Thesis Title	Synthetic Gas Production from Biogas Reforming by Non-Thermal Plasma
Author	Mr. Patipat Thanompongchart
Degree	Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)
Advisory Committee	Assoc. Prof. Dr. Nakorn Tippayawong — Advisor Asst. Prof. Dr. Det Damrongsak — Co-advisor Asst. Prof. Dr. Watcharapong Tachajapong — Co-advisor

ABSTRACT

This research focused on upgrading biogas to synthetic gas for various applications by using non-thermal, gliding arc plasma. A box shaped gliding arc plasma reactor was designed and built to increase reaction zone and provide smooth flow profiles at gas outlet and to prevent dead spots at the corner of the reactor. The optimum gap distance of electrodes was at 4 mm. Simulated biogas was generated by mixing CH_4 and CO_2 at different fractions. Objectives of this research were to experimentally investigate factors affecting production of synthetic gas, and to numerically simulate synthetic gas production using gliding arc plasma.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

The experiments were divided into 3 main parts, dry reforming, partial oxidation, and multistage reforming reactors. In the gliding arc plasma dry reforming process, effects of biogas composition, power input and biogas flow rate were studied. It was found that high conversion, yield and selectivity were obtained at biogas composition of CH_4:CO_2 = 50:50. When power input was increased from 100 to 600 W, conversion, yield and selectivity were increased. However, at high power input, coke formation occurred at the electrodes. This can present serious problem for reforming operation. In the later

experiments, low power input of 100 W was used for biogas reforming to avoid coke formation. With respect to biogas flow rate, it was found that at high flow rate, synthetic gas production was decreased due to shorter reaction times in the reactor. The optimum flow rate on gliding arc reforming reactor was 1 L/min. Adding air to biogas reforming process was found to enable increased synthetic gas production. However, synthetic gas production showed some limitations, depending on composition of biogas. The maximum production was obtained at biogas composition CH_4:CO_2 = 90:10 and air of 60 % by volume. Disadvantage of adding air was higher operating temperature than the dry reforming process. Temperature of air addition operation was about 120 to 380 ˚C, depending on the amount of added air. Alternative way to increase synthetic gas production was with a multistage reactor. In this process, connecting reactors in series was employed. Synthetic gas production was increased, while energy consumption was not much different. The optimum condition was to add air for increased synthetic gas production for biogas composition at CH_4:CO_2 = 50:50

Plasma reforming simulation was also performed, based on available kinetic parameters from literature. It was preceded using COMSOL Multiphysics software. Synthetic gas production was found to increase due to reforming reaction, enabled by the presence of active species in the plasma. Results from the experiment compared qualitatively well with the model. However, difference in magnitude from over-prediction was obtained due to the fact that other reactions and gas products may involve in the process.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตก๊าซสังเคราะห์จากการรีฟอร์มก๊าซชีวภาพโดยนอนเทอร์มอลพลาสมา	
ผู้เขียน	นาย ปฏิพัทธิ์ ถนอมพงษ์ชาติ	
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)	
คณะกรรมการที่ปรึกษา	รศ.ดร. นคร ทิพยาวงศ์	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
	ผศ. ดร. เดช ดำรงศักดิ์	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
	ผศ. ดร. วัชรพงษ์ ธัชยพงษ์	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มุ่งเน้นไปที่การยกระดับใช้งานก๊าซชีวภาพเพื่อผลิตก๊าซสังเคราะห์เพื่อการใช้งานที่หลากหลาย โดยใช้เครื่องกำเนิดพลาสมาแบบ gliding arc โดยทำการออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบ gliding arc ในรูปแบบกล่องเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการทำปฏิกิริยาระหว่างพลาสมากับก๊าซชีวภาพ และการไหลที่ต่อเนื่องโดยออกแบบบริเวณทางออกของก๊าซเป็นรูปตัววีเพื่อไม่ให้เกิดจุดอับของก๊าซ ซึ่งระยะห่างของขั้วอิเล็กโทรดที่มีความเหมาะสมกับเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบ gliding arc คือระยะ 4 มิลลิเมตร การทดลองเป็นการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ ก๊าซชีวภาพที่ใช้ได้มาจากการผสมก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในอัตราส่วนต่างๆ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการผลิตก๊าซสังเคราะห์ และแบบจำลองสำหรับการผลิตก๊าซสังเคราะห์โดยใช้เครื่องกำเนิดพลาสมาแบบ gliding arc

