

การแยกไฮโดรเจนด้วยวิธีอิเล็กโทรไลซิสแบบแยกเซลล์

Hydrogen Electrolizer by Using Separated Electrolyzed Cell Process

นฤศล คุ่มรักษา และ ดร.บุญยังปลั่งกลาง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหะการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถนนรังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ : 0-2549-3571 E-mail: mcgogol@hotmail.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันทั่วโลกให้ความสนใจเป็นอย่างมากในการพัฒนาพลังงานในรูปแบบต่างๆเพื่อนำมาใช้แทนพลังงานจากฟอสซิลที่นับวันจะมีราคาแพงและเริ่มจะหมดไปจากโลกประเทศไทยได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอด ดังนั้นประเทศไทยจึงมีความจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานในประเทศให้มากขึ้น รวมทั้งเร่งรัดนโยบายการประหยัดพลังงานควบคู่กันไปด้วย จึงได้มีการวิจัยพัฒนาพลังงานจากไฮโดรเจนมาเป็นเชื้อเพลิงร่วมในรถยนต์รวมถึงการนำไฮโดรเจนในรูปแบบเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นพลังงานไฮโดรเจนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานได้ บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการแยกไฮโดรเจนออกจากน้ำด้วยวิธีอิเล็กโทรไลซิสแบบแยกเซลล์ซึ่งพบว่าในการแยกเซลล์จะทำให้ได้ค่าไฮโดรเจนออกมาผสมกับออกซิเจนน้อยมากโดยก๊าซที่ออกมานั้นจะมีทั้งฝั่งออกซิเจนและฝั่งไฮโดรเจนแยกออกจากกัน และทำการศึกษาคว่ำแปรที่มีผลต่อ สารละลายอิเล็กโทรไลต์และความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่พื้นผิวของขั้วไฟฟ้าเพื่อควบคุม แรงดัน กระแส และอุณหภูมิของสารละลาย เนื่องจากกระแสและอุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อการแยกไฮโดรเจนและออกซิเจน

คำสำคัญ: ไฮโดรเจน , อิเล็กโทรไลต์

Abstract

The current global focus is very much in the development of energy in various forms to be used instead of fossil energy are more expensive day by day and started to go away from the world, Thailand has developed continuously. Therefore, Thailand would be necessary to find energy resources in the country more. As well as intensive energy policy simultaneously with has a research and development of energy from hydrogen as fuel in cars as well as bringing together in a hydrogen fuel cell for application in areas as high performance. Thus, hydrogen energy is another alternative that can be used to replace energy. This paper presents a method to separate hydrogen from water by electrolysis of cist separate cells, which showed that the isolated cells could be obtained without the hydrogen from the mixture with oxygen,

very little by gas released will be. Oxygen and hydrogen-side and side separately. And the variables that affect Electrolyte solution and the list of current density at the surface of the electrode to control the flow pressure and temperature of the solution. Because of the current and temperature have a direct effect on the separation of hydrogen and oxygen.

Keywords: Hydrogen , Electrolyte

1. คำนำ

บทความนี้ได้นำเสนอหลักการเบื้องต้นการแยกไฮโดรเจนออกจากน้ำด้วยวิธีอิเล็กโทรไลซิสแบบแยกเซลล์ การออกแบบจะเน้นถึงคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของตัวนำ (อิเล็กโทรไลต์) และทำการศึกษาคว่ำแปรที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมี คือค่า pH ของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่พื้นผิวของขั้วไฟฟ้า โดยนำความรู้พื้นฐานทางด้านเคมีมาศึกษาร่วมกับทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า เพื่อควบคุมแรงดัน กระแส และอุณหภูมิของสารละลาย เนื่องจากกระแสและอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆในขณะที่เกิดปฏิกิริยาทางไฟฟ้า จึงทำให้อุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อการแยกไฮโดรเจนและออกซิเจน ดังนั้นจึงกำหนดคุณสมบัติของตัวนำและสารละลาย เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับแยกไฮโดรเจนออกจากน้ำด้วยวิธีอิเล็กโทรไลซิสแบบแยกเซลล์

