สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ที่มาและความสำคัญของแผนงานวิจัย	1
1.2 จุดประสงค์ของของแผนงานวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของของแผนงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย	**6**
2.1 การเชื่อมโลหะ	6
2.2 สมมติฐานและกรอบแนวคิดวิธีการวิจัย	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	**21**
3.1 แผนการดำเนินงาน	21
3.2 แผนการทดลอง	23
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	**29**
4.1 ผลการทดลองโครงการย่อยที่ 1: อิทธิพลการอบชุบด้วยความร้อนหลังการเชื่อมต่อสมบัติของโลหะเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนอลูมิเนียม เกรด 6063	29
4.2 ผลการทดลองโครงการย่อยที่ 2: อิทธิพลตัวแปรการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนต่อสมบัติรอยต่อชนระหว่างอลูมิเนียมเกรด 6063 สภาพหล่อและรีด	31
4.3 ผลการทดลองโครงการย่อยที่ 3: โครงสร้างและความแข็งแรงดึงของรอยต่อชนอลูมิเนียม 6063 และเหล็กกล้าไร้สนิม 430 ด้วยการเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวนตัวกวนรูปร่างต่างๆ	35
4.4 ผลการดำเนินงานเป้าหมายเชิงยุทธศาสตร์ของแผนงานวิจัย	40
4.5 เป้าหมายของผลผลิต (output) และตัวชี้วัด	43
4.6 เป้าหมายของผลลัพธ์ (outcome) และตัวชี้วัด	43

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมจากการตรวจสอบด้วยสายตา	32
4.2	ความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมที่เชื่อม (O = สมบูรณ์ และ X= ไม่สมบูรณ์)	36
4.3	ตารางผลผลิตและตัวชี้วัดของโครงการวิจัย	43
4.4	ตารางผลลัพธ์และตัวชี้วัดของโครงการวิจัย	43

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	หลักการพื้นฐานในการเชื่อมโลหะ	6
2.2	รูปแบบของกระบวนการเชื่อม	7
2.3	การเชื่อมด้วยการเสียดทาน	8
2.4	ขั้นตอนการเชื่อมแบบเสียดทานทั่วไป (ก) ชิ้นงานด้านซ้ายหมุนด้วยความเร็วรอบ (n) และชิ้นงานด้านขวาถูกเลื่อนเข้าด้วยแรงจากไฮดรอลิก ; (ข) ชิ้นงานด้านขวาถูกอัดด้วยแรง (F_1) จนชิ้นงานหลอมละลาย ; (ค) ชิ้นงานด้านขวาถูกอัดจนติดกันอย่างสมบูรณ์กับชิ้นงานด้านซ้าย ชิ้นงานเชื่อมจะหยุดหมุนทันที	9
2.5	การเชื่อมด้วยการเสียดทานแบบกวน	10
2.6	กลไกการเกิดแนวเชื่อมแสดงภาคตัดในรูปที่ 2.5	11
2.7	เครื่องมือเชื่อม FSW	14
2.8	เครื่องมือเชื่อมที่ออกแบบสำหรับรอยต่อชนอลูมิเนียม 2014	14
2.9	โครงสร้างมหภาคโลหะเชื่อม	14
2.10	รูปแบบรอยต่อการเชื่อม FSW	15
2.11	(ก) โครงสร้างจุลภาคอลูมิเนียมแผ่นรีด 2024 และ (ข) โครงสร้างจุลภาคแนวเชื่อมของอลูมิเนียม 2024	16
2.12	ความแตกต่างของการสอดตัวกวนเข้าสู่รอยต่อชนของการเชื่อมวัสดุเดียวกันและต่างกัน	14
2.13	แผนภาพสมดุลเฟสอลูมิเนียม-ทองแดง ที่แสดงขั้นตอนการบ่มแข็งและรูปแบบโครงสร้างจุลภาค	23
2.14	ตำแหน่งการเริ่มสอดตัวกวนเข้าสู่แนวรอยต่อระหว่างอลูมิเนียมและเหล็ก	17
2.15	กลไกการเชื่อมยึดของรอยต่อเกยระหว่างอลูมิเนียมและเหล็ก	19
3.1	ภาพการไหลโดยรวมขั้นตอนการดำเนินงาน	21
3.2	แผนภาพการไหลขั้นตอนการทดลองโครงการย่อยที่ 1	22
3.3	แผนภาพการไหลขั้นตอนการทดลองโครงการย่อยที่ 2 และ 3	23
3.4	การเชื่อมเสียดทานแบบกวนอลูมิเนียม 6063-O	24
3.5	ชิ้นทดสอบความแข็งแรงดึงของชิ้นงานที่มีความหนา 3 มม. (หน่วยโดยประมาณ: มม.)	24
3.6	รอยต่อชนอลูมิเนียมรีดและหล่อ	25
3.7	ชิ้นทดสอบแรงดึงในการทดลอง	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.8	(ก) การวางแผ่นวัสดุของรอยต่อชน (ข) ตำแหน่งการขัดกระดาษทราย และ (ค) การสอดตัวกวนเข้าไปในรอยต่อ	26
3.9	รูปร่างตัวกวน (หน่วย: มม.)	27
3.10	ชิ้นงานทดสอบแรงดึง (หน่วย: มม.)	27
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงดึง ร้อยละการยืดตัว และการอบคืนไฟแบบต่างๆ ของชิ้นงานทีไม่ผ่านการบ่มแข็งธรรมชาติ	28
4.2	ตำแหน่งการพังทลายของชิ้นทดสอบความแข็งแรงดึง	30
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงดึง ร้อยละการยืดตัว และการอบคืนไฟแบบต่างๆ ของชิ้นงานที่ผ่านการบ่มแข็งธรรมชาติ	30
4.4	ผิวหน้าแนวเชื่อมที่สภาวะการเชื่อมบางตัว	31
4.5	โครงสร้างมหภาคของรอยเชื่อมที่สภาวะการเชื่อมต่างๆ	32
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ ความเร็วเดิน และความแข็งแรงดึงของแนวเชื่อม	33
4.7	ตำแหน่งการพังทลายของชิ้นทดสอบแรงดึง	35
4.8	ผิวหน้าและความสมบูรณ์ของแนวเชื่อม	37
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเดินแนวเชื่อม ความเร็วรอบ และความแข็งแรงดึงของรอยเชื่อมที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกระบอก	37
4.10	รอยแตกหักของชิ้นทดสอบแรงดึง	38
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วเดินแนวเชื่อม ความเร็วรอบ และความแข็งแรงดึงของรอยเชื่อมที่เชื่อมด้วยตัวกวนทรงกรวย	39