การทดสอบคุณลักษณะการทำงานของเตาชีวมวลอัดทรงกระบอกแบบใหม่

Operating Characteristics Validation of a Novel Cylindrical Compression Biomass Stove

สุพิน จอดนอก* กุลเชษฐ์ เพียรทอง จริง ดินเชิดชู
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 34190
Tel: 045-353381 Fax: 045-353333 E -mail: yongart@hotmail.com

Supin Jodnok* Kulachate Pianthong Jing Dincherdchoo
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University 34190
Tel: 045-353381 Fax: 045-353333 E -mail: yongart@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบ สร้าง และทดสอบศึกษาประสิทธิภาพเตาชีวมวลอัดทรงกระบอก ที่มีการเผยแพร่ใช้งานในนาม “เตาเทวดา” โดยเตาที่ใช้ในการทดลองมีขนาดความสูง 55 cm เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 cm ทางอากาศเข้า และ ออกเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบ 3 ชนิด คือ แกลบบด ขี้เลื่อย กากอ้อย อัดบรรจุ ในเตาทรงกระบอก ด้วยความดัน 80 psi และ 120 psi ตามลำดับ จากการจุดเตาเชื้อเพลิงเพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลแต่ละชนิดเชื้อเพลิง และพฤติกรรมการเผาไหม้ พบว่าเตาชีวมวลนี้ ให้การเผาไหม้โดยตรงของเชื้อเพลิง และ มีการเผาไหม้ของก๊าซผลิตภัณฑ์ ที่เกิดจากขบวนการก๊าซซิฟิเคชั่น (Gasification process) จากการตรวจวัดปริมาณก๊าซผลิตภัณฑ์ พบว่าเกิดก๊าซผลิตภัณฑ์ H_2 , CH_4 และ CO ในปริมาณที่สูงกว่าเตา gasifier ทั่วไป คือ H_2 2.8103, CH_4 15.9830, CO 30.3680 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยเฉลี่ย เตาชีวมวลที่ให้ปริมาณก๊าซมากที่สุดคือชีวมวลแกลบที่ความดัน 120 psi มีปริมาณก๊าซเชื้อเพลิงมากที่สุดซึ่งการผลิตก๊าซจะเกิดขึ้นได้ที่สภาวะที่มีอุณหภูมิสูง การเผาไหม้ของเตาชีวมวลเป็นการเผาไหม้ที่ค่อนข้างสมบูรณ์ และผลการวิเคราะห์มลพิษจากการเผาไหม้ อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก และ ต่ำกว่าการเผาไหม้ชีวมวลโดยทั่วไป

Abstract

This research presents the design and validate of a cylindrical compressed biomass stove and is widely used under the name of ‘Dhevada Stove’. The stove used in this experiment is 55 cm height and 35 cm in diameter. The air inlet and outlet port are 10 cm in diameter. Three types of biomass used in the tests are rice husk, saw dust, and sugarcane residue. These biomasses were contained in a stove with the compression of 80 psi and 120 psi, respectively. The experiment is to find out the heating performance of each fuel type and the combustion behaviors. Results reveal that there is a combined combustion of a direct combustion and also a producer gases which is a product of the gasification process. The producer gases was drawn from the stove and analyzed by the gas chromatography for its composition. It is shown that there is relatively high quantity of the producer gas (H2, CH4 and CO) compared to typical gasifier; which are H_2 2.8103%, CH_4 15.9830%, and CO 30.3680% by volume. The rice husk biomass stove produces the highest producer gases under the pressure of 120 psi. Moreover, the result of pollution analysis of the rice husk stove combustion shows that the combustion is in very good criteria and lower than the general biomass combustion level.

1. บทนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานของโลกเพิ่มสูงขึ้นมากอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีต ตามการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก ที่ไม่สามารถควบคุมได้ มาตรฐานการดำรงชีวิตของมนุษย์ยิ่งสูงขึ้นเท่าใดความต้องการสิ่งอำนวยความสะดวกก็มากขึ้นเท่านั้น ยิ่งต้องใช้พลังงานมากขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เมื่อพิจารณาการเติบโตของแหล่งพลังงานแบ่งตามเชื้อเพลิงแต่ละชนิด พบว่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงดั้งเดิมเช่นฟืนและชีวมวล มีแนวโน้มลดลงในขณะที่ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแบบใหม่ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน รวมทั้งแก๊สธรรมชาติ มีแนวโน้มเพิ่ม ขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และปัจจุบันนี้ราคาเชื้อเพลิงสูงขึ้นเรื่อยๆ เป็นวิกฤติไปทั่ว

โลก หลายๆประเทศทั่วโลกจึงแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนรูปแบบใหม่เพื่อเป็นหลักประกันความมั่นคงด้านพลังงานในระยะยาว

ปัจจุบันได้มีการหาเชื้อเพลิงทดแทนอื่นๆ เช่น ชีวมวล ซึ่งเป็นพลังงานที่ยั้งยืน ตราบที่มนุษย์ยังทำการเกษตรเพื่อการดำรงชีวิต การศึกษานี้จะศึกษาเตาชีวมวลทรงกระบอกโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลชนิดต่างๆ ซึ่งมีผู้ผลิตอยู่จังหวัดนครพนม[1] การออกแบบเตาชีวมวลทรงกระบอกโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลต่างๆ ช่วยเพิ่มทางเลือกของพลังงานทดแทน ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเชื้อเพลิงได้อย่างมาก รวมถึงการนำวัสดุเหลือใช้มาประยุกต์ใช้ทางด้านพลังงานด้านโดยไม่ศูนย์เปล่า

เตาชีวมวลที่ใช้กันอยู่ในครัวเรือนมีหลายแบบและหลายประเภท เช่น เตาอังโล่ชนิดต่างๆ เตา Gasifier แบบต่าง ซึ่งมีการศึกษาและออกแบบเตาชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน มีการทำงานวิจัยเกี่ยวกับเตาที่ใช้ในครัวเรือน โดยศึกษาประสิทธิภาพและการปล่อยมลพิษของเตา โดยงานวิจัยได้เปรียบเทียบเตา(RTFD) the Royal Thai Forestry Department , เตา Harsha ของอินเดียและ Vietnamese โดยใช้ถ่านและฟืนเป็นเชื้อเพลิงใช้วิธี water boiling เพื่อหาประสิทธิภาพของเตา [1]

เตาก๊าซชีวมวล สร้างขึ้นเพื่อหุงต้มอาหารในครัวเรือน โดยใช้เศษไม้และเศษไม้และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง โดยมีหลักการทำงานแบบกึ่งการเผาไหม้โดยตรงและการผลิตก๊าซผลิตภัณฑ์แบบอากาศไหลขึ้น (Updraft Gasifier) เป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงในที่ที่จำกัดปริมาณอากาศให้เกิดความร้อนบางส่วนแล้วไปเร่งปฏิกิริยาต่อเนื่องอื่นๆ เพื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นเชื้อเพลิงก๊าซที่สามารถติดไฟได้ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรเจน (H_2) และ มีเทน (CH_4) [2]

Kuti ศึกษาส่วนประกอบของเชื้อเพลิงขี้เลื่อยในเตาชีวมวลภายใต้การจำลองสภาวะต่างๆ โดยใช้ขี้เลื่อยและเมล็ดปาล์มที่อัตราส่วน 50:50, 60:40, 70:30, 80:20 และ 90:10 ใช้เจลผสมแล้วอัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก แล้วทดสอบประสิทธิภาพโดยวิธี water boiling test หาประสิทธิภาพการเผาไหม้ การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และหาอัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิง [3]

การศึกษางานวิจัยเตาชีวมวลทรงกระบอก ทำการวัดอุณหภูมิที่จุดต่างๆของเตาพบว่าอุณหภูมิภายในเตาจะสูงมากซึ่งมีก๊าซชีวมวลเกิดขึ้นขณะที่เผาไหม้งานวิจัยจึงทำการศึกษาการเกิดก๊าซ (Producer gas) และการปล่อยก๊าซมลพิษของเตาเปรียบเทียบกับเตาที่ใช้ในครัวเรือน

2. ทฤษฎี

การทดสอบหาประสิทธิของเตาชีวมวลการทดลองใช้วิธี water boiling test และหาประสิทธิภาพจากสมการ

$$\eta_{th} = \frac{MC_p(T_2 - T_1) + (M_1)L \times 100}{mfH} \qquad (1)$$

η_{th} = ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, %

M = น้ำหนักของน้ำทั้งหมด, กรัม

P = ความร้อนจำเพาะของน้ำ, cal/g (1kcal/kg-$^{\circ}$C)

M1 = น้ำหนักของน้ำที่หายไป, กรัม

mf = น้ำหนักของเชื้อเพลิงที่หายไป , กรัม

T1 = อุณหภูมิก่อนการทดลอง, องศาเซลเซียส

T2 = อุณหภูมิน้ำเดือด, องศาเซลเซียส

L = ความร้อนแฝงของน้ำ, 540 kcal/kg

H = ค่าความร้อนเชื้อเพลิง, kcal/kg

ขบวนการก๊าซซิฟิเคชัน (Gasification)

ก๊าซซิฟิเคชัน (Gasification) [4] เป็นขบวนการเปลี่ยนแปลงของสารเชื้อเพลิงให้กลายเป็นก๊าซที่เรียกว่า ก๊าซโปรดิวเซอร์ (Producer Gas) ซึ่งยังคงมีคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอยู่และมีคุณค่าพลังงานความร้อนสูงพอที่จะนำไปใช้งานได้ ซึ่งกระบวนการผลิตก๊าซชีวมวล เป็นการเปลี่ยนเชื้อเพลิงชีวมวลที่ธาตุคาร์บอนเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งเป็นเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซ (ก๊าซที่สามารถจุดติดไฟได้) ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งในที่ที่มีอากาศจำกัด (หรือ ออกซิเจนจำกัด) โดยความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องกลายเป็นก๊าซชีวมวล หรือ ก๊าซผลิตภัณฑ์ ก๊าซชีวมวลนี้มีองค์ประกอบหลักคือ ก๊าซ-คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ดังแสดงในรูปที่ 1 การจะเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงนั้นต้องอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า “เตาผลิตก๊าซ (Gasifier)” ซึ่งการเกิดปฏิกิริยา ทางเคมีของขบวนการก๊าซซิฟิเคชั่น

รูปที่ 1 การเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิง

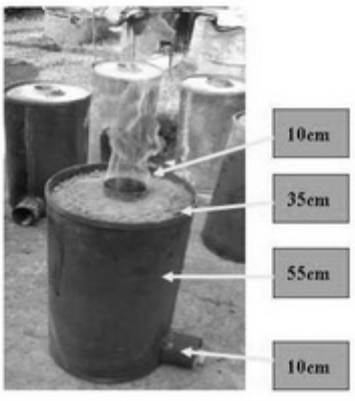
3. การออกแบบและหลักการทำงานเตาชีวมวลทรงกระบอก

3.1 การออกแบบ

เตาชีวมวลทรงกระบอกเป็นเตาที่ทำจากเหล็ก ส่วนประกอบหลักของตัวเตาชีวมวลจะประกอบด้วยโครงสร้างภายนอกหรือตัวเตาชีวมวลและโครงสร้างภายในเตาชีวมวล ดังนี้

3.1.1 ตัวเตา

เตาชีวมวลทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร สูง 55 เซนติเมตร ทางเข้าอากาศเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 10 เซนติเมตร ทางออกของเปลวไฟขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขนาดเตาชีมวลทรงกระบอก

3.1.2 ที่กั้นทางเข้าอากาศ หรือ เกือกม้า

คือ อุปกรณ์ที่วางกั้นภายในเตา ตรงทางอากาศเข้าทำหน้าที่กั้นการเผาไหม้ไม่ให้รวดเร็ว ตรงฐานล่างภายในเตา และป้องกันการผังของชีวมวลในขณะที่เตากำลังเผาไหม้ มีลักษณะโค้งตามขนาดความโค้งของเตามีขนาด ½ เท่าของเตา ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 ที่กั้นทางเข้าอากาศ หรือ เกือกม้า

3.1.3 ที่กั้นตัวเตา หรือ ที่คาด

คือ อุปกรณ์ที่กั้นระหว่างเตาตามแนวรัศมีของเตา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเตา ทำหน้าที่กั้นไม่ให้เชื้อเพลิงที่กำลังเผาไหม้พังลงมา และให้เตาคงสภาพดังเดิมจนกระทั้งการเผาไหม้สิ้นสุดลง ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 ที่กั้นตัวเตา หรือที่คาด

3.1.4 ฝาปิดเตา

คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปิดเตาชีวมวลหลังการอัดเชื้อเพลิงเข้าเตา ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 ฝาปิดเตา

3.1.5 ฝาครอบชั้นบน

คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปิดฝาปิดเตา มีขนาดเท่ากับทางเข้าของปล่องอากาศ ดังรูปที่ 6

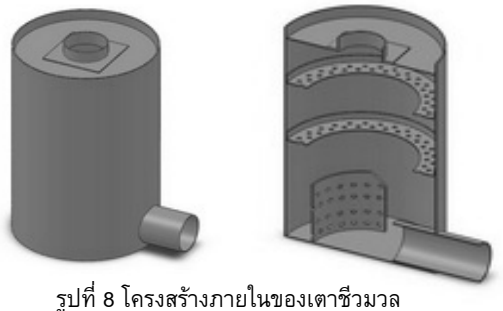
รูปที่ 6 ฝาครอบชั้นบน

โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในโครงงานนี้เราจะทดลองเชื้อเพลิงชีวมวล 3 ชนิด แกลบ ขี้เลื่อย และกากอ้อย ทำการอัดเชื้อเพลิงด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก

ขั้นตอนในการอัดเตาชีวมวลทรงกระบอก ก่อนอื่นต้องจัดเตรียมชีวมวลที่บดค่อนข้างละเอียดก่อนทำการอัดเตา วัสดุที่ใช้ในการอัดเตาคือชีวมวลแทบทุกชนิดแต่ต้องทำการบดละเอียดเสียก่อน การบรรจุเตาชีวมวลมีดังรูปที่ 7 และมีขั้นตอนดังนี้