2. ไฮโดรเจน

ไฮโดรเจน เป็นธาตุที่เบาที่สุดและเป็นองค์ประกอบของน้ำที่เป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่สุดของสิ่งมีชีวิตบนโลก เป็นโมเลกุลมีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติ บรรยากาศในโลกรวมก๊าซไฮโดรเจนประมาณ 0.1 ppm. มีความแข็งแรงในการยึดโมเลกุล เท่ากับ 436 kJ/mol (104 kcal/mol) ดังนั้นเมื่อต้องการให้โมเลกุลไฮโดรเจนทำปฏิกิริยา จึงต้องใช้พลังงานเพื่อทำลายความแข็งแรงในการยึดโมเลกุลดังกล่าว เช่น เพิ่มอุณหภูมิ ใช้สารเร่งปฏิกิริยา เป็นต้น ไฮโดรเจนอะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสที่อยู่ตรงกลางภายในนิวเคลียส ประกอบด้วยโปรตอน และนิวตรอน และมีอิเล็กตรอนวิ่งรอบนอกเหมือนธาตุอื่นๆ ไฮโดรเจนมี 3 ไอโซโทป ขึ้นกับจำนวนโปรตอนและจำนวนนิวตรอนที่ต่างกัน ดังนี้

1. ไฮโดรเจน (Hydrogen) มีจำนวนโปรตอน 1 โปรตอน จำนวน 1 นิวตรอน มีน้ำหนักอะตอม เท่ากับ 1.0078

2. ดิวเทอเรียม (Deuterium) มีจำนวนโปรตอน 2 โปรตอน จำนวน 1 นิวตรอน มีน้ำหนักอะตอม เท่ากับ 2.0141
3. ทริเทียม (Tritium) มีจำนวนโปรตอน 3 โปรตอน จำนวน 1 นิวตรอน มีน้ำหนักอะตอม เท่ากับ 3.0161

2.1 การแยกไฮโดรเจนด้วยวิธี อิเล็กโทรไลซิส (Electrolysis)

คือกระบวนการผ่านกระแสไฟฟ้ากระแสตรง จากภายนอกเข้าไปในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี ตัวอย่างเช่น อิเล็กโทรลิซิส และการชุบ (ขบวนการที่ผ่านกระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี)

2.1.1 เครื่องมือที่ใช้แยกสารละลายด้วยไฟฟ้า

เซลล์อิเล็กโทรไลต์ หรืออิเล็กโทรลิติกเซลล์ ประกอบด้วย ขั้วไฟฟ้า ภาชนะบรรจุสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และเครื่องกำเนิดกระแสตรง (D.C) เช่น เซลล์ไฟฟ้า หรือ แบตเตอรี่

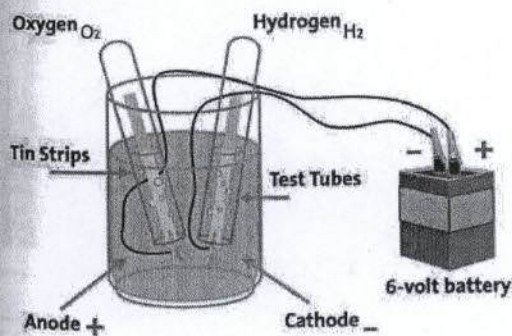
ขั้วไฟฟ้า (Electrode) คือแผ่นตัวนำที่จุ่มในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แล้วต่อกับเซลล์ไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่ แบ่งเป็นแอโนด และแคโทด

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ เพราะมี $\text{Iron}^{(+)} + \text{Iron}^{(-)}$

Iron (+) วิ่งไปจับอิเล็กตรอนที่ขั้วลบ เกิดปฏิกิริยารีดักชัน จึงเรียกขั้วลบว่า แคโทด และเรียกไอออนบวกว่าแคตไอออน (cation)

Iron (-) วิ่งไปให้ e^- ที่ขั้วบวกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เรียกว่า แอโนด และเรียก Iron (-) ว่าแอนไอออน (Anion)

ดังนั้น ที่ Anode มีคือ ไอออนลบ และที่ Cathode มีคือ ไอออนบวก และ Anode (oxidation) ตรงกับขั้วบวก Cathode (Reduction) ตรงกับขั้วลบ



รูปที่ 1 การทดลองแยกโมเลกุลน้ำด้วยไฟฟ้า

ผลจากการแยกก๊าซด้วยวิธี อิเล็กโทรไลซิส (Electrolysis) เราจะได้ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซออกซิเจน ในอัตราส่วน 2:1 โดยที่ก๊าซไฮโดรเจนจะออกทางขั้วลบ (+) และก๊าซออกซิเจนออกทางขั้วบวก (-)

