การแยกไฮโดรเจนด้วยวิธีอิเล็กโทรไลซิสแบบแยกเซล

Hydrogen Electrolizer by Using Separated Electrolyzed Cell Process

นฤดล คุ้มรักษา และ ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ถนนรังสิต-นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ : 0-2549-3571 E-mail: boonyang.p@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันทั่วโลกให้ความสนใจเป็นอย่างมากในการพัฒนาพลังงานในรูปแบบต่างๆเพื่อนำมาใช้แทนพลังงานจากฟอสซิลที่นับวันจะมีราคาแพงและเริ่มจะหมดไปจากโลกประเทศไทยได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอด ดังนั้นประเทศไทยจึงมีความจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานในประเทศให้มากขึ้น รวมทั้งเร่งรัดนโยบายการประหยัดพลังงานควบคู่กันไปด้วย จึงได้มีการวิจัยพัฒนาพลังงานจากไฮโดรเจนมาเป็นเชื้อเพลิงร่วมในรถยนต์รวมถึงการนำไฮโดรเจนในรูปแบบเซลล์เชื้อเพลิงเพื่อมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นพลังงานไฮโดรเจนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานได้ บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการแยกไฮโดรเจนออกจากน้ำด้วยวิธีอิเล็กโทรไลซิสแบบแยกเซลซึ่งพบว่าในการแยกเซลจะทำให้ได้ค่าไฮโดรเจนออกมาผสมกับออกซิเจนน้อยมากโดยก๊าซที่ออกมานั้นจะมีทั้งฝั่งออกซิเจนและฝั่งไฮโดรเจนแยกออกจากกัน และทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อสารละลายอิเล็กโทรไลต์และความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่พื้นผิวของขั้วไฟฟ้าเพื่อควบคุม แรงดัน กระแส และอุณหภูมิของสารละลาย เนื่องจากกระแสและอุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อการแยกไฮโดรเจนและออกซิเจน

คำสำคัญ: ไฮโดรเจน , อิเล็กโทรไลด์ซิส

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

บทความนี้ได้นำเสนอหลักการเบื้องต้นการแยกไฮโดรเจนออกจากน้ำด้วยวิธีอิเล็กโทรไลซิสแบบแยกเซล การออกแบบจะเน้นถึงคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของตัวนำ (อิเล็กโทรไลต์) และทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมี คือค่า pH ของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่พื้นผิวของขั้วไฟฟ้า โดยนำความรู้พื้นฐานทางด้านเคมีมาศึกษาร่วมกับทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า เพื่อควบคุม แรงดัน กระแส และอุณหภูมิของสารละลาย เนื่องจากกระแสและอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆในขณะเกิดปฏิกิริยาทางไฟฟ้า จึงทำให้อุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อการแยกไฮโดรเจนและออกซิเจน ดังนั้นจึงกำหนดคุณสมบัติของตัวนำและสารละลาย เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับแยกไฮโดรเจนออกจากน้ำด้วยวิธีอิเล็กโทรไลซิสแบบแยกเซล

2. ไฮโดรเจน

ไฮโดรเจน เป็นธาตุที่เบาที่สุดและเป็นองค์ประกอบของน้ำที่เป็นปัจจัยที่สาคัญมากที่สุดของสิ่งมีชีวิตบนโลก เป็นโมเลกุลมีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติ บรรยากาศในโลกมีก๊าซไฮโดรเจนประมาณ 0.1 ppm. มีความแข็งแรงในการยึดโมเลกุล เท่ากับ 436 kJ/mol (104 kcal/mol) ดังนั้น เมื่อต้องการให้โมเลกุลไฮโดรเจนทำปฏิกิริยา จึงต้องใช้พลังงานเพื่อทำลายความแข็งแรงในการยึดโมเลกุลดังกล่าว เช่น เพิ่มอุณหภูมิ ใช้สารเร่งปฏิกิริยา เป็นต้น ไฮโดรเจนอะตอมประกอบด้วยนิวเคลียส์ที่อยู่ตรงกลาง ภายในนิวเคลียส์ ประกอบด้วยโปรตอน และนิวตรอน และมีอิเล็กตรอนวิ่งรอบนอก เหมือนธาตุอื่นๆ 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

