



รายงานการวิจัย

การพัฒนาเครื่องจักรสำหรับการผลิตวัสดุมุงหลังคาจากหญ้าแฝก
(Development of Machines for the Production of Roofing
Materials from Vetiver grass)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

การพัฒนาเครื่องจักรสำหรับการผลิตวัสดุผนังหลังคาจากหญ้าแฝก (Development of Machines for the Production of Roofing Materials from Vetiver grass)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กระจวี ตรีอำนรรค

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เทวรัตน์ ตรีอำนรรค

นายเกรียงไกร กิจจาภินันท์

นายกฤษดา สายแสง

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

สิงหาคม 2562

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาและสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
สุรนารี ที่ได้อนุเคราะห์เครื่องมือและสถานที่ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

คณะผู้วิจัย

สิงหาคม 2562



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตวัสดุผงหลังจากจากหญ้าแฝก และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบและคุณภาพของต้นหญ้าแฝกที่ได้ เครื่องต้นแบบทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยการวางรายหญ้าบนเครื่องจากนั้นกลไกของเครื่องซึ่งถูกขับเคลื่อนด้วยระบบนิวแมติกส์จะทำการพับและเลื่อนต้นหญ้าเข้าสู่จักรเย็บไฟฟ้าเพื่อเย็บให้รายหญ้าพับยึดติดกับก้านไม้และได้เป็นต้นหญ้าแฝกต่อไป ทดสอบการทำงานของเครื่องโดยแปรค่าน้ำหนักของหญ้าต่อต้นเป็น 0.6 kg, 0.8 kg และ 1.0 kg ที่ระยะห่างของตีนผีจักรเย็บไฟฟ้า 2 ค่า ระยะตีนผีแบบชิด 0 mm และระยะตีนผีแบบห่าง 6 mm ด้วยความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าในการต้นถาดเลื่อนเท่ากับ 20 – 25 rpm พบว่าการผลิตต้นหญ้าที่น้ำหนัก 0.8 kg ต่อต้น ระยะตีนผีแบบห่าง 6 mm สามารถผลิตต้นหญ้าได้สมบูรณ์ดีที่สุด โดยสามารถป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ประมาณ 8.73°C มีการใช้พลังงานในการผลิตอยู่ในช่วง 6 – 9 Wh ต่อต้น และเมื่อเพิ่มน้ำหนักหญ้าในการผลิตมากขึ้นจะทำให้ใช้เวลาในการผลิตมากขึ้น การทดสอบการใช้งานพบว่าต้นหญ้าที่ผลิตได้จากเครื่องในทุกน้ำหนักจะต้องมุงซ้อนกันด้วยระยะห่างไม่เกิน 15 cm ที่มุมเอียงหลังคาไม่น้อยกว่า 17.35 องศา จึงจะสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ และต้นหญ้าน้ำหนัก 1 kg ต่อต้น สามารถป้องกันความร้อนได้ดีที่สุด โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านในและด้านนอกของหลังคาประมาณ 10.85°C ในการทดสอบผลิตแบบต่อเนื่อง 40 ต้น ที่น้ำหนัก 1.0 kg ต่อต้น (มีน้ำหนักหญ้าใกล้เคียงกับต้นหญ้าที่ซื้อจากท้องตลาด) โดยใช้ตีนผีแบบห่าง เครื่องจักรต้นแบบนี้มีประสิทธิภาพการผลิตเท่ากับ 85% มีความสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 205 Wh/hr. และมีความสามารถในการทำงานเท่ากับ 14 ต้น ต่อชั่วโมง และจากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมที่ราคาเครื่องเท่ากับ 93,320 บาท และกำไรในการผลิตต้นหญ้าอยู่ที่ราคา 8 บาทต่อต้น พบว่าจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 2,580 ต้นต่อปี และมีระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่ 11 เดือน

Abstract

The aim of this research was to develop the semi-automatic vetiver grass roofing material making machine and evaluate its performance and quality of finished products. The prototype is a semi-automatic operation started by feed the grass on tray of the machine. After that, mechanism powered by pneumatic actuators are folded the Grass sheet and move them to sew by the electric sewing. Finally, the folded grass is sewn with the wood stick. A grass weights (0.6 kg, 0.8 kg and 1.0 kg) per panel and gaps of electric sewing presser foot (gap 0 mm and 6 mm of sewing presser foot) and the speed of the electric motor to push the tray around 20 - 25 rpm were varied to test the operation of prototype. The results show that the 0.8 kg per panel of grass and gap 6 mm of sewing presser foot is the appropriate condition of the prototype to produces the quality grass panel, which can protect the heat from the sun by about 8.73°C and the energy consumption is in range of 6 - 9 Wh per panel of grass. Increasing the weight of the grass in the production will increase the production time of prototype too. Field roof testing of grass roofing material show that the roof can resist the shower water leaking when the gap between panel rim and the slope angle of roof are not less than 15 cm and 17.35 degrees respectively. Weight of 1 kg per panel of grass gives a higher sun light protection and it can reduce 10.85°C of temperature between the faces of roof. The continuous production test of 40 panels with a weight of 1.0 kg per panel (grass weight is similar to the grass roofing from market) using gap 6 mm of sewing presser foot found that the average energy consumption, capacity and efficiency are 205 Wh per hr., 14 panel per hr. and 85%, respectively. The engineering economics analysis show that the price of the machine was 93,320 baht and the profit in the production of the grass roofing was at 8 baht per panel. The breakeven point of this prototype are 2,580 panel per year when operate at 11 Months of working time.

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	23
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์	52
บทที่ 5 สรุปผล	71
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	76
ภาคผนวก ก แบบเครื่องจักรต้นแบบที่พัฒนาขึ้น	76
ประวัตินักวิจัย	85



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการกรองใบหญ้าแฝกเข้ากับแกนไม้ไผ่ผ่าซีก เพื่อทำเป็นดัดหญ้าแฝก	4
รูปที่ 2.2 เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุค้ำหลังคาจากหญ้าแฝก	6
รูปที่ 2.3 จักรเย็บกระสอบรุ่น GK26-1A	7
รูปที่ 2.4 รอยตะเข็บที่เย็บด้วยจักรเย็บกระสอบ	7
รูปที่ 2.5 ลักษณะรอยตะเข็บ	7
รูปที่ 2.6 อุปกรณ์เบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์	8
รูปที่ 2.7 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบและการทำงาน	9
รูปที่ 2.8 ชุดควบคุมคุณภาพลมอัด	9
รูปที่ 2.9 ชุดควบคุมความดันและลักษณะโครงสร้าง	10
รูปที่ 2.10 ชุดกรองอากาศและลักษณะโครงสร้าง	11
รูปที่ 2.11 วาล์วควบคุมทิศทาง	11
รูปที่ 2.12 กระบอกลูกสูบชนิดทำงานทางเดียว	12
รูปที่ 2.13 โครงสร้างกระบอกลูกสูบชนิดทำงานทางเดียว	13
รูปที่ 2.14 โครงสร้างกระบอกลูกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง	13
รูปที่ 2.15 กลไก Scissor lift	15
รูปที่ 2.16 ลักษณะของเฟืองสะพาน	16
รูปที่ 2.17 การขบกันของเฟืองตรงกับเฟืองสะพาน	17
รูปที่ 2.18 มอเตอร์เกียร์	18
รูปที่ 2.19 อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับ PLC เพื่อใช้ในการควบคุม	19
รูปที่ 2.20 Proximity Sensor	20
รูปที่ 2.21 Reed Switch	20
รูปที่ 2.22 โปรแกรม SolidWorks version 2016	21
รูปที่ 2.23 คำสั่ง Motion Study ฟังก์ชัน Motion Analysis	21
รูปที่ 3.1 ภาพแสดงแผนผังโครงสร้างของเครื่องจักรต้นแบบ	24
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ	25
รูปที่ 3.3 (a) กลไกการพับรายหญ้าทบบนแกนไม้ (b) กลไกกดทับรายหญ้าให้อยู่กับที่ (c) กลไกการเลื่อนถาดรายหญ้า	26
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร	27
รูปที่ 3.5 (a) การทดสอบแรงดัดของหญ้าด้วยเครื่อง UTM (b) ผลการทดสอบ	28
รูปที่ 3.6 ตำแหน่งการทำงานของเครื่อง Universal Testing Machine	29
รูปที่ 3.7 ตำแหน่งการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ	29

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.8 การตั้งค่าแรงต้านการเคลื่อนที่ของกลไกการพับรายหญ้าทบบนแกนไม้	29
รูปที่ 3.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาของกลไกการพับรายหญ้าทบบนแกนไม้	30
รูปที่ 3.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาของกลไกกดทับรายหญ้าให้อยู่กับที่	30
รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาของกลไกตรึงแกนไม้	31
รูปที่ 3.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับเวลาของกลไกการเลื่อนถาดรายหญ้า	31
รูปที่ 3.13 เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุค้ำหลังจากหญ้าคาที่พัฒนาขึ้น	33
รูปที่ 3.14 หลักการทำงานของเครื่องจักรที่พัฒนาขึ้น	34
รูปที่ 3.15 (a) กลไกการพับรายหญ้า (b) กลไกกดทับรายหญ้าให้อยู่กับที่ (c) กลไกตรึงแกนไม้ (d) กลไกการเย็บ (e) กลไกการเลื่อนถาดรายหญ้า และ (f) กลไกจับยึดไม้	36
รูปที่ 3.16 แผนผังอุปกรณ์ระบบควบคุมอัตโนมัติ	38
รูปที่ 3.17 ชุดคำสั่งการทำงานระบบอัตโนมัติของเครื่องจักร	39
รูปที่ 3.18 ตัวอย่างหญ้าคาแห้งที่ใช้ในการทดสอบ	41
รูปที่ 3.19 ตัวอย่างไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดสอบ	41
รูปที่ 3.20 การเตรียมหญ้าก่อนการทดสอบ	42
รูปที่ 3.21 (a) ตีนผีแบบชิด (b) ตีนผีแบบห่าง	43
รูปที่ 3.22 วัดตมิตเตอร์	43
รูปที่ 3.23 การทดสอบการรั่วซึมของน้ำฝน	45
รูปที่ 3.24 ระยะห่างระหว่างก้านไม้ของตบหญ้า	45
รูปที่ 3.25 มุมเอียงของหลังคาที่ใช้ในการทดสอบ	46
รูปที่ 3.26 การทดสอบการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์	47
รูปที่ 3.27 เครื่องวัดอุณหภูมิของผิวหลังคา	47
รูปที่ 3.28 เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์	48
รูปที่ 4.1 (a) กลไกป้อนหญ้า (b) ลูกกลิ้งสำหรับกดรายหญ้าให้บางลง	52
รูปที่ 4.2 การติดขัดของตบหญ้าที่บริเวณกลไกป้อนหญ้า	53
รูปที่ 4.3 เครื่องจักรต้นแบบหลังนำกลไกป้อนรายหญ้าออก	53
รูปที่ 4.4 ระยะการเคลื่อนที่ของตีนถีบ	54
รูปที่ 4.5 คุณภาพการผลิตตบหญ้าของเครื่องจักรต้นแบบที่น้ำหนักหญ้าแห้ง 0.6 kg	55
รูปที่ 4.6 คุณภาพการผลิตตบหญ้าของเครื่องจักรต้นแบบที่น้ำหนักหญ้าแห้ง 0.8 kg	55
รูปที่ 4.7 คุณภาพการผลิตตบหญ้าของเครื่องจักรต้นแบบที่น้ำหนักหญ้าแห้ง 1.0 kg	56
รูปที่ 4.8 ตัวอย่างของตบหญ้าที่เกิดปัญหาช่วงต้นมีการเย็บผิดปกติ	57

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.9 ตัวอย่างของตบหญ้าที่เกิดปัญหาแนวพับของตบหญ้าเอียง	58
รูปที่ 4.10 ตัวอย่างของตบหญ้าที่เกิดปัญหาปลายการเย็บไม่สมบูรณ์	59
รูปที่ 4.11 ตัวอย่างของตบหญ้าที่เกิดปัญหาการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ	59
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างของตบหญ้าที่เกิดปัญหาเย็บไม่สำเร็จ	60
รูปที่ 4.13 ตัวอย่างที่เกิดปัญหาไม้หลุดจากชุดจับ	61
รูปที่ 4.14 ตัวอย่างของตบหญ้าที่สมบูรณ์	61
รูปที่ 4.15 ตบหญ้าที่ผลิตได้	62
รูปที่ 4.16 ตบหญ้าที่ซื้อจากท้องตลาด	62
รูปที่ 4.17 อัตราการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อตบในการผลิตตบหญ้า	63
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านในและอุณหภูมิผิวด้านบนของหลังคาเทียบ กับเวลา และเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสงของ ดวงอาทิตย์ของตบหญ้าจากตลาด	65
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านในและอุณหภูมิผิวด้านบนของหลังคาเทียบ กับเวลา และเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสงของ ดวงอาทิตย์ของตบหญ้า 1.0 kg	66
รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านในและอุณหภูมิผิวด้านบนของหลังคาเทียบ กับเวลา และเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสงของ ดวงอาทิตย์ของตบหญ้า 0.8 kg	67
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านในและอุณหภูมิผิวด้านบนของหลังคาเทียบ กับเวลา และเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสงของ ดวงอาทิตย์ของตบหญ้า 0.6 kg	68
รูปที่ 4.22 คุณภาพการผลิตตบหญ้าแบบต่อเนื่องของเครื่องจักรต้นแบบ	69
รูปที่ ก.1 แสดงภาพเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้น	77
รูปที่ ก.2 แสดงภาพถ่ายหลายมุมมองเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้น	78
รูปที่ ก.3 แสดงภาพถ่ายหลายมุมมองของกลไกกดทับรายหญ้าให้อยู่กับที่	79
รูปที่ ก.4 แสดงภาพถ่ายหลายมุมมองของกลไกพบรายหญ้าทบบนแกนไม้	80
รูปที่ ก.5 แสดงภาพของกลไกตริงแกนไม้	81
รูปที่ ก.6 แสดงภาพของกลไกจับยึดไม้	82
รูปที่ ก.7 แสดงภาพของกลไกการเย็บ	83
รูปที่ ก.8 แสดงภาพของกลไกการเลื่อนถาดรายหญ้า	84

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ข้อมูลคุณสมบัติของตั้บหญาาคา	4
ตารางที่ 2.2 ข้อมูลคุณสมบัติของจักรเย็บกระสอบรุ่น GK26-1A	7
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการรั่วซึมของน้ำฝน	64



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

หญ้าแฝกเป็นพืชพื้นเมืองที่ขึ้นได้ง่ายในทุกภูมิภาคของประเทศ คนไทยใช้ประโยชน์จากใบของหญ้าแฝกมาช้านาน เช่น การใช้ใบแห้งเป็นวัสดุคลุมดินรักษาความชื้นสำหรับการเพาะปลูก การใช้ใบแฝกเป็นวัสดุจักสานเป็นงานหัตถกรรม ปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาการนำใบหญ้าแฝกไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง อาทิ การทำเป็นวัสดุปลูกและกระถางปลูกต้นไม้ที่ย่อยสลายเองได้ การใช้แฝกเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสำหรับอาคาร การใช้แฝกเป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้างทดแทนไม้จริง การใช้ประโยชน์รูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญและได้รับความนิยมมากคือการทำเป็นวัสดุคลุมหลังคา (เรียกการกรองแฝก และได้เป็นต้นหญ้าแฝก) เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น หากใช้ต้นหญ้าแฝกที่กรองได้อย่างสม่ำเสมอ มีความหนาเพียงพอ เมื่อนำมาคลุมหลังคาด้วยวิธีการที่เหมาะสม พบว่าหลังคาที่ได้มีความคงทน สามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝนได้ดีและมีจุดเด่นที่สำคัญคือ เป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้อย่างดีเยี่ยม ปัจจุบันบทบาทของหญ้าแฝกนอกจากประโยชน์จากการแปรรูปแล้ว หญ้าแฝกยังมีความสำคัญในเรื่องการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นพืชที่ได้รับการส่งเสริมการปลูกเพื่อการอนุรักษ์ดิน สามารถฟื้นฟูความสมบูรณ์ ป้องกันและชะลอการชะล้าง การพังทลายของหน้าดิน และกักเก็บความชื้นในชั้นดินได้ดี โดยเป็นการน้อมนำแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ในหลวงรัชกาลที่ 9 เรื่องการใช้แฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำมาปฏิบัติ หน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน อาทิกรมพัฒนาที่ดิน ศูนย์ปฏิบัติการโครงการหลวง หน่วยงานภาครัฐในโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ได้ดำเนินการส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันและฟื้นฟูความสมบูรณ์ของดินอย่างต่อเนื่อง พื้นที่ที่เน้นการส่งเสริมได้แก่ ที่ราบสูงและพื้นที่เสี่ยงต่อชะล้างทำลายหน้าดิน ซึ่งการใช้หญ้าแฝกช่วยอนุรักษ์ดินจะต้องมีการตัดแต่งทรงพุ่มและใบอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้กอและระบบรากของหญ้าสมบูรณ์

การตัดแต่งทรงพุ่มดังกล่าวทำให้เกิดใบหญ้าอ่อนเป็นเศษเหลือทางการเกษตรปริมาณมาก โดยที่การแปรรูปด้วยวิธีการต่างๆ ยังไม่สามารถรองรับปริมาณเศษเหลือดังกล่าวได้ทั้งหมด ส่วนหนึ่งของใบแฝกจึงไม่ได้ถูกใช้อย่างเกิดประโยชน์และมูลค่า ในทางกลับกันเศษเหลือเหล่านี้ยังทำให้เกษตรกรเกิดความรู้สึกว่าการปลูกแฝกเป็นภาระที่เพิ่มขึ้นจากการดูแลพืชผลที่เพาะปลูกตามปกติ โดยไม่ได้ให้ผลตอบแทนที่เป็นรูปธรรมในระยะสั้น ซึ่งประโยชน์ของแฝกที่ช่วยอนุรักษ์ดินในระยะยาวเพียงอย่างเดียว อาจไม่จูงใจให้เกษตรกรหันมาร่วมมือปลูกแฝกได้เท่าที่ควร การแปรรูปใบแฝกที่สร้างมูลค่าเพิ่มได้สูง และเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของไทยคือการกรองใบหญ้าแห้งเป็นต้นหญ้าแฝกสำหรับคลุมหลังคา แต่พบว่ามีข้อจำกัดคือ ต้องใช้ความชำนาญในการปฏิบัติ มีขั้นตอนที่ยุ่งยากและใช้เวลาในการผลิตนานนับวันยิ่งจะหาคนที่ผลิตได้น้อยลงเรื่อย ๆ ทั้งที่ปริมาณความต้องการวัสดุคลุมหลังคาจากแฝกมีสูงมาก

ทั้งใช้ถุงหลังคาที่อยู่อาศัย ใช้ในการตกแต่งภูมิทัศน์ของโรงแรม ร้านอาหารและสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ดังจะพบได้ว่าปัจจุบันด้วยความขาดแคลนตับแฝก จึงเริ่มมีการใช้พลาสติกเส้นมาผลิตเป็นตับแฝกเทียมใช้กันบ้างแล้วเพราะผลิตได้ง่ายกว่าและได้ความสวยงามใกล้เคียงกัน

จากแนวคิดและความสำคัญที่นำเสนอดังกล่าวนี้ ผู้วิจัยจึงต้องการที่จะพัฒนาเครื่องจักรสำหรับช่วยในขั้นตอนการผลิตวัสดุถุงหลังคาจากหญ้าแฝกขึ้น เพื่อช่วยลดขั้นตอนการผลิตที่ยุ่งยาก และใช้เวลานานให้มีความสะดวก รวดเร็วยิ่งขึ้น ได้วัสดุถุงหลังคาจากใบหญ้าแฝกที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับการผลิตด้วยมือ เป็นการช่วยส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากใบหญ้าแฝกซึ่งเดิมเคยเป็นเศษเหลือทางการเกษตรให้กลับกลายเป็นสินค้าที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น ช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร และเป็นช่องทางหนึ่งที่ช่วยจูงใจให้เกษตรกรเกิดความสนใจใช้หญ้าแฝกช่วยในการอนุรักษ์ดินมากขึ้นและช่วยเติมเต็มการใช้หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินได้อย่างยั่งยืนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องจักรสำหรับช่วยในการผลิตวัสดุถุงหลังคาจากหญ้าแฝกแบบกึ่งอัตโนมัติ

1.2.2 ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ

1.2.3 ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบ

1.3 ขอบเขตการดำเนินการวิจัย

1.3.1 ต้นแบบเป็นเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติและเป็นการทำงานแบบกะ (Batch type)

1.3.2 ใช้มิติขนาดของตับแฝกตามค่าที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องจักรสำหรับช่วยในการผลิตวัสดุถุงหลังคาจากหญ้าแฝกแบบกึ่งอัตโนมัติ

1.4.2 เครื่องจักรต้นแบบมีอัตราการผลิตที่มากกว่าการกรองด้วยมือ

1.4.3 ตับแฝกที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้กับการถุงหลังคาได้จริง

1.4.4 เครื่องจักรสำหรับช่วยในการผลิตวัสดุถุงหลังคาจากหญ้าแฝกแบบกึ่งอัตโนมัติ

สามารถนำไปเผยแพร่และใช้งานได้จริงในกลุ่มเกษตรกรและกลุ่มเอกชนได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ กล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการพัฒนาเครื่องผลิตวัสดุผงหลังจากหญ้าแฝก และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 หญ้าแฝก

หญ้าแฝก (อังกฤษ: Vetiver Grass; ชื่อวิทยาศาสตร์: Vetiveria zizanioides) เป็นพืชที่มีระบบรากลึกและแผ่กระจายลงไปในดินตรงๆ เป็นพืชที่มีอายุได้หลายปี ขึ้นเป็นกอแน่น มีใบเป็นรูปขอบขนานแคบปลายสอบแหลม ยาว 35-80 เซนติเมตร มีส่วนกว้าง 5-9 มิลลิเมตร สามารถขยายพันธุ์ได้ผลรวดเร็วโดยการแตกหน่อจากลำต้นใต้ดิน บางโอกาสสามารถแตกแขนงและรากออกในส่วนของก้านช่อดอกได้ เมื่อหญ้าแฝกโน้มลงดิน ทำให้มีการเจริญเติบโตเป็นกอหญ้าแฝกใหม่ได้ (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2557) จากการสำรวจพบว่ามีการกระจายอยู่ทั่วโลกประมาณ 12 ชนิด และสำรวจพบในประเทศไทย 2 ชนิด ได้แก่ กลุ่มพันธุ์หญ้าแฝกกลุ่ม (ประกอบด้วยพันธุ์สุราษฎร์ธานี กำแพงเพชร 2 ศรีลังกา สงขลา 2 และพระราชทาน) และกลุ่มพันธุ์หญ้าแฝกดอน (ประกอบด้วยพันธุ์ราชบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ร้อยเอ็ด กำแพงเพชร 1 นครสวรรค์ และเลย) (สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, 2557) ใบของหญ้าแฝกในกลุ่มหญ้าแฝกกลุ่มมีความยาว 100 – 150 เซนติเมตร และเป็นพันธุ์ที่ส่งเสริมให้ปลูกเพื่อการอนุรักษ์ดินและแหล่งน้ำ การตัดแต่งฟุ่ม ในช่วงต้นฤดูฝนให้ตัดใบหญ้าแฝกให้สั้นสูงจากพื้นผิว 5 เซนติเมตร เพื่อให้เกิดการแตกหน่อใหม่ และกำจัดหน่อแก่ที่แห้งตายในช่วงกลางฤดูฝนให้เกี่ยวใบสูงไม่ต่ำกว่า 45 เซนติเมตร เพื่อให้มีแนวกอที่หนาแน่นในการรับแรงปะทะของน้ำไหลบ่า และในช่วงปลายฤดูฝนเกี่ยวใบให้สั้น 5 เซนติเมตรอีกครั้งเพื่อให้หญ้าแฝกแตกใบเขียวในฤดูแล้ง (สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, 2557)

2.2 ตับหญ้าแฝก

2.2.1 การผลิตวัสดุผงหลังจากหญ้าแฝก

การแปรรูปหญ้าแฝกเป็นวัสดุผงหลังจากด้วยมือ มีขั้นตอนดังรูปที่ 2.1 ดังนี้ 1) การตัดใบหญ้าแฝกที่มีความยาวใกล้เคียงกันมัดรวมและตากให้แห้ง 2) และ 3) การแบ่งใบหญ้าแฝกออกเป็นกำขนาดเล็ก และนำมาพับทบบนแกนไม้ไผ่แห้งผ่าซีกทีละกำ โดยให้ความยาวส่วนปลายของใบมีขนาดเท่ากันตามต้องการ พร้อมกับใช้เชือกมัดให้แน่น 4) การผลิตทุกขั้นตอนทำด้วยมือ ชาติความสะอาดและใช้เวลานาน 5) และ 6) แสลงดับจากที่กรองไปแล้วเก็บสมบูรณ์และที่เสร็จสมบูรณ์แล้วตามลำดับ



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)

รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการกรองใบหญ้าแฝกเข้ากับแกนไม้ไผ่ผ่าซีก เพื่อทำเป็นตับแฝก
(บ้านสวนทรัพย์ในดิน, 2556)

2.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของตับหญ้าแฝก

เราได้นำตับหญ้าแฝกผลิตด้วยมือที่หาซื้อได้ตามท้องตลาด มาทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพของตับหญ้าแฝกที่เป็นที่นิยมมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลคุณสมบัติของตับหญ้าแฝก

1. ความยาวของหญ้าแฝก	
- ก้าน	41 ซม.
- ใบ	113 ซม.
- รวม (ก้าน+ใบ)	154 ซม.
2. จำนวนต้นเฉลี่ยต่อมัด	10.56 ต้น/มัด
3. จำนวนมัดเฉลี่ยต่อตับ	131 มัด/ตับ
4. ระยะห่างของแต่ละมัดเฉลี่ย	12 มม.
5. ความยาวของไม้แต่ละตับเฉลี่ย (กว้าง X ยาว X สูง)	8 X 15 X 1488 มม.
6. จำนวนต้นหญ้าแฝกน้ำหนัก 1 กก.	763 ต้น
7. ความหนาแน่น	70.45 กก./ลบ.ม.

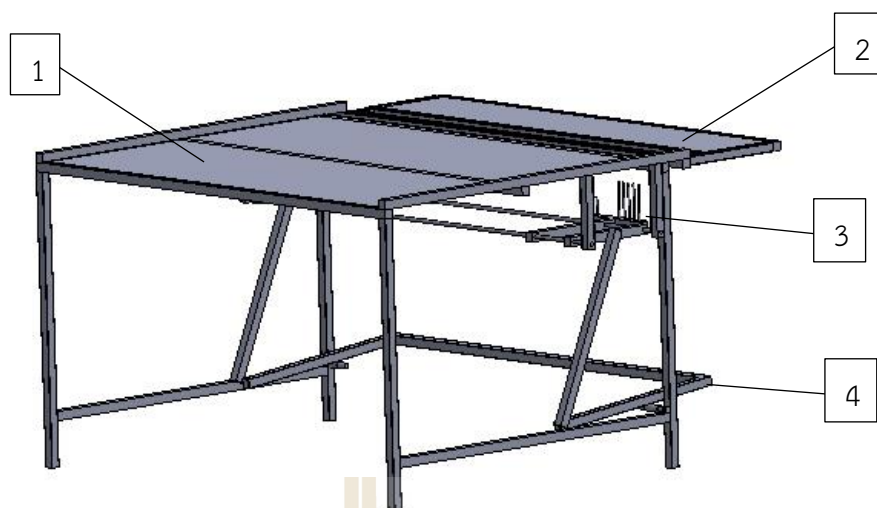
การกรองต้องทำด้วยมือ มีความสามารถในการผลิตต่ำมาก จึงนิยมทำเพื่อไว้ใช้เอง ในครอบครัวหรือจำหน่ายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ปัจจุบันتبแฝกมีราคาขายสูงถึง 10 – 20 บาท/تب ตามแต่พื้นที่ การกรองหญ้าแฝกขายจึงเป็นการแปรรูปแฝกที่ให้ผลตอบแทนค้ค่าที่สุด (พิชญ์โลก ฮอตนิวส์, 2557)

ธัญชัย ปคุณวรกิจ, พันธุดา พุฒิไพโรจน์, วรธรรม อุ่นจิตติชัย และพรรณจิรา ทิศา วิภาต (2549) ได้รายงานว่ การใช้หญ้าแฝกแห้งอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นความหนาแน่น 80 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และทดสอบการนำความร้อนตามวิธีมาตรฐาน ASTM C177 พบว่ามีค่าการนำความร้อนอยู่ระหว่าง 0.045 – 0.051 วัตต์/เมตร²เคลวิน Benefit of grass (2557) เปรียบเทียบกับฉนวนใยแก้ว (Fiberglass) ความหนาแน่น 16 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ความหนา 25 มิลลิเมตร ที่มีค่าการนำความร้อนประมาณ 0.03 – 0.042 วัตต์/เมตร²เคลวิน จะเห็นได้ว่า มีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้หญ้าแฝกมาผลิตเป็นฉนวนความร้อนที่ดีได้

2.3 แนวคิดในการออกแบบเครื่องจักร

การแปรรูปใบแฝกที่สร้างมูลค่าเพิ่มได้สูงและเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของไทยคือการกรองใบหญ้าแห้งเป็นتبหญ้าแฝกสำหรับมุงหลังคา แต่พบว่ามีข้อจำกัดคือ ต้องใช้ความชำนาญในการปฏิบัติ มีขั้นตอนที่ยุ่งยากและใช้เวลาในการผลิตนาน คณะผู้วิจัยจึงต้องการที่จะพัฒนาเครื่องจักรสำหรับช่วยในขั้นตอนการผลิตวัสดุมุงหลังคาจากหญ้าแฝกขึ้น เพื่อช่วยลดขั้นตอนการผลิตที่ยุ่งยากและใช้เวลานานให้มีความสะดวก รวดเร็วยิ่งขึ้น ได้วัสดุมุงหลังคาจากใบหญ้าแฝกที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับการผลิตด้วยมือ

จากงานวิจัยเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุมุงหลังคาจากหญ้าแฝก (สุรยุทธ รุณเกต, วันทยา ปานทิพย์, ศิริชัย แก้วกุล, ณัฐพัชร ภาระพงษ์ และกระวี ตรีอำนรรค, 2559) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบที่ช่วยให้การผลิตหลังคาที่ทำจากหญ้าแฝกได้เร็วขึ้นด้วยคนเพียงคนเดียวช่วยลดแรงที่ใช้ในการทำงานเพื่อเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้นดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุผงหลังจากหญาแฝก
(สุรยุทธ และคณะ, 2559)

จากรูปที่ 2.2 พื้นโต๊ะทำจากแผ่นเหล็กฉาบสังกะสีสำหรับวางหญา (1) ขนาด 140x160 cm ตัวพับ (2) มีขนาด 30x155 cm และเข็มที่ใช้เย็บจำนวน 5 เล่มวางห่างกัน 5 cm ใช้กลไก Four-bar linkage ออกแบบการเคลื่อนที่ของตัวเย็บ ซึ่งจะทำการทดสอบด้วยเชือกไนลอนและเชือกฟางในการเย็บหญาเฉพาะด้านเดียว การทำงานเริ่มจากนำหญา มาวางบนแผ่นสังกะสีแล้วนำตัวพับมาปิดทับไว้ จากนั้นทำการเหยียบที่ขาตั้ง (4) เพื่อให้กลไกทำการเย็บ จากการทดสอบพบว่า การเย็บด้วยเชือกไนลอนแบบด้านเดียว จะทำให้เชือกเกิดกานพันกันและยังไม่สามารถเย็บได้อีกด้วย ส่วนการใช้เชือกฟางแก้วมีความเหมาะสมสำหรับการเย็บมากกว่าเชือกไนลอนเพราะจะทำให้เชือกไม่พันกันมาก มีอัตราการผลิตเท่ากับ 12 นาทีต่อตัว ซึ่งใช้เวลาใกล้เคียงกับการผลิตด้วยมือที่มีอัตราการผลิตเท่ากับ 15 นาทีต่อตัว

จากงานวิจัยข้างต้น งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาออกแบบและคำนวณเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุผงหลังจากหญาแฝกที่มีกลไกต่าง ๆ โดยใช้ต้นกำลังจากระบบนิวเมติกส์ และมอเตอร์ไฟฟ้า

2.4 ระบบกลไกที่ใช้ในเครื่องจักร

2.4.1 จักรเย็บกระสอบ

จักรเย็บกระสอบไฟฟ้าเป็นเครื่องมือสำหรับเย็บปิดปากถุงซึ่งเรานำมาใช้ในการเย็บตัวหญาแฝกแทนการเย็บด้วยมือ จากการทดสอบเย็บตัวหญาแฝกด้วยจักรเย็บกระสอบรุ่น GK26-1A ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งได้ทำการทดสอบเย็บตัวหญาค่างรูปที่ 2.4 พบว่ารอยตะเข็บที่ได้มีความสม่ำเสมอ

ลักษณะการถักลูกโซ่ของจักรแสดงดังรูปที่ 2.5 และข้อมูลคุณสมบัติของจักรไฟฟ้าแสดงดังตารางที่ 2.2 แต่พบปัญหาเส้นด้ายขาดในขณะที่ทำการเย็บหากถ้าหญาคาเรียงตัวไม่สม่ำเสมอ



รูปที่ 2.3 จักรเย็บกระสอบรุ่น GK26-1A

รูปที่ 2.4 รอยตะเข็บที่เย็บด้วยจักรเย็บกระสอบ



รูปที่ 2.5 ลักษณะรอยตะเข็บ

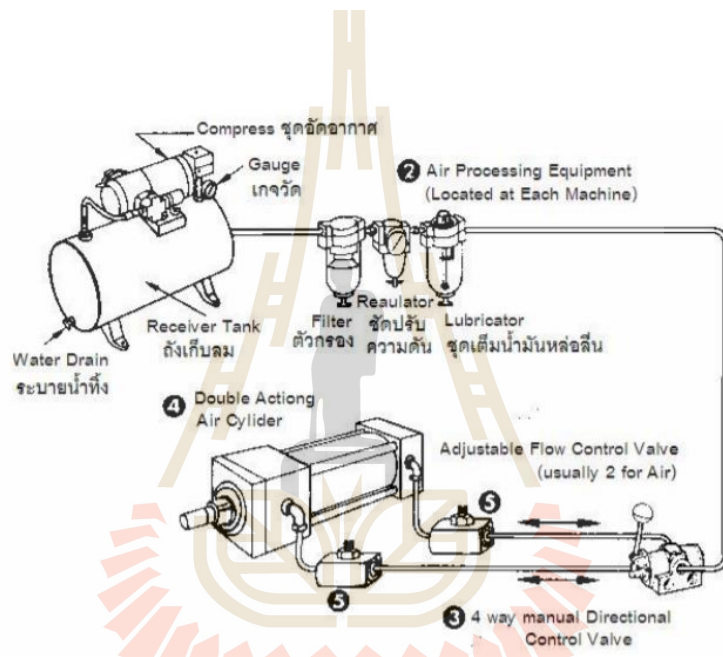
ตารางที่ 2.2 ข้อมูลคุณสมบัติของจักรเย็บกระสอบรุ่น GK26-1A

รุ่น	ความกว้าง ตะเข็บ	กำลังไฟฟ้า	ชนิดเข็ม	ความเร็วรอบ	น้ำหนัก
GK26-1A	6.5 mm	90 W	DNx1 #25	1,250 rpm	5 kg

2.4.2 ระบบนิวแมติกส์

ระบบนิวแมติกส์ หมายถึง ระบบที่ใช้อากาศเป็นตัวทำงานในการส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ ให้ทำงานหรือเกิดการเคลื่อนที่ สำหรับอุปกรณ์พื้นฐานเบื้องต้นในการทำงานของระบบนิวแมติกส์สามารถแบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลักดังต่อไปนี้ (รูปที่ 2.6)

- อุปกรณ์พื้นฐานต้นกำลังนิวแมติกส์ (Power unit)
- อุปกรณ์พื้นฐานปรับปรุงคุณภาพลมอัด (Treatment component)
- อุปกรณ์พื้นฐานควบคุมการทำงาน (Controlling component)
- อุปกรณ์พื้นฐานการทำงาน (Actuator or working component)
- อุปกรณ์พื้นฐานในระบบท่อทาง (Piping system)



รูปที่ 2.6 อุปกรณ์เบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์

(ณัฐพงษ์ จริตงาม และณิชา ลิ้มเจริญ, ม.ป.ป.)

2.4.2.1 อุปกรณ์พื้นฐานต้นกำลังนิวแมติกส์

เครื่องอัดอากาศจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกลที่ใช้ในระบบนิวแมติกส์ จึงมีความสำคัญมากที่จะต้องเลือกใช้เครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน เพื่อให้ได้ปริมาณลมอัดที่เหมาะสมกับวงจรที่ออกแบบและมีราคาประหยัด ลักษณะของเครื่องอัดอากาศหรือเครื่องอัดลมดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบและการทำงาน
(ณัฐพงษ์ จริตงาม และณิชา ลีเมจริญ, ม.ป.ป.)

2.4.2.2 อุปกรณ์พื้นฐานปรับปรุงคุณภาพลมอัด

ก่อนที่จะนำลมอัดไปใช้ในระบบนิวแมติกส์ ลมอัดควรผ่านชุดควบคุมคุณภาพลมอัดก่อน เพราะลมอัดที่มาจากถังเก็บลมจะประกอบไปด้วยความชื้นและละอองน้ำกลั่นตัวปนมากับลมอัด ตลอดจนแรงดันลมอัดที่สูงถ้าปล่อยเข้าไปในระบบจะทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้ เช่น วาล์ว ข้อต่อ เป็นต้น จึงต้องมีการปรับความดันก่อนนำไปใช้ในวงจรนิวแมติกส์ ลักษณะของชุดควบคุมคุณภาพลมอัด ดังรูปที่ 2.8

ชุดควบคุมคุณภาพลมอัดจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ 4 ชนิด ดังนี้

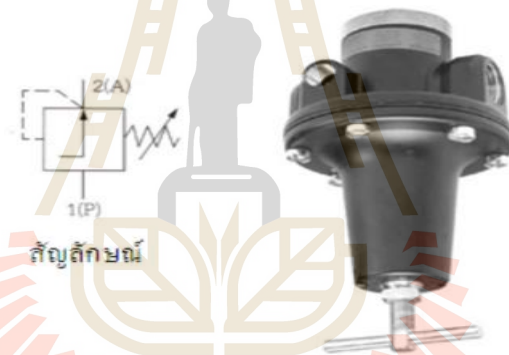
- ชุดกรองอากาศ (Filter)
- ชุดควบคุมความดัน (Regulator)
- ชุดน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator)
- เกจวัดความดัน (pressure gauge)



รูปที่ 2.8 ชุดควบคุมคุณภาพลมอัด
(ณัฐพงษ์ จริตงาม และณิชา ลีเมจริญ, ม.ป.ป.)

ชุดกรองอากาศทำหน้าที่กรองฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกต่างๆ ความชื้น หรือน้ำที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำ การทำงาน ลมอัดไหลเข้าทางด้านท่อลมเข้าผ่านเข้ามาภายในครอบแก้วซึ่งเป็นที่จำกัด ทำให้ลมอัดไหลวน ละอองน้ำและฝุ่นละอองจะถูกเหวี่ยงไปมากระทบกับผนังครอบแก้ว เมื่อไหลผ่านไส้กรองจะได้ลมอัดที่สะอาดผ่านออกสู่ท่อทางออก ส่วนละอองน้ำและฝุ่นละอองที่จับอยู่ที่ผิวของครอบแก้ว เมื่อมีจำนวนมากจะสะสมรวมกันอยู่ทางด้านล่างของครอบแก้ว และถ้ามีปริมาณมากจะต้องหมุนสกรูถ่ายน้ำออกด้านล่าง

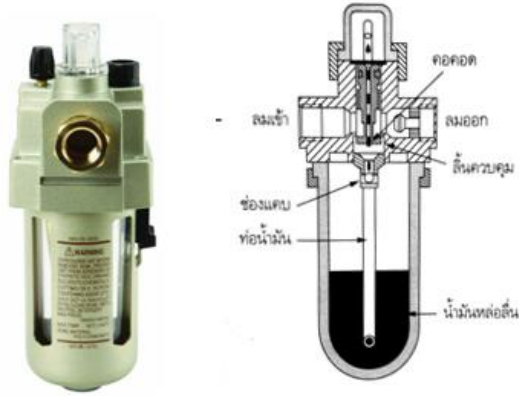
ชุดควบคุมความดัน (Regulator) ความดันลมอัดจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอถ้านำไปใช้อาจทำให้อุปกรณ์นิวแมติกส์ชำรุดเสียหาย ทำให้ระบบการทำงานของวงจรทำงานผิดพลาด อายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลงเพราะความดันลมไม่เหมาะสม ดังนั้น เพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงใช้อุปกรณ์ควบคุมความดันหรือเรกูเลเตอร์(Regulator) เพื่อทำหน้าที่ปรับความดันใช้งานให้คงที่และเหมาะสมกับความต้องการของระบบ และปรับความดันทางด้านต้นทางให้สูงกว่าความดันปลายทางลักษณะของชุดควบคุมความดันดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ชุดควบคุมความดันและลักษณะโครงสร้าง

(ณัฐพงศ์ จริตงาม และณิชา ลีเมธี, ม.ป.ป.)

ชุดน้ำมันหล่อลื่นจะมีหน้าที่เป็นตัวจ่ายสารหล่อลื่นให้กับอุปกรณ์นิวแมติกส์ โดยจะปนไปกับลมอัดในการใช้งาน เพื่อลดการสึกหรอและความฝืดของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น วาล์ว ข้อต่อ ลูกสูบ เป็นต้นลักษณะของชุดน้ำมันหล่อลื่น การทำงานชุดน้ำมันหล่อลื่นจะอาศัยหลักการของช่องแคบที่ความดันแตกต่างกันคือ ความเร็วของลมอัดที่ไหลผ่านช่องแคบมีความเร็วสูง จึงทำให้เกิดการดูดน้ำมันขึ้นมาผสมกับลมอัดที่ไหลผ่านเป็นละอองน้ำมันหล่อลื่น เพื่อนำไปใช้ในระบบหล่อลื่นอุปกรณ์ต่างๆ ต่อไป ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ชุดกรองอากาศและลักษณะโครงสร้าง
(ณัฐพงษ์ จริตงาม และณิชา ลีเมจริญ, ม.ป.ป.)

เกจวัดความดัน (Pressure Gauge) โดยปกติเกจวัดความดันจะติดตั้งอยู่ทางออกของตัวควบคุมความดันลมอัด เกจวัดความดันลมอัดจะเป็นแบบท่อสปริงรูปทรงกลมโค้งงอในแนวรัศมีและมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นท่อกลางส่วนปลายข้างหนึ่งยึดติดกับช่องที่ให้ ความดันลมอัดผ่านเข้ามาภายในท่อสปริงเมื่อมีแรงดันของลมท่อสปริงรูปทรงกลม จึงยืดออกให้ท่อตรงส่วนปลายอีกด้านของท่อสปริงจะยึดติดกับชุดกลไกต่อระหว่างท่อสปริงกับเฟืองเข็ม กลไกเหล่านี้ จะเพิ่มตัวแสดงการเคลื่อนไหวของท่อสปริงหรือบอกความดันภายในระบบนั่นเอง

2.4.2.3 อุปกรณ์พื้นฐานควบคุมการทำงาน

วาล์วควบคุมทิศทาง (รูปที่ 2.11) ทำหน้าที่ควบคุมลมอัดให้ไหลผ่านวาล์วไปใน ทิศทางที่ต้องการเพื่อให้กระบอกสูบทำงานหรือหยุดทำงาน หรือหยุดค้างตำแหน่งการทำงานได้



รูปที่ 2.11 วาล์วควบคุมทิศทาง
(ณัฐพงษ์ จริตงาม และณิชา ลีเมจริญ, ม.ป.ป.)

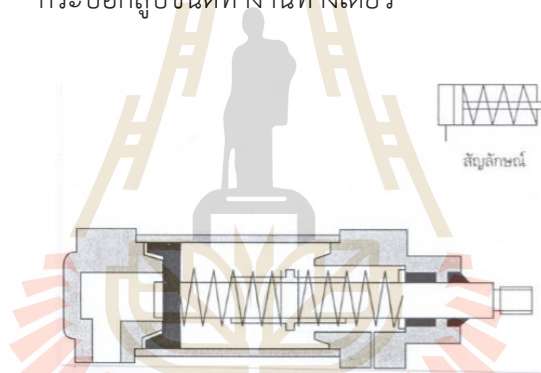
การเรียกชื่อวาล์ว การเรียกชื่อวาล์วด้วยตัวเลขโดยกำหนดให้ตัวเลขตัวหน้า หมายถึงจำนวนรูของวาล์ว ส่วนตัวเลขตัวหลัง หมายถึงจำนวนตำแหน่งการทำงาน เช่น เขียนว่า 3/2 จะหมายถึงวาล์วชนิดมี 3 รู และ 2 ตำแหน่งทำงาน เขียนว่า 5/2 หมายถึง วาล์วที่มี 5 รู 2 ตำแหน่งทำงาน เป็นต้น

วาล์วควบคุมอัตราการไหล คือ วาล์วที่ควบคุมปริมาณลมให้ไหลน้อยลง ควบคุมการไหลได้ทั้ง 2 ทาง คือ เมื่อลมเข้าทาง P ปริมาณลมจะผ่านช่องแคบ ทำให้ปริมาณลมไหลผ่านไปได้น้อยกว่าปกติ และเมื่อเอาลมเข้าอีกด้าน ลมก็ถูกควบคุมเช่นเดียวกัน สามารถปรับสกรูเปิดลื่นวาล์วให้ปริมาณลมไหลผ่านน้อยหรือมากตามต้องการ วาล์วควบคุมอัตราการไหลแบ่งตามโครงสร้างและลักษณะการทำงานได้ 2 ชนิดคือ วาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับไม่ได้ และวาล์วควบคุมอัตราการไหลชนิดปรับได้

2.4.2.4 อุปกรณ์พื้นฐานการทำงาน

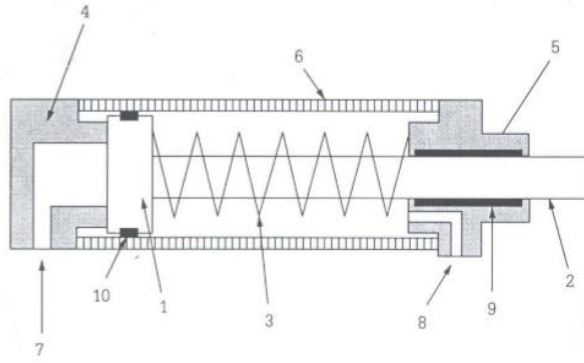
กระบอกสูบ (Cylinder)

กระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียว



รูปที่ 2.12 กระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียว (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2546)

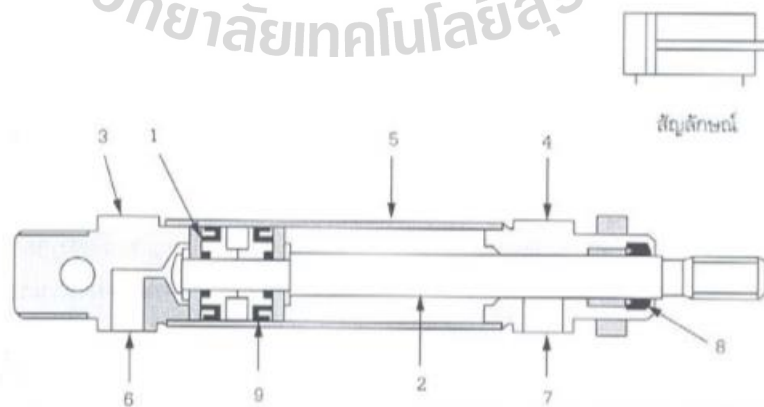
กระบอกสูบทางเดียวจะมีรูลมที่ด้านลูกสูบรูเดียว เมื่อมีลมอัดเข้าทางด้านลูกสูบจะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ออกและระบายลมทิ้งทางด้านก้านสูบ ในขณะที่เดียวกันจังหวะเคลื่อนที่กลับอาศัยแรงสปริงภายในกระบอกสูบ โดยทั่วไปกระบอกสูบทางเดียวถูกออกแบบให้มีความยาวช่วงชักไม่เกิน 100 มิลลิเมตร จึงเหมาะกับงานที่ไม่มีโหลดมากนัก หรือลักษณะงานที่มีขนาดเล็ก เช่น งานจักยัดชิ้นงาน งานกดอัดชิ้นงาน เป็นต้น (เดชฤทธิ์ มณีธรรม, 2548) ซึ่งโครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานทางเดียวแสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 โครงสร้างกระบอกลูกสูบชนิดทำงานทางเดียว (ณรงค์ ต้นชีวะวงศ์, 2546)

- จากรูปที่ 2.13
- หมายเลข 1 ลูกสูบ (piston)
 - หมายเลข 2 ก้านสูบ (piston rod)
 - หมายเลข 3 สปริงสำหรับดันให้ลูกสูบถอยกลับ (return spring)
 - หมายเลข 4 ฝาครอบท้าย (base end cover)
 - หมายเลข 5 ฝาครอบหัว (head end cover)
 - หมายเลข 6 กระบอกลูกสูบ (cylinder tube)
 - หมายเลข 7 รูต่อลม (pressure connection)
 - หมายเลข 8 รูระบายลม (vent hole)
 - หมายเลข 9 บูชก้านสูบ (bush and sealing element)
 - หมายเลข 10 ซีลลูกสูบ (piston seal)

กระบอกลูกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง



รูปที่ 2.14 โครงสร้างกระบอกลูกสูบชนิดทำงานสองทิศทาง (ณรงค์ ต้นชีวะวงศ์, 2546)

กระบอกสูบสองทางจะมีรูลมที่ด้านลูกสูบและก้านสูบลมอัดทั้ง 2 ด้านจะดันลูกสูบให้เคลื่อนที่เข้าและเคลื่อนที่ออก กระบอกสูบชนิดนี้จะมีแรงดันทำงานได้ 2 ทิศทาง ซึ่งจะเหมาะกับงานที่มีโหลดมากกว่ากระบอกสูบด้านเดียว โดยทั่วไปกระบอกสูบสองทางใช้กับงานที่ต้องการความยาวช่วงชักยาวๆ หรือลักษณะงานที่มีขนาดใหญ่ และงานที่ต้องการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง (เดซฤทธิ มณีธรรม, 2548) ซึ่งโครงสร้างของกระบอกสูบชนิดทำงานสองทิศทางส่วนใหญ่แล้วจะเหมือนกับกระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว คือ

- จากรูปที่ 2.14 หมายเลข 1 ลูกสูบ (piston)
 หมายเลข 2 ก้านสูบ (piston rod)
 หมายเลข 3 ฝาครอบท้าย (base end cover)
 หมายเลข 4 ฝาครอบหัว (head end cover)
 หมายเลข 5 กระบอกสูบ (cylinder tube)
 หมายเลข 6 รูต่อลมด้านลูกสูบ (base side)
 หมายเลข 7 รูต่อลมด้านก้านสูบ (head side)
 หมายเลข 8 ซีลก้านสูบ (bush and sealing element)
 หมายเลข 9 ซีลลูกสูบ (piston seal)

2.4.2.5 อุปกรณ์พื้นฐานในระบบท่อทาง

ทำหน้าที่เป็นท่อทางไหลของลมอัดในระบบนิวแมติกส์ระบบท่อนี้รวมถึงท่อส่งลมอัดและข้อต่อชนิดต่างๆด้วย

2.4.2.6 การคำนวณในระบบนิวแมติกส์

1) แรงของกระบอกสูบสามารถคำนวณได้จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ เส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบ และความดันลมอัด ดังสมการที่ 2.1 (ณรงค์ ต้นชีวะวงศ์, 2546)

$$F = \frac{\pi}{4} D^2 P \quad (2.1)$$

เมื่อ F = แรงของกระบอกสูบในจังหวะดัน (N)

P = ความดันลมอัด (Pa)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ (m)

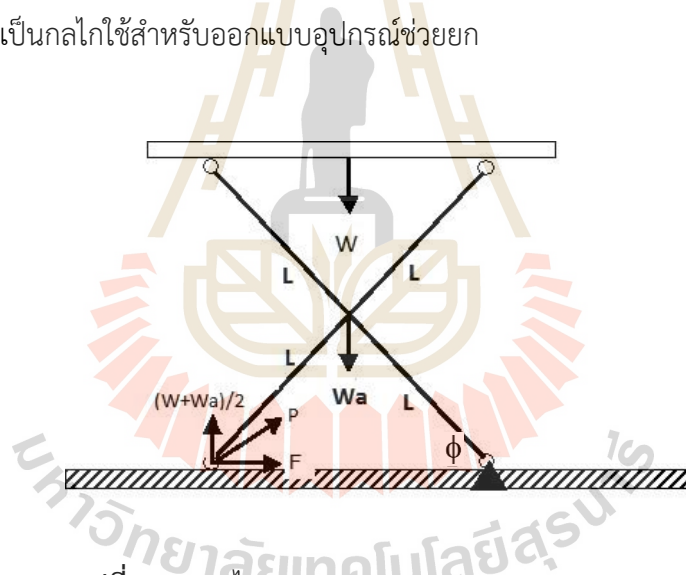
2) ปริมาณลมที่ใช้ (อัตราการไหลลม) คือ อัตราการไหลลมที่ต้องใช้ทำให้กระบอกสูบทำงาน สามารถคำนวณได้จากปริมาตรของกระบอกสูบ ดังนั้นจะสามารถคำนวณปริมาณลมที่ใช้ได้จากปริมาตรของกระบอกสูบตั้งสมการที่ 2.2 (ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2546)

$$V_a = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 L \times 1000}{t} \quad (2.2)$$

เมื่อ V_a = ปริมาณลมที่ใช้ (liters/s)
 L = ช่วงชักของกระบอกสูบ (m)
 t = เวลาที่ใช้ (s)

2.4.3 กลไก X Lift (Scissor Lift)

กลไก x lift หรือกลไกขากรรไกร มีชื่อเรียกตามลักษณะของขาที่ยกที่เหมือนตัว x หรือขากรรไกร เป็นกลไกใช้สำหรับออกแบบอุปกรณ์ช่วยยก



รูปที่ 2.15 กลไก Scissor lift (Vamfun's Blog, 2011)

จากรูปที่ 2.15 เราสามารถหาสมการของแรงที่ใช้ดันขาต้านซ้ายตามหลัก static equation เพื่อให้กลไกนี้สามารถเคลื่อนที่ได้ ตั้งสมการที่ 2.3 (Vamfun's Blog, 2011)

$$F_x = \frac{W}{\tan \phi} \quad (2.3)$$

ถ้าเราคติน้ำหนักของขากรรไกรจะได้ดังสมการที่ 2.4 (Vamfun's Blog, 2011)

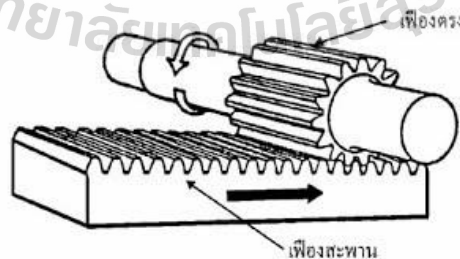
$$F_x = \frac{(W + W_a) / 2}{\tan\phi} \quad (2.4)$$

- เมื่อ F_x = แรงที่ใช้สำหรับดันขากรรไกร Scissor lift (N)
 W = น้ำหนักบรรทุก (N)
 W_a = น้ำหนักขากรรไกร (N)
 ϕ = มุมภายในระหว่างแนวนอนและขากรรไกร (degree)

จากกลไกข้างต้นที่ได้กล่าวมา เราได้นำกลไกนี้ไปออกแบบเพื่อใช้กับกลไกการกด
 หล้าแฝก เพราะหลังจากที่พับหล้าแฝกทับกับไม้ไผ่แล้วก่อนเข้าเครื่องเย็บเราต้องกดหล้าแฝกให้มี
 ความหนาน้อยกว่า 4 มิลลิเมตร เนื่องจากทางเข้าบริเวณเข็มเย็บของจักรเย็บกระสอบนั้นมีความกว้าง
 ประมาณ 4 มิลลิเมตรเท่านั้น กลไก x lift จะใช้ดันกำลังจากกระบอกสูบนิวแมติกส์

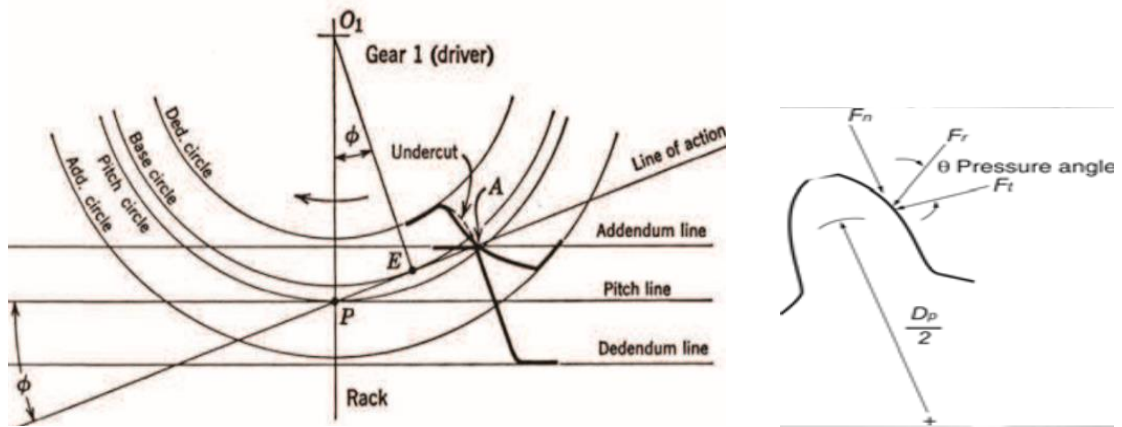
2.4.4 เฟืองตรงกับเฟืองบรรทัด

เฟืองบรรทัดกับเฟืองตรงเป็นกลไกในเครื่องจักรกลที่ทำงานร่วมกันโดยเฟืองบรรทัด
 ทำหน้าที่ส่งผ่านการเคลื่อนที่เชิงเส้นไปยังเฟืองตรงเพื่อเปลี่ยนเป็นการเคลื่อนที่เชิงมุม การส่งผ่านแรง
 ของเฟืองบรรทัดและเฟืองตามนั้น เมื่อเฟืองบรรทัดส่งแรงผ่านไปยังเฟืองตาม จุดที่ฟันเฟืองทั้งสอง
 สัมผัสกันตามทฤษฎีจะสัมผัสกันบนวงกลมพิตช์ (Pitch circle) กับเส้นพิตช์ (Pitch line) และมุมกด
 (ϕ) เป็นมุมกด (Pressure angle) ของเฟือง (อิสระ ศรีวิบูลย์รัตน์ และพินัย ทองสวัสดิ์วงศ์ ,2556) ดัง
 รูปที่ 2.17



รูปที่ 2.16 ลักษณะของเฟืองบรรทัด

(มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น, ม.ป.ป.)



รูปที่ 2.17 การขบกันของเฟืองตรงกับเฟืองบรรทัด
(อิสระ ศรีวิบูลย์รัตน์ และพินัย ทองสวัสดิ์วงศ์, 2556)

จากรูปที่ 2.17 เราสามารถหาแรงที่เกิดขึ้นตรงจุดฟันเฟืองทั้งสองสัมผัสกันได้ดังสมการที่ 2.5 (อิสระ ศรีวิบูลย์รัตน์ และพินัย ทองสวัสดิ์วงศ์, 2556)

$$F_t = \frac{2T}{D_p} \quad (2.5)$$

เมื่อ F_t = แรงที่เกิดขึ้นตรงจุดฟันเฟืองขบกัน (N)
 T = แรงบิด (N·m)
 D_p = เส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ของเฟืองตรง (m)

และสามารถหาความเร็วของเฟืองตรงได้ดังสมการที่ 2.6 (อิสระ ศรีวิบูลย์รัตน์ และพินัย ทองสวัสดิ์วงศ์, 2556)

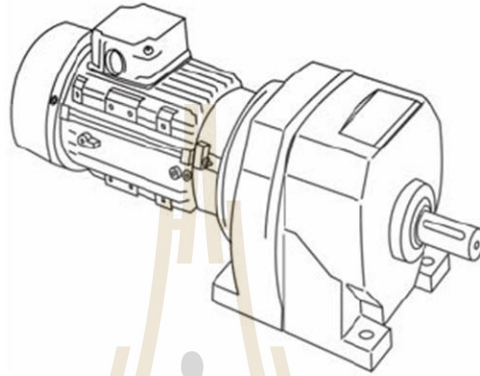
$$V_t = \frac{3.14D_p N}{60} \quad (2.6)$$

เมื่อ V_t = ความเร็วของเฟืองตรง (m/s)
 N = ความเร็วรอบของเฟืองตรง (rpm)

จากกลไกเฟืองตรงและเฟืองบรรทัดจะถูกนำไปใช้ในกลไกการป้อนต้นหญ้าแฝกเพื่อ
 เย็บด้วยจักรเย็บกระสอบและใช้ในกลไกการพับแผงหญ้าแฝกทบบนแกนไม้

2.4.5 มอเตอร์เกียร์

มอเตอร์เกียร์เป็นอุปกรณ์ทำให้เพลาชั้หมุนเคลื่อนที่ตามความเร็วที่ต้องการและ
 แรงม้าในการขับเคลื่อนต้องเหมาะสม ชุดชั้บนั้นจะแบ่งอุปกรณ์การทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ
 อุปกรณ์ต้นกำลัง (Power source) ส่วนมากจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้า, อุปกรณ์ทดความเร็ว (Power
 Transmission) เป็นอุปกรณ์ลดความเร็วมอเตอร์เพื่อปรับรอบความเร็วให้เหมาะสมกับการทำงานส่ง
 ต่อไปยังเพลาชั้ ซึ่งมีลักษณะตามรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 มอเตอร์เกียร์ (ธีรศักดิ์ ศรีมิตรรุ่งโรจน์, 2558)

เราสามารถคำนวณหาค่ากำลังของมอเตอร์ได้จากสมการที่ 2.7 (บริษัท แมนูแฟคเจอร์
 โอเวอร์ฮอล ราฟิด แอนด์ ออพติมอล จำกัด, 2558)

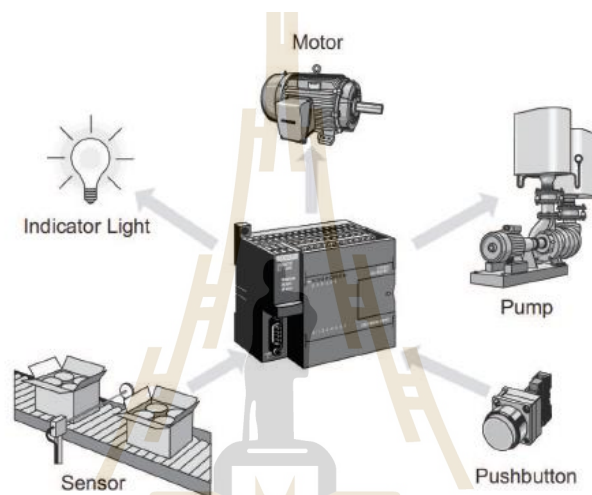
$$P_m = \frac{2\pi T_t N}{60} \quad (2.7)$$

เมื่อ P_m = กำลังของมอเตอร์ (Watt)
 T_t = แรงบิดที่เกิดขึ้นตรงจุดฟันเฟืองขบกัน (N•m)
 N = ความเร็วรอบของเฟืองตรง (rpm)

2.4.6 ระบบควบคุมอัตโนมัติ

2.4.6.1 Programmable Logic Controller (PLC)

อุปกรณ์นี้เป็นชุดควบคุมที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นกลไกสำคัญในการควบคุมการทำงาน โดยชุดควบคุมนี้จะพิจารณาว่า input มีลักษณะเช่นไร จากเครื่องจะวิเคราะห์ตามตรรกะที่ผู้ใช้ได้กำหนดโปรแกรมไว้ และจากนั้นจะสั่งการให้มี output เพื่อไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ตามที่เราต้องการ (รูปที่ 2.19) สิ่งที่ทำให้ PLC เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอัตโนมัติก็คือ อุปกรณ์นี้มีความทนทาน ทนต่อสภาพอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงได้ดี มีชุด input/output บรรจุรวมเข้าอยู่กับชุดควบคุม และการเขียนชุดภาษาที่ใช่ง่ายต่อความเข้าใจ



รูปที่ 2.19 อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับ PLC เพื่อใช้ในการควบคุม

2.4.6.2 Proximity Sensor

พรีอกซิมีตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor) หรือ พรีอกซิมีตี้สวิตช์ (Proximity Switch) (รูปที่ 2.20) คือ เซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง และ สัญญาณลม ส่วนการนำเซนเซอร์ประเภทนี้ไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่าง โดยทั่วไปจะมีด้วยกัน 3 ประเภท คือ Inductive Proximity Sensor, Capacitive Proximity Sensor และ Photoelectric Proximity Sensor (อรชุน ตั้งใจ, 2554)



รูปที่ 2.20 Proximity Sensor

2.4.6.3 Reed Switch

Reed Switch หรือ Auto Switch (รูปที่ 2.21) คือ แมกเนติกเซนเซอร์ที่มีลักษณะเป็นแบบหน้าสัมผัส ซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้ว จะเป็นหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open : NO) สวิตช์นี้จะทำงานโดยอาศัยสนามแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเห็นแม่เหล็กถาวร หรือแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้ แผ่นหน้าสัมผัสจะทำมาจากสารที่มีผลต่อสนามแม่เหล็ก (Ferromagnetic) และติดตั้งอยู่ภายในกระเปาะแก้วเล็กๆที่มีการเติมก๊าซเฉื่อย เพื่อทำให้การตัดต่อกระแสไฟฟ้าได้เร็วยิ่งขึ้น ใช้สำหรับตั้งระยะชักของกระบอกลม มีหลักการทำงานคือ Sensor Switch ถูกติดตั้งนอกกระบอกลม โดยอยู่แนวกระบอกลมและปรับเลื่อนตำแหน่งขึ้นลงตามความยาวของกระบอกลม ตามการใช้งาน เมื่อทดลองจนได้ตำแหน่งการใช้งานแล้วก็ขันสกรูล็อคไม่ให้ Sensor Switch เคลื่อนขึ้นลงตอนทำงาน ตัว Sensor Switch จะทำงานเมื่อมีแม่เหล็กที่ส่วนมากเป็นรูปวงแหวนอยู่ในร่องตรงกลางของลูกสูบ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งที่เซนเซอร์ติดกับกระบอกลม Sensor Switch จะตรวจพบแม่เหล็กที่อยู่รอบลูกสูบ เนื่องจากตรวจพบเส้นแรงแม่เหล็กจำนวนมาก Sensor Switch ก็ทำงาน (สยามอโตเมชัน, 2561)



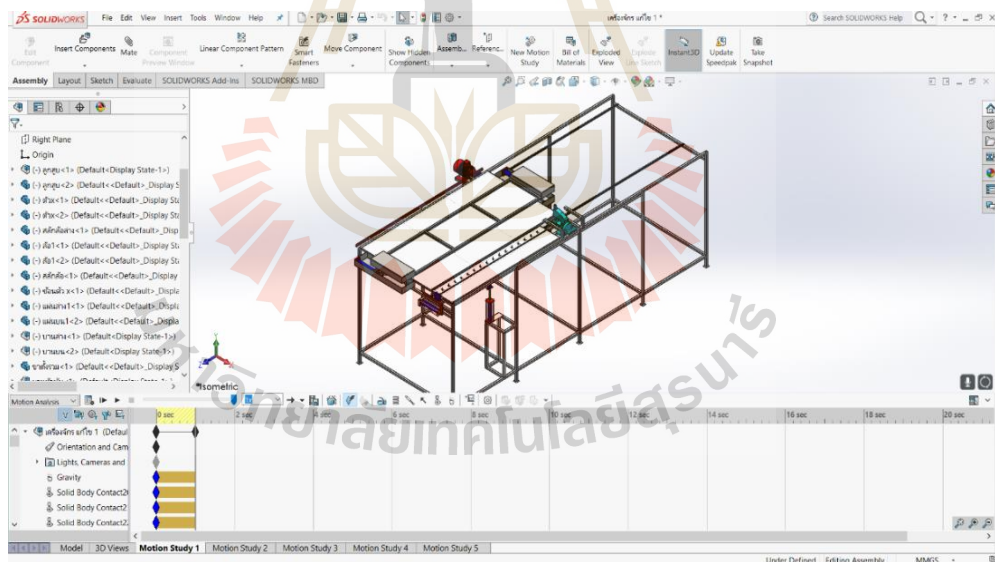
รูปที่ 2.21 Reed Switch (สยามอโตเมชัน, 2561)

2.5 การใช้โปรแกรม SolidWorks ในการออกแบบและคำนวณต้นกำลัง

การออกแบบใช้โปรแกรม SolidWorks version 2016 ในการออกแบบ และเรายังใช้โปรแกรม SolidWorks ในการคำนวณค่าที่ใช้ในการเลือกขนาดของต้นกำลังกระบอกสูบนิวแมติกส์และมอเตอร์เกียร์ โดยใช้คำสั่ง Motion Study ฟังก์ชัน Motion Analysis ดังรูปที่ 2.22 และ 2.23



รูปที่ 2.22 โปรแกรม SolidWorks version 2016



รูปที่ 2.23 คำสั่ง Motion Study ฟังก์ชัน Motion Analysis

Vavro, Kováčiková and Bezdedová, (2016) รายงานว่า การใช้โปรแกรม SolidWorks ในคำสั่ง motion study ในการวิเคราะห์ทางจลศาสตร์และพลวัตของกลไกแบบต่อเนื่อง ผลที่ได้มีความน่าเชื่อถืออย่างมีนัยสำคัญเพราะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบพารามิเตอร์เกี่ยวกับจลศาสตร์ทั้งหมดของกลไกใด ๆ และนอกจากนี้ยังสามารถระบุโหนดสำหรับจุดใด ๆ ของระบบได้

อย่างไรก็ตามไม่ปรากฏงานวิจัยที่ใช้เครื่องจักรกลช่วยในการผลิตวัสดุผงหลังจากใบหญ้าหรือวัสดุธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นเส้นชนิดอื่น ๆ ซึ่งใช้หลักการเดียวกันในการขึ้นรูปตัววัสดุผงหลังคา โดยรูปแบบของการใช้วัสดุแบบเส้นจากธรรมชาติในการมุงหลังคาเช่นนี้ พบได้ในประเทศกลุ่มเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เอเชีย-แปซิฟิก จีน เกาหลีและญี่ปุ่น เช่นกัน



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึง รายละเอียดของตัวอย่างทดสอบที่ใช้ อุปกรณ์และเครื่องมือวัดประกอบไปด้วย ชื่อ รุ่น ขนาด และมาตรฐาน รวมทั้งขั้นตอนการดำเนินงาน ได้แก่ การออกแบบกลไกและระบบส่งกำลังในเครื่องจักรต้นแบบ เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุผงหลังจากจากหญ้าแฝกที่พัฒนาขึ้น การเตรียมตัวอย่างทดสอบและการทดสอบ การวิเคราะห์คุณภาพของดับหญ้าที่ผลิตได้ การทดสอบการรั่วซึมของน้ำฝน การทดสอบการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ การทดสอบผลิตแบบต่อเนื่อง และการวิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมได้ดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบกลไกและระบบส่งกำลังในเครื่องจักรต้นแบบ

3.1.1 การออกแบบกลไกเครื่องจักร

การออกแบบเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตวัสดุผงหลังจากจากหญ้าแฝก จะใช้โปรแกรม SolidWorks 2016 ในการออกแบบกลไกทำงานของเครื่องจักร โดยการออกแบบจะประยุกต์ตามขั้นตอนการผลิตต้นแบบด้วยการกรอมือ และได้ต้นแบบเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตวัสดุผงหลังจากจากหญ้าแฝกตามรูปที่ 3.1 ซึ่งได้ออกแบบขั้นตอนการผลิตต้นแบบหญ้าแฝกไว้ดังนี้ (รูปที่ 3.2) (กฤษดา สายแสง, ภาวะวิ ตริอำนาจรรค, เทวรัตน์ ตริอำนาจรรค, 2561)

3.1.1.1 เครื่องจักรต้นแบบ และ หลักการทำงาน

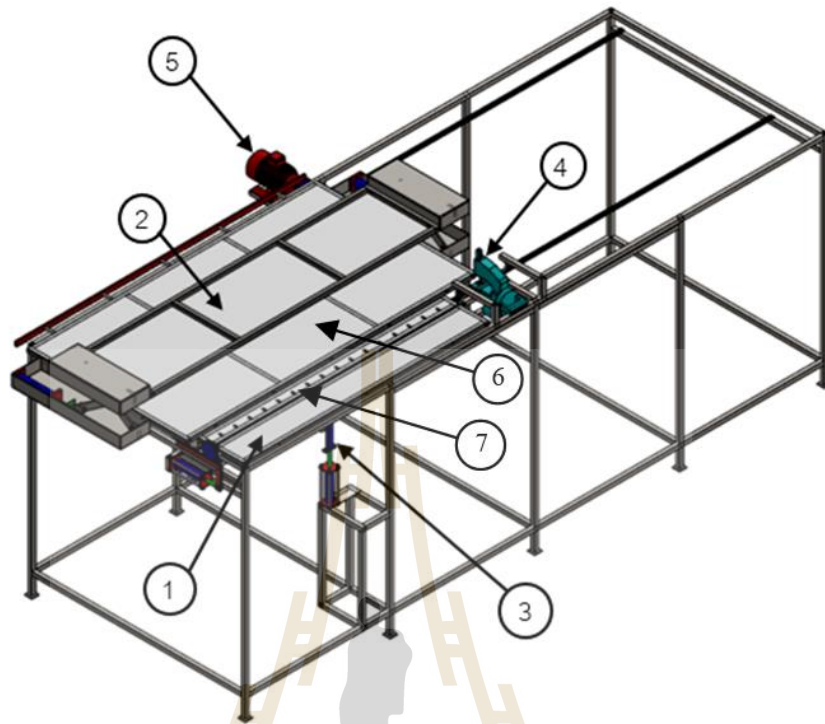
1) การทำงานเริ่มต้นด้วยการป้อนหญ้าไว้บนบนถาด (หมายเลข 6 ดังแสดงใน รูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2a) และจัดเรียงให้ได้ความหนาและขนาดตามต้องการ หลังจากนั้นผู้ปฏิบัติจะใส่ไม้บนรายหญ้าที่ตำแหน่ง (หมายเลข 7 ดังแสดงใน รูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2b)

2) กลไกตรงไม้ไม้ (หมายเลข 3 ดังแสดงใน รูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2c) จับยึดไม้บนกลไกการพับรายหญ้าทบบนแกนไม้ใช้หญ้าด้วยตะปู (รูปที่ 3.2b) จากนั้นกลไกการพับรายหญ้าทบบนแกนไม้ (หมายเลข 1 ดังแสดงใน รูปที่ 3.1) จะพับและหุ้มไม้โดยใช้รายหญ้า (รูปที่ 3.2d – 3.2e)

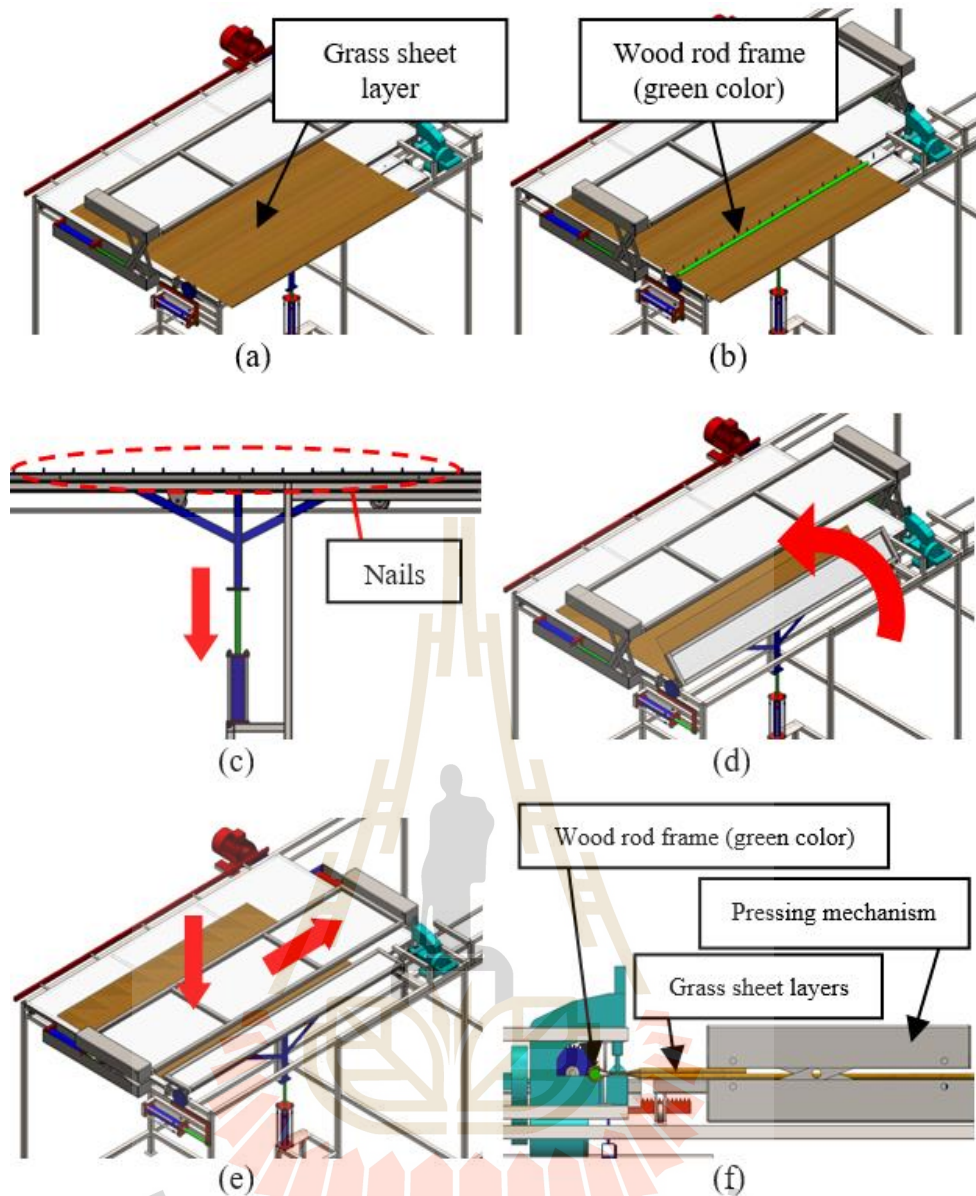
3) กลไกกดทับรายหญ้าให้อยู่กับที่ (หมายเลข 2 ดังแสดงใน รูปที่ 3.1) จะเลื่อนลงเพื่อกดรายหญ้าที่พับแล้ว (รูปที่ 3.2e) หลังจากนั้นถาดจะเลื่อนและนำรายหญ้าเข้าสู่จักรเย็บไฟฟ้า (หมายเลข 4 ดังแสดงใน รูปที่ 3.1) โดยมอเตอร์ไฟฟ้า (หมายเลข 5 ดังแสดงใน รูปที่ 3.1)

4) จักรเย็บไฟฟ้าจะเย็บรายหญ้าให้เข้ากัน (รูปที่ 3.2f) จากนั้นขั้นตอนการผลิตนี้เสร็จสิ้น

5) หลังจากนั้นกลไกทั้งหมดจะย้ายกลับไปตำแหน่งเริ่มต้นและรอการดำเนินการการผลิตถัดไป



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงแผนผังโครงสร้างของเครื่องจักรต้นแบบ



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ

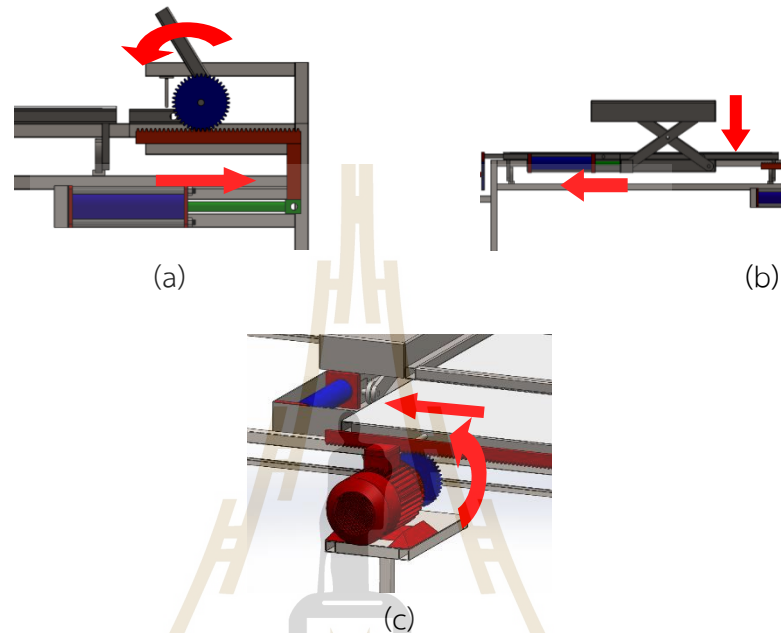
3.1.1.2 กลไกของเครื่องจักร

การเคลื่อนที่และต้นกำลังขับเคลื่อนของกลไกต่างๆ มีการทำงานดังนี้

1) กลไกการพับรายหญ้าทบบนแกนไม้ใช้ต้นกำลังจากกระบอกลูกสูบนิวแมติกส์ กลไกทำงานจากการเคลื่อนที่เชิงเส้นเปลี่ยนเป็นการเคลื่อนที่เชิงมุมโดยใช้กลไกเฟืองสะพานกับเฟืองฟันตรง (รูปที่ 3.3a)

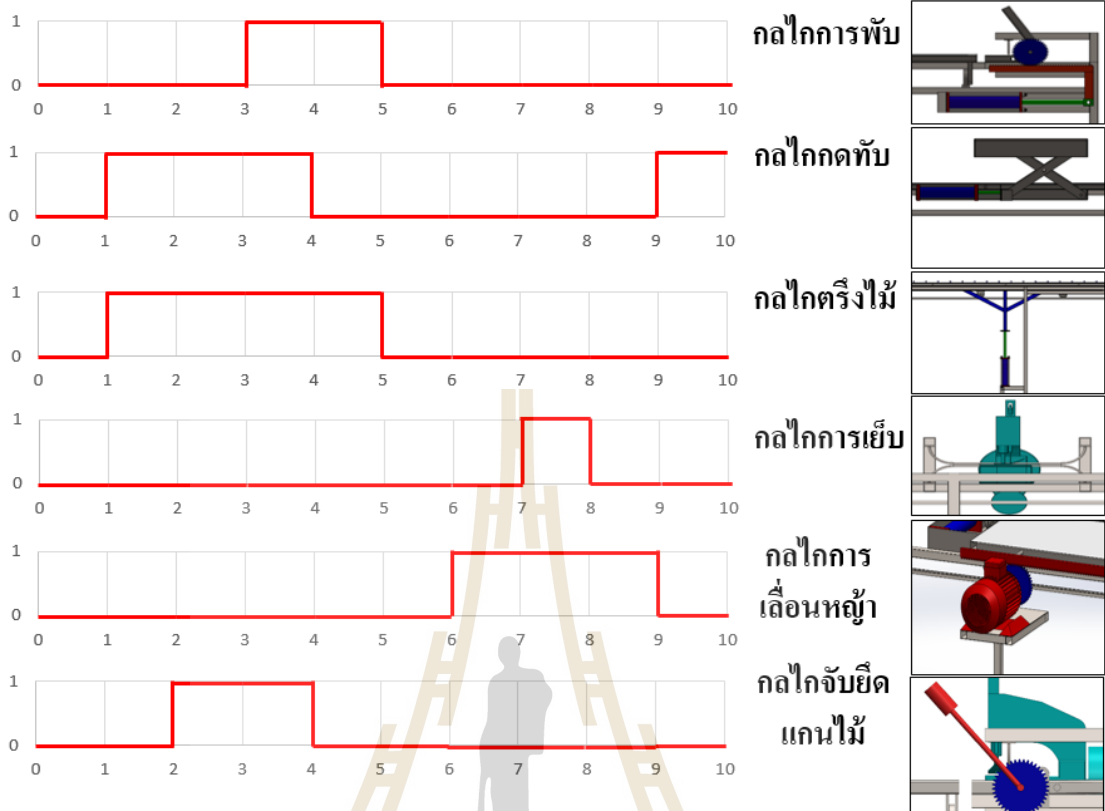
2) กลไกกดทับรายหญ้าให้อยู่กับที่ จะถูกขับเคลื่อนด้วยกระบอกลูกสูบนิวแมติกส์ กลไกทำงานเปลี่ยนการเคลื่อนที่ของกระบอกลูกสูบในแนวนอนไปสู่การยกในแนวตั้งโดยกลไก x-lift (รูปที่ 3.3b)

- 3) กลไกตรึงแกนไม้ จะถูกขับเคลื่อนด้วยกระบอกสูบนิวแมติกส์เพื่อยกบาร์เหล็กขึ้นเพื่อขวางไม้ไม่ให้เคลื่อนที่ (รูปที่ 3.2c)
- 4) กลไกการเย็บ กลไกนี้ใช้จักรเย็บกระสอบรุ่น GK26-1A
- 5) กลไกการเลื่อนถาดทรายหุ้ม ถูกขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้า และการเคลื่อนที่เชิงเส้นของถาดจะถูกส่งผ่านด้วยกลไกเฟืองตรงและเฟืองบรรทัด (รูปที่ 3.3c)



รูปที่ 3.3 (a) กลไกการพับทรายหุ้มบนแกนไม้ (b) กลไกกดทับทรายหุ้มให้อยู่กับที่
(c) กลไกการเลื่อนถาดทรายหุ้ม

3.1.1.3 ลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร



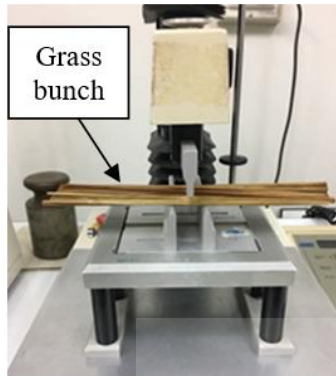
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

ลำดับขั้นตอนการทำงานของกลไกต่างๆถูกอธิบายโดยแผนผังในรูปที่ 3.4 ซึ่ง "0" และ "1" บนแกนแนวดิ่งเป็นตำแหน่งที่ไม่ทำงานและตำแหน่งที่ทำงานของกลไกตามลำดับ ตำแหน่ง "1" บนแกนแนวนอนเป็นจุดเริ่มต้นของการดำเนินงานและตำแหน่ง "10" เป็นจุดสิ้นสุด สำหรับการสั่งงานตามลำดับสัญญาณป้อนกลับในแต่ละกลไก จะถูกใช้เพื่อควบคุมการทำงานของกระบอกสูบนิวแม-ติกส์และมอเตอร์ด้วยพีแอลซี (Programmable Logic Control, PLC)

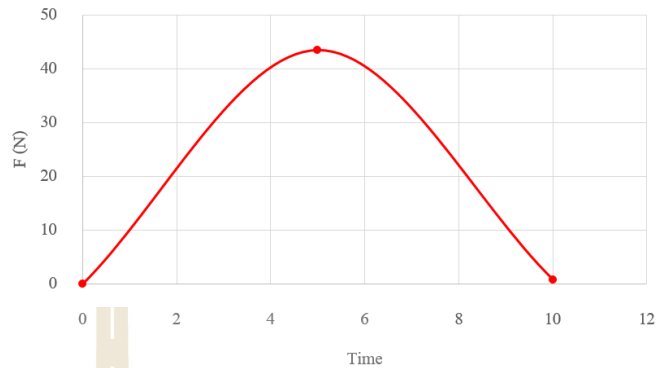
3.1.2 การหาขนาดระบบส่งกำลัง

เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตวัสดุผงหลังจากหญ้าแห้งที่ได้ออกแบบกลไกทำงานต่างๆและกำหนดประเภทต้นกำลังของกลไก (ตามหัวข้อ 3.2.3) แล้วจะถูกนำมาวิเคราะห์หาขนาดของต้นกำลังโดยใช้คำสั่ง Motion studies ในโปรแกรม SolidWorks 2016 โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ทดสอบสมบัติเชิงกลของหญ้าแฝกโดยใช้หญ้าแฝกทดสอบด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) เพื่อหาแรงดัด (รูปที่ 3.5) โดยแรงดัดนี้จะถูกใช้ในการคำนวณแรงบิดที่จำเป็นสำหรับกลไกการพับรายหญ้าทบบนแกนไม้



(a)



(b)

รูปที่ 3.5 (a) การทดสอบแรงดัดของหญ้าด้วยเครื่อง UTM (b) ผลการทดสอบ

2) ไฟล์ CAD ของเครื่องต้นแบบ (ไฟล์ SLDASM) ที่ออกแบบด้วยโปรแกรม SolidWorks ได้ถูกวิเคราะห์โดยฟังก์ชัน Motion studies เพื่อหาขนาดของแรงขับของแต่ละกลไก แรงภายนอก แรงโน้มถ่วง คุณสมบัติของวัสดุของส่วนประกอบทุกกลไกและข้อจำกัดของการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนถูกระบุไว้ในฟังก์ชันสำหรับการคำนวณ วิธีนี้ใช้เวลาน้อยในการประมวลผลและให้ผลการคำนวณที่เหมาะสมซึ่งเท่ากับการคำนวณด้วยมือด้วยสมการ (1) ถึงสมการ (3) สำหรับค่าของตัวแปรที่เราสนใจ

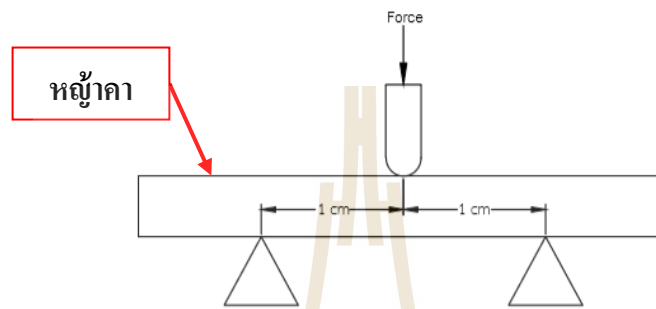
3) แรงขับของแต่ละกลไกที่คำนวณได้จากโปรแกรมจะถูกนำไปใช้ในการหาขนาดของระบบส่งกำลังในเครื่องจักรโดยสมการ (2.1), สมการ (2.2) และสมการ (2.7)

จากการศึกษาการทำงานด้วยฟังก์ชัน Motion studies โปรแกรม SolidWorks โดยการระบุระยะและเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแต่ละกลไก ซึ่งโปรแกรมจะวิเคราะห์หาแรงที่ต้องใช้เพื่อเอาชนะความเฉื่อยและแรงโน้มถ่วง ผลที่ได้มีดังนี้

1) กลไกการพับรายหญ้าทบบนแกนไม้

จากการทดสอบหาแรงดัดของหญ้าแฝกด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ชนิดหัวกดแบบ Bending พบว่า แรงดัดสูงสุดในการดัดหญ้าแฝก 1 มัดเท่ากับ 43.5 N จากตารางที่ 2.1 ตับหญ้า 1 ตับประกอบด้วยหญ้าแฝกประมาณ 131 มัด ดังนั้นแรงดัดที่ใช้จะเท่ากับ 5,698.5 N

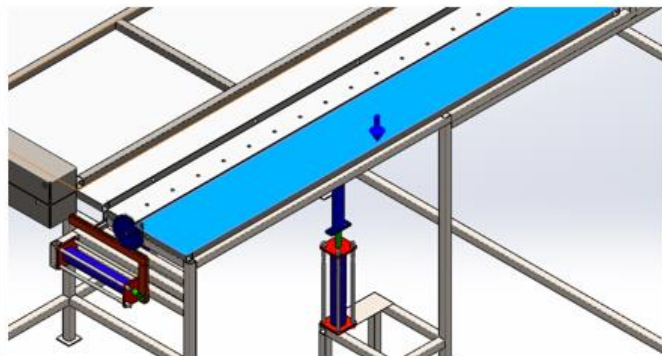
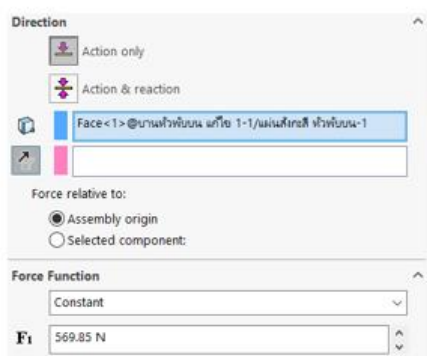
จากรูปที่ 3.6 เป็นตำแหน่งการทำงานของเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) เพื่อหาแรงดัด ซึ่งเราสามารถคำนวณหา Bending moment ได้ 5,698.5 N·cm และจากรูปที่ 3.7 เป็นตำแหน่งการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ โดยเราสามารถนำค่า Bending moment ที่ได้ไปคำนวณหาแรงที่ต้องใช้จริงในการดัดหญ้าแฝกโดยกลไกที่ได้ออกแบบ จากการคำนวณแรงที่ต้องใช้จริงเท่ากับ 569.85 N จากแรงที่หาได้จะถูกนำไปใส่ค่าเป็นแรงต้านการเคลื่อนที่ของกลไกการพับรายหญ้าทบบนแกนไม้ในคำสั่ง Motion Studies ตามรูปที่ 3.8



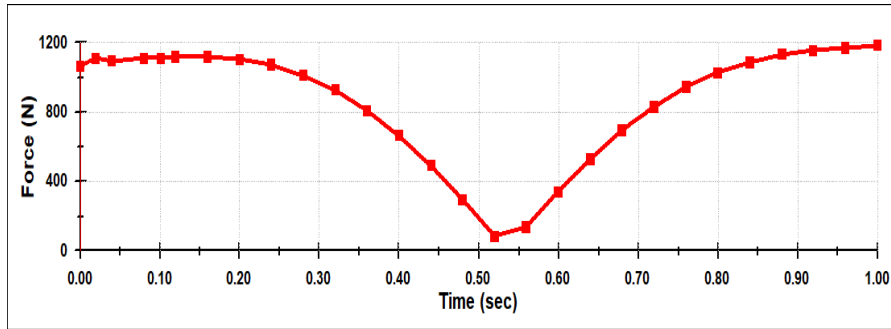
รูปที่ 3.6 ตำแหน่งการทำงานของเครื่อง Universal Testing Machine



รูปที่ 3.7 ตำแหน่งการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ



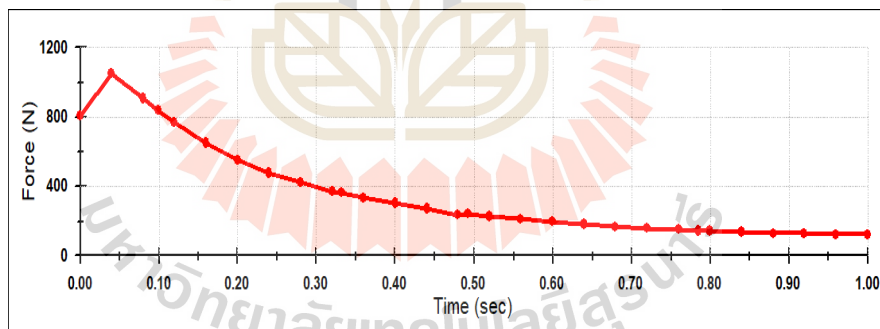
รูปที่ 3.8 การตั้งค่าแรงต้านการเคลื่อนที่ของกลไกการพับรายหญ้าทบบนแกนไม้



รูปที่ 3.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาของกลไกการพับรอยหญ้าทบบนแกนไม้

จากรูปที่ 3.9 ระยะการเคลื่อนที่ของกลไกนี้คือ 156 mm เท่ากับจังหวะช่วงชักของลูกสูบนิวแมติกส์ ในช่วงเวลาการเคลื่อนที่ 1 s แรงสูงสุดที่จำเป็นสำหรับกลไกนี้คือ 1,200 N ซึ่งในขณะที่เวลา 0.55 s แรงที่ใช้มีค่าน้อยที่สุดเพราะในเวลานี้กลไกพบบ่อยในตำแหน่งตั้งฉากกับเส้นของการเคลื่อนที่ของลูกสูบ สำหรับความดันลมอัด 6 bar ขนาดของกระบอกสูบนิวแมติกส์ที่จำเป็นสำหรับกลไกนี้ คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 63 mm และต้องใช้อัตราการไหลลมเท่ากับ 29.16 liters/min

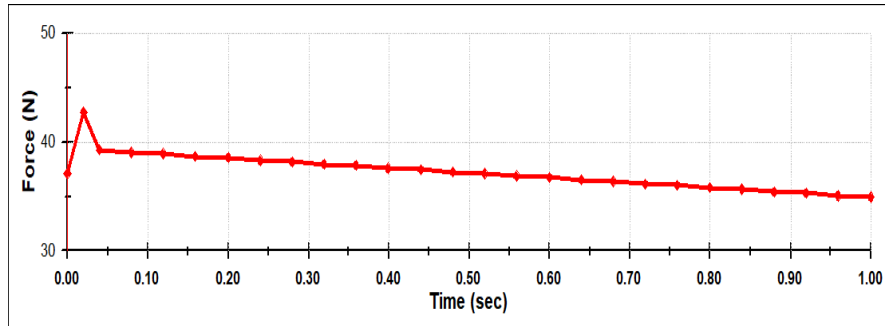
2) กลไกกดทับรอยหญ้าให้อยู่กับที่



รูปที่ 3.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาของกลไกกดทับรอยหญ้าให้อยู่กับที่

จากรูปที่ 3.10 ระยะการเคลื่อนที่ของกลไกนี้คือ 200 mm เท่ากับจังหวะช่วงชักของลูกสูบนิวแมติกส์ ในช่วงเวลาการเคลื่อนที่ 1 s พบว่าแรงสูงสุดที่ต้องใช้ในการยกกลไกนี้คือ 1,100 N และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ขนาดของกระบอกสูบนิวแมติกส์ที่จำเป็นสำหรับกลไกนี้ คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 40 mm จำนวน 2 กระบอกและต้องใช้อัตราการไหลลมเท่ากับ 30.16 liters/min เมื่อความดันลมอัดเท่ากับ 6 bar

