



ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลลูลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินา
Radiant Recirculated Cover Using Cordierite Alumina
Open-cellular Porous Material

ปรีชา ชันติโกมล
ไมตรี พลสงคราม
บัณฑิต กฤตาคม
อมรทัศน์ จั่วแจ่มใส

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
ศูนย์กลางนครราชสีมา
งบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

ชื่อเรื่อง	ฝาคกรอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลล์ลูลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินา
นักวิจัย	1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ชันติโกมล 2. ดร.ไมตรี พลสงคราม 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต กฤตาคม 4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อมรทัศน์ จั่วแจ่มใส
หน่วยงาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ศูนย์กลางนครราชสีมา
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีที่จัดพิมพ์	2558
แหล่งทุน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนโดยใช้ฝาคกรอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลล์ลูลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินา โดยทำการสร้างฝาคกรอบเตาแก๊สวัสดุพูน ใช้วัสดุพูนเซลล์ลูลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินา 3 แบบ ได้แก่ STPC_CrAl#13, ICPC_CrAl#13 และ ICPC_CrAl#20 แล้วนำไปทดสอบกับเตาแก๊สความดันต่ำที่ใช้ในครัวเรือนทั่วไป ใช้เชื้อเพลิงแก๊สแอลพีจี ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยวิธี Boiling Test ตามมาตรฐาน DIN EN 203-2 ทำการเปรียบเทียบผลกับกรณีไม่มีการติดตั้งฝาคกรอบวัสดุพูน (No_PC) จากผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิกันหม้อและบริเวณโดยรอบระหว่างหม้อกับวัสดุพูนมีค่าสูงกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งฝาคกรอบวัสดุพูนอย่างชัดเจน เนื่องจากผลของการแผ่รังสีจากแผ่นวัสดุพูน ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนกรณีติดตั้งฝาคกรอบเตาแก๊สวัสดุพูนสูงขึ้น เมื่อปริมาณเชื้อเพลิงป้อนเข้า (Q) ที่ 1.5 kW มีค่าสูงถึง 35% สำหรับ ICPC_CrAl#20 ซึ่งสูงกว่ากรณีไม่ติดตั้งฝาคกรอบวัสดุพูน โดยคิดเป็นอัตราการประหยัด 11% สำหรับ STPC_CrAl#13 และ ICPC_CrAl#13 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด 34% และ 33% ตามลำดับ คิดเป็นการประหยัดพลังงาน 10% และ 9% ตามลำดับ

คำสำคัญ : เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน, ฝาคกรอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูน, การประหยัดพลังงาน

Research Title: Radiant Recirculated Cover Using Cordierite Alumina
Open-cellular Porous Material

Researcher: 1. Assist. Prof. Dr. Preecha Khantikomol
2. Dr. Maitree Polsongkram
3. Assist. Prof. Dr. Bundit Krittacom
4. Assist. Prof. Amorntud Juajamsai

University : Rajamangala University of Technology Isan

Faculty : Engineering and Architecture **Department :** Mechanical Engineering

Published Year : 2015

Source of Fund : Rajamangala University of Technology 2015

ABSTRACT

The present study aims to thermal efficiency improvement of household cooking burner using cordierite alumina open-cellular porous material gas stove cover. Three types of porous cover have been modeled, which were STPC_CrAl#13, ICPC_CrAl#13 and ICPC_CrAl#20. Those porous cover have been used to cover the conventional burner (Low pressure LPG gas stove). The thermal efficiency of the burner was test on the Boiling Test according to the DIN EN 203-2 standard. Then, the results have been compared with the case without porous cover. The results revealed that the temperature at the pot bottom and surrounding were higher than the case without porous cover due to the effect of thermal radiation that emit from the porous media. At $Q = 1.5 \text{ kW}$, obviously, the thermal efficiency of ICPC_CrAl#20 were 35%, which were higher the case of without porous cover 11%. Moreover, the thermal efficiency of the ICPC_CrAl#20 were higher than the STPC_CrAl#13 and ICPC_CrAl#13 10% and 9%, respectively.

Keywords: Household cooking burner, Porous gas stove cover, Percentage energy saving.

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยในหัวข้อ “ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลล์ลูลาร์เปิดคอร์ดิไรท์อะลูมินา” (Radiant Recirculated Cover Using Cordierite Alumina Open-cellular Porous Material) ครั้งนี้นั้น ได้รับทุนสนับสนุนงบประมาณจาก งบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปีงบประมาณ 2558 ผู้จัดทำงานวิจัยนี้ใคร่ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่สนับสนุนการดำเนินการวิจัยด้านสถานที่ ครุภัณฑ์ และสาธารณูปโภค รวมทั้งขอขอบคุณ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัย ให้โครงการวิจัยนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำโครงการวิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ สำหรับเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย และเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทดลอง ซึ่งก็คือห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีพลังงานทดแทน (Renewable Energy Technology Research Laboratory, RTER)

ปรีชา ชันดีโกมล
ไมตรี พลสงคราม
บัณฑิต กฤตาคม
อมรทัศน์ จั่วแจ่มใส

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญภาพ.....	ช
สารตาราง.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 คำสำคัญของการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
3.1 เตาแก๊สหุงต้ม.....	9
3.2 วัสดุพูน.....	11
3.3 พื้นฐานการเผาไหม้เชื้อเพลิงแอลพีจี.....	14
3.4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}).....	15
3.5 การถ่ายเทความร้อน.....	19
3.6 หลักการทำงานของฝาคอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูน.....	19
บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	21
4.1 ฝาคอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลล์ลู่อาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินา.....	21
4.2 อุปกรณ์การทดลอง.....	22
4.3 วิธีการทดลอง.....	23
4.4 สภาวะทดสอบ.....	25
บทที่ 5 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.....	26
5.1 โครงสร้างอุณหภูมิ.....	26
5.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของฝาคอบวัสดุพูน.....	30
5.3 เวลาที่ใช้ต้มน้ำ.....	31
5.4 การประหยัดพลังงาน (Energy saving).....	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	33
6.1 สรุปผลการวิจัย.....	33
6.2 ข้อเสนอแนะ	33
บรรณานุกรม.....	34
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ	36
ประวัตินักวิจัย.....	38

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 เตาแก๊สประสิทธิภาพสูงของ ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ.....	5
2.2 เตาแก๊สประสิทธิภาพสูงของ วสันต์ โยคเสนะกุล.....	5
2.3 เตาแก๊สประสิทธิภาพสูงของ จรินทร์ เจนจิตต์.....	6
2.4 ผังการทดลองของ ปรีชา ชันติโกมล.....	6
2.5 เตาแก๊สประสิทธิภาพสูงของวิชญ์ ของสันเทียะ และคณะ.....	7
2.6 ผังการทดลองของ อีระ ฮวบขุนทด และคณะ.....	7
2.7 ผังการทดลองของวีระศักดิ์ สงสุรีย์ และ คณะ.....	8
3.1 ส่วนประกอบทั่วไปของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน [มอก.2312-2549].....	9
3.2 โครงสร้างของหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน [มอก.2312-2549].....	10
3.3 หัวเตาแก๊สหุงต้มและลักษณะของเปลวไฟของหัวเตาแก๊สชนิดต่างๆ.....	11
3.4 วัสดุพูนชนิดเซลลูลาร์เปิด (Open-cellular porous material).....	10
3.5 ภาพขยายเซลล์วัสดุพูนและการจัดรูปแบบโครงสร้างให้อยู่ในรูปแบบห้าเหลี่ยมสิบสองหน้า (Pentagonal dodecahedron).....	12
3.6 ขั้นตอนการจัดรูปแบบโครงสร้างเซลล์ของโฟมเซลล์เปิดที่มีผลต่อการแผ่รังสี.....	13
3.7 การทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน.....	15
3.8 ฝาครอบเตาแก๊สประสิทธิภาพสูง.....	17
3.9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิการเผาไหม้ชนิดที่มีและไม่มีก้นหม้อ.....	18
3.10 หัวเผาไหม้ที่มีการหมุนวน (Swirl burner).....	18
3.11 แสดงการถ่ายเทความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มให้แก่ก้นภาชนะ.....	19
3.12 แสดงหลักการทำงานของฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูน.....	20
4.1 การออกแบบฝาครอบเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน.....	21
4.2 ฝาครอบเตาแก๊สวัสดุพูนเซลลูลาร์เปิดคอร์ดีไรท์อะลูมินา.....	22
4.3 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	23
4.4 ตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล.....	24
5.1 การกระจายอุณหภูมิกันหม้อ ที่ $Q = 3.5 \text{ kW}$	26
5.2 การกระจายอุณหภูมิกันหม้อ ที่ $Q = 4.5 \text{ kW}$	27
5.3 การกระจายอุณหภูมิกันหม้อ ที่ $Q = 5 \text{ kW}$	28
5.4 อุณหภูมิระหว่างหม้อกับวัสดุพูน (oC) (ตำแหน่ง T7).....	29
5.5 อุณหภูมิภายในตัววัสดุพูน (oC) (ตำแหน่ง T8).....	29
5.6 อุณหภูมิภายนอกวัสดุพูน (oC) (ตำแหน่ง T9).....	30
5.7 อุณหภูมิระหว่างหม้อกับวัสดุพูนและอุณหภูมิภายนอก (oC) (ตำแหน่ง T7 กับ T9).....	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
5.8 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน () ของ PC.....	30
5.9 เวลาที่ใช้ต้มน้ำที่ 90 °C ของ PC.....	31
5.10 การประหยัดพลังงาน.....	36

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุพูน.....	13
4.1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุพูนเซลล์ลูลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินา.....	22
4.2 ขนาดหม้ออะลูมิเนียมและมวลน้ำ.....	24
4.3 คุณสมบัติของแก๊สที่ใช้ทดสอบ.....	25

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป็นที่ยอมรับว่าเตาหุงต้มที่ใช้ในครัวเรือน [กระทรวงอุตสาหกรรม, 2006] เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ทั่วทั้งโลกก็ว่าได้ เพราะมนุษย์จำเป็นต้องอาศัยเตาหุงต้มเป็นเครื่องให้ความร้อนเพื่อปรุงอาหารให้สุกก่อนบริโภคตามหลักโภชนาการจึงจะมีชีวิตอยู่ได้อย่างยืนยาว ในปัจจุบันเตาหุงต้มแบบใช้แก๊สหุงต้มหรือเรียกสั้นๆว่า “เตาแก๊ส” เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในครัวเรือนทั่วไปเนื่องจากใช้ง่าย สะดวก สะอาด และให้ความร้อนจำนวนมาก แก๊สหุงต้มนั้นทำมาจากแก๊สธรรมชาตินั่นเอง

แก๊สธรรมชาติ [LPG STORY, 2012] ที่ว่านี้ก็คือ Liquefied Petroleum Gas หรือ LPG เป็นผลผลิตหนึ่งที่ได้จากการแปรรูปก๊าซธรรมชาติ แล้วนำไปใช้เป็นก๊าซหุงต้มตามครัวเรือน หรือมักจะเป็นก๊าซที่บรรจุในถังที่ติดตั้งในรถยนต์ ตามความเข้าใจของคนส่วนใหญ่ แต่ที่จริงแล้ว LPG ยังเกี่ยวข้องกับทุกๆ วันของเรา เพราะ LPG ประกอบอยู่ในสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ รอบตัวเรา ไม่ว่าจะเป็น แก้ว ी โทรทัศน์ เสื้อผ้า โทรศัพท์ หรือแม้แต่แก้วนํ้า ล้วนแต่แล้วมีจุดกำเนิดมาจาก LPG ด้วยกันทั้งสิ้น โดยการแปรรูปเป็นปิโตรเคมี และยังในยุคที่วิกฤติพลังงานคืบคลานเข้ามา LPG ก็ถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ให้สมดุล โดยสัดส่วนจากการใช้ LPG ในประเทศไทย ปี 2554 [LPG STORY, 2012] พบว่าปริมาณการใช้ LPG อยู่ที่ประมาณ 19,333.33 ตันต่อวัน โดยจะใช้ในภาคครัวเรือนเพื่อการหุงต้มมากที่สุดโดยคิดเป็นร้อยละ 37.9 หรือ 7,333.33 ตันต่อวัน รองลงมาก็คือปริมาณการใช้ LPG ในปิโตรเคมี โดยคิดเป็นร้อยละ 36.7 หรือ 7,000 ตันต่อวัน ภาคอุตสาหกรรมมีปริมาณการใช้ LPG โดยคิดเป็นร้อยละ 10.7 หรือ 2,066.66 ตันต่อวัน และมีปริมาณการใช้ LPG เพื่อการขนส่งคิดเป็นร้อยละ 13.1 หรือ 2,533.33 ตันต่อวัน ซึ่งประเทศไทยสามารถผลิตแก๊สได้ 19,000 ตันต่อวัน ถ้าเทียบกับปริมาณที่ต้องการใช้แล้ว สัดส่วนยังไม่สมดุลกัน ดังนั้นเราจึงต้องพึ่งการนำเข้า LPG จากต่างประเทศเพื่อให้ใช้ได้เพียงพอต่อความต้องการในการใช้ LPG แต่ถึงอย่างนั้นปริมาณการใช้ LPG มีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้นในทุกๆปี นอกจากนี้รัฐบาลยังประกาศลอยตัว LPG [thanonline.com, 2012] จะส่งผลให้ LPG มีราคาสูงเพิ่มขึ้นอย่างแน่นอน ดังนั้น หากเราต้องการลดการใช้ LPG ในประเทศไทยลงมา ต้องลดจากภาคครัวเรือนหรือภาคอุตสาหกรรมร้านอาหารที่ต้องใช้ LPG เป็นแหล่งให้พลังงานความร้อนในการหุงต้มของเตาแก๊ส ซึ่งการถ่ายเทความร้อนในเตาแก๊สหุงต้ม นั้นจะเป็นลักษณะเปลวไฟพุ่งชน (Impinging Flame Jet) [Dong, 2002] ซึ่งจะให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่สูงและต้องการใช้ LPG ในปริมาณค่อนข้างสูงเพื่อให้ได้ปริมาณความร้อนตามที่ต้องการ

เตาแก๊สหุงต้มที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีลักษณะการเผาไหม้แบบเปิด จึงสูญเสียพลังงานความร้อนไปเป็นจำนวนมาก ก่อนที่จะทำให้ได้ปริมาณความร้อนตามที่ต้องการ จึงทำให้ไม่สามารถนำความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากเปลวไฟไปยังภาชนะถูกจำกัดโดยการพาความร้อน (Convection) เป็นส่วนใหญ่ทั้งยังมีการสูญเสียความร้อนเป็นจำนวนมากไปกับแก๊สไอเสียโดยการพาความร้อน (Convection) และสูญเสียความร้อนของเปลวไฟจากการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) อีกด้วย ซึ่งทำให้เตาแก๊สหุงต้มที่ใช้กันอยู่ใน

ปัจจุบันมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงมีการวิจัยเพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มอย่างต่อเนื่อง การใช้ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนก็เป็นวิธีที่ช่วยในการลดการใช้พลังงาน LPG ให้กับเตาแก๊สหุงต้ม โดยอาศัยหลักการการหมุนเวียนความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนภายในวัสดุพูนมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ จึงคาดว่าหลักการดังกล่าวนี้จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มนี้สูงขึ้น ทั้งยังสามารถช่วยประหยัด LPG ลงได้ นอกจากนี้ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนยังสามารถติดตั้งกับเตาแก๊สหุงต้มได้สะดวกและไม่ซับซ้อน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลล์รูเปิดคอร์ติไรท์ โดยจะทำการศึกษาคูณลักษณะการถ่ายเทความร้อนเมื่อใช้กับเตาแก๊สหุงต้มตามบ้านเรือน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลล์รูเปิดคอร์ติไรท์

1.2.2 เพื่อศึกษาคูณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลล์รูเปิดคอร์ติไรท์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

7.1 ใช้ฝาครอบเตาแก๊สวัสดุพูนชนิดเซลล์รูเปิดคอร์ติไรท์อะลูมินา

7.2 ใช้เตาแก๊สแรงดันต่ำ

7.3 ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง

7.4 ใช้ทดสอบกับหม้อเบอร์ 20

7.5 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

ก) ตัวแปรต้น (Independent variable) มี 3 ตัวแปร

- ปริมาณแก๊ส LPG
- การจัดวางวัสดุพูน
- ค่าความพูน และ PPI

ข) ตัวแปรตาม (Dependent variable) มี 3 ตัวแปร

- ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊ส
- ปริมาณองค์ประกอบของแก๊สไอเสีย ได้แก่ CO, CO₂ NO_x และ O₂

1.4 คำสำคัญของการวิจัย

ฝาครอบเตาแก๊ส (Gas burner cover), วัสดุพูน (Porous materials), การแผ่รังสี (Radiation), การพาความร้อน (Convection)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลล์รูเปิดคอร์ติไรท์

1.5.2 ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลล์รูเปิดคอร์ติไรท์

1.5..3 ได้ต้นแบบของฝาคอบเตาแก๊สประสิทธิภาพสูงที่สามารถผลิตในเชิงพาณิชย์ได้
และยังสามารถจดอนุสิทธิบัตร/สิทธิบัตรได้

1.5.4 ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปเผยแพร่ในที่ประชุมวิชาการ วารสารระดับชาติ และ
นานาชาติได้

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีการพัฒนาเตาแก๊สที่มีประสิทธิภาพสูงโดยนักวิจัยจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การนำวัสดุพอร์ซันที่มีคุณสมบัติการถ่ายโอนความร้อนได้เป็นอย่างดี มาพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้เตาแก๊สหุงต้ม ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

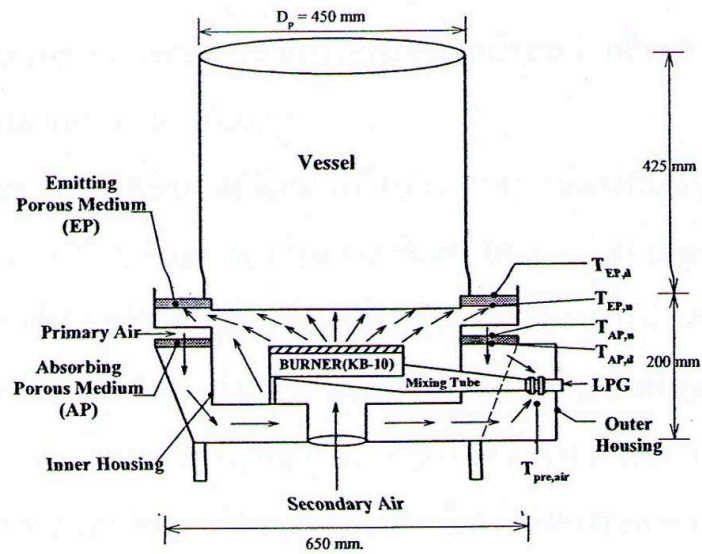
Jugjai และ Sanijai [5] ได้ทำการศึกษาปรับปรุงเตาแก๊สหุงต้มที่ใช้ในครัวเรือนให้มีประสิทธิภาพความร้อนเพิ่มขึ้น โดยสร้าง Porous radiant recirculated burner (PRRB) อาศัยการหมุนเวียนไอเสียเข้ากับมาอุ่น (Preheat) อากาศก่อนที่จะเข้าไปผสมกับเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้โดยอาศัยหลักการแผ่รังสีของวัสดุพอร์ซัน จากการทดลองพบว่า เตาแก๊สแบบ PRRB มีประสิทธิภาพทางความร้อนที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเตาแก๊สทั่วไปในปัจจุบัน ซึ่งหลักการ การอุ่นอากาศให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นก่อนการเผาไหม้นี้เอง สามารถที่จะพัฒนาเพื่อนำเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของแก๊สหุงต้มในครัวเรือนอีกต่อไป

ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ [7] ได้นำวัสดุมาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมประสิทธิภาพทางความร้อนของแก๊สหุงต้มในครัวเรือน เนื่องจากวัสดุพอร์ซันมีลักษณะเด่นคือสามารถเป็นได้ทั้งตัวรับความร้อนและตัวแผ่รังสีความร้อนจึงสามารถใช้เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในการทดลองใช้หัวเตาฟู (KB-10) ที่ขายตามท้องตลาดมาประกอบเข้ากับโครงสร้างของเตาที่สร้างขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อน จากการทดลองพบว่า เพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนให้สูงขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 12 และคิดเป็นอัตราการประหยัดโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับเตา KB-10 ทั่วไป และในการทดลองนี้ยังได้มีการพัฒนาให้เตาแก๊สหุงต้มนี้มีค่าประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้นอีกโดยการปรับปรุงหัวเผาให้เปลวไฟที่พุ่งออกมีลักษณะของการหมุนวนเข้าสู่ศูนย์กลาง และจากการทดลองพบว่า เพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนให้สูงขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 เมื่อเปรียบเทียบกับเตาแบบ Swirl burner ที่ยังไม่ได้มีการประกอบเข้ากับโครงสร้างที่ออกแบบไว้ และ เมื่อเปรียบเทียบกับเตาแบบ KB-10 ทั่วไป พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนให้สูงขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 และคิดเป็นอัตราการประหยัดโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 51

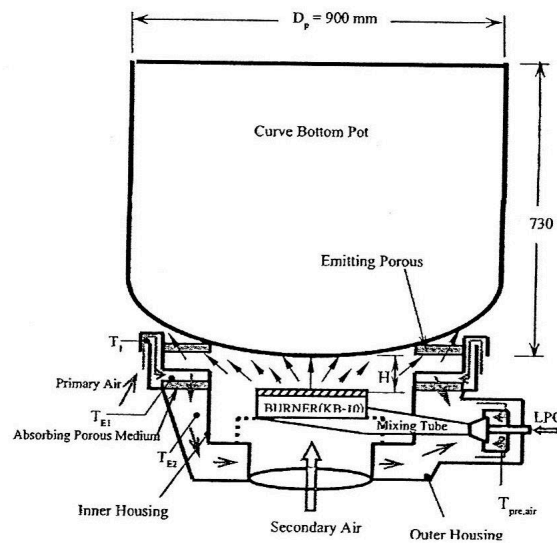
วสันต์ โยคเสนะกุล [8] ศึกษาระยะห่างระหว่างเตาแก๊สกับก้นภาชนะ (H) ระยะห่างทางออกของหัวเตา และตำแหน่งที่เหมาะสมของหัวฉีดแก๊ส นำแนวทางจาก ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ ใช้เตาแก๊สขนาด KB-10 ที่มีขายทั่วไป มาทำการดัดแปลงหัวเผาจาก Conventional burner (CB) เป็น Swirl burner (SB) นำมาประกอบเข้ากับโครงสร้างที่มีการหมุนเวียนความร้อน (PRRB) จากการทดลองพบว่า หัวเผาแบบ CB มีค่า H ที่เหมาะสมอยู่ที่ 63.5 มม. (2.5 นิ้ว) และเมื่อเปลี่ยนไปเป็น PRRB (SB) ซึ่งมีระยะความสูง H ของแต่ละภาชนะไม่เท่ากัน จะได้ประสิทธิภาพทางความร้อนที่แตกต่างกันเนื่องจากอิทธิพลของการหมุนเวียนความร้อน

จรินทร์ เจนจิตต์ และ อนิรุตต์ มัทธจักร [6] ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้วัสดุพอร์ซันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเตาแก๊สในครัวเรือนโดยออกแบบและสร้างฝาคครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพอร์ซัน (PRRC) โดยอาศัยหลักการหมุนเวียนความร้อนจากไอเสียนำไปอุ่นอากาศส่วนแรกก่อนการเผาไหม้ ติดตั้งกับเตาแก๊สหุงต้มมาตรฐาน (HB) ซึ่งจากการทดลองพบว่า ฝาคครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพอร์ซัน PRRC(EP4+AP4) มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นจากเดิม 48% คิดเป็นการประหยัดพลังงานสูงสุด 14.58% และลดปริมาณมลพิษ CO ให้มี

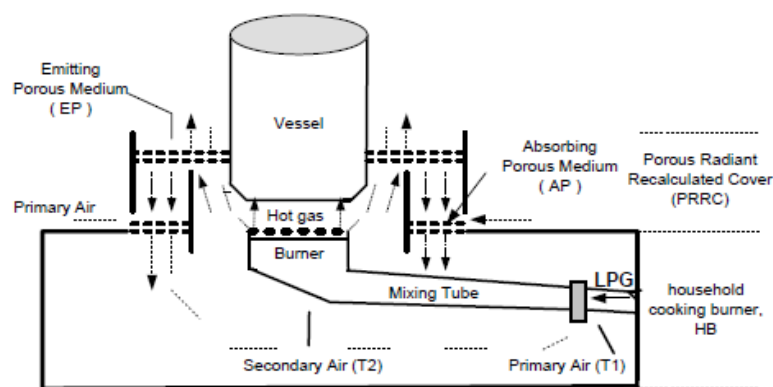
ค่าสูงสุดไม่เกิน 124 ppm ในขณะที่ปริมาณ CO ของ HB ในเตาที่ติดตั้ง LPB-FB มีค่าสูงสุดไม่เกิน 347 ppm, 140 ppm ตามลำดับ



รูปที่ 2.1 เตาแก๊สประสิทธิภาพสูงของ ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ [7]

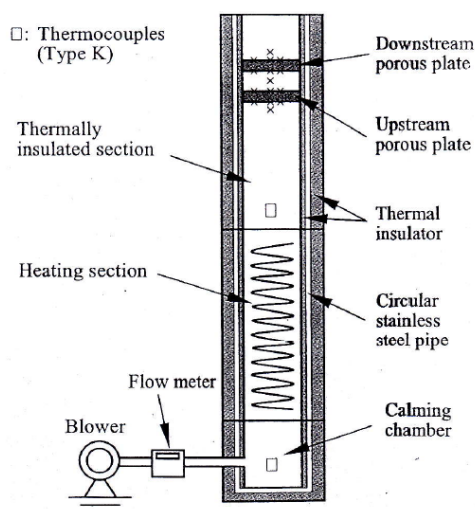


รูปที่ 2.2 เตาแก๊สประสิทธิภาพสูงของ วสันต์ โยคเสนะกุล [8]



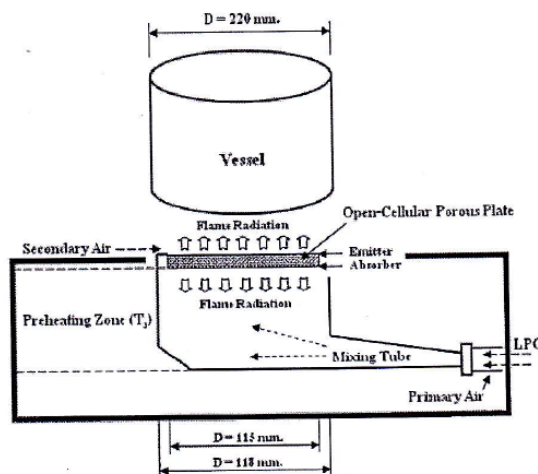
รูปที่ 2.3 เตาแก๊สประสิทธิภาพสูงของ จรินทร์ เจนจิตต์ [6]

ปรีชา ชันติโกมล [10] ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับวิเคราะห์ระบบการแปลงเอนทาลปีของก๊าซเป็นรังสีความร้อนโดยใช้วัสดุพอร์ซันชนิดโฟมเซลล์เปิดนิเกิล-โครเมียมสองแผ่น และรายงานผลว่าความหนาของแผ่นวัสดุพอร์ซันด้านขาเข้าที่น้อยกว่าด้านขาออกจะกักเก็บความร้อนได้มากกว่า ฟลักซ์รังสีความร้อนตามทิศทางการไหลและฟลักซ์รังสีความร้อนย้อนกลับจะมีค่าสูงกว่า ความหนาของแผ่นวัสดุพอร์ซันด้านขาเข้ามีอิทธิพลต่ออุณหภูมิตกคร่อมระบบมากกว่าความหนาของแผ่นวัสดุพอร์ซันชั้นขาออกและจะเพิ่มมากขึ้นตามอุณหภูมิชั้นขาเข้า



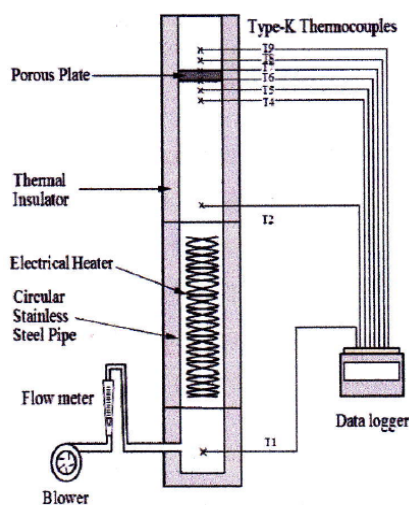
รูปที่ 2.4 ผังการทดลองของ ปรีชา ชันติโกมล [10]

วิชญ์ ของสันทิยะ และคณะ [9] ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้วัสดุพอร์ซันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเตาแก๊สในครัวเรือนที่มีปริมาณการใช้ LPG ไม่เกิน 5.78 kW โดยทำการออกแบบและสร้างหัวเตาแก๊สแบบวัสดุพอร์ซันชนิดเซลล์รูเปิด (MOB) ที่ทำมาจากนิเกิล-โครม ซึ่งจากการทดลองพบว่า เตาแก๊สแบบ MOB มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 60% ในขณะที่หัวเตาแก๊สแบบวัสดุพอร์ซันเซรามิกส์รังผึ้ง (PB) และแบบหัวฟู (RB) มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดอยู่ที่เท่ากับ 51% และ 41% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ CO ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของ MOB ต่ำกว่า PB ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเตาแก๊สแบบ MOB มีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์กว่า



รูปที่ 2.5 เตาแก๊สประสิทธิภาพสูงของวิชญ์ ของสันเทียะ และคณะ [9]

ธีระ ฮวบขุนทด และคณะ [11] ได้ทำการศึกษาเชิงการทดลองคุณสมบัติฉนวนความร้อนไหลของวัสดุพรุนชนิดเซลลูโลสเปิดคอร์ติไรท์แผ่นเดียวซึ่งมีความพรุน 2 แบบ ได้แก่ ความพรุนขนาด (Porosity) 0.873 และ 0.875 ความหนา 10 มิลลิเมตร จากผลการทดลองพบว่า ความพรุนของวัสดุมีอิทธิพลต่อความสามารถในการเป็นฉนวนความร้อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า วัสดุพรุนเซลลูโลสเปิดคอร์ติไรท์ (Porosity) 0.875 มีคุณลักษณะความเป็นฉนวนได้ดีกว่าวัสดุพรุนเซลลูโลสเปิดคอร์ติไรท์ (Porosity) 0.873

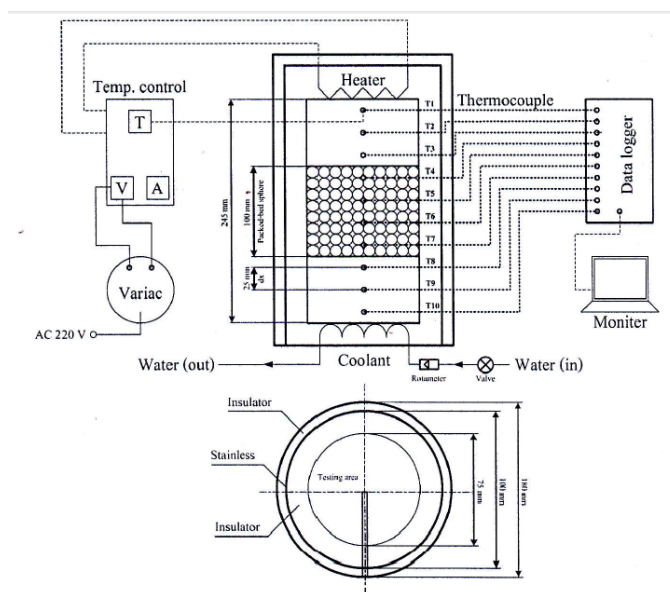


รูปที่ 2.6 ผังการทดลองของ ธีระ ฮวบขุนทด และคณะ [11]

อำพล ทันไชย และคณะ [12] ได้ทำการศึกษาเชิงทดลองคุณสมบัติฉนวนความร้อนไหลของวัสดุพรุนชนิดตาข่ายสแตนเลสแผ่นเดียว ซึ่งมีความพรุน 2 แบบ คือวัสดุพรุนชนิดตาข่ายสแตนเลสแผ่นเดียวขนาด 30 กับ 50 ช่องต่อตารางนิ้ว โดยผลการทดลองที่ได้ออกมาเป็น วัสดุพรุนชนิดตาข่ายสแตนเลสแผ่นเดียวสามารถทำหน้าที่เป็นฉนวนความร้อนสำหรับแก๊สร้อนไหลได้ ซึ่งจะทำหน้าที่ได้ดีที่อุณหภูมิสูงและความเร็วอากาศต่ำ นอกจากนั้นพบว่า วัสดุพรุนที่มีจำนวนช่องต่อตารางนิ้วที่มากจะให้ประสิทธิภาพทางความร้อนดีกว่า

วีระศักดิ์ สงสุรีย์ และ คณะ [13] ได้ทดสอบค่าประสิทธิภาพการนำความร้อน (Effective thermal conductivity, k_{eff}) ของวัสดุพรุนชนิดเม็ดกลมอัดแน่นซึ่งเกิดจากอิทธิพลของการนำและการแผ่รังสีความ

ร้อนโดยใช้วัสดุพูนชนิดเม็ดเหล็กกลม ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.55 mm และค่าความพรุน (Porosity) เท่ากับ 0.47 จากการทดลองพบว่า ค่าการนำความร้อนของเม็ดเหล็กกลมอัดแน่นมีแนวโน้มลดลงเมื่อ อุณหภูมิด้านสูง (TH) สูงขึ้น และจากผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าประสิทธิภาพการนำความร้อนเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง (k_{eff} , avg) กับประสิทธิภาพการนำความร้อนรวมของช่องว่างกับเนื้อเม็ดเหล็กพบว่า k_{eff} , avg มีแนวโน้มสูงเล็กน้อยกว่า k , solid เพราะค่า k_{eff} , avg พิจารณาทั้งการนำและการแผ่รังสีความร้อน



รูปที่ 2.7 ผังการทดลองของวีระศักดิ์ สงสุรีย์ และ คณะ [13]

จากข้อมูลงานวิจัยข้างต้นที่กล่าวมา งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนโดยใช้ปริมาณการใช้ LPG ไม่เกิน 5.78 kW และนำหลักการแผ่ความร้อนมาประยุกต์ใช้ โดยการสร้างและทดสอบฝาคกรอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลล์ูลาร์เปิดคอดีไรท์อะลูมินา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สแรงดันต่ำที่ใช้ในครัวเรือน

บทที่ 3

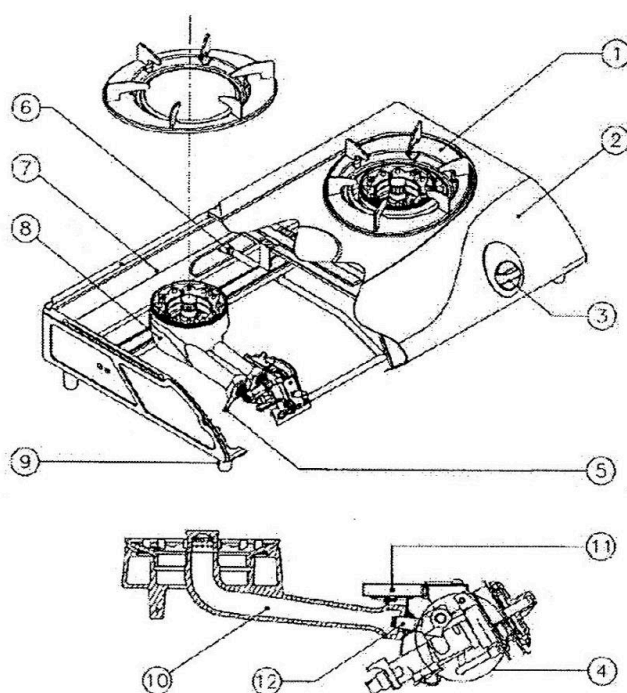
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ซึ่งจะมุ่งเน้นพัฒนาฝาคือบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน ดังนั้น เนื้อหาในส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับเตาแก๊ส วัสดุพูน หลักการเผาไหม้ และการถ่ายโอนความร้อนของวัสดุพูน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะอธิบายถึงลักษณะพิเศษของวัสดุพูนเซลล์ลูอาร์เปิดชนิดคอร์ติไรท์อะลูมินา นอกจากนี้หัวข้อสุดท้ายจะอธิบายหลักการทำงานของฝาคือบเตาแก๊สเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สในครัวเรือน

3.1 เตาแก๊สหุงต้ม

3.1.1 นิยามของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน

เตาหุงต้มในครัวเรือนใช้กับแก๊สปิโตรเลียมเหลว หรือเรียกโดยทั่วไปว่า เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2312-2549 หมายถึง เตาหุงต้มซึ่งใช้ในครัวเรือนโดยใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิง โดยมีปริมาณการใช้แก๊สสูงสุดของแต่ละหัวเตาจะต้องไม่เกิน 5.78 kW หรือ 0.42 kg / hr และรวมทุกหัวเตาต้องไม่เกิน 13.76 kW หรือ 1 kg / hr ซึ่งปริมาณการใช้แก๊สสูงสุดของแต่ละหัวเตาจะแตกต่างจากค่าที่ระบุได้ไม่เกินบวกลบร้อยละ 10 และมีความดันแก๊สไม่เกิน 280 mmH₂O มีส่วนประกอบทั่วไปดังแสดงในรูปที่ 3.1



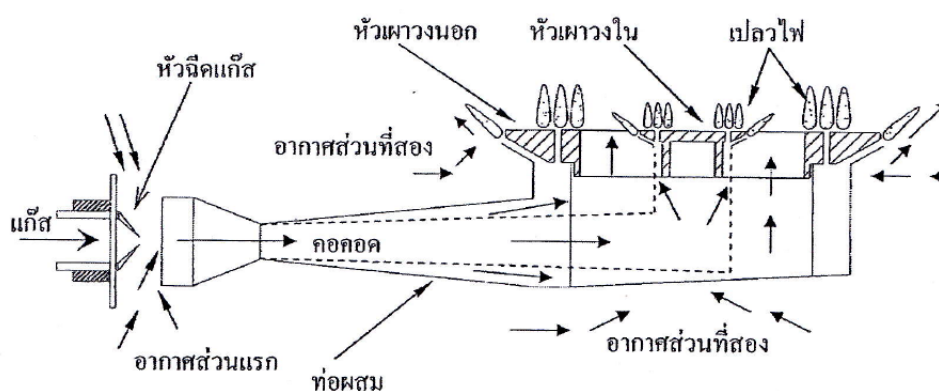
รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบทั่วไปของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน [มอก.2312-2549]

ส่วนประกอบทั่วไปของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน

- | | | |
|-------------------|-------------------|-----------------------|
| 1. ขาดังภาชนะ | 5. ล้วนปรับอากาศ | 9. ขาเตา |
| 2. หน้าเตา | 6. ขั้วต่อรับแก๊ส | 10. ห้องผสมเชื้อเพลิง |
| 3. ลูกบิด | 7. โครงเตาแก๊ส | 11. ระบบจุดไฟ |
| 4. ล้วนควบคุมแก๊ส | 8. หัวเตา | 12. หัวฉีดหรือนมหนู |

3.1.2 หลักการทำงานของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน

ส่วนประกอบหลักของหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนมาตรฐานประกอบด้วยส่วนหลักๆ สามประการ คือ ท่อผสม (Mixing tube) หัวเผา (Burner head หรือ Cap) และรูพ่นแก๊ส (Injector orifice) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ท่อผสมส่วนใหญ่ที่ทำมาจากเหล็กหล่อ ได้รับการออกแบบให้มีลักษณะเป็นคอคอด (Throat) ใกล้บริเวณทางเข้าของแก๊สและอากาศส่วนแรก (Primary air) เพื่อผลทางด้านอากาศพลศาสตร์ของการไหลในท่อ โดยอาจมีมากกว่าหนึ่งท่อนก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบเพื่อผลของการปรับอัตราการไหลของแก๊สหรือค่า Turn-down ratio ของเตา หัวเผาส่วนใหญ่มักจะทำจากทองเหลือง มีรูปร่างได้หลายแบบขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น อาจเป็นแผ่นวงกลมตัน (Cap) หรือเป็นแผ่นวงแหวน (Ring) และอาจมีจำนวนมากกว่าหนึ่งวงแหวนก็ได้ ที่ขอบวงแหวนด้านล่างตรงที่สัมผัสกับขอบท่อผสมทำเป็นบานูน และถูกเจาะเป็นร่องๆ จำนวนหลายร่องในแนวรัศมี เพื่อทำหน้าที่เป็นรูกระจายแก๊ส (Burner port) และเปลวไฟที่ติดอยู่เหนือรูกระจายแก๊สให้กระทยอย่างสม่ำเสมอกับภาชนะหุงต้มที่จะวางอยู่เหนือเตาเผา



รูปที่ 3.2 โครงสร้างของหัวเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน [มอก.2312-2549]

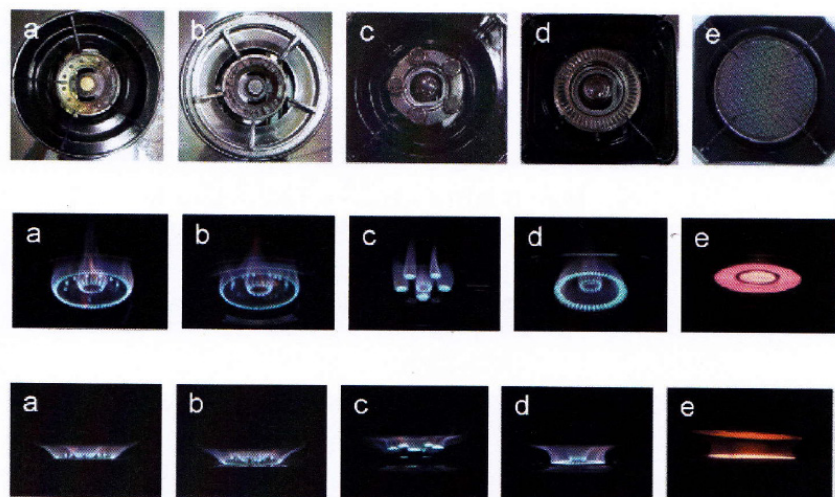
การทำงานของเตาแก๊สหุงต้มเริ่มจากเตาแก๊สความดันต่ำที่ใช้งานตามปกติ ประมาณ 6.25 ถึง 70 mmH₂O ถูกพ่นออกมาจากรูพ่นแก๊สเข้าไปในท่อผสม ขณะเดียวกันอากาศส่วนแรก (Primary air) ที่อยู่บริเวณใกล้ๆ จะถูกจะถูกชักนำผ่านช่องอากาศส่วนแรก เข้าไปในท่อผสมพร้อมๆ กับแก๊ส โดยอาศัยการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างแก๊สและอากาศโดยรอบ ด้วยวิธีการดังกล่าวอากาศส่วนแรกจะมีค่าประมาณ 50-70 % ของปริมาณอากาศที่จำเป็นต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Stoichiometric air) และมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้อากาศส่วนแรกนี้มีค่าถึง 100 % ขึ้นอยู่กับความดันแก๊สที่ใช้ จากนั้นส่วนผสมของอากาศส่วนแรกและแก๊สจะไหลผ่านรูพ่นแก๊สและถูกจุดประกายไฟ ซึ่งการจุดติดไฟที่เหมาะสม เช่น การใช้เปลวไฟล่อ (Pilot flame) หรือการ Spark ในขณะเดียวกันอากาศส่วนที่สอง (Secondary air) จะถูกชักนำเข้ามาจากด้านข้างเปลวไฟและจากด้านล่างหัวเผา ซึ่งทำเป็นช่องว่างไว้ระหว่างหัวเผาภายในกับวงนอก ทั้งนี้ โดยอาศัย

การถ่ายเทโมเมนตัมและแรงลอยตัวของแก๊สร้อนที่ขยายตัวและลอยสูงขึ้น ช่วยทำให้อากาศโดยรอบที่เย็นกว่าถูกดูดเข้ามาผสมกับเปลวไฟได้มากขึ้นและส่งผลให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3.1.3 ชนิดของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน

เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีหลายชนิด โดยส่วนใหญ่แบ่งตามลักษณะของหัวเตาได้ดังนี้ คือ

1. เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบมาตรฐาน Radial slotted ports เป็นแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุด ในครัวเรือน ดังแสดงในรูปที่ 3.3a และ 3.3b
2. เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบ Vertical ports เริ่มมีวางขายในท้องตลาดแต่ยังไม่มีการใช้เป็นที่แพร่หลายนัก ดังแสดงในรูปที่ 3.3c
3. เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบ Swirl pots เริ่มมีวางขายในท้องตลาดแต่ยังไม่มีการใช้เป็นที่แพร่หลายนัก ดังแสดงในรูปที่ 3.3d
4. เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบ Porous ceramic มีการใช้งานค่อนข้างน้อย ทำงานโดยอาศัยการแผ่รังสีความร้อน เหมาะกับงานเฉพาะอย่างเช่น ปิ้ง ย่าง เป็นต้น แต่ราคาค่อนข้างแพง ดังแสดงในรูปที่ 3.3e



รูปที่ 3.3 หัวเตาแก๊สหุงต้มและลักษณะของเปลวไฟของหัวเตาแก๊สชนิดต่างๆ

3.2 วัสดุพอรัน

วัสดุพอรัน คือ วัสดุที่มีอากาศหรือช่องว่างแทรกปะปนอยู่ในเนื้อวัสดุที่เป็นของแข็ง นิยามของค่าความพอรัน คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาตรช่องว่างต่อปริมาตรทั้งหมด ดังนั้นวัสดุที่มีค่าความพอรันสูงๆแสดงว่าวัสดุนั้นมีปริมาตรช่องว่างมาก ส่วนวัสดุพอรันที่มีค่าความพอรันต่ำๆเป็นวัสดุที่ไม่ค่อยมีช่องว่างและวัสดุที่มีค่าเท่ากับศูนย์จะเป็นวัสดุทึบ ดังนั้นลักษณะเด่นของโครงสร้างวัสดุพอรันคือ จะมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงเมื่อเทียบกับวัสดุทึบ ทำให้สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานความร้อนได้ดี

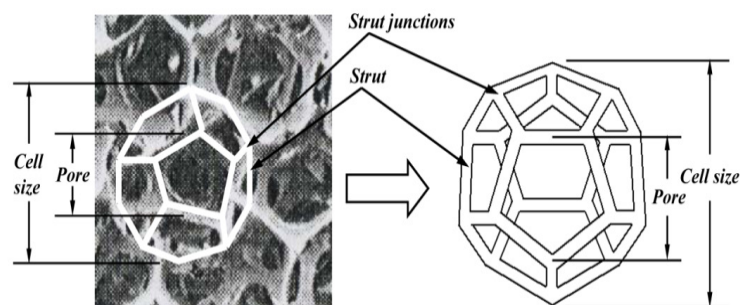
3.2.1 คุณสมบัติของวัสดุพูนชนิดเซลลูลาร์เปิดอะลูมินา

โครงสร้างแบบโฟม (Foam structure) หรือบางที่อาจเรียกว่าเซลลูลาร์เปิดอะลูมินา (Open-cellular structure) เนื้อของแข็งของวัสดุจะตกเป็นเส้นใยโดยที่มีช่องว่างเป็นโพรงทรงกลมแบบเซลล์แทรกอยู่ภายในเส้นใยดังกล่าวส่งผลให้เซลลูลาร์เปิดมีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบห้าเหลี่ยมสิบหน้า (Pentagonal dodecahedron) มีค่าความพรุนมากกว่า 0.8 และมีจุดเด่นหลายประการที่เหมาะสมแก่การใช้งานเช่น น้ำหนักเบาความดันตกคร่อมของแก๊สที่ไหลผ่านมีค่าต่ำมีพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรที่สูงมาก เป็นต้น อย่างไรก็ตามเซลลูลาร์เปิดจะมีปัญหาเรื่องความแข็งแรงหากทำด้วยเซรามิก วัสดุพูนที่นำมาศึกษานั้นเป็นวัสดุพูนชนิดเซลลูลาร์เปิดอะลูมินา (Open-cellular porous material) ซึ่งเป็นเซรามิกส์ชนิดคอร์ติไรท์อะลูมินา ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 วัสดุพูนชนิดเซลลูลาร์เปิด (Open-cellular porous material)

วัสดุพูนจะมีลักษณะเป็นรูพูน โดยผนังของแต่ละรูจะเป็นแท่งคล้ายเส้นใยเชื่อมต่อกันเป็นเซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์จะมีรูปโครงสร้างเป็นรูปผลึกแบบห้าเหลี่ยมสิบหน้า (Pentagonal dodecahedron)



รูปที่ 3.5 ภาพขยายเซลล์วัสดุพูนและการจัดรูปแบบโครงสร้างให้อยู่ในรูปแบบห้าเหลี่ยมสิบหน้า (Pentagonal dodecahedron)

คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุพูน ได้แก่ ค่าความพรุน (Porosity, ϕ) จำนวนรูพูนต่อหนึ่งหน่วยนิ้ว (Pores per inch, PPI) ความหนาของวัสดุพูน (Thickness, x_0) จะแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุพรุน

Material	Porosity, ϕ	PPI
Cordierite#13	0.870	13
Cordierite#20	0.875	20

สัมประสิทธิ์การสูญสลาย (Extinction coefficient, β) ได้จาก

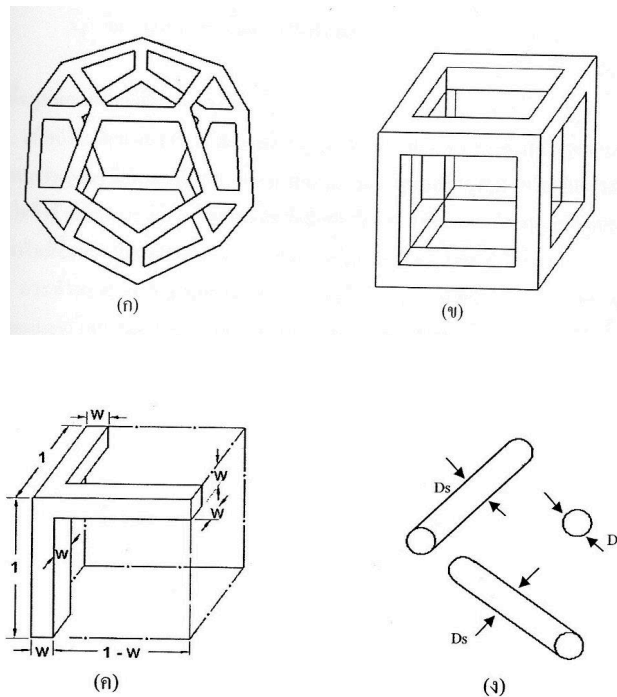
$$\beta = \frac{\pi}{4} \left[\frac{6}{\pi} \right]^{\frac{2}{3}} w^2 + \frac{4w}{\sqrt{\pi}} (1-w) / D_c (1-w) \quad (3.1)$$

$$w = 0.5 + \cos \left[\frac{1}{3} \cos^{-1} (2\phi - 1) \frac{4}{3} \pi \right] \quad (3.2)$$

$$D_c = 0.0254 / \text{PPI} \quad (3.3)$$

เมื่อ	β	คือ	สัมประสิทธิ์การสูญสลาย (Extinction coefficient, β)
	w	คือ	ความกว้างไร้หน่วยของพื้นที่หน้าตัดแท่งค้ำเซลล์ของเซลล์แบบเปิด (Dimensionless width of a strut with a cross section)
	PPI	คือ	จำนวนรูพรุนต่อหนึ่งหน่วยนิ้ว (Pores per inch)
	D_c	คือ	เส้นผ่าศูนย์กลางของเซลล์สมมติ (Nominal cell diameter, m)

พิจารณาจากรูปที่ 3.6 (ก) เซลล์ของวัสดุพรุนชนิดเซลล์รูเปิดคอร์ติไรท์อะลูมินา (Open-cellular porous material) จะมีลักษณะโครงสร้างผลึกเป็นแบบห้าเหลี่ยมสลับหน้า ทำให้ยากต่อการนำไปคำนวณ ดังนั้น Kamiuto จึงเปลี่ยนโครงสร้างผลึกแบบห้าเหลี่ยมสลับหน้าให้เป็นแบบเซลล์หนึ่งหน่วย ตามหลักของดูลเนฟ (Dulnev model) ดังในรูปที่ 3.6 (ข) ด้วยรูปร่างแบบนี้ส่งผลให้พื้นที่ที่มีอิทธิพลต่อการแผ่รังสีความร้อนมีเพียงแท่งค้ำ 3 แท่ง เท่านั้น ดังรูปที่ 3.6 (ค) อย่างไรก็ตามในการกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของวัสดุพรุนชนิดเซลล์รูเปิดนี้ โดยทั่วไปจะกำหนดในรูปของเส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งค้ำ (Equivalent strut diameter, D_s) ดังนั้นเพื่อให้สะดวกต่อการเลือกใช้และคำนวณ จึงเปลี่ยนให้เป็นรูปทรงกระบอก สำหรับแท่งค้ำทรงกระบอกในตำแหน่งแนวดิ่ง พื้นที่หน้าตัดของแท่งค้ำเท่านั้นที่มีผลต่อรังสีตกกระทบที่แผ่เข้ามายังโครงสร้างแบบนี้ จึงกำหนดให้แท่งค้ำในแนวดิ่ง คล้ายเป็นจุดรวมหรือรูปร่างเป็นทรงกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่า D_s ดังแสดงในรูปที่ 3.6 (ง)



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการจัดรูปแบบโครงสร้างเซลล์ของโฟมเซลล์เปิดที่มีผลต่อการแผ่รังสี

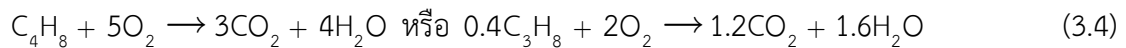
- ก. ผลึกแบบห้าเหลี่ยมสิบหน้า (Pentagonal dodecahedron)
- ข. ผลึกเซลล์หนึ่งหน่วย (Unit cell)
- ค. รูปแบบการจัดแบ่งเซลล์ใหม่
- ง. แท่งค้ำและจุดต่อสมมูลการแผ่รังสีกระจาย (Equivalent strut scattered)

3.3 พื้นฐานการเผาไหม้เชื้อเพลิงแอลพีจี

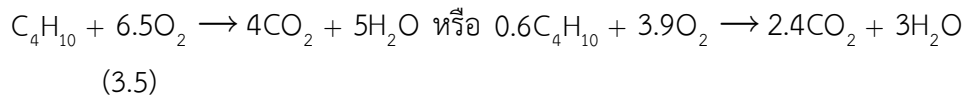
แก๊สปิโตรเลียมเหลวหรือแก๊สแอลพีจี (Liquefied petroleum gas, LPG) ซึ่งเป็นส่วนผสมของโพรเพน (Propane) มีสูตรเคมีคือ C_3H_8 และบิวเทน (Butane) มีสูตรทางเคมีคือ C_4H_{10} หรือเป็นอย่างหนึ่งอย่างใดก็ได้ เป็นที่ทราบกันดีว่า การเผาไหม้นั้นจำเป็นต้องมีตัวออกซิไดเซอร์หรืออากาศที่จำเป็นเพื่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Stoichiometric air) ในการหาปริมาณอากาศดังกล่าวทำได้โดย การสมดุลมวลในปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่เรียกว่า สโตยคิโอเมตรี (Combustion stoichiometry) โดยการคำนวณหรือเขียนสมการการเผาไหม้ของแอลพีจีซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

หากแอลพีจีที่ใช้ในปัจจุบันเป็นการผสมกันของโพรเพนร้อยละ 60 และบิวเทนร้อยละ 40 โดยปริมาตร ดังนั้นต้องเขียนสมการเคมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแยกกันก่อน แล้วรวมสมการพร้อมทั้งเปลี่ยนออกซิไดเซอร์จากออกซิเจนเป็นอากาศ ดังนี้

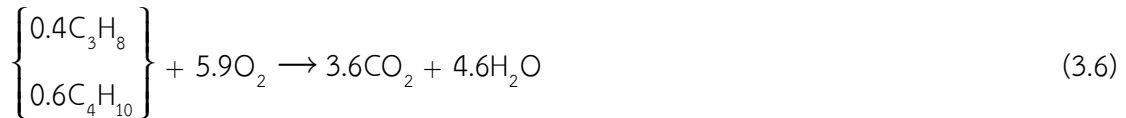
โพรเพน :



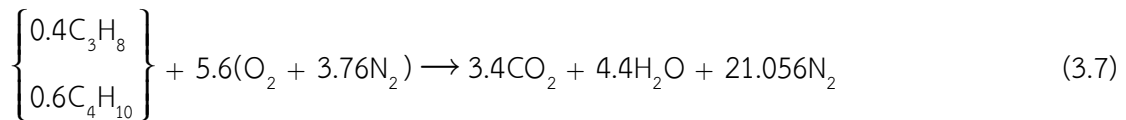
บิวเทน:



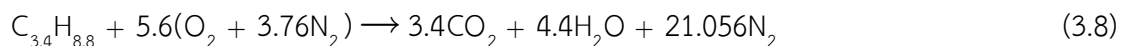
รวมทั้งสองสมการด้านบน ได้เป็น



เปลี่ยนออกซิไดเซอร์จากออกซิเจนเป็นอากาศ ได้เป็น



สูตรโมเลกุลเฉลี่ยแอลพีจีคือ $\text{C}_{3.4}\text{H}_{8.8}$ ดังนั้นเขียนสตรอยดิโอเมตรีใหม่ ได้เป็น

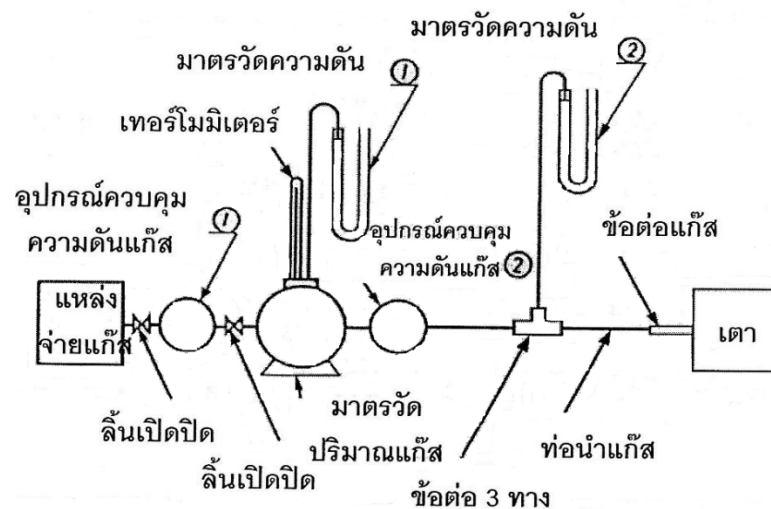


จากสมการพบว่า

เชื้อเพลิง 1 โมล = 0.052 kg
 อากาศ 28.084 โมล = 0.810 kg
 สารผลิตภัณฑ์ = 0.862 kg

ดังนั้น หากต้องการเผาไหม้เชื้อเพลิง 0.052 kg ต้องใช้อากาศ 0.810 kg จึงจะเกิดการเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งอัตราส่วนระหว่าง อากาศต่อเชื้อเพลิงทางทฤษฎี (A/F) สตรอยดิโอเมตรี = 15.58 โดยน้ำหนัก นั่นคือ หากต้องการเผาไหม้แอลพีจี 1 kg ให้สมบูรณ์ตามทฤษฎี ต้องใช้อากาศ 15.58 kg

3.4 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th})



รูปที่ 3.7 การทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน

การหาประสิทธิภาพของเตาแก๊สหุงต้มตามมาตรฐาน DIN EN 203-2 , EN 203-1 : 1992 หรือ EN 203-2 : 1995 ต่างก็ใช้หลักการทดสอบโดยการต้มน้ำ (Boiling test) ทั้งสิ้น โดยในประเทศไทยเองได้กำหนดวิธีการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน โดยใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2312-2549 ซึ่งใช้หลักการ Boiling test เช่นกัน โดยมีรายละเอียดการทดสอบ คือ ก่อนการทดสอบต้องต่อเตาแก๊สเข้ากับมาตรปริมาณแก๊ส มาตรความดันแก๊ส อุปกรณ์ควบคุมความดันแก๊ส มาตรอุณหภูมิแก๊สและแหล่งจ่ายแก๊สให้เรียบร้อย ดังรูป 3.7 ขั้นแรกติดเตาโดยเปิดเตาในอัตราใช้แก๊สสูงสุด เป็นเวลา 15 นาที จึงปิดเตา หลังจากนั้นวางหม้ออะลูมิเนียมซึ่งใส่น้ำ พร้อมฝาเทอร์โมมิเตอร์ บนเตาแก๊ส ติดเตาในอัตราการใช้แก๊สสูงสุด ต้มจนน้ำมีอุณหภูมิเริ่มต้น 30 °C จากนั้นให้ต้มจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 90 °C ให้ปิดเตาแก๊สและทำการกวนน้ำต่อไปจนได้อุณหภูมิสูงสุด วัดค่าการใช้แก๊สระหว่างการทดสอบและค่าต่างๆ บันทึกผลการทดลอง นำค่าที่ได้จากการทดสอบแทนลงในสูตรการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อน

$$\eta_{th} = \frac{m \times C \times (363 - T_i)}{V \times LHV \times t} \times 100 \quad (3.9)$$

เมื่อ	η_{th}	คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน
	m	คือ มวลของน้ำที่ใช้ในการทดสอบ (kg)
	C	คือค่าความร้อนจำเพาะของน้ำที่ใช้ทดสอบ ซึ่งเท่ากับ $4.186 \times 10^{-3} \text{ MJ/kg.K}$
	T_i	คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ (°C)
	V	คือปริมาตรของแก๊สที่ใช้ทดสอบ (m^3)
	LHV	คือ ค่าความร้อนทางต่ำของแก๊สทดสอบที่ใช้ (MJ/m^3) ที่ความดัน 101.3 kPa และอุณหภูมิ 25 °C
	t	คือ เวลาในการทดลอง (s)

3.4.1 แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน

เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีการเผาไหม้แบบเปิด จึงไม่สามารถนำความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากเปลวไฟไปยังภาชนะถูกจำกัดโดยการพาความร้อน (Convection) เป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนไม่สูงเท่าที่ควรโดยจะอยู่ประมาณร้อยละ 50 ดังนั้นจึงมีความพยายามในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในหลายรูปแบบหรือหลายวิธีการ โดยอาศัยอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งรูปแบบหรือทุกวิธีการอยู่บนแนวคิดและหลักการหลักๆ เพียงสามประการคือ

ก.ลดการสูญเสียความร้อน

เนื่องจากการเผาไหม้ของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนเป็นการเผาไหม้แบบเปิด จึงมีการสูญเสียความร้อนจำนวนมากไปกับแก๊สไอเสียโดยการพาความร้อน ดังนั้นหากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน ต้องลดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการพาความร้อน

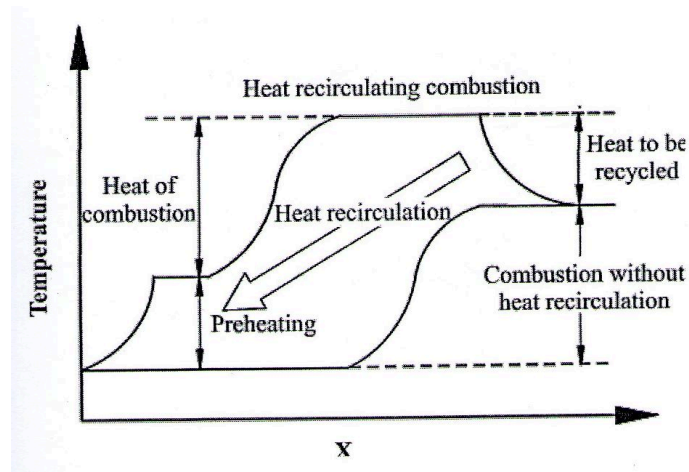
จากแนวคิดดังกล่าว กระบวนการพลังงานจึงประดิษฐ์ฝาคีบเตาแก๊สประสิทธิภาพสูง [14] ดังรูปที่ 3.8 เพื่อลดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการพาความร้อน โดยมีลักษณะและการใช้งานคือ ทำจากเหล็กใช้ฝาคีบหัวเตาแก๊สและเป็นขาตั้งภาชนะแทนที่ขาตั้งภาชนะเดิมที่ติดตั้งมากับเตาแก๊สสูงตั้มีขนาดความสูง 8 cm ความกว้างวงนอก 30 cm ความกว้างวงใน 24 cm จากการทดสอบของกระบวนการพลังงานพบว่า ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นเฉลี่ยประมาณร้อยละ 15 ซึ่งสามารถติดตั้งได้กับเตาแก๊สสูงตั้ทุกตั้ไป สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน



รูปที่ 3.8 ฝาคีบเตาแก๊สประสิทธิภาพสูง

ข. อุ่นอากาศ

การอุ่นอากาศก่อนการเผาไหม้ อาศัยหลักการการเผาไหม้ที่มีการหมุนเวียนความร้อน (Heat-recirculating combustion) [15] ดังรูปที่ 3.9 แสดงการเปรียบเทียบระดับอุณหภูมิการเผาไหม้ระหว่างระบบที่มีและไม่มีการหมุนเวียนความร้อน เมื่อพิจารณาในระบบที่ไม่มีการหมุนเวียนความร้อน อากาศไหลเข้าทางด้านซ้ายมือของระบบ ผสมคลุกเคล้ากับเชื้อเพลิงและเกิดการเผาไหม้จะไหลออกจากระบบทางด้านขวามือโดยไม่มีการนำความร้อนจากแก๊สไอเสียมาหมุนเวียนใช้ในระบบ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับระบบการเผาไหม้ที่มีการหมุนเวียนความร้อนจากแก๊สไอเสียมาอุ่นอากาศ (Preheat) ให้มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องก่อนเข้าสู่การเผาไหม้ ทำให้ได้อุณหภูมิการเผาไหม้สูงกว่าปกติที่สภาวะเดียวกัน ซึ่งส่งผลทำให้การเผาไหม้ที่ได้มีความสมบูรณ์มากกว่าระบบการเผาไหม้ปกติ (Conventional combustion) นอกจากนี้ยังทำให้ได้ค่าความเร็วในการเผาไหม้ (Burning velocity) หรือความเร็วในกระบวนการเผาไหม้ ระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงเร็วขึ้น และให้ความเข้มการเผาไหม้สูง (High combustion intensity) นอกจากนี้ระบบการเผาไหม้ที่มีการหมุนเวียนความร้อนยังช่วยขยายขอบเขตการเผาไหม้ได้ (Flammability limits) กว้างขึ้น และทำให้สามารถนำไปใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนต่ำมากๆ ซึ่งไม่สามารถเผาไหม้ในอุปกรณ์เผาไหม้แบบปกติได้

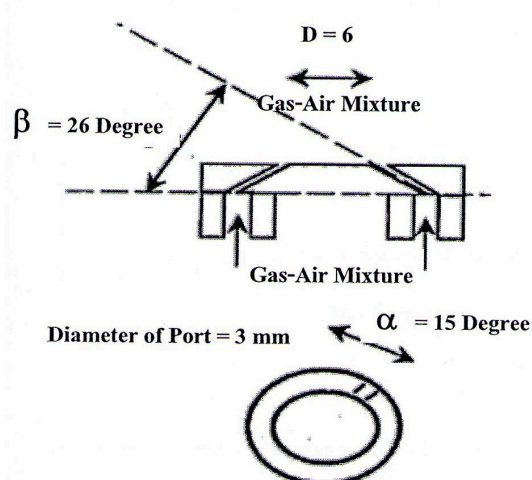


รูปที่ 3.9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิการเผาไหม้ชนิดที่มีและไม่มี การหมุนเวียน

ค.ปรับปรุงลักษณะการฉีดแก๊สของหัวเตา

การปรับปรุงลักษณะการฉีดแก๊สของหัวเตา ทำได้โดยการปรับปรุงจากหัวเตาแบบเดิม (Conventional burner) เปลี่ยนมาเป็นหัวเผาที่มีการหมุนวนดังรูปที่ 3.10 พบว่า Swirl burner ที่ทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดมีลักษณะเฉพาะคือ มุมเบง (β) เท่ากับ 26 องศา มุมเอียง (α) เท่ากับ 15 องศา โดยประสิทธิภาพเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณร้อยละ 6 ซึ่งเป็นผลมาจากการหมุนวนของเปลวไฟ โดยแรงเฉือนนี้ก่อให้เกิดผลดีต่อการเผาไหม้และการถ่ายเทความร้อนคือ เพิ่มระยะเวลาในการผสมของเชื้อเพลิงและอากาศ ซึ่งทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้นเพิ่มเวลาและผิวสัมผัสในการสัมผัสของเปลวไฟกับภาชนะ ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน และเพิ่มการดึงดูดอากาศส่วนที่สอง (Secondary air) ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์มากขึ้น

จากการพิจารณาหลักการปรับปรุงลักษณะการฉีดแก๊ส สรุปได้ดังนี้ว่า เป็นหลักการที่เน้นปรับปรุงการไหลของอากาศส่วนที่สอง (Secondary air) ที่ใช้ในการเผาไหม้และปรับเปลวไฟให้เหมาะสมนั่นเอง



รูปที่ 3.10 หัวเผาไหม้ที่มีการหมุนวน (Swirl burner)

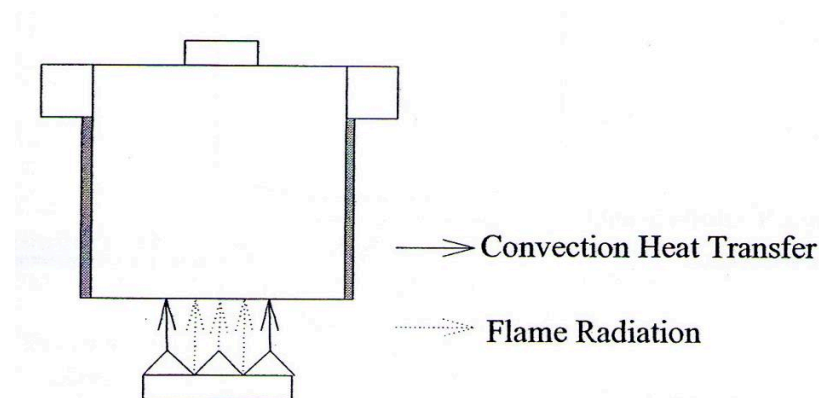
3.5 การถ่ายเทความร้อน

ความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊สจะถ่ายเทให้แก่กันภาชนะด้วยวิธีการพาความร้อนของไอเสีย และการแผ่รังสีความร้อนของเปลวไฟ โดยปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทความร้อนทางกันภาชนะนี้ จะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของภาชนะหรือพื้นที่ผิวด้านกัน ถ้าพื้นที่ผิวด้านกันภาชนะมีมาก การถ่ายเทความร้อนจะเกิดได้ดีและการถ่ายเทความร้อนยังขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านกันภาชนะ และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของเปลวไฟและผิวด้านกันภาชนะอีกด้วย ซึ่งเป็นไปตาม Newton of cooling ดังสมการ

$$Q = h_{\text{overall}} A (T_f - T_w) \quad (3.10)$$

กำหนดให้

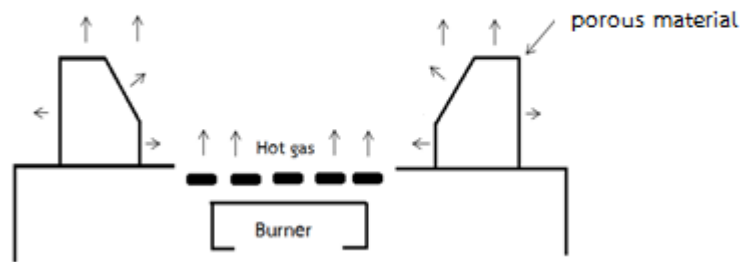
- Q : ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทสู่ภาชนะ, kW
 h_{overall} : ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน
 A : พื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนที่กันภาชนะ, m^2
 T_f : อุณหภูมิของเปลวไฟ, K
 T_w : อุณหภูมิที่ผิวของกันภาชนะ, K



รูปที่ 3.11 แสดงการถ่ายเทความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มให้แก่กันภาชนะ

3.6 หลักการทำงานของฝาคอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน

การออกแบบฝาคอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน (Porous gas stove cover, PC) นั้นอาศัยหลักการการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุพรุน ดังแสดงในรูปที่ 3.12 จากรูปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ซึ่งสามารถแยกชิ้นส่วนออกจากกันได้ คือ ส่วนล่างจะเป็นเตาแก๊สหุงต้มแอลพีจีในครัวเรือนมาตรฐาน (No porous gas stove cover, No_PC) ทั่วไป และส่วนฝาคอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพรุน เมื่อแก๊สความดันต่ำที่ใช้งานปกติเกิดการเผาไหม้กลายเป็นพลังงานความร้อน แก๊สร้อนจะอาศัยหลักการถ่ายเทโมเมนตัมและแรงลอยตัวของแก๊สร้อนที่จะขยายตัวและลอยสูงขึ้น เมื่อแก๊สร้อนไหลผ่านวัสดุพรุนจึงเกิดการกักเก็บความร้อนและแผ่รังสีกลับไปยังห้องเผาไหม้ ทำให้อุณหภูมิของแก๊สร้อนสูงขึ้น ซึ่งจากหลักการดังกล่าวมีผลทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มนี้สูงขึ้น และยังสามารถช่วยประหยัดแก๊สหุงต้มได้ด้วย



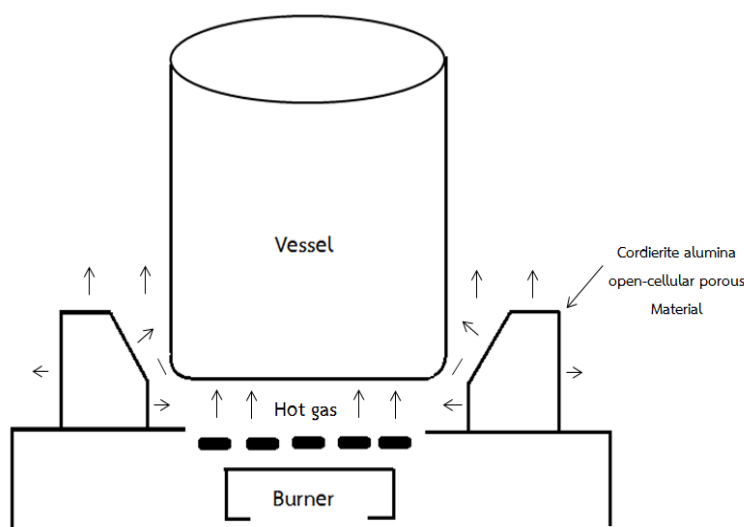
รูปที่ 3.12 แสดงหลักการทำงานของฝาคาร์บเตกแก๊สชนิดวัสดุพรุน

บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและขั้นตอนในการทดลอง สำหรับการดำเนินการวิจัยในโครงการนี้ ซึ่งจะมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

4.1 ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลลูลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินา



รูปที่ 4.1 การออกแบบฝาครอบเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน

จากรูปที่ 4.1 แสดงแนวคิดในการออกแบบฝาครอบเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบวัสดุพูนชนิดเซลลูลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินา เนื่องจากวัสดุพูนมีลักษณะเด่น คือ สามารถเป็นได้ทั้งตัวรับความร้อนและตัวแผ่รังสีความร้อนจึงสามารถใช้เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการออกแบบฝาครอบเตาแก๊สแบบวัสดุพูนชนิดเซลลูลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินาครอบเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือน ซึ่งวัสดุพูนแบบเซลลูลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินาจะทำหน้าที่เป็นตัวรับรังสี (Emitter) เนื่องจากวัสดุพูนได้รับความร้อนจากเปลวไฟ (Flame) ที่เสถียรอยู่ในหรือบนผิวหน้าวัสดุพูน (Stability of the flame inside or on the surface of porous plate) โดยการแผ่รังสีจะแผ่ออกไปทุกทิศ ทุกทาง ด้วยเหตุนี้ผู้จัดทำโครงการปริญญานิพนธ์จึงมีความเชื่อว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มแบบใหม่จะมีค่าสูงขึ้นและยังช่วยประหยัดเชื้อเพลิงด้วย

ชุดฝาครอบเตาแก๊สดังรูปที่ 4.2 ผลิตจากวัสดุพูนเซลลูลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินา (CrAl) 2 เบอร์ ได้แก่ CrAl#13 และ CrAl#20 ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพดังตารางที่ 4.1 ชุดฝาครอบเตาแก๊สออกแบบเป็นฝาครอบแบบเปิด ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งจะออกแบบ 3 แบบ จะทำเป็นแบบตรงและแบบเอียงดังรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของวัสดุพูนเซลลูลาร์เปิดคอร์ดีไรท์อะลูมินา

Material	Porosity, ϕ	PPI
Cordierite #13	0.870	13
Cordierite #20	0.875	20



(a) Straight PC_CrAl#13
(b) Inclined PC_CrAl#13 (c) Inclined PC_CrAl#20

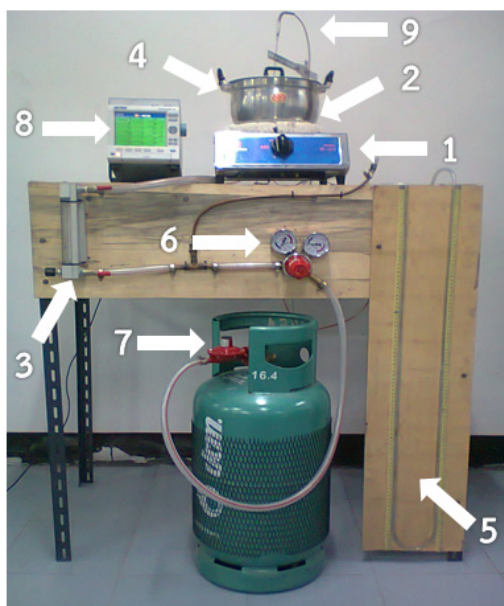
รูปที่ 4.2 แสดงแบบฝาครอบเตาแก๊สวัสดุพูน (Porous gas stove cover) ซึ่งออกแบบไว้ 3 แบบ ได้แก่ (a) ฝาครอบเตาแก๊สวัสดุพูนเซลลูลาร์เปิดคอร์ดีไรท์อะลูมินาเบอร์ 13 แบบตรง (Straight PC_CrAl#13) ดังรูปที่ 4.2 (a) โดยความหนาด้านบนขนาด 1.0cm ความหนาด้านล่างขนาด 2.5cm มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขนาด 18cm สูง 3.5cm รูปที่ 4.2 (b) และ (c) แสดงฝาครอบวัสดุพูนแบบเอียง Inclined PC_CrAl#13 และ Inclined PC_CrAl#20 ความหนาด้านบนขนาด 0.7cm ความหนาด้านล่างขนาด 2.5cm มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขนาด 18cm สูง 3.5cm เช่นกัน

4.2 อุปกรณ์การทดลอง

จากรูปที่ 4.3 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2312-2549 (Thai Industrial Standard, TIS) เพื่อใช้ในการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th}) ซึ่งประกอบไปด้วย

1. เตาแก๊สแรงดันต่ำยี่ห้อ ลักกี้เฟลมรุ่น AT-101S แบบหัวเดียว
2. ฝาครอบวัสดุพูน (PC)
3. Gas flow meter ยี่ห้อ Nitto รุ่น K-2012
4. หม้อขนาดเบอร์ 22 cm
5. U-tube manometer
6. Pressure gauge
7. ถังแก๊สและหัวปรับความดัน

8. Data logger
9. Thermocouple type K



รูปที่ 4.3 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.3 วิธีการทดลอง

การวัดค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในที่นี้อ้างอิงตามมาตรฐาน DIN 203-2 ซึ่งค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนหาได้จาก ค่าความร้อนสัมผัสที่น้ำได้รับ โดยวิธีการต้มน้ำจากอุณหภูมิห้องใกล้จุดเดือดของน้ำ (ประมาณ 90°C) แล้ววัดค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเทียบกับปริมาณการใช้แก๊สซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

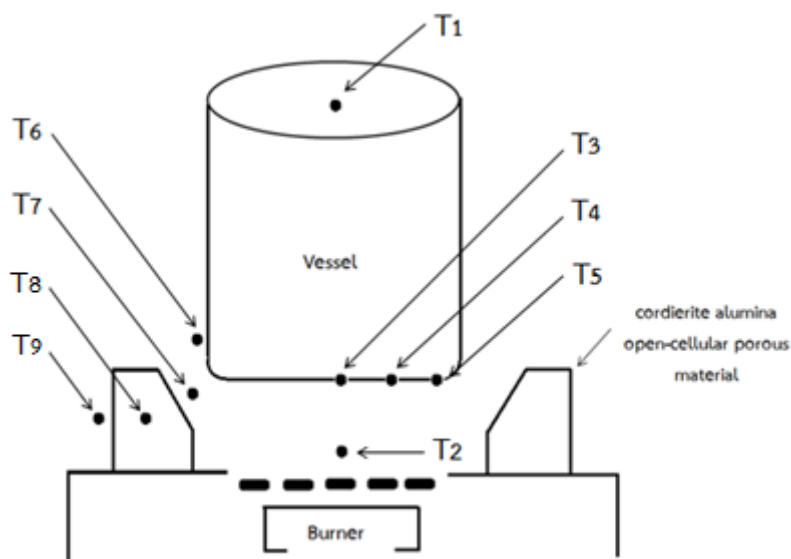
ขั้นตอนที่ 1 ทำการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองโดยการต่อเตาแก๊สที่ใช้ทดลองกับมาตรวัดปริมาณการไหลของแก๊ส มาตรวัดปริมาตรวัดอุณหภูมิแก๊สทดสอบ มาตรวัดความดันแก๊ส

ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบรอยรั่วของแก๊สโดยการถอดสายจากแหล่งจ่ายแก๊สเพื่อไปต่อกับแหล่งจ่ายลม โดยปรับความดัน โดยปรับความดันที่ 1-2 บาร์ จากนั้นใช้แปลงทาสีจุ่มน้ำฟองสบู่ ทาบริเวณสายแก๊ส และจุดเชื่อมต่อต่างๆ แล้วสังเกตจากฟองที่เกิดขึ้น ทำการทดสอบอีกครั้ง หรือจนมั่นใจว่าไม่มีรอยรั่ว แล้วย้ายสายจากแหล่งจ่ายลมมาต่อที่แหล่งจ่ายแก๊ส

ขั้นตอนที่ 3 ติดตั้งฝาครอบเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบวัสดุพูนชนิดเซลลูลาร์เปิดคอร์ติไรท์ อะลูมินาเข้ากับเตาแก๊ส

ขั้นตอนที่ 4 ติดเตาเพื่อทดสอบความพร้อมของอุปกรณ์ และปรับอัตราการใช้แก๊สที่อัตราการไหลสูงสุด โดยติดเตาทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที แล้วปิดเตา เพื่อเป็นการทำให้เตาแก๊สพร้อมใช้งานและอุ่นเตาให้ร้อนก่อนการทดสอบ ซึ่งสามารถลดความร้อนที่สูญเสียให้กับอุปกรณ์ประกอบเตา เช่น ท่อผสมฐานตั้งภาชนะ จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิที่กำหนดแล้วทำการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 5 ติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลเปิดตามจุดที่ต้องการวัดดังนี้



รูปที่ 4.4 ตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล

ตำแหน่งที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล

- T1 คือ อุณหภูมิน้ำ
- T2 คือ อุณหภูมิเปลวไฟ
- T3 คือ อุณหภูมิแกนภาชนะตำแหน่งจุดกึ่งกลางภาชนะ
- T4 คือ อุณหภูมิแกนภาชนะตำแหน่งห่างจากจุดกึ่งกลาง 3 cm
- T5 คือ อุณหภูมิแกนภาชนะตำแหน่งห่างจากจุดกึ่งกลาง 6 cm
- T6 คือ อุณหภูมิข้างหม้อ
- T7 คือ อุณหภูมิระหว่างหม้อกับวัสดุพูน
- T8 คือ อุณหภูมิภายในวัสดุพูน
- T9 คือ อุณหภูมิภายนอกวัสดุพูน

ตารางที่ 4.2 ขนาดหม้ออะลูมิเนียมและมวลน้ำ [1]

ขนาดระบุของเตาแก๊ส (kg/h)	ขนาดภายในของหม้อ (mm)	มวลน้ำ (kg)
ไม่เกิน 0.090	140	0.65
มากกว่า 0.090 ถึง 0.115	160	1.0
มากกว่า 0.115 ถึง 0.145	180	1.4
มากกว่า 0.145 ถึง 0.175	200	2.0
มากกว่า 0.175 ถึง 0.210	220	2.7
มากกว่า 0.210 ถึง 0.250	240	3.5
มากกว่า 0.250 ถึง 0.300	260	4.4
มากกว่า 0.300 ถึง 0.375	280	5.6
มากกว่า 0.375	300	6.9

หมายเหตุ น้ำที่ใช้ในการทดลองให้ใช้น้ำกลั่น

ขั้นตอนที่ 6 ตวงน้ำตามที่กำหนด โดยที่น้ำกำหนด 2.7 kg ตามมาตรฐาน มอก.2312-2549 ตารางที่ 4.2 ลงในภาชนะทดสอบแล้วปิดฝาพร้อมกับติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ วางภาชนะลงบนฝาครอบเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบวัสดุพูนชนิดเซลล์ูลาร์เปิดคอร์ดีไรท์อะลูมินา

ขั้นตอนที่ 7 เริ่มทำการทดสอบติดเตาที่อัตราการใช้แก๊สสูงสุดพร้อมกับจับเวลา ทำการต้มน้ำจากอุณหภูมิเริ่มต้น 30°C จนน้ำมีอุณหภูมิเดือด (ประมาณ 90°C) แล้วปิดเตาพร้อมหยุดเวลาทำการกวนน้ำจนได้อุณหภูมิสูงสุด นำถังแก๊สซึ่งอีกครั้งหนึ่งเพื่อหาปริมาณการใช้แก๊ส บันทึกค่าที่ได้ลงบนตารางการทดลอง

4.4 สภาวะทดสอบ

4.4.1 ให้ปรับแต่งเตาแก๊สตามสภาวะที่ได้ออกแบบไว้ และตลอดการทดสอบต้องไม่เปลี่ยนแปลงสภาวะที่ได้ปรับตั้งไว้ ก่อนการทดสอบต้องจุดเตาแก๊สโดยการเปิดลิ้นควบคุมแก๊สที่ตำแหน่งเปลวไฟสูงสุดเป็นเวลา 15 นาที เพื่อขจัดสิ่งที่เคลือบหรือตกค้างไว้เป็นการชั่วคราว ซึ่งอาจมีผลต่อการทดสอบ จากนั้นตั้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วจึงนำไปทดสอบ

4.4.2 ห้องทดสอบต้องมีอากาศถ่ายเทพอสมควรโดยไม่มีลมโกรก

4.4.3 แก๊สที่ใช้ทดสอบมีส่วนผสมของโพรเพนร้อยละ 50 โดยมวล และบิวเทนร้อยละ 50 โดยมวล การส่งแก๊สเข้าเตาแก๊สต้องผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันและมีมาตรความดัน แล้วปรับความดันที่ทางเข้าเตาเป็น 2.47 ± 0.01 kPa ซึ่งจะให้ปริมาณความร้อน $49,573$ kJ/kg กรณีที่มีส่วนผสมต่างจากนี้ ให้ปรับสภาวะด้วยวิธีคำนวณ โดยใช้ตัวเลขที่กำหนดในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติของแก๊สที่ใช้ทดสอบ

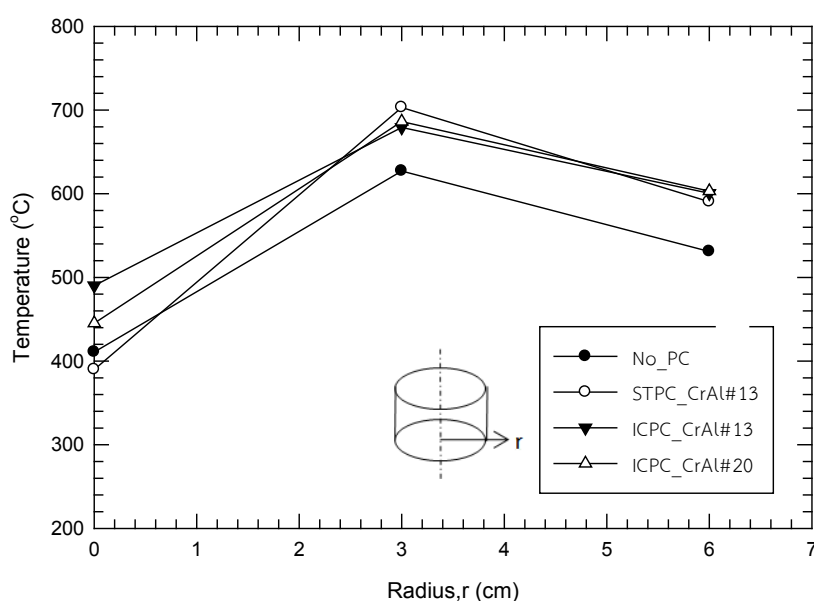
แก๊ส	ค่าความร้อน (kJ/kg)	ความหนาแน่น (kg/m ³)	หมายเหตุ
โพรเพน	50002	1.984	วัดที่ความดัน 101.3 kPa อุณหภูมิ 25°C
บิวเทน	49144	2.606	

บทที่ 5

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

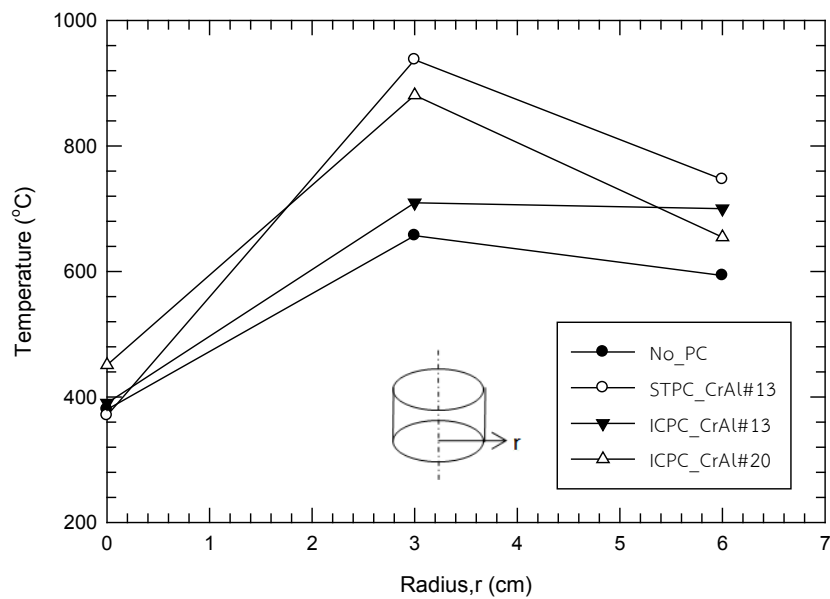
การศึกษาคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพอร์ซเลนเคลือบเคลือบโครโครไดไรท์ อะลูมินา ใช้วัสดุพอร์ 2 เบอร์ ได้แก่ CrAl#13 และ CrAl#20 ได้แบ่งหัวข้อการศึกษาเป็น 4 ประเด็น ได้แก่ โครงสร้างอุณหภูมิ, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, เวลาต้มน้ำ และ การประหยัดพลังงาน ซึ่งผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

5.1 โครงสร้างอุณหภูมิ



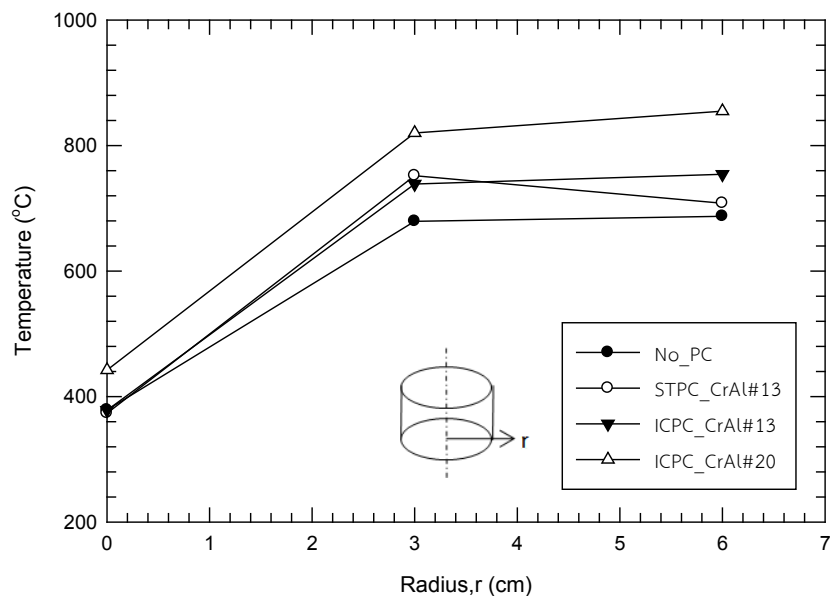
รูปที่ 5.1 การกระจายอุณหภูมิกันหม้อ ที่ $Q = 3.5 \text{ kW}$

รูปที่ 5.1 แสดงการกระจายอุณหภูมิกันหม้อที่ปริมาณความร้อนป้อนเข้า (Q) = 3.5kW การวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งกันหม้อ ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 4.4 ของบทที่ 4 ประกอบไปด้วย ตำแหน่งกึ่งกลางหม้อ (T_3 หรือ $r = 0$) และวัดห่างออกไปตามแนวรัศมี ด้วยระยะห่างเท่ากัน 3 cm นั่นคือ T_4 ($r = 3 \text{ cm}$) และ T_5 ($r = 6 \text{ cm}$) ตามลำดับ จากผลที่ได้พบ ว่าอุณหภูมิการกระจายตัวตามแนวรัศมีของฝาครอบเตาแก๊สฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพอร์ซเลนเคลือบเคลือบโครโครไดไรท์อะลูมินา (Porous gas stove cover, PC) ทั้ง 3 แบบ จะมีแนวโน้มสูงกว่าแบบเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนทั่วไป (No porous gas stove cover, No_PC) ตาม r ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากบริเวณขอบหม้อต้ม PC ทั้ง 3 แบบ มีการกักเก็บและแผ่รังสีความร้อน ทำให้อุณหภูมิที่ $r = 6 \text{ cm}$ มีอุณหภูมิสูงกว่าแบบ No_PC แต่อย่างไรก็ตามถือว่าอุณหภูมิในแนวรัศมีของ PC ทั้ง 3 แบบ มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน



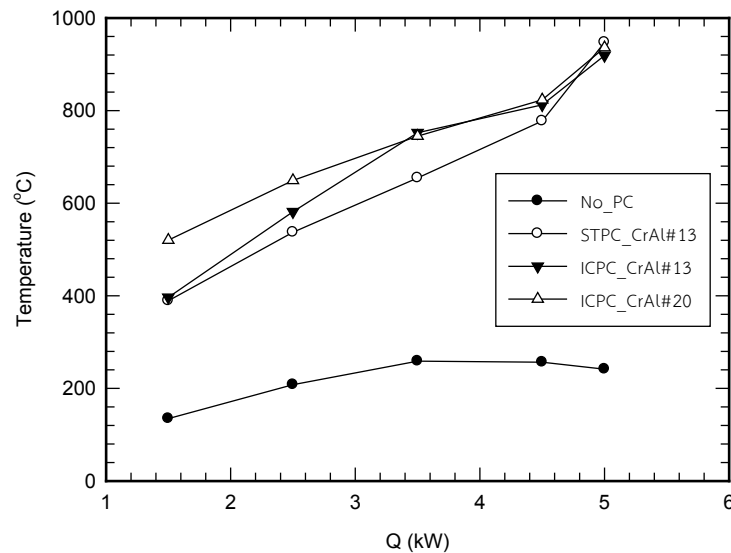
รูปที่ 5.2 การกระจายอุณหภูมิกันหม้อ ที่ $Q = 4.5$ kW

รูปที่ 5.2 แสดงการกระจายอุณหภูมิกันหม้อ ที่ $Q = 4.5$ kW จากผลที่ได้พบว่า อุณหภูมิการกระจายตัวตามแนวรัศมีของ PC ทั้ง 3 แบบ จะมีแนวโน้มสูงกว่าแบบเตาแก๊สหุงต้มแบบ No_PC ทุกตำแหน่ง r เนื่องจากบริเวณขอบหม้อต้ม PC ทั้ง 3 แบบ มีการกักเก็บและแผ่รังสีความร้อน ทำให้อุณหภูมิที่ $r = 6$ cm มีอุณหภูมิสูงกว่าแบบ No_PC เมื่อพิจารณาอุณหภูมิในแนวรัศมีของ PC ทั้ง 3 แบบ พบว่า ICPC_CrAl#20 มีอุณหภูมิสูงสุดที่ $r = 3$ cm และ $r = 6$ cm



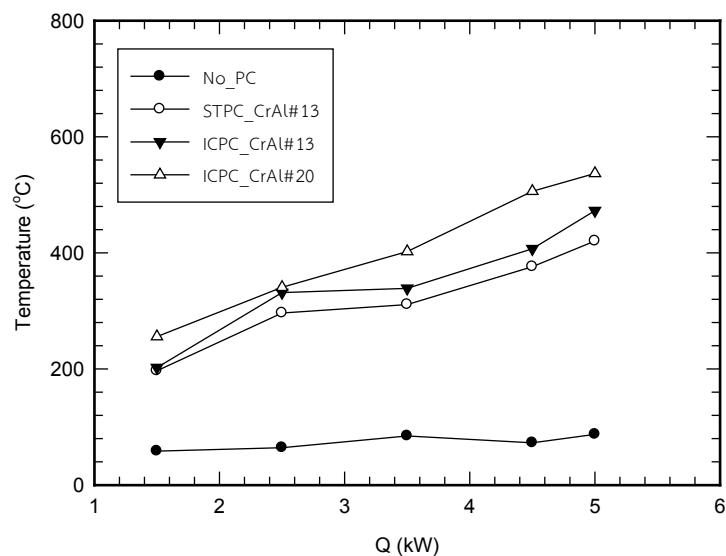
รูปที่ 5.3 การกระจายอุณหภูมิกันหม้อ ที่ $Q = 5$ kW

รูปที่ 5.3 แสดงการกระจายอุณหภูมิกันหม้อ ที่ $Q = 5 \text{ kW}$ จากผลที่ได้พบว่า อุณหภูมิการกระจายตัวตามแนวรัศมีของ PC ทั้ง 3 แบบ จะมีแนวโน้มสูงกว่าแบบเตาแก๊สหุ้ดแบบ No_PC ทุกตำแหน่ง r เมื่อพิจารณาอุณหภูมิในแนวรัศมีของ PC ทั้ง 3 แบบ พบว่า ICPC_CrAl#20 มีอุณหภูมิสูงสุดที่ $r = 3 \text{ cm}$ และ $r = 6 \text{ cm}$



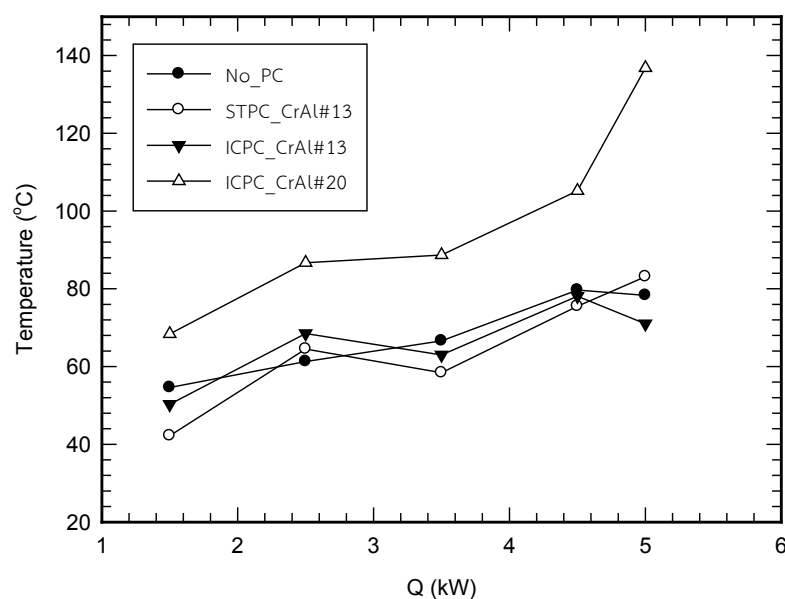
รูปที่ 5.4 อุณหภูมิระหว่างหม้อกับวัสดุพูน (°C) (ตำแหน่ง T7)

รูปที่ 5.4 แสดงอุณหภูมิระหว่างหม้อกับวัสดุพูน (T7) เมื่อพิจารณาอุณหภูมิการแผ่รังสีของวัสดุพูนพบว่า PC ทั้ง 3 แบบ มีแนวโน้มการแผ่รังสีที่สูงขึ้นเมื่อค่าความร้อนป้อนเข้าเพิ่มขึ้น และหากเปรียบเทียบกับแบบ No_PC แสดงให้เห็นว่า วัสดุพูนมีอิทธิพลต่อความสามารถในการแผ่รังสีความร้อน หากเปรียบเทียบ PC ทั้ง 3 แบบ พบว่า ICPC_CrAl#20 มีอุณหภูมิสูงทุกช่วง Q ใดๆ เนื่องจากมีพื้นที่กักเก็บและแผ่รังสีความร้อนที่ดีกว่า PC แบบอื่นๆ



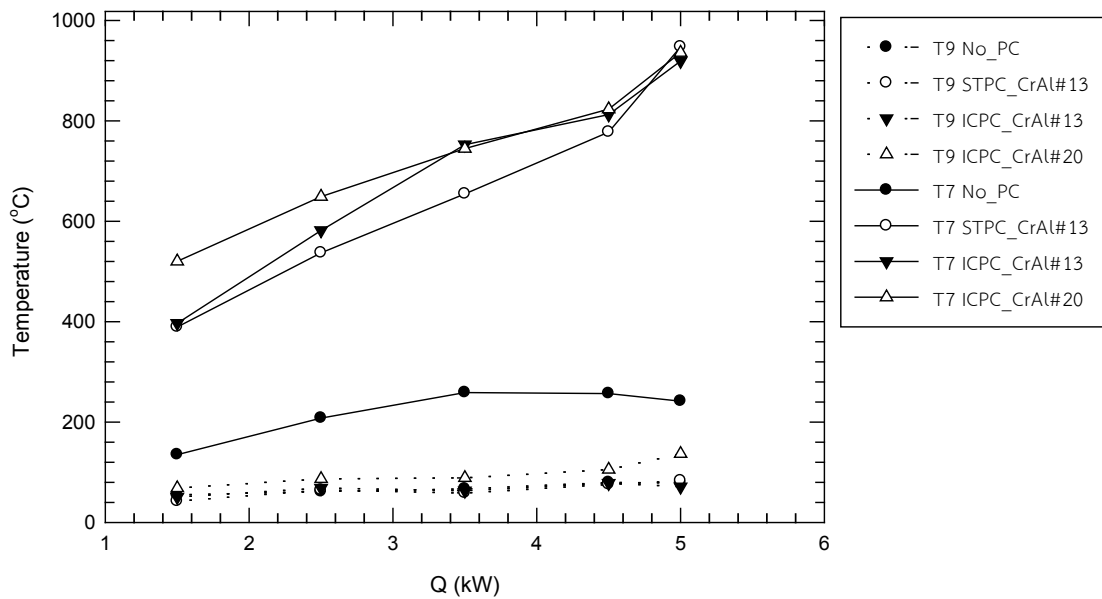
รูปที่ 5.5 อุณหภูมิภายในตัววัสดุพูน (°C) (ตำแหน่ง T8)

รูปที่ 5.5 แสดงอุณหภูมิภายในตัววัสดุพูน (T8) จากการทดลอง จะเห็นได้ว่า PC ทั้ง 3 แบบ ทุกช่วงที่ Q เพิ่มขึ้นอุณหภูมิภายในวัสดุพูนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากวัสดุพูนมีการกักเก็บความร้อนภายในตัวเอง หากพิจารณา PC ทั้ง 3 แบบ พบว่า ICPC_CrAl#20 มีอุณหภูมิสูงสุดทุกช่วง Q ใดๆ กล่าวคือ วัสดุพูนเซลล์ลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินาที่มีค่าความพูน (Porosity) 0.875 มีคุณลักษณะการกักเก็บความร้อนได้ดีกว่าวัสดุพูนเซลล์ลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินาที่มีค่าความพูน (Porosity) 0.870



รูปที่ 5.6 อุณหภูมิภายนอกวัสดุพูน (°C) (ตำแหน่ง T9)

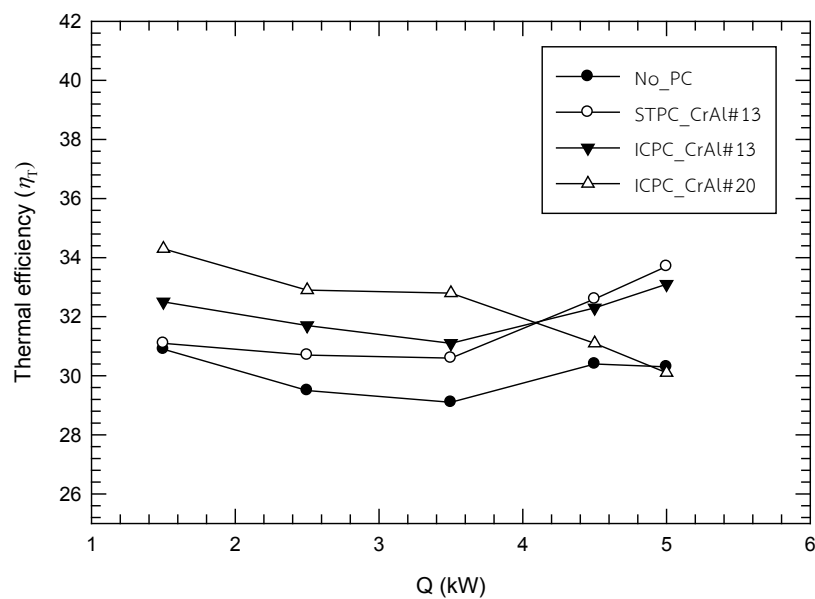
รูปที่ 5.6 แสดงอุณหภูมิภายนอกวัสดุพูน (T9) พบว่า อุณหภูมิของ PC ทุกแบบค่อนข้างคงตัวและใกล้เคียงกัน เนื่องจากวัสดุพูนเซลล์ลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินามีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนทำให้มีอุณหภูมิภายนอกค่อนข้างใกล้เคียงกับอุณหภูมิบรรยากาศ เมื่อพิจารณา PC ทั้ง 3 แบบ พบว่า ICPC_CrAl#20 มีอุณหภูมิภายนอกสูงสุด เนื่องจาก ICPC_CrAl#20 มีค่าความพูนมากกว่า PC ทั้ง 2 แบบ ซึ่งมีรูพูนที่ขนาดเล็กกว่าจึงระบายไอเสียได้ค่อนข้างต่ำ และการระบายไอเสียของวัสดุพูนที่มีค่า PPI = 13 ซึ่งขนาดของรูพูนที่ใหญ่กว่า PPI = 20 ทำให้ระบายไอเสียดีกว่า



รูปที่ 5.7 อุณหภูมิระหว่างหม้อกับวัสดุพูนและอุณหภูมิภายนอก (°C) (ตำแหน่ง T7 กับ T9)

รูปที่ 5.7 แสดงอุณหภูมิระหว่างหม้อกับวัสดุพูน (T7) และอุณหภูมิภายนอก (T9) จะสังเกตเห็นว่าอุณหภูมิภายในวัสดุพูนมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกวัสดุพูน เนื่องจากตัววัสดุพูนมีการกักเก็บความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยใช้พื้นที่ของตัววัสดุพูนเองเป็นตัวกักเก็บและแผ่รังสีกลับ ทำให้อุณหภูมิภายในวัสดุพูนมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกวัสดุพูนชัดเจน

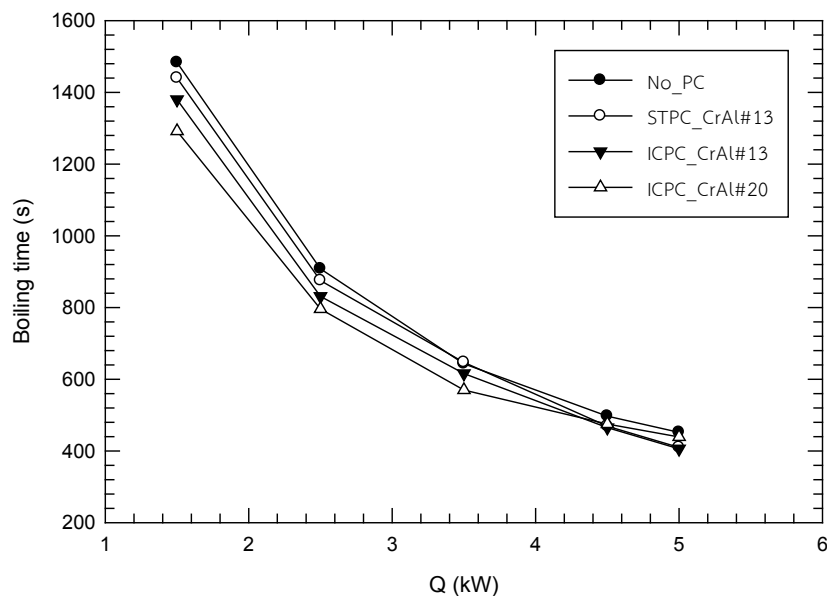
5.2 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของฝาครอบวัสดุพูน



รูปที่ 5.8 ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) ของ PC

รูปที่ 5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) กับความร้อนที่ป้อนเข้า ของ PC แบบต่างๆ พิจารณาเตาที่ติดตั้ง PC จากผลการทดลองที่ได้หากพิจารณาปริมาณความร้อนที่ป้อนเข้า Q (Combustion Load $\dot{m}_g \times LHV_{LPG}$) ที่ตำแหน่งใดๆ พบว่า ฝาครอบเตาแก๊สหุงต้มแบบทั้ง 3 แบบ (STPC_CrAl#13, ICPC_CrAl#13, ICPC_CrAl#20) มีค่าสูงกว่าหัวเตาแก๊สหุงต้มแบบ No_PC ซึ่งอธิบายได้ด้วยกลไกการแผ่รังสีของวัสดุพอร์ซเลน ที่แผ่รังสีไปยังก้นหม้อและข้างหม้อทำให้มีเวลาในการต้มต้มน้ำเดือดที่เร็วกว่า กล่าวคือ เมื่อเตาที่ติดตั้ง PC ใช้เวลาน้อยในการต้มเดือดย่อมใช้เชื้อเพลิงน้อยตามไปด้วย ดังนั้นค่า η_{th} จึงมีค่าสูงกว่าแบบ No_PC อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบ PC ทั้ง 3 แบบด้วยกัน จะสังเกตเห็นว่า ICPC_CrAl#20 มีค่า η_{th} สูงที่สุด ที่ Q ต่ำ แต่เมื่อเพิ่มค่า Q ให้กับระบบสูงขึ้น พบว่า STPC_CrAl#20 และ ICPC_CrAl#13 มี η_{th} สูงขึ้น เนื่องจากการระบายไอเสียของวัสดุพอร์ซเลนที่มีค่า PPI = 13 ซึ่งขนาดของรูพอร์ซเลนที่ใหญ่กว่า PPI = 20 ทำให้ระบายไอเสียดีกว่า

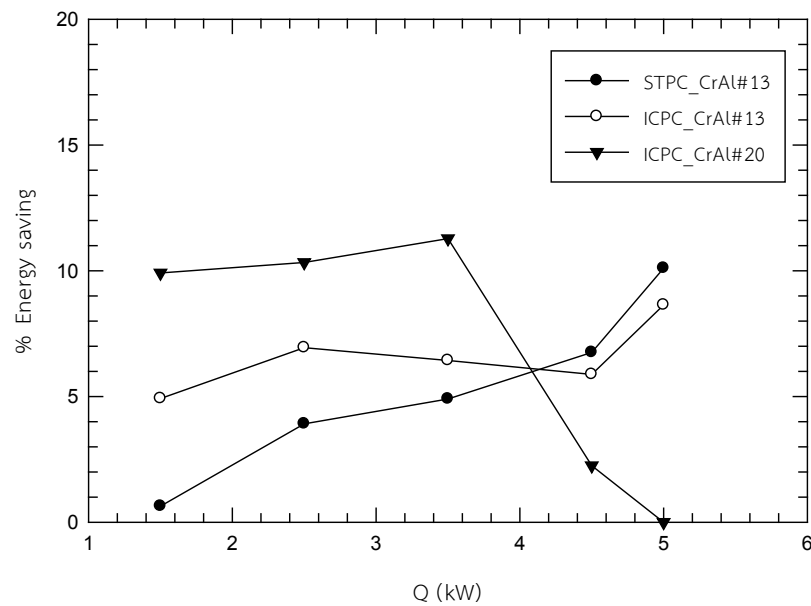
5.3 เวลาที่ใช้ต้มน้ำ



รูปที่ 5.9 เวลาที่ใช้ต้มน้ำที่ 90 °C ของ PC

รูปที่ 5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ต้มน้ำให้มีอุณหภูมิ 90 °C เมื่อติดตั้ง PC ทั้ง 3 แบบ โดยในการทดลองบรรจุน้ำที่น้ำหนัก 2.7 kg และมีอุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 30 °C จากการทดลองพบว่า เวลาที่ใช้ในการต้มเดือด (90 °C) ของฝาครอบเตาแก๊สหุงต้มทั้ง 3 แบบ จะใช้เวลาอยู่ในช่วง 1,300-1,450 วินาที ซึ่งน้อยกว่าเตาแก๊สหุงต้มแบบ No_PC ที่ใช้เวลานานถึง 1,500 วินาที จากผลการทดลองที่ได้นี้ สามารถอธิบายได้ด้วยกลไกการแผ่รังสีของวัสดุพอร์ซเลนที่แผ่รังสีไปยังก้นหม้อและข้างหม้อทำให้มีเวลาในการต้มน้ำเดือดที่เร็วกว่าเตาแก๊สหุงต้มแบบ No_PC

5.4 การประหยัดพลังงาน (Energy saving)



รูปที่ 5.10 การประหยัดพลังงาน

รูปที่ 5.10 แสดงค่าการประหยัดพลังงานเฉลี่ยของ PC ทั้ง 3 แบบ โดยคำนวณเทียบกับเตาแก๊สหุงต้มแบบ Standard ซึ่งจะสังเกตเห็นว่า ICPC_CrAl#20 มีค่าการประหยัดพลังงานสูงสุด ที่ Q ต่ำ แต่เมื่อ Q สูง ค่าการประหยัดพลังงานกลับลดลง เนื่องมาจากเกิดการอันไอเสียที่ ICPC_CrAl#20 มีรูปพรุนขนาดเล็กจึงไล่ไอเสียของไม่ทัน ส่วน STPC_CrAl#13 และ ICPC_CrAl#13 มีแนวโน้มการประหยัดพลังงานสูงขึ้นเมื่อ Q เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีขนาดของรูปพรุนที่ใหญ่กว่า ICPC_CrAl#20 ทำให้ระบายไอเสียได้ดี

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนโดยใช้ฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลลูลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินา ได้ทำการออกแบบสร้างฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนเซลลูลาร์เปิดคอร์ติไรท์อะลูมินา 3 แบบ ได้แก่ STPC_CrAl#13, ICPC_CrAl#13 และ ICPC_CrAl#20 ซึ่งใช้กับเตาแก๊สความดันต่ำ ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยวิธี Boiling test ตามมาตรฐานเยอรมัน DIN EN 203-2 สามารถสรุปได้ดังนี้

6.1.1 ลักษณะโครงสร้างที่มีค่าความพูนมากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงที่อัตราการความร้อนต่ำ และโครงสร้างที่มีค่าความพูนต่ำจะมีแนวโน้มที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นได้ที่อัตราการความร้อนสูง

6.1.2 เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนทั่วไปมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดร้อยละ 30 ในขณะที่เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนที่ประกอบเข้ากับฝาครอบเตาแก๊สชนิดวัสดุพูนมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดร้อยละ 35 ซึ่งมีอัตราการประหยัดพลังงานสูงสุดที่ร้อยละ 11 นอกจากนี้ หากเปรียบเทียบ PC ทั้ง 3 แบบพบว่า ICPC_CrAl#20 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดร้อยละ 35 คิดเป็นอัตราการประหยัดพลังงานร้อยละ 11 สำหรับ STPC_CrAl#13 และ ICPC_CrAl#13 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดร้อยละ 34 และ 33 คิดเป็นอัตราการประหยัดพลังงานร้อยละ 10 และ 9 ตามลำดับ

6.1.3 สำหรับการใช้งานที่อัตราการความร้อนต่ำควรเลือกใช้ ICPC_CrAl#20 และสำหรับการใช้งานที่อัตราการความร้อนสูงควรเลือกใช้ STPC_CrAl#13

6.2 ข้อเสนอแนะ

3.2.1 ควรเปลี่ยนวัสดุพูนจากชนิดเซรามิกมาเป็นวัสดุพูนชนิดโลหะ เนื่องจากวัสดุพูนชนิดโลหะมีการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าชนิดเซรามิก ราคาถูกกว่าและหาซื้อง่ายตามท้องตลาด

6.2.2 ควรเปลี่ยนการทดสอบจากเตาแรงดันต่ำมาเป็นเตาแรงดันสูง เช่น KB5, KB10 เป็นต้น

6.2.3 ควรศึกษาผลของฝาครอบเตาแก๊สต่อคุณสมบัติการเผาไหม้และไอเสีย

บรรณานุกรม

- [1] กระทรวงอุตสาหกรรม. (2549). “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเตาหุงต้มในครัวเรือนใช้กับก๊าซปิโตรเลียมเหลว”, [Online]:
www.rathakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2550/E/040/17.PDF
- [2] LPGSTORY. (2555). [Online]:
www.pttplc.com/th/Media-Center/.../LPG_BOOK-final_OK.PDF
- [3] THANONLINE. (2012). “ยิ่งลักษณ์’ลอยตัวLPG”, [Online]:
http://www.thanonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=157808:lpg-7&catid=89:2009-02-08-11-24-05&Itemid=417
- [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, Vol.45, pp. 979-992.
- [5] Jugjai, S. and Sanijai, S. (1996). Parametric “Studies of Thermal Efficiency in a Proposed PorousRadiant Recirculated Burner (PRRB): A Design Concept for the Future Burner”. Proceedings of RERIC International Energy Journal, Vol. 18, pp. 97-111, 1996.
- [6] จรินทร์ เจนจิตต์. (2553). การเพิ่มประสิทธิภาพของเตาแก๊สโดยใช้วัสดุพูน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- [7] ณัฐภูมิ รังสีมันตุชาติ. (2544). การประยุกต์ใช้วัสดุพูนเพื่อการประหยัดพลังงานในเตาแก๊สหุงต้ม, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- [8] วสันต์ โยคเสนะกุล. (2548). หัวเผาเชื้อเพลิงแก๊สที่มีการหมุนเวียนความร้อนและการไหลแบบหมุนวน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- [9] วิษณุ ของสันเทียะ และคณะ. (2555). เตาแก๊สหุงต้มในครัวเรือนแบบวัสดุพูนชนิดโลหะเซลลูลาร์เปิด. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย, ครั้งที่ 8. ENETT8-AP50
- [10] ดร. ปรีชา ชันติโกมล. (2553). การวิเคราะห์ความหนาของแผ่นวัสดุพูนในระบบแปลงเอนทาลปีของก๊าซเป็นรังสีความร้อนหลายชั้น.วารสาร มทร.อีสาน, ปีที่ 3. หน้า 22-35
- [11] อีระ ฮวบขุนทด และคณะ. (2555). การศึกษาเชิงการทดลองคุณสมบัติฉนวนความร้อนไหลของวัสดุพูนชนิดเซลลูลาร์เปิดคอร์ดีไรท์แผ่นเดี่ยว.การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย, ครั้งที่ 8. ENETT8-EM07.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [12] อ่ำพล ทันไชย และคณะ. (2555). การศึกษาเชิงการทดลองคุณสมบัติทนความร้อนไหลของวัสดุพูนชนิดตาข่ายสแตนเลสแผ่นเดียว. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย, ครั้งที่ 8. ENETT8-EM06
- [13] วีระศักดิ์ สงสุรีย์ และคณะ. (2555). การนำและการแผ่รังสีความร้อนที่เกิดขึ้นพร้อมกันในวัสดุพูนชนิดเม็ดกลมอัดแน่น. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย, ครั้งที่ 8. ENETT8-AP49.

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณ

ก.1 การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (Thermal efficiency, η_{th})

การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สหุงต้มแบบ Inclined#20 ใช้น้ำในการทดลอง 2.7 kg กรณี $Q=1.5$ kW อ้างอิงการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.2312-2549 (Thai Industrial Standard, TIS) แต่ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตานั้นจะเป็นไปตามมาตรฐานเยอรมัน DIN EN 203-2 ซึ่งใช้หลักการ Boiling test ดังสมการที่ (ก.1) ตัวแปรต่าง ๆ มีค่าดังต่อไปนี้

$$\eta_{th} = \left[\frac{m_{water} \times C_{p,water} \times (363 - T_{water,i})}{v \times LHV \times t} \right] \times 100 \quad (ก.1)$$

m	คือ มวลของน้ำที่ใช้ในการทดสอบ	= 2.7 kg
C_p	คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ	= 4.186 kJ/kg·K
T_{water}	คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ	= 304.3 K
LHV	คือ ค่าความร้อนทางต่ำของแก๊สทดสอบ	= 113770 kJ/m ³
v	คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร	= 0.0000131 m ³ /s
t	คือ เวลาที่ใช้ในการต้ม	= 1292 s

แทนค่าลงในสมการ (ก.1)

$$\eta_{th} = \left[\frac{2.7 \times 4.186 \times (363 - (273 + 31.3))}{0.0000131 \times 113770 \times 1292} \right] \times 100$$

$$\eta_{th} = 34.5\%$$

ก.2 การหาค่าการประหยัดพลังงาน (Energy saving)

การคำนวณค่าการประหยัดพลังงาน (Energy saving) ของเตาแก๊สหุงต้มแบบ Inclined #20 ใช้น้ำในการทดลอง 2.7 kg ดังสมการที่ (ก.2) ซึ่งตัวแปรต่างๆ มีค่าดังต่อไปนี้

$$\text{Energy saving} = \left(\frac{\eta_{\text{th},2} - \eta_{\text{th},1}}{\eta_{\text{th},2}} \right) \times 100 \quad (\text{ก.2})$$

$\eta_{\text{th},2}$ = ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สแบบ Inclined#20 = 34.5 %

$\eta_{\text{th},1}$ = ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สแบบ Standard = 30.9 %

แทนค่าลงในสมการ (ก.2)

$$\text{Energy saving} = \left(\frac{34.5 - 30.9}{34.5} \right) \times 100$$

$$\text{Energy saving} = 10.4\%$$

ประวัตินักวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



1. ชื่อ - นามสกุล
 - 1.1 ภาษาไทย ดร.ปรีชา ขันติโกมล
 - 1.2 ภาษาอังกฤษ Dr. Preecha Khantikomol
2. ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
3. ตำแหน่งทางการบริหาร หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
4. สังกัดสาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์และ
สถาปัตยกรรมศาสตร์
วิทยาเขต ศูนย์กลางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 744 หมู่ที่ - ตรอก/ซอย - ถนน สุรนารายณ์

ตำบล ในเมือง อำเภอ เมือง

จังหวัด นครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000

โทรศัพท์ 044-233-073 โทรสาร 044-233-074

โทรศัพท์มือถือ 080-470-5287 อีเมล preecha@rmuti.ac.th
6. วุฒิการศึกษา D.Eng. (Mechanical & Energy System Engineering)
7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ
 - Transport Phenomena in Porous Media: Fluid Dynamics, Heat-Mass Transfer
 - Pyrolysis and Gasification of Biomass
 - Radiative Heat Transfer
 - Advanced Fluid Dynamics

ประวัตินักวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



1. ชื่อ - นามสกุล
 - 1.1 ภาษาไทย ดร.ไมตรี พลสงคราม
 - 1.2 ภาษาอังกฤษ Dr. Maitree Polsongkram
2. ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์
3. ตำแหน่งทางการบริหาร -
4. สังกัดสาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์และ
สถาปัตยกรรมศาสตร์
วิทยาเขต ศูนย์กลางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 744 หมู่ที่ - ตรอก/ซอย - ถนน สุรนารายณ์

ตำบล ในเมือง อำเภอ เมือง

จังหวัด นครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000

โทรศัพท์ 044-233-073 โทรสาร 044-233-074

โทรศัพท์มือถือ 083-297-9197 อีเมล maitree@rmuti.ac.th
6. วุฒิการศึกษา D.Eng. (Mechanical Engineering)
7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ
 - Fluid Mechanics
 - Thermodynamics
 - Heat and Mass Transfer
 - Pyrolysis and Gasification of Biomass

ประวัตินักวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



1. ชื่อ - นามสกุล
 - 1.1 ภาษาไทย นายบัณฑิต กฤตาคม
 - 1.2 ภาษาอังกฤษ Mr.Bundit Krittacom
2. ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
3. ตำแหน่งทางการบริหาร -
4. สังกัดสาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์และ
สถาปัตยกรรมศาสตร์
วิทยาเขต ศูนย์กลางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา
5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 744 หมู่ที่ - ตรอก/ซอย - ถนน สุรนารายณ์

ตำบล ในเมือง อำเภอ เมือง

จังหวัด นครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000

โทรศัพท์ 044-233-073 โทรสาร 044-233-074

โทรศัพท์มือถือ 083-297-9197 อีเมล maitree@rmuti.ac.th
6. วุฒิการศึกษา D.Eng. (Mechanical and Energy Systems Engineering)
7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ
 - Transport Phenomena in Porous Media: Fluid Dynamics, Heat-Mass Transfer
 - Combustion Augmentation of Fuel by Porous Media
 - Radiative Heat Transfer
 - Computational Model of Heat-Mass Transfer and Combustion

ประวัตินักวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน



1. ชื่อ - นามสกุล

- 1.1 ภาษาไทย อมรทัต จั่วแจ่มใส
1.2 ภาษาอังกฤษ Amorntut Juajamsai

2. ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

3. ตำแหน่งทางการบริหาร -

4. สังกัดสาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์และ
สถาปัตยกรรมศาสตร์

วิทยาเขต ศูนย์กลางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา

5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 744 หมู่ที่ - ตรอก/ซอย - ถนน สุรนารายณ์
ตำบล ในเมือง อำเภอ เมือง
จังหวัด นครราชสีมา รหัสไปรษณีย์ 30000
โทรศัพท์ 044-233-073 โทรสาร 044-233-074
โทรศัพท์มือถือ 087-240-7439 อีเมล amonthut.ju@rmuti.ac.th

6. วุฒิการศึกษา วศ.บ.เครื่องกล

7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ - กลศาสตร์ของแข็ง
- Automotive Technology
- Energy and Environment
- Safety Engineering