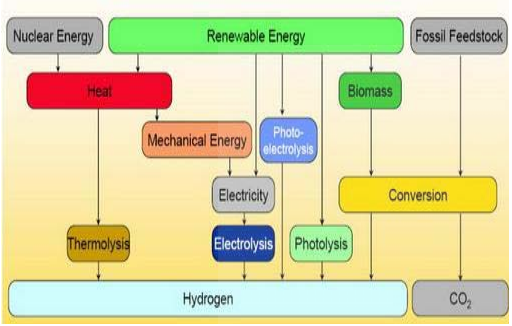
3. ตริเที่ยม (Tritium) มีจำนวนโปรตอน 3 โปรตอน จำนวน 1 นิวตรอน มีน้ำหนักอะตอม เท่ากับ 3.0161

2.1 การผลิตก๊าซไฮโดรเจน สามารถแบ่งได้ 3 เทคโนโลยีหลัก

Nuclear Energy เป็นการใช้พลังงานแสงเพื่อแยกน้ำเป็นไฮโดรเจนและออกซิเจน

Electrolysis Process เป็นการใช้ไฟฟ้าเพื่อแยกน้ำเป็นไฮโดรเจนและออกซิเจน โดยไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นจะไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ (Renewable Sources)

Thermal Process เป็นการใช้ความร้อนกับแหล่งพลังงาน เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ชีวมวล เชื้อเพลิงเหลว



รูปที่ 1 แสดง Hydrogen production pathway

2.2 การแยกไฮโดรเจนด้วยวิธี อิเล็กโทรไลซิส (Electrolysis)

คือกระบวนการผ่านกระแสไฟฟ้ากระแสตรง จากภายนอกเข้าไปในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี ตัวอย่างเช่น อิเล็กโตรลิซึม และการชุบ (ขบวนการที่ผ่านกระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี)

2.2.1 เครื่องมือที่ใช้แยกสารละลายด้วยไฟฟ้า

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

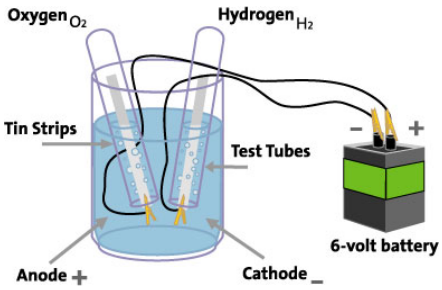
ขั้วไฟฟ้า (Electrode) คือแผ่นตัวนำที่จุ่มในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แล้วต่อกับเซลล์ไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่ แบ่งเป็นแอโนด และ แคโทด

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ เพราะมี Iron (+) + Iron(-)

Iron (+) วิ่งไปรับอิเล็กตรอนที่ขั้วลบ เกิดปฏิกิริยารีดักชัน จึงเรียกขั้วลบว่า แคโทด และเรียกไอออนบวกว่าแคตไอออน(cathion)

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

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



รูปที่ 2 การทดลองแยกโมเลกุลน้ำด้วยไฟฟ้า

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

2.2.2 คุณสมบัติของก๊าซไฮโดรเจน

1. ไม่มีสีและกลิ่น
2. มีอุณหภูมิจุดระเบิดสูงกว่าน้ำมันที่ 570 องศาเซลเซียส
3. เป็นก๊าซที่มีน้ำหนักเบาที่สุด
4. มีจุดเดือดต่ำมากที่ -253 องศาเซลเซียส
5. ติดไฟง่าย
6. ไม่เกิดประกายไฟขณะที่มีการเผาไหม้
7. มีการเผาไหม้ที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ออกไซด์ในขณะที่มีการสันดาป กล่าวคือ ในกระบวนการเผาไหม้ระหว่างก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน จะได้พลังงาน และน้ำออกมาเท่านั้น

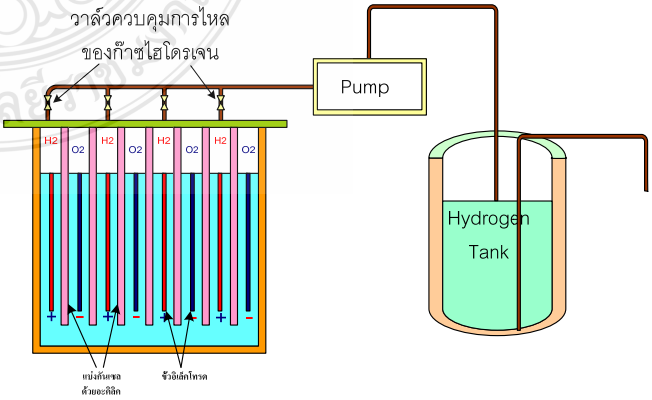
2.3 สารละลายอิเล็กโทรไลต์

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

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

3. การออกแบบเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน

ในการออกแบบโครงสร้างเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนออกจากน้ำนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำให้มีความคงทน แข็งแรง สามารถทนต่อปฏิกิริยาที่จะเกิดภายในถังนั้นได้ดังนั้นแผ่นอะคิลิคส่วนใหญ่ควรเป็นแบบหนา 10 mm ดังรูปที่ 3 การออกแบบจะคำนึงถึงต้นทุนการผลิต วัสดุที่นำมาใช้งานและจุดคุ้มทุนของการลงทุน



รูปที่ 3 แสดงโครงสร้างเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน

Go Back

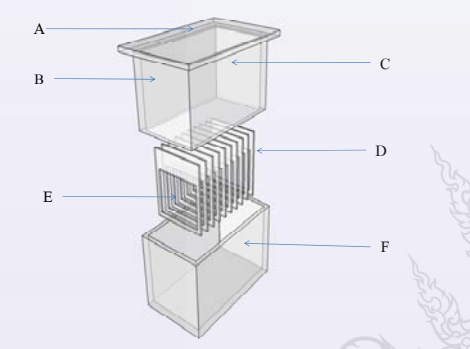
การทดสอบ

เพื่อหาว่าวัสดุชนิดใดจะมีความเหมาะสมในการที่จะนำมาทำเป็นขั้ว Electrode ที่ดีใช้งานได้ตามความต้องการและเหมาะสม มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาชนิดของวัสดุที่จะนำมาทำการทดลองตามลำดับ ดังนี้

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

การคัดเลือกวัสดุเพื่อสร้างอิเล็คโทรดในที่นี้ได้ทำการคัดเลือกวัสดุมา 4 ชนิด ซึ่งจะมีเหตุผลเบื้องต้นในการเลือกต่างกันดังนี้

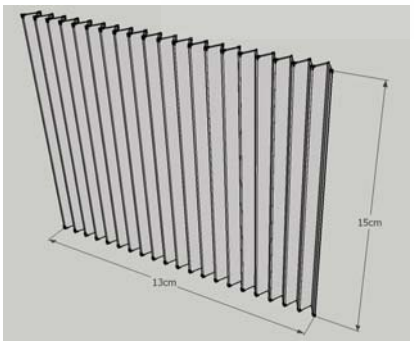
- **วัสดุ Aluminium 5083**
- **วัสดุ Stainless 304**
- **วัสดุ Stainless 316-L**
- **วัสดุ Titanium**



รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างภายในเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน

อุปกรณ์และขั้นตอนการทำเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน

A ⟶ แผ่นอะคิลิคหนา 10 mm ขนาด 19×30 cm² จำนวน 1 แผ่น
B ⟶ แผ่นอะคิลิคหนา 10 mm ขนาด 15×15 cm² จำนวน 2 แผ่น
C ⟶ แผ่นอะคิลิคหนา 10 mm ขนาด 15×26.5 cm² จำนวน 2 แผ่น
D ⟶ แผ่นอะคิลิคหนา 2 mm ขนาด 13×15 cm² จำนวน 2 แผ่น
E ⟶ นำฟองน้ำหนา 0.5 cm และแผ่นสแตนเลสปิดทับเพื่อแยกเซล
F ⟶ ถังขนาดกว้าง 17.5 cm ยาว 28.5 cm สูง 18 cm



รูปที่ 5 แสดงการออกแบบตัวนำไฟฟ้า

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

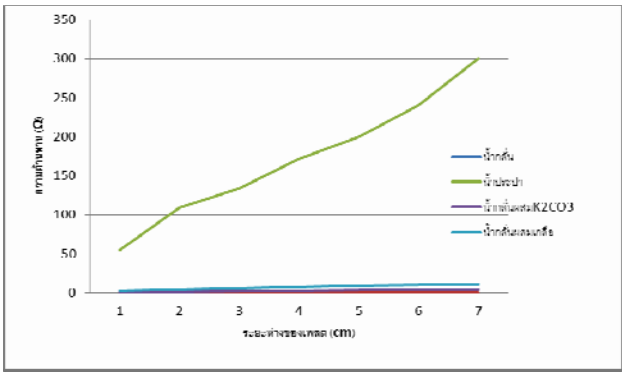
ภาพที่ 6 แสดงเครื่องมือทดลอง

4. ผลการทดลอง

จากการทดสอบที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 6,9,12 โวลท์ การนำไฟฟ้าของสารละลายแต่ละชนิด ความต้านทานจะไม่เท่ากันถ้าแรงดันไฟฟ้ามากค่าความต้านทานจะลดลง และถ้าอิเล็คโทรดมีพื้นที่หน้าตัดมากจะทำให้นำกระแสไฟฟ้านั้นสะดวกมากขึ้น

ตารางที่ 1 การทดสอบสารละลายอิเล็กโทรไลต์

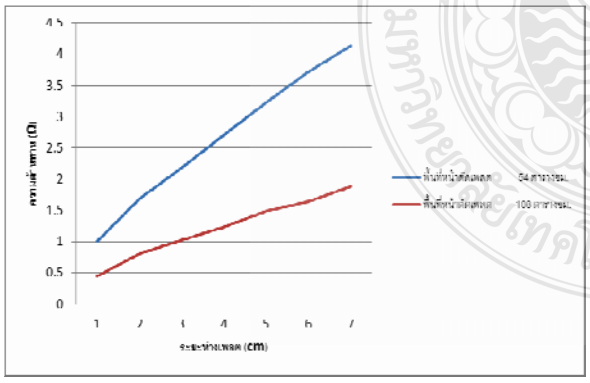
ระยะห่างเพลต (cm)	น้ำกลั่น		น้ำประปา		น้ำกลั่นผสม (K_2CO_3) 2 ช้อนโต๊ะ		น้ำกลั่นผสม เกลือ 2 ช้อนโต๊ะ	
	กระแส(A)	ค.ต.ท (Ω)	กระแส (A)	ค.ต.ท (Ω)	กระแส (A)	ค.ต.ท (Ω)	กระแส(A)	ค.ต.ท (Ω)
1	0	∞	0.22	54.54	12	1	5.2	2.3
2	0	∞	0.11	109.09	7.13	1.68	2.77	4.33
3	0	∞	0.09	133.33	5.49	2.18	2.01	5.97
4	0	∞	0.07	171.42	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	10.08
7	0	∞	0.04	300	2.9	4.13	1.06	11.32



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายอิเล็คโทรไลต์และระยะห่างขั้วอิเล็คโทรด

ตารางที่ 2 การเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของขั้วอิเล็คโทรดเพื่อทดสอบการนำไฟฟ้าและกระแส

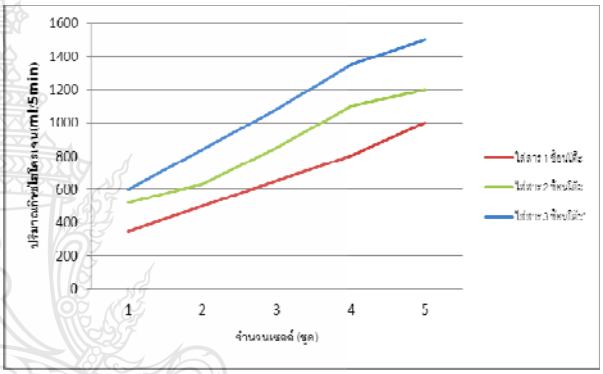
ระยะห่างเพลต (cm)	พื้นที่หน้าตัดเพลต 54 cm^2		พื้นที่หน้าตัดเพลต 108 cm^2	
	กระแส (A)	ค.ต.ท (Ω)	กระแส (A)	ค.ต.ท (Ω)
1	12	1	26.4	0.45
2	7.13	1.68	14.85	0.8
3	5.49	2.18	11.6	1.03
4	4.44	2.7	9.71	1.23
5	3.71	3.23	8.01	1.49
6	3.23	3.71	7.28	1.64
7	2.9	4.13	6.36	1.88



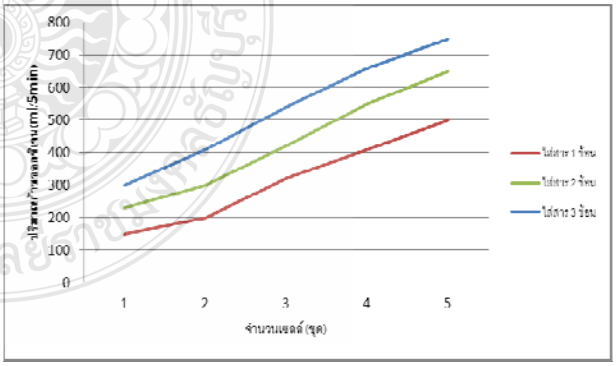
รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารละลายอิเล็คโทรไลต์และขั้วอิเล็คโทรดที่ขนาดต่างกันในระยะต่างๆ

ตารางที่ 3 การทดสอบสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในความข้นที่ต่างกัน

ระยะห่างเพลต (cm)	โพแทสเซียมคาร์บอเนต 2 ช้อนโต๊ะ		โพแทสเซียมคาร์บอเนต 4 ช้อนโต๊ะ	
	กระแส (A)	ค.ต.ท (Ω)	กระแส (A)	ค.ต.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



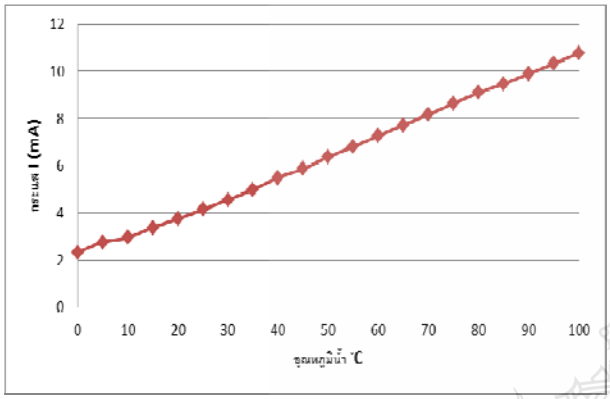
รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดกับจำนวนเซลล์



รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซออกซิเจนที่เกิดกับจำนวนเซลล์

ตารางที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและการนำไฟฟ้าของสารละลาย

อุณหภูมิน้ำ ๐C	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
การนำไฟฟ้า I (mA)	2.76	2.96	3.38	3.75	4.14	4.56	4.99	5.5	5.87	6.38
อุณหภูมิน้ำ ๐C	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
การนำไฟฟ้า I (mA)	6.81	7.27	7.72	8.18	8.65	9.1	9.48	9.9	10.33	10.78



รูปที่ 11 กราฟแสดงเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและการนำไฟฟ้าของสารละลาย

5. สรุปผลการวิจัย

การศึกษากระบวนการแยกก๊าซด้วยไฟฟ้า (Electrolysis Process) จากการศึกษาค้นคว้าตลอดจนได้ทาการทดลองพบว่า มีปัจจัยหลายอย่างที่ทาให้กระบวนการแยกก๊าซหรือก๊าซที่ได้ ไม่ได้เป็นไปอย่างที่คาดหวังไว้ในเบื้องต้น ดังนี้

1. วัสดุที่นำมาทาขั้ว Electrode เดิมทีการผลิตหรือการแยกก๊าซวัสดุที่นิยมใช้กัน คือ Platinum ซึ่งมีราคาแพงมาก แต่การทดลองในครั้งนี้ได้เปรียบเทียบวัสดุหลายชนิด จนสรุปได้ว่า Titanium มีความสามารถในการใช้งานได้จริง ประสิทธิภาพอาจดีไม่เท่า Platinum แต่ก็สามารถใช้งานได้ในระดับที่น่าพอใจ และสามารถหาค่าจุดคุ้มทุนได้

2. รูปแบบของขั้ว Electrode จากเดิมที่นิยมใช้กันในแบบแผ่นเรียบเรียงซ้อนกัน ก็สามารถใช้ในรูปแบบอื่นๆ ในการทาขั้ว Electrode แล้วใช้งานได้จริง ในการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า การเพิ่มพื้นที่ผิวด้วยการใช้แผ่นตะแกรงมีผลต่อปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Cattelan and Wallace, 1994 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารมลพิษและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ติดตั้งแคทาลิติกคอนเวอเตอร์ (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) ทำการศึกษาผลกระทบต่อประสิทธิภาพและปริมาณสารมลพิษของเครื่องยนต์จากการใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงเสริม

นายนฤดล คุ้มรักษา
วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี