

อิทธิพลของอากาศส่วนเกินต่อคุณลักษณะการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีความชื้นในเตาเผา

The effect of excess air on combustion characteristics of the moisture fuel in a combustor

วิศิษฐ์ ลีลาผาทิกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

235 ถนนเพชรเกษม เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160

โทร. 0-2457-0068, โทรสาร 0-2457-3982, E-mail: wisitle17@yahoo.com, wisit.l@siamu.ac.th

Wisit Lelaphatikul

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Siam University

235 Petkasam Road, Phasicharoen, Bangkok 10160

Tel. 0-2457-0068, Fax 0-2457-3982, E-mail: wisitle17@yahoo.com, wisit.l@siamu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเชิงทดลองอากาศส่วนเกินต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีความชื้นในเตาเผา โดยพิจารณาถึงผลของอัตราการเผาไหม้ การกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผา และ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผา โดยออกแบบให้เตาเผาสามารถเผาเชื้อเพลิงต่อเนื้อได้อย่างน้อย 50 กิโลกรัม/ชั่วโมง เป็นเวลานาน 8 ชั่วโมง/วัน และใช้ถังไซโคลนเพื่อกักเก็บปริมาณฝุ่นที่ได้จากการเผาไหม้ จากผลการทดลอง อัตราการเผาไหม้ของเตาเผาเท่ากับ 57 กิโลกรัม/ชั่วโมง มีอุณหภูมิห้องเผาไหม้เท่ากับ 473 °C และประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผาประมาณ 30 % สามารถวัดองค์ประกอบของก๊าซไอเสียได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์, ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน เท่ากับ 1,227 ppm, 17 ppm และ 24 ppm ตามลำดับ

คำสำคัญ : อากาศส่วนเกิน, ถังไซโคลน, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

Abstract

This paper presents the experimental study of excess air on the combustion of the moisture fuel in a combustor. There're 3 parameters are considered in this study: Combustion rate, internal temperature distribution and the thermal efficiency of combustor. The capacity of burning the fuel is 50 kg/hr for 8 hr/day continuously. There's a cyclone tank used for collecting the ash after burned. Experimental results showed the average combustion rate at 57 kg/hr with the internal temperature in combustor at 473 °C and the thermal efficiency is 30%, We can measure the emission of exhaust gas from stack is composed of CO=1,227 ppm, SO₂=17 ppm and NO_x=24 ppm., respectively.

Keywords: excess air, a cyclone tank, the thermal efficiency

1. บทนำ

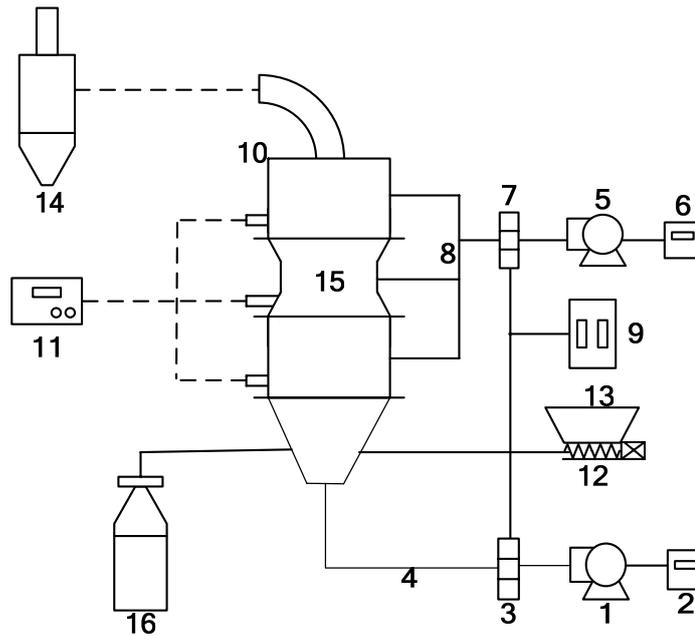
ปัจจุบันวิกฤตการณ์การใช้พลังงานมีเพิ่มอย่างมาก ทั้งทางภาคอุตสาหกรรม, เกษตรกรรมและการประมง ซึ่งพลังงานดังกล่าวส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดจะได้มาจากน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ แต่ในขณะที่ราคาน้ำมันในตลาดโลกมีราคาสูงขึ้นอยู่ทุกวัน จึงทำให้ทั้งองค์กรรัฐและเอกชนต่างให้ความสนใจในการวิจัยและพัฒนาวัสดุเหลือใช้ทางภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม เพื่อนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทนแหล่งทรัพยากรทางธรรมชาติเดิมซึ่งได้แก่ น้ำมันปิโตรเลียม, ก๊าซธรรมชาติ ที่นับวันกำลังลดลงเรื่อยๆ เชื้อเพลิงชีวมวล เป็นเชื้อเพลิงที่เกิดจากผลพลอยได้ทางการเกษตรกรรมหรือวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น แกลบ ชีลื้อย ชานอ้อย เป็นต้น ซึ่งถือเป็นเชื้อเพลิงคุณภาพต่ำ แต่ราคาถูกและสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดี ดังจะเห็นได้จาก การนำแกลบใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไอน้ำใช้ในโรงสีข้าวหรือให้ความร้อนที่ได้จากการเผาแกลบไปอบเมล็ดพืช เนื่องจากแกลบเป็นวัสดุชีวมวลคุณภาพต่ำ ถ้าใช้วิธีการเผาไหม้แกลบในเตาเปิดปกติจะทำให้ได้ปริมาณความร้อนน้อยกว่าที่ควรจะได้ และทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ เนื่องจากเชื้อเพลิงที่เกิดจากการเผาไหม้ ฉะนั้นวิธีเผาไหม้เพื่อให้มีประสิทธิภาพของการเผาไหม้ดีที่สุดและสภาพแก๊สที่ออกจากปล่องไฟเป็นมลพิษน้อยที่สุด โดยใช้เทคนิคการหมุนวนของอากาศความเร็วสูงแบบปั่นป่วน ที่มีผู้ได้ศึกษาและนำไปใช้เผาไหม้พวกเชื้อเพลิงถ่านหิน[1] และวัสดุชีวมวลให้ผลดีมาแล้ว [2]

ในบทความนี้ได้ทำการศึกษาอากาศส่วนเกินต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีความชื้นในเตาเผา โดยพิจารณาถึงผลของอัตราการเผาไหม้ การกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผา และ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผา ซึ่งการหมุนวนอย่างปั่นป่วนระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงเกิดจากผลของ Recirculation zone [3] ซึ่งทำให้ได้ความร้อนสูงสุดที่เกิดจากการเผาไหม้ที่เหมาะสม

2. อุปกรณ์การทดลอง

การติดตั้งชุดอุปกรณ์การทดลอง เริ่มต้นจากการประกอบเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบดแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน(15) โดยอากาศที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยอากาศ 2 ส่วน คือ อากาศส่วนปฐมภูมิ (Primary Air) เป็นอากาศที่เข้าทาง inlet air (4) และ อากาศส่วนทุติยภูมิ (Secondary Air) เป็นอากาศที่ฉีดเข้าทางท่อลม (Secondary Air Nozzle) (8) โดยอากาศทั้ง 2 ส่วนจะได้จากแหล่งต้นกำลัง คือ Blower จำนวน 2 ชุด (1,5) และมีตัวควบคุมโดย Inverter (2,6) มีแผ่น ออร์ฟิต (Orifice plate) (3,7) เป็นตัวปรับอัตราการไหล ส่วนในการป้อนแกลบจะใช้ Screw feeder

(12) ในตอนเริ่มทำการทดลองจำเป็นต้องใช้ก๊าซเชื้อเพลิง LPG (16) เพื่อช่วยในการอุ่นเตาทำให้อุณหภูมิภายใน เตาสูงจนสามารถทำให้เชื้อเพลิงชีวมวลเกิดการเผาไหม้ด้วยตัวเองได้ การวัดอุณหภูมิใช้เทอร์โมคัปเปิล Type K (10) วัดการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ 3 จุด จากตำแหน่งด้านล่างของเตา 0.525 m (X/D=1.75), 0.825 m (X/D=2.75), และ 1.125 m (X/D=3.75) ตามลำดับ(ดังรูปที่ 1) หลังจากนั้นก๊าซไอเสียที่เกิดการเผาไหม้ จะออกทางท่อทางด้านบนของตัวเตา และ เข้าสู่ Cyclone (14) เพื่อดักฝุ่นขี้เถ้า



- | | | | |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 1. Blower of Primary Air | 2. Inverter of Primary Air | 3. Orifice plate of Primary Air | 4. Primary Air nozzle |
| 5. Blower of Secondary Air | 6. Inverter of Secondary Air | 7. Orifice plate of Secondary Air | 8. Secondary air nozzle |
| 9. Manometer | 10. Thermocouple type K | 11. Digital thermocouple | 12. Screw feeder |
| 13. Hopper | 14. Cyclone | 15. Fluidized Bed combustor | 16. LPG supply |

รูปที่ 1 แสดงชุดอุปกรณ์การทดลองเตาเผาฟลูอิดไดซ์เบด

ในการศึกษาการเผาไหม้ของเตาเผา ได้ทำการทดลองหาจากอากาศส่วนเกิน ซึ่งสามารถหาได้ จากสมการดังนี้ [4]

$$Excess\ air = \left[\frac{(A / F_{actual}) - (A / F_{theory})}{(A / F_{theory})} \right] \times 100\%$$

(1)

โดย $Excess\ air$ = ปริมาณอากาศส่วนเกิน (%)

A/F_{actual} = อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ได้จากการทดลอง (m^3/kg)

A/F_{theory} = อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ได้จากทฤษฎี (m^3/kg)

ตารางที่ 1. ข้อมูลองค์ประกอบของเชื้อเพลิงแกลบ [5]

Composition of rice husk	Percent (%)
--------------------------	-------------

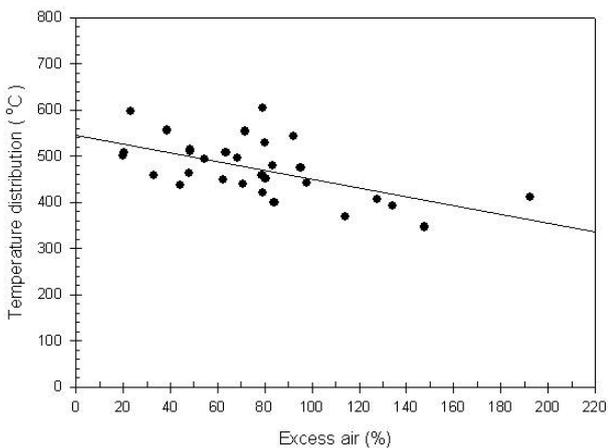
Carbon	38.0
Hydrogen	5.70
Oxygen	41.6
Nitrogen	0.69
Sulfur	0.06
Volatile matter	55.6
Fixed carbon	20.1
Moisture	10.3
Ash	14.0

3. วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งเตาเผาไหม้ (ดังรูปที่ 1)
2. ทำการอุ่นเตาเผา ด้วย LPG จนอุณหภูมิประมาณ 450-600 °C
3. ป้อนเชื้อเพลิงที่ผสมกับอากาศ โดยปรับอากาศที่ Blower 1 เพื่อให้เกิดการเผาไหม้เริ่มต้นก่อน จนอุณหภูมิเริ่มคงที่ประมาณ 700 °C และหยุดการให้ LPG
4. ปรับอัตราการป้อนเชื้อเพลิงที่ผสมกับอากาศที่ Blower 1 เท่ากับ 50 kg/hr และปรับอากาศที่ Blower 2 ให้จ่ายอากาศมายังอากาศส่วนที่ 2 เท่ากับ 80% และ 20% ของอากาศทั้งหมด ตามลำดับ
5. ทำการวัดก๊าซไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ ทุก 1 ชั่วโมง บันทึกผลการทดลอง
6. ทำการทดลองซ้ำ ข้อ 2-5 เป็นจำนวน 30 ตัวอย่าง

4. ผลการทดลอง

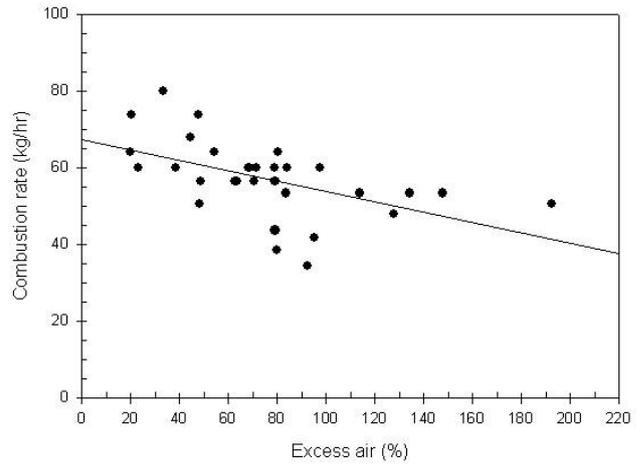
จากผลการทดลอง ได้ทำการศึกษาผลของอากาศส่วนเกินที่มีผลต่อการกระจายอุณหภูมิในเตาเผา อัตราการเผาไหม้ และ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจากการเผาไหม้ ดังนี้



รูปที่ 2 ผลของอากาศส่วนเกินต่อการกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผา

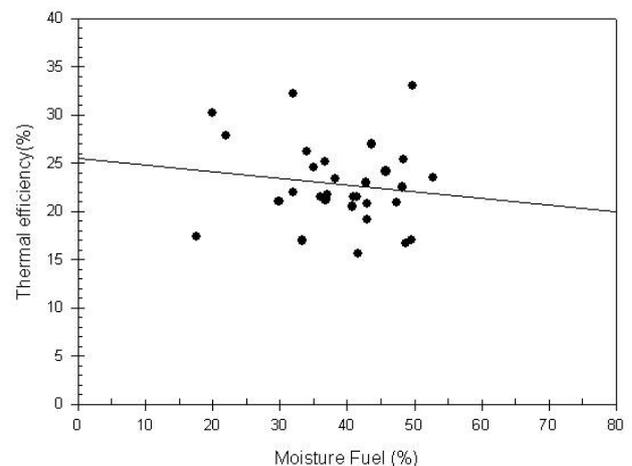
จากรูปที่ 2 พบว่าจากผลทดลอง จำนวน 30 ตัวอย่าง ที่อากาศส่วนเกิน เท่ากับ 80% จะให้การกระจายอุณหภูมิภายในเตาสูงที่สุด ประมาณ 620°C เนื่องจาก กระบวนการเผาไหม้ที่เหมาะสมนั้น จำเป็นต้องมีอากาศส่วนเกิน เพื่อทำให้การคลุกเคล้าระหว่างเชื้อเพลิง

กับอากาศในขณะเกิดการเผาไหม้ดำเนินได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งถ้าปริมาณอากาศส่วนเกินน้อยเกินไป ก็จะทำให้อุณหภูมิการเผาไหม้สูงพอสมควร แต่การเผาไหม้จะไม่สมบูรณ์ โดยสังเกตจากสีควันของก๊าซไอเสีย ซึ่งจะมีสีดำ ส่วนกรณีที่ให้ปริมาณอากาศส่วนเกินมากเกินไป ก็จะทำให้อุณหภูมิจากการเผาไหม้ต่ำ เนื่องจากอากาศส่วนเกินที่มากเกินไป จะไปดึงอุณหภูมิของการเผาไหม้ในเตาเผา เพื่อมาอุ่นอากาศที่เข้าไปเกินในห้องเผาไหม้ ทำให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเหมาะสมต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งสามารถสังเกตจากสีของก๊าซไอเสียที่มีสีขาว โดยรูปที่ 2 จะมีแนวโน้มของอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ลดต่ำลง เมื่อปริมาณอากาศส่วนเกินมากขึ้น



รูปที่ 3 ผลของอากาศส่วนเกินต่ออัตราการเผาไหม้

จากรูปที่ 3 จากผลการทดลอง เมื่อมีปริมาณของอากาศส่วนเกินมากจนเกินไป อัตราการเผาไหม้ลดลง ซึ่งในการปรับปริมาณของอากาศส่วนเกินนั้นขึ้นอยู่กับค่าความชื้นและขนาดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดลอง จึงส่งผลให้ที่เปอร์เซ็นต์อากาศส่วนเกินเท่ากัน แต่อาจวัดอัตราการเผาไหม้ที่แตกต่างกันได้ พบว่าจากรูปที่ 3 แนวโน้มของอัตราการเผาไหม้จะลดลง เมื่อปริมาณอากาศส่วนเกินมากขึ้น เช่นเดียวกับรูปที่ 2

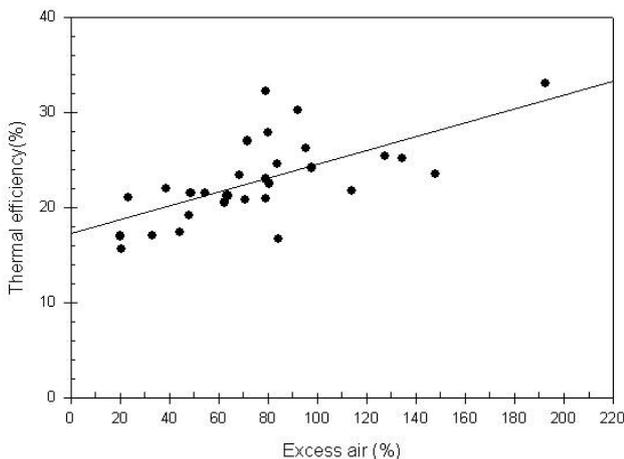


รูปที่ 4 ผลของเชื้อเพลิงที่มีความชื้นต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนจากการเผาไหม้

จากรูปที่ 4 ปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงที่ได้จากชีวมวล เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการทดลองใช้เชื้อเพลิงชีวมวลที่มีการย่อยขนาดเท่านั้น แต่ยังไม่ได้ควบคุมในเรื่องของความชื้น เพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริง ที่นำเชื้อเพลิงชีวมวลที่หาได้ตามแหล่งต่างๆ มาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงจากน้ำมัน หรือ ไฟฟ้า ซึ่งในการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนนั้นก็อาจแก้ไขได้ง่ายที่สุด โดยการอบไล่ความชื้นของเชื้อเพลิงชีวมวลในขั้นต้นก่อนการเผาไหม้จริง แต่ควรต้องศึกษาเกี่ยวกับจุดคุ้มทุนในการดำเนินการด้วย

5. สรุปผลการทดลอง

1. อากาศส่วนเกินที่เหมาะสม มีผลช่วยให้การเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศดำเนินได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งจากการทดลองนี้ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่วัดได้เฉลี่ยประมาณ 30% ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลของอากาศส่วนเกินต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน

2. การเผาไหม้ ที่ทำให้เกิดก๊าซไอเสียในปริมาณต่ำนั้น (โดยเฉพาะองค์ประกอบของ CO และ O₂) เชื้อเพลิงควรจะมีการคลุกเคล้ากับอากาศอย่างเหมาะสม ตลอดช่วงระยะเวลาการเผาไหม้ ซึ่งถ้าเชื้อเพลิงไม่เกิดปฏิกิริยาดังกล่าวแล้ว ค่า CO ที่วัดได้จะมีปริมาณที่สูงมาก จากการทดลอง สามารถวัดองค์ประกอบของก๊าซไอเสีย ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์, ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน เท่ากับ 1,227 ppm, 17 ppm และ 24 ppm ตามลำดับ

3. การควบคุมตัวแปรความชื้นและขนาดของเชื้อเพลิง เป็นสิ่งสำคัญต่ออัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง, การกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผา, องค์ประกอบของก๊าซไอเสีย รวมถึงประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่จะได้รับจากระบบด้วย

6. 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] Kenneth K. Kuo, "Principle of Combustion, second edition, 2005, pp. 39.
- [5] วิศิษฐ์ ลีลาผาดิกุล "The Effect of The Height of Bed on Exhaust Gas in A Cyclone Combustor for Burning Rice Husk Fuel" การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 5 มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก, 29 เมษายน-1 พฤษภาคม 2552. หน้า 11 (AE04)