



การศึกษาผลการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมร่วมกับ การอบคืนตัวรอยเชื่อม ต่อสมบัติการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ST 37 THE STUDY OF GAS METAL ARC WELDING PROCESS INTEGRATED WITH TEMPER BEAD WELDING ON PROPERTIES OF ST37 CARBON STEEL WELDING

ชาญชัย วิเศษสุนัน¹ อติเรก มากโกภา² เดชมรงค์ รอดสูง³ และกุสิมา เกลิบจุ⁴
Chanchai Visetsumon¹ Datinarong Rodsung² Adirek Makpoca³ Kusima Klebju⁴

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาค่าความแข็งแรงของชิ้นงานเชื่อมหลังจากผ่านการอบคืนตัวแนวเชื่อม และ 2) ศึกษาโครงสร้างจุลภาคบริเวณผลกระทบร้อนของชิ้นงานหลังจากผ่านการอบคืนตัวแนวเชื่อม โดยกำหนดปัจจัยได้แก่ กระแสไฟ 250 Amp และความเร็วในการเชื่อม 400 มิลลิเมตร/นาที ในการศึกษาใช้เครื่องเชื่อม EWM รุ่น P 351 ใช้ลวดเชื่อม รหัส ER 70s-6 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 มิลลิเมตร ใช้แก๊สผสมระหว่างแก๊สอาร์กอน 80% และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ 20% โดยนำชิ้นงานมาเชื่อมทับแนวตั้งแต่ 10 - 100 เปอร์เซ็นต์ และนำไปตัดในช่วงเปอร์เซ็นต์ 10 - 100 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำเหล็กไปทดสอบหาคุณภาพทางกลด้านความแข็งแรง และศึกษาโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงาน ผลการทดลองคุณภาพทางกลด้านความแข็งแรงบริเวณเนื้อแนวเชื่อม บริเวณผลกระทบร้อน และบริเวณเนื้อชิ้นงาน ผลการวิจัยพบว่าในช่วงการเชื่อมทับแนว 80-90 % ได้ค่าสมบัติทางกลด้านความแข็งแรงที่ดีที่สุด และบริเวณผลกระทบร้อนหลังจากการเชื่อมอบคืนตัวรอยเชื่อม โดยการเชื่อมทับแนวเม็ดเกรนจะมีขนาดใกล้เคียงกัน จัดเรียงตัวเป็นระเบียบ และมีเม็ดเกรนใกล้เคียงกับเนื้อชิ้นงานเชื่อม ทำให้สมบัติทางกลของชิ้นงานดีกว่าก่อนการอบคืนตัวรอยเชื่อม

คำสำคัญ: การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม ความแข็งแรง โครงสร้างจุลภาค บริเวณผลกระทบร้อน

Abstract

^{1 2 3 4} แผนกวิชาช่างเชื่อมโลหะ วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 3

^{1 2 3 4} Welding Department of Phitsanulok Technical College Institute of Vocational Education Northern Region 3

*Corresponding Author, E-mail: Chanae519@Gmail.com

This research were aimed to 1) study the hardness of welding line integrated with temper bead welding, and 2) study microstructure of heat affected zone of the material after temper bead welding. The specific factors of this study were 250 Ampere of electric current and the traverse speed at 400 millimeters per minute. The study used EWM welding machine model P 351 and the welding wire code of ER 70s-6, with 1.2 millimeters diameter. The gas consisted of 80 percent argon and 20 percent carbon dioxide. The parent welding material used overlap method and cut in 10-100 percent. The welding metal was tested the mechanical quality on hardness and studied the microstructure of the welding material. The result of mechanical quality on hardness of welding line, heat affected zone, and surface of welding material found that the best quality on hardness of welding was at the 80-90 percent overlap. The heat affected zone of the material after temper bead welding by overlap welding got same size grain and well-organized. The grain had same size as welding metal and the mechanical properties of welding metal was better than before temper bead welding.

Keywords: Gas Metal Arc Welding, hardness, microstructure, heat affected zone

บทนำ

การเชื่อมโลหะถือว่าเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญต่อการผลิตและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมไทย ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา โดยกระบวนการเชื่อมทำให้เกิดการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ เกิดสิ่งก่อสร้าง ยังแก้ไขปัญหาด้านการซ่อมบำรุง [1] และการซ่อมแซมชิ้นส่วนโลหะที่แตกหักหรือสึกหรอซึ่งอุตสาหกรรมต่าง ๆ ยังต้องอาศัยกระบวนการเชื่อมเป็นหลัก เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเลียม อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมการต่อเรือ และอุตสาหกรรมประกอบโครงสร้างด้วยเหล็กทั่วไป

โดยกรรมวิธีการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (Gas Metal Arc Welding) เป็นการ

การเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม จะเป็นลวดเชื่อมเปลือยที่ถูกป้องกันจากหัวเชื่อมอย่างต่อเนื่อง แล้วอาร์กกับโลหะชิ้นงานเชื่อม ความร้อนจากการอาร์กจะระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานเชื่อม จะทำให้ปลายลวดเชื่อมหลอมละลาย และเติมลงไปรวมตัวกับน้ำโลหะบนชิ้นงาน ซึ่งทำให้เกิดเป็นแนวเชื่อมขณะเดียวกันบริเวณที่เกิดการอาร์กจะถูกปกคลุมด้วยแก๊ส ซึ่งจ่ายมาจากหัวเชื่อม เพื่อเป็นการป้องกันแก๊สออกซิเจน และแก๊สไนโตรเจนจากบรรยากาศเข้ารวมตัวกับแนวเชื่อม ซึ่งแก๊สเหล่านี้เป็นถือว่าเป็นสารมลทินที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการแตกร้าว (Crack) และรุกรานของแนวเชื่อม [2] ซึ่งปัจจุบันถือว่า กรรมวิธีการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมไทย เพราะกรรมวิธีการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมเป็น กระบวนการที่ควบคุมได้ง่าย ให้ประสิทธิภาพพรอยต่อสูง เชื่อมได้รวดเร็ว และประหยัดเวลา ในการทำความสะอาดแนวเชื่อม [3]

กรรมวิธีการเชื่อมแบบ Temper bead welding คือเทคนิคการทำ Tempering กับแนวเชื่อมโดยการเชื่อมทับแนวเชื่อม เป็นการปรับปรุงโครงสร้างทางโลหะวิทยาช่วง บริเวณผลกระทบร้อนของแนวเชื่อมให้ดีขึ้น และเป็นการควบคุมความแข็ง ป้องกันการ แตกร้าวของงานเชื่อม [4]

โดยงานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเปอร์เซ็นต์การเชื่อมทับแนว ช่วงเชื่อมส่วนใหญ่จะ อาศัยประสบการณ์ในการเชื่อม โดยการลองผิดลองถูกในการเชื่อมทับแนว โดยช่วงเชื่อมไม่ ทราบว่าจะต้องเชื่อมทับแนวกี่เปอร์เซ็นต์ของแนวเชื่อม [5] ที่มีส่งผลทำให้ได้ค่าสมบัติทางกล ด้านความแข็งที่ดีที่สุดและโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานหลังจากผ่านการอบคืนตัวแนวเชื่อม

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาค่าความแข็งของชิ้นงานเชื่อมหลังจากผ่านการอบคืนตัวแนวเชื่อม
2. เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาคบริเวณผลกระทบร้อนของชิ้นงานหลังจากผ่านการอบคืนตัวแนวเชื่อม

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักพื้นฐานบริเวณผลกระทบร้อน [6]

บริเวณผลกระทบร้อน (Heat Affected Zone) คือพื้นที่ที่เกิดขึ้นจากผลกระทบทางความร้อนจากการเชื่อมถึงจะเป็นพื้นที่เล็กๆ แต่ก็ส่งผลทำให้เกิดปัญหาต่างๆ มากมาย ในทางเทคนิคแล้วถือว่าบริเวณจุดนี้เป็นจุดบกพร่องของงานเชื่อมอีกลักษณะหนึ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ซึ่งหากพื้นที่บริเวณผลกระทบร้อนสามารถควบคุมได้ หรือให้อยู่ในพื้นที่ที่จำกัดก็จะเป็นผลดีต่อทุกกระบวนการเชื่อม ความร้อนเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับการที่ถ่ายเทความร้อนลงสู่โลหะงาน การเชื่อมอาร์กทำให้ความร้อนสัมผัสกับบริเวณกับโลหะงาน โดยจะเริ่มจากบริเวณบ่อหลอมละลาย ออกไปสู่บริเวณผลกระทบร้อน (Heat Affected Zone) ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จากปริมาณความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมาจากขอบเขตการหลอมเหลว จะส่งผลโดยตรงต่อลักษณะการแข็งตัวของรอยเชื่อม และลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างจุลภาคบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากความร้อน สำหรับการเชื่อมโลหะนั้น ได้สร้างความแตกต่างของโครงสร้างที่มีแนวโน้มทำให้เกิดความเสียหายในลักษณะต่างๆ เช่น การเกิดเกรนโต, การเกิดโครงสร้างมาร์เทนไซต์, และการเกิดสารประกอบโลหะต่างๆ ที่มีผลต่อการรวมตัวของคาร์บอนและส่งผลทำให้โลหะงานเชื่อมสามารถแตกหักได้ง่าย เนื่องจากสมบัติเหล่านั้นจะไปส่งเสริมให้บริเวณผลกระทบร้อน (Heat Affected Zone) มีความแข็ง และมีความเปราะมากขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรภัทร์ จุ้ยยิ้ม [1] ได้ศึกษาอิทธิพลของพารามิเตอร์การเชื่อมต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 กับเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง พบว่าบริเวณผลกระทบร้อนของโลหะงานทั้งสองด้านมีเกรนหยาบ การเติบโตของเกรนกระจายไปในทุกทิศทาง เมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างของเนื้อโลหะงานที่ไม่ได้รับผลกระทบร้อนซึ่งมีเกรนละเอียดสม่ำเสมอและมีทิศทางของเกรนอยู่ในแนวรีด ตามการผลิตเหล็กรีดร้อน โครงสร้างจุลภาคโลหะงานด้านเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางบริเวณผลกระทบร้อนปรากฏเป็นโครงสร้างเพิร์ลไลท์ ในส่วนของโครงสร้างจุลภาคเนื้อเชื่อมมีโครงสร้างสลับเฟอร์ไรท์ ออสเทนไนท์ และเพิร์ลไลท์ และโครงสร้างจุลภาคโลหะงานด้านเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI 304 บริเวณผลกระทบร้อนปรากฏโครงสร้างออสเทนไนท์ และไม่พบแนวโครงสร้างมาร์เทนไซต์ บริเวณผลกระทบร้อน และ เขตการหลอมละลายตามแนวรอยต่อเชื่อมทั้งสองด้าน

A. Alorier, R. Ibrahim, P. Thomson [4] ได้ศึกษากระบวนการหลีกเลี่ยงการให้ความร้อนภายหลังจากกระบวนการเชื่อมแบบฟลักซ์คอร์ (Flux Cored Arc Welding)

พบว่าเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกันของเนื้อแนวเชื่อมที่ Overlap กับประสิทธิภาพของความแข็งแรงและโครงสร้างจุลภาคบริเวณผลกระทบร้อน (Heat Affected Zone) ซึ่งได้มีการตรวจสอบผลลัพธ์แสดงว่า โครงสร้างจุลภาคที่ดีกว่า และค่าความแข็งแรงที่ต่ำกว่า เมื่อผ่านการเชื่อมแบบฟลักซ์คอร์ (Flux Cored Arc Welding) ช่วง 50% - 70% ที่ Overlap กับแนวเชื่อมเหมาะสมที่สุดสำหรับนำไปใช้งาน

จักรพันธ์ จีตดวงจันทร์ และอรรถพล แจ่มใส [5] ได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของแนวเชื่อมโดยใช้กระบวนการเชื่อมแบบแม็ก (Metal Active Gas) พบว่า ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีค่าแรงดึงแนวเชื่อมสูงที่สุดความแข็งแรงของแนวเชื่อมเกย คือ 1) การเกยทับกันของแนวเชื่อมที่ 50 เปอร์เซ็นต์ 2) กระแสไฟฟ้าที่ 105 แอมแปร์ 3) แรงดันไฟฟ้าที่ 24 โวลต์ และความเร็วในการเชื่อมที่ 40 เซนติเมตรต่อนาที จะได้ผลค่าแรงดึงของแนวเชื่อมที่ 567.10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

อนุสิทธิ์ อ่ำไพบูลย์ [7] ได้ศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการเชื่อมแบบแม็กสำหรับเหล็ก ST37 โดยแต่ละปัจจัยแบ่งเป็น 2 ระดับ เพื่อกรองปัจจัย 5 ปัจจัย ได้แก่ กระแสไฟ แรงดันไฟเชื่อม ความเร็วเชื่อม มุมหัวเชื่อม และแก๊สคลุม ให้เหลือเฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อค่าความต้านแรงดึงของตะเข็บเชื่อม วิธีการทดลอง โดยใช้เครื่องเชื่อม HOBART รุ่น RC-304 ใช้ลวดเชื่อมรหัส ER70S-6 ขนาด 1.0 มม.ทำการเชื่อมเหล็ก ST37 เชื่อมทางตรง และทดสอบหาคุณภาพทางกลด้วยการทดสอบค่าความต้านแรงดึง ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าค่าที่เหมาะสม คือ กระแสไฟเชื่อม เท่ากับ 220 แอมแปร์ แรงดันไฟเชื่อม เท่ากับ 30 โวลต์ ความเร็วในการเชื่อม เท่ากับ 10 นิ้วต่อนาที มุมหัวเชื่อม เท่ากับ 75 องศา แก๊สคลุมแนวเชื่อม เท่ากับ 10 ลิตรต่อนาที ซึ่งได้ค่าแรงดึงสูงสุด คือ 6,040 Kgf

ไพบูลย์ หาญมนต์ [8] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาอิทธิพลความร้อนในงานเชื่อมที่มีผลต่อการหลอมลึก ความกว้าง ความสูง และบริเวณผลกระทบร้อน ของแนวเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม โดยการเชื่อมเม็ก (Metal Inert Gas) พบว่าแนวเชื่อมที่ได้รับความร้อนในงานเชื่อม (Heat Input) สูงขึ้น จะได้ค่าการหลอมลึกเพิ่มมากขึ้น ให้ค่าความกว้างของแนวเชื่อมกว้างมากขึ้น ให้ค่าความสูงของแนวเชื่อมต่ำลง และทำให้บริเวณผลกระทบร้อน (Heat Affected Zone) มีค่าความกว้างและความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น

ปริญญา แสงทอง [9] ได้ศึกษาผลของพารามิเตอร์ การเชื่อมมิก (Metal Inert Gas) ต่อโครงสร้าง และสมบัติของงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด คือกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและแก๊สอาร์กอน ค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัว คือ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและแก๊สอาร์กอน ค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดที่จุดคราก

กิตติ ภัทรชัยยาคุปต์ [10] ได้ศึกษาการออกแบบกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งในงานซ่อมบำรุงเชิงแก้ไข พบว่ากระบวนการเชื่อมที่เหมาะสมกับการเชื่อมพอกผิวแข็งคือ การใช้ไฟฟ้ากระแสตรง โดยให้ลวดเชื่อมเป็นขั้วบวก ใช้ระดับกระแสไฟฟ้าตามคำแนะนำของลวดเชื่อม โดยก่อนทำการเชื่อมควรให้ความร้อนที่ 170 °C ให้ความร้อน 350 °C หลังทำการเชื่อม และอบคลายเครียดชิ้นงานที่อุณหภูมิ 570 °C นาน 2 ชั่วโมง ค่าความแข็งที่ได้จากกระบวนการเชื่อมดังกล่าวเท่ากับ 22.18 HRC ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าความแข็งที่ควรได้จากลวดเชื่อมพอกผิวแข็งที่ใช้ในการทดลองมากที่สุด

สุริยา เหาขุน, ธนพล เยือกเย็น, เซาวลิต บำรุงภักดี [11] ได้ศึกษาวิธีการเชื่อมซ้อนแนว ด้วยวัสดุ S50C ใช้กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลักซ์ (Shield Metal Arc Welding) ทำการเชื่อมซ้อนแนวจำนวน 2 แนว พบว่าค่าความแข็งของแนวเชื่อมมีความแข็งมากที่สุดอยู่ในช่วง 80 % มีค่าความแข็งประมาณ 329.5 HV แต่เมื่อมองถึงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้นจากการตกแต่งผิวแนวเชื่อมควรที่จะใช้การเชื่อมซ้อนแนวในช่วงประมาณ 50%-60% ที่มีค่าเฉลี่ยของความแข็งที่ประมาณ 310.4 HV และที่สำคัญค่าความแข็งมีความแตกต่างจากช่วงของการเชื่อมซ้อนแนว 80

มุขัส ยูนุส โมกุล [12] ได้ศึกษาการลดความเค้นในเหล็กกล้าผสมต่ำ A516 Gr70 ด้วยเทคนิคการเชื่อมแบบ Temper Bead ด้วยวิธีการเชื่อมที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ 1) แบบเต็มแนวเชื่อม (Full Bead) 2) แบบแนวเชื่อมและอบคายความเค้น (Post Weld Heat Treatment) และ 3) แบบ Temper Bead พบว่าการเชื่อมแบบ Temper Bead มีค่าความเค้นตกค้างที่ตายนานแนวเชื่อมในบริเวณแนวเชื่อมและวัสดุเดิมน้อยกว่าเชื่อมแบบเต็มแนวเชื่อมแต่มากกว่าแบบเต็มแนวและอบคายความเค้น ในบริเวณที่ได้รับผลจากการเชื่อมมีความเค้นตกค้างมากกว่าทั้งแบบเต็มแนวเชื่อมและแบบเต็มแนวและอบคายความเค้น ส่วนในทิศทางแนวเชื่อมพบว่าการเชื่อมด้วยกรรมวิธี Temper Bead มีค่าความเค้นตกค้างมากกว่าแบบเต็มแนวเชื่อมและมากกว่าแบบเต็มแนวเชื่อมและอบคายความเค้นในทั้ง 3 บริเวณจากผลการทดลองจึงไม่สามารถสรุปโดยชัดเจนได้ว่ากรรมวิธีการเชื่อมแบบ Temper

