พรเทพ เหลืองเกียรติคุณ : ถ่านกัมมันต์จากกากผลปาล์มน้ำมัน : การเตรียม และการจำลองแบบเตากระตุ้นชนิดสเปาท์เบดโดยวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (ACTIVATED CARBON FROM OIL PALM SOLID WASTES: PREPARATION AND CFD SIMULATION OF SPOUTED BED ACTIVATOR) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศ ตั้งสถิตย์กุลชัย, 285 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมอุทกพลศาสตร์ และ จลนพลศาสตร์ ของปฏิกิริยาการกระตุ้นถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มน้ำมันด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในเตากระตุ้นแบบสเปาท์เบด โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ขอบเขตของงานวิจัยนี้ได้ครอบคลุมถึงการวิเคราะห์การสลายตัวทางความร้อนของกากผลปาล์มน้ำมัน ซึ่งประกอบด้วย กะลาปาล์ม กากใย และ กากเมล็ดใน การเตรียมถ่านกัมมันต์จากกากผลปาล์มน้ำมันในเตาเผาแบบท่อ และ แบบสเปาท์เบด และ การเสนอการปรับปรุงแบบจำลองกระบวนการกระตุ้นถ่านกัมมันต์ที่เสนอโดย สุพรรณี จันทร์ภิรมย์และคณะ เพื่อทำนายคุณลักษณะรูพรุนของถ่านกัมมันต์ (พื้นที่ผิว และ ปริมาตรรวมของรูพรุน) ที่เตรียมได้

การสลายตัวทางความร้อนของกากผลปาล์มน้ำมัน ในกระบวนการไพโรไลซิส เกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 250-400 องศาเซลเซียส สำหรับกะลาปาล์ม 200-400 องศาเซลเซียส สำหรับ กากใยปาล์ม และ 200-350 องศาเซลเซียส สำหรับกากเมล็ดใน การสลายตัวของกะลา และกากใยปาล์มสามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองปฏิกิริยาคู่ขนาน ในขณะที่กากเมล็ดในสามารถอธิบายด้วยแบบจำลองปฏิกิริยาเดี่ยว ในส่วนของการเตรียมถ่านกัมมันต์จากกากผลปาล์มน้ำมันในเตาเผาแบบท่อ พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกะลา และ กากใยปาล์ม ประกอบด้วยรูพรุนขนาดล็กเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่ถ่านกัมมนต์ที่เตรียมได้จากกากเมล็ดในปาล์ม มีรูพรุนขนาดกลางในสัดส่วนที่มากกว่า สภาวะการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่ให้พื้นที่ผิวสูงสุดคือ สภาวะกระตุ้นที่ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สำหรับกะลาปาล์ม สภาวะกระตุ้นที่ 850 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สำหรับกากใยปาล์ม และ สภาวะกระตุ้นที่ 850 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง สำหรับกากเมล็ดในปาล์ม สภาวะการเตรียมถ่านกัมมันต์ดังกล่าวนี้ให้ค่าร้อยละน้ำหนักที่หายไปในขั้นตอนการกระตุ้นเท่ากับ 48 52 และ 66 โดยพื้นที่ผิวสูงสุดที่ได้คือ 1067 522 และ 789 ตารางเมตรต่อกรัม สำหรับกะลาปาล์ม กากใยปาล์ม และ กากเมล็ดในปาล์ม ตามลำดับ สำหรับการปรับปรุงแบบจำลองการกระตุ้น เพื่อทำนายคุณลักษณะรูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ พบว่าแบบจำลองการกระตุ้นถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการปรับปรุงในงานนี้ สามารถทำนายคุณลักษณะรูพรุนของถ่านกัมมันต์ได้ถูกต้องสมบูรณ์ดีกว่าแบบจำลองเดิม

ในการจำลองแบบเตากระตุ้นชนิดสเปาท์เบดโดยวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ พบว่าแบบจำลองนี้ทำนายค่าความเร็วต่ำสุดที่เกิดสภาวะสเปาท์เบดต่ำกว่าค่าที่วัดได้จากการทดลอง และสมการอัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชันที่นำเสนอในแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ เพื่อทำนายกระบวนการกระตุ้นถ่านกัมมันต์ได้ดีที่สุดคือ

อัตราเร็วการเกิดปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชัน $= [7.57\times10^{1}\ s^{-1}][CO_2]$

เมื่อ $[CO_2]$ คือความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในหน่วย โมลต่อลูกบาศก์เมตร

แบบจำลองการกระตุ้นถ่านกัมมันต์ ที่ได้นำเสนอก่อนหน้านี้ สามารถนำมารวมกับผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของเตากระตุ้นชนิดสเปาท์เบด เพื่อใช้ในการทำนาย พื้นที่ผิว และ ปริมาตรรวมของรูพรุนของถ่านกัมมันต์ ที่เตรียมได้จากเตาเผาแบบสเปาท์เบด ซึ่งพบว่า แบบจำลองการกระตุ้นดังกล่าวสามารถทำนายค่า พื้นที่ผิว และ ปริมาตรรวมของรูพรุนของถ่านกัมมันต์ได้อย่างแม่นยำ

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2550 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

PORNTHEP LUANGKIATTIKHUN : ACTIVATED CARBON FROM OIL PALM SOLID WASTES: PREPARATION AND CFD SIMULATION OF SPOUTED BED ACTIVATOR. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. CHAIYOT TANGSATHITKULCHAI, PhD. 285 PP.

ACTIVATED CARBON / OIL-PALM SOLID WASTES / CFD SIMULATION

The overall objective of this thesis research was to perform a systematic study on the hydrodynamic behavior and kinetic characteristics of CO_2 activation of activated carbon from oil-palm shell in a spouted bed activator using CFD simulation technique. To achieve this aim, the following tasks were also included in this work: thermal analysis of oil-palm solid wastes (oil-palm shell, fiber and kernel cake) using Thermal Gravimetric Analysis (TGA) technique, preparation of activated carbons under different conditions in a laboratory tube furnace and a spouted bed activator, and the improvement of carbon activation model originally proposed by Junpirom et al. (JDTT model) to allow better prediction of porous properties (BET surface area and total pore volume) of the prepared activated carbons.

The TGA technique showed that the main decomposition occurred over the temperature range of 250-400^{o}C for palm shell, 200-400^{o}C for palm fiber, and 200-350^{o}C for palm kernel cake. Thermal decomposition behavior could be best described by the proposed two-parallel reactions model for palm shell and fiber prepared in this work, while the simplest one-step global model worked well for palm kernel. On the preparation of activated carbon in a tube furnace, the palm shell and fiber gave microporosity based activated carbons, while the palm kernel cake carbon possessed

higher proportion of mesoporosity. The optimum activation conditions that gave the maximum in surface area were found to be 950^{o}C and 2.0 hrs for palm shell, 850^{o}C and 2.0 hrs for fiber, and 900^{o}C and 2.5 hrs for palm kernel cake, corresponding to 48%, 52% and 66% of char burn-offs, respectively. The maximum BET surface area obtained were 1067, 522 and 789 m^2/g for activated carbons produced from shell, fiber and kernel cake, respectively.

The modified JDTT model for predicting the evolution of pore volume, internal surface area, and pore size distribution of prepared activated carbon with respect to the extent of gasification of char was proposed. This modified model gave significant improvement in predicting the porous properties of prepared activated carbon compared to the original JDTT model.

The CFD modeling was used for simulating the CO_2 activation scheme in the spouted bed activator in terms of burn-off extents. The rate expression that was used to describe the kinetics of activation reaction was found to be:

$$Gasification\ \ Rate = [7.57 \times 10^{1}\ s^{-1}][CO_2]$$

By combining the modified JDTT model with the CFD simulated results of char burn-off, it was found possible to estimate accurately the porous properties of activated carbon produced in the spouted bed activator.

School of Chemical Engineering

Academic Year 2007

Student's Signature Porntthep L.

Advisor's Signature

Co-advisor's Signature