Abstract

A novel vortexing-fluidized bed combustor (VFBC) using rice-husk as fuel was developed and presented. The combined characteristics of vortex combustion and fluidized bed combustion are the main features of the VFBC, which was designed to achieve high thermal capacity (MW_{th} m^{-3}), high thermal efficiency and low diameter to height ratio. The VFBC comprises a vertical cylinder chamber and a conical base, which provides a bed for incompletely combusted fuel. The overall dimensions are 1.10 m in height and 0.40 m in diameter. To evaluate combustor performance, the specific feed rate of fuel and mass flow rates of the primary, secondary, and tertiary air were varied independently of one another. The combustion appeared into two zones characterized by different combustion behaviors, i.e. 1) vortex combustion above the vortex ring and 2) fluidized bed combustion below the vortex ring. The fluidized bed zone has uniform temperature distributions across the cross-section of the combustor. The swirling of air above the vortex ring and the vortex ring itself played important roles in preventing the escape of combustion particulates. Bottom ash appeared as fine black and grey particles of ash, which ranged in size from 200 to 600 μm. Fluidization could be initiated without the assistance of any inert material mixed into the bed. The experimental results indicated that thermal efficiency did not depend on the secondary or tertiary airflows, but was significantly influenced by the excess air resulting from the combined total of the three airflows. The introduction of the tertiary airflow helped maintaining the temperature inside the combustor within acceptable levels. According to experimental conditions, i.e. a specific feed rate of 240 kg h^{-1} m^{-3} and excess air (157%), it was found that the VFBC could achieve an exit gas temperature of 1060^{o}C, thermal efficiency of 95%, and thermal capacity of 0.91 MW_{th} m^{-3}. The amounts of CO_2, CO, and O_2 gases emitted were directly related to thermal efficiency, and the amounts of CO and NO_x were 50 and 380 ppm, respectively.

บทคัดย่อ

ในโครงงานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาเตาเผาไหม้วอร์เทค-ฟลูอิไดซ์เบด (Vortexing-Fluidized bed Combustor, VFBC) ที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง โดยออกแบบให้มีการร่วมลักษณะเด่นของการเผาไหม้แบบวอร์เทคและฟลูอิไดซ์เบดไว้ด้วยกัน โดยมีจุดประสงค์เพื่อต้องการเตาเผาไหม้แบบใหม่ที่ให้ค่าพิกัดความร้อน ($MW_{th}m^{-3}$) และประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง แต่ในขณะเดียวกันมีค่าสัดส่วนความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำ เตาเผาที่ใช้ในการทดลองมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและความสูงเท่ากับ 0.4 และ 1.10 เมตร ตามลำดับ และมีฐานเป็นรูปกรวยสำหรับรองรับอนุภาคที่ยังเผาไหม้ไม่หมด ในการทดสอบสมรรถนะของเตาได้มีการแปรเปลี่ยนอัตราการป้อนเชื้อเพลิงจำเพาะและอัตราการไหลของอากาศส่วนที่หนึ่ง สอง และสาม ในแต่ละการทดลอง จากผลการทดลองพบว่าภายในเตาเผาไหม้จะถูกแบ่งออกเป็นห้องเผาไหม้สองส่วนตามลักษณะการเผาไหม้คือ 1) บริเวณที่อยู่เหนือวงแหวนวอร์เทคขึ้นไป ซึ่งมีลักษณะการเผาไหม้แบบวอร์เทคและ 2) บริเวณห้องเผาไหม้ที่อยู่ด้านล่างวงแหวนวอร์เทคลงมาเกิดการเผาไหม้แบบฟลูอิไดซ์เบด ซึ่งสอดคล้องกับผลของการกระจายอุณหภูมิภายในเตาที่มีการกระจายอุณหภูมิสม่ำเสมอตลอดทั้งหน้าตัดเตาในส่วนนี้ นอกจากนี้การหมุนวนของอากาศเหนือวงแหวนและตัววงแหวนเองมีส่วนสำคัญในการดักจับอนุภาคขนาดใหญ่ที่ยังเผาไหม้ไม่หมดไม่ให้หนีออกไปจากเตา ทำให้เถ้าที่ออกมามีลักษณะละเอียดสีดำปนเทาโดยมีขนาดอยู่ในช่วง 200 ถึง 600 μm. การเกิดฟลูอิไดซ์เซชันภายในเตาไม่จำเป็นต้องผสมวัสดุเฉื่อยลงในเบด ประสิทธิภาพเชิงความร้อนไม่ขึ้นกับปริมาณอากาศส่วนที่สองหรือสาม แต่จะขึ้นกับปริมาณอากาศส่วนเกินทั้งหมดซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณอากาศทั้งสามส่วน ผลของการจ่ายอากาศส่วนที่สามจะช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในเตาไม่ให้สูงเกินไป จากการทดลองพบว่าที่อัตราการป้อนแกลบ 240 $kg\ h^{-1}m^{-3}$ ปริมาณอากาศส่วนเกิน 157% จะได้แก๊สร้อนตรงทางออกเตามีอุณหภูมิ 1,060 ^{o}C ประสิทธิภาพเชิงความร้อน 95% และพิกัดความร้อนเตาที่ทำได้เท่ากับ 0.91 $MW_{th}\ m^{-3}$ โดยปริมาณ CO_2 , CO และ O_2 เป็นไปในแนวทางที่สอดคล้องกับค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยปริมาณ CO และ NO_x ที่ปล่อยออกมาจากเตามีค่า 50 และ 380 ppm ตามลำดับ