

## การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนโดยฝาครอบเตาแก๊ส ชนิดวัสดุพรุน

### Thermal Efficiency Improvement of Household Cooking Burner by Porous Radiant Recirculated Cover

จรินทร์ เจนจิตต์ , อนิรุตต์ มัทธูจักร์\*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ถ.วาริน-เดชอุดม อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

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

ติดต่อโทรศัพท์ : (045) 353-309 โทรสาร : (045) 353-308

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน ที่มีปริมาณการใช้แก๊สแอลพีจี (Liquefied Petroleum Gas, LPG) สูงสุดไม่เกิน 5.78 kW ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2312-2549 ได้ออกแบบและสร้างฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน (Porous Radiant Recirculated Cover, PRRC) โดยอาศัยหลักการการหมุนเวียนความร้อนภายในวัสดุพรุนมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ ซึ่งฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุนดังกล่าวมีลักษณะเด่น คือ สามารถใช้งานได้สะดวกและง่ายโดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนหรือตัดแปลงเตาแก๊สหุงต้มเดิมจึงไม่ส่งผลกระทบต่อมาตรฐานของเตาแก๊สหุงต้ม นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานกับภาชนะในการหุงต้มได้หลายขนาดและหลายรูปร่าง ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ คือ Combustion Load (CL), Emitting Porous Medium (EP) และ Absorbing Porous Medium (AP) ต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน (thermal efficiency) ของเตาแก๊สหุงต้ม โดยการทดสอบตามมาตรฐาน DIN EN 203-2 และทำการวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของเตาแก๊สหุงต้มเพื่อศึกษาการหมุนเวียนความร้อนภายในเตา นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบกับเตาแก๊สหุงต้มที่ได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพโดยใช้ฝาบังลมของกระทรวงพลังงานอีกด้วย จากการทดสอบพบว่าเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนทั่วไปมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดร้อยละ 29 ในขณะที่เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนที่ประกอบเข้ากับฝาบังลมของกระทรวงพลังงานมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดร้อยละ 26 และเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนที่ประกอบเข้ากับฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุนมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดร้อยละ 40 ซึ่งคิดเป็นการประหยัดร้อยละ 28 นอกจากนี้ยังพบว่าหากถอด Emitting Porous Medium หรือ Absorbing porous medium ให้ความเหลือเพียง Emitting Porous Medium หรือ Absorbing Porous Medium อย่างเดียวนั้น ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดยังคงมีค่าร้อยละ 40 แต่ทำให้การประหยัดมีค่าสูงสุดร้อยละ 30 และ 31 ตามลำดับ

**คำหลัก:** เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน, เปอร์เซ็นต์การประหยัด

## **Abstract**

The purpose of this study is to improve the thermal efficiency of household cooking burner which consumes the LPG of not more than 5.78 kW based on Thai Industrial Standard 2312-2549. In this study, porous radiant recirculated cover (PRRC) was designed and manufactured based on heat-recirculating combustion in porous media. The advantages of PRRC are easy assembly with household cooking burner (HB) and convenient usability with kitchen wares. The effect of combustion load (CL), emitting porous medium (EP) and absorbing porous medium (AP) on thermal efficiency ( $\eta_{th}$ ) of the burner were described by boiling test based on DIN EN 203-2 and temperature measurement inside the burner. Besides, the thermal efficiency of the HB, the HB assembled with LPG flame protector designed by Ministry of Energy (LPG-FP) and the HB assembled with PRRC are compared. From the experiment, it was found that the thermal efficiency of HB, the HB assembled with LPG-FP and the HB assembled with PRRC are 29 %, 26 % and 40%, respectively. The thermal efficiency of PRRC (EP only) and PRRC (AP only) are 40 % equaling in that of PRRC (EP+AP). Nevertheless, the maximum percentage energy saving of 30 % for PRRC (EP only) and 31 % for PRRC (AP only) are higher than that of 28 % for PRRC (EP+AP).

