



การศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส
Study of Thermal Efficiency on Domestic Cooking Burner using Stainless Wire-Net

สุรเดช ลินจะโป๊ะ และ บัณฑิต กฤตาคม*

ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนานาเทคโนโลยีของวัสดุพูน สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 30000 E-mail: auto013_rmuti@hotmail.com และ bundit.kr@rmuti.ac

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนที่มีปริมาณการใช้แก๊สแอลพีจี (Liquefied petroleum gas, LPG) สูงสุดไม่เกิน 5.78 kW ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2312-2549 ในการศึกษาจะทำการออกแบบและสร้างหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส (Domestic cooking burner using stainless wire-net) โดยอาศัยหลักการอุ่นอากาศก่อนการเผาไหม้ที่มีการหมุนเวียนความร้อน (Heat-recirculating combustion) โดยใช้ตาข่ายสแตนเลสนำมาวางเรียงซ้อนกันเป็นวัสดุพูน ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวรับรังสีความร้อนจากเปลวไฟบนผิวหน้าวัสดุพูน หลังจากนั้นวัสดุพูนจะทำการแผ่รังสีออกไปทุกทิศ ทุกทาง โดยเฉพาะสองด้านที่สำคัญคือ การแผ่รังสีไปด้านบนบนหมายถึงการส่งความร้อนไปยังก้นภาชนะ และอีกด้านหนึ่งแผ่รังสีลงด้านล่างมาช่วยผสมระหว่างเชื้อเพลิงและอากาศส่วนแรก (Primary air) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นก่อนเข้าสู่การเผาไหม้ ซึ่งเรียกบริเวณนี้ว่า ช่วงการอุ่นไอ (Preheating zone) หม้อหุงต้ม ในการทดลองใช้ขนาดเบอร์ 22 cm ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.2312-2549 ซึ่งต้มน้ำ 2.7 ลิตร แต่ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาค่า η_{th} ของเตานั้น จะเป็นไปตามมาตรฐานเยอรมัน DIN-EN 203-2 จากการทดลองพบว่าเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าเตาแก๊สแบบ เซรามิกส์และเตาแก๊สแบบหัวฟูและมีค่า η_{th} เนื่องจากอิทธิพลการแผ่รังสีของวัสดุพูน และพฤติกรรมการเผาไหม้ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลสที่สมบูรณ์กว่าตามปริมาณ CO ที่ต่ำกว่า

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน, ตาข่ายสแตนเลส

1. บทนำ

เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน [1] กล่าวได้ว่าเป็นเตาที่มีบทบาทสำคัญต่อความเป็นอยู่ในชีวิตประจำวันของคนไทย และนิยมใช้หุงต้มในครัวเรือนอย่างแพร่หลายมากที่สุด เพราะมีลักษณะเด่นคือโครงสร้างเรียบง่าย ราคาถูก ใช้งานสะดวก แรงไฟได้เร็ว และมีช่วงการทำงานที่กว้างพอสมควร ทนทาน เชื้อถือได้สูง มีความปลอดภัยสูง ซึ่งเตาแก๊สหุงต้ม ที่ใช้ในประเทศไทยจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2312-2549 โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาแก๊สหุงต้ม ในครัวเรือนคือ แก๊สปิโตรเลียมเหลว หรือ แอลพีจี (Liquefied Petroleum Gas, LPG) ที่เป็นส่วนผสมของ โพรเพน (Propane) และบิวเทน (Butane) หรือเป็น อย่างหนึ่งอย่างใดก็ได้ และการเผาไหม้เป็นแบบเปิดจึงไม่สามารถนำความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากเปลวไฟไปยังภาชนะถูกบังคับ โดยการพาความร้อน (Heat convection) เป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) ไม่สูงเท่าที่ควร โดยจะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 30 - 50 ดังนั้นจึงมีความพยายามในการเพิ่ม η_{th} ของเตาแก๊สหุงต้มในหลายรูปแบบหรือหลายวิธีการ โดยอาศัยอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งทุกรูปแบบหรือทุกวิธีการจะอยู่บนแนวความคิดและหลักการใหญ่ ๆ เพียงสามประการ ได้แก่ ลดการสูญเสียความร้อน อุ่นอากาศ และปรับปรุงลักษณะการฉีดแก๊สของหัวเตา

ด้วยเหตุนี้การวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่ม η_{th} ของเตาแก๊สหุงต้มได้กระทำกันมาอย่างต่อเนื่อง วิเชียร ตรีเวชอักษร [2] ศึกษาทฤษฎีการเผาไหม้ รวมถึง การเผาไหม้ของเตาหุงต้ม LPG เพื่อพัฒนา และปรับปรุงเตาหุงต้มแอลพีจีแบบมาตรฐาน (Conventional burner, CB) ให้เป็นแบบ Swirling burner พบว่า η_{th} สูงขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากการพาและเหนี่ยวนำอากาศส่วนที่สอง (Secondary air) รวมถึงการเก็บกักความร้อนด้วยระบบ อุ่นอากาศ รวมทั้งการปรับปรุงฐานตั้งภาชนะให้เหมาะสม และมีการสูญเสียความร้อนน้อยที่สุด ต่อมา ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ [3] ได้นำเอาเทคโนโลยีวัสดุพูนมาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริม η_{th} ของเตาแก๊สหุงต้ม โดยในการทดลองใช้หัวเตาฟู KB-10 ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาด มาประกอบเข้ากับโครงสร้างของเตา ที่ทำขึ้น จากการทดลอง พบว่าสามารถเพิ่ม η_{th} ให้สูงขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 12 และคิดเป็นอัตราการประหยัด โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับเตา KB-10 ที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป และในการทดลองนี้ยังได้มีการพัฒนาให้เตาแก๊สหุงต้มมีค่าประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นไปอีกโดยการปรับปรุงหัวเผาให้เปลวไฟที่พุ่งออกมีลักษณะของการหมุนวนเข้าสู่ศูนย์กลาง และจากการทดลองพบว่าสามารถเพิ่ม η_{th} ให้สูงขึ้นได้โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 เมื่อเปรียบเทียบกับเตาแบบ Swirl burner ที่ยังไม่ได้มีการประกอบเข้ากับโครงสร้างที่ออกแบบไว้ และเมื่อเปรียบเทียบกับเตา KB-10 ที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป พบว่าสามารถเพิ่ม η_{th} ให้สูงขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 และคิดเป็นอัตราการประหยัดโดยเฉลี่ยประมาณ ร้อยละ 51 Dong และคณะ [4] ศึกษาความสัมพันธ์ของระยะห่างระหว่างหัวเผากับก้นภาชนะ (H) ที่เหมาะสมกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวเผา (d) ซึ่งหัวเผาที่นำมาใช้ทดสอบเป็นแบบ Slot จำนวน 1 หัวเผา โดยเงื่อนไขการทดลองจะทำการปรับค่า Reynolds number (Re) จาก 800 ถึง 1,700 และปรับระยะ H จาก $2d_c$ ถึง $12d_c$ โดยใช้เชื้อเพลิง บิวเทน พบว่าที่ตำแหน่ง $H/d = 6$ จะให้อัตราการถ่ายเท

ความร้อนที่ติดสุด วสันต์ โยคเสนะกุล [5] นำแนวทางจาก ญัฐวุฒิ รัชสิมันตุชาติ [3] มาพัฒนาต่อ โดยใช้เตาแก๊สขนาด KB-10 ที่มีขายในท้องตลาดมาทำการดัดแปลงหัวเผาจาก CB เป็น SB แล้วนำมาประกอบเข้ากับโครงสร้างที่มี การหมุนเวียนความร้อน (Porous Radiant Recirculated Burner, PRRB) จากการทดลองพบว่าหัวเผา แบบ CB มีระยะห่างระหว่างหัวเผากับกันภาชนะ (H) ที่เหมาะสมอยู่ที่ 63.5 mm. (2.5 in.) และเมื่อเปลี่ยนเป็น PRRB (SB) ซึ่งมีระยะ H ของแต่ละภาชนะไม่เท่ากัน จะให้ η_{th} ที่แตกต่างเนื่องจากอิทธิพลของ การหมุนเวียนความร้อน จารุณี จากกลาง [6] นำแนวทาง วสันต์ โยคเสนะกุล [5] มาศึกษาพัฒนา โดยใช้ เตาแก๊สขนาด KB-5 ทั่วไป (Conventional burner, CB) ที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในครัวเรือน และตามแหล่งร้านอาหารขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ แต่มี η_{th} ประมาณร้อยละ 35 ซึ่งค่อนข้างต่ำ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น สองส่วน ส่วนแรกจะทำการพัฒนาหัวเผา จากแบบทั่วไป (CB) ซึ่งมีเปลวไฟไหลตามรัศมีมาเป็นแบบหมุนวน (SB) ซึ่งจะให้ลักษณะของเปลวไฟหมุนวนเข้าสู่ศูนย์กลาง ส่วนที่สองทำการพัฒนา อีกขั้นหนึ่ง คือ นำเตาแก๊ส KB-5 มาใช้ควบคู่กับ PRRB ตามหลักการหมุนเวียนความร้อนกระทำกับภาชนะสองแบบ คือ หม้อ (ภาชนะกันแบน) กระทะ (ภาชนะกันโค้ง) จากผลการทดลองพบว่ามี η_{th} เพิ่มขึ้นประมาณ 20 % นอกจากนี้ จรินทร์ เจนจิตต์ [7] ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้วัสดุพูนเพื่อเพิ่ม η_{th} ของเตาแก๊สในครัวเรือน โดยออกแบบ Porous Radiant Recirculated Cover (PRRC) ติดตั้งกับเตาแก๊สหุงต้มแบบมาตรฐาน (Household cooking burner, HB) เมื่อทำการติดตั้งฝาครอบชนิดวัสดุพูน PRRC (EP4+AP4) พบว่า η_{th} เพิ่มสูงขึ้นจากเดิมเป็น 48 % คิดเป็น Energy saving สูงสุดเท่ากับ 14.58% ซึ่งจากการทดลองพบว่า การติดตั้งฝาครอบชนิดวัสดุพูน PRRC (EP4+AP4) ไม่เพียงแต่เพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน ยังสามารถลดปริมาณมลพิษ CO ให้มีค่าสูงสุดไม่เกิน 124 ppm ในขณะที่ปริมาณ CO ของ HB ในเตาที่ติดตั้ง LPB-FP มีค่าสูงสุดไม่เกิน 347 ppm, 140 ppm ตามลำดับ

จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น บทความนี้จึงมีแนวคิดเพื่อศึกษาหาแนวทางในการเพิ่ม η_{th} ของ เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนโดยอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2312-2549 [1] โดยเตาแก๊สจะมีปริมาณการใช้ LPG สูงสุดของแต่ละหัวเตาไม่เกิน 5.78 kW ดังนั้นเพื่อบรรลุตามแนวคิดนี้จึงได้ทำ การออกแบบและสร้างหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลสขึ้น เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพเชิงความร้อนและลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง รวมทั้งลดปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้จริงก่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน

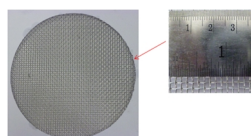
2. รายการสัญลักษณ์

$C_{p,water}$	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
$T_{water,i}$	อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (°C)
t	เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ (s)
v	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของแก๊สที่ใช้ทดสอบ (m ³ /s)
η_{th}	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)
$\eta_{th,1}$	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเตาตัวที่ 1
$\eta_{th,2}$	ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหัวเตาตัวที่ 2

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

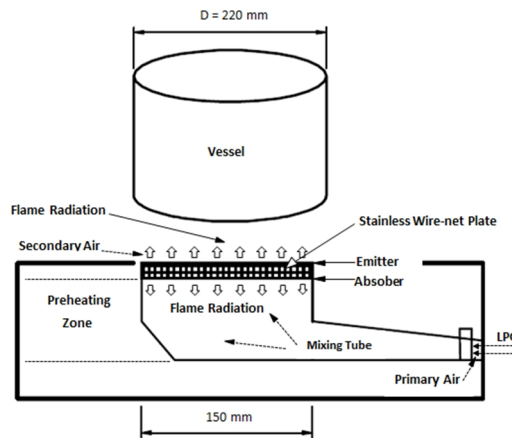
3.1. อุปกรณ์การทดลอง

รูปที่ 1 แสดงสแตนเลสที่นำมาศึกษาในบทความวิจัยนี้ เป็นสแตนเลสเบอร์ 304 มีขนาดช่องต่อนิ้วของลวดสแตนเลส คือ 10 ช่องต่อตารางนิ้ว และมีความกว้างของช่อง 2.08 mm ซึ่งมีเหล็ก โครเมียม และนิกเกิล เป็นส่วนผสม ทนความร้อนได้สูงสุดที่ 1200 องศาเซลเซียส สแตนเลสเบอร์ 304 เป็นสแตนเลสกลุ่มออสเทนนิติก (Austenitic) ที่ใช้อย่างแพร่หลายมากที่สุด มีส่วนผสมของโครเมียม (Chromium) ประมาณ 18% และนิกเกิล (Nickel) ประมาณ 8% เป็นสแตนเลสที่แม่เหล็กดูดไม่ติด



รูปที่ 1: ตาข่ายสแตนเลส

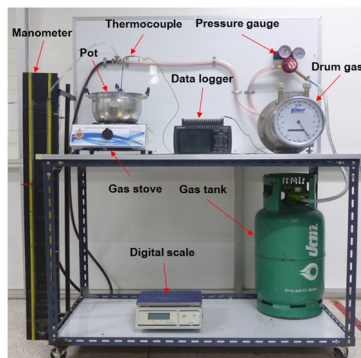
รูปที่ 2 แสดงหลักการทำงานของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส โดยทำการติดตั้ง ตาข่ายสแตนเลส ด้านบนของหัวเตา ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ เริ่มจากแก๊สความดันต่ำถูกพ่นออกจากรูพ่นแก๊สเข้าไปในท่อผสม ขณะเดียวกันอากาศส่วนแรก (Primary air) ที่อยู่บริเวณใกล้ ๆ จะถูกชักนำผ่านช่องอากาศส่วนแรก เข้าไปในท่อผสมพร้อม ๆ กับแก๊ส โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างแก๊สและอากาศโดยรอบ ด้วยวิธีการดังกล่าวอากาศส่วนแรกจะมีค่าประมาณ 50 - 70% ของปริมาณอากาศที่จำเป็นเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Stoichiometric air) และมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้อากาศส่วนแรกนี้ มีค่าถึง 100% ขึ้นอยู่กับความดันของแก๊สที่ใช้ จากนั้นส่วนผสมของอากาศส่วนแรกและแก๊สจะไหลผ่านตาข่ายสแตนเลส และถูกจุดประกายไฟ ซึ่งการจุดติดไฟจะใช้วิธีเปลวไฟล่อ (Pilot flame) ขณะเดียวกันอากาศส่วนที่สอง (Secondary air) ซึ่งจะถูกชักนำเข้ามาจากทางด้านข้างเปลวไฟ โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัม และแรงลอยตัวของแก๊สร้อนที่จะขยายตัวและลอยสูงขึ้น ช่วยให้อากาศโดยรอบที่เย็นกว่าถูกดูดเข้ามาผสมกับเปลวไฟได้มากขึ้น และส่งผลให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ดียิ่งขึ้น ซึ่งตาข่ายสแตนเลสจะทำหน้าที่เป็นตัวรับรังสี (Absorber) และตัวแผ่รังสีความร้อน (Emitter) เมื่อตาข่ายสแตนเลสได้รับความร้อนจากเปลวไฟ (Flame) ที่เสถียรอยู่ในหรือบนผิวหน้าตาข่ายสแตนเลส (Stability inside or on the surface of stainless wire-net plate) ก็แผ่รังสีความร้อนออกไปทุกทิศทุกทาง โดยเฉพาะสองด้านที่สำคัญคือการแผ่รังสีไปด้านบน หมายถึงจะส่งความร้อนไปยังก้นภาชนะ และอีกด้านหนึ่งแผ่รังสีลงด้านล่างมีส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิง (LPG) และอากาศส่วนแรก (Primary Air) ดังนั้นส่วนผสมนี้เมื่อไหลเข้ามาจนถึงตาข่ายสแตนเลสจะเกิดการอุ่นหรือเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นก่อนเข้าสู่การเผาไหม้ เรียกบริเวณนี้ว่า ช่วงการอุ่นความร้อน (Preheating Zone) โดยนิยามเรียกเตาแบบใหม่นี้ว่า เตาก๊าซหุงต้มชนิดตาข่ายสแตนเลส (Stainless wire-net type of domestic cooking burner) และมีชื่อย่อว่า SWB



รูปที่ 2: หลักการทำงานของหัวเตาก๊าซหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส

3.2. วิธีการทดลอง

รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์ทดลองหาค่าประสิทธิภาพเตาก๊าซหุงต้มในงานวิจัยนี้ โดยมีขั้นตอนดังนี้ เริ่มต้นด้วยการจ่ายแก๊ส LPG จากแหล่งจ่ายแก๊สไหลผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันเข้าสู่มาตรวัดปริมาณแก๊ส ทำการติดตั้งหัวเตาโดยเปิดเตาในอัตราการใช้แก๊สสูงสุด เป็นเวลา 15 นาที จึงปิดเตาแล้วเปลี่ยนหม้อทดลองใหม่ ซึ่งใส่น้ำ 2.7 ลิตร พร้อมฝาเทอร์โมคัปเปิล เปิดเตาในอัตราการใช้แก๊สตามที่ต้องการ โดยปรับปริมาณอากาศให้ได้การเผาไหม้ที่เหมาะสมพร้อมกับจับเวลาเริ่มต้น ต้มจนน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิปกติ จนอุณหภูมิสูงขึ้นจากเริ่มต้นเป็น 90 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิจุดเดือดแล้วให้ปิดแก๊ส วัดค่าการใช้แก๊สระหว่างทดสอบและค่าต่าง ๆ



รูปที่ 3: การทดสอบประสิทธิภาพเตาก๊าซหุงต้ม

3.3. การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th})

การวัดค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในที่นี้อ้างอิงตามมาตรฐานของเยอรมัน DIN EN 203-2 ซึ่งค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนหาได้จากค่าความร้อนสัมผัสที่น้ำได้รับ โดยวิธีการต้มน้ำ

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

3.4. การประหยัดพลังงาน [8]

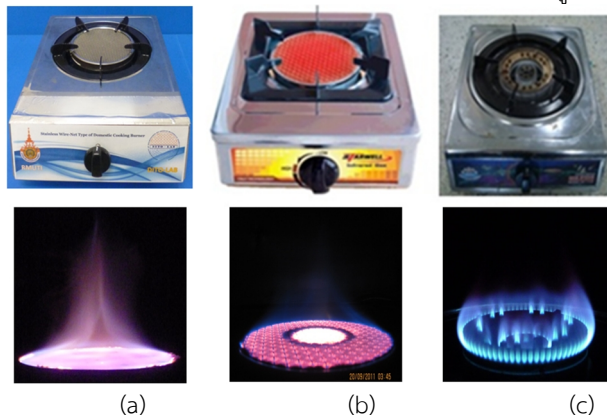
การหาค่าเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานของ เตาแก๊สหุงต้มสามารถหาได้จากสมการที่ (2)

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

4. ผลการทดลอง

4.1. ลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊สหุงต้ม

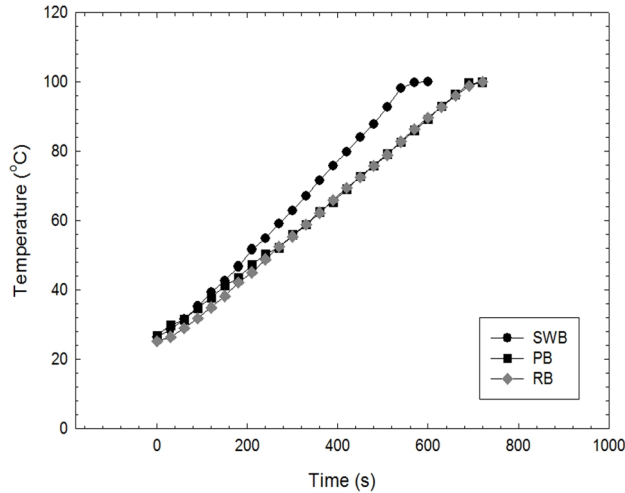
ในการศึกษาวิจัยได้เปรียบเทียบเตาแก๊สหุงต้มชนิดตาข่ายสแตนเลส (Stainless wire-net type of domestic cooking burner, SWB) กับเตาแก๊สที่ใช้กันในท้องตลาด 2 ชนิด ได้แก่เตาแก๊สแบบวัสดุพอร์ซเซรามิกสร้างผึ้ง (Honey comb ceramic porous burner, PB) และแบบหัวฟู (Radial slotted ports burner, RB) ซึ่งแบบ RB เป็นที่นิยมใช้กันมากที่สุดในครัวเรือน และจากการทดลองลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊สแต่ละแบบจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือเตาแก๊สแบบ RB เปลวไฟจะพุ่งขึ้นเล็กน้อย ส่วนเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ PB เป็นลักษณะไร้เปลวไฟ (Flameless) เสมือนมีเปลวไฟสีแดงกระจายทั่วทั้ง แผ่นวัสดุพอร์ซเซรามิก และไม่มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำขึ้นไป สำหรับเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ SWB จะมีรูปร่างเปลวไฟแบ่งเป็น 2 ส่วนประกอบไปด้วย ส่วนแรกที่ผิวของวัสดุพอร์ซเซรามิกจะเป็นลักษณะ Flameless ขณะเดียวกันก็มี เปลวไฟพุ่งเป็นลำอีกส่วนอยู่ด้านบน ด้วยเหตุนี้รูปร่างเปลวไฟของ SWB จึงเป็นการรวมเอาเปลวไฟแบบ PB และ RB เข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4: ลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊ส (a) ชนิดตาข่ายสแตนเลส (SWB) (b) แบบวัสดุพอร์ซเซรามิกสร้างผึ้ง (PB) และ (c) แบบหัวฟู (RB)

4.2. อุณหภูมิต้มเดือด

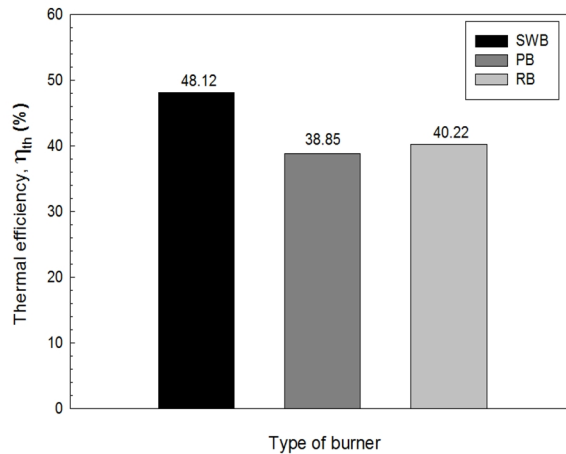
รูปที่ 5 เป็นการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลาที่ใช้ในการทดลองของหัวเตาแก๊สทั้ง 3 แบบ โดยในการทดลองบรรจุน้ำในปริมาตร 2.7 ลิตร และมีอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นประมาณ 27 °C จากการทดลองพบว่าเวลาที่ใช้ในการต้มเดือด (ประมาณ 100 °C) ของเตาแก๊สหุงต้มแบบ SWB จะใช้เวลาอยู่ในช่วง 565 วินาที ซึ่งน้อยกว่าเตาแก๊สหุงต้ม แบบ PB และ RB ที่ใช้เวลานานถึง 705 วินาที และ 695 วินาทีตามลำดับ ซึ่งเหตุผลนี้สามารถอธิบายได้ด้วยกลไกการแผ่รังสีความร้อนที่ออกมาจากแผ่นตาข่ายสแตนเลส ซึ่งไปช่วยอุ่นอุณหภูมิส่วนผสมในช่วงการอุ่นความร้อน ทำให้เตาแก๊สหุงต้มแบบ SWB สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าเตาแก๊สหุงต้ม แบบ PB และ RB



รูปที่ 5: ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลา

4.3. ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th})

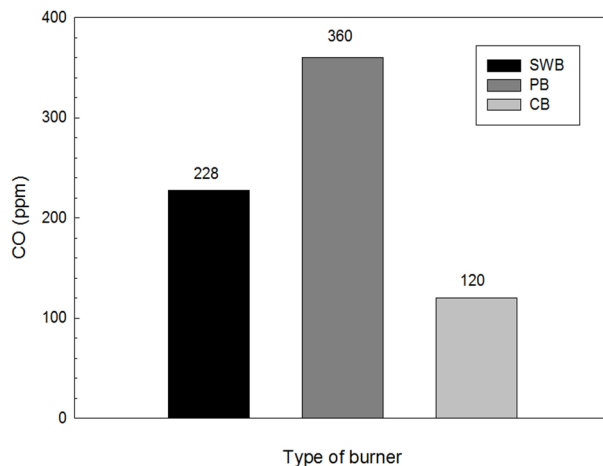
รูปที่ 6 แสดงแผนภูมิแท่งของประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ของเตาแก๊สหุงต้มทั้ง 3 แบบ จากผลการทดลองพบว่าเตาแก๊สแบบ SWB มีค่า η_{th} สูงสุดประมาณ 48.12% แต่เตาแก๊สแบบ PB และ RB มีประสิทธิภาพเพียง 38.85% และ 40.22% ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยกลไกการแผ่รังสีความร้อนที่ออกมาจากแผ่นตาข่ายสแตนเลส เช่นเดียวกับกับกรณีของอุณหภูมิต้มเดือด



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

4.4. ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของเตาแก๊ส

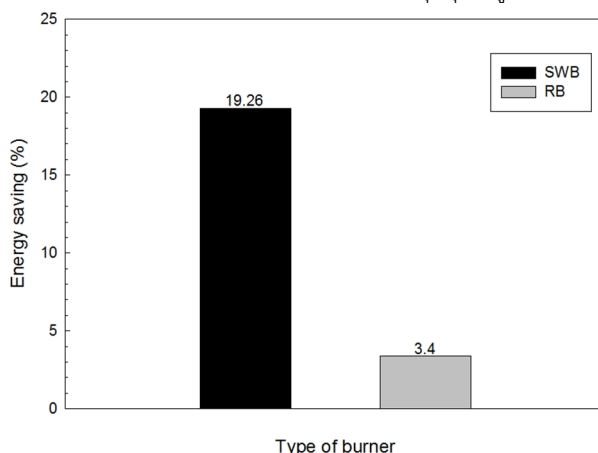
รูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ของเตาแก๊สแต่ละแบบ พบว่าค่าปริมาณ CO ของเตาแก๊สแบบ SWB มีค่าเท่ากับ 228 ppm ขณะที่เตาแก๊สแบบ PB และ RB มีค่า อยู่ที่ 360 ppm และ 120 ppm ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในแต่ละ หัวเตาแก๊ส มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการจ่ายเชื้อเพลิงให้แก่ระบบที่เท่ากัน และเมื่อเปรียบเทียบเตาแก๊สแบบ SWB กับเตาแก๊สแบบ PB พบว่าค่า CO ของเตาแก๊สแบบ SWB มีค่าต่ำกว่า



รูปที่ 7: แผนภูมิการเปรียบเทียบค่า CO ของเตาแก๊สแต่ละแบบ

4.5. การประหยัดพลังงาน (% Energy saving)

รูปที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB และเตาแก๊สแบบ RB โดยเตาแก๊สทั้งสองจะทำการคำนวณจากสมการที่ (2) และใช้ค่า η_{th} ของเตาแก๊สแบบหัวฟู่ PB เป็นค่าอ้างอิง จากการวิเคราะห์พบว่าการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB และเตาแก๊สแบบ RB มีค่าประมาณ 19.26% และ 3.4% ตามลำดับ ซึ่งยืนยันได้ว่าเตาแก๊สแบบ SWB มีการใช้พลังงานต่ำกว่า เตาแบบ PB และ RB เนื่องจากกลไกการแผ่รังสีความร้อนที่ออกมาจากแผ่นตาข่ายสแตนเลส จะไปช่วยอุ่นอุณหภูมิส่วนผสม



รูปที่ 8: แผนภูมิเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB และแบบ RB

5. สรุป

จากการศึกษาการประยุกต์ใช้ตาข่ายสแตนเลส เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนสามารถสรุปผลได้ดังนี้

- 1) เปลวไฟของเตาแก๊สทั้ง 3 แบบ มีรูปร่างของเปลวไฟที่แตกต่างกัน กล่าวคือเตาแก๊สแบบ RB เปลวไฟจะพุ่งขึ้นเล็กน้อย ส่วนเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ PB เป็นลักษณะไร้เปลวไฟ (Flameless) เสมือนมีเปลวไฟสีแดงกระจายทั่วทั้งแผ่นวัสดุพอร์ซเลน และไม่มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำขึ้นไป สำหรับเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ SWB จะมีรูปร่างเปลวไฟแบ่งเป็น 2 ส่วนประกอบไปด้วย ส่วนแรกที่มีผิวของวัสดุพอร์ซเลนจะเป็นลักษณะ Flameless ขณะเดียวกันก็มีเปลวไฟพุ่งเป็นลำอีกส่วนอยู่ด้านบน ด้วยเหตุนี้รูปร่างเปลวไฟของ SWB จึงเป็นการรวมเอาเปลวไฟแบบ PB และ RB เข้าด้วยกัน
- 2) เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนชนิดตาข่ายสแตนเลส (SWB) สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าแบบ เซรามิกส์ (PB) และแบบหัวฟู่ (RB) เพราะอิทธิพลของการแผ่รังสีที่ออกมาจากแผ่นตาข่ายสแตนเลสไปยังส่วนผสม
- 3) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) ของเตาแก๊สแบบ SWB มีค่าสูงสุดประมาณ 48.12% และเตาแก๊สแบบ PB และ RB มีประสิทธิภาพเท่ากับ 38.85% และ 40.22% ตามลำดับ เนื่องจากกลไกการแผ่รังสีความร้อนของแผ่นตาข่ายสแตนเลส ซึ่งไปช่วยอุ่นอุณหภูมิส่วนผสมในช่วงการอุ่นความร้อน
- 4) ปริมาณ CO ของเตาแก๊สแบบ SWB มีค่าเท่ากับ 228 ppm ขณะที่เตาแก๊สแบบ PB และ RB มีค่าอยู่ที่ 360 ppm และ 120 ppm ตามลำดับ ดังนั้นระดับ CO ในการเผาไหม้ของเตาแก๊สแบบ SWB มีค่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเตาแก๊สแบบ PB



5) การประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB และเตาแก๊สแบบ RB โดยใช้ค่า η_{th} ของเตาแก๊สแบบ PB เป็นค่าอ้างอิง พบว่าการประหยัดพลังงานของเตาแก๊สแบบ SWB และเตาแก๊สแบบ RB มีค่าประมาณ 19.26% และ 3.4% ตามลำดับ ซึ่งยืนยันได้ว่าเตาแก๊สแบบ SWB มีการใช้พลังงานต่ำกว่าเตาแบบ PB และ RB

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนบทความขอขอบพระคุณสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (EPPO) กระทรวงพลังงาน ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้ง สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้สนับสนุนเงินทุน อุปกรณ์การทดลอง และสถานที่ในการทดลอง เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณ นายพรพล ธนทองคำเหลือ นายประมวล แต่งกระโทก และนายวีรยุทธ สัตย์ธรรม นักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ช่วยในการสร้างอุปกรณ์การทดลอง และเก็บข้อมูล ผลการทดลองจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

บรรณานุกรม

- [1] กระทรวงอุตสาหกรรม, 2549, “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเตาหุงต้มในครัวเรือนใช้กับก๊าซปิโตรเลียมเหลว,” [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา www.rcthakittha.soc.go.th/DATA/PDF/2550/E/040/ 17.PDF.
- [2] วิเชียร ตรีเวชอักษร, 2541, “การปรับปรุงประสิทธิภาพเตาหุงต้มแอลพีจีมาตรฐาน,” วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- [3] ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ, 2544, “การประยุกต์ใช้วัสดุพูนเพื่อการประหยัดพลังงานในเตาแก๊สหุงต้ม,” วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- [4] 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, 45, 979-992.
- [5] วสันต์ โยคเสนะกุล, 2548, “หัวเผาเชื้อเพลิงแก๊สที่มีการหมุนเวียนความร้อนและการไหลแบบหมุนวน,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- [6] จารุณี จาบกลาง, 2549, “การพัฒนาเตาแก๊สหุงต้มที่มีประสิทธิภาพสูงชนิดที่มีการหมุนเวียนความร้อน,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- [7] จรินทร์ เจนจิตต์, 2553, “การเพิ่มประสิทธิภาพของเตาแก๊สโดยวัสดุพูน,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- [8] S.Jugjai and N.Rungsimuntuchart, 2002, “High efficiency heat-recirculating domestic gas burners,” Experimental Thermal and Fluid Science, 26, 581-592.