

การใช้โปรดิวเซอร์ก๊าซและก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงร่วมสำหรับหัวเผาชนิดผสมกันมาก่อน

Use of Co – firing Producer Gas and LPG in Premixed Burner

พัชานนท์ กอกแก้ว* และสุรัชชัย สนิทใจ

Phatanon Kokkaew* and Surachai Sanitjai

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวง
บางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

*Corresponding author, E-mail: phatanon@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นศึกษาอุณหภูมิเปลวไฟจากหัวเผาโดยใช้ก๊าซแอลพีจีและก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการก๊าซซิฟิเคชันด้วยเตาก๊าซซิฟิเคชันแบบไหลลงที่เรียกว่าโปรดิวเซอร์ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงร่วมสำหรับหัวเผานิดผสมกันมาก่อนระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศก่อนการเผาไหม้ (premixed burner) การทดลองทำโดยการปรับอัตราส่วนการป้อนความร้อนของเชื้อเพลิงโปรดิวเซอร์ก๊าซต่อก๊าซแอลพีจีในอัตราส่วน 100 : 0, 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50 เข้าสู่หัวเผาที้อัตราการป้อนความร้อนรวมคงที่ 30 kW ผลการศึกษาอุณหภูมิเปลวไฟตามแนวแกนของเปลวไฟพบว่าอุณหภูมิเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้มีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นตามสัดส่วนการป้อนความร้อนของก๊าซแอลพีจีที่เพิ่มสูงขึ้น โดยที่อัตราส่วนการป้อนความร้อนโปรดิวเซอร์ก๊าซต่อก๊าซแอลพีจีที่ 50 : 50 ให้อุณหภูมิเปลวไฟสูงสุด 1,366 °C และพบว่าในกรณีที่ใช้โปรดิวเซอร์ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียวสามารถผลิตความร้อนที่อุณหภูมิเปลวไฟสูงสุด 1,153 °C

คำสำคัญ: โปรดิวเซอร์ก๊าซ หัวเผานิดเชื้อเพลิงผสมอากาศ อุณหภูมิเปลวไฟ

Abstract

This research aimed to study the flame temperature of the gas burner. Fuel gas was a mixture of LPG and fuel gas produced by the gasification process from down draft gasifier, which was called producer gas. The mixture of producer gas and LPG were applied to premixed burner in which fuel and air was mixed prior to the combustion. The experiment was set by varying the input heat rate ratio between producer gas and LPG at the ratio of 100 : 0, 90 : 10, 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 and 50 : 50. The fuel mixture were fed to the burner at constant rate of total input heat rate of 30 kW. The result of flame temperature along the axial direction revealed that the flame temperature generated from the combustion increased with the proportional input heat rate of LPG. The highest flame temperature of 1,366 °C was generated from ratio of producer gas and LPG at 50:50 by input heat rate. In case of using producer gas at 100% by input heat rate, the maximum flame temperature was 1,153 °C

Keywords: producer gas, premixed burner, flame temperature

1. บทนำ

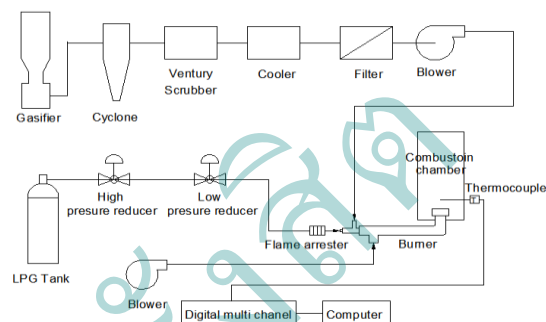
ปัจจุบันได้มีการศึกษาการเปลี่ยนรูปพลังงานเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการก๊าซซิฟิเคชัน ก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) ซึ่งก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้นี้เรียกว่าโปรคิวเซอร์ก๊าซ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงให้กับหัวเผาเพื่อผลิตความร้อน อย่างไรก็ตามโปรคิวเซอร์ก๊าซที่ผลิตได้มีค่าความร้อนต่ำและมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการนำมาใช้งานกับหัวเผาเพื่อประโยชน์ทางความร้อนในอุตสาหกรรม (สุริยจรรยาศักดิ์, 2543) ได้ศึกษาการใช้โปรคิวเซอร์ก๊าซจากเตาก๊าซซิฟิเคอร์แบบไหลลงในการเผาเซรามิกแบบเผาเคลือบที่อุณหภูมิสูงสุด $1,102\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเซรามิกที่ได้มีลักษณะผิวด้านไม่เปลี่ยนสภาพเป็นเนื้อแก้ว เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ต่ำกว่าจุดหลอมละลายของสารเคลือบ (Phoi, 2009) ศึกษาการใช้โปรคิวเซอร์ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงให้กับหัวเผานิค Premixed Burner โดยอุณหภูมิเปลวไฟที่วัดได้สูงสุด $922\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Patel, 2006) ทดลองใช้โปรคิวเซอร์ก๊าซ 40% เป็นเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซล 60% เป็นเชื้อเพลิงร่วมให้กับหม้อต้มไอน้ำขนาด 900 kg/hr .

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณลักษณะและอุณหภูมิเปลวไฟจากการเผาไหม้ของหัวเผานิคเชื้อเพลิงผสมอากาศก่อนการเผาไหม้ โดยใช้เชื้อเพลิงร่วมระหว่างโปรคิวเซอร์ก๊าซและก๊าซแอลพีจี

3. อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยระบบผลิตโปรคิวเซอร์ก๊าซ ระบบจ่ายก๊าซแอลพีจี และระบบทดสอบการเผาไหม้ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังอุปกรณ์การทดลอง

3.1 ระบบผลิต โปรคิวเซอร์ก๊าซ

อุปกรณ์การผลิตโปรคิวเซอร์ก๊าซประกอบด้วยเตาก๊าซซิฟิเคอร์แบบไหลลงขนาด 100 kW ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยใช้ถ่านหินซับบิทูมินัสเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งโปรคิวเซอร์ก๊าซที่ผลิตได้จะถูกทำความสะอาดก่อนการนำไปใช้งานโดยไซโคลนในการดักจับจี๊ถ่านและฝุ่นละอองขนาดใหญ่ จากนั้นทำการดักน้ำมันดินโดย Venturi Scrubber ระบายความร้อนโดย Gas Cooler และทำความสะอาดขั้นตอนสุดท้ายโดย Sand Bed Filter (พงศกร เทียนวิบูลย์, 2553) ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านหินซับบิทูมินัสแสดงในตารางที่ 1 และค่าเฉลี่ยองค์ประกอบและค่าความร้อนของโปรคิวเซอร์ก๊าซที่ผลิตได้แสดงในตารางที่ 2 ส่วนองค์ประกอบและค่าความร้อนของก๊าซแอลพีจีแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ค่าความร้อนของถ่านหิน

Calorific Value (as Received)	
- Moisture Content	23.4 %
- Higher Heating Value	23.73 MJ/kg

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของโปรคิวเซอร์ก๊าซ

Gas Compositions (% by Volume)	
- Carbon Monoxide	1.27
- Hydrogen	21.8
- Methane	5.25
- Carbon Dioxide	8.56
- Nitrogen	63.1
Lower Heating Value	4.12 MJ/Nm ³

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของก๊าซแอลพีจี

Gas Compositions (% by Volume)	
- Propane	50
- Butane	50
Lower Heating Value	97.82 MJ/Nm ³



รูปที่ 2 เตาก๊าซซีฟเอร์แบบไหลลง

3.2 ระบบจ่ายก๊าซแอลพีจี

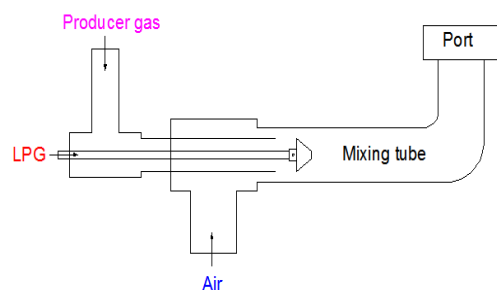
อุปกรณ์ในระบบจ่ายก๊าซแอลพีจีดังแสดงในรูปที่ 3 ประกอบด้วยถังก๊าซแอลพีจีขนาด 38 kg และอุปกรณ์ลดความดันก๊าซซึ่งประกอบด้วย High Pressure Regulator และ Low Pressure Regulator ต่ออนุกรมกัน และติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันไฟย้อนกลับก่อนที่จะจ่ายก๊าซแอลพีจีเข้าสู่หัวเผา



รูปที่ 3 ระบบจ่ายก๊าซแอลพีจี

3.3 ระบบทดสอบการเผาไหม้

ระบบนี้ประกอบด้วยหัวเผานิคมสมกันมาก่อนระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ขนาด 30 kW โดยใช้ก๊าซเชื้อเพลิงร่วมระหว่างโปรคิวเซอร์ก๊าซและก๊าซแอลพีจี ออกแบบหัวเผาให้มีลักษณะเป็นท่อกลมซ้อนกันจำนวน 3 ท่อ ประกอบด้วยท่อชั้นในสุดเป็นท่อสำหรับป้อนก๊าซแอลพีจี ท่อชั้นที่สองเป็นท่อสำหรับป้อนโปรคิวเซอร์ก๊าซและท่อชั้นนอกสุดเป็นท่อสำหรับการป้อนอากาศ จากนั้นเชื้อเพลิงและอากาศจะไหลผสมกันในท่อผสมก่อนการเผาไหม้ โดยมี Buff Body ทำหน้าที่รักษาความเสถียรของเปลวไฟและป้องกันการไหลย้อนกลับของเปลวไฟ รายละเอียดโครงสร้างของหัวเผาแสดงดังรูปที่ 4 ส่วนของห้องเผาไหม้ดังแสดงในรูปที่ 5 ออกแบบให้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 cm สูง 110 cm และติดตั้งช่องระบาย เพื่อสังเกตลักษณะของเปลวไฟ



รูปที่ 4 ลักษณะโครงสร้างของหัวเผา



รูปที่ 5 อุปกรณ์ทดสอบการเผาไหม้

4. วิธีการทดลองและเก็บบันทึกข้อมูล

การทดลองทำโดยกำหนดให้อัตราการป้อนความร้อนรวมที่เข้าสู่หัวเผาคงที่ที่ 30 kW ทำการทดลองจำนวน 6 เงื่อนไข ตามสัดส่วนการป้อนเชื้อเพลิงโปรคิวเซอร์ก๊าซต่อก๊าซแอลพีจี แล้วควบคุมอัตราส่วนการป้อนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนสมดุลเท่ากับ 1 รายละเอียดเงื่อนไขการทดลองแสดงดังตารางที่ 4 และควบคุมอัตราการป้อนเชื้อเพลิงและอากาศดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 เงื่อนไขการทดลอง

เงื่อนไขการทดลองที่	อัตราการป้อนความร้อน		
	โปรคิวเซอร์ก๊าซ (kW)	แอลพีจี (kW)	โปรคิวเซอร์ก๊าซ : แอลพีจี (%)
1	30	0	100 : 00
2	27	3	90 : 10
3	24	6	80 : 20
4	21	9	70 : 30
5	18	12	60 : 40
6	15	15	50 : 50

ตารางที่ 5 การควบคุมอัตราการป้อนเชื้อเพลิงและอากาศ

เงื่อนไขการทดลองที่	อัตราการป้อน		
	โปรคิวเซอร์ก๊าซ (lpm)	แอลพีจี (lpm)	อากาศ (Nm ³ /h)
1	436.73	0	23.61
2	393.06	1.84	23.84
3	349.38	3.68	24.07
4	305.71	5.52	24.30
5	262.04	7.36	24.52
6	218.36	9.20	24.75

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

- 1). ผลิตโปรคิวเซอร์ก๊าซโดยเตาก๊าซซีพีเออร์
- 2). ป้อนอากาศเข้าสู่หัวเผา
- 3). ป้อนโปรคิวเซอร์ก๊าซเข้าสู่หัวเผา
- 4). จุดการเผาไหม้
- 5). ป้อนก๊าซแอลพีจีเข้าสู่หัวเผา
- 6). ปรับอัตราการป้อนเชื้อเพลิงรวมและอากาศให้สอดคล้องกับแต่ละเงื่อนไขการทดลอง
- 7). ทำการวัดอุณหภูมิเปลวไฟและบันทึกผลการทดลอง

4.2 วิธีการวัดและเก็บข้อมูล

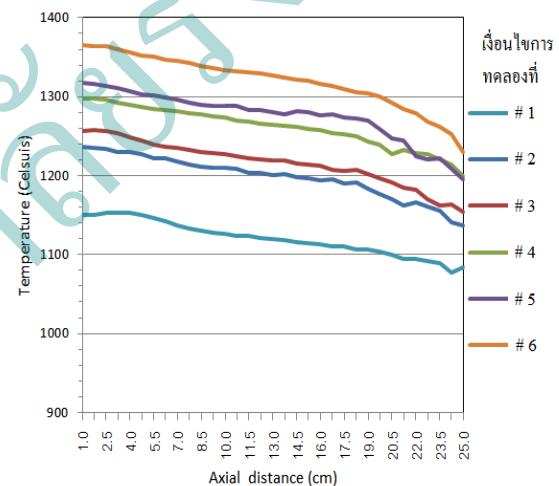
เทอร์โมคัปเปิ้ล Type B ถูกใช้ในการวัดอุณหภูมิเปลวไฟตามแนวแกนยาว 25 เซนติเมตรโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าควบคุมการทำงาน ทำการแปลงสัญญาณจากเทอร์โมคัปเปิ้ลด้วยอุปกรณ์ Digital Multi Chanel Temperature Indicator และบันทึกข้อมูลโดยคอมพิวเตอร์ สำหรับการวัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิงโปรคิวเซอร์ก๊าซได้ใช้ Orifice Meter และใช้ Rota Meter ในการอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี

5. ผลการทดลอง

จากการทดลอง พบว่าอุณหภูมิเปลวไฟได้เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการป้อนความร้อนของก๊าซแอลพีจีที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง โดยที่เงื่อนไขการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นการทดลองโดยป้อนอัตราความร้อนจากโปรคิวเซอร์ก๊าซ 100% พบว่าให้อุณหภูมิเปลวไฟสูงสุด 1,153 °C ที่ระยะห่างจากหัวเผา 3 cm และเมื่อทำการป้อนอัตราความร้อนจากก๊าซแอลพีจีเข้าสู่หัวเผาในอัตราส่วน 10, 20, 30, 40 และ 50 % ตามลำดับ พบว่าอุณหภูมิเปลวไฟสูงสุดที่วัดได้มีค่า 1,236 °C, 1,258 °C, 1,297 °C, 1,318 °C และ 1,366 °C ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิเปลวไฟที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิเปลวไฟแอเดียบัติกที่ได้จากการคำนวณทางเทอร์โมไดนามิกส์อยู่ในช่วงระหว่าง 132 - 200 °C ดังแสดงในตารางที่ 5 ส่วนรูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเปลวไฟตามแนวแกนที่ระยะห่างจากหัวเผา 1 - 25 cm ของเงื่อนไขการทดลองที่ 1 - 6

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบอุณหภูมิเปลวไฟสูงสุดที่วัดได้กับอุณหภูมิเปลวไฟแอเดียบัติกที่ได้จากการคำนวณ

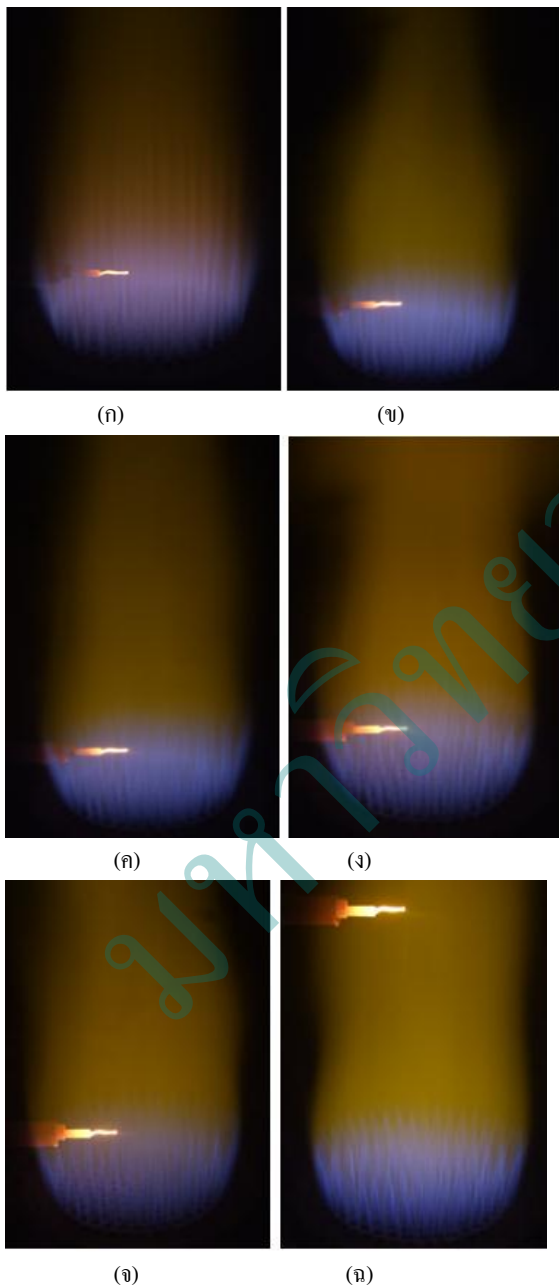
เงื่อนไขการทดลองที่	อุณหภูมิเปลวไฟสูงสุดที่วัดได้	อุณหภูมิเปลวไฟแอเดียบัติก
1	1,153	1,335
2	1,236	1,368
3	1,258	1,411
4	1,297	1,459
5	1,318	1,512
6	1,366	1,567



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบอุณหภูมิเปลวไฟตามแนวแกน ที่ได้จากการทดลองตาม เงื่อนไขการทดลองที่ 1 - 6

เมื่อพิจารณาลักษณะและสีของเปลวไฟ ที่ได้จากการเผาไหม้ ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่าเปลวไฟที่ได้จากเชื้อเพลิงโปรคิวเซอร์ก๊าซ มีลักษณะของฐานเปลวไฟเล็กเรียวแหลม ก่อนข้างยาว มีสีม่วงใส ส่วนตอนกลางของเปลวไฟเป็นสีส้ม และเมื่อป้อนสัดส่วนความร้อนของก๊าซแอลพีจีในอัตราส่วน 10% พบว่าฐานของเปลวไฟเริ่มเปลี่ยนจากสีม่วงใสเป็นสีฟ้า และฐานของเปลวไฟมีลักษณะสั้นลง ส่วนตอนกลางของเปลวไฟเริ่มเปลี่ยนจากสีส้มเป็นสีเหลือง เมื่อทดลองเพิ่มอัตราส่วนการป้อนเชื้อเพลิงก๊าซแอลพีจีมากขึ้นเป็น

50% จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ฐานของเปลวไฟมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีความยาวฐานของเปลวไฟที่สั้นลง สีของฐานเปลวไฟได้เปลี่ยนเป็นสีฟ้าและตอนกลางของเปลวไฟเป็นสีเหลืองอย่างชัดเจน



รูปที่ 6 อุณหภูมิเปลวไฟที่อัตราส่วนการป้อนความร้อน โปรตีน เซอร์แกซต่อแก๊สแอลพีจี (ก) 100 : 0, (ข) 90 : 10, (ค) 80:20, (ง) 70 : 30, (จ) 60 : 40 และ (ฉ) 50 : 50

6. สรุปผลการทดลอง

สัดส่วนการป้อนแก๊สแอลพีจีมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของเปลวไฟ ซึ่งอุณหภูมิเปลวไฟจะสูงเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการป้อนความร้อนของแก๊สแอลพีจีที่ให้กับหัวเผา โดยมีอุณหภูมิเปลวไฟสูงสุด $1,336^{\circ}\text{C}$ ที่อัตราส่วนการป้อนแก๊สแอลพีจี 50% ในกรณีที่ใช้สัดส่วนการป้อนโปรตีนเซอร์แกซ 100% พบว่าเปลวไฟมีอุณหภูมิสูงสุด $1,153^{\circ}\text{C}$ ทั้งนี้อุณหภูมิเปลวไฟที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิเปลวไฟแอเดียติกที่ได้จากการคำนวณ เนื่องจากห้องเผาไหม้ที่ใช้ในการทดลองไม่ได้ทำการหุ้มฉนวน

จากการทดลองทำให้ทราบถึงช่วงของอุณหภูมิที่ได้จากการใช้เชื้อเพลิงร่วมระหว่างโปรตีนเซอร์แกซที่มีค่าความร้อนต่ำกับแก๊สแอลพีจีที่มีค่าความร้อนสูง ให้กับหัวเผานิด Premixed Burner ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับหัวเผาทางอุตสาหกรรม เพื่อผลิตความร้อนให้สอดคล้องกับความต้องการอุณหภูมิในแต่ละอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมหลอมโลหะ อุตสาหกรรมเซรามิก หรือการผลิตความร้อนให้กับหม้อไอน้ำ เป็นต้น

7. เอกสารอ้างอิง

- พงศกร เทียนวิบูลย์. (2553). อิทธิพลของของไหลนาโนต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาผลิตแก๊สซีไฟเออร์แบบไหลลง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สุริย์ จรุงศักดิ์. (2543). การศึกษาการใช้พลังงานความร้อนจากเตาแก๊สชนิดไหลลงเพื่อใช้ในการผลิตเซรามิก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน

คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

- P.R. Phoi. (2009). Emission characteristics and axial flame temperature distribution of producer gas fired premixed burner, Biomass and bioenergy. 33: 469–477.
- S.R Patel. (2006). Field-testing of SPRERI's open core gasifier for thermal application, Biomass and bioenergy. 30: 580–583.

มหาวิทยาลัยรังสิต