

AEC-25

การศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้ของหัวพ่นไฟวัสดุพรุนเชื้อเพลิงเหลวที่มีเปลวไฟเป็นแบบวงแหวน

Study the Combustion Behavior of Annular- Flame Liquid Porous Burner

สุภารัตน์ ปรานัญญา, กรกฎ วามะลุน, ธงไทย์ แสงขาว, ปวีรบรรต เหิรเมฆ, สมชาย มาหามแห
และบัณฑิต กฤตาคม *

ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาเทคโนโลยีของวัสดุพรุน

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

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ สถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

*ติดต่อ: E-mail: Panpanya60@gmail.com และ bundit.kr@rmutt.ac.th, โทรศัพท์ 044 233 073, โทรสาร 044 233 074

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวในหัวพ่นไฟวัสดุพรุนที่มีการจ่ายอากาศแบบวงแหวน (APB) วัสดุพรุนที่เลือกใช้เป็นแบบเม็ดกลมอัดแน่นทำมาจากเม็ดเซรามิกสัฟไฟท์ทรงกลมชนิดอะลูมินา-คอร์ดีไรท์ (Al-Co) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 1.8 cm หัวพ่นไฟจะมีส่วนประกอบหลัก ๆ 3 ส่วน ประกอบไปด้วย ส่วนที่ 1 เป็นส่วนจ่ายเชื้อเพลิง ส่วนที่ 2 เป็นชั้นวัสดุพรุน (PB) ซึ่งสองส่วนแรกนี้จะยึดติดเป็นชิ้นเดียวกัน สำหรับส่วนที่ 3 จะเป็นการจ่ายอากาศแบบสี่ทิศทาง และเกิดการเผาไหม้ โดยส่วนที่ 3 จะสร้างกรอบ PB ไว้เพื่อให้ PB สามารถเลื่อนตัวได้ ซึ่งระยะการปรับตำแหน่งของระยะห่างระหว่างผิวด้านล่างของ PB กับตำแหน่งการจ่ายอากาศสี่ทิศทาง (X_{PA}) แบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ -30, -10, 10, และ 30 mm. จากการทดลองพบว่าเปลวไฟมีลักษณะเป็นวงแหวนอย่างชัดเจนที่ X_{PA} เท่ากับ 30 mm. โครงสร้างทางอุณหภูมิ (T) ของหัวพ่นไฟทั้ง 4 รูปแบบ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F) แต่มีแนวโน้มลดลงตามอัตราการจ่ายอากาศสี่ทิศทาง (Q_A) ที่เพิ่มขึ้น ปริมาณ CO ของหัวพ่นไฟทั้ง 4 รูปแบบ มีแนวโน้มลดลงเมื่อ Q_A เพิ่มขึ้นและ Q_F ลดลง สำหรับ NO_x ในกรณี X_{PA} มีค่าเป็นลบ (-30 และ -10) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม Q_F ที่เพิ่มขึ้น และ Q_A ลดลง แต่ในกรณี X_{PA} มีค่าเป็นบวก (10 และ 30) ปริมาณ NO_x เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากกลไกการเผาไหม้เป็นแบบขั้นตอน (Staged combustion) ส่งผลให้ระดับอุณหภูมิการเผาไหม้ต่ำ และเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

คำสำคัญ: หัวพ่นไฟวัสดุพรุน, การจ่ายอากาศแบบวงแหวน, น้ำมันดีเซล, การเผาไหม้

Abstract

This paper aimed to study the combustion behavior of liquid fuel on the annular- air porous burner (APB). Alumina-Cordierite (Al-Co) ceramics ball having average diameter of 1.8 cm was used as spherical packed-bed porous media. There were 3 main parts of the present burner. The first was the supplying-fuel part. The second was the porous burner (PB) part attached with the first part as the one piece. The third was the injection of four-way air and combustion zone. The PB part was covered by the third part owing to the movement of the PB part. The adjustable distance between the bottom surface of PB and the location of four-way air supplying (X_{PA}) investigated in the present study were four distance, i.e., -30, -10, 10 and 30 mm. From the experiment, it was found that the explicit annular flame was achieved at $X_{PA} = 30$ mm. The temperature profile (T) of all four burners was increased with fuel rate input (Q_F) but it was decreased as increasing the four-way air flow rate (Q_A). The amount of CO in all porous burners was decrease with Q_F increasing and Q_F decreasing. For the negative

AEC-25

value of X_{FA} (-30 and -10) the trend of NO_x was increased with Q_F increasing and Q_A decreasing. On the other hand, the trend of NO_x was decreased for the positive value of X_{PA} (10 and 30) because, of this mechanism was the staged combustion leading to a lower temperature of combustion was occurred.

