

การวิเคราะห์สมรรถนะจากแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อขด Simulation Analysis on the Performance of a Spiral-Tube Steam Generator

วัชรินทร์ กลับสูงเนิน^{1,2}, ธนิสร์ วยโรจนวงศ์² และ บุญย์ฤทธิ์ ประสาทแก้ว^{1*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
เลขที่ 39 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110

*ติดต่อ: boonrit.p@en.rmutt.ac.th, watcharin_g@mail.rmutt.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 088-242-5691, 080-624-0568

² ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมหุ่นยนต์และเครื่องจักรกลอัตโนมัติ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
เลขที่ 35 หมู่ที่ 3 ตำบลคลองห้า อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12120
ติดต่อ: watcharin@tistr.or.th, เบอร์โทรศัพท์ 080-624-0568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดไอน้ำที่มีขนาดกะทัดรัดหรือมีค่ากำลังการผลิตไอน้ำต่อน้ำหนักสูง บทความนี้รายงานผลการวิเคราะห์สมรรถนะด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์ของเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อขด (STSG) เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อขดต้นแบบ โดยสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ห้องเผาไหม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 450 มิลลิเมตร ความสูง 100 มิลลิเมตร ผลการศึกษาในบทความนี้ เป็นการจำลองระบบเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของ STSG ที่ห้องเผาไหม้มีอัตราการเผาไหม้คงที่ แต่มีการติดตั้งหัวเผาด้วยจำนวนที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ 1 ถึง 4 หัว จากนั้น เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น จึงมีการนำผลจากแบบจำลองไปเปรียบเทียบกับผลการทดลอง โดยหัวเผาแก๊สทุ้งต้มที่ใช้มีขนาด 5-20 กิโลวัตต์ ผลจากการวิเคราะห์การจำลองด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าห้องเผาไหม้ที่ใช้หัวเผาจำนวน 3 หัว มีความเหมาะสมที่จะนำมาติดตั้งกับการใช้งานจริง เนื่องจากความยาวของเปลวไฟที่เหมาะสมส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบที่ห้องเผาไหม้มีการติดตั้งหัวเผาแบบ 3 หัว สูงกว่ารูปแบบอื่น โดยที่ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนแบบ 3 หัว และแบบ 4 หัว มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนใกล้เคียงกัน

คำหลัก: แบบจำลองคอมพิวเตอร์, เครื่องกำเนิดไอน้ำขนาดกะทัดรัด, เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อขด

Abstract

This research aims at designing and fabricating a compact steam generator with high power to weight ratio. This paper reports the analysis results via the developed computer simulation model of a Spiral-Tube Steam Generator (STSG) and used for designing process. The computer simulation model for analyzing the combustion chamber with aspect ratio of 450 mm inner diameter and 100 mm height. This paper presented the simulation results on the STSG performance at constant combustion rate while the number of burner was varied from 1 to 4. To validate the developed model, the simulation results were compared with the actual experimental results. The LPG burner with combustion rate range of 5 to 20 kW was used. The simulation results shown that the combustion chamber with 3 burners is suitable for the proposed system. Due to the length of flame, resulting in a 3-burner combustion chamber has higher efficiency than 1- and 2-burner, and close to 4-burner.

Keywords: Computer simulation model, Power to Weight Ratio, Spiral-Tube Steam Generator

1. บทนำ

ในปัจจุบันเชื้อเพลิงหรือแหล่งพลังงานมีปริมาณลดน้อยลง การควบคุมมลภาวะและการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจ ทั้งนี้ปัญหาการใช้พลังงานความร้อนและเชื้อเพลิงอย่างไรประสิทธิภาพจากภาคอุตสาหกรรม จึงมีผลทำให้เกิดการคิดค้นการนำพลังงานทดแทนหรือแม้แต่การหาแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงเกรดต่ำเข้ามาแทนที่การใช้พลังงานเชื้อเพลิงประสิทธิภาพสูง แต่ในปัจจุบันโรงไฟฟ้าชีวมวลประสบปัญหาในด้านการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สันดาปภายใน เนื่องจากเครื่องยนต์สันดาปภายในนิยมใช้เชื้อเพลิงประสิทธิภาพสูงในการเผาไหม้ ซึ่งเมื่อต้องการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง เพื่อลดต้นทุน จึงมีการเปลี่ยนแปลงในด้านพลังงานโดยใช้เชื้อเพลิงแก๊สซิไฟเออร์ที่มาจากเผาไหม้ชีวมวลทดแทนในภาคอุตสาหกรรมทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์ซึ่งเป็นผลมาจากน้ำมันทำให้เครื่องยนต์เกิดคราบน้ำมันที่สะสมซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำงานของชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ภายในห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสึกหรอของเครื่องยนต์สันดาปภายใน โดยจำเป็นต้องมีการซ่อมบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องและมีภาระค่าใช้จ่ายในส่วนนี้สูง

จากปัญหาข้างต้นจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุดซึ่งเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายนอกประเภทหนึ่ง เพราะมีกลไกการทำงานที่ไม่ซับซ้อนเหมาะสมกับการนำมาใช้งานกับพลังงานเชื้อเพลิงแก๊สซิไฟเออร์ที่มาจากเผาไหม้ชีวมวล เนื่องจากโครงสร้างและส่วนประกอบภายในของเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุดไม่มีชิ้นส่วนในการเคลื่อนที่ใดๆ มีเพียงห้องเผาไหม้เท่านั้น โดยอาศัยการป้อนเชื้อเพลิงแก๊สซิไฟเออร์ที่มาจากเผาไหม้ชีวมวลเข้าสู่ห้องเผาไหม้เพื่อให้เกิดพลังงานความร้อน จึงไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุด แต่ใช้เพียงพลังงานความร้อนที่ได้จากห้องเผาไหม้ส่งผ่านไปยังหม้อต้มไอน้ำแบบท่อชุด (Water Tube Boiler) ทำให้น้ำที่อยู่ภายในท่อเกิดความร้อนและเปลี่ยนแปลงสถานะกลายเป็นไอน้ำเพื่อนำไปใช้ในระบบการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ในโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก โดยเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุดมีข้อดีในการใช้เชื้อเพลิงเกรดต่ำ มีขนาดกะทัดรัดและมีพื้นผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนและการเผาไหม้ได้ดี

ในที่นี่ จะศึกษาการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อเปรียบเทียบการทดลองกับการใช้งานจริงของห้องเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุด (STSG) ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุดให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานที่เหมาะสมที่สุด โดยการสร้าง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาจำนวนหัวเผาที่เหมาะสมกับห้องเผาไหม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 450 มิลลิเมตร ความสูง 100 มิลลิเมตร และดำเนินการนำหัวเผาจริงมาทดสอบประสิทธิภาพและเก็บผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของห้องเผาไหม้สำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุด จำนวนหัวเผาที่จะทำการวิเคราะห์ที่มีการวิเคราะห์ตั้งแต่ 1 ถึง 4 หัว แต่ในด้านการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานจริงจะเลือกผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยเลือกประสิทธิภาพการทำงานที่เหมาะสมที่สุดจากการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาทดสอบและเก็บผล โดยใช้หัวเผาแก๊สทุ้งต้มขนาด 5-20 กิโลวัตต์ มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์และทดสอบใช้งานจริง

2. ทฤษฎี

2.1 ประสิทธิภาพของการใช้เชื้อเพลิงสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.1) และ (2.2)

$$\eta = \frac{-\left(\left(\frac{A}{F}+1\right)h_{\text{prod}}-\left(\frac{A}{F}\right)h_A-h_F\right)}{\text{LHV}} \quad (2.1)$$

$$h_{\text{prod}} = \sum_{k=1}^N M_{f,k} h_k \quad (2.2)$$

เมื่อ

$\frac{A}{F}$	คือ อัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง
h_{prod}	คือ เอนทัลปีรวมของผลิตภัณฑ์
h_A	คือ เอนทัลปีของอากาศ
h_F	คือ เอนทัลปีของเชื้อเพลิง
$M_{f,k}$	คือ Mass Fraction ของผลิตภัณฑ์
h_F	คือ เอนทัลปีของผลิตภัณฑ์
LHV	คือ Lower Heating Value

ประสิทธิภาพของการใช้เชื้อเพลิงแสดงถึงความสามารถในการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ ยิ่งค่าประสิทธิภาพสูง แสดงว่าห้องเผาไหม้มีความสามารถในการผสมเชื้อเพลิงกับอากาศและทำให้เกิดการเผาไหม้ได้ดี

3. อุปกรณ์และวิธีการวิเคราะห์และทดสอบ

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการทดสอบใช้งานจริงจะมีเครื่องมือ และอุปกรณ์ดังนี้
-คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง

- โปรแกรมเพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
- ต้นแบบห้องเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุด
- Thermocouple Type B และ Type K
- Data Logger
- อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบRotameter
- Burner

วิธีการศึกษาของงานวิจัยนี้จะมีขั้นตอนดำเนินงานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ผลทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม และการทดสอบใช้งานจริงกับห้องเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุด โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 แบบจำลองและการวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม

3.1.1 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาจำนวนหัวเผาที่เหมาะสมกับห้องเผาไหม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 450 มิลลิเมตร ความสูง 100 มิลลิเมตร โดยจะสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของห้องเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุด จำนวนหัวเผาที่จะทำการวิเคราะห์จะเป็นแบบห้องเผาไหม้แบบมีหัวเผา 1 หัว จนถึง 4 หัว โดยใช้หัวเผาแก๊ส (LPG) ขนาด 5-20 กิโลวัตต์ มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ผล

3.1.2 สมการที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Governing Equation)

Continuity equation:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{v}) = 0 \quad (3.1)$$

RNG k – ϵ turbulent model – k equation:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\alpha_k \mu_{eff} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + G_b + G_k - \rho \epsilon - Y_M \quad (3.2)$$

RNG k – ϵ turbulent model – ϵ equation:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \epsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\alpha_k \mu_{eff} \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right) + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} (G_k + C_{3\epsilon} G_b) - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k} - R_\epsilon \quad (3.3)$$

Ideal gas equation:

$$P = \rho RT \quad (3.4)$$

Energy equation in term of enthalpy (H) of all species:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho H) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} H) = \nabla \cdot \left(\frac{k_t}{c_p} \nabla H \right) \quad (3.5)$$

Mean mixture fraction in term of atomic mass fraction:

$$f = \frac{Z_i - Z_{i,ox}}{Z_{i,fuel} - Z_{i,ox}} \quad (3.6)$$

Mean mixture fraction transport equation:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \bar{f}) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} \bar{f}) = \nabla \cdot \left(\frac{\mu_t}{\sigma_f} \nabla \bar{f} \right) \quad (3.7)$$

Mixture fraction variance transport equation:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \overline{f'^2}) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} \overline{f'^2}) = \nabla \cdot \left(\frac{\mu_t}{\sigma_f} \nabla \overline{f'^2} \right) + C_g \mu_t (\nabla \bar{f})^2 - C_d \rho \frac{\epsilon}{k} \overline{f'^2} \quad (3.8)$$

3.1.3 ขั้นตอนการใช้ FLUENT

สำหรับขั้นตอนการใช้ FLUENT สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

- กำหนด Solver เป็นแบบ Pressure Based และ Steady

- เลือกใช้ Energy Equation จาก Model

- เลือก Turbulent Model สำหรับการไหลเป็น

k-epsilon

- เลือก Model การเผาไหม้เป็นแบบ Species

Transport โดยเลือก Model

- กำหนด Boundary Condition โดยเลือก Type ของทางเข้าเชื้อเพลิงและอากาศเป็นแบบ Mass-flow-inlet และกำหนดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง, อากาศ และอุณหภูมิตามกรณีที่ศึกษา (ตามตารางที่ 3.1)

- กำหนด Solution Method เป็นแบบ Second order upwind

- กำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับการจำลองโดยเลือกแบบ Hybrid Initialization

การศึกษาผลกระทบของ Mesh ต่อการคำนวณ

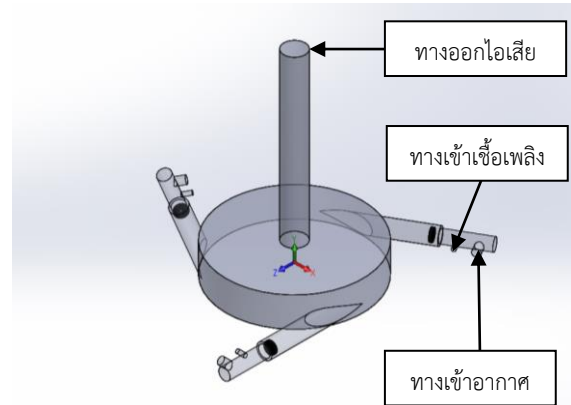
จำนวนของ Mesh ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการคำนวณและผลที่ได้จากการคำนวณ โดยจำนวน Mesh ที่น้อยเกินไปจะใช้เวลาในการคำนวณน้อยแต่ผลที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนสูง จำนวน Mesh ที่สูงเกินไปจะใช้เวลาในการคำนวณมากแต่ผลที่ได้มีความแม่นยำ งานวิจัยแต่ละงานจะมีจำนวน Mesh ที่เหมาะสมแตกต่างกัน แต่ในงานวิจัยนี้กำหนด Mesh สำหรับการจำลองเป็นแบบ Tetrahedrons และนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ประสิทธิภาพที่จำนวนหัวเผาที่เหมาะสมที่สุดในตัวอย่างที่ 3 หัวเผา มาทดสอบใช้งานกับห้องเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อขด และเก็บข้อมูลเพื่อทำการเปรียบเทียบและสรุปผล

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แทนค่าใน Boundary Condition และใช้ในการทดสอบใช้งานจริง

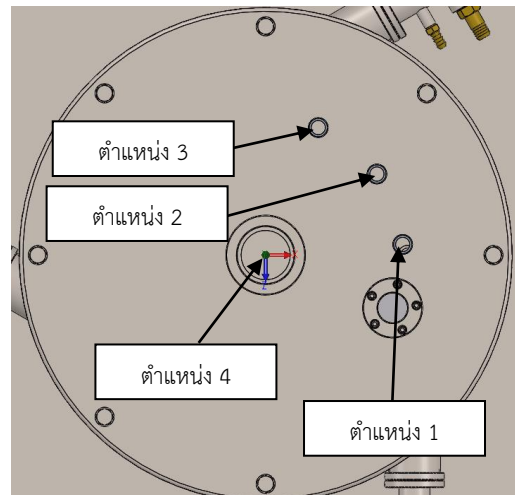
จำนวน (หัวเผา)	อัตราป้อน เชื้อเพลิง (Kg/h)	อัตราป้อน อากาศ (Kg/h)	อุณหภูมิ เชื้อเพลิง (K)	อุณหภูมิ อากาศ (K)
1	1.5	23.28	300	318.15
2	0.75	11.64	300	318.15
3	0.5	7.76	300	318.15
4	0.375	5.82	300	318.15

3.2 การทดสอบการใช้งานจริง

นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ผลจากการสร้างจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่าในตัวอย่างการวิเคราะห์ที่ 3 คือการเลือกใช้ห้องเผาไหม้ที่ 3 หัว สามารถให้ค่าทางความร้อนที่เหมาะสมที่สุด ทั้งในด้านต้นทุนและประสิทธิภาพเชิงความร้อน จึงพิสูจน์ข้อเท็จจริงของผลจากการคำนวณด้วยโปรแกรม โดยการติดตั้งหัวเผาไหม้ที่จำนวน 3 หัว และทำการทดสอบใช้งานจริงกับห้องเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อขด โดยกำหนดค่า Boundary Condition เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามตารางที่ 3.1 และทดสอบดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 Model ตำแหน่งทางเข้าอากาศ, ทางเข้าเชื้อเพลิง และทางออกไอเสีย ของแบบจำลองห้องเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อขด



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของแบบจำลองห้องเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อขด



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของการทดสอบใช้งานจริงกับห้องเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อขด

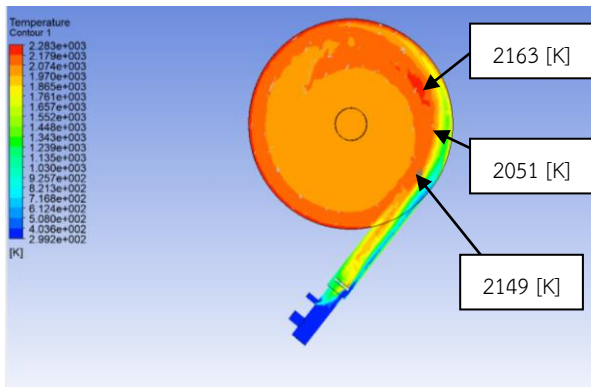


รูปที่ 3.4 การทดสอบใช้งานจริงกับห้องเผาไหม้แบบ 3 หัวเผา

4. ผลการทดลองและการอภิปรายผล

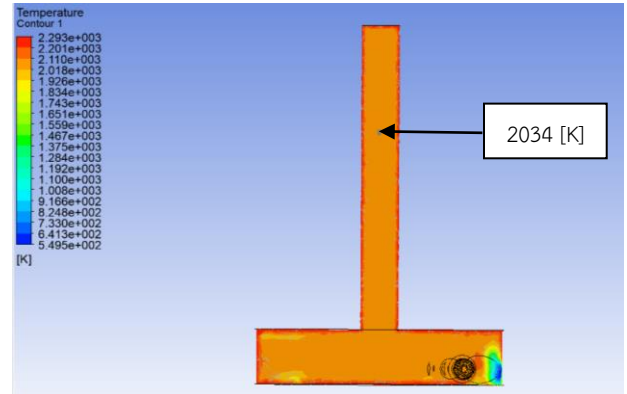
จากการทดลองสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 4 ตัวอย่าง ข้อมูล และ 1 ผลการทดสอบใช้งานจริงกับห้องเผาไหม้ เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุด

ตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 4.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 1 หัวเผา (ด้านบน)

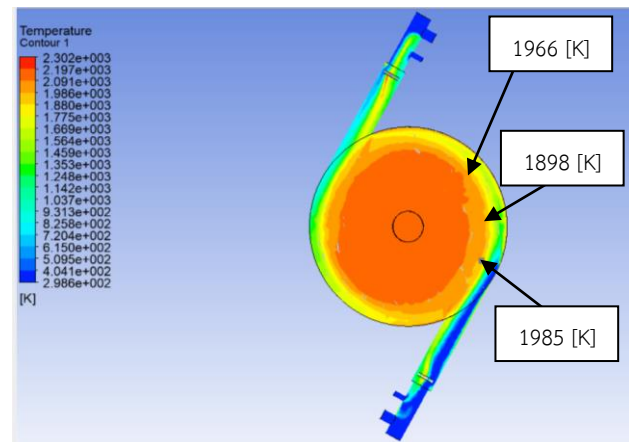
ผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 1 หัวเผาพบว่ามีการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ไม่สูงมาก



รูปที่ 4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 1 หัวเผา (ด้านข้าง)

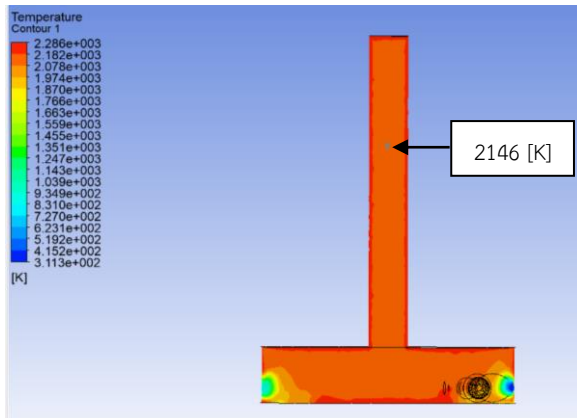
ผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 1 หัวเผาพบว่าอุณหภูมิที่ตรงทางออกของไอเสีย มีอุณหภูมิอยู่ที่ 2034 K มีการกระจายตัวของอุณหภูมิสม่ำเสมอทั้งทางออก แต่มีอุณหภูมิที่ทางออกของไอเสียต่ำ

ตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 4.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 2 หัวเผา (ด้านบน)

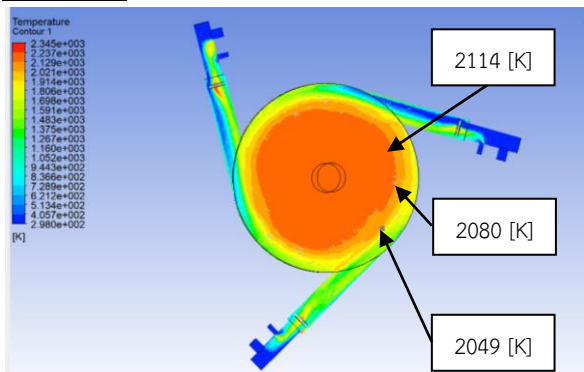
ผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 2 หัวเผา พบว่ามีการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ไม่สูงมาก และส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิต่ำกว่าแบบจำลองของห้องเผาไหม้แบบ 1 หัวเผา



รูปที่ 4.4 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 2 หัวเผา (ด้านข้าง)

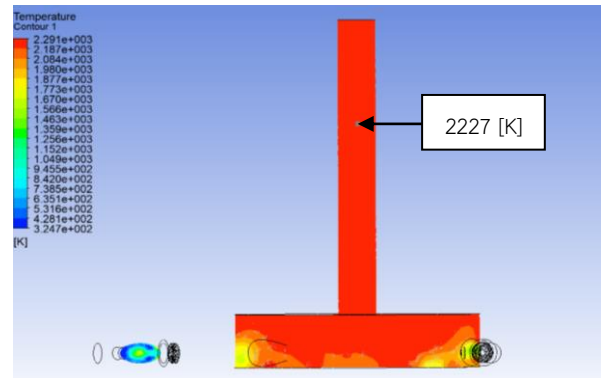
ผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 2 หัวเผา พบว่าอุณหภูมิที่ทางออกของไอเสีย มีอุณหภูมิอยู่ที่ 2146 K มีกระจายตัวของอุณหภูมิสม่ำเสมอทั้งทางออก และมีอุณหภูมิที่สูงกว่าแบบจำลองของห้องเผาไหม้แบบ 1 หัวเผา และมีอุณหภูมิที่ทางออกของไอเสียต่ำกว่าแบบ 3 หัวเผา และ 4 หัวเผา

ตัวอย่างที่ 3



รูปที่ 4.5 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 3 หัวเผา (ด้านบน)

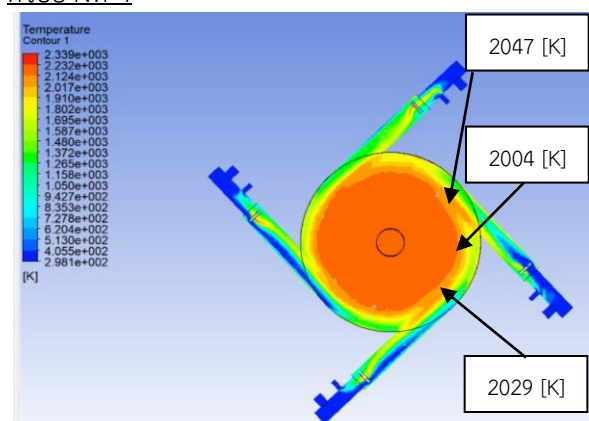
ผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 3 หัวเผาพบว่าการกระจายตัวของอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ ส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เพิ่มสูงขึ้นกว่าแบบจำลองห้องเผาไหม้แบบ 1 หัวเผา, 2 หัวเผา และมีอุณหภูมิที่เท่าๆกัน กับแบบจำลองห้องเผาไหม้แบบ 4 หัวเผา



รูปที่ 4.6 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 3 หัวเผา (ด้านข้าง)

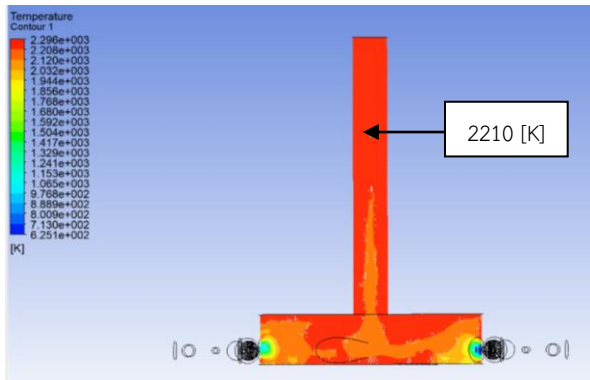
ผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 3 หัวเผาพบว่าอุณหภูมิที่ตรงทางออกของไอเสีย มีอุณหภูมิอยู่ที่ 2227 K มีกระจายตัวของอุณหภูมิสม่ำเสมอทั้งทางออก และมีอุณหภูมิที่สูงกว่าแบบจำลองห้องเผาไหม้แบบ 1 หัวเผา และแบบจำลองห้องเผาไหม้แบบ 2 หัวเผา และมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันกับแบบจำลองห้องเผาไหม้แบบ 4 หัวเผา

ตัวอย่างที่ 4



รูปที่ 4.7 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 4 หัวเผา (ด้านบน)

ผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 4 หัวเผาพบว่าการกระจายตัวของอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ ส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้เพิ่มสูงขึ้นกว่าแบบจำลองห้องเผาไหม้แบบ 1 หัวเผา, 2 หัวเผา และมีอุณหภูมิที่เท่าๆกัน กับแบบจำลองห้องเผาไหม้แบบ 3 หัวเผา

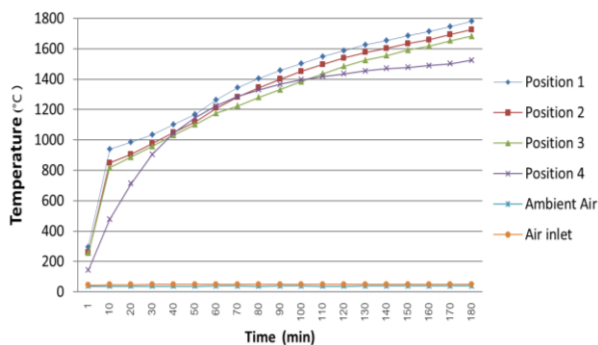


รูปที่ 4.8 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 4 หัวเผา (ด้านข้าง)

ผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้แบบ 4 หัวเผาพบว่าอุณหภูมิที่ตรงทางออกของไอเสีย มีอุณหภูมิอยู่ที่ 2210 K มีกระจายตัวของอุณหภูมิสม่ำเสมอทั้งทางออก และมีอุณหภูมิที่สูงกว่าแบบจำลองห้องเผาไหม้แบบ 1 หัวเผา และแบบจำลองห้องเผาไหม้แบบ 2 หัวเผา และมีอุณหภูมิที่เท่าๆกัน กับแบบจำลองห้องเผาไหม้แบบ 3 หัวเผา

ผลการทดสอบใช้งานจริงกับห้องเผาไหม้

อุณหภูมิเทียบกับเวลา



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงผลจากการทดสอบและเก็บผลใช้งานจริงของห้องเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุดแบบ 3 หัวเผา

ดำเนินการทดสอบกับห้องเผาไหม้ที่ 3 หัวเผา กับห้องเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุด เพื่อพิสูจน์และรองรับความเป็นไปได้ระหว่างงานจริงกับการทดลอง ผลจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากกราฟแสดงว่าผลของอุณหภูมิของห้องเผาไหม้ที่ทำการทดสอบมีค่าของอุณหภูมิที่เท่าๆกันกับการ

สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุด แบบ 3 หัวเผา

5. สรุปผลการทดลอง

ผลจากการวิเคราะห์การจำลองด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และทดสอบใช้งานจริงกับห้องเผาไหม้เครื่องกำเนิดไอน้ำแบบท่อชุด พบว่า จำนวนหัวเผาแบบ 3 หัวเผา มีความเหมาะสมที่จะนำมาติดตั้งกับการใช้งานจริง เนื่องจากความยาวของเปลวไฟทั้ง 3 หัวเผาหมุนวนมาถึงแต่ละหัวเผาพอดีส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนแบบ 3 หัวเผา สูงกว่าแบบ 1 หัวเผา และแบบ 2 หัวเผา โดยที่ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนแบบ 3 หัวเผา และแบบ 4 หัวเผา มีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่าๆกันทั้ง 2 แบบจำลอง ดังนั้นจึงสามารถสรุปผลได้ว่าผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับการทดสอบใช้งานจริงมีความสอดคล้องกัน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยจากโครงการภาคีบัณฑิต ที่กรุณาสับสนุนงบประมาณ สถานที่ และให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาทำงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ashoke De and Sumanta Acharya. "An Experimental and Computational Study of a Swirler-Stabilized Premixed Flame." *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*. 132 (2010) : 2-8
- [2] Ying Huang. "Dynamics and stability of lean-premixed swirl-stabilized combustion." *Progress in Energy and Combustion Science*. 35 (2009) : 293-264
- [3] Han S. Kim, Vaibhav K. and Ashwani Gupta. "Flame characteristics of hydrogen-enriched methane-air Premixed swirlering flames." *International journal of hydrogen energy*. 34 (2009) : 1063-1073



- [4] Yehia Edrainy. “Investigation of radial Swirler Effect on Flow Pattern inside a Gas Turbine Combustor.” Modern Applied Science. 3 (May 2009) : 21-29
- [5] สำเร็จ จักรใจ. การเผาไหม้ Combustion. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
- [6] Stephen R. Turns. An introduction to Combustion. 3sted. Boston : McGRAW-HILL, 2012.
- [7] Martin Miltner, et al. “Process simulation and CFD calculations for the development of an innovative baled biomass-fired combustion chamber.” Applied Thermal Engineering. 27 (2007) : 1138-1143.
- [8] Eman Tora, Erik Dahlquist . “Fluent simulation of prevention of dioxins formation via controlling homogenous mass and heat transfer within circulated fluidized bed combustor.” Future Energy Research Centre , Department of Energy. 75(2015)130-136.