

สมรรถนะการเผาไหม้ของหัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้วแบบห้องเผาไหม้วัสดุพูน

The combustion performance of a porous media as combustion chamber
of the waste vegetable oil burnerอวุธ ภิรัตน์กุล^{1*} และจารุวัตร เจริญสุข²¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530 * ติดต่อ: โทรศัพท์: 085-8005531²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Email: umkmitl39@hotmail.com^{1*}, kcjaruw@kmitl.ac.th²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการรายงานผลการพัฒนาหัวเผาน้ำมันปาล์มใช้แล้ว มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการใช้เชื้อเพลิง LPG ของผู้ประกอบการอาหารทอดและหลีกเลี่ยงการใช้น้ำมันพืชในการทอดซ้ำ ซึ่งหัวเผานี้ได้มีการนำเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยใช้วัสดุพูน ชนิดอลูมินา ความหนาแน่นความพูน 20 ppi ติดตั้งเป็นผนังทั้งสี่ด้านของห้องเผาไหม้ของหัวเผา ทำหน้าที่ป้องกันความร้อนกลับแบบแผ่รังสีความร้อนช่วยในจุดติดไฟและเผาไหม้ส่วนผสมระหว่างละอองน้ำมันพืชใช้แล้วกับอากาศ ทำให้เกิดการเผาไหม้น้ำมันพืชใช้แล้วได้อย่างต่อเนื่อง การทดสอบสมรรถนะของการเผาไหม้ ใช้การทดสอบตามมาตรฐาน DIN EN 203-1 และศึกษาอิทธิพลของปริมาณความร้อนที่ป้อนให้แก่หัวเผา ในช่วง 14-32 kW ปรับเปลี่ยนระดับความสูงของหัวฉีดในช่วง 1-3 cm เทียบอ้างอิงจากปากทางเข้าของหัวเผา คงที่อากาศส่วนที่หนึ่งเท่ากับ 500 ml/min ทำการบันทึกการกระจายตัวอุณหภูมิตามระดับความสูง ปริมาณก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้เช่น CO O₂ และ NO_x เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและประสิทธิภาพการเผาไหม้ จากผลการทดสอบพบว่าสามารถเผาไหม้น้ำมันพืชใช้แล้วได้อย่างต่อเนื่อง เปลวไฟสั้น ลูกติดอยู่ภายในวัสดุพูน ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 22% ที่ระดับหัวฉีด 1 cm จากปากทางเข้าหัวเผาและปริมาณความร้อน 14 kW ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีที่สุดเท่ากับ 99.99% ที่ปริมาณความร้อนที่ให้กับหัวเผา 14 kW ระดับความสูงของหัวฉีด 1 cm สอดคล้องกับปริมาณ CO ที่มีค่าต่ำเท่ากับ 12 ppm ที่ O₂ 6% ส่วนปริมาณ NO_x มีค่าต่ำไม่เกิน 50 ppm ที่ O₂ 6% ปริมาณ O₂ มีค่าสูงในช่วง 8-14%

คำหลัก: การเผาไหม้; น้ำมันพืชใช้แล้ว; หัวเผาวัสดุพูน; วัสดุพูน

Abstract

This research reports the combustion performance of the waste vegetable oil burner. The research aims to reduce the LPG consumption and reuse the waste vegetable oil in cooking process. The 20 ppi of porous media was introduced as the wall of combustion chamber of this burner. The porous help to always create the hot environment with the radiation heat transfer to the center of combustion chamber causing to ignite continuously the mixture of waste vegetable oil and air. The DIN EN 203-1 standard was applied to performance burner test. The effect of thermal input and nozzle distance on combustion performance such as thermal efficiency, combustion efficiency, temperature distribution and emission was studied. The result shows that the waste vegetable oil can be burnt continuously within the pore of porous media. The maximum thermal efficiency is 22% at 14 kW of thermal input and 1 cm of nozzle elevation from inlet of burner. The maximum combustion efficiency is 99.99% at 14 kW of thermal input and 1 cm of nozzle elevation from inlet of burner. The

lowest of CO emission was about 12 ppm at 6% of O₂. NO_x emission was not excess 50 ppm at 6% of O₂. The O₂ was high in ranged 8-14%.

Keywords: Combustion, Waste vegetable oil, Porous media burner, Porous media

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณการบริโภคน้ำมันพืชประมาณ 8 แสนตันต่อปี โดยร้อยละ 50% เป็นการบริโภคในครัวเรือน จากการประกอบอาหารเช่นน้ำมันที่เหลือจากการทอด ปลาทอดไก่ หรือการทอดไก่ อีกร้อยละ 50 ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร [7] ทั้งนี้ น้ำมันที่เหลือใช้หากนำกลับมาประกอบอาหารซ้ำมีความเสี่ยงต่อการก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ เนื่องจากในน้ำมันพืชใช้แล้วที่นำกลับมาใช้ซ้ำมีสารพิษก่อมะเร็ง (carcinogen) อยู่ 2 กลุ่มคือ อนุมูลอิสระ (free radicals) และไดออกซิน จึงได้มีการนำน้ำมันเก่าเหล่านั้นมาแปรรูปให้เกิดประโยชน์เป็นพลังงานแทนการนำกลับไปใช้บริโภคซ้ำ โดยสามารถนำน้ำมันพืชใช้แล้วกลับไปทำน้ำมันไบโอดีเซลใช้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลผ่านกระบวนการทางเคมี ที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน (Transesterification) โดยการเติมแอลกอฮอล์และให้พลังงานความร้อนเพื่อผลิตเป็นเอสเธอร์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล ซึ่งพบว่าปกติน้ำมันพืชใช้แล้วปริมาณ 10 ลิตรสามารถผลิตน้ำมันไบโอดีเซลได้เพียง 0.9 ลิตร [6] อีกแนวทางหนึ่งคือการนำน้ำมันพืชใช้แล้วมาผลิตพลังงานความร้อนโดยตรง ทดแทนการใช้ก๊าซหุงต้มในการประกอบอาหาร ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้

โดยได้มีการปรับปรุงและพัฒนาหัวเผาชนิดนี้ [1] โดยการนำวัสดุพอร์มาประยุกต์ติดตั้งภายในหัวเผา [4,5] ทำหน้าที่ใช้ช่วยกักเก็บความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ ช่วยให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยกลไกการนำความร้อนและแผ่รังสีความร้อนระหว่างวัสดุพอร์ทำให้เกิดการกระจายตัวของความร้อนทั่วทั้งหัวเผา ควบคุมอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดขึ้นได้ ส่งผลให้อัตราการเกิด Thermal NO_x มีปริมาณลดลง [3] ความร้อนที่สะสมในวัสดุพอร์จะถูกส่งผ่านไปยังเครื่องกำเนิดไอน้ำที่ติดตั้งภายในหัวเผา ส่งผลให้สามารถผลิตไอน้ำผ่านหัวฉีดเพื่อใช้ในการสร้างฝอยละอองน้ำมันพืชใช้แล้ว พร้อมกับเหนี่ยวนำอากาศ ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ทำให้เกิดการเผาไหม้น้ำมันพืชใช้แล้วได้อย่างต่อเนื่อง โดยงานวิจัยที่ผ่านมาได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการปรับเปลี่ยนรูปทรงของวัสดุพอร์ 3 ลักษณะ [2] คือ รูปทรงกลมตันขนาดเส้น

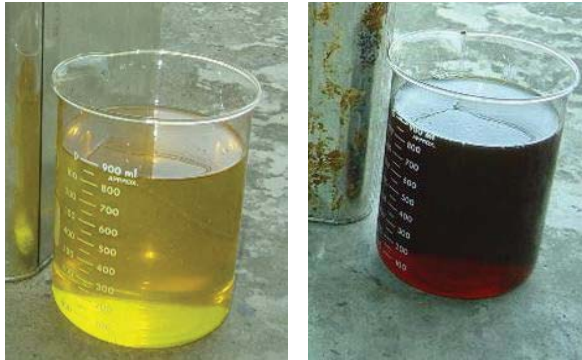
ผ่านศูนย์กลาง 2 cm รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2 cm³ และรูปสามเหลี่ยมทรงพีรามิดที่มีขนาดความยาวของแต่ละด้านเท่ากับ 2 cm ค่าความพรุนของวัสดุ 45%, 48% และ 54% ตามลำดับ ที่ส่งผลต่อสมรรถนะและลักษณะของเปลวไฟที่เกิดขึ้นของหัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้ว เมื่อทำการทดสอบพบว่า หัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้วที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถเผาไหม้น้ำมันพืชใช้แล้วเพียงอย่างเดียวได้ต่อเนื่อง แต่ยังมีปัญหาเรื่องความยุ่งยากในการใช้งาน เพราะการควบคุมอัตราการไหลของไอน้ำและน้ำมันที่ป้อนให้แก่ระบบทำได้ยาก ทำให้เกิดการกระเพื่อมของเปลวไฟตามจังหวะการฉีดไอน้ำ เปลวไฟส่วนใหญ่จะเกิดการลุกไหม้บริเวณภายนอกวัสดุพอร์ และไม่สามารถควบคุมปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ได้ เนื่องจากไม่สามารถวัดปริมาณอากาศถูกเหนี่ยวนำเข้าสู่ห้องเผาไหม้ได้ อีกทั้งผนังของห้องเผาไหม้ของหัวเผารุ่นเก่าทำจากตะแกรงสเตนเลส ทำให้เกิดการผุกร่อนเมื่อใช้งานระยะเวลานาน

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบห้องเผาไหม้ใหม่ โดยผนังทำจากวัสดุพอร์เพื่อยืดอายุการใช้งาน ทำหน้าที่ป้อนความร้อนกลับแบบแผ่รังสีความร้อนช่วยในจุดติดไฟและเผาไหม้ส่วนผสมระหว่างละอองน้ำมันพืชใช้แล้วกับอากาศ ทำให้เกิดการเผาไหม้น้ำมันพืชใช้แล้วได้อย่างต่อเนื่อง ใช้อากาศอัดในสร้างฝอยละอองน้ำมันพืชใช้แล้วและเหนี่ยวนำอากาศบริเวณรอบหัวฉีดป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ การทดสอบสมรรถนะของการเผาไหม้ ใช้การทดสอบตามมาตรฐาน DIN EN 203-1 และศึกษาอิทธิพลของระดับความสูงของหัวฉีดและปริมาณความร้อนที่ป้อนให้แก่หัวเผา ทำการบันทึกการกระจายตัวอุณหภูมิตามระดับความสูง ปริมาณก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้เช่น CO O₂ และ NO_x เพื่อเป็นข้อมูลในการคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนและประสิทธิภาพการเผาไหม้

2. องค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ น้ำมันพืชใช้แล้ว ซึ่งลักษณะและองค์ประกอบของน้ำมันพืชใช้แล้วแสดงดังรูปที่ 1 และตารางที่ 1 โดยจะเห็นว่าน้ำมันพืชใช้แล้วจะมี

สีเข้มเนื่องจากคราบเขม่า แต่ยังคงมีค่าความร้อนและปริมาณคาร์บอน อยู่ในปริมาณที่สูงอยู่ ดังนั้นจึงเป็นการเหมาะสมที่จะนำน้ำมันพีซีใช้แล้วกลับมาเป็นเชื้อเพลิงใหม่



(ก) (ข)
รูปที่ 1 ลักษณะของน้ำมันปาล์มที่ยังไม่ได้ใช้(ก)
และน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว (ข)

ตารางที่ 1 ตารางแสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันปาล์ม [3]

Properties	Palm oil	Used oil	unit
LHV	36893.01	36355.02	kJ/kg
Viscosity	0.0489	0.0543	Ns/m ²
Sulphur	0.01	0.01	%(mass)
Carbon	76.4	75.6	%(mass)
Hydrogen	11.4	11.3	%(mass)
Nitrogen	0.19	0.19	%(mass)
Oxygen	12.0	12.9	%(mass)
Ash	0.006	0.005	%(mass)

3. ขั้นตอนการออกแบบและวิธีการทดลอง

รูปที่ 2 แสดงหัวเผาน้ำมันพีซีใช้แล้วที่ใช้ในงานวิจัย หัวเผามีห้องเผาไหม้หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 20x20 cm สูง 25 cm ผนังทำจากวัสดุพูนที่มีความหนาแน่นความพูน 20 ppi ความหนาวัสดุพูน 5 cm มีค่าความพูนเท่ากับ 95 % ดังรูปที่ 3 อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งถูกป้อนผ่านหัวฉีดซ้อนกันดังรูปที่ 4 ทำหน้าที่แตกอนุภาคน้ำมันพีซีใช้แล้วที่ถูกป้อนมายังหัวฉีดชั้นนอก แยกให้เป็นฝอยละออง นำพาเข้าสู่ห้องเผาไหม้ อีกทั้งลำเจ็ตของอากาศส่วนที่หนึ่งและ

ฝอยละอองน้ำมันพีซีใช้แล้วยังช่วยเหนี่ยวนำอากาศส่วนที่สองเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ในการทดลองจะทำการปรับอัตราการไหลของน้ำมันปาล์มใช้แล้วในช่วง 5 – 60 mL/min คิดเป็นพลังงานความร้อนอยู่ในย่าน 3-32 kW โดยการทดลองเริ่มจากการทำการจุดหัวเผาแก๊ส LPG เพื่อนำความร้อนที่ได้มาอุ่นวัสดุพูนที่ติดตั้งเป็นผนังของห้องเผาไหม้ จากอุณหภูมิบรรยากาศให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น จากนั้นทำการป้อนน้ำมันพีซีใช้แล้วเข้าสู่หัวฉีด ที่มีลักษณะเป็นหัวฉีดซ้อนกันดังรูป 4 อากาศส่วนที่หนึ่งจะสร้างฝอยละอองน้ำมันและการเหนี่ยวนำอากาศส่วนที่สองป้อนเข้าไปสู่ภายในห้องเผาไหม้ จนเกิดการลุกไหม้ของน้ำมันพีซีใช้แล้วอย่างต่อเนื่อง จากนั้นจึงทำการทำการปิด LPG เมื่อรอรจนระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้ว จึงทำการบันทึกค่าอุณหภูมิภายในวัสดุสร้างความพูนที่จุดตามระดับความสูง ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยใช้ Thermocouple type K เป็นเซนเซอร์และใช้ Data logger มีค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 1\%$ เป็นอุปกรณ์ในการบันทึกผล นอกจากนี้ยังทำการบันทึกแก๊สไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ โดยใช้เครื่องวัดไอเสีย Testo 350 XL โดยค่าความคลาดเคลื่อนของ O₂ เซนเซอร์เท่ากับ $\pm 0.3\%$ ส่วน NO_x และ CO เซนเซอร์เท่ากับ $\pm 5\%$ เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ตามลำดับ

3.1 เงื่อนไขการทดสอบ

ระดับของหัวฉีดจากปากทางเข้าหัวเผา	อัตราการไหลอากาศ (mL/min)	Thermal input (kW)
1 cm	500	14
		21
		32
2 cm	500	14
		21
		32
3 cm	500	14
		21
		32

