Journal of Engineering and Technology
Vol.3 No. 2 July - December 2015

เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็ก

Small-Scale Plasma Arc Flow Gasifier

ตรีรัตน เมตต์การุณ์จิต
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถนนพัฒนาการ สวนหลวง กรุงเทพ 10250
triratana@tni.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการพัฒนาเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็ก ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และครัวเรือน วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงเป็นแท่งกราไฟต์ น้ำ และพลังงานไฟฟ้า งานวิจัยนี้จะให้เห็นถึงการออกแบบและกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ที่มีขนาดเล็ก รวมถึงการทดสอบผลิตก๊าซเชื้อเพลิง เพื่อหาค่าของ อัตราการไหลของน้ำ และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ที่เหมาะสม ทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะที่ดีที่สุด และวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้

คำสำคัญ: พลาสมาอาร์คโฟลว์, ก๊าซเชื้อเพลิง, แมกเนกุล

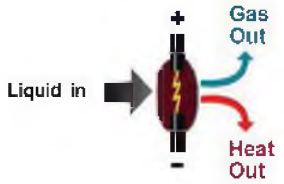
Abstract

This article objective is to introduce the development of small-scale plasma arc flow gasifier which is designed and invented for household and domestic industries. The gasifier materials consist of graphite, water and electric energy. This research shows the design and process of the small-scale plasma arc flow gasifier, as well as gasification to test water flow rate and electric power that is used in the plasma arc flow reaction for the best coefficient of performance and the chemical compositions of the produced fuel gas analysis.

Keywords: plasma arc flow, fuel gas, magnecule

1. คำนำ

ในปัจจุบันพลังงานที่สะสมอยู่ในธรรมชาติกำลังจะหมดไปไม่ว่าจะเป็นน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน โดยพลังงานในรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้คือก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas: LPG) ในประเทศไทยได้มาจาก 3 แหล่งก็คือ อ่าวไทย โรงกลั่นน้ำมัน และการนำเข้าจากต่างประเทศ ก๊าซ LPG ได้ถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในหลากหลายภาคส่วน เช่น ภาคครัวเรือน ภาคขนส่ง และภาคอุตสาหกรรม เป็นต้น ก๊าซ LPG เป็นที่นิยมใช้เพราะมีค่าความจุพลังงานที่สูง และสามารถกักเก็บไว้ในสถานะที่เป็นของเหลว ทำให้สะดวกในการขนส่งและใช้งานได้นานต่อหน่วยปริมาตรความจุ อย่างไรก็ตามราคาขาย LPG ที่มีแนวโน้มปรับราคาสูงขึ้นทุกปี ก็ทำให้ผู้บริโภคประสบปัญหา ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็กที่สามารถนำไป



รูปที่ 1 หลักการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์

ผลิตก๊าซเชื้อเพลิง ณ บริเวณที่ใช้งานได้ เพื่อเป็นพลังงานทางเลือกให้กับ อุตสาหกรรมขนาดเล็กและครัวเรือน การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ (Plasma Arc Flow) สะดวก เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้เป็น แท่งกราไฟต์ น้ำ และพลังงานไฟฟ้า เพียงแค่เสียบปลั๊กก็จะสามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงให้ใช้ได้ และมีต้นทุนการผลิตในราคาถูก

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ ถูกคิดค้นขึ้น ในปี ค.ศ.1999 โดยศาสตราจารย์ Ruggero Maria Santilli ประธานสถาบันงานวิจัยพื้นฐาน (Institute for Basic Research) มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด โดยวิธีของพลาสมาอาร์คโฟลว์นั้น ได้มาจากหลักการพื้นฐานของวิธีการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ ในขณะที่วิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ปรับปรุงวิธีการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำให้มีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซที่สูงขึ้น เพียงพอที่จะนำไปผลิตก๊าซในเชิงพาณิชย์ได้ ในปัจจุบันเครื่องผลิตก๊าซพลาสมาอาร์คโฟลว์ที่นำมาใช้งานจริงมีขนาดใหญ่ โดยใช้กำลังไฟฟ้าในผลิตมากกว่า 100 kW ก๊าซสังเคราะห์นี้มีชื่อเรียกในทางการค้าว่า แมกเนก๊าซ (Magnegas) โดยแมกเนก๊าซส่วนใหญ่นำไปใช้ในการทดแทนก๊าซอะเซติลีน ในอุตสาหกรรมการตัดเหล็ก

ในบทความนี้ส่วนแรกกล่าวถึง ปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์และการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance : COP) ส่วนถัดไปกล่าวถึงการออกแบบ เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงขนาดเล็กด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องผลิต และส่วนสุดท้ายเป็นการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิง

2. ปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

2.1 วิธีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์

การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ นั้นเป็นกระบวนการส่งผ่านของเหลวที่มีส่วนประกอบของน้ำ ลำเลียงเข้าไปยังบริเวณอาร์คไฟฟ้ากระแสตรง ที่ใช้แท่งกราไฟต์เป็นขั้วไฟฟ้าแอโนด และแคโทดดังรูปที่ 1 การอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำนั้นจะใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

23 – 35 โวลต์ ผ่านขั้วไฟฟ้ากราไฟต์ จะทำให้เกิดการเบรคดาวน์ระหว่างขั้วไฟฟ้าภายใต้ของเหลว โดยกระแสอิเล็กตรอนทำให้เกิดความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงถึง 1,000 C^o และอิเล็กตรอนจะชนเข้ากับขั้วไฟฟ้าแอโนด ทำให้ผิวแท่งคาร์บอนจะระเหิดเป็นไอ และถูกไอออไนซ์ (ionize) เกิดพลาสมาของอะตอม H O และ C ที่มีอุณหภูมิสูง ภายใต้สนามแม่เหล็กความเข้มสูงระหว่างขั้วไฟฟ้า กราไฟต์ทั้งสอง จะมีรังสีอัลตราไวโอเลตความเข้มสูงแผ่ออกมาด้วย เมื่อพลาสมาไหลผ่านออกไปจากบริเวณที่เกิดปฏิกิริยา พลาสมาจะเย็นตัวลงโดยถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำบริเวณรอบ ๆ ทำให้เกิดฟองก๊าซเชื้อเพลิงลอยขึ้นไปบริเวณผิวน้ำ ก๊าซที่ได้จะมีองค์ประกอบของ H_2 ประมาณ 50 % และ CO 50 %

ทั้งนี้ประสิทธิภาพของปฏิกิริยาพลาสมาอาร์โฟลว์ ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง จะขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัยหลักดังนี้ [1]

1) อัตราการเกิดปฏิกิริยา ที่แปรผันต่อ ความดันและอุณหภูมิ ในบริเวณที่เกิดปฏิกิริยา ถ้าความดันสูงขึ้นก็จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้นตามไปด้วย ถ้ามีอุณหภูมิในบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น ก็ทำให้อัตราการเกิดปฏิกริยาสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

2) ปริมาตรของขอบเขตที่เกิดปฏิกิริยา ที่แปรผันกับขนาดของพลาสมาอาร์ค และบริเวณที่ในส่วนที่มีความร้อนสูง ถ้ากำลังไฟฟ้าที่ใช้อาร์คสูงขึ้น ขนาดของพลาสมาอาร์คก็จะมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ ถ้าความต่างศักย์ ระหว่างแคโทด และแอโนด สูงขึ้น ก็จะทำให้ขนาดของพลาสมาอาร์คเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

3) ชนิดของเหลว อัตราการลำเลียงของเหลวเข้ามาในบริเวณ์อาร์ค และอัตราลำเลียงก๊าซ CO และ H_2 ออกไปจากบริเวณอาร์ค ที่สำพันธ์กับโครงสร้างทางเราขาคณิตของกราไฟต์และรูปแบบการลำเลียงของเหลว

2.2 สัมประสิทธิ์สมรรถนะของปฏิกิริยาพลาสมาอาร์โฟลว์ [1]

ในปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์นั้นใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับของเหลวที่มีส่วนประกอบของน้ำ และแท่งกราไฟต์ ทำให้เกิดก๊าซเชื้อเพลิง โดยมีความร้อนแผ่ออกมา จากหลักอนุรักษ์พลังงาน ประสิทธิภาพของปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ ในทางวิทยาศาสตร์ เขียนได้เป็น

$$\text{Scientific Efficiency} = \frac{\text{Total energy produced}}{\text{Total energy avaliable}} = \frac{E_{gas} + E_{heat}}{E_{electr} + E_{liq}} < 1 \quad (1)$$

โดย E_{gas} เป็นพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้ก๊าซสังเคราะห์ที่ผลิตได้ส่วน E_{heat} เป็นพลังงานความร้อนที่แผ่ออกมาระหว่างการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ E_{electr} เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไปสำหรับการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ และ E_{liq} เป็นพลังงานของเหลวที่ถูกลำเลียงเข้าไปยังบริเวณการอาร์ค รวมกับพลังงานของขั้วไฟฟ้ากราไฟต์ ทั้งนี้ประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ ในสมการที่ (1) มีค่าไม่มากกว่า 1 ตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์หาสมรรถนะของปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ ที่จะนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ จะไม่ใช้ประสิทธิภาพทางวิทยาศาสตร์ในสมการที่ (1) โดยตรง เนื่องจากของเหลวที่ใช้ในการลำเลียงสู่บริเวณอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำนั้น สามารถนำมาจาก น้ำในแหล่งต่างๆ น้ำเสีย และสารละลายน้ำมันที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม อีกทั้งต้นทุนสำหรับของเหลวและขั้วไฟฟ้ากราไฟต์มีราคาถูกมาก เมื่อเทียบกับต้นทุนของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้อาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ ดังนั้นการประเมินสมรรถนะของ ปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ เพื่อผลิตก๊าซสังเคราะห์ในเชิงพาณิชย์ ถูกกำหนดให้เป็น ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะที่เขียนได้ดังนี้

$$\text{Coefficient of Performance (COP)} = \frac{E_{gas} + E_{heat}}{E_{electr}} \quad (2)$$