**Keywords:** Household cooking burner, Thermal efficiency, Porous radiant recirculated cover, Percentage energy saving.

## **1. บทนำ**

ปัจจุบันทั่วโลกประสบปัญหาสถานการณ์วิกฤติ ด้านพลังงานที่มีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกปี จากสถิติการใช้พลังงานของกระทรวงพลังงาน [1] พบว่า ประเทศไทยมีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่เป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะ แก๊สปิโตรเลียมเหลว หรือ แอลพีจี (Liquefied Petroleum Gas, LPG) จากสถิติการใช้ปริมาณการใช้แก๊ส LPG ของประเทศ ปี พ.ศ. 2538 – 2551 ภาคครัวเรือนใช้แก๊สแอลพีจีคิดเป็นร้อยละ 44 ในขณะที่ภาคขนส่งหรือรถยนต์ใช้แก๊สแอลพีจีคิดเป็นร้อยละ 16 ซึ่งจากปัญหาวิกฤติด้านพลังงานงานดังกล่าวข้างต้น ก็ส่งผลกระทบต่อแก๊สแอลพีจีเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคครัวเรือน หรืออุตสาหกรรมร้านอาหารที่ต้องใช้เตาแก๊สหุงต้มเป็นแหล่งให้ความร้อนในเตาแก๊สหุงต้ม ซึ่งการถ่ายเทความร้อนในเตาแก๊สหุงต้มจะเป็นลักษณะของเปลวไฟพุ่งชน (Impinging Flame Jet) ซึ่งจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่สูง [2] และต้องใช้ปริมาณแก๊สแอลพีจีค่อนข้างมาก แต่เตาแก๊สหุงต้มที่ใช้กันอยู่

ในปัจจุบันนั้นมีการเผาไหม้ในลักษณะเปิด จึงไม่สามารถนำความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากเปลวไฟไปยังภาชนะถูกจำกัดโดยการพาความร้อน (convection) เป็นส่วนใหญ่ ทั้งยังมีการสูญเสียความร้อนเป็นจำนวนมากไปกับแก๊สไอเสียโดยการพาความร้อน (convection) และสูญเสียความร้อนของเปลวไฟจากการแผ่รังสีความร้อน (radiation) อีกด้วย ซึ่งทำให้เตาแก๊สหุงต้มที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงมีการวิจัยเพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มอย่างต่อเนื่อง โดยเริ่มแรก Jugjai และ Sanijai [3] ได้ปรับปรุงเตาแก๊สหุงต้มที่ใช้ในครัวเรือนทั่วไปให้มีประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้น โดยใช้หลักการหมุนเวียนความร้อนจากไอเสียนำไปอุ่นอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (preheat) จากหลักการนี้เองทำให้เกิดแนวความคิดค้น เตาต้นแบบเตาแก๊สประสิทธิภาพสูง (Porous Radiant Recirculated Burner, PRRB) แต่เนื่องจากหัวเตาแก๊สที่ใช้ยูนิตนั้นเป็นหัวเตาขนาดเล็กไม่

เหมาะสมกับการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ธรรมชาติ รังสีมันตุชาติ [4] จึงขยายขนาดให้ใหญ่ขึ้นโดยใช้กับ หัวเตาแก๊สขนาด KB-10 พบว่าสามารถเพิ่ม ประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้สูงขึ้นได้โดยเฉลี่ย ประมาณร้อยละ 12 และคิดเป็นอัตราการประหยัดโดย เฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับเตา KB- 10 ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป และได้ปรับปรุงหัวเผาให้เปลว ไฟที่พุ่งออกมามีลักษณะของการหมุนวนเข้าสู่ ศูนย์กลาง พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้สูงขึ้นได้โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 เมื่อ เปรียบเทียบกับเตาแบบ Swirl Burn ที่ยังไม่ได้มีการ ประกอบเข้ากับโครงสร้างที่ออกแบบไว้ และเมื่อ เปรียบเทียบกับเตา KB-10 ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป พบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้สูงขึ้นได้ โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 และคิดเป็นอัตราการ ประหยัดโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 51

ต่อมา วสันต์ โยคเสนะกุล [5] ได้นำแนวทางจาก ธรรมชาติ รังสีมันตุชาติ [4] มาศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ ระยะห่างระหว่างเตาแก๊สกับกันภาชนะ ระยะห่าง ทางออกของหัวเผา รวมไปถึงตำแหน่งที่เหมาะสมของ หัวฉีดแก๊สที่อยู่ในเตาแก๊สหุงต้ม พบว่าหัวเผาแบบ ทั่วไป (conventional burner) มีระยะห่างระหว่างหัว เผากับกันภาชนะ (H) ที่เหมาะสมอยู่ที่ 63.5 มม. (2.5 นิ้ว) ในทุกๆ รูปร่างภาชนะและเมื่อเปลี่ยนเป็น PRRB (SB) ซึ่งมีระยะความสูง (H) ของแต่ละภาชนะไม่ เท่ากัน เนื่องจากอิทธิพลของการหมุนเวียนความร้อน

จารุณี จาบกลาง [6] ได้ศึกษาลักษณะคล้ายของ วสันต์ โยคเสนะกุล [5] โดยได้ทำการพัฒนาเตาแก๊ส KB-5 ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยแบ่งการพัฒนา ออกเป็นสองส่วนโดยส่วนแรกจะทำการพัฒนาหัวเผา จากแบบทั่วไป (CB) ซึ่งมีเปลวไฟไหลตามรัศมี มา เป็นแบบหมุนวน (Swirl Burner, SB) ซึ่งจะให้ลักษณะ ของเปลวไฟหมุนวนเข้าสู่ศูนย์กลาง ส่วนที่สองทำการ พัฒนาอีกขั้นหนึ่ง คือ นำเตาแก๊ส KB-5 มาใช้ควบคู่ กับ Porous Radiant Recirculated Burner (PRRB) โดยอาศัยหลักการหมุนเวียนความร้อนจากไอเสียมา อุณหภูมิอากาศส่วนแรกก่อนเผาไหม้ พบว่า ประสิทธิภาพ

เชิงความร้อนสูงสุดของเตาเฉลี่ยร้อยละ 60 คิดเป็น การประหยัดร้อยละ 38 เมื่อเทียบกับเตาที่ใช้กันอยู่ ทั่วไป

จากการวิจัยที่ผ่านมา [4-6] ได้ให้ความสนใจใน การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้ม แรงดันสูง KB-5 และ KB-10 ที่มีขนาดหัวเตา 5 นิ้ว และ 10 นิ้ว ตามลำดับ เป็นเตาที่มีปริมาณการใช้แก๊ส แอลพีจีสูงมากกว่า 5.78 kW ต่อหัวเตา การพัฒนา ประสิทธิภาพดังกล่าว เมื่อ นำมาประยุกต์ใช้ใน ชีวิตประจำวันมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ อาทิ การ เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเตาที่ใช้กันอยู่เดิม และ ข้อจำกัดด้านการใช้งานจริงร่วมกับภาชนะต่างๆ

ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิง ความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนตามมาตรฐาน ผลิตรภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2312-2549 [7] ที่มี ปริมาณการใช้แก๊สแอลพีจีสูงสุดไม่เกิน 5.78 kW ต่อ หัวเตา ได้ออกแบบ สร้างฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุ พอร์ซเลน โดยนำหลักการหมุนเวียนความร้อน [8] มา ประยุกต์ใช้ พร้อมทั้งได้ ทดสอบ ตามมาตรฐาน DIN EN 203-2 [9] และทำการเปรียบเทียบกับ เตาแบบ มาตรฐานและ ฝาบังลมของกระทรวงพลังงาน [10] นอกจากนี้ได้วัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของเตาแก๊ส หุงต้มเพื่อศึกษาการหมุนเวียนความร้อนภายในเตา

## 2. การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน และการ ประหยัดพลังงาน

### 2.1 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, $\eta_{th}$ )

การทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนในการวิจัย นี้ อ้างอิงการทดสอบตามมาตรฐาน DIN EN 203-2 [9] ประสิทธิภาพเชิงความร้อนหาได้จาก ค่าความร้อน สัมผัสที่น้ำได้รับ โดยวิธีการต้มน้ำจากอุณหภูมิห้องจน ไกล่จุดเดือดของน้ำ (ประมาณ 90 °C) แล้ววัดค่า อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับปริมาณความร้อน ที่ได้รับจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งหาได้จากเวลาที่ ใช้ในการต้มน้ำและอัตราการไหลของแก๊สเชื้อเพลิง แล้วนำมาคำนวณหาตั้งสมการ

$$\% \eta_{th} = \frac{m_{H_2O} c_{p,H_2O} (T_2 - T_1)}{Q_{input}} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ

- $m_{H_2O}$  มวลของน้ำที่ใช้ในการทดลอง, kg
- $c_{p,H_2O}$  ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ, kJ / kg.K
- $T_1$  อุณหภูมิของน้ำตอนเริ่มต้น การทดลอง, K
- $T_2$  อุณหภูมิของน้ำตอนสุดท้าย การทดลอง, K
- $Q_{input}$  ปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้าระบบ, kJ

วิธีการนี้จะได้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงของหัวเตาหุงต้มจริง จะต้องมีการอุ่นเตาให้ร้อนก่อนการทดสอบ ทุกครั้ง ซึ่งสามารถลดความร้อนที่สูญเสียให้กับอุปกรณ์ประกอบเตา เช่น ท่อผสม ฐานตั้งภาชนะ ให้น้อยลง

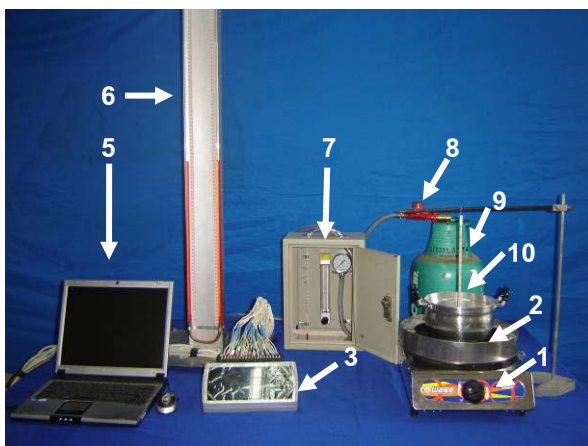
### 2.2 การประหยัดพลังงาน (% Energy saving)

การประหยัดพลังงานของเตาแก๊สหุงต้มสามารถหาได้จากสมการ

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

เมื่อ

- $\eta_{th,1}$  คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาตัวที่ 1
- $\eta_{th,2}$  คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาตัวที่ 2



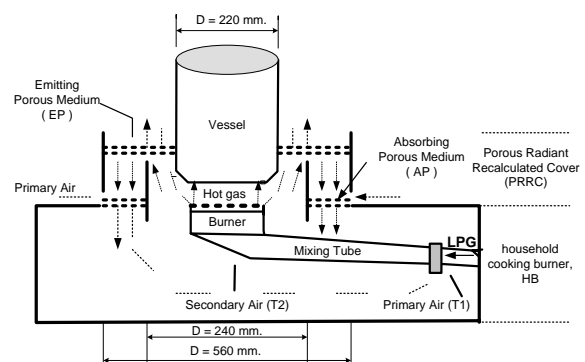
รูปที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

### 3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

จากรูปที่ 1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองซึ่งมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1. เตาแก๊สหลักก็เฟลมรุ่น AT-501 แบบหัวเดี่ยว
2. ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพอร์นที่ได้ศึกษา ออกแบบและสร้าง รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 2
3. Data Logger ยี่ห้อ Graphtec รุ่น midi LOGGER GL800
4. Thermocouple Type K
5. คอมพิวเตอร์ใช้ในการจัดเก็บข้อมูล
6. U-tube monometer ใช้วัดความดันแก๊ส LPG
7. Gas Flow Meter ใช้ยี่ห้อ Nitto รุ่น K - 2012 เป็นเครื่องวัดแบบลูกกลอย วัดอัตราการไหลของแก๊สได้ในช่วง 0.5-5 L/min
8. Pressure regulator
9. ถังแก๊ส LPG ขนาด 2.7 kg.
10. Thermometer แบบปรอท

การทดลองจะทำการติดตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 1 แล้วทดสอบตามมาตรฐาน DIN EN 203-2 [9] เริ่มต้นจากการอุ่นหัวเตาให้ร้อนประมาณ 10 นาที จากนั้นชั่งมวลของน้ำ 2.7 kg เพื่อใช้ในการทดลอง ใส่น้ำลงในหม้อ พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิของน้ำก่อนนำไปต้ม ปรับอัตราการไหลของแก๊สให้ได้ตามที่ต้องการแล้วบันทึกค่าไว้ เพื่อนำไปหาค่าอัตราการเผาไหม้ นำหม้อที่ใส่น้ำแล้วตั้งบนเตาพร้อมทั้งเริ่มจับเวลา และวัดอุณหภูมิของน้ำด้วย ต้มน้ำจนกระทั่งน้ำมีอุณหภูมิสูงถึง 90 °C บันทึกผลการทดลอง



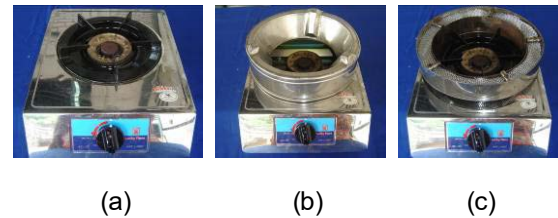
รูปที่ 2 การติดตั้งฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพอร์น (Porous Radiant Recirculated Cover, PRRC)

รูปที่ 2 แสดงลักษณะฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน (Porous Radiant Recirculated Cover, PRRC) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ซึ่งสามารถแยกชิ้นส่วนออกจากกันได้ คือ ส่วนล่างจะเป็นเตาแก๊สหุงต้มแอลพีจีในครัวเรือนมาตรฐาน (household cooking burner, HB) ทั่วๆ ไป ส่วนบน เป็นฝาครอบเตาแบบวัสดุพรุน เมื่อแก๊สความดันต่ำที่ใช้งานปกติถูกพ่นออกจากรูพ่นแก๊สเข้าไปในท่อผสม อากาศส่วนแรกที่อยู่บริเวณใกล้ๆ จะถูกชักนำผ่านช่องอากาศส่วนแรก (primary air) เข้าไปในท่อผสมพร้อมกับแก๊ส โดยอาศัยหลักการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างแก๊สและอากาศโดยรอบ ด้วยวิธีการดังกล่าวอากาศส่วนแรกจะมีค่าประมาณ 50 – 70 % ของปริมาณอากาศที่จำเป็นเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ จากนั้นส่วนผสมของอากาศส่วนแรกและแก๊สจะไหลผ่านรูพ่นแก๊สและถูกจุดประกายไฟ ด้วยวิธีที่เหมาะสม เช่น ใช้เปลวล้อ (pilot flame) หรือการ spark ในขณะที่เดียวกันอากาศส่วนที่สอง (secondary air) จะถูกชักนำเข้ามาจากด้านข้างเปลวไฟและจากด้านล่างหัวเผา ซึ่งทำให้เป็นช่องว่างไว้ระหว่างหัวเผาในกับวงนอก ทั้งนี้ โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัม และแรงลอยตัวของแก๊สร้อนที่จะขยายตัวและลอยสูงขึ้น ช่วยทำให้อากาศโดยรอบที่เย็นกว่าถูกดูดเข้ามาผสมกับเปลวไฟได้มากขึ้นและส่งผลให้การเผาไหม้สมบูรณ์ดียิ่งขึ้น เมื่อไอเสียร้อนจากการเผาไหม้ไหลผ่าน Emitting Porous Medium (EP) ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยวัสดุพรุนชุดนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยน แปลง แก๊สร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ให้เป็นการแผ่รังสีความร้อนสู่ Absorbing Porous Medium (AP) วัสดุพรุนชุดนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวเก็บความร้อนที่ได้จากการแผ่รังสีความร้อนจาก Emitting Porous Medium ทำให้อากาศเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้น เป็นการอุ่นอากาศ (preheat) ในระบบการเผาไหม้ที่มีการหมุนเวียนความร้อน ด้วยอุ่นอากาศก่อนการเผาไหม้ จากหลักการดังกล่าวมีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มนี้สูงขึ้น และยังช่วยลดแก๊สหุงต้มได้ด้วย

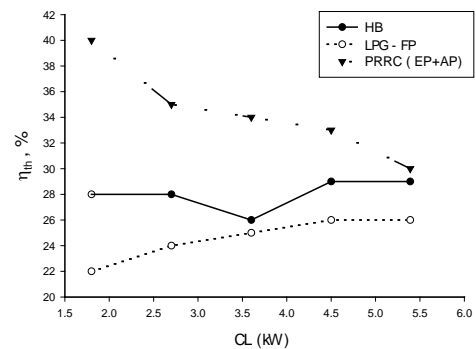
#### 4. ผลการทดลอง

##### 4.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนระหว่างเตาแบบต่างๆ

แสดงเตาแก๊สแบบมาตรฐาน (household cooking burner, HB) เตาที่ติดตั้งฝาบังลมของกระทรวงพลังงาน (LPG flame protector, LPG-FP) และเตาที่ติดตั้งฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน (Porous Radiant Recirculated Cover, PRRC) ดังแสดงในรูปที่ 3 (a),(b)และ(c)



รูปที่ 3 (a) เตาแก๊สแบบมาตรฐาน (household cooking burner, HB) (b) เตาที่ติดตั้งฝาบังลมกระทรวงพลังงาน (LPG-FP) และ (c) ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน (PRRC)

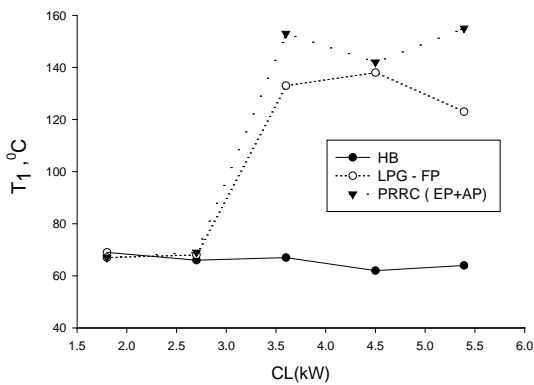


รูปที่ 4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency,  $\eta_{th}$ ) ของเตาแบบต่างๆ เมื่อพิจารณา เตา HB โดยปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้า CL (Combustion Load  $\dot{m}_g \times LHV_{LPG}$ ) ที่ค่าต่างๆ พบว่า  $\eta_{th}$  จะค่อนข้างคงที่ประมาณ 29 % ตลอดทุกๆ CL ดังรูปที่ 4 เนื่องจากเปลวไฟจะสามารถสัมผัสที่ก้นภาชนะได้ทุกอัตราการไหล แต่เมื่อ CL สูงขึ้น  $\eta_{th}$  ก็เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเกิดจากความสูงของเปลวไฟที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้สัมผัสกับก้น

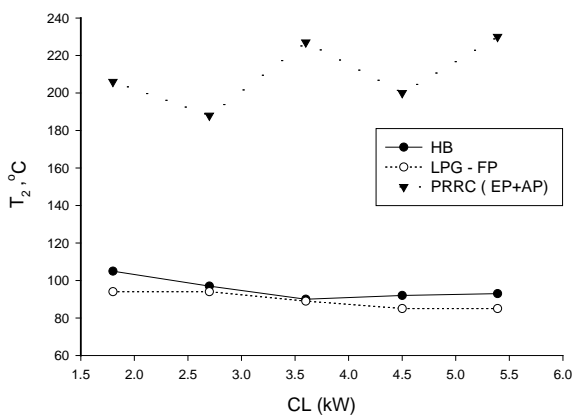


ภาชนะได้มากขึ้นนอกจากนี้เปลวไฟบางส่วนยังสัมผัสกับกันภาชนะเป็นการเพิ่มระยะเวลาในการแลกเปลี่ยนความร้อน จึงทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นตามไปด้วย

เมื่อพิจารณาเตาที่ติดตั้ง LPG-FP พบว่า อัตราการไหลของ LPG หรือ CL เพิ่มขึ้นทำให้  $\eta_{th}$  เพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่าเท่ากับ 26 % เนื่องจากว่า ความสูงระหว่างกันภาชนะกับหัวเตาเมื่อติดตั้ง LPG-FP จะมีระยะห่างกันมากประมาณ 4 เซนติเมตร ทำให้เมื่ออัตราการไหลของแก๊ส LPG ต่ำ เปลวไฟจะไม่สูงเพียงพอที่จะสัมผัสกันภาชนะ  $\eta_{th}$  จึงต่ำ แต่เมื่อ CL เพิ่มขึ้น ทำให้เปลวไฟสูงไปสัมผัสกับกันภาชนะ  $\eta_{th}$  ที่ได้จึงมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศปฐมภูมิ ( $T_1$ ) ของเตาแต่ละชนิด



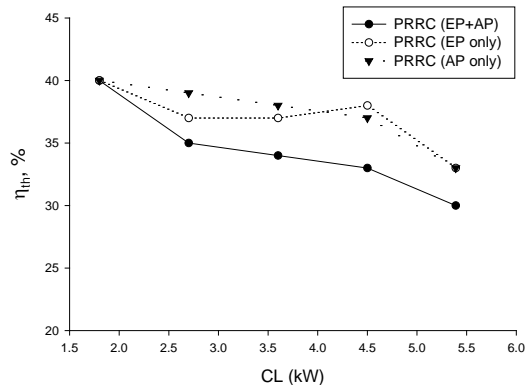
รูปที่ 6 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศทุติยภูมิ ( $T_2$ ) ของเตาแต่ละชนิด

นอกจากนี้เตาที่มีการติดตั้ง PRRC พบว่า  $\eta_{th}$  มีค่าสูงสุดเท่ากับ 40 % ที่ CL เท่ากับ 1.8 kW และจะมี

ค่าลดลงเมื่อ CL เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากเปลวไฟล้นออกจากฝาครอบทำให้เกิดความร้อนสูญเสียและอาจเนื่องมาจากการระบายแก๊สไอเสียที่ไม่ดีพอซึ่งจะอธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อถัดไป

เมื่อพิจารณาที่ทุกอัตราการไหลของ LPG หรือทุก CL พบว่า  $\eta_{th}$  ของเตาที่มีการติดตั้ง PRRC จะมีค่าสูงสุดและเตาที่มีการติดตั้ง LPG-FP จะมี  $\eta_{th}$  ต่ำสุด เนื่องจากระยะห่างระหว่างหัวเตาแก๊สและกันภาชนะที่มีผลต่อ  $\eta_{th}$  แล้ว อุณหภูมิอากาศปฐมภูมิ ( $T_1$ ) และอุณหภูมิอากาศทุติยภูมิ ( $T_2$ ) ดังในรูปที่ 5 และ รูปที่ 6 ก็มีค่าต่ำด้วยเช่นกัน เนื่องจากการหมุนเวียนความร้อนจากแก๊สไอเสียมาสู่อุบัติ ในขณะที่เตาที่มีการติดตั้ง PRRC จะมี  $T_1$  และ  $T_2$  สูงสุดซึ่งก็คือ มีการหมุนเวียนความร้อนจากแก๊สไอเสียนำไปอุ่นไอดี (primary air และ secondary air) ที่ดีจึงส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น

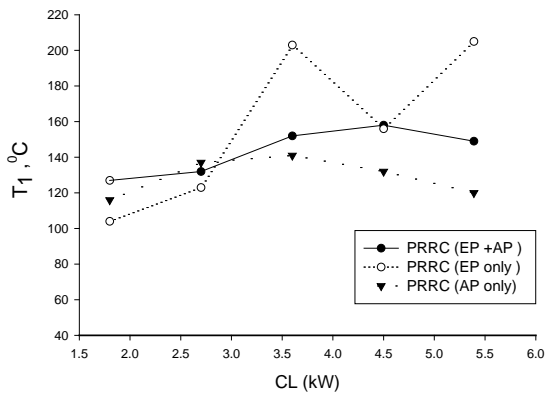
#### 4.2 อิทธิพลของวัสดุพูนที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน



รูปที่ 7 อิทธิพลของวัสดุพูนต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency,  $\eta_{th}$ )

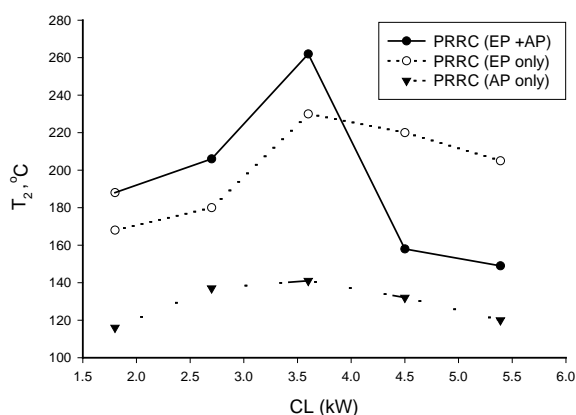
รูปที่ 7 แสดงอิทธิพลของวัสดุพูนต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal Efficiency,  $\eta_{th}$ ) โดยทำการเปรียบเทียบเตา HB ที่มีการติดตั้ง PRRC ที่มีการติดตั้งทั้ง Emitting porous medium และ Absorbing porous medium (PRRC(EP+AP)) และถอด EP ให้เหลือเพียง AP (PRRC(AP only)) และ ถอด AP ให้เหลือเพียง EP (PRRC(EP only)) (ลักษณะของเตา PRRC แสดงดังรูปที่ 2) พบว่า เมื่อ CL มีค่ามากขึ้น

หรืออัตราการไหลของแก๊ส LPG สูงขึ้น  $\eta_{th}$  ของทั้งเตาที่มีการติดตั้ง PRRC (EP+AP), PRRC (EP only) และ PRRC (AP only) มีค่าลดลง อาจเนื่องมาจากเปลวไฟล้นออกจากฝาดรอบทำให้เกิดความร้อนสูญเสียและการที่ไอเสียไม่สามารถระบายออกได้อย่างเพียงพอ



รูปที่ 8 อิทธิพลของวัสดุพอรุนต่ออุณหภูมิ

อากาศปฐมภูมิ (T<sub>1</sub>)



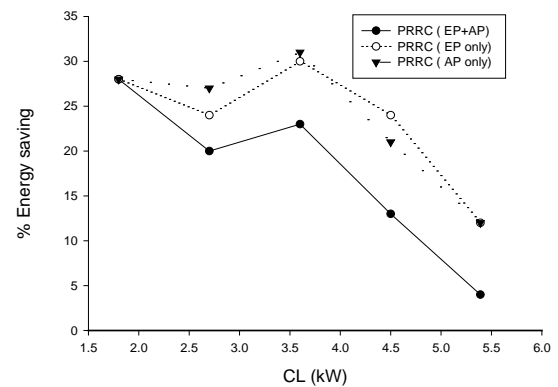
รูปที่ 9 อิทธิพลของวัสดุพอรุนต่ออุณหภูมิ

อากาศทุติยภูมิ (T<sub>2</sub>)

หากพิจารณาที่อัตราการไหล LPG หรือที่ CL เท่ากับ 1.8 kW พบว่า  $\eta_{th}$  ของทั้งเตาที่มีการติดตั้ง PRRC (EP+AP), PRRC (EP only) และ PRRC (AP only) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 40% เท่ากัน แต่เมื่ออัตราการไหลของ LPG สูงขึ้นหรือ CL เพิ่มสูงขึ้นจาก 1.8 kW พบว่า  $\eta_{th}$  ของทั้งเตาที่มีการติดตั้ง PRRC (EP+AP) ต่ำกว่าเตาที่มีการติดตั้ง PRRC (EP only) และ PRRC (AP only) ทั้งที่ T<sub>1</sub> จากรูปที่ 8 ของทั้งสามกรณีมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งหมายถึง มีการอุ่น

อากาศปฐมภูมิก่อนการเผาไหม้ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ T<sub>2</sub> จากรูปที่ 9 ของกรณีเตาที่มีการติดตั้ง PRRC (EP+AP) มีค่าสูงกว่า ของเตาที่มีการติดตั้ง PRRC (EP only) และ PRRC (AP only) ในช่วง 1.8-2.7 kW ซึ่งหมายถึงการอุ่นอากาศทุติยภูมิสูงที่ดีกว่า แต่  $\eta_{th}$  ของทั้งเตาที่มีการติดตั้ง PRRC (EP+AP) ยังคงต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากการไล่ไอเสียออกจาก PRRC ไม่ดีพอทำให้มีไอเสียเข้าไปผสมกับไอดี จึงเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จำเป็นต้องมีการทดลองเพิ่มเติมเพื่ออธิบายพฤติกรรมดังกล่าวต่อไป

#### 4.3 การประหยัดพลังงานเมื่อเทียบกับเตาแบบมาตรฐาน (% Energy saving)



รูปที่ 10 เปรียบเทียบการประหยัดพลังงานเตาแบบต่างๆ เทียบกับเตา HB

รูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานระหว่างเตาที่มีการติดตั้ง PRRC (EP+AP), PRRC (EP only) และ PRRC (AP only) เทียบกับเตา HB โดยการคำนวณจากสมการที่ 2 ในที่นี้ไม่ได้แสดงการประหยัดของเตาที่มีการติดตั้ง LPG-FP เนื่องจากว่ามีประสิทธิภาพเชิงความร้อนต่ำกว่าเตา HB จากรูปที่ 10 พบว่า การประหยัดสูงสุดของเตาที่มีการติดตั้ง PRRC (EP+AP), PRRC (EP only) และ PRRC (AP only) มีค่าเท่ากับ 28 %, 30 % และ 31 % ตามลำดับ

#### 6. สรุป

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน โดยการออกแบบสร้าง

Porous Radiant Recirculated Cover (PRRC) ติดตั้งกับเตาแก๊สหุงต้มแบบมาตรฐาน (Household cooking burner, HB) และทำการทดสอบโดย boiling test พบว่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา HB มีค่าเท่ากับ 29 % และหากติดตั้งฝาบังลมของกระทวงพลังงาน (LPG flame protector, LPG-FP) ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนลดลงเหลือเพียง 26 % แต่หากติดตั้ง PRRC (EP+AP) ทำให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มสูงสุดเท่ากับ 40 % ซึ่งการประหยัดพลังงานเมื่อเทียบกับเตาแบบมาตรฐาน (% Energy saving) คิดเป็นการประหยัดสูงสุดเท่ากับ 28 % ที่ CL เท่ากับ 1.8 kW นอกจากนี้ยังศึกษาอิทธิพลของวัสดุพรุนต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน พบว่า หากติดตั้ง PRRC (EP only) และ PRRC (AP only) ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเป็น 40 % เช่นเดียวกับกรณีติดตั้ง PRRC (EP+AP) ซึ่งคิดเป็นการประหยัดพลังงานสูงสุดเท่ากับ 30 % และ 31 % ที่ CL เท่ากับ 3.5 kW สำหรับกรณีติดตั้ง PRRC (EP only) และ PRRC (AP only) ตามลำดับ แต่เมื่อ CL เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการติดตั้ง PRRC (EP only) และ PRRC (AP only) มีค่าสูงกว่ากรณี PRRC (EP+AP) ซึ่งยังคงต้องการการทดลองเพิ่มเติมเพื่ออธิบายพฤติกรรมที่เกิดขึ้นดังกล่าว

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีทุกท่านและสำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สเนพ) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย

## 8. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, (2547). ข้อมูลพลังงาน (Energy Database), Available online: <http://www.eppo.go.th/infor/index.html>
- [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 รังสิมันต์ชาติ (2544). การประยุกต์ใช้วัสดุพรุนเพื่อการประหยัดพลังงานในเตาแก๊สหุงต้ม, *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*

[5] วสันต์ โยคเสนะกุล (2548). หัวเผาเชื้อเพลิงแก๊สที่มีการหมุนเวียนความร้อนและการไหลแบบหมุนวน, *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*

[6] จารุณี จาบกลาง (2549). การพัฒนาเตาแก๊สหุงต้มประสิทธิภาพสูงชนิดมีการหมุนเวียนความร้อน, *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี* หน้า 1-104

[7] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2550). มอก. 2312-2549: เตาทรงต้มในครัวเรือนใช้กับก๊าซปิโตรเลียมเหลว, เล่ม 126 (ตอนพิเศษ 40ง)

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

[9] German Standards and Technical Rules, 1997, DIN EN 203-2: *Gas-heated catering Equipment*, p.17.

[10] กระทวงพลังงาน, (2551). เอกสารเผยแพร่: ฝาคอบแก๊สประสิทธิภาพสูง