

ณัฐยา พูนสุวรรณ : กระบวนการไพโรไลซิสของมวลชีวภาพในปฏิกรณ์แบบตกอิสระ และแบบสะเป้าเตดเบดทรงกรวย และกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันอุณหภูมิต่ำของกะลามะพร้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (BIOMASS PYROLYSIS IN FREE – FALL AND CONICAL SPOUTED – BED REACTORS AND THE LOW – TEMPERATURE GASIFICATION OF COCONUT SHELL WITH CO₂ AND KOH)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศ ตั้งสฤตย์กุลชัย, 246 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการไพโรไลซิสของมวลชีวภาพในปฏิกรณ์แบบสะเป้าเตดเบดทรงกรวย และกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันอุณหภูมิต่ำของกะลามะพร้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ งานวิจัยนี้จึงครอบคลุมหัวข้อที่ศึกษาค้นคว้า การไพโรไลซิสของมวลชีวภาพในปฏิกรณ์แบบตกอิสระ การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมอุทกพลศาสตร์ของอากาศกับกะลาปาล์มในระดับห้องปฏิบัติการ และเปรียบเทียบกับผลการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปพลศาสตร์เชิงคำนวณ (ANSYS CFX 10.0) การไพโรไลซิสของกะลาปาล์มในปฏิกรณ์สะเป้าเตดเบดทรงกรวย และการศึกษากระบวนการแก๊สซิฟิเคชันที่อุณหภูมิต่ำของกะลามะพร้าวโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ และโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ในปฏิกรณ์เบดนิ่ง เพื่อวัตถุประสงค์ในการผลิตแก๊สสังเคราะห์ และถ่านกัมมันต์

การศึกษาไพโรไลซิสของมวลชีวภาพในปฏิกรณ์แบบตกอิสระ พบว่าที่สภาวะอุณหภูมิสูงและอนุภาคมีขนาดเล็ก ส่งผลให้ร้อยละผลผลิตของแก๊สเพิ่มขึ้น แต่ร้อยละผลผลิตของของแข็งมีค่าลดลง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่ากากมันสำปะหลังสลายตัวเป็นสารระเหยได้สูงกว่าเมล็ดในปาล์มและกะลาปาล์ม แต่เกิดเป็นถ่านได้ในปริมาณที่ต่ำกว่า การเพิ่มอัตราการไหลของแก๊สในโตรเจนในช่วง 100 – 200 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที ทำให้ร้อยละผลผลิตของของเหลวมีค่าเพิ่มขึ้น และทำให้ปริมาณแก๊สผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการไพโรไลซิสของมวลชีวภาพที่ใช้ในการทดลองนี้สามารถอธิบายได้เป็นอย่างดีด้วยแบบจำลองปฏิกิริยาคู่ขนาน

สำหรับการศึกษาพฤติกรรมอุทกพลศาสตร์ในสะเป้าเตดเบดทรงกรวย พบว่าค่าของความเร็วต่ำสุดที่เกิดสภาวะสะเป้ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความสูงของเบดนิ่งเริ่มต้น เส้นผ่านศูนย์กลางท่อแก๊สมุมที่ฐานของทรงกรวย และขนาดอนุภาค ทั้งนี้การเพิ่มขนาดอนุภาคทำให้ค่าความดันลดของระบบมีค่าเพิ่มขึ้นที่ทุกๆ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อแก๊ส และมุมที่ฐานของทรงกรวยที่ใช้ในการทดลองในทางตรงกันข้ามค่าความดันลดกลับมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อแก๊สที่ทุกๆ ค่าความสูงของเบดนิ่งเริ่มต้น ขนาดอนุภาค และมุมที่ฐานของทรงกรวย นอกจากนี้การใช้แบบจำลองเชิงคำนวณศึกษาพฤติกรรมอุทกพลศาสตร์สำหรับสะเป้าเตดเบด พบว่าแบบจำลองสามารถอธิบาย

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วต่ำสุดที่เกิดสถานะสะเป้าได้ดีเมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง

การไฟโรไลซิสของกะลาปาล์มในปฏิกรณ์สะเป้าเตดเบดแบบกะ พบว่าอุณหภูมิ และเวลา เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์จากการไฟโรไลซิส ขณะที่ขนาดอนุภาค และความสูงเริ่มต้นของเบดนั้นไม่ส่งผลมากนักต่อผลผลิตผลิตภัณฑ์ของการไฟโรไลซิส สถานะไฟโรไลซิสของกะลาปาล์มที่ให้ผลผลิตของผลิตภัณฑ์ของเหลวสูงที่สุดร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก คือสถานะอุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนวัตถุดิบ 5 กรัมต่อนาที ขนาดอนุภาค 1.55 มิลลิเมตร และอัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 9.6 ลิตรต่อนาที ในปฏิกรณ์สะเป้าเตดเบดแบบต่อเนื่อง

ในส่วนของการกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันที่อุณหภูมิค่าของกะลามะพร้าวในปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง พบว่าโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ และขั้นตอนการทำให้เป็นถ่าน เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อองค์ประกอบ และปริมาณการเกิดแก๊สผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้พบว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อวัตถุดิบ อุณหภูมิแก๊สซิฟิเคชัน และขั้นตอนการทำให้เป็นถ่าน เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาความพรุนของถ่านกัมมันต์ โดยสถานะที่มีความเหมาะสมต่อกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน เพื่อผลิตแก๊สไฮโดรเจนในปริมาณสูง และให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง ได้แก่ สถานะอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างโพแตสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อถ่านกะลาปาล์ม เท่ากับ 3.0 โดยที่สถานะดังกล่าวจะได้แก๊สผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีองค์ประกอบของแก๊สไฮโดรเจนสูงถึงร้อยละ 27.90 โดยน้ำหนัก และถ่านกัมมันต์ซึ่งมีพื้นที่ผิว 2650 ตารางเมตรต่อกรัม

NATTHAYA PUNSUWAN : BIOMASS PYROLYSIS IN FREE – FALL
AND CONICAL SPOUTED – BED REACTORS AND LOW –
TEMPERATURE GASIFICATION OF COCONUT SHELL WITH CO₂
AND KOH. THESIS ADVISOR : PROF. CHAIYOT
TANGSATHITKULCHAI, Ph.D., 246 PP.

BIOMASS/ PYROLYSIS/ CONICAL SPOUTED BED/ LOW TEMPERATURE
CATALYTIC GASIFICATION

The overall objective of this thesis research was to perform a systematic study on the biomass pyrolysis in a conical spouted bed and study the low temperature gasification of coconut shell with carbon dioxide (CO₂) and potassium hydroxide (KOH). To achieve this aim, the following tasks were included in this work: pyrolysis of biomass using a free fall reactor, studying the hydrodynamic behavior of air – coconut shell under different conditions in a laboratory unit and via the simulation program of CFD (ANSYS CFX 10.0), pyrolysis study of palm shell using a conical spouted bed reactor, and studying the low temperature catalytic gasification of coconut shell for the purpose of combined production of syngas and activated carbon.

The biomass pyrolysis in a free fall reactor showed that higher temperature and smaller particle size increased the gas yield but decreased the char yield. Cassava pulp residue gave more volatiles and less char than palm kernel and palm shell. Increasing of sweeping gas flow rate in the range of 100 – 200 cm³ N₂/min gave increased liquid yield and less gas yield. Prediction of pyrolysis kinetics by the two – parallel reactions model gave a good fitting with the experimental data for all pyrolysis conditions.

The hydrodynamic study of a conical spouted bed system indicated that the minimum spouting velocity increased with the increase of static bed height, gas inlet diameter, conical base angle, and particle size. The increasing in particle size led to the pressure drop increasing for all air inlet diameters and conical base angles. On the contrary, the pressure drop decreased with the increase of the air inlet diameter for all static bed height, particle size and conical spouted bed geometry. In addition, the minimum spouting velocity predicted from CFD simulation agreed very well with the experimental measurements.

The pyrolysis of palm shell in a batch conical spouted bed reactor showed that pyrolysis temperature and time had a significant effect on the pyrolysis product, while particle size and static bed height had no significant effect on the pyrolysis product yields. The maximum liquid yield of 65 wt% was obtained from palm shell pyrolysis at 650°C, palm shell feed rate of 5 g/min, particle size of 1.55 mm and N₂ flow rate of 9.6 L/min in a continuous spouted bed mode.

The low temperature catalytic gasification of coconut shell in a fixed bed reactor indicated that KOH and carbonization step exerted a significant effect on the composition and amount of gas product. The chemical weight ratio, gasification temperature and carbonization step played an important role on the extent of porosity development of activated carbon. The optimum conditions to obtain high H₂ composition and solid surface area were gasification at 600°C for 60 min with carbonization step and using chemical weight ratio of 3.0. This condition gave the H₂ composition up to 27.90 wt% of gas produced and activated carbon with the specific surface area of 2,650 m²/g.

School of Chemical Engineering

Academic Year 2012

Student's Signature Natthaya Punsuwan

Advisor's Signature Chaiyot J.