



อิทธิพลของมุมปะทะของครีบบางขวางต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล ภายในเตาเผาฟลูอิดซ์เบด

ภัทรพันธ์ ทองยศ¹, สมิทธิ์ เอี่ยมสอาด², สมพล สกุลหลง³, สุรียา โชคเพิ่มพูน¹, วิฑูรย์ชิงถ้วยทอง4
พงษ์เจต พรหมวงศ์¹ และ ญัตติวิภา เจียรระโนวชิระ¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซอยฉลองกรุง 1
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

³สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา199 หมู่ 6 ถนนสุขุมวิท
ตำบลทุ่งสุขลา อำเภศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230

⁴สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ถนนนารายณ์มหาราช
ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี 15000

ผู้เขียนติดต่อ: พงษ์เจต พรหมวงศ์ E-mail: kppongje@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว แกลบ ทะลายปาล์ม กากอ้อย ชังข้าวโพด เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ล้วนมีคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงหรือที่รู้จักกันในนามเชื้อเพลิงชีวมวล โดยเชื้อเพลิงชีวมวลนับว่าเป็นอีกหนึ่งพลังงานทางเลือกที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก นอกจากจะสามารถให้พลังงานออกมาแล้วยังเป็นการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ด้วย หนึ่งในกระบวนการการเปลี่ยนรูปแบบพลังงานที่อยู่ในชีวมวลให้เป็นพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ที่ได้รับความนิยมและนับว่ามีความสะดวกในการดำเนินการ คือกระบวนการการเผาไหม้ด้วยเตาเผาชนิดต่าง ๆ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาลึถึงเปรียบเทียบพฤติกรรมการเผาไหม้ภายในเตาเผาฟลูอิดซ์เบดที่มีการพัฒนาในส่วนห้องเผาไหม้โดยการอาศัยการสร้างอากาศหมุนวนด้วยการติดตั้งครีบบรูปตัววีคว่า 30°, 45° และ 60° ซึ่งจะศึกษาถึงลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิ องค์ประกอบแก๊สไอเสีย ผลการศึกษาพบว่าการติดตั้งครีบบสามารถเพิ่มระดับอุณหภูมิการเผาไหม้ได้ดีกว่ากรณีเตาเผาที่ไม่มีการติดตั้งครีบบ โดยการติดตั้งครีบบรูปตัววีคว่า 45° ให้ค่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงสุดที่ประมาณ 710 องศาเซลเซียส ปริมาณแก๊สไอเสียในส่วนคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่าอยู่ระหว่าง 221-263 ppm และกลุ่มออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) มีค่าอยู่ระหว่าง 122-157 ppm ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดสำหรับการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล จากผลการศึกษาจะเห็นว่า การนำหลักการการสร้างอากาศหมุนวนมาช่วยพัฒนาห้องเผาไหม้ของเตาเผาฟลูอิดซ์เบดได้ ดังนั้นหากนำแนวคิดนี้ไปประยุกต์ใช้จริงจะช่วยให้สามารถใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแปรเปลี่ยนพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: เตาเผาฟลูอิดซ์เบด; เชื้อเพลิงชีวมวล; การเผาไหม้

1. บทนำ

เนื่องจากความเป็นประเทศเกษตรกรรมเมื่อผ่านพ้นฤดูการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรแล้วจะมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว แกลบ ทะลายปาล์ม กากอ้อย ชังข้าวโพด เป็นต้น ในปริมาณมาก สิ่งเหล่านี้ล้วนมีคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงหรือที่รู้จักกันในนาม

เชื้อเพลิงชีวมวล โดยเชื้อเพลิงชีวมวลนับว่าเป็นอีกหนึ่งพลังงานทางเลือกที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก นอกจากจะสามารถให้พลังงานออกมาแล้วยังเป็นการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ด้วย หนึ่งในกระบวนการการเปลี่ยนรูปแบบพลังงานที่อยู่ในชีวมวลให้เป็นพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ ที่ได้รับความนิยมและนับว่ามีความสะดวกในการดำเนินการ

