

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาและเอมีโอเอทีที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน

(ภาษาอังกฤษ) Preparation of high performance electrocatalyst and MEA for proton exchange membrane fuel cell.

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2550 จำนวนเงิน 2,400,000.00 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 17 กันยายน 2550 ถึง 16 กันยายน 2551

ผู้ดำเนินการวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์ E-mail: pornpote.p@chula.ac.th
2. รองศาสตราจารย์ ดร.เก็จวดี พุกษาท E-mail: kejevalee.p@chula.ac.th
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มะลิ หุ่นสม E-mail: mali.h@chula.ac.th
4. ดร.นิติต ตันทวีเชษฐ E-mail: nisit25@hotmail.com
5. นางสาวกฤติกา จารุทะวีย์ E-mail: krittika_c2000@yahoo.com
6. นางสาวศศิกานต์ เอ็นดู E-mail: ple_sasi@hotmail.com
7. นางสาววราพร กิติเกียรติโสภณ E-mail: wondermee@hotmail.com

หน่วยงานที่สังกัดและหมายเลขโทรศัพท์ของคณะผู้วิจัย

ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 02-2187523-25

โทรสาร 02-2555831

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาและเอมีโอเอทีที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนโดยแยกศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการเตรียมและพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมด้วยกระบวนการต่างๆ เพื่อให้ได้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีสมบัติใกล้เคียงกับตัวเร่งปฏิกิริยาทางการค้า ส่วนที่สองเป็นการเตรียมและพัฒนาการประกอบเอมีโอเอทีที่มีประสิทธิภาพสูงโดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้า 700 มิลลิแอมป์ต่อตารางเซนติเมตร ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.6 โวลต์ ผลการทดลองในส่วนของการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมพบว่า การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมด้วยวิธีการไม่ใช้กระแสไฟฟ้าโดยใช้ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารรีดิวซ์และวิธีรีดักชันด้วยแอลกอฮอล์จะให้สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใกล้เคียงกับตัวเร่งปฏิกิริยาทางการค้า โดยการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยวิธีการไม่ใช้



กระแสไฟฟ้าโดยใช้ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารรีดิวซ์มีภาวะที่เหมาะสมคือ ความเข้มข้นของสารละลาย แพลทินัม 10 กรัมต่อลิตร ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ 0.15 โมลต่อลิตร ระยะเวลาในการพอกพูน 2 ชั่วโมง และจำนวนครั้งในการเติมฟอร์มัลดีไฮด์ 7 ครั้ง จะให้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีขนาดอนุภาคแพลทินัม 2.93 นาโนเมตร (ตัวเร่งปฏิกิริยาทางการค้ามีขนาดประมาณ 2.7 นาโนเมตร) และการกระจายตัวที่ดี ส่วนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวด้วยวิธีดังกล่าวด้วยแอลกอฮอล์มีภาวะที่เหมาะสมคือ ใช้เมทานอลที่มีความเข้มข้น 5.0 โมลต่อลิตร มีค่าความเป็นกรด-เบสเริ่มต้นเท่ากับ 1 และใช้เวลาในการเตรียม 1 ชั่วโมง จะได้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2 ถึง 3 นาโนเมตร มีการกระจายตัวสม่ำเสมอ เมื่อนำตัวเร่งปฏิกิริยามาทดสอบประสิทธิภาพในเซลล์เชื้อเพลิงพบว่า จะให้ประสิทธิภาพที่ดีในช่วงโพลาริเซชันทางเคมี ส่วนกระบวนการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวด้วยการพอกพูนด้วยกระแสไฟฟ้าเป็นการเตรียมบนขั้วอิเล็กโทรดโดยตรงพบว่า การพอกพูนตัวเร่งปฏิกิริยาแบบที่ใช้กระแสไฟฟ้าคงที่จะให้ค่าประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยาดีกว่าการเตรียมโดยการให้กระแสไฟฟ้าแบบเป็นช่วง อย่างไรก็ตามขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยาจากการเตรียมวิธีนี้ยังมีขนาดใหญ่กว่าสองวิธีแรกจึงควรทำการศึกษาและพัฒนาต่อไป ในส่วนของ การประกอบเอ็มอีเอพบว่าชนิดของชั้นแก๊สแพร่ ชนิดของเมมเบรน องค์กรประกอบในชั้นตัวเร่งปฏิกิริยา และชั้นย่อยมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง ชั้นแก๊สแพร่ที่เป็นผ้าคาร์บอนจะให้ประสิทธิภาพสูงกว่ากระดาษคาร์บอน อิเล็กโทรดที่มีชั้นย่อยจะให้ประสิทธิภาพดีกว่าที่ไม่มีชั้นย่อย โดย องค์กรประกอบของชั้นย่อยที่เหมาะสมคือ ปริมาณเพฟลอนร้อยละ 6 ผงคาร์บอนชนิด HICON Black และมีปริมาณชั้นย่อยประมาณ 2 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปริมาณสารละลายเนฟิออนที่เหมาะสมในชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาคือ ร้อยละ 33 ในช่วงปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัม 0.3 – 0.5 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ส่วนชนิดเมมเบรนพบว่า เมมเบรนเนฟิออน 212 จะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าเมมเบรนเนฟิออน 115 เนื่องจากมีความหนาน้อยกว่าทำให้ความต้านทานของเซลล์ลดลง เอ็มอีเอที่เตรียมจากภาวะที่เหมาะสมนี้จะให้ค่าความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 810 มิลลิแอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.6 โวลต์ ในภาวะการทดสอบที่อุณหภูมิเซลล์ หม้อความชื้นด้านแอโนดและหม้อความชื้นด้านแคโทดเท่ากับ 60, 65 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ที่ความดันบรรยากาศ อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจนและออกซิเจนเท่ากับ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาทีที่ภาวะมาตรฐาน



