

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

อิทธิพลของรูปทรงของวัสดุพรุนต่อสมรรถนะของเตาที่ใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันพืชใช้แล้ว

Effect of Porous Media Geometry on Performance of Used Vegetable Oil Burner

กฤษฎา บุญศิริ^{1*}, อวุธ ภิรัตน์กุล¹, นิตินัย ปัญญ์บุศยกุล¹, เกษมศิลป์ อ่อนทอง² และ จารุวัตร เจริญสุข²

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพฯ 10530

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพฯ 10520 โทร 027 373 000

*ติดต่อ: โทรศัพท์: 02 988 3655 ต่อ 3113

*Email : k.boonsiri@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงวัสดุสร้างความพรุนที่ส่งผลต่อสมรรถนะของหัวเผาใช้น้ำมันพืชใช้แล้ว ซึ่งในการทดสอบได้ทำการปรับเปลี่ยนรูปทรงของวัสดุสร้างความพรุน 4 ลักษณะ คือ รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2 cm³ รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเจาะรูขนาด 2 cm³ รูปทรงสามเหลี่ยมพีรามิดที่มีขนาดความยาวของแต่ละด้านเท่ากับ 2 cm และ รูปทรงสามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรูที่มีขนาดความยาวของแต่ละด้านเท่ากับ 2 cm โดยกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำมันพืชใช้แล้วเท่ากับ 0.03kg/min และอัตราการไหลของน้ำที่ใช้ในการสร้างไอน้ำเท่ากับ 0.15 kg/min จากการทดสอบพบว่ารูปทรงของวัสดุสร้างความพรุนส่งผลต่อสมรรถนะการเผาไหม้ของหัวเผา โดยเมื่อทำการเผาไหม้ด้วยวัสดุสร้างความพรุนทรงสามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรูที่มีขนาดความยาวของแต่ละด้านเท่ากับ 2 cm เกิดการเผาไหม้ดีที่สุด เปลวไฟลุกไหม้ได้เต็มพื้นที่หน้าตัดของหัวเผา มีปริมาณเขม่าและก๊าซไอเสียต่ำ โดยมีค่า CO เท่ากับ 925 ppm CO₂ เท่ากับ 3.5% และ NO_x เท่ากับ 30.54 ppm ที่มาตรฐาน O₂ 6% ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและประสิทธิภาพการเผาไหม้มีค่าเท่ากับ 31.28% และ 99.78% ตามลำดับ ผลวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างรูปทรงของวัสดุสร้างความพรุนกับสมรรถนะกล่าวคือ เมื่อช่องของผลมะระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงไหลผ่านวัสดุสร้างความพรุนทรงสามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรูขนาดความยาวของแต่ละด้านเท่ากับ 2 cm จะมีโอกาสเกิดความปั่นป่วนน้อยๆในช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุได้มากกว่าวัสดุสร้างความพรุนรูปทรงอื่น ๆ ส่งผลให้อัตราการคลุกเคล้า (Mixing rate) กันระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงดีขึ้น เป็นสาเหตุให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

คำหลัก: หัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้ว/น้ำมันพืชใช้แล้ว/รูปทรงของวัสดุสร้างความพรุน /ค่าความพรุน

Abstract

The performance of used vegetable oil porous burner developed under different media shape is investigated. Fourth different media geometries having 1) 2-cm. cube 2) 2-cm tetrahedral pyramid 3) 2-cm. cube with cut-away hole and 4) 2-cm tetrahedral pyramid with cut-away hole. The used vegetable oil is fed at the rate of 0.03 kg/min. Steam is also used for atomization, but maintained at the rate of 0.15 kg/min. It is found that the media geometry significantly affect the performance of the burner. With 2-mm tetrahedral pyramid, at the oil flow rate of 0.03 kg/min., the burner yields the best performance. The luminous flame is observed across the exit plane of the burner, giving relatively lower CO concentration at 925 ppm, NO_x concentration at 30.54 ppm at standard 6% of O₂. At this condition the thermal efficiency

and the combustion efficiency are 31.28 % and 99.78 % respectively. The finding suggests the relationship between the media shape and the performance of the burner as when the flow passes the edge of the pyramid, it creates small eddies with relatively larger in numbers than the other two types of solid media. Additionally, greater porosity would bring about more rooms for mixture of incoming reactant to rapidly mix with the hot product. In general, the mixing rate between the air and fuel is promoted and therefore contribute to a better combustion process.