Bead ลดความเค้นตกค้างที่เกิดจากการเชื่อมได้ แต่ทำให้เกิดกระบวนการ Grain Refining ที่ทั่วถึงอันเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลโดยรวมของรอยเชื่อมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยวิธีการทดลองใช้กรรมวิธีการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลูม โดยใช้เครื่องเชื่อม EWM รุ่น P 351 แผ่นชิ้นงานที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นเหล็กกล้า ตามมาตรฐาน ST37 ขนาด 100 x 200 x 9 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) โดยใช้ลวดเชื่อมตามมาตรฐาน AWS A5.18 ER70S-6 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 มิลลิเมตร ทำการเชื่อมทำราบแบบอัตโนมัติ (ตารางที่ 2) โดยกำหนดค่าการควบคุมตัวแปร (พารามิเตอร์) ต่าง ๆ ในกรรมวิธีการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลูม (ตารางที่ 3) โดยแก๊สที่ใช้ในการปกคลุมใช้แก๊ส 2 ชนิด คือแก๊สอาร์กอน(Ar)ผสมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในอัตราส่วนผสม Ar 80% กับ CO₂ 20% ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็ก ST 37

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	V
0.12	0.24	0.32	0.02	0.01	0.01	0.01	0.06	0.01	0.001

ตารางที่ 2 ส่วนผสมทางเคมีของลวดเชื่อมตามมาตรฐาน AWS A 5.18 ER70S-6

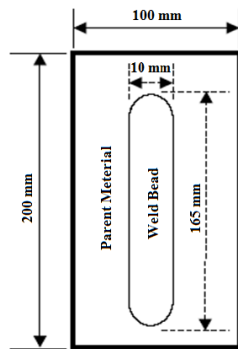
C	Si	Mn	P	S
0.10	0.88	1.45	0.012	0.014

ตารางที่ 3 การควบคุมตัวแปร (พารามิเตอร์) ต่าง ๆ ในการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลูม

ความหนา ชิ้นงาน (mm.)	ขนาดลวด เชื่อม (mm.)	กระแสไฟ (amp)	ความเร็วการ เชื่อม (mm./min)	ปริมาณ แก๊สปกคลุม (l/min)	ระยะลวด เชื่อม (mm./min)
9	1.2	250	400	10-15	6

การดำเนินการทดลอง

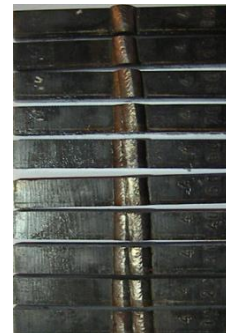
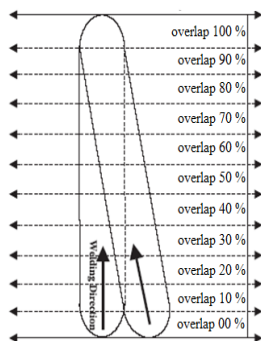
1. ทำการเชื่อมแนวเชื่อมแรกบนชิ้นงานในแนวเส้นตรง ขนาดของแนวเชื่อม 9 มิลลิเมตร ความยาวแนวเชื่อม 165 มิลลิเมตร แล้วปล่อยให้เย็นตัว (ตามภาพที่ 1-2) และทำการเชื่อมแนวเชื่อมที่ 2 โดยให้ขอบแนวเชื่อมทับกับแนวเชื่อมแรก ตั้งแต่ 0% - 100% ในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 3-5) โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการเชื่อมคือ กระแสไฟ 250 Amp ความเร็วในการเชื่อม 400 มิลลิเมตรต่อนาที แก๊สที่ใช้ในการปกคลุมเป็นแก๊สผสม Ar 80 % กับ CO₂ 20% คลุมแนวเชื่อม อัตราการไหลของแก๊สคลุม 10-15 ลิตรต่อนาที เมื่อเชื่อมเสร็จแล้วนำชิ้นงานมาตัดตามที่กำหนดไว้ รวมทั้งหมด 10 ชิ้น



ภาพที่ 1 จำลองขนาดแนวเชื่อม
และขนาดของชิ้นงาน



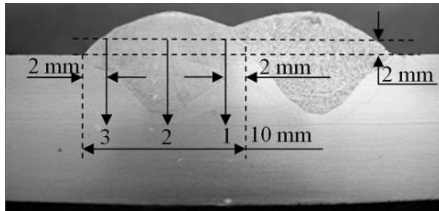
ภาพที่ 2 ชิ้นงานจริงที่ทำการเชื่อมด้วย
กรรมวิธีการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม



ภาพที่ 3 ทิศทางการเชื่อม ภาพที่ 4 ชิ้นงานเชื่อมทับแนว ภาพที่ 5 ชิ้นงานที่ทำการตัด

2. ทำการวัดค่าความแข็ง ในการวัดค่าความแข็งตามเปอร์เซ็นต์ของการเชื่อมทับแนว การวัดค่าความแข็งผ่านเนื้อชิ้นงาน, เนื้อแนวเชื่อม และบริเวณของผลกระทบร้อนในการเชื่อมตามเปอร์เซ็นต์การทับแนวที่แตกต่างกัน การวัดค่าความแข็งวัดแบบ Vickers Testing เครื่องหมายการค้า ESEWAY รุ่น EW-4500 ภายใต้แรงกดเท่ากัน 5 kg. (ตามภาพ

ที่ 6-7) โดยตำแหน่งของการวัดค่าความแข็ง แบ่งออกเป็น แถว 1, 2 และ 3 ตามแนวของชิ้นงานเชื่อม โดยแต่ละแถวกดแถวละ 6 จุด ระยะห่างแต่ละจุดห่างกัน 1 มิลลิเมตร

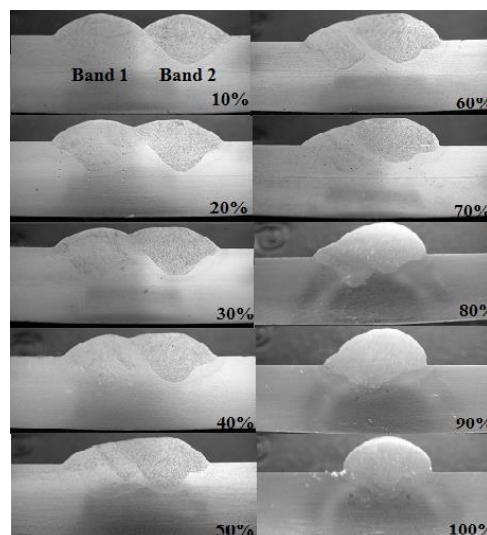


ภาพที่ 6 ตำแหน่งการกดวัดความแข็ง



ภาพที่ 7 ชิ้นงานที่ทำการกดวัดค่าความแข็ง

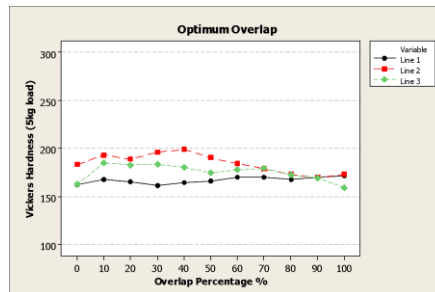
3. ทำการศึกษาโครงสร้างจุลภาคบริเวณผลกระทบร้อน (Heat Affected Zone) ตามความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์เนื้อแนวเชื่อมที่เชื่อมทับแนวบริเวณหน้าตัดขวางของเนื้อแนวเชื่อม แล้วนำชิ้นงานไปขัดด้วยเครื่องขัดแบบจานหมุนแล้วขัดมันด้วยผงขัด (Polishing) แล้วนำมาทดสอบด้วยวิธีจุ่มผิวหน้าเพื่อให้เห็นโครงสร้าง (Macrostructure) และนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์ดูโครงสร้างจุลภาค ของเนื้อแนวเชื่อมที่เชื่อมทับแนวตามเปอร์เซ็นต์ (ตามภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 โครงสร้างมหภาคส่วนหน้าตัดขวางเนื้อแนวเชื่อมตามเปอร์เซ็นต์เชื่อมทับแนว