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ dry reforming, partial oxidation และการรีฟอร์มก๊าซชีวภาพโดยใช้เครื่องกำเนิดพลาสมาแบบ gliding arc 2 เครื่อง ในส่วนของกระบวนการ dry reforming ได้ทำการศึกษาความแตกต่างขององค์ประกอบในก๊าซชีวภาพ พลังงานไฟฟ้า และอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ ที่ใช้ในการผลิตก๊าซสังเคราะห์ จากการทดลองพบว่า ค่า conversion, yield และselectivity มีปริมาณสูงที่องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ CH_4:CO_2 = 50:50 เมื่อเพิ่มพลังงานให้กับเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบ gliding arc จาก 100 ถึง 600 วัตต์ พบว่า ค่า conversion, yield และselectivity จะมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณเพิ่มสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการจ่ายพลังงานสูงให้กับเครื่องทำให้เกิดเขม่าขึ้นที่ขั้วอิเล็กโทรด ซึ่งการเกิดเขม่าสะสมบริเวณขั้วอิเล็กโทรดเป็นปัญหาอย่างมากในการทำการทดลอง ดั้งนั้นในการทดลองจึงได้เลือกใช้พลังงานต่ำในการจ่ายให้กับเครื่องกำเนิดพลาสมาแบบ gliding arc ที่ 100 วัตต์ เพื่อหลีกเลี่ยงการการเกิดเขม่าสะสมที่ขั้วอิเล็กโทรด ผลในการทดลองของอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพ พบว่าที่อัตราการไหลสูงการผลิตก๊าซสังเคราะห์ลดลงเนื่องจากเวลาในการทำปฏิกิริยาต่ำ ซึ่งอัตราการไหลที่เหมาะสมในการรีฟอร์มก๊าซชีวภาพคือ 1 ลิตรต่อนาที ในส่วนของการเติมอากาศเข้าไปร่วมในการรีฟอร์มก๊าซชีวภาพพบว่าการเติมอากาศช่วยให้การผลิตก๊าซสังเคราะห์มีปริมาณเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ในการเติมอากาศเข้าไปร่วมในการรีฟอร์มก๊าซชีวภาพขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ การผลิตก๊าซสังเคราะห์มีปริมาณสูงที่สุดที่องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ CH_4:CO_2 = 90:10 โดยเติมอากาศ 60 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ข้อเสียของการเติมอากาศคืออุณหภูมิในเครื่องจะสูงขึ้นมากกว่ากระบวนการ dry reforming โดยอุณหภูมิจะสูงขึ้นประมาณ 120 องศาเซลเซียส ถึง 380 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศที่เติมเข้าไป อีกทางเลือกในการเพิ่มปริมาณการผลิตก๊าซสังเคราะห์คือการใช้เครื่องกำเนิดพลาสมาแบบ gliding arc 2 เครื่อง ต่อเข้าด้วยกันแบบอนุกรม จะทำให้การผลิตก๊าซสังเคราะห์มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณพลังงานต่อก๊าซสังเคราะห์เมื่อเทียบกับปฏิกิริยา dry reforming พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมคือการเติมอากาศในการผลิตก๊าซสังเคราะห์ ที่มีองค์ประกอบของก๊าซชีวภาพ CH_4:CO_2 = 50:50 และมีค่าพลังงานจำเพาะต่ำ โดยก๊าซโดยชีวภาพที่ได้จากฟาร์มสามารถใช้ในการผลิตก๊าซสังเคราะห์ได้โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพมาก่อน

ในแบบจำลองการรีฟอร์มด้วยพลาสมาได้ดำเนินการอยู่บนพื้นฐานของตัวแปรที่ได้จากงานวิจัย โดยซอฟต์แวร์ COMSOL Multiphysics ถูกนำมาใช้ในการจำลองการผลิตก๊าซสังเคราะห์ พบว่าในการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองสามารถผลิตก๊าซสังเคราะห์มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับผลที่ได้จากการทดลอง อย่างไรก็ตามปริมาณก๊าซสังเคราะห์ที่ได้จากการทดลองจะมีค่าน้อยกว่าแบบจำลอง เนื่องจากในการทดลองอาจมีปฏิกิริยาอื่นร่วมในกระบวนการด้วยและก๊าซที่ผลิตได้ไม่สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved