

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลสโดยใช้หัวเผาวัสดุพรุนสองชั้น

Study of Thermal Efficiency on Domestic Cooking Burner using Stainless Wire-Net the using Two Layer Porous Media Burners

คมเพชร อินลา¹ พรสวรรค์ ทองใบ² รตินันท์ เหลือมพล³ บัณฑิต กฤตาคม⁴ และ สุระเดช สินจะโป๊ะ⁵
Kompet Inla¹, Pornsawan tongbai², Ratinun Luampon³, Bundit Krittacom⁴ and Suradech Sinjapo⁵

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาเทคโนโลยีของวัสดุพรุน

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

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน²⁻⁵

*auto013_rmuti@hotmail.com⁵, kompetme@gmail.com³ and bundit.kr@rmuti.ac.th⁴

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส (Stainless wire-net type of domestic cooking-gas burner, SWB) ที่มีปริมาณการใช้แอลพีจี (LPG) สูงสุดไม่เกิน 5.78 kW ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2312-2549 โดยใช้หัวเผาวัสดุพรุนสองชั้นที่สร้างมาจากตาข่ายสแตนเลสวางเรียงซ้อนกัน วัสดุพรุนชั้นบนจะให้ป็นโซนการเผาไหม้ (Combustion zone) จะใช้จำนวนช่องว่างต่อนิ้วของวัสดุพรุนชั้นบน (PPI_{EP}) 4 ขนาด คือ $PPI_{EP} = 8, 10, 12$ และ 16 ส่วนวัสดุพรุนชั้นล่างจะให้ป็นโซนการอุ่นอากาศ (Preheating zone) จะใช้จำนวนช่องว่างต่อนิ้วของวัสดุพรุนชั้นล่าง (PPI_{AP}) คงที่ คือ $PPI_{AP} = 16$ ความหนาของชั้นวัสดุพรุน (H) เท่ากับ 1 cm หม้อหุงต้มในการทดลองใช้ขนาดเบอร์ 22 cm และต้มน้ำ 2.7 ลิตร ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาค่า η_{th} จะเป็นไปตามมาตรฐานเยอรมัน DIN-EN 203-2 และ LPG ที่ใช้ในการทดลองอยู่ที่อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง 2 kW จากการทดลองของเตาแก๊ส SWBXX-16:01 ($PPI_{EP} = 8, 10, 12$ และ 16) ทั้ง 4 แบบ พบว่ากรณี PPI_{EP} ต่ำ จะใช้เวลาในการต้มน้ำเดือดสั้นกว่ากรณี PPI_{EP} สูง เนื่องจาก PPI_{EP} สูง จะมีเนื้อวัสดุที่มากจึงทำให้ตัวมันเองกักเก็บความร้อนส่วนหนึ่งไว้ที่เนื้อวัสดุ การส่งความร้อนไปยังก้นภาชนะจึงทำได้น้อยกว่า PPI_{EP} ต่ำ ซึ่งเตาแก๊สแบบ SWB08-16:01 ($PPI_{EP} = 8$) สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วที่สุด ดังนั้นจึงมีค่า η_{th} สูงสุด คือ 50.59%

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน, จำนวนช่องว่างต่อนิ้ว, ตาข่ายสแตนเลส

Abstract

This research aimed to study the thermal efficiency (η_{th}) the stainless wire-net type of domestic cooking burner (SWB) that use the highest amount of Liquefied Petroleum Gas (LPG) not excess 5.78 kW, in accordance with Thailand Industrial Standard (TIS 2312-2549). The using two layer porous media burners made

of stainless wire-net lay stacked. The upper layer porous media to a combustion zone to emitter porous media pores per inch (PPI_{EP}) four sizes of PPI_{EP} , i.e., 8, 10, 12 and 16. The upper layer porous media to a preheating zone to absorber porous media pores per inch (PPI_{AP}) is fixed $PPI_{AP} = 16$, the porous media thickness (H) = 1cm. 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 η_{th} and the LPG at the fuel rate of 2 kW was employed. From the experiment of SWBXX-16:01 ($PPI_{EP} = 8, 10, 12$ และ 16) and a fourth it was found that the low PPI_{EP} boiling time of water were shorter than high PPI_{EP} . The high PPI_{EP} to the material at very making itself part of the heat storage material to transmit the heat to the bottom of the vessels is done in less than low PPI_{EP} . The SWB08-16:01 ($PPI_{EP} = 8$) can the boiling time of water the fastest. Therefore, it is the maximum value of the η_{th} was 50.59%.

