

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ฉ
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 การดำเนินการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
2. การผลิตยางแผ่นรมควัน	3
2.1 โรงรมควันยางแผ่นของสหกรณ์กองทุนสวนยาง	3
2.2 กระบวนการผลิตยางแผ่นรมควัน	4
2.3 การใช้ไม้พินในการรมควันยางแผ่น	10
3. ปัจจัยการแห้งของยางแผ่น	11
3.1 ชุดทดลองอบแห้งยางแผ่น	11
3.2 การแห้งของยางแผ่นในวันแรกของการอบ	12
3.3 รูปแบบอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งยางแผ่น	16
3.4 การอบแห้งยางแผ่น 18 แผ่น ในตู้อบทดลอง	19
3.5 สรุปปัจจัยการแห้งของยางแผ่น	22
4. ระบบกักเก็บความร้อน	24
4.1 กล่าวนำ	24
4.2 ชุดทดลองระบบเก็บกักความร้อน	27
4.3 วิธีการทดลอง	31
4.4 ผลการทดลองการเก็บกักความร้อนของกองอิฐสูง 50 cm	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 ผลการทดลองการเก็บกักความร้อนของกองอิฐสูง 100 cm	36
4.6 ผลการทดลองการเก็บกักความร้อนของกองอิฐสูง 150 cm	40
4.7 เปรียบเทียบการกักเก็บความร้อนของกองอิฐสามขนาด	42
5. ระบบให้ความร้อนที่เหมาะสมสำหรับการรมควันยางแผ่น	45
5.1 กล่าวนำ	45
5.2 ระบบเผาไม้พินแบบเดิม	45
5.3 เปรียบเทียบระบบเผาไหม้แบบมีชุดป้อนไม้พิน	52
5.3.1 ชุดป้อนไม้พินแบบสกรูขนถ่าย	52
5.3.2 ชุดป้อนไม้พินแบบลิ้นไถลเอง	53
5.3.3 สรุปผลการทดลองเปรียบเทียบ	56
5.4 การรมควันยางแผ่นด้วยระบบเผาไหม้ที่ป้อนไม้พินแบบลิ้นไถล	56
5.5 การรมควันยางแผ่นระบบเผาไหม้แบบมีอิฐกักเก็บความร้อน	60
5.6 เปรียบเทียบการรมควันยางแผ่นโดยการให้ความร้อนแบบต่างๆ	67
6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	71
6.1 บทสรุป	71
6.2 ข้อเสนอแนะ	73
บรรณานุกรม	75
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดลองอบยางแผ่นด้วยไฟฟ้า	
ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดลองระบบกักเก็บความร้อน	
ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดลองรมควันยางแผ่นด้วยระบบการให้ความร้อนต่างๆ	
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อน	

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 โรงรมควันยางแผ่นสหกรณ์กองทุนสวนยาง	3
รูปที่ 2.2 สมาชิกนำน้ำยางสดมาขายที่โรงรม	4
รูปที่ 2.3 การจับแข็งตัวของยางในตะกวด	5
รูปที่ 2.4 ยางที่จับตัวแล้วในรางลำเลียง	5
รูปที่ 2.5 การรีดยางแผ่น	6
รูปที่ 2.6 ห้องรมควันยางแผ่นและยางรมควัน	7
รูปที่ 2.7 เจาเผาฟืน	8
รูปที่ 2.8 ห้องคัทดิ่งและเก็บแผ่นยาง	8
รูปที่ 3.1 ชุดทดลองอบแห้งยางแผ่น	12
รูปที่ 3.2 ชุดทดลองการอบยาง 1 แผ่น	13
รูปที่ 3.3 การแห้งของยางแผ่นเดี่ยว ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่าง ๆ	14
รูปที่ 3.4 การระเหยน้ำจากยางแผ่นเดี่ยวในวันแรก ที่อุณหภูมิต่าง ๆ และที่ความเร็วลม 0.2 เมตร/วินาที และ 0.5 เมตร/วินาที	15
รูปที่ 3.5 อัตราการระเหยน้ำในวันแรกของการอบแห้ง	15
รูปที่ 3.6 การแห้งของยางแผ่นเดี่ยวที่อุณหภูมิ 45°C	16
รูปที่ 3.7 ชุดทดลองการอบยาง 6 แผ่น และ 18 แผ่น	17
รูปที่ 3.8 การแห้งของยางแผ่น ในการอบแห้งยาง 6 แผ่น	19
รูปที่ 3.9 ปริมาณการระเหยน้ำในแต่ละวันของการอบแห้ง	21
รูปที่ 3.10 การแห้งของยาง 18 แผ่น ที่ความเร็วลม 0.2 เมตร/วินาที และ 0.5 เมตร/วินาที	22
รูปที่ 4.1 ชุดทดลองระบบกักเก็บความร้อน	27
รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายแสดงลักษณะภายนอกของระบบกักเก็บความร้อน	27
รูปที่ 4.3 ลักษณะของอิฐและตำแหน่งวัดอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ	29
รูปที่ 4.4 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิมบนอิฐชั้นที่ 12 และ 16	29
รูปที่ 4.5 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิในกองอิฐ บนอิฐชั้นที่ 20 และ 24	30
รูปที่ 4.6 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	30
รูปที่ 4.7 อุณหภูมิเฉลี่ยของกองอิฐที่เวลาต่าง ๆ	32

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.8 ผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออก จากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	33
รูปที่ 4.9 กำลังการถ่ายโอนความร้อนจากกองอิฐ	33
รูปที่ 4.10 อุณหภูมิเฉลี่ยของกองอิฐ ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อเผาฟืน 3 ครั้ง ๆ ละ 70 kg (อุณหภูมิสูงสุด 302 °C และอุณหภูมิเริ่มต้น 33°C)	34
รูปที่ 4.11 ผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้าและออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	35
รูปที่ 4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกำลังการถ่ายเทความร้อนจากกองอิฐเข้าสู่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	35
รูปที่ 4.13 อุณหภูมิเฉลี่ยของกองอิฐสูง 1.0 m ที่เวลาต่าง ๆ ของการทดลอง ครั้งที่ 1 ซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุด 364 °C และอุณหภูมิเริ่มต้น 90 °C	36
รูปที่ 4.14 กราฟผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้าและออก จากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	37
รูปที่ 4.15 กราฟการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังของระบบเก็บกักความร้อน และพลังงานทั้งหมดที่ระบบเก็บกักถ่ายเทให้กับระบบแลกเปลี่ยนความร้อน	37
รูปที่ 4.16 อุณหภูมิเฉลี่ยของกองอิฐสูง 100 cm ในการทดลองครั้งที่ 2	38
รูปที่ 4.19 ผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้าและออก จากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	38
รูปที่ 4.20 กำลังของอิฐเก็บกักความร้อน ของกองอิฐสูง 100 cm	39
รูปที่ 4.21 อุณหภูมิเฉลี่ยในกองอิฐสูง 100 cm	39
รูปที่ 4.22 ผลต่างของอุณหภูมิของน้ำเข้าและออก จากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับกองอิฐสูง 100 cm	40
รูปที่ 4.23 กำลังความร้อนของอิฐเก็บกักความร้อนสำหรับกองอิฐสูง 100 cm	40
รูปที่ 4.24 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ย สำหรับกองอิฐสูง 150 cm	41
รูปที่ 4.25 ผลต่างอุณหภูมิของน้ำเข้าและออก สำหรับกองอิฐสูง 150 cm	41
รูปที่ 4.26 กำลังความร้อนของอิฐเก็บกักความร้อน สำหรับกองอิฐสูง 150 cm	41
รูปที่ 4.27 อุณหภูมิเฉลี่ยกับความสูงของกองอิฐ	42
รูปที่ 4.28 กำลังการถ่ายโอนความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่อุณหภูมิอิฐต่าง ๆ	44
รูปที่ 5.1 ระบบการรวมควันยางแผ่นด้วยระบบเผาไหม้ไม้ฟืนแบบเดิม	46
รูปที่ 5.2 ลักษณะการวางยางในตุ้มควัน	47
รูปที่ 5.3 ความชื้นของยางแผ่น (MC) อุณหภูมิการรวมควัน (T4) อุณหภูมิการรวมควันเฉลี่ย (T4_ave) และความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศของการทดลองรวมควันยางแผ่นครั้งที่ 1	49

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.4 อุณหภูมิของอากาศร้อน (T1) อุณหภูมิภายในตู้ที่ตำแหน่งล่างสุด (T2) อุณหภูมิภายในตู้ที่ตำแหน่งกึ่งกลางในแนวสูง (T3) อุณหภูมิภายในตู้ที่ตำแหน่งบนสุด (T5) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้ (T _{ave}) และอุณหภูมิบรรยากาศ (Ta.) ของการทดลองครั้งที่ 1	49
รูปที่ 5.5 ความชื้นของยางแผ่น (MC) อุณหภูมิการรวมควัน (T4) อุณหภูมิการรวมควันเฉลี่ย (T _{4_ave}) และความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศ ของการทดลองรวมควันยางแผ่นครั้งที่ 2	50
รูปที่ 5.6 อุณหภูมิของอากาศร้อน(T1) อุณหภูมิภายในตู้ที่ตำแหน่งล่างสุด(T2) อุณหภูมิภายในตู้ที่ตำแหน่งกึ่งกลางในแนวสูง (T3) อุณหภูมิภายในตู้ที่ตำแหน่งบนสุด (T5) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้ (T _{ave}) และอุณหภูมิบรรยากาศ (Ta.) ของการทดลองครั้งที่ 2	51
รูปที่ 5.7 ชุดบิอนฟินแบบสกรูชนถ่าย	52
รูปที่ 5.8 ระบบเผาไม้พินที่มีสกรูชนถ่ายบิอนฟิน	53
รูปที่ 5.9 ชุดทดลองการเผาไหม้ไม้พินที่มีชุดบิอนไม้พินแบบลีนไกล	54
รูปที่ 5.10 ภาพถ่ายเผาเผาไหม้ที่มีชุดบิอนไม้พินแบบลีนไกล	54
รูปที่ 5.11 อุณหภูมิก๊าซร้อนที่ปล่อยควันและอุณหภูมิบรรยากาศ	55
รูปที่ 5.12 ชุดทดลองระบบรวมควันที่มีระบบบิอนฟินด้วยช่องทางลีนไกล	57
รูปที่ 5.13 อุณหภูมิเฉลี่ยในตู้รวมควันและอุณหภูมิบรรยากาศ เมื่อใช้ระบบการเผาไหม้แบบมีชุดลีนไกล สำหรับการรวมควันยาง 3 แผ่น	57
รูปที่ 5.14 ความชื้นยางแผ่น เมื่อใช้ระบบการเผาไหม้แบบมีชุดลีนไกล ของการทดลองครั้งที่ 1	58
รูปที่ 5.15 ตัวอย่างยางแผ่นแห้งเมื่อใช้ระบบการเผาไหม้แบบมีชุดลีนไกล สำหรับการรวมควันยาง 3 แผ่น	58
รูปที่ 5.16 อุณหภูมิเฉลี่ยในตู้รวมควัน (T _{ave}) และอุณหภูมิบรรยากาศ (ambient) เมื่อใช้ระบบการเผาไหม้แบบมีชุดลีนไกล สำหรับการรวมควันยาง 42 แผ่น	59
รูปที่ 5.17 ความชื้นยางแผ่น เมื่อใช้ระบบการเผาไหม้แบบมีชุดลีนไกล สำหรับการรวมควันยาง 42 แผ่น	59
รูปที่ 5.18 ตัวอย่างยางแผ่นแห้งเมื่อใช้ระบบการเผาไหม้แบบมีชุดลีนไกล สำหรับการรวมควันยาง 42 แผ่น	60
รูปที่ 5.19 แสดงองค์ประกอบและลักษณะของระบบห้องรวมควันต้นแบบ	61
รูปที่ 5.20 ยางแผ่นรวมควันของการรวมควันยาง 3 แผ่น ครั้งที่ 1	62

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.21 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในห้องรมควันระหว่างการรมควันยาง 3 แผ่น ครั้งที่ 1	62
รูปที่ 5.22 อุณหภูมิภายในห้องรมควัน ในการรมควันยาง 6 แผ่น ด้วยระบบเผาไหม้ที่มีอิฐเก็บกักความร้อน	63
รูปที่ 5.23 ความชื้นของยางแผ่นในการรมควันยาง 6 แผ่น ด้วยระบบเผาไหม้ที่มีอิฐเก็บกักความร้อน	63
รูปที่ 5.24 ยางแผ่นรมควันที่ได้จากการรมควันยาง 6 แผ่น ด้วยระบบเผาไหม้ที่มีอิฐเก็บกักความร้อน	63
รูปที่ 5.25 อุณหภูมิในตุ้มรมควันของการรมควันยาง 42 แผ่น ด้วยระบบเผาไหม้ที่มีอิฐเก็บกักความร้อน	64
รูปที่ 5.26 ความชื้นของยางแผ่น ในการทดลองรมควันยาง 42 แผ่นด้วยระบบเผาไหม้ที่มีอิฐเก็บกักความร้อน	64
รูปที่ 5.27 สีของยางแผ่นรมควัน ในการทดลองรมควันยาง 42 แผ่น ด้วยระบบเผาไหม้ที่มีอิฐเก็บกักความร้อน	65
รูปที่ 5.28 อุณหภูมิเฉลี่ยของกองอิฐ (T_{b_ave}) อุณหภูมิเฉลี่ยในตุ้มรมควัน (T_{c_ave}) และอุณหภูมิบรรยากาศ (ambient) ในการรมควันยาง 42 แผ่นด้วยการเผาไหม้แบบมีอิฐเก็บกักความร้อน	65
รูปที่ 5.29 ความชื้นของยางแผ่น ในการรมควันยาง 42 แผ่นด้วยการเผาไหม้แบบมีอิฐเก็บกักความร้อน	66
รูปที่ 5.30 ลักษณะของยางแผ่นรมควัน ในการรมควันยาง 42 แผ่น ด้วยการเผาไหม้แบบมีอิฐเก็บกักความร้อน	66
รูปที่ 5.31 เปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของระบบการเผาไหม้ 3 แบบ	69
รูปที่ 5.32 เปรียบเทียบความชื้นของยางแผ่นในการรมควัน 3 แบบ	70

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การจัดชั้นยางแผ่นรมควันสำหรับการซื้อขาย	9
ตารางที่ 2.2 การใช้ไม้พินจำเพาะในการผลิตยางแผ่น	10
ตารางที่ 3.1 การระเหยน้ำจากยางแผ่นเดี่ยว ที่อุณหภูมิและความเร็วลมต่าง ๆ	14
ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองอบยางแผ่น 6 แผ่น	18
ตารางที่ 3.3 รูปแบบการอบแห้งเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 45°C สามชั่วโมง	20
ตารางที่ 3.4 รูปแบบการอบแห้งเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 45°C สิบสองชั่วโมง	20
ตารางที่ 3.5 ผลการทดลองอบยางจำนวน 18 แผ่น	20
ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของวัสดุชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ใน ระบบกักเก็บความร้อน	25
ตารางที่ 4.2 ค่าความร้อนของไม้พินตามสัดส่วนความชื้น	26
ตารางที่ 4.3 การคายความร้อนของอิฐจากอุณหภูมิ 275°C	43
ตารางที่ 5.1 ปริมาณการระเหยน้ำ	67
ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ไม้พินในการรมควันยางแผ่นแต่ละแบบ	68
ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนและการใช้ไม้พินจำเพาะ	68
ตารางที่ 5.4 อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลาต่าง ๆ	69