

อิทธิพลของมุมปะทะของครีบบางขวางต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลภายในเตาเผาฟลูอิดไรซ์เบด

Effect of Attack Angle of Ribs on Biomass Fuel Combustion Behavior in Fluidized bed Combustor

วิฑูรย์ ชิงถ้วยทอง,¹ พงษ์เจต พรหมวงศ์,^{2*}
Witoon Chingtuaythong,¹ Pongjet Promvong,^{2*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอถึงผลของการกระจายอุณหภูมิและลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแกลบภายในเตาเผาฟลูอิดไรซ์เบดรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ในการทดลองทำการปรับเปลี่ยนลักษณะห้องเผาไหม้หลากหลายรูปแบบได้แก่ ห้องเผาไหม้ที่ไม่มีการติดตั้งครีบบและห้องเผาไหม้ที่มีการติดตั้งครีบบรูปตัววีและตัววีคว่ำแบบแยกตัวที่มุมปะทะการไหล 30° และระยะห่างของครีบบ (0.5H, 1.0H และ 1.5H) ทำการปรับเปลี่ยนอัตราการป้อนเชื้อเพลิงแกลบที่ 4.6, 5.1 และ 5.9 กิโลกรัม/ชั่วโมง และปริมาณอัตราการไหลของอากาศที่ 44.3, 51.6 และ 59.8 กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ การวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิเลือกวัดตามตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวความสูงของเตาเผาทั้งหมด 11 ตำแหน่ง แก๊สไอเสียและประสิทธิภาพการเผาไหม้วัดค่าที่บริเวณทางออกของไซโคลน จากการศึกษาทดลอง พบว่าห้องเผาไหม้ที่มีการติดตั้งครีบบให้ผลของระดับอุณหภูมิที่สูงและเสถียรมากกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งครีบบ ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และกลุ่มแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ที่พบมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานการเผาไหม้ชีวมวล แนวโน้มของประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงขึ้นเมื่อระยะห่างของครีบบมีค่าลดลง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 85-96% โดยขึ้นอยู่กับปริมาณอากาศส่วนเกิน, ระยะห่างของครีบบ, มุมปะทะและลักษณะของการจัดวางครีบบ.

คำสำคัญ:เตาเผาฟลูอิดไรซ์เบด, เชื้อเพลิงชีวมวล, การเผาไหม้

Abstract

This research presents the temperature distribution and combustion characteristics of a fluidized rice-husk square-bed. The experiments were conducted in various types of the beds having ribs mounted on two opposite walls, namely, the bed without rib, bed with V-shaped discrete ribs and Λ -shaped

¹อาจารย์, สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, 321 ถนนนารายณ์มหาราช ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี 15000

¹Lecturer, Department of Mechanical Technology, Faculty of Industrial Technology, Thepsatri Rajabhat University, 321 Naraimaharat Road, Talaychubsorn, Lopburi, 15000, Thailand

²รองศาสตราจารย์, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

²Asso. Prof., Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.

*Corresponding author: PongjetPromvong, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand. E-mail: kppongje@kmitl.ac.th

discrete ribs with attack angles is 30° with three different pitch lengths (0.5H, 1.0H and 1.5H). Three feeding rates of rice husk at 4.6, 5.1 and 5.9 kg/hr were introduced for which airflow rates were adjusted to be 44.3, 51.6 and 59.8 kg/hr. The temperature distributions were measured at 11 selected locations along the combustor height. Combustion emissions and efficiencies from its flue gases were measured and observed at the exit of the cyclone flyash collector. The experimental results indicated that the bed with ribs provides more stable temperature or combustion than the one with no rib, apart from higher combustion temperature. CO and NO_x emissions are found to be much lower than the standard of biomass combustions. The combustion efficiency tends to increase with the reduction of rib pitch length and is around 85-96% depending on the excess air, rib pitch and rib arrangement.

