



สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การเตรียมเมมเบรน

ผลการทดลองปรากฏว่า เมมเบรนที่เตรียมโดยการทำ amination PVC ด้วย สารผสมของ hexamethylene diamine กับ chlorobenzene แล้วล้างด้วย CH_3OH และทำปฏิกิริยากับ HCl 1 N และ 0.001 N เป็นวิธีการเตรียมเมมเบรนที่ดีกว่าการใช้ resin และแผ่น cellophane โดยวิธี amination นี้ สามารถให้เมมเบรนที่มีอายุการใช้งานนานกว่า สามารถให้กระแสและความต่างศักย์สูงกว่าด้วย

สำหรับการเตรียมเมมเบรนโดยการทำ amination PVC จากการทดลองปรากฏว่า สภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสม ได้แก่

- การใช้แผ่น PVC หนา 1 ม.ม. ซึ่งจะสามารถเตรียมได้สะดวกและง่ายกว่าการใช้แผ่น PVC หนา 1.5 ม.ม. และ 0.5 ม.ม. นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมอุณหภูมิของแผ่น PVC ได้ทั่วตลอดทั้งแผ่นและทั้งสองหน้า และยังสามารถประกอบเข้ากับเซลล์ได้ง่ายกว่าความหนาอีกสองขนาด ผลคืออีกประการหนึ่งก็คือ ทำให้ได้เมมเบรนที่มีความหนาพอเหมาะ ซึ่งทำให้มีอายุการใช้งานนานกว่าอีกด้วย

- ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำ amination PVC หนา 1 ม.ม. คือเวลาประมาณ 6-7 ชม.

- อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการทำ amination PVC หนา 1 ม.ม. คือ อุณหภูมิประมาณ 60°C - 70°C

- เปรียบเทียบการล้างเมมเบรนโดยใช้ CH_3OH แล้วตามด้วย HCl 1 N และ 0.001 N กับการล้างโดยใช้น้ำกลั่น แล้วตามด้วย HCl 1 N และ 0.001 N ภายใต้อุณหภูมิอื่น ๆ เหมือนกัน ผลปรากฏว่า ใช้ CH_3OH จะให้กระแสสูงกว่าการล้างโดยน้ำกลั่นมาก



5.1.2 สารละลายสำหรับสะสมพลังงาน

5.1.2.1 การเตรียม

ผลการทดลองปรากฏว่า การเตรียม CrCl_2 โดยใช้ผงโครเมียมกับ HCl (dil) ในภาชนะปิด สามารถเตรียมได้สารละลายที่มีความเข้มข้น Cr^{2+} สูงมี Cr^{3+} บานอยู่น้อยมาก โดยสังเกตได้จากสีของสารละลายที่ได้ ซึ่งจะมีสีน้ำเงินซีดเจ่น และเมื่อนำไปใช้ในรีดอกซ์เซลล์ สามารถให้กระแส และความต่างศักย์สูงกว่า

ส่วน FeCl_3 สามารถเตรียมได้จากการนำผลึก FeCl_3 ซึ่งมีความเสถียรพอสมควร มาละลายน้ำจะได้สารละลายสีส้ม ซึ่งการเตรียม FeCl_3 นี้ไม่มีปัญหาในการเตรียม เพราะนอกจาก FeCl_3 จะมีความเสถียรพอสมควรแล้วยังสามารถหาซื้อได้ทั่วไป

5.1.2.2 จากการทดลองหาความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยใช้ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน คือ 0.5 M, 1.0 M, 4.0 M, 6.0 M, 8.0 M ผลปรากฏว่าความเข้มข้น 6.0 M เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด เพราะสามารถให้กระแสและความต่างศักย์ได้สูงกว่าความเข้มข้นอื่น ๆ และสำหรับ 8 M CrCl_2 ปรากฏว่าสารละลายที่เตรียมได้มีลักษณะเหนียวและข้นเกินไป เมื่อนำไปใช้ในรีดอกซ์เซลล์ จึงไม่สามารถวัดกระแสได้ ทั้งนี้เพราะโมเลกุลของน้ำที่ล้อมรอบไอออนจะมีผลต่อ mobility ของไอออนในสารละลาย และมีผลโดยตรงต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ที่อิเล็กโทรดของเซลล์ด้วย

