



โครงการวิจัย เรื่อง

การเปรียบเทียบอัตราการกัดกร่อนของรอยต่อเกยอลูมิเนียมผสม AA1100
และเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI1015 ในสภาน้ำทะเลในประเทศไทย

Corrosion Rate Comparison of AA1100 Aluminum Alloy and AISI1015 Low Carbon Steel
Lap Joint in Thai Marine Environment

โดย

ผศ.สุรัตน์	ตรัยวนพงศ์
นางสาวปรกช	สิริสุวัฒน์
ผศ.ดร.กิตติพงษ์	กิมะพงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
งบประมาณประจำปี 2555

ผู้วิจัย : ผศ.สุรัตน์ ตรีวันพงศ์
นางสาวปรกช สิริสุวัฒน์
ผศ.ดร. กิตติพงษ์ กิมะพงศ์
ชื่องานวิจัย : การเปรียบเทียบอัตราการกัดกร่อนของรอยต่อเกยอลูมิเนียมผสม AA1100 และ
เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI1015 ในสภาวะน้ำทะเลในประเทศไทย
หน่วยงาน : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

ในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ รอยต่อวัสดุต่างชนิดกันเป็นรอยต่อที่มีความสำคัญ เนื่องจากรอยต่อของวัสดุต่างชนิดทำให้เกิดโครงสร้างที่มีความยืดหยุ่นซึ่งสามารถแสดงข้อดีของวัสดุแต่ละชนิดออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นหากพิจารณาปัญหาการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ในปัจจุบันได้มีการนำเอาอะลูมิเนียมเข้ามาใช้งานแทนที่ชิ้นส่วนเหล็ก เพื่อลดน้ำหนักของรถยนต์และส่งผลต่อการใช้เชื้อเพลิงอย่างประหยัด ด้วยเหตุนี้จึงทำให้รอยต่อของอะลูมิเนียมและเหล็กมีความสำคัญในการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในศึกษาอัตราการกัดกร่อนของรอยต่อเกยระหว่างเหล็กกล้า AISI 1015 และอะลูมิเนียม AA 1100 ในแหล่งน้ำทะเลไทยได้แก่ น้ำทะเลฝั่งภูเก็ต ฝั่งอุตสาหกรรมมาบตาพุด ฝั่งอุตสาหกรรมแหลมฉบัง และฝั่งอ่าวมะนาว หาน้ำหนักที่สูญเสียและอัตราการกัดกร่อนของชิ้นงานทดสอบ การทดสอบใช้การทดสอบแบบจุ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยมีระยะเวลาในการทดสอบแต่ละสภาวะที่ 30 วัน ชิ้นงานที่ได้จากการทดสอบถูกนำไปทำการวิเคราะห์หัตถ์ตราและกลไกการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นในรอยต่อเกย

ผลการทดลองโดยสรุปมีดังนี้ การศึกษาอัตราการกัดกร่อนของรอยต่อเกยระหว่างเหล็กกล้า AISI1015 และอะลูมิเนียม AA 1100 ในแหล่งน้ำทะเลไทย พบว่าในน้ำทะเลฝั่งภูเก็ต มีการสูญเสีย น้ำหนักของเหล็กและอะลูมิเนียมมากที่สุด คือ 4.4395% และ 10.1460% ตามลำดับ และมีอัตราการกัดกร่อนของเหล็กและอะลูมิเนียมมากที่สุดที่ระยะเวลา 30 วัน มีค่า 0.2472 มม./ปี และ 0.6622 มม./ปี ตามลำดับ พบธาตุอะลูมิเนียม (Al) ในปริมาณมากที่ผิวของเหล็ก จากการทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกวาด นั้นแสดงให้เห็นว่าเกิดการกัดกร่อนแบบกัลวานิกบนผิวภายในรอยต่อเกยระหว่างเหล็กกับอะลูมิเนียมจึงเป็นเหตุทำให้อะลูมิเนียมเกิดการกัดกร่อนได้เร็วขึ้น

คำสำคัญ : อะลูมิเนียม, เหล็กกล้าคาร์บอน, น้ำหนักที่สูญเสีย และอัตราการกัดกร่อน

Name : Assist. Prof.Surat Triwanapong
Miss Poragosh Sirisuwan
Assist. Prof. Kittipong Kimapong, Ph.D.
Research : Corrosion Rate Comparison of AA1100 Aluminum Alloy and
Title AISI1015 Low Carbon Steel Lap Joint in Thai Marine Environment
หน่วยงาน : Department of Industrial Engineering Faculty of Engineering
Rajamangala University of Technology Thanyaburi

Abstract

A Joint of different materials type is significantly in car industry because it provides a flexible structure to allow functional efficiency of each material. Although, there is one major disadvantage that is weight which is affected directly to fuel consumption. Recently, Aluminum has been used for replacing structural steel to reduce the weight of car and it can decrease of fuel consumption. Therefore, research and development of a joint between Aluminum and Steel is continuously studied.

This research aims to study the corrosion rate of AISI 1015 steel and AA 1100 aluminum lap joint in Thai marine environment as well as examine in the weight loss of the sample. The experiments were conducted under seawater condition in four areas; there are Phuket Marine, Maptaphut Industrial coastal, Laemchabang Industrial coastal and Manao Bay at Prajuab Kirikhan province. In order to pursue the results of this study for 30 days and then an analysis of corrosion rate and its mechanism which were occurred in the lap joint were conducted.

The results of this study indicated that the maximum weight loss of AISI 1015 steel and AA 1100 aluminum lap joint were occurred at Phuket Marine condition which loss 4.4395% and 10.1460% respectively. Moreover, it also indicated that the maximum corrosion rate of AISI 1015 steel and AA 1100 aluminum lap joint were occurred under the condition of Phuket Marine at 30 days which were 0.2472 mm/year and 0.6622 mm/year respectively. In addition, the results of Scanning Electron Microscope approach was found that there are many aluminum compound (Al) on metal surface which is caused from the galvanic corrosion in the inner zone of AISI 1015 steel and AA 1100 aluminum lap joint. This was caused the faster corrosion of AA 1100 aluminum.

Keywords : Aluminium , Carbon Steel, weight loss and corrosion rate

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปี 2555 ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สามารถดำเนินการ และบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ในการทดลอง ทำให้การทดลองสามารถดำเนินการไปได้อย่างราบรื่น

สุดท้าย คณะผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครูบาอาจารย์ ที่อบรมสั่งสอน จนทำให้คณะผู้วิจัยมีโอกาสดำเนินการวิจัยนี้ นอกจากนั้นขอกราบขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่มีความเกี่ยวข้องกับการวิจัยชิ้นนี้ ซึ่งคณะผู้วิจัยไม่ได้เอ่ยนามถึง ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบแต่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุรัตน์	ตรัยวนพงศ์
ปรกช	สิริสุวัฒน์
กิตติพงษ์	กิมะพงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 งานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel)	3
2.2 อะลูมิเนียม (Aluminum)	4
2.3 การกัดกร่อน (Corrosion)	5
2.4 น้ำทะเล	15
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการกัดกร่อน	17
2.6 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด	19
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน	24
3.1 แผนการดำเนินงาน	24
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	25
บทที่ 4 ผลการทดลอง	39
4.1 อิทธิพลของน้ำทะเลฝั่งภูเก็ตต่ออัตราการกัดกร่อนระหว่างอะลูมิเนียม AA 1100 และเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	39
4.2 อิทธิพลของน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมมาบตาพุดต่ออัตราการกัดกร่อนระหว่างอะลูมิเนียม AA 1100 และเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	44
4.3 อิทธิพลของน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมแหลมฉบังต่ออัตราการกัดกร่อนระหว่างอะลูมิเนียม AA 1100 และเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	49

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

4.4	อิทธิพลของน้ำทะเลอำมมะนาวต่ออัตราการกัดกร่อนระหว่างอะลูมิเนียม AA 1100 และเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	54
4.5	การทดสอบปริมาณธาตุบนผิวชิ้นงานทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกวาด	61
บทที่ 5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	70
5.1	สรุปผล	70
5.2	ข้อเสนอแนะ	71
	เอกสารอ้างอิง	73
	ภาคผนวก	
ก	ตารางผลการทดลอง	77

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ส่วนผสมทางเคมีของอะลูมิเนียม AA 1100
2.2	ส่วนประกอบของเกลือในน้ำทะเล
3.1	ส่วนผสมทางเคมีของวัสดุทดสอบ
4.1	ปริมาณธาตุภายในและภายนอกของรอยต่อเกลียวจากการวิเคราะห์การกระจายตัวของรังสีเอ็กซ์ (X-ray dispersive spectrometry) ของชิ้นงานทดสอบในน้ำทะเลแหล่งต่างๆ

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากโลหะในกลุ่มเหล็ก โดยตัวเลขระบุถึงเปอร์เซ็นต์คาร์บอนของเหล็ก	4
2.2 การกัดกร่อนแบบสม่ำเสมอ	6
2.3 การกัดกร่อนภายในผลึก	7
2.4 การกัดกร่อนแบบกัลวานิก	8
2.5 การกัดกร่อนแบบเซาะลึก	9
2.6 การกัดกร่อนในมุมอับ	9
2.7 การกัดกร่อนแบบรูเข็ม	10
2.8 การกัดกร่อนเนื่องจากจุลินทรีย์	11
2.9 การกัดกร่อนแบบสีกกร่อน	12
2.10 การกัดกร่อนแบบผุกรุด	13
2.11 การกัดกร่อนแบบรูพรุน	14
2.12 การกัดกร่อนจากความเค้นรอยร้าวบนผิวโลหะ CuZn 20 Al บริเวณรอยต่อหมายเลขที่อยู่ในบรรยากาศแอมโมเนียเจือปน	15
2.13 แสดงถึงผลของอัตราการกัดกร่อนของเหล็กกล้ารีดเย็น 0.06% คาร์บอน ในสารละลายเกลือคลอไรด์ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	17
2.14 ภาพแสดงอำนาจแยกแยะของ SEM	19
2.15 แผนภาพแสดงการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด	20
2.16 แผนภาพแสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างอันตรกิริยาของอิเล็กตรอนกับสาร	20
2.17 ภาพจากสัญญาณอิเล็กตรอนทุติยภูมิ	21
2.18 ภาพจากสัญญาณอิเล็กตรอนกระเจิงกลับ	21
2.19 สเปกตรัมของเทคนิคเอเนอร์จีดีสเพอร์ซีฟสเปกโทรเมตรี (EDS)	22
3.1 แผนภาพการไหลกระบวนการในการทำวิทยานิพนธ์	24
3.2 ขนาดของชิ้นงานทดสอบ	25
3.3 ขัดผิวของชิ้นงานทดสอบ	26
3.4 ล้างชิ้นงานด้วยอะซิโตน	26
3.5 เป่าชิ้นงานด้วยเครื่องเป่าลมร้อน	27
3.6 ชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนทำการทดสอบ	27
3.7 ลักษณะการต่อเกยวัสดุพร้อมทำการทดสอบ	27
3.8 การหาพื้นผิวชิ้นงานทดสอบ	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.9	ชุดทดสอบการกัดกร่อน	29
3.10	ขนาดของแผ่นสังกะสีก่อนทำการพ่นขึ้นรูป	30
3.11	อ่างให้ความร้อนที่เจาะรูเรียบร้อยแล้ว	31
3.12	อ่างให้ความร้อนที่ทำการติดขดลวด (Heater) แล้ว	31
3.13	ชุดควบคุมอุณหภูมิในการทดสอบการกัดกร่อน	32
3.14	แบบตู้ทดสอบการกัดกร่อน	32
3.15	ตู้กระจกที่ติดแผ่นยางกันอากาศเข้าออก	33
3.16	ฝาปิดตู้กระจก	33
3.17	ท่อระบายอากาศ	33
3.18	เครื่องปั๊มลมขนาดเล็กกับท่ออากาศเข้า	34
3.19	จุกยาง	34
3.20	เทอร์โมมิเตอร์	34
3.21	ท่ออากาศเข้า	35
3.22	อุปกรณ์สำหรับแขวนชิ้นงานทดสอบ	35
3.23	ลักษณะตะขอแขวนชิ้นงาน	35
3.24	ชุดทดสอบการกัดกร่อน	36
3.25	ชิ้นงานทดสอบที่แขวนพร้อมทำการทดสอบ	37
3.26	ชุดทดสอบการกัดกร่อน	37
3.27	การเป่าลมชิ้นงานทดสอบให้แห้ง	37
3.28	การกำจัดออกไซด์ของวัสดุทดสอบ	38
3.29	ทำความสะอาดด้วยอะซิโตนหลังกำจัดออกไซด์	38
4.1	ผิวชิ้นงานของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 จากการทดสอบในน้ำทะเลฝุ้งภูเก็ต	39
4.2	ผิวชิ้นงานของแผ่นอะลูมิเนียม AA 1100 จากการทดสอบในน้ำทะเลฝุ้งภูเก็ต	40
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบในน้ำทะเลฝุ้งภูเก็ตของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	41
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบในน้ำทะเลฝุ้งภูเก็ตของแผ่นอะลูมิเนียม AA 1100	42
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในน้ำทะเลฝุ้งภูเก็ตของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในน้ำทะเลฝั่งภูเก็ตของแผ่นอะลูมิเนียม AA 1100	43
4.7	ผิวชิ้นงานของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 จากการทดสอบในน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมมาบตาพุด	45
4.8	ผิวชิ้นงานของแผ่นอะลูมิเนียม AA1100 จากการทดสอบในน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมมาบตาพุด	46
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบในน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมมาบตาพุดของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	47
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบในน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมมาบตาพุดของแผ่นอะลูมิเนียม AA 1100	47
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมมาบตาพุดของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	48
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมมาบตาพุดของแผ่นอะลูมิเนียม AA 1100	48
4.13	ผิวชิ้นงานของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 จากการทดสอบในน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมแหลมฉบัง	50
4.14	ผิวชิ้นงานของแผ่นอะลูมิเนียม AA 1100 จากการทดสอบในน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมแหลมฉบัง	51
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบในน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมแหลมฉบังของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	52
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบในน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมแหลมฉบังของแผ่นอะลูมิเนียม AA 1100	52
4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมแหลมฉบังของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	53
4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในน้ำทะเลฝั่งอุตสาหกรรมแหลมฉบังของแผ่นอะลูมิเนียม AA 1100	54
4.19	ผิวชิ้นงานของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 จากการทดสอบในน้ำทะเลฝั่งอ่าวมะนาว	55
4.20	ผิวชิ้นงานของแผ่นอะลูมิเนียม AA 1100 จากการทดสอบในน้ำทะเลฝั่งอ่าวมะนาว	56

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.21	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ ในน้ำทะเลฝัองอ่าวมะนาวของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	57
4.22	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและน้ำหนักที่สูญเสียจากการทดสอบ ในน้ำทะเลฝัองอ่าวมะนาวของแผ่นอะลูมิเนียม AA 1100	57
4.23	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในน้ำทะเลฝัอง อ่าวมะนาวของแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015	58
4.24	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบและอัตราการกัดกร่อนในน้ำทะเลฝัอง อ่าวมะนาวของแผ่นอะลูมิเนียม AA 1100	59
4.25	การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบอัตราการกัดกร่อน ของเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1015 จากการทดสอบในน้ำทะเลแหล่งต่างๆ	60
4.26	การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการทดสอบอัตราการกัดกร่อน ของอะลูมิเนียม AA 1100 จากการทดสอบในน้ำทะเลแหล่งต่างๆ	61
4.27	ภาพถ่ายพื้นผิวชิ้นงานทดสอบที่ระยะเวลา 30 วัน (ฝัองภูเก็ต)	62
4.28	ภาพถ่าย SEM ของชิ้นงานทดสอบที่กำลังขยาย 200 เท่า (ฝัองภูเก็ต)	63
4.29	ภาพถ่ายพื้นผิวชิ้นงานทดสอบที่ระยะเวลา 30 วัน (ฝัองอุตสาหกรรมมาบตาพุด)	64
4.30	ภาพถ่าย SEM ของชิ้นงานทดสอบที่กำลังขยาย 200 เท่า (ฝัองอุตสาหกรรมมาบตาพุด)	65
4.31	ภาพถ่ายพื้นผิวชิ้นงานทดสอบที่ระยะเวลา 30 วัน (ฝัองอุตสาหกรรมแหลมฉบัง)	65
4.32	ภาพถ่าย SEM ของชิ้นงานทดสอบที่กำลังขยาย 200 เท่า (ฝัองอุตสาหกรรมแหลมฉบัง)	66
4.33	ภาพถ่ายพื้นผิวชิ้นงานทดสอบที่ระยะเวลา 30 วัน (ฝัองอ่าวมะนาว)	67
4.34	ภาพถ่าย SEM ของชิ้นงานทดสอบที่กำลังขยาย 200 เท่า (ฝัองอ่าวมะนาว)	67