Keywords: Used vegetable oil burner/ Used vegetable oil/Porous media Shape

1.บทนำ

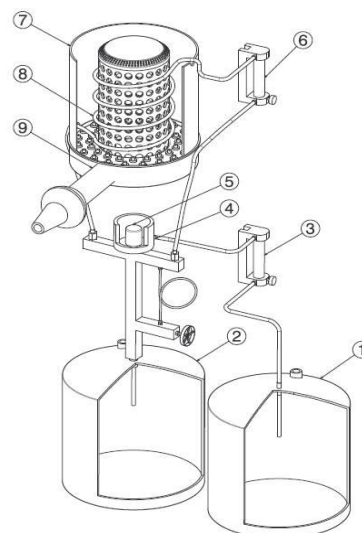
ปัจจุบันการใช้พลังงานของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งเชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และก๊าซธรรมชาติต่างๆ ซึ่งสวนทางกับปริมาณทรัพยากรทางพลังงานที่ลดน้อยลงในแต่ละปี ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะช่วยประหยัดพลังงานและใช้พลังงานที่มีอยู่ให้คุ้มค่าที่สุด โดยได้สังเกตเห็นถึงปริมาณน้ำมันเหลือใช้จากการประกอบอาหารของประเทศไทยที่มีปริมาณมากในแต่ละวัน จากข้อมูลของมูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม(2550) พบว่าประเทศไทยมีน้ำมันเหลือใช้ มีทั้งหมดปีละประมาณ 74.5 ล้านลิตร [9] ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำน้ำมันเหลือใช้เหล่านี้มาใช้ประโยชน์ โดยการนำกลับมาเป็นเชื้อเพลิงใหม่อีกครั้งซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาได้ทดลองนำน้ำมันพืชเหลือใช้มาเป็นเชื้อเพลิงในหัวเผา น้ำมันพืชใช้แล้วที่พัฒนาภายใต้เทคนิควัสดุสร้างความพรุน [4, 5, 6] ซึ่งผลที่ได้พบว่าหัวเผาน้ำมันพืชสามารถเผาไหม้โดยการป้อนน้ำเหลือใช้เพียงอย่างเดียว [7, 8] อีกทั้งยังให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงในขณะที่มีปริมาณเขม่าและก๊าซไอเสียต่ำ [1, 2, 3]

งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงของวัสดุสร้างความพรุนที่ส่งผลต่อสมรรถนะของหัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้ว โดยการปรับเปลี่ยนรูปทรงของวัสดุสร้างความพรุน 4 ลักษณะ คือ รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2 cm³ รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเจาะรูขนาด 2 cm³ รูปทรงสามเหลี่ยมพีรามิดที่มีขนาดความยาวของแต่ละด้านเท่ากับ 2 cm รูปทรงสามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรูที่มีขนาดความยาวของแต่ละด้านเท่ากับ 2 cm ตามลำดับ

2.อุปกรณ์การทดลอง

2.1 หัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้ว

หัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้ว(ดังแสดงในรูปที่ 1) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร และ สูง 15 เซนติเมตร ซึ่งภายในหัวเผาจะมีท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ขดอยู่ภายในและถูกล้อมรอบด้วยวัสดุสร้างความพรุน ในการทดลองกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำมันพืชใช้แล้วเท่ากับ 0.03kg/min และอัตราการไหลของน้ำที่ใช้ในการสร้างไอน้ำเท่ากับ 0.15 kg/min



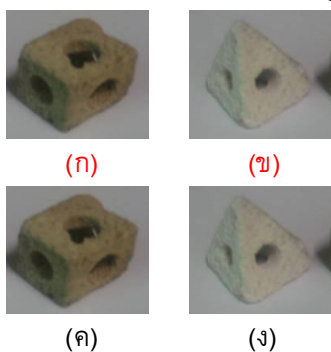
รูปที่ 1 หัวเผาน้ำมันปาล์มใช้แล้ว

- | | |
|----------------------------|---------------------|
| 1) Oil tank 1 | 2) Water tank |
| 3) Used oil flow meter oil | 4) Oil tank 2 |
| 5) Steam nozzle | 6) Water flow meter |
| 7) Combustion chamber | 8) Evaporator tube |
| 9) LPG burner (KB7) | |

การทดลองเริ่มจากการจุดหัวเผาแก๊ส LPG(KB7) หมายเลข 9 เพื่อให้ความร้อนกับวัสดุสร้าง ความพรุนที่บรรจุอยู่ใน Combustion chamber หมายเลข 7 เมื่อวัสดุสร้าง ความพรุนมีอุณหภูมิสูงขึ้น จะเกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างวัสดุสร้าง ความพรุนกับ Evaporator tube หมายเลข 8 ทำให้น้ำใน Evaporator tube กลายเป็นไอน้ำป้อนเข้าสู่ระบบ โดยไอน้ำนี้จะถูกพ่นผ่านหัวฉีดทำให้เกิดฝอยละออง น้ำมันและทำหน้าที่เหนี่ยวนำอากาศเข้าไปสู่ภายใน ห้องเผาไหม้ จนเกิดการลุกไหม้ของฝอยละอองน้ำมัน จากนั้นจึงปิดหัวเผาแก๊ส LPG แล้วรอจนระบบเข้าสู่ สภาวะคงตัว จึงทำการบันทึกค่าอุณหภูมิโดยใช้ Thermocouple type K เป็นเซนเซอร์และใช้ Data logger เป็นอุปกรณ์ในการบันทึกผล นอกจากนี้ยังทำ การบันทึกแก๊สไอเสียที่ได้จากการเผาไหม้ โดยใช้ เครื่องวัดไอเสีย Testo 350 XL เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในการ คำนวณหาค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้และ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนตามลำดับ

2.2 วัสดุสร้าง ความพรุน

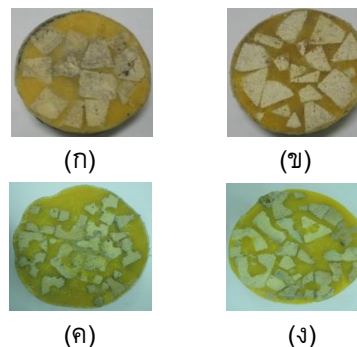
วัสดุสร้าง ความพรุนจะถูกบรรจุไว้ภายในหัวเผา น้ำมันพืชเพื่อทำหน้าที่เก็บความร้อนและถ่ายเทความร้อนให้กับขดท่อทองแดงที่ใช้ผลิตไอน้ำให้แกระบบ อีกทั้งยังทำหน้าที่ช่วยเพิ่มอัตราการคลุกเคล้า (Mixing rate) ระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงให้ดีขึ้น [1, 2 3]



รูปที่ 2 รูปทรงของวัสดุสร้าง ความพรุน

โดยวัสดุสร้าง ความพรุนที่ใช้ในงานวิจัยมีอยู่ ด้วยกัน 4 ลักษณะ คือ (ก) รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 2 cm^3 , (ข) รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเจาะรูขนาด 2 cm^3 , (ค) รูปทรงสามเหลี่ยมพีรามิดที่มีขนาดความยาว

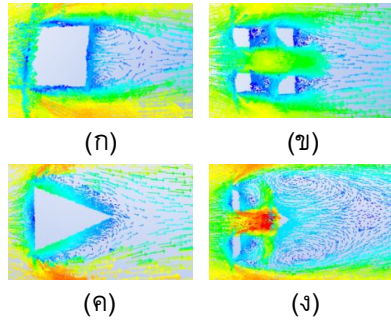
ของแต่ละด้านเท่ากับ 2 cm และ (ง) รูปทรง สามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรูที่มีขนาดความยาวของแต่ละ ด้านเท่ากับ 2 cm (ดังแสดงในรูปที่ 2) และในงานวิจัย นี้ยังได้แสดงแบบจำลองลักษณะโครงสร้างการจัดเรียง ตัวของวัสดุสร้าง ความพรุนรูปทรงต่างๆในหัวเผาด้วย วิธีการหล่อเทียน (ดังแสดงในรูปที่ 3) ซึ่งเห็นได้ว่า รูปทรงของวัสดุสร้าง ความพรุนที่เปลี่ยนไปส่งผลต่อ ลักษณะโครงสร้างการจัดเรียงตัวของวัสดุสร้าง ความ พรุนในหัวเผา โดยวัสดุสร้าง ความพรุนทรงสี่เหลี่ยม เจาะรูและรูปทรงสามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรูมีการ กระจายตัวของช่องว่างระหว่างเม็ดสม่ำเสมอว่าวัสดุ สร้างความพรุนรูปทรงอื่น ซึ่งหมายถึงโอกาสการเกิด ความปั่นป่วนของการไหลและอัตราการคลุกเคล้า ระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงที่ดี



รูปที่ 3 แบบจำลองการเรียงตัวของวัสดุสร้าง ความ พรุนรูปทรงต่างๆในหัวเผา (ก) ทรงสี่เหลี่ยม, (ข) ทรง สามเหลี่ยมพีรามิด, (ค) ทรงสี่เหลี่ยมเจาะรู, (ง) ทรง สามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรู

2.3 การจำลองการเกิดกระแสการไหลปั่นป่วนของ วัสดุสร้าง ความพรุน

การศึกษาอิทธิพลของรูปทรงวัสดุสร้าง ความพรุน ที่ส่งผลต่อสมรรถนะของหัวเผาน้ำมันพืช ในงานวิจัยนี้ ได้ศึกษาการเกิดกระแสการไหลปั่นป่วนในวัสดุสร้าง ความพรุนทั้ง 4 ลักษณะที่ใช้ในการทดลองด้วย ระเบียบวิธีปริมาตรสืบเนื่อง (Finite Volume Method) โดยการจำลองให้อากาศไหลแบบคงตัวด้วยความเร็ว คงที่ ณ อุณหภูมิห้อง ผ่านวัสดุสร้าง ความพรุน จากนั้นคำนวณค่าความปั่นป่วนของกระแสการไหล (Turbulence Intensity) (ดังแสดงในรูปที่ 4)



รูปที่ 4 การเกิดกระแสการไหลปั่นป่วนของวัสดุสร้าง
ความพรุนรูปทรงต่างๆ (ก) ทรงสี่เหลี่ยม, (ข) ทรง
สามเหลี่ยมพีรามิด, (ค) ทรงสี่เหลี่ยมเจาะรู, (ง) ทรง
สามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรู

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าวัสดุสร้างความพรุนทรง
สามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรูเกิดกระแสการไหลปั่นป่วน
สูงสุดซึ่งหมายถึงวัสดุสร้างความพรุนทรงสามเหลี่ยม
พีรามิดเจาะรูมีความสามารถในการสร้างอัตราการ
คลุกเคล้าระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงได้ดีกว่าวัสดุ
สร้างความพรุนรูปทรงอื่น ๆ

2.4 องค์ประกอบทางเคมีของเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือน้ำมันพืชเหลือใช้
จากการประกอบอาหารที่มีองค์ประกอบทางเคมี (ดัง
แสดงในตารางที่ 1) ซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำมันพืชใช้แล้ว
ยังคงมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันพืชใหม่ ดังนั้นจึงมี
ความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำมันพืชใช้แล้วกลับมาเป็น
เชื้อเพลิงใหม่

ตารางที่ 1 ตารางแสดงองค์ประกอบทางเคมีของ
น้ำมันปาล์ม [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.มาตรฐานการทดสอบ

ในการหาสมรรถนะของหัวเผาจะนำค่า
ประสิทธิภาพการเผาไหม้(η_c)และประสิทธิภาพเชิง
ความร้อน(η_{th})มาเป็นดัชนีในการชี้วัดสมรรถนะของ
หัวเผาซึ่งมาตรฐานการทดสอบในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิง
ตามมาตรฐาน DIN EN 203-1

3.1 การทดสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้

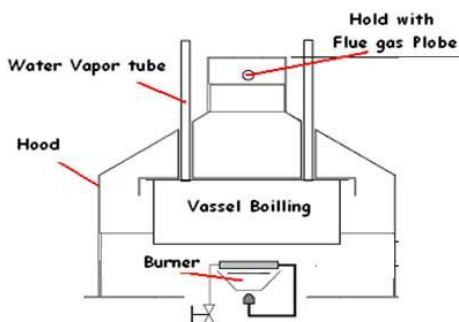
การวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้สามารถทำได้
โดยการนำอุปกรณ์เก็บก๊าซเสียที่ถูกสร้างตาม
มาตรฐาน DIN 203-1 นำมาครอบหัวเผาที่ติดแล้วทิ้ง
ไว้ 5 นาที จากนั้นนำหัววัดของเครื่องวัดไอเสีย Testo
350 XL ใส่ใน Hold with Flue gas Plobe ของ
อุปกรณ์เก็บก๊าซเสีย (ดังแสดงในรูปที่ 5) รอจนค่าก๊าซ
เสียเข้าสู่สภาวะคงตัวแล้วจึงบันทึกผลการทดลอง โดย
เก็บผล ทุกๆ 1 นาทีจนครบ 15 นาที โดยทำการ
บันทึกก๊าซ O_2 , CO_2 , CO และ NO_x จากนั้นนำค่าที่
ได้ทั้งหมดนี้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพการเผาไหม้
ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

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

3.2 การทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสามารถวัดได้ด้วยการ
ทดสอบมาตรฐานแบบวิธีการต้มเดือด(Water Boiling
Test, WBT) ภายใต้มาตรฐาน DIN 203-1 (ดังแสดง
ในรูปที่ 5) โดยเริ่มจากการเติมน้ำลงใน Vassel
Boiling 3000 กรัม พร้อมทั้งบันทึกอุณหภูมิเริ่มต้น
ของน้ำ ขั้นตอนต่อไปนำอุปกรณ์เก็บก๊าซเสียมาครอบ
หัวเผาที่ติดแล้วทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเริ่มบันทึก
อุณหภูมิของน้ำทุกๆ 1 นาทีตั้งแต่น้ำอุณหภูมิ 40
องศาเซลเซียส จนน้ำเริ่มเดือด หลังจากนั้นน้ำเดือดให้ต้ม
น้ำต่อไปอีก 5 นาที แล้วทำการชั่งน้ำหนักของน้ำที่
เหลือในภาชนะ จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้ไป
คำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้ดังนี้

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



รูปที่ 5 โครงสร้างภายในของชุดอุปกรณ์การทดสอบ
ตามมาตรฐาน DIN EN 203-1 [7, 8]

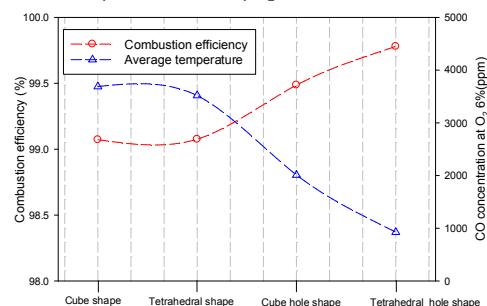
4. ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้อยู่ภายใต้การศึกษาคืออิทธิพลของรูปทรงของวัสดุสร้างความร้อนที่ส่งผลต่อสมรรถนะของหัวเผาไหม้พืช โดยกำหนดให้นิยามของสมรรถนะ คือ ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเสียจากการเผาไหม้

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเผาไหม้กับรูปทรงของวัสดุสร้างความร้อน

การศึกษาคืออิทธิพลของรูปทรงวัสดุสร้างความร้อนที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหัวเผาน้ำมันพืช ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ปรับเปลี่ยนรูปทรงของวัสดุสร้างความร้อน 4 ลักษณะ คือ รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเจาะรู รูปทรงสามเหลี่ยมพีรามิด และรูปทรงสามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรู จากผลการทดลองในรูปที่ 8 พบว่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหัวเผาน้ำมันพืชมีค่าอยู่ในช่วง 99.0% ถึง 99.78% โดยค่าสูงสุดเกิดขึ้นในการณ์วัสดุสร้างความร้อนรูปทรงสามเหลี่ยมเจาะรู เนื่องจากวัสดุสร้างความร้อนรูปทรงสามเหลี่ยมเจาะรูมีช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุมากกว่าวัสดุสร้างความร้อนรูปทรงอื่น ๆ อีกทั้งยังมีค่าความดันป่วนของกระแสการไหลสูงกว่ารูปทรงอื่น (ดังแสดงในหัวข้อ 2.2 และ 2.3) ส่งผลให้อากาศกับเชื้อเพลิงสามารถคลุกเคล้าได้ดี เป็นเหตุทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่งสังเกตได้จากอัตราการลดลงของปริมาตร CO (ดังแสดงในรูปที่ 6) โดยมี

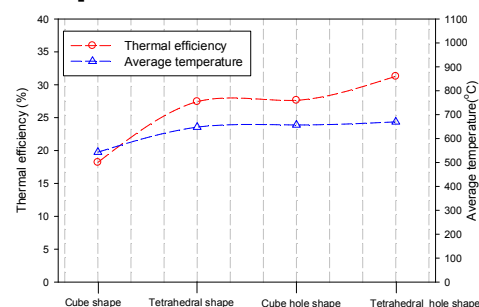
ค่าต่ำสุดเท่ากับ 925 ppm ที่มาตรฐาน O_2 6% ในกรณีของวัสดุสร้างความร้อนรูปทรงสามเหลี่ยมเจาะรู



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเผาไหม้กับรูปทรงของวัสดุสร้างความร้อน

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนกับรูปทรงของวัสดุสร้างความร้อน

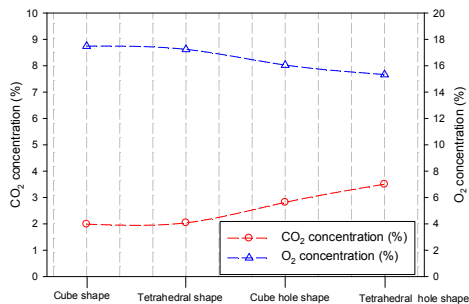
จากการทดลองปรับเปลี่ยนรูปทรงวัสดุสร้างความร้อนทั้ง 4 ลักษณะ เพื่อศึกษาผลกระทบที่มีต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา ผลที่ได้พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาอยู่ในช่วง 18.19% ถึง 31.28% (ดังแสดงในรูปที่ 7) โดยมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดเท่ากับ 32% ที่วัสดุสร้างความร้อนรูปทรงสามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรูซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากวัสดุสร้างความร้อนรูปทรงสามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรูสามารถสร้างอัตราการคลุกเคล้าระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงได้ดีทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่งดูได้จากค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่สูงขึ้นและอุณหภูมิเฉลี่ยในเตามีค่าสูงขึ้น (ดังแสดงในรูปที่ 7) เป็นผลให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนสูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อนกับรูปทรงของวัสดุสร้างความร้อน

4.3 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเสียจากการเผาไหม้

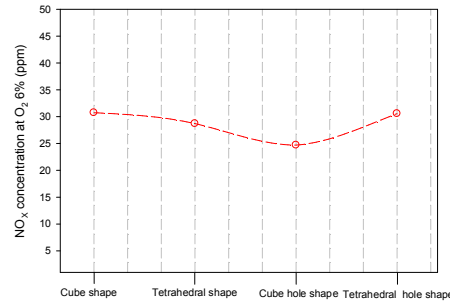
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) กับปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจน (O_2) เมื่อปรับเปลี่ยนวัสดุสร้างความพูน จากการทดลองพบว่าปริมาณความเข้มข้นของ CO_2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณความเข้มข้นของ O_2 มีค่าลดลง (ดังแสดงในรูปที่ 8) ซึ่งบ่งชี้ถึงแนวโน้มการเผาไหม้ที่ดี โดยปริมาณ CO_2 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.5% ในกรณีวัสดุสร้างความพูนรูปทรงสามเหลี่ยมเจาะรู และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.98% ในกรณีวัสดุสร้างความพูนรูปทรงสี่เหลี่ยม



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับรูปทรงของวัสดุสร้างความพูน

จากรูปที่ 9 แสดงปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จากการทดลองปรับเปลี่ยนวัสดุสร้างความพูนเป็นรูปทรงต่างๆ ผลที่ได้พบว่าปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดขึ้นมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 30.72 ppm ที่มาตรฐาน O_2 6% ในกรณีของวัสดุสร้างความพูนรูปทรงสี่เหลี่ยมเจาะรู และมีปริมาณความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 24.74 ppm ที่มาตรฐาน O_2 6% ในกรณีของวัสดุสร้างความพูนรูปทรงสี่เหลี่ยม

โดยปริมาณของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดขึ้นในการทดลองนี้คาดว่าเป็นผลเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง ไฮโดรคาร์บอน (C_xH_y) กับ ไนโตรเจน (N_2) ในอากาศ (Prompt NO_x) โดยที่ไม่เกิด Thermal NO_x และ fuel NO_x เนื่องจากอุณหภูมิที่ได้จากการเผาไหม้มีค่าต่ำ ($T < 1300^\circ\text{C}$)



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์กับรูปทรงของวัสดุสร้างความพูน

5.สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้อยู่ภายใต้การศึกษาอิทธิพลของรูปทรงของวัสดุสร้างความพูนที่ส่งผลต่อสมรรถนะของหัวเผา น้ำมันพืชใช้แล้ว โดยการปรับเปลี่ยนรูปทรงของวัสดุสร้างความพูน 4 ลักษณะ คือ รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2 cm^3 รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสเจาะรูขนาด 2 cm^3 รูปทรงสามเหลี่ยมพีรามิดที่มีขนาดความยาวของแต่ละด้านเท่ากับ 2 cm และ รูปทรงสามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรูที่มีขนาดความยาวของแต่ละด้านเท่ากับ 2 cm โดยกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำมันพืชเท่ากับ 0.03 kg/min และอัตราการไหลของน้ำที่ใช้ในการสร้างไอน้ำเท่ากับ 0.25 kg/min จากผลการทดลองพบว่าวัสดุสร้างความพูนแต่ละรูปทรงมีความสามารถในการสร้างความปั่นป่วนของกระแสการไหลและการสร้างอัตราคลุกเคล้าของเชื้อเพลิงกับอากาศที่แตกต่างกัน โดยที่วัสดุสร้างความพูนรูปทรงสามเหลี่ยมพีรามิดเจาะรูเป็นรูปทรงที่ทำให้หัวเผาน้ำมันพืชใช้แล้วมีสมรรถนะสูงสุด โดยมีค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้เท่ากับ 99.78% ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 31.28% และมีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเสียที่มาตรฐาน O_2 6% ดังนี้ CO เท่ากับ 925 ppm CO_2 เท่ากับ 3.5% และ NO_x เท่ากับ 30.54 ppm

6.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (mtec) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครที่ให้การ

สนับสนุนทุนวิจัย จึงช่วยให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วง
ไปได้ด้วยดี

7. สัญลักษณ์และคำย่อ

$C_{p,water}$ = Specific Heat of Water = 4.178, J/g °C
 $h_{fg,vapour}$ = Latent Heat of Vaporizer = 2260, J/g
 LHV_{fuel} = Lower Heating Value of Palm Oil, kJ/kg
 $\dot{m}_{fuel}$ = Mass flow rate of Palm oil, kg/min
 Q_{fuel} = ความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้
เชื้อเพลิง, kW
 $Q_{loss,co}$ = ปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากการเผา
ไหม้ CO , kW
 W_{water} = น้ำหนักน้ำที่ใช้ทดสอบ, g
 W_{vapor} = น้ำหนักไอน้ำที่ระเหยไปในการทดสอบ, g
 ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิ
สุดท้ายของน้ำที่ได้จากการทดสอบ, °C
 η_c = Combustion efficiency, %
 η_{th} = Thermal efficiency, %

8. เอกสารอ้างอิง

8.1 บทความจากเอกสารประกอบการประชุม

- [1] อารุณ ภูมิรัตนกุล เกษมศิลป์ อ่อนทอง และจารุวัตร เจริญสุข (2551). การพัฒนาหัวเผื่อน้ำมันปาล์มใช้แล้วด้วยเทคนิควัสดุพูน, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย, มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิษณุโลก
- [2] Arwut Lapirattanakul, Kasemsil Onthong and Jaruwat Charoensuk, Development of Used Vegetable Oil Burner using Porous Media, World Renewable Energy Congress 2009 –Asia The 3rd International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE 2009) 18-23 May 2009, Bangkok Thailand
- [3] เกษมศิลป์ อ่อนทอง ทวี เทศเจริญ และจารุวัตร เจริญสุข (2552). อิทธิพลรูปทรงของวัสดุสร้างความพูนที่ส่งผลต่อสมรรถนะหัวเผื่อน้ำมันปาล์มใช้แล้ว, การประชุมวิชาการวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

[4] J.F. Liu and W.H. Hsieh, Experimental investigation of combustion in porous heating burners, Comb. and Flame, vol. 138, pp. 295-303, 2004.

[5] A.I. Bakry, Stabilized Premixed Combustion within Atmospheric Gas Porous Inert Medium (PIM) Burner, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Tanta University, August 2006

8.2 รายงาน

- [6] อารุณ ภูมิรัตนกุล (2551). สมรรถนะเชิงความร้อนของเตาเผาไหม้วัสดุพูนที่มีการแบ่งจ่ายอากาศเป็นชั้น, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [7] บุญส่ง เพ็ชรน้อย (2549). การพัฒนาและประเมินสมรรถนะหัวเผื่อน้ำมันปาล์มใช้แล้วชนิดผสมอากาศก่อนการเผาไหม้, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[8] อรรถนพ ผาบเพ็ง (2546). การศึกษาเชิงทดลองของหัวเผาแบบพูนเผาไหม้น้ำมันพืช, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

7.8 เว็บไซต์

- [9] มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (2550). ทิศทางกิจการไฟฟ้า (ประเด็นที่ควรจับตามอง), แหล่งที่มา <http://learners.in.th/blog/biodiesel>