การออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

DESIGN AND DEVELOPMENT OF RICE STRAW CUTTING MACHINE

ปัณณวิชญ์ ทองคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

ปัณณวิชญ์ ทองคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว
	Design and Development of Rice Straw Cutting Machine
ชื่อ – นามสกุล	นายปัณณวิชญ์ ทองคำ
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, D.Eng.
ปีการศึกษา	2565

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ประชา บุณยวานิชกุล, Ph.D.)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดลหทัย ชูเมฆา, ปร.ด.)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์สรพงษ์ ภวสุปรีย์, Ph.D.)
วันที่ 20 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2565

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว
ชื่อ-นามสกุล นายปัณณวิชญ์ ทองคำ
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ จตุรงค์ ลังกาพินธ์, D. Eng.
ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

เครื่องตัดฟางข้าวถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดเวลาและแรงงานคนในการตัดฟางข้าว สำหรับนำฟางข้าวมาแปรรูปเป็นกระดาษ ของกลุ่มแม่บ้านแสงตะวัน

จากการศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ เช่น วิธีการตัดฟางข้าว และการศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟางข้าว จึงได้เครื่องตัดฟางข้าวประกอบด้วย ชุดโครงสร้างเครื่อง ชุดป้อนลำเลียง ชุดใบมีดตัด ระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง การทำงานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนฟางข้าวลงในช่องป้อนด้านบนของเครื่อง หลังจากนั้นฟางข้าวจะถูกลำเลียงเข้าไปยังชุดใบมีดตัดโดยผ่านชุดลูกกลิ้งลำเลียงฟางข้าว ฟางข้าวที่ผ่านการตัดแล้วจะร่วงลงออกจากชุดตัดลงทางด้านล่างของเครื่อง

จากการทดสอบที่ความเร็วของใบมีด 3.03, 6.27 และ 7.80 เมตรต่อนาที และ มุมของใบมีด 25 45 และ 65 องศา ของเครื่องตัดฟางข้าวพบว่าความเร็วของใบมีดที่มีความสามารถในการทำงานที่ดีที่สุดคือ 7.80 เมตรต่อนาที และมีมุมของใบมีด 45 องศา มีความสามารถในการตัดฟางข้าวเท่ากับ 8.39 กิโลกรัม/ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การตัดฟางข้าว 64.4% และมีการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.74 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าใน 1 ปี ใช้เครื่องตัดฟางข้าว 2,000 ชั่วโมงต่อปี มีค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่อง 50.7 บาทต่อชั่วโมง มีระยะเวลาในการคืนทุน 10.12 เดือน จุดคุ้มทุนในการทำงาน 467.4 ชั่วโมงต่อปี และพบว่าเครื่องตัดฟางข้าวมีความสามารถในการทำงานมากกว่าแรงคนประมาณ 6.7 เท่า

คำสำคัญ: ฟางข้าว การออกแบบ เครื่องตัดฟางข้าว

Thesis Title	Design and Development of Rice Straw Cutting Machine
Name-Surname	Mr. Pannawit Thongkham
Program	Agricultural Machinery Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Jaturong Langkapin, D.Eng.
Academic Year	2022

ABSTRACT

The rice straw cutting machine was designed and developed in order to reduce the time and labor required to cut the rice straw that was used for producing paper for the Saengtawan Housewives group.

Based on the study of information necessary for design, e.g. methods of cutting rice straw and physical characteristics of rice straw, the rice straw cutting was developed, consisting of a machine structure set. conveyor feeder, cutting blade assembly, transmission system, and 1 HP electric motor used as a power unit. The operation of the machine starts with the operator feeding the straw into the top feed slot of the machine. Then, the rice straw will be conveyed to the cutting blades through the straw conveyor rollers. The cut straw will fall out of the cutting unit and goes down to the bottom of the machine.

For the tests at blade speeds of 3.03, 6.27 and 7.80 meters per minute and blade angles of 25, 45 and 65 degrees of the rice straw cutting machine, the results showed that the best blade speed was at 7.80 meters per minute, and the best blade angle was 45 degrees. The rice straw cutting capacity of the machine was at 8.39 kg/hour. The percentage of rice straw cutting was 64.4% and the electricity consumption was 0.74 kWh. The results of the engineering economic analysis showed that using 2,000 hours of rice straw cutting machine per year cost.7 baht per hour. The payback period was 10.12 months, the break-even point was 467.4 hours per year, and the rice straw cutting machine was found to be approximately 6.7 times more efficient than human labor.

Keywords: rice straw, design, rice straw cutting machine

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี รวมถึงขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ดลหทัย ชูเมฆา ที่ได้ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านวิศวกรรมให้กับผู้วิจัย ตลอดจนพี่ ๆ น้อง ๆ และเพื่อน ๆ ร่วมชั้นในระดับปริญญาโท และระดับปริญญาตรี ที่ร่วมเป็นกำลังใจและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณสถานที่ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร วิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดสอบการทำวิจัย จนประสบความสำเร็จอย่างดียิ่ง

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว โครงการนี้จะสามารถนำไปช่วยคนให้เกิดประโยชน์ต่อ เกษตรกรมากขึ้น หรือผู้ที่สนใจทั่วไป ท้ายที่สุดในส่วนของข้อบกพร่อง ผู้วิจัยขอน้อมรับด้วยความยินดีเป็นอย่างยิ่ง

ปัณณวิชญ์ ทองคำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (4)
กิตติกรรมประกาศ..... (5)
สารบัญ..... (6)
สารบัญตาราง..... (8)
สารบัญรูป..... (9)
บทที่ 1 บทนำ..... 12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 12
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 14
1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 14
1.4 ขั้นตอนการวิจัย..... 14
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 15
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 16
2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้าว..... 16
2.2 ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์..... 23
2.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากฟางข้าว..... 39
2.4 ทฤษฎีในการออกแบบเครื่องตัดฟางข้าว..... 40
2.5 ทฤษฎีการตัดเฉือน..... 54
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 58
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 64
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ..... 64
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 65
3.3 วิธีการทดสอบ..... 73
3.4 ทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว..... 74
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย..... 80
4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับฟางข้าว..... 80
4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว..... 81
4.3 ผลการทดสอบเครื่องตัดฟางข้าว..... 84

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม..... 88

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 92

5.1 สรุป..... 92

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 93

บรรณานุกรม..... 94

ภาคผนวก..... 96

ภาคผนวก ก ตารางรวบรวมข้อมูลและผลการทดสอบ..... 97

ภาคผนวก ข การคำนวณค่าชี้ผลการทดสอบ..... 119

ภาคผนวก ค การเขียนแบบทางวิศวกรรม..... 123

ประวัติผู้เขียน..... 143

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานของเพลาใน ISO/R775-1969..... 47
ตารางที่ 2.2 มาตรฐานโซ่ของ ASME/ANSI..... 52
ตารางที่ 2.3 มาตรฐานโซ่ British Standard (BS)..... 53
ตารางที่ 4.1 ขนาดโดยเฉลี่ยของฟางข้าวแต่ละขนาด..... 81
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องตัดฟางข้าว..... 89

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 วิธีการทำกระดาษจากฟางข้าว..... 13
รูปที่ 2.1 ข้าวหอมมะลิ 105 17
รูปที่ 2.2 ข้าวหอมมะลิทุ่งกุลา..... 17
รูปที่ 2.3 ข้าวเหนียวพันธุ์ กข. 6..... 18
รูปที่ 2.4 ข้าวเหนียวเขาวง..... 18
รูปที่ 2.5 ข้าวเหนียวเขี้ยวงู..... 19
รูปที่ 2.6 ข้าวเหนียวดำ..... 19
รูปที่ 2.7 ข้าวเหลืองปะทิว..... 20
รูปที่ 2.8 ข้าวเจ๊กเชยเสาไห้..... 20
รูปที่ 2.9 ข้าวกล้อง..... 21
รูปที่ 2.10 ข้าวไรซ์เบอร์รี 21
รูปที่ 2.11 ข้าวมันปู..... 22
รูปที่ 2.12 ข้าวสังข์หยดพัทลุง..... 22
รูปที่ 2.13 รากข้าว..... 23
รูปที่ 2.14 ลำต้นข้าว..... 24
รูปที่ 2.15 ใบข้าว..... 25
รูปที่ 2.16 รวงข้าว..... 26
รูปที่ 2.17 ดอกข้าว..... 27
รูปที่ 2.18 เมล็ดข้าว..... 28
รูปที่ 2.19 การไถคราดด้วยควายเหล็ก..... 30
รูปที่ 2.20 ต้นกล้าอายุ 12 วัน..... 31
รูปที่ 2.21 การหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าว..... 32
รูปที่ 2.22 การใส่ปุ๋ยในนาข้าว..... 34
รูปที่ 2.23 วัชพืชในนาข้าว..... 37
รูปที่ 2.24 แหนแดง..... 37
รูปที่ 2.25 การเผาฟางข้าว..... 39
รูปที่ 2.26 ผลิตภัณฑ์จากฟางข้าว..... 40
รูปที่ 2.27 กลไก Geneva Drive..... 40

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.28 ตัวตามแบบต่างๆ ที่สัมผัสกับลูกเบี้ยว 42
รูปที่ 2.29 ลักษณะการเคลื่อนที่ด้วยตัวตามแบบต่างๆ..... 43
รูปที่ 2.30 ระบบต่างๆ ของลูกเบี้ยว..... 43
รูปที่ 2.31 ส่วนประกอบต่างๆ ของลูกเบี้ยว..... 44
รูปที่ 2.32 แสดงภาพโซ่ลูกกลิ้งแบบชุดหลายเส้น..... 49
รูปที่ 2.33 แสดงภาพโซ่โบลต์..... 50
รูปที่ 2.34 แสดงภาพโซ่ฟันขณะจับลงในล้อโซ่..... 50
รูปที่ 2.35 แสดงขนาดรูปร่างของล้อโซ่และขนาดโซ่..... 51
รูปที่ 2.36 ก. เฟืองขับและเฟืองตรงโซ่ทำมุมเอียงไม่ควรมากกว่า 60 องศา จากแนวนอน 51
ข. หากต้องการให้โซ่จับกับฟันของล้อโซ่มากขึ้นก็ให้มีเฟือง (โซ่) สะพานอยู่ใกล้เฟือง. 51
รูปที่ 2.37 รูปแบบของการตัดโลหะแผ่นด้วยพั้นช์และดาย..... 54
รูปที่ 2.38 แรงเฉือน..... 55
รูปที่ 2.39 การขยายระยะกินลึก 0.25 มม. (200 x)..... 56
รูปที่ 2.40 การใช้งานของแผ่นดันโลหะแผ่น..... 57
รูปที่ 2.41 รูปแบบการสึกหรอที่แท่งพั้นช์และแท่งดาย..... 57
รูปที่ 2.42 เครื่องหั่นฟางเพื่อทดแทนการนำเข้าเครื่องหั่นฟางฟ่อนจากต่างประเทศ..... 58
รูปที่ 2.43 เครื่องสับวัชพืช..... 59
รูปที่ 2.44 เครื่องสับฟางเพื่อใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับโคนม..... 62
รูปที่ 3.1 การตัดฟางข้าวแบบดั้งเดิม..... 66
รูปที่ 3.2 ศึกษาลักษณะกายภาพของฟางข้าว..... 67
รูปที่ 3.3 เครื่องตัดฟางข้าว..... 68
รูปที่ 3.4 โครงสร้างเครื่องตัดฟางข้าว..... 69
รูปที่ 3.5 ระบบส่งกำลัง..... 70
รูปที่ 3.6 ชุดใบมีด..... 71
รูปที่ 3.7 ชุดป้อนลำเลียง..... 72
รูปที่ 3.8 ใบมีดที่ใช้ในการทดสอบ ที่มีมุมใบมีดต่างกัน..... 74
รูปที่ 4.1 การเขียนแบบทางวิศวกรรมการออกแบบทางเครื่องตัดฟางข้าว..... 83
รูปที่ 4.2 เครื่องตัดฟางข้าวที่ออกแบบและสร้างเสร็จ..... 84

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.3 แสดงความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว..... 85
รูปที่ 4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์การตัดของเครื่องตัดฟางข้าวที่ความเร็วใบมีดที่ต่างกัน..... 86
รูปที่ 4.5 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า..... 87
รูปที่ 4.6 ก.ฟางข้าวก่อนจะเข้าเครื่องตัดฟางข้าว..... 88
ข.ฟางข้าวที่ตัดได้ตามขนาดที่ต้องการ..... 88

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ข้าวเป็นพืชที่สามารถพบเจอมากในเอเชีย โดยชื่อวิทยาศาสตร์ของข้าว ก็คือ Oryza sativa ข้าวเป็นซึ่งปที่ระชากรบนโลกมักจะบริโภคเป็นอาหารสำคัญ โดยเฉพาะในทวีปเอเชีย โดยจากข้อมูลเมื่อปี 2553 ข้าวมีการปลูกเยอะที่สุดเป็นอันดับสองทั่วทั้งโลกเมื่อรองจากข้าวโพด [1] ข้าวเป็นเมล็ดพืชที่สำคัญที่สุด ไม่ว่าจะเป็นด้านโภชนาการแล้วก็การได้รับแคลอรีของมนุษย์ เพราะว่าข้าวโพดส่วนมากนิยมนำมาปลูกเพื่อจุดมุ่งหมายอื่น ไม่ใช่ให้มนุษย์บริโภค ข้าวนั้นคิดเป็นพลังงานกว่าหนึ่งในห้าของมนุษย์ทั่วโลกบริโภค ในประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวอยู่ประมาณ 64 ล้านไร่ ซึ่งได้ผลผลิตข้าวประมาณ 24 ล้านตัน ซึ่งนิยมปลูกข้าวสายพันธุ์ ข้าวหอมมะลิ ข้าวเหนียว ข้าวขาว และข้าวเพื่อสุขภาพ [1] ซึ่งหลังจากการเก็บเกี่ยวจะมีปริมาณฟางข้าวจำนวนมาก แต่การเอาไปใช้คุณประโยชน์เพื่อเพิ่มคุณค่ารวมทั้งค่าเชิงเศรษฐกิจนั้นมีจำนวนที่น้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกษตรกรส่วนมากยังขาดวิชาความรู้ ขาดความรู้ความเข้าใจ และเทคโนโลยี ในการนำฟางข้าวมาใช้ประโยชน์ ส่งผลทำให้เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมเผาทำลายฟางข้าว เพื่อการเตรียมดินทำนาปีต่อไป การเผาฟางข้าวทิ้งของเกษตรกรนี้ทำให้เกิดการเสียคุณค่าและมูลค่าเชิงเศรษฐกิจอย่างมากรวมถึงยังก่อปัญหาต่าง ๆ ตามมา

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของเมืองไทยสำหรับในการปลูกข้าวแต่ล่ะครั้งย่อมมีฟางข้าวที่หลงเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงเกิดแนวความคิดในการทำกระดาษจากฟางข้าวโดยกลุ่มแม่บ้านแสงตะวัน ต.กระแชง อ.สามโคก จ.ปทุมธานี มีวิธีการทำกระดาษจากฟางข้าวดังนี้ขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งการทำกระดาษในแต่ล่ะครั้งต้องใช้ฟางข้าวจำนวนมากทำให้ต้องสับฟางข้าวจำนวนมาก โดยการทำนั้นจะใช้มีดในการสับฟางข้าวและต้องสับฟางให้มีขนาด 1 นิ้ว แล้วค่อยนำไปสู่ในลำดับต่อไป ซึ่งจะเห็นว่าจะต้องใช้แรงงานคนเป็นหลัก ทำให้มีความอันตรายต่อการถูกมีดบาดและมีอาการปวดเมื่อย ใช้เวลาและแรงงานในการสับค่อนข้างมาก จึงเกิดแนวคิดให้การออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าวเพื่อนำมาใช้ในการแปรรูปฟางข้าวเพื่อนำไปทำเป็นสินค้าจากฟางข้าว

ฟางข้าว

การตัดฟางข้าว

นำฟางข้าวที่ตัดมาต้ม

การปั่นฟาง

นำมาใส่แบบ

นำไปตากให้แห้ง

รูปที่ 1.1 วิธีการทำกระดาษจากฟางข้าว [1]

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อในการออกแบบเครื่องตัดฟางข้าว

1.2.2 เพื่อคิดออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

1.2.3 เพื่อทดสอบ และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าวกับการตัดโดยการใช้แรงงานคน และวิเคราะห์ผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องตัดฟางข้าว เช่น ปัญหาในการตัดฟางข้าว ลักษณะทางกายภาพของฟางข้าว

1.3.2 ศึกษาข้อมูลและออกแบบสร้างเครื่องตัดฟางข้าวที่ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง สามารถถอดอุปกรณ์มาบำรุงดูแลรักษาทำความสะอาดได้ง่าย ออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว ซึ่งจะประกอบไปด้วย โครงสร้างของเครื่อง ชุดป้อนฟางข้าว ชุดใบมีดตัด และมีมอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง

1.3.3 ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว โดยใช้ตัวแปรในการทดสอบ คือ ความเร็วรอบของใบมีดในการตัดฟางข้าว โดยความเร็วรอบใบมีดคือ 3.03 6.27 และ 7.8 เมตรต่อนาที และมุมองศาของมีดที่ใช้ในการตัดของฟางข้าว คือมุม 25 45 และ 65 องศา

1.3.4 เปรียบเทียบความสามารถในการตัดฟางข้าวที่ได้จากเครื่องตัดฟางข้าว กับความสมารถในการตัดฟางข้าวที่ได้จากแรงงานคน เช่น ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องตัดฟางข้าว จุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุน

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

1.4.1 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นในการตัดฟางข้าว

1.4.2 ออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

1.4.3 ทดสอบประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว

1.4.4 วิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

1.5.2 เพื่อให้ได้เครื่องตัดฟางข้าวต้นแบบ และเป็นแนวทางเพื่อให้นำไปพัฒนาต่อไปในภายหลัง

1.5.3 ได้ประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าวที่ได้สร้างขึ้นเพื่อลดการใช้แรงงานคน

1.5.4 ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตัดฟางข้าวที่ได้จากเครื่องตัดฟางข้าว กับประสิทธิภาพในการตัดฟางข้าวที่ใช้แรงงานคนในการตัด ซึ่งคาดว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับการดำเนินการและก็ลดเวลที่ใช้เพื่อการตัดฟางข้าวลดลง

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ก่อนการที่จะทำงานวิจัยนั้นมีความจำเป็นต้องทราบถึงเนื้อหาของเอกสารหรือข้อมูลที่เกี่ยวโยงในแต่ละหัวข้อให้รู้เรื่องก่อนที่จะทำการออกแบบ สร้าง หรือทำการทดสอบเพื่อให้เกิดสูญเสียให้ต่ำที่สุด เพื่อเป็นการทุ่นเวลาแล้วก็ลดเงินลงทุนสำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้าว

2.1.1 ประวัติข้าว

ประเทศไทยมีพื้นที่การปลูกข้าวราวๆ 64 ล้านไร่ ซึ่งในแต่ละภาคก็จะมีพื้นที่การปลูกข้าวที่แตกต่างกัน โดยภาคอีสานมีพื้นที่การปลูกข้าวสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ภาคกลาง ภาคเหนือแล้วก็ภาคใต้ เป็นลำดับและเป็นพืชที่พบได้มากในเอเชีย ชื่อวิทยาศาสตร์: Oryzsativa ข้าวเป็นเมล็ดพืชซึ่งพลเมืองบนโลกบริโภคเป็นอาหารสำคัญซึ่งเปี่ยมไปด้วยคุณประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการอย่างมาก อุดมด้วยสารอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกายมากมาย เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน ตลอดจนสรรพคุณทางโภชนาบำบัด อันเป็นที่ทราบกันดีในหมู่ชาวไทยและชาวตะวันออกผู้บริโภคข้าวเป็นอาหารหลักมาช้านาน และปัจจุบันได้เริ่มแพร่หลายสู่การรับรู้ของชาวโลก พร้อมไปกับวิถีการบริโภคสมัยใหม่ที่ใส่ใจในสุขภาพมากขึ้น จากข้อมูลเมื่อปี 2553 ข้าวเป็นเมล็ดพืชซึ่งมีการปลูกเยอะที่สุดเป็นอันดับสามทั้งโลก รองจากข้าวสาลีและก็ข้าวโพด

ข้าวเป็นเมล็ดพืชสำคัญที่สุดในด้านโภชนาการรวมทั้งการได้รับแคลอรี่ของผู้คน เพราะว่าข้าวโพดจำนวนมากปลูกเพื่อจุดมุ่งหมายอื่น ไม่ใช่ให้มนุษย์บริโภค ทั้งนี้ข้าวคิดเป็นพลังงานกว่าหนึ่งในห้าที่มนุษย์ทั้งโลกบริโภคปกติการปลูกข้าวเป็นแบบปีต่อปี ต้นข้าวสามารถโตได้ถึง 1-1.8 เมตร ขึ้นกับประเภทลักษณะอากาศ และก็ความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นหลัก มีใบเรียว ยาว 50-100 ซม. และก็กว้าง 2-2.5 ซม. ช่อดอกแขวนยาว 30-50 ซม. เมล็ดกินได้เป็นผลธัญพืชยาว 5-12 มม. และก็หนา 2-3 มิลลิเมตร [3]

2.1.2 สายพันธุ์ข้าว

1. ข้าวหอมมะลิ 105 เป็นข้าวสายพันธุ์ที่มีกลิ่นหอมอย่างกับใบเตย เป็นจำพวกข้าวที่ปลูกได้ดี คือปลูกเอาไว้ภายในประเทศไทย รวมทั้งเป็นชนิดข้าวที่ทำให้ข้าวในประเทศไทยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกไปทั้งโลกให้เป็นที่รู้จัก ซึ่งข้าวหอมมะลิมีต้นกำเนิดจาก จ.ฉะเชิงเทรา เป็นสายพันธุ์ที่ได้ทำการปรับปรุงพันธุกรรม

มาจากข้าวขาวดอกมะลิ ข้าวขาวดอกมะลิเป็นข้าวประจำถิ่นซึ่งสามารถเจอแล้วก็รู้จักกันในอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ด้วยรูปร่างที่พิเศษเวลาหุงข้าว มีกลิ่นที่ค่อนข้างหอมเย้ายวนชวนให้รับประทาน ให้น่ากิน ไม่เหมือนพันธุ์ข้าวใดในโลก [2]

รูปที่ 2.1 ข้าวหอมมะลิ 105 [2]

2) ข้าวหอมมะลิทุ่งกุลา เป็นข้าวที่มาจากแหล่งปลูกข้าวหอมมะลิที่มีคุณภาพที่สุดในโลก ที่ตรงนั้นก็คือที่ราบมีเขตแดนกว้างใหญ่มากมายของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือที่พวกเราเรียกกันว่า “ทุ่งกุลาร้องไห้” เม็ดของข้าวจะมีรูปร่างเรียว ยาว รวมทั้งเม็ดไม่มีหาง ภายหลังที่ผ่านการขัดข้าวแล้วจะมีความมันของข้าว จมูกข้าวค่อนข้างจะเล็ก เมื่อกระทำการหุงข้าวแล้วจะมีที่กลิ่นค่อนข้างจะหอมและก็มีความอ่อนนุ่ม [2]

รูปที่ 2.2 ข้าวหอมมะลิทุ่งกุลาร้องไห้ [2]

3) ข้าวเหนียวพันธุ์ กข.6 เป็นข้าวพันธุ์ที่มีรูปร่างของเมล็ดเรียวยาว มีเปลือกสีน้ำตาล เมล็ดมีขนค่อนข้างสั้น เป็นสายพันธุ์ข้าวเหนียวหอม มีความไวต่อแสง เป็นพันธุ์ข้าวเหนียวที่ได้รับการปรับปลี่ยนพันธุกรรมมาจากข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เมื่อนำไปหุงข้าวในหม้อแล้วข้าวจะมีความนุ่ม มีกลิ่นที่ค่อนข้างหอม ทนแล้ง และมีคุณภาพการหุงต้มรับประทานดี เป็นข้าวเหนียวที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเป็นอันดับหนึ่ง ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวเหนียวที่ชอบปลูกข้าวกันอย่างมากในภาคเหนือ และภาคอีสาน [2]

รูปที่ 2.3 ข้าวเหนียวพันธุ์ กข. 6 [2]

4) ข้าวเหนียวเขาวงกาฬสินธุ์ เป็นข้าวเหนียวที่ปลูกในพื้นที่อำเภอเขาวง อำเภอกุฉินารายณ์ และกิ่งอำเภอนาคู จ.กาฬสินธุ์ เป็นพื้นที่ที่มีแคลเซียม และซิลิกอนค่อนข้างสูง อากาศเย็นมี จะน้ำน้อย ทำให้ข้าวเหนียว จ.กาฬสินธุ์ มีความอ่อนนุ่มและก็กลิ่นที่หอมมากมาย เมื่อนึ่งข้าวจนถึงสุกจะหอมนุ่ม ข้าวจะไม่ติดมือ ส่วนข้าวที่นึ่งเสร็จแล้วเมื่อทำเก็บเอาไว้ภายในกระติ๊บที่ปิดไว้หลายชั่วโมงหากแม้จนกระทั่งข้าวจะเย็นแล้วก็ยังสามารถที่อาจจะความอ่อนนุ่มไว้ได้ [2]

รูปที่ 2.4 ข้าวเหนียวเขาวง [2]

5) ข้าวเหนียวเขี้ยวงู เป้นข้าวที่มีเม็ดยาวเรียว มีสีขาว รวมทั้งช่วยสำหรับการต่อต้านต่อโรคต่าง ๆ ได้ดี เมื่อนำข้าวมาเข้าหม้อเพื่อหุงข้าว เมื่อข้าวสุกแล้วเม็ดข้าวที่ได้จากการจะความเหนียวนุ่ม เรียงตัวดูดีไม่เหลว มีสีขาว ผิวข้าวเลื่อมวาวและก็มีกลิ่นที่ค่อนข้างจะหอมเย้ายวนน่าอร่อย ข้าวเหนียวเขี้ยวงูเป็นจำพวกข้าวเหนียวที่มีดี รวมทั้งเป็นอีกสายพันธุ์หนึ่งที่ชอบได้รับความพอใจสำหรับในการเอามาทำข้าวเหนียวมูนไว้กินคู่กับต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะถูกปลูกอยู่ในแถบภาคเหนือ ชอบปลูกกันมากใน จ.เชียงราย [2]

รูปที่ 2.5 ข้าวเหนียวเขี้ยวงู [2]

6) ข้าวเหนียวดำหรือข้าวก่ำ เมล็ดข้าวมีสีออกม่วงปนดำ มีเมล็ดข้าวออกจะแข็ง เวลาบดละเอียดยากกว่าข้าวธรรมดา แม้กระนั้นนิยมเอามาทำเป็นของหวานซะมากยิ่งกว่าข้าวอื่นๆและก็เป็นข้าวที่เกษตรกรบูชาให้เป็นพญาข้าวเหนือข้าวประเภทอื่นๆโดยเกษตรกรมีความศรัทธาที่ว่าข้าวจะป้องกันป้องกันปกป้องรักษาข้าวจำพวกอื่นที่อยู่ในทุ่งนาไม่ให้ถูกแมลงกัดรับประทาน ทำให้ผลิตผลสำหรับการที่เกี่ยวข้าวได้ปริมาณมาก โดยที่เกิดจากการกินข้าวก่ำยังช่วยปกป้องโรคหัวใจ ลดคอเลสเตอรอล และป้องกันการเจริญเติบโตของโรคมะเร็งอีกด้วย [2]

รูปที่ 2.6 ข้าวเหนียวดำ [2]

7) ข้าวเหลืองประทิวชุมพร มีความเป็นข้าวพื้นบ้านเริ่มแรกของ อำเภอปะทิว ที่ จังหวัด จังหวัดชุมพร เป็นข้าวที่อยู่ในช่วงฤดูนาปี โดยจะเริ่มทำการเกี่ยวข้าวในเดือนธันวาคม ในรวงข้าวจะมีเม็ดเยอะมาก โดยสามารถปลูกข้าวในที่ที่เป็นดินปรี้ยวได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น มิหนำซ้ำยังทนต่อโรคของแมลงได้มากอีกด้วย รูปร่างเมล็ดมีสีเหลือง มันเลื่อม เมล็ดยาว มีดีที่น้ำหนักเมล็ด เมื่อนำไปหุงในหม้อแล้วข้าวขึ้นหม้อสวยสดงดงาม ก็เลยเป็นข้าวที่เกษตรกรที่ จังหวัดจังหวัดชุมพรมักถูกใจปลูก เพราะว่าปลูกข้าวได้ง่าย ส่งผลผลิตที่เหมาะสม และยังเหมาะกับพื้นที่และอากาศ [2]

รูปที่ 2.7 ข้าวเหลืองปะทิว [2]

8) ข้าวเจ๊กเชยเสาไห้ เป็นสายพันธุ์พื้นเมืองคุณภาพดีของอำเภอเสาไห้ ที่ จ.สระบุรี โดยสาเหตุของชื่อมาจากชื่อหัวหน้าข้าวสายพันธุ์นี้เข้ามาในพื้นที่ เป็นพ่อค้าคนไทยที่มีเชื้อสายจีน ชื่อ “เจ๊กเชย” ซึ่งข้าวสายพันธุ์นี้มีชื่อมายาวนานตั้งแต่ต้นรัชสมัยรัตนโกสินทร์ ข้าวที่หุงขึ้นหม้อ ไม่แข็งกระด้าง ที่สำคัญไม่บูดง่าย และไม่ยุบเมื่อราดแกง สามารถปรับเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์อื่นได้ ตัวอย่างเช่น เส้นและก็ขนมหวาน [2]

รูปที่ 2.8 ข้าวเจ๊กเชยเสาไห้ [2]

9) ข้าวซ้อมมือ หรือบางบุคคลที่เรียกเคยปากว่า ข้าวซ้อมมือหรือข้าวแดง เนื่องมาจากในโบราณ ชาวบ้านใช้แนวทางตำข้าวกินกันเอง ก็เลยเรียกว่าข้าวซ้อมมือ แต่ว่าในปัจจุบันนี้ส่วนมากใช้เครื่องจักรสีข้าวแทนแล้ว จึงเรียกข้าวที่นำไปเข้าโรงสีเอาเปลือกออกนี้ว่า ข้าวกล้อง โดยข้าวกล้องมีเส้นใยสูงมากเกินกว่าข้าวขาว 3 - 7 เท่า การกินข้าวกล้องจะได้เส้นใยไปพร้อมๆกับสารอาหารที่มีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพหลายอย่าง แล้วก็เส้นใยในข้าวซ้อมมือยังเป็นเหตุให้รู้สึกอิ่มเป็นเวลานานกว่าการกินข้าวขาวและไม่ต้องการรับประทานจุกจิก [2]

รูปที่ 2.9 ข้าวกล้อง [2]

10) ข้าวไรซ์เบอร์รี เป็นการปรับแต่งสายพันธุ์ข้าวของ รศ.ดร. อภิชาติ รวมทั้งทีมงานนักวิจัยที่หน่วยงานวิจัยชนิดข้าว ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รวมทั้งได้รับความร่วมแรงร่วมมือจากคณะกรรมการศึกษาค้นคว้าแห่งชาติ (วช.) โดยเป็นการสืบพันธุ์ข้าวแบบผ่านสายพันธุ์ ระหว่างข้าวจ้าวหอมนิล ซึ่งข้าวจ้าวหอมนิลเป็นสายพันธุ์พ่อบวกกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นสายพันธุ์แม่มีรูปร่างยาวเรียว มีผิวที่วาวมัน เป็นข้าวจ้าวที่มีสีม่วงออกเข้มคล้ายกับลูกเบอร์รีที่มีสีม่วงเข้มเมื่อสุก มีกลิ่นที่ค่อนข้างจะหอมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ยังมีรสชาติที่หอมหวานมัน เนื้อสัมผัสเหนียวนุ่ม [2]

รูปที่ 2.10 ข้าวไรซ์เบอร์รี [2]

11) ข้าวมันปู เป็นข้าวที่คนจีนนิยมเรียกกันว่า ข้าวแดงมีรูปร่างเป็นเยื่อหุ้ม มีเปลือกข้าวเป็นสีแดงเหมือนสีของมันปู มีไขมันในปริมาณพอ ๆ กับข้าวกล้อง ในการขัดสีข้าวสูงกว่าประมาณสองเท่า โดยจะมีสารที่เรียกว่าเคโรทีนที่จะกลายเป็นวิตามินเอในร่างกายสูงกว่าข้าวขัดสี โดยเมื่อทำการหุงข้าวสุกแล้วเนื้อข้าวจะเป็นสีชมพูออกอ่อน ๆ มีกลิ่นที่ออกจะหอม เม็ดนุ่มงาม ไม่เปียกชื้น ข้าวดูดีน่าอร่อย เอาไว้ใช้ทำกับข้าวต่าง ๆ ได้อร่อยไม่ว่าจะเป็นข้าวผัดหรือเคี่ยวเป็นโจ๊กก็อร่อยไม่แพ้กัน [2]

รูปที่ 2.11 ข้าวมันปู [2]

12) ข้าวสังข์หยดจังหวัดพัทลุง ข้าวที่มีเกิดอยู่ใน จ.พัทลุง เป็นข้าวที่มีเมล็ดเรียว เล็ก มีด้านหลังงอน เยื่อห่อหุ้มเม็ดจะมีสีแดงจนกระทั่งสีแดงเข้ม เมื่อทำหุงข้าวสุกแล้วเมล็ดข้าวจะมีความนิ่ม และก็จับกุมกันเหมือนกันกับข้าวเหนียว ข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางของกินสูงขึ้นมากยิ่งกว่าข้าวจำพวกอื่นมาก รวมถึงยังมีเส้นใยในอาหารที่สูง ช่วยชะลอความแก่ เป็นประโยชน์สำหรับเพื่อการบำรุงเลือด คุ้มครองปกป้องโรคความจำเลือนลาง และก็ช่วยลดสำหรับการที่จะเป็นโรคมะเร็ง [2]

รูปที่ 2.12 ข้าวสังข์หยดพัทลุง [2]

2.2 ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์

ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์ที่สำคัญของข้าวสามารถจำแนกออกได้เป็นรูปร่างที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ดังข้อมูลตอไปนี้

2.2.1 รูปร่างที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต

รูปร่างที่มีความเชื่อมโยงกับการเจริญเติบโตของต้นข้าวเป็นรากต้นไม้ ลำต้น รวมทั้งใบ

โดย ราก เป็นส่วนที่จะต้องอยู่ใต้ผิวดิน ใช้ยึดลำต้นกับดิน เพื่อไม่ให้ต้นไม้ล้มลง แต่ว่าในบางครั้งก็จะมีรากที่พิเศษเกิดขึ้นที่ข้อเหนือต้นไม้ ซึ่งหากว่าบางครั้งอาจจะอยู่เหนือพื้นดินด้วย โดยในต้นข้าวจะไม่มีรากแก้วแต่ต้นข้าวจจะมีรากฝอยที่แตกแขนงกระจายอยู่ใต้ดินแทน และจากเวยด้วยเหตุผลนี้รากของข้าวจึงไม่ได้อยู่ลึกมากนัก แต่ละกิ่งก้านสาขาของรากฝอยจะมีรากขนอ่อนหน่อย ๆ รากอาจจะมีการเกิดขึ้นที่ข้อซึ่งอยู่ใต้ดินและอยู่ใต้น้ำด้วย ต้นข้าวใช้รากสำหรับดูดเอาอาหารจากดิน อาหารของต้นข้าวมี แร่ต่างๆแล้วหลังจากนั้นก็น้ำ อาหารเหล่านี้จะถูกส่งไปที่ใบ เพื่อเปลี่ยนเป็นแป้ง โดยวิธีนี้เรียกว่า สังเคราะห์แสง

รูปที่ 2.13 รากข้าว [3]

ลำต้น กลางลำต้นกลวงและแบ่งออกเป็นหลายส่วน ส่วนกั้นมีความยาวต่างกันระหว่างส่วนต่างๆ จำนวนโหนดจะพอ ๆ กับปริมาณใบของต้นข้าว ธรรมดาคร่าว ๆ 20-25 โหนดจะอยู่ที่โคนต้น มันสั้นรวมทั้งครึ้มกว่าส่วน ที่ส่วนท้ายของลำต้น นอกเหนือจากนี้ ส่วนข้างล่างจะใหญ่มากยิ่งกว่าส่วนปลาย ละเว้น

ข้าวน้ำที่จำเป็นต้องดึงน้ำให้สูงระดับหนึ่งเมื่อน้ำลึก ส่วนข้าวยาวมากมาย ส่วนใกล้ผิวน้ำมีขนาดใหญ่กว่าส่วนน้ำลึก ที่ข้อต่อซึ่งเป็นส่วนที่แบ่งลำต้นออกเป็นส่วนๆมีตาที่แตกหน่อเป็นตาแต่ละตาสลับจากตาข้างหนึ่งไปอีกข้างหนึ่ง สีใจความจะแตกต่าง ขึ้นอยู่กับประเภทของข้าว บางครั้งอาจจะเป็นสีเหลืองหรือสีม่วง แล้วก็ความยาวของข้อจะแตกต่างกันไปขึ้นกับประเภทของชนิด พันธุ์สูงมีส่วนยาวกว่าชนิดสั้น ต้นข้าวห่อด้วยกาบใบ ก็เลยไม่สามารถที่จะแลเห็นลำต้นหรือส่วนของต้นข้าวได้ในระยะแตกกอ แต่แรกเริ่มข้าวถูกดึงให้สูงจนมองเห็นการแตกหน่อ

รูปที่ 2.14 ลำต้นข้าว [3]

ใบ ต้นข้าวมีใบไว้สำหรับกระทำการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อแปลงแร่ธาตุ อาหาร น้ำ แล้วก็คาร์บอนไดออกไซด์ ให้เป็นแป้ง เพื่อใช้ในการเติบโตรวมทั้งสร้างเม็ดของต้นข้าว ใบมีกาบใบแล้วก็แผ่นใบ กาบใบและก็แผ่นใบเชื่อมชิดกันด้วยข้อต่อของใบ กาบใบเป็นส่วนที่ติดอยู่กับข้อของลำต้นและก็หุ้มห่อต้นข้าวไว้แต่ละข้อมีแค่เพียงหนึ่งกาบใบเท่านั้นเอง แผ่นใบเป็นส่วนที่อยู่เหนือข้อต่อของใบ มีรูปร่างเป็นแผ่นแบนบาง ๆ จำพวกข้าวแต่ละประเภทจะมีความยาว ความกว้าง รูปร่าง สีของใบ ลำต้น ตลอดถึงแนวทางการทำมุมของใบกับลำต้นแตกต่าง นอกจากนี้ ที่แผ่นใบของข้าวบางพันธุ์ก็มีขนไหมมีขนด้วย เมื่อใช้มือจับแผ่นใบที่มีขนจะมีความรู้สึกว่าใบนั้นไม่เรียบ หากแม้แผ่นใบที่ไม่มีขนจะรู้สึกเรียบใบข้าวมีขนาดรูปร่างนานับประการตามจำพวก

ของพันธุ์ข้าว และก็บางชนิดมีแผ่นใบทำมุมกว้างหรือทำมุมแคบกับลำต้น เส้นใบของข้าวแลเห็นได้ชัดจากด้านบนของแผ่นใบ เส้นใบจะขนานกัน ด้วยความที่ข้าวเป็นพืชพวกใบเลี้ยงเดี่ยว ใบข้าวใบตอนท้าย นั้นก็คือใบที่ติดอยู่กับรวงข้าว เรียกว่าใบธง ปกติใบธงจะมีรูปร่างสั้นแล้วหลังจากนั้นก็ทำมุมกับลำต้น ไม่เหมือนกับใบอื่นๆที่อยู่ข้างล่าง ที่ข้อต่อของใบซึ่งเป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างกาบใบรวมทั้งแผ่นใบ มีรูปร่างคล้ายกับข้อที่แบ่งต้นข้าวออกเป็นบ้อง ๆ รวมทั้งที่ข้อต่อของใบมีเยื่อกันน้ำฝนแล้วก็เขี้ยวกันแมลงติดอยู่ด้วย เขี้ยวกันแมลงมีสองอัน รูปร่างเป็นพู่เหมือนหางกระรอก ติดอยู่ข้างละอันของข้อต่อของใบ ส่วนเยื่อกันน้ำฝนนั้นมีอันเดียว มีรูปร่างเป็นแผ่นบางๆของข้อต่อของใบ แล้วก็เกาะติดติดอยู่ที่ลำต้น เยื่อกันน้ำฝนมีสีรวมทั้งขนาดนานับประการตามประเภทของชนิดข้าว แม้กระนั้น ใบแก่ๆบางทีอาจไม่มีเขี้ยวกันแมลงเหลือติดอยู่เลย เนื่องจากว่าได้หลุดล่วงไปหมดแล้ว ต้นข้าวต้นเดียวบางทีอาจแตกออกเป็นหน่อใหม่ โดยประมาณ 5 - 15 หน่อ หน่อใหม่ที่แตกออกมาจะมีปริมาณใบน้อยกว่าต้นแรกของมัน รวมทั้งบางหน่ออาจไม่มีหล่นเลย

รูปที่ 2.15 ใบข้าว [3]

2.2.2 รูปร่างที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์

ต้นข้าวมีการแพร่พันธุ์ด้วยเม็ดซึ่งเกิดขึ้นจากการผสมระหว่างเกสรตัวผู้แล้วก็เกสรตัวเมีย ด้วยเหตุนี้รูปร่างที่สำคัญเกี่ยวกับการขยายพันธุ์ อย่างเช่น รวงดอกข้าวแล้วก็เมล็ดข้าว

(1) รวงข้าว คือ ช่อดอกของข้าว(Inflorescence) ซึ่งเกิดขึ้นที่ข้อของบ้องอันท้ายที่สุดของต้นข้าว ระยะระหว่างข้ออันบนของบ้องอันท้ายที่สุดกับข้อต่อของใบธงเรียกว่า คอรวง ด้วยเหตุนั้นคอรวงจะสั้นหรือยาว ย่อมขึ้นอยู่กับระยะระหว่างข้ออันบนของบ้องในที่สุดกับข้อต่อของใบธง เกษตรกรในภาคใต้ที่มีการเก็บเกี่ยวข้าวด้วยตัวเอง มีความต้องการที่จะปลูกข้าวประเภทที่มีคอรวงยาว แต่ว่าชาวไร่ชาวนาที่เก็บเกี่ยวด้วยเคียวนั้นไม่นึกถึงความยาวของคอรวงเลย นอกจากนั้นที่ข้ออันบนของบ้องอันสุดท้ายอาจเรียกอีกอย่างนึง

ว่า ฐานของรวงหรือฐานของช่อดอก รวงข้าวมีก้านอันใหญ่ต่อจากคอรวงขึ้นไป แล้วแตกกิ่งก้านสาขาแบบราซีมอสโมดบรานสิง (Racemose mode branching) ออกไป ๆ มากมาย โดยแต่ละข้อของก้านอันใหญ่เรียกว่ากิ่งก้านสาขาอันดับที่หนึ่ง (Primary branches) แล้วก็แต่ละข้อของกิ่งก้านสาขาอันดับหนึ่งจะแตกกิ่งก้านสาขาออกไปอีกเป็นกิ่งก้านสาขาลำดับที่สอง ดอกข้าว มีก้านดอก ซึ่งเรียกว่า เพดีเซล จะติดอยู่กับกิ่งก้านสาขาลำดับที่สองของรวงข้าว รูปร่างของรวงข้าว ได้แก่ ความยาว รูปร่าง ความครึ้ม ความถี่ห่างของข้อของกิ้งก้านหรือระแง้ ตลอดถึงมุมของการแตกกิ้งก้านออกไปเป็นกิ่งก้านสาขาอันดับที่หนึ่งแล้วก็กิ่งก้านสาขาลำดับที่สองนั้นนานับประการตามจำพวกของประเภทข้าว การมีข้อของกิ่งก้านสาขาอันดับหนึ่งรวมทั้งแขนลำดับที่สอง

รูปที่ 2.16 รวงข้าว [3]

(2) หูของข้าวหมายถึงช่อดอกของข้าว ระยะห่างระหว่างส่วนบนของส่วนสุดท้ายกับทางแยกของใบธงซึ่งเกิดขึ้นที่รอยต่อของส่วนท้ายที่สุดของต้นข้าวเรียกว่าคอ โดยเหตุนี้คอ จะสั้นหรือยาว ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างส่วนบนของข้อต่อในที่สุดกับข้อต่อของใบธง เกษตรกรในภาคใต้ต้องปลูกข้าวคอยาวเพื่อเกี่ยวข้าวกับแกะ แต่ว่าเกษตรกรที่เก็บเกี่ยวด้วยเคียวไม่ได้นึกถึงความยาวของหัวส่วนครึ่งบนของส่วนสุดท้ายสามารถเรียกได้ว่าเป็นฐานของก้านช่อดอกหรือฐานของช่อดอกก็ได้เช่นกัน จากนั้นจะแตกกิ่งในรูปแบบมอสต่อเนื่องหลายรูปแบบ โดยแต่ละโหนดของลำต้นขนาดใหญ่เรียกว่ากิ่งแรก และแต่ละโหนดของกิ่งแรกจะแตกกิ่งออกไปเป็นกิ่งที่สอง ดอกจะติดกับกิ่งที่ 2 ของหูข้าว ความถี่ของการแตกแขนงหรือระยะห่างทางแยกรังสี

และมุมของการแตกแขนงไปยังกิ่งที่หนึ่งและสองแตกต่างกันไปตามพันธุ์ข้าว ข้อต่อบ่อยครั้งของแขนที่หนึ่งและสองเรียกว่าเขย่าแล้วมีเสียงบ่อยครั้งส่งผลให้มีดอกบานมากมายต่อช่อ เป็นพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูง

ข้างในมีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียเป็นเปลือกหุ้มขนาดใหญ่ เกสรตัวผู้รวมทั้งหัวเกสรตัวผู้เป็นสีเหลืองและมีเกสรตัวผู้ขนาดเล็กหลายชิ้น หลอดไฟฟ้านี้ติดอยู่ที่ก้านยาวที่เรียกว่า ไส้หลอดและติดอยู่ที่โคนของดอก ดอกไม้แต่ละดอกมีเกสรตัวผู้ 6 อัน และเกสรตัวเมียมีตัวรับละอองเรณูที่มีรูปร่างเหมือนหางกระรอกเล็ก ๆ สองข้าง แต่ละอันมีก้านติดอยู่ที่กับรังไข่ รังไข่ประกอบด้วยไข่ หลังจากผสมแล้วจะแปลงเป็นเม็ด ดอกข้าวเป็นดอกไม้ที่บริบูรณ์แบบเพราะดอกไม้ชนิดเดียวกันมีเกสรตัวผู้รวมทั้งเกสรตัวเมีย ด้วยเหตุนี้การผสมเกสรก็เลยส่วนมากเป็นการผสมเกสรด้วยตนเองและการผสมเกสรข้าม ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยมากหรือราวๆ 0.5% - 5% แค่นั้น การผสมเกสรมักเกิดขึ้นในตอนเช้าของดอกเดียวกัน ก่อนที่จะแกลบจะบานและข้าวจะบานจากปลายใบหู ดอกไม้ทั้งหมดจะบานและผสมเกสรประมาณ 7 วัน

รูปที่ 2.17 ดอกข้าว [3]

(3) เมล็ดข้าว คือ ส่วนที่เป็นแป้งเรียกว่า เอ็นโดสเปิร์ม แล้วก็ส่วนที่เป็นคัพภะ ซึ่งหุ้มห่อไว้โดยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่น เอ็นโดสเปิร์มเป็นแป้งที่เราบริโภค คัพภะเป็นส่วนที่มีชีวิตและก็แตกหน่อออกมาเป็นต้นข้าวเมื่อเอาไปเพาะ การที่ละอองเกสรเพศผู้ตกลงบนที่รับละอองเกสรของตัวเมียนั้นเรียกว่า การผสมเกสร ภายหลังการผสมเกสรนิดหน่อย ละอองเกสรตัวผู้ก็จะแตกออกลงไปในก้านของที่รับละอองเกสร เพื่อจะได้นำนิวเคลียสจากละอองเกสรเพศผู้ลงไปผสม โดยรวมตัวกับไข่รวมทั้งนิวเคลียสอื่นๆในรังไข่ นิวเคลียสที่ได้รวมกลุ่มกับไข่จะเติบโตเป็นคัพภะ ส่วนนิวเคลียสที่ได้รวมกลุ่มกับนิวเคลียสอื่นๆ(Polar nuclei) ก็จะเจริญวัยเป็นแป้งที่เรียกว่า เอ็นโดสเปิร์ม ภายหลังจากการผสมเกสร โดยประมาณ 30 วัน เมล็ดข้าวก็จะแก่พร้อมที่จะ

เก็บเกี่ยวได้ เมื่อได้แกะเปลือกใหญ่ของเมล็ดข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวมา จะได้เมล็ดข้าวที่เรียกว่า ข้าวซ้อมมือ (Brown rice) เมล็ดข้าวกล้องถ่ายภาพชอบเป็นสีน้ำตาลอ่อนๆแล้วก็เมื่อผ่าตัดเมล็ดข้าวกล้องถ่ายรูปออกตามความยาวแล้ว เรียนรู้รูปร่างของมันอย่างระมัดระวัง จะพบว่า เมล็ดข้าวกล้องถ่ายรูปมี เยื่อชั้นนอกบางๆ เรียกว่า เพอริคาร์พเลเยอร์(Pericarp layers) ปริมาณ 3 ชั้น เยื่อชั้นกึ่งกลางบางหนึ่งชั้นเรียกว่า เท็กเมน (Tegmen) แล้วก็เยื่อชั้นในบางๆอีกหนึ่งชั้นเรียกว่า อะลูโรนเลเยอร์(Aleurone layer) ถ้าเกิดเพอริคาร์พเลเยอร์เป็นสีน้ำตาล เมล็ดข้าวกล้องถ่ายรูปก็จะเป็นสีน้ำตาล รวมทั้งหากเพอริคาร์พเลเยอะแยะร์เป็นสีแดง เมล็ดข้าวกล้องถ่ายรูปก็จะเป็นสีแดง ส่วนข้างในที่เป็นแป้งจะมีรูปร่างเป็นแป้งสีขาวหรือใส เป็นปริมาณน้อยมากที่มีเป็นสีแดง ข้าวเหนียวจะมีแป้งเป็นสีขาวขุ่น ส่วนข้าวเจ้ามีแป้งใสกว่า แต่ที่แป้งของเมล็ดข้าวเจ้าอาจมีจุดสีขาวขุ่นเกิดขึ้นที่ข้างๆ หรือกึ่งกลางของเม็ดก็ได้ ซึ่งเรียกว่า ท้องไข่หรือท้องปลาชิว(Chalkiness หรือ White center)

รูปที่ 2.18 เมล็ดข้าว [3]

2.2.3 การปลูกข้าว

การปลูกข้าวเป็นงานที่สำคัญยิ่งของเมืองไทยตั้งแต่สมัยโบราณมาแล้ว จนกระทั่งกับได้มีพระราชพิธีจรดพระนังคัลแรกนาขวัญ เพื่อเป็นครั้งแรกสำหรับเพื่อการทำไร่ทำนาปลูกข้าวของแต่ละปี จะได้เป็นสินิมงคลต่อประชากรผู้ปลูกข้าว โดยพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจะมอบให้ข้าราชการข้างเกษตรเป็นพระยาพระราชพิธีจรดพระนังคัลทำไถแล้วก็หว่านเมล็ดข้าว ชาวไร่ชาวนาจะเก็บเมล็ดประเภทที่เขาใช้ปลูก ด้วยเหตุว่านับได้ว่าเป็นมิ่งขวัญ [3]

วิธีการปลูกข้าว การทำนา หมายถึง การปลูกข้าว ซึ่งการปลูกข้าวในประเทศไทยแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีด้วยกันดังนี้

1. การปลูกข้าวไร่ คือ การปลูกข้าวบนที่ดอน และไม่มีน้ำขังในพื้นที่ปลูก ประเภทของข้าวที่ปลูกเรียกว่า ข้าวไร่ พื้นที่ดอนโดยมาก อาทิเช่น เชิงเทือกเขา ชอบไม่มีระดับหมายถึงสูงๆต่ำๆก็เลยไม่อาจจะไถจัดเตรียมดินแล้วก็ปรับระดับได้อย่างไม่ยากเย็นอย่างกับที่ราบ โดยเหตุนี้ กสิกรชอบปลูกแบบหยอด โดยขั้นแรกกระทำตัดต้นหญ้าแล้วก็ต้นไม้เล็กออก ชำระล้างพื้นที่ที่จะปลูก แล้วก็ใช้หลักไม้ปลายแหลมเจาะดินเป็นหลุมเล็กๆลึกราวๆ 3 - 4 ซม. ปากหลุมมีขนาดกว้างพอที่จะหยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวลงไปได้ 5 - 10 เม็ด หลุมนี้มีระยะห่างกันโดยประมาณ 25 ซม. ควรต้องหยอดเมล็ดพันธุ์โดยทันที ภายหลังที่ได้เจาะหลุมและก็ภายหลังหยอดเมล็ดพันธุ์แล้วจะใช้เท้ากลบดินปากหลุม เมื่อฝนตกลงมาเม็ดได้รับความชุ่มชื้นก็จะแตกออกแล้วก็เจริญวัยฯลฯข้าว ด้วยเหตุว่าที่ดอนไม่มีน้ำนองและไม่มีการชลประทาน การปลูกข้าวไร่ก็เลยจำต้องใช้น้ำฝนเพียงอย่างเดียว พื้นดินที่ปลูกข้าวไร่จะแห้งแล้วก็ขาดน้ำโดยทันทีเมื่อสิ้นหน้าฝน ด้วยเหตุผลดังกล่าวการปลูกข้าวไร่จำเป็นที่จะต้องใช้ชนิดที่แก่ค่อย โดยปลูกลงในต้นหน้าฝนรวมทั้งเก็บเกี่ยวได้ในปลายฤดูฝน การปลูกข้าวไร่กสิกรควรต้องหมั่นกำจัดวัชพืน เพราะว่าที่ดอนชอบมีวัชพืชมากยิ่งกว่าที่ลุ่ม พื้นที่ที่ใช้ปลูกข้าวไร่ในประเทศไทยมีปริมาณน้อยรวมทั้งมีปลูกมากมายในภาคเหนือ ภาคใต้ รวมทั้งภาคอีสาน

2. การปลูกข้าวนาดำ เรียกว่า การปักดำ ซึ่งขั้นตอนการปลูกแบ่งออกได้เป็นสองตอนช่วงแรก อย่างเช่น การตกกล้าในแปลงขนาดเล็ก แล้วก็ตอนสอง ยกตัวอย่างเช่น การถอนต้นกล้า เอาไปปักดำในทุ่งนาผืนใหญ่

1) การเตรียมดิน จำเป็นต้องกระทำจัดเตรียมดินให้ดียิ่งกว่าการปลูกข้าวไร่ โดยมีไถดะ การไถแปร แล้วก็การคราด ปกติการไถรวมทั้งการคราดในนาดำชอบใช้แรงโค ควาย หรือแทรกเตอร์ขนาดเล็กที่เรียกว่า ความเหล็กหรือไถยนต์เดินตาม ทั้งนี้เป็นเพราะว่าพื้นที่นาดำนั้น ได้มีคันดินแบ่งกันออกเป็นแปลงเล็กๆขนาด 1 - 2 ไร่ คันดินมีไว้สำหรับเก็บกักน้ำ หรือปล่อยน้ำทิ้งจากแปลงท้องนา นาดำก็เลยมีการบังคับระดับน้ำในนาได้บ้างเพียงพอเหมาะพอควร ก่อนที่จะทำการไถต้องรอให้ดินมีความชื้นพอที่จะไถได้เสียก่อน ปกติจำเป็นจะต้องรอให้ฝนตกจนถึงมีน้ำขังในผืนนาหรือไขน้ำเข้าไปในนา เพื่อทำให้ดินเฉอะแฉะ กาไถดะมีความหมายว่า การไถครั้งแรกเพื่อทำลายวัชพืชในท้องนา แล้วก็พลิกกลับหน้าดิน แล้วปล่อยทิ้งเอาไว้โดยประมาณ 1 อาทิตย์ ก็เลยทำไถแปร ซึ่งก็คือ การไถเพื่อตัดกับรอยไถดะ ทำให้รอยไถดะแตกก่อนจะทำไถจำเป็นต้องคอยให้ดินมีความชุ่มชื้นพอที่จะไถได้เสียก่อน ธรรมดาจำเป็นที่จะต้องรอคอยให้ฝนตกจนกระทั่งมีน้ำขังในผืนทุ่งนาหรือไขน้ำเข้าไปในทุ่งนา เพื่อทำให้ดินแฉะ กาไถดะหมายความว่า การไถหนแรกเพื่อทำลายวัชพืชในทุ่งนา และพลิกกลับหน้าดิน

รูปที่ 2.19 การไถคราดด้วยควายเหล็ก [4]

2) การตกกล้า คือ การเอาเม็ดไปหว่านให้แตกออกและก็เจริญวัยขึ้นมาเป็ฯต้นกล้า เพื่อเอาไปปักดำ การตกกล้าสามารถทำเป็นหลายแนวทางร่วมกัน อย่างเช่น การตกกล้าในดินแฉะ และการตกกล้าในดินแห้ง

การตกกล้าในดินแฉะ จึงควรเลือกหาพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดีเป็นพิเศษ สามารถคุ้มครองป้องกันนกแล้วก็หนูที่จะเข้าทำลายต้นกล้าได้อย่างดีเยี่ยมรวมทั้งมีน้ำพอเพียงกับความจำเป็น การเตรียมดินก็มีการไถดะ ไถแปร รวมทั้งคราด ดันงได้กล่าวถึงแล้ว แต่ว่าจำเป็นต้องชูเป็นแปลงสูงจากระดับน้ำในผืนนานั้นราว 3 ซม. ดังนี้ เพื่อไม่ให้เม็ดที่หว่านลงไปจมน้ำแล้วก็ดินจนกระทั่งเปียกชุ่มอยู่เป็นประจำ ถ้าหากจะให้ดีขึ้นควรจะแบ่งแปลงนี้ออกเป็นแปลงย่อยขนาดกว้าง 50 ซม. และก็มีความยาวขนานไปกับแนวทางลม ระหว่างแปลงเว้นช่องว่างไว้สำหรับเดินโดยประมาณ 30 ซม. ทั้งนี้ เพื่อลดแรงระบาดของโรคที่จะเข้าไปทำลายต้นข้าว ยกตัวอย่างเช่น โรคไหม้ เมล็ดพันธุ์ที่เอามาตกกล้าควรเป็นเม็ดที่บริบูรณ์ ไม่มีเชื้อโรคต่างๆด้วย เหตุนั้นจำเป็นจะต้องชำระล้างเมล็ดพันธุ์ซะก่อน โดยแยกเอามาเฉพาะเม็ดที่บริบูรณ์ แล้วก็เอาเม็ดที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งมีน้ำหนักค่อยกว่าธรรมดาทิ้งไป การเลือกเฟ้นเอาเม็ดที่บริบูรณ์บางทีอาจทำเป็นโดยการเอาเมล็ดพันธุ์ไปใส่เอาไว้ภายในน้ำเกลือ ที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.08 ซึ่งจัดแจงไว้โดยการเอาน้ำที่สะอาด 10 ลิตร ผสมกับเกลือหนัก 1.7 โล เม็ดที่ไม่สมบูรณ์จะลอย ส่วนเม็ดบริบูรณ์นั้นจมลงไปที่ตูดภาชน เอาเม็ดที่อยากตกกล้าใส่ถุงผ้าไปแช่น้ำนาน 12 - 1 วัน แล้วเอาขึ้นมาวางไวบนแผ่นบอร์ดในที่ที่มีลมระบายได้สบาย รวมทั้งเอาผ้าหรือกระสอบเปียกน้ำปกคลุมไว้นาน 36 - 48 ชั่วโมง ซึ่งเรียกว่า การห่อ ภายหลังที่ได้ห่อหุ้มเม็ดไว้ครบ 36 - 48 ชั่วโมงแล้ว เมล็ดข้าวก็จะแตกหน่อ ก็เลยเอาไปหว่านบนลงแปลงกล้า ควรจะให้ปุ๋ยพวกให้ธาตุไนโตรเจน

และก็ธาตุฟอสฟอรัสซะก่อน รวมทั้งใช้ไม้แผ่นคลำแปลง เพื่อกลบปุ๋ยลงไปในดิน ปกติใช้เมล็ดพันธุ์ปริมาณ 50 - 80 โล/พื้นที่ แปลงกล้า 1 ไร่ เมื่อต้นกล้าแก่ครบ 25 - 30 วัน ตั้งแต่เมื่อวันหว่านเม็ด ต้นกล้าก็จะมีขนาดโตพอที่จะถอนเอาไปปักดำได้ การตกกล้าอย่างงี้เป็นที่ชื่นชอบกันอย่างล้นหลามสำหรับการทำไร่ทำนาดำในประเทศไทย

การตกกล้าในดินแห้ง ในกรณีที่ชาวไร่ชาวนาไม่มีน้ำเพียงพอสำหรับในการตกกล้าในดินแฉะ ชาวไร่ชาวนาบางทีอาจทำตกกล้าบนที่ดอน ซึ่งไม่มีน้ำขัง โดยการเอาเมล็ดพันธุ์ที่บริบูรณ์ ซึ่งยังไม่ได้เพาะให้แตกหน่อไปโรยเอาไว้ในแถวที่เปิดเป็นร่องเล็กๆขนาดยาวราวๆ 1 เมตร จำนวนหลายแถว แล้วกลบดิน เพื่อคุ้มครองป้องกันนกและก็หนู จากนั้นก็รดน้ำด้วยบัวรดน้ำวันละ 2 - 3 ครั้ง เม็ดจะแตกออกขึ้นมาฯลฯกล้าเช่นเดียวกับการตกกล้าในดินแฉะ ปกติใช้เมล็ดพันธุ์ปริมาณ 7 - 10 กรัม/แถว ที่มีความยาว 1 เมตรแล้วก็แถวห่างกันราว 10 % ภายหลังจากโรยเม็ดและก็กลบดินแล้ว ควรจะหว่านปุ๋ยพวกที่ให้ธาตุไนโตรเจนรวมทั้งธาตุฟอสฟอรัสในอัตราลดลงไปด้วย การตกกล้าในดินแห้งจะไม่ทำให้ต้นกล้าที่แก่มากกว่า 40 วันมีปล้องที่ลำต้น เหมาะกับการตกกล้าที่จำเป็นต้องรอน้ำฝนสำหรับปักดำ [3]

รูปที่ 2.20 ต้นกล้าอายุ 12 วัน [5]

3) การปักดำ ทำกิ่งดำจากต้นกล้าในดินเปียกหรือต้นกล้าในดินแห้ง เมื่อต้นกล้าอายุประมาณ 25-30 วัน มีขนาดใหญ่พอที่จะถอนออกเพื่อปลูกดำได้ สำหรับกล้าไม้ที่ได้จากกล้าไม้ของดาป็อกในประเทศไทยนั้นไม่เคยมีการฝึกฝนมาก่อน น่าจะต้องเอาซิมแบบชาวนาเชียงรายมาปัก เนื่องจากต้นกล้าอายุ 10 วันอาจเล็กเกินกว่าจะปลูกในทุ่งของเราได้ หากมีน้ำขังมากขึ้น ขั้นแรกให้ดึงต้นกล้าออกจากพื้นดินแล้วมัดเป็นมัดตัดปลายใบ หากต้นกล้ามีขนาดเล็กอย่าตัดปลาย สำหรับต้นกล้าที่ได้จากต้นกล้าในดินชื้น ต้องล้างดินที่ราก

และวางเป็นสีดำ ทุ่งนาควรมีน้ำประมาณ 5 ซม. ที่เตรียมไว้ในแปลง เพราะต้นข้าวอาจจะพับตามลม ในดินแดนนั้นไม่มีน้ำเลย หากระดับน้ำภายในลึกและดำคล้ำ ต้นข้าวอาจจมน้ำในระยะแรก และทำให้ต้นข้าวยืดออกมากกว่าปกติจนได้ผลลัพธ์เข้มข้นน้อยลง เพื่อให้ได้ผลผลิตสูง ต้องปลูกเข็มดำเป็นแถว และระยะห่างระหว่างกอมีมาก กิ่งดำ มักใช้ 3 ต้นต่อกอ และระยะห่างระหว่างปลูกหรือตอนกิ่งควรอยู่ระหว่างกอและระหว่างแถวประมาณ 25 ซม.

3. การปลูกข้าวนาหว่าน เป็นการปลูกข้าวโดยการเอาเมล็ดพันธุ์หว่านลงไปในพื้นที่นาที่ได้ไถตระเตรียมดินไว้ การเตรียมดินก็มีการไถดะและก็ไถแปร ธรรมดาเกษตรกรจะเริ่มไถท้องนา เพื่อปลูกข้าวนาหว่านตั้งแต่ม.ย. เพราะว่าพื้นที่ทุ่งนาสำหรับปลูกข้าวนาหว่าน ไม่มีคันดินกั้นแบ่งออกเป็นผืนเล็กๆก็เลยสบายแก่การไถด้วยรถไถนาขนาดใหญ่ อย่างไรก็ดี ยังมีกสิกรอีกเป็นจำนวนมากที่ใช้แรงงานโครวมทั้งควายไถทุ่งนา การปลูกข้าวนาหว่านมีหลายแนวทางร่วมกัน ดังเช่นว่า การโปรยสำรวย การโปรยคราดกลบหรือไถกลบ การโปรยข้างหลังขี้ไถ รวมทั้งหว่านน้ำโคลนตม

รูปที่ 2.21 การหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าว [5]

การหว่านสำรวย การหว่านวิธีแบบนี้ชาวไร่ชาวนาจำเป็นต้องเริ่มไถท้องนาจัดเตรียมดินตั้งแต่ม.ย. ซึ่งมีการไถดะ รวมทั้งไถแปร แล้วเอาเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เพาะให้แตกหน่อหว่าน ลงไปโดยตรง ปกติใช้เมล็ดพันธุ์ 1 – 2 ถัง/ไร่ เม็ด พันธุ์ที่หว่านลงไปนิดหน่อยจะตกลงไปอยู่ตามซอก ระหว่างดินและรอยไถ เมื่อฝนตกลงมาจะมีผลให้ดินแฉะและก็เม็ดได้รับความชุ่มชื้น ก็จะแตกออกขึ้นมาเป็นต้นกล้า การหว่านวิธีการแบบนี้ใช้เฉพาะในท้องที่ที่ฝนตกตามฤดูกาล

การหว่านคราดกลบหรือไถกลบ ในเรื่องที่ดินมีความชุ่มชื้นอยู่บ้างแล้วและตรงเวลาที่ฝนจะเริ่มตกตามฤดูกาล ชาวไร่ชาวนาจะปลูกข้าวแบบหว่านคราดกลบหรือไถกลบ โดยชาวไร่ชาวนาจะกระทำการไถดะและก็ไถแปร แล้วเอาเมล็ดพันธุ์ที่ยังไม่ได้เพาะให้แตกหน่อปริมาณ 1 - 2 ถัง/ไร่ หว่านลงไปในทันทีแล้วคราดหรือไถ เพื่อกลบเม็ดที่หว่านลงไปอีกรอบหนึ่ง เนื่องมาจากดินมีความชุ่มชื้นอยู่แล้วเม็ดก็จะเริ่มแตกหน่อในทันทีภายหลังจากหว่านลงไปในดิน วิธีการแบบนี้ดูราวกับว่าจะดีมากยิ่งกว่าแนวทางแรก เพาะเม็ดจะแตกหน่อในทันทีภายหลังที่ได้หว่านลงไป นอกจากนี้การตั้งหลักฐานของต้นกล้าก็ดีกว่าแนวทางแรกด้วยเพราะว่าเม็ดที่หว่านลงไปถูกดินกลบฝังลึกลงไปในดิน

การหว่านน้ำโคลน การหว่านอย่างนี้นิยมใช้ในพื้นที่ ที่มีการชลประทานอย่างสมบูรณ์แบบแล้วก็พื้นที่ทุ่งนาเป็นที่นาผืนใหญ่มีคันนากั้น การเตรียมดินก็เช่นเดียวกับการเตรียมดินสำหรับนาดำ ซึ่งมีการไถดะ ไถแปรและก็คราด เพื่อจะได้เก็บวัชพืชออกไปจากที่นาและก็ปรับระดับพื้นที่ที่นา แล้วทิ้งให้ดินนอนก้นจนถึงมีความเห็นว่าน้ำใส และก็น้ำในทุ่งนาไม่ควรลึกกว่า 2 เซนติเมตร ก็เลยเอาเมล็ดพันธุ์ปริมาณ 1 - 2 ถัง/ไร่ ที่ได้เพราะให้แตกออกแล้วหว่านลงไป เม็ดก็จะเติบโตเป็นต้นข้าวและก็โผล่ขึ้นมาเหนือน้ำ มีการเติบโตอย่างข้าวอื่นๆตามปกติ

2.2.4 การดูแลรักษา

กระบวนการเติบโตทั้งหมดของข้าวตั้งแต่หว่านสู่การเพาะปลูก การหว่านและการเพาะกล้า การตัดดำ การรับหูข้าว และการหว่านในนาข้าว ในช่วงนี้ ต้นข้าวต้องการน้ำและปุ๋ยเพื่อการบำรุง นอกจากนี้ต้นข้าวอาจได้รับความเสียหายจากศัตรูพืช ส่งผลให้ผลผลิตต่ำและคุณภาพของเมล็ดไม่ดี ด้วยเหตุนี้ นอกจากจะมีวิธีการปลูกที่ดีแล้ว ก็ควรมีกระบวนการดูแลที่ดีด้วย ผู้ปลูกควรออกไปตรวจสอบข้าวที่ปลูกเป็นประจำ นาข้าวต้องกำจัดวัชพืช ให้ปุ๋ย และฉีดพ่น เพื่อป้องกันศัตรูพืชและโรค ในต้นกล้าและแปลงควรมีการปฏิสนธิปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการของต้นข้าว ควรฉีดพ่นสารเคมีป้องกันศัตรูพืชข้าวด้วย มิฉะนั้นเกษตรกรจะต้องใช้สารเคมีหรือกำลังคนในการกำจัดวัชพืชออกจากพืชสีดำ เนื่องจากวัชพืชคือวัชพืชที่ขโมยปุ๋ยจากต้นข้าว นอกจากนี้ จึงต้องฉีดพ่นสารเคมี เพื่อกำจัดและปกป้องต้นข้าวจากโรคแมลงศัตรูพืชอีกด้วย เพราะทุ่งหว่านมักจะมีระดับน้ำที่ลึกกว่าทุ่งดำ ดังนั้นเกษตรกรควรให้ปุ๋ยก่อนน้ำลึก ยกเว้นบริเวณที่น้ำไม่ลึกมาก จึงสามารถใส่ปุ๋ยแบบนาดำทั่วไปได้

รูปที่ 2.22 การใส่ปุ๋ยในนาข้าว [5]

2.2.5 การเก็บเกี่ยว

เมื่อดอกข้าวบานและมีการผสมเกสรแล้วหนึ่งอาทิตย์ ด้านในที่ถูกห่อด้วยเปลือกนอกใหญ่ โดยจะเริ่มเป็นผงของเหลวสีขาว ในช่วงสัปดาห์ที่สอง แป้งเหลวจะแห้งเป็นผงที่ค่อนข้างแข็ง ในสัปดาห์ที่สาม แป้งจะแน่นขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเมล็ดข้าวกล้อง แต่สามารถเก็บเกี่ยวได้ในสัปดาห์ที่สี่นับจากวันที่ผสมเกสร จึงปลอดภัยที่จะบอกว่าข้าวสุกและพร้อมที่จะเก็บเกี่ยว หลังจากดอกบานประมาณ 4-5 สัปดาห์ ชาวนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางใช้เคียวเก็บเกี่ยวเมล็ดพืชครั้งละหลายๆ เมล็ด ชาวนาในภาคใต้ใช้แกะผู้เกี่ยวรวงข้าว เคียวมีสองประเภทที่ใช้สำหรับการเก็บเกี่ยว: เคียวสวนและเคียวเมือง Garden Scythe เป็นเคียวกว้าง ใช้สำหรับเก็บเกี่ยวข้าวสวนที่ปลูกด้วยลายปักสีดำ แต่ถ้าผู้ใช้มีความชำนาญก็สามารถนำไปใช้เก็บเกี่ยวข้าวในเมืองได้ เคียวของ City Mirror Night นั้นแคบกว่าและมีด้ามจับที่ยาวกว่า Garden Sickle Urban Kyoya ใช้ในการเก็บเกี่ยวข้าวที่หว่านในเมือง ข้าวที่เกี่ยวข้องกับเคียวไม่จำเป็นต้องมีคอยาว เพราะข้าวห่อด้วยตอซังหรือมัดด้วยไม้ไผ่ ข้าวที่เกี่ยวข้อง ควรจะมีคอรวงยาวเพราะชาวนาต้องเกี่ยวเฉพาะรวงทีละรวงแล้วมัดเป็นกำๆ ซึ่งเรียกว่า เรียง ข้าวที่เกี่ยวด้วยแกระ ชาวนาจะเก็บไว้ในยุ้งฉางซึ่งโปร่ง มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก และจะทำการนวดเมื่อต้องการขายหรือการสีเป็นข้าวสาร ข้าวที่เกี่ยวด้วยเคียว เกษตรกรจะทิ้งไว้บนตอซังในนา เพื่อผึ่งแดดให้แห้งเป็นเวลาประมาณ 3 - 5 วัน หรือจะตากบนราวไม้ไผ่ก็ได้ แล้วจึงนำมาที่บริเวณที่ใช้ในการนวดข้าว ข้าวที่นวดเสร็จจะถูกย้ายไปเก็บไว้ในยุ้งฉางหรือนำไปขายให้กับโรงสี

2.2.6 การนวดข้าว

การนวดคือการนำเมล็ดข้าวออกจากหูและทำความสะอาด การแยกข้าวแห้งกับเศษฟางออกจากข้าวที่ต้องการเท่านั้น ขั้นแรก ข้าวต้องแห้งก่อนกรอง สำหรับการอบแห้งมีหลายวิธี แต่หลักการสำคัญคือการแบ่งต้องมีความเรียบร้อย ถ้าหากกองไม่เรียบร้อย เกษตรกรก็มักจะเรียงซ้อนกันเป็นรูปสามเหลี่ยมที่เป็น

ระเบียบ เพื่อที่จะลดความชื้นของเมล็ดลง ความแข็งแรงของเมล็ดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อฝนตกน้ำฝนไม่สามารถไหลลงกองข้าวได้ จากนั้นพาไปที่บริเวณสำหรับนวดข้าว โดยทั่วไปแล้ว เกษตรกรจะนวดเมล็ดธัญพืชหลังจากการอบแห้งสามวัน โดยข้าวมีความชื้นประมาณ 13% - 15% และเมล็ดที่เก็บเกี่ยวใหม่มีความชื้นประมาณ 20% - 25% การบดเมล็ดข้าวในหูของข้าวเพื่อเอาเมล็ดออกทั้งหมดเรียกว่าฟางซึ่งเป็นวิธีการนวดข้าว จริงๆ แล้ว มีหลายวิธีที่จะตีข้าว เช่น ใช้กำปั้นทุบข้าว นวดมือ นวดเท้าวัว หรือใช้เครื่องกดนวด

การนวดแบบฟาดกำข้าว เกษตรกรในภาคเหนือและภาคอีสานนิยมปฏิบัติกัน โดยนำรวงข้าวซึ่งได้เกี่ยวติดเอาส่วนของต้นข้าวมาด้วย ฟาดลงบนแผ่นไม้ที่วางไว้บนภาชนะเพื่อเก็บเมล็ดข้าวเปลือกที่หลุดออกมา

การนวดแบบใช้เครื่องทุ่นแรง เครื่องทุ่นแรงสำหรับการนวดข้าวมีหลายชนิด เช่น เครื่องนวดแบบใช้ แรงคน และเครื่องนวดที่ใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็ก ซึ่งสามารถนวดข้าวได้เร็วกว่าการใช้สัตว์หรือคนเหยียบย่ำ

การนวดแบบใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ เช่น เครื่องคอมไบน์ (Combine) มีใช้น้อยมากในประเทศไทยเพราะราคาแพง และไม่เหมาะสมกับสภาพดินนาของประเทศไทย อีกทั้งเครื่องคอมไบน์ยังสามารถทำความสะอาดเมล็ดข้าวเปลือกได้ด้วย

2.2.7 การทำความสะอาดเมล็ด

เมล็ดข้าวที่ได้จากการนวด จะมีสิ่งแปลกปลอมหลายประเภท เช่น ดิน กรวด ทราย เมล็ดลีบ ฟางข้าว ทำให้ขายได้ราคาไม่ดี ด้วยเหตุนี้ ชาวนาจำเป็นที่จะทำความสะอาดเมล็ดก่อนที่จะเอาข้าวเปลือกเก็บไว้ในยุ้งฉางหรือขายให้กับโรงสี การทำความสะอาดเมล็ดก็คือการเอาข้าวเปลือกออกจากสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ ซึ่งทำได้โดยแนวทาง ดังต่อไปนี้

