

อิทธิพลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูจ่ายเชื้อเพลิงที่มีผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาแก๊สแบบ KB-5

Effect of Gas-Port diameter on Thermal Efficiency of KB-5 Gas Stove

สุรเดช สินจะโป๊ะ¹, จัตุพล ป้องกัน¹, ไพลิน หาญขุนทด², รตินันท์ เหลือมพล² และ บัณฑิต กฤตาคม^{2*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมระบบราง สถาบันระบบรางแห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

² ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพอรุส (Development in Technology of Porous Materials Research Laboratory: DiTo-Lab)
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

744 ถนนสุนทรารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

*ติดต่อ: E-mail: auto013_rmuti@hotmail.com และ bundit.kr@rmuti.ac.th, โทรศัพท์ 044-233-073 ต่อ 3410, โทรสาร: 044-233-074

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพทางความร้อน (η_{th}) ของเตาแก๊สหุงต้ม KB-5 (Katsura burner-5) ที่ใช้แอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง ในการทดลองใช้หม้อหุงต้มขนาดเบอร์ 30 cm และต้มน้ำ 6.9 ลิตร ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.2312-2549 แต่ขั้นตอนการทดลองเพื่อหา η_{th} จะเป็นไปตามมาตรฐานเยอรมัน DIN EN 203-2 อยู่ภายใต้อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F) 7 kW โดยงานวิจัยนี้ทำการออกแบบและเจาะรูพ่นเชื้อเพลิงแก๊สโดยใช้มุมเอียงการจ่ายเชื้อเพลิง (β) และมุมการจ่ายเชื้อเพลิงหมุนวน (α) คือ 26° และ 15° ตามลำดับ กำหนดให้อัตราส่วนพื้นที่รูพ่นเชื้อเพลิง (PAR) เท่ากับ 70% แต่จะทำการศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูจ่ายเชื้อเพลิง (d) 3 ค่า คือ 1.5, 2.0 และ 2.5 mm จะนิยามเรียกว่า เตาแก๊สหุงต้มแบบหมุนวน (Swirling burner, SB) นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบค่า η_{th} กับเตาแก๊สหุงต้มเชิงพาณิชย์ทั่วไป (CB) จากการทดลองพบว่าเตาแก๊สหุงต้มแบบ SB ทั้ง 3 แบบ สามารถต้มน้ำให้เดือดได้เร็วกว่าเตาแก๊สหุงต้มแบบ CB และมีค่า η_{th} ที่สูงกว่า CB ซึ่งในกลุ่มของเตาแก๊ส SB ทั้ง 3 แบบนั้น มีข้อสังเกตว่า SB-70-2.5 จะให้ค่า η_{th} สูงที่สุด

คำหลัก: ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, เตาแก๊สหุงต้ม KB-5, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูจ่ายเชื้อเพลิง

Abstract

This paper aims to study the thermal efficiency (η_{th}) of KB-5 cooking-gas burner (Katsura burner-5) using LPG as fuel. A vessel of 30 cm-diameter and boiling water of 6.9 Liter based on Thai Industrial Standards (TIS) 2312-2549 were used. The German Industrial Standard or Deutsch Institute Norms (DIN) DIN EN 203-2 was adopted to determine the η_{th} under the fuel rate input of 7 kW. In the experimental design, the fuel ports were developed as inclined angle (β) of 26 degree and swirling angle (α) of 15 degree. The port area ratios (PAR) was kept at 70% but three diameter of fuel port, i.e., 1.5, 2.0 and 2.5 mm respectively, were examined. Therefore, a developed burner was defined as

swirling cooking-gas burner (SB). Moreover, the η_{th} of the developed burner was compared with the conventional cooking-gas burner (CB). From the experiment, it was found that the boiling time of three SBs gave faster than the CB and the η_{th} yielded higher than the SB. It was noted that the η_{th} of SB-70-2.5 had the maximum.

Keywords: thermal efficiency, KB-5 gas stove, gas-port diameter.

เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน [1] โดยทั่วไปจะไม่ได้ออกแบบมาให้ใช้ตามบ้านเรือน แต่จะรวมถึงตามร้านอาหารตามสั่ง ภัตตาคารต่าง ๆ หรือใช้งานในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจึงมีทั้งเตาแก๊สความดันต่ำและความดันสูง ซึ่งมีการเผาไหม้แบบเปิด ไม่สามารถนำความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากเปลวไฟไปยังภาชนะ ถูกจำกัดโดยการพาความร้อน (Heat convection) เป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนไม่สูงเท่าที่ควร ดังนั้นจึงมีความพยายามในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในหลายรูปแบบ หรือหลายวิธีการ โดยอาศัยอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งทุกรูปแบบหรือทุกวิธีจะอยู่บนแนวความคิดและหลักการใหญ่ ๆ เพียงสามรูปแบบ ได้แก่ รูปแบบแรก คือ ลดการสูญเสียความร้อนด้วยฝาครอบแก๊สประสิทธิภาพสูงของกระทรวงพลังงาน รูปแบบที่สอง คือ การอุ่นอากาศ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของวัสดุพอร์ซัน และรูปแบบสุดท้าย คือ การปรับปรุงลักษณะการฉีดแก๊สของหัวเตา โดยการปรับปรุงจากหัวเตาแก๊สแบบเดิม (Conventional burner, CB) เปลี่ยนมาเป็นการฉีดแก๊สแบบหมุนวน (Swirling Burner, SB) ซึ่งเป็นผลจากการหมุนวนของเปลวไฟก่อให้เกิดแรงเฉือนมีผลต่อการเผาไหม้ และการถ่ายเทความร้อน กล่าวคือเพิ่มระยะเวลาในการผสมของเชื้อเพลิงและอากาศเพิ่มเวลาและผิวสัมผัสในการสัมผัสของเปลวไฟกับภาชนะ ซึ่งทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้นรวมทั้งเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) ให้สูงขึ้นได้อย่างชัดเจน ดังผลการศึกษานักวิจัยกลุ่มต่าง ๆ ดังนี้

วิเชียร ตรีเวชอักษร [2] ศึกษาทฤษฎีการเผาไหม้ รวมถึงการเผาไหม้ของเตาหุงต้ม LPG เพื่อพัฒนาและปรับปรุงเตาหุงต้มแอลพีจีแบบ CB เป็น SB พบว่า η_{th} เพิ่มขึ้น 16% ต่อมา ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ [3] นำเอาเทคโนโลยีวัสดุพอร์ซันมาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริม η_{th} ของเตาแก๊สหุงต้ม KB-10 และทำการปรับปรุงลักษณะการฉีดแก๊สของวงแหวนหัวเตา จาก CB เป็น SB พบว่า η_{th} เพิ่มขึ้น 20% ต่อมา วสันต์ โยคเสนะกุล [4] นำแนวทางจาก ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ [3] มาพัฒนาต่อโดยจะยังคงใช้เตาแก๊สขนาด KB-10 ทำการดัดแปลงหัวเตาจากแบบ CB เป็น SB แล้วนำมาประกอบเข้ากับโครงสร้างที่มีการหมุนเวียนความร้อนด้วยวัสดุพอร์ซัน (Porous radiant recirculated burner, PRRB) พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น 35.83% ส่งผลให้ในปีถัดมา จารุณี จากกลาง [5] ได้ใช้หลักการวัสดุพอร์ซันคล้าย ๆ กับงานวิจัยของวสันต์ โยคเสนะกุล [4] มาทำการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเตา KB-5 ได้ผลการทดลองคือ เตา KB-5 มี η_{th} สูงขึ้นเช่นกัน ต่อมา เทวา จะทาร์มย์ และคณะ [6] ทำการดัดแปลงหัวเตาจาก CB เป็น SB ซึ่งมีทั้งหมด 9 แบบ และนำไปเปรียบเทียบกับเตาแก๊สหุงต้มเชิงพาณิชย์ทั่วไป (CB) ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน พบว่า เตาแก๊สหุงต้มแบบ SB สามารถต้มน้ำให้เดือดได้เร็วกว่าเตาแก๊สหุงต้มแบบ CB และมีค่า η_{th} ที่สูงกว่า CB โดยเฉพาะที่อัตรา การจ่าย

เชื้อเพลิงต่ำ ๆ และพบว่า SB ที่มีมุม $\beta = 26$ องศา และมุม $\alpha = 15$ องศา (SB 26-15) จะให้ค่า η_{th} สูงที่สุด

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นนั้น จะเห็นได้ว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้สูงขึ้นได้ แต่ก็ยังมีข้อน่าสนใจ ที่สามารถจะพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นต่อไป โดยเฉพาะงานวิจัยของ เทวา จะทาร์มีย์ และคณะ [6] ที่มีการปรับปรุงลักษณะการฉีดแก๊สของวงแหวนหัวเตาจาก CB เป็น SB พบว่า SB 26-15 จะมีค่า η_{th} สูงที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะปรับปรุงเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน KB-5 แบบใหม่ โดยทำการออกแบบและเจาะรูพ่นเชื้อเพลิงแก๊สที่มีมุมเอียงการจ่ายเชื้อเพลิง 26° และมุมการจ่ายเชื้อเพลิงหมุนวน 15° ซึ่งกำหนดให้อัตราส่วนพื้นที่รูพ่นเชื้อเพลิง (PAR) คงที่เท่ากับ 70% แต่ทำการศึกษาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูจ่ายเชื้อเพลิง (d) 3 ค่า คือ 1.5, 2.0 และ 2.5 mm นอกจากนี้จะทำการเปรียบเทียบกับหัวเตาแก๊ส KB-5 ทั่ว ๆ ไป เพื่อให้ทราบถึง η_{th} ของเตาแก๊สหุงต้มแบบใหม่ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้จะนำไปสู่การพัฒนาและผลิตเตาแก๊สที่ใช้งานจริงในภาคครัวเรือน และยังส่งเสริมการลดปริมาณการใช้พลังงาน รวมทั้งลดปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นได้อีกด้วย

2. รายการสัญลักษณ์

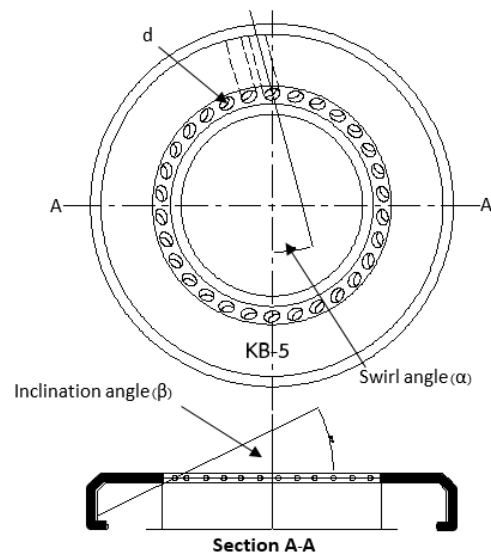
CB	Conventional burner
CO	คาร์บอนมอนอกไซด์ ppm
C_p	ความจุความร้อนจำเพาะ $\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$
d	เส้นผ่านศูนย์กลางรูเจาะ mm
KB	Katsura burner
LHV	ค่าความร้อนทางต่ำของแก๊สทดสอบที่ใช้ MJ/m^3
LPG	Liquefied petroleum gas
m_{water}	มวลของน้ำที่ใช้ในการทดสอบ kg
NOx	อ็อกไซด์ของไนโตรเจน ppm
PAR	Port area ratio
PRRB	Porous Radiant Recirculated Burner

QF	อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง kW
SB	Swirling burner
t	เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ s
$T_{\text{water},i}$	อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ K
v	ปริมาตรของแก๊สที่ใช้ทดสอบ m^3
α	มุมการจ่ายเชื้อเพลิงหมุนวน องศา
β	มุมเอียงการจ่ายเชื้อเพลิง องศา
η_{th}	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน %

3. อุปกรณ์การและวิธีทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

รูปที่ 1 จะเป็นแสดงลักษณะรูพ่นเชื้อเพลิงที่ทำการออกแบบ โดยเลือกใช้มุมเอียงการจ่ายเชื้อเพลิง (Inclination angle, β) และมุมการจ่ายเชื้อเพลิงหมุนวน (Swirling angle, α) เท่ากับ 26 องศา และ 15 องศา ตามลำดับ กำหนดให้อัตราส่วนพื้นที่รูพ่นเชื้อเพลิง (PAR) คงที่เท่ากัน คือ 70% ค่า PAR คือ พื้นที่รูพ่นแก๊สของเตาแบบ SB ต่อพื้นที่รูพ่นแก๊สของเตาแบบ CB แต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูพ่นเชื้อเพลิง (Diameter, d) จะทำการศึกษา 3 ค่า คือ 1.5, 2.0 และ 2.5 mm ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะรูพ่นเชื้อเพลิงที่ออกแบบ

ตารางที่ 1 รายละเอียดของวงแหวนเตาแก๊สหุงต้ม

Type	Number of port			Total port area (mm ²)	Port area ratio, % SB/CB	Flow type
	Inner ring					
	d (mm)					
	1.5	2	2.5			
CB	48	47	-	232	100	Radial
SB-70-1.5	92-	-	-	162	70	Swirl
SB-70-2.0	-	51	-	162	70	
SB-70-2.5	-	-	33	162	70	

รูปที่ 2 เป็นการแสดงภาพถ่ายลักษณะของหัวเตาแก๊สที่ใช้ทดลองทั้ง 4 แบบ ซึ่งรูปที่ 2 (ก) แสดงลักษณะของหัวเตาแก๊สแบบทั่วไป (CB) และรูปที่ 2 (ข, ค, ง) แสดงลักษณะของหัวเตาแก๊สที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูจ่ายเชื้อเพลิง (d) 3 ค่า คือ 1.5 (SB-70-1.5), 2.0 (SB-70-2.0) และ 2.5 mm (SB-70-2.5) ตามลำดับ



(ก) CB



(ข) SB-70-1.5



(ค) SB-70-2.0



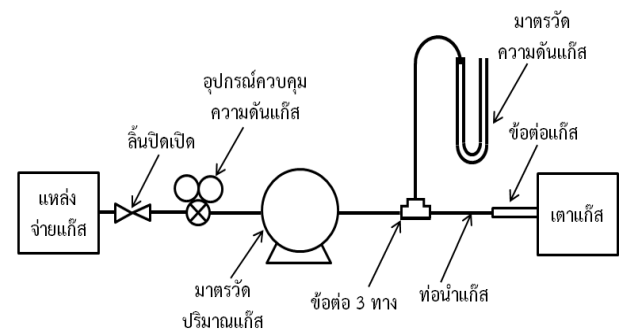
(ง) SB-70-2.5

รูปที่ 2 ลักษณะหัวเตาแก๊สที่ใช้ในการทดลอง

3.2 วิธีการทดลอง

รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์และหลักการทำงานเพื่อหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเตาแก๊สหุงต้มในงานวิจัยนี้ โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้ ก่อนการทดสอบต้องติดตั้ง

แหล่งจ่ายแก๊สเข้ากับอุปกรณ์ควบคุมความดันแก๊ส มาตรฐานวัดปริมาณแก๊ส มาตรฐานวัดความดันแก๊ส และเตาแก๊สให้เรียบร้อย ชั้นแรกจุดไฟที่เตา โดยเปิดเตาในอัตราการไหลแก๊สสูงสุดเป็นเวลา 15 นาที จึงปิดเตา หลังจากนั้นวางหม้ออะลูมิเนียมซึ่งใส่น้ำตามที่กำหนดไว้ คือ 6.9 ลิตร โดยน้ำมีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 27 °C พร้อมฝาหม้อที่มีเทอร์โมคัปเปิลวางบนเตาแก๊ส หลังจากนั้นทำการจ่ายแก๊สในอัตราที่กำหนดไว้ คือ 7 kW และทำการจุดติดไฟ ต้มน้ำจากอุณหภูมิเริ่มต้น จนน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 90 °C ให้ปิดแก๊ส และวัดค่าการใช้แก๊สระหว่างการทดสอบและค่าต่าง ๆ โดยในการทดลองใช้ เครื่องมือวัดอุณหภูมิเทอร์โมคัปเปิลชนิด K เครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data logger) รุ่น GL280 เครื่องมือวัดปริมาณแก๊สไอเสีย รุ่น Testo 350-XL และเครื่องมือที่ใช้ในการถ่ายภาพเปลวไฟกล้องดิจิทัลยี่ห้อ Canon รุ่น EOS 6D



รูปที่ 3 ชุดอุปกรณ์ทดสอบหาประสิทธิภาพเตาแก๊สหุงต้ม

3.3 การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th})

การค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในงานวิจัยนี้อ้างอิงตามมาตรฐานของเยอรมัน DIN EN 203-2 เนื่องจากเป็นมาตรฐานที่ทำการทดสอบง่าย แต่มีความน่าเชื่อถือสูง ซึ่งค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน หาได้จากค่าความร้อนสัมผัสที่น้ำได้รับโดยวิธีการต้มน้ำดังนี้

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

4. ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊สหุงต้ม

รูปที่ 4 การแสดงลักษณะเปลวไฟของเตาแก๊สที่สภาวะ $Q_F = 7 \text{ kW}$ จากการสังเกตลักษณะเปลวไฟในรูปที่ 4 พบว่าเปลวไฟของเตาแก๊ส CB จะมีลักษณะพุ่งตรงขึ้นเนื่องจากหัวเตาแก๊สหุงต้มนี้ไม่มีมุมเอียงการจ่ายเชื้อเพลิงหมุนวน ($\alpha = 0$) ส่วนเปลวไฟของเตาแก๊ส SB ทั้ง 3 แบบ (รูปที่ (ข) - (ง)) จะมีเปลวไฟลักษณะหมุนวน และยังพบว่าสีของเปลวไฟจะแสดงเป็นสีน้ำเงิน (Blue flame) อย่างเด่นชัดยิ่งขึ้น เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูจ่ายเชื้อเพลิง (d) มีค่ามากขึ้น เพราะเมื่อค่า d เพิ่มขึ้นเวลาของการคลุกเคล้าและสัมผัสกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ (โดยเฉพาะอากาศส่วนที่ 2) ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น



(ก) CB

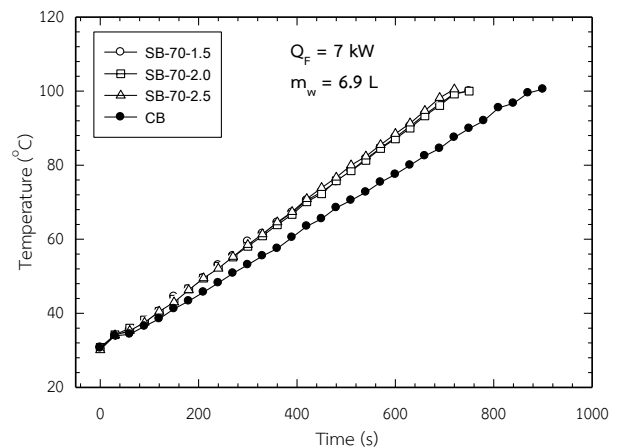


(ข) SB-60-1.5 (ค) SB-65-2.0 (ง) SB-70-2.5

รูปที่ 4 ลักษณะของเปลวไฟ

4.2 อุณหภูมิต้มเดือด

รูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ น้ำกับเวลาที่ใช้ในการทดลองของเตาแก๊ส ทั้ง 4 แบบ โดยในการทดลองบรรจุน้ำปริมาณ 6.9 ลิตร ที่อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F) 7 kW และมีอุณหภูมิน้ำเริ่มต้นประมาณ 27°C จากการทดลองพบว่าเวลาที่ใช้ในการต้มเดือด (ประมาณ 100°C) ของเตาแก๊สแบบ SB-70-1.5, SB-70-2.0 และ SB-70-2.5 จะใช้เวลา 727, 721 และ 705 วินาที ตามลำดับ อาจกล่าวได้ว่าเมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูจ่ายเชื้อเพลิง (d) มีค่ามากขึ้นเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำเดือดจะลดลงตามไปด้วย และยังพบว่าเตาแก๊ส SB ทั้ง 3 แบบ ใช้เวลาดต้มน้ำเดือดน้อยกว่าเตาแก๊สแบบ CB ที่ใช้เวลานานถึง 873 วินาที ผลการทดลองที่ได้นี้สามารถอธิบายได้โดยคุณลักษณะของเปลวไฟแบบหมุนวนที่ส่งเสริมให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น สามารถส่งพลังงานความร้อนทั้งการแผ่รังสีความร้อนและการพาความร้อนไปยังก้นหม้อได้มากกว่าแบบ CB

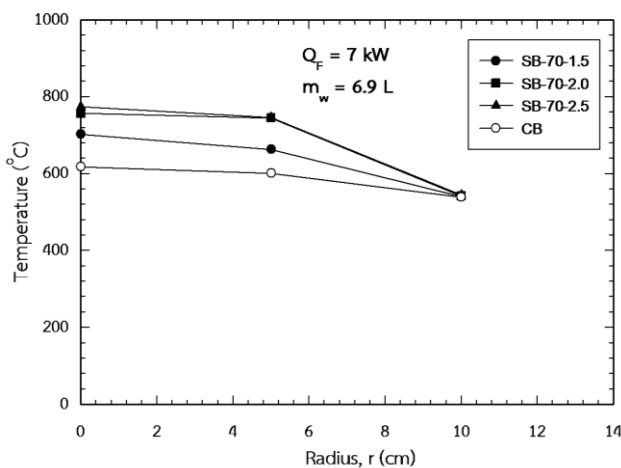


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ น้ำกับเวลา

4.3 อุณหภูมิกันหม้อ

รูปที่ 6 แสดงอุณหภูมิกันหม้อในแนวรัศมีที่สภาวะ $Q_F = 7 \text{ kW}$ ของเตาแก๊สทั้ง 4 แบบ โดยการวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งกันหม้อประกอบไปด้วยตำแหน่งกึ่งกลางหม้อ ($r = 0 \text{ cm}$) และวัดห่างออกไปตามแนวรัศมีด้วยระยะห่าง

เท่ากัน 5 cm นั่นคือ ($r = 5$ cm) และ ($r = 10$ cm) ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าเตาแก๊สแบบ SB มีอุณหภูมิกันหม้อเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามค่า d ที่เพิ่มขึ้น เพราะค่า d เพิ่มขึ้นเวลาของการคลุกเคล้าและสัมผัสกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศส่วนที่ 2 จะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และเตาแก๊ส SB ทั้ง 3 แบบ จะมีอุณหภูมิกันหม้อเฉลี่ยสูงกว่าเตาแก๊สแบบ CB ซึ่งอธิบายได้ด้วยกลไกการปะทะของเปลวไฟที่หมุนวนของเตาแก๊สแบบ SB ไปยังกันหม้อได้ดีกว่าแบบ CB และการดึงอากาศส่วนที่สองได้มากขึ้นช่วยให้เกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้ดี ส่งผลให้อุณหภูมิกันหม้อของเตาแก๊สแบบ SB จึงมีอุณหภูมิที่สูงกว่าแบบ CB

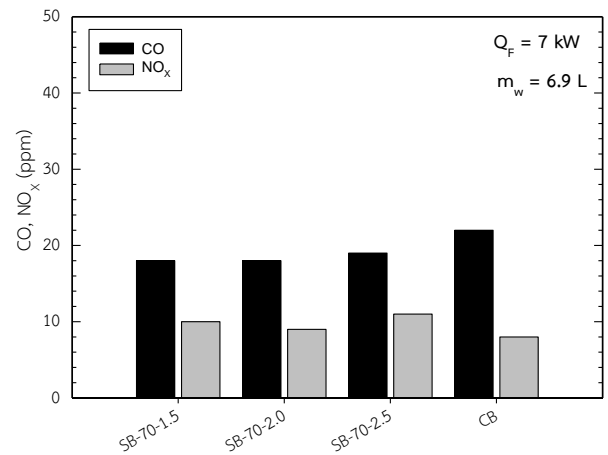


รูปที่ 6 อุณหภูมิกันหม้อ

4.4 ปริมาณการปล่อยค่า CO และ NO_x

รูปที่ 7 เป็นแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างกับปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ที่มีผลต่อการเผาไหม้ของเตาแก๊สทั้ง 4 แบบ ทดลองที่สภาวะอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F) 7 kW และปริมาตรน้ำ (m_w) 6.9 ลิตร จากการทดลองพบว่าปริมาณ CO และ NO_x ของเตาแก๊สแบบ SB จะเปลี่ยนแปลงตามค่า d เล็กน้อย และปริมาณ CO และ NO_x ของเตาแก๊สทั้ง 4 แบบ จะมีระดับใกล้เคียงกันซึ่งแสดงให้เห็นถึงกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในแต่ละหัวเตาแก๊สมี

การเผาไหม้สมบูรณ์ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F) ให้แก่ระบบที่เท่ากัน โดยทั่วไปเชื้อเพลิง LPG ก่อนข้างมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์อยู่แล้ว นอกจากนี้ยังมีข้อที่น่าสังเกตคือ ปริมาณ CO และ NO_x ของเตาแก๊สชุดทั้ง 4 แบบ ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ

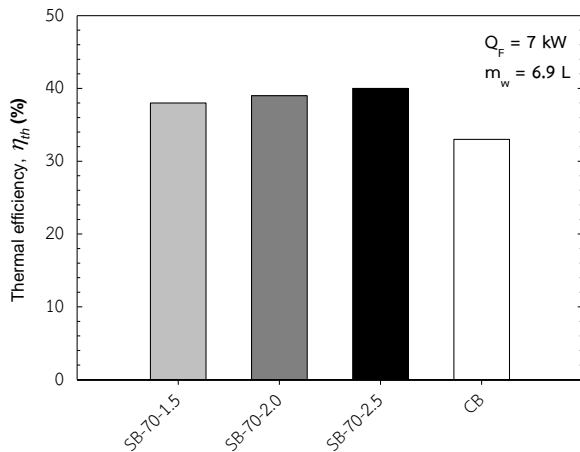


รูปที่ 7 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

4.5 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th})

รูปที่ 8 แสดงแผนภูมิแท่งของประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ของเตาแก๊ส SB ทั้ง 3 แบบ และเตาแก๊สแบบ CB ที่สภาวะอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F) 7 kW และปริมาตรน้ำ (m_w) 6.9 ลิตร จากผลการทดลองพบว่าเตาแก๊สแบบ SB จะมีค่า η_{th} เพิ่มขึ้นตามค่า d ที่เพิ่มขึ้น และค่า η_{th} สูงสุดจะเกิดขึ้นกับ SB-70-2.5 ($\eta_{th} = 40\%$) เพราะมีค่า d สูงที่สุด ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเมื่อค่า d เพิ่มขึ้นเวลาของการคลุกเคล้าและสัมผัสกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ (โดยเฉพาะอากาศส่วนที่ 2) จะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการเกิดเปลวไฟแบบหมุนวน นอกจากนี้ยังพบว่าค่า η_{th} ของเตาแก๊ส SB ทั้ง 3 แบบ สูงกว่า CB ที่มีค่า η_{th} เพียง 33% ซึ่งเหตุผลนี้สามารถอธิบายได้ด้วยคุณลักษณะของเปลวไฟแบบหมุนวน ส่งเสริมให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่งจะ

สอดคล้องกับกรณีของเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำของเตาแก๊สแบบ SB ใช้เวลาน้อยกว่าเตาแก๊สแบบ CB



รูปที่ 8 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาเตาแก๊สหุงต้ม KB-5 (Katsuraburner-5) ที่ทำการเจาะรูบนเชื้อเพลิงแก๊สโดยใช้มุม β และ α คือ 26° และ 15° ตามลำดับ กำหนดให้ PAR เท่ากับ 70% และ d จำนวนมี 3 ค่า คือ 1.5, 2.0 และ 2.5 mm ทำการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยวิธี Boiling test ตามมาตรฐานเยอรมัน DIN EN 203-2 สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ลักษณะเปลวไฟของหัวเตาแก๊ส CB จะมีลักษณะพุ่งตรงขึ้น ส่วนเปลวไฟของหัวเตาแก๊ส SB ทั้ง 3 แบบ จะมีเปลวไฟลักษณะหมุนวน และยังพบว่าสีเปลวไฟของเตาแก๊สแบบ SB จะแสดงเป็นสีน้ำเงิน (Blue flame) อย่างเด่นชัดยิ่งขึ้น เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูจ่ายเชื้อเพลิง (d) มีค่ามากขึ้น เพราะเมื่อค่า d เพิ่มขึ้นเวลาของการคลุกเคล้าและสัมผัสกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ (โดยเฉพาะอากาศส่วนที่ 2) ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2) เตาแก๊ส SB จะใช้เวลาในการต้มน้ำเดือดน้อยลงตามค่า d ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเตาแก๊ส SB-70-2.5 จะใช้เวลาใน

การต้มน้ำเดือดน้อยที่สุดเพราะมี d มากที่สุด และเตาแก๊ส SB ทั้ง 3 แบบ จะใช้เวลาในการต้มน้ำเดือดน้อยกว่าเตาแก๊สแบบ CB จากผลการทดลองที่ได้นี้ สามารถอธิบายได้โดยคุณลักษณะของเปลวไฟแบบหมุนวนที่ส่งเสริมให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น สามารถส่งพลังงานความร้อน ทั้งการแผ่รังสีและการพาความร้อนไปยัง ก้นหม้อได้มากกว่าแบบ CB

3) เตาแก๊สแบบ SB มีอุณหภูมิกันหม้อเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามค่า d ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อค่า d เพิ่มขึ้นเวลาของการคลุกเคล้าและสัมผัสกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศส่วนที่ 2 จะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และเตาแก๊ส SB ทั้ง 3 แบบ มีอุณหภูมิกันหม้อเฉลี่ยสูงกว่าเตาแก๊สแบบ CB ซึ่งอธิบายได้ด้วยกลไกการปะทะของเปลวไฟที่หมุนวนของเตาแก๊สแบบ SB ไปยังก้นหม้อได้ดีกว่าแบบ CB และการดึงอากาศส่วนที่สองได้มากขึ้น ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้ดี ส่งผลให้อุณหภูมิกันหม้อของเตาแก๊สแบบ SB มีอุณหภูมิที่สูงกว่าแบบ CB

4) ปริมาณ CO และ NO_x ของเตาแก๊สแบบ SB จะเปลี่ยนแปลงตามค่า d เล็กน้อย และปริมาณ CO และ NO_x ของเตาแก๊สทั้ง 4 แบบ จะมีระดับใกล้เคียงกันซึ่งแสดงให้เห็นถึงกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในแต่ละหัวเตาแก๊สมีการเผาไหม้สมบูรณ์ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F) ให้แก่ระบบที่เท่ากัน ซึ่งปริมาณ CO และ NO_x ของหัวเตาทั้งหมดถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ

5) เตาแก๊สแบบ SB จะมีค่า η_{th} เพิ่มขึ้นตามค่า d ที่เพิ่มขึ้น และค่า η_{th} สูงสุดจะเกิดขึ้นกับ SB-70-2.5 ($\eta_{th} = 40\%$) เพราะมีค่า d สูงที่สุด ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเมื่อค่า d เพิ่มขึ้นเวลาของการคลุกเคล้าและสัมผัสกันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ (อากาศส่วนที่ 2) จะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการเกิดเปลวไฟแบบหมุนวน นอกจากนี้ยังพบว่าค่า η_{th} ของ SB ทั้ง 3 แบบ สูงกว่า CB ที่มีค่า η_{th} เพียง 33% ซึ่งเหตุผลนี้สามารถอธิบายได้ด้วยคุณลักษณะของ

เปลวไฟแบบหมุนวน ส่งเสริมให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ซึ่งจะสอดคล้องกับกรณีของเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำของเตาแก๊สแบบ SB ใช้เวลาน้อยกว่าเตาแก๊สแบบ CB

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนบทความขอขอบคุณ นายทศพล วรรณทะมาศ, นายพรทวี ปริสุทธิ และ นายณรงค์ฤทธิ์ วีระโหนด นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการสร้างอุปกรณ์การทดลอง ตลอดจนเก็บข้อมูลในการทดลอง และขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้สนับสนุนเงินทุน อุปกรณ์การทดลอง และสถานที่ในการทดลอง เพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กระทรวงอุตสาหกรรม (2549). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเตาหุงต้มในครัวเรือนใช้กับก๊าซปิโตรเลียมเหลว, แหล่งข้อมูล: URL:www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2550/E/040/17.PDF.
- [2] วิเชียร ตรีเวชอักษร (2541). การปรับปรุงประสิทธิภาพเตาหุงต้มแอลพีจีมาตรฐาน, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- [3] ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ (2544). การประยุกต์ใช้วัสดุพรุนเพื่อการประหยัดพลังงานในเตาแก๊สหุงต้ม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- [4] วสันต์ โยคเสนะกุล (2548). หัวเผาเชื้อเพลิงแก๊สที่มีการหมุนเวียนความร้อนและการไหลแบบหมุนวน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[5] จารุณี จาบกลาง (2549). การพัฒนาเตาแก๊สหุงต้มที่มีประสิทธิภาพสูงชนิดที่มีการหมุนเวียนความร้อน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[6] เทวา จะทาร์มย์, สมทวิ หิงห้อย และอัฐกานต์ เพ็ชรหมาก (2555). การศึกษาอิทธิพลของคุณลักษณะรูพ่นเชื้อเพลิงในเตาแก๊สหุงต้ม KB-10, ปริญญาานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, นครราชสีมา.