

Abstract

This Project Report presents the experimental studies on firing/co-firing of some Thai unconventional biomass fuels in a fluidized-bed combustor with a cone-shaped bed using two hydrodynamic regimes of the fluidized bed. Three cases studies were performed: (1) a comparative study on combustion of sunflower shells in the bubbling and swirling fluidized-bed combustors, (2) a study on co-firing of eucalyptus bark and rubberwood sawdust in the swirling fluidized-bed combustor, and (3) a study on burning peanut shells in the bubbling fluidized-bed combustor. Silica sand was used as the bed material in the investigations of sunflower shells firing and bark/sawdust co-firing, whereas alumina sand was selected as the bed material when burning high-alkali peanut shells to prevent bed agglomeration.

In case studies for firing the shell-type biomasses, the fuels were burned at two fuel feed rates, 60 kg/h and 45 kg/h, whereas in the co-firing study, eucalyptus bark and rubberwood sawdust mixed in different proportions were co-fired at the only fuel feed rate of 60 kg/h fuel blend. However, when (co-)firing distinct fuels, the key operating variable – excess air – was ranged from 20% to 80% with the aim to determine optimal operating conditions ensuring highest possible combustion efficiency of the proposed combustion techniques at minimized emissions of major gaseous pollutants (CO and NO). Temperature and gas concentrations (O_2 , CO, C_xH_y as CH_4 , and NO) were measured in all the studies along radial and axial directions inside the reactor as well as at stack to characterize combustion and emission performance of the combustors for the ranges of operating variables. For all fuel firing options (case studies), the radial and axial temperature profiles in the reactor were found to be weakly dependent on operating conditions. However, the gas concentration profiles (exhibiting formation and decomposition of the major pollutants) revealed the apparent effects of fuel properties, excess air and secondary air injection (the latter being applied in the swirling fluidized-bed combustor), which resulted in different emission characteristics when firing the biomasses selected.

For the maximum combustor load, excess air of about 55% seems to be an optimum ensuring high (about 99%) combustion efficiency. The co-combustion of high-moisture eucalyptus bark and rubberwood sawdust in the swirling fluidized-bed combustor exhibits quite stable regime and high, 99.6%, combustion efficiency when the mass fraction of the sawdust in the fuel blend is about 0.85 and excess air is maintained between 50% and 55%. However, for firing peanut shells, the highest (about 99%) combustion efficiency is achievable when firing this biomass at excess air of about 40%. At optimal operating conditions, the major (CO and NO) emissions can be controlled at acceptable levels (meeting the national emission standards) when firing the selected biomasses in the proposed bubbling and swirling fluidized-bed combustors with a cone-shaped bed.

No evidence of bed agglomeration was found in all the case studies. However, burning of peanut shells in a fluidized bed using silica sand as the bed material leads to a rapid bed agglomeration and defluidization. In this work, it was managed to prevent bed agglomeration during the combustion of high-alkali peanut shells only due to the use of the alternative bed material (alumina sand). Timescale effects on the composition of the bed material are substantial when firing peanut shells in the bubbling fluidized-bed combustor.

Keywords: Sunflower shells; Eucalyptus bark; Rubberwood sawdust; Peanut shells; Bubbling and swirling fluidized-bed combustors; Emissions; Combustion efficiency

บทนำ

ในรายงานโครงการนี้ได้นำเสนอผลการวิจัยเรื่อง การเผาไหม้และการเผาไหม้ร่วมของเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดไม้แพร่หลายในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดแบบทรงกรวย ซึ่งในการศึกษานี้ได้แบ่งเป็น 3 กรณีศึกษาด้วยกันคือ (1) การเปรียบเทียบการเผาไหม้ของเปลือกเมล็ดทานตะวันในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดชนิดพองอากาศและชนิดหมุนวน (2) การศึกษาการเผาไหม้ร่วมของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสและซีลี้อยในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดชนิดหมุนวน (3) การศึกษาการเผาไหม้ของเปลือกถั่วลิสงในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดชนิดพองอากาศ โดยทรายซิลิกาได้ถูกนำมาใช้เป็นวัสดุเบดในการเผาไหม้ของเปลือกเมล็ดทานตะวันและการเผาไหม้ร่วมของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสและซีลี้อย ส่วนทรายอลูมินาได้ถูกนำมาใช้ในการเผาไหม้ของเปลือกถั่วลิสงซึ่งมีองค์ประกอบของอัลคาไลน์สูงเพื่อป้องกันการรวมตัวกันของวัสดุเบด

ในการศึกษาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดเปลือก เชื้อเพลิงชีวมวลได้ถูกเผาไหม้ในอัตราการป้อนเชื้อเพลิง 60 kg/h และ 45 kg/h ส่วนในการเผาไหม้ร่วมของเปลือกไม้ยูคาลิปตัสและซีลี้อย เชื้อเพลิงได้ถูกผสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกันโดยเชื้อเพลิงชีวมวลผสมได้ถูกเผาไหม้ในอัตราการป้อนเชื้อเพลิง 60 kg/h อย่างไรก็ตามในทุกกรณีศึกษาอากาศส่วนเกินได้ถูกทดสอบตั้งแต่ 20% จนถึง 80% เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิดในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดทั้งสองชนิด โดยให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในขณะที่การปลดปล่อยก๊าซมลพิษหลัก (CO และ NO) อยู่ในปริมาณที่ต่ำ อุณหภูมิและความเข้มข้นของก๊าซชนิดต่างๆ (O_2 , CO, C_xH_y ในรูปของ CH_4 และ NO) ได้ถูกบันทึกค่าทั้งในแนวนอนและแนวแกนของเตารวมถึงที่ปล่องเพื่อทำการอธิบายลักษณะของการเผาไหม้และมลภาวะในสภาวะต่างๆ จากผลการทดลองในการศึกษาต่างๆ พบว่าอุณหภูมิในแนวนอนและแนวแกนของเตาไม่ขึ้นอยู่กับสภาวะการทดลองต่างๆ ซึ่งต่างจากความเข้มข้นของก๊าซมลพิษ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของเตา อันมีผลกระทบหลักมาจาก องค์ประกอบของเชื้อเพลิง อากาศส่วนเกิน และ อัตราการป้อนอากาศชั้นที่สอง (ในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดชนิดหมุนวน) จึงทำให้เกิดความแตกต่างกันของลักษณะการเกิดก๊าซมลพิษในการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิด

ในการเผาไหม้เปลือกเมล็ดทานตะวันด้วยอัตราการป้อนเชื้อเพลิง 60 kg/h อากาศส่วนเกินประมาณ 55% เป็นสภาวะในการเผาไหม้ที่เหมาะสมที่สุดโดยสามารถให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สูงได้ถึง 99% ส่วนในการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลผสมในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดชนิดหมุนวนพบว่า ประสิทธิภาพสูงสุด 99.6% เกิดขึ้นในการผสมซีลี้อยประมาณ 0.85 ส่วนของเชื้อเพลิงชีวมวลผสม และในอากาศส่วนเกินระหว่าง 50% ถึง 55% อย่างไรก็ตามในการเผาไหม้ของเปลือกถั่วลิสงในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดชนิดพองอากาศประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สูงที่สุด (ประมาณ 99%) เกิดขึ้นที่อากาศส่วนเกิน 40% ซึ่งในสภาวะดังกล่าวของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิดมลพิษได้ถูกควบคุมให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม (ต่ำกว่าค่าการปล่อยมลพิษมาตรฐาน) ในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดแบบทรงกรวยทั้งสองชนิดดังกล่าว

ในการศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิดไม่พบปัญหาจากการรวมตัวกันของวัสดุเบด อย่างไรก็ตามในการใช้ทรายซิลิกาในการเผาไหม้เปลือกถั่วลิสงพบว่าได้เกิดปัญหาการจับตัวกันเป็นก้อนของวัสดุเบดอย่างรวดเร็วส่งผลให้การฟลูอิดไคซ์เบดหยุดชะงัก ในงานวิจัยนี้จึงได้นำทรายชนิดอลูมินาใช้ในการเผาไหม้ของเปลือกถั่วลิสงซึ่งมีองค์ประกอบของอัลคาไลน์สูงเพื่อป้องกันการรวมตัวกันของวัสดุเบด อย่างไรก็ตามได้มีการตรวจพบว่าองค์ประกอบของวัสดุเบดได้มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาของการใช้วัสดุเบดในการเผาไหม้ที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: เปลือกเมล็ดทานตะวัน, เปลือกไม้ยูคาลิปตัส, ซีลี้อย, เปลือกถั่วลิสง, เตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดชนิดพองอากาศและชนิดหมุนวน, มลพิษ, ประสิทธิภาพในการเผาไหม้