AMM-210

การเชื่อมโลหะต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเคลือบสังกะสีกับโลหะผสมอะลูมิเนียม

Dissimilar Metal Joining Between Zinc Coated Low Carbon Steel And Aluminium Alloy

วุฒิกร เปานิล[1*] และรัตนบริสุทธิกุล[2]

[1] วิศวกรรมโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
[2] วิศวกรรมโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
*ติดต่อ: E-mail: rattana@sut.ac.thเบอร์โทรศัพท์: 08-7250-6828

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาผลของชั้นสังกะสีบนเหล็กกล้าแผ่นต่อการเชื่อมโลหะต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำกับโลหะผสมอะลูมิเนียมด้วยกระบวนการเชื่อมแก๊สทังสเตนอาร์ค ในการวิจัยนี้ได้ทำการเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเปลือยกับโลหะผสมอะลูมิเนียม เกรด 5052 และเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบสังกะสีกับโลหะผสมอะลูมิเนียม เกรด 5052 หนา 1.0 มิลลิเมตรเท่ากัน โดยชิ้นงานจะถูกวางในลักษณะซ้อนเกยให้เหล็กกล้าแผ่นวางไว้ด้านบนและให้ความเร็วในการเชื่อมคงที่ 0.60 เมตรต่อนาที จากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคพบว่าชั้นสารประกอบเชิงโลหะที่ก่อตัวขึ้นในกรณีการเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเปลือยกับโลหะผสมอะลูมิเนียมนั้นจะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอตลอดแนวการเชื่อมติดระหว่างเหล็กกล้ากับอะลูมิเนียม ขณะที่กรณีการเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบสังกะสีกับโลหะผสมอะลูมิเนียมนั้นชั้นสารประกอบเชิงโลหะจะมีลักษณะไม่สม่ำเสมอโดยเฉพาะที่ขอบของบ่อหลอมอะลูมิเนียม และชั้นสารประกอบเชิงโลหะนี้จะกว้างขึ้นเมื่อปริมาณความร้อนลงสู่ชิ้นงานมากขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อนำชิ้นงานเชื่อมทั้งสองกรณีไปทำการทดสอบแรงดึงเฉือนพบว่าชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบสังกะสีที่มีชั้นสารประกอบเชิงโลหะเกิดขึ้นอย่างไม่สม่ำเสมอนั้นจะสามารถต้านทานต่อแรงดึงเฉือนได้น้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าชั้นเคลือบสังกะสีที่มีอยู่บนเหล็กกล้าแผ่นส่งผลทำให้ชั้นสารประกอบเชิงโลหะกระจายในโลหะพื้นอะลูมิเนียมไม่สม่ำเสมอนั้นจะทำให้ความแข็งแรงของรอยเชื่อมต่ำลง

คำหลัก: การเชื่อมโลหะต่างชนิด, กระบวนการเชื่อม TIG, เหล็กกล้าแผ่นเคลือบสังกะสี, โลหะผสมอะลูมิเนียม

Abstract

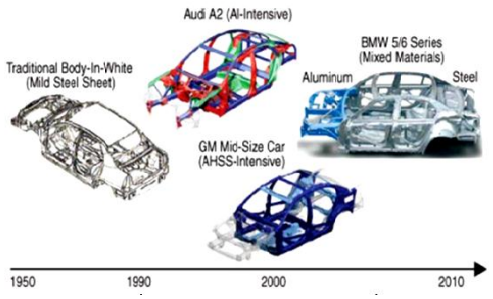
The object of the study is to understand the effect of zinc coating layer on low carbon steel sheet on the dissimilar metals joining between low carbon steel and aluminium alloy by TIG processes. In the experiment, two welding cases were done; 1) welding between non-coated steel and aluminum alloy, and 2) welding between zinc coated steel and aluminum alloy. The steel and aluminum alloy used was 1 mm of thickness. The welding configuration and welding speed used was lap joint configuration and 0.6 m/min of welding speed. According the microstructure result, it could be indicated that the uniform thickness of intermetallic compound layer in case of welding between non-coated steel and aluminium alloy was found. While, in case of welding between coated steel with aluminium alloy, this intermetallic compound layers

was non-uniform thickness, especially in the area of edge of aluminium weld pool. Moreover, the intermetallic compound layers width will increase when heat input increase in both case. Furthermore, after shear tensile test, it could be indicated that the joints of zinc coated steel and aluminum alloy could resist the load less than that of the joints between non-coated steel and aluminum alloy. From above results, it is summarized that zinc coated layer onto steel sheet could not be unevenly distributed in aluminum molten metal, which resulted in non-uniform intermetallic compound layer thickness and the poor of joining load resistance.

