การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

DESIGN AND FABRICATION OF BARKING DEER'S MANGO NUT SHELLER

วุฒิชัย ชาวสวนแพ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

วุฒิชัย ชาวสวนแพ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

DESIGN AND FABRICATION OF BARKING DEER'S MANGO NUT SHELLER

ชื่อ-นามสกุล นายวุฒิชัย ชาวสวนแพ

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.

ปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, D.Eng.)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประชา บุณยวานิชกุล, Ph.D.)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดลหทัย ชูเมฆา, ปร.ด.)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)

วันที่ เดือน พ.ศ. 2561

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก
ชื่อ-นามสกุล	นายวุฒิชัย ชาวสวนแพ
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดย มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเป็นเครื่องทุ่นแรงและช่วยเพิ่มความสามารถในการผลิตเมล็ดกระบกในชุมชน และเป็นการกระตุ้นให้เกษตรกรกะเทาะเมล็ดกระบกเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้นและเป็นการอนุรักษ์พืชท้องถิ่น

เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกต้นแบบประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โครงสร้างเครื่อง ชุดลำเลียง ชุดกะเทาะ และระบบส่งกำลังโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการทำงานของเครื่อง ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 1,000, 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที ตามลำดับ ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ สมรรถนะในการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่อง จุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

ผลการทดสอบพบว่าที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,400 รอบ/นาที และที่อัตราการป้อนเมล็ดกระบก 35 เมล็ดต่อนาที ให้ผลการทดสอบที่ดีที่สุด มีความสามารถในการทำงาน 14.74 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมล็ดที่กะเทาะได้ 1.05 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 2.42 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกพบว่ามีค่าใช้จ่ายในการทำงาน 3.72 บาทต่อกิโลกรัม และมีจุดคุ้มทุนในการทำงาน 393 ชั่วโมงต่อปี เมื่อพิจารณาชั่วโมงการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก 720 ชั่วโมงต่อปีจะมีระยะเวลาในการคืนทุน 3.4 เดือน

คำสำคัญ: เมล็ดกระบก เครื่องกะเทาะ ชุดหัวกะเทาะ

Thesis Title	Design and Fabrication of Barking Deer's Mango Nut Sheller
Name-Surname	Mr. Wootichai Chawsuanpair
Program	Agricultural Machinery Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Roongruang Kalsirisilp, D.Eng.
Academic Year	2018

ABSTRACT

A barking deer's mango nut sheller was designed and fabricated to reduce human labor and increase production of barking deer's mango nuts in the community. This machine could encourage farmers to shell barking deer's mango nuts as household industries which increase farmer income and conserve the local plant.

The machine consisted of four main parts namely, steel frame, conveying unit, shelling unit and power transmission unit. 1 hp electric motor was used as a power source of the machine. The revolution speeds of electric motor were selected as 1,000, 1,200 and 1,400 rpm, respectively. The parameters in this study were working capacity, fuel consumption, operation cost, break-event point and a payback period, respectively.

Based on the tests results, the revolution speed of 1,400 rpm and the feed rate at 35 nuts per minute performed the best results in terms of working capacity and its efficiency. The machine had a capacity of 14.74 kg.nuts per hour or 1.05 kg.kernels per hour. The electricity consumed by the machine was 2.42 kW-hr. Economic analysis showed that the operational cost of the machine was approximately 3.72 Baht per kg with the break-even point of 393 hours per year. Considering the working hour per year as 720, the payback period of the machine was found to be 3.4 month.

Keywords: barking deer's mango nuts, nut sheller, shelling unit

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ประชา บุณยวานิชกุล ผู้ทรงคุณวุฒิ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ และผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.ดลหทัย ชูเมฆา ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านวิศวกรรมให้กับผู้วิจัย ตลอดจนพี่ๆน้องๆ ร่วมชั้นในระดับปริญญาโท ที่ร่วมเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณสถานที่ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดสอบการทำวิจัย ขอบคุณเกษตรกรสำหรับข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงการ จนประสบความสำเร็จอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกๆคนในครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยดูแลให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดเวลาการทำวิจัยที่ผ่านมา รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ตั้งแต่เริ่มโครงการจนเสร็จสิ้นโครงการวิจัย

ท้ายสุดนี้ ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรหรือผู้ที่สนใจทั่วไป ส่วนข้อบกพร่อง ผู้วิจัยขอน้อมรับด้วยความยินดีเป็นอย่างยิ่ง

วุฒิชัย ชาวสวนแพ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ..... (5)

สารบัญ..... (6)

สารบัญตาราง..... (8)

สารบัญรูป..... (9)

บทที่ 1 บทนำ..... 12

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 12

1.2 วัตถุประสงค์..... 14

1.3 ขอบเขตของโครงงาน..... 14

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและกรอบแนวคิดในการวิจัย..... 14

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 15

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้อง..... 16

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 16

2.2 ข้อมูลทั่วไปของเมล็ดกระบก..... 20

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 25

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 61

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์..... 61

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 62

3.3 วิธีการทดสอบ..... 69

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 72

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเมล็ดกระบก..... 72

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก..... 76

4.3 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่อง..... 79

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม..... 88

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 93

5.1 สรุป..... 93

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 94

บรรณานุกรม..... 95

ภาคผนวก..... 98

ภาคผนวก ก ตารางบันทึกผลการทดลอง..... 99

ภาคผนวก ข การคำนวณชิ้นส่วนของเครื่อง..... 105

ภาคผนวก ค การเขียนแบบทางวิศวกรรม..... 113

ภาคผนวก ง การเผยแพร่ผลงาน..... 131

ประวัติผู้เขียน..... 143

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ผลการวัดขนาดทางกายภาพของเมล็ดกระบกทั้งเปลือก (mm).....	72
4.2	ผลการวัดขนาดทางกายภาพของเมล็ดกระบกเมล็ดใน (mm).....	73
4.3	จำนวนเมล็ดที่มีขนาดในแต่ละช่วงความกว้าง (mm).....	73
4.4	ผลการทดสอบหาหัวเจาะที่ดีที่สุดที่ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที.....	80
4.5	ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ความเร็วรอบมอเตอร์ต่าง ๆ.....	81
4.6	แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกต้นแบบ.....	89
4.7	การเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกต้นแบบและการใช้แรงงานในการกะเทาะ.....	91
ก.1	ขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดกระบก.....	100

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	วิธีการกะเทาะเมล็ดกระบกของเกษตรกรในปัจจุบัน.....	13
2.1	การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย.....	18
2.2	ทดสอบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเขียวมะคาเดเมีย.....	19
2.3	การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม.....	19
2.4	ลักษณะของต้นกระบก.....	20
2.5	ลักษณะของใบกระบก.....	21
2.6	ลักษณะของดอกกระบก.....	21
2.7	ลักษณะของผลกระบก.....	22
2.8	ลักษณะของเมล็ดกระบก.....	22
2.9	ลักษณะของมอเตอร์.....	25
2.10	ส่วนประกอบโซ่ลูกกลิ้ง.....	28
2.11	โซ่ 2 แถว และ 3 แถว.....	28
2.12	โซ่ไม่มีลูกกลิ้ง.....	29
2.13	โซ่ฟันเฟือง.....	29
2.14	ภาพขยายแผ่นฟันเฟือง.....	30
2.15	โซ่ข้อถอดได้.....	30
2.16	โซ่ข้อเรียว.....	31
2.17	โซ่ข้อเหลี่ยม.....	31
2.18	โซ่ส่งกำลังแนวนอน.....	33
2.19	โซ่ส่งกำลังแนวดิ่งและแนวเอียง.....	33
2.20	โซ่ส่งกำลังมากว่า 2 เพลา.....	34
2.21	การป้องกันโซ่สั่นด้วยรางกดโซ่.....	34
2.22	ก - ข แสดงวิธีปรับความตึงโซ่.....	35
2.23	แสดงแนวศูนย์ของเพลาและจานโซ่.....	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.24	การเลือกใช้โซ่ที่เหมาะสมกับกำลังที่ส่ง	37
2.25	ทิศทางการเคลื่อนที่ของโซ่ลูกกลิ้งไปทางขวา	37
2.26	ทิศทางการเคลื่อนที่ของโซ่ข้อเรียวไปทางขวา	38
2.27	การเริ่มเดินและหยุดโซ่ขับ	38
2.28	แสดงลักษณะเพลา	40
2.29	ลักษณะของพูลเล่ย์	43
2.30	ลักษณะของลูกเบี้ยวประเภทต่างๆ	44
2.31	ไดอะแกรมของลูกเบี้ยวและกราฟ	44
2.32	ลักษณะของลูกเบี้ยวตามการเคลื่อนที่	45
2.33	ลักษณะการประกอบลูกเบี้ยว	45
2.34	ลักษณะขั้นตอนการเริ่มสร้างรอบรูปของลูกเบี้ยว	47
2.35	ลักษณะขั้นตอนการสร้างเส้นรอบรูปของลูกเบี้ยว	48
2.36	ลักษณะของลูกเบี้ยวเมื่อแบ่งรัศมี	48
2.37	ลักษณะเกิดจากการตัดกันของรัศมีการหมุนของตัวตาม	49
2.38	ลักษณะการสร้างลูกเบี้ยวเมื่อได้จุด 3 จุดแล้ว	50
2.39	หลักการของเฟือง	51
2.40	เฟืองตรง	51
2.41	เฟืองหนอน	52
2.42	เฟืองดอกจอก	52
2.43	ลักษณะรูปร่างของฟันเฟือง	53
2.44	เฟืองสะพาน	54
2.45	การหมุนของฟันเฟือง	56
2.46	ลักษณะการขบเฟือง	56
2.47	ลักษณะโครงสร้างของสายพานฟันเฟือง	58
2.48	เจนิวา	60

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.1	การวัดลักษณะทางกายภาพผลกระบก.....	64
3.2	การวัดลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบก.....	64
3.3	การวัดความหนาของเมล็ดกระบก.....	64
3.4	เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก.....	66
3.5	ลักษณะโครงสร้างของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก.....	66
3.6	ชุดกะเทาะและชุดลำเลียงเมล็ดกระบก.....	67
3.7	ระบบส่งกำลังของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก.....	68
4.1	กราฟเปรียบเทียบความยาวของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกและเมล็ดใน.....	74
4.2	กราฟเปรียบเทียบความกว้างของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกและเมล็ดใน.....	75
4.3	กราฟเปรียบเทียบความหนาของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกและเมล็ดใน.....	75
4.4	การเขียนแบบทางวิศวกรรมเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก.....	78
4.5	เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกที่ออกแบบและสร้างเสร็จ.....	79
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการกะเทาะเมล็ดกระบกกับความเร็วรอบมอเตอร์.....	82
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างเมล็ดที่กะเทาะได้กับอัตราการป้อน.....	83
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ากับความเร็วรอบมอเตอร์.....	84
4.9	การเปรียบเทียบอัตราการกะเทาะเมล็ดกระบกระหว่างเครื่อง 1 เครื่อง กับการใช้แรงงานคน 1 คน.....	85
4.10	การป้อนเมล็ดกระบกลงในเบ้า.....	86
4.11	ลักษณะการวางตำแหน่งของเมล็ดกระบกในเบ้า.....	86
4.12	เมล็ดกระบกหลังผ่านการกะเทาะ.....	87
4.13	เมล็ดกระบกที่กะเทาะโดยใช้เครื่อง.....	87
4.14	การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยระหว่างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกกับการใช้แรงงานคน.....	92

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

กระบกเป็นพืชที่สามารถพบได้ทั่วไปในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งในประเทศไทยจะพบมากที่สุดในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กระบกเป็นพืชยืนต้นซึ่งทุกส่วนของกระบกล้วนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น[1] จากการศึกษาขนาดของต้นกระบกในพื้นที่นาเกษตรกรมีลักษณะความสูง 10-30 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยวขนาดกว้าง 2.5-3 เซนติเมตร ยาว 7-12 เซนติเมตร ใบเรียงสลับรูปวงรี ขอบขนาน ผลสดของกระบกจะมีเนื้อออกในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม ทรงกลมรีสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อสุกผลแห้งภายในเนื้อจะเป็นสีส้มชั้นหุ้มเมล็ดเปลือกในแข็งภายในจะมีเมล็ดสีขาว 1 เมล็ด รสมัน[2] ประโยชน์ของเมล็ดกระบกด้านสมุนไพรสามารถใช้ปรุงยาถ่ายพยาธิ บำรุงไขข้อ บำรุงตับ แก้เส้นเอ็นพิการและให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย ซึ่งเนื้อกระบกจะมีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ธาตุเหล็ก และแคลเซียม และในด้านการแปรรูปสามารถนำไปใช้ในการทำเครื่องสำอาง สบู่ สกัดเป็นน้ำมันเมล็ดกระบก และสามารถนำมาแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยว[3]

จากการสำรวจปริมาณต้นกระบกในที่นาเกษตรกร 116 ครัวเรือนในบางท้องที่ของ จ.บุรีรัมย์ และ จ.สุรินทร์ พบว่ามีต้นกระบก 325 ต้น มีผลผลิตเมล็ดกระบกทั้งเปลือกรวมประมาณ 30,000-50,000 กก.หรือประมาณ 7,500-12,500 กก. (เมล็ดใน) คิดเป็นเงินเมื่อขายเมล็ดใน 220,000-370,000 บาท ซึ่งเป็นปริมาณเงินที่เกษตรกรหมู่บ้านนั้น ๆควรจะได้เมื่อนำเมล็ดกระบกมากะเทาะจำหน่าย เกษตรกรไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนปลูกหรือดูแลรักษาเพียงแต่เก็บเมล็ดกระบกและนำมากะเทาะจำหน่ายก็จะช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น แต่ถ้าหากปล่อยทิ้งไว้ก็จะเป็นการสูญเสียเงินเปล่าในแต่ละปี [3]

วิธีการกะเทาะเมล็ดกระบกในปัจจุบันสามารถทำได้ 2 วิธีได้แก่ 1.) เกษตรกรจะใช้มีดผ่าหรือใช้ค้อนทุบให้เปลือกนอกของเมล็ดกระบกที่แข็งแยกออกจากกัน (รูปที่ 1.1) 2.) การใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกแบบใช้แรงอัดกับแรงกระแทกซึ่งต้องใช้แรงงานคนในการทำงานเป็นหลักและก่อให้เกิดอาการเมื่อยล้าแก่ผู้ปฏิบัติงาน จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ดำเนินการจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกเพื่อใช้สำหรับทดแทนแรงงานคนในการกะเทาะและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ที่ขายเมล็ดกระบกเป็นอาชีพเสริมและเป็นโอกาสให้กับ

ชุมชนที่จะรวมกลุ่มเกษตรกรผู้จำหน่ายเมล็ดกระบกที่กะเทาะแล้วทำการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตต่อไป นอกจากนี้ยังเป็นการอนุรักษ์พืชประจำท้องถิ่นให้คงอยู่กับประเทศไทยตลอดไป

ผลกระบกสดที่อยู่บนต้น

ลูกกระบกที่ตกลงมาจากต้นที่เปลือกร่อนออกหมดแล้ว

การกะเทาะลูกกระบกโดยใช้มีด

เมล็ดกระบกเตรียมไปจำหน่ายหรือแปรรูป

รูปที่ 1.1 วิธีการกะเทาะเมล็ดกระบกของเกษตรกรในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบก

1.2.2 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

1.2.3 เพื่อทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกกับการทำงานของแรงงานคน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบก ได้แก่ ขนาดความกว้าง ความยาว และความหนา ของเมล็ดกระบก และเปลือกนอกของเมล็ดกระบก

1.3.2 ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก ให้สามารถทำงานได้ต่อเนื่อง โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการทำงานโดยมีส่วนประกอบหลักคือโครงสร้างเครื่อง ชุดกะเทาะเมล็ดกระบก

1.3.3 ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,000, 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษาได้แก่ ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบก และเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดกระบก

1.3.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและอัตราการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกกับแรงงานคน วิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนในการทำงาน และระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและกรอบแนวคิดในการวิจัย

1.4.1 ศึกษาข้อมูลลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบก

1.4.2 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ โดยเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกต้นแบบเป็นเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกที่สามารถใช้งานได้จริง โครงสร้างไม่ซับซ้อน ขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายได้สะดวก และสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกสามารถหาได้ง่ายตามท้องถิ่นและสามารถผลิตได้เองในประเทศ มีความสะดวก และความปลอดภัยในการใช้งาน สามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนได้ง่าย

1.4.3 การทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

1.4.4 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบก เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการสร้างเครื่อง

1.5.2 ได้เครื่องต้นแบบสำหรับการกะเทาะเมล็ดกระบกได้อย่างต่อเนื่อง

1.5.3 ได้ข้อมูลสำหรับการทำงานเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาเครื่องต้นแบบ

1.5.4 ได้ข้อมูลค่าใช้จ่ายของเครื่องเพื่อวางแผนการทำงานของเครื่องให้เหมาะสมกับค่าใช้จ่ายที่สร้างของเครื่อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิทยานิพนธ์การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกที่ใช้สำหรับการกะเทาะเมล็ดกระบกมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้ประกอบการออกแบบและสร้างเครื่อง ได้แก่ เนื้อหาที่กล่าวถึงข้อมูลทั่วไปของกระบก ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์ ทฤษฎีเกี่ยวกับโซ่ส่งกำลัง ทฤษฎีเกี่ยวกับเพลา ทฤษฎีเกี่ยวกับมู่เล่ย์ และทฤษฎีเกี่ยวกับลูกเบี้ยว ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ธนากร อ่อนตาม และวรกุล บุญทักษ์ [5] รายงานของนักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2541. 47 หน้า.2541 โครงการนี้เป็นการพัฒนาเครื่องกะเทาะกระบกขึ้นมาใช้งาน โดยอาศัยหลักการกระทบของวัตถุ และได้ทำการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องกะเทาะกระบกที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องกะเทาะมะม่วงหิมพานต์ที่ได้นำมาปรับปรุงกะเทาะกระบก มีดและค้อน ค่าที่จะบอกถึงระดับความสามารถของเครื่องมือ คือ เปอร์เซ็นต์ของเมล็ดในเต็มที่สูง และเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดแตกหักต่ำ การทดสอบนี้ได้นำกระบกมาทดสอบ 2 ชนิด ชนิดแรกฝังตัวในดิน 2 เดือน ชนิดที่ 2 ฝังตัวในดิน 3 เดือน ได้ผลดังนี้

1. เปอร์เซ็นต์กะเทาะ (โดยน้ำหนัก) ของกระบกชนิดที่ 2 สูงกว่าชนิดที่ 1 และมีดเป็นอุปกรณ์ที่มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงที่สุด: 100%

2. เปอร์เซ็นต์เมล็ดในเต็มของการกะเทาะกระบกทั้ง 2 ชนิด โดยใช้อุปกรณ์กะเทาะ 4 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับแต่ละอุปกรณ์เครื่องกะเทาะมะม่วงหิมพานต์ที่ปรับปรุงขึ้นสามารกะเทาะได้เมล็ดในเต็มสูงที่สุด: 93.86%

3. อัตราการทำงานเฉลี่ยของการกะเทาะกระบกชนิดที่ 2 สูงกว่ากระบกชนิดที่ 1 และเครื่องกะเทาะกระบกที่พัฒนาขึ้นมีอัตราการทำงานสูงสุด คือ 13 เมล็ดต่อนาที

4. เปอร์เซ็นต์การแตกหักโดยใช้เครื่องกะเทาะกระบกที่พัฒนาขึ้นต่ำที่สุด 0.77% จากค่าชี้ผลที่แสดงนี้จะเห็นว่าการพัฒนาเครื่องกะเทาะกระบก ถือว่ามีประสิทธิภาพการกะเทาะอยู่ในเกณฑ์ที่ดี เพราะมีอัตราการทำงานสูงและมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักต่ำ

2.1.2 สมโภชน์ สนธิ และคณะ[6] โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ผ่าเมล็ดกระบก เพื่อลดปัญหาต้นทุนเนื่องจากเกษตรกรที่หันมาทำรายได้เสริมจากการกะเทาะเมล็ดกระบกบางรายมีทุนทรัพย์ค่อนข้างน้อย แต่เครื่องจักรที่ใช้ในปัจจุบันมี

ราคาสูงจึงทำให้เกษตรกรบางรายไม่มีกำลังพอที่จะหามาใช้ การศึกษาวิจัยอุปกรณ์ผ่าเมล็ดกระบกมีการประเมินคุณภาพในการผ่าเมล็ดกระบก โดยการใช้แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกันทางด้านคุณภาพของอุปกรณ์ที่ได้สร้างขึ้นมา ซึ่งแบบสอบถามเป็นแบบประเมินความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญและบุคคลทั่วไปเป็นจำนวน 5 คนเป็นผู้ประเมินประสิทธิภาพ ของเครื่อง โดยผู้วิจัยทำการสาธิตการผ่าเม็ดกระบกให้ผู้ประเมินทำการประเมินผลปรากฏว่าในภาพรวมด้านการสร้างอุปกรณ์ผ่าเม็ดกระบก มีค่าเฉลี่ย 87.9 และด้านประสิทธิภาพของการกะเทาะเมล็ดกระบกมีค่าเฉลี่ย 95.5

ประโยชน์และคุณลักษณะ

1.ได้อุปกรณ์ผ่าเมล็ดกระบกที่มีประสิทธิภาพ

2.ได้อุปกรณ์ที่สามารถนำไปพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิตได้

2.1.3 สมนึก และสมโภชน์,2545[7] โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกแบบใช้แรงคนแบบต่าง ๆ และมีประสิทธิภาพในการทำงานคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของเมล็ดกระบกได้ถูกศึกษาเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก ซึ่งพบว่าการกะเทาะเมล็ดกระบกในแนวแกนตั้งและที่ตำแหน่งปลายเมล็ดใช้แรงกะเทาะต่ำสุด และมุมใบมีดกะเทาะที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 20 – 40 องศา เครื่องกะเทาะกระบกแบบใช้แรงกดอัด แบบหมุนเกลียวอัด และแบบใช้แรงกระแทกได้รับการออกแบบและทดสอบเปรียบเทียบกับการใช้มีดผ่าซึ่งเป็นวิธีที่ปฏิบัติโดยเกษตรกร พบว่า เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกแบบใช้แรงกดอัดและแบบใช้แรงกระแทกมีแนวโน้มเหมาะสมในการทำงาน กล่าวคือ ได้อัตราการกะเทาะและเปอร์เซ็นต์เมล็ดในเต็มสูง เปอร์เซ็นต์เมล็ดผ่าซีกและเมล็ดแตกหักหลายชิ้นต่ำกว่าแบบอื่น ๆ และจากผลการทดสอบภาคสนามสรุปได้ว่าเครื่องกะเทาะกระบกแบบใช้แรงกดอัดมีอัตราการทำงานสูงกว่าแบบใช้แรงกระแทกและแบบใช้มีดผ่าประมาณ 13 และ 8% ตามลำดับ โดยมีอัตราการกะเทาะเฉลี่ย 315 เมล็ดต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของเมล็ดในเต็ม เมล็ดในผ่าซีก และเมล็ดแตกหักหลายชิ้น 85.22 , 6.26 และ 8.53% ตามลำดับ

2.1.4 สิงห์คาน และคณะ [8] มทร.ล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ จากการทดลองเครื่องกะเทาะเมล็ดแมคคาเดเมียที่สร้างขึ้นโดยแยกเมล็ดแมคคาเดเมียที่ใช้กะเทาะเป็น 2 ขนาดคือขนาดกลางมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 – 24 มม. และขนาดใหญ่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 – 29 มม. ผลปรากฏว่าเมื่อใช้เครื่องที่สร้างขึ้นนี้กะเทาะเมล็ดแมคคาเดเมียสามารถกะเทาะเปลือกกะลาแตกได้จริงโดยการกะเทาะเมล็ดขนาดกลางใช้ความเร็วรอบที่เหมาะสมคือ 3,750 รอบต่อนาที ได้เมล็ดที่มีคุณภาพดีสามารถนำไปแปรรูปต่อได้ทันที 30.8 % และ มีเมล็ดที่ไม่แตก 0.16 % และเมื่อกะเทาะเมล็ดขนาดใหญ่ความเร็วรอบที่เหมาะสมคือ 3,600 รอบต่อนาที ได้เมล็ดที่มีคุณภาพดีสามารถนำไป

แปรรูปต่อได้ทันที 27.6 % และ มีเมล็ดที่ไม่แตก 1.2 % ด้านต้นทุนการสร้างเครื่องต้นแบบอยู่ที่ราคาประมาณ 20,000 บาท (สองหมื่นบาท) ต่อเครื่องซึ่งถูกว่าการซื้อจากต่างประเทศประมาณ 5 เท่าตัว

รูปที่ 2.1 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดมะคาเดเมีย [8]

2.1.5 สนอง [9] ได้ทดสอบ และพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเขียวมะคาเดเมียได้ทำการออกแบบ และพัฒนาชุดกะเทาะเปลือกเขียวให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพประกอบด้วย ชุดเกลียวกะเทาะ และชุดแผ่นกดอัดเมล็ด โดยตัวเกลียวกะเทาะมีระยะพิทช์ 68 มม. ตัวเกลียวกะเทาะยาว 1,150 มม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มม. ทำงานที่ความเร็วรอบ 330 รอบ/นาที โดยใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ส่วนชุดแผ่นกดอัดเมล็ดมีจำนวน 4 ชุด วางอยู่ด้านบนของชุดเกลียวกะเทาะทำจากเหล็กแบนขนาดกว้าง×ยาว×หนา เท่ากับ 36×195×6 มม. ผลการทดสอบพบว่ามีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 618.10 กก./ชม. ได้เมล็ดเต็ม 99.50% กะเทาะไม่หมด 0.5%

รูปที่ 2.2 ทดสอบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเขียวมะคาเดเมีย [9]

2.1.5 สาทิป และคณะ [10] ได้พัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์เพื่อนำเมล็ดมะรุมที่ได้ไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากเมล็ดมะรุม เครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุมได้รับการออกแบบให้สามารถป้อนเมล็ดมะรุมผ่านถังป้อนได้อย่างต่อเนื่อง จากการทดสอบการทำงานของเครื่องโดยการปรับเปลี่ยนมุมของใบพัดในชุดกะเทาะเปลือกที่ 45 70 และ 90 องศา ที่ความเร็วรอบจานเหวี่ยงกะเทาะเปลือก 4,200 รอบ/นาที พบว่าการกะเทาะเปลือกด้วยใบพัดทำมุม 45 องศาให้ผลการกะเทาะดีที่สุดด้วยประสิทธิภาพ 58% ความสามารถการกะเทาะเปลือกเป็น 19 กก./ชม. และค่าใช้จ่ายในการกะเทาะเปลือกเป็น 2.43 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าการใช้แรงคนเป็น 12.35 เท่า

