

ผลกระทบของการเจือจางต่อความต้านทานการสึกหรอ ของแนวเชื่อมพอกผิวแข็งหลายชั้น

Effect of Dilution Ratio on Wear Resistance in Multi-Layer Hard-Facing Weldments

อรรถกร จันทร์ชนะ^{1*} มนัส ศรีสวัสดิ์¹ ฤทธิชัย สังขทิพย์¹

และ เจษฎา แก้ววิชิต²

Atthakorn Chanchana^{1*}, Manus Srisawat¹, Rittichai Sangkatip¹
and Jesada Kaewwichit²

Received: 5 May 2022

Revised: 4 February 2023

Accepted: 10 April 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเจือจางต่อความต้านทานการสึกหรอของแนวเชื่อมพอกผิวแข็งหลายชั้นบนเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด AISI 1045 ด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม โดยการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเนื้อเชื่อม (Sound welds) สัดส่วนการเจือจางและส่วนผสมทางเคมีในเนื้อเชื่อมของชั้นพอกผิวแข็ง ส่วนที่สองเป็นการทดสอบสมบัติทางกลประกอบด้วยค่าความแข็งแรงความต้านทานการสึกหรอ ผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้ในการเชื่อมพอกผิวแข็งด้วยการอาร์กโลหะแก๊สคลุมควรเชื่อมเพียงชั้นเดียวซึ่งให้อัตราการเจือจางต่ำและพบว่าการเชื่อมหลายชั้นส่งผลต่อจำนวนปริมาณธาตุโครเมียมและซิลิคอนในเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งมีแนวโน้มลดลงและทำให้มีความต้านทานการสึกหรอลดลง

คำสำคัญ: เหล็กกล้าคาร์บอน แนวเชื่อมพอกผิวแข็งหลายชั้น อัตราการเจือจาง ความต้านทานการสึกหรอ

¹หลักสูตรวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

¹Department of Manufacturing Engineering, Faculty of Engineering, Pathumwan Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 10330

²สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ สุพรรณบุรี ประเทศไทย 72130

²Industrial Engineering, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Suphanburi, Thailand, 72130

* ผู้ติดต่อประสานงาน (Corresponding author) e-mail: Atthakorn_mfg@pit.ac.th

ABSTRACT

This research aimed to investigate the effects of the dilution ratio on wear resistance in multi-layer, hard-facing weldments made of carbon steel grade AISI 1045. The specimen was welded using the gas metal arc welding process (GMAW). This analysis was divided into two parts. The first part analyzed the hard-facing sound weld, dilution ratios, and chemical composition of each layer of hard facing, while the second part involved testing the mechanical properties, including hardness and resistance to wear. The test results can be summarized as follows: Welding repairs should only be welded in one layer to provide a low dilution ratio when hard surface deposits are made with the metal arc. Additionally, it was discovered that multilayer welding tends to decrease the amount of silicon and chromium elements, thereby reducing wear resistance.

Keywords: Carbon steel; Multi-layer hard facing weldments; Dilution ratio; Wear resistance

บทนำ

ในการผสมคอนกรีตด้วยเครื่องจักรเหมาะสำหรับงานก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตทุกขนาด เช่น งานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันในโรงงานคอนกรีตสำเร็จรูป โดยวิธีการผสมสามารถจำแนกเครื่องผสมได้เป็น 2 รูปแบบ คือ Drum Mixer และ Pan Mixer [1] ซึ่งการผสมแบบ Pan Mixer คือ จะมีใบมีดกวน (Mixing blades) ติดอยู่กับแกนและหมุนรอบแกนที่ตั้งฉากกับแกนแสดงดังรูปที่ 1 โดยใบมีดกวนเหล่านี้เมื่อถูกใช้งานเป็นเวลานานจะเกิดการสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive Wear) ตามลักษณะการใช้งานส่งผลกระทบต่อคุณภาพการผสมคอนกรีตไม่ถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งาน ปัจจุบันมีการแก้ไขปัญหการสึกหรอของใบกวนด้วยวัสดุเหล็กหล่อโครเมียมสูงหรือวิธีการติดแผ่นทังสเตนคาร์ไบด์ไว้ที่ขอบใบกวนเพื่อให้ใบกวนสามารถต้านทานการสึกหรอได้ดีขึ้นแสดงในรูปที่ 1 การแก้ไขด้วยวิธีเหล่านี้จำเป็นต้องสั่งผลิตและนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาค่อนข้างแพง

ที่ผ่านมาได้มีการวิจัยการซ่อมแซมผิวของชิ้นส่วนเครื่องจักรต่างๆ ที่สึกหรอจากการใช้งานเป็นเวลานานด้วยเทคนิคการเชื่อมพอกผิวแข็ง (Hard-facing welding) ซึ่งปัจจุบันถูกใช้อย่างแพร่หลายสำหรับการเติมเนื้อวัสดุลงบนพื้นผิวชิ้นส่วนที่สึกหรอ อาทิ เช่น โลหะผสมที่มีเหล็กเป็นโลหะพื้นฐาน (Fe-based alloys) โลหะผสมโคบอลต์ (Co-based alloys) และโลหะผสมนิกเกิล (Ni-based alloys) [2-4] เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติผิวชิ้นส่วนเครื่องจักรให้มีต้านทานการสึกหรอเพิ่มขึ้นและสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ทดแทน [5-7] สำหรับการเชื่อมพอกผิวแข็งโดยส่วนใหญ่ใช้กระบวนการเชื่อมอาร์กถวดหุ้มฟลักซ์ [8, 9] ค่อนข้างมากด้วยข้อดีก็คือ กรรมวิธีการเชื่อมไม่ยุ่งยาก อุปกรณ์ไม่ซับซ้อน และสามารถปฏิบัติงานนอกสถานที่ได้ แต่ด้วยข้อจำกัดของกระบวนการนี้คือต้องใช้ทักษะของช่างเชื่อมค่อนข้างสูง ดังนั้นเลยมีแนวคิดในประยุกต์กระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุม (Gas Metal Arc Welding: GMAW) ร่วมกับลวดเติมชนิดพอกผิวแข็งเพื่อเป็นทางเลือกสำหรับกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็ง

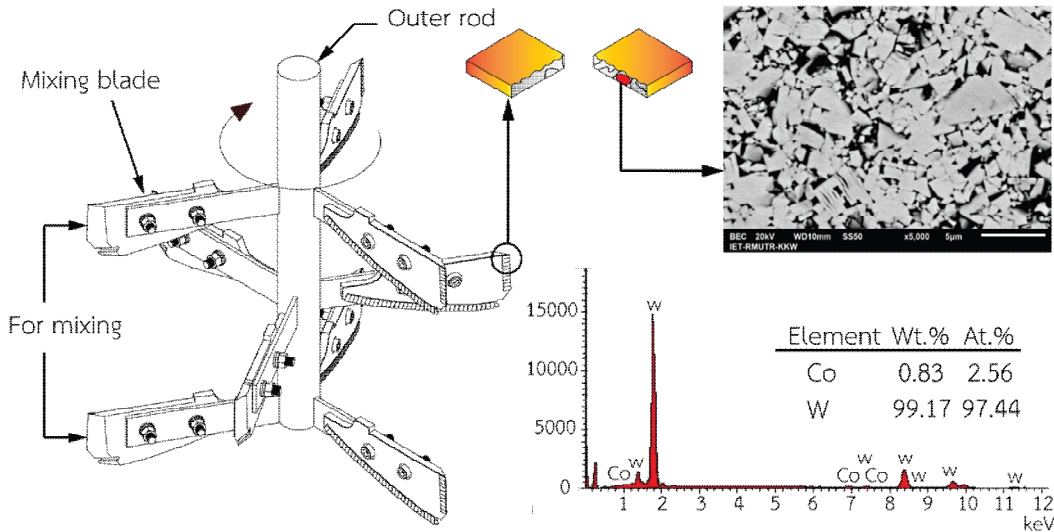


Figure 1 ลักษณะใบกวนและแผ่นถังสแตนคาร์ไบด์ในแบบวิธี Pan Mixer

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนการเจือจางของเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งหลายชั้น (Multi-layer hardfacing) บนเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด AISI 1045 โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุในเนื้อเชื่อมแต่ละชั้นพอกผิวแข็งที่ส่งผลต่อสมบัติทางกลประกอบด้วยค่าความแข็งแรงความต้านทานการสึกหรอ (Wear resistance) เพื่อเป็นแนวทางหรือการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับข้อมูลในการเชื่อมซ่อมพอกผิวแข็งในบริเวณที่เกิดการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลใบกวนผสมคอนกรีต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุที่ใช้ในการทดลองคือเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด AISI 1045 หนา 20 มิลลิเมตรมีส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 1 จากนั้นชิ้นงานทดลองถูกนำมาตัดเตรียมให้มีขนาดรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 50 มิลลิเมตรยาว 150 มิลลิเมตรและถูกกำจัดผิวดิคราบออกไซด์ของเหล็กออกด้วยการการเจียรผิวและขัดทำความสะอาดผิวชิ้นงานด้วยอะซิโตนแสดงดังรูปที่ 2 A และ B ทำการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งโดยใช้กระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะแก๊สคลุมร่วมกับลวดเติมชนิดพอกผิวแข็งเอียงหัวเชื่อมทำมุม 60 องศาทิศทางเดินเชื่อมแสดงดังรูปที่ 2 C โดยมีส่วนผสมทางเคมีของลวดเติมชนิดพอกผิวแข็งดังตารางที่ 1 ซึ่งได้จากผู้ผลิตลวดเชื่อม

Table 1 ส่วนผสมทางเคมีของวัสดุและลวดเชื่อม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

วัสดุทดลอง	ธาตุผสม							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Fe	CE
เหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1045	0.45	0.18	0.65	0.04	0.04	-	Bal.	0.566
ลวดเชื่อมพอกผิวแข็ง MSG 6 GZ-60-S	0.45	3.0	0.4	0.03	-	9.2	-	2.523

นอกจากนี้ก่อนเชื่อมทำการคำนวณค่าคาร์บอนเทียบเท่า (Carbon Equivalent : CE) ได้จากสมการที่ 1 เพื่อสามารถปฏิบัติการเชื่อมด้วยพารามิเตอร์ในการอุ่นงาน (pre-heat) ตามคำแนะนำใน AWS D1.1 Structural Welding Code-Steel [10] โดยมีค่าคาร์บอนเทียบเท่ามากกว่า 0.5 % มีการให้ความร้อนบนชิ้นงาน (Pre-heat temperature) ประมาณ 200 °C ก่อนเชื่อมรูปแบบการเชื่อมใช้แบบอัตโนมัติเดินแนวบนผิวของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนที่ศทาง การเชื่อมขนานกับด้านความยาวของชิ้นงานทดลองกระแสไฟที่ใช้เชื่อม 185 แอมแปร์ ความเร็วเดินเชื่อม 250 มิลลิเมตรต่ออนาที มีตัวแปรจำนวนชั้นเชื่อมพอกผิวแข็ง 3 ชั้นคือ การเชื่อมพอกผิวแข็งจำนวน 1, 2 และ 3 ชั้นดังรูปที่ 3 และทำการควบคุมอุณหภูมิระหว่างเชื่อม (Interpass temperature) ไม่ต่ำกว่า 200 °C สำหรับเชื่อมชั้นต่อไป

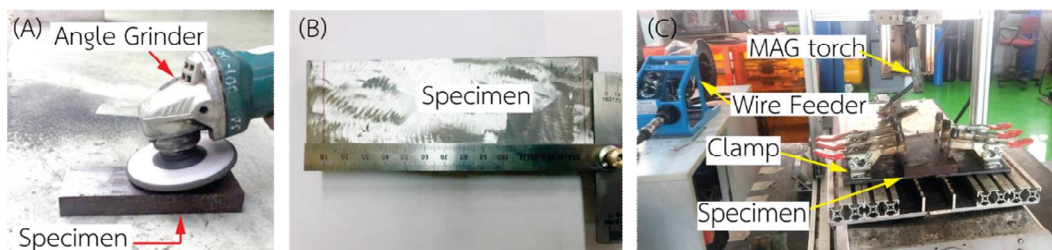


Figure 2 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานและติดตั้งอุปกรณ์ (A) การกำจัดผิวดิบคราบออกไซด์ (B) ชิ้นงานทดลอง (C) การติดตั้งอุปกรณ์

$$\text{คาร์บอนเทียบเท่า}(\%) = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Mo}}{4} + \frac{\text{V}}{14} \quad (1)$$

2. ขั้นตอนการทดสอบ

ชิ้นงานเชื่อมพอกผิวแข็งถูกตัดขวางบริเวณกึ่งกลางความยาวของแนวเชื่อมเพื่อทำการวิเคราะห์ 2 ส่วนส่วนแรกการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเนื้อเชื่อม (Sound welds) อัตราการเจือจางและส่วนผสมทางเคมีในเนื้อเชื่อมแต่ละชั้นพอกผิวแข็งส่วนที่สองทดสอบสมบัติทางกลเช่นค่าความแข็งแรงความต้านทานการสึกหรอชิ้นงานเชื่อมพอกผิวแข็งที่ถูกตัดแบ่งเป็นชิ้นงานตรวจสอบส่วนแรกถูกขัดด้วยกระดาษทรายตั้งแต่เบอร์ 320 - 1,200 จากนั้นขัดมันด้วยผงอะลูมินา (Aluminum powder) ขนาด 0.5 μm และกัดกรดขึ้นรอยผิวหน้าชิ้นงานด้วยสารละลายประกอบด้วยกรดไนตริก (Nital) 5% ตามมาตรฐาน ASTM 407 เพื่อแสดงเฟสและรายละเอียดบริเวณเนื้อเชื่อมตามตำแหน่งตรวจสอบที่ถูกกำหนดไว้ดังรูปที่ 4 (A) ในการทดสอบความแข็งแรงใช้วิธีทดสอบแบบไมโครวิกเกอร์ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E 92 ซึ่งใช้แรงกด 100 กรัมเวลาในการกดแช่ 10 วินาทีโดยมีระยะห่างระหว่างจุดกด 0.5 มิลลิเมตรทดสอบจากผิวหน้าด้านบนสุดของชั้นพอกผิวแข็งจนถึงโลหะฐาน (Base metal) แสดงดังรูปที่ 4 (B)

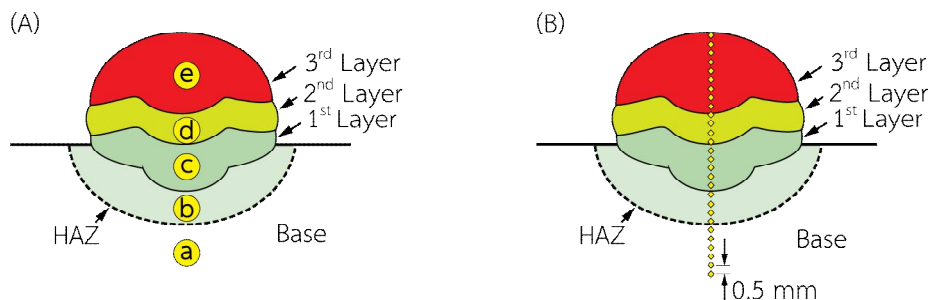


Figure 4 ตำแหน่งในการทดสอบ (A) ตำแหน่งการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค
(B) ตำแหน่งการทดสอบความแข็ง

การตรวจสอบอัตราการเงาเงาใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอแบบซูม (Stereo Microscopes) ทำการถ่ายภาพและคำนวณหาพื้นที่ของเนื้อเชื่อมกับวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยโปรแกรม ImageJ โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่บริเวณพื้นที่เนื้อเชื่อมพอกแข็งที่อยู่บริเวณเหนือวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอน (Area A) และบริเวณพื้นที่เนื้อเชื่อมพอกแข็งที่อยู่บริเวณหลอมลึกในโลหะเหล็กกล้าคาร์บอน (Area B) แสดงดังในรูปที่ 5 จากนั้นนำไปคำนวณตามสมการที่ 2

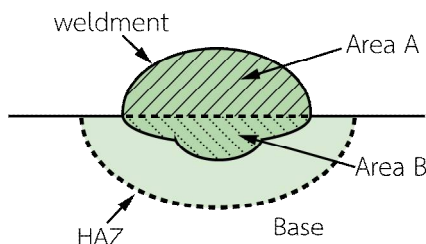


Figure 5 พื้นที่ในตรวจสอบอัตราการเงาเงา

$$\text{อัตราการเงาเงา} = \frac{\text{Area B}}{\text{Area A} + \text{Area B}} \times 100 \% \quad (2)$$

การทดสอบการสึกหรอทดสอบตามข้อกำหนดมาตรฐาน ASTM G65 แสดงดังรูปที่ 6 (A) โดยใช้ทรายเป็นผงขัดที่ผ่านการขัดขนาดโดยใช้ตะแกรงขนาด 1 ตารางมิลลิเมตรอัตราการไหลของทรายประมาณ 390 - 400 กรัมต่อนาทีความเร็วรอบของล้อ 200 รอบต่อนาทีเวลาที่ใช้ในการทดสอบ 30 นาทีโดยกำหนดขนาดของชิ้นงานทดสอบมีความกว้าง 75 มิลลิเมตรและความยาว 25 มิลลิเมตรแสดงดังรูปที่ 6 (B) จากนั้นทำการหาปริมาณการสึกหรอคำนวณได้จากสมการที่ 3

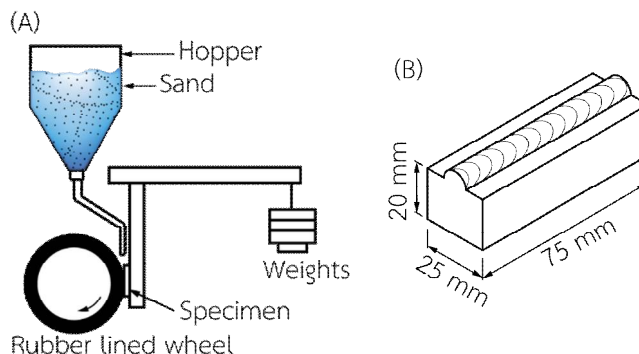


Figure 6 การทดสอบสึกหรอ (A) เครื่องทดสอบตามมาตรฐาน ASTM G65 (B) ขนาดชิ้นงานทดสอบ

$$\text{Volume loss, mm}^3 = \frac{\text{mass loss (g)}}{\text{density (g/cm}^3\text{)}} \times 1000 \quad (3)$$

โดย Volume loss คือ การสูญเสียปริมาตร (mm³)

Mass loss คือ การสูญเสียมวล (g)

Density คือ ความหนาแน่น (g/cm³)

ผลการวิจัย

1. การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคและการเงี้ยว

รูปที่ 7 แสดงบริเวณการตรวจสอบโครงสร้างมหภาคของเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งชั้นจำนวน 1, 2, 3 ชั้นและบริเวณกระแทกร้อน (HAZ) พบว่าเนื้อเชื่อมมีความสมบูรณ์ดีปราศจากรอยบ่งชี้ต่างๆบนผิวชิ้นงานตรวจสอบนอกจากนั้นผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของอัตราเงี้ยวกับจำนวนเนื้อเชื่อมแต่ละชั้นพบว่าการเชื่อมพอกผิวแข็งจำนวนเพียง 1 ชั้นให้เปอร์เซ็นต์อัตราเงี้ยวจากการผสมกันระหว่าง Area A และ Area B น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับจำนวนชั้นของเนื้อเชื่อมที่เพิ่มขึ้นดังรูปที่ 8

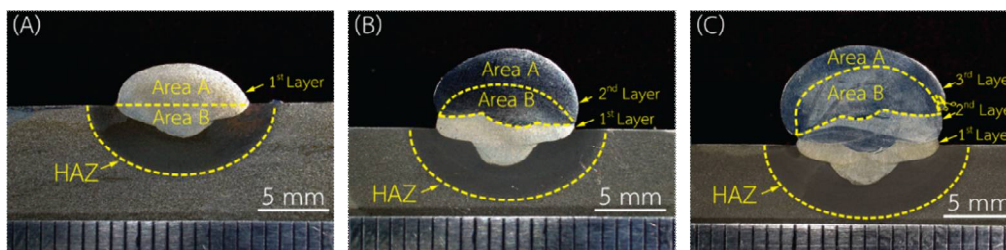


Figure 7 โครงสร้างมหภาคของโลหะเชื่อมพอกผิวแข็ง (A) การเชื่อมพอกผิวแข็งจำนวน 1 ชั้น (B) การเชื่อมพอกผิวแข็งจำนวน 2 ชั้น (C) การเชื่อมพอกผิวแข็งจำนวน 3 ชั้น

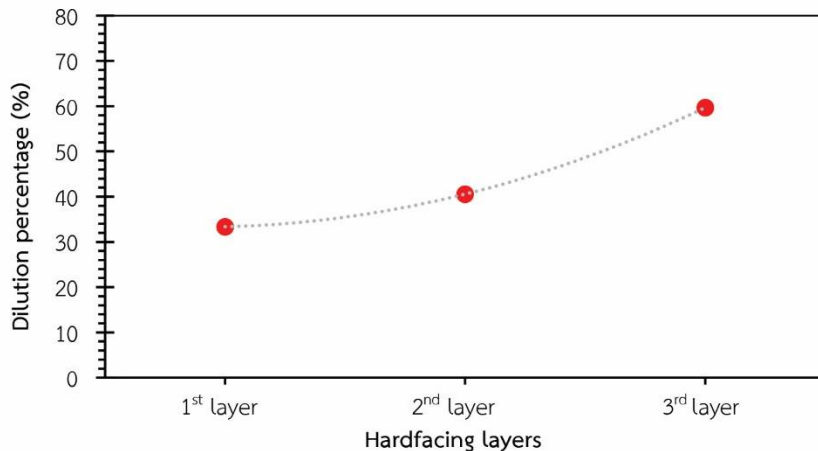


Figure 8 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชั้นเชื่อมพอกผิวแข็งที่ส่งผลต่ออัตราการเจือจาง

2.การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคและการเจือจาง

รูปที่ 9 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งจำนวน 3 ชั้น พบว่าโครงสร้างโลหะฐานประกอบด้วยโครงสร้างเฟอร์ไรต์และโครงสร้างเพิร์ลไลต์ (Mixed structure ferrite+cementite) [11] มีปริมาณสัดส่วนของโครงสร้างจุลภาคใกล้เคียงกัน ในขณะที่บริเวณกระพร้อนมีปริมาณเฟสเท่าเดิม แต่มีขนาดของเฟสเล็กลงเนื่องจากได้รับผลกระทบความร้อนจากบ่อหลอมเชื่อม แสดงดังรูปที่ 9 A) และ B) อย่างไรก็ตามการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งจำนวน 1,2 และ 3 ชั้น พบว่าขนาดรูปร่างของโครงสร้างจุลภาคมีลักษณะใกล้เคียงกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบรอยการแตกร้าวขณะร้อน [12] ขนาดเล็กระหว่างเกรนเดนไดรต์มีลักษณะการแตกร้าวตามขอบเกรน (Intergranular cracking) และการแตกร้าวผ่าเกรน (Transgranular Cracking) แสดงดังรูปที่ 9 C) D) และ E) จากนั้นชิ้นงานเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งจำนวน 3 ชั้นที่มีรอยแตกร้าวผิวแข็งถูกนำไปถ่ายภาพโครงสร้างจุลภาคจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Election Microscope : SEM) เพื่อวิเคราะห์ธาตุในเชิงคุณภาพดังในรูปที่ 10A) แสดงภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่บริเวณรอยแตกร้าวด้วยการวิเคราะห์กระจายตัวของธาตุ (Mapping Analysis) พบว่าบริเวณพื้นที่ใกล้ตำแหน่งรอยแตกร้าวมีการกระจายตัวของธาตุโครเมียม (Cr) สะสมอยู่เป็นกลุ่มอย่างชัดเจนดังเส้นกรอบสี่เหลี่ยมในรูปที่ 10 B) ในขณะที่การกระจายตัวของธาตุอื่นๆ คือ ซิลิคอน (Si) นิกเกิล (Ni) และแมงกานีส (Mn) มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 10 C), D) และ E) การวิเคราะห์ปริมาณธาตุเชิงปริมาณที่บริเวณใกล้เคียงกับรอยแตกร้าว ณ ตำแหน่งสเปกตรัมจุดที่ 1 พบว่ามีปริมาณของธาตุซิลิคอน 3.88 % ฟอสฟอรัส 0.07 % โครเมียม 13.53 % และแมงกานีส 0.45 % ซึ่งสูงกว่า [13, 14] ตำแหน่งการตรวจสอบสเปกตรัมจุดที่ 2 บริเวณพื้นที่โครงสร้างมาร์เทนไซต์ [8] ดังรูปที่ 11 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีบ่งชี้ให้ทราบว่าตำแหน่งที่มีการแตกร้าวแสดงปริมาณโครเมียมสูงและเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการแตกร้าวในเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งจำนวน 3 ชั้น

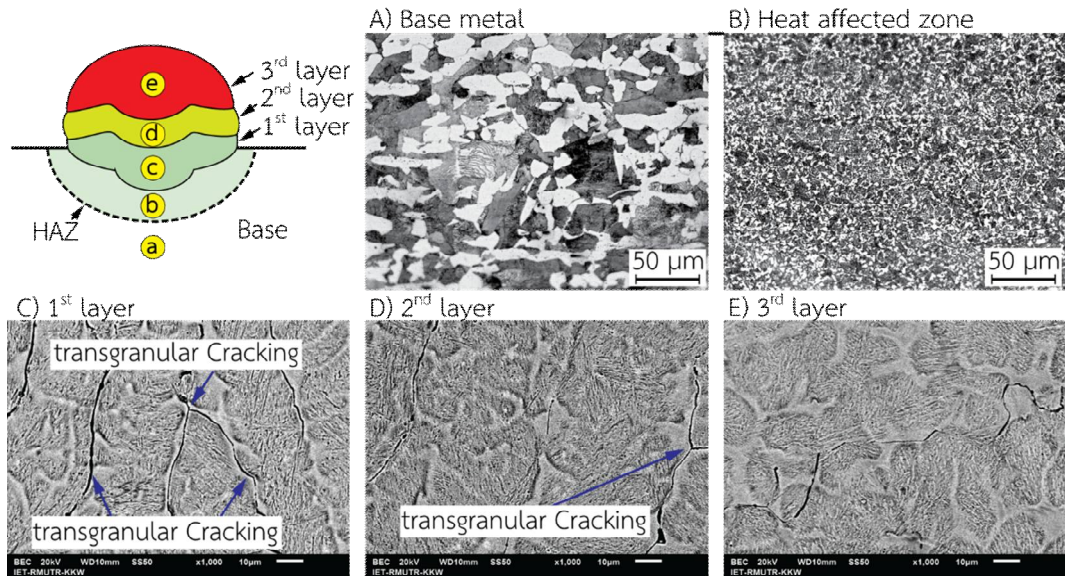


Figure 9 การเปรียบเทียบโครงสร้างจุลภาคของเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็ง

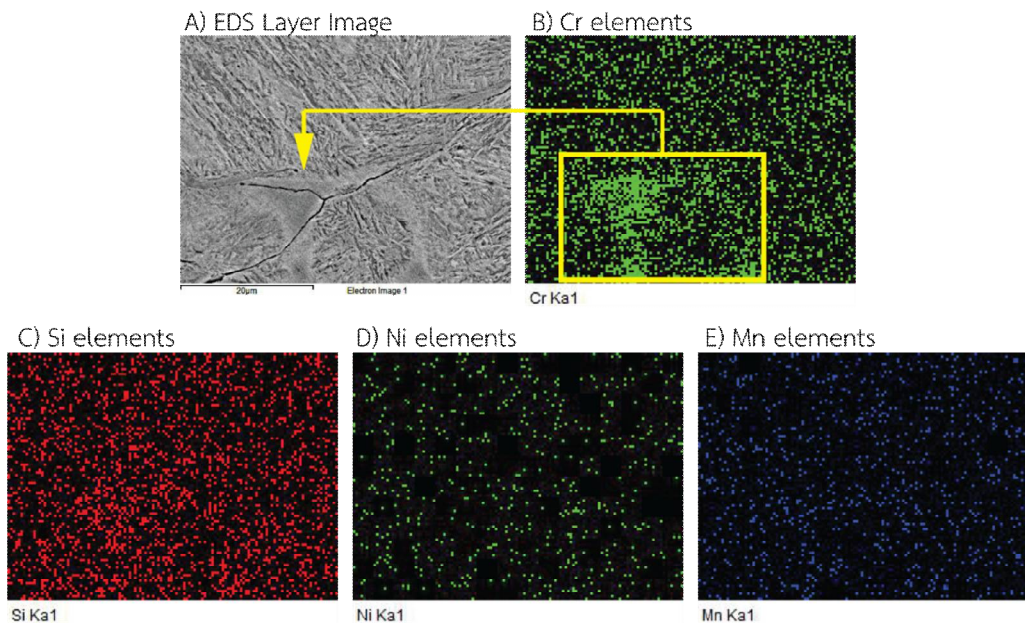


Figure 10 ภาพการกระจายตัวของธาตุบริเวณรอยแตกร้าวในเชิงคุณภาพของเนื้อเชื่อมชั้นที่ 3

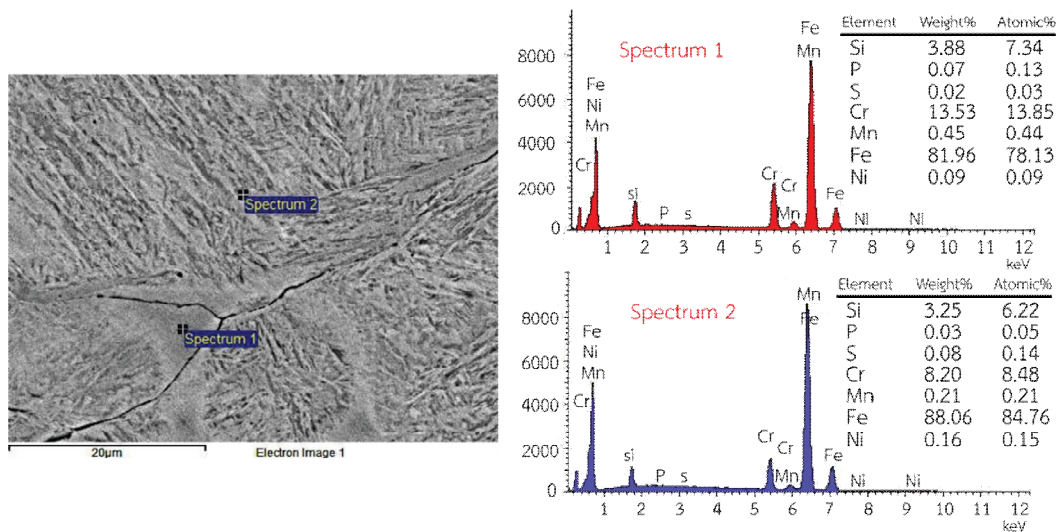


Figure 11 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยสเปกโตรเมตรีรังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน (Energy dispersive x-ray spectrometry, EDS) บริเวณเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งชั้นที่ 3 บริเวณรอยแตกร้า

3.ผลการตรวจสอบความแข็ง

ผลการเปรียบเทียบค่าความแข็งต่อจำนวนชั้นเนื้อเชื่อมพอกผิวที่เพิ่มขึ้นแสดงดังรูปที่ 12 พบว่าค่าความแข็งโดยทั่วไปของเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งจำนวน 1 ชั้นมีค่าความแข็งสูงชัน [3, 15] เมื่อตรวจสอบที่บริเวณเส้นขอบเขตการหลอมละลาย (Fusion line) ระหว่างโลหะเชื่อม (200-350 HV) กับเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็ง (650-750 HV) เนื่องจากการลดลงของขนาดเกรนและเฟสส่งผลให้ค่าความแข็งสูง [16, 17] ในขณะที่ผลการตรวจสอบความแข็งของเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งที่จำนวน 2 ชั้นค่าความแข็งของเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งมีแนวโน้มของค่าความแข็งคงที่แต่อย่างไรก็ตามจากการสังเกตค่าความแข็งของเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งที่จำนวน 3 ชั้นมีแนวโน้มการลดลงของค่าความแข็งเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของจำนวนปริมาณธาตุโครเมียมและซิลิคอนในเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งของแต่ละชั้นมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยแสดงดังรูปที่ 13

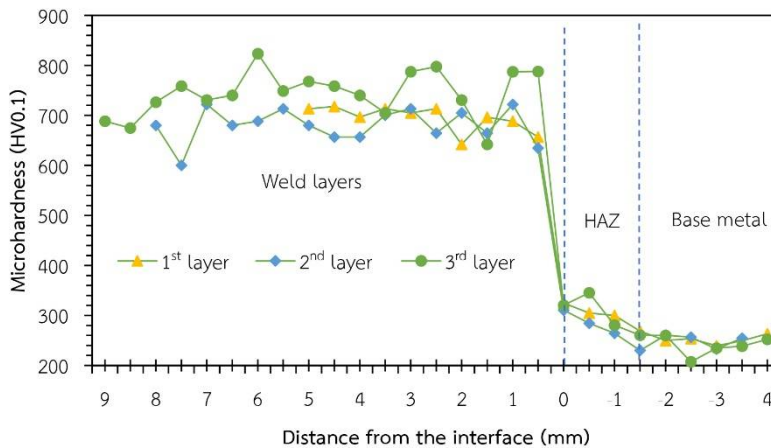


Figure 12 การเปรียบเทียบค่าความแข็งต่อจำนวนชั้นเนื้อเชื่อมพอกผิวที่เพิ่มขึ้น

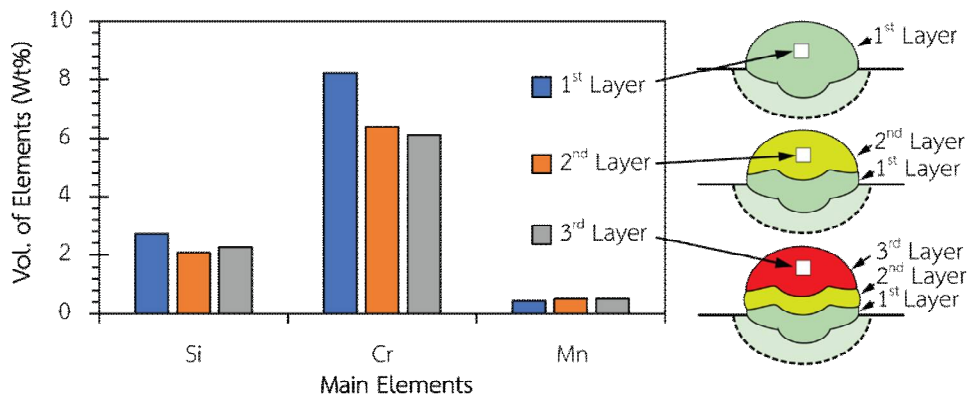


Figure 13 การเปรียบเทียบค่าความแข็งต่อจำนวนชั้นเนื้อเชื่อมพอกผิวที่เพิ่มขึ้น

4.การตรวจสอบการสึกหรอ

ผลการทดสอบการสึกหรอแสดงในรูปที่ 14 พบว่าความต้านในการสึกหรอของเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็ง 1 ชั้นให้ปริมาณการสูญเสียมวลของเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งต่ำที่สุด [18] เมื่อเทียบกับการเชื่อมพอกผิวแข็งจำนวน 2 ชั้นและ 3 ชั้นที่มีแนวโน้มปริมาณของการสูญเสียมวลเนื้อเชื่อมพอกแข็งเพิ่มขึ้นสาเหตุคาดว่าเชื่อมโยงกับการลดลงของปริมาณธาตุโครเมียมที่มีผลต่อการสึกหรอ [19] และซิลิคอนที่มีผลต่อประสิทธิภาพความสามารถในการละลายเข้าไปยังเฟสเฟอร์ไรต์เพื่อก่อตัวสารละลายของแข็ง (Solid solution) [20] เป็นผลทำให้ปริมาณการสูญเสียมวลการสึกหรอสูงในเนื้อเชื่อมพอกแข็ง 2 ชั้นและ 3 ชั้นแสดงดังรูปที่ 12

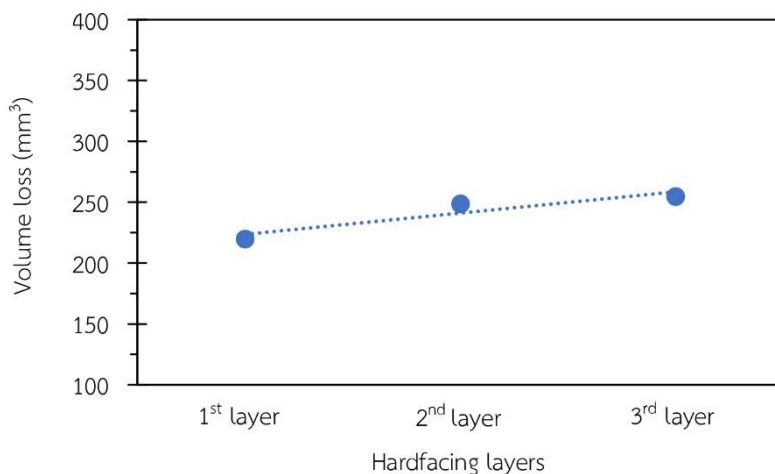


Figure 14 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชั้นเชื่อมพอกผิวแข็งที่ส่งผลต่อการสึกหรอ

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนการเจือจางของเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งหลายชั้นบนเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด AISI 1045 ต่อความต้านทานการสึกหรอสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ในการเชื่อมซ่อมพอกผิวแข็งด้วยกระบวนการอาร์กโลหะแก๊สคลุมบนเหล็กกล้าคาร์บอนควรเชื่อมเพียงชั้นเดียวซึ่งให้อัตราการเจือจางต่ำและให้ปริมาณการสูญเสียมวลของเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งต่อการสึกหรอน้อยที่สุด
- 2) การเชื่อมซ่อมพอกผิวแข็งหลายชั้นส่งผลต่อจำนวนปริมาณธาตุอัลลอยของลวดเติมเช่นโครเมียมและซิลิคอนในเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งมีแนวโน้มลดลงและทำให้ความต้านทานการสึกหรอลดลง
- 3) จำนวนปริมาณของธาตุโครเมียมและซิลิคอนสูงในเนื้อเชื่อมพอกผิวแข็งช่วยส่งเสริมก่อให้เกิดการแตกร้าวนะร้อน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2564 จากกองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

References

- [1] Chindapasirt, P. & Jaturapitakkul, C. (2005). Cement and applications. Bangkok: Siam Cement Group.
- [2] Chakraborty, G., et al. (2014). Study on microstructure and wear properties of different nickel base hardfacing alloys deposited on austenitic stainless steel. *Surface and Coatings Technology*, 244, 180-188.
- [3] Gualco, A., et al. (2015). Wear Resistance of Fe-based Nanostructured Hardfacing. *Procedia Materials Science*, 8, 934-943.

- [4] Cabrol, E., et al. (2015). Plastic strain of cobalt-based hardfacings under friction loading. *Wear*, 330-331, 354-363.
- [5] Abed, H., et al. (2018). Characterization of Fe₄₉Cr₁₈Mo₇B₁₆C₄Nb₆ high-entropy hardfacing layers produced by gas tungsten arc welding (GTAW) process. *Surface and Coatings Technology*, 352, 360-369.
- [6] Rodríguez Ripoll, M., et al. (2016). The role of niobium in improving toughness and corrosion resistance of high speed steel laser hardfacings. *Materials & Design*, 99, 509-520.
- [7] Zahiri, R., et al. (2014). Hardfacing using ferro-alloy powder mixtures by submerged arc welding. *Surface and Coatings Technology*, 260, 220-229.
- [8] Srikarun, B., et al. (2019). The effects of dilution and choice of added powder on hardfacing deposited by submerged arc welding. *Wear*, 424-425, 246-254.
- [9] Kimapong, K., et al. (2016). Microstructure and Wear Resistance of Hard-Facing Weld Metal on JIS-S50C Carbon Steel in Agricultural Machine Parts. *Materials Science Forum*, 872, 55-61.
- [10] Lertvijitpun, M. (2005). Using Carbon Equivalent Prediction of HAZ Hardness in Welds of HSLA Steels. *The Journal of Industrial Technology*, 1(1), 60-65.
- [11] Bramfitt, B. L., & Benschoter, A. O. (2001). *Metallographer's Guide: Practices and Procedures for Irons and Steels*. Ohio: ASM International.
- [12] Rittichai P., et al. (2018). Evaluation of Weld Solidification Cracking Resistance Based on High Temperature Ductility Curve. *Kasem Bundit Engineering Journal*, 8(3), 152-166.
- [13] Srikarun, B., et al. (2021). Influence of Different Welding Processes on Microstructure, Hardness, and Wear Behavior of Martensitic Hardfaced Cladding. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 30(12), 8984-8995.
- [14] Atthakorn, C., et al. (2016). Comparative Study of Hard-faced Layer Hardness and Microstructure on JIS-S50C Carbon Steel by Shielded Metal Arc Welding. *ISTRS Journal*. 2(2), 51-68.
- [15] Hemmati, I., et al. (2012). Dilution effects in laser cladding of Ni–Cr–B–Si–C hardfacing alloys. *Materials Letters*, 84, 69-72.
- [16] Morris, D. (2010). The origins of strengthening in Nanostructured metals and alloys. *Revista de Metalurgia*, 46(2), 173-186.
- [17] Inoue, A. (2005). Bulk glassy and nonequilibrium crystalline alloys by stabilization of supercooled liquid: fabrication, functional properties and applications (Part 2). *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 81(6), 172-188.
- [18] Buchely, M. F., et al. (2005). The effect of microstructure on abrasive wear of hardfacing alloys. *Wear*, 259(1-6), 52-61.
- [19] Jin, X., et al. (2020). Effect of Chromium on Microstructure and Wear Resistance of Fe-Cr-C Hardfacing Alloys. *Materials Science Forum*, 1001, 41-46.

- [20] Zhang, C., et al. (2019). The Effect of Silicon on Microstructure and Wear Resistance in Bainitic Steel. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 72, 1231–1244.