การศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกระแทกของแนวเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมที่อุณหภูมิต่ำ

BEHAVIOR OF IMPACT STRENGTH OF WELD BEAD OF STAINLESS STEEL AT LOW TEMPERATURE

สมพร พรหมดวง[1] และ สายสุนีย์ พงษ์พัฒนศึกษา[2]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต thum15@hotmail.com

[2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต saisuneersu@gmail.com

---

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านการทนต่อการกระแทกของรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม ที่ผ่านการปรับปรุงทางความร้อน โดยทดลองกับเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด AISI 304 และ AISI 316 เชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยมือ (Shielded metal arc welding, (SMAW)) และใช้ลวดเชื่อม 308LR-16 และ E309L-17 จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 950°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยปล่อยให้เย็นตัวในเตาอบ สำหรับชิ้นงานทดสอบได้กระทำตามมาตรฐาน ASTM E23 โดยที่ทดสอบที่อุณหภูมิ 0°C และ -76°C จากผลการทดลองพบว่ารอยเชื่อมที่ผ่านการอบชุบจะให้ความเหนียวสูงกว่า รอยเชื่อมที่ไม่ได้อบชุบ เมื่อทดสอบที่ 0°C และ ทดสอบที่ –76°C จากค่าที่อุณหภูมิต่ำมีค่าความเหนียวสุงกว่า และสรุปได้ว่าการอบชุบที่อุณหภูมิ 950°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงสามารถทำให้ความเครียดในรอยเชื่อมลดลง จึงมีความเหนียวสูงขึ้น เมื่อเทียบกับชิ้นงานที่ไม่ได้ทำการอบชุบ

คำสำคัญ: เหล็กกล้าไร้สิม, การเชื่อม, การทดสอบแรงกระแทก

ABSTRACT

This paper aims to study the impact properties of a stainless steel welding joints, in which the joints will be heated through a heat treatment process. The materials used for this study are stainless steel grade AISI 304 and AISI 306. The welding method was shielded metal arc welding (SMAW) using electrode rods 304LR-16 and E309L-17. The heat treatment process was an annealing at 950 degree Celsius for an hour and let the part to cool in the furnace. The ASTM E23 inspection standard was performed to study the impact properties of the test pieces at 0 and -76 degree Celsius. The study showed that annealing of the welding joint can increase ductility of a joint on both types of stainless steel, with higher values at 0 degree Celsius. The relieved stress of a welding joint during heat treatment can increase ductility of the joint.

Keywords: Stainless Steel, Weldind, Impact Test

1.บทนำ

ปัจจุบันมีการนำโลหะหลายชนิดมาเป็นส่วนประกอบโครงสร้าง เพื่อนำสมบัติที่ดีของโลหะแต่ละชนิดมาใช้อย่างถูกต้องดีที่สุด เช่น เหล็กกล้าไร้สนิมมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง และมีคุณสมบัติพิเศษต่างจากวัสดุอื่นเช่น มีความสามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ดี ง่ายต่อการขึ้นรูป ลักษณะผิวสวยงามยากต่อการทนสนิมเทียบกับโลหะอื่นๆ นำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่นอุตสาหกรรมอาหาร โรงไฟฟ้า โรงงานเคมี อุตสาหกรรมปิโตรเคมี (บัณฑิต, 2549) โครงสร้าง ชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องจักร ที่ได้นำเหล็กกล้าไร้สนิม นำไปใช้งานในอุตสาหกรรมมีสมบัติ ได้รับแรงกระแทกชนิดเปราะเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิต่ำ เช่น อุตสาหกรรมห้องเย็น หรืออุปกรณ์บรรจุก๊าซเหลวใช้ที่อุณหภูมิต่ำ แรงกระแทกการแตกเปราะนี้จะเพิ่มความเสี่ยง โดยเฉพาะอย่างยิ่งตรงบริเวณจุดที่ผ่านการเชื่อมซึ่งเป็นจุดที่มีความวิกฤตกว่าบริเวณอื่นๆของชิ้นงาน โดยเฉพาะบริเวณเขตอิทธิพลทางความร้อน (Heat Affect Zone : HAZ) (ฉัตรทอง, 2549)ได้ศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์การเชื่อมต่อโครงสร้างและสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด ได้วิจัยออกแบบค่าพารามิเตอร์ในการศึกษาได้แก่ กระแสไฟเชื่อม, ความเร็วในการเชื่อมและแก๊สปกคลุมผลมีความแข็งแรงสูงสุดคือความเร็วในการเชื่อมและผลต่อความแข็งแรงที่จุดคราดพบว่าปัจจัยทั้งสามไม่มีการเปลี่ยนแปลง (P.K.Ghosh Lutz Don, 2009) ได้ศึกษาตัวแปรของการถ่ายโอนโลหะการเชื่อมแบบGMAW กระแสของพัลส์ของเหล็กกล้าไร้สนิม งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาข้อมูลความสามารถทนแรงกระแทกของชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยมือ (Shielded metal arc welding, (SMAW)) เป็นวิธีที่นิยมสามารถทำได้รวดเร็วและประหยัดเวลาเพื่อหาค่าแรงต้านทานการกระแทก(Impact test)เพื่อใช้เป็นข้อมูลของการออกแบบชิ้นงาน

อย่างไรก็ตามการศึกษาผลกระทบตัวแปรของเหล็กกล้าไร้สนิมและแนวเชื่อมมีผลการทดลองการนำเสนอน้อยมาก งานวิจัยนี้มีการศึกษาหาอิทธิพลตัวแปรมีอุณหภูมิ การอบชิ้นงานที่มีผลต่อสมบัติของเหล็กกล้าไร้สนิม มีการหาค่าต้านทานการกระแทกสมบัติของเหล็กกล้าไร้สนิมใช้การทดสอบแรงกระแทกมีจุดประสงค์เพื่อหาคุณสมบัติของเหล็กกล้าไร้สนิมที่ผ่านกระบวนการเชื่อมแล้วทำการทดสอบแรงกระแทกที่อุณหภูมิต่ำเป็นตัวแปรที่สำคัญมีอิทธิพลต่อค่าต้านการกระแทก เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินความเสี่ยงของงานในอุตสาหกรรมเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาวัสดุวิศวกรรมและอุตสาหกรรมต่อไป

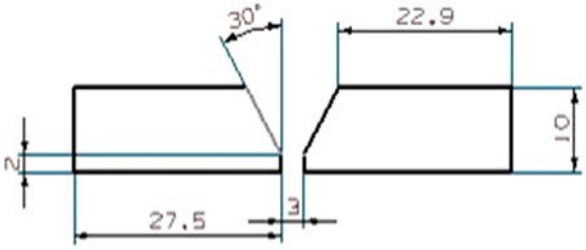
2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อหาคุณสมบัติความทนต่อแรงกระแทกของวัสดุบริเวณที่ได้รับผลกระทบทางความร้อนของรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304, AISI 316 ที่อยู่ภายใต้อุณหภูมิต่ำต่างกันสำหรับใช้ประเมินความเสี่ยงในการแตกหักเสียหายจากการใช้งานมีปัจจัยหลัก อุณหภูมิของชิ้นทดสอบและการอบชิ้นงาน

3. การดำเนินการวิจัย

การทดลองในครั้งนี้ ทดสอบเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304, AISI 316 ที่ทำการเชื่อมด้วยวิธีการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมประเภทออสเทนนิติกและใช้ลวดเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมการทดสอบแรงกระแทกทำที่อุณหภูมิ 0°C และ -76°C ได้กำหนดตัวแปรในการทดลอง คือ ชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิม อุณหภูมิของชิ้นงาน ชนิดลวดเชื่อม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลวดเชื่อม ปริมาณกระแสไฟ

1) การเตรียมเหล็ก ชนิดสแตนเลสสตีล ชนิด AISI 304 และ AISI 316 ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของออสเทนนิติคที่เลือกและจะทำการทดสอบโดยให้เป็นเหล็ก มาทำการขึ้นรูปโดยปาดผิว และทำมุมร่องบากตามขนาด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงลักษณะของเหล็กที่ผ่านขึ้นรูปก่อนจะนำไปเชื่อม

2) การเชื่อม ก่อนที่จะทำการเชื่อมต้องทำการกำหนดลวดเชื่อมที่จะใช้ทำการทดสอบโดยต้องมีการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดเชื่อม พร้อมกับกำหนดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อม โดยลวดเชื่อมต้องผ่านการอบชุบที่อุณหภูมิไม่เกิน 120°C

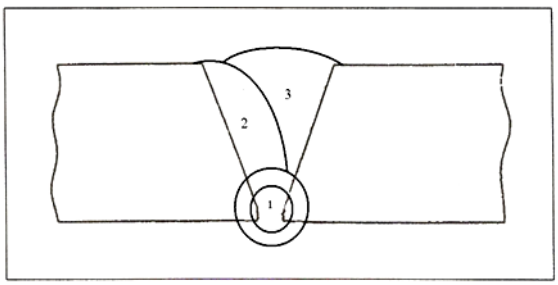
ตารางที่ 1 ข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับลวดเชื่อม

ลวดเชื่อม	ขนาด Dimeter (m.m.)	กระแสไฟฟ้า (Amp.)
308LR-16	2.5	100
E309 L-17	3.5	120

เนื่องจากการเชื่อมเป็นการเชื่อมด้วยมือจึงต้องมีความละเอียดในการเชื่อม การเชื่อมจึงต้องอาศัยผู้ที่ชำนาญในการเชื่อมและต้องศึกษากรรมวิธีการเชื่อมให้ถูกต้องก่อนเชื่อม กรรมวิธีการเชื่อมชิ้นทดสอบ มีขั้นตอนดังนี้

(1)นำชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปสองชิ้นมาวางให้หันด้านที่ทำการบากมุม 30° เข้าหากันโดยกำหนดให้เว้นระยะห่างตาม 3 มิลลิเมตร แล้วจับชิ้นงานด้วยปากกาจับชิ้นงาน (Clamp)โดยเว้นระยะห่างของชิ้นงาน

(2) การเชื่อมชิ้นงานต้องเดินลวดเชื่อมในท่าเชื่อมแบบ Back hand เป็นจำนวน 3 แนว ตามรูปที่ 2 เพื่อที่จะให้รอยเต็มพอดีในระหว่างการเชื่อมแต่ละรอบต้องทำการเคาะสแลก (Slag) ของลวดเชื่อมออกให้หมดก่อนที่จะทำการเชื่อมรอบต่อไป



รูปที่ 2 กรรมวิธีการเชื่อม

3) ขึ้นรูปร่องชิ้นทดสอบหลังจากที่ชิ้นทดสอบได้ผ่านการเชื่อมเสร็จแล้ว มาทำรอยบากที่ด้านหลังตรงข้ามกับแนวเชื่อมโดยให้แกนของร่องรอยบากขนานกับผิวด้านหน้าของแนวเชื่อม ซึ่งเรียกว่า “Parallel inside Position”

(PI Position) ด้วยเครื่องไส โดยให้รอยร่องบากมีขนาดมุม 45°มีความลึกของร่องเท่ากับ 2 มิลลิเมตรจากนั้น ตัดแบ่งชิ้นงานด้วยเครื่องเลื่อยไฟฟ้า โดยให้ชิ้นทดสอบเมื่อชิ้นทดสอบเสร็จจะมีขนาด 10 มิลลิเมตร x 10 มิลลิเมตร x 55 มิลลิเมตร ตามการทดลอง

4) ขั้นตอนการอบชุบ (Pre Treatment) เนื่องจากการทดสอบต้องการเปรียบเทียบความแข็งแรงของชิ้นทดสอบ ระหว่างชิ้นทดสอบที่มีการอบชุบ กับชิ้นทดสอบที่ไม่ได้การอบชุบจึงต้องนำชิ้นทดสอบ มาทำการอบชุบ คือชิ้นทดสอบดังนี้

ตารางที่ 2 ตารางแจกแจงจำนวนชนิดเหล็ก ลวดเชื่อม และจำนวนของชิ้นทดสอบ

ชนิดเหล็ก	ลวดเชื่อม	จำนวน (ชิ้น)
304	308LR-16	6
	E309 L-17	6
316	308LR-16	6
	E309 L-17	6

เมื่อได้เหล็กจากจากตารางที่ 2 แล้วนำไปอบชุบซึ่ง ขั้นตอนการอบชุบมีดังต่อไปนี้

(1) อุณหภูมิที่ใช้ในการอบชุบชิ้นทดสอบ คือ 950°C ประมาณ 1 ชั่วโมง

รูปที่ 3 แสดงอุณหภูมิที่ใช้อบชุบชิ้นทดสอบ

(2) เมื่อได้ค่าอุณหภูมิที่ต้องการแล้วปล่อยให้ชิ้นทดสอบที่ผ่านการอบชุบเย็นลงภายในเตา

รูปที่ 4 การปล่อยให้ชิ้นทดสอบที่ผ่านการอบเย็นลงภายในเตา

5) การทดสอบแรงตีกระแทก

(1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วย เครื่องทดสอบแรงกระแทก ชิ้นทดสอบ คีมจับชิ้นทดสอบ น้ำแข็งแห้ง น้ำแข็งภาชนะเก็บกักความเย็น

(2) อุณหภูมิที่ใช้ทดสอบ ในการทดลองมีอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบ 2 ระดับอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิ 0°C โดยใช้น้ำแข็ง และอุณหภูมิ -76°C โดยใช้น้ำแข็งแห้ง จากนั้นนำชิ้นงานที่เตรียมไว้ลงไปแช่ในภาชนะพร้อมทั้งคีมจับชิ้นทดสอบและปิดฝาภาชนะให้มิดชิดเพื่อกันความเย็นระเหยออกจากภาชนะ ทำการจับเวลาประมาณ 15 นาที แล้วนำชิ้นทดสอบที่ได้ไปทดสอบ

(3) การทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปี (Charpy Test) การปรับเครื่องกระแทก (Adjusting The Pendulum Impact Taster) เครื่องทดสอบจะต้องถูกปรับตั้งอยู่ในท่าที่ถูกต้องก่อนที่จะเริ่มทำการทดสอบ ทั้งนี้เพราะค้อนตี บ่ารอง ปากกาจับงาน จะถูกพิจารณาให้เลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสมตามข้อมูลและขั้นตอนของเครื่องที่ระบุแล้วจึงทำการตีทดสอบแรงกระแทก

รูปที่ 5 แสดงระดับการยกค้อนในท่าเตรียมทดสอบ

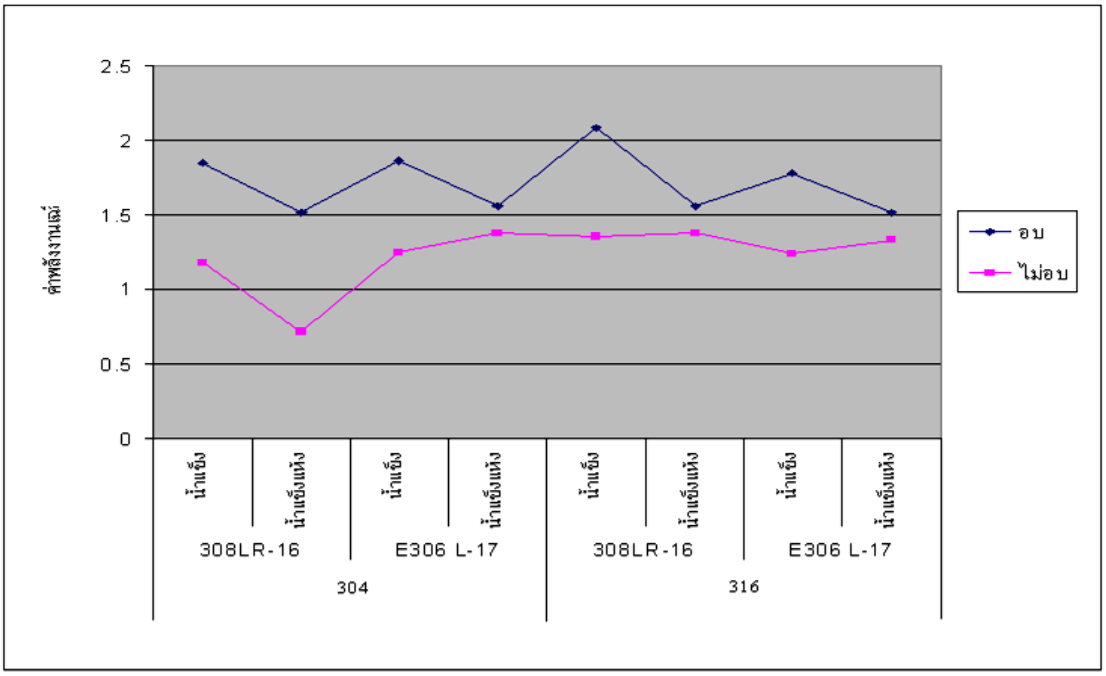
4. ผลการวิจัย

การทดลองการกระแทกแบบชาร์ปี้ (Charpy Test) นี้ได้ทำการเตรียมชิ้นงานทดสอบตามการทดลอง นำชิ้นทดสอบแช่ไว้ในตัวกลางตามระยะเวลาที่กำหนด ได้แก่ตัวกลางที่เป็นของเหลวต้องนานอย่างน้อยที่สุด 5 นาที ในการทดสอบนี้กำหนดอุณหภูมิ 2 ระดับอุณหภูมิ คือ -76°C และ 0°C โดยใช้น้ำแข็งแห้งและน้ำแข็ง ตามลำดับ โดยแช่ชิ้นทดสอบทิ้งไว้ 15 นาที จากข้อมูลหาค่าต้านทานแรงกระแทกโดยใช้หลักและวิธีการทดสอบแบบ Charpy Test พบว่า ปัจจัย (Main Effect) สำคัญที่มีผลต่อการทดสอบคือ การอบชุบชิ้นงาน อุณหภูมิในการเก็บชิ้นงาน ผลการทดลองได้ให้ค่าต้านทานการกระแทกดังตารางที่ 3 และ รูปที่ 6 ดังนี้

ตารางที่ 3 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของค่าต้านทานการกระแทกในการทดลอง

ชนิดเหล็ก	ลวดเชื่อม	อุณหภูมิ	อบชุบ	ไม่อบชุบ
AISI 304	308LR-16	น้ำแข็ง	1.85	1.17
		น้ำแข็งแห้ง	1.51	0.71
	E306 L-17	น้ำแข็ง	1.86	1.25
		น้ำแข็งแห้ง	1.56	1.37
AISI 316	308LR-16	น้ำแข็ง	2.08	1.35
		น้ำแข็งแห้ง	1.56	1.37
	E306 L-17	น้ำแข็ง	1.78	1.24
		น้ำแข็งแห้ง	1.51	1.33

รูปที่ 6 ภาพชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบ



รูปที่ 7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าต้านทานการกระแทก

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานแรงกระแทกของรอยเชื่อมทั้งสองชนิดของวัสดุแล้วพบว่ามีค่าพลังงานจากการทดสอบแรงกระแทกของวัสดุทั้ง 2 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ค่าพลังงานของลวดเชื่อมชนิด E309 L-17 จะได้ค่าพลังงานการกระแทกมากกว่าลวดเชื่อม 308LR-16 เล็กน้อย ปัจจัยทางอุณหภูมิแสดงให้เห็นว่า ชิ้นงานทดสอบที่นำไปแช่ในตัวกลางน้ำแข็งจะได้ค่าพลังงานการทดสอบ มากกว่าชิ้นทดสอบที่นำไปแช่ในตัวกลางน้ำแข็งแห้ง ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าอุณหภูมิที่ต่ำมีผลต่อความแข็งแรงของแนวเชื่อม ซึ่งจะทำให้โครงสร้างของแนวเชื่อมมีความแข็งแรงลดลง ดังที่แสดงตามกราฟในรูปที่ 7

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาพฤติกรรมการรับแรงกระแทกของแนวเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมที่อุณหภูมิต่ำ ทำการศึกษาตัวแปรการเชื่อม ผลการทดลอง โดยการทดลองได้กระทำกับเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด AISI 304 และ AISI 316 เชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าด้วยมือ (Shielded metal arc welding (SMAW)) และใช้ลวดเชื่อม 308LR-16 และ E309L-17 จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 950°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยปล่อยให้เย็นตัวในเตาอบ สำหรับชิ้นงานทดสอบได้กระทำตามมาตรฐาน ASTM E23 โดยที่ทดสอบที่อุณหภูมิ 0°C และ -76°C จากผลการทดลอง มีตัวแปร 2 ตัวแปรคือ

1) ตัวแปรการอบชิ้นงาน นำชิ้นงานมาอบชุบที่อุณหภูมิ 950°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สามารถทำให้ความเครียดในรอยเชื่อมลดลง จึงมีความเหนียวสูงขึ้น เมื่อเทียบกับชิ้นงานที่ไม่ได้ทำการอบชุบรอยเชื่อมที่ผ่านการอบชิ้นงานมีค่าต้านทานการกระแทกสูงกว่าชิ้นงานที่ไม่ได้อบชุบ

2) ตัวแปรอุณหภูมิของชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 0°C และ -76°C จากผลการทดลอง พบว่า รอยเชื่อมของเหล็กกล้าไร้สนิมที่อุณหภูมิต่ำมีค่าต้านทานการกระแทกน้อยกว่า

3) งานวิจัยมีข้อจำกัดบางประการทำให้ขาดข้อมูลมีค่อนข้างน้อย ทำให้ผลทางด้านสถิติและหลักวิชาการที่สมบูรณ์ขาดไป แนวทางงานวิจัยครั้งต่อไป ควรใช้หลักการออกแบบการทดลอง มีการตั้งสมมติฐานการทดลอง และมีการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม และใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดหรือ SEM ศึกษารอยแตก เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาเพื่อต่อยอดนำไปสู่การใช้งานอุตสาหกรรมในอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวัสดุ ภาควิศวกรรมอุตสาหการ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ฉัตรทอง ใสแสง. (2549). อิทธิพลของพารามิเตอร์การเชื่อมต่อโครงสร้างและสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304, กรุงเทพฯ, หน้า 1-75.

ชูชาติ ด้วงสงค์. (2550). การทดสอบงานเชื่อมแบบทำลายสภาพ เรื่องการทดสอบแรงกระแทกแนวเชื่อม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

บัณฑิต อมรสิน. (2549). การศึกษาผลกระทบของปัจจัยจากการเชื่อมระหว่างเหล็กกล้าสแตนเลส AISI304 กับเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำด้วยวิธีการเชื่อม Gas Metal Arc Welding ต่อโครงสร้างจุลภาค. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.

P.K. Ghosh Lutz Dorn Shriang Kulkarin F. Hofmann. (2009). Arc Characterrisce and Behaviour of Metal Transfer in Pulsed Current GMA Welding.

Subodh Kumar, A.S. Shahi. (2011). Effect of heat input on the microstracture and mechanical properties of gas tangsten arc welding AISI 304 stainless steel. *Journal Material and Design.* 32, pp.3671-3623.