



อิทธิพลกระแสเชื่อมโลหะโดยใช้ก๊าซแอคทีฟ (MAG) ต่อสมบัติของรอยต่อเกยเหล็กกล้า SPH590

Effect of Metal Active Gas (MAG) Welding Current on SPH590 Steel Lap Joint Properties

อานนท์ เชียรประโคน* และ กิตติพงษ์ กิมะพงศ์

Anon Cheinprakhon* and Kittipong Kimapong

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

*Corresponding author, E-mail: anon_c@mail.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการศึกษาอิทธิพลกระแสเชื่อมโลหะโดยใช้ก๊าซแอคทีฟ (MAG) ที่มีผลต่อสมบัติของรอยต่อเกยเหล็กกล้า SPH590 รอยต่อที่ได้จากการเชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 200, 220, 240 และ 260 แอมแปร์ถูกนำไปทำการศึกษาค่าความแข็งแรงดึง ความแข็ง และโครงสร้างมหภาคของรอยต่อ ผลการทดลองโดยสรุปมีดังนี้ กระแสเชื่อมที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดความแข็งแรงดึงสูงสุด 619 เมกะปาสกาล คือ กระแสเชื่อม 200 แอมแปร์ การเพิ่มกระแสเชื่อมส่งผลทำให้การหลอมลึกเพิ่มขึ้น ความแข็งของโลหะเชื่อมลดลง และความแข็งแรงดึงของรอยต่อลดลง การลดลงของค่าความแข็งแรงเมื่อใช้กระแสเชื่อมที่มีค่าสูงสามารถทำให้เกิดการเพิ่มค่าความแข็งแรงครากและมอดูลัสยืดหยุ่นซึ่งอาจมีประโยชน์ในการออกแบบโครงสร้างที่มีความยืดหยุ่นได้ต่อไป

คำสำคัญ: การเชื่อมแม่เหล็ก กระแสเชื่อม เหล็กกล้า

Abstract

An objective of this research was to study an effect of Metal Active Gas (MAG) Welding Current on SPH590 steel lap joint properties. The joints that were produced by a welding current of 200, 220, 240 and 260 A were investigated for tensile strength, hardness and macrostructure of the joint. The experimental results were as follows The optimized welding current that produced the maximum tensile strength of 619 MPa was the welding current of 200 A. An Increase of the welding current resulted in an increase of the weld penetration, a decrease of the weld hardness, and a decrease of the tensile strength of the joint. When the higher welding current was applied, a Decrease of the joint hardness could increase the yield strength and the modulus elasticity of the joint that might be useful for the flexible structure design.

Keywords: MAG welding, Welding current, steel



1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตมีการนำโลหะหลายชนิดเข้ามาเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างเพื่อใช้ข้อดีของโลหะแต่ละชนิดมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด และสามารถรับแรงที่กระทำอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ การเชื่อมต่อโลหะสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การเชื่อมด้วยวิธีทางกล (Mechanical joining) การติดยึดด้วยกาว (Adhesive) หรือการเชื่อม (Welding) เป็นต้น การนำวัสดุแต่ละชนิดเข้ามาใช้งานเพิ่มมากขึ้นเพื่อเป็นการลดราคาค่าใช้จ่าย และเหตุผลทางด้านการออกแบบทางวิศวกรรม อย่างไรก็ตามในงานอุตสาหกรรมทั่วไป โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์พบว่า การเชื่อมเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมาใช้ในการเชื่อมมากที่สุด (Barnes & Pashby, 2000) หนึ่งในกระบวนการเชื่อมที่นิยมนำมาใช้ในการประกอบชิ้นส่วน คือ กระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (Gas metal arc welding: GMAW) ที่ใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide: CO₂) เป็นแก๊สปกคลุมแนวเชื่อม หรือมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การเชื่อมแม็ก (Metal active gas welding: MAG welding) อย่างไรก็ตามการเชื่อมวัสดุต่างชนิดนั้นเกิดขึ้นได้ค่อนข้างยากเนื่องจากวัสดุทั้งสองนั้นมีสมบัติทางกล ทางกายภาพ และทางเคมีที่แตกต่างกันส่งผลทำให้เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ขึ้นในเวลาทำการเชื่อม เช่น การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Thermal expansion) จุดหลอมเหลว (Melting temperature) ที่แตกต่าง (Brandon & Kaplan, 1997) ด้วยเหตุนี้การเลือกวิธีการเชื่อมจึงต้องพิจารณาด้วยความละเอียด เช่น ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ การเชื่อมแม็กเป็นกรรมวิธีการเชื่อมที่นิยมใช้งานในอุตสาหกรรม สามารถทำการเชื่อมได้รวดเร็วและต่อเนื่องประหยัดเวลาในการทำความสะอาดเพราะไม่มี (Slag) ปกคลุมแนวเชื่อม (สุวัฒน์ ภูเกา และกิตติพงษ์ กิมะพงศ์, 2554) และเป็นกระบวนการเชื่อมที่มีคุณภาพสูง นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามการศึกษาผลกระทบเกี่ยวกับตัวแปรการเชื่อมแม็กที่มีผลต่อสมบัติของรอยต่อเกลเหล็กกล้า SPH590

งานวิจัยผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดในการประยุกต์กระบวนการเชื่อมโดยใช้แก๊สแอ็คทีฟ (MAG) ในการเชื่อมรอยต่อเกลเหล็กกล้า SPH590 ซึ่งเป็นรอยต่อและเกล็กกล้าที่มีการใช้งานแพร่หลายในการประกอบรถยนต์ ซึ่งกระบวนการเชื่อมแม็กนี้สามารถทำให้ได้งานโครงสร้างที่มีความแข็งแรง ทำให้เกิดแนวเชื่อมคุณภาพสูง มีความเร็วในการเชื่อมสูง ประหยัดเวลา และเป็นกระบวนการเชื่อมที่มีการทำความสะอาดหลังจากการเชื่อมน้อยมาก รอยต่อที่ผ่านการเชื่อมด้วยกระแสเชื่อมแตกต่างจะถูกนำมาทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงของรอยต่อ โครงสร้างมหภาค โครงสร้างจุลภาค เพื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบในการหาค่ากระแสเชื่อมแม็กที่เหมาะสมในการเชื่อมรอยต่อเกลต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอิทธิพลกระแสเชื่อมโดยใช้แก๊สแอ็คทีฟ (MAG) ที่มีผลต่อสมบัติของรอยต่อเกลเหล็กกล้า SPH590 รอยต่อที่ได้จากการเชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 200-260 แอมแปร์



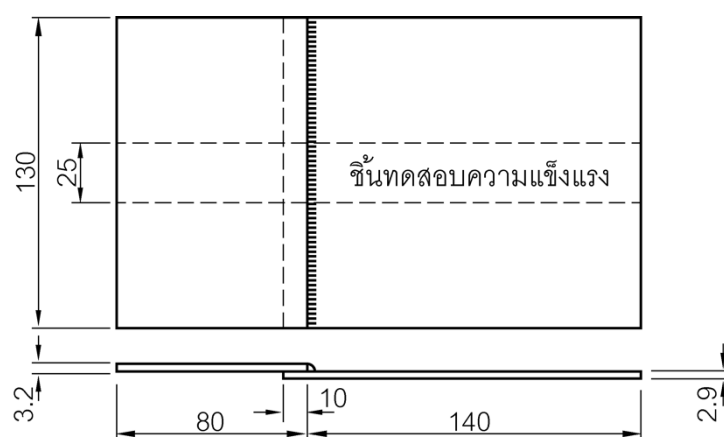
3. อุปกรณ์และวิธีการ

เหล็กกล้า SPH590 ซึ่งมีส่วนผสมดัง ตารางที่ 1 ถูกใช้เป็นวัสดุทดลองในงานวิจัยนี้ แผ่นเหล็กกล้ารีดร้อนที่มีขนาดความหนา 2.9 และ 3.2 มิลลิเมตร ถูกทำการตัดให้มีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 25 มิลลิเมตร และยาว 220 มิลลิเมตร ก่อนทำการประกอบเป็นรอยต่อเกลี้ยง รูปที่ 1 a. กำหนดให้แผ่นความหนา 3.2 มิลลิเมตรวางอยู่บนแผ่นความหนา 2.9 มิลลิเมตร ที่ระยะ 10 มิลลิเมตร รอยต่อถูกประกบแน่นในอุปกรณ์การจับยึดก่อนทำการเชื่อม

กระบวนการเชื่อมเม็กที่ใช้ในการทดลองกำหนดให้กระแสเชื่อม 200-260 แอมแปร์ ความเร็วเดินแนวเชื่อม 80 มิลลิเมตรต่อนาที ลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อม คือ ลวดเชื่อม MG50 ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 1 หัวเชื่อมMAG ถูกติตเข้าและควบคุมการเคลื่อนที่ผ่านหุ่นยนต์เชื่อม OTC Daihen FD-B4L ซึ่งมีลักษณะดัง รูปที่ 1 b. แก๊สที่ใช้ปกคลุมคือ แก๊ส CO₂ ที่มีอัตราการไหล 20 ลิตรต่อนาที มือเชื่อมถูกกำหนดให้ทำมุม 45 องศาับรอยต่อเกลี้ยง และปลายลวดเชื่อมถูกกำหนดให้ทำการอาร์กที่ตำแหน่งระยะห่างจากมุมของรอยต่อเท่ากับ 0.0 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้า SPH590 (wt%).

Materials	Fe	C	Si	P	S	Al	Ni	Cr	Mo	Ti	Nb
SPH90	Bal.	0.080	1.11	0.640	0.030	0.012	0.040	0.009	0.050	0.005	0.009
MG50	Bal.	0.040	0.730	0.010	0.230	0.010	-	-	-	0.111	-



a. Schematic of lap joint.



b. Welding robot.

รูปที่ 1 การติดตั้งงานเชื่อม

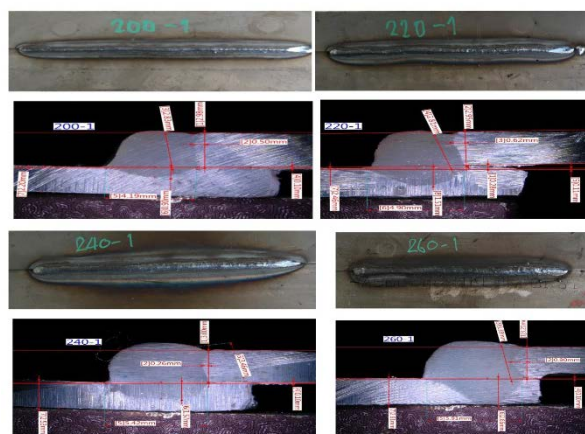
การทดสอบความแข็งแรงดึงเฉือนถูกดำเนินการเพื่อการหาความแข็งแรงดึงสูงสุด ความสามารถในการยึดตัวของรอยต่อ และรูปแบบการหักขาดของรอยต่อ โดยการทำการทดสอบความแข็งแรงของขั้นตอนทดสอบที่มีลักษณะดังรูปที่ 1 a. โดยการใช้เครื่องทดสอบความแข็งแรงดึง Gotech รุ่น GT-700-LAC 50



การตรวจสอบโครงสร้างโลหวิทยาแบ่งการตรวจสอบออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การตรวจสอบโครงสร้างมหภาค (Macrostructure) และการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ชิ้นงานที่ได้ถูกตัดขวางทิศทางการเดินแนวเชื่อมแล้วนำมาทำการเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดหยาบด้วยกระดาษทราย และขัดละเอียดด้วยผงสุตรเคมี ก่อนทำการกัดพื้นผิวด้วยสารละลายเพื่อแสดงรายละเอียดของ (Phase) และ (Grain) ในแนวเชื่อม

ความแข็งของรอยต่อถูกทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งไมโครวิกเกอร์ส (Micro-Vickers hardness test) ด้วยแรงกด 100 กรัมแรง (Gram-force: gf) และเวลาในการกดแช่ 10 วินาที ที่ตำแหน่งโลหะฐาน (Base metal) พื้นที่กระทบร้อน (Heat affected zone: HAZ) และโลหะเชื่อม (Weld metal) ในพื้นที่ต่าง ๆ ได้ทำการทดสอบและหาค่าเฉลี่ยเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งและความแข็งแรงตลอดจนตำแหน่งการร้าวของชิ้นทดสอบความแข็งแรงจึง

4. ผลการทดลองและอภิปรายผล

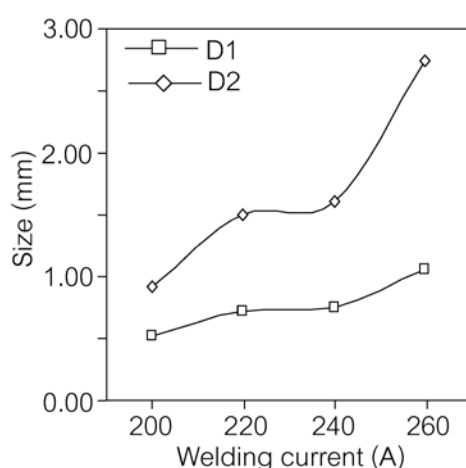


รูปที่ 2 พื้นผิวหน้าแนวเชื่อมและโครงสร้างมหภาคของรอยต่อที่ผ่านการเชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 220-260 A

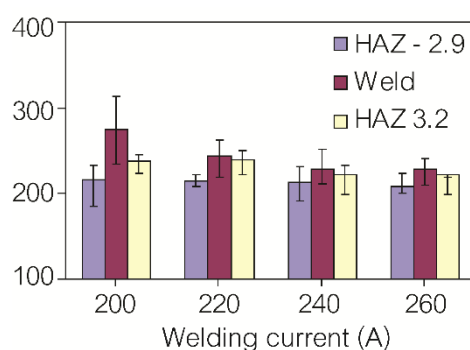
พื้นผิวหน้าแนวเชื่อมและโครงสร้างมหภาคของรอยต่อที่ผ่านการเชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 220-260 A แสดงดังรูปที่ 2 ผลการตรวจสอบพบว่าในการใช้กระแสเชื่อมทั้งหมด พื้นผิวหน้าแนวเชื่อมได้พื้นผิวแนวเชื่อมสมบูรณ์ ไม่พบจุดบกพร่องใด ๆ เช่น รูพรุน การกัดขอบ หรือการหลอมไม่สมบูรณ์บนพื้นผิวหน้าแนวเชื่อม ขณะเดียวกันโครงสร้างมหภาคของรอยต่อแสดงโลหะเชื่อมที่มีความสมบูรณ์ไม่พบจุดบกพร่องใด ๆ เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการหลอมลึก (Penetration) ของโลหะเชื่อมเข้าสู่แผ่นด้านบน หรือระยะ D1 และการหลอมลึกของโลหะเชื่อมเข้าสู่แผ่นด้านล่าง หรือระยะ D2 พบว่ากระแสเชื่อมที่มีค่าสูงส่งผลทำให้โลหะเชื่อมเกิดการหลอมลึกเข้าสู่โลหะฐานของรอยต่อได้ดี และเมื่อเปรียบเทียบระยะการหลอมลึกเข้าสู่แผ่นด้านบนและล่างของรอยต่อ โลหะเชื่อมมีความสามารถในการ



การหลอมลึกลงสู่โลหะแผ่นล่างได้ดีกว่าดัง รูปที่ 3 การหลอมลึกที่เพิ่มขึ้นเมื่อกระแสเชื่อมเพิ่มขึ้นนี้คล้ายดังการเกิดขึ้นในการเชื่อมรอยต่อชนระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 และเหล็กกล้าไร้สนิม 430 (ศักดิ์ชัย จันทศรี และคณะ, 2555)