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

1. บทนำ

การวิจัยเพื่อลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจี และเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน จึงได้กระทำกันมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีวัสดุพอร์นเป็นวิธีการหนึ่งที่มีความนิยมใช้กันมาก เพราะมีการลดปริมาณการใช้แอลพีจีได้อย่างเด่นชัดและส่งผลโดยตรงต่อค่า η_{th}

ในปี ค.ศ. 2007 (V.K.Pantangi et al. 2007) ได้ศึกษาคุณสมบัติของการเผาไหม้ในวัสดุพอร์น ด้วยการเพิ่ม η_{th} ของเตาแก๊สหุงต้มให้สูงขึ้น โดยนำลูกบอลโลหะ (Metal balls) และเศษโลหะ (Metal chips) มาประกอบเป็นชุดหัวเผาวัสดุพอร์น เพื่อใช้แทนหัวเตาแก๊สหุงต้มทั่ว ๆ ไป จากผลการทดลองของพวกเขาพบว่า η_{th} สูงสุดของเตาแก๊สวัสดุพอร์นเป็น 73% แต่เตาแก๊สหุงต้มทั่ว ๆ ไปอยู่ในช่วง 67-69% ค่าการปล่อยแก๊สมลภาวะพบว่า CO_2 เพิ่มขึ้น 0.6875-0.9375 ppm และค่าการปล่อย CO ลดลง 225-117 ppm ต่อมาในปี ค.ศ. 2011 (V.K.Pantangi et al. 2011) ได้ศึกษาเตาวัสดุพอร์น (Porous radiant burner, PRB) ที่ใช้แอลพีจี (LPG) เป็นเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการประกอบอาหาร โดยที่เตาประกอบด้วยวัสดุพอร์นสองชั้น ชั้นแรกเป็นโซนการ

เผาไหม้ที่ถูกสร้างขึ้นจากซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon carbide, SiC) และชั้นที่สองเป็นรูปแบบโซนการอุ่นความร้อนที่สร้างจาก อลูมินาเม็ดกลม (Alumina balls, Al_2O_3) ทำการทดสอบโดยการต้มน้ำตามที่กำหนดไว้ใน BIS (Bureau of Indian Standard): 4246:2002 ถูกนำมาใช้ในการคำนวณหา η_{th} ของทั้งเตาแก๊สหุงต้มแบบเดิมและแบบ PRB พบว่า η_{th} สูงสุดของเตาแบบ PRB เป็น 68% ซึ่งสูงกว่า η_{th} สูงสุดของเตาแก๊สหุงต้มแบบเดิมอยู่ 3% ต่อมาในปี ค.ศ. 2013 (P. Muthukumar and P.I. Shyamkumar. 2013) นำแนวทางของ (V.K.Pantangi และคณะ 2011) มาพัฒนาต่อ โดยการเปลี่ยนวัสดุพอร์นชั้นที่สองในโซนการอุ่นความร้อนจากอลูมินาเม็ดกลมมาใช้เซรามิกส์ (ความพรุน 40%) ความหนา 10 มม. โซนการเผาไหม้ใช้ SiC ที่มีความพรุน 80%, 85% และ 90% มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มม. และความหนา 20 มม. ทดสอบโดยใช้วิธีต้มน้ำแบบ BIS: 4246:2002 จากการทดลองพบว่า η_{th} สูงสุดประมาณ 75% สูงกว่า η_{th} สูงสุดของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบเดิม (โลหะ) ที่มีในท้องตลาดอินเดีย 10% มีค่าการปล่อยแก๊ส CO และ NO_x อยู่ในช่วง 10-160 mg/m^3 และ 0-0.9 mg/m^3 ขณะที่ค่าของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบเดิมอยู่ในช่วง 250-650 mg/m^3 และ 4-7 mg/m^3 ทำ

การทดสอบที่อัตราส่วนสมมูล (0.5-0.7) และกำลังวัตต์ (1.3-1.7 kW) ต่อมาในปี ค.ศ. 2014 (สุระเดช สินจะโป๊ะ และ บัณฑิต กฤตาคม. 2557) ได้การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส ในการศึกษาจะทำการออกแบบและสร้างหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส (Domestic cooking burner using stainless wire-net) โดยอาศัยหลักการอุ่นอากาศก่อนการเผาไหม้ที่มีการหมุนเวียนความร้อน โดยใช้ตาข่ายสแตนเลสนำมาวางเรียงซ้อนกันเป็นวัสดุพรุน ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวรับรังสีความร้อนจากเปลวไฟบนผิวหน้าวัสดุพรุน หลังจากนั้นวัสดุพรุนจะทำการแผ่รังสีออกไปทุกทิศทุกทาง การทดลองเพื่อหาค่า η_{th} ของเตานั้น จะเป็นไปตามมาตรฐานเยอรมัน DIN EN 203-2 จากการทดลองพบว่าเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าเตาแก๊สแบบเซรามิกส์และเตาแก๊สแบบหัวฟู และมีค่า η_{th} เนื่องจากอิทธิพลการแผ่รังสีของวัสดุพรุน และพฤติกรรมเผาไหม้ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลสที่สมบูรณ์กว่าตามปริมาณ CO ที่ต่ำกว่า เมื่อเร็ว ๆ นี้ ในปี ค.ศ. 2016 สุระเดช สินจะโป๊ะ และคณะ [5] ได้ศึกษาอิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อนิวของตาข่ายสแตนเลสที่มีผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน โดยใช้ตาข่ายสแตนเลสนำมาวางเรียงซ้อนกันและติดตั้งแทนหัวเตาแก๊สแบบเดิม (CB) เรียกเตาแก๊สแบบใหม่นี้ว่า เตาแก๊สหุงต้มชนิดตาข่ายสแตนเลส (SWB) ด้วยเหตุนี้อิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อนิว (PPI) ของตาข่ายสแตนเลสที่มีผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อน (η_{th}) จึงถูกศึกษาทดลองค่า PPI ที่ทำการศึกษสำหรับเตาแก๊สแบบ SWB มี 3 ขนาด คือ PPI = 8, 12 และ 16 ผลการทดลองที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับเตาแก๊สทั่วไป 2 ชนิด คือ เตาแก๊สแบบวัสดุพรุนชนิดเซรามิกส์ (PB) และแบบหัวฟู (RB) การทดลองเพื่อหาค่า η_{th} จะเป็นไปตามมาตรฐานเยอรมัน DIN-EN 203-2 และ LPG ที่ใช้ในการทดลองอยู่ที่อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง 3 kW จากการทดลองพบว่าเตาแก๊ส

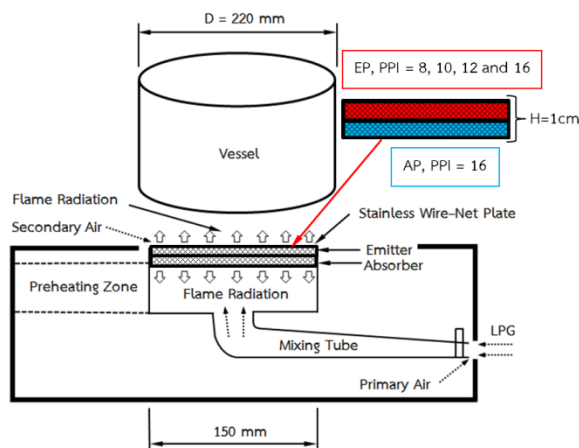
SWB ทั้ง 3 แบบ สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าเตาแก๊สแบบ PB และแบบ RB เนื่องจากอิทธิพลการแผ่รังสีของแผ่นตาข่ายสแตนเลส ดังนั้นเตาแก๊ส SWB ทั้ง 3 แบบ จึงมีค่า η_{th} สูงกว่าเตาแก๊สแบบ PB และแบบ RB โดยมีข้อสังเกตว่ากรณี PPI = 8 มีค่า η_{th} สูงที่สุด คือ 47.35%

จากที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลสต่อจาก (สุระเดช สินจะโป๊ะ และคณะ. 2559) โดยใช้หลักการและวิธีการตามงานวิจัยของ (V.K.Pantangi et al. 2007) และ (V.K.Pantangi et al. 2011) ซึ่งจะประยุกต์ใช้ตาข่ายสแตนเลสมาสร้างเป็นหัวเตาวัสดุพรุนสองชั้น วัสดุพรุนชั้นบนจะให้ป็นโซนการเผาไหม้ (Combustion zone) และวัสดุพรุนชั้นล่างจะให้ป็นโซนการอุ่นอากาศ (Preheating zone) สำหรับโซนการเผาไหม้จะใช้จำนวนช่องว่างต่อนิวของวัสดุพรุนชั้นบน (PPI_{EP}) 4 ขนาด คือ $PPI_{EP} = 8, 10, 12$ และ 16 ส่วนโซนการอุ่นอากาศจะใช้จำนวนช่องว่างต่อนิวของวัสดุพรุนชั้นล่าง (PPI_{AP}) คงที่ คือ 16 ซึ่งจะมุ่งสนใจไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ให้สูงขึ้นและลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รวมทั้งลดปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น สามารถนำไปใช้งานได้จริงก่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

รูปที่ 1 แสดงหลักการทำงานของ SWB สามารถอธิบายได้ดังนี้ เริ่มจากแก๊สความดันต่ำถูกพ่นออกจากรูพ่นแก๊สเข้าไปในท่อผสม ขณะเดียวกันอากาศส่วนแรก (Primary air) ที่อยู่บริเวณใกล้ ๆ จะถูกชักนำผ่านช่องอากาศส่วนแรกเข้าไปในท่อผสมพร้อม ๆ กับแก๊ส โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างแก๊สและอากาศโดยรอบ ด้วยวิธีการดังกล่าวอากาศส่วนแรกจะมีค่าประมาณ 50-70% ของปริมาณอากาศที่จำเป็นต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Stoichiometric air) และมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้อากาศส่วนแรกนี้ มีค่าถึง 100% ขึ้นอยู่กับความดันของแก๊สที่ใช้ จากนั้นส่วนผสมของ

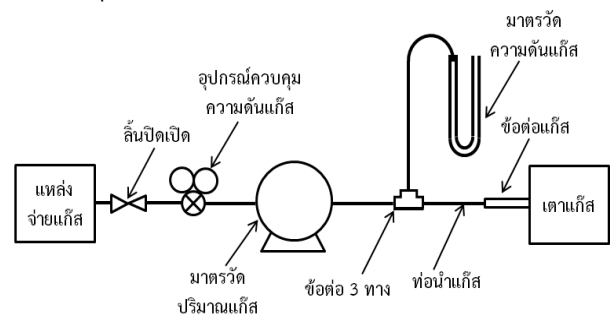
อากาศส่วนแรกและแก๊ส จะไหลผ่านตาข่ายสแตนเลส และถูกจุดประกายไฟ ซึ่งการจุดติดไฟจะใช้วิธีเปลวไฟ ล้อ (Pilot flame) ขณะเดียวกันอากาศส่วนที่สอง (Secondary air) ซึ่งจะถูกชักนำเข้ามาจากทางด้านข้าง เปลวไฟ โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัม และแรงลอยตัวของแก๊สร้อนที่จะขยายตัวและลอยสูงขึ้นช่วยให้ อากาศโดยรอบที่เป็นกว่าถูกดูดเข้ามาผสมกับเปลวไฟ ได้มากขึ้น และส่งผลให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งตาข่ายสแตนเลสจะทำหน้าที่เป็นตัวรับรังสี (Absorber) และ ตัวแผ่รังสีความร้อน (Emitter) เมื่อตาข่ายสแตนเลสรับความร้อนจากเปลวไฟ (Flame) ที่เสถียรอยู่ในหรือบนผิวหน้าตาข่ายสแตนเลส (Stability inside or on the surface of stainless wire-net plate) ก็จะแผ่รังสีความร้อนออกไปทุกทิศทุกทาง โดยเฉพาะ สองด้านที่สำคัญคือ การแผ่รังสีไปด้านบนหมายถึงจะส่ง ความร้อนไปยังกันภาชนะ และอีกด้านหนึ่งแผ่รังสีลง ด้านล่างมายังส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิง (LPG) และ อากาศส่วนแรก (Primary air) ดังนั้นส่วนผสมนี้เมื่อไหล เข้ามาก่อนถึงตาข่ายสแตนเลสจะเกิดการอุ่นหรือเพิ่ม อุณหภูมิให้สูงขึ้นก่อนเข้าสู่ขบวนการเผาไหม้ เรียก บริเวณนี้ว่า ช่วงการอุ่นความร้อน (Preheating zone)



รูปที่ 1: หลักการทำงานของหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส

รูปที่ 2 แสดงวิธีการทดลองหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในงานวิจัยนี้ โดยมี

ขั้นตอนดังนี้ เริ่มต้นด้วยการจ่ายแก๊ส LPG จากแหล่งจ่ายแก๊สไหลผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันเข้าสู่มาตรวัดปริมาณแก๊ส ทำการติดไฟ ที่เตาโดยเปิดเตาในอัตราการใช้แก๊สสูงสุดเป็นเวลา 15 นาที จึงปิดเตาแล้วเปลี่ยนหม้อทดลองใหม่ ซึ่งใส่น้ำ 2.7 ลิตร พร้อมฝาเทอร์โมคัปเปิล เปิดเตาในอัตราการใช้แก๊สตามที่ต้องการปรับปริมาณอากาศให้ได้การเผาไหม้ ที่เหมาะสมพร้อมกับจับเวลาเริ่มต้น ต้มจนน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น จากอุณหภูมิเริ่มต้นจนอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 90 องศาเซลเซียส และต้มจนถึงอุณหภูมิจุดเดือดแล้วให้ปิดแก๊สวัดค่าการใช้แก๊สระหว่างการทดสอบและค่าต่าง 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



รูปที่ 2: การทดสอบหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน

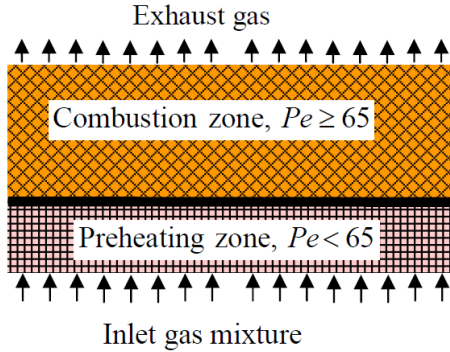
2.1 เลขเพคเลต

เลขเพคเลต (Peclet number, Pe) เป็นตัวแปรไร้มิติ ที่เป็นอัตราส่วนระหว่างการพาความร้อนของของไหลกับการนำความร้อนของของไหลนั้น สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Pe = \frac{S_L d_m C_p \rho_m}{k} = RePr \quad (1)$$

รูปที่ 3 ในการใช้งานเลขเพคเลตกับการเผาไหม้ของวัสดุพูนพบว่า หาก $Pe > 65$ เปลวไฟจะสามารถเกิดการเสถียรได้ภายในตัวของวัสดุพูน แต่ถ้า $Pe < 65$

เปลวไฟจะไม่สามารถเสถียรหรือจุดติดได้ อย่างไรก็ตาม
ในกรณี $Pe < 65$ กลับทำหน้าที่เป็นตัวอุ่นไอดี (Preheat)
ที่มีประสิทธิภาพสูง



รูปที่ 3: แผนภาพของหัวเผาวัสดุพูนทั้งสองส่วน [1]

2.2 การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th})

การวัดค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในที่นี้อ้างอิง
ตามมาตรฐานของเยอรมัน DIN EN 203-2 ซึ่งค่า
ประสิทธิภาพเชิงความร้อนหาได้จากค่าความร้อนสัมผัส
ที่น้ำได้รับ โดยวิธีการต้มน้ำและคำนวณได้ดังนี้

$$\eta_{th} = \frac{m_{water} C_{p,water} (363 - T_{water,i})}{v \times LHV \times t} \dots\dots (2)$$

2.3 ค่าการประหยัดพลังงาน

การหาค่าเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานของ
เตาแก๊สหุงต้มสามารถหาได้จากสมการที่ (3) (Jugjai, S.
and Rungsimuntuchart, N. 2002) คือ

$$\text{Energy saving} = \frac{\eta_{th,2} - \eta_{th,1}}{\eta_{th,2}} \dots\dots (3)$$

3. ผลการวิจัย

3.1 ลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊ส

รูปที่ 4 แสดงถึงลักษณะเปลวไฟที่เกิดขึ้นของหัว
เตาแก๊สที่ทำการศึกษานงานวิจัยทั้งหมด จากการ
สังเกตพบว่าลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ SWB ทั้ง
4 รูปแบบ มีรูปร่างเปลวไฟเป็น 2 ส่วนกล่าวคือ ส่วนแรก
ที่ผิวของวัสดุพูนจะเป็นลักษณะไม่มีเปลวไฟ
(Flameless) และมีลักษณะเป็นสีแดงกระจายทั่วทั้งแผ่น

วัสดุพูน ขณะเดียวกันก็มีเปลวไฟอีกส่วนอยู่ด้านบนซึ่ง
มีลักษณะเป็นลำพุ่งขึ้นไป

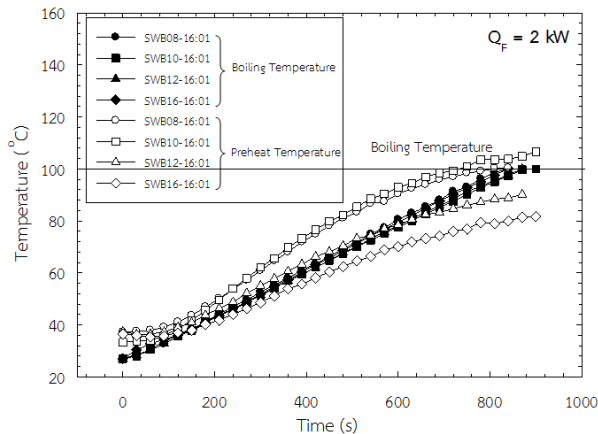


SWB08-16:01 SWB10-16:01 SWB12-16:01 SWB16-16:01

รูปที่ 4: ลักษณะเปลวไฟที่เกิดขึ้นของหัวเตาแก๊ส

3.2 อุณหภูมิอากาศก่อนการเผาไหม้และต้มน้ำเดือด

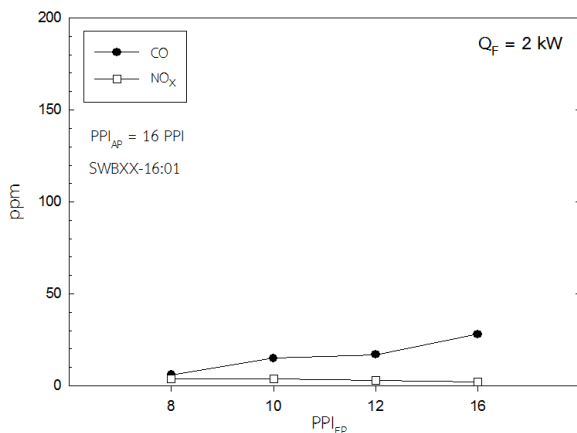
รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบของอุณหภูมิอากาศ
ก่อนการเผาไหม้และต้มน้ำเดือด ของหัวเตาแก๊สทั้ง 4
แบบ ซึ่งเป็นการทดลองที่สภาวะอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง
(Fuel rate, Q_F) เท่ากับ 2 kW และ $H = 1$ cm จากการ
ทดลองพบว่าเตาแก๊สแบบ SWB16-16:01 ($PPI_{EP} = 16$)
จะมีอุณหภูมิก่อนการเผาไหม้ต่ำกว่าเตาแก๊สแบบ
SWB08-16:01 ($PPI_{EP} = 8$), SWB10-16:01 ($PPI_{EP} = 10$)
และ SWB12-16:01 ($PPI_{EP} = 12$) ซึ่งอุณหภูมิ
อากาศก่อนการเผาไหม้ลดลงตาม PPI_{EP} ที่เพิ่มขึ้น เมื่อ
เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำเดือดของเตาแก๊ส
SWBXX-16:01 ($PPI_{EP} = 8, 10, 12$ และ 16) ทั้ง 4 แบบ
ใช้เวลา 826 วินาที, 877 วินาที, 868 วินาที และ 900
วินาที ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ากรณี PPI_{EP} ต่ำ จะใช้เวลา
ในการต้มน้ำเดือดสั้นกว่ากรณี PPI_{EP} สูง เนื่องจาก
 PPI_{EP} สูง จะมีเนื้อวัสดุที่มากกว่า PPI_{EP} ต่ำ จึงทำให้ตัว
มันเองก็เก็บความร้อนส่วนหนึ่งไว้ที่เนื้อวัสดุ การส่ง
ความร้อนไปยังก้นภาชนะจึงทำได้น้อยกว่า PPI_{EP} ต่ำ



รูปที่ 5: อุณหภูมิอากาศก่อนการเผาไหม้และต้มน้ำเดือด

3.3 ปริมาณแก๊สไอเสียของเตาแก๊ส

รูปที่ 6 แสดงปริมาณ CO และ NO_x ที่เกิดขึ้นของเตาแก๊สแบบต่าง ๆ กรณีอิทธิพลของการจัดเรียงวัสดุพูนแผ่นบน (PPI_{EP}) เป็นการทดลองที่สภาวะ Q_F = 2 kW วัสดุพูนชั้นล่างเลือกใช้ PPI_{AP} = 16 และ H = 1 cm พบว่าปริมาณ CO ของเตาแก๊ส SWBXX-16:01 (PPI_{EP} = 8, 10, 12 และ 16) ทั้ง 4 แบบ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามค่า PPI_{EP} ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณของ CO ที่ปรากฏถือว่ามีระดับที่แตกต่างกันน้อยมาก จึงอาจกล่าวได้ว่าการเผาไหม้ของหัวเตาเหล่านี้ล้วนมีความสมบูรณ์ไม่แตกต่างกัน แต่หากพิจารณาปริมาณ NO_x จะพบว่า NO_x เกิดขึ้นน้อยมากทุกเตา ซึ่งอธิบายได้ตามเหตุผลของการกระจายตัวที่สม่ำเสมอของอุณหภูมิบนหน้าเตาหรือที่กันหม้อ

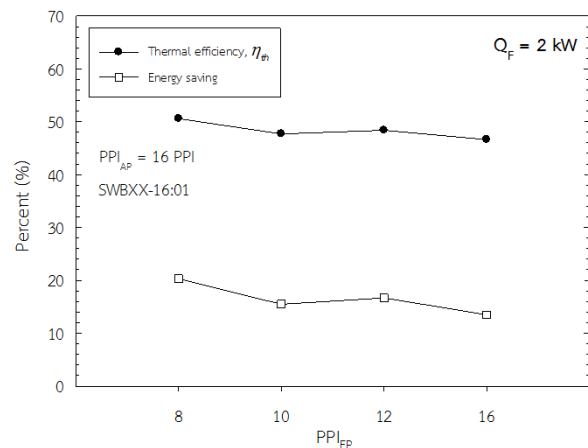


รูปที่ 6: ปริมาณแก๊สไอเสียของเตาแก๊ส

3.4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการประหยัด

พลังงาน

รูปที่ 7 แสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB ทั้ง 4 แบบ พบว่าเตาแก๊สแบบ SWB08-16:01 (PPI_{AP} = 8), SWB10-16:01 (PPI_{EP} = 10), SWB12-16:01 (PPI_{EP} = 12) และ SWB16-16:01 (PPI_{EP} = 16) จะมีค่า η_{th} ลดลงตามค่า PPI_{EP} ที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเตาแก๊สแบบ SWB08-16:01 (PPI_{EP} = 8) มีค่า η_{th} สูงสุดคือ 50.59% ด้วยเหตุผลนี้จึงส่งผลให้เตาแก๊สแบบ SWB มีค่าการประหยัดพลังงานลดลงเล็กน้อยตามค่า PPI_{EP} ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเตาแก๊สแบบ SWB08-16:01 (PPI_{EP} = 8) มีค่าการประหยัดพลังงานสูงสุดคือ 20.30%



รูปที่ 7 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการประหยัดพลังงาน

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลสโดยใช้หัวเผาวัสดุพูนสองชั้นสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ SWB ทั้ง 4 รูปแบบ มีรูปร่างเปลวไฟเป็น 2 ส่วนกล่าวคือ ส่วนแรกที่อยู่ของวัสดุพูนจะเป็นลักษณะไม่มีเปลวไฟ (Flameless) และมีลักษณะเป็นสีแดงกระจายทั่วทั้งแผ่น

วัสดุพูน ขณะเดียวกันก็มีเปลวไฟอีกส่วนอยู่ด้านบนซึ่งมีลักษณะเป็นลำพุ่งขึ้นไป

2. เตาแก๊สแบบ SWB08-16:01 ($PPI_{AP} = 8$) สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วที่สุด คือ 826 วินาที เนื่องจากที่ PPI_{EP} สูง จะมีเนื้อวัสดุที่มากกว่า PPI_{EP} ต่ำ จึงทำให้ตัวมันเองกักเก็บความร้อนส่วนหนึ่งไว้ที่เนื้อวัสดุ การส่งความร้อนไปยังก้นภาชนะจึงทำได้น้อยกว่า PPI_{EP} ต่ำ

3. ปริมาณ CO ของเตาแก๊ส SWBXX-16:01 ($PPI_{EP} = 8, 10, 12$ และ 16) ทั้ง 4 แบบ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามค่า PPI_{EP} ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณของ CO ที่ปรากฏถือว่ามียกระดับที่แตกต่างกันน้อยมาก แต่หากพิจารณาปริมาณ NO_x จะพบว่า NO_x เกิดขึ้นน้อยมากทุกหัวเตา

4. เตาแก๊สแบบ SWB ทั้ง 4 แบบ จะมีค่า η_{th} ลดลงตามค่า PPI_{EP} ที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเตาแก๊สแบบ SWB08-16:01 ($PPI_{EP} = 8$) มีค่า η_{th} สูงสุดคือ 50.59% ด้วยเหตุผลนี้จึงส่งผลให้มีค่าการประหยัดพลังงานลดลงเล็กน้อยตามค่า PPI_{EP} ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเตาแก๊สแบบ SWB08-16:01 ($PPI_{EP} = 8$) มีค่าการประหยัดพลังงานสูงสุดคือ 20.30%

กิตติกรรมประกาศ

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

เอกสารอ้างอิง

สุรเดช สินจะโป๊ะ และ บัณฑิต กฤดาคม. 2557. การศึกษาอิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อนิวของตาข่ายสแตนเลส ที่มีผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน. การประชุมสัมมนาเชิง

วิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย, ครั้งที่ 7, หน้า 368-374.

สุรเดช สินจะโป๊ะ, พิพัฒน์ อมตนาয়া, พรสวรรค์ ทองใบ และ บัณฑิต กฤดาคม. 2016. การศึกษาอิทธิพลจำนวนช่องว่างต่อนิวของตาข่ายสแตนเลส ที่มีผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย, ครั้งที่ 30, หน้า 919-926.

Jugjai, S. and Rungsimuntuchart, N. 2002. High efficiency heat-recirculating domestic gas burners. **Experimental Thermal and Fluid Science**, Vol. 26, pp. 581-592.

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.

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.

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.