

การศึกษาสมบัติเชิงกลในกระบวนการชุบแข็งของการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ด้วยแรงเสียดทานสำหรับอุตสาหกรรมการเชื่อมเพลลา

ประจักษ์ อ่างบุญตา¹ ศิริชัย ต่อสกุล^{2*} และไพศาล ทองสงค์³

Prajak.a@en.rmutt.ac.th¹, sirichai.to@en.rmutt.ac.th^{2*}, paisan.t@en.rmutt.ac.th³

^{1,2*,3} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Received	: 27-Jun-2020
Revised	: 17-Jul-2020
Accepted	: 29-Sep-2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ด้วยแรงเสียดทาน โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ความยาว 100 มิลลิเมตร ภายใต้ปัจจัยการเชื่อมคือ แรงดันในการอัด 20, 25 และ 30 บาร์ เวลาในการอัด 5, 7 และ 9 วินาที ที่อุณหภูมิปกติและที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบ Hardening + Quenching, Hardening + Tempering และ Hardening + Full Annealing ความเร็วรอบ 2,500 รอบต่อนาที เมื่อเชื่อมเสร็จได้นำชิ้นงานเชื่อมไปทดสอบความแข็ง ความแข็งแรงดึง และถ่ายรูปเปรียบเทียบขนาดรอยเชื่อม การเชื่อมชิ้นงานด้วยแรงเสียดทานระหว่างชิ้นงานอุณหภูมิปกติและชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบพบว่าชุบ Hardening + Tempering 30 บาร์ 9 วินาที หลังจากการเชื่อมชิ้นงานมีค่าแรงดึงสูงสุด และค่าความแข็งของรอยเชื่อมชิ้นงาน Hardening + Quenching 30 บาร์ 7 วินาที จะมีค่าความแข็งมากที่สุดทั้งแถบบนและแถวกึ่งกลางที่จุด 0 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบผลกับค่าความดันเวลา อุณหภูมิแตกต่างกัน และในส่วนของขนาดรอยเชื่อมพบว่าที่ความดันมาก เวลามากจะได้ขนาดรอยเชื่อมที่ใหญ่ที่สุด

คำสำคัญ: การเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน การชุบแข็ง เหล็กกล้าไร้สนิม

A Study of the Mechanical Properties of the Hardening Processes on the AISI 420 Stainless Steel by Friction Welding for Shaft Welding Industries

Prajak Angboonta¹, Sirichai Torsakul^{2*} and Paisan Thongsong³

Prajak.a@en.rmutt.ac.th¹, sirichai.to@en.rmutt.ac.th^{2*}, paisan.t@en.rmutt.ac.th³

^{1,2*,3} Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Received	: 27-Jun-2020
Revised	: 17-Jul-2020
Accepted	: 29-Sep-2020

Abstract

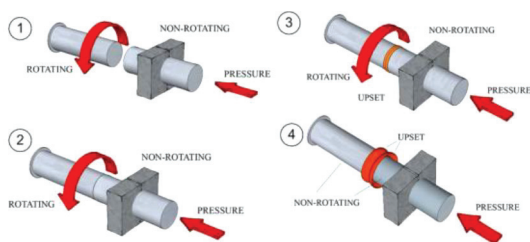
The purpose of this research is to identify a key process parameter in a friction welding of stainless steel AISI 420 with a diameter of 10 mm and a length of 100 mm. The process parameters, including a compression pressure, compression dwell time, and rotational speed, were ranged between 20 and 30 bars (20, 25, 30 bars), between 5 and 9 seconds (5, 7, 9 seconds), and 2500 rev/min, respectively. The specimens can be classified into four categories as a commercial condition, hardened and quenched, hardened and tempered, and hardened and full annealed. Hardness and tensile strength of each combination were investigated and it can be concluded that the highest tensile strength was detected in a hardened and tempered specimen with the compression pressure of 30 bars and compression dwell time of 9 seconds, while the highest hardness was found in a hardened and quenched specimen with the compression pressure of 30 bars and compression dwell time of 7 seconds.

Keywords: friction welding, hardened, stainless steel.

1. บทนำ

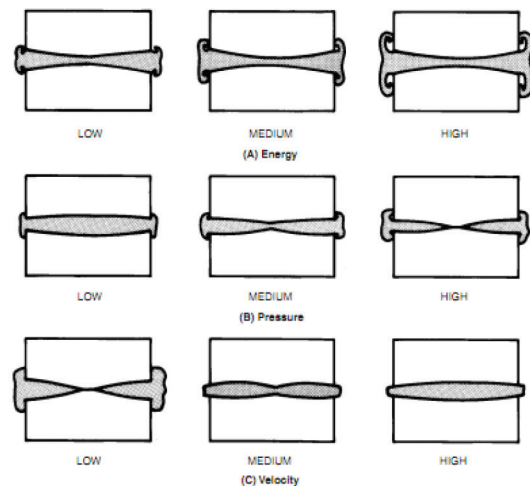
ปัจจุบันอุตสาหกรรมในประเทศไทยได้พัฒนาและเติบโตอย่างรวดเร็ว จึงมีการแข่งขันทางด้านอุตสาหกรรมสูง โดยมีการนำเอาความรู้ทางเทคนิคและเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการงานอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ ผลิตภัณฑ์ด้านกีฬา อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ ทำให้มีการประยุกต์และพัฒนาวิธีการผลิตให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งการเชื่อมก็เป็นส่วนหนึ่งของวิธีการผลิตในอุตสาหกรรมที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย วิธีการเชื่อมที่ใช้กันมากคือการเชื่อมไฟฟ้า และการเชื่อมมิก/แม็ก แต่การเชื่อมก็ไม่ได้มีเพียงสองอย่างเท่านั้น ยังมีการเชื่อมแบบอื่นๆ อีกมากมายโดยในลักษณะทั่วไป การเชื่อมชิ้นงานต่างๆ จะต้องมีส่วนประสาน หรือลวดเชื่อม ในการเชื่อมให้เหมาะกับประเภทของวัสดุที่นำมาเชื่อมด้วย นอกจากนี้ ยังต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญ ในการเชื่อมให้ได้แนวเชื่อมที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานและเสียเวลาในการผลิต ชิ้นงานที่มีปริมาณมากๆ เทคโนโลยีการเชื่อมจึงเป็นที่นิยมในประเทศที่กำลังพัฒนาและเติบโตอย่างรวดเร็ว

การเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน (Friction Welding) ความร้อนได้จากการเสียดทานกันที่ผิวหน้าสัมผัสของวัสดุ ในขณะที่ผิวสัมผัสใช้แรงกดอัดเพื่อให้ชิ้นงานติดกัน ผิวสัมผัสที่ประสานเข้าด้วยกันจะเป็นแบบ plastic state โดยวัสดุยังไม่หลอมละลาย ชิ้นงานที่เชื่อมเสร็จจะมีขนาดความยาวลดลง เหมาะกับการเชื่อมต่อชิ้นงานที่เป็นเพลตตัน เพลากลวง และการต่อเพลากับเหล็กแผ่น สามารถเชื่อมต่อวัสดุต่างชนิดกันได้ เช่น เหล็กกับอลูมิเนียม อลูมิเนียมกับทองแดง ไททานีียมกับเหล็ก เป็นต้น การเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน ไม่ต้องใช้แก๊สคลุม และลวดเชื่อม [1] ขั้นตอนการเชื่อม ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน [2]

ลักษณะรูปร่างของรอยต่อ และความกว้างของพื้นที่ที่กระทบร้อน เปลี่ยนแปลงได้ตามโมเมนต์ความเฉื่อยของล้อดุนกำลัง (flywheel) แรงกดและความเร็วรอบ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ใช้ควบคุมอัตราการเย็นตัวของรอยเชื่อม ผลจากตัวแปรเหล่านี้ แสดงให้เห็นรูปแบบของความร้อน (heat pattern) และครีป (flash) ในการเชื่อมเหล็ก แสดงดังรูป



รูปที่ 2 รูปแบบรอยต่อที่ได้รับอิทธิพลจากพลังงาน ความดันและความเร็วของการเชื่อม ด้วยแรงเสียดทาน [3]

เนื่องจากปัจจุบันการทดลองเชื่อมชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างของวัสดุด้วยวิธีการชุบแข็งแล้วนำไปเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน ยังไม่มีการทดลองกับเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ว่าการชุบแข็งมีผลต่อการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 อย่างไร [3] จากการศึกษางานวิจัยพบว่า Mumin Sahin และคณะ [4] ได้การศึกษาลักษณะของคุณสมบัติเชิงกลของเหล็กกล้า AISI 1040 ด้วยแรงเสียดทาน การศึกษาทฤษฎีและความสำคัญของการเชื่อมด้วยวิธีการเชื่อมต่าง ๆ ที่ได้รับคือการพัฒนาเพื่อให้ได้การต่อที่เหมาะสมในการใช้งานต่าง ๆ ส่วน Sahin, A.Z. และคณะ [5] ได้ทำการศึกษากลไกการถ่ายเทความร้อนของกระบวนการเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน โดยทำการทดลองเชื่อมวัสดุแท่งทองแดงกับเหล็กที่สภาวะความเร็ว และเวลาการเชื่อมแตกต่างกัน ทำการวิเคราะห์โครงสร้าง ความแข็ง ซึ่งที่อุณหภูมิสูงทำให้เกิด Heat Affected

Zone สูง ในขณะที่ Seli, H. และคณะ [6] ได้ศึกษาสถานะการนำความร้อน ในการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานของวัสดุแท่งเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ กับวัสดุอลูมิเนียม การเปรียบเทียบอุณหภูมินั้นได้ทำการทดสอบความแข็งแรงเชื่อม และความแข็งแรงดึง ผลการทดลองสอดคล้องกับการคำนวณทางทฤษฎี ทางด้าน Yilba, B.S. และคณะ [7] ทำการศึกษาการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานของเหล็กกับอลูมิเนียม และอลูมิเนียมกับทองแดง โดยทำการเปลี่ยนแปลงตัวแปรของความเร็วรอบ ระยะเวลาการกด และแรงการกด จากนั้นทำการศึกษาค้นสมบัติเชิงกล เช่น ค่าความเค้นจุดคราก ความแข็งแรงดึงสูงสุด และศึกษาโครงสร้างจุลภาค ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง จากการศึกษาพบว่าตัวแปรที่สำคัญในการเชื่อมด้วยความเสียดทาน คือ ความเร็วรอบในการหมุน ไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมของเหล็กกับอลูมิเนียม หรืออลูมิเนียมกับทองแดงก็ตาม จะส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกลและโครงสร้างจุลภาค Sahin, M., [8] ได้ทำการศึกษาค้นการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานกับวัสดุเครื่องมือ กับเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง AISI 1040 เพื่อศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมในการเชื่อมวัสดุนี้ โดยเปรียบเทียบจากการทดสอบแรงดึง ความล้า การทดสอบแรงกระแทกและความแข็ง ซึ่งตัวแปรที่สำคัญในการเพิ่มความแข็งแรงและความล้า คือ เวลาในการเชื่อม และแรงดัน

