การศึกษาความร้อนในห้องเผาไหม้ของเตาเผาแบบไซโคลนกรณีเพิ่มอากาศทุติยภูมิที่ผนังเตา
A Study of Heat in the Combustion Chamber of the Cyclone Furnance with Increased the Tertiary In a Furnance Wall

โชติวุฒิ ประสพสุข[1*], วิทูรย์ ชิงถ้วยทอง[1], ศุภวัฒน์ ลาวัณย์วิสุทธิ์[1]
Chotiwut Prasopsuk[1*], Witoon Chingtuaythong[1], Supawat Lawanwisut[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเตาเผาแกลบเพื่อการศึกษาสมรรถนะทางความร้อนของเตาเผาไหม้ โดยเลือกใช้เตาเผาระบบไซโคลนซึ่งมีการหมุนวนของอากาศและเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ ทำให้อากาศและเชื้อเพลิงอยู่ในห้องเผาไหม้ได้นานขึ้น ความร้อนภายในห้องเผาไหม้จึงสูงขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณการไหลแบบหมุนควงในเตา โดยออกแบบเตาแบบไซโคลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว สูง 170 cm. มีการป้อนเชื้อเพลิงแบบระบบ Feed และเข้าเตาพร้อมอากาศปฐมภูมิ โดยเชื้อเพลิงที่เลือกใช้คือแกลบ เมื่อทำการทดลองเพิ่มช่องอากาศช่องที่ 3 หรือ ตติยภูมิเมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบแต่ละกรณีพบว่า ที่อัตราการป้อนเชื้อเพลิง 0.4 kg/min อุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงสุด 900 องศาเซลเซียส โดยที่ช่องอากาศตติยภูมิไม่ส่งผลต่อความร้อนภายในห้องเผาไหม้
คำสำคัญ: เตาเผาไซโลน, ห้องเผาไหม้, แกลบ

Abstract

This research aims to design and build the husk furnance to study the thermal performance of stove burning by using a cyclone furnance system which is swirling vortex of air and fuel within the combustion chamber. The swirling vortex is make air and fuel into the combustion chamber at living longer. The heat of combustion also higher. The cyclone furnance design diameter at 8 inchs and height at 170 cm. Feed the input fuel by the primary air . The fuel is used to select the chaff. The researching to add a tertiary air channels on each case, the trial found. The fuel feed rate 0.4 kg/min temperature in the combustion chamber at up to 900 °C. Tertiary without air does not affect the heat inside the combustion chamber
Keyword: Cyclone stove, Combustion chamber, rice husk

[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
[*]**Corresponding author, E-mail:** Tae_Fully@hotmail.com

บทนำ

จากสถานการณ์ด้านพลังงานภายในประเทศที่มีความต้องการในการใช้พลังงานมากขึ้นประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งที่มีรายได้ส่วนใหญ่จากสินค้าด้านอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรทำให้ภาครัฐและเอกชนพยายามหาวิธีการในการจัดการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยกำหนดมาตรการต่างๆทั้งในด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรการลดการสูญเสียพลังงานของระบบการนำพลังงานรูปแบบอื่นมาทดแทน ขณะเดียวกันวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตรบางประเภทสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตพลังงานได้แต่ต้องมีการศึกษาหากระบวนการที่เหมาะสมคือต้องมีทั้งประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานราคาเชื้อเพลิงต่ำหาได้ตามท้องที่และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด แกลบเป็นวัสดุเหลือทิ้งชนิดหนึ่งซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวในโรงสีโดยหลังจากสีข้าวเปลือกแล้วจะได้แกลบประมาณร้อยละ 22 ของน้ำหนักข้าวเปลือก โดยมีค่าความร้อน 2,900 – 4,500 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม [1] เมื่อเปรียบเทียบกับค่าน้ำมันเตาที่มีค่าความร้อนเท่ากับ 9,900 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมจะเห็นได้ว่ามีค่าทางความร้อนประมาณครึ่งหนึ่งแต่มีราคาถูกกว่าดังนั้นแกลบจึงเป็นเชื้อเพลิงที่น่าสนใจในการนำมาเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานด้านความร้อนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์เทคโนโลยีในการเปลี่ยนรูปชีวมวลเป็นพลังงานการเปลี่ยนรูปแบบของเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นพลังงานนั้นมีหลายวิธี แต่วิธีที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายคือการเผาเพื่อนำพลังงานมาใช้ เรียกว่าเป็นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็ง

จากการศึกษามีรายงานจำนวนมากของเตาเผาหลายชนิดที่มีการใช้วัสดุชีวมวลหรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในจำนวนเหล่านั้นเทคโนโลยีของเตาเผาไหม้แบบไซโคลนก็เป็นเทคโนโลยีแบบหนึ่งที่เหมาะสม สำหรับการเปลี่ยนเชื้อเพลิงรูปแบบแข็งให้เป็นพลังงานในรูปแบบของความร้อนและนำไปใช้ประโยชน์ โดยประยุกต์เอาลักษณะของไซโคลนดักฝุ่นเป็นห้องเผาไหม้ของเตาเผาจึงทำให้เชื้อเพลิงเกิดการลอยตัวภายในห้องเผาไหม้ขณะเกิดการเผาไหม้ ซึ่งการลอยตัวของเชื้อเพลิงจะทำให้มีเวลาอยู่ในห้องเผาไหม้นานเพียงพอที่ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์และการหมุนวนของอากาศนั้นยังช่วยให้อากาศกับเชื้อเพลิงผสมกันมากขึ้น และช่วยให้ขี้เถ้าจากการเผาไหม้ตกลงด้านล่างของเตาเผาโดยที่ไม่ปนไปกับแก๊สร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ซึ่งจะทำให้ได้แก๊สร้อนที่สะอาดมากขึ้น แต่ทั้งนี้ในการเลือกเทคโนโลยีมาใช้นั้นสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงคือเรื่องการเผาไหม้เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพทางด้านพลังงานมากที่สุดและการปลดปล่อยมลพิษที่ได้จากการเผาไหม้สู่สิ่งแวดล้อมได้ต่ำที่สุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเตาเผาแกลบขนาดเล็ก
2. เพื่อพัฒนาเตาลมร้อนแบบไซโคลนโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง

แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

ในการวิจัยนี้ได้ใช้แหล่งความร้อนจากการเผาไหม้ของชีวมวลภายในเตาเผา โดยอ้างอิงการสร้างเตาเผาจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า รูปทรงของเตาควรจะเป็นทรงกระบอกแนวตั้ง เพื่อลดการเกิดช่องว่างในอากาศที่ผ่านตามมุม เตาที่ใช้ในการทดลองเป็นไปตามหลักการของการนำวัสดุหรือเชื้อเพลิงมาใช้ให้เป็นประโยชน์ การออกแบบเตาอยู่ภายใต้ทฤษฎีของเตาเผาแบบไซโคลน [2] ซึ่งหลักการก็คือการป้อนอากาศเพื่อช่วยคลุกเคล้าระหว่างอากาศและเชื้อเพลิง แต่เนื่องจากเตาเผาที่ต้องการใช้ในการทดลองนั้น มีขนาดเล็กจึงได้ตัดส่วนของการป้อนอากาศส่วนที่สองและส่วนที่สามออกไป และใช้การป้อนอากาศจากทางด้านล่างของเตาเพื่อให้เชื้อเพลิงซึ่งเป็นของแข็งขนาดเล็กมีพฤติกรรมเหมือนกับของไหลโดยการปล่อยก๊าซให้ลอยตัวขณะเผาไหม้กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน [3]

เชื้อเพลิงแกลบ

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้ได้แก่แกลบและก๊าซธรรมชาติ เชื้อเพลิงอีกประเภทหนึ่งคือ เชื้อเพลิงชีวมวล (biomass) ซึ่งเป็นวัสดุที่ได้จากสิ่งมีชีวิต เช่น ไม้ ขี้เลื่อยและเชื้อเพลิงประเภทนี้ส่วนใหญ่จะได้จากสิ่งที่เหลือจากการเกษตร ซึ่งหาง่ายในบริเวณที่มีการทำเกษตรกรรม เชื้อเพลิงชีวมวล เป็นวัสดุที่ได้จากสิ่งมีชีวิตที่สามารถ

เจริญเติบโตได้ เช่น ไม้ แกลบข้าว สำหรับประเทศกำลังพัฒนา จะมีความต้องการในการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลมาก คิดเป็น 6-13 เปอร์เซนต์ชีวมวลที่นิยมนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน

ทฤษฎีการเผาไหม้[4]

อัตราส่วนสมมูล

$$\Phi = \frac{(A/F)_{stoic}}{(A/F)_{actual}} \quad (1)$$

ปริมาณอากาศส่วนเกิน

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

เมื่อ

Φ คือ อัตราส่วนสมมูล

$(A/F)_{stoic}$ คือ อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงเชิงปฏิบัติ

$(A/F)_{stoic}$ คือ อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงเชิงทฤษฎี

ประสิทธิภาพการเผาไหม้

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

เมื่อ

Eff[%] คือ ประสิทธิภาพการเผาไหม้

Loss[%] คือ การสูญเสียพลังงานในส่วนต่างๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองมีดั้งนี้

1.1 ติดตั้งเตาเผาแกลบแบบไซโคลน

1.2 ใส่กากมะพร้าวเป็นตัวจุดเชื้อเพลิง

1.3 ทำการอุ่นเตาเผาด้วย LPG จนอุณหภูมิประมาณ 450-600 ºC

1.4 ป้อนเชื้อเพลิงแกลบที่ผสมกับอากาศโดยปรับชุดลำเลียงอยู่ที่เบอร์หนึ่ง ให้แกลบไหลเข้าเตาเพื่อให้เกิดการเผาไหม้เริ่มต้นก่อนจะเร่งชุดลำเลียงไปที่เบอร์สองและเบอร์สามตามลำดับ จนอุณหภูมิเริ่มคงที่ประมาณ 500 ^{O}C และหยุดการให้ LPG หลังการทดลอง

1.5 ปิดชุดควบคุมการป้อนแกลบและใบปาด

1.6 ให้ปิด Blower 1 และ 2 ตามลำดับทิ้งไว้ประมาณ 1-5 นาที

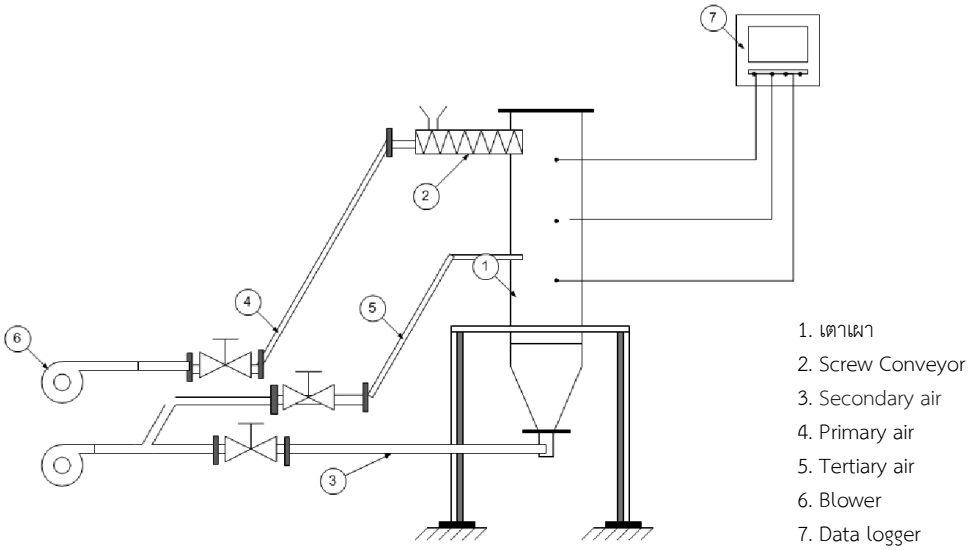
1.7 เปิดใบปาดและตัวลำเลียงเอาขี้เถ้าออก

1.8 เก็บผลแล้วนำมาวิเคราะห์

2. เงื่อนไขการทดลอง

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการทดลอง

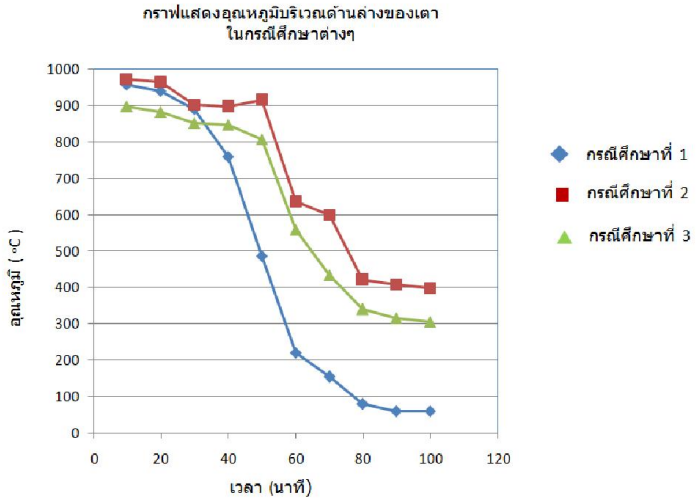
ความเร็วลมปฐมภูมิ	ความเร็วลมทุติยภูมิ	ความเร็วลมตติยภูมิ	อุณหภูมิด้านล่างของเตา	อุณหภูมิด้านกลางเตา	อุณหภูมิไอเสีย
10 m/s	Closed	Closed	monitoring	monitoring	monitoring
10 m/s	15 m/s	Closed	monitoring	monitoring	monitoring
10 m/s	5 m/s	5 m/s	monitoring	monitoring	monitoring



รูปที่ 1 แสดงไดอะแกรมการทำงานของ**เตาเผาไซโคลน**

ผลการดำเนินการวิจัย

1. อุณหภูมิด้านล่างของเตาในกรณีศึกษาต่างๆ

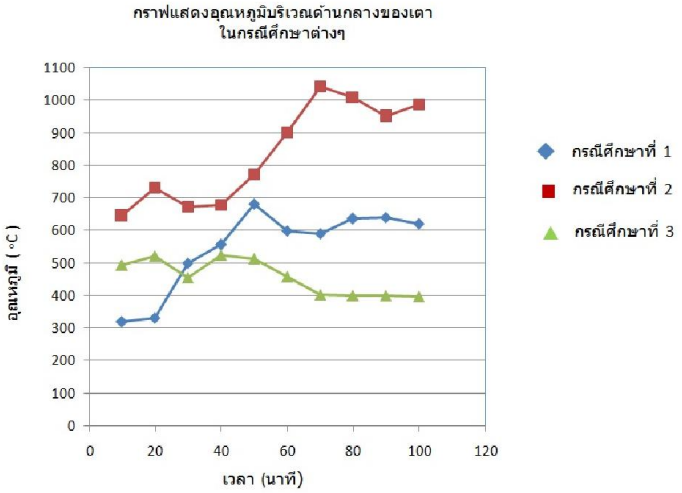


รูปที่ 2 แสดงอุณหภูมิด้านล่างของเตาในกรณีศึกษาต่างๆ

กรณีศึกษาที่ 1 ได้ทำการศึกษาด้วยลมล่างอย่างเดียว จะเห็นได้ว่าความร้อนด้านล่างของเตาเผาในช่วงแรกอุณหภูมิจะสูงถึง 958 °C หลังจากนั้น อุณหภูมิของการเผาไหม้มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากแกลบทับถมขึ้นเนื่องจากลมด้านล่างไม่เพียงพอที่ทำให้เกิดไซโคลน ในกรณีศึกษาที่ 2 ได้ทำการศึกษาอากาศทุติยภูมิกับ ปฐมภูมิจะเห็นได้ว่าความร้อนด้านล่างของเตาเผาในช่วงแรกอุณหภูมิจะสูงถึง 972 °Cจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ปลายเตาสูงกว่ากรณีแรก เนื่องจากมีลมด้านข้างเข้ามาร่วมกับเชื้อเพลิงทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น แต่หลังจาก 50 นาทีอุณหภูมิมี

แนวโน้มลดลงเนื่องจากแกลบที่เผาไม้ไม่หมดตกลงทับถมขึ้น **กรณีศึกษาที่3** ได้ทำการศึกษาด้วย อากาศปฐมภูมิ อากาศทุติยภูมิ และ อากาศตติยภูมิ โดยที่ อากาศปฐมภูมิมีค่า 10 m/s อากาศทุติยภูมิมีค่า 5 m/s และ อากาศตติยภูมิมีค่า 2 5 m/s ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าความร้อนด้านล่างของเตาเผาในช่วงแรกมีอุณหภูมิ 898 ºC สังเกตว่าอุณหภูมิมีค่าน้อยที่สุดใน 3 กรณีศึกษา ซึ่งวิเคราะห์ได้ว่าเมื่อเพิ่มลมที่ตำแหน่งอากาศทุติยภูมิทำให้อากาศไม่สัมพันธ์กับเชื้อเพลิง การเผาไหม้จึงไม่สมบูรณ์ แกลบที่เผาไหม้ไม่หมดจึงตกลงด้านล่างเช่นกัน

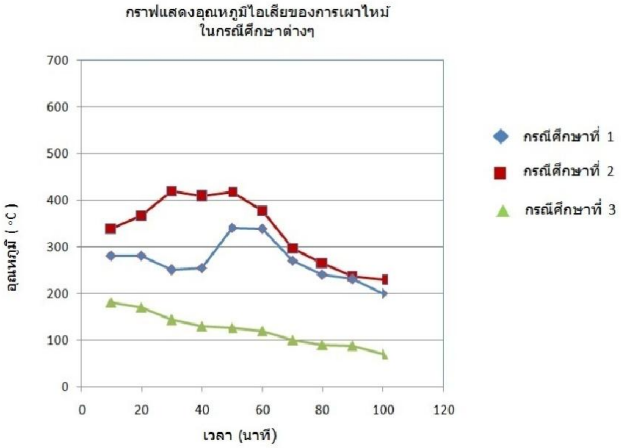
2. อุณหภูมิบริเวณกลางของเตาในกรณีศึกษาต่างๆ



รูปที่ 3 แสดงอุณหภูมิส่วนห้องเผาไหม้ของเตาในกรณีศึกษาต่างๆ

จากกราฟแสดงอุณหภูมิในส่วนของห้องเผาไหม้พบว่ามีพฤติกรรมใกล้เคียงกับบริเวณด้านกลางของเตา คือ กรณีศึกษาที่ 2 ให้อุณหภูมิในการเผาไหม้ดีที่สุด แต่มีความแตกต่างที่พฤติกรรมของอุณหภูมิที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งมีสาเหตุมาจากบริเวณกลางเตาเป็นส่วนของห้องเผาไหม้ จึงทำให้มีขี้เถ้าตกค้างน้อยต่างจากส่วนล่างของเตาที่อุณหภูมิจะลดลงเมื่อเผาไปได้สักระยะหนึ่ง จากการทดลองพบว่ากรณีศึกษาที่ 2 เป็นเงื่อนไขที่ดีที่สุดสำหรับนำไปพัฒนาหรือใช้งานจริง

3. อุณหภูมิไอเสียของการเผาไหม้ในกรณีศึกษาต่างๆ



รูปที่ 4 แสดงอุณหภูมิส่วนห้องเผาไหม้ของเตาในกรณีศึกษาต่างๆ

จากผลของอุณหภูมิของไอเสียในรูปที่ 3 พบว่าพฤติกรรมของกรณีศึกษาในแต่ละเงื่อนไขมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมของอุณหภูมิในตำแหน่งด้านล่างและห้องเผาไหม้ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิพบว่ากรณีศึกษาให้ความร้อนสูงที่สุดซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ย 400 °C ซึ่งอุณหภูมิเพียงพอต่อการนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การทดลองเผาค่าอุณหภูมิที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์คืออุณหภูมิไอเสีย อุณหภูมิบริเวณส่วนบนของเตาในกรณีศึกษาที่ 2 ได้ทำการศึกษาอากาศปฐมภูมิกับอากาศทุติยภูมิที่ 10 m/s และ 5 m/s ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าความร้อนช่วงตรงกลางของเตาเผาจะมีอุณหภูมิสูงที่สุด และมีแนวโน้มอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมีอากาศทุติยภูมิ ช่วยป้อนอากาศทำให้เกิดการหมุนวนของเชื้อเพลิงหรือไซโคลนที่ขอบเตา ซึ่งไซโคลนนี้ช่วยให้มีเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้กรณีที่ 2 ช่วงกลางเตามีอุณหภูมิสูงที่สุดจนถึงนาทีที่ 60 ทั้งนี้เพราะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ด้านล่างของเตา เมื่อมีแกลบมาทับที่รูลมเข้า ทำให้อากาศไม่พอเพียงที่ส่งเชื้อเพลิงให้เผาไหม้บริเวณปลายของเตาเผาได้ วิธีการแก้ไขคือ จะต้องทำตะแกรงช่วงบนของรูลมล่าง และตัวกวาดแกลบเพื่อนำแกลบออกเวลาที่มีแกลบตกลงมาแล้วทับบังลมของรูล่าง อากาศจะได้มีพอเพียงเพื่อที่จะส่งเชื้อเพลิงไปเผาไหม้บริเวณปลายเตาได้ดีขึ้น แล้วอุณหภูมิที่ปลายเตาก็จะสูงขึ้น ทำให้ได้ค่าความร้อนที่มากขึ้น สามารถนำความร้อนที่ได้ไปประยุกต์ใช้ได้หลายทางยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะและการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาพลังงานทดแทนโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนผ่านการเผาไหม้ จากงานวิจัยที่ได้ทำการทดลองพบว่าไอเสียมีอุณหภูมิสูงถึง 400 °C ซึ่งเพียงพอที่ใช้ในการต้มน้ำให้เป็นไอแล้วนำไอน้ำไปผลิตกระแสไฟฟ้าหรือที่เรียกว่า Steam power plant หรือใช้ความร้อนนี้ในการอบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] พลังงานชีวมวล, กลุ่มพลังงานชีวมวล, กรุงเทพฯ:กระทรวงพลังงาน, 2540
[2] วิบูรย์ เทเพนทร์, เตาลมร้อนเชื้อเพลิงชีวมวลแบบไซโคลน, กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม:กรุงเทพฯ 2552
[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน และมหาวิทยาลัยศลิปากร.คู่มือ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. กรุงเทพฯ 2551
[4] ฐานิตย์ เมธิยานนต์, การพัฒนาเตาเผาไหม้วอร์เทคสำหรับเชื้อเพลิงแกลบ, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล, 2546