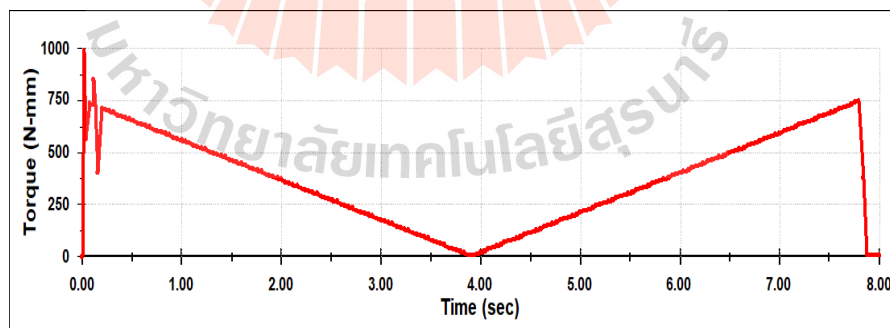
3) กลไกตริงแกนไม้



รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาของกลไกตริงแกนไม้

จากรูปที่ 3.11 นิวแมติกส์การเคลื่อนที่ของลูกสูบคือ 100 mm และเวลาในการเคลื่อนที่คือ 1 s ในการเคลื่อนที่ของกลไก พบว่าแรงสูงสุดที่จำเป็นสำหรับกลไกนี้คือ 43 N ที่เวลา 0.025 s หลังจากนั้นแรงที่ใช้จะลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ขนาดของกระบอกสูบนิวแมติกส์ที่จำเป็นสำหรับกลไกนี้ คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 mm และต้องใช้อัตราการใช้ลมเท่ากับ 0.66 liters/min เมื่อความดันลมอัดเท่ากับ 6 bar

4) กลไกการเลื่อนถาดทรายหยา



รูปที่ 3.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับเวลาของกลไกการเลื่อนถาดทรายหยา

จากรูปที่ 3.12 ได้ทำการทดสอบตั้งค่าโดยให้เฟืองที่ขับเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 1,718.8 degree ต้องสอดคล้องกับความต้องการให้ตลับหยาแฝกเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 1.8 m ซึ่งเฟือง

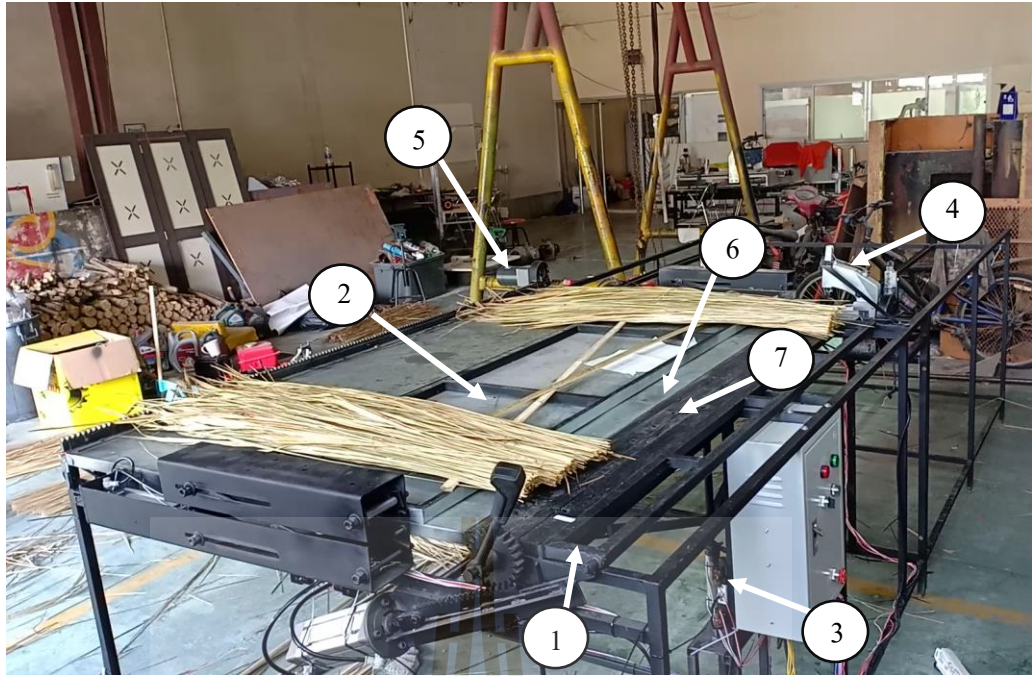
ต้องเคลื่อนที่ได้ 4.77 รอบหรือ 1,718.8 degree โดยใช้เวลา 7.82 s (คำนวณเป็นความเร็วเชิงมุมได้เท่ากับ 3.83 rad/s) พบว่าแรงบิดสูงสุดที่ต้องใช้เพื่อให้กลไกนี้ทำงานเท่ากับ 1,000 N·mm และเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นแรงที่ใช้จะมีคาลดลง และเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่าน 4 s ไปแล้ว จากค่าที่ได้เราสามารถนำไปคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าได้เท่ากับ 3.83 Watt ซึ่งเราเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 60 watt

3.2 เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุผงหลังคาจากหญ้าแฝกที่พัฒนาขึ้น

3.2.1 เครื่องต้นแบบและหลักการทำงาน

เครื่องจักรต้นแบบได้ถูกออกแบบให้มีส่วนประกอบ และได้นำมาสร้างเครื่องต้นแบบ (รูปที่ 3.13) ซึ่งมีการทำงานดังนี้

- 1) การทำงาน (รูปที่ 3.13) เริ่มต้นด้วยกลไกกดทับรายหญ้าให้อยู่กับที่ (หมายเลข 2) และ กลไกตรึงไม้ (หมายเลข 3) จะเลื่อนขึ้น เพื่อให้ทำการวางรายหญ้าแฝกไว้บนลาด (หมายเลข 6 ใน รูปที่ 3.13 และรูปที่ 3.14a) และจัดเรียงให้ได้ความหนาและขนาดตามต้องการ หลังจากนั้นผู้ปฏิบัติจะวางก้านไม้บนรายหญ้าที่ตำแหน่ง หมายเลข 7 (รูปที่ 3.13 และรูปที่ 3.14b)
- 2) ดันคันโยกกลไกจับยึดไม้ (รูปที่ 3.14b) จับยึดไม้บนรายหญ้า (รูปที่ 3.14c) จากนั้นกลไกการพับ (หมายเลข 1 ใน รูปที่ 3.13) จะหมุนพับทับรายหญ้าให้หุ้มก้านไม้ (รูปที่ 3.14d)
- 3) กลไกกดทับรายหญ้าให้อยู่กับที่ (หมายเลข 2 ใน รูปที่ 3.13) จะเลื่อนลงเพื่อกดรายหญ้าที่พับแล้วและทำการดันคันโยกกลไกจับยึดไม้กลับตำแหน่งเดิม (รูปที่ 3.14e) หลังจากนั้นกลไกการพับและกลไกตรึงไม้จะเคลื่อนที่กลับตำแหน่งเริ่มต้น (รูปที่ 3.14f)
- 4) ถาดจะเลื่อนและนำรายหญ้าที่พับทับบนก้านไม้แล้วเข้าสู่จักรเย็บไฟฟ้า (หมายเลข 4 ใน รูปที่ 3.13) โดยมอเตอร์ไฟฟ้า (หมายเลข 5 ในรูปที่ 3.13) จักรเย็บไฟฟ้าจะเย็บทบรายหญ้าให้ติดกัน (รูปที่ 3.14g) เมื่อเย็บเสร็จกลไกกดทับแผงหญ้าให้อยู่กับที่จะเลื่อนขึ้นเพื่อให้หยิบตั้บหญ้าสำเร็จออกมาได้ (รูปที่ 3.14h) จากนั้นขั้นตอนการผลิตนี้จะเสร็จสิ้น
- 5) หลังจากนั้นกลไกทั้งหมดจะย้ายกลับไปตำแหน่งเริ่มต้นและรอการดำเนินการการผลิตถัดไป



รูปที่ 3.13 เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุผงหลังจากหญ้าแฝกที่พัฒนาขึ้น



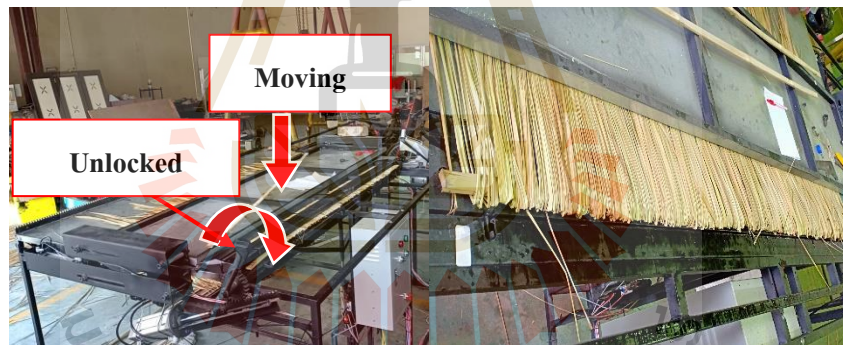
(a)

(b)



(b)

(d)



(e)

(f)



(g)

(h)

รูปที่ 3.14 หลักการทำงานของเครื่องจักรที่พัฒนาขึ้น

3.2.2 กลไกของเครื่องจักร

การเคลื่อนที่และต้นกำลังขับเคลื่อนของกลไกต่างๆ มีการทำงานดังนี้ :

1) กลไกการพับรายหญ้าทบบนแกนไม้ใช้ต้นกำลังจากกระบอกลูกสูบนิวแมติกส์ขนาด 6.3 cm มีระยะชัก 15 cm กลไกทำงานจากการเคลื่อนที่เชิงเส้นเปลี่ยนเป็นการเคลื่อนที่เชิงมุมโดยใช้กลไกเฟืองบรรทัดกับเฟืองฟันตรง (รูปที่ 3.15a)

2) กลไกกดทับรายหญ้าให้อยู่กับที่ จะถูกขับเคลื่อนด้วยกระบอกลูกสูบนิวแมติกส์ขนาด 4 cm มีระยะชัก 20 cm จำนวน 2 กระบอกติดตั้งที่ขอบของถาดทั้งสองฝั่ง กลไกทำงานเปลี่ยนการเคลื่อนที่ของกระบอกลูกสูบในแนวนอนไปสู่การยกในแนวตั้งโดยกลไก x-lift (รูปที่ 3.15b)

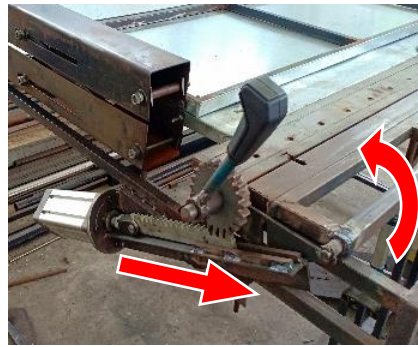
3) กลไกตรงแกนไม้ จะถูกขับเคลื่อนด้วยกระบอกลูกสูบนิวแมติกส์ขนาด 3 cm มีระยะชัก 10 cm เพื่อยกบาร์เหล็กขึ้นเพื่อขวางไม้ไม่ให้เคลื่อนที่ (รูปที่ 3.15c)

4) กลไกการเย็บ กลไกนี้ใช้จักรเย็บกระสอบรุ่น GK26-1A (รูปที่ 3.15d) ในการทำงาน

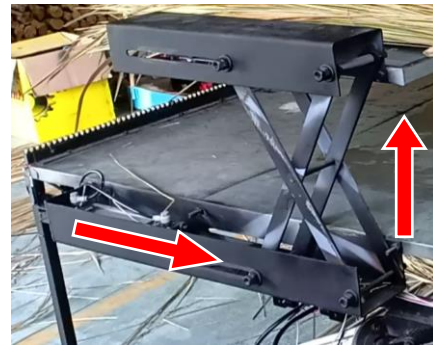
5) กลไกการเลื่อนถาดรายหญ้า ถูกขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 60 W 24 V ด้วยความเร็ว 21 rpm และการเคลื่อนที่เชิงเส้นของถาดจะถูกส่งผ่านด้วยกลไกเฟืองตรงและเฟืองบรรทัด (รูปที่ 3.15e)

6) กลไกจับยึดไม้ เป็นกลไกที่ถูกเพิ่มเข้ามาตอนสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อช่วยผ่อนแรงในการจับยึดไม้ให้แน่นยิ่งขึ้น (รูปที่ 3.15f)

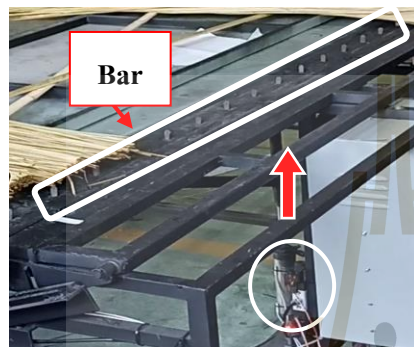
ลมอัดใช้ในการขับเคลื่อนกระบอกลูกสูบนิวแมติกส์และกลไกต่าง ๆ และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในการเลื่อนถาดหญ้า ควบคุมการทำงานทั้งหมดด้วย PLC ระบบนิวแมติกส์ใช้ความดันที่ 6 bar และอัตราการไหลของลมอัด 59.98 liters/min ซึ่งเป็นไปตามที่ (กฤษดา และคณะ, 2661) ได้นำเสนอไว้แล้ว



(a)



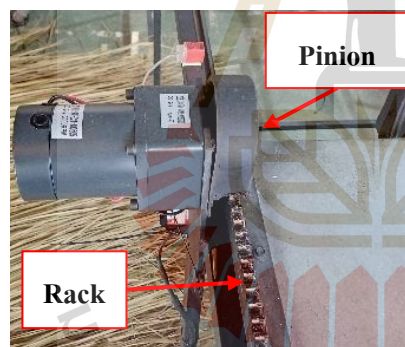
(b)



(c)



(d)



(e)

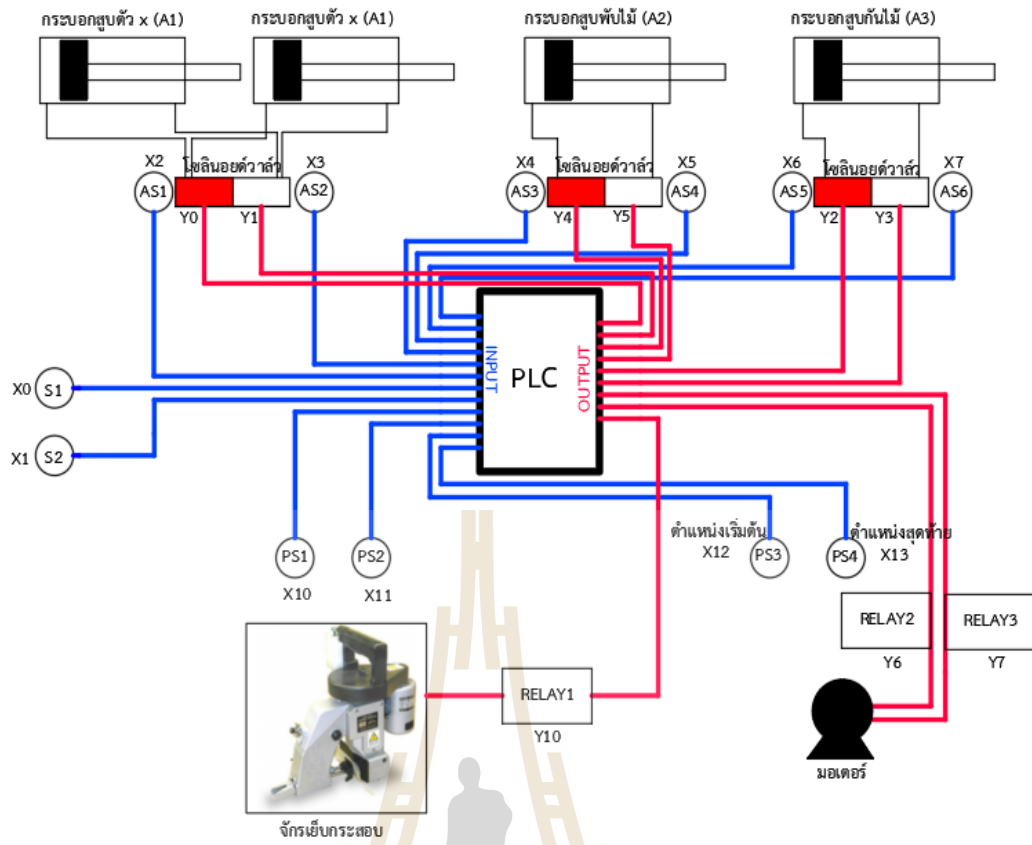


(f)

รูปที่ 3.15 (a) กลไกการพับรายหญ้า (b) กลไกกดทับรายหญ้าให้อยู่กับที่ (c) กลไกตรึงแกนไม้ (d) กลไกการเย็บ (e) กลไกการเลื่อนถาดรายหญ้า และ (f) กลไกจับยึดไม้

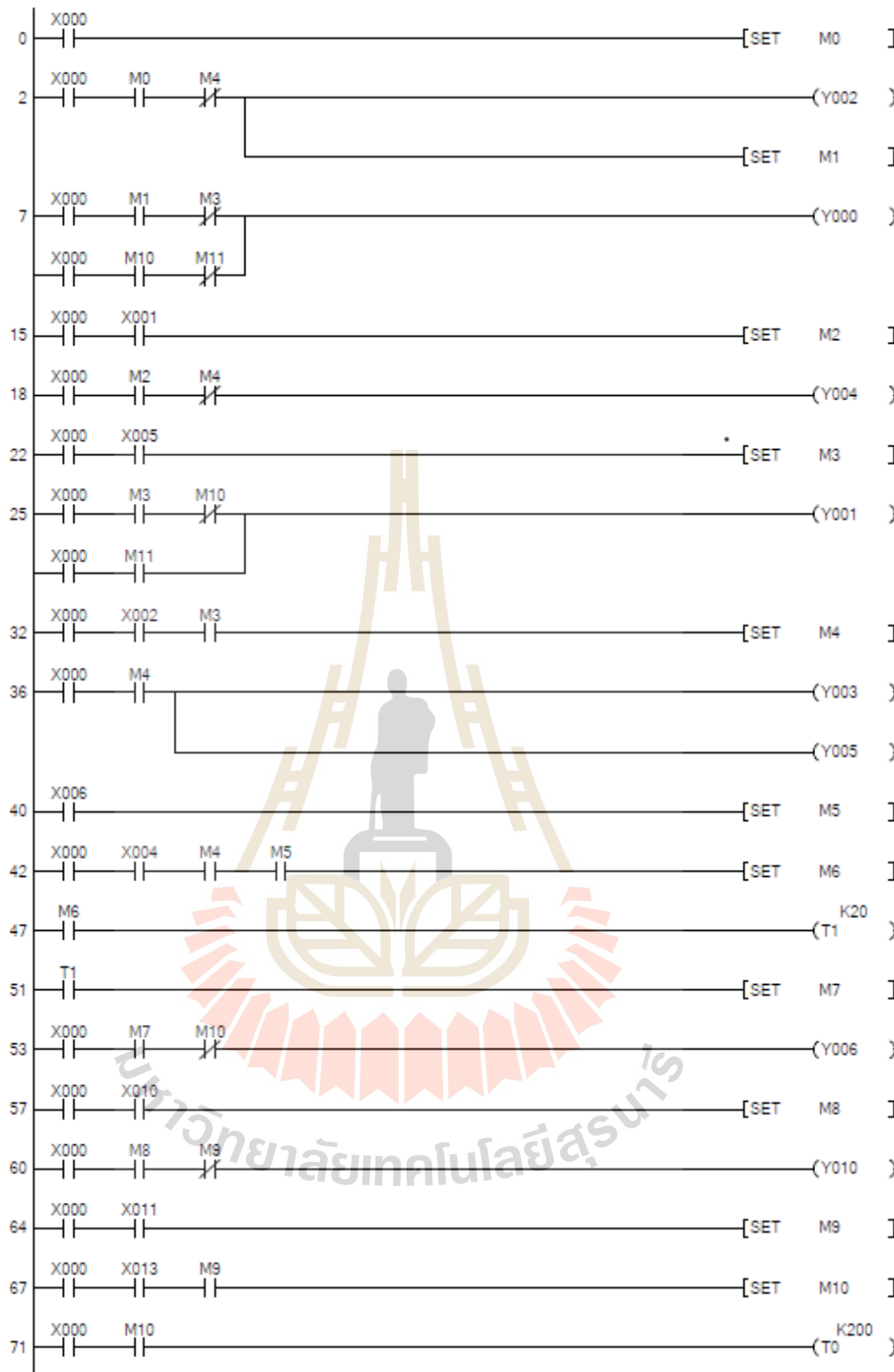
3.2.3 ระบบควบคุมอัตโนมัติ

ระบบควบคุมการทำงานใช้ PLC Mitsubishi รุ่น FX3S30MTDSS ในการควบคุมระบบเนื่องจากมีข้อดีคือง่ายต่อการใช้งานและมีความคงทนต่อสภาวะการใช้งาน เราได้ออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติไว้ดังรูปที่ 3.4 โดย Output ทำหน้าที่นำค่าที่ประมวลผลได้ไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ แทนด้วยสัญลักษณ์ “Y” มีทั้งหมด 9 Output ประกอบด้วย Y0, Y1 ใช้ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์วของกลไกกดทับรายหล้าให้อยู่กับที่ Y2, Y3 ใช้ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์วของกลไกตรงแกนไม้ Y4, Y5 ใช้ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์วาล์วของกลไกการพับรายหล้าทบบนแกนไม้ Y6, Y7 ใช้ควบคุมการทำงานของรีเลย์ 2 ตัวของมอเตอร์เพื่อที่สามารถสั่งให้มอเตอร์เคลื่อนที่กลับไปกลับมาได้ และ Y10 ใช้ควบคุมการทำงานของรีเลย์ 2 ตัวของจักรเย็บไฟฟ้า และ Input ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์เพื่อนำไปประมวลผล แทนด้วยสัญลักษณ์ “X” มีทั้งหมด 12 Input ประกอบด้วย X0, X1 ใช้รับสัญญาณจากสวิทช์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรโดยสวิทช์ 1 ใช้ในการเปิด-ปิดเครื่องจักร สวิทช์ 2 ใช้ในการเริ่มการทำงานในขั้นตอนถัดไปหลังจากขั้นตอนการเรียงหล้าและวางไม้เสร็จแล้ว X2, X3 ใช้รับสัญญาณจาก Auto Switch ที่ติดกับกระบอกลูกสูบของกลไกกดทับรายหล้าให้อยู่กับที่ X4, X5 ใช้รับสัญญาณจาก Auto Switch ที่ติดกับกระบอกลูกสูบของกลไกการพับรายหล้าทบบนแกนไม้ X6, X7 ใช้รับสัญญาณจาก Auto Switch ที่ติดกับกระบอกลูกสูบของกลไกตรงแกนไม้ X10 X11 ใช้รับสัญญาณจาก Proximity Switch 2 ตัวที่ใช้ควบคุมการทำงานของรีเลย์เพื่อเปิด-ปิดจักรเย็บไฟฟ้า X12 X13 ใช้รับสัญญาณจาก Proximity Switch 2 ตัวที่ใช้ควบคุมการทำงานของรีเลย์เพื่อเปิด-ปิดมอเตอร์ จากแผนผังขั้นตอนการทำงาน (รูปที่ 3.16) และแผนผังอุปกรณ์ระบบควบคุมอัตโนมัติ เราสามารถเขียนโปรแกรมการทำงานของระบบอัตโนมัติได้ดังรูปที่ 3.17 ด้วยโปรแกรม GX Works2

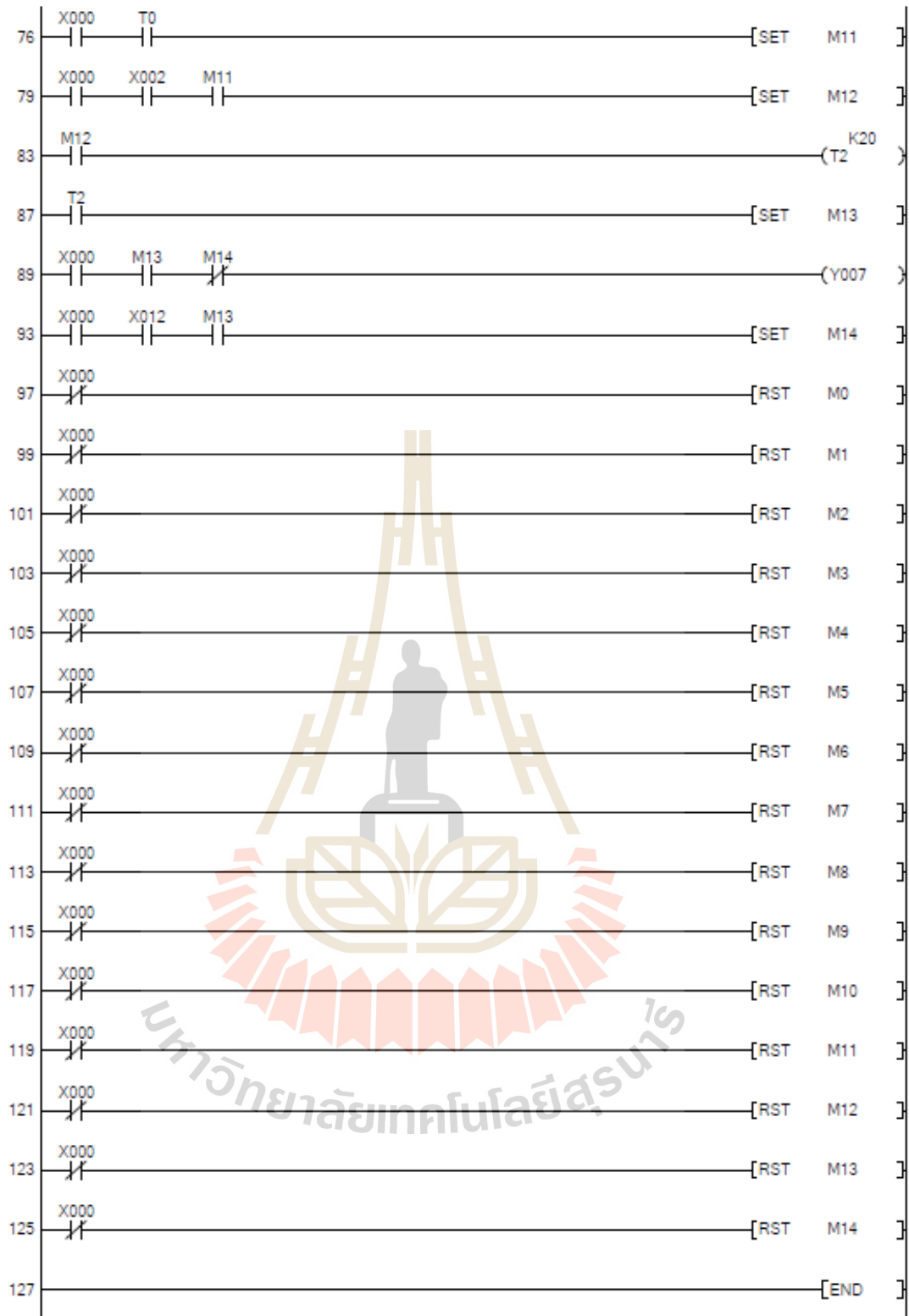


รูปที่ 3.16 แผนผังอุปกรณ์ระบบควบคุมอัตโนมัติ





รูปที่ 3.17 ชุดคำสั่งการทำงานระบบอัตโนมัติของเครื่องจักร



รูปที่ 3.17 (ต่อ) ชุดคำสั่งการทำงานระบบอัตโนมัติของเครื่องจักร

3.3 ตัวอย่างวัสดุทดสอบ

3.3.1 หญ้าแฝกแห้งที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบจะใช้หญ้าคา (รูปที่ 3.18) ที่ได้รับจากกลุ่มพนมรุ่งหญ้าคา อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างหญ้าคาแห้งที่ใช้ในการทดสอบ

3.3.2 ไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบจะใช้ไม้ไผ่ที่ผ่านการชุบน้ำยากันมอด (รูปที่ 3.19) ได้รับจากกลุ่มพนมรุ่งหญ้าคา อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างไม้ไผ่ที่ใช้ในการทดสอบ

3.3.3 ด้ายที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบจะใช้ด้ายไนลอน เบอร์ 210/12 แทนการใช้ด้ายเย็บกระสอบ เพราะมีความเหนียวและคงทนมากกว่า

3.3.4 หน้าคาแห้งที่ต้องเตรียมก่อนการทดสอบ

เนื่องจากการทดสอบการผลิตตบหญ้าในงานวิจัยนี้เป็นการผลิตตบหญ้าตามน้ำหนักหญ้าแห้ง ซึ่งต้องมีการเตรียมหญ้าสำหรับการทดสอบดังต่อไปนี้

- 1) นำหน้าคาแห้งมาซึ่งน้ำหนักและแบ่งเป็นมัด (รูปที่ 3.20a) โดยจะทดสอบการผลิตแบ่งตามน้ำหนักแห้งของหน้าคาเป็น 0.6 0.8 และ 1.0 kg
- 2) ทำการมัดด้วยเชือกไว้เพื่อต่อการเคลื่อนย้าย (รูปที่ 3.20b)
- 3) ก่อนนำมาทดสอบควรนำมัดหญ้าไปพรมน้ำก่อนเพื่อป้องกันหญ้าบาดมือ ง่ายต่อการเรียงหญ้า และป้องกันการหักของหญ้าในขั้นตอนการพับหญ้าของเครื่อง



(a)

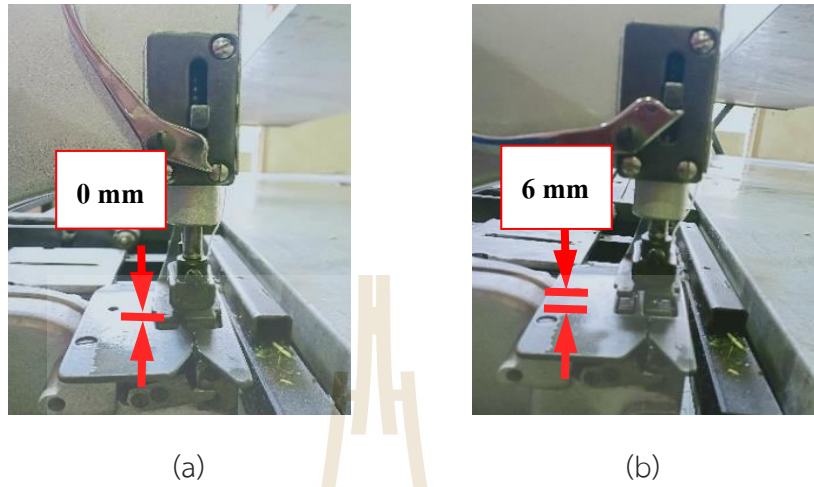
(b)

รูปที่ 3.20 การเตรียมหญ้าก่อนการทดสอบ

3.4 การทดสอบการผลิตตบหญ้า

ในการทดสอบจะแบ่งตามน้ำหนักแห้งของหญ้าตบเป็น 0.6 0.8 และ 1.0 kg และทดสอบตามลักษณะดินผิของจักรเย็บกระสอบโดยจะแบ่งเป็นดินผิแบบซิด (ระยะห่าง 0 mm) และดินผิแบบห่าง (ระยะห่าง 6 mm) ซึ่งเป็นค่าที่สามารถปรับได้ของจักรเย็บไฟฟ้า (รูปที่ 21) ทำการทดสอบขั้นต้นที่การผลิตหญ้าน้ำหนักตบ 0.6 kg และ 0.8 kg เพื่อตัดสินใจเลือกระยะห่างของดินผิที่เหมาะสม โดยทดสอบผลิตจำนวน 10 ชิ้น ต่อสภาวะการทดสอบ ระยะห่างดินผิที่เหมาะสมจะถูกใช้ในการผลิตตบหญ้าที่น้ำหนัก 1.0 kg ต่อไป

ในการทดสอบมีการจับเวลาในการผลิตในแต่ละระดับด้วยนาฬิกาจับเวลา และตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตในแต่ละระดับด้วยวัตต์มิเตอร์ 3,000 วัตต์ รุ่น D02A (รูปที่ 3.22) ตับหญ้าที่ผลิตได้จะถูกนำมาวิเคราะห์คุณภาพตามหัวข้อ 3.5



รูปที่ 3.21 (a) ตินผีแบบชิด (b) ตินผีแบบห่าง



รูปที่ 3.22 วัตต์มิเตอร์

3.5 คุณภาพของตับหญ้าที่ผลิตได้

ตับหญ้าที่ผลิตได้จะถูกนำมาวิเคราะห์คุณภาพตามเงื่อนไขที่กำหนดขึ้นดังนี้

- 1) ช่วงต้นมีการเย็บผิดรูป
- 2) แนวพับของตับหญ้าเอียง
- 3) ปลายการเย็บไม่สมบูรณ์
- 4) การกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ
- 5) เย็บไม่สำเร็จ
- 6) ด้ายขาด
- 7) ก้านไม้หลุดจากชุดจับ

การวิเคราะห์คุณภาพของตับหญ้า จะแบ่งคุณภาพของตับหญ้าออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) ตับหญ้าสมบูรณ์ 2) ตับหญ้าที่สามารถแก้ไขด้วยมือแล้วนำกลับมาใช้ได้ (ปัญหา 1-4) และ 3) ตับหญ้าที่ไม่สามารถแก้ไขด้วยมือได้ (ปัญหา 5-7)

3.6 การทดสอบการรั่วซึมของน้ำฝน

การทดสอบการรั่วซึมของน้ำฝนโดยจะทดสอบนำตับหญ้าที่ผลิตได้ไปมุงหลังคาและใช้หัวฝักบัวรดน้ำในการจำลองแทนน้ำฝน (รูปที่ 3.23) ในการทดสอบจะมีการแปรค่าระยะห่างระหว่างก้านไม้ของตับหญ้าออกเป็น 20 cm และ 15 cm (รูปที่ 3.24) และค่ามุมเอียงของหลังคา (รูปที่ 3.25) ออกเป็น 10.5 องศา และ 17.35 องศา ซึ่งเป็นมุมเอียงที่น้อยกว่ามุมเอียงของหลังคาที่นิยม (45 องศา) ในการทดสอบจะใช้การรดน้ำด้วยหัวฝักบัวใส่หลังคาเป็นเวลา 30 min ด้วยอัตราการไหลเทียบกับหน่วยวัดปริมาณน้ำฝนเท่ากับ 60 mm/min เพื่อพิจารณาการรั่วซึมของน้ำผ่านหลังคาที่ใช้ตับหญ้าที่ผลิตได้กับตับหญ้าจากท้องตลาด



รูปที่ 3.23 การทดสอบการรั่วซึมของน้ำฝน



รูปที่ 3.24 ระยะห่างระหว่างก้านไม้ของตับหญ้า



รูปที่ 3.25 มุมเอียงของหลังคาที่ใช้ในการทดสอบ

3.7 การทดสอบการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์

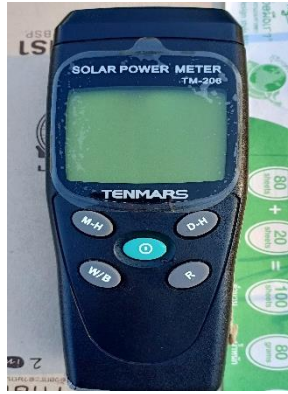
การทดสอบการนำความร้อนโดยจะทดสอบนำตับหญ้าที่ผลิตได้ไปมุงหลังคาที่ระยะห่างกัน 20 cm และมุมเอียงของหลังคาเท่ากับ 10.5 องศา (รูปที่ 3.26) ปล่อยให้ได้รับแสงอาทิตย์ตั้งแต่เวลา 08.00-17.00 น. และทำการวัดค่าอุณหภูมิผิวด้านบนและด้านใต้ของหลังคา ด้วย IR Thermometer รุ่น DT-300 (รูปที่ 3.27) และวัดค่าความเข้มแสง โดยใช้ Solar power meter ยี่ห้อ TENMARS รุ่น TM-206 (รูปที่ 3.28) ในการวัดบันทึกค่าทุกๆ 1 ชม. เปรียบเทียบผลการทดสอบจากหลังคาที่ใช้ตับหญ้าที่ผลิตได้กับตับหญ้าจากท้องตลาด



รูปที่ 3.26 การทดสอบการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์



รูปที่ 3.27 เครื่องวัดอุณหภูมิของผิวหลังคา



รูปที่ 3.28 เครื่องวัดความเข้มแสงอาทิตย์

3.8 การทดสอบแบบต่อเนื่อง

ใช้ระยะห่างของต้นฝักรักไฟฟ้าและน้ำหนักรักไฟฟ้าที่ให้คุณภาพการผลิตที่ดีที่สุดมาใช้ในการทดสอบผลิตต้นฝักรักแบบต่อเนื่องจำนวน 40 ต้น วิเคราะห์คุณภาพของต้นฝักรักตามข้อ 3.5 และ คำนวณหา ประสิทธิภาพการผลิต ความสามารถในการทำงาน และความสิ้นเปลืองพลังงาน

3.8.1 ประสิทธิภาพการผลิต

ความสามารถในการผลิตได้ต้นฝักรักที่สามารถนำไปใช้งานได้ของเครื่องจักร กิ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุปลูกหลังจากจากหญ้าแฝก ซึ่งประสิทธิภาพการผลิตเท่ากับจำนวนต้นฝักรักที่มีคุณภาพดีเทียบกับจำนวนต้นฝักรักทั้งหมดที่ผลิตได้ ดังสมการที่ (3.1)

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Number of Good product}}{\text{Number of total product}} \times 100 \quad (3.1)$$

3.8.2 ความสามารถในการทำงาน

ความสามารถการผลิตต้นฝักรักเทียบกับเวลาในการผลิตของเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ สำหรับผลิตวัสดุปลูกหลังจากจากหญ้าแฝก ซึ่งความสามารถในการทำงานเท่ากับจำนวนต้นฝักรักทั้งหมดที่ผลิตได้เทียบกับเวลาที่ใช้ในการผลิต ดังสมการที่ (3.2)

$$\text{Capacity} = \frac{\text{Number of product}}{\text{Time(hour)}} \quad (3.2)$$

3.8.3 ความสิ้นเปลืองพลังงาน

ค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิตของเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุผงหลังจากจากหญ้าแฝก ซึ่งความสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตหญ้าเทียบกับจำนวนต้นหญ้าทั้งหมดที่ผลิตได้ ดังสมการที่ (3.3)

$$\text{Specific energy consumption} = \frac{\text{Total energy (kW} \times \text{h)}}{\text{Number of total product}} \quad (3.3)$$

3.9 การวิเคราะห์และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม คือ การนำเอาเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับงานด้านวิศวกรรม เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่กับการวิศวกรรมอย่างประหยัดหรือใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ไพบุลย์ แยมเนียน, 2546) เราทำการวิเคราะห์ผลดังนี้

3.9.1 ผลการประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่อง คำนวณได้จากต้นทุนคงที่ (Fixed cost : FC) และต้นทุนแปรผัน (Variable cost : VC)

ต้นทุนคงที่ (Fixed cost: FC) คือ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดในการผลิตต้นหญ้าแฝก ต่อต้น สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3.4)

$$AC = FC + VC \quad (3.4)$$

โดยที่ AC คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมด

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (คิดโดยวิธีตรง)} \quad De = \frac{(Pr - S)}{LT} \quad (3.5)$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน} \quad R = \frac{(Pr + S)}{2} \times i \quad (3.6)$$

โดยที่ Pr = ราคาซื้อหรือสร้างเครื่องผลิตวัสดุผงหลังจากจากหญ้าแฝก (บาท)

LT = อายุการใช้งานเครื่อง ≈ 10 ปี

S = ราคาซากเครื่องเมื่อครบ 10 ปี = $0.1 * P$ (บาท)

De = ค่าเสื่อมราคา/ปี (บาท/ปี)

R = ค่าเสียโอกาสในการลงทุน/ปี (บาท/ปี)

I = อัตราดอกเบี้ยต่อปี

ต้นทุนแปรผัน (Variable cost: VC) สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3.7)

$$VC = \text{ค่าจ้างแรงงาน (WC)} + \text{ค่าไฟฟ้า (EC)} + \text{ค่าบำรุงรักษา (MC)} \quad (3.7)$$

3.9.2 จุดคุ้มทุน

จุดคุ้มทุน คือ ระดับของยอดขายที่เท่ากับค่าใช้จ่ายทั้งหมด ซึ่งก็คือจุดที่ไม่มีผลกำไรหรือขาดทุนนั่นเอง จุดคุ้มทุนของเครื่องผลิตวัสดุผงหลังจากจากหญ้าแฝกสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3.8)

$$N^* = \frac{FC}{p - v} \quad (3.8)$$

โดยที่ N^* = ปริมาณผลิตที่จุดคุ้มทุนพอดี

FC = ต้นทุนคงที่

p = กำไรต่อหน่วย

v = ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย

3.9.3 ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิสะสม จากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับมูลค่าในการลงทุนทั้งหมด โครงการใดที่มีระยะเวลาลงทุนยังสั้นยิ่งมีความต้องการสูงเนื่องจากสามารถนำเงินที่คืนทุนไปลงทุนในกิจการอื่นๆได้ ระยะเวลาคืนทุนที่นิยมใช้จะเป็นแบบวิธีระยะคืนทุนแบบง่าย (simple payback period) ซึ่งเป็นวิธีคิดง่ายๆโดยระยะเวลาคืนทุนสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3.9)

$$PBP = \frac{Pr}{Pe} \quad (3.9)$$

$$Pe = R - AC \quad (3.10)$$

- โดยที่ PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)
Pr = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (บาท)
Pe = กำไร (บาท/ปี)
R = รายได้ (บาท/ปี)
AC = ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท/ปี)



บทที่ 4

ผลและวิจารณ์

ในบทนี้กล่าวถึง การทดสอบการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ ผลการศึกษาการทดสอบผลิต ตับหญ้าด้วยเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุผงหลังจากหญ้าแห้งที่พัฒนาขึ้น การทดสอบ การรื้อซึมของน้ำฝน การทดสอบการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ การทดสอบผลิตแบบต่อเนื่อง และการวิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมได้ดังต่อไปนี้ ซึ่งได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ

4.1.1 การทดสอบการทำงานของกลไกป้อนหญ้าก่อนเข้าจักรเย็บไฟฟ้า

กลไกนี้ประกอบด้วยพูลเลย์และแผ่นเหล็กดังรูปที่ 4.1 โดยพูลเลย์ได้ออกแบบมาเพื่อ ทำหน้าที่เป็นตัวกันไม่ให้ตับหญ้าเลื่อนเข้าหาจักรเย็บไฟฟ้า ส่วนแผ่นเหล็กออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่ กดตับหญ้าให้บางลงก่อนเข้าสู่จักรเย็บไฟฟ้า แต่เมื่อทดสอบการทำงานพบว่ากลไกนี้ทำให้ตับหญ้าที่ เคลื่อนเข้าสู่จักรเย็บไฟฟ้าเกิดการติดขัด (รูปที่ 4.2) เนื่องจากกลไกนี้ไม่มีการเคลื่อนที่ทำให้เป็นการ สร้างแรงเสียดทานให้กับตับหญ้าแทน เราจึงได้นำกลไกนี้ออก (รูปที่ 4.3) และเมื่อทำการทดสอบอีก รอบปรากฏว่าตับหญ้าสามารถเคลื่อนผ่านได้และทำการเย็บด้วยจักรเย็บไฟฟ้าได้



(a)

(b)

รูปที่ 4.1 (a) กลไกป้อนหญ้า (b) ลูกกลิ้งสำหรับกดรอยหญ้าให้บางลง



รูปที่ 4.2 การตัดของตบหญ้าที่บริเวณกลไกป้อนหญ้า

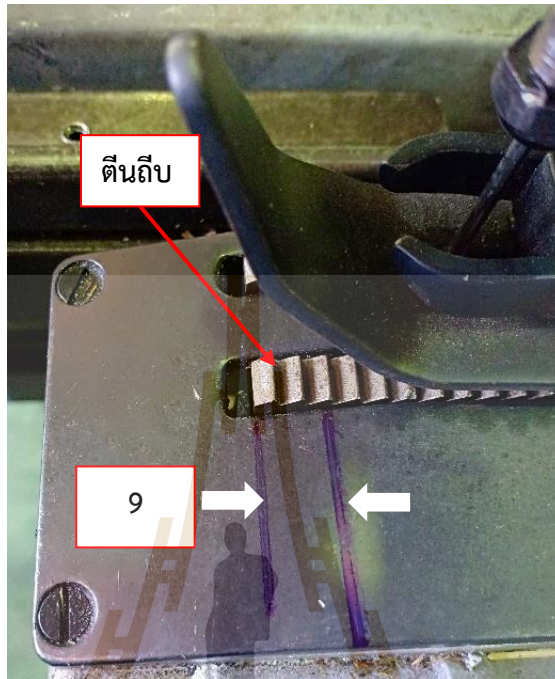


รูปที่ 4.3 เครื่องจักรต้นแบบหลังนำกลไกป้อนรายหญ้าออก

4.1.2 การทดสอบหาความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้า

ทดสอบเพื่อหาความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในการดันถาดเลื่อนที่มีตบหญ้าเพื่อป้อนตบหญ้าให้มีความเร็วสอดคล้องกับความเร็วของการเย็บของจักรเย็บไฟฟ้า โดยจักรเย็บไฟฟ้าทำงาน 1 รอบ ตีนถีบสามารถเคลื่อนที่ได้ 0.9 cm (รูปที่ 4.4) จักรเย็บไฟฟ้าทำงานด้วยความเร็ว 1,728 rpm ดังนั้นความเร็วของถาดเลื่อนต้องเท่ากับความเร็วของตีนถีบเท่ากับ $1,728 \times 0.009 = 15.552 \text{ m/min}$ และเมื่อนำไปคำนวณหาความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าได้ 72.334 rpm แต่เมื่อเราทดสอบการผลิตตบหญ้าที่ความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้าเท่ากับ 72 rpm พบว่าถาดเลื่อนมีความเร็วมากเกินไปจักรเย็บไฟฟ้าไม่สามารถเย็บตบหญ้าได้ทัน ดังนั้นเราจึงทดลองโดยการสุ่มหาค่าความเร็วของ

มอเตอร์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในการผลิตดับหญ้า จากการทดสอบพบว่าความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงประมาณ 20-25 rpm แสดงว่าตีนถีบของจักรเย็บไฟฟ้ามีการทำงานแบบสลิ้นไถล คือในการทำงานจักรเย็บไฟฟ้า 1 รอบ ตีนถีบไม่ได้ดันดับหญ้าไปข้างหน้าด้วยระยะ 0.9 cm



รูปที่ 4.4 ระยะการเคลื่อนที่ของตีนถีบ

4.1.3 การทดสอบเย็บดับหญ้า

ในการเย็บดับหญ้าเราใช้ด้ายเย็บกระสอบในการทดสอบในช่วงแรกแต่พบปัญหาด้ายขาดเนื่องจากในการเย็บดับหญ้า ด้ายเย็บกระสอบไม่สามารถทนแรงดึงได้ เราจึงเปลี่ยนมาใช้ด้ายไนลอนแทนในการทดสอบเราได้ใช้ด้ายไนลอนขนาดต่าง ๆ จนได้ขนาดของด้ายไนลอนที่สามารถนำมาใช้แล้วพบปัญหาน้อยที่สุด คือ ไนลอน เบอร์ 210/12

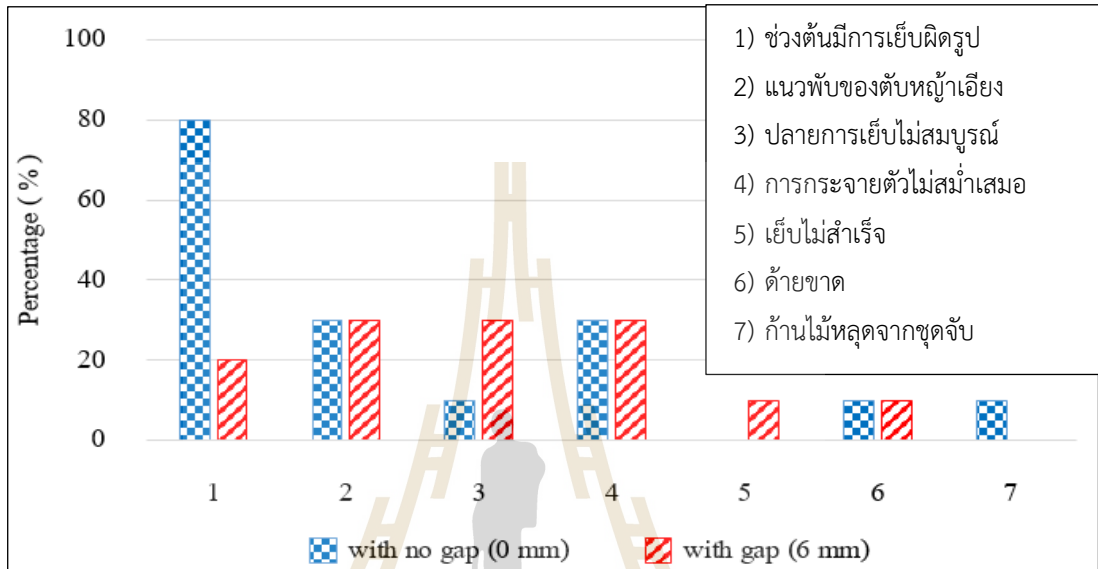
4.2 การทดสอบผลิตดับหญ้าด้วยเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุถุงหลังคาจากหญ้าแฝกที่พัฒนาขึ้น

การทดสอบจะใช้หญ้าแฝกแทนเนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกันมากและหาได้ง่ายในท้องถิ่นที่ดำเนินการวิจัย โดยจะทดสอบการผลิตแบ่งตามน้ำหนักแห้งของหญ้าเป็น 0.6, 0.8 และ 1.0 kg และทดสอบตามลักษณะดินผิของจักรเย็บกระสอบโดยจะแบ่งเป็นดินผิแบบชิด (ระยะห่าง 0 mm) และดินผิแบบห่าง (ระยะห่าง 6 mm) ทำการทดสอบนำ (Pilot test) ที่การผลิต

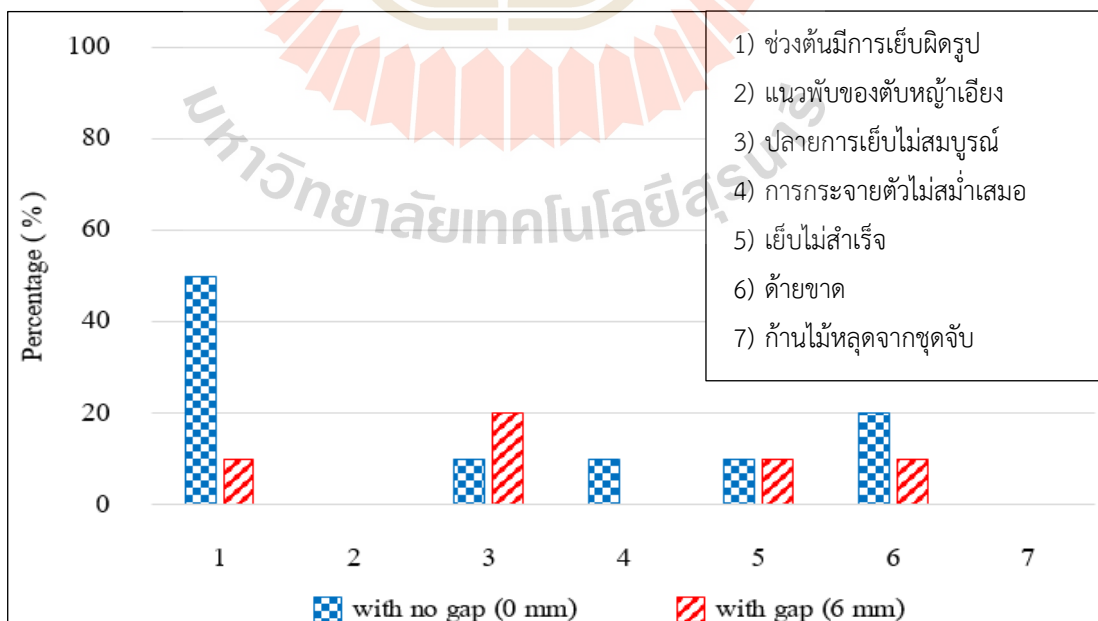
0.6 kg และ 0.8 kg เพื่อตัดสินใจเลือกระยะห่างของดินพีที่เหมาะสมโดยทำซ้ำจำนวน 10 ซ้ำ ต่อ 1 การทดสอบ ระยะห่างดินพีที่เหมาะสมจะถูกใช้ในการผลิตตบหญ้าที่น้ำหนัก 1.0 kg ต่อไป

4.2.1 การวิเคราะห์คุณภาพของตบหญ้า

ตบหญ้าที่ผลิตได้จากเครื่องจักรต้นแบบ เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพตามเงื่อนไขในหัวข้อ 3.4 ได้ผลตามรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6

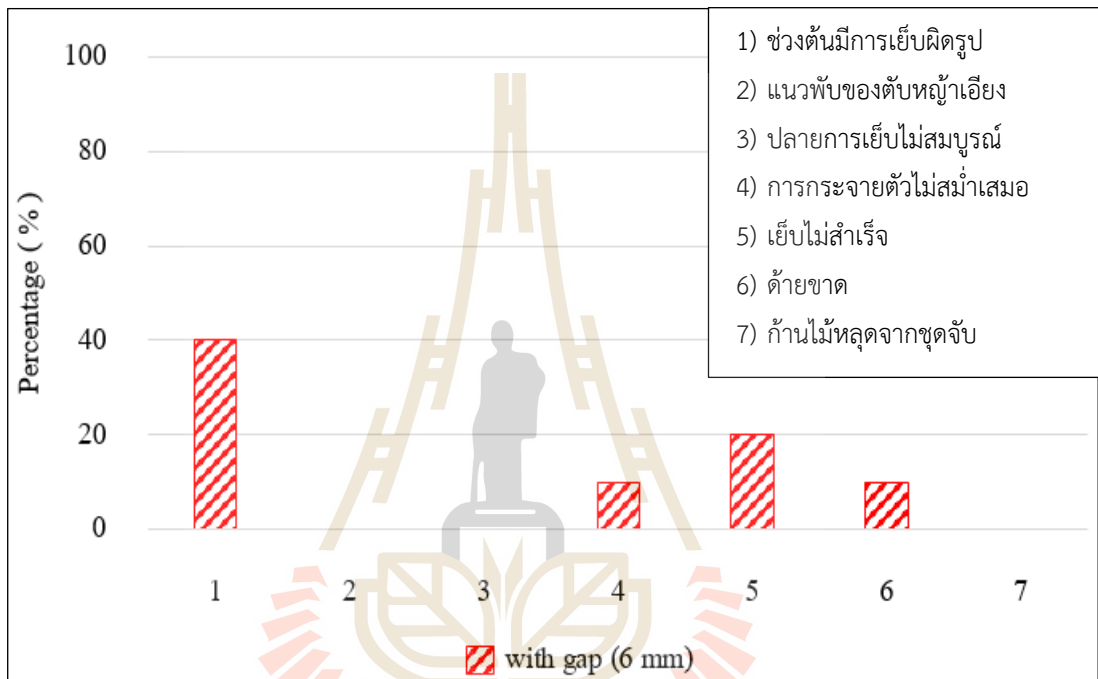


รูปที่ 4.5 คุณภาพการผลิตตบหญ้าของเครื่องจักรต้นแบบที่น้ำหนักหญ้าแห้ง 0.6 kg



รูปที่ 4.6 คุณภาพการผลิตตบหญ้าของเครื่องจักรต้นแบบที่น้ำหนักหญ้าแห้ง 0.8 kg

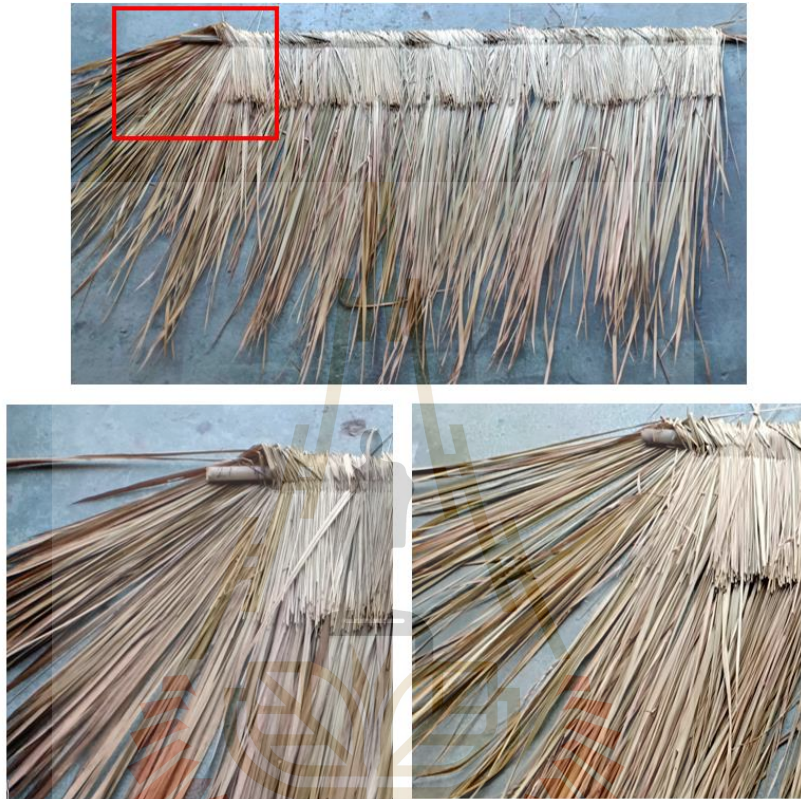
จากรูปที่ 4.5 และ 4.6 พบว่า ปัญหา 3) ปลายการเย็บไม่สมบูรณ์ 5) เย็บไม่สำเร็จ 6) ด้ายขาด 7) ก้านไม้หลุดจากชุดจับ สามารถเกิดขึ้นได้ทุกเงื่อนไขการทดสอบ ปัญหา 4) การกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ และ 2) แนวพับของตบหญ้าเอียงส่วนใหญ่มักจะเกิดขึ้นในการทดลองผลิตตบหญ้าที่น้ำหนักหญ้าแห้ง 0.6 kg และ 1) ปัญหาช่วงต้นมีการเย็บผิดรูปจะเกิดขึ้นในการทดลองผลิตตบหญ้าที่มีดินฝึแบบชนิดและเกิดมากขึ้นเมื่อทดสอบผลิตที่น้ำหนักหญ้าแห้งเพิ่มขึ้น จากนั้นได้ทำการทดสอบโดยเพิ่มโดยการเพิ่มน้ำหนักหญ้าแห้งเป็น 1.0 kg และปรับดินฝึแบบห่าง เพื่อให้ได้ตบหญ้าใกล้เคียงกับน้ำหนักตบหญ้าที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ได้ผลตามรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 คุณภาพการผลิตตบหญ้าของเครื่องจักรต้นแบบที่น้ำหนักหญ้าแห้ง 1.0 kg

จากทดลองผลิตตบหญ้าที่น้ำหนักแห้งของหญ้าแฉก 1.0 kg ดินฝึแบบห่าง พบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อทำการเย็บลักษณะดินฝึแบบห่างคือ 1) ปัญหาช่วงต้นมีการเย็บผิดรูปเพราะว่าเมื่อน้ำหนักหญ้าแห้งเพิ่มขึ้นจะทำให้ตบหญ้ามีความหนาเพิ่มขึ้น ตบหญ้าจึงวิ่งผ่านช่องว่างของการเย็บได้ยากขึ้น จากปัญหาและผลการทดสอบที่ได้ทำให้ทราบว่า การทดลองที่น้ำหนักหญ้าแห้ง 0.8 kg ดินฝึแบบห่าง สามารถผลิตตบหญ้าได้สมบูรณ์ดีที่สุด โดยลักษณะปัญหาและสาเหตุมีดังนี้

1) ช่วงต้นมีการเย็บผิดรูป (รูปที่ 4.8) รอยเย็บเอียงที่ช่วงต้นของตับหญ้าเกิดจากขณะที่ตับหญ้าวิ่งเข้าสู่จักรเย็บ ตีนผีจะพยายามยกตัวขึ้นเพื่อกดตับหญ้าในจังหวะนี้จักรเย็บจะเย็บหญ้าในส่วนด้านล่างของตับหญ้าก่อนทำให้ช่วงต้นของตับหญ้ามีรอยเย็บที่ผิดรูป พบสูงสุดที่ การทดสอบแบบตีนผีแบบชิด เนื่องจากตีนผียกตัวขึ้นเพื่อกดทับตับหญ้าได้ยากกว่าการทดลองโดยตีนผีแบบห่าง



รูปที่ 4.8 ตัวอย่างของตับหญ้าที่เกิดปัญหาช่วงต้นมีการเย็บผิดรูป

2) แนวพับของตับหญ้าเอียง (รูปที่ 4.9) เกิดจาก 2 กรณี คือ 1) ขณะพับรายหญ้ามีการเลื่อนของตับหญ้า 2) เกิดการติดขัดขณะทำการเย็บซึ่งจะส่งผลให้แนวพับของหญ้าเอียงตามการเคลื่อนที่ของถาดเลื่อน ซึ่งปัญหานี้พบมากที่การทดสอบผลิตหญ้าน้ำหนัก 0.6 kg เพราะว่ารายหญ้ามีความหนาแน่นเกินไปจึงไม่สามารถกดหญ้าให้แน่นได้ในขั้นตอนการพับ และรายหญ้าที่มีความหนาแน่นน้อยไม่สม่ำเสมอจะส่งผลให้จักรเย็บกระสอบทำงานติดขัด



รูปที่ 4.9 ตัวอย่างของตับหญ้าที่เกิดปัญหาแนวพับของตับหญ้าเอียง

3) ปลายการเย็บไม่สมบูรณ์ (รูปที่ 4.10) คือ ช่วงสิ้นสุดการเย็บเกิดรอยตะเข็บหลุด เกิดจากขั้นตอนการตัดด้าย หากปลายของตับหญ้าอยู่ใกล้กับจักรเย็บมากเกินไปทำให้ตัดด้ายได้ยาก เกิดด้ายหลุดออกส่งผลให้หญ้าตรงปลายตับหญ้าหลุดออกมาด้วย ซึ่งปัญหานี้พบได้ทุกเงื่อนไขการทดสอบ



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างของตับหญ้าที่เกิดปัญหาปลายการเย็บไม่สมบูรณ์

4) การกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ (รูปที่ 4.11) หญ้ามีการกระจายตัวตลอดทั้งตับไม่เท่ากัน เกิดจากขั้นตอนการเรียงหญ้าด้วยมือ โดยปัญหานี้ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในการทดสอบผลิตหญ้าที่น้ำหนัก 0.6 kg เพราะว่าจำนวนหญ้าน้อยเกินไปทำให้ยากต่อการเรียงหญ้าให้สม่ำเสมอและสังเกตด้วยตาเปล่า



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างของตับหญ้าที่เกิดปัญหาการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ

5) เย็บไม่สำเร็จ (รูปที่ 4.12) บางส่วนของด้ายหญ้าไม่สามารถเย็บติดได้ สาเหตุเกิดจากขณะการเย็บมีการติดขัดทำให้ด้ายหญ้าเกิดการเอียงขณะเคลื่อนที่ส่งผลให้ด้ายไม่เลื่อนเข้าไปในตีนผีของจักรเย็บกระสอบทำให้เมื่อเข็มแทงด้ายลงไปด้านล่างตัวเกี่ยวด้ายไม่สามารถเกี่ยวด้ายไว้ได้ทำให้ด้ายไม่สามารถคล้องกันได้ในบริเวณนั้น ซึ่งปัญหาพบทุกการทดสอบแต่เกิดขึ้นน้อยมาก



รูปที่ 4.12 ตัวอย่างของด้ายหญ้าที่เกิดปัญหาเย็บไม่สำเร็จ

6) ด้ายขาด เกิดจากบางช่วงของการเย็บ ด้ายมีความตึงมากเกินไปทำให้ด้ายขาดขณะเย็บ ซึ่งพบปัญหานี้้น้อยมาก

7) ก้านไม้หลุดจากชุดจับ (รูปที่ 4.13) เกิดจาก 1) การจับยึดไม้ไม่แน่น 2) ไม้ไม่สามารถทนแรงที่ใช้ในการตัดรายหญ้าทั้งดัดได้ทำให้เกิดการบิดงอหรือหักได้ 3) ถ้าหญ้ามืดความหนาแน่นมากขึ้นจะทำให้จับยึดไม้ได้ยากขึ้นไปด้วย



รูปที่ 4.13 ตัวอย่างที่เกิดปัญหาไม้หลุดจากชุดจับ

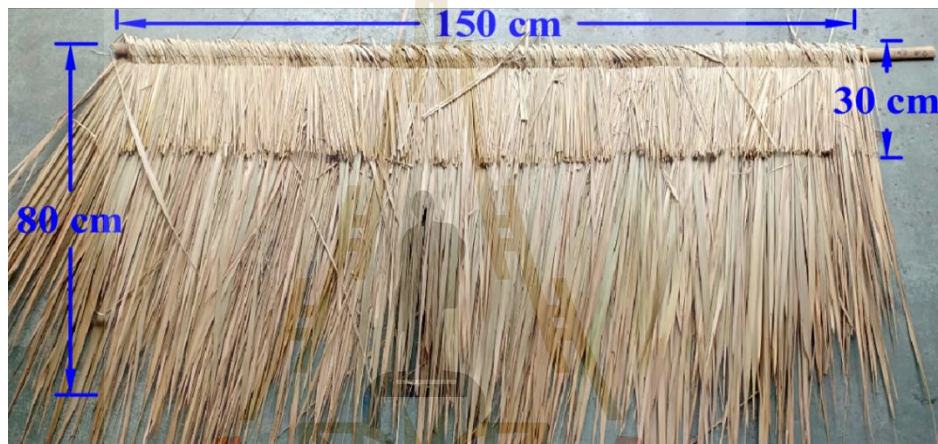
จากการวิเคราะห์คุณภาพของตบหญ้า จะแบ่งคุณภาพของตบหญ้าออกเป็น 3 ประเภท คือ

- 1) ตบหญ้าสมบูรณ์ (รูปที่ 4.14)
- 2) ตบหญ้าที่สามารถแก้ไขด้วยมือแล้วนำกลับมาใช้ได้ (ปัญหา 1-4)
- 3) ตบหญ้าที่ไม่สามารถแก้ไขด้วยมือได้ (ปัญหา 5-7)



รูปที่ 4.14 ตัวอย่างของตบหญ้าที่สมบูรณ์

การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพระหว่างตบหญ้าที่ผลิตได้กับตบหญ้าที่ซื้อจากท้องตลาด จากรูปที่ 4.15 เป็นตัวอย่างตบหญ้าที่ผลิตได้มีขนาดความยาว 150 cm ความกว้าง 80 cm และมีความยาวช่วงการพับ 30 cm ใช้หญ้าแห้งน้ำหนัก 1 kg ในการผลิต จากรูปที่ 4.16 เป็นตัวอย่างตบหญ้าที่ซื้อจากท้องตลาดมีขนาดความยาว 165 cm ความกว้าง 77 cm และมีความยาวช่วงการพับ 42 cm ใช้หญ้าแห้งน้ำหนัก 1.2 kg ในการผลิต จากอัตราส่วนน้ำหนักหญ้าแห้งในการผลิตต่อความยาวของตบหญ้ามีความใกล้เคียงกัน แต่ความยาวของหญ้าในช่วงการพับของตบหญ้าที่ผลิตได้สั้นกว่าตบหญ้าที่ซื้อจากท้องตลาดเนื่องจากกลไกการพับรายหญ้าทับกับแกนไม้สามารถพับหญ้าที่มีความยาวไม่เกิน 30 cm ถ้ามีความยาวมากกว่านี้หญ้าที่ถูกพับจะชนกับกลไกพับรายหญ้าให้อยู่กับที่ ทำให้ไม่สามารถพับหญ้าต่อได้



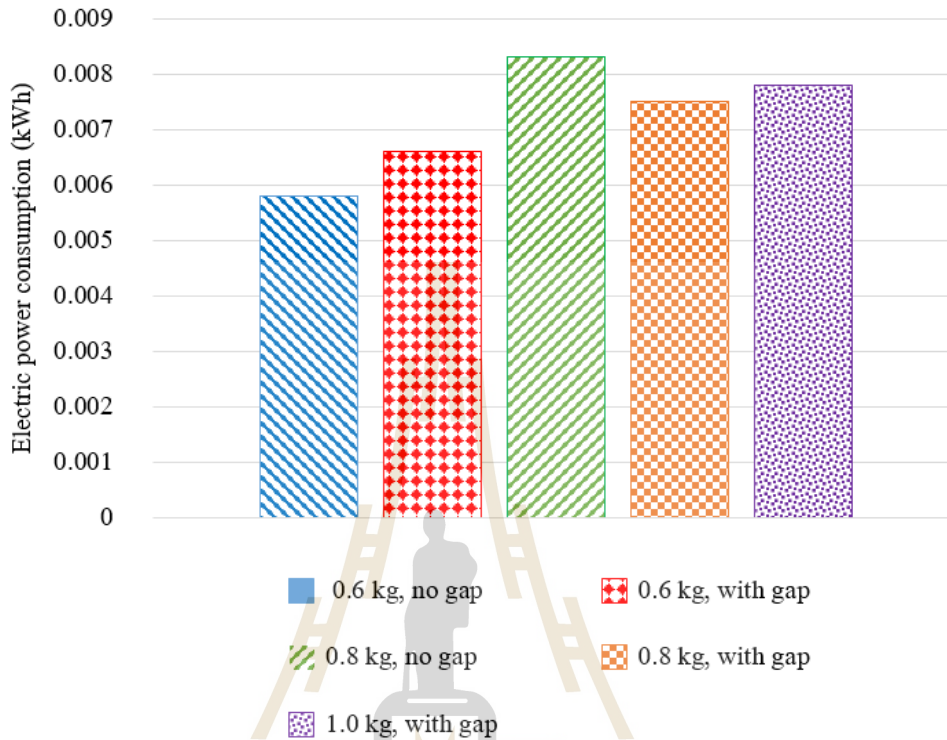
รูปที่ 4.15 ตบหญ้าที่ผลิตได้



รูปที่ 4.16 ตบหญ้าที่ซื้อจากท้องตลาด

4.2.2 พลังงานเฉลี่ยและเวลาที่ใช้ในการผลิตตบหญ้า

จากการทดสอบการเย็บตบหญ้าแฝกด้วยเครื่องจักร ซึ่งได้ผลการทดสอบการใช้พลังงานเฉลี่ยในการผลิตตบหญ้าในแต่ละตบดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 อัตราการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อตบในการผลิตตบหญ้า

จากผลการทดสอบ ในการผลิตตบหญ้าในแต่ละการทดสอบมีการใช้พลังงานเฉลี่ยในการผลิตตบหญ้าแฝกใกล้เคียงกันมาก ซึ่งมีการใช้พลังงานเฉลี่ยในการผลิตตบหญ้าอยู่ในช่วง 0.0060 – 0.0090 kWh/ตบ (6 – 9 kWh/ตบ) แสดงว่าปัจจัยการผลิตตามน้ำหนักของหญ้าและลักษณะของดินผิแบบห่างหรือแบบชิด ส่งผลต่อการใช้พลังงานในการผลิตที่แตกต่างกันน้อยมาก

จากเวลาที่ใช้ในการผลิตในแต่ละตบ 1) น้ำหนักหญ้าแฝก 0.6 kg ดินผิแบบห่าง ใช้เวลาในการผลิต 3 นาที 38.28 วินาทีต่อตบ 2) น้ำหนักหญ้าแฝก 0.6 kg ดินผิแบบชิด ใช้เวลาในการผลิต 3 นาที 32.86 วินาทีต่อตบ 3) น้ำหนักหญ้าแฝก 0.8 kg ดินผิแบบห่าง ใช้เวลาในการผลิต 3 นาที 58.14 วินาทีต่อตบ 4) น้ำหนักหญ้าแฝก 0.8 kg ดินผิแบบชิด ใช้เวลาในการผลิต 3 นาที 58.96 วินาทีต่อตบ 5) น้ำหนักหญ้าแฝก 1.0 kg ดินผิแบบห่าง ใช้เวลาในการผลิต 4 นาที 3.93 วินาทีต่อตบ จากผลการทดสอบที่ได้จะเห็นว่าเมื่อน้ำหนักหญ้าในการผลิตเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ใช้เวลาในการผลิตมากขึ้นเพราะจำนวนหญ้าที่มากขึ้นจะส่งผลให้ใช้เวลาในการเรียงหญ้าเพิ่มขึ้น

4.3 ผลการทดสอบการรั่วซึมของน้ำฝน

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการรั่วซึมของน้ำฝน

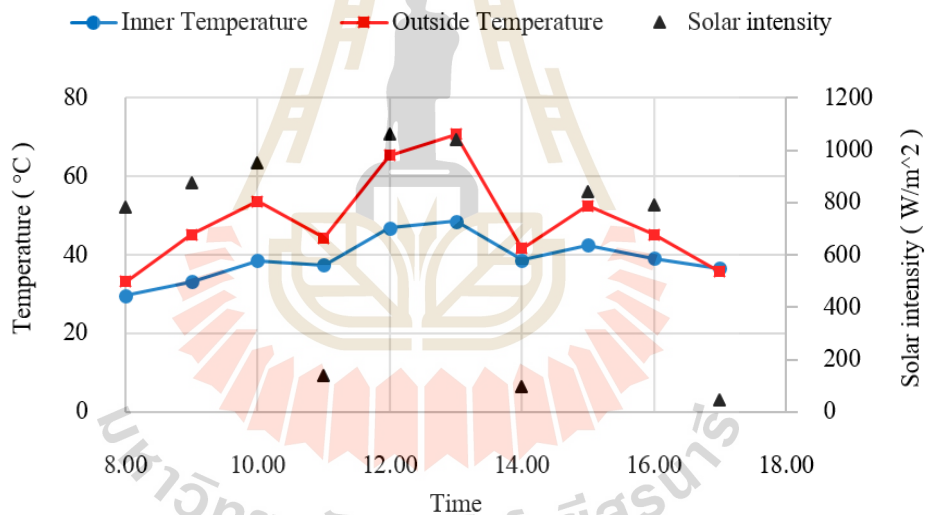
Weight of grass roofing per panel	Leak	Description
1. The roof incline 10.5 degrees from horizontal		
Gap between panel is 20 cm		
0.6 kg	Yes	Many water leaks. Flow is continuous.
0.8 kg	Yes	Many water leaks. Drip continuously flowing very fast.
1.0 kg	Yes	Many water leaks. Water leak a drop, but slower than the 0.8 kg weight.
Market	Yes	Less water leak.
Gap between panel is 15 cm		
0.6 kg	Yes	Many water leaks. Drip continuously flowing very fast.
0.8 kg	Yes	Many water leaks. Drip continuously flowing.
1.0 kg	Yes	Water leakage 2 points. Drip continuously flowing.
Market	No	
2. The roof incline 17.35 degrees from horizontal		
Gap between panel is 15 cm		
0.6 kg	Yes	Less water leak. Drip infrequently
0.8 kg	No	
1.0 kg	No	
Market	No	

การทดสอบการรั่วซึมของน้ำฝนโดยจะทดสอบนำตลับหย้าที่ผลิตได้ไปมุงหลังคาและใช้หัวฝักบัวรดน้ำในการจำลองแทนน้ำฝน ในการทดสอบจะมีการแปรค่าระยะห่างระหว่างก้านไม้ของตลับหย้าออกเป็น 20 cm และ 15 cm และแปรค่ามุมเอียงของหลังคาออกเป็น 10.5 องศา และ 17.35 องศา ซึ่งในการทดสอบจะใช้การรดน้ำด้วยหัวฝักบัวใส่หลังคาเป็นเวลา 30 min เพื่อพิจารณาการรั่วซึมของน้ำผ่านหลังคาที่ใช้ตลับหย้าที่ผลิตได้กับตลับหย้าจากท้องตลาด ซึ่งได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.1

จากการทดสอบการรั่วซึมของน้ำฝน ที่มุมหลังคา 10.5 องศา ถ้าวางดัดหญ้าห่างกัน 20 cm หลังคาที่มุงด้วยดัดหญ้าทุกแบบมีการรั่วซึมของน้ำฝน แต่ถ้าวางดัดหญ้าห่างกัน 15 cm ดัดหญ้าจากท้องตลาดไม่เกิดการรั่ว ที่มุมหลังคา 17.35 องศา วางดัดหญ้าห่างกัน 15 cm หลังคาที่มุงด้วยดัดหญ้าแบบน้ำหนัก 0.8 kg และ 1.0 kg ไม่เกิดการรั่ว จากการทดสอบถ้ำลระยะห่างของการมุงดัดหญ้าหรือเพิ่มมุมมองของหลังคาจะทำให้การป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝนมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่จะต้องใช้ดัดหญ้าในการมุงหลังคาเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้พื้นที่หลังคาในแนวระนาบเท่ากัน

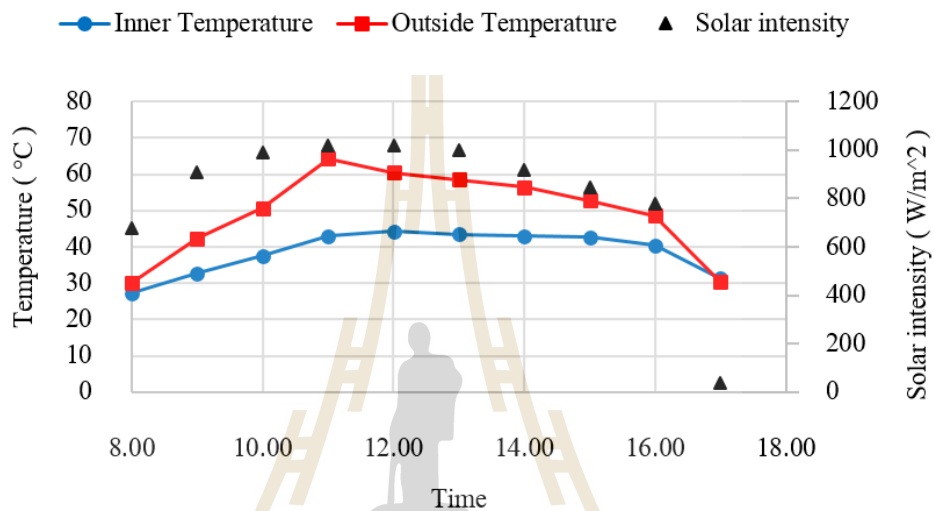
4.4 ผลการทดสอบการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์

การทดสอบการนำความร้อนโดยจะทดสอบนำดัดหญ้าที่ผลิตได้ไปมุงหลังคาที่ระยะห่างกัน 20 cm และมุมมองของหลังคาเท่ากับ 10.5 องศา แล้วปล่อยให้ได้รับแสงอาทิตย์ตั้งแต่เวลา 08.00 – 17.00 น. และทำการวัดค่าอุณหภูมิผิวด้านบนและด้านใต้ของหลังคา และวัดค่าความเข้มแสง ในการวัดบันทึกค่าทุก ๆ 1 ชม. เปรียบเทียบผลการทดสอบจากหลังคาที่ใช้ดัดหญ้าที่ผลิตได้กับดัดหญ้าจากท้องตลาด ได้ผลดังนี้



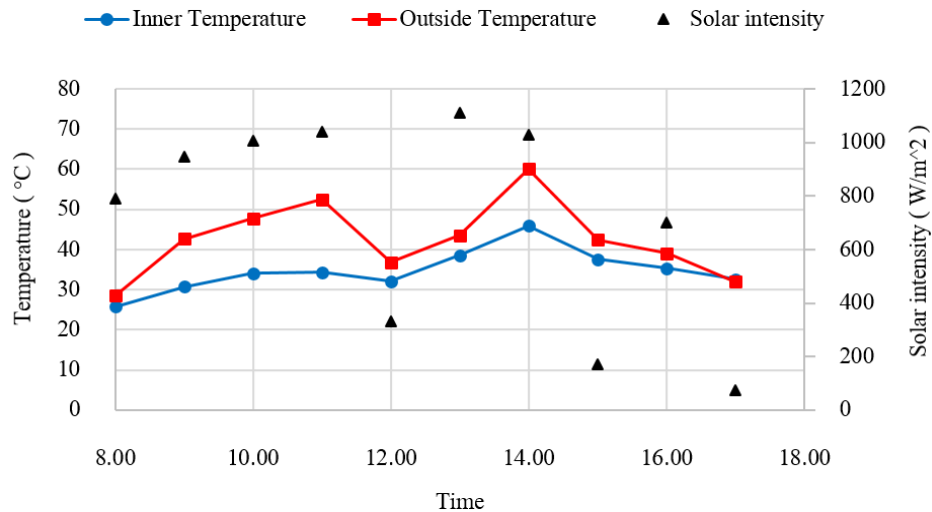
รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านในและอุณหภูมิผิวด้านบนของหลังคาเทียบกับเวลา และเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ของดัดหญ้าจากตลาด

จากรูปที่ 4.18 เป็นการทดสอบบ่มหลังคาจากตับหญ้าที่หาซื้อจากท้องตลาด อุณหภูมิด้านในและด้านนอกของหลังคาจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะมีค่ามากที่สุดที่เวลา 13.00 น. และจะมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ หลังจากเวลา 13.00 น. โดยจะมีค่าอุณหภูมิด้านใน 48.6°C อุณหภูมิด้านนอก 70.7°C และมีค่าความเข้มแสงสูงสุด $1,060 \text{ W/m}^2$ ที่เวลา 12.00 น. จะเห็นว่าช่วงเวลา 10.00-11.00 น. และ 13.00-14.00 น. อุณหภูมิด้านในและด้านนอกมีค่าลดลงอย่างกะทันหันเนื่องจากในช่วงเวลานั้นความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ลดลงซึ่งเกิดจากมีเมฆบังแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมาข้างหลังคา โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิด้านนอกจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิด้านในประมาณ 9.62°C



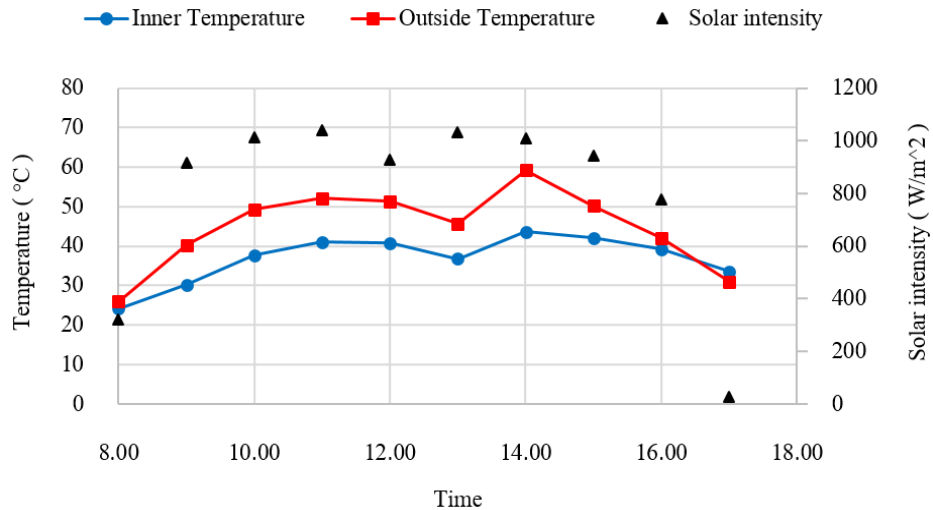
รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านในและอุณหภูมิผิวด้านบนของหลังคาเทียบกับเวลา และเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ของตับหญ้า 1.0 kg

จากรูปที่ 4.19 เป็นการทดสอบบ่มหลังคาจากตับหญ้าที่ผลิตได้จากเครื่องต้นแบบโดยทดสอบที่น้ำหนักแห้งของหญ้า 1 kg อุณหภูมิด้านในและด้านนอกของหลังคาจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ ซึ่งอุณหภูมิด้านในจะมีค่ามากที่สุดเวลา 12.00 น. เท่ากับ 44.2°C และจะมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ หลังจากเวลา 12.00 น. อุณหภูมิด้านนอกจะมีค่ามากที่สุดเวลา 11.00 น. เท่ากับ 64.3°C และจะมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ หลังจากเวลา 11.00 น. และมีค่าความเข้มแสงสูงสุด $1,020 \text{ W/m}^2$ ที่เวลา 11.00 น. โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิด้านนอกจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิด้านในประมาณ 10.85°C



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านในและอุณหภูมิผิวด้านบนของหลังคาเทียบกับเวลา และเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ของตึบบัญญา 0.8 kg

จากรูปที่ 4.20 เป็นการทดสอบบุงหลังคาจากตึบบัญญาที่ผลิตได้จากเครื่องต้นแบบโดยทดสอบที่น้ำหนักแห้งของหญ้า 0.8 kg อุณหภูมิด้านในและด้านนอกของหลังคาจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะมีค่ามากที่สุดเวลา 14.00 น. และจะมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ หลังจากเวลา 14.00 น. โดยจะมีอุณหภูมิด้านใน 45.9°C อุณหภูมิด้านนอก 60.1°C และมีค่าความเข้มแสงสูงสุด 1,109 W/m² ที่เวลา 13.00 น. จะเห็นว่าช่วงเวลา 11.00-12.00 น. และ 14.00-15.00 น. อุณหภูมิด้านในและด้านนอกมีค่าลดลงอย่างกะทันหันเนื่องจากในช่วงเวลานั้นความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ลดลงซึ่งเกิดจากมีเมฆบังแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังหลังคา โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิด้านนอกจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิด้านในประมาณ 7.83°C



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิด้านในและอุณหภูมิผิวด้านบนของหลังคาเทียบกับเวลา และเปรียบเทียบอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ของตัวยูรีอา 0.6 kg

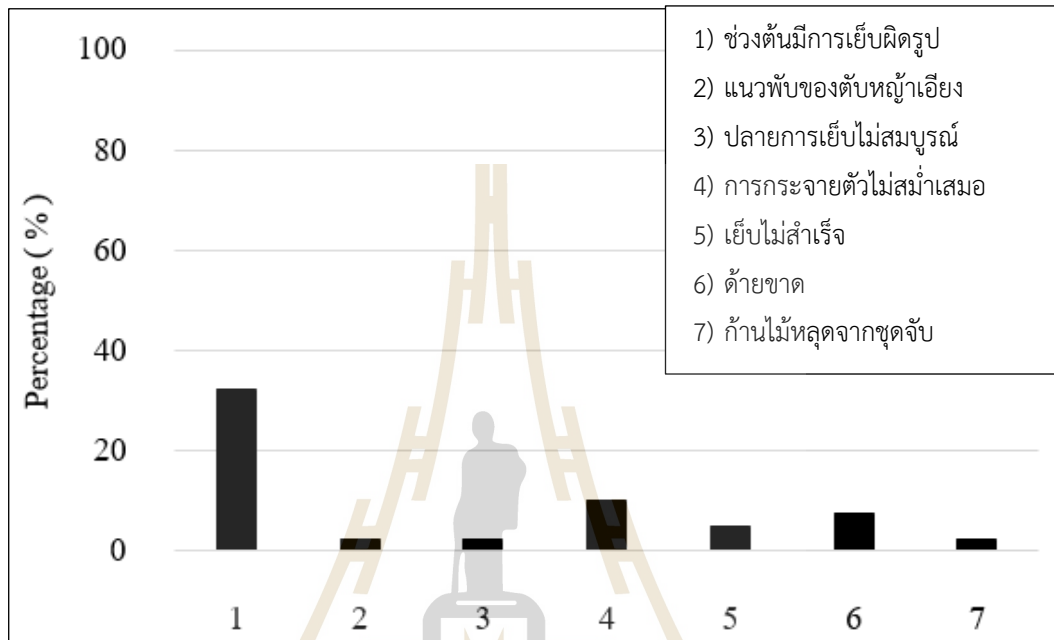
จากรูปที่ 4.21 เป็นการทดสอบมุงหลังคาจากตัวยูรีอาที่ผลิตได้จากเครื่องต้นแบบโดยทดสอบที่น้ำหนักแห้งของยูรีอา 0.6 kg อุณหภูมิด้านในและด้านนอกของหลังคาจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะมีค่ามากที่สุดเวลา 14.00 น. และจะมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ หลังจากเวลา 14.00 น. โดยจะมีค่าอุณหภูมิด้านใน 45.9°C อุณหภูมิด้านนอก 60.1°C และมีค่าความเข้มแสงสูงสุด 1040 W/m² ที่เวลา 11.00 น. จะเห็นว่าช่วงเวลา 11.00-13.00 น. อุณหภูมิด้านในและด้านนอกมีค่าลดลงอย่างกะทันหันเนื่องจากในช่วงเวลานั้นความเข้มแสงของดวงอาทิตย์ลดลงซึ่งเกิดจากมีเมฆบังแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังหลังคา โดยค่าเฉลี่ยอุณหภูมิด้านนอกจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิด้านในประมาณ 7.80°C

ในช่วงเวลา 17.00 น. ค่าความเข้มแสงจะน้อยมากเกิดจากมีอาคารบริเวณนั้นบังแสงอาทิตย์ และในช่วงก่อนเวลา 17.00 น. แสงอาทิตย์ไม่ได้ตกกระทบลงบนหลังคาและก่อนช่วงเวลานี้อุณหภูมิด้านในและด้านนอกมีค่าต่างกันไม่มาก ด้านนอกของหลังคามีการถ่ายเทความร้อนที่ดีกว่าด้านในจึงทำให้อุณหภูมิด้านในหลังคาจะสูงกว่าอุณหภูมิด้านนอกหลังคา

จากผลทดสอบการนำความร้อนที่ได้จะเห็นว่าตัวยูรีอาที่ผลิตได้จากเครื่องต้นแบบสามารถป้องกันความร้อนได้ดีเทียบเท่ากับตัวยูรีอาที่ซื้อจากท้องตลาด โดยดูได้จากค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิด้านนอกกับอุณหภูมิด้านใน ซึ่งจากการทดสอบตัวยูรีอาแผ่นที่ผลิตได้จากเครื่องต้นแบบโดยทดสอบที่น้ำหนักแห้งของยูรีอาแผ่น 1.0 kg สามารถกันความร้อนได้ดีที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิด้านนอกจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิด้านในประมาณ 10.85 °C

4.5 ผลการทดสอบผลิตตบหญ้าแบบต่อเนื่อง

จากการทดสอบการเย็บตบหญ้าด้วยเครื่องจักรแบบต่อเนื่องจำนวน 40 ตบ ซึ่งได้ทำการทดสอบที่น้ำหนัก 1.0 kg และดินผิแบบแห้ง เนื่องจากน้ำหนักของหญ้ามี่ความใกล้เคียงกับตบหญ้าที่หาซื้อได้จากท้องตลาด แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพตามเงื่อนไขข้างต้นตามหัวข้อ 3.3 ได้ผลดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 คุณภาพการผลิตตบหญ้าแบบต่อเนื่องของเครื่องจักรต้นแบบ

จากการทดสอบผลิตตบหญ้าแบบต่อเนื่อง พบปัญหาคือ 1) ช่วงต้นมีการเย็บผิดรูปเกิดขึ้นมากที่สุดที่ 32.5% ซึ่งเกิดจากรายหญ้ามี่ความหนาเกินไป และปัญหาที่เกิดขึ้นน้อยที่สุดคือ 2) แนวพับของตบหญ้าเอียง 3) ปลายการเย็บไม่สมบูรณ์ และ 7) ก้านไม้หลุดจากชุดจับ เกิดขึ้นน้อยที่สุดที่ 2.5% ในการผลิตตบหญ้า 40 อัน เราได้ตบหญ้าสมบูรณ์ 37.5% ตบหญ้าที่สามารถแก้ไขด้วยมือแล้วนำกลับมาใช้ได้ 47.5% และ ตบหญ้าที่ไม่สามารถแก้ไขด้วยมือได้ 15% ดังนั้นเครื่องจักรต้นแบบนี้มีประสิทธิภาพการผลิตเท่ากับ 85% ใช้พลังงานในการผลิตทั้งหมด 0.5513 kWh และใช้เวลาในการผลิตทั้งหมด 2 ชั่วโมง 41 นาที 10 วินาที ดังนั้นเครื่องจักรต้นแบบมีความสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 0.0137 kWh/ตบ หรือ 0.205 kWh/hr และมีความสามารถในการทำงานเท่ากับ 14 ตบ/hr.

4.6 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม อ้างอิงอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ธนาคารออมสิน (ธนาคารออมสิน, 2560) ที่ราคาเครื่องต้นแบบเท่ากับ 93,320 บาท และราคาต้นทุนในปัจจุบัน ราคา 15 บาทต่อตัว กำไรในขายตัวหน่วยอยู่ที่ 8 บาทต่อตัว (พนมรุ้งหญ้าคา, 2561) พบว่าจุดคุ้มทุนการผลิตอยู่ที่ 2,580 ตัวต่อปี และมีระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่ 11 เดือน (ไพบุลย์ แยมเพื่อน, 2546)



บทที่ 5

สรุปผล

จากการศึกษาการผลิตวัสดุผงหลังจากจากหญ้าแฝก (ตบหญ้าแฝก) ด้วยมือที่เรียกว่าการกรองหญ้าแฝกเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุผงหลังจากจากหญ้าแฝก เครื่องต้นแบบทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติควบคุมการทำงานด้วย PLC ใช้กระบอกสูบนิวแมติกส์และมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง จากนั้นทำการทดสอบเพื่อประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องต้นแบบ โดยการทดสอบผลิตตบหญ้าที่น้ำหนักหญ้า 0.6, 0.8 และ 1.0 kg ที่ดินฝึมีลักษณะแบบขีดและแบบห่าง เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของตบหญ้าผลิตได้ การใช้พลังงานในการผลิตตบหญ้าในแต่ละตบ ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าที่เหมาะสม ทดสอบการป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝนและการป้องกันความร้อนจากแสงแดดเพื่อเปรียบเทียบกับตบหญ้าที่หาซื้อได้จากท้องตลาด การทดสอบการผลิตแบบต่อเนื่องจำนวน 40 ตบที่น้ำหนักหญ้า 1.0 kg เพื่อหาคุณภาพของการผลิตตบหญ้าโดยเครื่องต้นแบบ และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ซึ่งจากการศึกษาสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

จากการทดสอบการผลิตตบหญ้าด้วยเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุผงหลังจากจากหญ้าแฝกที่พัฒนาขึ้น พบว่า การทดสอบที่น้ำหนักหญ้า 0.8 kg ต่อตบ และสภาวะดินฝึแบบห่างสามารถผลิตตบหญ้าได้สมบูรณ์ดีที่สุด โดยสามารถป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ประมาณ 8.73°C การทดสอบผลิตตบหญ้าที่มีดินฝึแบบขีดและการเพิ่มน้ำหนักหญ้าในการทดสอบจะทำให้เกิดปัญหาช่วงต้นมีการเย็บผิดรูปเพิ่มขึ้น มีการใช้พลังงานเฉลี่ยในการผลิตตบหญ้าในแต่ละตบอยู่ในช่วง 6 – 9 Wh ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในการเดินถาดเลื่อนเท่ากับ 20 – 25 rpm และเมื่อเพิ่มน้ำหนักหญ้าในการผลิตมากขึ้นจะทำให้ใช้เวลาในการผลิตมากขึ้น การทดสอบการใช้งานพบว่าตบหญ้าที่ผลิตได้จากเครื่องในทุกน้ำหนักจะต้องมุงซ้อนกันด้วยระยะห่างไม่เกิน 15 cm และมุมหลังคาเอียงไม่น้อยกว่า 17.35 องศา จึงจะสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำฝนได้ และในการทดสอบการป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์พบว่าตบหญ้าผลิตที่น้ำหนักแห้งของหญ้า 1.0 kg ต่อตบสามารถป้องกันความร้อนได้ดีที่สุด โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างด้านในและด้านนอกประมาณ 10.85°C ในการทดสอบผลิตแบบต่อเนื่อง 40 ตบ ที่น้ำหนัก 1.0 kg เนื่องจากตบหญ้ามีน้ำหนักใกล้เคียงกับตบหญ้าที่หาซื้อได้จากท้องตลาด โดยใช้ดินฝึแบบห่าง ปัญหาที่พบมากที่สุดคือช่วงต้นมีการเย็บผิดรูปเกิดขึ้นมากที่สุดที่ 32.5% และปัญหาที่เกิดขึ้นน้อยที่สุดคือ แนวพับของตบหญ้าเอียง ปลายการเย็บไม่สมบูรณ์ และ ไม้หลุดจากชุดจับ เกิดขึ้นน้อยที่สุดที่ 2.5% ได้ตบหญ้าสมบูรณ์ 37.5% ตบหญ้าที่สามารถแก้ไขด้วยมือแล้วนำกลับมาใช้ได้ 47.5% และ ตบหญ้าที่ไม่สามารถแก้ไข

ด้วยมือได้ 15% ดังนั้นเครื่องจักรต้นแบบนี้มีประสิทธิภาพการผลิตเท่ากับ 85% มีความสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 205 Wh/hr. และมีความสามารถในการทำงานเท่ากับ 14 ตับ ต่อชั่วโมง และจากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ราคาเครื่องเท่ากับ 93,320 บาท และกำไรในการผลิตตับหย้าอยู่ที่ราคา 8 บาทต่อตับ พบว่าจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 2,580 ตับต่อปี และมีระยะเวลาการคืนทุนอยู่ที่ 11 เดือน



บรรณานุกรม

- กฤษฎา สายแสง, กระจวี ตรีอำรรค และเทวรัตน์ ตรีอำรรค. (2561). การกำหนดกลไกและระบบส่งกำลังในเครื่องจักรกึ่งผลิตวัสดุผงหลังคาจากหญ้าแฝก. รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 19 ประจำปี 2561. 54.
- กฤษฎา สายแสง, กระจวี ตรีอำรรค และเทวรัตน์ ตรีอำรรค. (2561). การศึกษาแนวทางการออกแบบเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุผงหลังคาจากหญ้าแฝก. รายงานการประชุมทางวิชาการพะเยาวิจัย ครั้งที่ 7 ประจำปี 2561. 912-922.
- ณรงค์ ต้นชีวะวงศ์. (2546). นิวแมติกส์อุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).
- ณัฐพงศ์ จริตงาม และณิชา ลี้มเจริญ. (ม.ป.ป.). บทเรียนออนไลน์ เครื่องยนต์ลมอัดรถจักรยาน [ออนไลน์]. ได้จาก: http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Bicycle_Air_Engine/index.html. 1 กันยายน 2560.
- เดชฤทธิ์ มณีธรรม. (2548). คัมภีร์ ระบบนิวแมติกส์ Pneumatics System. กรุงเทพมหานคร: หจก. ไทยเจริญการพิมพ์.
- ธนัญชัย ปศุณวรรกิจ, พันธุดา พุ ฒิไพโรจน์, วรธรรม อุ๋นจิตติชัย และพรรณจิรา ทิศาวิภาต. (2549). ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. Journal of Architectural/Planning Research and Studies. 4 (2006).
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2561). อัตราดอกเบี้ยเงินฝากธนาคารกรุงเทพ [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.bot.or.th/thai/statistics/financialmarkets/interestrate/_layouts/application/interest_rate/in_rate.aspx. 13 มกราคม 2562.
- ธีรศักดิ์ ศรีมิตรรุ่งโรจน์. (2558). ชุดขับสกรูลำเลียงวัสดุปริมาณมวล [ออนไลน์]. ได้จาก: https://trsrd.blogspot.com/2015/10/blog-post_30.html?fbclid=IwAR1f_0XTUBZd1bn-VXBOaGpMvQGlagsTn9lH3GNh75l9MMMmLx1PuROY4. 13 มกราคม 2562.
- บ้านสวนทรัพย์ในดิน (2556). วิธีการทำหญ้าแฝกผงหลังคา by แม่ถาวร [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.facebook.com/pg/suppayanaidin/photos/?tab=album&album_id=595534600500143. 16 ธันวาคม 2561.
- บริษัท แมนูแพคเจอร์ โอเวอร์ฮอล ราพิด แอนด์ ออพติมอล จำกัด. (2558). "...สูตรวิชาหากินง่ายๆ ที่หลายคุณลิ้มไปแล้วชอบถามกันมาจิง..!/? [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.moro.co.th/สูตรวิชาหากินง่ายๆ-ที่/?fbclid=IwAR1aNnHuP4aNuaA3AzVb9fFs5lV8FKssAIKBYf3MxAnRqm3Qc85Kvbf2FM>. 13 มกราคม 2562.

- พนมรุ้งห้วยาคา. (2561). หลังกาห้วยาคา [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.tanachai12.com/>.
13 มกราคม 2562.
- พิษณุโลกฮอตนิวส์. (2556). หน้าแล้งชาวบ้านวังทองกองแฝกไฟห้วยาคาขายได้กำไรดี [ออนไลน์].
ได้จาก: <http://www.phitsanulokhotnews.com>. 9 มกราคม 2560.
- ไพบูลย์ แยมเพื่อน. (2546). เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น. (ม.ป.ป.). บทที่ 7 การผลิตเฟือง [ออนไลน์]. ได้จาก: https://sites.google.com/site/krrmwithikarphlitt/neuxhasara/bth-thi-7-kar-phlit-feuxng?fbclid=IwAR2ef2OzdGY3F8Sz3oXXnpKLQD9l0ZRKp1byZYVVERHqH2o_5MvndgXgw. 13 มกราคม 2562.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2557). ห้วยแฝก [ออนไลน์]. ได้จาก:
<http://www.th.wikipedia.org/w/index.php>. 9 มกราคม 2560.
- สยามออโตเมชัน. (2561). Reed switch คืออะไร? ติดตั้งอย่างไร? [ออนไลน์]. ได้จาก:
<http://www.siam-automation.com/article/10/reed-switch-คืออะไร-ติดตั้งอย่างไร>.
1 มกราคม 2562.
- สุรยุทธ รุณเกตุ, วันทยา ปานทิพย์, ศิริชัย แก้วกุล, ณัฐพัชร ภาระพงษ์ และกระวี ตรีอำรรค. (2559). เครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุผงหลังกาจากห้วยแฝก. โครงการนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. (2557). ห้วยแฝกเฉลิมพระเกียรติ [ออนไลน์]. ได้จาก:
http://www.ldd.go.th/link_yetiver/index.htm. 9 มกราคม 2560.
- อิสระ ศรีวิบูลย์รัตน์ และ พินัย ทองสวัสดิ์วงศ์. (2556). การออกแบบชุดถ่ายกำลังแบบเฟืองสะพานกับเฟืองตรงสำหรับการถ่ายทอดกำลังขนาด 5 กิโลวัตต์. วิศวกรรมสารธรรมศาสตร์. 1 (2556) 2. 29-36.
- อรชุน ตั้งใจ. (2554). มารู้อัจฉริยะหรือกิมมิตี้เซนเซอร์ (PROXIMITY SENSOR) กันเถอะ [ออนไลน์].
ได้จาก: <http://www.amda.co.th/2011/technical-skill/มารู้อัจฉริยะหรือกิมมิตี้/>. 1 มกราคม 2562.
- Benefit of grass. (2557). ฉนวนความร้อนด้วยหญ้าแฝก [ออนไลน์]. ได้จาก:
<https://sites.google.com/site/benefitsofgr>. 9 มกราคม 2560.
- Vavro, J. Jr., Vavro, J., Kováčiková, P. and Bezededová, R. (2016). Kinematic and dynamic analysis of planar mechanisms by means of the SolidWorks software. Procedia Engineering. 177 (2017) 476 – 481.

Philippe, J., Trembley, J. and Pellerin, D. (2012). Mechanics Machines Menu Scissor Lift Companies [On-line]. Available: https://www.engineersedge.com/mechanics_machines/scissor-lift.htm. 11 August 2017.

Saisang, K., Treamnuk, K. and Treamnuk, T. (2018). Desirable Specification of Vetiver Grass Roofing Making Machine. Proceedings of the Asian Conference on Sustainability, Energy & the Environment 2018 Official Conference. 84.

Vamfun's Blog. (2011). Scissors Lift Equations [On-line]. Available: <https://vamfun.wordpress.com/2011/11/12/error-in-scissor-lift-equations-at-engineers-edge/>. 8 July 2017.

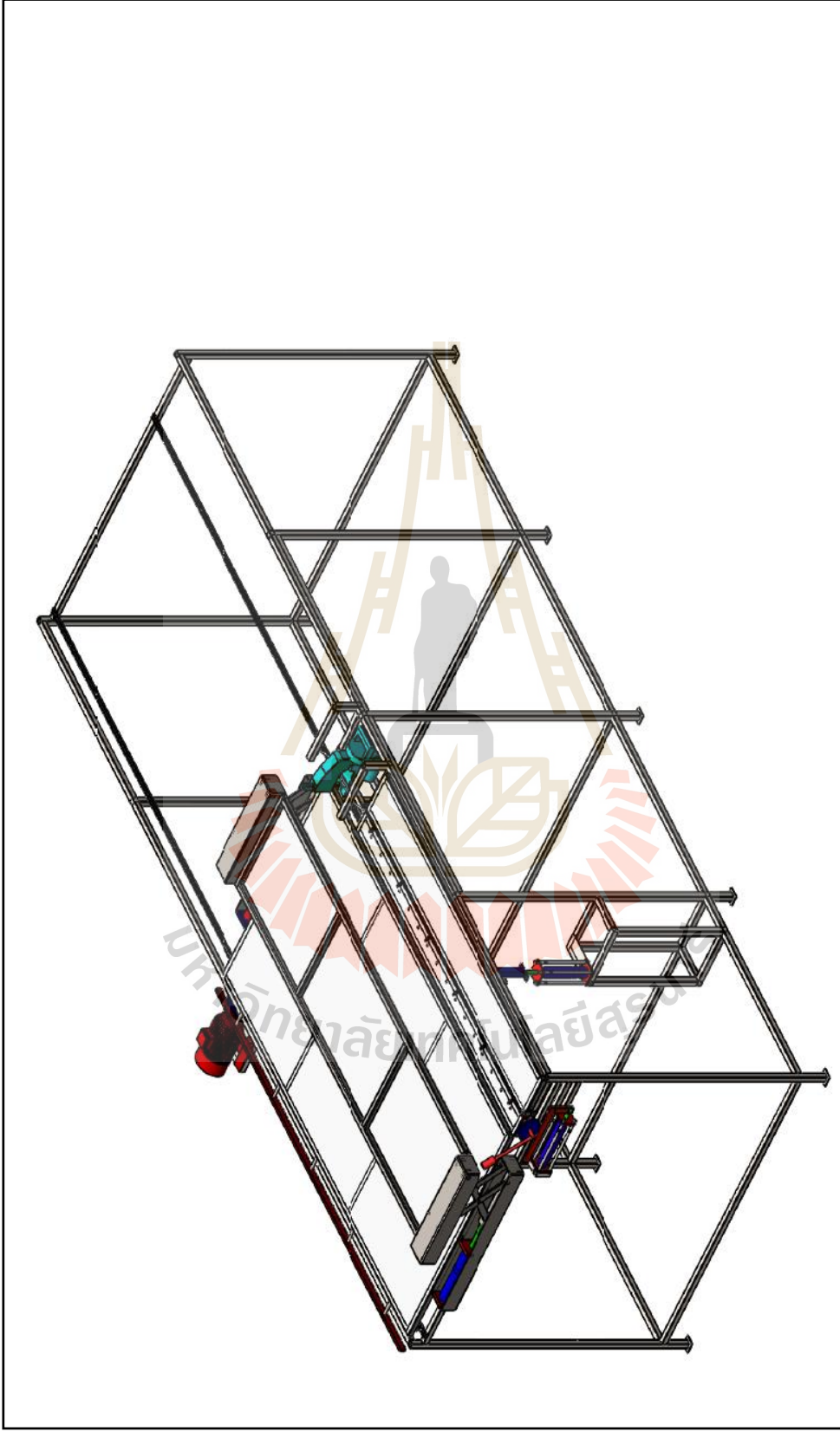




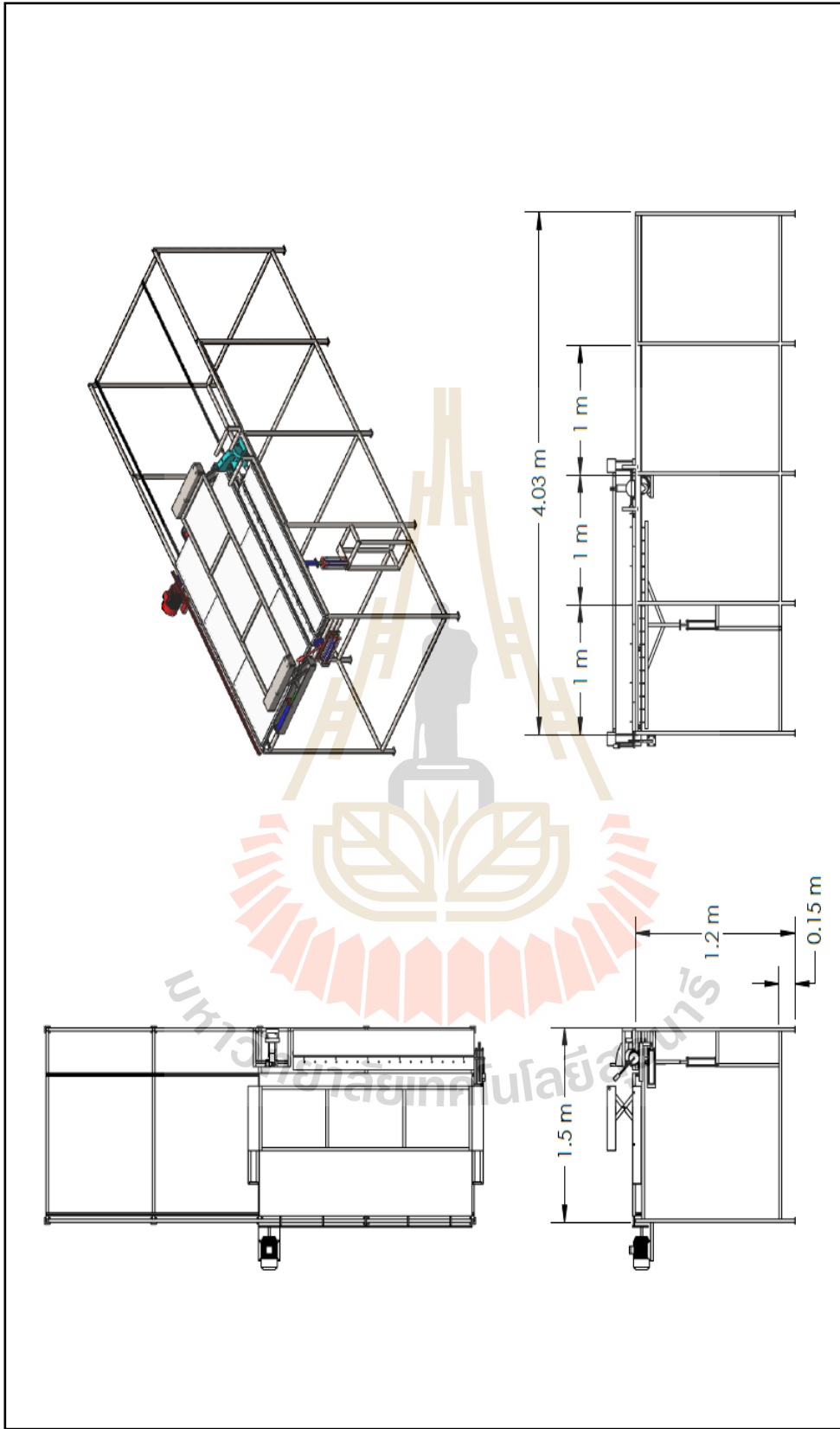
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

แบบเครื่องจักรต้นแบบที่พัฒนาขึ้น

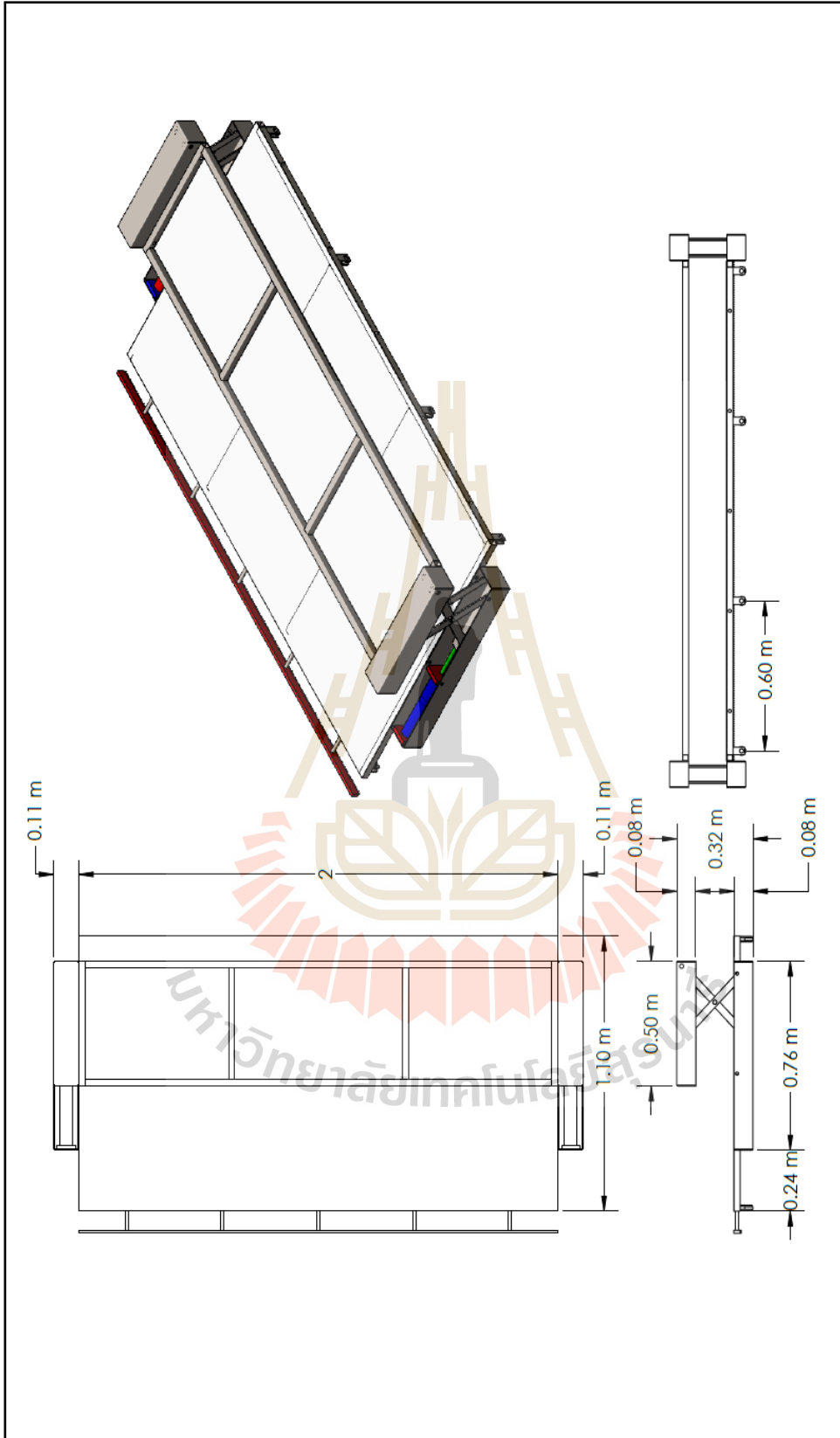
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



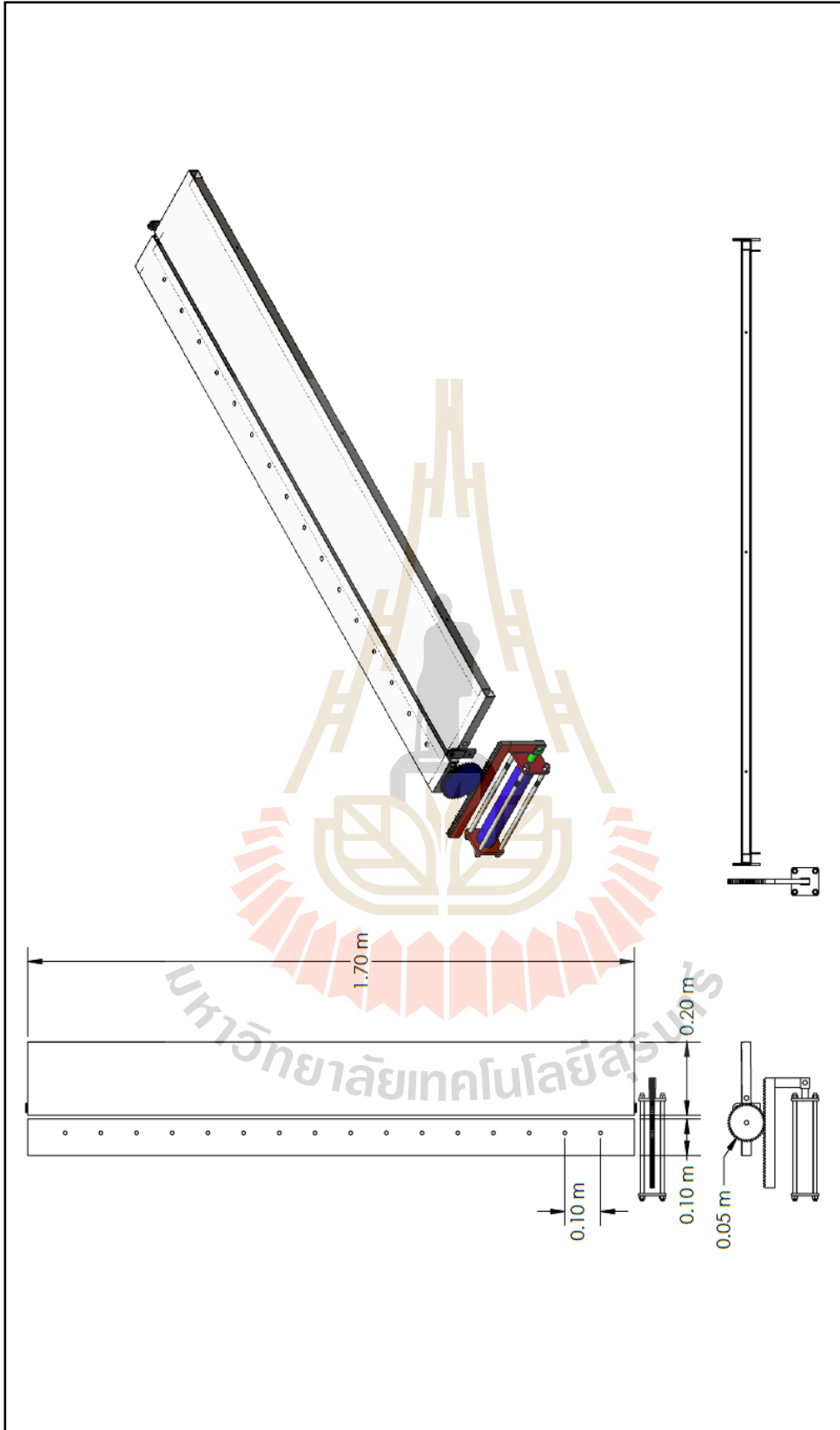
รูปผนวกที่ ก.1 แสดงภาพเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้น



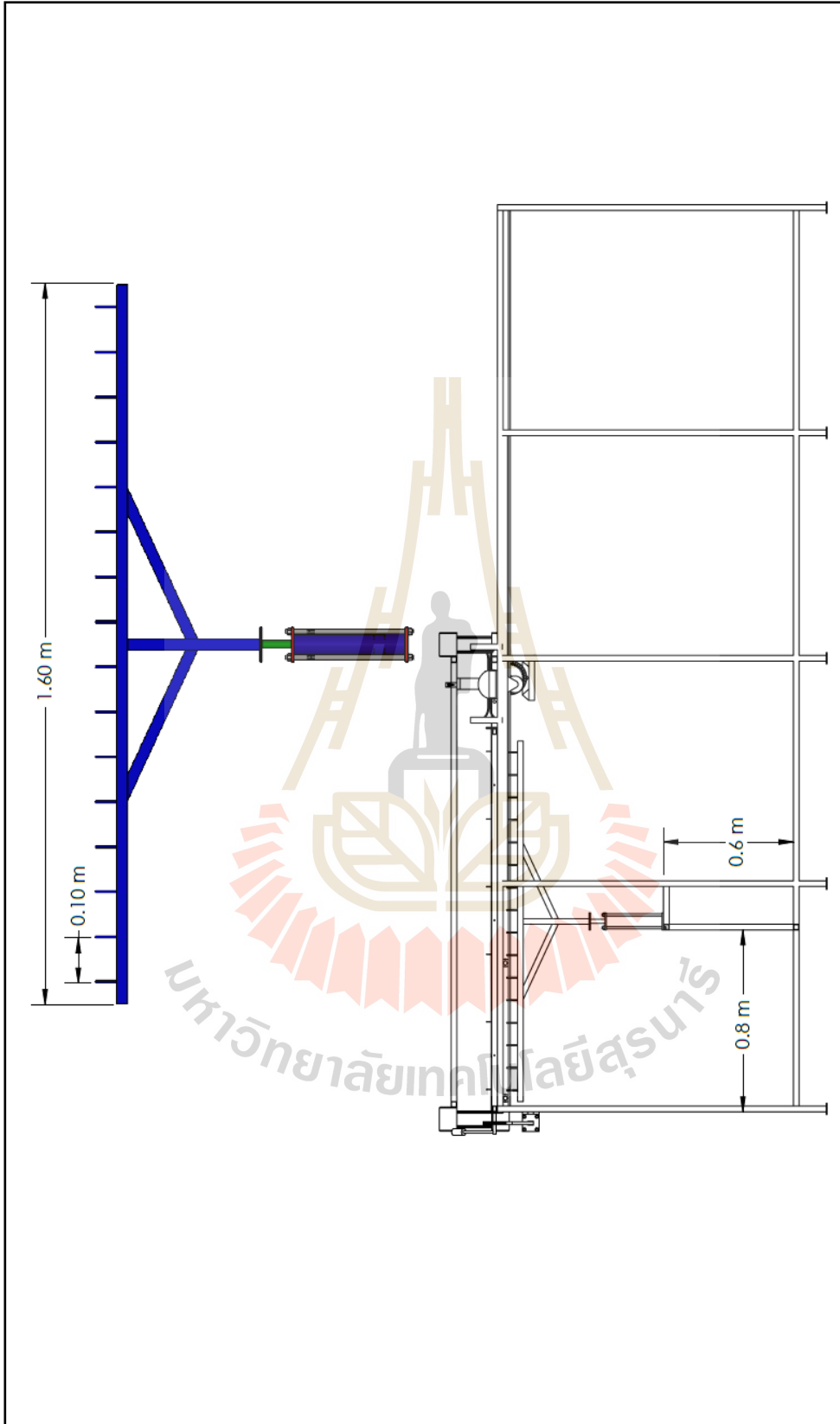
รูปผนวกที่ ก.2 แสดงภาพหลายมุมมองเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้น



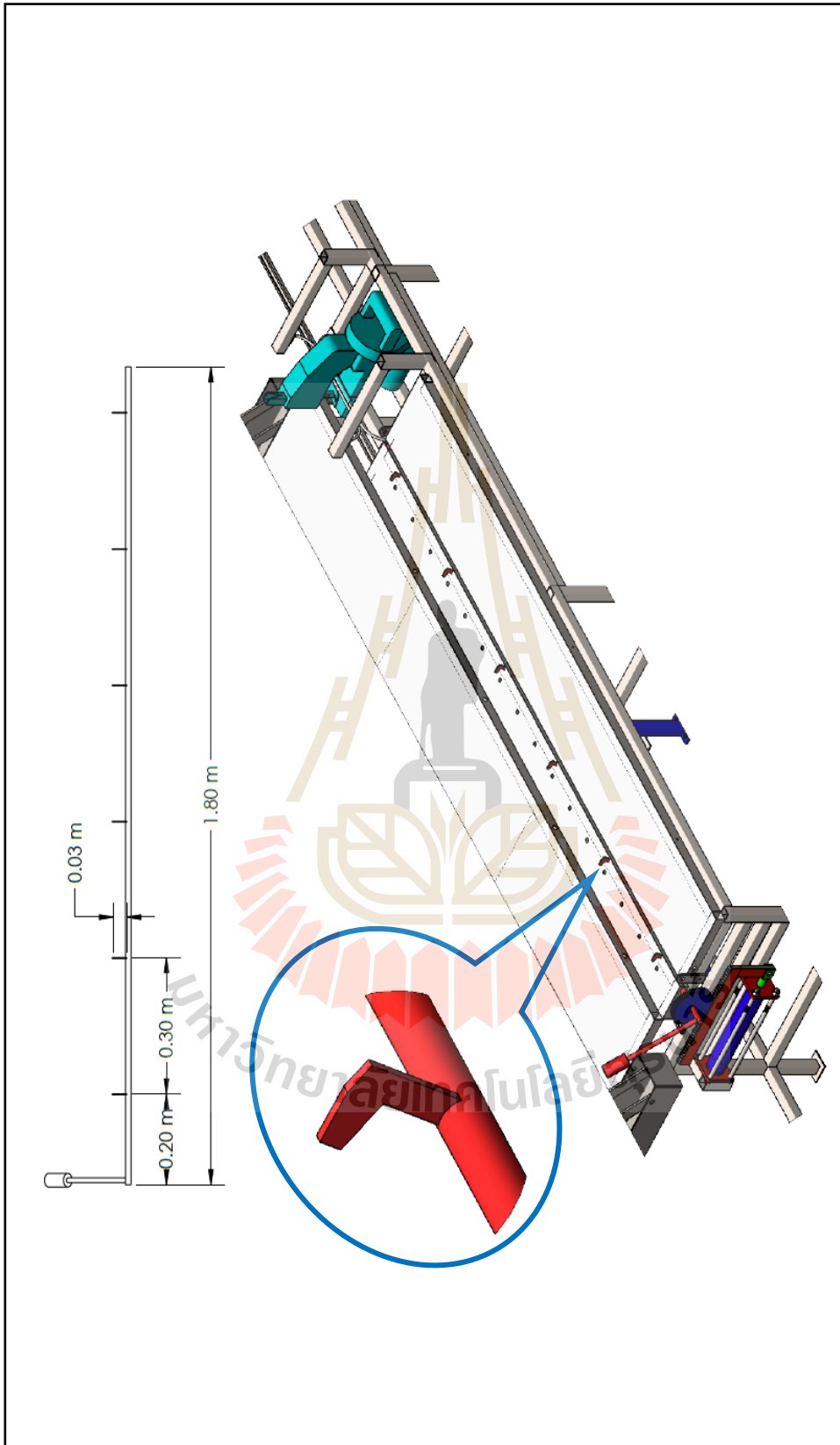
รูปผนวกที่ ก.3 แสดงภาพหลายมุมมองของกลไกที่ปรากฏอยู่ในหัวข้อที่



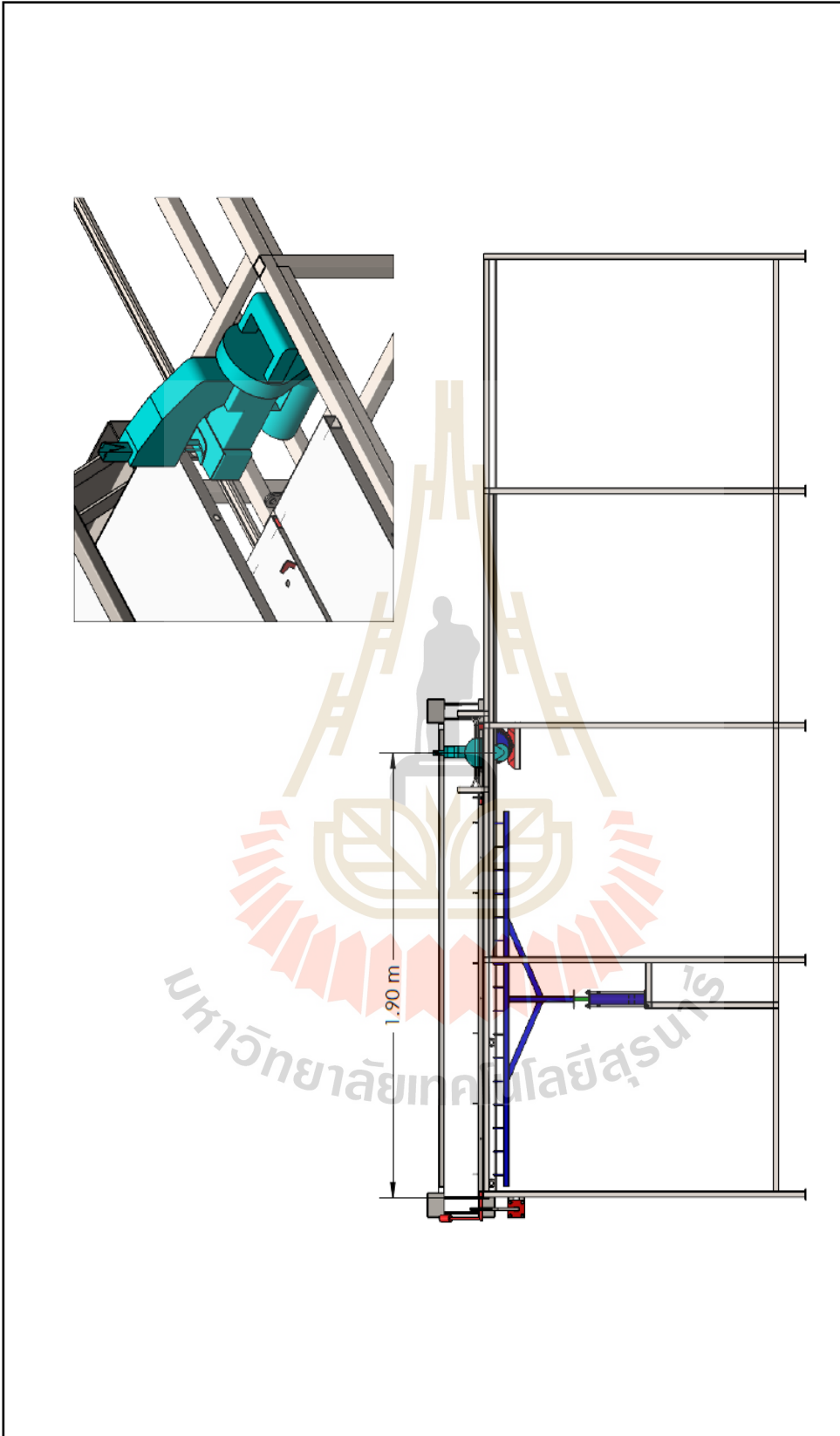
รูปผนวกที่ ก.4 แสดงภาพหลายมุมมองของกลไกปรับตำแหน่งแกน Z



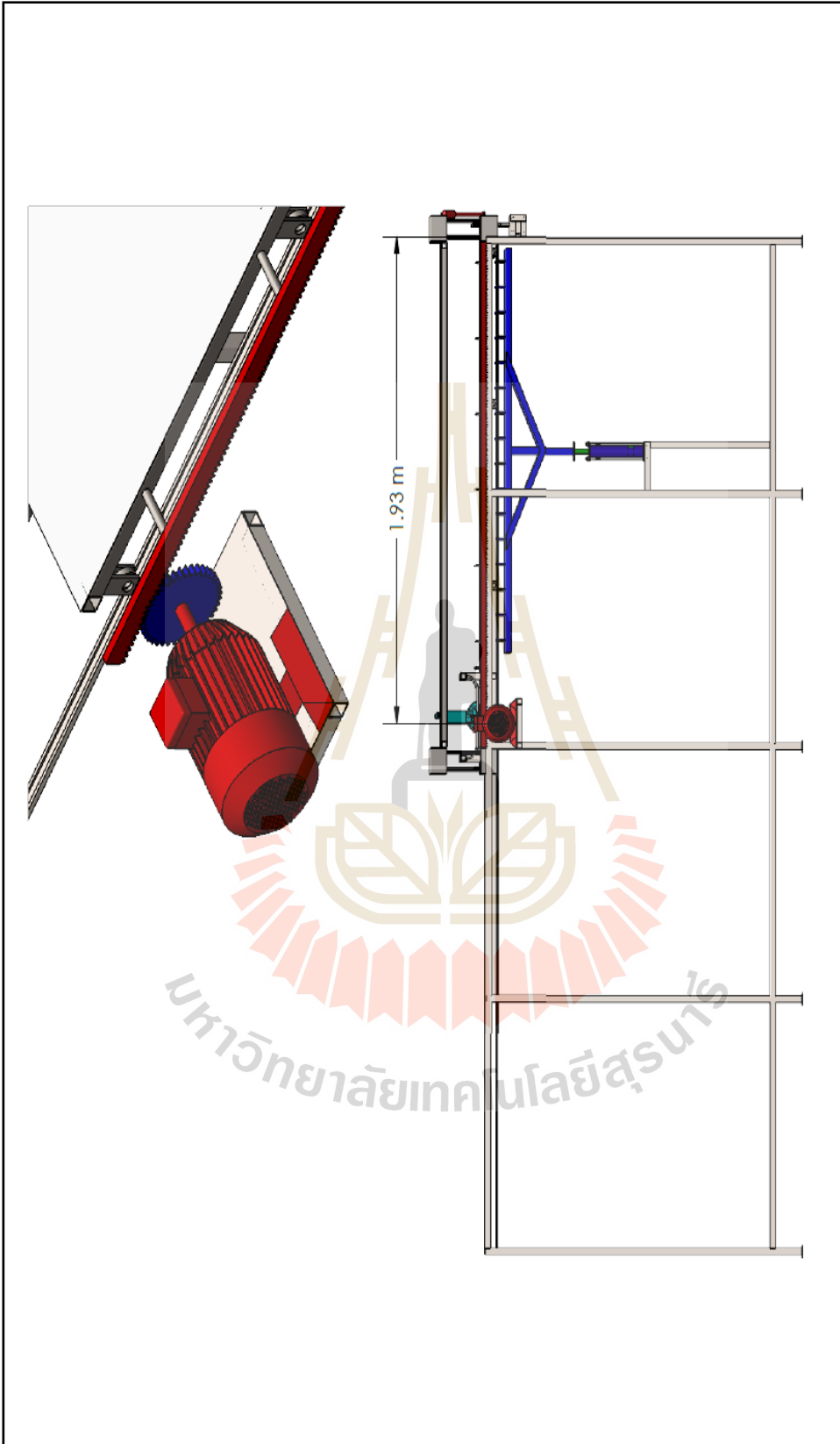
รูปผนวกที่ ก.5 แสดงภาพของกลไกดึงแกนไม้



รูปผนวกที่ ก.6 แสดงภาพของกลไกจับยึดไม้



รูปผนวกที่ ก.7 แสดงภาพของกลไกการเย็บ



รูปผนวกที่ ก.8 แสดงภาพของกลไกการเลื่อนถาดรายหน้า



ประวัติหัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) นายกระวี ตรีอำรรค

(ภาษาอังกฤษ) MR. KRAWEE TREEAMNUK

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน

3 7301 00391 64 6

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

4. หน่วยงาน และสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 300000

โทรศัพท์: 044-224766

E-mail: krawee@sut.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา
2542	ป. ตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2548	ป. โท	วศ.ม.	วิศวกรรมเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2554	ป. เอก	วศ.ด.	วิศวกรรมเกษตร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

เครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลเกษตร การแปรรูปด้วยความร้อน การควบคุมอัตโนมัติ การทดสอบคุณภาพของผลิตผลเกษตรแบบไม่ทำลาย

7. ประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอโครงการวิจัย เป็นต้น

1. โครงการวิจัยเครื่องทำแห้งด้วยไมโครเวฟในสุญญากาศ
แหล่งทุน : คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีเกษตร ม.ทร.ธัญบุรี
ตำแหน่ง : หัวหน้าโครงการ โครงการแล้วเสร็จ
2. โครงการการพัฒนาคุณค่าของสิ่งประดิษฐ์เชิงนวัตกรรมเครื่องผ่าปลากระตัก และการ ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน เพื่อการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ของกลุ่มชาวประมงในเขตพื้นที่จังหวัดชุมพร
แหล่งทุน : สภาวิจัยแห่งชาติ
ตำแหน่ง : หัวหน้าโครงการ โครงการแล้วเสร็จ
3. โครงการวิจัยเครื่องรีดและกรีตเส้นผักตบชวา
แหล่งทุน : กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ตำแหน่ง : หัวหน้าโครงการ โครงการแล้วเสร็จ
4. โครงการวิจัยการประยุกต์ใช้ก๊าซชีวภาพจากระบบบำบัดของเสียในชุมชนเป็นแหล่งให้ความร้อนร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องอบแห้งระดับวิสาหกิจชุมชน
แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ตำแหน่ง : ผู้ร่วมโครงการ โครงการแล้วเสร็จ
5. โครงการวิจัยการออกแบบสร้างรถแทรกเตอร์ไร้คนขับ
แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ตำแหน่ง : ผู้ร่วมโครงการ อยู่ระหว่างดำเนินการ
6. โครงการวิจัยการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับไฟฟ้าแบบบังคับการไหลเพื่อใช้ทำความเสอาตโรงเรือนปศุสัตว์ทดแทนสารเคมี
แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ตำแหน่ง : ผู้ร่วมโครงการ อยู่ระหว่างดำเนินการ
7. โครงการวิจัยการพัฒนาเครื่องจักรสำหรับการผลิตวัสดุผนังหลังคาจากหญ้าแฝก
แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ตำแหน่ง : หัวหน้าโครงการ อยู่ระหว่างดำเนินการ
8. โครงการวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบด
แหล่งทุน : สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)
ตำแหน่ง : ผู้ร่วมโครงการโครงการ โครงการแล้วเสร็จ

9. โครงการวิจัยการพัฒนาเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับการคว้านเมล็ดและปอกเปลือกเงาะ

แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตำแหน่ง : หัวหน้าโครงการ อยู่ระหว่างดำเนินการ

ผลงานตีพิมพ์และการนำเสนอผลงาน

International Journal

1. Chalermchart Saowarat, Krawee Treamnuk, Tawarat Treamnuk . 2018. Mathematical Model for Exact Solution Method of Fogging Process Control in Climate Greenhouse System. International Journal of Mechanical and Production Engineering. Vol. 6, Issue 1. P 24-28.
2. Teerawat Chuenatsadongkot, Tawarat Treamnuk, Krawee Treamnuk. 2018. Comparison of the Ability to Evaluation of “Monthong” durian Maturity using Color Value from Spectrometer and Image Processing. International Journal of Mechanical and Production Engineering. Vol. 6, Issue 1. P 19-23.
3. Kaittisak Jaito, Tawarat Treamnuk, Krawee Treamnuk. 2018. The Performance Study of Double Drum Dryer for Moisture Reduction of Cassava Pulp. International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering. Vol 4, Issue 6. P 82-85.
4. Benjawan Vanmontree, Tawarat Treamnuk, Kaittisak Jaito, Nartchanok Prangpru, Krawee Treamnuk. 2017. Effect of Hydrostatic Pressure and Vacuum on characteristics of century egg. International Journal of Food Engineering. Vol. 3, no. 2, pp 122-126.
5. Nartchanok Prangpru, Tawarat Treamnuk, Kaittisak Jaito, Benjawan Vanmontree, Krawee Treamnuk. 2017. Effect of Temperature on the Physicochemical Properties of Tamarind (Tamarindus Indica) Powder. International Journal of Food Engineering. Vol. 3, no. 2, pp 127-131.
6. K. Treamnuk, S. Pathaveerat1, A. Terdwongworakul and C. Bupata. Design of Machine to Size Java Apple Fruit with Minimal Damage. Journal of Biosystems Engineering. 107(2010). P 140-148.

International Conference

1. Krawee Treeamnuak, Anusara Tidtaram and Tawarat Treeamnuak. 2019. Design of Semi-Automatic Rambutan Peeling and Seed Removing Machine. International Congress on Natural Sciences and Engineering. 25-27 February 2019, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuoka, Japan.
2. Tiwa Saipradit, Tawarat Treeamnuak and Krawee Treeamnuak. 2019. Evaluating of Carbonate Residue in Grape Washed with Ultrasonic by Image Processing Technique. International Congress on Natural Sciences and Engineering. 25-27 February 2019, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuoka, Japan.
3. Kridsada Saisang, Krawee Treeamnuak and Tawarat Treeamnuak. 2018. Desirable Specification of Vetiver Grass Roofing Making Machine. The Asian Conference on Sustainability, Energy & the Environment 2018. June 8 - 10, 2018, Art Center of Kobe, Kobe, Japan.
4. Tawarat Treeamnuak, Krawee Treeamnuak and Sakkarin Papakae. Influence of Intake Air Temperature on Performance of Small Gasoline Engine. The Asian Conference on Sustainability, Energy & the Environment 2018. June 8 - 10, 2018, Art Center of Kobe, Kobe, Japan.
5. Patchara Wongpaisarnkit, Krawee Treeamnuak and Tawarat Treeamnuak. 2018. Thermal Performance Evaluation of Thermoelectric Module. 8th International Conference on Advances in Mechanical, Aeronautical and Production Techniques – MAPT 2018. 3 – 4 February 2018, GTower hotel, KUALA LUMPUR, MALAYSIA.
6. Nuttaphon Saelim, Krawee Treeamnuak and Tawarat Treeamnuak. 2018. Development of Infrared Radial Radiation Dryer for Faddy. 8th International Conference on Advances in Mechanical, Aeronautical and Production Techniques – MAPT 2018. 3 – 4 February 2018, GTower hotel, KUALA LUMPUR, MALAYSIA.
7. Teerawat Chuenatsadongkot, Tawarat Treeamnuak and Krawee Treeamnuak. 2017. Comparison of the ability to evaluation of “Monthong” durian maturity using color value from spectrometer and image processing. International Conference on Forestry Food and Sustainable Agriculture (ICFFSA). 5 November 2017, Hotel Mielparque, Osaka, Japan.

8. Chalermchart Saowarat, Krawee Treamnuk and Tawarat Treamnuk. 2017. Mathematical Model for Exact Solution Method of Fogging Process Control in Climate Greenhouse System. International Conference on Forestry Food and Sustainable Agriculture (ICFFSA). 5 November 2017, Hotel Mielparque, Osaka, Japan.
9. Krawee Treamnuk, Tawarat Treamnuk, Jittrarat Jokkew and Kaittisak Jaito. 2017. Performance Evaluation of Paddy Rice Pneumatic Dryer. ACSEE2017 The Asian Conference on Sustainability, Energy & the Environment. Thursday, June 8 - Sunday June 11, 2017, Art Center of Kobe, Kobe, Japan
10. Benjawan Vanmontree, Tawarat Treamnuk, Kaittisak Jaito, Nartchanok Prangpru and Krawee Treamnuk. 2017. Effect of Temperature on the Physicochemical Properties of Tamarind (*Tamarindus Indica*) Powder. 8th International Conference on Food Engineering and Biotechnology – ICFEB 2017. International University of Malaya Wales Auditorium. April 24-26, 2017, Kuala Lumpur, Malaysia
11. Benjawan Vanmontree, Tawarat Treamnuk, Kaittisak Jaito, Nartchanok Prangpru and Krawee Treamnuk. 2017. Effect of Hydrostatic Pressure and Vacuum on characteristics of century egg. 8th International Conference on Food Engineering and Biotechnology – ICFEB 2017. International University of Malaya Wales Auditorium. April 24-26, 2017, Kuala Lumpur, Malaysia
12. N. Prangpru, K. Jaito, B. Vanmontree, T. Treamnuk, K. Treamnuk. Comparing the Efficiency of Carrier Type on Drum Drying of Tamarind Juice. The 7th International Conference on Agricultural Engineering (TSAE 2014), 2nd – 4th April 2014. Krungsri river Hotel, Pranakhorn sri ayothaya. Thailand.
13. K. TREEAMNUK, B. JARIMOPAS, S. PATHAVEERAT, M. JANTHONG, S. JIWANUWONG. Maturity Grading of Fresh Young Coconut Fruit Based on Light Property. The 10th Conference of Thai Society of Agricultural Engineering. 1st -3rd April 2009. International Conference on Innovations in Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind. Nakhon Ratchasima, Thailand.

National Journal

1. กฤษดา สายแสง, กระจวี ตรีอำนรรค และเทวรัตน์ ตรีอำนรรค. 2562. การทดสอบเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับผลิตวัสดุผงหลังจากจากหญ้าแฝก. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 25: 2: 62-70 (2562).
2. ศักรินทร์ ปาปะเก, กระจวี ตรีอำนรรค และเทวรัตน์ ตรีอำนรรค. 2562. ผลจากการลดอุณหภูมิของอากาศป้อนเข้าด้วยวิธีการระเหยน้ำที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนแบบอเนกประสงค์. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 25: 1: 1-7 (2562).
3. สุรวัช บุญหนัก, กระจวี ตรีอำนรรค และเทวรัตน์ ตรีอำนรรค. 2561. ความเสียหายเชิงกลต่อตาของผลผลิตพืชน้ำมันสำปะหลังภายใต้การระบายแบบกระแทก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 49: 4 (พิเศษ). 311-314 (2561).
4. อนุสรรา ติตตารัมย์, กระจวี ตรีอำนรรค, เทวรัตน์ ตรีอำนรรค และกิตติรัตน์ รุ่งรัตนอุบล. 2561. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของผลเงาะ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 49: 4 (พิเศษ). 291-294 (2561).
5. ธีรวัฒน์ ชื่นอัสดงคต, เทวรัตน์ ตรีอำนรรค และกระจวี ตรีอำนรรค. 2561. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับสมบัติทางเคมีและกายภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 49: 4 (พิเศษ). 15-18 (2561).
6. เฉลิมชาติ เสาวรัจ, กระจวี ตรีอำนรรค และเทวรัตน์ ตรีอำนรรค. 2561. สมรรถนะการทำงานร่วมของโรงเรือนเพาะปลูกแบบพ่นหมอกกับระบบระบายอากาศที่ควบคุมด้วยสมการสมดุลความชื้นของอากาศ. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 24: 2: 63-69 (2561).
7. ณัฐพล แซ่ลิ้ม, เทวรัตน์ ตรีอำนรรค และกระจวี ตรีอำนรรค. 2561. การพัฒนาเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบไหลต่อเนื่องด้วยเทคนิค การแผ่รังสีความร้อนในแนวรัศมี. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร. 12: 2: 37-46 (2561).
8. ธีรวัฒน์ ชื่นอัสดงคต, เทวรัตน์ ตรีอำนรรค, กระจวี ตรีอำนรรค. 2561. การประเมินความบริสุทธิ์ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองด้วยค่าสีจากการวิเคราะห์ภาพถ่าย. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 24: 2: 38-47 (2561).
9. เฉลิมชาติ เสาวรัจ, มนัสชนก หวังพิทักษ์วงศ์, อัจฉรา จุ้ยหมื่นไวย, กระจวี ตรีอำนรรค และ เทวรัตน์ ตรีอำนรรค. 2560. การศึกษาการลดอุณหภูมิขั้นต้นพวงองุ่นสดด้วยวิธีการพ่นละอองน้ำเย็น. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 48: 3 (พิเศษ). 76-79 (2560).
10. ทิวา สายประดิษฐ์, เทวรัตน์ ตรีอำนรรค และ กระจวี ตรีอำนรรค. 2560. สมบัติทางกายภาพและเคมีขององุ่นสดไร้เมล็ดพันธุ์มารู ซีตเลส. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 48: 3 (พิเศษ). 217-220 (2560).

11. พชร ว่องไพศาลกิจ, ศักรินทร์ ปาปะเก กระจวี ตรีอำนาจ และ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ. 2560 การประเมินระยะความสุขของมะม่วงน้ำดอกไม้ด้วยเทคนิคการตอบสนองทางความถี่เสียง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 48: 3 (พิเศษ). 299-302 (2560).
12. ชีรวัดน์ ชื่นอัสตงคต, กระจวี ตรีอำนาจ และ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ. 2560. การจำแนกความสุก-แก่ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองด้วยการวิเคราะห์เชิงภาพถ่าย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 48: 3 (พิเศษ). 303-306 (2560).
13. เกียรติศักดิ์ ใจโต, เทวรัตน์ ตรีอำนาจ ชีรวัดน์ ชื่นอัสตงคต และ กระจวี ตรีอำนาจ. 2560. การจำแนกความสุกแก่ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยเทคนิคการวัดสีที่สอดคล้องกับคุณสมบัติทางกลและองค์ประกอบทางกายภาพเคมี. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 48: 3 (พิเศษ). 307-310 (2560).
14. เบญจวรรณ วานมนตรี เทวรัตน์ ตรีอำนาจ และ กระจวี ตรีอำนาจ. 2560. อิทธิพลของความดันต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของไข่เยี่ยวม้า. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 23: 2: 36-43 (2560).
15. ทิวา สายประดิษฐ์ ณรงค์ฤทธิ์ บุญกล้า กิ่งฟ้า พรานไพโร ศตวรรษ พงศบุตร กระจวี ตรีอำนาจ และ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ. 2559. การศึกษาการลดอุณหภูมิผลสัมผัสด้านด้วยอากาศเย็นแบบบังคับจากเครื่องระเหยน้ำ. วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตร. 47: 3 (พิเศษ). 451-454.
16. ชีรวัดน์ ชื่นอัสตงคต ไพฑูรย์ สุกุลแพทย์ ธันวา แสงเจริญโรจน์ ฉันทพัฒน์ บุญลาด กระจวี ตรีอำนาจ และ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ. 2559. เครื่องปอกเปลือกและคว้านเมล็ดเงาะกึ่งอัตโนมัติ. วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตร. 47: 3 (พิเศษ). 405-408.
17. เกียรติศักดิ์ ใจโต เทวรัตน์ ตรีอำนาจ กระจวี ตรีอำนาจ และ นาฏชนก ปรางปรุ. การอบแห้งมะพร้าวชูดด้วยเทคนิค สเปาตัดเบตสำหรับการผลิตน้ำมันมะพร้าวด้วยวิธีบีบเย็น. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 22 : 1 : 64 - 72 (2559).
18. Nartchanok Prangpru, Tawarat Treeamnu, Kaittisak Jaito, Benjawan Vanmontree and Krawee Treeamnu. (2015). Comparing the Efficiency of Two Carrier Types on Drum Drying of Tamarind Juice. Thai Society of Agricultural Engineering Journal. Volume 21: No.1: p. 1-6.
19. เทวรัตน์ ตรีอำนาจ ธนากร แนวกลาง และ กระจวี ตรีอำนาจ. ความสามารถในการปกป้องผลแอปเปิ้ลของวัสดุกันกระแทกจากฟางข้าวภายใต้สภาวะการสั่นสะเทือนจำลอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 46: 3/1 (พิเศษ): 473-476 (2558).
20. กระจวี ตรีอำนาจ สถาพร แต่งลี วรุฒ เนตรสว่าง และ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ. การทดสอบและประเมินผลเครื่องคว้านลำไยกึ่งอัตโนมัติ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 45: 3/1 (พิเศษ): 317-320 (2557).

21. เทวรัตน์ ตรีอำนาจ ธนากร แนวกลาง พยงค์ ลบแจ้ง วรณวิษา ไยงเหลือ้ม และ กระวี ตรีอำนาจ. การศึกษาความสามารถในการปกป้องผลแอปเปิ้ลของวัสดุกันกระแทกจากกระดาดฟ้าฟางข้าว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 45: 3/1 (พิเศษ): 369-372 (2557).
22. กระวี ตรีอำนาจ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ ณัฐวุฒิ ศรีทอง และ สถาพร นามแก้ว. การทดสอบสมรรถนะอุปกรณ์ตัดตาสับประรด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44: 3 (พิเศษ) : 430 – 433 (2556).
23. เทวรัตน์ ตรีอำนาจ อธิพรรณ ชันธเสน และกระวี ตรีอำนาจ. เครื่องคัดขนาดกลีบกระเทียม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 44: 3 (พิเศษ) : 466 – 469 (2556).
24. กระวี ตรีอำนาจ และ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ. การพัฒนาและทดสอบเครื่องรีดและกรีดเส้นผักตบชวาสำหรับงานหัตถกรรม. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 19 : 1 : 22 - 26 (2556).
25. กระวี ตรีอำนาจ, เทวรัตน์ ทิพย์วิมล, ชนินทร์ จิตรเจริญ และ ดวงพร วงษ์วัฒนพงษ์. การอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งแสงอาทิตย์แบบตัวรับพาราโบลา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43 : 3 (พิเศษ) : 143-146 (2555).
26. เทวรัตน์ ตรีอำนาจ, เกียรติศักดิ์ ใจโต, วีรชัย อัจหาญ และ กระวี ตรีอำนาจ. การอบแห้งกากมันสำปะหลังด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43 : 3 (พิเศษ) : 135-138 (2555)
27. ศักยะ สมบัติไพรวัน, เทวรัตน์ ทิพย์วิมล และ กระวี ตรีอำนาจ. การศึกษาการชะลอการสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43 : 3 (พิเศษ) : 355-358 (2555)
28. ปัทมา แก้วธรรม, วันพิทักษ์ คงสนุ่น, กระวี ตรีอำนาจ และ เทวรัตน์ ทิพย์วิมล. การอบแห้งสับประรดแช่แข็งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน – ไมโครเวฟ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42 : 3 (พิเศษ) : 493-496 (2554).
29. เทวรัตน์ ทิพย์วิมล เกียรติศักดิ์ ใจโต ธรรมรัตน์ ขาวสำอาง และกระวี ตรีอำนาจ. เครื่องแยกแกลบจากข้าวกล้องซ้อมมือแบบประหยัดพลังงาน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42 : 3 (พิเศษ) : 517-520 (2554).
30. กระวี ตรีอำนาจ, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล และ มนุศักดิ์ งานทอง. การใช้เส้นผ่านศูนย์กลาง Reuleaux เพื่อพยากรณ์ปริมาตรและความถ่วงจำเพาะของมะพร้าวอ่อนด้วยเทคนิค MLR. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42 : 1 (พิเศษ) : 47-50 (2554).
31. กระวี ตรีอำนาจ ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล และ มนุศักดิ์ งานทอง. การทดสอบเครื่องคัดขนาดชมพูแบบไร้ความเสียหาย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41 : 1 (พิเศษ) : 585-588 (2553).

32. กระวี ตรีอำรรค บัณฑิต จริโมภาส และศักดา จันทร์ทอง. การวิเคราะห์ความเสียหายเชิงกลของผลชมพูเมื่อถูกคัดขนาดด้วยเครื่องจักรกล. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39 : 3 (พิเศษ) : 131-134 (2551).
33. บัณฑิต จริโมภาส ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ กระวี ตรีอำรรค และยุพธนา งามเกียรติขจร. เครื่องทดสอบหาสมบัติเสียงสะท้อนของผลไม้. วิศวกรรมสาร มก. ส.ค.-พ.ย. 2547, 18 (53) หน้า 36-43.

National Conference

1. กิตติภัทร คำสมักร, ธนวัฒน์ สาแสน, ชัยวรุตย์ บุญชืด, กระวี ตรีอำรรค และ เทวรัตน์ ตรีอำรรค. 2562. การออกแบบและสร้างรถเก็บขยะสำหรับชายหาด. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 ด้านสารสนเทศ การเกษตร การจัดการ บริหารธุรกิจ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วันที่ 30-31 พฤษภาคม 2562. โรงแรม Tinidee Hotel@Ranong จังหวัดระนอง.
2. เทวรัตน์ ตรีอำรรค, บุษกร ศรีสุนา, แอนนา บุญหอม, ช่อทิพย์ สระอุทัย และกระวี ตรีอำรรค. 2562. การศึกษาความเสี่ยงของผู้บริโภคต่อสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักและผลไม้บางชนิดในจังหวัดนครราชสีมา. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 ด้านสารสนเทศ การเกษตร การจัดการ บริหารธุรกิจ วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วันที่ 30-31 พฤษภาคม 2562. โรงแรม Tinidee Hotel@Ranong จังหวัดระนอง.
3. กฤษดา สายแสง, กระวี ตรีอำรรค และ เทวรัตน์ ตรีอำรรค. 2561. การกำหนดกลไกและระบบส่งกำลังในเครื่องจักรผลิตวัสดุผงหลังจากจากหญ้าแฝก. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561. ศูนย์ประชุมนานาชาติจุฬาลงกรณ์ (รวรนา หัวหิน โฮเต็ล แอนด์ คอนเวนชั่น) จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.
4. ศักรินทร์ ปาปะเก, กระวี ตรีอำรรค, เทวรัตน์ ตรีอำรรค และ ยงยุทธ์ เสียงดัง. 2561. ผลของอุณหภูมิและความชื้นอากาศป้อนเข้าที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องย่นต่อเนื่องประสมค์ขนาดเล็ก. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561. ศูนย์ประชุมนานาชาติจุฬาลงกรณ์ (รวรนา หัวหิน โฮเต็ล แอนด์ คอนเวนชั่น) จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.
5. เสฎฐวุฒิ ปิ่นฉายธร, พักตร์พริ้ง พิงเกาะ, กระวี ตรีอำรรค และ เทวรัตน์ ตรีอำรรค. 2561. การพัฒนาเครื่องผลิตเส้นขนมจีนกึ่งอัตโนมัติ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมอาหารแห่งชาติ ครั้งที่ 4. 3 เมษายน 2561. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี.
6. พชร ว่องไพศาลกิจ, กระวี ตรีอำรรค และเทวรัตน์ ตรีอำรรค. 2561. การศึกษาสมรรถนะเชิงความร้อนของโมดูลเทอร์โมอิเล็กทริก. ประชุมทางวิชาการพะเยาวิจัยครั้งที่ 7. 25-26 มกราคม 2561. หอประชุมพญาเมือง มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา.

7. กฤษดา สายแสง, กระจวี ตรีอำรรค และเทวรัตน์ ตรีอำรรค. 2561. การศึกษาแนวทางการออกแบบเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับการผลิตวัสดุผงหลังคาจากหญ้าแฝก. ประชุมทางวิชาการพะเยาวิจัยครั้งที่ 7. 25-26 มกราคม 2561. หอประชุมพญาเงาเมือง มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา.
8. ณัฐพล แซ่ลิ้ม, กระจวี ตรีอำรรค และเทวรัตน์ ตรีอำรรค. 2560. การวิเคราะห์การออกแบบระบบอบแห้งข้าวเปลือกแบบไหลต่อเนื่องด้วยเทคนิคการแผ่รังสีความร้อนในแนวรัศมี. การประชุมวิชาการวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ ครั้งที่ 4. 24 - 25 พฤศจิกายน 2560. โรงแรมวิวิช อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น
9. เฉลิมชาติ เสาวรัจ, กระจวี ตรีอำรรค และเทวรัตน์ ตรีอำรรค. 2560. การวิเคราะห์เชิงตัวเลขของระบบควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนเพาะปลูกแบบพ่นหมอก. การประชุมวิชาการวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ ครั้งที่ 4. 24 - 25 พฤศจิกายน 2560. โรงแรมวิวิช อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น
10. คนธรส ถิ่นสูงเนิน กฤษดา สายแสง ศักรินทร์ ปาปะเก พชร ว่องไพศาลกิจ กระจวี ตรีอำรรค และเทวรัตน์ ตรีอำรรค. 2560. สมรรถนะการผลิตน้ำร้อนของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา. การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 2 The 2nd National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business Administration, Engineering, Sciences and Technology. 31 พ.ค. – 1 มิ.ย. 2560. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร.
11. จิตรารัตน์ จอกกิว กระจวี ตรีอำรรค เทวรัตน์ ตรีอำรรค และเกียรติศักดิ์ ใจโต. 2560. ผลของการติดตั้งโซลโคลนที่มีต่อสมรรถนะเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบพาหะลม. การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 2 The 2nd National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business Administration, Engineering, Sciences and Technology. 31 พ.ค. – 1 มิ.ย. 2560. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
12. ศักรินทร์ ปาปะเก วันเฉลิม เหนือเกาะหวาย กิตติพงษ์ บุญเงิน รวีวรรณ สิริวัชรชัยกุล กระจวี ตรีอำรรค และเทวรัตน์ ตรีอำรรค. 2560. การวิเคราะห์เชิงตัวเลขค่าสมรรถนะทางอุณหภูมิศาสตร์ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน. การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 2 The 2nd National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business Administration, Engineering, Sciences and Technology. 31 พ.ค. – 1 มิ.ย. 2560. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

13. ทศพร จันทเมธิ พชร ว่องไพศาลกิจ กฤษดา สายแสง กระวี ตรีอำนาจ และเทวรัตน์ ตรีอำนาจ. 2560. การศึกษาเชิงทดลองระบบอบแห้งข้าวเปลือกแบบไหลต่อเนื่องด้วยฮีทเตอร์อินฟราเรด. การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 2 The 2nd National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business Administration, Engineering, Sciences and Technology. 31 พ.ค. – 1 มิ.ย. 2560. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
14. เกียรติศักดิ์ ใจโต ธวัชชัย อาศัณษา กระวี ตรีอำนาจ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ ชีรวัดน์ ชื่นอัศตงคต และณัฐพล แซ่ลิ้ม. 2560. การประเมินสมรรถนะของเครื่องอบแห้งบนผิวภายในลูกกลิ้งแบบอินฟราเรด. การประชุมวิชาการ ระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 2 The 2nd National Conference on Informatics, Agriculture, Management, Business Administration, Engineering, Sciences and Technology. 31 พ.ค. – 1 มิ.ย. 2560. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
15. กระวี ตรีอำนาจ สถิตพร ผลสนอง ศศิวรรณ ขอนโพธิ์ เบญจวรรณ วานมนตรี และ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ. 2560. การศึกษาขั้นต้นการเร่งกระบวนการเกิดสุราแช่ผลไม้ด้วยความดันสถิตย่น้ำ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมอาหารแห่งชาติครั้งที่ 3 วันที่ 4 เมษายน 2560. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.
16. คนธรส ถินสูงเนิน บุญชนิด ศรีชอบธรรม ลักส์ติยา ศรีบุญ จันทร์จิรา ประทุมพงษ์ กระวี ตรีอำนาจ และ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ. ระบบผลิตน้ำร้อนร่วมพลังงานแสงอาทิตย์แบบตัวรับพาราโบลา-ฮีตเตอร์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 17 วันที่ 8-10 กันยายน 2559. อาคารชาเรนเจอร์ เมืองทองธานี.
17. ธนากร แนวกลาง เทวรัตน์ ตรีอำนาจ วีรชัย อัจหาญ และกระวี ตรีอำนาจ. การทดสอบความสามารถในการปกป้องผลแอปเปิ้ลด้วยกระดาศพางข้าวด้วยวิธีการทดสอบแบบ ballistic pendulum. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16. หน้า 509-513. 17-19 มีนาคม 2558. ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทคบางนา, กรุงเทพฯ.
18. กระวี ตรีอำนาจ ัญญรัตน์ อ่างทอง พิสิฐมนต์ โมกขพันธ์ และ เทวรัตน์ ตรีอำนาจ. การใช้คลื่นไมโครเวฟอบแห้งขนุนในสภาวะสุญญากาศ. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28. วันที่ 15-17 ตุลาคม 2557 ณ โรงแรมพูลแมน จังหวัดขอนแก่น.
19. เกียรติศักดิ์ ใจโต เทวรัตน์ ตรีอำนาจ นาฏชนก ปรางปรุ เบญจวรรณ วานมนตรี และกระวี ตรีอำนาจ. ผลกระทบของค่าความชื้นต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและความร้อนของเนื้อมะพร้าวชูด. งานประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15. 2 - 4 เมษายน 2557. จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.

20. เกียรติศักดิ์ ใจโต เทวรัตน์ ตริอำนาจ และ กระวี ตริอำนาจ. เครื่องรีดและกรีดเส้นผักตบชวา. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14. 1-4 เมษายน 2556. จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.
21. ธนากร แนวกลาง เทวรัตน์ ตริอำนาจ วีรชัย อัจหาญ และ กระวี ตริอำนาจ. การปกป้องผลแอปเปิ้ลด้วยวัสดุกันกระแทกจากฟางข้าว. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. 4-5 เมษายน 2555. จังหวัดเชียงใหม่.
22. กระวี ตริอำนาจ ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ และอนุพันธ์ เทิดวงศ์วรกุล. การจำแนกวัยของมะพร้าวอ่อนด้วยสมบัติทางกายภาพ เสียงและแสง. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. 4-5 เมษายน 2555. จังหวัดเชียงใหม่.
23. กระวี ตริอำนาจ จิราวัฒน์ หนูคง ยุพดี ภูมมาลา และศุภกิตต์ สายสุนทร. การออกแบบและสร้างเครื่องผ่าปลากะตัก. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. 4-5 เมษายน 2555. จังหวัดเชียงใหม่.
24. ศักยะ สมบัติไพรวัน เทวรัตน์ ทิพย์วิมล และกระวี ตริอำนาจ. การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. 4-5 เมษายน 2555. จังหวัดเชียงใหม่.
25. กระวี ตริอำนาจ ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล และ มนุศักดิ์ จานทอง. การลดความเสียหายของชมพูในเครื่องคัดขนาด. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12. วันที่ 31 มีนาคม – 1 เมษายน พ.ศ. 2554. จังหวัดชลบุรี.
26. บัณฑิต จริโมภาส, ยุทธนา นามเกียรติขจร และ กระวี ตริอำนาจ. 2547. เครื่องทดสอบสมบัติเสียงสะท้อนของผลไม้ บทความวิจัย เสนอในการสัมมนาวิชาการครั้งที่ 5 ประจำปี 2547 จัดโดย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ร่วมกับ สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย วันที่ 26-27 เมษายน 2547

สิทธิบัตร

1. สิทธิบัตรเลขที่ 1701003453 เรื่อง ระบบอบแห้งเมล็ดพืชแบบถังทรงกระบอกแนวตั้งด้วยฮีตเตอร์แบบอินฟาเรด
2. สิทธิบัตรเลขที่ 1601004776 เรื่อง เครื่องควั่นเมล็ดและปอกเปลือกเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติ
3. สิทธิบัตรเลขที่ 0801001132 เรื่อง เครื่องคัดขนาดผลชมพูไร้ความเสียหาย