คือ กระบวนการเผาไหม้ด้วยเตาเผาชนิดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นเตาเผาแบบไซโคลน (Cyclone Combustor) [1], เตาเผาแบบวอร์เทก (Vortexing Combustor) และเตาเผาแบบฟลูอิดไธด์เบด (Fluidized Bed Combustor) [2] โดยทุกระบบที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ได้รับการทดสอบมาแล้วว่าสามารถใช้ได้กับชีวมวลแทบทุกชนิด ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีก็มีทั้งข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน ดังนั้นการใช้งานจึงควรเลือกระบบหรือเทคโนโลยีการเผาไหม้ที่มีความเหมาะสมกับเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิด โดยเทคนิคการเผาไหม้แบบต่างๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น เทคนิคฟลูอิดไธด์เบดเป็นอีกทางเลือกที่ดีมากที่สุดอย่างหนึ่ง เพราะมีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเชื้อเพลิงและใช้ได้กับชนิดเชื้อเพลิงชีวมวลที่หลากหลายสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงสถานะได้เร็ว ทำงานที่อุณหภูมิต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเตาเผาแบบอื่น แต่การใช้เตาเผาชนิดนี้ยังพบปัญหาบางประการ ตามรายงานของ Wan และ Chyang [3] กล่าวว่าการใช้วิธีการของเทคนิคฟลูอิดไธด์เบดนั้นต้องการห้องเผาไหม้ (เฟิร์บอร์ค) ที่สูงมากเพื่อลดอัตราการหลุดลอยของอนุภาคเชื้อเพลิง โดยอาจต้องมีความสูงรวมของเฟิร์บอร์คมากกว่า 15 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเบด ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาโดยอาศัยหลักการอากาศหมุนวน เช่น การฉีดอากาศทุติยภูมิในแนวสัมผัสเข้าสู่เฟิร์บอร์คหรือการติดตั้งอุปกรณ์บางที่บริเวณทางเข้าของอากาศสู่เตาเผา มีงานวิจัยจำนวนมากที่ทำการศึกษถึงการนำหลักการดังกล่าวเพื่อพัฒนาเตาเผาฟลูอิดไธด์เบด Chyang, Wu and Lin [4] ได้ทำการศึกษถึงผลของชนิดเชื้อเพลิงและเงื่อนไขที่มีผลต่อปริมาณการปล่อยของออกไซด์ไนโตรเจนของเตาเผาฟลูอิดไธด์เบดแบบอากาศหมุนวน ฐิติวัฒน์ ผุณลาวงษ์ [5] ได้ศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับพฤติกรรมเผาไหม้ในเตาเผาแบบฟลูอิดไธด์เบดและการศึกษาถึงอิทธิพลของผนังเตาเผาที่เป็นแบบผิวเรียบและมีเฟิร์บอร์คขนาดใหญ่ โดยนำไซโคลนใส่ไว้ด้านใน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากที่พยายามศึกษาและพัฒนาเตาเผาฟลูอิดไธด์เบดสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้เทคนิคต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงการออกแบบห้องเผาไหม้ [6, 7] หรือการเตรียมส่วนผสมของเชื้อเพลิง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำแนวคิด รวมทั้งหลักการต่างๆ ของงานวิจัยก่อนหน้านี้มาเป็นแนวทางการศึกษาเพื่อ

พัฒนาเตาเผาฟลูอิดไธด์เบด โดยเลือกใช้วิธีการปรับปรุงการออกแบบห้องเผาไหม้ด้วยการติดตั้งครีบสามเหลี่ยมรูปตัววีคว่ำ ซึ่งวางครีบลักษณะวางขวางในแนวทแยงมุมบริเวณครึ่งบนของห้องเผาไหม้ เพื่อเป็นการเพิ่มการไหลแบบหมุนควงของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ ทำให้ระยะเวลาที่เชื้อเพลิงอยู่ในห้องเผาไหม้ได้นานขึ้นและการผสมคลุกเคล้าที่ดีขึ้นระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีขึ้น ก่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดในประยุกต์ใช้งาน

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ทำการศึกษากฎการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวล (แกลบ) ภายในเตาเผาฟลูอิดไธด์เบดเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาเตาเผาฟลูอิดไธด์เบดสำหรับเป็นอุปกรณ์กำเนิดพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงชีวมวล

3. ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาพฤติกรรมเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวลในเตาเผาฟลูอิดไธด์เบดที่ภายในห้องเผาไหม้จะทำการติดตั้งครีบริ้วตัววีคว่ำทำมุม 30°, 45° และ 60° จัดวางครีบลักษณะวางขวางในแนวทแยงมุมบริเวณครึ่งบนของห้องเผาไหม้

2. เชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ศึกษาทดลอง คือ แกลบ ที่ได้จากการบวนการสีข้าวจากโรงสีโดยไม่ผ่านกระบวนการบดอัดการบดอัดเชื้อเพลิงแกลบมีระดับคงที่ คือ 7.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

3. ทำการปรับปริมาณอากาศโดยคิดเป็นอากาศส่วนเกินจำนวน 4 ค่า คือ 10%, 20%, 30% และ 40% ตามลำดับ เพื่อแสดงเปรียบเทียบถึงผลของความเร็วที่เกิดต่อการเผาไหม้ และช่วงปริมาณอากาศดังกล่าวนี้เป็นช่วงที่กระบวนการเผาไหม้สามารถดำเนินการได้

4. พฤติกรรมเผาไหม้ที่ทำการศึกษา ได้แก่ การกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเตาเผา องค์ประกอบของก๊าซไอเสีย และประสิทธิภาพการเผาไหม้

4. การติดตั้งอุปกรณ์และวิธีการคำนวณ

การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับศึกษาทดลองแสดงในรูปที่

1 เตาเผาฟลูอิดไธด์เบดทำมาจากเหล็กซึ่งถูกหุ้มฉนวนภายนอก ลักษณะรูปทรงของเตาเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีความสูงเท่ากับ 2.38 m ขนาดหน้าตัดของห้องเผาไหม้เท่ากับ 0.2x0.2 m² และสูงเท่ากับ 1.05 m หน้าตัดของเฟิร์

บอร์ดเท่ากับ $0.3 \times 0.3 \text{ m}^2$ และสูง 0.80 m ส่วนของห้องผสม และส่วนเปลี่ยนแปลงหน้าตัดมีความสูง 0.25 m และ 0.20 m ตามลำดับ ลักษณะของครีบบทที่ใช้ในการทดลองทำจาก เหล็กฉากเชื่อมติดกันเป็นรูปตัววีที่มีความกว้างเท่ากับ 0.25 m ซึ่งจะถูกลดตั้งเข้ามาในแนวทแยงขวางไว้ภายในห้องเผาไหม้ ดังรูปที่ 2

ชุดอุปกรณ์ป้อนอากาศนั้นประกอบด้วย Blower โดยอากาศจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นอากาศที่ใช้สำหรับพองกลบภายในห้องเผาไหม้ และอีกส่วนหนึ่งเป็นลมสำหรับพาแก๊สเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ปริมาณอากาศทั้งสอง จะถูกควบคุมด้วยวาล์วจากการวัดและอ่านค่าความดันตกคร่อมผ่านแผ่น Orifice จาก Manometer

เชื้อเพลิงแก๊สจะถูกป้อนจาก Hopper ไหลลงสู่รางของ Screw Feeder เพื่อลำเลียงเชื้อเพลิงแก๊สให้ตกลงสู่ท่อลมที่สำหรับพาแก๊สเข้าสู่เตาเผา ปริมาณของเชื้อเพลิงจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบมอเตอร์ที่ต่อเข้ากับ Screw Feeder โดยมี Inverter เป็นอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ LPG และหัวเผาถูกใช้สำหรับอุ่นเตาเผาเบื้องต้น เพื่อช่วยให้เชื้อเพลิงแก๊สสามารถเกิดการเผาไหม้ได้เอง

กระบวนการการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สจะเกิดอนุภาคของเถ้าขึ้น โดยอนุภาคของเถ้าที่เกิดขึ้นจะถูกกระแสของไหลภายในเตาเผาลำเลียงออกที่บริเวณส่วนบนของฟรีบอร์ด และเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของอนุภาคของเถ้าไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกจึงต้องมีการติดตั้งไซโคลนโดยอาศัยหลักการของแรงหนีศูนย์กลางในการดักเถ้าลอยที่มีน้ำหนักมากให้ถูกปล่อยออกทางด้านล่างของไซโคลน

การวัดระดับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเตาเผาจะใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K โดยอ่านค่าผ่านเครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ส่วนองค์ประกอบก๊าซไอเสียที่ทางออกบริเวณส่วนบนของฟรีบอร์ดนั้นจะใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซไอเสีย TESTO 350M XL ทำการวัดปริมาณ

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. ขั้นตอนการทดลองและการบันทึกผล

1. จ่ายอากาศเข้าสู่ระบบพร้อมกับการอุ่นเตาโดยใช้ LPG จนกระทั่งอุณหภูมิภายในเตาเผามีค่าประมาณ $500^\circ\text{C} - 550^\circ\text{C}$ ป้อนเชื้อเพลิงแก๊สพร้อมกับอากาศปฐมภูมิสำหรับลำเลียงแก๊สเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เมื่ออุณหภูมิภายในเตาเผามีค่าประมาณ $700^\circ\text{C} - 750^\circ\text{C}$ จึงหยุดการอุ่นเตาและเอาชุดอุ่นเตาเผาออก

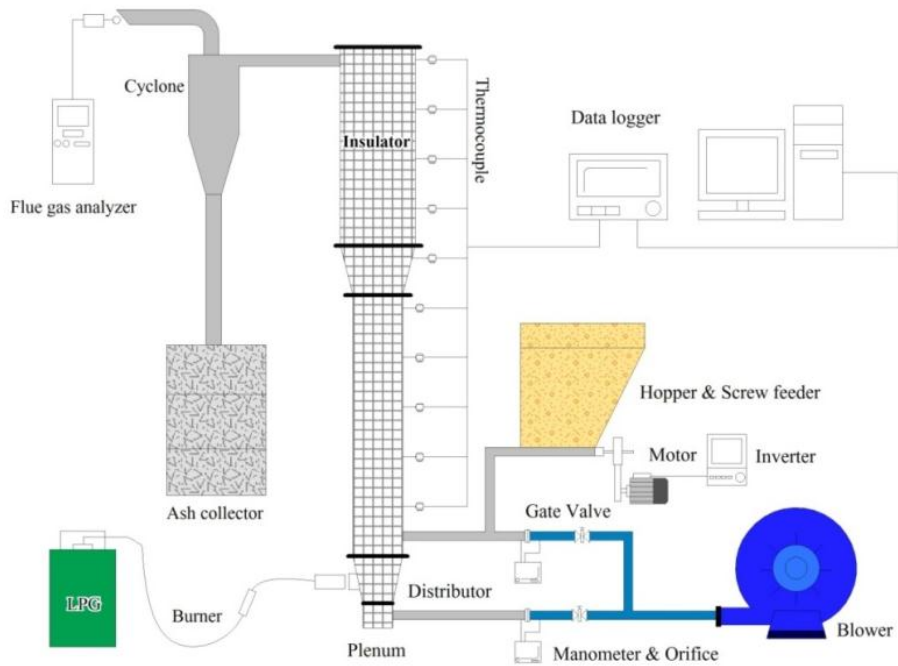
2. ปรับอัตราการไหลของอากาศ 44 kg/hr (อากาศส่วนเกินเท่ากับ 10%) และปรับอัตราการป้อนของเชื้อเพลิงแก๊สเท่ากับ 7.4 kg/hr

3. สังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หากพบว่าการเปลี่ยนแปลงน้อยในระดับที่ยอมรับได้ ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิภายในเตาเผาที่ตำแหน่งตามความสูง 10 ตำแหน่ง วัดปริมาณค่าองค์ประกอบของไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้

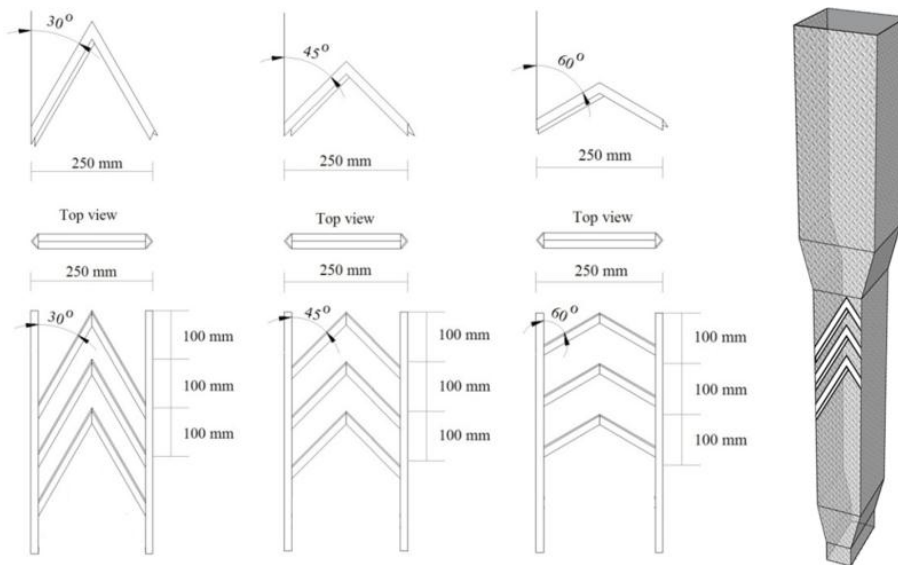
4. ทำการปรับตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิลเข้าไปภายในเตาตามตำแหน่งในแนวระดับที่กำหนดไว้ในตำแหน่งที่ 2 จากนั้นดำเนินการทดลองซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 3

5. ปรับอัตราการไหลของอากาศเป็น 48, 52 และ 56 kg/hr (คิดเป็นปริมาณอากาศส่วนเกินที่ 20%, 30% และ 40% ตามลำดับ) แล้วดำเนินการทดลองซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 3 - 4 ตามลำดับ

6. ทำการปรับเปลี่ยนจำนวนครีบบทภายในห้องเผาไหม้เตาเผาฟลูอิดไคเซด ตามกรณีศึกษาที่กำหนดไว้ จากนั้นดำเนินการทดลองซ้ำตามขั้นตอนในข้อ 1 - 5 ตามลำดับ



รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์ทดลองของเตาเผาแกลบฟลูอิดไช้เบด



รูปที่ 2 ลักษณะครีบริดที่ติดภายในห้องเผาไหม้

6. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

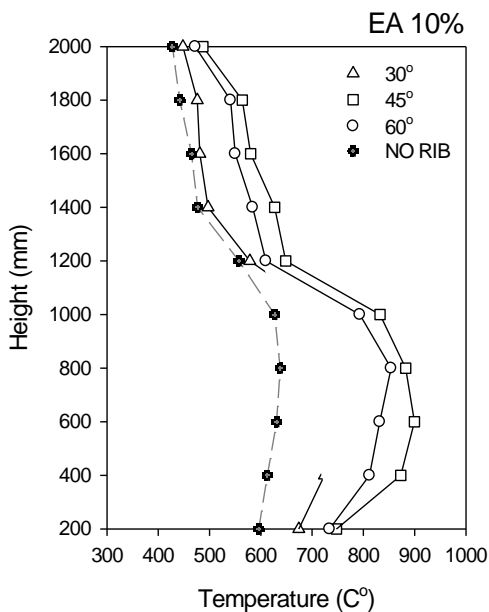
6.1 ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิ

ลักษณะการกระจายของระดับอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเตาเผาที่ระดับความสูงต่าง ๆ ที่ปริมาณอากาศส่วนเกินใดๆ แสดงในรูปที่ 3 - 6 พบว่าลักษณะเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ทุกกรณีศึกษาของครีบริดและปริมาณอากาศ

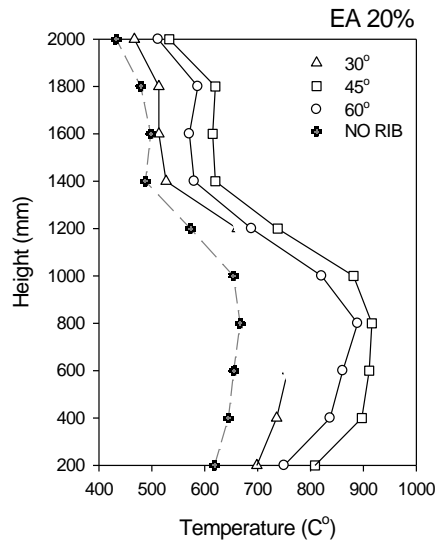
ส่วนเกินมีลักษณะคล้ายคลึงกันดังนี้ คือภายในส่วนห้องเผาไหม้จะค่าสูง จากนั้นระดับอุณหภูมิจะลดลงอย่างมากเมื่อเข้าสู่ส่วนขยายหน้าตัด ในส่วนของฟริบอร์ตระดับอุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับระดับอุณหภูมิในส่วนขยายหน้าตัด เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบที่ร้อยละอากาศส่วนเกินเดียวกันจะเห็นว่า ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยกรณีติดครีบริดทุกกรณีจะให้ค่าสูง

กรณีไม่ติดตั้งครีบ เนื่องจากเมื่อติดตั้งครีบจะทำให้เกิดกระแส
หมุนควงภายในเตาเผาและเพิ่มความรุนแรงของการปั่นป่วน
จึงส่งผลให้เกิดการคลุกเคล้าที่ดีระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ
ทำให้เถ้าที่เกาะอยู่บริเวณรอบนอกของเชื้อเพลิงหลุดจาก
เชื้อเพลิงส่วนที่ยังไม่เผาไหม้ และยังเป็นการช่วยเพิ่มเวลาให้
เชื้อเพลิงอยู่ในห้องเผาไหม้นานขึ้น กระบวนการการเผาไหม้
จึงเกิดได้ดีกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งครีบ

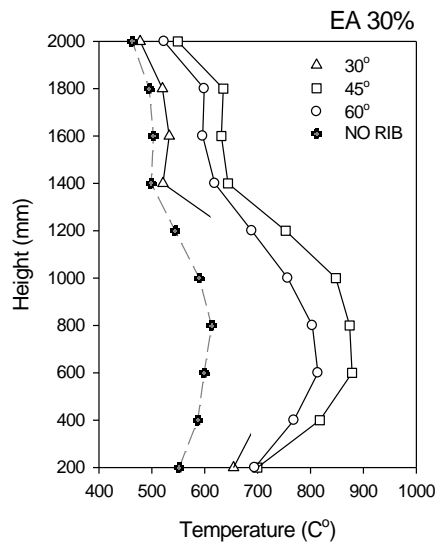
หากพิจารณาเปรียบเทียบกรณีที่มีการติดตั้งครีบ
พบว่าครีบบรูปตัววีคว่า มุม 45° ให้ค่าระดับอุณหภูมิเฉลี่ยสูง
ที่สุด ตามด้วยมุม 60° และมุม 30° ตามลำดับ เนื่องจากที่มุม
ดังกล่าวส่งผลต่อการขวางการไหลและให้ลักษณะการปั่นป่วน
ที่เหมาะสมโดยที่มุม 30° อาจขวางการไหลไม่พอทำให้ความ
ปั่นป่วนไม่รุนแรง ส่วนที่มุม 60° ขวางการไหลมากเกินไป
ปริมาณอากาศส่วนเกิน 20% ให้การเผาไหม้ที่ดีที่สุดของทุก
กรณีการติดตั้งและไม่ติดตั้งครีบ ในแง่ของระดับอุณหภูมิ
เฉลี่ยตลอดทั้งเตาเผาสูงสุด เนื่องจากในกรณีค่าอากาศ
ส่วนเกินนี้มีปริมาณอากาศที่เหมาะสมต่อกระบวนการการเผา
ไหม้ ซึ่งในกรณีที่อากาศส่วนเกิน 10% การเผาไหม้อาจยังไม่
สมบูรณ์ และในที่อากาศส่วนเกินมากกว่า 20% จะให้ปริมาณ
อากาศที่มากเกินไปทำให้อากาศเย็นที่จ่ายเข้าระบบเข้าไป
แทนที่อากาศร้อนภายในเตา รวมทั้งความเร็วของลมภายใน
เตาจะมีค่าสูงมากขึ้นจนอาจทำให้เชื้อเพลิงหลุดลอยออกมา
ก่อนการเผาไหม้สมบูรณ์ จึงส่งผลให้ระดับอุณหภูมิต่ำกว่า
กรณีอากาศส่วนเกิน 20%



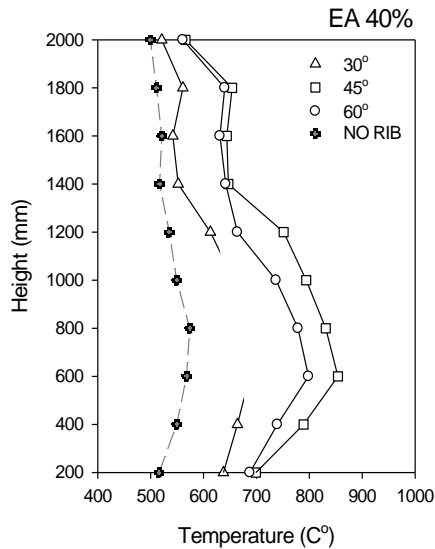
รูปที่ 3 ลักษณะการกระจายตัวอุณหภูมิที่ EA=10%



รูปที่ 4 ลักษณะการกระจายตัวอุณหภูมิที่ EA=20%



รูปที่ 5 ลักษณะการกระจายตัวอุณหภูมิที่ EA=30%



รูปที่ 6 ลักษณะการกระจายตัวอุณหภูมิที่ EA=40%

6.2 ปริมาณก๊าซไอเสีย

จากรูปที่ 7 พบว่ากรณีที่เกิดครีบน้ำมีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่เกิดครีบน้ำที่ทุกปริมาณอากาศส่วนเกิน แสดงถึงกระบวนการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นมีความสมบูรณ์มากกว่า โดย CO ทุกกรณีการเกิดครีบน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 237 - 262 ppm กรณีไม่เกิดครีบน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 692 - 797 ppm ในกรณีอากาศส่วนเกิน 20% จะให้ค่าปริมาณ CO น้อยสุด เนื่องจากปริมาณอากาศดังกล่าวเป็นปริมาณอากาศที่ทำให้เกิดกระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ที่สุดสอดคล้องกับค่าอุณหภูมิที่ได้สูงสุด เมื่อปริมาณอากาศเพิ่มมากขึ้นเกินพอดีอาจทำให้มีอากาศส่วนที่หลุดออกไปโดยไม่ได้เข้าทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิง และเมื่อปริมาณอากาศเพิ่มมากขึ้นทำให้ความเร็วของลมภายในเตาเผามากขึ้นด้วยจึงทำให้มีโอกาสที่เชื้อเพลิงบางหลุดลอยออกไปโดยที่ยังเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ปริมาณ CO เพิ่มขึ้น

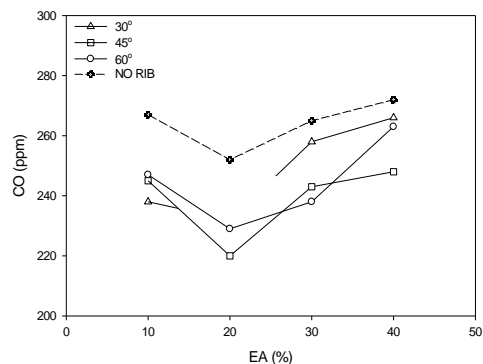
ปริมาณกลุ่มก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่เกิดขึ้นแสดงในรูปที่ 8 พบว่า กรณีที่เกิดครีบน้ำทั้งหมดมีปริมาณ NO_x มีค่ามากกว่ากรณีไม่เกิดครีบน้ำ เนื่องจากกระบวนการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นของกรณีที่มีการเกิดครีบน้ำมีระดับอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงกว่า ระดับอุณหภูมิที่สูงเป็นปัจจัยก่อให้เกิดกลุ่มก๊าซดังกล่าวและเป็นเหตุผลเดียวกับที่กรณีอากาศส่วนเกิน 20% ให้ปริมาณ NO_x สูงกว่าที่ค่าลมอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นถือว่าน้อยมากโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 124 - 155 ppm

6.3 ประสิทธิภาพการเผาไหม้

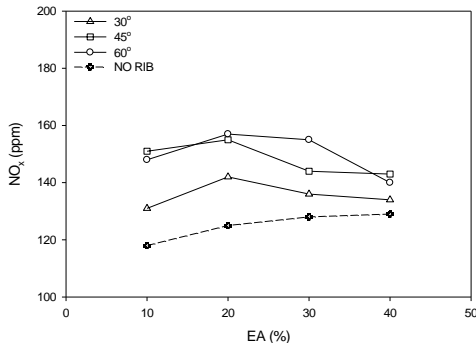
ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาเผาภายใต้ขอบเขตการศึกษาทดลองนี้จะพิจารณาค่าความสูญเสียที่เกิดจากจากองค์ประกอบของก๊าซไอเสียเท่านั้น ดังรูปที่ 9 พบว่าสำหรับทุกกรณีศึกษาที่ปริมาณอากาศส่วนเกิน 20% ให้ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงสุด เนื่องจากกรณีดังกล่าวให้กระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ที่สุดโดยดูได้จากในส่วนของอุณหภูมิการเผาไหม้และปริมาณก๊าซไอเสีย หากเปรียบเทียบที่ปริมาณร้อยละอากาศส่วนเกินเดียวกัน จะเห็นว่าที่กรณีเกิดครีบน้ำทั้งหมดจะให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่สูงกว่ากรณีที่ไม่เกิดครีบน้ำ

7. สรุปผลการทดลอง

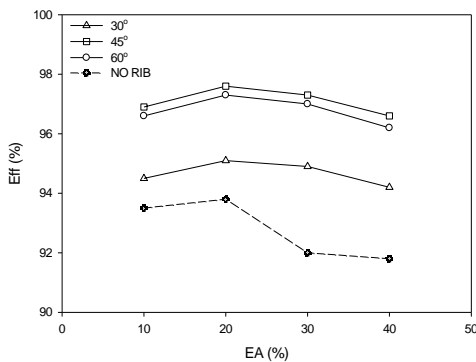
งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาร่วมเปรียบเทียบพฤติกรรมของห้องเผาไหม้ภายในเตาเผาฟลูอิดไธด์เบดที่มีการพัฒนาในส่วนของการติดตั้งครีบน้ำที่มุมปะทะแตกต่างกัน โดยศึกษาถึงลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิ องค์ประกอบแก๊สไอเสีย ผลการศึกษาพบว่ากรณีติดตั้งครีบน้ำสามารถเพิ่มระดับอุณหภูมิการเผาไหม้ได้ ปริมาณแก๊สไอเสียที่เกิดขึ้นมีค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดสำหรับการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล จากผลการศึกษาจะเห็นว่า การนำหลักการการสร้างอากาศหมุนวนมาช่วยพัฒนาห้องเผาไหม้ของเตาเผาฟลูอิดไธด์เบดได้ ดังนั้นหากนำแนวคิดนี้ไปประยุกต์ใช้จริงจะช่วยให้สามารถใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแปรเปลี่ยนพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 7 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์



รูปที่ 8 ปริมาณกลุ่มก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน



รูปที่ 9 ประสิทธิภาพการเผาไหม้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ohlsson, O. (1994). 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.
- [2] Chokphoemphun, S. Eiamsa-ard S. and Promvonge, P. (2008). 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,
- [3] 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), 1998, pp 977-986.

- [4] Chyang, C.S. Wu K.T. and Lin, C.S. (2007). Emission of nitro-gen oxides in a vortexing fluidized bed combustor, Fuel, vol.86, 2007, pp 234-243.
- [5] ฐิติวัจน์ ผุณลาวงษ์, (2550). พฤติกรรมการเผาไหม้ชีวมวลในเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบดแบบหมุนเวียน, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21, จังหวัดชลบุรี
- [6] สุรียา โชคเพิ่มพูน, ฐิติวัจน์ ผุณลาวงษ์, ชินรัชย์ เขียรพงษ์ และ พงษ์เจต พรหมวงศ์, (2008). พฤติกรรมการเผาไหม้แกลบในเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบดผิวคลื่น, The 2nd Technology and Innovation for Sustainable Development Conference (TISD2008), จังหวัดขอนแก่น
- [7] สุภัทรชัย สุวรรณพันธ์, ชินรัชย์ เขียรพงษ์ และ พงษ์เจต พรหมวงศ์, (2552). อิทธิพลของครีบสามเหลี่ยมภายในเตาฟลูอิดไดซ์เบดต่อการเผาไหม้แกลบ, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 10, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, จังหวัดนครราชสีมา