็นพลังงานความร้อนในการเชื่อมชิ้นงานให้ติดกัน ในการเชื่อมนั้นทำได้โดยการหมุนชิ้นงานหนึ่งด้วยความเร็ว และแรงบิดค่าหนึ่ง ดังรูปที่ 1(ก) จากนั้นสร้างแรงดันให้ชิ้นงานนั้นไปสัมผัสและหมุนเสียดสีกับชิ้นงานอีกชิ้นหนึ่งที่หมุนอยู่กับที่แล้วตั้งเวลาในการเสียดทานให้เกิดการเสียดสีกันจนเกิดความร้อนหลอมให้หน้าสัมผัสทั้งสองเข้าสู่สภาวะหนืดดังรูปที่ 1(ข) จึงให้แรงดันอัดภายในเวลาอันรวดเร็วเพื่ออัดชิ้นงานให้ติดกันดังรูปที่ 1(ค) โดยพลังงานความร้อนที่ชิ้นงานทั้งสองได้รับนั้นจะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว ได้แก่ แรงบิด ความเร็วรอบระยะเวลาในการให้แรงในแนวแกน ค่าของแรงดันในแนวแกนในแต่ละช่วงของการเชื่อม เป็นต้น



รูปที่ 1 การเชื่อมด้วยการหมุนเสียดทานในแนวระนาบให้แรงดันอัดด้านเดียว

2. เครื่องมือและวิธีการศึกษา

AMM-2040



รูปที่ 2 เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานที่ใช้เพื่อการทดลอง

2.2 เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน

เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานได้ถูกพัฒนาขึ้นตามแนวคิดข้างต้นโดยมีมอเตอร์ขนาด 7.5 Hp เป็นต้นกำลังในการหมุนชิ้นงาน ในส่วนของการควบคุมความเร็วรอบการหมุนของชิ้นงานที่จะทำการเชื่อมนั้นใช้ Inverter ขนาด 7.5 Hp ในการควบคุมความเร็วรอบการทำงาน โครงสร้างทั้งหมดของเครื่องเชื่อมสร้างบนฐานเหล็กทรงตัวยาวเพื่อลดปัญหาการสั่นสะเทือนดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งแสดงเครื่องเชื่อมที่สร้างสำเร็จแล้วและใช้ในการทดลอง เครื่องดังกล่าวใช้ระบบไฮดรอลิกส์ในการสร้างแรงดันอัดชิ้นงานเพื่อเชื่อม เครื่องเชื่อมนี้ทำงานโดยใช้ระบบ Electric Solenoid Valve ควบคุมแรงดันส่วนของการปรับค่าแรงดันโดยใช้ Manual Relief Valves และใช้ Timer ควบคุมเวลาการทำงาน ซึ่งสามารถปรับตามค่าตัวแปรต่างๆ

2.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้เหล็กกล้าผสม (AISI4140) ตามท้องตลาดเรียกว่าเหล็กเพล้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 mm. ยาว 70 mm. กับเหล็กกล้าไร้สนิม (AISI 304) ตามท้องตลาดเรียกว่าเหล็กกล้า-สแตนเลสสตีลขนาดเท่ากัน โดยได้นำชิ้นงานทั้งสองชนิดไปทดสอบ เพื่อหาส่วนประกอบทางเคมีตามมาตรฐานของระบบ SAE-AISI (American Iron and Steel Institute) และจากการตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีพบว่าไม่มีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 3 ชิ้นงานเหล็กกล้าผสมกับเหล็กกล้าไร้สนิมที่เชื่อมสำเร็จ

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

Material	%C	%P	%Si	%Mo	%S	%Ni	%Cr
เหล็กกล้าผสม AISI4140	0.49	0.004	0.25	0.17	-	0.02	0.95
เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304	0.016	0.01	0.26	-	0.009	7.33	18.13

