

## เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบวัสดุพรุนชนิดผสม Domestic Gas Stove using combined porous material

วิชญ์ ของสันเทียะ และ บัณฑิต กฤตาคม\*

ห้องปฏิบัติการการวิจัยในเทคโนโลยีของวัสดุพรุน (Development in Technology of Porous Materials Research Laboratory: DITO-Lab)  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000  
\*ผู้ติดต่อ: E-mail: bundit.kr@rmuti.ac.th, โทรศัพท์: +664-423-3073 ต่อ 3411, โทรสาร: +664-423-3074

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency,  $\eta_{th}$ ) ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน (Domestic gas stove) ที่มีปริมาณการใช้แก๊สแอลพีจี (Liquefied petroleum gas, LPG) สูงสุดไม่เกิน 5.78 kW ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.2312-2549) โดยทำการออกแบบและสร้างหัวเตาแก๊สแบบวัสดุพรุนชนิดผสม (Combined porous burner, CPB) ซึ่งประกอบด้วยวัสดุพรุน 2 ชนิดได้แก่ วัสดุพรุนชนิดโลหะเซลล์รูเปิดที่ทำมาจากนิเกิล-โครม (Nickel-Chrome, Ni-Cr) ร่วมกับวัสดุพรุนชนิดหินตุ้ปลา (Pebble) ผลการทดลองที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบกับเตาแก๊สที่มีใช้กันในห้องตลาด 2 ชนิด ได้แก่ หัวเตาแก๊สแบบวัสดุพรุนชนิดเซรามิกขรังผึ้ง (Honey comb ceramic porous burner, HPB) และแบบหัวฟู (Radial slotted ports burner, RSB) จากการทดลองที่อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง 3.16 kW พบว่าเตาแก๊สแบบ CPB มีค่า  $\eta_{th}$  สูงสุดเท่ากับ 61% ในขณะที่ HPB และ RSB มีค่า  $\eta_{th}$  สูงสุดอยู่ที่ 51% และ 40% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ CO ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเตาแก๊สแบบ CPB จะต่ำกว่าเตาแก๊สแบบ HPB ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเตาแก๊สแบบ CPB มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่า

**คำหลัก:** ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน, วัสดุพรุนชนิดผสม

### Abstract

This research aimed to improve the thermal efficiency ( $\eta_{th}$ ) of the domestic gas stove, which used the highest amount of Liquefied Petroleum Gas (LPG) not excess 5.78 kW exceed based on Thailand Industrial Standard (TIS. 2312-2549). The gas stove was designed and reconstructed with combined porous material consisting of two types of porous materials, Nickle-Chorme (Ni-Cr) open-cellular porous material and a pebble porous material. The present burner was defined as combined porous burner (CPB). The results of the present gas stove was compared with two conventional gas stoves including of honey comb ceramic porous burner (HPB) and radial slotted ports burner (RSB). In experimental procedure, the LPG fuel rate was supplied into system at 3.16 kW and the results showed that he maximum  $\eta_{th}$  of CPB was obtained by 61% but the HPB and RSB cases were 51% and 40% respectively. Moreover, a level of CO emitted by CPB was lower than HPB and, thus, it was confirmed that a better of completed combustion was achieved by the CPB

**Keywords:** Thermal efficiency, Domestic gas stove, Combined porous material

### 1. บทนำ

เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน [1] กล่าวได้ว่าเป็นเตาที่มีบทบาทสำคัญต่อความเป็นอยู่ในชีวิตประจำวันของคน

ไทยและ นิยมใช้หุงต้มในครัวเรือนอย่างแพร่หลายเมื่อเทียบกับเตาแบบอื่น ๆ ซึ่งเตาแก๊สหุงต้มที่ใช้ในประเทศไทยจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มอก.2312-2549 โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนคือ แก๊สปิโตรเลียมเหลว หรือ แอลพีจี (Liquefied petroleum gas, LPG) จากความนิยมใช้อย่างแพร่หลายของเตาหุงต้มในครัวเรือน จึงส่งผลให้มีการใช้แอลพีจีเพิ่มมากขึ้นทุกปี ดังสถิติการใช้พลังงานของกระทรวงพลังงาน [2] ซึ่งพบว่าในปี พ.ศ. 2550 ประเทศไทยมีการใช้ LPG คิดเป็นปริมาณมากถึง 4,393 ล้านตัน และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ ปี พร้อมกันนี้ราคาของ LPG มีแนวโน้มสูงขึ้นในทุก ๆ ปีเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่า ภาคครัวเรือนจะเป็นภาคส่วนที่ใช้ LPG ในอัตราส่วนที่สูงที่สุดของทุกปีโดยในปี พ.ศ.2550 ภาคครัวเรือนใช้ LPG คิดเป็นร้อยละ 42.89 ดังนั้นหากต้องการลดการใช้ LPG ในประเทศไทย ภาคครัวเรือนจึงควรได้รับความสนใจก่อนเป็นอันดับแรก ซึ่งเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีการเผาไหม้แบบเปิด (Open combustion) จึงไม่สามารถนำความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากเปลวไฟไปยังภาชนะถูกจำกัดโดยการพาความร้อน (Convection) เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงทำให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency,  $\eta_{th}$ ) ค่อนข้างต่ำ

สำหรับการวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่ม  $\eta_{th}$  ของเตาแก๊สหุงต้มได้กระทำกันมาอย่างต่อเนื่อง ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา Jugjai และ Sanitjai [3] ได้ปรับปรุงเตาแก๊สหุงต้มที่ใช้ในครัวเรือนทั่ว ๆ ไป (Conventional burner) ให้มี  $\eta_{th}$  เพิ่มขึ้น โดยการใช้หลักการหมุนเวียนของพลังงานความร้อนจากไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ นำกลับมาอุ่น (Preheat) อากาศก่อนที่จะเข้าไปผสมกับเชื้อเพลิง (Primary air) ภายในห้องเผาไหม้เป็นการอาศัยหลักการของการแผ่รังสีความร้อนจากวัสดุพอร์น (Porous Radiant Recirculated Burner, PRRB) จากหลักการของ Jugjai และ Sanitjai [3] ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ [4] ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีวัสดุพอร์นในการส่งเสริม  $\eta_{th}$  ของเตาแก๊สหุงต้ม โดยทดลองใช้หัวเตาแก๊ส KB-10 ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดมาประกอบเข้ากับโครงสร้างของเตาที่ทำขึ้นเพื่อเพิ่ม  $\eta_{th}$  จากการทดลองพบว่าสามารถเพิ่ม  $\eta_{th}$  ให้สูงขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 12 คิดเป็นอัตราการประหยัดโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 ในการทดลองนี้ยังปรับปรุงหัวเผาให้เปลวไฟที่พุ่งออกมีลักษณะของการหมุนวนเข้าสู่ศูนย์กลาง (Swirl burner, SB) สามารถเพิ่ม  $\eta_{th}$  ให้สูงขึ้นได้โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 คิดเป็น

อัตราการประหยัดโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 51 เมื่อเปรียบเทียบกับเตาแก๊ส KB - 10 ที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป และต่อมา จรินทร์ เจนจิตต์ [5] ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้วัสดุพอร์นเพื่อเพิ่ม  $\eta_{th}$  ของเตาแก๊สในครัวเรือน โดยออกแบบ Porous Radiant Recirculated Cover (PRRC) ติดตั้งกับเตาแก๊สหุงต้มแบบมาตรฐาน (Household cooking burner, HB) เมื่อทำการติดตั้งฝาครอบชนิดวัสดุพอร์น PRRC (EP4+AP4) พบว่า  $\eta_{th}$  เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 48 คิดเป็นอัตราการประหยัดประมาณร้อยละ 14.58 และ จากการศึกษาของ Pantangi V.K. และ คณะ [6] พบว่าการใช้วัสดุพอร์นชนิดหินตุ้ปลา (Pebble) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 3 มิลลิเมตร ลงบนหัวเตาแก๊ส ทำหน้าที่ในช่วงอุ่นความร้อน (Preheating zone) ทำงานร่วมกับวัสดุพอร์นชนิดต่าง ๆ ทำให้  $\eta_{th}$  ของเตาแก๊สเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 2 ถึง 5

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ทราบถึงหลักการเพิ่ม  $\eta_{th}$  ของเตาแก๊ส โดยอาศัยอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งทุกรูปแบบหรือทุกวิธีการจะอยู่บนหลักการสามประการคือ ลดการสูญเสียความร้อน อุ่นอากาศและ ปรับปรุงลักษณะงานฉีดแก๊สของหัวเตา

ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ศึกษาแนวทางการเพิ่ม  $\eta_{th}$  ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน อ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2312-2549 [1] ที่มีปริมาณการใช้ LPG สูงสุดของแต่ละหัวเตาไม่เกิน 5.78 kW ดังนั้น เพื่อบรรลุตามแนวคิดนี้จึงได้ทำการออกแบบและสร้างหัวเตาแก๊สแบบวัสดุพอร์นชนิดผสม (Combined porous burner, CPB) ซึ่งประกอบด้วยวัสดุพอร์น 2 ชนิด ได้แก่ วัสดุพอร์นชนิดโลหะเซลล์ลูร์เปิดที่ทำมาจากนิเกิลโครม (Nickel-Chrome, Ni-Cr) ซึ่งมีค่าความพอร์น (Porosity,  $\phi$ ) และจำนวนรูต่อหนึ่ง หน่วยนิ้ว (Pores per inches, PPI) เท่ากับ 0.93 และ 21.5 ตามลำดับ ร่วมกับวัสดุพอร์นชนิดหินตุ้ปลา (Pebble) ซึ่งมีค่าความพอร์น (Porosity,  $\phi$ ) เท่ากับ 0.213 มาติดตั้งเป็นหัวเตาแก๊ส ผลการทดลองที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบกับเตาแก๊สที่มีใช้กันในท้องตลาด 2 ชนิด [7] ได้แก่ หัวเตาแก๊สแบบวัสดุพอร์นชนิดเซรามิกสร้างผึ้ง (Honey comb ceramic porous burner, HPB) และแบบหัวฟู (Radial slotted ports burner, RSB) นอกจากนี้ยังทำการวัดอุณหภูมิของส่วนผสมก่อนการเผาไหม้ เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลการอุ่นอากาศและ ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของเตาแก๊สแต่ละชนิด

**2. รายการสัญลักษณ์**

- B ความดันบรรยากาศขณะทดสอบ (kPa)
- C ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.186 kJ/kg K)
- LHV ค่าความร้อนทางต่ำของแก๊สที่ใช้ (MJ/m<sup>3</sup>)
- m มวลของน้ำที่ใช้ในการทดสอบ (kg)
- P<sub>m</sub> ความดันของแก๊ส (kPa)
- PPI จำนวนรูต่อหนึ่งหน่วยนิ้ว
- S ความดันของไอน้ำอิ่มตัวที่ T<sub>g</sub> (kPa)
- T<sub>1</sub> อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (°C)
- T<sub>2</sub> อุณหภูมิสุดท้ายของน้ำ (°C)
- T<sub>3</sub> อุณหภูมิช่วงการอุ่นความร้อน (°C)
- T<sub>g</sub> อุณหภูมิของแก๊ส (°C)
- V ปริมาณของแก๊สที่ใช้ทดสอบ (m<sup>3</sup>)
- x ความหนาของแผ่นวัสดุพอร์ซ (mm)
- φ ค่าความพรุน
- η<sub>th</sub> คือประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)
- η<sub>th,1</sub> คือประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาตัวที่ 1
- η<sub>th,2</sub> คือประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาตัวที่ 2

**3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง**

**3.1 อุปกรณ์การทดลอง**

หัวเตาแก๊สแบบวัสดุพอร์ซชนิดผสม (Combined porous burner, CPB) ประกอบด้วยวัสดุพอร์ซ 2 ชนิด ได้แก่ วัสดุพอร์ซชนิดโลหะเซลลูลาร์เปิดที่ทำมาจากนิเกิล-โครม (Nickel-Chrome, Ni-Cr) ร่วมกับวัสดุพอร์ซชนิดหินตุ้ปลา (Pebble) ซึ่งมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

รูปที่ 1 เป็นภาพถ่ายของวัสดุพอร์ซชนิดโลหะเซลลูลาร์เปิดที่ทำมาจากนิเกิล-โครม (Ni-Cr) โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพซึ่งแสดงอย่างละเอียดในตารางที่ 1



รูปที่ 1 วัสดุพอร์ซชนิดโลหะเซลลูลาร์เปิดที่ทำมาจากนิเกิล-โครม (Ni-Cr)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุพอร์ซเซลลูลาร์เปิดชนิดนิเกิล-โครม (Ni-Cr) [8]

คุณสมบัติทางกายภาพ	ปริมาณ
1. ค่าความพรุน (φ)	0.93
2. จำนวนรูต่อหนึ่งหน่วยนิ้ว (PPI)	21.50
3. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (mm)	107
4. ความหนา (x, mm)	10.30

รูปที่ 2 เป็นภาพถ่ายของวัสดุพอร์ซชนิดหินตุ้ปลา (Pebble) โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพซึ่งแสดงอย่างละเอียดใน ตารางที่ 2



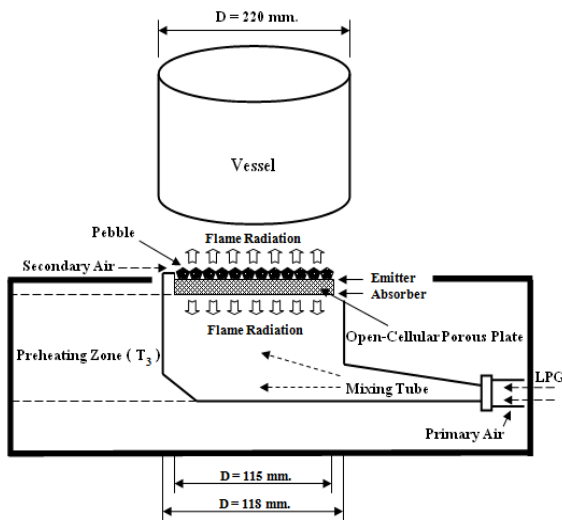
รูปที่ 2 วัสดุพอร์ซชนิดหินตุ้ปลา (Pebble)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุพอร์ซชนิดหินตุ้ปลา (Pebble)

คุณสมบัติทางกายภาพ	ปริมาณ
1. ค่าความพรุน (φ)	0.213
2. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงใน (mm)	60
3. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงนอก (mm)	100
4. ความหนา (x, mm)	2.43

รูปที่ 3 แสดงหลักการทำงานของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบวัสดุพอร์ซชนิดผสม ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ เริ่มจากแก๊สความดันต่ำถูกพ่นออกจากรูพ่นแก๊สเข้าไปในท่อผสม ขณะเดียวกันอากาศส่วนแรก (Primary air) ที่อยู่บริเวณใกล้ ๆ จะถูกชักนำผ่านช่องอากาศส่วนแรกเข้าไปในท่อผสมพร้อม ๆ กับแก๊ส โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างแก๊สและอากาศโดยรอบ ด้วยวิธีการดังกล่าวอากาศส่วนแรกจะมีค่าประมาณ 50 – 70% ของปริมาณอากาศที่จำเป็นเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Stoichiometric air) และมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้

อากาศส่วนแรกนี้มีค่าถึง 100% ขึ้นอยู่กับความดันของแก๊สที่ใช้ จากนั้นส่วนผสมของอากาศส่วนแรกและแก๊สจะไหลผ่านผ่านแผ่นวัสดุพอร์ซไนต์เซลลูลาร์เปิด แก๊สและถูกจุดประกายไฟ ซึ่งการจุดติดไฟจะใช้วิธีเปลวไฟล่อ (Pilot flame) ขณะเดียวกันอากาศส่วนที่สอง (Secondary air) ซึ่งจะถูกชักนำเข้ามาจากทางด้านข้างเปลวไฟ โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัมและ แรงลอยตัวของแก๊สร้อนที่จะขยายตัวและลอยสูงขึ้น ช่วยทำให้อากาศโดยรอบที่เย็นกว่าถูกดูดเข้ามาผสม กับเปลวไฟได้



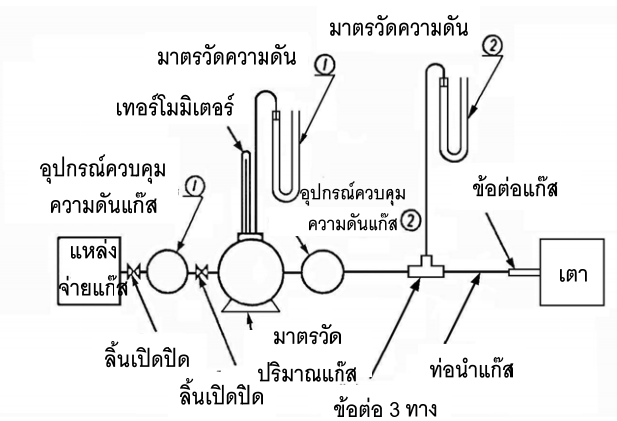
รูปที่ 3 หลักการทำงานของหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบวัสดุพอร์ซไนต์ผสม

มากขึ้นและ ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น โดยทั่วไปคุณสมบัติของวัสดุพอร์ซไนต์ผสม สามารถเป็นได้ทั้งตัวรับ (Absorber) และตัวแผ่รังสีความร้อน (Emitter) แต่สำหรับหัวเตาแก๊สแบบวัสดุพอร์ซไนต์ของงานวิจัยนี้ จะทำหน้าที่เป็น Absorber เนื่องจากวัสดุพอร์ซไนต์ผสมได้รับความร้อนจากเปลวไฟที่เสถียรอยู่ในหรือบนผิวหน้าวัสดุพอร์ซไนต์ (Stability inside or on the surface of porous plate) การแผ่รังสีจะแผ่ออกไปทุกทิศทาง โดยเฉพาะสองทิศทางที่สำคัญ คือ การแผ่รังสีไปด้านบน หมายถึงจะส่งความร้อนไปยังก้นภาชนะ และอีกด้านหนึ่งแผ่รังสีลงด้านล่างมายังส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิง (LPG) และอากาศส่วนแรก (Primary Air) ดังนั้นส่วนผสมนี้เมื่อไหลเข้ามาจนถึงวัสดุพอร์ซไนต์จะเกิดการอุ่นหรือเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นก่อนเข้าสู่การเผาไหม้ เรียกบริเวณนี้ว่าช่วงการอุ่นความร้อน (Preheating zone,  $T_3$ ) และ ในส่วนของวัสดุพอร์ซไนต์หินตุ้ปลา ที่ติดตั้งลักษณะเป็นวงแหวนวางล้อมรอบบนแผ่นวัสดุพอร์ซไนต์โลหะเซลลูลาร์เปิด ส่วนหนึ่งจะทำหน้าที่อุ่นอากาศส่วนที่สอง

(Secondary Air) ที่ไหลเข้าทางด้านบนของแผ่นวัสดุพอร์ซไนต์ผสม ให้มีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเพื่อส่งเสริมกระบวนการเผาไหม้ให้ดียิ่งขึ้น

3.2 วิธีการทดลอง

รูปที่ 4 แสดงรายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ของการทดลองเพื่อหาค่า  $\eta_{th}$  โดยจะดำเนินการเริ่มต้นด้วยการจ่ายแก๊ส LPG จากแหล่งจ่ายแก๊สไหลผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันเข้าสู่มาตรวัดปริมาณแก๊สในอัตรา 3.16 kW เมื่อแก๊สไหลมาถึงเตาทำการจุดไฟเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ โดยที่ตำแหน่งหัวเตาจะมีหม้อบอร์ 22 ซึ่งบรรจุน้ำกลั่น 2.7 kg วางตั้งอยู่บนหัวเตาแก๊สและ ใช้วิธีทดสอบตามขั้นตอนซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2312-2549 [1]



รูปที่ 4 การทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน [1]

3.3 การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน

การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ ) ของเตาแก๊สหุงต้มในประเทศไทยนั้น ได้กำหนดวิธีการทดสอบ  $\eta_{th}$  ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนโดยอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2312-2549 ซึ่งก็คือหลักการ Boiling test นั้นเอง มีวิธีการคำนวณหาค่า  $\eta_{th}$  ตามสมการที่ (1)

$$\eta_{th} = \left\{ \frac{m \times C \times (T_2 - T_1)}{V \times LHV} \times \frac{273 + T_g}{298} \times \frac{101.3}{B + P_m - S} \right\} \times 100 \quad (1)$$

3.4 การประหยัดพลังงาน

วิธีการหาค่าอัตราการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สหุงต้มสามารถหาได้จากสมการที่ (2) [5]

$$\% \text{ Energy saving} = \frac{\eta_{th,2} - \eta_{th,1}}{\eta_{th,2}} \times 100 \quad (2)$$

4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊สหุงต้ม

ในการศึกษาวิจัยได้เปรียบเทียบเตาแก๊สแบบวัสดุพอร์ซิดผสม (Combined porous burner, CPB) กับเตาแก๊สที่มีใช้กันในท้องตลาด 2 ชนิด ได้แก่หัวเตาแก๊สแบบวัสดุพอร์ซิดเซรามิกสร้างฝั้่ง (Honey comb ceramic porous burner, HPB) และแบบหัวฟู (Radial slotted ports burner, RSB) ซึ่งแบบ RSB เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดใ้ครัวเรือน และจากการทดลองลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊สแต่ละแบบจะมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊ส

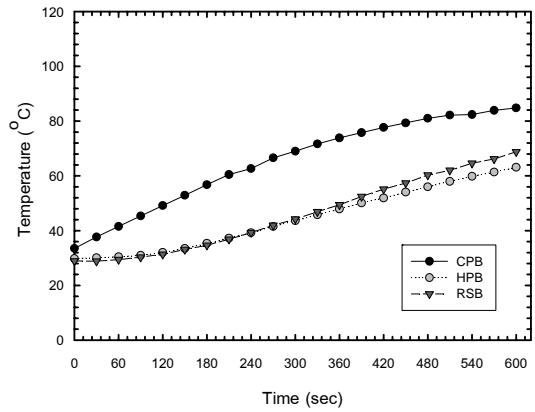
- (a) แบบวัสดุพอร์ซิดผสม (CPB)
- (b) แบบวัสดุพอร์ซิดเซรามิกสร้างฝั้่ง (HPB) และ
- (c) แบบหัวฟู (RSB)

จากรูปที่ 5 ลักษณะของเปลวไฟทั้ง 3 หัวเตาแก๊สมีลักษณะเป็นสีฟ้า (Blue flame) ซึ่งแสดงถึงการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของทั้ง 3 แบบ โดยเฉพาะกับเตาแก๊สแบบ RSB (รูปที่5(c)) จะมีเปลวไฟเป็นสีฟ้าอย่างเด่นชัดและมีเปลวพุ่งขึ้นเล็กน้อย ส่วนเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ HPB (รูปที่ 5(b)) แทบมองไม่เห็นเปลวไฟเป็นลักษณะไร้เปลวไฟ (Flameless) มีลักษณะเป็นสีแดงกระจายทั่วทั้งแผ่นวัสดุพอร์ซิดไม่มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำขึ้นไป สำหรับเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ CPB (รูปที่5(a)) จะมีรูปร่างเปลวไฟแบ่งเป็น 2 ส่วนกล่าวคือ ส่วนแรกที่ผิวของวัสดุพอร์ซิดจะเป็นลักษณะ Flameless เช่นเดียวกับเตาแก๊สแบบ HPB ขณะเดียวกันก็มีเปลวไฟอีกส่วนอยู่ด้านบนซึ่งมีลักษณะลำพุ่งสูงชันเป็นเปลวไฟสีฟ้า ด้วยเหตุนี้ลักษณะเปลวไฟที่สังเกตได้จาก CPB นั้นคล้าย ๆ จะรวมเอาเปลวไฟแบบ HPB และ RSB เข้าด้วยกัน

4.2 อุณหภูมิช่วงการอุ่นความร้อนของเตาแก๊ส

รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิช่วงการอุ่นความร้อน (Preheating Zone, T<sub>3</sub>) ของเตาแก๊สหุงต้มทั้ง 3 แบบ จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิก่อน

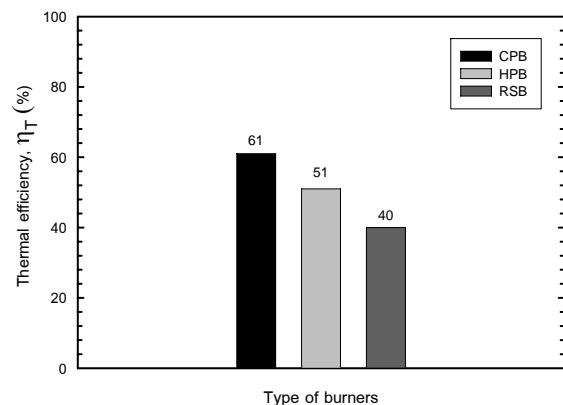
การเผาไหม้ของเตาแก๊สหุงต้มแบบ CPB มีค่าสูงกว่าเตาแก๊สหุงต้มแบบ HPB และแบบ RSB ทุกช่วงเวลา เนื่องจากความสามารถในการแผ่รังสีออกมาจากแผ่นวัสดุพอร์ซิดผสมไปยังส่วนผสม จึงเป็นการส่งเสริมการอุ่นส่วนผสมไปในตัว [9]



รูปที่ 6 เปรียบเทียบอุณหภูมิช่วงการอุ่นความร้อน (Preheating Zone, T<sub>3</sub>) ของเตาแก๊สแต่ละแบบ

