

การศึกษาระบบชุดแยกก๊าซไฮโดรเจนด้วยกระแสไฟฟ้าแบบแยกเซลล์

Study of the Hydrogen Gas Separation Set by Using Separated Electrolyzed Cell Process

¹ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์ ²ภาณุพงศ์ ธรรมโชติ

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

²คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹pramote_suk@rtaf.mi.th, ²panupong.th@chula.ac.th

Received : June 1, 2020

Revised : July 9, 2020

Accepted : July 10, 2020

บทคัดย่อ

โลกกำลังเผชิญกับปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษมากขึ้นเป็นเพราะการบริโภคพลังงานอย่างฟุ่มเฟือยตลอดจนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมากที่เกิดขึ้นได้ส่งผลให้ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานทดแทนเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยได้ศึกษาการแยกก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า พบว่าเมื่อเพิ่มความต่างศักย์ในวงจรไฟฟ้า สารละลายอิเล็กโทรไลต์จะมีความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย โดยได้กระแสไฟฟ้าสูงสุด 12 แอมแปร์ และเมื่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้นมากขึ้น อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนก็มากขึ้นด้วย พบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลาย 0.75 โมเลต ให้อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนสูงสุด 721 ซีซีต่อนาที และศึกษาจำนวนเซลล์ไฟฟ้าที่ใช้ในการแยกก๊าซผลที่ได้คือ การเพิ่มจำนวนแผ่นเซลล์ส่งผลให้แนวโน้มการเกิดก๊าซไฮโดรเจนมีมากขึ้นไปด้วย

คำสำคัญ : เชื้อเพลิงฟอสซิล, พลังงานทดแทน, ก๊าซไฮโดรเจน

Abstract

The world is facing more toxic environmental problems because of the extravagant energy consumption as well as the large amount of carbon dioxide that results in global warming. The research team has therefore studied the use of renewable energy to reduce the use of fossil fuels. By studying the separation of hydrogen gas from water using electricity, found that when increasing the voltage in the electric circuit, the electrolyte solution also has increased conductivity with maximum electric current of 12 amperes. When the sodium hydroxide solution was more concentrated, the rate of hydrogen gas also increased, found that the 0.75 molality of sodium hydroxide solution gave the highest hydrogen gas rate of 721 cc per minute. And studying the number of electrolytes used in gas separation, found that the increase in the number of cells resulting in an increased trend of hydrogen gas.

Keywords: fossil fuels, renewable energy, hydrogen gas

1. บทนำ

ปัจจุบันโลกกำลังพบกับปัญหาสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดมาจากการใช้พลังงานฟอสซิลอย่างฟุ่มเฟือยโดยไม่มีการควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ภาวะโลกร้อน ปรากฏการณ์เรือนกระจก ปัญหาฝุ่น PM2.5 การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศในปริมาณมากซึ่งมาจากการเผาไหม้เครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันปิโตรเลียมเป็นเชื้อเพลิง และประกอบกับราคาน้ำมันปิโตรเลียมมีราคาที่สูงขึ้นในทุก ๆ ปี หลาย ๆ ประเทศได้มีแนวทางในการแก้ปัญหาโดยการลดการใช้ น้ำมันปิโตรเลียม เช่น การรณรงค์ให้ประชาชนใช้รถไฟฟ้าในการคมนาคมมากขึ้น การผลิตรถยนต์ส่วนบุคคลแบบไฟฟ้า และหาแหล่งพลังงานอื่นมาใช้ทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์, พลังงานลม มาผลิตกระแสไฟฟ้า

ก๊าซไฮโดรเจนเป็นพลังงานทางเลือกที่กำลังได้รับความสนใจ เพราะให้พลังงานสูง เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสะอาด เพราะผลผลิตที่ได้จากกระบวนการเผาไหม้คือ ให้น้ำ ปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน รวมทั้งการเปลี่ยนก๊าซไฮโดรเจนไปเป็นพลังงานรูปอื่นเพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในด้านต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร การกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม เซลล์เชื้อเพลิง กระบวนการทางเคมี กรรมวิธีการผลิตโลหะ แก๊สสังเคราะห์ และด้านการบินและอวกาศ [1], [2] ด้วยเหตุผลดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตก๊าซไฮโดรเจน และการนำก๊าซไฮโดรเจนที่ได้ไปใช้เป็นพลังงานทางเลือกต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำด้วยวิธีอิเล็กโทรลิซิสแบบแยกเซลล์ และการประยุกต์ใช้

2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจนโดยการแยกไฮโดรเจนจากน้ำด้วยวิธีอิเล็กโทรลิซิส

3. ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตก๊าซไฮโดรเจนของเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจนโดยกระแสไฟฟ้าแบบแยกเซลล์ แบบ 4 เซลล์ (ขั้วไฟฟ้า 8 แผ่น), 5 เซลล์ (ขั้วไฟฟ้า 10 แผ่น) และ 6 เซลล์ (ขั้วไฟฟ้า 12 แผ่น) โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์

3.1 วัดค่าความนำไฟฟ้าของสารอิเล็กโทรไลต์ที่ค่าความต่างศักย์ 6, 8 และ 10 โวลต์ ในเซลล์แยกก๊าซแบบ 6 เซลล์ที่ค่าความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์คงที่

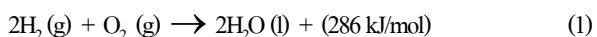
3.2 วัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้ที่ความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ 0.25, 0.50 และ 0.75 โมเลต ในจำนวน 4, 5 และ 6 เซลล์ ที่ค่าความต่างศักย์คงที่

4. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

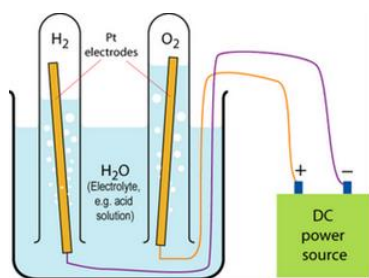
4.1.1 ไฮโดรเจน (H) เป็นธาตุลำดับที่หนึ่งในตารางธาตุ มีมวลอะตอมเท่ากับ 1 เป็นธาตุที่มีมวลน้อยที่สุด และเป็นองค์ประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ติดไฟได้ง่าย เป็นอโลหะ ส่วนใหญ่อยู่รวมกันสองอะตอมในรูปโมเลกุลของก๊าซไฮโดรเจน (H_2) มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 2 ในชั้นบรรยากาศของโลกนั้นมีก๊าซไฮโดรเจนเป็นส่วนประกอบประมาณ 0.01 ppm มีความแข็งแรงของพันธะเคมี ($H-H$) 436 kJ/mol ดังนั้นเมื่อต้องการสลายโมเลกุลของก๊าซไฮโดรเจนจึงต้องใช้พลังงานเพื่อทำลายพันธะดังกล่าว เช่น การเพิ่มอุณหภูมิ หรือใช้สารเร่งปฏิกิริยา

ก๊าซไฮโดรเจนถือได้ว่าเป็นพลังงานทางเลือกที่ดีประเภทหนึ่งเพราะเป็นพลังงานงานที่สะอาด มีความไวไฟสูงเมื่อเผาไหม้กับก๊าซออกซิเจนจะได้พลังงาน 286 kJ/mol โดยมีผลพลอยได้เพียงไอน้ำเท่านั้นดังสมการที่ (1) ซึ่งแตกต่างจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่จะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาซึ่งก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก และภาวะโลกร้อน [3]



กระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนนั้นสามารถผลิตได้หลายวิธี [4] เช่น การแปรรูปถ่านหินให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊ส (Coal gasification) การหมักหมักจุลชีพ (Fermentative) การใช้ปฏิกิริยาความร้อนเคมี (Thermo chemical) การรีฟอร์มมิงด้วยไอน้ำ (Steam reforming) การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า (Electrolysis of water) การใช้ความร้อน (Thermal process) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะกล่าวโดยละเอียดในวิธีการแยกด้วยกระแสไฟฟ้าเท่านั้น

4.1.2 การผลิตก๊าซไฮโดรเจน ด้วยกระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า (Electrolysis of water) เป็นกระบวนการผ่านกระแสไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในสารละลายอิเล็กโทรไลต์แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาแตกตัวเป็นไอออนบวก และลบได้ โดยจะต้องมีองค์ประกอบ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การแยกก๊าซไฮโดรเจนด้วยไฟฟ้า

- แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง
- สารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือสารละลายที่แตกตัวให้ไอออนบวก และไอออนลบได้เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไป จะต้องเป็นสารประกอบโคเวเลนต์เท่านั้น

- ขั้วไฟฟ้า (Electrode) คือ แผ่นโลหะที่กับแหล่งจ่ายไฟฟ้า และจุ่มกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แบ่งเป็นขั้วแอโนด (ขั้วบวก) และขั้วแคโทด (ขั้วลบ)

ซึ่งหลังจากเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ จะได้ก๊าซไฮโดรเจนที่ขั้วบวก และก๊าซออกซิเจนที่ขั้วลบ โดยอัตราส่วน

ของก๊าซไฮโดรเจนต่อก๊าซออกซิเจนเป็น 2 : 1 โดยปริมาตร และ 1 : 8 โดยมวล

4.1.3 ความเข้มข้นของสารละลายเป็นค่าที่บอกให้ทราบว่าในสารละลายหนึ่ง ๆ หรือในตัวทำละลายหนึ่ง ๆ มีปริมาณตัวละลายจำนวนเท่าใด และการบอกความเข้มข้นของสารละลายสามารถบอกได้หลายวิธี เช่น ร้อยละโดยมวล ร้อยละโดยปริมาตร ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร ส่วนในล้านส่วน (ppm) ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) โมลาริตี โมลาลิตี และ เศษส่วนโมล ในงานวิจัยนี้จะเกี่ยวข้องกับหน่วยโมลาลิตีเท่านั้น

โมลต่อกิโลกรัม หรือ โมลาลิตี (mol/kg or molality) หน่วยนี้อาจเรียกว่า โมเลล (Molal) ใช้สัญลักษณ์ “m” เป็นหน่วยบอกความเข้มข้นที่บอกให้ทราบว่าในตัวทำละลาย 1 kg มีตัวละลายละลายอยู่ที่โมล เช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.50 m หมายความว่า มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.50 โมล ละลายอยู่ในน้ำ 1 kg ซึ่งในการเตรียมสารละลายในหน่วยความเข้มข้นนั้นจำเป็นต้องเข้าใจการวัดปริมาณสารในหน่วยโมลก่อน ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (2)

$$n = \frac{N}{6.02 \times 10^{23}} = \frac{m}{M} = \frac{V}{22.4} \quad (2)$$

เมื่อ n คือ จำนวนโมล

N คือ จำนวนอะตอมหรือจำนวนโมเลกุล

m คือ มวล (kg)

M คือ มวลอะตอมหรือมวลโมเลกุล

V คือ ปริมาตรของก๊าซที่ STP (ลิตร)

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นทั่วโลกซึ่งเกิดมาจากการใช้เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลในปริมาณที่มาก ส่งผลให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซพิษจำนวนมากในชั้นบรรยากาศ ประกอบกับการกำลังการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมของโลกได้ลดลง ส่งผลให้ราคาน้ำมันปิโตรเลียมสูงขึ้น จึงได้มีนักวิจัยได้ศึกษา

พลังงานทางเลือกเพื่อทดแทนพลังงานจากปิโตรเลียม Quakemaat [5] ได้เสนอแนวคิดที่ว่าพลังงานทดแทนที่คิดจะต้องผลิตได้ง่าย มีค่าใช้จ่ายในการผลิตไม่สูง ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และได้เริ่มศึกษาพลังงานจากก๊าซไฮโดรเจน ปี ค.ศ. 2000 ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ทำการตรวจสอบคุณภาพอากาศในเมืองนิวยอร์ก พบว่าคุณภาพอากาศต่ำมาก ประกอบไปด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซพิษต่างๆ จำนวนมาก Maclean and Lave [6] จึงได้นำก๊าซไฮโดรเจนไปใช้ในใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซินพบว่าเมื่อมีเพียงไอน้ำที่เกิดขึ้นเท่านั้น ไม่มีก๊าซพิษ จึงได้มีผู้สนใจศึกษาก๊าซไฮโดรเจนมากยิ่งขึ้น

หลังจากนั้น ได้มีนักวิจัยได้พยายามศึกษากระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนในวิธีต่างๆ ที่ให้ได้ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนมาก โดยใช้ค่าใช้จ่ายน้อย ได้มีผู้นำสารชีวภาพมาใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน เช่น บิวทานอล [7], [8] ทำการผลิตก๊าซไฮโดรเจนโดยวิธีการรีฟอร์มมิงด้วยไอน้ำ บิวทานอลบนตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด-อลูมิเนียม ผลที่ได้พบว่าเกิดก๊าซไฮโดรเจน 89% แต่ข้อเสียข้อวิธีนี้คือค่าใช้จ่ายสูง และเกิดความร้อนสูง สำหรับโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราชได้เริ่มมีศึกษาเกี่ยวกับพลังงานไฮโดรเจนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 [9] ได้ศึกษาการแยกก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำโดยใช้สารละลายละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.25 โมเลต กระแสไฟฟ้า 10 แอมแปร์ ความถี่ 1,500 เฮิร์ตซ์ ให้อัตราการการเกิดก๊าซไฮโดรเจน 402 ซีซีต่ออนาที หลังจากนั้น [10] ได้เปรียบเทียบชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ 3 ชนิด ประกอบด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมซัลเฟต ที่ความเข้มข้น 0.25 โมเลต พบว่าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนสูงสุด 368 ซีซีต่ออนาที พิชญา และคณะ [11] ได้เริ่มทำการศึกษาการผลิตก๊าซไฮโดรเจนแบบแยกเซลล์โดยใช้ป้อนน้ำเร่งปฏิกิริยา พบว่าประสิทธิภาพของการแยกก๊าซขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความเข้มข้นของสารละลาย ประสิทธิภาพของเครื่องป้อนน้ำ และกระแสไฟฟ้าที่ใช้

ในปัจจุบันพลังงานไฮโดรเจนถูกใช้อย่างแพร่หลายในประเทศที่พัฒนาแล้ว หรือประเทศที่มีความเจริญด้าน

อุตสาหกรรม เช่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ เยอรมัน ญี่ปุ่น ในประเทศไทยยังพบว่าก๊าซไฮโดรเจนนั้นน้อยมาก จะพบในบริษัททางด้านพลังงาน ห้องปฏิบัติการทดลองต่างๆ ยังอยู่ในกระบวนการวิจัยและพัฒนา อาจจะเป็นเพราะมีค่าใช้จ่ายที่สูงในการผลิต ในพบประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นการผลิตด้วยวิธีการแยกด้วยกระแสไฟฟ้า (Electrolysis) [12], [13] พบว่าความสามารถในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ พื้นที่ผิวสัมผัสของขั้วไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปในวงจร

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 ออกแบบและสร้างระบบเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจนจากน้ำ โดยศึกษาจากทฤษฎีการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า และนำองค์ความรู้ที่ได้มาออกแบบเซลล์เพื่อแยกก๊าซไฮโดรเจน ตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชุดเซลล์แยกก๊าซไฮโดรเจน

5.2 เปรียบเทียบความสามารถในการนำไฟฟ้าของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในชุดแยกก๊าซไฮโดรเจนแบบ 6 เซลล์ โดยต่อกับวงจรไฟฟ้าที่ค่าความต่างศักย์ 6, 8 และ 10 โวลต์ ตามลำดับ แล้วเปลี่ยนค่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ดังรูปที่ 3

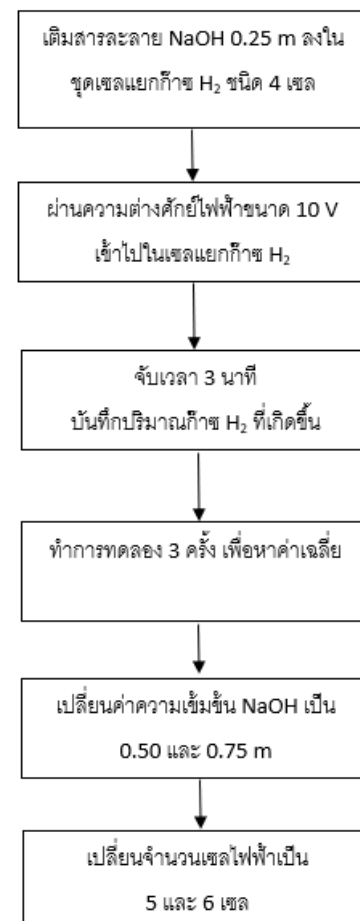


รูปที่ 3 ขั้นตอนการทดลองหัวข้อ 5.2

5.3 เปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนโดยใช้ค่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.25, 0.50 และ 0.75 โมเลกุล เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในชุดแยกก๊าซแบบ 4 เซลล์ หลังจากนั้นต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 2 เพื่อให้ระบบผลิตก๊าซไฮโดรเจนโดยจับเวลา 3 นาที ทั้งหมด 5 ครั้ง แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย เมื่อทำครบแล้วให้ทำการเพิ่มเซลล์ในชุดแยกก๊าซเป็น 5 และ 6 เซลล์ ตามลำดับ ดังรูปที่ 4 และ 5



รูปที่ 4 การต่อเซลล์เข้ากับวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 5 ขั้นตอนการทดลองหัวข้อ 5.3

6. ผลการวิจัย

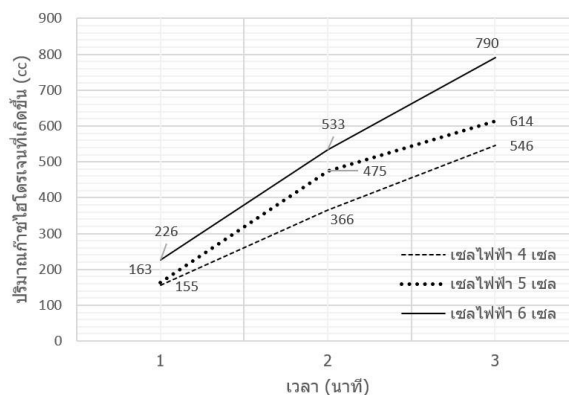
6.1 คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองหาค่าความสามารถในการนำไฟฟ้าของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในชุดแยกก๊าซไฮโดรเจนแบบ 6 เซลล์ โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.25, 0.50 และ 0.75 โมเลกุล โดยได้ผลที่ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบความนำไฟฟ้าของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

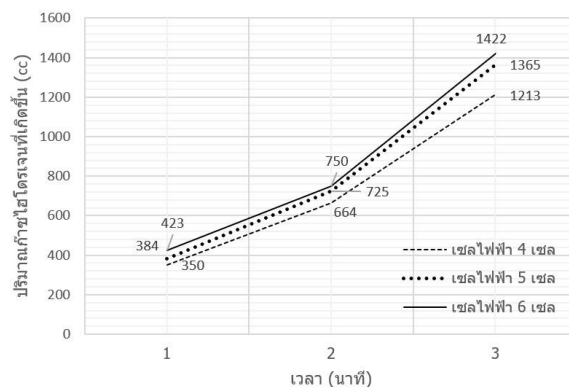
ความต่างศักย์ (V)	NaOH 0.25 m		NaOH 0.50 m		NaOH 0.75 m	
	I (A)	R (Ω)	I (A)	R (Ω)	I (A)	R (Ω)
6	2.9	2.06	6.2	0.97	7.5	0.80
8	3.7	2.20	7.4	1.08	10.6	0.75
10	5.5	1.82	7.6	1.32	12	0.83

จากการทดลองพบว่าค่าความนำไฟฟ้า (วัดจากกระแสไฟฟ้า) ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์พบว่ากระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ตามความเข้มข้นของสารละลายและเพิ่มขึ้นตามค่าความต่างศักย์ที่ต่อวงจรไฟฟ้าเข้าไปในชุดเครื่องแยกก๊าซไฮโดรเจน

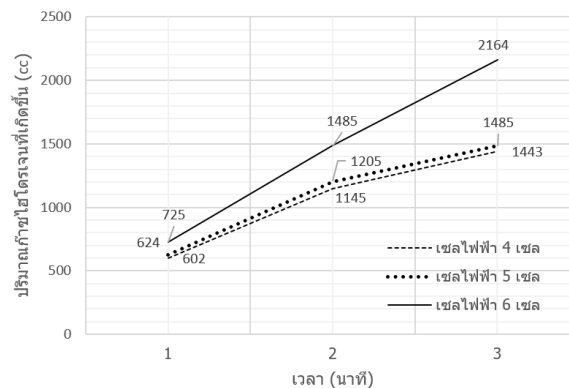
6.2 จากการทดลองหาค่าอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.25, 0.50 และ 0.75 โมเลกุล และใช้ขั้วจำนวนเซลล์ไฟฟ้า 4, 5 และ 6 เซลล์ ในการเปรียบเทียบจะพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มมากขึ้น อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนก็มากขึ้นด้วย และในขณะเดียวกันการเพิ่มขึ้นของจำนวนเซลล์ไฟฟ้าก็ส่งผลให้อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนมากขึ้นเช่นกัน ดังรูปที่ 6, 7 และ 8



รูปที่ 6 อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ NaOH 0.25 m



รูปที่ 7 อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ NaOH 0.50 m



รูปที่ 8 อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ NaOH 0.75 m

ตารางที่ 2 สรุปอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนเฉลี่ย (cc/min)

จำนวน เซลล์ ความเข้มข้น	4 เซลล์	5 เซลล์	6 เซลล์
0.25 m	182	205	263
0.50 m	404	455	474
0.75 m	481	495	721

7. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ระบบชุดแยกก๊าซไฮโดรเจนที่คณะผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตรงตามทฤษฎีการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มความต่างศักย์เข้าไปในวงจรไฟฟ้าจะทำให้ค่าความนำไฟฟ้าของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นด้วย โดยใช้สารละลายความเข้มข้น 0.75 โมเลกุลได้ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด 12 แอมแปร์ ที่ความต่างศักย์ 10 โวลต์

จากการเปรียบเทียบอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนได้ข้อสรุปว่าความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่สูงขึ้นส่งผลโดยตรงต่ออัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจน และเมื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ในชุดแยกก๊าซ แนวโน้มอัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนก็มีค่ามากขึ้นไปด้วย เนื่องจากการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างขั้วไฟฟ้ากับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ โดยได้อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนสูงสุด 721 ซีซีต่อนาทีในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.75 โมเลกุล, ชุดแยกก๊าซแบบ 6 เซลล์

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] อุณาโลม เวทย์วัฒนะ ฮาร์ทลี. (2556). ไฮโดรเจน-การผลิตและการประยุกต์ใช้. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 9(2): 116-126.
- [2] รัชนิกร วันจันทร์. (2554). ก๊าซไฮโดรเจน : ความคาดหวังเพื่อเป็นแหล่งพลังงานที่ยั่งยืน. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 16(1) : 131-140.
- [3] ศิขารักษ์ ประเสริฐศรี และคณะ. (2554). รายงาน

โครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบชุดแยกก๊าซออกไซด์ไฮโดรเจนเพื่อใช้เป็นพลังงานในเครื่องยนต์. สาขาวิศวกรรมเครื่องกล โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช.

- [4] Bent, S. (2008). **Renewable Energy Conversion, transmission and storage**. San Diego, United States: Elsevier Science Publishing Co. Inc.
- [5] Quakernaat, J. (1995). From hydrogen economy to hydrogen civilization. *International Journal of Hydrogen Energy*, 20: 485-492.
- [6] Maclean, H.L., & Lave, L.B. (2003). Evaluating automobile fuel/propulsion system technologies. *Progress in Energy and Combustion Science*, 29: 1-69.
- [7] Bimbela, F., Oliva, M., Garcia, L., & Arauzo, J. (2009). Catalytic steam reforming of model compounds of biomass pyrolysis liquids in fixed bed: acetol and n-butanol. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 85: 204-213.
- [8] Nahar, G.A., & Madhani, S.S. (2010). Thermodynamics of hydrogen production by the steam reforming of butanol: Analysis of inorganic gases and light hydrocarbons. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35: 98-109.
- [9] สุรัตน์ จอประเสริฐกุล. รูปกรณ์ เสือทรงศีล และพริษฐ์ ชาญวิวัฒน์. (2553). รายงานโครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาการใช้พลังงานทดแทนในเครื่องยนต์เบนซิน. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอุตสาหกรรม กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศ
- [10] ศิขารักษ์ ประเสริฐศรี. ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์ และรุ่งยศ ศกักร. (2554). รายงานโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดแยกก๊าซไฮโดรเจนเพื่อเป็นพลังงานทดแทน

ในรถยนต์. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล กองวิชา
วิศวกรรมเครื่องกลและอุตสาหกรรม กองการศึกษา
โรงเรียนนายเรืออากาศ

- [11] พิชาญ พิชัยณรงค์ และคณะ. (2556). การพัฒนาระบบ
ชุดแยกก๊าซออกซิไฮโดรเจนเพื่อใช้เป็นพลังงาน
ทดแทน ในรถยนต์เบนซิน 4 จังหวะ .
วารสารวิชาการ โรงเรียนนายเรือพระจุลจอมเกล้า, 11
: 51-57

- [12] Zeng, K., & Zhang, D. (2010). Recent progress in
alkaline electrolysis for hydrogen production and
applications. *Progress in Energy and Combustion
Science*, 36: 307-326.

- [13] ไพรทูล ไชยวงศา และคณะ. (2560). การเปรียบเทียบ
พารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเกิดก๊าซไฮโดรเจนที่
ใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมสำหรับรถยนต์แก๊สโซลีน.
SAU Journal of Science & Technology, 3(2): 30-40.