Keywords: fluidized-bed combustor, rib, rice husk fuel, combustion

บทนำ

เนื่องด้วยปัจจุบันความต้องการด้านการใช้พลังงานมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นควบคู่ไปกับการขยายตัวทางภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม รวมทั้งจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงเป็นผลให้แหล่งทรัพยากรด้านพลังงานมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว อีกทั้งแหล่งพลังงานหลักที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนั้นเป็นพลังงานสิ้นเปลืองซึ่งใช้แล้วหมดไปหรืออาจต้องใช้ระยะเวลาในการเกิดใหม่มาทดแทน ตัวอย่างเช่น ถ่านหิน หินน้ำมัน น้ำมันดิบ น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ ฯลฯ ดังนั้นทั่วโลกจึงเริ่มต้นตัวและตระหนักถึงเรื่องพลังงานที่จะนำมาใช้ทดแทน โดยมีข้อตกลงในความร่วมมือช่วยกันค้นคว้าวิจัยและพัฒนา เพื่อเป็นทางเลือกและทางออกในการแก้ไขปัญหาพลังงานโลก และป้องกันปัญหาการขาดแคลนพลังงานในอนาคตอันใกล้

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมแห่งหนึ่งของโลก ประชากรมากกว่าร้อยละ 50 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ผลพลอยได้ที่สำคัญนอกเหนือจากผลผลิตการเกษตรก็คือ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย กาก ใบ และทะลายปาล์ม เป็นต้น ดังนั้น "ชีวมวล" จึงเป็นอีกแหล่งพลังงานทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสม สามารถนำมาเปลี่ยนให้เป็นพลังงานได้

ชีวมวลแกลบ จัดเป็นเชื้อเพลิงแข็งชนิดหนึ่ง และเป็นเชื้อเพลิงแข็งที่เบามาก ลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็งจะเป็นการเผาไหม้แบบ Diffusion คือ

ก่อนเชื้อเพลิงติดไฟที่ผิวหน้าก่อนแล้วจึงค่อยๆ ลามเข้าไปข้างในก่อนเชื้อเพลิง และเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ไปก่อนก็จะกลายเป็นขี้เถ้า (Ash) ชัดขวางการลามเข้าไปในก้อนเชื้อเพลิงของเปลวไฟ จึงทำให้เชื้อเพลิงมักจะเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ต่างกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวหรือก๊าซ ที่จะมีการผสมกันของเชื้อเพลิงและอากาศก่อน (Premixed) จึงทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์กว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง จากการศึกษาที่มีรายงานมากมายที่กล่าวถึงการใช้เทคโนโลยีเตาเผาต่างๆ ที่มีการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงเตาเผาแบบไซโคลน (Cyclone Combustor)¹, เตาเผาแบบวอร์เทก (Vortexing Combustor) และเตาเผาแบบฟลูอิดิซด์เบด (Fluidized Bed Combustor)² ซึ่งพบว่าเทคโนโลยีฟลูอิดิซด์เบด ดูเหมือนว่าสามารถใช้ได้เป็นอย่างดีกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง

เตาเผาฟลูอิดิซด์เบดที่ใช้ในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปแล้วห้องเผาไหม้มักถูกออกแบบเป็นรูปทรงกระบอกขนาดใหญ่และมีความสูงมาก³ ทั้งในเรื่องของขนาด และการลงทุนที่สูง จึงไม่เหมาะที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดย่อมเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาโดยอาศัยหลักการอากาศหมุนวน เช่น การฉีดอากาศทุติยภูมิในแนวสัมผัสเข้าสู่ฟร็อบอร์ดหรือการติดตั้งอุปกรณ์บางที่บริเวณทางเข้าของอากาศสู่เตาเผา มีงานวิจัยจำนวนมากที่ทำการศึกษถึงการเลือกใช้หลักการดังกล่าวเพื่อพัฒนาเตาเผาฟลูอิดิซด์เบด เช่น งานวิจัยที่ทำการศึกษาถึงผล

ของชนิดเชื้อเพลิงและเงื่อนไขที่มีผลต่อปริมาณการปล่อยของออกไซด์ในโตรเจนของเตาเผาฟลูอิดไธด์แบบอากาศหมุนวน⁴ การใช้เตาเผาที่มีฟริบอร์ตขนาดใหญ่วางกับการนำไฮโคลนใส่ไว้ด้านใน⁵ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากที่พยายามศึกษาและพัฒนาเตาเผาฟลูอิดไธด์สำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้เทคนิคต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงการออกแบบห้องเผาไหม้⁶ หรือแม้แต่การเตรียมส่วนผสมของเชื้อเพลิงก่อนป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้

ในงานวิจัยนี้จึงได้นำแนวคิด รวมทั้งหลักการต่างๆ ของงานวิจัยในอดีตเป็นแนวทางการศึกษาเพื่อพัฒนาเตาเผาฟลูอิดไธด์ โดยเลือกใช้วิธีการปรับปรุงการออกแบบห้องเผาไหม้ด้วยการติดตั้งครีบริบตัวและตัววัดว่าแบบแยกตัวที่ผนังด้านในห้องเผาไหม้ เพื่อเป็นการเพิ่มการไหลแบบหมุนวนของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ ทำให้ระยะเวลาที่เชื้อเพลิงอยู่ในห้องเผาไหม้ ได้นานขึ้นและการผสมคลุกเคล้าที่ดีขึ้นระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีขึ้น ก่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดในยุคที่ใช้งาน

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ทำการศึกษากิจกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวล(แกลบ) ภายในเตาเผาฟลูอิดไธด์เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาเตาเผาฟลูอิดไธด์สำหรับเป็นอุปกรณ์กำเนิดพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงชีวมวล

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลในเตาเผาฟลูอิดไธด์ที่ภายในห้องเผาไหม้ทำการติดตั้งครีบริบตัวและตัววัดว่าแบบแยกตัวทำมุม 30° จัดวางที่ผนังภายในห้องเผาไหม้
2. เชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ศึกษาทดลอง คือ แกลบ ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวจากโรงสีโดยไม่ผ่านกระบวนการใด ที่ปริมาณการป้อนในช่วง 4.6-5.9 กิโลกรัม/ชั่วโมง
3. ทำการปรับปริมาณอากาศโดยคิดเป็นอากาศส่วนเกินในช่วง 88-180% ตามลำดับ เพื่อแสดงเปรียบเทียบถึงผลของความเร็วที่เกิดต่อการเผาไหม้

ใหม่ และช่วงปริมาณอากาศดังกล่าวนี้เป็นช่วงที่กระบวนการการเผาไหม้สามารถดำเนินการได้

4. พฤติกรรมการเผาไหม้ที่ทำการศึกษา ได้แก่ การกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเตาเผาองค์ประกอบของก๊าซไอเสียและประสิทธิภาพการเผาไหม้

การติดตั้งอุปกรณ์และวิธีการคำนวณ

การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับศึกษาทดลองแสดงใน Figure 1 เตาเผาฟลูอิดไธด์ที่ทำมาจากเหล็กซึ่งถูกหุ้มฉนวนภายนอก ลักษณะรูปร่างของเตาเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีความสูงเท่ากับ 2.38 m ขนาดหน้าตัดของห้องเผาไหม้เท่ากับ 0.2x0.2 m² และสูงเท่ากับ 1.05 m หน้าตัดของฟริบอร์ตเท่ากับ 0.3x0.3 m² และสูง 0.80 m ส่วนของห้องผสมและส่วนเปลี่ยนแปลงหน้าตัดมีความสูง 0.25 m และ 0.20 m ตามลำดับ ลักษณะของครีบริบที่ใช้ในการทดลองทำจากเหล็กแผ่นและเชื่อมติดที่ผนังด้านในห้องเผาไหม้เป็นรูปตัววีและตัววัดว่าแบบแยกตัวมีความ ดังแสดงใน Figure 2

ชุดอุปกรณ์ป้อนอากาศนั้นประกอบด้วย Blower โดยอากาศถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นอากาศที่ใช้สำหรับพองแกลบภายในห้องเผาไหม้ และอีกส่วนหนึ่งเป็นลมสำหรับพาแกลบเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ปริมาณอากาศทั้งสองถูกควบคุมด้วยวาล์วจากการวัดและอ่านค่าความดันตกคร่อมผ่านแผ่น Orifice จาก Manometer เชื้อเพลิงแกลบถูกป้อนจาก Hopper ไหลลงสู่รางของ Screw Feeder เพื่อลำเลียงเชื้อเพลิงแกลบให้ตกลงสู่ท่อลมที่สำหรับพาแกลบเข้าสู่เตาเผา ปริมาณของเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ต่อเข้ากับ Screw Feeder โดยมี Inverter เป็นอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ LPG และหัวเผาถูกใช้สำหรับอุ่นเตาเผาเบื้องต้น เพื่อช่วยให้เชื้อเพลิงแกลบสามารถเกิดการเผาไหม้ได้เอง กระบวนการการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบเกิดอุณหภูมิของแก๊สขึ้น โดยอุณหภูมิของแก๊สที่เกิดขึ้นจะถูกกระแสของไหลภายในเตาเผา ลำเลียงออกที่บริเวณส่วนบนของฟริบอร์ต และเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของอนุภาคของแก๊สไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกจึงต้องมีติดตั้งไฮโคลนโดยอาศัยหลักการของแรงหนีศูนย์กลางในการดักแก๊สลอยที่มีน้ำหนักมากให้ถูกปล่อยออกทางด้านล่างของ

ไซโคลนการวัดระดับอนุภาคนิวเคลียสที่เกิดขึ้นภายในเตาเผา จะใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K โดยอ่านค่าผ่านเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ส่วนองค์ประกอบก๊าซไอเสียที่ทางออกบริเวณส่วนบนของฟลูอิเดชั่นนั้นจะใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย TESTO 350M XL ทำการวัดปริมาณ

ปริมาณร้อยละอากาศส่วนเกิน (EA) สามารถคำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์นี้

$$EA = \left[\frac{(A/F)_{Actual}}{(A/F)_{Stoic}} - 1 \right] \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ EA คือ ร้อยละอากาศส่วนเกิน (%)

$(A/F)_{Actual}$ คือ อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางปฏิบัติ

$(A/F)_{Stoic}$ คือ อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี

การคำนวณประสิทธิภาพการเผาไหม้เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

$$\eta_{com} [\%] = 100 - loss [\%] \quad (2)$$

เมื่อ η_{com} คือ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (%)

loss [%] คือ การสูญเสียจากองค์ประกอบก๊าซไอเสีย (%)

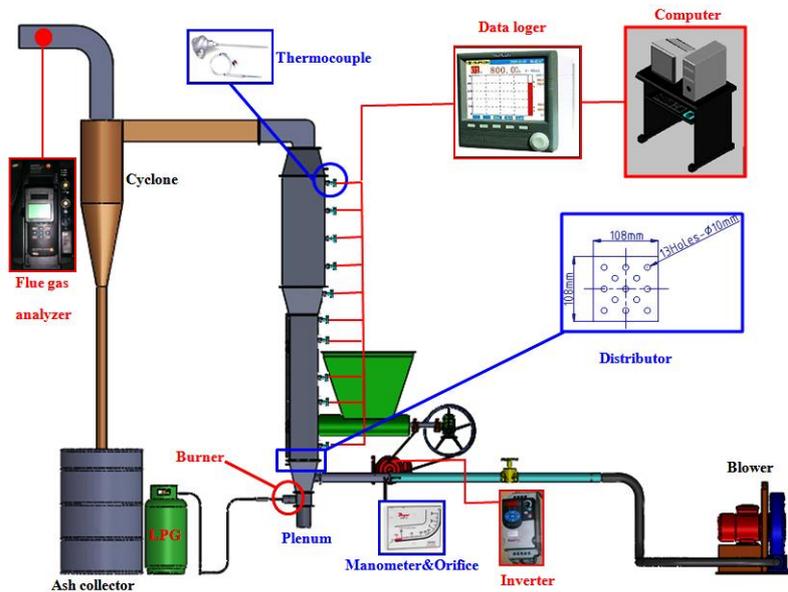


Figure 1 Schematic diagram of fluidized bed combustor.