การสาดข้าว ใช้พลั่วสาดเมล็ดข้าวขึ้นไปกลางอากาศ เพื่อให้ลมพัดเอาสิ่งแปลกปลอมออกไป ส่วนเมล็ดข้าวเปลือกที่ใช้ได้ก็จะตกมารวมกันเป็นกองที่พื้นดิน

การใช้กระด้งฝัด โดยใช้กระด้งแยกเมล็ดข้าวดี กับสิ่งแปลกปลอมให้อยู่คนละฝั่งของกระด้ง แล้วฝัดเอาสิ่งแปลกปลอมออก วิธีนี้ใช้กับข้าวที่มีปริมาณน้อย ๆ

การใช้เครื่องสีฝัด เป็นเครื่องมือทุ่นแรงที่ใช้หลัก การให้ลมพัดเอาสิ่งเจือปนออกไปโดยใช้แรงคนหมุนพัดลมในเครื่องสีฝัดนั้น พัดลมนี้อาจใช้เครื่องยนต์เล็กๆหมุนก็ได้ แนวทางนี้เป็นแนวทางที่ทำความสะอาดเมล็ดได้อย่างมีคุณภาพสูง

2.2.8 การตากข้าว

เพื่อรักษาประสิทธิภาพเมล็ดข้าวให้ตามมาตรฐานอยู่เป็นระยะเวลาที่ยาวนานๆภายหลังจากนวดแล้วก็ชำระล้างเมล็ดแล้ว ก็เลยต้องเอาข้าวเปลือกไปตากอีกรอบหนึ่ง ก่อนจะเอาไปเก็บเอาไว้ในยุ้งฉาง ดังนี้เพื่อให้ได้เมล็ดข้าวเปลือกที่แห้งแล้วก็มีความชุ่มชื้นของเม็ดโดยประมาณ 13 - 15 % เมล็ดข้าวในยุ้งฉางที่มีความชุ่มชื้นสูงขึ้นยิ่งกว่านี้จะมีผลให้กำเนิดความร้อนสูงกระทั่งประสิทธิภาพข้าวเสื่อม ยิ่งไปกว่านี้ จะมีผลให้เชื้อราต่าง ๆ ที่ติดมาพร้อมกับเม็ดเพาะพันธุ์ก้าวหน้า จนถึงสามารถทำลายเมล็ดข้าวเปลือกได้เยอะ ๆ การตากข้าวในตอนนี้ควรจะตากบนลานซึ่งสามารถแผ่กระจายเมล็ดข้าวให้โดนแสงแดดโดยทั้งหมดและก็ควรจะตากไว้นานราว ๆ 3 - 4 แดด ในเมืองนอก เขาใช้เครื่องอบข้าวเพื่อลดความชุ่มชื้นในเมล็ด (Drier) โดยให้เมล็ดข้าวผ่านอากาศร้อนราว ๆ 100 - 130 องศาฟาเรนไฮต์ ปริมาณ 3 - 4 ครั้ง แต่ละครั้งควรจะห่างกันโดยประมาณ 20 – 24 ชั่วโมง

2.2.9 การเก็บรักษาข้าว

หลังจากที่เกษตรกรทำให้เมล็ดข้าวแห้งซึ่งมีความชื้นประมาณ 13 - 15% เกษตรกรจะเก็บข้าวไว้ในยุ้งฉาง เมื่อราคาข้าวสูง การบริโภคและการขายต่อรวมถึงส่วนอื่นๆ ที่เกษตรกรแบ่งเพื่อเพาะพันธุ์ด้วยเหตุนี้ ข้าวชนิดนี้จึงควรได้รับการเก็บรักษาไว้อย่างดี โดยรักษาคุณภาพมาตรฐานของข้าวตลอดระยะเวลาโดยไม่สูญเสียการงอก ข้าวเหล่านี้ควรเก็บไว้ในยุ้งฉาง ยุ้งฉางที่ดีจะต้องทำจากไม้ สูงจากพื้นอย่างน้อย 1 เมตร และมีอากาศถ่ายเทได้ดี เพื่อขจัดความชื้นและความร้อนออกจากโรงนา หลังคาโรงนาไม่ควรรั่วไหล ห้ามมิให้ฝนและน้ำฝนเข้าไปในโกดังโดยเด็ดขาด ช้างต้องทำความสะอาดและพ่นยาฆ่าแมลงก่อนนำข้าวไปเก็บในยุ้งฉาง [8]

2.2.10 วัชพืชในทุ่งนาข้าว

ซึ่งก็คือ พืชอื่นทุกประเภทที่เกิดขึ้นในนาที่ได้ปลูกข้าวไว้ มีวัชพืชหลายอย่างในนาที่ปลูกข้าวในประเทศไทย นาบางที่มีวัชพืชมากมาย นาบางที่มีวัชพืชน้อย รวมทั้งที่นาแต่ละที่ก็มีวัชพืชจำพวกไม่เหมือนกันด้วย เนื่องจากการเกิดของวัชพืชในที่นาข้าวนั้นต่างๆนาๆตามท้องที่ แล้วก็กระบวนการทำทุ่งนาปลูกข้าว ธรรมดานาหว่านมีวัชพืชมากยิ่งกว่านาดำ เพราะเหตุว่านาดำมีการจัดเตรียมดินดีมากกว่า และก็มีการเก็บวัชพืชออกไปจากแปลงก่อนจะมีการปักดำด้วย

รูปที่ 2.23 วัชพืชในนาข้าว [6]

วัชพืชที่เกิดขึ้นมีในทุ่งนาข้าวในบ้านพวกเราแบ่งออกได้เป็น 3 จำพวก ดังต่อไปนี้

1. วัชพืชในนาที่เป็นที่ดอน วัชพืชที่พบได้มาก ยกตัวอย่างเช่น ต้นหญ้าแดง ต้นหญ้านกสรชมพู ต้นหญ้าชันอากาศ

2. วัชพืชที่พบได้ทั่วไปในทุ่งนาระดับต่ำถึงปานกลาง ที่พบได้บ่อย ตัวอย่างเช่น ขาเขียด แห้วทรงกระเทียมหนวดปลาดุกวัชพืช

3. วัชพืชทั่วไปที่ขึ้นรกในที่ราบลุ่ม เช่น สาหร่าย ข้าวใบซานต้า สาหร่ายกระรอก ยางไม้ปาล์ม ผักตบชวา สาหร่ายข้าวเหนียว สาหร่ายไฟ ขี้เถ้า หญ้ารวงผึ้ง และมังคุด

รูปที่ 2.24 แหนแดง [6]

2.2.11 การคุ้มครองและก็กำจัดพืช

เนื่องมาจากวัชพืชใน ท้องนาข้าวบางทีอาจเกิดมีขึ้นในช่วงเวลาต่างๆกัน ยกตัวอย่างเช่น ก่อนที่จะเมล็ดข้าวจะแตกหน่อโผล่มาจากพื้นดินนาหว่าน หลังปักดำ ก่อนที่ระดับน้ำในข้าวนาเมืองจะสูงมากขึ้น เพราะฉะนั้น การปกป้อง แล้วก็กำจัดบางทีอาจทำได้ดังต่อไปนี้

1) ก่อนที่จะเมล็ดข้าวจะแตกหน่อโผล่เหนือพื้นดินในนาหว่าน ในตอนนี้บางทีอาจปกป้องแล้วก็กำจัดวัชพืชโดยใช้ สารเคมีพ่นลงไปในดิน ก่อนที่เมล็ดข้าวจะผลิออกขึ้นมา

2) หลังจากเมล็ดข้าวได้ผลิออกโผล่จากพื้นดินในนาหว่าน ในเวลานี้ทำการคุ้มครองป้องกันกำจัดวัชพืชได้หลายแนวทาง ด้วยกัน ซึ่งจะใช้สารเคมีพ่นทำลายวัชพืช หรือการใช้ แรงคนถอนวัชพืชขึ้นมาแล้วทำลายเสียก็ได้ สำหรับ การใช้สารเคมีนั้น ควรเป็นสารเคมีประเภทที่ไม่เป็น อันตรายแก่ต้นข้าว

3) ภายหลังปักดำ ในเวลาหลังจากการปักดำและก็ ก่อนที่ข้าวจะออกรวงนั้น เป็นเวลายาวนานพอเหมาะพอควร ด้วยเหตุนี้ การป้องกันกำจัดวัชพืชบางครั้งก็อาจจะจะต้องทำมากยิ่งกว่าหนึ่งครั้ง ซึ่งบางทีอาจทำเป็นโดยพ่นสารเคมีที่ไม่เป็น อันตรายแก่ต้นข้าว หรือจะใช้แรงคนถอนขึ้นมาทำลาย ในเวลานี้ควรต้องกำจัดวัชพืชก่อนที่จะมันจะสร้างดอกแล้วก็ เม็ดอีกด้วย ด้วยเหตุว่าถ้าเกิดปลดปล่อยให้วัชพืชมีเม็ด เม็ดจะเป็นสิ่งแพร่ในช่วงฤดูถัดไปอีก

แม้กระนั้น การเตรียมดินดีโดยการเก็บวัชพืชออกไปจากแปลงนาก่อนที่จะกระทำปลูก เป็นแนวทางหนึ่งซึ่งสามารถลดปริมาณวัชพืชที่จะเกิดขึ้นคราวหลังได้มาก

2.2.12 การเผาฟางข้าวและตอซัง

ด้วยภูมิประเทศและภูมิอากาศของประเทศไทย อยู่ในที่ต้องที่เหมาะสมแก่การทำการเกษตรเขตร้อนทุก รูปแบบโดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกข้าวประเทศไทยนับได้ว่าเป็นอู่ข้าวอู่น้ำของโลกและยังเป็นประเทศหลักในการปลูกข้าวเพื่อการส่งออกอันดับต้นๆของโลกมาถึงวันนี้นอกจากความเชี่ยวชาญในการปลูกข้าวเพื่อการบริโภคและการส่งออกแล้วประเทศไทยยังต้องมีความรับผิดชอบในการช่วยลดภาวะโลกร้อนหรือภาวะอากาศ การเปลี่ยนแปลงข้าวจำนวนมหาศาลที่ประเทศไทยผลิต ออกมาแต่ละปี หลังฤดูเก็บเกี่ยวนั้นที่เหลือจากการเกี่ยวข้าวเป็นฟางข้าวปริมาณมากมาย ยกตัวอย่างเช่น โดยฟางข้าวที่ได้ภายหลังปลูกข้าวนั้นเกษตรกรส่วนมากยังไม่มีวิธีการจัดการที่ดีแล้วก็สมควรสักเท่าไหร่ และก็เลือกใช้แนวทางเผาทำลาย ซึ่งนับวาเป็นการสร้างมลภาวะที่เกิดขึ้นทางอากาศเป็นอย่างมากนับเป็นส่วนใดส่วนหนึ่งที่ส่งผลเสียให้เกิดภาวะโลกร้อนจากภาคทำการเกษตร จากการศึกษาเล่าเรียนข้อมูลการปลดปล่อยแก๊สปรากฏการณ์เรือนกระจก จากภาคเกษตรมีที่มาจากหลายแหล่ง อาทิเช่น ระบบย่อย ของกินของปศุสัตว์ แนวทางการทำทุ่งนาข้าว การเผาเศษซากพืชการ ใช้ปุ๋ยและก็การหายใจของดิน ฯลฯ [7]

รูปที่ 2.25 การเผาฟางข้าว [7]

2.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากฟางข้าว

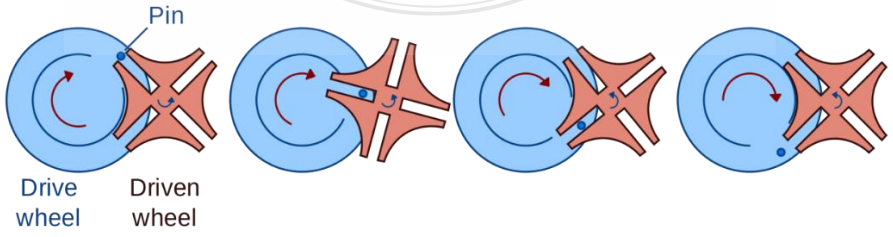
ฟางข้าว มีองค์ประกอบหลัก คือ เซลลูโลส และลิกนิน การใช้ประโยชน์จากฟางข้าว ได้คำนึงถึงการนำองค์ประกอบดังกล่าว เพื่อผลิตเป็นสารที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้นโดยวิธีการทางเคมี หรือวิธีทางชีวภาพ การใช้ประโยชน์จากส่วนของเฮมิเซลลูโลสมีองค์ประกอบหลัก คือน้ำตาลไซโลส(Xylose) เป็นการหมักน้ำตาลไซโลสเพื่อผลิตเป็นแอลกอฮอล์โดยใช้จุลินทรีย์ แต่มียีสต์หลายชนิดที่สามารถเปลี่ยนไซโลส เป็นน้ำตาลที่เป็นสารให้ความหวาน คือ ไซลิทอล(xylitol) มีคุณสมบัติเฉพาะที่เหมาะสมสามารถใช้ทดแทนการใช้น้ำตาลได้ ข้อดีของการใช้ไซลิทอล คือการแก้ปัญหาฟันผุ เนื่องจากจุลินทรีย์ในช่องปากไม่สามารถใช้ไซลิทอลเป็นแหล่งอาหารได้ มีจุลินทรีย์น้อยชนิดที่สามารถใช้ไซลิทอลได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหาร มีองค์ประกอบของไซลิทอลไม่เสื่อมเสียง่าย สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน มีแนวโน้มในการใช้ไซลิทอลในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์ ขนมอบ แยม หมากฝรั่งและของหวาน เป็นสารที่ดีมากสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน เพราะไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือด ฟางข้าว เป็นผลผลิตพลอยได้ชนิดหนึ่งจากเกษตรกรรม คือลำต้นแห้งของธัญพืชหลังจากการเก็บเกี่ยว ฟางเกิดขึ้นจากต้นของธัญพืชอาทิ ข้าวบาร์เลย์ ข้าวโอ๊ต ข้าวเจ้า ข้าวไรย์ ข้าวสาลี เป็นต้น ประโยชน์ของฟางมีมากมายตั้งแต่ใช้เป็นอาหารสัตว์ หัตถกรรม ไปจนถึงพลังงานทดแทน เครื่องจักสาน หุ่นฟางนก จานช้อน แก้วน้ำ กระดาษ เป็นต้น [8]

รูปที่ 2.26 ผลิตภัณฑ์จากฟางข้าว [8]

2.4 ทฤษฎีในการออกแบบเครื่องตัดฟางข้าว

2.4.1 กลไก Geneva Drive

กลไกชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเป็นกลไกที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง (Continuous) มาเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent) คือขณะที่เคลื่อนที่จะมีการหยุด ซึ่งสามารถนำเอาการทำงานของกลไกนี้ไปใช้ประโยชน์มาก เช่น หยุดเพื่อให้ป้อนชิ้นงานใหม่ เป็นต้น



รูปที่ 2.27 กลไก Geneva Drive [9]

Drive wheel ชิ้นส่วน Plate 1 ซึ่งจะมี Locking Plate ติดอยู่ และมีหมุด Pin ยื่นออกไปเพื่อใช้ขับร่องของชิ้นส่วนตาม โดยชิ้นส่วนนี้จะเคลื่อนที่หมุนรอบตัวแบบต่อเนื่อง

Driven wheel ชิ้นส่วนตัวตาม จะมีร่องอยู่บนจำนวน 4 ร่อง ตาม Phase ดังรูป ที่โดยชิ้นส่วนนี้จะเคลื่อนที่หมุนรอบตัวจากการขับของ Plate 1 แบบไม่ต่อเนื่อง [9]

สูตรการคำนวณกลไก Geneva Drive

Determine Geneva wheel radius b

a = drive crank radius

n = driven slot quantity

p = driven pin diameter

t = allowed clearance

c = center distance = a / sin (180 / n)

b = Geneva wheel radius = √ (c^2-a^2)

s = slot center length = (a + b) – c

w = solt width = p + t

y = stop arc radius = a – (p 1.5)

z = stop disc radius = y – t

v = clearance arc = bz/ a

Determine drive crank radius a

b = Geneva wheel radius

n = driven slot quantity

p = driven pin diameter

t = allowed clearance

c = center distance = b / cos (180 / n)

a = drive crank radius = √ (c^2-b^2)

s = slot center length = (a + b) – c

w = solt width = p + t

y = stop arc radius = a – (p 1.5)

z = stop disc radius = y – t

v = clearance arc = bz/ a

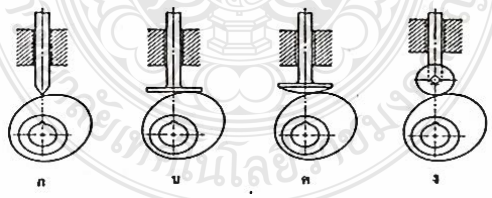
2.4.2 กลไก ลูกเบี้ยว

ลูกเบี้ยวเป็นกลไกมูลฐานอีกประเภทหนึ่งที่มีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายรูปร่างของลูกเบี้ยวส่วนใหญ่จะเป็นผิวโค้งซึ่งจากการหมุนหรือเคลื่อนที่กลับไปกลับมา จะทำให้ตัวตามเคลื่อนที่ตามต้องการ [10]

ระบบของลูกเบี้ยวและตัวตาม

เมื่อมีการนำลูกเบี้ยวไปใช้งานจะต้องมีตัวตามประกอบไปด้วยดังนั้นการเรียกชื่อระบบของลูกเบี้ยวและตัวตามจึงอาศัยชื่อของลูกเบี้ยวและตัวตามมาประกอบกันลูกเบี้ยวแบ่งเป็นประเภทต่างๆ ตามรูปร่างรูปร่าง เช่น มีรูปร่างเป็นแผ่นเรียก Disk Cam (Radial Cam) รูปร่างคล้ายลิ่มเรียก Wedge Cam เป็นต้น

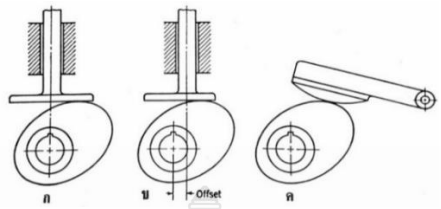
ส่วนตัวตามแบ่งได้ 2 ประเภท คือ แบ่งตามรูปร่างรูปร่าง ได้แก่ Knife-edged เป็นแบบที่ส่วนที่สัมผัสกับลูกเบี้ยว เป็นปลายแหลม (รูปที่ 2.19 ก) Flat-faced (รูปที่ 2.19 ข) ผิวที่สัมผัสเป็นเส้นตรง Spherical-faced (รูปที่ 2.19 ค) ผิวสัมผัสเป็นเส้นโค้ง และ Roller (รูปที่ 2.19 ง) ซึ่งส่วนที่สัมผัสเป็นล้อกลมหมุนได้ เป็นต้น



รูปที่ 2.28 ตัวตามแบบต่างๆ ที่สัมผัสกับลูกเบี้ยว [10]

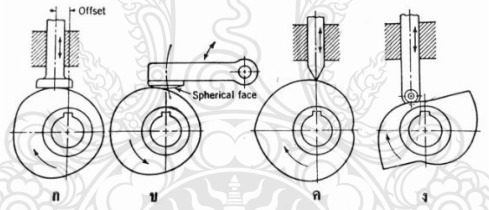
สำหรับตัวตามอีกประเภทหนึ่งแบ่งตามรูปร่างการเคลื่อนที่รวมทั้งแนวการเคลื่อนที่ด้วยดังเช่น (รูปที่ 2.20 ก) คือ ตัวตามแบบ Radial Flat-faced Translating ที่มีผิวสัมผัสเป็นเส้นตรงและมีการเคลื่อนที่แบบTranslationตามแนวรัศมี Off set faced Translating เป็นแบบที่คล้ายแบบแรกเพียงแต่แนว

การเคลื่อนที่ของตัวตามอยู่เยื้องจากแนวจุดศูนย์กลางของลูกเบี้ยว (รูปที่ 2.20 ข) และ Spherical-faced Oscillating (รูปที่ 2.20 ค) มีผิวสัมผัสเป็นเส้นโค้งและมีการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา เป็นต้น



รูปที่ 2.29 รูปร่างการเคลื่อนที่ด้วยตัวตามแบบต่างๆ [10]

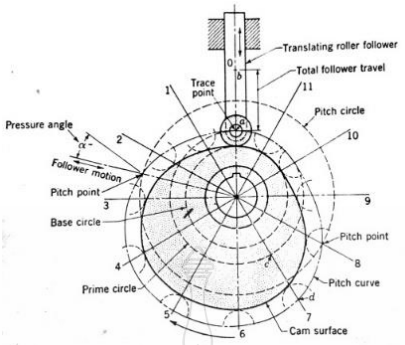
เมื่อนำลูกเบี้ยวและตัวตามประเภทต่างๆมาประกอบกันเข้าชื่อของระบบก็จะบอกถึงรูปร่างต่างๆ เหล่านั้นอย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น



รูปที่ 2.30 ระบบต่างๆ ของลูกเบี้ยว [10]

คือ Radial Cam and Flat faced Offset Translating Follower เป็นระบบที่ประกอบด้วยลูกเบี้ยวที่มีรูปร่างเป็นแผ่นและตัวตามที่มีผิวสัมผัสเป็นเส้นตรงเคลื่อนที่แบบ Translation ตามแนวรัศมี โดยแนวการเคลื่อนที่เยื้องกับแนวจุดศูนย์กลางลูกเบี้ยว Radial Cam and Spherical-faced Oscillating follower ประกอบด้วยตัวตาม ที่มีผิวสัมผัสเป็นเส้นโค้งเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมา และลูกเบี้ยวที่มีรูปร่างเป็นแผ่น เป็นระบบของลูกเบี้ยวที่มีรูปร่างเป็นแผ่นประกอบตัวตามแบบที่มีปลายแหลมเป็นผิวสัมผัสเคลื่อนที่แบบ Translation ตามแนวรัศมี เรียกชื่อว่า Radial Cam and Translating Knife-edged Follower Radial Two-lobe Frog Cam and Translating Offset Roller Follower [10]

ส่วนประกอบต่างๆ ของลูกเบี้ยว



รูปที่ 2.31 ส่วนประกอบต่างๆ ของลูกเบี้ยว [10]

ส่วนประกอบต่างๆของลูกเบี้ยว (Cam Nomenclature) ดังแสดงในรูปที่ 4 มีดังนี้ คือ

Base Circle	คือ	วงกลมที่เล็กที่สุดที่สามารถเขียนไปสัมผัสผิวของลูกเบี้ยวโดยใช้จุดศูนย์กลางลูกเบี้ยวเป็นจุดศูนย์กลาง
Trace Point	คือ	จุดที่ทางเดินจะทำให้เกิดเป็น Pitch Curve
Pressure Angle	คือ	มุมระหว่างแนวทางการเคลื่อนที่ของตัวตามกับเส้นตั้งฉากกับ Pitch -Curve ที่จุดๆ นั้น
Pitch Point	คือ	จุดบน Pitch Curve ซึ่งเป็นจุดที่ค่ามุม Pressure Angle มากที่สุด
Pitch Circle	คือ	วงกลมที่มีรัศมีเท่ากับระยะจากจุดศูนย์กลางลูกเบี้ยวถึงจุด Pitch Point
Prime Circle	คือ	วงกลมที่เล็กที่สุดที่สามารถเขียน ไปสัมผัสผิวของ Pitch Curve โดยใช้จุดศูนย์กลางลูกเบี้ยวเป็นจุดศูนย์กลาง

สำหรับรูปร่างการเคลื่อนที่ของตัวตามอาจแบ่งได้ดังนี้

เคลื่อนที่ไป (Rise)	คือ	การที่ตัวตามเคลื่อนที่ออกไปจากจุดศูนย์กลางลูกเบี้ยว
เคลื่อนที่กลับ (Return)	คือ	การที่ตัวตามเคลื่อนที่เข้าหาจุดศูนย์กลางลูกเบี้ยว

ช่วงอยู่กับที่ (Dwell) คือ ช่วงเวลาที่ตัวตามไม่มีการเคลื่อนที่

การออกแบบลูกเบี้ยว[10]

การออกแบบลูกเบี้ยว (Cam Design) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

ก. กำหนดแบบการเคลื่อนที่ของตัวตามก่อน แล้วออกแบบรูปร่างของลูกเบี้ยวที่จะทำให้ตัวตามเคลื่อนที่ตามแบบที่กำหนดไว้ โดยแยกเป็นวิธี Graphic และ Analytic (Synthesis)

ข. กำหนดรูปร่างของลูกเบี้ยว แล้วพิจารณาถึงการขจัด ความเร็วและความเร่งของตัวตามที่เกิดจากรูปร่างของลูกเบี้ยวตามที่กำหนดไว้ (Analysis)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการออกแบบประเภทแรก (เนื่องจากประเภทที่สองรวมอยู่กับการวิเคราะห์ความเร็ว ความเร่ง) [10]

2.4.3 การออกแบบเพลา

เพลาเป็นส่วนประกอบงานที่ใช้งานในเครื่องจักรแทบทุกประเภท เพลาที่ดีจะต้องสามารถรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงอัด การคำนวณหาขนาดจะต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย และก็การทนต่อความล้าของเพลา เพลาจะต้องมีความแข็งแกร่ง (rigidity) พอเพียงที่จะลดมุมบิดด้านในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดเหมาะสม ระยะโก่ง(deflection) ส่งผลต่อความเร็ววิกฤต (critical speed) ของเพลาน้อยลง ทั้งยังยังส่งผลต่อองค์ประกอบที่ประกอบร่วมที่เพลา อาทิเช่น กระสุนปืน พูลเล่ย์ เฟือง หรือส่วนประกอบที่ส่งกำลัง ฯลฯ ยกตัวอย่าง อาทิเช่น

1) แอกเซิล (AXLE) จะใช้ปฏิบัติหน้าที่เป็นองค์ประกอบเครื่องจักรที่อยู่นิ่งหรือหมุน ที่รองรับการเขย่าสั่นสะเทือน แอกเซิลจะไม่สามรถยนต์รับโมเมนต์บิด ก็เลย รับแต่ว่าภาระหน้าที่ดัดเป็นส่วนมาก แอกเซิลก็เลยแบ่งเป็นแอกเซิลที่อยู่กับที่ เป็นต้นว่า ล้อหมุนของเครนหรือรอคอยกหมุน ส่วนแกนแอกเซิลแบบหมุนได้ ดังเช่น ล้อของรถไฟ รองเพลาของแกนที่หมุนได้จะได้รับการหลอมลื่นดียิ่งขึ้น เนื่องจากสารหล่อลื่นอยู่ตรงเรือนรองเพลา และไม่ได้เป็นแบบหล่อลื่นผ่านทางรูกึ่งกลางของแกนอะไร

2) เพลา (Shaft) เพลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่หมุนได้เพลาจะรับโมเมนต์บิดที่ถ่ายภาระหน้าที่มาจากล้อเฟือง ล้อสายพานหรือคลัตช์ เพลาก็เลยสามารถแบกภาระบิด แล้วก็ภาระหน้าที่ดัดก็เลย มีการแบ่งเพลาออกเป็นแบบเกร็ง แบบข้อต่อ และก็ดัดได้ในเครื่องมือกลจะมีการเรียกเพลาบางแบบเกร็งจะแยกออกจามแต่ว่าแนวของภาคตัดขวางในรูปร่างที่ตรงรวมทั้งโค้ง ตกบ่าแล้วก็เพลาตัน เพลากลวง สำหรับการสวมวัสดุหรืองาน จะนิยมให้เพลาสปินเดิลของอุปกรณ์มายากลเป็นเพลากลวง รอยเจาะของเพลากลวง

ครึ่งเดียวของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจะหนักน้อยกว่าเพลาตันพอๆกับ 25 เปอร์เซ็นต์ แต่ว่าจะสามารถรับโมเมนต์บิดได้แทบเสมอกัน

เพลาข้อเหวี่ยง เป็นเพลาที่ทาหน้าที่เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่แบบหมุนให้เคลื่อนแบบเส้นตรงหรือรูปร่างตรงกันข้าม ได้แก่ ในเครื่องจักรกลแบบเผาไหม้ เพลาข้อเหวี่ยงจะผลิตด้วยการหลอมขึ้นรูปหรือการตีชนขึ้นรูปในแม่พิมพ์ หรือได้จากการอัดเข้าด้วยกันจากหลายๆชิ้น หรือจากการยึดด้วยสกรูหรือสวมด้วยแนวทางให้หดตัวเข้าด้วยกัน

เพลาเกียร์ โดยมากจะมีการตกบ่าหลายหนตกตรงที่บ่าจะช่วยทำให้การประกอบง่ายดายมากยิ่งขึ้น และก็ยังเป็นการกำหนดตำแหน่งสำหรับเพื่อการประกอบรองเพลาล้อเฟือง ล้อสายพาน คลัตช์แล้วก็ปะเก็นเพลา

แกนเพลา (Shaft Journal) จะเรียกตรงส่วนที่แอกเซิลหรือเพลาถูกห่อหุ้มตามหน้าที่ รวมทั้งรูปร่างของแกนเพลาจะแยกแกนสองข้าง แกนเพลาคอ แกนเพลาทรงกลม แกนเพลาค้าจนถึง รวมทั้งแกนเพลาข้อเหวี่ยง แกนรองเพลาจะแบกรับภาระดัด และก็ภาระหน้าที่อัดตามพื้นที่ (Pressure Unit) สำหรับเพลาแอกเซิลที่แบกภาระสูงและก็หมุนเร็วจะมีการชุบผิวแข็งที่แกนเพลาแล้วจึงทาการเจียระไน ตอนรอบๆตกบ่าระหว่างแกนเพลากับบ่าเพลาจะกำเนิดความคาดคั้นแตกหักง่ายดายกว่ารอบๆอื่น แต่ว่าหากมีการวางแบบรอบๆดังที่กล่าวถึงแล้วเป็นรัศมีโตหรือร่องตกบ่าตามมาตรฐานและก็จะช่วยลดปฏิกิริยารอยบากได้

3) ข้อต่อเพลา โดยปกติจะมีใช้งานตามตำแหน่งด้านที่ส่งกำลังออกไปยังด้านที่รับส่งกำลังของเพลาที่มีตำแหน่งเอียงแปรไป ยกตัวอย่างเช่น แอกเซิลของรถยนต์

4) เพลาแบบดัดได้หรือเพลาปลาไหล เพลาแบบดัดได้นี้เหมาะสำหรับใช้งานกับการขับเคลื่อนเครื่องมือไฟฟ้าที่มีการเคลื่อนที่ มีโมเมนต์ ต่ำแต่ความเร็วรอบสูง เช่น เครื่องเจียระไนมือ ตะไบแบบหมุน และสำหรับขับทักโคมิเมเตอร์เพลานี้จะประกอบด้วยลวดเหล็กกล้าหลายชั้นที่พันรอบรูปร่างเหมือนเกลียวซ้ายและขวา ในการป้องกันเพลาจะให้เพลาสวมอยู่ในท่อโลหะที่มีน้ำมันจาระบีให้การหล่อลื่นอย่างคงทน

5) วัสดุการผลิตทำแกนและเพลาในภาระปกติ เช่น ในเกียร์กระปุก เครื่องจักรกล ส่วนใหญ่จะนิยมใช้ St 37, St 42, St 50, และSt 60 ในภาระสูงสำหรับเพลา เช่น ในรถยนต์ เครื่องยนต์ เครื่องกลหนัก กระปุกเกียร์ เทอร์ไบน์ จะนิยมใช้เหล็กกล้าอบชุบ เช่น 25CrMo4 40 Mn4 และอื่น ๆ จะใช้เหล็กกล้าเพิ่มคาร์บอน เช่น C15 18Cr Ni 8 และอื่นๆ แกนเพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1 - 200 มิลลิเมตร จะสามารถผลิตโดยไม่ต้องมาทำงานเพิ่มเติมอีก โดยการดึง รีด หรือเจียระไนผิว ขัดมันผิวได้แกนเพลาที่โตและมีรูปร่างพิเศษจะผลิตด้วยการทุบขึ้นรูป อัด หรือหล่อขึ้นรูปได้

6) ขนาดของเพลา เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเช่นเดียวกัน ก็เลยได้มีการระบุมาตรฐานของเพลา ซึ่งเป็นขนาดเจาะจง (Nominal size) ใน ISO/R775-1969 เอาไว้สาหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ดังนี้เพื่อสามารถซื้อได้ทั่วๆไป ยิ่งกว่านั้นยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดของเจาะจงของเพลาสามารถดูได้จากตารางที่ 2.1 [11]

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานของเพลาใน ISO/R775-1969 [11]

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	-

การคำนวณแกนและเพลา หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

1. การหาโมเมนต์บิด

$$P = \frac{M_t \times 2 \times \pi \times n}{60} \quad (2.1)$$

$$M_t = \frac{P \times 1000 \times 30}{\pi \times n} \quad (2.2)$$

เมื่อ P คือ กำลังงานระบุในเพลา (กิโลวัตต์)

n คือ ความเร็วรอบของเพลา (รอบต่อวินาที)

M_t คือ โมเมนต์บิดระบุ (นิวตัน-เมตร)

M_B คือ แรงบิดในการทำงาน (นิวตัน-เมตร)

C_B คือ การทำงาน

$$M_B = M_t \times C_B \quad (2.3)$$

2.4.4 มอเตอร์

เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่แปลงกำลังไฟฟ้าเป็นพลังงานกลการทำงานธรรมดาของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าส่วนมากเกิดขึ้นจากการทำงานด้วยกันระหว่างสนามไฟฟ้าของแม่เหล็กในตัวมอเตอร์รวมทั้งสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมาจากกระแสในขดลวดส่งผลให้เกิดแรงดูดและก็แรงผลักของสนามไฟฟ้าทั้งคู่สำหรับในการใช้งาน อย่างเช่น ในอุตสาหกรรมการขนส่งใช้มอเตอร์ฉุดลาก ฯลฯ นอกจากนี้แล้วมอเตอร์กระแสไฟฟ้ายังสามารถปฏิบัติงานได้ถึงสองแบบ เช่น การผลิตพลังงานกล และก็การผลิตพลังงานไฟฟ้า [12]
คำนวณหาแรงม้ามอเตอร์ หาได้จากสมการที่ (2.4)

$$HP = \frac{F_s \times v}{3300} \quad (2.4)$$

เมื่อ F_s คือ แรงดึงหรือน้ำหนัก (N)

v คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ (m/min)

การทดสอบความเร็วรอบ หาได้จากสมการที่ (2.5)

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_1}{z_2} \quad (2.5)$$

เมื่อ n1 คือ ความเร็วรอบขับ (rpm)

n2 คือ ความเร็วรอบล้อตาม (rpm)

d1 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางล้อขับ

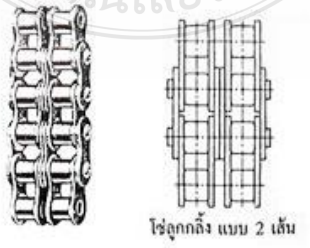
d2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางล้อตาม

z1 คือ จานวนฟันของจานโซ่ขับ

z2 คือ จานวนฟันของจานโซ่ตาม

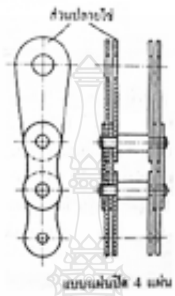
2.4.5 การออกแบบโซ่ส่งกำลัง

โซ่สามารถส่งกำลังให้ได้โมเมนต์บิด (หมุน) สูงมากมายโดยที่ให้เป็นชุดส่งกำลังจะมีขนาดเล็กได้ เป็นรูปร่างการส่งกำลังด้วยรูปร่างแล้วก็ ที่รอง เพลาจะแบกรับภาระน้อยมาก ไม่มีการให้ลื่นในขณะส่งกำลัง ในขณะส่งกำลังข้อต่อโซ่จะแบกรับภาระความเสียดทานลื่น (Sliding Friction) ก็เลยจะต้องมีการหล่อลื่นที่พอเพียง โซ่ส่งกำลังจะมีใช้งานในที่แบกรับภาระดึงมากมายๆในที่รับ อุณหภูมิสูง, โรงงานเคมี, ละอองน้ำมัน, ความชุ่มชื้น เป็นที่ซึ่งสายพานไม่อาจจะทุ่งนาไปใช้งานได้ ประเภทของโซ่ ตามจำพวกการใช้แรงงานของโซ่ จะที่นาโซ่มาใช้ส่งกำลัง ลำเลียง ใช้ขับ ใช้ชูแล้วก็ส่งน้ำหนักลงด้านล่าง ส่งถ่ายแรงและก็โมเมนต์บิด โซ่ก็เลย แบ่งตามรูปร่างรูปร่างได้ดังต่อไปนี้ โซ่ลูกกลิ้งแล้วก็โซ่บูชโซ่ลูกกลิ้งแล้วก็โซ่บูชจะมีแผ่นปิดข้าง โซข้างนอกแล้วก็ข้างในที่ยึดด้วยบูชรวมทั้งโบลต์เข้าด้วยกัน โซ่ลูกกลิ้งที่มีใช้ งานโดยมากจะมีลูกเกลือกที่ชุบแข็งร้อย (หมุนได้)อยู่ในบูช ลูกกลิ้งนี้จะช่วยลดความเสียดทานแล้วก็การร่อยหรอของข้างๆของเฟืองโซ่ในเวลาที่ล้อเฟืองขับโซ่ แล้วก็มีเสียงดังน้อยเมื่อความเร็วโซ่สูง สำหรับเพื่อการใช้งานให้รับโมเมนต์หมุนมากมายๆจะใช้โซ่ลูกกลิ้งรวมทั้งโซ่บูชแบบชุดหลายเส้น โซ่ลูกกลิ้งจามมาตรฐานจะประยุกต์ใช้งานได้ถึงความเร็ว 30 เมตร/วินาที สำหรับเพื่อการส่งกำลังในรถยนต์ในวัสดุมายากลรวมทั้งโซ่ลาแกงเลียง ปกติโซ่บูชจะทนการร่อยหรอมากยิ่งกว่าโซ่โบลต์ บูชจะหมุนได้ ส่วนโบลต์จะยึดแน่นกับแผ่นปิดนอก แผ่นปิดส่วนมากจะทำมาจาก St60 ส่วนโบลต์จะทำมาจากเหล็กกล้าอาบคาร์บอน C15



รูปที่ 2.32 แสดงภาพโซ่ลูกกลิ้งแบบชุดหลายเส้น [13]

โซ่โบลต์ จะมีรูปร่างของแผ่นปิดข้างอีกทั้งโซ่ภายในรวมทั้งภายนอกแบบเดียวกัน โดยร้อยกับโบลต์ การใช้แผ่นปิดข้างโซ่หลายแผ่นชิดกัน จะมากหรือน้อยขึ้นกับขนาดของแรงดึงที่โซ่จำเป็นต้องรับ เมื่อเปรียบเทียบกับโซ่ลูกกลิ้งหรือโซ่บูชแล้ว โซ่โบลต์จะมีแรงเสียดทานระหว่างโบลต์และก็แผ่นปิดข้างโซ่มากยิ่งกว่า เพราะเหตุนี้ก็เลยนิยมนำใช้โซ่โบลต์มาใช้กับงานที่มีความเร็วต่ำ



รูปที่ 2.33 แสดงภาพโซ่โบลต์ [13]

โซ่ฟัน จะมีรูปร่างฟันแต่ละข้อชัดแจ้ง ฟันของโซ่จะจับลงในร่องฟันของล้อโซ่พอดิบพอดี โซ่ฟันที่ใช้งานรับกำลังงานสูงๆแผ่นฟันที่ข้อต่อจะไม่ยึดด้วยโบลต์ แต่ว่าจะยึดด้วยข้อต่อลูกกลิ้งที่มีความเสียดทานน้อย และก็ทนต่อการผุกร่อนได้ดิบได้ดี โซ่ฟันใช้รับกำลังงานได้สูง และก็เกือบไม่มีเสียงดังในขณะมีความเร็วโซ่ถึง 40 เมตร/วินาที

รูปที่ 2.34 แสดงภาพโซ่ฟันขณะจับลงในล้อโซ่ [13]

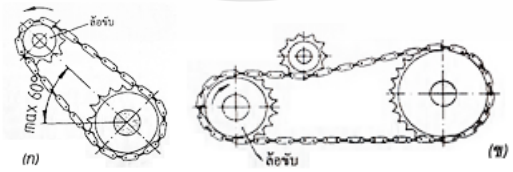
สำหรับล้อโซ่ที่ใช้กับโซ่ฟันควรมีปริมาณอย่างน้อยที่สุด 17 ฟัน มิฉะนั้นจะกำเนิดรูปร่างการจับของโซ่ฟันที่ไม่เหมาะสม ที่กระตุ้นให้เกิดแรงเสียดทานเยอะขึ้น รวมทั้งถ้าหากใช้งานแบกรับภาระกระแทก

แล้วโซ่ฟันจะยืดแล้วก็ส่งผลให้กำเนิดรูปร่างการจับของโซ่ฟันที่ไม่เหมาะสมอีกเหมือนกัน โซ่จะมีการสึกเร็วถ้าหากล้อโซ่มีปริมาณฟันน้อยกว่า 12 ฟัน ลำเลียงตามมตรฐาน DIN 8165, 8175 รวมทั้ง DIN 8176 เป็นโซ่แบบข้อต่อประเภทหนึ่งที่ปฏิบัติหน้าที่พาองค์ประกอบหรือสินค้า โดยจะดีไซน์รูปร่างแผ่นปิดข้างๆให้มีรูปร่างไม่เหมือนกัน เพื่อสามารถนำพาสินค้าตามรูปร่างที่อยากได้ โซ่ลำเลียงส่วนมากจะประยุกต์ใช้งานให้แบกภาระไม่มากเท่าไรนักแล้วก็มีความเร็วโซ่ต่ำ

จุดเด่น : สามารถออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อโซ่ให้มีขนาดเล็กมากมายๆ แล้วก็ยังเดินได้เงียบอีกด้วย

ข้อตำหนิ : จะมีการยืดตัวยาวตีตนจากใช้งานแบกภาระมากเกินความจำเป็น ซึ่งจะก่อให้โซ่จับฟันล้อโซผิดจะต้อง นอกนั้นยังสามารถให้เบนไปข้างๆได้น้อย ด้วยดหตุนี้ล้อโซ่จำเป็นจะต้องประกอบให้ได้ตำแหน่งที่เที่ยงตรงกับแนววิ่งของโซ่ มิฉะนั้นจะมีการผุพังของโซ่สูง โซ่ห่วงกลม แบ่งตามมาตรฐานได้เป็นโซ่ประเภทสั้น(DIN 766) ประเภทครึ่งยาว(DIN764) แล้วก็จำพวกยาว(DIN 762) มักประยุกต์ใช้งานเป็นโซ่แบกรับภาระลำเลียงแบบต่อในงานเหมืองแล้วก็งานสร้างรถยนต์ โซ่กลุ่มนี้ทำมาจากเหล็กกล้า St 35 K ที่ปลายห่วงโซ่แต่ละห่วงจะนิยมเชื่อมต่อด้วยกระแสไฟฟ้า ล้อโซ่(Sprockets) ตามเดิมล้อโซ่จะทำมาจากเหล็กหลอม, เหล็กกล้าหล่อ หรือเหล็กกล้า ส่วนการตัดให้ขับส่งกำลังด้วยโซ่ที่ถูกให้มองรูปที่ 2.36 (ก) และก็ (ข)

รูปที่ 2.35 แสดงขนาดรูปร่างของล้อโซ่และขนาดโซ่ [13]



รูปที่ 2.36 ก. เฟืองขับและเฟืองตรงโซ่ทำมุมเอียงไม่ควรมากกว่า 60 องศา จากแนวนอน

ข. หากต้องการให้โซ่จับกับฟันของล้อโซ่มากขึ้นก็ให้มีเฟือง (โซ่) สะพานอยู่ใกล้เฟืองขับเสมอ [13]

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานโซ่ของ ASME/ANSI [13]

ASME/ANSI Number	Pitch Inches	Roller Width	Roller Diameter	Pin Diameter	Link Plate Thickness	C	R	K	Pounds Per Foot	Average Tensile Strength	E**	H**
25	1/4	1/8	*.130	.090	.030	0.37	0.34	....	0.08	875	0.205	0.238
25-2	1/4	1/8	*.130	.090	.030	0.63	0.59	0.252	0.16	1750	0.205	0.238
25-3	1/4	1/8	*.130	.090	.030	0.88	0.84	0.252	0.25	2625	0.205	0.238
35	3/8	3/16	*.200	.141	.050	0.56	0.50	....	0.21	2100	0.308	0.356
35-2	3/8	3/16	*.200	.141	.050	0.96	0.90	0.399	0.45	4200	0.308	0.356
35-3	3/8	3/16	*.200	.141	.050	1.36	1.31	0.399	0.68	6300	0.308	0.356
35-4	3/8	3/16	*.200	.141	.050	1.76	1.70	0.399	0.91	8400	0.308	0.356
35-5	3/8	3/16	*.200	.141	.050	2.16	2.11	0.399	1.14	10500	0.308	0.356
35-6	3/8	3/16	*.200	.141	.050	2.57	2.51	0.399	1.37	12600	0.308	0.356
40	1/2	5/16	.312	.156	.060	0.72	0.67	....	0.41	4000	0.410	0.475
40-2	1/2	5/16	.312	.156	.060	1.29	1.24	0.566	0.80	8000	0.410	0.475
40-3	1/2	5/16	.312	.156	.060	1.85	1.80	0.566	1.20	12000	0.410	0.475
40-4	1/2	5/16	.312	.156	.060	2.42	2.37	0.566	1.60	16000	0.410	0.475
40-6	1/2	5/16	.312	.156	.060	3.56	3.51	0.566	2.42	24000	0.410	0.475
41	1/2	1/4	.306	.141	.050	0.65	0.57	....	0.26	2400	0.310	0.383
50	5/8	3/8	.400	.200	.080	0.89	0.83	....	0.70	6600	0.512	0.594
50-2	5/8	3/8	.400	.200	.080	1.60	1.55	0.713	1.40	13200	0.512	0.594
50-3	5/8	3/8	.400	.200	.080	2.31	2.26	0.713	2.09	19800	0.512	0.594
50-4	5/8	3/8	.400	.200	.080	3.03	2.97	0.713	2.78	26400	0.512	0.594
50-5	5/8	3/8	.400	.200	.080	3.75	3.69	0.713	3.47	33000	0.512	0.594
50-6	5/8	3/8	.400	.200	.080	4.46	4.40	0.713	4.17	39600	0.512	0.594
50-8	5/8	3/8	.400	.200	.080	5.89	5.83	0.713	5.56	52800	0.512	0.594
50-10	5/8	3/8	.400	.200	.080	7.32	7.26	0.713	6.93	66000	0.512	0.594
60	3/4	1/2	.469	.234	.094	1.11	1.04	....	0.99	8500	0.615	0.713
60-2	3/4	1/2	.469	.234	.094	2.01	1.94	0.897	1.95	17000	0.615	0.713
60-3	3/4	1/2	.469	.234	.094	2.91	2.84	0.897	2.88	25500	0.615	0.713
60-4	3/4	1/2	.469	.234	.094	3.81	3.74	0.897	3.90	34000	0.615	0.713
60-5	3/4	1/2	.469	.234	.094	4.71	4.64	0.897	4.97	42500	0.615	0.713
60-6	3/4	1/2	.469	.234	.094	5.60	5.53	0.897	5.96	51000	0.615	0.713
60-8	3/4	1/2	.469	.234	.094	7.40	7.33	0.897	7.94	68000	0.615	0.713
60-10	3/4	1/2	.469	.234	.094	9.19	9.12	0.897	9.92	85000	0.615	0.713
80	1	5/8	.625	.312	.125	1.44	1.32	....	1.73	14500	0.820	0.950
80-2	1	5/8	.625	.312	.125	2.59	2.47	1.153	3.37	29000	0.820	0.950

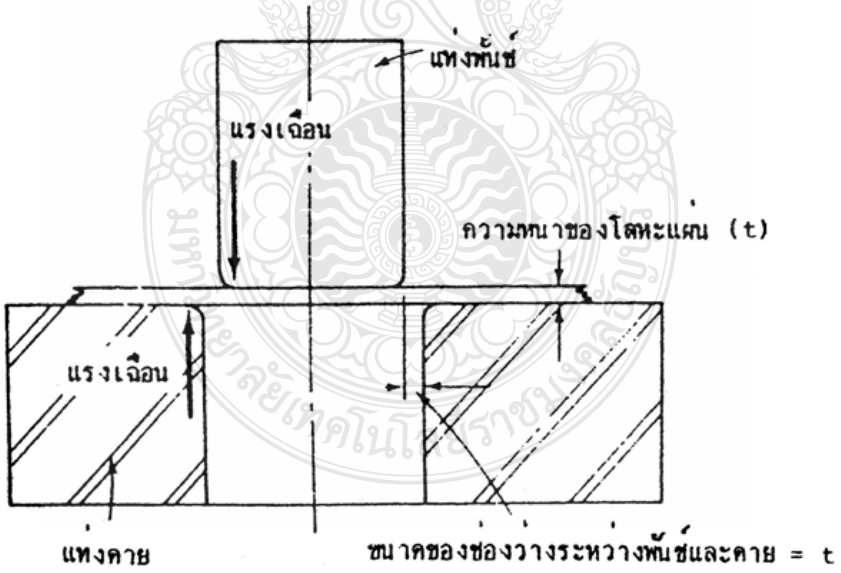
ตารางที่ 2.3 มาตรฐานโซ่ British Standard (BS) [13]

Chain No.		Pitch	Roller link width	Roller dia.	Pin						Transverse pitch	Plate				JIS Avg. tensile strength		DID Min. tensile strength		Approx. weight
DID	JIS B系	P	W	D	d	E	F	G	f	g	C	T	t	H	h	kN	kgf	kN	kgf	(kg/m)
DID 04B	—	6.00	2.80	4.00	1.85	6.45	7.35	—	4.15	—	—	0.63	0.63	4.9	4.9	—	—	3.33	340	0.12
DID 05B	05B					7.60	8.60	—								4.4	449	5.68	580	0.18
DID 05B-2	05B-2	8.00	3.00	5.00	2.31	13.25	14.25	—	4.80	—	5.64	0.75	0.75	7.1	6.2	7.8	795	9.21	940	0.34
DID 06B	06B					13.15	13.6	—								8.9	908	10.4	1,070	0.39
DID 06B-2	06B-2	9.525	5.72	6.35	3.28	22.75	23.9	—	7.4	—	10.24	1.3	1.0	8.2	8.2	16.9	1,720	19.4	1,980	0.74
DID 06B-3	06B-3					33.0	34.3	—								24.9	2,539	27.4	2,800	1.10
DID 08B	08B					16.7	18.1	—								17.8	1,815	19.6	2,000	0.67
DID 08B-2	08B-2	12.70	7.75	8.51	4.45	30.7	32.0	—	9.9	—	13.92	1.5	1.5	11.9	10.4	31.1	3,170	34.3	3,500	1.30
DID 08B-3	08B-3					44.6	46.0	—								44.5	4,537	49.0	5,000	1.92
DID 10B	10B					18.9	20.4	—								22.2	2,260	25.4	2,600	0.86
DID 10B-2	10B-2	15.875	9.65	10.16	5.08	35.5	37.0	—	10.9	—	16.59	1.5	1.5	14.7	13.0	44.5	4,537	50.9	5,200	1.68
DID 10B-3	10B-3					52.2	53.7	—								66.7	6,800	76.4	7,800	2.54
DID 12B	12B					22.2	23.6	—								28.9	2,946	31.3	3,200	1.14
DID 12B-2	12B-2	19.05	11.68	12.07	5.72	41.7	43.1	—	12.7	—	19.46	1.8	1.8	16.1	14.6	57.8	5,890	62.7	6,400	2.28
DID 12B-3	12B-3					61.3	62.7	—								86.7	8,840	94.1	9,600	3.46
DID 16B	16B					35.1		38.2								60	6,118	63.7	6,500	2.56
DID 16B-2	16B-2	25.40	17.02	15.88	8.28	67.1	—	70.3	—	20.7	31.88	4.0	3.2	21.0	21.0	106	10,808	127	13,000	5.12
DID 16B-3	16B-3					99.1		102.2								160	16,315	191	19,500	7.59
DID 20B	20B					41.0		44.0								95	9,687	98.0	10,000	3.81
DID 20B-2	20B-2	31.75	19.56	19.05	10.19	77.4	—	80.5	—	23.5	36.45	4.5	3.5	26.4	26.4	170	17,335	196	20,000	7.57
DID 20B-3	20B-3					114.0		117.0								250	25,490	294	30,000	11.3
DID 24B	24B					53.4		58.7								160	16,315	166	17,000	7.08
DID 24B-2	24B-2	38.10	25.40	25.40	14.63	101.8	—	107.1	—	32.0	48.36	6.0	5.0	33.4	33.4	280	28,550	333	34,000	13.9
DID 24B-3	24B-3					150.2		155.5								425	43,337	500	51,000	20.7

จากตารางมาตรฐาน ASME/ANSI จะเป็นมาตรฐานทางฝั่งอเมริกาส่วนมาตรฐาน BS จะเป็นของฝั่งอังกฤษ

2.5 ทฤษฎีการตัดเฉือน

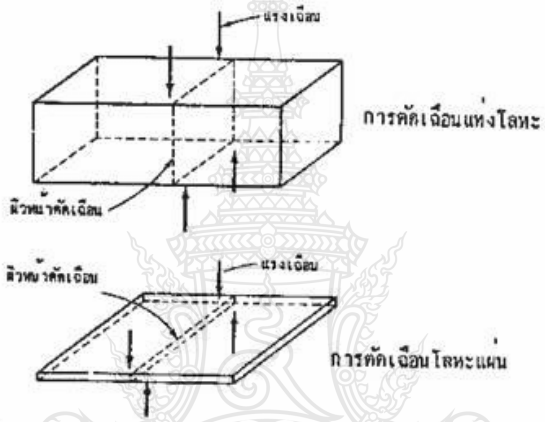
การตัดเฉือนเป็นการตัดแบ่งโลหะโดยใช้การเคลื่อนที่ของใบมีด 2 ใบ สำหรับแผ่นโลหะที่มีหน้าแคบจะสามารถเกิดการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรในบริเวณที่สัมผัสกับใบมีดอย่างรุนแรง หลังจากนั้นจะเกิดการแตกร้าวที่ผิวโลหะ และเกิดอย่างต่อเนื่อง จนการแตกร้าวนั้นมาพบกัน และการแตกหักอย่างสมบรูณ์ วิธีการขึ้นรูปโลหะแผ่น เพื่อทำเป็นสินค้าสำเร็จรูปนั้นจะมีขั้นตอนที่ใช้อยู่สามขั้นตอนเป็น การตัด (Cutting) การดัดงอ (Forming) แล้วก็การฉุดขึ้นรูป (Drawing) ขั้นตอนการขึ้นรูปเหล่านี้จะเรียกรวมๆกันไปว่าการขึ้นรูปโดยผู้กระทำดกระแทก (Stamping) การปั้มงานขึ้นรูป (Press Working) การปั้มผลงานโดยการใช้พั้นช์ (Punch Press Working) ซึ่งขั้นตอนการตัดเป็นขั้นตอนที่ง่ายที่สุดแล้วก็ได้ถูกทำขึ้นมาก่อนเพื่อนำเอาผลงานที่ได้ไปทำในขั้นตอนการอื่นต่อไป การตัดโลหะโดยการใช้แท่าพั้นช์ (Punch) และแท่งถาง (Die) นั้น แผ่นผลงานจะถูกตัดด้วยคมสองอย่างเป็น จะถูกตัดด้วยคมของพั้นช์ซึ่งเป็นของคมตัดใน (Inner Cutting Edge) และก็คมตัดของถางซึ่งเป็นของคมตัดนอก (Outer Cutting Edge) ระหว่างของคมตัดในและจากนั้นก็ของคมตัดนอกจะมีช่องว่างเล็กๆเกิดขึ้น ซึ่งเรียกช่องว่างนี้ว่าช่องว่างระหว่างพั้นช์และจากนั้นก็ถาง (Clearance) หรือเรียกสั้นๆว่า ช่องว่าง [14]



รูปที่ 2.37 รูปแบบของการตัดโลหะแผ่นด้วยพั้นช์และดาย [14]

2.5.1 การวิเคราะห์การตัด

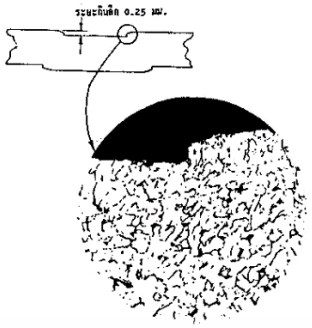
สำหรับการตัดโลหะแผ่น แรงที่ให้แก่แท่งพั้นช์ (Punch Steel) แล้วก็แท่งดาย (Die Steel) เพื่อใช้เพื่อสำหรับในการตัดโลหะเรียกว่า แรงเฉือน (Shear Force) แรงนี้จะมีขนาดเสมอกันรวมทั้งอยู่ตรงกันข้ามกันโดยมีช่องว่างเล็กๆอยู่ขั้นกึ่งกลางระหว่างแรงทั้งคู่ ดังแสดงในรูปที่ 2.38 เมื่อมีแรงมากมายกระทำต่อโลหะจะมีผลทำให้เกิดความเค้นเชือด(Shear Stress) เกิดขึ้นบนโลหะแผ่น แต่ว่าในโลหะแผ่นจะมีแรงต้นแรงเชือดเกิดขึ้นเรียกว่า ความแข็งแรงเชือด(Shear Strength) ถ้าหากให้แรงเชือดมีขนาดมากพอที่จะก่อให้เกิดความเค้นเชือดมากยิ่งกว่าความแข็งแรงเชือดของโลหะนั้นก็จะก่อให้โลหะแผ่นขาดออกมาจากกัน [14]



รูปที่ 2.38 แรงเฉือน [14]

2.5.2 ขั้นตอนของการตัด

ขั้นตอนของการตัดโลหะแผ่นจะเริ่มเมื่อแท่งพั้นช์กดลงมาสัมผัสกับผิวหน้าของแผ่นงานกระทั่งมีการฉีดขาดที่แผ่นงานอย่างสมบูรณ์ แบบอย่างสำหรับการทดสอบตัดจะใช้อุปกรณ์โลหะแผ่นหนา 9.5 มิลลิเมตร ทำมาจากเหล็กกล้าผสมติดอยู่รบอนต่ำ รีดร้อน มีสเกลเกิดขึ้นที่ผิวหน้าทั้งคู่ด้าน โดยแท่งพั้นช์จะเริ่มกดแผ่นงานลงมากระเป๋านระยะ ๆ ดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.39 การขยายระยะกินลึก 0.25 มิลลิเมตร (200 x) [14]

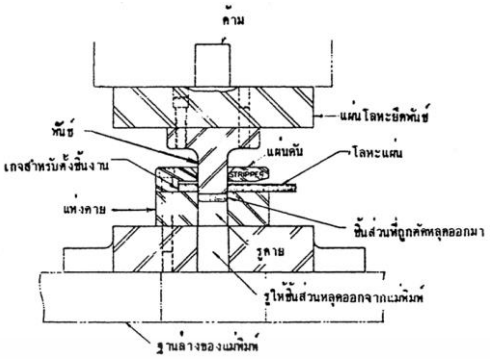
2.5.3 รูปร่างของหน้าตัดที่เกิดขึ้น

เมื่อนำเอาเหล็กกล้ามาตัดบนดายโดยการใช้ช่องว่างระหว่างพั้นช์รวมทั้งดายน้อยกว่าความหนาของแผ่นงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.40 จะกำเนิดรูปร่างบนหน้าตัดที่ถูกตัดขาดแล้วได้ 4 ส่วนเป็น

1. ส่วนที่เกิดโค้งมน (Roll over) ส่วนนี้จะเกิดขึ้นเมื่อแท่งพั้นช์กดงานให้ไหลตัวลงไปในช่องว่างของพั้นช์แล้วก็ดายทำให้มีรูปร่างคล้ายกับก้นจาน การเกิดโค้งมนจะมีเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ถ้าเกิดใช้ช่องว่างของพั้นช์แล้วก็ดายมากมาย แล้วก็โลหะที่เอามาตัดนั้นเป็นโลหะอ่อน

2. ด้านหน้าตัดเฉือน (Burnish) เป็นส่วนที่เกิดขึ้นภายหลังจากแท่งพั้นช์ถูกกดกินลึกลงไปในเนื้อของโลหะระยะหนึ่งแล้วหลังจากนั้นก็จะมีการตัดเฉือนผลงานในแนวตั้ง นำไปสู่การขัดถูระหว่างขอบคมตัดของพั้นช์และก็เนื้อของโลหะที่ถูกตัด ส่วนที่ถูกตัดตรงรอบๆพื้นที่นี้จะมีรูปร่างเป็นเงาแววและก็แนวที่ถูกตัดจะได้ฉากกับผิวหน้าของแผ่นงาน [14]

3. ส่วนที่เกิดรอยแตก (Fracture) เป็นส่วนที่เกิดภายหลังมีการตัดเฉือนของพั้นช์บนแผ่นงานแล้ว แรงที่ใช้บนแท่งพั้นช์จะมีผลให้กำเนิดความคาดคั้น ดึงสูงยิ่งกว่าความแข็งแรงสูงสุดของโลหะนั้นก็เลยนำมาซึ่งการก่อให้เกิดการแตกขึ้น การแตกจะเกิดขึ้นในรูปร่างถูกดึงขาด ด้วยเหตุผลดังกล่าว รูปร่างของรอยแตกก็เลยมีรูปร่างตะปุ่มตะป่ำไร้ระเบียบ ความสัมพันธุ์ของรอยแตกที่เกิดขึ้นแล้วก็ขนาดของช่องว่างระหว่างพั้นช์แล้วก็ถางนั้นจะแตกต่างกันกับความสัมพันธุ์ในส่วนอื่นๆในเรื่องที่ใช้ขนาดของช่องว่างน้อยกว่า 10% ของความหมายของแผ่นชิ้นงานจะมีผลให้ความกว้างของรอยแตกเล็กลงเป็นลำดับ แต่ว่าถ้าหากใช้ขนาดของช่องว่างมากยิ่งกว่า 10% - 25% เกือบไม่มีความเคลื่อนไหวที่รอยแตก แม้กระนั้นถ้าหากขนาของช่องว่างที่ใช้มากยิ่งกว่า 25% จะก่อให้ความกว่าของรอยแตกมากขึ้นอีก



รูปที่ 2.40 การใช้งานของแผ่นดันโลหะแผ่น [14]

2.5.4 ลักษณะของการสึกกร่อน

แท่งพั้นช์และดายจะมีการสึกหรอที่ขอบคมตัดในรูปร่างเดียวกัน การผุกร่อนรูปร่างเป็นหลุม (Crater) และการร่อยหรอที่มุมขอบตัดจะถูกกำจัดออกโดยแนวทางการนำเอาแท่งพั้นช์รวมทั้งดายในแนวระดับออกไปเป็นชั้นเล็ก ๆ ในการผุกร่อนด้านข้างมิได้ถูกปรับปรุงปรับแต่งระหว่างการนำไปลับใหม่ แต่ว่าการผุกร่อนด้านข้างจะเป็นสาเหตุทำให้พั้นช์มีขนาดเล็กลงแล้วก็ดายมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งจะก่อให้ขนาดของช่องว่างมากเพิ่มขึ้น เมื่อเกิดด้านหน้าตัดเฉือนขึ้นมาระหว่างการตัดโลหะแผ่นบางครั้งอาจจะเชื่อมแบบเย็นตัวชิดกับฝาของแท่งพั้นหรือถาง ก็เลยจึงควรใช้แรงดึงที่สูงมากมายเพื่อดันเอาโลหะแผ่นออก จะมีผลให้ฝาผนังของแท่งพั้นช์หรือถางเสียหายได้ การสึกกร่อนข้าง ๆ จะเป็นต้นเหตุก่อให้เกิดความไม่เหมือนของขนาดของผลงานได้ [14]

รูปที่ 2.41 รูปแบบการสึกหรอที่แท่งพั้นช์และแท่งดาย [14]

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุภัทรา และวินัย [15] ได้มีการออกแบบและการพัฒนาวิธีการสร้างเครื่องหั่นฟางเพื่อทดแทนการนำเข้าเครื่องหั่นฟางฟ่อนจากต่างประเทศและเครื่องหั่นแบบเดิมที่เกษตรกรมีใช้อยู่ในท้องถิ่น สำหรับฟางที่หั่นได้นั้นเพื่อความเหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุดิบในการทำอาหารผสมมีความยาวอยู่ระหว่าง 2 - 5 เซนติเมตร และสามารถนำมาใช้หั่นย่อยฟางเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพในกระบวนการผลิตพลังงานทดแทน การออกแบบเครื่องหั่นฟางให้เครื่องสามารถทำการหั่นฟางโดยการหั่นฟางทั้งฟ่อนได้ เพื่อความสะดวกและประหยัดเวลาในการทำงานในการทดสอบเบื้องต้นได้ออกแบบการทดลองที่มีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง เป็นการทดลองแบบแฟคทอเรียลจะหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อน โดยทำการทดสอบการหั่นฟางอัดฟ่อนที่ความเร็วรอบของใบมีดต่างกัน ใช้วิธีทางสถิติ (โปรแกรม Minitab V.15) เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ชนิดของมีดที่เหมาะสมและช่วงความชื้นที่เหมาะสมที่สามารถหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนได้สูงสุด และทำให้ได้เส้นฟางที่มีความยาวเหมาะสมกับการใช้ทำเป็นอาหารผสม พบว่าอัตราการหั่นโดยเฉลี่ยคือ 96 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ที่ 0.00401 ลิตรต่อกิโลกรัม และมีประสิทธิภาพการหั่นเฉลี่ย 92.70 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 2.42 เครื่องหั่นฟางเพื่อทดแทนการนำเข้าเครื่องหั่นฟางฟ่อนจากต่างประเทศ [15]

วัฒนา และคณะ [16] ได้การออกแบบรวมทั้งทำขึ้นเพื่อช่วยลดสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวกับมลพิษทางทะเลที่มีเหตุมาจากผักตบชวา ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้ไม่สามารถที่จะใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำนั้นได้ เครื่องสับวัชพืชยังสามารถเอามาสับย่อยต้นข้าวโพด เพื่อทำเป็นปุ๋ยคอก หรืออาหารสัตว์ โดยมีเป้าหมายเพื่อเรียนรู้

ลักษณะการทำงานรวมทั้งสร้างเครื่องสับวัชพืชเพื่อทดลองแล้วก็หาอัตราลักษณะการทำงานของเครื่องสับวัชพืช สรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้ การทดลองโดยใช้ผักตบชวา แห้ง ทีละ 1 กก.น้ำหนักก่อนทดลอง 1 กก. โดยใช้ความเร็วรอบที่ 2,400 รอบต่อนาที 1,440 รอบต่อนาที รวมทั้ง 864 รอบต่อนาที ผลจากการทดลองพบว่าความเร็วรอบที่ 1,440 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่สมควรสำหรับการสับวัชพืช ผักตบชวาแห้ง ได้ผลการทดลองเฉลี่ยที่ 915 กรัม ใช้เวลาสำหรับเพื่อการสับ 1.51 นาที หรือใน 1 ชั่วโมง สามารถสับวัชพืช ผักตบชวาแห้งได้ 36.4 โล การทดลองโดยใช้ต้นซังโพด น้ำหนักก่อนทดลอง 1 โล โดยใช้ความเร็วรอบที่ 2,400 รอบต่อนาที 1,440 รอบต่อนาที แล้วก็ 864 รอบต่อนาที ผลจากการทดลองพบว่าความเร็วรอบที่ 1,440 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่สมควรสำหรับเพื่อการสับวัชพืช ต้นซังโพด ได้ผลการทดลองเฉลี่ยที่ 838 กรัม ใช้เวลาสำหรับการสับ 1.17 นาที หรือใน 1 ชั่วโมง สามารถสับวัชพืช ต้นซังโพดได้ 42.7 โล

รูปที่ 2.43 เครื่องสับวัชพืช [16]

ธนพร [17] ทำวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาเครื่องตัดกิ่งไม้ประสิทธิภาพสูงด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรง ใช้ตัดกิ่งไม้ได้ที่ความสูงไม่เกิน 5 เมตร โดยออกแบบเครื่องตัดกิ่งไม้สามารถถอดเก็บและเคลื่อนย้ายได้ ในการพัฒนาได้ทำการศึกษาแบบโครงสร้าง และระบบส่งกำลังชนิดต้นกำลังที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลท์ ขนาด 350 วัตต์ และขนาด 480 วัตต์โดยศึกษาการใช้มอเตอร์ดังกล่าวกับแหล่งจ่ายไฟจากแบตเตอรี่ และจากอุปกรณ์ชุดแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ จากการศึกษาพบว่าขนาดของมอเตอร์ที่เหมาะสมในการสร้างเครื่องตัดกิ่งไม้ดังกล่าวคือ ขนาด 350 วัตต์ ซึ่งสามารถตัดกิ่งไม้ผล เช่น

ชมพู่ มะม่วง ขนุน ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30, 40, 50 และ 60 มิลลิเมตร ที่ความสูง 4.5 เมตร สำหรับการตัดกิ่งขนาด60 มิลลิเมตร ใช้เวลาประมาณ 8 วินาที โดยเวลาที่ใช้เร็วกว่าการตัดกิ่งไม้โดยวิธีธรรมดา

จตุรงค์ และคณะ [18] ได้มีการดีไซน์แล้วก็สร้างเครื่องตัดท่อนประเภทมันสำปะหลัง ถูกผลิตขึ้นเพื่อลดเวลาในกรรมวิธีการตระเตรียมท่อนชนิดสำหรับนำไปปลูกและก็ลดปัญหาที่เกิดขึ้นกับการขาดแรงงาน เครื่องต้นแบบมี ชุดใบเลื่อยวงเดือน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 นิ้ว 60 ฟัน ชุดโซ่ลำเลียงต้นชนิด ระบบส่งกำลังชุดเกียร์ทด (60:1) และก็ใช้มอเตอร์กระแสไฟฟ้า 1 แรงม้าฯลฯกำลัง ลักษณะการทำงานของเครื่อง เริ่มจากผู้ทำงานป้อนต้นมันสำปะหลังลงบนชุดโซ่ลำเลียง หลังจากนั้นต้นมันจะถูกลำเลียงเข้าไปตัดที่ชุดใบเลื่อยวงเดือน ผ่านชุดดกท่อนชนิด และก็ท่อนประเภทที่ถูกตัดจะตกลงสู่วิถีทางออกทางข้างหลังของตัวเครื่อง ซึ่งความยาวของท่อนชนิดสามารถปรับได้ 2 ขนาดเป็น20 และก็ 25 ซม. ดดยการปรับตั้งตำแหน่งของใบเลื่อยวงเดือน จากผลของการทดลองพบว่าเครื่องตัดท่อนชนิดสามารถปฏิบัติงานก้าวหน้าที่ความเร็วรอบของชุดโซ่ลำเลียง 8 เมตรต่อวินาที โดยเครื่องสามารถตัดท่อนจำพวกที่ความยาว 20 ซม. ได้ 4,424 ท่อนต่อชั่วโมง ความทรุดโทรม 8.5% และก็ที่ความยาว 25 เซนติเมตร ตัดได้ 3,321 ท่อนต่อชั่วโมง ความเสียหาย 4.8% การตัดทั้งสองความยาวใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 0.5 – 0.9 กิโลวัตต์ ชั่วโมง จากากรวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกกรม พบว่าเมื่อใช้เครื่องตัดท่อนพันธุ์ 2,000 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาคืนทุน 1 ปี และมีจุดคุ้มทุน 272 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับการตัดด้วยแรงงานคน

สุทัศน์ และคณะ[19] ได้มีการพัฒนาเครื่องหั่นสมุนไพรให้มีประสิทธิภาพในการหั่นสมุนไพรสำหรับชุมชน โดยการพัฒนาเครื่องหั่นสมุนไพรให้สามารถหั่นสมุนไพรได้ 2 ประเภท ซึ่งจะประกอบไปด้วยสมุนไพรประเภทหัวและประเภทต้น โดยใช้ปริมาณน้ำหนัก การหั่นสมุนไพรเป็นดัชนีชี้วัด ผลการดำเนินการพัฒนาเครื่องหั่นสมุนไพร โดยการเพิ่มถาดขึ้นมาเพื่อให้สะดวกต่อการหยิบจับในการป้อนสมุนไพรประเภทหัว เพิ่มชุดใบมีดซอยเพื่อให้สามารถหั่นสมุนไพรประเภทหัวจากแผ่นให้มีความกว้าง และเพิ่มชุดหั่นสมุนไพรจำพวกต้น โดยทำการป้อนสมุนไพรในแนวตั้ง โดยโครงสร้างเครื่องมีขนาด 50 x 40 x 30 เซนติเมตร จากผลการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องหั่นสมุนไพร ได้นำหัวข่ามาทำการทดลองสามารถหั่นให้เป็นที่ขนาดความหนา 2, 3, 4 และ 5 มิลลิเมตร หั่นได้เท่ากับ 66.64, 73.72, 84.00 และ 115.60 กิโลกรัมต่อชั่วโมงตามลำดับ สำหรับการหั่นสมุนไพรประเภทต้นได้นำตะไคร้มาทำการทดลองโดยหั่นที่ขนาดความยาวระหว่าง 10 ถึง 20 มิลลิเมตร สามารถหั่นได้ เฉลี่ย 51.02 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ ผลการพัฒนาเครื่องหั่นสมุนไพร สามารถหั่นสมุนไพรได้มากกว่าเครื่องหั่นสมุนไพรแบบเดิม เพิ่มขึ้นร้อยละ 41.38 และมีค่าใช้จ่ายในการหั่นสมุนไพรเท่ากับ 0.568 บาทต่อกิโลกรัม

สุบิน [20] ได้วางแบบรวมทั้งสร้างเครื่องหั่นฟาง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อวางแบบรวมทั้งสร้างเครื่องหั่นฟางที่เหมาะสมกับการใช้แรงงานในชุมชน เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์งานได้ง่ายและก็ย่นระยะเวลาสำหรับเพื่อการปฏิบัติงาน เพื่อจัดการกับปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้น ก็เลยได้ปฏิบัติการเรียนรู้ข้อมูลฐานรากเพื่อดีไซน์รวมทั้งสร้างเครื่องหั่นฟางข้าว โดยเครื่องที่ผลิตขึ้นมีขนาดความกว้าง 60 ซม. ความยาว 100 ซม. แล้วก็ความสูง 140 ซม. มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนหมายถึงชุดใบมีด โครงเครื่อง และก็ชุดถ่ายทอดกำลัง ภายหลังจากทำงานสร้างและก็ปรับแต่งข้อผิดพลาดแล้ว ก็เลยจัดการทดลองเพื่อความสามารถของเครื่อง จากผลของการทดสอบของรูที่กรองพบว่าขนาด 12 มม. กับความเร็วรอบที่ 750 รอบต่อนาที เป็นค่าที่สมควร เนื่องจากว่าให้ค่าถัวเฉลี่ยฟางที่หั่นฟางได้ขนาด 3-5 ซม. สูงที่สุด แล้วก็ให้ค่าถัวเฉลี่ยฟางที่หั่นมิได้ขนาดรวมทั้งฟางที่ค้างในเครื่องต่ำที่สุด ข้อสรุปของการทดลอง พบว่า เครื่องมีอัตราการหั่นฟางได้ 30 กิโลต่อชั่วโมง โดยให้ค่าถัวเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ฟางที่ได้ขนาดพอๆกับ 76.8 เปอร์เซ็นต์ ค่าถัวเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ฟางที่มิได้ขนาดพอๆกับ 13.2 เปอร์เซ็นต์ ค่าถัวเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ฟางที่ค้างในเครื่องพอๆกับ 10 เปอร์เซ็นต์

วัฒนา และคณะ [21] มีการออกแบบและประเมินผลเครื่องสับฟางเพื่อใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับโคนม ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศมีออาชีพทางเกษตรกรเป็นหลัก โดยเฉพาะทางด้านการเพาะปลูก รองลงมาก็คือ การเลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะการเลี้ยงโคนม ซึ่งเกษตรกรทำมาเป็นเวลาช้านาน ปัญหาของเกษตรกรที่พบเป็นประจำในการเลี้ยงโคนมคือวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารของสัตว์มีไม่เพียงพอต่อความต้องการ เช่น หญ้า ฟาง เป็นต้น เนื่องจากเกษตรกรไม่รู้จักวิธีการเก็บรักษา ซึ่งส่วนใหญ่เกษตรกรจะรับซื้อหญ้าหรือฟางที่สำเร็จรูปมา ทำให้ต้นทุนในการเลี้ยงสูงขึ้น แต่ถ้าเกษตรกรรู้จักนำเอาพืชอาหารชนิดอื่น ๆ มาผสมกับฟางข้าวที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวมาทำการเก็บรักษาโดยการอัดให้เป็นก้อนก็จะทำให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนอาหารในฤดูแล้งลงได้ จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ออกแบบ และทดสอบเครื่องสับฟางข้าวเพื่อใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับโคนม การออกแบบโครงเครื่องโดยใช้เหล็กกล่องขนาด 2” × 2” มีความกว้าง 75 เซนติเมตร ความยาว 75 เซนติเมตร ความสูง 120 เซนติเมตร ติดตั้งตรงฐานล่างข้างติดตั้งมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า จากการทดสอบหาความสามารถของเครื่องสับฟางใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมที่ระดับความเร็วรอบเครื่อง 3 ระดับคือ 600 รอบต่อนาที 700 รอบต่อนาที และ 800 รอบต่อนาที โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ระดับความเร็ว 800 รอบต่อนาทีจากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องสับฟาง พบว่าอัตราความเร็วรอบที่ 800 รอบต่อนาที เหมาะสมต่อการใช้งานมากที่สุด ซึ่งเครื่องสับฟางจะให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ฟางที่ได้ขนาดเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ฟางที่ไม่ได้ขนาด เท่ากับ 2.4 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ฟางที่ค้างในเครื่องเท่ากับ 1.8 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการสับฟางเฉลี่ย 79 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