Keyword: Porous burner, Annular-air flow rate, Diesel oil, Combustion

1. บทนำ

การประยุกต์ใช้วัสดุพรุน (Porous medium) ร่วมกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวได้ถูกศึกษา และพัฒนาอย่างต่อเนื่องในสามทศวรรษที่ผ่านมา [1-3] เนื่องจากวัสดุพรุนซึ่งเป็นของแข็งที่มีช่องว่างผสมอยู่จะเป็นโครงสร้างที่มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้ จึงส่งเสริมการถ่ายเทความร้อนเปลี่ยนรูปพลังงานได้ระหว่างการพาความร้อน (Heat convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Thermal radiation) และยังพบว่า การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นภายในวัสดุพรุนนั้นจะให้การเผาไหม้ที่มีการหมุนเวียนความร้อนในตัวเอง ซึ่งการหมุนเวียนความร้อนที่เกิดขึ้นจะช่วยส่งเสริมการเผาไหม้ให้สมบูรณ์พร้อมปลดปล่อยมลพิษในปริมาณต่ำทั้ง CO และ NO_x

จากลักษณะเด่นของวัสดุพรุนดังกล่าว ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการหยดเชื้อเพลิงเหลวลงบนวัสดุพรุน [4-10] เรียกว่า หัวพ่นไฟวัสดุพรุนเชื้อเพลิงเหลว (Liquid porous burner) ให้ไหลออกมาผสมกับอากาศบริเวณทางออกของชั้นวัสดุพรุนเกิดการเผาไหม้ จากการศึกษเชิงการทดลองของการเผาไหม้แบบวัสดุพรุนนี้ พบว่าสามารถเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวได้อย่างสมบูรณ์ ปลดปล่อยมลพิษต่ำ หัวเผาไหม้มีขนาดเล็กลงเมื่อเทียบกับแบบปกติ และไม่จำเป็นต้องใช้หัวฉีดความดันสูงอีก ทั้งยังมีกลไกการแผ่รังสีความร้อน และการนำความร้อนตลอดชั้นวัสดุพรุนนำไปสู่การจุดติดไฟได้เอง และช่วยส่งเสริมการเผาไหม้ได้ดี

จากผลการทดลองของนักวิจัยดังกล่าวข้างต้นพบข้อสังเกตที่น่าสนใจอย่างหนึ่ง กล่าวคือ แม้ระบบจะให้การเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิสูง แต่ในขณะเดียวกันแก๊สไอเสียโดยเฉพาะออกไซด์ของไนโตรเจน(NO_x)จะปลดปล่อยสู่บรรยากาศสูงตามไปด้วย ซึ่ง NO_x ที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามหลักการของ Thermal NO_x ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวความคิดที่จะลดการเกิด NO_x (Thermal NO_x) จากหัวพ่นไฟแบบนี้ โดยใช้การจ่ายอากาศเข้าห้อง

เผาไหม้แบบวงแหวน (Annular air flow) เนื่องจากการจ่ายอากาศแบบนี้จะช่วยให้อุณหภูมิเกิดการเผาไหม้เป็นแบบลำดับขั้น (Staged combustion) ซึ่งเป็นกระบวนการหลีกเลี่ยงการเผาไหม้ที่ได้อุณหภูมิสูง และไม่เกิดการเผาไหม้ทันทีทันใด จะนำไปสู่การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น [11]

2. รายการสัญลักษณ์

PB	วัสดุพรุนหัวพ่นไฟ (Porous burner)
PE	วัสดุพรุนตัวแผ่รังสี (Porous emitter)
ppm	หน่วยวัดความเข้มข้นของแก๊สต่อล้านส่วน
Q_A	อัตราการจ่ายอากาศหมุนวน (L/min)
Q_F	อัตราการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (cc/min)
T	อุณหภูมิ ($^{\circ}C$)
T_b	อุณหภูมิจุดเดือด ($^{\circ}C$)
T_{max}	อุณหภูมิสูงสุด ($^{\circ}C$)
V_s	ปริมาตรช่องว่าง (cm^3)
V_T	ปริมาตรทั้งหมด (cm^3)
ϕ	ค่าความพรุน

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

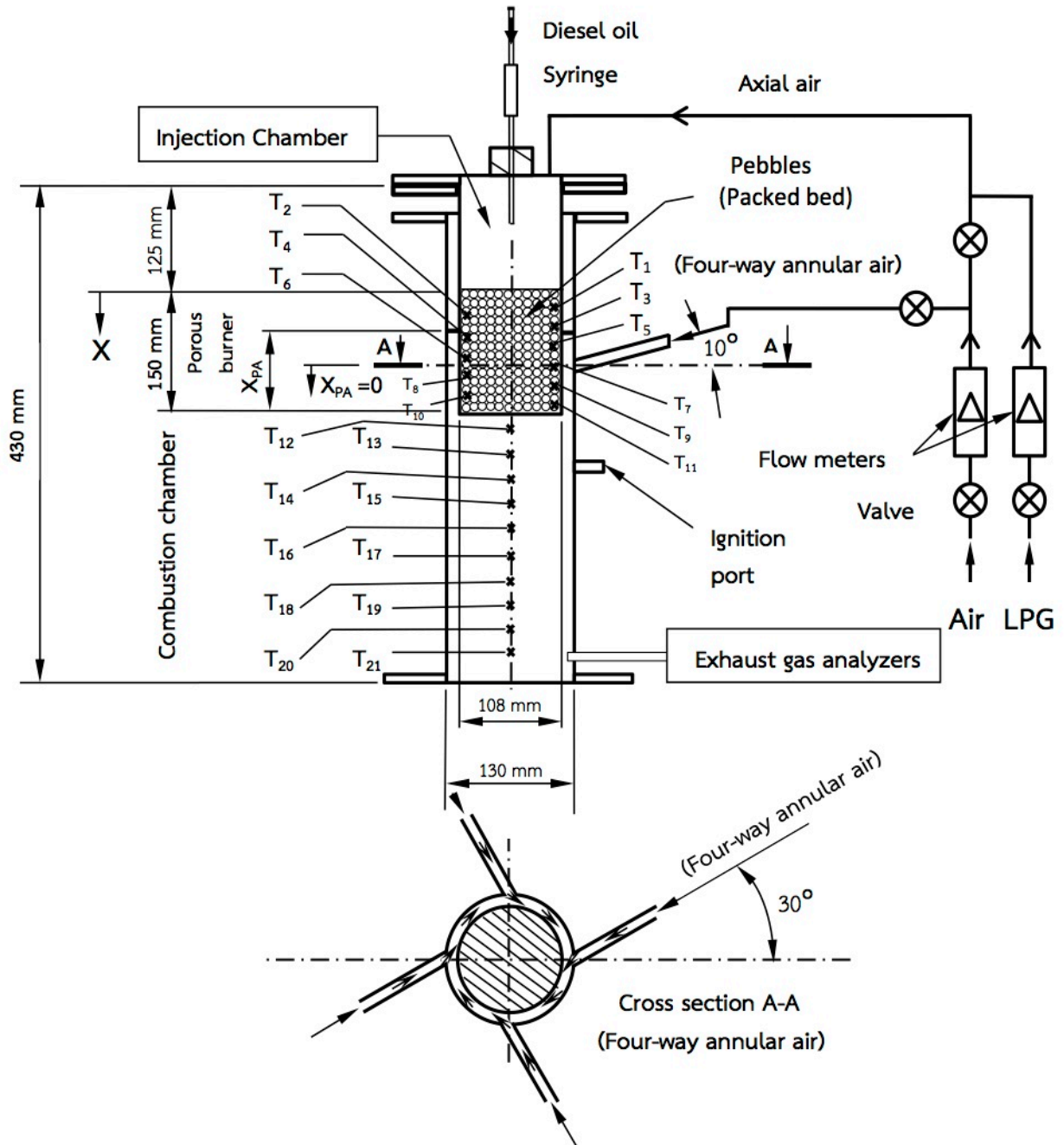
3.1 อุปกรณ์การทดลอง

จากรูปที่ 1 แสดงแผนผังหัวพ่นไฟวัสดุพรุนเชื้อเพลิงเหลวที่มีเปลวไฟเป็นแบบวงแหวน และที่มีการจ่ายอากาศเป็นแบบวงแหวน 4 ทิศทาง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญประกอบไปด้วย ส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนที่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (Injection zone) โดยการหยดน้ำมันจากชุดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (Syringe) ลงสู่วัสดุพรุนส่วนที่สองเป็นการอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิง และเกิดการระเหย (Porous burner zone) ภายในชั้นวัสดุพรุน ซึ่งวัสดุพรุนบรรจุอยู่ข้างในท่อสแตนเลสที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 108 mm หนา 3.5 mm เป็นระยะทางยาว 150 mm ในส่วนนี้ชั้นวัสดุพรุน PB สามารถเคลื่อนที่เลื่อนขึ้นเลื่อนลงได้

AEC-25

เพื่อเป็นการปรับระยะห่างระหว่างชั้นวัสดุพุนกับช่อง
จ่ายอากาศลักษณะวงแหวน 4 ทิศทางเข้าห้องเผาไหม้
และส่วนสุดท้ายคือส่วนที่มีการคลุกเคล้าระหว่างอากาศ

ที่เป็นแบบวงแหวนกับไอน้ำมันเชื้อเพลิง และเกิด
การเผาไหม้ (Combustion zone)



รูปที่ 1 แสดงแผนผังหัวพ่นไฟวัสดุพุนเชื้อเพลิงเหลว
ที่มีเปลวไฟเป็นแบบวงแหวน

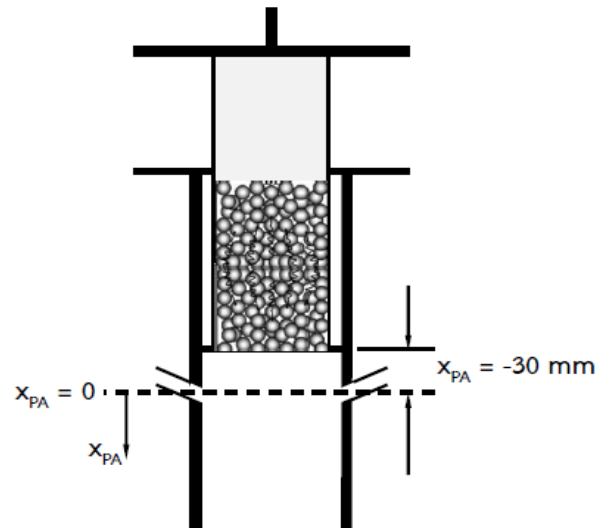
AEC-25

จากส่วนประกอบทั้งหมดของหัวพ่นไฟแบบนี้จะมีหลักการทำงาน คือ เมื่อน้ำมันเชื้อเพลิงถูกหยดลงมาจากด้านบนสุดของระบบ (Injection zone) ผ่านจนมาถึงส่วนที่เป็นวัสดุพรุน (Porous burner zone) ที่มีอุณหภูมิต่อการระเหยจะทำให้เชื้อเพลิงกลายเป็นไอจนหมดในชั้นวัสดุพรุน หลังจากนั้นน้ำมันเชื้อเพลิงจะไหลลงสู่บริเวณทางออกของชั้นวัสดุพรุน เข้าสู่ (Combustion zone) เกิดการผสมคลุกเคล้าอย่างรุนแรงนำไปสู่การจุดติดไฟ (Ignition) และเกิดการเผาไหม้ในที่สุดเปลวไฟที่เกิดขึ้นจะแผ่รังสีความร้อนย้อนกลับไปยังชั้นวัสดุพรุนทำให้มีความร้อนหมุนเวียนภายในเป็นวัฏจักร และเกิดการเผาไหม้อย่างต่อเนื่องตรงที่มีการหยดเชื้อเพลิงลงบนชั้นวัสดุพรุน

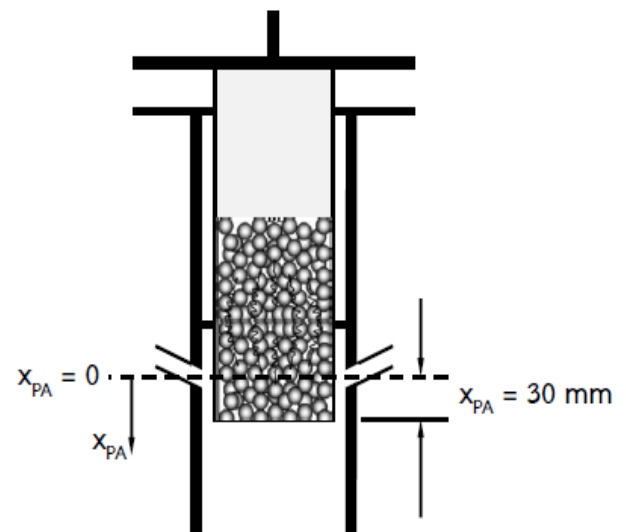
ด้วยเหตุนี้เพื่อให้เข้าใจถึงปรากฏการณ์ การเผาไหม้กลไกการระเหยของเชื้อเพลิง และการส่งถ่ายความร้อนระหว่างชั้นวัสดุพรุนกับเปลวไฟที่เกิดขึ้นอุณหภูมิตามแนวแกน และแก๊สไอเสียจึงถูกตรวจวัดดังรายละเอียดต่อไปนี้ เทอร์โมคัปเปิลชนิดเอ็น (N-type thermocouples) จำนวน 21 ชิ้น ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.1 mm จะถูกติดตั้งในระบบ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามตำแหน่งที่ติดตั้ง แบ่งได้ดังนี้ กลุ่มที่หนึ่งเทอร์โมคัปเปิลจำนวน 10 ชิ้น จะติดตั้งตามแนวแกนที่ผิวด้านในของท่อบรรจุวัสดุพรุน และสัมผัสกับผิวด้านนอกของวัสดุพรุน สาเหตุที่ไม่สอดเทอร์โมคัปเปิลจนทะลุถึงตำแหน่งตรงกลาง เนื่องจากไม่ต้องการให้เทอร์โมคัปเปิลกีดขวางการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงผ่านชั้นวัสดุพรุน ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อกลไกการระเหยได้สำหรับกลุ่มที่สองเทอร์โมคัปเปิลจำนวน 11 ชิ้น จะติดตั้งในตำแหน่งกึ่งกลางของระบบตามแนวแกนแก๊สไอเสียที่จะเกิดขึ้นจะไหลออกจากระบบทางด้านล่างของท่อสแตนเลส และถูกตรวจวัดหาปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกซิเจน (O_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย (Exhaust analyzer) ยี่ห้อ Test-to รุ่น M350 นำเสนอปริมาณแก๊สไอเสียโดยปรับค่าเทียบกับออกซิเจนส่วนเกิน 0% ในพื้นฐานแห้ง (Correction by 0% excess oxygen on dry basis)

3.2 แนวทางการจ่ายอากาศแบบวงแหวน

เพื่อให้เกิดอากาศไหลเข้าหัวพ่นไฟแบบวงแหวนระยะห่างระหว่างชั้นวัสดุพรุน และท่อจ่ายอากาศ (X_{PA}) จะมีการเลื่อนพ่นไฟด้านนอกทั้งหมด 4 ระยะ ได้แก่ -30, -10, 10, และ 30 mm โดยเทียบกับตำแหน่งการจ่ายอากาศแบบวงแหวน ดังแสดงตัวอย่างที่ระยะ X_{PA} เท่ากับ -30 mm และ 30 mm ในรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 2 $X_{PA} = -30$ mm



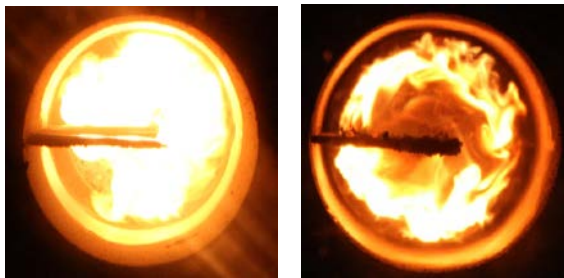
รูปที่ 3 $X_{PA} = 30$ mm

AEC-25

4. ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะเปลวไฟของหัวพ่นไฟที่ทำการศึกษา

รูปที่ 4 แสดงภาพถ่ายลักษณะเปลวไฟของหัวพ่นไฟ 2 รูปแบบ เป็นภาพถ่ายของการทดลองที่สภาวะ อัตราการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel heat input, Q_F) เท่ากับ 6.0 cc/min และอัตราการจ่ายอากาศสี่ทาง (Four way air-flow rate, Q_A) คือ 400 L/min จากการ สังเกตพบว่าเปลวไฟ ทั้ง 2 รูปแบบจะมีความปั่นป่วน เต็มหน้าตัดช่วยส่งเสริมการเผาไหม้ที่ดี เปลวไฟจะมี รูปแบบที่เป็นการจ่ายอากาศแบบหมุนวน เมื่อหัวพ่นไฟ มีระยะ $X_{PA} = -30$ mm (รูปที่ 4 (ก)) กล่าวคือ เกิดจาก การเลื่อนชั้นวัสดุพอร์น (PB) ลงมาให้ผิวด้านล่างต่ำกว่า ตำแหน่งการจ่ายอากาศสี่ทางเป็นระยะ -30 mm สำหรับ กรณี $X_{PA} = 30$ mm เกิดการจ่ายอากาศแบบวงแหวน และ พบว่าเปลวไฟมีลักษณะเป็นวงแหวนอย่างเด่นชัด และ ปั่นป่วนเต็มหัวพ่นไฟ (รูปที่ 4 (ข))



(ก) $X_{PA} = -30$ mm

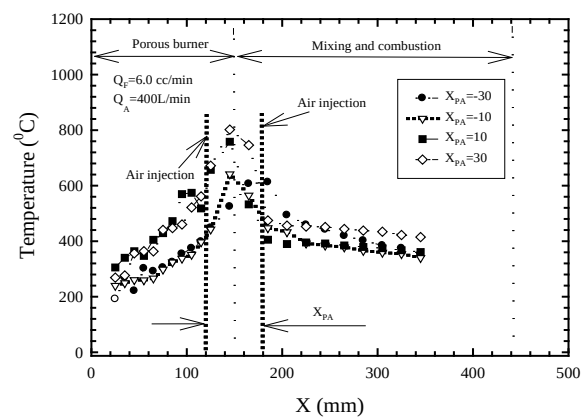
(ข) $X_{PA} = 30$ mm

รูปที่ 4 ลักษณะเปลวไฟ

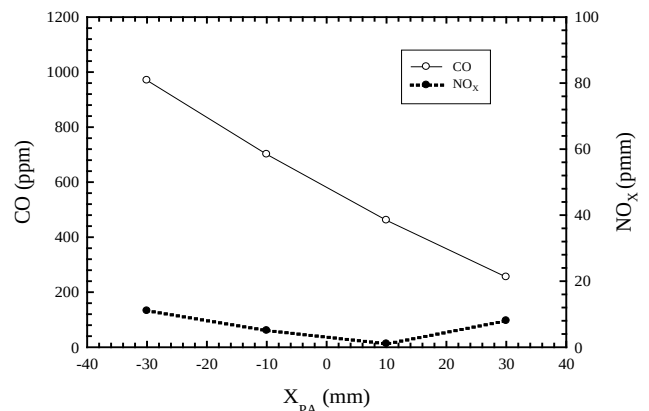
4.2 อิทธิพลของ X_{PA}

รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบโครงสร้างทางอุณหภูมิ (T) จากอิทธิพลของระยะห่างระหว่างชั้นวัสดุพอร์นกับท่อ จ่ายอากาศ (X_{PA}) ทำการทดลองที่สภาวะ $Q_F = 6.0$ cc/min และ $Q_A = 400$ L/min วัสดุพอร์นหัวพ่นไฟ (PB) เป็นเซรามิกสังเคราะห์จากอะลูมินา-คอร์ดีไรท์ (Alumina cordierite, Al-Co) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เฉลี่ยเท่ากับ 1.8 cm พบว่าเมื่อ X_{PA} เพิ่มขึ้น T จะมี แนวโน้มสูงขึ้นตลอดทั้งความยาวของหัวพ่นไฟอย่าง เด่นชัด หรืออาจกล่าวได้ว่าการจ่ายอากาศแบบวงแหวน ($X_{PA} = 10$ และ 30 mm) จะสามารถเผาไหม้ได้เต็มที่ หรือสมบรูณ์แบบกว่าการจ่ายอากาศแบบหมุนวน

($X_{PA} = -10$ และ -30 mm) ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณ CO ที่มีแนวโน้มลดลงตาม X_{PA} ที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 6 นอกจากนี้ลักษณะพฤติกรรมของการเผาไหม้ของ ปฏิกิริยาการเผาไหม้เช่นนี้ อาจอธิบายเพิ่มเติมได้ด้วยการเผาไหม้เป็นลำดับขั้นตอน (Staged combustion) ของอากาศที่เป็นวงแหวนจะค่อย ๆ ผสมและเผาไหม้ ตามความยาวของหัวพ่นไฟ ซึ่งเป็นการป้องกันระดับ อุณหภูมิที่สูงขึ้นทันทีทันใดของการเผาไหม้ ดังจะเห็นได้ จากปริมาณ NO_x ที่ค่อนข้างต่ำ แม้ว่าระดับอุณหภูมิ การเผาไหม้จะสูงขึ้นตาม X_{PA} สูงๆ



รูปที่ 5 อิทธิพลของ X_{PA} ต่อ T



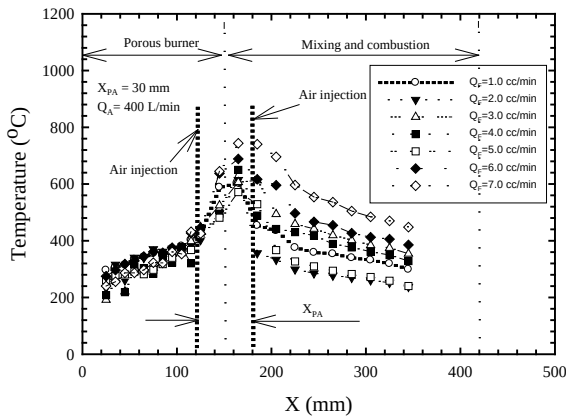
รูปที่ 6 อิทธิพลของ X_{PA} ที่มีต่อ CO และ NO_x

4.3 อิทธิพลของอัตราการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (Q_F)

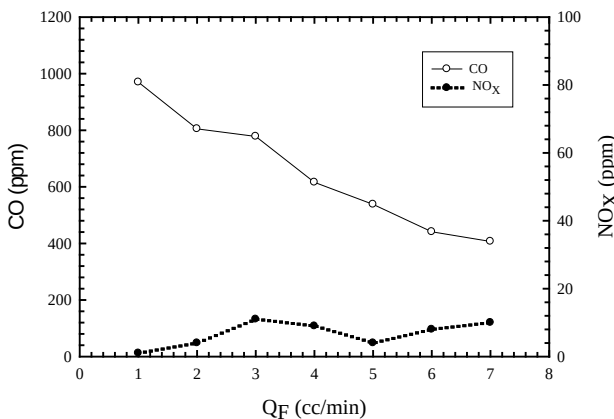
รูปที่ 7 แสดงอิทธิพลของ Q_F ต่อโครงสร้างทาง อุณหภูมิ (T) ที่สภาวะ $Q_A = 400$ L/min วัสดุพอร์นหัวพ่นไฟ (PB) เป็น Al-Co ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย เท่ากับ 1.8 cm มีระยะ $X_{PA} = 30$ mm ผลการทดลอง พบว่า เมื่อ Q_F เพิ่มขึ้นระดับ T ตลอดความยาวของ หัวพ่นไฟจะเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด เนื่องจากหัวพ่นไฟได้รับ

AEC-25

เชื้อเพลิงมากขึ้นหรือมีอัตราการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การเผาไหม้มีความรุนแรง และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งจะมีความสอดคล้องกันเป็นอย่างดีกับปริมาณ CO และ NO_x ดังแสดงในรูปที่ 8 กล่าวคือ CO จะลดลงตาม Q_F ที่เพิ่มขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 400 ถึง 1,000 ppm ส่วนปริมาณ NO_x พบว่าค่าที่ปรากฏมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามระดับอุณหภูมิการเผาไหม้ที่สูงขึ้น (Thermal NO_x) แต่มีปริมาณไม่เกิน 20 ppm (ต่ำมาก)



รูปที่ 7 อิทธิพลของ Q_F ต่อ T

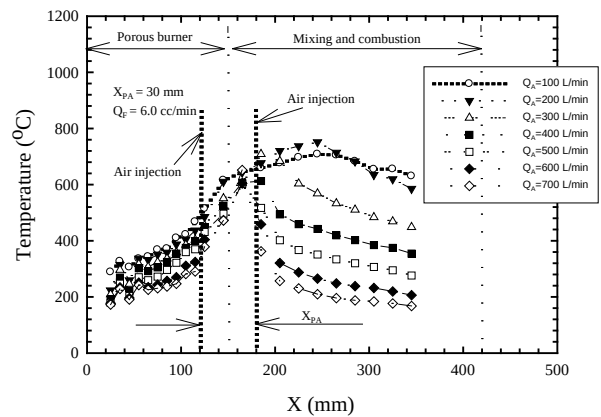


รูปที่ 8 อิทธิพลของ Q_F ต่อ CO และ NO_x

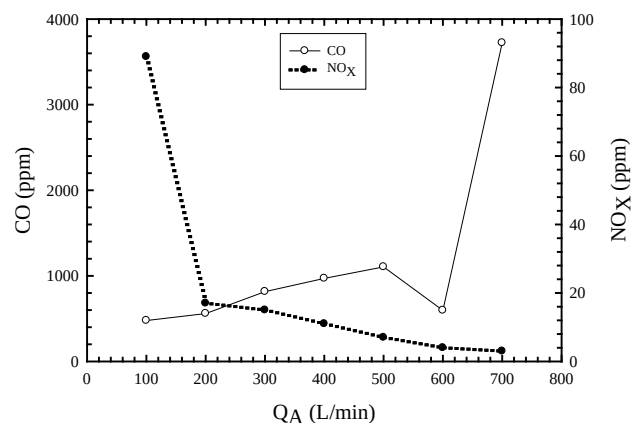
4.4 อิทธิพลอัตราการจ่ายอากาศสี่ทาง (Q_A)

รูปที่ 9 แสดงอิทธิพลของ Q_A ต่อ T ที่สภาวะ $Q_F = 6.0$ cc/min วัสดุพูนหัวฟืนไฟ (PB) เป็น Al-Co ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 1.8 cm มีระยะ $X_{PA} = 30$ mm ผลการทดลองพบว่า เมื่อ Q_A เพิ่มขึ้นระดับ T ลดลงอย่างชัดเจน เนื่องจากอิทธิพลของอากาศส่วนเกิน (Excess air) ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่ดีหรือไม่สมบูรณ์ ซึ่งจะมีความสอดคล้องกันเป็นอย่างดีกับ

ปริมาณ CO และ NO_x ดังแสดงในรูปที่ 10 กล่าวคือ CO จะเพิ่มขึ้นตาม Q_A ที่เพิ่มขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 600 ถึง 1,400 ppm แต่จะเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อ $Q_A = 700$ L/min อาจกล่าวได้ว่าที่สภาวะเช่นนี้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์อย่างมาก หรือเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงเป็นข้อเสนอนะของช่วงการเผาไหม้ที่สมบูรณ์สำหรับของหัวฟืนไฟชนิดนี้กล่าวคือควรจ่ายอากาศ (Q_A) ไม่เกิน 600 L/min ส่วนปริมาณ NO_x พบว่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง Q_A จาก 100 ถึง 200 L/min แต่เมื่อ Q_A มากกว่า 200 ถึง 700 L/min จะมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยตามระดับอุณหภูมิการเผาไหม้ที่ต่ำลง (Thermal NO_x) และมีแนวโน้มลดลงอยู่ในช่วงแคบๆ ประมาณ 10 ถึง 20 ppm ตามระดับอุณหภูมิการเผาไหม้ที่ต่ำลง



รูปที่ 9 อิทธิพลของ Q_A ต่อ T



รูปที่ 10 อิทธิพลของ Q_A ต่อ CO และ NO_x

AEC-25

5. สรุปผลการทดลอง

1) ลักษณะเปลวไฟของหัวพ่นไฟที่ทำการศึกษา พบว่าระยะห่างระหว่างชั้นวัสดุพ่นที่ $X_{PA} = 30$ mm จะมีลักษณะเป็นเปลวไฟวงแหวนสมบูรณ์ที่สุด

2) โครงสร้างทางอุณหภูมิ (T) จะสูงขึ้นเมื่อระดับ X_{PA} เพิ่มขึ้นตลอดทั้งความยาวของหัวพ่นไฟ และระดับ T จะเพิ่มขึ้นเมื่อ Q_F เพิ่มขึ้นและ Q_A ลดลง

3) ปริมาณ CO มีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มขึ้นของ X_{PA} และ Q_F แต่จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม Q_A สำหรับ ปริมาณ NO_x มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของ X_{PA} และ Q_F ในขณะเดียวกัน NO_x จะลดลงเล็กน้อยเมื่อ Q_A ลดลง ซึ่งเป็นไปตามอิทธิพลของระดับอุณหภูมิ การเผาไหม้ที่ต่ำ อย่างไรก็ตามถือว่าปริมาณ NO_x มีค่าต่ำและเปลี่ยนแปลงน้อยมากเพราะอยู่ในช่วงไม่เกิน 100 ppm

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (มทร.อีสาน) และสำนักงานความร่วมมือเพื่อพัฒนาระหว่างประเทศ (สพร.) ที่ได้สนับสนุนเงินทุนเพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบคุณนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มทร.อีสาน ซึ่งประกอบไปด้วย นายกรกฎ วามะลุน, ธงไทย แสงขาว, ปรีวรรต เฑียรเมฆ, สมชาย มาหามแห ที่ได้ช่วยเก็บข้อมูลในการทดลองงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Kaplan, M. and Hall, M.J. (1995). The combustion of liquid fuels within a porous media radiant burner, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol.11, (1), pp.13-20.
[2] Tseng, C.-J., and Howell, J.R. (1996). Combustion of liquid fuels in porous radiant burner, *Combustion Science and Technology*, Vol.112, pp. 141-161.
[3] Takami, H., Suzuki, T., Itaya, Y., and Hasatani, M. (1998). Performance of flammability of kerosene and NO_x emission in the porous burner, *Fuel*, Vol.77 (3), pp. 165-171.

[4] Jugjai, S., Wongpanit, N., Laoketkan, T., and Nokkaew, S. (2002). The combustion of liquid fuel using a porous medium, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol.26, pp.15-23.

[5] Jugjai, S. and Polmart, N. (2003). Enhancement of evaporation and combustion of liquid fuels through porous media, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol.27, pp. 901-909.

[6] Jugjai, S. and Phothiya, C. (2006). Liquid fuels-fire porous combustor-heater, *Fuel*, Vol.86, pp.1062-1068.

[7] ชูติเดช ผ่องใส (2547). คุณลักษณะการเผาไหม้และการปล่อยมลพิษของหัวเผาเชื้อเพลิงเหลวโดยวัสดุพ่นชนิดไม่มีการแตกตัวเป็นฝอยละออง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 18-50.

[8] มกร ลักษณะ (2548). การพัฒนาหัวเผาวัสดุพ่นสมรรถนะสูงเพื่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงเหลวชนิดไม่มีการสเปรย์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 14-65.

[9] ปรียุทธ ทองเต็ม (2552). ทำการศึกษาการเผาไหม้แบบเป็นชั้นของหัวเผาวัสดุพ่นสำหรับเชื้อแก๊สและเชื้อเพลิงเหลว, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 16-73.

[10] Amatachaya, P. and Krittacom, B. (2009). The combustion of liquid fuels using a packed bed, Proceeding of International Conference on Power Engineering (ICOPE- 09), Kobe International Conference Center, Kobe, JAPAN, November 13-16.

[11] สำเริง จักรใจ (2547). การเผาไหม้, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