

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ซ

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.4 สมมุติฐานการวิจัย	2
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.6 ตัวแปร	3
1.7 คำจำกัดความงานวิจัย	4
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 เหล็กกล้าคาร์บอน	5
2.2 การบดลงในงานเชื่อม	7
2.3 กระบวนการเชื่อมมิก/แมก	11
2.4 กระบวนการเชื่อมฟลักซ์คอร์	13
2.5 การถ่ายโอนโลหะ	15
2.6 กระแสเชื่อม	17
2.7 แก๊สปกคลุม	19
2.8 การเติบโตของเกรนในรอยเชื่อม	21
2.9 โครงการสร้างบริเวณต่างๆ ที่ได้รับอิทธิพลจากการเชื่อม	22
2.10 หลักการการทดสอบมหากลางานเชื่อมโลหะ	24
2.11 การทดสอบความแข็ง	26
2.12 โครงสร้างจุลภาคของโลหะ	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
3. วิธีดำเนินการวิจัย	35
3.1 การดำเนินการวิจัย	35
3.2 เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	35
3.3 การกำหนดปัจจัยและการออกแบบการทดลอง	42
3.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	43
4. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล	50
4.1 การตรวจสอบโครงสร้างแบบมหภาค	50
4.2 การตรวจสอบการบิดงอเชิงมุม	56
4.3 การตรวจสอบการหลอมลึกของแนวเชื่อม	62
4.4 การตรวจสอบอุณหภูมิความร้อน และอัตราการเย็น	69
4.5 การตรวจสอบโครงสร้างแบบจุลภาค	74
4.6 การทดสอบความแข็ง	80
5. สรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	85
5.1 สรุปผล	85
5.2 การอภิปรายผล	86
5.3 ข้อเสนอแนะ	87
เอกสารอ้างอิง	88
ภาคผนวก	
ก. ข้อมูลการทดลอง	91
ข. ข้อมูลมาตรฐานต่างๆ ของการทดลอง	112
ประวัติผู้วิจัย	122

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แสดงชนิดของเหล็กกล้าคาร์บอนปริมาณคาร์บอน และการใช้งาน	7
2.2 แสดงชนิดของชิ้นงานที่จะทดสอบ	29
3.1 แสดงค่าพารามิเตอร์ในการเชื่อม	35
3.2 แสดงการออกแบบตารางการทดลองแบบ	35
4.1 เปรียบเทียบการบิดงอเชิงมุมของงานเชื่อม	58
GMAW Factorial Design และ FCAW	
4.2 เปรียบเทียบการบิดงอเชิงมุมทางสถิติของงานเชื่อม	58
GMAW และ FCAW	
4.3 เปรียบเทียบค่าการหลอมลึกของแนวเชื่อมระหว่าง	64
GMAW และ FCAW	
4.4 เปรียบเทียบค่าการหลอมลึกด้วยกระแสไฟเชื่อม	65
4.5 เปรียบเทียบการหลอมลึกทางสถิติของงานเชื่อม	66
GMAW และ FCAW	
4.6 เปรียบเทียบความร้อนแนวเชื่อม GMAW และ FCAW	70
4.7 เปรียบเทียบอัตราการเย็นตัวของแนวเชื่อม GMAW และ FCAW	71
4.8 เปรียบเทียบความร้อนทางสถิติของงานเชื่อม GMAW และ FCAW	72
4.9 เปรียบเทียบอัตราการเย็นตัวทางสถิติของงานเชื่อม	74
GMAW และ FCAW	
4.10 เปรียบเทียบขนาดเกรน (Grain Size)	77
4.11 เปรียบเทียบขนาดเกรน (Grain Size) กับกระแสไฟเชื่อม	78
4.12 เปรียบเทียบขนาดเกรน (Grain Size) ทางสถิติของงานเชื่อม	79
GMAW และ FCAW	
4.13 SPSS เปรียบเทียบค่าความแข็งบริเวณเนื้อโลหะ BM	80
4.14 SPSS เปรียบเทียบค่าความแข็งบริเวณกระทบร้อน HAZ	82
4.15 SPSS เปรียบเทียบค่าความแข็งบริเวณแนวเชื่อม (WM)	83

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 แสดงเส้นกราฟคุณสมบัติทางกลที่เกิดจากการรับอณผสม	6
2.2 ปัญหาการเสียรูปหรือการเปลี่ยนแปลงมิติในงานเชื่อม (ก) การหัดตัวตามแนวขวาง (ข) การหัดตัวตามแนวยาว (ค) การเปลี่ยนแปลงมุมในการเชื่อมต่อชน (ง) การเปลี่ยนแปลงมุมในการเชื่อมฟิลเลต	8
2.3 การเชื่อมฟิลเลต (ก) เกิดความเค้นภายในตามแนวยาวและแนวขวาง (ข) ถ้าแนวเชื่อม ไม่ติดกันกับชิ้นงาน จะเกิดการหัดตัวของแนวเชื่อม	9
2.4 ความเร็วในการเชื่อมที่สูงกว่าจะลดขนาดผลกระทบจากการหัดตัว	10
2.5 การหัดตัวเชิงมุม และมุมเอียงที่เกิดขึ้นในหน้าตัดรูปตัวที่ด้วยการเชื่อมฟิลเลตด้านเดียว	11
2.6 การเชื่อมมิก/แม็ก (GMAW)	11
2.7 การเชื่อมฟลักซ์คอร์ (FCAW)	13
2.8 การถ่านไอน้ำโลหะของการเชื่อมฟลักซ์คอร์	17
2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเชื่อมกับความเร็วในการป้อนลวด	18
2.10 รูปแบบของกระแสเชื่อมแบบพัลส์	19
2.11 แนวเชื่อมใช้แก๊สอาร์กอนปกคลุม	20
2.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ เวลา และ ขนาดของ	21
2.13 แสดงความสัมพันธ์ของกรรมวิธีการเชื่อมกับอุณหภูมิ เวลา และขนาดของเกรน	21
2.14 บริเวณต่าง ๆ ที่ได้รับผลจากการเชื่อม	22
2.15 แสดงรอยเชื่อมฟิลเลต (ขั้นต้น) QW - 462.4 (a)	24
2.16 แสดงรอยเชื่อมฟิลเลตในท่อ (ขั้นต้น) QW - 462.4 (d)	25
2.17 แสดงรอยเชื่อมฟิลเลต (สมรรถนะ) QW - 462.4 (b)	25
2.18 แสดงรอยเชื่อมฟิลเลตในท่อ (สมรรถนะ) QW- 462.4 (c)	25
2.19 วิธีการทดสอบความแข็งของบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากความร้อนในการอาร์ก	29
3.1 เครื่องเชื่อม EWM รุ่น Phoenix Puls P 351	36
3.2 ชุดอุปกรณ์ควบคุมการเชื่อมแบบอัตโนมัติ TANAKA รุ่น KT-160	36
3.3 เครื่อง Emission Spectrometer	37
3.4 เหล็กกล้าไร้ครีออน AISI เกรด 1020	37
3.5 ASME/AWS A5.18 ER70S-6 Z	38

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
3.6 ASME/AWS A5.20 E71T-1	38
3.7 ชุดควบคุมแก๊ส	39
3.8 เครื่องมือวัดอุณหภูมิความร้อน National Instruments	39
3.9 คอมพิวเตอร์บันทึกข้อมูลความร้อน	40
3.10 เครื่องตรวจสอบการบิดงอเชิงมุมและการหลอมลึก	40
3.11 กล้องจุลทรรศน์และอุปกรณ์บันทึกข้อมูล	41
3.12 เครื่องทดสอบความแข็งแรงแบบไมโครวิกเกอร์	41
3.13 ลำดับขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานทดลอง (ก) ตัดชิ้นงานทดลอง (ข) เตรียมชิ้นงานเชื่อม (ค) ตัวจับยึดชิ้นงาน (ง) เชื่อมยึดชิ้นสายสัญญาณวัดความร้อน	44
3.14 การติดตั้งชิ้นงานก่อนเชื่อม	45
3.15 การเตรียมอุปกรณ์เชื่อม (ก) ประกอบหัวเชื่อมเข้ากับชุดอุปกรณ์ (ข) เชื่อมโดยไม่สายหัวเชื่อม	45
3.16 การตั้งค่าพารามิเตอร์ (ค) ตั้งค่าพารามิเตอร์ GMAW (ง) ตั้งค่าพารามิเตอร์ FCAW	46
3.17 การเตรียมชิ้นงานตรวจสอบโครงสร้างทางโลหะวิทยา	46
3.18 การแบ่งชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ASME-QW462.4 (b)	47
3.19 การตัดชิ้นงานเชื่อมทดสอบ	47
3.20 การขัดผิวชิ้นงานตรวจสอบ (ก) กระดาษทราย (ข) เครื่องขัดชิ้นงาน	48
3.21 พงค์ใช้ขนาดตั้งแต่ 5, 1, 0.3 μm	48
3.22 โถเก็บชิ้นทดสอบดูความชื้น	49
3.23 วัดมุมด้วยคอมพิวเตอร์	50
3.24 ตำแหน่งของจุดทดสอบความแข็ง ISO 9015.2	50
4.1 ลักษณะรูปร่างทางกายภาพของแนวเชื่อม (ก) GMAW (ข) FCAW	51
4.2 ควบคุมความเร็วของการเดินแนวเชื่อมที่ 350 mm./min	53
4.3 ควบคุมความเร็วของการเดินแนวเชื่อมที่ 400 mm./min	54
4.4 ควบคุมความเร็วของการเดินแนวเชื่อมที่ 450 mm./min	55
4.5 การบิดงอเชิงมุม (Distortion)	56
4.6 ควบคุมความเร็วของการเดินแนวเชื่อมที่ 350 mm./min	60

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.7	ควบคุมความเร็วของการเดินแนวเชื่อมที่ 400mm./min
4.8	ควบคุมความเร็วของการเดินแนวเชื่อมที่ 450mm./min
4.9	แสดงการหลอมลึก (ก) GMAW (ข) FCAW
4.10	ควบคุมความเร็วของการเดินแนวเชื่อมที่ 350mm./min
4.11	ควบคุมความเร็วของการเดินแนวเชื่อมที่ 400mm./min
4.12	ควบคุมความเร็วของการเดินแนวเชื่อมที่ 450mm./min
4.13	โครงสร้างแบบจุลภาค ก GMAW ข FCAW
4.14	ควบคุมความเร็วของการเดินแนวเชื่อมที่ 350mm./min
4.15	ควบคุมความเร็วของการเดินแนวเชื่อมที่ 400mm./min
4.16	ควบคุมความเร็วของตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบขนาดเกรน (Grain Size) กับกระแสไฟเชื่อม

