

การประเมินความเสี่ยงของหัวเผาเชื้อเพลิงชีวมวลผงแบบอุ่นอากาศ
โดยการใช้แบบจำลองการเผาไหม้
Risk assessment of Biomass Pulverized Burner with Air Preheat
Using Simulation Combustion Model

ธวัชชัย จำนงค์, และ จารุวัตร เจริญสุข*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

*ติดต่อ: E-mail : kcjaruw@kmitl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ : 023 264 197, เบอร์โทรสาร : 023 264 198

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการประเมินความเสี่ยงในระหว่างการดำเนินการทดลองในขั้นตอนพัฒนาหัวเผาเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีการอุ่นอากาศทุติยภูมิ โดยการสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์การเผาไหม้ ภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่มีกำลังการผลิตขนาด 100 kW ปริมาณอากาศปฐมภูมิ 40 % ทุติยภูมิและตติยภูมิ 60 % และปริมาณอากาศส่วนเกิน 10 % ซึ่งเป็นปริมาณสัดส่วนของอากาศที่เหมาะสมในการเผาไหม้โดยที่ทำให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเผาไหม้ 899 °C และมีอุณหภูมิอุ่นอากาศทุติยภูมิที่ 192 °C จากผลของแบบจำลองการเผาไหม้โดยใช้โปรแกรม ANSYS และใช้เทคนิคการ Coupled Wall ระหว่างผนังภายในห้องเผาไหม้ด้านแก๊สไอเสียบกับผนังภายนอกห้องเผาไหม้ด้านอากาศทุติยภูมิ พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเผาไหม้อยู่ที่ 1177 °C และอุณหภูมิอุ่นอากาศทุติยภูมิ 350 °C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิที่ได้จากการทดลองถึง 31% และ 80% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์นี้ทำให้ได้พบปัญหาเกี่ยวกับลักษณะของหัวเผา ที่มีช่องการจ่ายอากาศที่ไม่สมมาตร ทำให้เกิดจุดร้อนขึ้นในบริเวณผนังอุ่นอากาศ และการเปิดของช่องผสมระหว่างอากาศปฐมภูมิและทุติยภูมิที่ทำให้มีเชื้อเพลิงเล็ดลอดเข้าไปในห้องอุ่นอากาศ ในอนาคตจะได้ทำการพัฒนาหัวเผาโดยการปรับปรุงลักษณะการจ่ายส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศปฐมภูมิ เพื่อหลีกเลี่ยงปรากฏการณ์ดังกล่าวต่อไป

คำหลัก: การเผาไหม้; การจำลอง; เชื้อเพลิงชีวมวล

Abstract

This research aims to making risk assessment during development of biomass burner with pre-heated secondary air under related experimental condition at 100kW power, primary air to secondary and tertiary air ratio = 40:60 with excess air 10%. Experimental result suggested the averaged combustion chamber at 899 °C and the preheated secondary air temperature at 192 °C. However, the simulation on ANSYS with Coupled wall method indicated that an averaged temperature in combustion chamber at 1177 °C and 346 °C of secondary air. These seem to be higher than workshop experimentation for 31% and 80%, respectively. From this study, some issues were discovered such as; leakage of fuel into the secondary air preheating chamber and non-uniform distribution of fuel stream which resulted in hot spot at the combustion liner. More developments will be adopted in future validation work and will be reported in the future.

Keywords: Combustion, Simulation modelling, Biomass

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันความต้องการในใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น จึงจำเป็นต้องหาพลังงานทดแทนในรูปแบบอื่นๆ พลังงานทดแทนจากชีวมวล (Biomass) จึงเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจ ซึ่งชีวมวลนั้นได้มาพืชและสัตว์หรือองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตหรือสารอินทรีย์ต่างๆรวมทั้งวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรเช่น แกลบ ไม้สับ ชังข้าวโพด กากใยปาล์ม เหง้ามันสำปะหลัง เป็นต้น โดยเชื้อเพลิงชีวมวลเหล่านี้สามารถนำมาแปรรูปให้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง (Wood Pellets) ซึ่งเชื้อเพลิงชีวมวลมีข้อดีคือการก่อให้เกิดแก๊สมลพิษ เช่น SO_2 และ NO_x ในปริมาณที่น้อย

สำหรับในการศึกษาในอดีตของ จิตพงษ์ กนกนัยการ และคณะ [1] ได้ทำการออกแบบจัดสร้างต้นแบบเตาปฏิกรณ์และหัวเผา (Burner) ก๊าซสังเคราะห์จากชีวมวลโดยมีกำลังการผลิตขนาด 100 kW ซึ่งในปัจจุบันได้ทำการพัฒนาปรับปรุงต้นแบบหัวเผาสำหรับก๊าซสังเคราะห์เพื่อนำมาใช้สำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลผงโดยที่มีกำลังการผลิต 100 kW โดย ปภัส ชูโชติศิริ และคณะ [2]

งานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลผงที่มีกำลังการผลิต 100 kW ของ ปภัส ชูโชติศิริ และคณะ [2] เพื่อนำมาเป็นเงื่อนไขในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ 3 มิติ (3D-Axisymmetric) โดยกำหนดให้มีตำแหน่งการจ่ายอากาศปฐุมภูมิและเชื้อเพลิงชีวมวลผงที่ไม่สมมาตรกับทางเข้าห้องเผาไหม้, ตำแหน่งการจ่ายอากาศทุติยภูมิตามแนวเส้นสัมผัสผิวห้องเผาไหม้โดยมีลักษณะการไหลของอากาศทุติยภูมิแบบการไหลสวนทาง (Counter Flow) กับแก๊สไอเสียภายในห้องเผาไหม้ เมื่ออากาศทุติยภูมิได้รับความร้อนจากผนังห้องเผาไหม้ทำให้อากาศทุติยภูมิมีอุณหภูมิสูงขึ้นไหลผ่านแผ่นสร้างการไหลหมุนวนลำดับหนึ่ง (First Swirled Plate) ตรงช่องทางเข้าอากาศทุติยภูมิสำหรับช่วย Pre-mixed ร่วมกับอากาศปฐุมภูมิและเชื้อเพลิง และยังมีอากาศทุติยภูมิส่วนหนึ่งไหลผ่านแผ่นสร้างการไหลหมุนวนลำดับสอง (Second Swirled Plate) บริเวณทางเข้าห้องเผาไหม้

โดยทางผู้วิจัยคาดว่าแผ่นสร้างการไหลหมุนวนลำดับหนึ่งบริเวณช่องทางเข้าของอากาศทุติยภูมิและ

ตำแหน่งของการจ่ายอากาศปฐุมภูมิและเชื้อเพลิงผงที่ไม่สมมาตร น่าจะเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อหัวเผา จึงได้ทำการสร้างแบบจำลองการเผาไหม้เพื่อทำการวิเคราะห์ถึงปัจจัยดังกล่าวว่าจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของหัวเผาเชื้อเพลิงชีวมวลผง โดยอาศัยผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองเป็นข้อมูลในการพัฒนาและปรับปรุงหัวเผาต่อไป

2. ลักษณะของเตาเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล

จากรูปที่ 1 แสดงถึงลักษณะของหัวเผาสำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลผงที่มีขนาดกำลังการผลิตที่ 100 kW โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในห้องเผาไหม้เท่ากับ 0.3 เมตร, ขนาดความยาวหัวเผาเท่ากับ 1.2 เมตร, มีลักษณะตำแหน่งการจ่ายของอากาศปฐุมภูมิและเชื้อเพลิงชีวมวลผงที่ไม่สมมาตร และในส่วนของอากาศทุติยภูมิมีลักษณะการจ่ายตามแนวเส้นสัมผัสผิวของห้องเผาไหม้ โดยบริเวณทางเข้าห้องเผาไหม้ออกแบบเป็นวัสดุทนไฟ ในขณะที่เตาเผาไหม้หลักถูกออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 1.0 เมตร และขนาดความยาวเท่ากับ 1.5 เมตร

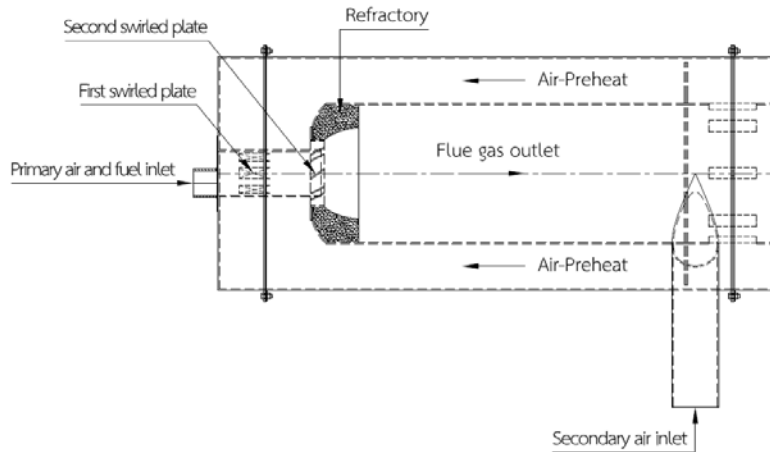
2.1 เงื่อนไขที่ใช้ในการเผาไหม้ชีวมวล

กำหนดการไหลให้เป็นแบบสมมาตรโดยใช้พิกัดทรงกระบอก r, θ, z เป็นพิกัดอ้างอิงตามแนวแกน 3 มิติ โดยเป็นการไหลแบบสภาวะคงตัว (Steady State) เลือกใช้รูปแบบการจำลองการเผาไหม้แบบ Discrete Phase Model และรูปแบบการไหลปั่นป่วนเลือกใช้สมการ $k - \epsilon$ Standard

สำหรับเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ในการศึกษาคือเชื้อเพลิงจากไม้ยางพารา ซึ่งสมบัติและองค์ประกอบได้ทำการทดสอบและวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 7582, D 5373, D 4239, และ D 5863 ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยเป้าหมายวัตถุประสงค์ของการจำลองในขั้นต้น คือการสร้างแบบจำลองการเผาไหม้เพื่อทำการวิเคราะห์โดยทำการเปรียบเทียบกับผลจากการทดลอง โดยที่หัวเผาจะต้องสามารถเผาไหม้ได้อย่างต่อเนื่องที่กำลังการผลิต 100 kW, ทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับตำแหน่งของการจ่ายอากาศปฐุมภูมิและเชื้อเพลิงในกรณีที่จ่ายอากาศปฐุมภูมิที่ไม่สมมาตรและในกรณีที่สมมาตรกับห้องเผาไหม้เพื่อดูแนวโน้มของผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยตารางที่ 4 แสดงถึงเงื่อนไขที่ใช้ในการเผาไหม้ที่กำลังการผลิต 100 kW

2.2 ลักษณะของเมชในการจำลอง

สำหรับเมชที่ใช้ในแบบจำลองจะประกอบด้วย



รูปที่ 1 แสดงลักษณะของหัวเผา

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงผงไม้ยางพารา (Thailand Institute of Scientific and Technological Research)

การวิเคราะห์โดยประมาณ	(% โดยน้ำหนัก)
สารระเหย	76.68
คาร์บอนคงตัว	15.23
ความชื้น	5.81
ซีเถ้า	2.28
การวิเคราะห์โดยละเอียด	(% โดยน้ำหนัก)
คาร์บอน	45.42
ไฮโดรเจน	6.31
ไนโตรเจน	0.45
ออกซิเจน	45.54
ซัลเฟอร์	0.00
ปริมาณความร้อน (MJ/kg)	17.5

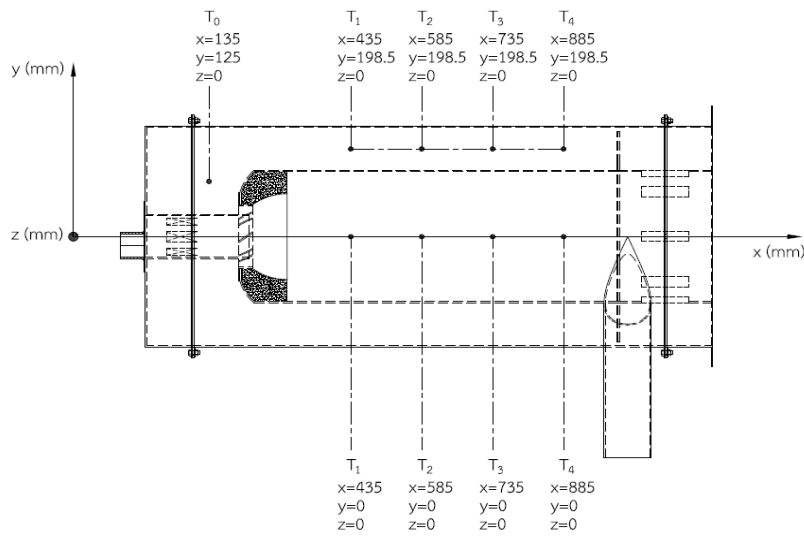
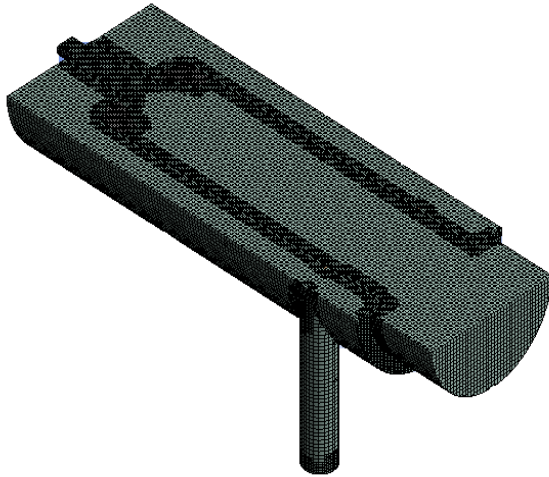
ตารางที่ 2 เงื่อนไขการจำลองสำหรับหัวเผาเชื้อเพลิงชีวมวลผง

Primary Air: Air flow Rate (kg/s)	1.54×10^{-2}
อุณหภูมิ (K)	313
อัตราการป้อนเชื้อเพลิงชีวมวล (kg/s)	5.715×10^{-3}
Secondary Air: Air flow Rate (kg/s)	2.31×10^{-2}
อุณหภูมิ (K)	473.15
อากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ (%)	10
ความดันบรรยากาศ (Pa)	101325
ความดันทางออก (Pa)	-1500
อุณหภูมิ (K)	1200
ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	-9.81

(m/s)	
-------	--

เมชในส่วนองแข็งและของไหลโดยใช้รูปทรงหลายด้าน (Polyhedra) ซึ่งเป็นบริเวณที่ให้ความสนใจ สำหรับการจำลองที่ความละเอียดและจำนวนของเมชที่มาก ทำให้มีผลต่อระยะเวลาในการวิเคราะห์และการตรวจสอบเปรียบเทียบกับผลจากการทดลอง ดังนั้นจึงเลือกใช้จำนวนเมชที่ 1,035,649 อิเล็กเมนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ตำแหน่งของการจ่ายอากาศและเชื้อเพลิง, อุณหภูมิของการอุ่นอากาศและสำหรับในกรณี First Swirled Plate และในกรณี Non First Swirled Plate โดยตำแหน่งของ First Swirled Plate ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยทำการเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้, การกระจายอุณหภูมิตามแนวแกนรัศมีตามแนวแกน Z ของห้องเผาไหม้ และอุณหภูมิของการอุ่นอากาศกับผลที่ได้จากการทดลอง โดยมีระยะตำแหน่งของการวัดอุณหภูมิแสดงดังในรูปที่

รูปที่ 2 แสดงเมชที่ใช้ในแบบจำลอง



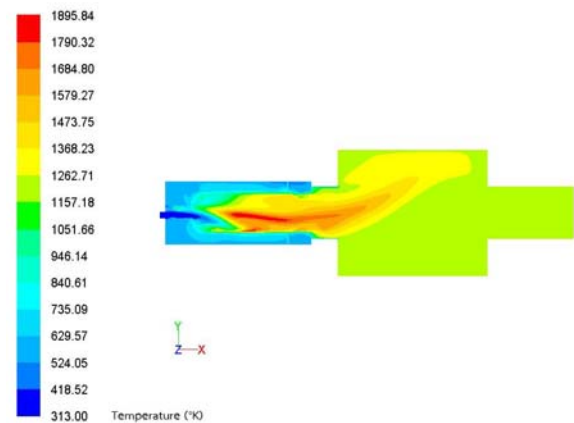
รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งของการวัดอุณหภูมิ

ภายในห้องเผาไหม้พบว่าในตำแหน่งที่ระยะ 0.885 m บริเวณผนังการอุ่นอากาศเกิดจุดร้อนที่สูงกว่าในระยะ

3. ผลการจำลองการเผาไหม้

3.1 การจำลองการเผาไหม้ในกรณี First Swirled Plate

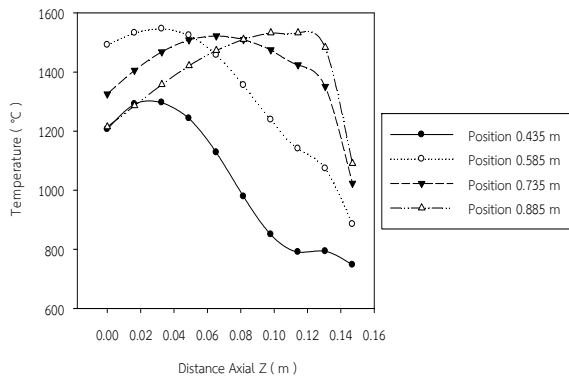
จากการจำลองการเผาไหม้ของหัวเผาชีวมวล ผงแบบมีการอุ่นอากาศ ในกรณี First Swirled Plate พบว่าการกระจายของอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้โดยที่มีตำแหน่งการจ่ายอากาศและเชื้อเพลิงที่ไม่สมมาตรกับห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 954 °C, อุณหภูมิของการอุ่นอากาศหตุยภูมิอยู่ที่ 350 °C และผลจากการแบบจำลองพบว่าบริเวณใกล้ผนังของการอุ่นอากาศภายในห้องเผาไหม้เกิดจุดร้อน (Hot Spots) ดังแสดงในรูปที่ 4 และเมื่อพิจารณาตำแหน่งการกระจายตัวของอุณหภูมิจากบริเวณกึ่งกลางภายในห้องเผาไหม้ไปตามแนวแกนรัศมีตามในแนวแกน Z ของผนังการอุ่นอากาศ



รูปที่ 4 แสดงการกระจายอุณหภูมิในกรณี First Swirled Plate

ตำแหน่งอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 5 และเป็นตำแหน่งที่เกิดจุดร้อนสูงสุดที่เกิดขึ้นบริเวณทางออกของห้องเผาไหม้ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ที่ 1090 °C และในกรณีนี้ลักษณะของเปลวไฟบริเวณทางออกของห้องเผาไหม้เกิดการลอยตัวขึ้นก่อนไหลเข้าสู่เตาเผาหลัก เนื่องจากเกิดการสูญเสียเสถียรภาพจนอาจทำให้เปลวไฟดับได้

จากผลที่ได้จากการจำลองการเผาไหม้ในกรณีดังกล่าวทำให้ทางผู้วิจัยมาพิจารณาเกี่ยวกับแผ่นสร้างการไหลหมุนวนลำดับหนึ่งกับอัตราส่วนของปริมาณการอุ่นอากาศที่ไหลผ่านแผ่นสร้างหมุนวนลำดับหนึ่งและแผ่นสร้างหมุนวนลำดับสองเท่ากับ 30% ของการจ่ายอากาศทุติยภูมิสำหรับการอุ่นอากาศ ซึ่งมีผลต่อความเร็วของอากาศเมื่ออากาศไหลผ่านแผ่นสร้างการไหลหมุนวนลำดับหนึ่งและลำดับสอง เนื่องจากปริมาณของอากาศทุติยภูมิจะไหลผ่านแผ่นสร้างการไหลหมุนวนลำดับหนึ่งและลำดับสองซึ่งไม่สามารถควบคุมอัตราส่วน



รูปที่ 5 กราฟแสดงอุณหภูมิตามแนวรัศมีในแนวแกน Z ในกรณี First Swirled Plate

ของปริมาณการอุ่นอากาศได้ ทำให้ความเร็วของการอุ่นอากาศทุติยภูมิบริเวณช่องทางเข้าแผ่นสร้างการไหลหมุนวนลำดับสองไม่สามารถทำให้เกิดกระแสการไหลแบบหมุนวนที่รุนแรงเพียงพอเพื่อช่วยในการรักษาเสถียรภาพเปลวไฟ

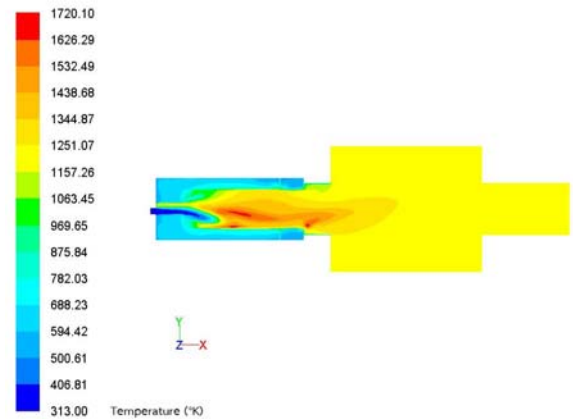
3.2 การจำลองการเผาไหม้ในกรณี Non First Swirled Plate

สำหรับในกรณี Non First Swirled Plate เป็นการจำลองเพื่อทำการเพิ่มปริมาณอัตราส่วนของการอุ่นอากาศ ที่มีตำแหน่งการจ่ายอากาศปฐมภูมิและเชื้อเพลิงที่ไม่สมมาตร โดยมีอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เฉลี่ยอยู่ที่ 1177 °C อุณหภูมิของการอุ่นอากาศทุติยภูมิอยู่ที่ 350 °C ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยที่ลักษณะของเปลวไฟมีความเสถียรภาพไม่เกิดการลอยตัวของเปลวไฟ, มี

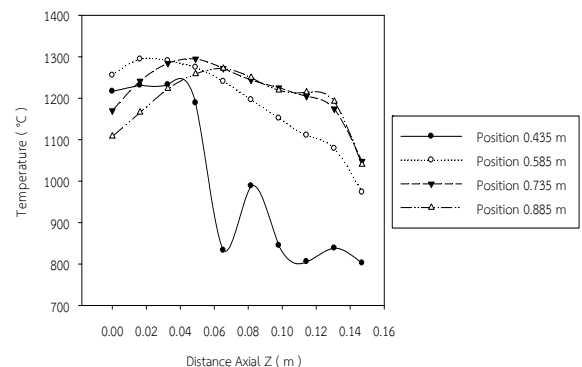
การกระจายตัวของอุณหภูมิที่สม่ำเสมอภายในเตาเผาหลัก เมื่อพิจารณาตำแหน่งการกระจายตัวของอุณหภูมิจากบริเวณกึ่งกลางภายในห้องเผาไหม้ไปตามแนวแกนรัศมีตามในแนวแกน Z พบว่าบริเวณใกล้ผนังภายในห้องเผาไหม้ ที่ตำแหน่งระยะ 0.735 m และ 0.885 m บริเวณผนังของการอุ่นอากาศเกิดจุดร้อน 966 °C ดังแสดงในรูปที่ 7

3.3 การจำลองการเผาไหม้ในกรณีที่มีการจ่ายอากาศปฐมภูมิและเชื้อเพลิงที่สมมาตร

จากผลที่ได้จากการจำลองการเผาไหม้ในตำแหน่งที่มีการจ่ายอากาศปฐมภูมิและเชื้อเพลิงที่ไม่สมมาตรในกรณี First Swirled Plate และในกรณี Non First Swirl Plate พบว่าลักษณะการจ่ายอากาศปฐมภูมิและเชื้อเพลิงที่ไม่สมมาตรมีอิทธิต่อการเผาไหม้ทำให้เกิดจุดร้อนบริเวณผิวผนังการอุ่นอากาศซึ่งอาจทำให้ผิวผนังของห้องเผาไหม้มีความเสี่ยงที่จะได้รับความ



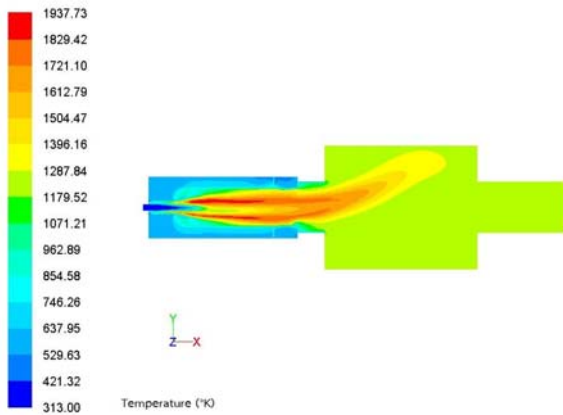
รูปที่ 6 แสดงการกระจายอุณหภูมิในกรณี Non First Swirled Plate



รูปที่ 7 กราฟแสดงอุณหภูมิตามแนวรัศมีในแนวแกน Z ในกรณี Non First Swirled Plate

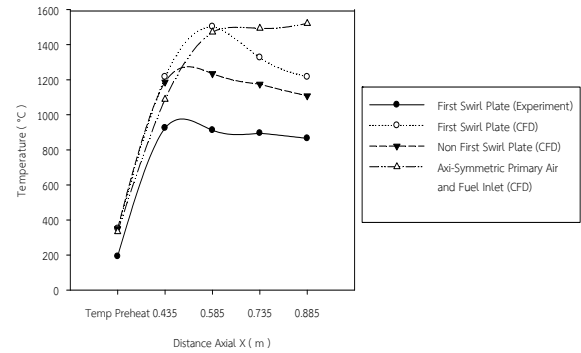
เสียหายจากเปลวไฟ ดังนั้นทางผู้วิจัยซึ่งได้ทำการเปลี่ยนเงื่อนไขในการสร้างแบบจำลองโดยใช้ตำแหน่งการจ่าย

อากาศและเชื้อเพลิงที่สมมาตรและเนื่องจากผลที่ได้จากการจำลองในกรณี Non First Swirled Plate มีลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ที่สม่ำเสมอจึงนำมาใช้เป็นเงื่อนไขในการจำลองการเผาไหม้เพื่อทำการพิจารณาอิทธิพลของตำแหน่งการจ่ายอากาศปฐมภูมิและเชื้อเพลิง พบว่าอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เฉลี่ยอยู่ที่ 1120 °C อุณหภูมิของการอุ่นอากาศทุติยภูมิอยู่ที่ 334 °C ดังแสดงในรูปที่ 8 และจากผลการจำลองพบว่าในตำแหน่งของการจ่ายอากาศปฐมภูมิและเชื้อเพลิงมีลักษณะของการเกิดของเปลวไฟที่สมมาตรและบริเวณที่เกิดจุดร้อนอยู่ห่างจากผนังอุ่นอากาศมากกว่าในตำแหน่งที่มีการจ่ายอากาศที่ไม่สมมาตร ผลจากการทดลอง พบว่าที่ตำแหน่งของการจ่ายอากาศปฐมภูมิและเชื้อเพลิงที่ไม่สมมาตรมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องเผาไหม้อยู่ที่ 899 °C, มีอุณหภูมิการอุ่นอากาศอยู่ที่ 192 °C เมื่อนำผลที่ได้จากการจำลองการเผาไหม้มาทำ

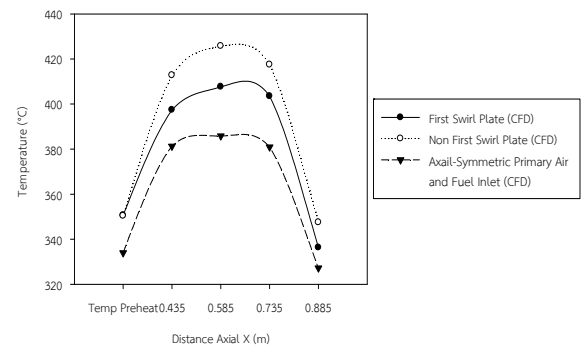


รูปที่ 8 แสดงการกระจายอุณหภูมิ Axial-Symmetric ในกรณี Non First Swirled Plate

การเปรียบเทียบกับผลจากการทดลองดังแสดงในรูปที่ 9 พบว่าผลจากการจำลองการเผาไหม้อุณหภูมิของการอุ่นอากาศในกรณี First Swirl Plate และ Non First Swirl Plate และในกรณีการจ่ายอากาศและเชื้อเพลิงที่สมมาตรมีอุณหภูมิการอุ่นอากาศที่ใกล้เคียงกันอุณหภูมิโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 345 °C ในส่วนของอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ผลที่ได้จากการจำลองจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าผลที่ได้จากการทดลองและเมื่อนำผลที่ได้จากการจำลองในกรณี First Swirled Plate และ Non First Swirled Plate อุณหภูมิของการอุ่นอากาศทุติยภูมิเมื่อไหลสวนทางกับแก๊สไอเสียจะเพิ่มขึ้นจนถึงตำแหน่งช่วงกึ่งกลางของห้องเผาไหม้อุณหภูมิอุ่นอากาศจะลดลงก่อนเข้าห้องเผาไหม้ประมาณ 350 °C ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้



รูปที่ 10 แสดงอุณหภูมิการอุ่นอากาศ

4.สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการจำลองการเผาไหม้ที่กำลังการผลิต 100 kW สำหรับหัวเผาเชื้อเพลิงชีวมวลแบบมีการอุ่นอากาศทุติยภูมิผสมก่อนการเผาไหม้ พบว่ามีปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเผาไหม้เช่น ตำแหน่งการจ่ายอากาศปฐมภูมิและเชื้อเพลิงที่ไม่สมมาตรกับห้องเผาไหม้, ปริมาณอัตราส่วนของการอุ่นอากาศทุติยภูมิที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการเผาไหม้, และ First Swirled Plate ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อเสถียรภาพของหัวเผาชีวมวลแบบที่มีการอุ่นอากาศ ซึ่งจากการจำลองการเผาไหม้เพื่อใช้เปรียบเทียบกับผลการทดลอง พบว่าในตำแหน่งของการป้อนอากาศปฐมภูมิและเชื้อเพลิงที่ไม่สมมาตรกับห้องเผาไหม้ในกรณี First Swirled Plate เมื่อจ่ายอากาศปฐมภูมิและอุณหภูมิของเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้ปรากฏว่ามีอนุภาคของเชื้อเพลิงบางส่วนหลุดลอดผ่านเข้าไปในช่อง First Swirled Plate ทำให้อนุภาคของเชื้อเพลิงบางส่วนที่หลุดลอดเข้าไปเกิดการเผาไหม้ภายในโซนของการอุ่นอากาศ ซึ่งอาจทำให้หัวเผาได้รับความเสียหายจากการเผาไหม้บริเวณโซนของการอุ่นอากาศ

ดังนั้นจึงได้ทำการจำลองการเผาไหม้ในกรณี Non First Swirled Plate เพื่อทำการแก้ไขปัญหาคือ อนุภาคของเชื้อเพลิงหลุดเล็ดลอดผ่านช่อง First Swirled Plate จากผลการจำลองพบว่าลักษณะของ เปลวไฟในกรณี Non First Swirled Plate ไม่เกิดการ ลอยตัวของเปลวไฟบริเวณทางออกห้องเผาไหม้และเมื่อ ทำการพิจารณาตำแหน่งการจ่ายอากาศปฐมภูมิและ เชื้อเพลิงชีวมวลที่ไม่สมมาตรทั้งในกรณี First Swirled Plate และในกรณี Non First Swirled Plate พบว่า เกิดจุดร้อนอุณหภูมิสูงบริเวณผนังห้องเผาไหม้ เนื่องจาก ตำแหน่งการจ่ายอากาศและเชื้อเพลิงที่ไม่สมมาตรทำให้ เส้นทางการเคลื่อนที่ของความเร็วการจ่ายอากาศลดต่ำลงบริเวณ ผนังของห้องเผาไหม้ด้วยค่าแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งใช้ เป็นเงื่อนไขในการจำลอง ซึ่งปัจจัยดังกล่าวอาจทำให้ ผนังของห้องเผาไหม้มีความเสี่ยงที่จะได้รับความเสียหาย จากการเกิดจุดร้อนได้

จากปัจจัยดังกล่าวจึงได้ทำการปรับปรุง แบบจำลองให้มีตำแหน่งการจ่ายอากาศปฐมภูมิและ เชื้อเพลิงที่สมมาตร ในกรณี Non First Swirled Plate พบว่าลักษณะของการเกิดฐานเปลวไฟที่สมมาตรและไม่ เกิดจุดร้อนอุณหภูมิสูงบริเวณผนังห้องเผาไหม้และทำให้ อุณหภูมิบริเวณกึ่งกลางภายในห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิที่ ใกล้เคียงกันตลอดห้องเผาไหม้และ เมื่อทำการ ตรวจสอบผลจากการจำลองของอุณหภูมิการอุ่นอากาศ ทุติยภูมิก่อนการเผาไหม้ สำหรับในทั้งสามกรณีมีค่าของ อุณหภูมิการอุ่นอากาศที่ใกล้เคียงกันประมาณ 350 °C

จากผลที่ได้จากการจำลองการเผาไหม้ เชื้อเพลิงชีวมวลแบบมีการอุ่นอากาศทำให้ทางผู้วิจัย ได้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดความเสี่ยงของหัวเผา เช่น ตำแหน่งของการจ่ายอากาศปฐมภูมิและเชื้อเพลิงที่ ไม่สมมาตรกับห้องเผาไหม้มีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดจุด ร้อนอุณหภูมิสูงบริเวณผนังของห้องเผาไหม้, แผ่นสร้าง การไหลหมุนวนลำดับหนึ่งมีความเสี่ยงที่ทำให้อนุภาค ของเชื้อเพลิงจะหลุดเล็ดลอดเข้าไปในโซนของการอุ่น อากาศและอาจทำให้เกิดการเผาไหม้ในบริเวณโซนของ การอุ่นอากาศ ซึ่งผลที่ได้จากการจำลองจะนำไป เปรียบเทียบและประเมินกับผลที่ได้จากการทดลองจริง เพื่อที่จะได้นำไปพัฒนาและปรับปรุงในส่วนที่จะทำให้ เกิดความเสี่ยงสำหรับหัวเผาเชื้อเพลิงชีวมวลแบบมี การอุ่นอากาศเช่น ตำแหน่งของการป้อนอากาศปฐมภูมิ และอนุภาคของเชื้อเพลิงในตำแหน่งที่สมมาตรกับห้อง

เผาไหม้, แผ่นการสร้างการไหลหมุนวนลำดับหนึ่ง โดย จะทำการทดลองเพื่อตรวจสอบว่ามีการเล็ดลอดของ เชื้อเพลิงเข้าไปในโซนการอุ่นอากาศหรือไม่ และทาง ผู้วิจัยคิดว่าอัตราของการจ่ายอากาศทุติยภูมิน่าจะเป็น อีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการเผาไหม้ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมปริมาณอัตราการไหลของ อากาศทุติยภูมิสำหรับที่ใช้ในการอุ่นอากาศได้ ซึ่งจะต้อง ทำการวิจัยพัฒนาและปรับปรุงหัวเผาเชื้อเพลิงชีวมวลผลง ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้จัดทำโดยห้องปฏิบัติการวิจัยการเผา ไหม้ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] จิตพงษ์ กนกนัยการ และ ประมินทร์ แจ้งไธสง (2554). "การพัฒนาต้นแบบปฏิกรณ์ก๊าซสังเคราะห์จาก ชีวมวล" ปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] ปภัส ชูโชติศิริ, ผไทรัช สีดา และ สมิทธิ เกษตรภิ บาล (2557). "การพัฒนาหัวเผาเชื้อเพลิงระดับ อุตสาหกรรมที่มีการอุ่นอากาศก่อนการเผาไหม้" ปริญญาโทวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [3] ชินภัทร ธุระการ, ธนภัทร์ ภัคดิวงษ์ และ จารุวัตร เจริญสุข (2557). การศึกษาย่านการทำงานของหัวเผา เชื้อเพลิงชีวมวลผงที่มีมุมผนังทางออก 90 องศา, *การประชุมสัมมนาเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย*, มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น
- [4] Y.S. Shen, B.Y. Guo, A.B. Yu, P. Zulli. (2009). A Three-Dimensional Numerical Study of The Combustion of Coal Blends in Blast Furnace, *Fuel* 88, pp. 255-263.
- [5] J.Charoensuk, (1996). *The Application of Mathematical Model for Scaling Pulverized coal combustors*, Ph.D Thesis, University of London

CST0024

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 30
5-8 กรกฎาคม 2559 จังหวัดสงขลา



[6] อพอล อภาธนากร นิमित นิพัทธ์ธรรมกุล และเฉลิม พงษ์ กล้าขยัน (2555). *โครงการนาร่องเพื่อผลิตพลังงานทดแทนจากชีวมวลในระดับชุมชน*, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) และ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน