

บทนำ

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุปกรณ์ไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ เครื่องมือสื่อสาร และเป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าที่สำคัญสำหรับรถยนต์ ในการผลิตแบตเตอรี่นั้นจะมีเทคโนโลยีที่แตกต่างกันหลากหลายประเภท ทำให้แบตเตอรี่ที่ใช้อยู่ในท้องตลาดมีคุณภาพและราคาที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด(lead-acid battery) เป็นแบตเตอรี่ที่นิยมใช้ติดตั้งในรถยนต์เนื่องจากมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่ายอย่างไรก็ตามข้อด้อยของแบตเตอรี่ประเภทนี้คือ ประสิทธิภาพที่ต่ำ และอายุการใช้งานสั้น และหากพิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะพบว่า วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในแบตเตอรี่ประเภทนี้เป็นสารพิษที่มีอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังมีแบตเตอรี่แบบอื่นๆ ที่ใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้นเช่น นิกเกิล-แคดเมียม (NiCd) นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (NiMH) และ แบตเตอรี่ลิเทียม-ไอออน (Li-Ion) ซึ่งเป็นกลุ่มของแบตเตอรี่ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง อายุในการใช้งานยาวนาน อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีและวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตที่มีราคาสูง ให้มีข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้งาน การทำงานของแบตเตอรี่อาศัยหลักการทางเคมีไฟฟ้าเพื่อแปลงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นบนวัสดุระหว่างขั้วไฟฟ้าและสารละลายให้เป็นพลังงานไฟฟ้า อลูมิเนียมเป็นหนึ่งในวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาถูก และมีคุณสมบัติที่ดีที่ใช้ในการประยุกต์เป็นขั้วไฟฟ้า จึงได้มีการประยุกต์คุณสมบัติดังกล่าวเพื่อผลิตเป็นแบตเตอรี่ที่มีชื่อว่า แบตเตอรี่อลูมิเนียมอากาศ (aluminum-air battery) นอกจากนี้เป็นที่สังเกตได้ว่า ขยะจากเครื่องดัดที่ผลิตจากอลูมิเนียมนั้นมีปริมาณมาก หาได้ง่าย และราคาถูก หากนำอลูมิเนียมจากเครื่องดัดมาใช้เป็นขั้วไฟฟ้าของแบตเตอรี่อลูมิเนียม-อากาศ น่าจะเป็นการลดต้นทุนในการผลิตแบตเตอรี่ได้ นอกจากนี้ยังเป็นแนวคิดที่ในการลดปริมาณสารพิษที่เกิดขึ้นจาก

แบตเตอรี่ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยใช้หลักการทำปฏิกิริยาของอลูมิเนียมกับอากาศ

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะศึกษาการใช้อลูมิเนียมเหลือใช้จากกระป๋องน้ำอัดลมมาเป็นขั้วทางไฟฟ้าในการผลิตแบตเตอรี่อลูมิเนียมอากาศ รวมถึงศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพของขั้วไฟฟ้าที่ได้จากอลูมิเนียมดังกล่าว การศึกษาวิจัยนี้สามารถพัฒนาต่อยอดและเป็นพื้นฐานในการพัฒนาแบตเตอรี่อลูมิเนียมอากาศจากวัสดุเหลือใช้ที่สามารถผลิตได้เองภายในประเทศ ทำให้ลดการนำเข้าแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งจะส่งผลให้ระบบเศรษฐกิจของประเทศเข้มแข็งขึ้น และสามารถพัฒนาให้เป็นสินค้าที่สร้างรายได้และคุณภาพชีวิตของคนในชาติ นอกจากนี้พลังงานที่ผลิตได้ยังเป็นพลังงานสะอาดที่ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และลดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษาค้นคว้ามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้อลูมิเนียมจากกระป๋องน้ำอัดลมเป็นขั้วไฟฟ้าในแบตเตอรี่อลูมิเนียม-อากาศ

วิธีการวิจัย

การเตรียมวัสดุ

นำอลูมิเนียมจากกระป๋องน้ำอัดลม และเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 มาใช้เป็นขั้วไฟฟ้า โดยการตัดชิ้นงานให้มีขนาด 1 cm x 2 cm ชัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 ตามด้วยขัดกระดาษทรายเบอร์ 1,000 แล้วนำชิ้นงานไปล้างด้วยแอลกอฮอล์ และเป่าให้แห้ง

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าโดยใช้เครื่องโพเทนชิโอสแตท (potentiostat) ยี่ห้อ Gamry รุ่น R600 โดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

วิเคราะห์ด้วยวิธี กัลวานอสแตติก (galvanostatic) โดยการกำหนดค่าความหนาแน่นของกระแส

คงที่ 0.5 mA/cm^2 ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 1,800 วินาที ใช้ขั้วทำงาน (working electrode) คืออลูมิเนียม และ ขั้วตรงข้าม (counter electrode) คือเหล็กกล้าไร้สนิม โดยใช้สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 3.5 M เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อศึกษาค่าแรงดันไฟฟ้าของอลูมิเนียมกระป๋องเทียบกับอลูมิเนียมบริสุทธิ์

วิเคราะห์ด้วยวิธีศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิด (open circuit potential) ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 600 วินาที โดยการเก็บข้อมูลทุก 3 วินาที โดยใช้ขั้วทำงานเป็นอลูมิเนียม และขั้วอ้างอิงเป็น ขั้วอ้างอิงมาตรฐาน Ag/AgCl (SSE) โดยใช้สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 3.5 M เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของอลูมิเนียมกระป๋องเทียบกับอลูมิเนียมบริสุทธิ์

วิเคราะห์ด้วยวิธีแคโทดิกโพลาไรเซชัน (cathodic polarization) โดยทำการเปรียบเทียบการใช้ขั้วทำงานที่เป็นแพลทินัม กับเหล็กกล้าไร้สนิม โดยใช้ขั้วตรงข้ามเป็นแพลทินัม และขั้วอ้างอิงคือ SSE โดยใช้สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 3.5 M เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อศึกษาการรับอิเล็กตรอนของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 เทียบกับแพลทินัม

วิเคราะห์ด้วยวิธีแอโนดิกโพลาไรเซชัน (anodic polarization) ใช้ขั้วทำงาน เป็นอลูมิเนียม ขั้วตรงข้าม เป็นขั้วเหล็กกล้าไร้สนิม และขั้วอ้างอิงคือ SSE โดยใช้สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 3.5 M เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อศึกษาการปล่อยอิเล็กตรอนของกระป๋องอลูมิเนียมเทียบกับอลูมิเนียมบริสุทธิ์

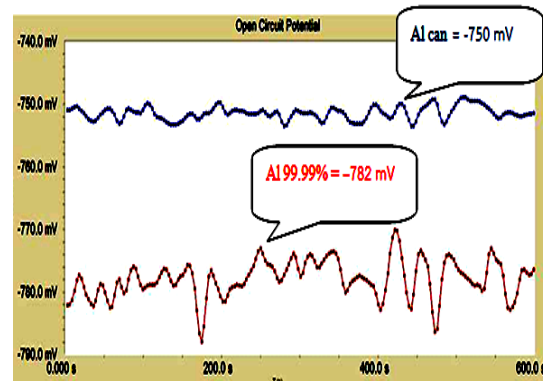
วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของขั้วไฟฟ้าอลูมิเนียมจากกระป๋องน้ำอัดลมทั้งก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM & EDX) ยี่ห้อ Hitachi รุ่น s-3000 n และเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) ยี่ห้อ Bruker รุ่น D8 Advance

สถานที่ในการทดลอง

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผลการวิจัย

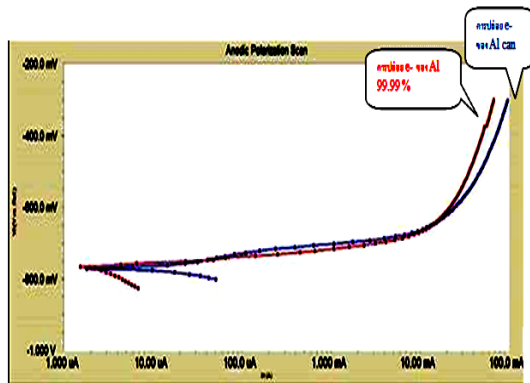
จากภาพที่ 1 วิเคราะห์ด้วยวิธีศักย์ไฟฟ้าวงจรเปิด (open circuit potential) ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 600 วินาที โดยการเก็บข้อมูลทุก 3 วินาที โดยใช้ขั้วทำงาน เป็นอลูมิเนียม และขั้วอ้างอิงเป็น ขั้วอ้างอิงมาตรฐาน Ag/AgCl (SSE) โดยใช้สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 3.5 M เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของอลูมิเนียมกระป๋องเทียบกับอลูมิเนียมบริสุทธิ์ จะเห็นว่าอลูมิเนียมกระป๋องมีค่าแรงดันไฟฟ้า -750 mV และอลูมิเนียมบริสุทธิ์มีค่าแรงดันไฟฟ้า -782 mV มีการสูญเสียอิเล็กตรอนที่ใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 1 เปรียบเทียบการสูญเสียอิเล็กตรอนของอลูมิเนียมกระป๋องเทียบกับอลูมิเนียมบริสุทธิ์ (แกน x มีหน่วยเป็น s และแกน y มีหน่วยเป็น mV)

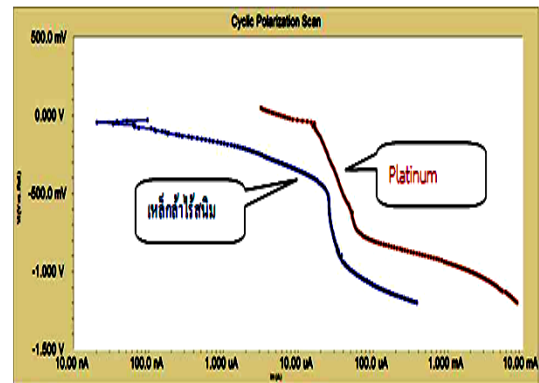
จากภาพที่ 2 วิเคราะห์ด้วยวิธีแอโนดิกโพลาไรเซชัน (anodic polarization) ใช้ขั้วทำงาน เป็นอลูมิเนียม ขั้วตรงข้าม เป็นขั้วเหล็กกล้าไร้สนิม และขั้วอ้างอิงคือ SSE โดยใช้สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 3.5 M เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อศึกษาการปล่อยอิเล็กตรอนของกระป๋องอลูมิเนียมเทียบกับ

อลูมิเนียมบริสุทธิ์ จะเห็นว่าเมื่อกำหนดแรงดันไฟฟ้าที่ -400 mV กระป๋องอลูมิเนียมมีค่ากระแส 100 mA และอลูมิเนียมบริสุทธิ์มีค่ากระแสและ 90 mA สรุปได้ว่าการปล่อยอิเล็กตรอนใกล้เคียงกัน



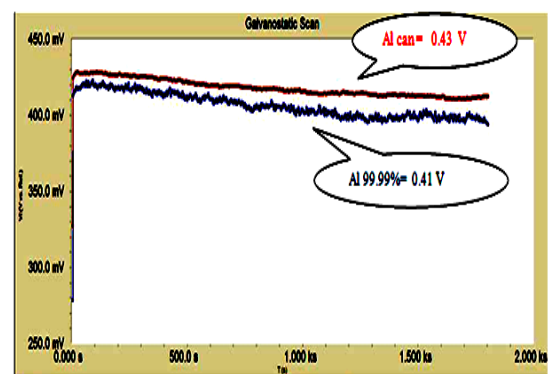
ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบการปล่อยอิเล็กตรอนของอลูมิเนียมกระป๋องกับอลูมิเนียมบริสุทธิ์ (แกน x มีหน่วยเป็น mA และแกน y มีหน่วยเป็น mV)

จากภาพที่ 3 วิเคราะห์ด้วยวิธีแคโทดิกโพลาริเซชัน (cathodic polarization) โดยทำการเปรียบเทียบการใช้ขั้วทำงานที่เป็นแพลทินัม กับเหล็กกล้าไร้สนิม โดยใช้ขั้วตรงข้ามเป็นแพลทินัม และขั้วอ้างอิงคือ SSE โดยใช้สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 3.5 M เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อศึกษาการรับอิเล็กตรอนของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 เทียบกับแพลทินัม เมื่อกำหนดแรงดันไฟฟ้าที่ -500 mV เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ให้กระแสที่ 50 μ A และแพลทินัมให้กระแสที่ 80 μ A สรุปคือแพลทินัมมีการรับอิเล็กตรอนที่ดีกว่าเหล็กกล้าไร้สนิมแต่ไม่นิยมนำแพลทินัมมาทำขั้วแคโทดอร์เพราะมีราคาแพง



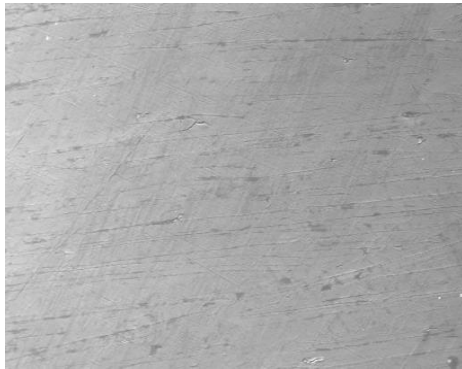
ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบการรับอิเล็กตรอนของเหล็กกล้าไร้สนิมกับแพลทินัม (แกน x มีหน่วยเป็น μ A และแกน y มีหน่วยเป็น mV)

จากภาพที่ 4 วิเคราะห์ด้วยวิธี กัลวานอสแตติก (galvano static) โดยการกำหนดค่าความหนาแน่นของกระแสคงที่ 0.5 mA/cm² ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 1,800 วินาที ใช้ขั้วทำงาน (working electrode) คืออลูมิเนียม และ ขั้วตรงข้าม (counter electrode) คือเหล็กกล้าไร้สนิม โดยใช้สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 3.5 M เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เพื่อศึกษาคุณค่าแรงดันไฟฟ้าของอลูมิเนียมกระป๋องเทียบกับอลูมิเนียมบริสุทธิ์จะเห็นว่า กระป๋องอลูมิเนียมมีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0.43 V และอลูมิเนียม 99.99% มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0.41 V กระป๋องอลูมิเนียมให้แรงดันไฟฟ้าที่สูงกว่าอลูมิเนียม 99.99% อยู่ 0.02 V

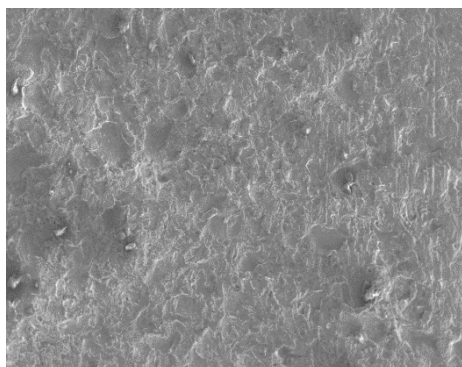


ภาพที่ 4 เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของอลูมิเนียมกระป๋องเทียบกับอลูมิเนียมบริสุทธิ์ (แกน x มีหน่วยเป็น sec และแกน y มีหน่วยเป็น mV)

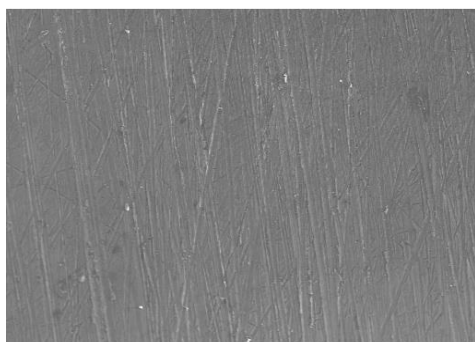
จากภาพที่ 5-8 วิเคราะห์พื้นผิวโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ SEM กำลังขยาย 200 เท่า พบว่าอลูมิเนียมบริสุทธิ์ มีการกัดกร่อนตัวเองมากกว่าอลูมิเนียมกระป๋อง เป็นผลให้อลูมิเนียมบริสุทธิ์ มีการผลิตกระแสไฟฟ้าได้น้อยกว่าอลูมิเนียมกระป๋อง



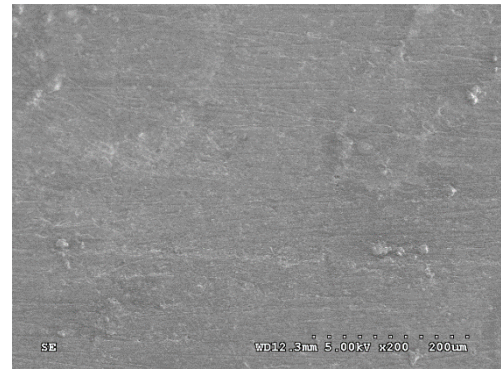
ภาพที่ 5 พื้นผิวของอลูมิเนียมบริสุทธิ์ ก่อนการทดลองที่ได้จากกล้อง SEM



ภาพที่ 6 พื้นผิวของอลูมิเนียมบริสุทธิ์ หลังการทดลองที่ได้จากกล้อง SEM



ภาพที่ 7 พื้นผิวของอลูมิเนียมกระป๋อง ก่อนการทดลองที่ได้จากกล้อง SEM

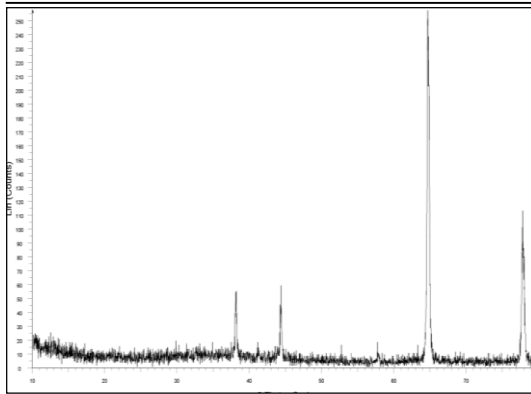


ภาพที่ 8 พื้นผิวของอลูมิเนียมกระป๋อง หลังการทดลองที่ได้จากกล้อง SEM

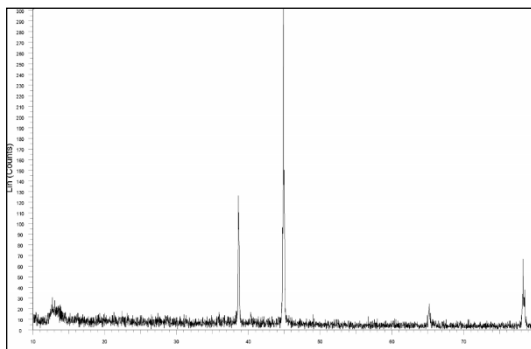
ตารางที่ 1 พบว่าอลูมิเนียมบริสุทธิ์ เกิดฟิสิกซ์ขึ้นที่องศาที่ 45 ซึ่งตรวจสอบจากตารางมาตรฐาน Al(ASTM4-787) และ Al(OH₃)(ASTM 18-31) พบว่าเป็นฟิสิกซ์ของอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ส่วนอลูมิเนียมกระป๋องไม่เกิดอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์เป็นผลให้อลูมิเนียมกระป๋องผลิตแรงดันไฟฟ้าได้สูงกว่าอลูมิเนียมบริสุทธิ์

ตารางที่ 1 ตารางมาตรฐาน Al(ASTM4-787) และ Al(OH₃)(ASTM 18-31) เปรียบเทียบการเกิดฟิสิกซ์ของอลูมิเนียมบริสุทธิ์กับอลูมิเนียมกระป๋อง

	20				
Al(OH ₃)(ASTM18-31)	37	45	64	-	อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์
Al(ASTM4-787)	38	44	65	78	อลูมิเนียม
Al99.99%	38	45	65	78	เกิด Al(OH ₃)
Alcan	38	44	65	78	ไม่เกิด Al(OH ₃)



ภาพที่ 9 พีคของอลูมิเนียมกระป๋องหลังการทดลอง
 จาก XRD



ภาพที่ 10 พีคของอลูมิเนียมบริสุทธิ์หลังการทดลอง
 จาก XRD

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

แบตเตอรี่อลูมิเนียมอากาศที่ใช้อลูมิเนียม
 กระป๋องเป็นขั้วลบและใช้เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304
 เป็นขั้วบวก สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 3.5 M พบว่า
 ผลที่ได้พบว่าอลูมิเนียมจากกระป๋องมีพฤติกรรมทาง
 ไฟฟ้าใกล้เคียงกับอลูมิเนียมบริสุทธิ์ และเกิด
 อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์น้อยกว่า อลูมิเนียมกระป๋อง
 สามารถผลิตเป็นแบตเตอรี่ได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย
 นี้

เอกสารอ้างอิง

- AA. Mohamad . Electrochemical properties of
 aluminum anodes in gel electrolyte-
 basedaluminum-air batteries. Corrosion
 Science. 50 (2008) 3475- 3479.
- Lei Wang, Wentao Wang. A hybrid
 aluminum/hydrogen/air cell system.
 international journal of hydrogen energy.
 38 (2013) 14801e14809.
- Jingling Ma, Jiuba Wen, Junwei Gao. Performance
 Of Al-1Mg-1Zn-0.1Ga-0.1Sn as anode for
 Al-air battery. Electrochimca Acta 129
 (2014) 69-75.