

บทความวิจัย (Research Article)

การศึกษาสมบัติทางโลหะวิทยาของการเชื่อมอะลูมิเนียมผสมโลหะกึ่งแข็ง 356 ปิดคลุมด้วยก๊าซอาร์กอน

ธงชัย เครือผือ^{1*}, ปัญญา วงศ์ต่าย², ประภาศ เมืองจันทร์บุรี³

Study on metallurgical properties of semi-solid metal aluminium alloy 356 welding covered by argon gas

Thongchai Khrueaphue^{1*}, Panya Wongtai², Prapas Muangjunburee³

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok Campus, Phitsanulok Province 65000

² Program of Logistics Engineering, Faculty of Engineering, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi Province 22000

³ Department of Mining and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hatyai Campus, Songkhla Province 90100

* Corresponding author, E-mail: thongchai5555@hotmail.com

Naresuan Phayao J. 2015:8(3):170-173.

บทคัดย่อ

การศึกษามุ่งหมายกำหนดหาสมบัติทางโลหะวิทยาของการเชื่อมอะลูมิเนียมผสมโลหะกึ่งแข็ง 356 แบบต่อชนด้วยกรรมวิธีการเชื่อมในสภาวะกึ่งแข็งปกคลุมด้วยก๊าซอาร์กอน, รูปทรงมหภาคปรากฏเป็นส่วนใหญ่เมื่อความเร็วหัวมุด 1,320 รอบต่อนาที เช่นเดียวกับลักษณะจุลภาคคล้ายเส้นใยประสาทเมื่อความเร็วการเชื่อม 120 มิลลิเมตร (มม.) ต่อนาที, ที่ความเร็วหัวมุด 1,110 รอบต่อนาที, เกิดก้อนกลมจุลภาคเด่นชัดมากกว่า, โดยเฉพาะความเร็วการเชื่อม 160 มม. ต่อนาที นอกจากนี้ก๊าซอาร์กอนยังเพิ่มความร้อนขณะเชื่อม

คำสำคัญ: อะลูมิเนียมโลหะกึ่งแข็ง 356, ก๊าซอาร์กอนปกคลุม, รอยยึดต่อ

Abstract

The study aims to determine the metallurgical properties of butt joint welding of aluminum alloys SSM 356 with semi-solid state joining process covered by argon gas. Porosities were macroscopically and mostly appeared with pin speed at 1,320 revolutions per minute (rpm), as well as microscopically dendrite characteristic at welding speed of 120 mm per min. The characteristic was microscopically and markedly round shape at 1,110 rpm, especially the welding speed of 160 mm per min. The welding speed of 120 mm per min provided smoother grain dispersing. In addition, argon also increased the heat while welding.

Keywords: Semi-solid state aluminium alloy 356, argon gas cover, bond line

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาวิทยาเขตพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

² สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอัญมณีศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี 22000

³ ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90100

รับต้นฉบับวันที่ 14 สิงหาคม 2558, รับลงตีพิมพ์วันที่ 18 พฤศจิกายน 2558

บทนำ

อะลูมิเนียมโลหะกึ่งแข็ง (semi-solid metal – SSM) เป็นวัสดุใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์และเครื่องบิน ข้อได้เปรียบคือ ผลิตภัณฑ์ส่วนรูปร่างซับซ้อนได้ขนาดใกล้เคียงดังต้องการ (near net shape) [1] การเชื่อมนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการหล่อแบบ (casting) ส่วนประกอบ ด้วยกระบวนการเชื่อมภาวะเป็นของแข็งและหลอมรวม, สำหรับกระบวนการเชื่อมตามแบบฉบับ (conventional welding) นำไปสู่การก่อรูปรูพรุนเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างจุลภาค [2] ดังนั้นเทคนิคการต่อเชื่อมที่เหมาะสมคือต้องเอาชนะปัญหาเหล่านี้ด้วยวิธีการต่อเชื่อมภาวะของแข็งโดยการยึดเกาะแบบแพร่กระจาย (diffusion bonding)

อลูมิเนียมผสมโลหะกึ่งแข็ง 356 ได้จากเทคนิคกระบวนการขึ้นรูปโลหะในสภาวะกึ่งแข็งของแข็งแบบใหม่ (new rheocasting technique) เรียกว่ากาซเหนียวนำกระบวนการกึ่งของแข็ง (gas induced semi solid – GISS), การยึดเกาะแบบแพร่กระจายประกอบด้วยสามตัวแปรเสริม (parameter) ประกอบด้วยเวลา, อุณหภูมิ และความดัน วิธีการนี้นำวัสดุคู่กันมาเชื่อมภายใต้ความดันที่ห่างจากความเค้นวิกฤติที่ทำให้เกิดการคราก (yield strength) หรือต่ำกว่าจุดหลอมละลายของแร่โลหะ (base material) [3] ส่วนการยึดเกาะแบบแพร่กระจายของอะลูมิเนียมผสมเกิดจากการสร้างฟิล์มออกไซด์ปกป้อง อันเป็นธรรมชาติของอะลูมิเนียมในการต้านทานความกัดกร่อนเพราะมีความเสถียร (stability) และความเหนียวเหนียว (tenacity) ณ อุณหภูมิสูง รวมถึงปฏิกิริยาการแพร่กระจายของอะตอม [4] อย่างไรก็ตามสามารถหลีกเลี่ยงปัญหาจากฟิล์มออกไซด์โดยการต่อเชื่อมในสุญญากาศหรือภายใต้บรรยากาศกาซปกคลุม [5,6]

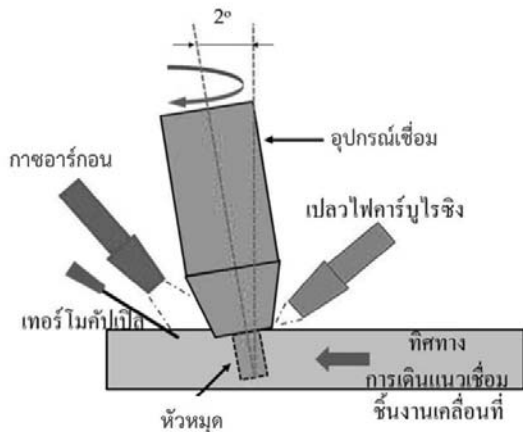
คณะผู้วิจัยมุ่งหมายศึกษาเชื่อมอะลูมิเนียมผสมโลหะกึ่งแข็ง 356 แบบต่อชน ด้วยกรรมวิธีการเชื่อมในสภาวะกึ่งแข็งปกคลุมด้วยกาซอาร์กอน

วัสดุและวิธีการ

ใช้อะลูมิเนียมผสมโลหะกึ่งแข็ง 356 (มีธาตุซิลิกอนร้อยละ 7.74 โดยน้ำหนัก) ขนาด 100 x 40 x 4 มิลลิเมตร (มม.), ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จำนวน 24 ชิ้น, ประยุกต์เครื่องกัดแนวตั้งเป็นเครื่องเชื่อม, หัวหมุดเชื่อม (tool pin) มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก, ทำจากเหล็กใช้สำหรับเครื่องมือความเร็วสูง (SKH 57) [7] ขนาดปากหัวหมุด 6 มม. ความโตหัวหมุด 3.5 มม. เปรียบเทียบความเร็วหัวหมุด 1,320 และ 1,110 รอบต่อนาที (revolutions per minute - rpm) กับความเร็วการเชื่อม 120 และ 160 มม. ต่อนาที [8] ร่วมกับกาซอาร์กอนปกคลุมแนวเชื่อม, หัวหมุดมุมเอียงเท่ากับ 2 องศาและหมุนตามเข็มนาฬิกา, เป็นการเชื่อมเสียดทานหมุนวน (friction stir welding) ดังนั้นรอยเชื่อมด้านถดถอย (retreating side) หมายถึงด้านที่ถูกกวานให้เนื้อออกไปเติมด้านรุดหน้า (advancing side) เทียบกับทิศทางการเชื่อม, รอยเชื่อมถดถอยอยู่ด้านขวามือ, ส่วนรอยเชื่อมด้านรุดหน้าหมายถึงด้านที่ถูกกวานให้เนื้อเข้ามาเติมจากด้านถดถอย, สำหรับด้านรุดหน้าจะอยู่ทางด้านซ้ายของรอยเชื่อม หรืออยู่ด้านตรงกันข้ามกับด้านถดถอยเสมอ

เชื่อมในสภาวะกึ่งแข็งแบบต่อชน โดยยึดชิ้นงานติดกับแท่นรองเลื่อนของเครื่องกัด ก่อนเชื่อมอุ่นชิ้นงานด้วยเปลวไฟนาน 1 นาที ใช้ไฟคาร์บูไรซิงเป่าบริเวณรอยเชื่อมนาน 10 วินาที, วัดอุณหภูมิขณะเชื่อมด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ลระหว่าง 590 ถึง 610 องศาเซลเซียส (องศาซี) จากนั้นป้อนหัวหมุดกำลังหมุนจนปัสสัมผัสผิวหน้าชิ้นงานค้างไว้นาน 10 วินาที, เคลื่อนชิ้นงานเข้าหาหัวหมุด และเดินแนวทางการเชื่อมภายใต้กาซอาร์กอนปกคลุมจนเสร็จ แสดงดังรูป 1.

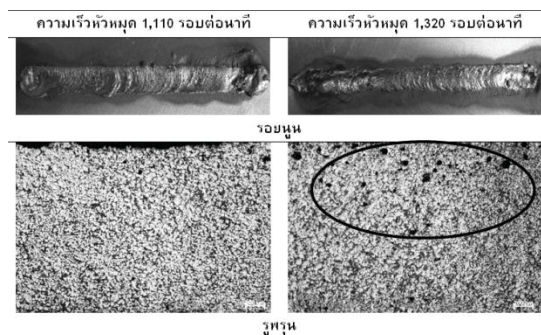
ตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยาโดยตัดบริเวณจุดกึ่งกลางรอยเชื่อม, ขัดเตรียมผิวด้วยเครื่องขัดผิวโลหะ และผ่านการกัดผิวหน้าชิ้นงานด้วย (Keller's reagent ประกอบด้วยกรดไนตริก, กรดไฮโดรคลอริก และกรดไฮโดรฟลูออริก), นาน 5 ถึง 8 วินาที, เป่าให้แห้งด้วยลมร้อน, ใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัลบันทึกลักษณะรอยเชื่อมมหภาค และใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light microscope) ระบุหลักลักษณะจุลภาค



รูป 1. การเชื่อมในสภาวะกึ่งแข็งร่วมกับก๊าซอาร์กอน
ปกคลุมแนวเชื่อม

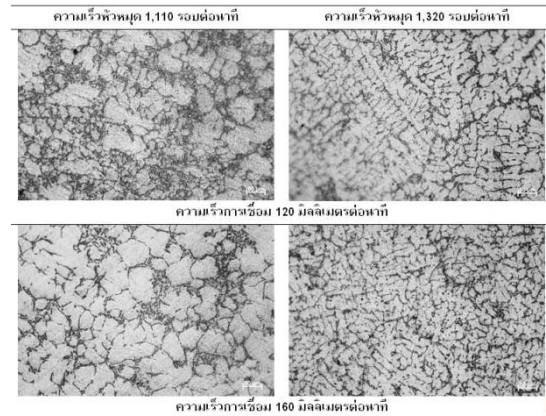
ผลการศึกษา

ลักษณะมหภาคไม่พบรอยแตก, ปรากฏคลื่น
นูนเล็กน้อย, มีรอยขรุขระจากการกวของหัวหมุด,
พบรอยดำจากความร้อนขณะเชื่อม ด้วยความเร็วหัว
หมุด 1,110 รอบต่อนาที, ผิวหน้ารอยเชื่อมสมบูรณ์
และเรียบมากกว่า, ขณะที่ความเร็วหัวหมุด 1,320
รอบต่อนาทีเกิดรูพูน (ในวงรี) แสดงดังรูป 2.



รูป 2. ลักษณะมหภาครอยนูนและรูพูนของรอยเชื่อม

ก่อนกลมจุลภาคประกอบด้วยเม็ดหยาบก่อนสี
ขาวเป็นเฟสอะลูมิเนียม ส่วนก่อนสีดำสลับขาวเป็นเฟส
ยูเทคติกส์ประกอบด้วยเฟสอะลูมิเนียมผสมกับเฟส
ซิลิกอน, ด้วยภาพขนาดมาตรวัด 50 ไมครอน (μ) เกิด
ก่อนกลมที่ความเร็วหัวหมุด 1,110 รอบต่อนาที
เด่นชัดและกระจายตัวมากกว่า, โดยเฉพาะความเร็ว
การเชื่อม 160 มม. ต่อนาที ส่วนการเกิดลักษณะ
จุลภาคคล้ายเส้นใยประสาทเด่นชัดและมากกว่า, ที่
ความเร็วหัวหมุด 1,320 รอบต่อนาที และความเร็วการ
เชื่อม 120 มม. ต่อนาที แสดงดังรูป 3.



รูป 3. ลักษณะจุลภาคก่อนกลมและคล้ายเส้นใย
ประสาทของรอยเชื่อม

วิจารณ์

อัตราการกว 1,110 รอบต่อนาทีเอื้อต่อความ
เรียบของรอยเชื่อมมากกว่า โดยทั่วไปการเพิ่มอัตรา
กวของหัวหมุดถึง 1,750 รอบต่อนาที, ความเร็วการ
เชื่อม 70 มม. ต่อนาที, ทำให้ผิวหน้าของรอยเชื่อม
เรียบและความทนแรงดึง 103.4 เมกะปาสคาล
(MPa) [9,10] เพราะฉะนั้นความทนแรงดึงจึงขึ้นหลาย
เหตุปัจจัย [3] ส่วนก๊าซอาร์กอนปกคลุมเป็นระบบให้
ความร้อนด้วยก๊าซ, เพื่อเพิ่มความร้อนไปสู่อุณหภูมิ
ตามต้องการ [11] ดังนั้นการเพิ่มความร้อนส่งผล
เพิ่มขนาดของก่อนกลมจุลภาค อันเกี่ยวข้องกับ
ประสิทธิภาพการต่อเชื่อม [12]

โดยสรุปการเชื่อมเสียดทานหมุนกวพัฒนา
อย่างทวีคูณ ประยุกต์ใช้จนเกิดสิทธิบัตรมากกว่า
1,900 ฉบับ และยังคงวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, คณะเทคโนโลยี
อุตสาหกรรมและอณูอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ
รำไพพรรณี ผู้ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนวิจัย,
เครื่องมือ และอุปกรณ์การวิจัย ตลอดจนคณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ผู้เป็น
ให้ความช่วยเหลือทางเทคนิคในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

1. Tylecote RF. Diffusion bonding. Part I. Weld Metal Fabric. 1967;35:483-9.
2. Dunford DV, Partridge PG. Shear and peel strengths of diffusion bonded al-alloys. In: Pearce R, Kelly L, editors. Synerplasticity in aerospace-aluminium. Curdridge, Southampton, Hamshire: Ashford Press;1985. p. 257-284.
3. Masahashi N, Hanada S. Effect of pressure application by HIP on microstructure evolution during diffusion bonding. Mater Transac. 2005;46(7):1651-5.
4. Lee CS, Li H, Chandel RS. Vacuum-free diffusion bonding of aluminium metal matrix composite, J Mater Process Technol. 1999;89-90:326-30.
5. XP Zhang, Ye L, Mai YW, Quan GF, Wei W. Investigation on diffusion bonding characteristics of SiC particulate reinforced aluminium metal matrix composites (Al/SiC_p-MMC). Composites Part A. 1999;30:1415-21.
6. Wannasin J, Thanaburungkul S. Development of a semi-solid metal processing technique for aluminium casting applications. Songklanakarin J Sci Technol. 2008;30(2):215-20.
7. Elangovan K, Balasubramanian V. Influences of pin profile and rotational speed of the tool on the formation of friction stir processing zone in AA2219 aluminium alloy. Mater Sci Eng A. 2007;459(1-2):7-18.
8. Geoawdee A, Muangjunburee P. Mechanical properties improvement of semi-solid state joining of aluminum alloys SSM A356. Kye Eng Mater. 2015;658:146-50.
9. Petkhwan A, Muangjunburee P, Wannasin J. Investigation of microstructure and mechanical properties of semi-solid state joining of SSM aluminum alloys. Appl Mecha Mater. 2014;496-500:371-5.
10. Huibin Xu, Quanxiang Luo, Bofang Zhou, Youliang Zeng, Changhua Du. The Effect of Stirring Rate on Semisolid Stirring Brazing of SiCp/A356 Composites in Air. Materials and Design 2012;34(2):452-8.
11. Alvani SMJ, Aashuri H, Kokabi A, Beygi R. Semisolid joining of aluminium A356 alloy by partial remelting and mechanical stirring. Trans Nonferrous Met Soc China. 2010;20(9):1792-8.
12. Meengam C, Muangjunburee P, Wannasin J. Diffusion bonding of semi-solid (SSM 356) cast aluminium alloy. Int J Modern Eng Res. 2014; 4(5):5-11.