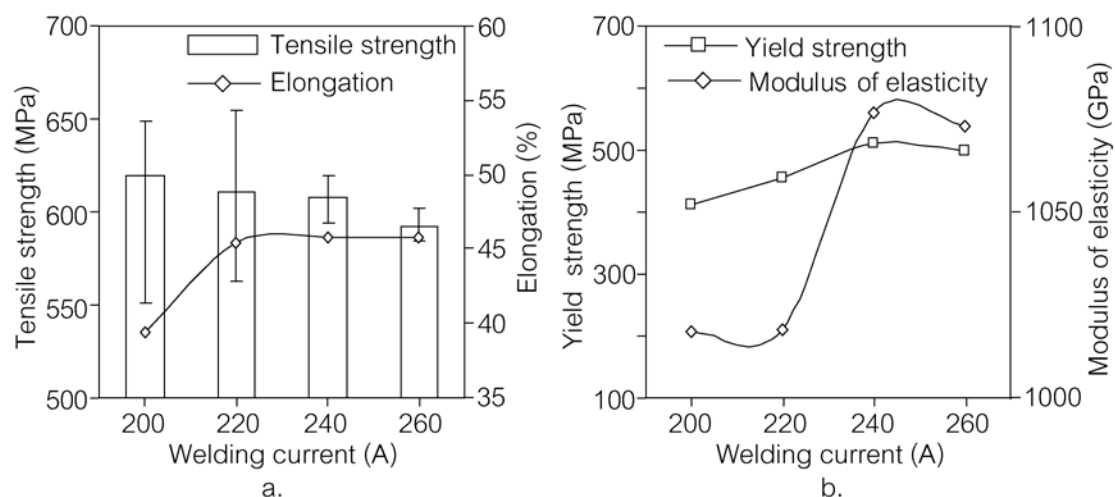


รูปที่ 3 การหลอมลึกของโลหะเชื่อม



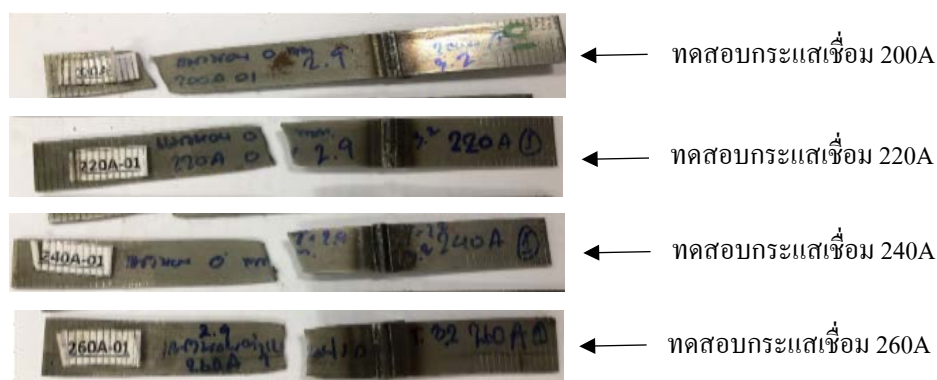
รูปที่ 4 ความแข็งของข้อต่อที่เกิดจากกระแสเชื่อมของ 200-260 A.

ชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบโครงสร้างมหภาคถูกนำไปทำการตรวจสอบความแข็ง 3 ตำแหน่งประกอบด้วยพื้นที่กระทบร้อน (Heat affected zone: HAZ) ของแผ่นเหล็กกล้าความหนา 2.9 มิลลิเมตร (HAZ-2.9) พื้นที่กระทบร้อนของแผ่นเหล็กกล้าความหนา 3.2 มิลลิเมตร (HAZ-3.2) และโลหะเชื่อม (Weld) และได้ผลการทดสอบดัง รูปที่ 4 ค่าความแข็งของพื้นที่กระทบร้อนและโลหะเชื่อมมีแนวโน้มลดลงเมื่อกระแสเชื่อมมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่าความแข็งนี้มีค่าสูงกว่าความแข็งของโลหะฐานที่มีค่าความแข็งประมาณ 230 HV เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะค่าความแข็งของพื้นที่กระทบร้อนในโลหะฐานทั้งสองด้านพบว่า ค่าความแข็งของแผ่นเหล็กหนา 3.2 มิลลิเมตรแสดงค่าความแข็งของชิ้นงานที่มีค่าสูงกว่าแผ่นเหล็กหนา 2.9 มิลลิเมตร



รูปที่ 5 ผลการทดสอบความต้านแรงดึง

ขึ้นทดสอบความแข็งแรงดึงถูกนำไปทำการทดสอบความแข็งแรงและแสดงผลการทดสอบดัง รูปที่ 5 a. ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดที่ 619 MPa ที่กระแส 200A และความสามารถในการยึดตัวของรอยต่อมีค่าแนวโน้มลดลงเมื่อกระแสเชื่อมมีค่าเพิ่มขึ้น การทดสอบความแข็งแรงทุกสภาวะในการทดลองนี้ การนิยามของขึ้นทดสอบเกิดขึ้นนอกแนวเชื่อมที่ตำแหน่งโลหะฐานด้านแผ่นเหล็กบนที่มีความหนา 3.2 มิลลิเมตร ดัง รูปที่ 6 ระยะห่างระหว่างตำแหน่งการนิยามกับแนวเชื่อมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสเชื่อมมีค่าเพิ่มขึ้น ผลการทดลองที่ได้นี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรงที่ลดลงเมื่อกระแสเชื่อมเพิ่มขึ้นนั้น มีแนวโน้มที่สามารถกล่าวได้ว่า กระแสเชื่อมที่เพิ่มขึ้นนั้นสามารถทำให้โลหะเชื่อมและรอยต่อมีค่าความแข็งแรงลดลง และส่งผลทำให้ค่าความแข็งแรงของรอยต่อมีค่าลดลง แต่ค่าความสามารถในการยึดตัวของรอยต่อมีค่าเพิ่มขึ้นดัง รูปที่ 5 a. การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงดึงและความสามารถในการยึดตัวนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความแข็งแรงคราก (Yield strength) และค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ดัง รูปที่ 5 b. พบว่ากระแสเชื่อมที่เพิ่มขึ้นนั้นทำให้ได้โครงสร้างรอยต่อที่มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นได้ จนถึงกระแสเชื่อมที่ 243A จะพบว่า โครงสร้างของรอยต่อมีความยืดหยุ่นลดลง



รูปที่ 6 ตำแหน่งการแตกหักของชิ้นงานทดสอบแรงดึงที่กระแสเชื่อมของ 200-260 A.



5. สรุปผลและเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรการเชื่อมโดยใช้ก๊าซแอ็กทีฟ (MAG) ที่มีผลต่อสมบัติของรอยต่อเกล็กเหล็กกล้า SPH590 รอยต่อเกล็กที่ได้จากการเชื่อมถูกนำไปทำการทดสอบความแข็งแรงดึง ตรวจสอบโครงสร้างมหภาค และตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค เพื่อการเปรียบเทียบหากระแสเชื่อมที่เหมาะสม ผลการทดลองโดยสรุปมีดังนี้

- ตัวแปรการเชื่อมที่ทำให้ได้ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด 619 MPa คือ กระแสเชื่อม 200 แอมแปร์ และความเร็วเดินแนวเชื่อม 80 มิลลิเมตรต่อนาที
- กระแสเชื่อมที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้การหลอมลึกของโลหะเชื่อมลดลงซึ่งงานรอยต่อเกล็กเพิ่มขึ้น และส่งผลทำให้ค่าความแข็งแรงของโลหะเชื่อม และพื้นที่กระแทกมีค่าลดลง
- ความแข็งแรงที่มีค่าสูงเมื่อใช้กระแสเชื่อมต่ำส่งผลทำให้เพิ่มความแข็งแรงดึงแต่ลดความสามารถในการยึดตัว และส่งผลทำให้ตำแหน่งการพังทลายของชิ้นทดสอบความแข็งแรงดึงเลื่อนออกจากพื้นที่การเชื่อม
- กระแสเชื่อมที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลทำให้รอยต่อเกล็กเหล็กกล้า SPH590 มีความแข็งแรงคราก และมอดูลัสยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น เหมาะสำหรับการออกแบบโครงสร้างที่ต้องการความยืดหยุ่นสูง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์ ที่ให้การช่วยเหลือในการวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- ศักดิ์ชัย จันทศรี, สุรัตน์ ตรีขวนพงศ์, กิตติพงษ์ กิมะพงศ์, และ สุวัฒน์ ภูเกา. (2555). การประยุกต์การเชื่อมมิกในการต่อชนแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน SS 400 และแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม AISI430. การประชุมวิชาการชาขงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555 17-19 ตุลาคม 2555 ชะอา เพชรบุรี
- สุวัฒน์ ภูเกา, และ กิตติพงษ์ กิมะพงศ์. (2554). อิทธิพลกระแสไฟฟ้าการเชื่อมมิกที่มีผลต่อสมบัติรอยต่อชนเหล็กกล้า SS400 และเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก 430. การประชุมชาขงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี 2554 20-21 ตุลาคม 2554 โรงแรมแอมบาสเตอร์ชีดี จอมเทียนพัทยา จ.ชลบุรี

Barnes, T. A., & Pashby, I. R. (2000). Joining techniques for aluminium spaceframes used in automobiles: Part I—solid and liquid phase welding. *Journal of materials processing technology*, 99(1-3), 62-71.

Brandon, D., & Kaplan, W.D. (1997). *Joining Processes, An introduction*. New York. John Wiley&Sons.