

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 จุดประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 อลูมิเนียม	3
2.2 เหล็กกล้าคาร์บอน	4
2.3 ทฤษฎีความเร็วการกัดกร่อน	5
2.4 ทฤษฎีการกัดกร่อน	8
2.5 ทฤษฎีการเกิดฟิล์มป้องกัน	12
2.6 รูปแบบของการกัดกร่อนและกลไกการเกิด	13
2.7 การทดสอบการกัดกร่อนแบบจุ่ม	22
2.8 สารละลายการกัดกร่อน	23
2.9 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	26
2.10 การคำนวณน้ำหนักที่สูญเสียและอัตราการกัดกร่อนของชิ้นทดสอบ	29
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	31
3.1 แผนการดำเนินงาน	31
3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	31
3.3 กระบวนการทดสอบ	39
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์	44
4.1 อิทธิพลความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ต่ออัตราการกัดกร่อนของรอยต่อเกลเหล็กล้ำคาร์บอน AISI 1015 กับอลูมิเนียม AA 1100	44

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 อิทธิพลของอุณหภูมิในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5 % ต่ออัตราการกัดกร่อนของรอยต่อเกลเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 กับอลูมิเนียม AA 1100	61
4.3 การตรวจสอบปริมาณธาตุบนผิวชิ้นงานทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกวาด (SEM)	73
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	79
5.1 สรุป	79
5.2 ข้อเสนอแนะ	81
บรรณานุกรม	82
ภาคผนวก	84

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ส่วนผสมทางเคมีของอลูมิเนียมเกรด 1100	4
2.2	ค่าต่างศักย์มาตรฐานของโลหะต่าง ๆ	15
3.1	แผนการดำเนินงานของโครงการ	31
4.1	ปริมาณธาตุภายในและภายนอกของรอยต่อแยกจากการวิเคราะห์การกระจาย ตัวของรังสีเอ็กซ์ (X-ray dispersive Spectrometry)	74

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การกัดกร่อนในหน่วยเซลล์	6
2.2	แผนภูมิของความต่างศักย์หรือแผนภูมิปุเปก	7
2.3	กราฟชั่วปฏิกิริยาเคมีของการกัดกร่อนในหน่วยเซลล์	9
2.4	ชนิดของการควบคุมปฏิกิริยาการกัดกร่อน	10
2.5	กราฟโพลาไรเซชัน ซึ่งถูกควบคุมด้วยโพลาไรเซชันจากการกระตุ้นและ จากความเข้มข้น	11
2.6	การเกิดฟิล์มป้องกันที่ขั้วแอโนด	12
2.7	ไมโครกราฟของการกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ	14
2.8	การกัดกร่อนเนื่องจากโลหะต่างชนิดกัน	14
2.9	แผนภูมิของการเกิดการกัดกร่อนแบบจุด	18
2.10	ไมโครกราฟของการกัดกร่อนแบบจุด	18
2.11	การกัดกร่อนที่มุมอับ	21
2.12	แผนภูมิการกัดกร่อนที่ขอบเกรนของเหล็กกล้าไร้สนิม เบอร์ 304	22
2.13	ไมโครกราฟของการกัดกร่อนแบบขอบเกรนของทองเหลือง	22
2.14	ภาพแสดงอำนาจแยกแยะของ SEM	26
2.15	แผนภาพแสดงการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด	27
2.16	แผนภาพแสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างอันตรกิริยาของอิเล็กตรอน กับสาร	27
2.17	ภาพจากสัญญาณอิเล็กตรอนทุติยภูมิ	28
2.18	ภาพจากสัญญาณอิเล็กตรอนกระเจิงกลับ	28
2.19	สเปกตรัมของเทคนิคเอเนอร์จีดีสเพอร์ซีฟสเปกโตรเมตรี (EDS) แสดงองค์ ประกอบทางเคมีของตะกั่วบัดกรี ซึ่งประกอบด้วย ตะกั่ว (Pb) และดีบุก(Sn)	29
3.1	มิติของชิ้นงานทดสอบ	31
3.2	ตู้กระจกที่ติดตั้งแผ่นยางเรียบร้อยแล้ว	33
3.3	ฝาปิดตู้กระจก	33
3.4	อุปกรณ์ส่งผ่านลม	34
3.5	ท่อระบายอากาศ	35
3.6	เทอร์โมมิเตอร์	35
3.7	ที่แขวนชิ้นงานพร้อมแขวนชิ้นงานทดสอบ	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.8	คลิปหนีบรอยต่อเกย	36
3.9	แผ่นสังกะสีพร้อมทำการพ่นขึ้นรูปอ่างให้ความร้อน	37
3.10	อ่างให้ความร้อนที่พ่นขึ้นรูปและติดตั้งขดลวดให้ความร้อนเรียบร้อยแล้ว	37
3.11	ชุดควบคุมอุณหภูมิในการทดสอบ	38
3.12	ชุดควบคุมตัวแปรพร้อมทำการทดสอบ	39
3.13	การเตรียมชิ้นงานทดสอบ	40
3.14	ชิ้นงานทดสอบขณะหนีบด้วยคลิปพร้อมแขวนเตรียมลงแช่น้ำทดสอบ	40
3.15	ชิ้นทดสอบที่แขวนพร้อมทำการทดสอบ	41
3.16	การประกอบสายลมและทำการทดสอบชิ้นทดสอบ	41
3.17	การเป่าลมชิ้นทดสอบให้แห้ง	42
3.18	วิธีการล้างสนิมของเหล็กและอลูมิเนียม	42
4.1	ผิวชิ้นงานทดสอบของรอยต่อเกยแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	45
4.2	ผิวชิ้นงานทดสอบของรอยต่อเกยแผ่นอลูมิเนียม AA 1100 ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	46
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	47
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นอลูมิเนียม AA 1100	48
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	49
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นอลูมิเนียม AA 1100	49
4.7	ผิวชิ้นงานทดสอบของรอยต่อเกยแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.8	ผิวชิ้นงานทดสอบของรอยต่อเกลแผ่นอลูมิเนียมAA 1100ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	51
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนAISI 1015	52
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นอลูมิเนียมAA 1100	53
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนAISI 1015	54
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นอลูมิเนียมAA 1100	54
4.13	ผิวชิ้นงานทดสอบของรอยต่อเกลแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนAISI 1015ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 4.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	55
4.14	ผิวชิ้นงานทดสอบของรอยต่อเกลแผ่นอลูมิเนียมAA 1100ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 4.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	56
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 4.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนAISI 1015	57
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 4.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นอลูมิเนียมAA 1100	58
4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 4.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนAISI 1015	59

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 4.5% ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นอลูมิเนียม AA 1100	59
4.19	การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนของเหล็กและอลูมิเนียมในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	60
4.20	การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนของเหล็กและอลูมิเนียมในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสของแผ่นอลูมิเนียม AA 1100	61
4.21	ผิวชิ้นงานทดสอบของรอยต่อเกลยแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	62
4.22	ผิวชิ้นงานทดสอบของรอยต่อเกลยแผ่นอลูมิเนียม AA 1100 ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	63
4.23	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	64
4.24	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสของแผ่นอลูมิเนียม AA 1100	65
4.25	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	66
4.26	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสของแผ่นอลูมิเนียม AA 1100	66
4.27	ผิวชิ้นงานทดสอบของรอยต่อเกลยแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	67

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.28	ผิวชิ้นงานทดสอบของรอยต่อเกยแผ่นอลูมิเนียม AA 1100 ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	68
4.29	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	69
4.30	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสของแผ่นอลูมิเนียม AA 1100	70
4.31	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	71
4.32	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5% ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสของแผ่นอลูมิเนียม AA 1100	71
4.33	การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อน ของเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 ที่อุณหภูมิต่างๆ ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5%	72
4.34	การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนของอลูมิเนียม AA 1100 ที่อุณหภูมิต่างๆ ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 3.5%	73
4.35	ภาพถ่ายพื้นผิวชิ้นงานทดสอบ	75
4.36	ภาพถ่าย SEM ของชิ้นงานทดสอบที่กำลังขยาย 200 เท่า	75
4.37	กราฟการกระจายตัวพลังงานรังสีเอ็กซ์ (X-ray dispersive Spectro -metry) ของผิวเหล็กจุดที่ I ในรูปที่ 4.36 (ก)	76
4.38	กราฟการกระจายตัวพลังงานรังสีเอ็กซ์ (X-ray dispersive Spectro -metry) ของผิวเหล็กจุดที่ III ในรูปที่ 4.36 (ค)	77
4.39	กราฟการกระจายตัวพลังงานรังสีเอ็กซ์ (X-ray dispersive Spectro -metry) ของผิวอลูมิเนียมจุดที่ II ในรูปที่ 4.36 (ข)	77

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.40	กราฟการกระจายตัวพลังงานรังสีเอ็กซ์ (X-ray dispersive Spectrometry) ของฟิวอลูมิเนียมจุดที่ IV ในรูปที่ 4.36 (ง)	78