การปรับปรุงสมรรถนะหัวเผาเชื้อเพลิง โดยการเพิ่มขนาดท่ออากาศปฐมภูมิ

Improvement of burner performance by increasing the size of the primary air tube

รังสินันท์ ณ รังษี, ฉัตรเฉลิม แก้วชมภู, คีต์ สร้อยทอง, มณฑล ใจกุศล, จารุวัตร เจริญสุข*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
*ผู้ติดต่อ: E-mail: jarruwat_ch@kmitl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 02 329 8351, เบอร์โทรสาร: 02 329 8352

บทคัดย่อ

บทความนี้ทำการศึกษาการปรับปรุงสมรรถนะหัวเผาเชื้อเพลิงโดยการเพิ่มขนาดท่ออากาศปฐมภูมิ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากการเผาไหม้ด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลที่กำลังความร้อน 300 กิโลวัตต์ อากาศเกิน 15% และใช้เชื้อเพลิงที่ถูกบดผ่านตะแกรงขนาดไม่เกิน 1.0 มิลลิเมตร จากการศึกษาพบว่า การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้หัวเผาเชื้อเพลิงที่ปรับปรุงสมรรถนะแล้ว ทำให้เกิดการเผาไหม้และกระจายตัวทั่วทั้งห้องเผาไหม้ที่ดีกว่า เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจนน้อยกว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้หัวเผาเชื้อเพลิงที่ยังไม่ปรับปรุงสมรรถนะ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาการเผาไหม้โดยใช้ชีวมวลทอร์รีไฟด์แทนชีวมวล และใช้หัวเผาเชื้อเพลิงที่ถูกปรับปรุงสมรรถนะแล้วภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกับการศึกษาข้างต้น และจากการศึกษาพบว่า การเผาไหม้ชีวมวลทอร์รีไฟด์เกิดการเผาไหม้และกระจายตัวที่ช้ากว่า และยังก่อให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์มากกว่า แต่เกิดออกไซด์ของไนโตรเจนที่น้อยกว่า

คำหลัก: หัวเผาเชื้อเพลิง, ชีวมวลทอร์รีไฟด์, กระบวนการทอร์รีแฟคชั่น

Abstract

This paper studied the improvement of burner performance by increasing the size of the primary air tube. This combustion were at 300 kW thermal and 15 percent excess air with biomass fuel. The biomass fuel were sieved to a size cut of up to 1.0 mm. Results showed that the combustion of biomass after improvement had burned and distributed throughout internal combustion chamber. The combustion also released less oxygen and oxide of nitrogen than the previous version of burner. In addition, the study were carried out on the combustion of torrefied biomass by using a modified primary air tube under the same experimental condition. Results showed that the combustion of torrefied biomass had longer ignition delay. It also contributes to more emission on carbon monoxide but less emission in oxides of nitrogen.

Keywords: Burner, Torrefied Biomass, Torrefaction process

1. บทนำ

ความต้องการใช้พลังงานในปัจจุบันมีเยอะมากขึ้น ทำให้มีความจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานทดแทนอื่นๆ เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานสำรอง ซึ่งแหล่งพลังงานทดแทนที่สามารถหาได้ง่ายและมีมากมาย คือ พลังงานทดแทนจากชีวมวล (Biomass) ซึ่งได้รับความสนใจในปัจจุบัน และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่อุดมสมบูรณ์ต่อการเติบโตของพืชหรือต้นไม้มากมายหลายชนิด ทำให้พลังงานทดแทนชีวมวลนี้สามารถช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรได้ ซึ่งในปัจจุบันนี้กระบวนการสร้างพลังงานทดแทนจากชีวมวลมีมากมายหลายแบบ ตัวอย่างเช่น การเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion) การเผาไหม้เชื้อเพลิงสองชนิดขึ้นไป (Co-firing) การผลิตก๊าซชีวมวล (Gasification) ไพโรไลซิส (Pyrolysis) เป็นต้น

การเผาไหม้มีปัจจัยมากมายหลายอย่างเพื่อที่จะทำให้การเผาไหม้นั้นเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ยกตัวอย่างเช่น ชนิดของเชื้อเพลิง ปริมาณอากาศที่ใช้ การสร้างความคลุกเคล้ากันระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาการเผาไหม้ เป็นต้น โดยปัจจัยเหล่านี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีอุปกรณ์หรือชิ้นงานที่จะช่วยทำให้เกิดขึ้นได้[1]

งานวิจัยก่อนหน้านี้มีการศึกษาการใช้วัตถุขวางการไหล (Bluff Body) เพื่อทำหน้าที่ลดความเร็วในแนวแกน (Axial axis) ของอากาศปฐมภูมิที่มีเชื้อเพลิงผสมอยู่ แต่จะเพิ่มความเร็วในแนวรัศมี (Radial axis) แทน ทำให้เพิ่มระยะเวลาของเชื้อเพลิงกับอากาศให้อยู่ในห้องเผาไหม้ช่วยได้นานขึ้น และยังทำให้เกิดการไหลย้อนกลับไปยังบริเวณที่มีความดันต่ำด้วย[2] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างความปั่นป่วนในห้องเผาไหม้หรือที่เรียกว่า “ชุดใบบิดโค้ง (Swirler)” เพื่อทำให้เชื้อเพลิงกับอากาศเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์[3] ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้เป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ที่ส่งผลต่อระยะเวลาการเผาไหม้ และการคลุกเคล้าระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ นั่นคือ หัวเผาเชื้อเพลิง ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเพื่อศึกษาการปรับปรุงสมรรถนะหัวเผาเชื้อเพลิงโดยการเพิ่มขนาดท่ออากาศปฐมภูมิ ซึ่งทำให้มีการเพิ่มพื้นที่การไหลของอากาศปฐมภูมิเป็นสองเท่า โดยการศึกษานี้สามารถศึกษาได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลด้วยหัวเผาเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงสมรรถนะแล้ว และยังสามารถนำหัวเผาที่ปรับปรุงสมรรถนะแล้วไปใช้เพื่อศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลทอร์รีไฟด์ ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่น่าคาดว่าจะเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในอนาคตอันใกล้นี้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีวมวล (Biomass)

ชีวมวล หมายถึง สารอินทรีย์ที่เก็บสะสมพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ในการสร้างพลังงานได้ ยกตัวอย่างเช่น ฟางข้าว แกลบ กากอ้อย กากทะลายปาล์ม เศษไม้ และมูลสัตว์ เป็นต้น ซึ่งชีวมวลส่วนใหญ่มีองค์ประกอบเป็นเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

2.2 กระบวนการทอร์ริแฟคชัน (Torrefaction Process)

กระบวนการทอร์ริแฟคชันเป็นกระบวนการให้ความร้อนชีวมวลที่อุณหภูมิต่ำ ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน ซึ่งเป็นกระบวนการที่ลดความแตกต่างระหว่างถ่านหินและชีวมวล โดยกระบวนการนี้ช่วยกำจัดความชื้น ลดปริมาณไฮโดรคาร์บอนเบา เพิ่มค่าความร้อนและพลังงานต่อหน่วยมวล เก็บรักษาได้ยาวนานกว่า มีความสามารถในการถูกย่อยเพิ่มขึ้น ไม่ดูดซับน้ำ และมีความหนาแน่นสูง จึงทำให้ต้นทุนในการขนส่งต่ำกว่า คุณสมบัติเหล่านี้สามารถเอาชนะข้อบกพร่องที่จำกัดหลายประการของการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ [4]

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) และค่าความร้อน (เมกะจูลต่อกิโลกรัม) ของชีวมวลและชีวมวลทอร์รีไฟด์

ลำดับ/แหล่งเชื้อเพลิง	ชีวมวล	ชีวมวลทอร์รีไฟด์
การวิเคราะห์โดยประมาณ (% โดยน้ำหนัก)		
- สารระเหยง่าย	76.68	49.50
- คาร์บอนคงที่	15.23	40.22
- ความชื้น	5.81	5.09
- เถ้า	2.28	5.19
การวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (% โดยน้ำหนัก)		
- คาร์บอน	45.42	57.20
- ไฮโดรเจน	6.31	5.00
- ไนโตรเจน	0.48	0.31
- ซัลเฟอร์	0.00	0.04
- ออกซิเจน	45.54	32.30
- ค่าความร้อน (MJ/kg)	17.50	21.94

2.4 อัตราการไหลของอากาศ (Air flow rate)

ความเร็วของอากาศปฐมภูมิที่ผ่านพื้นที่การไหลบริเวณหัวเผาเชื้อเพลิง สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\dot{m} = \rho A v$$

2.4 การเปรียบเทียบและเปลี่ยนหน่วยความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศ (The O_2 Reference)

การเปรียบเทียบและเปลี่ยนหน่วยความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ และออกไซด์ของไนโตรเจนที่ได้จากการทดลอง โดยใช้ค่าออกซิเจนอ้างอิงที่ 6 เปอร์เซ็นต์ [5] ซึ่งสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{Corrected PPM} = \text{Measured PPM} \times \frac{20.9 - O_2 \text{ Reference}}{20.9 - O_2 \text{ Measured}}$$

3. เงื่อนไข และขั้นตอนการทดลอง

การเปรียบเทียบหัวเผาเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง สามารถเปรียบเทียบได้จากการศึกษาการเผาไหม้ชีวมวลโดยใช้หัวเผาดังกล่าว ซึ่งชุดทดลองการเผาไหม้ในงานวิจัย มีลักษณะดังต่อไปนี้

ภาพที่ 1 ชุดทดลองสำหรับการเผาไหม้

อุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับชุดทดลองนี้ มีดังนี้

1) ชุดหัวเผาเชื้อเพลิง
3) หัวเผาเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง
3) ห้องเผาไหม้ช่วย

ตารางที่ 2 กำลังความร้อน (กิโลวัตต์) ความถี่ของมอเตอร์ลำเลียงเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดผง (เฮิร์ต)

กำลังความร้อน (kW)	ความถี่ของมอเตอร์สกรูขนถ่าย (Hz)	
	ชีวมวล	ชีวมวลทอร์รีไฟด์
200	0.93	0.63
250	1.23	0.89
300	1.54	1.16

3.1 ขั้นตอนการทดลองเผาไหม้

1) เลือกชนิดของเชื้อเพลิง และหัวเผาที่ต้องการใช้ในการทดลอง

2) ป้อนเชื้อเพลิงชนิดผงที่ต้องการด้วยความถี่ของสกรูขนถ่ายเชื้อเพลิงชนิดผง ตามตารางที่ 2

3) ป้อนปริมาณอากาศปฐมภูมิ ทุติยภูมิ และตติยภูมิเข้าสู่ห้องเผาไหม้ช่วย ตามตารางที่ 3 (เชื้อเพลิงชีวมวล) หรือตามตารางที่ 4 (เชื้อเพลิงชีวมวลทอร์รีไฟด์)

3) สังเกตดูการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงกับอากาศ

4) หากอุณหภูมิของการเผาไหม้มีค่าคงที่ ให้เพิ่มกำลังความร้อนโดยป้อนเชื้อเพลิงชนิดผงและเพิ่มปริมาณอากาศจนถึงกำลังความร้อนที่ 300 กิโลวัตต์

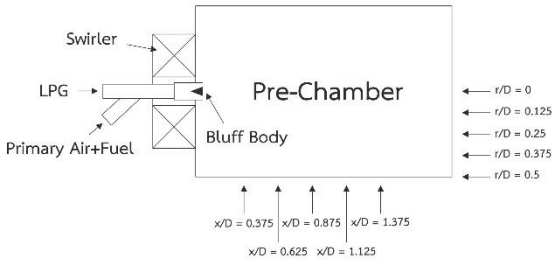
5) รอจนอุณหภูมิมีค่าคงที่อีกครั้ง จากนั้นบันทึกค่าอุณหภูมิ และค่าการปลดปล่อย CO, O_2 และ NO_x

ตารางที่ 3 อัตราการไหลของอากาศปฐมภูมิ อากาศทุติยภูมิ และอากาศตติยภูมิของการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลและเชื้อเพลิงชีวมวลทอร์รีไฟด์ ที่อัตราส่วน 25 : 65 : 10

กำลังความร้อน (kW)	อัตราส่วนลมที่ป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ช่วย (m^3/s)					
	เชื้อเพลิงชีวมวล			เชื้อเพลิงชีวมวลทอร์รีไฟด์		
	ลมปฐมภูมิ	ลมทุติยภูมิ	ลมตติยภูมิ	ลมปฐมภูมิ	ลมทุติยภูมิ	ลมตติยภูมิ
200	0.017	0.045	0.007	0.016	0.044	0.006
250	0.021	0.056	0.008	0.020	0.055	0.008
300	0.025	0.068	0.010	0.024	0.066	0.010

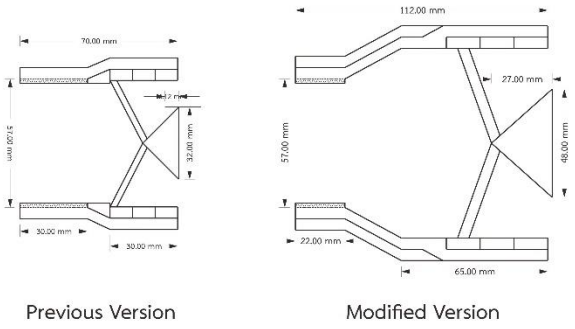
3.2 เงื่อนไขของการทดลอง

1) ตำแหน่งการเก็บอุณหภูมิของการเผาไหม้



ภาพที่ 2 ตำแหน่งการเก็บอุณหภูมิ

2) หัวเผาเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง



ภาพที่ 3 หัวเผาเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง (ซ้าย) และหัวเผาเชื้อเพลิงหลังปรับปรุง (ขวา)

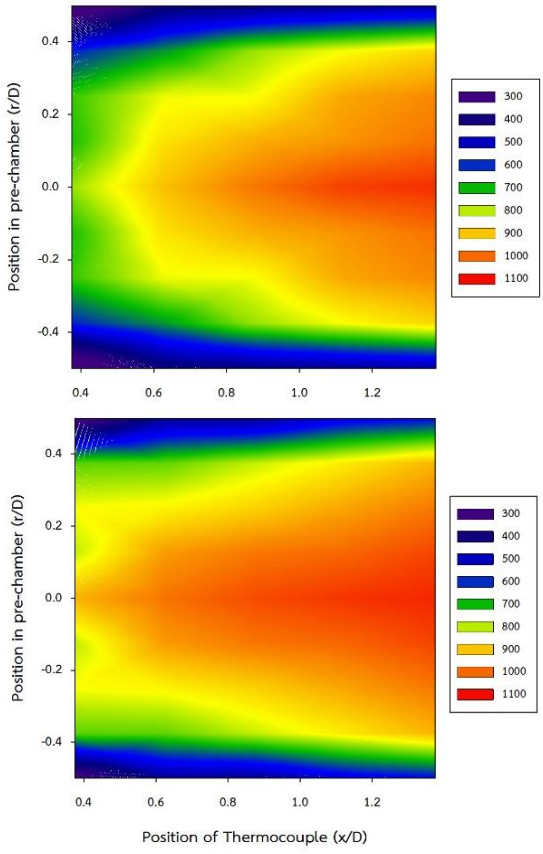
3) เผาไหม้ที่กำลังความร้อน 300 กิโลวัตต์ โดยใช้ชุดใบบิดโค้ง (Swirler) และอัตราการไหลของอากาศปฐมภูมิ อากาศทุติยภูมิ และอากาศตติยภูมิ ที่อัตราส่วน 25 : 65 : 10

4. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของการปรับปรุงสมรรถนะหัวเผาเชื้อเพลิงโดยการเพิ่มขนาดท่ออากาศปฐมภูมิ ซึ่งใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในการเผาไหม้

4.1.1 เปรียบเทียบการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้หัวเผาเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงสมรรถนะ

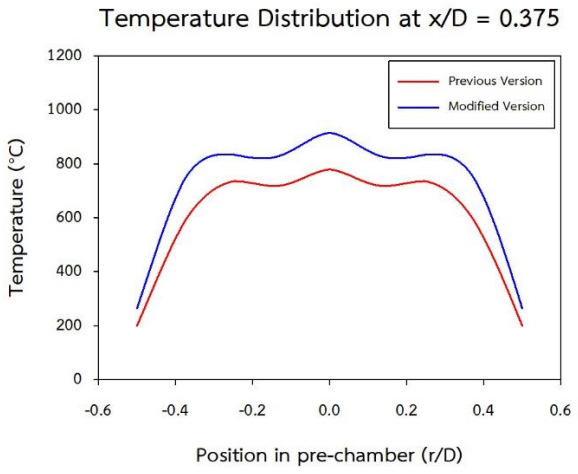


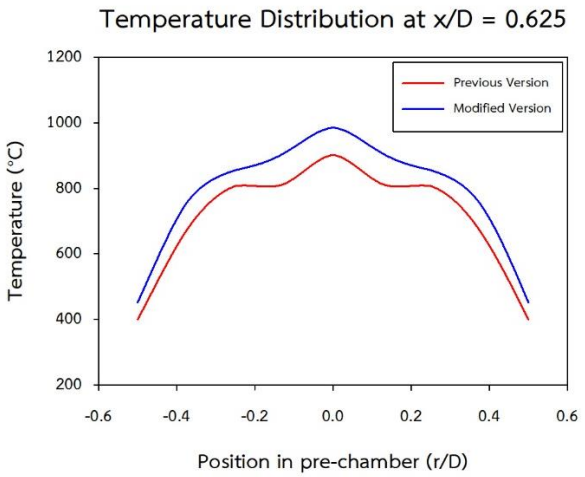
ภาพที่ 4 การกระจายตัวอุณหภูมิของการเผาไหม้ชีวมวลโดยใช้หัวเผาเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง (บน), หลังปรับปรุง (ล่าง)

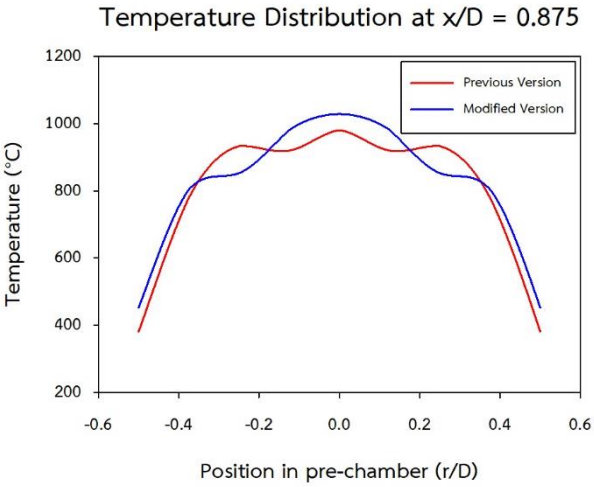
การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้หัวเผาเชื้อเพลิงหลังปรับปรุง ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่เร็วกว่า สามารถสังเกตได้จากภาพที่ 4 จุดเริ่มต้นของการเผาไหม้เริ่มตั้งแต่ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิแรกเลย และยังมีการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ได้ดีกว่าการใช้หัวเผาเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง เนื่องจากการปรับปรุงสมรรถนะหัวเผาเชื้อเพลิงโดยการเพิ่มขนาดท่ออากาศปฐมภูมิ ทำให้ความเร็วของอากาศปฐมภูมิที่มีเชื้อเพลิงผสมอยู่ลดลง ซึ่งลดลงแนวแกนและเพิ่มในแนวรัศมีที่เกิดจากวัตถุขวางการไหล (Bluff Body) การปรับปรุงสมรรถนะนี้ยังส่งผลให้ความเร็วของอากาศทุติยภูมิเพิ่มขึ้นอีกด้วย ซึ่งอากาศส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญของการเผาไหม้เนื่องจากจะทำให้เชื้อเพลิงและอากาศเกิดความปั่นป่วนและการคลุกเคล้ากันภายในห้องเผาไหม้อย่างดี และท้ายที่สุดเกิดการเผาไหม้ได้ดี นอกจากนี้การปรับปรุงสมรรถนะยังส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ได้นานขึ้นอีกด้วย

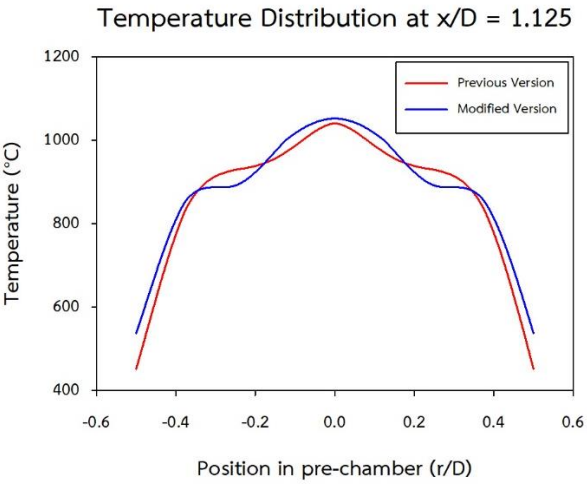
4.1.2 เปรียบเทียบการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้หัวเผาเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงสมรรถนะ ที่ตำแหน่ง x/D ต่างๆ

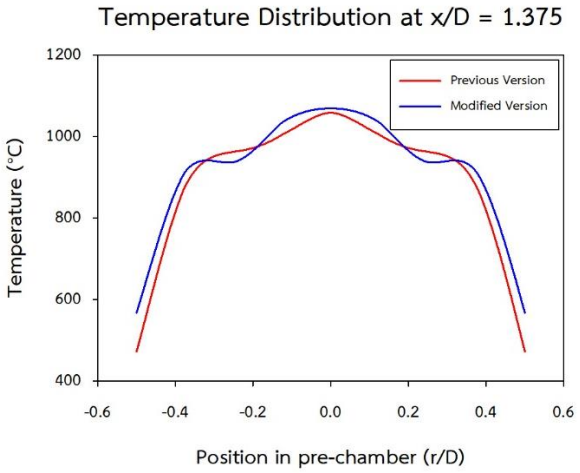
สามารถอธิบายและเปรียบเทียบความแตกต่างของการเผาไหม้โดยใช้หัวเผาเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงที่ตำแหน่ง x/D ต่างๆ โดยมีผลการทดลอง ดังนี้









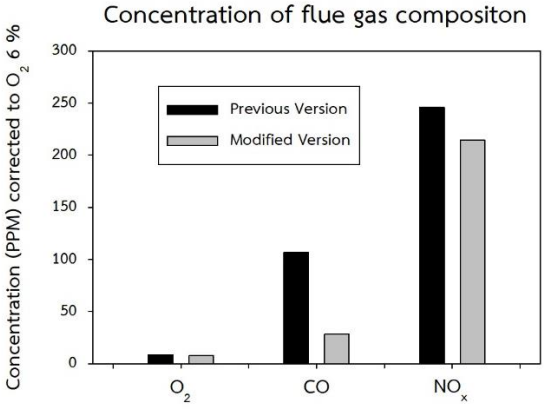


ภาพที่ 5 อุณหภูมิของการเผาไหม้โดยใช้หัวเผาเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุงกับหลังปรับปรุง ที่ตำแหน่ง x/D ต่างๆ

หากพิจารณาที่ตำแหน่ง x/D ต่างๆ จะพบว่าอุณหภูมิของการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลด้วยหัวเผาเชื้อเพลิงที่ปรับปรุงสมรรถนะแล้วมีค่าสูงกว่าเกือบทุกตำแหน่ง r/D โดยตำแหน่งที่สูงที่สุดคือตำแหน่งกลางห้องเผาไหม้นั่นเอง และยังพบว่าอีกว่าตำแหน่งที่มีอุณหภูมิตกลงมาเล็กน้อยเกิดขึ้นเนื่องจากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจากอากาศปฐมภูมิและอากาศทุติยภูมิที่เข้ามาทำให้อุณหภูมิของการเผาไหม้ลดลง แต่เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของการเผาไหม้ที่ตำแหน่งนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจากอากาศปฐมภูมิและอากาศทุติยภูมิมีผลต่อการเผาไหม้น้อยลง เนื่องจากยิ่งไกลออกจากหัวเผาเชื้อเพลิงเท่าไหร่ ยิ่งทำให้อิทธิพลของอากาศปฐมภูมิและอากาศทุติยภูมิที่เข้ามาในห้องเผาไหม้นั้นน้อยลงไปอีกด้วย

4.1.3 เปรียบเทียบองค์ประกอบของก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้โดยใช้หัวเผาเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงสมรรถนะ

การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้หัวเผาเชื้อเพลิงที่ปรับปรุงสมมรถนะแล้วจะทำให้เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงได้ดีกว่าการใช้หัวเผาเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง เนื่องจากเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ด้วยความเร็วต่ำ เชื้อเพลิงจึงอยู่ในห้องเผาไหม้ได้นานขึ้น ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ดีขึ้น และยังทำให้เชื้อเพลิงที่เหลือจากการถูกเผาลดลงอีกด้วย

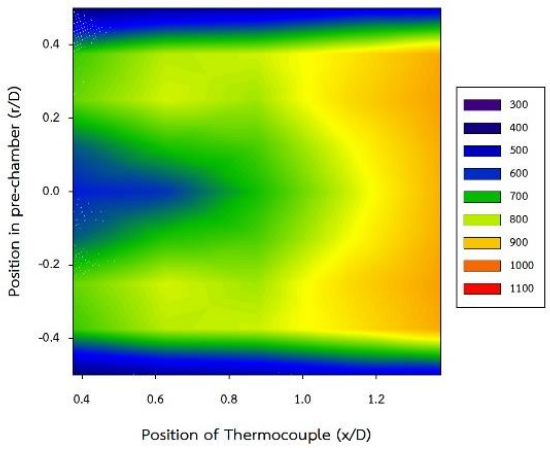


ภาพที่ 6 องค์ประกอบของก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้

4.2 การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลทอร์ริไฟด์

เป็นการทดลองเพื่อศึกษาการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลทอร์ริไฟด์ที่คาดว่าจะเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในอนาคตแทนการใช้เชื้อเพลิงชีวมวล เนื่องจากเชื้อเพลิงนี้มีคุณสมบัติกึ่งถ่านหินกึ่งชีวมวล กล่าวคือ ให้ค่าความร้อนใกล้เคียงถ่านหิน และปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาใกล้เคียงกับชีวมวล ซึ่งการทดลองจะใช้หัวเผาเชื้อเพลิงที่ปรับปรุงสมรรถนะแล้ว

4.2.1 การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลทอร์ริไฟด์ไฟด์ด้วยหัวเผาหลังปรับปรุงสมรรถนะ

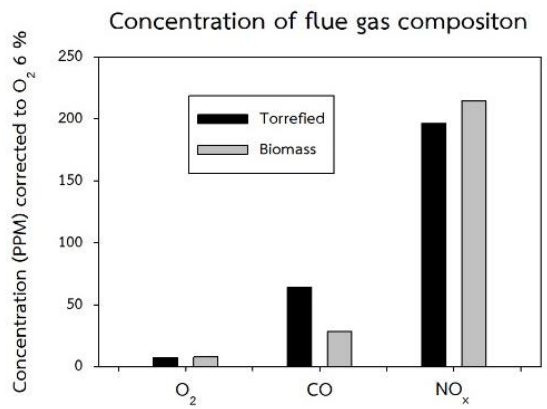


ภาพที่ 7 การกระจายตัวอุณหภูมิของการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลทอร์ริไฟด์โดยใช้หัวเผาเชื้อเพลิงหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 7 การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลทอร์ริไฟด์โดยการใช้หัวเผาเชื้อเพลิงที่ปรับปรุงแล้ว พบว่าเกิดการเผาไหม้ที่ดีในตำแหน่งที่ห่างออกไปจากหัวเผาเชื้อเพลิง เมื่อเปรียบเทียบกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยการใช้หัวเผาเชื้อเพลิงลักษณะเดียวกัน (ภาพที่ 4) เนื่องจากกระบวนการทอร์ริแฟคชันทำให้ปริมาณสารระเหยง่าย (Volitile matter) ของมีค่าน้อยลง ซึ่งสารตัวนี้จะช่วยทำให้ติดไฟได้ง่ายขึ้น จึงทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลทอรีริไฟด์เกิดการติดไฟได้ยากขึ้น

4.2.2 เปรียบเทียบองค์ประกอบของก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงชีวมวลและชีวมวลทอร์ริไฟด์โดยการใช้หัวเผาเชื้อเพลิงหลังปรับปรุงสมรรถนะ

ก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลทอร์ริไฟด์แตกต่างจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล เนื่องจากกระบวนการทอร์ริแฟคชันทำให้เชื้อเพลิงชีวมวลมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ หรือทำให้มีสมบัติกึ่งชีวมวลกึ่งถ่านหิน ซึ่งทำให้เชื้อเพลิงใหม่ที่ได้มีคุณสมบัติของชีวมวลและถ่านหินรวมอยู่ด้วยกัน จากภาพที่ 7 พบว่า การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลทอร์ริไฟด์มีการเผาไหม้ที่ไม่ดีเมื่อเทียบกับชีวมวล ซึ่งเกิดการเผาไหม้ที่ตำแหน่งห่างออกไปจากหัวเผาเชื้อเพลิงจึงมีโอกาสที่จะทำให้เกิดเผาไหม้เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ เป็นผลให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล



รูปที่ 8 องค์ประกอบของก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้

5. สรุปผลการทดลอง

การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้หัวเผาเชื้อเพลิงหลังปรับปรุงสมรรถนะแล้ว ทำให้เกิดการเผาไหม้ดีกว่าและอุณหภูมิสูงกว่า เกิดการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ดีกว่า และยังส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ได้นานขึ้นอีกด้วย เนื่องจากความเร็วของอากาศปฐมภูมิที่มีเชื้อเพลิงอยู่เข้าสู่ห้องเผาไหม้มีค่าต่ำ และยังส่งผลให้ความเร็วของอากาศทุติยภูมิเพิ่มขึ้นอีกด้วย ซึ่งทำให้เชื้อเพลิงและอากาศเกิดความปั่นป่วนและการคลุกเคล้ากันภายในห้องเผาไหม้อย่างดี และเนื่องจากอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจากอากาศปฐมภูมิและอากาศทุติยภูมิที่เข้ามาทำให้อุณหภูมิของการเผาไหม้ลดลง ทำให้เกิดอิทธิพลของอากาศปฐมภูมิและอากาศทุติยภูมิที่เข้ามาในห้องเผาไหม้ จากการทดลองพบว่า ยิ่งการเผาไหม้ห่างจากหัวเผาเชื้อเพลิง ยิ่งทำให้อิทธิพลของอากาศส่วนนี้มีค่าน้อยลงไปอีกด้วย นอกจากนี้การเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้หัวเผาเชื้อเพลิงหลังปรับปรุงสมรรถนะแล้ว ยังทำให้เชื้อเพลิงที่เหลือจากการถูกเผาไหม้ และองค์ประกอบของก๊าซไอเสียที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยลงอีกด้วย

เชื้อเพลิงชีวมวลทอร์ริไฟด์คือเชื้อเพลิงชีวมวลที่ผ่านกระบวนการทอร์ริแฟคชัน ซึ่งกระบวนการนี้ทำให้สารระเหยง่ายมีปริมาณน้อยลง (สารระเหยง่ายจะช่วยให้เกิดการติดไฟได้ง่ายขึ้น) และจากการทดลองการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลทอร์ริไฟด์โดยการใช้หัวเผาเชื้อเพลิงที่ปรับปรุงสมรรถนะแล้ว พบว่าอุณหภูมิของการเผาไหม้ที่ดีเกิดขึ้นในตำแหน่งที่ห่างออกไปจากหัวเผาเชื้อเพลิง เมื่อเทียบกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้หัวเผาลักษณะเดียวกัน ทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงทอร์ริไฟด์มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์ และยังส่งผลให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้นอีกด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] F. El-Mahallawy and S. El-Din Hablik 2000 Fundamental and technology of combustion (Amsterdam: ELSEVIER).

[2] พงศนันท์ แก่นพรม. ผลกระทบของวัตถุขวางการไหลและใบบิดต่อสมรรถณะการเผาไหม้หัวเผาเชื้อเพลิงชีวมวล. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2560.

[3] Chatchalerm Kaewchompoo. Effect of secondary air swirler shape on flow aerodynamic and combustion of pulverized biomass. The 9th TSME International Conference on Mechanical Engineering 2018.

[4] Xiaohan Ren, Rui Sun, Xiaoxiao Meng, Nikita Vorobiev, Martin Schiemann, Yiannis A. Levendis. Carbon, sulfur and nitrogen oxide emissions from combustion of pulverized raw and torrefied biomass. Fuel 2017.

[5] Combustion Analysis Basics. An Overview of Measurements, Methods and Calculations Used in Combustion Analysis. 2004.