

การศึกษาเชิงพัฒนาเตาเผาฟลูอิดซ์เบดสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวล Development study of Biomass Fuel Fluidized Bed Combustor

ภัทรพันธุ์ ทองยศ¹, สุรียา โชคเพิ่มพูน¹, อีรพัฒน์ ชมภูคำ², สมพล สกกุลหลง³ พงษ์เจต พรหมวงศ์¹ และ ชินรัชช เชียรพงษ์¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์: 02 3298351 E-mail: kpongje@kmitl.ac.th
²ห้องวิจัยท่อความร้อนและออกแบบเครื่องมือทางความร้อน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
41/20 ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150 โทรศัพท์: 043-754321-40 E-mail: teerapat.c@msu.ac.th
³สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
199 หมู่ 6 ถนนสุขุมวิท ตำบลทุ่งสุขลา อำเภศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230 E-mail: sfengsps@srf.ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอผลการศึกษาดังอิทธิพลของระยะห่างระหว่างครีบริบที่ติดตั้งภายในเตาเผาเชื้อเพลิงแกลบฟลูอิดซ์เบดต่อพฤติกรรมการเผาไหม้ โดยการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิ องค์ประกอบแก๊สไอเสีย และประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งครีบริบตัววีมุม 45° ที่ระยะห่างการติดตั้งระหว่างครีบริบ 100 และ 300 มิลลิเมตร ปริมาณอากาศที่จ่ายเข้าสู่ระบบคิดเป็นร้อยละอากาศส่วนเกินเท่ากับ 70%, 80%, 90% และ 100% ตามลำดับ ที่อัตราการป้อนเชื้อเพลิงแกลบคงที่ คือ 7.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จากการศึกษาพบว่าครีบริบตัววีแยกตัว 45° ที่ระยะห่างระหว่างครีบริบเท่ากับ 0.5H ที่ปริมาณร้อยละอากาศส่วนเกิน 80% จะให้ค่าระดับอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 900 องศาเซลเซียสซึ่งสูงกว่ากรณีอื่น ๆ และยังให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้เท่ากับ 97.6%

คำสำคัญ: เตาเผาฟลูอิดซ์เบด, เชื้อเพลิงแกลบ, ชีวมวล, การเผาไหม้

Abstract

The research presents an effect of pitch ratios of ribs mounted into a rice husk fluidized bed combustor on combustion behaviors. The temperature distributions inside the bed, exhaust gas emissions and combustion efficiency are taken into account in the present work. In the present work, 45° V-shaped ribs are mounted two different pitch ratios (0.5H and 1.5H). Experiments are made by varying the percent excess air to be 70%, 80%, 90% and 100% at a constant mass flow rate of rice husk fuel of 7.4 kg/hr. The results show that the fluidized bed combustor with 45° V-shaped ribs with PR=0.5H at 80% percent excess air provides the highest mean temperature of 900°C and the maximum combustion efficiency of 97.6%.

Keywords: fluidized-bed, rice husk, biomass, combustion

1. บทนำ

พลังงานทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสะดวกและเป็นอย่างมากคือเชื้อเพลิงชีวมวล เนื่องจากเชื้อเพลิงชีวมวลส่วนใหญ่จะเป็นผลพลอยได้จากผลผลิตหรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จึงมีงานศึกษาวิจัยจำนวนมากที่ทำการศึกษาดังกระบวนการเปลี่ยนรูปแบบพลังงานที่อยู่ในชีวมวลให้เป็นพลังงานความร้อนด้วยกระบวนการการเผาไหม้ภายในเตาเผาชนิดต่าง ๆ เช่น ระบบฟลูอิดซ์เบด [1] ระบบไซโคลน [2], ระบบบอร์เทค โดยเฉพาะเทคนิคฟลูอิดซ์เบดเป็นอีกทางเลือกที่ได้รับ

ความนิยม เนื่องจากมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเชื้อเพลิงและสามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงชีวมวลหลากหลายชนิด นอกจากนี้ยังตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงานได้อย่างรวดเร็ว สามารถทำงานที่อุณหภูมิการเผาไหม้ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเตาเผาแบบอื่น ๆ ทำให้ลดการก่อตัวของกลุ่มแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) และการหลอมตัวของเถ้าภายในเตาเผา ลดปัญหาของการเกิดตะกรัน แต่การใช้เตาเผาชนิดนี้ยังพบปัญหาบางประการ เช่น รายงานของ Wan และ Chyang [3] กล่าวว่าการใช้วิธีการของเทคนิคฟลูอิดซ์เบดนั้นต้องการห้องเผาไหม้ (ฟรีบอร์ด) ที่สูงมากเพื่อลดอัตราการหลุดลอยของอนุภาคเชื้อเพลิง โดยอาจต้องมีความสูงรวมของฟรีบอร์ดมากกว่า 15 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเบด แต่อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาเตาเผาชนิดนี้โดยพยายามกำจัดข้อด้อยนี้ออกไป เช่นการอาศัยหลักการอากาศหมุนวนภายในเตาเผาเข้ามาช่วยเพื่อลดขนาดความสูงของเตาเผา เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคเชื้อเพลิงขนาดเล็กในเตาเผาฟลูอิดซ์เบดนี้จะมีลักษณะขึ้นลงในแนวตั้งตามทิศทางลมที่จ่ายเข้าสู่ระบบ แต่หลักการอากาศหมุนวนจะเปลี่ยนลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคให้เกิดการหมุนวนในแนวระดับไปพร้อม ๆ กับการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง อย่างเช่นงานวิจัยของ Sowards [4] กล่าวว่า การสร้างการหมุนวนทำได้โดยการฉีดอากาศทุติยภูมิในแนวสัมผัสเข้าสู่ฟรีบอร์ด เพื่อเพิ่มระยะเวลาของเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้และช่วยลดการหลุดลอยของอนุภาค ในขณะที่ Chyang และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาดังผลของชนิดเชื้อเพลิงและเงื่อนไขที่มีผลต่อปริมาณการปล่อยของออกไซด์ไนโตรเจน ของเตาเผาฟลูอิดซ์เบดแบบอากาศหมุนวน จากการศึกษาพบว่า ผลของการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทำงาน เช่น อุณหภูมิของเบด อัตราส่วนอากาศส่วนเกิน อัตราการไหลของอากาศ ล้วนแล้วแต่มีผลต่อปริมาณการปล่อยของออกไซด์ไนโตรเจน Korenberg [6] ได้ศึกษาราคาฉีดอากาศทุติยภูมิเข้าไปในฟรีบอร์ดเพื่อเปรียบเทียบระหว่างเตาเผาฟลูอิดซ์เบดเป็นแบบฟลูอิดซ์เบดแบบอากาศหมุนวนและเตาเผาฟลูอิดซ์เบดเป็นแบบธรรมดา วิศิษฐ์ สีสมาติกุล [7] ได้ศึกษาผลกระทบของห้องเผาไหม้ทุติยภูมิต่อพฤติกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบในเตาเผาฟลูอิดซ์เบดพบว่า มีผลต่อการกระจายอุณหภูมิภายใน ทำให้เกิดความปั่นป่วนและการคลุกเคล้าระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศที่ดี ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ อูติวิจัน ฝนลาวงษ์ [8] ได้ศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับพฤติกรรมการเผาไหม้ในเตาเผาแบบฟลูอิดซ์เบดและการศึกษาดังอิทธิพลของผนังเตาเผาที่เป็นแบบผิวเรียบ และมีฟรีบอร์ดขนาดใหญ่ โดยนำไซโคลนใส่ไว้ด้านใน

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการสร้างอากาศให้มีลักษณะหมุนวนจะต้องมีการจ่ายอากาศเข้าสู่ระบบในแนวสัมผัสกับผนังด้านในเตาเผา เนื่องจากเตาเผาดังกล่าวมีลักษณะเป็นทรงกระบอก แต่จะ

พบว่ามีงานวิจัยที่ทำการปรับปรุงการออกแบบห้องเผาไหม้ให้มีลักษณะเป็นทรงเหลี่ยม แต่ยังมีข้อเสียคือการอากาศหมุนวนเช่นกัน โดยการติดตั้งครีบลักษณะต่าง ๆ ไว้ที่ผนังเตาภายในห้องเผาไหม้เพื่อเป็นตัวช่วยให้การเคลื่อนที่ของอากาศที่หมุนวน [9] โดยพบว่าสามารถช่วยให้กระบวนการเผาไหม้เกิดได้ดีขึ้นกว่ากรณีที่ไม่มีการติดตั้งครีบ แต่พบปัญหาบางประการในการศึกษา คือจะมีเถ้าจำนวนหนึ่งค้างอยู่บริเวณผนังเตาที่ติดตั้งครีบ

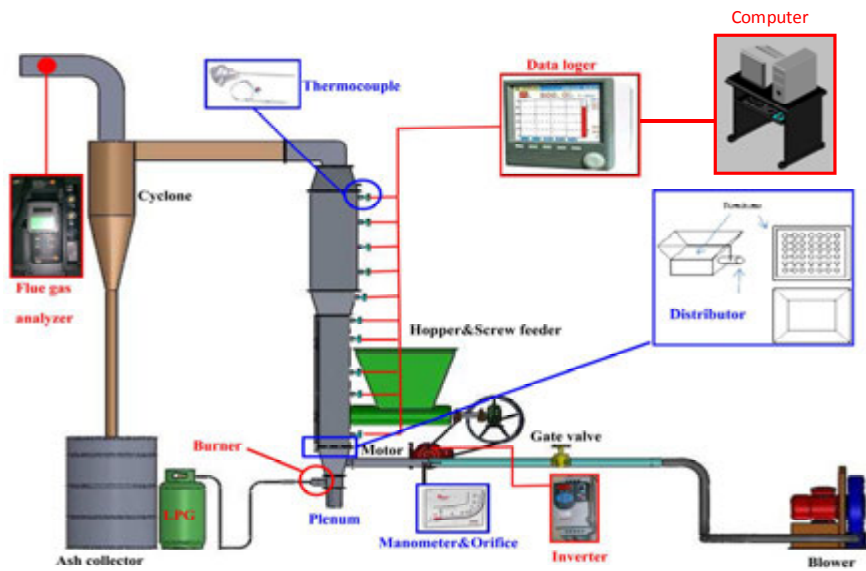
ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาเตาเผาฟลูอิดซ์เบด โดยการติดตั้งครีบบนตัววีแบบแยกตัวมุม 45° ซึ่งศึกษาถึงอิทธิพลของระยะห่างระหว่างครีบในการติดตั้ง

2.วัตถุประสงค์

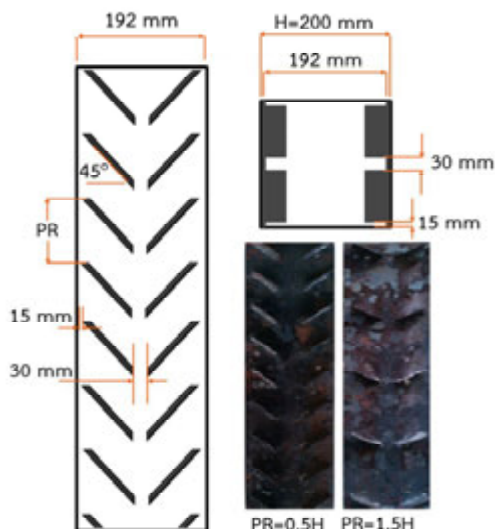
ศึกษาถึงอิทธิพลของระยะห่างระหว่างครีบที่ติดตั้งภายในเตาเผาเชื้อเพลิงแกลบฟลูอิดซ์เบดต่อพฤติกรรมการเผาไหม้

3.ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลแกลบในเตาเผาฟลูอิดซ์เบดที่ภายในห้องเผาไหม้ทำการติดตั้งครีบบนตัววีแบบแยกตัวมุมปะทะ 45° ที่มีระยะห่างของการติดตั้งครีบ (PR) เท่ากับ 0.5H และ 1.5H (100 mm และ 30 mm ตามลำดับ)
2. อัตราการป้อนเชื้อเพลิงแกลบคงที่เท่ากับ 7.4 kg/hr
3. ปริมาณอากาศที่จ่ายเข้าสู่ระบบที่ 69-81 kg/hr คิดเป็นปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินเท่ากับ 70%, 80%, 90% และ 100% ตามลำดับ
4. ศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลแกลบ ในส่วนการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเตา ปริมาณแก๊สไอเสียที่เกิดขึ้นและประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาเผาฟลูอิดซ์เบด



ภาพที่ 1 ชุดอุปกรณ์ทดลองของเตาเผาแกลบฟลูอิดซ์เบด



ภาพที่ 2 ลักษณะครีบที่ติดตั้งภายในห้องเผาไหม้

4. การติดตั้งอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ชุดอุปกรณ์เตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดที่ใช้ทดสอบแสดงในภาพที่ 1 เตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดทำจากเหล็กมีการหุ้มฉนวนภายนอกความหนา 35 mm เพื่อป้องกันความร้อนสูญเสีย เตาเผาประกอบด้วยส่วนหลักๆ สองส่วน ได้แก่ ส่วนล่างของเตา (ห้องเผาไหม้) และส่วนบนของเตา (ฟริบอร์ค) ลักษณะรูทรงของห้องเผาไหม้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหน้าตัดของห้องเผาไหม้เท่ากับ $0.2 \times 0.2 \text{ m}^2$ และสูง 1.05 m ในขณะที่หน้าตัดของฟริบอร์คเท่ากับ $0.3 \times 0.3 \text{ m}^2$ และสูง 0.80 m

ลักษณะของครีปที่ใช้ในการทดลองทำจากเหล็กแผ่นความหนา 5 mm เชื่อมติดยึดติดกับแผ่นเพลทเป็นครีปรูปตัววีแบบแยกตัวมุม 45° จะถูกยึดติดที่ผนังด้านใน 2 ด้านของห้องเผาไหม้ แสดงไว้ดังภาพที่ 2

เครื่องเป่าลม (Blower) ทำหน้าที่จ่ายอากาศเข้าสู่เตาเผาเพื่อใช้สำหรับพองเชื้อเพลิงแกลบภายในห้องเผาไหม้โดยลมนี้ผ่านแผ่นกระจายลมเพื่อความสม่ำเสมอของลมตลอดหน้าตัดเตา ปริมาณอากาศจะถูกควบคุมด้วยวาล์วโดยการวัดและอ่านค่าความดันตกคร่อมผ่านแผ่น Orifice จาก Manometer เชื้อเพลิงแกลบจะถูกป้อนจาก Hopper ไหลลงสู่รางของ Screw Feeder เพื่อลำเลียงเชื้อเพลิงแกลบเข้าสู่ห้องผสมของเตาเผา ปริมาณของเชื้อเพลิงแกลบจะถูกควบคุมผ่านความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ต่อเข้ากับ Screw Feeder โดยมี Inverter เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ อุณหภูมิของแก๊สที่เกิดขึ้นจะถูกกระแสของไหลภายในเตาเผาลำเลียงออกที่บริเวณส่วนบนของฟริบอร์คเข้าสู่ไซโคลน แก๊สออกที่มีน้ำหนักรวมจะถูกดักออกทางด้านล่างของไซโคลน การวัดระดับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจะใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K บันทึกและอ่านค่าผ่านเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ส่วนองค์ประกอบแก๊สไอเสียที่ทางออกบริเวณส่วนบนของฟริบอร์คนั้นจะใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย TESTO 350M XL ในการเริ่มต้นของการทดลองจะใช้หัวเผา (Burner) อุ่นเตาให้ร้อนด้วยแก๊ส LPG จนอุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงค่าที่เชื้อเพลิงสามารถติดไฟได้ด้วยตนเอง

ปริมาณร้อยละอากาศส่วนเกิน (EA) สามารถคำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์นี้

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

เมื่อ EA คือ ร้อยละอากาศส่วนเกิน (%)
 $(A/F)_{\text{Actual}}$ คือ อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางปฏิบัติ
 $(A/F)_{\text{Stoic}}$ คือ อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี

การคำนวณประสิทธิภาพการเผาไหม้เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

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

เมื่อ η_{com} คือ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (%)
 loss [%] คือ การสูญเสียจากองค์ประกอบก๊าซไอเสีย (%)

5. ขั้นตอนการทดลองและการบันทึกผลการทดลอง

- การศึกษาทดลองนี้มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังต่อไปนี้
1. จ่ายอากาศเข้าสู่ระบบพร้อมกับทำการอุ่นเตาโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊ส LPG จนกระทั่งอุณหภูมิภายในเตาเผาบริเวณส่วนห้องเผาไหม้มีค่าประมาณ $500^\circ\text{C} - 550^\circ\text{C}$
 2. เริ่มทำการป้อนเชื้อเพลิงแกลบพร้อมกับอากาศสำหรับลำเลียงเชื้อเพลิงแกลบเข้าสู่ห้องเผาไหม้ จนกระทั่งอุณหภูมิภายในเตาเผามีค่าประมาณ $700^\circ\text{C} - 750^\circ\text{C}$ จึงหยุดการอุ่นเตาและเอาชุดอุ่นเตาเผาออก
 3. ปรับอัตราการไหลของอากาศ 69 kg/hr (ปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินเท่ากับ 70%) และปรับอัตราการป้อนของเชื้อเพลิงแกลบจนกระทั่งมีค่าเท่ากับ 7.4 kg/hr
 4. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเตาเผาแต่ละตำแหน่ง หากพบว่ามีค่าความเสถียรอุณหภูมิ จึงทำการบันทึกค่าอุณหภูมิภายในเตาเผาทุกระดับความสูงที่กำหนดขึ้น จำนวนทั้งสิ้น 11 ค่า ตามระดับความสูงและวัดปริมาณค่าองค์ประกอบของไอเสียด้วยเครื่องวิเคราะห์ไอเสีย TESTO 350M XL ที่บริเวณทางออกของเตาเผา
 5. ปรับอัตราการไหลของอากาศเป็น 73, 76 และ 81 kg/hr (ปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินที่ 80%, 90% และ 100% ตามลำดับ) แล้วดำเนินการทดลองซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 3 - 4 ตามลำดับ
 6. ทำการปรับเปลี่ยนลักษณะครีปภายในห้องเผาไหม้เตาเผาฟลูอิดไคซ์เบด ตามกรณีศึกษาที่กำหนดไว้ จากนั้นดำเนินการทดลองซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 1 - 5 ตามลำดับ

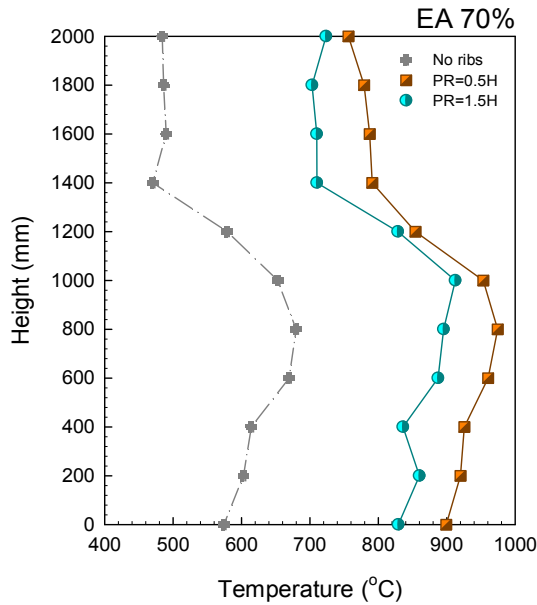
6. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

6.1 ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิ

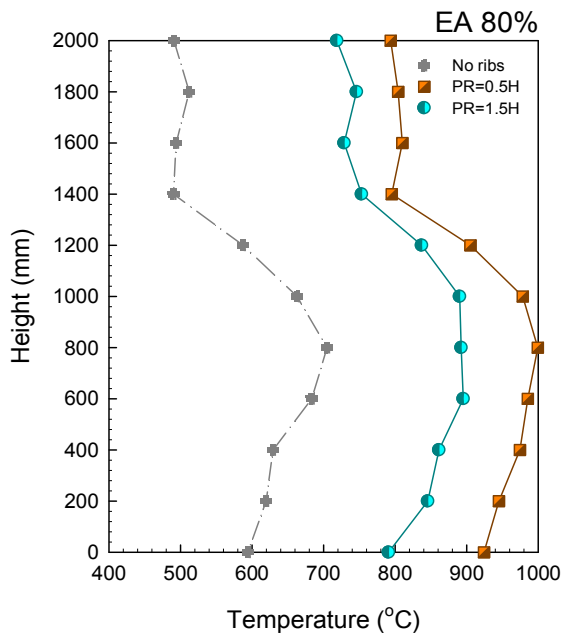
ภาพที่ 3 - 6 แสดงลักษณะการกระจายของระดับอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเตาเผาที่ระดับความสูงต่าง ๆ เปรียบเทียบแต่ละกรณีศึกษาภายใต้ขอบเขตการทดลอง ที่ปริมาณร้อยละอากาศส่วนเกินเท่ากับ 70%, 80%, 90% และ 100% ตามลำดับ พบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของแต่ละกรณีศึกษาที่ปริมาณอากาศส่วนเกินใดๆ จะให้ผลที่คล้ายคลึงกัน ดังนี้ คือระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้จะสูง จากนั้นระดับอุณหภูมิจะลดลงอย่างมากเมื่อเข้าสู่ส่วนขยายหน้าตัด ในส่วนของฟริบอร์คระดับอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากส่วนขยายหน้าตัด เมื่อพิจารณาที่ร้อยละอากาศส่วนเกินเดียวกันจะเห็นได้ว่า ระดับอุณหภูมิที่แต่ละระดับความสูงของกรณีการติดครีปจะให้ผลลัพธ์อุณหภูมิที่สูงกว่ากรณีไม่ติดครีปที่ทุกค่าร้อยละอากาศส่วนเกิน เนื่องจากครีปที่ติดตั้งเข้าไปจะไปขวางการไหลภายในเตาเผาทำให้เกิดกระแสหมุนวนภายในเตาเผาและเพิ่มความรุนแรงของการปั่นป่วนส่งผลให้การคลุกเคล้าระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศดีขึ้น กระบวนการการเผาไหม้จึงเกิดได้ดีกว่ากรณีที่ไม่ติดครีป แต่หากเปรียบเทียบกรณีการติดตั้งครีปด้วยกันจะพบว่ากรณีติดตั้งครีปที่มีระยะการติดตั้งถี่กว่าจะให้อุณหภูมิการเผาไหม้ที่สูงกว่ากรณีการติดครีปจำนวน 4 ครีปนั้นอาจเกิดการขัดขวางการไหลภายในเตาเผาเนื่องจากเตาเผาที่ใช้มีขนาดเล็ก

หากพิจารณาเปรียบเทียบในกรณีห้องเผาไหม้รูปแบบเดียวกันที่ร้อยละอากาศส่วนเกินต่างๆพบว่าที่ร้อยละอากาศส่วนเกินเท่ากับ 80% ให้ระดับอุณหภูมิการเผาไหม้สูงกว่าที่ 70% 90% และ 100% ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณอากาศดังกล่าว

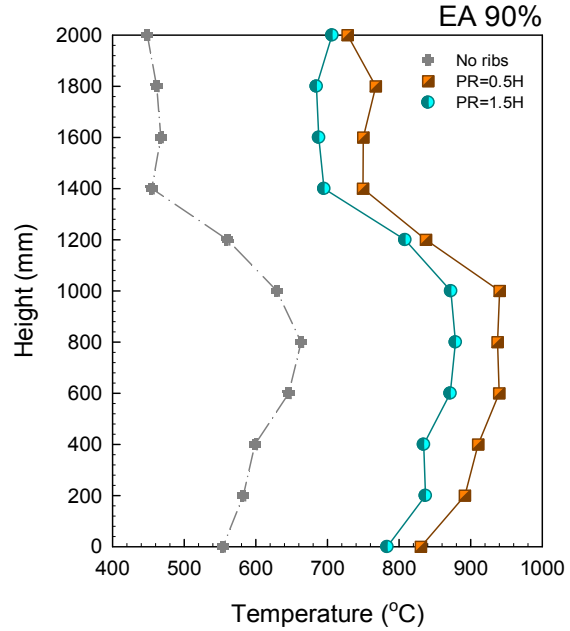
น่าจะเป็ปริมาณอากาศที่เพียงพอสำหรับทำปฏิกิริยาและให้ความเร็วของกระแสการไหลที่พอเหมาะ เมื่อร้อยละอากาศส่วนเกินมีค่ามากขึ้นกว่านี้อาจทำให้ความเร็วของกระแสการไหลภายในเตาเผามากเกินไปจึงทำให้เชื้อเพลิงที่ยังเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ถูกพัดพาออกมาก่อนที่จะเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ส่วนที่ร้อยละอากาศส่วนเกินเท่ากับ 70% ปริมาณอากาศที่จ่ายเข้าสู่ระบบอาจมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดกระบวนการการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จึงทำให้ระดับอุณหภูมิมีค่าต่ำ



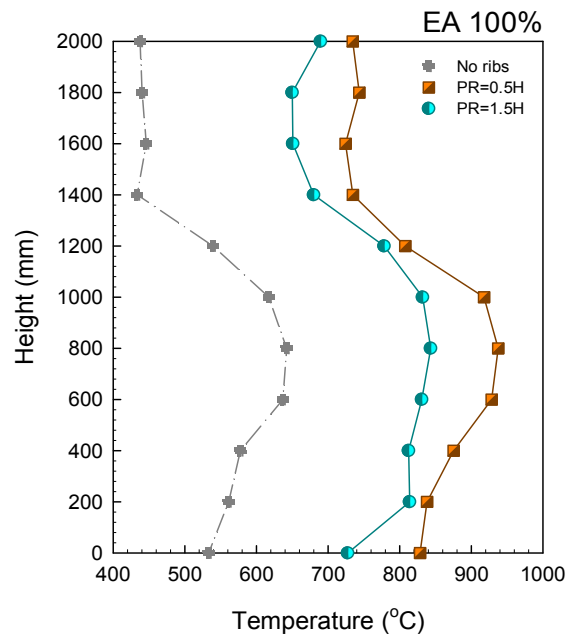
ภาพที่ 3 ลักษณะการกระจายตัวของระดับอุณหภูมิที่ EA=70%



ภาพที่ 4 ลักษณะการกระจายตัวของระดับอุณหภูมิที่ EA=80%



ภาพที่ 5 ลักษณะการกระจายตัวของระดับอุณหภูมิที่ EA=90%



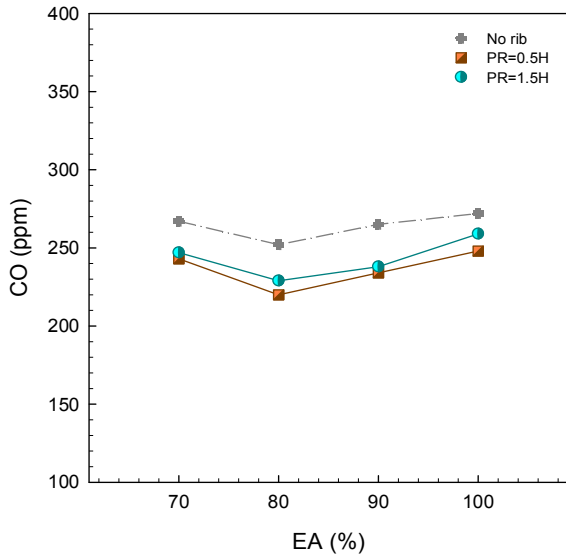
ภาพที่ 6 ลักษณะการกระจายตัวของระดับอุณหภูมิที่ EA=100%

6.2 ปริมาณก๊าซไอเสีย

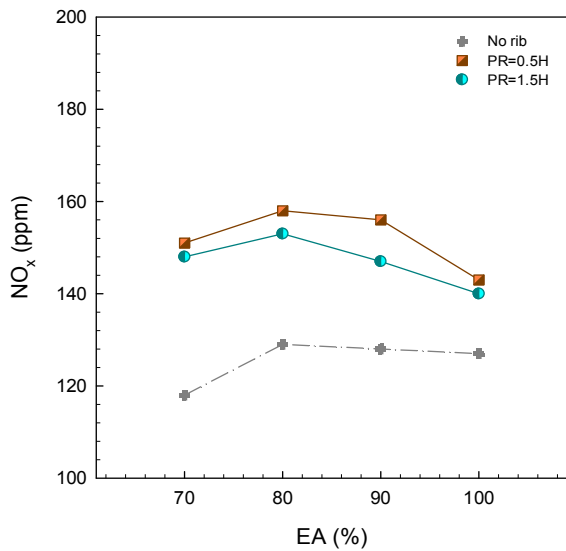
ภาพที่ 7 แสดงปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้ภายใต้ขอบเขตงานวิจัยนี้ พบว่า ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์กรณีติดครีบบีมีค่าอยู่ระหว่าง 220 - 263 ppm ส่วนกรณีไม่ติดครีบบีมีค่าอยู่ระหว่าง 252 - 272 ppm หากเปรียบเทียบที่เงื่อนไขเดียวกันกรณีที่ไม่ติดครีบบีมีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่ติดครีบบีที่ทุกปริมาณร้อยละอากาศส่วนเกิน แสดงถึงกระบวนการการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นมีความสมบูรณ์มากกว่า

ปริมาณกลุ่มแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนเปรียบเทียบกรณีที่ไม่ติดครีบบีที่ระยะห่างต่าง ๆ และกรณีที่ไม่ติดครีบบีที่ร้อยละปริมาณอากาศส่วนเกินใด ๆ ดังแสดงในภาพที่ 8 พบว่า กรณีที่ไม่ติดครีบบี

ทั้งหมดมีปริมาณแก๊สกลุ่มแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนมีค่ามากกว่ากรณีที่ไม่ติดครีบ เนื่องจากกระบวนการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นของกรณีที่มีการติดครีบมีระดับอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงกว่า ระดับอุณหภูมิที่สูงเป็นปัจจัยก่อให้เกิดกลุ่มแก๊สดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นถือว่าน้อยมากโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 118 - 155 ppm



ภาพที่ 7 ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ %EA ต่าง ๆ

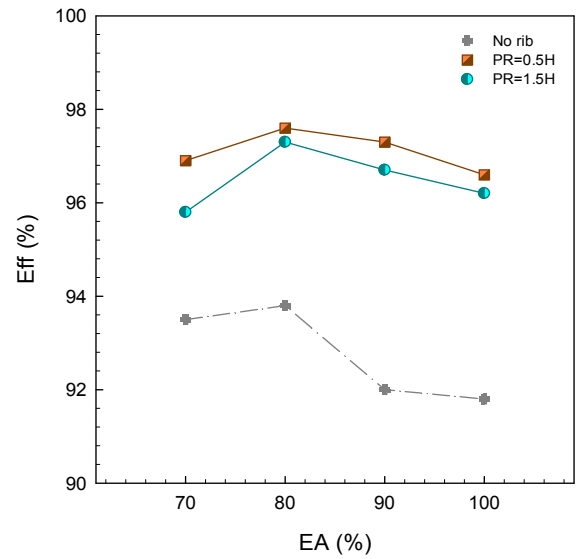


ภาพที่ 8 ปริมาณกลุ่มแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนที่ %EA ต่าง ๆ

6.3 ประสิทธิภาพการเผาไหม้

ภาพที่ 9 แสดงประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ปริมาณร้อยละอากาศส่วนเกินต่างๆ ซึ่งประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาเผาภายใต้ขอบเขตการศึกษาทดลองนี้จะพิจารณาเฉพาะค่าความสูญเสียที่เกิดจากจากองค์ประกอบของก๊าซไอเสียเท่านั้น โดยจากภาพ พบว่าสำหรับทุกกรณีศึกษาที่ปริมาณร้อยละอากาศส่วนเกิน 80% จะให้ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงสุด สอดคล้องกับปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่วัดได้และระดับอุณหภูมิการไหม้ที่เกิดขึ้น หากเปรียบเทียบที่ปริมาณร้อยละอากาศส่วนเกินเดียวกันจะเห็นว่าที่กรณีติดครีบทั้งหมดจะให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่สูงกว่ากรณีที่ไม่ติด

ครีบ โดยกรณีการติดครีบที่ระยะการติดตั้งเท่ากับ 0.5H ให้ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงสุด



ภาพที่ 9 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ %EA ต่าง ๆ

7.สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาทดลองเพื่อพัฒนาเตาเผาฟลูอิดซ์เบดที่มีการพัฒนาในส่วนห้องเผาไหม้โดยการติดครีบรูปตัววีแยกตัวทำมุม 45° ที่ระยะห่างระหว่างครีบจำนวน 2 ค่า คือ 0.5H และ 1.5H ภายใต้ขอบเขตการศึกษาที่กำหนดนี้ พบว่า การติดครีบรูปตัววีแยกตัวทำมุม 45° ให้ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยจากกระบวนการเผาไหม้และให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่สูงกว่ากรณีเตาเผาทั่วไปที่ไม่ติดครีบ โดยกรณีการติดครีบที่ระยะการติดตั้งเท่ากับ 0.5H ที่ปริมาณร้อยละอากาศส่วนเกิน 80% จะให้ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาเผาสูงสุด ที่ 97.6 % และระดับอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งเตาเผาสูงสุดประมาณ 900°C จะเห็นได้ว่าการพัฒนาห้องเผาไหม้เตาเผาฟลูอิดซ์เบดด้วยแนวคิดการติดตั้งครีบรูปตัววีแยกตัวให้ผลลัพธ์ที่ดี ทำสามารถใช้เป็นอุปกรณ์กำเนิดพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงชีวมวลขนาดเล็กที่มีประสิทธิภาพสำหรับใช้ในชุมชนหรืออุตสาหกรรมขนาดย่อมได้

8.การอ้างอิง

- [1] S. Chokphoemphun, S. Eiamsa-ard and P. Promvongse, "Rice Husk Combustion Behavior in a Fluidized Wavy Surfaced Bed". 5th International Conference on "Combustion, Incineration/Pyrolysis and Emission Control (i-CIPEC 2008), Chiang Mai, Thailand, 2008
- [2] O. Ohlsson, "Results of performance and emission testing when co-firing blends of dRDF/coal in a 440 MWe cyclone fired combustor", Alternate fuels IV conference, New Orleans, LA, USA; 8-9 February 1994.
- [3] H.P. Wan and C.S Chyang, "Transport Disengaging Height and Elutriation Rate of a Vortexing Fluidized Bed.", J.of Chemical Engineering of Japan, 1998, 13(6), 977-986.

- [4] J. Korenberg, U.S. Patent 4,457,285, 1984.
- [5] C.S. Chyang, K.T. Wu and C.S. Lin, “Emission of nitrogen oxides in a vortexing fluidized bed combustor”, Fuel.86, 2007, 234 – 243.
- [6] N. K. Sowards, U.S. Patent 4,075,935, 1978.
- [7] วิศิษฐ์ สีสานาคกุล, “การศึกษาผลกระทบของห้องเผาไหม้ทุติยภูมิในเตาเผาแกลบลูอิโดไซด์เบด”, งานประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3, 23 – 25 พฤษภาคม 2550.
- [8] จิตติวัฒน์ ผุนลาวงษ์, “พฤติกรรมการณ์เผาไหม้ชีวมวลในเตาเผาฟลูอิโดไซด์เบดแบบหมุนเวียน”, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 21, 17 – 19 ตุลาคม 2550.
- [9] สุภัทรชัย สุวรรณพันธ์, ชินรักษ์ เจริญพงษ์ และ พงษ์เจต พรหมวงศ์, “อิทธิพลของครีบบสามเหลี่ยมภายในเตาฟลูอิโดไซด์เบดต่อการเผาไหม้แกลบลู”, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 10, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 2552.