

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแก๊สไฮโดรเจนโดยใช้ระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์

Factors Affecting Hydrogen Production Using Solar Photovoltaic - Thermal Hybrid System

อศกฤตา โลหพรหม¹, ชนิดา ป้อมเสน¹, สุระศักดิ์ ศรีปาน¹ และ บุญย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว^{2*}¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2 ถนนนางลิ้นจี่ เขตสาทร แขวงทุ่งมหาเมฆ กรุงเทพฯ 10120

² ห้องปฏิบัติการการเผาไหม้และพลังงานแสงอาทิตย์ (CASE Lab.) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ตำบลคลองหก อำเภोधัญบุรี ปทุมธานี 12110

*ติดต่อ: boonrit.p@en.rmutt.ac.th, 02-5493564

บทคัดย่อ

ปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหาที่สำคัญที่มนุษย์สร้างขึ้น เป็นต้นเหตุของปัญหาอื่นๆ และกำลังส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลกอย่างรุนแรง ทำให้หลายประเทศทั่วโลกให้ความสำคัญและส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาทางด้านพลังงานทดแทนมากขึ้น ซึ่งการพัฒนาพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนจำเป็นต้องพิจารณาแหล่งพลังงานหมุนเวียนร่วมกับระบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ไฮโดรเจนถือได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีปริมาณมากที่สุดบนโลก สะอาด มีค่าความร้อนสูง ที่ใช้ได้ทั้งในระบบการเผาไหม้และเซลล์เชื้อเพลิง หากระบบที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงานที่มีการบริหารจัดการอย่างถูกต้องเหมาะสมจะไม่มีมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม บทความนี้เป็นนำเสนอการศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮโดรเจนด้วยกระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 75 ตารางเมตร ทำงานร่วมกับแผงผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งป้อนพลังงานไฟฟ้าและความร้อนให้กับกระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า จากผลการศึกษาพบว่าระบบผลิตแก๊สไฮโดรเจนต้นแบบนั้นจะมีสมรรถนะสูงสุด เมื่อระยะห่างของแผ่นอิเล็กโทรด 3 cm และใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัม (12% โดยปริมาตร) เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ โดยสารละลายอิเล็กโทรไลต์ควรมีอุณหภูมิประมาณ 50 °C

คำหลัก: การผลิตแก๊สไฮโดรเจน; เซลล์แสงอาทิตย์; การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า; แผงน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์.

Abstract

The problems concerning energy and environment are attributed to human made issues. These issues cause many other problems and substantially affect on all lives on the earth. Therefore, almost all countries around the world have encouraged and promoted more researches and developments about the alternative energy. For sustainable alternative energy development, the renewable energy equipped with environmental friendly systems should be focused on. Hydrogen, the biggest energy source on the earth, clean and high energy content; can be utilized via both combustion and fuel-cell systems. With appropriate processing schemes, the utilization of hydrogen will not release any pollution to the environment. This paper presents an experimental study on the efficiency of

hydrogen production using electrolysis process. The 75-m² solar cells equipped with solar water heating system was set-up for supplying electrical and heat energies to the electrolysis process. The experimental results show that the proposed system will outperform when the electrode gap should be set at 3 cm, sodium hydroxide with 12% concentration by volume yielded the best performance and the electrolyte temperature should be set at about 50 °C.

Keywords: Hydrogen production; Solar cell; Electrolysis; Photovoltaic thermal collectors.

1. บทนำ

ปัจจุบันโลกประสบปัญหาวิกฤตการณ์ขาดแคลนพลังงาน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก การขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่ง ภาคการท่องเที่ยวและบริการ ซึ่งส่งผลต่ออัตราการใช้พลังงานที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก เกิดเป็นวิกฤตการณ์ด้านพลังงานที่มีความรุนแรงมาก ทำให้สถานการณ์ราคาน้ำมันดิบสูงขึ้น และเนื่องจากน้ำมันเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้แล้วหมดไป ไม่สามารถสร้างขึ้นทดแทนได้ การประหยัดพลังงานควบคู่กับการหาแหล่งพลังงานใหม่จึงกลายเป็นนโยบายเร่งด่วนของหลายประเทศ เช่นเดียวกันการคิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเปลี่ยนพลังงานหมุนเวียนตามธรรมชาติให้เป็นพลังงานในรูปที่สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ เพื่อเป็นการแก้ปัญหาและพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืน

การใช้พลังงานของประเทศไทยมีการนำเข้าเชื้อเพลิงด้านพลังงานจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า รัฐต้องสูญเสียงบประมาณเป็นจำนวนมาก การใช้พลังงานดังกล่าวยังก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทำให้เกิดปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจก ส่งผลให้เกิดสภาวะโลกร้อนมีผลกระทบไปทั่วโลก ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นในการจัดหาแหล่งพลังงานที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานหมุนเวียนในประเทศ เพื่อที่จะใช้พลังงานทดแทนเป็นพลังงานหลักของประเทศแทนการนำเข้าน้ำมัน

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น จึงทำให้นำมาสู่การศึกษาค้นคว้าและวิจัย พลังงานที่หมุนเวียนตามธรรมชาติ ให้กลายเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นๆที่มาใช้แทนพลังงานสิ้นเปลืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการหาเชื้อเพลิงที่จะมาทดแทนเชื้อเพลิงปิโตรเลียม ซึ่งแก๊สไฮโดรเจนถือว่าเป็นพลังงานที่หมุนเวียนตามธรรมชาติ ซึ่งคาดว่าจะใช้เป็นแหล่งของพลังงานเชื้อเพลิงที่สำคัญมากในอนาคต โดยแก๊สไฮโดรเจนให้ค่าพลังงานเชื้อเพลิงที่สูง การเผาไหม้ไม่ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก ไม่ก่อให้เกิดกลุ่มควันฝุ่นละออง และยังสามารถประยุกต์ใช้กับงานที่ใช้พลังงานดั้งเดิมได้ [1-5]

จากการทบทวนวรรณกรรมกระบวนการผลิตแก๊สไฮโดรเจนที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง คือการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า (Electrolysis) [6-14] จะเห็นได้ว่าเกือบทั้งหมดเป็นการศึกษาโดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีไฟฟ้ากระแสสลับส่งมาจากโรงงานไฟฟ้า ซึ่งกระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ทำให้ต้องเพิ่มชุดตัวเรียงกระแส (Rectifier) ให้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพและต้นทุนของระบบโดยรวม จึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าหาแหล่งพลังงานทดแทนที่จะผลิตไฟฟ้าเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของการใช้พลังงาน และเป็นพลังงานสะอาดไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษในขณะใช้งาน คือพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใหญ่ที่สุด และสามารถใช้ได้ถาวร

ประเทศไทยถือเป็นประเทศที่มีศักยภาพด้านพลังงานแสงอาทิตย์สูง เนื่องจากตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 5-21 องศาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 97-106

องศาตะวันออก ซึ่งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร มีความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วประเทศ พบว่ามีค่าเท่ากับ $18 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ ทำให้มีปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ยที่ได้รับในแต่ละวันประมาณ 1 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร นานเป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง ดังนั้นประเทศไทยจะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ย 4-5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์สารกึ่งตัวนำสามารถเปลี่ยนพลังงานที่ได้จากแสงอาทิตย์ไปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ โดยกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์นั้นคือไฟฟ้ากระแสตรง ในปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานเท่ากับ 15% ถ้าเซลล์แสงอาทิตย์มีพื้นที่ในการรับแสง 1 ตารางเมตร สามารถให้กำลังไฟฟ้าได้ 150 วัตต์ หรือเฉลี่ยประมาณ 600-750 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปจะมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า 20 ปี [15-16]

จากการศึกษาบทความวิจัยเกี่ยวกับระบบผลิตแก๊สไฮโดรเจนโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ [17-19] พบว่าสภาวะอากาศ สิ่งแวดล้อม และอุณหภูมิ นั้นมีปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าในระบบ ซึ่งบทความนี้ได้นำเสนอการศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับสมรรถนะของระบบผลิตแก๊สไฮโดรเจนด้วยวิธีแยกน้ำด้วยไฟฟ้า โดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นการทดสอบภายใต้สภาวะอากาศของประเทศไทย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ซิลิคอนแบบผลึกหลากหลาย (Polycrystalline Silicon) ทำงานร่วมกับแผงน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประกอบเป็นชุดเดียวกัน ใช้น้ำเป็นสารตัวกลาง มีพื้นที่รับแสงรวม 100 ตารางเมตร โดยศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปร ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแก๊สไฮโดรเจน

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้ระบบผลิตแก๊สไฮโดรเจนด้วยกระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าแบบหลายเซลล์โดยใช้ระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์ ในการออกแบบถังปฏิกรณ์ต้นแบบสำหรับแยกแก๊สไฮโดรเจนนั้นจำเป็นต้องทำให้อย่างยิ่งที่จะต้องทำให้มีความคงทนแข็งแรง และสามารถทนต่อปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในถังปฏิกรณ์นั้นได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบโดยผนังของถังปฏิกรณ์ใช้แผ่นอะคริลิกใสหนา 10 mm เพื่อดูปฏิกิริยาและฟองอากาศที่เกิดขึ้น โดยมีขนาดความกว้างเท่ากับ 43 cm ความยาวเท่ากับ 52 cm และความสูงเท่ากับ 40 cm และระหว่างเซลล์ใช้แผ่นอะคริลิกที่มีความหนา 10 mm มากั้นไว้ระหว่างขั้วบวกและขั้วลบออกจากกันจำนวน 3 เซลล์ (ดังรูปที่ 1)



รูปที่ 1 โครงสร้างของถังปฏิกรณ์ต้นแบบ

การเลือกวัสดุที่นำมาทำขั้วอิเล็กโทรดนั้นจะต้องคำนึงถึงราคา ค่าการนำไฟฟ้า การทนต่อการกัดกร่อนของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และความแข็งแรงของวัสดุเป็นหลัก จึงได้เลือกใช้แผ่นสแตนเลส 304 หนา 2 mm ซึ่งในการทดลองครั้งนี้กำหนดให้ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดทั้งสองแผ่นมีค่าเท่ากับ 3, 5, 7 และ 10 เซนติเมตร (ดังรูปที่ 2)



รูปที่ 2 ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด

อุปกรณ์แยกแก๊สไฮโดรเจนที่ผลิตขึ้นเชื่อมต่อกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำงานร่วมกับแผงน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะได้ความร้อนจากกระบวนการผลิตด้วย จึงนำเอาความร้อนในระบบมาใช้ประโยชน์ให้สูงสุดโดยการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในถังปฏิกรณ์ต้นแบบ ซึ่งในการเลือกท่อที่จะมาทำชุดท่อน้ำร้อนเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์นั้น ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติในการนำความร้อน (Thermal conductivity) และจุดหลอมเหลว (Melting point) ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางความร้อนอีกอย่างหนึ่ง โดยอุณหภูมินี้คืออุณหภูมิที่วัสดุจะเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลวจากที่กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นเหตุผลที่เลือกใช้ท่อทองแดงแบบ K (Type K) มาใช้ในการทดลองเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนจากน้ำที่ได้จากแผงน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์กับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่อยู่ในถังปฏิกรณ์สำหรับผลิตแก๊สไฮโดรเจนด้วยกระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลายเซลล์ (ดังรูปที่ 3)



รูปที่ 3 ท่อทองแดงที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนภายในปฏิกรณ์ผลิตแก๊สไฮโดรเจน

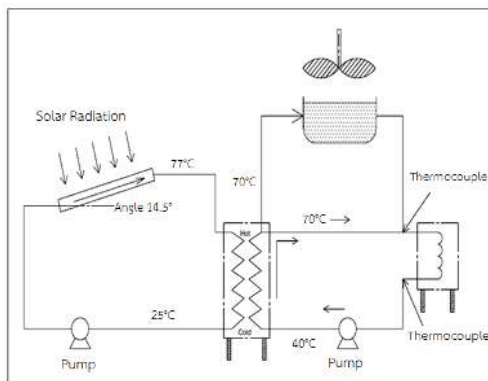
กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษาผลิตจากเซลล์แสงอาทิตย์ซิลิกอนแบบผลึกหลายหลายที่ทำงานร่วมกับแผงน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรียบที่ถูกประกอบเป็นชุดเดียวกัน มีพื้นที่รับแสงรวม 100 ตารางเมตร โดยที่แผงทุกแผงมีฝาปิดกระจก และทุกแผงหันหน้าไปทางทิศใต้ (ดังรูปที่ 4)



รูปที่ 4 ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบการทดลอง (ดังรูปที่ 5) ประกอบด้วยระบบผลิตไฟฟ้า ที่มีแผงผลิตไฟฟ้าต่อแบบอนุกรม พื้นที่รับแสงรวม 100 ตารางเมตร และระบบผลิตน้ำร้อนที่มีการไหลวนแบบบังคับ (Force Circulation) น้ำร้อนที่ผลิตได้จะถูกเก็บไว้ในถังเก็บน้ำร้อนสแตนเลส (Storage tank) ขนาด 0.4 ลูกบาศก์เมตร (ดังรูปที่ 6) จากนั้นน้ำจะถูกปั๊มให้ไหลวนอยู่ในระบบโดยออกทางออกด้านบนของถังเก็บน้ำร้อนไปยังทางเข้าด้านล่างของแผงผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ และไหลกลับเข้าสู่ด้านบนของถังเก็บน้ำร้อน โดยที่อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำร้อนจะถูกควบคุมให้อุณหภูมิของน้ำที่ให้กับแผงผลิตน้ำร้อนคงที่โดยใช้ตัวควบคุมอุณหภูมิแบบดิจิทัล (Digital Temperature Controller) ซึ่งทำงานร่วมกับโซลินอยด์วาล์วเพื่อเปิดปิดน้ำประปาที่เข้าไปผสมกับน้ำร้อนในถังเก็บน้ำร้อนจนได้อุณหภูมิของน้ำในถังเก็บน้ำร้อนตามที่ต้องการ ซึ่งในถังเก็บน้ำร้อนจะมีท่อทองแดงต่ออยู่กับท่อทองแดงที่อยู่ในถังปฏิกรณ์ต้นแบบสำหรับแยกแก๊สไฮโดรเจน เพื่อนำน้ำร้อนที่ได้มาแลกเปลี่ยนความร้อนให้กับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยใช้

ปั๊มต่อเข้ากับท่อทองแดงเพื่อให้ น้ำ ได้หมุนเวียน
แลกเปลี่ยนความร้อนภายในถังเก็บน้ำร้อน



รูปที่ 5 แผนภาพระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงาน
แสงอาทิตย์



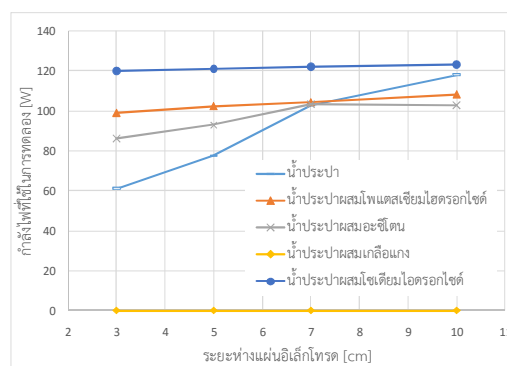
รูปที่ 6 ถังเก็บน้ำร้อนที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองที่น่าเสนอในบทความนี้ มีวัตถุประสงค์
เพื่อศึกษาหาสภาวะการทำงานที่ดีที่สุดสำหรับผลิตแก๊ส
ไฮโดรเจนให้ได้ประสิทธิภาพของระบบต้นแบบที่สร้างขึ้น
ช่วงเวลาในการทดลองคือเวลา 11.00 น. ถึง 14.00 น.
เพราะเป็นเวลาที่แสงอาทิตย์มีกำลังการผลิต
กระแสไฟฟ้าสูงสุด โดยศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ
ที่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตแก๊สไฮโดรเจนของระบบนี้
คือ ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด ชนิดของสาร
อิเล็กโทรไลต์ ความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์
และอุณหภูมิของน้ำในถังปฏิกรณ์ต้นแบบขณะเริ่มทำการ
ทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจน

3. ผลการศึกษา

3.1 อิทธิพลของระยะห่างแผ่นอิเล็กโทรด

ในการทดลองได้นำน้ำประปาเป็นตัวทำละลายและ
เลือกใช้สารอิเล็กโทรไลต์ 4 ชนิด คือ โพแทสเซียมไฮ-
ดรอกไซด์ อะซิโตน เกลือแกง และโซเดียมไฮดรอกไซด์
โดยทดสอบสารที่ละชนิด ปริมาณของสารอิเล็กโทรไลต์
เท่ากันคือ 100 กรัมมาละลายกับน้ำ และปรับระยะห่าง
ระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดตั้งแต่ 3, 5, 7 และ 10 เซนติเมตร
ตามลำดับ เพื่อหาระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับถังปฏิกรณ์
ต้นแบบสำหรับผลิตแก๊สไฮโดรเจน ส่วนปริมาณแก๊ส
ไฮโดรเจนที่ได้จากการทดลอง วัดโดยการจับเวลาให้แก๊ส
ไฮโดรเจนเข้าในถุงร้อนสำหรับบรรจุอาหารขนาด 4x7 นิ้ว
(450 cc)

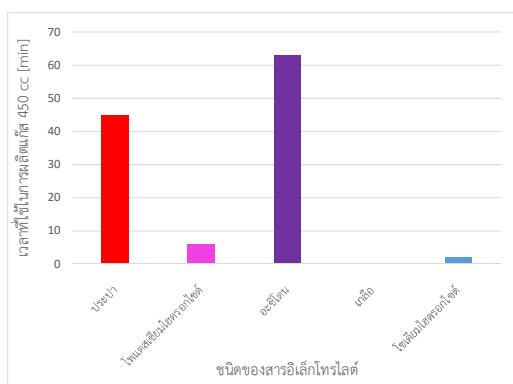


รูปที่ 7 กำลังไฟที่ป้อนให้กับระบบกับระยะห่างของ
แผ่นอิเล็กโทรดของสารละลาย

จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะห่างของแผ่น
อิเล็กโทรดมากขึ้น กำลังไฟฟ้าที่ใช้จะสูงขึ้นตาม
ซึ่งระยะห่างที่ดีที่สุดสำหรับทุกสารละลายอิเล็กโทรไลต์ใน
ถังปฏิกรณ์ต้นแบบ คือ 3 cm เพราะเป็นระยะห่างของ
แผ่นอิเล็กโทรดที่ใช้กำลังไฟในการผลิตแก๊สไฮโดรเจน
น้อยที่สุด จึงพิจารณาใช้ในการทดลองถัดไป ส่วน
น้ำประปาสมเกลือแกงไม่สามารถผลิตแก๊สไฮโดรเจนได้
นั้น เนื่องจากระหว่างทำการทดลองมีการเกิดตะกอนลอย
ขึ้นมาบนผิวหน้าเป็นจำนวนมาก จึงทำให้แก๊สไม่สามารถ
ลอยขึ้นมาเหนือผิวน้ำได้

3.2 อิทธิพลของชนิดสารอิเล็กทรอนิกส์

จากรูปที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนของสารละลายอิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่างๆ ที่ระยะห่างแผ่นอิเล็กโทรด 3 cm ทำการทดลองโดยจับเวลาการผลิตแก๊สไฮโดรเจนเข้าในถุงร้อนสำหรับบรรจุอาหาร ขนาด 4x7 นิ้ว (450 cc) จนเต็มถุง พบว่า สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ใช้เวลาในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนน้อยกว่าสารละลายชนิดอื่น ๆ จึงพิจารณาใช้สารละลาย 2 ชนิดนี้ในการทดลองต่อไป



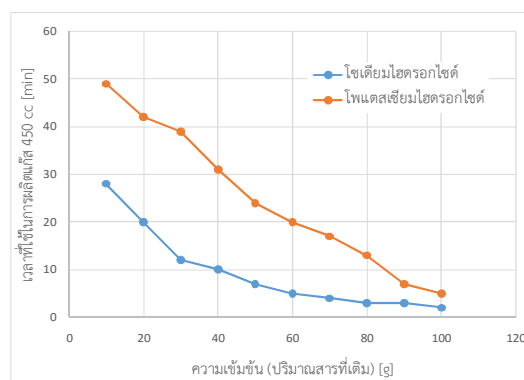
รูปที่ 8 เวลาที่ใช้ผลิตแก๊สไฮโดรเจนปริมาตร 450 cc ของสารละลายอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่ระยะห่าง 3 cm

3.3 อิทธิพลของความเข้มข้นสารอิเล็กทรอนิกส์

ในการทดลองอิทธิพลของความเข้มข้นของสารอิเล็กทรอนิกส์ โดยการเพิ่มปริมาณของสารอิเล็กทรอนิกส์ครั้งละ 10 กรัมจนถึง 100 กรัม ทำละลายกับน้ำประปา พบว่า สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราการเกิดปริมาณแก๊สไฮโดรเจนได้รวดเร็วกว่าสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ อีกทั้งโซเดียมไฮดรอกไซด์หาซื้อได้ตามท้องตลาด ราคาถูกกว่าโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยที่ความเข้มข้นของสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัม (12% โดยปริมาตร) ใช้เวลาในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนดีที่สุด จึงพิจารณาใช้ในการทดลองต่อไป

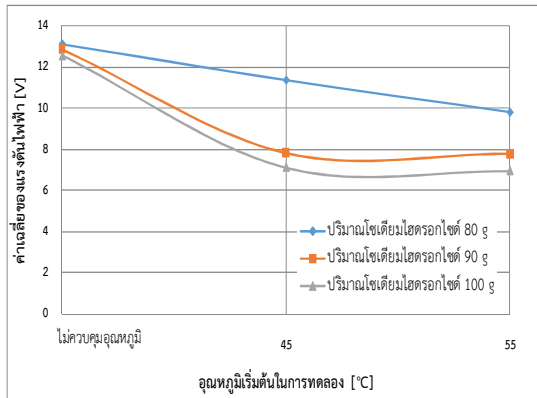
3.4 อิทธิพลของอุณหภูมิ

การทดลองความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณที่ต่างกัน คือ 80, 90 และ 100 กรัม ตามลำดับ ทำการทดลองสารละลายอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว โดยทดลองแบบที่ไม่ได้ใช้น้ำร้อนร่วม และแบบที่ใช้น้ำร้อนร่วมซึ่งกำหนดอุณหภูมิเริ่มต้นในการทดลองไว้ที่ 45°C และ 55°C โดยอ่านค่าจากดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ที่จุ่มลงในสารละลายอิเล็กทรอนิกส์

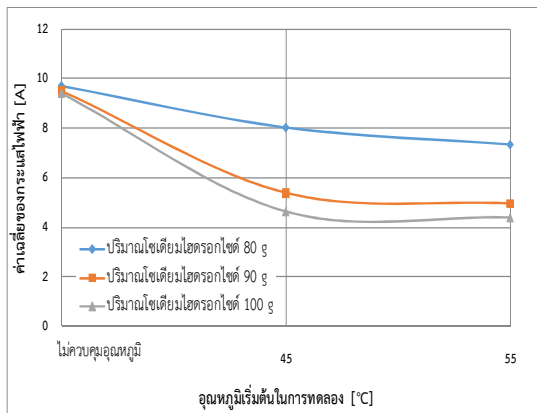


รูปที่ 9 ปริมาณของสารอิเล็กทรอนิกส์ กับเวลาที่ใช้ผลิตแก๊สไฮโดรเจนปริมาตร 450 cc

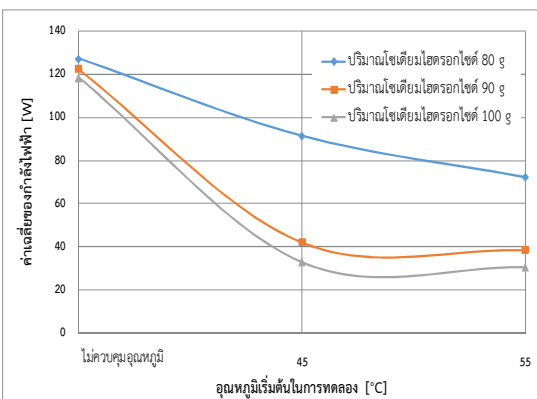
จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาณที่เท่ากัน ถ้าอุณหภูมิเริ่มต้นไม่ถูกควบคุมจะใช้กำลังไฟรวมเฉลี่ยมากกว่าการอุณหภูมิเริ่มต้นของสารละลายอิเล็กทรอนิกส์ในถึงปฏิกรณ์ต้นแบบที่ 45 °C และ 55 °C จะพบว่า ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า (V), ค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า (A) และค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองจะลดลงเรื่อยๆ (ดังรูปที่ 7, 8 และ 9) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเริ่มต้นของสารละลายอิเล็กทรอนิกส์ จึงเป็นข้อสรุปได้ว่า ถ้าเพิ่มอุณหภูมิเริ่มต้นในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนแล้ว กำลังไฟฟ้าที่ใช้จะน้อยกว่า ถ้าใช้แหล่งจ่ายไฟที่คงที่การทดลองที่อุณหภูมิที่สูงกว่าจะใช้เวลาในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนได้น้อยกว่า



รูปที่ 10 ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้า (V) กับอุณหภูมิเริ่มต้นในการทดลองของสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกัน



รูปที่ 11 ค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า (A) กับอุณหภูมิเริ่มต้นในการทดลองของสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกัน



รูปที่ 12 ค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้า (Watt) กับอุณหภูมิเริ่มต้นในการทดลองของสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกัน

4. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาและทดสอบพบว่า สารอิเล็กโทรไลต์ ความเข้มข้นของสารละลาย ระยะห่างระหว่างแผ่นอิเล็กโทรด และอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลเกี่ยวข้องกับการผลิตแก๊สไฮโดรเจนด้วยกันทั้งนั้น เมื่อเทียบจากปริมาณแก๊สที่ผลิตได้ใน 1 หน่วยเท่าๆ กัน การให้อุณหภูมิเริ่มต้นในการทดลองสูงขึ้นจะใช้เวลาในการผลิตน้อยกว่า ในงานวิจัยนี้สรุปได้ว่า ระบบผลิตไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทำงานร่วมกับถังปฏิกรณ์ต้นแบบในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนนั้นจะสามารถผลิตแก๊สไฮโดรเจนได้ดีที่สุดในสภาวะปัจจัยที่มีระยะห่างของแผ่นอิเล็กโทรด 3 cm และใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัม (12% โดยปริมาตร) เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ในถังปฏิกรณ์ต้นแบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮโดรเจนได้ แต่ระยะเวลาในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนเพื่อให้ได้ปริมาณที่เท่ากันจะนำมาเปรียบเทียบกันไม่ได้ เนื่องจากจะแปรผันตามปริมาณความเข้มข้นของแสงอาทิตย์ของช่วงเวลาที่ทำการทดลอง ถ้าควบคุมปริมาณไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้คงที่ได้ ก็จะทำให้เห็นว่าอุณหภูมิเริ่มต้นในการทดลองสูงกว่า จะใช้เวลาในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนได้น้อยกว่า แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงอุปกรณ์ในระบบแยกแก๊สไฮโดรเจนด้วย อุณหภูมิที่เหมาะสมไม่เกิน 50 °C เนื่องจากอุณหภูมิจะแปรผันตามกระแสไฟฟ้าที่ใช้ งาน ถ้าหากมีอย่างใดอย่างหนึ่งสูงขึ้นส่งผลให้อีกอย่างสูงขึ้นตามกันไป ความร้อนก็มีผลต่ออุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้โดยอีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทความขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตรมหาวิทยาลัทยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนอุปกรณ์เกี่ยวกับระบบไฟฟ้าและน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์ และขอขอบคุณคณะครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัทยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยและเผยแพร่บทความครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Tseng, J. Lee, P. Friley, (2005). A hydrogen economy: opportunities and challenges, *Energy*, 30, pp. 2703–2720.
- [2] N. Muradov, T. Veziroglu, (2008). “Green” path from fossil-based to hydrogen economy: an overview of carbon-neutral technologies, *Int J Hydrogen Energy*, 33, pp. 6804–6839.
- [3] M.Z. Jacobson, (2009). Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security, *Energy Environ Sci*, 2, p. 148.
- [4] T. Abbasi, S. a Abbasi, (2011). “Renewable” hydrogen: prospects and challenges, *Renew Sustain Energy Rev*, 15, pp. 3034–3040
- [5] Duu-Hwa Lee, Hung Ching-Pin, (2012). Toward a clean energy economy: With discussion on role of hydrogen sectors, *Int J Hydrogen Energy*, 37, pp. 15753–15765.
- [6] J.D. Holladay, J. Hu, D.L. King, Y. Wang, (2009). An overview of hydrogen production technologies *Catal Today*, 139, pp. 244–260.
- [7] A. Sharma, V.V. Tyagi, C.R. Chen, D. Buddhi, (2009). Review on thermal energy storage with phase change materials and applications, *Renew Sustain Energy Rev*, 13, pp. 318–345.
- [8] J.R. Bartels, M.B. Pate, N.K. Olson, (2010). An economic survey of hydrogen production from conventional and alternative energy sources, *Int J Hydrogen Energy*, 35, pp. 8371–8384.
- [9] S. Dutta, (2014). A review on production, storage of hydrogen and its utilization as an energy resource, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20, pp. 1148–1156.
- [10] C. Acar, I. Dincer, (2014). Comparative assessment of hydrogen production methods from renewable and non-renewable sources, *Int J Hydrogen Energy*, 39, pp. 1–12.
- [11] C. Acar, I. Dincer, (2014). Comparative assessment of hydrogen production methods from renewable and non-renewable sources, *Int J Hydrogen Energy*, 39, pp. 1–12.
- [12] O. Bicakova, P. Straka, (2012). Production of hydrogen from renewable resources and its effectiveness, *Int J Hydrogen Energy*, 37, pp. 11563–11578.
- [13] J.D. Holladay, J. Hu, D.L. King, Y. Wang, (2009). An overview of hydrogen production technologies, *Catal Today*, 139, pp. 244–260.
- [14] J. Bartels, M. Pate, N. Olson, (2010). An economic survey of hydrogen production from conventional and alternative energy sources, *Int J Hydrog Energy*, 35, pp. 8371–8384.
- [15] สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, (2552). โครงการปรับปรุงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย ปี 2552.
- [16] F.C. Krebs, (2009). Fabrication and processing of polymer solar cells: a review of printing and coating techniques, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, 93, pp. 394–412.
- [17] S. Koumi, D. Njomo, (2012). An overview of hydrogen gas production from solar energy, *Renew Sustain Energy Rev*, 16, pp. 6782–6792.
- [18] A. Yilanci, I. Dincer, H.K. Ozturk, (2009). A review on solar-hydrogen/fuel cell hybrid energy systems for stationary applications, *Prog Energy Combust Sci*, 35, pp. 231–244.
- [19] C. Huang, (2013). Solar hydrogen production via pulse electrolysis of aqueous ammonium sulfite solution, *Sol Energy*, 91, pp. 394–401.