



การพัฒนาหัวพ่นไฟวัสดุพูนเชื้อเพลิงแข็งโดยใช้ตาข่ายสแตนเลสเป็นวัสดุพูน

Development of the Solid Fuel Burner Using Stainless Wire-Net as Porous Media.

นิวัฒน์ เกตุชาติ¹, ธวัชชัย จารุงศ์วิทยา¹, คมเพชร อินลา² และ บัณฑิต กฤตาคม^{1*}

ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพูน

(Development in Technology of Porous Materials Research Laboratory: DiTo-Lab)

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

² คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์

145 หมู่ 15 ต.นอกเมือง อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000

*ติดต่อ: E-mail: niwat.ke@rmuti.ac.th และ bundit.kr@rmuti.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 044-233-073, เบอร์โทรสาร: 044-233-074

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาหัวพ่นไฟวัสดุพูนเชื้อเพลิงแข็งเพื่อทดแทนการใช้น้ำมันรวมถึงแก๊สหุงต้มซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนที่ป้อนเชื้อเพลิงแข็งส่วนที่สองเป็นห้องพักอากาศ และส่วนที่สามเป็นห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงที่ใช้ คือ แกลบที่มีความชื้นอยู่ในช่วง 12 – 14 % ค่าความพูนของตาข่ายสแตนเลส (ϕ) เท่ากับ 0.774 ความหนาของแผ่นวัสดุพูน (H_E) มี 2 ความหนา คือ 3 และ 6 แผ่น จากการทดลองพบว่าระดับโครงสร้างทางอุณหภูมิ (T) จะเพิ่มขึ้นตาม H_E ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ CO มีแนวโน้มลดลง แต่ปริมาณ NO_x จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทำให้ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ (η_c) มีค่าเพิ่มขึ้นตาม H_E ที่มากขึ้น นอกจากนี้ยังศึกษาถึงอิทธิพลของอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F) และอัตราการจ่ายอากาศ (Q_A) ซึ่งได้ผลว่า เมื่อ Q_F เพิ่มขึ้น ระดับค่า T จะมีค่าเพิ่มขึ้นเกิดการเผาไหม้ที่รุนแรงยิ่งขึ้นทำให้ค่า CO สูงขึ้นตาม Q_F ที่สูงขึ้น แต่ระดับ T จะมีค่าสูงสุดเมื่อ $Q_A = 15 \text{ m}^3/\text{hr}$ และพบว่า NO_x มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อ Q_F และ Q_A มากขึ้นและมีค่าต่ำอยู่ในช่วงไม่เกิน 100 ppm

คำหลัก: หัวพ่นไฟวัสดุพูน, เชื้อเพลิงแข็ง, ตาข่ายสแตนเลส

Abstract

This research is a development of the solid porous burner to replace the use of oil and cooking gas as well as to reduce the production costs and environmental pollution. The major components of the experimental equipment consisted of 3 parts. The first part was the fuel injection zone. The second and third part air and combustion chamber. In experiment, the solid fuel was husk with humidity in the range of 12-14%, Porosity (ϕ) of 0.774 was used as porous media. and, also, two porous thickness (H_E) (3 and 6 plates) were tested. From the study, it was found that the level of temperature profile (T) was increased with H_E leading to CO was decreased. The level of NO_x was quite low. Then, the trend of combustion efficiency (η_c) was increased as increasing H_E . In addition,



the effect of fuel rate input (Q_F) and air flow rate (Q_A) were also conducted. The level of T were increased with Q_F and the strong combustion can be occurred resulting to the amount of CO was increased. However, there was the maximum value of T at $Q_A = 15 \text{ m}^3/\text{hr}$. The level of NO_x was quite low as increasing Q_F and Q_A was in the range not over 100 ppm.

Keywords: Solid porous burner, Solid Fuel, Stainless Wire – Net

1. บทนำ

ชีวมวล (Biomass) คือสารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ สารอินทรีย์เหล่านี้ได้มาจากพืช สัตว์ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การใช้งานชีวมวลเพื่อให้ได้พลังงานอาจจะทำโดย นำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าเพื่อทดแทนพลังงานจากฟอสซิล [1] ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงได้ ชีวมวลเหล่านี้มีแหล่งที่มาต่างๆ กัน อาทิ พืชผลทางการเกษตร (Agricultural crops) หรือของเหลือจากอุตสาหกรรมและชุมชน ตัวอย่างเช่น ชังข้าวโพด ชานอ้อย แกลบ ซึ่งวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ คือชีวมวลสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตพลังงานได้ เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้า หรือการผลิตความร้อนเพื่อใช้ในทางอุตสาหกรรม โดยเฉพาะแกลบ (Rice husk) เป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการสีข้าวเปลือก ในยุคที่ประเทศมีความต้องการพลังงานสูง แกลบถูกนำมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทน เนื่องจากสามารถหาได้ง่ายและยังมีราคาถูก การนำชีวมวลที่เป็นผลพลอยได้จากการเกษตรมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหัวพันไฟจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง เพื่อใช้ทดแทนการใช้น้ำมันและแก๊สสูงต้ม สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตและลดปัญหามลพิษที่เกิดกับสิ่งแวดล้อมได้ นอกจากนี้ปัญหาทางด้านเชื้อเพลิงแล้วประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหัวพันไฟก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญในการช่วยลดต้นทุนการผลิตและลดปัญหามลพิษเช่นกัน จึงเป็นเหตุให้นักวิจัยหลายกลุ่มได้หาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ และวิธีการที่ประสบความสำเร็จและได้รับความนิยมอย่างมากคือเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยใช้วัสดุพรุน ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพ

การเผาไหม้โดยใช้วัสดุพรุนจะสูงกว่าการเผาไหม้แบบปกติ ดังจะเห็นได้จากความสำเร็จจากการใช้วัสดุพรุนกับเชื้อเพลิงเหลว (น้ำมัน) และแก๊สสูงต้มในช่วงสองสามทศวรรษที่ผ่านมา [2 - 7]

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเริ่มมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เชื้อเพลิงแข็งกับหัวพันไฟวัสดุพรุนบ้างแล้วในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาโดยเฉพาะงานวิจัยของผู้เขียนบทความวิจัยนี้ เช่น นิวัฒน์ เกตุชาติ และคณะ [8] ได้ศึกษาอุณหภูมิในหัวพันไฟวัสดุพรุนชนิดเชื้อเพลิงแข็งพบว่าโครงสร้างทางอุณหภูมิ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความหนาของชั้นวัสดุพรุนตัวแปรังสี (H_E) ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อ H_E มีค่ามากตาข่ายจะมีพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ตาข่ายวัสดุพรุน ที่มี H_E สูงๆ มีความสามารถในการกักเก็บความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (แกลบ) ได้อย่างเต็มที่ จึงช่วยแปรังสีหรือสนับสนุนกลไกการเผาไหม้ได้ดีกว่ากรณีตาข่ายที่มี H_E ต่ำ ๆ ในปีต่อมา นิวัฒน์ เกตุชาติ และคณะ [9] ศึกษาอิทธิพลความหนาของชั้นวัสดุพรุนตัวแปรังสีที่มีผลต่อพฤติกรรมเผาไหม้ของหัวพันไฟวัสดุพรุนชนิดเชื้อเพลิงแข็งพบว่าอุณหภูมิในการเผาไหม้ (T) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความหนาของวัสดุพรุนตัวแปรังสี (H_E) ที่เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณแก๊สไอเสียพบว่าเมื่อ H_E หนาขึ้นปริมาณ CO มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ NO_x มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ (η_c) จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม H_E มากขึ้น และ Thawin Ponsen and Boonrit Prasartkaew [10] ได้ปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งที่ใช้ถ่านบดเป็นเชื้อเพลิงโดยการทดลองเป็นแบบสลับทิศทางไหลของก๊าซที่ผ่าน



สื่อกลางวัสดุพูนพบว่าจะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะสูงกว่าเตาเผาที่มีก๊าซไหลผ่านวัสดุพูนแบบทางเดียวจากการทดลองพบว่าช่วงสภาวะคงที่จะมีอุณหภูมิการเผาไหม้เฉลี่ยสูงสุดถึง 1,000°C และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนประมาณ 87%

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่เพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของหัวพันไฟวัสดุพูนเชื้อเพลิงแข็ง โดยนำเทคโนโลยีการเผาไหม้ที่ใช้วัสดุพูนเข้ามาช่วย ซึ่งจะใช้ตาข่ายสแตนเลสเกรด 304 เป็นวัสดุพูนทำการออกแบบห้องเผาไหม้ให้มีสองชั้นคือชั้นแรกเป็นห้องสำหรับเผาไหม้เชื้อเพลิง ส่วนชั้นที่สองเป็นห้องสำหรับติดตั้งวัสดุพูนเพื่อช่วยส่งเสริมกลไกการเผาไหม้ให้ดียิ่งขึ้น และใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง สำหรับข้อมูลที่ได้จากการศึกษาของงานวิจัยนี้ คาดว่าจะเป็นแนวทางใน การพัฒนาหัวพันไฟที่ใช้งานได้จริงในทางอุตสาหกรรม โดยเฉพาะหัวพันไฟที่ใช้ในการต้มน้ำในหม้อไอน้ำ (Boiler) แทนหัวพันไฟแบบเชื้อเพลิงเหลวและแก๊สในช่วงเวลาวิกฤตพลังงานในอนาคตต่อไป

2. รายการสัญลักษณ์

A_p	พื้นที่ภาพฉายในการคำนวณค่าวัสดุพูน (mm^2)
A_s	พื้นที่ผิวของเส้นลวดตาข่าย หน่วยเป็น (mm^2)
CO	คาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)
d	เส้นผ่าศูนย์กลางของตาข่ายสแตนเลส (mm)
E_{CO}	พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับ CO (kJ)
E_F	พลังงานความร้อนที่ได้รับจากเชื้อเพลิง (kJ)
E_U	พลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ (kJ)
F_T	สัดส่วนปริมาตรทั้งหมดในหนึ่งหน่วยปริมาตร
F_V	สัดส่วนเชิงปริมาตรของเนื้อวัสดุพูนเชิงปริมาตร
H_E	ความหนาของชั้นวัสดุพูนตัวแปรังสี
MC	ความชื้นตามมาตรฐานแห้ง
m_i	มวลของแกลบก่อนตากแดด (kg)
m_f	มวลของแกลบหลังตากแดด (kg)
NO_x	ไนโตรเจนออกไซด์ (ppm)

PE	วัสดุพูนตัวแปรังสี
p	ระยะพิชท์ของตาข่ายสแตนเลส (mm)
ppm	หนึ่งหน่วยต่อล้านส่วน
Q_A	อัตราการจ่ายอากาศ (m^3/hr)
Q_F	อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (kg/min)
T	อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)
X	ความยาวตามแนวแกนของหัวพันไฟ (mm)
η_c	ประสิทธิภาพการเผาไหม้
ϕ	ค่าความพูน

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1. อุปกรณ์การทดลอง

รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์การทดลองของหัวพันไฟเชื้อเพลิงแข็งที่มีการติดตั้งวัสดุพูนชนิดตาข่ายสแตนเลส (Stainless wire net porous) สามารถแบ่งออกได้ 3 ส่วนที่สำคัญประกอบไปด้วย ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนที่จ่ายเชื้อเพลิงแข็ง (Injection zone) เข้าสู่ห้องเผาไหม้โดยผ่านช่องจ่ายเชื้อเพลิงแข็ง (Solid fuel port) และถูกลำเลียงไปยังห้องเผาไหม้ด้วยสกรูเกลียว (Screw conveyor) ส่วนที่สองเป็นห้องพักอากาศเพื่อไม่ให้อากาศที่เข้ามาปะทะกับเชื้อเพลิงแข็งโดยตรงและรุนแรงเกินไป และส่วนที่สามเป็นห้องเผาไหม้ (Combustion chamber zone) ซึ่งห้องเผาไหม้จะมีสองชั้นคือ ชั้นแรกเป็นห้องสำหรับเผาไหม้เชื้อเพลิง ส่วนชั้นที่สองเป็นห้องสำหรับติดตั้งวัสดุพูน ซึ่งจะอยู่ด้านบนของห้องเผาไหม้ และขอนิยามเรียกว่าวัสดุพูนตัวแปรังสี (PE) ที่ทำจากตาข่ายสแตนเลสที่มีค่าความพูน (Porosity, ϕ) เท่ากับ 0.774 ความหนาของชั้นวัสดุพูนตัวแปรังสี (H_E) มี 2 ค่า ได้แก่ 3 และ 6 ชั้น

3.2. ขั้นตอนการทดลอง

เพื่อให้เข้าใจถึงปรากฏการณ์เผาไหม้ของเชื้อเพลิงแข็ง และการส่งถ่ายความร้อนระหว่างวัสดุพูนกับเปลวไฟที่เกิดขึ้น อุณหภูมิตามแนวแกนจึงถูกตรวจวัด

ดังรายละเอียดต่อไปนี้ เทอร์โมคัปเปิลชนิดเอ็น (N-type Thermocouples) จำนวน 14 ชิ้น ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 mm ระยะห่างกันแต่ละตัว 20 mm จะถูกติดตั้งในส่วนของห้องเผาไหม้ (Combustion chamber zone)

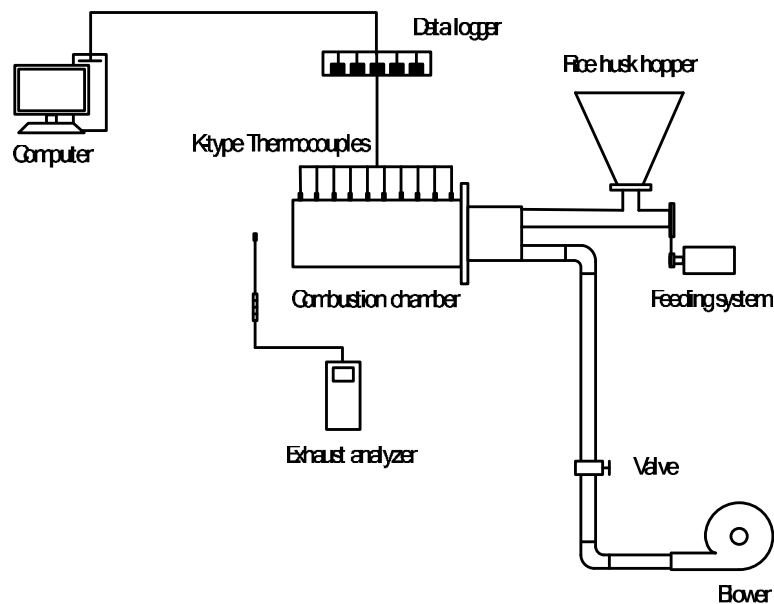
จากส่วนประกอบทั้งหมดของหัวพันไฟว์สตุพรุนเชื้อเพลิงแข็งจะมีหลักการทำงานคือ เมื่อนำเชื้อเพลิงแข็ง (แกลบ) ที่ผ่านการกำจัดความชื้นโดยการตากแดดมาจ่ายเข้าที่ช่องจ่ายเชื้อเพลิง (Solid fuel port) ดังแสดงในรูปที่ 2 สกรูลำเลียง (Screw conveyer) จะลำเลียงเชื้อเพลิงไปยังห้องเผาไหม้ (Combustion chamber) พร้อมทั้งจ่ายอากาศด้วยพัดลมเป่า (Blower) ที่ช่องจ่ายอากาศ (Air port) เพื่อใช้ในการเผาไหม้ จากนั้นจุดไฟด้วยวิธีไฟล่อ (Pilot flame) ที่ช่องจุดติดไฟเมื่อเชื้อเพลิงติดไฟเกิดการเผาไหม้แล้วเพิ่มความเร็วอากาศด้วยพัดลมเป่า (Blower) เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่รุนแรงขึ้น ขณะเดียวกันแก๊สไอเสีย CO และ NO_x ก็ถูกตรวจวัดที่ตำแหน่งทางออกของระบบ ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย (Exhaust analyzer) ยี่ห้อ Testo รุ่น M350

3.3 การหาค่าความชื้นของแกลบ

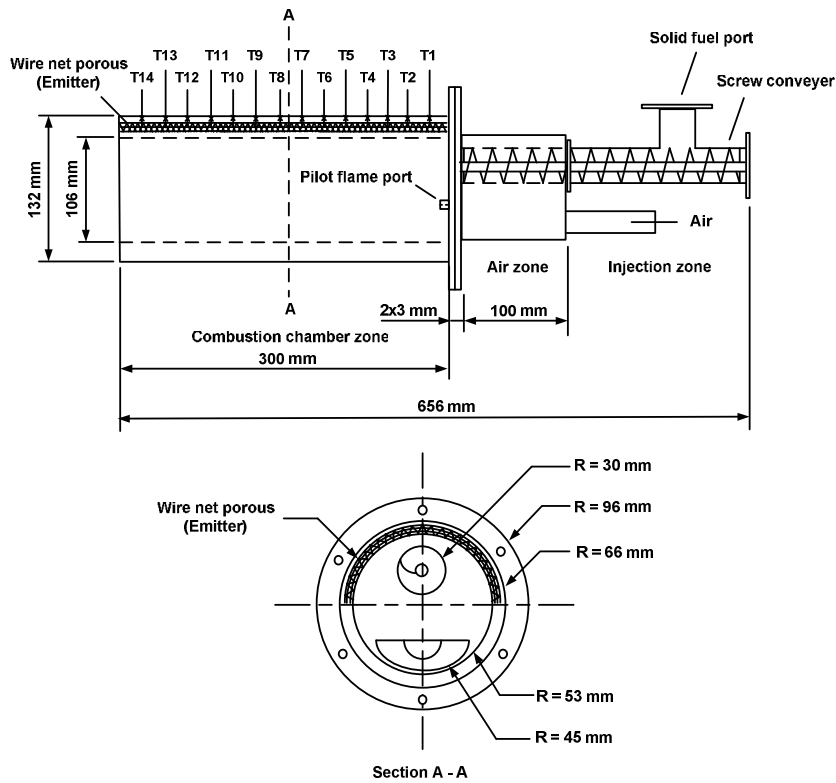
การวิเคราะห์หาค่าความชื้นเป็นวิธีที่ควรดำเนินการก่อนนำเชื้อเพลิงชีวมวล (แกลบ) ไปทำการเผาไหม้ เนื่องจากต้องทำการทดลองที่สภาวะความชื้นเดียวกันตลอดการศึกษาของงานวิจัยนี้ และจะรายงานบนพื้นฐานร้อยละของวัตถุแห้ง (% Dry matter basis DM) ซึ่งปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในแกลบ จะมีความสำคัญมาก เพราะความชื้นสูงมีผลต่อการติดไฟของแกลบ

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของงานวิจัยนี้กระทำโดยนำเชื้อเพลิง (แกลบ) มาชั่งมวลแล้วบันทึกค่าไว้เป็นมวลก่อนตากแดด จากนั้นนำแกลบไปตากแดดจนมวลของแกลบไม่เปลี่ยนแปลง แล้วนำแกลบมาชั่งมวลไว้เป็นมวลหลังตากแดด และทำการคำนวณค่าความชื้นได้ดังนี้

$$MC = \frac{m_i - m_f}{m_f} \times 100\% \quad (1)$$



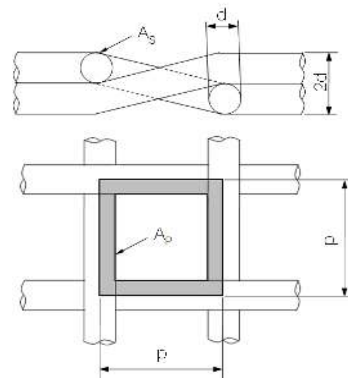
รูปที่ 1 แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์การทดลองของหัวพันไฟว์สตุพรุนเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 2 ขนาดห้องเผาไหม้ของหัวพ่นไฟวัสดุพูนเชื้อเพลิงแข็งที่ใช้เกลบเป็นเชื้อเพลิง

3.4 การหาความพูนของวัสดุพูนชนิดตาข่าย [5]

ค่าความพูน (Porosity, Φ) ของตาข่ายสแตนเลส ในงานวิจัยนี้จะคำนวณจากโครงสร้างทางกายภาพที่มีลักษณะตาข่ายสานกัน ดังแสดงในรูปที่ 3 การคำนวณหา ค่าความพูนจะพิจารณาจากปริมาตรเนื้อวัสดุของตาข่าย ซึ่งในที่นี้หาจากสัดส่วนเชิงปริมาตรของเนื้อวัสดุในหนึ่ง หน่วย (Fraction of volumetric material per unit volume, F_V) หักออกจากสัดส่วนทั้งหมดในหนึ่ง หน่วยปริมาตร (Unit total volume, $F_T = 1$)



รูปที่ 3 วัสดุพูนชนิดตาข่ายสแตนเลส [5]

$$\begin{aligned} \phi &= 1 - F_v \\ &= 1 - \left[\frac{A_s \times p \times 2}{p \times p \times d} \right] \\ &= 1 - \left[\frac{\pi \frac{d^2}{4} \times p \times 2}{p \times p \times d} \right] \\ &= 1 - \left(\frac{\pi d}{2p} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

สำหรับคุณลักษณะทางกายภาพตาข่ายสแตนเลสของงานวิจัยนี้ จะเลือกใช้ค่าความถี่หรือจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้ว (Pores per inch, PPI) หรือขนาดของเมส (Mesh Size) เท่ากับ 12 ช่อง ที่มีค่า $\phi = 0.774$

3.5 การหาประสิทธิภาพการเผาไหม้

สำหรับงานวิจัยนี้ เพื่อแสดงถึงสมรรถนะของหัวพ่นไฟวัสดุพ่นที่พัฒนาขึ้น ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Combustion efficiency, η_c) จะคำนวณเช่นเดียวกันกับงานวิจัยที่ผ่านมาคือ [8, 9] ดังสมการต่อไปนี้

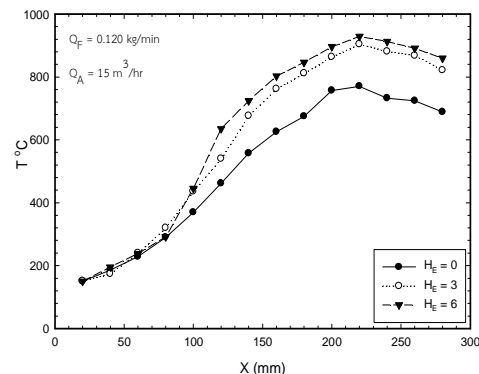
$$\eta_c = \frac{E_F - E_U - E_{CO}}{E_F} \times 100\% \quad (3)$$

4. ผลการทดลอง

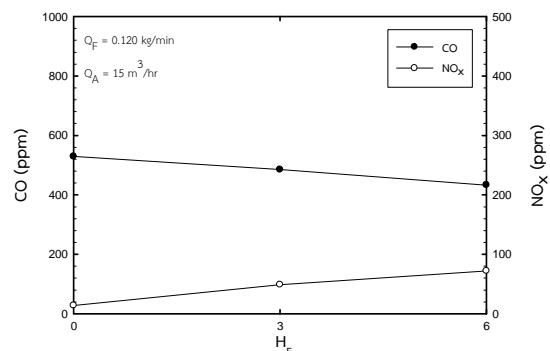
4.1 อิทธิพลความหนาของชั้นวัสดุพ่น (H_E)

รูปที่ 4 แสดงอิทธิพลความหนาของชั้นวัสดุพ่น (H_E) ต่อโครงสร้างทางอุณหภูมิ (Temperature profile, T) ที่สภาวะการเผาไหม้ $Q_F = 0.120$ kg/min $Q_A = 15$ m³/hr และติดตั้งวัสดุพ่นตัวแผ่นรังสี (Porous - Emitter, PE) ที่มี $\phi = 0.774$ พบว่า T มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม H_E ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก H_E ที่เพิ่มขึ้นจะมีพื้นที่สัมผัสภายในและเนื้อวัสดุที่เยอะกว่า จึงส่งผลให้สามารถกักเก็บพลังงานจากเปลวไฟหรือความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (แกลบ) ได้อย่างเต็มที่ ช่วยส่งเสริมการแผ่รังสีหรือสนับสนุนกลไกการเผาไหม้ได้ดีกว่ากรณีมีการติดตั้งตาข่ายด้วย H_E ต่ำ ๆ ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่

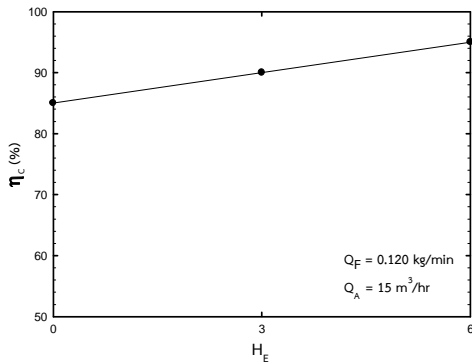
สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ CO ที่เกิดขึ้นในรูปที่ 5 กล่าวคือ ปริมาณ CO จะมีแนวโน้มลดลงตาม H_E ที่เพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณ NO_x จะเพิ่มขึ้นตาม H_E ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นการเกิด NO_x แบบ Thermal NO_x แต่ก็พอที่จะสังเกตได้ว่า NO_x เปลี่ยนแปลงน้อยมากไม่เกิน 100 ppm สำหรับค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ (η_c) ตามอิทธิพลของ H_E จะแสดงในรูปที่ 6 จะพบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยตาม H_E แต่ค่าที่ได้ก็มีระดับสูงอยู่แล้วประมาณ 85 - 95% จึงอาจกล่าวได้ว่าแม้ระดับ T จะสูงขึ้นตาม H_E แต่พฤติกรรมการเผาไหม้ของหัวพ่นไฟทุกค่า H_E ก็มีความสมบูรณ์เพียงพอ ซึ่งทำให้ค่า η_c อยู่ในระดับสูง



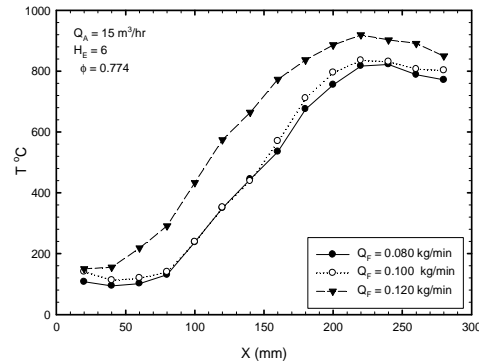
รูปที่ 4 แสดงอิทธิพลของ H_E ต่อ T



รูปที่ 5 อิทธิพลของ H_E ต่อปริมาณ CO และ NO_x



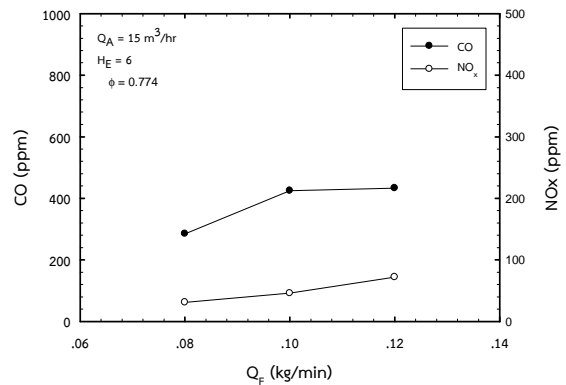
รูปที่ 6 อิทธิพลของ H_E ต่อ η_c



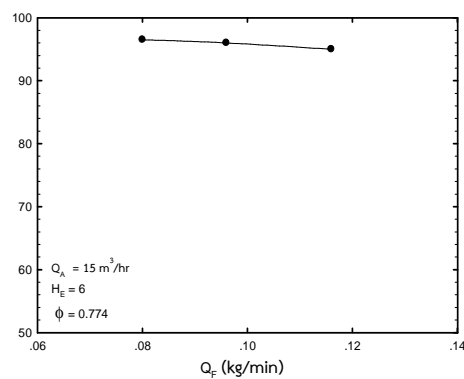
รูปที่ 7 แสดงอิทธิพลของ Q_F ต่อ T

4.2 อิทธิพลของอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F)

รูปที่ 7 แสดงอิทธิพลของอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F) ต่อโครงสร้างทางอุณหภูมิ (T) ที่สภาวะการเผาไหม้ $Q_A = 15 \text{ m}^3/\text{hr}$, $H_E = 6$ และ $\phi = 0.774$ จากการทดลองพบว่าโครงสร้างทางอุณหภูมิ (T) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม Q_F ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระบบได้รับปริมาณเชื้อเพลิงที่มากขึ้นทำให้เกิดการเผาไหม้ที่รุนแรงยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์เนื่องจากหัวพ่นไฟไม่สามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงที่จ่ายให้กับระบบได้หมดหรืออาจกล่าวได้ว่าระบบการเผาไหม้มีเชื้อเพลิงมากเกินไปดังจะเห็นได้จากปริมาณ CO ที่เพิ่มขึ้นตาม Q_F ที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 8 สำหรับปริมาณ NO_x จะเปลี่ยนแปลงน้อยมากตาม Q_F ที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่า η_c ที่แสดงในรูปที่ 9 จะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตาม Q_F ที่เพิ่มขึ้นมีค่าประมาณ 95% แม้ว่าที่ Q_F มาก ๆ จะมี T สูง แต่เนื่องจากปริมาณเชื้อเพลิงที่มากขึ้นก็ส่งผลให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ไม่หมดเช่นเดียวกัน จึงทำให้ η_c ไม่เปลี่ยนแปลงไปเท่าที่ควรเมื่อ Q_F ที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 8 อิทธิพลของ Q_F ต่อปริมาณ CO และ NO_x

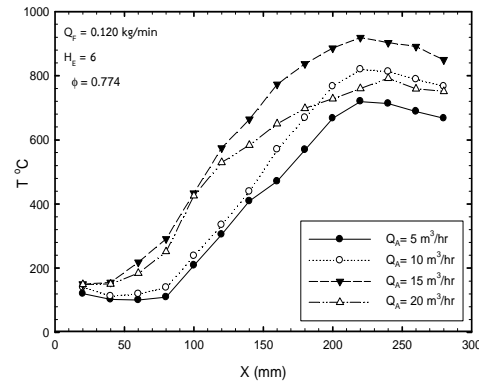
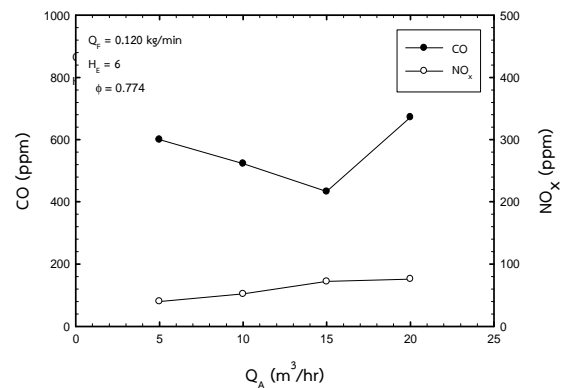
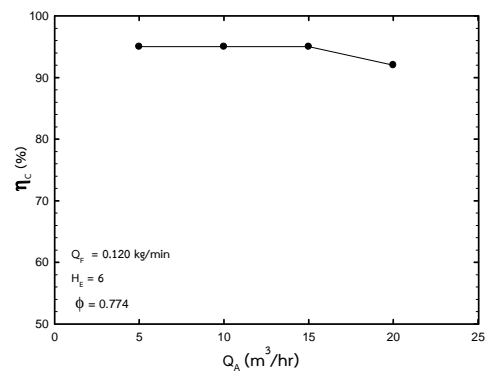


รูปที่ 9 อิทธิพลของ Q_F ต่อ η_c

4.3 อิทธิพลของอัตราการจ่ายอากาศ (Q_A)

รูปที่ 10 แสดงอิทธิพลของอัตราการจ่ายอากาศ (Q_A) ต่อโครงสร้างทางอุณหภูมิ (T) ที่สภาวะ

การเผาไหม้ $Q_F = 0.120 \text{ kg/min}$, $\phi = 0.774$ และ $H_E = 6$ พบว่าโครงสร้างทางอุณหภูมิต่ำ (T) ของหัวพ่นไฟที่สภาวะ $Q_A = 5 \text{ m}^3/\text{hr}$ ถึง $Q_A = 15 \text{ m}^3/\text{hr}$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณ Q_A ที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อ Q_A สูงกว่านี้ คือ $Q_A = 20 \text{ m}^3/\text{hr}$ โครงสร้างทางอุณหภูมิต่ำ (T) ของเปลวไฟกลับมีแนวโน้มลดลง ปรากฏการณ์เช่นนี้สามารถอธิบายได้ตามความเป็นจริงคือระบบได้รับอากาศเกินความจำเป็น ส่งผลให้อัตราส่วนผสมกับเชื้อเพลิง เกิดเป็นสภาวะการเผาไหม้ไอดีบาง (Lean combustion) ย่อมทำให้อุณหภูมิต่ำลง และอากาศบางส่วนได้พัดเชื้อเพลิง (แกลบ) ที่ยังไม่มีการเผาไหม้ออกไปกับอากาศด้วย ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ CO ที่เกิดขึ้นในรูปที่ 11 กล่าวคือมีแนวโน้มลดลงชัดเจนตาม Q_A ที่เพิ่มขึ้นจาก 5 ถึง $15 \text{ m}^3/\text{hr}$ และมีค่าต่ำสุดที่ $Q_A = 15 \text{ m}^3/\text{hr}$ แต่เมื่อ Q_A มากกว่า $15 \text{ m}^3/\text{hr}$ หรือเท่ากับ $20 \text{ m}^3/\text{hr}$ พบว่าปริมาณ CO มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณ NO_x จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตาม Q_A ที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 50-100 ppm ส่วนค่า η_c ดังแสดงในรูปที่ 12 มีประเด็นที่น่าสนใจคือ η_c จะเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อ Q_A ง่ายให้ระบบในช่วง 5 – $15 \text{ m}^3/\text{hr}$ และมีค่า η_c ประมาณ 95% แต่ถ้าเพิ่ม $Q_A = 20 \text{ m}^3/\text{hr}$ จะพบว่าค่า η_c จะมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน ผลที่เกิดขึ้นนี้ก็เกิดจากอิทธิพลของระบบได้รับอากาศเกินความจำเป็นรวมทั้งการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

รูปที่ 10 แสดงอิทธิพลของ Q_A ต่อ Tรูปที่ 11 อิทธิพลของ Q_A ต่อปริมาณ CO และ NO_x รูปที่ 12 อิทธิพลของ Q_A ต่อ η_c

5. สรุปผลการวิจัย

- 1) โครงสร้างทางอุณหภูมิต่ำ (T) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อความหนาของชั้นวัสดุพ่น (H_E) มากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณ

CO มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากที่ H_E เพิ่มมากขึ้นจะช่วยส่งเสริมกลไกการเผาไหม้ได้ดีกว่าตาข่ายที่มี H_E ต่ำ ๆ ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น สำหรับปริมาณ NO_x จะเพิ่มขึ้นตาม H_E ที่เพิ่มขึ้น และเป็นการเกิด NO_x แบบ Thermal NO_x

2) ค่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ (η_C) ของหัวพ่นไฟวัสดุพรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อ H_E เพิ่มขึ้น เนื่องจากที่ H_E มากขึ้นจะช่วยส่งเสริมการแผ่รังสีหรือสนับสนุนกลไกการเผาไหม้ได้ดีกว่าตาข่ายที่มี H_E ต่ำ ๆ

3) โครงสร้างทางอุณหภูมิตัว (T) ของหัวพ่นไฟวัสดุพรมจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อ Q_F เพิ่มขึ้นส่งผลให้ CO และ NO_x มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากระบบได้รับปริมาณเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการเผาไหม้ที่รุนแรงขึ้น สำหรับค่า η_C จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อ Q_F เพิ่มขึ้นมีค่าประมาณ 95%

4) โครงสร้างทางอุณหภูมิตัว (T) ของหัวพ่นไฟวัสดุพรมจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราการจ่ายอากาศ (Q_A) เพิ่มขึ้นจาก $5 \text{ m}^3/\text{hr}$ ถึง $15 \text{ m}^3/\text{hr}$ และ CO จะมีค่าต่ำสุดที่ $Q_A = 15 \text{ m}^3/\text{hr}$ แต่เมื่อ Q_A สูงมากกว่านี้ คือ $Q_A = 20 \text{ m}^3/\text{hr}$ จะทำให้ค่า T มีแนวโน้มลดลง สำหรับปริมาณ NO_x จะเปลี่ยนแปลงน้อยมากตาม Q_A ที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 50-100 ppm ในแง่ของ η_C จะลดลงเล็กน้อย เนื่องจากระบบได้รับอากาศเกินความจำเป็นและอากาศบางส่วนได้พัดเชื้อเพลิง (แก๊ส) ที่ยังไม่มีการเผาไหม้ออกไปกับอากาศ

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนขอขอบคุณ คุณ พระคุณ ห่องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพรม (Development In Technology of Porous Material Research Laboratory, DITO-Lab) รวมทั้งสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ที่ได้ให้การสนับสนุน อุปกรณ์การทดลอง และสถานที่ในการทดลอง เพื่อใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] บริษัท เอ็นเนอร์ยี่วิชั่น จำกัด (2556). *พลังงานชีวมวล*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.energyvision.co.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 24/04/2560.
- [2] Takami, H., Suzuki, T., Itaya, Y. and Hasatani, M. (1998). Performance of flammability of kerosene and NOX emission in the porous burner, *Fuel*, 1998, pp. 165-171.
- [3] Jugjai, S., Wongpanit, N., Laoketkan, T. and Nokkaew, S. (2002). The Combustion of Liquid Fuels using a Porous Medium, *Experimental thermal and Fluid Science*, Vol.25/1, pp.15-23.
- [4] Jugjai, S. and Phothiya, C. (2006). Liquid fuels-fire porous combustor-heater, *Fuel*, Vol.86, pp.1062-1068.
- [5] บัณฑิต กฤตาคม (2553). หัวพ่นไฟแบบวัสดุพรมโดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง, *วารสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, 14, มิถุนายน 2553, หน้า 46 - 58.
- [6] บัณฑิต กฤตาคม และ ทวีศิลป์เล็กประดิษฐ์ (2554). อิทธิพลของวัสดุพรมตัวแผ่รังสีต่อการเผาไหม้ของหัวพ่นไฟชนิดวัสดุพรมโดยใช้เชื้อเพลิงเหลว, *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ*, กรกฎาคม - ธันวาคม
- [7] บัณฑิต กฤตาคม และคณะ (2556). หัวพ่นไฟวัสดุพรมเชื้อเพลิงแก๊สเอลพีจีที่ใช้อะลูมินา-คอร์ติไรท์เม็ดกลมเป็นวัสดุพรมแบบเม็ดกลมอัดแน่น, *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, หน้า 42-49.
- [8] นิวัฒน์ เกตุชาติ และคณะ (2558). การศึกษาอุณหภูมิในหัวพ่นไฟวัสดุพรมชนิดเชื้อเพลิงแข็ง, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, จังหวัดนครราชสีมา
- [9] นิวัฒน์ เกตุชาติ และคณะ (2559). อิทธิพลความหนาของชั้นวัสดุพรมตัวแผ่รังสีที่มีผลต่อพฤติกรรมการเผาไหม้ของหัวพ่นไฟวัสดุพรมชนิด



เชื้อเพลิงแข็ง, การประชุมวิชาการเครือข่าย
วิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 30,
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, จังหวัดสงขลา

- [10] Thawin Ponsen and Boonrit Prasartkaew
(2014). Pulsation Gas Flow Porous Medium
Burner Fueled with Solid Feedstock, *The 5th*
TSME International Conference on
Mechanical Engineering, 17 - 19th
December 2014.