การเคลือบผิวอลูมิเนียมด้วยออกไซด์

ALUMINIUM ANODIZE

จิรเจต เจตน์มงคล

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ - เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

การเคลือบผิวอลูมิเนียมด้วยออกไซด์

ALUMINIUM ANODIZE

จิรเจต เจตน์มงคล

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สาขาเครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ALUMINIUM ANODIZE

Cherajate Jatemongkol

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN APILLIED PHYSICS

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การเคลือบผิวอลูมิเนียมด้วยออกไซด์
ชื่อนักศึกษา	นายจิรเจต เจตน์มงคล
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2555
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.วิชาญ เตชิตธีระ

บทคัดย่อ

การเคลือบผิวอลูมิเนียมด้วยออกไซด์โดยใช้ไฟฟ้านั้น มีชื่อเรียกกันโดยทั่วไปว่าการอโนไดซ์ ในการทดลองนี้พบว่าสามารถเห็นรูพรุนของอลูมิเนียมออกไซด์ได้อย่างชัดเจน เมื่อถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบเลื่อนกราด และเมื่อทำการปิดผิวรูพรุนโดยไม่ใส่สี และการปิดผิวรูพรุนโดยการเติมสีแล้วนำไปถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบเลื่อนกราด ก็จะไม่พบรูพรุนอีก

คำสำคัญ : อลูมิเนียม,อโนไดซ์,โลหะอลูมิเนียม,อลูมิเนียมออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	ALUMINIUM ANODIZE
Students	Cherajate Jatemongkol
Degree	Bachelor of Science
Major Program	Appiled Physics
Academic Year	2012
Advisor	Assoc.Prof. Wicharn Techitdheera

ABSTRACT

Aluminium oxide coats on surface of aluminium by electricity usually call "Anodize".In this experiment nanoporous of aluminium oxide obviously found by SEM and after tha one sample has been sealed by hot water and another sample dip in color ink and then sealed by hot water.the two later sample absented of nanoporous according to SEM pictures.

Keywords: Aluminium,Anodize,Aluminum Metal,Aluminum Oxide

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วง เพราะความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษารศ.วิชาญ เตชิตธีระ อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด และเสนอแนวทางแก้ปัญหาต่างๆที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยนี้ รวมทั้งตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วราวุฒิ เถาลัดดา อ.ธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์ และดร.วรการ นียากรเป็นอย่างสูงที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบโครงงานพิเศษ และให้คำแนะนำ ตรวจทาน และแก้ไขข้อบกพร่องที่เป็นประโยชน์ในโครงงานพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกของเครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณนักวิทยาศาสตร์ นักศึกษาปริญญาโท-เอกและเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่เอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ในการจัดทำโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่และครอบครัวที่เป็นกำลังใจและให้ความอุปการะตลอดมา และขอบคุณเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือในการจัดทำโครงงานพิเศษนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีของโครงงานพิเศษฉบับนี้ขออุทิศให้แด่คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณต่อคณะวิจัยทุกท่าน

นายจิรเจต เจตน์มงคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
สัญลักษณ์และคำย่อ	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 อลูมิเนียม	3
2.1.1 ข้อมูลทั่วไปและคุณสมบัติของอลูมิเนียม	3
2.1.2 การผลิตอลูมิเนียม	5
2.1.3 การนำไปประยุกต์ใช้	8
2.2 การอโนไดซ์	10
2.3 การเกิดออกไซด์จากการการอโนไดซ์	15
2.4 อันตรายแฝงจากอลูมิเนียม	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	18
3.1 ขั้นตอนการเตรียมพื้นผิว	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 ขั้นตอนการอโนไดซ์	19
3.3 ขั้นตอนการย้อมสีและซีลผิว	22
3.4ขั้นตอนการวิเคราะห์	23
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	26
4.1 ผลการทดลองจากการเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดด้วยกระดาษทราย และการกัดด้วยสารเคมี	26
4.2 ผลการทดลองจากการอโนไดซ์ที่เงื่อนไขแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิต่างๆ	27
4.3 ผลการทดลองซีลผิวชิ้นงานหลังจากอโนไดซ์ เพื่อทำการปิดผนึกรูพรุนที่ผิวหน้าของชิ้นงาน	28
4.4 ผลการวิเคราะห์ผิวหน้าจากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบเลื่อนกราดบนพื้นผิวด้านหน้าของอลูมิเนียมที่ทำการอโนไดซ์	29
4.4.1.ภาพวิเคราะห์ผิวหน้าจากตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการซีลผิว	29
4.4.2.ภาพวิเคราะห์ผิวหน้าจากตัวอย่างที่ผ่านการซีลผิว	30
4.4.2.ภาพวิเคราะห์ผิวหน้าจากตัวอย่างที่ผ่านการย้อมสีและซีลผิว	32
4.5 สารที่ได้จากการทดลองอโนไดซ์ที่อุณหภูมิ 10°C โดยบังเอิญ	33
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุปผลการวิจัย	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทำการอโนไดซ์ 21

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทั่วไปของอลูมิเนียมออกซาเลต 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างอะตอมของอลูมิเนียม (2,8,3) 3

รูปที่ 2.2 แร่บอกไซต์ (ซ้าย) กระบวนการผลิตสารอลูมินาจากแร่บอกไซต์ (กลาง)
ผงอลูมินา (ขวา) 5

รูปที่ 2.3 กระบวนการแยกอลูมิเนียมของฮอลล์-เอรูลต์ 6

รูปที่ 2.4 อโนไดซ์ผิวแข็ง (Hard coat Anodize) ความหนา ≈ 50-60 Micron. 12

รูปที่ 2.5 อโนไดซ์ขาว (Clear Anodize) ความหนา ≈ 5-10 Micron. 12

รูปที่ 2.6 อโนไดซ์ดำ (Black Anodize) ความหนา ≈ 20-30 Micron. 12

รูปที่ 2.7 อโนไดซ์สีต่างๆ (Color Anodize) ความหนา ≈ 10-20 Micron. 13

รูปที่ 2.8 อโนไดซ์ขาวเงา (Clear Bright Anodize) ความหนา ≈ 5-10 Micron. 13

รูปที่ 2.9 stage 1 15

รูปที่ 2.10 stage 2 15

รูปที่ 2.11 stage 3 16

รูปที่ 2.12 stage 4 16

รูปที่ 3.1 การเตรียมพื้นผิวโดยการกัดด้วยสารเคมี 18

รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมพื้นผิวชิ้นงานที่จะนำมาทดลอง 19

รูปที่ 3.3 แสดงระบบการอโนไดซ์ 20

รูปที่ 3.4 การจัดอุปกรณ์สำหรับทำการอโนไดซ์ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.5 ชิ้นงานที่แขวนไว้ระหว่างทำการอโนไดซ์ 21

รูปที่ 3.6 ระบบการอโนไดซ์ที่อุณหภูมิต่ำ 22

รูปที่ 3.7 การทำการอโนไดซ์ที่อุณหภูมิต่ำ 22

รูปที่ 3.8 การย้อมสีชิ้นงาน 23

รูปที่ 3.9 แสดงอุปกรณ์การซีลผิว 23

รูปที่ 3.10 เครื่อง SEM ที่ใช้ทำการวิเคราะห์ 23

รูปที่ 3.11 แสดงหลักการทำงานของเครื่อง SEM 24

รูปที่ 3.12 แสดงพื้นผิวที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM(ไม่เกี่ยวกับชิ้นงาน) 25

รูปที่ 4.1 การเตรียมด้วยการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1000 และกัดด้วยสารเคมี

ในเวลา1,3,5 นาที 26

รูปที่ 4.2 การเตรียมด้วยการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1200

และกัดด้วยสารเคมีในเวลา1,3,5 นาที 26

รูปที่ 4.3 ไม่ได้ด้วยขัดกระดาษทรายแต่กัดด้วยสารเคมีในเวลา1,3,5 นาทีตามลำดับ 26

รูปที่ 4.4 ชิ้นงานที่ทำการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 10 V.

ที่เวลา 20 และ 30นาที ตามลำดับ 27

รูปที่ 4.5 ชิ้นงานที่ทำการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 12 V.

ที่เวลา 20 และ 30นาที ตามลำดับ 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.6 ชิ้นงานที่ทำการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 15 V.

ที่เวลา 20 และ 30นาที ตามลำดับ 27

รูปที่ 4.7 ชิ้นงานที่ซีลผิวหลังจากการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 10,12,15 V.

เป็นเวลา 20 นาที 28

รูปที่ 4.8 ชิ้นงานที่ซีลผิวหลังจากการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 10,12,15 V.

เป็นเวลา 30 นาที 28

รูปที่ 4.9 ชิ้นงานที่ไม่ได้ซีลผิวหลังจากการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 10,12,15 V.

เป็นเวลา 20 นาที 28

รูปที่ 4.10 ชิ้นงานที่ไม่ได้ซีลผิวหลังจากการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 10,12,15 V.

เป็นเวลา 30 นาที 28

รูปที่ 4. 11 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 200 เท่า(ไม่ซีลผิว) 29

รูปที่ 4. 12 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 2000 เท่า(ไม่ซีลผิว) 29

รูปที่ 4. 13 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 25000 เท่า(ไม่ซีลผิว) 30

รูปที่ 4. 14 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 50000 เท่า(ไม่ซีลผิว) 30

รูปที่ 4. 15 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 200 เท่า(ซีลผิว) 30

รูปที่ 4. 16 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 2000 เท่า(ซีลผิว) 31

รูปที่ 4. 17 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 25000 เท่า(ซีลผิว) 31

รูปที่ 4. 18 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 50000 เท่า(ซีลผิว) 31

รูปที่ 4. 19 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 200 เท่า(ย้อมสี) 32

รูปที่ 4. 20 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 2000 เท่า(ย้อมสี) 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4. 21 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 25000 เท่า(ย้อมสี) 32

รูปที่ 4.22 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 50000 เท่า(ย้อมสี) 33

รูปที่ 4.23 แสดงผลึกที่เกิดขึ้นที่ก้นภาชนะที่ทำการทดลอง 33

รูปที่ 4.24 แสดงผลึกที่เกิดขึ้นที่ก้นของภาชนะที่ทำการทดลองจากด้านบน 33

รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบผลึกที่ได้จากการทดลองกับสารอลูมิเนียมออกซาเลต 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์และคำย่อ

MPa = mega pascal

IR = infrared

UV = ultra violet

K = kelvin

Amp. = ampere

V. = volt

Min = minute

SEM = scanning electron microscope

TEM = transmission electron microscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

โดยปกติเมื่อทิ้งอลูมิเนียมไว้ในบรรยากาศ อลูมิเนียมจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นชั้นฟิล์มบางๆ ซึ่งมีคุณสมบัติทนการกัดกร่อนได้ดี ในแผ่นอลูมิเนียมบริสุทธิ์ การเกิดของชั้นฟิล์มจะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในอลูมิเนียมที่มีโลหะอื่นผสม (alloys) โดยเฉพาะอลูมิเนียมที่ผสมแมกนิเซียม มีคุณสมบัติทนการกัดกร่อนลดลง ดังนั้นการทำ
อโนไดซ์จะเป็นการเพิ่มความสามารถในการทนการกัดกร่อนของอลูมิเนียมอัลลอย อลูมิเนียมที่เป็นชิ้นส่วนหลักทั้งหมด ที่ใช้ในเครื่องบิน จะเป็นอลูมิเนียมอโนไดซ์ นอกจากนั้น ยังพบอลูมิเนียมอโนไดซ์ในเครื่องใช้ประจำวัน เช่น เครื่องเล่น MP3, ไฟฉาย, เครื่องครัว, กล้อง,อุปกรณ์กีฬา เป็นต้น ซึ่งผลพลอยได้จากการทำอโนไดซ์ นอกจากจะทนการกัดกร่อนของบรรยากาศได้ดีขึ้นแล้ว ยังสามารถย้อมสีได้อีกด้วย ผิวของอลูมิเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์แล้ว จะมีความสามารถในการนำความร้อนได้ลดลงและมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำกว่าอลูมิเนียมบริสุทธิ์ อลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดจากการอโนไดซ์ จะเกิดงอกขึ้นที่ผิว และส่วนหนึ่งกินลงไปที่เนื้อผิวเดิม ในอัตราส่วนเท่าๆ กัน ตัวอย่างเช่น การอโนไดซ์ความหนา 2 ไมโครเมตร ดังนั้นชิ้นงานจะมีความหนาเพิ่มขึ้นเพียง 1 ไมโครเมตร (เพราะอีก 1 ไมโครเมตรกินลงไปที่ผิวเดิม) เงื่อนไขและองค์ประกอบอื่นๆอาทิ เช่น ความเข้มข้นของสารละลายอโนไดซ์ อุณหภูมิของสารละลาย อโนไดซ์ กระแสไฟฟ้าที่ใช้ ล้วนแต่มีผลต่อการก่อตัวของชั้นอลูมิเนียมออกไซด์ ความหนาของชั้นอาจแตกต่างกันหลายเท่า เมื่อเงื่อนไขและองค์ประกอบเปลี่ยนไป ชั้นของออกไซด์ที่เกิดจะเพิ่มความแข็งและความสามารถในการทนการกัดกร่อนออกไซด์ที่เกิดจะก่อตัวเป็นท่อรูปหกเหลี่ยม เรียงตัวกัน ความหนา(สูง) ของท่อนี้เริ่มตั้งแต่ 5 ไมโครเมตร ซึ่งจะให้ชิ้นงานสว่างใส และจนถึง 150 ไมโครเมตรสำหรับใช้งานทางด้านสถาปัตยกรรม ทางผู้จัดทำจึงเห็นความสำคัญ จึงอยากศึกษาการอโนไดซ์เพื่อนำไปใช้ในการประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่นๆต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาลักษณะรูพรุนในพื้นผิวออกไซด์ ที่ผิวหน้าของชิ้นงานที่ไม่ทำการซีล ซีลผิว และย้อมสี

1.2.2 ศึกษาปัจจัยทางด้านอุณหภูมิที่มีผลต่อชิ้นงานในการอโนไดซ์

1.2.3 เพื่อศึกษาและนำมาประยุกต์ใช้ในการทำงานให้ใช้งานได้จริง สามารถลดค่าใช้จ่าย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ ของอลูมิเนียม ซึ่งเป็นแร่โลหะที่ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เพื่อหาวิธีที่จะใช้ในการทำประโยชน์ให้เกิดคุณภาพสูงสุด

1.3.2 ศึกษาผลของตัวแปรอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำการอโนไดซ์ เพื่อการปรับปรุงพื้นผิวของอลูมิเนียมออกไซด์

1.3.3 ศึกษาการทำอโนไดซ์ด้วยตัวเอง เพื่อให้เกิดการประหยัดค่าใช้จ่าย

1.3.4 ศึกษารูพรุนของชั้นออกไซด์ที่เกิดขึ้นบนผิวของอลูมิเนียม การย้อมสีและการซีลปิดรูพรุนของอลูมิเนียมออกไซด์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงองค์ประกอบและคุณสมบัติของแร่โลหะอลูมิเนียม

1.4.2 ทำการอโนไดซ์และย้อมสีของโลหะอลูมิเนียมได้

1.4.3 ทราบถึงเวลาและแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมในการอโนไดซ์

1.4.4 สามารถปรับปรุงพื้นผิวของอลูมิเนียมให้เกิดประโยชน์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อลูมิเนียม

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปและคุณสมบัติของอลูมิเนียม

Al - Aluminium

<u>ข้อมูลทั่วไป</u>

ชื่อธาตุ : Aluminium

สัญลักษณ์ : Al

เลขอะตอม : 13

Atomic Weight : 26.981538

หมู่ที่ : 13

ชื่อหมู่ : -

คาบ : 3

จุดหลอมเหลว : 661°C

จุดเดือด : 2520°C

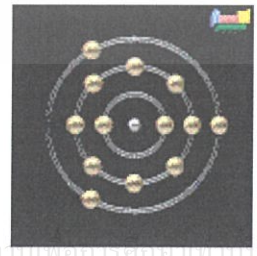
ความหนาแน่น (300K) g/cm^3 : 1.61

สี : เงิน

สถานะปกติ (ณ อุณหภูมิห้อง) : ของแข็ง

Electronegativity : 1.61

การจัดเรียงอะตอม : [Ne]3s^{2}3p^1



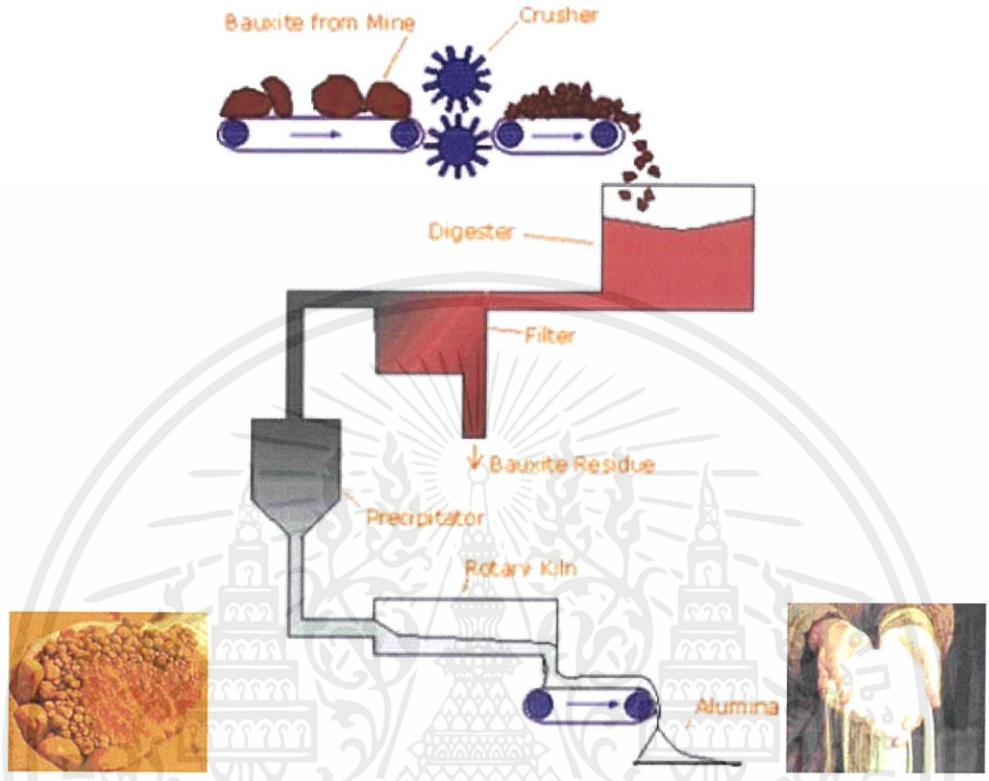
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 โครงสร้างอะตอมของอลูมิเนียม (2,8,3)

อลูมิเนียมจัดเป็นธาตุที่พบมากเป็นอันดับ 3 ในบรรดาธาตุทั้งหมดที่มีอยู่บนผิวโลก เป็นธาตุที่พบมากเป็นอันดับสามรองจากธาตุซิลิคอน คือพบประมาณ 7.5% โดยมวล อลูมิเนียม (ภาษาอังกฤษสะกดได้ว่า aluminium หรือ aluminum ในอเมริกาเหนือ) คือธาตุเคมีในตารางธาตุที่มีสัญลักษณ์ Al และมีเลขอะตอม 13 เป็นโลหะที่มันวาวและอ่อนดัดง่าย [1]ในธรรมชาติอลูมิเนียมพบในรูปแร่บอกไซต์เป็นหลัก และมีคุณสมบัติเด่น คือ ต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี (เนื่องจากปรากฏการณ์ passivation) แข็งแรง และน้ำหนักเบา มีการใช้อลูมิเนียมในอุตสาหกรรมหลายประเภท เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย และอลูมิเนียมสำคัญต่อเศรษฐกิจโลกอย่างมาก ชิ้นส่วนโครงสร้างที่ผลิตจากอลูมิเนียมสำคัญต่ออุตสาหกรรมอากาศยาน และสำคัญในด้านอื่นๆ ของการขนส่งและการสร้างอาคาร ซึ่งต้องการน้ำหนักเบา ความทนทาน และความแข็งแรง อลูมิเนียมเป็นโลหะที่อ่อนและเบาที่มีลักษณะไม่เป็นเงา เนื่องจากเกิดการออกซิเดชันชั้นบางๆ ที่เกิดขึ้นเร็วเมื่อสัมผัสกับอากาศ โลหะอลูมิเนียมไม่เป็นสารพิษ ไม่เป็นแม่เหล็ก และไม่เกิดประกายไฟ อลูมิเนียมบริสุทธิ์มีแรงต้านการดึงประมาณ 49 ล้านปาสคาล (MPa) และ 400 MPa ถ้าทำเป็นโลหะผสม อลูมิเนียมมีความหนาแน่นเป็น 1/3 ของเหล็กกล้าและทองแดง อ่อน สามารถดัดได้ง่าย สามารถกลึงและหล่อแบบได้ง่าย และมีความสามารถต่อต้านการกร่อนและความทนเนื่องจากชั้นออกไซด์ที่ป้องกันพื้นหน้า กระจกเงาที่เป็นอลูมิเนียมมีการสะท้อนแสงมากกว่าโลหะอื่นๆ ในช่วงความยาวคลื่น 200-400 nm (UV) และ 3000-10000 nm (IR ไกล) ส่วนในช่วงที่มองเห็นได้ คือ 400-700 nm โลหะเงินสะท้อนแสงได้ดีกว่าเล็กน้อย และในช่วง 700-3000 (IR ใกล้) โลหะเงิน ทองคำ และทองแดง สะท้อนแสงได้ดีกว่า อลูมิเนียมเป็นโลหะที่ดัดได้ง่ายเป็นอันดับ 2 (รองจากทองคำ) และอ่อนเป็นอันดับที่ 6 อลูมิเนียมสามารถนำความร้อนได้ดี อลูมิเนียมสามารถนำไป recycled ได้จุดหลอมเหลวต่ำ หลอมง่าย และมีอัตราการไหลตัวสูง มีความเหนียวมาก สามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่างๆได้ง่าย อลูมิเนียมเพิ่งได้มีการนำมาใช้ในการค้าได้ 146 ปี และถือว่ายังเป็นโลหะใหม่เมื่อเทียบกับ ทองแดง ตะกั่ว และดีบุก ซึ่งได้มีการนำมาใช้เป็นพันๆปีแล้ว แต่ทว่าในปัจจุบัน อลูมิเนียมเป็นโลหะที่ได้มีการผลิตมากกว่า โลหะที่ไม่มีเหล็กผสมทั้งหมดรวมกัน จะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์จากอลูมิเนียม ที่พบเห็นในชีวิตประจำวันนั้นมีอยู่มากมาย ซึ่งควรตระหนักถึง การใช้ทรัพยากรอันมีค่านี้ ให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้วย วิธีการหนึ่ง ที่สามารถปฏิบัติได้ก็คือ การนำมาหลอมใช้ใหม่ เนื่องจากอลูมิเนียม สามารถนำกลับมาหลอมใช้ใหม่ ได้ครั้งแล้วครั้งเล่า โดยไม่ทำให้สมบัติเดิมเปลี่ยนแปลงไป และมีต้นทุนด้านพลังงาน ที่ใช้ในการรีไซเคิลต่ำอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การผลิตอลูมิเนียม



รูปที่ 2.2 แร่บอกไซต์ (ซ้าย) กระบวนการผลิตสารอลูมินาจากแร่บอกไซต์ (กลาง) ผงอลูมินา (ขวา)

[2]การผลิตอลูมิเนียมจากสินแร่ในปัจจุบันประกอบด้วย 2 ขั้นตอน โดย

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแยกสารอลูมิเนียมออกไซด์หรือสารอลูมินาที่อยู่ในแร่บอกไซต์ (bauxite) ออกมาโดยใช้กระบวนการของเบเออร์ (Bayer Process) ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 4 ขั้น คือ

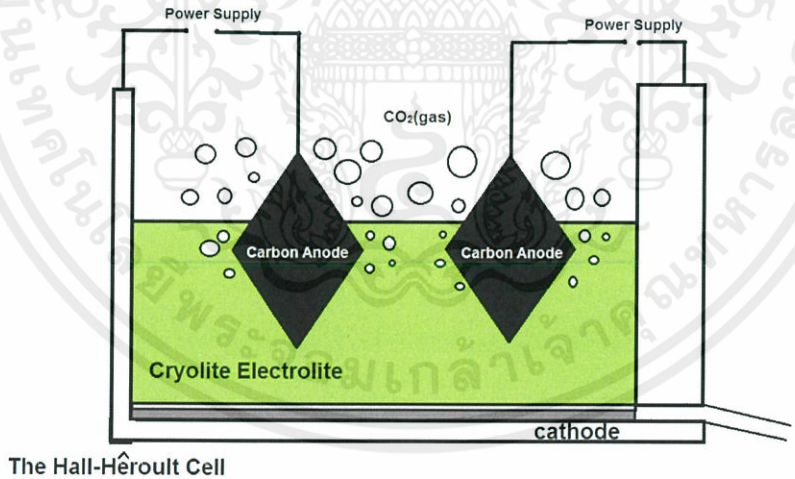
- การย่อย (Digestion) นำแร่บอกไซต์บดให้มีขนาดเล็กลง และนำไปผสมกับสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ของผสมจะถูกเทลงไปในถังย่อย (digester) การใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่าง และความร้อน ทำให้สารอลูมินาในแร่บอกไซต์ละลายออกมาในรูปของสารประกอบอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($Al(OH)_3$) ส่วนสารมลทินจะไม่ละลายออกมา และตกตะกอนอยู่ใต้ถัง
- การทำให้ใส (Clarification) สารมลทินต่างๆ นอกเหนือจากสารอลูมินาจะถูกแยกออกด้วยการกรอง ส่วนสารละลายที่ประกอบด้วยสารอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จะถูกส่งไปถังตกตะกอน
- การตกตะกอน (Precipitation)สารละลายอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ถูกทำให้เย็น และปล่อยให้ตกตะกอนออกมาซึ่งตะกอนที่ได้มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเผาไล่น้ำ (Calcination)ตะกอนของสารอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จะถูกส่งเข้าเตาเผา และเผาที่อุณหภูมิ 1,050 °C เพื่อทำให้สารอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์สลายตัวเป็นสารอลูมินาและให้ไอน้ำออกมา

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการแยกอลูมิเนียมออกจากสารอลูมินาด้วยกระบวนการของฮอลล์-เอรูลต์ (Hall-Hêroult process) ซึ่งเป็นวิธีแยกด้วยการใช้ปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี เริ่มจากการเปลี่ยนสารอลูมินาให้มีสภาพเป็นสารอิเล็กโทรไลต์ก่อน แต่เนื่องจากอลูมินาบริสุทธิ์มีจุดหลอมเหลวสูงถึง 2,000 °C ดังนั้นจึงต้องนำอลูมินามาละลายในสารไครโอไลต์ (cryolite, Na_3AlF_6) หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 1,000 °C เพื่อลดอุณหภูมิของกระบวนการ โดยสารไครโอไลต์จะทำหน้าที่เป็นฟลักซ์หรือสารที่ช่วยให้เกิดการหลอมตัวและไหลตัวเมื่อได้รับความร้อน

ถังที่ใช้ในกระบวนการแยกอลูมิเนียมออกมานี้ จะใช้ถังเหล็กที่ผนังด้านในเคลือบด้วยแกรไฟต์ โดยถังเหล็กจะเป็นขั้วแคโทด และใช้แท่งคาร์บอนเป็นขั้วแอโนด (ดังรูปข้างล่าง) เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปจะเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีขึ้น อลูมิเนียมเหลวจะเกิดขึ้นที่ขั้วแคโทด เนื่องจากอุณหภูมิของกระบวนการแยกสูงประมาณ 1,000°C ขณะที่อลูมิเนียมมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 660 °C ดังนั้นโลหะอลูมิเนียมที่ถูกแยกออกมาจะจมตัวอยู่ก้นถังในสภาพโลหะเหลว ส่วนที่ขั้วแอโนดจะเกิดก๊าซออกซิเจนขึ้น ซึ่งก๊าซออกซิเจนนี้จะทำปฏิกิริยากับแท่งคาร์บอนกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้แท่งคาร์บอนค่อยๆ สึกหรอไป



รูปที่ 2.3 กระบวนการแยกอลูมิเนียมของฮอลล์-เอรูลต์

ระหว่างกระบวนการผลิต เมื่อปล่อยให้ปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าดำเนินไประยะหนึ่งจึงทำการระบายอลูมิเนียมเหลวออกนอกถังทำปฏิกิริยา ทั้งนี้แหล่งพลังงานความร้อนที่ใช้ทำให้ของผสม

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กโทรไลต์อยู่ในสภาพหลอมเหลวได้ตลอดเวลานั้น มาจากความต้านทานไฟฟ้าที่เกิดจากการผ่านกระแสไฟฟ้าขนาด 100,000 แอมแปร์ ความต่างศักย์ประมาณ 4-5 โวลต์ให้กับถังเหล็กและแท่งคาร์บอน

จะเห็นได้ว่าในกระบวนการผลิตอลูมิเนียมจากสินแร่บอกไซด์นั้น กว่าจะได้โลหะอลูมิเนียมออกมา สินแร่ต้องผ่านขั้นตอน และกระบวนการต่างๆ มากมาย อย่างไรก็ดีการใช้อลูมิเนียมมีข้อได้เปรียบเหนือกว่าโลหะอื่นหลายชนิดในเรื่องการนำกลับมารีไซเคิลใหม่ เพราะอลูมิเนียมมีจุดหลอมเหลว (660° C) ต่ำกว่าโลหะอื่นอย่าง โลหะในกลุ่มเหล็กชนิดต่างๆ (จุดหลอมเหลว ~1500-1600°C) ไทเทเนียมบริสุทธิ์ (1660°C) ทองแดงบริสุทธิ์ (1063°C) ดังนั้นการนำขยะผลิตภัณฑ์อลูมิเนียมกลับมาหลอมใหม่จึงใช้พลังงานน้อยกว่า

เกร็ดความรู้ : อลูมิเนียมเกิดออกไซด์ได้เช่นเดียวกับเหล็ก

เมื่อพูดถึงออกไซด์ของเหล็ก หลายคนคงนึกถึงสนิมเหล็ก ตัวการที่ทำให้เหล็กเกิดการกัดกร่อนเป็นอันดับแรก สนิมเหล็กเป็นออกไซด์รูปหนึ่งของเหล็กที่เกิดจากการรวมตัวของเหล็กกับออกซิเจนในอากาศ ขณะที่อลูมิเนียมก็เป็นโลหะชนิดหนึ่งที่มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีมาก (จึงพบอลูมิเนียมในรูปสารประกอบ ไม่พบในรูปธาตุบริสุทธิ์ในธรรมชาติ) ดังนั้นเมื่อผิวอลูมิเนียมสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศจึงเกิดผิวออกไซด์ของอลูมิเนียมได้เช่นเดียวกับเหล็ก

แต่ออกไซด์ของอลูมิเนียมมีลักษณะต่างจากสนิมเหล็ก ออกไซด์ของอลูมิเนียมจะเกิดบนผิวอย่างสม่ำเสมอและเกาะแน่นบนผิวจึงกลายเป็นชั้นเคลือบที่ปกป้องเนื้อโลหะจากการทำปฏิกิริยาเคมีกับสารอื่น ส่วนสนิมเหล็กมีลักษณะเป็นเนื้อพรุนทำให้ไอน้ำ ออกซิเจน และสารเคมีอื่นจากอากาศสามารถสอดแทรกเข้าไปทำปฏิกิริยากับเนื้อเหล็กที่อยู่ใต้ชั้นออกไซด์ต่อได้ ส่งผลให้เนื้อเหล็กที่อยู่ใต้ชั้นออกไซด์สามารถถูกกัดกร่อนต่อได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การนำไปประยุกต์ใช้

เมื่อวัดในทั้งปริมาณและมูลค่า การใช้อลูมิเนียมมีมากกว่าโลหะอื่นๆ ยกเว้นเหล็ก และมีความสำคัญในเศรษฐกิจโลกทุกด้าน

อลูมิเนียมบริสุทธิ์มีแรงต้านการดึงต่ำ แต่สามารถนำไปผสมกับธาตุต่างๆ ได้ง่าย เช่น ทองแดง สังกะสี แมกนีเซียม แมงกานีส และซิลิกอน (เช่น duralumin) ในปัจจุบันวัสดุเกือบทั้งหมดที่เรียกว่าอลูมิเนียมเป็นโลหะผสมของอลูมิเนียม อลูมิเนียมบริสุทธิ์พบเฉพาะเมื่อต้องการความทนต่อการกัดกร่อนมากกว่าความแข็งแรงและความแข็ง

เมื่อรวมกับกระบวนการทางความร้อนและเชิงกล (thermo-mechanical processing) โลหะผสมของอลูมิเนียมมีคุณสมบัติทางกลศาสตร์ที่ดีขึ้น โลหะผสมอลูมิเนียมเป็นส่วนสำคัญของเครื่องบินและจรวดเนื่องจากมีอัตราความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง

อลูมิเนียมสามารถสะท้อนแสงที่มองเห็นได้ดีเยี่ยม (~99%) และสามารถสะท้อนแสงอินฟราเรดได้ดี (~95%) อลูมิเนียมชั้นบางๆ สามารถสร้างบนพื้นผิวเรียบด้วยวิธีการควบแน่นของไอสารเคมี (chemical vapor deposition) หรือวิธีการทางเคมี เพื่อสร้างผิวเคลือบออปติคัล (optical coating) และกระจกเงา ผิวเคลือบเหล่านี้จะเกิดชั้นอลูมิเนียมออกไซด์ที่บางยิ่งกว่า ที่ไม่สึกกร่อนเหมือนผิวเคลือบเงิน กระจกเงาเกือบทั้งหมดสร้างโดยใช้อลูมิเนียมชั้นบางบนผิวหลังของแผ่นกระจก (float glass) กระจกเงาในกล้องโทรทรรศน์สร้างด้วยอลูมิเนียมเช่นกัน แต่เคลือบข้างหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนภายใน การหักเห และการสูญเสียจากความใส กระจกเหล่านี้เรียกว่า first surface mirrors และเกิดความเสียหายได้ง่ายกว่ากระจกเงาตามบ้านทั่วไปที่เคลือบข้างหลัง

ตัวอย่างการนำเอาอลูมิเนียมไปใช้งาน เช่น

- การขนส่ง (รถยนต์ เครื่องบิน รถบรรทุก ตู้รถไฟ เรือทะเล จักรยาน ฯลฯ)
- ภาชนะ (กระป๋อง, ฟอยล์ ฯลฯ)
- การบำบัดน้ำ
- การรักษาปรสิตของปลา เช่น *Gyrodactylus salaris*
- งานก่อสร้าง (หน้าต่าง ประตู รางข้าง ลวด ฯลฯ)
- การเคลือบสีอลูมิเนียมที่มีขายในเมืองไทยตอนนี้ มี 3 แบบ ได้แก่ Anodized Aluminium, Powder Coated Aluminium และ Fluorocarbon Aluminium สำหรับงานอาคารสูงจะใช้ Powder Coated Aluminium เป็นมาตรฐาน
- สินค้าสำหรับผู้บริโภคที่มีความคงทน (เครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์ครัว ฯลฯ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไฟฟ้า (ชิ้นส่วนและลวดอลูมิเนียมมีความหนาแน่นน้อยกว่าทองแดง และราคาถูกกว่าด้วย แต่มีความต้านทานไฟฟ้ามากกว่าด้วย มีหลายพื้นที่ ที่ห้ามใช้ลวดอลูมิเนียมสำหรับสายไฟตามบ้าน เนื่องจากความหนาแน่นสูงกว่าและขยายให้ความร้อนมากกว่า)
- เครื่องจักรกล
- แม่เหล็กที่ทำจากเหล็กกล้าเอ็มเคเอ็ม (MKM steel) แอลไนโก (Alnico) แม้ว่าตัวอลูมิเนียมเองจะไม่ใช่วัตถุแม่เหล็กก็ตาม
- อลูมิเนียมความบริสุทธิ์สูง (SPA ย่อจาก Super purity aluminium, 99.980% to 99.999% Al) ใช้ในอิเล็กทรอนิกส์และซีดี.
- อลูมิเนียมผง ใช้เป็นตัวเคลือบเงินในสี เกล็ดอลูมิเนียมมีอยู่ในสีพื้น เช่น สีเคลือบเนื้อไม้ (primer) — เมื่อแห้ง เกล็ดจะซ้อนทับกันเป็นชั้นกันน้ำ
- อลูมิเนียมอโนไดซ์ (anodized) คงทนต่อการออกซิเดชันเพิ่มเติม และใช้ในการก่อสร้างในด้านต่างๆ รวมถึงการทำฮีตซิงก์ด้วย
- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ที่ต้องทำความเย็นของชิ้นส่วนภายใน (เช่น ทรานซิสเตอร์ ซีพียู - สารกึ่งตัวนำโดยทั่วไป) มีฮีตซิงก์ที่ทำจากอลูมิเนียม เนื่องจากผลิตง่ายและนำความร้อนได้ดี ฮีตซิงก์ทองแดงเล็กกว่า แต่แพงกว่าและผลิตยากกว่าด้วย
- อลูมิเนียมออกไซด์ หรือ อลูมินา, พบในธรรมชาติในรูปของแร่กะรุน (ทับทิม และนิล), และใช้ในการผลิตกระจก ทับทิมและนิลสังเคราะห์ใช้ในเครื่องเลเซอร์ เพื่อผลิตแสงความถี่เดียว (coherent light)
- อลูมิเนียมออกซิไดส์ด้วยพลังงานสูง ทำให้ใช้ในเชื้อเพลิงแข็งสำหรับจรวด เทอร์ไมต์ (thermite) และสารประกอบอื่นๆ สำหรับทำดอกไม้ไฟ นอกจากนี้ อลูมิเนียมยังเป็นตัวนำยิ่งยวด ที่อุณหภูมิวิกฤต 1.2 เคลวิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การอโนไดซ์

