สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ

ลงทะเบียนวันที่ 11 ก.พ. 2552
เลขทะเบียน 099471
เลขหมู่ วพ ว ๒๒๘.๒ ป ๔๑๘ ว
หัวเรื่อง การเชื่อม

แบบจำลองความร้อนสองมิติในรอยเชื่อมฟริกชั่นสเตอร์โดยการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล

2D Thermal Modeling of Friction Stir Weld using Computational Fluid Dynamics

โดย

ประเสริฐ หาชานนท์
ปัณณธร สายสนิท
กิตติพงษ์ กิมะพงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

งบประมาณประจำปี 2551

ชื่อ : ประเสริฐ หาชานนท์
ปัณณธร สายสนิท
กิตติพงษ์ กิมะพงศ์
ชื่องานวิจัย : แบบจำลองความร้อนสองมิติในรอยเชื่อมฟริกชั่นสเตอร์โดยการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล
หน่วยงาน : ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการศึกษารูปแบบการกระจายความร้อนในแนวเชื่อมฟริกชั่นสเตอร์อลูมิเนียมผสม 6063 โดยการสร้างแบบจำลองเชิงตัวเลข 2 มิติของการกระจายความร้อนด้วยพลศาสตร์ของไหลในรอยเชื่อมฟริกชั่นสเตอร์ และเปรียบเทียบค่าการกระจายความร้อนที่ได้จากการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัพเพิลชนิดเค โดยมีผลการทดลองโดยสรุปดังต่อไปนี้

ตัวกวนทรงเกลียววนซ้ายทำให้ได้แนวเชื่อมที่มีความสมบรูณ์มากที่สุดในบรรดาตัวกวนทั้ง 4 รูปแบบ และให้ค่าความแข็งแรงสูงกว่าโลหะหลักอลูมิเนียม ความแข็งแรงสูงสุดในการทดลองมีค่าเท่ากับ 168 MPa ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที ความเร็วเดินแนว 125 mm/min โครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อมแสดงการเกิดการก่อตัวของเกรนใหม่ที่มีขนาดเล็กและกลมมนกว่าโลหะหลักอลูมิเนียม อุณหภูมิในรอยต่อชนมีค่าสูงสุดที่บริเวณกึ่งกลางแนวเชื่อมที่จุดสุดท้ายก่อนการดึงตัวกวนออกจากแนวเชื่อมที่ค่าประมาณ 332°C อุณหภูมิสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าประมาณ 0.5 เท่าของจุดหลอมเหลวอลูมิเนียม การใช้การคำนวณด้วยพลศาสตร์ของไหลสามารถอธิบายกระบวนการถ่ายเทความร้อนในรอยต่อชนได้ และลดปัญหาการอธิบายการกระจายตัวของความร้อนบริเวณใกล้กับเครื่องมือเชื่อมที่มีการเคลื่อนที่ได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้น การใช้การคำนวณพลศาสตร์ของไหลในการพยากรณ์การกระจายความร้อนในรอยต่ออลูมิเนียมเกรด 6063 ที่เชื่อมด้วยฟริกชั่นสเตอร์ทำให้ทราบถึงการเกิดการให้ความร้อนก่อนการเชื่อม (Pre-heat) ทำให้ผู้ปฏิบัติการทำการเชื่อมง่ายขึ้นและทำให้ตัวกวนไม่เกิดการสึกกร่อน

คำสำคัญ: การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน, รอยต่อชน, อลูมิเนียม, การคำนวณด้วยพลศาสตร์ของไหล

Name : Prasert Hachanon
Pannathon Saisanit
Kittipong Kimapong

Research Title : 2D Thermal Modeling of Friction Stir Weld Using Computational Fluid Dynamics

หน่วยงาน : Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Abstract

This research project aims to study a thermal distribution model of Friction Stir Welding (FSW) on AA6063 aluminum alloy butt joint. 2D computational fluid dynamics model of a thermal distribution on AA6063 FSW joint was constructed and compared with a temperature distribution that was measured by type K thermocouple. The results are as following.

A cylindrical left screw stirrer shape was a best stirrer among 4 stirrer shape that applied to weld a joint and could produce a sound joint with a higher joint strength than that of an aluminum base material. An optimum welding condition of a cylindrical left screw stirrer shape that was a rotation speed of 2000 rpm, a welding speed of 125 mm/min gave a maximum tensile strength of 168 MPa. Microstructure of the joint indicated a re-crystallization in a weld that had a smaller and rounder than that of aluminum base material. The maximum temperature of the butt joint was located at the end of the welding line that was about 332C or 0.5 time of aluminum base material melting point. An application of a computational fluid dynamics could explain the heat transfer process in the butt joint and reduced problems of heat distribution at the area closed to a moving welding tool. Furthermore, the CFD sufficiently indicated a pre-heat data that was an advantage for operator to easily weld the joint and protect the stirrer from a worn out.

Keywords: friction stir welding, butt joint, aluminum, computational fluid dynamics

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปี 2551 ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สามารถดำเนินการ และบรรลุวัตถุประสงค์ดังที่ตั้งไว้

ขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการเครื่องจักรกลอัตโนมัติ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้งานเครื่องกัดอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีความเที่ยงตรงสูง ทำให้การควบคุมการทดลองในกระบวนการเชื่อมเป็นไปได้อย่างราบรื่นและขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยศธนา คุณาทร และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ให้ความอนุเคราะห์โปรแกรมการคำนวณทางด้านพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics: CFD)

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

ประเสริฐ หาชานนท์
ปัณณธร สายสนิท
กิตติพงษ์ กิมะพงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวข้อง	**5**
2.1 การเชื่อมฟริกชั่นสเตอร์	5
2.2 ตัวแปรการเชื่อมฟริกชั่นสเตอร์	6
2.3 โลหะวิทยาพื้นฐานของอลูมิเนียม	8
2.4 การทดสอบสมบัติทางกล	10
2.5 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค	14
2.6 เทอร์โมคัพเพิล	16
2.7 โปรแกรมแมทแลป (MATHLAB)	18
2.8 การคำนวณพลศาสตร์ของไหล	20
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	**34**
3.1 การออกแบบและวางแผนดำเนินการ	34
3.2 วัสดุ	36
3.3 กระบวนการเชื่อม	37
3.4 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค มหภาคและการทดสอบสมบัติทางกล	42
3.5 การตรวจสอบอุณหภูมิ	44
3.6 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบอุณหภูมิด้วยการคำนวณพลศาสตร์ของไหล	46
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	**47**
4.1 การหาตัวแปรที่เหมาะสมในการเชื่อมรอยต่อชนของอลูมิเนียมผสมเกรด 6063	47

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลการวัดอุณหภูมิของรอยต่อชนด้วยเทอร์โมคัพเพิล	55
4.3 ผลการพยากรณ์ด้วยการคำนวณพลศาสตร์ของไหล	65
4.4 การเปรียบเทียบผลการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัพเพิลและการพยากรณ์ด้วยการคำนวณพลศาสตร์ของไหล	70
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	**72**
5.1 ผลการดำเนินงานวิจัย	72
5.2 ข้อเสนอแนะ	73
บรรณานุกรม	74
ภาคผนวก ก	77

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สมบัติทางกายภาพของอลูมิเนียมบริสุทธิ์	9
2.2	การแบ่งเกรดของอลูมิเนียมและอลูมิเนียมผสม	9
2.3	อักษรห้อยท้ายที่แสดงรายละเอียดของการผลิต	9
2.4	สมบัติของอลูมิเนียมผสม	10
2.5	ความแข็งแรงครากและความแข็งแรงสูงสุดของโลหะบางชนิด	13
2.6	รูปแบบเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกด แรงกด และวัสดุทดสอบตาม JIS-Z2243	30
3.1	แผนการดำเนินงาน	34
3.2	ส่วนผสมทางเคมีของอลูมิเนียมผสมเกรด 6063 (% โดยน้ำหนัก)	36

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	กระบวนการ FSW	1
2.1	ภาพรวมกระบวนการ FSW	5
2.2	รูปแบบของรอยต่อการเชื่อมฟริกชั่นสเตอร์	7
2.3	ลักษณะการเกิดความเค้นและความเครียด	10
2.4	การทดสอบแรงดึง: (ก) การให้แรงแก่ชิ้นงาน (ข) ชิ้นทดสอบ (ค) เครื่องทดสอบ	11
2.5	เส้นโค้งการทดสอบแรงดึง	12
2.6	การเตรียมชิ้นทดสอบโครงสร้างจุลภาค	14
2.7	การขัดผิวชิ้นทดสอบ	15
2.8	การกำหนดพิกัดของท่อทรงกระบอกในแนว 2 มิติ	21
2.9	การใช้พิกัดอ้างอิงที่เป็นเส้นโค้งตัดกันไปมาเป็นรูปสี่เหลี่ยม	23
2.10	การใช้ Structured Grid	24
2.11	การใช้ Structured Grid แบบ H-Grid	25
2.12	การใช้ Structured Grid แบบ O-Grid	25
2.13	การใช้ Structured Grid แบบ C-Grid	25
2.14	การใช้ Block - Structured Grid	26
2.15	การใช้ Unstructured Grid	27
2.16	การกำหนดตำแหน่งของการดิสครีไท	28
2.17	แผนภูมิการคำนวณด้วยวิธีซิมเพล็ก	30
3.1	ภาพรวมการทดลอง	35
3.2	มิติของชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ (หน่วย: มม.)	36
3.3	ส่วนต่างๆของตัวกวน	38
3.4	มิติของตัวกวนเครื่องมือเชื่อม (หน่วย: มม.)	39
3.5	อุปกรณ์จับยึด	40
3.6	เครื่องอัตโนมัติ NC Milling	41
3.7	แผงควบคุมของเครื่อง NC Milling	41
3.8	การจับยึดชิ้นงาน	42
3.9	ตำแหน่งการตัดชิ้นงาน	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.10	เครื่องหล่อตัวเรือนเบกาไลท์	43
3.11	ชิ้นงานที่ได้จากการหล่อตัวเรือนเบกาไลท์	44
3.12	ชิ้นทดสอบแรงดึง	44
3.13	เครื่องทดสอบแรงดึง	45
3.14	ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัพเพิล	45
4.1	ผิวหน้ารอยเชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอกที่ความเร็วเดินแนวต่างๆ ค่า EP= จุดบกพร่องที่จุดสุดท้าย และค่า WP=จุดบกพร่องบนแนวเชื่อม (หน่วยสเกล: ซม.)	48
4.2	ผิวหน้ารอยเชื่อมด้วยตัวกวนทรงเกลียววนขวาที่ความเร็วเดินแนวเชื่อมต่างๆ (หน่วยสเกล: ซม.)	49
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงดึงและความเร็วเดินแนวของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยตัวกวนรูปร่างต่างๆ	49
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการยืดตัวและความเร็วเดินแนวของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยตัวกวนรูปร่างต่างๆ	50
4.5	โครงสร้างมหภาคของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยตัวกวนรูปร่างต่างๆ ที่ความเร็วรอบ 2000 rpm และ 125 mm/min.	50
4.6	ตำแหน่งการพังทลายของชิ้นทดสอบความแข็งแรงดึงที่ความเร็วเดินแนวเชื่อม 125 mm/min.: (ก) ทรงกระบอก (ข) ทรงเกลียวซ้าย (ค) ทรงเกลียวขวา และ (ง) ทรงกรวย	51
4.7	โครงสร้างแนวเชื่อมตัวกวนเกลียวซ้าย: (ก) โครงสร้างมหภาค (ข) โครงสร้างอลูมิเนียมหลัก (ค) บริเวณพื้นที่อิทธิพลความร้อน-กลและพื้นที่การกวน (ง) พื้นที่การกวน (จ) พื้นที่นักเกต (ฉ) พื้นที่ใต้บ่าครื่องมือ	53
4.8	การติดตั้งเทอร์โมคัพเพิลลงบนแผ่นอลูมิเนียม	55
4.9	จุดต่อของอุปกรณ์ขยายสัญญาณ	56
4.10	การลดความร้อนของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานหลังจากการเชื่อมแนวแรก	56
4.11	การกระจายความร้อนบริเวณจุดเริ่มต้นของรอยต่อเมื่อตัวกวนถูกสอดเข้าสัมผัสกับอลูมิเนียมที่เวลา 2 วินาที	57

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.12	การกระจายความร้อนบริเวณจุดเริ่มต้นของรอยต่อเมื่อตัวกวนถูกสอดเข้าสัมผัสกับอลูมิเนียมที่เวลา 62 วินาที	57
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ที่จุดเริ่มต้นของแนวเชื่อม	58
4.14	การกระจายความร้อนบริเวณจุดเริ่มต้นของรอยต่อเมื่อตัวกวนถูกสอดเข้าสัมผัสกับอลูมิเนียมที่เวลา 78 วินาที	60
4.15	การกระจายอุณหภูมิแนวตัดขวางทิศทางการเชื่อมที่ระยะเวลา 78 วินาที	60
4.16	การกระจายความร้อนบริเวณจุดเริ่มต้นของรอยต่อเมื่อตัวกวนถูกสอดเข้าสัมผัสกับอลูมิเนียมที่เวลา 110 วินาที	61
4.17	การกระจายอุณหภูมิแนวตัดขวางทิศทางการเชื่อมที่ระยะเวลา 110 วินาที	62
4.18	การกระจายความร้อนบริเวณจุดเริ่มต้นของรอยต่อเมื่อตัวกวนถูกสอดเข้าสัมผัสกับอลูมิเนียมที่เวลา 136 วินาที	63
4.19	การกระจายอุณหภูมิแนวตัดขวางทิศทางการเชื่อมที่ระยะเวลา 136 วินาที	64
4.20	การกระจายอุณหภูมิตามความยาวที่เวลาต่างๆจาก 2 – 80 วินาทีที่จุดเริ่มต้น	65
4.21	การจำลองการกระจายอุณหภูมิตามความยาวที่เวลาต่างๆจาก 2 – 80 วินาทีที่จุดเริ่มต้น	66
4.22	การกระจายอุณหภูมิตามความยาวที่เวลาต่างๆจาก 2 – 80 วินาทีที่จุดกึ่งกลาง	67
4.23	การจำลองการกระจายอุณหภูมิตามความยาวที่เวลาต่างๆจาก 2 – 80 วินาทีที่จุดกึ่งกลาง	67
4.24	การกระจายอุณหภูมิตามความยาวที่เวลาต่างๆจาก 2 – 80 วินาทีที่จุดสิ้นสุด	68
4.25	การจำลองการกระจายอุณหภูมิตามความยาวที่เวลาต่างๆจาก 2 – 80 วินาทีที่จุดสิ้นสุด	69
4.26	การกระจายอุณหภูมิแนวตัดขวางทิศทางการเชื่อมที่ระยะเวลา ต่างๆ เปรียบเทียบกับแบบจำลองทางด้านพลศาสตร์ของไหล CFD	70