

การใช้งานฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุนร่วมกับเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน

Application of Porous Radiant Recirculated Cover with Household Cooking Burner

จรินทร์ เจนจิตต์ และ อนิรุทธ์ มัทธจักร*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จุบลราชธานี 34190

* ติดต่อ: โทรศัพท์: 045 353 308, โทรสาร: 045 353 309

E-mail: lex-66@hotmail.com, Anirut.Mat@gmail.com, A.Matthujak@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน (Porous Radiant Recirculated Cover, PRRC) ร่วมกับภาชนะหุงต้มในครัวเรือนชนิดต่างๆ โดยทำการติดตั้งและทดสอบกับเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน (Household cooking burner, HB) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2312-2549 ด้วยวิธีต้มน้ำ (Boiling test) เพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) และทำการตรวจวัดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ด้วย จากการศึกษพบว่า ฝาครอบ (Porous Radiant Recirculated Cover, PRRC) มีผลต่อ η_{th} เมื่อใช้งานร่วมกับภาชนะหุงต้มในครัวเรือนโดยที่ฝาครอบ PRRC(EP4+AP0) มี η_{th} สูงที่สุด รองลงมาคือ PRRC(EP4+AP4), PRRC(EP0+AP4), PRRC(EP0+AP0) ซึ่ง η_{th} มีค่าสูงสุดประมาณร้อยละ 54, 48, 48, และ 39 ตามลำดับ มีปริมาณ CO และ NO_x สูงสุดไม่เกิน 200 ppm และ 120 ppm ตามลำดับ ส่วนนิทริฟลของภาชนะที่มีผลต่อ η_{th} เมื่อใช้งานร่วมกับฝาครอบ PRRC ที่ Firing rate ต่างๆ พบว่าภาชนะหุงต้มที่เหมาะสมสำหรับฝาครอบ PRRC ที่สุดคือ หม้อเบอร์ 22 cm เมื่อเทียบกับทุกภาชนะที่ทำการทดสอบ โดย η_{th} สูงสุดคิดเป็นร้อยละประมาณ 54 และมีปริมาณ CO และ NO_x สูงสุดไม่เกิน 160 ppm และ 160 ppm ตามลำดับ การประหยัดพลังงานของเตาที่ติดตั้ง PRRC เทียบกับเตา HB พบว่าฝาครอบ PRRC(EP4+AP0) มีการประหยัดสูงสุดร้อยละ 30.19 รองลงมาคือ PRRC(EP4+AP4) และ PRRC(EP0+AP4) มีการประหยัดสูงสุดร้อยละ 14.58 % ตามลำดับ

คำหลัก: เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน

Abstract

The objective of this research is to study the application of porous radian recirculated cover (Porous Radiant Recirculated Cover, PRRC) with household cooking containers. Thermal efficiency and pollutant emission of the PRRC installed with household cooking burner (HB) was investigated based on Industrial Standard TIS 2312-2549. It was found that the (Porous Radiant Recirculated Cover, PRRC) cover affects on η_{th} when using with different household cooking containers. The highest thermal efficiency of PRRC(EP4+AP0), PRRC(EP4+AP4), PRRC(EP0+AP4) and PRRC(EP0+AP0) installed with

HB is approximately 54%, 48%, 48%, and 39%, respectively, and the maximum CO and NO_x of not higher than 200 ppm and 120 ppm for all cases, respectively. For the influence of different household cooking containers, affects η_{th} the usage with PRRC at different firing rates. The tests found out that the containers that suits PRRC(EP4+AP0 best is the 22 cm diameter pot when compared with other test containers, where the highest η_{th} is 54% with the maximum quantity of CO and NO_x not exceeding 160 ppm and 160 ppm respectively. Energy saving comparison of PRRC equipped with burners compared to HB burners found out that the PRRC(EP4+AP0) has the highest energy saving of 30.19% conforms to PRRC(EP4+AP4) and PRRC(EP0+AP4) with its maximum energy saving of 14.58 % respectively.

Keywords: Household cooking burner, Thermal efficiency, Porous Radiant Recirculated Cover

1. บทนำ

เนื่องจากปัญหาสถานการณ์วิกฤติด้านพลังงานของโลกที่มีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกปี จากสถิติการใช้พลังงานของกระทรวงพลังงาน [1] พบว่าปี 2552 ประเทศไทยมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมอย่างกว้างขวางและมีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 8.2 เมื่อเทียบกับปี 2551 โดยเฉพาะแก๊สแอลพีจี (Liquefied petroleum gas, LPG) ภาคครัวเรือนมีสัดส่วนการบริโภคคิดเป็นร้อยละ 59 ของปริมาณการบริโภคทั่วประเทศ ดังนั้นหากต้องการลดการใช้พลังงานแก๊สแอลพีจีเตาแก๊สควรได้รับความสนใจก่อนเป็นอันดับแรก แต่เตาแก๊สที่เราใช้งานอยู่นั้นมีการเผาไหม้ในลักษณะเปิด [2] ทำให้ไม่สามารถนำความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ จึงมีการวิจัยเพื่อศึกษาการเพิ่ม η_{th} ลดการใช้พลังงานและการปล่อยมลพิษของเตาแก๊สสูงๆอย่างต่อเนื่อง เริ่มจากพัฒนาเตาแก๊สแรงดันสูง เป็นเตาแก๊สที่มีปริมาณการใช้แก๊สมากกว่า 5.78 KW ต่อหัวเตา

ดังนั้นกลุ่มวิจัยของ S.Jugjai [3,4,5,6] ได้วิจัยและพัฒนาเตาแก๊สแรงดันสูง โดยเริ่มจาก สร้างเตาต้นแบบ (Porous Radiant Recirculated Burner, PRRB) โดยใช้หลักการหมุนเวียนความร้อนจากไอเสียนำไปอุ่นอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (Preheat) ปรับปรุงหัวเตาจากเดิม (Conventional burner, CB)

พัฒนาให้เป็นแบบหมุนวน (Swirl burner, SB) นอกจากนั้นยังศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระยะห่างระหว่างหัวเตาแก๊สกับกันภาชนะ (H/d) พบว่าสามารถเพิ่ม η_{th} เตาแก๊ส KB-10 เฉลี่ยประมาณร้อยละ 12 คิดเป็นอัตราการประหยัดร้อยละ 30 และหากปรับปรุงหัวเตาให้เป็นแบบ (Swirl burner, SB) สามารถเพิ่ม η_{th} ให้สูงขึ้นได้โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 และเตาแก๊ส KB-5 มาใช้ควบคู่กับ Porous Radiant Recirculated Burner (PRRB) พบว่า η_{th} สูงสุดของเตาเฉลี่ยร้อยละ 60 คิดเป็นการประหยัดร้อยละ 38 เมื่อเทียบกับเตาแก๊สทั่วไป

จากงานวิจัยที่กล่าวมาพบว่าจะให้ความสนใจเฉพาะเตาแรงดันสูงคือ KB-5 และ KB-10 รวมทั้งการพัฒนาประสิทธิภาพดังกล่าวเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ อาทิ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเตาที่ใช้งานอยู่เดิม และขีดจำกัดด้านการใช้งานจริงร่วมกับภาชนะต่างๆ รวมทั้งปัญหาด้านสิทธิบัตร

ดังนั้น จรินทร์ เชนจิตต์ และอนิรุตต์ มัทธจักร์ [7,10] จึงได้ออกแบบและสร้างฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน (Porous Radiant Recirculated Cover, PRRC) โดยนำหลักการหมุนเวียนความร้อน [8] มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเตาแก๊สแรงดันต่ำตามมาตรฐาน มอก. 2312-2549 [9] พบว่าสามารถเพิ่ม η_{th} ให้สูงขึ้นประมาณร้อยละ 12 และคิดเป็นการประหยัดประมาณ

ร้อยละ 20 ต่อมาได้ศึกษาพัฒนาเพิ่มเติม เรื่อง อิทธิพลของวัสดุพอร์นที่ติดตั้งในฝาครอบเตาแก๊สชนิด วัสดุพอร์นต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน พบว่า เตาแก๊สที่ติดตั้ง PRRC(EP4+ AP4) มีค่า η_{th} สูงที่สุดร้อยละ 48 คิดเป็นการ ประหยัดประมาณร้อยละ 14.58 โดยมีปริมาณ CO และ NO_x มีค่าสูงสุดไม่เกิน 124 ppm และ 120 ppm ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าหากเพิ่มหรือลดจำนวน แผ่นของวัสดุพอร์นที่ติดตั้งใน PRRC เป็น PRRC (EP2+ AP2) และ PRRC (EP6+ AP6) พบว่าค่า η_{th} สูงสุดมีค่าลดลงเป็น 38% และ 32% ตามลำดับ แต่ใน การใช้งานในชีวิตประจำวันนั้น ภาชนะที่นำมาใช้จะมี หลายขนาด หลายรูปร่าง และหลายชนิด ซึ่งยังไม่มี การศึกษาในประเด็นดังกล่าว

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยให้ ความสนใจ เรื่อง การนำฝาครอบ PRRC มา ประยุกต์ใช้จริง โดยศึกษาถึงอิทธิพลของฝาครอบ PRRC ที่มีผลต่อ η_{th} ของภาชนะหุงต้มชนิดต่างๆ อาทิ หม้อเบออร์ 16 cm, 18 cm, 22 cm และกระทะ 33 cm ตามลำดับ รวมทั้งการปล่อยมลพิษ

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency)

การทดสอบ η_{th} ในการศึกษานี้ใช้การทดสอบตาม มาตรฐาน มอก. 2312- 2549 [9] หาได้จากสมการที่ 1

$$\eta_{th, \%} = \left\{ \frac{m \times C \times (t_2 - t_1)}{V \times Q} \times \frac{273 + t_g}{298} \times \frac{101.3}{B + P_m - S} \right\} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ m คือ มวลของน้ำที่ใช้ในการทดสอบ (kg)

C คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (MJ/kg·K)

t_1 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (°C)

t_2 คือ อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำ (°C)

V คือ ปริมาณของแก๊สที่ใช้ทดสอบ (m^3)

Q คือ LHV_{LPG} (MJ/ m^3) ที่ความดัน 101.3 kPa

t_g คือ อุณหภูมิของแก๊สทดสอบ (°C)

B คือ ความดันบรรยากาศขณะทดสอบ (kPa)

P_m คือ ความดันของแก๊สทดสอบ (kPa)

S คือ ความดันของไอน้ำอิ่มตัวที่ t_g °C (kPa)

2.2 การประหยัดพลังงาน (% Energy saving)

การประหยัดพลังงานของเตาแก๊สหุงต้มหาได้จาก สมการที่ 2 คือ

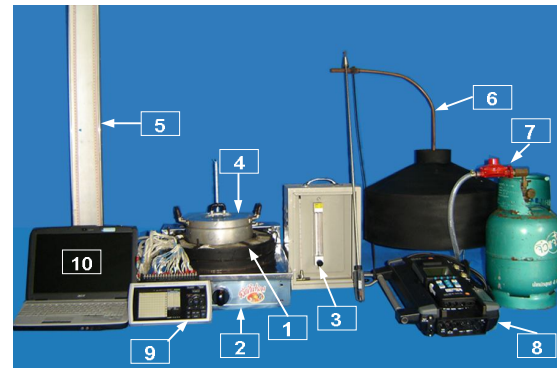
$$\% \text{ Energy saving} = \frac{\eta_{th,2} - \eta_{th,1}}{\eta_{th,2}} \% \quad (2)$$

เมื่อ $\eta_{th,1}$ คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเตาตัวที่ 1

$\eta_{th,2}$ คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเตาตัวที่ 2

3. อุปกรณ์การทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

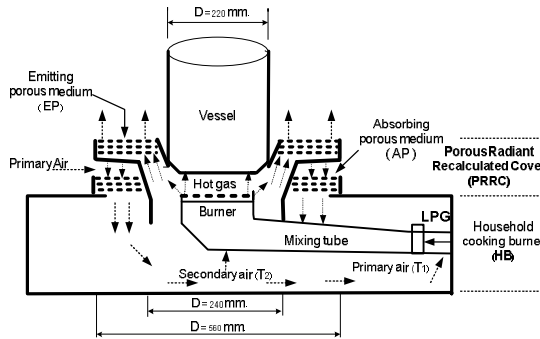


รูปที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

จากรูปที่ 1 อุปกรณ์ทดลองตามมาตรฐาน มอก. 2312-2549 [9] ประกอบไปด้วย

1. ฝาครอบชนิดวัสดุพอร์น Porous Radiant Recirculated Cover (PRRC) มีรายละเอียดกล่าวไว้แล้วใน [7,10] ดังแสดงในรูปที่ 1
2. เตาแก๊สสีกี้เฟลมรุ่น AT-502 แบบหัวเดี่ยว
3. Gas flow meter ใช้ยี่ห้อ Nitto รุ่น K-2012
4. ภาชนะที่ใช้ในการทดสอบ
5. U-tube manometer
6. อุปกรณ์ดักแก๊สไอเสีย (Hood)
7. ถังแก๊สและหัวปรับความดัน

8. Exhaust gas analyzer (Testo รุ่น 350 – XL)
9. Data logger และ Thermocouple type K
10. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประเมินผลข้อมูล



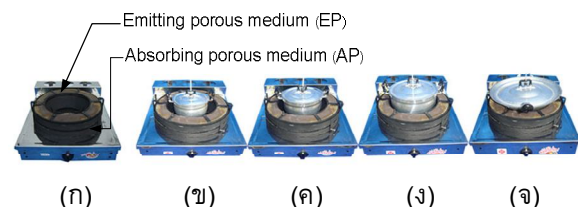
รูปที่ 2 ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน PRRC

รูปที่ 2 แสดงการติดตั้งฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน (Porous Radiant Recirculated Cover, PRRC) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ซึ่งสามารถแยกชิ้นส่วนออกจากกันได้ คือ ส่วนล่างจะเป็นเตาแก๊สหุงต้มแอลพีจีในครัวเรือนมาตรฐาน (Household cooking burner, HB) ทั่วไป ส่วนบนเป็นฝาครอบเตาแบบวัสดุพรุน (Porous Radiant Recirculated Cover, PRRC) เมื่อแก๊สความดันต่ำที่ใช้งานปกติถูกพ่นออกจากรูพ่นแก๊สเข้าไปในท่อผสม อากาศส่วนแรกที่อยู่บริเวณใกล้ๆ จะถูกชักนำผ่านช่องอากาศส่วนแรก (Primary air) เข้าไปในท่อผสมพร้อมๆ กับแก๊สโดยอาศัยหลักการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างแก๊สและอากาศโดยรอบ ด้วยวิธีการดังกล่าวอากาศส่วนแรกจะมีค่าประมาณ 50 – 70 % ของปริมาณอากาศที่จำเป็นเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ จากนั้นส่วนผสมของอากาศส่วนแรกและแก๊สจะไหลผ่านรูพ่นแก๊สและถูกจุดประกายไฟ ด้วยวิธีที่เหมาะสม เช่น ใช้เปลวล่อ (Pilot flame) หรือการ spark ในขณะที่เดียวกันอากาศส่วนที่สอง (Secondary air) จะถูกชักนำเข้ามาจากด้านข้างเปลวไฟและจากด้านล่างหัวเผา ซึ่งทำให้เป็นช่องว่างไว้ระหว่างหัวเผาวางในกับวงนอก ทั้งนี้โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัม และแรงลอยตัวของแก๊ส

ร้อนที่จะขยายตัวและลอยสูงขึ้น ช่วยทำให้อากาศโดยรอบที่เย็นกว่าถูกดูดเข้ามาผสมกับเปลวไฟได้มากขึ้นและส่งผลให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เมื่อไอเสียร้อนจากการเผาไหม้ไหลผ่าน Emitting porous medium (EP) ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยวัสดุพรุนชุดนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงแก๊สร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ให้เป็นการแผ่รังสีความร้อนสู่ Absorbing porous medium (AP) วัสดุพรุนชุดนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวเก็บความร้อนที่ได้จากการแผ่รังสีความร้อนจาก Emitting porous medium ทำให้อากาศเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นการอุ่นอากาศ (Preheat) ในระบบการเผาไหม้ที่มีการหมุนเวียนความร้อนด้วยอุ่นอากาศก่อนการเผาไหม้ จากหลักการดังกล่าวมีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มนี้สูงขึ้น และยังช่วยลดแก๊สหุงต้มได้ด้วย

4. ผลการทดลอง

เพื่อให้ทราบถึงอิทธิพลของฝาครอบ PRRC เมื่อใช้งานร่วมกับเตาแก๊สแบบมาตรฐาน (HB) และภาชนะหุงต้มในครัวเรือน อาทิ หม้อเบอร์ 16 cm, 18 cm, 22 cm และกระทะ 33 cm ในการทดลองใช้วัสดุพรุนที่ทำมาจากตาข่ายสแตนเลส (Wire mesh) ขนาด 20 Mesh/inch คิดเป็น Porosity เท่ากับ 0.76 ตัดให้เป็นวงกลมวางซ้อนทับกันจำนวน 4 แผ่นที่ Emitting porous medium (EP4) และ Absorbing porous medium (AP4) หากฝาครอบ PRRC ไม่มีการติดตั้งวัสดุพรุนสัญลักษณ์ คือ PRRC(EP0+AP0)

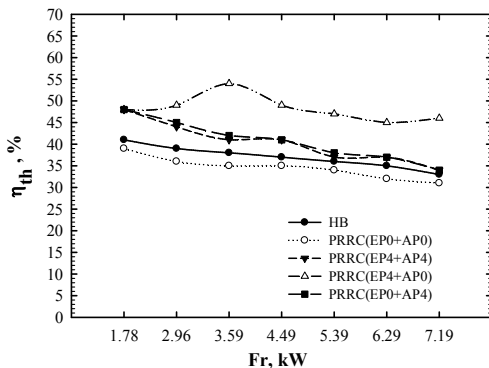


รูปที่ 3 การใช้งานฝาครอบ PRRC กับภาชนะหุงต้ม (ก) ฝาครอบ PRRC (ข) หม้อเบอร์ 16 cm (ค) หม้อเบอร์ 18 cm (ง) หม้อเบอร์ 22 cm (จ) กระทะ 33 cm

4.1 อิทธิพลของชนิดฝาครอบ PRRC

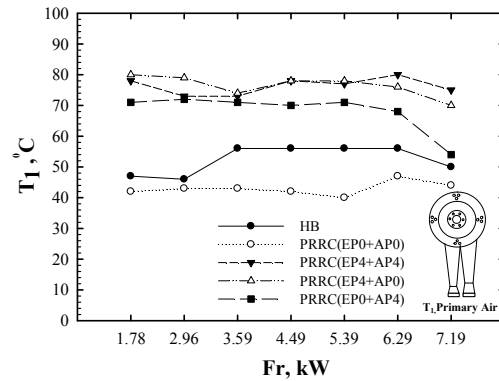
4.1.1 ทดสอบกับหม้อเบอ 22 cm

จากรูปที่ 4 แสดงอิทธิพลของฝาครอบต่อ η_{th} ที่ Fr ต่างๆ เมื่อพิจารณา PRRC(EP4+AP4) พบว่า η_{th} จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อ Firing rate เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์มากขึ้นเท่าที่ควร แต่ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนไปกับสภาวะแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้นและเป็นไปในแนวทางเดียวกันสำหรับทุกกรณี ซึ่ง η_{th} สูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 48 ที่ Firing rate 1.78 kW (Fr คือ อัตราการไหลของแก๊สคูณกับค่าความร้อนของแก๊ส : $\dot{m}_g \times LHV_{LPG}$) และเมื่อพิจารณา PRRC(EP4+AP0) พบว่า η_{th} สูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 54 ที่ Firing rate 3.59 kW เนื่องจาก PRRC(EP4+AP0) ไม่มีวัสดุพรุน Absorbing porous medium (AP) จึงทำให้อากาศไหลลงสู่ที่ห้องอุ่นอากาศได้สะดวกและมีปริมาณเพียงพอต่อการเผาไหม้จึงทำให้ η_{th} สูงดัง รูปที่ 4



รูปที่ 4 อิทธิพลของฝาครอบต่อ η_{th} ที่ Fr ต่างๆ

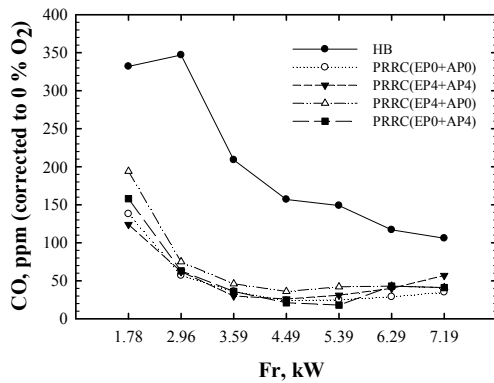
จากรูปที่ 6 แสดงปริมาณ CO ของเตาแบบต่างๆ เมื่อพิจารณาเตาแบบ HB จะพบว่า ปริมาณ CO จะมีค่าลดลงเมื่อ Firing rate เพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อ Firing rate เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้นจึงทำให้ปริมาณ CO ลดต่ำลงเมื่อพิจารณาเตา PRRC พบว่า ปริมาณ CO จะมีลดลงเมื่อ Firing rate มีค่า



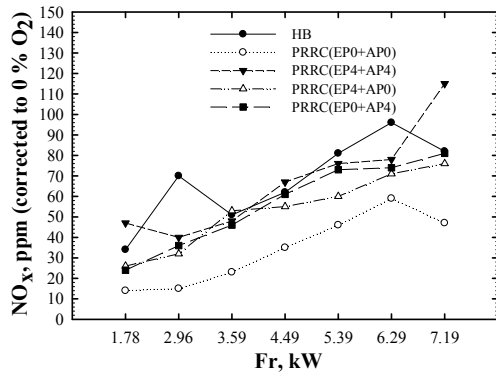
รูปที่ 5 อิทธิพลของ Fr ต่ออุณหภูมิ T_1

เพิ่มขึ้นจนกระทั่ง 4.49 kW หลังจากนั้น ปริมาณ CO จะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอาจเนื่องมาจากเมื่อ Firing rate เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้น และ เมื่อพิจารณาปริมาณ CO ที่ Firing rate ต่างๆ พบว่า ปริมาณ CO ของเตา HB มีค่าสูงที่สุดรองลงมาคือ PRRC(EP4+AP0), PRRC(EP0+AP4), PRRC(EP0+AP0) และ PRRC(EP4+AP4) ซึ่งมีค่าสูงสุดประมาณ 350 ppm, 200 ppm, 160 ppm, 140 ppm และ 130 ppm ตามลำดับ เนื่องจากอุณหภูมิของ Primary air (T_1) ของเตาที่ติดตั้ง PRRC มีค่าสูงกว่าเตา HB จึงส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

รูปที่ 7 แสดงปริมาณ NO_x ของเตาแบบต่างๆ เมื่อพิจารณาเตาแบบ HB พบว่า NO_x จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ Firing rate สูงขึ้นทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ส่งผลให้ NO_x มีค่าสอดคล้องกับปริมาณ CO ในรูปที่ 6 และเมื่อพิจารณาเตา PRRC มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยปริมาณ NO_x ของเตาทั้ง 4 แบบมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันทุกๆ Firing rate ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 ปริมาณ CO เตาที่ติดตั้ง PRRC แบบต่างๆ



รูปที่ 7 ปริมาณ NO_x เตาที่ติดตั้ง PRRC แบบต่างๆ

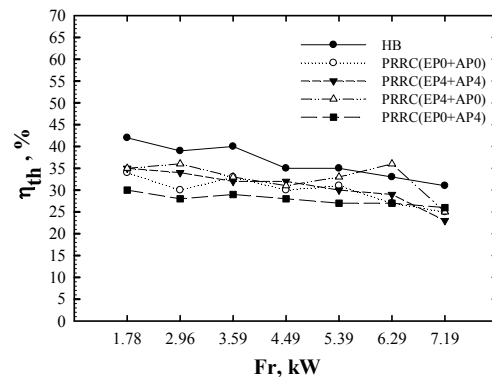
4.1.2 ทดสอบกับกระแทะ 33 cm

รูปที่ 8 แสดงอิทธิพลของฝาครอบต่อ η_{th} ที่ Fr ต่างๆ เมื่อพิจารณาเตา HB พบว่าเมื่อ Firing rate สูงขึ้น η_{th} จะมีค่าลดลง เนื่องจาก Firing rate เพิ่มขึ้น ปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์มากขึ้นเท่าที่ควร แต่ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนไปกับสถานะแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้นโดยมีค่าสูงสุดประมาณ 42 % ที่ Firing rate เท่ากับ 1.78 kW อัน และจะเป็นไปในแนวทางเดียวกัน PRRC ทุกกรณี หากพิจารณา Firing rate ต่างๆ พบว่า PRRC (EP4+AP0) มี η_{th} สูงที่สุด รองลงมาคือ PRRC (EP4+AP4), PRRC (EP0+AP0) และ PRRC

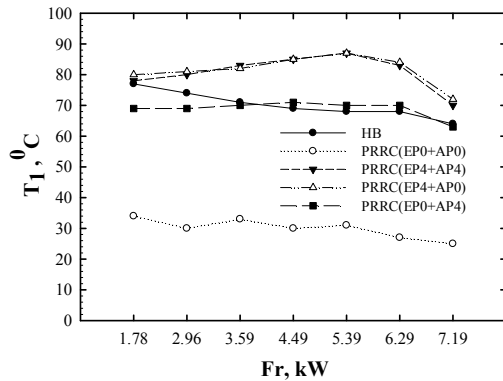
(EP0+AP4) โดยมี η_{th} สูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 36, 35, 34 และ 30 ตามลำดับ เนื่องจากเตาที่ติดตั้ง PRRC มีการหมุนเวียนความร้อนจากแก๊สไอเสียจึงทำให้ Primary air (T_1) มีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 8

จากรูปที่ 10 แสดงปริมาณ CO ของเตาแบบต่างๆ เมื่อพิจารณาเตา HB จะพบว่า ปริมาณ CO จะมีค่าลดลงเมื่อ Firing rate เพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้นจึงทำให้ปริมาณ CO ลดต่ำลงและเมื่อพิจารณา Firing rate 4.49 kW ถึง 7.19 kW พบว่าปริมาณ CO จะมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ซึ่งทุกกรณีจะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันซึ่งปริมาณ CO เตา HB มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ PRRC(EP4+AP0), PRRC(EP0+AP4), PRRC(EP0+AP0) และ PRRC(EP4+AP4) ตามลำดับ ซึ่งค่าสูงสุดประมาณ 280 ppm, 200 ppm, 150 ppm, 150 ppm และ 50 ppm ตามลำดับ เนื่องจากอุณหภูมิของ Primary air (T_1) ของเตาที่ติดตั้ง PRRC มีค่าสูงกว่าเตา HB จึงส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

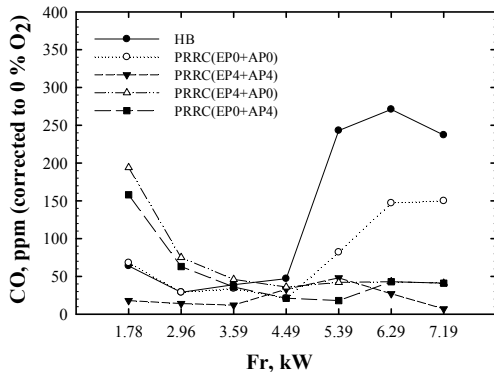
รูปที่ 11 แสดงปริมาณ NO_x ของเตาแบบต่างๆ เมื่อพิจารณาเตา HB พบว่า ปริมาณ NO_x จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจาก Firing rate สูงขึ้นทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ซึ่งฝาครอบ PRRC ก็มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน



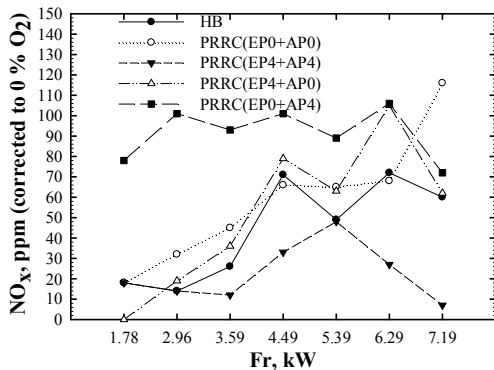
รูปที่ 8 อิทธิพลของฝาครอบต่อ η_{th} ที่ Fr ต่างๆ



รูปที่ 9 อิทธิพลของ Fr ต่ออุณหภูมิ T_1



รูปที่ 10 ปริมาณ CO เตาที่ติดตั้ง PRRC แบบต่างๆ

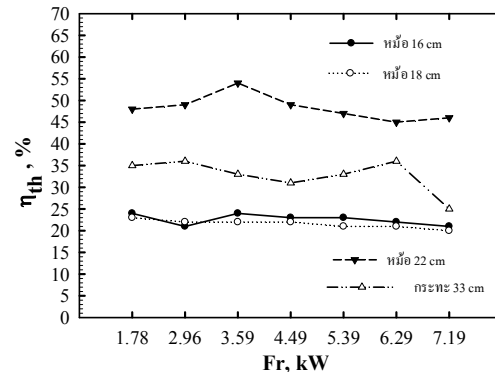


รูปที่ 11 ปริมาณ NO_x เตาที่ติดตั้ง PRRC แบบต่างๆ

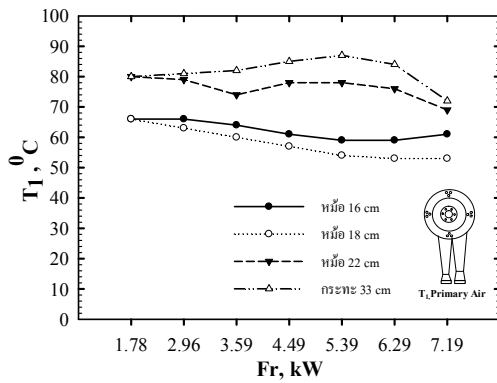
4.2 อิทธิพลของภาชนะ

จากรูปที่ 12 แสดงอิทธิพลของภาชนะต่อ η_{th} ที่ Firing rate ต่างๆ เมื่อพิจารณาหม้อเบอร์ด 22 cm พบว่า η_{th} มีค่าสูงสุด เนื่องจากการ Preheat ดังรูปที่ 12 ซึ่ง η_{th} มีค่ามากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 54 และเมื่อพิจารณากระทะ 33 cm พบว่า η_{th} มีค่าสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 36 เนื่องมาจากอิทธิพลความสูงของกันกระทะกับหัวเตาแก๊สมากเกินไป (ประมาณ 3.5 cm) จึงทำให้เปลวไฟจะไม่สูงเพียงพอที่จะสัมผัสกันภาชนะได้ η_{th} จึงลดลงถึงแม้ว่าจะมีการ Preheat ก็ตามและเมื่อพิจารณาหม้อ 16 cm และ 18 cm มี η_{th} ที่ไม่สูงมากนัก เนื่องจาก ขนาดของภาชนะที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนมีขนาดเล็กจึงทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนไปกับสภาวะแวดล้อม รวมทั้งไม่เกิดการ Preheat ดังรูปที่ 13

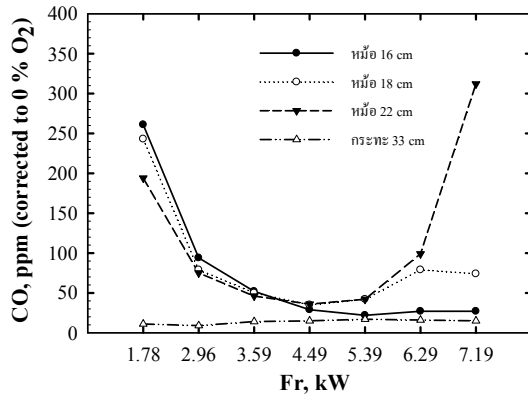
รูปที่ 14 แสดงปริมาณ CO ตลอดช่วง Firing rate พิจารณา หม้อเบอร์ด 16 cm พบว่า CO มีค่าสูงที่สุดเนื่องจากไม่มีการ Preheat ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และเมื่อ Firing rate เพิ่มขึ้นพบว่า CO มีปริมาณลดลงซึ่งทุกกรณีจะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันยกเว้น กระทะ 33 cm พบว่า CO มีปริมาณที่ต่ำที่สุดเนื่องมาจาก มีการ Preheat ดังรูปที่ 13



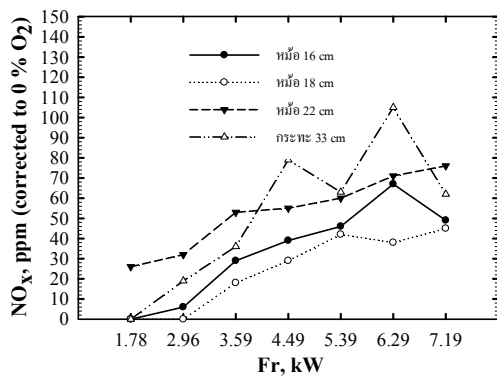
รูปที่ 12 อิทธิพลของภาชนะต่อ η_{th} ที่ Fr ต่างๆ



รูปที่ 13 อิทธิพลของ Fr ต่ออุณหภูมิ T₁



รูปที่ 14 ปริมาณ CO ภาวะหนึ่งดัมที่ Fr ต่างๆ

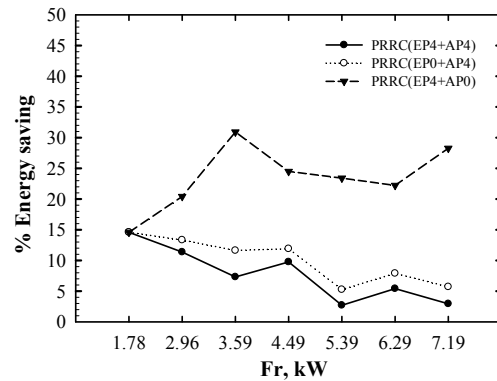


รูปที่ 15 ปริมาณ NO_x ภาวะหนึ่งดัมที่ Fr ต่างๆ

รูปที่ 15 แสดงปริมาณ NO_x ของเตาแบบต่างๆ พบว่า ปริมาณ NO_x จะมีค่าเพิ่มสูงที่สุดเนื่องจาก Firing rate สูงขึ้นทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ส่งผลให้ NO_x มีค่าสอดคล้องกับ CO ในรูปที่ 14

4.3 การประหยัดพลังงาน (% Energy saving)

รูปที่ 16 แสดงการประหยัดพลังงานของเตาที่ติดตั้ง PRRC พบว่าฝาครอบ PRRC(EP4+AP0) มีการประหยัดสูงสุดเท่ากับ 30.19 % สำหรับเตาที่ติดตั้ง PRRC(EP0+AP4) และ PRRC(EP4+AP4) มีการประหยัดสูงสุด 14.58 %



รูปที่ 16 การประหยัดพลังงานของเตาที่ติดตั้ง PRRC

5. สรุป

5.1 สามารถใช้ฝาครอบ PRRC ร่วมกับภาวะหนึ่งดัมได้ปกติ ซึ่งจากการทดลองพบว่า η_{th} สูงที่สุดจะอยู่ที่หม้อเบออร์ 22 cm เนื่องจากการ Preheat ของการอุ่นอากาศก่อนการเผาไหม้

5.2 ฝาครอบ PRRC(EP4+AP0) จะมี η_{th} สูงที่สุดประมาณร้อยละ 54 มี CO , NO_x ไม่เกิน 50 ppm, 53 ppm เมื่อใช้งานร่วมกับหม้อเบออร์ 22 cm

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สนพ.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และ ดร.บัณฑิต กฤตาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่อง Exhaust gas analyzer และคำแนะนำ นายมหิตล สารีบุตร และนายวิษณุ สารทอง นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ชั้นปีที่ 4 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ช่วยเหลือในการทำการทดลองและรวบรวมข้อมูล รวมถึงขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีทุกท่านที่ให้คำแนะนำเสนอแนะ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, (2547). ข้อมูลพลังงาน, [Energy Database], Available online: <http://www.eppo.go.th/infor/index.html>, เข้าดูเมื่อวันที่ 24/01/2553.
- [2] Dong, L.L., Cheung, C.S. and Leung, C.W. (2002). Heat Transfer from an Impinging Premixed Butane/Air Slot Flame Jets, International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 45, pp. 979 - 992.
- [3] Jugjai, S. and Sanijai, S., (1996). Parametric Studies of Thermal Efficiency in a Proposed Porous Radiant Recirculated Burner (PRRB) : A Design Concept for the Future Burner, Proceedings of RERIC International Energy Journal, vol. 18, pp. 97-111.
- [4] ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ, (2544). การประยุกต์ใช้วัสดุพอร์นเพื่อการประหยัดพลังงานในเตาแก๊สหุงต้ม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 1-82

[5] วสันต์ โยคเสนะกุล, (2548). หัวเผาเชื้อเพลิงแก๊สที่มีการหมุนเวียนความร้อนและการไหลแบบหมุนวน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 1-88,

[6] จารุณี จาบกลาง, (2549). การพัฒนาเตาแก๊สหุงต้มประสิทธิภาพสูงชนิดที่มีการหมุนเวียนความร้อน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 1-104,

[7] จรินทร์ เจนจิตต์ และอนิรุตต์ มัทธูจักร์ (2552). การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนโดยฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพอร์น, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

[8] Weinberg, F. (1996). Heat-Recirculation Burners: Principles and Some Recent Developments, Combustion Science and Technology, vol. 121, pp. 3-22.

[9] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (Thai Industrial Standard, TIS) มอก. 2312-2549: (2550). เตาหุงต้มในครัวเรือนใช้กับก๊าซปิโตรเลียมเหลว, เล่ม 126 (ตอนพิเศษ 40ง)

[10] จรินทร์ เจนจิตต์ และอนิรุตต์ มัทธูจักร์ (2553). อิทธิพลของวัสดุพอร์นที่ติดตั้งในฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพอร์นต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน, การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จังหวัดเพชรบุรี