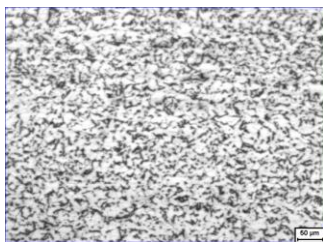
ผลการวิจัย

1. จากการทดลองพบว่าแนวเชื่อมที่เชื่อมทับกันในช่วงที่ 80% - 90% ของแนวเชื่อมที่เชื่อมทับกัน จะเป็นช่วงที่มีความแข็งที่ใกล้เคียงกันมากในตำแหน่ง Line 1, 2 และ 3 ซึ่งเป็นช่วงที่มีค่าความแข็งของชิ้นงานเชื่อม บริเวณผลกระทบร้อน และแนวเชื่อม ใกล้เคียงกันทำให้มีสมบัติทางกลด้านความแข็งที่ดีที่สุดเหมาะสมสำหรับนำไปใช้งาน (ตามภาพที่ 9)

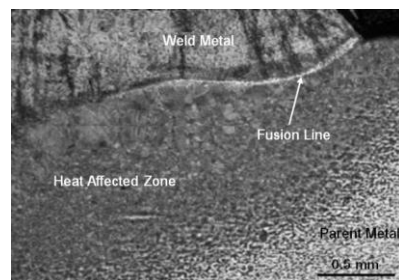


ภาพที่ 9 ค่าความแข็งของแนวเชื่อมตามช่วงเปอร์เซ็นต์ที่เชื่อมทับแนว

2. โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานเชื่อมเดิม ประกอบด้วย Ferrite และ Pearlite (ตามภาพ 10) โครงสร้างมหภาคของเนื้อแนวเชื่อม โครงสร้างบริเวณผลกระทบร้อน ภายหลังจากการเชื่อม (ภาพที่ 11) โดยโครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อมแนวแรกจะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเนื่องจากความร้อนที่เกิดจากการเชื่อมทับแนว ซึ่งการสะสมความร้อนของแนวเชื่อมขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของการเชื่อมทับแนว โดยแนวเชื่อมที่ถูกเชื่อมทับจะถูกรับปรุงโครงสร้าง

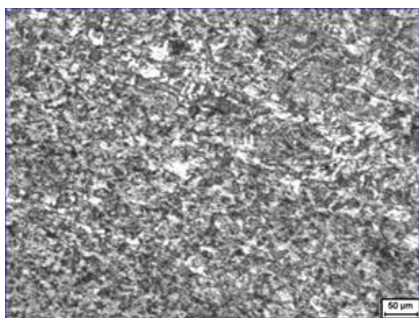


ภาพที่ 10 โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงาน

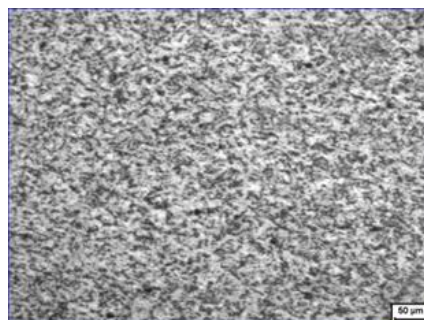


ภาพที่ 11 โครงสร้างมหภาค

โครงสร้างจุลภาคบริเวณผลกระทบร้อนของแนวเชื่อมแนวแรกจะมีเม็ดเกรนที่จัดเรียงไม่เป็นระเบียบ (ภาพที่ 12) เมื่อทำการเชื่อมอบคืนตัวรอยเชื่อมเม็ดเกรนจะเปลี่ยนเป็นเม็ดเกรนที่มีขนาดใกล้เคียงกันและจัดเรียงตัวเป็นระเบียบและมีคุณสมบัติทางกล



ภาพที่ 12 โครงสร้างจุลภาคบริเวณ
ผลกระทบร้อนก่อนเชื่อมอบคืนตัวรอยเชื่อม



ภาพที่ 13 โครงสร้างจุลภาคบริเวณ
ผลกระทบร้อนหลังเชื่อมอบคืนตัวรอยเชื่อม

การอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมร่วมกับการอบคืนตัวรอยเชื่อมต่อสมบัติการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ST37 ปรากฏว่า 1) ประสิทธิภาพของความแข็งแรงที่มีสมบัติทางกลที่ดีที่สุดเหมาะสำหรับนำไปใช้งาน อยู่ในช่วงการเชื่อมทับแนวที่ 80-90% 2) ด้านโครงสร้างจุลภาคในบริเวณผลกระทบร้อนหลังจากการเชื่อมอบคืนตัวรอยเชื่อม โดยการเชื่อมทับแนวเม็ดเกรนจะมีขนาดใกล้เคียงกันและจัดเรียงตัวเป็นระเบียบ และมีเม็ดเกรนใกล้เคียงกับเนื้อชิ้นงานเชื่อม ทำให้สมบัติทางกลของชิ้นงานดีกว่าก่อนการอบคืนตัวรอยเชื่อม สอดคล้องกับงานวิจัยของ A. Alorier, R. Ibrahim, P. Thomson [4] ได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการหลีกเลี่ยงการให้ความร้อนภายหลังจากกระบวนการเชื่อมแบบฟลักซ์คอร์ (Flux Cored Arc Welding) พบว่าเปอร์เซ็นต์ที่แตกต่างกันของเนื้อแนวเชื่อมที่ Overlap กับประสิทธิภาพของความแข็งแรงและโครงสร้างจุลภาคบริเวณผลกระทบร้อน (Heat Affected Zone) ซึ่งได้มีการตรวจสอบผลลัพธ์แสดงว่า โครงสร้างจุลภาคที่ดีกว่า และค่าความแข็งแรงที่ต่ำกว่า เมื่อผ่านการเชื่อมแบบฟลักซ์คอร์ (Flux Cored Arc Welding) ช่วง 50% - 70% ที่ Overlap กับแนวเชื่อมเหมาะสมที่สุดสำหรับนำไปใช้งาน

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ควรมีการศึกษาการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมร่วมกับการอบคืนตัวรอยเชื่อมต่อสมบัติการเชื่อมกับเหล็กชนิดอื่น
2. ควรมีการศึกษาการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมที่มีปัจจัยเกี่ยวกับ กระแสไฟ ความเร็วในการเชื่อมที่แตกต่างกัน
3. ควรมีการศึกษาการเชื่อมที่เป็นกระบวนการเชื่อมอื่นร่วมกับการอบคืนตัวรอยเชื่อมต่อสมบัติการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ST37

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรภัทร์ จุ้ยยิ้ม. (2549). **อิทธิพลของพารามิเตอร์การเชื่อมต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมAISI304 กับเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง.** วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [2] มานะศิษฐ์ พิมพ์สาร. (2542). **คู่มือการเชื่อม มิก-แม็ก.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: เอ็ม แอนด์อี
- [3] ยงยุทธ ดุลยกุล, นกิสพร มีมงคล, ประภาส เมืองจันทร์บุรี. (2551). **ศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคและสมบัติทางกลของการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยกระแสเชื่อมและส่วนผสมของแก๊สคลุมที่แตกต่างกันโดยกรรมวิธีการเชื่อมแม็ก.** วารสารการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 6.
- [4] Aloraier, A. Ibrahim ,R. and P. Thomson. (2006). **FCAW process to avoid the use of post weld heat treatment.** International Journal of Pressure Vessels And Piping. 2006.
- [5] จักรพันธ์ จีอดดวงจันทร์, อรรถพล แจ่มใส. (2551). **การศึกษาหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของแนวเชื่อมโดยใช้กระบวนการเชื่อม MAG.** วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมการจัดการ. มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก.
- [6] ฉัตรทอง ไสแสง และคณะ. (2554). **โลหะวิทยาการเชื่อม.** กรุงเทพฯ : บริษัทซีเ็ด ยูเคชั่นจำกัด (มหาชน)

- [7] อนุสิทธิ์ อ่ำไพบูลย์. (2551). พารามิเตอร์ที่เหมาะสมของการเชื่อมแบบแม็ก สำหรับเหล็ก เอสที 37. วารสารการประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2551.
- [8] ไพบูลย์ หาญมนต์. (2552). การศึกษาอิทธิพลความร้อนในงานเชื่อมที่มีผลต่อการหลอมลึก ความกว้าง ความสูง และบริเวณกระทบร้อน ของแนวเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม โดยการเชื่อมมิก. วารสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 ประจำปี 2552.
- [9] นายปริญญา แสงทอง. (2549). ผลการแปรพารามิเตอร์ การเชื่อม MIG ต่อโครงสร้างและสมบัติของงานเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม. วิศวกรรมอุตสาหการมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [10] กิตติ ภัทรชัยยาคุปต์. (2545). การออกแบบกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งในงานซ่อมบำรุงเชิงแก้ไข. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [11] สุริยา เค้าขุน, ธนพล เยือกเย็น, เขวลิต บำรุงภักดี. (2550). การเชื่อมซ้อนแนว. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีการเชื่อม. ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเชื่อม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [12] มุยส์ ญนุส โมกุล. (2547). การลดความเค้นในเหล็กกล้าผสมต่ำ A516 Gr70 ด้วยเทคนิคการเชื่อมแบบเทมเปอร์เบด (Temper Bead). วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.