

ชื่อโครงการ การพัฒนาชุดเตาอบยางพาราอัดแผ่นด้วยลมร้อนจากเตาแก๊สซีฟิเออร์
แหล่งเงิน ทุนวิจัยเงินรายได้ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขต
ชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ประจำปีงบประมาณ 2558 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 70,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ กันยายน 2557 ถึง กันยายน 2558
นายสมพงศ์ บางยี่ขัน วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
นางวรรณชล วัฒนะ วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการออกแบบและสร้างชุดอบยางพาราอัดแผ่นผึ่งแห้ง โดยมุ่งหวังที่จะลดเวลาในการตากยางรัดแผ่นผึ่งแห้ง โดยในชุดอบยางประกอบด้วย เตากำเนิดความร้อนแก๊สซีฟิเออร์ชนิดไหลลง เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และเตาอบยางพาราอัดแผ่นต้นแบบ การดำเนินงานวิจัยได้ออกแบบและสร้างเตาแก๊สซีฟิเออร์เพื่อใช้เป็นแหล่งความร้อนก่อนและทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตา ทั้งนี้เพื่อหาประสิทธิภาพสูงสุดของเตาที่ทำการออกแบบ โดยพบว่าเตามีอัตราการกินเชื้อเพลิง 0.00126 kg/s และอัตราไหลของอากาศ 0.0143 m³/s โดยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ 2.81% ในขณะที่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถจ่ายลมร้อนได้ถึง 60 องศาเซลเซียสและใน Condition ดังกล่าวตลอดการเผาเชื้อเพลิงในเตาแก๊สซีฟิเออร์ในขณะที่ระบบจ่ายลมร้อนจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสามารถอบยางพาราอัดแผ่นที่มีความชื้นก่อนอบ 45% มาตรฐานแห้งขนาด 90cmx50cmx4mm น้ำหนัก 1.6 - 1.8 kg ให้ความชื้นลดลงถึง 30% มาตรฐานแห้งภายใน 24 ชั่วโมง จนเหลือความชื้น 15% มาตรฐานแห้งซึ่งเพียงพอต่อการจำหน่ายเป็นยางแผ่นดิบคุณภาพดี ความชื้นไม่เกิน 15% มาตรฐานแห้งได้

คำสำคัญ: เตาแก๊สซีฟิเออร์/ ยางพาราผึ่งแห้ง/ เตาชีวมวล

Research Title: Development of the rubber sheet dryer by hot air from Gasifier

Researcher: Mr.Sompong Bangyeekhan

Mrs.Wansachon Watthana

Faculty: Prince of Chumphon Campus **Department:** Engineering

ABSTRACT

This research aims to design and build a drying system for dry an air dried sheet (ADS). This aim is to reduce the time to dry ADS. The system consists of a downdraft gasifier, Heat exchanger and oven-rubber sheet prototypes. We have designed and built downdraft gasifier, to be used as a heat source and test the thermal efficiency of the furnace. There is optimizing the design of the stove. It was found that the stove has a consumption of fuel 0.00126 kg/s and the flowrate of air $0.0143 \text{ m}^3/\text{s}$, with the thermal efficiency of 2.81%, while the heat exchanger to supply heat up to 60°C in this condition. The burning fuel Gasifier, while the supply of heat exchange equipment can bake rolled rubber sheets with moisture before baking 45% dry basis, weight is 1.6 - 1.8 kg and size 90cmx50cmx4mm to drop the humidity to 30% dry basis in 24 hours.

Keywords: Downdraft gasifier/ Air dried sheet/ Biomass stove

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาชุดเตาอบย่างพาราไรต์แผ่นด้วยลมร้อนจากเตาแก๊สซีพีเอฟเออร์” การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ซึ่งเป็นทุนงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2558 ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ที่อำนวยความสะดวกในด้านสถานที่และเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ของสาขาวิชา ผู้วิจัยขอขอบคุณลูกศิษย์ที่ช่วยงานทดสอบเตา และฝ่าไม่เชื่อเพลิง รวมถึงบุคคลากรทุกท่านที่ได้เป็นส่วนหนึ่งของความสำเร็จนี้ ขอขอบคุณในด้านกำลังใจอันได้แก่ บิดา มารดา ภรรยา และลูก สุดท้ายนี้สิ่งที่ขาดไม่ได้คือบุญคุณของบูรพาจารย์ ที่ได้ประสพวิชาความรู้ สอนสั่งข้าพเจ้าตั้งแต่เกิดจนถึงปัจจุบัน

(นายสมพงศ์ บางยี่ขัน)
หัวหน้าโครงการวิจัย

(นางวรรษชล วัฒนะ)
ผู้ร่วมโครงการวิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	5
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 ทฤษฎีการเกิดแก๊สซิฟิเคชัน.....	9
2.2 ชนิดของเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงชีวมวล.....	12
2.3 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน.....	14
2.4 ชนิดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน.....	15
2.5 สมบัติการถ่ายเทความร้อนรวม.....	19
2.6 Fouling Factor.....	21
2.7 การวิเคราะห์อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน.....	23
2.8 วิธีการของค่าประสิทธิภาพ-เอ็นทียู.....	25
2.9 การทำยางรีดแผ่น.....	27
2.10 หลักการอบแห้ง.....	33
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง/การทบทวนวรรณกรรม.....	41
บทที่ 3 การออกแบบและวิธีดำเนินการวิจัย	45
3.1 อุปกรณ์ เครื่องมือ ในการดำเนินการวิจัย.....	45
3.2 การออกแบบแก๊สซิฟิเคชันชนิดไหลลง.....	46
3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สซิฟิเคชัน.....	48
3.4 การออกแบบและสร้างเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน.....	50
3.5 การอบยางพารารีดแผ่น.....	53

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	59
4.1 ผลทดลองจากการหาความเร็วลม.....	59
4.2 ประสิทธิภาพเตาแก๊สซีไฟเออร์ที่ออกแบบและสร้างขึ้น.....	61
4.3 ผลการอบยางด้วยระบบเตาอบที่สร้างขึ้น.....	61
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	68
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	68
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	69
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย	70
6.1 สรุปรายชื่อและรายละเอียดผลผลิตงานวิจัยที่ผลิตได้และที่อยู่ระหว่างดำเนินการ ทั้งหมด อาทิเช่น บทความ/ชิ้นงาน/สิทธิบัตร หรืออื่นๆ.....	70
บรรณานุกรม	71
ภาคผนวก	74
ภาคผนวก ก วิธีการคำนวณหาปริมาตรความจุภายในเตาแก๊สชีวมวล.....	75
ภาคผนวก ข การคำนวณหาประสิทธิภาพเตาผลิตแก๊สชีวมวล.....	76
ภาคผนวก ค ส่วนประกอบเตาผลิตแก๊สชีวมวล.....	78
ภาคผนวก ง อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	80
ภาคผนวก จ เอกสารหลักฐานอ้างอิงของผลผลิตจาก บทที่ 6.....	85
ภาคผนวก ฉ สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย.....	96
ประวัตินักวิจัย	97

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 Representative values of the overall heat transfer coefficients in heat Exchangers	21
2.2 Representative fouling factors (thermal resistance due to fouling for a unit surface area).....	22
2.3 Typical fouling coefficients.....	23
2.4 Effectiveness relations for heat exchangers (Kays and London): $NTU = UA_s/C_{min}$ and $c=C_{min}/C_{max} = (m.C_p)_{min}/(m.C_p)_{max}$	26
2.5 NTU relations for heat exchangers [xz] : $NTU=UA_s/C_{min}$ and $c=C_{min}/C_{max}=(m.C_p)_{min}/(m.C_p)_{max}$	27
2.6 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเทคนิคระหว่างเตาแก๊สซีฟเอร์แบบ Fixed batch ทั้ง 3 แบบ	42
4.1 แสดงมุมมองการเปิดของวาล์วและอัตราการไหลของอากาศ เพื่อนำอากาศเข้าไปในเตาแก๊สซีฟเอร์ในขณะเผาขึ้นไม้เชื้อเพลิง.....	59
4.2 ตารางผลการทดสอบการเปิดวาล์วอากาศเข้าเตาและประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาแก๊สซีฟเอร์.....	61
4.3 แสดงอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ ของเตาอบในทุกๆชั่วโมงตลอด 24 ชั่วโมง.....	62
4.4 แสดงน้ำหนักของยางพารา ที่ลดลงเมื่อเวลาการอบผ่านไปทั้ง 24 ชั่วโมงของการอบยางพาราครั้งที่ 1.....	63
4.4 แสดงน้ำหนักของยางพารา ที่ลดลงเมื่อเวลาการอบผ่านไปทั้ง 24 ชั่วโมงของการอบยางพาราครั้งที่ 2.....	65
4.6 ตารางค่าเฉลี่ยความชื้นตามมาตรฐานแห้งของยางที่ผ่านการอบทั้ง 2 ครั้ง.....	67

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ยางรัดแผ่นผึ่งแห้ง.....	1
1.2 การผึ่งยางรัดแผ่นให้แห้งบนราวตากยาง.....	1
1.3 ยางอบแห้งไม่รมควัน PAUSU.....	2
1.4 ยางอบแห้งรมควัน RSS.....	2
1.5 เตาอบยางแบบมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเหนือเตา.....	4
1.6 เตาแก๊สซีฟิเออร์แบบไหลลง.....	6
1.7 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน.....	6
1.8 เตาอบยางพารารัดแผ่น.....	7
1.9 การเชื่อมต่อระบบระหว่างเตาเผา เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและตู้อบยาง.....	7
2.1 โซนของกระบวนการแก๊สซีฟิเคชั่นภายในเตาแก๊สซีฟิเออร์.....	9
2.2 กระบวนการทั้ง 4 ขั้นตอนของกระบวนการแก๊สซีฟิเคชั่น.....	12
2.3 เตาแก๊สซีฟิเออร์แบบไหลขึ้น.....	12
2.4 เตาแก๊สซีฟิเออร์แบบไหลลง.....	13
2.5 เตาแก๊สซีฟิเออร์แบบตัดขวาง.....	13
2.6 เตาแก๊สซีฟิเออร์แบบฟลูอิดไดเบด.....	14
2.7 ลักษณะการไหลที่แตกต่างกัน และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องแลกเปลี่ยน ความร้อนแบบท่อ 2 ชั้น (Double-Pipe heat exchanger).....	16
2.8 การไหลที่แตกต่างกันใน Cross flow heat exchangers.....	16
2.9 shell-and-tube heat exchanger (one-shell pass and one-tube pass).....	17
2.10 Multi-pass flow arrangements in Shell-and-tube heat exchangers.....	17
2.11 Thermal resistance network associated with heat transfer in a double-pipe heat exchanger.....	20
2.12 การเก็บน้ำยางจากต้นในสวนยาง.....	28
2.13 กรองน้ำยางขณะรวบรวมน้ำยาง.....	29
2.14 เติมน้ำใส่ตะก่ง.....	29
2.15 เติมน้ำยางใส่ตะก่งลงไปผสม.....	30
2.16 การกวาดฟองบริเวณผิวหน้าของน้ำยาง.....	31
2.17 การนวดแผ่นยางให้แผ่บางลง.....	32
2.18 การตากยางรัดแผ่นหลังการรีดเสร็จแล้ว.....	33
2.19 การตากยางผึ่งแห้งในโรงเก็บ โดยพาดไว้กับราว.....	33
2.20 ค่าความชื้นวิกฤตที่มีอยู่ในวัสดุ.....	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.21 ค่าความชื้นวิกฤตที่มีอยู่ในวัสดุ.....	36
2.22 ค่าความชื้นและอัตราการอบแห้ง.....	37
2.23 Constant Rate Drying (R_c) และ Falling Rate Drying (R_f).....	38
2.24 ลักษณะการระเหยของความชื้นในเนื้อวัสดุ.....	39
3.1 ระบบกลไกอุปกรณ์อบยางพาราไรต์แผ่นโดยมีแหล่งกำเนิดความร้อน เป็นเตาแก๊สซีฟิเออร์แบบไหลลง.....	45
3.2 อุปกรณ์หลักในชุดระบบอบยางพาราไรต์แผ่น.....	46
3.3 Water Boiling Test.....	49
3.4 ชาร์จการดำเนินงานอบยางพาราไรต์แผ่น.....	54
3.5 เชื้อเพลิงที่ผ่านการลดความชื้นและควบคุมขนาด.....	55
3.6 ตู้อบยางที่ที่ได้รับลมร้อน ควบคุมให้ตู้อบยางมีอุณหภูมิ 50-60 องศา ในทุกตำแหน่ง.....	55
3.7 จัดเตรียมยางพาราไรต์แผ่นให้ได้ขนาดตามกำหนด พร้อมทั้งทำความสะอาด และตากยางให้สะอาดเพื่อให้แห้งจนไม่มีหยดน้ำเกาะแผ่นยาง อย่างน้อย 6 ชั่วโมง.....	56
3.8 แสดงตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิ้ลเรียงจากด้านซ้าย, ด้านหลัง, ด้านขวา เรียงตามลำดับ.....	56
3.9 ชั่งน้ำหนักยางพาราพร้อมเก็บข้อมูลน้ำหนักแล้วนำแผ่นยางเข้าตู้อบยาง.....	57
3.10 ชั่งน้ำหนักยางพาราพร้อมเก็บข้อมูล.....	58
4.1 แสดงผลของน้ำหนักที่ลดลงตามเวลาที่อบจากเริ่มต้นอบจนถึงอบครบ 24 ชั่วโมง ในการทดลองครั้งที่ 1.....	64
4.2 แสดงผลของน้ำหนักที่ลดลงตามเวลาที่อบจากเริ่มต้นอบจนถึงอบครบ 24 ชั่วโมง ในการทดลองครั้งที่ 2.....	66