ผลิตภัณฑ์อลูมิเนียมที่ใช้กรรมวิธีชุบโลหะด้วยไฟฟ้าและเคมีเข้าช่วย คือ ทำความสะอาดชิ้นงานที่จะชุบแล้วแช่ลงในอ่างน้ำยาชุบ และต่อชิ้นงานนั้นกับขั้วไฟฟ้า เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าชนิดกระแสตรง (DC) จะเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดอลูมิเนียมออกไซด์จับเกาะเป็นผิวบางๆ สีคล้ายเงิน มันระยับ ถ้าต้องการสีอื่นๆ ต้องนำชิ้นงานนั้นไปแช่ในน้ำยาย้อมอีกครั้งหนึ่ง

วิธีการทำอลูมิเนียมชุบผิวนี้ จะทำให้ผลงานอลูมิเนียมมีคุณสมบัติเพิ่มขึ้น คือ ทนต่อการกัดกร่อน มีความหนาเพิ่มขึ้น ผิวแข็งทนการขูดขีดได้ดี ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า [1] ผิวของอลูมิเนียมที่ผ่านการอโนไดซ์แล้ว จะมีความสามารถในการนำความร้อนได้ลดลงและมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำกว่าอลูมิเนียมบริสุทธิ์ อลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดจากการอโนไดซ์ จะเกิดงอกขึ้นที่ผิว และส่วนหนึ่งกินลงไปที่เนื้อผิวเดิม ในอัตราส่วนเท่าๆ กัน ตัวอย่างเช่น การอโนไดซ์ความหนา 2 ไมโครเมตร ดังนั้นชิ้นงานจะมีความหนาเพิ่มขึ้นเพียง 1 ไมโครเมตร (เพราะอีก 1 ไมโครเมตรกินลงไปที่ผิวเดิม) เงื่อนไขและองค์ประกอบอื่นๆอาทิเช่น ความเข้มข้นของสารละลายอโนไดซ์ อุณหภูมิของสารละลาย อโนไดซ์ กระแสไฟฟ้าที่ใช้ ล้วนแต่มีผลต่อการก่อตัวของชั้นอลูมิเนียมออกไซด์ ความหนาของชั้นอาจแตกต่างกันหลายเท่า เมื่อเงื่อนไขและองค์ประกอบเปลี่ยนไป [3]ชั้นของออกไซด์ที่เกิดจะเพิ่มความแข็งและความสามารถในการทนการกัดกร่อน ออกไซด์ที่เกิดจะก่อตัวเป็นท่อรูปหกเหลี่ยม เรียงตัวกัน ความหนา(สูง) ของท่อนี้เริ่มตั้งแต่ 5 ไมโครเมตร ซึ่งจะให้ชิ้นงานสว่างใส และจนถึง 150 ไมโครเมตรสำหรับใช้งานทางด้านสถาปัตยกรรม

การอโนไดซ์อลูมิเนียมมีด้วยกันสามชนิดหลักๆ(ตามมาตราฐาน MIL-A-862S) คือ

Type I - Chromic Acid Anodization

Type II - Sulphuric Acid Anodization

Type III - Sulphuric acid hardcoat anodization

และยังมีวิธีการอโนไดซ์อื่นๆ อีกคือ ตามหลัก MIL-A-63576, AMS 2469, AMS 2470, AMS 2471, AMS 2472, AMS 2482, ASTM B580, ISO 10074 และ BS 5599

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนการทำอโนไดซ์ ควรต้มชิ้นงานอลูมิเนียมด้วยผงซักฟอก หรือน้ำยาล้างจาน หรือสบู่ หรือสารชะล้างไขมัน เพื่อขจัดคราบไขมัน ก่อนที่จะนำชิ้นงานไปกัดในโซดาไฟ ในการชุบอโนไดซ์ ใช้กระแสไฟฟ้าตรงผ่านไปยังอลูมิเนียมชิ้นงาน และแผ่นอลูมิเนียมที่แช่อยู่ในสารละลายสำหรับชุบ กระแสไฟฟ้าจะปล่อยไฮโดรเจนออกที่ขั้วลบ และเริ่มสร้างอลูมิเนียมออกไซด์ที่ผิว โดยจะเกิดปฏิกิริยาเคมีดังสมการ

ขั้วบวก $2Al + 3H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 6H^+ + 6e^-$

ขั้วลบ $6H^+ + 6e^- \rightarrow 3H_2$

หากการอโนไดซ์ ทำขึ้นในสารละลาย (ที่อลูมิเนียมออกไซด์สามารถละลายได้) เช่น กรดกำมะถัน หรือกรดโครมิค ขนาดของรูพรุนที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 10-150 นาโนเมตร ก่อตัวเป็นชั้นบางๆ ที่ผิว สามารถก่อตัวหนาขึ้น รูพรุนที่เกิดขึ้น ตอนนี้เป็นเหมือนท่อทรงหกเหลี่ยมปลายเปิด ซึ่งยังสามารถถูกกัดกร่อนได้หากไม่มีการปิดผนึกปลายทรงกระบอกนี้ โดยทรงกระบอกเล็กๆ นี้จะเป็นที่บรรจุสี หรือสารป้องกันการกัดกร่อน ซึ่งเราต้องปิดปลายกระบอกนี้เพื่อกักเก็บสีหรือสารป้องกันการกัดกร่อนไว้ภายใน

ดังนั้นปฏิกิริยาโดยรวมคือ $2Al + 3H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 3H_2$

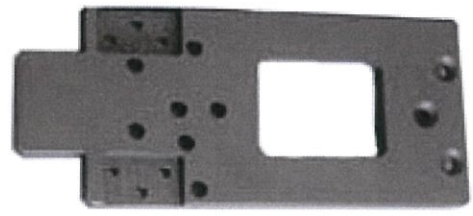
การชุบอโนไดซ์ทั้ง 3 ชนิดนั้น แต่ละชนิดกรรมวิธีจะคล้ายๆกัน ก็คือการสร้างอลูมิเนียมออกไซด์ ในลักษณะเป็นฟิล์ม เคลือบลงบนผิวและลึกไปในผิวของอลูมิเนียมส่วนความหนาและความลึกแล้วแต่ชนิดของการอโนไดซ์ ส่วนมากการอโนไดซ์จะเน้นเรื่องความสวยงาม เพราะสามารถดูดซึมสีต่างๆได้ดี

คุณสมบัติที่ได้จากการอโนไดซ์

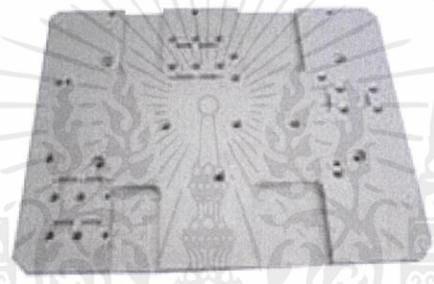
- ผิวแข็งลื่น
- ต้านทานต่อการกัดกร่อน
- ป้องกันรอยขีดข่วนได้ดี
- มีความเป็นฉนวน
- สามารถผสมสีต่างๆ เข้าไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอโนไดซ์ที่เป็นที่นิยมในงานอุตสาหกรรมในปัจจุบันได้แก่



รูปที่ 2.4 อโนไดซ์ผิวแข็ง (Hard coat Anodize) ความหนา ≈ 50-60 Micron.



รูปที่ 2.5 อโนไดซ์ขาว (Clear Anodize) ความหนา ≈ 5-10 Micron.

รูปที่ 2.6 อโนไดซ์ดำ (Black Anodize) ความหนา ≈ 20-30 Micron.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7 อโนไดซ์สีต่างๆ (Color Anodize) ความหนา ≈ 10-20 Micron.

รูปที่ 2.8 อโนไดซ์ขาวเงา (Clear Bright Anodize) ความหนา ≈ 5-10 Micron.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวังในการ ANODIZE

1.คุณภาพของอลูมิเนียม

- [4]เกรดอลูมิเนียมรวมถึงแหล่งที่ซื้อเลือกใช้มีผลต่อการชุบอโนไดซ์เป็นอย่างมาก และยังมีผลต่อชิ้นงานและคุณภาพที่ลูกค้าต้องการอีกด้วย

2. สิ่งที่เสริมเติมแต่งเข้าไป

- ลวดเชื่อม คุณภาพของลวดเชื่อม คุณภาพของลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมอลูมิเนียมมีทั้งแบบที่ชุบอโนไดซ์ได้เวลาชุบผิวจะเป็นสีที่เราต้องการเหมือนเนื้ออลูมิเนียม และ ชุบอโนไดซ์ไม่ได้เวลาชุบผิวที่เชื่อมมาจะเป็นสีดำ

- การเชื่อม ในบางครั้งความรุนแรงจากการเชื่อมอาจทำให้ผิวอลูมิเนียมในบริเวณใกล้เคียงมีความเสียหายได้และการเชื่อมที่ไม่ได้คุณภาพผิวในบริเวณที่เชื่อมอาจเป็นปัญหาสำคัญในการชุบอโนไดซ์และมีผลต่อชิ้นงานของท่านได้

- วัสดุต่างๆ ที่ไม่ใช่อลูมิเนียมไม่ควรติดมากับชิ้นงานชุบอโนไดซ์เพราะทำให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นงานและวัสดุที่ติดมาด้วยควรที่จะประกอบใส่เข้าไปหลังจากที่ชุบอโนไดซ์เสร็จแล้วเท่านั้น

3. การเก็บรักษาอลูมิเนียมที่ยังไม่ได้ผ่านการอโนไดซ์

- ควรเก็บให้ห่างจากความชื้น น้ำ และ น้ำฝน

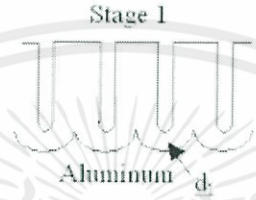
เนื่องจากความชื้น น้ำ หรือน้ำฝนจะทำให้ผิวอลูมิเนียมที่ยังไม่ได้ผ่านการ อโนไดซ์ มีปฏิกิริยากับสภาพแวดล้อมต่าง ๆจนเกิดเป็นออกไซด์ หรือที่เรียกว่าสนิมของอลูมิเนียม และจะทำให้เกิดความสึกหรอกัดกร่อนบนผิวอลูมิเนียมซึ่งในบางครั้งไม่สามารถมองเห็นได้และจะพบเห็นหลังจากที่เริ่มกระบวนการชุบอโนไดซ์ ซึ่งในบางกรณีที่ปล่อยให้ชิ้นงานอยู่กับความชื้นเหล่านั้นเป็นเวลานานการกัดกร่อนก็อาจจะมากตามไปด้วย จนถึงขั้นทำให้ชิ้นงานอาจเสียหายไปเลย

-การทำความสะอาดผิวอลูมิเนียมหลังจากการกลึงหรือตกแต่งชิ้นงานไม่ควรทำความสะอาดผิวอลูมิเนียมด้วยตัวเองเพราะในบางครั้งหลังจากการล้างผิวอาจมีการคั่งค้างของน้ำหรือสิ่งเจือปนจนทำให้อลูมิเนียมเกิดความเสียหายได้ ควรที่จะให้เป็นหน้าที่ของกระบวนการชุบอโนไดซ์ซึ่งจะมีการล้างผิวชิ้นงานจากคราบน้ำมันก่อนการอโนไดซ์อยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

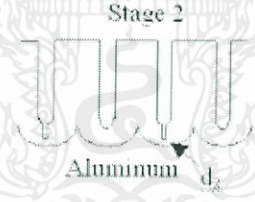
2.3 การเกิดออกไซด์จากการการอโนไดซ์

การเกิดออกไซด์บนผิวของอลูมิเนียมจะเกิดขึ้นแบบเป็นพัลส์ ซึ่งวิธีแบบพัลส์นั้นง่ายที่จะอธิบายวิธีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของชั้นออกไซด์ในการอโนไดซ์ ระหว่างการทำงานของกระบวนการพัลส์อโนไดซ์ มี 4 ขั้นตอนด้วยกันที่เกิดขึ้นในช่วงการทำงานของกระบวนการพัลส์อโนไดซ์ ดูได้จากปรากฏการณ์ Recovery Phenomenon ซึ่งจะอธิบายได้



รูปที่ 2.9 stage 1

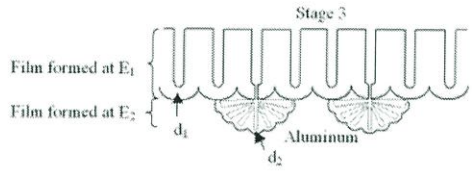
ในขั้นที่ 1 จากแรงดันไฟฟ้าซึ่งมีค่า E_1 การอโนไดซ์ที่จะทำให้เกิดโครงสร้างออกไซด์ที่ได้ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ ต่อจากนั้น การอโนไดซ์จากพารามิเตอร์ที่กำหนดจะให้ชั้นออกไซด์ซึ่งมีรูปแบบที่เรียงกันแบบ Hexagonal cells ที่มีขนาดคงที่



รูปที่ 2.10 stage 2

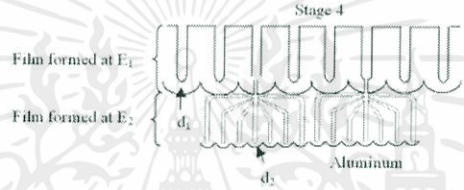
ในขั้นที่ 2 แรงดันไฟฟ้าจะมีค่า E_2 และจะลดลงทันที ซึ่งจะทำให้สนามไฟฟ้าในชั้นบาเรีย (Barrier Layer)ซึ่งมีขนาดเล็กและมีความหนา d_1 มีอัตราการก่อตัวของออกไซด์เป็น 0 การสลายตัวจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆในช่วงเวลานี้ และชั้นบาเรีย จะค่อยๆลดน้อยลงไปจนคงที่ สอดคล้องกับแรงดันไฟฟ้าในการอโนไดซ์ที่ต่ำกว่าซึ่งมีค่า E_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 stage 3

ในขั้นที่ 3 ความหนาของชั้นบาเรียมีค่าถึงระดับความแรงของสนามไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นอย่างเพียงพอและก็จะเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆจนทำให้เซลล์ใหม่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กและมีชั้นบาเรียหนาd_2 จากนั้นการอโนไดซ์ที่เรากำหนดพารามิเตอร์ไว้ ก็จะทำให้เกิดการก่อตัวของชั้นออกไซด์ตามที่เรากำหนดพารามิเตอร์ไว้



รูปที่ 2.12 stage 4

ในระยะที่ 4 กระบวนการอโนไดซ์ซึ่งยังคงมีความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าคงที่ๆ i_2สร้างชั้นออกไซด์ซึ่งมีรูปแบบเรียงกัน แบบ Hexagonol cells จนกว่าแรงดันไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ชั้นออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับชั้นที่เกิดขึ้นในการอโนไดซ์ระยะแรกที่แรงดันไฟฟ้า E_1 ซ้อนชั้นเก่า

2.4 อันตรายแฝงจากอลูมิเนียม

[5]อลูมิเนียมเป็นโลหะที่ใช้กันอยู่แพร่หลาย มีทั้งที่เป็นโลหะชนิดเดียวและที่อยู่ในรูปของโลหะผสม ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเครื่องมือและอุปกรณ์หลายๆชนิด อาทิเช่น อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องใช้ในครัวเรือน ส่วนประกอบของเครื่องบิน เนื่องจากคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าและสามารถตีเป็นแผ่นได้ นอกจากประโยชน์ที่มีมากมายแล้วใครจะรู้บ้างว่าอันตรายของโลหะชนิดนี้ก็มีมากเช่นเดียวกันการที่เราได้รับหรือสัมผัสกับไอออนของอลูมิเนียมในปริมาณมากหรือเป็นระยะเวลายาว สามารถก่อให้เกิดความผิดปกติของร่างกายหลายด้าน ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระดูกบาง แตกหักง่าย
- กล้ามเนื้อแขนขาลีบ

- ติดเชื้อง่าย
- ไตและอวัยวะอื่นๆถูกทำลาย
- การทำงานของหัวใจผิดปกติ อาจถึงแก่ชีวิตด้วยภาวะหัวใจล้มเหลว
- ความผิดปกติของระบบประสาท เช่น สั่น เกร็ง กระตุก ชัก สูญเสียการรับรู้ ความจำเสื่อม สมาธิสั้น และโรคอัลไซเมอร์

ในชีวิตประจำวัน เราอาจไม่รู้เลยว่าขณะนี้อาหารที่เรารับประทานหรือผลิตภัณฑ์ที่เราใช้อยู่มีอลูมิเนียมเป็นส่วนประกอบ เพราะแม้แต่ในยาลดกรดในกระเพาะอาหาร (Antacid) ยาแอสไพรินแก้ปวดก็มีส่วนผสมเป็นอลูมิเนียม ขนมบางชนิด เช่น โดนัท วาฟเฟิล มัฟฟิน (ในขนมเหล่านี้จะใช้เกลือโซเดียมอลูมิเนียมฟอสเฟต) สีผสมอาหาร ยาสีฟันโดยเฉพาะชนิดที่ทำให้ฟันขาว สารระงับเหงื่อ หรือแม้แต่ในน้ำที่มีการเติมอลูมิเนียมซัลเฟตเพื่อทำให้น้ำใสขึ้น และภัยมืดที่เรามักมองข้ามไปคือภาชนะที่เราใช้ประกอบอาหาร เช่น กระทะ หม้อ ซึ่งถ้าเรานำภาชนะเหล่านี้มาประกอบอาหารนั่นหมายถึงการปนเปื้อนของโลหะอลูมิเนียมในอาหารที่เรารับประทาน หรือแม้แต่การใช้ฟรอยด์อลูมิเนียมห่ออาหาร เช่นการเผาอาหารทะเล หรือการอบขนมหวาน และในอุตสาหกรรมน้ำอัดลมและนมก็มีการใช้กระป๋องหรือกล่องบรรจุที่มีอลูมิเนียมเป็นส่วนประกอบ

จะเห็นว่าเรามีโอกาสที่จะได้รับหรือสัมผัสกับโลหะชนิดนี้ได้หลายทางด้วยกันถึงแม้ว่าอลูมิเนียมจะมีอันตรายน้อยกว่าสารปรอท ตะกั่ว แคดเมียม สารหนูก็ตาม แต่การได้รับสารประเภทนี้เป็นประจำจะเกิดการสะสมในร่างกายและเกิดการสลายที่ค่อนข้างช้ากว่าโลหะชนิดอื่น ดังนั้นทางที่ดีที่สุดคุณควรจะหลีกเลี่ยงการสัมผัสหรือได้รับสารที่มีอลูมิเนียมเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้การกินอาหารที่มีแคลเซียม แมกนีเซียม ธาตุเหล็กจะช่วยยับยั้งการดูดซึมของอลูมิเนียม และในอาหารที่มีซัลเฟอร์ปริมาณสูง เช่น ถั่ว หัวหอม กระเทียม กะหล่ำ ไข่ จะช่วยกำจัดอลูมิเนียมออกจากร่างกายอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

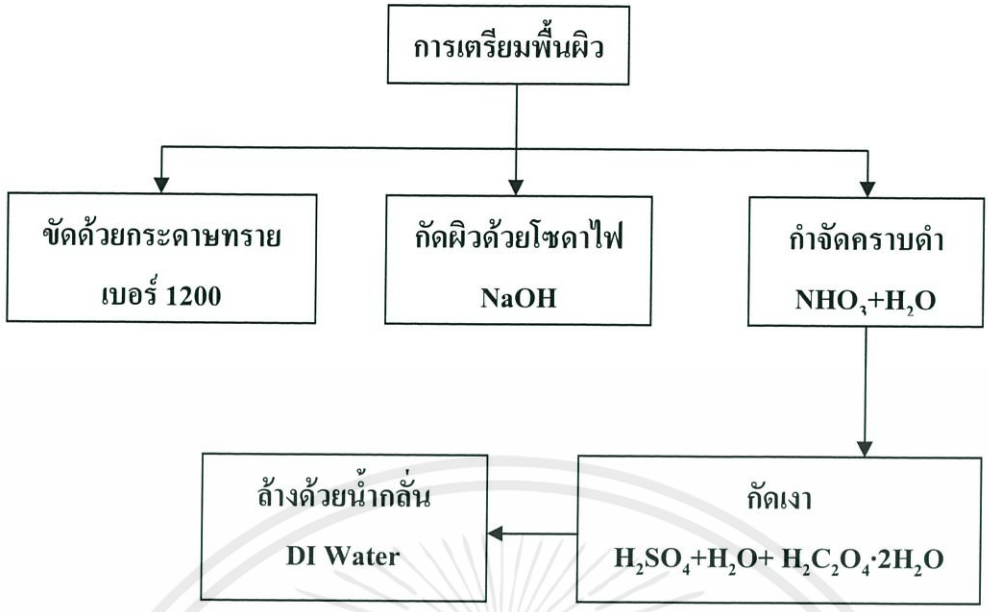
บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการเตรียมพื้นผิว

รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำการเตรียมผิวของอลูมิเนียมก่อนการอโนไดซ์ด้วยการกัดผิว สำหรับในงานวิจัยนี้เราจะใช้แหวนอลูมิเนียมที่ใช้ในงานช่างทั่วไปในการทดลองเนื่องจากมีอลูมิเนียมผสมอยู่มาก แต่ในการทำการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์เราจะใช้อลูมิเนียมฟอยล์ในการทดลอง โดยอลูมิเนียมฟอยล์ไม่ต้องทำการเตรียมผิวก่อนการนำไปอโนไดซ์ ก่อนที่จะนำชิ้นงานไปทำการอโนไดซ์ [6]เราจะทำการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1000,1200 ซึ่งเป็นกระดาษทรายที่มีเนื้อละเอียด จากนั้นเราก็จะนำไปกัดในสารเคมี จากนั้นนำชิ้นงานไปล้างคราบไขมันด้วยน้ำยาล้างจาน สารเคมีที่เราใช้ในการกัดผิวนั้นมี 3 ชนิด คือ 1.โซดาไฟ(NaOH) ใช้โซดาไฟ 50 กรัมผสมในน้ำ 1 ลิตร เพื่อกัดผิวที่เป็นออกไซด์ออกจากผิวของอลูมิเนียม 2.กำจัดคราบดำบนเนื้อของชิ้นงานโดยใช้กรดไนตริก(NHO_3) 500 มิลลิลิตรผสมกับน้ำ 500 มิลลิลิตร 3.กัดเงา ใช้กรดกำมะถัน(H_2SO_4) 80 มิลลิลิตร ผสมกับกรดไนตริก 120 มิลลิลิตร และกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) 800 มิลลิลิตร ซึ่งจะทำการแช่ชิ้นงานลงไปในสารที่เราเตรียมไว้ชนิดละ 3 นาที หลังจากทำการกัดด้วยสารเคมีเรียบร้อยแล้วก็ทำการล้างด้วยน้ำกลั่น(DI Water)

รูปที่ 3.1 การเตรียมพื้นผิวโดยการกัดด้วยสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอ... ...ชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมพื้นผิวชิ้นงานที่จะนำมาทดลอง

3.2 ขั้นตอนการอโนไดซ์

หลังจากการเตรียมผิวของชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว จะถูกนำไปทำการอโนไดซ์ ในการทำการอโนไดซ์นั้น ในตัวอย่างที่เป็นแหวนอลูมิเนียมจะทำการอโนไดซ์ในอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิต่ำ ส่วนอลูมิเนียมฟอยล์จะทำการทดลองในอุณหภูมิที่ต่ำๆเพื่อความละเอียดในการวิเคราะห์โดยจัดอุปกรณ์ตามรูป 3.3 โดยอุปกรณ์และสารที่ใช้ คือ

1.น้ำยา ใช้กรดกำมะถัน(H_2SO_4) 100 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำ 900 มิลลิลิตร และกรดออกซาลิก ($H_2C_2O_4\cdot2H_2O$) 50 กรัม

2.อ่างน้ำพลาสติคสำหรับทำการอโนไดซ์

3.แหล่งจ่ายไฟ power supply รุ่น PS-204II / 20 Amp.

4.สายไฟ,ปากคีบ

5.แผ่นอลูมิเนียม สำหรับเป็นขั้วคาโทด(cathode)

5.แท่งอลูมิเนียมสำหรับเป็นราวแขวนชิ้นงาน

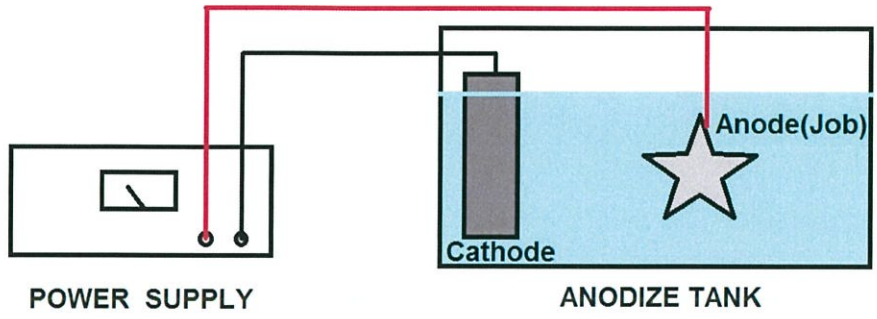
6.ลวดอลูมิเนียม

7.ถุงมือยาง

8.บีกเกอร์

9.Hot Plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงระบบการอโนไดซ์

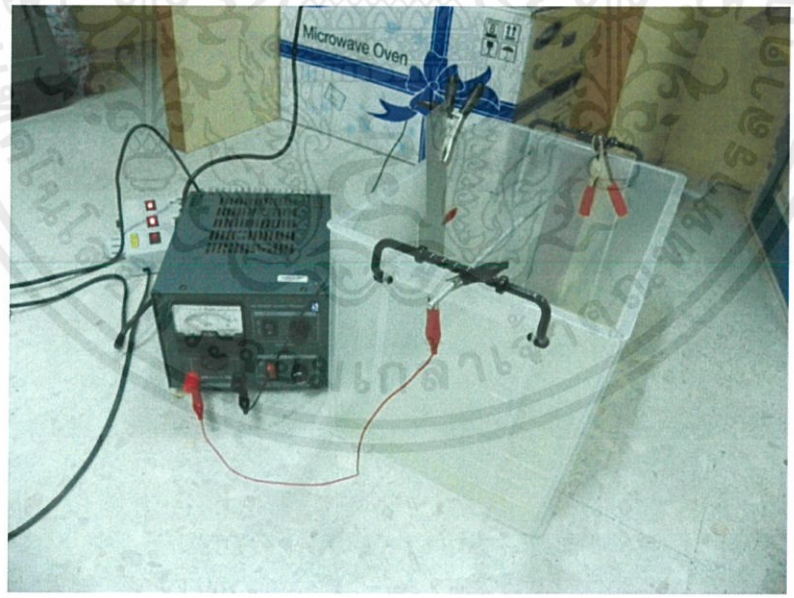
ขั้นตอนการอโนไดซ์คือ

1.เทน้ำยาสำหรับอโนไดซ์ที่เราผสมไว้ลงในอ่างพลาสติค จากนั้นวางแท่งอลูมิเนียมพาดไว้กับอ่างพลาสติคสำหรับเป็นราวแขวนชิ้นงาน

2.นำลวดอลูมิเนียมพันชิ้นงาน โดยพยายามให้ชิ้นงานสัมผัสกับลวดอลูมิเนียมน้อยที่สุด เพราะส่วนที่ชิ้นงานติดกับลวดจะอโนไดซ์ไม่ติด

3.แขวนชิ้นงานเข้ากับราวอลูมิเนียม ต่อขั้วลบ(Cathode)เข้ากับแผ่นอลูมิเนียม ขั้วบวก(Anode)ต่อเข้ากับราวที่ใช้แขวนชิ้นงาน

4.เปิดแหล่งจ่ายไฟ และทำตามพารามิเตอร์ในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.4 การจัดอุปกรณ์สำหรับทำการอโนไดซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

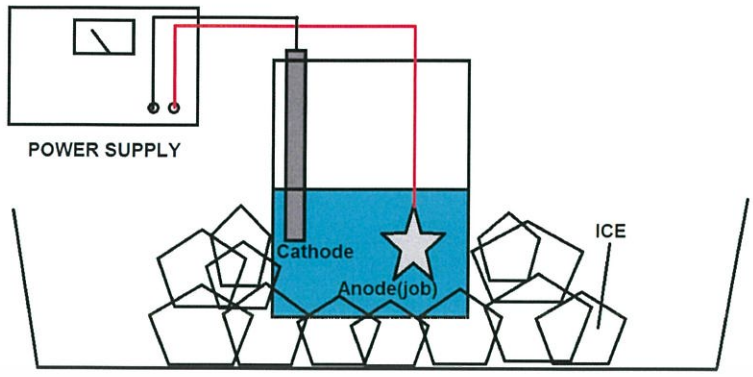
ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทำการอโนไดซ์

ตัวอย่าง	แรงดันไฟฟ้า (Volt)	เวลา (Min)	อุณหภูมิ (°C)
1	10	20	25
2	10	30	
3	12	20	
4	12	30	
5	15	20	
6	15	30	
7	12	60	อุณหภูมิต่ำ

หมายเหตุ กระแสๆไฟฟ้าที่ใช้จะตั้งไว้ที่10Amp. เพื่อเป็นตัวแปรควบคุม

รูปที่ 3.5 ชิ้นงานที่แขวนไว้ระหว่างทำการอโนไดซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ระบบการอโนไดซ์ที่อุณหภูมิต่ำ

เนื่องจากชิ้นงานสำหรับการนำไปวิเคราะห์เป็นแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ จึงต้องทำการอโนไดซ์ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อไม่ให้ชิ้นงานถูกทำลาย

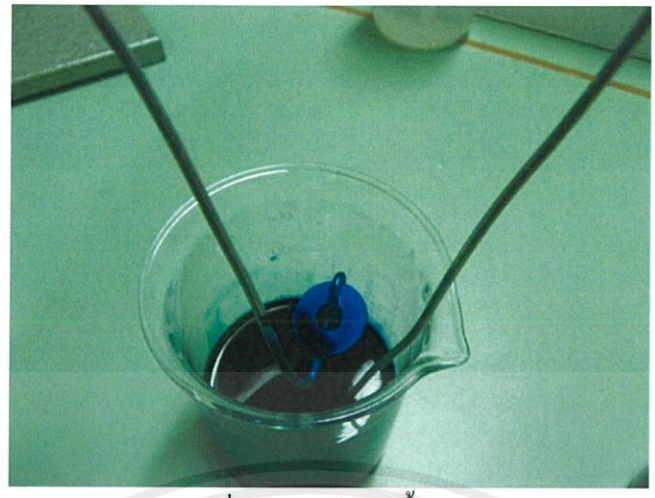
รูปที่ 3.7 การทำการอโนไดซ์ที่อุณหภูมิต่ำ

3.3 ขั้นตอนการย้อมสีและซีลผิว

หลังจากการอโนไดซ์ [7]เราจะทำการย้อมสีและซีล(seal)ผิวของอลูมิเนียมหลังจากการอโนไดซ์แล้ว เพื่อเป็นการปิดรูพรุนในผิวของอลูมิเนียม ในงานอุตสาหกรรมอาจไม่ใช้สีในการย้อมเพียงอย่างเดียวก็ได้ แต่อาจใช้เป็นน้ำยารักษาผิวโลหะแทนก็ได้

การย้อมสีทำได้โดย การจุ่มชิ้นงานลงในสี ซึ่งผู้ทำการทดลองใช้หมึกของเครื่อง printer ยี่ห้อ Epson เป็นสีย้อม ดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

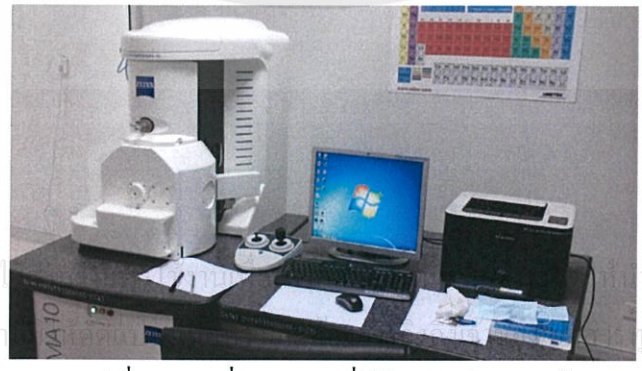


รูปที่ 3.8 การย้อมสีชิ้นงาน

หลังจากที่ทำการย้อมสีแล้วก็จะนำชิ้นงานไปซีลผิวเพื่อทำการปิดรูพรุนของเนื้ออลูมิเนียม ทำได้โดยการให้อุณหภูมิแก่น้ำกลั่นโดยใช้ hot plate ให้มีอุณหภูมิประมาณ 90°C ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.9 แสดงอุปกรณ์การซีลผิว

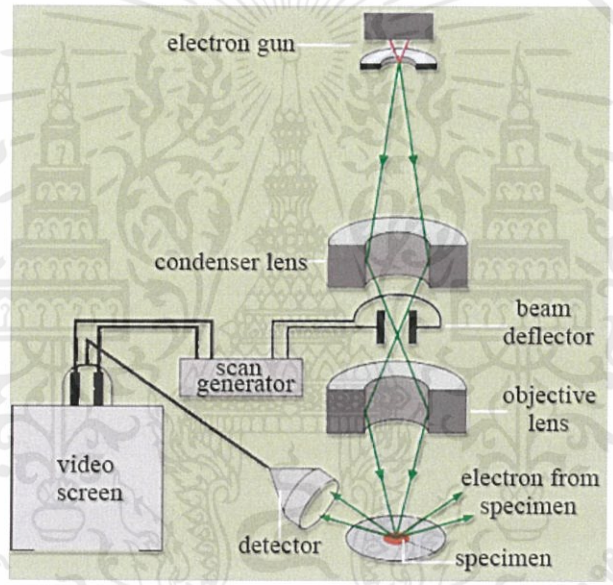
3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์



รูปที่ 3.10 เครื่อง SEM ที่ใช้ทำการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไ ำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้า ครั้งที่มีการนำไปใช้

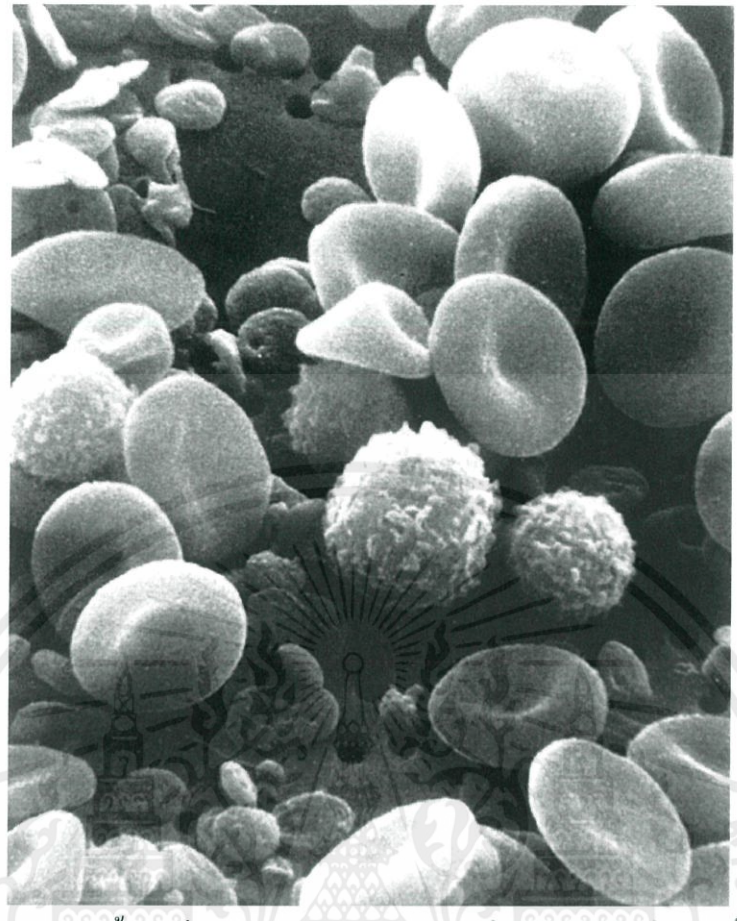
ในการวิเคราะห์ผลที่ได้จะทำได้โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบเลื่อนกราด ยี่ห้อ Zeiss รุ่น EVO เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบผิวหน้า และภาคตัดขวางของชิ้นงานตัวอย่างที่เป็นอลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งคุณสมบัติของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบเลื่อนกราดมีดังนี้ [8]Scanning Electron Microscope (SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยายสูง การเตรียมตัวอย่างเพื่อที่จะดูด้วยเครื่อง SEM นี้ไม่จำเป็นต้องที่ตัวอย่างจะต้องมีขนาดบางเท่ากับเมื่อดูด้วยเครื่อง TEM ก็ได้ (เพราะไม่ได้ตรวจวัดจากการที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ทะลุผ่านตัวอย่าง) การสร้างภาพทำได้โดยการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่สะท้อนจากพื้นผิวหน้าของ ตัวอย่างที่ทำการสำรวจ ซึ่งภาพที่ได้จากเครื่อง SEM นี้จะเป็นภาพลักษณะของ 3 มิติ ดังนั้นเครื่อง SEM จึงถูกนำมาใช้ในการศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง เช่น ลักษณะพื้นผิวด้านนอกของเนื้อเยื่อและเซลล์ หน้าตัดของโลหะและวัสดุ เป็นต้น



รูปที่ 3.11 แสดงหลักการทำงานของเครื่อง SEM

หลักการทำงานของเครื่อง SEM จะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนซึ่งทำหน้าที่ผลิตอิเล็กตรอนเพื่อป้อนให้กับระบบ โดยกลุ่มอิเล็กตรอนที่ได้จากแหล่งกำเนิดจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า จากนั้นกลุ่มอิเล็กตรอนจะผ่านเลนส์รวบรวมรังสี (condenser lens)เพื่อทำให้กลุ่มอิเล็กตรอนกลายเป็นลำอิเล็กตรอน ซึ่งสามารถปรับให้ขนาดของลำอิเล็กตรอนใหญ่หรือเล็กได้ตามต้องการ หากต้องการภาพที่มีความคมชัดจะปรับให้ลำอิเล็กตรอนมีขนาดเล็ก หลังจากนั้นลำอิเล็กตรอนจะถูกปรับระยะโฟกัสโดยเลนส์ใกล้วัตถุ (objective lens) ลงไปบนผิวชิ้นงานที่ต้องการศึกษา หลังจากลำอิเล็กตรอนถูกกราดลงบนชิ้นงานจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (secondary electron) ขึ้น ซึ่งสัญญาณจากอิเล็กตรอนทุติยภูมินี้จะถูกบันทึก และแปลงไปเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอกนิกส์และ ถูกนำไปสร้างเป็นภาพบนจอโทรทัศน์ต่อไปและสามารถบันทึกภาพจากหน้าจอโทรทัศน์ได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงพื้นผิวที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM(ไม่เกี่ยวกับชิ้นงาน)

ข้อดีของเครื่อง SEM เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่อง TEM คือ ภาพโครงสร้างที่เห็นจากเครื่อง SEM จะเป็นภาพลักษณะ 3 มิติ ในขณะที่ภาพจากเครื่อง TEM จะให้ภาพลักษณะ 2 มิติ อีกทั้งวิธีการใช้งานเครื่อง SEM จะมีความรวดเร็วและใช้งานง่ายกว่าเครื่อง TEM มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลองจากการเตรียมพื้นผิวด้วยการขัดด้วยกระดาษทรายและการกัดด้วยสารเคมี

รูปที่ 4.1-4.3 แสดงถึงการเตรียมพื้นผิวก่อนที่จะทำการอโนไดซ์ รูปที่ 4.1 แสดงการเตรียมผิวด้วยการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1000 จากนั้นจึงทำการกัดด้วยสารเคมี ส่วนรูปที่ 4.2 ก็ทำการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1200 จากนั้นก็ทำการกัดด้วยสารเคมีเช่นเดียวกัน รูปที่ 4.3 นั้นชิ้นงานจะไม่ถูกขัดด้วยกระดาษทรายเลย แต่จะนำไปกัดด้วยสารเคมีก่อนที่จะทำการอโนไดซ์เลย

รูปที่ 4.1 การเตรียมด้วยการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1000 และกัดด้วยสารเคมีในเวลา1,3,5 นาทีตามลำดับ

รูปที่ 4.2 การเตรียมด้วยการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1200 และกัดด้วยสารเคมีในเวลา1,3,5 นาทีตามลำดับ

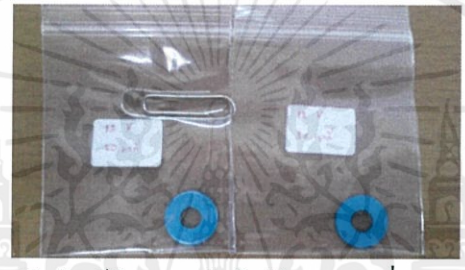
รูปที่ 4.3 ไม่ได้ด้วยขัดกระดาษทรายแต่กัดด้วยสารเคมีในเวลา1,3,5 นาทีตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลองจากการอโนไดซ์ที่เงื่อนไขแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิต่างๆ

รูปที่ 4.4 – 4.6 แสดงชิ้นงานหลังจากการอโนไดซ์ตามเงื่อนไขของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดไว้ ซึ่งกระแสไฟฟ้านั้นจะกำหนดตายตัวไว้ที่ 10 Amp. โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองคือ อุณหภูมิห้อง

รูปที่ 4.4 ชิ้นงานที่ทำการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 10 V. ที่เวลา 20 และ 30นาที ตามลำดับ



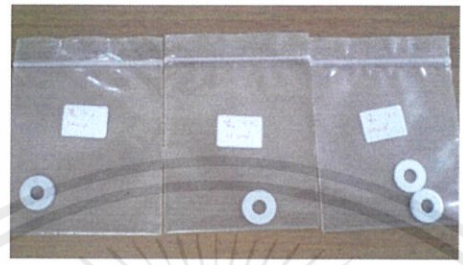
รูปที่ 4.5 ชิ้นงานที่ทำการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 12 V. ที่เวลา 20 และ 30นาที ตามลำดับ

รูปที่ 4.6 ชิ้นงานที่ทำการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 15 V. ที่เวลา 20 และ 30นาที ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองซีลผิวชิ้นงานหลังจากอโนไดซ์ เพื่อทำการปิดผนึกรูพรุนที่ผิวหน้าของชิ้นงาน

รูปที่ 4.7 – 4.8 แสดงชิ้นงานที่ได้รับการซีลผิวหลังจากการอโนไดซ์ เพื่อทำการปิดผนึกรูพรุนที่ผิวหน้าของชิ้นงาน โดยกำหนดเวลาในการให้ความร้อนในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิประมาณ 90 °C รูปที่ 4.9 – 4.10 เป็นชิ้นงานที่ไม่ได้ทำการซีลผิว



รูปที่ 4.7 ชิ้นงานที่ซีลผิวหลังจากการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 10,12,15 V.เป็นเวลา 20 นาที

รูปที่ 4.8 ชิ้นงานที่ซีลผิวหลังจากการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 10,12,15 V.เป็นเวลา 30 นาที

รูปที่ 4.9 ชิ้นงานที่ไม่ได้ซีลผิวหลังจากการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 10,12,15 V.เป็นเวลา 20 นาที

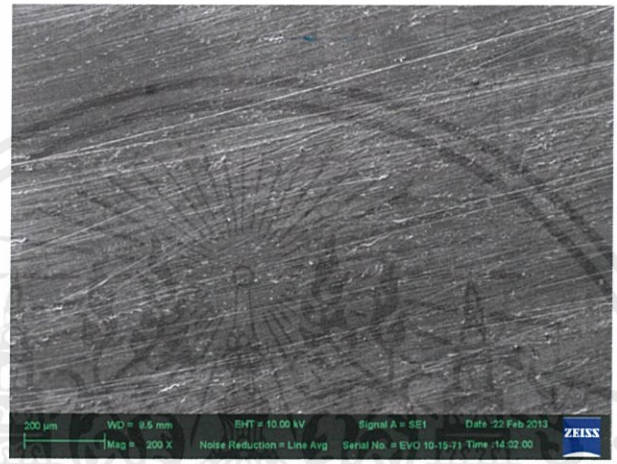
รูปที่ 4.10 ชิ้นงานที่ไม่ได้ซีลผิวหลังจากการอโนไดซ์ด้วยแรงดันไฟฟ้า 10,12,15 V.เป็นเวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

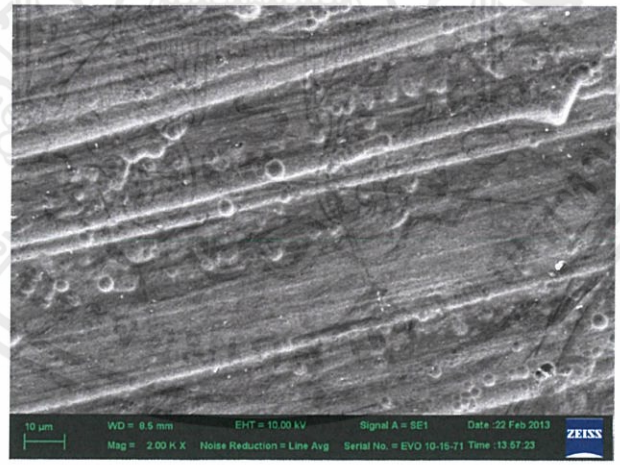
4.4 ผลการวิเคราะห์ผิวหน้าจากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบเลื่อนกราดบนพื้นผิวด้านหน้าของอลูมิเนียมที่ทำการอโนไดซ์

อลูมิเนียมที่ทำการอโนไดซ์เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM จะใช้อลูมิเนียมฟอยล์เป็นวัสดุในการอโนไดซ์ เพื่อความสะดวกในการนำไปวิเคราะห์

4.4.1.ภาพวิเคราะห์ผิวหน้าจากตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการซีลผิว

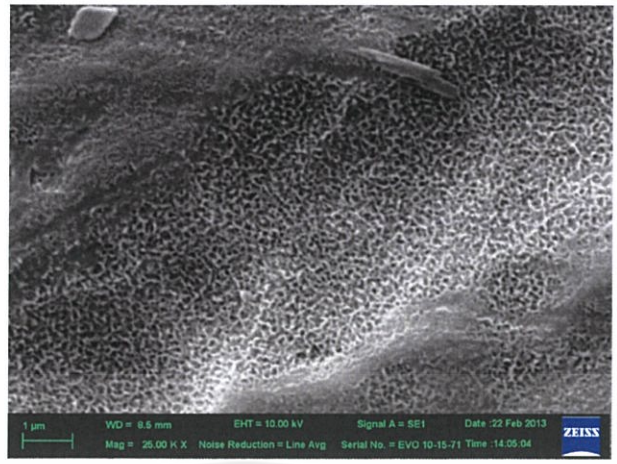


รูปที่ 4. 11 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 200 เท่า

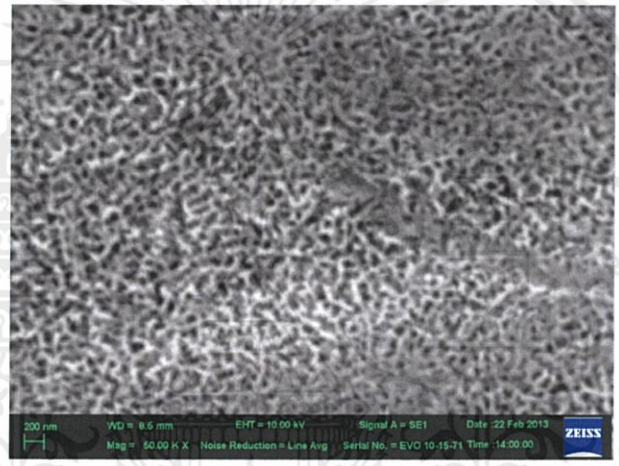


รูปที่ 4. 12 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 2000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

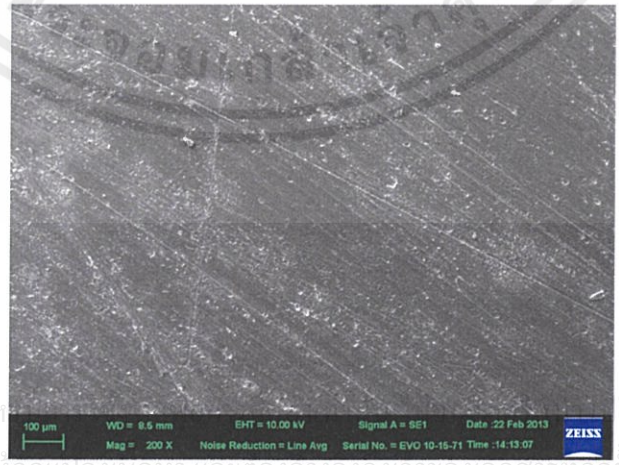


รูปที่ 4. 13 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 25000 เท่า



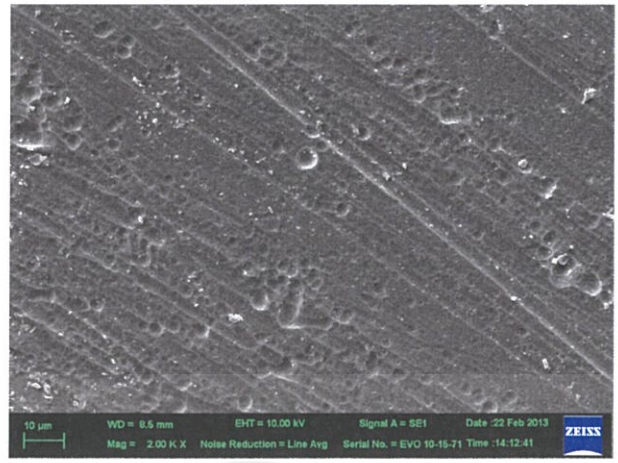
รูปที่ 4. 14 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 50000 เท่า

4.4.2.ภาพวิเคราะห์ผิวหน้าจากตัวอย่างที่ผ่านการซีลผิว



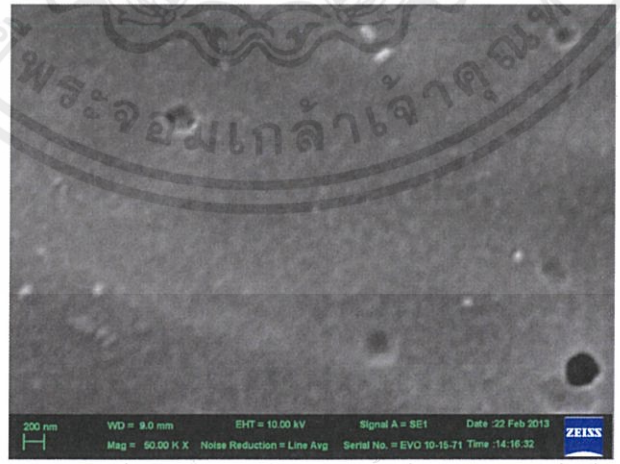
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำห ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4. 15 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 200 เท่า



รูปที่ 4. 16 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 2000 เท่า

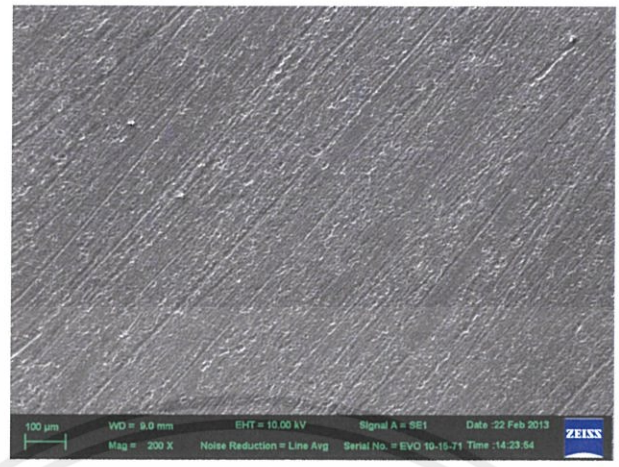
รูปที่ 4. 17 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 25000 เท่า



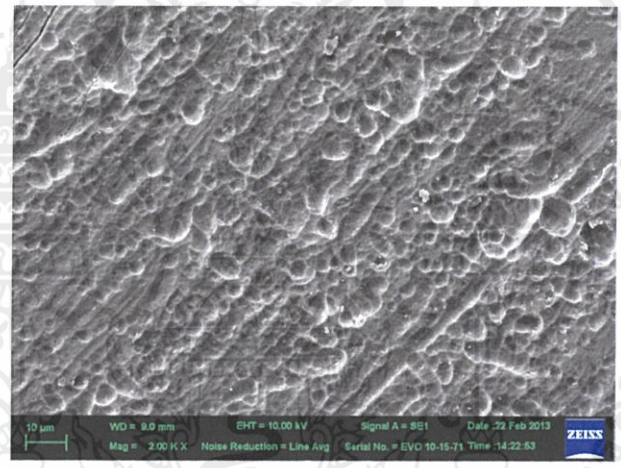
รูปที่ 4. 18 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 50000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

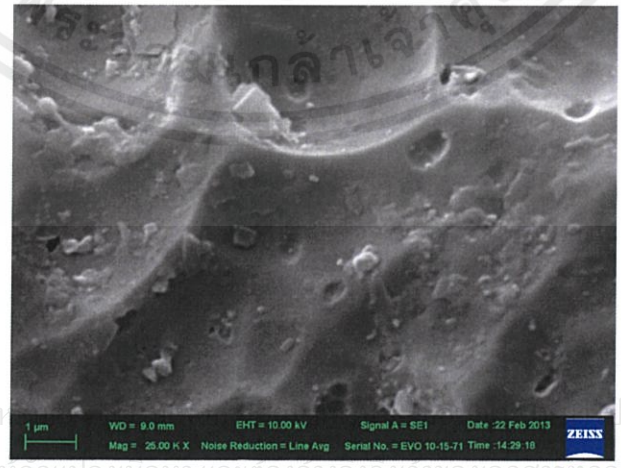
4.4.2.ภาพวิเคราะห์ผิวหน้าจากตัวอย่างที่ผ่านการย้อมสีและซีลผิว



รูปที่ 4. 19 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 200 เท่า

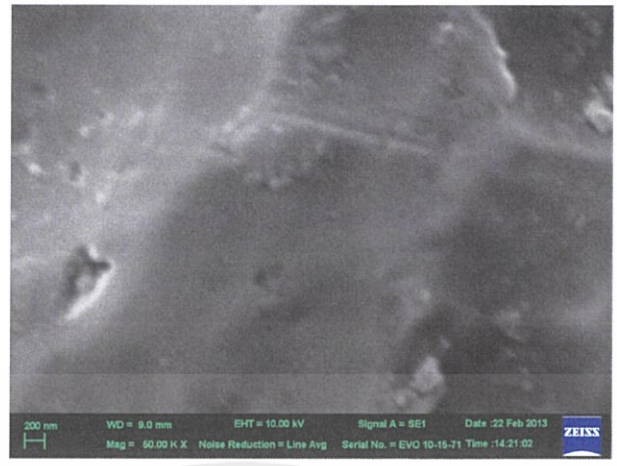


รูปที่ 4. 20 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 2000 เท่า



รูปที่ 4. 21 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 25000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำ ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

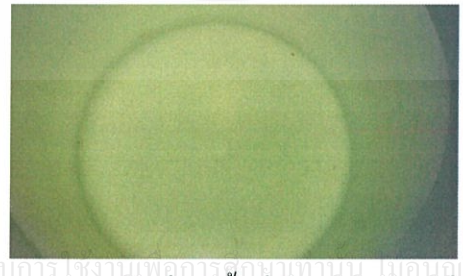


รูปที่ 4.22 ภาพถ่ายผิวหน้าที่กำลังขยาย 50000 เท่า

4.5 สารที่ได้จากการทดลองอโนไดซ์ที่อุณหภูมิ 10°C โดยบังเอิญ

ระหว่างที่ทำการอโนไดซ์ที่อุณหภูมิ 10°C นั้น ได้เกิดผลึกของสารบางอย่างขึ้นที่ก้นของภาชนะที่ทำการทดลอง ซึ่งผู้ทำการทดลองคิดว่าเป็นเกล็ดน้ำแข็ง แต่เมื่อเวลาผ่านมาได้ประมาณ 1 อาทิตย์ ผลึกนี้ก็ยังคงอยู่ ผู้ทำการทดลองจึงทำการกรอง และค้นพบว่าสารชนิดนี้คือ อลูมิเนียมออกซาเลต (Aluminiuam Oxalate)

รูปที่ 4.23 แสดงผลึกที่เกิดขึ้นที่ก้นภาชนะที่ทำการทดลอง

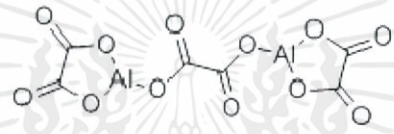


รูปที่ 4.24 แสดงผลึกที่เกิดขึ้นที่ก้นของภาชนะที่ทำการทดลองจากด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบผลึกที่ได้จากการทดลองกับสารอลูมิเนียมออกซาเลต

ข้อมูลทั่วไปของอลูมิเนียมออกซาเลต[9]



ตารางที่ 4.1 ข้อมูลทั่วไปของอลูมิเนียมออกซาเลต[10]

Compound Name	Aluminum Oxalate
Formula	$C_6Al_2O_{12}$
Molecular Weight	318.0200772

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองอโนไดซ์ที่ผ่านมาทำให้เราสรุปการทดลองครั้งนี้เป็นขั้นตอนได้ว่า

1.จากการทดลองและวิเคราะห์ผลด้วยSEM ทำให้เห็นความแตกต่างของพื้นผิวชิ้นงานที่ผ่านการทำการอโนไดซ์ ทั้งแบบไม่ซีลผิว,ซีลผิว,ย้อมสีชิ้นงาน

2.การทำการอโนไดซ์ที่อุณหภูมิสูงๆนั้น จะทำให้ชิ้นงานเสียหายได้ง่าย ตัวอย่างจากการทำการทดลองอโนไดซ์ชิ้นงานสำหรับการนำไปวิเคราะห์ที่อุณหภูมิสูงๆจะทำให้แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ถูกทำลาย

3.เกิดสารอลูมิเนียมออกซาเลต(Aluminium Oxalate)ที่เกิดขึ้นมาระหว่างการทดลองที่อุณหภูมิต่ำๆนั้น ผู้ทำการวิจัยค้นหาข้อมูลของสารตัวนี้พบว่ามีข้อมูลของสารตัวนี้น้อยมาก แต่การการค้นพบเช่นนี้เป็นเรื่องน่าประหลาดใจมาก ซึ่งการเกิดขึ้นของสารเกิดขึ้นเป็นผลึกซึ่งสมบูรณ์แบบ

4.จากการทดลองผู้ทำการทดลองสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้ เนื่องจากสามารถทำการอโนไดซ์ได้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นผลดีกว่าการไปจ้างร้าน,โรงงานหรือแม้แต่การซื้อเครื่องสำหรับอโนไดซ์ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

5.2 ข้อเสนอแนะจากการทดลองอโนไดซ์ที่ผ่านมาทำให้เราสรุปการทดลองครั้งนี้เป็นขั้นตอนได้ว่า

1.ในการทำการเตรียมพื้นผิวนั้น การขัดชิ้นงานด้วยกระดาษทรายก่อนที่จะนำไปกัดด้วยสารเคมี จะให้ผลที่ดีกว่า เนื่องจากจะเป็นการลบผิวหน้าของชิ้นงานที่มีชั้นออกไซด์เดิมออกไป

2.การกัดด้วยสารเคมีก่อนนำชิ้นงานไปทำการอโนไดซ์ พบว่าเวลาที่เหมาะสมคือ 3 นาที เพราะถ้าใช้เวลาน้อยกว่านี้จะทำให้ผิวหน้าที่เราต้องการเรียบไม่พอหรือถ้านานถึง 5 นาทีจะทำให้ผิวหน้าถูกกัดออกไปมากเกิน ทำให้ชิ้นงานบางลงได้

3.ไม่ควรทำการอโนไดซ์ที่อุณหภูมิที่สูง เนื่องจากอันตรายมาก เพราะที่อุณหภูมิสูงๆจะเป็นการเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยา จะเกิดควันและไอน้ำกรดลอยฟุ้งขึ้นมา เป็นอันตรายต่อผู้ทำการทดลอง

4.ควรทำการทดลองในที่ๆมีอากาศถ่ายเทสะดวก เนื่องจากจะมีไอของน้ำกรดลอยขึ้นมาตลอด

5.การซีลผิว ควรจะทำหลังจากการอโนไดซ์ทุกครั้ง ไม่ว่าจะเป็นการอโนไดซ์แบบธรรมดาหรือการอโนไดซ์แบบย้อมสี

6.อลูมิเนียมที่ใช้ในการทดลองที่อุณภูมิห้องปกติคือแหวนอลูมิเนียม ซึ่งหาได้ง่ายทั่วไป แต่อลูมิเนียมที่ใช้ในการทดลองสำหรับวิเคราะห์จะใช้อลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งจะมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1]Nikkei siam alluminium limited. **เกี่ยวกับอลูมิเนียม**. [Online], Available: http://www.nikkeisiam.com/aluminium_th.html. [8พฤศจิกายน 2555]

[2]บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์. **กว่าจะมาเป็นอลูมิเนียม**. [Online], Available: http://www.neutron.rmutphysics.com.[20 ตุลาคม 2555]

[3]หจก.ทีซี เมททอล อินดัสทรี. **ความรู้เกี่ยวกับอลูมิเนียมอโนไดซ์**. [Online], Available: http://www.tcmetal2549.com. [20 ตุลาคม 2555]

[4]Stpanodize. **ข้อระวังในการอโนไดซ์.** [Online], Available: http://www.stpanodize.com/index.php?mo=3&art=353277. [8พฤศจิกายน 2555]

[5]บริษัท กู๊ดเฮลท์ ประเทศไทย จำกัด. **อลูมิเนียม สารพิษที่คุณมองข้าม**. [Online], Available: http://www.goodhealth.co.th. [8 พฤศจิกายน 2555]

[6]บัณฑิต ใจชื่นและสุวิทย์ แจ่มทวีกุล. 2527. **คู่มือโละหะวิทยาและการอบชุบโลหะ**. ประกอบเมไตร. หน้า 36-40

[7]Linesidesonthefly. **Anodizing Class.** [Online], Available: http://www.stripersonline.com/t/672540/anodizing-class. [8 พฤศจิกายน 2555]

[8]วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง**. Scaning Eletron Microscopy (SEM)**. [Online], Available: http://www.nano.kmitl.ac.th/index.php?option=com_content&view=article&id=218:scaning-eletron-microscopysem-&catid=23&Itemid=24. [5 มกราคม 2556]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[9]Alfa Aesar. **Aluminum Oxalate.** [Online], Available: http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB8396451.htm. [5 มกราคม 2556]

[10]endmemo.com. **Aluminum Oxalate**. [Online], Available: http://www.endmemo.com/chem/compound/al2c2o4_3.php. [5 มกราคม 2556]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้