ในกรณีที่ไม่รวมผลผลิตที่ได้จากความร้อนที่แผ่ออกมาระหว่างการอาร์คค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะจะเปลี่ยนไปเป็น COP = Egas / Eelectr

เราสามารถคำนวณหาขีดจำกัดบนของ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะได้ในทางทฤษฎี โดยยังไม่ได้รวมกลไกของปฏิกิริยาในส่วนของ อุณหพลศาสตร์ กลศาสตร์ของไหล และ จลพลศาสตร์เคมี ที่กำหนดให้ อุณหภูมิก่อนเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ T = 25 C^o ที่ความดัน P = 1 atm ในงานวิจัยนี้จะคำนวณเฉพาะกรณีที่ใช้น้ำเป็นของเหลวที่ส่งผ่านไปยังบริเวณอาร์ค

ปฏิกิริยาเคมีจากการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ ที่ลำเลียงน้ำส่งผ่านไปยังบริเวณการอาร์คไฟฟ้าระหว่างแท่งกราไฟต์ ทำให้เกิดก๊าซที่มีองค์ประกอบของ H_2 และ CO เป็นไปตามปฏิกิริยาดังนี้

$$C(solid) \rightarrow C(gas) \quad \Delta H = -171.7, \quad (3)$$

$$H_2O(liquid) \rightarrow H_2O(vapor) \quad \Delta H = -10.4, \quad (4)$$

$$H_2O(vaper) + C(gas) \rightarrow H_2(gas) + CO(gas) \quad \Delta H = +138.8, \quad (5)$$

ค่าพลังงานที่ใช้ในการคำนวณในหน่วย kcal/mol สมการที่ (5) ได้มาจากการคำนวณค่าพลังงานยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม ในตาราง 1 และจากสมการ (3) (4) และ (5) เราสามารถจัดสมดุลสมการเคมีได้เป็น

$$H_2O(liquid) + C(solid) \rightarrow H_2(gas) + CO(gas) \quad \Delta H = -49.3, \quad (6)$$

สมการที่ (6) เป็นปฏิกิริยาจากการอาร์คใต้น้ำทำให้ได้ก๊าซ H_2 และ CO เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน (Endothermic Reaction) 49.3 kcal/mole

ตารางที่ 1 ค่าพลังงานยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม (kcal/mol. T = 25 C^o)

Diatomic molecules		Diatomic molecules	
H-H	104.2	C=O	255.8
O=O	119.1	N≡N	192.0
Manyatomic molecules		Manyatomic molecules	
C-O	85.5	O-H	110.6
C=O in CO_2	192.0	O-O	35

ตารางที่ 2 การแปลงหน่วยพลังงานและปริมาตร

1 kcal	= 3.9685 BTU
1 kcal	= 1.1628×10^{-3} kW•h
1 BTU	= 0.25198 kcal
1 BTU	= 2.930×10^{-4} kW•h
1 kW•h	= 3413.0 BTU
1 kW•h	= 859.99 kcal
1 m^3	= 35.314 cf
1cf	= 28.317 liters

จากตารางที่ 2 ในกรณีที่ให้พลังงานเข้าไปในปฏิกิริยาเคมีตามสมการที่ (6) เท่ากับ 1 kW•h = 860 kcal สามารถผลิตไฮโดรเจนได้

$$H_2 \text{ (mole)} = 860 \text{ (kcal)} / 43.9 \text{ (kcal/mol)} = 19.6 \text{ moles} \quad (7)$$

ที่ความดัน 1 atm และอุณหภูมิ 25 C^o จะได้ไฮโดรเจนที่มีปริมาตรเท่ากับ

$$H_2 \text{ (Volume)} = 19.6 \text{ (mole)} \times 22.41 \text{ (liter/mole)} = 493.1 \text{ liter} \quad (8)$$

จากตารางที่ 2 1 cf = 28.317 liters ปริมาตรก๊าซไฮโดรเจนที่ได้เท่ากับ 493.3 / 28.317 = 15.5 cf ปริมาตรของก๊าซ CO ในสมการที่ 4 จะมีปริมาตรเท่ากับ 15.5 cf เช่นเดียวกับก๊าซไฮโดรเจน

ในการเผาไหม้ของก๊าซ H_2 และ CO นั้นเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction) ตามสมการดังนี้

$$CO + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2(gas) \quad \Delta H = +68.7, \quad (9)$$

$$H_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O(vapor) + 57.5, \; H_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2 + (liquid) + 67.9, \quad (10)$$

$$CO + H_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O(vaper) \quad \Delta H = +126.2, \quad (11)$$

$$CO + H_2 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O(liquid) \quad \Delta H = +136.6, \quad (12)$$

เราสามารถหาปริมาณความจุพลังงาน (energy content) หรือค่าความร้อนสุทธิ ของส่วนผสมก๊าซ H_2 + CO ในกรณีที่ส่วนผสมก๊าซ มีอัตราส่วน 50% + 50% ตามสมการ (12) จะคายพลังงานความร้อนออกมาเท่ากับ 136.6 / 2 = 68.3 kcal/mol = 271.2 BTU/mol = 342.8 BTU/cf

ปฏิกิริยาในสมการ (11) และ (12) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนที่มีไอน้ำ และน้ำ ออกมาตามลำดับ ในกรณีที่ใช้ก๊าซ H_2 และ CO ปริมาณ 19.6 โมล จากสมการ (11) ปฏิกิริยาการเผาไหม้ ที่ให้ไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์จะคายความร้อนออกมาเท่ากับ

$$\text{Exothermic heat (vapor)} = 19.6 \text{ (mole)} \times 126.2 = 2{,}473.5 \text{ kcal หรือ } 2.88 \text{ kW•h} \quad (13)$$

ในกรณีของการเผาไหม้ก๊าซสังเคราะห์ ที่ได้น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา จากสมการ (12) ปฏิกิริยาคายความร้อนออกมาเท่ากับ

$$\text{Exothermic heat (liquid)} = 19.6 \text{ (mole)} \times 136.6 = 2{,}677.4 \text{ kcal หรือ } 3.11 \text{ kW•h} \quad (14)$$

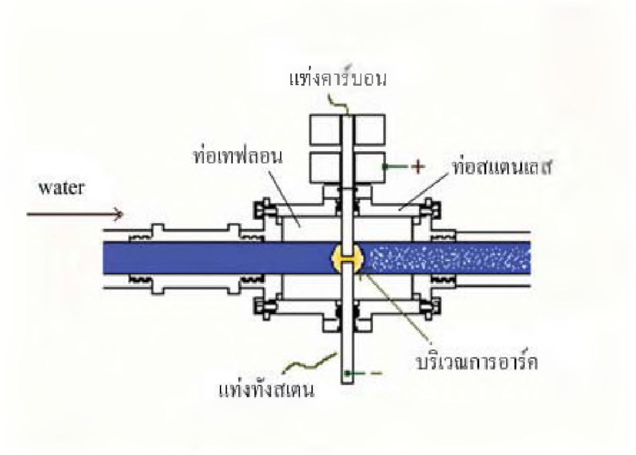
จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ก๊าซ H_2 และ CO ที่คายความร้อนออกมาในสมการ (13) และ (14) คือค่าความจุพลังงาน (Energy Content) ของก๊าซสังเคราะห์ ทั้งนี้การเผาไหม้ที่ได้น้ำ จะมีค่าความจุพลังงานมากกว่ากรณีที่ได้ไอน้ำ ดังนั้นเราสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะสูงสุดสำหรับปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ ที่เป็นไปได้ในทางทฤษฎี โดยใช้ปฏิกิริยาการเผาไหม้ก๊าซ H_2 และ CO อย่างละ 19.6 โมล ในกรณีที่ได้ไอน้ำ มีความร้อนออกมาในปริมาณ 2.88 kW•h และในกรณีที่ได้น้ำมีความร้อนออกมาปริมาณ 3.11 kW•h และทั้งสองกรณีนี้จะต้องใช้พลังงานจำนวน 1 kW•h ในการได้มาของ H_2 และ CO อย่างละ 19.6 โมล ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะสูงสุดในทางทฤษฎี ที่ไม่รวมผลผลิตที่เป็นพลังงานความร้อนที่ได้ E_{heat} ในกรณีที่เผาไหม้ก๊าซ H_2 และ CO ได้น้ำออกมา มีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}\text{Coefficient of Performance} &= E_{gas} / E_{electr} \\ &= E_{gas} / E_{endot} \\ &= 3.11 \text{ kW•h} / 1 \text{ kW•h} \\ &= 3.11 \end{aligned} \quad (15)$$

E_{endot} เป็นพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ไปในการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ เฉพาะส่วนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาในสมการที่ (6) ให้ได้ก๊าซ H_2 และ CO ทั้งนี้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปสำหรับอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ แบ่งออกเป็นสองส่วนคือพลังงานที่ใช้ไปการทำให้เกิดก๊าซเชื้อเพลิงและพลังงานความร้อนที่แผ่ออกมา E_{heat} สำหรับในกรณีที่รวม E_{heat} เข้าไปในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ สมการที่ (15) เปลี่ยนไปเป็น

$$\begin{aligned}\text{Coefficient of Performance} &= E_{gas} / E_{electr} \\ &= E_{gas} / (E_{endot} + E_{heat}) \\ &= 3.11 \cdot k \end{aligned} \quad (16)$$

ค่า k เป็นตัวแปรที่เปลี่ยนตามปริมาณความร้อนที่แผ่ออกมาจากการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำโดยที่ $k < 1$



รูปที่ 2 ตัวทำปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็ก

3. ปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

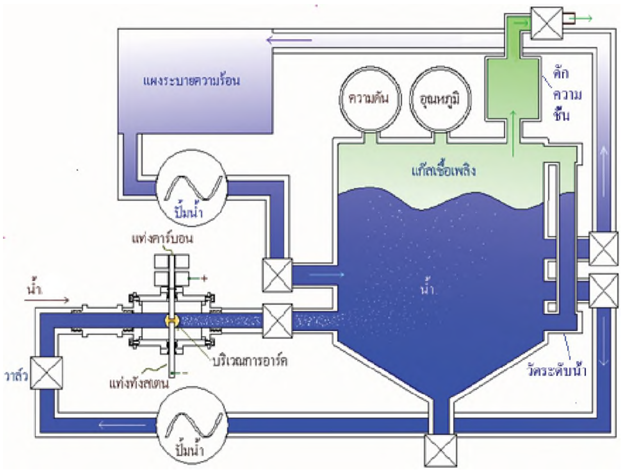
งานวิจัยนี้ได้ออกแบบเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ให้มีขนาดเล็ก ในขณะที่ยังได้ประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่ดีและมีปริมาณการผลิตที่เหมาะสม และใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกิน 3.5 kW

3.1 ตัวทำปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์

การออกแบบตัวทำปฏิกิริยพลาสมาอาร์คโฟลว์ให้มีขนาดเล็กนั้นจะคำนึงถึงความสะดวกในการป้อนแท่งกราไฟต์ได้อย่างต่อเนื่อง รวมถึงการซ่อมบำรุงตัวทำปฏิกิริยาอีกด้วย สำหรับตัวทำปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ที่มีขนาดเล็ก จะถูกจำกัดประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซเนื่องจากถูกจำกัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการอาร์คไฟฟ้า ที่แปรผันตรงกับประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง อย่างไรก็ตามเราจำเป็นต้องออกแบบตัวทำปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยให้ฟองก๊าซที่ได้จากบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาลดอุณหภูมิได้เร็วที่สุด

โครงสร้างของตัวทำปฏิกิริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ที่ออกแบบขึ้น อยู่ในรูปที่ 2 ที่ออกแบบให้การไหลของน้ำเป็นแบบเชิงเส้น เพื่อป้องกันไม่ให้ฟองก๊าซกลับเข้ามาที่บริเวณของการอาร์ค และลดความซับซ้อนในกระบวนการผลิต โดยควบคุมการเคลื่อนที่เฉพาะแท่งกราไฟต์ที่เป็นขั้วไฟฟ้าแอโนด ส่วนขั้วไฟฟ้าคาโทดใช้แท่งทังสเตนที่ติดตั้งอยู่กับที่เนื่องจากบริเวณปลายขั้วไฟฟ้าแอโนดจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าขั้วไฟฟ้าคาโทดมากขณะเกิดอาร์คไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าทั้งสองถูกำหนดให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 8 มิลลิเมตร ที่สำพันธ์กับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถใช้ในการอาร์คได้ถึง 3.5 kW ที่ได้มาจากการทดลองอาร์คไฟฟ้าในขณะที่มีของเหลวไหลผ่านบริเวณการอาร์ค

ขั้วไฟฟ้าคาโทดทังสเตนถูกยึดให้อยู่กับที่ ในขณะที่แท่งขั้วไฟฟ้ากราไฟต์แอโนดสามารถถูกป้อนเข้าในบริเวณอาร์คได้ ทั้งนี้ระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสองจะได้รับความต่างศักดิ์ 20 ถึง 27 โวลต์ และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้สูงสุด 130 แอมป์ จากอินเวอร์เตอร์ ทั้งนี้อุณหภูมิในบริเวณการอาร์คจะขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัยคือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการอาร์ค ความเร็วของเหลวที่ผ่านบริเวณการอาร์คและชนิดของเหลว ในกรณีนี้อุณหภูมิที่



รูปที่ 3 กระบวนการผลิตก๊าสเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็ก

ขั้วไฟฟ้าทังสเตนแคโทดขณะอาร์คไฟฟ้า ที่ใช้กำลังไฟฟ้า 3.5 kW และน้ำเป็นของเหลวมีค่าประมาณ 1,000 C^{o} ในขณะที่ขั้วไฟฟ้าคาโทดแท่งทังสเตนมีจุดหลอมเหลว 3,422 C^{o} จึงสามารถทนต่อความร้อนที่เกิดขึ้นในการอาร์คได้ จึงไม่จำเป็นต้องป้อนขั้วไฟฟ้าขั้วแคโทดเข้าไปเพื่ออาร์คไฟฟ้า ทำให้ความซับซ้อนในการควบคุมน้อยลง นอกจากนี้แท่งกราไฟต์แอโนดที่อยู่ภายนอกสามารถป้อนเข้าไปในตัวทำปฏิกิริยาได้ ทำให้สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้อย่างต่อเนื่อง

ตัวทำปฏิกิริยาในรูปที่ 2 ประกอบด้วยท่อสแตนเลสยาว 55 มิลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 31 มิลลิเมตร และภายนอก 40 มิลลิเมตร โดยภายในบรรจุท่อเทฟลอน เพื่อป้องกันการลัดวงจรระหว่างขั้วไฟฟ้าทังสอง ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 12 มิลลิเมตร และภายนอก 30 มิลลิเมตร โดยท่อเทฟลอนมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 372 C^{o} และมีคุณสมบัติที่มีผิวลื่นและมีความต้านทานไฟฟ้าสูง เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อเทฟลอนถูกกำหนดให้มีขนาด 1.5 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางแท่งคาร์บอน เพื่อที่ต้องการกำหนดขอบเขตของบริเวณการเกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสมและที่ด้านบนของท่อสแตนเลส มีอุปกรณ์ป้อนแท่งคาร์บอนใช้ดีซีมอเตอร์เป็นตัวส่งกำลังผ่านทางเกลียว ทำให้แท่งกราไฟต์สามารถเลื่อนขึ้นลงได้ โดยการทำปฏิกิริยาให้เกิดก๊าซเชื้อเพลิงนั้น น้ำจะถูกลำเลียงผ่านเข้าไปยังบริเวณการอาร์ค ระหว่างขั้วไฟฟ้ากราไฟต์แอโนดอยู่ที่ด้านบน และขั้วไฟฟ้าทังสเตนคาโทดที่อยู่ด้านล่าง โดยการควบคุมปฏิกิริยาการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำ จะใช้มอเตอร์ที่ต่อกับเฟืองขับให้ แท่งกราไฟต์ขึ้น-ลง ควบคุมให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

3.2 กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็ก

กระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ ขนาดเล็กที่ออกแบบและสร้างขึ้นอยู่ในรูปที่ 3 กระบวนการผลิตก๊าซเริ่มจากลำเลียงน้ำเข้าไปในถังเก็บน้ำแบบไม่เต็มถัง เพื่อเหลือปริมาตรให้กักเก็บก๊าซได้ จากนั้น เปิดปั๊มน้ำเพื่อลำเลียงน้ำจากถังเก็บผ่านเข้าไปยังตัวทำ

รูปที่ 4 เครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็ก ที่สร้างขึ้น

ปฏิกริยาพลาสมาอาร์โฟลว์ โดยน้ำจะถูกลำเลียงกลับเข้าไปในถังเก็บน้ำอีกครั้งหนึ่ง ถัดไปเปิดเครื่องอินเวอร์เตอร์ ส่งแรงดันไฟฟ้าให้กับขั้วไฟฟ้าในตัวทำปฏิกริยาพลาสมาอาร์โฟลว์ ทำให้มีการอาร์คไฟฟ้าใต้น้ำอย่างต่อเนื่องและเกิดฟองก๊าซเชื้อเพลิงที่มีอุณหภูมิสูง ด้วยแรงดันน้ำจะทำให้ฟองก๊าซไหลออกจากตัวทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วเข้าไปยังถังเก็บน้ำ ฟองก๊าซจะมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว และลอยขึ้นไปด้านบนของถังเก็บน้ำ เมื่อเซนเซอร์ตรวจพบว่าน้ำในถังเก็บมีอุณหภูมิสูงเกินกว่า 40 C^o ปั๊มน้ำระบายความร้อนจะลำเลียงน้ำในถังเก็บน้ำ ออกไปยังแผงระบายความร้อนเพื่อระบายความร้อน ให้กับน้ำในถังเก็บน้ำ และส่งกลับเข้ามายังถังเก็บน้ำอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้เมื่อความดันในถังเก็บน้ำเพิ่มสูงขึ้นถึง 7 bar วาล์วด้านบนถังเก็บน้ำจะถูกเปิดออก เพื่อให้ก๊าซเชื้อเพลิงถูกลำเลียงเข้าไปในถึงเก็บก๊าซเชื้อเพลิงภายนอก โดยเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็ก ที่สร้างขึ้นอยู่ในรูปที่ 4

4. การทดสอบเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

4.1 การทดสอบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงและหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะหรือ COP ของเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คขนาดเล็ก ตามสมการที่ (2) ทำได้โดยวัดปริมาตรของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้คำนวณเป็นค่าพลังงานจากเผาไหม้ก๊าซ หรือ E_{gas} รวมกับพลังงานความร้อน E_{heat} ที่แผ่ออกมาในปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ และหารด้วยพลังงานไฟฟ้า E_{electr} ที่ใช้ไปสำหรับตัวทำปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์และปั๊มน้ำ ในการทดสอบนี้กำหนดให้ความดันในระบบให้คงที่ที่ 7 bar ที่เป็นขีดจำกัดบนของความดันในตัวทำปฏิกริยาพลาสมาอาร์โฟลว์ และรักษาอุณหภูมิของน้ำในถังเก็บไว้ที่ 40 C^o เพื่อให้ฟองก๊าซเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ที่ไม่ต้องสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการลดอุณหภูมิมากเกินไป ในการทดลองจะปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำ ที่ส่งผ่านเข้าไปยังตัวทำปฏิกริยา ตั้งแต่ 3 ml/min ถึง 15 ml/min และปรับเปลี่ยนค่ากระแสไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในอาร์คไฟฟ้า อยู่ระหว่าง 50 ถึง 130 แอมป์ ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 23 – 27 โวลต์ ในการทดสอบในแต่ละค่าอัตราการไหลของน้ำและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ จะถูกทดสอบซ้ำเป็นจำนวน 30 ครั้ง เพื่อที่จะหาค่ากระแสไฟฟ้า และอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสม ที่ทำได้ปริมาตรก๊าซสูงสุด เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป จากผลการทดสอบได้ค่าที่ดีที่สุดคือ กระแสไฟฟ้า 70 แอมป์ และอัตราการไหลของน้ำที่ 12 ml/min เมื่อใช้พลังงานไฟฟ้าไป 1 kW•h ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้ 204.656 litter ที่ ความดัน 1 atm และอุณหภูมิ 25 C^o นอกจากนี้การอาร์คไฟฟ้าทำให้น้ำในระบบมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อวัดอุณหภูมิของน้ำและโครงสร้างของเครื่องผลิตคำนวนเป็นปริมาณความร้อนเท่ากับ 2,229 BTU ต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า 1 kW•h

ทั้งนี้ค่าความจุพลังงานของก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ถ้าคำนวนจากองค์ประกอบก๊าซเชื้อเพลิงที่ประกอบด้วย ก๊าซไฮโดรเจน 50 % และคาร์บอนมอนนอกไซด์ 50 % จะได้ค่าความจุความร้อนของก๊าซเชื้อเพลิงที่ 315 BTU/cf อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของก๊าซที่ผลิตได้จากวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ มีโครงสร้างไม่เหมือนโมเลกุลของก๊าซทั่วไป โดยอะตอมและโมเลกุลก๊าซถูกยึดเหนี่ยวไว้ในรูปแบบของ แมกนิคูลา (Magnecular) [2],[3] ที่อะตอมของ H C และ O จะถูกยึดไว้ด้วยแรงแม่เหล็ก เราจะเรียกโมเลกุลแบบใหม่นี้ว่าเรียกว่า แมกเนกุล (Magnecule) โดยน้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight) ของแมกเนกุลไฮโดรเจน จะมีค่าสูงกว่าน้ำหนักโมเลกุลของไฮโดรเจนทั่วไปถึง 7.47 เท่า [4] ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จะนำค่าความจุความร้อน ที่ได้จากการทดสอบการเผาไหม้จริง โดยอ้างอิงจากผลการทดสอบของ Motorfuelers, Inc. เมื่อนำก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ไปเผาไหม้ในอากาศ ได้ปริมาณความร้อน 871 BTU/cf [2] หรือ 30.759 BTU/litter ดังนั้นพลังงานไฟฟ้า 1 kW•h ที่ผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้ 204.656 litter เมื่อเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิงได้พลังงานเท่ากับ 204.656 litter × 30.759 BTU/litter = 6,295 BTU ในขณะที่พลังงานไฟฟ้า 1 kW•h มีค่าพลังงานเท่ากับ 3,412.3 BTU ดังนั้นค่า COP ในกระบวนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงของงานวิจัยนี้ ตามสมการที่ (2) มีค่าเป็น

$$COP = \frac{6295\ \mathrm{BTU} + 2229\ \mathrm{BTU}}{3412.3\ \mathrm{BTU}} = 2.498 \qquad (17)$$

ในกรณีที่คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ โดยไม่รวม E_{heat} โดยเครื่องผลิตก๊าซไม่ได้นำผลผลิตความร้อนนั้นไปใช้งาน สมการที่ (17) จะเปลี่ยนไปเป็น COP = 6295 BTU / 3412.3 BTU = 1.845 จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ ที่คำนวณได้ มีค่าไม่เกินขีดจำกัดบน 3.11 ตามทฤษฎีที่ คำนวนไว้ในสมการ (15) จากผลการทดลองเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ขนาดเล็กนี้ มีประสิทธิภาพในการผลิตสูงสุดขณะใช้กำลังไฟฟ้าในการผลิต 2.25 kW ในอัตราการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง 460.475 liter / hour

รูปที่ 5 การทดสอบเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้

4.2 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้

งานวิจัยนี้ได้ทดสอบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงพลาสมาอาร์คโฟลว์ เพื่อนำตัวอย่างก๊าซเชื้อเพลิงไปทดสอบกับ เครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปคโทรมิเตอร์ (Gas Chromatography - Mass Spectrometer : GC-MS) ที่หน่วยเครื่องมือกลาง (Central Instrument Facility) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ทั้งนี้เครื่อง GC-MS สามารถวิเคราะห์โมเลกุลที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 5 a.m.u. ถึง 300 a.m.u ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ควรจะแสดงผลค่า peak ของก๊าซ CO_2 ที่มีมวลโมเลกุล 44 a.m.u. เพียงค่าเดียว ส่วนผลของก๊าซไฮโดรเจนจะไม่ปรากฏ เนื่องจาก มวลโมเลกุลไฮโดรเจนมีค่าน้อยกว่าที่เครื่อง GC-MS จะสามารถตรวจพบได้

แต่ผลการวิเคราะห์จากเครื่อง GC-MS พบเฉพาะสารประกอบที่มีมวลโมเลกุลสูง เช่น ไอโซเบนโซฟูรานไดโอนี (Isobenzofurandione) และฟีนอล (Phenol) ที่มีค่าคุณภาพ 93 และ 91 ตามลำดับ ในความเป็นจริงจะเป็นไปไม่ได้ ที่จะมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีมวลโมเลกุลสูงดังกล่าวอยู่ในก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ เนื่องจากการอาร์คไฟฟ้าจะทำให้เกิดอุณหภูมิสูงกว่า 1,000 ^{o}C ซึ่งในกรณีนี้สารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น ไอโซเบนโซฟูรานไดโอนี และ ฟีนอล จะไม่สามารถคงอยู่ได้

อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับผลการทดสอบก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ ของงานวิจัย [2],[3] ด้วยเครื่อง GC-MS ก็ไม่พบสารประกอบ CO_2 เช่นเดียวกัน ดังนั้นผลการวิเคราะห์ก๊าซเชื้อเพลิงนี้กับเครื่อง GC-MS ยังไม่สามารถสรุปได้ถึงองค์ประกอบทางเคมีของก๊าซเชื้อเพลิงได้ เนื่องจากองค์ประกอบก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์ไม่เหมือนกับโมเลกุลก๊าซเชื้อเพลิงทั่วไป แต่อยู่ในรูปแบบของแมกเนกุล ที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมและโมเลกุลด้วยแรงแม่เหล็ก นอกจากนี้ในงานวิจัย [2] ได้นำก๊าซเชื้อเพลิงไปทดสอบกับเครื่องอินฟราเรดสเปคโตรสโคป (Infrared Spectroscopy : IR) พบว่า IR signatures peak หนึ่งใกล้เคียงกับ ฟีนอล และ IR signatures อีก peak หนึ่งใกล้เคียงกับก๊าซ CO_2 และเมื่อนำก๊าซเชื้อเพลิงไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแปลงฟูริเยร์อินฟราเรดสเปกโทรสโคป (Fourier Transform Infrared Spectroscopy : FTIS) พบองค์ประกอบของก๊าซไฮโดรเจน เมื่อวิเคราะห์หามวลโมเลกุลของก๊าซไฮโดรจน พบว่ามีมวลโมเลกุล 15.2 amu โดยก๊าซที่ผลิตได้จากวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ที่ใช้น้ำเป็นของเหลวนี้ ประกอบด้วย อะตอมของ H 66% O 22% และ C 11% และมีความถ่วงจำเพาะ 0.3387 เมื่อเทียบกับอากาศแห้ง [2] ทำให้การเก็บก๊าซเชื้อเพลิงนี้ปลอดภัย เพราะเมื่อก๊าซรั่วไหลจะลอยขึ้นสู่ด้านบน

เมื่อนำก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้ไปเผาไหม้ในอากาศ ดังรูปที่ 5 พบว่าเปลวไฟของก๊าซเชื้อเพลิง มีสีน้ำเงิน และสีฟ้าอมแดง นั้นแสดงว่าการเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิงนี้จะให้อุณหภูมิที่สูง สอดคล้องกับสเปกตรัมของไฮโดรเจนที่มี สีม่วง สีน้ำเงิน สีน้ำทะเล และ สีแดง และการทดสอบของมหาวิทยาลัยซิตี้แห่งนิวยอร์ค ได้เผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์กับออกซิเจนให้อุณหภูมิเปรวไฟสูงถึง 5,816 ^{o}C [5] นอกจากนี้การเผาไหม้ก๊าซเชื้อเพลิงนี้ในอากาศจะไม่เกิดเขม่า โดยผลการทดสอบเผาไหม้ก๊าซในงานวิจัย [2] ไอเสียประกอบด้วย ไอน้ำ 60% ออกซิเจน 12% และ คารบอนไดออกไซด์ 7% จะเห็นได้ว่าการเผาไหมก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากปฏิกริยาพลาสมาอาร์คโฟลว์นี้ จะให้ออกซิเจน และไอน้ำ กลับคืนสู่บรรยากาศอีกด้วย

5. สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงขนาดเล็กด้วยวิธีพลาสมาอาร์คโฟลว์ จากผลทดสอบเครื่องผลิตก๊าซเชื้อเพลิงเพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะที่ดีที่สุด จะต้องใช้ค่ากระแสไฟฟ้า 70 แอมป์ และอัตราการไหลของน้ำที่ 12 ml/min ที่มีอัตราการผลิตก๊าซ 460 ลิตรต่อชั่วโมง ให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเท่ากับ 2.498 โดยก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้เมื่อเผาไหม้มีอุณหภูมิเปรวไฟที่สูง และไอเสียไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้ในบ้านเรือน และอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น และมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่ได้สนับสนุนให้งานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] A. K. Aringazin and R. M. Santilli, "A study of the energy efficiency of hadronic reactors of molecular type," *Hadronic Journal*, pp. 273–298, 2004.

[2] R. M. Santilli, "Hadronic Mathematics, Mechanics and Chemistry," *Theoretical Advances and Industrial Applications in Chemistry*, Palm Harbor, U.S.A.: *International Academic Press*, Vol 5, 2008.

[3] R. M. Santilli and A. K. Aringazin, "Structure and Combustion of Magnegases," *Hadronic Journal*, pp. 299-330, 2004.

[4] Y. Yang a, J.V. Kadeisvili, S. Marton, "Experimental confirmations of the new chemical species of Santilli MagneHydrogen," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 20, pp. 5003–5008, March. 2013.

[5] H. Ahmar, Y. Budansky, M. Sharonov, R.Alfano, "Magnegas Flame Spectra," The City University of New York, New York, Rep. to Magnegas Corp, March. 23, 2012.