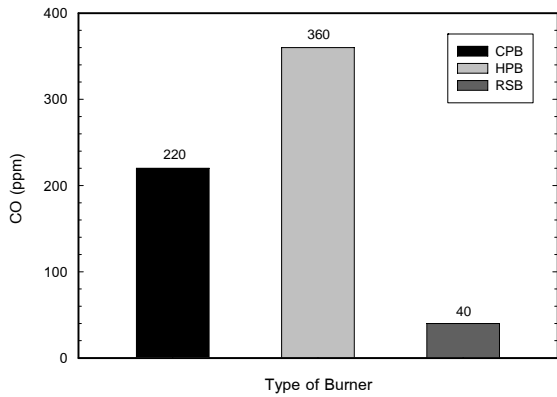
4.3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η<sub>th</sub>)

รูปที่ 7 แสดงแผนภูมิแท่งของประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η<sub>th</sub>) ของเตาแก๊สหุงต้มทั้ง 3 แบบ จากผลการทดลองพบว่าเตาแก๊สแบบ CPB มีค่า η<sub>th</sub> สูงสุดประมาณ 61% แต่เตาแก๊สแบบ HPB และ RSB มีประสิทธิภาพเพียง 51% และ 40% ตามลำดับ ซึ่งเหตุผลนี้สามารถอธิบายได้ด้วยกลไกการแผ่รังสีความร้อนที่ออกมาจากแผ่นวัสดุพอร์ซิดผสม ซึ่งสอดคล้องกับกรณีของอุณหภูมิช่วงการอุ่นความร้อน



รูปที่ 7 แผนภูมิแท่งแสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η<sub>th</sub>) ของเตาแก๊สแต่ละแบบ

4.4 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของเตาแก๊ส

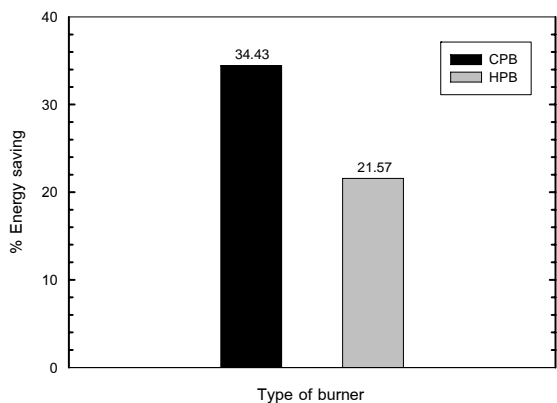


รูปที่ 8 แผนภูมิการเปรียบเทียบค่า CO ของเตาแก๊สแต่ละแบบ

รูปที่ 8 แสดง การ เปรียบ เทียบ ปริมาณ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของเตาแก๊สแต่ละแบบ พบว่า ค่าปริมาณ CO ของเตาแก๊สแบบ CPB มีค่าเท่ากับ 220 ppm ขณะที่เตาแก๊สแบบ HPB และ RSB มีค่าอยู่ที่ 360 ppm และ 40 ppm ตามลำดับ

4.5 การประหยัดพลังงาน (% Energy saving)

รูปที่ 9 แสดงผลการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ CPB และเตาแก๊สแบบ HPB โดยเตาแก๊สทั้งสองจะทำการคำนวณจากสมการที่ (2) และใช้ค่า  $\eta_{th}$  ของเตาแก๊สแบบหัวฟู่ RSB เป็นค่าอ้างอิง จากการวิเคราะห์พบว่า การประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ CPB และเตาแก๊สแบบ HPB มีค่าประมาณ 34% และ 22% ตามลำดับ



รูปที่ 9 แผนภูมิเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ CPB และแบบ HPB

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการประยุกต์ใช้วัสดุพอร์ซันชนิดผสมที่ประกอบด้วยวัสดุพอร์ซันชนิดโลหะเซลลูลาร์เปิดร่วมกับวัสดุพอร์ซันชนิดหินตุ้ปลาเป็นหัวเตาแก๊สเพื่อเพิ่ม

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) เปลวไฟของเตาแก๊สทั้ง 3 แบบ มีลักษณะเป็นเปลวไฟสีฟ้า (Blue flame) มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ แต่มีรูปร่างของเปลวไฟที่แตกต่างกัน กล่าวคือ เตาแก๊สแบบ RSB เปลวไฟจะพุ่งขึ้นเล็กน้อย ส่วนเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ HPB เป็นลักษณะไร้เปลวไฟ (Flameless) เสมือนมีเปลวไฟสีแดงกระจายทั่วทั้งแผ่นวัสดุพอร์ซันและไม่มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำขึ้นไป สำหรับเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ CPB จะมีรูปร่างเปลวไฟแบ่งเป็น 2 ส่วนประกอบไปด้วย ส่วนแรกที่มีผิวของวัสดุพอร์ซันจะเป็นลักษณะ Flameless ขณะเดียวกันก็มีเปลวไฟสีฟ้าพุ่งเป็นลำอีกส่วนอยู่ด้านบน ด้วยเหตุนี้รูปร่างเปลวไฟของ CPB จึงเป็นการรวมเอาเปลวไฟแบบ HPB และ RSB เข้าด้วยกัน

2) อุณหภูมิช่วงการอุ่นความร้อนของเตาแก๊สแบบ CPB มีค่าสูงกว่าเตาแก๊สหุงต้มแบบ HPB และแบบ RSB ทุกช่วงเวลา เพราะอิทธิพลของการแผ่รังสีที่ออกมาจากแผ่นวัสดุพอร์ซันชนิดผสมไปยังส่วนผสม

3) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ ) ของเตาแก๊สแบบ CPB มีค่าสูงสุดประมาณ 61% และเตาแก๊สแบบ HPB และ RSB มีประสิทธิภาพเท่ากับ 51% และ 40% ตามลำดับ เนื่องจากกลไกการแผ่รังสีความร้อนของแผ่นวัสดุพอร์ซันชนิดผสม ซึ่งไปช่วยอุ่นอุณหภูมิส่วนผสมในช่วงการอุ่นความร้อน

4) ปริมาณ CO ของเตาแก๊สแบบ CPB มีค่าเท่ากับ 220 ppm ขณะที่เตาแก๊สแบบ HPB และ RSB มีค่าอยู่ที่ 360 ppm และ 40 ppm ตามลำดับ ดังนั้นระดับ CO ในการเผาไหม้ของเตาแก๊สแบบ CPB มีค่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเตาแก๊สแบบ HPB

5) การประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ CPB และเตาแก๊สแบบ HPB โดยใช้ค่า  $\eta_{th}$  ของเตาแก๊สแบบ RSB เป็นค่าอ้างอิง พบว่าการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ CPB และเตาแก๊สแบบ HPB มีค่าประมาณ 34% และ 22% ตามลำดับ ซึ่งยืนยันได้ว่าเตาแก๊สแบบ CPB มีการใช้พลังงานต่ำกว่าเตาแก๊สแบบอื่น ๆ

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (มทร.อีสาน) ที่ได้สนับสนุนเงินทุนเพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

## 7. เอกสารอ้างอิง (Reference)

- [1] กระทรวงอุตสาหกรรม.(2549).มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเตาหุงต้มในครัวเรือนใช้กับก๊าซปิโตรเลียมเหลว, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2550/E/040/17.PDF>, เข้าดูเมื่อวันที่ 15/08/2554.
- [2] กระทรวงพลังงาน.(2550).ข้อมูลการใช้พลังงานในประเทศไทย, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.energy.go.th>, เข้าดูเมื่อวันที่ 12/09/2554.
- [3] Jugjai, S. and Sanitjai, S. Parametric (1996) Studies of thermal efficiency in a proposed Porous Radiant Recirculated Burner (PRRB): A Design Concept for the Future Burner. *International Energy Journal*, Vol. 18, pp.97-111.
- [4] ญัฐวุฒิ รังสีมันต์ชาติ. (2544).การประยุกต์ใช้วัสดุพรุนเพื่อการประหยัดพลังงานในเตาแก๊สหุงต้ม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ.
- [5] จรินทร์ เจนจิตต์. (2553).การเพิ่มประสิทธิภาพของเตาแก๊สโดยวัสดุพรุน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- [6] Pantangi V.K., Karuna Kumar A. S. S. R., Mishra Subhash C. and Sahoo.Niranjan (2007). Performance Analysis of Domestic LPG Cooking Stoves with Porous Media. *International Energy Journal*, Vol. 8, pp.139 - 144.
- [7] Makmool, U., Jugjai, S., Tia,S., Vallikul, P. and Fungtammasan. (2007). Performance and analysis by particle Image velocimetry (PIV) of Cooker-top Burners in Thailand. *Energy*, Vol.32, pp.1986-1995.
- [8] Krittacom, B. and Kamiuto, K. (2009). Radiation emission characteristics of an open-cellular porous burner. *JSME Journal of Thermal Science and Technology*, Vol. 4, pp. 13-24.
- [9] Weinberg, F. J. (1996). Heat - recirculating burners: principles and some recent developments. *Combustion Science and Technology*, Vol. 121, pp. 3-22.