

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : RMU5380034

ชื่อโครงการ : การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในเตาเผาไหม้แบบฟลูอิดไธด์เบด

ชื่อนักวิจัย : รองศาสตราจารย์ ดร. ธานิดย์ เมธิยานนท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

Email Address : thanid_m@yahoo.com

ระยะเวลาโครงการ : 15 มิถุนายน 2553 – 14 มิถุนายน 2556

ชีวมวลซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดและยั่งยืนจะเข้ามามีบทบาทต่อด้านพลังงานของประเทศในอนาคต เนื่องจากข้อดีในด้านการปลดปล่อย CO_2 สุทธิเป็นศูนย์ ตลอดจนการลดปริมาณ SO_2 และ NO_x ที่ถูกปลดปล่อยจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ชีวมวลส่วนใหญ่ก็มีมากในเฉพาะช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยว ซึ่งส่งผลเสียต่อความมั่นคงในการใช้เชื้อเพลิง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากใช้ชีวมวลชนิดเดียวเป็นเชื้อเพลิงหลัก การแก้ปัญหาทำได้โดยการเผาไหม้ร่วมของชีวมวลสองชนิด หรือเผาไหม้ชีวมวลร่วมกับถ่านหิน การเผาไหม้แบบฟลูอิดไธด์เบดได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงและปลดปล่อยมลพิษน้อย รวมไปถึงยังได้ถูกพิสูจน์แล้วว่ามีความมีประสิทธิภาพในการเผาไหม้ชีวมวล

โครงการวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเตาเผาไหม้ฟลูอิดไธด์เบด 3 ลักษณะคือ 1) เตาเผาไหม้ฟลูอิดไธด์เบดแบบห้องเผาไหม้สั้น (SFBC) 2) เตาเผาไหม้วอร์เทค-ฟลูอิดไธด์เบด (Ψ -FBC) และ 3) เตาเผาไหม้ฟลูอิดไธด์เบดแบบหมุนเวียน (CFBC) การศึกษาได้ทดลองทั้งการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลเดี่ยวและการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลร่วมกับถ่านหินในเตาเผาไหม้ SFBC และ Ψ -FBC ซึ่งใช้แกลบและถ่านหินบิทูมินัสเป็นเชื้อเพลิง โดยพิจารณาถึงคุณลักษณะและสมรรถนะการเผาไหม้ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาไฮโดรไดนามิกส์ของอนุภาคในเตาเผาไหม้ CFBC ที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ และทดสอบการเผาไหม้เบื้องต้นโดยใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง ปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการเผาไหม้ในเตา SFBC และ/หรือ Ψ -FBC ในการเผาไหม้แกลบอย่างเดียวที่ได้ทำการศึกษาคือ ความเร็วอากาศที่ก่อให้เกิดฟลูอิดไธด์เซชัน, ความเร็วอากาศส่วนที่สอง และสัดส่วนการจ่ายอากาศส่วนที่สองที่ระดับความสูงต่างๆ ในขณะที่การเผาไหม้เชื้อเพลิงร่วมในเตา SFBC และ/หรือ Ψ -FBC ได้ทำการศึกษาถึงพารามิเตอร์ดังนี้คือ สัดส่วนการผสมถ่านหินในช่วง 0–25% (โดยพลังงาน), ขนาดถ่านหินที่ใช้ 0–5 และ 5–10 mm, ระดับการจ่ายถ่านหินเข้าสู่เตาเผาไหม้ ตลอดจนอุณหภูมิเบดที่ใช้ในการเผาไหม้ สำหรับไฮโดรไดนามิกส์ของอนุภาคในเตา CFBC ได้ศึกษาถึงความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไธด์เซชัน (U_{mf}) ภายใต้การปรับเปลี่ยนปริมาณและขนาดของทรายที่ใช้เป็นอนุภาคเบด ตลอดจนลักษณะการกระจายความดันภายในเตา ส่วนการเผาไหม้เบื้องต้นในเตา CFBC นั้นได้ศึกษาถึงคุณลักษณะการเผาไหม้ภายในเตาภายใต้เงื่อนไขการปรับเปลี่ยนอัตราการป้อนเชื้อเพลิงต่างๆ

ผลการศึกษาพบว่า การเผาไหม้เชื้อเพลิงหลักในเตา SFBC และ Ψ -FBC ทั้งกรณีการเผาไหม้แกลบอย่างเดียว และการเผาไหม้แกลบร่วมกับถ่านหินเกิดขึ้นได้ทั้งแวนวอร์เทคบริเวณใกล้จุดจ่ายเชื้อเพลิงเข้าสู่เตาเผาไหม้ ในกรณีเตาเผาไหม้ SFBC พบว่าการเพิ่มสัดส่วนการผสมถ่านหินในการเผาไหม้ร่วมกับแกลบ

ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (E_c) เพิ่มขึ้นโดยมีค่ามากกว่า 98% ในทุกเงื่อนไขการทดลอง การจ่ายถ่านหินเข้าสู่เตาที่ระดับไต้หวงแหวนวอร์เทคเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมในการเผาไหม้ร่วมกับแกลบ ในขณะที่การเพิ่มสัดส่วนถ่านหินขนาด 5–10 mm ช่วยลดการปลดปล่อยแก๊ส NO_x ได้ดีกว่าขนาด 0–5 mm นอกจากนี้ การเพิ่มความเร็วอากาศส่วนที่สองไต้หวงแหวนวอร์เทคและสัดส่วนการจ่ายอากาศส่วนที่สองแบบหมุนวนในกรณีของการเผาไหม้แกลบอย่างเดียวส่งผลให้ปริมาณ CO ที่ทางออกเตาลดต่ำลงและมีค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงขึ้นโดยมีค่าในช่วง 92–98%

ในกรณีของเตาเผาไหม้ ψ -FBC พบว่าการเพิ่มสัดส่วนการผสมถ่านหินในการเผาไหม้ร่วมกับแกลบส่งผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่แก๊สมลพิษจำพวก SO_2 และ NO_x มีค่าเพิ่มสูงขึ้น การเพิ่มอุณหภูมิเบดเผาไหม้ไม่เพียงแต่จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้เพิ่มสูงขึ้นแต่ยังคงส่งผลให้แก๊ส SO_2 และ NO_x มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน สำหรับการเผาไหม้แกลบอย่างเดียวนั้น พบว่าการเพิ่มความเร็วอากาศที่ก่อให้เกิดฟลูอิดไอเซชันส่งผลให้ NO_x มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่การเพิ่มความเร็วอากาศส่วนที่สองนั้นส่งผลให้ NO_x มีแนวโน้มลดลง ในทุกเงื่อนไขการทดลองมีค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงกว่า 99%

การศึกษาไฮโดรไดนามิกส์ในเตาเผาไหม้ CFBC พบว่าการเพิ่มปริมาณเบดและขนาดอนุภาคทรายส่งผลให้ความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไอเซชัน (U_{mf}) เพิ่มขึ้น โดยมีค่าในช่วง 0.18–0.46 m/s (ปริมาณทราย 7–9 kg) การกระจายความดันภายในเตาแสดงให้เห็นว่าการเวียนกลับของอนุภาคทรายจากฝั่งดาร์น-คัมเมอร์สไโรเซอร์เกิดขึ้นได้เมื่อความดันที่ตำแหน่งแอลวาล์วสูงกว่าความดันภายในเบด และสัดส่วนช่องว่างตลอดความสูงท่อไโรเซอร์มีค่าในช่วง 0.955–0.99 การทดลองเผาไหม้ถ่านไม้ในเบี่ยงต้นพบว่า การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดความสูงของท่อไโรเซอร์ และการเพิ่มอัตราการป้อนเชื้อเพลิงจาก 8 เป็น 15 kg/h ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอากาศส่วนเกินในช่วง 11–118% ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยในเตาเพิ่มสูงขึ้นโดยมีค่าในช่วง 770–820 °C

คำหลัก : การเผาไหม้ร่วม/ แกลบ/ ชีวมวล/ ฟลูอิดไธซ์เบด/ วอร์เทค

Abstract

1. Project Code: RMU5380034

2. Project Title: Biomass combustion in fluidized bed combustor

3. Investigators: Assoc. Prof. Dr. Thanid Madhiyanon Mahanakorn University of Technology

Email Address: thanid_m@yahoo.com

Project Period: 15 June 2010 – 14 June 2013

Biomass as a clean and sustainable energy resource will play an important role in energy scenarios of the country in the future because of its advantages in CO₂-neutral feature and considerable reduction of SO₂ and NO_x pollutants emitted from burning fossil fuel. Most biomass, however, is abundantly available only within a crop season, so there will be an adverse effect on stability of fuel provision, especially if it is used as a single main fuel. In order to solve this drawback, either two different biomasses or biomass and coal are blended and co-combusted. Fluidized-bed combustion (FBC) is denoted for high efficient combustion and fewer pollutants released, also, it has been proven effective when utilized for biomass combustion.

This research project investigated the combustion studies performed in three different types of fluidized bed combustor: 1) a short-combustion-chamber fluidized-bed combustor (SFBC), 2) a vortex-fluidized bed combustor (Ψ -FBC), and 3) a circulating fluidized bed combustor (CFBC). Both standalone combustion, and co-firing between biomass and coal were set up in SFBC and Ψ -FBC, using rice husk and bituminous coal as fuels. The combustion characteristics and performances were also taken into consideration. A study of hydrodynamics of particles inside CFBC, having been constructed, and a preliminary combustion test using wood as a fuel were also examined. The studied parameters affecting pure rice husk combustion in SFBC and/or Ψ -FBC were the fluidizing velocity, secondary air velocity, and secondary air flow fractions. The co-firing tests in SFBC and/or Ψ -FBC operated under various parameters, for examples, coal blending ratios in the range 0–25% (thermal basis), coal sizes ranging 0–5 and 5–10 mm, coal-feeding locations, as well as bed temperatures were done. The minimum fluidizing velocity (U_{mf}), as well as pressure profiles inside CFBC operated under a variety of sizes and quantities of sand, were presented. Finally, the combustion characteristics of wood in CFBC under varying fuel feed rates were established. The results showed that in both SFBC and Ψ -FBC, the main combustion took place under the vortex ring near the fuel feed point for both cases of pure rice husk combustion and co-firing with coal.

For SFBC, increased coal shares in co-firing with rice husk ameliorated the combustion efficiency (E_c), generally >98% for all coal-blending ratios. An injection of coal under the vortex ring seemed the most appropriate location in co-firing with rice husk. Meanwhile, increased shares of coal sized 5–10 mm emitted less NO_x than that of 0–5 mm size. For pure rice husk firing, increases in a secondary air velocity and secondary air fractions engendered the decline of CO release and the progress in E_c , ranging 92–98%.

In the cases of Ψ -FBC, increased coal shares in co-firing with rice husk were responsible for the slight decreases in E_c , and increases in SO_2 and NO_x emissions. High bed temperatures not only activated E_c , but also elevated SO_2 and NO_x as well. A higher fluidizing velocity in firing pure rice husk stimulated NO_x emissions, while increased secondary air velocity lowered NO_x value. The E_c for all cases were >99%.

The hydrodynamics study in CFBC indicated that the increments of quantity and size of sand induced high minimum fluidizing velocity in the range of 0.18–0.46 m/s (7–9 kg-sand). The pressure profiles inside the combustor implied that solid recirculation would occur when the pressure in the L-valve was higher than that presented in the bed. The calculated voidage along the riser was found to be in the range of 0.955–0.99. The preliminary firing test of wood in CFBC found that the combustion took place along the riser height, and increased fuel feed rates from 8 to 15 kg/h, corresponding to excess air range of 11–118%, caused the increase in temperatures inside the combustor, ranging 770–820 °C.

Keywords: Biomass/ Co-combustion/ Fluidized bed/ Rice husk/ Vortex.