***Keywords**:* Dissimilar metal joining, TIG processes, Zinc coated steel sheet, Aluminium alloy.

1. บทนำ

ปัจจุบันในอุตสาหกรรมผลิตยานยนต์มีการนำโลหะแผ่นมาประกอบเป็นโครงสร้างตัวถังรถยนต์เพื่อลดน้ำหนักโดยรวมของรถยนต์ลงซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการขับขี่ โลหะแผ่นที่นำมาใช้ผลิตเป็นโครงสร้างรถยนต์มากที่สุด คือเหล็กกล้า ซึ่งจำแนกได้ 2 ประเภทด้วยกัน คือเหล็กกล้าแผ่นเปลือยและเหล็กกล้าแผ่นเคลือบ เช่น เหล็กกล้าเคลือบสังกะสี และ เหล็กกล้าเคลือบสังกะสี-อะลูมิเนียม เป็นต้น อย่างไรก็ตามด้วยวิกฤตทางด้านพลังงานในปัจจุบันที่รุนแรงขึ้นทำให้อุตสาหกรรมยานยนต์จึงจำเป็นต้องหาวิธีลดน้ำหนักโครงสร้างตัวถังรถยนต์เพิ่มขึ้นอีกหนึ่งในวิธีการที่ผู้ผลิตรถยนต์นำมาใช้ คือ การนำเอาโลหะแผ่นนอกกลุ่มเหล็กที่มีน้ำหนักเบาโดยเฉพาะอะลูมิเนียมผสมมาประกอบเป็นโครงสร้างรถยนต์ร่วมกับเหล็กกล้า ดังรูปที่ 1ที่แสดงให้เห็นถึงวิวัฒนาการของวัสดุที่นำมาประกอบเป็นโครงสร้างรถยนต์ และแนวโน้มการใช้อะลูมิเนียมผสมเข้ามาผลิตเป็นโครงสร้างตัวถังรถยนต์ร่วมกับเหล็กกล้านั้นมากขึ้น



รูปที่ 1 วิวัฒนาการของวัสดุที่นำมาผลิตโครงสร้างตัวถังรถยนต์ [1]

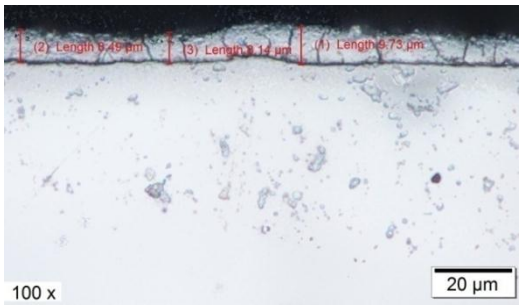
เมื่อมีการใช้เหล็กกล้าแผ่นร่วมกับอะลูมิเนียมผสมแผ่นในการผลิตเป็นโครงสร้างตัวถังรถยนต์ทำให้ในการประกอบโครงสร้างรถยนต์ผู้ผลิตรถยนต์จึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงจุดเชื่อมต่อของโลหะต่างชนิดทั้งสองได้ ด้วยเหตุนี้ในช่วง 15 ปีที่ผ่านมาจึงมีผู้ทำการศึกษาการเชื่อมโลหะต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้าแผ่นเปลือยและโลหะผสมอะลูมิเนียมกันอย่างแพร่หลาย[2-5]แต่ด้วยความหลากหลายของสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้เกิดการกัดกร่อนจึงทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไม่สามารถใช้เหล็กกล้าแผ่นเปลือยอย่างเดียวได้จำเป็นต้องใช้เหล็กกล้าแผ่นเคลือบโดยเฉพาะเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีในผลิตชิ้นส่วนของรถยนต์และรายงานการศึกษาการเชื่อมโลหะต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีกับโลหะผสมอะลูมิเนียมนั้นมีมีอยู่อย่างจำกัด [6-8]นอกจากนี้จากรายงานดังกล่าวไม่มีการยืนยันผลของชั้นสังกะสีต่อคุณภาพรอยเชื่อมอย่างชัดเจน และเพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงอิทธิพลของชั้นดังกล่าวให้ดีขึ้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการเชื่อมเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีกับโลหะผสมอะลูมิเนียมนี้ขึ้น

2. วัสดุและวิธีการทดลอง

ด้วยการวิจัยนี้ต้องการที่จะศึกษาผลของชั้นสังกะสีที่เคลือบบนเหล็กกล้าแผ่นต่อการเชื่อมโลหะต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำกับโลหะผสมอะลูมิเนียม เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าวผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กรณี ด้วยกัน คือ 1) การ

AMM-210

เชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเปลือย(ไม่มีชั้นสังกะสี)กับโลหะผสมอะลูมิเนียม และ 2) การเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบ(มีชั้นสังกะสีหรือ Galvanize Steel) กับโลหะผสมอะลูมิเนียมโดยผู้วิจัยได้ทำการเชื่อมโลหะต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้าแผ่นเคลือบสังกะสี (Galvanize Steel) และเหล็กกล้าแผ่นเปลือยกับโลหะผสมอะลูมิเนียมเกรด 5052 หนา 1 มิลลิเมตร ด้วยกระบวนการเชื่อมแก๊สทังสเตนอาร์คเวลดิ้ง ซึ่งเหล็กกล้าแผ่นเปลือยจะได้จากการเตรียมชิ้นงานเหล็กกล้าเกรดเดียวกับเหล็กกล้าแผ่นเคลือบ คือ นำเอาเหล็กกล้าแผ่นเคลือบที่มีชั้นสังกะสี (Galvanize Steel) ไปทำการเจียระไนราบผิวเพื่อกำจัดชั้นสังกะสีออกทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจได้ว่าชั้นสังกะสีจะถูกกำจัดออกหมดผู้วิจัยได้ทำการวัดความหนาของชั้นสังกะสีซึ่งมีความหนาสูงสุดประมาณ 10 ไมครอน ดังแสดงในรูปที่ 2และได้ขัดเจียรผิวเพื่อกำจัดชั้นเคลือบสังกะสีนี้ออกไม่เกิน 50 ไมครอน ดังนั้นขนาดของชิ้นงานที่จะนำมาเชื่อม คือ (85)x(65)x(1±0.05) มิลลิเมตร ส่วนผสมทางเคมีและสมบัติเชิงกลของโลหะที่นำมาทำการเชื่อมทั้งสอง แสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 2 ลักษณะของชั้นเคลือบสังกะสีบนเหล็กกล้าแผ่น (Galvanize Steel)

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของโลหะ

Material	Chemical composition (wt. %)						
	Fe	C	Mn	Si	Mg	Cu	Al
Steel	Bal.	0.05	0.17	0.018	-	0.018	0.05
A5052 alloy	0.40 (max)	-	0.10 (max)	0.25 (max)	2.2-2.8	0.10 (max)	Bal.

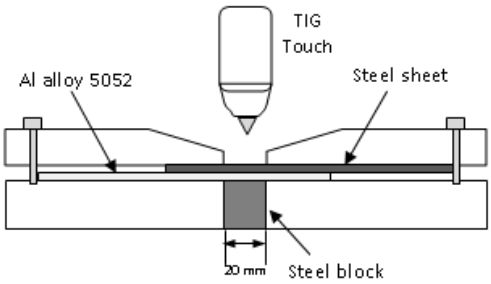
หมายเหตุ: ส่วนผสมทางเคมี A5052 alloy [4]

ตารางที่ 2 สมบัติเชิงกลของโลหะพื้น

Material	Mechanical properties		
	Yield strength (MPa)	Ultimate tensile strength (MPa)	%Elongation
Steel	233	306	67
A 5052 alloy	195	230	12

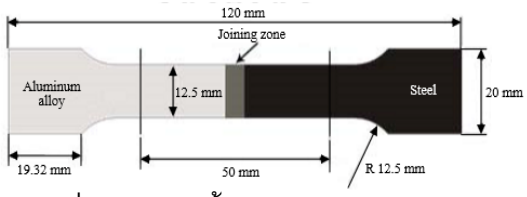
หมายเหตุ: สมบัติเชิงกลของA5052 alloy [4]

สำหรับขั้นตอนการเชื่อมนั้นผู้วิจัยได้กำหนดให้วางชิ้นงานในลักษณะซ้อนเกยให้เหล็กกล้าแผ่นอยู่ด้านบนดังแสดงรูปที่ 3 โดยในขั้นตอนของการเชื่อมผู้วิจัยได้ทำการเชื่อมด้วยกระแสไฟฟ้าแบบ DCEN ความเร็วที่ใช้ในการเชื่อมคงที่ 0.60 เมตร/นาที กระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 90-140 แอมแปร์



รูปที่ 3 การจับยึดชิ้นงานเชื่อมแบบซ้อนเกย

ภายหลังการเชื่อมแล้วเสร็จผู้วิจัยได้นำชิ้นงานเชื่อมไปตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคในแนวตัดขวางของรอยเชื่อมและสังเกตลักษณะของโครงสร้างจุลภาคที่มีการเปลี่ยนแปลงจากทั้งสองกรณีการเชื่อม หลังจากนั้นทำการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงเฉือนของชิ้นงานเชื่อมทุกสภาวะเชื่อมติดเพื่อศึกษาความสามารถในการรับแรงของรอยเชื่อมและศึกษาลักษณะการแตกหักของชิ้นงานเชื่อม โดยลักษณะชิ้นงานเชื่อมที่นำมาทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงเฉือนจะแสดงดังรูปที่ 4 และตัดจากชิ้นงานเชื่อมด้วยวิธีการตัดด้วยลวด

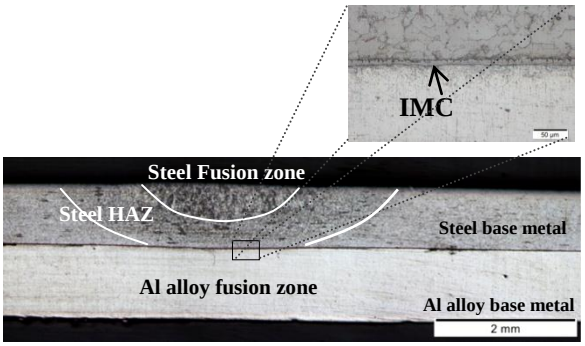


รูปที่ 4 ลักษณะชิ้นงานทดสอบแรงดึงเฉือน

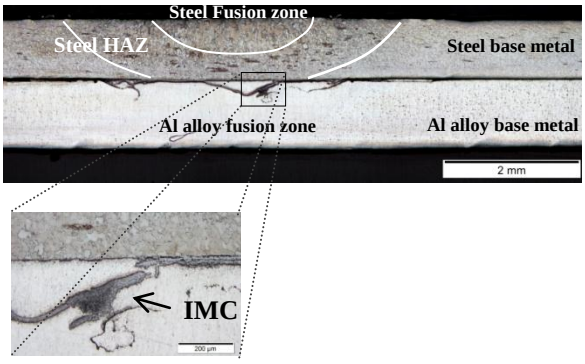
3. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1 โครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อม

รูปที่ 5 แสดงโครงสร้างจุลภาคในระนาบภาคตัดขวางรอยเชื่อม จากรูปจะเห็นได้ว่าโครงสร้างจุลภาคในชิ้นงานเชื่อมภาคตัดขวางน่าจะมีความแตกต่างกันอยู่ด้วยกัน 7 บริเวณ คือ บริเวณที่เหล็กกล้าหลอมละลาย (Steel Fusion zone) บริเวณกระทบร้อนในเหล็กกล้า (Steel HAZ) บริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้า (Steel base metal) บริเวณโลหะผสมอะลูมิเนียมหลอมเหลว (Al alloy fusion zone) บริเวณกระทบร้อนโลหะผสมอะลูมิเนียม (Al alloy HAZ) บริเวณโลหะพื้นอะลูมิเนียมผสม (Al alloy base metal) และบริเวณที่มีการก่อตัวของชั้นสารประกอบเชิงโลหะ (Intermetallic Compound Layer, IMC) อนึ่งด้วยการกัดกรดยังไม่เหมาะสมในรายงานนี้ทำให้การสังเกตบ่อหลอมโลหะผสมอะลูมิเนียม และบริเวณกระทบร้อนในโลหะผสมอะลูมิเนียมไม่ชัดเจน



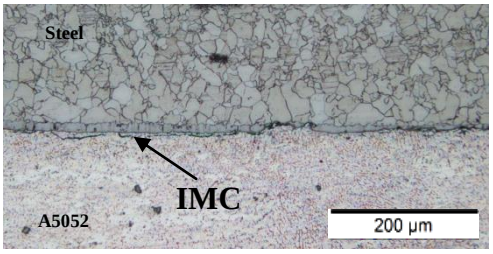
a) Steel –A5052 alloy



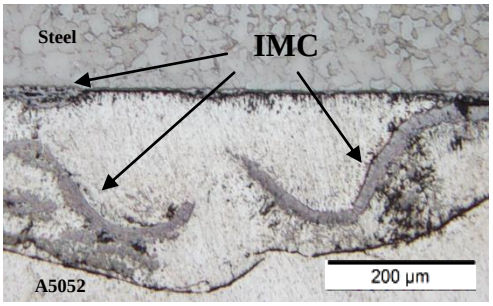
b) Galvanize steel –A5052 alloy

รูปที่ 5 ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคในระนาบตัดขวางรอยเชื่อม(กระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 110A)

นอกจากนี้จากรูปดังกล่าวผู้วิจัยยังพบว่าบริเวณต่างๆ ทั้ง 7 บริเวณของการเชื่อมทั้งสองกรณี(การเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเปลือยกับโลหะผสมอะลูมิเนียม และการเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบกับโลหะผสมอะลูมิเนียม) ลักษณะของโครงสร้างจุลภาค ณ บริเวณเหล่านั้นมีความคล้ายกันอย่างมาก ยกเว้นบริเวณชั้นสารประกอบเชิงโลหะที่พบความแตกต่างของโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานเชื่อมทั้ง 2 กรณีอย่างเด่นชัด และเมื่อทำการขยายบริเวณดังกล่าวดังแสดงในรูปที่ 6 จะพบว่ากรณีการเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเปลือยกับโลหะผสมอะลูมิเนียมชั้นสารประกอบเชิงโลหะมีความสม่ำเสมอ ขณะที่ชั้นสารประกอบเชิงโลหะที่เกิดขึ้นในกรณีการเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบกับโลหะผสมอะลูมิเนียมเนื้อมีความไม่สม่ำเสมออย่างมากและพบการตกลงของชั้นเคลือบที่ผสมกับโลหะผสมอะลูมิเนียมอีกด้วย



a) Steel-A5052 alloy



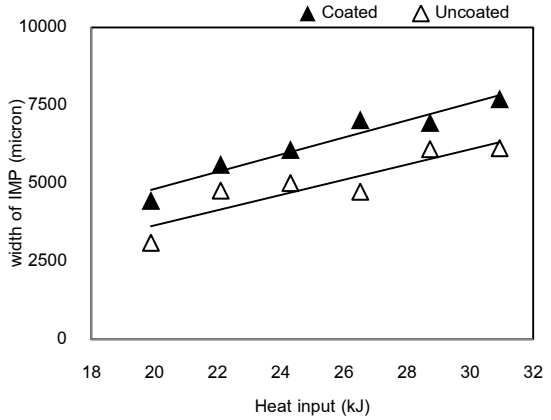
b) Galvanize steel –A5052 alloy

รูปที่ 6ลักษณะของชั้นสารประกอบเชิงโลหะ (กระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 120 A)

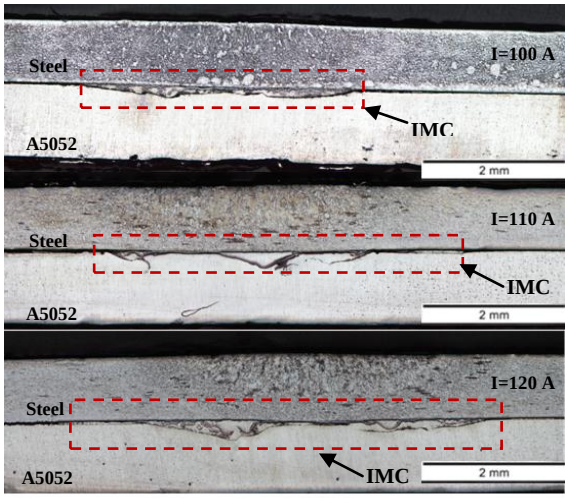
นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่าชั้นสารประกอบเชิงโลหะที่เกิดของทั้ง 2 กรณีนั้นจะมีความกว้างเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความร้อนที่ลงสู่ชิ้นงานในการเชื่อมเพิ่มมาก

AMM-210

ขึ้นและความกว้างของชั้นสารประกอบเชิงโลหะในกรณีการเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบกับโลหะผสมอะลูมิเนียมจะมากกว่ากรณีชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเปลือยกับโลหะผสมอะลูมิเนียม ดังแสดงในรูปที่ 7

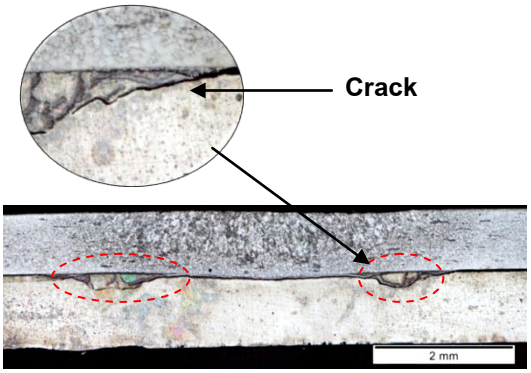


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนในการเชื่อมชิ้นงานกับความกว้างของชั้นสารประกอบเชิงโลหะ



รูปที่ 8 ภาพถ่ายกำลังขยายต่ำของภาคตัดขวางแนวรอยเชื่อม ที่กระแสไฟในการเชื่อม 100 A, 110 A และ 120 A

ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อนำภาพถ่ายที่กำลังขยายต่ำกรณีชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบกับโลหะผสมอะลูมิเนียมที่กระแสไฟในการเชื่อมต่างกันมาเปรียบเทียบกันจะพบว่าปริมาณของสารประกอบเชิงโลหะนั้นจะมีมากขึ้นอยู่ด้วยกันสองบริเวณ คือ บริเวณขอบบ่อหลอมและตรงกลางบ่อหลอม ดังแสดงในรูปที่ 8 และด้วยการมีสารประกอบเชิงโลหะมากบริเวณขอบของบ่อหลอมอะลูมิเนียมผสมทำให้ผู้วิจัยพบรอยแตก ณ บริเวณดังกล่าวสำหรับสภาวะการเชื่อมด้วยกระแสไฟฟ้าในการเชื่อมสูงๆ ดังแสดงในรูปที่ 9



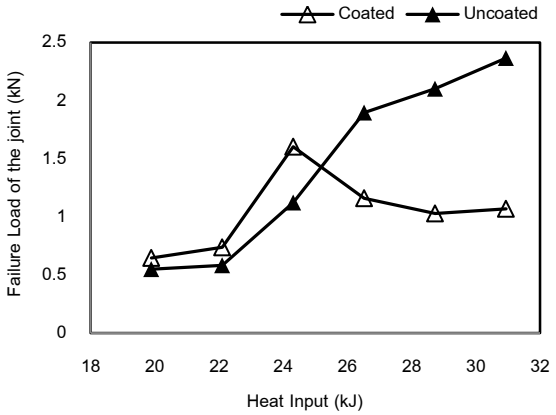
รูปที่ 9 บริเวณที่มีการก่อตัวของชั้นสารประกอบเชิงโลหะที่ไม่สม่ำเสมอและมีรอยแตกเกิดขึ้น (กระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 140 A)

จากผลการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคดังกล่าว ผู้วิจัยคาดการณ์ว่าชั้นของสังกะสีที่เคลือบขณะทำการเชื่อมเกิดการละลายก่อนด้วยจุดหลอมตัวของสังกะสีต่ำกว่าอะลูมิเนียมมาก เมื่อสังกะสีเริ่มละลายจึงเกิดการผสมเข้ากับชั้นของอะลูมิเนียมผสมด้านล่างทำให้เกิดการเชื่อมติด ส่งผลให้การเชื่อมติดของเหล็กกล้าแผ่นเคลือบกับโลหะอะลูมิเนียมผสมได้รอยเชื่อมที่กว้างกว่า นอกจากนี้ด้วยสังกะสีมีความหนาแน่นสูงกว่าเมื่ออะลูมิเนียมเกิดการละลายจึงพยายามจมลงและพยายามผสมกับอะลูมิเนียม เราจึงเห็นชั้นของแผ่นเคลือบในบ่อหลอมอะลูมิเนียม ประจวบเหมาะกับการหลอมของอะลูมิเนียมผสมขณะหลอมมีการไหลและการไหลนั้นจะช่วยให้เกิดการผสมแต่การผสมดังกล่าวจะไม่ค่อยดี ณ บริเวณใจกลางและขอบบ่อหลอมส่งผลให้พบชั้นของสารประกอบเชิงโลหะที่หนาที่เกิดจากการผสมของสังกะสีกับโลหะอะลูมิเนียมผสมและบางบริเวณอื่น ซึ่งเป็นต้นเหตุของการไม่สม่ำเสมอของชั้นสารประกอบเชิงโลหะ นอกจากนี้ด้วยชั้นสารประกอบเชิงโลหะดังกล่าวเกิดขึ้นหนาบริเวณขอบ

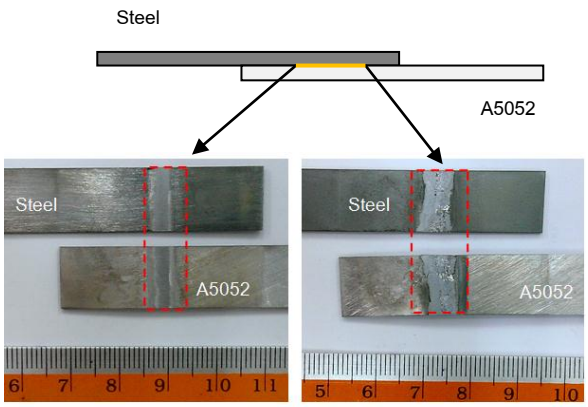
บ่อหลอมที่ต้องรับแรงดึงขณะเกิดการแข็งตัวจึงมักพบการแตกหักที่ขอบบ่อหลอมในกรณีการเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบกับโลหะผสมอะลูมิเนียม ผิดกับกรณีการเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเปลือยกับโลหะอะลูมิเนียมผสมที่ชั้นดังกล่าวจะบางมากที่บริเวณขอบของบ่อหลอมที่ลดปัญหาการแตกหักที่ขอบบ่อหลอมลงได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยคาดการณ์ว่าความหนาของชั้นเคลือบสังกะสีที่หนามากมีผลต่อการผสมกันได้ไม่ดีของชั้นสังกะสีในโลหะผสมอะลูมิเนียมจึงต้องมีการควบคุมในกระบวนการชุบเคลือบสังกะสีให้ชั้นเคลือบสังกะสีบางมากๆ เพื่อทำให้สังกะสีสามารถละลายและผสมกันได้ดีในโลหะผสมอะลูมิเนียม

3.2 ผลการทดสอบแรงดึงเฉือน

รูปที่ 10 แสดงความสามารถในการต้านทานต่อการแตกหักเสียหายของชิ้นงานเชื่อมต่างๆสัมพันธ์กับความร้อนที่ใช้ในการเชื่อมจากรูปที่ 10 พบว่ากรณีการเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเปลือยกับโลหะผสมอะลูมิเนียมนั้นส่วนใหญ่จะมีความต้านทานต่อการแตกหักเสียหายจะเพิ่มขึ้นตามความร้อนที่ลงสู่ชิ้นงาน ในขณะที่การเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบ(Galvanize Steel) กับโลหะผสมอะลูมิเนียมความสามารถในการต้านทานต่อการแตกหักเสียหายของชิ้นงานเชื่อมสูงขึ้นในช่วงแรกและลดลงเมื่อความร้อนสูงขึ้น และเมื่อทำการเปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานต่อการแตกหักเสียหายของชิ้นงานเชื่อมของทั้งสองกรณีจะพบว่าในช่วงปริมาณความร้อนน้อยๆ ชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบกับโลหะผสมอะลูมิเนียมจะให้ความสามารถในการต้านทานต่อการแตกหักเสียหายของชิ้นงานเชื่อมสูงกว่า และเมื่อปริมาณความร้อนเพิ่มมากขึ้นความสามารถในการต้านทานต่อการแตกหักเสียหายของชิ้นงานเชื่อมกรณีการเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบกับโลหะผสมอะลูมิเนียมกลับต่ำกว่า นอกจากนี้เมื่อผู้วิจัยทำการตรวจสอบรอยแตกหักที่แสดงตัวอย่างของรอยแตกหักในรูปที่ 11 พบว่าชิ้นงานเชื่อมแตกหักที่ชั้นสารประกอบเชิงโลหะทั้งสองกรณีการเชื่อมแต่กรณีของการแตกหักของชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีกับโลหะผสมอะลูมิเนียมให้รอยแตกที่ขรุขระกว่ารอยแตกของชิ้นงานเหล็กกล้าแผ่นเปลือยกับโลหะผสมอะลูมิเนียม ที่เป็นเช่นนี้ผู้วิจัยคาดการณ์ว่าน่าจะเกิดจากที่รอยเชื่อมติดกรณีที่เชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบกับโลหะผสมอะลูมิเนียมมีความกว้างมากกว่าทำให้สามารถรับแรงได้มากกว่าในช่วงความร้อนในการเชื่อมน้อยๆและเมื่อความร้อนลงสู่ชิ้นงานมากขึ้นทำให้พบรอยแตกที่ขอบบ่อหลอมในกรณีการเชื่อมเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีกับโลหะอะลูมิเนียมผสมทำให้ความสามารถในการรับแรงของชิ้นงานเชื่อมที่ได้ไม่สูงขึ้นไปดังเช่นการเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเปลือยกับโลหะผสมอะลูมิเนียม



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนในการเชื่อมและความสามารถในการต้านทานต่อการแตกหักเสียหาย



a) 140A Uncoated steel-A5052

b) 140A Coated steel-A5052

รูปที่ 11 ลักษณะผิวรอยเชื่อมภายหลังทดสอบแรงดึง-เฉือน (กระแสไฟฟ้าในการเชื่อม 140 A)

4. สรุป

จากผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้ ชั้นเคลือบสังกะสีบนเหล็กกล้าแผ่นมีผลทำให้เกิดการก่อตัวของชั้นสารประกอบเชิงโลหะที่ไม่สม่ำเสมอตลอดแนวการเชื่อมติดระหว่างเหล็กกล้ากับอะลูมิเนียม ซึ่งน่าจะเกิดจากการละลายอย่างไม่สมบูรณ์ของชั้นเคลือบสังกะสีดังกล่าวในขณะเชื่อม เมื่อชั้นสารประกอบเชิงโลหะมีความหนาไม่สม่ำเสมอ เมื่อรอยเชื่อมเกิดการแข็งตัวทำให้เกิดแรงดึงเนื่องจากการหดตัวของรอยเชื่อมที่ไม่สม่ำเสมอส่งผลให้มักพบรอยแตกในชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีกับโลหะผสมอะลูมิเนียม นอกจากนี้ชั้นเคลือบสังกะสีบนแผ่นเหล็กกล้ายังมีผลต่อความกว้างของการเชื่อมติด โดยทำให้รอยเชื่อมติดมากขึ้น อย่างไรก็ตามด้วยชั้นเคลือบสังกะสีมีผลให้การก่อตัวของรอยแตกที่ขอบบ่อหลอมจึงทำให้ชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเคลือบสังกะสีกับโลหะผสมอะลูมิเนียมจึงมีความต้านทานการแตกหักที่ต่ำกว่าการเชื่อมเหล็กกล้าแผ่นเปลือยกับโลหะผสมอะลูมิเนียม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ บริษัท โตโยต้า มอเตอร์ เอเชียแปซิฟิค เอ็นจิเนียริ่งแอนด์แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด (TMAP-EM) ที่อนุเคราะห์ชิ้นงานเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี SCGA 270C Galvannealed Steel สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] A.I. Taub, P.E. Krajewski, A.A. Luo, and J.N. Owens (2007)The Evolution of Technology for Materials Processing the Automotive Example, JOM, February2007, pp.48-57.

[2] ภูษิต มิตรสมหวัง,รัตนบริสุทธิกุล, ศิริรัตน์ รัตนจันทร์ และโยชิฮารุ มูโต้(2552) การศึกษาความเป็นไปได้ในการเชื่อมโลหะต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้าแผ่นกับอะลูมิเนียมผสมแผ่นด้วยกระบวนการเชื่อมทิก, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23, 4-7 พฤศจิกายน 2552, จังหวัดเชียงใหม่

[3] รัตนบริสุทธิกุล, สุกิจ พอใจ, อำไพศรี ไหวพริบ, อุบลวรรณ ว่องกิตติพงษ์ และ ธิตพงศ์ สารปรัง (2555) ผลของแท่งโลหะรองหลังงานเชื่อมต่อชิ้นงานโลหะต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้ากับโลหะผสมอะลูมิเนียม, วารสารการเชื่อมไทย ฉบับที่ 55, มกราคม-เมษายน 2555, หน้า 12-17.

[4] ภูษิต มิตรสมหวัง และ รัตนบริสุทธิกุล (2553) อิทธิพลของตัวแปรงานเชื่อมต่อคุณภาพของรอยเชื่อมโลหะแผ่นต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้ากับโลหะผสมอะลูมิเนียมเกรด 5052-H32, วารสารการเชื่อมไทย ฉบับที่ 52, มกราคม-เมษายน 2553, หน้า13-18

[5] ภูษิต มิตรสมหวัง และ รัตนบริสุทธิกุล (2551). การเชื่อมโลหะต่างชนิดระห่างเหล็กกล้ากับอะลูมิเนียมเกรด 5052, วารสารการเชื่อมไทย ฉบับที่ 51, กันยายน-ธันวาคม 2551, หน้า 21-25.

[6] G. Sierra, P. Peyre, F. DeschauxBeaume, D. Stuart and G. Fras (2008). Galvanised steel to aluminium joining by laser and GTAW processes, Materials Characterization 59(2008), pp. 1705-1715.

[7] F. Haddadi, D. Strong and P.B. Prangnell (2012). Effect of Zinc Coating on Joint Properties and Interfacial Reactions in Aluminum to steel Ultrasonic Spot Welding, JOM. Vol. 64 No.3, Published online March 2, 2012, pp. 407-413.

[8] H.T. Zhang, J.C. Feng, P. He and H. Hackl (2007). Interfacial microstructure and mechanical properties of aluminium-zinc-coated steel joint made by a modified metal inert gas welding-

brazing process, Materials Characterization 58(2007), pp. 588-592.