

อิทธิพลของความสูงของห้องเผาไหม้แบบหมุนวนต่อพฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแกลบ

Effect of the Height of Swirl Chamber on Combustion Behaviors of Rice Husk Fuel

วิศิษฐ์ สีสานาติกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

235 ถนนเพชรเกษม เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10163

โทร. 0-245-0068, โทรสาร 0-2457-3982

E-mail: wisitle17@yahoo.com, wisit.l@siam.edu

Wisit Lelaphatikul

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Siam University

235 Petkasam Road, Phasicharoen, Bangkok 10163

Tel. 0-2457-0068, Fax 0-2457-3982

E-mail: wisitle17@yahoo.com, wisit.l@siam.edu

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเชิงทดลองของอิทธิพลความสูงห้องเผาไหม้แบบหมุนวนต่อพฤติกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบในเตาเผาเวอร์เทค โดยห้องเผาไหม้ของเตาเผามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.25m(D) ความสูงของห้องเผาไหม้ถูกออกแบบให้สามารถปรับเปลี่ยนขนาดได้ 3 ขนาด คือ 0.75 m (3D), 1.0 m (4D) และ 1.25 m (5D) ตามต้องการ ซึ่งมีการติดตั้งตำแหน่งท่อฉีดอากาศไว้ในแนวสัมผัสรอบ ๆ ผนังเตาเผาไหม้ เพื่อทำให้เกิดการไหลหมุนวนของอากาศภายใน การกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาจะพิจารณาโดยการปรับค่า equivalence ratio (Φ) เท่ากับ 0.8, 1.0 และ 1.2 โดยแต่ละการทดลอง กำหนดอัตราส่วนการไหลเชิงปริมาตรของอากาศทุติยภูมิต่ออากาศทั้งหมด (λ) เท่ากับ 0.0, 0.15 และ 0.25 ที่อัตราการไหลของเชื้อเพลิงแกลบคงที่เท่ากับ 0.2 kg/min จากผลการทดลองที่ความสูงของห้องเผาไหม้ขนาด 1.0 m (4D), $\Phi = 1.0$ และ $\lambda = 0.15$ จะให้อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดภายในเตาเผาประมาณ 1,000 °C ที่บริเวณกึ่งกลางห้องเผาไหม้ คิว้นที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อย และพบว่าก๊าซไอเสียที่วัดจากทางออกท่อไอเสียประกอบด้วย $O_2 = 1.9\%$, $CO_2 = 17.5\%$ และ $CO = 250$ ppm.

คำสำคัญ: ห้องเผาไหม้แบบหมุนวน, การไหลหมุนวนอากาศ

Abstract

This paper presents the experimental study of the height effect of swirl chamber on combustion behaviors of rice husk fuel in a vortex combustor. The diameter of combustion chamber is 0.25m (D). The heights of the combustion chamber are designed to be adjustable for three-size 0.75m (3D), 1.0m (4D) and 1.25 m (5D) as desired with a set of air nozzles placing circumferentially on the combustor to produce air-swirl flow inside. The temperature distribution inside the combustor is measured according to equivalence ratio, Φ of 0.8, 1.0, and 1.2. The ratio of volumetric flow rates of the secondary air to the total air, λ was set to be 0.0, 0.15, and 0.25 for each test condition. The feed rate of rice husk was held constant at 0.2 kg/min. The experiment shows the maximum average temperature about 1,000 °C in the annular chamber can be achieved with less smoke of flue gas when the height of chamber size is 1.0 m (4D), $\Phi = 1.0$ and $\lambda = 0.15$. The emission of exhaust gas from the stack are composed of $O_2 = 1.9\%$, $CO_2 = 17.5\%$ and $CO = 250$ ppm.

Keyword: swirl chamber, air-swirl flow

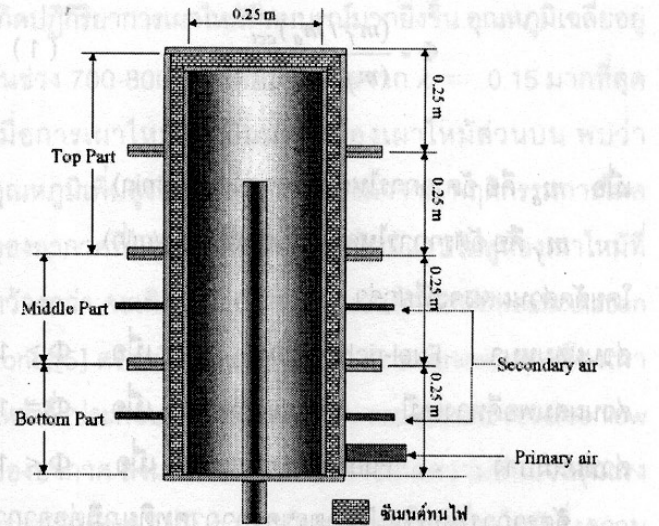
1. บทนำ

เชื้อเพลิงชีวมวล เป็นเชื้อเพลิงที่เกิดจากผลพลอยได้ทางการเกษตรกรรมหรือวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น แกลบ ชี้อย่อย ชานอ้อย เป็นต้น ซึ่งถือเป็นเชื้อเพลิงคุณภาพต่ำ แต่ราคาถูกและสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี ดังจะเห็นได้จาก การนำแกลบใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไอน้ำใช้ในโรงสีข้าวหรือนำความร้อนที่ได้จากการเผาแกลบไปอบเมล็ดพืช เนื่องจากแกลบเป็นวัสดุชีวมวลคุณภาพต่ำ ถ้าใช้วิธีการเผาไหม้แกลบในเตาเปิดปกติจะทำให้ได้ปริมาณความร้อนน้อยกว่าที่ควรจะได้และทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ เนื่องจากเถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้ ฉะนั้นวิธีเผาไหม้เพื่อให้มีประสิทธิภาพของการเผาไหม้ดีที่สุดและสภาพแก๊สที่ออกจากปล่องไฟเป็นมลพิษน้อยที่สุด จึงทำการเผาไหม้ในเตาเผา โดยใช้เทคนิคการหมุนวนของอากาศความเร็วสูงแบบปั่นป่วน ที่มีผู้ได้ศึกษาและนำไปใช้เผาไหม้พวกเชื้อเพลิงถ่านหิน[2] และวัสดุชีวมวลให้ผลดีมาแล้ว [1]

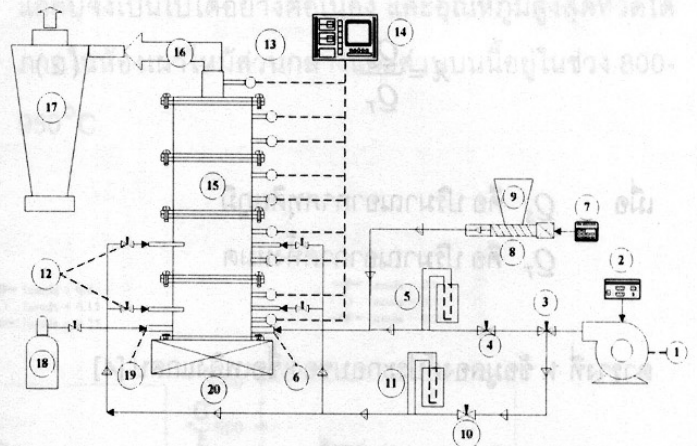
ในบทความนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลความสูงห้องเผาไหม้แบบหมุนวนต่อพฤติกรรมการเผาไหม้ของแกลบภายในเตาเผาแบบวอร์เทค โดยพิจารณาถึงการกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผา วอร์เทค และ องค์ประกอบของก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งการหมุนวนอย่างปั่นป่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเกิดจากผลของ Recirculation zone [4] ซึ่งทำให้ได้ความร้อนสูงสุดที่เกิดจากการเผาไหม้ที่เหมาะสม

2. อุปกรณ์การทดลอง

การออกแบบเตาเผาที่ใช้ในการทดลองนั้น ความสูงของห้องเผาไหม้ที่ใช้ในการทดลองมี 3 ขนาด คือ 0.75 m (3D), 1.0 m (4D) และ 1.25 m (5D) ตามลำดับ(โดยค่า D มีค่าเท่ากับ 0.25 m.) เพื่อทำการทดสอบหาการกระจายอุณหภูมิสูงสุดภายในเตาเผา วอร์เทค ซึ่งลักษณะของเตาเผาแบบวอร์เทคมีลักษณะดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงลักษณะของเตาเผา วอร์เทค ที่มีความสูง 1.0 m (4D) และแกนกลางภายในห้องเผาไหม้



1. Blower 2. Power Supply 3. Bypass Valve 4. Needle Valve
5. Manometer 6. Primary Air Nozzle 7. Inverter 8. Screw Feeder
9. Hopper 10. Needle Valve 11. Manometer 12. Secondary Air Nozzle
13. Thermocouple Type K 14. Digital Thermometer Switch
15. Vortex Combustor 16. Stack 17. Cyclone 18. LPG Supply
19. Burner Nozzle 20. Stand

รูปที่ 2 แสดงชุดอุปกรณ์การทดลอง เตาเผา วอร์เทค

ค่า Equivalence ratio เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้จริงต่อทางทฤษฎี เราจะหาค่า Equivalence ratio ได้จากสมการต่อไปนี้ [3]

$$\Phi = \frac{(m_f / m_a)_{act}}{(m_f / m_a)_{sto}} \quad (1)$$

เมื่อ m_a คือ อัตราการไหลของอากาศ (kg/min)

m_f คือ อัตราการไหลของเชื้อเพลิง (kg/min)

โดยสัดส่วนผสมจะเรียกว่า

ส่วนผสมหนา Fuel-rich mixture เมื่อ $\Phi > 1$

ส่วนผสมพอดีทางเคมี Stoichiometric เมื่อ $\Phi = 1$

ส่วนผสมบาง Fuel-lean mixture เมื่อ $\Phi < 1$

อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศหตุยภูมิต่ออากาศทั้งหมดเป็นตัวแปรที่ศึกษา ในเรื่องของการเพิ่มความดันป่วน ในขณะที่เกิดการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ซึ่งเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ [6]

$$\lambda = \frac{Q_s}{Q_T} \quad (2)$$

เมื่อ Q_s คือ ปริมาณอากาศหตุยภูมิ

Q_T คือ ปริมาณอากาศทั้งหมด

ตารางที่ 1. ข้อมูลองค์ประกอบของเชื้อเพลิงแกลบ [4]

| องค์ประกอบเชื้อเพลิงแกลบ | เปอร์เซ็นต์โดยมวล |
|--------------------------|-------------------|
| Carbon | 38.0 |
| Hydrogen | 5.70 |
| Oxygen | 41.6 |
| Nitrogen | 0.69 |
| Sulfur | 0.06 |
| Volatile matter | 55.6 |
| Fixed carbon | 20.1 |
| Moisture | 10.3 |
| Ash | 14.0 |

3. การทดลอง

1. ติดตั้งเตาเผาไหม้วอร์เทคพร้อมอุปกรณ์การทดลอง (ดังรูปที่ 2) เริ่มทำการอุ่นเตาก่อนการทดลอง หลังจากนั้นป้อน

แกลบและอากาศเพื่อทำการเผาไหม้จนอุณหภูมิภายในเริ่มคงที่.

2. เมื่อ $\lambda = 0.0$ (λ คือ อัตราส่วนการไหลเชิงปริมาตรของอากาศหตุยภูมิต่ออากาศทั้งหมด)

3. ปรับอัตราการไหลของอากาศให้ค่า $\Phi = 0.8$

4. เริ่มบันทึกอุณหภูมิที่ระดับความสูง $x = 0.0625$ m , 0.1875 m , 0.3125 m , 0.4375 m , 0.5625 m ที่ $r/R = 0.30$ และ ที่ตำแหน่ง $x = 0.6875$ m ที่ $r/R = 0.0$

5. บันทึกอุณหภูมิที่เวลา นาทีที่ 10 และ นาทีที่ 20, บันทึกผลการทดลอง สังเกตควันและเก็บซี้ได้จากการเผาไหม้ และ วิเคราะห์องค์ประกอบของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้

6. ทำการทดลองซ้ำข้อ 4 ที่ตำแหน่ง $x = 0.0625$ m, 0.1875 m, 0.3125 m, 0.4375 m และ 0.5625 m วัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง $r/R = 0.65$ และ 1.0 ตามลำดับ ส่วนที่ตำแหน่ง $x = 0.6875$ m วัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง $r/R = 0.30, 0.65$ และ 1.0 ตามลำดับ

7. ทดลองตามข้อที่ 3-6 ปรับ $\Phi = 1.0, 1.2$ ตามลำดับ บันทึกผล

8. ทดลองตามข้อที่ 2-7 ปรับ $\lambda = 0.15$ และ $\lambda = 0.25$ ตามลำดับ บันทึกผลการทดลอง

9. ทำการทดลองตามข้อที่ 1 เพิ่มความสูงของห้องเผาไหม้จาก 0.75 m (3D) เป็น 1.0 m (4D) ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 2-8 โดยเพิ่มการวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง $x = 0.8125$ m, 0.9375 m โดยเริ่มวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง $r/R = 0.0, 0.30, 0.65$ และ 1.0 ตามลำดับ บันทึกผลการทดลอง

10. ทำการทดลองตามข้อที่ 9 เพิ่มความสูงของห้องเผาไหม้จาก 1.0 m (4D) เป็น 1.25 m (5D) ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 4 - 9 โดยเพิ่มการวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง $x = 1.0625$ m, 1.1875 m โดยเริ่มวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่ง $r/R = 0.0, 0.3, 0.65$ และ 1.0 ตามลำดับ บันทึกผลการทดลอง

เมื่อ x คือ ความสูงของเตาเผา วอร์เทค

r/R คือ อัตราส่วนระหว่างตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิในแนวรัศมีต่อรัศมีภายในเตาเผา วอร์เทค

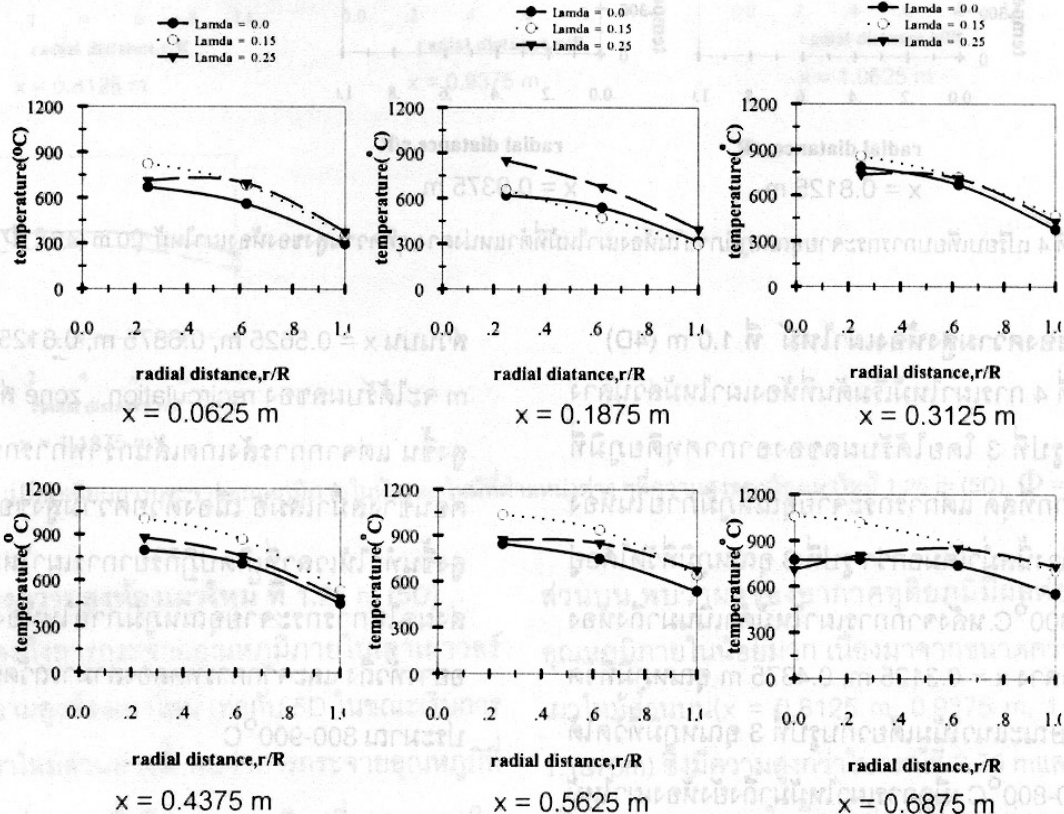
4. ผลการทดลอง

จากผลการทดลองการเผาไหม้เตาเผาแบบวอร์เทค โดยการวัดตำแหน่งอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ส่วนล่าง, ส่วนกลาง และส่วนบน ดังรูปที่ 2 เพื่อศึกษาการกระจายอุณหภูมิที่สม่ำเสมอที่สุด ภายในห้องเผาไหม้ของเตาเผา

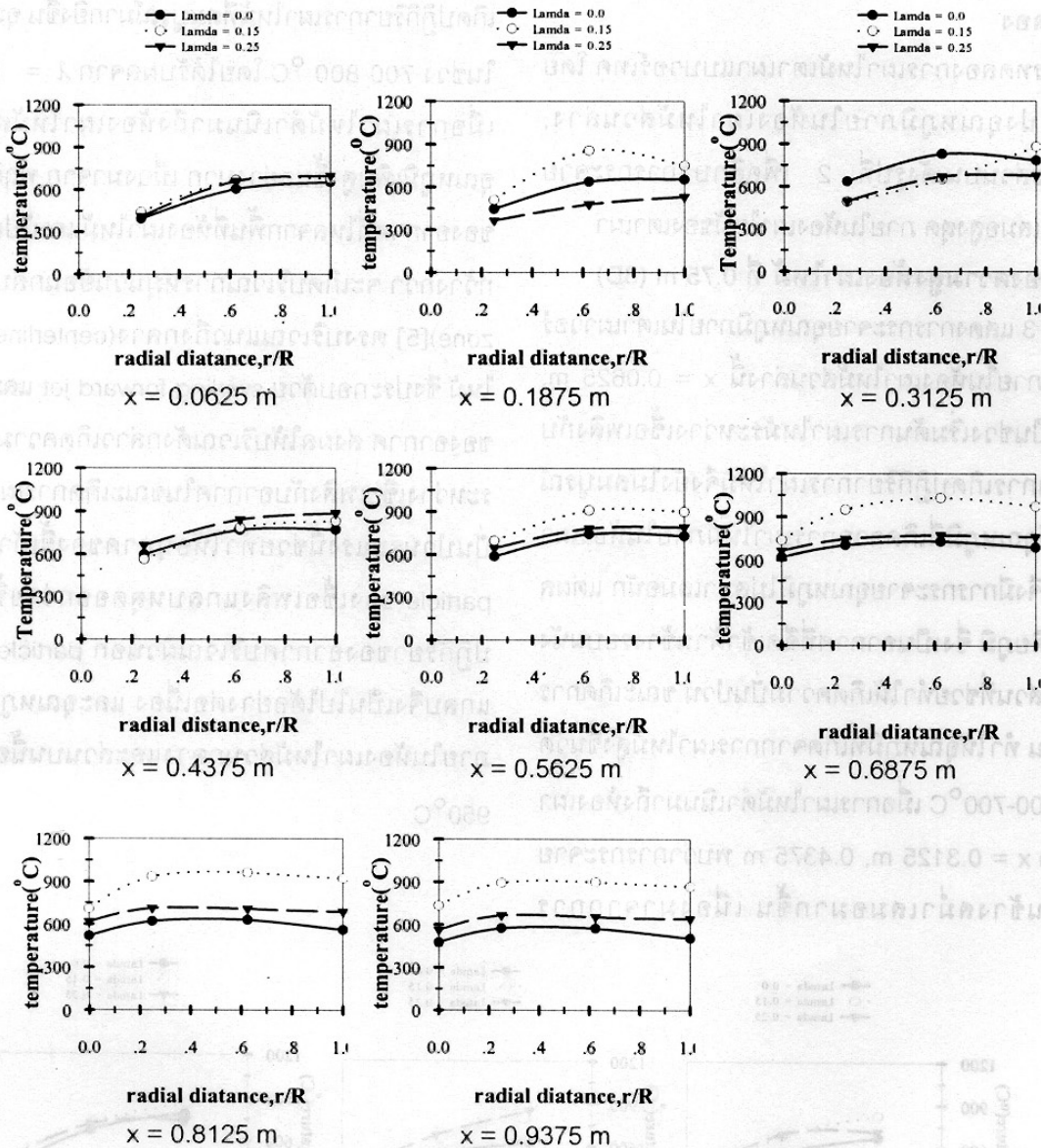
4.1 อิทธิพลของความสูงห้องเผาไหม้ ที่ 0.75 m (3D)

จากรูปที่ 3 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาแบบวอร์เทค เนื่องจากภายในห้องเผาไหม้ส่วนล่างนี้ $x = 0.0625$ m, 0.1875 m เป็นช่วงเริ่มต้นการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ฉะนั้นการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้จึงยังไม่สมบูรณ์มากนัก ทำให้อุณหภูมิที่เกิดจากการเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ส่วนล่างนี้จึงมีการกระจายอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ แต่ผลจากอากาศทุติยภูมิ ซึ่งเป็นอากาศที่ฉีดเข้าด้านข้างรอบผนังห้องเผาไหม้มีส่วนที่ช่วยทำให้เกิดความปั่นป่วน ขณะเกิดการเผาไหม้เพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิที่เกิดจากการเผาไหม้สูงขึ้นวัดได้ประมาณ $600-700^{\circ}\text{C}$ เมื่อการเผาไหม้ดำเนินมาถึงห้องเผาไหม้ส่วนกลาง $x = 0.3125$ m, 0.4375 m พบว่าการกระจายอุณหภูมิก่อนข้างสม่ำเสมอมากขึ้น เนื่องมาจากการ

เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง $700-800^{\circ}\text{C}$ โดยได้รับผลจาก $\lambda = 0.15$ มากที่สุด เมื่อการเผาไหม้ดำเนินมาถึงห้องเผาไหม้ส่วนบน พบว่าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก เนื่องมาจาก พฤติกรรมการไหลของอากาศที่ไหลจากพื้นที่ห้องเผาไหม้แคบไปสู่ห้องเผาไหม้ที่กว้างกว่า จะเกิดบริเวณการหมุนวนย้อนกลับ(recirculation zone)[5] ตรงบริเวณแนวกึ่งกลาง(centerline) ของห้องเผาไหม้ ซึ่งประกอบด้วย swirling forward jet และ reverse flow ของอากาศ ส่งผลให้บริเวณดังกล่าวเกิดความปั่นป่วนรุนแรงระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศในขณะที่เกิดการเผาไหม้ ซึ่งความปั่นป่วนรุนแรงนี้ช่วยทำให้อนุภาคของซีเถ้าที่ติดอยู่กับผิว particle ของเชื้อเพลิงกลับหลุดออกง่ายขึ้น การเข้าทำปฏิกิริยาของอากาศบริเวณผิววนอก particle ของเชื้อเพลิงกลับจึงเป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง และอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้ภายในห้องเผาไหม้ส่วนกลางและส่วนบนนี้อยู่ในช่วง $800-950^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 3 เปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ความสูงของห้องเผาไหม้ 0.75 m (3D), $\Phi = 1.0$

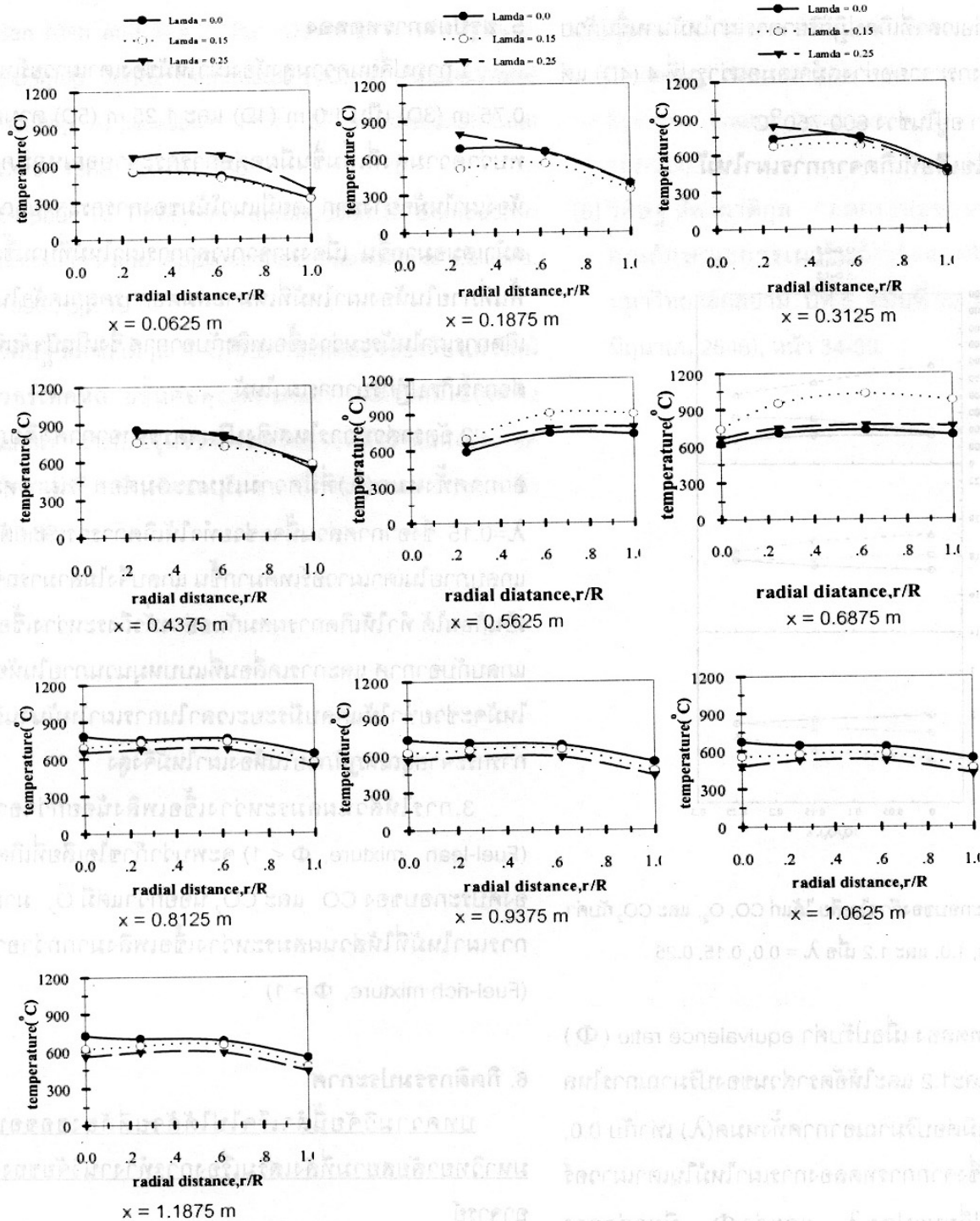


รูปที่ 4 เปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ความสูงของห้องเผาไหม้ 1.0 m (4D), $\Phi = 1.0$

4.2 อิทธิพลของความสูงห้องเผาไหม้ ที่ 1.0 m (4D)

จากรูปที่ 4 การเผาไหม้เริ่มต้นที่ห้องเผาไหม้ส่วนล่าง เช่นเดียวกับรูปที่ 3 โดยได้รับผลของอากาศทุติยภูมิที่ ($\lambda = 0.15$) มากที่สุด แต่การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ส่วนล่างนี้สม่ำเสมอกว่า รูปที่ 3 อุณหภูมิที่วัดได้อยู่ในช่วง 500-800°C หลังจากการเผาไหม้ดำเนินมาถึงห้องเผาไหม้ส่วนกลาง $x = 0.3125$ m, 0.4375 m อุณหภูมิที่วัดได้สูงขึ้นมีลักษณะแนวโน้มเดียวกับรูปที่ 3 อุณหภูมิที่วัดได้อยู่ในช่วง 700-800°C เมื่อการเผาไหม้มาถึงยังห้องเผาไหม้

ส่วนบน $x = 0.5625$ m, 0.6875 m, 0.8125 m และ 0.9375 m จะได้รับผลของ recirculation zone ส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่จากการสังเกตเส้นกราฟการกระจายอุณหภูมิต้นข้างสม่ำเสมอ เนื่องด้วยความสูงของห้องเผาไหม้ที่สูงขึ้นทำให้เวลาที่เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้นานยิ่งขึ้น นั้นส่งผลให้การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เป็นไปอย่างทั่วถึง และจากการทดลองสามารถวัดอุณหภูมิเฉลี่ยได้ประมาณ 800-900°C



รูปที่ 5 เปรียบเทียบการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่ความสูงของห้องเผาไหม้ 1.25 m (5D), $\Phi = 1.0$

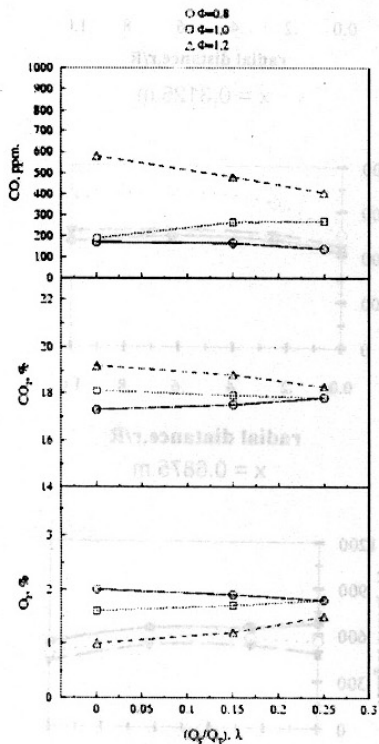
4.3 อิทธิพลของความสูงห้องเผาไหม้ ที่ 1.25 m (5D)

รูปที่ 5 แสดงถึงการกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาออร์เทค ที่มีขนาดความสูงห้องเผาไหม้ เท่ากับ 5D ในขณะที่เริ่มการเผาไหม้ที่ห้องเผาไหม้ส่วนล่างนี้ พบว่าการกระจายอุณหภูมิที่เกิดขึ้นค่อนข้างสม่ำเสมอซึ่งมีช่วงอุณหภูมิอยู่ที่ 500-650°C จากผลการทดลอง ที่ห้องเผาไหม้ส่วนล่าง, ส่วนกลาง และ

ส่วนบน พบว่าผลของอากาศทุติยภูมิมีผลต่อการกระจายอุณหภูมิภายในน้อยมาก เนื่องจากขนาดความสูงของห้องเผาไหม้ส่วนบน ($x = 0.8125 \text{ m}, 0.9375 \text{ m}, 1.0625 \text{ m}$ และ 1.1875 m) ซึ่งมีความสูงกว่าในกรณีที่ 0.75 m และ 1.0 m ทำให้ปริมาตรอากาศภายในมีอยู่อย่างเพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและความสูงของห้องเผาไหม้ส่วนบน

ที่สูงขึ้น ยังส่งผลต่อเวลาที่เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้นานขึ้นด้วย
 อุณหภูมิที่วัดได้จึงกระจายอย่างสม่ำเสมอกว่ารูปที่ 4 (4D) แต่
 อุณหภูมิจะต่ำกว่า อยู่ในช่วง 600-750°C

4.4 ผลของก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้



รูปที่ 6 แสดงองค์ประกอบของก๊าซไอเสีย ได้แก่ CO, O₂, และ CO₂ กับค่า $\Phi = 0.8, 1.0,$ และ 1.2 เมื่อ $\lambda = 0.0, 0.15, 0.25$

จากผลการทดลอง เมื่อปรับค่า equivalence ratio (Φ) เท่ากับ 0.8, 1.0 และ 1.2 และให้อัตราส่วนของปริมาณการไหลของอากาศหตุยภูมิต่อปริมาณอากาศทั้งหมด (λ) เท่ากับ 0.0, 0.15 และ 0.25 ซึ่งจากการทดลองการเผาไหม้ในเตาเผาเวอร์เทค พบว่าการเปลี่ยนแปลง λ และค่า Φ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์, ก๊าซออกซิเจน และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยการทดลองการเผาไหม้ในเตาเผาเวอร์เทคที่ความสูงเท่ากับ 1.0 m(4D) สามารถวัดค่าก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ต่ำสุดได้เท่ากับ 250 ppm, ก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 1.9% และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 17.5% (รูปที่ 6)

5. สรุปผลการทดลอง

1. การเปลี่ยนความสูงห้องเผาไหม้ของเตาเผาเวอร์เทคจาก 0.75 m (3D) เป็น 1.0 m (4D) และ 1.25 m (5D) ตามลำดับพบว่าความสูงที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้อย่างมาก โดยมีแนวโน้มของการกระจายอุณหภูมิสม่ำเสมอมากขึ้น เนื่องมาจากเวลาการเผาไหม้ที่นานขึ้นและพื้นที่ภายในห้องเผาไหม้ที่เหมาะสมต่อการคลุกเคล้าในขณะเกิดการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้

2. อัตราส่วนการไหลเชิงปริมาตรของอากาศหตุยภูมิต่ออากาศทั้งหมด (λ) ที่มีความเหมาะสมต่อการเผาไหม้ คือ $\lambda=0.15$ ซึ่งอากาศส่วนนี้จะช่วยทำให้เกิดการกระจายตัวของแก๊สภายในเตาเผาเวอร์เทคมากขึ้น แก๊สจึงไม่สามารถจับตัวเป็นก้อนได้ ทำให้เกิดการผสมกันอย่างทั่วถึงระหว่างเชื้อเพลิงแก๊สกับอากาศ และการเคลื่อนที่แบบหมุนวนภายในห้องเผาไหม้จะช่วยทำให้แก๊สมีระยะเวลาในการเผาไหม้นานยิ่งขึ้น การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้จึงสูง

3. การให้ส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงน้อยกว่าอากาศ (Fuel-lean mixture, $\Phi < 1$) จะพบว่าก๊าซไอเสียที่เกิดขึ้นมีองค์ประกอบของ CO และ CO₂ น้อยกว่าแต่มี O₂ มากกว่า การเผาไหม้ที่ให้ส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงมากกว่าอากาศ (Fuel-rich mixture, $\Phi > 1$)

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีต้องขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสยามที่ส่งเสริมเรื่องการทำงานวิจัยของคณาจารย์

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Pongjet promvong, "A Low Emission Annular vortex Combustor Firing Rice Husk Fuel: Part II – Experiment Investigation" The First Regional Conference on Energy Technology Towards a Clean Environment, 1st-2nd December 2000 The Empress Hotel, Chang Mai, Thailand.