2.2 คุณสมบัติของก๊าซไฮโดรเจน

1. ไม่มีสีและกลิ่น
2. มีอุณหภูมิจุดระเบิดสูงกว่าน้ำมันที่ 570 องศาเซลเซียส

3. เป็นก๊าซที่มีน้ำหนักเบาที่สุด
4. มีจุดเดือดต่ำมากที่ -253 องศาเซลเซียส
5. ติดไฟง่าย
6. ไม่เกิดประกายไฟขณะที่มีการเผาไหม้
7. มีการเผาไหม้ที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ออกไซด์ในขณะที่มีการสันดาป กล่าวคือ ในกระบวนการเผาไหม้ระหว่างก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน จะได้พลังงาน และน้ำออกมาเท่านั้น



รูปที่ 2 คุณสมบัติของก๊าซไฮโดรเจน

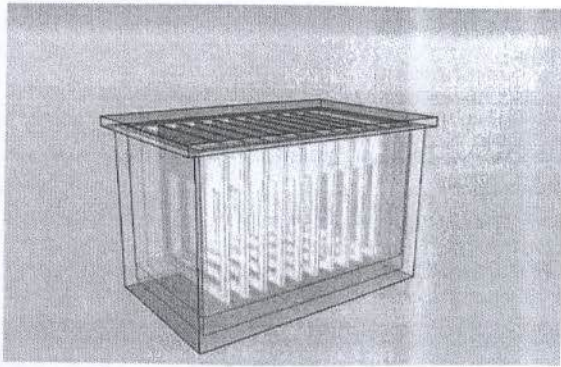
2.2 สารละลายอิเล็กโทรไลต์

2.2.1 อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) หมายถึง สารที่เมื่อละลายในน้ำจะนำไฟฟ้าได้ เนื่องจากมีไอออนซึ่งอาจจะเป็นไอออนบวก หรือไอออนลบเคลื่อนที่อยู่ในสารละลาย สารละลายอิเล็กโทรไลต์นี้อาจเป็น สารละลายกรด เบส หรือเกลือก็ได้ ตัวอย่างเช่น สารละลายกรดเกลือ (HCl) สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และสารละลายของเกลือ KNO_3 เป็นต้น โดยในสารละลายดังกล่าวประกอบด้วยไอออน H^+ , Cl^- , OH^- , K^+ และ NO_3^- ตามลำดับ

2.2.2 นอนอิเล็กโทรไลต์ (Non-electrolyte) หมายถึง สารที่ไม่สามารถนำไฟฟ้าได้เมื่อละลายน้ำ ทั้งนี้ เนื่องจาก สารพวกนอนอิเล็กโทรไลต์ จะไม่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้ เช่น น้ำบริสุทธิ์ น้ำตาล แอลกอฮอล์ เป็นต้น

3. การออกแบบเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน

ในการออกแบบโครงสร้างเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนออกจากร้านน้ำนั้นจำเป็นต้องทำให้อุปกรณ์มีความทนแข็งแรง สามารถทนต่อปฏิกิริยาที่จะเกิดภายในได้นั้นได้ ดังนั้นแผ่นอะลูมิเนียมส่วนใหญ่ควรเป็นแบบหนา 10 mm ดังรูปที่ 3 การออกแบบจะคำนึงถึงต้นทุนการผลิต วัสดุที่นำมาใช้งานและจุดคุ้มทุนของการลงทุน



รูปที่ 3 แสดงโครงสร้างเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน

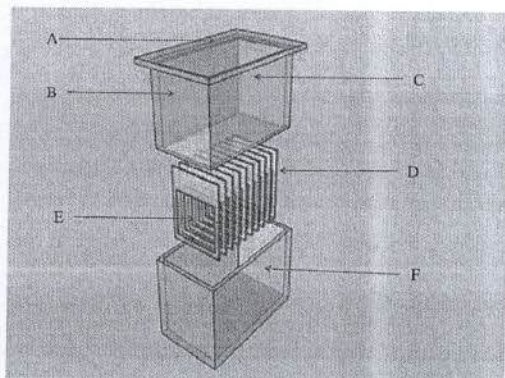
การทดสอบ

เพื่อหาว่าวัสดุชนิดใดจะมีความเหมาะสมในการที่จะนำมาทำเป็นขั้ว Electrode ที่ใช้งานได้ตามความต้องการและเหมาะสม มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาชนิดของวัสดุที่จะนำมาทำการทดลองความล้าดับ ดังนี้

- ราคา (Price)
- การนำไฟฟ้า (Conductivity)
- ความต้านทานการกัดกร่อนจากสารเคมี
- ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength)

การคัดเลือกวัสดุเพื่อสร้างอิเล็กโทรดในที่นี้ได้ทำการคัดเลือกวัสดุมา 4 ชนิด ซึ่งมีเหตุผลเบื้องต้นในการเลือกต่างกันดังนี้

- วัสดุ Aluminium 5083
- วัสดุ Stainless 304
- วัสดุ Stainless 316-L
- วัสดุ Titanium

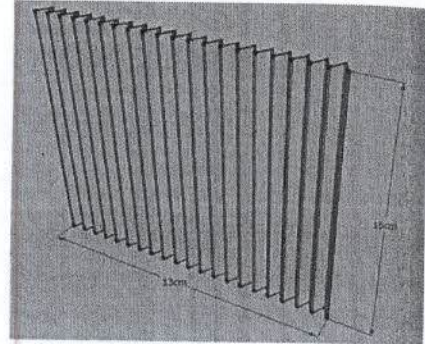


รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างภายในเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน

อุปกรณ์และขั้นตอนการทำเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน

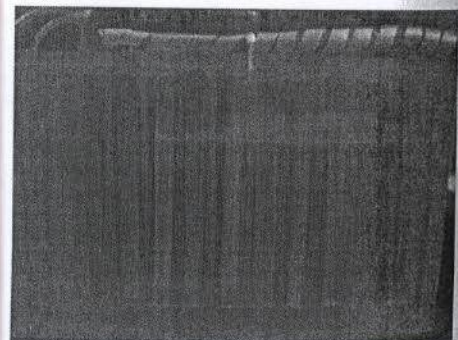
- A → แผ่นอะคริลิกหนา 10 mm ขนาด $19 \times 30 \text{ cm}^2$ จำนวน 1 แผ่น
- B → แผ่นอะคริลิกหนา 10 mm ขนาด $15 \times 15 \text{ cm}^2$ จำนวน 2 แผ่น

- C → แผ่นอะคริลิกหนา 10 mm ขนาด $15 \times 26.5 \text{ cm}^2$ จำนวน 2 แผ่น
- D → แผ่นอะคริลิกหนา 2 mm ขนาด $13 \times 15 \text{ cm}^2$ จำนวน 2 แผ่น
- E → น้ำฟองน้ำหนา 0.5 cm และแผ่นสแตนเลสปิดทับเพื่อแยกเซลล์
- F → ถังขนาดกว้าง 17.5 cm ยาว 28.5 cm สูง 18 cm



รูปที่ 5 แสดงการออกแบบตัวนำไฟฟ้า

ในการออกแบบตัวนำไฟฟ้านั้นเรานำถึงพื้นที่หน้าตัดของตัวนำเป็นหลักซึ่งถ้ายังพื้นที่หน้าตัดของตัวนำมากก็จะสามารถนำไฟฟ้าได้สมากขึ้นดังนั้นจึงทดลองออกแบบตัวนำแบบระนาบซ้อนและทำแผ่นตัวนำให้เป็นรูปลูกคลื่นเพื่อลดพื้นที่ของขนาดเครื่องให้มีขนาดไม่ใหญ่จนเกินไปและวัสดุที่ใช้ทำตัวนำนั้นจะสแตนเลสซึ่งราคาไม่แพงมากและการนำไฟฟ้าได้ระดับพอใช้สามารถทนการกัดกร่อนได้สูง ขนาดกว้าง 15 cm ยาว 45 cm เมื่อทำการประกอบตัวเครื่องแล้วจะสามารถแบ่งได้ทั้งหมด 5 เซลล์ ดังแสดงในภาพที่ 6 โดย 1 เซลล์ประกอบด้วยแผ่นตัวนำ 2 แผ่นคือขั้วบวกและขั้วลบ



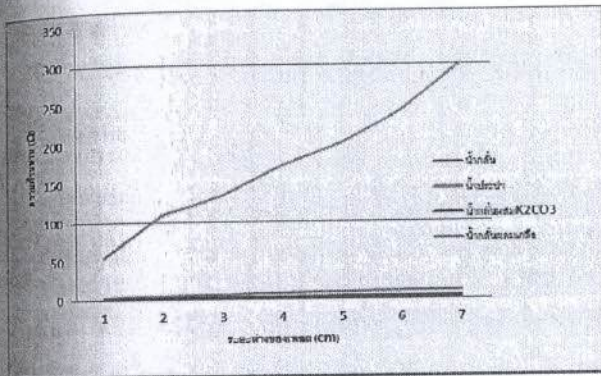
ภาพที่ 6 แสดงเครื่องมือทดลอง

4. ผลการทดลอง

จากการทดสอบที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 6,9,12 โวลต์ การนำไฟฟ้าของสารละลายแต่ละชนิด ความต้านทานจะไม่เท่ากันถ้าแรงดันไฟฟ้ามากค่าความต้านทานจะลดลง และถ้าอิเล็กโทรดมีพื้นที่หน้าตัดมากจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านสะดวกมากขึ้น

ตารางที่ 1 การทดสอบสารละลายอิเล็กโทรไลต์

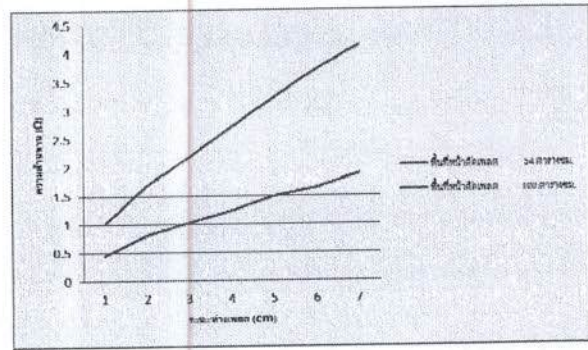
ระยะห่าง เพลต (cm)	น้ำกลั่น		น้ำประปา		น้ำกลั่นผสม (K_2CO_3) 2 ซ้อนโต๊ะ		น้ำกลั่นผสม เกลือ 2 ซ้อน โต๊ะ	
	กระแส (A)	ค.ด.ท (Ω)	กระแส (A)	ค.ด.ท (Ω)	กระแส (A)	ค.ด.ท (Ω)	กระแส (A)	ค.ด.ท (Ω)
1	0	∞	0.22	54.54	12	1	5.2	2.3
2	0	∞	0.11	109.09	7.13	1.68	2.77	4.33
3	0	∞	0.09	133.33	5.49	2.18	2.01	5.97
4	0	∞	0.07	171.42	4.44	2.7	1.6	7.5
5	0	∞	0.06	200	3.7	3.24	1.33	9.02
6	0	∞	0.05	240	3.24	3.7	1.19	10.0
7	0	∞	0.04	300	2.9	4.13	1.06	11.3



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายอิเล็กโทรไลต์และระยะห่างขั้วอิเล็กโทรด

ตารางที่ 2 การเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของขั้วอิเล็กโทรดเพื่อทดสอบการนำไฟฟ้าและกระแส

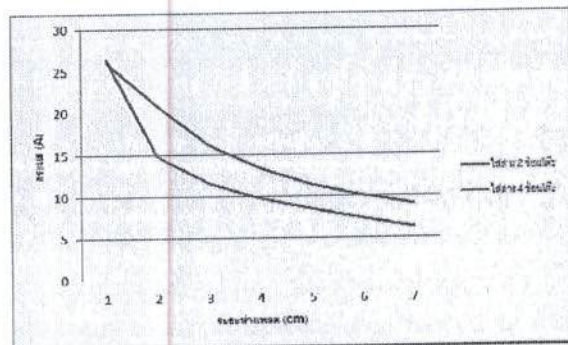
ระยะห่าง เพลต (cm)	พื้นที่หน้าตัดเพลต 54 cm ²		พื้นที่หน้าตัดเพลต 108 cm ²	
	กระแส (A)	ค.ด.ท (Ω)	กระแส (A)	ค.ด.ท (Ω)
1	12	1	26.4	0.45
2	7.13	1.68	14.85	0.8
3	5.49	2.18	11.6	1.03
4	4.44	2.7	9.71	1.23
5	3.71	3.23	8.01	1.49
6	3.23	3.71	7.28	1.64
7	2.9	4.13	6.36	1.88



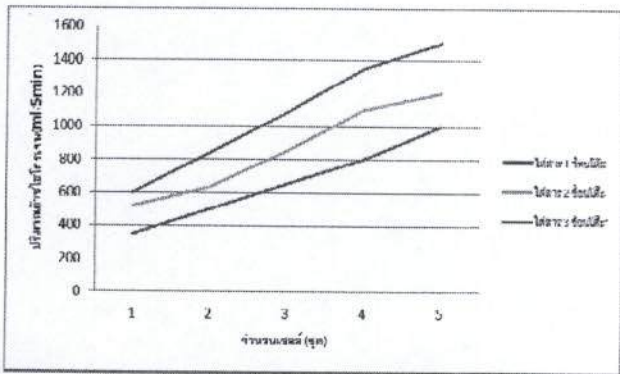
รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายอิเล็กโทรไลต์และขั้วอิเล็กโทรดที่ขนาดต่างกันในระยะต่างๆ

ตารางที่ 3 การทดสอบสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในความชื้นที่ต่างกัน

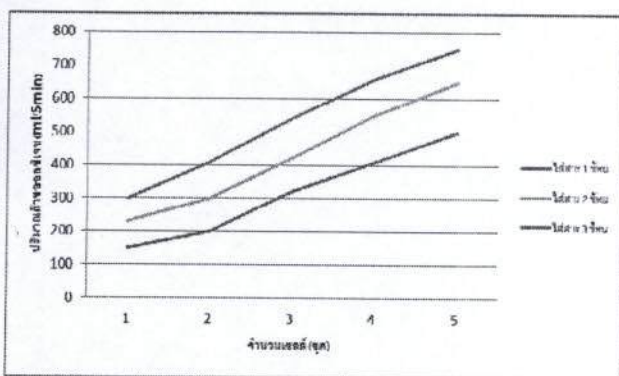
ระยะห่าง เพลต (cm)	โพแทสเซียม คาร์บอเนต 2 ซ้อนโต๊ะ		โพแทสเซียม คาร์บอเนต 4 ซ้อนโต๊ะ	
	กระแส (A)	ค.ด.ท (Ω)	กระแส (A)	ค.ด.ท (Ω)
1	26.46	0.45	26.09	0.45
2	14.85	0.8	20.84	0.57
3	11.6	1.03	16.09	0.74
4	9.71	1.23	13.38	0.89
5	8.4	1.42	11.34	1.05
6	7.28	1.64	10.04	1.19
7	6.26	1.91	8.97	1.33



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับระยะห่างเพลตเมื่อเพิ่มสารละลายอิเล็กโทรไลต์



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นกับจำนวนเซลล์



รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เกิดขึ้นกับจำนวนเซลล์

5. สรุปผลการวิจัย

การศึกษากระบวนการแยกก๊าซด้วยไฟฟ้า (Electrolysis Process) จากการศึกษาค้นคว้าทดลองจนได้ทำการทดลองพบว่า มีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้กระบวนการแยกก๊าซหรือก๊าซที่ได้ ไม่ได้เป็นไปอย่างที่คาดหวังไว้บนเบื้องต้น ดังนี้

- วัสดุที่นำมาทำขั้ว Electrode เดิมทีการผลิตหรือการแยกก๊าซวัสดุที่นิยมใช้กัน คือ Platinum ซึ่งมีราคาแพงมาก แต่การทดลองในครั้งนี้ได้เปรียบเทียบวัสดุหลายชนิด จนสรุปได้ว่า Titanium มีความสามารถในการใช้งานได้จริง ประสิทธิภาพอาจดีไม่เท่า Platinum แต่ก็สามารถใช้งานได้ในระดับที่น่าพอใจ และสามารถหาค่าจุดคุ้มทุนได้
- รูปแบบของขั้ว Electrode จากเดิมที่นิยมใช้กันในแบบแผ่นเรียบเรียงซ้อนกัน ก็สามารถใส่ในรูปแบบอื่นๆ ในการทำขั้ว Electrode แล้วใช้งานได้จริง ในการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า การเพิ่มพื้นที่ผิวด้วยการใช้แผ่นตะแกรงมีผลต่อปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Cattelan and Wallace, 1994 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic Converter) Hydrogen Energy Volume 29, Issue 14, November 2004, Pages 1527-1539

[2] Hoekstra R. L., Collier, K and Mulligan N., Demonstration of Hydrogen Mixed Gas Vehicles, Proceedings, 10th World Hydrogen Energy Conference, Cocoa Beach, Vol.3, 1994

ทำการศึกษาปริมาณสารมลพิษและช่วงการขยายตัวของ Lean Limit เมื่อใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริม

[3] Bell and Gupta, 1997 J. Eng. Gas Turbines Power January 2000 Volume 122, Issue 1, 135 (6 pages) doi:10.1115/1.483191

ศึกษาอิทธิพลของการใช้ก๊าซไฮโดรเจนต่อประสิทธิภาพและปริมาณสารมลพิษของเครื่องยนต์และปริมาณสารมลพิษ

[4] (Larsen and Wallace, 1997) ทำการศึกษาผลกระทบต่อนประสิทธิภาพและปริมาณสารมลพิษของเครื่องยนต์จากการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริม