

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการวิศวกรรม	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน	1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ	2
1.5 ขอบเขต	2
1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย	2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย	2
1.8 แนวทางการดำเนินงาน	2
1.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการขึ้นรูปหม้อไอน้ำด้วยแบบเดิม	4
2.2 การเชื่อม Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) หรือการเชื่อมแบบทิก	5
2.3 เหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel)	9
2.4 การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม	26
2.5 การทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ (Vickers Hardness Test)	28
2.6 การหาปริมาณแคลเซตาเฟอไรต์ด้วยวิธีการนับกริด	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)	32
2.8 ส่วนผสมของเหล็กกล้าไร้สนิมและราคา	35
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 ศึกษาพร้อมทั้งรวบรวมข้อมูลและทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมและเหล็กกล้าไร้สนิม	36
3.2 ทดลองเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดต่างๆโดยการเชื่อมแบบทิก	36
3.3 ศึกษาผลที่ได้จากการเชื่อมของโลหะทั้ง 4 ชนิด	36
3.4 วิเคราะห์สรุปผลและการเสนอโครงงานวิจัย	37
บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปราย	
4.1 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304, NTKD7, AISI202 และ JFF 443CT ที่ผ่านการเชื่อมทิก	38
4.2 การทดสอบความแข็งด้วยเครื่องทดสอบความแข็งระบบ Vickers load 0.5kg	53
4.3 ผลการวิเคราะห์สารปนเปื้อน	55
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	58
5.2 ข้อเสนอแนะ	59
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การทดสอบความแข็งด้วยเครื่องทดสอบความแข็งระบบ Vickers load 0.5kg	61
ภาคผนวก ข การหาปริมาณเดลตาเฟอร์ไรต์ด้วยวิธีแกรนิต	68
ภาคผนวก ค Japan Food Research Laboratories	72
เอกสารอ้างอิง	74
ประวัติผู้เขียนโครงงาน	76

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 การดำเนินงาน	3
2.1 สมบัติของก๊าซที่ใช้ในการปกคลุมรอยเชื่อม	8
2.2 ตัวอย่างของเหล็กกล้าไร้สนิมบางเกรด	11
2.3 ผลของส่วนผสมทางเคมีต่อปริมาณโครงสร้างเฟอร์ไรท์	21
2.4 ตัวอย่างปัญหาที่เกิดขึ้นในการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมประเภทต่างๆ	26
2.5 95 % Confidence Interval Multipliers	31
2.6 แสดงธาตุส่วนผสมของเหล็กกล้าไร้สนิม	35
4.1 อัตราพร่องของบริเวณและโครงสร้างจุลภาคที่พบภายหลังการเชื่อมทิกและการจำลองเชื่อม	38
4.2 แสดงชนิดและเฟสของเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดต่างๆ	52
4.3 แสดงผลการวัดค่า Delta ferrite ของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304, NTKD-7 และ AISI202	52
4.4 แสดงค่าความแข็งเฉลี่ยของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรดต่างๆ หน่วยเป็น HV _{0.5}	53
4.5 แสดงสารปนเปื้อนออกมากับน้ำที่นำไปทดสอบก่อนทำความสะอาดรอยเชื่อม	55
4.6 แสดงสารปนเปื้อนออกมากับน้ำที่นำไปทดสอบหลังทำความสะอาดรอยเชื่อม	56
4.7 มาตรฐานสารปนเปื้อน (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข)	57
5.1 แสดงปัญหาของเหล็กกล้าไร้สนิม	60
ก.1 แสดงค่า d ที่วัดได้จากเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 (mm.)	62
ก.2 แสดงค่า d ที่วัดได้จากเหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7 (mm.)	63
ก.3 แสดงค่า d ที่วัดได้จากเหล็กกล้าไร้สนิม AISI202 (mm.)	64
ก.4 แสดงค่า d ที่วัดได้จากเหล็กกล้าไร้สนิม JFE 433CT (mm.)	65
ก.5 แสดงค่าความแข็งที่ตำแหน่งต่างๆในระบบ HV ที่คำนวณได้ของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304	66
ก.6 แสดงค่าความแข็งที่ตำแหน่งต่างๆในระบบ HV ที่คำนวณได้ของเหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.7 แสดงค่าความแข็งที่ตำแหน่งต่างๆในระบบ HV ที่คำนวณได้ ของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI202	66
ก.8 แสดงค่าความแข็งที่ตำแหน่งต่างๆในระบบ HV ที่คำนวณได้ ของเหล็กกล้าไร้สนิม JFE 443CT	67
ข.1 แสดงการคำนวณ volume fraction ของเหล็กกล้าไร้สนิม NTKD- 7	69
ข.2 แสดงการคำนวณ volume fraction ของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI202	70
ข.3 แสดงการคำนวณ volume fraction ของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304	71

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการเชื่อมหม้อก่อวเดี่ยวแบบใช้ตะกั่วบัดกรีอ่อน	4
2.2 การเชื่อมแบบ GTAW	5
2.3 แสดงหัวคิเล็กโทรดที่ใช้ในการเชื่อมทิก	7
2.4 แสดงการหลุดออกของฟิล์มออกไซด์ในการเชื่อมด้วยอิเล็กโทรดแบบ DCEP	7
2.5 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก (Ferritic Stainless Steel)	13
2.6 แสดงแผนภูมิสมดุลของ เหล็ก-โครเมียม-นิกเกิล ที่มีปริมาณเหล็ก 70 และ 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก	14
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโครเมียมและอัตราการกัดกร่อน	14
2.8 แผนภูมิสมดุลของเหล็กและโครเมียม	15
2.9 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก (Austenitic Stainless Steel)	16
2.10 แผนภูมิ Schaeffler	18
2.11 แผนภูมิ Delong	18
2.12 แผนภูมิ Schaeffler ที่แสดงบริเวณต่างๆที่เป็นอันตรายต่อการเชื่อม	19
2.13 ผลของธาตุผสมต่อแผนภูมิสมดุล	20
2.14 โหมดการแข็งตัวของเหล็กกล้าไร้สนิม	21
2.15 ปริมาณโครเมียมที่บริเวณต่าง ๆ รอบขอบเกรนของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI316 ที่เกิดการตกตะกอนของโครเมียมคาร์ไบด์	23
2.16 แสดงบริเวณที่เกิดการพร่องโครเมียม (Cr-depletion zone)	23
2.17 การตกตะกอนของโครเมียมคาร์ไบด์ของเหล็กกล้าไร้สนิม AISI316	24
2.18 ผลของไนโตรเจนต่อเวลาในการตกผลึกของสารประกอบคาร์ไบด์ ($M_{23}C_6$)	25
2.19 แสดงโครงสร้างจุลภาคที่บริเวณต่าง ๆ ภายหลังจากการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก	27
2.20 แสดงหลักการความแข็งวิกเกอร์	28
2.21 แสดงภาพตัวอย่างในการนับปริมาณเตลต้าเฟอไรท์	30
2.22 เครื่องวิเคราะห์โลหะหนัก Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ยี่ห้อ GBC รุ่น Aventa pm	32
2.23 ขั้นตอนการทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระด้วยวิธีการต่างๆ	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1 แสดงตำแหน่งต่างๆบนชิ้นงานทั้ง 4 ชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อม	36
3.2 แสดงขนาดของเหล็กกล้าไร้สนิมที่นำไปวิเคราะห์สารปนเปื้อน	37
4.1 โครงสร้างจุลภาคโดยรวม เหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 ที่กำลังขยาย 50 เท่า	39
4.2 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 กำลังขยาย 100 เท่า	40
4.3 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 กำลังขยาย 200 เท่า	40
4.4 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณกลางรอยเชื่อม เหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 กำลังขยาย 200 เท่า	41
4.5 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณโลหะพื้น เหล็กกล้าไร้สนิม AISI304 กำลังขยาย 200 เท่า	41
4.6 โครงสร้างจุลภาคโดยรวม เหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7 กำลังขยาย 50 เท่า	42
4.7 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7 กำลังขยาย 100 เท่า	43
4.8 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7 กำลังขยาย 200 เท่า	43
4.9 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณกลางรอยเชื่อม เหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7 กำลังขยาย 200 เท่า	44
4.10 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณโลหะพื้น เหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7 กำลังขยาย 200 เท่า	44
4.11 โครงสร้างจุลภาคเหล็กกล้าไร้สนิม AISI202 กำลังขยาย 50 เท่า	45
4.12 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม AISI202 กำลังขยาย 100 เท่า	46
4.13 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม AISI202 กำลังขยาย 200 เท่า	46

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.14 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณกลางรอยเชื่อม เหล็กกล้าไร้สนิม 202 กำลังขยาย 200 เท่า	47
4.15 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณโลหะพื้น เหล็กกล้าไร้สนิม AISI202 กำลังขยาย 200 เท่า	47
4.16 โครงสร้างจุลภาคเหล็กกล้าไร้สนิม JFE 443CT กำลังขยาย 50 เท่า	48
4.17 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม JFE 443CT กำลังขยาย 100 เท่า	50
4.18 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณแนวการหลอมเหลว เหล็กกล้าไร้สนิม JFE 443CT กำลังขยาย 200 เท่า	50
4.19 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณกลางรอยเชื่อม เหล็กกล้าไร้สนิม JFE 443CT กำลังขยาย 50 เท่า	51
4.20 โครงสร้างจุลภาคที่บริเวณโลหะพื้น เหล็กกล้าไร้สนิม JFE 443CT กำลังขยาย 50 เท่า	51
4.21 แสดงตำแหน่งต่างๆบนชิ้นงานทั้ง 4 ชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมทิก	53
4.22 กราฟแสดงค่าความแข็งเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 4 ชิ้น	54
4.23 น้ำยาเซ็ดยอยเชื่อม CT-501 NB	56
ก.1 ภาพแสดงตำแหน่งการวัดค่าความแข็งจากเหล็กกล้าไร้สนิม AISI304	62
ก.2 ภาพแสดงตำแหน่งการวัดค่าความแข็งจากเหล็กกล้าไร้สนิม NTKD-7	63
ก.3 ภาพแสดงตำแหน่งการวัดค่าความแข็งจากเหล็กกล้าไร้สนิม AISI202	64
ก.4 ภาพแสดงตำแหน่งการวัดค่าความแข็งจากเหล็กกล้าไร้สนิม JFE 433CT	65