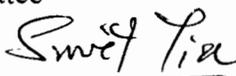
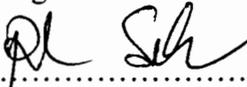
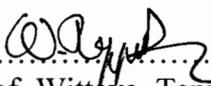
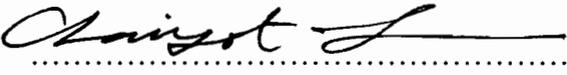


A Study of Bed Agglomeration in Biomass-Fired Fluidized Bed
Combustor

Mr.Pawin Chaivatamaset M.Eng (Chemical Engineering)

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for
the Degree of Doctor of Engineering (Chemical Engineering)
Faculty of Engineering
King Mongkut's University of Technology Thonburi
2011

Thesis Committee

 (Assoc. Prof. Suvit Tia, D.Eng)	Chairman of Thesis Committee
 (Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Bernd Bilitewski, D.Eng)	Member and Thesis Advisor
 (Asst. Prof. Panchan Sricharoon, Ph.D.)	Member and Thesis Co-Advisor
 (Assoc. Prof. Solot Suwanayuen, Ph.D.)	Member
 (Assoc. Prof. Wittaya Teppaitoon, Ph.D.)	Member
 (Assoc. Prof. Chaiyot Tangsathitkulchai, Ph.D.)	Member

Thesis Title	A Study of Bed Agglomeration in Biomass-fired Fluidized Bed Combustor
Thesis Credits	36
Candidate	Mr. Pawin Chaivatamaset
Thesis Advisors	Assoc. Prof. Dr. Suvit Tia Prof. Dr. Bernd Bilitewski Asst. Prof. Dr. Panchan Sricharoon
Program	Doctor of Engineering
Field of Study	Chemical Engineering
Department	Chemical Engineering
Faculty	Engineering
B.E.	2554

Abstract

Bed agglomeration behaviors were investigated when palm shell, corncob, palm empty fruit brunch and rice straw as the representative biomass were combusted in the fluidized bed reactors. The focus of this study was the influences of biomass characteristics and the operating conditions of fluidized bed on the bed agglomeration tendency, and the behaviors of ash forming elements. The mathematical models to predict the bed agglomeration behaviors were also proposed. The bed agglomeration tendency was described by the defluidization time (t_{def}) and the extent of potassium into the bed as K/Bed . It was experimentally found that the defluidization caused by the agglomeration of bed particles can be observed by the abnormal decrease in bed pressure drop, more clearly than the deviation from relatively uniform bed temperature. The defluidization was developed steadily from partial to complete by an extension in an increase and growth of agglomerates. The bed defluidization increased as the increase of bed temperature, static bed height and bed particle size and the decrease of fluidized air velocity. The biomass fuel with relatively high alkali and chloride contents, as used in this study, was likely to increase the bed agglomeration problem. The SEM/EDS analysis on the features of the agglomerate samples indicated that the bed agglomeration is mainly attributed to the formation of the ash derived potassium silicate compounds as liquid phase during combustion. This was initiated by the burning char particles. The propagation of ash formed material inward the sand grains could be observed, which may cause by the gaseous/aerosol alkali species. In this study, the migration of ash forming elements from fuel particle to bed particle was likely dominated by the collision. The agglomeration process was the reactor scale independent. The plot of EDS data employing ternary phase diagram showed that the compositions of the coating and neck fused materials were mainly located in the low Ca and high Si region where the eutectic composition is nearby, and the relatively large amount of the melt (70-95%) in fused materials at relatively low temperature (740-800 °C) was estimated using lever bar rule for all biomass samples studied, which seemed likely that the melt formation controls the agglomeration. The order from high to low of the bed agglomeration tendency of the biomass samples were palm brunch, corncob, rice straw, and palm shell, respectively. The fairly well to good satisfactory in the model predictabilities were obtained.

Keywords : Bed Agglomeration / Fluidized Bed Combustion / Biomass Combustion / Palm Shell / Corncob / Palm Fruit Brunch / Straw

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการเกาะตัวของเบคอนุภาคในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบคโดยใช้ ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง
หน่วยกิต	36
ผู้เขียน	นายปวิณ ชัยวัฒน์เสฏฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.สุวิทย์ เตีย Prof. Dr. Bernd Bilitewski ผศ.ดร.ปานจันทร์ ศรีจรูญ
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2554

