

การศึกษาเชิงทดลองของขนาดและความสูงของท่อทิ้งไอเสียต่อคุณลักษณะการเผาไหม้
เชื้อเพลิงแกลบในห้องเผาไหม้แบบหมุนวน

Experimental Study of A Size and Exhaust Pipe Length on Combustion
Characteristics in A Swirl Chamber for Burning Rice Husk Fuel

วิศิษฐ์ ลีลาผาติกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

235 ถนนเพชรเกษม เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10163

โทร. 0-2457-0068, 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

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเชิงทดลองของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงขนาดและความสูงของท่อทิ้งไอเสียต่อคุณลักษณะการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบในห้องเผาไหม้แบบหมุนวน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 250 mm(D) กำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทิ้งไอเสียที่ใช้ในการทดลองมีทั้งสิ้น 3 ขนาด คือ 50 mm(0.2D), 100 mm(0.4D) และ 150 mm(0.6D) ส่วนความสูงของท่อทิ้งไอเสีย ถูกออกแบบให้ปรับเปลี่ยนได้ 4 ระดับ คือ 500 mm(2.0D), 625 mm(2.5D), 750 mm(3.0D) และ 875 mm(3.5D) ตามต้องการ ซึ่งมีการติดตั้งตำแหน่งท่อฉีดอากาศไว้ในแนวสัมผัสรอบๆผนังห้องเผาไหม้เพื่อทำให้เกิดการไหลหมุนวนของอากาศภายใน การกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาจะพิจารณาโดยการปรับค่า equivalence ratio (Φ) เท่ากับ 0.8, 0.9, 1.0, 1.1 และ 1.2 โดยแต่ละการทดลอง กำหนดอัตราส่วนการไหลเชิงปริมาตรของอากาศทุติยภูมิต่ออากาศทั้งหมด (λ) คงที่เท่ากับ 0.15 ที่อัตราการไหลของเชื้อเพลิงแกลบคงที่เท่ากับ 0.2 kg/min จากผลการทดลองการเปลี่ยนขนาดและความสูงของท่อทิ้งไอเสีย เท่ากับ 0.2D และ 2.5D ตามลำดับ, ที่ $\Phi = 0.8$ จะให้อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดภายในเตาเผาประมาณ 1,050 °C และพบว่าก๊าซไอเสียที่วัดจากทางออกท่อไอเสียประกอบด้วย O₂= 4.9 %, CO₂= 11.5 % และ CO= 342 ppm.

คำสำคัญ: ขนาด, ความสูง, ห้องเผาไหม้แบบหมุนวน, การไหลหมุนวนอากาศ

Abstract

This paper presents the experimental study of a shape and exhaust pipe length on combustion characteristics in swirl chamber. The diameter of combustion chamber is 250 mm (D). The diameters of exhaust pipe are designed to be adjustable for three-size: 50 mm (0.2D), 100 mm (0.4D), and 150 mm (0.6D). The height of exhaust pipe is varied to be 4 different lengths: 500 mm (2.0D), 625 mm (2.5D), 750 mm (3.0D) and 875 mm (3.5D) as desired with a set of air nozzles placing circumferentially on the chamber to produce air-swirl flow inside. The temperature distribution inside the combustor is measured according to equivalence ratio, Φ of 0.8, 0.9, 1.0, 1.1 and 1.2. The ratio of volumetric flow rates of the secondary air to the total air (λ) was fixed at 0.15. The feed rate of rice husk was held constant at 0.2 kg/min. The experiment shows the maximum average temperature about 1,050 °C when a shape and exhaust pipe length is 0.2D and 2.5D respectively, $\Phi = 0.8$. The emission of exhaust gas from the stack are composed of O₂=4.9 %, CO₂=11.5 % and CO=342 ppm.

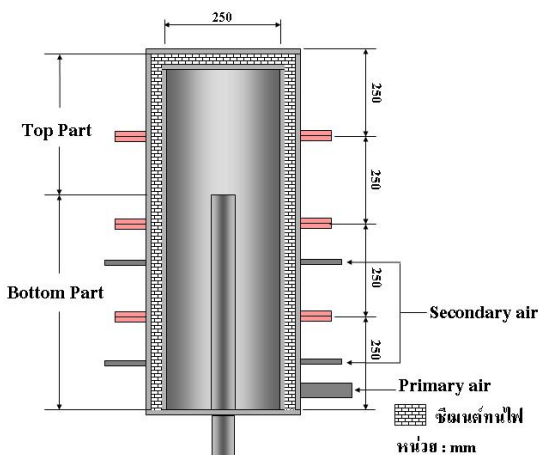
Keywords: size, length, swirl chamber, air-swirl flow

1. บทนำ

ปัจจุบันวิกฤตการณ์การใช้พลังงานมีเพิ่มอย่างมาก ทั้งทางภาคอุตสาหกรรม, เกษตรกรรมและการประมง ซึ่งพลังงานดังกล่าวส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดจะได้อาจมาจากน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ แต่ในขณะนี้ราคาน้ำมันในตลาดโลกมีราคาสูงขึ้นอยู่ทุกวัน จึงทำให้ทั้งองค์กรรัฐและเอกชนต่างให้ความสนใจในการวิจัยและพัฒนาวัสดุเหลือใช้ทางภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม เพื่อนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทนแหล่งทรัพยากรทางธรรมชาติเดิมซึ่งได้แก่ น้ำมันปิโตรเลียม, ก๊าซธรรมชาติ ที่นับวันกำลังลดลงเรื่อยๆ เชื้อเพลิงชีวมวล เป็นเชื้อเพลิงที่เกิดจากผลพลอยได้ทางการเกษตรกรรมหรือวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น แกลบ ชี้เลื้อย ชานอ้อย เป็นต้น ซึ่งถือเป็นเชื้อเพลิงคุณภาพต่ำ แต่ราคาถูกและสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี ดังจะเห็นได้จาก การนำแกลบใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไอน้ำใช้ในโรงสีข้าวหรือให้ความร้อนที่ได้จากการเผาแกลบไปอบเมล็ดพืช เนื่องจากแกลบเป็นวัสดุชีวมวลคุณภาพต่ำ ถ้าใช้วิธีการเผาไหม้แกลบในเตาเปิดกติกจะทำให้ได้ปริมาณความร้อนน้อยกว่าที่ควรจะได้ และทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ เนื่องจากขี้เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้ ฉะนั้นวิธีเผาไหม้เพื่อให้มีประสิทธิภาพของการเผาไหม้ที่ดีที่สุดและสภาพแก๊สที่ออกจากปล่องไฟเป็นมลพิษน้อยที่สุด โดยใช้เทคนิคการหมุนวนของอากาศความเร็วสูงแบบปั่นป่วน ที่มีผู้ได้ศึกษาและนำไปใช้เผาไหม้พวกเชื้อเพลิงถ่านหิน[1] และวัสดุชีวมวลให้ผลดีมาแล้ว [2]

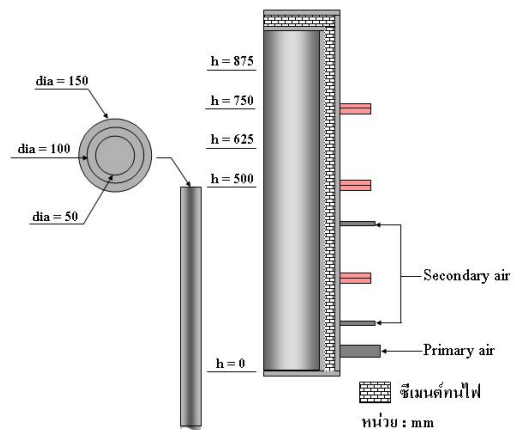
ในบทความนี้ได้ทำการศึกษาคือพลขนาดและความสูงของท่อทิ้งไอเสียในห้องเผาไหม้แบบหมุนวน โดยพิจารณาถึงการกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาออร์เทค และ องค์ประกอบของก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งการหมุนวนอย่างปั่นป่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเกิดจากผลของ Recirculation zone [3] ซึ่งทำให้ได้ความร้อนสูงสุดที่เกิดจากการเผาไหม้ที่เหมาะสม

2. อุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 1 แสดงลักษณะของเตาเผาออร์เทค และท่อทิ้งไอเสียภายในห้องเผาไหม้แบบหมุนวน

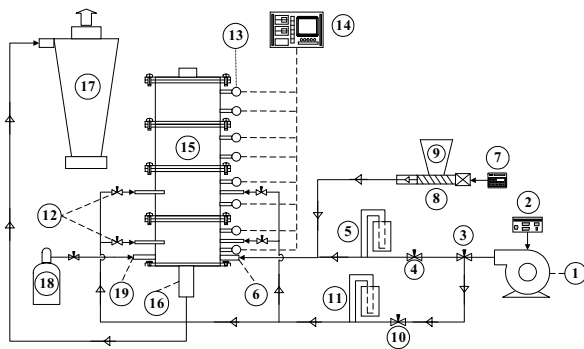
การออกแบบเตาเผาที่ใช้ในการทดลองนั้น กำหนดห้องเผาไหม้แบบหมุนวน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 250 mm(D) กำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทิ้งไอเสียที่ใช้ในการทดลองมีทั้งสิ้น 3 ขนาด คือ 50 mm(0.2D), 100 mm(0.4D) และ 150 mm(0.6D) ส่วนความสูงของท่อทิ้งไอเสีย ถูกออกแบบให้ปรับเปลี่ยนได้ 4 ระดับ คือ 500 mm(2.0D), 625 mm(2.5D), 750 mm(3.0D) และ 875 mm(3.5D) เพื่อทำการทดสอบหาการกระจายอุณหภูมิสูงสุด ภายในห้องเผาไหม้แบบหมุนวน ซึ่งมีลักษณะและมิติ ต่างๆ ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงขนาดและความสูงของท่อทิ้งไอเสีย

ในการติดตั้งชุดอุปกรณ์การทดลอง เริ่มต้นจากการประกอบตัวเตาเผาไหม้แต่ละส่วนเข้าด้วยกัน เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการติดตั้ง Thermocouple Type K จำนวน 6 ตัวเข้ากับชุด Digital Thermometer And Multichannel Switch (14) โดยอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ประกอบด้วยอากาศ 2 ส่วนด้วยกัน คือ อากาศส่วนปฐมภูมิ (Primary Air)และอากาศส่วนทุติยภูมิ (Secondary Air) ซึ่งได้จากแหล่งต้นกำลังแหล่งเดียวกัน คือ Blower (1) มีชุด Power Supply (2) ใช้ทำหน้าที่ปรับความเร็วรอบของชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนของ Blower (1) ในส่วนของอากาศในท่อ Primary Air จะผ่านชุด Needle Valve (4) ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมอัตราการไหล และวัดอัตราการไหลผ่านชุด Orifice Plate และ Manometer(5) ซึ่งอากาศส่วนปฐมภูมิ จะเข้าไปผสมกับแกลบที่ชุดท่อลมของเครื่องป้อนแกลบ โดยแกลบจะถูกบรรจุภายใน Hopper(9) จะลำเลียงเข้าสู่ชุดท่อลมโดยใช้ Screw Feeder(8) และมี Inverter(7) เป็นชุดปรับรอบความเร็วของมอเตอร์ เพื่อทำให้เกิดการผสมและคลุกเคล้าอากาศกับเชื้อเพลิงก่อนเข้าสู่เตาเผาไหม้ ส่วน Secondary Air จะผ่านเข้าสู่ท่อลมโดยมีชุด Needle Valve(10) ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลและวัดอัตราการไหลผ่านชุด Orifice Plate และ Manometer (11) และจะแบ่งอากาศส่วนนี้ออกเป็น 8 ส่วนเท่า ๆ กันเพื่อจ่ายลมให้กับเตาเผาส่วนกลาง (4 ส่วน) และเตาเผาส่วนล่าง (4 ส่วน) โดยจะจ่ายลมเข้าทางผนังบริเวณกึ่งกลางเตาเผา ซึ่งท่อลมจะติดตั้งสัณฐานด้านในของห้องเผาไหม้และตั้งฉากกับรัศมีเตาทุก ๆ 90 องศา ทั้งเตาเผาส่วนบนและส่วนล่าง เมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์เรียบร้อยแล้วจึงเริ่มทำการอุ่นเตาเผาไหม้ แสดงดังรูปที่ 3

ในการเผาไหม้นั้นจำเป็นต้องมีการอุ่นเตาก่อนเสมอ โดยจะอุ่นเตาด้วย LPG Supply (18) โดยใช้หัว Burner เป็นตัวปรับเปลวไฟให้เป็นสีน้ำเงิน จากนั้นนำเข้าไปที่ท่ออุ่นเตาของเตาเผา(19) เพื่อให้มีอุณหภูมิสูงที่เหมาะสมต่อการเผาไหม้เสียก่อน ซึ่งในขั้นต้นเริ่มอุ่นเตาให้มีอุณหภูมิประมาณ 450°C จนอุณหภูมิภายในเริ่มคงที่ จึงทำการ Feed เชื้อเพลิงแกลบเข้าไปในปริมาณน้อย เพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้ ซึ่งหลังจากแกลบถูกเผาไหม้แล้วจะคายค่าความร้อนของแกลบออกมา มีผลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น จนอุณหภูมิภายในสูงถึงประมาณ 600-700°C ซึ่งขณะนี้แกลบสามารถติดไฟได้ด้วยตัวเองแล้ว จึงหยุดให้ LPG Supply แล้วเริ่มทำการทดลองต่อไป



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

รูปที่ 3 ผังแสดงชุดอุปกรณ์การทดลอง เตาเผาออร์เทค

ค่า Equivalence ratio เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้จริงต่อทางทฤษฎี เราจะหาค่า Equivalence ratio ได้จากสมการต่อไปนี้ [4]

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

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	$\Phi < 1$

อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศทุกชนิดต่ออากาศทั้งหมดเป็นตัวแปรที่ศึกษา ในเรื่องของการเพิ่มความปั่นป่วนในขณะที่เกิดการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ซึ่งเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ [5]

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

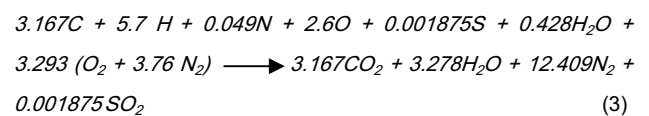
เมื่อ Q_s คือ ปริมาณอากาศทุกชนิด

Q_T คือ ปริมาณอากาศทั้งหมด

ตารางที่ 1. ข้อมูลองค์ประกอบของเชื้อเพลิงแกลบ [6]

Composition of rice husk	Percent (%)
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

นำค่าที่ได้จากตารางมาสมมูลสมการทางเคมี จะได้สมการเผาไหม้พอดีทางเคมี ดังต่อไปนี้



3. การทดลอง

1. ติดตั้งเตาเผาไหม้ออร์เทคพร้อมอุปกรณ์การทดลอง (ดังรูปที่ 3) ที่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และ ความสูงของท่อไอเสียท่อไอเสียเท่ากับ 0.2D และ 2.0D ตามลำดับ (D = 250 mm) (ดังรูปที่ 2) เริ่มทำการอุ่นเตาก่อนการทดลอง หลังจากนั้นป้อนแกลบและอากาศเพื่อทำการเผาไหม้จนอุณหภูมิภายในเริ่มคงที่.

2. กำหนดค่า $\lambda = 0.15$ คงที่ [5] (λ คือ อัตราส่วนการไหลเชิงปริมาตรของอากาศทุกชนิดต่ออากาศทั้งหมด)

3. ปรับอัตราการไหลของอากาศให้ค่า $\Phi = 0.8$

4. เริ่มบันทึกอุณหภูมิที่ระดับความสูง $x = 0.0625$ m , 0.1875 m , 0.3125 m , 0.4375 m , 0.5625 m และ 0.6875 m (x คือ ความสูงของเตาเผาออร์เทค)

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

6. ทดลองตามข้อที่ 3-5 ปรับ $\Phi = 1.0$ และ 1.2 ตามลำดับ บันทึกผลการทดลอง

7. ทำการทดลองตามข้อที่ 1 เพิ่มความสูงของท่อไอเสียท่อไอเสียเท่ากับ 2.5D, 3.0D และ 3.5D ตามลำดับ ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 2-6 บันทึกผลการทดลอง

8. ทำการทดลองตามข้อที่ 1 เปลี่ยนขนาดของท่อทั้งไอเสียจาก 0.2D เป็น 0.4D และ 0.6D ตามลำดับ ทำการทดลองซ้ำข้อที่ 2-7 บันทึกผลการทดลอง

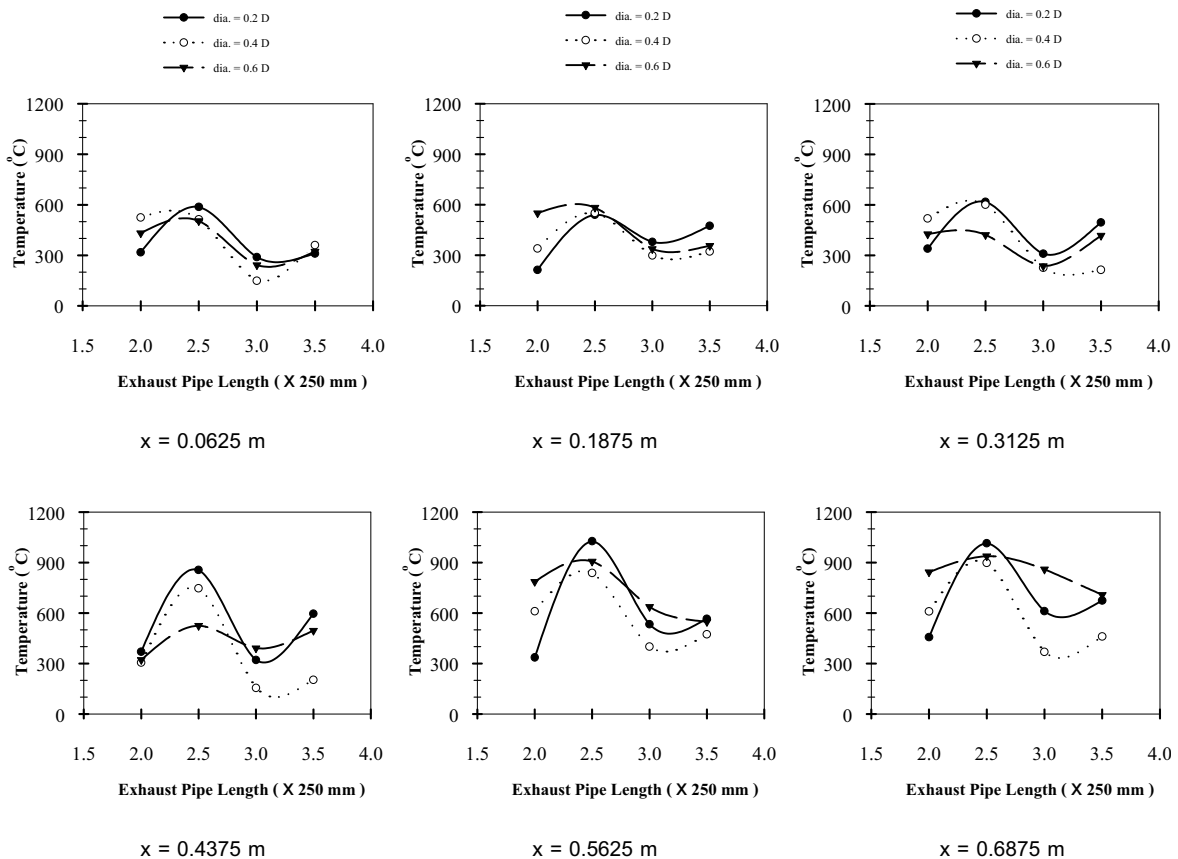
4. ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง การเผาไหม้เชื้อเพลิงแอลกอฮอล์ในห้องเผาไหม้แบบหมุนวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 mm โดยการวัดตำแหน่งอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้จะแบ่งห้องเผาไหม้ออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนล่าง และส่วนบน โดยห้องเผาไหม้ส่วนล่าง จะกำหนดตั้งแต่ในส่วนที่มีแกนกลางท่อทั้งไอเสียอยู่ และห้องเผาไหม้ส่วนบนคือ ส่วนของห้องเผาไหม้ตั้งแต่เหนือแกนท่อทั้งไอเสียขึ้นไป ดังรูปที่ 1 และ 2 โดยจะทำการศึกษา การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้แบบหมุนวนของเตาเผา

4.1 อิทธิพลของขนาดและความสูงท่อทั้งไอเสีย ที่ $\Phi = 0.8$

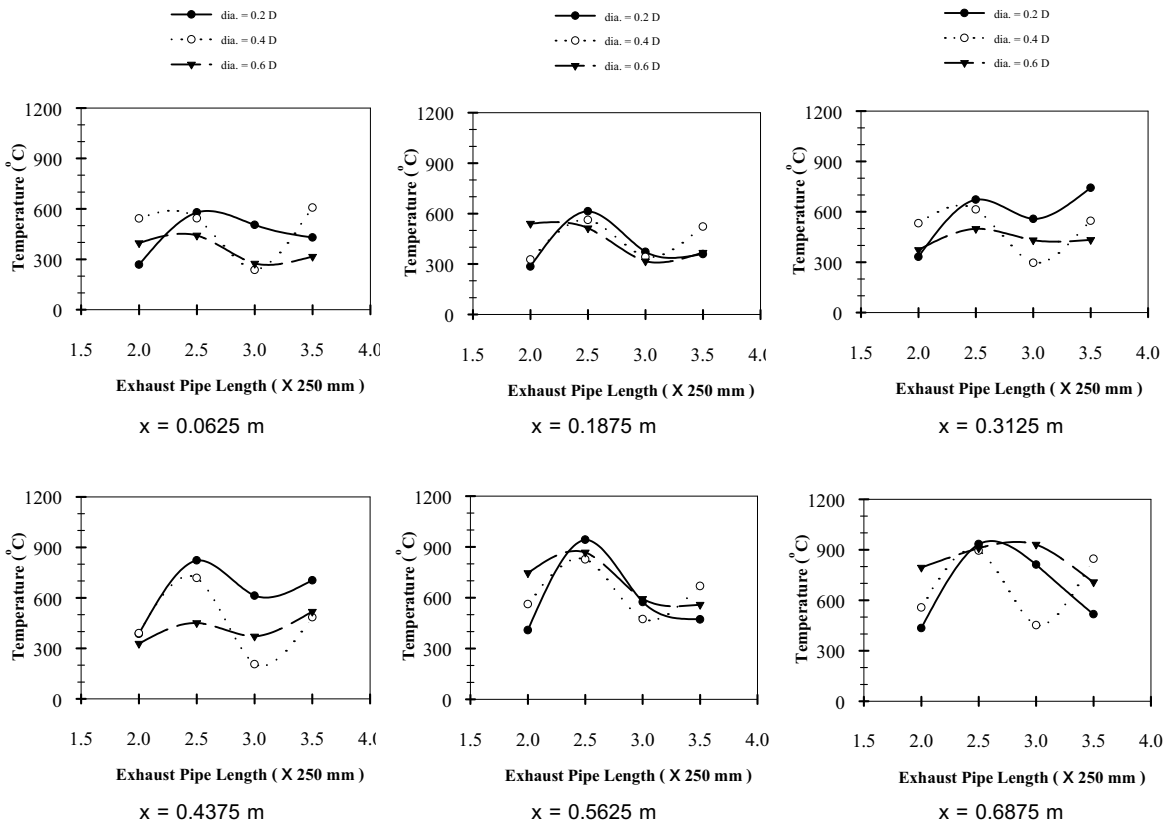
จากรูปที่ 4 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เนื่องจากภายในห้องเผาไหม้ส่วนล่างนี้ ที่ $x = 0.0625$ m, 0.1875 m เป็นช่วงเริ่มต้นการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ฉะนั้นการเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้จึงยังไม่สมบูรณ์มากนัก ทำให้อุณหภูมิที่เกิดขึ้น

จากการเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ส่วนล่างนี้จึงมีการกระจายอุณหภูมิในช่วงแคบ ๆ มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 300-600 °C แต่ผลจากอากาศทุติยภูมิ ซึ่งเป็นอากาศที่ฉีดเข้าด้านข้างรอบผนังห้องเผาไหม้มีส่วนที่ช่วยทำให้เกิดความปั่นป่วน ขณะเกิดการเผาไหม้เพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิที่เกิดจากการเผาไหม้สูงขึ้น ที่ตำแหน่ง $x = 0.4375$ m วัดอุณหภูมิได้ประมาณ 600-900 °C เมื่อการเผาไหม้ดำเนินมาถึงห้องเผาไหม้ส่วนบน $x = 0.5625 - 0.6875$ m พบว่าการกระจายอุณหภูมิสูงมากขึ้น ถึงประมาณ 1,050 °C เนื่องมาจากห้องเผาไหม้ส่วนบน เกิด recirculating flow [7] ส่งผลต่อความปั่นป่วนรุนแรงเพิ่มขึ้น อุณหภูมิจึงสูงขึ้นอย่างมาก จากการทดลองที่ความสูงของท่อทั้งไอเสียที่ 2.5D ให้ อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด สูงกว่าที่ 3.0D และ 3.5D เนื่องจากที่ความสูง 2.5D มีพื้นที่ห้องเผาไหม้ส่วนบนมากกว่า ทำให้การคลุกเคล้าระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ในขณะที่เกิดการเผาไหม้เป็นไปอย่างทั่วถึงและยังส่งผลดีต่อเวลาในการเผาไหม้นานยิ่งขึ้นด้วย ส่วนขนาดของท่อทั้งไอเสียที่ 0.2D จากการทดลองพบว่า จะให้อุณหภูมิการเผาไหม้สูงกว่าที่ 0.4D และ 0.6D เนื่องจากท่อไอเสียขนาดใหญ่เกินไป จะทำให้พื้นที่ภายในห้องเผาไหม้ลดลงด้วย จึงส่งผลต่อ เวลาในการเผาไหม้ รวมถึงการคลุกเคล้าระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศเป็นไปอย่างไม่ทั่วถึง การเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่ห้องเผาไหม้ส่วนล่าง จึงมีอุณหภูมิไม่สูงมากนัก

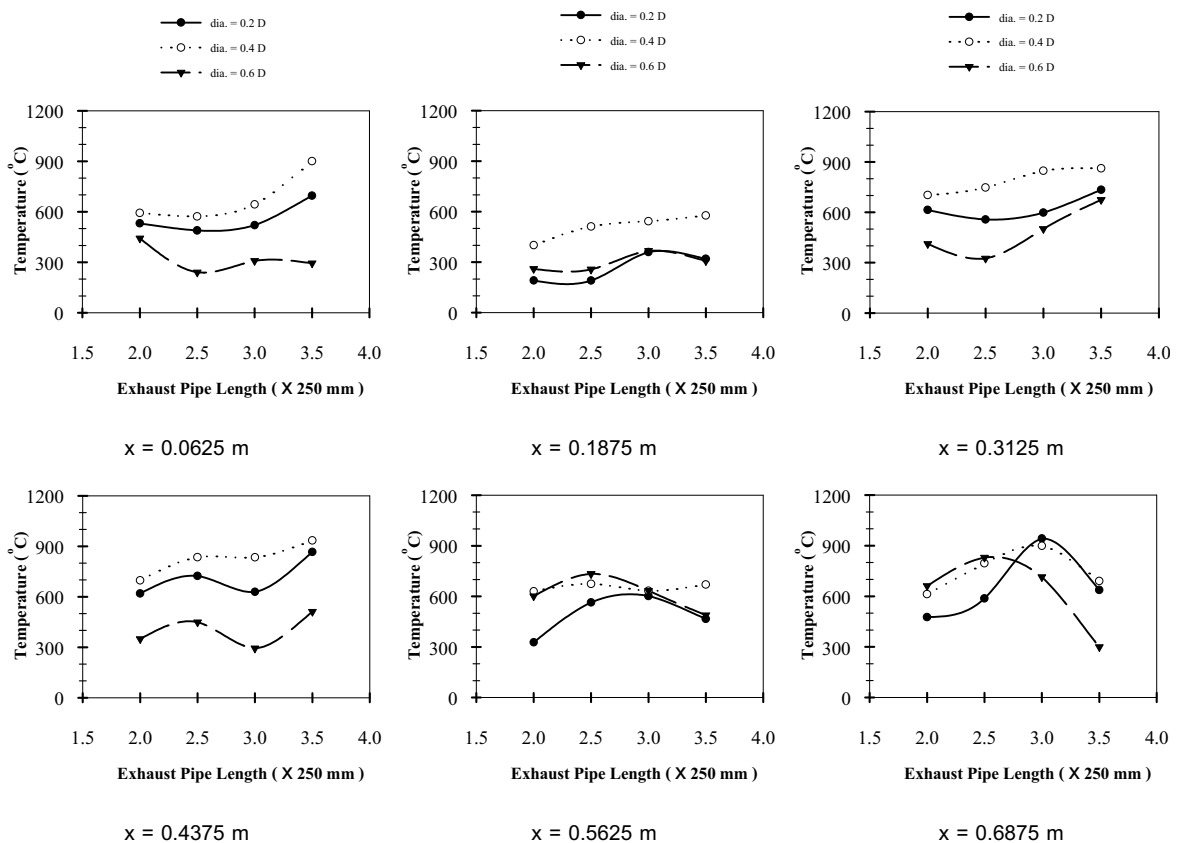


รูปที่ 4 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 mm ณ ตำแหน่งวัดอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ $\Phi = 0.8$

TSF002



รูปที่ 5 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 mm ณ ตำแหน่งวัดอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ $\Phi = 1.0$



รูปที่ 6 เปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 mm ณ ตำแหน่งวัดอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ $\Phi = 1.2$

4.2 อิทธิพลของขนาดและความสูงท่อทิ้งไอเสีย ที่ $\Phi = 1.0$

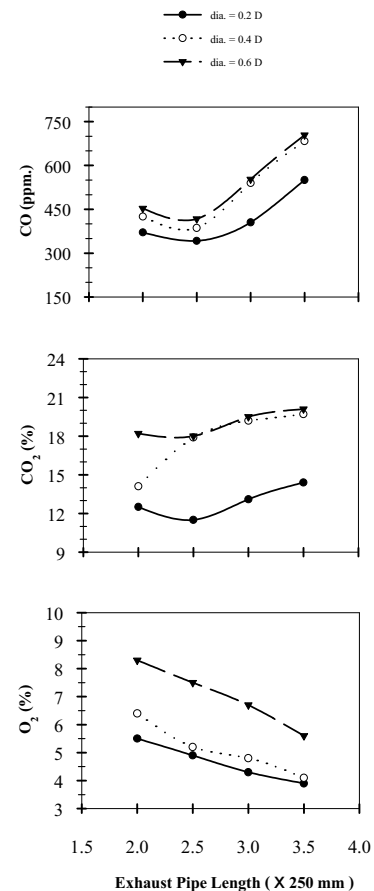
จากรูปที่ 5 การเผาไหม้เริ่มต้นที่ห้องเผาไหม้ส่วนล่าง โดยได้รับผลของอากาศทุติยภูมิ แต่การกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ส่วนล่างนี้ค่อนข้างจะสม่ำเสมอกว่ารูปที่ 4 อุณหภูมิที่วัดได้อยู่ในช่วง 350-600°C หลังจากการเผาไหม้ดำเนินมาถึงห้องเผาไหม้ส่วนบน $x = 0.5625$ m อุณหภูมิที่วัดได้สูงขึ้นมีลักษณะแนวโน้มเดียวกับรูปที่ 4 เมื่อการเผาไหม้มาถึงยังห้องเผาไหม้ส่วนบน $x = 0.5625 - 0.6875$ m จะได้รับผลของ recirculating flow [7] ส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่จากการสังเกตเส้นกราฟการกระจายอุณหภูมิก่อนข้างสูงกว่าบริเวณห้องเผาไหม้ส่วนล่างมาก และจากการทดลองสามารถวัดอุณหภูมิเฉลี่ยที่ห้องเผาไหม้ส่วนบนได้ประมาณ 900°C

4.3 อิทธิพลของขนาดและความสูงท่อทิ้งไอเสีย ที่ $\Phi = 1.2$

รูปที่ 6 เนื่องจากกรณีนี้ อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้น้อยกว่าเชื้อเพลิง อิทธิพลของขนาดท่อทิ้งไอเสียที่ 0.4D จะให้การกระจายอุณหภูมิสูงสุด เพราะพื้นที่ภายในห้องเผาไหม้ส่วนล่างลดลง เนื่องจากถูกแทนที่ด้วยขนาดท่อทิ้งไอเสียที่ใหญ่ขึ้น จึงทำให้พื้นที่ภายในห้องเผาไหม้บริเวณนี้ ใช้อากาศในการเผาไหม้กับเชื้อเพลิงลดลงตามสัดส่วนของพื้นที่ ที่ลดลง ซึ่งจะตรงกับการทดลองในกรณีที่ $\Phi = 1.2$ ฉะนั้นที่บริเวณห้องเผาไหม้ส่วนล่าง ($x = 0.0625 - 0.4375$ m) ที่ขนาดท่อทิ้งไอเสีย 0.4D การกระจายอุณหภูมิสูงสุดวัดได้ประมาณ 700-900°C และพบว่าในช่วงนี้ ระดับความสูงของท่อทิ้งไอเสียมีผลต่อการกระจายอุณหภูมิไม่มากนัก ซึ่งที่ห้องเผาไหม้ส่วนบน $x = 0.6875$ m ที่ขนาดท่อทิ้งไอเสีย 0.4D การเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศเริ่มลดลง แต่ที่ขนาดท่อทิ้งไอเสีย 0.2D กลับเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเชื้อเพลิงกับอากาศที่เผาไหม้ยังไม่สมบูรณ์ ในห้องเผาไหม้ส่วนล่างนั้น จะเริ่มปฏิบัติการเผาไหม้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นที่ช่วงห้องเผาไหม้ส่วนบนนี้ และ ที่ขนาดและความสูงของท่อทิ้งไอเสีย 0.2D และ 3.0D ตามลำดับ วัดอุณหภูมิสูงสุดได้ประมาณ 950 °C

4.4 ผลของก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้

จากผลการทดลอง เมื่อปรับค่า equivalence ratio (Φ) เท่ากับ 0.8, 1.0 และ 1.2 และให้อัตราส่วนของปริมาณการไหลของอากาศทุติยภูมิต่อปริมาณอากาศทั้งหมด(λ) คงที่ เท่ากับ 0.15 ซึ่งจากการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลง ขนาดและความสูงของท่อทิ้งไอเสีย มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์, ก๊าซออกซิเจน และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทิ้งไอเสียที่มีขนาดใหญ่เกินไป และอยู่ในระดับความสูงที่ต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของห้องเผาไหม้(จากรูปที่ 2) โดยตำแหน่งดังกล่าวจะเป็นระดับเดียวกับช่วงบริเวณที่มีการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศยังไม่สมบูรณ์มากนัก ซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงเหล่านั้นจำนวนหนึ่งหลุดออกทางท่อทิ้งไอเสียจากห้องเผาไหม้ ทำให้มีปริมาณ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้อยู่ในระดับสูง โดยการทดลองการเผาไหม้ในเตาเผาเวอร์เทคที่ $\Phi = 0.8$ โดยขนาดและความสูงของท่อทิ้งไอเสียเท่ากับ 0.2D และ 2.5D ตามลำดับ สามารถวัดค่าก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ต่ำสุดได้เท่ากับ 342 ppm., ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 11.5% และ ก๊าซออกซิเจนเท่ากับ 4.9% (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 องค์ประกอบของก๊าซไอเสีย ประกอบด้วย CO, CO₂, และ O₂

5. สรุปผลการทดลอง

1. การเปลี่ยนความสูงของท่อทิ้งไอเสียภายในห้องเผาไหม้ของเตาเผาเวอร์เทค พบว่าความสูงที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ส่วนล่างน้อยมาก แต่มีผลอย่างมากกับห้องเผาไหม้ส่วนบน เนื่องมาจากผลของ recirculating flow [7] ทำให้เกิดความปั่นป่วนต่อการคลุกเคล้าระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ในขณะที่เกิดปฏิบัติการเผาไหม้ ซึ่งเป็นปัจจัยด้านบวกต่อการกระจายอุณหภูมิภายใน ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นอย่างมาก ส่วนอิทธิพลของขนาดท่อไอเสีย นั้น ถ้าท่อทิ้งไอเสียมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เกินไป จะส่งผลให้พื้นที่ภายในห้องเผาไหม้ลดลง และ เวลาในการเผาไหม้ก็จะน้อยลงเช่นกัน การเกิดปฏิบัติการเผาไหม้จึงเกิดไม่สมบูรณ์ อุณหภูมิที่วัดได้จึงไม่สูงมากนัก
2. การให้ส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงน้อยกว่าอากาศ ($\Phi < 1$) จะสอดคล้องตามหลักการ การเผาไหม้จริง ที่จำเป็นต้องให้อากาศมากกว่าเชื้อเพลิง จึงจะให้ผลการกระจายอุณหภูมิที่สูงและมลพิษต่ำ ซึ่งพบว่า ก๊าซไอเสียที่เกิดขึ้นมีองค์ประกอบของ CO และ CO₂ น้อยกว่า การเผาไหม้ที่ให้ส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงมากกว่าอากาศ ($\Phi > 1$)
3. ในขณะที่เกิดการเผาไหม้ อากาศทุติยภูมิมีส่วนช่วย ทำให้อุณหภูมิจากการเผาไหม้สูงขึ้น เนื่องจากอากาศส่วนนี้จะเข้าไปทำให้เกิดความปั่นป่วนระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ส่งผลให้อากาศสามารถ

เข้าทำปฏิกิริยาการเผาไหม้กับเชื้อเพลิงได้อย่างทั่วถึง ซึ่งอุณหภูมิที่วัดได้ ณ ตำแหน่งที่มีท่อฉีดอากาศทุติยภูมิจะมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณใกล้เคียงกันที่ไม่มีอากาศทุติยภูมิ

6. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีต้องขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ส่งเสริมเรื่องการทำงานวิจัยของคณาจารย์ และ ท่านอาจารย์ รศ.ดร. พงษ์เจต พรหมวงศ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Sen Nieh and Tim T. Fu, "Development of a Non-Slagging Vortex Combustor (VC) for Space/Water Heating Applications" Proc. 5th International Coal Conf., 1988, pp. 761-768.
- [2] 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.
- [3] David G. Sloan, Philip J. Smith and L. Douglas Smooth "Modeling of Swirl in Turbulent Flow Systems" Energy Combustion Sci, 1986, Vol. 12, pp. 163-250.
- [4] Stephen R. Turns, "An Introduction to Combustion (Concepts and Applications), International Editions", 1996, pp. 19.
- [5] วิศิษฐ์ สีสลาผาดิกุล "Effect of The Height of Swirl Chamber on Combustion Behaviors of Rice Husk Fuel" การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19 จังหวัดภูเก็ต, 19-21 ตุลาคม 2548. หน้า 1,121-1,127
- [6] วิศิษฐ์ สีสลาผาดิกุล "การศึกษาเชิงทดลองของห้องเผาไหม้วอร์เทคหลายชั้นต่อคุณลักษณะการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบ" การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1 จังหวัดชลบุรี, 11-13 พฤษภาคม 2548. หน้า 77-82
- [7] Jian Zhang and Sen Nieh "Numerical Simulation of Effects of Center Tube and Multiple Air Injection on the Gas Flow Field in a Vortex Combustor" Combustion Sci. and Tech., 1992, Vol.88, pp. 43-57.