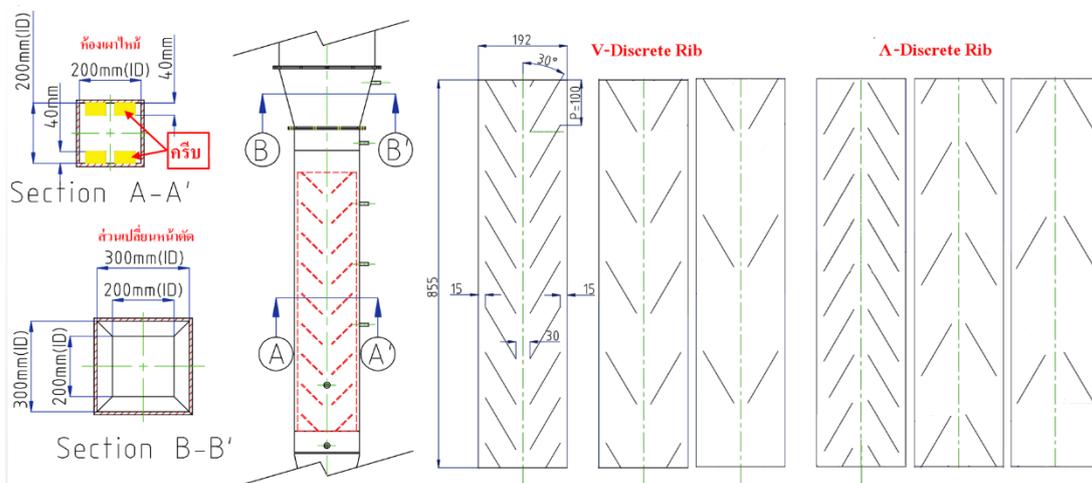


Figure 2 Combustion chamber with ribs installed

ขั้นตอนการทดลองและการบันทึกผล

1. จ่ายอากาศเข้าสู่ระบบพร้อมกับทำการอุ่นเตาโดยใช้ LPG จนกระทั่งอุณหภูมิภายในเตาเผามีค่าประมาณ $500^{\circ}\text{C} - 550^{\circ}\text{C}$ ป้อนเชื้อเพลิงแกลบพร้อมกับอากาศป้อนอุณหภูมิสำหรับลำเลียงแกลบเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เมื่ออุณหภูมิภายในเตาเผามีค่าประมาณ $700^{\circ}\text{C} - 750^{\circ}\text{C}$ จึงหยุดการอุ่นเตาและเอาชุดอุ่นเตาเผาออก
2. ปรับอัตราการไหลของอากาศ และปรับอัตราการป้อนของเชื้อเพลิงแกลบเพื่อให้ได้สัดส่วนปริมาณอากาศส่วนเกินที่กำหนด
3. สังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หากพบว่ามี การเปลี่ยนแปลงน้อยในระดับที่ยอมรับได้ ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิภายในเตาเผาที่ตำแหน่งตามความสูง 11 ตำแหน่ง วัดปริมาณค่าองค์ประกอบของไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้
4. ทำการปรับตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิ้ลเข้าไปภายในเตาตามตำแหน่งในแนวระดับที่กำหนดไว้ในตำแหน่งที่ 2 จากนั้นดำเนินการทดลองซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 3
5. ปรับอัตราการไหลของอากาศ และปรับอัตราการป้อนของเชื้อเพลิงแกลบเพื่อให้ได้สัดส่วนปริมาณอากาศส่วนเกินที่กำหนดค่าใหม่ ดำเนินการซ้ำ ข้อ 3, 4ตามลำดับ
6. ทำการปรับเปลี่ยนระยะครีปและลักษณะครีปภายในห้องเผาไหม้เตาเผาฟลูอิดไธซ์เบด ตามกรณีศึกษาที่กำหนดไว้ จากนั้นดำเนินการทดลองซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 1-5ตามลำดับ

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

ลักษณะการกระจายอุณหภูมิ

ลักษณะการกระจายของระดับอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเตาเผาที่ระดับความสูงต่าง ๆ ที่การติดตั้งครีปแบบตัววีและตัววีแยกตัว แสดงใน Figure 3 – 4 ตามลำดับ โดยแสดงที่ค่าปริมาณอากาศส่วนเกินที่ให้ระดับอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ได้แก่ ที่อากาศส่วนเกิน 88% และ 180% ตามลำดับ เปรียบเทียบระยะห่างระหว่างครีปที่แตกต่างกันพบว่าลักษณะเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ทุกกรณีศึกษาของครีปและปริมาณอากาศส่วนเกินมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ดังนี้คือภายในส่วนห้องเผาไหม้มีค่าสูง จากนั้น

ระดับอุณหภูมิลดลงอย่างมากเมื่อเข้าสู่ส่วนขยายหน้าตัด ในส่วนของฟรีบอร์ดระดับอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับระดับอุณหภูมิในส่วนขยายหน้าตัดเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบที่ร้อยละอากาศส่วนเกินเดียวกันเห็นได้ว่า ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยกรณีติดตั้งครีปทุกกรณีให้ค่าสูงกว่ากรณีไม่ติดตั้งครีป เนื่องจากเมื่อติดตั้งครีปทำให้เกิดกระแสหมุนควงภายในเตาเผาและเพิ่มความรุนแรงของการปั่นป่วน จึงส่งผลให้เกิดการคลุกเคล้าที่ดีระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศ ทำให้ถ้ำที่เกาะอยู่บริเวณรอบนอกของเชื้อเพลิงหลุดจากเชื้อเพลิงส่วนที่ยังไม่เผาไหม้ และยังเป็น การช่วยเพิ่มเวลาให้เชื้อเพลิงอยู่ในห้องเผาไหม้นานขึ้น กระบวนการการเผาไหม้จึงเกิดได้ดีกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งครีป

หากพิจารณาเปรียบเทียบผลที่เกิดจากระยะห่างการติดตั้งครีป พบว่าที่ระยะการติดตั้งเท่ากับ 0.5H ให้ค่าระดับอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด และมีค่าลดลงเมื่อระยะห่างระหว่างครีปเพิ่มขึ้น เนื่องจากที่ระยะการติดตั้งที่ส่งผลต่อการขวางการไหลและให้ลักษณะการปั่นป่วนที่ดีกว่าและรุนแรงกว่า

ปริมาณก๊าซไอเสีย

ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่เกิดจากการเผาไหม้ แสดงใน Figure 5 พบว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้นมีค่าอยู่ระหว่าง 230-280 ppm กรณีที่มีการติดตั้งครีปทุกกรณีศึกษาให้ปริมาณแก๊สดังกล่าวที่ต่ำกว่ากรณีห้องเผาไหม้ไม่มีการติดตั้งครีป แสดงให้เห็นถึงความสมบูรณ์ของกระบวนการการเผาไหม้ของกรณีที่มีการติดตั้งครีปที่สูงกว่า และหากเปรียบเทียบปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้นจากระยะห่างของครีปในการติดตั้งจะเห็นว่าปริมาณแก๊สนี้มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะห่างของครีปที่เพิ่มขึ้นและสอดคล้องกับระดับอุณหภูมิการเผาไหม้ที่มีค่าลดลงเมื่อระยะห่างของครีปเพิ่มขึ้นซึ่งแสดงถึงกระบวนการการเผาไหม้ภายในเตาเผาที่เกิดขึ้น แต่อย่างไรก็ตามจากผลของปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้นภายใต้

ขอบเขตการศึกษาทดลองนี้ พบว่ายังเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในกระบวนการเผาไหม้กำหนดไว้ โดยมีค่าน้อยกว่า 690 ppm

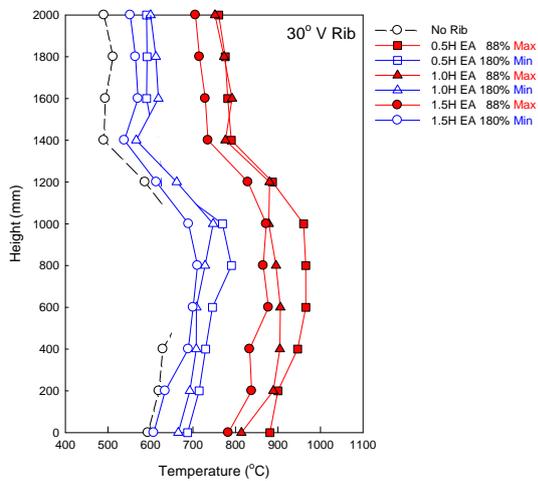


Figure 3 Temperature distribution of V-shaped discrete ribs

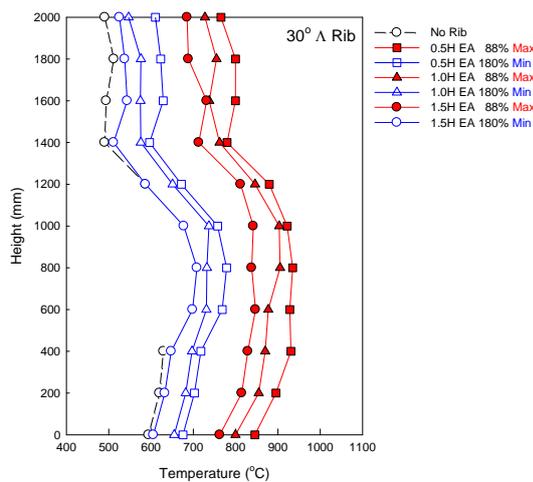


Figure 4 Temperature distribution of Λ-shaped discrete ribs

Figure 6 แสดงปริมาณกลุ่มแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ภายใต้ขอบเขตการศึกษาทดลองนี้ พบว่ากรณีที่มีการติดตั้งครีบบางขวางทุกกรณีศึกษาให้ปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ที่ห้องเผาไหม้ไม่มีการติดตั้งครีบบางขวาง เนื่องจากผลของระดับอุณหภูมิการเผาไหม้ที่สูงกว่า ซึ่งระดับอุณหภูมิการเผาไหม้ที่สูงกว่านี้เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของปริมาณแก๊สดังกล่าว โดยภายใต้ขอบเขตการศึกษาทดลองนี้กลุ่มแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีค่าอยู่ระหว่าง 100-160ppm ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่า

200ppm ตามที่มาตรฐานการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในกระบวนการเผาไหม้กำหนดไว้

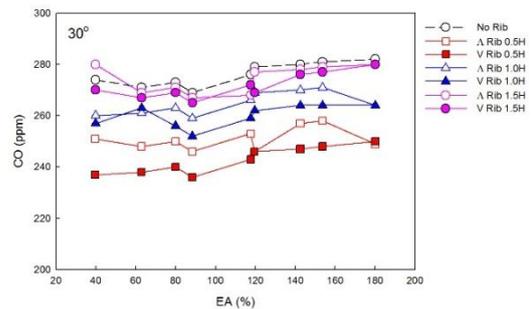


Figure 5 Variation of CO with EA

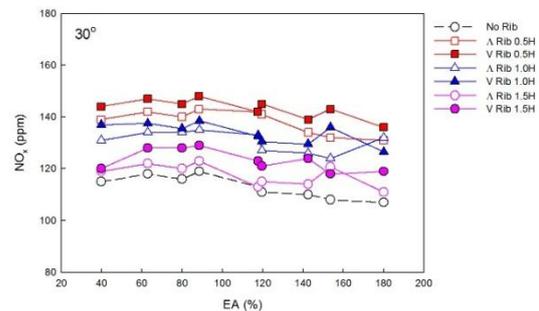


Figure 6 Variation of NO_x with EA

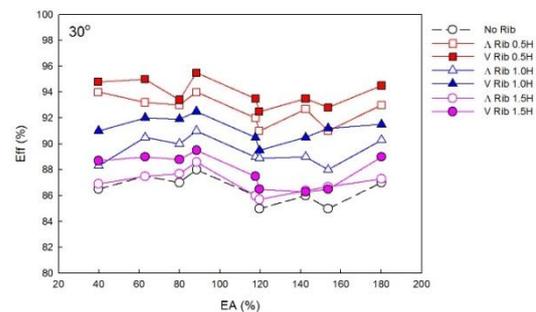


Figure 7 Variation of Eff with EA

ประสิทธิภาพการเผาไหม้

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแกลบภายในเตาเผาฟลูอิดไธซ์เบดที่การพัฒนาในส่วนห้องเผาไหม้ด้วยการติดตั้งครีบบางขวางต่าง ๆ โดยนำเสนอเปรียบเทียบของผลลัพธ์ที่ขึ้นของแต่ละกรณีศึกษาที่อยู่ภายใต้มุมการติดตั้งครีบบางขวางประกอบด้วย การติดตั้งครีบบางขวางแบบแยกตัวและครีบบางขวางแบบแยกตัวที่ระยะห่างของครีบบางขวางติดตั้งเท่ากับ 0.5H, 1.0H และ 1.5H รวมทั้งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกรณีห้องเผาไหม้ที่ไม่มีการติดตั้งครีบบางขวาง

แสดงใน Figure 7 สำหรับกรณีมุมการติดตั้งเท่า 30° ตามลำดับ พบว่ากรณีที่มีกรณีที่มีการติดตั้งครีบทุกกรณีศึกษาจะให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่สูงกว่ากรณีที่ห้องเผาไหม้ไม่มีการติดตั้งครีบ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจากระยะห่างของครีบในการติดตั้งครีบที่แตกต่างกันจะเห็นว่าประสิทธิภาพการเผาไหม้นี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะห่างของครีบลดลงซึ่งสอดคล้องกับระดับชั้นอนุกรมมีการเผาไหม้และปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นสำหรับกรณีการติดตั้งครีบมีค่าอยู่ระหว่าง 85-96%

สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงเปรียบเทียบพฤติกรรมเผาไหม้ภายในเตาเผาฟลูอิดไธซ์เบดที่มีการพัฒนาในส่วนห้องเผาไหม้โดยอาศัยการสร้างอากาศหมุนวนด้วยการติดตั้งครีบบรูปตัววีและตัววีคว่ำแบบแยกตัวที่มีระยะห่างระหว่างครีบแตกต่างกันโดยศึกษาถึงลักษณะการกระจายตัวของอนุกรมองค์ประกอบแก๊สไอเสียผลการศึกษาพบว่า การติดตั้งครีบสามารถเพิ่มระดับอนุกรมการเผาไหม้ได้ปริมาณแก๊สไอเสียที่เกิดขึ้นมีค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดสำหรับการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลจากผลการศึกษาเห็นว่าการนำหลักการการสร้างอากาศหมุนวนช่วยพัฒนาห้องเผาไหม้ของเตาเผาฟลูอิดไธซ์เบดได้ตั้งนั้นหากนำแนวคิดนี้ไปประยุกต์ใช้จริงช่วยให้สามารถใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแปรเปลี่ยนพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Ohlsson, O. Results of performance and emission testing when co-firing blends of dRDF/coal in a 440 MWe cyclone fired

combustor. Alternate fuels IV conference; 1994; New Orleans, LA, USA.

- [2] Chokphoemphun, S. Eiamsa-ard S. and Promvong, P. Rice Husk Combustion Behavior in a Fluidized Wavy Surfaced Bed.5th International Conference on "Combustion, Incineration/Pyrolysis and Emission Control (i-CIPEC 2008); 2008; Chiang Mai, Thailand,
- [3] Wan, H.P. and Chyang, C.S.. Transport Disengaging Height and Elutriation Rate of a Vortexing Fluidized Bed.J.of Chemical Engineering of Japan. 1998 13(6): 977-986.
- [4] Chyang, C.S. Wu K.T. and Lin, C.S.. Emission of nitro-gen oxides in a vortexing fluidized bed combustor.*Fuel*86:234–243.
- [5] จิตติวัจน์ ผุณลาวงษ์. พฤติกรรมเผาไหม้ชีวมวลในเตาเผาฟลูอิดไธซ์เบดแบบหมุนเวียน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21;2008;จังหวัดชลบุรีประเทศไทย
- [6] สุริยา โชคเพิ่มพูน, จิตติวัจน์ ผุณลาวงษ์, ชินรัชย์ เรียรพงษ์ และพงษ์เจต พรหมวงค์. พฤติกรรมเผาไหม้แกลบในเตาเผาฟลูอิดไธซ์เบดผิวคลื่น, The 2nd Technology and Innovation for Sustainable Development Conference (TISD2008); 2008; จังหวัดขอนแก่นประเทศไทย
- [7] สุภัทรชัย สุวรรณพันธ์, ชินรัชย์ เรียรพงษ์ และพงษ์เจต พรหมวงค์. อิทธิพลของครีบบสามเหลี่ยมภายในเตาฟลูอิดไธซ์เบดต่อการเผาไหม้แกลบ. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 10; 2552; มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย