

## อิทธิพลของการอบอ่อนที่มีผลต่อการเชื่อมเหล็ก AISI 1045 ด้วยแรงเสียดทาน

### The influence of the annealing effect on the AISI 1045 steel by friction Welding

จักรินทร์ คงสิบ<sup>1\*</sup> ศิริชัย ต่อกุล<sup>2</sup>

Jakkarin Kongsib<sup>1\*</sup> Sirichai Torsakul<sup>2</sup>

#### บทคัดย่อ

การเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน เป็นการเชื่อมอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับคามนิยมเพิ่มมากขึ้นในวงการอุตสาหกรรม เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ เช่น ไม่ต้องการตัวประสานในการเชื่อม ไม่เกิดควัน รอยเชื่อมมีคุณภาพดีเสมอเต็มหน้า ไม่มีรูพรุน ใช้เวลาในการเชื่อมสั้น เป็นต้น แต่เนื่องจากขณะเชื่อมเกิดความร้อนสูงขึ้นบริเวณรอยเชื่อม จึงส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคของเหล็กบริเวณรอยเชื่อม ซึ่งมีผลโดยตรงต่อสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของโครงสร้างจุลภาคของเหล็กคาร์บอนปานกลาง AISI1045 ที่ผ่านการอบอ่อน และทำการเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน เหล็กหน้าตัดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ความยาว 100 มิลลิเมตร จำนวน 720 ชิ้น ภายใต้เงื่อนไขการเชื่อม คือ แรงดันในการอัด 20 30 และ 40 บาร์ เวลาในการอัด 2 3 และ 4 วินาที อุณหภูมิในการอบอ่อน 790 850 และ 970 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 1,800 รอบต่อนาที เมื่อเชื่อมเสร็จได้นำชิ้นงานเชื่อมไปทดสอบความแข็ง ทดสอบแรงดึง และองค์ประกอบโครงสร้างจุลภาคที่บริเวณรอยเชื่อม จากการวิจัยพบว่าที่อุณหภูมิปกติของชิ้นงานหลังจากการเชื่อมชิ้นงานค่าแรงดึงมีค่าสูงกว่าชิ้นงานเชื่อมที่ผ่านการอบอ่อน แต่ค่าความแข็งของรอยเชื่อมชิ้นงานที่อุณหภูมิปกติของรอยเชื่อมจะมีค่าน้อยกว่าชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อน ในส่วนของโครงสร้างจุลภาคพบว่าเกรนของเหล็กที่บริเวณรอยเชื่อมชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อนมีเกรนที่ละเอียดมากกว่าชิ้นงานที่ไม่ผ่านการอบอ่อน จึงส่งผลทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงมากกว่า

#### Abstract

Friction Welding is one of methods that becomes increasingly popular in industrial since it has many benefits such as no need for flux in welding, no fume generated, providing good quality welding joint with even surface not porous, taking short time for welding etc. However, because of high heat that is generated during welding at welding joints, it leads to the change of the micro structure of steel at welding joints which directly affects the mechanical properties of work pieces. The objective of this research was to study characteristics of the micro structure of medium carbon steel (AISI1045) which had been

<sup>1</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี 10900

<sup>1</sup> Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathumthani 12110

processed by annealing and friction welding. 720 pieces of circular cross-section steel with 10 millimeter diameter, 100 millimeter length were used under the welding condition that the pressure of compression were 20, 30 and 40 bars, compressing times were 2, 3 and 4 seconds, annealing temperature were 790, 850 and 970 degree Celsius, its speed was 1,800 rpm. After the welding was finished, the work pieces were tested for their hardness, tension and elements of micro structure at welding joints. With the comparison of friction welding of work pieces in normal temperature and annealing of work pieces in different temperature, it was found that tension was higher at normal temperature of work pieces after welding than work pieces with annealing, however, the hardness value of welding joints on work pieces at normal temperature was less than work pieces with annealing. For the micro structure, it was found that steel grain at joints of annealed work pieces was more dedicate than work pieces without annealing which therefore affected to be stronger structure.

Keywords: friction welding

e-mail: mai3364@hotmail.com

## บทนำ

การเชื่อมต่อวัสดุนี้มีหลายวิธีซึ่งการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ทำให้รอยเชื่อมที่ดีซึ่งมีค่าความแข็งแรงสูงเนื่องจากสามารถเชื่อมชิ้นงานได้ทั้งหน้าสัมผัส แตกต่างจากการเชื่อมด้วยวิธีการอย่างอื่นที่เชื่อมได้แต่ผิวด้านนอกเท่านั้นไม่สามารถซึมเข้าด้านในของชิ้นงานได้ อีกทั้งการเชื่อมโดยวิธีการอย่างอื่นนั้นต้องอาศัยช่างฝีมือที่มีทักษะสูง คุณสมบัติลวดเชื่อมมีส่วนสำคัญอย่างมากในการเชื่อม ซึ่งในการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานนั้นเริ่มถูกนำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น จึงทำให้มีผู้สนใจมากขึ้นในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน ซึ่งมีทั้งวัสดุชนิดเดียวกัน และวัสดุต่างชนิดกัน (1) การศึกษาเครื่องเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน (2) เวลาในการเสียดทาน (3) แรงดันในการเชื่อม และเวลาในการเชื่อม (4) ความเร็วรอบในการหมุนชิ้นงาน (5) ที่วัสดุชนิดต่าง ๆ และในตัวแปรอื่นที่กำลังศึกษาอยู่

ในส่วนของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพล ของอุณหภูมิในการอบอุ่นที่มีผลต่อการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานของเหล็ก AISI 1045 และศึกษาในส่วนของอิทธิพลเวลาในการเสียดทาน แรงดันในการเสียดทาน โดยการศึกษาวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค ของรอยเชื่อมที่จัดกึ่งกลางแนวนอน (แกน X) และตลอดแนวเชื่อมในแนวตั้ง (แกน Y) โดยการทดสอบค่าความแข็งด้วยวิธี Vickers Hardness (HV) และการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเครื่อง Image Analyzer เพื่อหาขนาดของเกรนบริเวณรอยเชื่อม

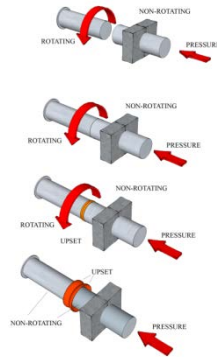
## เครื่องมือและวิธีการศึกษา

### แนวคิดเบื้องต้นของการเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน

การเชื่อมด้วยการเสียดทานอาศัยหลักการเปลี่ยนแรงเสียดทานเป็นพลังงานความร้อน เพื่อใช้ในการเชื่อมชิ้นงาน ส่วนในกระบวนการเชื่อมนั้น ทำโดยการหมุนชิ้นงานด้านหนึ่งด้วยความเร็วที่เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงานและวัสดุ จากนั้นสร้างแรงดันในการเสียดทานที่เหมาะสมกับชิ้นงานที่ไม่หมุนไปสัมผัสกับชิ้นงานที่กำลังหมุน ให้ความเวลาในการเสียดทานที่เหมาะสมจนเกิดความร้อนบริเวณที่เสียดสีกัน จนอุณหภูมิใกล้ถึงจุดหลอมละลาย จึงให้แรงดันในการอัด และเวลาในการอัดเพื่ออัดชิ้นงานให้เชื่อมติดกัน ดังแสดงในรูปที่ 1

### เครื่องเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน

เครื่องเชื่อมด้วยแรงเสียดทานที่สร้างตามรูปที่ 2 ที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้สร้างขึ้นตามเงื่อนไขและตัวแปรของการวิจัย โดยการนำเครื่องกลึงมาประยุกต์ใช้ในการเชื่อมเนื่องจากสามารถกำหนดความเร็วรอบในการหมุน การหยุดชิ้นงานซึ่งใช้เครื่องกลึงที่มีระบบการหยุดหัวจับแบบแม่เหล็ก หรือ electromagnetic brakes สามารถหยุดหัวจับได้โดยทันที ในส่วนของหัวจับที่ไม่หมุนได้เอาระบบไฮดรอลิกส์ ยึดติดเพื่อส่งกำลังในการเสียดทานและการอัดโดยการนำไปยึดติดกับย่นศูนย์ท้ายแทนอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้อยู่ในศูนย์เดียวกัน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 หลักการเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน



รูปที่ 2 เครื่องเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน

### เครื่องเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน

เครื่องเชื่อมด้วยแรงเสียดทานที่สร้างตามรูปที่ 2 ที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้สร้างขึ้นตามเงื่อนไขและตัวแปรของการวิจัย โดยการนำเครื่องกลึงมาประยุกต์ใช้ในการเชื่อมเนื่องจากสามารถกำหนดความเร็วรอบในการหมุนการหยุดชิ้นงาน ซึ่งใช้เครื่องกลึงที่มีระบบการหยุดหัวจับแบบแม่เหล็ก หรือ electromagnetic brakes สามารถหยุดหัวจับได้โดยทันที ในส่วนของหัวจับที่ไม่หมุนได้เอาระบบไฮดรอลิกส์ ยึดติดเพื่อส่งกำลังในการเสียดทานและการอัดโดยการนำไปยึดติดกับย่นศูนย์ท้ายแทนอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้อยู่ในศูนย์เดียวกัน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 3 ชิ้นงานเหล็ก AISI1045 เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม.



รูปที่ 4 เตาชุบโลหะที่ใช้ในการอบชุบชิ้นงาน

### การทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุ

ก่อนการนำเหล็กไปเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน ต้องทราบถึงสมบัติเชิงกลของวัสดุนั้นก่อน ในการวิจัยนี้ทำการหาสมบัติเชิงกลของวัสดุด้วยการนำไปทดสอบแรงดึง โดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งแรงยี่ห้อ Hualong รุ่น SR3802 ดังแสดงในรูปที่ 5 และทำการทดสอบหาค่าความแข็ง โดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งแรงรุ่น CV 400-DM ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 5 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานเชื่อม



รูปที่ 6 เครื่องทดสอบความแข็ง

### วิธีการทดลอง

ในการวิจัยนี้จะใช้เครื่องเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน ดังแสดงในรูปที่ 2 ทำการเชื่อมชิ้นงานเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. ยาว 100 มม. จำนวน 2 ชิ้นให้ติดกันโดยอาศัยหลักการเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน โดยได้กำหนดเงื่อนไขในตารางที่ 4 จากนั้นนำชิ้นงานที่เชื่อมตามเงื่อนไข ไปทดสอบหาความแข็งแรงด้วยเครื่องทดสอบแรงต้านการดึงดังรูปที่ 5 และนำชิ้นงานไปทำการทดสอบหาค่าความแข็งของรอยเชื่อมและส่วนอื่น ๆ ของชิ้นงาน โดยใช้เครื่อง Micro Hardness Test ดังแสดงในรูปที่ 6 และถ่ายภาพโครงสร้างจุลภาคเพื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเครื่อง Image analyzer เพื่อหาส่วนประกอบของโครงสร้างและหาขนาดเกรน (G number)

ตารางที่ 4 เงื่อนไขการทดลอง

รายการ	คุณสมบัติ
1.ความเร็วรอบ	1,800 rpm
2.แรงดันในการเสียดทาน	14 bar
3.เวลาในการเสียดทาน	4 sec
4.อุณหภูมิในการอบอ่อน	790°C, 870°C, 950°C
5.เวลาในการขัด	2,3,4 sec

6.แรงดันในการอัด	20 , 30 , 40 bar
------------------	------------------

### ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

#### ผลการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงและความแข็งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของรอยเชื่อม

ในการทดสอบความแข็งแรงของรอยเชื่อมทำได้โดยการดึงชิ้นงานเชื่อมให้ขาดบริเวณรอยเชื่อม ด้วยเครื่องทดสอบที่แสดงในรูปที่ 5 ซึ่งจากการวิจัยพบว่าชิ้นงานในสภาวะอุณหภูมิปกติ ความดันและเวลาที่แตกต่างกัน ความดัน 20 bar และเวลา 2 วินาที ให้ค่าแรงดึงสูงสุดที่ 47.88 kn ชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อน 790°C ความดัน 30 bar เวลา 2 วินาที ให้ค่าแรงดึงสูงสุดที่ 34.46 kn ชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อนที่อุณหภูมิ 870°C ความดัน 40 bar เวลา 2 วินาที ให้ค่าแรงดึงสูงสุดที่ 33.75 kn ส่วนชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อน 950°C ความดัน 30 bar เวลา 3 วินาที ให้ค่าแรงดึงสูงสุด 34.09 kn

ส่วนในการทดสอบความแข็งหลังจากการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานเสร็จแล้ว นำชิ้นงานไปทดสอบความแข็งด้วยเครื่อง Micro hardness ดังรูปที่ 6 ซึ่งจะทดสอบทั้งแนวตั้งและแนวนอน โดยกำหนดให้จุดกึ่งกลางของชิ้นงานอยู่ที่ตำแหน่ง 0 มม. ซึ่งจากการวิจัยพบว่าชิ้นงานในสภาวะอุณหภูมิปกติ ความดันและเวลาที่แตกต่างกัน ความดัน 40 bar และเวลา 2 วินาที ให้ค่าความแข็งสูงสุดที่ 282.0 Hv ชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อน 790°C ความดัน 30 bar เวลา 4 วินาที ให้ค่าความแข็งสูงสุดที่ 275.4 Hv ชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อนที่อุณหภูมิ 870°C ความดัน 20 bar เวลา 4 วินาที ให้ค่าความแข็งสูงสุดที่ 259.2 Hv ส่วนชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อน 950°C ความดัน 20 bar เวลา 4 วินาที ให้ค่าความแข็งสูงสุด 273.8 Hv

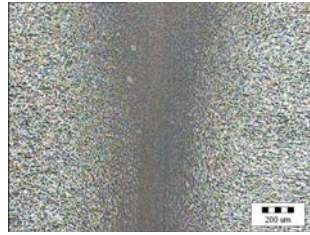
#### ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค

ในการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของการเชื่อมที่เกิดจากการเสียดทานนั้นจะทำการวิเคราะห์จากภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่ถ่ายโดยเครื่อง Image Analyzer ยี่ห้อ Olympus รุ่น Bx51 ดังแสดงในรูปที่ 7

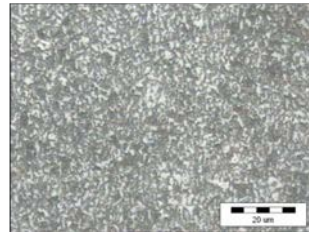


รูปที่ 7 เครื่องวิเคราะห์โครงสร้าง

การถ่ายภาพโครงสร้างทำได้โดยการถ่ายภาพจากจุดกึ่งกลางของรอยเชื่อม โดยกำหนดจุดถ่ายที่จุด 0 และนำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างกันของเฟส Ferrite ,Pearlite และขนาดของเม็ดเกรน (G number)

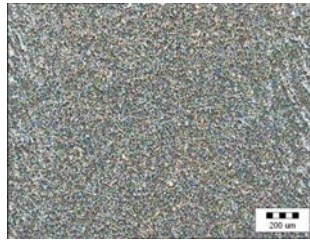


(ก) กำลังขยาย 50 X

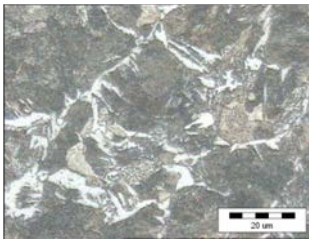


(ข) กำลังขยาย 1000 X

รูปที่ 8 ภาพถ่ายเกรนเหล็กที่อุณหภูมิปกติที่จุด 0 (จุดเชื่อมต่อ)



(ก) กำลังขยาย 50 X

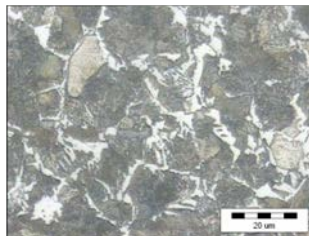


(ข) กำลังขยาย 1000 X

รูปที่ 9 ภาพถ่ายเกรนเหล็กที่อุณหภูมิ 790°C ที่จุด 0 (จุดเชื่อมต่อ)

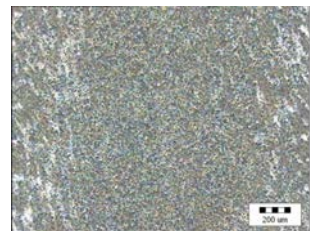


(ก) กำลังขยาย 50 X



(ข) กำลังขยาย 1000 X

รูปที่ 10 ภาพถ่ายเกรนเหล็กที่อุณหภูมิ 870°C ที่จุด 0 (จุดเชื่อมต่อ)



(ก) กำลังขยาย 50 X



(ข) กำลังขยาย 1000 X

รูปที่ 11 ภาพถ่ายเกรนเหล็กที่อุณหภูมิ 950°C ที่จุด 0 (จุดเชื่อมต่อ)

จากภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคที่จุด 0 ของชิ้นงานที่ทำการอบอ่อน พบว่าเกรนของเหล็กที่รอยเชื่อมมีขนาดเล็กลงมากกว่าเกรนของเหล็กที่เชื่อมด้วยอุณหภูมิปกติ และผลการวิเคราะห์จากภาพถ่ายด้วยเครื่อง Image Analyzer ที่จุดเชื่อม 0 และบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากรอยเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน เกิดการเปลี่ยนแปลงเฟส Ferrite, Pearlite และขนาดของเกรน (G number) ที่จุดเชื่อมต่อมีขนาดเล็กลง หรือ G number เพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ค่าความแข็งของรอยเชื่อมเหล็กที่ผ่านการอบอ่อนก่อนการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานมีค่ามากขึ้นกว่าเดิม

### สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากการศึกษาวิจัยการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานนี้ได้ข้อสรุปเบื้องต้นว่า ชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อนก่อนนำมาเชื่อมมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นและค่าความแข็งแรงลดต่ำลง โดยมีข้อสังเกต ดังนี้

1. เหล็กที่ผ่านการอบอ่อนจะทำให้เหล็กนั้นอ่อนขึ้น เนื่องจากการอบอ่อนเป็นการอบคลายความเครียดที่เกิดจากการนำเหล็กมารีดขึ้นรูป เวลานำมาเชื่อมด้วยแรงเสียดทานทำให้เกรนของเหล็กถูกแรงดันอัดให้เชื่อมติดกันซึ่งจะทำให้เกรนมีขนาดเล็กลงหรือละเอียดขึ้นมากกว่าเดิมจึงส่งผลทำให้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นมากกว่า การเชื่อมด้วยอุณหภูมิปกติ

2. การที่ค่าความแข็งแรงของเหล็กที่ผ่านการอบอ่อนมานั้นลดลง เกิดจากการอบอ่อนเป็นอบเพื่อคลายความเครียดทำให้เหล็กอ่อนตัว สามารถนำมาขึ้นรูปได้ง่ายกว่าเหล็กที่ไม่ผ่านการอบอ่อน แต่จะทำให้มีความเหนียวเพิ่มขึ้น มีแรงต้านแรงดึงลดลง จึงส่งผลให้มีค่าความแข็งแรงที่ลดลง

### เอกสารอ้างอิง

- [1] สุรสิงห์ อารยางกูร, ชวลิต ถิ่นวงศ์พิทักษ์, และ ชูชาติ พยอม. 2552. คุณลักษณะของโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมของเหล็กคาร์บอนต่ำที่เชื่อมด้วยความเสียดทาน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลไทยครั้งที่ 23 ,เชียงใหม่, ประเทศไทย,4-7 พฤศจิกายน 2552
- [2] Ates, H., Turker, M. and Kurt,A. 2007. "Effect of friction pressure on the Friction – welded MA956 iron-basdsuperalloy",Material and Design.28:948-953
- [3] Hascalik A. and Orhan,N.2007. "Effect of particle size on welding of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> reinforced 6160 Al alloy composite and SAE 1020 steel" Materials and Design.28: 313-317
- [4] Ozdemir,N.,Sarailmaz,F. and Hascalik,A.2007. "Effect of rotational speed on the interface properties of friction-welding AISI 304L to 4340 steel" ,(Shot communication) Materials and Design.28:301-307.