

การเพิ่มสมบัติไฮโดรโฟบิกของอะลูมิเนียมด้วยวิธีทางกลและเคมี
เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำความสะอาดตนเองได้
IMPROVING THE HYDROPHOBIC PROPERTY OF ALUMINUM BY
MECHANICAL AND CHEMICAL METHODS TO ENHANCE ITS
SELF-CLEANING ABILITY

พีรวัส คงสง¹ กนกอร น้อยเล็ก² และ มาหามะสุโฮมี มะแซ³

^{1,2}อาจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคลอีสาน 744 ถ. สุรนารายณ์ ต. ในเมือง อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000,
¹physics_psu@windowslive.com, ²kanokon.nu@rmuti.ac.th

³อาจารย์, สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
1 ถ. ราชดำเนินนอก ต. บ่อทราย อ. เมือง จ. สงขลา 90000, susumeme1983@yahoo.com

Peerawas Kongsong¹, Kanokon Nuilek² and Mahamasuhaimi Masae³

^{1,2}Lecturer, Department of Materials Engineering, Faculty of Engineering and Technology,
Rajamangala University of Technology Isan, 744, Suranarai Rd., Muang,
Nakhon Ratchasima, 30000 Thailand,

¹physics_psu@windowslive.com, ²kanokon.nu@rmuti.ac.th

³Lecturer, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala
University of Technology University 1, Ratchadamnoennok Rd., Bo Yang, Muang
Songkhla, Songkhla, 90000 Thailand, susumeme1983@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาพื้นผิวอะลูมิเนียมที่มีสมบัติไฮโดรโฟบิกของพื้นผิวโดยวิธีทางกลและเคมี ขัดแผ่นอะลูมิเนียมด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 800, 1000 และขัดมัน และแช่ในกรดไฮโดรคลอริกและกรดออกซาลิกเป็นเวลา 14 ชั่วโมง และวิเคราะห์คุณลักษณะของผิวอะลูมิเนียมด้วยเทคนิคต่าง ๆ ได้แก่ SEM, AFM, XPS และการทดสอบสมบัติความไม่ชอบน้ำ โดยการวัดมุมสัมผัส จากเทคนิค AFM พบว่า ตัวอย่างที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 800 มีค่าความขรุขระสูงสุดที่ 851.77 nm การทดสอบความไม่ชอบน้ำ พบว่า มุมสัมผัสของหยดน้ำบน

พื้นผิวอะลูมิเนียมมีค่าสูงสุดที่ 140.92° จะเห็นได้ว่าความขรุขระของพื้นผิวที่สูงชันนำไปสู่มุมสัมผัสที่มากขึ้นและแสดงสมบัติไฮโดรโฟบิกที่ดี

คำสำคัญ: ไฮโดรโฟบิก, อะลูมิเนียม, การทำความสะอาดตัวเอง, การปรับสภาพผิวด้วยวิธีทางกลและเคมี

ABSTRACT

The objectives of this study is to develop an aluminum surface with hydrophobic properties of the surface by mechanical and chemical methods. The aluminum plate was polished with the sandpaper number 600, 800, 1000, and polishing and it was soaked in hydrochloric acid and oxalic acid for 14 hours, and the aluminum surface characteristics were analyzed using various techniques, including SEM, AFM, XPS and hydrophobic testing by measuring the contact angle. The AFM technique revealed that the sample that had been polished with number 800 sandpaper had the highest surface roughness of 851.77 nanometers. The hydrophobicity testing showed that the contact angle of water droplets on the aluminum surface was the highest at 140.92° . This indicates that a higher surfaces roughness leads to a larger contact angle and better hydrophobic properties.

KEYWORDS: hydrophobic, aluminum, self-cleaning, mechanical method and chemical etching

1. บทนำ

อะลูมิเนียมถูกนำมาใช้งานอย่างหลากหลายโดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง งานก่อสร้าง อิเล็กทรอนิกส์และภาชนะในครัวเรือน เนื่องจากอะลูมิเนียมผสมมีความแข็งแรง น้ำหนักเบา ระบายน้ำได้ดีสูง ขึ้นรูปได้ง่าย ด้านทานการกัดกร่อนได้ดี จึงนิยมนำมาผลิตเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ แต่เมื่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ทำมาจากอะลูมิเนียมมีการใช้งานเป็นเวลานานจะเกิดคราบดำสกปรกจากการสะสมของฝุ่นละออง ทำความสะอาดยาก ต้องขัดถูหรือใช้สารเคมีในการทำความสะอาด ซึ่งอาจทำให้เกิดรอยขีดข่วนเสียหายบริเวณพื้นผิวของชิ้นส่วนนั้นได้ ปัจจุบันเทคโนโลยีนาโนมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาพื้นผิวให้มีสมบัติพิเศษสามารถนำมาใช้ประโยชน์โดยอาศัยปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่คล้ายกับใบบัว [1]

น้ำกลิ้งบนใบบัว เป็นลักษณะพิเศษที่ทำให้ใบบัวมีสมบัติทำความสะอาดพื้นผิวตัวเองได้ (Self-cleaning) ดังนั้นใบบัวจึงเป็นตัวอย่างทางธรรมชาติที่ทำให้เกิดแนวคิดเพื่อพัฒนาพื้นผิวให้มีสมบัติในการทำความสะอาดตัวเอง จากการศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของใบบัว พบว่า มีตุ่มขนาด

ประมาณ 5-20 ไมโครเมตร จำนวนมากกระจายอยู่ทั่วไป แต่ละตุ่มอยู่ห่างกันราว 20-40 ไมโครเมตร ตุ่มเหล่านี้มีสารลักษณะเป็นไขหรือขี้ผึ้ง (Wax) ปกคลุมอยู่ด้านบน โดยธรรมชาติของสารประเภทขี้ผึ้งหรือไขจะมีสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) สังเกตได้จากรูปทรงหยดน้ำที่ถูกหยดลงไป หยดน้ำจะมีลักษณะหนูน เมื่อสารที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำรวมกับพื้นผิววัสดุที่มีโครงสร้างตุ่มขนาดเล็กจำนวนมาก จึงทำให้พื้นผิวใบบัวกลายเป็นผิวที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำยิ่งยวด (Super-hydrophobic) โดยหยดน้ำจะปรากฏรูปทรงลักษณะเม็ดกลมหนูนสามารถกลิ้งจากตำแหน่งหนึ่งไปตำแหน่งอื่นได้ง่าย ซึ่งเกิดจากโครงสร้างทางกายภาพของใบบัว โดยผิวหน้าของใบบัวจะมีลักษณะที่ขรุขระมาก เนื่องจากโครงสร้างที่มีขนาดเล็กมากในระดับนาโนเมตร ไมโครเมตร ทำให้แรงที่อนุภาคฝุ่นกระทำต่อผิวของใบบัวน้อย เมื่อเทียบกับแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคฝุ่นกับของเหลวจึงทำให้เกิดการทำความสะอาดตัวเองได้ [2-3] การทำให้พื้นผิวโลหะมีสมบัติในการทำความสะอาดตัวเองได้เหมือนใบบัว จะต้องทำให้พื้นผิวมีความขรุขระของโครงสร้างในระดับนาโนและไมโคร ซึ่งปัจจุบันมีด้วยกันหลายวิธี เช่น กระบวนการโซล-เจล (Sol-gel) [4] การกัดด้วยกรด (Chemical etching) [5-7] กระบวนการไฟฟ้าเคมี (Electrochemical method) [8] และวิธีทางกล (Mechanical method) [9]

ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาปรับผิวของอะลูมิเนียมผสมให้มีลักษณะคล้ายกับผิวของใบบัว ด้วยการขัดกระดาษทรายให้มีความขรุขระที่ต่างกันและกัดด้วยกรดอีกครั้ง ซึ่งเป็นการรวมกันระหว่างวิธีทางกลและการกัดด้วยสารเคมี เพื่อให้มีผิวที่ขรุขระของโครงสร้างในระดับนาโนและระดับไมโคร โดยจะศึกษาความขรุขระที่มีผลต่อคุณสมบัติของหยดน้ำ เพื่อที่จะทำให้พื้นผิวอะลูมิเนียมเกิดผิวที่มีสมบัติไฮโดรโฟบิกที่สามารถทำความสะอาดตัวเองได้

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ขั้นตอนการปรับสภาพผิวอะลูมิเนียม

ตัดเตรียมอะลูมิเนียมเกรด 6061 (Mg: 1.1%, Si: 0.41%, Fe: 0.19%, Cu: 0.21%, Cr: 0.01%, Al-balance, wt%) ให้มีขนาด 20 mm x 20 mm x 1 mm แล้วนำไปขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 120, 180, 240, 320, 600, 800 และ 1000 โดยไล่ระดับความขรุขระของผิวจากกระดาษทรายเบอร์ 120 จนถึงกระดาษทรายเบอร์ 600, 800, 1000 และ ขัดมันด้วยผ้าสักหลาดกับผงอลูมินา (Polishing, ผงอลูมินาขนาด 0.05 μm) ซึ่งชิ้นงานจะมีความขรุขระที่แตกต่างกัน 4 ระดับ แล้วนำชิ้นงานไปล้างด้วยน้ำกลั่นและเอทานอลด้วยเครื่องอัลตราโซนิก เป็นเวลา 15 นาที อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำชิ้นงานไปแช่ในสารละลายกรด ที่ประกอบด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นที่ 1 mol L⁻¹ และ กรดออกซาลิกความเข้มข้นที่ 0.08 mol L⁻¹ ที่ผสมกันในอัตราส่วน 1:1 [10] โดยแช่ไว้ในสารละลายเป็นเวลา 14 ชั่วโมง หลังจากนั้นก็นำชิ้นงานด้วย

น้ำกลั่นและเอทานอล แล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในการทดลองนี้ได้เตรียมตัวอย่าง 3 ชั้น ต่อ 1 สภาวะทดสอบ

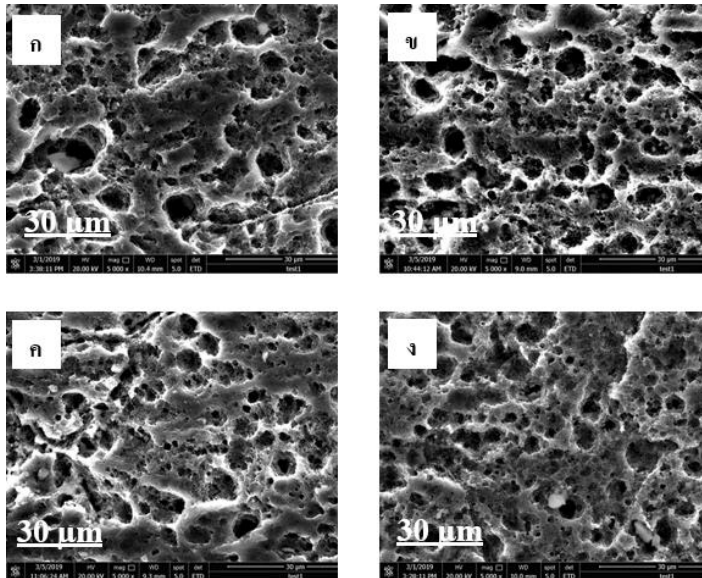
2.2 การตรวจสอบคุณลักษณะพื้นผิวอะลูมิเนียม

ตรวจสอบลักษณะพื้นผิวของอะลูมิเนียมด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM; Jsm-5800LV) วิเคราะห์ความขรุขระของพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (Atomic Force Microscope, AFM) ยี่ห้อ Nanosurf C3000 ทดสอบส่วนประกอบทางเคมีที่พื้นผิวด้วยสเปกโตรสโคปีของอนุภาคอิเล็กตรอนที่ถูกปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์ (X-ray photoelectron spectroscopy: XPS) รุ่น XPS, AXIS ULTRADLD และทดสอบหามุมสัมผัสของของเหลวบนพื้นผิวของอะลูมิเนียมด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัส (Contact angle metter) รุ่น OCA 15EC โดยใช้ปริมาตรหยดน้ำ 5 ไมโครลิตร

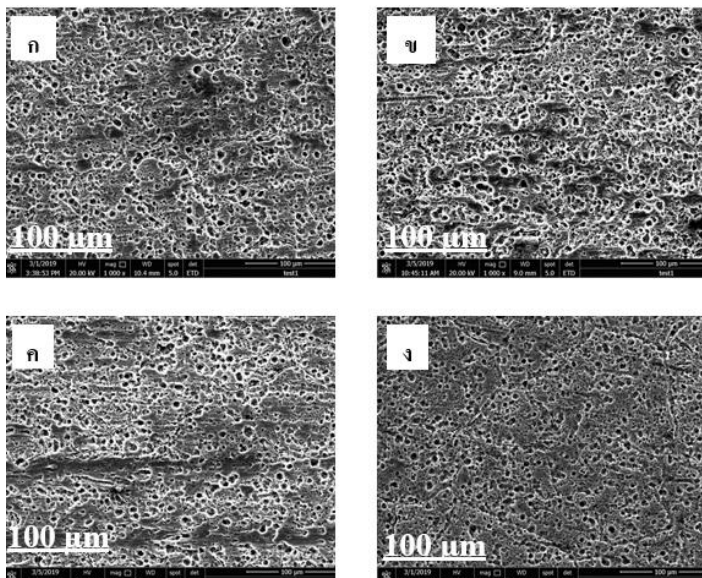
3 ผลการวิจัย

3.1 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผิวอะลูมิเนียมด้วยเทคนิค SEM

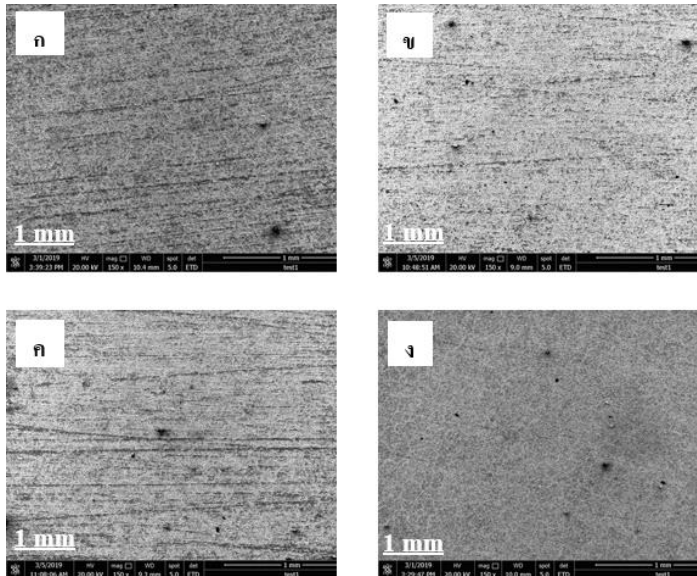
จากรูปที่ 1 รูปที่ 2 และ รูปที่ 3 เป็นผลการวิเคราะห์พื้นผิวของอะลูมิเนียมด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 5000, 1000 และ 150 เท่า ตามลำดับ ซึ่งเป็นภาพถ่ายของอะลูมิเนียมที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 (ก), 800 (ข), 1000 (ค) และขัด Polishing (ง) ตามด้วยการกัดกรด ซึ่งจะเห็นได้ว่า ชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 800, 1000 และขัด Polishing ที่กำลังขยาย 5000 เท่า พื้นผิวของชิ้นงานจะเกิดเป็นหลุมขนาดที่ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งเป็นผลมาจากการกัดกรด ทำให้ไม่เห็นรอยขัด ส่วนที่กำลังขยาย 1000 เท่า พื้นผิวของชิ้นงานบางส่วนจะเห็นรอยขัดที่เกิดจากกระดาษทราย และที่กำลังขยาย 150 เท่า พบว่า ชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 800 และ 1000 จะปรากฏรอยขัดของกระดาษทรายบนพื้นผิวของชิ้นงานชัดเจน ซึ่งรอยขัดที่ปรากฏนั้นจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของกระดาษทราย ทำให้พื้นผิวของชิ้นงานมีความขรุขระที่แตกต่างกัน และชิ้นงานที่ขัด Polishing พบว่า มีพื้นผิวที่ละเอียด ไม่มีรอยของกระดาษทรายบนพื้นผิวของชิ้นงาน เนื่องจากการขัด Polishing จะขัดเพื่อลบรอยของกระดาษทราย จึงส่งผลให้พื้นผิวชิ้นงานที่ขัด Polishing มีพื้นผิวที่เรียบกว่าชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 800 และ 1000



รูปที่ 1 ภาพ SEM (ก) ชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 (ข) ชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 800 (ค) ชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1000 และ (ง) ชิ้นงานที่ขัด Polishing กำลังขยาย 5000X



รูปที่ 2 ภาพ SEM (ก) ชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 (ข) ชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 800 (ค) ชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1000 และ (ง) ชิ้นงานที่ขัด Polishing กำลังขยาย 1000X

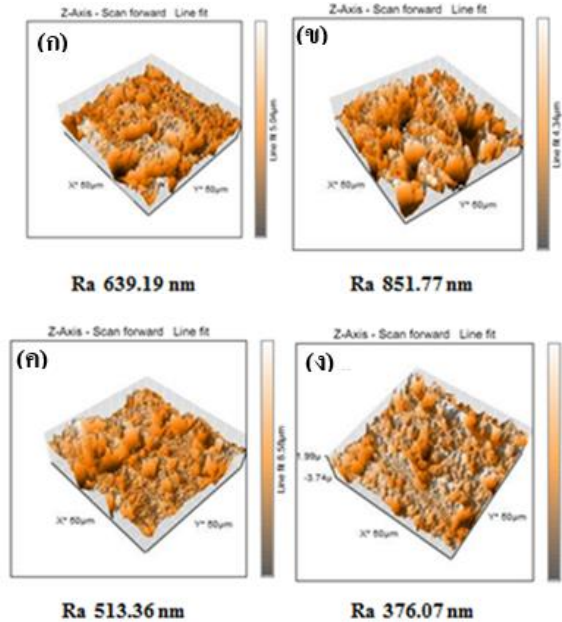


รูปที่ 3 ภาพ SEM (ก) ชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 (ข) ชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 800 (ค) ชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1000 และ (ง) ชิ้นงานที่ขัด Polishing กำลังขยาย 150X

3.2 ผลการวิเคราะห์ความขรุขระของพื้นผิวด้วยเทคนิค AFM

ค่าความขรุขระ (Ra: The roughness average) ของพื้นผิวอะลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการขัดด้วยกระดาษทรายและกัดกรด แสดงดังรูปที่ 4 จากผลการวิเคราะห์ AFM พบว่า ตัวอย่างชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 (ก), 1000 (ค) และขัด Polishing (ง) มีค่าความขรุขระของพื้นผิวน้อยกว่าตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 800 (ข) ซึ่งมีค่าความขรุขระของพื้นผิวที่มากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 851.77 nm เมื่อเทียบกับชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายที่เบอร์ 600, 1000 และขัด Polishing ซึ่งมีค่าความขรุขระเท่ากับ 639.19, 513.36 และ 376.07 nm ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการขัดด้วยกระดาษทรายที่เบอร์ 800 กับ 1000 และขัด Polishing ตามด้วยการกัดกรด จะเห็นว่าการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 800 จะมีความขรุขระมากกว่า เนื่องจากกระดาษทรายเบอร์ 1000 และการขัด Polishing จะทำให้ผิวชิ้นงานเรียบเนื่องจากมีอนุภาคทราย และผงอลูมินาที่มีขนาดเล็ก จะเห็นได้ว่าการใช้กระดาษทรายขัดอย่างเดียวถ้าเรียงตามเบอร์ที่มีตัวเลขต่ำจะให้ผิวหยาบกว่ากระดาษทรายที่มีเบอร์สูง [11] แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทำการขัดผิวอะลูมิเนียมด้วยกระดาษทรายแล้ว ตามด้วยการกัดกรดในการศึกษานี้ และดำเนินการทำซ้ำ 3 ครั้ง ให้ผลว่า การขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 800 และตามด้วยการกัดกรดให้ผิวขรุขระมากที่สุด โดยสามารถพิสูจน์ได้ด้วยภาพพื้นผิวชิ้นงานจาก SEM และ AFM ซึ่งการกัด

ด้วยกรดทำให้เพิ่มรอยขรุขระเล็ก ๆ บนผิวเพิ่ม ซึ่งจะส่งผลต่อค่าพลังงานพื้นผิวที่ต่ำลง ทำให้หยดน้ำทำมุมกับพื้นผิวได้มากขึ้น [12]



รูปที่ 4 ภาพ AFM ลักษณะความขรุขระของผิวอะลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการขัดหยาบด้วย (ก) กระดาษทรายเบอร์ 600 (ข) กระดาษทรายเบอร์ 800 (ค) กระดาษทรายเบอร์ 1000 และ (ง) ขัด Polishing

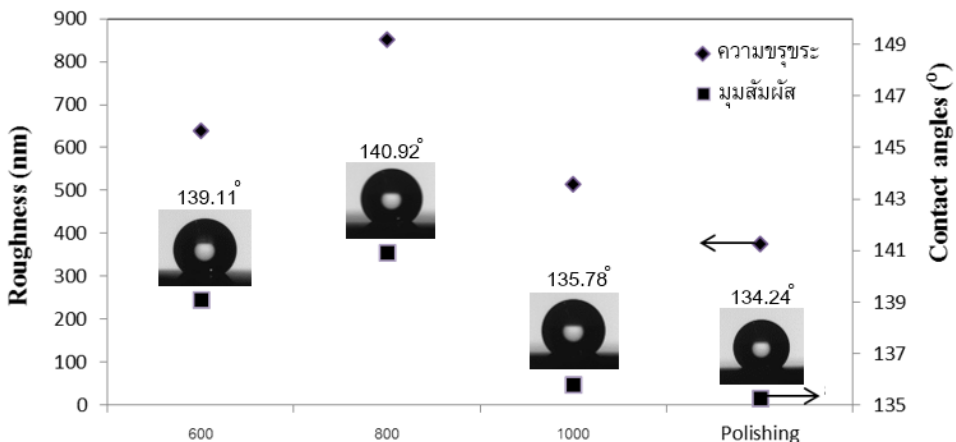
3.3 ผลการวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำบนพื้นผิวของอะลูมิเนียม

ผลการวิเคราะห์การวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำบนพื้นผิวของอะลูมิเนียม แสดงในรูปที่ 5 จากผลการทดสอบการวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำบนพื้นผิวของอะลูมิเนียม ชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายจนถึงเบอร์ 600, 800, 1000 และขัด Polishing พบว่า มีค่ามุมสัมผัสเฉลี่ย 139.11° , 140.92° , 135.78° และ 134.24° ตามลำดับ จากผลจากการวัดมุมสัมผัสของชิ้นงาน จะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 1000 และขัด Polishing มีค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำน้อยกว่าชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 800 จึงส่งผลให้ค่ามุมสัมผัสของพื้นผิวอะลูมิเนียมมีค่าสูงที่สุด ดังตารางที่ 1 และจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำกับค่าความขรุขระของพื้นผิวของตัวอย่างที่มีการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ต่าง ๆ และการขัด Polishing ในรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความขรุขระของพื้นผิวมีค่ามากขึ้น จะส่งผลให้มุมสัมผัสของหยดน้ำมีค่ามากขึ้นด้วย เนื่องจากความขรุขระที่มากขึ้นจะส่งผลให้พลังงานพื้นผิวลดลง [2, 12] โดยพื้นผิวของอะลูมิเนียมที่มีมุมสัมผัสของหยดน้ำที่สูง จะแสดงสมบัติไฮโดรโฟบิกที่ดี ถ้ามุมสัมผัสระหว่างพื้นผิว

กับหยดน้ำมีค่า 90° - 150° ผิวหน้าของวัสดุจะเป็นผิวหน้าที่ไม่ชอบน้ำ และมุมสัมผัสระหว่างพื้นผิวกับหยดน้ำมีค่ามากกว่า 150° ผิวหน้าของวัสดุจะเป็นผิวหน้าที่ไม่ชอบน้ำแบบยิ่งยวด จากการศึกษาครั้งนี้มุมสัมผัสระหว่างพื้นผิวกับหยดน้ำที่ได้มีค่า 140.92° จึงส่งผลให้พื้นผิวของอะลูมิเนียมแสดงสมบัติไม่ชอบน้ำ จากค่ามุมสัมผัสดังกล่าว พื้นผิวที่ได้จะมีสมบัติที่สามารถทำความสะอาดตัวเองได้ [13]

ตารางที่ 1 ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำกับค่าความขรุขระของพื้นผิวอะลูมิเนียม

ตัวอย่าง	Contact angle ($^{\circ}$)	Roughness (nm)
600	139.11 ± 0.79	639.19 ± 12.05
800	140.92 ± 0.42	851.77 ± 13.39
1000	135.78 ± 1.21	513.36 ± 7.06
Polishing	134.24 ± 0.31	376.07 ± 12.58

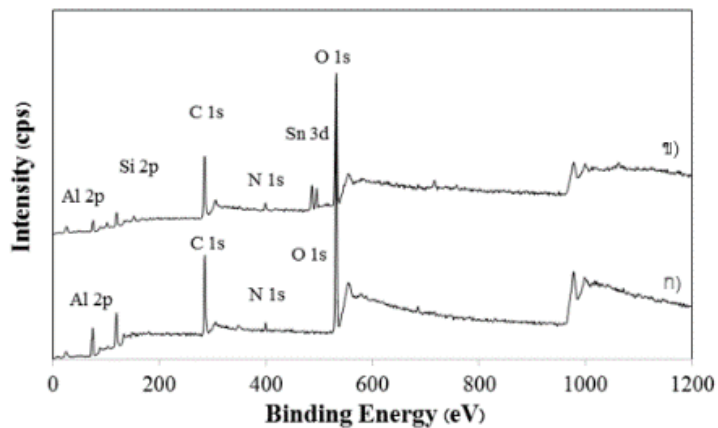


รูปที่ 5 การวัดมุมสัมผัสของน้ำบนพื้นผิวอะลูมิเนียมที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 800, 1000 และขัด Polishing

3.4 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผิวอะลูมิเนียมด้วยเทคนิค XPS

รูปที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์พื้นผิวอะลูมิเนียมที่ไม่ผ่านกระบวนการกัดกรดและอะลูมิเนียมที่ไม่ผ่านการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 800 และกัดกรด ด้วยเทคนิค XPS ซึ่งจะพบสเปกตรัมของธาตุ O, N, C, Si และ Al บนพื้นผิวอะลูมิเนียมที่ไม่ผ่านกระบวนการกัดกรด (ก) การวิเคราะห์ปริมาณอะตอมของธาตุ พบว่า มีธาตุ O, N, C และ Al ปริมาณ 39.60, 1.74, 38.50 และ 19.63 เปอร์เซ็นต์อะตอม ตามลำดับ โดยปรากฏพีค O 1s, N 1s C 1s และ Al 2p ที่พลังงานยึดเหนี่ยวเท่ากับ

531.10, 399.10, 285.10 และ 74.10 อิเล็กตรอนโวลต์ ตามลำดับ การวิเคราะห์ปริมาณอะตอมของธาตุบนพื้นผิวอะลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการกัดกรอด (ข) พบว่า มีธาตุ O, Sn, N, C, Si และ Al ปริมาณ 32.48, 0.92, 3.14, 50.22, 2.90 และ 10.33 เปอร์เซ็นต์อะตอม ตามลำดับ โดยปรากฏพีค O 1s, Sn 3d, N 1s, C 1s, Si 2p และ Al 2p ที่พลังงานยึดเหนี่ยวเท่ากับ 523, 486, 399, 284, 101 และ 75 อิเล็กตรอนโวลต์ ตามลำดับ จากกราฟสเปกตรัม XPS ของอะลูมิเนียมที่กัดด้วยกรดและไม่ได้กัดกรอด พบว่า กรดออกซาลิกและกรดไฮโดรคลอริกไม่มีการทำปฏิกิริยาที่พื้นผิวอะลูมิเนียมที่ทำให้เกิดสารประกอบเกิดขึ้นมาใหม่ที่มีส่วนประกอบของธาตุที่ใช้ในการกัดกรอด [10]



รูปที่ 6 กราฟสเปกตรัม XPS ของ (ก) อะลูมิเนียมที่ไม่ผ่านกระบวนการกัดกรอด และ (ข) อะลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการกัดกรอด

4. สรุปผลการวิจัย

การปรับพื้นผิวอะลูมิเนียม เกรด 6061 ให้มีพื้นผิวที่สามารถทำความสะอาดตัวเองได้ ด้วยวิธีทางกลและทางเคมี วิธีทางกลทำโดยการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ต่าง ๆ จนถึงเบอร์ 600, 800, 1000 และขัด Polishing และวิธีทางเคมีทำโดยการกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกและกรดออกซาลิกเป็นเวลา 14 ชั่วโมง ซึ่งสรุปผลการวิเคราะห์ได้ ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์พื้นผิวอะลูมิเนียมด้วยเทคนิค SEM พบว่า ที่กำลังขยาย 5000 เท่า พื้นผิวของชิ้นงานจะเกิดเป็นหลุมขนาดที่ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกัน ที่กำลังขยาย 1000 และ 150 เท่า พบว่า ชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 800, และ 1000 จะปรากฏรอยขีดของกระดาษทรายบนพื้นผิวของชิ้นงาน ส่วนชิ้นงานที่ขัด Polishing พบว่า มีพื้นผิวที่ละเอียด ไม่มีรอยของกระดาษทรายบนพื้นผิวของชิ้นงาน

4.2 ผลการวิเคราะห์ความขรุขระของพื้นผิวด้วยเทคนิค AFM พบว่า พื้นผิวชิ้นงานมีค่าความขรุขระมาก ทำให้หยดน้ำทำมุมกับพื้นผิวได้มากขึ้นและสอดคล้องกับผลการวัดมุมสัมผัส

ของหยดน้ำบนพื้นผิวอะลูมิเนียม ซึ่งจะเห็นได้ว่าตัวอย่างที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 800 มีค่าความขรุขระของพื้นผิวที่มากที่สุด ทำให้หยดน้ำทำมุมกับพื้นผิวอะลูมิเนียมมากที่สุด จึงแสดงสมบัติไฮโดรโฟบิกที่ดีที่สุด และผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของผิวอะลูมิเนียมด้วยเทคนิค XPS พบว่า ชั้นงานที่ผ่านการกัดกรดไม่เกิดสารประกอบที่เกิดจากการแช่ในกรดออกซาลิกและกรดไฮโดรคลอริก

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง การปรับสภาพผิวอะลูมิเนียมให้สามารถทำความสะอาดตัวเองได้ด้วยวิธีทางกลและกัดด้วยสารเคมี ตามสัญญาเลขที่ FF66-P1-063 ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวิจัย ขอขอบคุณนางสาวทัศนีย์ ดวงกระโทก และนางสาวปาริชาติ จันทร์กลาง ที่ช่วยดำเนินการและรวบรวมผลในการวิจัยครั้งนี้ จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

References

- [1] Kamaraj AB, Shaw V, Sundaram MM. Novel fabrication of un-coated super-hydrophobic aluminum via pulsed electrochemical surface modification. *Procedia Manufacturing* 2015;1:892-903.
- [2] Solga A, Cerman Z, Striffler BF, Spaeth M, Barthlott W. The dream of staying clean: Lotus and biomimetic surfaces. *Bioinspiration & Biomimetics* 2007;2(4):S126-34.
- [3] Bhushan B, Biomimetics: lessons from nature—an overview. *Philosophical Transaction of the Royal Society A* 2009;367:1445-86.
- [4] Basso M, Colusso E, Tancon M, Bortolin S, Mirafiori M, Guglielmi M, et al. Hydrophobic hybrid silica sol-gel coating on aluminium: Stability evaluation during saturated vapour condensation. *Journal of Non-Crystalline Solids: X* 2023;17:100143.
- [5] Varshney P, Mohapatra SS, Kumar A. Superhydrophobic coatings for aluminium surfaces synthesized by chemical etching process. *International Journal of Smart and Nano Materials* 2016;7(4):248-64.
- [6] Esmaeilirad A, Rukosuyev MV, Jun MB, Veggel FC. A cost-effective method to create physically and thermally stable and storable super-hydrophobic aluminum alloy surfaces. *Surface and Coatings Technology* 2016;285:227-34.

- [7] Wang H, Wei Y, Liang M, Hou L, Li Y, Guo C. Fabrication of stable and corrosion-resisted super-hydrophobic film on Mg alloy. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 2016;509:351-8.
- [8] Gnedenkov SV, Sinebryukhov SL, Egorkin VS, Vyalyi IE. Wettability and electrochemical properties of the highly hydrophobic coatings on PEO-pretreated aluminum alloy. *Surface and Coatings Technology* 2016;307(Pt C):1241-8.
- [9] Zhu J, Hu XF. A novel and facile fabrication of superhydrophobic surfaces on copper substrate via machined operation. *Materials Letters* 2017;190:115-8.
- [10] Wu R, Liang S, Pan A, Yuan Z, Tang Y, Tan X, et al. Fabrication of nano-structured super-hydrophobic film on aluminum by controllable immersing method. *Applied Surface Science* 2012;258(16):5933-7.
- [11] Tabrizi SS. Effect of mechanical abrasion on oil/water contact angle in metals [thesis]. Milwaukee, Wisconsin: University of Wisconsin–Milwaukee; 2012.
- [12] Fu X, He X. Fabrication of super-hydrophobic surfaces on aluminum alloy substrates. *Applied Surface Science* 2008;255(5Pt1):1776-81.
- [13] Kongsong P, Hasook C, Changpru C, Sangchay W, Konkunthot N. Effect of different chemical etching solutions on physical and chemical surface properties of commercially pure titanium grade 2. *Journal of Materials Engineering and Performance* 2023;32:5060-71.

ประวัติผู้เขียนบทความ



ผศ.ดร. พีรวัส ดงสง สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 744 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 หมายเลขโทรศัพท์ 044-233-073 ต่อ 3352 โทรศัพท์มือถือ 085-7884988 โทรสาร 044-233074 E-Mail: physics_psu@windowlive.com

คุณวุฒิ: วศ.ต. วิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2558, วศ.ม. วิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2554, วท.บ. ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2551

งานที่สนใจ : Superhydrophobicity/Superhydrophilicity, Micro/Nano particles, Droplet, spray and sol-gel technologies, Photocatalytic Materials, Nano-Materials, Self-Cleaning Materials, Surface Engineering



ดร. กนกอร น้อยเล็ก สาขาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 744 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 หมายเลขโทรศัพท์ 044-233-073 ต่อ 3352 โทรศัพท์มือถือ 086-2843427 โทรสาร 044-233074 E-Mail: kanokon.nu@rmuti.ac.th

คุณวุฒิ: Ph. D. Materials Sciences and Technologies, University of Miskolc, Hungary 2564, วศ.ม. วิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2551, วศ.บ. วิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2548 งานที่สนใจ: การสังเคราะห์วัสดุด้วยเทคนิคทาง เคมี/ความร้อน วัสดุผสม วัสดุนาโน โลหะวิทยา การวิเคราะห์และทดสอบ สมบัติทางเคมี/กายภาพเชิงกลของวัสดุ



รศ.ดร.มาหามะสุโฮมี มะแซ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เลขที่ 1 ต. บ่อทราย อ. เมือง จ. สงขลา 90000 หมายเลขโทรศัพท์ 074-324246, 074-316260-3 ต่อ 1205 โทรศัพท์มือถือ 089-6540828, 088-3590728 โทรสาร 074-326492 E-Mail: susumeme1983@yahoo.com

คุณวุฒิ: วศ.ด. วิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2554, วศ.ม. วิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2550, วศ.บ. วิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2549

งานที่สนใจ: Experimental diagnostics in micro/nanoscale systems, Multifunctional ceramic composite coatings, Nanoparticle colloidal suspensions, Conventional and advanced ceramic, Superhydrophobicity/ Superhydrophilicity, Micro/Nano particles, Droplet, spray and sol-gel technologies, Recycle material, Fluid/particle intercalation in molecular structure

Article History:

Received: June 15, 2023

Revised: December 1, 2023

Accepted: December 4, 2023