รูปที่ 2.44 เครื่องสับฟางเพื่อใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับโคนม [21]

ภรต และคณะ [22] การศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องสับฟางสำหรับเครื่องเก็บเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตในประเทศ ได้ดำเนินการโดยทำการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาสมรรถนะและปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะในการตัดฟาง โดยใช้เครื่องสับเอนกประสงค์ที่มีหัวสับชนิดทรงกระบอกและมีใบมีดจำนวน 3 ใบ ความกว้างของการสับ 380 mm และหาความยาวของฟางที่เหมาะสมในการเตรียมดิน พบว่าสมรรถนะการสับฟางเพิ่มขึ้นตามความยาวทางทฤษฎีของการสับ ความชื้นของฟาง และความเร็วรอบของหัวสับที่เพิ่มขึ้น เมื่อกำหนดความยาวทางทฤษฎีของการสับ 4.22, 8.44 และ 12.60 cm สมรรถนะการสับมีค่ามากที่สุด 4276.44 kg/h (39.73 percent w.b.) ที่ความยาวทางทฤษฎีของการสับ 12.60 cm และความเร็วรอบของหัวสับ 950 rpm เมื่อนำฟางข้าวที่ได้จากการสับไปโรยอย่างสม่ำเสมอในแปลงนา และเตรียมดินโดยใช้รถไถเดินตามและรถไถหมู พบว่าความเร็วในการเตรียมดินมีค่าประมาณ 0.75 m/s และฟางไม่สะสมบนใบไถ ความเร็วในการเตรียมลดลงเหลือ 0.65 m/s เมื่อเตรียมดินบนพื้นที่ที่มีฟางเดิมที่ถูกพ่นออกจากเครื่องเก็บเกี่ยวนวดข้าวซึ่งมีความยาวประมาณ 50 cm

ทศพล และคณะ [23] งานวิจัยเรื่องเครื่องสับฟางแบบต่อพ่วง 3 จุด โดยอาศัยกำลังจากเพลาพีทีโอ ซึ่งมีสาระอย่างยิ่งในระบบการปลูกทุ่งนาข้าว เพื่อสนับสนุนให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มแล้วก็เป็นมิตรกับสภาพแวดล้อม โดยถูกดีไซน์ให้สามารถจัดตั้งกับรถไถนานั่งขับได้เลย โดยไม่ต้องดังแปลงหรือเปลี่ยนส่วนประกอบของตัวรถยนต์รวมทั้งใช้เฟืองทดกำลังถ่ายทอดกำลังจากตัวรถถำไปยังเครื่องใช้ไม้สอยที่ได้ดีไซน์สำหรับการวางแบบ ได้วางแบบให้ตัวเครื่องมีขนาดเล็กกระชับเหมาะสมกับขนาดของรถไถนาแบบนั่งขับ มี

แนวทางการทำงาน ดังต่อไปนี้ เครื่องมือข้างหน้า มีบทบาทเก็บรวบรวมฟางเพื่อป้อนให้กับชุดใบมีดสับ หลังจากนั้นจะกระจัดกระจายฟางออกทางข้างหลังของเครื่องโดยที่ความเร็วรอบของต้นกำลัง 540 รอบต่อนาที ส่งกำลังเดินทางไปยังชุดใบมีด ด้วยสายพานมีอัตราทด 1 ต่อ 2 มีความเร็วใบมีด 1,080 รอบตอ่นาที จากการทดลองพบว่า เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราทดของ เกียร์โดยที่ความเร็วรอบของเครื่องจักรกลมีค่าคงเดิมจะพบว่า ขนาดของฟางมีลัษณะทิศทางมากขึ้นตามอัตราทดที่มากขึ้นและเมื่อเปลี่ยนความเร็ว รอบของเครื่องยนต์โดยที่อัตราทดของเกียร์มีค่าคงที่จะพบว่าความเร็วของรถที่เหมาะสมที่สุดในการทำงาน คือ เมื่อใช้เกียร์ 1 ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 2,400 รอบต่อนาที ขนาดความยาวของฟางข้าวจะมีขนาด ระหว่าง 0 ถึง 10 เซนติเมตร มากกว่า 10 ถึง 15 เซนติเมตร มากกว่า 15 ถึง 20 เซนติเมตร มากกว่า 20 เซนติเมตร

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

จากการเล่าเรียนแนวคิดที่เกี่ยวข้องรวมทั้งงานวิทยานิพนธ์ที่ข้องเกี่ยวในบทก่อนหน้านี้ที่ผ่านมานั้น ได้นำแนวความคิดต่าง ๆ มาประยุกต์สำหรับเพื่อการออกแบบสร้าง และประเมินความสามารถสำหรับการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าวที่สร้างขึ้นว่าได้มีประสิทธิภาพมาก ดังรายละเอียดที่จะนำเสนอต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องตัดฟางข้าว

1. นัต สกรู โบลท์
2. โซ่ เฟืองโซ่
3. เหล็กฉาก
4. มอเตอร์ไฟฟ้า
5. ตลับลูกปืน
6. เหล็กเพลา
7. เหล็กแผ่น
8. เกียร์ทด และอื่น ๆ

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องตัดฟางข้าว

1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
2. เครื่องเลื่อยไฟฟ้า
3. เครื่องกลึง
4. เครื่องกัด
5. เครื่องเจาะไฟฟ้า และอื่นๆ

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบเครื่องตัดฟางข้าว

1. ฟางข้าว
2. นาฬิกาจับเวลา
3. ตลับเมตร
4. มีด
5. เวอร์เนียคาลิปเปอร์
6. เครื่องชั่งน้ำหนัก
7. ประแจ นัต โบลท์สำรอง

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของวิทยานิพนธ์ที่ได้อ้างอิงไว้ จึงวางแผนการทำงานออกเป็น 4 ข้อ คือ

3.2.1 การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

3.2.2 การออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

3.2.3 ทดทดสอบและประเมินสมรรถนะของเครื่องตัดฟางข้าว

3.2.4 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีจุดหมาย เพื่อค้นหาข้อมูลที่จำเป็นต้องต่อการออกแบบเครื่องต้นแบบเครื่องตัดฟางข้าว โดยใช้เอกสารอ้างอิงที่ได้จากวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้อง และจากการลงพื้นที่โดยตรงของผู้ทำวิทยานิพนธ์ คือ ลักษณะกายภาพของฟางข้าว และขนาดของฟางข้าวที่ใช้ในทั่วไป

1) การศึกษาปัญหาและวิธีการแปรรูปฟางข้าวในปัจจุบัน

ศึกษาปัญหาในขั้นตอนการตัดฟางข้าวในปัจจุบันวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องตัดฟางข้าว เช่น ปัญหาการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว ปัญหาการสับฟางข้าวของกลุ่มแม่บ้านแสงตะวัน ขณะทำงานมีความล่าช้าในการทำงานเมื่อต้องการผลผลิตสูง ซึ่งใช้เวลากับ

แรงงานคนค่อนข้างมาก เป็นอันตรายต่อผู้ที่ทำการสับฟางข้าว มีความเมื่อยล้าจากการสับฟางข้าว เสี่ยงต่อการถูกมีดหรือกรรไกรบาดมือได้ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 วิธีการตัดฟางข้าวแบบดั้งเดิม [1]

2) การศึกษาลักษณะรูปแบบของฟางข้าว

มีจุดหมายเพื่อรู้ถึงลักษณะรูปแบบของฟางข้าว ยกตัวอย่างเช่น ขนาดความยาว แล้วก็ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องตัดฟางข้าว ช่องที่สำหรับใส่ฟางข้าวและการปรับตั้งต่างๆ ชุดลำเลียงฟางข้าว รวมถึงข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นต่อการออก แบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว ซึ่งได้ออกแบบขนาดช่องใส่สำหรับฟางข้าว และระยะสำหรับการวางใบมีดตัดของฟางข้าว

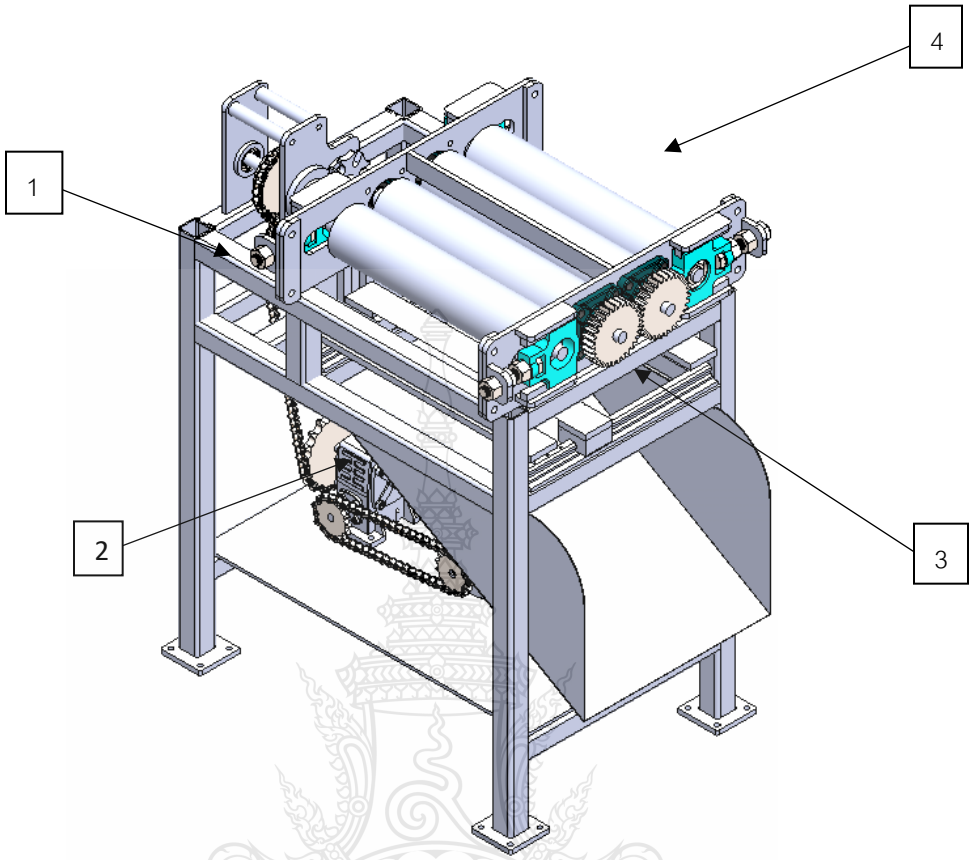
รูปที่ 3.2 ศึกษาลักษณะกายภาพของฟางข้าว

3.2.2 การออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

จากการสืบค้นข้อมูลที่ผ่านมาและข้องเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องแล้วจึงได้ดำเนินการออกแบบเครื่องตัดฟางข้าว โดยใช้ซึ่งเกณฑ์และรายละเอียดในการออกแบบเครื่อง ดังต่อไปนี้

1.เกณฑ์ในการออกแบบเครื่องมีหลักเกณฑ์ที่สำคัญ ดังนี้

- กลไกการทำงานของเครื่อง ทำงานง่าย ไม่ซับซ้อนมากเกินไป
- ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง
- บำรุงรักษาง่าย สามารถปฏิบัติงานได้สะดวกและปลอดภัย
- ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน
- สร้างจากวัสดุที่มีจำหน่ายในประเทศ เมื่อหากเกิดการชำรุด สามารถถอดเปลี่ยนได้สะดวก และมีจำหน่ายทั่วไปตามร้านอุปกรณ์



หมายเลข	รายละเอียด
1	โครงสร้างเครื่อง
2	ชุดป้อนลำเลียง
3	ชุดใบมีดตัด
4	ชุดส่งกำลัง

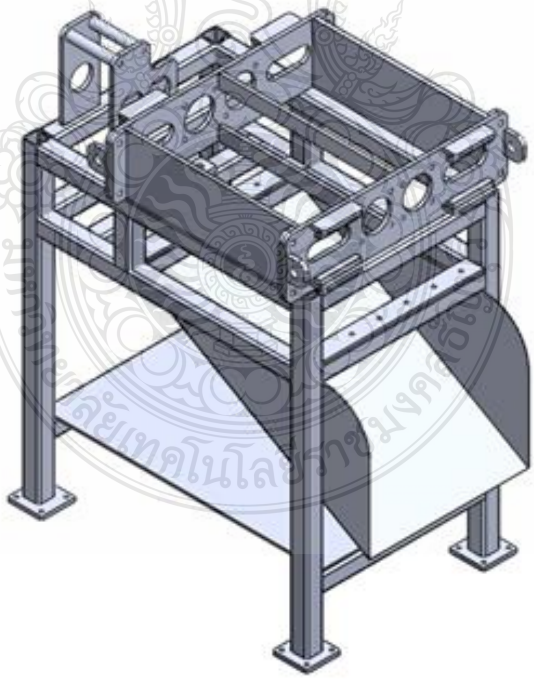
รูปที่ 3.3 เครื่องตัดฟางข้าว

2.รายละเอียดในการวาดแบบ

ในการวาดแบบเครื่องตัดฟางข้าวนั้นได้ออกแบบให้มีการใช้งานง่ายและก็สบายสำหรับการดูแลรักษา โดยส่วนประกอบหลักใหญ่ๆ จะมี 4 ส่วนด้วยกัน คือ โครงสร้างเครื่อง มอเตอร์ส่งกำลัง ชุดใบมีด และชุดป้อนลำเลียง ซึ่งมีเนื้อหาสำหรับในการออกแบบดังนี้

1). โครงสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

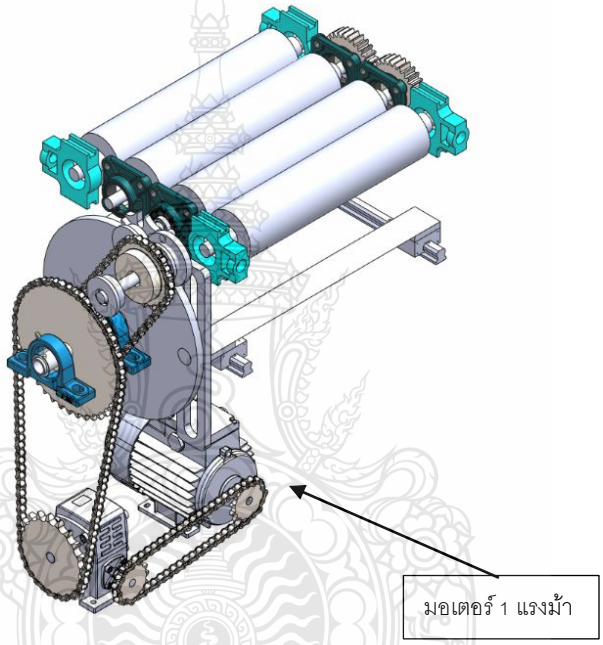
โครงสร้างของเครื่องนั้นได้ออกแบบให้สามารถรองรับน้ำหนักของอุกรณ์ต่าง ๆ ในการติดตั้ง เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า ชุดใบมีดตัด ชุดลูกกลิ้งลำเลียง และส่วนประกอบอื่น ๆ โดยวางส่วนประกอบต่างๆ และยึดติดบนโครงสร้างด้วยสกรู โดยวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นเหล็ก ขนาด 38×38×3.2 มิลลิเมตร โดยเหล็กจะมีความเหนียวสามารถเจาะ ตัด ดัด หรือ เชื่อมได้ง่าย มีความแข็งแรง ราคาต่ำ และมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด ดมี่ทำการประกอบแล้วตามโครงสร้างที่ได้ออกแบบจะมีขนาดความยาว 415 มิลลิเมตร ความกว้าง 615 มิลลเมตร และมีความสูง 680 มิลลเมตร ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 โครงสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

2). ระบบส่งกำลัง

ชุดระบบส่งกำลังและถ่ายทอดกำลัง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง เพื่อถ่ายทอดกำลังไปยังเกียร์ทดขนาด 1:20 ด้วยโซ่ หลังจากนั้นส่งถ่ายกำลังไปยังชุดใบมีดตัด และส่งถ่ายกำลังไปยังชุดป้อนลำเลียงด้วยเฟืองและโซ่ เพื่อให้กลไกต่าง ๆ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ดังรูปที่ 3.5

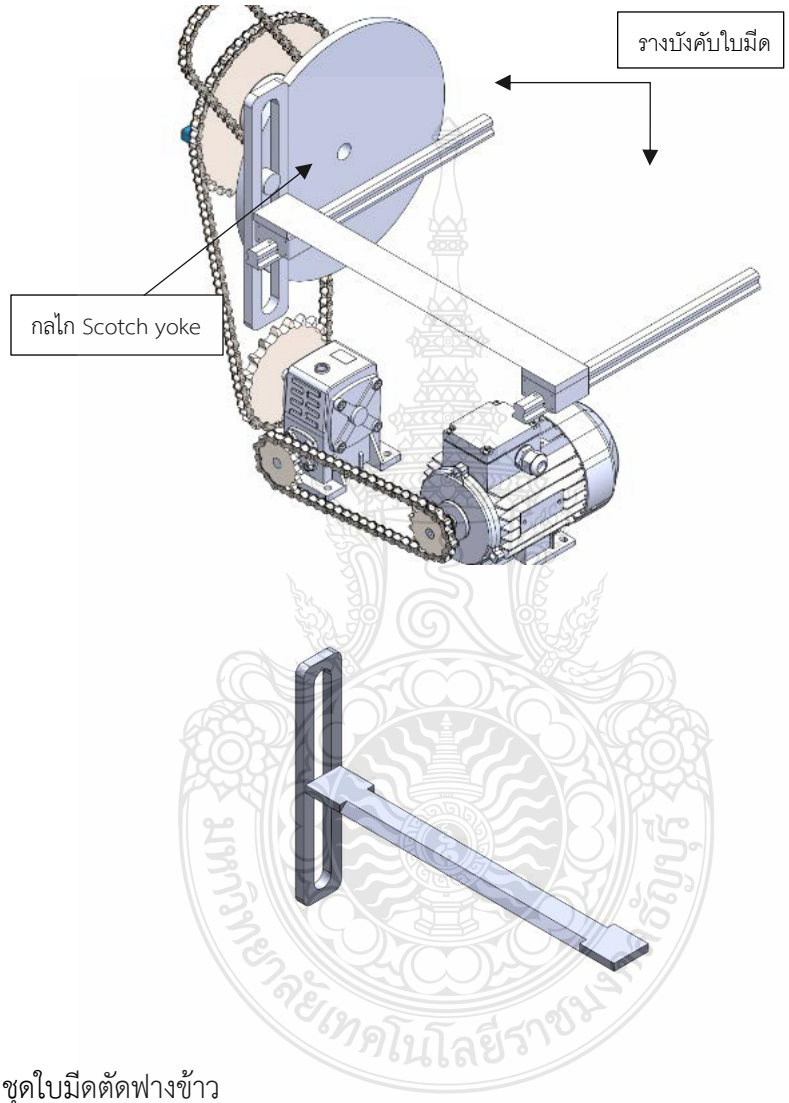


รูปที่ 3.5 ระบบส่งกำลัง

3). ใบมีดฟางข้าว

ใบมีดใช้ในการตัดฟางข้าวให้ขาดออกจากกัน โดยการใช้ใบมีดเป็นตัวตัด ซึ่งใบมีดจะถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับการตัดฟางข้าว ใบมีดทำจากแผ่นอะลูมิเนียม ใบมีดมีขนาดความยาว 350 มม. มีขนาดความกว้าง 50 มม. และมีขนาดความหนา 5 มม. ทำงานผ่านการควบคุมจังหวะในการตัดฟางข้าวด้วยกลไก scotch yoke โดยการออกแบบกลไกตัวนี้เพื่อให้ใบมีดเคลื่อนที่กลับไปและกลับมา จะทำให้ตัด

ฟางข้าวได้ต่อเนื่อง โดยจะมีรางบังคับยึดติดอยู่ที่หัวกับปลายใบมีดเพื่อให้ใบมีดเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงทำให้ได้ขนาดความยาวดังที่อยากได้ ชุดใบมีดมีลักษณะ ดังรูปที่ 3.6

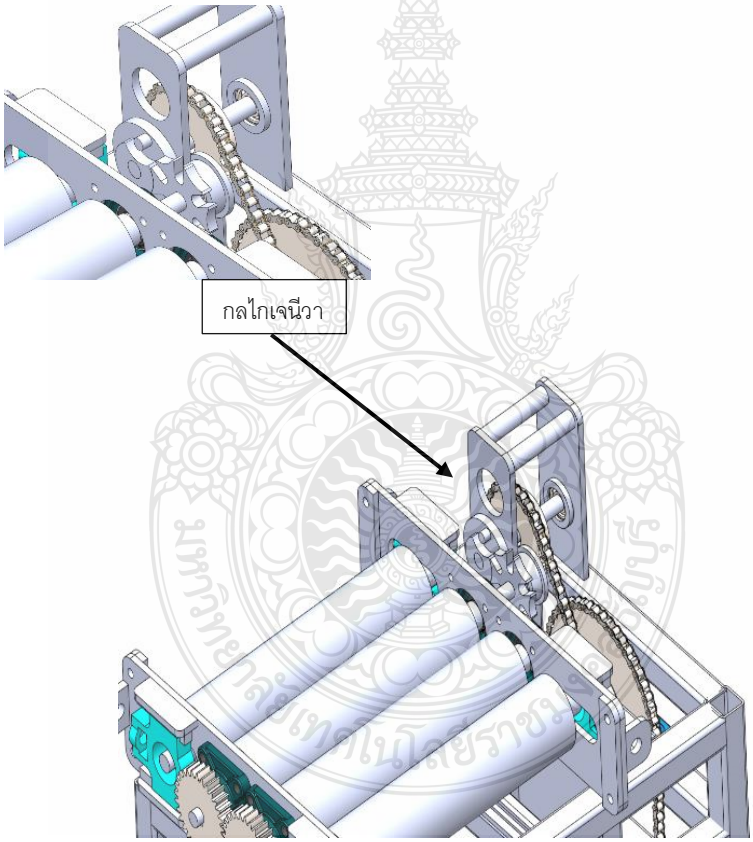


รูปที่ 3.6 ชุดใบมีดตัดฟางข้าว

4). ชุดป้อนลำเลียง

ชุดป้อนลำเลียงฟางข้าว ใช้ในการป้อนฟางข้าวเข้าไปยังชุดใบมีดเพื่อให้ชุดใบมีดตัดฟางข้าวให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ ชุดป้อนลำเลียงจะใช้กลไกเจนีวาในการทำงาน ตัวกำลังจะถูกส่งต่อกำลังมา

จากชุดใบมีดตัดมายังชุดป้อนลำเลียงฟางข้าว ซึ่งกลไกเจนีวาจะต่อเข้ากับเพลาที่ติดอยู่กับชุดป้อนลำเลียง โดยตัวชุดป้อนลำเลียงจะยึดติดกับกลไกเจนีวา เมื่อกลไกเจนีวาทำงานตัวลูกกลิ้งลำเลียงก็จะทำงานด้วย ชุดป้อนลำเลียงจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราการป้อนคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของมอเตอร์ ลูกป้อนทำจากเหล็กกลึงขึ้นรูป เป็นทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร จำนวน 4 ลูก ช่องลำเลียงฟางข้าวออกแบบให้มีช่องตรงกลางระหว่างชุดป้อนลำเลียง โดยการออกแบบได้ติดตั้งตัวตั้งชุดป้อนลำเลียงเพื่อที่จะสามารถจะลดระยะหรือเพิ่มระยะห่างให้ฟางข้าวสามารถลำเลียงลงไปได้ และเพื่อให้ไม่ให้ลูกกลิ้งลำเลียงลื่นเกินไปจึงทำลายที่ตัวลูกกลิ้ง ชุดป้อนลำเลียงมีลักษณะ ดังรูปที่แสดง 3.7



รูปที่ 3.7 ชุดป้อนลำเลียง

3) หลักการทำงานของเครื่อง

หลักการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าวที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นจะทำงานโดยอาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า ส่งถ่ายกำลังไปยังเกียร์ทดเพื่อให้มีความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมกับการทำงานในการตัดฟางข้าว เกียร์ทดจะส่งถ่ายกำลังไปยังเพลาหมุนเพื่อส่งกำลังมายังชุดใบมีดตัดฟางข้าว จากชุดใบมีดตัดฟางข้าวจะถูกส่งถ่ายกำลังไปยังชุดป้อนลำเลียงฟางข้าว และส่งถ่ายกำลังไปยังยังโซ่เพื่อขับเคลื่อนชุดกลไกต่าง ๆ ของเครื่อง เมื่อทำการใส่ฟางข้าวไปในช่องป้อน ชุดลูกกลิ้งป้อนฟางข้าวจะทำหน้าที่ป้อนฟางโดยจะป้อนผ่านชุดลำเลียงของเครื่องผ่านทางลูกกลิ้งลำเลียงฟางข้าว ชุดลำเลียงฟางข้าวจะทำการหมุนตามชุดกลไกเจนีวา ชุดกลไกเจนีวาจะเคลื่อนที่บังคับจังหวะการหมุนไปเรื่อยๆ เมื่อฟางข้าวตกลงมายังชุดใบมีด ใบมีดก็จะทำการตัดฟางข้าว ชุดใบมีดจะทำหารติดตั้งกับกลไก scotch yoke เพื่อให้ใบมีดเคลื่อนที่กลับไปและกลับมาจะทำให้ตัดฟางข้าวได้ต่อเนื่อง ชุดใบมีดจะมีรางบังคับยึดติดอยู่ที่หัวกับปลายใบมีดเพื่อให้ใบมีดเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงทำให้ได้ขนาดความยาวดังที่อยากได้ของการตัดตามแนวของใบมีด โดยจะทำงานกับชุดโซ่ และเฟือง และจะปล่อยให้ฟางข้าวตกลงทางด้านล่างของเครื่อง

4) การสร้างเครื่องต้นแบบ

ได้คำนวณและออกแบบขนาดต่าง ๆ ของเครื่องตัดฟางข้าวแล้ว จึงได้ทำการเขียนแบบทางวิศวกรรมและได้ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ ณ ภาควิชาวิศวะกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.3 วิธีการทดสอบ

การทดสอบเครื่องตัดฟางข้าวมีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ดำเนินการทดสอบดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักของฟางข้าวให้มีน้ำหนักเท่า ๆ กันทุกการทดสอบ

2. สำหรับการทดสอบความสามารถในการตัดฟางข้าว จะใช้ฟางข้าวทดสอบครั้งละ 500 กรัม โดยการทดสอบจะใช้ฟางข้าวที่มีขนาดความยาวใกล้เคียงกันในการทดสอบ การทดสอบที่มีความเร็วใบมีดที่ต่างกัน 3 ความเร็ว โดยความเร็วใบมีดที่ใช้ในการทดสอบคือ 3.03, 6.27 และ 7.80 เมตรต่อนาที หรือที่ความเร็วมอเตอร์ 500 1,000 และ 1,500 รอบต่อนาที ตามลำดับ และทดสอบมุมของใบมีดในการตัดฟาง

ข้าวโดยมุมของใบมีดที่ใช้ในการทดสอบคือ 25 องศา 45 องศา และ 65 องศา ดังรูปที่ 3.8 จับเวลาการทำงานของเครื่อง คำนวณความสามารถในการทำงาน และการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

3. โดยการทดสอบจะเปิดเครื่องแล้วจึงนำฟางข้าวใส่ลงไปในช่องป้อน เพื่อให้ฟางข้าวถูกลำเลียงไปยังชุดใบมีดตัด และให้เครื่องทำการตัดฟางข้าวให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ โดยในแต่ละการทดสอบจะทำการทดสอบจากใบมีดที่มุม 25 องศา แล้วจึงเริ่มการทดสอบที่ความเร็วต่าง ๆ หลังจากที่ทดสอบความเร็วของใบมีดที่มุม 25 องศา เสร็จแล้ว จึงถอดใบมีดแล้วนำใบมีดอันใหม่ที่ต้องการการทดสอบใส่เข้าไปแทน โดยจะทำการทดสอบทั้งหมด 5 ซ้ำ จับเวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด ซึ่งปัจจัยที่เอามาพิจารณาดังเช่น ความสามารถสำหรับการทำงาน เปอร์เซ็นต์ในการตัดฟางข้าว การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่อง

รูปที่ 3.8 ใบมีดที่ใช้ในการทดสอบ ที่มีมุมใบมีดต่างกัน

3.4 ทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว

การทดสอบเครื่องตัดฟางข้าวมีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องซึ่งปัจจัยที่มาพิจารณาได้แก่ ความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์ในการตัดฟางข้าว และก็การสิ้นเปลืองพลังงาน

ไฟฟ้า ตัวแปรที่ใช้สำหรับในการทดสอบ คือ ทดสอบความเร็วของใบมีดตัด โดยการทดสอบที่ความเร็วใบมีดนั้นทดสอบที่มีความเร็วต่างกัน 3 ความเร็วรอบ ที่ความเร็วใบมีด 3.03, 6.27 และ 7.80 เมตรต่อนาที และทดสอบมุมของใบมีด มุมของใบมีดตัดก็จะมีมุมแตกต่างกัน 3 มุม ที่มุมใบมีด 25 องศา 45 องศา และ 65 องศา โดยการทดสอบจะใช้ฟางข้าวที่มีขนาดความยาวเท่าๆกันตลอดการทดสอบ

(1) ความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว ได้แก่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักฟางข้าวที่ตัดได้ตามขนาดต่อเวลาที่ใช้ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.1)

$$Ca = \frac{w_1}{t} \tag{3.1}$$

เมื่อ Ca คือ ความสามารถในการทำงานจริง (kg/hr)

w_1 คือ น้ำหนักของฟางข้าวที่ตัดได้ตามขนาดที่ต้องการ (g)

t คือ เวลาที่ใช้ทั้งหมด (hr)

(2) เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการตัด (%)

อัตราส่วนระหว่างผลต่างของน้ำหนักของฟางข้าวที่ตัดได้ตามขนาด กับน้ำหนักของฟางข้าวทั้งหมด สามารถคำนวณได้จากสมการ (3.2)

$$Ac = \frac{w_1}{w_2} \times 100 \tag{3.2}$$

เมื่อ Ac คือ เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการตัดฟางข้าว (%)

w_1 คือ น้ำหนักของฟางข้าวที่ตัดได้ตามขนาดที่ต้องการ (g)

w_2 คือ น้ำหนักของฟางข้าวทั้งหมด (g)

(3) การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

ในการทดสอบเครื่องตัดฟางข้าว จะมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามาเกี่ยวข้องเนื่องจากมีอุปกรณ์ไฟฟ้ามาเป็นต้นกำลังและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้านี้จะมีผลต่อการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องตัดฟางข้าวซึ่งอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า สามารถคำนวณได้จากสมการ (3.3)

$$Pc = \frac{\mathrm{IVt}}{1000} \tag{3.3}$$

เมื่อ Pc คือ การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kw-hr)

I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t คือ เวลา (ชั่วโมง)

(4) วิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม จุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงาน จุดคุ้มทน และวิเคราะห์หาระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่อง แนวทางการประมาณค่าใช้จ่ายโดยรวม สำหรับเพื่อการใช้งาน โดยพิจารณาจาก เกษตรกรซื้อเครื่องแทนวิธีการใช้แรงงานแบบ เก่า ซึ่งรายจ่ายจะประกอบด้วยทุนคงเดิม รวมทั้งมีต้นทุนแปรผัน โดยเงินลงทุนคงเดิมดังเช่น ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาเมื่อราวอายุการใช้งานของเครื่องตัดฟางข้าวเท่ากับ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งค่าครองชีพที่เป็นต้นทุนคงเดิมจะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนของการใช้งานของเครื่อง แต่การวิเคราะห์จะไม่คิดต้นทุนคงเดิมเกี่ยวกับสัญญาประกันภัย ค่าภาษีอากร ค่าโรงเรือน รวมทั้งค่าแรงงานขนเครื่องไปปฏิบัติงานตามสถานที่ต่างๆฯลฯ สำหรับเงินลงทุนแปรผันซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนไปตามจำนวนของการทำงาน อย่างเช่น ค่าตอบแทนแรงงานคนเพื่อปฏิบัติงานร่วมกับเครื่อง ค่าไฟ ค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าบำรุงรักษารวมทั้งค่าปรับปรุงแก้ไขซ่อนแซม ฯลฯ

1. ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) คำนวณได้จากสมการที่ (3.4)

$$D = \left(\frac{P-S}{L}\right) \tag{3.4}$$

เมื่อ D = ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)

P = ราคาเครื่องจักร (บาท)

S = ค่าซาก (บาท)

L = อายุการใช้งาน (ปี)

2. ค่าดอกเบี้ย ค่าเสียโอกาสในการที่จะลงทุน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.5) [10]

$$I = \frac{(P+S)}{2} i \tag{3.5}$$

เมื่อ I = ค่าดอกเบี้ย (บาท/ปี)

P = ราคาเครื่องจักร (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

i = อัตราดอกเบี้ยทศนิยม

3. ระยะเวลาในการคืนทุน (Pay Back Period, PBP)

เป็นการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรว่ามีระยะเวลานานเท่าไร เมื่อลงทุนในเครื่องตัดฟางข้าวไปแล้วจะได้รายเงินทุนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปก่อนหน้านี้ภายในระยะเวลากี่เดือน ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (3.6)

$$PBP = \frac{P}{R} \tag{3.6}$$

เมื่อ PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

P = ราคาเครื่องจักร (บาท)

R = กำไรสุทธิ (บาท/ปี)

4. จุดคุ้มทุน (Break Even Point)

จุดคุ้มทุนในการทำงานของเครื่องคือจุดที่รายได้และรายจ่ายจากการใช้เครื่องมีค่าเท่ากัน หรือจุดที่ไม่ก่อให้เกิดผลกำไร คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่กับผลต่างระหว่างอัตราการรับจ้างและค่าใช้จ่ายผันแปร ดังสมการที่ (3.7)

$$BEP = \frac{F_c}{B-VC} \tag{3.7}$$

เมื่อ BEP = จุดคุ้มทุน (hr/year)

F_c = ค่าใช้จ่ายคงที่ (bath/year)

B = อัตราการรับจ้าง (bath/hr)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (bath/hr)

5. ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (Total Cost)

ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องตัดฟางข้าว ได้แก่ผลรวมรายจ่ายคงเดิมและก็รายจ่ายแปรผัน คำนวณได้จากสมการที่ (3.8)

$$TC = \frac{F_c}{X} + VC \tag{3.8}$$

เมื่อ TC = ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่อง (บาท/ชั่วโมง)

F_c = รายจ่ายคงเดิม (บาท/ปี)

X = ชั่วโมงการทำงานต่อปี (ชั่วโมง)

VC = รายจ่ายผันแปร (บาท/ชั่วโมง)

บทที่4
ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลของการศึกษาของงานวิทยานิพนธ์ วิธีการดำเนินงานวิทยานิพนธ์ที่ได้กล่าวมาแล้ว ได้ทำการแบ่งขั้นตอนในการทำงานออกเป็น 4 หัวข้อ ซึ่งประกอบด้วย

1. การศึกษาที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องตัดฟางข้าว
2. การออกแบบ และสร้างเครื่องตัดฟางข้าว
3. การทดสอบ และประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว
4. การวิเคราะห์ และประเมินผลเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

4.1 ผลการศึกษาที่จำเป็นเกี่ยวข้องกับฟางข้าว

4.1.1 ผลการศึกษาปัญหา และก็แนวทางสำหรับในการตัดฟางข้าว

ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับฟางข้าว สามารถสรุปได้ดังนี้

1) แรงงานที่มีเป็นแรงงานในชุมชน โดยจำนวนแรงงานในการตัดฟางข้าวขึ้นอยู่กับปริมาณฟางข้าวที่มี และขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภค

2) ค่าใช้จ่ายในการใช้แรงงานอยู่ที่วันละ 300 บาทต่อคน

3) จำนวนฟางข้าวที่ได้ต่อวัน โดยคิดที่ทำงานใน 1 วัน ใช้เวลา 8 ชั่วโมง จะเท่ากับ 15 กิโลกรัม ทั้นนี้คิดอยู่กับความชำนาญในการทำงาน

4) ปัญหาจากการตัดฟางข้าว

1. เงินที่ใช้จ่ายเบื้องต้นสำหรับการตัดฟางข้าว อยู่ที่ 150 บาทต่อ 1 วัน โดยจะประกอบไปด้วย ค่ามีด ค่ากรรไกร ค่าถุง ค่าถังเพื่อมาเป็นที่ใส่ฟางข้าว และอื่น ๆ

2. แรงงานในการตัดฟางข้าวมีน้อย การตัดฟางวข้าวในแต่ละวันจึงน้อยตามแรงงาน

3. มีความเมื่อล้า ความล่าช้า และมีความอันตรายจากการตัดฟางข้าว เช่น อุบัติเหตุจากการตัดฟางข้าว ที่กรรไกรหรือมีดอาจบาดมือได้

5) คุณลักษณะของเครื่องตัดฟางข้าวที่ต้องการ

1. ตัดฟางข้าวตามขนาดที่ต้องการ ตัดได้ต่อเนื่องและรวดเร็ว และทำงานโดยใช้ผู้ปฏิบัติการ 1 คน

2. ลดเวลาการทำงาน และทำงานได้เร็วกว่าแรงงานคน

3. ทนทาน แข็งแรง และราคาไม่แพง

4. สามารถบำรุงรักษาและซ่อมแซมได้ง่าย

4.1.2 ผลที่เกิดจากการเรียนรู้ลักษณะของฟางข้าว

ได้จากการศึกษาลักษณะทางของฟางข้าว มีข้อมูลดังนี้

1. ทำการเก็บฟางข้าว จำนวน 300 เส้น โดยทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของฟางข้าว เส้นผ่าศูนย์กลางของฟางข้าวจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2-4 มิลลิเมตร ±0.5 มิลลิเมตร และวัดความยาวของฟางข้าว ความยาวของฟางข้าวจะมีค่าเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 40-80 ซ.ม ±2 ซ.ม

ตารางที่ 4.1 ขนาดโดยเฉลี่ยของฟางข้าวแต่ละขนาด

ขนาดของฟางข้าว	ความยาว (cm)		เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	
	ขนาดอ้างอิง	จากการวัด	ขนาดอ้างอิง	จากการวัด
สั้นสุด	40	40.7	2	2.0
กลาง	60	60.9	3	3.0
ยาวสุด	80	80.9	4	4.1

2. นำค่าที่วัดได้จากในตารางมาบักทึก แล้วนำมาเป็นแนวทางทางในการออกแบบชุดป้อนลำเลียงฟางข้าว ผลการศึกษาฟางข้าวแห้งจาการสุ่มวัดขนาดจำนวน 300 เส้น ซึ่งวัดด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

หลังจากการรวบรวมข้อมูลพบว่าฟางข้าวมีขนาดความยาว 40-80 ซม. และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว 2-4 มิลลิเมตร ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวจึงได้ออกแบบ และกำหนดช่องป้อนลำเลียงให้สามารถปรับระยะห่างของชุดป้อนลำเลียงได้ ชุดป้อนฟางข้าวที่ให้ป้อนฟางข้าวลงไปนั้น ลูกป้อนฟางข้าวนั่นค่อนข้างที่จะลื่น ไม่สามารถป้อนฟางข้าวได้ ในการออกแบบจึงต้องมีการทำลายไว้ที่ผิวของลูกป้อนเพื่อที่จะได้ให้ชุดป้อนทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถปฏิบัติงานได้อย่าง

ต่อเนื่อง ส่วนต้นกำลังนั้นเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เพื่อที่จะส่งกำลังไปยังเกียร์ทดรอบที่อัตราทด 1:20 และส่งกำลังไปยังกลไกต่าง ๆ ของเครื่องตัดฟางข้าว เครื่องตัดฟางข้าวประกอบไปด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ 4 ส่วน คือ โครงสร้างเครื่อง ชุดป้อนลำเลียง ชุดใบมีด และระบบส่งกำลัง ซึ่งมีผลต่อการออกแบบดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการออกแบบโครงสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

โครงสร้างของเครื่องนั้นได้ออกแบบให้มีจุดที่ยึดใบมีดและส่วนประกอบอื่น ๆ โดยวางส่วนประกอบต่างๆ และยึดติดบนโครงสร้างด้วยสกรู โครงสร้างที่ออกแบบมีขนาดความยาว 415 มิลลิเมตร ความกว้าง 615 มิลลเมตร และมีความสูง 680 มิลลเมตร โดยวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นเหล็กฉากขนาด 38×38×3.2 มิลลิเมตร โดยเหล็กจะมีความเหนียวสามารถเจาะ ตัด ดัด หรือ เชื่อมได้ง่าย มีความแข็งแรง ราคาต่ำ และมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด

4.2.2 ผลการออกแบบชุดใบมีด

ชุดใบมีดที่ออกแบบจะทำหน้าที่ในการตัดฟางข้าวที่ถูกลำเลียงมาจากชุดป้อนซึ่งมีลักษณะการทำงาน คือ ฟางข้าวจะถูกป้อนลงมาเมื่อถึงใบมีด ฟางข้าวจะถูกตัดให้ขาดออกจากกัน โดยมีขนาดตามที่ชุดป้อนได้ป้อนลงมา มีส่วนประกอบสำคัญได้แก่

ใบมีด ทำจากอลูมิเนียมนำมาลับให้คม โดยยึดติดบนรางเลื่อนและต่อกลไก Scotch yoke เพื่อให้ใบมีดเคลื่อนที่แนวเดียวกันแบบกลับไปกลับมา และเคลื่อนที่ได้ต่อเนื่อง โดยใบมีดมีขนาดความยาว 350 มม. มีความกว้าง 50 มม. และมีความหนา 5 มม.

4.2.3 ผลจากการออกแบบระบบส่งกำลัง

ระบบส่งกำลังจะประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เฟืองโซ่ที่ชุดมอเตอร์อัตราทด 1: 20 เฟืองโซ่และโซ่ขับชุดใบมีดและชุดลำเลียง ซึ่งขนาดและอัตราทดที่เหมาะสม ได้แสดงการคำนวณใน ภาคผนวก ข

4.2.4 ผลการออกแบบชุดป้อนลำเลียง

ชุดป้อนลำเลียงฟางข้าวมีหน้าที่ในการคอยป้อนลำเลียงฟางข้าวเข้าไปยังชุดใบมีด ด้วยอัตราการป้อนคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของมอเตอร์

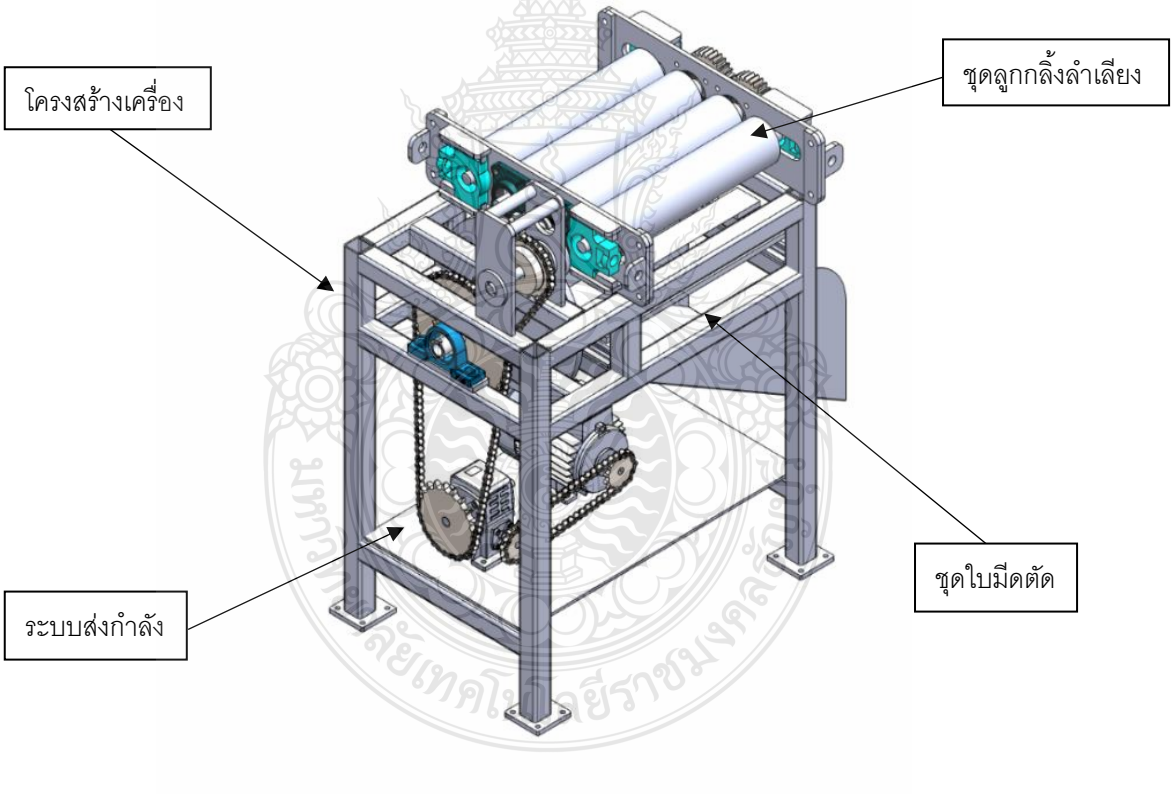
ลูกป้อนทำจากเหล็กกลึงขึ้นรูปเป็นทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มม. มีความยาว 350 มิลลิเมตร จำนวน 4 ลูก และเพื่อให้ไม่ให้ลูกกลิ้งลื่นเกินไปจึงทำลายที่ตัวลูกกลิ้ง

4.2.5 ผลการออกแบบช่องทางออกของฟางข้าว

ชุดป้อนลำเลียงจะทำหน้าที่ลำเลียงฟางข้าวลงในชุดของใบมีดเพื่อตัดฟางข้าวให้ขาดออกจากกันโดยมีขนาดตามที่ต้องการ และฟางข้าวที่ถูกตัดให้ขาดแล้วจะออกมาทางช่องออก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ช่องทางออกฟางข้าว ทำจากแผ่นเหล็ก มีลักษณะเป็น ยาว 420 มิลลิเมตร กว้าง 350 มิลลิเมตร ขนาดของช่อง 350 มิลลิเมตร

หลังจากได้คำนวณและออกแบบขนาดต่าง ๆ ของเครื่องตัดฟางข้าวแล้ว จึงได้ทำการเขียนแบบทางวิศวกรรม แสดงดังรูปที่ 4.1 เมื่อดำเนินการเขียนแบบเสร็จสิ้น จึงได้สร้างเครื่องตัดฟางข้าวต้นแบบตามที่ออกแบบไว้ จึงได้ทำการสร้างเครื่องตัดฟางข้าวต้นแบบ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 การเขียนแบบทางวิศวกกรรมการออกแบบทางเครื่องตัดฟางข้าว

รูปที่ 4.2 เครื่องตัดฟางข้าวที่ออกแบบและสร้างเสร็จ

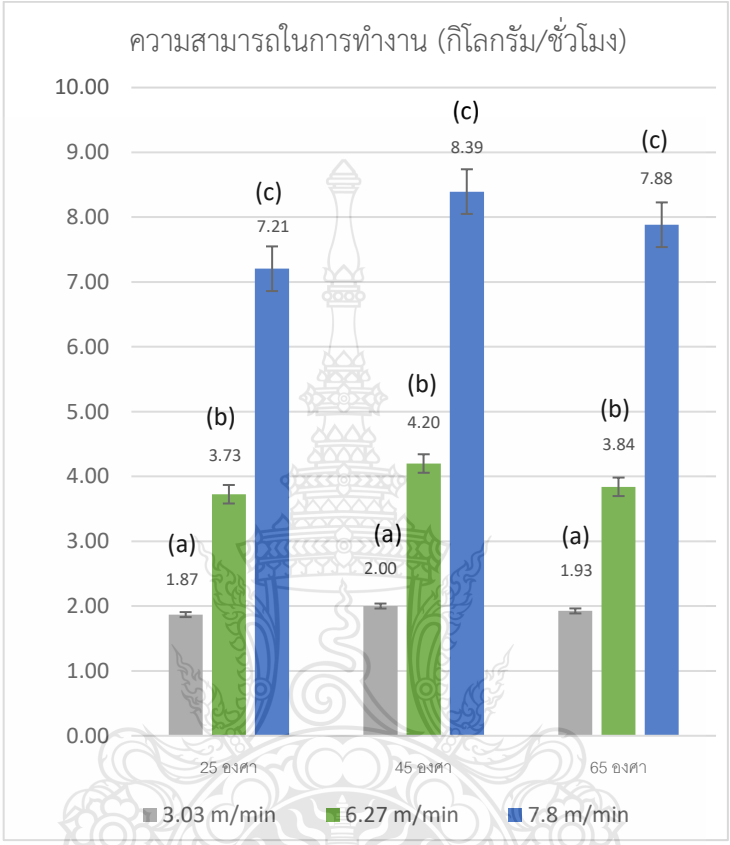
4.3 ผลการทดสอบเครื่องตัดฟางข้าว

ผลการทดสอบการตัดฟางข้าวที่ความเร็วใบมีด 3.03 6.27 และ 7.8 เมตรต่อนาที และทดสอบที่มุมใบมีด 25° 45° และ 65° เพื่อหาความสามารถในการตัดฟางข้าวที่ดีที่สุด โดยใช้ค่าชี้ผลการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำการตัดฟางข้าว และวิเคราะห์ประเมินผลเชิงเศรษฐศาตร์วิศวกรรม ดังนี้

4.3.1 ความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว

จากการวิเคราะห์ทางสถิต ดังรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการตัดฟางข้าวไม่ต่างอะไรกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ พบว่าความสามารถสำหรับในการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว จะเพิ่มมากขึ้นตามความเร็วใบมีดที่ความเร็วใบมีด 3.03 6.27 และ 7.8 เมตรต่อนาที ตามลำดับ โดยที่มีมุมใบมีดที่ต่างกันคือ มุม 25 45 และ 65 องศา โดยความสามารถที่ดีที่สุดจะอยู่ที่ความเร็วใบมีดที่ 7.8 เมตรต่อนาที และมีมุมใบมีดที่ 45 องศา ซึ่งมีความสามารถของการทำงานที่มากที่สุดคือ 8.39 กิลกรัม/ชั่วโมง โดยมุม 25 องศา กับมุม 65 องศา มีความารถในการทำงานคือ 7.21 และ 7.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ โดยมีความเร็วใบมีดเท่ากัน จะเห็นได้ว่า มุม 25 องศา กับมุม 65

องศา มีความสามารถสำหรับในการทำงานที่น้อยกว่า เกิดจากมุมในการตัดค่อนข้างที่จะน้อยและมากจนเกินไปจึงทำให้เวลาในการที่จะตัดฟางข้าว ทำให้ฟางข้าวไม่ขาดออกจากกัน



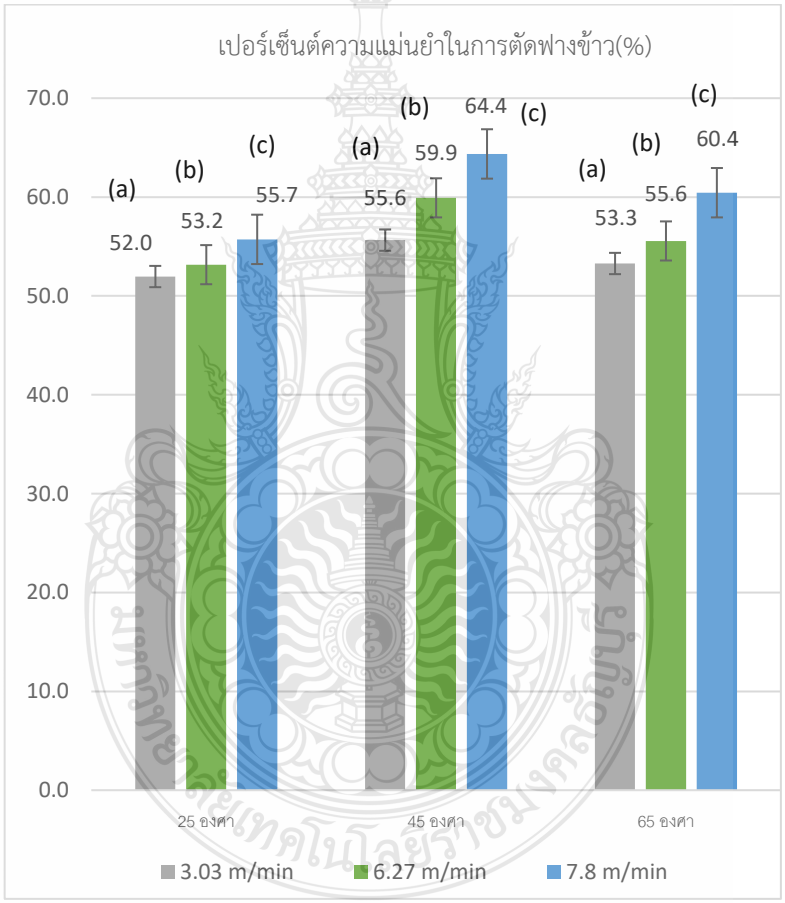
รูปที่ 4.3 แสดงความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว

abc ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะทดสอบแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.3.2 เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการตัดฟางข้าว

ผลจากการศึกษาค้นคว้าและทำการวิจัยทางสถิติ ดังรูปที่ 4.4 ชี้ให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการตัดฟางข้าวไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ ในการทดสอบที่แยกตามความเร็วใบมีดที่ 3.03 6.27 และ 7.8 เมตรต่อนาที และที่มุมใบมีด 25 45 และ 65 องศา พบว่าสามารถบอกได้ว่ายิ่งความเร็วเของใบมีดพิ่มมากขึ้นก็จะมีเปอร์เซ็นต์ในการตัดฟางข้าวเพิ่มมากขึ้นตามความเร็วของใบมีด แต่ทั้งนี้ผลการทดสอบของมุมใบมีด โดยเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการตัดดฟางข้าวที่น้อยที่สุดคือมุม 25° ซึ่งจะมีความแม่นยำในการทำงาน 51.96 % เนื่องจากแรงเฉือนของมุมใบมีดนั้นเป็นมุม

น้อยเกินไปจึงทำให้บางครั้งตัดฟางข้าวไม่ขาด จึงได้ประสิทธิภาพไม่มากพอ โดยเปอร์เซ็นต์ในการตัดฟางข้าวที่มากที่สุดจะอยู่ที่มุมใบมีด 45° ซึ่งจะมีค่าความแม่นยำในการตัดฟางข้าวอยู่ที่ 64.4 % ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ค่อนข้างน้อยสำหรับการทดสอบ จึงต้องมีการปรับปรุงแก้ไขต่อไปในอนาคต โดยเปอร์เซ็นต์ที่ตัดไม่ได้ตามขนาดจะเหลืออีก 35.6 % ที่ตัดไม่ได้ตามขนาด แต่สามารถนำกลับเข้าเครื่องตัดฟางข้าวอีกครั้งเพื่อทำการตัดใหม่หรืออาจจะใช้กรรไกรในการตัดฟางข้าวเพื่อให้ฟางข้าวเป็นเส้นเล็ก ๆ ตามขนาดที่ต้องการ และเนื่องจากสามารถนำฟางข้าวที่ตัดไม่ได้ตามขนาด สามารถนำมาทำให้ได้ตามขนาดได้ทั้งหมด จึงไม่มีเปอร์เซ็นต์สูญเสียในการทำงาน

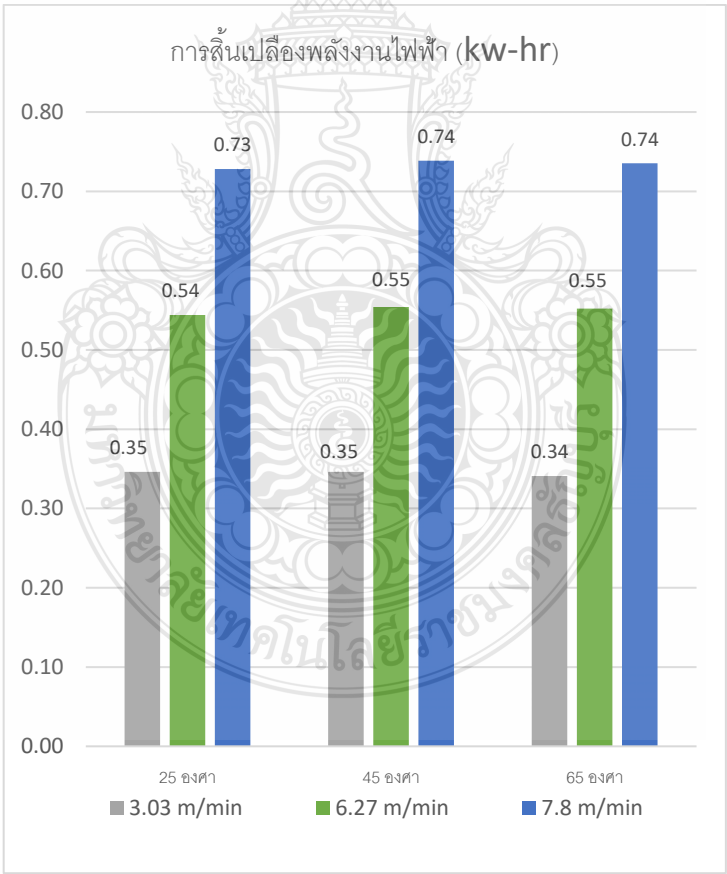


รูปที่ 4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์การตัดของเครื่องตัดฟางข้าวที่ความเร็วใบมีดที่ต่างกัน

abc ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่สภาวะของการทดสอบแสดงความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.3.4 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องตัดฟางข้าว

จากการทดสอบเครื่องตัดฟางข้าว ที่ความเร็วใบมีด 3.03 6.27 และ 7.8 เมตรต่อนาที และที่มุมใบมีด 25 45 และ 65 องศา จะพบว่าที่ความเร็วใบมีด 3.03 เมตรต่อนาที จะใช้กระแสไฟฟ้าน้อย อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องตัดฟางข้าวจะเพิ่มมากขึ้นตามความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้า ส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นด้วย เมื่อคำนวณหาอัตราการการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจึงมีค่าต่ำ และที่ความเร็วใบมีด 6.27 เมตรต่อนาที จะใช้กระแสไฟฟ้าในระดับปานกลาง และที่ความเร็วใบมีด 7.80 เมตรต่อนาที จะใช้กระแสไฟฟ้าในระดับสูง แต่ถ้าเทียบกับประสิทธิภาพในการทำงานแล้วถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและมีอัตราในการตัดฟางข้าวที่สูงที่สุด จึงนำเอาค่าของอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของความเร็วใบมีด 7.80 เมตรต่อนาที ไปคำนวณหาค่าไฟฟ้าในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ต่อไป



รูปที่ 4.5 การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

(ก) (ข)

รูปที่ 4.6 ก. ฟางข้าวก่อนจะเข้าเครื่องตัดฟางข้าว
ข. ฟางข้าวที่ตัดได้ตามขนาดที่ต้องการ

4.4 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

หลังจากทำการทดสอบของเครื่องตัดฟางข้าว ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้การปฏิบัติงานเพียงคนเดียว โดยความสามารถในการตัดฟางข้าวของเครื่องที่ดีที่สุดคือ 8.39 กิโลกรัม/ชั่วโมง เมื่อกำหนดให้เครื่องทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน ทำงานปีละ 250 วัน สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการตัดฟางข้าว จุดคุ้มทุน และระยะเวลาคืนทุนของเครื่องตัดฟางข้าวได้ดังต่อไปนี้

4.4.1 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

ทุนคงเดิม (Fixed cost) รวมทั้งทุนแปรผัน (Variable cost) ซึ่งมีเนื้อหาสำหรับในการคำนวณดังต่อไปนี้

1) ต้นทุนคงเดิม

ค่าเสื่อมราคา คิดค่าเสื่อมราคา (DP) แบบ Straight-line method DP = (P-S)/L

โดยที่ P หมายถึง ราคาซื้อของเครื่องจักร (บาท)

S หมายถึง ราคาขายหรือค่าคงเหลืออยู่เมื่อเครื่องจักรหมดอายุ (บาท)

L หมายถึง อายุการใช้งานของเครื่องจักร (ปี)

ราคาของเครื่องตัดฟางข้าวจากตารางที่ 4.2 พอๆกับ 66,000 บาท ให้ราคาซากของเครื่องตัดฟางข้าวเมื่อปลายปีที่ 5 มีมูลค่ายังเหลือ 10 เปอร์เซนต์ ของราคาต้นทุนเครื่อง

ฉะนั้น ราคาซาก = (10/100) × (66,000) = 6,600 บาท

ค่าเสื่อมราคา (DP) = (P-S)/L = (66,000-6,600) / 5 = 11,880 บาท

ดอกเบี้ยหรือค่าพลาดโอกาส (Interest on investment)

คิดค่าพลาดโอกาส I = ((P+S)/2) × (I/100)

โดยที่ I คืออัตราดอกเบี้ยต่อปี (เปอร์เซ็นต์) กำหนดให้อัตรดอกเบี้ยต่อปี เท่ากับ 10 %

ดังนั้น ค่าพลาดโอกาสต่อปี = ((66,000+6,600)/2) × (10/100) = 3,630 bath/year

รวมต้นทุนคงเดิมใน 1 ปี = 11,880 + 3,630 = 15,510 bath/year

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องตัดฟางข้าว

รายการ	**จำนวนเงิน (บาท)**
1. มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า	6,000
2. เกียร์ทด 1:20	3,000
3. วัสดุที่ใช้สร้างตัวเครื่อง	
- เหล็กกล่อง	1,000
- เหล็กแผ่น	5,000
- แผ่นอลูมิเนียม	1,000
- เฟืองโซ่และโซ่	3,000
- ตลับลูกปืนและลูกปืน	2,000
- ลูกป้อน	10,000
- รางลิเนียร์	3,000
- อื่นๆ เช่น น็อต แหวนรองน็อต	2,000
4. ค่าแรงการสร้างเครื่อง	30,000
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	66,000

2.) ต้นทุนแปรผัน (Variable cost)

1. ค่าบำรุงรักษา (Repair and maintenance) คิดเฉลี่ยประมาณวันละ 20 บาท ทำงาน 250 วัน ค่าบำรุงรักษา = 20 × 250 = 5,000 bath/year

2. ค่าไฟฟ้า จากการทดลองการสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 0.74 กิโลวัตต์ ราคาไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท ใน 1 ปี ทำงาน 250 วัน วันละ 8 ชั่วโมง คิดเป็นค่าไฟฟ้า = 0.74 × 4 × 250 × 8 = 5,920 bath/year

3. ค่าจ้างแรงงาน อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาท จำนวน 1 คน ทำงาน 250 วัน คิดเป็นค่าจ้างแรงงาน เท่ากับ 300 × 1 × 250 = 75,000 บาทต่อปี รวมต้นทุนผันแปร เท่ากับ 5,000 + 5,920 + 75,000 = 85,920 บาทต่อปี คิดต้นทุนในการใช้งานของเครื่องตัดฟางข้าว โดยรวมต้นทุนคงที่กับต้นทุนผันแปร เท่ากับ 15,510 + 85,920 = 101,430 bath/year

ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม) ของเครื่องตัดฟางข้าวที่ทำการตัดใน 1 ปี มรเวลาทำงาน 2,000 ชั่วโมง มีความสามารถในการทำงานคือ 8.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะได้เท่ากับ 101,430 / (2,000 × 8.39) = 6.04 บาทต่อกิโลกรัม

4.4.2 ช่วงเวลาคืนทุนของเครื่องตัดฟางข้าว

เนื้อหาของตัวแปรที่ใช้สำหรับเพื่อการคำนวณช่วงเวลาคืนทุนมีดังนี้

1. เงินลงทุนเปลี่ยน คือ ค่าผลบวกของค่าซ่อมบำรุงรวมทั้งรักษา ค่าไฟ ค่าตอบแทนของแรงงาน

2. เงินลงทุนรวมหมายถึงเงินลงทุนแปรผันรวมกับดอกเบี้ยผลตอบแทนที่ได้รับ คิดจากอัตราจ้างสำหรับในการตัดฟางข้าวคูณชั่วโมงการทำงานต่อปี อัตราค่าตัดฟางข้าวต่อชั่วโมง โดยใช้แรงงานคนของวิสาหกิจชุมชน 10 บาทต่อกิโลกรัม กับอัตราการทำงาน 8.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง = 83.9 บาทต่อชั่วโมง

3. ผลประโยชน์สุทธิ คือผลต่างระหว่างต้นทุนรวมกับประโยชน์ที่ได้รับ

4. ช่วงเวลาคืนทุน คือผลจากการหารระหว่างราคาซื้อเครื่องกับประโยชน์สุทธิ

ชั่วโมงในการทำงาน		2,000	ชั่วโมงต่อปี
ดอกเบี้ย		3,630	bath/year
ต้นทุนผันแปร		85,920	bath/year
ต้นทุนรวม	85,920 + 3630	= 89,550	bath/year
ผลประโยชน์ที่ได้รับ	2000 × 83.9	= 167,800	bath/year

ผลประโยชน์สุทธิ 167,800 - 89,550 = 78,250 bath/year

ระยะเวลาในคืนทุน (167,800/78,250) × 12 = 10.12 เดือน

ดังนั้น 1 ปี ทำงาน 2,000 ช่วโมง ระยะเวลาคืนทุนคือ 10.12 เดือน

4.4.3 การใช้แรงงานจุดคืนทุน

การใช้แรงงานจุดคืนทุน = รายจ่ายคงที่ / (อัตราค่าแรง – รายจ่ายสำหรับการปฏิบัติงาน) โดยที่รายจ่ายคงที่ = 15,510 bath/year

อัตราค่าจ้างการตัดฟางข้าว เท่ากับ 10 บาทต่อกก. เมื่อกระทำการเปรียบเทียบกับอัตราสำหรับในการทำงาน 8.39 กก./ชม. จะได้อัตราค่าจ้างคือ 10 × 8.39 = 83.9 บาทต่อชั่วโมง

จึงสรุปได้ว่าค่าใช้จ่ายในของเครื่องตัดฟางข้าวเท่ากับ 6.04 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการทำงาน 8.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะได้ค่าใช้จ่ายในการทำงาน = 6.04 × 8.39 = 50.7 บาทต่อชั่วโมง ดังนั้นในการใช้งานที่จุดคุ้มทุน เท่ากับ 15,510 / (52.6 – 38.3) = 467.4 ชั่วโมงต่อปี

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการเรียนรู้ปัญหารวมทั้งกรรมวิธีการตัดฟางข้าวของวิสาหกิจชุมชนของกลุ่มแม่บ้านแสงตะวัน การตัดฟางข้าวเป็นขั้นตอนนึงที่ต้องใช้แรงคนในการตัดเป็นหลัก ซึ่งเจอปัญหาในการตัดฟางข้าวหลายอย่าง เช่น ใช้เวลาในการตัดฟางข้าวค่อนข้างมาก ขนาดในการตัดฟางข้าวแต่ละครั้งมีขนาดความยาวไม่สม่ำเสมอกัน มีความเหนื่อย ความเมื่อยล้าในการทำงาน อาจจะเกิดอันตรายในการปฏิบัติงานได้ เช่น อันตรายจากการตัดฟางข้าว รวมถึงการขาดแคลนแรงงานในการตัดฟางข้าว ภายหลังที่ได้กล่าวมาทั้งสิ้นนั้น โดยเหตุนั้นทางคณะผู้จัดทำได้กระทำการออกแบบและก็สร้างเครื่องตัดฟางข้าว โดยศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ของฟางข้าว และวิธีการตัดที่เหมาะสมจนได้รูปแบบการทำงานของเครื่อง ซึ่งส่วนประกอบหลักมี 4 ส่วน คือ โครงสร้างของเครื่องตัดฟางข้าว ชุดใบมีด ชุดป้อนลำเลียง ต้นกำลังและระบบส่งกำลัง มีมอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง โดยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องตัดฟางข้าว โดยทำการทดสอบที่ความเร็วใบมีดที่ต่างกัน คือ 3.03 6.27 และ 7.8 เมตรต่อนาที และทำการทดสอบมุมของใบมีด ที่มุมใบมีด 25 45 และ 65 องศา ผลที่ได้จากการทดสอบ พบว่ามีความสามารถในการตัดฟางข้าวที่ดีที่สุด คือ 8.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อยู่ที่ความเร็วใบมีด 7.8 เมตรต่อนาที และมีมุมใบมีด 45 องศา และที่ความเร็วและองศาของใบมีดเดียวกันนั้น จะมีเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการตัดฟางข้าวคือ 64.4 เปอร์เซ็นต์ และจะมีการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าคือ 0.74 กิโลวัตต์-ชั่วโมง จากเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ พบว่าจะมีส่วนที่เหลือจากการตัดอยู่อีกจำนวนนึง จึงนำส่วนที่เหลือนำมาเข้าเครื่องตัดฟางข้าวอีกครั้ง หรืออาจจะใช้กรรไกรหรือมีดมาช่วยในการตัดฟางข้าวก็ได้เพื่อให้ฟางข้าวมีความยาวตามที่กำหนดไว้ จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรมพบว่าใน 1 ปี ใช้เครื่องตัดฟางข้าวดำเนินงาน 2,000 ชั่วโมงต่อปี โดยเหตุนี้ รายจ่ายสำหรับการดำเนินการของเครื่องตัดฟางข้าว 6.04 บาทต่อกิโล จะมีช่วงเวลาคืนทุน 10.12 เดือน หรือ 0.84 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับการตัดฟางข้าวด้วยแรงงานคน พบว่าเครื่องตัดฟางข้าวที่สร้างขึ้นมีความสามารถในการตัดฟางข้าวได้มากกว่าแรงงานคนอยู่ประมาณ 6.7 เท่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.การป้อนฟางข้าวควรป้อนแบบต่อเนื่อง ไม่ควรป้อนแบบครั้งเดียว เพราะอาจทำให้ชุดป้อนลำเลียงเกิดการติดขัดได้

2. ในการป้อนฟางข้าว ยังต้องใช้แรงงานคนในการป้อนจึงควรสร้างระบบชุดป้อนอัตโนมัติมาแทนแรงงานคนเพื่อสะดวกต่อการใช้งาน

3. ควรใช้ความเร็วใบมีดที่ 7.8 เมตรต่อนาที หรือมากกว่าเพื่อให้ใบมีดสามารถตัดฟางข้าวได้ดีมากขึ้น และไม่ควรใช้ความเร็วของใบมีดที่ต่ำกว่า 6.27 เมตรต่อนาที เพราะจะทำให้การตัดฟางข้าวไม่ได้ประสิทธิภาพตามที่ต้องการ

4. ควรลดระยะห่างระหว่างลูกป้อนกับใบมีดที่ห่างเกินไป เพื่อทำให้ได้ความแม่นยำในการตัดฟางข้าวเพิ่มมากขึ้น

บรรณานุกรม

[1] **ข้าว.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : www.th.wikipedia.org/wiki/ข้าว (20 มีนาคม 2563).

[2] **พันธุ์ข้าว.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : www.wongnai.com

[3] **ลักษณะของข้าว.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก :
http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book.html

[4] **กรมการข้าว.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก :
www.ricethailand.go.th/web/home/images/brps/text2559.pdf

[5] **ข้าว.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://saranukromthai.or.th/

[6] **กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ .**(ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://www.ricethailand.go.th/

[7] **กรมควบคุมมลพิษ.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : www.pcd.go.th/info_serv/air_straw.htm

[8] **ผลิตภัณฑ์จากฟางข้าว** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://pvlo-spr.dld.go.th

[9] **กลไก Geneva drive.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก:
https://en.wikipedia.org/wiki/Geneva_drive

[10] **กลไก Scotch yoke** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก :
https://en.wikipedia.org/ wiki/Scotch_yoke

[11] **เพลา.**(ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก :
http://engineerknowledge.blogspot.com/2008/10/shaft.html

[12] **มอเตอร์.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : https://th.wikipedia.org/wiki/มอเตอร์

[13] **โซ่.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก :
www.research-system.siam.edu/images/coop/The...of...of.../บทที่_2.pdf

[14] **การตัดเฉือน.** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://eu.lib.kmutt.ac.th

[15] สุภัทรา ขาวโต และวินัย กล้าจริง, 2550. **เครื่องหั่นฟาง** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47 : สาขาสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมศาสตร์, หน้า 207-214

[16] วัฒนา ภารัตนวงศ์ , ชัยวัฒน์ บุญน้อย และวิลาวัลย์ บุญศรี ประทัยเทพ, 2558. **เครื่องสับวัชพืช** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://www.thailis.or.th (28 มีนาคม 2563).

[17] ธนพร เสาวรัตน์ชัย, 2548. **เครื่องตัดกิ่งไม้ประสิทธิภาพสูงด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://www.thailis.or.th (29 มีนาคม 2563).

[18] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ ภูวนาท สินสวัสดิ์ และชัยยงค์ ศรีประเสริฐ, 2551. **เครื่องตัดท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง** วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี ปีที่ 6 ฉบับที่ 12 หน้า 19-26

[19] สุทัศน์ ยอดเพ็ชร มาโนช ริทินโย พงษ์ศักดิ์ นาใจคง และเหรียญ พลต้าง, 2549. **เครื่องหั่นสมุนไพร** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://www.thailis.or.th

[20] สุบิน ดอนคำเพ็ง, 2552. **เครื่องหั่นฟาง** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://www.thailis.or.th (29 มีนาคม 2563).

[21] วัฒนา ภารัตนวงศ์ , ชัยวัฒน์ บุญน้อย และวิลาวัลย์ บุญศรี ประทัยเทพ, 2558. **เครื่องสับวัชพืช** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://www.thailis.or.th (29 มีนาคม 2563).

[22] ภรต กุญชร ณ อยุธยา และวีระพงษ์ กาญจนวงศ์กุล, 2542. **เครื่องสับฟางสำหรับเครื่องเก็บเกี่ยวนวดข้าว** การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาวิศวกรรมศาสตร์ หน้า 392-396 (29 มีนาคม 2563).

[23] ทศพล ชาบัวน้อย ณัฐดนย์ พรรณุเจริญวงษ์ และ ฉัตรชัย เบญจปิยะพร **เครื่องสับฟางแบบต่อพ่วง 3 จุด** (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://www.thailis.or.th (12 เมษายน 2563).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางรวบรวมข้อมูลและผลการทดสอบ

ตารางที่ ก.1 วัดความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ของฟางข้าวขนาดสั้น

no.	ความยาวของฟางข้าว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (cm)
1	39.2	1.7
2	41.8	1.8
3	40.1	2.2
4	36.2	2.1
5	41	2
6	38	2.4
7	37.5	1.9
8	44.3	1.7
9	42.4	1.6
10	39.9	2.4
11	42.6	2.2
12	40	2.3
13	36.7	1.8
14	45.2	1.7
15	36.4	2.2
16	39.8	2.2
17	41	2.1
18	40.3	2
19	41.5	2.4
20	38.3	2.3
21	43.2	1.6
22	37.8	1.9
23	39.5	2
24	46.2	1.8
25	42.3	1.7
26	37.4	2.2

ตารางที่ ก.1 วัดความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ของฟางข้าวขนาดสั้น

no.	ความยาวของฟางข้าว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (cm)
27	36.2	2.1
28	41.3	2.4
29	40.1	1.8
30	39	1.9
31	38.8	2
32	41.2	1.7
33	42.3	2.2
34	38.5	2.4
35	39.6	1.8
36	40.9	2.5
37	41.7	2.4
38	42.1	2.1
39	41.2	2.2
40	39.2	1.7
41	38.6	1.6
42	45.2	1.9
43	44.4	1.8
44	43.2	2.1
45	40.3	2.5
46	38.2	1.9
47	38.2	2.2
48	37.2	2
49	35.5	1..8
50	39.3	2.1
51	43.2	1.9
52	42.3	2.2

ตารางที่ ก.1 วัดความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ของฟางข้าวขนาดสั้น

no.	ความยาวของฟางข้าว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (cm)
53	43.6	2
54	41.2	1.7
55	40.3	1.9
56	43.5	2.3
57	40.1	2.4
58	38.2	2.3
59	39.5	1.8
60	36.7	1.9
61	41.2	1.7
62	35.2	1..8
63	43.2	1.9
64	39.3	2.1
65	42.7	1.8
66	41.9	2.3
67	41.2	2.5
68	38.3	2.2
69	45.9	1.9
70	39.6	1.6
71	39	1.8
72	38.6	1.8
73	42.5	2
74	41.2	1.9
75	37.3	2.2
76	38.9	2.1
77	41.8	2
78	42.1	1.7

ตารางที่ ก.1 วัดความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ของฟางข้าวขนาดสั้น

no.	ความยาวของฟางข้าว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (cm)
79	47.3	1.7
80	38.2	1.9
81	46.3	1.8
82	43.2	2.3
83	37.6	2.6
84	39.3	2.4
85	43.3	2.1
86	41.3	1.8
87	39.1	1.6
88	45.8	1.5
89	44.3	1.6
90	45	2
91	38.6	2.3
92	41.8	1.9
93	42.2	2.1
94	43.1	2.2
95	40	2.3
96	42.3	1.8
97	39.7	1.7
98	45.3	1.9
99	40.2	2.3
100	41	2.1

ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังนี้

ขนาดความยาวของฟางข้าว (cm)

ความยาวของฟางข้าว มากสุด = 47.3

ความยาวของฟางข้าว น้อยสุด = 35.2

ค่าเฉลี่ย = 40.7

เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (mm)

เส้นผ่านศูนย์กลาง ใหญ่สุด = 2.6

เส้นผ่านศูนย์กลาง เล็กสุด = 1.5

ค่าเฉลี่ย = 2.0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตารางที่ ก.2 วัดความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ของฟางข้าวขนาดกลาง

no.	ความยาวของฟางข้าว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (cm)
1	57.2	2.8
2	58.3	2.9
3	62.3	3.2
4	61.4	3.1
5	59.6	3.4
6	63.2	2.7
7	63.1	2.9
8	65.4	2.8
9	54.3	3.2
10	55.6	3.5
11	59.8	3.4
12	56.7	2.8
13	63.2	2.7
14	62.5	2.6
15	59.8	2.5
16	60.1	3
17	61.2	3.4
18	63.9	3.2
19	58.3	2.9
20	59.7	2.7
21	54.6	2.6
22	56.3	2.8
23	62.4	3.4
24	63.9	3.2
25	65.1	3.5

ตารางที่ ก.2 วัดความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ของฟางข้าวขนาดกลาง

no.	ความยาวของฟางข้าว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (cm)
26	67.3	2.8
27	69.2	2.9
28	65.5	2.8
29	64.2	2.7
30	58.2	3.5
31	59.6	3.6
32	57.5	3.1
33	58.6	3.3
34	62.3	3.6
35	65.1	2.8
36	60.4	2.5
37	64.2	2.6
38	63.6	2.9
39	52.3	2.7
40	53.4	3.3
41	56.9	2.4
42	58.6	2.9
43	61.4	3.2
44	59.6	3.5
45	57.2	3.4
46	58.6	3.6
47	61.5	3
48	56.4	2.9
49	62.1	2.8
50	64.7	3.2
51	68.2	3.6

ตารางที่ ก.2 วัดความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ของฟางข้าวขนาดกลาง

no.	ความยาวของฟางข้าว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (cm)
52	63.3	3.1
53	62.2	2.8
54	56.8	2.9
55	59.3	2.7
56	67.1	2.6
57	62.4	3.1
58	58.1	3.6
59	59.3	3.3
60	58.5	3.3
61	62.5	3.2
62	63.4	2.7
63	61.9	2.9
64	57.7	2.8
65	58.9	2.6
66	59.8	2.6
67	62.1	3.1
68	63.9	3.2
69	65.9	2.9
70	67.6	2.8
71	64.9	2.9
72	58.3	2.7
73	56.4	3
74	59.6	3.6
75	61.5	3.4
76	54.2	3.5
77	65	3.1

ตารางที่ ก.2 วัดความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ของฟางข้าวขนาดกลาง

no.	ความยาวของฟางข้าว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (cm)
78	62.1	2.9
79	58.7	2.7
80	59.2	2.8
81	66.3	2.9
82	64.1	3.2
83	62.3	3.4
84	58.6	3.1
85	59.3	2.7
86	57.2	2.8
87	59.6	2.9
88	62.3	2.6
89	61.2	2.7
90	55.3	2.9
91	61.3	3.2
92	64.9	3.3
93	68.2	3.5
94	57.2	3.6
95	59.3	3.4
96	56.3	2.7
97	62.7	2.5
98	66.3	2.6
99	61.2	2.9
100	60	3

ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังนี้

ขนาดความยาวของฟางข้าว (cm)

ความยาวของฟางข้าว มากสุด = 69.2

ความยาวของฟางข้าว น้อยสุด = 52.3

ค่าเฉลี่ย = 60.9

เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (mm)

เส้นผ่านศูนย์กลาง ใหญ่สุด = 3.6

เส้นผ่านศูนย์กลาง เล็กสุด = 2.4

ค่าเฉลี่ย = 3.0

ตารางที่ ก.3 วัดความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ของฟางข้าวขนาดยาว

no.	ความยาวของฟางข้าว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (cm)
1	80.3	4.2
2	76.4	4.1
3	78.3	3.8
4	82.1	3.5
5	54.3	3.7
6	85.2	4
7	79.4	4.3
8	78.6	4.2
9	74.3	3.9
10	87.5	3.7
11	86.4	3.6
12	84.3	4.5
13	82.1	4.4
14	84.1	4.1
15	86.3	4.2
16	87.5	3.9
17	75.6	3.8
18	81.5	3.6
19	86.2	4
20	78.1	4.2
21	79.3	4.3
22	75.4	4.3
23	78.2	4.1
24	76.9	4.6
25	87.2	4.2
26	84.5	3.8

ตารางที่ ก.3 วัดความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ของฟางข้าวขนาดยาว

no.	ความยาวของฟางข้าว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (cm)
27	88.8	3.7
28	81.3	3.9
29	75.4	3.6
30	76.7	4
31	79.8	4.3
32	84.9	4.1
33	85.7	3.8
34	84.6	3.9
35	76.8	3.5
36	75.5	3.9
37	76.8	4.2
38	84.2	4.6
39	81.2	3.5
40	87.7	4.1
41	85.5	4
42	84.1	4.6
43	76.3	3.8
44	84.2	3.9
45	74.9	4.6
46	78.6	4.1
47	75.8	4.3
48	74.2	3.6
49	76.6	3.5
50	85.4	3.9
51	86.2	3.8
52	84.6	4.2

ตารางที่ ก.3 วัดความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ของฟางข้าวขนาดยาว

no.	ความยาวของฟางข้าว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (cm)
53	82.2	4.5
54	84.3	4.3
55	79.9	4.6
56	78.5	3.6
57	78.6	4.5
58	76.1	3.9
59	78.5	4.4
60	75.6	4.2
61	79.8	4.1
62	86.3	4
63	84.9	4.3
64	85.7	4.1
65	84.6	3.8
66	82.1	3.7
67	83.1	3.9
68	84.1	4.6
69	78	4.3
70	76.3	4.2
71	79.8	4.5
72	76.9	3.6
73	87.2	3.8
74	84.6	4.3
75	86.1	4.5
76	84.2	4.7
77	86.3	4.6
78	85.2	4.1

ตารางที่ ก.3 วัดความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ของฟางข้าวขนาดยาว

no.	ความยาวของฟางข้าว (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (cm)
79	84.6	4.4
80	85.5	3.8
81	75.5	3.7
82	76.1	3.6
83	76.9	3.9
84	78.3	4.1
85	84.2	4.3
86	81.2	3.7
87	82.8	3.9
88	86.1	4.2
89	76.5	4.6
90	79.8	4.4
91	78	4.3
92	78.3	3.8
93	74.4	3.7
94	79.8	4
95	81.4	4.2
96	79.3	3.8
97	86.2	4.3
98	81.2	3.9
99	79.8	3.6
100	78.8	4

ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังนี้

ขนาดความยาวของฟางข้าว (cm)

ความยาวของฟางข้าว มากสุด = 88.8

ความยาวของฟางข้าว น้อยสุด = 74.2

ค่าเฉลี่ย = 81.1

เส้นผ่านศูนย์กลางของฟางข้าว (mm)

เส้นผ่านศูนย์กลาง ใหญ่สุด = 4.7

เส้นผ่านศูนย์กลาง เล็กสุด = 3.5

ค่าเฉลี่ย = 4.0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ตารางที่ ก.4 ตารางรวบรวมข้อมูลและผลการทดสอบความเร็วของใบมีดที่ต่างกัน และมุมของใบมีดที่ 25°

มุมของใบมีด	ความเร็วตัดของใบมีด (m/min)	ครั้งที่	น้ำหนัก (g)	เวลาที่ใช้ (min)	ผลการตัด	
					ตัดได้ตามขนาด	ตัดไม่ได้ตามขนาด
25°	3.03	1	500	8.1	255	245
		2	500	8.2	258	242
		3	500	8.5	264	236
		4	500	8.5	262	238
		5	500	8.4	260	240
	ค่าเฉลี่ย			8.3	260	240
	6.27	1	500	4.1	264	236
		2	500	4.1	263	237
		3	500	4.4	267	233
		4	500	4.3	265	235
		5	500	4.5	270	230
	ค่าเฉลี่ย			4.3	266	234
	7.8	1	500	2.5	285	215
		2	500	2.1	273	227
		3	500	2.4	280	220
		4	500	2.4	279	221
		5	500	2.2	276	224
	ค่าเฉลี่ย			2.3	279	221

ตารางที่ ก.5 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องตัดฟางข้าว ที่ความเร็วของใบมีดต่างกัน และมุมของใบมีดที่ 25°

มุมของใบมีด	ความเร็วตัดของใบมีด (m/min)	ครั้งที่	ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)	ความแม่นยำ (%)	ความสิ้นเปลืองพลังงาน (kw-hr)
25°	3.03	1	1.89	51.0	0.38
		2	1.89	51.6	0.34
		3	1.86	52.8	0.35
		4	1.85	52.4	0.33
		5	1.86	52	0.33
	ค่าเฉลี่ย		1.87	52.0	0.35
	6.27	1	3.86	52.8	0.55
		2	3.85	52.6	0.54
		3	3.64	53.4	0.52
		4	3.70	53	0.56
		5	3.60	54.0	0.55
	ค่าเฉลี่ย		3.73	53.2	0.54
	7.8	1	6.84	57.0	0.74
		2	7.80	54.6	0.71
		3	7.00	56.0	0.72
		4	6.98	55.8	0.74
		5	7.53	55.2	0.73
	ค่าเฉลี่ย		7.21	55.7	0.73

ตารางที่ ก.6 ตารางรวบรวมข้อมูลและผลการทดสอบความเร็วของใบมีดที่ต่างกัน และมุมของใบมีดที่ 45°

มุมของใบมีด	ความเร็วตัดของใบมีด (m/min)	ครั้งที่	น้ำหนัก (g)	เวลา (min)	ผลการตัด	
					ตัดได้ตามขนาด	ตัดไม่ได้ตามขนาด
45°	3.03	1	500	8.3	275	225
		2	500	8.4	282	218
		3	500	8.1	270	230
		4	500	8.5	285	215
		5	500	8.4	279	221
	ค่าเฉลี่ย			8.3	278	222
	6.27	1	500	4.2	298	202
		2	500	4.1	290	210
		3	500	4.3	303	197
		4	500	4.5	307	193
		5	500	4.3	300	200
	ค่าเฉลี่ย			4.3	300	200
	7.8	1	500	2.3	320	180
		2	500	2.1	315	185
		3	500	2.5	332	168
		4	500	2.4	324	176
		5	500	2.2	318	182
	ค่าเฉลี่ย			2.3	322	178

ตารางที่ ก.7 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องตัดฟางข้าว ที่ความเร็วของใบมีดต่างกัน และมุมของใบมีดที่ 45°

มุมของใบมีด	ความเร็วตัดของใบมีด (m/min)	ครั้งที่	ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)	ความแม่นยำ (%)	ความสิ้นเปลืองพลังงาน (kw-hr)
45°	3.03	1	1.99	55.0	0.32
		2	2.01	56.4	0.36
		3	2.00	54.0	0.34
		4	2.01	57.0	0.35
		5	1.99	55.8	0.36
	ค่าเฉลี่ย		2.00	55.6	0.35
	6.27	1	4.26	59.6	0.56
		2	4.24	58.0	0.55
		3	4.23	60.6	0.54
		4	4.09	61.4	0.55
		5	4.19	60.0	0.57
	ค่าเฉลี่ย		4.20	59.9	0.55
	7.8	1	8.35	64.0	0.73
		2	9.00	63.0	0.72
		3	7.97	66.4	0.74
		4	8.10	64.8	0.76
		5	8.67	63.6	0.74
	ค่าเฉลี่ย		8.39	64.4	0.74

ตารางที่ ก.8 ตารางรวบรวมข้อมูลและผลการทดสอบความเร็วของใบมีดที่ต่างกัน และมุมของใบมีดที่ 65°

มุมของใบมีด	ความเร็วตัดของใบมีด (m/min)	ครั้งที่	น้ำหนัก (g)	เวลาที่ใช้ (min)	ผลการตัด	
					ตัดได้ตามขนาด	ตัดไม่ได้ตามขนาด
65°	3.03	1	500	8.1	262	238
		2	500	8.4	267	233
		3	500	8.2	265	235
		4	500	8.5	270	230
		5	500	8.3	268	232
	ค่าเฉลี่ย			8.3	266	234
	6.27	1	500	4.4	278	222
		2	500	4.5	283	217
		3	500	4.2	275	225
		4	500	4.5	280	220
		5	500	4.1	273	227
	ค่าเฉลี่ย			4.3	278	222.2
	7.8	1	500	2.2	298	202
		2	500	2.4	307	193
		3	500	2.3	302	198
		4	500	2.1	294	206
		5	500	2.5	310	190
	ค่าเฉลี่ย			2.3	302	198

ตารางที่ ก.9 ตารางผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องตัดฟางข้าว ที่ความเร็วของใบมีดต่างกัน และมุมของใบมีดที่ 65°

มุมของใบมีด	ความเร็วตัดของใบมีด (m/min)	ครั้งที่	ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)	ความแม่นยำ (%)	ความสิ้นเปลืองพลังงาน (kw-hr)
65°	3.03	1	1.94	52.4	0.33
		2	1.91	53.4	0.35
		3	1.94	53	0.33
		4	1.91	54	0.34
		5	1.94	53.6	0.36
	ค่าเฉลี่ย		1.93	53.3	0.34
	6.27	1	3.79	55.6	0.55
		2	3.77	56.6	0.55
		3	3.93	55.0	0.56
		4	3.73	56.0	0.54
		5	4.00	54.6	0.56
	ค่าเฉลี่ย		3.84	55.56	0.55
	7.8	1	8.13	59.6	0.72
		2	7.68	61.4	0.74
		3	7.88	60.4	0.74
		4	8.40	58.8	0.74
		5	7.44	62.0	0.73
	ค่าเฉลี่ย		7.88	60.4	0.73

ภาคผนวก ข

การคำนวณค่าชี้ผลการทดสอบ

การคำนวณและออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบ

ในการคำนวณและออกแบบเครื่องต้นแบบ จะใช้เกณฑ์การออกแบบข้อมูลเบื้องต้น และผลการศึกษาต่างๆ ที่แสดงไว้ในวิธีการ ซึ่งมีรายละเอียดการออกแบบ และการคำนวณ ดังต่อไปนี้

1. แสดงตัวอย่างการคำนวณหาความเร็วมอเตอร์ที่เหมาะสม

ในตอนแรกของระบบส่งกำลังใช้สายพานซึ่งคำนวณได้จากสมการดังนี้

อัตราทดที่ส่งกำลังด้วยสายพาน

d = เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)

n = จำนวนรอบ (รอบ/นาที)

$$d_1 \times n_1 = d_2 \times n_2$$

ทำการคำนวณความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้าที่ 1,500 rpm โดยจะมีพู่เล่ที่ติดอยู่กับมอเตอร์ 2 นิ้ว หรือ 50.8 mm. และมีพู่เล่ตาม 4 นิ้ว หรือ 101.6 mm.

แทนค่า $50.8 \times 1500 = 101.6 \times n_2$

ดังนั้น $n_2 = 750$ รอบ/นาที

ซึ่งก่อนเข้ามอเตอร์ทดกำลังจะมีความเร็วรอบ = 750 รอบ/นาที

ซึ่งชุดมอเตอร์ทดกำลังมีอัตราส่วนเท่ากับ 1:20 ซึ่งทำให้ความเร็วรอบที่ออกจากมอเตอร์ทดกำลังจะมีค่าเท่ากับ

$$\frac{750}{20} = 37.5 \text{ รอบ/นาที}$$

เมื่อได้ความเร็วที่ออกจากมอเตอร์ทดกำลังแล้ว หาความเร็วที่ส่งต่อไปยังชุดใบมีดของเครื่องตัดฟางข้าว โดยมีพู่เล่ขนาด 10.5 นิ้ว หรือ 266.7 mm.

สูตรอัตราการหาอัตราทด (i) ของเฟือง

คือ $$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

แทนค่า $$\frac{37.5}{n_2} = \frac{266.7}{63.5}$$ = 8.92 รอบ/นาที

ดังนั้นจะได้ความเร็วของชุดใบมีด เท่ากับ 8.9 รอบ/นาที

หาความเร็วเชิงเส้นของใบมีดตัดฟางข้าว โดยใบมีดจะติดอยู่กับจานใบมีด ขนาด 11 นิ้ว หรือ 304.8 mm. หาได้จากสมการ

$$V_c = \frac{\pi \times D_c \times n}{1{,}000}$$

แทนค่า $$V_c = \frac{\pi \times 279.4 \times 8.9}{1{,}000}$$ = 7.80 เมตรต่อนาที

ดังนั้น จะได้ความเร็วของใบมีดที่เป็นความเร็วเชิงเส้น เท่ากับ 7.8 เมตรต่อนาที

2. แสดงตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการตัดฟางข้าว

ตัวอย่าง การคำนวณหาความสามารถในการตัดฟางข้าว ที่มีความเร็วใบมีด 7.8 เมตรต่อนาที

$$J = \frac{W}{t} = \frac{0.5\ kg}{2.2\ min} \times 60$$

น้ำหนักของฟางข้าว (W) = 0.5 kg

เวลาที่ใช้ในการตัดฟางข้าว (t) = 2.2 min

ดังนั้น ความสามารถในการตัด (J) = 8.39 kg/hr

3. แสดงตัวอย่างการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการตัดฟางข้าว

ตัวอย่างการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการตัดฟางข้าว ที่ความเร็วใบมีด 7.8 เมตรต่อนาที

เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการตัดฟางข้าว $(\%) = \frac{\text{น้ำหนักของฟางข้าวที่ตัดได้ตามขนาด}}{\text{น้ำหนักของฟางข้าวทั้งหมด}} \times 100$

น้ำหนักของฟางข้าวที่ตัดได้ตามขนาด = 332 กรัม

น้ำหนักของฟางข้าวทั้งหมด = 500 กรัม

เปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการตัด = 66.4 %

4. แสดงตัวอย่างการคำนวณหาการสิ้นเปลืองไฟฟ้าของเครื่องตัดฟางข้าว

การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (kW.hr) = $\frac{IVt}{1,000}$

I = 0.42 A

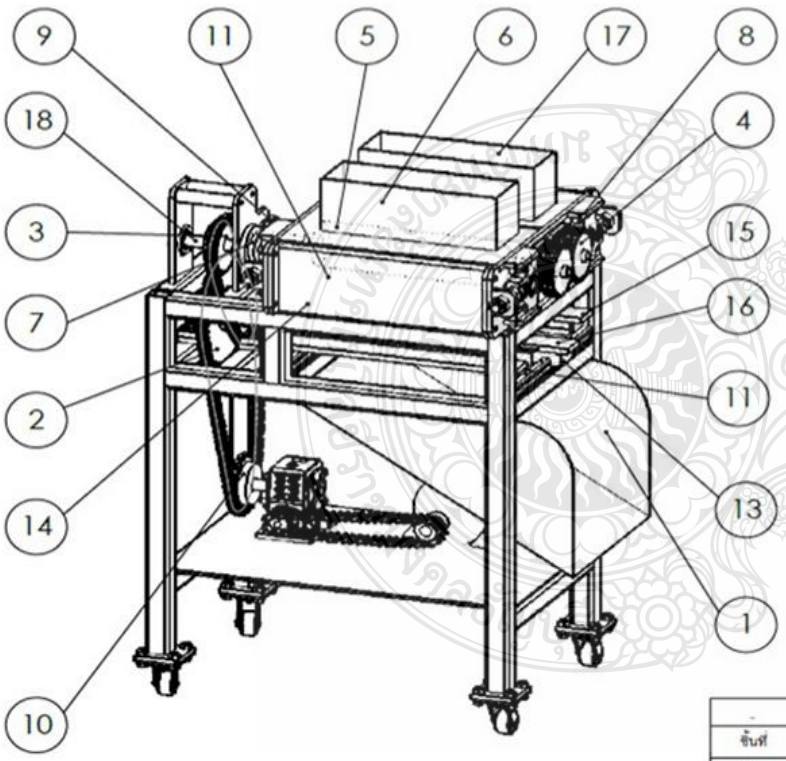
V = 220 V

t = 8 hr

การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า = $\frac{(0.42 \times 220 \times 8)}{1,000}$ = 0.74 kW·hr

ภาคผนวก ค

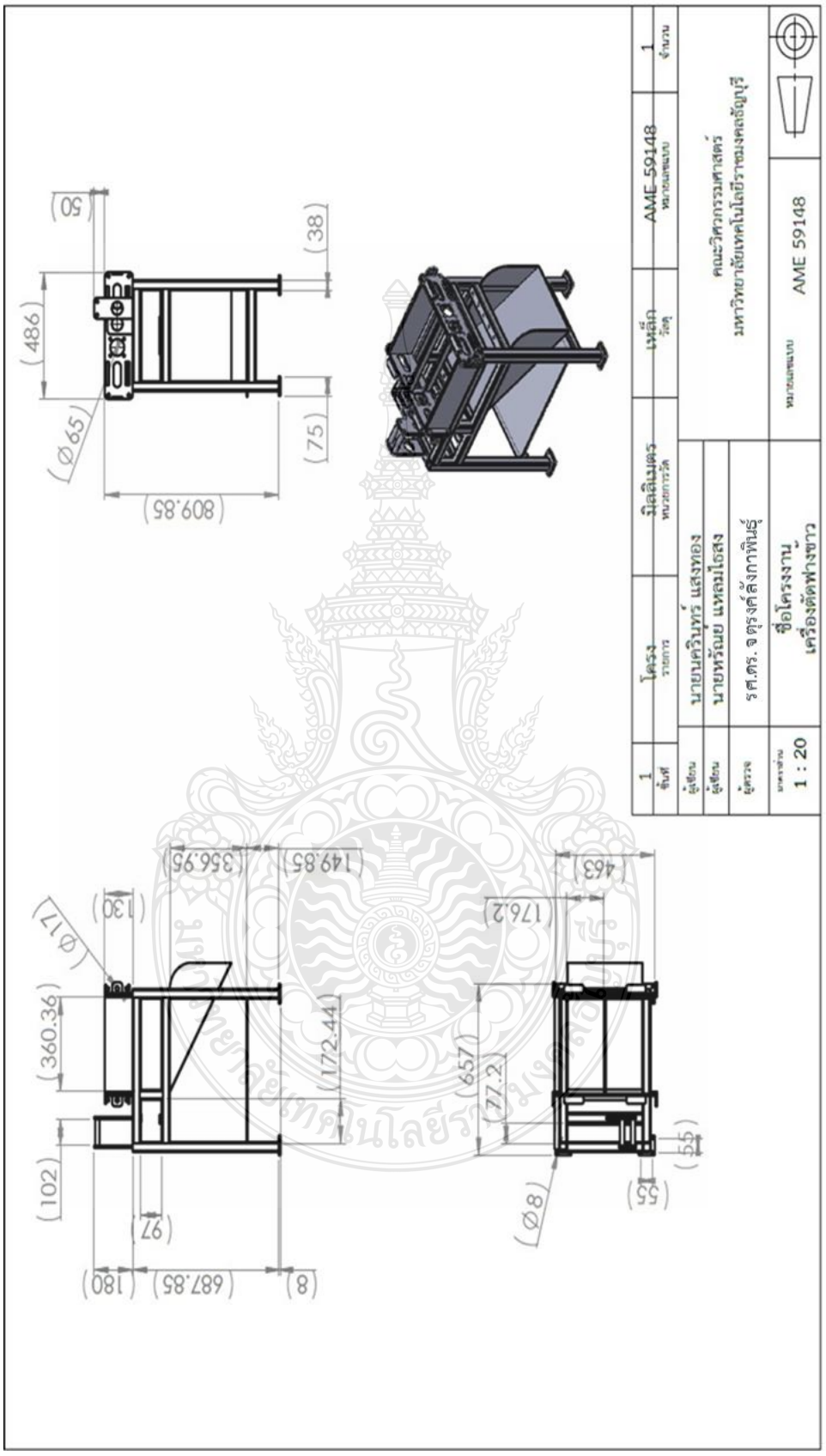
การเขียนแบบทางวิศวกรรม

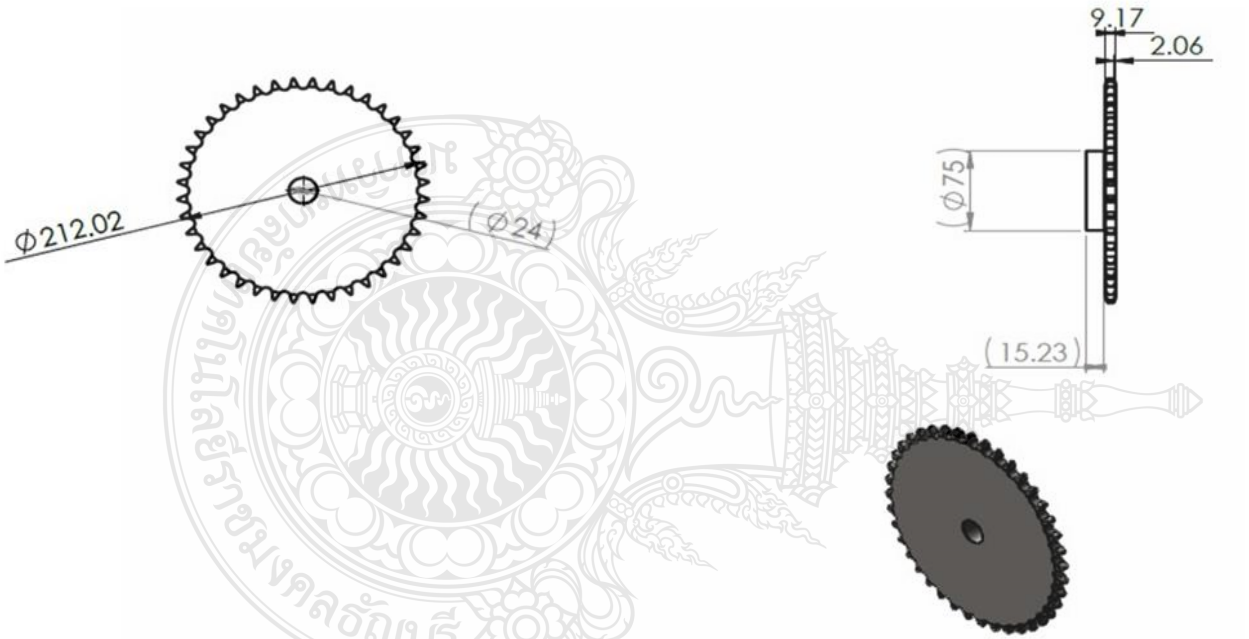


ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY .
1	โครง	เหล็ก	1
2	เฟืองใหญ่	เหล็ก	1
3	เฟืองขับเจนิวา	เหล็ก	1
4	เฟืองขับลูกปอน	เหล็ก	2
5	ลูกปอนตัวขับ	เหล็ก	2
6	ลูกปอนตัวตาม	เหล็ก	2
7	ตัวเตะเจนิวา	เหล็ก	1
8	บูชลูกปืน	เหล็ก	3
9	เจนิวา	เหล็ก	1
10	เฟืองขับมอเตอร์	เหล็ก	1
11	รางสไลด์	เหล็ก	2
12	แป้นเตะควบคุมใบมีด	เหล็ก	1
13	ตัวสไลด์	เหล็ก	2
14	รางสล็อตขับใบมีด	เหล็ก	1
15	ชุดใบมีดบน	อลูมิเนียม	2
16	ชุดใบมีดล่าง	อลูมิเนียม	1
17	ฝาปิดบน	เหล็ก	1
18	เพลา	เหล็ก	1

-	ภาพระเบิด	มิลลิเมตร	-	AME 59148	1
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

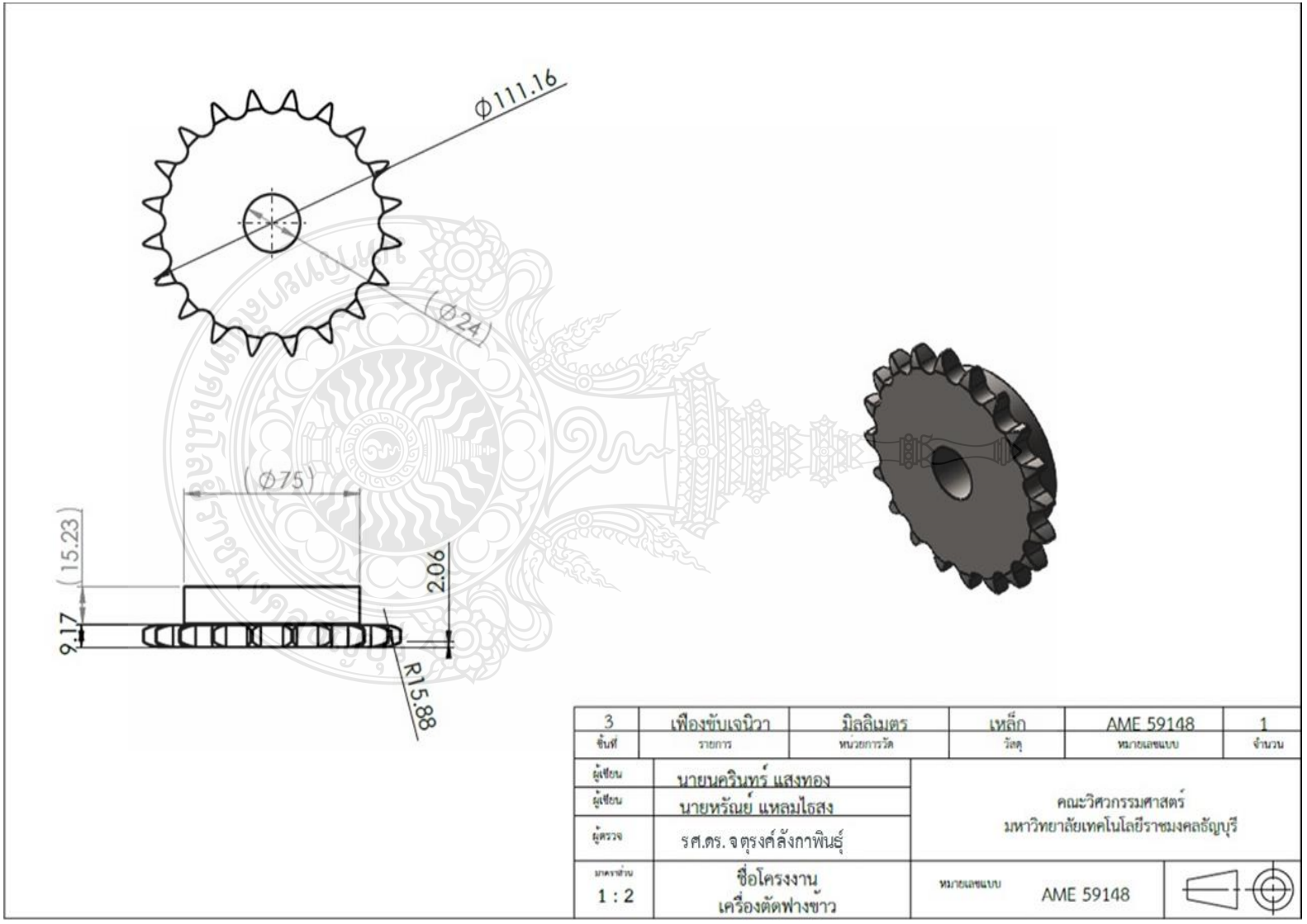
ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 10	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148


คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
AME 59148
AME-59148
ชื่อโครงงาน
เครื่องตัดฟางข้าว
1 : 20
นายนครินทร์ แสงทอง
นายพรัณย แหลมโสม
ร.ศ.ดร. จตุรงค์ ลิ่งกาพันธุ์
1
(809.85)
(486)
(Ø65)
(75)
(38)
(50)
(687.85)
(180)
(8)
(97)
(102)
(360.36)
(172.44)
(130)
(Ø17)
(356.95)
(149.85)
(176.2)
(463)
(657)
(77.2)
(55)
(Ø8)



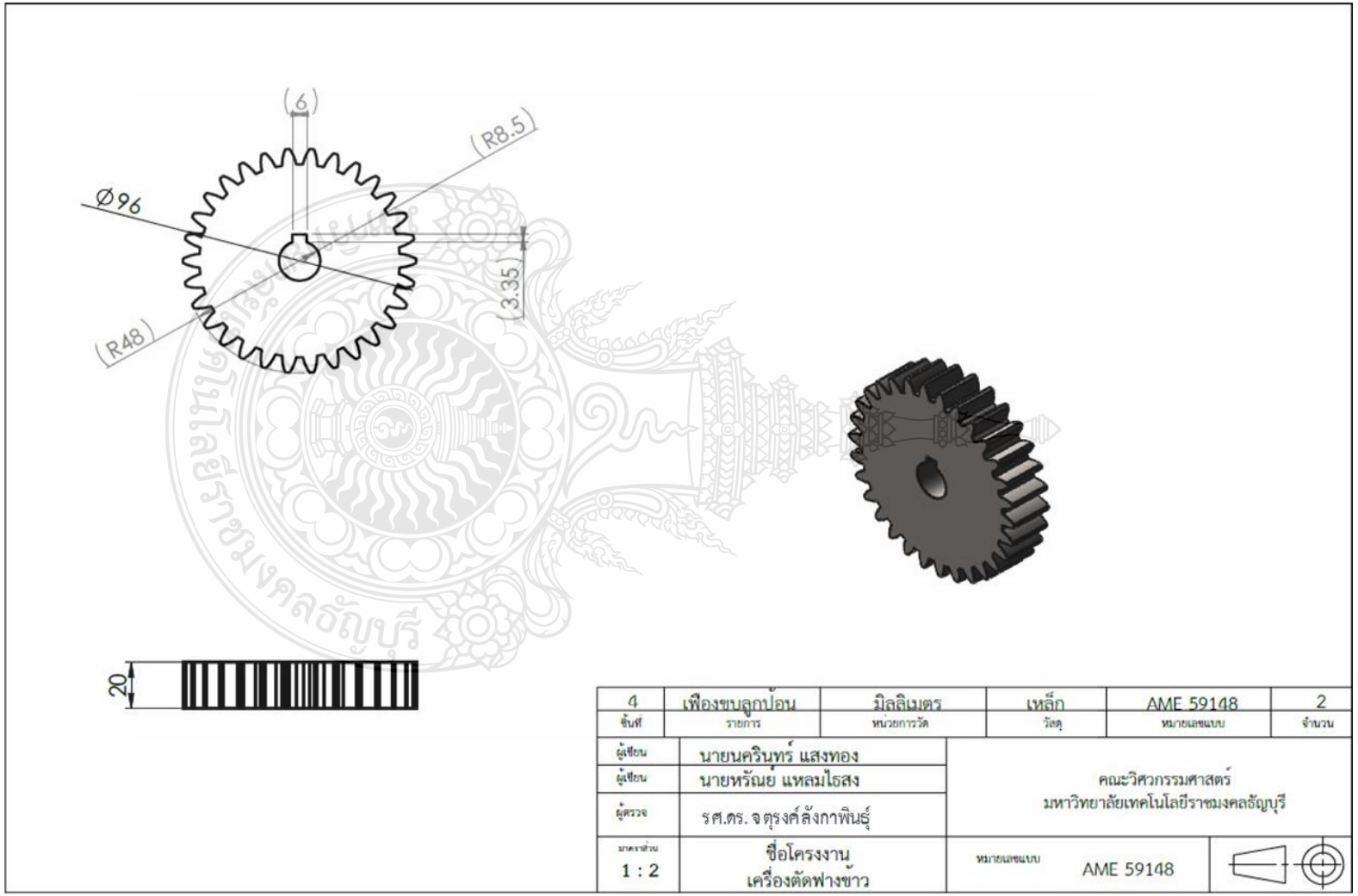
2	เฟืองใหญ่	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	1
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 5	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148



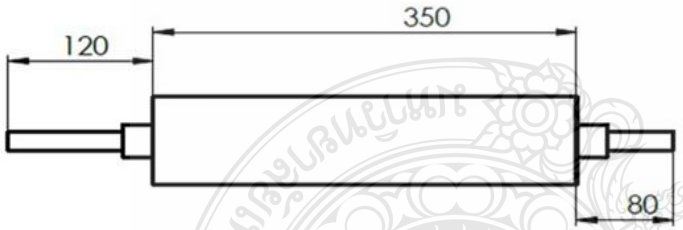
ชิ้นที่ 3	รายการ เฟืองขับเจนิวา	หน่วยการวัด มิลลิเมตร	วัสดุ เหล็ก	หมายเลขแบบ AME 59148	จำนวน 1
ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง				
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง				
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์				
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว			หมายเลขแบบ AME 59148	

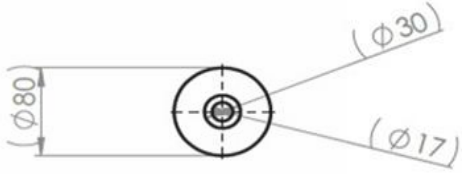
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

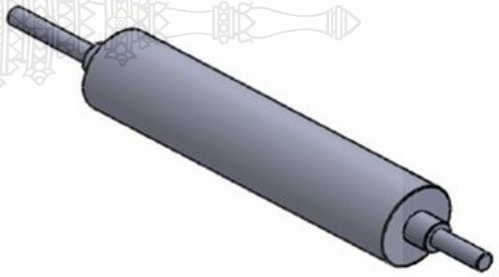


4	เฟืองขบลูกปั๊อน	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	2
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148

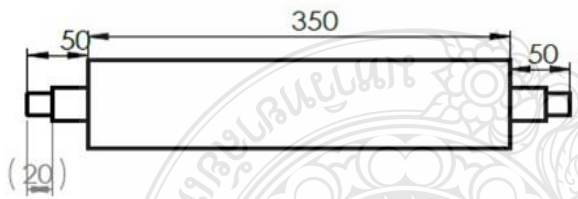


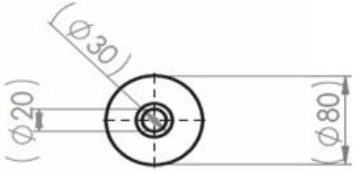


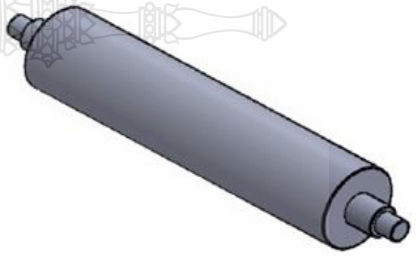


5	ลูกป้อนตัวขับ	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	2
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 5	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148

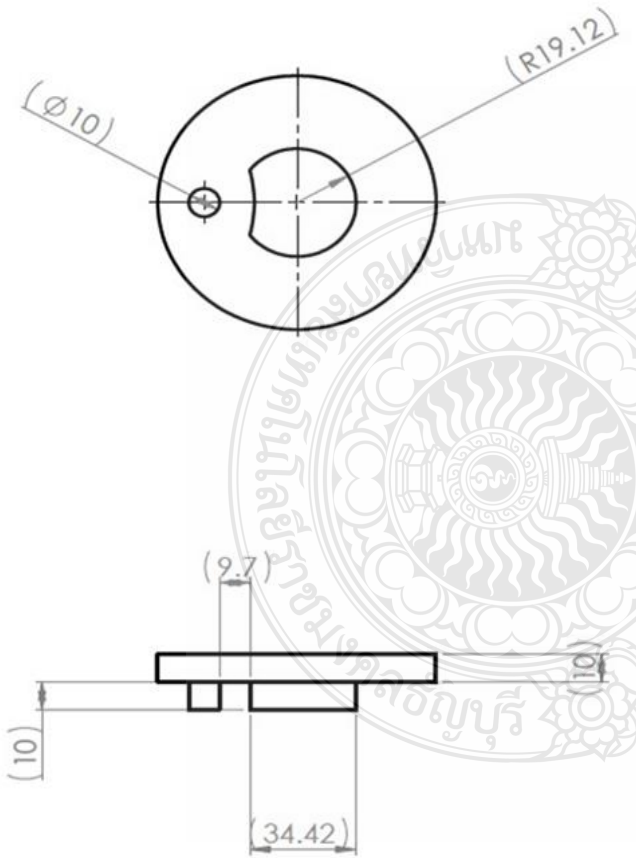






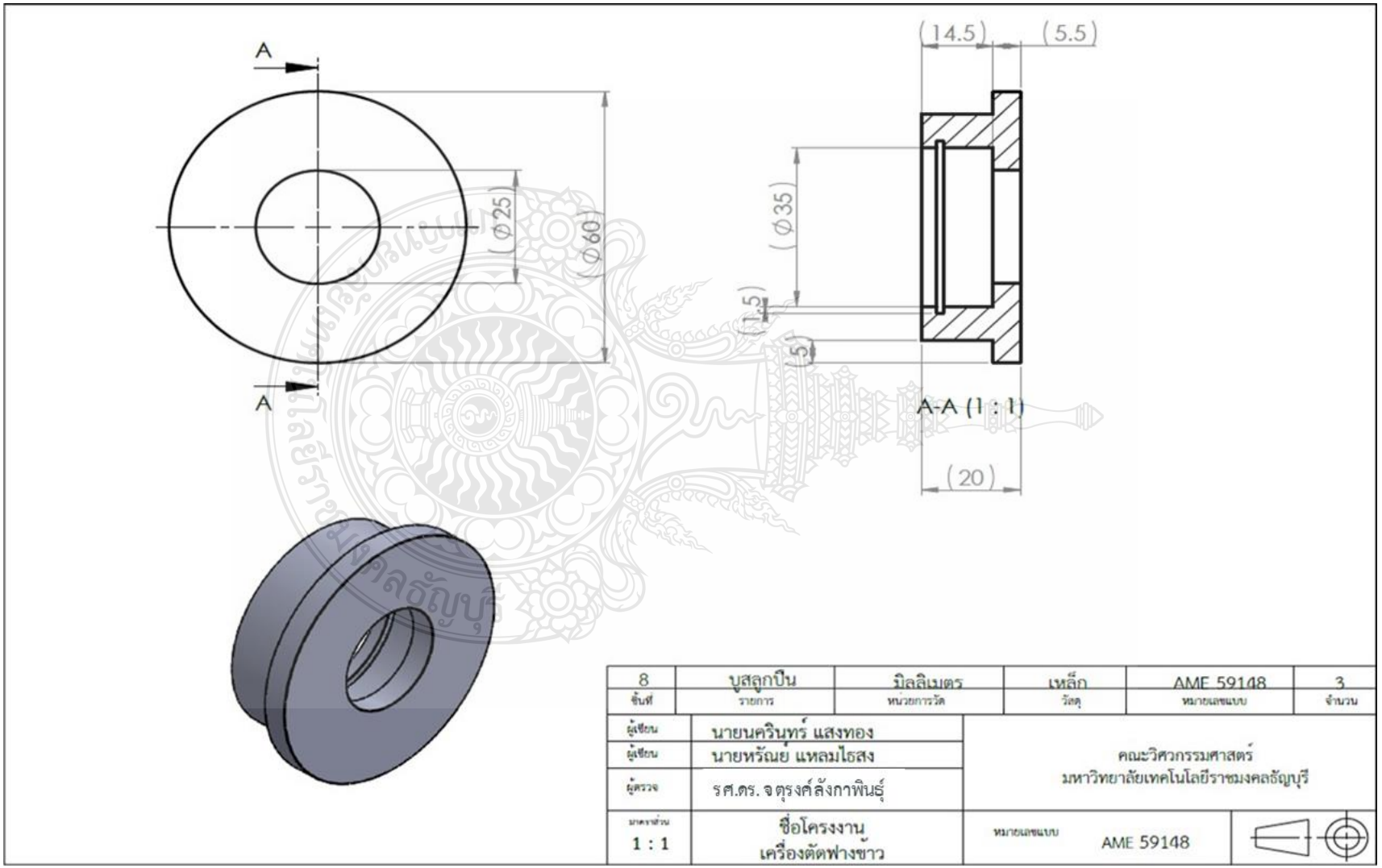
6	ลูกป้อนตัวตาม	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	2
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 5	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148



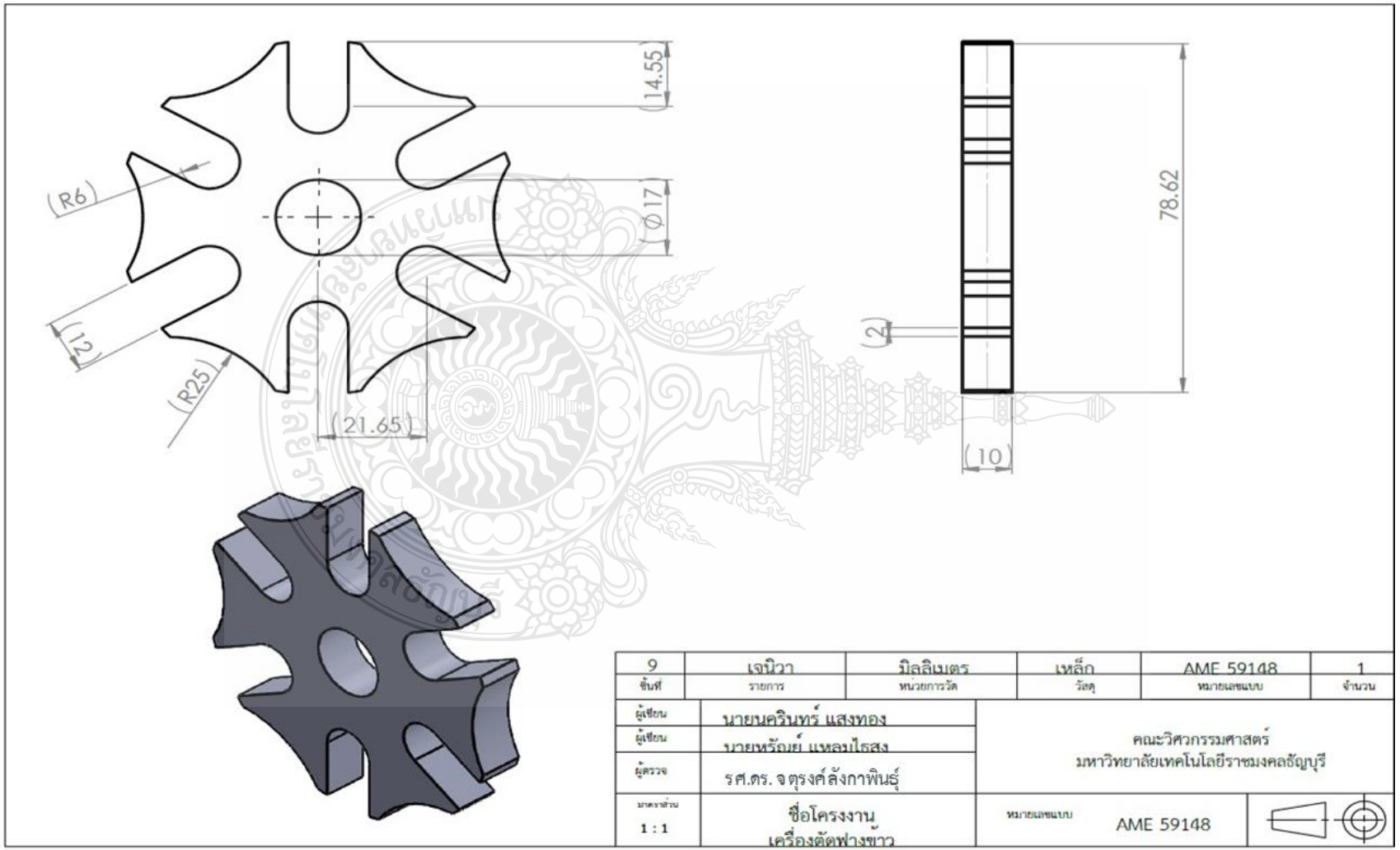
7	ตัวเตะเจนิวา	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	1
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

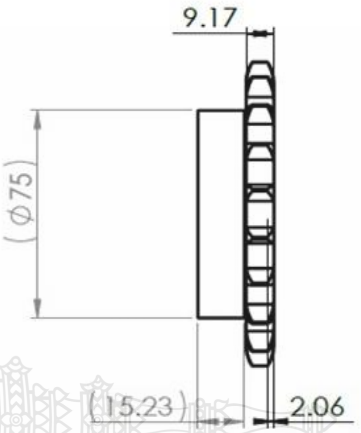
ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148



8	บูสลูกปืน	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	3
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

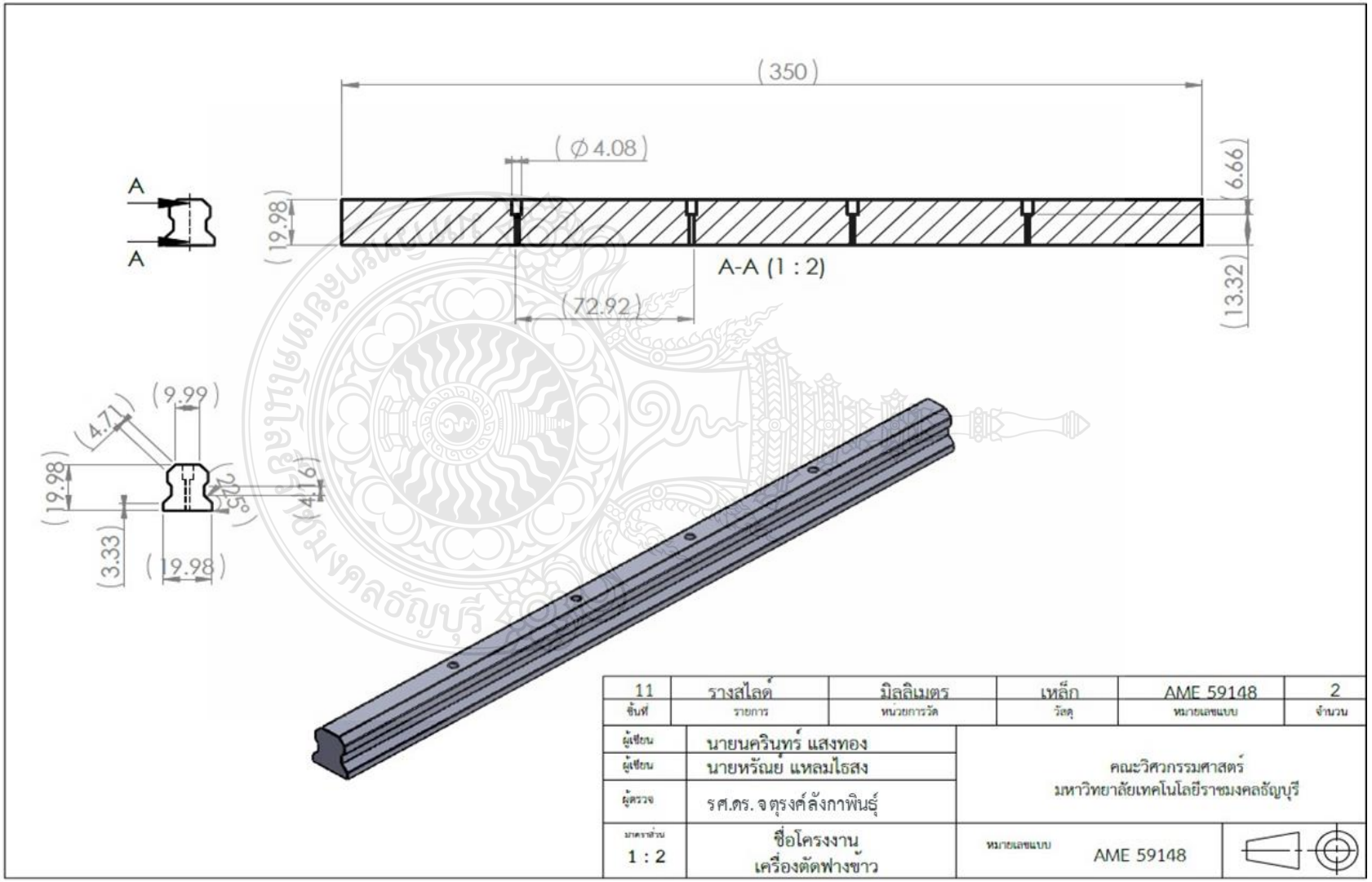
ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 1	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148


14.55
ϕ17
(R6)
(12)
(R25)
21.65
78.62
2
10
9
เจนิวา
มิลลิเมตร
เหล็ก
AME 59148
1
ชิ้นที่
รายการ
หน่วยการวัด
วัสดุ
หมายเลขแบบ
จำนวน
ผู้เขียน
นายนครินทร์ แสงทอง
ผู้เขียน
นายหรัณย์ แหลมไธสง
ผู้ตรวจ
รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มาตราส่วน
1 : 1
ชื่อโครงงาน
เครื่องตัดฟางข้าว
หมายเลขแบบ
AME 59148



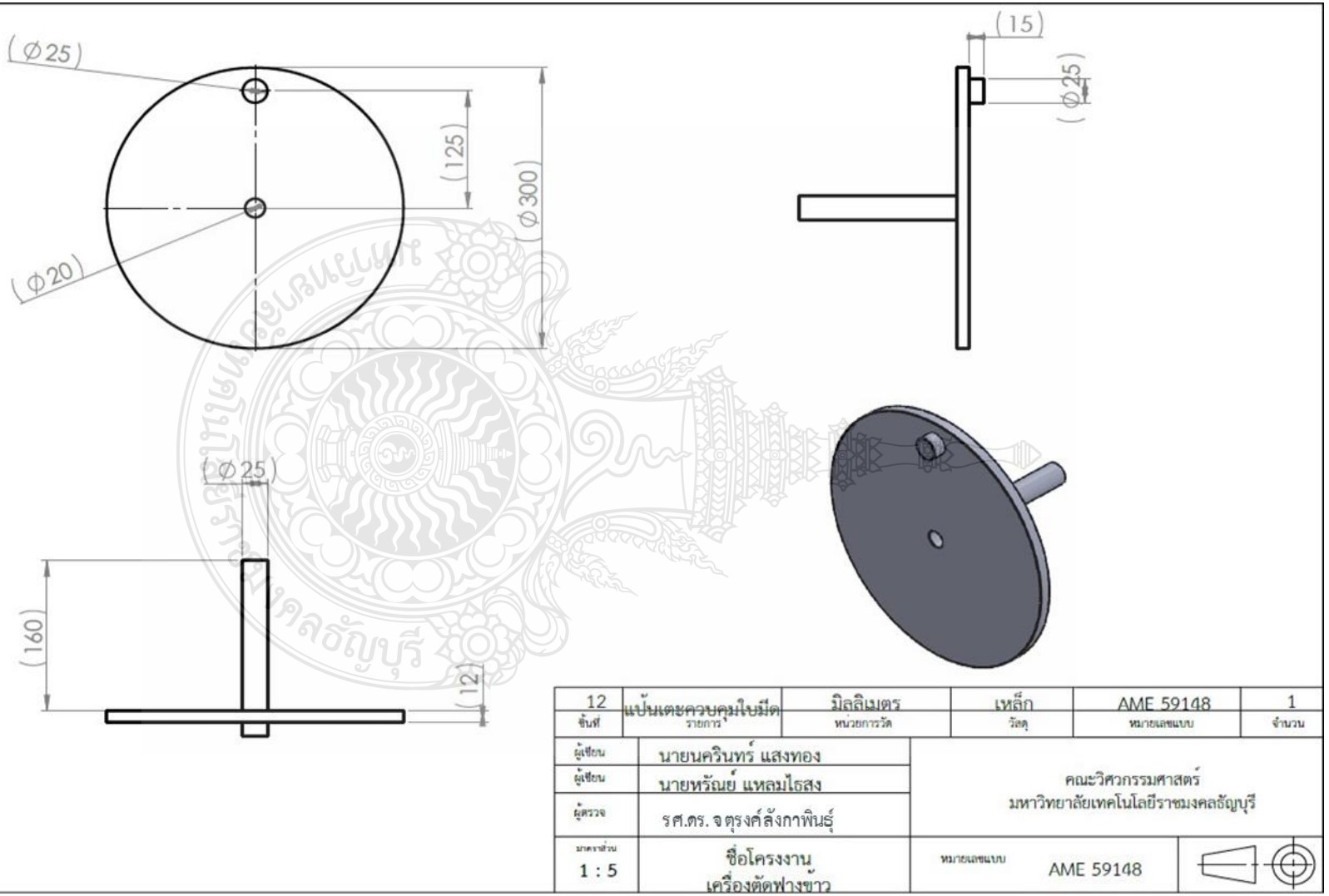
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
10	เฟืองขับมอเตอร์	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	1

ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148



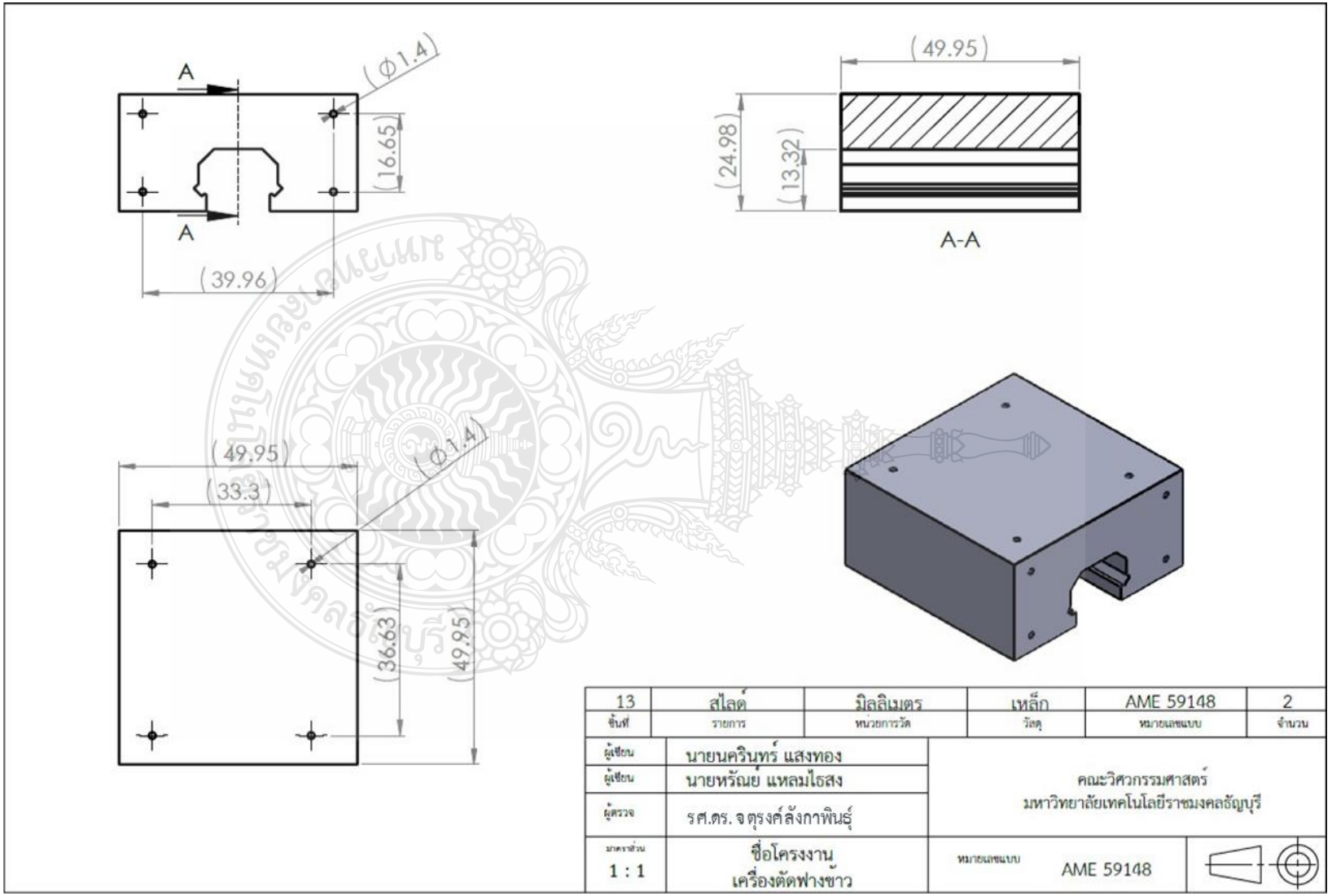
11	รางสไลด์	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	2
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148



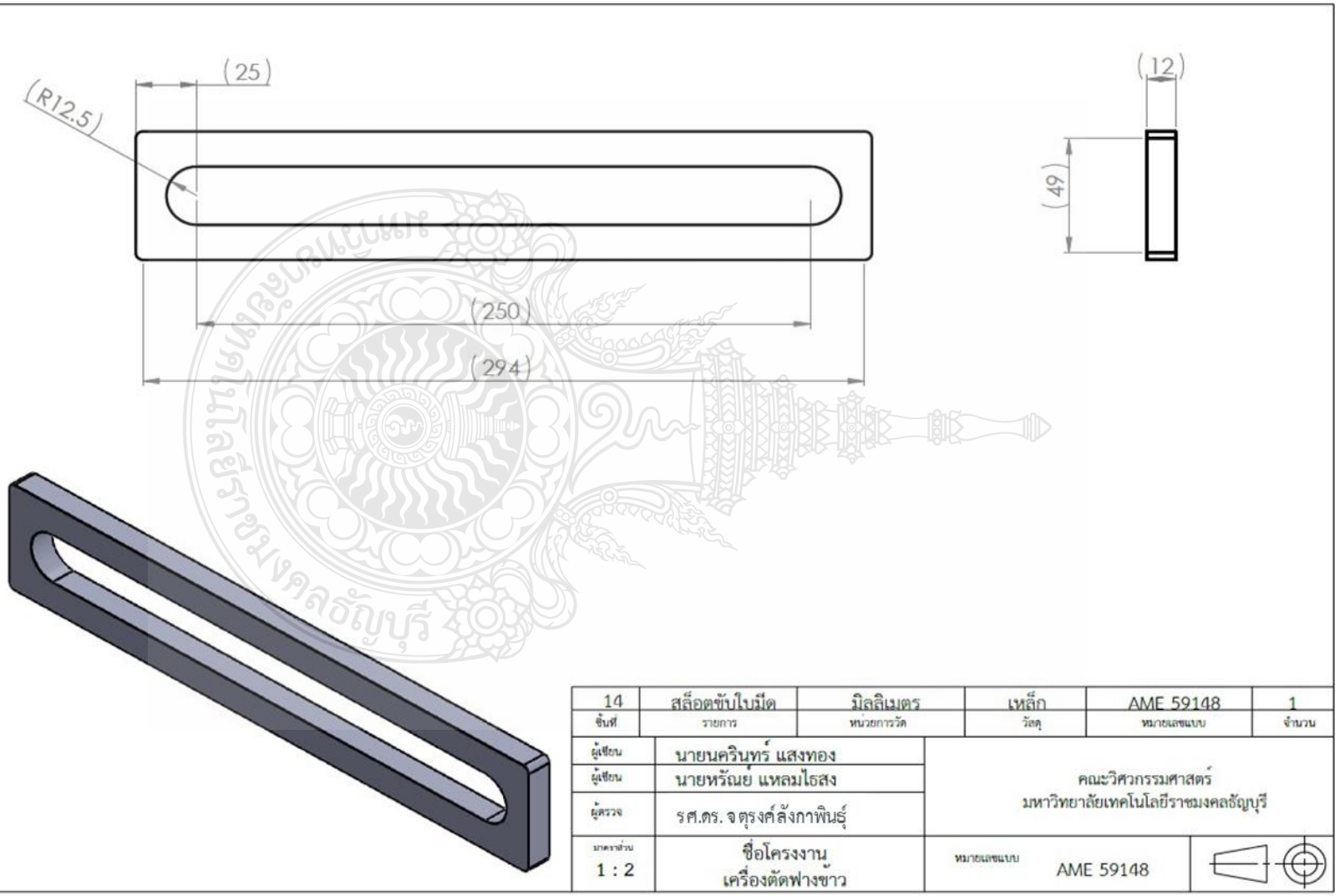
12 ชิ้นที่	แป้นเตะควบคุมใบมีด รายการ	มิลลิเมตร หน่วยการวัด	เหล็ก วัสดุ	AME 59148 หมายเลขแบบ	1 จำนวน

ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 5	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148



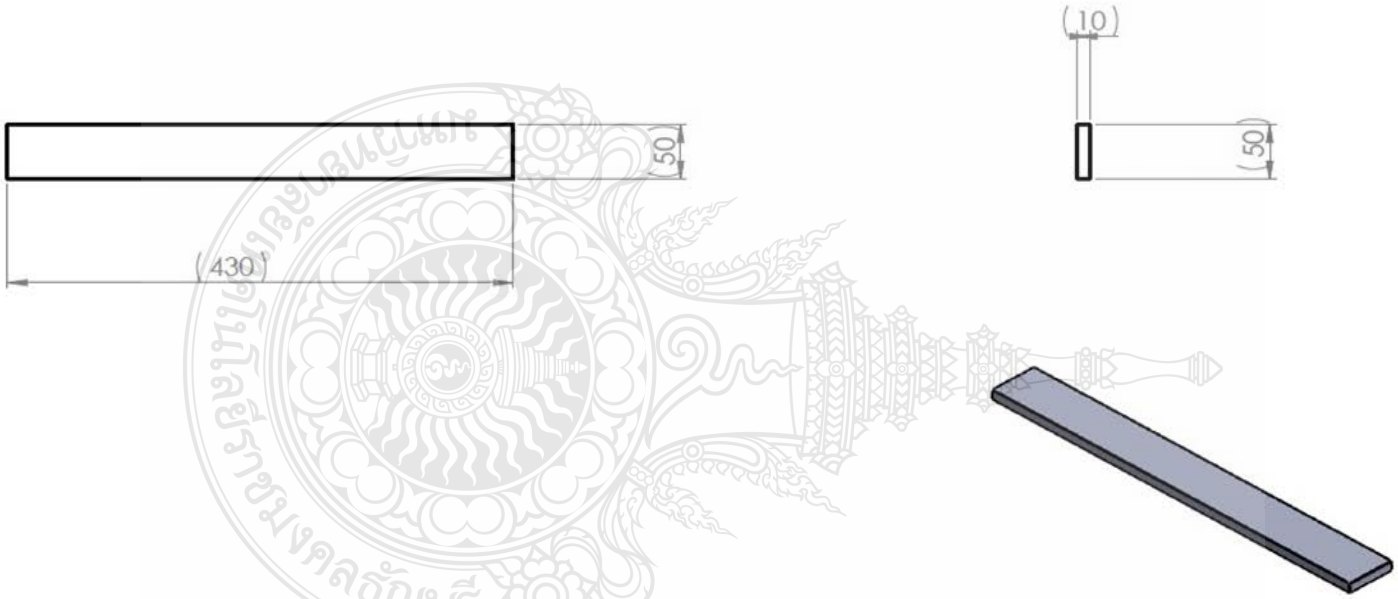
13	สไลด์	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	2
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง				
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง				
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ ลังกาพินธุ์				
มาตราส่วน 1 : 1	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว			หมายเลขแบบ AME 59148	

คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



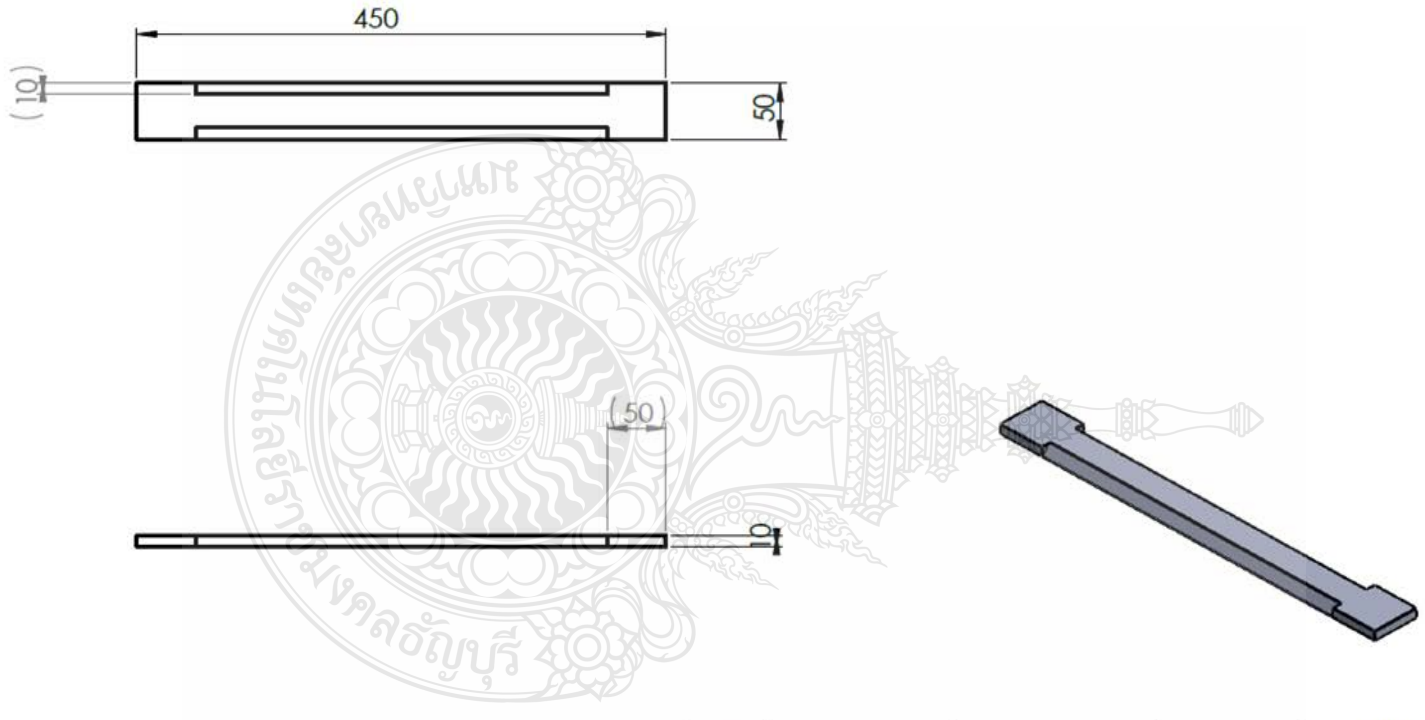
14	สล็อตขับใบมีด	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	1
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 2	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148



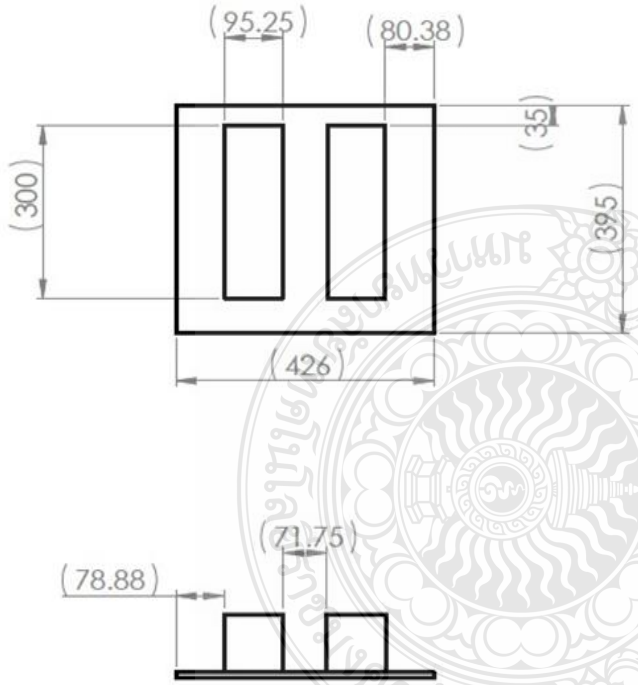
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
15	ชุดใบมีดบน	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	2

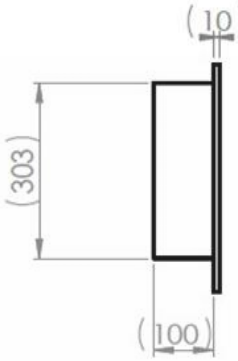
ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 5	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148

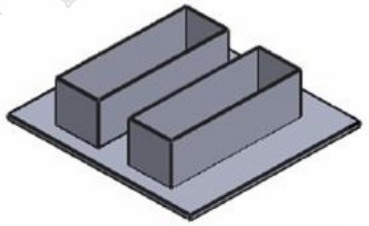


16	ใบมีดล่าง	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	1
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 5	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148

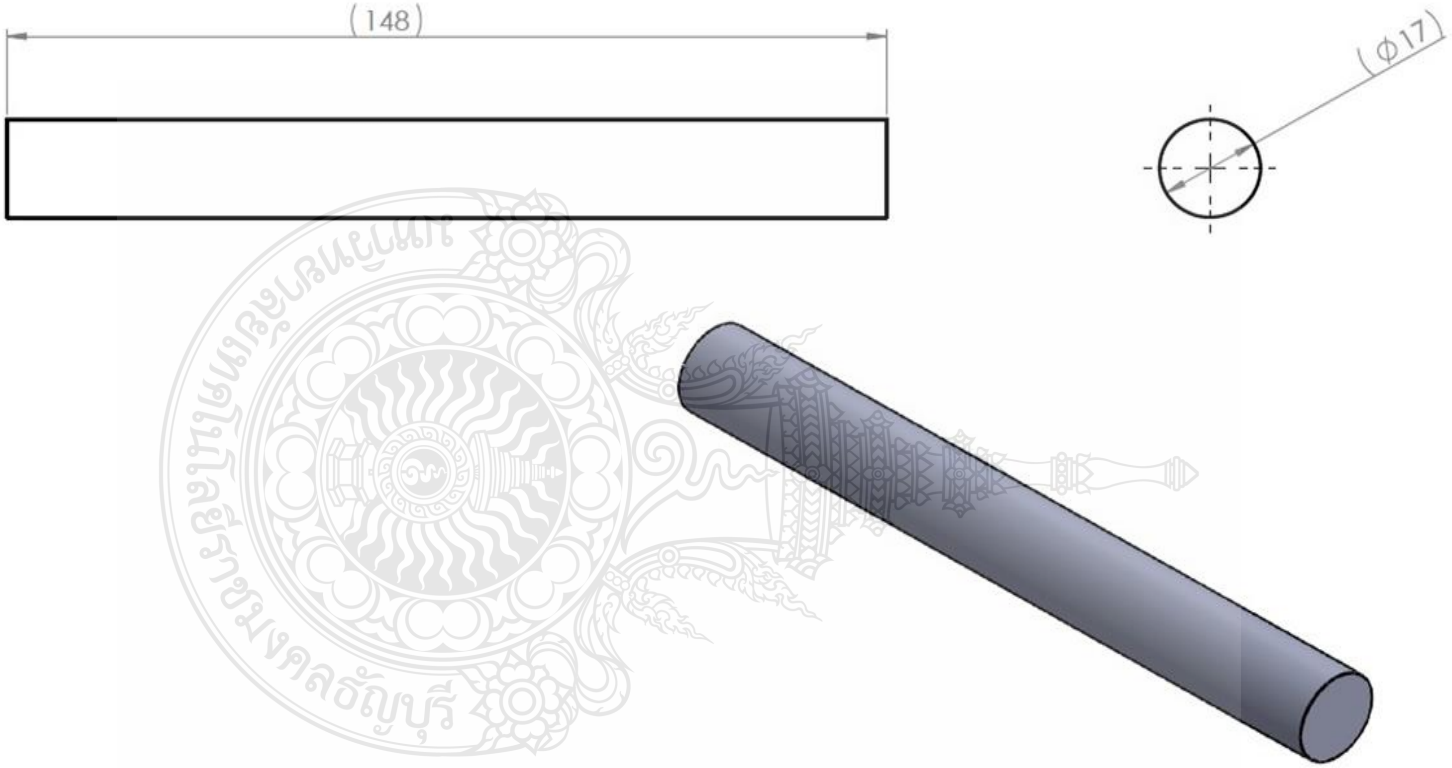






ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
17	ฝาปิดบน	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	1

ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 10	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148



18	เพลา	มิลลิเมตร	เหล็ก	AME 59148	1
ชิ้นที่	รายการ	หน่วยการวัด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน

ผู้เขียน	นายนครินทร์ แสงทอง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้เขียน	นายหรัณย์ แหลมไธสง	
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. จตุรงค์ลังกาพินธุ์	
มาตราส่วน 1 : 1	ชื่อโครงงาน เครื่องตัดฟางข้าว	หมายเลขแบบ AME 59148

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล นาย ปัณณวิชญ์ ทองคำ รหัส 116260414003-5

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 27 มิถุนายน 2539

ที่อยู่ บ้านเลขที่ 93 หมู่ 1 ตำบล โคกม่วง อำเภอ ภาชี จังหวัด พระนครศรีอยุธยา รหัสไปษณีย์ 13140

ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เบอร์โทรศัพท์ 098 – 2766863

อีเมล์ mark.pannawit.thongkham@gmail.com