การออกแบบและสร้างเตาอบรมควันยางพาราประหยัดพลังงาน TWC-03
Design and Constructions High Efficiency Para Drying Furnace TWC-03

ธวัชชัย วงศ์ช่าง[1]*, จตุพร แก้วอ่อน[2] สุธรรม ปทุมสวัสดิ์[3] และ กัมปนาท เทียนน้อย[1]

[1] วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 1518 ถนนพิบูลสงคราม วงศ์สว่าง บางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง, 222 หมู่ 2 ตำบลบ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังวัดพัทลุง 93110
[3] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 1518 ถนนพิบูลสงคราม วงศ์สว่าง บางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
*ติดต่อ: twc@kmutnb.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 0-2913-2500–24 ต่อ 6442, 6427, เบอร์โทรสาร 0-2913-2500-24 ต่อ 6427

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางพาราแผ่นรมควันส่งออกมากที่สุดในโลก ที่ผ่านมาเทคโนโลยีในการผลิตยางแผ่นรมควันมีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แหล่งความร้อนที่นำมาใช้ในห้องรมควัน คือ ความร้อนที่ได้จากเตากำเนิดความร้อนแบบอุโมงค์ซึ่งมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสูงถึง 1.1-1.4 $kg_{ไม้ฟืน}/kg_{ยางพาราแห้ง}$ และใช้ระยะเวลาในการอบรมควัน 3.5-4 วัน นอกจากนี้ยังพบปัญหาการเกิดเพลิงไหม้ในโรงรมควันยางพาราและแผ่นยางด้อยคุณภาพเนื่องจากการกระจายความร้อนในห้องรมควันไม่สม่ำเสมอ ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาเตาอบรมควันยางพาราแบบประหยัดพลังงาน ซึ่งมีระบบที่ประกอบไปด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างแก๊สร้อนจากการเผาไหม้และอากาศภายนอกจำนวนสองชุดและพัดลมจำนวนสองตัวเพื่อหมุนเวียนอากาศร้อนในห้องรมควันจำนวนสองห้อง โดยกำหนดให้อัตราการจ่ายลมร้อนเข้าห้องรมควันเท่ากับ 0.03 m^3/s ต่อพื้นที่ห้องรมควัน 1 m^2 ผลการทดลองพบว่าสมบัติทางกายภาพของยางแผ่นรมควันมีความสม่ำเสมอมากขึ้น โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะลดลงถึง 40.3% ยิ่งไปกว่านั้นยังช่วยลดระยะเวลาในการอบรมควันเหลือ 2.5-3 วัน

คำหลัก: การอบแห้ง/ยางแผ่นรมควัน/เตาอบรมควันยางพารา

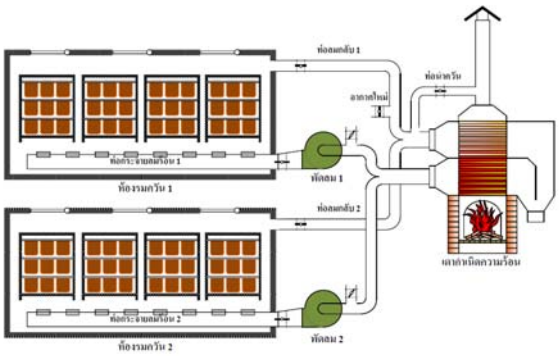
Abstract

Nowadays, Thailand is the biggest Para rubber smoked sheet manufacturing export in the world. The rubber smoked sheet manufacturing technologies have been slowly development in the past few years. In additions, the heat recirculation in smoked room was produced by traditional furnace with 1.1 to 1.4 specific fuel consumption (mass of wood/mass of dry Para rubber) and 3.5 to 4 days in smoked time period. However, the non performing rubber smoked sheet problem and smoked room in fired are the main problems from the earlier smoked process. In order to the heat recirculation inside the smoked room is not uniform. It can be seen that this research have been designed and development the high efficiency Para drying furnace which is consist of two set of heat exchangers between hot air from combustion and fresh air. The two blowers also installed and recalculated hot air into two main smoked rooms with 0.03 m^3/s hot air flow rate per square metre smoked room area. The research found that the physical properties of rubber smoked sheets are more stabled with 40.3% specific fuel consumption reduction. Furthermore, the shorter drying periods to 2.5 to 3 days compared with previous system.

Keywords: Drying/Para Ribbed Smoke Sheet/Mass Transfer Coefficient

1. บทนำ

ยางพาราเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สร้างรายได้หลักส่วนหนึ่งของประเทศ จากข้อมูลทางวิชาการยาง [1] ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกยางพาราทั้งสิ้น 16.9 ล้านไร่ และในปี 2554 ไทยมีพื้นที่กรีดยางได้ 12.7 ล้านไร่[11] และคาดว่าจะมีพื้นที่กรีดยางเพิ่มขึ้นถึงอัตราร้อยละ 8.6 จากนโยบายการส่องเสริมขยายพื้นที่ปลูกยางพาราและแนวโน้มราคายางพาราที่สูงขึ้นตามราคาน้ำมันทำให้เกษตรกรเริ่มหันมาเพาะปลูกยางพารามากขึ้นตามลำดับ จากการคาดการณ์อัตราการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกยางคาดว่าภายในปี พ.ศ.2560 จะมีผลผลิตยางพาราเพิ่มขึ้นถึง 40% ขณะนี้ประเทศไทยเป็นผู้นำในการผลิตและส่งออกยางพาราของโลก ผลผลิตยางพารามีรูปแบบต่าง ๆ เช่น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง น้ำยางข้นข้น เป็นต้น ยางแผ่นรมควันที่ผลิตจากโรงงานของเอกชนและกลุ่มสหกรณ์กองทุนสวนยางซึ่งมีอยู่ประมาณ 300 สหกรณ์ที่โดยส่วนมากกระจายอยู่ในพื้นที่ภาคใต้ มีปริมาณรวมกันประมาณ 820,000 ตันต่อปี [1] ซึ่งพบว่ากระบวน“การอบ-รมควันยางแผ่น” เป็นขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการแปรรูปน้ำยางที่ส่งผลต่อคุณภาพและต้นทุนการผลิต ปัจจุบันระบบอบ-รมควันยางแผ่นยังคงใช้ระบบเดิมที่มีลักษณะเตาอบ-รมควันเป็นแบบอุโมงค์ซึ่งมีการใช้กันมากกว่า 30 ปี [1,2,3,11] โดยใช้ไม้ฟืนยางพาราเป็นเชื้อเพลิง พบว่า มีประสิทธิภาพต่ำและมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงถึง 1.1-1.4 $kg_{ไม้ฟืน}/kg_{ยางพาราแห้ง}$ และใช้เวลานานถึง 3.5-4 วัน[2] เนื่องจากมีการสูญเสียพลังงานในหลาย ๆ ส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานที่สูญเสียไปกับไอเสียเนื่องจากการเผาไหม้ และการทิ้งลมร้อนที่ผ่านการนำไปใช้อบ-รมควันแล้ว ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60 ของพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิง จะเห็นได้ว่าระบบอบ-รมควันแบบเดิมมีประสิทธิภาพต่ำและสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมาก ประกอบกับการใช้เตารมควันยางรุ่นเก่าและเตาอบที่ถูกพัฒนาโดยภาคเอกชนซึ่งมีระบบการจัดการที่ไม่ดีพอจึงก่อให้เกิดเพลิงไหม้ห้องรมควันยาง [7,8,9] เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ปริมาณไม้ฟืนยางพารามีปริมาณลดน้อยลงทุกวันและราคาก็ปรับตัวสูงขึ้นตลอดเวลา[11] จากช่วง พ.ศ. 2538-2555 ราคาไม้ฟืนยางพาราเพิ่มขึ้นจากราคา 0.25-1.4 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางในการสร้างเตาอบรมควันแบบประหยัดพลังงาน TWC-03 :ซึ่งเป็นเตากำเนิดความร้อนและระบบกระจายความร้อนแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดพลังงานมาทดแทนแบบเดิม(สกย 37 และ 38) โดยทำให้ยางแผ่นหลังผ่านการอบ-รมควันมีคุณภาพที่ดีและสม่ำเสมอ



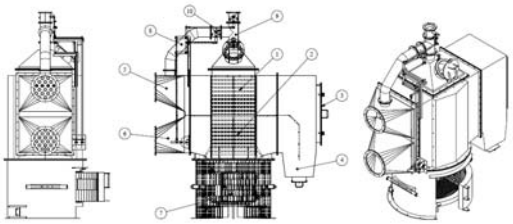
รูปที่ 1 แผนผังระบบของเตาอบรมควันประหยัดพลังงาน TWC-03

2. การออกแบบ

ระบบของเตาอบรมควันแบบประหยัดพลังงาน TWC-03 ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 1)เตากำเนิดความร้อน 2)ชุดจ่ายลมร้อนและกระจายความร้อน 3)ระบบนำลมกลับ และ 4)ระบบห้องรมควัน การทำงานของระบบ คือ เตากำเนิดความร้อนมีหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างเชื้อเพลิงที่เผาไหม้กับอากาศเพื่อให้ได้อากาศร้อนโดยมีชุดจ่ายลมร้อนและกระจายลมร้อนทำให้เกิดการแพร่ของลมร้อนผ่านแผ่นยางอย่างสม่ำเสมอ ลมร้อนที่ใช้งานแล้วจะถูกดูดผ่านระบบนำลมกลับไปยังเตากำเนิดความร้อนเพื่อให้ความร้อนซ้ำอีกครั้ง รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งในระบบนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้เตากำเนิดความร้อนสำหรับ 2 ห้องรม และใช้พัดลมจำนวน 2 ตัว ในการส่งลมร้อนเข้าห้องรมอย่างเป็นอิสระต่อกัน

เตาอบรมควันยางพาราประหยัดพลังงาน TWC-03 หรือเตากำเนิดความร้อนในงานวิจัยนี้เป็นเตาอบที่ถูกพัฒนาต่อยอดมาจาก “เตาอบ-รมควันยางพาราแบบประหยัดพลังงาน” ตามสิทธิบัตรเลขที่ 6138[4] ซึ่งเป็นเตาอบรมควันยางพารารุ่นที่ 2 [2,3,5] มีชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อวางในแนวนอน เพื่อใช้แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศซึ่งไหลในท่อและแก๊สร้อนจากการเผาไหม้ที่ไหลด้านนอกท่อแลกเปลี่ยนความร้อนในลักษณะไหลขวางท่อ ซึ่งการจัดวางท่อแลกเปลี่ยนความร้อนในลักษณะแนวนอนและวางสลับฟันปลาเป็นกลุ่มท่อจำนวน 44 เส้น จำนวน 8 ชั้น มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน 10.8 ตร.ม. ซึ่งในการใช้งานจริงพบว่าสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ถึงประมาณ 35% หรือคิดเป็นอัตรา

การสิ้นเปลืองจำเพาะ 0.72 $kg_{ไม้ฟืน}/kg_{ยางพาราแห้ง}$ ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบเตาอบ-รมควันแบบประหยัดพลังงานโดยใช้หลักการบางส่วนของเตากำเนิดความร้อนเดิม [4] คือใช้ชุดท่อแลกเปลี่ยนความร้อนแบบวางแนวนอน และพัฒนาระบบแลกเปลี่ยนความร้อนใหม่โดยจัดให้มีชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจำนวน 2 ชุด ตามรูปที่ 2



1) ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน 1 2) ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน 1 3) ห้องดักสะเก็ด
4) ห้องเก็บสะเก็ดและฝุ่น 5) อากาศเข้า 6) อากาศออก
7) ห้องเผาไหม้ 8) ท่อนำควัน 9) ปล่องควัน 10) วาล์วผสมควัน

รูปที่ 2 เตากำเนิดความร้อน TWC-03

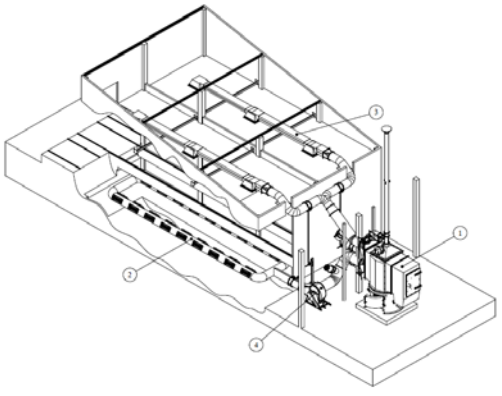
โครงสร้างหลักของเตากำเนิดความร้อนนี้ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วนดังนี้คือ 1) ห้องเผาไหม้ 2) ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน 3) ห้องดักสะเก็ด และ 4) ท่อผสมควัน การจัดวางส่วนประกอบต่างๆแสดงให้เห็นชัดเจนในรูปที่ 2 ลักษณะโครงสร้างภายนอกของเตากำเนิดความร้อนสร้างด้วยเหล็กแผ่นขึ้นรูป โดยจัดสร้างเป็นชิ้นส่วนแยกกันเป็นส่วนๆและใช้การประกอบเข้ากันด้วยนัทและโบลท์

ห้องเผาไหม้ถูกออกแบบให้มีการจัดวางตะแกรงเป็นรูปตัวอักษร V และใช้อิฐทนไฟ SK-32 ของ SCG เรียงรอบห้องเผาไหม้ มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1.3 เมตร สามารถใส่ไม้ฟืนได้ครั้งละ 80-150 กิโลกรัม ส่วนชุดแลกเปลี่ยนความร้อนถูกจัดวางไว้ส่วนบนของห้องเผาไหม้ ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1 ถูกจัดวางในตำแหน่งด้านบนชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2 อากาศและควันถูกบังคับให้ไหลเข้าชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1 เพื่ออุ่นให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย และวกกลับในห้องดักสะเก็ดเพื่อไหลผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2 เพื่อทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นก่อนจะถูกส่งเข้าห้องรมควัน สะเก็ดไฟและฝุ่นที่อาจจะปะปนเข้ามาทางท่อนำควันจะถูกดักในห้องดักสะเก็ดโดยบังคับให้อากาศไหลวกกลับในทิศทาง 180 องศา แรงเฉื่อยที่มีอยู่ในอนุภาคของสะเก็ดไฟและฝุ่นจะทำให้สะเก็ดไฟและฝุ่นถูกดักอยู่ที่ท้ายของห้องดักสะเก็ด อย่างไรก็ตามการจัดวางท่อแลกเปลี่ยนความร้อนจำนวน 190 เส้น 10 แถว ในลักษณะสลับฟันปลา จึงมีโอกาสน้อยมากที่สะเก็ดไฟขนาดใหญ่จะหลุดเข้ามาทาง ท่อนำควัน ข้อมูลจำเพาะต่างๆของเตากำเนิดความร้อนแสดงในตางรางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำเพาะของเตากำเนิดความร้อน

1.ประเภทของเตา	แบบ fixed grate ห้องเผาไหม้อยู่ด้านล่างชุดแลกเปลี่ยนความร้อน
2.เชื้อเพลิง	ไม้ยาง ไม้เบญจพรรณ
2.การทำความร้อน	แบบ indirect heating โดยใช้ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน 2 ชุด เพื่ออุ่นอากาศ
3.ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน	2 ชุด วางซ้อนกัน
4.ชนิดชุดแลกเปลี่ยนความร้อน	แบบท่อแนวนอน จัดวางสลับฟันปลา แก๊สร้อนไหลขวางท่อด้านนอก-อากาศไหลในท่อ
5.พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน	31.98 ตร.ม.
6.ฉนวนห้องเผาไหม้	อิฐทนไฟ SK-32
7.น้ำหนักสุทธิตัวเตา	5302 กิโลกรัม

เตากำเนิดความร้อนเมื่อนำไปประกอบเข้ากับระบบของเตาอบรมควันแบบประหยัดพลังงานสำหรับ 2 ห้องรม ขนาดพิกัด 6ตันx2ห้อง แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งห้องรมควันในแต่ละห้องมีขนาด กว้าง 4.12เมตรxยาว 12 เมตรx สูง 4.7เมตร สามารถบรรจุเก๊ะแขวนยางได้ 12 เก๊ะ คิดเป็นน้ำหนักยางแห้ง 5,000-6,000 กิโลกรัม การจ่ายลมร้อนเข้าห้องรมใช้พัดลมแบบใบโค้งหลังขนาด 90 CMM ที่ความดันสถิตย์ 500 Pa ใช้ต้นกำลังมอเตอร์3 เฟส 220 โวลท์ ขนาด 3 แรงม้า ควบคุมอัตราการจ่ายลมร้อนด้วยอินเวอร์ทเตอร์ ลักษณะการจัดการลมร้อนเข้าห้องรมทั้งสองห้องเป็นอิสระต่อกัน กล่าวคือสามารถใช้ห้องรมได้พร้อมกัน ห้องใดห้องใดหนึ่ง หรือเรียงลำดับ ทำให้ได้เปรียบกว่าการใช้พัดลมจ่ายลมร้อนตัวเดียวเพื่อจ่ายลมร้อนเข้าห้องรม 2 ห้อง



1) เตากำเนิดความร้อน 1 2) ชุดกระจายลมร้อน 3) ระบบนำลมกลับ
4) ชุดจ่ายลมร้อน

รูปที่ 3 ระบบของเตาอบ-รมควันแบบประหยัดพลังงานสำหรับ 2 ห้องรม ขนาดพิกัด 6ตันx 2ห้อง

รูปที่ 4 ท่อกระจายลมร้อนในห้องรมควัน ขนาดห้องกว้าง 4.12 เมตรxยาว 12 เมตรx สูง 4.7 เมตร

รูปที่ 5 เตากำเนิดความร้อนที่ติดตั้งในสหกรณ์การเกษตรพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช

3. วิธีการดำเนินการทดลองและผลการทดลอง

3.1 ปริมาณลมและการกระจายลมร้อนในห้องลม

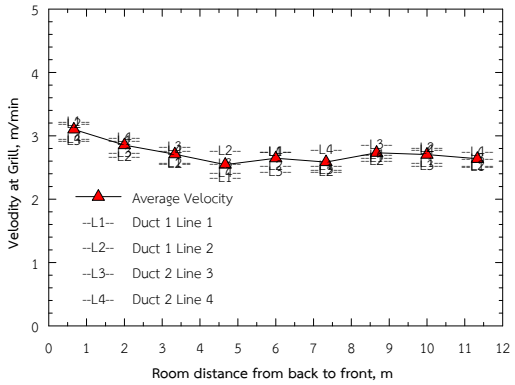
การทดสอบปริมาณการจ่ายลมร้อนเข้าห้องรมใช้เครื่องมือ Multi-Function Instrument Testo 435 วัดปริมาณลมในท่อด้านทางเข้าห้องรม ในตำแหน่งท่อจ่ายลมร้อนเข้าห้องลมด้านหน้าพัดลม โดยใช้หัววัดชนิด Pitot tube โดยเจาะท่อลมแล้วสอดหัววัดเพื่อวัดความเร็วและนำมาคำนวณเป็นอัตราการไหล ส่วนการวัดการกระจายลมร้อนในห้องรมใช้หัววัดชนิด Turbine และ Hotwire วัดความเร็วลมหน้ากริล หรือช่องจ่ายลมร้อนจำนวน 36 ตัวต่อห้องรม ลักษณะของหัวจ่ายลมร้อนดังแสดงในรูปที่ 4 มีขนาด 0.15x0.6 ตร.ม. ในระหว่างทำการตรวจวัดจะทำการปรับแต่งให้หัวจ่ายลมร้อนแต่ละหัวมีอัตราการกระจายลมร้อนใกล้เคียงกันมากที่สุดซึ่งจะเป็นผลดีต่อการกระจายลมร้อนในขณะทำการรมควันยาง

ผลการทดลองพบว่าพัดลมสามารถจ่ายลมเข้าห้องรมได้ในช่วงอัตรา 90-93 CMM ทั้งรูปแบบการการจำลองการรมควันในวันแรก(ปิด Return) และวันที่ 2-3 (เปิด Return) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณลมจ่ายเข้าห้องรม

ลักษณะการจัดการห้องรม	ห้องที่ 1		ห้องที่ 2	
	P_s(Pa)	Q(CMM)	P_s(Pa)	Q(CMM)
ปิด Return	83	93.32	78	92.72
เปิด Return	71	91.51	69	90.12

ผลการสอบการกระจายลมในหัวจ่ายลมในท่อกระจายลม แสดงในรูปที่ 6 ซึ่งผลการทดลองพบว่าบริเวณต้นทางหรือส่วนที่ใกล้กับพัดลม หัวจ่ายลมจะมีความเร็วในการจ่ายลมมากที่สุดประมาณ 3.1 m/min หากพิจารณาผลการกระจายลมโดยรวมแล้วถือว่าอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้เนื่องจากทิศทางของการไหลของลมในหัวจ่ายใกล้พัดลมมีทิศทางเข้าหาตำแหน่งกลางห้องซึ่งเป็นการชดเลยหัวจ่ายลมในตำแหน่งกลางห้องซึ่งมีค่าค่อนข้างน้อยกว่าตำแหน่งอื่น



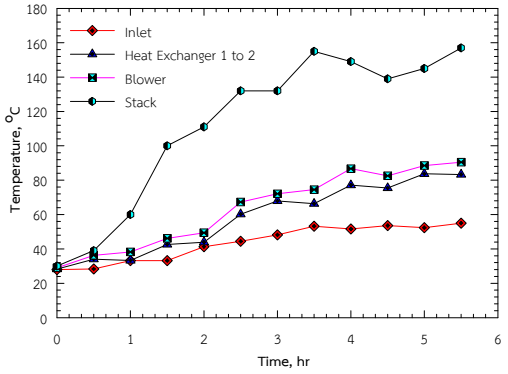
รูปที่ 6 การกระจายลมที่หัวจ่ายลมในห้องรมที่ 1

3.2 ระยะเวลาอุ่นเตา

การทดลองในส่วนนี้เป็นการทดสอบเพื่อหาระยะเวลาการอุ่นเตาในสภาวะเริ่มต้นทำงาน ซึ่งในการทดลองจะ Data Logger-Yokogawa ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ณ. ตำแหน่งต่างๆของเตาในรูปที่ 5 จำนวน 4 ตำแหน่ง (อากาศเข้าชุดแลกเปลี่ยนความร้อน1 อากาศออกจากชุดแลกเปลี่ยนความร้อน1 พัดลม และปล่องควัน) และใช้ตาชั่งในการวัดปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้งาน วิธีการทดสอบคือทำการชั่งน้ำหนักไม้ฟืน(ไม้ยางพารา) เป็นกองกองละ 20 กิโลกรัม และทำการก่อไฟในห้องเผาไหม้ในลักษณะใช้เชื้อเพลิงปานกลางในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง นำลมร้อนกลับจากห้องลม และทำการจับเวลาและวัดอุณหภูมิในตำแหน่งต่างๆของเตากำเนิดความร้อนจนกว่าอุณหภูมิเข้าสู่สภาวะคงตัว

ผลการทดสอบการอุ่นเตาในสภาวะไม่มีภาระแสดงในรูปที่ 7 เตาจะอยู่ในสภาวะคงตัว เมื่อทำการอุ่นเตาไป

ประมาณ 3 ชั่วโมงครึ่ง ต่ออัตราการป้อนไม้ฟืน 40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง(รูปที่ 8) อย่างไรก็ตามในการทดลองนั้นเป็นการใส่ไม้ฟืนในอัตราที่ค่อนข้างต่ำทั้งนี้เนื่องจากเป็นการทดสอบเตาใหม่จึงต้องค่อยๆอุ่นอิฐทนไฟเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย ในการใช้งานอย่างต่อเนื่องการอุ่นเตานี้เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นน้อยลงเนื่องจากวัสดุในเตาจะอมความร้อนเอาไว้ หากอ้างอิงจากเตาประหยัดพลังงาน [2,3,4] การอุ่นเตาจะใช้เวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมงเท่านั้น



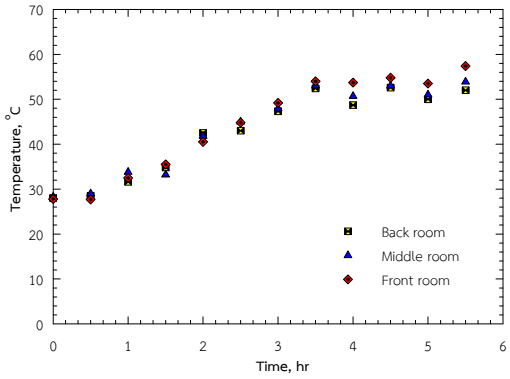
รูปที่ 7 อุณหภูมิในเตากำเนิดความร้อน

รูปที่ 8 การป้อนเชื้อเพลิงในเตากำเนิดความร้อน

3.3 การกระจายอุณหภูมิในห้องรมควัน

การทดลองลองนี้ทำการวัดอุณหภูมิในห้องรมในตำแหน่งหน้า กลาง และหลังห้อง โดยเป็นการทดลองจ่ายลมร้อนเข้าห้องรม และทำการวัดอุณหภูมิในห้องรมเพื่อดูการกระจายอุณหภูมิในห้องรม

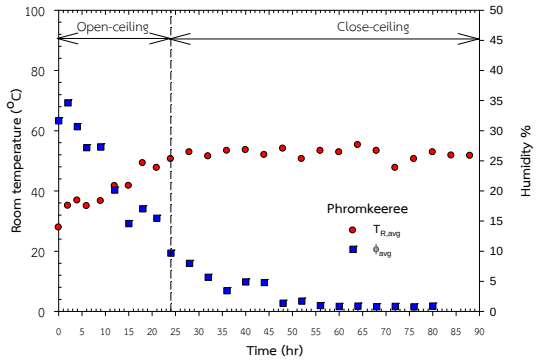
ผลการทดลองเพื่อทดสอบการกระจายลมร้อนในห้องรมแสดงในรูปที่ 9 ในการทดลองนี้เป็นการทดลองห้องเปล่า เมื่อพิจารณาผลการกระจายอุณหภูมิในตำแหน่งหน้า กลาง และหลังห้องแล้วพบว่ามีการกระจายอุณหภูมิที่สม่ำเสมอตลอดทั้งห้อง และพบว่าอุณภูมิในห้องเข้าสู่สภาวะคงตัวเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 3 ชั่วโมงครึ่ง



รูปที่ 9 การกระจายอุณหภูมิในห้องรมที่ 1

3.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงการลดความชื้นในแผ่นยางพารา

การทดสอบเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยการทดสอบอัตราการใช้เชื้อเพลิง 3 ช่วงเวลาดังนี้คือ ช่วงแรก(วันแรก)ของการรมควันหรือช่วงไล่ความชื้นออกจากแผ่นยางซึ่งแผ่นยางมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 35%(wet) โดยจัดให้มีการเปิดฝ้าเพดานห้องลม และไม่นำลมร้อนกลับมาใช้งาน ช่วงที่สอง(วันที่ 2)เป็นช่วงอบแห้ง ช่วงนี้เป็นช่วงที่แผ่นยางมีความชื้นต่ำกว่า 10%(wet) มีการนำลมร้อนกลับมาอุ่นใหม่และปิดช่องระบายความชื้น ช่วงสุดท้าย(วันที่ 3) เป็นช่วงรักษาอุณหภูมิให้คงที่ ลักษณะการจัดการห้องรมเช่นเดียวกับช่วงที่สอง การหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงใช้วิธีชั่งน้ำหนักไม้ฟืนก่อนใส่เข้าในเตากำเนิดความร้อน โดยควบคุมให้อุณหภูมิในห้องรมมีอุณหภูมิ 45-50°C ตลอดการทดลอง



รูปที่ 10 ความชื้นในแผ่นยาง (wet basis) และอุณหภูมิเฉลี่ยในห้องรมยางห้องที่ 1

ผลการทดลองเพื่อหาความชื้นในแผ่นยางพบว่าในช่วงวันแรก ยางพารามีอัตราการลดลงของความชื้นประมาณ 1%(wet) ต่อชั่วโมง หรือในช่วง 24 ชั่วโมงแรกนั้นความชื้นในแผ่นยางพาราสามารถลดลงได้ถึง 25%(wet) ซึ่ง

นับว่าเป็นช่วงที่มีอัตราการลดลงของความชื้นมากที่สุด ในวันที่สองที่มีการนำความร้อนจากห้องรมกลับไปอุ่นเพื่อใช้งานใหม่นั้นการลดลงของความชื้นมีอัตราลดลงเหลือประมาณ 0.33%(wet) ต่อชั่วโมง เมื่อครบ 48 ชั่วโมง ความชื้นในแผ่นยางลดลงต่ำกว่า 2%(wet) ลักษณะของแผ่นยางค่อนข้างมีสีเหลืองเข้มมากขึ้นตามลำดับ ส่วนวันสุดท้ายนั้นเป็นการกำจัดความชื้นในแผ่นยางที่เหลือ ช่วงนี้แผ่นยางจะค่อยๆเหลืองขึ้นจนมีสีเหลืองแก่ค่อนข้างเข้ม ในการทดลองนี้เป็นการทดลองที่ต้องการทดสอบการใช้งานเตาและเพื่อป้องกันยางพองหรือเป็นฟองจึงใช้ระยะเวลาทดลองถึง 90 ชั่วโมงโดยควบคุมให้ห้องรมมีอุณหภูมิสูงไม่เกิน 50°C ในการใช้งานจริงสามารถควบคุมอุณหภูมิในห้องให้สูงถึง 60°C ได้โดยไม่ทำให้ยางแผ่นเสียคุณภาพแต่อย่างใด

การวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงทำการทดลองโดยการใส่ไม้ฟืนในวันที่ 1 ทุกๆ 3 ชั่วโมง และทุกๆ 4 ชั่วโมงในวันต่อๆมา โดยปริมาณเชื้อเพลิงจะกำหนดได้จากการควบคุมอุณหภูมิในห้องรมให้ได้ตามที่ต้องการ ซึ่งในวันแรกจะใส่ไม้ฟืนประมาณครั้งละ 100 กิโลกรัม และวันต่อๆ มาประมาณครั้งละ 50 กิโลกรัม ทั้งนี้การกำหนดปริมาณไม้ฟืนในการใส่ในแต่ละรอบจะพิจารณาจากสถานการณ์จริงหน้าเตาเป็นขั้นสุดท้าย อัตราการใช้ไม้ฟืนของเตา TWC-03 เปรียบเทียบกับเตาอื่นๆแสดงในตารางที่ 3 พบว่าในวันแรกมีอัตราการใช้ไม้ฟืนสูงที่สุดและลดลงจนเหลือสัดส่วนประมาณ 1 ใน 4 ในวันสุดท้าย เมื่อเปรียบเทียบกับเตาสกย-38 พบว่าเตา TWC-30 มีอัตราการอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะลดลงประมาณ 40.03% ลดลงมากว่าเตาอบรมควันประหยัดพลังงานรุ่นที่ 2[2,3,4] 5% หากเปรียบเทียบที่ราคาไม้ยางพารากิโลกรัมละ 1.4 บาทแล้วจะมีค่าไม้ฟืนต่อยางรมควัน 1 กิโลกรัมประมาณ 0.91 บาท เท่านั้น

ตารางที่ 3 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ

วัน	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ $kg_{ไม้ฟืน}/kg_{ยางพาราแห้ง}$		
	เตา สกย-38	เตา [2,3,4]	เตา TWC-03
วันที่ 1	-	0.33	0.32
วันที่ 2	-	0.22	0.25
วันที่ 3	-	0.17	0.08
เฉลี่ย	1.1	0.72	0.65

3.5 คุณภาพของแผ่นยาง

คุณภาพของยางพารารมควันเป็นดัชนีบ่งวัดถึงราคาขายยางพารารมควัน การวัดคุณภาพของแผ่นยางแบ่งตามมาตรฐานของยางแผ่นรมควันได้ตั้งแต่ชั้น 1-5 [1,10] ดังนั้นจึงมีการวัดคุณภาพของยางแผ่นรมควันที่ได้จากการใช้เตาอบรมควันประหยัดพลังงาน โดยใช้ผู้ชำนาญการของสหกรณ์เกษตรพรหมคีรีเป็นผู้ตรวจสอบและวัดคุณภาพ

คุณภาพของแผ่นยางที่ได้จากการอบรมควันพบว่าส่วนใหญ่ยางพาราถูกคัดเป็นยางรมควันคุณภาพชั้น 3 เป็นสัดส่วนประมาณ 98% มียางเสียที่ไม่ผ่านการคัดประมาณ 2% อย่างไรก็ตามยางทั้งหมดที่ผ่านการรมควันไม่พบยางพอง ยางไหม้ ส่วนของยางที่เสียเกิดขึ้นจากขั้นตอนการผลิต ซึ่งพบว่าส่วนมากยางที่เสียจะเป็นยางที่ค่อนข้างหนา ยางบูด เท่านั้น

4. สรุป

เตาอบรมควันยางพาราประหยัดพลังงาน TWC-03 เป็นเตาสำหรับอบรมควันยางพารา ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยทำให้กระบวนการรมควันยางพารามีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากขึ้น ผลการสดสอบพบว่าสามารถกระจายลมร้อนเข้าห้องรมได้อย่างสม่ำเสมอ สามารถรมควันยางได้ไม่เกิน 3 วัน มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ 0.65 $kg_{ไม้ฟืน}/kg_{ยางพาราแห้ง}$ ยางแผ่นที่ได้จากการรมควันมีคุณภาพสม่ำเสมอและมีเปอร์เซ็นต์ยางเสียค่อนข้างต่ำ

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากโครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย (iTAP) ในสังกัดของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และความร่วมมือของสหกรณ์การเกษตรพรหมคีรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ในการทำโครงการ “การออกแบบและสร้างเตาอบ-รมควันยางแผ่นแบบประหยัดพลังงาน (TWC-03) และการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบกระจายลมร้อน ห้องรมควันยางขนาดพิกัด 2 ห้อง x 6 ตัน สำหรับสหกรณ์การเกษตรพรหมคีรี”

ทีมผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือและมหาวิทยาลัยพัทลุงในการให้ทั้งโอกาส เวลาและทรัพยากรในการนำทักษะและความรู้ในเชิงวิศวกรรมเพื่อนำไปพัฒนาเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อภาคเกษตรกรรมของประเทศในการผลิตยางยางแผ่นรมควันที่มีคุณภาพที่ดีและลดการใช้พลังงาน

7. เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (2553). *ข้อมูลวิชาการยางพารา 2553*, ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรจำกัด.

[2] สุธรรม-ปทุมสวัสดิ์ และธวัชชัย วงศ์ช่าง (2551). *รายงานการวิจัยเรื่องการสร้างต้นแบบเตาอบยางแผ่นรมควันแบบประหยัดพลังงาน*, โครงการปรับปรุงและสร้างเตาอบรมควันยางพาราแบบประหยัดพลังงานสำหรับ สกย. บ้านหนองแดง สามัคคี.

[3] สุธรรม-ปทุมสวัสดิ์ และธวัชชัย วงศ์ช่าง (2552). *รายงานการวิจัยการพัฒนาต้นแบบเตาอบยางแผ่นรมควันแบบประหยัดพลังงานสำหรับ 2 ห้องรมยาง*, โครงการปรับปรุงและสร้างเตาอบรมควันยางพาราแบบประหยัดพลังงานสำหรับ สกย. บ้านหนองแดง สามัคคี.

[4] สุธรรม-ปทุมสวัสดิ์ และธวัชชัย วงศ์ช่าง (2552). *สิทธิบัตรเลขที่ 6138*, เตาอบ-รมควันยางพาราแบบประหยัดพลังงาน.

[5] บริษัท วิอชด๊อก จำกัด (2555). *รายการรู้ค่าพลังงานตอน "เตาอบยางแผ่นรมควันประหยัดพลังงาน"*, ออกอากาศเมื่อ วันพฤหัสที่ 9 กุมภาพันธ์ 2555 เวลา 24:00 น.

[6] คมชัดลึกออนไลน์ (2555). *เตาอบยางรมควัน ทุนต่ำสุดประหยัดไม้ฟืนถึง35%*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.komchadluek.net/detail/20090708/19694/เตาอบยางรมควันทุนต่ำสุดประหยัดไม้ฟืนถึง35.html, เข้าดูเมื่อวันที่ 15/04/2555.

[7] ผู้จัดการ Online (2555). *ไฟไหม้โรงรมยางนครศรีฯ เสียหายกว่า 500 ล้าน*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.manager.co.th/Local/ViewNews.aspx?NewsID=9540000152092, เข้าดูเมื่อวันที่ 2/04/2555.

[8] บริษัท เอ็นพีซี เซฟตี้ แอนด์ เอ็นไวรอนเมนทอล เซอร์วิส จำกัด (2555), *เพลิงไหม้โรงรมยางไทยฮั้วที่ระยองวอดกว่า 4 ล้าน*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.npc-se.co.th/ news_safety/ npc_news_ details.asp? news_id=2679, เข้าดูเมื่อวันที่ 2/04/2555.

[9] บริษัท สงขลาทูเดย์ จำกัด (2555), *ไฟไหม้โรงอบรมยางแผ่นที่ตำบลปันแต อ.ควนขนุน พัทลุง*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://songkhlatoday.com /paper/10490, เข้าดูเมื่อวันที่ 10/05/2555.

[10] กำพล ประทีปชัยกูร ไพโรจน์ คีรีรัตน์ และ พีระพงศ์ ทีฆสกุล (2549) *รายงานวิจัยเรื่องการพัฒนาห้องอบยางแผ่นรมควันแบบประหยัดพลังงานสำหรับกลุ่มสหกรณ์*, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[11] พสุธา ระวังสุข ถนัด ตันสกุล และ นิลวรรณ ฟูเฟื่องสิน (2555) *รายงานสถานการณ์ยางพาราปี 2554 และแนวโน้มปี 2555*, ธนาคารแห่งประเทศไทย สานักงานภาคใต้.