นอกจากนี้ยังนำ ชิ้นงานไปทดสอบความแข็งแรงดึงพบว่าเหล็กกล้าผสมที่ใช้มีความแข็งแรง 950 MPa ส่วนเหล็กกล้าไร้สนิมมีความแข็งแรง 671 MPa

2.4 วิธีการทดลอง

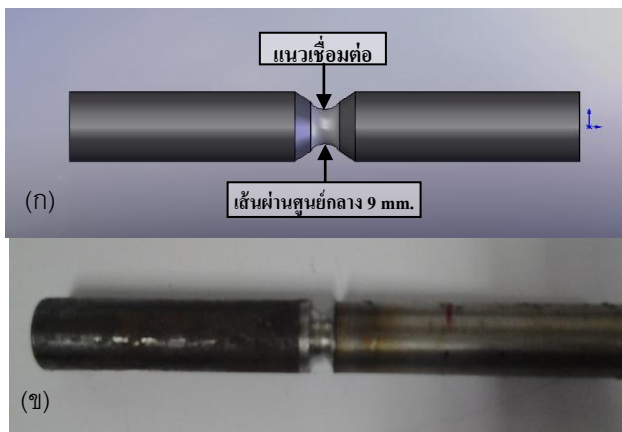
ในงานวิจัยนี้ จะใช้เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานดังที่แสดงในรูปที่ 2 ทำการเชื่อมชิ้นงานให้ติดกันโดยอาศัยหลักการเชื่อมดังที่ได้อธิบายมาแล้ว โดยกำหนดเงื่อนไขการเชื่อมดังต่อไปนี้ ให้แรงดันในการเสียดทาน (Friction Pressure) 20 bar เวลาในการเสียดทาน (Friction Time) 15 sec แรงดันในการเชื่อม (Upset Pressure) 60 bar เวลาในการเชื่อม (Upset Time) 7 sec ความเร็วรอบในการหมุน (Rotation Speed) 1400 rpm เป็นเงื่อนไขคงที่ที่ใช้ในการทดลอง โดยเงื่อนไขการทดลองดังกล่าวเป็นเงื่อนไขที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นและพบว่าเป็นเงื่อนไขที่สามารถเชื่อมชิ้นงานได้ดีและเหมาะสมกับความสามารถของเครื่องเชื่อมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ส่วนอัตราป้อนชิ้นงาน กำหนดให้เปลี่ยนแปลง 3 ค่า ได้แก่ 0.1, 0.3 และ 0.5 mm/s เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบสมบัติของรอยเชื่อม จากนั้นนำชิ้นงานที่

AMM-2040

เชื่อมเสร็จแล้วไปทดสอบเพื่อหาค่าความแข็งและค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมและส่วนอื่นๆของชิ้นงานที่ได้ผลกระทบจากการเชื่อมโดยใช้เครื่อง Micro Hardness Test และเครื่อง Tensile Test ตามลำดับ

2.5 การทดสอบหาค่าความแข็งแรงของรอยเชื่อม

ตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมด้วยความเสียดทานมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 3 จะถูกนำมาทดสอบหาค่าความแข็งแรงโดยใช้เครื่องทดสอบการดึง อย่างไรก็ตามเพื่อให้ชิ้นงานเกิดการขาดที่ตำแหน่งของรอยเชื่อมจริง ๆ จึงจำเป็นต้องทำการกลึงตรองบากชิ้นงานที่ตำแหน่งของรอยเชื่อมเพื่อบังคับให้ชิ้นงานขาดในตำแหน่งรอยเชื่อม เพื่อจะได้ทราบค่าความแข็งแรงของรอยเชื่อมจริง เทคนิคนี้มีการใช้งานก่อนหน้ามาแล้ว[6][9] โดยทำการกลึงให้รอยบากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 mm. ดังแสดงในรูปที่ 4 จากนั้นนำชิ้นงานไปทดสอบความแข็งแรงโดยการดึง โดยทำการทดสอบจำนวน 3 ชิ้นงาน ต่อ 1 เงื่อนไข เพื่อหาค่าเฉลี่ย และตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบการดึงดังแสดงในรูปที่ 5



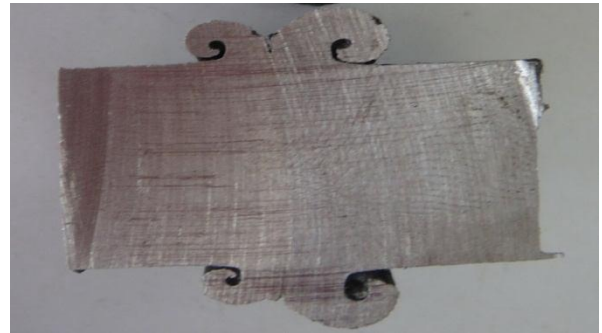
รูปที่ 4 (ก) ภาพจำลองลักษณะรอยบากชิ้นงานเชื่อม
(ข) ตัวอย่างชิ้นงานที่กลึงกำหนดจุดขาด



รูปที่ 5 ตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบการดึงแล้ว

2.6 การทดสอบหาค่าความแข็ง

ในการทดสอบค่าความแข็งชิ้นงานจะถูกตัดมาเฉพาะส่วนที่เชื่อมติดกันประมาณ 13 mm จากแนวรอยเชื่อมในแต่ละด้าน แล้วนำมาผ่าตามแนวแกนเพื่อให้เห็นรอยเชื่อมตลอดหน้าตัดแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงชิ้นงานเชื่อมที่ผ่าเพื่อทดสอบความแข็ง

เมื่อผ่าชิ้นงานที่จะทดสอบเสร็จแล้วต้องนำชิ้นงานไปทำเร็นนัมเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการเตรียมพื้นผิว เพื่อวัดค่าความแข็งของชิ้นงานโดยเร็นนัมจะถูกขึ้นรูปด้วยการเทพิมพ์เรซิน ทั้งนี้เพื่อที่จะสามารถยึดชิ้นงานได้ดีและไม่มีผลเรื่องความร้อนในการขึ้นรูปชิ้นงาน แล้วนำชิ้นงานไปขัดเตรียมผิวให้เรียบ โดยชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการทำ เร็นนัมและขัดผิวแล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงชิ้นงานที่ผ่านการทำเร็นนัมแล้ว

เมื่อผ่านกระบวนการเตรียมผิวชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว จึงนำชิ้นงานไปวัดค่าความแข็ง โดยใช้เครื่อง Micro Hardness ดังรูปที่ 8 ซึ่งในการวัดค่าความแข็งนั้นจะทำการวัดในแนวแกนที่ระยะทุกๆ 0.5 mm

AMM-2040



รูปที่ 8 แสดงเครื่องวัดความแข็ง ของ Multitoyo รุ่น MVK-H1 Micro Hardness Test

3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

3.1 ความแข็งแรงของรอยเชื่อม

ในงานวิจัยนี้ได้นำชิ้นงานมาทดลองเชื่อมตาม ขบวนการที่ได้อธิบายมาแล้ว โดยทำการเชื่อมชิ้นงาน เหล็กกล้าผสมต่ำกับเหล็กกล้าไร้สนิมแล้วนำชิ้นงานมา ทดสอบแรงดึงดังได้อธิบายมาแล้ว ซึ่งได้ผลการ ทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงของชิ้นงาน หลังการเชื่อม

อัตราป้อน	ชั้นที่ 1 (MPa)	ชั้นที่ 2 (MPa)	ชั้นที่ 3 (MPa)	เฉลี่ย (MPa)
0.1 mm/s	332	429	351	371
0.3 mm/s	833	669	710	737
0.5 mm/s	700	503	832	678

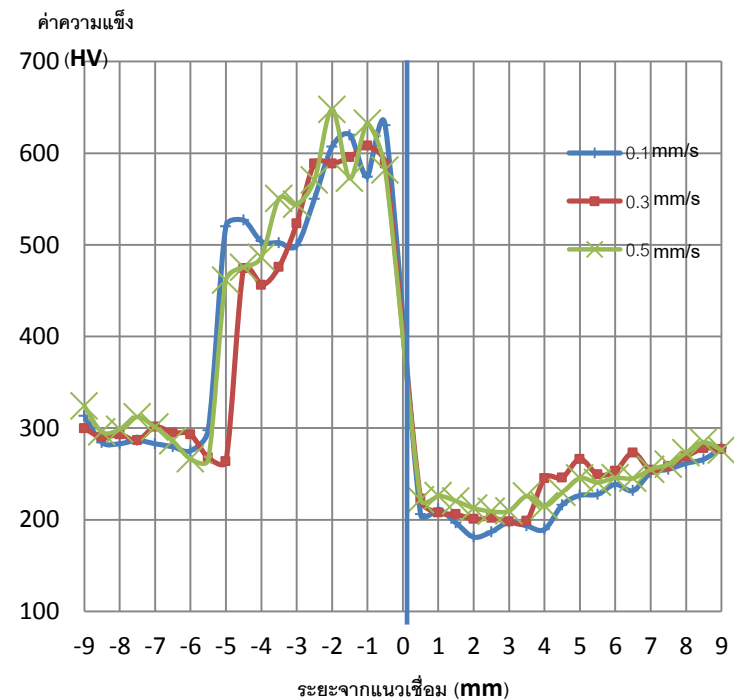
จากผลการทดสอบความแข็งแรงที่แสดงใน ตารางที่ 2 จะเห็นว่าภายใต้เงื่อนไขการเชื่อมที่ระบุนั้น รอยเชื่อมที่อัตราป้อน 0.3 mm/s มีค่าความแข็งแรง เฉลี่ยอยู่ที่ 737 MPa ซึ่งพบว่าเป็นความแข็งแรงเฉลี่ย ที่สูงที่สุด เมื่อเทียบกับอัตราป้อนที่ 0.1 และ 0.5 mm/s โดยที่อัตราป้อน 0.1 mm/s จะให้ค่าความ แข็งแรงเฉลี่ยอยู่ที่ 371 MPa ซึ่งเป็นค่าความแข็งแรง เฉลี่ยที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราป้อนที่ 0.1 และ 0.5 mm/s อย่างไรก็ตามหากพิจารณาผลการทดสอบทั้ง 3 ชั้นจะพบว่า มีชิ้นงานบางชั้นที่เชื่อมด้วยอัตราป้อน 0.5 mm/s มีค่าความแข็งแรงสูงกว่าที่อัตราป้อน 0.3

mm/s ดังนั้น ผลการศึกษาที่อัตราป้อน 0.3 และ 0.5 mm/s ควรได้รับการศึกษาให้ชัดเจนขึ้น

หากพิจารณาในด้านโครงสร้างจุลภาคของ รอยเชื่อมจะพบการเปลี่ยนแปลงของเกรนบริเวณที่ ได้รับผลกระทบจากความร้อนบริเวณแนวเชื่อมที่เห็นได้ ชัดเจนคือผิวนอกของเหล็ก AISI4140 เมื่อผ่านการเชื่อมจะมี ลักษณะเปลี่ยนจาก เฟลไรท์ (Pearlite) ซึ่งมี คุณสมบัติคือเหนียวปานกลาง มีค่าความแข็งอยู่ ประมาณ 300 Hv ดังที่แสดงในรูปที่ 10 (ก) เปลี่ยนไป เป็น มาร์เทนไซต์ (Martensite) ซึ่งมีคุณสมบัติคือ เปราะ มีค่าความแข็งอยู่ที่ประมาณ 600 Hv ดังที่ แสดงในรูปที่ 10 (ข) แต่เนื่องจากค่าความแข็งที่สูงจึง ทำให้อัตราป้อนที่มีความเปราะสูง ในอัตราป้อนที่ 0.3 mm/s นั้นจะมีค่าความแข็งที่น้อยกว่าและค่อนข้างคงที่เมื่อ เปรียบเทียบกับอัตราป้อน 0.1 และ 0.5 mm/s จึงทำ ให้การกระจายตัวของแรงเกิดความสม่ำเสมอ ทำให้ค่า ความแข็งแรงดังมีค่ามากกว่าอัตราป้อนอื่นๆ

3.2 ค่าความแข็งที่ตำแหน่งต่างๆของรอยเชื่อม

ผลการวัดค่าความแข็งค่าเฉลี่ยของรอยเชื่อม ในแนวแกนของชิ้นงานทั้ง 3 ชั้น แสดงดังรูปที่ 9

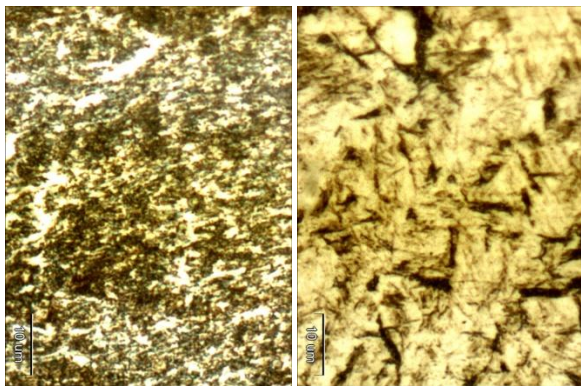


รูปที่ 9 ค่าความแข็งของชิ้นงานที่ระยะต่างๆ

จากรูปที่ 9 จะเห็นว่าลักษณะค่าความแข็งที่ วัดได้จากชิ้นงานทั้ง 3 ชั้น มาเฉลี่ยกันจะได้ค่าความ

AMM-2040

แข็งเฉลี่ยที่ระยะต่างๆ ซึ่งจะเห็นว่า เมื่อพิจารณาวัสดุ เหล็กกล้าผสม (AISI 4140) จะพบว่าค่าอัตราป้อนที่ 0.5 mm/s จะให้ค่าความแข็งที่บริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อนที่มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 647 Hv จากเส้นกราฟของรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าบริเวณที่ได้รับผลกระทบของเส้น 0.3 mm/s จะมีค่าที่สูงสุดอยู่ที่ 608 Hv ซึ่งเป็นค่าความแข็งที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเส้น 0.5 และ 0.1 mm/s ซึ่งมีค่าสูงสุดอยู่ที่ 647 และ 630 Hv และอัตราป้อน 0.3 mm/s ยังมีช่วง Heat effect zone ที่แคบกว่า 0.5 และ 0.1 mm/s ตามลำดับ



(ก)

(ข)

รูปที่ 10 (ก) รูปโครงสร้างจุลภาคของวัสดุเดิมของ เหล็ก AISI4140

(ข) รูปโครงสร้างจุลภาคของวัสดุที่ผ่านการ เชื่อมแล้ว บริเวณ Heat effect zone ของ เหล็ก AISI4140

4. สรุปผลการศึกษาวิจัย

ในบทความนี้ ได้ศึกษาอัตราป้อนชิ้นงานที่มี ผลต่อสมบัติเชิงกลรอยเชื่อมด้วยความเสียดทานของ วัสดุที่แตกต่างกัน คือ เหล็กกล้าผสม (AISI 4140) และ เหล็กกล้าไร้สนิม (AISI 304) ซึ่งพบว่ารอยเชื่อมที่ อัตราป้อน 0.3 mm/s มีค่าความแข็งแรงดึงเฉลี่ยสูง กว่าอัตราป้อนที่ 0.1 และ 0.5 mm/s อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาการเชื่อมที่อัตราป้อน 0.3 และ 0.5 mm/s อีกครั้ง เนื่องจากผลการทดลองไม่ชัดเจนใน บางช่วง

นอกจากนี้ยังพบว่าความแข็งของรอยเชื่อมมี การเปลี่ยนแปลงไปโดยพบว่าค่าความแข็งของ

เหล็กกล้าผสมจะมีค่าสูงขึ้นที่บริเวณรอยเชื่อม เนื่องจากรูปร่างของเกรนเปลี่ยนจากเพิร์ลไรต์เป็นมาร์ เทนไซต์ และในส่วนของเหล็กกล้าไร้สนิมพบว่า ค่า ความแข็งจะลดลงบริเวณรอยเชื่อม ซึ่งจากการวัดค่า ความแข็งดังกล่าวจะเห็นว่า บริเวณที่ได้รับผลกระทบ จากความร้อน (Heat effect zone : HEZ) ของรอย เชื่อมที่อัตราป้อน 0.3 mm/s จะมีช่วงที่ได้รับ ผลกระทบจากความร้อนน้อยที่สุด

การศึกษา รายละเอียดอื่นๆ ของรอยเชื่อม เช่น โครงสร้างจุลภาคและอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ อยู่ในการพิจารณา และจะได้นำเสนอในโอกาส ต่อๆ ไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ สนับสนุนทุนในการวิจัยนี้ ขอขอบคุณ ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ และภาควิชาไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ และ ค่าแนะนำต่องานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] อนันต์ พรหมสิทธิบุตร (2546) การพัฒนาการ เชื่อมแบบแรงเสียดทานสำหรับเชื่อมโลหะ บัณฑิต วิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ หน้า 1, 5
- [2] Sathiya, P., Aravindan, S. and Noorul, A. (2007). Investigation of the mechanical properties and microstructure of friction welded joint between AISI 4140 and AISI 1050 steels, *materials & Design*, vol. 30(-), June 2007, pp.970-976.
- [3] ธรรมสุข มิ่งเมืองและคณะ (2554), อิทธิพลของ อัตราป้อนที่มีผลกับรอยแตกร้าวในการเชื่อมอลูมิเนียม กับอลูมินาด้วยวิธีการเชื่อมแบบเสียดทาน, การ ประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 20-21 ตุลาคม 2554, หน้า 1046-1050.

AMM-2040

- [4] Sathiya, P., Aravindan, S. and Noorul, A.
(2007). Investigation of the mechanical properties
and microstructure of friction welded joint
between AISI 4140 and AISI 1050 steels,
materials & Design, vol. 30(-), June 2007, pp.970-
976.
- [5] จักรินทร์ คงสิบ และศิริชัย ต่อสกุล (2555) อิทธิพล
ของการอบอ่อนที่มีผลต่อการเชื่อมเหล็ก AISI 1045
ด้วยแรงเสียดทาน, การประชุมวิชาการแห่งชาติ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนครั้งที่
ที่ 9, หน้า 291-297
- [6] สุรสิงห์ อารยางกูร, ขวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์, และ อติ
ศักดิ์ บุตรวงศ์. (2551). คุณลักษณะของโครงสร้าง
จุลภาคของรอยเชื่อมของเหล็กคาร์บอนต่ำที่เชื่อมด้วย
ความเสียดทาน. การประชุมวิชาการเครือข่าย
วิศวกรรมเครื่องกลไทยครั้งที่ 22,
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ประเทศไทย
,15-17 ตุลาคม 2551 หน้า 148-153
- [7] M. Sahin. (2007). Evalution of the joint –
interface properties of austenitic – stainless steels
(AISI304) joined by friction welding. *Materials and
Design*, 28: 2244-2250.
- [8] Sahin, A.Z., Yibas, S. and Ahmed, J.
(1998).Analysis of the friction welding process in
relation to the welding of copper and steel
bars,*materials Processing Technology*, vol. 82 (-)
,March 1998, pp.127-136.
- [9] Ramadhan H Gardi, Salm Aziz Kako, (2013)
Efficiency of Dissimilar Friction Welded (Super
Duplex Stainless Steel SAF 2507- Mild Steel)
Joints, *Al-Rafidain Engineering*. Vol.21 No.1,
February 2013