

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

ชื่อสาร	บริษัท
กรดเฮกซะคลอโรแพลตินิก (Hexachloroplatinic acid Hydrate)	Fluka
เนฟิออน (5%wt Nafion 117)	Fluka
โพลีเตตระฟลูออโรเอทิลีน (60 %wt Polytetrafluoroethylene)	Aldrich
กรดเปอร์คลอริก (Perchloric acid)	Panreac
เอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ (Ethylene glycol dimethyl ether)	Fluka
ผงแกรไฟต์ (Graphite powder)	BDH
ผงคาร์บอน	TPI and Gigantic
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide)	Merck
กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid)	BDH
แก๊สไฮโดรเจน (Hydrogen 99.999%)	Praxair
แก๊สออกซิเจน (Oxygen 99.999%)	Praxair
แก๊สไนโตรเจน (Nitrogen 99.99%)	Praxair

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. ตู้อบ
2. เตาเผา
3. บั้มสุญญากาศ
4. เครื่องชั่งความละเอียด 4 ตำแหน่ง
5. ไมโครปิเปต
6. โถดูดความชื้น
7. เครื่องแก้วอื่นๆ ในห้องปฏิบัติการ

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. Potentiostat/Galvanostat: Autolab Module PGSTAT30
2. Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer: Model Perkin Elmer PLASMA-1000
3. Scanning Electron Microscope: Jeol JSM 6400
4. Compression Model
5. Microchemisorption: Autochem II 2920 V1.00

3.4 วิธีดำเนินการวิจัย

3.4.1 การเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา

1. เตรียมผงแกรไฟต์ปริมาณ 500 มิลลิกรัม ใส่ในบีกเกอร์
2. บีเบตสารละลาย Hexachloroplatinic acid ความเข้มข้น 15 mg/ml ปริมาตร 6.67 ml
3. นำบีกเกอร์ที่บรรจุผงแกรไฟต์ ไปให้ความร้อนด้วยเครื่อง Water bath พร้อมทั้งกวนด้วยแท่งแก้วตลอดเวลาที่อุณหภูมิ 70 °C จนกระทั่งเป็นผง
4. นำผงแกรไฟต์ที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง
5. นำผงตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้ไปผ่านแก๊สไฮโดรเจนที่อัตราการไหล 0.5 ml/min ภายใต้อุณหภูมิ 250 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เก็บรักษาไว้ในโถดูดความชื้น
6. นำผงตัวเร่งปฏิกิริยาที่ได้ไปหาสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น การกระจายตัวของโลหะ บริเวณเกิดปฏิกิริยา ขนาดของอนุภาค โดยใช้เครื่อง Microchemisorption

3.4.2 การปรับปรุงกระดาศคาร์บอน

1. ตัด กระดาศคาร์บอนให้มีขนาดกว้าง-ยาวด้านละ 2.25 cm นำไปซังน้ำหนัก
2. นำไปแช่ในสารละลายพอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน (PTFE) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนักเป็นเวลา 30 นาที
3. นำ กระดาศคาร์บอนที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 30 นาที
4. เผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 390 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซังน้ำหนัก
5. เก็บกระดาศคาร์บอนที่มีการปรับปรุงแล้วไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อรอการ

นำไปเตรียมเป็นขั้วไฟฟ้าต่อไป

6. คำนวณปริมาณของพอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีน โดยสมการที่ 3.1

$$\%PTFE = \frac{(\text{Weight of carbon paper after pretreated} - \text{Weight of carbon paper before pretreated})}{\text{Weight of carbon paper after pretreated}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.4.3 การปรับปรุงคุณภาพของเยื่อแผ่น

1. นำเยื่อแผ่นแช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 100 ml ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
2. นำเยื่อแผ่นแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ปริมาตร 100 ml ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสารอินทรีย์
3. นำเยื่อแผ่นแช่ในสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.5 M ปริมาตร 100 ml ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อกำจัดไอออนของโลหะ
4. นำเยื่อแผ่นแช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 100 ml ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อล้างคลอไรด์ไอออน
5. นำเยื่อแผ่นออกมาวางบนผ้าสะอาดเช่น ผ้าสำลี เก็บในโถดูดความชื้น

3.4.4 การเตรียมขั้วไฟฟ้า

การเตรียมขั้วไฟฟ้ามีด้วยกันหลายวิธี แต่ที่ทำการศึกษาไปด้วยกัน 2 วิธี คือ

3.4.4.1 การพิมพ์ (Printing หรือ Painting)

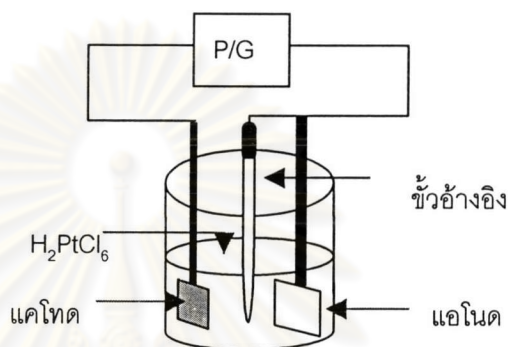
- 1) ชั่งแพลทินัมร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของคาร์บอน ใส่ในขวดที่มีฝาปิด
- 2) หยดสารละลายเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ลงในขวดข้างต้น 1 ml ปิดฝาขวดอย่างรวดเร็ว
- 3) นำขวดตัวอย่างใส่อ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 10 นาที
- 4) หยดสารละลายเนฟิออนความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ปริมาตร 0.35 ml ลงในขวดตัวอย่าง เขย่าเบาๆ ขณะหยด
- 5) นำขวดตัวอย่างใส่อ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 10 นาที
- 6) หยดสารละลายพอลิเตตระฟลูออโรเอทิลีนความเข้มข้นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ลงในขวดตัวอย่าง ปริมาตร 10 ml

- 7) นำขวดตัวอย่างใส่อ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 30 นาที
- 8) นำแผ่นกระดาษคาร์บอนที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้ววางบนแผ่นพลาสติก ใช้ฟู่กันจุ่มตัวอย่างทาบกระดาษคาร์บอน ทิ้งให้แห้งแล้วจึงทาช้ำทำจนกระทั่งสารตัวอย่างหมด
- 9) นำชิ้นตัวอย่างที่ได้ไปอบที่ 30 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจน เป็นเวลา 30 นาที
- 10) นำชิ้นตัวอย่างที่ได้ไปอบที่ 140 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจน เป็นเวลา 60 นาที
- 11) ชั่งน้ำหนักของขั้วไฟฟ้าที่เตรียมได้ แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณแพลทินัมตามภาคผนวก ก เก็บขั้วไฟฟ้าไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อรอการใช้งาน

3.4.4.2 การพอกพูนด้วยไฟฟ้า (Electrodeposition)

- 1) เตรียมสารละลายเฮกซะคลอโรแพลทินิก 40 % โดยน้ำหนัก
- 2) ใช้กระดาษคาร์บอนเป็นขั้วแคโทด (Working electrode)
- 3) ใช้ตาข่ายแพลทินัมเป็นขั้วแอนโนด (Counter electrode)
- 4) ใช้ขั้วคาโบลเมลเป็นขั้วอ้างอิง
- 5) เปิดสวิตช์เครื่อง Potentiostat/Galvanostat เพื่ออุ่นเครื่องประมาณ 30 นาที ก่อนทำการทดลอง กดปุ่ม Cell Enable ให้อยู่ในตำแหน่งปิด
- 6) พร้อมเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับทำหน้าที่บันทึกข้อมูลจากเครื่อง Potentiostat/Galvanostat โดยใช้โปรแกรม GPES เลือกวิธีแบบ Chrono method (interval time > 0.1s) และเลือกวิธีแบบ Potentiometry (galvanostatic) แล้วจึงตั้งค่ากระแสและเวลาที่จะใช้ในการชุบแต่ละครั้ง
- 7) ต่อเซลล์ตามรูปที่ 3.1 กวนสารละลายด้วยความเร็ว 250 rpm ด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า
- 8) กด Cell Enable ที่เครื่อง Potentiostat/Galvanostat และกด Start ที่โปรแกรมเพื่อเริ่มการทำการพอกพูนโลหะ

- 9) เมื่อทำการพอกพูนโลหะเสร็จให้ปิด Cell Enable ที่เครื่อง Potentiostat/Galvanostat เพื่อหยุดการทำงานของเซลล์
- 10) ถอดเซลล์ออก นำกระดาษคาร์บอนที่ผ่านการเคลือบด้วยแพลทินัม ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เก็บข้อไฟฟ้าไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อรอการใช้งาน



รูปที่ 3.1 การต่อเซลล์ไฟฟ้าที่ใช้ในการเตรียมขั้วไฟฟ้าแบบพอกพูน

3.5 การเตรียม MEA (Membrane Electrode Assembly)

1. นำขั้วไฟฟ้าที่เตรียมได้มาประกบทั้งสองด้านของเยื่อแผ่น นำแผ่นพลาสติกกันความร้อนรองด้านนอกของขั้วไฟฟ้า ประกบอีกครั้งด้วยแผ่นเหล็ก
2. อัดด้วยความร้อน โดยใช้ความดัน 50 kg/cm^2 ที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 1.5 นาที
3. อัดด้วยความเย็น โดยใช้ความดัน 50 kg/cm^2 ที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 1.5 นาที
4. นำชุด MEA ที่เตรียมได้ออกจากเครื่องอัดความร้อน นำมาหารอยแตกโดยวัดความต้านทาน หากชุด MEA แตก จะมีความต้านทานเข้าใกล้ศูนย์
5. เก็บชุด MEA ที่เตรียมได้ในโถดูดความชื้น เพื่อรอการทดสอบสมรรถนะ

3.6 การวิเคราะห์สมบัติของขั้วไฟฟ้า

จากที่กล่าวมาแล้วว่าสมบัติของขั้วไฟฟ้ามีผลต่อสมรรถนะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเยื่อแผ่นแลกเปลี่ยนโปรตอน ดังนั้นสมบัติพื้นฐานของขั้วไฟฟ้าที่ควรศึกษาประกอบด้วยสมบัติต่างๆ ดังนี้

3.6.1 ความหนา (Thickness)

ใช้ Micro meter วัดความหนาของขั้วไฟฟ้า โดยทำการวัดความหนาทั่วทั้งแผ่น 5 จุดแล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

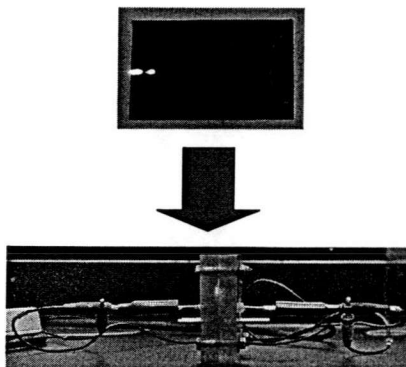
3.6.2 ความต้านทาน (Resistance)

ใช้เครื่อง Potentiostat/Galvanostat และโปรแกรม Frequency Response Analyzer วัดความต้านทานของขั้วไฟฟ้าโดยต่อขั้วไฟฟ้าที่ได้ประกอบเป็นเซลล์ดังรูปที่

3.2 ความถี่ที่ใช้อยู่ในช่วง 1 mHz – 10 kHz

ขั้นตอนการทดลอง

1. เปิดเครื่อง Potentiostat/Galvanostat อุ่นเครื่อง 30 นาที กด Cell Enable ที่เครื่องเพื่อปิดการทำงาน
2. เตรียมขั้วไฟฟ้าที่จะทำการวัดประกอบในเซลล์ดังรูปที่ 3.2 โดยใช้แรงอัด 40 psi ต่อขั้วไฟฟ้ากับตัวเซลล์ตามรูปที่ 3.2
3. เปิดคอมพิวเตอร์เลือกโปรแกรม Frequency Response Analysis (FRA) เลือกวัดแบบ Potentiostatic และ ความต่างศักย์เดี่ยว (single potential) ตั้งช่วงความถี่ ตั้งแต่ 10 mHz – 10 kHz ตั้งจำนวนความถี่ เท่ากับ 200 จากนั้น กด Cell Enable และกด Start ที่ตัวโปรแกรม
4. การวิเคราะห์ค่าความต้านทาน โดยการใส่วงจรของเซลล์ที่วิเคราะห์และหากราฟของวงจร ค่าที่ได้เป็นค่าความต้านทานแต่ละตัวของวงจร



รูปที่ 3.2 เซลล์ที่ใช้ในการวัดความต้านทานของขั้วไฟฟ้า

3.6.3 การกระจายตัวของตัวเร่งปฏิกิริยา

ศึกษาการกระจายตัวของโลหะที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscopy ที่กำลังขยาย 20 เท่า

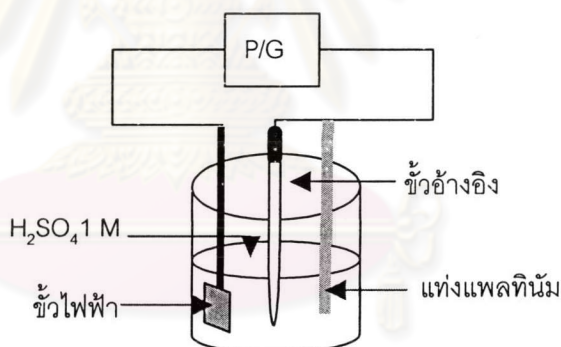
3.6.4 การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฮโดรเจน

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฮโดรเจนจะศึกษา Cyclic Voltammetry ภายใต้สารละลายซัลฟูริกความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร โดยที่มีการป้อนแก๊สไฮโดรเจนที่อัตราการไหล 50 sccm, scan rate 20 mV/sec เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ Potentiostat/Galvanostat โดยเลือกโปรแกรม Electrochemical Spectroscopy (GPES) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1. เตรียมสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร
2. ให้ขั้วไฟฟ้าที่ได้จากการเตรียมเป็นขั้วแคโทด (Working electrode)
3. ใช้แท่งแพลทินัมเป็นขั้วแอนโนด (Counter electrode)
4. ใช้ขั้วคาโลเมลเป็นขั้วอ้างอิง (Reference electrode)
5. เปิดสวิตช์เครื่อง Potentiostat/Galvanostat เพื่ออุ่นเครื่องประมาณ 30 นาที ก่อนทำการทดลอง กดปุ่ม Cell Enable ให้อยู่ในตำแหน่งปิด
6. พร้อมเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับทำหน้าที่บันทึกข้อมูลจากเครื่อง Potentiostat/Galvanostat โดยใช้โปรแกรม GPES เลือกวิธีแบบ Cyclic

voltammetry (staircase) และเลือกวิธีแบบ Normal แล้วจึงตั้งช่วงความต่างศักย์และ scan rate ที่จะใช้ในการวิเคราะห์แต่ละครั้ง

7. ต่อเซลล์ตามรูปที่ 3.3 กวนสารละลายด้วยความเร็ว 250 rpm ด้วยเครื่องกวนไฟฟ้า
8. ไล่อากาศในสารละลายด้วยแก๊สไนโตรเจนด้วยอัตราการไหล 30 sccm เป็นเวลา 30 นาที
9. ป้อนแก๊สไฮโดรเจนแทนการป้อนแก๊สไนโตรเจน อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจนเท่ากับ 50 sccm
10. กด Cell Enable ที่เครื่อง Potentiostat/Galvanostat และกด Start ที่โปรแกรมเพื่อเริ่มการทำงาน เมื่อเสร็จสิ้นการทำงานให้ปิด Cell Enable ที่เครื่อง Potentiostat/Galvanostat เพื่อหยุดการทำงานของเซลล์
11. ถอดเซลล์ออก นำกระดาษคาร์บอนที่ผ่านการวิเคราะห์ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เก็บข้อไฟฟ้าไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อรอการใช้งาน



รูปที่ 3.3 การต่อเซลล์ไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฮโดรเจน

3.7 การวัดสมรรถนะการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิง

3.7.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. ตรวจสอบวาล์วขาเข้าของแก๊สแต่ละชนิดให้ปิดเปิดอยู่ในทิศทางตามต้องการ เพื่อป้องกันการไหลปนกันของแก๊สชนิดต่างๆ และวาล์วขาออกให้อยู่ในตำแหน่งปิด

2. ตรวจสอบความเรียบร้อยของข้อต่อต่างๆ ในหน่วยทดสอบให้อยู่ในสภาพที่พร้อมทำการทดลอง
3. ตรวจสอบระดับน้ำภายในส่วนระเหยน้ำของระบบให้มากขึ้น โดยดูจากส่วนจัดหาน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม
4. ตรวจสอบเครื่องควบคุมความดันที่หัวถังแก๊สทุกถังให้อยู่ในตำแหน่งปิด
5. ตรวจสอบสายไฟที่ต่อจากขั้วไฟฟ้าที่เซลล์เชื้อเพลิงทั้ง 2 ขั้วที่ต่อมายังเครื่อง Potentiostat/Galvanostat ว่าให้อยู่ในสภาพที่ต่อเรียบร้อย
6. ตรวจสอบเทอร์โมคัปเปิลสำหรับวัดอุณหภูมิของเซลล์เชื้อเพลิงให้อยู่ในช่องวัดอุณหภูมิ
7. เปิดเครื่องตรวจแก๊สไฮโดรเจนเพื่อตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สในกรณีที่เกิดการรั่วของแก๊สไฮโดรเจน
8. เปิดสวิตช์หลักของเครื่องวัดอัตราการไหลของแก๊ส เพื่ออุ่นเครื่องประมาณ 15 นาทีก่อนทำการทดลอง
9. เปิดสวิตช์เครื่อง Potentiostat/Galvanostat เพื่ออุ่นเครื่องประมาณ 30 นาทีก่อนทำการทดลอง พร้อมเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับทำหน้าที่บันทึกข้อมูลจากเครื่อง Potentiostat/Galvanostat กดปุ่ม Cell Enable ให้อยู่ในตำแหน่งปิด
10. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมอุณหภูมิภายในหน่วยทดสอบเซลล์เชื้อเพลิงเปิดโปรแกรม Lab-view เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในส่วนระเหยน้ำตั้งค่าอุณหภูมิ ตามต้องการ (60-80 องศาเซลเซียส) และกดปุ่ม start ที่โปรแกรม
11. เปิดสวิตช์ที่แผงสวิตช์ควบคุมแหล่งกระแสไฟฟ้าที่สวิตช์หลัก (Main Switch) แล้วจึงเปิดสวิตช์ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิของเซลล์เชื้อเพลิง แล้วจึงตั้งค่าอุณหภูมิของเซลล์เชื้อเพลิงตามต้องการ (30-70 องศาเซลเซียส) และเปิดสวิตช์ของตัวให้ความร้อนทุกตัวภายในหน่วยทดสอบเซลล์เชื้อเพลิง รอจนกระทั่งอุณหภูมิได้ตามค่าที่ตั้งไว้
12. ตั้งค่าอัตราการไหลตามต้องการที่เครื่องวัดอัตราการไหลของแก๊ส (0-500 sccm) ซึ่ง Channel 1 คือ แก๊สออกซิเจนหรืออากาศ และ Channel 2 คือ แก๊สไฮโดรเจน ส่วนของแก๊สไนโตรเจนจะใช้ทั้งสอง Channel โดยเปลี่ยนทางเดินของแก๊สโดยใช้วาล์วขาเข้าเป็นตัวควบคุมทิศทางการไหลของแก๊ส

13. เมื่อต้องการจะป้อนแก๊สให้กับเซลล์เชื้อเพลิง ให้เปิดแก๊สที่ต้องการใช้ที่วาล์วหัวถังของแก๊ส แล้วจึงเปิดเครื่องควบคุมความดันที่หัวถังให้ได้ความดันขาออกตามต้องการ ซึ่งโดยปกติเท่ากับ 20 psi ยกเว้นในกรณี que ศึกษาผลของความดันจะใช้ความดันเท่ากับ 50 psi แล้วจึงมาเปิดสวิตช์วาล์วที่เครื่องวัดอัตราการไหลแต่ละ Channel เพื่อให้แก๊สไหลเข้าสู่หน่วยทดสอบ
14. ก่อนจะทำการทดลอง ควรใช้แก๊สไนโตรเจนกับหน่วยทดสอบประมาณ 20 นาที โดยตั้งอัตราการไหลของแก๊สทั้ง 2 Channel ไว้ที่ 200 sccm ก่อนด้วยสาเหตุดังนี้
- เพื่อเป็นการไล่สิ่งสกปรกค้างอยู่ในหน่วยทดสอบออกก่อน
 - เพื่อตรวจสอบการรั่วของแก๊สโดยใช้น้ำยาในการตรวจสอบการรั่วภายในหน่วยทดสอบ
 - เพื่อใช้วัดค่าความชื้นภายในแก๊สก่อนเข้าเซลล์เชื้อเพลิงที่ส่วนวัดความชื้น
15. การศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงทำได้ 2 รูปแบบ คือ
- การศึกษาในรูปโพลาริเซชัน โดยวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้ที่เครื่อง Potentiostat/Galvanostat โดยใช้โปรแกรม GPES เลือกวิธีแบบ Chrono methods (interval time > 0.1 sec) และเลือกวิธีแบบ Amperometry แล้วจึงตั้งค่าความต่างศักย์เพื่อให้เครื่องวัดค่ากระแสจากเซลล์เชื้อเพลิง นำผลการทดลองไปสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกระแสและความต่างศักย์
 - การศึกษาในรูปของอิมพีแดนซ์ (Impedance) โดยใช้โปรแกรม FRA เลือกวัดแบบ Potentiostatic ตั้งช่วงความถี่ ตั้งแต่ 10 mHz – 10 kHz ตั้งจำนวนความถี่ในการวัดเท่ากับ 200 จากนั้นกด Cell Enable และกด Start ที่ตัวโปรแกรม
16. เมื่อมีการป้อนแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนเข้าสู่เซลล์เชื้อเพลิง รอจนกระทั่งค่าความต่างศักย์ในขณะที่ยังไม่มีการจ่ายกระแสไฟของเซลล์เชื้อเพลิง (Open circuit voltage) ที่ได้มีค่าคงที่ กดปุ่ม Cell Enable ให้อยู่ในตำแหน่งเปิดที่เครื่อง Potentiostat/Galvanostat จึงกดปุ่ม start ที่โปรแกรม GPES เพื่อเริ่มบันทึกค่ากระแสที่ได้ ณ ที่ค่าความต่างศักย์ต่างๆ ที่ตั้งไว้

3.7.2 ขั้นตอนภายหลังการทดลอง

1. เมื่อเสร็จสิ้นการวัดค่ากระแสที่เครื่อง Potentiostat/Galvanostat ทำการบันทึกผลการทดลองที่ได้
2. ปิดสวิทช์วาล์วที่เครื่องวัดอัตราการไหล แล้วจึงปิดวาล์วที่หัวถังแก๊สทุกถัง
3. ปิดวาล์วขาเข้าทุกตัว และค่อยๆ เปิดวาล์วขาออกทีละตัว เพื่อลดความดันจากแก๊สที่ค้างอยู่ในท่อระหว่างถังแก๊สกับเครื่องวัดอัตราการไหล โดยที่วาล์วขาออกจะต่อท่อลงไปยังขวดที่มีน้ำอยู่เพื่อลดการแพร่กระจายของแก๊ส รวจนกระทั่งแก๊สที่วัดความดันที่เครื่องควบคุมความดันที่ถังแก๊สลดลงจนถึง 0 ทั้งขาเข้าและขาออก แล้วจึงเปิดวาล์วขาออกของแก๊สอีกถังหนึ่ง ทำในลักษณะเดียวกัน
4. เมื่อลดความดันในท่อแก๊สหมด จึงทำการปิดวาล์วขาออกของแก๊สทุกตัว
5. ปิดสวิทช์ของตัวให้ความร้อนทุกตัวที่แผงสวิทช์ควบคุมแหล่งกระแสไฟฟ้า
6. ปิดสวิทช์ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิของเซลล์เชื้อเพลิงที่แผงสวิทช์ควบคุมแหล่งไฟฟ้า แล้วจึงปิดสวิทช์หลัก
7. กดปุ่ม Stop ที่โปรแกรม Lab-View ที่ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิในส่วนระเหยน้ำ แล้วจึงปิดโปรแกรม
8. ปิดโปรแกรม GPES แล้วจึงปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ ต่อจากนั้นจึงปิดสวิทช์ที่เครื่อง Potentiostat/Galvanostat