การวิเคราะห์อุณหภูมิภายในเตาเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน

Temperature Analysis Inside Furnace for Optimization of the Production Process of Ribbed Smoked Sheet

พงษ์พันธ์ ราชภักดี[1], วัสสา รวยรวย[2*], อดิศร ไกรนรา[2], ฉัตรชัย แก้วดี[3], วีระยุทธ สุดสมบูรณ์[3] และ วีรพล ปานศรีนวล[3]

Pongpun Ratchapakdee[1], Wassa Ruayruay[2*], Adisorn Krainara[2], Chatchai Kaewdee[3], Weerayute Sudsomboon[3], and Weeraphol Pansrinual[3]

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหการ สาขาเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

[2] หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

[2*] หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: wassa_rua@nstru.ac.th

[3] หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

วันที่รับบทความ: 6 ธันวาคม 2566; วันที่ทบทวนบทความ: 10 ธันวาคม 2566; วันที่ตอบรับบทความ: 17 ธันวาคม 2566
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 28 ธันวาคม 2566

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอุณภูมิภายในเตารมควันยางแผ่นดิบ เพื่อแปรรูปเป็นยางแผ่นรมควัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์อุณหภูมิภายในเตา ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อคุณภาพของยางแผ่นรมควันชั้นคุณภาพตามมาตรฐาน จากการศึกษาพบว่า การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิห้องรมควัน สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์อุณหภูมิภายในห้องรมควัน และการควบคุมความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอ เพิ่มประสิทธิภาพในการให้ความร้อนได้ร้อยละ 25 ลดระยะเวลาในการทำให้อุณภูมิเท่ากันทั่วทั้งเตาจากเดิม ใช้เวลา 120 นาที ลดลงเหลือเพียง 90 นาที ทั้งยังสามารถดูข้อมูลของอุณหภูมิแบบเรียลไทม์เมื่ออุณหภูมิสูงเกินไปเป็นสาเหตุของไฟไหม้เตาได้

คำสำคัญ: ยางแผ่นรมควัน, การควบคุมและการวัดอุณหภูมิเตารมควัน, ประสิทธิภาพการรมควันยางแผ่นดิบ, การปรับปรุงคุณภาพ

Abstract: This research aims to study the temperature inside the raw rubber sheet furnace in order to produce smoked rubber sheet and to analyze the temperature inside the furnace at various locations which affecting the quality of smoked rubber sheets according to the standard. The results showed that the design and construction of devices to measure the fumigation room temperature can be used to analyze the temperature inside the fumigation chamber and regularly control the heat. Such devices can increase the efficiency of heating by 25% and reduce the time to make the temperature equal throughout the furnace from 120 to 90 minutes. Moreover, it can be able to track the real-time temperature data when the temperature was too high which was a cause of a stove fire.

Key words: Smoked rubber sheets, Smoked furnace temperature measurement and control, Heating efficiency, Quality improvement

1. บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย ในปี พ.ศ. 2561 – 2564 มีผลผลิตเฉลี่ย 5 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 280,000 ล้านบาท สำหรับปี 2565 [1] สำหรับการแปรรูปผลผลิตจากยางพารา ได้แก่ น้ำยางข้น ยางแท่ง และยางรมควัน ซึ่งยางรมควัน คือ ยางแผ่นดิบที่ผ่านกระบวนการทำให้แห้งด้วยการรมควันในโรงรม ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า ยางแผ่นรมควัน (Ribbed smoked sheet) โดยแบ่งออกเป็น 6 เกรด คือ ยางแผ่นรมควันชั้นพิเศษ, 1, 2, 3, 4 และ 5 ยางแผ่นรมควันแต่ละเกรดจะถูกส่งไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย เช่น ยางรถยนต์ สายพาน ท่อยาง รองเท้า และชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น [2] ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติเป็นอันดับ 1 ของโลก โดยในปี 2565 มีปริมาณการส่งออกอยู่ที่ 3.4 ล้านตัน โดยตลาดส่งออกที่สำคัญ คือ ประเทศจีน (36.6%) และมาเลเซีย (22.6%) ผลิตภัณฑ์ที่เหลือร้อยละ 13.3 ถูกนำไปใช้เป็นวัตถุดิบการผลิตผลิตภัณฑ์ปลายน้ำภายในประเทศ ผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติที่ส่งออกร้อยละ 52 ของปริมาณที่ส่งออกทั้งหมด คือ ยางแผ่นรมควัน ซึ่งยางแผ่นรมควันชั้น 3 มีสัดส่วนการส่งออกมากถึงร้อยละ 90 [3]

ประเทศไทยมีโรงงานผลิตยางแผ่นรมควันทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน โรงงาน การผลิตยางแผ่นรมควัน เป็นวิธีการทำน้ำยางสดหรือยางแผ่นดิบให้แห้งด้วยการใช้ความร้อนและควันจากการเผาไหม้ ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ 40 – 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 - 7 วัน [4] ยางแผ่นรมควันที่ได้จากการผลิตจะต้องมีการคัดแยกชั้นคุณภาพตามที่ระบุไว้ใน International Standard of Quality and Packing for Natural Rubber Grades ซึ่งกำหนดชั้นยางแผ่นรมควันไว้ 6 ชั้น คือ

1) ยางแผ่นรมควันชั้นพิเศษ (No.1X RSS)

2) ยางแผ่นรมควันชั้น 1 (No.1 RSS)

3) ยางแผ่นรมควันชั้น 2 (No.2 RSS)

4) ยางแผ่นรมควันชั้น 3 (No.3 RSS)

5) ยางแผ่นรมควันชั้น 4 (No.4 RSS)

6) ยางแผ่นรมควันชั้น 5 (No.5 RSS)

ด้วยวิธีตรวจพินิจ โดยพิจารณาจากฟองอากาศ สิ่งสกปรก ความสม่ำเสมอของการรมควัน [5] โดยมีกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน มาจากการผลิตยางแผ่นดิบ โดยการนำยางแผ่นดิบมาผ่านกระบวนการให้ความร้อน ด้วยการอบลมร้อนและควันจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบดั้งเดิมโดยใช้ไม้ฟืน เพื่อทำให้ยางสุก เพื่อส่งต่อไปยังกระบวนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ต่อไป

งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาลักษณะของห้องรมยางแผ่นรมควัน และอุณหภูมิในการให้ความร้อนที่ส่งผลต่อคุณภาพของยางแผ่นรมควันตามมาตรฐาน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาอุณหภูมิ และการวิเคราะห์อุณหภูมิภายในเตารมควัน ที่ส่งผลต่อชั้นคุณภาพของยางรมควันตามมาตรฐาน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษากระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน กระบวนการรมควันแผ่นยางพาราใช้เวลา 4 วัน ตั้งแต่การรับน้ำยางสดจนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ยางแผ่นรมควัน แสดงให้เห็นกระบวนการได้ดังนี้

3.1.1 กระบวนการผลิตยางแผ่นดิบ ใช้เวลา 1 วัน

รับน้ำยางสด

ปรับส่วนผสม

เทใส่ตะกง

รีดทำแผ่นยาง

จัดเรียงบนชั้นเหล็ก

ตากผึ่งลม 1 คืน

ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตยางแผ่นดิบ ดัดแปลงจาก Thasanakula, P (2015) [6]

3.1.2 กระบวนการรมควันยางแผ่นดิบ ใช้เวลา 3 วัน

นำเข้าห้องรม 1 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 2 วัน

นำเข้าห้องรม 2 อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 1 วัน

นำไปเก็บในห้องพักสินค้า

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการรมควันยางพารา ดัดแปลงจาก Thasanakula, P (2015) [6]

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า โรงรมควันในยุคแรก ๆ จะสร้างเป็นอุโมงค์ดินอยู่ต่ำกว่าระดับพื้น และยกตัวโรงรมให้สูงขึ้น ส่วนของเตาเป็นส่วนเผาไหม้ให้เกิดความร้อนแล้วส่งควันไหลเข้าไปในห้องรมควัน [7] ก่อผนังด้วยอิฐฉาบเรียบ ฝ้าเพดานทำจากแผ่นยิปซั่มตีติดกับฝ้าไม้ และมีการชำรุดของฝ้าเพดานในบางจุด ทำให้ความร้อนสูญเสียออกไป

3.2 ศึกษาลักษณะของเตาและอุณหภูมิภายในเตารมควัน จากการศึกษาลักษณะของเตารมควันเป็นแบบผลิตความร้อนแบบอุโมงค์ ใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ มีขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 12 เมตร และสูง 4 เมตร โดยมีส่วนให้ความร้อนอยู่ใต้ห้องรมควัน และใช้หลักการทางธรรมชาติในการเคลื่อนที่ของลมร้อนและควันลอยขึ้นด้านบน เคลื่อนที่เข้าสู่ห้องรมควันผ่านท่อเหล็กที่เจาะทะลุระหว่างห้องเผาไหม้กับห้องรมควัน ภายในห้องรมควันประกอบด้วยชั้นตากแผ่นยางดิบ รางเลื่อนชั้นวาง ประตูเตา และอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบอนาล็อกที่ประตูของห้องรมควัน ดังภาพที่ 3

ก. พื้นที่ห้องรมควัน

ข. ห้องเชื้อเพลิงเพื่อส่งเข้าห้องรมควัน

ค. ช่องและปล่องควัน

ภาพที่ 3 ลักษณะภายในเตารมควัน

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น พบว่า เครื่องมือวัดอุณหภูมิใช้เครื่องมือวัดแบบอนาล็อก (แบบเข็ม) และตำแหน่งของการวัดอุณหภูมิเพียงจุดเดียวบริเวณหน้าเตา ไม่สามารถบอกค่าเฉลี่ย หรือ พฤติกรรมของอุณหภูมิภายในเตาได้อย่างถูกต้อง จึงใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด แสดงผลเป็นดิจิตอลเพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิในแต่ละจุดของเตา ดังภาพที่ 4

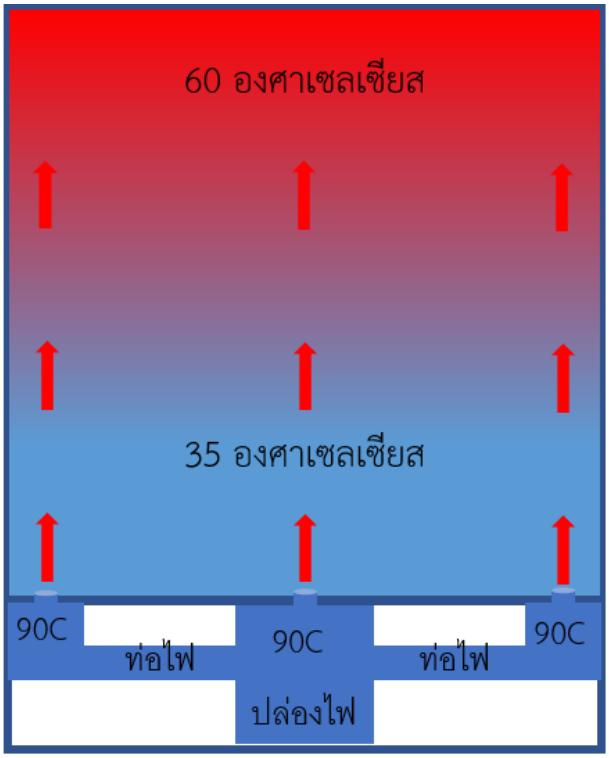
ภาพที่ 4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ แบบอนาล็อก และ แบบดิจิตอล

หลังจากการใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิในส่วนต่าง ๆ ของเตารมควัน พบว่า ห้องเชื้อเพลิง มีอุณหภูมิ ประมาณ 98 – 100 องศาเซลเซียส อุณหภูมิภายในเตารมควัน ประมาณ 50 – 60 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 5

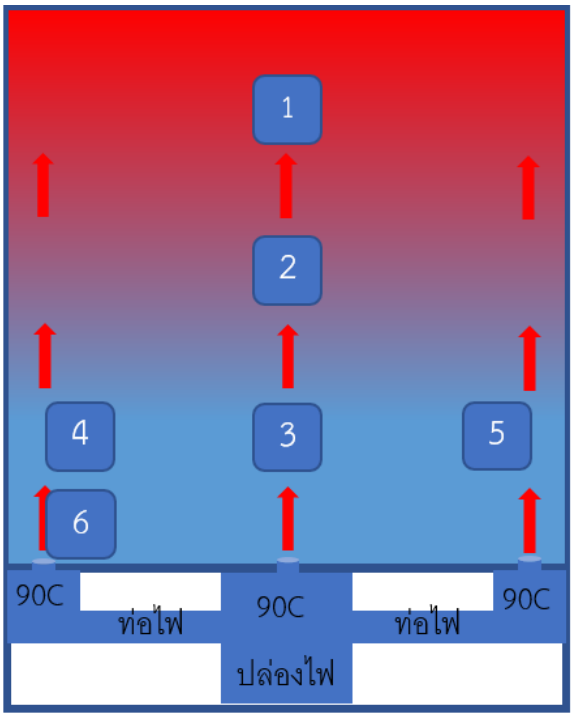
ภาพที่ 5 อุณหภูมิบริเวณห้องเผาไหม้และห้องรมควัน

จากข้อมูลข้างต้นได้วิเคราะห์อุณหภูมิ พบว่า ตอนเริ่มต้นอุณหภูมิภายในเตาด้านบนจะสูง ประมาณ 60 องศาเซลเซียส ในขณะที่ด้านล่างเตามีอุณหภูมิประมาณ 35 องศาสเซลเซียส และอุณหภูมิจะค่อย ๆ ปรับให้เท่ากันเมื่อเวลาผ่านไป ทำให้แผ่นยางด้านบนสุกเร็วกว่าด้านล่าง และยางด้านบนมักจะเกิดยางฟอง และยางเยิ้ม เนื่องจากความร้อนสูงเกินไป ดังภาพที่ 6 จึงได้ออกแบบอุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลและวัดอุณหภูมิครั้งละหลายตำแหน่งในเวลาเดียวกัน ดังภาพที่ 7 ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 ด้านบน-กลางเตา
ตำแหน่งที่ 2 กลางเตา
ตำแหน่งที่ 3 ด้านล่าง-กลางเตา
ตำแหน่งที่ 4 ด้านล่าง-ด้านซ้าย
ตำแหน่งที่ 5 ด้านล่าง-ด้านขวา
ตำแหน่งที่ 6 ตรงท่อไฟ



ภาพที่ 6 แบบจำลองอุณหภูมิภายในเตาที่วัดได้

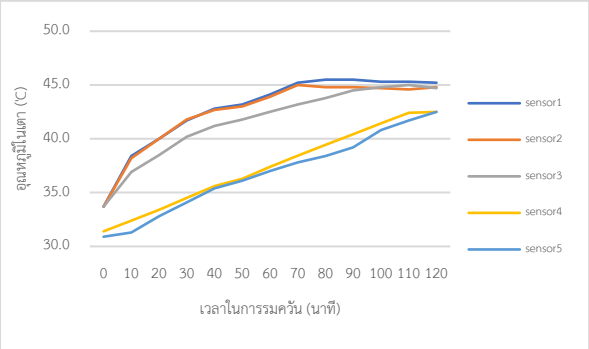


ภาพที่ 7 ตำแหน่งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่ติดตั้งภายในเตา

3.2 ออกแบบเครื่องมือเก็บข้อมูลอุณภูมิภายในเตารมควันแบบดิจิตอล วัดค่าได้ 6 จุด บันทึกค่าอุณหภูมิตำแหน่งต่าง ๆ ทุก ๆ 10 นาที

4. ผลการวิจัย

4.1 วิเคราะห์อุณหภูมิภายในเตาและการสูญเสียความร้อนภายในเตา



ภาพที่ 8 อุณหภูมิภายในเตาตำแหน่งต่าง ๆ

จากกราฟภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากัน แต่ความร้อนจะไปสะสมที่ด้านบนของเตา และต้องใช้เวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง ในการปรับอุณหภูมิในเตาให้เท่ากัน และการสูญเสียความร้อนส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากฝ้าเพดานที่ทำจากกระเบื้องแผ่นเรียบเป็นวัสดุที่ทำให้ความร้อนสามารถแทรกตัวออกได้ง่าย ได้ทำการทดลองวัดอุณหภูมิบนฝ้าเพดาน พบว่า มีอุณหภูมิเท่ากันกับด้านบนของเตา คือ 45 องศาเซลเซียส จึงตั้งข้อสังเกตว่าฝ้าเพดานยิปซั่มไม่สามารถเก็บความร้อนให้คงอยู่ในเตาได้ ต้องเติมเชื้อเพลิงตลอดเวลา ทำให้ควบคุมความร้อนในเตาได้ยากและผลผลิตที่ได้มีของเสียเกิดขึ้น เช่น ยางคัตติ้ง ยางฟอง และยางไหลเยิ้ม อีกส่วนหนึ่งประตูเตามีช่องว่างทำให้ควันไหลออกทางประตูเตาเกิดการสูญเสียความร้อนภายในเตา เป็นสาเหตุที่ทำให้ใช้เวลานานในการรมควันยางพาราแผ่น

4.2 ปรับปรุงพัฒนาเตารมควันให้มีประสิทธิภาพ ซ่อมแซมประตูเตา โดยการใช้แผ่นฟรอยล์ ติดกาวกับผนังเตาเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการปิดช่องว่างระหว่างประตูและเตา

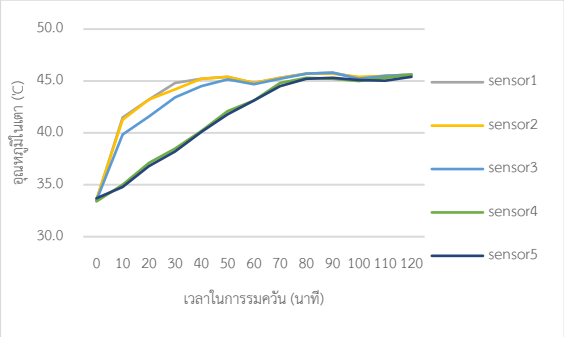
ก. ปรับปรุงประตูเตารมควัน

ข. ก่อนปรับปรุง

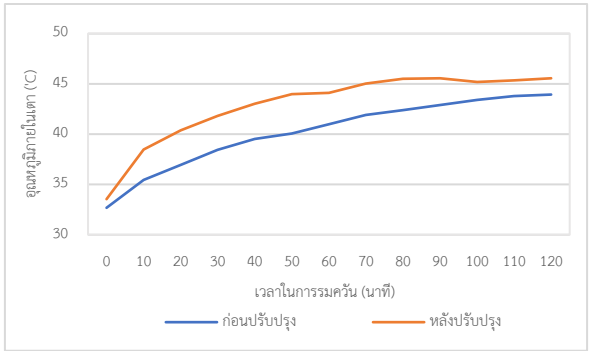
ค. หลังปรับปรุง

ภาพที่ 9 การซ่อมแซมประตูเตาและฝ้าเพดานเพื่อลดการสูญเสียความร้อน

4.3 วิเคราะห์การสูญเสียความร้อนของเตาภายหลังจากการปรับปรุงเตา ภายหลังจากการซ่อมแซมเตาและติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในเตา พบว่า เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อนภายในเตาสามารถทำได้รวดเร็วขึ้น จากเดิมอุณหภูมิเริ่มคงที่ 45 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 120 นาที ภายหลังการปรับปรุงเตาลดระยะเวลาในการให้ความร้อนเตาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่เวลา 90 นาที ประสิทธิภาพในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 25 สามารถวิเคราะห์การใช้เชื้อเพลิงสามารถลดต้นทุนการใช้เชื้อเพลิงได้ เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 10 พฤติกรรมของอุณหภูมิและเวลา ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของเตา หลังปรับปรุง



ภาพที่ 11 ความแตกต่างของพฤติกรรมของอุณหภูมิและเวลา ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของเตา ก่อนปรับปรุงเปรียบเทียบกับหลังปรับปรุง

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยการวิเคราะห์อุณหภูมิภายในเตาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน สรุปผลการทดลองได้ ดังนี้

5.1 ลดเวลาในการควบคุมอุณหภูมิภายในเตา จากอุณหภูมิห้อง จนอุณหภูมิเท่ากันทั่วทั้งห้องลดลง 30 นาที

5.2 ประสิทธิภาพในการรมควันเพิ่มขึ้นร้อยละ 25

5.3 สามารถบันทึกข้อมูลของอุณหภูมิภายในเตาได้ตลอดเวลา

5.4 ได้ยางแผ่นรมควันที่มีคุณภาพ ชั้นที่ 3 เพิ่มขึ้น

5.5 ลดปริมาณยางคัตติ้ง และยางพองลง

5.6 ควบคุมอุณหภูมิภายในเตาได้อย่างแม่นยำ ลดการเกิดเพลิงไหม้เตารมควันจากสาเหตุอุณภูมิสูงกว่ากำหนด

5.7 ลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการให้ความร้อนในเตา

เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการรมควันยางแผ่นดิบแบบเดิม พบว่าวิธีการดังกล่าวสามารถลดปริมาณยางแผ่นรมควันที่เป็นของเสีย และลดระยะเวลาในการรมควันยางแผ่นดิบได้

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดอุณภูมิภายในห้องรมควัน สามารถบันทึกข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ ที่ติดตั้งไว้ในตำแหน่งต่าง ๆ นำข้อมูลของ

อุณหภูมิมาใช้ในการวิเคราะห์ความร้อนที่เกิดขึ้นในเตารมควัน ส่งผลต่อชั้นคุณภาพของยางแผ่นรมควันที่เพิ่มขึ้น โดยสามารถลดการเกิดฟอง ยางเยิ้ม ยางไม่สม่ำเสมอ ลดยางคัตติ้ง ลดต้นทุนเชื้อเพลิง และป้องการการเกิดไฟไหม้โรงรมยางพารา และมีประสิทธิภาพของการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ลดระยะเวลาในการอบให้น้อยลงได้ ในการวิจัยต่อยอดจากการวิจัยนี้ เสนอให้ศึกษาการกระจายลมร้อน และการบังคับทิศทางลมร้อนให้มีการกระจายเท่า ๆ กันในทุกตำแหน่งภายในเตา

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เกรียงไกรพานิชย์ ต.เขาน้อย อ.สิชล จ.นครศรีธรรมราช ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในทุกด้าน ตลอดจนการให้ใช้สถานที่ในการทำวิจัยได้อย่างดียิ่ง ขอขอบคุณคณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ได้ให้การสนับสนุนในการลงพื้นที่เก็บข้อมูล

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Office of Agricultural Economics. 2022. *Quantity of rubber imports and exports.* [Online]. Available: http://mis-app.oae.go.th. Accessed 14 May 2023. (In Thai)

[2] Rubber Authority of Thailand. 2012. *Smoked Rubber Sheet.* [Online]. Available: http://km.raot.co.th/km-knowledge. Accessed 20 May 2023. (In Thai)

[3] Chaiwat Sowcharoensuk. 2021. Business/Industry Outlook 2021-2023: Rubber Processing Industry. [Online]. Available: https://www.krungsri.com/th/research/ industry. Accessed 20 May 2023. (In Thai)

[4] National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2013. *Good Practices for the Production of Rubber Smoked Sheets.* [Online]. Available: https://www.acfs.go.th/standard/download/GMP-RIBBED-SMOKED-SHEET. Accessed 5 August 2023. (In Thai)

[5] International Standard of Quality and Packing for Natural Rubber Grades. 1969. *The Green Book.* [Online]. Available: https://rubber.oie.go.th/box/ELib_Document/3732. Accessed 5 August 2023. (In Thai)

[6] Thasanakula, P. 2015. Production of premium grade Ribbed Smoked Sheets. Rubber Journal. Electronic Edition 29 April-June 2017: p2-16. (In Thai)

[7] Thasanakula, P. 2017. “Fumigation chamber design to solve the problem of rubber fumigation plant fire,” *Rubber Journal.* Electronic Edition 29 April-June 2017: p2-16. (In Thai)