จากงานวิจัยที่ได้ศึกษาพบว่ายังไม่เคยมีการศึกษาทดลองการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ด้วยแรงเสียดทาน จึงมีแนวคิดที่จะทำการทดลองนำวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ไปผ่านกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างที่เป็นไปตามกรรมวิธีการอบชุบในรูปแบบต่างๆ และ วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ที่ไม่ผ่านกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้าง ด้วยวิธีการชุบแข็งนำไปทำการเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน แล้วนำมาเปรียบเทียบ เพื่อศึกษาอิทธิพลการชุบแข็งต่อการเชื่อมโลหะเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ด้วยแรงเสียดทาน การทดลองจะนำวัสดุที่ผ่านการเชื่อมไปตรวจสอบคุณสมบัติทางกล ผลจากการศึกษาสามารถนำมาพัฒนากระบวนการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ และงานโครงสร้างได้

2. การออกแบบการทดลอง

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเป็นเครื่องกลึงที่หาได้ในโรงงานอุตสาหกรรม ในการทดลองครั้งนี้ใช้เครื่องกลึงย่นศูนย์ โดยประยุกต์เอาหลักการเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น จะมีการนำเอาชุดไฮดรอลิกมาติดตั้งแทนด้วยศูนย์ท้ายแทน จะใช้สำหรับออกแรงดันให้ชิ้นงานเกิดการเสียดทาน โดยชิ้นงานที่หนึ่งอยู่ที่หัวจับเครื่องกลึง และชิ้นงานอีกหนึ่งชิ้นอยู่ที่ชุดไฮดรอลิกท้ายแทนด้วยศูนย์ ข้อดีที่นำเอาชุดไฮดรอลิก มาใช้ในการเชื่อมนั้น แรงดันที่ใช้จะสามารถควบคุมให้คงที่ตามการทดลอง ดังแสดงได้ในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องเชื่อมด้วยแรงเสียดทาน

เครื่องกลึงที่ใช้ ต้องมีเบรกที่สามารถหยุดหัวจับเครื่องได้ โดยใช้ระยะเวลาในการหยุดน้อยที่สุด ใช้ความเร็วรอบ 2,500 รอบ/นาที และชุดไฮดรอลิกเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แทนศูนย์ท้าย ที่สามารถปรับค่าแรงดันได้ตามต้องการ เพื่อทำหน้าที่เคลื่อนชิ้นงานเข้าหากันทำให้เกิดแรงเสียดทาน เป็นผลทำให้ชิ้นงานเกิดความร้อนซึ่งทำให้ชิ้นงานติดกัน โดยแรงดันที่ใช้ในการกดชิ้นงาน (P_1) คือ 14 บาร์ เพื่อทำให้ชิ้นงานมีแรงเสียดทานกันที่ผิวสัมผัส ทำให้ชิ้นงานเกิดความร้อนจนถึงสภาวะพลาสติก จึงใช้แรงดันเพื่อกดอัดให้ชิ้นงานติดกัน แรงที่ใช้ในการอัด (P_2) ตามการทดลองคือ 20 บาร์ 25 บาร์ และ 30 บาร์ตามลำดับ ดังแสดงได้ในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชุดไฮดรอลิก

2.2 การเตรียมการทดลอง

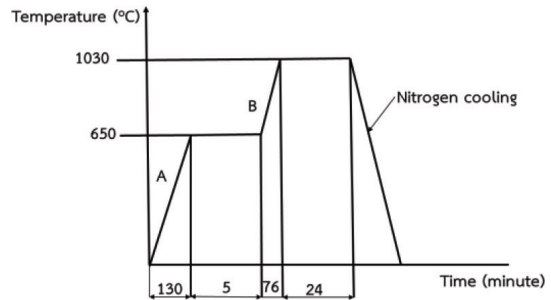
1) นำเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ตัดให้มีความยาว 100 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 5



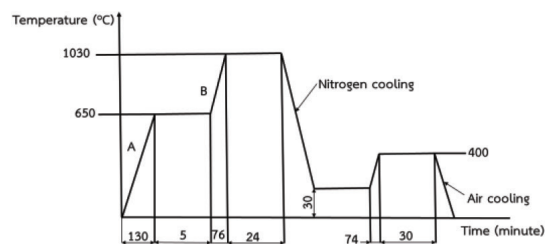
รูปที่ 5 เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420
ขนาด $\varnothing 10 \times 100$ มิลลิเมตร

2) หาช่วงอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในกรรมวิธีการอบชุบเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420

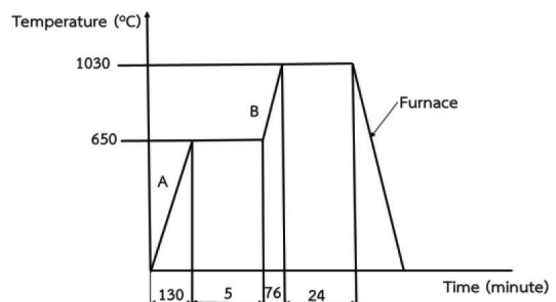
3) นำเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ไปผ่านกรรมวิธีการอบชุบ ตามที่ได้เขียนกราฟไว้โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ Hardening + Quenching, Hardening + Tempering และ Hardening + Full Annealing โดยมีอุณหภูมิที่ใช้ในการชุบแข็งชิ้นงานที่อุณหภูมิ 1,030 °C ดังรูปที่ 6, 7, และ 8



รูปที่ 6 อุณหภูมิและเวลาในการทำ
Hardening + Quenching

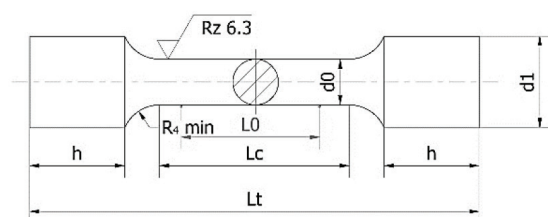


รูปที่ 7 อุณหภูมิและเวลาในการทำ
Hardening + Tempering



รูปที่ 7 อุณหภูมิและเวลาในการทำ
Hardening + Full Annealing

4) การเตรียมรูปร่างและขนาดของชิ้นงานทดสอบความแข็งแรงดึง ของชิ้นงานเชื่อม ตามมาตรฐาน DIN 50125 [9]



รูปที่ 9 ชิ้นทดสอบเพลากลม [9]

สัญลักษณ์

d_0 : Probendurchmesser

d_1 : metrisches ISO-Gewinde

L_0 : Anfängsmesslänge ($L_0=50d_0$)

L_c : Versuchslänge

L_t : Gesamtlänge

h : Kopfhöhe

Bezeichnung riner Zugprobe (Form B) mit

Probendurchmesser $d_0= 14$ mm und

Anfängsmesslänge $L_0 = 70$ mm

ตารางที่ 1 ขนาดชิ้นทดสอบชนิดเพลากลม แบบ A (DIN 50125) หน่วยเป็น มม. [9]

เส้นผ่านศูนย์กลาง ชิ้นทดสอบ	เส้นผ่านศูนย์กลาง ปลายจับ	ระยะ ปลายจับ	ความยาว พิกัด	ความยาว ขนาน	ความยาว รวม
d_0	d_1	h อย่างน้อย	L_0	L_c	L_t อย่างน้อย
6	8	25	30	36	95
8	10	30	40	48	115
10	12	35	50	60	140
12	15	40	60	72	160
14	17	45	70	84	180
16	20	50	80	96	205
18	22	55	90	108	230
20	24	60	100	120	250
22	30	70	125	150	300

2.3 การทดลอง

นำเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 มาจับยึดที่หัวจับเครื่องกลึง และนำอีกหนึ่งชิ้นมาจับยึดที่หัวจับของชุดไฮดรอลิก ดังแสดงได้ในรูปที่ 10 กำหนดแรงดันและเวลาที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งความดันที่ใช้ในการกดแช่คือ 14 บาร์ และความดันที่ใช้ในการกดอัด 20, 25 และ 30 บาร์ ตามลำดับ ตั้งความเร็วรอบของเครื่องกลึง 2,500 รอบ/นาที จากนั้นเปิดเครื่องกลึงทำการเชื่อมชิ้นงาน ใช้ความดัน 14 บาร์ เพื่อให้กระบอกไฮดรอลิกเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน ที่จับยึดที่หัวจับของเครื่องกลึง โดยใช้เวลาในการกดแช่ชิ้นงานคือ 4 วินาที เป็นเวลาที่เหล็กเกิดความร้อน เมื่อเกิดการเสียดทาน แล้วเพิ่มความดันในการกดอัดชิ้นงานเข้าหากัน เมื่อครบเวลาที่กำหนด

หยุดเครื่องกลึงแบบทันที จากนั้นถอดชิ้นงานออกจากเครื่องกลึง และตรวจสอบรอยเชื่อมว่าชิ้นงานติดกันหรือไม่



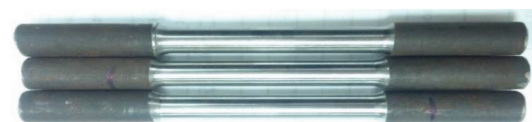
รูปที่ 10 การจับยึดชิ้นงานกับเครื่องกลึง

ทำการทดลองเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ที่ไม่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบ และที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบ คือ Hardening + Quenching , Hardening + Tempering และ Hardening + Full Annealing ที่ความดัน 20, 25 และ 30 บาร์ และเวลาดกดแช่ 5, 7 และ 9 วินาที ตามลำดับ ได้ชิ้นงานเชื่อม ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อม

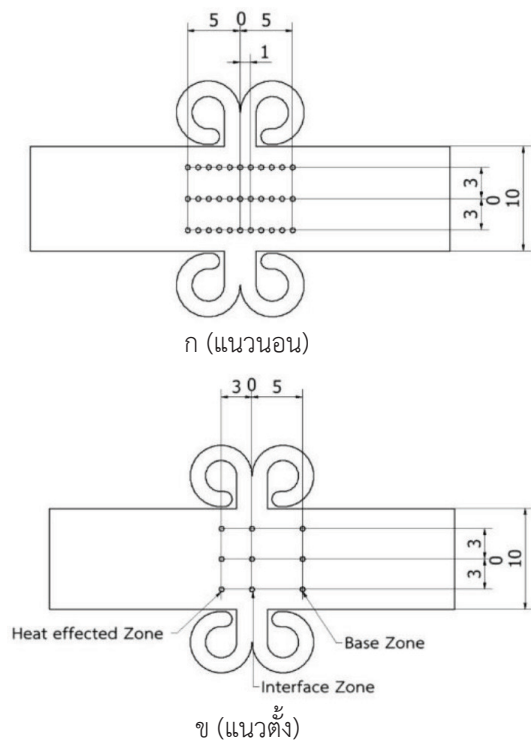
หลังจากการทดสอบตามตัวแปรที่กำหนดไว้ครบแล้ว นำชิ้นงานมาหาค่าความแข็งแรงดึง ความแข็งแรงและการเปรียบเทียบแนวเชื่อม



รูปที่ 12 การเตรียมชิ้นงานทดสอบความแข็งแรงดึง

การทดสอบค่าความแข็งแรงในแนวนอนของชิ้นงานเชื่อม จำนวนสามแนว แต่ละแนววัดทั้งหมด 11 จุด ต้องทำการผ่าชิ้นงานที่กึ่งกลางเพลตามแนวยาว วัดค่าความแข็งแรงที่กึ่งกลางเพล

การทดสอบค่าความแข็งในแนวนอนของชิ้นงานเชื่อม จำนวนสามแนว แต่ละแนววัดทั้งหมด 11 จุด ต้องทำการผ่าชิ้นงานที่กึ่งกลางเพลตามแนวยาว วัดค่าความแข็งที่กึ่งกลางเพล แนว 0 และอีกสองแนววัดห่างออกจากกึ่งกลางเพลข้างละ 3 มิลลิเมตร ดังรูป ก และการวัดในแนวตั้ง วัดความแข็งที่จุด Interface Zone, Heat effected Zone และ BaseZone โดยวัดที่จุด 0 , 3 และ -3 แต่ละแนววัดทั้งหมด 3 จุด ดังรูป ข รายละเอียดดังรูปที่ 13



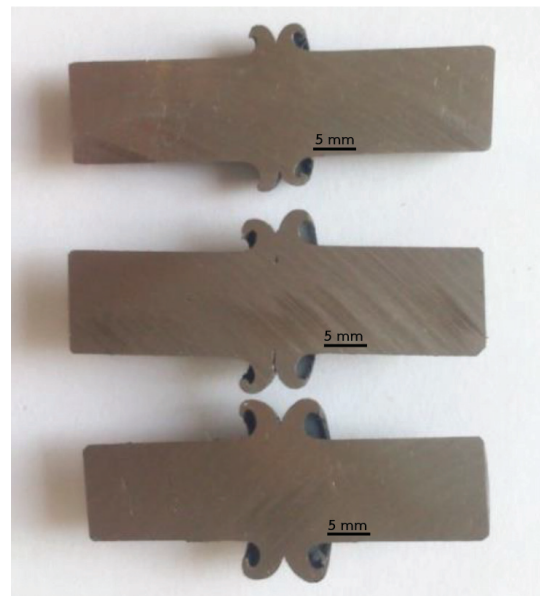
รูปที่ 13 ตำแหน่งการทดสอบความแข็งในแนวนอน และแนวตั้ง

ตารางที่ 2 เวลาที่ใช้ในการเชื่อมชิ้นงานด้วยแรงเสียดทาน

เวลา (วินาที)	ลักษณะรอยเชื่อม	ค่าเฉลี่ยแรงดึง (N/mm ²)
2	เล็กมาก	116.71
3	เล็ก	124.37
5	พอดี	138.39
7	พอดี	137.90
9	พอดี	138.55
11	ใหญ่	146.86

จากตารางที่ 2 พบว่าเวลาที่ใช้ในการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ด้วยความเสียดทานเวลาที่เหมาะสมในการเชื่อมชิ้นงาน คือ 5 วินาที 7 วินาที และ 9 วินาที ซึ่งเชื่อมชิ้นงานติดกันและรับแรงดึงได้ดีและเนื้อของวัสดุเกิดน้อยทำให้ไม่สิ้นเปลืองวัสดุ

การเปรียบเทียบขนาดรอยเชื่อม โดยยึดค่าอุณหภูมิและความดันเท่ากัน เปรียบเทียบที่เวลาในการกดอัดที่ต่างกัน คือ ที่ 5 , 7 และ 9 วินาที โดยการนำเอาชิ้นงานที่ผ่าครึ่งตามความยาวของชิ้นงานทั้งสามชิ้นมาวางเรียงกันแล้วถ่ายรูปเปรียบเทียบขนาดรอยเชื่อมที่ปรากฏ รูปบน 5 วินาที รูปกลาง 7 วินาที และรูปล่าง 9 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 14



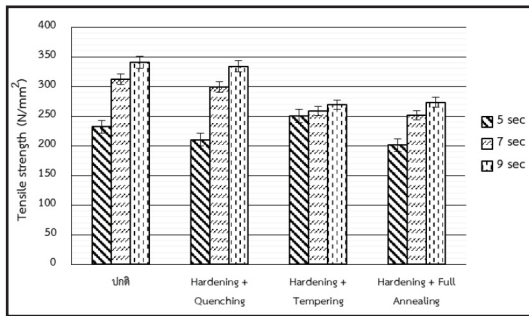
รูปที่ 14 ชิ้นงานที่เปรียบเทียบขนาดของรอยเชื่อม

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

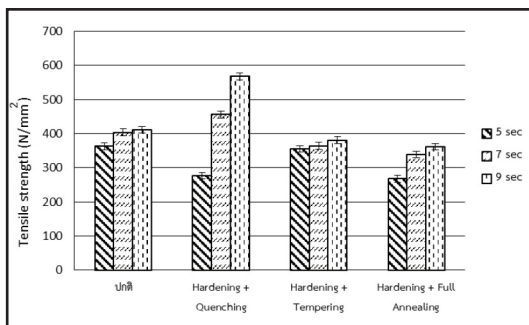
3.1 ความแข็งแรงดึง

เมื่อเชื่อมเสร็จนำชิ้นงานไปผ่านการกลึงตามมาตรฐาน DIN 50125 จากนั้นนำมาทดสอบความแข็งแรงดึง เพื่อเปรียบเทียบผลของชิ้นงานแต่ละกลุ่มดังนี้

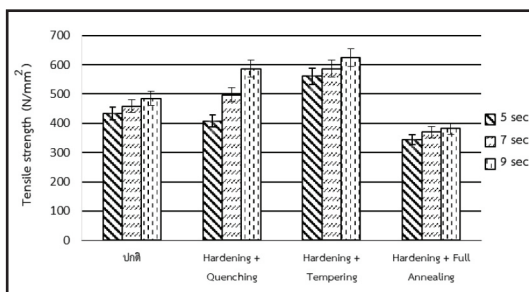
จากความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดระหว่างความดันและเวลาที่อุณหภูมิปกติและผ่านกรรมวิธีการอบชุบ Hardening + Quenching , Hardening + Tempering และ Hardening + Full Annealing ที่มีผลต่อการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ด้วยความเสียดทาน



รูปที่ 15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดึงสูงสุดที่ 20 บาร์



รูปที่ 16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดึงสูงสุดที่ 25 บาร์



รูปที่ 17 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงดึงสูงสุดที่ 30 บาร์

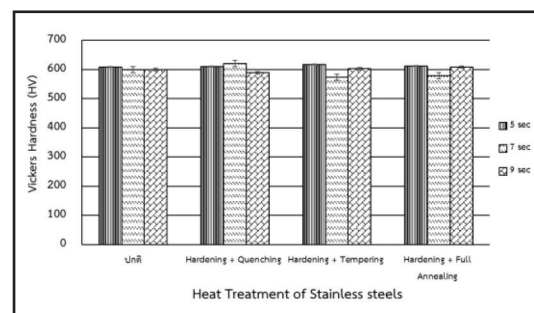
จากรูปที่ 15 16 และ 17 แสดงค่าความแข็งแรงดึงเฉลี่ยสูงสุดระหว่างความดันและเวลาแตกต่างกัน ที่อุณหภูมิปกติ และที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบ จะเห็นได้ว่าที่กรรมวิธีการอบชุบแบบ Hardening + Tempering ที่ความดัน 30 บาร์ 9 วินาที จะให้ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด เพราะ เนื่องจากชิ้นงานผ่านการชุบแข็ง แล้วนำไปทำ Tempering เพื่อคลายความเครียดภายในเนื้อโลหะหลังการทำ Hardening เพราะกระบวนการเย็นตัวอย่างรวดเร็วทำให้อะตอมของโลหะจัดเรียงตัว

ไม่เป็นระเบียบ จึงทำให้เกิดความเครียดภายในโลหะ และการทำ Tempering จะทำให้โลหะแข็งแรงและรับแรงต่าง ๆ ได้มากขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกลมากนัก เช่น ค่าความแข็งแรงดึง หรือความแข็ง จึงทำให้ชิ้นงานรับแรงดึงได้มากกว่าชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอบชุบที่แตกต่างกัน

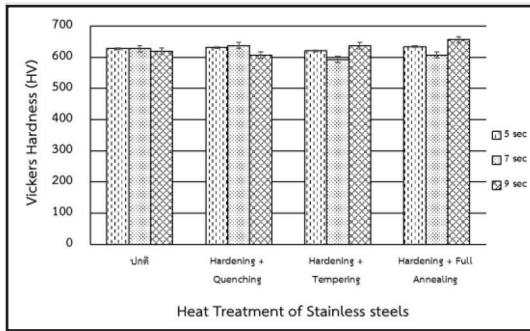
ผลการวิจัยความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยแรงดึง สอดคล้องกับงานวิจัยของ พุทธสาธิต นราพิณิจ และคณะ [10] พบว่าจากความสัมพันธ์ค่าแรงดึงเฉลี่ยสูงสุดระหว่างความดันและเวลาที่อุณหภูมิปกติ และ ที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบ เปรียบเทียบชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมด้วยความเสียดทานที่สภาวะอุณหภูมิปกติกับการนำชิ้นงานไปผ่านกรรมวิธีการอบชุบ Hardening + Quenching , Hardening + Tempering และ Hardening + Full Annealing แล้วนำไปเชื่อมด้วยความเสียดทาน พบว่าชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบ Hardening + Tempering ที่ความดันและเวลามาก จะทำให้เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ทนต่อแรงดึงมากกว่าการนำชิ้นงานไปผ่านกรรมวิธีการอบชุบแบบ Hardening + Full Annealing เพราะชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อนจะทำให้เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 อ่อนลง แต่ความเหนียวจะเพิ่มขึ้น

3.2 ความแข็งแนวนอน

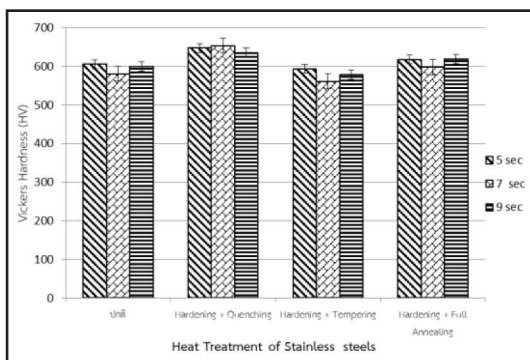
จากความสัมพันธ์ของค่าความแข็งระหว่างความดันและเวลาที่อุณหภูมิปกติ และ ที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบ ที่มีผลต่อการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ด้วยความเสียดทานที่แนวเชื่อมในแนวนอน (Horizontal) แนวนอน



