

อิทธิพลของการรองพื้นและการพอกผิวแข็งต่อสมบัติทางกล ของโลหะเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน JIS-S50C

Effect of Battering and Hardfacing on Mechanical Properties of JIS-S50C Steel Weld Metal

กิตติพงษ์ กิมะพงศ์¹ สุรัตน์ ตรียานพงศ์¹ สุริยา ประสมทอง² วรญา วัฒนจิตศิริ¹
kittipong.k@en.rmutt.ac.th¹, surat.t@en.rmutt.ac.th¹,
suriya-tea@hotmail.com², voraya.w@en.rmutt.ac.th¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาอิทธิพลตัวแปรการเชื่อมอาร์กไส้ฟลักซ์พอกแข็งที่มีผลต่อสมบัติทางกลของแนวเชื่อมพอกแข็งบนพื้นผิวเหล็กกล้าคาร์บอน JIS-S50C และเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อมพอกแข็ง ผลการทดลองโดยสรุปมีดังนี้ กระแสเชื่อมที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ความแข็งแรงของแนวเชื่อมพอกแข็งและความต้านทานการสึกหรอของแนวเชื่อมเพิ่มขึ้น โครงสร้างจุลภาคแสดงการเพิ่มขึ้นของธาตุเสริมความแข็งแรงของโลหะประกอบด้วยซิลิกอน วานาเดียม โครเมียม แมงกานีส และโมลิบดีนัม เมื่อตำแหน่งการตรวจสอบใกล้ผิวบนของโลหะพอกผิวแข็ง การเพิ่มจำนวนชั้นพอกแข็งส่งผลต่อการเพิ่มความแข็งแรงและความต้านทานการสึกหรอของแนวเชื่อม เนื่องจากการเพิ่มปริมาณธาตุเพิ่มความแข็งแรงในโลหะเชื่อม ตัวแปรการเชื่อมที่ให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด 0.0218% คือ แนวเชื่อมแบบไม่รองพื้น กระแสไฟที่ใช้เชื่อม 210 A ความเร็วเดินแนวเชื่อม 300 มม./นาที และชั้นพอกแข็ง 3 ชั้น

คำสำคัญ: การเชื่อมอาร์กไส้ฟลักซ์, แนวเชื่อมพอกแข็ง, ความต้านทานการสึกหรอ.

¹อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ สุพรรณบุรี

Abstract

This research aim is determined to study the effect of flux-cored arc welding parameters on the mechanical properties of JIS-S50C carbon steel hard-faced weld metal. This work is also studied a relation between mechanical properties and microstructure of hard-faced weld metal. The experimental results are summarized as follows. 1) Increasing the welding current is directly affected to increased hardness and wear resistance of a hard-faced weld metal. 2) Metallographic examinations of the hard faced weld at the top surface are showed the increased some elements which able to increase the hardness of weld metal i.e. silicon, vanadium, chromium, manganese and molybdenum. The increased hard-faced weld layer is affected for the hardness increasing and wear resistance of the weld metal because of their increased reinforced elements. Optimized welding parameters are produced for the maximum hardness of 837 HV which the minimum weight loss of 0.0218% i.e. that is not welded the first welded buffer layer, using the welding current of 210 A, the welding speed of 300 mm/min and the 3 hard-faced weld layers.

Keywords: flux cored arc welding, hard-faced weld, wear resistance.

1. บทนำ

เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางเป็นเหล็กกล้าที่นิยมในการใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเกษตร เนื่องจากความเหนียว ความแข็ง และความแข็งแรงของวัสดุที่เหมาะสมเมื่อได้รับแรงกระทำภายนอก [1] อย่างไรก็ตามเมื่อเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางถูกนำไปใช้งานและเกิดการสัมผัสกับความชื้นหรือเสียดสีกับวัสดุที่มีความแข็งเท่ากันหรือแข็งกว่า หรือกระทบกับวัสดุอื่นอาจส่งผลให้ผิวของเหล็กกล้าเกิดการสึกหรอ (Wear) เนื้อโลหะบริเวณที่เกิดการสัมผัสเสียดสีออกไปนั้นส่งผลโดยตรงทำให้ประสิทธิภาพของชิ้นส่วนลดลง [2]

การเชื่อมซ่อม (Repair welding) เป็นหนึ่งในวิธีการที่ถูกนำมาใช้ในการซ่อมแซมเพื่อชดเชยเนื้อโลหะที่เกิดการสึกหรอเนื่องจากการใช้งาน

กระบวนการเชื่อมซ่อมเพื่อเพิ่มปริมาณโลหะบนพื้นผิวเหล็กกล้าสามารถทำได้หลายวิธี ที่ผ่านมามีผลการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการเชื่อมซ่อมพอกผิวแข็งบนเหล็กต่าง ๆ ด้วยวิธีการเชื่อมอาร์กที่น่าสนใจ เช่น พอกผิวแข็งเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำสามารถเพิ่มความแข็งแรงได้โดยการควบคุมอุณหภูมิระหว่างเที่ยว (Interpass temperature) และการเลือกใช้ลวดเชื่อมที่มีคาร์บอนต่ำในโตรดในลวดเชื่อมที่เชื่อมซ้อนแนวที่อุณหภูมิระหว่างเที่ยวคงที่ส่งผลให้ความแข็งแรงและความต้านทานการสึกหรอของผิวพอกแข็งสูงขึ้น [3] หรือการพอกผิวแข็งเหล็กกล้าคาร์บอนโดยการเชื่อมทับแนวรวม 4 ชั้น ที่พบค่าความแข็งแรงของผิวพอกแข็งสูงเกิดจากการเติมโบรอนลงในโลหะพอกผิวแข็ง [4] หรือการเชื่อมพอกผิวแข็งบนเหล็กกล้าคาร์บอน 1020 ด้วยลวดเชื่อมกลุ่มเหล็กเป็นหลัก ที่พบความแข็งแรง

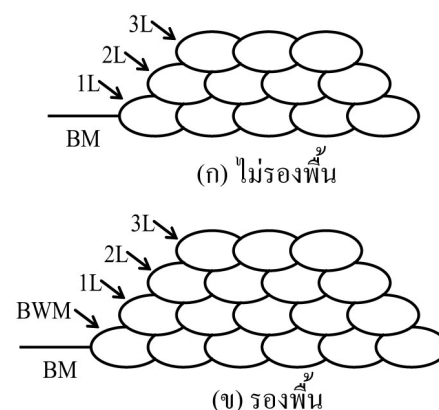
ของผิวพอกแข็งเพิ่มขึ้นเมื่อเฟส Fe-Ti Fe-V Fe-Mo และกราไฟท์เพิ่มขึ้นได้ [5] นอกจากนี้ ผิวพอกแข็งที่เหมาะสมต้องสามารถนำมาทำการ ตกแต่งผิวหน้าเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้ในระดับ ที่ยอมรับได้ เช่น การกัดปาดผิวหน้าวัสดุประกอบ โลหะหลักแมกนีเซียมที่เสริมแรงด้วยอนุภาค ของซิลิกอนคาร์ไบด์ด้วยเครื่องมือตัดคาร์ไบด์ ที่มีการเคลือบผิวด้วย TiCN/TiN ที่เศษของ ของการกัดขนาดประมาณ 3-4 ไมโครเมตร มีลักษณะคล้ายพื้นเลื่อยลักษณะต่อเนื่องหรือ กึ่งต่อเนื่อง ค่าความหยาบผิวอยู่ในระดับที่ยอมรับ ได้ทางทฤษฎี [6] หรือการกลึงตัดเฉือนผิวพอก แข็งที่มีส่วนประกอบหลัก คือ โครเมียมคาร์ไบด์ (Fe-Cr-C) ที่ความสามารถในการตัดเฉือน (Machinability) ของผิวพอกแข็งโครเมียม- คาร์ไบด์ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงสร้างจุลภาค ที่ปรากฏ และการสึกหรอของคาร์ไบด์ขนาดใหญ่ [7] หรือการศึกษาอุณหภูมิของการกลึงผิวพอก แข็งโครเมียมคาร์ไบด์ (Fe-Cr-C) ที่อุณหภูมิ การกลึงขึ้นกับความละเอียดของคาร์ไบด์ละเอียด [8] เป็นต้น

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการเชื่อมพอก แข็งเหล็กกล้าคาร์บอน JIS-S50C ด้วยการเชื่อม อาร์กลวดไส้ฟลักซ์ และทำการศึกษาดัชนีการ เชื่อมที่ประกอบด้วยจำนวนชั้นพอกแข็ง กระแสเชื่อม และการเชื่อมแบบรองพื้น ขึ้นงาน ที่ได้นำไปทำการศึกษาเปรียบเทียบความ สัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกลและโครงสร้าง จุลภาคของแนวเชื่อมต่อไป

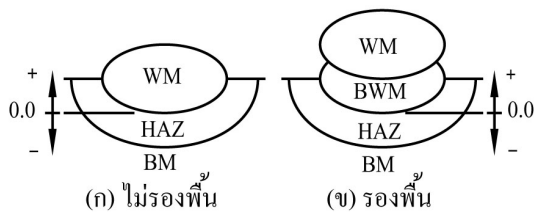
2. วิธีการทดลอง

วัสดุในการทดลอง คือ เหล็กกล้าคาร์บอน JIS-S50C (0.52C 0.26Si 0.78Mn 0.03P 0.01S 0.19Cr 0.01Mo 0.006V % โดยน้ำหนัก) แผ่นเหล็กถูกตัดด้วยเลื่อยกลที่มีการหล่อเย็น

ด้วยสารหล่อเย็นขณะทำการตัดให้มีรูปร่าง สีเหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดกว้าง 100 มม. ยาว 150 มม. และหนา 25 มม. ก่อนทำการเชื่อม แผ่นเหล็กถูกนำไปทำการอบที่อุณหภูมิ 150°C จากนั้นแผ่นเหล็กกล้าถูกนำมาทำการเชื่อมพอก ผิวแข็งด้วยกรรมวิธีการเชื่อมอาร์กลวดไส้ฟลักซ์ ซึ่งมีตัวแปรการเชื่อมประกอบด้วยการเชื่อม เติมนวบนแผ่นแบบไม่สายลวดเชื่อมทำราบ ลวดเชื่อมพอกผิวแข็งที่ใช้ คือลวดเชื่อมที่ส่วน ผสมหลักของโครเมียมคาร์ไบด์ ลวดเชื่อมรองพื้น ใช้ลวดเชื่อมเหล็กเหนียวที่มีส่วนผสมหลักของ คาร์บอน-ซิลิกอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก 1.2 มม. แก๊สคลุมสำหรับการเชื่อม ชั้นรองพื้น คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ อัตราไหลของแก๊สปกคลุมแนวเชื่อม 12 ลิตร/ นาที สำหรับการเชื่อมพอกผิวแข็งไม่ใช้แก๊สคลุม กระแสเชื่อม 170-230A ความเร็วเดินแนว 150 มม./นาที อุณหภูมิระหว่างเทียวยเชื่อม มากกว่า 150°C จำนวนชั้นพอกผิวแข็ง 1-3 ชั้น และมีการเชื่อมแบบไม่มีและมีการสร้างชั้นรองพื้น ดังรูปที่ 1



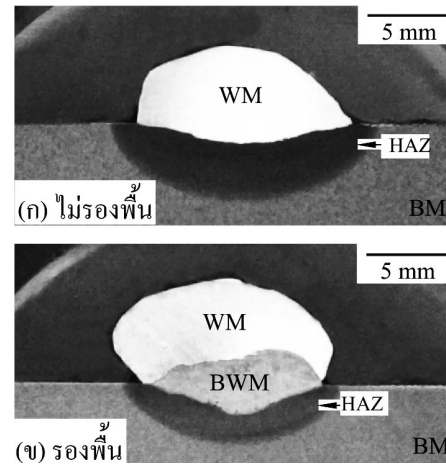
รูปที่ 1 ขั้นตอนการเชื่อมซ้อนแนว (BM = โลหะฐาน BWM = โลหะเชื่อมชั้นรองพื้น 1L = โลหะเชื่อม ชั้นที่ 1 2L = โลหะเชื่อมชั้นที่ 2 3L = โลหะเชื่อม ชั้นที่ 3)



รูปที่ 2 การทดสอบความแข็งแรงแนวเชื่อมพอกแข็ง (WM=โลหะเชื่อม HAZ=พื้นที่กระทบร้อน)

ชิ้นงานที่เตรียมด้วยวิธีการทางกลเพื่อทดสอบสมบัติของแนวเชื่อมพอกแข็งประกอบด้วย การทดสอบความแข็งแรงโดยกำหนดสภาวะการทดสอบด้วยแรงกด 300 กรัมแรง เวลากดแช่ 10 วินาที การทดสอบความแข็งแรงกระทำในแนวตั้งจากผิวหน้าแนวเชื่อมพอกแข็งสู่โลหะฐาน กำหนดให้ระยะห่างระหว่างจุดทดสอบมีค่า 0.5 มม. ตำแหน่ง 0.0 มม. คือตำแหน่งที่เส้นขอบเขตระหว่างโลหะฐานและโลหะเชื่อม ดังรูปที่ 2 การตรวจสอบความต้านทานการสึกหรอ (Wear resistance) ของผิวพอกแข็งด้วยเครื่องทดสอบความต้านทานการสึกกร่อนตาม ASTM G65 [9] โดยกำหนดสภาวะการทดสอบประกอบด้วยความเร็วรอบการหมุน 200 รอบ/นาที น้ำหนักกดรวม 130 นิวตัน สารขัด คือ ทรายซิลิกาขนาด 120 เมช ระยะเวลาในการขัด 2 นาที ระยะทางในการทดสอบรวม 4000 เมตร การตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยาแบ่งออกเป็น การตรวจสอบโครงสร้างในระดับมหภาคและจุลภาคของรอยเชื่อม การตรวจสอบเลือกทำการศึกษาที่ภาคตัดของชิ้นทดสอบที่ทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเดินแนวเชื่อม การเตรียมชิ้นทดสอบประกอบด้วย การขัดหยาบด้วยกระดาษทรายเบอร์ 150-1200 และขัดมันด้วยผงเพชรขนาด 1 ไมโครเมตร บนผ้าสักหลาดจนผิวหน้ามันวาวคล้ายกระจก ชิ้นงานมันวาวถูกนำมากัดผิวด้วยสารละลาย 5% ไนตรัล และทำการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสงต่อไป

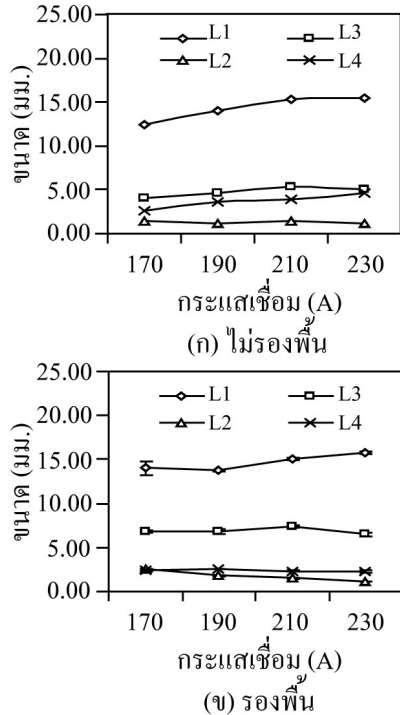
3. ผลการทดลองและการวิจารณ์



รูปที่ 3 โครงสร้างมหภาคของแนวเชื่อมพอกแข็ง 1 ชั้นที่เชื่อมด้วยกระแส 210A

รูปที่ 3 (ก) และ (ข) แสดงโครงสร้างมหภาคของแนวเชื่อมตัดขวางตามทิศทางการเดินแนวเชื่อม แนวเชื่อมพอกผิวแข็งถูกเชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 210 A บนพื้นผิวเหล็กกล้าคาร์บอนที่ไม่มีการสร้างชั้นรองรับและมีการสร้างชั้นรองรับ พบว่าแนวเชื่อมที่ได้มีความสมบูรณ์ไม่พบจุดบกพร่องต่าง ๆ ในโครงสร้างมหภาคของแนวเชื่อม อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเชื่อมที่กระแสต่ำ 170 A พบจุดบกพร่องขนาดใหญ่ที่หลอมละลายไม่สมบูรณ์ ผลการตรวจสอบมิติของแนวเชื่อมพอกผิวแข็งแบบไม่รองรับ ดังรูปที่ 4 (ก) และแบบรองรับดังรูปที่ 4 (ข) ($L1$ = ความกว้างของแนวเชื่อม $L2$ = ความสูงของแนวเชื่อม $L3$ = ระยะการซึมลึก $L4$ = ความกว้างของพื้นที่กระทบร้อน) พบว่ากระแสเชื่อมที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มที่ทำให้ค่าความกว้างของแนวเชื่อม ความสูงของแนวเชื่อม และความกว้างของพื้นที่กระทบร้อนของแนวเชื่อมพอกผิวแข็งแบบไม่มีการสร้างชั้นรองรับและแบบมีการสร้างชั้นรองรับลดลง แต่ทำให้ระยะการซึมลึกของแนวเชื่อมพอกผิวแข็งมีการซึมลึกที่น้อยลง ค่าความกว้างและความสูงของแนวเชื่อม

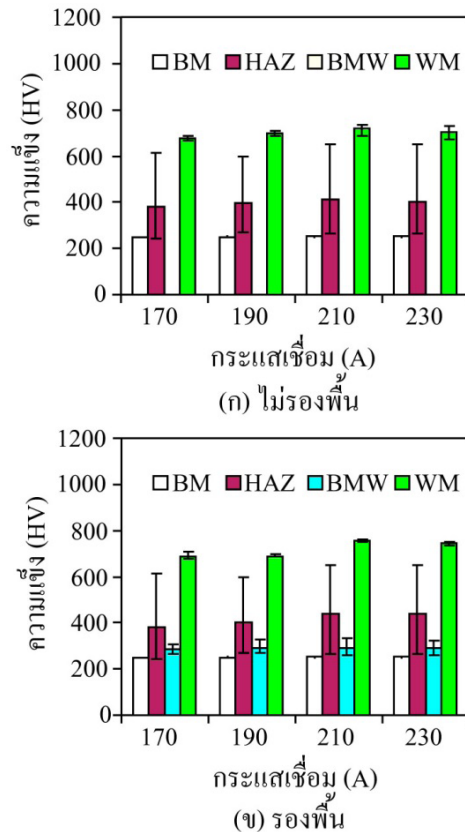
ที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงความสามารถในการหลอมละลายและการเติมโลหะเชื่อมลงบนพื้นผิวของเหล็กกล้าคาร์บอน



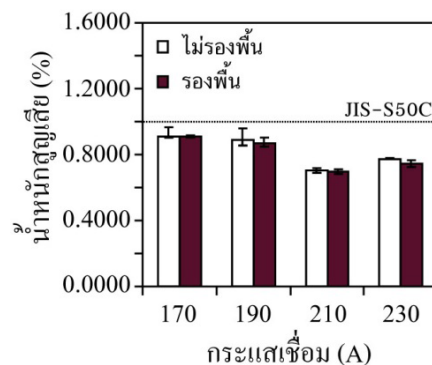
รูปที่ 4 ขนาดของการวัดมิติของแนวเชื่อม (ก) แบบไม่รองพื้น และ (ข) แบบรองพื้น

รูปที่ 5 แสดงผลการวัดความแข็งของแนวเชื่อมพอกแข็งที่ไม่มีและมีการสร้างชั้นพอกแข็งที่กระแสเชื่อมต่าง ๆ ค่าความแข็งของพื้นที่ที่กระแทกร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่าแตกต่างจากโลหะฐานถึงเส้นการหลอมละลายด้านโลหะเชื่อม นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าความแข็งของพื้นที่ที่กระแทกร้อนของแนวเชื่อมพอกแข็งที่ใช้กระแสเชื่อมต่างกันพบว่าค่าความแข็งที่ได้มีค่าสูงขึ้นเมื่อกระแสเชื่อมเพิ่มขึ้น ตำแหน่งทดสอบความแข็งเข้าสู่พื้นที่ของชั้นรองพื้น ค่าความแข็งจะลดลงใกล้เคียงกับความแข็งของโลหะฐาน คือมีค่าความแข็งประมาณ 259-292 HV สำหรับกระแสเชื่อม 170-230 A ดังรูปที่ 5 (ข) ความแข็งแนวเชื่อม

พอกแข็งที่มีการสร้างชั้นรองพื้นมีค่าสูงกว่าความแข็งของแนวเชื่อมพอกแข็งที่ไม่มีการสร้างชั้นรองพื้น หากพิจารณาความแข็งของชั้นพอกผิวแข็งเป็นหลัก เหล็กกล้าคาร์บอนควรมีการสร้างชั้นรองพื้นก่อนการเชื่อมพอกผิวแข็งเพื่อให้ได้ค่าความแข็งที่สูงกว่า

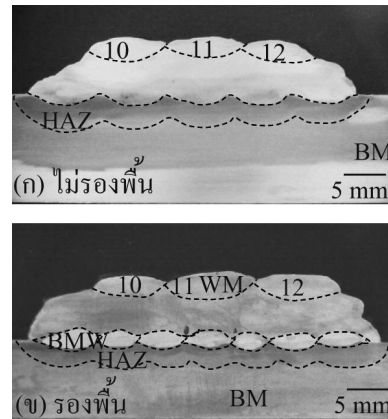


รูปที่ 5 ความแข็งของโลหะเชื่อมพอกผิวแข็ง 1 ชั้น



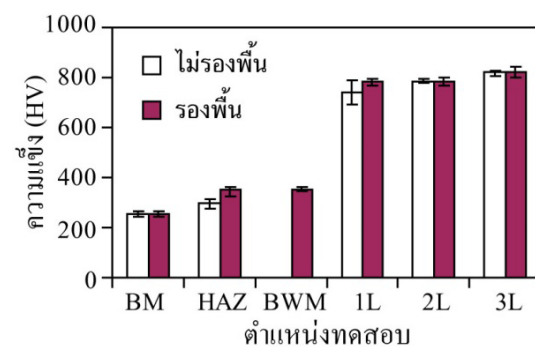
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสูญหายและกระแสเชื่อมของแนวเชื่อมพอกแข็ง 1 ชั้น

รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบการสึกหรอ (Wear test) ของแนวเชื่อมพอกผิวแข็ง 1 ชั้น ที่ไม่มีการสร้างชั้นรองพื้นและมีการสร้างชั้นรองพื้น ที่กระแสเชื่อม 170-230 A พบว่า ค่าน้ำหนักสูญหายของผิวหน้าแนวเชื่อมพอกแข็ง มีค่าแนวโน้มที่ลดลงเมื่อกระแสเชื่อมเพิ่มขึ้นจาก 170-210 A และแสดงค่าการสึกหรอต่ำสุด ที่กระแสเชื่อม 210 A ที่ค่าน้ำหนักสูญหาย ประมาณ 0.7007% และ 0.6976% สำหรับ แนวเชื่อมแบบไม่มีชั้นรองพื้นและแนวเชื่อมแบบมีชั้นรองพื้น ค่าน้ำหนักสูญหายที่พบมีความ สอดคล้องกับค่าความแข็งที่แสดงใน**รูปที่ 5** กล่าวคือ ค่าความแข็งที่สูงส่งผลโดยตรงทำให้ ค่าน้ำหนักสูญหายลดลง ความแข็งที่สูงกว่า ของแนวเชื่อมพอกแข็งที่มีการสร้างชั้นรองพื้น ส่งผลทำให้ค่าน้ำหนักสูญหายของแนวเชื่อม ลดลงได้ ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งและ ความต้านทานการสึกหรอของชั้นพอกแข็ง ที่เปลี่ยนแปลงซึ่งเป็นหนึ่งในเหตุผลหลัก คือ การเพิ่มขึ้นของธาตุผสมที่อยู่ในโลหะฐานและ โลหะผสมพอกแข็ง การเกิดโลหะคาร์ไบด์ในโลหะ พอกแข็งที่เพิ่มขึ้นส่งผลโดยตรงทำให้ความแข็ง และความต้านทานการสึกหรอในโลหะพอกแข็ง เพิ่มขึ้น โลหะคาร์ไบด์ที่เกิดขึ้นในกรณีการเชื่อม เหล็กกล้าคาร์บอนด้วยลวดเชื่อมที่มีโลหะผสม หลักหรือโครเมียมเป็นสารประกอบเชิงซ้อน รูปแบบต่าง ๆ เช่น $(Cr, Fe)_7C_3$ $(Cr, Fe)_{23}C_6$ หรือ Fe-Cr-C [10]



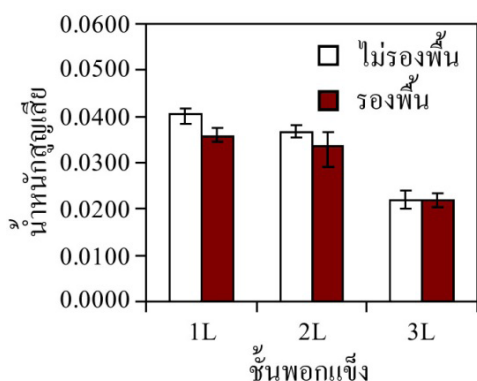
รูปที่ 7 โครงสร้างมหภาคของแนวเชื่อมพอกแข็ง 3 ชั้น

รูปที่ 7 แสดงโครงสร้างมหภาคแนวเชื่อมพอกแข็งที่เชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 210 A จำนวนชั้นพอกแข็ง 3 ชั้น แบบไม่มีและมีการสร้างชั้นรองพื้น หมายเลข 10-12 คือ ลำดับชั้นของการเดินแนวเชื่อมพอกแข็งในชั้นพอกแข็งที่ 3 ผิวหน้าแนวเชื่อมที่ได้แสดงความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมและไม่สามารถตรวจพบจุดบกพร่องต่าง ๆ พบการแบ่งแยกพื้นที่ของแนวเชื่อมดังแสดงให้เห็นดังเส้นประ และไม่มีจุดบกพร่องบนพื้นผิวโลหะเชื่อมใด ๆ เมื่อทำการเปรียบเทียบขนาดความกว้างและความสูงของแนวเชื่อมพอกแข็งชั้นที่ 3 ทั้งสองแบบ พบว่าแนวเชื่อมพอกแข็งแบบมีการสร้างชั้นรองพื้นมีความกว้างและความหนาสูงกว่าส่งผลทำให้ผิวพอกแข็งมีพื้นที่ในการรับการเสียดสีมากกว่า



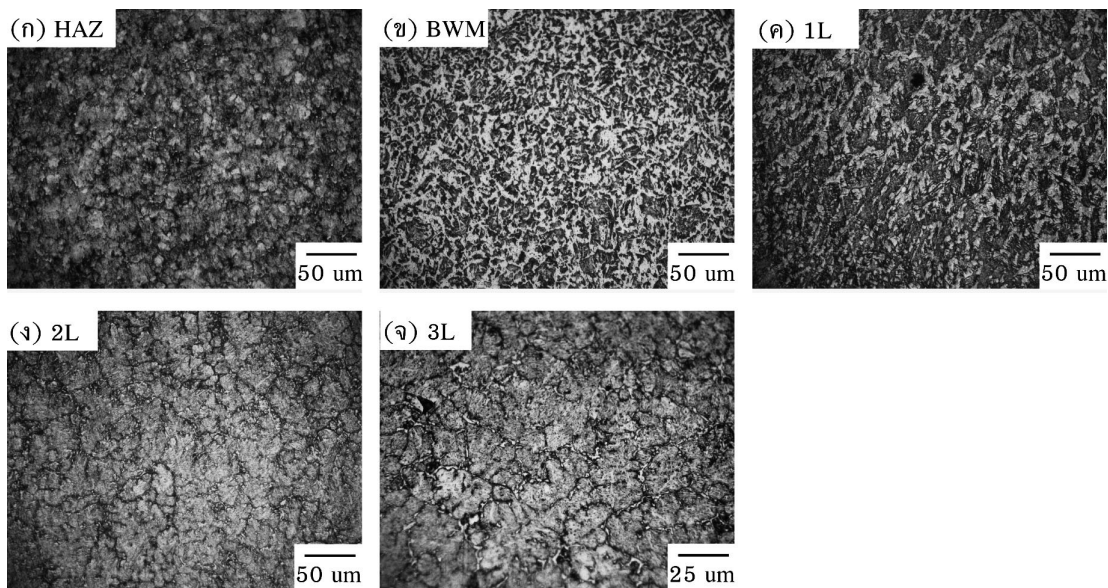
รูปที่ 8 ความแข็งโลหะเชื่อมพอกแข็ง 3 ชั้น

รูปที่ 8 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงของแนวเชื่อมพอกแข็งที่เชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 210 A พบว่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมพอกแข็งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนชั้นพอกผิวแข็งเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามมีความแตกต่างที่ตรวจสอบพบที่โลหะเชื่อมชั้นรองพื้นเมื่อเปรียบเทียบกับความแข็งแรงของแนวเชื่อมพอกแข็ง 1 ชั้น กล่าวคือแนวเชื่อมที่มีการเชื่อมพอกแข็งที่เพิ่มขึ้นถึง 3 ชั้นพอกผิวแข็งส่งผลทำให้ค่าความแข็งแรงของโลหะเชื่อมชั้นรองพื้นมีความแข็งแรงเพิ่มสูงกว่าพื้นที่กระทบร้อนของแนวเชื่อม นอกจากนี้ความแข็งแรงที่ได้ของโลหะเชื่อมพอกผิวแข็งชั้นที่ 1-3 มีค่าสูงกว่าแนวเชื่อมพอกแข็งแบบไม่มีการสร้างชั้นรองพื้น ความแตกต่างของค่าความแข็งแรงของแนวเชื่อมพอกแข็ง 3 ชั้นทั้ง 2 แบบมีค่าลดลงเมื่อจำนวนชั้นพอกผิวแข็งเพิ่มขึ้นจาก 1 ถึง 3 ชั้นด้วยเหตุนี้จึงกล่าวได้ว่าการสร้างชั้นรองพื้นเพื่อทำการเพิ่มความแข็งแรงแก่โลหะฐานเหล็กกล้าคาร์บอน JIS-S50C อาจไม่มีความจำเป็นในการเชื่อมพอกแข็ง เมื่อเปรียบเทียบกับความแข็งแรงของกระแสเชื่อมต่าง ๆ จากค่า 170-230 A



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักสูญหาย และจำนวนชั้นพอกแข็งที่เชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 210 A

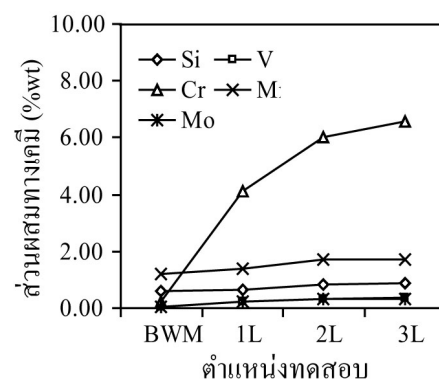
รูปที่ 9 แสดงผลการทดสอบความต้านทานการสึกหรอของแนวเชื่อมพอกแข็งชั้นที่ 1-3 ที่เชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 210 A พบว่าน้ำหนักสูญหายของชิ้นงานทดสอบแปรผกผันกับค่าความแข็งแรงของชั้นพอกผิวแข็ง ความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้น้ำหนักสูญหายลดลง แนวเชื่อมพอกแข็งที่มีการสร้างชั้นรองพื้นแสดงค่าความต้านทานการสึกหรอที่ดีกว่าค่าการสูญหายของน้ำหนักของแนวเชื่อมพอกแข็งต่ำสุดที่กระแสเชื่อม 210 A และเป็นการเชื่อมแบบรองพื้นที่มีค่าเท่ากับ 0.6299% และมีค่าสูงกว่าโลหะฐานประมาณ 40% การเพิ่มขึ้นของจำนวนชั้นพอกแข็งและความสูงของชั้นโลหะพอกแข็งที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงและความต้านทานการสึกหรอของเหล็กกล้าคาร์บอนในการทดลองนี้มีผลการทดลองเป็นไปในแนวเดียวกันกับการเชื่อมพอกแข็งเหล็กหล่อสีเทาที่ใช้ในการผลิตลูกรีดสำหรับรีดอ้อยที่พบว่าจำนวนชั้นที่เพิ่มขึ้นจาก 1 ชั้นถึง 3 ชั้นทำให้ความหนาของชั้นพอกแข็งเพิ่มขึ้นและทำให้ความแข็งแรงของโลหะพอกแข็งที่เชื่อมด้วยลวดเชื่อมไส้ฟลักซ์ที่มีส่วนผสมหลักคือโครเมียม ปริมาณโครเมียมที่เพิ่มขึ้นก่อให้เกิดการรวมตัวของโครเมียมคาร์ไบด์เพิ่มขึ้นและส่งผลทำให้ความแข็งแรงและความต้านทานการสึกหรอเพิ่มขึ้นได้ อย่างไรก็ตามในการทดลองเชื่อมเหล็กหล่อสีเทานั้นทำการเชื่อมด้วยจำนวนชั้นโลหะเชื่อมพอกแข็งสูงสุด 3 ชั้นเท่านั้น [11]



รูปที่ 10 โครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อมพอกแข็ง 3 ชั้น ที่มีการสร้างชั้นรองพื้น และทำการเชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 210 A

รูปที่ 10 (ก) แสดงโครงสร้างจุลภาคของพื้นที่กระแทกของแนวเชื่อมพอกแข็ง 3 ชั้น ที่ไม่มีการสร้างชั้นรองพื้น และทำการเชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 210 A โครงสร้างจุลภาคแสดงการกระจายตัวของเฟอร์ไรต์ในพื้นที่หลักเพิร์ลไลท์ เฟสทั้งสองที่พบมีแนวโน้มที่เล็กกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่กระแทกของแนวเชื่อมพอกแข็ง 3 ชั้นที่ไม่มีการสร้างชั้นรองพื้น เมื่อเปรียบเทียบกับเดนไดรต์ของโลหะเชื่อมชั้นรองพื้นของแนวเชื่อมพอกแข็ง 3 ชั้นดังรูปที่ 10 (ข) กับโครงสร้างเดนไดรต์ของโลหะเชื่อมชั้นรองพื้นของแนวเชื่อมพอกแข็ง 1-3 ชั้น พบว่าเดนไดรต์ที่พบมีขนาดที่ยาวกว่าและกระจายสม่ำเสมอมากกว่าในพื้นที่หลัก การกระจายตัวของเดนไดรต์ที่เล็กและสม่ำเสมอกว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้ความแข็งและความต้านทานการสึกหรอเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนชั้นโลหะพอกผิวแข็งเพิ่มขึ้นจาก 1-3 ชั้น ดังรูปที่ 10 (ค)-(จ) พบว่ารูปแบบของเดนไดรต์มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น เกิดเป็นเฟสที่มีขนาดเล็กสีขาวแทรกอยู่ระหว่างพื้นที่สีเข้ม

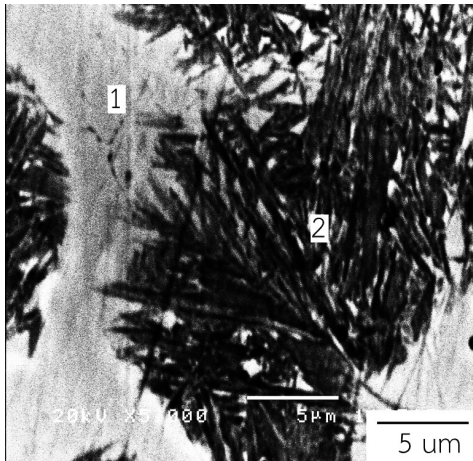
เพื่อความเข้าใจการก่อตัวของเฟสที่ละเอียดในพื้นที่โลหะเชื่อมพอกแข็งชั้นที่ 1-3 และพื้นที่โลหะเชื่อมชั้นรองพื้น



รูปที่ 11 ส่วนผสมทางเคมีของโลหะเชื่อมของการเชื่อมพอก 3 ชั้น ด้วยกระแสเชื่อม 210 A

โครงสร้างจุลภากดังรูปที่ 10 (ข)-(จ) ถูกนำมาทำการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีด้วยวิธีการวัดการกระจายพลังงานรังสีเอ็กซ์และแสดงผลในรูปที่ 11 ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณธาตุที่ทำหน้าที่เพิ่มความแข็ง คือ Si V Cr Mn และ Mo มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนชั้นพอก

ผิวแข็งเพิ่มขึ้น ในที่สุดทำให้ความแข็งและความต้านทานการสึกหรอของเหล็กกล้าถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ นอกจากนี้ธาตุผสมที่ตรวจพบในชั้นโลหะพอกแข็งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนชั้นเพิ่มขึ้นและเข้าใกล้กับส่วนผสมทางเคมีของโลหะเชื่อมที่ใช้ในการทดลอง [4]



รูปที่ 12 ตำแหน่งการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของเฟสกระจายตัวในโครงสร้างจุลภาคแนวเชื่อมพอกแข็งชั้นที่ 3 แบบไม่มีชั้นรองพื้นและเชื่อมด้วยกระแสเชื่อม 210A

รูปที่ 12 แสดงภาพขยายตำแหน่งเฟสสีขาวขนาดเล็กที่กระจายในพื้นที่เฟสสีเข้มในโลหะพอกแข็งชั้นที่ 3 ที่มีลักษณะโครงสร้างคล้ายเข็มเรียงตัวชี้ออกมาด้านนอกคล้ายกับเดนไดรต์ การวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของจุดที่ 1 บนพื้นที่เฟสสีขาว และจุดที่ 2 บนพื้นที่เฟสสีเข้ม ส่วนผสมทางเคมีที่ได้พบว่า เฟสสีขาว (0.81Si 0.36V 9.31Cr 2.03Mn และ 0.59Mo % โดยน้ำหนัก) ประกอบด้วยธาตุเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงให้แก่โลหะเชื่อมมากกว่าเฟสสีเข้ม (0.72Si 0.24V 6.13Cr 1.57Mn และ 0.36Mo % โดยน้ำหนัก) เมื่อเฟสสีขาวขนาดเล็กที่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอบนพื้นหลักสีเข้มส่งผลทำให้ความแข็งและความแข็งแรงของโลหะเชื่อมเพิ่มขึ้นได้ การเกิดเฟสสีขาวขนาด

เล็กกระจายตัวในพื้นที่หลักโลหะเชื่อมพอกแข็งนี้คาดว่าเป็นสาเหตุที่ทำให้ความต้านทานการสึกหรอเพิ่มขึ้นได้ ผลการทดลองที่ได้คล้ายกับการเกิดการกระจายตัวของเฟสสารประกอบขนาดเล็กที่กระจายตัวในโลหะพอกแข็งบนผิวเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (0.14%C) ที่ทำให้ความแข็งและความต้านทานการสึกหรอเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมพอกแข็งมีการแสดงการเกาะยึดของโลหะเชื่อมที่ดีกว่า [4] อย่างไรก็ตามการศึกษาเรื่องอิทธิพลของเฟสแข็งตัวขนาดเล็กต่อสมบัติทางกลของแนวเชื่อมพอกแข็งนี้ควรมีการศึกษาต่อไป

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 กระแสเชื่อมที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ความแข็งของแนวเชื่อมพอกแข็งและความต้านทานการสึกหรอของแนวเชื่อมเพิ่มขึ้น การเกิดลักษณะนี้เนื่องจากการลดขนาดและการกระจายตัวสม่ำเสมอของเฟสเสริมแรงขนาดเล็กในโลหะเชื่อม

4.2 โครงสร้างทางโลหะวิทยาของแนวเชื่อมแสดงการเพิ่มขึ้นของธาตุที่มีผลในการเพิ่มความแข็งของโลหะประกอบด้วยซิลิกอน วานาเดียม โครเมียม แมงกานีส และโมลิบดีนัม เมื่อตำแหน่งการตรวจสอบเข้าใกล้ผิวบนของโลหะพอกผิวแข็ง

4.3 การเพิ่มจำนวนชั้นพอกผิวแข็งส่งผลต่อการเพิ่มความแข็งและความต้านทานการสึกหรอของแนวเชื่อม ความแตกต่างของค่าความแข็งและความต้านทานการสึกหรอของแนวเชื่อมแบบไม่มีและมีการสร้างชั้นรองพื้นมีค่าลดลงเมื่อจำนวนชั้นการพอกผิวแข็งเพิ่มขึ้น

4.4 ตัวแปรการเชื่อมที่ให้ค่าความแข็งสูงสุด 837 HV และอัตราการต้านทานต่ำสุด 0.6299% คือ แนวเชื่อมพอกแข็งแบบไม่รองพื้น กระแสเชื่อม 210 A ความเร็วเดินแนวเชื่อม 300 มม./นาที และจำนวนชั้นพอกแข็ง 3 ชั้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยประจำปี 2557 จากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

6. บรรณานุกรม

- [1] กิตติพงษ์ กิมะพงศ์, ศิริชัย ต่อสกุล, อนินท์ มีมนต์, นรพร กลั่นประชา, 2553. วัสดุวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: เซนเจก เลนนิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด.
- [2] The James F. Linclon Foundation. Repair and Maintenance Procedures for Heavy Machinery Components. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: www.jflf.org (10 กันยายน 2558)
- [3] Selvi, S., Sankaran, S.P., Srivatsavan, R., 2008. "Comparative study of hardfacing of valve seat ring using MMAW process," Journal of Materials Processing Technology, 207: 356-362.
- [4] Hemmati, I., Ocelik, V., De Hosson, J. T. M., 2012. "Dilution effects in laser cladding of Ni-Cr-B-Si-C hardfacing alloys," Materials Letters, 84: 69-42.
- [5] Yang, K., Yu, S., Li, Y., Li, C., 2008. "Effect of carbonitride precipitates on the abrasive wear behaviour of hardfacing alloy," Applied Surface Science, 254: 5023-5027.
- [6] Pedersen, W., Ramulu, M., 2006 "Facing SiCp/Mg metal matrix composites with carbide tools", Journal of Materials Processing Technology, 172: 417-423.
- [7] Ren, X.J., Yang, Q.X., James, R.D., Wang, L., 2004 "Cutting temperatures in hard turning chromium hardfacings with PCBN tooling," Journal of Materials Processing Technology, 147: 38-44.
- [8] Ren, X.J., James, R.D., Brookes, E.J., Wang, L., 2001. "Machining of high chromium hardfacing materials", Journal of Materials Processing Technology, 115: 423-429.
- [9] Buchely, M. F., Gutierrez, J. C., León, L. M., Toro, A., 2005. "The effect of micro-structure on abrasive wear of hardfacing alloys", Wear, 259: 52-61.
- [10] Chang, C.M., Chen, Y.C., Wu, W., 2010. "Microstructural and abrasive characteristics of high carbon Fe-Cr-C hardfacing alloy", Tribology International, 43: 929-934.
- [11] Buchanan, V.E., Shipway, P.H., McCartney, D.G., 2007. "Microstructure and abrasive wear behaviour of shielded metal arc welding hardfacings used in the sugar-cane industry", Wear, 263: 99-110.