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาพฤติกรรมของการเกาะตัวของเบคอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลทางการเกษตร อันได้แก่ กะลาและทะลายปาล์ม ชังข้าวโพด และ ฟางข้าว ในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบคระดับห้องปฏิบัติการ และระดับเครื่องต้นแบบ และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายพฤติกรรมดังกล่าว โดยจะศึกษาถึงปัจจัยขององค์ประกอบทางอนินทรีย์ของชีวมวลและสภาวะของการเผาไหม้ ที่มีผลต่อความเป็นไปได้ของการเกาะตัวและการสูญเสียสภาพของไหลของเบคอนุภาค การสูญเสียสภาพของไหลของเบคอนุภาคระหว่างการเผาไหม้ถูกตรวจพบจากการลดลงของความดันสูญเสียของเบค โดยจะเปลี่ยนจากการสูญเสียสภาพบางส่วนไปเป็นการสูญเสียสภาพทั้งหมด ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านอุทกพลศาสตร์ ที่เกิดจากการเพิ่มจำนวนและขนาดของกลุ่มอนุภาคเบคที่เกาะติดกัน การเพิ่มอุณหภูมิการเผาไหม้ ขนาดอนุภาคเบค และความสูงของเบค รวมถึงการลดความเร็วของอากาศ ทำให้การสูญเสียสภาพเร็วขึ้น ปริมาณของธาตุโพแทสเซียมและคลอรีนในชีวมวลที่สูงก็จะทำให้การสูญเสียสภาพเร็วขึ้น เช่นกัน การตรวจสอบอนุภาคเบคที่เกาะติดกัน โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่า อนุภาคเบคเกาะติดกันด้วยเถ้าบางส่วนที่กลายเป็นของเหลวระหว่างเผาไหม้อันเนื่องจากอุณหภูมิพื้นผิวของอนุภาคเชื้อเพลิงที่สูงกว่าอุณหภูมิการเผาไหม้ โดยเถ้าหลอมเหลวนี้มีส่วนประกอบของ ซิลิกอนและโพแทสเซียมเป็นหลัก เถ้าหลอมเหลวจะเคลือบที่ผิวของอนุภาคเบค ซึ่งจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนกาวที่จะเชื่อมติดกับอนุภาคเบคอื่นๆ และพบว่าการแพร่ของเถ้าบางส่วนเข้าสู่ใจกลางของอนุภาคเบค โดยคาดว่ากลไกหลักที่เถ้าหลอมเหลวมาที่ผิวของอนุภาคเบคได้มาจากการชนปะทะระหว่างเบคอนุภาคและเถ้าหลอมเหลวที่อยู่บนผิวของอนุภาคเชื้อเพลิง การ

ตรวจสอบพฤติกรรมของธาตุนิวทริยระหว่างการเผาไหม้ ตามหลักสมมูลของอุณหพลศาสตร์พบว่า เถ้าหลอมเหลวที่อยู่ในกลุ่มอนุภาคเบดที่เกาะตัวกัน จะเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวในสัดส่วนที่ร้อยละ 70 ถึง 90 ที่อุณหภูมิ 740 ถึง 800 องศาเซลเซียส และมีองค์ประกอบใกล้เคียงกับสารประกอบยูเทคติก โดยสัดส่วนของเถ้าหลอมเหลวจะขึ้นกับอุณหภูมิและองค์ประกอบเป็นสำคัญ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายเวลาการเผาไหม้ที่ถูกพัฒนาขึ้นใหม่และปรับปรุงจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เดิม สามารถทำนายเวลาการเผาไหม้ในเตาเผาระดับห้องปฏิบัติการและระดับเครื่องต้นแบบได้ดี

คำสำคัญ : การเกาะตัวของเบดอนุภาค / การเผาไหม้ชีวมวล / ฟลูอิดไดซ์เบด / กะลาปาล์ม / ทะลายปาล์ม / ชังข้าวโพด / ฟางข้าว

ACKNOWLEDGEMENTS

Financial support under a scholarship from the Royal Golden Jubilee Program, Thailand Research Fund (TRF) is gratefully acknowledged. I would like to pay my thanks my advisors, Assoc. Prof. Dr. Suvit Tia and Asst. Prof. Dr. Panchan Sricharoon, co-advisor, for their tireless helps and enthusiastic support on this thesis. Specially, my deeply gratitude is paid to my foreign co-advisor Prof. Bilitewski for enthusiastic support in the new experiences during the research in TÛ Dresden, Germany. I wish to thank my mom and my passed away dad for love and encouragement to my life.

Our team is also appreciative for the useful guidance and support offered by the staffs of National Metal and Materials Technology Center (MTEC), National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Thailand, in performing the SEM specimen preparation; by the staffs of Scientific and Technology Research Equipment Center (STREC) of Chulalongkorn University for guidance in the SEM/EDS analysis; and, finally, by the staffs of Technical and Engineering System (TCS), Pilot plant Development and Training Institute (PDTI) of King Mongkut's University Technology Thonburi (KMUTT) for assisting in the pilot plant operations.