รูปที่ 18 เปรียบเทียบความแข็งที่ 20 บาร์แนวเชื่อมในแนวนอน (Horizontal)



รูปที่ 19 เปรียบเทียบความแข็งที่ 25 บาร์
แนวเชื่อมในแนวนอน (Horizontal)

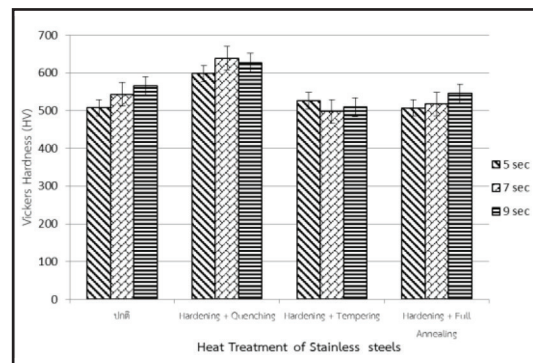


รูปที่ 20 เปรียบเทียบความแข็งที่ 30 บาร์
แนวเชื่อมในแนวนอน (Horizontal)

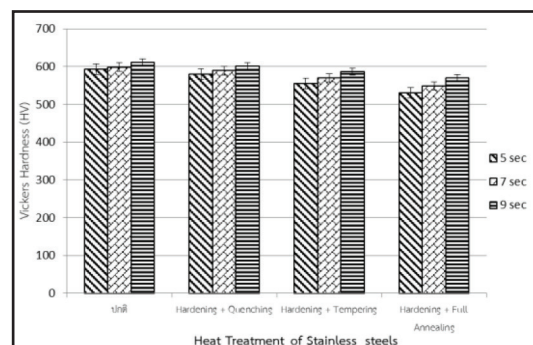
จากรูปที่ 18 19 และ 20 แสดงค่าพบว่าความแข็งบริเวณรอยเชื่อมที่จุด 0 มม. ในบริเวณแถบบนระหว่างความดันและเวลาที่อุณหภูมิปกติ และ ที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบ Hardening + Quenching , Hardening + Tempering และ Hardening + Full Annealing จะเห็นได้ว่าที่ Hardening + Quenching ความดัน 30 บาร์ เวลา 7 วินาที มีค่าความแข็งสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความดัน เวลา อุณหภูมิแตกต่างกัน เพราะ เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ที่ผ่านกระบวนการอบชุบ Hardening + Quenching จะทำให้เกรนละเอียดกว่าเกรนของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ที่อุณหภูมิต่างกัน จึงทำให้เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 มีค่าความแข็งมากที่สุดและเมื่อได้รับความร้อนขณะกวดอัดมากขึ้นขณะทำการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานทำให้เกรนละเอียดขึ้นจึงทำให้ค่าความแข็งของชิ้นงานที่ชุบแข็งมีความแข็งขึ้น

3.3 ความแข็งแนวตั้ง

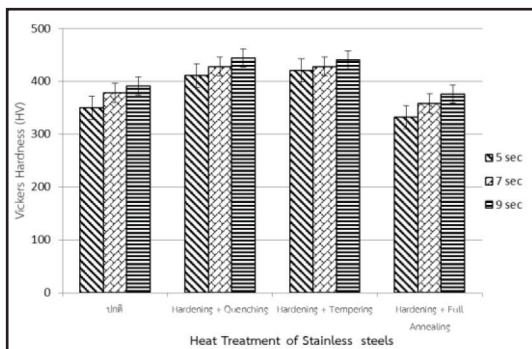
จากรูปที่ 21 22 และ 23 เป็นความแข็งบริเวณรอยเชื่อมในแนวตั้ง (Vertical) Interface Zone, Heat Effected Zone และ Base Zone พบว่าที่ Hardening + Quenching ความดัน 30 บาร์ เวลา 9 วินาที มีค่าความแข็งสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความดัน เวลา อุณหภูมิแตกต่างกัน เพราะ เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ที่ผ่านกระบวนการอบชุบ Hardening + Quenching จะทำให้เกรนมีขนาดใหญ่กว่าเกรนของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ที่อุณหภูมิต่างกัน จึงทำให้เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 มีค่าความแข็งมากที่สุดและเมื่อได้รับความร้อนขณะกวดอัดมากขึ้นขณะทำการเชื่อมด้วยแรงเสียดทานทำให้เกรนมีขนาดใหญ่ขึ้นจึงทำให้ค่าความแข็งของชิ้นงานที่ชุบแข็งมีความแข็งขึ้น



รูปที่ 21 เปรียบเทียบความแข็งที่ 20 บาร์
แนวเชื่อมในแนวตั้ง (Vertical) Interface Zone



รูปที่ 22 เปรียบเทียบความแข็งที่ 25 บาร์
แนวเชื่อมในแนวตั้ง (Vertical) Heat Effected Zone



รูปที่ 23 เปรียบเทียบความแข็งที่ 30 บาร์
แนวเชื่อมในแนวตั้ง (Vertical) Base Zone

จากการวิเคราะห์ผล พบว่ากรรมวิธีการอบชุบ Hardening + Quenching , Hardening + Tempering และ Hardening + Full Annealing มีผลต่อสมบัติเชิงกลของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 420 ด้วยความเสียดทาน เหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบ Hardening + Full Annealing จะทนต่อค่าแรงดึงได้น้อยกว่าเหล็กกล้าไร้สนิมที่อุณหภูมิปกติและเหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบ Hardening + Quenching , Hardening + Tempering และ ค่าความแข็งของรอยเชื่อมที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบ Hardening + Quenching ส่วนใหญ่จะมีค่าความแข็งของบริเวณรอยเชื่อมมากกว่า เหล็กกล้าไร้สนิมที่อุณหภูมิปกติและเหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบแบบ Hardening + Tempering และ Hardening + Full Annealing ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความดันและเวลาที่ใช้ในการเชื่อมแรงเสียดทาน และเมื่อทำการเปรียบเทียบแนวเชื่อมชิ้นงานที่ได้รับความดัน และ เวลาในการเสียดทานที่นานกว่าจะทำให้รอยเชื่อมมีขนาดใหญ่กว่า และเมื่อความดันเท่าเดิม และเวลาที่น้อยกว่าเดิม จะทำให้แนวเชื่อมมีขนาดเล็กลง ไปตามตัวแปรของความดันและเวลา

4. สรุปผลการทดลอง

1. การเชื่อมชิ้นงานด้วยความเสียดทานระหว่างอุณหภูมิปกติของชิ้นงานและการนำชิ้นงานไปผ่านกรรมวิธีการอบชุบ พบว่าชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบแบบ Hardening + Full Annealing หลังจากเชื่อมชิ้นงานค่าแรงดึงจะมีค่าต่ำกว่าค่าแรงดึงของชิ้นงาน

ที่ปกติและที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบแบบ Hardening + Quenching และ Hardening + Tempering

2. ค่าความแข็งของรอยเชื่อมที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบ Hardening + Quenching ส่วนใหญ่จะมีค่าความแข็งของบริเวณรอยเชื่อมมากกว่า เหล็กกล้าไร้สนิมที่อุณหภูมิปกติ และเหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านกรรมวิธีการอบชุบแบบ Hardening + Tempering และ Hardening + Full Annealing ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความดันและเวลาที่ใช้ในการเชื่อมแรงเสียดทาน

3. ความดันที่ใช้ในการเชื่อมด้วยความเสียดทานคือ 20 บาร์ 25 บาร์และ 30 บาร์ นำชิ้นงานที่ทดลองเสร็จแล้วไปความแข็งแรงดึงและทดสอบความแข็งซึ่งความดันมีผลต่อค่าแรงดึงในการเชื่อมชิ้นงานเมื่อทำการเพิ่มความดันในการเชื่อมสูงขึ้นจะทำให้ชิ้นงานทนต่อค่าแรงดึงได้สูงขึ้นและเมื่อเพิ่มความดันส่วนใหญ่จะทำให้ค่าความแข็งบริเวณรอยเชื่อมนั้นมีค่าลดลงด้วยและจะทำให้ชิ้นงานมีครีบของรอยเชื่อมหนาและใหญ่ขึ้น

4. เวลาที่ใช้ในการเชื่อมด้วยความเสียดทานคือ 5 วินาที 7 วินาที และ 9 วินาที นำชิ้นงานที่ทดลองเสร็จแล้วไปความแข็งแรงดึงซึ่งมีผลต่อค่าแรงดึงเมื่อเพิ่มเวลามากขึ้นจะทำให้ค่าแรงดึงสูงขึ้นและทดสอบความแข็งซึ่งเวลาไม่มีผลต่อค่าความแข็งของชิ้นงานมากแต่ชิ้นงานที่ได้รับเวลาในการเชื่อมเพิ่มขึ้นจะทำให้ชิ้นงานมีครีบของรอยเชื่อมหนาและใหญ่ขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก RMUTT financial budget in fiscal in 2018 ที่ได้ให้งบประมาณสนับสนุนโครงการวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีให้การสนับสนุนในด้านต่าง ๆ จนโครงการวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จในการดำเนินงานเป็นอย่างดี ทางผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] The Welding Engineer's Current Knowledge, Welding processes and equipment Materials and their behavior during welding Construction and design Fabrication, applications engineering Edition. 2015
- [2] FPE GATWICK, [Internet]. Friction Welding, [cited 2019 Mar 10]. Available from : <http://www.gawickhnologies.com/processes/friction-welding>
- [3] Welding Handbook, Welding Processes, Part 2 Ninth Edition. Volume 3. 2007
- [4] Mumin Sahin H, Erol Akata and Gulmez T. 2550. Characterization of mechanical properties in AISI 1040 parts welded by friction welding Department of Mechanical Engineering, Trakya University.
- [5] Sahin, A.Z., Yibas, B.S., Ahmed, M., Nickel, J. Analysis of the friction welding process in relation to the welding of copper and steel bars. Journal of Materials Processing Technology. 1998;82(1-3):127-36
- [6] Seli, H, Ismail, A. I., Rachman, E., Ahmad, Z.A. Mechanical evaluation and thermal modelling of friction welding of mild steel and aluminium. Journal of Materials Processing Technology. 2010;210(9):1209-16.
- [7] Yilba, B.S., Sahin, A.Z., Kahraman, N. Friction welding of St-A1 and A1-Cu materials. Journal of Materials Processing Technology. 1995;49(3-4):431-43.
- [8] Sahin M. Joining with friction welding of high-speed steel and medium-carbon steel. Journal of Materials Processing Technology. 2005;168(2):202-10.
- [9] Mana Tantit Bundit 2003 Industrial Material Testing, Bangkok: TSB Products (in Thai)
- [10] Narapinij P, Saramath S, Torsakul S. study of hardening process effect on the aisi 1045 steel by friction welding for shaft welding industries. Kasem Bundit Engineering Journal. 2016;6(1):122-33. (in Thai)