3.2 มาตรฐานการทดสอบ

ในการหาสมรรถนะของหัวเผาจะนำค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้(η_c)และประสิทธิภาพเชิงความร้อน(η_{th})มาเป็นดัชนีในการชี้วัดสมรรถนะของหัวเผาซึ่งมาตรฐานการทดสอบในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงตามมาตรฐาน DIN EN 203-1

3.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้

(1) นำอุปกรณ์เก็บก๊าซเสีย (Flue gas) ตามมาตรฐาน DIN 203-1 กรอบหัวเผาที่ติดเรียบร้อยแล้ว ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วจึงนำหัววัดใส่เข้าไปที่ด้านบนของอุปกรณ์เก็บ ตัวอย่าง รอนค่าที่วัดได้เข้าสู่สภาวะคงตัวแล้วจึงบันทึกผลการทดลอง โดยเก็บผล ทุกๆ 1 นาทีจนครบ 15 นาที โดยทำการบันทึกก๊าซ O_2 , CO_2 , CO และ NO_x

(2) ทำการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการทดสอบโดยปรับอัตราการไหลของน้ำมันพืชใช้แล้วและระดับความสูงของหัวฉีด

อากาศและเชื้อเพลิง เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงก๊าซ
เสีย

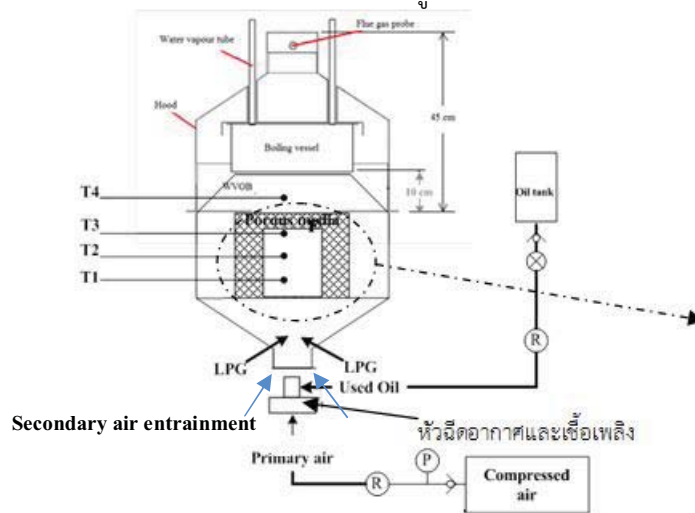
(3) นำค่าที่ได้ทั้งหมดนี้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพการเผาไหม้ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\eta_c = \left[\frac{Q_{fuel} - Q_{loss,co}}{Q_{fuel}} \right] \times 100 \quad (2)$$

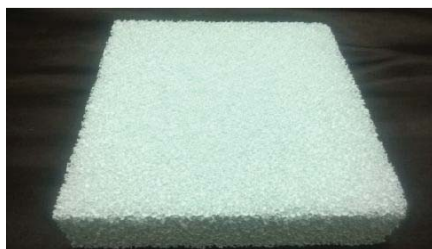
เมื่อ

$$\eta_c = \text{Combustion efficiency, \%}$$

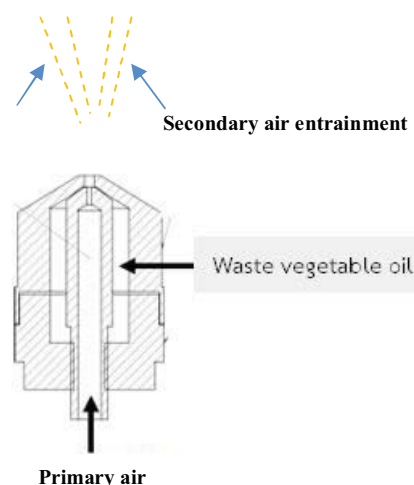
Q_{fuel} = ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง, kW

$$Q_{loss,co} = \text{ปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากการเผาไหม้ } CO, \text{ kW}$$


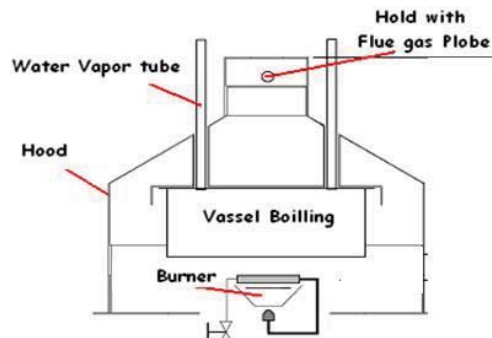
รูปที่ 2 แสดงชุดหัวเผา น้ำมันปาล์มใช้แล้ว



รูปที่ 3 รูปทรงของวัสดุสร้างความพรุน 20 ppi



รูปที่ 4 แสดงลักษณะของหัวฉีดอากาศส่วนที่หนึ่งและ
เชื้อเพลิงน้ำมันปาล์มใช้แล้ว



รูปที่ 5 โครงสร้างภายในของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างก๊าซเสีย
จากการเผาไหม้ตามมาตรฐาน DIN EN 203-1

3.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ทำการทดสอบโดยใช้วิธีการทดสอบมาตรฐานแบบ
วิธีการต้มเดือด (Water Boiling Test, WBT) ซึ่งมีขั้นตอน
การทดลองดังต่อไปนี้

- (1) วัดอุณหภูมิน้ำก่อนการทดสอบ
- (2) เติมน้ำลงในภาชนะจำนวน 3000 กรัม
- (3) ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลให้สูงจากก้นภาชนะเซนติเมตร
เพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำก่อนการทดสอบ
- (4) จุดเตา เมื่อหัวเผาสามารถทำงานได้โดยใช้น้ำมันพืชใช้
แล้วเป็นเชื้อเพลิง ให้ติดเตาทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที
- (5) นำภาชนะที่เตรียมน้ำไว้แล้ววางบนเตา บันทึก
อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงของน้ำทุกๆ 1 นาทีตั้งแต่น้ำ

อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนน้ำเริ่มเดือดอุณหภูมิ
ของน้ำมีค่าประมาณ 95 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการ
บันทึกเวลาขณะนั้นไว้ แล้วทำการต้ม น้ำต่อไปอีก 5 นาที
จึงทำการดับเตาพร้อมกับหยุดเวลาและบันทึกอุณหภูมิน้ำ
เมื่อสิ้นสุดการทดสอบ
(6) ซึ่งน้ำหนักของน้ำในภาชนะที่เหลือ ค่าที่ได้ทั้งหมดนี้
ไปคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนซึ่งสามารถ
คำนวณได้จาก

$$\eta_{th} = \frac{(C_{p,water} \times W_{water} \times \Delta T) + (h_{fg,vapour} \times W_{vapor})}{\dot{m}_{fuel} \times LHV_{fuel} \times t_{total}} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ

η_{th} = Thermal efficiency, %

W_{water} = น้ำหนักน้ำที่ใช้ทดสอบ, g

W_{vapor} = น้ำหนักไอน้ำที่ระเหยไปในการทดสอบ, g

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิ
สุดท้ายของน้ำที่ได้จากการทดสอบ, °C

LHV_{fuel} = Lower Heating Value of Palm Oil, kJ/kg

$C_{p,water}$ = Specific Heat of Water = 4.178 J/g°C

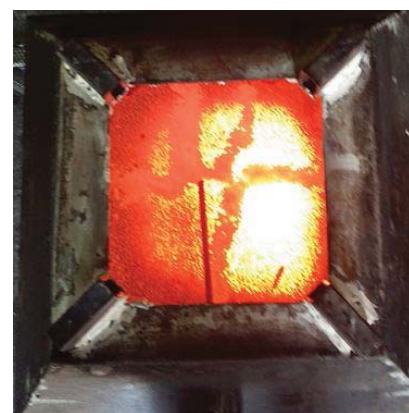
$\dot{m}_{fuel}$ = Mass flow rate of Palm oil, kg/min

$h_{fg,vapour}$ = Latent Heat of Vaporizer = 2260, J/g

t_{total} = ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ, s

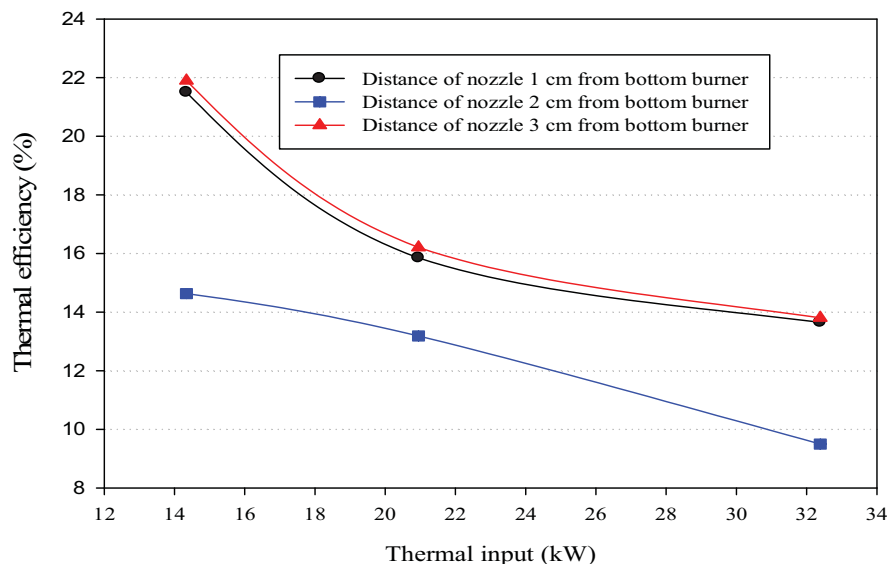
4.ผลการทดลอง

จากการทดสอบพบว่าหัวเผานี้สามารถเผาไหม้น้ำมัน
พืชใช้แล้วได้อย่างต่อเนื่อง เพราะว่าผนังวัสดุพูนช่วยทำ
หน้าที่ป้องกันความร้อนกลับแบบแผ่รังสีความร้อนช่วยในจุด
ติดไฟและเผาไหม้ส่วนผสมระหว่างละอองน้ำมันพืชใช้
แล้วกับอากาศ สังเกตเห็นเปลวไฟร้อนแดงอยู่ภายในวัสดุ
พูนแสดงถึงการเผาไหม้น้ำมันปาล์มใช้แล้วได้อย่าง
สมบูรณ์ดังรูปที่ 6 และวัสดุพูนสามารถรักษาเสถียรภาพ
ในการเผาไหม้ได้เป็นอย่างดี



ดังรูปที่ 6 แสดงการเผาไหม้น้ำมันปาล์มใช้แล้วภายในหัว
เผาแบบผนังวัสดุพูน

4.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน



(a)

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนกับปริมาณความร้อนที่ป้อนให้แก่หัวเผา

รูปที่ 7a แสดงผลการปรับเปลี่ยนปริมาณความร้อนที่ป้อนให้แก่หัวเผาที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนและอุณหภูมิที่ตำแหน่งทางออกของหัวเผา ซึ่งในการทดลองได้ทำการปรับเปลี่ยนปรับเปลี่ยนระดับความสูงของหัวฉีดอากาศและเชื้อเพลิงอ้างอิงจากปากทางเข้าของหัวเผา มีค่าอยู่ระหว่าง 1-3 cm ปริมาณความร้อนที่ป้อนให้แก่หัวเผามีค่าเท่ากับ 14 kW 21 kW และ 32 kW และคงที่อัตราการไหลของอากาศส่วนที่หนึ่งเท่ากับ 500 ml/min จากการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าอยู่ในช่วง 9 - 22% โดยมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 22 % ที่ระดับหัวฉีด 3 cm จากปากทางเข้าหัวเผาและปริมาณความร้อน 14 kW เนื่องจากการที่ระดับความสูงของหัวฉีดจากปากหัวเผา 3 cm การผสมกันระหว่างอากาศที่ถูกเหนี่ยวนำกับเชื้อเพลิงเกิดขึ้นเป็นอย่างดี ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ เนื่องจากมีระยะเวลาการผสมนาน อีกทั้งปริมาณความร้อนที่ผลิตได้สามารถถ่ายเทความร้อนไปสู่หม้อต้มน้ำที่ใช้ทดสอบได้อย่างดี

ในขณะที่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนในเงื่อนไขทุกระดับความสูงของหัวฉีด มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณความร้อน เนื่องจากเมื่อปริมาณเชื้อเพลิงสูงขึ้น โมเมนตัมของอากาศส่วนที่หนึ่งกับเชื้อเพลิงก็จะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการพัดพาแก๊สเผาไหม้ไป สู่วางออกได้เร็วขึ้น ทำให้

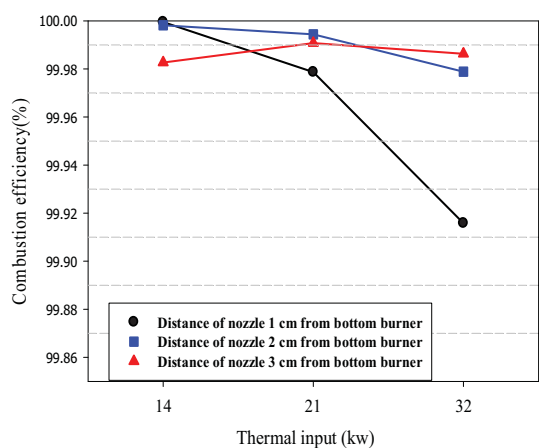
ระยะเวลาในการเผาไหม้ลดลงจากการเพิ่มปริมาณเชื้อเพลิง อีกทั้งพบว่าน้ำมันปาล์มใช้แล้วไม่ได้เกิดการเผาไหม้ทั้งหมด สังเกตจากขณะทดสอบสังเกตเห็นน้ำมันหยดนอกรอบหัวฉีด

4.2 ประสิทธิภาพการเผาไหม้และปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

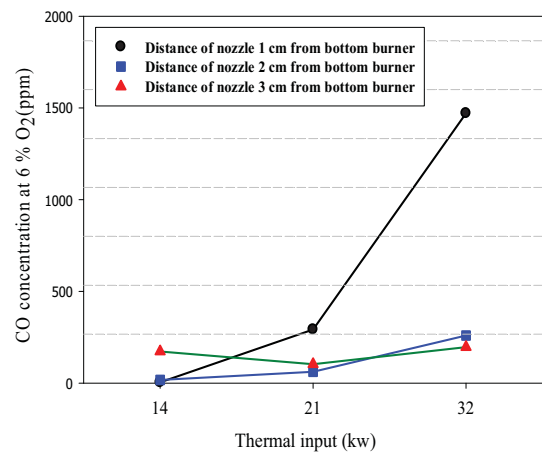
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเผาไหม้และปริมาณ CO เมื่อปรับเปลี่ยนปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับหัวเผาอยู่ในช่วง 14-32 kW ระดับความสูงของหัวฉีดอากาศและเชื้อเพลิงอ้างอิงจากปากทางเข้าของหัวเผา มีค่าอยู่ระหว่าง 1-3 cm และคงที่อัตราการไหลของอากาศส่วนที่หนึ่งเท่ากับ 500 ml/min จากรูปจะเห็นว่าประสิทธิภาพเชิงร้อนมีค่าสูงมากกว่า 99 % ในทุกเงื่อนไข ดังรูปที่ 8a สอดคล้องกับปริมาณ CO ดังรูปที่ 8b ประสิทธิภาพการเผาไหม้สามารถคำนวณได้จากปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปกับการเผาไหม้ CO ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงตามปริมาณ CO เงื่อนไขที่เผาไหม้ได้ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงที่สุดเกิดขึ้นที่ปริมาณความร้อนที่ให้กับหัวเผา 14 kW (อัตราการป้อนเชื้อเพลิง 60 ml/min) ระดับความสูงของหัวฉีด 1 cm จากปาก

ทางเข้าหัวเผา มีค่าเท่ากับ 99.99% ปริมาณ CO มีค่าเท่ากับ 12 ppm ที่มาตรฐาน O_2 6% เนื่องจากเงื่อนไขปริมาณน้ำมันปาล์มใช้แล้วมีค่าน้อย ทำให้โมเมนต์ของลำเจ็ทน้อย ส่งผลให้ผลของการพัดพาตกลง จึงเกิดการเผาไหม้ในระยะเวลาสั้น สอดคล้องกับปริมาณ CO คาดว่าการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ส่วนเงื่อนไขที่เผาไหม้ได้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ต่ำที่สุดเกิดขึ้นที่ปริมาณความร้อนที่ให้กับหัวเผา 32 kW ระดับความสูงของหัวฉีด 1

cm จากปากทางเข้าหัวเผา มีค่าเท่ากับ 99.93% ปริมาณ CO มีค่าเท่ากับ 1450 ppm ที่มาตรฐาน O_2 6% คาดว่าที่เงื่อนไขนี้ อิทธิพลของการพัดพาส่งอย่างมาก ทำให้มีระยะเวลาสั้นในการเผาไหม้ CO ให้กลายเป็น CO_2 อีกทั้งที่ระดับความสูงของหัวฉีด 1 cm การผสมกันระหว่างอากาศที่ถูกเหนี่ยวนำกับเชื้อเพลิงมีระยะเวลาน้อย ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์



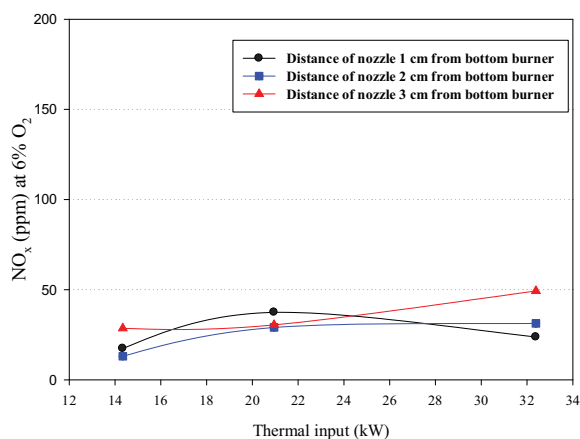
(a)



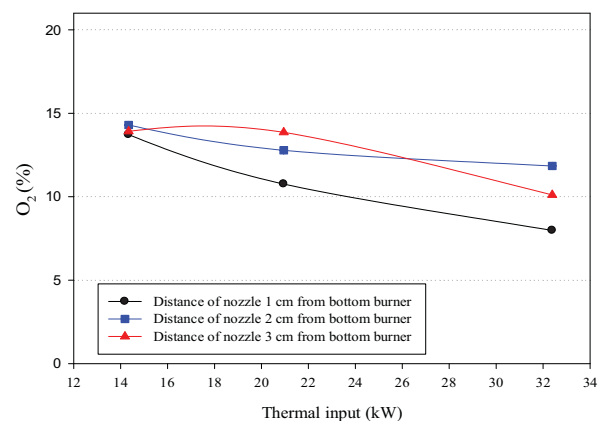
(b)

รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเผาไหม้ (a) และปริมาณ CO (b) เมื่อปรับเปลี่ยนปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับหัวเผา

4.3 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และปริมาณออกซิเจนหลังการเผาไหม้



(a)



(b)

รูปที่ 9 อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนปริมาณความร้อนที่ให้แก่หัวเผาที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (a) และปริมาณออกซิเจนหลังการเผาไหม้ (b)

รูปที่ 9a อิทธิพลของการปรับเปลี่ยนปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับหัวเผาที่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์โดยการทดลองปรับเปลี่ยนปริมาณความร้อนที่ป้อนให้กับหัวเผาในช่วง 14-32 kW ระดับความสูงของหัวฉีดอากาศและเชื้อเพลิงอ้างอิงจากปากทางเข้าของหัวเผา มีค่าอยู่ระหว่าง 1-3 cm และคงที่อัตราการไหลของอากาศส่วนที่หนึ่งเท่ากับ 500 ml/min จากรูปจะเห็นได้ว่า NO_x ที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำกว่า 50 ppm ที่มาตรฐาน O_2 6% เพราะการประยุกต์ใช้วัสดุพอร์มาช่วยในการเผาไหม้มีส่วนให้เกิดการเผาไหม้ที่มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอไม่เกิดจุดที่มีความร้อนสูงส่งผลให้ NO_x มีโอกาสเกิดได้น้อย คาดว่า NO_x ที่เกิดขึ้นเกิดเป็นชนิด Prompt NO_x (เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่าง ไฮโดรคาร์บอนกับ N_2 ในอากาศ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ) โดยในที่ไม่เกิด Thermal NO_x เนื่องจากอุณหภูมิที่ได้จากการเผาไหม้มีค่าต่ำกว่า 1300 °C พบว่า NO_x ต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 20 ppm ที่มาตรฐาน O_2 6% ที่ระดับหัวฉีด 2 cm จากปากทางเข้าหัวเผาและปริมาณความร้อน 14 kW ส่วนปริมาณ O_2 ดังรูป 9b พบว่ามีค่าสูงในช่วง 8-14% เนื่องจากหัวเผานี้ใช้อากาศในปริมาณมากในการสร้างฝอยละอองน้ำมันและเหนี่ยวนำเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ซึ่งเมื่อคำนวณอากาศส่วนเกินและอัตราส่วนสมมูลจากปริมาณออกซิเจนหลังการเผาไหม้พบว่า อากาศส่วนเกินมีค่าสูงในช่วง 70-180% และอัตราส่วนสมมูล 0.28-0.58 นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ O_2 มีค่าลดลงตามการเพิ่มปริมาณความร้อนที่ป้อนให้แก่หัวเผา

5.สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการรายงานผลการทดสอบในการพัฒนาหัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้ว วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการปรับเปลี่ยนปริมาณความร้อนที่ป้อนให้แก่หัวเผาที่ส่งผลต่อสมรรถนะของหัวเผาน้ำมันปาล์มใช้แล้ว โดยได้ทำการปรับเปลี่ยนปริมาณความร้อนในช่วง 14-32 kW ระดับความสูงของหัวฉีดอากาศและเชื้อเพลิงอ้างอิงจากปากทางเข้าของหัวเผา มีค่าอยู่ระหว่าง 1-3 cm และคงที่อัตราการไหลของอากาศส่วนที่หนึ่งเท่ากับ 500 ml/min ซึ่งจากการทดสอบพบว่าหัวเผานี้สามารถเผาไหม้น้ำมันพืชใช้แล้วได้อย่างต่อเนื่อง เพราะว่าผนังวัสดุพอร์มาช่วยทำหน้าที่ป้อนความร้อนกลับแบบแผ่รังสีความร้อนช่วยในจุดติดไฟและเผาไหม้ส่วนผสมระหว่างละออง

น้ำมันพืชใช้แล้วกับอากาศ สังเกตเห็นเปลวไฟร้อนแดงอยู่ภายในวัสดุพอร์มาแสดงถึงการเผาไหม้น้ำมันปาล์มใช้แล้วได้อย่างสมบูรณ์ โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 22 % ที่ระดับหัวฉีด 3 cm จากปากทางเข้าหัวเผาและปริมาณความร้อน 14 kW ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีที่สุดเท่ากับ 99.99% ที่ปริมาณความร้อนที่ให้กับหัวเผา 32 kW ระดับความสูงของหัวฉีด 1 cm สอดคล้องกับปริมาณ CO ที่มีค่าต่ำกว่า 12 ppm ที่ O_2 6% ส่วนปริมาณ NO_x มีค่าต่ำไม่เกิน 50 ppm ที่ O_2 6% ปริมาณ O_2 มีค่าสูงในช่วง 8-14 %

6.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (mtec) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7.เอกสารอ้างอิง

7.1 บทความจากเอกสารประกอบการประชุม

- [1] อาวุธ ลภีรัตนกุล เกษมศิลป์ อ่อนทองและจารุวัตร เจริญสุข(2551).การพัฒนาหัวเผาน้ำมันปาล์มใช้แล้วด้วยเทคนิควัสดุพอร์มา, *การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย*, มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
- [2] เกษมศิลป์ อ่อนทอง ทวี เทศเจริญและจารุวัตร เจริญสุข(2551). อิทธิพลรูปทรงของวัสดุสร้างความพอร์มาที่ส่งผลต่อสมรรถนะหัวเผาน้ำมันปาล์มใช้แล้ว, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย*, ครั้งที่ 23 จังหวัดเชียงใหม่

7.2 รายงาน

- [3] อาวุธ ลภีรัตนกุล (2551). *สมรรถนะเชิงความร้อนของเตาเผาไหม้วัสดุพอร์มาที่มีการแบ่งจ่ายอากาศเป็นชั้น*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [4] บุญส่ง เพ็ชรน้อย (2549). *การพัฒนาและประเมินสมรรถนะหัวเผาน้ำมันปาล์มใช้แล้วชนิดผสมอากาศก่อนการเผาไหม้*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [5] อรรถนพ ผาบัณเฑาะ (2546). *การศึกษาเชิงจำลองของหัวเผาแบบพอร์มาเผาไหม้น้ำมันพืช*, วิทยานิพนธ์ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

7.3 หนังสือ

[6] ศ.ดร ชงชัย พรรณสวัสดิ์ (2550). ไบโอดีเซล,
กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวง
พลังงาน

7.4 เว็บไซต์

[7] มุลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม(2550).ทิศทางกิจการ
ไฟฟ้า (ประเด็นที่ควรจับตามอง), แหล่งที่มา
<http://learners.in.th/blog/biodesel>