



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ โทร. 3382  
ที่ ศธ 0529.8.4/1347 วันที่ 28 ตุลาคม 2554  
เรื่อง ขออนุมัติค่าตอบแทนการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการระดับชาติ

เรียน รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ ผ่าน หัวหน้าภาควิชวกรรมเครื่องกล

ด้วยข้าพเจ้า นายอนิรุตต์ มัธยจักร ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชวกรรมเครื่องกล  
มีความประสงค์ขออนุมัติค่าตอบแทนการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการระดับชาติ จำนวน 1 เรื่อง คือ<sup>1</sup>  
“การประยุกต์ใช้วัสดุพูนในเทคโนโลยีการอบแห้ง”  
ตีพิมพ์ในวารสาร วิชวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย  
ในพระบรมราชูปถัมภ์ (ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2554, หน้า 44-51)  
ผู้เขียน อนิรุตต์ มัธยจักร ชินพงษ์ คงศิลา วีระศักดิ์ สายสุด และ อร์ไพร์สก็อก ทีบุญมา

ทั้งนี้ ขอเบิกในส่วนของผู้เขียนชื่อ นายอนิรุตต์ มัธยจักร และนายอร์ไพร์สก็อก ทีบุญมา โดยได้แนบเอกสารประกอบการพิจารณาด้วยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(นายอนิรุตต์ มัธยจักร)  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชวกรรมเครื่องกล

จดหมาย ประจำเดือน พฤศจิกายน ๒๕๕๔

นายอนิรุตต์ มัธยจักร

วีระศักดิ์ สายสุด  
31 ก.ค. 2554

แบบแสดงหลักฐานการมีส่วนร่วมในผลงานทางวิชาการ

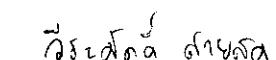
ข้อบ叨ความวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้รัลลัพธุ์ในเทคโนโลยีการสอนแห่ง  
ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 เล่มที่ ๑๐๖ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๕๔ หน้า-หน้า ๔๔-๕๑

ผู้ร่วมงาน จำนวน ๔ คน แต่ละคนมีส่วนร่วมดังนี้ :

ชื่อผู้ร่วมงาน	สังกัดหน่วยงาน	ปริมาณงานร้อยละ และหน้าที่ความรับผิดชอบ
1. นายอนิรุตต์ มัทธุจักษ์	วิศวกรรมเครื่องกล	70 %
2. นายชินพงษ์ คงศิลปा	วิศวกรรมเครื่องกล	10 %
3. นายวีระศักดิ์ สายสุด	วิศวกรรมเครื่องกล	10 %
4. นายอำนาจศักดิ์ ทีบุญมา	วิศวกรรมเครื่องกล	10 %

ลงชื่อ .....  
  
 ( นายอนิรุตต์ มัทธุจักษ์ )

ลงชื่อ .....  
  
 (นายชินพงษ์ คงศิลปा)

ลงชื่อ .....  
  
 (นายวีระศักดิ์ สายสุด)

ลงชื่อ .....  
  
 (นายอำนาจศักดิ์ ทีบุญมา)

## สารบัญ

### สาขาวิชวกรรมโยธา

การดูดซับโลหะหนักของดินลมหอฟส์เดง	1
Development of Combined Loading Apparatus for Physical Modeling	9
การกำบังคลื่นของพื้นที่ก่อสร้างท่าเทียบเรือโดยสารแห่งใหม่ บันเกะภูด จังหวัดตราด	17
การเปรียบเทียบแรงภายในของสะพานช่วงเดี่ยวเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกไทย กับน้ำหนักทางหลวงตามมาตรฐาน AASHTO	25

### สาขาวิชวกรรมไฟฟ้า

ตัวขับเคลื่อนแบบเบกเกอร์เรเซนเซอร์วัดตำแหน่งสำหรับมอเตอร์สปินเดลในไฮดรอกซิฟิล์ฟ เพื่อลดthonการกระเพื่อมของแรงบิดและการสั่นสะเทือนทางกล	36
--	----

### สาขาวิชวกรรมเครื่องกล

การประยุกต์ใช้วัสดุพรุนในเทคโนโลยีการอบแห้ง	44
The Development of a Low Cost Instrument for Temperature and Relative Humidity Measurement Calibrated using Least Square Regression Method	52
หัวพ่นไฟวัสดุพรุนชนิดเซรามิกซ์โดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง	57

### สาขาวิชวกรรมอุตสาหการ

การวิเคราะห์อุปสงค์การใช้น้ำประปาเพื่อการลงทุนของการประปาส่วนภูมิภาค	66
การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตของโรงงานเป้าพลาสติก โดยประยุกต์ใช้เทคนิคชิกมา	73

## การประยุกต์ใช้วัสดุพูนในเตาโภคในโลหะในการอบแห้ง

### Application of Porous Medium for Drying Technology

อนิรุตต์ มัทธุจักร์\*, ชินพงษ์ คงศิลา, วีระศักดิ์ สายสุด, อิ่มไพรศักดิ์ ทิมุญมา

Anirut Matthujak, Chinnapong Kongsila, Weerasak Saysuit, Umphisak Teeboonma

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 85 ถ.สตูลมาร์ค ต.เมืองศรีโค้ก อ.วารินชำราบ

ช.อุบลราชธานี 34190 โทร 0-4535-3309 โทรสาร 0-4535-3308

E-mail: Anirut.Mat@gmail.com, A.Matthujak@ubu.ac.th

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อศึกษาของวัสดุพูนมาประยุกต์ใช้ในเตาโภคในโลหะในการอบแห้ง โดยทำการออกแบบและสร้างเตาอบชนิดวัสดุพูนที่สามารถอบแห้งหรืออบสุกผลิตภัณฑ์จากการส่งเสริมการแพร่รังสีความร้อนโดยที่เปลวไฟและควันไฟไม่สัมผัสนับผลิตภัณฑ์และใช้เชื้อเพลิงชีวนิวลด การศึกษานี้ใช้เกลูบหนัก 0.5 kg เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งทำการศึกษาถึงอิทธิพลของวัสดุพูนต่อพฤติกรรมการแลกเปลี่ยนความร้อนของเตาอบจากการวัดการกระจายตัวของอุณหภูมิทั้งในห้องเผาไหม้ บริเวณห้องอบและปล่องไอเสีย รวมทั้งอุณหภูมิกายในห้องอบ พบร่วมกันที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งวัสดุพูนจะมีประสิทธิภาพรวมของเตาอบเท่ากันร้อยละ 57.32 และ 52.42 ตามลำดับ และมีอัตราการระเหยตัวของน้ำจำเพาะเท่ากัน 0.243 kg/MJ และ 0.222 kg/MJ โดยมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากัน 0.72 ปี หรือประมาณ 8 เดือน 20 วัน และ 1.09 ปี หรือ 13 เดือน 3 วัน สำหรับกรณีที่ติดตั้งและไม่ติดตั้งวัสดุพูน ตามลำดับ

#### Abstract

The objective of this study is to apply the advantages of porous media for drying technology. In this study, the porous oven was designed and manufactured to use for drying and cooking process. The radiation energy will be enhanced by porous media in the oven without flue gas touching on the product. The rice husk of 0.5 kg is used as fuel in this test. Effect of porous media installation inside the oven on heat exchanger phenomena along the oven were examined in this preliminary test. It was found that the temperature

distribution inside the drying chamber in case of installing porous media inside the oven was more quite uniform than that in case of without porous media inside the oven. Although, the maximum average temperature inside the drying chamber in case of installing porous media was less than that in case of not installing porous media. The oven efficiency and the specific moisture extraction rate (SMER) in case of installing porous media and not installing porous media is 57.32 % and 52.42 % and 0.243 kg/MJ and 0.222 kg/MJ, significantly. The payback period is 0.72 year or 8 months with 20 days and 1.09 years or 13 months with 3 days for installing porous media and not installing porous media, significantly.

#### 1. บทนำ

ประชาชนในประเทศไทยนิยมประกอบอาหารโดยการย่างและอบแห้ง นอกจากนี้แล้วยังใช้การย่างและอบแห้งเพื่อใช้ก่อนอมอาหารในช่วงเวลาที่มีปริมาณมากเกินความต้องการ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การปั้งย่างโดยวิธีที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือ ให้เปลวไฟหรือควันไฟสัมผัสนับผลิตภัณฑ์โดยตรง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง [1] ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีเตาอบไฟฟ้าหรือเตาในโครงสร้างเข้ามาใช้ในกระบวนการอบหรือย่าง ซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงการย่างอาหารแบบที่เปลวไฟหรือควันไฟสัมผัสถูกอาหารโดยตรงแล้วก็ตาม แต่พลังงานหลักที่ใช้ในการอบหรือการย่างของเตาเหล่านี้ คือ พลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานที่ได้มาจากพลังงานฟอสซิลอาทิ ถ่านหิน น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งเป็นพลังงานที่มี

RECEIVED 5 October, 2010

ACCEPTED 7 March, 2011

ราคาแพง และมีแนวโน้มแพงขึ้น และส่งผลต่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

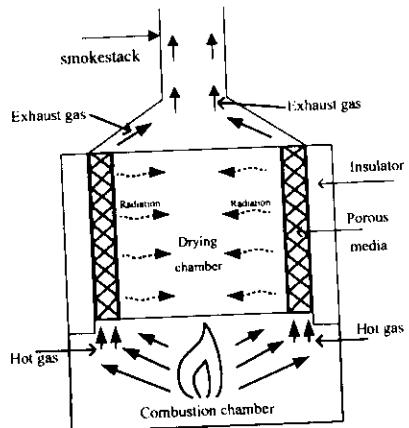
จากสาเหตุดังกล่าวจึงมีความพยายามในการนำพลังงานอื่นมาทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ และเชื้อเพลิงชีวนะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อเพลิงชีวนะเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญเนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่มาจากวัสดุคงทนในธรรมชาติและที่เหลือใช้จากการเกษตรของประเทศไทย ซึ่งมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเตาอบอาหาร โดยที่เปลวไฟหรือควันไฟไม่สัมผัสถูกอาหารโดยตรง โดยใช้เชื้อเพลิงชีวนะ ประกอบกับประเทศไทยเป็นเมืองอุ่นชื้นจึงมีผลพลอยได้จากการสีขาวคือ แกลงช้า เป็นจำนวนมาก จากการศึกษาพบว่า แกลงมีค่าพลังงานความร้อนสูง (HHV) เท่ากับ  $14.4 \text{ MJ/kg}$  [2] จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้

จากแนวคิดที่ว่า หากสามารถใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ได้อย่างคุ้มค่าและสร้างเตาอบที่สูญเสียความร้อนน้อยที่สุดนั้นคือการประหยัดพลังงานในการอบ จึงมีแนวคิดในการนำเอารถศูนย์บخارที่ใช้ในการคุณค่าพลังงานความร้อนจากก๊าซไออกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้ก่อนออกจากเตาอบ ซึ่งรถศูนย์บخارมีข้อดี คือ รถศูนย์บخارสามารถเป็นได้ทั้งตัวรับความร้อนและตัวแพร่รังสีความร้อน จึงสามารถนำมาใช้เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมากส่งผลให้มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมาก และรถศูนย์บخارมีค่าความสามารถในการแปรรังสีความร้อนสูง ทำให้รถศูนย์บخارสามารถเปลี่ยนรูปพลังงานความร้อนระหว่างการเผาและการแพร่รังสีความร้อนได้เป็นอย่างดี [3, 4]

จากเหตุผลต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ทั้งปัญหาจากการปั่นหีบหรืออย่างโดยไฟเบ้าไฟและควันไฟสัมผัสถูกพิษภัยที่โดยตรง และปัญหาเกี่ยวกับการใช้พลังงานในปัจจุบัน ประกอบกับข้อได้เปรียบทางค้านพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวนะ ที่มีอยู่มากในประเทศไทย รวมถึงข้อดีของรถศูนย์บخارที่ได้มีการวิจัยกันมาอย่างกว้างขวางและต่อเนื่อง จึงมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างเตาอบในรูปแบบและแนวคิดใหม่โดยนำเอารถศูนย์บخارมาประยุกต์ใช้และใช้แกลงเป็นเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยัง

ศึกษาพัฒนาระบบเปลี่ยนความร้อนของเตาอบกรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งวัสดุพื้นฐาน รวมถึงได้ทดสอบของพิษภัยที่ (เนื้อรัก) เมื่อขึ้น เพื่อศึกษาพัฒนาระบบของเตาอบรวมถึงได้ทำการตรวจสอบผลพิษที่เกิดขึ้นด้วย

## 2. แนวคิดในการออกแบบและหลักการทำงานของเตาอบ



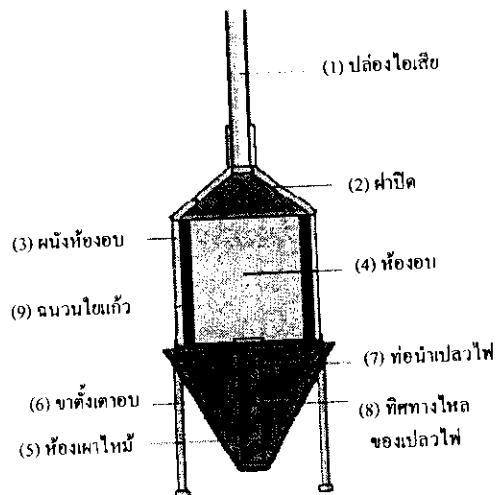
รูปที่ 1 หลักการทำงานของเตาอบแบบวัสดุพื้นโดยใช้เชื้อเพลิงชีวนะ

จากข้อดีของรถศูนย์บخارที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น จึงมีแนวคิดในการออกแบบเตาอบดังรูปที่ 1 แสดงหลักการการทำงานของเตาอบแบบวัสดุพื้น โดยใช้เชื้อเพลิงชีวนะ โดยมีหลักการคือ เตาอบจะได้รับพลังงานความร้อนจากห้องเผาไหม้ (Combustion chamber) เป็นหลัก แก๊สร้อน (Hot gas) ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ จะไหลเข้าไปในช่องว่างรอบเครื่องที่ติดตั้งวัสดุพื้นอยู่ภายใน ความร้อนจากแก๊สร้อนจะถูกคุณค่าโดยวัสดุพื้น จนน้ำวัสดุพื้นจะเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากแก๊สร้อนแบบการพาความร้อน (Convection) เป็นการแพร่รังสีความร้อน (Radiation) เข้าไปในห้องอบ (Drying chamber) ซึ่งเป็นการส่งเสริมการถ่ายเทความร้อนด้านข้างของห้องอบเพิ่มเติมจาก การถ่ายเทความร้อนจากการพาความร้อนเพียงอย่างเดียวหากไม่มีการติดตั้งวัสดุพื้น เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนสูญเสียออกนอกตัวเตา เตาอบจะมีหน่วยกันความร้อน (Insulator) ทึบอยู่ด้านนอกของเตา เมื่อแก๊สร้อนไหลผ่านวัสดุพื้นแล้วแก๊สร้อนจะมีอุณหภูมิลดลงและถูกระบายออกที่ปล่องไอเสีย

ด้านบนของเตาอบ โดยหลักการนี้ช่วยให้ประยุกต์พลังงานเชื้อเพลิงหรือใช้เชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

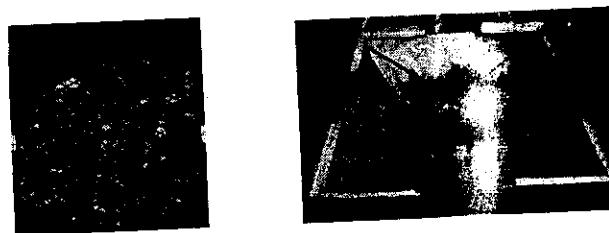
จากแนวคิดในการออกแบบข้างต้น จึงทำการออกแบบและสร้างเตาอบต้นแบบเพื่อใช้ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนที่สามารถถอดแยกประกอบกันได้คือ ส่วนของเตาอบซึ่งอยู่ด้านบน และส่วนของห้องเผาไหม้ซึ่งอยู่ด้านล่าง



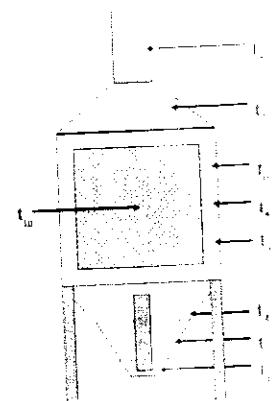
รูปที่ 2 เตาอบแบบวัสดุพูนชนิดใช้เชื้อเพลิงชีวนิวต์

ส่วนของเตาอบ จะประกอบไปด้วย ห้องอบ (4) รูปทรงกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด  $70 \times 70 \text{ cm}$  สูง  $56 \text{ cm}$  ทำมาจากเหล็กแผ่นหนา  $2.4 \text{ mm}$  ด้านบนมีฝ้าปีกเพื่อไม่ให้ควันไฟหรือแก๊สไอเสียสามารถไหลเข้าได้ ภายในมีตะแกรงวางผลิตภัณฑ์ 2 ชั้น โดยผนังของเตาอบ (3) มีปูนทรายและผนวนไข่เก้า (9) ติดตั้งไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนของเตาอบ ระหว่างผนังด้านในของเตาอบและห้องอบมีช่องว่าง 4 ด้าน เพื่อให้แก๊สร้อนไหหล่นและใช้บรรจุวัสดุพูนซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้หินแม่น้ำขนาดเด่นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ  $3-4 \text{ cm}$  บรรจุภายในตะแกรงในลักษณะ pack bed โดยมีค่าความพรุน (Porosity,  $\epsilon$ ) เท่ากับ  $0.3713$  ดังแสดงในรูปที่ 3 ที่บ่งบอก ด้านบนของเตาอบมีฝ้าปีก (2) และเชื่อมต่อด้วยปล่องไฟสีเขียว

- (1) ขนาดเด่นผ่าศูนย์กลาง  $10 \text{ cm}$  สูง  $50 \text{ cm}$  โดยมีลิ้นปีกปิดเพื่อปรับอัตราการไหลของแก๊สไอเสีย
- (2) ส่วนของห้องเผาไหม้ จะประกอบไปด้วย ห้องเผาไหม้ ส่วนของห้องเผาไหม้จะประกอบเป็นรูปทรงพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยมีขนาดปลาญ พีระมิด  $22 \times 22 \text{ cm}$  สูง  $50 \text{ cm}$  มีขาตั้ง 4 ขารองรับเตาอบ
- (3) โดยคลอดผนังของห้องเผาไหม้จะรูปขนาดเด่นผ่าศูนย์กลาง  $1 \text{ cm}$  คลอดผนังห้องเผาไหม้เพื่อกำกษาไฟไว้ใช้ในการเผาไหม้ ภายในห้องเผาไหม้มีท่อนำเปลวไฟ (7) เพื่อให้เปลวไฟสัมผัสนับห้องอบโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 3 ลักษณะของวัสดุพูน รูปที่ 4 ภายในห้องเผาไหม้



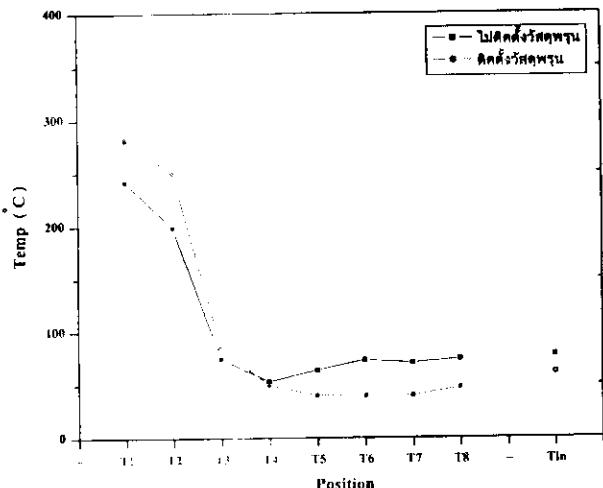
รูปที่ 5 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิกาวยานพาหนะ

พัฒนาระบบการเผาไหม้และการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในเตาอบจะแสดงในรูปของการกระจายตัวของอุณหภูมิ ตลอดเตาอบถูกตรวจสอบโดยไฟฟ้ากอร์ด (probe) Type K จำนวน 8 ตำแหน่ง คือ  $T_1$ , ถึง  $T_8$  นอกจากนี้ยังทำการวัดอุณหภูมิกาวยานพาหนะ ( $T_m$ ) เพื่อวิเคราะห์ความคงที่ของห้องอบ ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยทำการบันทึกอุณหภูมิ ด้วยการทดลองดังแสดงในรูปที่ 5 โดยทำการบันทึกอุณหภูมิกาวยานพาหนะ (Data logger) ยี่ห้อ Campbell รุ่น midi

LOGGER G1 (Loggex) ทำการตรวจวัดมลพิษที่เกิดขึ้นที่ปล่องไอเสียโดยใช้ เครื่องวัดไอเสีย (Exhaust analyzer) ยี่ห้อ Testo รุ่น 350-XL ในการทำการทดลองเริ่มแรกบรรจุแก๊ส น้ำหนัก 0.5 kg ลงในห้องเผาไฟม้วนของเตาฯแล้วจุดไฟ ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอนุภาคขนาดในห้องอบและปีก煽ไฟเรียบร้อยจากนั้นปะทะกับอากาศในห้องอบด้านบนและส่วนของห้องเผาไฟมีด้านล่างและด้านบนที่ก่อการทดลองเพื่อใช้ในการอธิบายพัฒนาระบบของเตาฯ

#### 4. พฤติกรรมของอุณหภูมิความร้อน

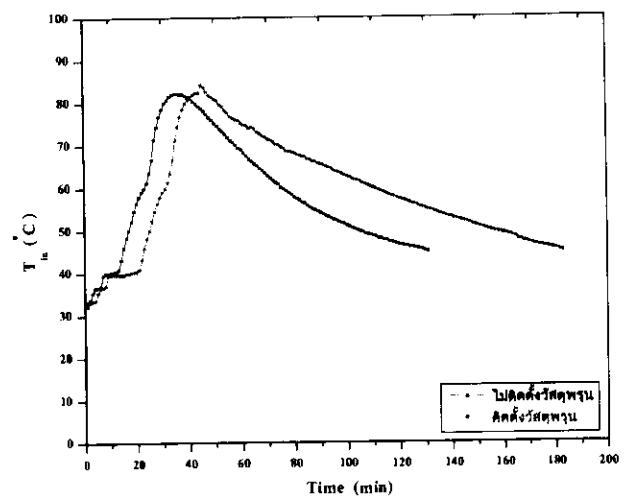
##### 4.1 อุณหภูมิภายในห้องอบไม่มีการอบผลิตภัณฑ์



รูปที่ 6 อุณหภูมิเฉลี่ย ( $T_{ave}$ ) ที่ตำแหน่งต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างกรณีไม่ติดตั้งวัสดุพรมและติดตั้งวัสดุพรมในเตาอบกรณีไม่อบผลิตภัณฑ์

ก่อนทำการอบผลิตภัณฑ์ ได้ทำการศึกษาพัฒนาระบบความร้อนของเตาฯ โดยการวัดอุณหภูมิภายในเตาอบ เปรียบเทียบกับระหว่างกรณีไม่ติดตั้งและติดตั้งวัสดุพรมในเตาอบ ดังรูปที่ 6 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ย ( $T_{ave}$ ) ที่ตำแหน่งต่างๆ ในเตาอบ พบว่า ถึงแม้ว่าอุณหภูมิภายในห้องเผาไฟนี้ที่ตำแหน่ง  $T_1$  ถึง  $T_3$  ของกรณีติดตั้งวัสดุพรมภายในเตาอบจะมีค่าสูงกว่ากรณีไม่ติดตั้งวัสดุพรม แต่การกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเตาอบตั้งแต่ตำแหน่ง  $T_4$  ถึง  $T_8$  และอุณหภูมิของแก๊สไออกซีเจน ( $T_x$ ) ของกรณีติดตั้งวัสดุพรมจะมีค่าต่ำกว่าเนื่องจาก วัสดุพรมที่ติดตั้งภายในเตาอบจะดูดซับพลังงาน

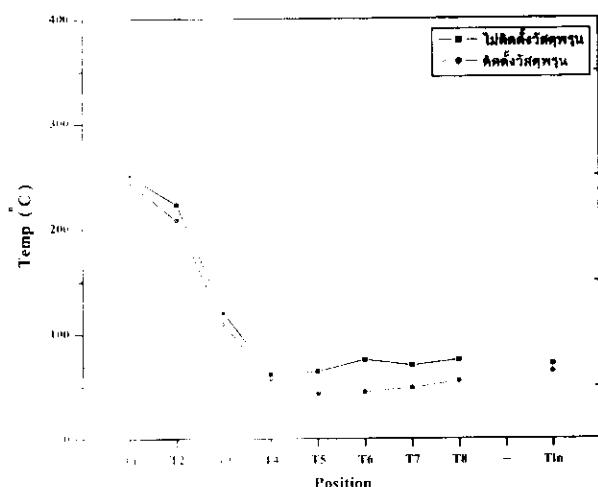
ความร้อนจากแก๊สร้อนไว จึงทำให้อุณหภูมิของแก๊สร้อนที่ไ출ผ่านมีอุณหภูมิต่ำลงกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรม เมื่ออุณหภูมิแก๊สร้อนที่ทางออกจากเตาอบ  $T_x$  มีค่าต่ำลง แสดงให้เห็นถึงการลดการสูญเสียพลังงานความร้อนทึ้งที่ไปกับแก๊สไออกซีเจนจากนั้นยังพบว่า การกระจายตัวของอุณหภูมิบริเวณห้องอบที่ตำแหน่ง  $T_4$  ถึง  $T_8$  เมื่อติดตั้งวัสดุพรมจะมีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอซึ่งเป็นผลดีทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนไปยังห้องอบได้สม่ำเสมอที่ทุกบริเวณของห้องอบอีกด้วย



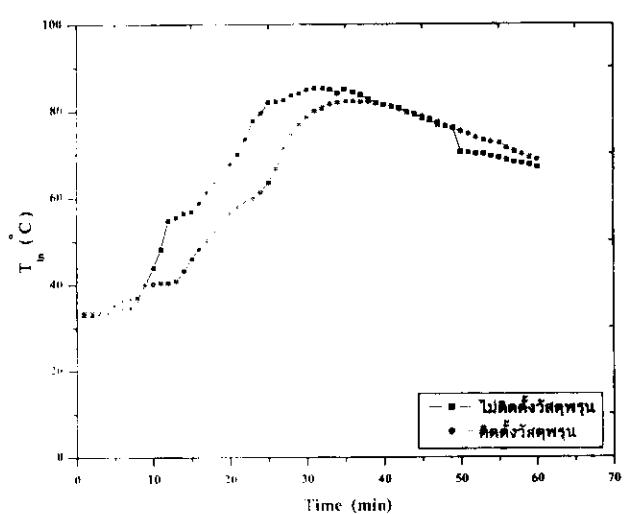
รูปที่ 7 อุณหภูมิภายในห้องอบ ( $T_{in}$ ) เปรียบเทียบระหว่างกรณีไม่ติดตั้งวัสดุพรมและติดตั้งวัสดุพรมในเตาอบ กรณีไม่อบผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในเตาอบ ( $T_{in}$ ) จากรูปที่ 7 พบว่า ช่วงแรก การเพิ่มอุณหภูมิภายในห้องอบกรณีติดตั้งวัสดุพรมจะใช้เวลานานกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรม และอุณหภูมิภายในห้องอบจะลดลงช้ากว่า ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องอบมีความสม่ำเสมอกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งวัสดุพรม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้เวลาขยานานของกรณีที่ติดตั้งวัสดุพรมนี้ เนื่องจากกลไกการถ่ายเทความร้อนของวัสดุพรม จากเรื่องด้านวัสดุพรมจะดูดซับความร้อนจากแก๊สร้อนที่ได้จากการเผาไฟน้ำ จากนั้นเมื่อแก๊สร้อนมีอุณหภูมิต่ำลง เนื่องจากเพลิงในการเผาไฟน้ำเริ่มหมดลง วัสดุพรมซึ่งดูดซับความร้อนไว้ตอนต้นจะค่อยๆ แผ่รังสีความร้อนไปยังห้องอบ จึง





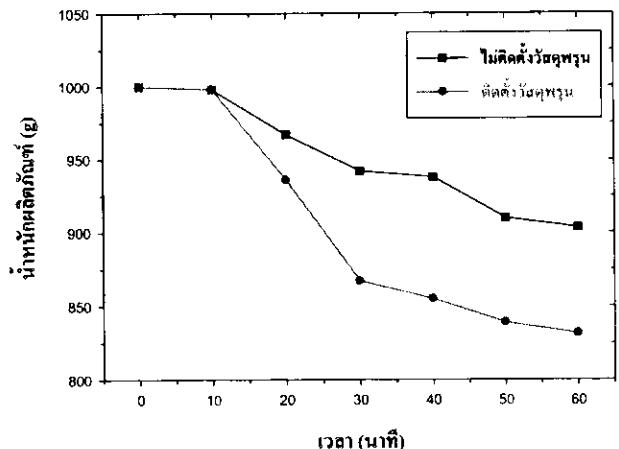
รูปที่ 9 ผลกระทบของอุณหภูมิเฉลี่ย ( $T_{ave}$ ) ที่ตำแหน่งต่างๆ เปรียบเทียบระหว่างการไม่ติดตั้งวัสดุพูนและติดตั้งวัสดุพูนในเตาอบ กรณีอุบัติภัย



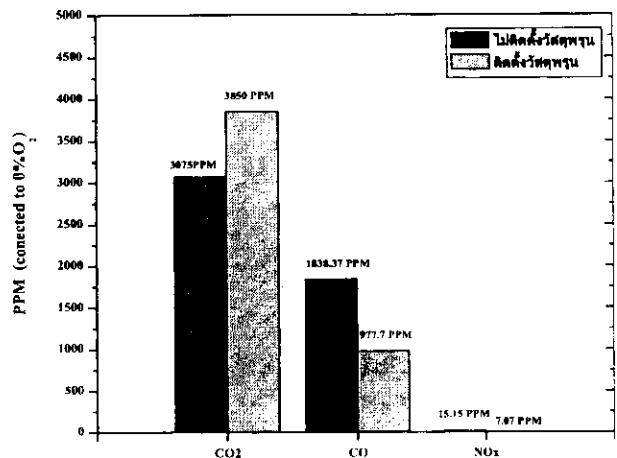
รูปที่ 10 อุณหภูมิภายใน แก้วอ่อง盎 ( $T_g$ ) เมื่อเทียบกันระหว่างกรณีไม่ติดตั้งวัสดุพูนและติดตั้งวัสดุพูนในเตาอบ กรณีอุบัติภัย

จากรูปที่ 10 แสดงอุณหภูมิภายในห้องอบ ( $T_g$ ) เปรียบเทียบระหว่างกรณีไม่ติดตั้งวัสดุพูนและติดตั้งวัสดุพูนในเตาอบ กรณีการอุบัติภัย พบว่า ถึงแม้จะมีผลิตภัณฑ์อยู่ภายในห้องอบแต่อุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในห้องอบ มีลักษณะเช่นเดียวกับอุณหภูมิภายในห้องอบกรณีที่ไม่มีการอุบัติภัยในรูปที่ 7 จากอุณหภูมิภายในห้องอบของกรณีติดตั้งวัสดุพูนที่มีอุณหภูมิสูง สม่ำเสมอและยาวนานกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งวัสดุพูน จึงส่งผลให้สามารถอบผลิตภัณฑ์ได้นาน

ขึ้นหรือสามารถอบผลิตภัณฑ์ได้จำนวนครั้งมากกว่ากรณีที่ไม่ติดตั้งวัสดุพูนเมื่อใช้เชื้อเพลิงเท่ากัน แต่ในการศึกษานี้ได้ทำ การทดลองอบผลิตภัณฑ์เพียงรอบเดียว เนื่องจากสนใจศึกษาเฉพาะพฤติกรรมการแลกเปลี่ยนความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเตา อบจากการสั่งเสริมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุพูนเป็นหลัก



รูปที่ 11 น้ำหนักของผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งที่เวลาต่างๆ เมื่อเทียบระหว่างกรณีไม่ติดตั้งวัสดุพูนและติดตั้งวัสดุพูนในเตาอบ



รูปที่ 12 ปริมาณการปลดปล่อยของพิษเมื่อเทียบกันระหว่างกรณีไม่ติดตั้งและติดตั้งวัสดุพูนในเตาอบ กรณีอุบัติภัย

รูปที่ 11 แสดงน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งที่เวลาต่างๆ เมื่อเทียบระหว่างกรณีไม่ติดตั้งและติดตั้งวัสดุพูนในเตาอบ พบว่า การไม่ติดตั้งวัสดุพูนทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่หายไปหรือมีการระเหยของน้ำของผลิตภัณฑ์ซึ่ง

กว่ากรณีติดตั้งวัสดุพูน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่อุณหภูมิภายในห้องอบของกรณีติดตั้งวัสดุพูนมีอุณหภูมิสูงส่วนมาก และรายงาน ทำให้มีพลังงานความร้อนเพียงพอในการทำแห้ง พลิตกัมท์ ซึ่งจากรูปที่ 11 สามารถพิจารณาได้ว่า เดาที่ติดตั้ง วัสดุพูนมีอัตราการอบแห้ง (Drying rate) เนลี่ยมมีค่าเท่ากับ 2.81 g/hr ซึ่งสูงกว่าเดาที่ไม่ติดตั้งวัสดุพูนที่มีค่า 1.61 g/hr

รูปที่ 12 แสดงปริมาณแก๊สไออกไซด์บีโอดีเจนเที่ยบกรณีไม่ติดตั้งและติดตั้งวัสดุพูนในเตาอบ กรณีอบพลิตกัมท์ พบว่า การไม่ติดตั้งวัสดุพูนจะมีการปลดปล่อย CO<sub>2</sub> ในปริมาณที่สูง กว่าและปลดปล่อย CO<sub>2</sub> ในปริมาณที่ต่ำกว่ากรณีติดตั้งวัสดุพูน แสดงให้เห็นว่า การติดตั้งวัสดุพูนจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์น้อยกว่า เนื่องจาก การติดตั้งวัสดุพูนจะกีดขวางเส้นทางการไหลของแก๊สไออกไซด์ที่ติดตั้งอาจมีการกีดขวางการเผาไหม้ระหว่างไอดีกับเชื้อเพลิง ปริมาณ NO<sub>x</sub> ที่เกิดขึ้นทั้งสองกรณีมีค่าต่ำ โดยการปลดปล่อยมลพิษของกรณีมีการอบ พลิตกัมท์มีลักษณะเข้มเดียวกับกรณีที่ไม่มีการอบพลิตกัมท์ ดังแสดงในรูปที่ 8

## 5. การวิเคราะห์ทางวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ของเตาอบ ได้ทำการทดลอง โดยใช้เนื้อวัว 3 kg เนื้อความชุกของตะแกรงวางแผน พลิตกัมท์ภายในห้องอบ ทำการอบเป็นเวลา 1 hr โดยใช้แกลบ 0.5 kg แล้วปิดเตาและนำเนื้อที่ได้จากการอบมาซึ่งน้ำหนัก พบว่า น้ำหนักเนื้อเหลือ 1.25 kg และ 1.4 kg สำหรับกรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งวัสดุพูน ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์ด้านต่างๆ ได้ดังนี้

**5.1 ประสิทธิภาพและอัตราการระเหยน้ำจำเพาะของเตาอบ**  
ในการวิเคราะห์สมรรถนะของเตาอบสามารถวิเคราะห์ได้จาก ประสิทธิภาพรวมของเตาอบ (η) ดังสมการที่ 1 และอัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (Specific Moisture Extraction Rate, SMER) ดังสมการที่ 2

$$\eta = \frac{\text{อัตราการอบแห้ง} \times \text{ค่าความร้อนแห้ง}}{\text{พลังงานความร้อนที่ใช้ทั้งหมด}} \quad (1)$$

$$\text{SMER} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหย}}{\text{พลังงานที่ใช้ทั้งหมด}} \quad (2)$$

## ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และอัตราการระเหยน้ำจำเพาะของเตาอบ

รายการ	ปริมาณ	ค่าความร้อนแห้ง	หน่วย
เวลาในการอบ	-	-	hr
น้ำหนักแกลบที่ใช้ในการทดลอง	0.5	0.5	kg
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแกลบ	11.79	11.80	MJ/kg
พลังงานความร้อนที่ใช้ทั้งหมด	7.03	7.0	MJ/hr
ค่าความร้อนแห้งไอน้ำอุ่นตัวที่ 60 °C	2.8 - 2.8	1.48	kJ/hr
น้ำหนักเนื้อ ก่อนการอบ	-	-	kg
น้ำหนักเนื้อหลังการอบ	-	1.25	kg
อัตราการอบแห้ง	-	0.5	kg/hr
ประสิทธิภาพของเตาอบ	-	2	%
อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ	0.12	0.243	kg/MJ

โดยการวิเคราะห์เบริลบันน์ พบว่า แรงงานที่ใช้ในการอบ ระหว่างเตาที่ไม่ติดตั้งและติดตั้งวัสดุพูน ค่ารากที่ 1 ซึ่งพบว่า ประสิทธิภาพรวมของเตาอบติดตั้งวัสดุพูน 52.41 % และ 57.32 % และอัตราการระเหยน้ำจำเพาะของเตาอบติดตั้งวัสดุพูน 0.222 kg/MJ และ 0.243 kg/MJ สำหรับเตาที่ 1 และคิดตั้งวัสดุพูน ตามลำดับ

## 5.2 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ตัวแปร	ค่าตัวแปร	เดือนทุนในตัวตั้งต้น	ตัวแปร	ตัวแปร	เดือนทุนในตัวตั้งต้น
ตัวตั้งต้นต่างๆ และระยะเวลาคืนทุน	เดือน	เดือนทุนในตัวตั้งต้น	ตัวตั้งต้นทุนในการสร้างเตาอบที่ตั้งตัวตั้งต้น	เดือน	ตัวตั้งต้นทุนในการสร้างเตาอบที่ตั้งตัวตั้งต้น
คือ ต้นทุนในการสร้างเตาอบที่ตั้งตัวตั้งต้น	บาท	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น
6,350 บาท และต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น	บาท	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น
เท่ากับ 6,440 บาท และมีต้นทุนต่อเดือน	บาท	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น
คือ 50 ลดลงคือตัวตั้งต้น	บาท	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น
เดือนแห้ง 10 ปี ค่าบำรุงรักษาตัวตั้งตัวตั้งต้น	บาท	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น
ต้นทุน มูลค่าซากเตาอบที่ปีละ 7%	บาท	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น
ต้นทุน	บาท	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น	บาท	ตัวตั้งต้นทุนการลงทุนที่ตั้งตัวตั้งต้น

ตัวอย่างที่ 1 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหักระยะเวลาคืนทุนได้ 15 ปี พบว่าต้องใช้เวลา 10 ปี ไม่ติดตั้งวัสดุพูนจะมีความเสื่อมของรากไม้ต่อ 13 เดือน 3 วัน ในขณะที่ตัวอย่างที่ 2 แสดงว่าต้องใช้เวลาหักทุน 0.72 ปี หรือ ประมาณ 8 เดือน

ตัวอย่างที่ 2 ผลิตภัณฑ์ 15-ปี ค่าใช้จ่าย

รายการ	จำนวน	ตัวคั่งวัสดุ	หน่วย
ตัวตั้ง	3		kg
ตัวตั้ง	400		ร่อง/ปี
ตัวตั้ง	1200		kg/ปี
ตัวตั้ง	100		นาท/kg
ค่าไฟฟ้า	12,000	120,000	นาท/ปี
ค่าเชื้อเพลิง	520		kg
ค่าเชื้อเพลิง	250		นาท/kg
ค่าเชื้อเพลิง	130,000		นาท/ปี
ค่าเชื้อเพลิง	10,000		นาท/ปี
ค่าใช้จ่ายต่อปี	1,337.75	1,337.29	นาท/ปี
รวมค่าใช้จ่าย	7,200	10,000	นาท/ปี
มูลค่าต้นทุน	644		นาท
ต้นทุนต่อปี	1.11		นาท/kg
ระยะเวลาหักทุน	0.09	0.72	ปี

## 6. สรุปผล

จากผลการทดลองแบบและสร้างจากกระบวนการนำเข้าดีของวัสดุพูนจะสามารถประยุกต์ใช้สามารถรอกลับได้ดังนี้

1. แบบแบบวัสดุพูนชนิดใช้เชื้อเพลิงชีวนะที่ออกแบบโดยสร้าง มีการส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการเปลี่ยนความร้อนโดยอาศัยวัสดุพูน ซึ่งนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในการออกแบบเครื่องจักรที่อยู่ในห้องที่ต้องการให้มีประสิทธิภาพ

2. วัสดุพูนที่นำมาจากหินแม่น้ำ มีความสามารถในการดูดซับพิษและความร้อนจากแก๊สธรรมชาติและช่วยส่งเสริมกระบวนการหักทุนโดยการหักทุนให้กับห้องอบได้

3. การคิดตั้งวัสดุพูนภายในเตาอบช่วยส่งเสริมการแพร่รังสีความร้อนไปยังห้องอบ ส่งผลให้อุณหภูมิภายในห้องอบมีความสัมมั่นเสมอกว่ากรณีไม่ติดตั้งวัสดุพูน ส่งผลให้สามารถควบคุมกระบวนการการอบได้ดีกว่าและสามารถถอดผลิตภัณฑ์ได้ขาวนานกว่า

4. ประสิทธิภาพของเตาอบมีค่าเท่ากับร้อยละ 52.42 และ 57.32 และมีอัตราการระเหยตัวของน้ำจำเพาะเท่ากับ 0.222 kg/MJ และ 0.243 kg/MJ สำหรับกรณีไม่ติดตั้งและติดตั้งวัสดุพูน ตามลำดับ

5. เตาอบที่ไม่ติดตั้งวัสดุพูนจะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1.09 ปี หรือ 13 เดือน 3 วัน ในขณะที่เตาที่ติดตั้งวัสดุพูนจะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 0.72 ปี หรือประมาณ 8 เดือน กับ 20 วัน

## 7. กิจกรรมประจำ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและการวิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

## เอกสารอ้างอิง

- [1] วนันท์ ศุภพิพัฒน์, “อาหาร โภชนาการและสารเป็นพิษ” กรุงเทพฯ: แสงการพิมพ์ พ.ศ. 2538.
- [2] A. Matthujak, K. Janevijitsakul and K. Pianthong, “A Study of the production of biomass gas from rice straw using a downdraft gasifier”, Proceedings of the 17<sup>th</sup> Annual conference of Mechanical Engineering Network, Prajueburi, Thailand, October 15-17, paper No. IC0032003
- [3] A. Matthujak and S. Jugjai, “Development of Liquid Fuel Porous Burner-Heat Exchanger”, Proceedings of the 16<sup>th</sup> Annual conference of Mechanical Engineering Network, Phuket, Thailand, October 14-16, 2002, pp.223-228.
- [4] A. Matthujak, “Development of Liquid Fuel Porous Burner-Heat Exchanger”, Master Degree Thesis (M.Eng), King Mongkut’s University of Technology Thonburi, 2002, pp.1-94.