ปิยรัตน์ วีระชาญชัย : การศึกษากระบวนการไพโรไลซิสและแก๊สซิฟิเคชันของชีวมวลเพื่อการผลิตเชื้อเพลิง (STUDIES OF BIOMASS PYROLYSIS AND GASIFICATION FOR FUEL PRODUCTION) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร.ชัยยศ ตั้งสถิตย์กุลชัย, 363 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการไพโรไลซิสและแก๊สซิฟิเคชันของชีวมวลเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากทั้งสองกระบวนการนี้มาใช้เป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพ ขอบเขตของงานวิจัยนี้ได้ครอบคลุมถึงการวิเคราะห์ทางความร้อนของชีวมวลชนิดต่าง ๆ การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสแบบใช้อัตราการให้ความร้อนต่ำ การปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันชีวภาพที่ได้จากการไพโรไลซิสและการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแก๊สที่ได้จากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันด้วยไอน้ำ

ชีวมวลชนิดต่าง ๆ ได้แก่ กากมันสำปะหลัง เนื้อในเมล็ดปาล์มที่บีบน้ำมันออกแล้ว กะลาปาล์ม กะลามะพร้าวและเมล็ดลำไยถูกใช้ในการศึกษากระบวนการไพโรไลซิสด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในหลายรูปแบบหรือเป็นวัตถุดิบสำหรับการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ น้ำมันชีวภาพจากการไพโรไลซิสของเนื้อในเมล็ดปาล์มซึ่งผ่านกระบวนการแยกน้ำแล้วมีศักยภาพเพื่อใช้ทดแทนเชื้อเพลิงปิโตรเลียมได้มากที่สุด เพราะน้ำมันชนิดนี้ให้ค่าความร้อนสูงถึง 40 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม และมีช่วงอุณหภูมิของการกลั่นใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลมากที่สุด สำหรับน้ำมันชีวภาพที่ได้จากการไพโรไลซิสของชีวมวลชนิดอื่น ๆ ให้ค่าความร้อนน้อยกว่า อยู่ในช่วง 14-28 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม และมีความเป็นกรดมากกว่าโดยมีค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วง 2.1-4.1 สำหรับถ่านที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงแข็งซึ่งมีค่าความร้อนอยู่ในช่วง 29-35 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมและพบว่าถ่านที่ได้จากเนื้อในเมล็ดปาล์มและกะลาปาล์มมีความพรุนสูงซึ่งสามารถนำไปกระตุ้นต่อเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวสูงได้ ผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้มีค่าความร้อน 1.14-4.42 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมของชีวมวลและกากมันสำปะหลังและเมล็ดลำไยเป็นชีวมวลที่ให้ปริมาณแก๊สและค่าความร้อนของแก๊สสูงกว่าชีวมวลชนิดอื่น ๆ ที่ศึกษา

สำหรับการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันชีวภาพที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสโดยใช้รูปแบบที่แตกต่างกันทั้งหมดสามวิธีพบว่าทำให้คุณภาพของน้ำมันชีวภาพดีขึ้น โดยวิธีแรกน้ำมันชีวภาพที่ได้จากการไพโรไลซิสกากมันสำปะหลังถูกนำมาผสมกับถ่านที่บดละเอียดเพื่อผลิตเชื้อเพลิงแขวนลอย (slurry fuel) ที่ให้ค่าความร้อนสูงขึ้นและมีความเป็นกรดน้อยกว่าน้ำมันชีวภาพของมัน นอกจากนี้ยังคงคุณสมบัติของการไหลซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้เหมือนเชื้อเพลิงเหลวทั่วไป วิธีที่สองใช้การผสมน้ำมันชีวภาพที่ได้จากการไพโรไลซิสกากเนื้อในเมล็ดปาล์มกับน้ำมันดีเซล

และแอลกอฮอล์ช่วยให้ค่าความหนืดและปริมาณกากคาร์บอนของน้ำมันชีวภาพนี้ลดลงได้ และวิธีสุดท้ายทำโดยเปลี่ยนกรดคาร์บอกซาลิกในน้ำมันชีวภาพเป็นเอสเทอร์โดยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันทำให้ความเป็นกรดของน้ำมันชีวภาพมีค่าลดลง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพแก๊สที่ได้จากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันของไม้สนโดยใช้ปฏิกรณ์ระบบฟลูอิไดซ์เบดพบว่า ชนิดของวัสดุเบด อุณหภูมิแก๊สซิฟิเคชันและชนิดของแก๊สในการทำปฏิกิริยาส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของแก๊สที่ได้ ผงหินปูนและคอนกรีตเหลือทิ้งซึ่งถูกใช้เป็นวัสดุเบดและผ่านการแคลซิเนชันแล้ว แสดงสมบัติของการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวดูดซับซึ่งช่วยให้ปริมาณแก๊สและค่าความร้อนของผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น และลดการปล่อยน้ำมันดินเมื่อเทียบกับการใช้ทรายเป็นวัสดุเบด นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่ออุณหภูมิของการแก๊สซิฟิเคชันสูงขึ้นและการใช้ไอน้ำในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันทำให้สามารถผลิตแก๊สซึ่งมีค่าความร้อนสูงขึ้น อย่างไรก็ดีการใช้หินปูนซึ่งผ่านการแคลซิเนชัน ในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิของการแก๊สซิฟิเคชันที่สูงจะเพิ่มการแตกหัก การซินเทอริง และการรวมตัวของอนุภาคหินปูนทำให้เกิดการปิดกั้นการไหลของแก๊สได้ ในการแก้ปัญหานี้งานวิจัยนี้ได้ทดลองใช้หินปูนผสมกับคอนกรีตเหลือทิ้งในสัดส่วนที่เท่ากันเป็นวัสดุเบด ซึ่งพบว่าเบดผสมนี้สามารถช่วยลดปัญหาเหล่านี้ได้โดยแก๊สที่ผลิตได้ยังคงให้ค่าความร้อนค่อนข้างสูงและได้ค่าประสิทธิภาพการผลิตแก๊สเท่ากับ 75.88%.

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2552 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม_____

PIYARAT WEERACHANCHAI : STUDIES OF BIOMASS PYROLYSIS AND GASIFICATION FOR FUEL PRODUCTION. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. CHAIYOT TANGSATHITKULCHAI, Ph.D., 363 PP.

BIOMASS/PYROLYSIS/GASIFICATION/ENERGY/
FUEL PROPERTIES/CHEMICAL ANALYSIS

Pyrolysis and gasification of biomasses were investigated in this work to assess the possibility of using derived products as potential clean energy sources. The scope of research work covers thermal analysis of raw materials, studying effects of slow pyrolysis conditions on product yields and properties, improvements of bio-oil properties and studying effects of steam gasification conditions on syngas qualities. Five types of biomass including cassava pulp residue (CPR), palm kernel cake (PKC), palm shell (PS), coconut shell (CS) and longan fruit seed (LFS) were employed in the study of slow pyrolysis in a bench-scale fixed bed pyrolyzer. Products derived from pyrolysis can be used in various forms of energy sources or as valuable feedstocks for further product synthesis. Dewatered PKC bio-oil was the most promising liquid product to substitute a petroleum-based fuel because of its high heating value (40 MJ/kg) and giving boiling range distribution closest to that of diesel fuel. Dewatered bio-oils from pyrolysis of other biomasses had lower heating values varying in range of 14-28 MJ/kg and possessing higher acidity with pH in range of 2.1-4.1. Derived chars can be used as a solid fuel with heating value of 29-35 MJ/kg and the chars derived from PKC and PS showed a characteristic of reasonably high porosity material that could be used for production of good quality activated carbon. Pyrolysis gases possessed certain heating values from 1.14-4.42 MJ/kg-biomass and CPR and LFS gave higher gas yields and heating values of gas product compared with other biomasses.

For bio-oil upgrading, three different methods were successfully tested to improve different undesirable characteristics of the raw bio-oils. The first method involved preparation of slurry from a mixture of CPR oil and its co-product char to improve heat content and acidity of the raw bio-oil and yet maintaining flow properties similar to conventional liquid fuels. The second upgrading method was studied by blending dewatered PKC bio-oil with diesel and alcohol, giving lower values of viscosity and carbon residue content. Finally, the dewatered PS oil possessing high acidity was upgraded by converting its carboxylic acid contents to esters via esterification reaction. Finally, steam gasification of larch wood was performed in a shallow fluidized bed gasifier to study the influence of gasification conditions on properties of derived gas products. Type of bed material, gasification temperature and gasifying agent all played an important role in the steam gasification process. Calcined limestone and calcined waste concrete were capable of acting as both catalyst and adsorbent leading to increased gas yield and cold gas efficiency and lower tar production compared with those derived from using silica sand as bed material. The application of high gasification temperature and use of steam as gasifying agent gave much better gas qualities. However, the use of calcined limestone as a bed material in steam gasification process at a high temperature could enhance attrition, sintering, and agglomeration propensities of the bed material, resulting in blocking of gas flow. Combined use of calcined limestone and calcined waste concrete with equal proportion can mitigate this shortcoming and yet contributed relatively high cold gas efficiency of 75.88%LHV.

School of Chemical Engineering

Academic Year 2009

Student's Signature_____

Advisor's Signature _____

Co-Advisor's Signature _____