แผนงานวิจัย เรื่อง

การปรับปรุงสมบัติรอยเชื่อมอลูมิเนียมผสมด้วยเทคโนโลยีการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน

(An Improvement of Aluminum Alloy Welds by Friction Stir Welding Technology)

โครงการวิจัย เรื่อง

อิทธิพลตัวแปรการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนต่อสมบัติรอยต่อชน ระหว่างอลูมิเนียมเกรด 6063 สภาพหล่อและรีด

(Effect of Friction Stir Welding Parameter on Butt Joint Properties between As Cast and Wrought AA6063-T1 Aluminum Alloy)

โดย

นส.ปรกช	**สิริสุวัณณ์**
ผศ.ดร.กิตติพงษ์	**กิมะพงศ์**
ผศ.ไพบูลย์	**แย้มเผื่อน**

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

งบประมาณประจำปี 2553

ผู้วิจัย : นส.ปรกช สิริสุวัณณ์
ผศ.ดร. กิตติพงษ์ กิมะพงศ์
ผศ.ไพบูลย์ แย้มเผื่อน
ชื่องานวิจัย : อิทธิพลตัวแปรการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนต่อสมบัติรอยต่อชนระหว่างอลูมิเนียมเกรด 6063 สภาพหล่อและรีด
หน่วยงาน : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

อลูมิเนียมเป็นโลหะสำคัญในงานอุตสาหกรรม สามารถแบ่งแยกรูปแบบของการใช้งานออกเป็น 2 ชนิด คือ อลูมิเนียมหล่อและอลูมิเนียมแผ่นรีด การนำเอาอลูมิเนียมที่มีการขึ้นรูปต่างกันมาเชื่อมเข้าด้วยจำเป็นต้องใช้การเชื่อมที่มีประสิทธิภาพในการยึดโลหะเข้าด้วยกัน การเชื่อมเสียดทานแบบกวนเป็นการเชื่อมในสภาวะของแข็ง ที่สามารถเชื่อมวัสดุที่มีความยากต่อการเชื่อมหลอมละลายที่คาดว่าสามารถประยุกต์ใช้ในการเชื่อมอลูมิเนียมที่ผ่านการขึ้นรูปที่แตกต่างกันได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจึงจุดประสงค์ในการเชื่อมเสียดทานแบบกวนรอยต่อระหว่างอลูมิเนียม 6063 แผ่นรีดและแผ่นหล่อโดยทำการเปลี่ยนแปลงตัวแปรการเชื่อมเพื่อหาสภาวะการเชื่อมที่เหมาะสมในการประยุกต์ ใช้ในอนาคตต่อไป

วัสดุที่ใช้ทำรอยต่อชน คือ แผ่นอลูมิเนียมรีดและหล่อเกรด AA6063 หนา 6.3 มม. ขนาดกว้าง 75 มม. ยาว 200 มม. เครื่องมือเชื่อมที่มีตัวกวนทำจากทังสะเตนคาร์ไบด์ที่มีรูปร่างทรงกระบอกเกลียว ถูกนำมาทำการเชื่อมด้วยความเร็วรอบ 500-1500 rpm และความเร็วเดินแนวเชื่อม 50-200 mm/min แนวเชื่อมที่ได้ทำการจัดเตรียมชิ้นงานเพื่อทำการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง และทำการทดสอบความต้านทานแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง

ผลการทดลองโดยสรุปมีดังนี้ การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบและความเร็วเดินแนวส่งผลต่อความสมบูรณ์ของแนวเชื่อม ความเร็วรอบสูง เช่น 2000 rpm ทำให้ได้ชิ้นงานที่ไม่มีความสมบูรณ์ ความแข็งแรงของรอยต่อที่สมบูรณ์ มีค่าความแข็ง แรงสูง ตำแหน่งการพังทลายของชิ้นทดสอบแรงดึงเกิดขึ้นที่อลูมิเนียมแผ่นหล่อ ค่าความแข็งแรงมีค่ามากกว่าอลูมิเนียมแผ่นหล่อประมาณ 10-15% โครงสร้างจุลภาคแสดงการรวมตัวกันของอลูมิเนียมทั้งสอง เป็นแนวยาวจากด้านล่างสู่บนด้านแผ่นรีด แต่ด้านแผ่นหล่ออินเทอร์เฟสประสานกันโดยการเกิดการอัดแน่นของโลหะทั้งสอง

คำสำคัญ: การเชื่อมเสียดทานแบบกวน, ตัวกวน, รอยต่อชน, อลูมิเนียม, ความแข็งแรงดึง

Name : Miss Poragoch Sirisuwan
Assist. Prof. Dr. Kittipong Kimapong
Assist. Prof.Paiboon Yampuern
Research Title : Effect of Friction Stir Welding Parameter on Butt Joint Properties between As Cast and Wrought AA6063-T1 Aluminum Alloy
หน่วยงาน : Department of Industrial Engineering Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Abstract

Aluminum is an important metal for an industry and can be dived to 2 application groups which are As-cast form and rolled plate form. When the dissimilar forming processes aluminum is applied for industry, a high performance joining process is required for holding the metals efficiency. A friction stir welding is a solid state welding that could weld a difficult-to-weld metal such as aluminum and was expected to weld the aluminum in different forming processes. So, this research aims to friction stir weld As-cast and rolled plate 6063 aluminum alloy and investigate for the optimum condition that is the advantage for near future allocation.

As-cast and rolled plate 6063 aluminum alloy were the materials in this study. The materials dimension was the rectangular shape of 6.3 mm. thick, 75 mm. wide and 200 mm. long. The welding tool that made of tungsten carbide had a shape of screw cylindrical. The welding parameter was the rotating speed of 500-2000 rpm and a travelling speed of 50-200 mm/min. The joints that produced by various welding conditions were prepared for the microstructure examination by an optical microscope and the tensile test by tension test machine.

The summarized results are as follows. The variation of the welding parameters affected to the completion of the joint. The high rotating speed of 2000 rpm could not produce the sound joint and gave the low tensile strength. The proper conditions gave a sound joint with high tensile strength and had the failure location on the as-cast aluminum base metal. Most of the tensile strengths of the sound joint were 5-10% higher than that of the as-cast aluminum base metal. A microstructure showed the perfect combination of the metals along the weld metal and the as-cast side shoed the compaction of the aluminum layer from both aluminum sides.

Keywords: friction stir welding, stirrer, butt joint, aluminum, tensile strength

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปี 2553 ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สามารถดำเนินการ และบรรลุวัตถุประสงค์ดังที่ตั้งไว้

ขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการเครื่องจักรกลอัตโนมัติ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้งานเครื่องกัดอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ที่มีความเที่ยงตรงสูง ทำให้การควบคุมการทดลองในกระบวนการเชื่อมเป็นไปได้อย่างราบรื่น

สุดท้าย คณะผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครูบาอาจารย์ ที่อบรมสั่งสอน จนทำให้คณะผู้วิจัยมีโอกาสในการทำวิจัยนี้ นอกจากนั้นขอกราบขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยชิ้นนี้ ซึ่งคณะผู้วิจัยไม่ได้เอ่ยนามถึง ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบแด่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ปรกช สิริสุวัณณ์
กิตติพงษ์ กิมะพงศ์
ไพบูลย์ แย้มเผื่อน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 แนวคิดและที่มาของโครงการ	1
1.2 จุดประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวข้อง	**4**
2.1 วัสดุ	4
2.2 การเชื่อมโลหะ	10
2.3 การทดสอบสมบัติของวัสดุ	22
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	**31**
3.1 แผนการดำเนินงาน	31
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง	38
3.3 การเชื่อมเสียดทานแบบกวนที่สภาวะการเชื่อมต่างๆ	43
3.4 การทดสอบสมบัติทางกล	46
3.5 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค	47
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	**50**
4.1 สมบัติของรอยต่อที่ความเร็วรอบ 500 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	50
4.2 สมบัติของรอยต่อที่ความเร็วรอบ 1000 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	57
4.3 สมบัติของรอยต่อที่ความเร็วรอบ 1500 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	63
4.4 สมบัติของรอยต่อที่ความเร็วรอบ 2000 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	72

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	**81**
5.1 สรุปผลการทดลอง	81
5.2 ข้อเสนอแนะ	83
บรรณานุกรม	84
ภาคผนวก	88

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สมบัติทางกายภาพของอลูมิเนียมบริสุทธิ์	4
2.2	การแบ่งเกรดของอลูมิเนียมและอลูมิเนียมผสม	5
2.3	สมบัติของอลูมิเนียมผสม	5
2.4	อักษรห้อยท้ายที่แสดงรายละเอียดของการผลิต	7
2.5	ส่วนผสมทางเคมีของอลูมิเนียมเกรด 6063	9
2.6	สมบัติทางกลของอลูมิเนียมเกรด 6063	9
2.7	สมบัติทางกายภาพของอลูมิเนียมเกรด 6063	9
2.8	ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้า SKH57	10
2.9	โมดูลัสการยืดหยุ่นของโลหะบางชนิด	24
2.10	ความแข็งแรงครากและความแข็งแรงสูงสุดของโลหะบางชนิด	25
3.1	ส่วนผสมทางเคมีของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง	31

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	หลักการพื้นฐานในการเชื่อมโลหะ	11
2.2	รูปแบบของกระบวนการเชื่อม	11
2.3	การเชื่อมด้วยการเสียดทาน	12
2.4	ขั้นตอนการเชื่อมแบบเสียดทานทั่วไป (ก) ชิ้นงานด้านซ้ายหมุนด้วยความเร็วรอบ (n) และชิ้นงานด้านขวาถูกเลื่อนเข้าด้วยแรงจากไฮดรอลิก ; (ข) ชิ้นงานด้านขวาถูกอัดด้วยแรง (F_1) จนชิ้นงานหลอมละลาย ; (ค) ชิ้นงานด้านขวาถูกอัดจนติดกันอย่างสมบูรณ์กับชิ้นงานด้านซ้าย ชิ้นงานเชื่อมจะหยุดหมุนทันที	14
2.5	การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน	15
2.6	กลไกการเกิดแนวเชื่อมแสดงภาคตัดในรูปที่ 2.5	16
2.7	เครื่องมือเชื่อม FSW	17
2.8	เครื่องมือเชื่อมที่ออกแบบสำหรับรอยต่อชนอลูมิเนียม 2014	18
2.9	โครงสร้างมหภาคโลหะเชื่อม	19
2.10	รูปแบบรอยต่อการเชื่อม FSW	19
2.11	(ก) โครงสร้างจุลภาคอลูมิเนียมแผ่นรีด 2024 และ (ข) โครงสร้างจุลภาคแนวเชื่อมของอลูมิเนียม 2024	20
2.12	ความแตกต่างของการสอดตัวกวนเข้าสู่รอยต่อชนของการเชื่อมวัสดุเดียวกันและต่างกัน	21
2.13	การทดสอบแรงดึง: (ก) การให้แรงแก่ชิ้นงาน (ข) ชิ้นทดสอบ (ค) เครื่องทดสอบ	23
2.14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ความเค้นกับความเครียด	24
2.15	การกระจายตัวของความเค้นเนื่องจาก (ก) รูวงกลม และ (ข) รูวงรี	26
2.16	องค์ประกอบความเข้มข้นของความเค้นทางทฤษฎีสำหรับชิ้นงานรูปร่างต่างๆ	27
2.17	ชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นเรือนด้วยสารขึ้นเรือนชนิดต่าง ๆ	29
3.1	ภาพการไหลโดยรวมขั้นตอนการดำเนินงาน	30
3.2	แผนภาพการไหลขั้นตอนการทดลอง	31
3.3	มิติแผ่นอลูมิเนียม (t = 6.3 มม., หน่วย: มม.)	32
3.4	รอยต่อชนอลูมิเนียมรีดและหล่อ	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.5	เครื่องผสมทรายหล่อ	33
3.7	การเติมทรายให้เต็มแบบหล่อ	34
3.8	การกระทุ้งทรายในแบบหล่อด้วยเหล็กกระทุ้งแบบ	34
3.9	การตำทรายให้แน่นด้วยเท้าช้าง	34
3.10	การปาดแบบทรายที่เกินแบบหล่อ	34
3.11	การระบุตำแหน่งรูเทและรูลิ่น	34
3.12	การร่อนทรายละเอียดปะหน้ากระสวนด้านล่าง	34
3.13	การกระทุ้งทรายในแบบหล่อด้วยเหล็กกระทุ้งแบบ	34
3.14	การตำทรายให้แน่นด้วยเท้าช้าง	35
3.15	การปาดแบบทรายที่เกินแบบหล่อ	35
3.16	การทำแอ่งเท	35
3.17	การถอดแบบหล่อ	35
3.18	การถอดกระสวน	35
3.19	การประกบแบบ	36
3.20	การอุดรอยต่อระหว่างหีบหล่อ	36
3.21	เตาหลอม	37
3.22	การจุดเตา	37
3.23	การกำจัดแกสโดยใช้โซเดียมคลอไรด์	37
3.24	การเทอลูมิเนียมหลอมเหลวลงแบบหล่อ	37
3.25	อุปกรณ์จับยึด	39
3.26	รอยต่อชนอลูมิเนียมรีดและหล่อ	40
3.27	เครื่องมือนาฬิกาวัดระดับแนวขนาน (Dial Gauge)	40
3.28	เครื่องตัดแผ่นโลหะ	41
3.29	เครื่องกลึง (Machine lathe)	41
3.30	เครื่องกัดอัตโนมัติซีเอนซี (CNC Milling Machine)	41
3.31	เครื่องตัดชิ้นงานตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค	41
3.32	เครื่องทดสอบความต้านทานแรงดึง	42
3.33	กล้องจุลทรรศน์แบบแสง	42
3.34	แผงควบคุมของเครื่อง	42

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.35	ส่วนต่างๆ ของตัวกวน	43
3.36	การขึ้นรูปเครื่องมือเชื่อมด้วยการกลึง	44
3.37	การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนรอยต่อชนอลูมิเนียมรีดและหล่อ	45
3.38	ตำแหน่งการตัดชิ้นงานเชื่อมเพื่อทำชิ้นทดสอบแรงดึงแบบเฉือน (หน่วย: มม.)	46
3.39	ใบเครื่องมือตัด	46
3.40	ชิ้นงานทดสอบแรงดึง (หน่วย: มม.)	47
3.41	การตัดอลูมิเนียม	47
3.42	ชิ้นงานที่หล่อเสร็จแล้ว	47
3.43	การขัดกระดาษทราย	48
3.44	น้ำยาที่ใช้ในการกัดกรด	48
4.1	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 500 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	49
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงดึงของรอยต่อและความเร็วเดินแนวต่างๆ ที่ความเร็วรอบ 500 rpm	50
4.3	ตำแหน่งการพังทลายของรอยต่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 500 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	51
4.4	โครงสร้างมหภาคของรอยต่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 500 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	53
4.5	โครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมอลูมิเนียมแผ่นรีดและแผ่นหล่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 500 rpm และความเร็วเดินแนวเชื่อม 100 mm/min	54
4.6	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 1000 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	57
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงดึงของรอยต่อและความเร็วเดินแนวต่างๆ ที่ความเร็วรอบ 1000 rpm	58
4.8	ตำแหน่งการพังทลายของรอยต่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 1000 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	59
4.9	โครงสร้างมหภาคของรอยต่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 1000 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	60

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.10	โครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมอลูมิเนียมแผ่นรีดและแผ่นหล่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 1000 rpm และความเร็วเดินแนวเชื่อม 100 mm/min	61
4.11	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 1500 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	64
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงดึงของรอยต่อและความเร็วเดินแนวต่างๆ ที่ความเร็วรอบ 1500 rpm	65
4.13	ตำแหน่งการพังทลายของรอยต่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 1500 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	67
4.14	โครงสร้างมหภาคของรอยต่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 1500 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	68
4.15	โครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมอลูมิเนียมแผ่นรีดและแผ่นหล่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 1500 rpm และความเร็วเดินแนวเชื่อม 100 mm/min	70
4.16	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 2000 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	73
4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงดึงของรอยต่อและความเร็วเดินแนวต่างๆ ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm	74
4.18	ตำแหน่งการพังทลายของรอยต่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 2000 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	75
4.19	โครงสร้างมหภาคของรอยต่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 2000 rpm และความเร็วเดินแนว 50-200 mm/min	76
4.20	โครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมอลูมิเนียมแผ่นรีดและแผ่นหล่อที่เชื่อมด้วยความเร็วรอบ 2000 rpm และความเร็วเดินแนวเชื่อม 100 mm/min	78