การพัฒนาชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์
Development of Coal Jab for Gasifier Furnace

หทัยนุช จันทร์ชัยภูมิ[1] ปัญญา เทียนนาวา[2] และ ธรรม์ณชาติ วันแต่ง[3]
Hathainuch Janchaiyaphoom [1], Punya Teannava [2] and Tannachart Wantang[3]
[1*,3] สาขาวิศวกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
[2] สาขาเทคโนโลยีผลิต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

บทคัดย่อ

พลังงานงานจากชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานทดแทนประเภทหนึ่งที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อลดปัญหาวิกฤติการณ์ทางพลังงาน จึงมีการส่งเสริมให้ภาคครัวเรือนใช้เตาแก๊สซิไฟเออร์เพื่อใช้ในการผลิตแก๊สชีวมวลสำหรับใช้ในการหุงต้ม แต่ปัจจุบันการใช้งานเตาแก๊สซิไฟเออร์ประสบปัญหาการติดขัดของถ่านภายในเตา ทำให้ถ่านไม่สามารถเคลื่อนตัวไปยังชั้นเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้แก๊สที่ผลิตออกมาไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการพัฒนาชุดกระทุ้งถ่านสำหรับติดตั้งใช้งานร่วมกับเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบรูปทรงสี่เหลี่ยมที่มีขนาดสำหรับใช้ทั่วไปในครัวเรือน ให้สามารถผลิตแก๊สออกมาได้อย่างต่อเนื่อง ลดการสูญเสียแก๊ส และสะดวกต่อการใช้งานมากกว่าเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบดั้งเดิม แล้วทำการทดสอบสมรรถนะของชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์ พบว่าใน 1 รอบการทำงานของเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่ติดตั้งร่วมกับชุดกระทุ้งถ่านที่พัฒนาขึ้นมาสามารถผลิตแก๊สออกมาเป็นเวลาต่อเนื่องถึง 1.42 เท่าของเวลาในการผลิตแก๊สด้วยเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบดั้งเดิม เมื่อทำการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่พัฒนาขึ้นมา โดยใช้กลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงที่เป็นผู้ใช้งานและผู้เชี่ยวชาญเตาแก๊สซิไฟเออร์ จำนวน 50 คน พบว่าค่าเฉลี่ยความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานชุดกระทุ้งถ่าน มีค่าเท่ากับ 4.21 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก

คำสำคัญ : ชุดกระทุ้งถ่าน เตาแก๊สซิไฟเออร์ เตาชีวมวล

Abstract

Energy from biomass is one of a renewable energy sources which developed to reduce the energy crisis. It is encouraging households to use gasifier for biomass to production gas for cooking. But the problem of the gasifier utilization is charcoal jamming in the stove. Charcoal could not moved to combustion zone continuously the gas released discontinuous. This research aims to develop of coal jab installation for use with gasifier furnace a rectangular shape type to use for household level in continuously gas production, reduce gas loss and convenient to use than a traditional gasifier furnance. From the performance testing of coal jab for gasifier furnace found that in 1 cycle time of coal jab installation use with gasifier furnace can be produced gas for continuous

up to 1.42 times of production time gas from gasifier's traditional. The results of assessing satisfaction with coal jab for gasifier furnace from the samples who were specific users and gasifier experts was in the number of 50 people. The average satisfaction with using of coal jab for gasifier furnace equaled 4.21, which was a very high level of satisfaction.

Keywords : Coal jab, Gasifier furnace, Biomass furnace

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้ประสบปัญหาวิกฤติด้านพลังงาน ทำให้เชื้อเพลิงมีต้นทุนสูงขึ้น เช่น แก๊สผสมระหว่างโพรเพนและบิวเทน หรือที่เรียกว่า แก๊สหุงต้ม ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในครัวเรือนที่มีแนวโน้มปรับราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพัฒนาด้านพลังงานทดแทนเพื่อใช้ทดแทนแก๊ส LPG นั่นคือ พลังงานงานจากวัสดุชีวมวล (biomass) การศึกษาพบว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่มีศักยภาพในการผลิตพลังงานจากจากวัสดุชีวมวล เนื่องจากประเทศไทยนับเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ประชาชนมากกว่าร้อยละ 50 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ผลพลอยได้ที่สำคัญนอกเหนือจากผลผลิตการเกษตรก็คือ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานได้ โดยวัสดุชีวมวลที่ใช้นำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานนั้นจะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับท้องถิ่นนั้นๆ จะทำการเพาะปลูกพืชประเภทใดเป็นปริมาณมาก ก็จะมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาก สำหรับเทคโนโลยีการแปรรูปวัสดุชีวมวลเหล่านี้ให้เป็นพลังงานความร้อนมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่มีวิธีหนึ่งที่น่าสนใจมาก คือ กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification Process) ซึ่งมีข้อดีคือสามารถเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงแข็งให้อยู่ในรูปของแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถใช้แทนแก๊ส LPG ได้ ทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งานและสามารถควบคุมการเผาไหม้ได้ดี ตลอดจนสามารถควบคุมมลภาวะจากการเผาไหม้ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ง่าย การประยุกต์ใช้นวัตกรรมเตาแก๊สซิไฟเออร์ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนการใช้พลังงานในครัวเรือนได้ โดยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น คือ กระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการทางความร้อน โดยในกระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงนั้นประกอบด้วย 4 กระบวนการคือ กระบวนการอบแห้ง กระบวนการไพโรไลซิส กระบวนการเผาไหม้ และกระบวนการรีดักชั่น โดยเตาที่ใช้ผลิตแก๊สเชื้อเพลิงเรียกว่า "เตาแก๊สซิไฟเออร์" (Gasifier) เมื่อนำวัสดุชีวมวลมาเข้าระบบการเผาไหม้ด้วยเตาแก๊สซิไฟเออร์ โดยควบคุมอากาศไหลเข้าในปริมาณจำกัดจะทำให้ได้แก๊สชีวมวลออกมาซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ซึ่งแก๊สที่ได้สามารถนำไปให้ความร้อนในการหุงต้ม เพื่อประกอบอาหารแทนการใช้แก๊ส LPG ได้ จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชนบทที่อยู่ห่างไกลจากเขตชุมชน หรือพื้นที่ที่มีการคมนาคมไม่สะดวก ทำให้ชาวบ้านไม่ต้องสูญเสียเงินในการซื้อแก๊สหุงต้ม (LPG) มาใช้งาน

ศูนย์เรียนรู้พลังงานทดแทนจังหวัดเพชรบูรณ์ ตั้งอยู่ที่ตำบลทุ่งสมอ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้มีการทดลองสร้างเตาแก๊สซิไฟเออร์ โดยใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้และได้ผลดีในระดับหนึ่ง แต่ยังมีข้อบกพร่องในระบบการป้อนถ่านเข้าสู่ชั้นเผาไหม้ พบว่าการเคลื่อนตัวของถ่านที่ป้อนเข้าไปสู่ชั้นเผาไหม้นั้นเกิดการติดขัดของถ่าน ทำให้ไม่สามารถเคลื่อนตัวไปเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งวิธีการแก้ไขการติดขัดของถ่านในปัจจุบัน คือ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องทำการเปิดฝาของเตาแก๊สซิไฟเออร์ออก แล้วใช้เหล็กมาทำการกระทุ้งถ่าน เพื่อให้ถ่านสามารถขยับตัวได้จนทำให้ถ่าน

สามารถเคลื่อนตัวไปสู่ชั้นเผาไหม้ได้ตามปกติ แต่การเปิดฝาเตาแก๊สซิไฟเออร์นั้นทำให้เกิดการสูญเสียแก๊สที่ผลิตภายในเตา เป็นเหตุให้แก๊สที่ผลิตออกมาไม่มีความต่อเนื่องหรือสม่ำเสมอ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์ เพื่อนำมาติดตั้งประกอบเข้ากับเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่มีอยู่แล้ว ซึ่งเป็นการลดข้อบกพร่องในการติดขัดของถ่าน ทำให้สามารถผลิตแก๊สออกมาได้อย่างต่อเนื่อง ลดการสูญเสียแก๊ส และสะดวกต่อการใช้งาน ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบให้เป็นชุดคันโยกสำหรับกระทุ้งถ่าน โดยไม่ต้องทำการเปิดฝาเตาแก๊สซิไฟเออร์ออกให้เกิดการสูญเสียแก๊สที่ผลิตออกมา

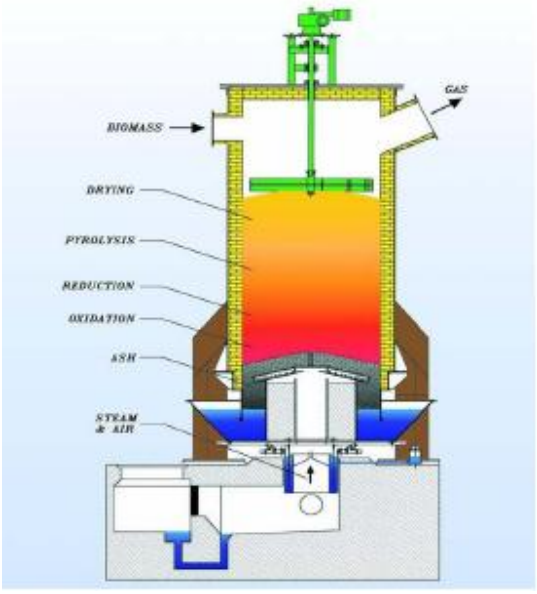
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์
2. เพื่อทดสอบสมรรถนะของชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์

วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ชีวมวล (Biomass) หมายถึง วัสดุหรือสารอินทรีย์ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานได้ชีวมวลนับรวมถึงวัสดุทิ้งทางการเกษตรเศษไม้ปลายไม้จากอุตสาหกรรมไม้มูลสัตว์ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตรและของเสียจากชุมชนหรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร ซึ่งการแปรรูปชีวมวลให้เป็นพลังงานสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การเผาไหม้โดยตรง (Combustion) การผลิตแก๊ส (Gasification) การหมัก (Fermentation) และการผลิตเชื้อเพลิงเหลว (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification Technology) คือ กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นเป็นการเปลี่ยนเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งอยู่ในสถานะของแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊สซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลในที่จำกัดอากาศโดยความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะเร่งปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องกลายเป็นโปรดิวเซอร์แก๊สหรือเชื้อเพลิงแก๊ส (Fuel Gas) มีองค์ประกอบหลักคือแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) แก๊สมีเทน (CH_4) และแก๊สไฮโดรเจน (H_2) โดยเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบเปลวไฟไหลขึ้น (Updraft Gasifier) เป็นเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่ใช้ตั้งแต่เริ่มแรกและเป็นแบบที่ง่ายที่สุด โดยเชื้อเพลิงชีวมวลจะถูกป้อนเข้าทางส่วนบนของเตาแก๊สซิไฟเออร์อากาศจะถูกดูดผ่านตะแกรงเข้ามาทางด้านล่างเมื่ออากาศผ่านเข้าไปในโซนการเผาไหม้จะเกิดปฏิกิริยาได้ CO_2 และ H_2O แก๊สที่ผ่านออกจากโซนการเผาไหม้จะมีอุณหภูมิสูง และเมื่อเข้าไปในโซนรีดักชั่นCO_2 ไอน้ำจะทำปฏิกิริยากับแก๊สคาร์บอนที่มีอยู่ในบริเวณนี้ได้ CO และ H_2 หลังจากนั้นแก๊สที่ได้จะไหลเข้าสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในชั้นชีวมวล และเกิดการกลั่นสลายในช่วงอุณหภูมิ 200-500 องศาต่อจากนั้นแก๊สที่ยังคงมีอุณหภูมิสูงจะไหลเข้าสู่ชั้นชีวมวลชั้นไประเหยน้ำที่อยู่ในชีวมวลทำให้โปรดิวเซอร์แก๊สที่ออกจากเตาแก๊สซิไฟเออร์มีอุณหภูมิต่ำลง ข้อดีของเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบนี้คือการทำงานไม่สลับซับซ้อนเชื้อเพลิงเผาไหม้ได้มากและโปรดิวเซอร์แก๊สที่ออกมามีอุณหภูมิไม่สูงมากนัก ซึ่งกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification Process) ที่เกิดขึ้นในเตาแก๊สซิไฟเออร์แบ่งออกเป็นชั้นของปฏิกิริยาต่างๆ 4 ชั้นดังแสดงในรูปที่1 ได้แก่ ชั้นการเผาไหม้ (Combustion Zone) ชั้นอบแห้ง (Drying Zone) ชั้นรีดักชั่น (Reduction Zone) และ ชั้นการแยกสลายหรือชั้นไพโรไลซิส (Pyrolysis Zone) (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)



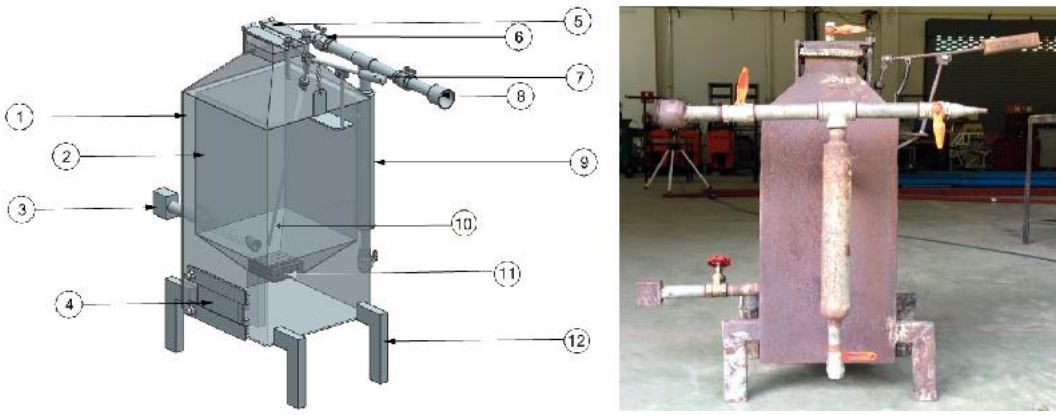
รูปที่ 1 ชั้นของการเกิดปฏิกิริยาภายในเตาแก๊สซิไฟเออร์ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่หลากหลาย พบว่ามีการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้กับเตาแก๊สซิไฟเออร์ การศึกษากระบวนการเผาไหม้ในเตาแก๊สซิไฟเออร์ การประยุกต์ใช้พลังงานจากเตาแก๊สซิไฟเออร์ร่วมกับพลังงานอื่น และการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเตาแก๊สซิไฟเออร์ ได้แก่ การวิจัยเพื่อผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะชุมชนเพื่อใช้ในเตาแก๊สซิไฟเออร์ โดยได้ทำการลดความชื้นในขยะอินทรีย์โดยใช้วิธีทางชีวภาพร่วมกับวิธีทางกล (สัญญา แก้วศรีงาม, 2552) การวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้เครื่องยนต์แก๊สซิไฟเออร์ระบบเชื้อเพลงร่วมเพื่อผลิตไฟฟ้า 10 กิโลวัตต์ (ศุภวิทย์ ลวณะสกล, 2552) การวิจัยกระบวนการเผาไหม้และสมรรถนะของเตาชีวมวลทรงกระบอก (สุพิน จอดนอก, 2553) การวิจัยเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะของเตาแก๊สซิไฟเออร์โดยใช้เศษใบไม้และกิ่งไม้แห้งเป็นเชื้อเพลิง (วิชชาวุธ มนูญผล, 2555) การวิจัยเพื่อพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีเตาชีวมวลโดยใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง (ราชันย์ วงษ์ทวี และคณะ, 2558) การวิจัยเพื่อทดสอบสมรรถนะระบบเตาเบ้าหลอมโลหะโดยใช้แก๊สชีวมวลจากเตาแก๊สซิไฟเออร์เป็นพลังงานความร้อนร่วมกับ LPG (พิสิษฏ์ มณีโชติ และคณะ, 2558) การวิจัยการอบแห้งกกโดยพลังงานความร้อนจากเตาชีวมวล (สมชัย วะชุมและคณะ, 2558) การวิจัยเพื่อพัฒนาเตาชีวมวลโดยใช้เถ้าแกลบผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์1 เป็นฉนวนภายในเตาโดยใช้เชื้อเพลิงแกลบข้าวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเตาชีวมวล (สมภักดิ์ ถึงปัดชา, 2559) ซึ่งข้อมูลจากงานวิจัยเหล่านี้สามารถช่วยให้เกิดการพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนจากชีวมวลที่ผลิตจากเตาแก๊สซิไฟเออร์ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบและสร้างชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์

คณะผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดกระทุ้งถ่าน โดยจะทำการติดตั้งใช้งานร่วมกับเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบรูปทรงสี่เหลี่ยมที่มีขนาดสำหรับใช้ทั่วไปในครัวเรือน ซึ่งระบบการทำงานของชุดกระทุ้งถ่านที่พัฒนาขึ้นมาจะมีลักษณะเป็นชุดคันโยก มีหน้าที่ใช้ในการกระทุ้งให้ถ่านสามารถป้อนเข้าไปในชั้นเผาไหม้ของเตาแก๊สซิไฟเออร์ได้อย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้แก๊สที่ผลิตออกมาจากเตามีความต่อเนื่อง ซึ่งชุดกระทุ้งถ่านที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมาจะผลิตจากเหล็กเพลาขาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร มาทำเป็นชุดส่งแรงกระแทกตัดให้ได้ขนาดความยาว 580 มิลลิเมตร และทำเป็นชุดมือโยกตัดให้ได้ขนาดความยาว 290 มิลลิเมตรตามที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นทำการเจาะรูที่ตัวถังของเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบรูปทรงสี่เหลี่ยมในตำแหน่งที่จะทำการติดตั้งชุดกระทุ้งถ่าน โดยตำแหน่งที่ทำการเจาะรูจะต้องทำให้เหล็กเพลาสามารถสอดเข้าไปภายในชั้นเผาไหม้ได้ เพื่อทำการกระทุ้งถ่านในชั้นเผาไหม้เมื่อถ่านเกิดการติดขัดแล้วจากนั้นทำการติดตั้งประกอบชุดกระทุ้งถ่านเข้ากับเตาแก๊สซิไฟเออร์ พร้อมทั้งใส่สปริงเพื่อช่วยในการส่งกำลังสำหรับการกระทุ้ง โดยโครงสร้างหลักของเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่ติดตั้งร่วมกับชุดกระทุ้งถ่านมีส่วนประกอบหลักดังรูปที่ 2 ได้แก่ 1) โครงสร้างตัวถังภายนอก 2) โครงสร้างตัวถังภายใน 3) ท่อสำหรับเป่าลมเข้าห้องเผาไหม้ 4) ฝาเปิด-ปิด ช่องสำหรับระบายขี้เถ้า 5) ฝา เปิด-ปิด ช่องใส่ถ่านเตาแก๊สซิไฟเออร์ 6) ท่อนำแก๊สสำหรับนำแก๊สไปใช้งาน 7) ชุดคันโยกกระทุ้งถ่าน 8) ท่อสำหรับทดสอบแก๊ส 9) ท่อแยกฝุ่นละออง 10) แกนกระทุ้ง 11) ตะแกรงเหล็กสำหรับระบายขี้เถ้า และ 12) ขาตั้งเตาแก๊สซิไฟเออร์



รูปที่ 2 โครงสร้างหลักของเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่ติดตั้งร่วมกับชุดกระทุ้งถ่าน

2. การทดสอบสมรรถนะของชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์

การทดสอบหาสมรรถนะของชุดป้อนถ่านกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์ จะมีการควบคุมตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ชนิดของถ่านชีวมวลที่ใช้เผาไหม้ ขนาดของถ่าน ปริมาณถ่านที่ใช้ทดสอบ ความชื้นของถ่าน สภาวะแวดล้อมในการทดสอบ และการปรับตั้งอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต ซึ่งถ่านชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบคือ ถ่านไม้มะขาม ที่มีขนาด

ใกล้เคียงกันประมาณ 50x60x50 มิลลิเมตร ใช้ถ่านปริมาณ 4 กิโลกรัม ไล่ความชื้นออกจากถ่านโดยนำไปตากแดดเป็นเวลา 120 นาที ทดสอบผลิตแก๊สในสภาพแวดล้อมระบบปิด ใช้โบว์เวอร์กำลังลม 2 บาร์ ในการกำเนิดอากาศในชั้นเผาไหม้ ควบคุมวาล์วท่อนำแก๊ส 50% ในการทดสอบแต่ละครั้งจะมีกระทุ้งถ่านด้วยเมื่อเกิดการติดขัดของถ่าน และทำการจับเวลาและบันทึกเวลาไว้ แล้วหาค่าเวลาเฉลี่ยในการทดสอบแต่ละครั้ง โดยการทดสอบสมรรถนะจะเริ่มจากการทำให้ถ่านเกิดการเผาไหม้ภายในเตาแก๊สซิไฟเออร์ จนสามารถผลิตแก๊สผ่านท่อนำแก๊สออกมา ทำการจุดไฟที่ปลายท่อนำแก๊สแล้วพิจารณาความต่อเนื่องของเปลวไฟที่ผลิตออกมาภายหลังจุดไฟเข้าเตา 10 นาที หากเปลวไฟที่ออกมาปลายท่อนำแก๊สเริ่มเบาลง ผู้วิจัยจึงจะทำการกระทุ้งถ่านแล้วทำการจับเวลาเอาไว้จนกระทั้งเชื้อเพลิงถ่านภายในเตาแก๊สซิไฟเออร์หมดไป โดยการตรวจวัดเวลาที่ใช้ในการผลิตแก๊สแต่ละครั้งนั้นจะโดยวิธีการสังเกตด้วยตาเปล่า โดยจะเริ่มจับเวลาเมื่อมีเปลวไฟเริ่มเกิดขึ้น จนกระทั่งเปลวไปหมดลง แล้วจึงทำการจดบันทึกผล

3. การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์

การทดสอบเพื่อหาความพึงพอใจที่มีต่อชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์ โดยใช้แบบสอบถามเป็นแบบลิเคิร์ทสเกล (Likert scale) ซึ่งข้อคำถามผ่านการประเมินความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์โดยผู้ทรงคุณวุฒิมาเรียบร้อยแล้ว กลุ่มประชากรตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเป็นแบบเฉพาะเจาะจงคือ ผู้ใช้งานและผู้เชี่ยวชาญเตาแก๊สซิไฟเออร์ จำนวน 50 คน ที่ศูนย์เรียนรู้พลังงานทดแทนจังหวัดเพชรบูรณ์ ตั้งอยู่ที่ตำบลทุ่งสมอ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยจะทำการประเมินความพึงพอใจทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบชิ้นส่วนที่พัฒนา ด้านความสะดวกในการใช้งาน และด้านความสามารถในการผลิต

ผลการวิจัย

เมื่อออกแบบและสร้างชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์เสร็จแล้ว จึงทำการทดสอบสมรรถนะของชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์ และประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดกระทุ้งถ่าน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการทดสอบสมรรถนะของชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบผลิตแก๊สด้วยเตาแก๊สซิไฟเออร์ โดยทำการทดสอบผลิตทั้งหมด 5 ครั้ง ซึ่งได้ผลการทดสอบสมรรถนะของชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์เป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลของการทดสอบสมรรถนะของชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์

จำนวนครั้งที่	เวลาสำหรับการผลิตแก๊ส (นาที)				
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ทดสอบครั้งที่ 3	ทดสอบครั้งที่ 4	ทดสอบครั้งที่ 5
1	14.29	14.45	18.45	15.50	13.42
2	17.01	25.02	23.12	19.21	17.20
3	26.08	32.48	33.50	28.02	25.50
4	33.10	23.30	21.11	30.14	35.47
5	21.04	40.21	30.24	19.07	20.14

จำนวนครั้งที่	เวลาสำหรับการผลิตแก๊ส (นาที)				
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ทดสอบครั้งที่ 3	ทดสอบครั้งที่ 4	ทดสอบครั้งที่ 5
6	26.51	28.04	20.30	26.41	28.02
7	38.07	39.19	34.32	32.52	33.12
8	23.38	27.24	22.31	21.18	25.17
9	20.40	18.32	19.31	24.03	19.11
10	18.58	19.01	22.31	19.31	16.15
เวลารวม	238.46	267.26	244.17	235.39	233.30
เวลาเฉลี่ย	244 นาที 12 วินาที				

จากผลการทดสอบดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าของเวลารวมที่ได้จะมีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งค่าเฉลี่ยการทำงานใน 1 รอบการทำงานของเตา (1 รอบการทำงานของเตา คือ การเผาไหม้จนกว่าเชื้อเพลิงจะหมดไป สังเกตได้จากการจุดไฟที่ปลายท่อนำแก๊สแล้วไม่เกิดเปลวไฟ) จะได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 244 นาที 12 วินาที ซึ่งจากการเก็บค่าของการกระทุ้งแต่ละครั้งจะได้ค่าที่แตกต่างกัน โดยจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าของเวลาในช่วงแรกของการกระทุ้งถ่านจะได้ค่อนข้างใช้เวลาน้อย ในช่วงกลางของการกระทุ้งถ่านจะค่อนข้างใช้เวลานาน และในช่วงท้ายของการกระทุ้งถ่านจะใช้เวลาลดน้อยลง ซึ่งเกิดจากสาเหตุของกระบวนการเผาไหม้ภายในเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่ในช่วงแรกที่เกิดกระบวนการเผาไหม้ยังไม่สมบูรณ์ ในช่วงกลางเป็นช่วงที่กระบวนการเผาไหม้สมบูรณ์แล้ว และในช่วงท้ายเป็นช่วงที่ปริมาณของถ่านเหลือน้อยแล้ว จึงทำให้เกิดการเผาไหม้ลดลง เมื่อทำการทดสอบผลิตแก๊สด้วยเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบดั้งเดิม เมื่อเปลวไฟที่ออกมาปลายท่อนำแก๊สเริ่มเบาลง ผู้วิจัยจึงจะทำการเปิดฝาเตาออกเพื่อทำการกระทุ้งถ่านเข้าไปยังชั้นเผาไหม้ จากการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 172 นาที 35 วินาที

เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะในการผลิตแก๊สของเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่ติดตั้งร่วมกับชุดกระทุ้งถ่านที่พัฒนาขึ้นมาเทียบกับเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบดั้งเดิม พบว่าชุดกระทุ้งถ่านที่พัฒนาขึ้นมาสามารถช่วยให้เตาแก๊สซิไฟเออร์ผลิตแก๊สออกมาเป็นเวลาต่อเนื่องถึง 1.42 เท่าของเวลาในการผลิตแก๊สด้วยเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบดั้งเดิม

2. ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์

ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์จะประเมินทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบชิ้นส่วนที่พัฒนา ด้านความสะดวกในการใช้งาน และด้านกระบวนการผลิต ซึ่งผลการทดสอบได้แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์

ความพึงพอใจ	หัวข้อในการสอบถาม	ค่าเฉลี่ย *(X)*	ค่าเฉลี่ย *(S.D)*	สรุปผล
ด้านการออกแบบชิ้นส่วนที่พัฒนา	ลักษณะรูปร่างขนาดของชุดคันโยก	4.4	0.59	มาก
	ระบบการทำงานของชุดคันโยก	3.95	0.60	มาก
	ความเหมาะสมตำแหน่งติดตั้งชุดคันโยก	4.25	0.63	มาก
	ระบบการเผาไหม้	4.25	0.55	มาก
	เฉลี่ย	**4.21**	**0.59**	**มาก**
ด้านความสะดวกในการใช้งาน	การเคลื่อนย้าย	4.1	0.78	มาก
	การทำงานของชุดคันโยก	4.3	0.57	มาก
	การบำรุงรักษา	4.1	0.64	มาก
	สะดวกต่อการใช้งานมากกว่าแบบเดิม	3.9	0.66	มาก
	เฉลี่ย	**4.1**	**0.66**	**มาก**
ด้านความสามารถในการผลิต	การเผาไหม้ของถ่านเมื่อใช้คันโยก	4.25	0.55	มาก
	ความต่อเนื่องของแก๊สที่ผลิตได้	4.35	0.58	มาก
	เฉลี่ย	**4.3**	**0.56**	**มาก**
เฉลี่ยความพึงพอใจรวม		**4.21**	**0.60**	**มาก**

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่พัฒนาขึ้นแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบชิ้นส่วนที่พัฒนา ด้านความสะดวกในการใช้งาน และด้านความสามารถในการผลิต พบว่าด้านการออกแบบชิ้นส่วนที่พัฒนาค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.21 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก ด้านความสะดวกในการใช้งานค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.1 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก และด้านความสามารถในการผลิตค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.3 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก เพราะฉะนั้นผลรวมความพึงพอใจมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 ซึ่งอยู่ในระดับความพึงพอใจมาก

สรุปและวิจารณ์ผล

งานวิจัยนี้เป็นพัฒนาชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบรูปทรงสี่เหลี่ยมที่มีขนาดสำหรับใช้ทั่วไปในครัวเรือน ซึ่งจากการทดสอบสมรรถนะของชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์ พบว่าสามารถช่วยให้ถ่านสามารถเคลื่อนตัวเข้าไปยังชั้นเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง ลดการสูญเสียแก๊สที่ผลิตออกมาได้ จึงทำให้สามารถผลิตแก๊สออกมาได้เป็นเวลายาวนานและต่อเนื่องขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเวลาในการผลิตแก๊สด้วยเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบดั้งเดิมส่วนการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อชุดกระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์ พบว่าอยู่ในระดับพึงพอใจมาก จึงสรุปได้ว่าชุด

กระทุ้งถ่านสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์ที่พัฒนาขึ้นมานั้นมีการออกแบบได้อย่างเหมาะสมต่อการใช้งาน ช่วยให้ใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สจากเตาแก๊สซิไฟเออร์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณศูนย์เรียนรู้พลังงานทดแทนจังหวัดเพชรบูรณ์ที่ให้การสนับสนุนในการทดสอบงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2554). คู่มือการพัฒนาและลงทุนผลิตพลังงานทดแทนชุดที่ 4 พลังงานชีวมวล. กรุงเทพฯ : บริษัท เอเบิล คอนซัลแตนท์ จำกัด.

พิสิษฏ์ มณีโชติ, สหัถยา ทองสาร, ธีรวุธ ตันนุกิจ, ประพิธาร์ ธนารักษ์, บงกช ประสิทธิ์,ดุสิต บัวเกตุ และ วิกานต์ วันสูงเนิน. (2558). สมรรถนะระบบเตาเบ้าหลอมโลหะโดยใช้แก๊สชีวมวลจากระบบแก๊สซิฟิ เคชั่นเป็นพลังงานความร้อนร่วมกับ LPG. บทความประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11. คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. โรงแรมบางแสน เฮอริเทจ จังหวัดชลบุรี. 17 - 19 มิถุนายน 2558. หน้า 1203 – 1215.

ราชันย์ วงษ์ทวี, ยุทธศาสตร์ คงชะสิงห์, ปัญญา สังวาลคำ, จตุพร คำสงค์ และสิริอร วงษ์ทวี. (2558). การพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีเตาชีวมวลโดยใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิง. รายงานการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตกาฬสินธุ์. กาฬสินธุ์.

วิชชาวุธ มนูญผล. (2555). การวิเคราะห์สมรรถนะของเตาแก๊สซิไฟเออร์โดยใช้เศาใบไม้และกิ่งไม้แห้งเป็นเชื้อเพลิง. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ศุภวิทย์ ลวณะสกล. (2554). เครื่องยนต์แก๊สซิไฟเออร์ระบบเชื้อเพลงร่วมผลิตไฟฟ้า 10 กิโลวัตต์, บทความประชุมวิชาการเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการนานาชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 16-18 มกราคม 2552. หน้า 79 – 83.

สัญญา แก้วศรีงาม. (2552). การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะชุมชนเพื่อใช้ในเตาแก๊สซิไฟเออร์, ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.

สุพิน จอดนอก. (2553). ขบวนการเผาไหม้และสมรรถนะของเตาชีวมวลทรงกระบอก. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. อุบลราชธานี.

สมชัย วะชุม, มานนท์ สุขละมัย และ สุจินต์ จิระชีวะนันท์. (2558). การอบแห้งกกโดยพลังงานความร้อนจากเตาชีวมวล. บทความประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11. คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ร่วมกับ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. โรงแรมบางแสน เฮอริเทจ จังหวัดชลบุรี . 17 - 19 มิถุนายน 2558. หน้า 755 – 764.

สมภักดิ์ ถึงปัดชา. (2559). การพัฒนาเตาชีวมวลโดยใช้เถ้าแกลบผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 1. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.