

## การศึกษาอิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อนิวของตาข่ายสแตนเลสที่มีผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อน ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน

### Study of Effect of Pores Per Inch of Stainless Wire-Net on the Thermal Efficiency of the Domestic Cooking-Gas Burner

สุระเดช สีนจะโป๊ะ, พิพัฒน์ อมตฉายา, พรสวรรค์ ทองใบ และ บัณฑิต กฤตาคม\*

ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพอรุน

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

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

\*ติดต่อ: E-mail: auto013\_rmuti@hotmail.com และ bundit.kr@rmuti.ac.th, โทรศัพท์: 044-233-073, โทรสาร: 044-233-074

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนที่มีปริมาณการใช้แอลพีจี (LPG) สูงสุดไม่เกิน 5.78 kW ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2312-2549 โดยใช้ตาข่ายสแตนเลสนำมาวางเรียงซ้อนกันและติดตั้งแทนหัวเตาแก๊สแบบเดิม (CB) เรียกเตาแก๊สแบบใหม่นี้ว่า เตาแก๊สหุงต้มชนิดตาข่ายสแตนเลส (Stainless wire-net type of domestic cooking-gas burner, SWB) ด้วยเหตุนี้อิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อนิว (PPI) ของตาข่ายสแตนเลสที่มีผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อน ( $\eta_{th}$ ) จึงถูกศึกษาทดลอง ค่า PPI ที่ทำการศึกษาค้นคว้าสำหรับเตาแก๊สแบบ SWB มี 3 ขนาด คือ PPI = 8, 12 และ 16 ผลการทดลองที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับเตาแก๊สทั่วไป 2 ชนิด คือ เตาแก๊สแบบวัสดุพอรุนชนิดเซรามิกส์ (PB) และแบบหัวฟู (RB) หม้อหุงต้มในการทดลองใช้ขนาดเบอร์ 22 cm และต้มน้ำ 2.7 ลิตร ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาค่า  $\eta_{th}$  จะเป็นไปตามมาตรฐานเยอรมัน DIN-EN 203-2 และ LPG ที่ใช้ในการทดลองอยู่ที่อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง ( $Q_f$ ) 3 kW จากการทดลองพบว่าเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าเตาแก๊สแบบ PB และแบบ RB เนื่องจากอิทธิพลการแผ่รังสีของแผ่นตาข่ายสแตนเลส ดังนั้นเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ จึงมีค่า  $\eta_{th}$  สูงกว่าเตาแก๊สแบบ PB และแบบ RB โดยมีข้อสังเกตว่ากรณี PPI = 8 มีค่า  $\eta_{th}$  สูงที่สุด คือ 47.35% และค่า  $\eta_{th}$  มีแนวโน้มลดลงตาม PPI ที่เพิ่มขึ้น ส่วนเตาแก๊สแบบ PB และแบบ RB จะมีค่า  $\eta_{th}$  เพียง 42.65% และ 40.13% ตามลำดับ

**คำหลัก:** ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน, จำนวนช่องว่างต่อนิว, ตาข่ายสแตนเลส

#### Abstract

This research aimed to develop the domestic cooking-gas burner that use the highest amount of Liquefied Petroleum Gas (LPG) not excess 5.78 kW, in accordance with Thailand Industrial Standard (TIS 2312-2549). Several plates of stainless wire-net was packed and installed to replace the conventional cooking-gas burner (CB). A stainless wire-net type of domestic cooking-gas burner (SWB) was defined in this research. Thus, the effect of pores per inch (PPI) of stainless wire-net on the thermal efficiency ( $\eta_{th}$ ) of the cooking-gas burner was investigated. Three sizes of PPI, i.e., 8, 12 and 16, were examined in the SWB. The experimental results of SWB was compared with two conventional cooking-gas burners including of porous ceramic burner (PB) and radial slotted ports burner (RB). An examined pot of NO.22 cm and boiling water of 2.7 liters were used. However, Deutsch Institute Norms: DIN-EN 203-2 was adopted in determination of  $\eta_{th}$  and the LPG at the fuel rate of 3 kW was employed. From the experiment, it was found that the boiling time of water in SWB were faster than

RB and PB. It is the effect of heat radiation from stainless wire-net. Thus, the  $\eta_{th}$  of SWB was also higher than RB and PB in all cases. It was noted that the maximum value of the  $\eta_{th}$  was 47.35% for the case of PPI = 8, and the  $\eta_{th}$  was decreased as increasing PPI. For the RB and PB cases, the  $\eta_{th}$  become 42.65% and 40.13% respectively.

**Keywords:** Thermal efficiency, Domestic cooking-gas burner, Pores per inch, Stainless wire-net

## 1. บทนำ

จากความนิยมใช้เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนกันอย่างแพร่หลาย จึงส่งผลให้มีการใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลว หรือ แอลพีจี (Liquefied petroleum gas, LPG) เพิ่มมากขึ้นทุกปี ด้วยเหตุนี้การวิจัยเพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจี และเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency,  $\eta_{th}$ ) ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน จึงได้กระทำกันมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีวัสดุพอรันเป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับคามนิยมใช้กันมาก เพราะมีการลดปริมาณการใช้แอลพีจีได้อย่างเด่นชัดและส่งผลโดยตรงต่อค่า  $\eta_{th}$

V.K.Pantangi และคณะ [1] ได้ศึกษาคุณสมบัติของการเผาไหม้ในวัสดุพอรัน ด้วยการเพิ่ม  $\eta_{th}$  ของเตาแก๊สหุงต้มให้สูงขึ้น โดยนำลูกบอลโลหะ (Metal bolls) และเศษโลหะ (Metal chips) มาประกอบเป็นชุดหัวเผาวัสดุพอรัน เพื่อใช้แทนหัวเตาแก๊สหุงต้มทั่วไป จากผลการทดลองของพวกเขา พบว่า  $\eta_{th}$  สูงสุดของเตาแก๊สวัสดุพอรันเป็น 73% แต่เตาแก๊สหุงต้มทั่วไป อยู่ในช่วง 67-69% ค่าการปล่อยแก๊สมลภาวะพบว่า CO<sub>2</sub> เพิ่มขึ้น 0.6875-0.9375 ppm และค่าการปล่อย CO ลดลง 225-117 ppm จีวีเอ็ม คอนโพธิ์ และคณะ [2] ได้ทำการประยุกต์ใช้วัสดุพอรันเพื่อเพิ่ม  $\eta_{th}$  ของเตาแก๊สหุงต้ม โดยการออกแบบสร้างเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบวัสดุพอรันชนิดเซลลูลาร์เปิด (Domestic gas cooker using open-cellular porous material) พบว่าเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบวัสดุพอรันชนิดเซลลูลาร์เปิดสามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่า แบบเซรามิกส์ (Porous ceramic) และแบบหัวฟู่ (Radial slotted ports) และมีอุณหภูมิที่ตำแหน่ง Preheating zone และ Primary air สูงกว่า เนื่องจากอิทธิพลการแผ่รังสีของวัสดุพอรันที่มีโครงสร้างแบบเซลลูลาร์เปิด V.K.Pantangi และคณะ [3] ได้ศึกษาเตาวัสดุพอรัน (Porous radiant burner, PRB) ที่ใช้แอลพีจี (LPG) เป็นเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการประกอบอาหาร โดยที่เตาประกอบด้วยวัสดุพอรันสองชั้น ชั้นแรก

เป็นโซนการเผาไหม้ที่ถูกสร้างขึ้นจากซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon carbide, SiC) และชั้นที่สองเป็นรูปแบบโซนการอุ่นความร้อนที่สร้างจาก อลูมินาเม็ดกลม (Alumina balls, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ทำการทดสอบโดยการต้มน้ำตามที่กำหนดไว้ใน BIS (Bureau of Indian Standard): 4246:2002 ถูกนำมาใช้ในการคำนวณหา  $\eta_{th}$  ของทั้งเตาแก๊สหุงต้มแบบเดิมและแบบ PRB พบว่า  $\eta_{th}$  สูงสุดของเตาแบบ PRB เป็น 68% ซึ่งสูงกว่า  $\eta_{th}$  สูงสุดของเตาแก๊สหุงต้มแบบเดิมอยู่ 3% นรินทร์ เพชรแสน และคณะ [4] นำแนวทางการทดลองของ จีวีเอ็ม คอนโพธิ์ และคณะ [2] มาสร้างเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบใหม่ โดยการออกแบบและสร้างเตาแก๊สแบบวัสดุพอรันชนิดโลหะเซลลูลาร์เปิด (Metal open-cellular porous material burner, MOB) ที่ทำมาจากนิเกิล-โครม (Nickel chrome, Ni-Cr) ซึ่งผลการทดลองจะนำไปเปรียบเทียบกับเตาแก๊สที่ใช้กันในท้องตลาด (Conventional burner, CB) 2 ชนิด ได้แก่ เตาแก๊สแบบวัสดุพอรันชนิดเซรามิกส์รังผึ้ง (Honey comb ceramic porous burner, PB) และแบบหัวฟู่ (Radial slotted ports burner, RB) จากผลการทดลองพบว่าเตาแก๊สแบบ MOB มีค่า  $\eta_{th}$  สูงสุด 60% ขณะที่ PB และ RB มีค่า  $\eta_{th}$  อยู่ที่ 51% และ 40% เมื่อเร็ว ๆ นี้ P. Muthukumar and P.I. Shyamkumar [5] นำแนวทางของ V.K.Pantangi และคณะ [3] มาพัฒนาต่อ โดยการเปลี่ยนวัสดุพอรันชั้นที่สองในโซนการอุ่นความร้อนจากอลูมินาเม็ดกลมมาใช้เซรามิกส์ (ความพอรัน 40%) ความหนา 10 มม. โซนการเผาไหม้ใช้ SiC ที่มีความพอรัน 80%, 85% และ 90% มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มม. และความหนา 20 มม. ทดสอบโดยใช้วิธีต้มน้ำแบบ BIS: 4246:2002 จากการทดลองพบว่ามี  $\eta_{th}$  สูงสุดประมาณ 75% สูงกว่า  $\eta_{th}$  สูงสุดของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบเดิม (โลหะ) ที่มีในท้องตลาดอินเดีย 10% มีค่าการปล่อยแก๊ส CO และ NO<sub>x</sub> อยู่ในช่วง 10-160 mg/m<sup>3</sup> และ 0-0.9 mg/m<sup>3</sup> ขณะที่ค่าของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบเดิม

อยู่ในช่วง 250-650 mg/m<sup>3</sup> และ 4-7 mg/m<sup>3</sup> ทำการทดสอบที่อัตราส่วนสมมูล (0.5-0.7) และกำลังวัตต์ (1.3-1.7 kW)

จากที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะพัฒนาเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบใหม่ โดยนำเอาตาข่ายสแตนเลสมาประยุกต์ใช้หรือสร้างเป็นหัวเผาของเตาแก๊สซึ่งมุ่งสนใจไปที่อิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อนิ้ว (Pores per inch, PPI) ของตาข่ายสแตนเลสที่มีต่อกลไกการเผาไหม้และหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency,  $\eta_{th}$ ) ให้สูงขึ้นและลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รวมทั้งลดปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น สามารถนำไปใช้งานได้จริงก่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน นอกจากนี้ยังจะทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของเตาแก๊สแบบใหม่กับเตาแก๊ส อีก 2 ชนิด ได้แก่ เตาแก๊สแบบหัวฟู (Radial slotted ports gas burner, RB) และเตาแก๊สแบบวัสดุพอร์ซเซรามิก (Porous ceramic burner, PB)

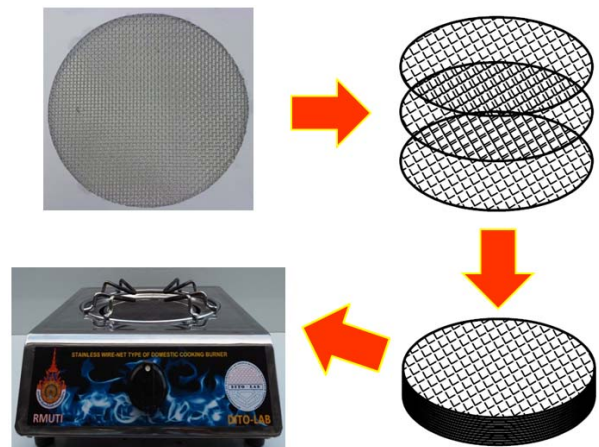
## 2. รายการสัญลักษณ์

$C_{P,water}$	ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำที่ใช้ทดสอบ (MJ/kg.K)
CB	Conventional burner
CO	คาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)
LHV	ค่าความร้อนทางต่ำของแก๊ส (MJ/m <sup>3</sup> )
$m_{water}$	มวลของน้ำที่ใช้ในการทดสอบ (kg)
$Q_F$	อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (kW)
PB	Porous ceramic burner
PPI	Pores per inch
RB	Radial slotted ports gas burner
Re	Reynolds number
SB	Swirling burner
SiC	Silicon carbide
SWB	Stainless wire-net type of domestic cooking burner
$T_{water,i}$	อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (K)
t	เวลาที่ใช้ในการต้ม (s)
v	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของแก๊สที่ใช้ทดสอบ (m <sup>3</sup> /s)
$\eta_{th}$	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)
$\eta_{th,1}$	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเตาตัวที่ 1
$\eta_{th,2}$	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเตาตัวที่ 2

## 3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### 3.1. อุปกรณ์การทดลอง

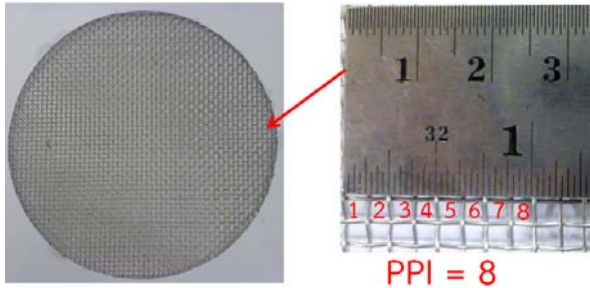
รูปที่ 1 แสดงแนวคิดในการออกแบบหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส โดยมีหลักการดังนี้ หากนำตาข่ายสแตนเลสมาวางซ้อนกันหลาย ๆ แผ่น จะเกิดเป็นวัสดุพอร์ซ (Porous media) ซึ่งมีลักษณะเด่น เช่นเดียวกับวัสดุพอร์ซทั่ว ๆ ไป คือ สามารถเป็นได้ทั้งตัวรับความร้อน (Absorber) และตัวเปล่งรังสีความร้อน (Emitter) จึงสามารถใช้เป็นอุปกรณ์ในการแลกเปลี่ยนความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยนิยามเรียกว่าเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส (Stainless wire-net type of domestic cooking burner, SWB) และจะเรียกชื่อของเตาแก๊สแบบ SWB ตามค่า PPI ของตาข่ายสแตนเลสที่มี 3 ขนาด คือ 8, 12 และ 16 PPI หรือมีชื่อเรียกย่อ ๆ ว่า SWB08:01, SWB12:01 และ SWB16:01 ตามลำดับ ซึ่ง 01 คือ ความหนาของชั้นตาข่ายสแตนเลสเท่ากับ 1 cm



รูปที่ 1 แนวคิดในการออกแบบหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส

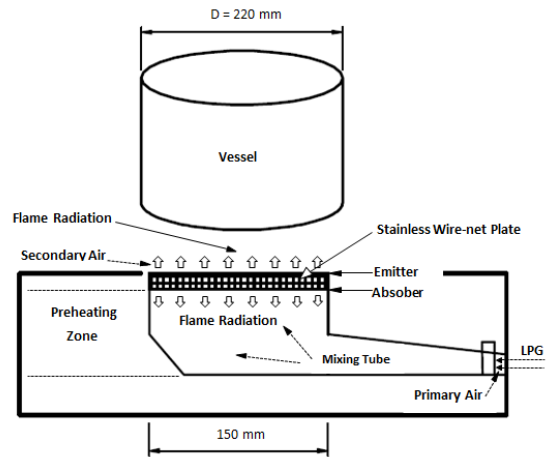
รูปที่ 2 แสดงสแตนเลสที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นสแตนเลสเบอร์ 304 [6] ซึ่งมีเหล็ก โครเมียม และนิกเกิล เป็นส่วนผสม มีขนาดของจำนวนช่องว่างต่อนิ้ว (Pores per inch, PPI) หรือที่เรียกว่าขนาดของเมช (Mesh size) คือ 8, 12 และ 16 Mesh size และมีความกว้างของช่อง 2.57, 1.51 และ 0.98 mm ตามลำดับ เป็นสแตนเลส กลุ่มออสเทนนิติก (Austenitic) มีส่วนผสมของโครเมียม (Chromium) ประมาณ 18% และนิกเกิล (Nickel) ประมาณ 8% สามารถทนความร้อนได้สูงสุดที่ 1200 องศาเซลเซียส เป็นสแตนเลสที่แม่เหล็กดูดไม่ติด





รูปที่ 2 ตัวอย่างการนับค่า PPI ของตาข่ายสแตนเลส

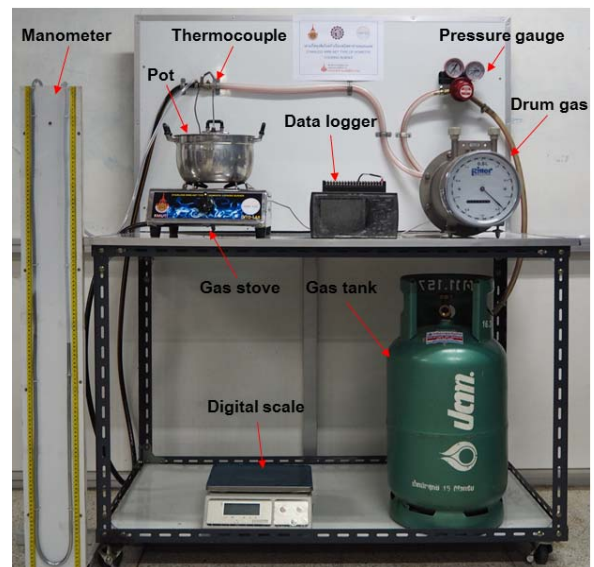
รูปที่ 3 แสดงหลักการทำงานของ SWB สามารถอธิบายได้ดังนี้ เริ่มจากแก๊สความดันต่ำถูกพ่นออกจากรูพ่นแก๊สเข้าไปในท่อผสม ขณะเดียวกันอากาศส่วนแรก (Primary air) ที่อยู่บริเวณใกล้ ๆ จะถูกชักนำผ่านช่องอากาศส่วนแรกเข้าไปในท่อผสมพร้อม ๆ กับแก๊ส โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างแก๊สและอากาศ โดยรอบ ด้วยวิธีการดังกล่าวอากาศส่วนแรกจะมีค่าประมาณ 50-70% ของปริมาณอากาศที่จำเป็นต่อการเผาไหม้ที่สมบรูณ์ (Stoichiometric air) และมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้อากาศส่วนแรกนี้มีค่าถึง 100% ขึ้นอยู่กับความดันของแก๊สที่ใช้ จากนั้นส่วนผสมของอากาศส่วนแรกและแก๊ส จะไหลผ่านตาข่ายสแตนเลส และถูกจุดประกายไฟ ซึ่งการจุดติดไฟจะใช้วิธีเปลวไฟล่อ (Pilot flame) ขณะเดียวกันอากาศส่วนที่สอง (Secondary air) ซึ่งจะถูกชักนำเข้ามาจากทางด้านข้างเปลวไฟ โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัม และแรงลอยตัวของแก๊สร้อนที่จะขยายตัวและลอยสูงขึ้นช่วยให้อากาศโดยรอบที่เย็นกว่าถูกดูดเข้ามาผสมกับเปลวไฟได้มากขึ้น และส่งผลให้เกิดการเผาไหม้สมบรูณ์ดียิ่งขึ้น ซึ่งตาข่ายสแตนเลสจะทำหน้าที่เป็นตัวรับรังสี (Absorber) และตัวแผ่รังสีความร้อน (Emitter) เมื่อตาข่ายสแตนเลสรับความร้อนจากเปลวไฟ (Flame) ที่เสถียรอยู่ในหรือบนผิวหน้าตาข่ายสแตนเลส (Stability inside or on the surface of stainless wire-net plate) ก็จะมีแผ่รังสีความร้อนออกไปทุกทิศทุกทาง โดยเฉพาะสองด้านที่สำคัญคือ การแผ่รังสีไปด้านบนหมายถึงจะส่งความร้อนไปยังก้นภาชนะ และอีกด้านหนึ่งแผ่รังสีลงด้านล่างมายังส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิง (LPG) และอากาศส่วนแรก (Primary air) ดังนั้นส่วนผสมนี้เมื่อไหลเข้ามาจนถึงตาข่ายสแตนเลสจะเกิดการอุ่นหรือเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นก่อนเข้าสู่ขบวนการเผาไหม้ เรียกบริเวณนี้ว่า ช่วงการอุ่นความร้อน (Preheating zone)



รูปที่ 3 หลักการทำงานของหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส

### 3.2. วิธีการทดลอง

รูปที่ 4 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สในงานวิจัยนี้ โดยวิธีการทดลองมีขั้นตอนดังนี้ เริ่มต้นด้วยการจ่ายแก๊ส LPG จากแหล่งจ่ายแก๊สไหลผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันเข้าสู่มาตรวัดปริมาณแก๊ส ทำการติดไฟ ที่เตาโดยเปิดเตาในอัตราการใช้แก๊สสูงสุดเป็นเวลา 15 นาที จึงปิดเตาแล้วเปลี่ยนหม้อทดลองใหม่ ซึ่งใส่น้ำ 2.7 ลิตร พร้อมฝาเทอร์โมคัปเปิล เปิดเตาในอัตราการใช้แก๊สตามที่ต้องการปรับปริมาณอากาศให้ได้การเผาไหม้ที่เหมาะสมพร้อมกับจับเวลาเริ่มต้น ต้มน้ำจากอุณหภูมิเริ่มต้นจนน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 90°C บันทึกผลการทดลอง และยังคงต้มต่อไปจนถึงอุณหภูมิจุดเดือด (ประมาณ 100°C) แล้วให้ปิดแก๊ส



รูปที่ 4 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลองหาค่าประสิทธิภาพเตาแก๊ส

วัดค่าการใช้แก๊สระหว่างการทดลองและค่าต่าง ๆ โดยในการทดลองใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เทอร์โมคัปเปิลชนิด K เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data logger) รุ่น GL280 เครื่องมือวัดแก๊สชนิดกลอง (Drum-type gas meter) รุ่น GT05/3 เครื่องมือวัดปริมาณแก๊สไอเสีย รุ่น Testo 350-XL และเครื่องมือที่ใช้ในการถ่ายภาพเปลวไฟ กล้องดิจิทัล ยี่ห้อ Canon รุ่น EOS 6D

### 3.3. การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ )

การวัดค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในที่นี้อ้างอิงตามมาตรฐานของเยอรมัน DIN EN 203-2 ซึ่งค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนหาได้จากค่าความร้อนสัมพัทธ์ที่น้ำได้รับ โดยวิธีการต้มน้ำและคำนวณได้ดังนี้

$$\eta_{th} = \frac{m_{water} C_{p,water} (363 - T_{water,i})}{v \times LHV \times t} \quad (1)$$

### 3.4. การประหยัดพลังงาน

การหาค่าเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานของเตาแก๊สหุงต้มสามารถหาได้จากสมการที่ (2) คือ [7]

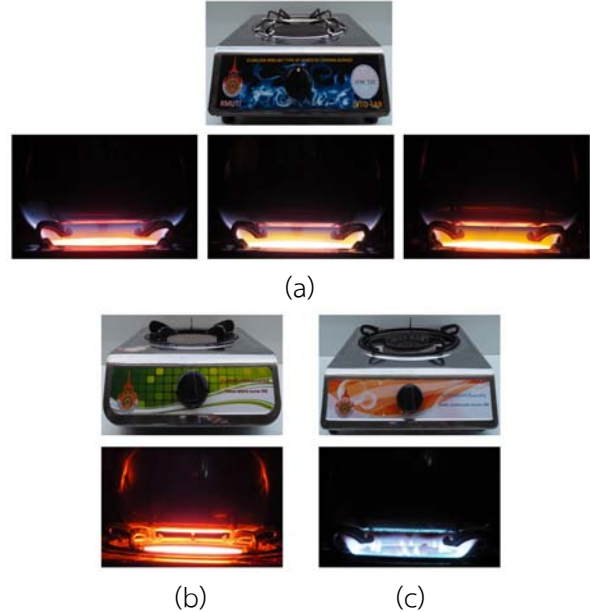
$$\text{Energy saving} = \frac{\eta_{th,2} - \eta_{th,1}}{\eta_{th,2}} \quad (2)$$

## 4. ผลการทดลอง

### 4.1 ลักษณะเปลวไฟที่ปะทะกันภาชนะของเตาแก๊ส

ในการศึกษาวิจัยได้เปรียบเทียบเตาแก๊สหุงต้มชนิดตาข่ายสแตนเลส (Stainless wire-net type of domestic cooking burner, SWB) ทั้ง 3 แบบ กับเตาแก๊สที่มีใช้กันในท้องตลาด 2 ชนิด ได้แก่ เตาแก๊สแบบหัวฟู่ (Radial slotted ports burner, RB) และเตาแก๊สแบบวัสดุพอร์ซเลนชนิดเซรามิกส์ (Porous ceramic burner, PB) ซึ่งแบบ RB เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดในครัวเรือน และจากการทดลองลักษณะเปลวไฟที่ปะทะกันภาชนะของเตาแก๊สแต่ละแบบมีความแตกต่างกัน กล่าวคือเตาแก๊สแบบ RB จะมีเฉพาะเปลวไฟพุ่งขึ้น ส่วนเปลวไฟที่ปะทะกันภาชนะของเตาแก๊สแบบ PB เป็นลักษณะไร้เปลวไฟ (Flameless) เสมือนมีเปลวไฟสีแดงกระจายทั่วทั้งแผ่นวัสดุพอร์ซเลนและไม่มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำขึ้นไป สำหรับเปลวไฟที่ปะทะกันภาชนะของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ จะมีรูปร่างเปลวไฟแบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบไปด้วย ส่วนแรกที่ผิวตาข่ายสแตนเลส จะเป็นลักษณะ Flameless ขณะเดียวกันก็จะมีเปลวไฟพุ่งเป็นลำอีกส่วนอยู่ด้านบน

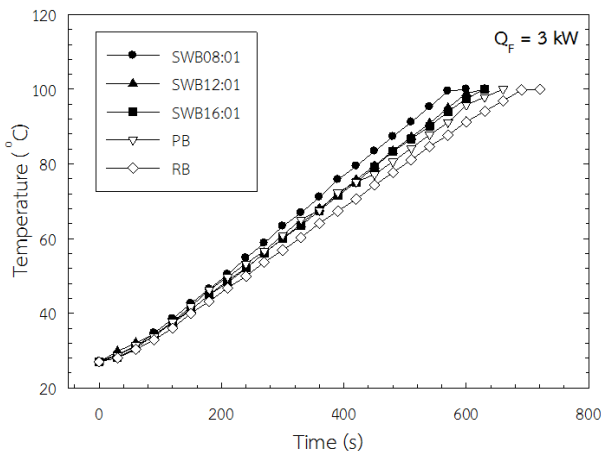
ด้วยเหตุนี้รูปร่างเปลวไฟที่ปะทะกันภาชนะของ SWB ทั้ง 3 แบบ จึงเป็นการรวมเอาเปลวไฟที่ปะทะกันภาชนะแบบ RB และ PB เข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ลักษณะเปลวไฟที่ปะทะกันภาชนะของเตาแก๊ส  
(a) ชนิดตาข่ายสแตนเลส (SWB08:01, 12:01,16:01)  
(b) แบบเซรามิกส์ (PB) และ (c) แบบหัวฟู่ (RB)

### 4.2 อุณหภูมิต้มเดือด

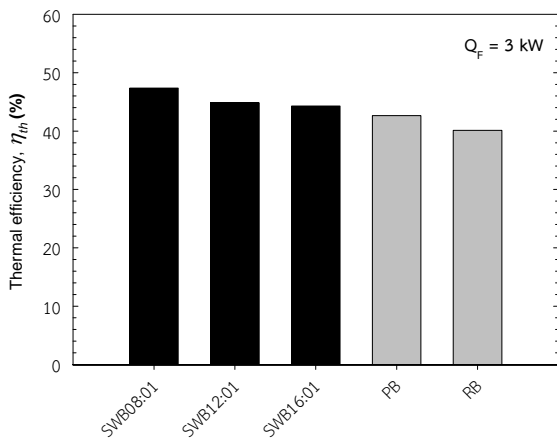
รูปที่ 6 เป็นการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลาที่ใช้ในการทดลองของหัวเตาแก๊สทั้ง 5 แบบ โดยในการทดลองบรรจุน้ำปริมาตร 2.7 ลิตร และมีอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นประมาณ 27°C จากการทดลองพบว่าเวลาที่ใช้ในการต้มเดือด (ประมาณ 100°C) ของเตาแก๊สแบบ SWB08:01, 12:01 และ 16:01 จะใช้เวลา 575, 613 และ 619 วินาที ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่าเมื่อจำนวนช่องว่างต่อนิ้ว (PPI) ของตาข่ายสแตนเลสมีค่ามากขึ้นเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำเดือดจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และยังพบว่าเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ ใช้เวลาดำมน้ำเดือดน้อยกว่าเตาแก๊สแบบ PB และ RB ที่ใช้เวลานานถึง 643 วินาที และ 692 วินาที เหตุผลนี้สามารถอธิบายได้ด้วยอิทธิพล PPI ของตาข่ายสแตนเลสที่ช่วยส่งเสริมกลไกการแผ่รังสีความร้อน โดยเฉพาะทิศทางการส่งความร้อนไปยังกันภาชนะและช่วยอุ่นอุณหภูมิส่วนผสมในช่วงการอุ่นความร้อน ทำให้เตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าเตาแก๊สแบบ PB และ RB ดังนั้นเตาแก๊สแบบ SWB08:01 สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วที่สุด เพราะ PPI ของตาข่ายสแตนเลสมีค่าน้อยที่สุด



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลา

### 4.3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ )

รูปที่ 7 แสดงแผนภูมิแท่งประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency,  $\eta_{th}$ ) ของเตาแก๊สทั้ง 5 แบบ จากผลการทดลองพบว่าเตาแก๊สแบบ SWB จะมีค่า  $\eta_{th}$  เพิ่มขึ้นตามค่า PPI ของตาข่ายสแตนเลสที่ลดลงและค่า  $\eta_{th}$  สูงสุดจะเกิดขึ้นกับ SWB08:01 ( $\eta_{th} = 47.35\%$ ) เพราะมี PPI น้อยที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าค่า  $\eta_{th}$  ของ SWB ทั้ง 3 แบบ สูงกว่า PB และ RB ที่มีค่า  $\eta_{th}$  เพียง 42.65% และ 40.13% ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยอิทธิพล PPI ของชั้นตาข่ายสแตนเลสที่ช่วยส่งเสริมกลไกการแผ่รังสีความร้อนที่ออกมาจากแผ่นตาข่ายสแตนเลส เช่นเดียวกับกรณีของอุณหภูมิต้มเดือด

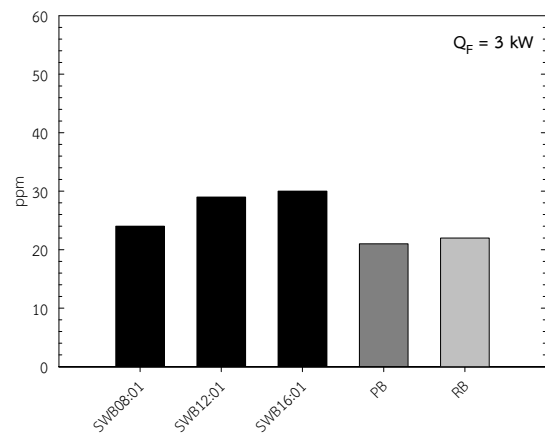


รูปที่ 7 แผนภูมิแท่งแสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency,  $\eta_{th}$ ) ของเตาแก๊สแต่ละแบบ

### 4.4 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

รูปที่ 8 แสดงแผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของเตาแก๊สแต่ละแบบ พบว่า

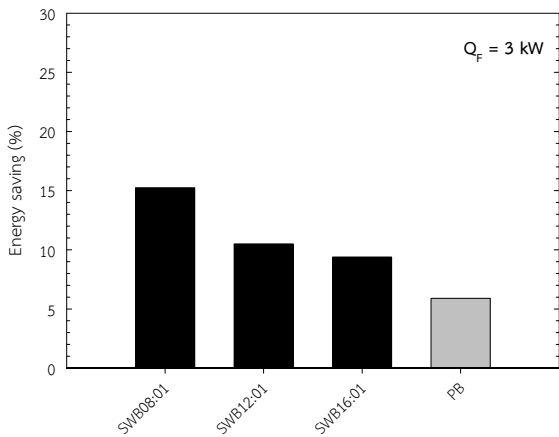
ค่าปริมาณ CO ของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ มีค่าอยู่ในช่วง 24-30 ppm จะเปลี่ยนแปลงตาม PPI เล็กน้อย ในขณะที่เตาแก๊สแบบ RB และ PB มีค่าอยู่ที่ 21 ppm และ 22 ppm ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในแต่ละหัวเตาแก๊สมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีการจ่ายเชื้อเพลิงให้แก่ระบบที่เท่ากัน และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณ CO ของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ กับเตาแก๊สแบบ PB และ RB พบว่าค่า CO ของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ มีค่าที่สูงกว่าเล็กน้อย



รูปที่ 8 แผนภูมิการเปรียบเทียบค่า CO ของเตาแก๊สแต่ละแบบ

### 4.5 การประหยัดพลังงาน (% Energy saving)

รูปที่ 9 แสดงผลเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ และเตาแก๊สแบบ PB โดยจะทำการคำนวณจากสมการที่ (2) และใช้ค่า  $\eta_{th}$  ของเตาแก๊สแบบ RB เป็นค่าอ้างอิง จากการวิเคราะห์พบว่าการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB จะลดลงตาม PPI ที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือมีค่าเท่ากับ 15.25%, 10.50% และ 9.39% ตามลำดับ อธิบายได้ด้วยเวลาที่ต้มน้ำเดือดที่เพิ่มขึ้นตาม PPI ที่เพิ่มขึ้น ดังได้อธิบายไว้แล้วในรูปที่ 6 และคำนวณด้วยสมการที่ (1) ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลทำให้ค่า  $\eta_{th}$  ลดลงตาม PPI ที่เพิ่มขึ้น สำหรับเตาแก๊สแบบ PB มีค่าเท่ากับ 6.50% เป็นการยืนยันว่าเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ มีการใช้พลังงานที่ต่ำกว่าเตาแก๊สแบบ PB และ RB ตามอิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อนิ้ว (PPI) ของตาข่ายสแตนเลสที่ช่วยส่งเสริมกลไกการแผ่รังสีความร้อนไปยังกันภาชนะและช่วยอุ่นอุณหภูมิส่วนผสมในช่วงการอุ่นความร้อนของเตาแก๊ส



รูปที่ 9 แผนภูมิเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ และแบบ PB

5. สรุป

จากการศึกษาอิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อนิ้ว (Pores per inch, PPI) ของตาข่ายสแตนเลสที่มีการประยุกต์ใช้ตาข่ายสแตนเลสมาสร้างเป็นหัวเผาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) เปลวไฟที่ปะทะกันภาชนะของเตาแก๊สมีรูปร่างของเปลวไฟที่แตกต่างกัน กล่าวคือเตาแก๊สแบบ RB จะมีเฉพาะเปลวไฟที่เป็นลำพุ่งขึ้น ส่วนเปลวไฟที่ปะทะกันภาชนะของเตาแก๊สแบบ PB เป็นลักษณะไร้เปลวไฟ (Flameless) เสมือนมีเปลวไฟสีแดงกระจายทั่วทั้งแผ่นวัสดุพอร์ซัน และไม่มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำขึ้นไป สำหรับเปลวไฟที่ปะทะกันภาชนะของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ จะมีรูปร่างเปลวไฟแบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบไปด้วย ส่วนแรกที่มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำขึ้นเป็นลักษณะ Flameless ขณะเดียวกันก็มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำอีกส่วนอยู่ด้านบน ด้วยเหตุนี้รูปร่างเปลวไฟที่ปะทะกันภาชนะของ SWB ทั้ง 3 แบบ จึงเป็นการรวมเอาเปลวไฟแบบ RB และ PB เข้าด้วยกัน

2) เตาแก๊ส SWB ต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าที่ค่า PPI ต่ำ และยังเร็วกว่าเตาแก๊สแบบ PB และ RB ทำให้มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน ( $\eta_{th}$ ) มีค่าสูงกว่าค่า PPI ต่ำ และสูงกว่าเตาแก๊สแบบ PB และ RB ดังนั้นเตาแก๊สแบบ SWB08:01 มีค่า  $\eta_{th}$  สูงสุด คือ 47.35% เนื่องจากอิทธิพลของ PPI ที่ช่วยส่งเสริมกลไกการแผ่รังสีความร้อนไปยังกันภาชนะและช่วยอุณหภูมิมวลผสมในช่วงการอุ่นความร้อน

3) ปริมาณ CO ของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ มีค่าอยู่ในช่วง 24-30 ppm เปลี่ยนแปลงตาม PPI เล็กน้อย ขณะที่เตาแก๊สแบบ PB และ RB มีค่าอยู่ที่ 21 ppm และ 22 ppm ตามลำดับ ดังนั้นระดับ CO ในการเผาไหม้ของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ จึงมีค่าสูงกว่าเตาแก๊สแบบ PB และ RB เล็กน้อย

4) ค่าเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ และเตาแก๊สแบบ PB โดยใช้ค่า  $\eta_{th}$  ของเตาแก๊สแบบ RB เป็นค่าอ้างอิง พบว่าการประหยัดพลังงานของเตาแก๊ส SWB จะมีค่าลดลงตามค่า PPI ที่เพิ่มขึ้น แต่มีค่าสูงกว่าเตาแก๊สแบบ PB จึงเป็นการยืนยันว่าเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ มีการใช้พลังงานต่ำกว่าเตาแก๊สแบบ PB และ RB

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนบทความขอขอบพระคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (EPPO) กระทรวงพลังงาน กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (มทร. อีสาน) ที่ได้สนับสนุนอุปกรณ์การทดลอง และสถานที่ในการทดลอง เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Pantangi, V.K., Karuna Kumar, A.S.S.R., Subhash Mishra, C. and Niranjana Sahoo. (2007). Performance Analysis of Domestic LPG Cooking Stoves with Porous Media, *International Energy Journal*, Vol.8, pp.139-144.

[2] จิรวัดน์ โคนโพธิ์, สุรศักดิ์ โชติกร และ วรวิทย์ โคขุนทด (2553). เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดเซลลูโลสเปิด, *ปริญญาพนธ์นิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต* สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

[3] Pantangi, V.K., Subhash Mishra, C., Muthukumar P. and Rajesh Reddy. (2011). Studies on porous radiant burners for LPG (liquefied petroleum gas) cooking applications, *International Energy Journal*, Vol.36, pp.6074-6080.



[4] นรินทร์ เพชรแสน, มงคล มิ่งแสวง และ สุรเดช สินจะโป๊ะ (2554). เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบวัสดุพอรุนชนิดโลหะเซลลูลาร์เปิด, *ปริญญาณิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต* สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

[5] Muthukumar, P. and Shyamkumar, P.I. (2013). Development of novel porous radiant burners for LPG cooking applications, *International Flue Journal*, Vol.112, pp.562-566.

[6] เหล็กกล้าไร้สนิม (2010). เหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มออสเทนนิติก [Online]:[www.siamkaewkumsai.blogspot.com/2010/09/5-austenitic-stainless-steel.html](http://www.siamkaewkumsai.blogspot.com/2010/09/5-austenitic-stainless-steel.html).

[7] Jugjai, S. and Rungsimuntuchart, N. (2002). High efficiency heat-recirculating domestic gas burners, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 26, 581-592.