



เตาแก๊สหุงต้มชนิด KB-10 โดยใช้วัสดุพรุนร่วมกับเปลวไฟแบบหมุนวน

The KB-10 Gas-Cooking Burner Using Porous Media Combined With Swirling Flame

สุระเดช สีนจะโป๊ะ, โสภณ สีนสร้าง, รตินันท์ เหลือมพล, พรสวรรค์ ทองใบ และ บัณฑิต กฤตาคม*

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

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

744 ถนนสุรนารายณ์ 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

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) ของเตาแก๊สหุงต้ม KB-10 ที่ใช้วัสดุพรุนร่วมกับเปลวไฟแบบหมุนวน โดยวัสดุพรุนหินตุ้ปลาจะติดตั้งทดแทนวงแหวนรอบนอก ขณะที่วงแหวนรอบในสร้างให้เกิดเปลวไฟแบบหมุนวนที่มีมุมเอียง 26 องศา และมุมหมุนวนของการจ่ายเชื้อเพลิงเท่ากับ 15 องศา วัสดุพรุนหินตุ้ปลาจะเลือกใช้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (d_p) ที่แตกต่างกัน 3 ค่า คือ 5, 10 และ 15 mm โดยนิยามเรียกชื่อเตาแบบใหม่นี้ว่า SB-PB05, SB-PB10 และ SB-PB15 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบกับเตาแก๊สหุงต้มเชิงพาณิชย์ทั่วไป (CB) ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน 2 แบบ ได้แก่ เตาก๊าซแบบ CB-CB00 และ SB-CB00 การทดลองหม้อหุงต้มใช้ขนาดเบอร์ 30 cm ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.2312-2549 ซึ่งต้มน้ำปริมาณ (m_w) 7 L แต่ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาค่า η_{th} จะเป็นไปตามมาตรฐานเยอรมัน DIN-EN 203-2 อยู่ภายใต้อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F) คือ 10 kW จากการทดลองพบว่าเตาก๊าซแบบ SB-PBXX ที่ใช้หินทั้ง 3 รูปแบบ สามารถต้มเดือดได้เร็วกว่าเตาก๊าซหุงต้ม CB-CB00 และ SB-CB00 รวมทั้งมีค่า η_{th} ที่สูงกว่า ซึ่งเตาก๊าซ SB-PB ทั้ง 3 แบบ มีค่า η_{th} อยู่ที่ประมาณ 25.24% สูงกว่าเตาก๊าซแบบ CB-CB00 และ SB-CB00 ที่มีค่า η_{th} เพียง 19.73% และ 22.54% ตามลำดับ

คำหลัก: เตาก๊าซหุงต้ม KB-10, วัสดุพรุน, เปลวไฟแบบหมุนวน, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

Abstract

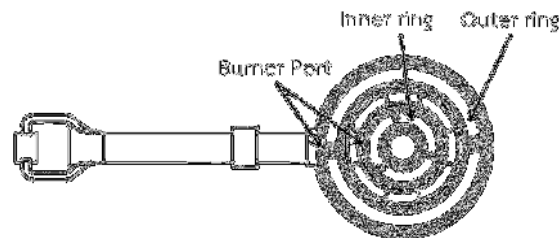
This research aimed to study the thermal efficiency (η_{th}) of KB-10 cooking-gas burner (Katsura burner-10) using porous media combined with swirling flame. The outer ring was replaced by the pebbles adopted as porous media whereas the inner ring was developed as the swirling flame established by inclined angle of 26 degree and swirling angle of 15 degree. The pebbles or packed-bed sphere porous media with three different diameters (d_p), i.e., 5, 10 and 15 mm, was examined and, thus, the proposed cooking-gas burner was defined by SB-PB05, SB-PB10 และ SB-PB15 respectively. In addition, two conventional burner (CB) consisting of an original cooking-gas burner called by CB-CB00 and a swirling flame at inner ring or SB-CB00 were compared. Based on Thai Industrial Standard TIS.2312-2549, a pot having diameter of 30 cm was used. Water used in boiling test was 7 Liter. The

experimental method of η_{th} was based on Deutsch Industrial Norms DIN EN 203-2 and the fuel rate of 10 kW was employed. From the experiment, it was found that the boiling time of three SB-PBXXs were faster than CB-CB00 and SB-CB00. Therefore, the η_{th} of SB-PBXX was higher than the CB. The three SB-PB had the η_{th} value of 25.24%, higher than the CB-CB00 and SB-CB00 cases, the η_{th} become 19.73% and 22.54% respectively.

Keywords: The KB-10 cooking-gas burner, Porous media, Swirling flame, Thermal efficiency.

1. บทนำ

เตาแก๊สหุงต้มแอลพีจีมาตรฐาน (Conventional burner, CB) เป็นเตาที่นิยมใช้หุงต้มกันแพร่หลายมากที่สุดในปัจจุบันเมื่อเทียบกับแบบอื่น ๆ เช่น เตาถ่านหรือเตาไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 1 ทั้งนี้เพราะมีลักษณะเด่นหลายประการ เช่น โครงสร้างเรียบง่าย ราคาถูก ใช้งานง่าย เร่งไฟได้เร็ว สะดวกและมีช่วงการทำงานที่กว้างพอสมควร ทนทาน มีความปลอดภัยสูง เตาหุงต้มแอลพีจีมาตรฐานดังกล่าวประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ สามอย่าง [1] คือ ท่อผสม (Mixing tube) หัวเผา (Burner head หรือ Cap) และ รูพ่นแก๊ส (Injector orifice) ที่ผสมส่วนใหญ่ทำจากเหล็กหล่อโดยได้รับการออกแบบให้มีลักษณะเป็นคอขวด (Throat) ใกล้กับบริเวณทางเข้าของแก๊สและอากาศส่วนแรกเพื่อผลทางด้านพลศาสตร์ของการไหลในท่อ และจะมีมากกว่าหนึ่งท่อก็ได้แล้วแต่การออกแบบเพื่อผลของการปรับเปลี่ยนช่วงอัตราการไหลแก๊สหรือค่า Turn-down ratio ของเตา หัวเผาส่วนใหญ่ทำจากทองเหลืองมีรูปร่างได้หลายแบบขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น อาจเป็นแผ่นวงกลมตัน (Cap) หรือเป็นวงแหวน (Circular ring) และจะมีจำนวนมากกว่าหนึ่งวงแหวนก็ได้ที่ขอบวงแหวนด้านล่างตรงที่สัมผัสกับขอบท่อผสมทำเป็นบานูนและถูกเจาะร่องจำนวนหลายร่องในแนวรัศมีเพื่อทำหน้าที่เป็นรูกระจายแก๊ส (Burner port) และเปลวไฟที่ติดอยู่เหนือรูพ่นแก๊สให้กระทบอย่างสม่ำเสมอต่อภาชนะหุงต้มที่จะวางอยู่เหนือหัวเผา ด้วยโครงสร้างที่ง่ายและใช้งานสะดวกของเตาแก๊ส CB แบบนี้ จึงส่งผลให้มีการใช้แอลพีจีเพิ่มมากขึ้นทุกปี



รูปที่ 1 เตาแก๊สหุงต้มแอลพีจีมาตรฐาน [1]

ด้วยเหตุนี้การวิจัยเพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มจึงได้กระทำกันมาอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ.2544 (ค.ศ.2001) ญรัฐฉัตรรังสิมันตุชาติ [2] นำเอาเทคโนโลยีวัสดุพอร์มาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) ของเตาแก๊สหุงต้ม KB-10 พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น 20% ต่อมาในปี พ.ศ.2548 (ค.ศ.2005) วสันต์ โยคเสนะกุล [3] นำแนวทางของ ญรัฐฉัตรรังสิมันตุชาติ [2] มาพัฒนาต่อโดยจะยังคงใช้เตาแก๊สขนาด KB-10 แต่ทำการดัดแปลงหัวเผาจาก CB เป็น SB แล้วนำมาประกอบเข้ากับโครงสร้างที่มีการหมุนเวียนความร้อนด้วยวัสดุพอร์ (Porous radiant recirculated burner, PRRB) พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้น 35.83% ส่งผลให้ในปีถัดมา คือ พ.ศ.2549 (ค.ศ.2006) จารุณี จากกลาง [4] ได้ใช้หลักการวัสดุพอร์คล้าย ๆ กับงานวิจัยของ วสันต์ โยคเสนะกุล [3] มาพัฒนาประสิทธิภาพของเตา KB-5 ได้ผลการทดลอง คือ เตา KB-5 มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเช่นกัน ในปี ค.ศ. 2007 Pantangi และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาสมบัติการเผาไหม้ของเตาแก๊สโดยใช้ในวัสดุพอร์ คือ ลูกบอลโลหะและเศษโลหะมาประกอบเป็นชุดหัวเผาทำการทดสอบตามมาตรฐาน IS 4246: 2002

พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดของเตาแก๊สวัสดุพอร์ซเลนเป็น 73% นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยบางกลุ่มที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะรูพ่นเชื้อเพลิงในเตาแก๊สความดันสูง [6, 7] พบว่าการปรับปรุงรูพ่นเชื้อเพลิงจะช่วยส่งเสริมการเผาไหม้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นอย่างชัดเจน

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นยังพบมีข้อที่น่าสนใจที่สามารถจะพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สให้ดียิ่งขึ้นต่อไปได้อีก โดยเฉพาะพิจารณาจากงานวิจัยของ Pantangi และคณะ [5] กล่าวคือ มีการใช้วัสดุพอร์ซเลนที่ทำเป็นหัวเตาหลาย ๆ รูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีแนวความคิดปรับปรุงเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน KB-10 แบบใหม่ โดยทำการออกแบบและพัฒนาหัวเตาแก๊สหุงต้มชนิด KB-10 กล่าวคือ ใช้วัสดุพอร์ซเลนชนิดหินตุ้ปลาแทนวงแหวนด้านนอกของร่วมกับเปลวไฟหมุนวนที่เกิดขึ้นในวงแหวนด้านใน นอกจากนี้จะทำการเปรียบเทียบกับหัวเตาแก๊ส KB-10 ทั่ว ๆ ไป เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) ของเตาแก๊ส KB-10 แบบใหม่ และ คาดว่าจะมีการใช้เชื้อเพลิงแอลพีจีที่น้อยกว่าและมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) สูงกว่าเตาแก๊สที่มีใช้กันในห้องตลาด (CB) อย่างชัดเจนชัด รวมทั้งมีการปล่อยมลพิษสู่บรรยากาศน้อยในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาของงานวิจัยนี้ จะนำไปสู่การพัฒนาและผลิตเตาแก๊สที่ใช้จริงในภาคครัวเรือน



รูปที่ 2 (ก) Metal balls and gravel และ (ข) Metal chips ของ Pantangi และคณะ [5]

2. รายการสัญลักษณ์

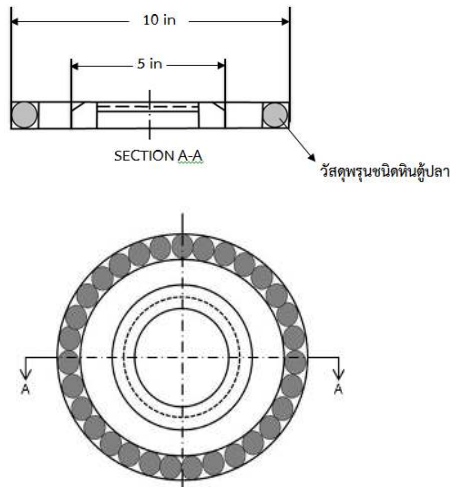
$C_{p,water}$ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (MJ/kg·K)

CB	Conventional burner
CO	คาร์บอนมอนอกไซด์ (ppm)
LHV	ค่าความร้อนทางต่ำของแก๊ส (MJ/m ³)
m_{water}	มวลของน้ำที่ใช้ในการทดสอบ (kg)
NO _x	ออกไซด์ของไนโตรเจน (ppm)
Q _F	อัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (kW)
PB	Porous burner
SB	Swirling burner
t	เวลาที่ใช้ในการต้ม (s)
$T_{water, i}$	อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (K)
v	อัตราการไหลเชิงปริมาตรของแก๊ส (m ³ /s)

3. อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

รูปที่ 3 แสดงแนวคิดในการพัฒนาเตาแก๊สหุงต้มชนิด KB-10 โดยใช้วัสดุพอร์ซเลนร่วมกับเปลวไฟแบบหมุนวนในเตาแก๊สหุงต้ม KB-10 เป็นการปรับปรุงลักษณะการฉีดแก๊สของหัวเตาและการอุ่นอากาศ กล่าวคือ จากลักษณะหัวเตาแก๊ส KB-10 ที่มีวงแหวน 2 วง คือ วงแหวนใน (Inner ring) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 5 inch และวงแหวนรอบนอก (Outer ring) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 inch ด้วยโครงสร้างแบบนี้หากไม่มีวงแหวนนอกจะกลายเป็น เตาแก๊ส KB-5 ดังนั้นในการปรับปรุงหัวเตาแก๊ส KB-10 จะทำได้โดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบการพ่นแก๊สของวงแหวนในจากแบบเดิม (Conventional burner, CB) ที่เป็นแบบพุ่งตรง (เปลวไฟตรง) มาเป็นแบบเอียงก่อให้เกิดเปลวไฟแบบหมุนวน (Swirling flame) ส่วนวงแหวนนอกจะทำการถอดออกแล้วทำการติดตั้งวัสดุพอร์ซเลนแบบเม็ดกลมอัดแน่นชนิดหินตุ้ปลาแทน ก่อให้เกิดการอุ่นอากาศและเปลวไฟแบบแผ่รังสี (Radiant flame) ซึ่งจากลักษณะเปลวไฟทั้งสองรูปแบบนี้ จะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้น



รูปที่ 3 ลักษณะหัวเตาแก๊ส KB-10 ที่ใช้วัสดุพรมหินตู้ปลา ร่วมกับเปลวไฟแบบหมุนวน

การนิยามชื่อเรียกเตาแก๊สชุด KM-10 ที่จะทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของงานวิจัยนี้ได้มีการนิยามชื่อเรียกดังแสดงในรูปที่ 4 สำหรับในการศึกษาของงานวิจัยนี้จะมีหัวเตาแก๊สที่ทำการทดลองทั้งหมด 5 รูปแบบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 1



รูปที่ 4 การนิยามชื่อเรียกเตาแก๊ส KB-10 ของการทดลอง

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของเตาแก๊สชุด KM-10 ที่ทำการทดสอบ

แบบที่	ชื่อเรียก	วงแหวนรอบใน		วงแหวนรอบนอก		dp (mm)
		β (องศา)	α (องศา)	β (องศา)	α (องศา)	
1	CB-CB00	CB		CB		00
2	SB-CB00	SB26-15		CB		00
3	SB-PB05	SB26-15		PB		05
4	SB-PB10	SB26-15		PB		10
5	SB-PB15	SB26-15		PB		15

สำหรับรูปที่ 5 เป็นการแสดงภาพถ่ายลักษณะของหัวเตาแก๊สที่ใช้ทดลองทั้ง 5 แบบ ซึ่งรูปที่ 5 (ก) แสดงลักษณะของหัวเตาแก๊สแบบทั่วไป (CB-CB00) รูปที่ 5 (ข) แสดงลักษณะของหัวเตาแก๊สที่วงแหวนในมีรูปแบบการพ่นแก๊สแบบหมุนวน และวงแหวนรอบนอกมีรูปแบบการพ่นแก๊สแบบเดิม (SB-CB00) และรูปที่ 5 (ค, ง, จ) แสดงลักษณะของหัวเตาแก๊สที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยวงแหวนในมีรูปแบบการพ่นแก๊สแบบหมุนวน ส่วนวงแหวนนอกจะทำการถอดออกแล้วติดตั้งวัสดุพรมแบบเม็ดกลมอัดแน่นชนิดหินตู้ปลาแทน (SB-PB05, SB-PB 10, SB-PB 15)



(ก) CB-CB00



(ข) SB-CB00



(ค) SB-PB05



(ง) SB-PB10



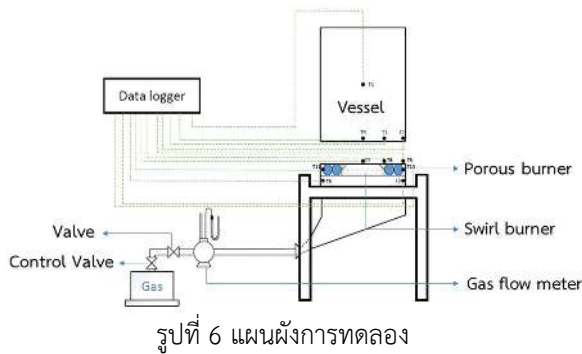
(จ) SB-PB15

รูปที่ 5 ลักษณะหัวเตาแก๊สที่ใช้ในการทดลอง

3.2. วิธีการทดลอง

ต่อเตาแก๊สเข้ากับมาตรปริมาณแก๊ส มาตรความดันแก๊ส อุปกรณ์ควบคุมความดันแก๊ส และแหล่งจ่ายแก๊ส ดังรูปที่ 6 วางหม้อซึ่งใส่น้ำขนาด 7 L บนเตาแก๊สแล้ว

ติดเตาโดยเปิดเตาในอัตราการใช้แก๊สสูงสุด เป็นเวลา 15 นาที จึงปิดเตาแล้วเปลี่ยนหม้อทดลอง ซึ่งใส่น้ำ 7 L พร้อมฝาเทอร์โมคัปเปิล เปิดเตาในอัตราการใช้แก๊ส 10 kW ปรับปริมาณอากาศให้ได้การเผาไหม้ที่เหมาะสม พร้อมกับจับเวลาเริ่มต้น ต้มจนน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นจากเริ่มต้นเป็น 90°C บันทึกผลการทดลอง และยังต้มต่อไปจนถึงอุณหภูมิจุดเดือด (ประมาณ 100°C) แล้วให้ปิดแก๊ส วัดค่าการใช้อีกสระหว่างการทำทดลอง และค่าต่าง ๆ สำหรับการตรวจวัดหาปริมาณของแก๊สไอเสีย ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) จากเตาแก๊สในงานวิจัยนี้จะใช้เครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย (Exhaust gas analyzer) ยี่ห้อ Testo รุ่น M350



2.3 การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th})

การวัดค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในงานวิจัยนี้ อ้างอิงตามมาตรฐานของเยอรมัน DIN EN 203-2 เนื่องจากเป็นมาตรฐานที่ทำการทดสอบง่ายแต่มีความน่าเชื่อถือสูง ซึ่งค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนหาได้จากค่าความร้อนสัมผัสที่น้ำได้รับโดยวิธีการต้มน้ำดังนี้

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

4. ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะของเปลวไฟ

จากรูปที่ 7 แสดงลักษณะของเปลวไฟของหัวเตาที่สภาวะอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง $Q_F = 10$ kW จากการ

สังเกตลักษณะของเปลวไฟทั้ง 5 แบบ ได้แก่ CB-CB00, SB-CB00, SB-PB05, SB-PB10 และ SB-PB15 พบว่าเตาแก๊สที่วงแหวนนอก (Outer ring) เป็นแบบ CB คือ CB-CB00 และ SB-CB00 จะมีลักษณะเปลวไฟโดยรวมพุ่งตรงขึ้น เนื่องจากหัวเตาแก๊สไม่มีมุมการจ่ายเชื้อเพลิงแบบหมุนวน แม้เตาแก๊สแบบ SB-CB00 จะมีการหมุนวนของเปลวไฟที่ตำแหน่งวงแหวนใน (Inner ring) แต่ก็เป็น การหมุนวนเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับเปลวไฟของวงแหวนนอก ส่วนเปลวไฟของเตาแก๊สที่มีการใช้หินตู้ปลา มาแทนวงแหวนนอก หรือเตาแก๊สที่ทำการพัฒนาขึ้นของงานวิจัยนี้ทั้ง 3 หัวเตา (SB-PB05, SB-PB10 และ SB-PB15) จะสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่าลักษณะของเปลวไฟมีรูปทรงเป็นสามเหลี่ยมพุ่งขึ้นปะทะกันภาชนะ ส่วนเปลวไฟวงแหวนในก็จะเกิดหมุนวนตามปกติเพราะถูกสร้างหรือเจาะให้เกิดหมุนวน



(ก) CB-CB00



(ข) SB-CB00



(ค) SB-PB05



(ง) SB-PB10

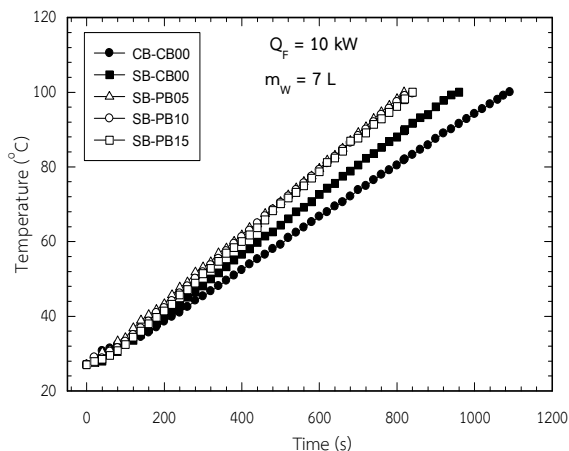


(จ) SB-PB15

รูปที่ 7 ลักษณะของเปลวไฟ

4.2 อุณหภูมิต้มเดือด

รูปที่ 8 เป็นการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลาที่ใช้ในการทดลองของ หัวเตาแก๊สทั้ง 5 รูปแบบ โดยในการทดสอบใช้น้ำปริมาตร (m_w) 7 L และอุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ในช่วง 27 °C จากการทดลองพบว่าเวลาในการต้มน้ำเดือดของเตาแก๊สหุงต้ม KB-10 ที่มีการติดตั้งหินตุ้ปลาที่วงแหวนนอกทั้ง 3 รูปแบบ จะมีเวลาใกล้เคียงกัน ซึ่งใช้เวลาอยู่ในช่วง 818-849 วินาที ซึ่งน้อยกว่าเตาแก๊สที่มีขายตามท้องตลาด (CB-CB00) ที่ใช้เวลานานถึง 1091 วินาที รวมทั้งเตาแก๊ส KB-10 ที่มีการปรับปรุงการจ่ายเชื้อเพลิงให้เกิดเปลวไฟแบบหมุนวนที่วงแหวนใน (SB-CB00) ก็ยังใช้เวลาถึงประมาณ 947 วินาที น้ำจึงจะเกิดการเดือด จากผลการทดลองที่ได้นี้สามารถอธิบายได้ด้วยสมบัติการ ดูดซับความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุพูนจะช่วยส่งเสริมอุณหภูมิการเผาไหม้ดีขึ้นและสามารถส่งถ่ายความร้อนไปยังก้นหม้อไอน้ำมากกว่า เตาแก๊สแบบ CB-CB00 และ SB-CB00



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลา

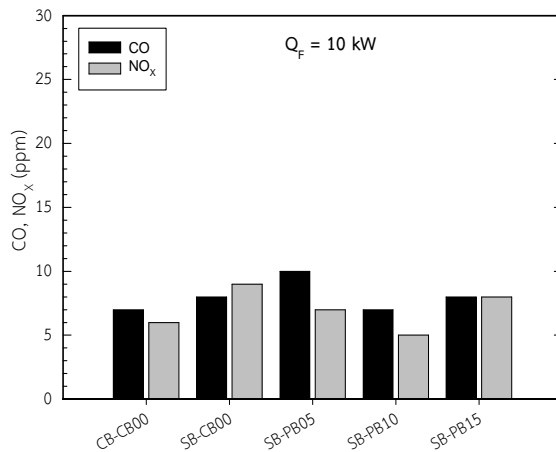
4.3 ปริมาณแก๊สไอเสีย

รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ที่มีผลต่อการเผาไหม้ของเตาแก๊สทั้ง 5 รูปแบบ พบว่าปริมาณ CO และ NO_x จะมีระดับใกล้เคียงกันซึ่งแสดงให้เห็นถึงกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในแต่ละหัวเตาแก๊สมีการเผาไหม้สมบูรณ์ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F) ให้แก่ระบบที่เท่ากัน คือ 10 kW ซึ่งโดยทั่วไปเชื้อเพลิง LPG ก่อนข้างมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์อยู่แล้ว นอกจากนี้ยังมีข้อที่น่าสังเกตคือปริมาณ CO และ NO_x ของเตาแก๊สหุงต้มทั้ง 5 รูปแบบ ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากไม่เกิน 15 ppm

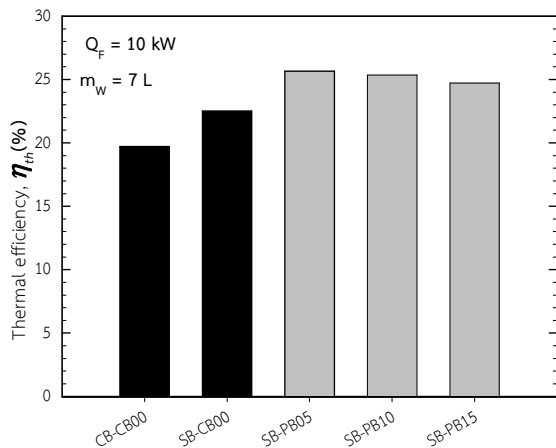
4.4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

รูปที่ 10 แสดงแผนภูมิประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) ของเตาแก๊ส KB-10 ที่ทำการทดลองทั้ง 5 รูปแบบ โดยทำการทดลองที่สภาวะอัตราการจ่ายเชื้อเพลิง (Q_F) 10 kW และปริมาณน้ำ (m_w) 7 L จากผล การทดลองพบว่าเตาแก๊ส KB-10 ที่ทำการติดตั้งหินตุ้ปลาในวงแหวนนอกและมีเปลวไฟแบบหมุนวนที่วงแหวนในทั้ง 3 รูปแบบ (SB-PB05, SB-PB10, SB-PB15) จะมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) ที่ใกล้เคียงกันมาก อาจมีสาเหตุมาจากค่าความพูนของหินตุ้ปลาที่มีขนาด

ใกล้เคียงกัน จึงส่งผลต่อกลไกการถ่ายเทความร้อนจากหินตู้ปลาไปยังกันภาชนะ ต้มน้ำไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก ซึ่งเตาแก๊ส SB-PB ทั้ง 3 รูปแบบ มีค่า η_{th} อยู่ที่ประมาณ 25.24% สูงกว่าเตาแก๊สแบบ CB-CB00 และแบบ SB-CB00 ที่มีค่า η_{th} เพียง 19.73% และ 22.54% ตามลำดับ



รูปที่ 9 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)



รูปที่ 10 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาและการพัฒนาเตาแก๊ส KB-10 โดยใช้วัสดุพูนติดตั้งที่วงแหวนนอกร่วมกับเปลวไฟแบบหมุนวนที่วงแหวนใน และทำการทดลองหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยวิธี Boiling test ตามมาตรฐานเยอรมัน DIN EN 203-2 สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ลักษณะเปลวไฟที่เกิดขึ้น พบว่า เตาแก๊ส SB-PB ทั้ง 3 แบบ (SB-PB05, SB-PB10 และ SB-PB15) มีลักษณะพุ่งปะทะกันภาชนะเป็นรูปสามเหลี่ยม ส่วนเตาแก๊สแบบ CB-CB00 มีลักษณะพุ่งตรงปะทะกันภาชนะเป็นรูปสี่เหลี่ยม และสีของเปลวไฟมีสีฟ้า

2) เตาแก๊ส SB-PB ทั้ง 3 แบบ (SB-PB05, SB-PB10 และ SB-PB15) สามารถต้มน้ำเดือดได้เร็วกว่าเตาแก๊สแบบ CB-CB00 และ SB-CB00 โดยที่เตาแก๊ส SB-PB ทั้ง 3 แบบ จะมีเวลาดต้มน้ำเดือดใกล้เคียงกัน ซึ่งใช้เวลาอยู่ในช่วง 818-849 วินาที

3) ปริมาณ CO และ NO_x ของเตาแก๊สหุงต้มทั้ง 5 แบบ ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมากไม่เกิน 15 ppm

4) เตาแก๊ส SB-PB ทั้ง 3 แบบ (SB-PB05, SB-PB10 และ SB-PB15) มีค่า η_{th} อยู่ที่ประมาณ 25.24% ส่วนเตาแก๊สแบบ CB-CB00 และ SB-CB00 ที่มีค่า η_{th} เพียง 19.73% และ 22.54%

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนบทความขอขอบคุณ นายปัญญา อนุเดช, นายเจนณรงค์ แสนบุญศิริ และ นางสาวเมธินี ณะศิริ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการสร้างอุปกรณ์การทดลอง ตลอดจนเก็บข้อมูลในการทดลอง และขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้สนับสนุนเงินทุน อุปกรณ์การทดลอง และสถานที่ในการทดลอง เพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงอุตสาหกรรม. (2549). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเตาหุงต้มในครัวเรือนใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลว*. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา www.rcthakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2550/E/040/17.PDF.

[2] ญัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ (2544). *การประยุกต์ใช้วัสดุพรุนเพื่อการประหยัดพลังงานในเตาแก๊สหุงต้ม*, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[3] วสันต์ โยคเสนะกุล (2548). *หัวเผาเชื้อเพลิงแก๊สที่มีการหมุนเวียนความร้อนและการไหลแบบหมุนวน*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[4] จารุณี จาบกลาง (2549). *การพัฒนาเตาแก๊สหุงต้มที่มีประสิทธิภาพสูงชนิดที่มีการหมุนเวียนความร้อน*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

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

[6] เทวา จะทาร์มย์, สมทวี หิงห้อย และอัฐกานต์ เพ็ชรมา (2555). *การศึกษาอิทธิพลของคุณลักษณะรูพรุนเชื้อเพลิงในเตาแก๊สหุงต้ม KB-10*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, นครราชสีมา.

[7] ทศพล วรณทะมาศ, พรทิวี บริสุทธิ์ และณรงค์ฤทธิ์ วีระโท (2556). *อิทธิพลของคุณลักษณะรูพรุนแก๊สที่มีผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาแก๊สแบบ KB-5*, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา

วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, นครราชสีมา.