

การศึกษาอิทธิพลความหนาของชั้นตาข่ายสแตนเลสที่ประยุกต์ใช้เป็นเตาแก๊สหุงต้ม
ในครัวเรือนโดยใช้ Mesh เบอร์ 8

Study of the thickness effect in stainless wire-net applying as the
domestic cooking-gas stove by using Mesh No. 8

คมเพชร อินลา¹ และ บัณฑิต กฤตาคม^{2*}

¹สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์

²ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพอรุส

(Development In Technology Of Porous Materials Research Laboratory: DITO-Lab)

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*ติดต่อ: E-mail: kompetme@gmail.com¹ และ bundit.kr@rmuti.ac.th², โทรศัพท์: 044-153090, โทรสาร: 044-153093

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองความหนาของชั้นตาข่ายสแตนเลส (H) ที่ที่ประยุกต์ใช้เป็นเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนโดยใช้ Mesh เบอร์ 8 ที่มีปริมาณการใช้แอลพีจี (Liquefied petroleum gas, LPG) สูงสุดไม่เกิน 5.78 kW ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก).2312-2549 ต่อประสิทธิภาพทางความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ค่า H ที่ทำการศึกษาสำหรับเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส (Stainless wire-net type of domestic cooking - gas burner, SWB) ของงานวิจัยนี้มี 4 ขนาด คือ 1, 1.5, 2 และ 2.5 cm ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบกับเตาแก๊ส 2 ชนิด ได้แก่ เตาแก๊สแบบหัวฟู (RB) และแบบวัสดุพอรุสชนิดเซรามิกส์ (PB) หม้อหุงต้มในการทดลองใช้ขนาดเบอร์ 22 cm และต้มน้ำ 2.7 ลิตร ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาค่า η_{th} จะเป็นไปตามมาตรฐานเยอรมัน DIN-EN 203-2 และ LPG ที่ใช้ในการทดลองอยู่ที่อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง 3 kW จากการทดลองพบว่าเตาแก๊สแบบ SWB สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าเตาแก๊สแบบ RB และแบบ PB เนื่องจากอิทธิพลการแผ่รังสีของชั้นตาข่ายสแตนเลส ดังนั้นเตาแก๊สแบบ SWB มีค่า η_{th} สูงกว่าเตาแก๊สแบบ RB และแบบ PB ทุกกรณี โดยที่มีข้อสังเกตว่ากรณี H เท่ากับ 2.5 cm มีค่า η_{th} สูงที่สุด คือ 47.08% สำหรับ H เท่ากับ 1, 1.5 และ 2 cm มีค่า η_{th} คือ 42.11% 44.35% และ 45.66% ตามลำดับ ส่วนเตาแก๊สแบบ RB และแบบ PB มีค่า η_{th} เพียง 38.87% และ 37.54% ซึ่งต่ำกว่าเตาแก๊สแบบ SWB ทั้ง 4 รูปแบบ

คำหลัก: ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน, ความหนาของชั้นตาข่ายสแตนเลส

Abstract

This research aimed to study the thickness effect in stainless wire-net applying as the domestic cooking-gas stove by using Mesh No. 8 that used the highest amount of Liquefied Petroleum Gas (LPG) is not excess than 5.78 kW, in accordance with Thailand Industrial Standard (TIS 2312-2549) on the thermal efficiency η_{th} . The value of H investigated in the stainless wire-net type of domestic cooking burner (SWB) of this research had 4 sizes, i.e., 1, 1.5, 2 and 2.5 cm. The experimental results of SWB were compared with two conventional gas cooking burner 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 conducted. However, Deutsch Institute Norms: DIN-EN 203-2 was adopted in determination η_{th} and the LPG at the fuel rate of 3 kW was used. 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 η_{th} of SWB was also higher than RB and PB in all cases. It was noted that the maximum value of the η_{th} was 47.08% for the case of $H = 2.5$ cm. In the case of $H = 1, 1.5$ and 2 cm the η_{th} were 42.11%, 44.35% and 45.66% respectively. The η_{th} of the RB and PB were 38.87% and 38.36% which was lower than the four models of SWB.

Keywords: Thermal efficiency, Domestic cooking-gas stove, Thickness of stainless wire-net.

1. บทนำ

นักวิจัยและวิศวกร [1] ได้ทำการศึกษา วิจัย และมีการพัฒนาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีวัสดุพอร์น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนได้ กระทำกันมาอย่างต่อเนื่อง เพราะมีการลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊สปิโตรเลียมเหลว หรือ แอลพีจี (Liquefied petroleum gas, LPG) ได้อย่างเด่นชัดและส่งผลโดยตรงต่อ η_{th}

ในปี ค.ศ. 2007 V.K.Pantangi et al. [1] ได้ศึกษาคุณสมบัติของการเผาไหม้ในวัสดุพอร์น ด้วยการเพิ่ม η_{th} ของเตาแก๊สหุงต้มให้สูงขึ้น โดยนำลูกบอลโลหะ (Metal balls) และ เศษโลหะ (Metal chips) มาประกอบเป็นชุดหัวเผาวัสดุพอร์น เพื่อใช้แทนหัวเตาแก๊สหุงต้มทั่วไป จากผลการทดลองของพวกเขา พบว่า η_{th} สูงสุดของเตาแก๊สวัสดุพอร์นเป็น 73% แต่เตาแก๊สหุงต้มทั่วไปอยู่ในช่วง 67-69% ค่าการปล่อยแก๊สมลภาวะพบว่า CO₂ เพิ่มขึ้น 0.6875-0.9375 ppm และค่าการปล่อย CO ลดลง 225-117 ppm ในปี ค.ศ. 2010 จิรวัดน์ โคนโพธิ์ และคณะ [2] ได้ทำการประยุกต์ใช้วัสดุพอร์นเพื่อเพิ่ม η_{th} ของเตาแก๊สหุงต้ม โดยการออกแบบสร้างเตาแก๊สหุงต้ม ในครัวเรือนแบบวัสดุพอร์นชนิดเซลลูลาร์เปิด (Domestic gas cooker using open-cellular porous material) พบว่าเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบวัสดุพอร์นชนิดเซลลูลาร์เปิด มีอุณหภูมิที่ตำแหน่ง Preheating zone และ Primary air สูงกว่าแบบเซรามิกส์ (Porous ceramic) และแบบหัวฟู่ (Radial slotted ports) เนื่องจากอิทธิพลการแผ่รังสีที่เข้มข้นของวัสดุพอร์นที่มีโครงสร้างแบบเซลลูลาร์เปิด สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่า ต่อมาในปี ค.ศ. 2011 V.K.Pantangi et al. [3] ได้ศึกษาเตาวัสดุพอร์น (Porous radiant burner, PRB) ที่ใช้แอลพีจี (LPG) เป็นเชื้อเพลิง เพื่อใช้ในการประกอบอาหาร โดยที่เตาประกอบด้วยวัสดุพอร์นสองชั้น ชั้นแรก

เป็นโซนการเผาไหม้ที่ถูกสร้างขึ้นจากซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon carbide, SiC) และชั้นที่สองเป็นรูปแบบโซนการอุ่นความร้อนที่สร้างจาก อลูมินาเม็ดกลม (Alumina balls, Al₂O₃) 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% ในปี ค.ศ. 2011 นรินทร์ เพชรแสน และคณะ [4] นำแนวทางการทดลองของ จิรวัดน์ โคนโพธิ์ และคณะ [2] มาสร้างเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบใหม่ โดยการออกแบบและสร้างเตาแก๊สแบบวัสดุพอร์นชนิดโลหะเซลลูลาร์เปิด (Metal open-cellular porous material burner, MOB) ที่ทำมาจากนิเกิล-โครม (Nickel chrome, Ni-Cr) ซึ่งผลการทดลองจะนำไปเปรียบเทียบกับเตาแก๊สที่ใช้กันในท้องตลาด (Conventional burner, CB) 2 ชนิด ได้แก่ เตาแก๊สแบบวัสดุพอร์นชนิดเซรามิกส์รังผึ้ง (Honey comb ceramic porous burner, PB) และเตาแก๊สแบบหัวฟู่ (Radial slotted ports burner, RB) จากผลการทดลองพบว่า เตาแก๊สแบบ MOB มีค่า η_{th} สูงสุดเท่ากับ 60% ขณะที่ PB และ RB มีค่า η_{th} อยู่ที่ 51% และ 40% เมื่อเร็ว ๆ นี้ P. Muthukumar and P.I. Shyamkumar [5] นำแนวทางของ V.K.Pantangi et al. [3] มาพัฒนาต่อโดยการเปลี่ยนวัสดุพอร์นชั้นที่สองในโซนการอุ่นความร้อนจากอลูมินา เม็ดกลมมาใช้เซรามิกส์ (ความพรุน 40%) ความหนา 10 mm โซนการเผาไหม้ใช้ SiC ที่มีความพรุน 80%, 85% และ 90% มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 mm และความหนา 20 mm ทดสอบโดยใช้วิธีต้มน้ำแบบ BIS: 4246:2002 จากการทดลองพบว่า η_{th} สูงสุดประมาณ 75% สูงกว่า η_{th} สูงสุดของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบเดิม (โลหะ) ที่มีในท้องตลาดอินเดีย 10% มีค่าการ

ปล่อยแก๊ส CO และ NOx อยู่ในช่วง 10-160 mg/m³ และ 0-0.9 mg/m³ ขณะที่ค่าของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบเดิมอยู่ในช่วง 250-650 mg/m³ และ 4-7 mg/m³ ทำการทดสอบที่อัตราส่วนสมมูล (0.5-0.7) และกำลังวัตต์ (1.3-1.7 kW)

จากที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบใหม่ โดยนำเอาตาข่ายสแตนเลสมาประยุกต์ใช้หรือสร้างเป็นหัวเผาของเตาแก๊ส ซึ่งจะมุ่งสนใจไปที่อิทธิพลความหนาของชั้นตาข่ายที่มีต่อกลไกการเผาไหม้และหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ให้สูงขึ้น และลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รวมทั้งลดปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น สามารถนำไปใช้งานได้จริง ก่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน นอกจากนี้ยังจะทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของเตาแก๊สแบบใหม่กับเตาแก๊สอีก 2 ชนิด ได้แก่ เตาแก๊สแบบหัวฟู (Radial slotted ports gas burner, RB) และเตาแก๊สแบบวัสดุพอร์ซเซรามิกส์ (Porous ceramic burner, PB)

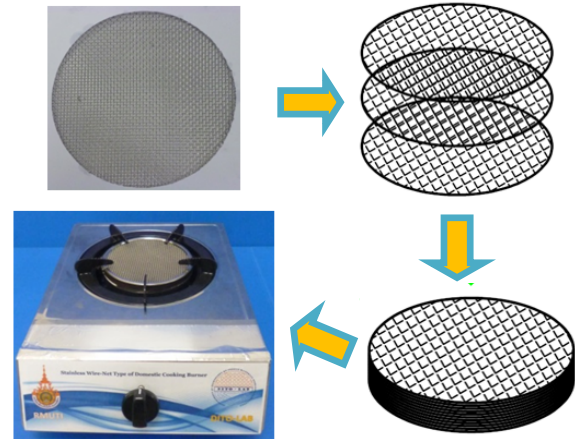
2. รายการสัญลักษณ์

$C_{p,water}$	ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำที่ใช้ทดสอบ (MJ/kg·K)
CB	Conventional burner
CO	คาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)
LHV	ค่าความร้อนทางต่ำของแก๊ส (MJ/m ³)
m_{water}	มวลของน้ำที่ใช้ในการทดสอบ (kg)
Re	Reynolds number
SB	Swirling burner
SiC	Silicon carbide
SWB	Stainless wire-net type of domestic cooking burner
$T_{water,i}$	อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (K)
t	เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ (s)
v	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของแก๊สที่ใช้ทดสอบ (m ³ /s)
η_{th}	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)
$\eta_{th,1}$	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเตาตัวที่ 1
$\eta_{th,2}$	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเตาตัวที่ 2

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

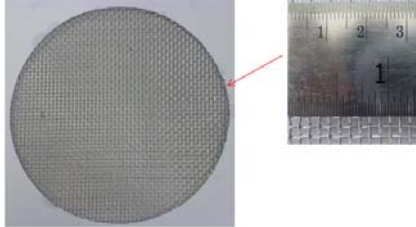
รูปที่ 1 แสดงแนวคิดในการออกแบบหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส โดยมีหลักการดังนี้ หากนำตาข่ายสแตนเลสมาวางซ้อนกันหลาย ๆ แผ่น จะเกิดเป็นวัสดุพอร์ซ (Porous media) ซึ่งมีลักษณะเด่น เช่นเดียวกับวัสดุพอร์ซทั่ว ๆ ไป คือ สามารถเป็นได้ทั้งตัวรับความร้อน (Absorber) และตัวเปล่งรังสีความร้อน (Emitter) จึงสามารถใช้เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยนิยามเรียกว่า เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส (Stainless wire-net type of domestic cooking burner, SWB) และจะเรียกชื่อของเตาแก๊สแบบ SWB ตามจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้วกับความหนาของชั้นตาข่ายสแตนเลส (H) ที่มี 4 ขนาด คือ 1, 1.5, 2 และ 2.5 cm หรือมีชื่อเรียกย่อ ๆ ว่า SWB08:01, SWB08:1.5, SWB08:02 และ SWB08:2.5 ตามลำดับ



รูปที่ 1 แนวคิดในการออกแบบหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส

รูปที่ 2 แสดงสแตนเลสที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นสแตนเลสเบอร์ 304 ซึ่งมีเหล็ก โครเมียม และนิกเกิลเป็นส่วนผสม มีขนาดของจำนวนช่องว่างต่อหนึ่งนิ้ว (Pores per inch, PPI) หรือที่เรียกว่าขนาดของเมส (Mesh size) คือ 8 Mesh size และมีความกว้างของช่อง 2.57 mm เป็นสแตนเลส กลุ่มออสเตนิติก (Austenitic) มีส่วนผสม

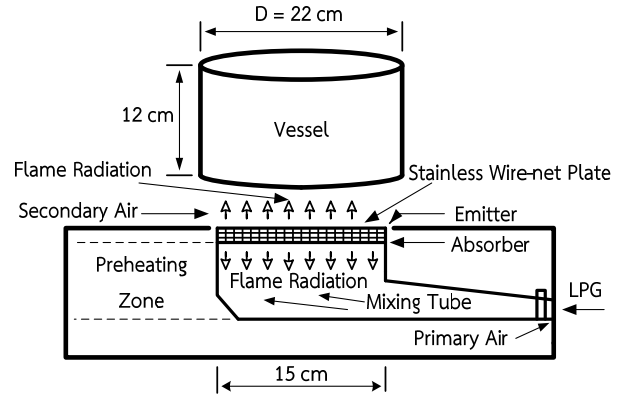
ของโครเมียม (Chromium) ประมาณ 18% และนิกเกิล (Nickel) ประมาณ 8% ซึ่งสามารถทนความร้อนได้สูงสุดที่ 1200 องศาเซลเซียส เป็นสแตนเลสที่แม่เหล็กดูไม่ติด



รูปที่ 2 ตาข่ายสแตนเลส [6]

รูปที่ 3 แสดงหลักการทำงานของ SWB สามารถอธิบายได้ดังนี้ เริ่มจากแก๊สความดันต่ำถูกพ่นออกจากรูพ่นแก๊สเข้าไปในท่อผสม ขณะเดียวกันอากาศส่วนแรก (Primary air) ที่อยู่บริเวณใกล้ ๆ จะถูกชักนำผ่านช่องอากาศส่วนแรก เข้าไปในท่อผสมพร้อม ๆ กับแก๊ส โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างแก๊สและอากาศ โดยรอบ ด้วยวิธีการดังกล่าวอากาศส่วนแรกจะมีค่าประมาณ 50-70% ของปริมาณอากาศที่จำเป็นต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Stoichiometric air) และมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้อากาศส่วนแรกนี้มีค่าถึง 100% ขึ้นอยู่กับความดันของแก๊สที่ใช้ จากนั้นส่วนผสมของอากาศส่วนแรก และแก๊ส จะไหลผ่านตาข่ายสแตนเลส และถูกจุดประกายไฟ ซึ่งการจุดติดไฟจะใช้วิธีเปลวไฟล่อ (Pilot flame) ขณะเดียวกันอากาศส่วนที่สอง (Secondary air) ซึ่งจะถูกชักนำเข้ามาจากทางด้านข้างเปลวไฟ โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัม และแรงลอยตัวของแก๊สร้อนที่จะขยายตัวและลอยสูงขึ้นช่วยให้อากาศโดยรอบที่เย็นกว่าถูกดูดเข้ามาผสมกับเปลวไฟได้มากขึ้น และส่งผลให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ ดียิ่งขึ้น ซึ่งตาข่ายสแตนเลสจะทำหน้าที่เป็นตัวรับรังสี (Absorber) และตัวแผ่รังสีความร้อน (Emitter) เมื่อตาข่าย สแตนเลสรับความร้อนจากเปลวไฟ (Flame) ที่เสถียรอยู่ในหรือบนผิวหน้าตาข่ายสแตนเลส (Stability inside or on the surface of stainless wire-net plate) ก็จะมีแผ่รังสีความร้อนออกไปทุกทิศทุกทาง โดยเฉพาะสองด้านที่สำคัญคือ การแผ่รังสีไปด้านบนหมายถึงจะส่งความร้อนไปยังก้นภาชนะ และอีกด้านหนึ่งแผ่รังสีลงด้านล่างมายังส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิง (LPG) และอากาศส่วนแรก

(Primary air) ดังนั้นส่วนผสมนี้เมื่อไหลเข้ามาใกล้ถึงตาข่ายสแตนเลสจะเกิดการอุ่นหรือเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นก่อนเข้าสู่ขบวนการเผาไหม้ เรียกบริเวณนี้ว่า ช่วงการอุ่นความร้อน (Preheating zone)



รูปที่ 3 หลักการทำงานของหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส

3.2. วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในงานวิจัยนี้ โดยมีขั้นตอนดังนี้ เริ่มต้นด้วยการจ่ายแก๊ส LPG จากแหล่งจ่ายแก๊สไหลผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันเข้าสู่มาตรวัดปริมาณแก๊ส ทำการติดไฟที่เตาโดยเปิดเตาในอัตราการใช้แก๊สสูงสุดเป็นเวลา 15 นาที จึงปิดเตาแล้วเปลี่ยนหม้อทดลองใหม่ ซึ่งใส่น้ำ 2.7 ลิตร พร้อมฝาเทอร์โมคัปเปิล เปิดเตาในอัตราการใช้แก๊สตามที่ต้องการโดยปรับปริมาณอากาศให้ได้การเผาไหม้ที่เหมาะสมพร้อมกับจับเวลาเริ่มต้น ต้มจนน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น จากอุณหภูมิเริ่มต้นจนอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 90 องศาเซลเซียส และต้มจนถึงอุณหภูมิจุดเดือดแล้วให้ปิดแก๊ส วัดค่าการใช้แก๊สระหว่างการทดสอบและค่าต่าง 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 (η_{th})

การวัดค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในที่นี้อ้างอิงตามมาตรฐานของเยอรมัน DIN EN 203-2 ซึ่งค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนหาได้จากค่าความร้อนสัมผัสที่น้ำได้รับ โดยวิธีการต้มน้ำและคำนวณได้ดังนี้

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

3.4 การประหยัดพลังงาน [7]

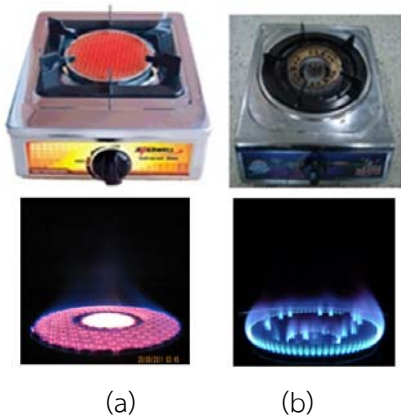
การหาค่าเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานของเตาแก๊สหุงต้มสามารถหาได้จากสมการที่ (2) คือ

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

4. ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊สหุงต้ม

ในการศึกษาวิจัยได้เปรียบเทียบเตาแก๊สหุงต้มชนิดตาข่ายสแตนเลส (Stainless wire-net type of domestic cooking burner, SWB) ทั้ง 4 แบบ กับเตาแก๊สที่มีใช้กันในท้องตลาด 2 ชนิด ได้แก่ เตาแก๊สแบบหัวฟู (Radial slotted ports burner, RB) และเตาแก๊สแบบวัสดุพอร์ซเลนชนิดเซรามิกส์ (Porous ceramic burner, PB) ซึ่งแบบ RB เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดในครัวเรือน และจากการทดลองลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊สแต่ละแบบมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ เตาแก๊สแบบ RB จะมีเปลวไฟพุ่งขึ้นเล็กน้อยส่วนเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ PB เป็นลักษณะไร้เปลวไฟ (Flameless) เสมือนมีเปลวไฟสีแดงกระจายทั่วทั้งแผ่นวัสดุพอร์ซเลนและไม่มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำขึ้นไป สำหรับเปลวไฟของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 4 แบบ จะมีรูปร่างเปลวไฟแบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบไปด้วย ส่วนแรกที่ผิวตาข่ายสแตนเลส จะเป็นลักษณะ Flameless ขณะเดียวกันก็จะมีเปลวไฟ พุ่งเป็นลำอีกส่วนอยู่ด้านบน ด้วยเหตุนี้รูปร่างเปลวไฟของ SWB ทั้ง 4 แบบ จึงเป็นการรวมเอาเปลวไฟแบบ RB และ PB เข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 4



(a)

(b)

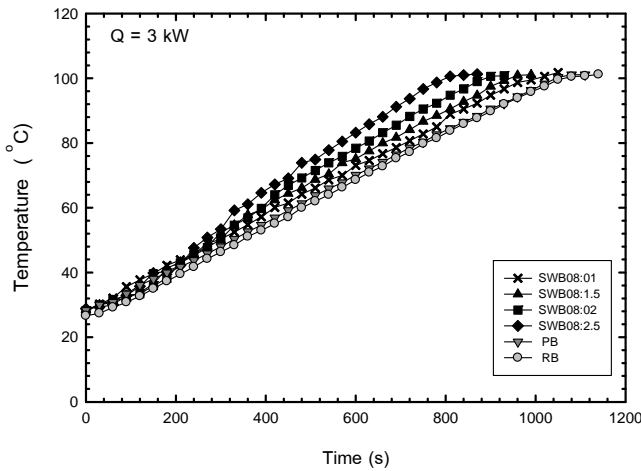


(c)

รูปที่ 4 ลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊ส (a) แบบวัสดุพอร์ซเลนชนิดเซรามิกส์ (PB) และ (b) แบบหัวฟู (RB) (c) ชนิดตาข่ายสแตนเลส (SWB08:01-2.5)

4.2 อุณหภูมิต้มเดือด

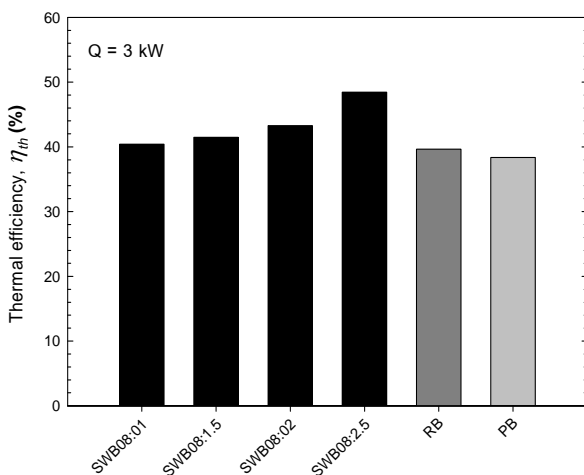
รูปที่ 5 เป็นการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลาที่ใช้ในการทดลองของหัวเตาแก๊สทั้ง 6 แบบ โดยในการทดลองบรรจุน้ำปริมาตร 2.7 ลิตร และมีอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นประมาณ 27 °C จากการทดลองพบว่าเวลาที่ใช้ในการต้มเดือด (ประมาณ 100 °C) ของเตาแก๊สแบบ SWB08:01 ถึง 2.5 จะใช้เวลา 1,050, 990, 930 และ 870 วินาที ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่าเมื่อชั้นตาข่าย สแตนเลสมีความหนามากยิ่งขึ้นเวลาในการต้มน้ำเดือด จะลดน้อยลงตามไปด้วย และยังพบว่าเตาแก๊ส SWB ทั้ง 4 แบบ ใช้เวลาดต้มน้ำเดือดน้อยกว่าเตาแก๊สแบบ RB และ PB ที่ใช้เวลานานถึง 1,110 วินาที และ 1,140 วินาที เหตุผลนี้สามารถอธิบายได้ด้วยอิทธิพลความหนาของชั้นตาข่ายสแตนเลส (H) ที่ช่วยส่งเสริมกลไกการแผ่รังสี ความร้อนให้มีความมากขึ้นตาม H โดยเฉพาะทิศทางการส่งความร้อนไปยังก้นภาชนะและช่วยอุ่นอุณหภูมิส่วนผสมในช่วงการอุ่นความร้อน ทำให้เตาแก๊ส SWB ทั้ง 4 แบบ สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าเตาแก๊สแบบ RB และ PB ดังนั้นเตาแก๊สแบบ SWB08:2.5 สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วที่สุด เพราะชั้นตาข่ายสแตนเลสมีความหนาที่สุด



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลา

4.3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th})

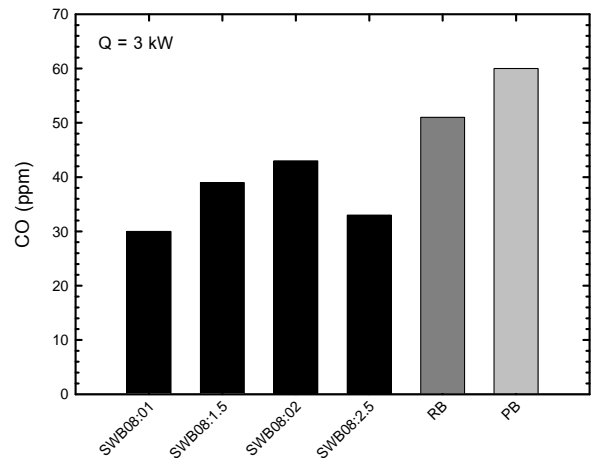
รูปที่ 6 แสดงแผนภูมิแท่งประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ของเตาแก๊สหุงต้มทั้ง 6 แบบจากผลการทดลองพบว่าเตาแก๊สแบบ SWB จะมีค่า η_{th} เพิ่มขึ้นตามความหนาของชั้นตาข่ายสแตนเลส (H) และค่า η_{th} สูงสุดจะเกิดขึ้นกับ SWB08:2.5 ($\eta_{th} = 47.08\%$) เพราะมี H มากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าค่า η_{th} ของ SWB ทั้ง 4 แบบ สูงกว่า RB และ PB ที่มีค่า η_{th} เพียง 38.87% และ 37.54% ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยอิทธิพลความหนาของชั้นตาข่ายสแตนเลส (H) ที่ช่วยส่งเสริมกลไกการแผ่รังสีความร้อนที่ออกมาจากแผ่นตาข่ายสแตนเลส เช่นเดียวกับกรณีของอุณหภูมิต้มเดือด



รูปที่ 6 แผนภูมิแท่งแสดงประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ของเตาแก๊สแต่ละแบบ

4.4 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

รูปที่ 7 แสดงแผนภูมิการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของเตาแก๊สแต่ละแบบ พบว่าค่าปริมาณ CO ของเตาแก๊สแบบ SWB08:01 ถึง 2.5 มีค่าอยู่ในช่วง 30-43 ppm จะเปลี่ยนแปลงตาม H เล็กน้อย ในขณะที่เตาแก๊สแบบ RB และ PB มีค่าอยู่ที่ 51 ppm และ 60 ppm ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในแต่ละหัวเตาแก๊สมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีการจ่ายเชื้อเพลิงให้แก่ระบบที่เท่ากันทุก ๆ H และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณ CO ของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 4 แบบ กับเตาแก๊สแบบ RB และ PB พบว่าค่า CO ของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 4 แบบ มีค่าที่ต่ำกว่าแบบ RB และ PB

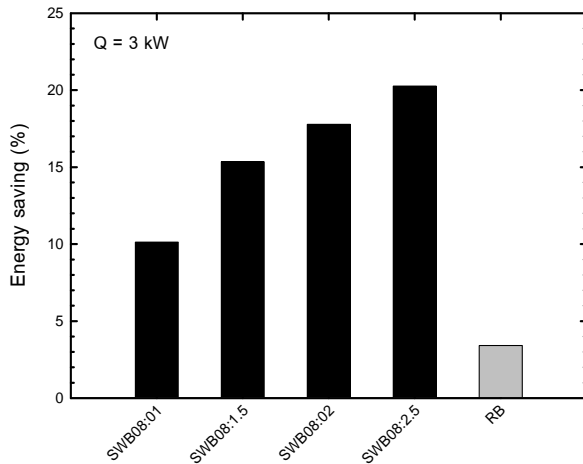


รูปที่ 7 แผนภูมิการเปรียบเทียบค่า CO ของเตาแก๊สแต่ละแบบ

4.5 การประหยัดพลังงาน (% Energy saving)

รูปที่ 8 แสดงผลเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 4 แบบ และเตาแก๊สแบบ RB โดยจะทำการคำนวณจากสมการที่ (2) และใช้ค่า η_{th} ของเตาแก๊สแบบ PB เป็นค่าอ้างอิง จากการวิเคราะห์พบว่า การประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB จะมากขึ้นตาม H ที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือมีค่าเท่ากับ 10.13%, 15.35%, 17.78% และ 20.26% ตามลำดับ อธิบายได้ด้วยเวลาที่ต้มน้ำเดือดที่ลดต่ำลงตาม H ที่เพิ่มขึ้น ดังได้อธิบายไว้แล้วในรูปที่ 5 และคำนวณด้วยสมการที่ (1) ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลทำให้ค่า η_{th} เพิ่มขึ้น สำหรับเตาแก๊สแบบ RB มีค่าเท่ากับ 3.42% เป็นการยืนยันว่าเตาแก๊ส SWB ทั้ง 4 แบบ มีการใช้พลังงานที่ต่ำกว่าเตาแก๊สแบบ RB และ

PB ตามอิทธิพลความหนาของชั้นตาข่ายสแตนเลส (H) ที่ช่วยส่งเสริมกลไกการแผ่รังสีความร้อนไปยังกันภาชนะและช่วยอุณหภูมิมวลผสมในช่วงการอุ่นความร้อนของเตาแก๊ส



รูปที่ 8 แผนภูมิเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB08:01-2.5 และแบบ RB

5. สรุป

จากการศึกษาอิทธิพลความหนาของชั้นตาข่ายสแตนเลส (H) ที่ประยุกต์ใช้ตาข่ายสแตนเลสมาสร้างเป็นหัวเผาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) เปลวไฟของเตาแก๊สมีรูปร่างของเปลวไฟที่แตกต่างกัน กล่าวคือเตาแก๊สแบบ RB จะมีเปลวไฟพุ่งขึ้นเล็กน้อย ส่วนเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ PB เป็นลักษณะไร้เปลวไฟ (Flameless) เสมือนมีเปลวไฟสีแดงกระจายทั่วทั้งแผ่นวัสดุพอร์ซัน และไม่มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำขึ้นไปสำหรับเปลวไฟของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 4 แบบ หรือทุกค่า H จะมีรูปร่างเปลวไฟแบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบไปด้วยส่วนแรกที่มีผิวตาข่ายสแตนเลสจะเป็นลักษณะ Flameless ขณะเดียวกันก็มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำอีกส่วนอยู่ด้านบน ด้วยเหตุนี้รูปร่างเปลวไฟของ SWB ทั้ง 4 แบบ จึงเป็นการรวมเอาเปลวไฟแบบ RB และ PB เข้าด้วยกัน

2) เตาแก๊ส SWB ต้มน้ำเดือดได้เร็วขึ้นเมื่อ H เพิ่มขึ้น และยังเร็วกว่าเตาแก๊สแบบ RB และ PB ทำให้มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) สูงขึ้นตาม H ที่เพิ่มขึ้น และสูงกว่าเตาแก๊สแบบ RB และ PB ดังนั้นเตาแก๊สแบบ SWB10:2.5 มีค่า η_{th} สูงสุด คือ 47.08% เนื่องจากอิทธิพล ของ H ที่ช่วยส่งเสริมกลไกการแผ่รังสีความร้อน

ไปยังกันภาชนะและช่วยอุณหภูมิมวลผสมในช่วงการอุ่นความร้อน

3) ปริมาณ CO ของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 4 แบบ มีค่าอยู่ในช่วง 30-43 ppm เปลี่ยนแปลงตามระยะ H น้อยมากขณะที่เตาแก๊สแบบ RB และ PB มีค่าอยู่ที่ 51 ppm และ 60 ppm ตามลำดับ ดังนั้นระดับ CO ในการเผาไหม้ของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 4 แบบ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเตาแก๊สแบบ RB และ PB

4) ค่าเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานของเตาแก๊ส SWB ทั้ง 4 แบบ และเตาแก๊สแบบ RB โดยใช้ค่า η_{th} ของเตาแก๊สแบบ PB เป็นค่าอ้างอิง พบว่าการประหยัดพลังงานของเตาแก๊ส SWB เพิ่มขึ้นตามค่า H และมีค่าสูงกว่าเตาแก๊สแบบ RB เป็นการยืนยันว่าเตาแก๊ส SWB ทั้ง 4 แบบ มีการใช้พลังงานต่ำกว่าเตาแก๊สแบบ RB และ PB

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนบทความขอขอบพระคุณ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพอร์ซัน (DITO-Lab) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นครราชสีมา ที่ได้สนับสนุนอุปกรณ์การทดลองและสถานที่ในการทดลอง เพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

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). เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดเซลล์ลูการ์เปิด, *ปริญญาวิพนธ์นิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 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). เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบวัสดุพูนชนิดโลหะเซลลูลาร์เปิด, *ปริญญาพันธปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต* 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). เหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่ม อ อ ส เ ต น นี ตี ก [Online]:www.siamkaewkumsa.blogspot.com/2010/09/5-austenitic-stainless-steel-steel.html.

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

[8] สุรเดช สินจะโป๊ะ, ชลธิชา ชมสระน้อย, แคทรียา เคนชมภู, อนุชา กล้าน้อย และ บัณฑิต กฤตาคม (2558). การศึกษาอิทธิพลความหนาของชั้นตาข่ายสแตนเลสที่ประยุกต์ใช้เป็นเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา