

**Dissertation Title** Effects of Nafion and Solvents on Membrane Electrode Assembly Coating for Proton Exchange Membrane Fuel Cell

**Author** Mr. Korawat Wuttikid

**Degree** Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)

**Advisory Committee**

Asst. Prof. Dr. Konlayutt Punyawudho	Advisor
Asst. Prof. Dr. Yottana Khunatorn	Co-advisor
Asst. Prof. Dr. Chaiky Rungsiyakull	Co-advisor

## ABSTRACT

Manufacturing development of a membrane electrode assembly (MEA), the most vital component of a proton exchange membrane (PEMFC) is important to optimize the PEMFC performance. The proper formulation of catalyst ink compositions is one way to optimize the PEMFC performance. It can maintain the balance of mass and ion transport in the catalyst layers, leading to the best catalyst utilization. Thus, the objective of this thesis is to determine the proper catalyst ink formula for MEA fabrication by 20 kHz ultrasonic spraying. This also was carried out for the first time.

The experiment in this work was separated into two sections for studying PEMFC performance. The first is the examining the best solvent types for MEA fabrication. And the second is the studying effect of Nafion contents in catalyst typical 10%Pt/C, 20%Pt/C and 40%Pt/C for MEA fabrication. In the first section, the solvent and Nafion contents were investigated when using 20% Pt/C catalyst, and the Pt loading was kept constant at 0.3 mg/cm<sup>2</sup>. The solvent typical Isopropyl alcohol (IPA), tetrahydrofuran (THF), and ethanol were selected and the Nafion were varied the contents of 20wt.%, 25wt.%, 30wt.% and 35wt.% in each solvent. The catalyst layers of MEAs were analyzed the morphology using both in – plane and cross – sectional scanning electron microscopy (SEM) images. The results showed that the thickness of

the catalyst layer depended on the type of solvent. The catalyst layers formed by IPA, THF, and ethanol provided the thicknesses of 28, 22, and 18  $\mu\text{m}$ , respectively. Polarization curves were used to determine the fuel cell performance. MEA made by ethanol gave the best performance compared to MEAs fabricated by IPA and THF. It provided a current density of 697.02  $\text{mA}/\text{cm}^2$  at a cell potential of 0.6 V. For individual solvents, the optimal Nafion contents were found to be 20, 25, and 30 wt.% for ethanol, IPA, and THF, respectively.

In the second section, the Pt/C catalysts, with concentrations of 10%, 20% and 40% by weight, were used, and the Pt loading onto the MEAs was kept constant at 0.3  $\text{mg}/\text{cm}^2$ . Nafion contents were considered from 15% to 35 wt.%. The morphologies of the MEAs were evaluated by SEM like the first section, in which the agglomeration of Pt/C particles was imaged, and a secondary pore in the catalyst layers was revealed. The cross – section images showed that the thickness of the catalyst layers depended on the Pt/C concentration. The electrochemical surface area (ECSA) of those Pt/C concentrations and various compositions of Nafion contents were examined by cyclic voltammetry. Polarization curves were also measured and showed that the Nafion contents of 25 wt.%, 20 wt.%, and 15 wt.% gave the best performance for 10 wt.%, 20 wt.%, and 40 wt.% Pt/C catalysts, respectively. This indicates the Pt concentration is dependent on the Nafion content; the greater the weight of platinum in the catalysts, the less Nafion ionomer is required to optimize the electrochemical reaction. The data shows the same results regardless of the MEA fabrication techniques, operating conditions and Pt loadings.

**หัวข้อคุณสมบัติ** ผลของเนฟิออนและสารละลายต่อการเคลือบเชื้ออิเล็กทรอนิกส์ โทรด  
แอสเซมบลีสำหรับเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเชื้อเพลิงเปลี่ยน โพรตอน

**ผู้เขียน** นายกรวัฒน์ วุฒิกิจ

**ปริญญา** ปรัชญาคุณวุฒิบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

**คณะกรรมการที่ปรึกษา** ผศ.ดร.กลยุทธ ปัญญาวุธ ไร่ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
ผศ.ดร.ยศธนา คุณาทร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
ผศ.ดร.ชาย รังสียากุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

### บทคัดย่อ

การพัฒนากระบวนการผลิตเมมเบรนอิเล็กโตรดแอสเซมบลีซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของเซลล์เชื้อเพลิงชนิดเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนมีความสำคัญเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิง การกำหนดสูตรส่วนผสมที่เหมาะสมของน้ำหมึกตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพ สูตรส่วนผสมที่เหมาะสมของน้ำหมึกตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถรักษาสมดุลระหว่างการถ่ายเทประจุและถ่ายเทมวลในชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งนำไปสู่การใช้ประโยชน์จากตัวเร่งปฏิกิริยาอย่างคุ้มค่า ดังนั้นจุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพื่อหาสูตรส่วนผสมของน้ำหมึกตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเมมเบรนอิเล็กโตรดแอสเซมบลีด้วยวิธีการพ่นแบบอัลตราโซนิคขนาด 20 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งงานวิจัยนี้ยังได้ถูกดำเนินการเป็นครั้งแรก

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิง การทดสอบถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือการหาชนิดของสารละลายที่ดีที่สุดสำหรับการผลิตเมมเบรนอิเล็กโตรดแอสเซมบลี ส่วนที่สองคือการศึกษผลของเนฟิออนในตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด 10 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยมวลของแพลทินัมต่อคาร์บอนสำหรับการผลิตเมมเบรนอิเล็กโตรดแอสเซมบลี ส่วนแรกของการทดสอบได้ทำการสังเกตผลของปริมาณของเนฟิออนที่เปลี่ยนแปลงในสารละลายต่างๆ โดยที่ตัวเร่งปฏิกิริยาประเภท 20 เปอร์เซ็นต์โดยมวลของแพลทินัมต่อคาร์บอนถูกเลือกใช้ และปริมาณของแพลทินัมถูกกำหนดให้คงที่ 0.3 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร สารละลายชนิด ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ เตตระไฮโดรฟูแรน และ เอทิลแอลกอฮอล์ ถูกเลือกใช้ในการทดสอบนี้ แต่ละสารละลายจะถูกผสมกับเนฟิออนที่ถูก

เปลี่ยนแปลงร้อยละโดยมวลเทียบกับมวลตัวเร่งปฏิกิริยา 4 ค่าคือ 20 25 30 และ 35 ชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาของเมมเบรนอิเล็กโทรดแอสเซนบลิยังถูกวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของทั้งพื้นผิวและภาพตัดขวางโดยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ผลการทดสอบพบว่าความหนาของชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับชนิดของสารละลาย ชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ผลิตจากไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ เตตระไฮโดรฟูแรน และเอทิลแอลกอฮอล์ มีความหนา 28 22 และ 18 ไมโครเมตรตามลำดับ เส้นโค้งโพลาริเซชันถูกใช้เพื่อหาประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิง เมมเบรนอิเล็กโทรดแอสเซนบลิที่ผลิตมาจากเอทิลแอลกอฮอล์ให้ความเข้มกระแสไฟฟ้า 697.02 มิลลิแอมป์ต่อตารางเซนติเมตร ที่แรงดันไฟฟ้าคงที่ 0.6 โวลต์ ซึ่งมีความมากที่สุดเมื่อเทียบกับเมมเบรนอิเล็กโทรดแอสเซนบลิที่ผลิตจากไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์และเตตระไฮโดรฟูแรน ปริมาณเนฟออนที่เหมาะสมสำหรับสารละลายชนิดเอทิลแอลกอฮอล์ ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ และเตตระไฮโดรฟูแรน คือ 20 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์โดยมวลตามลำดับ

การทดสอบส่วนที่สอง ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดแพลทินัมต่อคาร์บอนที่มีการกระจายตัวของอนุภาคแพลทินัมบนอนุภาคของคาร์บอนเป็น 10 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยมวลของแพลทินัมต่อคาร์บอนถูกเลือกใช้ ปริมาณของแพลทินัมถูกกำหนดให้คงที่ 0.3 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปริมาณเปอร์เซ็นต์โดยมวลของเนฟออนถูกพิจารณาที่ 15 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะทางกายภาพของเมมเบรนอิเล็กโทรดแอสเซนบลิถูกสังเกต โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เช่นเดียวกับการทดสอบในส่วนแรก ลักษณะการรวมกลุ่มของอนุภาคตัวเร่งปฏิกิริยาและรูพรุนในชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ถูกสังเกต ผลของภาพถ่ายชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบตัดขวางพบว่า ความหนาของชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับชนิดของแพลทินัมต่อคาร์บอนที่มีเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวต่างกัน พื้นที่ผิวทำปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีของแพลทินัมต่อคาร์บอนแต่ละชนิดที่ถูกผสมกับเนฟออนที่ปริมาณต่างๆ ถูกหาค่าโดยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี ในขณะที่เส้นโค้งโพลาริเซชันยังถูกใช้วัดประสิทธิภาพเซลล์เชื้อเพลิงในการทดสอบนี้ ผลพบว่าการเลือกใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด 10 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยมวลของแพลทินัมต่อคาร์บอนต้องการปริมาณเนฟออนที่เหมาะสมเท่ากับ 25 20 และ 15 เปอร์เซ็นต์โดยมวลตามลำดับ ทั้งนี้สามารถระบุได้ว่า การกระจายตัวของแพลทินัมบนคาร์บอนที่มีร้อยละโดยมวลเพิ่มขึ้นจะต้องการปริมาณเนฟออนที่เหมาะสมลดลงสำหรับการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ข้อมูลในการทดสอบนี้เป็นไปในทางเดียวกับงานวิจัยอื่นๆถ้าไม่คำนึงถึง เทคนิคการผลิตเมมเบรนอิเล็กโทรดแอสเซนบลิ เงื่อนไขการทดสอบ และปริมาณของแพลทินัมที่ใช้