การพัฒนาแผ่นเยื่อนาโนคอมโพสิทสำหรับใช้เป็นอิเล็กโตรไลท์ในเซลล์เชื้อเพลิง.

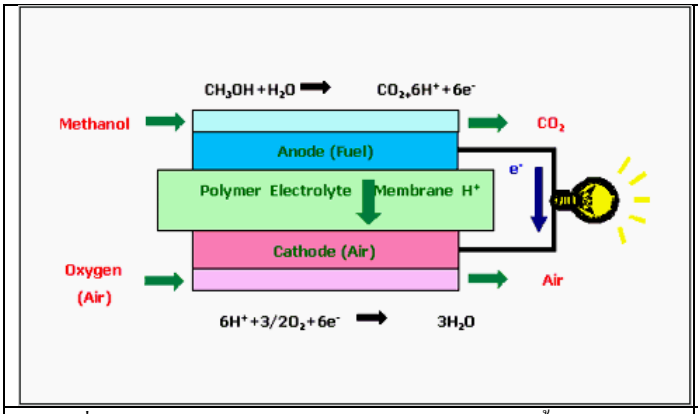
Development of Nanocomposite Membrane for Use as an Electrolyte in Fuel Cell

รศ. ดร. จตุพร วุฒิกนกกาญจน์ น.ส. นฤมล สีพลไกร น.ส. พัฐสุดา ดวงแก้ว

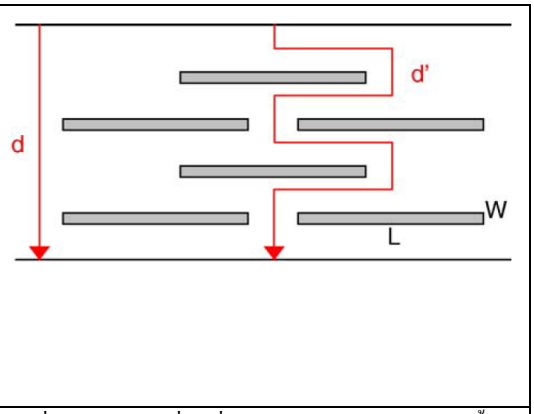
คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทนำและวัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับศึกษาและพัฒนาแผ่นเยื่อพอลิเมอร์อิเล็กโตรไลท์ ที่สามารถใช้งานได้ดีในเซลล์เชื้อเพลิงประเภทที่ใช้เมธานอลเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง (direct methanol fuel cell, DMFC) ซึ่งเซลล์เชื้อเพลิงดังกล่าวเหมาะสำหรับการใช้งานในด้านอุปกรณ์อิเลคโทรนิคพกพา เช่นโทรศัพท์เคลื่อนที่ และคอมพิวเตอร์โน๊ตบุค แต่อย่างไรก็ตามปัญหาสำคัญประการหนึ่งของการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิง DMFC คือ การลดปัญหาการซึมผ่านของ เมธานอลจากขั้วอาโนดผ่านแผ่นเยื่อไปยังขั้วคาโทด (รูปที่ 1) เพื่อที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะทำการเตรียมแผ่นเยื่อพอลิเมอร์นาโนคอมโพสิท ที่ทำจากซัลโฟเนตพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสารนาโนเคลย์ โดยมีสมมุติฐานว่าสารเติมแต่งนาโนดังกล่าวจะกระจายตัวได้ดีในพอลิเมอร์และทำให้เกิดการกีดขวางเส้นทางการเคลื่อนที่ของเมธานอล ส่งผลให้แผ่นเยื่อทนต่อการซึมผ่านของเมธานอลได้ดีขึ้น (รูปที่ 2)



รูปที่ 1 แสดงองค์ประกอบและหลักการทำงานของ เซลล์เชื้อเพลิงแบบ direct methanol fuel cell [1]



รูปที่ 2 แสดงการเคลื่อนที่ของโมเลกุลสารแพร่แบบคดเคี้ยวในแผ่นเยื่อพอลิเมอร์คอมโพสิท [2]

วิธีการวิจัย

ดัดแปรโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ด้วยปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยเทคนิค FTIR, ^{1}H-NMR และทำการไตเตรต (เพื่อหาปริมาณ ion exchange capacity) จากนั้น ผสมสารเติมแต่งนาโนประเภทเลเยอร์ซิลิเคต หรือนาโนเคลย์ เข้ากับพอลิเมอร์ที่ผ่านการดัดแปรและขึ้นรูปแผ่นเยื่อพอลิเมอร์นาโนคอมโพสิท โดยกระบวนการ casting ทดสอบสมบัติเชิงกล โดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึง (universal testing machine) วิเคราะห์สมบัติด้านการดูดน้ำ โดยการชั่งน้ำหนัก ทดสอบสมบัติด้านการนำโปรตอนโดยเทคนิค impedance analyzer และนำไปคำนวณโดยใช้สมการที่ 1

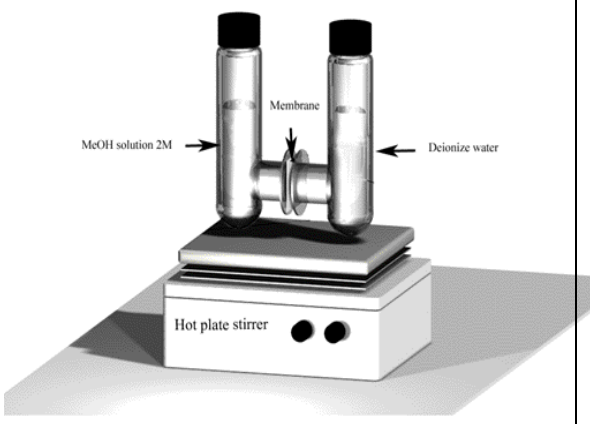
$$\sigma = l/RS \qquad (1)$$

และทดสอบสมบัติด้านการทนต่อการซึมผ่านของเมธานอล โดยใช้ diffusion cell (รูปที่ 3) และเทคนิค gas chromatrography จากนั้นทำการคำนวณหาค่า methanol permeability โดยใช้สมการที่ 2

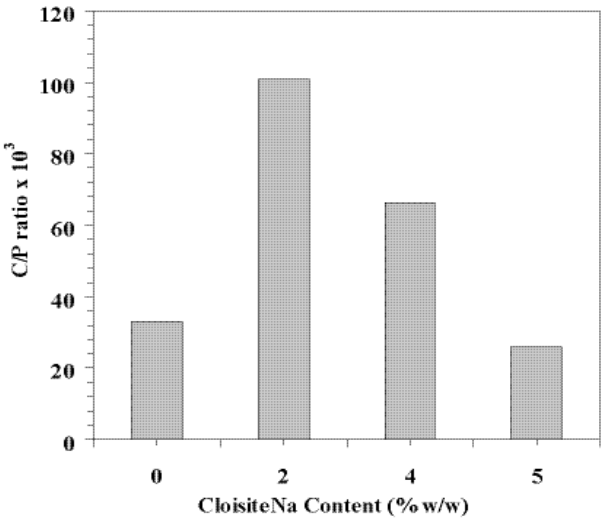
$$C_B(t) = A\,(DK)C_A(t-t_0) / V_B\,L \qquad (2)$$

การอภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่าสมบัติด้านการซึมผ่านของเมธานอลในแผ่นเยื่อนาโนคอมโพสิทจะลดลงเมื่อเทียบกับกรณีของแผ่นเยื่อซัลโฟเนตพอลิไวนิลแอลกอฮอล์แบบปกติ ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของนาโนเคลย์ที่เติมลงไป นอกจากนั้นยังพบว่าสมบัติด้านการนำโปรตอนของแผ่นเยื่อมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อเติมสารเติมแต่งนาโนดังกล่าวลงไป และเมื่อพิจารณาค่าอัตราส่วนของการนำโปรตอนต่อการซึมผ่านของเมธานอล (C/P ratio) พบว่าแผ่นเยื่อนาโนคอมโพสิทที่เติมสารเติมแต่งชนิด CloisiteNa ในปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนักเทียบกับ พอลิเมอร์ จะให้ค่า C/P ratio สูงที่สุด (รูปที่ 4) ซึ่งหมายถึงว่าแผ่นเยื่อดังกล่าวทนต่อเมธานอลได้ดีขึ้นและยังคงมีสมบัติด้านการนำโปรตอนอยู่ในเกณฑ์ที่ดี (เมื่อเทียบกับการใช้แผ่นเยื่อดั้งเดิมชนิด Nafion 115)

