

การตรวจสอบเชิงทดลองของคุณลักษณะการเผาไหม้แกลบที่มีความชื้น An Experimental Investigation of Combustion Characteristics in burning the Moisture Rice Husk

พงษ์เจต พรมวงศ์ ศุภชัย เลื่อนลอย ชินรักษ์ เชียรพงษ์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถ.ฉลองกรุง แขวงลับplaทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์ 66-2326-9987 , โทรสาร 66-2326-9053 , อีเมล : kph09@kmit.ac.th

นิวัติ พิริยะรุ่งโรจน์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ถ.เชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530

บทคัดย่อ

บทความนี้เกี่ยวกับการศึกษาของคุณลักษณะการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงแกลบที่มีความชื้นภายในเตาเผาแบบอร์เตค ระดับความชื้นของแกลบสำหรับสามฟาร์กที่ใช้กันทางภาคตะวันออก 9.2% , 12% และ 16% โดยน้ำหนัก การทดลองทำการกำหนดอัตราการป้อนของเชื้อเพลิงเท่ากับ 0.3 kg/min โดยตลอด อัตราการไหลโดยมวลของอากาศจะปรับให้มีค่าอัตราส่วนสมมูล, Φ , เท่ากับ 0.8 , 0.9 , 1.0 , 1.1 และ 1.2 สำหรับแต่ละอัตราการไหล ที่แต่ละอัตราส่วนสมมูลจะกำหนดสัดส่วนอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศทุกภูมิที่อากาศห้องหมุด (อากาศปั๊มน้ำ + อากาศทุกภูมิ) , λ , เท่ากับ 0.2 , 0.3 และ 0.4 เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของ λ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ได้รับมีค่าสูงที่ $\Phi = 0.9 - 1.0$ และ $\lambda = 0.3$ อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 1,000°C ที่บริเวณหัวของห้องเผาไหม้ที่ความชื้นของเชื้อเพลิงเท่ากับ 9.2% ในขณะที่อุณหภูมิต่ำที่สุดอยู่ที่ 1,000°C ที่ห้องเผาไหม้ในกรณีของปริมาณความชื้นเท่ากับ 15% จะเห็นว่าอุณหภูมิจะต่ำกว่าโดยตลอดและการเผาไหม้พบว่าจะไม่เสียรรถนะไม่ต่อเนื่อง

Abstract

The paper concerns the study of combustion characteristics in burning the moist husks in a vortex combustor. Three moisture levels of rice husk used in the present study were 9.2% , 12% and 15% by weight. Experiments were made by feeding the fuel of 0.3 kg/min throughout. The mass flow rate of supply air was adjusted to let the equivalence ratio , Φ , be 0.8 , 0.9 , 1.0 , 1.1 and 1.2 for each run. At each equivalence ratio, the ratio of volumetric flow rates of secondary air to total air (primary + secondary airs) , λ , was set to 0.2 , 0.3 and 0.4 to investigate the effect of λ . The experiments show that high combustion efficiency is achieved for $\Phi = 0.9 - 1.0$ and $\lambda = 0.3$. Maximum temperature of about 1,000°C at the annular chamber is found

for the fuel moisture of 9.2% while lower temperature at the bottom chamber. In the case of 15% moisture content , lower temperature is seen throughout and combustion is found to be incomplete and incomplete.

1. บทนำ:

ในปัจจุบันนี้ความต้องการพลังงานความร้อนเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น แต่เราจึงเห็นได้ว่าแหล่งพลังงานที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อจะให้ความร้อนของเรามีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ส่วนใหญ่จะได้จาก น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน เป็นต้น เราจะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงเหล่านี้แต่วันจะหมดไปและในปัจจุบันราคากองเชื้อเพลิงเหล่านี้แพงขึ้นมากส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นทำให้สินค้ามีราคาแพงขึ้นด้วย สำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงนั้นประเทศของเราไม่สามารถที่จะผลิตเองได้จึงจำเป็นต้องนำเข้ามาทำให้เราเสียดุลการค้ากับประเทศผู้ค้าห้ามนำเข้าด้วย เพราะฉะนั้นเราควรที่หาแหล่งเชื้อเพลิงที่มีอยู่ในประเทศไทยใช้ให้มากขึ้นเพื่อลดภาระนำเข้าน้ำมัน เมื่อเราทำการศึกษาจะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงจากข้าวมันเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถจะนำมาใช้เพื่อให้พลังงานความร้อนมาใช้งานได้ ไม่ว่าจะเป็นแกลบ , ขี้เหลือ , ชานอ้อย เป็นต้น เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงทำให้มีปริมาณของเชื้อเพลิงช่วงมวลอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ยังไม่มีการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ สำหรับการวิจัยนี้เราจะสนใจไปที่จะนำแกลบมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อว่าจากกระบวนการเผาไหม้เรามีปริมาณแกลบอยู่เป็นจำนวนมากและทั่วประเทศเพื่อการนำไปกินทั่วไป จากสถิติประเทศไทยมีปริมาณแกลบประมาณ 4.4 – 4.6 ล้านตันต่อปี และเมื่อทำการเบรย์นเทียนศักยภาพทางความร้อนเท่ากับน้ำมันดิน 1.46 – 1.53 ล้านตัน เพราะฉะนั้นเราเห็นว่าแกลบเป็นเชื้อเพลิงที่น่าสนใจในการนำมาใช้งานในการผลิตพลังงานความร้อนของมาใช้งานต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเตาเผาที่มีอยู่ในปัจจุบันได้แก่ งานวิจัยของเรือโทประจักษ์ จิตร์พิทักษ์ [1] และ สุพจน์ น้ำนาโ综合利用 [2] ได้ทำการวิจัย

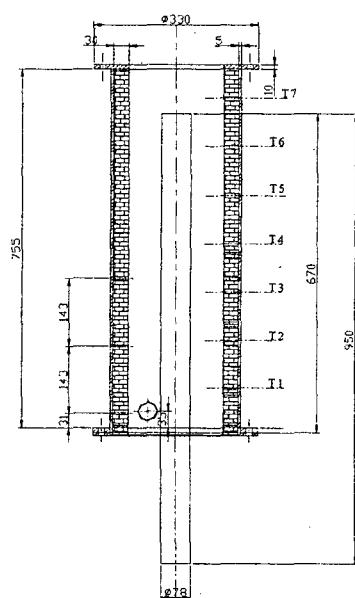
กับเตาเผาแบบไนโตรเจน โดยใช้เชื้อเพลิงเชือดหิน หัวแร็พ และสันติ อาภาไพบูลย์ [3] ได้ทำการวิจัยกับเตาเผาแบบอากาศหมุนวน โดยใช้เศษวัสดุทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง งานวิจัยของ อติตัคตี ชู-ชินชา [4] และ บุญเรือง พรีสวาร์ต [5] ได้ทำการวิจัยเตาเผาแบบฟลูอิດ ไดซ์เบด ที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง งานวิจัยของ สุวิทย์ เตีย และคณะ [6] ได้วิจัยเตาเผาแบบฟลูอิດ ไดซ์เบด โดยใช้เชื้อเพลิงเชือดหิน ของ Sen Nieh และ Tim T.Fu [7] ได้ใช้เตาเผาแบบบอร์เก็ต โดยใช้ถ่านหินผงเป็นเชื้อเพลิง และได้ทำการพัฒนาอ่อโดยใช้ Dry Ultrafine Coal (DUC) และ Coal Water Fuel (CWF) เป็นเชื้อเพลิง

รายงานเชื้อเพลิงและแนวต้องเตาเผาแบบวายร์เทคสามารถทำการศึกษาเพิ่มเติมได้จากเอกสารข้างต้น [8]

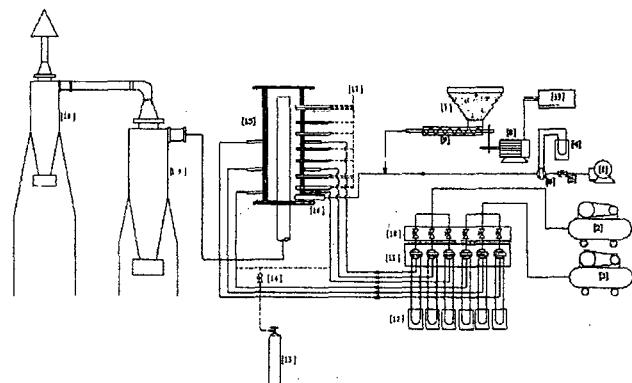
เมื่อได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงแกลบ (ดูตารางที่ 1) เราจะพบว่าแกลบจะให้ค่าความร้อนเท่ากับ 3,580 kcal/kg เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเดาซึ่งมีค่าความร้อนประมาณ 9,900 kcal/kg จะพบว่า แกลบมีค่าความร้อนเกือบครึ่งหนึ่งของน้ำมันเดา แต่ราคากลางแกลบถูกกว่ามาก ซึ่งน่าจะส่งผลทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลง แต่แกลบมีข้อเสียที่สำคัญคือจะมีปริมาณความชื้นสูงและแกลบที่ได้จากแต่ละแหล่งต่างๆ ดิบและแต่ละชนิดของข้าวเปลือก ก็จะมีปริมาณความชื้นไม่เท่ากัน เพราะฉะนั้นจึงเป็นสาเหตุที่เราจะได้ทำการศึกษาถึงผลของการเผาไหม้ แกลบที่มีความชื้น เพื่อที่จะทราบปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของเชื้อเพลิงแกลบที่ใช้กับเตาเผาแบบบอร์เก็ต และการศึกษานี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นโดยที่จะศูนย์ของการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ของเตาเผาแบบบอร์เก็ตของเชื้อเพลิงแกลบที่มีความชื้นต่างๆ กัน เท่านั้น

2. อุปกรณ์และเครื่องมือทดลอง

ห้องเผาไหม้ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นห้องเผาไหม้แบบบอร์เก็ตซึ่งมีโครงสร้างตั้งแต่ในรูปที่ 1 และการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 2 ซึ่งรายละเอียดสามารถดูได้จากเอกสารข้างต้น [8]



รูปที่ 1 รูปว่างและขนาดของห้องเผาไหม้แบบบอร์เก็ต

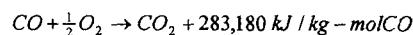
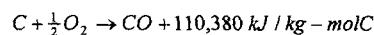


1. Blower 2.Air compressor1 3.Air compressor2 4.Manometer 5.Needle valve
6.Orific plate 7.Hopper 8.Motor 9.Screw feeder 10.Needle valve 11.Orific plate
12.Manometer 13.LP gas supply 14.Burner 15.Vortex combustor 16.Primary air nozzle 17.Indicator 18.Inverter 19.Cyclone

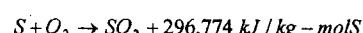
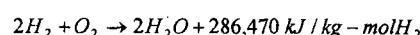
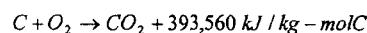
รูปที่ 2 ไดอะแกรมอุปกรณ์การทดลอง

3. ทฤษฎีการเผาไหม้ [6]

การเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาเคมีชนิดหนึ่งซึ่งปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมาร่วมกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ซึ่งเป็นการรวมตัวของออกไซเจนเข้ากับคาร์บอน ไฮโดรเจน และซัลเฟอร์ เกิดเป็นสารประกอบใหม่คือคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ปฏิกิริยาการเผาไหม้มีขั้นตอนการบอนไดออกไซด์ ไนโตรและซัลเฟอร์ไดออกไซด์



ซึ่งอาจเขียนรวมกันได้เป็น



การเผาไหม้จะเกิดได้ต้องมีสภาวะเหมาะสม นั่นก็คือต้องมีอากาศที่เพียงพอ มีอุณหภูมิสูงพอ มีเวลาหากพอสำหรับปฏิกิริยาและมีการผสมผสานของเชื้อเพลิงกับอากาศที่ดี

ค่าอัตราส่วนสมมูล เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณอากาศต่อเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้จริงต่อทางทฤษฎี เราจะหาค่าอัตราส่วนสมมูลได้จากสมการต่อไปนี้

$$\Phi = \frac{(m_a / m_f)_{stoic}}{(m_a / m_f)_{act}} \quad (1)$$

เมื่อ m_a คือ อัตราการไหลของอากาศ (kg/min)

m_f คือ อัตราการไหลของเชื้อเพลิง (kg/min)

โดยที่ $\Phi < 1.0$ คือ อัตราส่วนผสมบาง (Lean)

$\Phi = 1.0$ คือ อัตราส่วนผสมพอดี (Stoichiometric)

$\Phi > 1.0$ คือ อัตราส่วนผสมหนา (Rich)

อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศทุกตัวภูมิต่ออากาศทั้งหมดเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความรุนแรงของบอร์เก็ตของกาวาเรียตี้ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\lambda = \frac{Q_S}{Q_T} \quad (2)$$

เมื่อ Q_S คือ อัตราการไหลของอากาศทุติยภูมิ (kg/min)
 Q_T คือ อัตราการไหลของอากาศทั้งหมด (kg/min)

4. การเตรียมเชื้อเพลิงและวิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้เราจะทำการทดลองกับเชื้อเพลิงแกลบะเอียงซึ่งมีขนาดเท่ากับ $0.84 - 1.00 \text{ mm}$. โดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นของเชื้อเพลิงแกลบจำนวนสามค่า คือ 9.2% , 12% และ 15% โดยน้ำหนัก

4.1 การเตรียมความชื้นของแกลบ

การเตรียมความชื้นของเชื้อเพลิงแกลบเราจะทำการกำหนดตามมาตรฐานความชื้นของ ASTM-D-3173-73 [9] ซึ่งสามารถเปียนเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

- ทำการนำแกลบใส่ในถุงอะซูมีเนีย_mx_nadให้ใหญ่
- นำถุงที่ใส่แกลบไว้ในเตาอบแล้วทำการอบที่อุณหภูมิ 105° C ซึ่งเราจะนำแกลบที่ทำการอบนอกราชชั้นน้ำหนักทุก 2 ชั่วโมง และทำการอบจนกระทั่งน้ำหนักของแกลบไม่มีการเปลี่ยนแปลง
- ทำการเตรียมเชื้อเพลิงแกลบให้มีความชื้นโดยการนำแกลบที่ได้จากการอบมาซึ่งน้ำหนัก. และฉีดพรบน้ำลงไปในแกลบแล้วนำไปซึ่งน้ำหนักให้มีปริมาณและความชื้นโดยน้ำหนักตามที่ได้ทำการกำหนดไว้โดยใช้สมการความชื้นดังนี้

$$MC_{wet} = \frac{WW - DW}{WW} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ MC คือ ปริมาณความชื้น (%) ตามมาตรฐานบีบีก้า

WW คือ น้ำหนักของแกลบบีบีก้า (kg)

DW คือ น้ำหนักของแกลบแห้ง (kg)

4.2 วิธีการทดลอง

- ทำการอุ่นเตาโดยใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG จนกระทั่งอุณหภูมิภายในเตามีค่าประมาณ 400° C จากนั้นทำการเริ่มป้อนเชื้อเพลิงแกลบที่มีความชื้น 12% พร้อมกับอากาศปฐมภูมิ จนกระทั่งอุณหภูมิภายในเตาประมาณ 700° C แล้วทำการเอาชุดอุ่นเตาออก.
- ทำการบันทึกอัตราการไหลของอากาศโดยใช้ชั้นผู้จัดการที่ 1 เพื่อกำหนดร้านทางอัตราการไหลของอากาศให้มีค่าอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 พร้อมทั้งทำการบันทึกอัตราการป้อนแกลบให้มีค่าเท่ากับ 0.3 kg/min .
- ทำการบันทึกอัตราส่วนอากาศทุติยภูมิต่ออากาศทั้งหมดเท่ากับ 0.2
- ทำการวัดอุณหภูมิภายในเตาเพ้าจำนวน 7 จุด โดยใช้เทอร์โมคัพ เป็น Type K โดยที่ทำการกำหนดระยะของเทอร์โมคัพเปลี่ยนไว้ที่ระยะที่ 1 และทำการบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล
- ทำการวัดอุณหภูมิและปรับระยะของเทอร์โมคัพเปลี่ยนให้อยู่ที่ระยะที่ $2, 3, 4$ และ 5 ตามลำดับ
- ทำการบันทึกอัตราส่วนอากาศทุติยภูมิต่ออากาศทั้งหมดเท่ากับ 0.3 และ 0.4 แล้วทำการทดลองซ้ำข้อ $4 - 5$
- ทำการบันทึกอัตราส่วนสมมูลให้เท่ากับ $0.9, 1.0, 1.1$ และ 1.2 ตามลำดับแล้วทำการทดลองซ้ำข้อ $2 - 6$

- ทำการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแกลบให้มีความชื้นเท่ากับ 9.2% และ 15% ตามลำดับ แล้วทำการทดลองซ้ำข้อ $2 - 7$

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงแกลบ [10]

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์
Moliture	16.0
Ash	14.0
Volatile matter	55.6
Fixed carbon	20.1
Carbon	38.0
Hydrogen	5.7
Nitrogen	0.69
Oxygen	41.6
Sulphur	0.06
Calorific value (cal/g)	3,580 "

5. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

จากการทดลองเราได้ทำการตรวจคุณลักษณะการเผาให้มีของเชื้อเพลิงแกลบที่มีความชื้น ซึ่งในการทดลองเราได้ทำการทดลองกับแกลบที่มีความชื้นเท่ากับ $9.2\%, 12\%$ และ 15% โดยน้ำหนัก และยังได้ทำการหาค่าอัตราส่วนสมมูลที่เหมาะสมกับเตาเผาแบบวอร์ค็อก ซึ่งได้กำหนดให้ค่าอัตราส่วนสมมูลที่ใช้ในการทดลองมีค่าเท่ากับ $0.8, 0.9, 1.0, 1.1$ และ 1.2 พร้อมทั้งทำการเปลี่ยนแปลงค่า λ เท่ากับ $0.2, 0.3, 0.4$ ซึ่งสามารถทำการวิเคราะห์ผลได้ดังต่อไปนี้

5.1 อิทธิพลของค่าอัตราส่วนสมมูลและอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศทุติยภูมิต่ออากาศทั้งหมด

รูปที่ 3 แสดงการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาใหม่ของเชื้อเพลิงที่มีความชื้นเท่ากับ 12% โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนสมมูลให้เท่ากับ $0.8, 0.9, 1.0, 1.1$ และ 1.2 พร้อมทั้งได้ทำการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศทุติยภูมิต่ออากาศทั้งหมด (λ) ให้เท่ากับ $0.2, 0.3$ และ 0.4 ซึ่งผลการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้

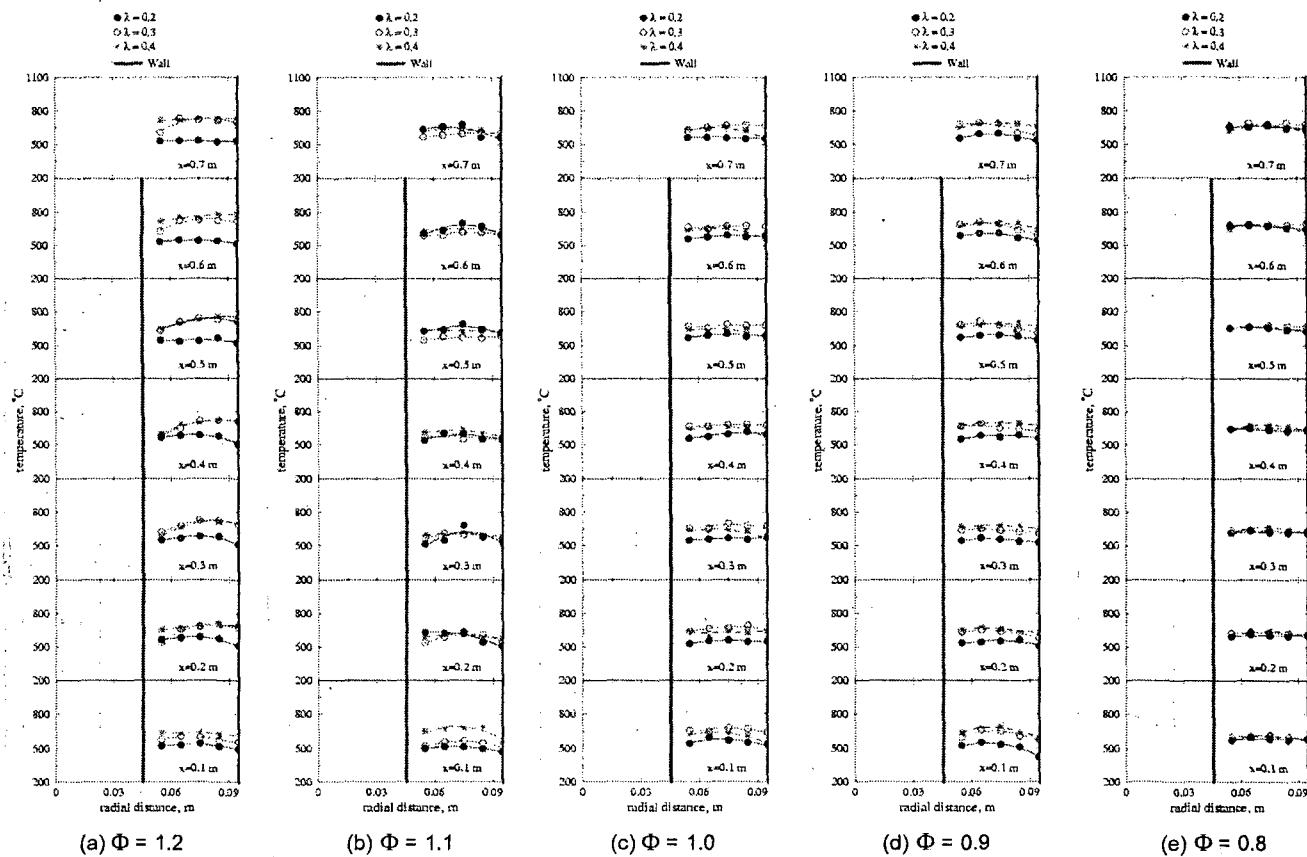
รูป 3(a) แสดงการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาใหม่ที่ค่าอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.2 เมื่อพิจารณาในแนวรัศมีของห้องเผาใหม่จะเห็นได้ว่าการกระจายอุณหภูมิไม่ค่อยสม่ำเสมอโดยที่จะมีอุณหภูมิสูงอยู่ที่บริเวณส่วนกลางของห้องเผาใหม่และอุณหภูมิจะลดลงตามที่ผ่านไปของห้องเผาใหม่และผังของห้องเผาใหม่จะมีอุณหภูมิสูงอยู่ที่บริเวณส่วนกลางของห้องเผาใหม่ เมื่อพิจารณาผลของการทดลอง $\lambda = 0.2, 0.3$ และ 0.4 ซึ่งให้อุณหภูมิสูงกว่า λ เท่ากับ 0.3 และ 0.2 ตามลำดับ

รูป 3(b) แสดงการกระจายอุณหภูมิที่ค่าอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.1 จะพบว่าการกระจายอุณหภูมิจะไม่สม่ำเสมอเช่นเดียวกับกรณีของอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.2 แต่จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่า และผลของการทดลอง $\lambda = 0.2, 0.3$ และ 0.4 ให้อุณหภูมิสูงกว่า λ เท่ากับ 0.3 และ 0.2 ตามลำดับ

รูป 3(c) แสดงการกระจายอุณหภูมิที่ค่าอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.0 เมื่อพิจารณาการกระจายอุณหภูมิในแนวรัศมีจะพบว่ามีการ

กระจายที่คุณชั่งสม่ำเสมอในขณะที่การกระจายอุณหภูมิในแนวแกน
ความสูงของเตาเผาจะคงมีอุณหภูมิต่ำกว่าเรือนหลังห้องเผาใหม่และสูง

บริเวณกลางห้องเผาใหม่ เมื่อพิจารณาถึงผลของปริมาณอากาศทุติย



รูปที่ 3 การกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาที่ค่าความชื้นของแกลบเท่ากับ 12% และอัตราส่วนสมมูลต่าง ๆ

ภูมิจะพบว่าปริมาณอากาศที่ λ เท่ากับ 0.4 กับ 0.3 จะมีค่าแตกต่างกันไม่มากนักแต่ยังคงให้อุณหภูมิสูงกว่าที่ λ เท่ากับ 0.2

รูป 3(d) แสดงการกระจายอุณหภูมิที่ค่าอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.9 พบว่าการกระจายอุณหภูมิมีลักษณะเช่นเดียวกับอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.0 ทั้งในแนวรัศมีและแนวแกนของเตา ส่วนผลของอากาศทุติยภูมิมีลักษณะเช่นเดียวกัน

รูป 3(e) แสดงการกระจายอุณหภูมิที่ค่าอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 เมื่อเราพิจารณาการกระจายอุณหภูมิในแนวรัศมีและแนวแกนความสูงของเตาเผาพบว่ามีการกระจายสม่ำเสมอเช่นเดียวกับสองกรณีก่อน เมื่อพิจารณาผลของอากาศทุติยภูมิจะพบว่าการเพิ่มปริมาณอากาศทุติยภูมิให้สูงขึ้นไม่มีผลต่อการเพิ่มของอุณหภูมิภายในห้องเผาใหม่

จากการฟรูปที่ 3 เราสามารถสรุปโดยรวมได้ว่าอิทธิพลของอัตราส่วนสมมูลจะมีผลต่อการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาใหม่ คือ เมื่ออัตราส่วนสมมูลมีค่ามากกว่า 1.0 จะมีการกระจายอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอเนื่องจากที่สภาวะนี้มีปริมาณอากาศที่ใช้ในปฏิกริยาการเผาใหม่ไม่เพียงพอ ดังรูป 3 (a) และ 3(b) และที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับและน้อยกว่า 1.0 จะมีการกระจายอุณหภูมิที่สม่ำเสมอโดยที่จะมีอุณหภูมิสูงบริเวณจุดกึ่งกลางวงแหวนและส่วนกลางของห้องเผาใหม่ในแนวแกนความสูงเนื่องจากเตาเผาแบบวอร์เก็ตจะเป็นการทำให้เชื้อเพลิงและอากาศหมุนในห้องเผาใหม่ซึ่งทำให้เกิดปฏิกริยาตรงส่วนกลางของห้องเผาใหม่มากกว่ารีเวนเด้านข้างเตาและผนังของห้องท่อทึ้งก้าซ์ไอเสีย

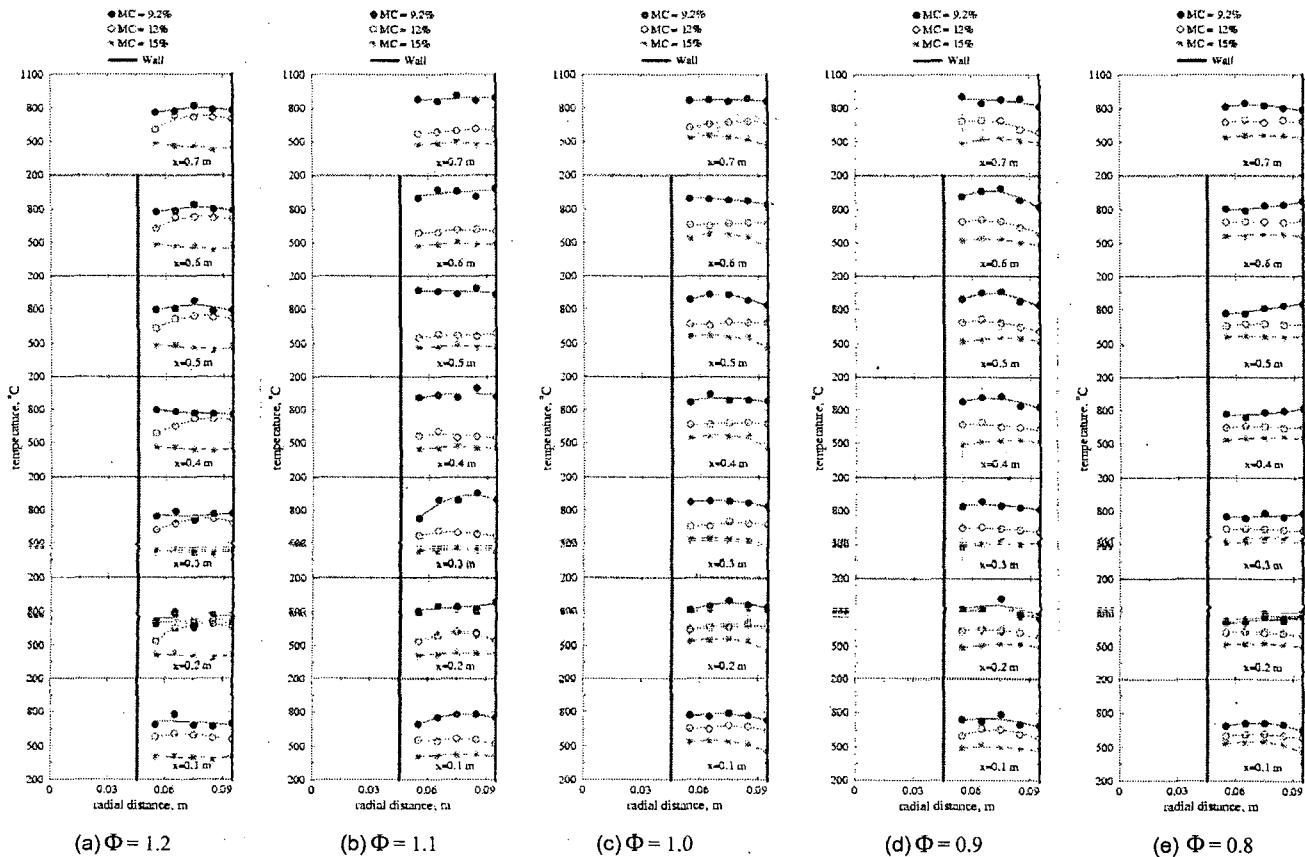
และอุณหภูมิสูงตรงส่วนกลางห้องเผาใหม่ในแนวแกน เพราะเมื่อมีการเพิ่มอากาศทุติยภูมิจะทำให้การหมุนวนและความร้อนป่วยเข้าไปช่วยให้เกิดการเผาใหม่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นการเพิ่มเวลาที่เชื้อเพลิงอยู่ในห้องเผาใหม่นานขึ้น โดยจะเห็นได้ว่าที่อัตราส่วนสมมูลมากกว่า 1.0 เมื่อมีการเพิ่มปริมาณอากาศทุติยภูมิจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องเผาใหม่สูงขึ้นด้วย แต่ที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.9 และ 1.0 ผลของการเพิ่มปริมาณอากาศทุติยภูมิที่ $\lambda = 0.3$ และ 0.4 มีค่าอุณหภูมิแตกต่างกันไม่มากนักแต่ยังสูงกว่าที่ $\lambda = 0.2$ เนื่องจากถึงแม้ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาใหม่เพียงพอแล้วก็ตามแต่เมื่อมีการเพิ่มการหมุนวนและความร้อนป่วยจะทำให้เวลาในการเผาใหม่เพิ่มขึ้นก็จะทำให้อุณหภูมิจาก การเผาใหม่มีค่าสูง แต่เมื่อมีการเพิ่มปริมาณอากาศจนอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 ถึงแม้จะเพิ่มการหมุนวนก็จะไม่มีผลอีกทั้งเมื่อมีปริมาณอากาศมากเกินไปก็จะทำให้อุณหภูมิภายในห้องเผาใหม่ต่ำลงอีกด้วย เพราะว่าจะต้องใช้พลังงานความร้อนในการอุ่นอากาศที่เข้ามาใหม่เพิ่มขึ้นด้วย

เพราะฉะนั้นจากการพิจารณาผลของอากาศทุติยภูมิเราริ่งเลือกอากาศทุติยภูมิต่ออากาศห้องหมัดเท่ากับ 0.3 เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลของอิทธิพลความชื้นทึ้งนี้เนื่องจากที่ $\lambda = 0.3$ ให้การกระจายอุณหภูมิที่สม่ำเสมอและอุณหภูมิสูง

5.2 อิทธิพลของปริมาณความชื้นในเชื้อเพลิงแก๊ส

รูปที่ 4 เป็นกราฟแสดงการกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาที่ปริมาณความชื้นในแกลบุเท่ากับ 9.2% , 12% และ 15% โดยกำหนดอัตราส่วนของปริมาณอากาศทุติยภูมิต่ออากาศทั้งหมดเท่ากับ 0.3 ซึ่ง

ผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังกราฟเรารูปได้ว่าส่วนล่างของห้องเผาใหม่จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณกลางห้องเผาใหม่ เพราะส่วนล่างจะ



รูปที่ 4 การกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาที่อัตราส่วนสมมูลและความชื้นแกลบุต่าง ๆ โดย $\theta - \lambda = 0.3$

เป็นบริเวณที่เชื้อเพลิงแกลบุใหม่ที่มีความชื้นปะปนอยู่ด้วยเข้าสู่ห้องเผาใหม่ทำให้จำต้องใช้พลังงานความร้อนส่วนหนึ่งในการไล่ความชื้นที่มีอยู่ในแกลบุทำให้เกิดปฏิกิริยาการเผาใหม่มากและเมื่อเชื้อเพลิงหมุนวนอย่างมากคือ ความชื้น 9.2% เท่ากับ $1,000^{\circ}\text{C}$, ความชื้น 12% เท่ากับ 700°C , ความชื้น 15% เท่ากับ 600°C ซึ่งจะเห็นได้ว่าความชื้น 9.2% ให้อุณหภูมิสูงสุดเนื่องจากความชื้น 9.2% ใช้พลังงานความร้อนในการทำให้น้ำมีอยู่ในเชื้อเพลิงแกลบุที่ชื้นออกไปน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของอัตราส่วนสมมูลพบว่าที่อัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.9 – 1.0 ให้การกระจายอุณหภูมิスマ่เสมอ กว่าและสูงกว่าในกรณีของอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 1.1 และ 1.2 เพราะว่าที่สภาวะนี้มีปริมาณอากาศเพียงพอที่ใช้ในการเผาใหม่ทำให้เกิดการเผาใหม่มากกว่าและมีการปล่อยพลังงานออกมากกว่าจึงให้อุณหภูมิภายนอกห้องเผาใหม่ที่สูงกว่าด้วย แต่เมื่อมีการให้อากาศมากเกินไปดังในกรณีของอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.8 พบว่าอุณหภูมิภายนอกห้องเผาใหม่ลดลง เพราะว่าหากมีปริมาณอากาศเพียงพอต่อการเผาใหม่แล้วเมื่อมีการเพิ่มอากาศให้มากขึ้นก็จะไม่ทำให้เกิดการเผาใหม่เพิ่มขึ้นแต่จะมีผลทำให้ต้องใช้พลังงานความร้อนส่วนหนึ่งในการทำให้อากาศที่เพิ่มเข้าไปใหม่ในห้องเผาใหม่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจึงทำให้ต้องสูญเสียความร้อนไปกับการอุ่นอากาศดังกล่าว และหากเราทำการพิจารณาเพิ่มเติมพบว่าเมื่อเชื้อเพลิงมีปริมาณ

ซึ่งถึงบริเวณกลางห้องเผาใหม่จะเกิดปฏิกิริยาการเผาใหม่เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีการปล่อยพลังงานความร้อนออกมากขึ้นส่งผลให้บริเวณกลางห้องเผาใหม่มีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยอุณหภูมิสูงสุดที่แต่ละความชื้นให้ความชื้นเพิ่มมากขึ้นจะทำให้การติดไฟเป็นไปได้ยากขึ้น ดังจะเห็นได้ว่าเมื่อปริมาณความชื้นเท่ากับ 15% จะมีช่วงของอุณหภูมิอยู่ระหว่าง $400 - 600^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิต่ำสุดของเชื้อเพลิงแกลบุที่เกิดการติดไฟได้เองอย่างต่อเนื่อง เพราะอุณหภูมิที่เชื้อเพลิงแกลบุเริ่มติดไฟอยู่ที่ 400°C หากแกลบุมีความชื้นมากกว่านี้จะทำให้การเผาใหม่ดับลง เพราะอุณหภูมิภายนอกห้องเผาใหม่ต่ำเกินไปและเนื่องจากการทดลองของเรายังไม่สามารถนำแกลบุก่อนเข้าสู่ห้องเผาใหม่ หากเชื้อเพลิงแกลบุมีปริมาณความชื้นสูงจะทำให้ยากต่อการบีบอัดเชื้อเพลิงแกลบุสู่ห้องเผาใหม่เนื่องจากเชื้อเพลิงที่มีความชื้นสูงจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น จึงมีการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนและผนังของห้องเผาใหม่จะไม่สามารถให้เกิดการอุดตันซึ่งหมายในท่อป้อนเชื้อเพลิงที่จะเข้าสู่ห้องเผาใหม่

6. สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการทดลองเบื้องต้นของคุณลักษณะการเผาใหม่ของเชื้อเพลิงแกลบุที่มีความชื้นโดยที่ได้รุ่งผลไปที่ทำการศึกษาการกระจายอุณหภูมิภายนอกห้องเผาใหม่เพิ่มเติมในห้องเผาใหม่ ซึ่งจากการทดลองเรา

สามารถสรุปผลได้ว่าการกระจายอุณหภูมิภายในเตาเผาแบบบอร์เก็คที่ค่าอัตราส่วนสมมูลเท่ากับ 0.9 - 1.0 ให้การกระจายอุณหภูมิที่สม่ำเสมอและมีค่าสูง สำหรับค่าปริมาณความชื้นในเชื้อเพลิงแกกลบที่ 9.2% จะให้อุณหภูมิภายในห้องเผาใหม่มีค่าสูงสุดประมาณ 1,000°C และหากความชื้นในเชื้อเพลิงแกกลบสูงเกินกว่า 15% จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่ดีเนื่องจากอุณหภูมิภายในห้องเผาใหม่ที่ λ เท่ากับ 0.3 จะให้ผลการกระจายอุณหภูมิสัม่ำเสมอและสูงที่สุด แต่ผลของอุณหภูมิที่ไม่มีผลที่สำคัญต่อการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาใหม่เมื่ออัตราส่วนสมมูล < 1.0 แต่จะมีผลต่อการซวยในการลดขนาดของเชื้อเพลิงแกกลบที่ออกจากห้องเผาไหม้ ดังนั้นในการนำเชื้อเพลิงแกกลบที่มีความชื้นมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะต้องทำการลดปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในแกกลบให้มีค่าต่ำเพื่อลดปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปในการไส้ความชื้นและจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้สูงขึ้นอีกด้วยเช่นส่งผลให้ประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผาเพิ่มขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากการได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และขอขอบคุณภาควิชาศึกษาเครื่องกลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์การทดลอง

8.เอกสารอ้างอิง

- [1] เรือโก ประจักษ์ จิตเวพิทัย (2535) "การศึกษารูปแบบการไฟล์และลักษณะการสันดาปของห้องเผาไหม้แบบไชโคลนที่ใช้เชื้อเพลิง" วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาศึกษาเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนครเหนือ
- [2] สุพจน์ น้ำใจโซ (2536) "การเผาไหม้เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้แบบไชโคลนชนิดอากาศเข้าหล่ายช่องทาง" วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาศึกษาเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนครเหนือ
- [3] รัชชัย ทั่วศิล และ สันติ อาภาไพบูลย์ (2534) "เตาเผาสุดทาง การเกษตรแบบใช้อากาศหมุนวน" ปริญญาพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาศึกษาเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนคร
- [4] อดิศักดิ์ ชูจินดา (2540) "เตาเผาแกกลบสำหรับเครื่องอบแห้ง ข้าวเปลือกแบบฟลูอิดไดร์เบด" วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุณหภูมิ คณะพลังงานและวัสดุ บัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนคร
- [5] บุญเรือง ศรีสวัสดิ์ (2541) "การปรับปรุงสมรรถนะเตาเผาแกกลบ" วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนคร
- [6] สุวิทย์ เตียง และคณะ (2542) "การเผาไหม้ชีมวลในเตาเผาฟลูอิดไดร์เบด" วารสารวิจัยพัฒนา มจธ. ปีที่ 22 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม 2542), หน้า 47 – 63
- [7] Sen Nieh and Tim T.Fu "Development of a Non-Slagging Vortex Combustor (VC) for Space/Water Heating Application" , Proc. 5th International Coal Conf., pp.761 – 768 , 1988
- [8] พงษ์เจต พรหมวงศ์ และคณะ (2543) "การศึกษาเชิงทดลองของ การกระจายอุณหภูมิในเตาเผาแกกลบแบบบอร์เก็ค" วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง ปีที่ 8 ฉบับที่ 3 (ธันวาคม) , หน้า 19 - 24
- [9] American Society for Testing and Materials (1983) "Annual book of ASTM standards. Philadelphia , Pa.
- [10] นิวัติ พิริยะรุ่งโรจน์ (2544) "การศึกษาเชิงทดลองของเตาเผาแบบบอร์เก็ค" วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาศึกษาเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ พระนครลาดกระบัง