

อิทธิพลของโลหะเชื่อมอะลูมิเนียมในการเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสคลุม ต่อสมบัติชั้นผิวเคลือบบนผิวเหล็กกล้าคาร์บอน S45C

Effects of Aluminum Weld Metal with Gas Tungsten Arc Welding on Aluminum Cladding Layer Properties of S45C Carbon Steel Surface

ประจักษ์ บัวอาจ¹ ไพศาล เอี่ยมมี² อติสร เปลี่ยนดิษฐ์³ สุวัฒน์ ภูเภา⁴

Prajak Buaart¹ Paisarn Aemmi² Adisorn Pliandist³ Suwat Phoopao⁴

¹⁻² สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง 14000

Production Technology, Angthong Technical College, Angthong 14000

³⁻⁴ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท จังหวัดชัยนาท 17000

Production Technology, Chainat Technical College, Chainat 17000

¹ Corresponding Author: E-mail: jakprajak1990@hotmail.com

บทคัดย่อ

กระบวนการเชื่อมเป็นหนึ่งในวิธีการซ่อมบำรุงที่มีประสิทธิภาพในการเติมชั้นโลหะบนพื้นผิวที่เสียหายของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเกษตรซึ่งเกิดการเสียหายขณะถูกนำไปใช้งาน ด้วยเหตุนี้การหาค่าตัวแปรการเชื่อมที่มีความเหมาะสมสามารถทำให้เกิดการปรับปรุงสมบัติทางกลของพื้นผิวที่เสียหายจึงเป็นหัวข้อสำคัญที่มีการดำเนินการต่อเนื่องเพื่อยืดอายุการใช้งานของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรการสร้างชั้นผิวเคลือบอะลูมิเนียมบนผิวเหล็กกล้าคาร์บอน S45C ด้วยการเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสคลุม

ผลการทดลองพบว่า การเพิ่มชั้นผิวเนื้อโลหะเชื่อมมีแนวโน้มในการเพิ่มความแข็งของชั้นผิวสัมผัสระหว่างโลหะเชื่อมอะลูมิเนียมและพื้นผิวเหล็กกล้าคาร์บอน การวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของผิวสัมผัสสร้อยต่อแสดงการก่อตัวของสารประกอบกึ่งโลหะระหว่างเหล็กและอะลูมิเนียมและแสดงการเพิ่มความแข็งและความต้านทานการสึกหรอของผิวสัมผัสสร้อยต่อ ตัวแปรการเชื่อมเหมาะสมที่ให้ค่าความแข็งสูงสุด 900 HV พบได้จากการเชื่อมทับแนว 3 ชั้น กระแสเชื่อม 190 แอมแปร์ ความเร็วในการเชื่อม 100 มิลลิเมตรต่อนาที อัตราการป้อนลวด 200 มิลลิเมตรต่อนาที

คำสำคัญ : ชั้นผิวเคลือบอะลูมิเนียม เหล็กกล้าคาร์บอน S45C การเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสคลุม

ABSTRACT

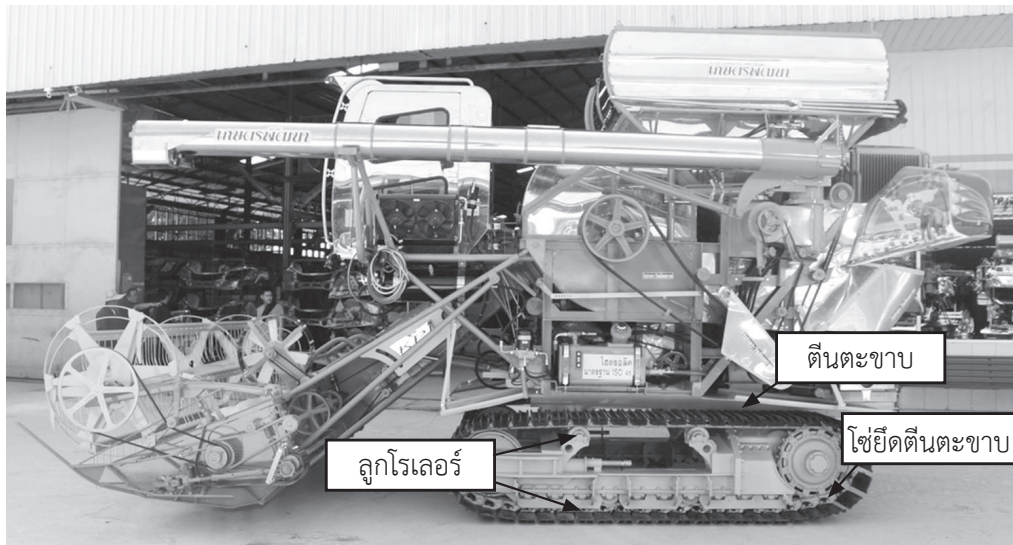
Welding process is one of an effective repair process for adding metal layer on a worn surface of an agricultural machinery part damaged during operation. Therefore, welding process parameters optimization that could improve mechanical properties of a worn surface was an important topic that was continuously performed for extending the service life time of the machinery part. This article aimed to study effects of aluminum cladding parameter on S45C carbon steel surface properties using a gas tungsten arc welding.

The summarized results were as follows. Increase of welding current tended to increase hardness of the joint interface between aluminum weld metal and steel surface. Chemical composition analysis at the joint interface showed the formation of Fe-Al intermetallic compound and tended to increase hardness and wear resistance of the interface. Optimized welding parameter that produced maximum hardness of 900 HV could be found at 3 welding layers with the welding current of 190 A, the welding speed of 100 mm/min, and the wire feed rate of 200 mm/min.

Keywords : Aluminum cladding, S45C carbon steel, gas tungsten arc welding

1. บทนำ

ปัจจุบันการเกษตรเป็นส่วนหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนความเจริญก้าวหน้าและการพัฒนาเศรษฐกิจในระดับต้น ๆ ของประเทศ ซึ่งความเจริญที่เพิ่มมากขึ้นนำไปสู่การแข่งขันที่สูงขึ้น รวมถึงกระบวนการผลิตสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะการปลูกข้าวที่มีอยู่อย่างกว้างขวาง ดังนั้น เครื่องจักรกลทางการเกษตรมีบทบาทสำคัญที่มีส่วนช่วยในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ตั้งแต่กระบวนการเตรียมดินเพาะปลูก ไปจนถึงกระบวนการเก็บเกี่ยวผลผลิต เครื่องจักรกลทางการเกษตรมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทันสมัยและทันต่อความต้องการ อีกทั้งการทำนาข้าวในปัจจุบัน นิยมทำกันปีละ 2 - 3 ครั้ง ในพื้นที่ภาคกลางบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและยังมีปัญหาทางด้านสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการเพาะปลูกพืชผลทางการเกษตร เพื่อให้ทันกับเวลาในการเพาะปลูกและเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิต เครื่องจักรกลทางการเกษตรเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรโดยเฉพาะรถเกี่ยวรวงข้าวต้องทำงานที่ในสภาวะที่เป็น การสั่นสะเทือนจากการขับเคลื่อนในสภาพพื้นที่แปลงเกษตรที่มีสภาพพื้นผิวขรุขระและเปียกชื้นในเวลาเดียวกัน ทำให้เกิดการเสียดสีกันระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ภายในระบบขับเคลื่อนและระบบลำเลียงภายในตัวรถเกี่ยวรวงข้าว เมื่อสัมผัสกับสภาพพื้นผิวของแปลงเกษตรทำให้เกิดการสึกหรอตามมา ต้องมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง และการซื้อชิ้นส่วนใหม่ ๆ จากการสำรวจความเสียหายของชิ้นส่วนรถเกี่ยวรวงข้าว พบว่า ชิ้นส่วนที่มีการสึกหรอของพื้นผิวโลหะสูง คือ ลูกโรเลอร์ ซึ่งทำหน้าที่ในการประกองโซ่ยึดต้นตะขาบในการขับเคลื่อนของตัวรถเกี่ยวรวงข้าว ทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างชิ้นส่วนส่งผลให้เกิดการสึกหรอและหลุดออกไปของพื้นผิวโลหะ มีผลทำให้การควบคุมการขับเคลื่อนมีประสิทธิภาพลดลงส่งผลให้การเก็บเกี่ยวผลผลิตไม่มีคุณภาพทำให้เกิดความล่าช้า ในกระบวนการเก็บเกี่ยว ที่ผ่านมาผู้ประกอบการรถเกี่ยวรวงข้าวแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนลูกโรเลอร์ใหม่เข้าไปแทนที่ลูกโรเลอร์เก่า จึงสามารถใช้งานได้ปกติ แต่เมื่อพิจารณาลูกโรเลอร์เก่าที่ชำรุด พบว่า นอกจากการสึกหรอของบริเวณพื้นผิวโลหะด้านนอกแล้ว กระบวนการทำงานส่วนอื่นของลูกโรเลอร์นั้นยังสามารถทำงานได้ต่อไป ดังนั้น หากมีการนำลูกโรเลอร์เก่ากลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้งโดยการเพิ่มเนื้อโลหะบริเวณพื้นผิวเข้าไปในตำแหน่งที่เกิดการสึกหรอสามารถทำให้เกิดการลดต้นทุนในการผลิตได้ [1, 2] ดังภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 รถเกี่ยวนวดข้าว



ภาพที่ 2 ลูกโรเลอร์ของรถเกี่ยวนวดข้าว

กระบวนการเติมเนื้อโลหะมีหลายวิธี ซึ่งการเชื่อมเป็นหนึ่งในวิธีการซ่อมพื้นผิวของโลหะที่เกิดการเสียหายหรือชำรุดที่มีความนิยมสูงในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เนื่องจากการเชื่อมสามารถประยุกต์ใช้กับตำแหน่งที่เกิดการชำรุดเฉพาะจุดที่เสียหาย ที่ผ่านมามีเทคนิคการเชื่อมซ่อม (Welding repair) ที่สามารถสร้างและปรับปรุงสมบัติของพื้นผิวที่เกิดการชำรุดต่าง ๆ เช่น การเชื่อมอาร์กโลหะหุ้มฟลักซ์ (Shielded metal arc welding: SMAW) [3] การเชื่อมเลเซอร์ (Laser welding : LW) [4] การเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม (Gas tungsten arc welding : GTAW) [5, 6] หรือการเชื่อมอาร์กพลาสมา [7, 8] เป็นต้น นอกจากการเชื่อม ที่ประยุกต์ในการเชื่อมโลหะเติม (Filler metal) ที่ใส่ไปในขั้นตอนการอาร์กเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดสมบัติทางกลที่แตกต่างกัน เฟสสารประกอบระหว่างเหล็กและอะลูมิเนียมและเฟสสารประกอบอะลูมิเนียมออกไซด์เป็นเฟสที่มีความแข็งและความยืดหยุ่นสูง ในรายงานผลการทดลองการเกิดโครงสร้างเฟสสารประกอบระหว่างอะลูมิเนียมและเหล็ก พบว่าเกิดสารประกอบที่มีการก่อตัวบนผิวสัมผัสรอยต่อแนวเชื่อม (Interface) ระหว่างเหล็กซึ่งเป็นโลหะฐานและอะลูมิเนียมที่เป็นโลหะที่เพิ่มขึ้นผิวเคลือบ แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีอะลูมิเนียมสูง (Al-rich alloy) ที่ประกอบด้วย FeAl_2 Fe_2Al_5

และ FeAl₃ ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความแข็งแรงสูงมากและมีความเปราะ และ กลุ่มที่มีเหล็กผสมสูง (Fe-rich alloy) ประกอบด้วย Fe₃Al และ FeAl ซึ่งมีสมบัติในการต้านทานการสึกหรอสูง ความต้านทานกัดกร่อนสูง ความแข็งแรงของเฟสสารประกอบทั้งสองกลุ่มนี้มีค่าความแข็งแรงจากรายงานระหว่าง 600 - 1000 HV [9] ซึ่งเป็นค่าความแข็งแรงที่สูงกว่าโลหะเชื่อมทำให้เกิดเฟสคาร์ไบด์และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการสึกหรอ ดังนั้นการประยุกต์สร้างชิ้นผิวเคลือบด้วยอะลูมิเนียมบนพื้นผิวลูกโรลเลอร์จึงเป็นหัวข้อวิจัยที่มีความเป็นไปได้ในการเพิ่มสมบัติทางกลได้

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยมีแนวคิดการศึกษาอิทธิพลของโลหะเชื่อมอะลูมิเนียมในการเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสคลุม ที่สามารถก่อให้เกิดสารประกอบต่าง ๆ ที่สามารถปรับปรุงสมบัติของพื้นผิวลูกโรลเลอร์ เช่น ชิ้นผิวเคลือบโลหะผสมที่มีความแข็งแรงสูงและต้านทานการกัดกร่อนได้ดี และสารประกอบระหว่างเหล็กและอะลูมิเนียมซึ่งมีความแข็งแรงและความต้านทานการสึกหรอสูง ทางผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาอิทธิพลของโลหะเชื่อมอะลูมิเนียมในการเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสคลุมต่อสมบัติชิ้นผิวเคลือบบนผิวเหล็กกล้าคาร์บอน S45C

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาอิทธิพลของโลหะเชื่อมอะลูมิเนียมในการเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสคลุมต่อสมบัติชิ้นผิวเคลือบบนผิวเหล็กกล้าคาร์บอน S45C

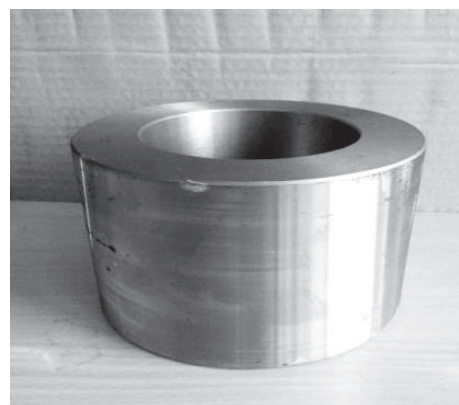
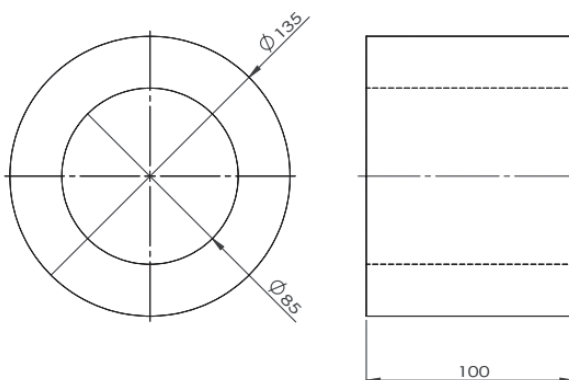
3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) วัสดุที่ใช้ในการทดลอง คือ เหล็กกล้าคาร์บอน S45C โดยมีส่วนผสมทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 3 การเตรียมชิ้นงานในการทดลองเสมือนลูกโรลเลอร์รเกี้ยว โดยการกลึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติให้ได้ขนาด ความยาว 100 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางโตนอก 135 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 85 มิลลิเมตร

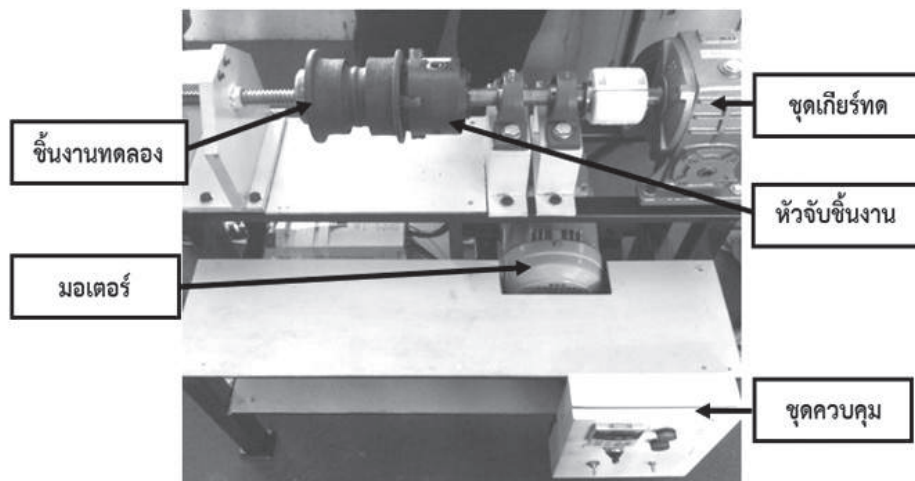
ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าคาร์บอน S45C (Wt.%)

element	Fe	C	Si	P	S	Ni	Cr	Cu	Al	W
S45C	98.03	0.49	0.24	0.04	0.02	0.03	0.33	0.02	0.01	0.08



ภาพที่ 3 วัสดุเหล็กกล้าคาร์บอน S45C ความยาว 100 มิลลิเมตร

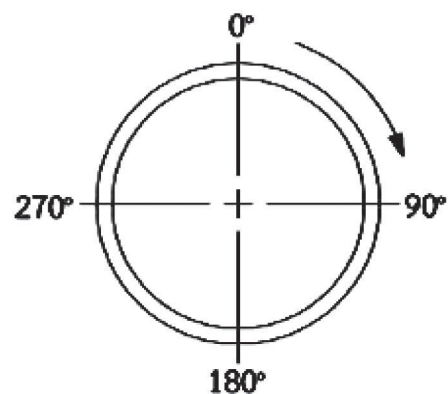
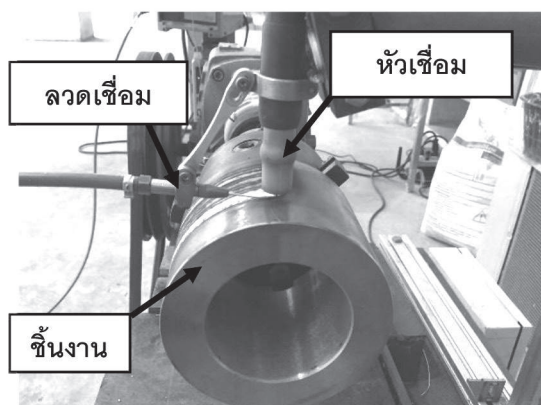
2) อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อสำหรับจับยึดชิ้นงานที่เป็นทรงกระบอก หลักการทำงาน คือ จับชิ้นงานสามารถหมุนรอบแกนและควบคุมความเร็วให้คงที่ เพื่อชิ้นงานหมุนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วรอบที่คงที่ และสามารถปรับความเร็วรอบในการเชื่อมได้ในสถานการณ์เชื่อม ชุดหัวเชื่อมถูกยึดแน่นเข้ากับอุปกรณ์จับยึดหัวเชื่อม ซึ่งยึดติดอยู่บนชุดปฏิบัติการ หัวเชื่อมที่ยึดแน่นนี้สามารถทำการปรับระยะได้ในแนวแกนตั้งฉากกับทิศทางการเดินแนวเชื่อมของชิ้นงาน ชิ้นงานเชื่อมถูกจับยึดในอุปกรณ์จับยึดที่ต่อเข้ากับหัวจับชิ้นงานที่ต่อผ่านเข้ากับเครื่องส่งกำลังสามารถเคลื่อนที่อัตโนมัติด้วยความเร็วเดินที่สามารถกำหนดได้โดยหัวเชื่อมถูกต่อเข้ากับเครื่องเชื่อมเพื่อให้ได้วงจรเชื่อมสมบูรณ์ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 อุปกรณ์จับยึดและควบคุมความเร็วในการเชื่อม

3.2 วิธีการทดลอง

1) การเชื่อมชิ้นงาน นำชิ้นงานที่ผ่านการกลึงเรียบร้อยแล้วมาประกอบเข้ากับอุปกรณ์จับยึดดังภาพที่ 4 ที่ถูกออกแบบมาเพื่อจับชิ้นงานและสามารถหมุนเคลื่อนที่เชิงมุมใช้ความเร็วในการเชื่อม 100 มิลลิเมตรต่อนาที หัวเชื่อมทำมุมกับชิ้นงาน 90 องศา โดยใช้กระแสเชื่อม 190 แอมแปร์ เติมลวดเชื่อมกลุ่มอลูมิเนียมบริสุทธิ์ AWS.A5.10 ER1100 แบบเปลือยตัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 มิลลิเมตร โดยมีส่วนผสมทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 2 ความเร็วในการป้อนลวด 200 มิลลิเมตรต่อนาที เชื่อมทับแนว 1-3 ชั้น ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กระบวนการเชื่อม

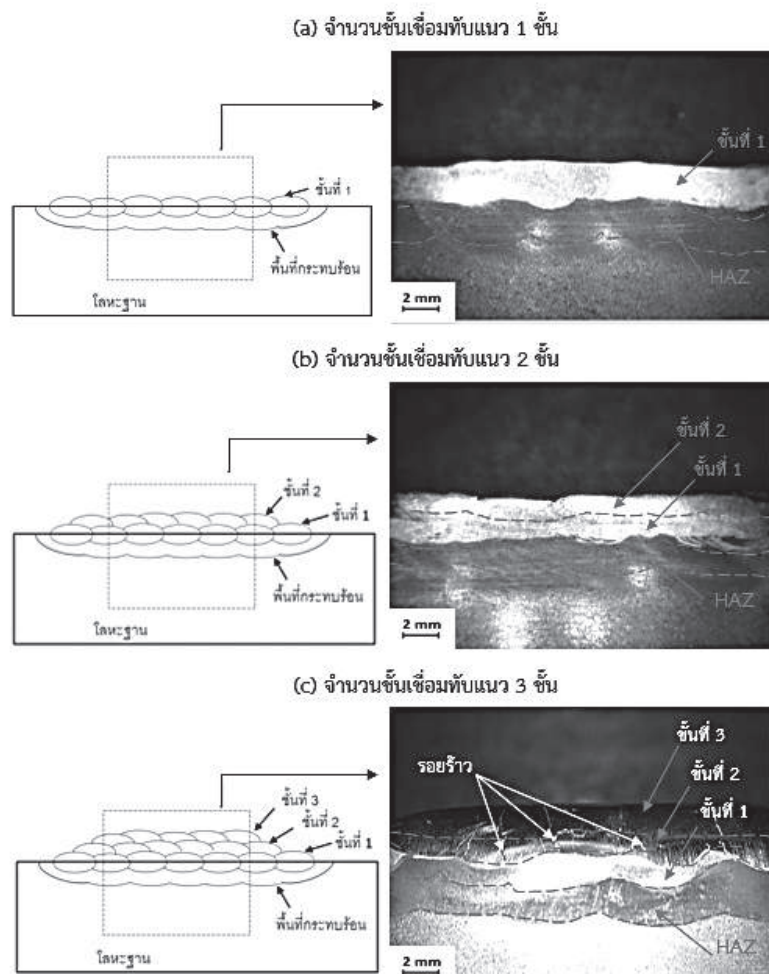
ตารางที่ 2 ส่วนผสมทางเคมีของลวดเชื่อมอะลูมิเนียม AWS.A5.10 ER1100 (Wt.%)

ธาตุ	Si + Fe	Cu	Mn	zinc	Al	are	Others
Al 1100	0.95	0.05-0.20	0.05	0.10	Balanced	0.0003	0.15

2) การทดสอบสมบัติของชิ้นงาน หลังจากเชื่อมชิ้นงานเสร็จ นำชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อม ทำการตัดแบ่งชิ้นงานด้วยเครื่องตัด (micro cutting machine) เพื่อตรวจสอบโครงสร้างมหภาค โครงสร้างจุลภาค การวิเคราะห์ธาตุด้วยการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM : Scanning electron microscope) การวิเคราะห์ความเข้มข้นและปริมาณของส่วนผสมทางเคมีด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุด้วยรังสีเอกซ์ (EDS : Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) แบบ lien scan และแบบ point scan จากนั้นทำการทดสอบสมบัติทางกล โดยการทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์

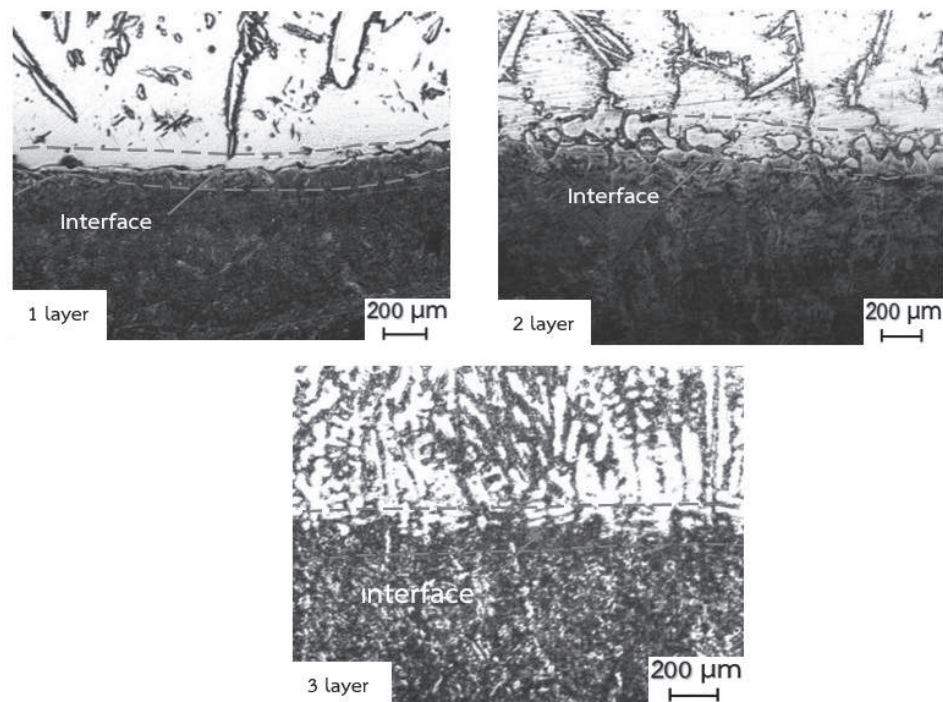
4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยเพื่อศึกษาอิทธิพลของโลหะเชื่อมอะลูมิเนียมในการเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสสตีลต่อสมบัติชิ้นผิวเคลือบบนผิวเหล็กกล้าคาร์บอน S45C โดยได้ผลการทดลองดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคของแนวเชื่อมทับแนว 1-3 ชั้น

4.1 การศึกษาชั้นผิวเคลือบอะลูมิเนียมบนเหล็กกล้าคาร์บอน S45C ได้ทำตรวจสอบโครงสร้างมหภาค และโครงสร้างจุลภาค เปรียบเทียบตัวแปรในการเชื่อมเพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างทางกายภาพของการซึมลึกของแนวเชื่อม ดังภาพที่ 7 แสดงแนวเชื่อมทั้ง 3 ชั้น พบว่าการเชื่อมทับแนวที่จำนวน 3 ชั้น ซึมลึกสูงสุด และยังพบว่าจำนวนชั้นการเชื่อมทับแนวที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการหลอมละลายและเจือจางเนื้อโลหะเชื่อมกับโลหะฐานเพิ่มมากขึ้น เมื่อกระแสไฟเพิ่มมากขึ้นซึ่งมีผลมาจากการใช้กระแสเชื่อม 190 A และความเร็วในการเดินลวด 200 มิลลิเมตรต่อนาที ทำให้ความร้อนขาเข้า (Heat input) เพิ่มขึ้นไปด้วยซึ่งส่งผลทำให้ความกว้างของรอยเชื่อมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นรวมไปถึงพื้นที่ที่กระแทกร้อนก็มีบริเวณกว้างมากขึ้นตามไปด้วย

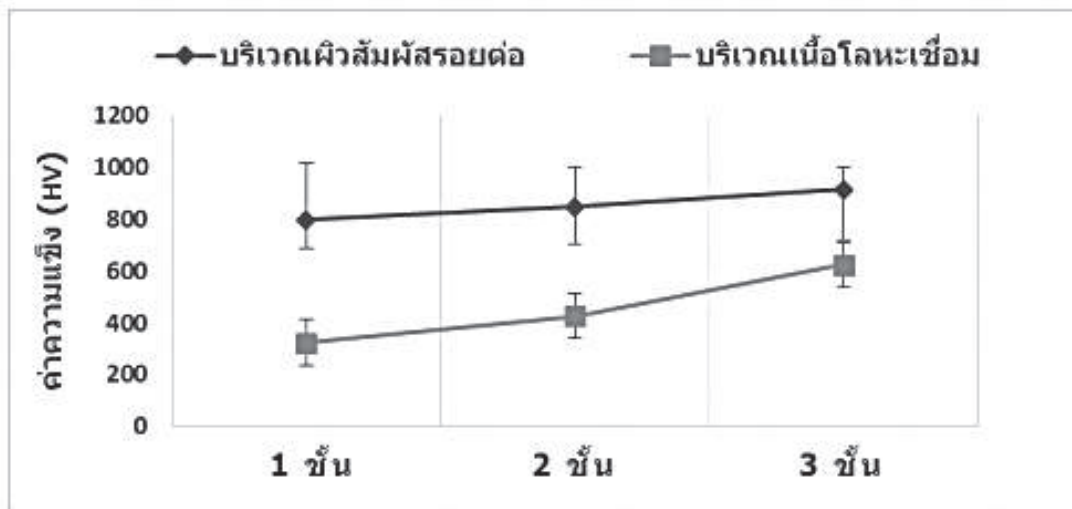


ภาพที่ 7 โครงสร้างจุลภาคบริเวณแนวเชื่อมโดยใช้การเชื่อมทับแนว 3 ชั้น

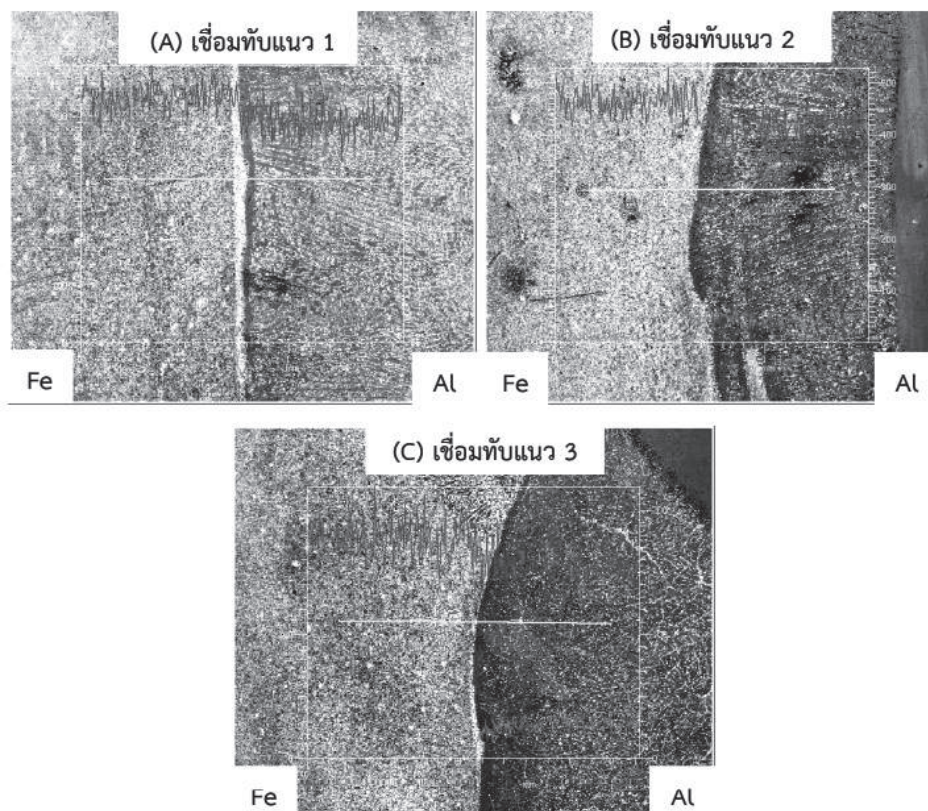
4.2 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคบริเวณผิวสัมผัสรอยต่อแนวเชื่อมที่เชื่อมทับแนว 1- 3 ชั้น ลักษณะโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยภาพบริเวณเนื้อโลหะเชื่อม, รอยต่อแนวเชื่อม (Interface) และพื้นที่ที่กระแทกร้อน พบว่า โครงสร้างจุลภาคบริเวณเนื้อโลหะเชื่อมซึ่งมีลักษณะเป็นสีขาวมีลักษณะโครงสร้างเป็นเดนไดรต์คล้ายโครงสร้างงานหล่อที่มีลักษณะการเย็นตัวของโลหะที่ถูกหลอมเหลว ถัดมาก็คือ บริเวณรอยต่อของแนวเชื่อมจากรูปจะเห็นการแบ่งเฟสซึ่งแสดงลักษณะของรอยต่อที่ชัดเจนด้านล่างเป็นมาเทนไซต์ละเอียดและด้านบนเป็นโครงสร้างแบบเดนไดรต์ และบริเวณพื้นที่ที่กระแทกร้อนของแนวเชื่อม ซึ่งมีลักษณะเป็นเกรนที่ละเอียดมากขึ้นเนื่องจากได้รับความร้อนจากการเชื่อมโครงสร้างเปลี่ยนมาเป็นมาเทนไซต์ละเอียดและมีขนาดเกรนละเอียดเล็กลง สอดคล้องกับ [10] ได้กล่าวว่า ความร้อนจากการเชื่อมส่งผลให้ขนาดและรูปร่างของเฟสเฟอร์ไรต์และซีเมนไทต์ [11] ได้กล่าวว่า บริเวณพื้นที่ที่กระแทกร้อน มีเกรนขนาดเล็กละเอียด และกระจายตัวทั่วทั้งพื้นที่ที่กระแทกร้อน

การทดสอบความแข็งของบริเวณเนื้อโลหะเชื่อม (Weld) และบริเวณชั้นผิวสัมผัสรอยต่อ (Interface) ระหว่างเหล็กและอะลูมิเนียม ที่เชื่อมด้วยการเชื่อมอาร์คทั้งสแตนเลสสตีล โดยใช้เวลาในการเชื่อม 100 มิลลิเมตรต่อนาที อัตราการเดินลวด 200 มิลลิเมตรต่อนาที กระแสเชื่อม 190 แอมแปร์ พบว่าค่าความแข็งเฉลี่ยบริเวณเนื้อโลหะเชื่อม (Weld) มีความแข็งสูงสุดที่การเชื่อมทับแนว 3 ชั้น มีค่าเท่ากับ 623 HV ถัดมาเป็น เชื่อมทับแนว 2 ชั้น

และการเชื่อมทับแนว 1 ชั้น มีค่าความแข็ง 426 HV และ 324 HV ตามลำดับ บริเวณผิวสัมผัสรอยต่อ (Interface) ระหว่างเหล็กและอะลูมิเนียมมีความแข็งแรงเฉลี่ยสูงสุดที่เชื่อมทับแนว 3 ชั้น มีความแข็งเท่ากับ 912.5 HV ถัดมาเป็นการเชื่อมทับแนว 2 ชั้น และ 1 ชั้น มีค่าความแข็งเท่ากับ 846.3 HV และ 796.3 HV ตามลำดับ และยังพบว่าเมื่อเพิ่มชั้นแนวเชื่อม ทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 8 และภาพที่ 9

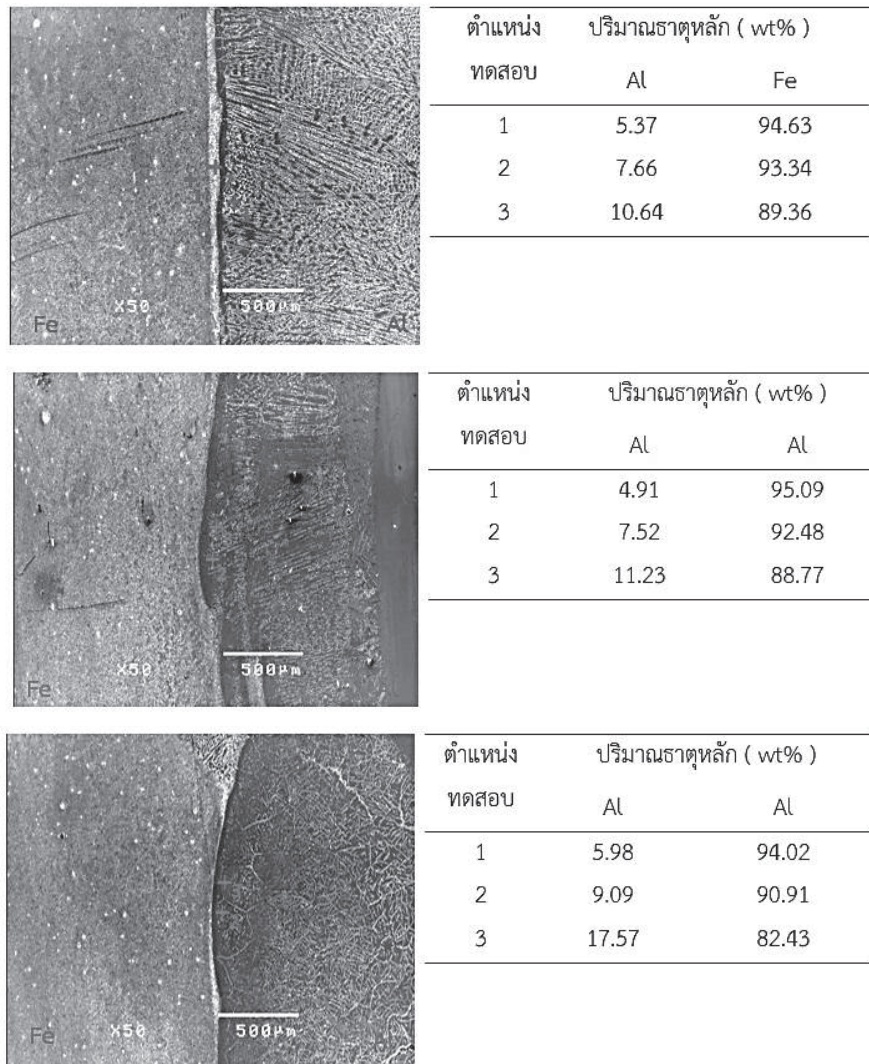


ภาพที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบความแข็งเนื้อโลหะเชื่อม และผิวสัมผัสรอยต่อที่จำนวนชั้นแนวเชื่อม



ภาพที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบความเข้มของธาตุ ที่จำนวนชั้นการเชื่อมทับแนวต่างกัน 1- 3 ชั้น

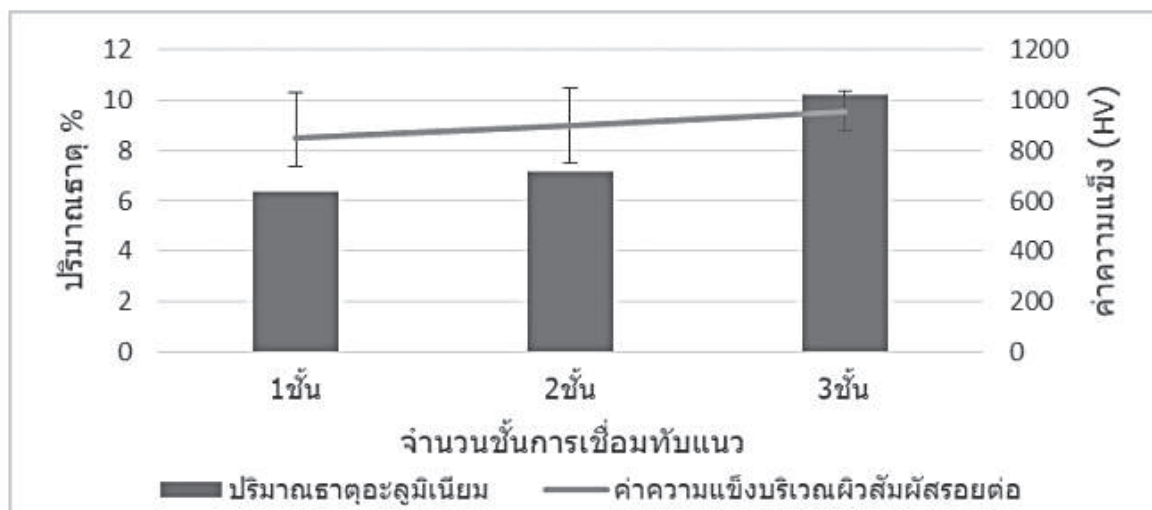
4.4 การวิเคราะห์ความเข้มของส่วนผสมทางเคมีด้วยเทคนิค EDS lien scan ดังภาพที่ 8 ตรวจสอบความเข้มของธาตุหลักบริเวณชั้นผิวสัมผัสรอยต่อ (Interface) โลหะผสม ระหว่างเหล็กและอะลูมิเนียม ที่เชื่อมด้วยการเชื่อมอาร์คทั้งสแตนเลสคลุม โดยใช้ความเร็วในการเชื่อม 100 มิลลิเมตรต่อนาที อัตราการเติมลวด 200 มิลลิเมตรต่อนาที กระแสไฟในการเชื่อม 190 แอมแปร์ เมื่อลากเส้นในการทดสอบผ่านรอยต่อระหว่างโลหะทั้ง 2 ชนิดพบว่า การเพิ่มขึ้นแนวเชื่อมอะลูมิเนียมทำให้ธาตุ Al แนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และความเข้มของธาตุ Fe ผ่านผิวสัมผัสรอยต่อไปทางด้านอะลูมิเนียมความเข้มลดลงต่ำลง ซึ่งเมื่อเทียบกับการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีเชิงปริมาณโดยใช้เทคนิค EDS point scan ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ตำแหน่งการทดสอบและส่วนผสมทางเคมี ของชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมทับแนว 1 - 3 ชั้น

5. อภิปรายผลการวิจัย

การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งของผิวสัมผัสรอยต่อระหว่างอะลูมิเนียมกับเหล็ก (Interface) และปริมาณธาตุอะลูมิเนียมที่ผสมบริเวณผิวสัมผัสรอยต่อ (Interface) พบว่าเมื่อจำนวนชั้นในการเชื่อมตบแนวเพิ่มขึ้น ทำให้ชั้นผิวสัมผัสรอยต่อแนวเชื่อม (Interface) มีระยะที่กว้างขึ้น มีความแข็งที่เพิ่มสูงขึ้นและยังสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอะลูมิเนียมที่เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของการเชื่อมตบแนวสูงสุดที่ จำนวนชั้นในการเชื่อมตบแนว 3 ชั้น ดังภาพที่ 11 [9] กล่าวว่า ความหนาของชั้นผิวเคลือบที่เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดโครงสร้างเฟสสารประกอบระหว่างเหล็กและอะลูมิเนียมที่เกิดการก่อตัวบนผิวสัมผัสรอยต่อ ระหว่างเหล็กซึ่งเป็นโลหะฐานและอะลูมิเนียมที่เป็นโลหะชั้นผิวเคลือบซึ่งมีสมบัติในการต้านทานการสึกหรอสูง ความต้านทานกัดกร่อนสูง แล้วเมื่อทำการตรวจสอบความเข้มข้นของธาตุโดยลากเส้นผ่านบริเวณผิวสัมผัสรอยต่อ (Interface) โดยใช้เทคนิค EDS-Line scan พบว่า ผิวสัมผัสรอยต่อมีธาตุเหล็ก (Fe) ผสมอยู่จำนวนมากและลดต่ำลงที่การเพิ่มจำนวนชั้นของการเชื่อมตบแนวแต่พบธาตุอะลูมิเนียมค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้นดังภาพที่ 10 และสัมพันธ์กับการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีเชิงปริมาณโดยใช้เทคนิค EDS point scan เฉพาะตำแหน่ง พบว่าปริมาณธาตุเหล็กลดลงและอะลูมิเนียมเพิ่มสูงขึ้น ที่จำนวนชั้นในการเชื่อมตบแนว เพิ่มขึ้น ที่ให้เกดสารประกอบ ระหว่างเหล็กกับอะลูมิเนียมซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [9] กล่าวว่าชั้นสารประกอบกลุ่มที่มีเหล็กผสมสูง (Fe-rich alloy) ประกอบด้วย สารประกอบ Fe₃Al และ FeAl ซึ่งมีสมบัติในการต้านทานการสึกหรอสูง ความต้านทานกัดกร่อนสูง และกลุ่มที่มีอะลูมิเนียมสูง ทำให้ได้ชั้นผิวสัมผัสรอยต่อระหว่างอะลูมิเนียมกับเหล็กที่มีความต้านทานการสึกหรอและการกัดกร่อนได้ดี



ภาพที่ 11 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งและปริมาณธาตุอะลูมิเนียมที่ผสม



6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลกระทบของกระแสเชื่อมที่ส่งผลต่อค่าความแข็งและส่วนผสมทางเคมีของการสร้างผิวเคลือบอะลูมิเนียมบนผิวเหล็กกล้าคาร์บอน S45C ด้วยการเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสคลุม โดยมีผลการทดลองดังนี้

6.1 การเพิ่มจำนวนชั้นในการเชื่อมทับแนวส่งผลทำให้เกิดการเพิ่มความหนาของผิวสัมผัส การรวมตัวของอะลูมิเนียมกับเหล็ก และความแข็งของโลหะเชื่อมที่มีค่าเพิ่มขึ้น

6.2 สภาพการเชื่อมที่ให้ค่าความแข็งสูงสุดประมาณ 800-900 HV ที่จำนวนการเชื่อมทับแนว 3 ชั้น กระแสเชื่อม 190 แอมแปร์ ความเร็วในการเชื่อม 100 มิลลิเมตรต่อนาที อัตราการป้อนลวด 200 มิลลิเมตรต่อนาที

6.3 การสร้างผิวเคลือบอะลูมิเนียมบนผิวเหล็กกล้าคาร์บอน S45C ด้วยการเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสคลุม สามารถสร้างชั้นผิวโลหะผสมที่มีเหล็กผสมสูง ซึ่งมีสมบัติในการต้านทานการสึกหรอสูง ความต้านทานกัดกร่อนสูง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ การเพิ่มความหลอมลึกที่สูงขึ้น ควรมีการอบชิ้นงานก่อนและหลังทำการเชื่อมเพื่อให้การหลอมลึกของเนื้อโลหะเชื่อมกับโลหะฐานประสานกันได้อย่างยิ่งยั้ง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] อติศักดิ์ ไสวอมร, ระพี กาญจนะ, และกิตติพงษ์ กิมะพงศ์. (2559). การวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของเครื่องเกี่ยวขนาดข้าวโดยประยุกต์ใช้เทคนิค Failure Mode and Effect Analysis (FEMA). วารสารการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 1 (488 - 495). พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- [2] กิตติพงษ์ กิมะพงศ์, ปราโมทย์ พูนนายม, และวราญา วัฒนจิตศิริ. (2559). โครงสร้างจุลภาคและความต้านทานการสึกหรอของผิวพอกแข็งเหล็กกล้า JIS S50C ในชิ้นส่วนลูกโรลเลอร์รถเกี่ยวและขนาดข้าว (รายงานผลการวิจัย). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [3] K. Kimapong, P. Poonnayom, and V. Wattanjitsiri. (2016). Microstructure and Wear Resistance of Hardfacing Weld Metal on JIS-S50C Carbon Steel in Agricultural Machine Parts,” Materials Science Forum vol. 872, (pp. 55-61).
- [4] I. Hemmati, V. Ocelík, and J. T. M. De Hosson, (2012). Dilution effects in laser cladding of Ni–Cr–B–Si–C hardfacing alloys. Materials Letters vol. 84, (pp. 69-72).
- [5] C.-M. Lin, C.-M. Chang, J.-H. Chen, and W. Wu. (2010). The effects of additive elements on the microstructure characteristics and mechanical properties of Cr–Fe–C hard-facing alloys. Journal of Alloys and Compounds vol. 498, (pp. 30-36).
- [6] Rodri, x, J. guez, M. P. Guerrero-Mata, and R. Colás. (2003). Crack propagation in a hard-faced AISI type 304 stainless steel. Materials Characterization vol. 51, (pp. 95-99).
- [7] I. Konyashin, B. Ries, D. Hlawatschek, Y. Zhuk, A. Mazilkin, B. Straumal, et al. (2015). Wear-resistance and hardness: Are they directly related for nanostructured hard materials. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials vol. 49, (pp. 203-211).
- [8] H. Hinners, I. Konyashin, B. Ries, M. Petrzlik, E. A. Levashov, D. Park, et al. (2017).”



Novel hardmetals with nano-grain reinforced binder for hard-facings. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials vol. 67, (pp. 98-104).

- [9] Shigeaki Kobayashi, Takao Yakou, (2002). Control of intermetallic compound layers at interface between steel and aluminum by diffusion-treatment, Materials Science and Engineering: A vol. 338, (pp. 44-53).
- [10] Shuwan, C.,Yong, H, S, Sun, K.,Gu, S.Y. (2018). Microstructure evolution and mechanical properties of keyhole deep penetration TIG welds of S32101 duplex stainless steel. In Materials Science and Engineering A (p.214-222). DOI: 10.1016/j.msea.2017.10.051
- [11] Kyle Schafer, Benjamin Ruchte. (2010). Rajiv PithadiaFaculty. Segregation, Banding, and In-clusions in AISI 1050 Carbon Steel. Materials Processing and Design MSE (p.430-440).