

การศึกษาเชิงทดลองของพฤติกรรมการเผาไหม้ของแกลบในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดที่มีครีบริบตัววี Experimental study on combustion behaviors of the rice husk in a fluidized-bed combustor with V-shaped ribs

สุภัทรชัย สุวรรณพันธุ์¹ (Supattarachai Suwannapan¹), ภาณุวัฒน์ หุ่นพงษ์^{2*} (Panuwat Hoonpong^{2*}),
สมพล สกุลหลง³ (Sompol Skullong³), ชินรักษ์ เจริญพงษ์⁴ (Chinaruk Thianpong⁴)
และ พงษ์เจต พรหมวงศ์^{4*} (Pongjet Promvong^{4*})

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบภายในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบดรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีการติดตั้งครีบริบภายในห้องเผาไหม้ ซึ่งลักษณะของการติดตั้งครีบริบจะเป็นรูปตัววี มีมุมปะทะเท่ากับ 45 องศา ในการทดลองจะใช้ค่าอัตราการป้อนแกลบคงที่ที่ 8.7 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยจะมีการปรับค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน, (EA=23 และ 36 %) ค่าอัตราส่วนระยะห่างระหว่างครีบริบต่อความสูงของห้องเผาไหม้, (S/H=0.01, 0.015, 0.02 และ 0.025) ในการทดลองนี้จะเป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้ที่มีผลต่อค่าอุณหภูมิ ปริมาณก๊าซไอเสียและประสิทธิภาพที่เกิดจากการเผาไหม้ จากผลการทดลองพบว่าในกรณีที่เตาเผาไม่มีการติดตั้งครีบริบที่ค่า EA=23% จะให้ค่าอุณหภูมิสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่ค่า EA=36% มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 805 °C ส่วนในกรณีที่มีการติดตั้งครีบริบที่ค่า EA=23% และ S/H=0.025 จะให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่ากรณีอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 858 °C จากการวัดปริมาณก๊าซไอเสียจะพบว่ามีความค่อนข้างต่ำทั้งกรณีที่ติดตั้งครีบริบและไม่ติดตั้งครีบริบ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการเผาไหม้พบว่าทุกกรณีที่ทำการศึกษามีค่าสูงกว่า 95%

ABSTRACT

This work presents the rice husk combustion behaviors in a square duct fluidized bed combustor 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 excess air were varied to be, (EA=23 and 36%); fin space to combustion chamber height ratios, (S/H=0.01, 0.015, 0.02 and 0.025). In this experiment, to study the effect of these parameters on temperature distribution, combustion emissions and efficiency from rice husk combustion. From experiment results, the combustor without rib at EA=23% provides the average temperature higher than EA=23% is about 805 °C. The combustor with rib at EA=23% and S/H=0.025 yields the average temperature higher than others is about 858 °C. Both of fluidized bed rice husk combustor with rib and without ribs shows an excellent efficiency and low emissions. It is visible that the efficiency value more than 95% for all cases study.

คำสำคัญ : เตาเผาฟลูอิดไคซ์เบด, แกลบ, การเผาไหม้

Key Words : fluidized-bed combustor, rib, rice husk, combustion

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

150 หมู่ 6 ถ.ศรีจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40000

² สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

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

³ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

199 หมู่.6 ต.ทุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230

⁴ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถ. ผลองกรู เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 *E-mail : kppongje@kmitl.ac.th

บทนำ

ในปัจจุบันเรื่องพลังงานเป็นปัญหาใหญ่ของโลก ด้วยความต้องการในการใช้พลังงานมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นแต่ทรัพยากรกับมีอยู่อย่างจำกัดและลดน้อยลง ดังนั้นทั่วโลกจึงเริ่มต้นตัวและหาทางออกของปัญหา สำหรับประเทศไทยนับเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ผลพลอยได้ที่สำคัญนอกเหนือจากผลผลิตการเกษตรก็คือ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย และทะลายปาล์ม เป็นต้น พลังงานที่ได้จากชีวมวลจึงเป็นอีกแหล่งพลังงานหนึ่งที่เหมาะสมกับประเทศไทย พลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงแกลบก็มีความน่าสนใจอย่างมาก เนื่องจากแกลบมีชีวมวลมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชีวมวลอื่น ๆ เช่น แกลบมีความชื้นต่ำ มีขนาดเล็ก ไม่จำเป็นต้องผ่านการย่อยก่อนนำไปเผาไหม้ สามารถลำเลียงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้อย่างเรียบง่ายและต่อเนื่อง นอกจากนี้ชี๊ไ้เผาที่ได้จากการเผาไหม้ยังสามารถนำไปขายได้ การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งเป็นเชื้อเพลิงแข็งโดยใช้เทคนิคของฟลูอิดไคซ์เบตนับได้ว่าเป็นเทคนิคที่เหมาะสม เนื่องจากว่าเทคนิคนี้มีข้อได้เปรียบคือสามารถเปลี่ยนเชื้อเพลิงได้ตามความเหมาะสมหรือมีความยืดหยุ่นในการเลือกใช้เชื้อเพลิง สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิที่ได้ค่อนข้างคงที่

ที่ผ่านมาผู้สนใจเกี่ยวกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไคซ์เบตและเทคนิคอื่น ๆ มากมาย Wan และ Chyang [1] รายงานว่าการใช้วิธีการของเทคนิคฟลูอิดไคซ์เบตนั้นต้องการห้องเผาไหม้และฟรื้บอร์คที่สูงมากเพื่อลดอัตราการหลุดลอยของอนุภาคเชื้อเพลิง และแนะนำว่าเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบตนั้นต้องมีความสูงมากกว่า 15 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเบตสำหรับการใช้เชื้อเพลิงแข็งที่เบามาก Eiamsa-ard และคณะ [2,3] ได้ทดสอบการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบในเตาเผาเวอร์เทค (vortex-combustor) เพื่อศึกษาคุณลักษณะการเผาไหม้ เช่น การกระจายอุณหภูมิ ก๊าซไอเสียและประสิทธิภาพที่เกิดจากการเผาไหม้ ผลการทดสอบพบว่า ระดับอุณหภูมิและประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าค่อนข้างสูงในขณะที่ ค่าปริมาณก๊าซไอเสียที่วัด

ได้บริเวณทางออกมีค่าค่อนข้างต่ำ Kaewkaokiet และคณะ [4] ทดสอบการเผาไหม้ในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบตโดยมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มการหมุนวนแบบ converging-diverging nozzles ที่ผิวด้านในของห้องเผาไหม้ เพื่อศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ และปริมาณก๊าซไอเสียที่เกิดขึ้น จากการทดสอบพบว่าเตาเผาที่ติดอุปกรณ์เพิ่มการหมุนวนจะให้ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงกว่าเตาเผาที่ไม่ได้ติดอุปกรณ์เพิ่มการหมุนวน Chyang และ คณะ [5] ได้ทำการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซออกไซด์ไนโตรเจน (NO) ของเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบตแบบอากาศหมุนวน จากการทดสอบพบว่าผลของการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขการทดสอบ เช่น อุณหภูมิของเบต ปริมาณอากาศส่วนเกิน อัตราการไหลของอากาศ ล้วนแล้วแต่มีผลต่อปริมาณการปล่อยของออกไซด์ไนโตรเจน Fang และ คณะ [6] ได้ทำการศึกษาการเผาไหม้ของแกลบในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบตแบบหมุนเวียน จากรายงานได้แนะนำถึงการทดลองแบบ cold flow model แสดงถึงการเกิดฟลูอิดไคซ์ของแกลบที่ค่อนข้างยาก จึงได้ทำการปรับปรุงให้เกิดการฟลูอิดไคซ์ให้ดีขึ้นโดยการเพิ่มซิลิกอนทราย และถ่านหินเข้าไปผสม Armesto และ คณะ [7] ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมเผาไหม้ของแกลบในเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบตในช่วง bubbling fluidized bed โดยศึกษาอิทธิพลของตัวแปร เช่น อุณหภูมิ ความเร็วของการเกิดฟลูอิดไคซ์เซชันที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้และปริมาณการปล่อยก๊าซไอเสีย จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ได้มีค่าสูงกว่า 97% ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO มีปริมาณสูงกว่า 1,000 mg/Nm³ และการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเตาเผามีผลอย่างมากทั้งต่อการปริมาณการปล่อยก๊าซ CO และประสิทธิภาพการเผาไหม้

งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงรวมไปถึงการออกแบบเตาเผาฟลูอิดไคซ์เบต ตัวแปรที่สนใจศึกษาประกอบด้วย ปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน ระยะห่างระหว่างกรัง โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบคือ แกลบ เป้าหมายเพื่อที่จะสามารถนำไปสู่การพัฒนาและปรับปรุงสมรรถนะของ

เตาเผาให้มีประสิทธิภาพสูง สามารถนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่ารวมทั้งยังสามารถช่วยลดสภาวะปรากฏการณ์โลกร้อน (global warming) เพราะพลังงานที่ได้จากชีวมวลถือได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดและมีการปล่อยมลพิษในปริมาณต่ำ และที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือช่วยลดอัตราการสูญเสียเงินตราออกไปยังต่างประเทศในการนำเข้าเชื้อเพลิง

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมการเผาไหม้ของแกลบในท้องเผาไหม้ที่มีการติดตั้งครีบบนโดยการสังเกตจากการค่าอุณหภูมิและกระจายของอุณหภูมิภายในเตาเผา ปริมาณก๊าซไอเสีย และประสิทธิภาพการเผาไหม้ ซึ่งตัวแปรต่าง ๆ ที่สนใจศึกษาในงานวิจัยนี้คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน และระยะห่างระหว่างครีบบ เพื่อนำไปสู่ออกแบบและพัฒนาของเตาเผาฟลูอิดไชด์เบดให้มีขนาดเล็ก มีประสิทธิภาพสูง คุ้มค่าแก่การลงทุนและเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในงานจริง

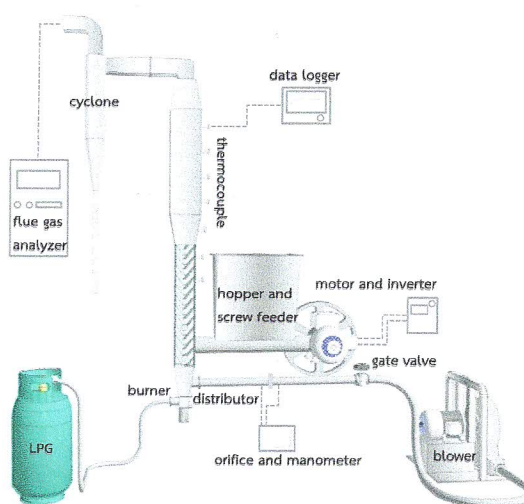
ขอบเขตการวิจัย

- 3.1. ศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้ของแกลบในเตาเผาฟลูอิดไชด์เบดที่ภายในท้องเผาไหม้ทำการติดตั้งครีบบรูปตัววี มีมุมปะทะเท่ากับ 45° โดยจะทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับกรณีที่ไม่ติดตั้งครีบบ
- 3.2. อัตราการป้อนแกลบคงที่เท่ากับ 8.7 กิโลกรัม/ชั่วโมง
- 3.3. ปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกิน เท่ากับ 23 และ 36%
- 3.4. อัตราส่วนระยะห่างระหว่างครีบบต่อความสูงของท้องเผาไหม้, (S/H=0.01, 0.015, 0.02 และ 0.025)