5.1.3 อิเล็กโทรด

5.1.3.1 ขนาดและรูปร่างของอิเล็กโทรด

จากการทดลองโดยใช้อิเล็กโทรดเป็นกราฟไฟต์รูปร่าง และขนาดต่าง ๆ กัน กล่าวคือ ใช้อิเล็กโทรดรูปทรงกระบอก ซึ่งมีพื้นที่ผิวส่วนที่สัมผัสกับสารละลาย = 62.85 ซม.^2 และใช้อิเล็กโทรดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 3 ขนาด ซึ่งมีพื้นที่ผิวส่วนที่สัมผัสกับสารละลาย = 66.5 ซม.^2 , 49 ซม.^2 และ 35.5 ซม.^2 โดยทดลองภายใต้สภาวะอื่น ๆ เดียวกัน ผลการทดลองปรากฏว่า อิเล็กโทรดที่มีพื้นที่ผิวส่วนที่สัมผัสกับ

สารละลายมากที่สุด จะสามารถทำให้เกิดกระแสสูงสุดด้วย ส่วนอิเล็กโทรดที่มีพื้นที่ผิวน้อยกว่า ก็จะสามารถทำให้เกิดกระแสลดหลั่นกันลงมาตามลำดับ ดังนี้ อิเล็กโทรดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (พื้นที่ = 66.5 ซม.²) จะให้กระแสมากกว่า > อิเล็กโทรดรูปทรงกระบอก (พื้นที่ = 62.85 ซม.²) > อิเล็กโทรดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (พื้นที่ = 49 ซม.²) > อิเล็กโทรดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (พื้นที่ = 35.5 ซม.²) ทั้งนี้เพราะ พื้นที่ผิวของอิเล็กโทรดที่สัมผัสกับสารละลายมาก จะทำให้ไอออนมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาได้มาก จึงทำให้เกิดกระแสได้มากด้วย ส่วนความต่างศักย์ ปรากฏว่าได้ค่าใกล้เคียงกัน ไม่ว่าจะใช้อิเล็กโทรดขนาดหรือรูปทรงใด จากรูปที่ 4.1, 4.3-4.6 จะพบว่าการลดลงของกระแสเป็นบางช่วง ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการถูกออกซิไดส์ของ Cr^{2+} กลายเป็น Cr^{3+} โดยออกซิเจนในอากาศ ที่ผิวหน้าของสารละลาย และมีการผสมลงในเนื้อสารละลาย เมื่อเซลล์ถูกเขย่าเพื่อตรวจดูความปกติของเมมเบรน

5.1.3.2 ความบริสุทธิ์ของกราฟไฟต์อิเล็กโทรด โดยใช้ x-ray fluorescence technique พบว่า มีความบริสุทธิ์สูงมากประมาณ 98-99 % โดยมี Ca และ Fe ปนอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก

5.1.4 การอัดประจุไฟฟ้าเข้าในรีดอกซ์เซลล์

ผลการทดลอง จากการอัดประจุเฉพาะรีดอกซ์เซลล์ที่ทำจาก ion exchange resin กับ cellophane (รูปที่ 4.23) ปรากฏว่าเซลล์ให้กระแสเพิ่มขึ้นในระยะสั้น หลังอัดประจุเท่านั้น ส่วนเซลล์ที่ใช้เมมเบรนทำจาก amination ที.วี.ซี. ไม่ได้ทดลอง จึงยังสรุปผลแน่นอนไม่ได้

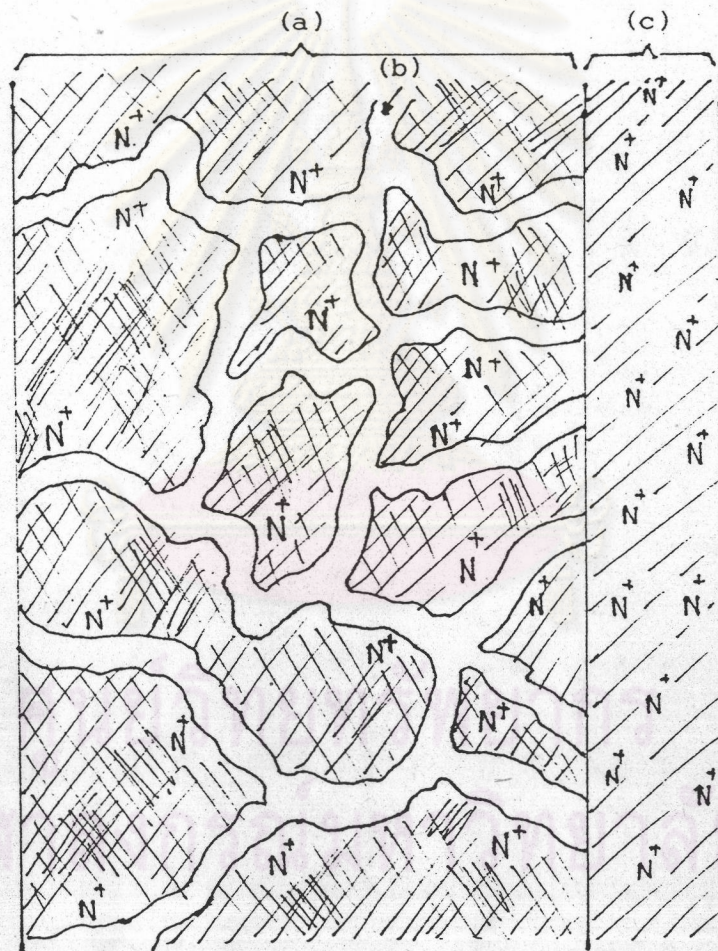
5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาในขั้นต่อไปควรได้มีการปรับปรุง การเตรียมเมมเบรนให้ดีขึ้นด้วยการทดลองตามรายงานของ NASA (7) และรายงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกัน คือ

5.2.1 ทดลองสร้างเมมเบรนผสม ระบบ CM-VC (7) (Composite membrane system CM-VC) โดย substrate จะถูกเตรียมจากการทำ amination แผ่น PVC

ด้วย tetraethylene pentamine (TEPA) ส่วนผิวของเมมเบรนผสม จะทำโดยใช้ สารละลายของ monomer และ polymer = 1.5-5.5 % ผนึบบน substrate แล้วผึ่งให้แห้ง โครงสร้างของเมมเบรนจะเป็นดังรูป 5.1

5.2.2 ทดลองสร้างเมมเบรนผสม ระบบ CM-MR (7) (Composite membrane system CM-MR) โดย substrate จะเป็น macroreticular membrane แล้วใช้ anion selective polymer ผนึบบน substrate โครงสร้างของเมมเบรนจะเป็นดังรูป 5.1



รูป 5.1 COMPOSITE MEMBRANE STRUCTURE: SCHEMATIC

(a) Porous Substrate

(b) Substrate Pores

(c) Dense Film of Anion Selective Resin

(N⁺) Amino Ion Exchange Site

5.2.3 ควรทดลองให้ความร้อนในขณะที่ทำ amination ให้สม่ำเสมอ เช่น การอบในเตาอบ

5.2.4 ทดลองสร้างเมมเบรน โดยใช้ PVC เม็ด (2) (granular polyvinyl chloride) ขนาดระหว่าง 60-100 B.S.S เมช โดยใช้ความร้อน 100°C เวลาประมาณ $7\frac{1}{2}$ ชม. แล้วนำมาทำ amination กับสารผสมระหว่าง hexamethylene diamine กับ chlorobenzene

สำหรับเซลล์ไฟฟ้าที่สร้างควรได้มีการปรับปรุงเรื่องอื่น ๆ ต่อไปนี้คือ

- ก) ควรให้มีการทดลองเรื่องการอัปเดตประจุหลังจากเซลล์ได้ใช้งานจนหมดประจุแล้ว โดยใช้เมมเบรนเป็นแผ่นกัน
- ข) ทดลองสร้างถังสำหรับบรรจุสารละลายที่ผ่านเซลล์แล้ว เพื่อทำการรีชาร์จใหม่ด้วยกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดอื่น ๆ เช่น จากโซลาร์เซลล์ จากเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้ากักเก็บ เพื่อทำให้ไอออนในสารละลายคืนสภาพที่พร้อมจะนำมาไหลผ่านเซลล์ได้อีก
- ค) ทดลองขยายขนาดครีคอกซ์เซลล์ และต่ออนุกรมกันหลาย ๆ เซลล์ เพื่อทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงขึ้น
- ง) ทดลองสร้างเครื่องควบคุมอัตราการไหลของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ใหม่เข้าสู่เซลล์ เพื่อให้ความต่างศักย์ที่ได้ขณะใช้งานคงที่
- จ) ทดลองดูผลของปริมาณเหล็กในอิเล็กโทรดต่อศักดาไฟฟ้าและระยะเวลาที่ discharge เพื่อศึกษาถึงการปนเปื้อนของไอออนของเหล็กจากอิเล็กโทรดต่อ anodic electrolyte
- ฉ) ทดลองสร้างเซลล์ โดยให้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ไม่ถูกกับออกซิเจนเลย เช่น ทำเป็นเซลล์ปิด และมีตัวกูดจับก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้น (ไม่ให้เกิดความดันในเซลล์ได้)