

การเชื่อมเหล็กกลมด้วยความเสียดทาน

Friction Welding for Round Steel Rods

สุรสิงห์ อารยางกูร^{*} ขวลิศ ถิ่นวงศ์พิทักษ์ และ อติศักดิ์ บุตรวงษ์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

โทรศัพท์ 045-353381-2 โทรสาร 045-353333, email: nok_arayangkoor@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการศึกษาวิจัยเทคโนโลยีการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานมีการพัฒนาเทคนิคการเชื่อมด้วยความเสียดทานได้หลายวิธีการ ซึ่งหลักเชื่อมด้วยความเสียดทานนั้นอาศัยการเสียดสีกันของชิ้นที่จะทำการเชื่อมต่อ เพื่อให้บริเวณพื้นที่หน้าสัมผัสเกิดความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม แล้วให้แรงดันอัดให้ชิ้นงานนั้นตอตัดกัน ซึ่งผลที่ได้จากการเชื่อมด้วยความเสียดทานนั้นมีข้อดีหลายอย่าง เช่น สามารถตอตัดทั่วทั้งพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานเชื่อมและมีความแข็งแรงของแนวเชื่อมสูงจากพื้นฐานแนวความคิดดังกล่าว จึงเป็นที่มาของการพัฒนาสร้างเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน โดยกำหนดให้เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานต้นแบบต้องสามารถเชื่อมชิ้นงานที่เป็นเหล็กกลมชนิด AISI 1015 ได้ และต้องทำงานได้อย่างต่อเนื่องในช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรต่างๆ

จากการศึกษาวิจัยและพัฒนาเครื่องเชื่อมต้นแบบ พบว่าเครื่องเชื่อมต้นแบบสามารถทำงานและเชื่อมตอชิ้นงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยเงื่อนไขของตัวแปรต่างๆที่เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานต้นแบบทำได้คือ สามารถปรับตั้งค่าแรงดันในการเสียดทาน (Friction Pressure) ตั้งแต่ 10-60 บาร์ แรงดันในการเชื่อม (Upset Pressure) ตั้งแต่ 20-100 บาร์ ความเร็วรอบในการหมุน (Friction Speed) ตั้งแต่ 0-2500 รอบต่อนาที และสามารถปรับตั้งเวลาในการเสียดทาน (Friction Time) เวลาในการเชื่อม (Upset Time) ได้ จากการทดลองเชื่อมเหล็กเพลากลมชนิด AISI 1015 พบว่าค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมตอมีค่าความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นกว่าชิ้นงานเดิม (Base Iron) ในส่วนของการวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงานที่เชื่อมด้วยความเสียดทานนั้นพบว่าความแข็งแรงบริเวณแนวเชื่อมตอมีค่าความแข็งแรงลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการเชื่อมทำให้เปอร์เซ็นต์ของ pearlite ลดลง ในส่วนของความแข็งแรงที่เพิ่มมากขึ้นนั้นจากการวิเคราะห์โครงสร้างของเกรนเหล็กด้วย Microphotograph พบว่าบริเวณแนวเชื่อมตอมีเกรนของเหล็กที่ละเอียดมากกว่าบริเวณอื่นที่ไม่ได้รับผลกระทบจากเชื่อม ส่งผลให้บริเวณแนวเชื่อมตอมีความแข็งแรงมากขึ้น

Abstract

Friction welding is an alternative welding technique which has been developed for decades. It forms the joint by frictional force between the interface of specimens. In the welding process, the specimens are in contact and rotated, so that, heat is generated until the contact faces are in semi-solid state. Sequently, the specimens are pushed to bond together. Friction welding provides many advantages such as the joint is speaded through the whole section and high strength of joint.

In this paper, a friction welding machine was constructed to freeform a study on welding of round steel rods of AISI 1015. The machine was designed to work with friction pressure from 10-60 bar, upset pressure from 20-100 bar and friction speed from 0-1550 rpm. Friction time and upset time can also be varied as desired. The machine was tested to weld AISI 1015 round steel rods under some conditions. It was found that the strength of welded specimen is higher than the base iron. This is because the finer gains of welded some after welding.

It addition, it was also found that, the hardness of the welding zone is decreased, especially in the center of joint. This is due to the percentage of pearlite is decreased while the percentage of ferrite is increased in the heating process of friction.

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีการเชื่อมด้วยความเสียดทานมาใช้ในวงการอุตสาหกรรมอย่างหลากหลายเนื่องจากการเชื่อมด้วยความเสียดทานสามารถเชื่อมชิ้นงานที่มีคุณภาพความแข็งแรงสูง สามารถเชื่อมวัสดุต่างชนิดกันได้ การเชื่อมด้วยความเสียดทานมีข้อดีหลายประการเช่น ใช้เวลาในการเชื่อมสั้น ไม่จำเป็นต้องใช้ช่างฝีมือ ชิ้นงานที่เชื่อมมีการผสมผสานทั่วทั้งพื้นที่หน้าตัดของแนวเชื่อม ไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุช่วยผสาน ซึ่งเมื่อเทียบกับการเชื่อมด้วยไฟฟ้าโดยใช้รูปเชื่อม

เป็นตัวเชื่อมผสมพบว่าการใช้รูปเชื่อมนั้นมีลักษณะเหมือนการพอก เพราะเป็นการเชื่อมติดบริเวณผิวด้านนอกของชิ้นงานมากกว่า โดยเฉพาะเมื่อชิ้นงานมีพื้นที่หน้าตัดมากขึ้นความแข็งแรงของแนวเชื่อม ยิ่งน้อยลง ซึ่งต่างจากการเชื่อมด้วยความเสียดทานเป็นอย่างมาก เพราะการเชื่อมด้วยความเสียดทานนั้นให้คุณภาพของชิ้นงานที่เชื่อมทั่วทั้งหน้าตัดของแนวเชื่อม ด้วยข้อได้เปรียบดังกล่าว จึงมีผู้วิจัย ศึกษาเกี่ยวกับการเชื่อมแบบนี้อีกอย่างต่อเนื่องและกว้างขวาง ได้แก่ Mumin Sahin และ H. Erol Akata [1] ได้ทำการศึกษารูปการเชื่อม เหล็กเพลลาขาวที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอน 0.17 – 0.23 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วัสดุที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากันและต่างขนาดกัน จากการศึกษา พบว่าการใช้แรงดันเสียดทาน 30 MPa และ เวลาเสียดทาน 5 วินาที มีผลทำให้รอยเชื่อมมีความแข็งแรงมากที่สุด นอกจากนี้ Mumin Sahin [2] ยังได้ทำการศึกษารอยเชื่อมต่อที่มีผลต่อความแข็งแรงและ โครงสร้างของวัสดุในระดับจุลภาค ของวัสดุ austenitic – stainless steels (AISI304) N. Ozdemir, F. Sarsilmaz และ A. Hascalik [3] ทำการศึกษาความเร็วรอบในการหมุนชิ้นงานเชื่อมซึ่งมีผลกระทบต่อ โครงสร้าง ความแข็ง และความแข็งแรงของชิ้นงานเชื่อมต่างชนิดกัน ระหว่างเหล็ก AISI 304L และเหล็ก AISI 4340 Hakan Ates, Mehmet Turker และ Adem Kurt [4] ทำการศึกษาแรงดันในการ เสียดทานของชิ้นงานเชื่อมซึ่งมีผลกระทบต่อโครงสร้าง ความแข็ง และความแข็งแรงของชิ้นงานเชื่อม โดยใช้ MA956 Iron – Based Superalloy เป็นวัสดุในการศึกษาวิจัย และ P. Sathiya, S. Aravindan , A. Noorul Haq [5] ยังได้ทำการศึกษาเชิงสถิติของชิ้นงาน AISI 304L และ AISI 430 ที่เชื่อมด้วยความเสียดทานซึ่งรอยเชื่อมต่อที่มีผล ต่อโครงสร้างของวัสดุในระดับจุลภาค

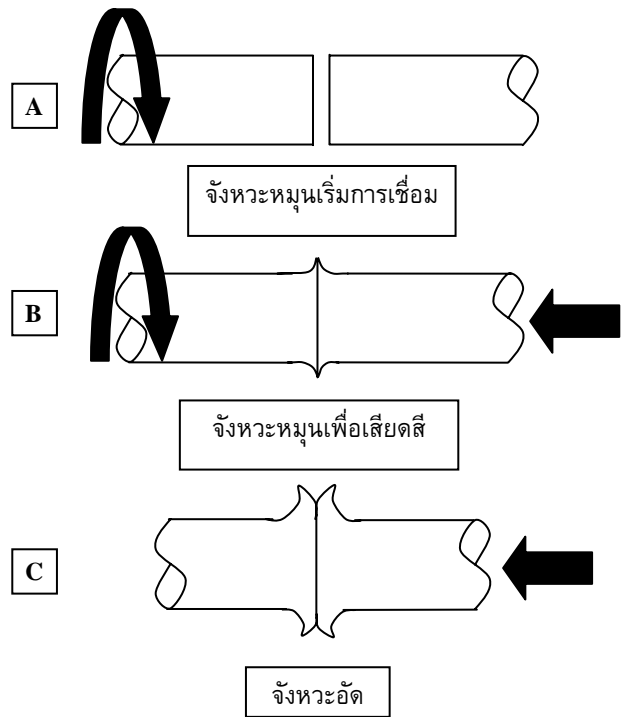
ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการสร้างเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน ดันแบบที่สามารถปรับตั้งค่าได้และทำงานได้อย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ในการ ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดจากการเชื่อมด้วยความเสียดทาน โดยมุ่งความสนใจไปที่การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของบริเวณพื้นที่ แนวเชื่อมต่อและโครงสร้างจุลภาคเป็นหลัก การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วย เครื่อง Micro Hardness (HV) และทำการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค การหาขนาดเกรน (Grain Size Number) การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เฟส ferrite และ pearlite อย่างไรก็ตามยังมีตัวแปรอื่นๆอีกหลายตัวที่อาจมี ผลกระทบต่อการเชื่อมด้วยความเสียดทาน เช่น แรงดันและเวลาในการเชื่อมในช่วงต่างๆ ความยาวของชิ้นงานที่หายไป และลักษณะ ของผิวสัมผัส เป็นต้น ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะทำการศึกษาต่อไปในอนาคต

2. เครื่องมือและวิธีการศึกษา

2.1 แนวคิดเบื้องต้นของระบบการเชื่อมด้วยความเสียดทาน

ระบบการเชื่อมด้วยความเสียดทานนั้น อาศัยหลักการเปลี่ยนแรง เสียดทานเป็นพลังงานความร้อนในการเชื่อมชิ้นงานให้ติดกัน ในการ เชื่อมนั้นทำได้โดยการหมุนชิ้นงานหนึ่งด้วยความเร็ว และแรงบิดค่า หนึ่งดังรูปที่ 1 A จากนั้นสร้างแรงดันให้ชิ้นงานนั้นไปสัมผัสและหมุน เสียดสีกับชิ้นงานอีกชิ้นหนึ่งที่ยึดติดกับที่แล้วกำหนดเวลาในการเสียด

ทานให้เกิดการเสียดสีกันจนเกิดความร้อนหลอมให้หน้าสัมผัสทั้งสอง เข้าสู่สถานะหนึ่งดังรูปที่ 1 B จึงให้แรงดันอัดภายในเวลาอันรวดเร็ว เพื่ออัดชิ้นงานให้ติดกันดังรูปที่ 1 C โดยพลังงานความร้อนที่ชิ้นงานทั้งสอง ได้รับนั้นจะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว ได้แก่ แรงบิด ความเร็วรอบ ระยะเวลาในการให้แรงในแนวแกน ค่าของแรงดันในแนวแกนในแต่ละ ช่วงของการเชื่อม เป็นต้น

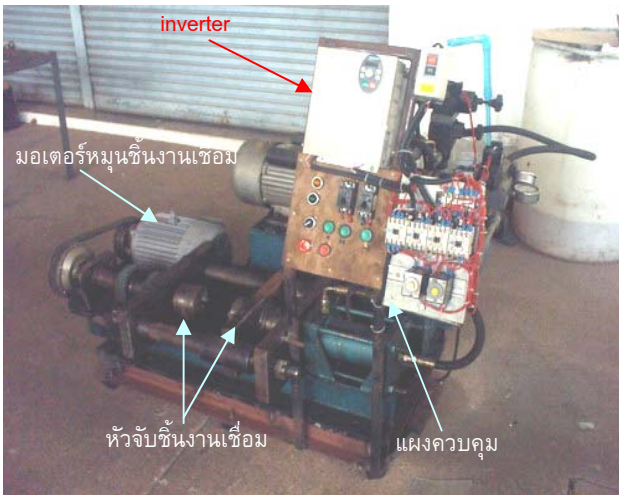


รูปที่ 1 การเชื่อมด้วยการหมุนเสียดทานในแนวระนาบให้แรงดันอัดด้านเดียว

2.2 เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน

เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานดันแบบได้ถูกสร้างขึ้นตามแนวคิดข้างต้นโดยมีมอเตอร์ขนาด 5 Hp เป็นต้นกำลังในการหมุนชิ้นงาน ในส่วนของการควบคุมความเร็วรอบการหมุนของชิ้นงานที่จะทำการ เชื่อมนั้นใช้ Inverter ขนาด 7.5 Hp ในการควบคุมความเร็วรอบการทำงาน โครงสร้างทั้งหมดของเครื่องเชื่อมสร้างบนฐานเหล็กทรงด้วย ยางเพื่อลดปัญหาการสั่นสะเทือนดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งแสดงเครื่อง เชื่อมดันแบบที่สร้างเสร็จแล้วและใช้ในการทดลอง ส่วนตารางที่ 1 แสดงรายการอุปกรณ์และคุณสมบัติของอุปกรณ์ประกอบเครื่องเชื่อม ด้วยความเสียดทานดันแบบ และใช้ระบบไฮดรอลิกส์ในการสร้าง แรงดันอัดชิ้นงานเพื่อเชื่อม เครื่องเชื่อมนี้ทำงานโดยใช้ระบบ Electric Solenoid Valve ควบคุมแรงดัน ส่วนของการปรับค่าแรงดันใช้ Manual Relief Valves และใช้ Timer ควบคุมเวลาการทำงาน ซึ่ง สามารถปรับตามค่าตัวแปรต่างๆ ตามที่กำหนดได้ รูปที่ 3 แสดงวงจร

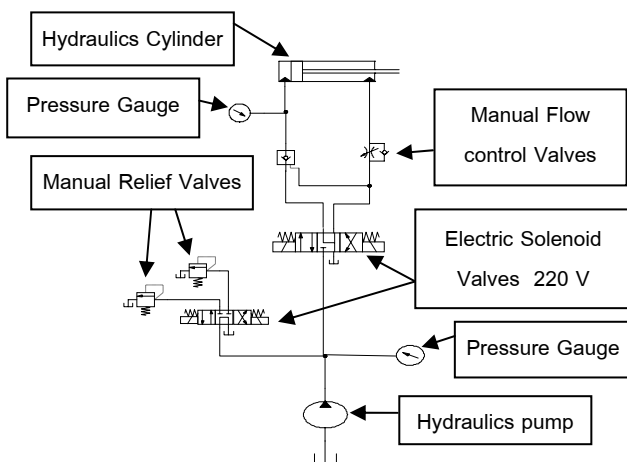
ควบคุมการทำงานของระบบไฮดรอลิกส์ของเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานที่สร้างขึ้นเพื่อการทดลอง



รูปที่ 2 เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน (Friction Welding Machine) ที่สร้างขึ้นเพื่อการทดลอง

ตารางที่ 1 อุปกรณ์และคุณสมบัติของเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทาน

รายการ	อุปกรณ์/คุณสมบัติ
มอเตอร์ปั๊มไฮดรอลิกส์	220 V / 3 Hp
มอเตอร์ที่ใช้ในการเชื่อม	380 V / 5 Hp
ระบบวาล์วควบคุมไฮดรอลิกส์	Manual Relief Valves
ระบบวาล์วควบคุมการเปิด-ปิดไฮดรอลิกส์	Electric Solenoid Valves 220 V
กระบอกไฮดรอลิกส์ Ø	4 inches
ระบบควบคุมความเร็วของกระบอกไฮดรอลิกส์	Manual Flow control Valves
ระบบควบคุมเวลาในการทำงาน	Timer
แรงดันปั๊มไฮดรอลิกส์	100 Bar
ระบบควบคุมความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ที่ใช้ในการเชื่อม	Inverter 7.5 Hp



รูปที่ 3 วงจรควบคุมการทำงานด้วยไฮดรอลิกส์ (Hydraulics Control) ของเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานที่สร้างขึ้นเพื่อการทดลอง

2.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำตามท้องตลาด เรียกว่าเหล็กเพลทขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร และได้นำชิ้นงานไปทดสอบเพื่อหาส่วนประกอบทางเคมี โดยใช้มาตรฐานของระบบ SAE-AISI (American Iron and Steel Institute) และจากการตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีพบว่าเป็นเหล็กชนิด AISI 1015 มีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

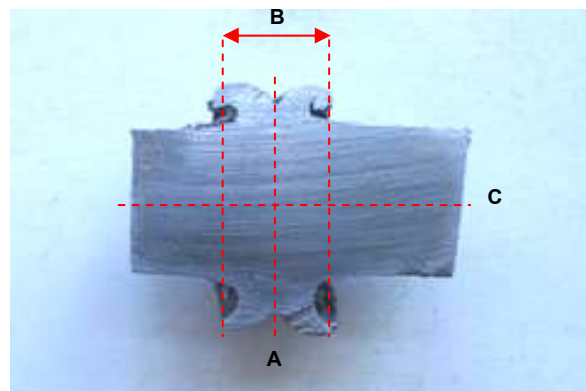
Material	%C	%P	%S	%Mn	%Si	%Cr
AISI 1015	0.15	0.03	0.01	0.47	0.17	0.01

2.4 การทดสอบเครื่องเชื่อมต้นแบบ

เพื่อเป็นการทดสอบเครื่องเชื่อมต้นแบบ จึงได้ใช้เครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานทำการเชื่อมชิ้นงานเหล็กกลมที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาวท่อนละ 100 มิลลิเมตร ให้ติดกันโดยอาศัยหลักการเชื่อมดังที่ได้อธิบายมาแล้ว โดยในเบื้องต้นได้ใช้เงื่อนไขการเชื่อมเพียง 1 เงื่อนไขดังนี้ ให้แรงดันในการเสียดทาน 10 บาร์ เวลาในการเสียดทาน 9 วินาที แรงดันในการเชื่อม 60 บาร์ เวลาในการเชื่อม 3 วินาที ความเร็วรอบในการหมุน 1200 รอบต่อนาที เป็นเงื่อนไขในการทดลอง จากนั้นนำชิ้นงานที่เชื่อมเสร็จแล้วไปทดสอบเพื่อหาค่าความแข็งของแนวเชื่อมและส่วนอื่นๆของชิ้นงานที่ได้ผลกระทบจากการเชื่อม โดยใช้เครื่อง Micro Hardness Test และถ่ายภาพ Microphotograph ไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงสร้าง (Image analysis) เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างกันของเฟส ferrite และ pearlite

2.5 การทดสอบหาค่าความแข็งและตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

ในการทดสอบความแข็งทำได้โดยนำชิ้นงานเฉพาะส่วนที่เชื่อมติดกันมาผ่าตามแนวแกนเพื่อให้เห็นรอยเชื่อมตลอดหน้าตัดดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชิ้นงานเชื่อมที่ผ่าเพื่อทดสอบความแข็ง A คือแนวเชื่อมต่อของชิ้นงาน B คือบริเวณพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเชื่อม C คือแนวที่วัดค่าความแข็งและถ่ายภาพวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค

เมื่อผ่าชิ้นงานที่จะทดสอบเสร็จแล้ว ต้องนำชิ้นงานไปทำเรือนหุ้มเพื่อความสะดวกในการเตรียมพื้นผิว รวมทั้งการวัดค่าความแข็งของชิ้นงาน โดยเรือนหุ้มจะมีความหนาแน่นกว่าความหนาของชิ้นทดสอบเล็กน้อย ทั้งนี้เพื่อที่จะสามารถยึดชิ้นงานได้ดี จากนั้นจะนำชิ้นงานไปขัดเตรียมผิวจนมัน โดยชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการทำเรือนหุ้มและขัดผิวแล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ชิ้นงานที่ผ่านการทำเรือนหุ้มแล้ว

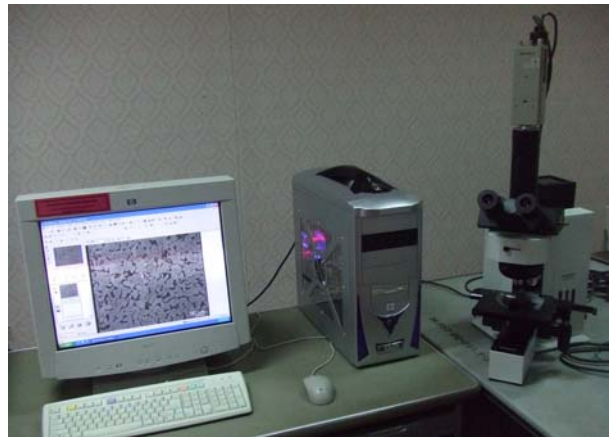
เมื่อผ่านกระบวนการเตรียมผิวชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว จะนำไปตรวจดูโครงสร้างเกรนด้วยกล้องจุลทรรศน์ แล้วบันทึกภาพที่ตำแหน่งต่างๆ ให้มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งที่จะวัดความแข็ง จากนั้นนำไปวัดค่าความแข็ง (Hardness Test) โดยใช้เครื่อง Micro Hardness ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 เครื่องวัดความแข็ง ของ Multitoyo รุ่น MVK-H1 Micro Hardness Test

2.7 การวิเคราะห์โครงสร้าง

ในการวิเคราะห์โครงสร้างทางโลหะวิทยาปัจจุบันได้ใช้ Software ทางคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ (Image analysis) ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกและมีประสิทธิภาพ ฉะนั้น Image analysis จึงเป็นกระบวนการที่จะใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค ได้แก่ การหาขนาดเกรน (Grain Size Number) การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เฟส ferrite และ pearlite เป็นต้น ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ใช้เครื่องวิเคราะห์โครงสร้างยี่ห้อ Olympus รุ่น Olysia M3 ดังแสดงในรูปที่ 7

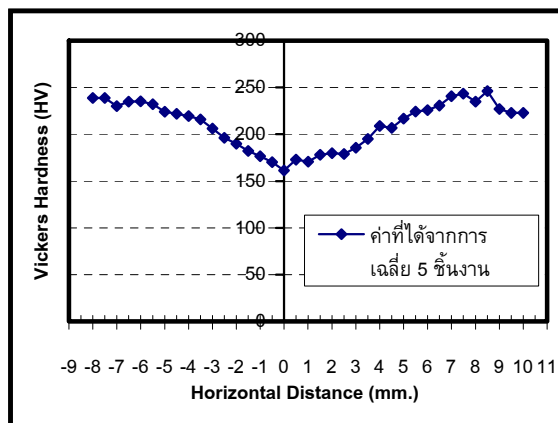


รูปที่ 7 เครื่อง Image Analysis ยี่ห้อ Olympus รุ่น Olysia M3

3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

3.1 ค่าความแข็งที่ตำแหน่งต่างๆของรอยเชื่อม

ในการทดสอบความแข็งที่บริเวณต่างๆของรอยเชื่อม โดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งแบบ Vickers Hardness วัดความแข็งจากตำแหน่งกึ่งกลางของรอยเชื่อม หรือตำแหน่งที่ชิ้นงานชนสัมผัสกันและวัดตามแนวแกนของชิ้นงานไปทางด้านขวาและซ้ายของแนวเชื่อม โดยทำการทดสอบความแข็งด้วยการเฉลี่ยจาก 5 ชิ้นงาน ผลการทดสอบได้ค่าความแข็งที่ตำแหน่งต่างๆดังแสดงในรูปที่ 8 และผลการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคได้สัดส่วนองค์ประกอบของชิ้นงานเชื่อมเทียบกับชิ้นงานเดิม ดังแสดงในตารางที่ 3 นอกจากนี้ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานก่อนและหลังการเชื่อมยังแสดงในรูปที่ 9 และรูปที่ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 8 กราฟค่าความแข็งของชิ้นงานภายใต้แรงดันในการเสียดทาน 10 บาร์ เวลาในการเสียดทาน 9 วินาทีแรงดันในการเชื่อม 60 บาร์ เวลาในการเชื่อม 3 วินาที ความเร็วรอบในการหมุน 1200 รอบต่อนาที

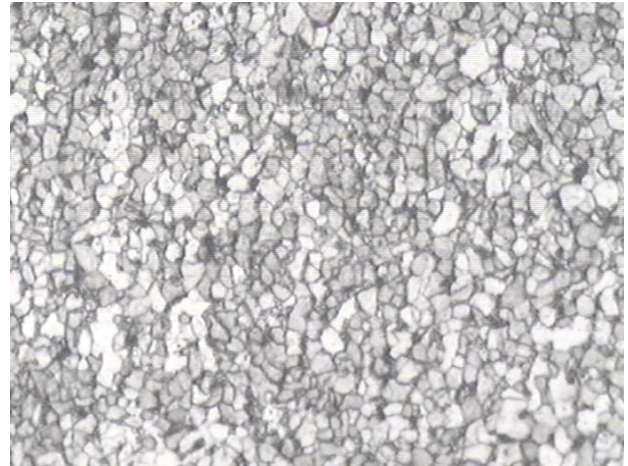
จากรูปที่ 8 จะเห็นว่าที่ตำแหน่งรอยเชื่อมที่ชิ้นงานสัมผัสกันนั้น ความแข็งจะต่ำกว่าตำแหน่งอื่น โดยมีลักษณะคล้ายๆ แอ่งกะทะหลายที่ตำแหน่งไกลจากจุดเชื่อมนี้ออกไปค่าความแข็งจะค่อยๆ สูงขึ้นจนมีค่าคงที่เมื่อเข้าสู่ชิ้นงานเดิม ผลที่ได้จากกราฟในรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งบริเวณแนวเชื่อมลดลง จึงต้องวิเคราะห์หาผลที่เกิดขึ้นด้วยเครื่อง Image Analysis พบว่าการที่ความแข็งที่ตำแหน่งรอยเชื่อมมีค่าต่าลงนั้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเหล็ก ซึ่งเป็นผลมาจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเสียดสีกันในขณะที่เครื่องทำการเชื่อมด้วยความเสียดทาน ผลจากการทดสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงสร้าง พบว่าเปอร์เซ็นต์ของ Pearlite ที่บริเวณแนวเชื่อมลดน้อยลง และเปอร์เซ็นต์ของ Ferrite เพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 9 - 10 ทั้งนี้เนื่องจากค่าความแข็งของ Ferrite (เกรนของ Ferrite มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 74 – 158 HV) มีค่าความแข็งน้อยกว่าค่าความแข็งของ Pearlite (เกรนของ Pearlite มีค่าความแข็งอยู่ในช่วง 184 – 390 HV) การลดลงของจำนวน Pearlite ดังกล่าวเกิดจากบริเวณแกนกลางของรอยเชื่อม มีการเย็นตัวช้า (การเชื่อมด้วยความเสียดทานนั้นเป็นการเชื่อมชิ้นงานทั้งหน้าตัดไม่ได้เชื่อมเฉพาะบริเวณผิวเหมือนการเชื่อมทั่วไป) จึงส่งผลให้ค่าความแข็งลดลงและเมื่อห่างไกลจากรอยเชื่อมออกไปอิทธิพลของอุณหภูมิเริ่มลดน้อยลง เป็นผลให้ค่าความแข็งจึงมีค่าเข้าใกล้ชิ้นงานเดิมมากขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนเกรน (G number) ของแนวเชื่อมต่อมีจำนวนมากขึ้น หรือมีความละเอียดมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้แนวเชื่อมต่อมีความแข็งแรงมากขึ้นกว่าชิ้นงานเดิม

ตารางที่ 3 คุณสมบัติโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่เชื่อมเทียบกับชิ้นงานเดิม (Base Iron) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงขนาดของเกรน (G number) และการแยกเปอร์เซ็นต์ของ Pearlite และ Ferrite

Materials	G number	%Pearlite	%Ferrite
Base Iron	10.19	10.68	89.32
After Welding	13.31	5.27	94.73



รูปที่ 9 เกรนเหล็กก่อนทำการเชื่อม (Base Iron) ซึ่งจะพบว่ามีความใหญ่กว่า และมีเปอร์เซ็นต์ Pearlite มากกว่าบริเวณแนวเชื่อมดังที่แสดงในรูปที่ 10 (ขยาย 50 X)



รูปที่ 10 เกรนเหล็กบริเวณแนวเชื่อมต่อ ซึ่งมีเกรนที่ละเอียด และมีเปอร์เซ็นต์ของ Pearlite ลดน้อยลง (ขยาย 50 X)

4. สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากการพัฒนาสร้างเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานและผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการทดลองพบว่าเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานต้นแบบที่สร้างขึ้นมานี้สามารถทำงานได้ดีและสามารถนำไปใช้ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับตัวแปรต่างๆที่จะมีผลกระทบต่อการเชื่อมวัสดุชนิดต่างๆได้

ในส่วนของการเชื่อมเหล็กชนิด AISI 1015 ที่ใช้ในการทดลองนี้พบว่าความแข็งบริเวณแนวเชื่อมต่อที่มีค่าความแข็งลดต่าลงนั้นเกิดมาจากความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างการเชื่อมทำให้เปอร์เซ็นต์ของ Pearlite ลดน้อยลง ซึ่งส่งผลให้บริเวณแนวเชื่อมต่อมีความนุ่มมากขึ้นกว่าเดิม นอกจากนี้จากภาพถ่ายพบว่าเกรนของเหล็กที่บริเวณแนวเชื่อมต่อนั้นมีความละเอียดขึ้นกว่าเดิมมาก หรือมีจำนวนเกรนมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้แนวเชื่อมต่อมีความแข็งแรงสูงขึ้นด้วย

ในการศึกษาวิจัยนี้ยังไม่ได้ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของแรงดันและเวลาในการเชื่อมและการอัด ความเร็วรอบในการหมุน และอุณหภูมิจุดเชื่อมต่อ ซึ่งเป็นตัวแปรที่อาจส่งผลถึงคุณสมบัติของวัสดุ และเป็นเงื่อนไขที่น่าจะทำการศึกษาวิจัยต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่สนับสนุนทุนในการวิจัยนี้

ขอขอบคุณ ผศ.สุริยา โชคสวัสดิ์ และ ผศ.ดร.สุขอังคณา ลี อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ และคำแนะนำต่องานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Mumin Sahin and H. Erol Akata "Joining with friction welding of plastically deformed steel" Journal of Materials Processing Technology 142 (2003), pp. 239-246
- [2] Mumin Sahin "Evaluation of the joint – interface properties of austenitic – stainless steels (AISI304) joined by friction welding" Materials and Design (2006),
- [3] N. Ozdemir, F. Sarsilmaz, A . Hascalik "Effect of rotational speed on the interface properties of friction-welding AISI 304L to 4340 steel" (Short communication) Materials and Design 28 (2007), pp. 301-307
- [4] Hakan Ates, Mehmet Turker, Adem Kurt "Effect of friction pressure on the friction-welded MA956 iron – based superalloy" Materials and Design 28 (2007), pp. 948-953
- [5] P. Sathiya, S. Aravindan, A. Noorul Haq "Some experimental investigation on friction welded stainless steel joints" Materials and Design (2007),