



วารสารวิศวกรรมเครื่องกลไทย

Thai Journal of Mechanical Engineering

<https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/tjme/index>

ผลกระทบของการวางตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ขวางการไหลต่อสมรรถนะการเผาไหม้ของหัวเผาชีวมวล บดละเอียด

Effects of Bluff Body placement location on a combustion performance of pulverized biomass burner

ฉัตรเฉลิม แก้วชมพู¹, ภาณุเพ็ญ ลภีรัตนกุล¹ และ จารุวัตร เจริญสุข^{1*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ถนน ผลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขต
ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

*ผู้ประพันธ์บทความ jarruwat.ch@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุขวางการไหลรูปทรงกรวย ถูกติดตั้งที่บริเวณปากทางออกของท่อปฐมภูมิ ปลายทรงกรวยหันเข้าหาท่อ เพื่อกระจายกระแสอากาศปฐมภูมิ และเชื้อเพลิงชีวมวลบดละเอียดให้คลุกเคล้ากับอากาศทุติยภูมิมากขึ้น เมื่อเทียบกับหัวเผาที่พัฒนามาก่อนหน้านี้ งานค้นคว้าวิจัยนี้ มุ่งหมายให้ลดการปลดปล่อยมลพิษให้น้อยลงกว่าเดิม ทำการตรวจสอบสมรรถนะการเผาไหม้บน 2 กรณีศึกษา ได้แก่ กรณีติดตั้งฐานของวัตถุที่ระยะ 10 และ 20 mm. จากระนาบทางออกของท่อปฐมภูมิ และทดลองที่อัตราให้ความร้อน 300 กิโลวัตต์ อัตราส่วนอากาศ ปฐมภูมิ ทุติยภูมิ และ ตติยภูมิ อยู่ที่ร้อยละ 25, 65 และ 10 ตามลำดับจากการทดลอง พบว่า อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ช่วย ที่บริเวณใกล้ผนัง กรณีใช้วัตถุขวางการไหลระยะ 10 mm. มีค่าต่ำกว่ากรณี ระยะ 20 mm. เล็กน้อย และการปลดปล่อยมลพิษมีปริมาณต่ำกว่าเช่นกัน โดยทั้งสองกรณีให้ค่าการปลดปล่อยมลพิษน้อยกว่าหัวเผาที่พัฒนามาก่อนหน้านี้ ทั้งนี้กรณี ติดตั้งที่ระยะ 10 mm. ให้ค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ 107 ppm ไนโตรเจนออกไซด์ 246 ppm

คำหลัก: ชีวมวลบดละเอียด หัวเผา, วัตถุขวางการไหล

ABSTRACT

A conical shaped bluff body was installed with its tip facing the primary tube to divert the primary air and fuel particle, facilitating their mixing with the incoming secondary air. The development work aimed at improving emissions through this modification. Combustion performance was assessed in two scenarios: with the bluff body installed 10 mm and 20 mm from the primary tube's exit plane. Thermal throughput was maintained at 300 kW, with primary, secondary, and tertiary air ratios of 25%, 65%, and 10%, respectively. An experiment revealed that the temperature pattern of the two cases were similar though slightly lower value near the prechamber wall, for the case with bluff body was installed at 10 mm compared to the case of 20 mm installation. The emissions were also lower. Both configurations yielded improved performance in terms of CO and NO_x compared with the previous version. Among the two setups the one with the bluff body installed at 10 mm emitted 107 ppm of CO and 246 ppm of NO_x.

Keywords: Pulverized biomass, Burner, Bluff body

1. บทนำ

พลังงานชีวมวลถูกจัดเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่ง ที่เมื่อมีใช้พลังงานจากชีวมวล คาร์บอนที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมจะถูกดูดซับด้วยการเจริญเติบโตของชีวมวลเอง โดยชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในท้องถิ่น จึงเป็นแหล่งพลังงานที่มีความยั่งยืน และเริ่มมีความสำคัญมากขึ้นนับตั้งแต่วิกฤตพลังงานที่ทำให้เชื้อเพลิงฟอสซิลมีราคาสูงขึ้น ทำให้เกิดปัญหาทางด้านพลังงานขึ้นกับหลายประเทศ ชีวมวลเหล่านี้เกิดจากเชื้อเพลิงจำพวก ไม้ เปลือกไม้ แกลบ กะลาปาล์ม หรือทะลายปาล์ม ฟาง ของเสียจากกระบวนการทางการเกษตร ในช่วงศตวรรษที่ 19 ยังมีใช้ชีวมวลอย่างไม่แพร่หลาย หากแต่ในปัจจุบัน ความขัดแย้งของกลุ่มประเทศผู้ผลิตเชื้อเพลิงฟอสซิล และปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate change) ส่งผลให้ประเทศกำลังพัฒนาต้องมีมาตรการในการสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานและลดการพึ่งพาพลังงานจากภายนอกประเทศ ด้วยการหันมาใช้พลังงานหมุนเวียน ชีวมวลจึงเริ่มมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีราคาถูก งานต่อการใช้งานและหาได้ภายในประเทศ [1] และเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์หลักในนโยบายทางด้านพลังงานของชาติ [2]

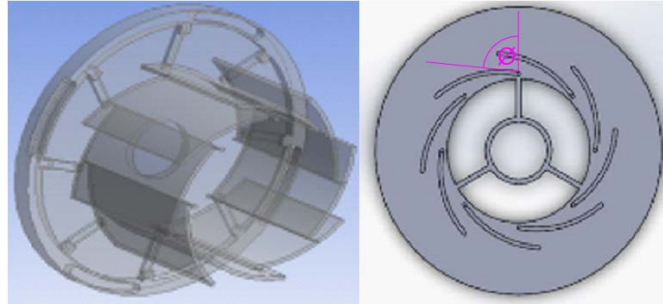
การเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งนั้น แม้ว่าจะมีลักษณะบดละเอียดเป็นผงแล้ว ก็ยังเป็นกระบวนการที่เกิดได้ช้ากว่าเชื้อเพลิงเหลวและก๊าซ เนื่องจากมีกระบวนการย่อยภายในเกิดขึ้นหลายขั้นตอน เช่น การระเหยของน้ำภายในอนุภาคเชื้อเพลิง การปลดปล่อยสารระเหยภายในเชื้อเพลิง การเผาไหม้ถ่านชาร์ ทำให้มีความต้องการห้องเผาไหม้มีขนาดใหญ่กว่าการเผาไหม้ของเหลวและก๊าซ เพื่อให้เชื้อเพลิงเผาไหม้สิ้นสุดในขณะที่เคลื่อนที่อยู่ภายในห้องเผาไหม้ ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูงสำหรับการสร้างเตาเผา และเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ได้ง่ายกว่าเชื้อเพลิงเหลวและก๊าซ จึงมีการคิดค้นเทคนิคในการช่วยให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่อยู่ภายในเตาได้นานขึ้น แต่ขนาดเตาลดลง เช่น การติดตั้งแผ่นนำการไหลควง (swirl plate) ที่ระนาบทางออกของหัวเผา เพื่อส่งเสริมการไหลหมุนควง ร่วมกับการติดตั้งวัตถุขวางการไหลของอากาศ แสดงในรูปที่ 1(ก) ที่กระจายเชื้อเพลิงแข็งเข้าสู่ห้องเผาไหม้ [3] จากผลการทดลองพบว่า ในกรณีติดตั้งเฉพาะวัตถุขวางการไหลที่ท่อปฐมภูมิ ให้ผลของอุณหภูมิที่สูงกว่า และมลพิษต่ำกว่ากรณีศึกษาอื่นๆ ซึ่งพบว่า มีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์อยู่ที่ 453 ppm เป็นกรณีที่ให้ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำที่สุด และให้ปริมาณของไนโตรเจนออกไซด์มากที่สุด โดยมีปริมาณไนโตรเจนออกไซด์อยู่ 279 ppm [3,4] ในการวิจัยต่อมา [5] พบว่า การติดตั้งแผ่นบังคับทิศทางการไหลแบบโค้ง (curve guide vane) ก่อนที่อากาศทุติยภูมิจะไหลเข้าสู่หัวเผา เพื่อให้มีองค์ประกอบความเร็วในแนวการหมุนควง กลับให้ผลดีกว่าการติดตั้งแผ่น swirl plate ที่ระนาบทางออก และยังพบว่า รูปทรงของใบนำการไหลที่เป็นแผ่นโค้ง สามารถสร้างกระแสหมุนควงได้ดีกว่าแบบแผ่นตรง แสดงในรูปที่ 1(ข) และ (ค) ซึ่งจะยิ่งทำให้เปลวไฟมีเสถียรภาพดีมากขึ้นและมีอุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงขึ้นอีกด้วย



รูปที่ 1 (ก) การติดตั้งวัตถุขวางการไหล (ข) อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงชนิดใบตรง
(ค) อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควงชนิดใบโค้ง

ในบทความนี้ จะเสนอผลการศึกษาปัจจัยของตำแหน่งติดตั้งวัตถุปรวยขวางการไหลที่ท่อปฐมภูมิ ที่มีผลต่อสมรรถนะการเผาไหม้ของผงเชื้อเพลิง ได้แก่ การกระจายอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ การปลดปล่อย คาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ โดยมีเป้าหมายในการลดมลพิษลงอีก โดยทำการออกแบบหัวเผาให้สามารถปรับตำแหน่งวัตถุขวางการไหลได้ จากนั้นทำการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการเผาไหม้ เมื่อมีตำแหน่งวัตถุขวางการไหลที่ห่างจากปากหัวพ่นเชื้อเพลิงชีวมวลผง 10 และ 20 mm ตามลำดับ โดยมีสมมุติฐานว่า ตำแหน่งของวัตถุขวางการไหล จะทำให้ขนาดของทางออกเปลี่ยนไป ส่งผลต่อความเร็วของอากาศปฐมภูมิ ที่ปาก

ทางออก และส่งเสริมให้เกิดการไหลย้อนกลับ ที่ด้านหลังวัตถุทรงกรวยนั้นหมายความว่า เมื่อกระแสเชื้อเพลิงมีความเร็วลดลง การเผาไหม้จะเกิดในห้องเผาไหม้ช่วยในสัดส่วนที่สูงขึ้น ซึ่งน่าจะส่งผลให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ช่วยสูงขึ้นด้วย ซึ่งการศึกษาจะมุ่งเปรียบเทียบที่อัตราการผลิตความร้อน ที่ 300 กิโลวัตต์ อ้างอิงค่าความร้อนทางสูงของเชื้อเพลิง ทั้งนี้ หลักการออกแบบมูไบ้นำกระแสการไหลอากาศปฏิกิริยา และรูปทรงของใบพัด ดังแสดงในรูปที่ 2 สามารถสืบค้นได้จาก [5]

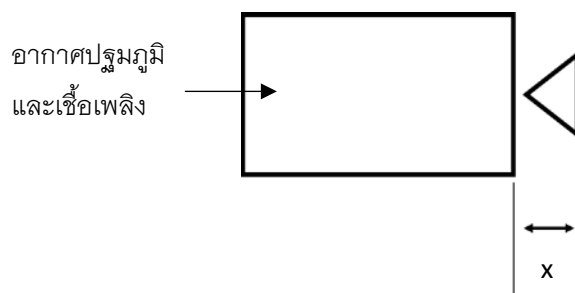


Curved-Vane

รูปที่ 2 ลักษณะของใบนำการไหลและการวัดมุม (85 องศา) ของใบนำการไหลที่ใช้ในงานวิจัยนี้

2. วิธีดำเนินการวิจัย

กำหนดขนาดวัตถุขวางการไหลที่มีอัตราการขวางกัน (Blockage ratio) อยู่ที่ 0.42 ซึ่งเป็นอัตราส่วนพื้นที่ของฐานวัตถุขวางการไหลต่อพื้นที่หน้าตัดท่อปฐุมภูมิ ระยะติดตั้งคือ 10 และ 20 mm วัดระยะทางจากทางออกหัวเผา ไปจนถึงปลายของวัตถุขวางการไหล ดังรูปที่ 3 ลักษณะของวัตถุขวางการไหลเป็นรูปกรวย โดยปลายยอดกรวยหันเข้าสู่หัวเผา ซึ่งมีการรายงานไว้ว่า สามารถช่วยรักษาเสถียรภาพของการเผาไหม้ได้ดี [6] มีการตั้งสมมุติฐานในการวิจัยว่าการเพิ่มระยะห่างของวัตถุขวางการไหลออกจากกระนาบทางออกส่งผลให้พื้นที่ทางออกของท่อปฐุมภูมิมีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้ความเร็วของอากาศปฐุมภูมิมีความเร็วที่ลดลง ณ บริเวณทางออกของหัวเผา ดังนั้น โมเมนตัมของอนุภาคจะลดลงตามโมเมนตัมของอากาศปฐุมภูมิ ที่ใช้ในการลำเลียงเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ โดยคาดหมายว่า อนุภาคจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ในห้องเผาไหม้ช่วยได้นานมากขึ้น ที่อัตราการไหลอากาศเดียวกัน



รูปที่ 3 การกำหนดระยะ x ของวัตถุขวางการไหล ของท่อปฐุมภูมิ

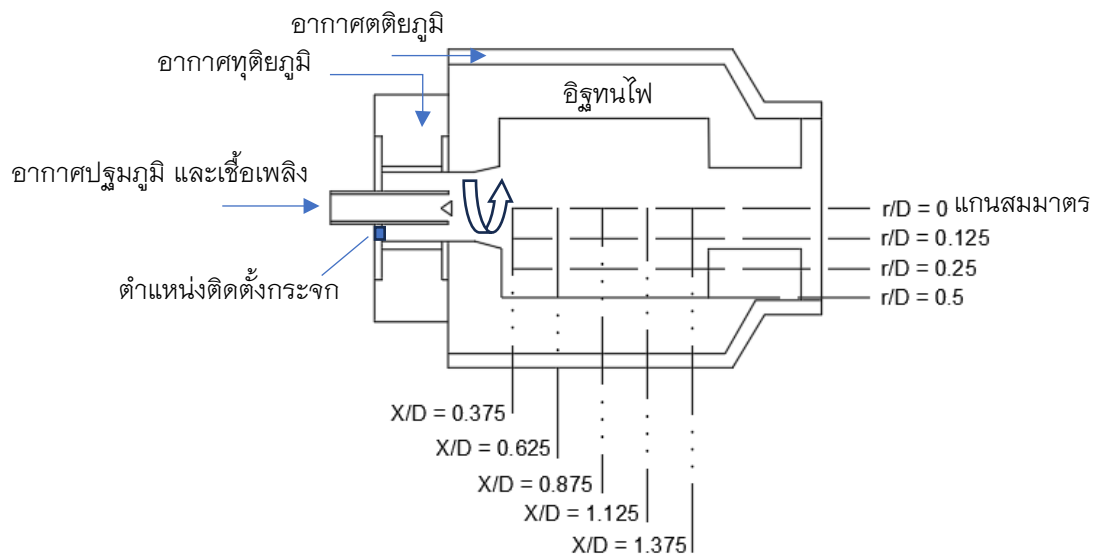
การเก็บผลการทดลอง จะทำการเก็บผลของอุณหภูมิ และก๊าซไอเสีย โดยทำการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิ ที่ระยะ $x/D = 0.375, 0.625, 0.875, 1.125, 1.375$ และ $r/D = 0, 0.125, 0.25, 0.375, 0.5$ ด้วยเทอร์โมคัปเปิล Type K เชื่อมต่อสัญญาณด้วยสายเทอร์โมคัปเปิลจากตำแหน่งที่ทำการวัดไปยัง PLC โดยตรง และมีการตั้งค่ารับสัญญาณที่ PLC ตามมาตรฐานอุปกรณ์ เพื่อความมั่นใจในการบันทึกผลอุณหภูมิ โดย x คือระยะที่วัดจากกระนาบทางออกของท่ออากาศปฐุมภูมิ และ r คือระยะที่วัดจากจุดกึ่งกลางห้องเผาไหม้ ไปยังตำแหน่งที่ทำการวัด ตามลำดับ และ D คือระยะเส้นผ่านศูนย์กลางของห้องเผาไหม้ที่ใช้อ้างอิง ทำการเก็บค่าองค์ประกอบของก๊าซร้อนไปพร้อมกัน ด้วยเครื่อง testo 350 ที่มีการสอบเทียบโดยบริษัทผู้ผลิตตามวงจรรอบ เพื่อความแม่นยำในการเก็บผล โดยเริ่มจากตำแหน่ง $r/D = 0.5$ ก่อน แล้วจึงเก็บผลที่ r/D ลดลงไป ตามลำดับ ในการบันทึกผลแต่ละครั้ง จะต้องรอจนระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ จากนั้น จะทำ

การเก็บค่าต่อเนื่องทุกๆ 0.5 วินาที เป็นระยะเวลา 5 นาที เพื่อหาผลเฉลี่ย นอกจากนี้ ยังทำการเจาะช่องติดตั้งกระจกทนความร้อน ที่บริเวณด้านหลังของอุปกรณ์สร้างกระแสลมเพื่อบันทึกภาพเปลวไฟ ด้วยกล้องดิจิทัลของโทรศัพท์ smartphone รายละเอียดของตำแหน่งกระจก แสดงไว้ในรูปที่ 4

2.1 เชื้อเพลิง และเงื่อนไขการเดินเครื่องทดลอง

เชื้อเพลิงที่ใช้คือไม้ยางพาราที่ผ่านการบดด้วยเครื่องบดแบบเหวี่ยงตี(Hammer mill) ผ่านตะแกรงขนาด 1 mm และ 0.5 mm ทำให้ได้การกระจายขนาดอนุภาค ดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับคุณสมบัติที่สำคัญด้านการเผาไหม้ แสดงไว้ในตารางที่ 2

ทำการทดลองที่ 300 กิโลวัตต์ความร้อน อ้างอิงที่ค่าความร้อนด้านสูง (HHV basis) ปริมาณอากาศส่วนเกินร้อยละ 15 ที่อัตราส่วนของอากาศ ปฐมภูมิ : พุติภูมิ : ตติภูมิ อยู่ที่ 25 : 65 : 10 ดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 ทั้งนี้ การควบคุมอัตราการไหลอากาศแต่ละส่วน สามารถทำได้อย่างอิสระต่อกัน ผ่าน PLC โดยตรวจสอบสัญญาณของความดันตกคร่อมที่แผ่นออริฟิส เพื่อนำไปประมวลผล และส่งสัญญาณในการควบคุมตำแหน่งวาล์วไปยังชุดควบคุมการไหลอากาศ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ และการป้อนอากาศ

ตารางที่ 1 การกระจายตัวของอนุภาคที่ผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ

<0.038 mm	0.97%
0.075–0.038 mm	7.20%
0.15–0.075 mm	11.87%
0.3–0.15 mm	24.89%
0.6–0.3 mm	46.09%
1.18–0.6 mm	7.33%
2.36–1.18 mm	1.64%

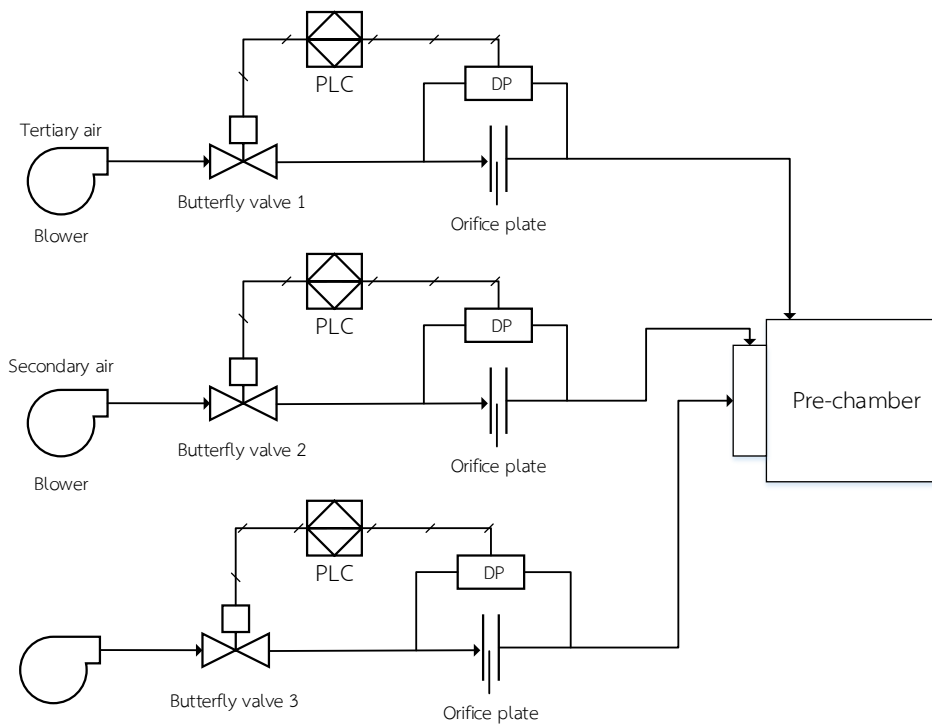
หมายเหตุ ผลรวมทั้งหมดเท่ากับ 99.99% เกิดจากการปัดเศษ

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

Proximate analysis (as received)	
Moisture %	5.81
Volatiles %	76.68
Ash %	2.28
Fixed carbon %	15.23
Ultimate analysis (wt%, daf)	
C %	45.42
H %	6.31
N %	0.48
S %	0
O %	45.54
Calorific value (HHV) (MJ/kg, daf)	17.5

ตารางที่ 3 เงื่อนไขการทดลอง

อัตราการไหลเชื้อเพลิงที่ 300 kW (kg/s)	0.0172
อัตราการไหลของอากาศปฐมภูมิ (kg/s)	0.029
อัตราการไหลของอากาศทุติยภูมิ (kg/s)	0.075
อัตราการไหลของอากาศตติยภูมิ (kg/s)	0.012
ความดันทางออก (Pa)	-1500

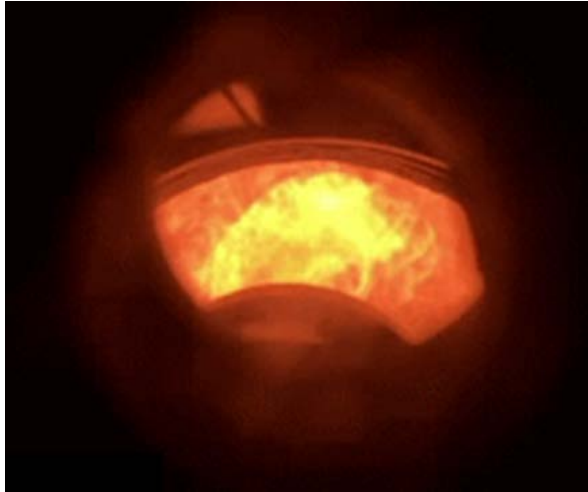


รูปที่ 5 การควบคุมปริมาณอากาศปฐมภูมิ ทุติยภูมิ และตติยภูมิ ที่เข้าสู่หัวเผา

3. การทดลอง และการเก็บผล

3.1. อิทธิพลของการปรับระยะของวัตถุขวางการไหลต่อการกระจายตัวของอนุภาค

จากภาพถ่ายดิจิทัล ของกรณีติดตั้งวัตถุขวางการไหลระยะ 10 mm. ในรูปที่ 6 และที่ ระยะ 20 mm. ในรูปที่ 7 พบว่า การกระจายตัวของเชื้อเพลิงในทั้ง 2 กรณี มีลักษณะที่คล้ายกัน คือ เชื้อเพลิงได้รับอิทธิพลจากอากาศทุติยภูมิ ที่เป็นอากาศส่วนที่ไหลผ่านอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนควง อากาศส่วนนี้จึงเป็นอากาศที่เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง พัดพาให้อนุภาคกระจายตัวไปยังผนังของห้องเผาไหม้ช่วย เปลวไฟที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ เป็นเปลวไฟที่มีความสว่าง เกิดขึ้นทั่วห้องเผาไหม้ หมุนตามเข็มนาฬิกา โดยที่บริเวณกึ่งกลางการหมุนวนที่ทางออก ไม่สังเกตเห็นเปลวไฟ



รูปที่ 6 ลักษณะการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลที่ติดตั้งวัตถุขวางการไหลที่ระยะ 10 mm



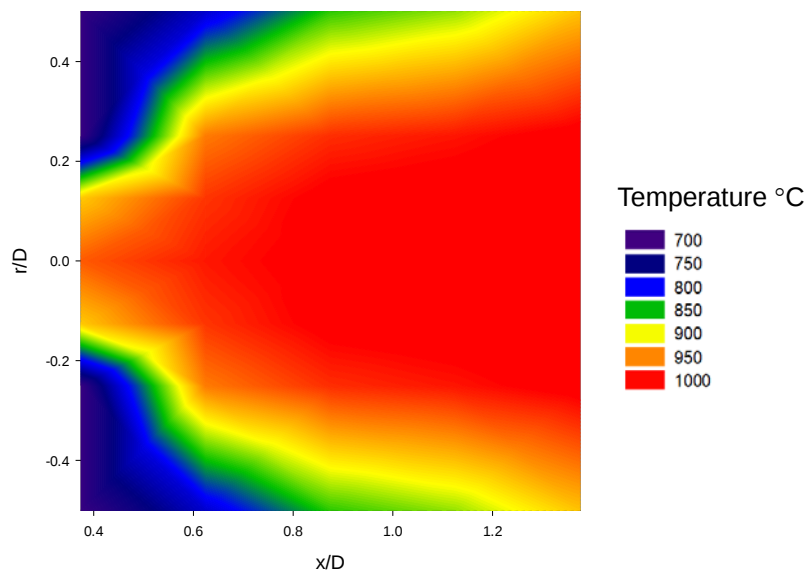
รูปที่ 7. ลักษณะการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลที่ติดตั้งวัตถุขวางการไหลที่ระยะ 20 mm

3.2 อิทธิพลของการปรับระยะของวัตถุขวางการไหลต่อการกระจายตัวของอนุกรม

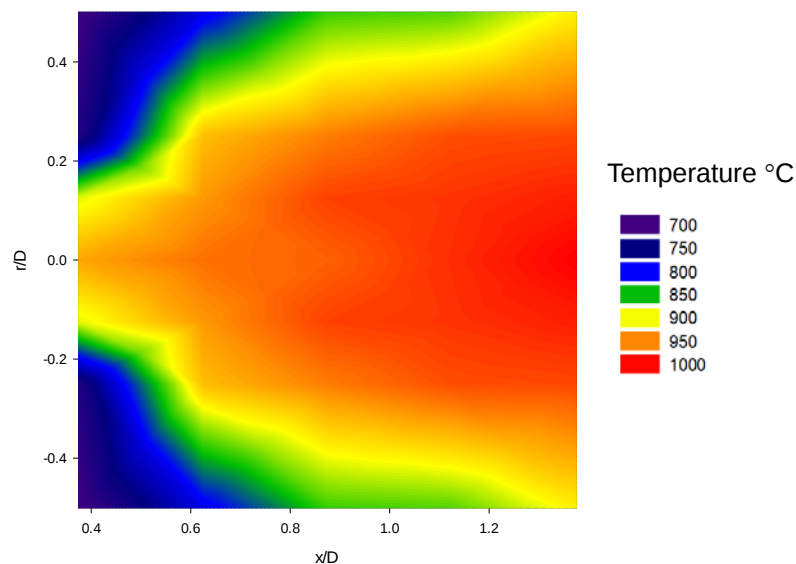
ผลของการทดลอง สำหรับการปรับระยะของวัตถุขวางการไหลที่ระยะ 10 และ 20 mm ต่อการกระจายตัวของอนุกรม เป็นการนำค่าอนุกรมที่วัดได้ มาแสดงในรูปแบบคอนทัวร์ ที่ใช้บ่งชี้ระดับของอนุกรมด้วยสี ด้วยฟังก์ชันการสร้างรูป 2 มิติ ในโปรแกรมเอ็กเซล แสดงในรูปที่ 8 พบว่า รูปแบบของการกระจายตัวของอนุกรม มีลักษณะที่คล้ายกัน โดยที่ระยะ r/D เท่ากับ 0 ทุกตำแหน่งที่มีการวัด มีอนุกรมสูงเนื่องจากเป็นบริเวณแกนกลางห้องเผาไหม้ นอกจากนี้ ยังพบว่า ที่บริเวณใกล้ผนังห้องเผาไหม้ ของกรณีทดสอบเมื่อใช้วัตถุขวางการไหลที่ระยะ 20 mm มีอนุกรมสูงกว่ากรณีทดสอบที่ระยะ 10 mm ทั้งนี้ การนำเสนอผลในรูปแบบแถบสี ที่แสดงย่านอนุกรมแบบ 2 มิติ จะไม่สามารถเห็นความแตกต่างอย่างเด่นชัดนัก

เพื่อให้เห็นผลของการปรับตำแหน่งวัดอุณหภูมิได้ชัดเจนขึ้น จึงนำค่าอุณหภูมิที่วัดได้ มาแสดงในรูปแบบของกราฟการกระจายอุณหภูมิตามแนวรัศมี ดังรูปที่ 9 ที่ระยะ $x/D = 0.375, 0.625, 0.875, 1.125$ และ 1.375 พบว่า อุณหภูมิที่บริเวณใกล้ผนังของกรณีระยะของวัดอุณหภูมิ 20 mm มีค่าสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด ถ้าพิจารณาที่มีอุณหภูมิสูงกว่านี้ ถูกพัดพาไปรวมกันที่ทางออกของห้องเผาไหม้ช่วย ซึ่งส่งผลให้บริเวณแกนกลางห้องเผาไหม้ ใกล้ทางออกของห้องเผาไหม้ช่วย มีระดับอุณหภูมิสูงขึ้น สังเกตได้จาก ระดับอุณหภูมิ ที่ $r/D = 0.0$ ของตำแหน่ง $x/D = 1.125$ และ 1.375 ตามลำดับ

อนึ่ง การวัดอุณหภูมิเป็นการวัดด้วยการเลื่อนตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิล เพื่อให้บริเวณปลายเทอร์โมคัปเปิล อยู่ในตำแหน่งที่กำหนด ซึ่งมีปัจจัยจากการแผ่รังสีที่รุนแรง และมีการนำความร้อนของก้านเทอร์โมคัปเปิลร่วมอยู่ด้วย อย่างไรก็ตาม ข้อมูลการกระจายอุณหภูมิที่ได้ ก็เพียงพอที่จะชี้ให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยรวม



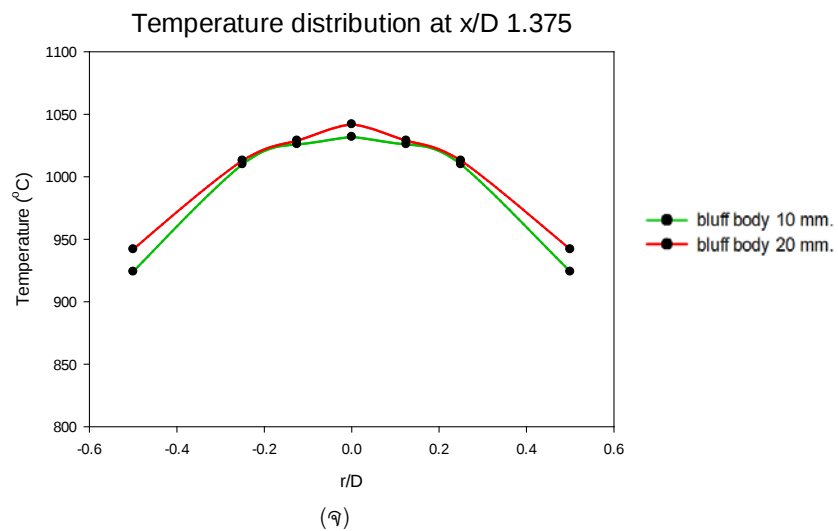
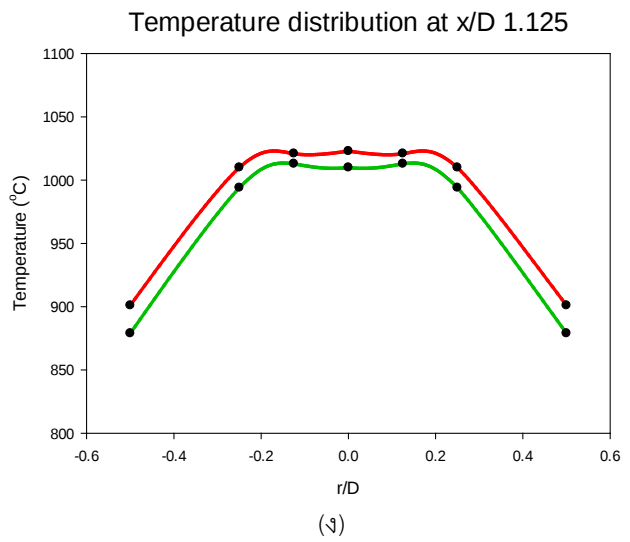
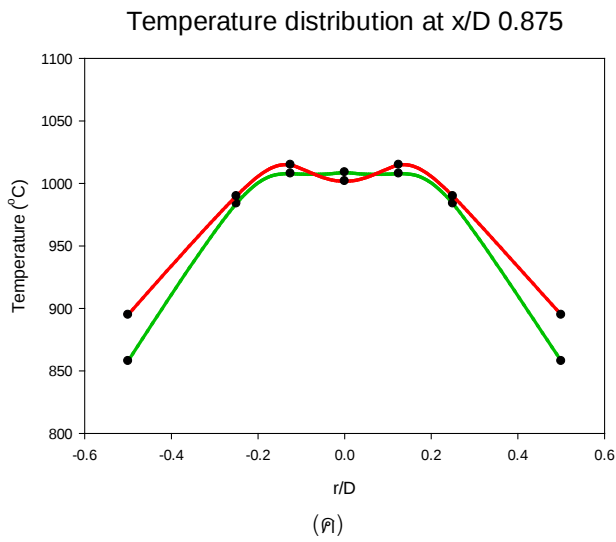
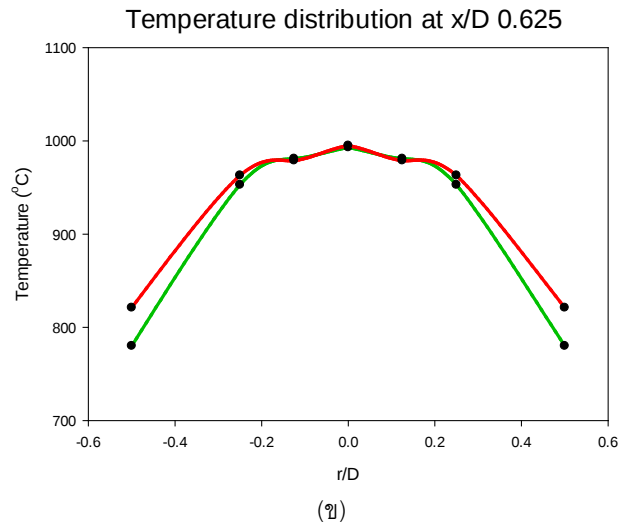
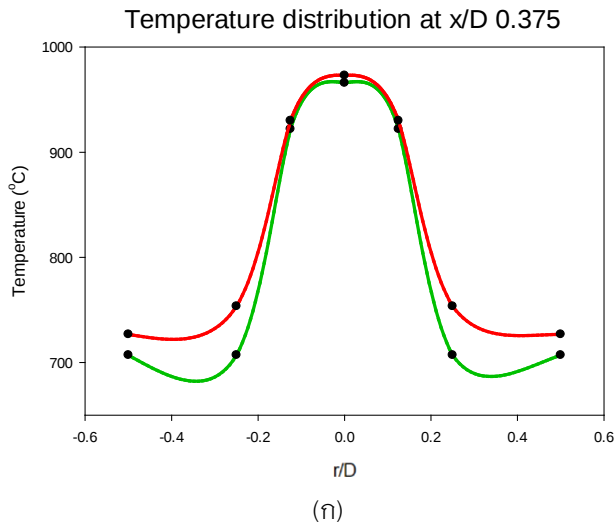
(ก) ไบโด้ง 85 องศา ระยะวัดที่ $x=10$ mm



(ข) ไบโด้ง 85 องศา ระยะวัดที่ $x=20$ mm

รูปที่ 8 การกระจายอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ภายในห้องเผาไหม้ช่วย จากการติดตั้งวัดอุณหภูมิ

(ก) ไบโด้ง 85 องศา ระยะวัดที่ $x=10$ mm (ข) ไบโด้ง 85 องศา ระยะวัดที่ $x=20$ mm

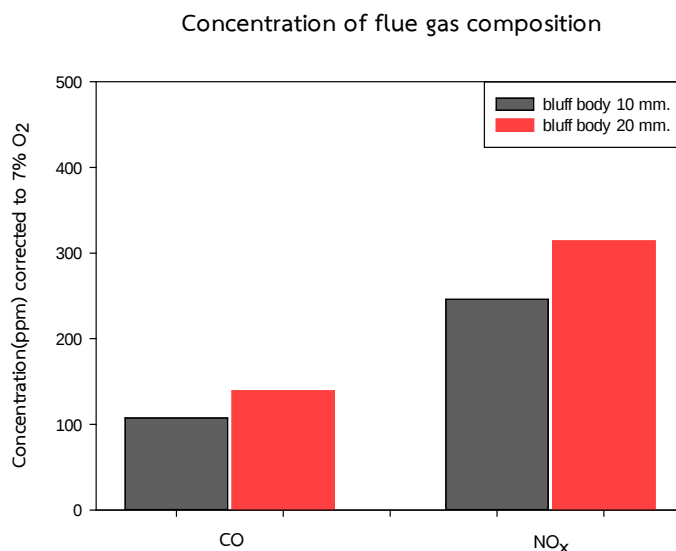


รูปที่ 9 การกระจายตัวของอุณหภูมิตามแนวรัศมี (ก) x/D ที่ 0.375 (ข) x/D ที่ 0.625
(ค) x/D ที่ 0.875 (ง) x/D ที่ 1.1255 Z (จ) x/D ที่ 1.375

3.3 อิทธิพลของการปรับระยะของวัตถุขวางการไหลต่อการปลดปล่อยมลพิษ

การปลดปล่อยมลพิษ ที่เป็นผลจากการปรับระยะของวัตถุขวางการไหลที่ 10 และ 20 mm แสดงดังรูปที่ 10 พบว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นในห้องเผาไหม้ กลับทำให้การปลดปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์สูงขึ้นเล็กน้อย โดยในกรณีวัตถุขวางการไหลระยะ 10 mm อยู่ที่ 107 ppm ในขณะที่กรณีใช้วัตถุขวางการไหลระยะ 20 mm อยู่ที่ 139 ppm เมื่อทำการเปรียบเทียบที่ค่ามาตรฐานออกซิเจนในไอเสียที่ร้อยละ 7 เท่ากัน ประเด็นดังกล่าวทำให้ทราบว่า แม้ความเร็วอากาศในห้องปฏุมุมิจะลดลงจากการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดที่ทางออกของห้องปฏุมุมิ (กรณีติดตั้งระยะ 20 mm) แต่กลไกการเผาไหม้ที่ซับซ้อนของอนุภาคเชื้อเพลิงแข็ง และลักษณะของอากาศพลศาสตร์ที่หน้าหัวเผา ทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงค่าอุณหภูมิที่สูงกว่านี้ กับความสมบูรณ์ของการเผาไหม้ อย่างตรงไปตรงมาได้

อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาการปลดปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ พบว่า มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่สูงขึ้น โดยในกรณีวัตถุขวางการไหลระยะ 10 mm อยู่ที่ 296 ppm วัตถุขวางการไหลระยะ 20 mm อยู่ที่ 314 ppm เมื่อทำการเปรียบเทียบที่มาตรฐานออกซิเจนในไอเสียที่ร้อยละ 7 เท่ากัน กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ช่วย มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ ซึ่งเป็นลักษณะที่พบเห็นได้ทั่วไปสำหรับห้องเผาไหม้ที่มีการเกิดมลพิษจากก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดในที่อุณหภูมิสูง (thermal NO_x)



รูปที่ 10 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ กรณีระยะวัตถุขวางการไหลที่ $x=10$ และ 20 mm

4. สรุปผลการทดลอง

ผลของการปรับระยะวัตถุขวางการไหลที่ระยะ 10 และ 20 mm จากปากทางออกของหัวเผา ที่องศาใบนำกระแสการไหลตรงของอากาศทุติยภูมิ 85 องศา พบว่า เชื้อเพลิงสามารถกระจายตัวคลุกเคล้ากับอากาศและก๊าซร้อนที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ได้ดี สามารถสังเกตเห็นเปลวไฟที่มีลักษณะหมุนวนในห้องเผาไหม้อย่างชัดเจน ลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิคล้ายกัน แต่บริเวณทางออกของห้องเผาไหม้ในกรณีติดตั้งวัตถุขวางการไหลที่ 20 mm จะพบอุณหภูมิสูงกว่า แต่กลับพบการปลดปล่อยมลพิษที่บ่งชี้ถึงการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ที่สูงกว่าเล็กน้อย และอุณหภูมิที่สูงกว่าดังกล่าว ยังส่งผลให้เกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่เกิดในที่อุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้นโดยการวัดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ พบว่า การปรับระยะวัตถุขวางการไหลที่ระยะ 10 mm มีปริมาณ 107 ppm ไนโตรเจนออกไซด์ 246 ppm ในขณะที่การปรับระยะวัตถุขวางการไหลที่ระยะ 20 mm หัวเผาปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ 139 ppm และไนโตรเจนออกไซด์ 314 ppm อย่างไรก็ตาม การปรับเปลี่ยนตำแหน่งวัตถุขวางการไหล ช่วยให้การปลดปล่อยมลพิษลดลงกว่าเดิม ซึ่งหัวเผาก่อนการปรับปรุงตำแหน่งอุปกรณ์ขวางการไหล มีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ 453 ppm และไนโตรเจนออกไซด์ 279 ppm

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองทุนส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน สำหรับงบประมาณในการสนับสนุนกิจกรรมการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Williams A, Jones JM, Ma L, Pourkashanian M. Pollutants from the combustion of solid biomass fuels. *Progress in Energy and Combustion Science* 2012;38:113–137.
- [2] Office of energy policy and planning, Ministry of Energy, Available form: <https://www.eppo.go.th>.
- [3] Kanprom P. Effect of bluff body and awirl plate on performance of pulverized biomass burner. Master thesis, Mechanical Engineering King Mongkut Institute of Technology Ladkrabang; 2017.
- [4] Phikun-ngoen N. Effect of air ratio on performance of pulverized biomass combustor. Master thesis, Mechanical Engineering, King Mongkut Institute of Technology Ladkrabang; 2017.
- [5] Keawchompoo C, Laphirattanakil P, Charoensuk J. Effect of Secondary air swirler shape on flow aerodynamic and combustion of pulverized biomass. The 9th TSME International Conference on Mechanical Engineering, 11–14 December 2018, Phuket, Thailand.
- [6] Xu M, Yuan J, Han C, Zheng, C. Investigation of particle dynamics and pulverized coal combustion in a cavity bluff-body burner. *Fuel* 1995;74:1913–1917.