

การปรับสภาพผิวโลหะอะลูมิเนียมผสมรีไซเคิล เพื่อเพิ่มการยึดติดสี

Surface Treatment of Recycle Aluminium Alloy for Improvement of Color Adherence Property

วสุนันท์ ครองทรัพย์ อภิชาติ อางนาเสียว

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของเวลาในการจุ่มชิ้นงานโลหะอะลูมิเนียมผสมรีไซเคิล และความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีผลต่อความขรุขระของผิวชิ้นงาน น้ำหนักที่หายไป และทดสอบการยึดติดสีบนพื้นผิวโลหะอะลูมิเนียมผสมที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยแบบหล่อทราย สภาวะที่ใช้ทดลองคือ เวลาในการจุ่มแช่ 1-24 ชั่วโมง และความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.75-1.25 โมลาร์ เปรียบเทียบกับชิ้นงานโลหะอะลูมิเนียมผสมที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ ผลการทดลองพบว่า การปรับสภาพผิวจะทำให้ชิ้นงานมีความขรุขระบนพื้นผิวเพิ่มขึ้น ที่เวลาในการจุ่ม 9 ชั่วโมง หลังจากนั้นความขรุขระมีค่าลดลง น้ำหนักที่หายไปในช่วง 0-9 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากเวลา 9 ชั่วโมง น้ำหนักของชิ้นงานเริ่มคงที่ โดยสภาวะที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.75 โมลาร์ แช่เป็นเวลา 9 ชั่วโมง มีการยึดติดสีดีที่สุด เนื่องจากมีการสูญเสียเนื้อโลหะน้อย โดยมีพื้นที่การยึดติดสีสูญเสียพื้นที่ต่ำที่สุด 0.13% เมื่อทำการเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่ผ่านการปรับสภาพมีความลึกของชั้นผิวออกไซด์ 7 ไมโครเมตร การสูญเสียพื้นที่ยึดติดสีสูงถึง 86.42%

คำสำคัญ : ปรับสภาพผิวโลหะ, โลหะอะลูมิเนียมผสมรีไซเคิล, การยึดติดสี

Abstract

This research studied the effect of the soaking time of recycle aluminium alloy and the NaOH concentration on surface roughness, weight loss of specimen and color adhesion-pull-off test on recycle aluminium alloy surface to sand mold casting. The testing conditions were soaking time in the range of 1-24 hours and NaOH concentration in the range of 0.75-1.25 molars. The results were compared to the specimen that was not immersed in NaOH. It was found that the pretreatment caused the roughness to develop on recycle aluminium alloy surface at ninth hour after that was decreased. Weight loss of specimen rapidly increased when an increase of soaking time increased at 0-9 hours and later turned steady. The most effective adherence occurred at ninth hour with the concentration at 0.75 molar due to the less metal loss. The area loss was 0.13%. In comparison, the one that was not immersed in NaOH showed the thickness of oxide surface at 7 micrometers and the area loss was at 86.42%.

Keywords : Surface Pretreatment, Recycle Aluminium Alloy, Color Adherence

1. บทนำ

ในอุตสาหกรรมโลหะผสมอะลูมิเนียมมีการหล่อและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียมจากอะลูมิเนียมที่ผ่านการรีไซเคิล และนำกลับมาใช้ใหม่ โดยนำอะลูมิเนียมแท่งที่ได้จากการถลุงแร่ เศษอะลูมิเนียมใหม่ที่ได้มาจากการแปรรูปในโรงงานอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียมที่ใช้แล้ว หรือเศษอะลูมิเนียมเก่า นำมาผ่านกระบวนการทางอุตสาหกรรม เพื่อแยกสิ่งปนเปื้อนออกไป มาทำการหลอมรวมกัน และหล่อในแบบ โดยในขั้นตอนนี้อาจจะเติมสารเคมี หรือธาตุโลหะต่างๆ เพื่อปรับแต่งคุณภาพให้เหมาะสมกับการขึ้นรูป และการใช้งานได้ดีขึ้นต่อไป การหลอมหล่อจะเป็นการช่วยลดการใช้ทรัพยากร ธรรมชาติ และประหยัดค่าพลังงานที่ใช้ในการถลุงแร่ เนื่องจากการผลิตอะลูมิเนียมจากเศษอะลูมิเนียมใช้แล้วจะใช้พลังงานเพียงร้อยละ 5 ของการผลิตอะลูมิเนียมจากสินแร่ จึงทำให้ต้นทุนการผลิตอะลูมิเนียมจากเศษอะลูมิเนียมถูกกว่าการผลิตจากสินแร่มากถึง 10 เท่า[1]

โลหะอะลูมิเนียมผสม เป็นโลหะที่มีความคงทนสามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ดี มีคุณสมบัติสำหรับการหล่อที่ค่อนข้างต่ำ และสามารถผลิตขึ้นรูปได้ง่ายด้วยกระบวนการหล่อ เนื่องจากมีความเหมาะสมกับงานหล่อทั้งในด้านการไหลตัวของน้ำโลหะ และคุณสมบัติไหลป้อนเติมโพรงแบบหล่อ มีผลทำให้การขึ้นรูปเป็นรูปทรงตามที่ต้องการ แม้ในชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน หรือมีความหนาไม่มากก็ตาม ปัจจุบันได้มีการหล่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย เช่น ประติมากรรม ชิ้นงานตกแต่งโครงสร้างเหล็ก เช่น รั้ว ประตู หน้าต่าง เป็นต้น โดยมีการใช้สฟันทนขึ้นงานเพื่อให้มีสีสันต่างๆ ตามที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งสีทองเป็นที่นิยมมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์โลหะอะลูมิเนียมผสมรีไซเคิล (Re-Al alloy) ที่ได้มีพื้นผิวขรุขระ ไม่สม่ำเสมอ มีลักษณะหยาบเหมือนเม็ดทราย ลักษณะดังกล่าวเกิดจากแบบพิมพ์ที่ใช้สำหรับขึ้นรูปซึ่งทำมาจากทราย นอกจากนี้อะลูมิเนียมยังสามารถเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนกลายเป็น Al_2O_3 [2]-[3] ซึ่งมีคุณสมบัติขัดขวางการยึดเกาะระหว่างสี และ

ผิวชิ้นงาน Re-Al alloy มีผลทำให้เกิดการหลุดลอกได้ง่าย มีผลให้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ไม่คงทน และความสวยงามลดลง

ดังนั้นหลังจากการขึ้นรูปชิ้นงาน Re-Al alloy แล้วควรปรับปรุงพื้นผิว เพื่อเพิ่มความสามารถในการยึดติดของสีโดยใช้เทคนิคการปรับสภาพพื้นผิวด้วยวิธีการเตรียมผิว โดยทำการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) กับเวลา ที่มีผลต่อการยึดติดของสีบนผิว Re-Al alloy ซึ่งสามารถปรับปรุง พื้นผิวให้ยึดติดสีทนมากขึ้น และสามารถเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ได้

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมชิ้นงาน Re-Al alloy

นำ Re-Al alloy หล่อขึ้นรูปด้วยแบบหล่อทรายไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (Optical Emission Spectrometer รุ่น ARL-3460) มีองค์ประกอบของธาตุต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 นำชิ้นงานขนาด 3.0 cm x 5.0 cm x 0.5 cm มาล้างทำความสะอาดเนื่องชิ้นงานมีคราบไขมัน ทรายที่มาจากแบบพิมพ์ หรือผงฝุ่น ด้วยเอทานอลในเครื่องสั่นความถี่สูง เป็นเวลา 10 นาที และล้างด้วยน้ำในเครื่องสั่นความถี่สูงเป็นเวลา 5 นาทีตามลำดับ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของปริมาณธาตุใน Re-Al alloy

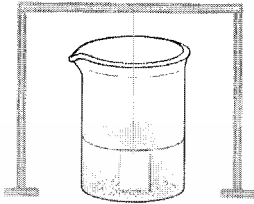
ธาตุ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
อะลูมิเนียม (Al)	88.44
ซิลิกอน (Si)	5.61
เหล็ก (Fe)	1.90
สังกะสี (Zn)	1.55
ทองแดง (Cu)	1.48
แมกนีเซียม (Mg)	0.37
แมงกานีส (Mn)	0.23
นิกเกิล (Ni)	0.13
อื่นๆ	0.29

2.2 การปรับสภาพผิวชิ้นงาน Re-Al alloy

1. เตรียมสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.75, 1.00

และ 1.25 โมลาร์

2. นำชิ้นงาน Re-Al alloy ที่ได้จากการเตรียมหลังจากล้างทำความสะอาดคราบไขมัน มาจุ่มแช่ในสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้นต่างๆ ในสภาวะอุณหภูมิห้อง ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะชิ้นงานเมื่อจุ่มแช่ใน NaOH

3. ทำการเก็บชิ้นงานหลังจากการจุ่มแช่เป็นเวลา 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 และ 24 ชั่วโมง ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำในเครื่องสั่นความถี่สูง เป็นเวลา 5 นาที จำนวน 3 ครั้ง

4. นำชิ้นงาน Re-Al alloy มาจุ่มแช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 6% โดยน้ำหนัก เพื่อทำการกระตุ้นผิวชิ้นงาน เป็นเวลา 3 นาที แล้วล้างทำความสะอาดด้วยน้ำในเครื่องสั่นความถี่สูง เป็นเวลา 5 นาที จำนวน 3 ครั้ง

5. เป่าชิ้นงานให้แห้ง

2.3 การตกแต่งผิว Re-Al alloy ด้วยการพ่นสี

1. นำชิ้นงานที่ได้หลังจากการปรับสภาพผิวแล้วทำการพ่นสีตามที่ต้องการ สีที่ใช้พ่นชิ้นงานเป็นสีอะคริลิก แลคเกอร์ จากบริษัท ฮาโตเพนต์ (เจ.เค.อาร์) จำกัด โดยควบคุมความดันลม ระยะห่างที่ทำการพ่นสี สภาวะดำเนินงานในอุณหภูมิห้องโดยควบคุมความหนาฟิล์มของสีให้ใกล้เคียง 5 ไมโครเมตร ซึ่งควบคุมโดยกำหนดเวลาในการพ่นสี 3 วินาทีเท่ากัน ทำการพ่นสี 2 ครั้ง

2. ปลอ่ชิ้นงานให้แห้ง

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 การวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิว Re-Al alloy

ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) วิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานที่ไม่ผ่านการปรับสภาพผิว และหลังการทำการปรับสภาพผิว โดยนำ

ชิ้นงาน Re-Al alloy ไปขัดให้เรียบในเครื่องขัดชิ้นงานด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1,000 และ 2,000 ตามลำดับ โดยใช้ น้ำเป็นสารหล่อเย็นช่วยในการหล่อลื่น แล้วจึงนำไปขัดละเอียดด้วยผ้าขัดสักหลาด ใช้ผงขัดอลูมินาเป็นสารขัดเงา จากนั้นทำความสะอาดชิ้นงานด้วยเอทานอล และน้ำในเครื่องสั่นความถี่สูง เป่าชิ้นงานให้แห้ง

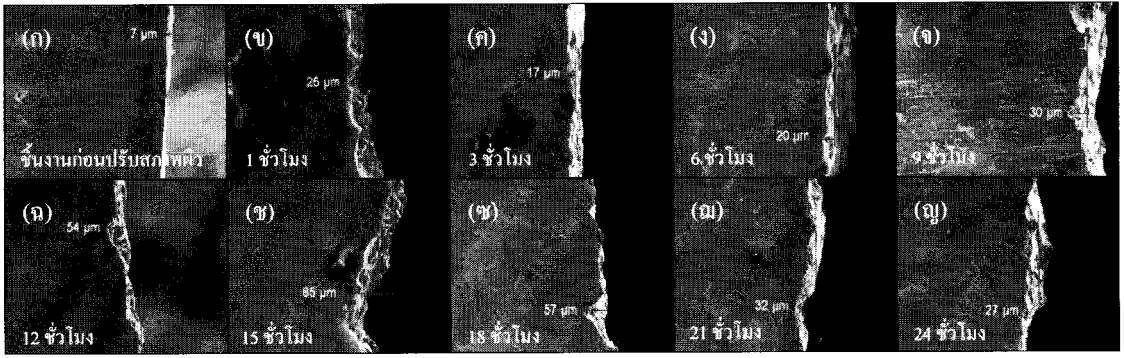
Re-Al alloy เป็นโลหะที่มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา แต่มีความแข็งแรงสูง และทนการกัดกร่อนได้ดี อะลูมิเนียมเป็นธาตุที่ทำปฏิกิริยาเคมีได้รวดเร็วมาก โดยเฉพาะเมื่อสัมผัสกับอากาศ ชั้นผิวหน้าอะลูมิเนียมจะรวมตัวกับออกซิเจน กลายเป็นอะลูมิเนียมออกไซด์ มีคุณสมบัติโปร่งแสง และเหนียว ดังแสดงในรูปที่ 2 ที่เป็นภาพตัดขวางชิ้นงานโลหะ Re-Al alloy ก่อนการปรับสภาพในสารละลาย NaOH ที่พบว่า มีชั้นผิวออกไซด์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ซึ่งความหนาแน่นไม่สูงสามารถสลایตัวได้ง่าย ด้วยความร้อน หรือลมในธรรมชาติ เช่นเดียวกันโลหะ Re-Al alloy ก็สามารถเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ใหม่



รูปที่ 2 ลักษณะของผิวอะลูมิเนียมออกไซด์บนชิ้นงาน

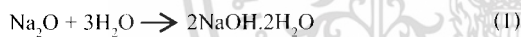
Re-Al alloy ก่อนการปรับสภาพใน NaOH

เมื่อทำการปรับสภาพผิวด้วยการจุ่มแช่ในสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยจะทำให้มีความหยาบและความขรุขระเพิ่มขึ้นบนผิวโลหะ Re-Al alloy ดังแสดงในรูปที่ 3-5 พบว่า ก่อนปรับสภาพผิวชิ้นงานชั้นออกไซด์มีความลึก 7 ไมโครเมตร หลังการแช่ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.75, 1.00, 1.25 โมลาร์ ชิ้นงานมีความลึกเท่ากับ 85, 226, 104 ไมโครเมตร ตามลำดับ ดังนั้นชิ้นงาน Re-Al alloy มีความลึกเพิ่มขึ้นคือ (85-7), (226-7) และ (104-7) ไมโครเมตร ตามลำดับ



รูปที่ 3 ภาพตัดขวางของชิ้นงาน Re-Al alloy ใน NaOH ความเข้มข้น 0.75 โมลาร์ ที่เวลาต่างๆ กำลังขยาย 350 เท่า

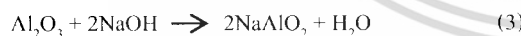
ความขรุขระของผิว Re-Al alloy หลังจากแช่ในสารละลาย NaOH เกิดจากการทำปฏิกิริยาของส่วนที่เป็นอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ กับไฮดรอกไซด์ (OH⁻) ในสารละลาย มีผลทำให้เนื้ออะลูมิเนียมหลุดออกไปในสารละลาย อยู่ในรูปโซเดียมอะลูมิเนต (NaAlO₂) และบางส่วนเกิดเป็นผิวอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al₂O₃) เคลือบที่ผิวชิ้นงาน ดังแสดงปฏิกิริยาดังสมการที่ (2) แต่ผิว Al₂O₃ ที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากับ OH⁻ ในสารละลายเปลี่ยนรูปเป็น NaAlO₂ ดังแสดงปฏิกิริยาดังสมการที่ (3) การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ :



สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับชิ้นงานบริเวณที่เป็นโลหะอะลูมิเนียม :

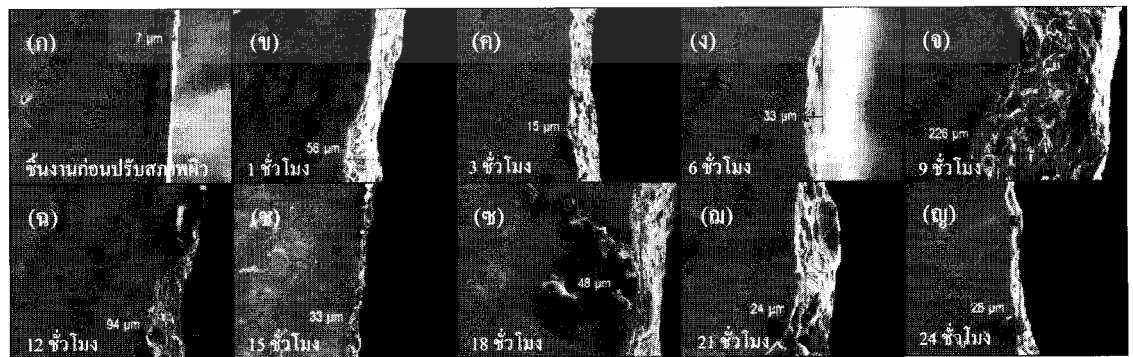


ชั้นผิวออกไซด์ที่เกิดขึ้นทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์:

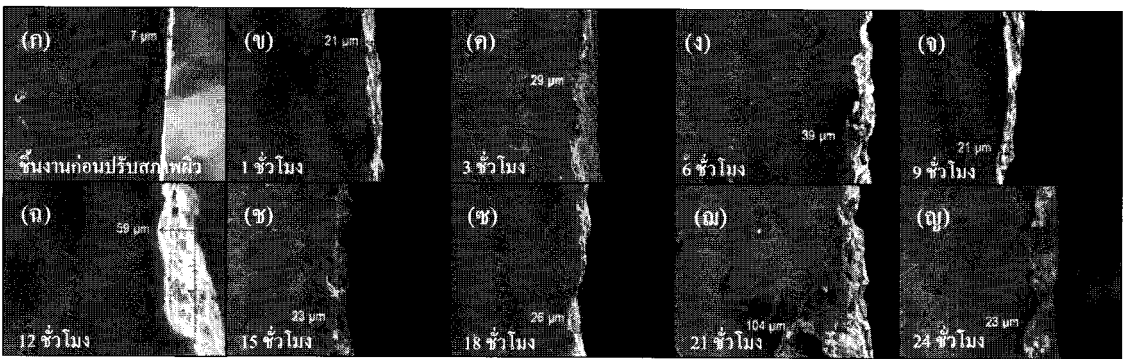


ส่วนธาตุเจือปนอื่นๆ เช่น Si จะทำปฏิกิริยากับ OH⁻ และรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นชั้นผิวซิลิกาบางๆ แต่มีความแข็งสูง และมีสมบัติสามารถป้องกันไม่ให้ OH⁻ ไปทำปฏิกิริยากับธาตุเจือปนอื่นๆ ที่อยู่ผิวด้านในที่ลึกลงไปได้[4]

เมื่อเวลาในการแช่สารละลาย NaOH เพิ่มขึ้น ความขรุขระของผิวเคลือบมีค่ามากขึ้นเนื่องจากส่วนอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ทำปฏิกิริยากับ OH⁻ และหลุดหายไป ในสารละลายมากขึ้นตามเวลาในการแช่ ในขณะที่ส่วนที่เป็นธาตุเจือปนมีการหลุดหายไปจากผิวชิ้นงานน้อย จนถึงช่วงเวลาหนึ่งที่มีค่าความขรุขระมากที่สุด แต่หลังจากนั้นความขรุขระมีค่าลดลง เนื่องจากธาตุเจือปนหลุดหายไป เพราะอะลูมิเนียมที่อยู่ด้านล่างของธาตุเจือปนทำปฏิกิริยากับ OH⁻ แล้วหลุดออกไปจากผิว มีผลให้ผิวชิ้นงานมีการปรับสภาพใหม่ (เนื้อโลหะส่วนอะลูมิเนียม และธาตุเจือปนด้านบนหลุดหายไป)



รูปที่ 4 ภาพตัดขวางของชิ้นงาน Re-Al alloy ใน NaOH ความเข้มข้น 1.00 โมลาร์ ที่เวลาต่างๆ กำลังขยาย 350 เท่า



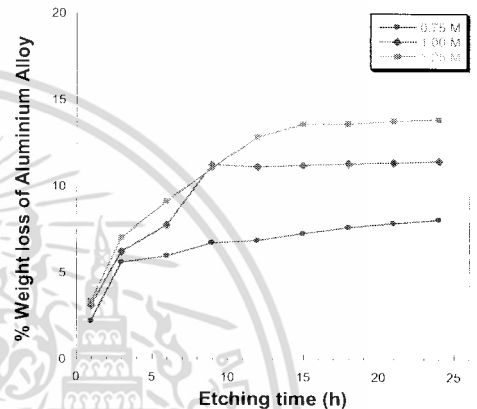
รูปที่ 5 ภาพตัดขวางของชิ้นงาน Re-Al alloy ใน NaOH ความเข้มข้น 1.25 โมลาร์ ที่เวลาต่างๆ กำลังขยาย 350 เท่า

อิทธิพลของความเข้มข้นสารละลาย NaOH ที่มีต่อความขรุขระของผิวชิ้นงานไม่แสดงทิศทางชัดเจนเนื่องจากอัตราการทำปฏิกิริยาของอะลูมิเนียมกับ OH และความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ กับสิ่งเจือปนในแต่ละจุดบนผิวชิ้นงานไม่ต่างกัน 3.2 แนวโน้มเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสียของ Re-Al alloy

การสูญเสียน้ำหนักของโลหะ Re-Al alloy ทำนวมจากการชั่งน้ำหนักก่อนทดลอง (w_1) ลบด้วยน้ำหนักหลังการปรับสภาพผิว (w_2) ในสารละลาย NaOH ดังแสดงในสมการที่ (4) ในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสีย

$$\text{น้ำหนักที่สูญเสีย (\%)} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100 \quad (4)$$

รูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าในช่วงแรกของการแช่น้ำหนักของชิ้นงานหายไปอย่างรวดเร็ว แต่หลังจากนั้นอัตราการหายไปของน้ำหนักลดลงจนเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง น้ำหนักของชิ้นงานมีค่าเกือบคงที่ เนื่องจากในช่วงแรกผิว Al_2O_3 ที่เกิดขึ้นตามสมการที่ (2) ยังไม่มีความเสถียร แต่เมื่อเวลาผ่านไปผิว Al_2O_3 มีความเสถียรมากขึ้น จนไปป้องกันการสลายของอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ที่อยู่ใต้ผิว Al_2O_3 ของชิ้นงานได้ โดยน้ำหนักที่สูญเสียสูงสุดจากการปรับสภาพในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.75, 1.00 และ 1.25 โมลาร์ เท่ากับ 8.08%, 11.47% และ 13.88% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของ NaOH เพิ่มขึ้น เนื้อโลหะ Re-Al alloy สูญเสียมากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากความรุนแรงในการกัดกร่อนของสารละลาย NaOH มีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้น



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา และน้ำหนักที่สูญเสียจากการปรับสภาพใน NaOH

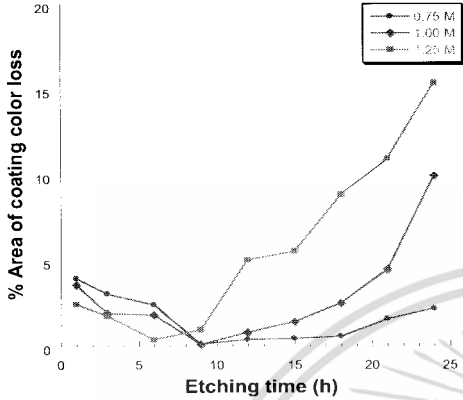
3.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการยึดติดสี

การทดสอบการยึดติดใช้วิธีการดึง (ตามมาตรฐาน มอก.285 เล่ม 50-2549)[5] ซึ่งใช้การหาแรงดึงที่ดึงจากกับพื้นผิวทดสอบที่มากที่สุด โดยผิวเคลือบยังด้านอยู่ได้ก่อนที่จะหลุดออก ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine เปรียบเทียบพื้นที่ที่ทำการทดสอบ กับพื้นที่ที่สูญเสียหรือหลุดลอกออกไป (การวัดพื้นที่ผิวทำการส่องด้วยกล้อง optical microscopes หลังจากนั้นใช้โปรแกรม image j วัดพื้นที่ผิวเคลือบสี) ในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียพื้นที่ของผิวชิ้นงานผ่านการเคลือบสีดังแสดงตามสมการที่ (5)

$$\text{พื้นที่ที่สูญเสีย (\%)} = \frac{\text{พื้นที่ที่หลุดลอกออกไป}}{\text{พื้นที่ที่ทำการทดสอบ}} \times 100 \quad (5)$$

วิธีการทดลองเริ่มต้นจากการทาขาวีฟ็อกซี (ขาวีฟ็อกซีที่ปราศจากตัวทำละลายแบบแยก 2 ส่วน (two-pack epoxy) ซึ่งไม่มีผลต่อสมบัติสี ใช้สำหรับติดตัวยึดกับผิวเคลือบ) ยึดติดกับชิ้นงานปล่อยให้แห้ง 1 วัน แล้ว

จึงนำชิ้นงานไปทดสอบ ผลการทดลองพบว่า ผิวชิ้นงาน Re-Al alloy เคลือบสีที่ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพในสารละลาย NaOH มีการสูญเสียพื้นที่สูงถึง 86.42% เมื่อเทียบกับพื้นที่ทั้งหมด



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลา และพื้นที่ที่สูญเสียจากการปรับสภาพใน NaOH

ส่วนชิ้นงานที่แช่ในสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.75, 1.00, 1.25 โมลาร์ ที่มีผลการยึดติดดีที่สุด โดยมีพื้นที่สูญเสียน้อยที่สุด คือ 0.13%, 0.11%, 0.38% ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 7 ที่ความเข้มข้น NaOH 0.75 โมลาร์ เมื่อเวลาในการแช่เพิ่มขึ้น การยึดติดสีมีค่าเพิ่มขึ้นจนเมื่อเวลาในการแช่เพิ่มขึ้นถึง 9 ชั่วโมง การยึดติดสีมีค่ามากที่สุด และมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเวลาในการแช่เพิ่มขึ้นจนถึง 18 ชั่วโมง เนื่องจากผิวชิ้นงานมีความขรุขระสูงในช่วงการแช่ 9-18 ชั่วโมง ดังแสดงมาแล้วในรูปที่ 3 ซึ่งชั้นฟิล์มสีมีการยึดเกาะกับผิวที่มีความขรุขระได้ดี แต่หลังจากเวลาในการแช่ 18 ชั่วโมงแล้ว การยึดติดสีลดลง เนื่องจากความขรุขระลดลง ส่วนที่ความเข้มข้น NaOH 1.00 และ 1.25 โมลาร์ การยึดติดสีมีแนวโน้มมากขึ้น เมื่อเวลาในการแช่เพิ่มขึ้นถึง 6-9 ชั่วโมง แต่เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจาก 9-24 ชั่วโมง การยึดติดสีมีค่าน้อยลงมาก แม้จะมีความขรุขระมากก็ตาม เนื่องจากผิว Al_2O_3 อาจจะมี ความหนามากขึ้น ซึ่งสภาพไม่เหมาะสมกับการยึดติดสี

4. สรุปผลการทดลอง

เมื่อเวลาในการแช่ในสารละลาย NaOH เพิ่มขึ้น ความขรุขระมีค่ามากขึ้นจนถึงจุดหนึ่งหลังจากนั้นก็มีค่า

ลดลง น้ำหนักที่หายไปในช่วงแรกอัตราการหายไปอย่างรวดเร็วหลังจากนั้นการหายไปของน้ำหนักเริ่มลดลง ส่วนการยึดติดสีค่อยๆ ดีขึ้น และหลังจากนั้นเริ่มลดลง เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นความขรุขระไม่แสดงแนวโน้มที่ชัดเจน น้ำหนักที่หายไปเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการยึดติดสีใกล้เคียงกับที่เวลาในการแช่ต่ำ แต่มีค่าลดลงเมื่อเวลาในการแช่สูง ความขรุขระบนพื้นผิว Re-Al alloy น้อยเกินไป ชั้นฟิล์มสีจะยึดเกาะไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งยังทำให้เกิดการหลุดลอกออกได้ง่าย และชั้นผิวที่เกิดความขรุขระลึกพอสมควรอย่างสม่ำเสมอจะทำให้ประสิทธิภาพการยึดเกาะระหว่างสีกับพื้นผิว Re-Al alloy สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่ผ่านการปรับสภาพผิว พบว่า มีชั้นออกไซด์ที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ ซึ่งความหนาแน่นไม่สูงพอที่สามารถสูญเสียได้ง่าย ส่งผลทำให้การแพร่ของสีไปยึดเกาะในชั้นผิวออกไซด์ได้ไม่เต็มที่

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of industrial works, "Aluminium Industry Report 2012," office of industrial economics, 2012.
- [2] W.W. Peng and et.al., "Experimental and ab initio study of vibrational modes of stressed alumina films formed by oxidation of aluminium alloy under different atmosphere," Acta Mater, Vol.59, No.7, pp.2723-2730, 2011.
- [3] S. Song and F. Placido, "Investigation on initial oxidation kinetics of Al, Ni and Hf metal film surface," Chinese optics letters, Vol.8, 2010.
- [4] W.D. callister and D.G. Rethwisch, "Materials Science and Engineering : An Introduction," John Wiley and Sons, 6th ed., 2005.
- [5] Thai Industrial Standards Institute, "Standard Test Methods for Paints, Varnishes and Related Materials : Adhesion-pull-off Test, No.285-50, pp.21-26, 2006.