Thesis Title	Gaseous Fuel Production from Plasmochemical Conversion of Solid Waste	
Author	Mr. Parin Khongkrapan	
Degree	Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)	
Thesis Advisory Committee	Assoc. Prof. Dr. Nakorn Tippayawong	Advisor
	Asst. Prof. Dr. Det Damrongsak	Co-advisor
	Asst. Prof. Dr. Wacharapong Tachajapong	Co-advisor

ABSTRACT

In this thesis, a laboratory scale, plasma reactor was designed and constructed, based on atmospheric pressure. The microwave plasma reactor was modified from a commercial microwave oven. The microwave plasma system in this work is the waveguide discharge type. It was assembled from a microwave plasma reactor, a gas injection system and a gas treatment system. The main objective of the plasma system is to generate the plasma in the reaction zone of the reactor. The plasma was used for plasmochemical conversion of solid waste. This research combined the plasma reactivity and pyrolysis process with a high heating rate and favors hydrocarbon cracking. Microwave plasma assisted pyrolysis of RDF and its components were investigated. The experimental runs were carried out with a 800W microwave power, operated at atmospheric pressure and variable carrier gas flow rates in the range of 0.50-1.25 lpm. The carrier gas flow rate was the important parameter. It influences on the plasma characteristics, such as plasma temperature, discharge length, power density, product gas and obtained char evolutions. The plasma temperature was found to reach maximum at 1578 K with 0.75 lpm argon flow rate. The products of

Copyright© by Chulalongkorn University
All rights reserved

plasmochemical conversion of RDF were gas, char, and liquid. They were averaged about 75%w/w, 16%w/w, and 9%w/w, respectively. Major components of product gas generated included CO, H_2, CH_4, CO_2 and O_2. The averaged product gas mass of waste paper, biomass, PE, and RDF were 3.72 g, 2.51 g, 2.30 g, and 6.02 g, respectively. They were found to initially increase with increasing argon flow, reaching maximum value at flow rate of 0.75 lpm. At this flow rate, the use of RDF as feedstock generated 13.79% H_2, 65.47% CO, and 3.99% CH_4, respectively. Heating value and gas yield of product gas of RDF were 11.17 MJ/m^3 and 1.01 $N\text{-}m^3/kg$, respectively. Within the range of flow rates considered, average total content of combustible fractions in the product gas of all feed stock was about 80%, and of RDF was 79.60%, which can be used as fuel gas. Averaged energy efficiency for the plasmochemical conversion of waste paper, biomass, PE, and RDF were about 50%, 35%, 32%, and 60%, respectively. The energy efficiency were found to initially increase with increasing argon flow, reaching maximum value at flow rate of 1.0 lpm. Maximum energy efficiency of plasmochemical conversion of RDF was about 66%, and energy from gas product was 0.095 MJ. Carbon conversion efficiency of RDF was about 79%. Average char yield of RDF and its HHV were 24% and 39 MJ/kg, respectively. The obtained chars may be used as active carbon after further upgrading. This result is of practical interest for the utilization of hydrocarbon materials for the purpose of char production.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากการแปรสภาพขยะเชิงพลาสมาเคมี

ผู้เขียน นายปริญ คงกระพันธ์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ. ดร. นคร ทิพยาวงศ์	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ผศ. ดร. เดช ดำรงศักดิ์	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ผศ. ดร. วัชรพงษ์ ธัชยพงษ์	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างเตาปฏิกรณ์ไมโครเวฟพลาสมาซึ่งผลิตพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ โดยทำการดัดแปลงเตาอบไมโครเวฟที่มีขายในท้องตลาดเพื่อติดตั้งหลอดปฏิกิริยา, ระบบระบายความร้อน, ระบบส่งจ่ายก๊าซ และระบบทำความสะอาดก๊าซผลิตภัณฑ์ วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบเตาปฏิกรณ์พลาสมาในงานวิจัยนี้ คือ การผลิตพลาสมาในท่อปฏิกิริยาเพื่อใช้ในกระบวนการแปรสภาพขยะเชิงพลาสมาเคมี กระบวนการพลาสมาเคมีในงานวิจัยนี้เป็นการควบรวมกระบวนการ pyrolysis ซึ่งใช้แหล่งความร้อนจากพลาสมากับกระบวนการพลาสมาเคมีเพื่อสลายองค์ประกอบทางเคมีของขยะ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นก๊าซสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติเป็นก๊าซเชื้อเพลิง งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการแปรสภาพขยะ RDF รวมถึงองค์ประกอบหลักของขยะ RDF อาทิ กระดาษ, ชีวมวลและพลาสติก การทดลองใช้กำลังไฟฟ้าป้อนเข้าเตาปฏิกรณ์ไมโครเวฟคงที่เท่ากับ 800 W และทำการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของ carrier gas ในช่วง 0.50-1.25 lpm ที่ความดันบรรยากาศ จากการทดลองพบว่าอัตราการไหลของ carrier gas ส่งผลต่อคุณสมบัติของเปลวพลาสมา เช่น ขนาดเปลวพลาสมาและอุณหภูมิก๊าซร้อนที่เกิดจากเปลวพลาสมา อีกทั้งยังส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบวนการพลาสมาเคมี โดยก๊าซร้อนที่เกิดจากพลาสมาในงานวิจัยนี้มีอุณหภูมิสูงสุด 1578 K ที่อัตราการไหลของ carrier gas เท่ากับ 0.75 lpm ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการพลาสมาเคมีของงานวิจัยนี้ คือ ก๊าซ, ถ่าน (char) และ ของเหลว ในอัตราส่วน

75%w/w, 16%w/w และ 9%w/w ตามลำดับ โดยก๊าซเป็นผลิตภัณฑ์มีองค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ CO, H_2, CH_4, CO_2 และ O_2 จากการวิจัยพบว่าการใช้ขยะประเภทกระดาษ, ชีวมวล, พลาสติก และ RDF เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสามารถผลิตก๊าซผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 3.72 g, 2.51 g, 2.30 g, และ 6.02 g ตามลำดับ ซึ่งผลผลิตก๊าซที่ได้จากกระบวนการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของ carrier gas และสูงสุดที่อัตราการไหลเท่ากับ 0.75 lpm ซึ่ง ณ อัตราการไหลดังกล่าวพบว่าการใช้ขยะ RDF เป็นสารตั้งต้นสามารถผลิตก๊าซที่มีองค์ประกอบของ H_2, CO, และ CH_4, ในอัตราส่วน 13.79%, 65.47% และ 3.99% ตามลำดับ โดยก๊าซผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีค่าความร้อน (LHV) เท่ากับ 11.17 MJ/m^3 และมีอัตราการเกิดก๊าซต่อน้ำหนักสารตั้งต้น (yield) เท่ากับ 1.01 N-m^3/kg ผลิตภัณฑ์ก๊าซที่ได้จากการใช้สารตั้งต้นแต่ละประเภทมีองค์ประกอบเฉลี่ยเป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติติดไฟได้ประมาณ 80% โดยกรณีใช้ขยะ RDF เป็นสารตั้งต้น ก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีองค์ประกอบเป็นก๊าซติดไฟ 79.60% ซึ่งสามารถใช้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงได้ ประสิทธิภาพเชิงพลังงานจากการใช้ขยะประเภทกระดาษ, ชีวมวล, พลาสติก และ RDF เป็นสารตั้งต้นของกระบวนการเท่ากับ 50%, 35%, 32%, และ 60% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในกรณีใช้ขยะ RDF เป็นสารตั้งต้นของกระบวนการพบว่าประสิทธิภาพเชิงพลังงานของระบบสูงสุดเท่ากับ 66% และ ประสิทธิภาพการแปลงคาร์บอนเท่ากับ 79% ผลิตภัณฑ์ถ่าน (char) ที่ได้จากกระบวนการแปรสภาพขยะ RDF ให้ค่าความร้อน (HHV) 39 MJ/kg ซึ่งอาจนำไปปรับปรุงคุณภาพเพื่อใช้เป็น active carbon ได้ในอนาคต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved