SWU Engineering Journal (2019) 14(1), 78-87
วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2562

รูปแบบของลิ้นเตาที่มีผลต่อพฤติกรรมการไหลของอากาศในเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง
The Configuration of Grate Affect to the Behavior of Airflow in the High Efficiency Cooking Stove

วัชรายุทธ ลำดวน* นิรุต อ่อนสลุง นำพน พิพัฒน์ไพบูลย์
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตสกลนคร 199 ถ.พังโคน-วาริชภูมิ อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร 47160
Watcharayut Lumdoun* Nirut Onsalung Namphon Pipatpaiboon
Department of Mechanical Engineering Faculty of Industry and Technology
Rajamangala University of Technology Isan Sakonnakhon Campus
199 Phangkhon-Waritchaphum Road, Phangkhon, Sakonnakhon, 47160
*Corresponding author Email: tammkung@hotmail.com
(Received: January 19, 2018; Accepted: April 20, 2019)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของรูปแบบลิ้นเตาต่อพฤติกรรมการไหลของอากาศในเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง โดยใช้วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) ซึ่งได้ทำการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตต่างๆ เหมือนกับงานวิจัยต้นแบบ [11] จากการวิเคราะห์พบว่าผลการกระจายอุณหภูมิของอากาศในเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงสอดคล้องกับงานวิจัยต้นแบบ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.77% จากนั้นได้ทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบลิ้นเตาได้แก่ จำนวนรูลิ้นเตา ความหนาลิ้นเตา และอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบนต่อล่างที่แตกต่างกันรวม 27 รูปแบบ เพื่อทำการวิเคราะห์หารูปแบบลิ้นเตาที่ทำให้มีแนวโน้มการเผาไหม้ดีที่สุด โดยพิจารณาจากความเร็วเฉลี่ย กล่าวคือความเร็วของอากาศที่มีค่าต่ำ จะช่วยเพิ่มระยะเวลาในการคลุกเคล้าของอากาศกับเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้จึงทำให้การเผาไหม้ดีขึ้น และส่งผลให้แนวโน้มประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงตามไปด้วย จากการศึกษาพบว่าจำนวนรูลิ้นเตาที่ทำให้แนวโน้มการเผาไหม้ดีที่สุด คือ 44 รู ความหนาลิ้นเตา 30 มิลลิเมตร และมีอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบนต่อล่าง 13:14 มิลลิเมตร

คำสำคัญ: ลิ้นเตา พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ พฤติกรรมการไหลของอากาศ เตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง

ABSTRACT

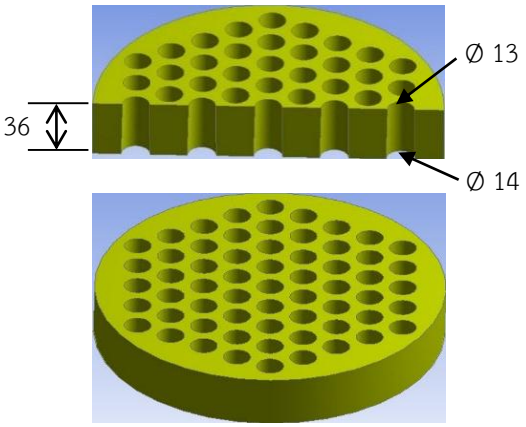
This research aims to study the configuration of grate affect to the behavior of airflow in the high efficiency cooking stove using computational fluid dynamics (CFD). This research defines the model mesh boundary condition from a previous study [11]. The analysis found that the temperature distribution is consistent with a previous study, by the mean error of 0.77%. Then make modify the configuration of grate such as number of holes, thickness and the diameter ratio of hole with different total 27 models to fine the best burning trend, based on the average speed. That is at low speed of airflow can improves times to mixing of air and fuel in the combustion chamber, thus burning up as a

result and have a good trend of high thermal efficiency. From this study found that the best burning trend can be said that the number of grate holes is 44, thickness of grate is 30 mm and the diameter ratio of hole is 13:14 mm.

Keyword: Grate, computational fluid dynamics, behavior of airflow, high efficiency cooking stove.

1. บทนำ

ลิ้นเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงที่ใช้ในปัจจุบันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 156 มม. หนา 36 มม. และมีจำนวนรูลิ้นเตาทั้งหมด 61 รู ลักษณะเป็นรูปทรงกรวยคว่ำ มีอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบนต่อล่าง 13:14 มม. มีลักษณะการวางกระจายบนลิ้นเตาเป็นรูปหกเหลี่ยม [1]–[3] แสดงดังรูปที่ 1 เพื่อช่วยรีด และเร่งความเร็วของอากาศให้ดีขึ้น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าจำนวนรูลิ้นเตา 61 รู ค่อนข้างมีปัญหาในการผลิตเนื่องจากมีจำนวนรูที่มาก ทำให้เกิดความเสียหายระหว่างการผลิต ต้องอาศัยช่างที่มีความชำนาญจึงจะสามารถผลิตได้เร็ว และทันต่อความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยการปรับลดจำนวนรูลิ้นเตาให้น้อยลง แต่ลักษณะการกระจายของรูลิ้นเตายังคงรูปแบบเดิม การหาประสิทธิภาพเตาทำได้โดยการทดลองจริง [4]–[5] ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ค่อนข้างถูกต้องแม่นยำ แต่ใช้เวลาในการทดลองเป็นเวลานาน การวัดค่าความเร็ว และการสังเกตพฤติกรรมการไหลของอากาศภายในเตาทำได้ค่อนข้างลำบาก เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของเตา และเปลวไฟที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้



รูปที่ 1 ลิ้นเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง

ปัจจุบันจึงได้มีการนำเอาวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณมาช่วยในการออกแบบ และวิเคราะห์เตาหุงต้มแบบต่างๆ [6]-[12] ซึ่งช่วยให้ลดระยะเวลาให้การเก็บข้อมูล ประหยัดค่าใช้จ่าย และให้ผลที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับการทดลองจริง ซึ่งเป็นตัวช่วยหนึ่งในการทราบถึงพฤติกรรมการกระจายตัวของอุณหภูมิ และทิศทางการไหลของอากาศภายในเตาหุงต้มได้

มานะ [8]-[9] ได้จำลองการไหลของอากาศผ่านรูรังผึ้งเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรณีที่ไม่มีถ่านไม้เชื้อเพลิง และไม่มีภาชนะที่ปากเตาด้านบนโดยใช้วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ จากการศึกษาพบว่าวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณให้ผลสอดคล้องกับการทดลอง และสามารถอธิบายพฤติกรรมการไหลของอากาศผ่านรูรังผึ้งเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงได้ Mana [10] ได้ทำการศึกษาการไหลเชิงตัวเลขของอากาศในเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรณีที่ไม่มีภาชนะที่ปากเตาด้านบน ภายใต้เงื่อนไขการพาความร้อนแบบธรรมชาติ เพื่อเปรียบเทียบจำนวนรูรังผึ้ง 61, 44 และ 37 รู จากการศึกษาพบว่า จำนวนรูรังผึ้ง 44 รู มีแนวโน้มให้การเผาไหม้ดีที่สุด ธนรัฐ [11] (งานวิจัยต้นแบบ) ได้ทำนายพฤติกรรมการไหลของอากาศภายในเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงเมื่อมีถ่านไม้เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ และมีภาชนะที่ปากเตาด้านบน โดยใช้วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการกระจายตัวของอุณหภูมิ และพฤติกรรมการไหลของอากาศเป็นไปตามกฎทางฟิสิกส์ และหลักความเป็นจริง และพบว่าวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ สามารถทำนายการไหลของอากาศผ่านรูรังผึ้งเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงกรณีมีถ่านไม้เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ และมีภาชนะที่ปากเตาด้านบนได้

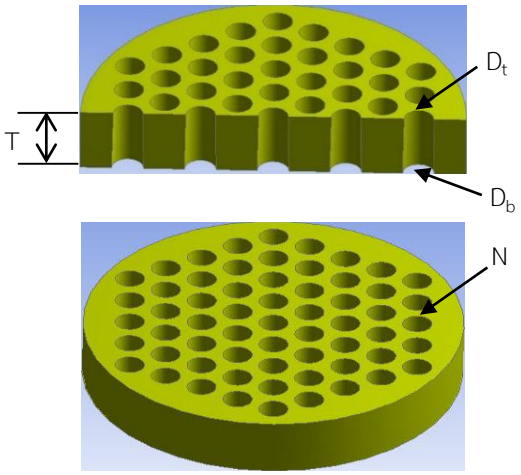
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะใช้วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ มาช่วยวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของ

อากาศในเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง โดยเริ่มจากการสร้างแบบจำลองที่มีขอบเขตการไหลของอากาศภายในเตาในรูปแบบจำลอง 3 มิติ (Model A1) ที่มีขนาดเท่ากับงานวิจัยต้นแบบ จากนั้นใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณประมวลผลตามเงื่อนไขขอบเขตของงานวิจัยต้นแบบ ซึ่งผลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบกัน หากพบว่าผลที่ได้จากแบบจำลองสอดคล้องกับงานวิจัยต้นแบบแล้ว จึงจะนำแบบจำลองดังกล่าวมาทำการปรับเปลี่ยนรูปแบบลิ้นเตา เพื่อหารูปแบบที่ทำให้เกิดแนวโน้มการเผาไหม้ที่ดีที่สุดต่อไป

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 รูปแบบลิ้นเตา

การศึกษาผลของรูปแบบลิ้นเตาต่อพฤติกรรมการไหลของอากาศในเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงครั้งนี้ ได้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบลิ้นเตาได้แก่ จำนวนรูลิ้นเตา ความหนาลิ้นเตา และอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบนต่อล่างที่แตกต่างกันรวม 27 รูปแบบ แสดงดังรูปที่ 2 และข้อมูลในตารางที่ 1 โดยลิ้นเตาดังกล่าวจะถูกปรับเปลี่ยนมาจากจำนวนรูลิ้นเตาสามแบบคือ 61, 44 และ 37 รู ซึ่งแต่ละแบบจะมีการเจาะรูที่มีลักษณะการจัดวางเป็นรูปหกเหลี่ยม โดยที่ Model A1 จะมีจำนวนรูลิ้นเตา ความหนาลิ้นเตา และอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบนต่อล่าง เท่ากับงานวิจัยต้นแบบ [11]



รูปที่ 2 รูปแบบลิ้นเตาที่ปรับเปลี่ยน

ตารางที่ 1 รายละเอียดการปรับเปลี่ยนรูปแบบลิ้นเตา

No.	Model	N	T	$D_t : D_b$
1	A1	61	36	13 : 14
2	A2			13 : 15
3	A3			13 : 16
4	A4		33	13 : 14
5	A5			13 : 15
6	A6			13 : 16
7	A7		30	13 : 14
8	A8			13 : 15
9	A9			13 : 16
10	A10	44	36	13 : 14
11	A11			13 : 15
12	A12			13 : 16
13	A13		33	13 : 14
14	A14			13 : 15
15	A15			13 : 16
16	A16		30	13 : 14
17	A17			13 : 15
18	A18			13 : 16
19	A19	37	36	13 : 14
20	A20			13 : 15
21	A21			13 : 16
22	A22		33	13 : 14
23	A23			13 : 15
24	A24			13 : 16
25	A25		30	13 : 14
26	A26			13 : 15
27	A27			13 : 16

เมื่อ N คือ จำนวนรูลิ้นเตา

T คือ ความหนาลิ้นเตา, (มม.)

D_t คือ เส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบน, (มม.)

D_b คือ เส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาล่าง, (มม.)

2.2 เงื่อนไขขอบเขต และตัวแปร

เงื่อนไขขอบเขต และค่าตัวแปรต่างๆ ที่กำหนดลงในโปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ถูกนำมาจากงานวิจัยต้นแบบ [11] ดังแสดงในตารางที่ 2 จากการที่พฤติกรรมการไหลของอากาศภายในเตาเป็นการพาความร้อนแบบธรรมชาติ จึงไม่ได้กำหนดอัตราการไหลใดๆ เข้าไป เป็นเพียงการปล่อยให้อากาศไหลเข้าและออกอย่างอิสระอันเนื่องมาจากความดันที่เกิดขึ้น แสดงดังรูปที่ 3

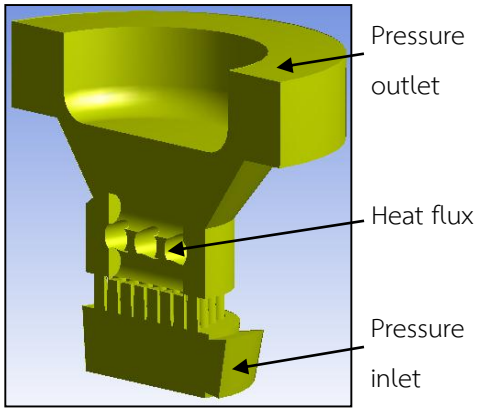
ในส่วนของค่าความปั่นป่วนที่เกิดขึ้นจากการไหลของอากาศถูกกำหนดเป็นแบบ Realizable k-ε เนื่องจากลักษณะทางกายภาพภายในเตาหุงต้มค่อนข้างมีความซับซ้อน การไหลของอากาศจะเกิดการหมุนวนภายในเตา ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยในการประมวลผลการไหลในลักษณะนี้ [8] และค่าการลู่เข้าของคำตอบของทุกสมการที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณในโปรแกรม มีค่าเท่ากับ 10^{-5} เนื่องจากต้องการให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลมวลโดยที่ผลลัพธ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 2 เงื่อนไขขอบเขตการประมวลผลทาง CFD

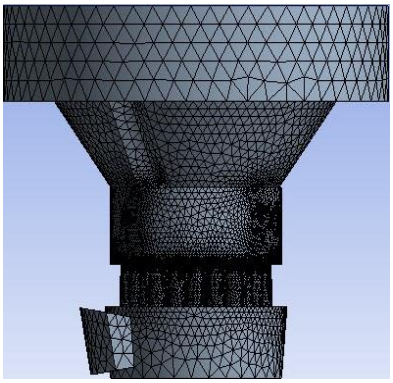
Condition	Value
Inlet boundary condition	Pressure inlet 101,325 Pa
Outlet boundary condition	Pressure outlet 101,325 Pa
Time	Steady state
Turbulence model	Realizable k-ε
Wall heat flux	230,732 W/m^2

2.3 ลักษณะกริดของแบบจำลอง

แบบจำลองเตาถูกสร้างขึ้นในรูปแบบ 3 มิติ โดยที่กริดมีลักษณะเป็นรูปทรงสามเหลี่ยม มีจำนวนของกริดประมาณ 1,900,000 cells และจากการตรวจสอบความเป็นอิสระของกริดดังกล่าวพบว่ามีความเหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ขอบเขตพื้นที่



รูปที่ 4 ลักษณะของกริด

2.4 สมการที่เกี่ยวข้อง

การกำหนดค่าฟลักซ์ความร้อน จะใช้ค่าที่ได้จากงานวิจัยต้นแบบ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$H.F. = \frac{h \times m}{A \times t} \quad (1)$$

เมื่อ H.F. คือ ค่าฟลักซ์ความร้อน (W/m^2)
h คือ ค่าความร้อนของถ่านไม้ (J/kg)
m คือ มวลของถ่านไม้ (kg)
A คือ พื้นที่ผิว (m^2)
t คือ เวลา (s)

การพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อน (Percentage of error, P.E.) เมื่อเทียบผลจากงานวิจัยต้นแบบกับผลที่ได้จากแบบจำลอง (Model A1) หาได้จากสมการที่ (2)

$$P.E. = \frac{\left(CFD_{(Old)} - CFD_{(New)}\right)}{\left(CFD_{(Old)}\right)} \times 100\% \qquad (2)$$

เมื่อ P.E. คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

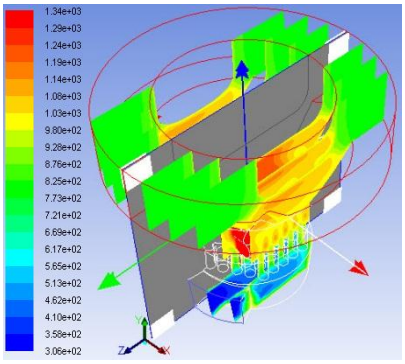
$CFD_{(Old)}$ คือ ข้อมูลจาก CFD เดิม

$CFD_{(New)}$ คือ ข้อมูลจาก CFD ใหม่

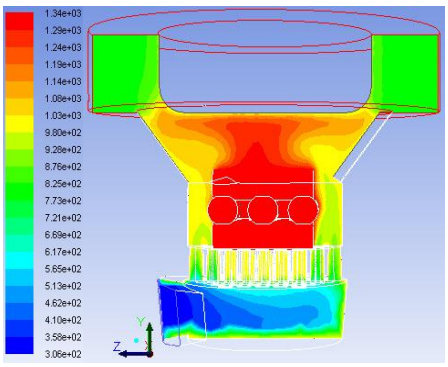
3. ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยต้นแบบ

3.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิ

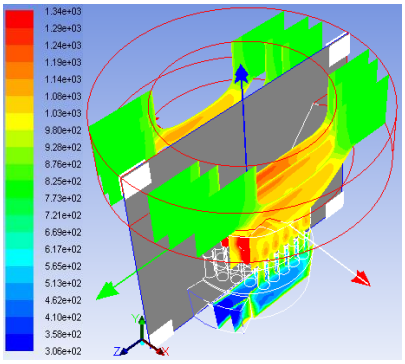
จากรูปที่ 5–6 แสดงการแบ่งแถบสีอุณหภูมิ (K) ตามระนาบ X และแสดงแถบสีอุณหภูมิ (K) ที่ระนาบ X=0 ของงานวิจัยต้นแบบ ตามลำดับ และจากรูปที่ 7–8 แสดงการแบ่งแถบสีอุณหภูมิ (K) ตามระนาบ X และแสดงแถบสีอุณหภูมิ (K) ที่ระนาบ X=0 ของ Model A1 ตามลำดับ พบว่ามีความสอดคล้องกันกล่าวคือ อุณหภูมิบริเวณใกล้ถ่านไม้เชื้อเพลิงจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งอื่นๆ เนื่องจากอยู่ใกล้ผิวของถ่านไม้เชื้อเพลิงที่มีการแผ่รังสีความร้อนออกมา ซึ่งอากาศโดยรอบยังได้รับผลของความร้อนนี้จากการพาความร้อน จึงทำให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้น เช่นเดียวกัน จากรูปที่ 9 และตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ และค่าความคลาดเคลื่อนที่ตำแหน่งต่างๆ ของงานวิจัยต้นแบบกับ Model A1 พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยคิดเป็น 0.77%



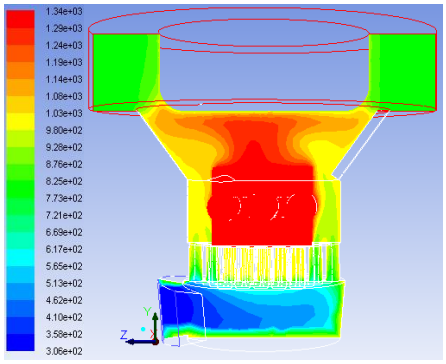
รูปที่ 5 แสดงการแบ่งแถบสีอุณหภูมิ (K) ตามระนาบ X ของงานวิจัยต้นแบบ [11]



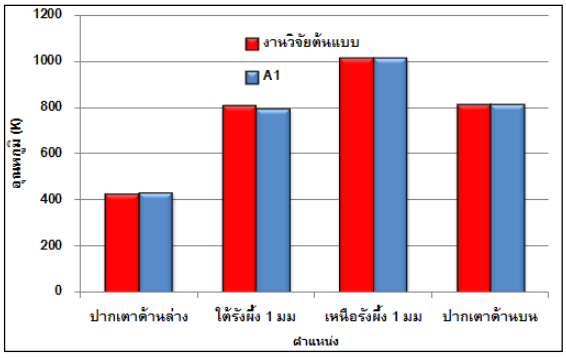
รูปที่ 6 แสดงแถบสีอุณหภูมิ (K) ที่ระนาบ X=0 ของงานวิจัยต้นแบบ [11]



รูปที่ 7 แสดงการแบ่งแถบสีอุณหภูมิ (K) ตามระนาบ X ของ Model A1



รูปที่ 8 แสดงแถบสีอุณหภูมิ (K) ที่ระนาบ X=0 ของ Model A1



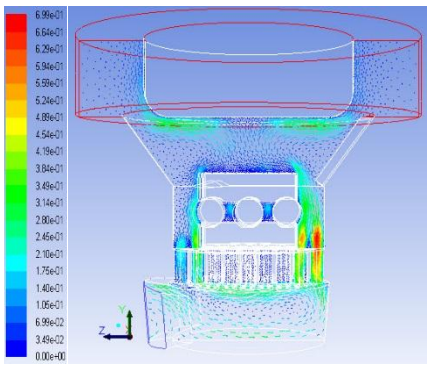
รูปที่ 9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ (K)

ตารางที่ 3 ค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ

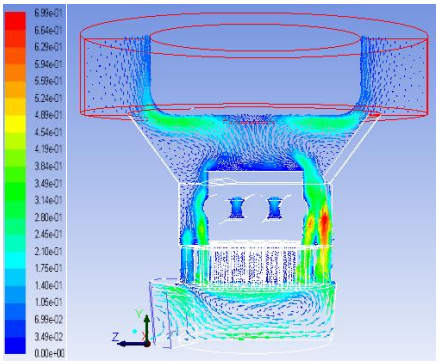
ตำแหน่ง	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
ปากเตาด้านล่าง	1.46
ใต้รังผึ้ง 1 มม.	1.41
เหนือรังผึ้ง 1 มม.	0.15
ปากเตาด้านบน	0.06

3.2 พฤติกรรมการไหลของอากาศ

จากรูปที่ 10 แสดงเวคเตอร์ความเร็ว (m/s) ที่ระนาบ X=0 ของงานวิจัยต้นแบบ และรูปที่ 11 แสดงเวคเตอร์ความเร็ว (m/s) ที่ระนาบ X=0 ของ Model A1 พบว่ามีความสอดคล้องกัน กล่าวคืออากาศจะไหลเข้าสู่ภายในเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงทางปากเตาด้านล่างในแนวนอนก่อนที่จะไหลชนกับผนังเตาด้านหลังซึ่งอยู่ตรงกันข้ามแล้วเคลื่อนที่ขึ้นตามแนวดิ่งกระจายตัวผ่านรูลิ้นเตา ไหลผ่านช่องว่างระหว่างถ่านไม้เชื้อเพลิง หลังจากนั้นจึงเคลื่อนที่ออกทางปากเตาด้านบน



รูปที่ 10 แสดงเวคเตอร์ความเร็ว (m/s) ที่ระนาบ X=0 ของงานวิจัยต้นแบบ [11]



รูปที่ 11 แสดงเวคเตอร์ความเร็ว (m/s) ที่ระนาบ X=0 ของ Model A1

4. ผลการวิเคราะห์เมื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบลิ้นเตา

4.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิ

จากการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของการกระจายตัวของอุณหภูมิของอากาศ เมื่อมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบลิ้นเตา ซึ่งประกอบไปด้วย จำนวนรูลิ้นเตา ความหนาลิ้นเตา และอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบนต่อล่างที่แตกต่างกันรวม 27 รูปแบบ จากผลการศึกษาพบว่าการกระจายตัวของอุณหภูมิของอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ มีความสอดคล้องซึ่งกันและกัน กล่าวคือ บริเวณปากเตาด้านล่างจะมีอุณหภูมิต่ำที่สุด ส่วนบริเวณใต้รังผึ้ง และปากเตาด้านบนจะมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นและมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดคือ บริเวณเหนือรังผึ้ง ซึ่งเป็นไปตามหลักการการพาความร้อนแบบธรรมชาติโดยที่ความร้อนจะมีการกระจายตัวขึ้นสู่ด้านบนโดยมีอากาศเป็นตัวกลาง ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 12 ซึ่งค่าที่ได้จะไม่เท่ากันทั้ง 27 รูปแบบ อันเป็นผลมาจากการปรับเปลี่ยนจำนวนรูลิ้นเตา ความหนาลิ้นเตา และอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบนต่อล่างของลิ้นเตา

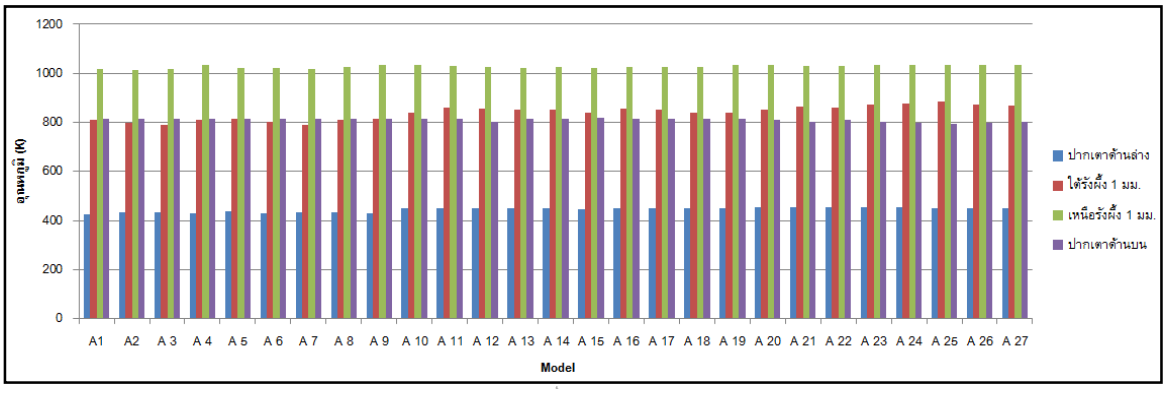
จากรูปที่ 13 แสดงอุณหภูมิ (K) เฉลี่ยของ Model A1 ถึง A27 เมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่ากลุ่มจำนวนรูลิ้นเตาที่ให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดคือจำนวนรูลิ้นเตา 37 รู รองลงมาคือจำนวนรูลิ้นเตา 44 รู และ 61 รู ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ความหนาลิ้นเตาพบว่าความหนาลิ้นเตาที่ให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดคือ 33 มิลลิเมตร รองลงมาคือ 30 และ 36 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์อัตราส่วน

เส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบนต่อล่างพบว่าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบนต่อล่างจะแปรผันไปตามจำนวนรูลิ้นเตา และความหนาของลิ้นเตา

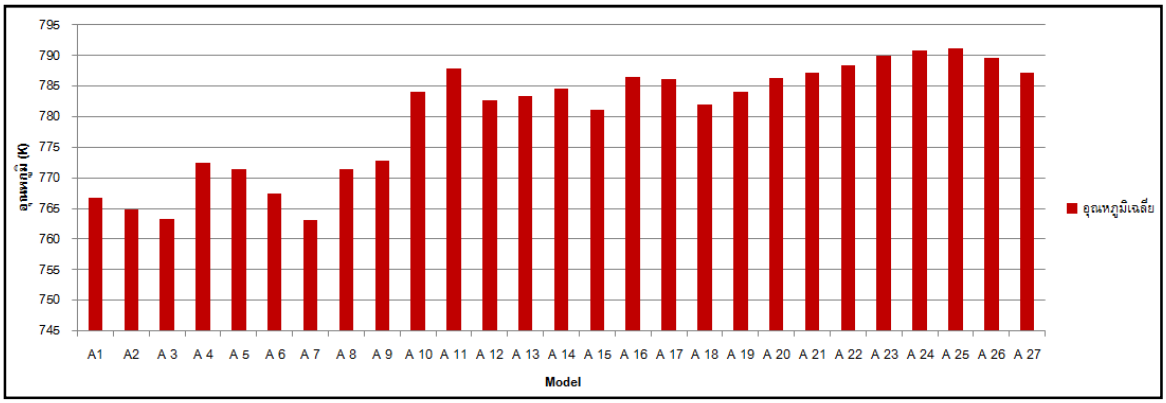
4.2 พฤติกรรมการไหลของอากาศ

จากการศึกษาพบว่าการกระจายความเร็วของอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ มีความสอดคล้องกันดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 14 ซึ่งจะมีค่าที่แตกต่างกันทั้ง 27 รูปแบบ เป็นผลมาจากการปรับเปลี่ยนจำนวนรูลิ้นเตา ความหนาลิ้นเตา และอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบนต่อล่าง

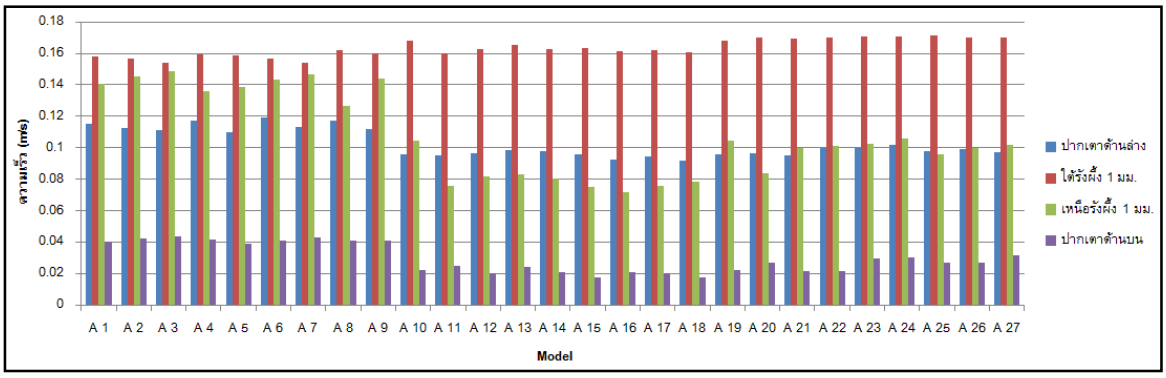
จากรูปที่ 15 แสดงความเร็ว (m/s) เฉลี่ยของ Model A1 ถึง A27 เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วพบว่ากลุ่มจำนวนรูลิ้นเตาที่ให้ค่าความเร็วเฉลี่ยสูงที่สุดคือจำนวนรูลิ้นเตา 61 รู รองลงมาคือจำนวนรูลิ้นเตา 37 รู และ 44 รู ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ความหนาลิ้นเตา พบว่าความหนาที่ให้ค่าความเร็วของอากาศเฉลี่ยสูงสุดคือ 36 มิลลิเมตร รองลงมาคือ ความหนา 33 และ 30 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์อัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบนต่อล่าง พบว่าอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบนต่อล่างที่ให้ค่าความเร็วของอากาศเฉลี่ยสูงสุดคือ 13:15 มิลลิเมตร รองลงมาคือ 13:16 และ 13:14 มิลลิเมตร ตามลำดับ



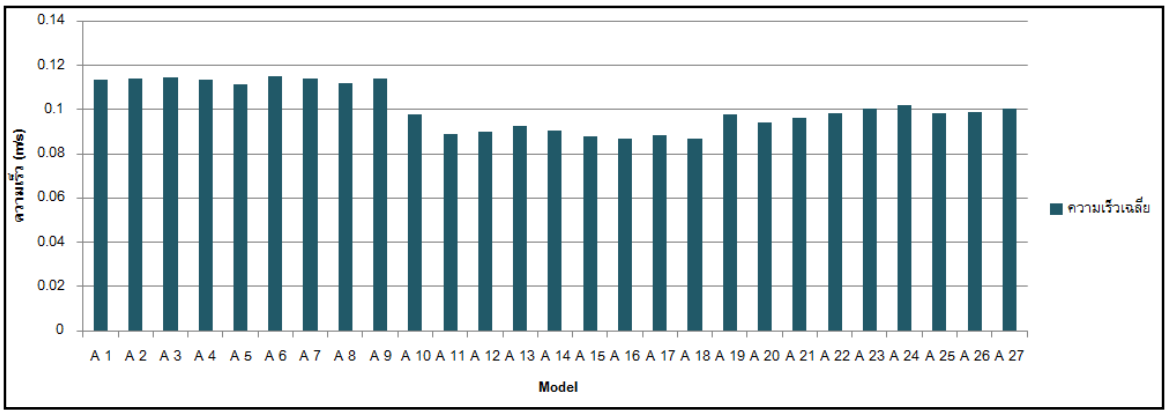
รูปที่ 12 แสดงอุณหภูมิ (K) ที่ตำแหน่งต่างๆ ของ Model A1–A27



รูปที่ 13 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ย (K) ของ Model A1–A27



รูปที่ 14 แสดงความเร็ว (m/s) ที่ตำแหน่งต่างๆ ของ Model A1–A27



รูปที่ 15 แสดงความเร็วเฉลี่ย (m/s) ของ Model A1–A27

5. สรุป

จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่สร้างขึ้น (Model A1) พบว่าผลการกระจายตัวของอุณหภูมิของอากาศในเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงมีความสอดคล้องกับงานวิจัยต้นแบบ [11] โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.77%

จากผลการศึกษาในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ สัญชัย [6] ที่ได้พบว่าความเร็วของอากาศมีผลต่อการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในเตา ซึ่งความเร็วของอากาศที่มีค่าต่ำ จะช่วยเพิ่มระยะเวลาในการคลุกเคล้าระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้จึงทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ดีขึ้น และมีแนวโน้มที่จะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นตามไปด้วย และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ อภิสิทธิ์ [5] ที่ทำการทดลองปรับลดจำนวนรูลิ้นเตาให้มีจำนวนน้อยลง พบว่าลิ้นเตาจำนวน 44 รู ยังคงมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูงเมื่อเทียบกับแบบอื่น

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบลิ้นเตาที่ทำให้แนวโน้มการเผาไหม้ดีที่สุด คือแบบ A16 มีจำนวนรูลิ้นเตา 44 รู ความหนาลิ้นเตา 30 มิลลิเมตร และมีอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางรูลิ้นเตาบนต่อล่าง 13:14 มิลลิเมตร เนื่องจากความเร็วเฉลี่ยของอากาศภายในเตามีค่าต่ำที่สุด

แนวทางในการดำเนินงานขั้นต่อไปจะทำการสร้างเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงทั้ง 27 รูปแบบ และทำการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อน เพื่อนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นกับค่าความเร็วเฉลี่ยของอากาศภายในเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสถานที่สำหรับดำเนินการทดลอง ขอขอบคุณอาจารย์

มานะ วิชางาม ที่ให้ความช่วยเหลือข้อมูลทางด้านพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ และงานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ประจำปีงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2559

7. เอกสารอ้างอิง

[1] คู่มือกระบวนการผลิตและการใช้งานเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานร่วมกับมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2550.

[2] Aroon Chomcharn, “Improved biomass cooking stove for household use,” Report submitted to the National Energy Administration, Ministry of Science, Technology and Energy, Bangkok, 1984.

[3] ภานุวันทน์ คล้ายวงศ์วาลย์, “การทดสอบและปรับปรุงประสิทธิภาพเตาถ่าน,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2546.

[4] อนุรักษ์ หอสูงเนิน และ รัชพล สันติวรากร, “การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเตาหุงต้มชนิดต่างๆ ที่ใช้ในครัวเรือน,” *การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2553 ในหัวข้อการพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 2*, จังหวัดหนองคาย, 2553, หน้า 343-347.

[5] อภิสิทธิ์ พรมดอน และ ธนรัฐ ศรีวีระกุล, “การทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงเมื่อจำนวนและอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางของรูรังผึ้งเปลี่ยนไป,” *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26*, จังหวัดเชียงราย, 2555.

[6] สัญชัย รำเพยพัด, “การจำลองเชิงตัวเลขการไหลของอากาศในเตาเผาไหม้ชานอ้อย,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2547.

[7] Burnham-Slipper, “Breeding a better stove: the use of computation fluid dynamics and genetic algorithms to optimize a wood burning stove for Eritrea,” Ph.D.’s Thesis, The University of Nottingham, 2008.

[8] มานะ วิชางาม และ ธนรัฐ ศรีวีระกุล, “การจำลองการไหลของอากาศผ่านรูรังผึ้งเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงโดยใช้โปรแกรม CFD,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, ปีที่ 14, ฉบับที่ 2, หน้า 24-34, เมษายน–มิถุนายน 2555.

[9] มานะ วิชางาม และ ธนรัฐ ศรีวีระกุล, “การจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณกับการไหลของอากาศในเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง เมื่อเลือกใช้แบบจำลองการแผ่รังสีความร้อนที่ต่างกัน 2 รูปแบบ,” *การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8*, จังหวัดมหาสารคาม, 2555.

[10] M. Wichangarm, T. Sriveerakul and S. Aphornratana, “Numerical simulation of airflow in the high efficiency cooking stove,” *The 4th KKU International Engineering Conference 2012*, Khonkaen, Thailand, 2012 pp. 10–12.

[11] ธนรัฐ ศรีวีระกุล, มานะ วิชางาม และ ณรงค์ศักดิ์ ปิยะไพร, “การทำนายพฤติกรรมการไหลของอากาศภายในเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูง,” *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29*, จังหวัดนครราชสีมา, 2558, หน้า 619-626.

[12] H. Ali and T. T. J. Wei, “CFD study of an improved biomass cookstove with reduced emission and improved heat transfer characteristics,” Journal of Clean Energy

Technologies, vol. 5, no. 6, pp. 427-432, November 2017.