ABSTRACT

This research was to study the preparation of high efficiency catalyst and Membrane Electrode Assembly (MEA) for Proton Exchange Membrane (PEM) fuel cells. The research was divided into 2 parts: the preparation and development of platinum catalyst and the preparation of MEA to obtain the current density of 700 mA/cm^2 at the potential of 0.6 V. The results from the first part showed that the properties of catalyst prepared by electroless deposition technique using formaldehyde as the reducing agent and by alcohol reduction technique were comparable with those of commercial catalyst from Electrochem Co. Ltd. The optimum condition for electroless deposition was 10 g/l and 0.15 M of platinum and formaldehyde concentrations, respectively, 2 hours of deposition time and 7 times of formaldehyde addition. The prepared catalyst had the platinum particle size of 2.93 nm (2.7 nm for commercial catalyst), with a uniform particle distribution. The optimum condition for alcohol reduction was found to be at the methanol concentration of 5 M, the pH of 1 and the reduction time of 1 hour. The prepared catalyst had the platinum particle size between 2 and 3 nm with a uniform particle distribution. Moreover, the performance of prepared catalyst tested in PEMFC showed a good efficiency in the activation polarization region. The catalyst prepared by electrodeposition with a constant applied current had a lower performance than that with a pulse current. However, the catalyst prepared by electrodeposition still had a larger particle size than the two previous techniques, so further investigation is encouraged. In the second part, the results showed that the types of Gas Diffusion Layer (GDL) and membrane, the catalyst layer composition and the sublayer composition had significant effects on the efficiency of PEMFC. The carbon cloth GDL showed a higher performance than the carbon paper GDL. The electrode with a sublayer had a better efficiency than that without a sublayer. The optimum composition for the sublayer was 6% PTFE and 2 mg/cm^2 loading of HICON Black carbon powder. The optimum quantity of nafion in the catalyst layer was 33% for $0.3\text{-}0.5 \text{ mg/cm}^2$ of Pt loading. For the types of membrane, the results showed that Nafion membrane 212 gave a higher performance than Nafion membrane 115 because Nafion membrane 212 has a smaller thickness, which can reduce the cell resistance. Finally, MEAs prepared by those optimum parameters generated the current density as high as 810 mA/cm^2 at 0.6 V for the cell, anode and cathode humidifier temperatures of 60, 65 and 60°C , respectively, under atmospheric pressure with equal hydrogen and oxygen flow rates of 100 SCCM.