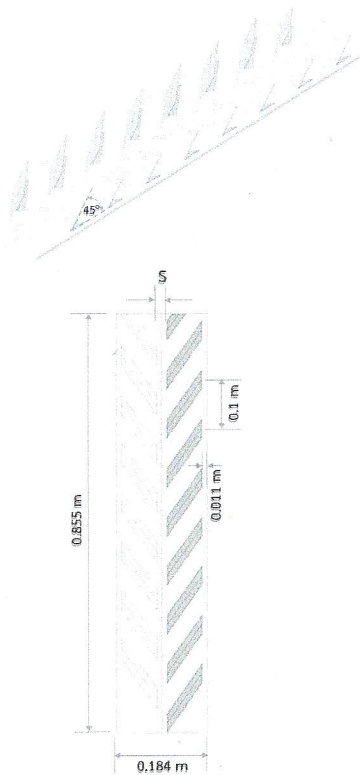
ขั้นตอนการทดลอง

การศึกษาดังกล่าวนี้นี้มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1. หลังจากทำการติดตั้งครีบบแล้ว ทำป้อนอากาศเข้าสู่ท้องเผาไหม้ ด้วยอัตราการไหลของอากาศเพียงเล็กน้อย แล้วจุดหัวเผาอุ่นเตา เพื่อให้มีความร้อนด้วยก๊าซ LPG จากนั้นสังเกตอุณหภูมิโดยรอบกระทั่งอุณหภูมิภายในท้องเผาไหม้สูงประมาณ 600°C จึงทำการป้อนแกลบเข้าสู่ท้องเผาไหม้เริ่มด้วยปริมาณน้อยพร้อมกับเพิ่มปริมาณอากาศตามสัดส่วนที่พอเหมาะ แล้วค่อยเพิ่มปริมาณแกลบและอากาศขึ้นพร้อมกันจนได้ปริมาณตามต้องการ รอจนกระทั่งอุณหภูมิสูงประมาณ 750°C ให้หยุดการจ่ายก๊าซ LPG
2. ปรับปริมาณอากาศเมื่อเทียบกับอัตราการป้อนเชื้อเพลิง 8.7 kg/hr โดยมีปริมาณเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินเท่ากับ 23% แล้วสังเกตพฤติกรรมการติดไฟจนระดับอุณหภูมิค่อนข้างคงที่จึงทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ, ปริมาณก๊าซไอเสียและประสิทธิภาพการเผาไหม้ พร้อมทั้งสังเกตสีและขนาดของเขม่าด้วย
3. ทำซ้ำตามข้อที่ 2 โดยเปลี่ยนค่าเปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินเป็น 36%
4. ปรับเปลี่ยนลักษณะครีบบตามกรณีศึกษาที่กำหนดไว้แล้วทำซ้ำตามขั้นตอนที่ 2



รูปที่ 1 เตาเผาแกลบฟลูอิดไชด์เบด



รูปที่ 2 ลักษณะและขนาดของครีบ

ผลการวิจัย

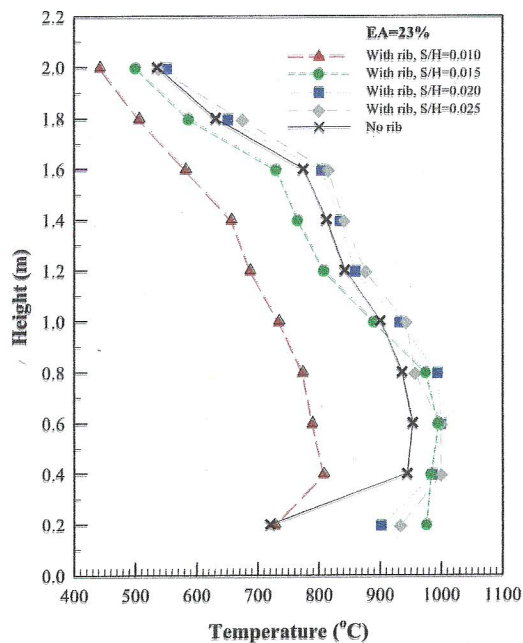
1 การกระจายตัวของอุณหภูมิ

ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเตาเผาฟลูอิดเบดสำหรับค่า EA=23 และ 36% ได้แสดงดังรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ จากรูปที่ 3 และ 4 จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบเตาเผากรณีที่ไม่มีการติดตั้งครีบกับกรณีติดตั้งครีบ พบว่ามีลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิเหมือนกัน คือ อุณหภูมิจะสูงอยู่ในบริเวณห้องเผาไหม้และจะลดลงในส่วนของฟริบอร์ต จากการสังเกตค่าอุณหภูมิจะเห็นว่ามีความค่อนข้างสูงอยู่ในช่วงการวัดตำแหน่ง การวัดที่ 2-4 (เท่ากับระยะความสูงของเตาเผา 0.4-0.8 เมตร) ทั้งนี้เป็นเพราะลมที่จ่ายเข้าไปในเตาเผาช่วยทำให้แก๊สลอยอยู่ในระดับความสูงดังกล่าวและเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สที่บริเวณนั้นจึงทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้มีค่าสูงกว่าที่ตำแหน่งอื่น ๆ เตาเผาแก๊สฟลูอิดเบดที่ค่า EA=23 และ 36% พบว่าในกรณีไม่มีการติดตั้งครีบจะให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่ากรณีติดตั้ง

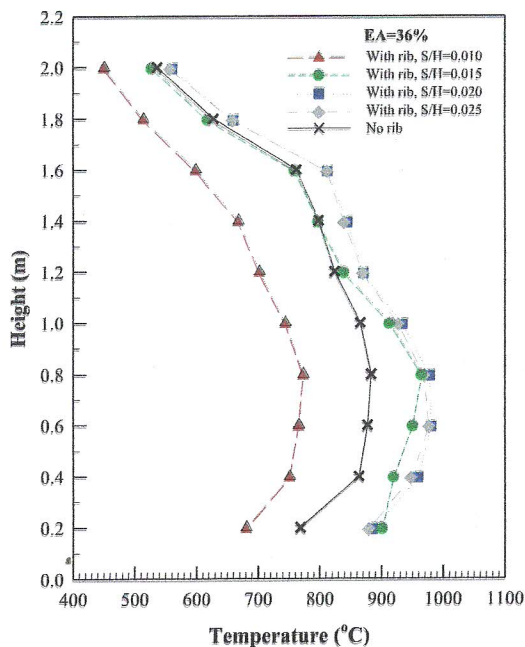
ครีบที่ค่า $S/H=0.01$ แต่จะมีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับในกรณีที่ติดตั้งครีบที่ค่า $S/H=0.015$, 0.02 และ 0.025 จากผลการทดลองพบว่าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งครีบบมีค่าเท่ากับ 805 และ 780 °C สำหรับ EA=23 และ 36% ตามลำดับ สำหรับเตาเผาที่ติดตั้งครีบที่ค่า EA=23% จะให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 671 , 822 , 852 , และ 858 °C สำหรับที่ค่า $S/H=0.01$, 0.015 , 0.02 และ 0.025 ตามลำดับ และสำหรับเตาเผาที่ติดตั้งครีบที่ค่า EA=36% จะให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 665 , 819 , 849 , และ 844 °C สำหรับที่ค่า $S/H=0.01$, 0.015 , 0.02 และ 0.025 ตามลำดับ

2 ปริมาณก๊าซไอเสีย

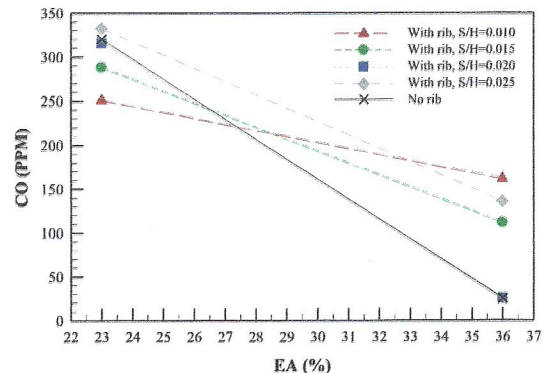
ในการวิจัยนี้ได้ทำการวัดองค์ประกอบของก๊าซไอเสียที่อาจเกิดขึ้นได้จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์คือก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสียซึ่งเป็นค่าที่ถูกควบคุมให้อยู่ในมาตรฐาน ดังนั้นการพิจารณาถึงความสามารถและความเหมาะสมในการใช้งานจำเป็นอย่างยิ่งจะนำผลของปริมาณการปล่อยก๊าซไอเสียมาพิจารณาด้วย รูปที่ 5 และ 6 แสดงค่าปริมาณของก๊าซ CO และ NO_x ที่ค่า EA ต่าง ๆ ตามลำดับ จากรูปที่ 5 พบว่าค่า CO ลดลงเมื่อค่า EA เพิ่มขึ้นสำหรับทุกกรณีศึกษา จากผลการทดลองพบว่าปริมาณ CO มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง $25-340$ ppm. จากรูปที่ 6 พบว่าค่า NO_x เพิ่มขึ้นเมื่อค่า EA เพิ่มขึ้นสำหรับทุกกรณีศึกษา ปริมาณ NO_x มีค่าอยู่ระหว่าง $50-100$ ppm. ซึ่งปริมาณของทั้งก๊าซ CO และ NO_x ที่ปล่อยออกมามีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานกำหนดโดยค่ามาตรฐานของอากาศได้กำหนดไว้ให้ค่า CO และ NO_x จะต้องไม่เกิน 690 ppm และ 200 ppm ตามลำดับ ก่อนปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ ค่ามาตรฐานควบคุมการปล่อยปริมาณก๊าซไอเสียจากโรงงานอ้างอิงโดย [8]



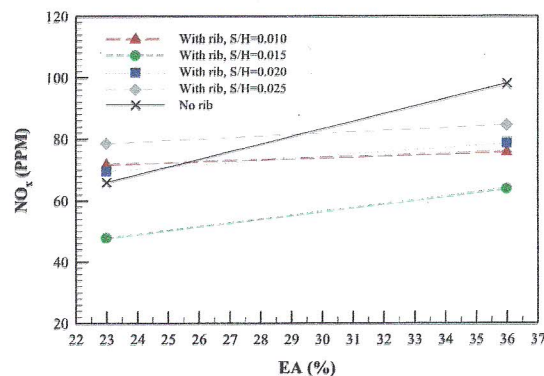
รูปที่ 3 ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ค่า
EA=23%



รูปที่ 4 ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ค่า
EA=36%



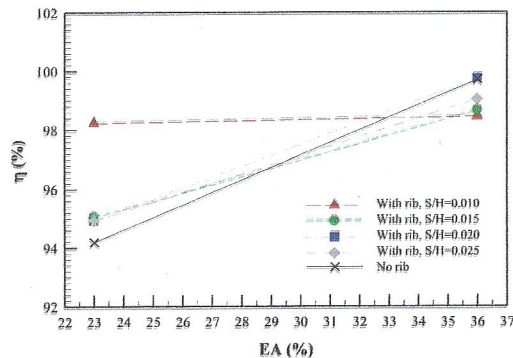
รูปที่ 5 ปริมาณก๊าซไอเสีย CO



รูปที่ 6 ปริมาณก๊าซไอเสีย NO_x

3 ประสิทธิภาพการเผาไหม้

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (η) วัดได้ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสียดัง รูปที่ 7 แสดงค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ค่า EA ต่าง ๆ จากรูปพบว่าค่า η เพิ่มขึ้นเมื่อค่า EA เพิ่มขึ้นสำหรับทุกกรณีศึกษา เมื่อทำการเปรียบเทียบค่า η กับค่าปริมาณของก๊าซ NO_x และ CO พบว่าค่า η จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่า NO_x เพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกันค่า η จะมีเพิ่มขึ้นเมื่อค่า CO ลดลง ทั้งนี้เพราะว่าถ้าค่า CO สูงแสดงถึงการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ จากผลการทดลองพบว่าค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้สำหรับทุกกรณีศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 95-99%



รูปที่ 7 ประสิทธิภาพการเผาไหม้

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบในเตาเผาฟลูอิดไชด์เบดที่มีปรับปรุงห้องเผาไหม้ด้วยการติดตั้งครีบริบตัววี พบว่าการติดตั้งครีบริบช่วยทำให้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแกลบได้ดีกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งครีบริบ จะเห็นได้จากค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในกรณีที่มีการติดตั้งครีบริบมีค่าสูงกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งครีบริบและจากการปรับเปลี่ยนค่า EA พบว่าเตาเผาฟลูอิดไชด์เบดที่ค่า EA=23% จะให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าที่ค่า EA=36% ทั้งกรณีที่ไม่ติดตั้งครีบริบและไม่ติดตั้งครีบริบ ในกรณีที่ติดตั้งครีบริบตัววีและมีการปรับเปลี่ยนค่า S/H พบว่า ที่ค่า S/H=0.025 และ EA=23% ให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่ากรณีอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 858 °C จากการวิเคราะห์ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซไอเสีย พบว่ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดทั้งกรณีที่ไม่ติดตั้งครีบริบและไม่ติดตั้งครีบริบ ในส่วนของค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 95-99% สำหรับทุกกรณีศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- [1] H.P. Wan and C.S. Chyang. (1998). Transport Disengaging Height and Elutriation Rate of a Vortexing Fluidized Bed, Journal of Chemical Engineering of Japan, 13(6), 977-986.
- [2] S. Eiamsa-ard, Y. Kaewkohkiat, W. Lelaphatikul, C. Thianpong and P. Promvong. (2008). Experimental investigation of combustion

characteristics in a multi-staging vortex combustor firing rice husk, International Communications in Heat and Mass Transfer 35, 139-148.

- [3] S. Eiamsa-ard, Y. Kaewkohkiat, C. Thianpong and P. Promvong. (2008). Combustion behavior in a dual-staging vortex rice husk combustor with snail entry, International Communications in Heat and Mass Transfer, 35, 1134-1140.
- [4] Y. Kaewkohkiat, S. Eiamsa-ard, K. Wongcharée, D. Thungsotanon and P. Promvong. (2009). Combustion of rice husk in a fluidized bed combustor with wavy-surfaced chambers, Proceedings of the International Conference on Power Engineering-09 (ICOPE-09) 16-20 November, 2009, Kobe, Japan.
- [5] C.S. Chyang, K.T. Wu, C.S. Lin. (2007). Emission of nitrogen oxides in a vortexing fluidized bed combustor, Fuel, 86, 234-243.
- [6] M. Fang, L. Yang, G. Chen, Z. Shi, Z. Luo, K. Cen. (2004). Experimental study on rice husk combustion in a circulating fluidized bed, Fuel Processing Technology, 85, 1273-1282.
- [7] L. Armestoa, A. Bahilloa, K. Veijonenb, A. Cabanillas, J. Oteroa. (2002). Combustion behavior of rice husk in a bubbling fluidized bed, Biomass and Bioenergy, 23, 171-179.
- [8] มาตรฐานควบคุมการปล่อยปริมาณก๊าซไอเสียจากโรงงาน กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แหล่งที่มา <http://www.pcd.go.th> ประกาศ ณ วันที่ 12/10/2554.