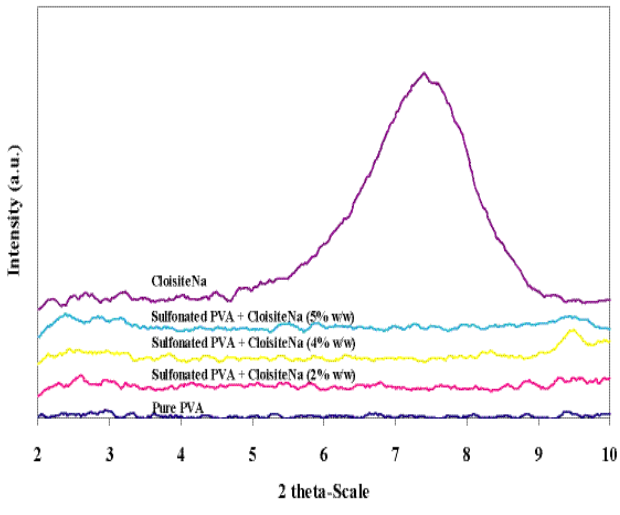


รูปที่ 3 Diffusion cell สำหรับทดสอบการซึมผ่านของเมธานอล



รูปที่ 4 อัตราส่วนระหว่างค่าการนำโปรตอนต่อค่าการซึมผ่านของเมธานอลในแผ่นเยื่อนาโนคอมโพสิทชนิดต่างๆ

ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับ ผลจากการวิเคราะห์โครงสร้างของแผ่นเยื่อด้วยเทคนิค XRD ที่แสดงให้เห็นว่าพีคของชั้นเคลย์หายไป (รูปที่ 5) และผลจากภาพถ่าย TEM ที่แสดงถึงการกระจายตัวที่ดีของชั้นเคลย์ในเนื้อพอลิเมอร์ (รูปที่ 6) ในด้านของสมบัติเชิงกลพบว่าการเติมสารนาโนเคลย์ลงไปจะช่วยให้สมบัติเชิงกล (ค่าการทนแรงดึง และค่าการยืดตัว) ของแผ่นเยื่อดีขึ้น [3] นอกจากนั้น จากการตรวจสอบสมบัติเชิงความร้อนของแผ่นเยื่อนาโนคอมโพสิทชนิดต่างๆ พบว่า สามารถทนต่อการเสื่อมสภาพโดยความร้อนได้สูงกว่า 200 องศาเซลเซียส ซึ่งเกินกว่าอุณหภูมิในการใช้งานของเซลล์เชื้อเพลิง DMFC มาก



รูปที่ 5 กราฟ XRD แผ่นเยื่อนาโนคอมโพสิทเติมสาร CloisiteNa ปริมาณต่างๆ

รูปที่ 6 Transmission electron micrograph ของแผ่นเยื่อนาโนคอมโพสิท

สรุปและข้อเสนอแนะ

โดยสรุปแล้ว โครงการวิจัยฯ นี้ ได้สร้างความสามารถและเทคโนโลยีในการเตรียมแผ่นเยื่ออิเล็กโตรไลท์สำหรับใช้ในเซลล์เชื้อเพลิง Direct methanol fuel cell ที่มีสมบัติด้านการนำโปรตอน การทนความร้อนได้ดีและมีสมบัติเชิงกลอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ขณะเดียวกันก็สามารถลดการซึมผ่านของเมธานอลได้สูง โดยใช้สารนาโนเคลย์ชนิด CloisiteNa และในปริมาณร้อยละ 2 โดยน้ำหนักเทียบกับพอลิเมอร์ผสมและขึ้นรูปเป็นแผ่นเยื่อ

แนวทางการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

แนวทางในการดำเนินงานในอนาคตคือ ทำงานร่วมมือกับนักวิจัยอื่น ในลักษณะสหสาขาเพื่อทดสอบการใช้งานจริงของแผ่นเยื่อดังกล่าวในเซลล์เชื้อเพลิงเมธานอลในระดับห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้โดยการนำแผ่นเยื่อไปประกอบขึ้นรูปเป็นชุด membrane electrode assembly และทดสอบสมบัติด้านไฟฟ้าและการทนต่อเมธานอลอีกครั้ง รวมทั้งทดสอบความสามารถในการทนต่อสภาวะในการใช้งานจริงของแผ่นเยื่อดังกล่าว ซึ่งเมื่อทำสำเร็จเชื่อว่า แผ่นเยื่อที่ได้จากโครงการฯ นี้ สามารถนำไปพัฒนาเป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์เซลล์ DMFC ต่อไป และที่สำคัญคือ แผ่นเยื่อนาโนคอมโพสิทดังกล่าว เตรียมได้จากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีราคาถูกกว่า Nafion มาก ดังนั้นจึงมีศักยภาพในการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย (NN-B-22-m23-21-49-36) สำหรับการดำเนินงานในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.dpreview.com/news/0406/04062401toshibafuel.asp).

[2] B. Kumar and J.P. Fellner, *J. Power Source*, 123 (2003) 132-136.

[3] P. Duangkaew, J. Wootthikanokkhan, Methanol Permeability and Proton Conductivity of Direct Methanol Fuel Cell Membranes Based on Sulfonated Poly(vinyl alcohol)-Layered Silicate Nanocomposites, *Journal of Applied Polymer Science*, 109 (2008) 452-458.