

พฤติกรรมการเผาไหม้ของแกลบในเตาเผาฟลูอิดไซ์เบดรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีครีบริบตัววี

COMBUSTION BEHAVIOUR OF THE RICE HUSK IN A QUADRATE FLUIDIZED-BEDCOMBUSTOR WITH V-SHAPED RIBS

สุภัทรชัย สุวรรณพันธุ์¹ ภาณุวัฒน์ หุ่นพงษ์² สุริยา โชคเพิ่มพูน³ และ พงษ์เจต พรหมวงศ์⁴
Supattarachai Suwannapan¹, Panuwat Hoonpong², Suriya Chokphoemphun³,
and Pongjet Promvong⁴

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น 150 หมู่ 6 ถ. ศรีจันทร์ ต. ในเมือง อ. เมืองขอนแก่น จ. ขอนแก่น 40000

²สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

321 ถ.นารายณ์มหาราช ต.ทะเลชุบศร อ.เมือง จ.ลพบุรี 15000*E-mail : sompop2525@gmail.com

³สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร 199 หมู่.3 ถ.พังโคน-วาริชภูมิ ต.พังโคน อ.พังโคน จ.สกลนคร 47160

⁴สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถ. ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520*E-mail : kppongje@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอถึงลักษณะการกระจายอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบภายในเตาเผาฟลูอิดไซ์เบดรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่มีลักษณะภายในห้องเผาไหม้ที่แตกต่างกัน 2 กรณี ได้แก่ กรณีห้องเผาไหม้ที่ไม่ติดตั้งครีบริบ และกรณีห้องเผาไหม้ที่ติดตั้งครีบริบตัววี ซึ่งจะทำให้การติดตั้งครีบริบที่ผนังด้านในของห้องเผาไหม้ มีมุมปะทะเท่ากับ 45° โดยการทดลองจะใช้ค่าอัตราการป้อนเชื้อเพลิงคงที่ ที่ 8.7 กิโลกรัม/ชั่วโมงทำการปรับค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินทั้งหมด 3 ค่า คือ 50%, 70% และ 100% (เทียบเท่ากับความเร็วอากาศภายในเตา เท่ากับ 0.42, 0.48 และ 0.55 เมตร/วินาที ตามลำดับ) มีการปรับค่าระยะห่างระหว่างครีบริบ มีค่าเท่ากับ 15, 20 และ 25 มิลลิเมตร ตามลำดับผลของการศึกษานี้จะทำการวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิตามตำแหน่งต่าง ๆ ตามแนวความสูงของเตาเผาทั้งหมด 10 ตำแหน่ง ในส่วนของปริมาณแก๊สไอเสียและประสิทธิภาพการเผาไหม้จะวัดค่าที่บริเวณทางออกของไซโคลน จากการศึกษาพบว่าเตาเผาที่มีการติดตั้งครีบริบจะให้ผลของระดับอุณหภูมิที่สูงกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งครีบริบ พบว่าในกรณีที่ติดตั้งครีบริบตัววีที่ค่าระยะห่างระหว่างครีบริบ เท่ากับ 20 มิลลิเมตร และปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน 50% จะให้ค่าระดับอุณหภูมิสูงกว่ากรณีอื่น ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 808°C เตาเผาแกลบฟลูอิดไซ์เบดที่ติดตั้งครีบริบตัววีไว้ในห้องเผาไหม้จะสามารถนำไปสู่การทำเผาไหม้ขนาดเล็กลงได้ในขณะที่ให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีและมีปริมาณการปล่อยก๊าซไอเสียมีค่าต่ำ

คำสำคัญ: เตาเผาฟลูอิดไซ์เบด ครีบริบ แกลบ การเผาไหม้

Abstract

This work presents the difference of temperature distribution of rice husk combustion characteristic in a quadrate fluidized bed combustor. The experiments were carried out in 2 types of the beds: the bed without rib and the bed with V-shaped ribs. The V-shaped ribs were placed on the inside wall of combustion chamber with the attack angle 45° . In the experiment, a feeding rate of rice husk at 8.7 kg/hr was kept constant throughout where the three of excess air were varied to be 50%, 70% and 100% (equivalent to air velocity of 0.42, 0.48 and 0.55 m/s respectively). The temperature distributions were measured at 10 selected locations along the combustor height. Combustion emissions and efficiency from its flue gases were measured and observed at the exit of cyclone. From experiment results, the bed with V-shaped ribs are found to be higher of temperature than the without rib fluidized bed. The experimental result shows the V-shaped ribs with rib spacing of 20 mm. and excess air of 50% provides the average temperature higher than others at about 808°C . Fluidized bed rice husk combustor with V-shaped ribs inside combustion chamber lead to small size of the bed and shows an excellent performance and low emissions

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

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ความต้องการในการใช้พลังงานมีปริมาณมากขึ้น และประกอบกับแหล่งพลังงานหลักที่ใช้กันในปัจจุบันนี้มีอยู่ตามแหล่งต่างๆ มีอัตราการลดลงอย่างมาก ดังนั้นกลุ่มผู้เสนองานวิจัยจึงเกิดความคิดริเริ่มในการที่จะหาแหล่งพลังงานใหม่ขึ้นเพื่อเป็นพลังงานทางเลือกทดแทน เพื่อแทนแหล่งพลังงานที่มีใช้อยู่เดิม โดยที่แหล่งพลังงานแหล่งใหม่ที่ที่น่าสนใจนี้ ควรจะเป็นแหล่งพลังงานที่หาได้ง่ายและก่อกมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งประเด็นไปที่เชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งเป็นผลผลิตจากการเกษตรที่มีอยู่มากในประเทศโดยเฉพาะแกลบ ซึ่งประเทศไทยมีแกลบที่ได้จากการสีข้าวหลายล้านตันต่อปี ดังนั้นแกลบจึงจัดเป็นเชื้อเพลิงแข็งชนิดหนึ่งและเป็นเชื้อเพลิงแข็งที่เบามาก ลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็งจะเป็นการเผาไหม้แบบ diffusion คือ ก่อนเชื้อเพลิงจะติดไฟที่ผิวนอกก่อน แล้วจึงค่อยๆ ลามเข้าไปข้างในก่อนเชื้อเพลิง และเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไปก่อนก็จะกลายเป็นขี้เถ้าขัดขวางการลามเข้าไปในก้อนเชื้อเพลิงของเปลวไฟ จึงทำให้เชื้อเพลิงมักจะเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ Promvong and Silipabanleng [1] ได้ทำการศึกษาโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงแทนถ่านหินและรายงานไว้ว่าขี้เถ้าภายในเตามีผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้เนื่องจากแกลบมีปริมาณขี้เถ้าสูง. Wan and Chyang [2] กล่าวว่าการใช้วิธีการของเทคนิคฟลูอิดเบตนั้นต้องการห้องเผาไหม้ (ฟริบอร์ต) ที่สูงมากเพื่อลดอัตราการหลุดลอยของอนุภาคเชื้อเพลิง โดยอาจต้องมีความสูงรวมของฟริบอร์ตมากกว่า 15 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเบต แต่อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาเตาเผาชนิดนี้โดยพยายามกำจัดข้อด้อยนี้ออกไป เช่นการอาศัยหลักการอากาศหมุนวนภายในเตาเผาเข้ามาช่วยเพื่อลดขนาดความสูงของเตาเผา เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคเชื้อเพลิงขนาดเล็กในเตาเผาฟลูอิดเบตนั้นจะมีลักษณะขึ้นลงในแนวตั้งตามทิศทางลมที่จ่ายเข้าสู่ระบบ แต่หลักการอากาศหมุนวนจะเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคให้เกิดการหมุนวนในแนวระดับไปพร้อม ๆ กับการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง. ภัทรพันธุ์ และคณะ [3,4] ได้ทำการทดลองพฤติกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบในเตาเผาฟลูอิดเบตที่มีการติดตั้งครีบริบตัววีแบบแยกตัว ซึ่งผลการทดลองพบว่าการติดตั้งครีบริบตัววีคว่ำ-หงายแบบแยกตัวทำมุม 45° ให้การเผาไหม้ที่ดีกว่ากรณีที่ไม่มีการติดตั้งครีบริบและกรณีที่ติดตั้งครีบริบตัววีแบบแยกตัวนั้นยังช่วยให้ประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูงกว่ากรณีอื่น ๆ

เตาเผาแกลบฟลูอิดเบตที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปแล้วจะเป็นห้องเผาไหม้แบบทรงกระบอกผิวเรียบขนาดใหญ่และมีความสูงมาก ซึ่งหากจะนำเตาเผาแกลบฟลูอิดเบตที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมภายในครัวเรือน ควรจะมีขนาดเล็กและมีเสถียรภาพทางอุณหภูมิที่ดี แต่เตาฟลูอิดเบตขนาดเล็กที่มีอยู่นั้นมีความเสถียรภาพทางอุณหภูมิไม่ดีเท่าที่ควร งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาและพัฒนา

เตาเผาแกลบฟลูอิดเบตขนาดเล็กเพื่อให้อุณหภูมิของห้องเผาไหม้มีความเสถียรภาพ ในการปรับปรุงการเผาไหม้ให้มีประสิทธิภาพสูงมีวิธีการอยู่หลายวิธีดังนี้ 1) การปรับปรุงการออกแบบห้องเผาไหม้ 2) การเตรียมส่วนผสมของเชื้อเพลิง 3) การทำให้ช่วงเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงมีมากขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกพัฒนาห้องเผาไหม้ให้มีรูปร่างที่สามารถทำให้การคลุกเคล้าของเชื้อเพลิงกับอากาศและระยะเวลาที่เชื้อเพลิงอยู่ในห้องเผาไหม้เหมาะสมที่สุด จากการจำลองพฤติกรรมกระแสของแกลบ (cold flow model) พบว่าครีบริบตัววีจะทำให้เกิดการไหลแบบหมุนวน (vortex flow) ที่เพิ่มขึ้น จึงได้นำแนวคิดนี้มาปรับปรุงห้องเผาไหม้ของเตาเผา จากผลของการเกิดกระแสแบบหมุนวนจะส่งผลทำให้ความปั่นป่วนเพิ่มสูงขึ้น, เพิ่มการคลุกเคล้าระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงได้ดีขึ้นรวมทั้งครีบริบยังสามารถช่วยป้องกันไม่ให้แกลบหลุดออกจากห้องเผาไหม้โดยง่าย จากข้อดีที่กล่าวมาข้างต้นจะสามารถทำให้เกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแกลบที่สมบูรณ์และช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้

2. วัตถุประสงค์

ทำการศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลแกลบศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเตา และความเสถียรภาพของเปลวไฟผลของแก๊สไอเสียที่เกิดขึ้นและประสิทธิภาพการเผาไหม้ภายในเตาเผาฟลูอิดเบตที่มีการติดตั้งครีบริบตัววี ที่ผนังด้านในของห้องเผาไหม้เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเตาเผาฟลูอิดเบตสำหรับเป็นอุปกรณ์กำเนิดพลังงานความร้อน

3. ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแกลบในเตาเผาฟลูอิดเบตที่ภายในห้องเผาไหม้ทำการติดตั้งครีบริบตัววี มีมุมปะทะ เท่ากับ 45° โดยจะทำการเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ติดตั้งครีบริบ ด้วยศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเตา ปริมาณการปล่อยของก๊าซไอเสียและประสิทธิภาพการเผาไหม้ภายในเตาเผาฟลูอิดเบต

2. อัตราการป้อนเชื้อเพลิงแกลบคงที่เท่ากับ 8.7 กิโลกรัม/ชั่วโมง

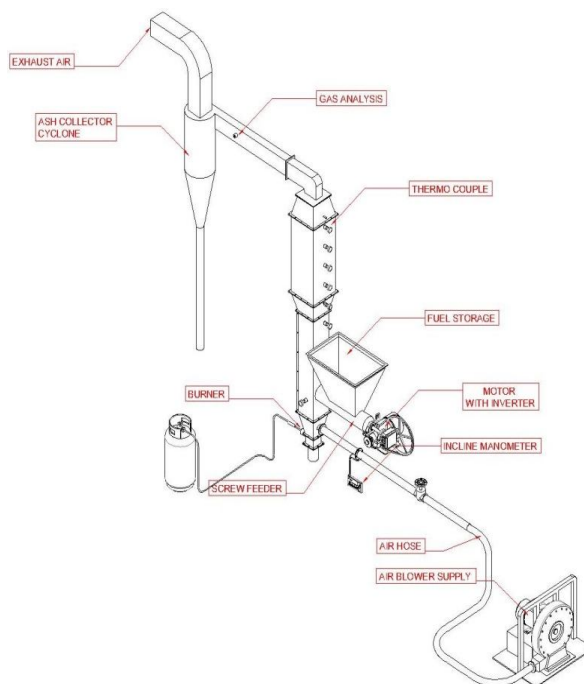
3. ระยะห่างระหว่างครีบริบ เท่ากับ 15, 20 และ 25 มิลลิเมตรตามลำดับ

4. ปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินเท่ากับ 50% 70% และ 100% ตามลำดับ

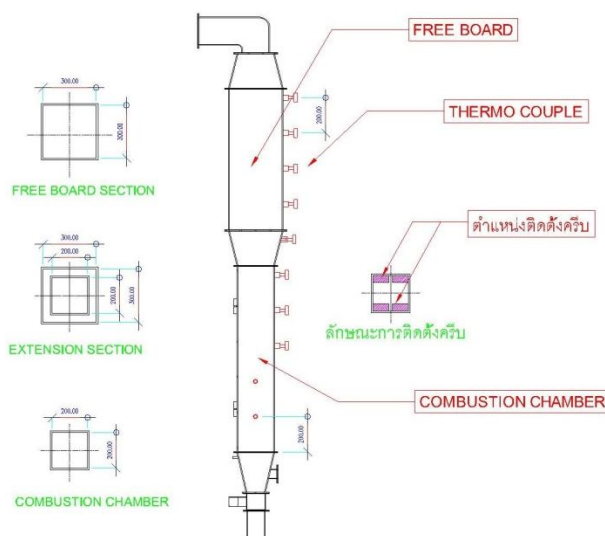
4. อุปกรณ์การทดลองและการติดตั้ง

ส่วนประกอบของชุดเตาเผาแกลบแบบฟลูอิดเบตขนาดเล็กและตำแหน่งวัดอุณหภูมิแสดงในรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับซึ่งเตาเผาแกลบฟลูอิดเบตทำจากเหล็กมีการหุ้มฉนวนกันความร้อนภายนอกความหนา 35 มิลลิเมตรอย่างตึกชั้นหนึ่ง เตาเผา

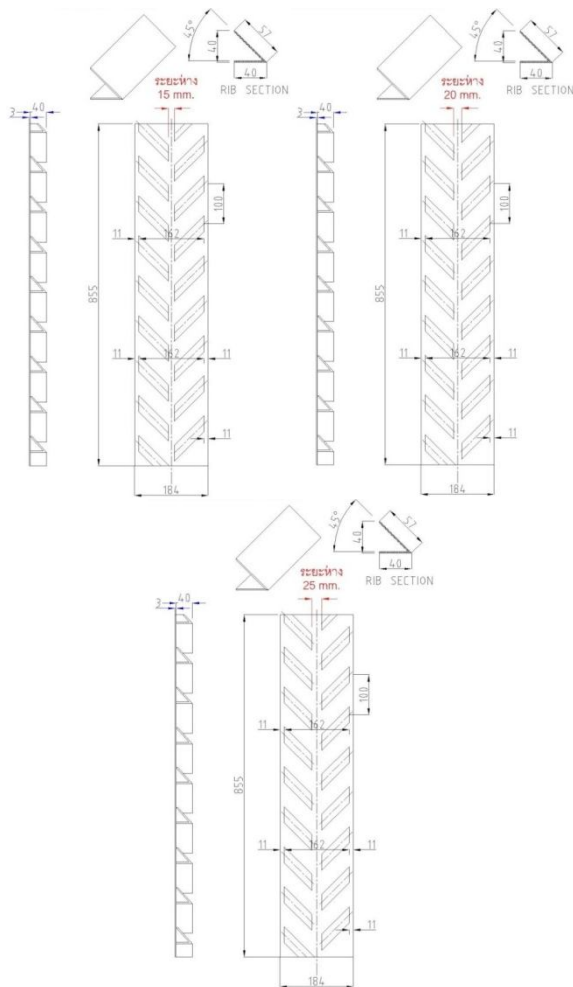
ประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ สองส่วน : ส่วนล่างของเตา (ห้องเผาไหม้) และส่วนบนของเตา (พรีบอร์ด) ลักษณะรูปทรงของห้องเผาไหม้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยเตาเผามีความสูงทั้งหมด 2400 มิลลิเมตรและมีจุดวัดอุณหภูมิ 10 จุดซึ่งอยู่ด้านข้างผนังเตา โดยแต่ละจุดมีระยะห่างกัน 200 มิลลิเมตรหน้าตัดของห้องเผาไหม้เท่ากับ 200x200 มิลลิเมตร² และสูง 1000 มิลลิเมตรและขนาดหน้าตัดของพรีบอร์ดเท่ากับ 300x300 มิลลิเมตร² และสูง 800 มิลลิเมตร ในขณะที่ส่วนเปลี่ยนแปลงหน้าตัดมีความสูง 250 มิลลิเมตร ลักษณะของครีปที่ใช้ในการทดลองทำจากเหล็กแผ่นความหนา 5 มิลลิเมตรเชื่อมติดยึดติดกับแผ่นเพลทเป็นครีปรูปตัววี ทำมุม 45° จะถูกยึดติดที่ผนังด้านใน 2 ด้านของห้องเผาไหม้ ลักษณะและขนาดของครีปที่ใช้ในการทดลอง แสดงไว้ดังรูปที่ 3 ในการทดลองเตาเผาแลกเปลี่ยนฟลูอิดไคเซเบตนี้จะมีหลักทำงานโดยจะใช้พัดลม (blower) ทำหน้าที่จ่ายอากาศให้กับเตาเผาแลกเปลี่ยนสำหรับพวงแลกเปลี่ยนในห้องเผาไหม้โดยลมนี้จะมีลักษณะเป็นลมกระจายเนื่องจากผ่านแผ่นกระจายลม ปริมาณอากาศจะถูกควบคุมด้วยวาล์วด้วยการวัดและอ่านค่าความดันตกคร่อมผ่านแผ่นออริฟิค (orifice plate) จะวัดจากมานอมิเตอร์ (manometer) ซึ่งความเร็วอากาศจะวัดโดยใช้มิเตอร์วัดความเร็ว (velocity meter) จากนั้นทำการแปลงค่าเป็นปริมาณการไหลของอากาศ เชื้อเพลิงแลกเปลี่ยนจะถูกบรรจุไว้ในถังบรรจุเชื้อเพลิง (fuel storage) จะถูกป้อนจากตัวสกรูป้อน (screw feeder) เพื่อลำเลียงเชื้อเพลิงแลกเปลี่ยนเข้าสู่ห้องผสมของเตาเผา ปริมาณของเชื้อเพลิงแลกเปลี่ยนจะถูกควบคุมผ่านความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ต่อเข้ากับ screw feeder โดยมีอินเวอร์เตอร์ (Inverter) เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ อนุภาคของเถ้าที่เกิดขึ้นจะถูกกระแสของไหลภายในเตาเผาลำเลียงออกที่บริเวณส่วนบนของพรีบอร์ดเข้าสู่ไซโคลน เถ้าลอยที่มีน้ำหนักมากจะถูกตักออกทางด้านล่างของไซโคลน การวัดระดับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจะใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K บันทึกและอ่านค่าผ่านเครื่องบันทึกข้อมูล (data logger) ส่วนองค์ประกอบก๊าซไอเสียที่ทางออกบริเวณส่วนบนของพรีบอร์ดและประสิทธิภาพการเผาไหม้จะวัดค่าโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย TESTO 350M XL



รูปที่ 1 เตาเผาแลกเปลี่ยนฟลูอิดไคเซเบต



รูปที่ 2 ขนาดและตำแหน่งวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3 ลักษณะและขนาดของครีบ

ในการเริ่มต้นของการทดลองจะใช้หัวเผา (burner) อุ่นเตาให้ร้อนด้วยก๊าซ LPG จนอุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงประมาณ 650–700 °C ต่อจากนั้นจึงป้อนเชื้อเพลิงแก๊ส ด้วยอัตราป้อนแก๊สที่กำหนดขึ้นมาในการทดลอง รอจนอุณหภูมิสูงถึง 750–800 °C จึงหยุดการอุ่นเตาโดยการนำหัวเผาลอก

5. สมการและการคำนวณ

ในการเผาไหม้ถ้าปริมาณอากาศที่ใช้จริงมากกว่าปริมาณอากาศทางทฤษฎีจะเรียกว่า อัตราส่วนผสมบาง ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณอากาศที่ใช้จริงน้อยกว่าจะเรียกว่า อัตราส่วนผสมหนา ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการแสดงปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จริงจึงได้มีการกำหนดให้อยู่ในรูปของอัตราส่วนสมมูล (equivalence ratio, Φ) แสดงได้ดังนี้

$$\Phi = \frac{(A/F)_{\text{Stoic}}}{(A/F)_{\text{Actual}}} \quad (1)$$

เมื่อ Φ คือ อัตราส่วนสมมูล
(A/F)_{Actual} คืออัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางปฏิบัติ

(A/F)_{Stoic} คืออัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี

ในการเผาไหม้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณอากาศขึ้นจนเพียงพอ ซึ่งอากาศที่เกินจะเรียกว่า ปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน (Excess Air, EA) แสดงได้ดังนี้

$$EA = \left[\frac{1 - \Phi}{\Phi} \right] \times 100\% \quad (2)$$

เมื่อ EA คือปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน (%)

ประสิทธิภาพการเผาไหม้วัดโดยเครื่อง [TESTO 350XL] ถ้าเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จะมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 100 % แต่ถ้าเป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะถูกปล่อยออกด้วยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียซึ่งสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$Eff [\%] = 100\% - loss [\%] \quad (3)$$

เมื่อ Eff คือประสิทธิภาพการเผาไหม้ (%)

loss คือการสูญเสีย (%)

6. ขั้นตอนการทดลอง

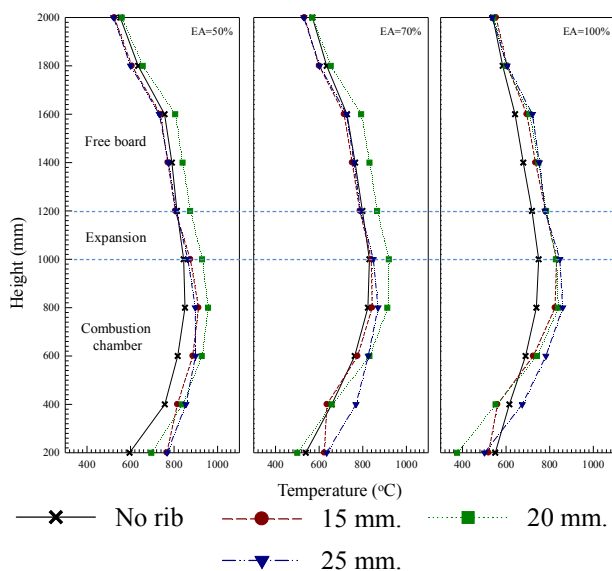
การศึกษาทดลองนี้มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. ป้อนอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ด้วยอัตราการไหลของอากาศเพียงเล็กน้อย แล้วจุดหัวเผาอุ่นเตา เพื่อให้มีความร้อนด้วยก๊าซ LPG จากนั้นสังเกตอุณหภูมิโดยรอจนกระทั่งอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้สูงประมาณ 600 °C จึงทำการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้เริ่มด้วยปริมาณน้อยพร้อมกับเพิ่มปริมาณอากาศตามสัดส่วนที่พอเหมาะ แล้วค่อยเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิงและอากาศขึ้นพร้อมกันจนได้ปริมาณตามต้องการ รอจนกระทั่งอุณหภูมิสูงประมาณ 750 °C ให้หยุดการจ่ายก๊าซ LPG
2. ปรับปริมาณอากาศเมื่อเทียบกับอัตราการป้อนเชื้อเพลิง 8.7 kg/h ให้มีเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินเริ่มต้นด้วยค่าอากาศส่วนเกินต่ำสุดคือ 50% แล้วสังเกตพฤติกรรมของการติดไฟจนระดับอุณหภูมิค่อนข้างคงที่จึงทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ ปริมาณก๊าซไอเสียและประสิทธิภาพการเผาไหม้ พร้อมทั้งสังเกตสีและขนาดของเขม่าด้วย เมื่อบันทึกผลการทดลองแล้วเสร็จต้องทำการหยุดการป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้แล้วปล่อยให้เตาอุณหภูมิตาลงเหลือ 300 °C แล้วจึงทำการทดลองต่อในกรณีศึกษาอื่น ๆ
3. ทำซ้ำตามข้อที่ 2 โดยเปลี่ยนค่าเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินเป็น 70% และ 100% ตามลำดับ
4. ปรับเปลี่ยนลักษณะครีบตามกรณีศึกษาที่กำหนดไว้แล้ว ทำซ้ำตามข้อที่ 2-3

7. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

7.1. การกระจายตัวของอุณหภูมิ

ผลของระดับอุณหภูมิที่เกิดจากการเผาไหม้ที่เกิดจากกรณีศึกษาทั้งหมดแสดงในรูปที่ 4 จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบจากกรณีที่ไม่มีการติดตั้งครีบกับกรณีที่มีการติดตั้งครีที่มีปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินเท่ากันพบว่าเมื่อการติดตั้งครีรูปแบบต่าง ๆ จะให้ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่ากรณีที่ไม่มีการติดตั้งครีพบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินจะเป็นผลทำให้ระดับอุณหภูมิลดลงจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเตาเผาที่ไม่ติดตั้งครีจะให้ค่าระดับอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 741°C , 711°C และ 651°C สำหรับค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน 50% 70% และ 100% ตามลำดับ ในกรณีที่มีการติดตั้งครีที่มีระยะห่าง 15, 20 และ 25 มิลลิเมตร จะให้ค่าระดับอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 770°C , 710°C และ 683°C , 808°C , 753°C และ 672°C และ 772°C , 735°C และ 706°C ที่ค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน 50%, 70% และ 100% ตามลำดับ

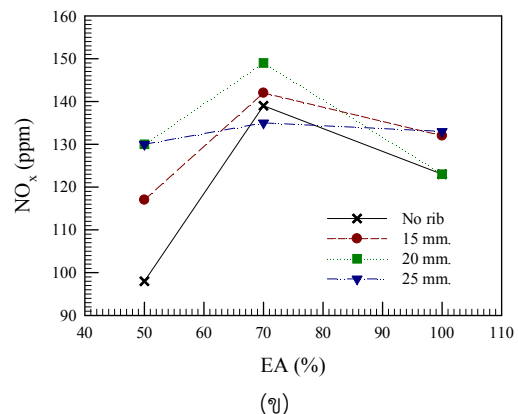
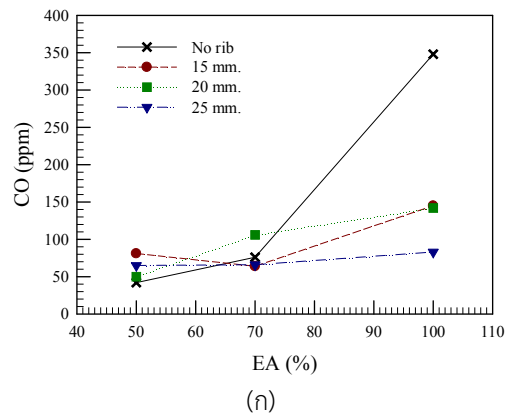


รูปที่ 4 ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิ

7.2. ปริมาณก๊าซไอเสีย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้คำนึงถึงก๊าซไอเสียที่อาจเกิดขึ้นได้จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จึงได้ทำการวัดส่วนประกอบของก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย (TESTO MX350 XL) โดยจะมุ่งเน้นไปที่คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ซึ่งเป็นค่าที่ถูกควบคุมให้อยู่ในมาตรฐาน ดังนั้นการพิจารณาถึงความสามารถและความเหมาะสมในการใช้งานจำเป็นที่จะนำผลจากการวัดก๊าซไอเสียมาพิจารณาด้วยจากรูปที่ 5 จะเห็นว่าเมื่อป้อนอากาศเข้าไปที่ค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินต่าง ๆ สำหรับทุก ๆ กรณีที่ศึกษา พบว่าจะมีค่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์อยู่ในช่วงตั้งแต่ 40–350 ppm ส่วนปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน มีค่าอยู่

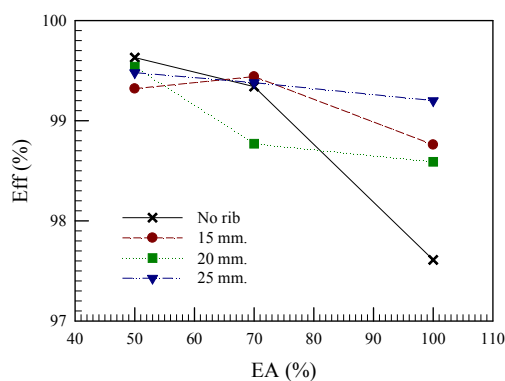
ระหว่าง 90–150 ppm. โดยค่ามาตรฐานของอากาศได้กำหนดไว้ให้ค่าคาร์บอนมอนอกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจนจะต้องไม่เกิน 690 ppm และ 200 ppm ตามลำดับก่อนปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศค่ามาตรฐานควบคุมการปล่อยปริมาณก๊าซไอเสียจากโรงงานอ้างอิงโดย [5]



รูปที่ 5 ปริมาณก๊าซไอเสีย (ก) CO และ (ข) NO_x

7.3 ประสิทธิภาพการเผาไหม้

ประสิทธิภาพการเผาไหม้นั้นได้มาจากการนำค่าต่างๆ ที่วัดได้มาคำนวณ โดยไม่คำนึงถึงอุณหภูมิของก๊าซไอเสียและความชื้น (loss) จะเปรียบเทียบระหว่างกรณีไม่ติดตั้งครีกับการติดตั้งครีในรูปแบบต่าง ๆ จากรูปที่ 6 เมื่อนำไปเทียบกับรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพที่ได้จากการเผาไหม้จะแปรผกผันกับคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้ โดยเมื่อปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์สูงจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ได้ต่ำเนื่องจากเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการเผาไหม้สำหรับทุกกรณีศึกษา พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 97-99%



รูปที่ 6 ประสิทธิภาพการเผาไหม้

- [4] ภัทรพันธุ์ ทองยศและคณะ. อิทธิพลของการจัดวางครีบบนเตาเผาแก๊สฟลูอิดไชน์เบดต่อพฤติกรรมการเผาไหม้, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8, มหาวิทยาลัยมหาสารคามจังหวัดมหาสารคาม, 2555.
- [5] มาตรฐานควบคุมการปล่อยปริมาณก๊าซไอเสียจากโรงงาน กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แหล่งที่มา <http://www.pcd.go.th> ประกาศ ณ วันที่ 12/10/2554.

8. สรุปการวิจัย

จากการศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแกลบในเตาเผาฟลูอิดไชน์เบดที่มีครีบบรูปตัววี พบว่าการติดตั้งครีบบช่วยทำให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแกลบได้ดีกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งครีบบ จะเห็นได้จากการระดับอุณหภูมิเฉลี่ยในกรณีที่มีการติดตั้งครีบบมีค่าสูงกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งครีบบ จากการปรับเปลี่ยนค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินและระยะห่างระหว่างครีบบ พบว่ามีผลต่อการเผาไหม้อย่างมีนัยสำคัญ ในกรณีที่ติดตั้งครีบบรูปตัววีที่ค่าระยะห่างระหว่างครีบบ เท่ากับ 20 มิลลิเมตร และปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน 50% จะให้ค่าระดับอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่ากรณีอื่น ๆ มีค่าประมาณ 808°C จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซไอเสีย พบว่ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐานกำหนด ทั้งกรณีที่ติดครีบบและไม่ติดครีบบ ในส่วนของค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับสำหรับทุก ๆ กรณีที่ศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 97-99%

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Promvong and K. Silapabanleng, (2001) "Experimental Study of Combustion Characteristics in a Rice Husk Fired Vortex Combustor," Proceedings of the 36th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Savannah, Georgia, paper no. -RE-17. 2001.
- [2] Wan, H.P. and Chyang, C.S. (1998) Transport Disengaging Height and Elutriation Rate of a Vortexing Fluidized Bed, *J. of Chemical Engineering of Japan*, vol. 13(6), pp. 977-986. 1998.
- [3] ภัทรพันธุ์ ทองยศและคณะ. พฤติกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบในเตาเผาฟลูอิดไชน์เบดที่มีครีบบรูปตัววีแบบแยกตัว, การประชุมวิชาการถ่ายทอดพลังงาน ความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ ครั้งที่ 12, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2556.