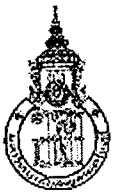
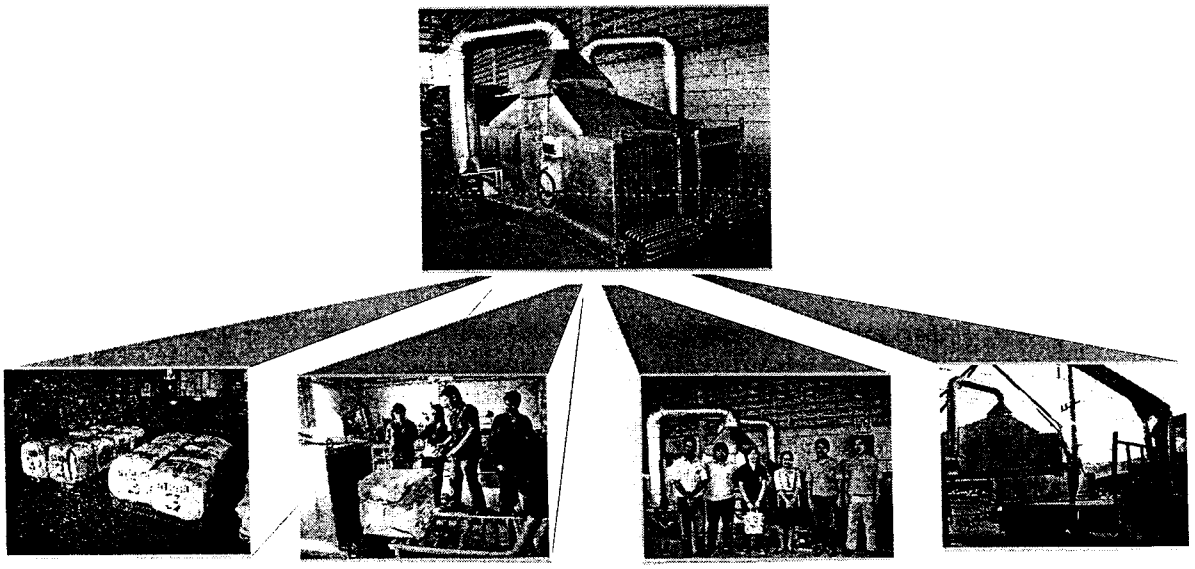


รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาปัญหาและปรับปรุงกระบวนการบรรจุ ในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตยางพาราแผ่นรมควัน

INCREASING PRODUCTIVITY OF COMPRESSING PROCESS
FOR SMOKED RUBBER MANUFACTURING
BY DESIGN AND DEVELOP A NEW MATERIAL HANDING SYSTEM PROTOTYPE



ผู้วิจัย
รศ.วนิดา รัตนมณี
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ภาคอุตสาหกรรม
บริษัท ศรีตรัง แอโกรอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) สาขาหาดใหญ่

ทุนวิจัยโครงการความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

Agro - Industry Plc.

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คำนำ

รายงานฉบับนี้เป็นการนำเสนอและสรุปผลการดำเนินงานวิจัยเรื่อง " การศึกษาปัญหาและปรับปรุงกระบวนการบรรจุในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตยางพาราแผ่นรมควัน " การทำงานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (วิทยาเขตหาดใหญ่) ประจำปี 2550 ประเภท ทุนโครงการความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรม สำหรับเนื้อหาของรายงานประกอบไปด้วย 5 บท คือ บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึงความเป็นมาของโครงการวิจัยครั้งนี้ ความสำคัญที่ต้องมีการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ บทที่ 2 การสำรวจเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เป็นการกล่าวถึงข้อมูล และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ บทที่ 3 การออกแบบระบบอุปกรณ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ เป็นผลลัพธ์จากการดำเนินการวิจัย ได้มาซึ่งข้อสรุปของแบบอุปกรณ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ บทที่ 4 การสร้างอุปกรณ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประเมินผล เป็นผลต่อเนื่องจากการออกแบบอุปกรณ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำมาดำเนินการสร้าง ประเมินผล การใช้งานได้จริง การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ และบทสุดท้ายคือ บทที่ 5 บทสรุป เป็นการกล่าวสรุปถึงการทำงานวิจัยทั้งหมด

การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้น การออกแบบและสร้างสรรค์เทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่อใช้สำหรับปรับปรุงกระบวนการบรรจุหรืออัดก้อนยางพาราแผ่นรมควัน ในกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตยางพาราแผ่นรมควันให้สามารถพัฒนาขึ้นได้ในอีกระดับหนึ่ง ทั้งนี้ทางผู้ดำเนินงานวิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลสรุปจากงานวิจัยในครั้งนี้ได้มาซึ่งอุปกรณ์ช่วยบรรจุยางพาราแผ่นรมควันจะมีประโยชน์ ในการพัฒนากระบวนการบรรจุยางพาราแผ่นรมควัน สร้างรายได้ ลดค่าใช้จ่าย ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด แก่กลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตยางพาราแผ่นรมควันสืบไป

รองศาสตราจารย์วนิดา รัตนมณี
อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
เมษายน 2551

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยเรื่อง "การศึกษาปัญหาและปรับปรุงกระบวนการบรรจุในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตยางพาราแผ่นรมควัน" ได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหน่วยงานและบุคลากรหลายท่าน จนทำให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้เสร็จลุล่วงไปด้วยดี ดังรายนามต่อไปนี้

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ผู้มอบทุนในการดำเนินงานวิจัย

บริษัท ศรีตรัง แอโกรอินดัสตรี จำกัด มหาชน ผู้มอบทุนสนับสนุนช่วยเหลืองานวิจัย

คุณบูชา พิพิธภัณฑ์ และ คุณจารุ ไชยสวนแก้ว ผู้ให้ข้อมูลในอุตสาหรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ยางพาราแผ่นรมควัน กรรมวิธีการผลิตยางพาราแผ่นรมควัน

อาจารย์ ชูเกียรติ์ คุปตานนท์ , อาจารย์ ฐานันดร์ศักดิ์ เทพญา , อาจารย์ สมเกียรติ นาคกุล และ อาจารย์ สมชาย แซ่อึ้ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ผู้ซึ่งอยู่เบื้องหลังความสำเร็จของงานวิจัยครั้งนี้ สำหรับส่วนร่วมในการให้คำแนะนำ คำปรึกษาหลักการและทฤษฎีทางวิศวกรรมเครื่องกล ตลอดจนแนวความคิดที่นำมาซึ่งแนวทางการทดลอง

นายนิฐินันท์ อภิวัฒนะไกร นายณัฐพล โรจน์ปิติสุนทร นายศักดิ์ศิริ ลิ่มสุนทรากุล นายอภิโชค บางม่วงงาม และนางสาวอังคณา โชติสกุล ผู้ช่วยในการดำเนินงานวิจัย

ทางผู้ดำเนินงานวิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ และอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามแต่ได้มีส่วนช่วยเหลือให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)

จากการศึกษาถึงกระบวนการผลิตยางพาราแผ่นรมควัน ของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง พบว่ามีกำลังการผลิตต่ำสุดในกระบวนการบรรจุหรือกระบวนการอัดก้อน ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า สาเหตุหลักที่ทำให้ขั้นตอนกระบวนการบรรจุมีกำลังการผลิตต่ำที่สุด คือ การขนถ่ายวัสดุที่มีน้ำหนักมาก ปัญหาการทำงานหนักของพนักงานในแผนกบรรจุ อันมีผลให้เกิดการบาดเจ็บ การออกจากงาน และการขาดงานอยู่บ่อยครั้ง จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการออกแบบและสร้างเครื่องมือช่วยในการทำงาน โดยอุปกรณ์ดังกล่าวประกอบไปด้วย โต๊ะสักยาง สายพานที่ใช้ในการลำเลียงยางและตัวเตาอบที่ใช้ในการลดเวลาในการทำให้แป้งแห้ง โดยอุปกรณ์ข้างต้นจะรวมงาน 3 งานเข้าด้วยกัน คือ งานลำเลียงขนถ่าย งานสักยางห่อยาง และงานทาแป้งให้อยู่บนเครื่องเดียวกัน เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการผลิตแบบสายการผลิต และลดเวลาการทำงาน หลังจากได้มีการออกแบบอย่างละเอียดแล้ว ก็ได้มีการพัฒนาเครื่องต้นแบบขึ้น

งานวิจัยนี้ดำเนินการสร้างอุปกรณ์ช่วยบรรจุยางพาราแผ่นรมควัน สามารถใช้งานได้จริง โดยใช้เงินลงทุนสำหรับการสร้างเครื่องจักรราคา 150,000 บาทต่อ 1 ชุดเครื่องจักร จากการประเมินเบื้องต้นพบว่าเครื่องจักรมีอัตรากำลังการผลิตอยู่ที่ 480 ก้อนต่อวัน ซึ่งจากเดิมโรงงานมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 864 ก้อนต่อวัน (โดยใช้ 8 สายการผลิตแบบดั้งเดิม) หากลงทุนเครื่องจักรข้างต้น 2 ชุดเครื่องจักร (เพื่อให้กำลังการผลิตเท่ากับของเดิม) จะใช้เงินลงทุน 300,000 บาท กำลังการผลิตของโรงงานจะเพิ่มขึ้นเป็น 960 ก้อนต่อวัน เป็นผลให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 96 ก้อนต่อวัน ต้นทุนการผลิตต่อก้อนจะลดลง 0.71 บาทต่อก้อน จากเดิม 2.90 บาทต่อก้อน เป็น 2.19 บาทต่อก้อน และระยะเวลาในการใช้ระบบใหม่คิดเป็น 1.53 ปี

Abstract

"Increase Productivity of Compressing Process for Smoked Rubber Manufacturing by Design and Development a New Material Handling System Prototype" is focused on material handling system of the smoked rubber sheet containing or compressing process to improve the process productivity and work safety. For the research methodology, data collection of the processes was the first step. Then all data were analyzed to find the main problem and its causes. IE techniques, such as lean concept and heat transfer theory were also applied. It was found that the manual handling of very heavy smoked rubber is the main cause of low productivity and employee's risk. So semi-automation handling equipment was designed. The prototype of conveyor with heat exchanger was designed to improve material handling and work safety. The process productivity was increased from 1,998 kg. per hour for one production line to 6,660 kg. per hour for a production line. Finally, the conveyor with heat exchanger prototype was developed and tested its application. The prototype gives the good results. Cost of investment for a prototype is 150,000 Baht. The previous capacity of the containing process is 864 cubes of the smoked rubber sheets (8 production lines) per day, using of two prototypes with 960 cubes of the smoked rubber sheets per day should be applied in the factory. For conclusion, the specified conveyor with heat exchanger can be applied to the smoked rubber manufacturing and give good results. The unit cost of the smoked rubber sheet cubic produced by the machine prototype is 2.19 Baht compared to 2.90 Baht of the previous process. The payback period of this investment equals to 1.53 years. In addition, injury and fatigue for the employees were also decreased.

สารบัญ

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	i
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ii
สารบัญ	iii
สารบัญรูป	vi
สารบัญตาราง	x
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ชื่อผู้ประกอบการภาคอุตสาหกรรมหรือธุรกิจชุมชนที่ร่วมโครงการ	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 สถานที่ดำเนินงานวิจัย	3
1.8 ระยะเวลาการดำเนินงาน	3
1.9 งบประมาณที่ใช้ในการดำเนินงาน	5
บทที่ 2 การสำรวจเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 การสำรวจเอกสาร	6
2.1.1 เอกสารเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต	6
2.1.2 เอกสารที่เกี่ยวกับอุปกรณ์ช่วยในการขนถ่ายวัสดุ	7
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.2.1 การเพิ่มผลผลิต	7
2.2.2 การศึกษาการทำงาน	8
2.2.3 วิศวกรรมความปลอดภัย	16
2.2.4 ระบบการขนถ่ายวัสดุ	19
2.2.5 พลังงานความร้อน	21
2.2.6 ทฤษฎีพัดลม	34
2.2.7 การออกแบบเครื่องจักรกล	37

2.2.8 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 42

บทที่ 3 การออกแบบระบบอุปกรณ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ 48

3.1 การทวนสอบข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลโรงงาน 48

3.1.1 กระบวนการผลิตของโรงงาน 49

3.1.2 แผนผังการไหลของวัสดุและตำแหน่งของคนงาน 53

3.1.3 รายละเอียดกระบวนการบรรจุยาง 54

3.1.4 ข้อมูลกำลังการผลิต 58

3.2 ปัญหาและความเป็นมาของปัญหา 58

3.2.1 ปัญหาจากกระบวนการผลิต 58

3.2.2 ปัญหาจากการปฏิบัติงานของพนักงานในแผนกบรรจุ 59

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการออกแบบเชิงความคิด 60

3.3.1 การพัฒนาการแนวความคิดลำดับที่ 1 ระบบเตาอบตู้เดียว 62

3.3.2 การพัฒนาการแนวความคิดลำดับที่ 2 ระบบเตาอบ 2 เตาอบ 63

3.4 รายละเอียดการออกแบบ 64

3.4.1 โต๊ะสักยาง 65

3.4.2 เตาอบยาง 70

3.4.3 สายพานลำเลียง 89

บทที่ 4 การสร้างอุปกรณ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประเมินผล 96

4.1 การดำเนินการสร้าง 96

4.1.1 ขั้นตอนการดำเนินการสร้าง 98

4.1.2 งบประมาณการสร้าง 105

4.2 การประเมินผลเบื้องต้น 107

4.2.1 การทดลองใช้โต๊ะสักยาง 108

4.2.2 การทดสอบระบบสายพานลำเลียงและระบบการอบแห้ง 109

4.3 การเพิ่มประสิทธิภาพ 110

4.4 การจัดสถานีงาน 111

4.5 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ 113

4.4.1 การคำนวณต้นทุนทางการผลิตวิธีการเดิม 113

4.4.2 การคำนวณต้นทุนทางการผลิตวิธีการใหม่ 116

4.4.3 สรุปผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ 120

บทที่ 5 บทสรุป **122**

บรรณานุกรม 123

ภาคผนวก ก. ก-1

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 ประเภทของการวางแผนผัง 9
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างแผ่นภาพลำดับงาน 12
รูปที่ 2.3 การขนถ่ายวัสดุกับองค์ประกอบที่สำคัญ 19
รูปที่ 2.4 ลักษณะโครงสร้างของหลอดอินแคนเดสเซนต์ 24
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างขนาดขั้วเกลียวแบบ E27 25
รูปที่ 2.6 กราฟคุณลักษณะของหลอดอินแคนเดสเซนต์ 27
รูปที่ 2.7 ฮีตเตอร์แท่งสำหรับใส่โมล ชนิด High Density 28
รูปที่ 2.8 ฮีตเตอร์แท่งสำหรับใส่โมล ชนิด Low Density 28
รูปที่ 2.9 ตัวอย่าง ฮีตเตอร์ท่อกลมและฮีตเตอร์ครีบ 29
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างฮีตเตอร์ครีบ แบบเหลี่ยม 30
รูปที่ 2.11 ลักษณะทางกายภาพฮีตเตอร์จุ่ม 31
รูปที่ 2.12 ฮีตเตอร์อินฟราเรดรูปแบบต่าง ๆ 32
รูปที่ 2.13 การทำงานของแม็กเนติกคอนแทคเตอร์ 33
รูปที่ 2.14 โครงสร้างลักษณะการทำงานของเทอร์โมสตาท 34
รูปที่ 2.15 ลักษณะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดตรง 35
รูปที่ 2.16 ลักษณะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า 36
รูปที่ 2.17 ลักษณะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง 36
รูปที่ 2.18 ส่วนประกอบของโซ่ส่งกำลังแบบลูกกลิ้ง 39
รูปที่ 2.19 ลักษณะการขบกันระหว่างข้อโซ่ส่งกำลังกับเฟืองโซ่ 40
รูปที่ 2.20 ขั้นตอนที่ 1 การสร้างแผนภูมิเพื่อวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน 44
รูปที่ 2.21 ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแผนภูมิเพื่อวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน 44
รูปที่ 2.22 ขั้นตอนที่ 3 การสร้างแผนภูมิเพื่อวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน 44
รูปที่ 3.1 ป้ายบริษัท ศรีตรังแอโกรอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) 48
รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตของบริษัท ศรีตรัง แอโกรอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) 49
รูปที่ 3.3 การทำงานในกระบวนการล้างยาง 50
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการอัดยาง 51
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการสักยาง 51
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการทาแป้ง 52
รูปที่ 3.7 ผลิตภัณฑ์สำเร็จ รอการจัดเก็บและส่งออก 52

รูปที่ 3.8 การไหลของวัสดุ (Material Flow Process) ภายในโรงงาน 53
รูปที่ 3.9 แผนผังโรงงานบริเวณแผนกบรรจุยาง 54
รูปที่ 3.10 ถังบรรจุยาง (ถังอัดยาง) 55
รูปที่ 3.11 รถเข็นยาง 56
รูปที่ 3.12 ผังการไหลของวัสดุ(Material Flow) ของแผนกบรรจุยาง 58
รูปที่ 3.13 การขนถ่ายก้อนยางด้วยรถเข็นขนาดเล็ก 59
รูปที่ 3.14 ท่าทางการทำงานของพนักงานสักยาง 60
รูปที่ 3.15 ท่าทางการทำงานของพนักงานทาแป้ง 60
รูปที่ 3.16 ลักษณะสร้างตามแนวความคิดโต๊ะสักยาง 61
รูปที่ 3.17 ลักษณะสร้างตามแนวความคิดสายพานลำเลียง 61
รูปที่ 3.18 ลักษณะสร้างตามแนวความคิดเตาอบยาง 62
รูปที่ 3.19 ภาพระบบเตาอบตู้เดียว 62
รูปที่ 3.20 ภาพระบบเตาอบ 2 เตาอบ 63
รูปที่ 3.21 วัสดุอุปกรณ์ประกอบการทดลอง 66
รูปที่ 3.22 การออกแรงผลักกล่อง ที่มีระยะสูงเอียงของสามเหลี่ยมช่วยพลิก ยาวกว่าระยะจากจุดศูนย์ถ่วงของกล่องถึงขอบกล่อง 66
รูปที่ 3.23 การออกแรงผลักกล่อง ที่มีระยะสูงเอียงของสามเหลี่ยมช่วยพลิก สั้นกว่าระยะจากจุดศูนย์ถ่วงของกล่องถึงขอบกล่อง 67
รูปที่ 3.24 ภาพสเก็ตลักษณะการพลิกของกล่อง กรณีไม่มีอุปกรณ์ช่วยพลิก 67
รูปที่ 3.25 ภาพถ่ายลักษณะการพลิกของกล่อง กรณีใช้อุปกรณ์ช่วยพลิกที่มีขนาดสูงเอียง 27 เซนติเมตร 67
รูปที่ 3.26 ภาพถ่ายลักษณะการพลิกของกล่อง กรณีใช้อุปกรณ์ช่วยพลิกที่มีขนาดสูงเอียง 23 เซนติเมตร 68
รูปที่ 3.27 แบบการสร้างโต๊ะสักยาง 69
รูปที่ 3.28 ลักษณะทางกายภาพหลอดไส้ธรรมดา 71
รูปที่ 3.29 ลักษณะทางกายภาพหลอดซูเปอร์ลักซ์ 72
รูปที่ 3.30 ลักษณะทางกายภาพหลอดสปอตไลน์ 72
รูปที่ 3.31 ลักษณะทางกายภาพแป้งกาวยาง 73
รูปที่ 3.32 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการทดลอง อุณหภูมิกับเวลาที่แป้งแห้ง (ระบบปิด) 74
รูปที่ 3.33 ลักษณะการทาแป้งกาวยางบนยางพาราแผ่นรมควัน 75
รูปที่ 3.34 การวัดอุณหภูมิภายในเตาอบด้วยเทอร์โมคัปเปิล เทอร์โมมิเตอร์ 75

รูปที่ 3.35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิกับเวลา 76
รูปที่ 3.36 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการทดลอง อุณหภูมิกับเวลาที่แป้งแห้ง (ระบบเปิด) 77
รูปที่ 3.37 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิกับเวลา 78
รูปที่ 3.38 อุปกรณ์ทำการทดลองที่ความเร็วลมต่ำ ปรับระดับอุณหภูมิ 79
รูปที่ 3.39 อุปกรณ์ทำการทดลองที่ความเร็วลมสูง ปรับระดับอุณหภูมิ 79
รูปที่ 3.40 แผนภาพการทำงานของระบบเตาอบยาง 81
รูปที่ 3.41 แผนภาพการทำงานของอุปกรณ์ช่วยบรรจุยางพาราแผ่นรมควัน 84
รูปที่ 3.42 ภาพการปรึกษาหารือและการนำเสนองานในห้องประชุม 85
รูปที่ 3.43 แผนภาพการทำงานของอุปกรณ์ช่วยบรรจุยางพาราแผ่นรมควัน (ปรับปรุง) 85
รูปที่ 3.44 พัดลมดัดแปลงเพิ่มชุดเพลาขับเคลื่อนด้วยสายพาน 86
รูปที่ 3.45 พัดลมปกติมาตรฐาน 86
รูปที่ 3.46 แผนภาพอย่างง่ายการต่อฮีตเตอร์ไฟฟ้าเข้ากับอุปกรณ์ควบคุม 87
รูปที่ 3.47 แผนผังวงจรการต่อฮีตเตอร์ไฟฟ้าเข้ากับอุปกรณ์ควบคุม 88
รูปที่ 3.48 ลักษณะทางกายภาพของสายพานลูกกลิ้ง 90
รูปที่ 3.49 ลักษณะสร้างสายพานลูกกลิ้งลำเลียงด้วยแรงขับ ชนิดโซ่ลำเลียง 92
รูปที่ 3.50 ลักษณะทางกายภาพของมอเตอร์เกียร์ทดรอบสำเร็จ 93
รูปที่ 3.51 ตัวอย่างตำแหน่งจุดรองรับน้ำหนักบนโซ่ลำเลียง 93
รูปที่ 3.52 แผนภาพวัตถุอิสระของเพลารับน้ำหนัก 93
รูปที่ 3.53 แผนภูมิแรงเฉือนโมเมนต์ดัดของเพลารับน้ำหนัก 94
รูปที่ 4.1 ผู้รับเหมางานสร้าง บริษัท เอสวีเอสแมคคานิคัลแอนด์คอนซัลแทนท์ จำกัด 96
รูปที่ 4.2 ภาพบรรยากาศการสำรวจพื้นที่ติดตั้งเครื่องจักรหากเครื่องจักรแล้วเสร็จ 97
รูปที่ 4.3 แผนภาพแสดงอุปกรณ์ช่วยบรรจุยางพาราแผ่นรมควัน 97
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างการเตรียมอุปกรณ์ เครื่องเมือ สำหรับการสร้าง 98
รูปที่ 4.5 การตัดเตรียมแผ่นเหล็กกล้าด้วยแก๊ส 98
รูปที่ 4.6 การเชื่อมประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างโต๊ะสักยาง 99
รูปที่ 4.7 โต๊ะสักยางสำเร็จ 99
รูปที่ 4.8 การเชื่อมประกอบโครงสร้างเตาอบ 99
รูปที่ 4.9 โครงสร้างหลักของเตาอบภายหลังการปูแผ่นเหล็กเป็นผนังเตาอบ 100
รูปที่ 4.10 ตัวอย่างโครงสร้างเสริมระบบเตาอบ 100
รูปที่ 4.11 การประกอบโครงสร้างเสริมของเตาอบเข้ากับโครงสร้างหลักของเตาอบ 101
รูปที่ 4.12 โครงสร้างเตาอบสร้างเสร็จพร้อมกับทาสีกันสนิมเรียบร้อยแล้ว 101

รูปที่ 4.13 การติดตั้ง พัดลม ท่อลม 102
รูปที่ 4.14 อุปกรณ์ปรับความเร็วลม (Damper) 102
รูปที่ 4.15 ลักษณะของฉนวนที่ทำการหุ้มห่อผนังเตาอบ 102
รูปที่ 4.16 กระบวนการหุ้มฉนวนกันความร้อนเตาอบ 103
รูปที่ 4.17 การติดตั้งสายพายลำเลียง และอุปกรณ์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียง ชนิดโซ่ลำเลียง 103
รูปที่ 4.18 ลักษณะของสายพานลำเลียง ชนิดโซ่ลำเลียงเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ 103
รูปที่ 4.19 การติดตั้งฮีตเตอร์ไฟฟ้า 104
รูปที่ 4.20 การต่อแผงวงจรควบคุมทางไฟฟ้า ของเครื่องจักร 104
รูปที่ 4.21 สายพานลูกกลิ้งลำเลียงสำเร็จ 104
รูปที่ 4.22 อุปกรณ์ช่วยบรรจุยางแผ่นรมควัน ในขั้นตอนสุดท้ายของการสร้าง 105
รูปที่ 4.23 การทดลองใช้โต๊ะสักยาง 108
รูปที่ 4.24 การทดสอบภาระการลากจูงของสายพานลำเลียง 109
รูปที่ 4.25 ภาพประกอบการทดสอบระบบการอบแห้งก้อนยาง 110
รูปที่ 4.26 การเพิ่มแผ่นกั้นบริเวณทางเข้าห้องอบ 110
รูปที่ 4.27 การเพิ่มม่านกั้นบริเวณทางออกห้องอบ 111
รูปที่ 4.28 ลักษณะแผ่นกันลม ติดตั้งเพิ่มเติมในห้องอบ 111
รูปที่ 4.29 ตำแหน่งการทำงานของพนักงานประจำสถานีงาน ทั้ง 4 สถานีงาน 112
รูปที่ 4.30 ลักษณะรูปแบบกรรมวิธีการผลิตแบบเดิม 113
รูปที่ 4.31 ลักษณะรูปแบบกรรมวิธีการผลิตแบบใหม่ 117

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงรูปแบบขั้นตอนการจัดสรรงานเข้าสู่สถานีงาน 13
ตารางที่ 2.2 น้ำหนักพิกัดที่เหมาะสม สำหรับการขนย้ายวัสดุด้วยมือ 17
ตารางที่ 2.3 แสดงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับข้อกำหนดการทำงานในรูปแบบต่างๆ 19
ตารางที่ 2.4 แสดงรูปทรงของหลอดอินแคนเดสเซนต์ชนิดต่างๆ 26
ตารางที่ 2.5 แสดงลักษณะการใช้งานต่างๆของฮีตเตอร์ท่อกลม 29
ตารางที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการระบุสเปกของฮีตเตอร์ครีบ แบบเหลี่ยม 31
ตารางที่ 2.7 แสดงอัตราค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของวัน TOD 46
ตารางที่ 3.1 แสดงวัฏจักรการทำงานของแต่ละกระบวนการทำงาน 54
ตารางที่ 3.2 แสดงกระบวนการทำงาน และเวลาในแต่ละขั้นตอนปฏิบัติงาน ตำแหน่งงานที่ 1 55
ตารางที่ 3.3 แสดงกระบวนการทำงาน และเวลาในแต่ละขั้นตอนปฏิบัติงาน ตำแหน่งงานที่ 2 56
ตารางที่ 3.4 แสดงกระบวนการทำงาน และเวลาในแต่ละขั้นตอนปฏิบัติงาน ตำแหน่งงานที่ 3 57
ตารางที่ 3.5 ตารางเปรียบเทียบข้อมูลคุณสมบัติเบื้องต้นของชนิดหลอดไฟ 72
ตารางที่ 3.6 ตารางบันทึกผลการทดลอง อุณหภูมิกับเวลาที่แป้งแห้งในระบบปิด 76
ตารางที่ 3.7 ตารางบันทึกผลการทดลอง อุณหภูมิกับเวลาที่แป้งแห้งในระบบเปิด 77
ตารางที่ 3.8 ตารางบันทึกผลการทดลอง อุณหภูมิ ความเร็วลม กับเวลาที่แป้งแห้ง 79
ตารางที่ 4.1 ชนิดและราคาของวัสดุในการสร้างระบบการทำความร้อนและภาคการควบคุม 105
ตารางที่ 4.2 ชนิดและราคาของวัสดุงานโครงสร้างทั้งระบบ ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายอื่นๆ 106
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบระหว่างกระบวนการผลิตแบบใหม่กับกระบวนการผลิตแบบเดิม 108
ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบผลทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างวิธีผลิตแบบเก่าและแบบใหม่ 120
ตารางที่ ก-1 แสดงรายละเอียดการบอกขนาดของชุดมอเตอร์เกียร์ทดรอบสำเร็จ ก-2
ตารางที่ ก-2 แสดงรายละเอียดข้อมูลด้านเทคนิคของชุดมอเตอร์เกียร์ทดรอบสำเร็จ ก-3
ตารางที่ ก-3 แสดงคุณสมบัติการรับน้ำหนักของลูกกลิ้งลำเลียง ก-4
ตารางที่ ก-4 แสดงมาตรฐานการกำหนดขนาดของโซ่ส่งกำลัง ก-5