รูปที่ 7 แสดงการบรรจุเตาชีวมวล

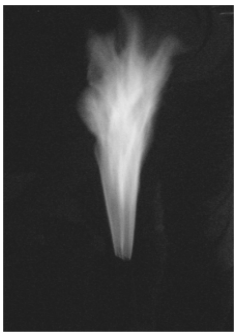
1. เตรียมเครื่องอัดไฮดรอลิก พร้อมใช้งาน
2. เตรียมชีวมวลบดให้ละเอียด และแห้ง
3. ผสมขี้เถ้ากับน้ำพอหมาดไว้สำหรับปิดด้านบนของเตา อาจเติมปูนซีเมนต์เล็กน้อย
4. วางเตาชีวมวลตรงเครื่องอัด และวางแกนเหล็กตรงกลาง และทางเข้าอากาศเป็นช่องทางเข้าอากาศเพื่อการเผาไหม้จนถึงปล่องทางออกของเตา
5. วางที่กั้นทางเข้าอากาศ หรือเกือกม้าในแนวตั้งระหว่างแกนกลางและของของเตา เกือกม้าจะโค้งตามลักษณะของเตา
6. ใส่ชีวมวลลงไปในเตาทำการอัดเตาด้วยความดันที่ต้องการให้สูงประมาณ1/3 ของเตา
7. หลังจากนั้นใส่ที่กั้นในเตา หรือที่คาด ให้อยู่บนชีวมวลที่อัด หลังจากนั้นใส่ชีวมวลแล้วอัดให้สูงประมาณ 2/3 ของเตาใส่ที่คาดอีกอันทำการอัดให้เต็ม
8. ปิดด้านบนของเตาด้วยฝาปิดเตาใส่ขี้เถ้าที่ผสมเล็กน้อยตามด้วยฝาครอบชั้นบนใส่ขี้เถ้าผสมน้ำพอหมายให้เต็มโดยรอบทำการอัดด้วยแรงดันเพียงเล็กน้อย
9. ดึงแกนเหล็กด้านบนและด้านล่างออก ก็สามารถนำเตามาใช้งานได้ ซึ่งเมื่ออัดเตาชีมวลเรียบร้อยส่วนประกอบทุกส่วนจะอยู่ภายในเตาดังรูปที่ 8 โครงสร้างภายในของเตาชีวมวลจะช่วยรักษาโครังสร้างชีวมวลขณะเผาไหม้ไม่ให้ทรุดตัวหรือพังลงมา ทำให้เตาชีวมวลสามารถใช้งานได้นาน



รูปที่ 8 โครงสร้างภายในของเตาชีวมวล

3.2 หลักการทำงานของเตาชีวมวลทรงกระบอก

หลังจากผ่านการอัดชีวมวลเตาสามารถใช้งานได้เลย โดยทำการจุดที่ปล่องทางเข้าของอากาศ ชีวมวลจะไหม้ตลอดทางเดินของอากาศจะมีอุณหภูมิที่สูงมากเพราะมีก๊าซชีวมวลเกิดขึ้นขณะที่เผาไหม้ การศึกษาจึงได้ทำการปิดทางเข้าของอากาศวิเคราะห์การจุดก๊าซที่เกิดขึ้นจากเตาดัง รูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงเปลวไฟที่เกิดจากจากจุดก๊าซจากเตาชีวมวลทรงกระบอก

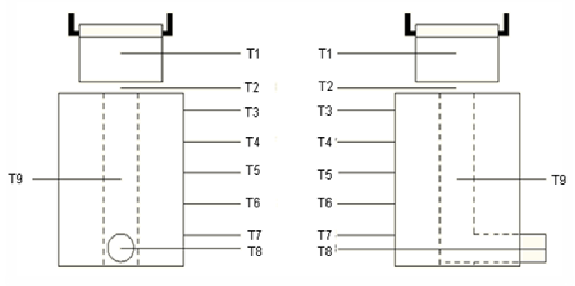
4. ผลการทดสอบเตาชีวมวลทรงกระบอก

การศึกษางานวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งการทดสอบสมรรถนะเตาชีวมวลทรงกระบอกออกเป็น 3 ส่วน คือ การทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา การทดสอบก๊าซผลิตภัณฑ์ (producer gas) และ การทดสอบการปล่อยมลพิษจากเตาชีวมวลทรงกระบอกเปรียบเทียบกับเตาที่ใช้ในครัวเรือน

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน

4.1.1 วิธีการทดลอง

การทดลองหลังจากเตรียมเตาแล้วได้ทำการจัดเก็บอุณหภูมิทำการจุดเตาชีวมวลทรงกระบอกทำการวัดอุณหภูมิ และวัดปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไปทุกๆ ชั่วโมงเพื่อทำการหาประสิทธิภาพของเตาชีวมวลโดยใช้วิธี water boiling test ทำการวัดอุณหภูมิตำแหน่งดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิ

4.1.2 ผลการทดลอง

4.1.2.1. แสดงข้อมูลการวัด

ตารางที่ 1 ตารางแสดงมวลน้ำและเชื้อเพลิงที่หายไปต่อชั่วโมง และอุณหภูมิเฉลี่ยของกากอ้อย 80 psi

ชั่วโมงที่	มวลน้ำที่หายไป (g)	มวลเชื้อเพลิงที่หายไป (g)	อุณหภูมิน้ำเฉลี่ย (^{o}C)
1	2500	1500	89.64
2	3450	2200	98.23
3	3650	1900	96.91
4	3100	1800	98.03
5	3100	1500	91.48
6	2550	1400	97.52
7	1100	900	94.58

ตารางที่ 2 ตารางแสดงมวลน้ำและเชื้อเพลิงที่หายไปต่อชั่วโมง และอุณหภูมิเฉลี่ยของกากอ้อย 120 psi

ชั่วโมงที่	มวลน้ำที่หายไป (g)	มวลเชื้อเพลิงที่หายไป (g)	อุณหภูมิน้ำเฉลี่ย (^{o}C)
1	1700	2750	69.87
2	1500	1450	99.02
3	1300	1400	96.19
4	1100	1200	94.47
5	2000	1500	91.9
6	1600	1300	86.14
7	1500	1100	96.43
8	1400	950	90.1
9	900	750	81.89

ตารางที่ 3 ตารางแสดงมวลน้ำและเชื้อเพลิงที่หายไปต่อชั่วโมง และอุณหภูมิเฉลี่ยของขี้เลื่อย 80 psi

ชั่วโมงที่	มวลน้ำที่หายไป (g)	มวลเชื้อเพลิงที่หายไป (g)	อุณหภูมิน้ำเฉลี่ย (^{o}C)
1	3650	2200	87.4
2	4350	2900	99.37
3	4450	3200	95.22
4	5250	3300	99.25
5	2700	1800	95.88

ตารางที่ 4 ตารางแสดงมวลน้ำและเชื้อเพลิงที่หายไปต่อชั่วโมง และอุณหภูมิเฉลี่ยของขี้เลื่อย 120 psi

ชั่วโมงที่	มวลน้ำที่หายไป (g)	มวลเชื้อเพลิงที่หายไป (g)	อุณหภูมิน้ำเฉลี่ย (^{o}C)
1	2150	1800	89.59
2	4450	2500	92.9
3	4250	2500	93.42
4	5900	3800	91.48
5	3600	2600	95.52
6	1150	700	90.25
7	900	500	87.58

ตารางที่ 5 ตารางแสดงมวลน้ำและเชื้อเพลิงที่หายไปต่อชั่วโมง และอุณหภูมิเฉลี่ยของแกลบบด 80 psi

ชั่วโมงที่	มวลน้ำที่หายไป (g)	มวลเชื้อเพลิงที่หายไป (g)	อุณหภูมิน้ำเฉลี่ย (^{o}C)
1	1750	1800	69.62
2	1900	1500	98.72
3	2000	1450	95.89
4	2400	1700	94.17
5	1800	1500	91.6
6	2050	1550	85.84
7	2180	1750	96.13
8	1100	850	89.8

ตารางที่ 6 ตารางแสดงมวลน้ำและเชื้อเพลิงที่หายไปต่อชั่วโมง และอุณหภูมิเฉลี่ยของแกลบบด 120 psi

ชั่วโมงที่	มวลน้ำที่หายไป (g)	มวลเชื้อเพลิงที่หายไป (g)	อุณหภูมิน้ำเฉลี่ย ($^{\circ}C$)
1	1800	2100	66.19
2	2220	1200	99.38
3	2100	1400	97.52
4	2320	1200	95.02
5	2000	900	95.33
6	2280	1050	89.45
7	2180	750	93.9
8	2140	1000	97.02
9	2200	700	96.62
10	1900	800	95.47
11	1050	500	90.01

4.1.2.2. แสดงข้อมูลการหาประสิธิภาพเชิงความร้อน

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลอัดทรงกระบอกเมื่อใช้เชื้อเพลิงกากอ้อยที่ความดัน 80 psi และ 120 psi

ชั่วโมงที่	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	
	80 psi	120 psi
1	30.14	10.81
2	28.76	19.00
3	35.16	16.98
4	31.58	16.71
5	37.49	24.20
6	33.37	22.13
7	22.29	24.94
8	เชื้อเพลิงหมด	26.67
9	เชื้อเพลิงหมด	21.42
เฉลี่ย	31.71	18.87

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลอัดทรงกระบอกเมื่อใช้เชื้อเพลิงขี้เลื่อยที่ความดัน 80 psi และ 120 psi

ชั่วโมงที่	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	
	80 psi	120 psi
1	38.47	27.80
2	35.15	41.65
3	32.66	39.82
4	37.61	36.25
5	35.27	32.54
6	เชื้อเพลิงหมด	38.28
7	เชื้อเพลิงหมด	41.75
เฉลี่ย	35.76	34.86

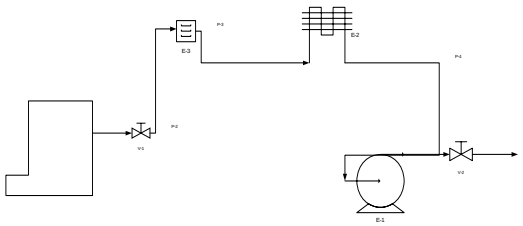
ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาชีวมวลอัดทรงกระบอกเมื่อใช้เชื้อเพลิงแกลบบดที่ความดัน 80 psi และ 120 psi

ชั่วโมงที่	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)	
	80 psi	120 psi
1	16.56	14.51
2	22.65	33.11
3	24.55	26.77
4	25.05	34.36
5	21.21	39.51
6	23.15	38.24
7	22.18	51.56
8	22.80	38.16
9	เชื้อเพลิงหมด	56.00
10	เชื้อเพลิงหมด	42.24
11	เชื้อเพลิงหมด	37.01
เฉลี่ย	23.58	35.86

4.2 การวิเคราะห์การเกิดก๊าซชีวมวล

4.2.1 วิธีการทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเตาแล้ว ได้ทราบว่าเตาชีวมวลทรงกระบอกเป็นเตาที่สามารถให้อุณหภูมิที่สูงมาก เป็นผลจากขณะเผาไหม้มีก๊าซผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นด้วย การศึกษาครั้งนี้จึงสร้างชุดจัดเก็บก๊าซดังรูปที่ 11 เพื่อนำก๊าซไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC) โดยต่อท่อแก๊สจากเตา เมื่อทำการจุดเตาเป็นระยะเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง ทำการปิดทางเข้าอากาศและทางออกของปล่องไฟ เปิดวาล์วเพื่อเก็บแก๊สไปวิเคราะห์



รูปที่ 11 การติดตั้งชุดเก็บแก๊ส

4.2.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 10 ปริมาณ producer gas ที่ความดัน 80 psi

ชนิดเชื้อเพลิง	ร้อยละโดยปริมาตร		
	CO	H_2	CH_4
ขี้เลื่อย	9.3361	1.0876	6.0189
แกลบ	24.3175	2.0517	11.6040
กากอ้อย	11.6536	0.8166	4.5729

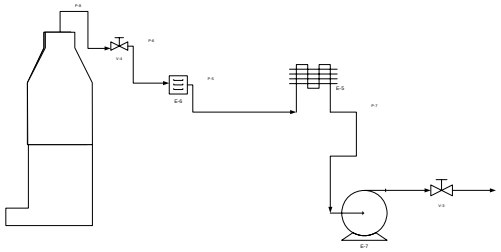
ตารางที่ 11 ปริมาณ producer gas ที่ความดัน 120 psi

ชนิดเชื้อเพลิง	ร้อยละโดยปริมาตร		
	CO	H_2	CH_4
ขี้เลื่อย	24.6835	2.7415	15.4951
แกลบ	30.3680	2.8103	15.9830
กากอ้อย	8.8963	0.7909	4.3859

4.3 การทดสอบมลพิษจากการเผาไหม้

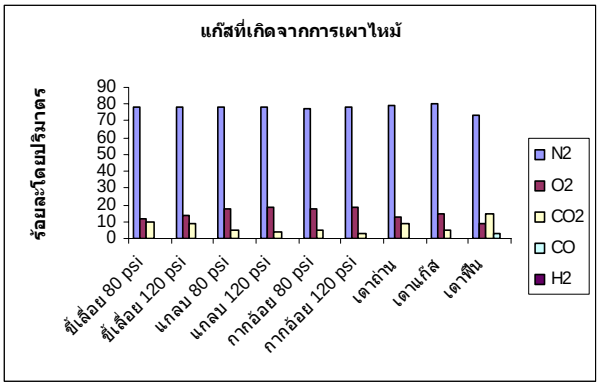
4.3.1 วิธีการทดลอง

การทดลองได้สร้าง hood ครอบเตาชีวมวลทรงกระบอกดังรูปที่ 12 และทำการทดลองเปรียบเทียบกับเตาที่ใช้ในครัวเรือน คือ เตาแก๊ส เตาถ่าน และเตาฟืน โดยดูดก๊าซไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas chromatography (GC)



รูปที่ 12 การติดตั้งชุดวัดแก๊สมลพิษ

4.3.2 ผลการทดลอง



ภาพที่ 10 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ก๊าซมลพิษ

5. สรุป และข้อเสนอแนะการทดลอง

จากการทดลองเมื่อนำค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนมาเปรียบเทียบกัน จะเห็นได้ว่าแกลบที่อัดด้วยความดัน 120 psi และขี้เลื่อยที่อัดด้วยความดัน 80 psi จะได้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับ 35.86 % และ 35.76 % ตามลำดับ โดยมีอุณหภูมิเปลวไฟ เฉลี่ยที่ 546.28 °C และ 607.41 °C ซึ่งมีประสิทธิภาพและความร้อนเพียงพอที่สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อน กับ เครื่องผลิตลมร้อนในการอบแห้ง เช่น อบแห้งลำไย อบแห้งพืช สมุนไพร หรือผลไม้ หรือแม้แต่ใช้งานกับ หม้อไอน้ำชีวมวลได้

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ในขบวนการเผาไหม้ของเตาชีวมวลอัดทรงกระบอกนี้ เกิดก๊าซผลิตภัณฑ์ร่วมด้วย ดังนั้นในการเผาไหม้ จึงเป็นการเผาไหม้โดยตรงของชีวมวลนั้นๆ และ ก๊าซชีวมวลที่เกิดขึ้น ในทุกแรงอัดและทุกชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง จะเห็นได้ว่า ชีวมวลแกลบบดที่อัดแน่นด้วยความดัน 120 psi จะให้ปริมาณก๊าซผลิตภัณฑ์มากที่สุด คือ H_2 2.8103%, CH_4 15.9830%, และ CO 30.3680% โดยปริมาตร โดยเฉลี่ย ส่วนการปล่อยมลพิษทางอากาศพบว่า เตาชีวมวลทรงกระบอกมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมากเมื่อเทียบกับเตาชีวมวลชนิดอื่นๆ

บรรณานุกรม

1. S.C.Bhattacharya,A.H.Md.M.R.Siddique,M.Augustus Leon,H-L.Pham and C.P.Mahandari, A Study on Impoved Institutional Biomass Stove,Energy Program, Asian Institute of Technology.
2. ชาติ ไชยสิทธิ์,สมาคมพลังงานทดแทนเพื่อความยั่งยืน วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร
3. Olawole Abiola Kuti, Performance of Composite Sawdust Briquette Fuel in a Biomass Stove under Simulated Condition, Department of Mechanical Engineering, University of Hiroshima Hiroshima, Japan
4. Anil K.Rajvanshi, Biomass Gasification, 1986, pp. 8