รูปที่ 2.3 การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม [10]

2.2 ข้อมูลทั่วไปของเมล็ดกระบก

2.2.1 แหล่งกำเนิดกระบก

กระบก (ชื่อวิทยาศาสตร์: Irvingia malayana) เป็นไม้ในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ภาคเหนือเรียกมะมื่น ภาคอีสานเรียกหมากบก ภาษาชองเรียกชะอังสุโขทัยและโคราชเรียกมะลื่น ภาษาส่วยในจังหวัดสุรินทร์เรียกหลักกาย เป็นไม้ยืนต้น ในวงศ์ Irvingiaceae ไม่ผลัดใบ เปลือกสีเทาอ่อนปนน้ำตาล ใบเดี่ยว เรียงสลับ ผิวเกลี้ยง ดอกขนาดเล็ก มีขนนุ่ม ออกดอกรวมกันเป็นช่อโตที่ปลายกิ่ง สีขาวอมเขียวอ่อน ผลกลมรี ทรงกล้วยไข่ ขนาดใกล้เคียงกับมะม่วงกะล่อนขนาดเล็ก ผลอ่อนสีเขียว เมื่อแก่จะเข้มขึ้น สุกเป็นสีเหลืองอมเขียว เนื้อเละ เมล็ดแห้ง

2.2.2 ลักษณะทั่วไปของกระบก

1) ลำต้นกระบกเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ เป็นไม้ผลัดใบ ทรงเรือนยอดเป็นพุ่มแน่นทึบ มีความสูงของต้นประมาณ 10-30 เมตร ลำต้นเปลา เปลือกต้นมีสีเทาอ่อนปนสีน้ำตาลค่อนข้างเรียบ โคนต้นมักเป็นพูพอน เจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินทุกชนิดในที่กลางแจ้งและต้องการน้ำและความชื้นปานกลาง ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเมล็ด

รูปที่ 2.4 ลักษณะของต้นกระบก [3]

2) ใบกระบก มีใบเป็นใบเดี่ยวติดเรียงสลับกัน ลักษณะของใบเป็นรูปไข่ หรือรูปรีแกมรูขอบขนานจนถึงรูปใบหอก ใบกว้างประมาณ 2-9 เซนติเมตร และยาวประมาณ 8-20

เซนติเมตร เนื้อใบหนาเกลี้ยงทั้งสองด้าน ขอบใบเรียบ โคนใบมนแหลมหรือเว้าเล็กน้อยสอบเรียวไปทางปลายใบ ปลายใบแหลมทู่ขอบใบเรียบ มีเส้นแขนงใบประมาณ 8-14 คู่ และมักมีเส้นแขนงปลอมแซมระหว่างกลาง เส้นใบย่อยเป็นแบบขั้นบันไดเห็นได้ชัดจากด้านท้องใบ เมื่อใบแห้งเห็นเส้นร่างแหชัดทั้งสองด้าน ปลายใบเป็นติ่งมน มีหูใบ หูใบมีลักษณะพิเศษคือ ม้วนหุ้มยอด เรียวแหลมโค้งเล็กน้อยลักษณะเป็นรูปดาบยาวประมาณ 3 เซนติเมตร

รูปที่ 2.5 ลักษณะของใบกระบก [3]

3) ดอกกระบก ออกดอกเป็นช่อตามซอกใบและปลายกิ่ง ดอกมีสีเขียวอมเขียวอ่อน มีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ กลีบดอก 5 กลีบ มีเกสรตัวผู้อยู่ 10 อัน และจะออกดอกในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม

รูปที่ 2.6 ลักษณะของดอกกระบก [3]

4) ผลกระบก หรือ ลูกกระบก ลักษณะของผลเป็นรูปกลมรี หรือค่อนข้างเป็นรูปไข่ไก่มีลักษณะแบนเล็กน้อย คล้ายกับผลมะม่วงขนาดเล็ก โดยผลอ่อนจะมีสีเขียวแต่เมื่อแก่แล้วจะเป็นสีเหลือง ในผลมีเมล็ดและมีเนื้อหุ้มเมล็ดเละๆ

รูปที่ 2.7 ลักษณะของผลกระบก [3]

5) เมล็ดกระบก เมล็ดโตเป็นรูปไข่เป็นเมล็ดเดี่ยวมีเปลือกแข็ง เนื้อในเมล็ดมีสีขาวอัดแน่นอยู่ (ลักษณะเป็นเนื้อแป้ง) และมีน้ำมันมักติดผลในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน

รูปที่ 2.8 ลักษณะของเมล็ดกระบก [3]

2.2.3 การขยายพันธุ์

การขยายพันธุ์และการผลิตกล้า โดยวิธีการเพาะเมล็ดเนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดแข็งมาก ก่อนเพาะอาจช่วยการงอกด้วยการตัดหัวท้ายของเมล็ดหรือขลิบตามร่อยแยกของเมล็ด

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูก

ดิน ในสภาพธรรมชาติขึ้นได้ดีบนดินร่วน ดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำดี และมีสภาพเป็นกรด

ความชื้น ชอบความชื้นปานกลาง – มาก

แสง ชอบแสง

การปลูกดูแลบำรุงรักษา

การคัดเลือกพื้นที่และเตรียมพื้นที่ปลูก พื้นที่ปลูกไม่ควรเป็นที่ลุ่มมีน้ำขัง ดินเป็นดินร่วน-ดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี ปริมาณน้ำฝนประมาณ 1,000 มิลลิเมตร ขึ้นไป การเตรียมพื้นที่จัดเตรียมค่อนข้างละเอียดและมีการไถพรวน

วิธีการปลูกและระยะปลูกที่เหมาะสม กล้าที่ใช้ปลูกควรเป็นกล้าค้างปี ขนาดของหลุมที่ขุดปลูก 30x30x30–50x50x50 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยวิทยาศาสตร์รองก้นหลุม ส่วนระยะปลูกที่เหมาะสม 4x4, 4x6, 4x8, 6x6, และ 8x8 เมตร ในช่วงระยะปลูกแรกๆ ใช้พืชเกษตรปลูกควบตามระบบวนเกษตร เมื่อต้นไม้เจริญเติบโตมีการแก่งแย่ง ควรมีการตัดสางขยายระยะจนเหลือระยะปลูก 8x8 หรือ 12x12 หรือ 16x16 เมตร

2.2.4 ประโยชน์ของกระบก

เนื้อในเมล็ดกระบกมีรสหวานมัน นิยมนำมาคั่วรับประทานเป็นของว่าง เนื้อในเมล็ดเป็นแหล่งอุดมของแคลเซียมและธาตุเหล็กชั้นดี จึงช่วยบำรุงกระดูกและฟันได้เป็นอย่างดี เนื้อในกระบกนอกจากจะนำมาเคี้ยวกินเล่นแล้ว ยังสามารถนำมาใช้พัฒนาเป็นเครื่องสำอางและยาเหน็บทวารได้อีกด้วย เนื้อในเมล็ดกระบกต่อ 100 กรัม ประกอบไปด้วยไขมัน 66.78%, โปรตีน 3.40%, คาร์โบไฮเดรต 9.07%, ความชื้น 2.08%, แคลเซียม 103.30 , มิลลิกรัม, ธาตุเหล็ก 61.43 , มิลลิกรัมเนื้อในไขกระบกมีความทนทานต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีได้ดี ในทางอุตสาหกรรมจึงมีศักยภาพในการนำมาพัฒนาเป็นอาหารที่ช่วยเพิ่มคุณค่าได้ น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดกระบกสามารถนำมาใช้ทำสบู่ เทียนไข และยังสามารถนำไปทำน้ำมันเมล็ดกระบกได้อีกด้วย

2.2.5 ผลิตภัณฑ์แปรรูป

ภกญ.รศ.ดร.พาณี ศิริสะอาด นักวิจัยเภสัช มช. ศึกษาต้นกระบก หรือมะมื่น พบเนื้อในมีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถพัฒนาเป็นเครื่องสำอาง และยาเหน็บได้ภญ.รศ.ดร.พาณี ศิริสะอาด คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้วิจัย เปิดเผยว่า กระบก หรือกะบก ทาง

ภาคเหนือเรียกว่า มะมื่น ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Irvingia malayana Oliv. Ex A. Benn. และจัดอยู่ในวงศ์ IRVINGGIACEAE เป็นไม้ยืนต้นสูง 10-30 เมตร ผลรูปกลมหรือรูปไข่ ผลอ่อนจะมีสีเขียว เมื่อผลแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง มีเนื้อหุ้มเมล็ด มีเมล็ดเดี่ยวที่โตและแข็ง เนื้อในเมล็ดมีสีขาว รับประทานสุกได้

จากผลงานวิจัยไขกระบกของคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นการนำวัตถุดิบที่มีในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยได้ทำการสกัดไขกระบก และศึกษาคุณสมบัติของไขกระบกทางเคมีและกายภาพ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากไขกระบกทางเครื่องสำอาง และยา โดยนำมาพัฒนาเป็นครีม ยาเหน็บ และศึกษาแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ทางอาหารเสริม ซึ่งจะเป็นพื้นฐานนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ในอนาคตโดยนำเนื้อในเมล็ดกระบก จากเครือข่ายเกษตรอินทรีย์ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ มาสกัดแยกเอาไขโดยใช้เครื่องสกัดที่ไม่ใช้สารเคมี ทำให้บริสุทธิ์ และศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานและวิเคราะห์ค่ากรดไขมันในไขกระบกที่สกัดได้ จากนั้นนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยหาค่ามาตรฐานของไขกระบก ตั้งตำรับ สบู่แบบใส สบู่แบบขุ่นครีมบำรุงผิว ครีมบำรุงมือและเล็บ และ ยาเหน็บ

จากการนำเนื้อในเมล็ดกระบกมาศึกษาคุณค่าและวิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าการสกัดกระบกได้ไขร้อยละ 47.3% มีกรดไขมัน myristic acid และ lauric acid ร้อยละ 42 และ48 ตามลำดับ โดยมีจุดเริ่มต้นที่จะหลอมเหลว 34.17 องศาเซลเซียส อีกทั้งมี 2 รูปผลึก เมื่อหลอมที่อุณหภูมิเกิน 60 องศาเซลเซียส สามารถกลับมาแข็งตัวได้อีก พบว่าสามารถพัฒนาเป็นสบู่ ที่มีฟองตามธรรมชาติไม่ต้องใช้สารเพิ่มฟอง ได้ครีมที่มีตัวทำอีมัลชั่นประเภทมีประจุและไม่มีประจุและพัฒนาได้ครีมต้น แบบ สามารถพัฒนาเป็นยาเหน็บโดยมีความมันวาว จับต้องง่ายไม่ระคายเคืองทวารทั้งยังพบว่า เนื้อใน กระบก เมื่อสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์ใน100 กรัม ประกอบด้วยไขมัน 66.78 % , คาร์โบไฮเดรต 9.07 % , โปรตีน 3.40 %, ธาตุเหล็ก 61.43 มก. และแคลเซียม 103.30 มก. ความชื้น 2.08 % เนื้อในไขกระบกที่เก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียสมีความคงตัวสูงสุด เมื่อเทียบกับที่ 45 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้องนาน 120วัน โดยมีค่าเปอร์ออกไซด์ 1.37-2.70 meqROOH/kg ของน้ำหนักเนื้อในไขกระบก ซึ่งแสดงว่าไขกระบกค่อนข้างทนต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ในทางอุตสาหกรรมมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารที่เพิ่มคุณค่าได้

สรุปผลการศึกษาไขกระบกมาจากเนื้อในเมล็ดพืชได้จากต้นไม้ยืนต้น พบได้ทั่วไปในป่าทั่วประเทศไทยบางครั้งพบหล่นตามป่า คณะผู้วิจัยได้นำผลผลิตดังกล่าวมาพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่า และรายได้แก่คนบนดอย พบว่าเนื้อในผลมะมื่นนอกจากมีการนำมาคั่วกินเล่นสามารถนำมาพัฒนา เป็นเครื่องสำอาง และยาเหน็บทวารและเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง หากสามารถ

ขยายผลนำไปพัฒนาเป็นเครื่องสำอางและยาจะสามารถทดแทนการนำเข้าไขแข็งที่นำเข้ามาพัฒนาเป็นยาพื้นยาเหน็บและเครื่องสำอางได้

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์

มอเตอร์เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ที่ใช้ได้ไปขับเคลื่อนสิ่งต่างๆ ตามต้องการ มอเตอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเป็นมอเตอร์กระแสสลับ จำแนกไว้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือมอเตอร์ที่มีนาดเล็กซึ่งมีขนาดเป็นทศนิยมของกิโลวัตต์ (kW) หรือแรงม้า (Hp) ใช้กับไฟฟ้าเฟสเดียว 220 โวลต์ (V) และมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่กับไฟฟ้าสามเฟส 380 โวลต์ (V) ด้วยขนาดที่เป็นกิโลวัตต์ หรือแรงม้าคงตัว มักมีขนาดไม่โตกว่า 75 กิโลวัตต์ (100 Hp)

รูปที่ 2.9 ลักษณะของมอเตอร์ [11,12,13,14]

มอเตอร์ขนาดเล็กที่พบงานทั่วไปใช้กับไฟฟ้าเฟสเดียว 220 โวลต์ มักมีขนากโตกว่า 250 วัตต์ (W) หรือ 1/3 แรงม้า มอเตอร์ขนาดเล็กๆ จะมีราคาถูกไม่เหมาะสมกับการใช้งานหนักที่ต้องอยู่ใน สภาวะแวดล้อมที่กัดกร่อนหรือผุกร่อนได้ง่าย มอเตอร์ขนาดเล็กจะแตกต่างกันที่วิธีสตาร์ท เช่น สตาร์ทด้วยคาปาซิเตอร์ และด้วยแรงผลักแม่เหล็กเป็นต้น แต่ที่นิยมมากที่สุดคือสตาร์ทด้วยคาปาซิเตอร์ หรือคอนแดนเซอร์ซึ่งมีทอร์คบิคขณะเริ่มสตาร์ทสูง ซึ่งเหมาะกับการงานในพัดลมเครื่องกวน เครื่องผสม และเครื่องอเนกประสงค์อื่น ๆทั่วไป

1. รายละเอียดที่ควรทราบเกี่ยวกับมอเตอร์

แผ่นป้ายของมอเตอร์ ซึ่งเป็นสิ่งแรกที่ต้องให้ความสนใจ ซึ่งติดอยู่ที่มอเตอร์แผ่นป้ายเป็นแผ่นที่บอกอย่างย่อ ๆ เกี่ยวกับมอเตอร์นั้น ๆ ด้วยโค้ด

ชื่อบริษัทผู้ผลิต แผ่นป้ายจะระบุชื่อบริษัทผู้ผลิตไว้ที่ปรากฏชัดเจนที่สุด พร้อมทั้งสามารถที่จะติดต่อได้

AC ย่อมาจาก Alternating Current แปลว่า กระแสสลับ

DC ย่อมาจาก Direct Current แปลว่า กระแสตรง

เลขประจำตัวมอเตอร์ (Identification Number) จะบอกแบบหรือรุ่นของมอเตอร์ว่าสร้างขึ้นมาเมื่อไร ใบสั่งทำมาเมื่อไรและข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการผลิตวิธีออกเลขโค้ดเป็นของบริษัทโดยเฉพาะเลขประจำตัวมอเตอร์เป็นเลขที่เป็นข้อมูลสำคัญในการติดต่อบริษัทผู้ผลิต

ชนิดมอเตอร์กระแสสลับนั้นมีหลายชนิด ซึ่งมีคุณสมบัติการงานที่แตกต่างกัน

กรอบโครงมอเตอร์ (Frame) จะใช้ตัวย่อว่า Fr และจะสร้างกำหนดขนาดระยะต่างๆ ตามมาตรฐานที่ตกลงกัน

เฟส (Phase) หมายถึงจำนวนเฟสไฟกระแส ที่ต้องใช้มอเตอร์ตัวนั้นๆ มอเตอร์ที่ใช้กันทั่วไปตัวเล็กจะใช้กับไฟ 1 เฟส ตัวใหญ่จะใช้ไฟ 3 เฟส

Hp คือสมรรถนะของกำลัง วัดเป็นแรงม้า นอกจากวัดแรงม้าแล้วมอเตอร์สมัยใหม่ยังวัดเป็น กิโลวัตต์ (kW) ทั้งหมด มอเตอร์บางตัวติดป้ายทั้ง Hp และ kW มาด้วยกัน บางตัวจะติดป้าย Cont มาด้วย หมายความว่ามอเตอร์ตัวนั้นๆจะให้สมรรถนะกำลังด้วยค่าดังกล่าวเป็นระยะเวลาการใช้งานยาว

ความเร็วรอบ rpm (Revolution per minute)

โวลต์ (V) หมายถึง จำนวนโวลต์ หรือแรงดันที่ต้องต่อเข้ามอเตอร์ 220 โวลต์สำหรับ 2 เฟส หรือ 380 โวลต์ สำหรับ 3 เฟส

วิธีป้องกันอันตรายจากความร้อน คำว่า Thermally Protected บนแผ่นป้ายมอเตอร์แสดงแผ่นกันอันตรายจากความร้อนติดตั้งอยู่ภายใน โดยป้องกันความร้อนจากการ โอเวอร์โหลดเกินไป หรือกรณีที่สตาร์ทไม่หมุน

กระแสมอเตอร์บางตัวใช้ได้ทั้งกระแสแรงดันสองค่า จะต้องใช้กระแสสองค่าด้วยเช่นกัน มอเตอร์ที่ใช้ความถี่ 50 / 60 เฮิร์ทธ (Hz) โดยกระแสไฟขณะใช้กับความถี่ 50 เฮิร์ทธ (Hz) จะสูงกว่า 60 เฮิร์ทธ (Hz) ประมาณ 10% - 15%

2. การหากำลังและพลังงานทางไฟฟ้า (Power, P)

กำลังงาน คือ งานที่ได้ต่อเวลา

$$P = \frac{W}{t} = \frac{I^2}{R} = I \times V \qquad (2.1)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า , W

W คือ งาน หรือ พลังงาน, J

t คือ เวลา, s

I คือ ค่ากระแสไฟฟ้า, A

V คือ ค่าแรงดันไฟฟ้า, V

R คือ รัศมี

หรือ $$P = \frac{2\pi TN}{60} \qquad (2.2)$$

$$T = F \times r$$

เมื่อ P คือ กำลัง (W)

T คือ Torque (N.m)

N คือ ความเร็วรอบ (rpm)

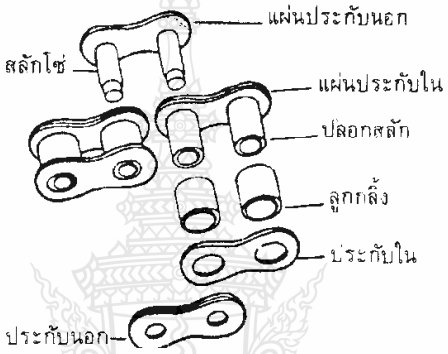
F คือ แรง (N)

2.3.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับโซ่ส่งกำลัง

การส่งกำลังด้วยโซ่มีใช้อยู่มากทางด้านงานเครื่องจักรกลและระบบขนถ่ายวัสดุ เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับการขับด้วยสายพาน โซ่จะคล้องอยู่กับจานโซ่หรือเฟืองจานโซ่ซึ่งติดอยู่บนเพลาขับและเพลาตาม อัตราทดของการขับขึ้นอยู่กับขนาดของจานโซ่ทั้งสอง และการส่งกำลังด้วยโซ่นี้ไม่มีการลื่นเกิดขึ้นระหว่างโซ่เฟืองโซ่ จึงนิยมใช้มาก เช่น การส่งกำลังในเรือเครื่องยนต์ เครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องมือกล เครื่องทอผ้าและเครื่องจักรกลงานไม้ เครื่องพิมพ์และการขนถ่ายวัสดุ

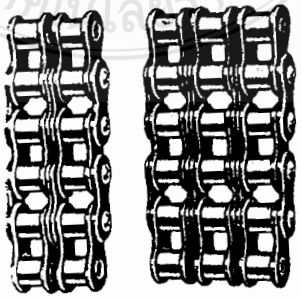
1. โซ่ลูกกลิ้ง โซ่ลูกกลิ้งประกอบด้วยแผ่นประกับในต่อขนานกันด้วยปลอกสลักเป็นคู่ ๆ ต่อเชื่อมโยงเข้าด้วยกันด้วยแผ่นประกอบนอกทั้งสองข้าง สลักสอดเข้าไปในปลอกสลัก

ปลายทั้งสองข้างของสลักย้ำติดแน่นกับแผ่นประกับนอก สลักหมุนตัวได้ในปลอกสลัก ฉะนั้นโซ่จังโค้งตัวได้ดีปลายโซ่ทั้งสองต่อกันด้วยแผ่นประกับนอกโดยใช้สลักยาวคู่หนึ่ง ปลายข้างหนึ่งของสลักทั้งสองแต่ละตัวย้ำติดแน่นกันแผ่นประกับนอก และปลายอีกข้างหนึ่งเซาะร่องรอบตัวสำหรับประกอบตัวยึดไม่ให้แผ่นประกับนอกหลุดออก เพื่อให้โซ่มีความฝืดเสียดทานต่ำและลดความสึกหรอระหว่างปลอกสลักกับเฟืองโซ่จึงสวมลูกกลิ้งไว้บนปลอกสลัก ผิวนอกของลูกกลิ้งสัมผัสกับเฟืองโซ่ส่วนผิวในหมุนกลิ้งได้ ปลอกสลักส่วนประกอบดังกล่าวทำด้วยเหล็ก St 60 ชุบแข็ง



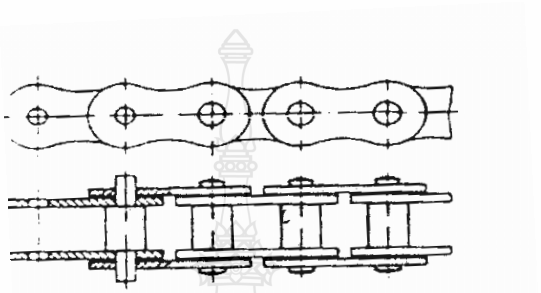
รูปที่ 2.10 ส่วนประกอบโซ่ลูกกลิ้ง [15,16]

ประเภทโซ่ลูกกลิ้ง โซ่ลูกกลิ้งแถวเดี่ยวเป็นโซ่ที่ใช้กันแพร่หลาย เช่น โซ่รถจักรยานยนต์เพราะไม่ต้องการกำลังขับมากนัก โซ่ลูกกลิ้งแถวคู่เป็นโซ่ใช้งานได้หนักกว่าโซ่แถวเดี่ยว เช่นใช้ขับเพลาลูกเบี้ยวเครื่องยนต์ โซ่ลูกกลิ้ง 3 แถว เป็นโซ่ส่งกำลังเครื่องจักรกลขนาดหนักแต่ความเร็วรอบไม่สูงนัก เช่นการขับลูกกลิ้งเครื่องยนต์แร่ในโรงงานอุตสาหกรรม



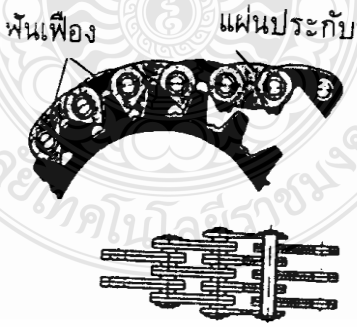
รูปที่ 2.11 โซ่ 2 แถว และ 3 แถว [15,16]

2. โซ่ไม่มีลูกกลิ้ง (Rollerless Chains) โซ่ไม่มีลูกกลิ้งมีลักษณะคล้ายโซ่ลูกกลิ้ง แกนโซ่เป็นแท่งสลักทรงกระบอกลดขนาดทั้ง 2 ข้าง เพื่อสอดเข้ากับแผ่นประกับในและแผ่นประกับนอกย้ำหัวแกนโซ่ทั้ง 2 ข้าง เพื่อไม่ให้แผ่นประกับหลุดหรือเป็นแบบใช้แป้นร้อย โซ่ชนิดนี้ใช้ส่งกำลังได้น้อยและความเร็วใช้งานต่ำที่มีการสึกหรอไม่มาก



รูปที่ 2.12 โซ่ไม่มีลูกกลิ้ง [15,16]

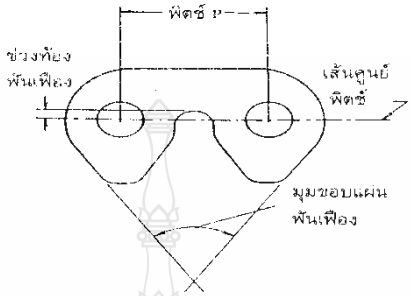
3. โซ่ฟันเฟือง (Silent Chains) โซ่ฟันเฟืองหรือโซ่ฟันเงียบเป็นโซ่ที่ใช้งานความเร็วสูงตั้งแต่ 1,200 ม./นาที ขึ้นไปเพราะโซ่แบบนี้ใช้งานมีเสียงเกิดขึ้นน้อยและไม่สะบัดตัวมาก ส่งกำลังได้เรียบ ราคาค่อนข้างแพง ใช้สำหรับการส่งกำลังเพลาลูกเบี้ยวเครื่องยนต์และเครื่องจักรกลพิเศษ



รูปที่ 2.13 โซ่ฟันเฟือง [15,16]

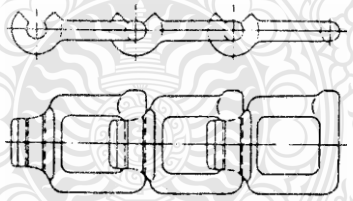
โครงสร้างโซ่ฟันเฟืองประกอบด้วยแผ่นฟันเฟืองที่เป็นฟันเฟืองหัวท้ายด้วยระยะพิตช์เท่ากัน มีช่วงท้องฟันเฟืองเพื่อไม่ให้สัมผัสยอดฟันจาน โซ่ตรงกลางฟันมีรูสำหรับสลัก

ร้อยต่อเป็นโซ่เส้นยาว การส่งกำลังขับจึงคล้ายกับการส่งกำลังด้วยเฟืองแต่ยืดหยุ่นได้ดีกว่า การขับด้วยเฟืองฟันเฟืองโซ่ขับฟันเฟืองจานโซ่ได้อย่างราบเรียบสม่ำเสมอและเงียบกว่าโซ่แบบอื่น



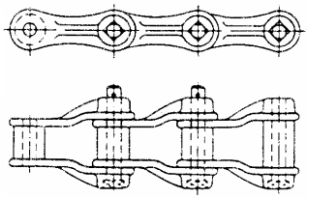
รูปที่ 2.14 ภาพขยายแผ่นฟันเฟือง [15,16]

4. โซ่ข้อถอดได้ หรือเรียกว่าโซ่ราบ ใช้กับอัตราความเร็วต่ำและมีโหลดในการส่งถ่ายกำลังน้อย ๆ ข้อโซ่ทำจากเหล็กกล้าหรือเหล็กหล่อสามารถเปลี่ยนได้ง่ายที่ปลายข้างหนึ่งของข้อมีลักษณะเป็นหูไว้เกี่ยวกับปลายของอีกข้อหนึ่ง โซ่นี้สามารถใช้กลับทางขับได้



รูปที่ 2.15 โซ่ข้อถอดได้ [15,16]

5. โซ่ข้อเรียว ใช้กับความเร็วต่ำและสภาพการใช้งานสัมผัสกับฝุ่น เศษวัสดุ หรือสภาพที่เสี่ยงต่อการเสียหาย ใช้กับงานส่งลำเลียงวัสดุอัตราความเร็วที่ใช้ปกติ 450 รอบต่อนาที หรือน้อยกว่าขณะที่มีโหลดส่งถ่ายเพียงเล็กน้อย



รูปที่ 2.16 โซ่ข้อเรียว [15,16]

6. โซ่ข้อเหลี่ยม โซ่นี้ประกอบด้วยข้อเหลี่ยมต่อด้วยแผ่นประกบด้านข้างกับสลัก ใช้กับงานลำเลียงวัสดุขนาดเล็ก โดยมีเครื่องประกอบพร้อมกับตัวผลัก ลักษณะของโซ่นี้จะต่อพ่วงด้วยข้อสองข้อกับสลักหรือหมุดย้ำ ซึ่งที่ล็อกตรงด้านนอกข้างแผ่นประกบสลักต่อพ่วงหรือหมุดย้ำจะหมุนได้อย่างอิสระในข้อของบูชผิวเรียบ

รูปที่ 2.17 โซ่ข้อเหลี่ยม [15,16]

7. ข้อดีของการใช้โซ่ในการส่งกำลัง

การติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับชุดส่งกำลังด้วยเฟือง และใช้ในที่แคบได้

ไม่จำเป็นต้องมีแรงตึงชั้นต้นในโซ่ด้านตึงเหมือนกับสายพาน ทำให้อายุใช้งานแบริ่งที่รองรับเพลาเพิ่มมากขึ้น

ไม่ลื่นไถล เนื่องจากร่องของโซ่สวมสนิทกับซี่ฟันของเฟืองโซ่ ฉะนั้นอัตราทดความเร็วรอบระหว่างเพลาแน่นอนตลอดเวลาใช้งาน

มีประสิทธิภาพงานกลสูง เนื่องจากสลักและปลอกสลักสวมอยู่ในลูกกลิ้งด้วยระยะเบียดซึ่งชิดผิวสัมผัสทุกส่วนเจียระไนเรียบจึงมีความฝืดเสียดทานต่ำ

ใช้งานสะดวก เนื่องจากระยะห่างระหว่างเพลาถ่ายทอดแรงทั้งสองมีโอกาสเลือกได้หลายขนาด ตั้งแต่ 50 มิลลิเมตร จนถึง 10 เมตร สุดแต่การออกแบบ

เลือกใช้อัตราทดความเร็วรอบได้กว้างขวางถึง 901 และใช้กำลังฉุดลากได้สูงถึง 500 กิโลวัตต์ที่ความเร็วรอบ 750 รอบต่อนาที สำหรับโซ่แถวเดี่ยว

โซ่ส่งกำลังมีคูณสมบัติยืดหยุ่นรับแรงกระตุกกระชากได้หากเลือกขนาดของพิตช์และจำนวนฟันให้เหมาะสมกับระยะห่างระหว่างเพลา

โซ่ซึ่งต่อแผ่นประกับออกเป็นหูจับยึดรูปต่างๆ เช่นสายพานลำเลียงของเครื่องบรรจุขวดน้ำอัดลม สายพานขับล้อรถแทรกเตอร์ได้

โซ่ส่งกำลังเมื่อสึกหรอหรือชำรุดเปลี่ยนใหม่ได้โดยไม่ต้องถอดเฟืองโซ่เป็นการประหยัดแรงงานซ่อมบำรุง

ขนาดกะทัดรัดกว่าสายพานเมื่อใช้งานด้วยอัตราทดเท่ากัน เฟืองโซ่มีขนาดเล็กกว่าสายพาน

ติดตั้งง่ายกว่าสายพานเพราะเพียงแต่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วสอดสลักเข้าไปเท่านั้น

ใช้งานได้กับอุณหภูมิสูง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

8. ข้อเสียของการใช้โซ่ลูกกลิ้งส่งถ่ายกำลัง

โซ่ส่งกำลังมีเสียงดัง

มีอันตรายเมื่อโซ่ขาดที่ความเร็วสูง

เพลาและจานโซ่จะต้องขนานกัน

ส่งกำลังแบบไขว้ไม่ได้

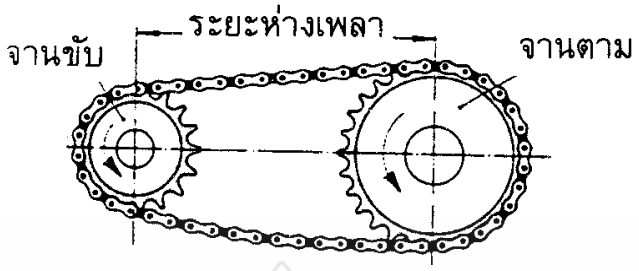
มีราคาแพงกว่าการขับด้วยสายพาน

ต้องมีการหล่อลื่น

ยืดตัวแล้วจะไม่ลงตรงฟันจานโซ่อีกต่อไป

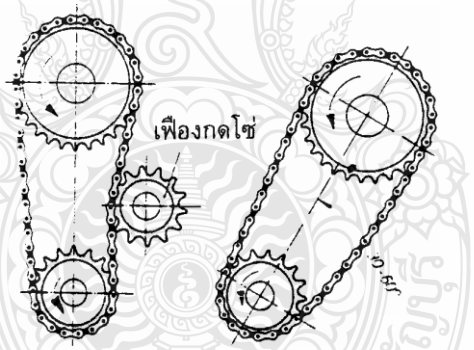
9. การติดตั้งและการเลือกใช้โซ่ส่งกำลัง ลักษณะการติดตั้งโซ่ส่งกำลัง เมื่อโซ่ผ่านไปรอบเฟืองโซ่ฟันจะดัดงอโค้งให้เกิดการแขวนที่แต่ละปลายสุดของข้อ ลูกกลิ้งจะหมุนอยู่บนสลักขณะเมื่อสัมผัสกับฟันของเฟืองโซ่ และจะนำข้ออื่น ๆ เข้าไปแทนข้อเดิมแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นมาจากการเลื่อนที่กลิ้งไปของข้อโซ่ มีผลกระทบต่อการสึกหรอฟันโซ่ ดังนั้นการติดตั้งโซ่ส่งกำลังควรพิจารณาต่อไปนี้

โซ่ส่งกำลังแนวนอน โซ่ส่งกำลังแนวนอนเป็นแนวที่เหมาะสมที่สุด จานโซ่ตัวเล็กเป็นตัวขับเพื่อทดแรงและให้หย่อนอยู่ด้านล่างช่วยให้ด้านบนตรึงตัวอยู่เสมอ เป็นการป้องกันโซ่กันฟันเฟืองให้สึกหรอ



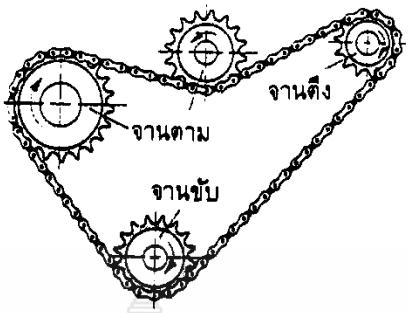
รูปที่ 2.18 โซ่ส่งกำลังแนวนอน [15,16]

โซ่ส่งกำลังแนวดิ่งและแนวเอียง การติดตั้งโซ่ส่งกำลังแนวดิ่งทำได้แต่ต้องมีตัวตรึงไม่ให้โซ่หย่อน เช่นเฟืองกดโซ่หรือรางกดโซ่ มิฉะนั้นโซ่จะสะบัดส่งกำลังไม่ราบเรียบและสึกหรอเร็ว หากติดตั้งโซ่เป็นแนวเอียง 30 – 60 องศา จะปลอดภัยและประสิทธิภาพการส่งกำลังจะดีกว่าติดตั้งโซ่ส่งกำลังแนวดิ่ง



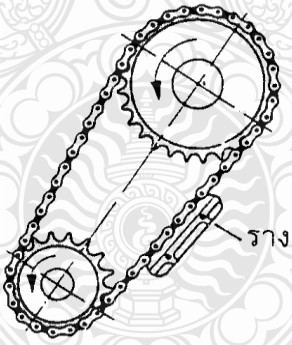
รูปที่ 2.19 โซ่ส่งกำลังแนวดิ่งและแนวเอียง [15,16]

10. โซ่ส่งกำลังมากว่า 2 เพลา การส่งกำลังหลายเพลาต้องมีจานตรึงโซ่อยู่อย่างน้อย 1 ตัว และให้หลีกเลี่ยงการส่งกำลังโอบเป็นเป็นมุมฉาก เพราะโซ่จะกดหน้าฟันโซ่ด้านบน ฟันโซ่จะสึกหรอมาก



รูปที่ 2.20 โซ่ส่งกำลังมากว่า 2 เพลา [15,16]

11. การป้องกันโซ่สั่นด้วยรางกดโซ่ เนื่องจากโซ่เมื่อใช้ไปนาน ๆ จะยืดตัวดังนั้นจึงควรมีชุดทำให้โซ่ตึงเอาไว้ หรือปรับระยะเพลาโซ่โดยทั่ว ๆ ไปยอมให้หย่อนได้ประมาณ 2% ของระยะห่างระหว่างเพลาโซ่ ถ้าใช้กับเครื่องที่มีแรงกระตุกมากเช่นเครื่องยนต์จะทำให้สั่นได้ง่ายและจะทำให้เครื่องเดินไม่เรียบ ส่วนมากจะต้องใช้ชุดลดความสั่น (Vibration Damper) คือรางกดโซ่หรือชุดสปริงกดโซ่ เช่นโซ่ขับเฟืองเพลาลูกเบี้ยวเครื่องยนต์

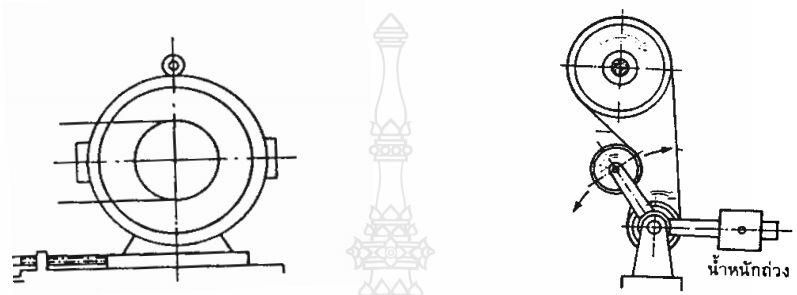


รูปที่ 2.21 การป้องกันโซ่สั่นด้วยรางกดโซ่ [15,16]

12. ชุดปรับความตึงโซ่อุตสาหกรรม การใช้งานขับของโซ่ส่งกำลังถ้าหากมีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเพลายาวมากจะเป็นเหตุให้เกิดการหย่อน ซึ่งมีผลให้โซ่เกิดการแกว่งสะบัด ดังนั้นเพื่อป้องกันกรณีที่จะเกิดขึ้นดังกล่าวจำเป็นต้องมีการเลือกติดตั้งตัวปรับความตึงโซ่ ซึ่งลักษณะการติดตั้งตัวปรับความตึงแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุดการปรับความดึงโซ่มี 2 วิธี คือ

ปรับด้วยชุดสกรู ฐานมอเตอร์ใช้ปรับเป็นครั้งคราวเมื่อปรากฏว่าโซ่หย่อนเกิดพิกัด แต่ต้องปรับให้ตึงพอประมาณ ถ้าตึงเกินไปจะทำให้โซ่ยืดและสึกหรอเร็ว

ปรับความตึงด้วยชุดน้ำหนักถ่วง เป็นลักษณะการปรับความตึงอัตโนมัติ โดยมีน้ำหนักที่หนักพอเหมาะกับงานถ่วงตรึงโซ่ไว้ตลอดเวลา โซ่จึงหย่อนอยู่ในพิกัดตลอดไปช่วยให้อายุการใช้งานของโซ่และจานโซ่ยาวนาน



(ก) ปรับความตึงด้วยชุดสกรูฐาน (ข) ปรับความตึงด้วยชุดน้ำหนักถ่วง

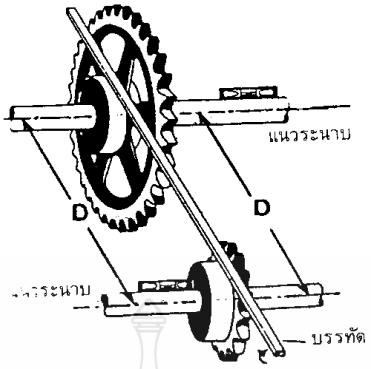
รูปที่ 2.22 ก - ข แสดงวิธีปรับความตึงโซ่ [15,16]

13. แนวศูนย์ของเพลาและจานโซ่ เมื่อจานโซ่และเพลาไม่ได้แนวศูนย์กันจะมีผลทำให้การสึกหรอของโซ่และเฟืองจานโซ่สูง จากการไม่ได้แนวศูนย์กันทำให้เกิดการเบียดด้านข้างฟันจานโซ่และสาเหตุของการสึกหรอในข้อต่อมาจากเค้นและการบิดของโซ่

14. วิธีตั้งศูนย์จานโซ่ มี 2 วิธี ดังนี้

จานโซ่ทั้งชุดต้องประกอบอยู่บนเพลาที่ขนานกัน และเฟืองทั้งสองต้องอยู่ตรงกันเป็นแนวเดียวกัน จัดระยะห่างระหว่างเพลาให้ขนานกันและใช้บรรทัดทาบระหว่างเฟืองทั้งสองเพื่อให้เป็นแนวตรงเดียงกัน

เพลาทั้งสองต้องติดตั้งอยู่บนแบริ่งรองรับซึ่งหมุนได้คล่องและไม่ทำให้เพลากับจานโซ่หมุนกวัดแกว่งไม่ตรงแนวกัน



รูปที่ 2.23 แสดงแนวศูนย์ของเพลาและจานโซ่ [15,16]

15. วิธีเลือกโซ่ส่งกำลัง

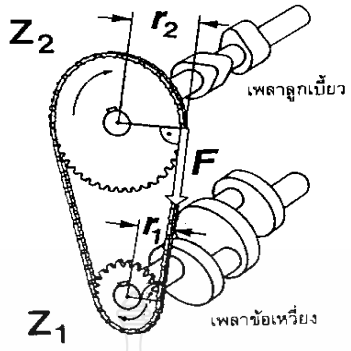
เลือกขนาดโซ่ให้เหมาะสมกับกำลังที่ส่งถ่าย

ความเร็วรอบของเฟืองโซ่ของเพลางานควรช้าที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ปกติไม่ควรเกิน 550 รอบต่อนาที

อัตราทดความเร็วรอบระหว่างเพลาทั้งสองไม่ควรเกิน 9: 1

จำนวนฟันของเฟืองขับตัวเล็กควรเป็นจำนวนคี่ นอกจากกรณีซึ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้และผลบวกของจำนวนฟันของเฟืองทั้งสองไม่ควรต่ำกว่า 50

เลือกโซ่ซึ่งมีระยะพิตช์แคบที่สุดเท่าที่สามารถส่งถ่ายกำลังได้ตามต้องการ จำนวนฟันของโซ่ขบกับฟันของจานโซ่ตลอดเวลาไม่ควรน้อยกว่า 17 ฟันโซ่ซึ่งมีระยะพิตช์แคบมีจำนวนฟันขบกับโซ่มากและมีความสามารถส่งถ่ายกำลังได้มากและมีเสียงเงียบขณะใช้งาน



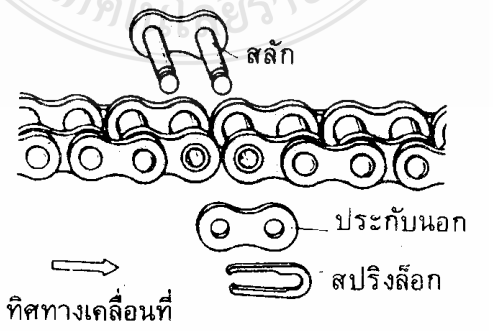
รูปที่ 2.24 การเลือกใช้โซ่ที่เหมาะสมกับกำลังที่ส่ง [15,16]

16. การบำรุงรักษาโซ่ส่งกำลัง ทิศทางการเคลื่อนที่ของโซ่ โซ่ขับต้องทำงานในทิศทางที่เหมาะสมเพื่อไม่กระทบต่อการสึกหรอที่จะเกิดขึ้นทั้งของโซ่และเฟืองจานโซ่ ลำดับหัวข้อจากด้านล่างนี้หากปฏิบัติจะช่วยลดการสึกหรอบนผิวกดอัดของแกนสลักข้อโซ่และฟันเฟืองจานโซ่มีดังนี้

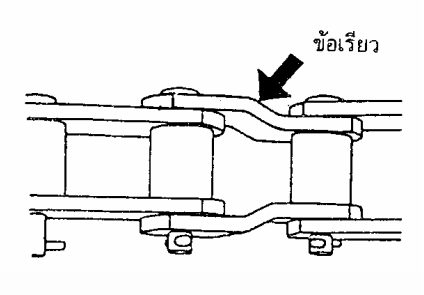
โซ่ลูกกลิ้งแถวเดี่ยวและหลายแถว แผ่นประกับข้างของโซ่เป็นแนวตรง (ข้อตรง) โซ่สามารถเคลื่อนที่ได้ 2 ทิศทาง ถ้าไม่มีข้อต่อแบบถอดได้

โซ่แบบข้อถอดได้ การเคลื่อนที่ของโซ่ชนิดนี้ต้องให้ส่วนที่ปลายเป็นข้อเกี่ยวเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเพราะไม่เช่นนั้นจะทำให้แผ่นข้อโซ่เกิดการสึกหรอมาก

โซ่แบบข้อเรียว การเคลื่อนที่จะให้ด้านเรียวเคลื่อนที่ไปตามหลังหัวแผ่นประกับโซ่จึงจะไม่กระทบฟันเฟืองจานโซ่

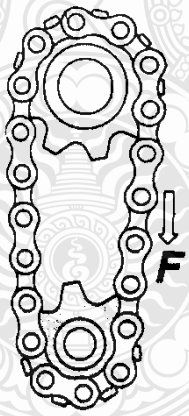


รูปที่ 2.25 ทิศทางการเคลื่อนที่ของโซ่ลูกกลิ้งไปทางขวา [15,16]



รูปที่ 2.26 ทิศทางการเคลื่อนที่ของโซ่ข้อเรียวไปทางขวา [15,16]

17. การเริ่มเดินและหยุดโซ่ขับ โดยทั่วไปแล้วควรต้องมีการหลีกเลี่ยงการเริ่มเดินโซ่ที่อยู่ภายใต้โหลดส่งกำลังที่สูงมาก ๆ และการเริ่มเดินนี้ควรให้เป็นไปอย่างช้า ๆ ก่อน ขณะเดียวกันก็ตรวจสอบดูสภาพการทำงานว่าเหมาะสมหรือไม่ ก่อนที่จะให้โซ่นั้นรับโหลดอย่างเต็มที่ ทั้งนี้เพื่อยืดอายุการใช้งานของโซ่และเฟืองจานโซ่ โดยไม่ให้เกิดแรงกระตุกกระชากแรง ๆ ไม่ว่าการเริ่มส่งกำลังหรือการหยุดโซ่



รูปที่ 2.27 การเริ่มเดินและหยุดโซ่ขับ [15,16]

18. งานปรับตรึงโซ่ โซ่ควรหย่อนได้ประมาณครึ่งหนึ่งของระยะพิตช์ ตึงเกินไปสึกหรอมาก หย่อนเกินไปมีผลกระทบต่อการส่งกำลัง งานที่เห็นได้ง่ายคือการตรวจปรับโซ่จักรยานยนต์ดังนี้

คลายตัวปรับ 1 จนกระทั่งโซ่หย่อนตัว 25 - 35 มม. วัดที่กึ่งกลางระหว่างสเตอร์หน้ากับสเตอร์หลังและขีดเครื่องหมาย 2 ทั้งสองข้างจะต้องอยู่ตำแหน่งเดียวกันบนสเกล เพื่อให้แน่ใจจะต้องตรวจดูล้อหน้าและล้อหลังให้อยู่ในแนวเดียวกัน

หลังจากปรับตั้งโซ่ถูกต้องแล้ว ให้ขันน็อตยึดแกนล้อตัวใน 3 และน็อตแกนล้อ 4 ให้แน่น แล้วจึงขันน็อตปรับ 1 ให้แน่นอีกครั้ง

2.3.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับเพลา

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาทั่วไปคือ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347 3140 4150 4340 เป็นต้น เพลาที่มีนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 มิลลิเมตร มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้านิดอื่น

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญมากองระบบส่งกำลัง กำลังที่ส่งผ่านเพลาอยู่ในรูปของโมเมนต์บิด (Torque) สำหรับในการส่งผ่านเพลาหนึ่งไปอีกเพลาหนึ่ง จำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง เช่น เฟืองสายพาน ฯลฯ ดังนั้นจึงเกิดแรงเนื่องจากการขบกันของเฟือง แรงเนื่องจากการฉุดของโซ่หรือแรงดึงของสายพาน จะมากระทำต่อเพลาอันทำให้เกิดโมเมนต์ดัด (Bending Moment) ขึ้นกับเพลา และบางกรณีอาจจะมีแรงกระทำตามแนวแกนของเพลาด้วย ดังนั้น ในขณะที่เพลาทำหน้าที่ส่งผ่านกำลังเพลาจะรับทั้งโมเมนต์บิดและโมเมนต์ดัดพร้อมๆ กัน

โดยปกติทั่วไป รูปหน้าตัดของเพลาจะเป็นวงกลมนาดไม่เท่ากัน แต่ละตกบ่าเป็นชั้นๆ บางตำแหน่งจะเป็นร่องลิ่มเพื่อใช้ในการติดตั้งพูเล่ย์ (Pulley) เฟือง แบริ่ง (Bearing) หรือชิ้นส่วนอื่นๆ เพลาที่ใช้โดยทั่วไปจะมีทั้งเพลากลวงและเพลาตัน

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่หมุนหรือไม่หมุนก็ได้ ซึ่งลักษณะทั่วไปจะมีหน้าตัดกลม ซึ่งเพลาอาจจะมีชิ้นส่วนอื่นๆ ยึดอยู่ เช่น ล้อสายพาน และชิ้นส่วนในการส่งกำลังอื่นๆ อีก ในการออกแบบเพลานั้นจะพิจารณากันถึงระยะโก่งก่อน แล้วจึงทำการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นเหตุผลก็เพราะว่าถ้าเพลาที่ทำมีความแข็งแกร่งพอที่จะไม่เกิดระยะโก่งมากขึ้นแล้ว ความเค้นที่เกิดขึ้นก็จะอยู่ในช่วงที่มีความปลอดภัย แต่ก็ต้องคำนวณตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง และชิ้นส่วนที่ใช้ส่งกำลัง ซึ่งประกอบติดกับเพลา ถ้าสามารถออกแบบให้อยู่ ในตำแหน่งที่ใกล้กับจุดรองรับเพลาได้ด้วยแล้ว ก็จะช่วยทำให้โมเมนต์ดัด (Bending Moment) ของเพลาลงลด ซึ่งจะส่งผลให้ระยะโก่ง (Deflection) และความเค้นดัด (Bending Stress) ลงลดด้วย

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิด ดังนั้นจึงสมควรที่จะได้พิจารณาถึงการออกแบบเพลาโดยเฉพาะ เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันไป ตามลักษณะของการใช้งานดังต่อไปนี้ คือ

เพลา (shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน (axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่าเพลาไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรืออยู่นิ่งก็ตาม

สพินเดิล (spindle) เป็นเพลาขนาดสั้นไม่หมุน เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง(Headstock spindle) เป็นต้น

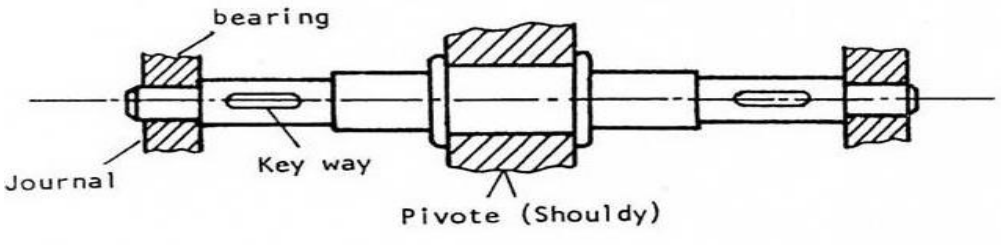
สตับชาฟต์ (stub shaft) หรือบางครั้งเรียกเฮดชาฟต์ (head shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่น

เพลาแนว (line shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (power transmission shaft) หรือเพลาเมน (main shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลังและใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆ โดยเฉพาะ

แจ็คชาฟต์ (jack shaft) หรือเคาน์ชาฟต์ (counter shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล

เพลาอ่อน (flexible shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรืองอโค้งได้ เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (wire rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้ แต่ส่งกำลังได้น้อย

สำหรับวัสดุที่ใช้ทำเพลาส่วนใหญ่จะเป็นเหล็กเหนียว (Steel) เช่น St 50, St 60, St-70 ในกรณีที่ต้องใช้ความแข็งแรงสูงๆ และต้องการความคงทนมากๆ อาจใช้เหล็กผสม (Alloy Steel) เช่น Chrom – Varadrium



รูปที่ 2.28 แสดงลักษณะเพลา [16,17,18,19]

หลักการออกแบบเพลา

ในการหาขนาดของเพลา จะต้องพิจารณาถึงสิ่งเหล่านี้กำลังงาน (Power) และภาระ (Lode) ที่ใช้ส่งกำลังความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลา รวมทั้งรูปร่าง ขนาดของวัสดุ และผิวงานสำเร็จ ซึ่งจะเป็นสาเหตุในการเกิดความเค้นขึ้น ณ ตำแหน่งของเพลา ความแกร่ง (Stiffness หรือ Rigidity) หมายถึง ความคงทนต่อการแอ่นตัว หรือการบิดตัวของเพลาเมื่อได้รับภาระ

Whirling Speed หมายถึง การสั่นตัวของเพลาอันเป็นเนื่องจากการแอ่นตัว ในการออกแบบเพลาสำหรับงานปกติทั่วไป จะพิจารณาเฉพาะกำลังงานภาระ และคำนวณตรวจความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลาเพื่อให้ได้ค่าความปลอดภัยเพียงพอสำหรับงานพิเศษ ในบางกรณีจะพิจารณาถึงความแกร่ง และ Critical Speed

1) การหาโมเมนต์บิด (Tensional Moment) หรือทอร์ก (Torque)

ในการคำนวณหาโมเมนต์บิด (Tensional Moment) หรือทอร์ก (Torque) สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$M_t \quad \frac{9500 \times P}{n} \tag{2.3}$$

เมื่อ P คือ กำลังงานระบุในเพลามีหน่วยเป็น, กิโลวัตต์ = 1 hp = 1.5 kW

n คือ ความเร็วรอบของเพลามีหน่วยเป็น, rpm

M_t คือ โมเมนต์บิดระบุมีหน่วยเป็น, N.m

2) คำนวณหาค่าโมเมนต์บิดขณะขับภาระ

$$M_t = M_B \times C_B \tag{2.4}$$

เมื่อ M_B คือ โมเมนต์ที่อยู่ในสภาพใช้งาน มีหน่วยเป็น, นิวตัน – เมตร

C_B คือ ค่าแฟคเตอร์ในการใช้งาน (Working - Factor) ใช้เท่ากับ 1.1

ในการคำนวณความเค้นทางปฏิบัติจะมีค่า C_B ดังนี้ [9]

เครื่องกลทำงานด้วยไฟฟ้า	1.0 – 1.1
ชุดเครนเครื่องไส เครื่องยนต์ลูกสูบ	1.2 – 1.5
เครื่องตีอัด เครื่องปั๊มรู	1.6 - 2.0
ค้อนกล เครื่องย่อยหิน เครื่องรีดโลหะ	2.0 – 3.0

3) การคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาโดยประมาณ

ส่วนใหญ่การคำนวณอันดับแรกจะยังไม่ทราบค่าโมเมนต์ดัดที่แน่นอน เพราะระยะของเพลา , ล้อหรือแรงยังไม่ทราบค่า จึงมีการคำนวณจากค่าโมเมนต์บิด และจำนวนรอบเพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยประมาณ ดังสมการ

$$\Phi_d = C_i \sqrt[3]{M_B} \tag{2.5}$$

เมื่อ Φ_d คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลามีหน่วยเป็น , มม.

M_B คือ โมเมนต์บิดที่อยู่ในสภาพใช้งานมีหน่วยเป็น, นิวตัน – มม.

C_i คือ เป็นแฟคเตอร์ขึ้นอยู่กับโมเมนต์

C_i คือ 6.9 เมื่อ Tall = 15 นิวตัน – ตร.มม.

C_i คือ 6.3 เมื่อ Tall = 20 นิวตัน – ตร.มม.

C_i คือ 5.8 เมื่อ Tall = 25 นิวตัน – ตร.มม.

2.3.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับพูลเล่ย์

พลูเล่ย์ (Pulley) เครื่องจักรกลอย่างง่ายซึ่งประกอบไปด้วย ล้อพูลเล่ย์ซึ่งมีร่องสำหรับร้อยเชือกหรือสายพาน เพื่อที่จะใช้ขับเปลี่ยนแรง หรือ ทิศทางด้วยเชือกหรือสายพานนั่นเอง ซึ่งส่วนมากนิยมนามาใช้ทดรอบเพื่อให้เกิดแรงมากขึ้น เช่น ในการยกของหนัก จะมีการนำพลูเล่ย์หลายๆตัวมาช่วยในการทดแรง หรือแม้ในการเปลี่ยนทิศทาง และในการขับเคลื่อน

สูตรการหาขนาดพูลเล่ย์ของต้นกำลัง

$$PM = \frac{PP \times RP}{RM} \qquad (2.6)$$

RP คือ ความเร็วรอบของปั๊ม

RM คือ ความเร็วรอบของต้นกำลัง

PP คือ ขนาดมู่เล่ย์ของปั๊ม

PM คือ ขนาดมู่เล่ย์ของต้นกำลัง

รูปที่ 2.29 ลักษณะของพูลเล่ย์ [20]

2.3.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับลูกเบี้ยว (Cam)

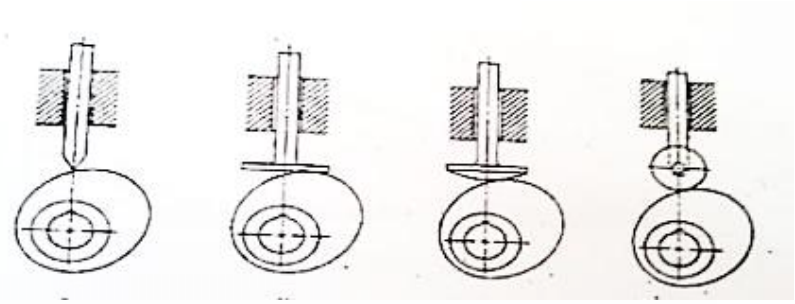
ลูกเบี้ยวเป็นกลไกมูลฐานอีกประเภทหนึ่ง ที่มีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย ลักษณะของลูกเบี้ยวส่วนใหญ่จะเป็นผิวโค้ง ซึ่งจากการหมุนหรือเคลื่อนที่กลับไปกลับมา จะทำให้ตัวตามเคลื่อนที่ตามต้องการ

ระบบของลูกเบี้ยวและตัวตาม

เมื่อมีการนำลูกเบี้ยวไปใช้งาน จะต้องมีตัวตามประกอบไปด้วย ดังนั้นการเรียกชื่อระบบของลูกเบี้ยวและตัวตาม จึงอาศัยชื่อของลูกเบี้ยว และตัวตามประกอบกัน

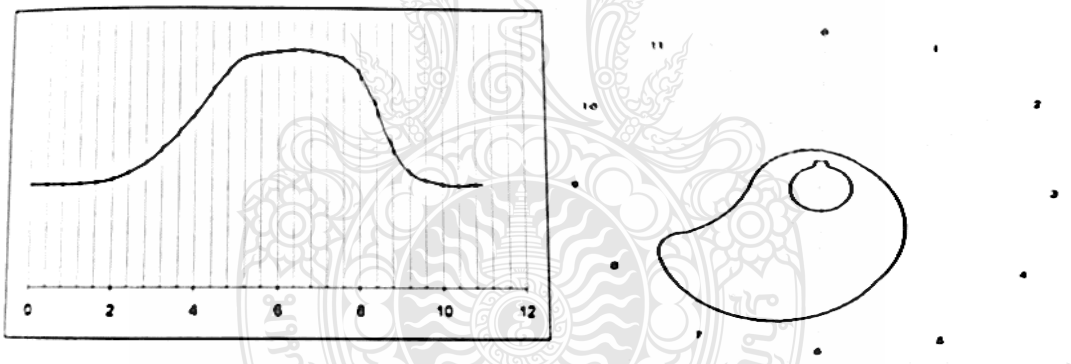
ลูกเบี้ยวแบ่งเป็นประเภทต่างๆ ตามลักษณะรูปร่าง เช่น มีลักษณะเป็นแผ่นเรียก Disk Cam (Radial cam) ลักษณะคล้ายลิ่มเรียก Wedge Cam เป็นต้น

ส่วนตัวตามแบ่งได้ 2 ประเภท คือ แบ่งตามลักษณะรูปร่าง ได้แก่ Knife – Edged เป็นแบบที่ส่วนที่สัมผัสกับลูกเบี้ยว เป็นปลายแหลม ผิวที่สัมผัสเป็นเส้นตรง Spherical – Faced ผิวสัมผัสเป็นเส้นโค้ง และ Roller ซึ่งส่วนที่สัมผัสเป็นล้อกลมหมุนได้เป็นต้น

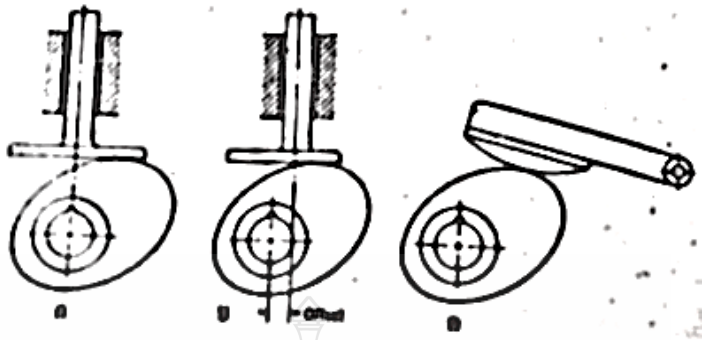


รูปที่ 2.30 ลักษณะของลูกเบี้ยวประเภทต่าง ๆ [21]

สำหรับตัวตามอีกประเภทหนึ่ง แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่รวมทั้งแนวการเคลื่อนที่ด้วยดังเช่น ตัวตามแบบ Radial Flat – faced Translating ที่มีผิวสัมผัสเป็นเส้นตรงและมีการเคลื่อนที่แบบ Translation ตามแนวรัศมี Offset Flat – faced Translating เป็นแบบที่คล้ายแบบแรกเพียงแต่แนวการเคลื่อนที่ของตัวตามอยู่เยื้อง จากแนวจุดศูนย์กลางของลูกเบี้ยว และ Spherical – faced Oscillating มีผิวสัมผัสเป็นเส้นโค้งและมีการเคลื่อนที่กลับไปกลับมา เป็นต้น

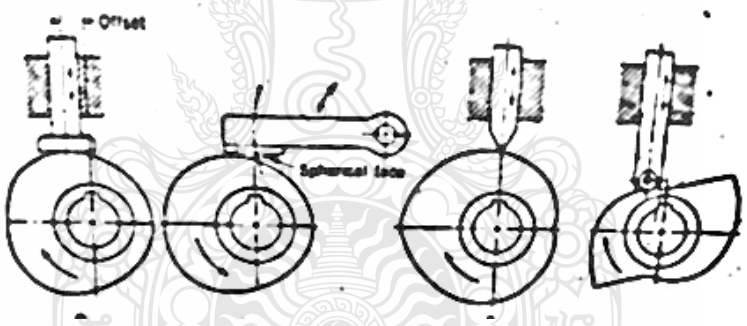


รูปที่ 2.31 ไดอะแกรมของลูกเบี้ยวและกราฟ [21]



รูปที่ 2.32 ลักษณะของลูกเบี้ยวตามการเคลื่อนที่ [21]

เมื่อนำลูกเบี้ยวและตัวตามประเภทต่างๆ มาประกอบเข้ากัน ซึ่งของระบบก็จะบอกถึงลักษณะต่างๆ เหล่านั้นอย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น



รูปที่ 2.33 ลักษณะการประกอบลูกเบี้ยว [21]

Radial Cam and Flat – faced Offset Translating Follower ซึ่งระบบนี้จะเป็นระบบที่จะประกอบด้วยลูกเบี้ยวที่มีลักษณะเป็นแผ่น และตัวตามที่มีผิวสัมผัสเป็นเส้นตรงเคลื่อนที่แบบ Translation ตามแนวรัศมี โดยแนวการเคลื่อนที่เยื้องกับแนวจุดศูนย์กลางลูกเบี้ยว

Radial Cam and Spherical – faced Oscillating follower ประกอบด้วยตัวตามที่มีผิวสัมผัสเป็นเส้นโค้งเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมา

ระบบของลูกเบี้ยวที่มีลักษณะเป็นแผ่นประกอบกับตัวตามแบบที่มีปลายแหลมเป็นผิวสัมผัส เคลื่อนที่แบบ Translation ตามแนวรัศมีเรียกชื่อว่า Radial Cam and Translation Knife – edged Follower

การออกแบบลูกเบี้ยวแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. กำหนดแบบการเคลื่อนที่ของตัวตามก่อน แล้วออกแบบรูปร่างของลูกเบี้ยวที่จะทำให้ตัวตามเคลื่อนที่ตามแบบที่กำหนดไว้ โดยแยกเป็นวิธี Graphic และ Analytic (Synthesis)

2. กำหนดรูปร่างของลูกเบี้ยว แล้วพิจารณาถึงการขจัด ความเร็วและความเร่งของตัวตามที่เกิดจากรูปร่างของลูกเบี้ยวตามที่กำหนดไว้ (Analysis)

ในหัวข้อนี้เราจะกล่าวถึงการออกแบบประเภทแรก

1. Graphic Cam Design

วิธี Graphic เหมาะสำหรับใช้ในการออกแบบลูกเบี้ยวที่มีความเร็วต่ำ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. เลือกแบบการเคลื่อนที่ของตัวตาม

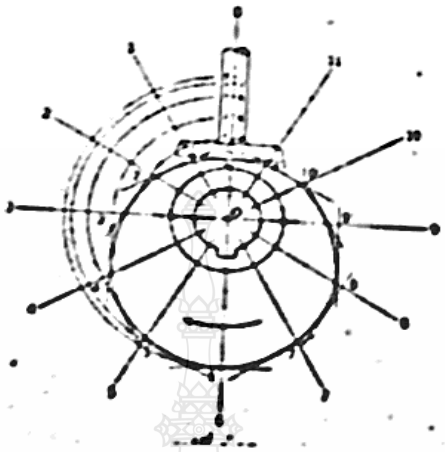
2. เขียน Displacement Diagram ของการเคลื่อนที่ตามแบบที่เลือกไว้และนำมากำหนดไว้บนตัวตาม

3. หมุนตัวตามไปรอบจุดศูนย์กลางของลูกเบี้ยว ในทิศทางที่กลับกับการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยวตามที่กำหนด ทั้งนี้อาศัยหลักการ Inversion

4. เคลื่อนตัวตามออกไป (หรือกลับเข้ามา) ตามระยะที่ได้จาก Displacement Diagram ในช่วงการหมุนต่างๆ ของลูกเบี้ยว

5. เขียนเส้นรอบรูปของลูกเบี้ยว โดยการเขียนให้สัมผัสกับรูปหลายเหลี่ยมที่เกิดขึ้น ในกรณีของตัวตามแบบ Flat – faced หรือสัมผัสกับ Roller ที่ตำแหน่งต่างๆ ในกรณีของตัวตามแบบ Roller

2. Disk Cam with Radial Flat – Faced Follower



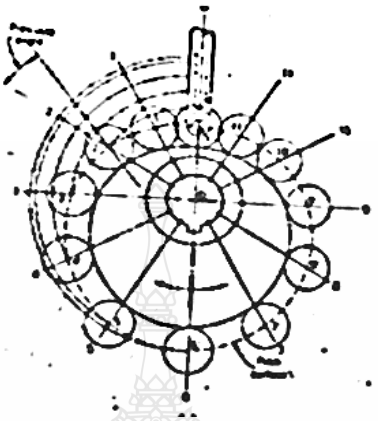
รูปที่ 2.34 ลักษณะขั้นตอนการเริ่มสร้างรอบรูปของลูกเบี้ยว [21]

Disk Cam with Radial Flat faced Follower ซึ่งมีขั้นตอนการเริ่มสร้างเส้นรอบรูปของลูกเบี้ยวดังเช่นที่กล่าวมาแล้ว โดยกำหนดให้ลูกเบี้ยวหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกาและกำหนดระยะมากที่สุดที่ตัวตามจะเคลื่อนที่ (ช่วงเคลื่อนที่กลับเหมือนกับช่วงเคลื่อนที่ไป

เมื่อเลือกชนิดการเคลื่อนที่ของตัวตามได้แล้ว ก็เขียน Displacement Diagram แล้วนำระยะต่างๆ มากำหนดลงบนแกนของตัวตาม (ในรูปนี้แบ่งช่วงการหมุนของลูกเบี้ยวออกเป็น 12 ส่วนเท่าๆ กันคือ 1 ส่วน แทน 30 องศา) หมุนตัวตามในทิศทวนเข็มนาฬิกาไปที่ตำแหน่ง 1 จากนั้นใช้ศูนย์กลางของลูกเบี้ยว (0) เป็นศูนย์กลาง รัศมีจาก 0 ถึงตำแหน่ง 1 บนแกนของตัวตามเขียนเส้นโค้งตัดแนวรัศมี 1 ที่จุด 1 ลากเส้นตรงที่จุด 1 ให้ตั้งฉากกับเส้นรัศมี 1 ทำเช่นเดียวกันแบบนี้จนครบทุกเส้นรัศมี เส้นที่ลากตั้งฉากเหล่านี้จะตัดกันกลายเป็นรูปหลายเหลี่ยม จากนั้นเขียนเส้นรอบรูปของลูกเบี้ยว โดยเขียนเส้นโค้งสัมผัสกับด้านทุกด้านของรูปหลายเหลี่ยม โดยอาจจะใช้ French Curve ช่วยในการเขียนจะได้ลักษณะของลูกเบี้ยวตามต้องการ

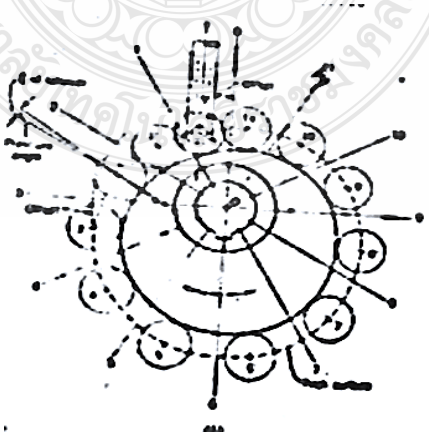
จะเห็นได้ว่าในช่วงสุดท้าย คือการเขียนเส้นรอบรูปของลูกเบี้ยวอาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนได้ วิธีแก้ไขคือ แบ่งช่วงการหมุนของลูกเบี้ยวให้เล็กลง เช่น อาจจะเป็น 10 องศา หรือ 5 องศา รูปหลายเหลี่ยมที่ได้ก็จะมีด้านมากขึ้น การเขียนเส้นโค้งสัมผัสกับด้านของรูปหลายเหลี่ยมก็จะง่ายและเที่ยงตรงขึ้น

3. Disk Cam with Radial Roller Follower



รูปที่ 2.35 ลักษณะขั้นตอนการสร้างเส้นรอบรูปของลูกเบี้ยว [21]

การสร้างเส้นรอบรูปของ Disk Cam with Radial Roller Follower ดังแสดงไว้ในภาพ ขั้นตอนการสร้างเหมือนกับหัวข้อ (1) เพียงแต่เมื่อได้จุดตัด 1 แล้ว ให้ใช้จุด 1 นั้นเป็นจุดศูนย์กลางเขียนตัว Roller (กำหนดรัศมีของ Roller ให้) ดังนั้นจะมี Roller ที่ทุกๆ เส้นรัศมี เส้นรอบรูปของลูกเบี้ยวเกิดจากการเขียนเส้นโค้งสัมผัส Roller ที่ตำแหน่งต่างๆ ลากเส้นเชื่อมจุดศูนย์กลางของ Roller ที่ตำแหน่งต่างๆ จะได้ Pitch Surface (Pitch Curve) ซึ่งมีลักษณะเหมือนลูกเบี้ยว แต่มีขนาดใหญ่กว่า Pressure Angle ที่ตำแหน่ง 2 ไว้ด้วย Pressure Angle ที่ตำแหน่งต่างๆ จะมีขนาดไม่เท่ากัน



รูปที่ 2.36 ลักษณะของลูกเบี้ยวเมื่อแบ่งรัศมี [21]

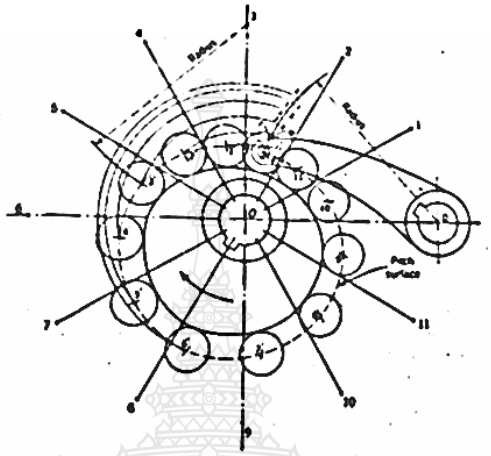
Disk Cam with offset Roller Follower คือแกนของตัวตามจะเลื่อนออกไปทางซ้ายจากแกนรัศมี 0 ด้วยระยะที่กำหนดมา ดังนั้นที่เส้นรัศมีทุกเส้นจะต้องเลื่อนไปด้วยระยะดังกล่าวด้วย เห็นได้ว่าเมื่อมีข้อกำหนดต่างๆ เหมือนกันแล้ว Disk Cam with Offset Follower จะทำให้ Pressure Angle ลดลงกว่า Disk with Radial Roller Follower ในช่วงตัวตามเคลื่อนที่ของตัวตามที่ถูก Offset ขนานกับแนวรัศมีของลูกเบี้ยวแล้ว ลูกเบี้ยวที่ได้จะมีขนาดเท่ากับกรณีของระบบที่ไม่ Offset

4. Disk Cam with Oscillating Follower

ระบบของลูกเบี้ยวและตัวตามประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามลักษณะตัวตาม คือ Flat faced และ Roller และDisk Cam with Oscillating Flat – faced Follower เนื่องจากตัวตามเคลื่อนที่กลับไปกลับมา จึงต้องมีจุดหมุน (0) และรัศมีการหมุนของตัวตามด้วยตำแหน่งของจุด 3 เกิดจากการตัดกันของรัศมีการหมุนของตัวตามวัดจากตำแหน่ง 3 และเส้นโค้งที่เกิดจากการใช้จุดกลางลูกเบี้ยว (0) เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี 0 – 3 (ซึ่งอยู่บนเส้นโค้งของการเคลื่อนที่ของตัวตามที่ตำแหน่ง 0) เมื่อได้จุด 3 แล้ว การลากเส้นจากจุด 3 เพื่อทำให้เกิดรูปหลายเหลี่ยมจำเป็นต้องมีข้อกำหนดเพิ่มเติมคือ ขนาดของวงกลมที่จุดหมุนของตัวตามซึ่งเมื่อลากเส้นตามแนว Face ของตัวตามแล้วจะสัมผัสวงกลมนี้พอดี (ในรูปนี้วงกลมดังกล่าวเท่ากันและทับกับขนาด Hub ของตัวตามพอดี) ดำเนินการในทำนองเดียวกันนี้ที่ทุกๆ ตำแหน่งก็จะได้รูปหลายเหลี่ยม และเส้นรอบรูปของลูกเบี้ยวตามต้องการ

รูปที่ 2.37 ลักษณะเกิดจากการตัดกันของรัศมีการหมุนของตัวตาม [21]

Disk Cam with Oscillating Roller Follower ซึ่งมีวิธีการเหมือนกันเพียงแต่เมื่อได้จุด 3 แล้วเขียน Roller ที่จุดนั้น เส้นรอบรูปของลูกเบี้ยวจะเกิดการลากเส้นสัมผัส Roller ที่ตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 2.38 ลักษณะการสร้างลูกเบี้ยวเมื่อได้จุด 3 จุดแล้ว [21]

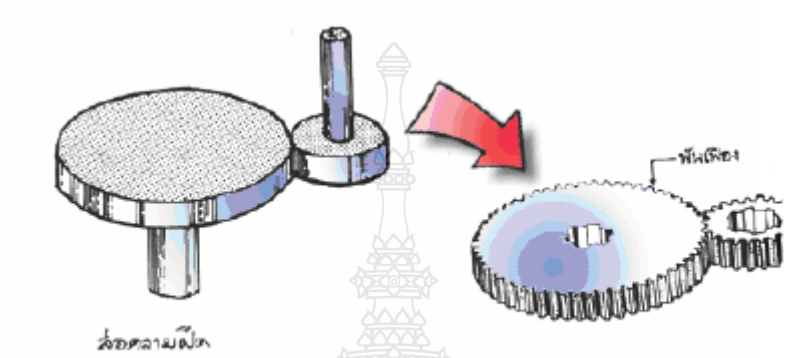
2.3.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับเฟือง

ปัจจุบันเทคโนโลยีใหม่ๆ ได้ก้าวหน้าไปมาก ทำให้วงการอุตสาหกรรมต่างๆ เจริญก้าวหน้าไปมากขึ้นทุกที จะเห็นได้ว่าการผลิตอุปกรณ์ต่างๆ ก็ได้อาศัยเครื่องจักรที่ทันสมัย จนถึงขั้นผลิตด้วยเครื่องอัตโนมัติและควบคุมการผลิตด้วยสมองกล สินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ จึงสนองความต้องการของตลาดได้อย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่เกือบทุกๆ ครอบครัวจะมีคือของเล่นเด็ก ซึ่งถ้ามองเฉพาะตัวสินค้าแล้วก็จะเห็นมีมากมายหลายชนิด มีชนิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจจากเด็กๆ คือของเล่นที่สามารถเคลื่อนไหวได้ ซึ่งจำลองจากของจริง เช่น รถ เครื่องบิน เรือ และหุ่นต่างๆ เครื่องเล่นเหล่านี้เคลื่อนไหวได้อย่างไร อะไรเป็นตัวทำให้เกิดการเคลื่อนไหว

ปัญหานี้หลายท่านก็คงจะตอบได้ว่า เพราะแบตเตอรี่ เพราะมอเตอร์ เพราะสปริง หรือต้นกำลังอื่นๆ ที่จะไปทำให้เกิดการขับเคลื่อนได้ แต่มีชิ้นส่วนที่สำคัญชนิดหนึ่งซึ่งขาดไม่ได้ คือ เฟือง ซึ่งเป็นตัวช่วยส่งกำลังหรือถ่ายทอดการหมุนจากต้นกำลังต่างๆ อันที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่

หลักการของเฟืองการถ่ายทอดการหมุนจากต้นกำลังนั้น ทำได้หลายวิธีเช่น ด้วยการใช้สายพาน โซ่ ล้อความฝืด เป็นต้น ล้อความฝืดก็คือ ล้อสองล้อที่ถูกกดให้ติดกัน เมื่อล้อหนึ่งหมุนหรือเป็นล้อขับ ก็จะทำให้อีกล้อหนึ่งหมุนตาม เพราะผิวหน้าของล้อทั้งสองเกิดความฝืด

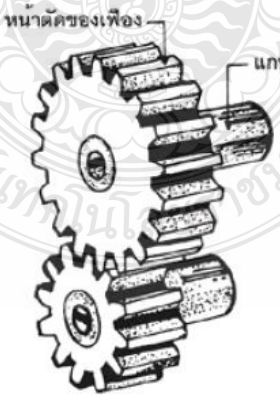
เนื่องจากการสัมผัส แต่ถ้าหากมีภาระมากๆ เช่น มีการส่งกำลังสูงๆ จะทำให้เกิดการลื่นไถล การส่งกำลังจำไม่แม่นยำ เพื่อที่จะแก้ไขข้อเสียเหล่านี้จึงได้มีการนำเอาเฟืองมาติดไว้ที่ผิวของล้อโดยรอบล้อ จึงมีลักษณะเป็นล้อฟันเฟือง ซึ่งต่อมาจึงนิยมเรียกว่า “เฟือง” ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่สามารถส่งกำลังหรือถ่ายทอดการหมุนได้แม่นยำเที่ยงตรง และไม่มีการลื่นไถล ดังรูป



รูปที่ 2.39 หลักการของเฟือง [22]

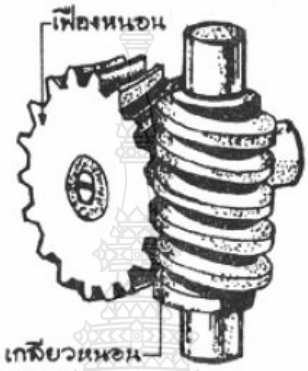
ชนิดของเฟือง

เฟืองตรง (Spur gear) เป็นเฟืองที่มีลักษณะเป็นล้อทรงกระบอก มีฟันขนานกับแกนของตัวเฟือง มีหน้าตัดของฟันเฟืองขนานเท่ากัน และเหมือนกันตลอดทั้งเฟือง



รูปที่ 2.40 เฟืองตรง [22]

เฟืองหนอน (Worm gear) เฟืองชุดนี้จะประกอบด้วยตัวเกลียวหนอนและเฟืองหนอน โดยเกลียวหนอนจะส่งกำลังหมุนหมุนขับให้เฟืองหนอนหมุนตาม เฟืองชนิดนี้นิยมใช้กับการทดรอบความเร็วสูงๆ ให้เป็นความเร็วต่ำมากๆ เช่น ในกรณีของการทดรอบจากมอเตอร์ซึ่งมีความเร็วสูง เป็นต้น



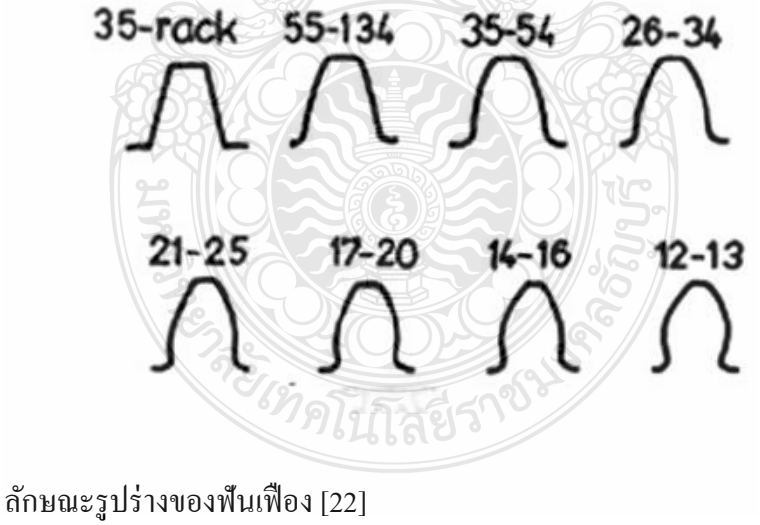
รูปที่ 2.41 เฟืองหนอน [22]

เฟืองดอกจอก (Bevel gear) เฟืองชนิดนี้มีลักษณะรูปร่างเป็นรูปทรงกรวย (Cone) ฟันของเฟืองจะอยู่โดยรอบผิวของทรงกรวย และขนานกับแกนของเฟือง

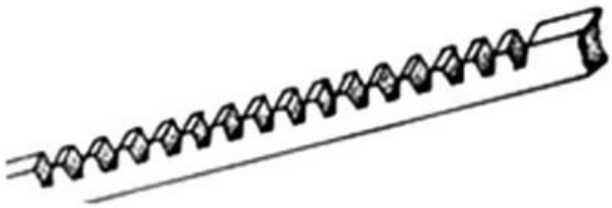
รูปที่ 2.42 เฟืองดอกจอก [22]

วิธีการผลิตเฟือง การผลิตเฟืองเพื่อใช้ในด้านการค้านั้น ทำได้หลายวิธี เช่น การหล่อ การปั๊มขึ้นรูป การแปรรูปด้วยเครื่องจักร และการทำโมลด์พลาสติก เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีนั้น ผู้ผลิตจะต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิต จำนวนที่ผลิต และชนิดของเฟือง แล้วมาเลือกว่าวิธีไหนจึงจะเหมาะสมและประหยัดที่สุด ส่วนการผลิตเฟืองเพื่อทำต้นแบบซึ่งจะผลิตจำนวนไม่มาก ดังเช่นที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งผลิตเฟืองทำต้นแบบอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ถึงแม้ว่าจะมีข้อจำกัดในเรื่องของประสิทธิภาพของเครื่องจักรและเรื่องชนิดของใบมีดกัดเฟือง แต่อย่างไรก็ตามก็ได้ประยุกต์ใช้เครื่องมือต่างๆ ที่มีอยู่ผู้ผลิตเฟืองนั้นใช้โดยมีขั้นตอนการผลิตดังจะกล่าวต่อไปนี้

ก่อนที่จะทราบขั้นตอนการผลิตเฟืองนั้น ควรจะรู้จักลักษณะรูปร่างของฟันเฟืองและระบบของเฟืองเสียก่อนว่า ฟันเฟืองที่จะผลิตนั้นมีลักษณะอย่างไร มีฟันกี่ฟันเฟือง เพราะลักษณะรูปร่างของฟันเฟืองนั้นมีหลายชนิด ดังรูปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนของฟันเฟือง เช่น เฟืองที่มีจำนวน12-13 ฟัน ก็จะมีลักษณะรูปร่างเป็นฐานคอด และฐานฟันเฟืองจะตรง เมื่อจำนวนฟันมีจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ จนมากที่สุดคือ เฟืองสะพาน (Rack gear) ซึ่งเป็นเฟืองที่มีฟันเรียงเป็นแนวเส้นตรง ดังรูป



รูปที่ 2.43 ลักษณะรูปร่างของฟันเฟือง [22]



รูปที่ 2.44 เฟืองสะพาน [22]

เฟืองที่สามารถขบกันได้ต้องมีขนาดของฟันเฟืองเท่ากันเท่านั้น ซึ่งขนาดของเฟืองนี้มีการวัดเป็น 2 ระบบ คือ ระบบเมตริกและระบบอังกฤษ ระบบเมตริกนั้นจะวัดขนาดเป็นมิลลิเมตร เราเรียกเฟืองระบบนี้ว่า เฟืองโมดูล (Module) ขนาดของโมดูลเฟือง จะมีค่าซึ่งกำหนดไว้เป็นมาตรฐาน ส่วนระบบอังกฤษวัดขนาดเป็นนิ้ว เรียกเฟืองระบบนี้ว่า เฟืองดีพี (DP=Diametric Pitch) ฉะนั้นการซื้อหาเฟือง หรือผลิตเฟืองนั้นต้องทราบลักษณะรูปร่างของเฟือง และระบบของเฟืองเสียก่อนว่าใช้ชนิดไหน และรูปร่างเป็นอย่างไร ส่วนในด้านการผลิตนั้น จะต้องทราบอีกว่า ถ้าจะกัดเฟืองขึ้นใช้ วัสดุเป็นอะไรจึงจะเหมาะสม ประการสุดท้ายคือ การเลือกมีดกัดเฟือง (gear cutter) จะต้องเป็นมีดกัดที่มีรูปทรงเหมือนร่องของฟันเฟืองในระบบนั้นๆ ด้วย

สำหรับขั้นตอนการผลิตเฟืองโดยวิธีการกัดเฟืองด้วยเครื่องกัดนั้น พอจะสรุปวิธีต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. การนำชิ้นงานไปกลึงปอก เพื่อให้ได้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเฟืองตามต้องการ
2. นำชิ้นงานที่ปอกแล้วไปเข้าเครื่องกัดเฟือง เพื่อกัดเซาะฟันเฟืองตามระบบของเฟืองนั้นๆ
3. นำชิ้นงานที่ได้ถูกเซาะฟันเฟืองแล้วมาตัดเพื่อให้ได้ขนาดความหนาของเฟืองตามที่ต้องการ

วิธีการดังกล่าวนี้เป็นวิธีที่ผลิตเฟืองชนิดเฟืองตรงเท่านั้น ส่วนเฟืองชนิดอื่นๆ จะมีวิธีแตกต่างออกไป อย่างไรก็ตามเฟืองตรงนี้ จะเป็นเฟืองที่รู้จักและใช้กันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ ของเล่นเด็กจะใช้เฟืองตรงเป็นส่วนประกอบ

การเคลื่อนที่

ลักษณะการเคลื่อนที่ของกลไกที่พบ แบ่งเป็น 3 แบบคือ

1. Continuous กลไกที่มีการเคลื่อนที่แบบ Continuous จะเคลื่อนที่จากตำแหน่งเริ่มต้นจนไปถึงตำแหน่งสุดท้าย คือ ครบรอบแล้วเวียนมาตำแหน่งเริ่มต้น อีกครั้งหนึ่งในรอบต่อไป โดยที่จะไม่มีการหยุดหรือเคลื่อนที่ย้อนกลับเลย ในระหว่างรอบของการเคลื่อนที่

2. Intermittent ถ้ากลไกมีการหยุดในระยะเวลาหนึ่งระหว่างรอบของการเคลื่อนที่แล้วเคลื่อนที่ต่อไป เช่น เครื่องบรรจุน้ำอัดลม เป็นต้น กลไกนั้นจะเป็นการเคลื่อนที่แบบ Intermittent

3. Reciprocating สำหรับการเคลื่อนที่แบบนี้ กลไกจะมีการเคลื่อนที่ย้อนกลับในระหว่างรอบของการเคลื่อนที่ดังเช่น การเคลื่อนที่ของ Slider ในกลไก Slider Crank

การส่งผ่านการเคลื่อนที่

การส่งผ่านการเคลื่อนที่ระหว่างชิ้นต่อโยงต่างๆ ในกลไกแบบต่างๆ ได้ 3 ประเภท คือ

1. การส่งผ่านการเคลื่อนที่แบบสัมผัสกันโดยตรง (Direct Contact) ระหว่างชิ้นต่อโยงสองชิ้น เช่น ลูกเบี้ยวกับตัวตาม (Follower) และเฟือง 2 เฟือง เป็นต้น

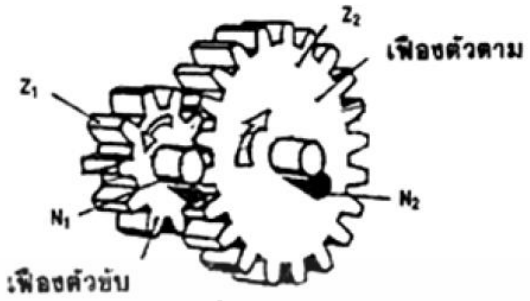
2. ส่งผ่านโดยอาศัยชิ้นต่อโยงตัวกลาง (Intermediate Link) ที่เพิ่มขึ้นมาอีกชิ้นหนึ่งหรือหลายชิ้น Slider ผ่านไปยัง Crank (หรือจาก Crank ไปยัง Slider)

3. ส่งผ่านโดยอาศัยตัวโยงที่ยืดหดได้ (Flexible Connector) เช่น สายพาน (Belt) เป็นต้น

ความเร็วของเฟือง

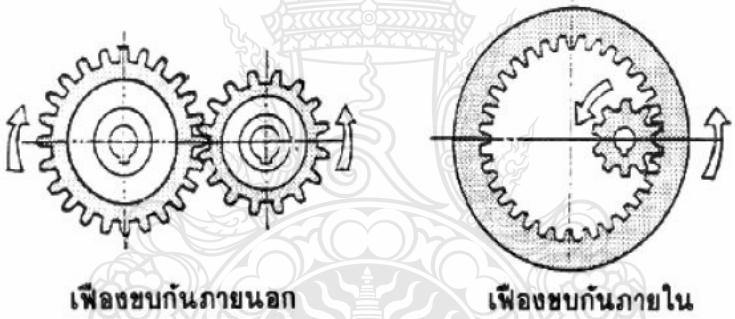
ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษาตอนต้น มีวิชาเสรีที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีโอกาสฝึกกระบวนการค้นหาความรู้ด้วยตนเองโดยลงมือฝึกการใช้เครื่องมือช่างพื้นฐานในการประกอบชิ้นส่วนของเล่นตามแบบที่กำหนดไว้และทำกิจกรรมโดยใช้ของเล่นที่ประดิษฐ์ขึ้นเป็นสื่อของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าที่ปรากฏนั้นมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ “เฟือง” ซึ่งนักเรียนจำเป็นที่จะต้องเข้าใจหลักการทำงานของเฟือง ตลอดจนวิธีการคำนวณหาความเร็วของเฟือง จึงทำให้ของเล่นเหล่านั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ต้องการได้บทความนี้จึงขอแนะวิธีการคำนวณหาความเร็วของเฟืองด้วยวิธีง่ายๆ ที่นักเรียนจะสามารถคำนวณได้ด้วยตนเอง

การส่งกำลังจากเฟืองตัวขับไปยังเฟืองตัวตามนั้น ต้องมีการขบกันของเฟือง ส่วนอัตราเร็วของเฟืองจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนฟันเฟืองของเฟือง ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลาง และการเคลื่อนที่ของเฟืองตัวขับจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่สวนกัน ดังรูป



รูปที่ 2.45 การหมุนของฟันเฟือง [22]

เมื่อเฟืองตัวขับเคลื่อนที่ไปหนึ่งฟัน ฟังของเฟืองตัวก็จะขับให้เฟืองตัวตามเคลื่อนที่ไปหนึ่งฟันด้วยและการขบกันของเฟืองอาจขบกันภายนอกหรือภายในก็ได้ดังรูป



รูปที่ 2.46 ลักษณะการขบเฟือง [22]

เฟืองเป็นส่วนประกอบของเครื่องจักรกลที่ถ่ายทอดกำลังจากเพลาอันหนึ่งไปยังอีกอันหนึ่ง การถ่ายทอดกำลังนั้นขึ้นอยู่กับอัตราเร็วและจำนวนฟันของเฟืองจำเป็นจะต้องทราบ คือ ชนิดของฟันเฟือง ความสัมพันธ์ของจำนวนฟันเฟือง (Z) และอัตราเร็วของเฟือง (N) โดยทั่วๆ ไป หน่วยอัตราความเร็วของเฟือง มักนิยมบอกเป็นจำนวนรอบต่อนาที

สิ่งเหล่านี้มีความสัมพันธ์กัน คือ ถ้าสมมุติให้

N_1 คือ อัตราเร็วของเฟืองตัวขับ

N_2 คือ อัตราเร็วของเฟืองตัวตาม

Z_1 คือ จำนวนฟันของเฟืองตัวขับ

Z_2 คือ จำนวนฟันของเฟืองตัวตาม

ดังนั้นอัตราเร็วของเฟืองตัวขับคูณด้วยจำนวนฟันของเฟืองตัวขับเท่ากับอัตราเร็วของเฟืองตัวตามคูณด้วยจำนวนฟันของเฟือง หรือเขียนง่ายได้ดังสมการที่

$$N_1Z_1=N_2Z_2 \qquad (2.7)$$

2.3.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับสายพาน

สายพานที่ใช้กับงานเครื่องจักรกลทั่วไปมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สายพานแบน (FLAT BELT) ใช้สำหรับถ่ายทอดกำลังระหว่างเพลาผิวเกลี้ยงได้ระหว่าง 0.1 กิโลวัตต์ ถึง 4,000 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบของล้อสูงได้ถึง 200,000 รอบต่อนาทีและความเร็วแล่นของสายพานได้ถึง 100 เมตรต่อนาที โครงสร้างของสายพานแบนที่ใช้ทั่วไปมี 3 แบบ คือ แบบหุ้มตัว แบบชั้น และแบบหล่อ

สายพานแบบหุ้มตัว (FOLD EDGE) ใช้เส้นใยทอเป็นแถบห่อแผ่นยางสลับกันโดยใช้กาวยึดติด สายพานแบบนี้เมื่อใช้งานต้องต่อปลายทั้ง 2 ข้างเข้าด้วยกัน ตัวสายพานถูกห่อไว้โดยรอบตัวเพื่อป้องกันความเปลี่ยนแปลงของความชื้นในอากาศ และอุณหภูมิแวดล้อม และช่วยลดความสึกหรอเนื่องจากการเสียดสีระหว่างสายพานกับผิวล้อพูลเล่ย์

สายพานแบบชั้น (CORD) เป็นสายพานที่นำเส้นเชือกที่มีขนาดต่างกันแต่ละชนิดขดเป็นวงเรียวและยึดติดกันและต่อกันด้วยยาง แล้วนำแต่ละวงมาผลึกกันเป็นชั้น ด้วยกาวยาง สายพานแบบนี้สร้างเป็นวงสำเร็จไม่มีรูปไม่มีรอยต่อ จะมีขนาดความยาวระบุจากโรงงานผลิต เนื่องจากใช้กาวยางผนึกติดกันเป็นชิ้นๆ การใช้งานจึงไม่สมควรใช้กับพูลเล่ย์ซึ่งมีวงกลมเล็กและล้อขึงสายพาน

สายพานแบบหล่อ (ROW EDGE) เป็นสายพานที่วิวัฒนาการกรมวิธีการผลิตสำเร็จรูปเส้นเชือกแต่ละชนิดและขนาดถูกนำมาทอเป็นแถบและลงวางซ้อนสลับกับยางโดยไม่มีรอยต่อ แล้วนำมาหล่อติดกันเป็นชั้นเดียวโดยการใช้ความร้อน สายพานแบบหล่อนี้จะโค้งตัวดีเหมาะสำหรับใช้กับพูลเล่ย์ล้อเล็กๆ ได้ และสามารถรับแรงดึงได้สูง

สายพานลิ่ม (V-BELT) สายพานลิ่มมีลักษณะคล้ายกับสายพานแบน คือ ใช้เส้นใยธรรมชาติและเส้นใยสังเคราะห์วงแหวนเป็นแกนแรง และห่อหุ้มด้วยยางหรือวัสดุเดียวกับแกน สายพานลิ่มมีรูปหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ด้านข้างหน้าทั้งสองเอียงเข้าหากันทำมุม 38 ถึง 44 องศา สายพานลิ่มส่งถ่ายกำลังด้วยพูลเล่ย์ผิวเกลี้ยงเป็นร่อง สายพานลิ่มยังแบ่งชนิดออกไปตามลักษณะการใช้งานดังนี้

สายพานลิ่มร่วม เป็นสายพานที่สร้างลิ่มหลายลิ่มมารวมกันในเส้นเดียวปัจจุบันนิยมใช้มาก สายพานแบบนี้จะแผ่นปิดยางสังเคราะห์จึงเหมาะสมกับงานที่มีการถ่ายเทโมเมนต์หมุนที่ไม่สม่ำเสมอ และระยะห่างระหว่างแกนเพลามากๆ

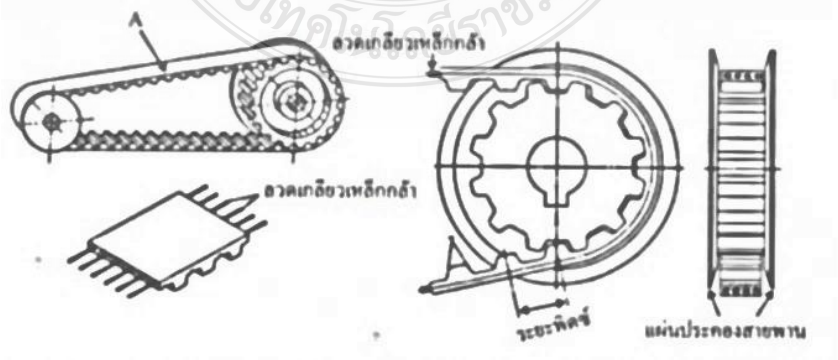
สายพานลิ่มปกติ เป็นสายพานที่ใช้งานกันโดยทั่วไปกับเครื่องจักรกลธรรมดา ที่ใช้ความเร็วรอบไม่มากนัก ทำด้วยแผ่นยางสลับกับผ้าใบเป็นชั้นๆ

สายพานลิ่มแหลม เป็นสายพานลิ่มเช่นกันแต่ละลิ่มจะแหลม สามารถกระจายแรงตามแนวรัศมีไปยังแผ่นปิดด้านบนสายพานอย่างสม่ำเสมอตลอดหน้ากว้าง จึงเหมาะใช้กับแกนเพลาที่มีระยะห่างมากๆ และรับแรงสูง

สายพานลิ่มหน้ากว้าง เป็นสายพานรูปร่างพิเศษที่ใช้สำหรับการส่งกำลังที่มีการปรับความเร็วรอบตามความต้องการ

สายพานลิ่มหลายรูปพรรณ เป็นสายพานที่มีชั้นบนเป็นพลาสติกหุ้มอยู่โดยรอบทำหน้าที่เป็นผิวรับแรงดึง ส่วนเนื้อสายพานรองลิ่มเป็นสายพานเรียงต่อกันไปที่สวมสัมผัสผิวร่องล้อพูลเล่ย์ได้แนบสนิทพอดี ซึ่งทำให้แรงตามแนวรัศมีถูกถ่ายเทไปยังด้านบนสายพานเหมาะกับงานที่มีอัตราทดสูงมากๆ และส่งกำลังได้ถึง 600 กิโลวัตต์

สายพานฟันเฟือง (Tooth BELT) เป็นสายพานที่แกนรับแรงทำด้วยลวดลายเหล็กกล้า หรือทำด้วยลวดไฟเบอร์ฝังอยู่ในยางเทียม ซี่ฟันของสายพานทำด้วยยางเทียมแต่มีสูตรผสมพิเศษเพื่อให้คงรูปพอดีกับล้อของพูลเล่ย์ ผิวภายนอกซึ่งสัมผัสกับผิวของล้อ ซึ่งฟันจะหุ้มด้วยเส้นใยไนลอนเพื่อลดความสึกหรอ สายพานชนิดนี้สามารถงอตัวได้ดีใช้กับพูลเล่ย์ล้อเล็กๆ ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตรได้ ความเร็วแล่นของเพลาชิดมากได้ ต้องการผิวส่งกำลังได้ถึง 40 กิโลวัตต์ ความดึงของสายพานนี้ไม่ต้องดึงเหมือนสายพานแบบลิ่มเนื่องจากฟันบนผิวล้อ โครงสร้างของสายพานชนิดนี้มีลักษณะดังรูป



รูปที่ 2.47 ลักษณะโครงสร้างของสายพานฟันเฟือง [23]

หลักการใช้งานของสายพาน

สายพานแต่ละชนิดมีหน้าที่การใช้งานเหมือนกัน คือ ส่งกำลังจากเพลาตัวหนึ่งไปยังเพลาอีกตัวหนึ่งด้วยความเร็วตามลักษณะการใช้งานและความสามารถของสายพานนั้นๆ สายพานแต่ละชนิดมีหน้าที่การใช้งานในลักษณะดังต่อไปนี้

หน้าที่การใช้งานสายพานแบน สายพานจะได้กำลังขับมาจากมอเตอร์ผ่านพูลเล่ย์และส่งกำลังต่อไปยังพูลเล่ย์ตัวต่อไป เช่น ใช้เครื่องสีข้าว สายพานแบนมีลักษณะการใช้งานในรูปแบบต่างๆ กัน

หน้าที่การใช้งานสายพานลิ่ม สายพานส่วนใหญ่ใช้กับเครื่องจักรกลตามโรงงานต่างๆ สามารถส่งกำลังได้ในตำแหน่งต่างๆ ได้แต่ไม่สามารถส่งกำลังแบบไขว้เหมือนกับสายพานลิ่ม เช่น สายพานของเครื่องกลึง สายพานของรถไถเดินตาม

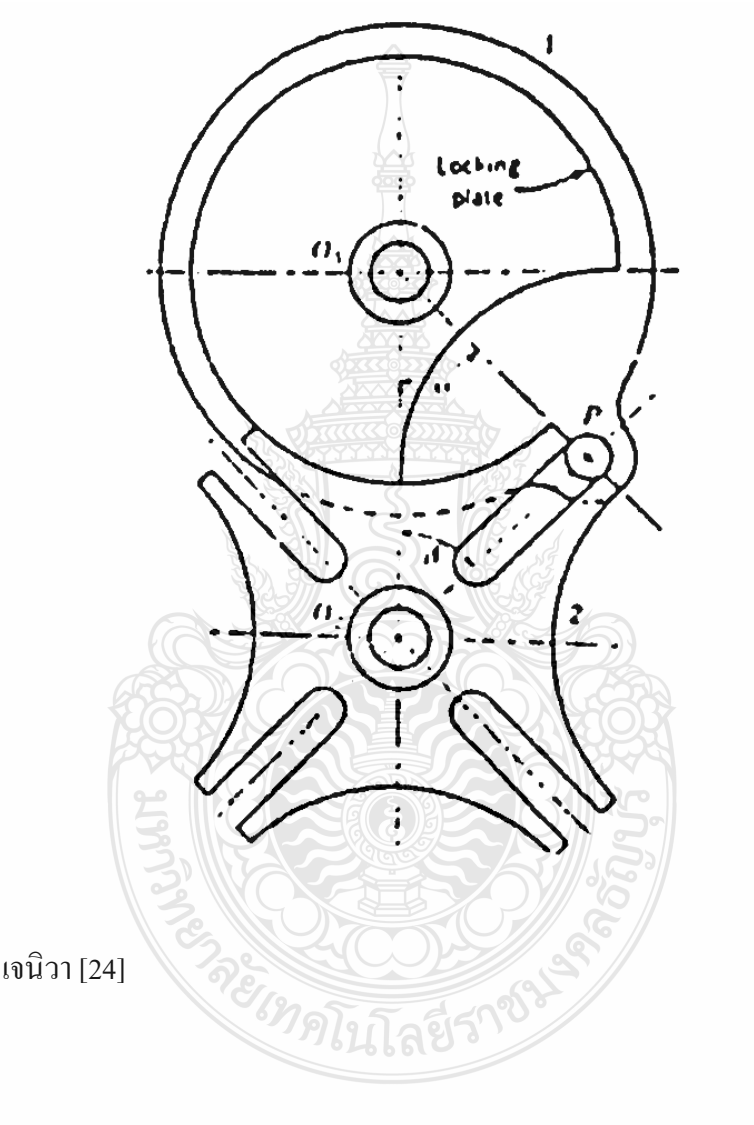
หน้าที่การใช้งานของสายพานฟันเฟือง สายพานชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้งานกับเครื่องจักรกลหรือเครื่องยนต์ที่มีความเร็วรอบสูง และไม่ให้เกิดการลื่นขณะส่งกำลัง เช่น สายพานโซ่ราวลิ้นของเครื่องยนต์

หน้าที่การใช้งานของสายพานหน้ากว้าง การใช้งานของสายพานชนิดนี้มีหน้าที่การใช้งานคล้ายสายพานแบนฟันเฟือง แต่ต่างกันที่พูลเล่ย์ของสายพานชนิดนี้สามารถปรับเข้าออกได้

2.3.8 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ intermittent motion mechanisms

กลไกประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเปลี่ยนการเคลื่อนไหวแบบ Continuous ให้เป็น intermittent ตัวอย่างของกลไกประเภทนี้ได้แก่ เจนีวา กลไกชนิดนี้ถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายประกอบด้วยชิ้นส่วนต่อโยง 3 ชิ้น Plate 1 ซึ่งเป็นตัวขับ และตัวตาม 2 สามารถหมุนได้ครบรอบทั้งคู่บน Plate 1 จะมี Locking plate ติดอยู่และหมุด P ยื่นออกไป ส่วนบนตัวตามจะมีร่องอยู่ 4 ร่อง ตาม Phase ดังแสดงในรูปที่ 2.45 เมื่อ Plate หมุนไป หมุด P ที่อยู่บน Plate 1 จะเริ่มเคลื่อนเข้ามาในร่องบนของตัวตาม 2 เมื่อหมุด P เคลื่อนที่เข้าในร่องแล้ว การที่ Plate 1 หมุนไปจะทำให้ตัวตาม 2 เคลื่อนที่ตามไปด้วย เมื่อ P เริ่มเคลื่อนที่ออกจากร่องจนกระทั่งออกไปพ้นร่องตัวตาม 2 จะหยุดเคลื่อนที่ ส่วน Plate 1 จะหมุนต่อไปจน P เริ่มเคลื่อนที่เข้ามาในร่องอันถัดไป ตัวตาม 2 จึงจะเริ่มเคลื่อนที่อีกครั้งหนึ่ง Locking plate ที่อยู่บน Plate 1 จะเป็นตัวขัดทำให้ตัวตาม 2 ไม่หมุนกลับในขณะที่ Plate 1 หมุนไปตลอดเวลา

ดังนั้น เมื่อ Plate 1 หมุนไปได้ 1 รอบ ตัวตาม 2 จะหมุนเพียงเศษหนึ่งส่วนสี่รอบ เท่านั้นในขณะที่ P เริ่มเคลื่อนเข้าไปในร่องมุม O_1PO_2 จะเป็นมุมฉาก มุม β จะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของมุมทั้งหมดที่ตัวตาม 2 หมุนไป 1 ครั้ง (ตามรูปที่ 2.45 แสดง $\beta = 45°$)



รูปที่ 2.48 เจนิวา [24]

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการจัดทำโครงงานเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก ก่อนที่จะต้องดำเนินการจัดทำโครงงานจะต้องมีการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกว่ามีความเหมาะสมเพียงใด รวมถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องเพื่อให้โครงงานประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

1) วัสดุโครงสร้าง

1. เหล็กฉากขนาด 40×40×4 มิลลิเมตร และ20×20×3 มิลลิเมตร
2. เหล็กแผ่นหนา 10 มิลลิเมตร
3. มอเตอร์ 1 แรงม้า
4. เหล็กเพลาเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว และ 2 นิ้ว
5. ลูกเบี้ยว
6. พลูเล่ย์ขนาด 5 นิ้ว และ 7 นิ้ว
7. แบริ่งตุ๊กตา P205 F205
8. โซ่ส่งกำลัง เบอร์ 40

เฟืองโซ่

2) เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
2. เครื่องกลึง
3. เครื่องกัด
4. เครื่องเจาะ
5. เลื่อยกล
6. เครื่องเจียระไน
7. เครื่องตัดโลหะแผ่น
8. เครื่องไส

3.1.2 อุปกรณ์ในการทดสอบ

1) ถาด
2) เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3) เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์
4) นาฬิกาจับเวลา
5) เมล็ดกระบก
6) เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก
7) เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer)
8) เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (Multimeter)
9) เตาอบ

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการสร้างเครื่องตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงวางแผนการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

3.2.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกระบก

3.2.2 ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะมะเล็ดกระบก

3.2.3 การทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

3.2.4 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกระบก

วัตถุประสงค์ในการศึกษาขั้นตอนนี้เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเมล็ดกระบกสำหรับนำมาใช้ในการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก มีรายละเอียดในการศึกษาดังต่อไปนี้

1) ศึกษาขนาดของเมล็ดกระบก

เมล็ดกระบกที่นำมากะเทาะจะต้องมีขนาดกว้าง 18 – 32 มิลลิเมตร ยาว 26 – 40 มิลลิเมตร หนา 10 - 20 มิลลิเมตรโดยประมาณ

2) ศึกษาปัญหาและวิธีการกะเทาะเมล็ดกระบกของเกษตรกร

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงปัญหาในการกะเทาะเมล็ดกระบกของกลุ่มเกษตรกรรวมถึงการหาข้อมูลเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกกับเกษตรกร และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเชิงเศรษฐศาสตร์

3) การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบก

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบก ได้แก่ ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของผลกระบกและเมล็ดกระบกสำหรับเป็นเกณฑ์ในการออกแบบ ชุดกะเทาะ และระบบป้อนเมล็ดกระบกดำเนินการศึกษาโดยการวัดผลและเมล็ดกระบกด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ จำนวน 100 เมล็ด ซึ่งตำแหน่งในการวัดจะแสดงดังรูปที่ 3.1 และ 3.2 แล้วนำค่าที่ได้จากการวัดมาวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าเฉลี่ย (average) ค่าต่ำสุด (minimum) และค่าสูงสุด (maximum) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

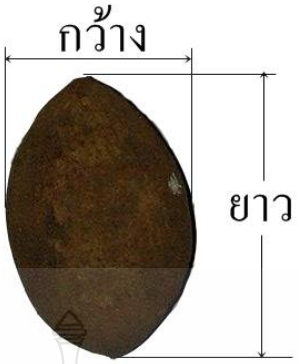
4) ศึกษาความชื้นของเมล็ดกระบก

ทำการศึกษาหาค่าความชื้นของเมล็ดกระบกโดยมีขั้นตอน ดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักเมล็ดกระบกก่อนเข้าตู้อบ และบันทึกผล
2. ทำการอบเมล็ดกระบกตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ 110 องศา เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง
3. นำเมล็ดกระบกตัวอย่างที่อบ มาชั่งน้ำหนัก และบันทึกผล
4. คำนวณค่าความชื้นจากสมการ (3.1)

$$MC(\%Wb) = \frac{Wi-Wd}{Wi} \times 100 \qquad (3.1)$$

MC	=	ความชื้นมาตรฐานเปียก	(%)
Wi	=	น้ำหนักเมล็ดกระบกก่อนการอบ	(g)
Wd	=	น้ำหนักเมล็ดกระบกหลังการอบ	(g)



รูปที่ 3.1 การวัดลักษณะทางกายภาพผลกระบก

รูปที่ 3.2 การวัดลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบก

รูปที่ 3.3 การวัดความหนาของเมล็ดกระบก

3.2.2 ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

จากการศึกษาข้อมูลที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องแล้ว จึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกขึ้น ซึ่งกำหนดเกณฑ์และรายละเอียดในการออกแบบดังต่อไปนี้

1) เกณฑ์ในการออกแบบ จะมีข้อกำหนดที่สำคัญดังต่อไปนี้

ป้อนเมล็ดกระบกด้วยมือไปยังชุดกะเทาะทั้งสองของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก เพื่อทำการกะเทาะโดยอาศัยหลักการกดอัดเมล็ดกระบก

กลไกการทำงานของเครื่อง ทำงานง่ายไม่ซับซ้อนมากเกินไปและผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้สะดวกและมีความปลอดภัย

การบำรุงรักษาง่าย อุปกรณ์ชิ้นส่วนหากชำรุดสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่ายและมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด

ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน

2) รายละเอียดในการออกแบบ [25]

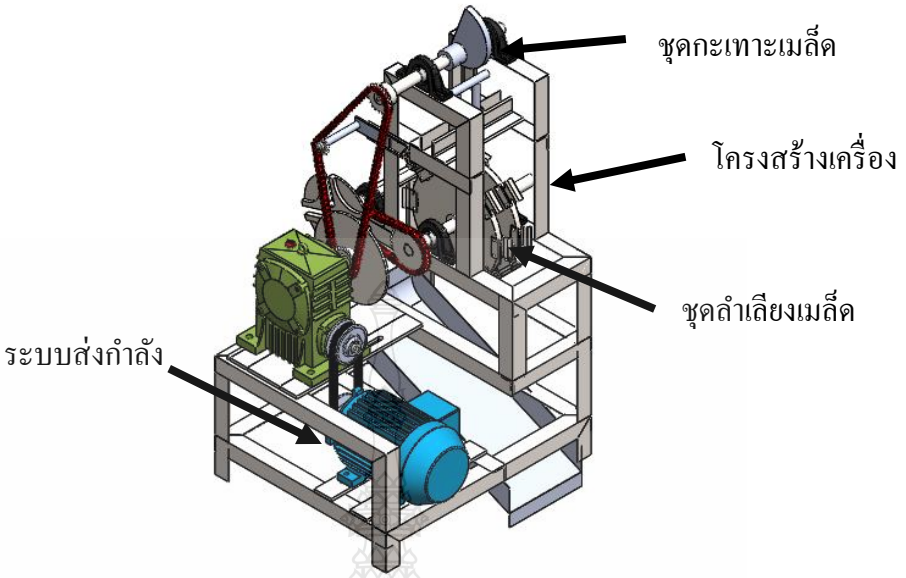
ในการออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกออกแบบให้มีส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โครงสร้างของเครื่อง ชุดลำเลียงเมล็ดกระบก ชุดกะเทาะเมล็ด ระบบส่งกำลัง ซึ่งวิธีการออกแบบนั้นจะดำเนินการโดยรวบรวมข้อมูลการศึกษาหัวข้อที่ 3.3.1 และ 3.3.2 รวมถึงการประยุกต์ใช้ความรู้และหลักการทางวิศวกรรมเพื่อให้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกทำงานได้ตามวัตถุประสงค์

3) การสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

ดำเนินการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก ณ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกดังรูปที่ 3.4 ประกอบด้วย

1. โครงสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก
2. ชุดลำเลียงเมล็ด
3. ชุดกะเทาะเมล็ด
4. ระบบส่งกำลัง

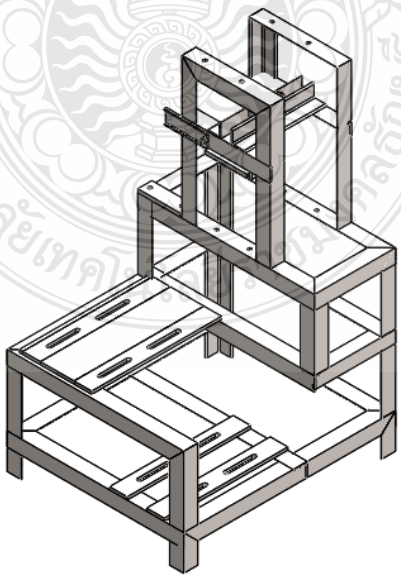


รูปที่ 3.4 เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

โดยแต่ละส่วนมีโครงสร้างดังนี้

1. โครงสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

ชุดโครงทำจากเหล็กฉากขนาด 40×40×4 มิลลิเมตร ทำการเชื่อมประกอบกัน เป็นโครงดังรูปที่ 3.5 ขนาดโครงเครื่องมีขนาด 500×600×900 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.5 ลักษณะโครงสร้างของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

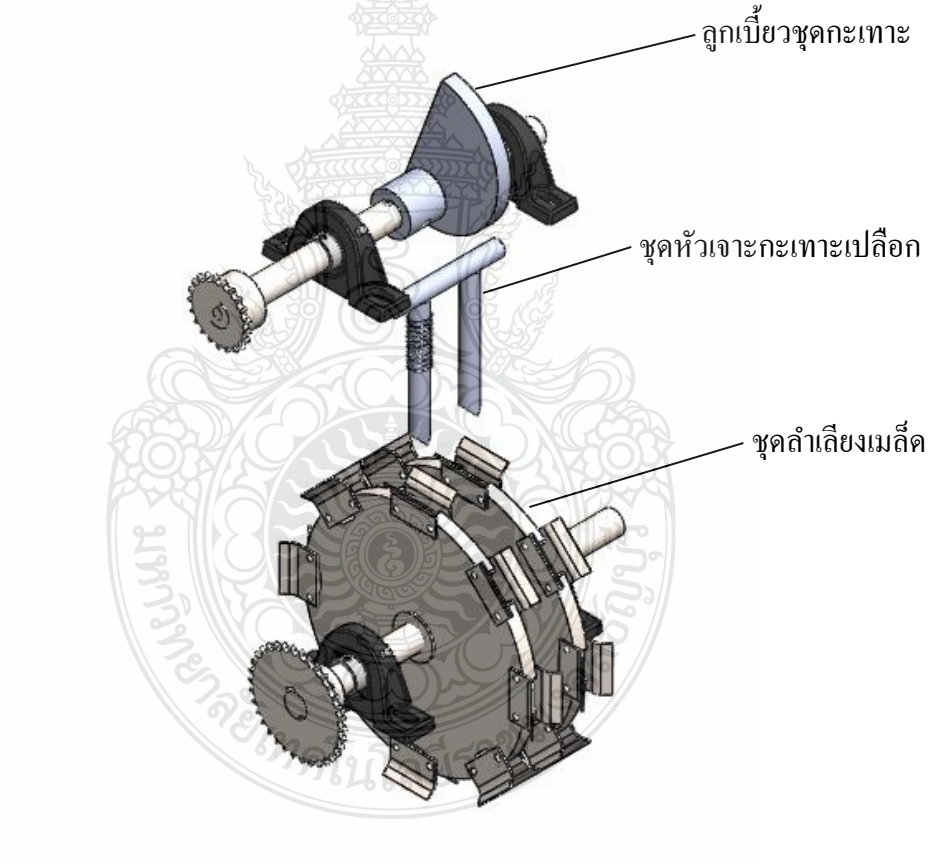
2. ชุดกะเทาะเมล็ดกระบกประกอบด้วย

หัวเจาะกะเทาะเปลือก

ลูกเบี้ยวชุดกะเทาะ

ชุดลำเลียงเมล็ด

ชุดกะเทาะเมล็ดกระบกดังรูปที่ 3.6 ประกอบด้วยแท่งเหล็ก ลูกเบี้ยว ชุดลำเลียง ซึ่งขนาดของแท่งเหล็กยาว 120 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 17 มิลลิเมตร และลูกเบี้ยวขนาด 50 มิลลิเมตร การทำงานอาศัยกำลังจากมอเตอร์โดยใช้โซ่เป็นตัวส่งกำลัง เพื่อให้ชุดกะเทาะเมล็ดเคลื่อนที่กดอัดเมล็ดกระบกที่อยู่ในชุดลำเลียงเมล็ดให้เปลือกเมล็ดกระบกแตกแล้วชุดลำเลียงเมล็ดก็จะหมุนไปยังตำแหน่งที่ออกแบบไว้เพื่อกะเทาะเมล็ดถัดไป



รูปที่ 3.6 ชุดกะเทาะและชุดลำเลียงเมล็ดกระบก

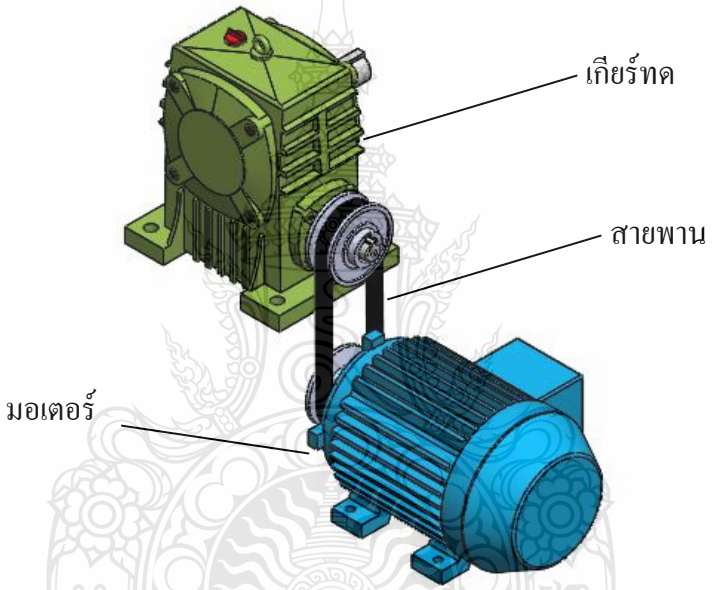
3. ระบบส่งกำลังประกอบด้วย

มอเตอร์

สายพาน

ห้องเกียร์

ระบบส่งกำลังของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกจะใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง และมีชุดเกียร์ทด 1:30 ในการทดรอบความเร็ว และทำงานสัมพันธ์กับตัวชุดกะเทาะเมล็ดดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ระบบส่งกำลังของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

3.2.3 หลักการทำงานของเครื่อง

เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกที่สร้างขึ้นจะทำงานโดยอาศัยมอเตอร์เป็นตัวส่งกำลังด้วยการกดจะทำให้แท่งเหล็กเคลื่อนที่ลงมากดอัดเมล็ดกระบกลงที่ตำแหน่งจุดกึ่งกลางตามแนวตั้งของเมล็ดกระบก จะทำให้เปลือกเมล็ดกระบกแยกออกจากกัน ฐานรองเมล็ดก็จะหมุนให้เมล็ดหลุดออกไปยังถาดรองเมล็ด แท่งเหล็กที่เป็นตัวกดก็จะเคลื่อนที่ขึ้นเพื่อทำการกะเทาะเมล็ดกระบกเมล็ดถัดไป

3.3 วิธีการทดสอบ

การทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกมีวัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ ความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดกระบก และเปอร์เซ็นต์ความเสียหาย ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

3.3.1 การทดสอบเครื่องต้นแบบ

1. เตรียมเมล็ดกระบกจำนวน 100 เมล็ด สุ่มตัวอย่างเพื่อวัดหาค่าความชื้น
2. ชั่งน้ำหนักเมล็ดกระบกก่อนการทดสอบแล้วบันทึกผลในหน่วย กิโลกรัม
3. ทดสอบด้วยความเร็วรอบของมอเตอร์ เริ่มต้น 1,000 รอบต่อนาที
4. บันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงาน (นาที)
5. บันทึกผลความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
6. บันทึกผลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)ทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง
7. ทำซ้ำข้อ 1 ถึง 6 โดยเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์เป็น 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาทีตามลำดับ

3.3.2 ค่าชี้ผลการศึกษา

1) ความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) คำนวณได้จากสมการที่ 3.2

$$\text{ความสามารถในการทำงานจริง(Kg/Hr)} = \frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดกระบกที่กะเทาะได้ทั้งหมด(Kg)}}{\text{เวลาที่ใช้ทั้งหมด(Hr)}} \quad (3.2)$$

1) เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดกระบก
คำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดกระบก(\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดดีที่กะเทาะได้}}{\text{จำนวนเมล็ดที่กะเทาะทั้งหมด}} \times 100 \quad (3.3)$$

2) เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย

คำนวณได้จากสมการที่ 3.4

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย(\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดเสียที่กะเทาะได้ (g)}}{\text{เมล็ดในที่กะเทาะได้ + เมล็ดในที่เสีย (g)}} \quad (3.4)$$

3) อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก (กิโลวัตต์ - ชั่วโมง)

คำนวณได้จากสมการที่ 3.5

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า} = \sqrt{3}\,\frac{IVt}{1000} \quad (3.5)$$

เมื่อ I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

t คือ เวลา (ชั่วโมง)

3.3.3 การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

3.3.3.1 การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

อาศัยแนวคิดการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม เกี่ยวกับต้นทุนในการใช้งานเครื่องโดยสมมติว่า เกษตรกรซื้อเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกไปกะเทาะแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกได้ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10 %) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปรไปตามปริมาณของการกะเทาะเมล็ดกระบก อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ในที่นี้จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย ค่าภาษี ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องไปทำงานตามสถานที่ต่างๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปรไปตามปริมาณของการกะเทาะเมล็ดกระบก ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อทำงานร่วมกับเครื่อง ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา และค่าซ่อมแซม เป็นต้น

3.3.3.2 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break - even point)

เป็นการคำนวณเปรียบเทียบการกะเทาะเมล็ดกระบก โดยใช้รงงานคนกับเครื่องต้นแบบว่าสามารถใช้ต้นทุนในการทำงานเท่ากับต้นทุนของการกะเทาะเมล็ดกระบกได้ปริมาณเท่าไร โดยแสดงดังสมการที่ 3.6 [26,27]

$$BEP = \frac{FC}{B\text{-}VC} \tag{3.6}$$

เมื่อ BEP คือ จุดคุ้มทุน (ชั่วโมง/ปี)

B คือ อัตราค่าจ้างกะเทาะเมล็ดกระบก (บาท/กิโลกรัม)

VC คือ ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาท/ชั่วโมง)

3.3.3.3 การวิเคราะห์ระยะเวลาในการคืนทุน (Payback period)

เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนในเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี คำนวณได้จากสมการที่ 3.7 [26,27]

$$PBP = \frac{P}{R} \tag{3.7}$$

เมื่อ P คือ ราคาเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก (บาท)

R คือ กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปี (บาท / ปี)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากวิธีการดำเนินการวิจัยที่กล่าวมาแล้ว ได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน จึงแยกการเสนอผลการวิจัยและวิจารณ์ผลออกเป็น 4 หัวข้อ โดยมีรายละเอียดของผลการวิจัยดังนี้

4.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเมล็ดกระบก

4.2 ออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

4.3 การทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

4.4 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเมล็ดกระบก

ผลของการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบก สรุปได้ดังนี้

1) ทำการเก็บเมล็ดกระบกจำนวน 100 เมล็ด โดยขนาดความกว้างของเมล็ดกระบก ความยาวของเมล็ดกระบก และความหนาของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกและเมล็ดใน ดังตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3

2) นำข้อมูลจากการวัดค่าความกว้างของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกนอกและเมล็ดในที่บันทึกมาเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดขนาดทางกายภาพและความชื้นของเมล็ดกระบกทั้งเปลือก (mm)

ค่าต่าง ๆ	ความกว้าง (mm)	ความยาว (mm)	ความหนา (mm)	ความชื้นมาตรฐานเปียก (%wb)
ค่าเฉลี่ย	25.4	36.6	16.9	11.17
ค่าสูงสุด	32.76	43.02	35.65	11.29
ค่าต่ำสุด	22.25	26.05	13.85	11.01
ค่าฐานนิยม	22.47	35.76	15.11	-
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.6	2.4	2.3	0.14

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดขนาดทางกายภาพของเมล็ดกระบกเมล็ดใน (mm)

ค่าต่าง ๆ	ความกว้าง (mm)	ความยาว (mm)	ความหนา (mm)
ค่าเฉลี่ย	13.7	23.9	6.8
ค่าสูงสุด	21.6	29.8	9
ค่าต่ำสุด	10.2	17.5	3.8
ค่าฐานนิยม	14.4	24.4	7.3
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.1	2.4	1.1

ตารางที่ 4.3 จำนวนเมล็ดที่มีขนาดในแต่ละช่วงความกว้าง (mm)

ช่วงความกว้าง	จำนวนเมล็ด
< 25	41
25-30	58
>30	1

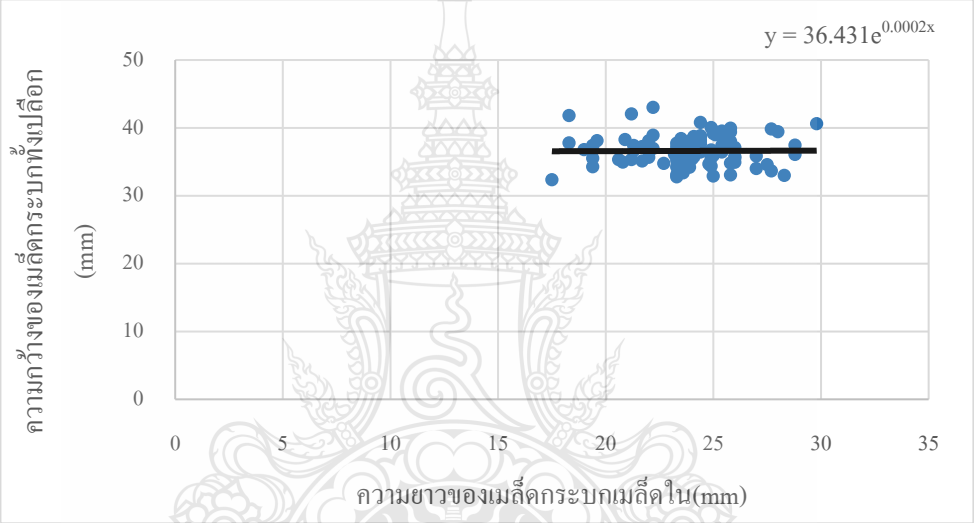
จากตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยของความกว้าง ความยาว ความหนา และความชื้นของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกมีค่าเท่ากับ 25.4, 36.6,16.9 มิลลิเมตร และความชื้นมีค่าเท่ากับ 11.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าความกว้าง ความยาว ความหนา และความชื้น สูงสุดของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกมีค่าเท่ากับ 32.76, 43.02, 35.65 มิลลิเมตร และความชื้นมีค่าเท่ากับ 11.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าความกว้าง ความยาว ความหนา และความชื้น ต่ำสุดของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกมีค่าเท่ากับ 22.25, 26.05, 13.85 มิลลิเมตร และความชื้นมีค่าเท่ากับ 11.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าฐานนิยมของความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกมีค่าเท่ากับ 22.47, 35.76 และ15.11 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความกว้าง ความยาว ความหนา และความชื้นของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกมีค่าเท่ากับ 1.6, 2.4, 2.3 มิลลิเมตร และความชื้นมีค่าเท่ากับ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดกระบกเมล็ดในมีค่าเท่ากับ 13.7, 23.9 และ 6.8 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าความกว้าง ความยาว และความหนา สูงสุดของเมล็ดกระบกเมล็ดในมีค่าเท่ากับ 21.6, 29.8 และ 9 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าความกว้าง ความยาว ความหนา ต่ำสุดของเมล็ดกระบกเมล็ดในมีค่าเท่ากับ 10.2, 17.5 และ 3.8 มิลลิเมตร ค่าฐานนิยมของความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดกระบกเมล็ดในมีค่าเท่ากับ 14.4, 24.4 และ 7.3

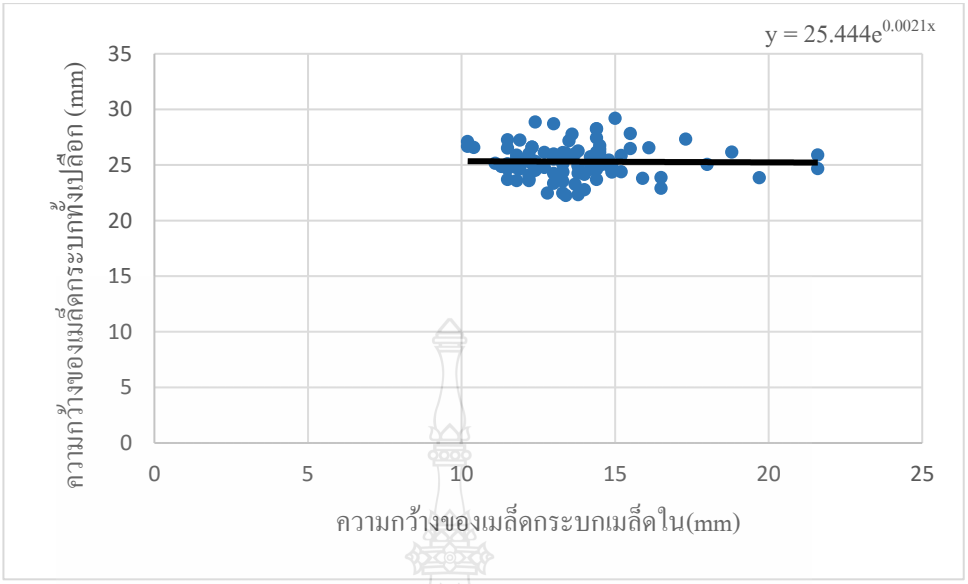
มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความกว้าง ความยาว และความหนา ของเมล็ดกระบกเมล็ดในมีค่าเท่ากับ 2.1, 2.4 และ 1.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.3 ช่วงความกว้างของเมล็ดกระบกทั้งเปลือก จำนวน 100 เมล็ด แบ่งช่วงความกว้างที่น้อยกว่า 22 มิลลิเมตร มีจำนวน 25 เมล็ด ช่วงความกว้างระหว่าง 22-26 เมล็ด จำนวน 68 เมล็ด และช่วงความกว้างมากกว่า 26 มิลลิเมตร มีจำนวน 7 เมล็ด

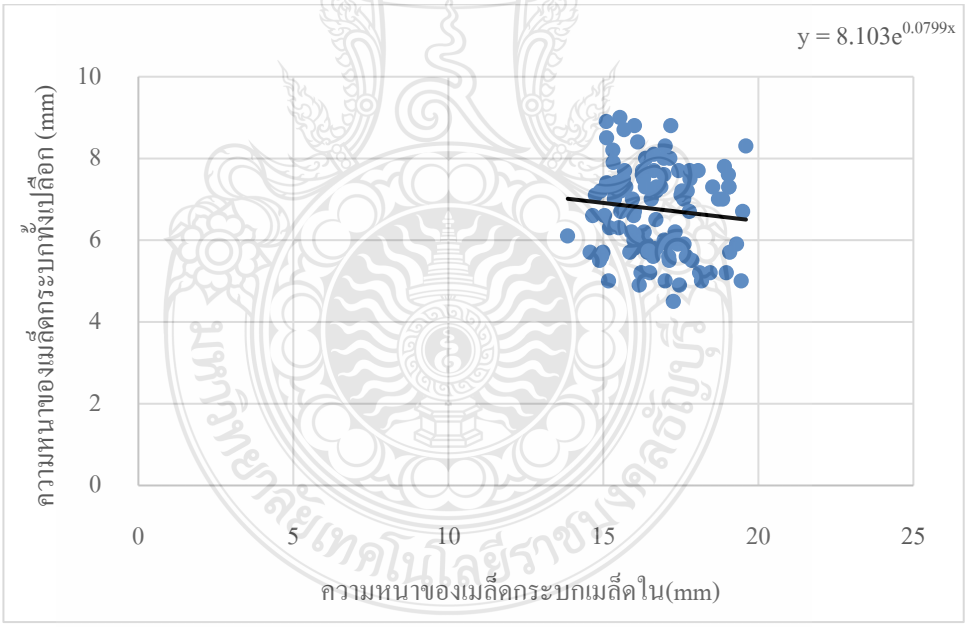
รูปที่ 4.1-4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาว ความกว้างและความหนาของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกกับเมล็ดในของกระบก ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบความยาวของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกและเมล็ดใน



รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบความกว้างของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกและเมล็ดใน



รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบความหนาของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกและเมล็ดใน

จากรูปที่ 4.1 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกและความยาวของเมล็ดในของกระบก โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการ $y = 36.431e^{0.0002x}$

จากรูปที่ 4.2 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกและความกว้างของเมล็ดในของกระบก โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการ $y = 25.444e^{0.0021x}$

จากรูปที่ 4.3 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกและความหนาของเมล็ดในกระบก โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการ $y = 8.103e^{0.0799x}$

จากผลการศึกษาข้อมูลข้างต้นจึงสามารถนำไปออกแบบชุดลำเลียงเมล็ดกระบกให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูมีร่องลึก 1.8 เซนติเมตร และกว้าง 2.6 เซนติเมตร เพื่อที่จะป้อนเมล็ดกระบกลงในร่องที่ออกแบบไว้ได้พอดี และสามารถใส่เมล็ดกระบกได้ในหลายขนาด

4.2 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

จากการรวบรวมข้อมูลขั้นต้นพบว่า เมล็ดกระบกมีลักษณะรูปวงรี โดยมีขนาดของความยาวอยู่ระหว่าง 26 – 40 มิลลิเมตร ขนาดของความกว้างอยู่ระหว่าง 18 – 32 มิลลิเมตร และขนาดของความหนาอยู่ระหว่าง 10 – 20 มิลลิเมตร ซึ่งลักษณะดังกล่าวจากการศึกษาพบว่าเบ้าที่ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมคางหมูมีความยาวลึกลงไป ซึ่งเมื่อใส่เมล็ดกระบกลงไปจะรองรับพอดี และได้หลายขนาด แต่ปัญหาที่พบคือเมล็ดกระบกติดไม่ออกจากเบ้าเมื่อทำการกะเทาะเสร็จ ดังนั้นจากการออกแบบจึงออกแบบให้ชุดเขี่ยเมล็ดมีลักษณะโค้งงอตามชุดลำเลียงมีสปริงดึง และจากการศึกษาความยาวของเมล็ดทำให้สามารถกำหนดความยาวของหัวเจาะ และระยะขึ้นลงของหัวเจาะ และจากเกณฑ์การออกแบบต้องการให้เครื่องทำงานอย่างต่อเนื่อง จึงออกแบบให้ประกอบด้วย ชุดกลไกเจนิวา เฟืองทด ชุดโซ่ลำเลียง ส่วนต้นกำลังนั้นเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เพราะสะดวกในการปรับความเร็วรอบในการทดสอบ ซึ่งเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกประกอบด้วย ส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ ชุดกะเทาะ ชุดลำเลียง ระบบส่งกำลัง และโครงสร้างของเครื่อง ซึ่งมีผลการออกแบบดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการออกแบบชุดกะเทาะ

ชุดหัวเจาะที่ออกแบบจะทำหน้าที่ในการกะเทาะเมล็ดที่ถูกลำเลียงมา ซึ่งมีลักษณะการทำงาน คือ วิ่งเลื่อนขึ้นลงในบูชที่เป็นตัวประคองให้ตรงกับเบ้า และลูกเบี้ยวจะต่อเข้ากับเพลาซึ่งมีเฟืองโซ่ 21 ฟัน เป็นตัวขับโดยหัวเจาะจะมีจังหวะขึ้น-ลง ตามลูกเบี้ยว มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่

ก้านหัวเจาะ 1 ชุด มี 2 ตัว ทำจากเหล็กเพลา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17 มิลลิเมตร ยาว 140 มิลลิเมตร ปลายด้านหนึ่งเจาะรูและทำเกลียวรูในขนาด 10 มิลลิเมตร สำหรับยึดติดกับเพลา และปลายด้านหนึ่งทำคมมุม 45 องศา

ลูกเบี้ยว 1 ชุด ทำจากเหล็กแผ่นหนา 15 มิลลิเมตร ตัด 2 ใน 3 ของวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร เชื่อมบูชรูขนาด 1 นิ้ว หนา 15 มิลลิเมตร และยาว 30 มิลลิเมตร ซึ่งเยื้องออกจากศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร

เฟืองโซ่ เบอร์ 40 จำนวนฟัน 21 ฟัน เชื่อมติดเหล็กเพลาคว้านรู เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร เพื่อสวมใส่เพลา

เพลา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 380 มิลลิเมตร ร่องลิ่มกว้าง 6 มิลลิเมตร

4.2.2 ผลการออกแบบชุดลำเลียง

ชุดลำเลียงจะทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ดกระบกจากการป้อนที่ใส่ลงเบ้าให้มายังตำแหน่งตรงกับหัวเจาะและลำเลียงเมล็ดกระบกที่กะเทาะแล้วให้ไปตกยังถาดรองเมล็ด โดยจะทำงานเป็นจังหวะซึ่งกำหนดจังหวะโดยกลไกเจนิวา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เบ้าสำหรับใส่เมล็ดกระบก จำนวน 8 เบ้า จำนวน 2 ข้าง ทำจากเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 260 มิลลิเมตร หนา 14 มิลลิเมตร คว้านรูในลักษณะสี่เหลี่ยมคางหมูที่มีความกว้าง 2.6 เซนติเมตร ลึก 1.8 เซนติเมตร

เฟืองโซ่เบอร์ 40 จำนวนฟัน 34 ฟัน โดยเชื่อมติดกับเหล็กเพลา เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร คว้านรูทะลุเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 90 มิลลิเมตร กัดร่องลิ่มกว่าง 6 มิลลิเมตร ยาว 45 มิลลิเมตร

กลไกเจนิวา ทำจากเหล็กแผ่นหนา 8 มิลลิเมตร ตัดเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 190 มิลลิเมตร กัดร่องกว้าง 20 มิลลิเมตร จำนวน 4 ร่อง ยาว 67 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับเหล็กเพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร คว้านรูทะลุ 25 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร เพื่อสวมใส่เพลา

เพลา ทำจากเหล็กเพลาเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 196 มิลลิเมตร กัดร่องลิ่ม 6 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร

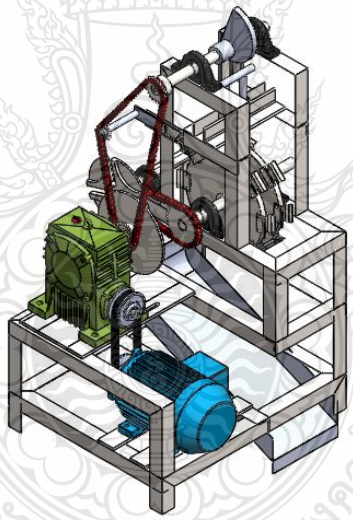
4.2.3 ผลการออกแบบระบบส่งกำลัง

ระบบส่งกำลังจะประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า ชุดเกียร์ทด 1:30 เพลาส่งกำลังหลักโซ่และเฟืองโซ่และล้อสายพาน ซึ่งขนาดและอัตราทดที่เหมาะสม ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข

4.2.4 ผลการออกแบบโครงสร้างของเครื่อง

โครงสร้างของเครื่องนั้นได้ออกแบบ ให้มีจุดติดตั้งชุดลำเลียง 2 ชุด ชุดสำหรับหัวเจาะ ตัวประคองโซ่ลำเลียง ช่องใส่ถาด และส่วนประกอบอื่น ๆ โดยวางส่วนประกอบต่าง ๆ และยึดติดบนโครงสร้างด้วยสกรู โครงสร้างที่ออกแบบมีขนาดความยาว 600 มิลลิเมตร กว้าง 500 มิลลิเมตร สูง 900 มิลลิเมตร วัสดุที่ใช้สร้างส่วนใหญ่เป็นเหล็กฉาก ขนาด 40 x 40 x 4 มิลลิเมตร เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ มีความเหนียวสามารถตัด เจาะ ดัด หรือเชื่อมได้ง่าย ราคาถูก และมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด

หลังจากได้คำนวณและออกแบบขนาดต่าง ๆ ของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกแล้ว จึงได้ทำการเขียนแบบทางวิศวกรรม แสดงดังรูปที่ 4.4 เมื่อดำเนินการเขียนแบบเสร็จสิ้น จึงได้ดำเนินการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกต้นแบบตามแบบที่เขียนไว้ ได้ผลการสร้างเครื่องต้นแบบดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 การเขียนแบบทางวิศวกรรมเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

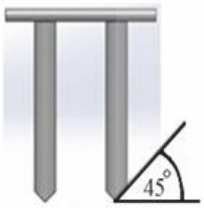
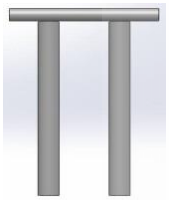
รูปที่ 4.5 เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกที่ออกแบบและสร้างเสร็จ

4.3 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่อง

4.3.1 ผลการทดสอบหาหัวเจาะที่ดีสุดที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 800 รอบต่อนาที

ผลการทดสอบการกะเทาะเมล็ดกระบก ด้วยเครื่องต้นแบบที่ความเร็วรอบมอเตอร์800 รอบต่อนาที เพื่อหาหัวเจาะที่ดีที่สุดของหัวเจาะทั้ง 2 ชนิด โดยใช้ค่าชี้ผลการศึกษาได้แก่ ความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่กะเทาะไม่แตก เมล็ดที่กะเทาะได้ เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหาย และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ซึ่งได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.6 จากตารางที่ 4.4 พบว่าหัวเจาะแบบที่ 1 จะให้ความสามารถในการทำงานสูงสุดมีค่า 8.30 kg/hr เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่กะเทาะไม่แตก 8.52 % เมล็ดที่กะเทาะได้ 0.94 kg/hr เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหาย 8.20 % และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.42 kWh

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบหาหัวเจาะที่ดีที่สุดที่ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที

ชนิดของหัวเจาะ	ทดสอบครั้งที่	ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบกทั้งเปลือก (KG/HR)	เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ไม่ผ่านการกะเทาะ (%)	เมล็ดที่กะเทาะได้ (KG/HR)	เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหาย (%)	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (KWH)
1  Ø = 17 MM L = 140 MM	1	8.12	5.68	1.02	9.09	0.42
	2	8.33	11.36	0.85	5.5	0.41
	3	8.46	8.51	0.96	10	0.42
เฉลี่ย		8.30	8.52	0.94	8.20	0.42
2  Ø = 17 MM L = 140 MM	1	8.01	6.70	0.9	15	0.42
	2	7.63	12.64	0.7	12.5	0.41
	3	8.58	13.98	0.74	8.75	0.41
เฉลี่ย		8.07	11.12	0.78	12.08	0.41

ผลการทดสอบเพื่อหาหัวเจาะที่ดีที่สุดจากการทดสอบพบว่าหัวเจาะชนิดที่ 1 ให้ความสามารถในการทำงาน และการกะเทาะเมล็ด ได้สูงกว่าหัวเจาะชนิดที่ 2 เนื่องจากหัวเจาะชนิดที่ 2 เมื่อเจาะลงไปจะทำให้หัวเจาะไม่ตรงเมล็ด การกะเทาะเมล็ดจึงผิดตำแหน่งทำให้เมล็ดไม่แตกและทำให้เมล็ดเสียหาย หัวเจาะชนิดที่ 1 จะมีความกว้างมากทำให้ตำแหน่งการเจาะมีความถูกต้องมากกว่า และชนิดที่ 1 มีกรรมวิธีการผลิตที่ง่ายกว่า ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกหัวเจาะชนิดที่ 1

4.3.2 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องต้นแบบในแต่ละความเร็วรอบมอเตอร์

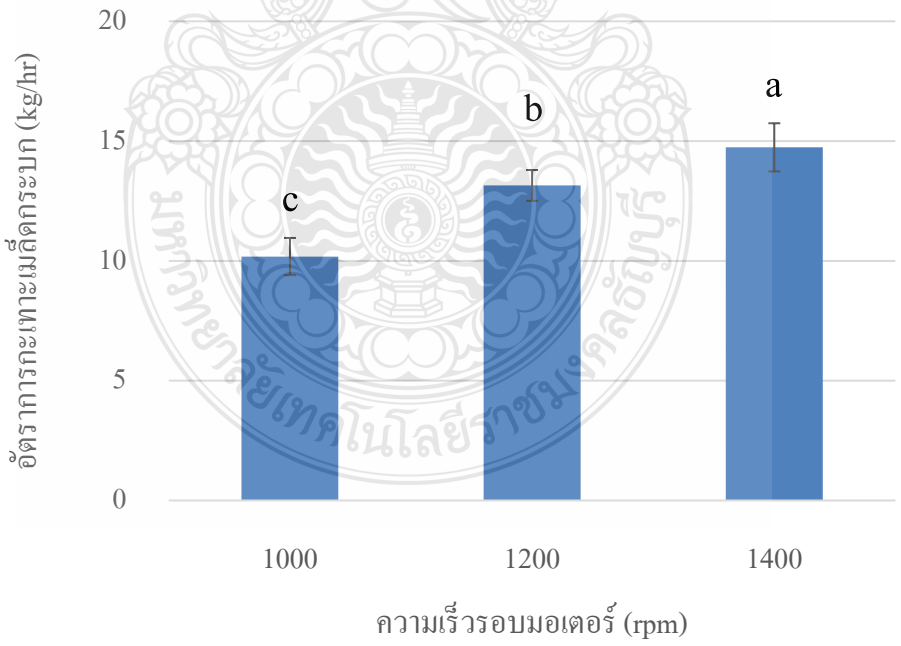
ผลการทดสอบการกะเทาะเมล็ดกระบกด้วยเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกที่ความเร็วรอบมอเตอร์1,000, 1,200 และ1,400 รอบต่อนาที โดยใช้ค่าชี้ผลการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการทำงานจริงทั้งหมด เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ไม่ผ่านการกะเทาะ เมล็ดที่กะเทาะได้ เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหาย และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ซึ่งได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.7-4.9 ตามลำดับ จากตารางที่ 4.5 พบว่าที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,400 รอบต่อนาที จะให้ความสามารถในการทำงานสูงสุดที่เฉลี่ยมีค่า 14.74 kg/hr เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ไม่ผ่านการกะเทาะ 5.41 % เมล็ดที่กะเทาะได้ 1.05 kg/hr เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหาย 6.10 % และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 2.42 kWh

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ความเร็วรอบมอเตอร์ต่าง ๆ

ความเร็วรอบมอเตอร์ (RPM)	ทดสอบครั้งที่	ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบกทั้งเปลือก (KG/HR)	เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่ไม่ผ่านการกะเทาะ (%)	เมล็ดที่กะเทาะได้ (KG/HR)	เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหาย (%)	อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (KWH)
1000	1	10.80r	24.44	0.61	17.7	0.88
	2	9.31	10.07	0.53	16.67	0.87
	3	10.44	11.78	0.51	19.12	0.87
เฉลี่ย		10.18	15.56	0.55	17.81	0.87
1200	1	12.27	8.51	0.77	8.54	1.74
	2	13.44	7.71	0.86	5.88	1.75
	3	13.32	5.59	0.85	8.99	1.75
เฉลี่ย		13.15	7.21	0.82	7.85	1.75
1400	1	15.65	5.96	1.12	7.77	2.42
	2	14.91	5.63	0.99	6.32	2.41
	3	13.66	4.64	1.04	4.12	2.42
เฉลี่ย		14.74	5.41	1.05	6.10	2.42

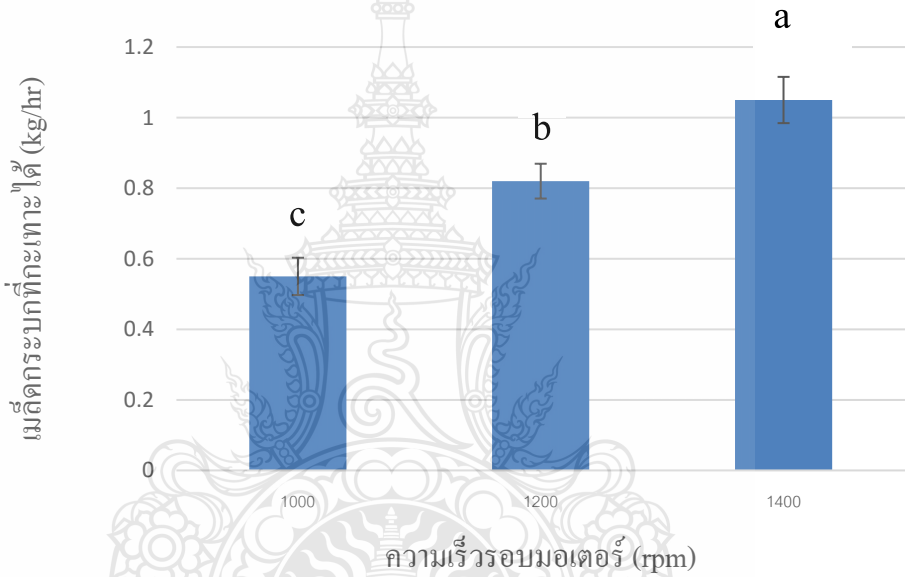
จากการทดสอบที่ความความเร็วรอบมอเตอร์ 1,000 รอบต่อนาที จะมีอัตราการป้อนช้าทำให้ต้องเสียเวลาในการรอ ทำให้ใช้เวลาในการกะเทาะเมล็ดนานจึงทำให้ความสามารถในการทำงานต่ำ ส่วนที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,200 รอบต่อนาที จะมีอัตราการป้อนที่เร็วปานกลาง จึงทำให้ความสามารถในการทำงานยังไม่เต็มประสิทธิภาพ ส่วนที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,400 รอบต่อนาที จะมีอัตราการป้อนที่ไวอาจจะทำการใส่ช่องเว้นช่อง แต่ก็สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ จึงทำให้มีความสามารถในการทำงาน นั้นสูงกว่าความเร็วรอบมอเตอร์ 1,000และ 1,200 รอบต่อนาที

หลังจากที่ได้ทำการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องในแต่ละความเร็วรอบ เพื่อศึกษาว่าความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องอยู่ที่ความเร็วเท่าใด ผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกที่ความเร็วรอบต่าง ๆ และผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอัตราการกะเทาะเมล็ดกระบก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ที่ความเร็วรอบ 1,000, 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที (c,b,a) ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเมล็ดที่กะเทาะได้กับความเร็วรอบมอเตอร์

จากการแบ่งเมล็ดกระบกออกเป็น 9 ชุด ๆละ 100 เมล็ด โดยแต่ละชุดจะมีขนาดความหนาของเมล็ดกระบกทั้งเปลือกที่แตกต่างกัน ทำให้เมล็ดกระบกที่มีขนาดบางเรียวเมื่อถูกหัวเจาะกดลงมาจะทำให้เมล็ดไม่ถูกการกะเทาะ ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการกะเทาะเมล็ดมีค่าลดลง และผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าเมล็ดกระบกที่กะเทาะได้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ที่ความเร็วรอบ 1,000, 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที (c,b,a) ดังรูปที่ 4.7

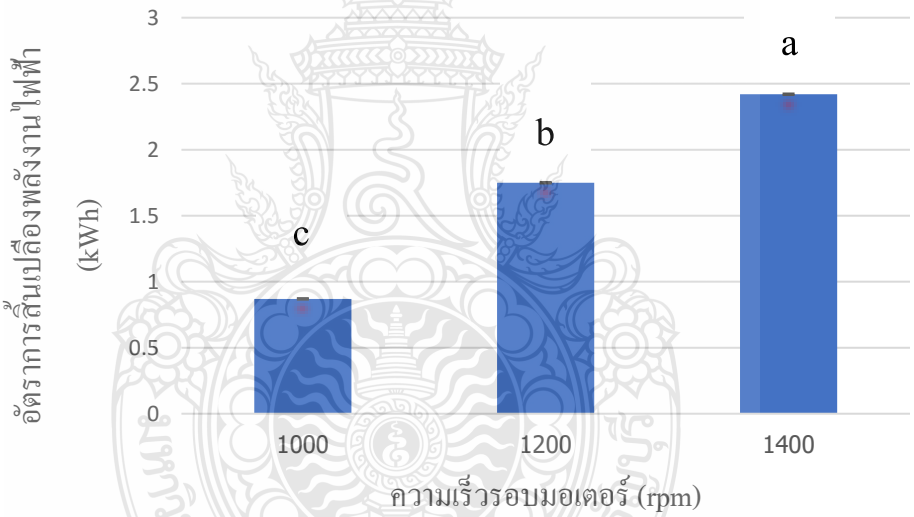


รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเมล็ดที่กะเทาะได้กับความเร็วรอบมอเตอร์

จากการหาอัตราการป้อนโดยการจับเวลาของจำนวนเบ้าที่เคลื่อนที่ครบ 1 รอบพบว่าที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,000 รอบต่อนาที จะมีอัตราการป้อนเฉลี่ย 24 เมล็ดต่อนาที ซึ่งเป็นอัตราการป้อนที่ช้าใช้เวลามากในการปฏิบัติงานจึงทำให้ความสามารถในการทำงานต่ำ สำหรับที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,200 รอบต่อนาที จะมีอัตราการป้อนเฉลี่ย 31 เมล็ดต่อนาที ซึ่งเป็นอัตราการป้อนที่เร็วในระดับปานกลาง จึงทำให้ความสามารถในการทำงานยังไม่เต็มประสิทธิภาพ และที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,400 รอบต่อนาที จะมีอัตราการป้อนเฉลี่ย 35 เมล็ดต่อนาที ซึ่งเป็นอัตราการป้อนที่สามารถป้อนเมล็ดกระบกลงในเบ้าได้ดีอาจจะใส่ได้ไม่ครบทุกเบ้าแต่อัตราการทำงานที่เร็วกว่าก็ทำให้การทำงานเสร็จเร็ว ทำให้มีความสามารถในการทำงานสูงกว่าที่อัตราการป้อน 24 และ 31 เมล็ด

ต่อนาที และผลจากการทดสอบจะเห็นได้ว่าที่อัตราการป้อน 35 เมล็ดต่อนาที มีการกะเทาะเมล็ดได้สูงกว่าอัตราการป้อน 24 และ 31 เมล็ดต่อนาที เนื่องจากที่อัตราการป้อน 24 และ31 เมล็ดต่อนาที การกดลงของหัวเจาะจะกดลงช้าทำให้เสียเวลาในการกะเทาะ ทำให้เมล็ดกระบกไม่ถูกกะเทาะเมล็ด และที่อัตราการป้อน 35 เมล็ดต่อนาที(1,400 รอบต่อนาที) เป็นอัตราการป้อนที่เหมาะสมสามารถวางเมล็ดกระบกได้ตรงและแรงกดของหัวเจาะจะกดเมล็ดกระบกเพียงแค่ระยะสั้นๆ

เนื่องจากเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการทำงานทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในแต่ละความเร็วรอบเพื่อเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองพลังงานและผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ความเร็วรอบ 1,000, 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที (c,b,a) ดังรูปที่ 4.8

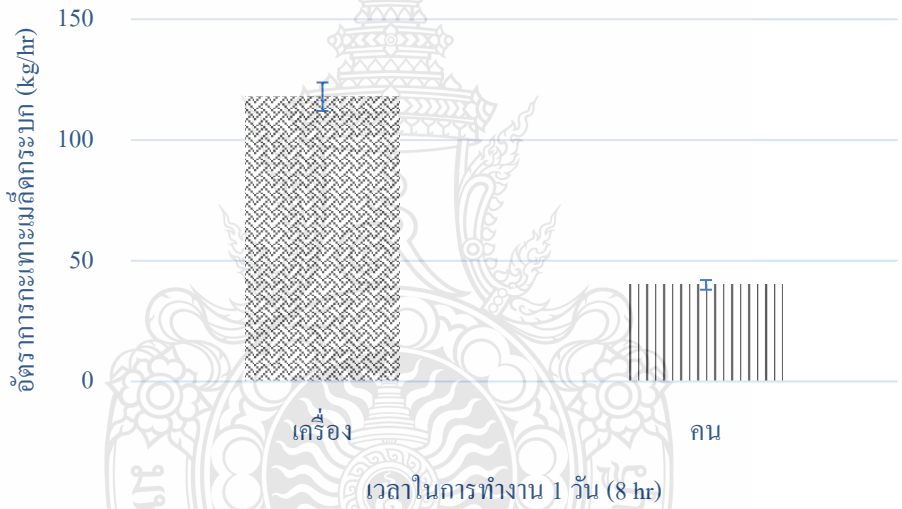


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ากับความเร็วรอบมอเตอร์

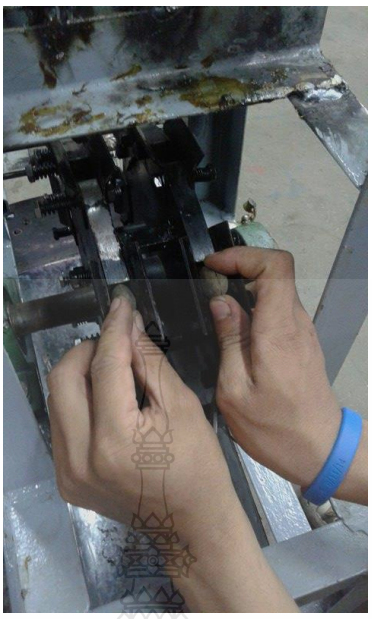
จากการทดสอบพบว่าที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,000 รอบต่อนาที จะใช้กระแส และแรงเคลื่อนไฟฟ้าน้อย เมื่อคำนวณหาอัตราการการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจึงมีค่าต่ำ และที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,200 รอบต่อนาที จะใช้กระแส และแรงเคลื่อนไฟฟ้าในระดับปานกลาง และที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,400 รอบต่อนาที จะใช้กระแส และแรงเคลื่อนไฟฟ้าในระดับสูงแต่ถ้าเทียบกับประสิทธิภาพในการทำงานแล้วถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดีและมีอัตรากะเทาะเมล็ดได้สูงที่สุดจึง

นำเอาค่าของอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของความเร็วรอบนี้ไปคำนวณหาค่าไฟฟ้าในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

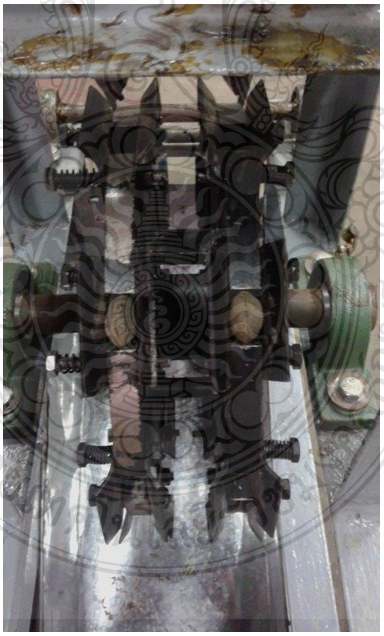
ผลจากการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกได้อัตราการกะเทาะเมล็ดที่ 14.74 kg/hr หรือ 117.92 กิโลกรัมต่อวัน (1 วันทำงาน 8 ชั่วโมง) ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,400 รอบต่อนาที มาเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนในการกะเทาะเมล็ดกระบกที่มีอัตราการกะเทาะเมล็ด 40 กิโลกรัมต่อวัน ได้ผลการเปรียบเทียบดังรูปที่ 4.9 ซึ่งเครื่องสามารถกะเทาะเมล็ดกระบกได้มากกว่าคนถึง 77.92 กิโลกรัมต่อวัน และลดปัญหาในเรื่องของความเมื่อยล้า และอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการใช้แรงงานคนในการกะเทาะเมล็ดกระบกด้วย รูปที่ 4.9 – 4.13 แสดงการป้อนเมล็ดกระบกและลักษณะของเมล็ดกระบกที่กะเทาะเมล็ดโดยเครื่อง



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบอัตราการกะเทาะเมล็ดกระบกระหว่างเครื่อง 1 เครื่อง กับการใช้แรงงานคน 1 คน



รูปที่ 4.10 การป้อนเมล็ดกระบกลงในเบ้า



รูปที่ 4.11 ลักษณะการวางตำแหน่งของเมล็ดกระบกในเบ้า

รูปที่ 4.12 เมล็ดกระบกหลังผ่านการกะเทาะ

รูปที่ 4.13 เมล็ดกระบกที่กะเทาะโดยใช้เครื่อง

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกสามารถทำงานได้ดีที่สุด ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ 1,400 รอบต่อนาที โดยมีความสามารถในการ

ทำงานโดยเฉลี่ย 14.74 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมล็ดที่กะเทาะได้ 1.05 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีเมล็ดที่เสียหาย เท่ากับ 6.10 % และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 2.42 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

4.4 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

จากผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใช้งาน 2.42 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ความสามารถในการทำงาน 14.74 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เมื่อกำหนดให้เครื่องทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ทำงานปีละ 90 วัน สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการทำงาน ระยะเวลาคืนทุนและจุดคุ้มทุนของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกได้ดังนี้

4.4.1 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

ค่าใช้จ่ายในการทำงานคำนวณได้จาก ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

1) ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

ค่าเสื่อมราคา (Depreciation,DP) คิดค่าเสื่อมราคา(DP) แบบ Straight-line method DP = (P-S)/L โดยที่ P คือราคาซื้อของเครื่องจักร(บาท) S คือราคาขายหรือมูลค่าคงเหลือเมื่อเครื่องจักรหมดอายุ (บาท) และ L คือ อายุการใช้งานของเครื่องจักร (ปี)

ราคาของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกจากตารางที่ 4.6 เท่ากับ 20,000 บาท ให้มูลค่าซากของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกเมื่อสิ้นปีที่ 5 มีมูลค่าคงเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนเครื่อง

ดังนั้น ราคาซาก (S) = (10/100)(20,000) = 2,000 บาท

ค่าเสื่อมราคา (DP) = (P-S)/L = (20,000-2,000) / 5 = 3,600 บาท

ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest on investment) คิดค่าเสียโอกาส (I) = ((P+S)/2) (I /100) โดยที่ I คืออัตราดอกเบี้ยต่อปี (เปอร์เซ็นต์)

กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปีเท่ากับ 10 %

ดังนั้น ค่าเสียโอกาสต่อปี = ((20,000+2,000)/2)(10/100) = 1,100 บาทต่อปี

รวมต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed cost) = 3,600+1,100 = 4,700 บาทต่อปี

2) ต้นทุนผันแปร (Variable cost)

1. ค่าบำรุงรักษา (Repair and maintenance) คิดเฉลี่ยประมาณวันละ 10 บาท ทำงาน 90 วัน ค่าบำรุงรักษา = 10 x 90 = 900 บาทต่อปี

2. ค่าไฟฟ้า จากการทดลองการสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 2.42 kW ราคาไฟฟ้า

หน่วยละ 4 บาทในหนึ่งปีทำงาน 90 วัน วันละ 8 ชั่วโมง คิดเป็นค่าไฟฟ้า = (2.42) (4) (90) (8) = 6,970 บาทต่อปี

3. ค่าจ้างแรงงาน อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาท จำนวน 1 คน ทำงาน 90 วัน คิดเป็นค่าจ้างแรงงาน = (300) (90) (1) = 27,000 บาทต่อปี รวมต้นทุนผันแปร = 900 + 6,970 + 27,000 = 34,870 บาทต่อปี คิดต้นทุนในการใช้งานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก ที่ทำการกะเทาะเมล็ดกระบกใน 1 ปี เวลาทำงาน 720 ชั่งโมง ความสามารถในการทำงาน 14.74 kg/hr จะได้ = 39,570 / (720 x14.74) = 3.72 บาทต่อกิโลกรัม (54.83 บาทต่อชั่วโมง)

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกต้นแบบ

รายการ	จำนวนเงิน
1. มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า	3,000
2. เกียร์ทด 1: 30	2,000
3. วัสดุที่ใช้สร้างตัวเครื่อง	
1) เหล็กโครงสร้าง เล็กเพลาและเหล็กแผ่น	5,000
2) โซ่เบอร์ 40 พร้อมเฟืองโซ่	1,500
3) สายพานพร้อมมู่เล่ย์	500
4) ตลับลูกปืน และตุ๊กตา	500
5) อื่น ๆ เช่น สกรู สี ล้อ	1,000
4. ค่าแรงประกอบสร้างเครื่อง	7,000
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	20,000

4.4.2 การใช้งานคุ้มทุน

การใช้งานคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่ / (อัตราค่าจ้าง – ค่าใช้จ่ายในการทำงาน)

ค่าใช้จ่ายคงที่ = 3,055 บาทต่อปี

อัตราค่าจ้างกะเทาะเมล็ดกระบกของเกษตรกร = 10 บาทต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบอัตราการทำงาน 5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะได้อัตราค่าจ้าง (10) (5) = 50 บาทต่อชั่วโมง

ดังนั้นการใช้งานที่จุดคุ้มทุน = 3,055 / (50 – 42.2) = 392.7 ชั่วโมงต่อปี

4.4.3 ระยะเวลาการคืนทุนของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

รายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ ระยะเวลาคืนทุนมีดังนี้ต้นทุนผันแปร คือ ค่าผลรวมของค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ค่าไฟฟ้า ค่าจ้างแรงงาน ต้นทุนรวม คือ ต้นทุนผันแปรรวมกับดอกเบี้ย

ผลประโยชน์ที่ได้รับคิดจากอัตราจ้างในการกะเทาะเมล็ดกระบก คูณกับชั่วโมงการทำงานต่อปี อัตราค่ากะเทาะเมล็ดกระบกต่อชั่งโมง โดยใช้แรงงานคน 10 บาทต่อกิโลกรัม คูณกับอัตราการทำงาน 14.74 kg/hr = 147.4 Baht/hr แต่ในกรณีที่เกษตรกรต้องซื้อเมล็ดกระบกเพื่อนำมากะเทาะเอง จะมีค่าใช้จ่ายในการซื้อเมล็ดกระบก ราคา 30 Baht/kg รวมต้นทุนในการทำงานจะเท่ากับ 497.03 Baht/hr

ผลประโยชน์สุทธิ คือ ผลต่างระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับกับต้นทุนรวม

ระยะเวลาคืนทุน คือ ผลหารระหว่างราคาซื้อเครื่องกับประโยชน์สุทธิ

ชั่วโมงการทำงาน	720 ชั่วโมงต่อปี	
ดอกเบี้ย	715 บาทต่อปี	
ต้นทุนแปรผัน	34,870 บาทต่อปี หรือ 54.83 บาทต่อชั่วโมง	
ต้นทุนรวม	34,870+715	= 35,585 บาทต่อปี
ผลประโยชน์ได้รับ	720 x 147.4	= 106,128บาทต่อปี
ผลประโยชน์สุทธิ	106,128 – 35,585	= 70,543 บาทต่อปี
ระยะเวลาคืนทุน	(20,000 / 70,543) x 12	= 3.40 เดือน

ดังนั้นถ้า 1 ปี ทำงาน 720 ชั่วโมง ระยะเวลาคืนทุนจะเท่ากับ 3.40 เดือน

แต่ในกรณีที่เกษตรกรต้องซื้อเมล็ดกระบกเพื่อนำมากะเทาะเอง จะมีค่าใช้จ่ายในการซื้อเมล็ดกระบก 30 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งจะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 0.74 เดือน

จากผลการดำเนินการข้างต้น สามารถนำค่าต่าง ๆ ที่ได้มาเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกต้นแบบ และการใช้แรงงานคนในการกะเทาะ แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องในการกะเทาะและการใช้แรงงานในการกะเทาะ

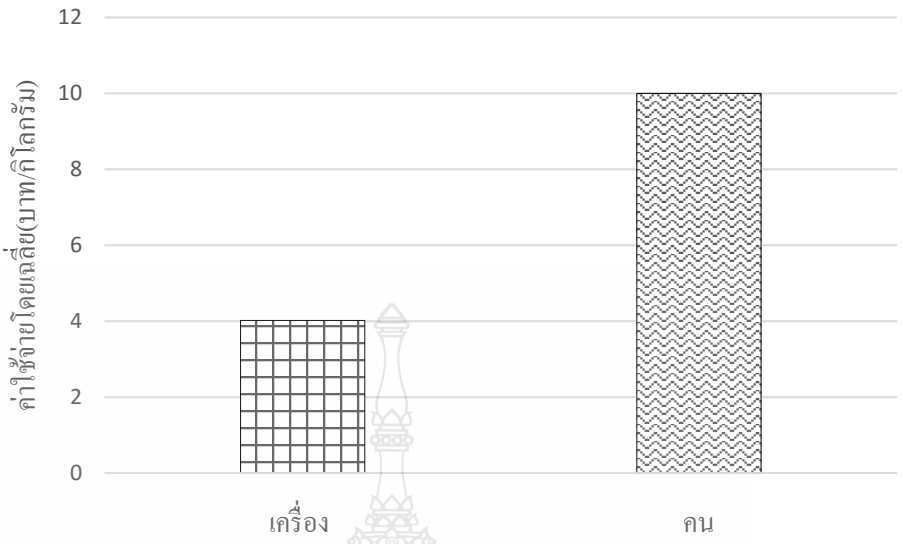
หัวข้อในการเปรียบเทียบ	เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก	แรงงาน
1. ความสามารถในการทำงาน (kg/hr)	14.74	5
2. เมล็ดที่กะเทาะได้ (kg/hr)	1.05	0.6
3. เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหาย (%)	6.10	10
4.ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (Baht/kg)	3.72	10

จากตารางที่ 4.7 พบว่าความสามารถในการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกมีค่าเท่ากับ 14.74 kg/hr ในขณะที่ใช้แรงงานคนจะมีความสามารถในการทำงาน 5 kg/hr เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหายด้วยเครื่องมีค่าเท่ากับ 6.10 % ในขณะที่ใช้แรงงานคนจะมีค่าเท่ากับ 10 % ทั้งนี้เป็นเพราะการใช้แรงงานคนจะกะเทาะด้วยมีดทำให้เวลากะเทาะเสร็จเมล็ดเกิดความเสียหายมากกว่าเครื่อง ส่วนเครื่องจะเกิดเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหายน้อยเพราะออกแบบหัวเจาะแบบหัวเรียบทำให้เมื่อกะเทาะในระยะที่เหมาะสมจะทำให้เมล็ดเสียหายน้อย

สำหรับเมล็ดที่กะเทาะได้ของเครื่องมีค่าเท่ากับ 1.05 kg/hr ในขณะที่ใช้แรงงานคนจะมีเมล็ดที่กะเทาะได้ 0.6 kg/hr เนื่องมาจากเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกสามารถทำงานได้เร็วกว่าแรงงานคน

เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการทำงานจะพบว่าเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกมีค่าใช้จ่าย 3.72 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อเทียบกับแรงงานคนมีค่าเท่ากับ 10 บาทต่อกิโลกรัม หรือใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกจำนวน 1,000 กิโลกรัม จะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 60%

เมื่อนำผลจากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกที่มีค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 3.72 บาทต่อกิโลกรัม มาเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนที่มีค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 10 บาทต่อกิโลกรัม ได้ผลการเปรียบเทียบ ดังรูปที่ 4.14 ซึ่งเครื่องมีค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยน้อยกว่าคนอยู่ที่ 5.5 บาทต่อกิโลกรัม



รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยระหว่างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกกับการใช้แรงงานคน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปัญหาและวิธีการเก็บเกี่ยวเมล็ดกระบกของเกษตรกร มีขั้นตอนการกะเทาะเมล็ดเป็นขั้นตอนหนึ่งที่ใช้แรงงานคนในการกะเทาะเมล็ดกระบกเป็นหลัก ซึ่งมีปัญหาอยู่หลายประการได้แก่ ใช้เวลาในการปฏิบัติงานมาก เกิดความเมื่อยล้าในการทำงาน ความไม่ปลอดภัยในการปฏิบัติงานอันเกิดจากอุบัติเหตุระหว่างการกะเทาะเมล็ด รวมถึงการขาดแคลนแรงงานในการกะเทาะเมล็ดกระบก และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงของการเก็บเกี่ยวพืชไร่ชนิดอื่น เช่น ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง เพื่อผ่อนคลายปัญหาดังกล่าวจึงได้ออกแบบสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกโดยศึกษาสมบัติต่างๆ ของเมล็ดกระบก และวิธีการกะเทาะที่เหมาะสมจนได้รูปแบบการทำงานของเครื่องที่เหมาะสมโดยมีผลสรุปดังนี้

5.1 สรุป

เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกต้นแบบประกอบด้วยโครงสร้าง 4 ส่วนหลักได้แก่ ชุดลำเลียง ชุดกะเทาะ และระบบส่งกำลัง สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ สามารถทำงานได้รวดเร็วและต่อเนื่องช่วยประหยัดเวลาและแรงงาน ในการกะเทาะเมล็ดกระบกรวมทั้งสามารถพัฒนาให้ใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไปในอนาคต โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน, เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหาย , อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ซึ่งผลการทดสอบพบว่า อัตราการป้อนที่ดีที่สุดในการทำงานคือ 35 เมล็ดต่อนาที ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,400 รอบต่อนาที ความสามารถในการทำงาน 14.74 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 3.51 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เมล็ดที่กะเทาะได้ 1.05 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหายเท่ากับ 6.10 % และวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกพบว่ามีค่าใช้จ่าย 4.02 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อใช้เครื่องทำงาน 720 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาคืนทุน 3.4 เดือน และถ้าใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกจำนวน 1,000 กิโลกรัม จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกะเทาะเมล็ดกระบก 60 % ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรมีรายได้สูงขึ้น ซึ่งจะสามารถแข่งขันกับประเทศในกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การกะเทาะเมล็ดกระบกด้วยเครื่องจะต้องมีการคัดขนาดเมล็ดกระบกที่มีขนาดเล็กเกินไปออก ทำให้สูญเสียเวลาในการทำงาน ดังนั้นควรออกแบบหัวเจาะให้มีระยะที่เหมาะสมเพื่อกะเทาะเมล็ดกระบกได้ทุกขนาด

2. ในการป้อนเมล็ดกระบกยังต้องใช้แรงงานคนในการป้อน จึงควรพัฒนาใช้โดยการออกแบบสร้างระบบป้อนอัตโนมัติมาแทนแรงงานคน

3. ในช่วงจังหวะการป้อน ถ้าวางเมล็ดกระบกไม่ตรงตำแหน่งกึ่งกลางของหัวเจาะ จะทำให้การกะเทาะเมล็ดกระบกไม่มีประสิทธิภาพ จึงควรออกแบบเบ้าที่สามารถวางเมล็ดกระบกได้พอดีกึ่งกลางของหัวเจาะ

4. เมื่อกะเทาะเมล็ดกระบกแรงกดทำให้เมล็ดอัดแน่นกับเบ้า จึงทำให้เมล็ดกระบกไม่หลุดออกจากเบ้าจึงควรออกแบบเบ้า และชุดนำเมล็ดออกจากเบ้าให้เหมาะสมกับการทำงาน

5. ควรเพิ่มอุปกรณ์ที่ใช้ในการคัดแยกเมล็ดในกับเปลือกนอกเข้ามาเพื่อประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

[1] **กระบก.** [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%%9A%E0% B8%81 (20 มิถุนายน 2557).

[2] **ต้นไม้ประจำจังหวัด**. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : http://freedomwarunee.wordpress.com สัญลักษณ์ประจำจังหวัด/ต้นไม้ประจำจังหวัด (20 มิถุนายน 2557).

[3] **กระบกสรรพคุณและประโยชน์**. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : http://frynn.com/%E0%B8%81%E0%B8 (21มิถุนายน 2557).

[4] **สำนักงานโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: www.rspg.or.th. [8 ต.ค.].

[5] ธนากร อ่อนตาม และวรกุล บุญทักษ์. 2541. **เครื่องกะเทาะกระบก. [**ออนไลน์**] ;** เข้าถึงได้จาก **:** http://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=ah090 (22 มิถุนายน 2557).

[6] สมโภชน์ สนธิ และคณะ. 2553. **อุปกรณ์ผ่าเม็ดกระบก.** [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : http://118.175.21.17/innovation/applications/innovation/print/creat_pdf.php?project_id =4912 (17 กรกฎาคม 2557).

[7] สมนึก และสมโภชน์ สุดาจันทร์. 2547. **การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก**. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : http://www.resjournal.kku.ac.th/article/9_1_61.pdf (17 กรกฎาคม 2557).

[8] สิงห์คาน แสนยากุล, และนิพนธ์ วงค์ทา, 2553. **เครื่องกะเทาะเมล็ดแมคคาเดเมีย.** สาขาวิชาวิศวกรรมแม่พิมพ์, และช่างกลโรงงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่.

[9] สนอง อมฤกษ์, ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์, สมเดช ไทยแท้, และประพัฒน์ ทองจันทร์, 2552. **ทดสอบและพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเขียวมะคาเดเมีย.** การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 9.

[10] สาทิป รัตนภาสกร, นวภัทรา หนูนาค, และอำนาจ คูตะคุ, 2555. **การพัฒนาเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดมะรุม.** การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13, น. 667-672.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[11] **Anonymous. 2550. Motor**. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : http://www.hitachi-hitt.com /products_singlephase_th.html (22 กรกฎาคม 2557).

[12] ไชยชาญ หินเกิด. 2543. **เครื่องกลไฟฟ้า 2** . กรุงเทพฯ : ส านักพิมพ์ ส.ส.ท.

[13] นภัทร วัจนเทพินทร์ . 2544. **ทฤษฎีเครื่องกลไฟฟ้า 2 .** กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์ ,

[14] ปัญญา ยอดโอวาท . 2547. **เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ.** กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ ,

[15] **โซ่ส่งกำลัง.** [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : https://www.google.co.th/url?&sig2=B5BDT_jlg4QQN-bnAC6vtA (22 กรกฎาคม 2557).

[16] กิตติ อินทรานนท์ . 2539. **การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกลสำหรับช่างอุตสาหกรรม (หน่วย SI).** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ยูไนเต็ดบุ๊คส์,

[17] วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์, ศ.ดร. และชาญ ฉนัดงาน, รศ. 2544. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2.** กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูชั่น จำกัด,

[18] อำพล ซื่อตรง, รศ. 2546. **ชิ้นส่วนเครื่องกล.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ

[19] กิตติ นิงสานนท์ , และบรรเลง ศรนิล. 2535. **การออกแบบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[20] **พลูเล่ย์.** [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : %A3%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7.pdf (23 กรกฎาคม 2557).

[21] วุฒิชัย กบิลกาญจน์ . 2528. **กลไกและพลศาสตร์ของเครื่องจักรกล.** ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ. 377 น.

[22] **เฟือง.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.researchsystem.siam.edu/images/coop/The_manual (28 กรกฎาคม 2557).

[23] **สายพาน.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://dc377.4shgred.com/docl_yp4HyFd/preview.html (30 กรกฎาคม 2557).

[24] วุฒิชัย กบิลกาญจน์. 2536. **กลไกและพลศาสตร์ของเครื่องกล.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[25] จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, 2555. **ออกแบบและเขียนแบบวิศวกรรม ด้วยโปรแกรม SolidWorks (ฉบับเรียนลัดด้วยตัวเอง)**. สำนักพิมพ์ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

[26] Hunt, D. 2001. **Farm Power and Machinery. (10th Edition).** Ames, Iowa, USA: Iowa State University Press.

[27] กิตติ อินทรานนท์,2540. **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม**, กรุงเทพมหานคร:สมาตมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางบันทึกผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตารางที่ ก.1 ขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดกระบก

	เมล็ดทั้งเปลือก			เมล็ดใน		
No.	ความยาว (mm)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)	ความยาว (mm)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)
1	39.95	28.24	16.55	25.8	14.4	7
2	34.00	22.90	35.65	27	16.5	5
3	35.65	27.23	19.05	22	11.9	7.3
4	36.55	24.38	18.45	24.4	13.3	5.2
5	39.53	27.26	16.86	25.4	11.5	7.3
6	38.27	25.50	16.30	20.9	14.3	7.5
7	36.09	25.60	17.54	23.2	11.8	7.2
8	39.58	26.58	16.70	25	10.4	6.5
9	43.02	32.76	20.78	22.2	14.4	8.3
10	33.65	22.47	13.85	27.7	12.8	6.1
11	35.08	24.94	15.11	23.6	14.8	8.5
12	40.61	25.05	15.54	29.8	18	9
13	35.41	22.33	15.42	23.8	13.8	7.4
14	37.08	24.97	17.71	26	14.5	7.2
15	36.94	25.31	14.99	22.2	11.9	5.7
16	37.77	27.10	18.11	18.3	10.2	5.2
17	38.40	24.52	16.01	23.5	12.4	6.7
18	38.64	27.32	15.94	25.5	17.3	7
19	35.52	24.75	17.68	19.4	11.5	5.6
20	37.22	26.02	14.92	21.7	12.2	7.2
21	35.76	27.18	16.00	23.4	13.5	5.8
22	36.13	24.92	14.95	24	11.3	5.6
23	33.05	25.85	19.08	25.8	15.2	5.7
24	35.33	25.12	15.99	20.6	11.7	6

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดกระบก

	เมล็ดทั้งเปลือก			เมล็ดใน		
No.	ความยาว (mm)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)	ความยาว (mm)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)
25	38.68	23.74	17.08	24.4	12.2	5.9
26	34.66	25.44	16.36	24.8	14.8	7.3
27	35.11	23.53	16.11	23.8	13.3	8.4
28	33.36	24.36	15.10	23.6	14.9	8.9
29	35.81	23.59	17.15	23.7	12.2	8
30	37.52	26.02	18.72	22	13.7	7
31	37.80	25.53	18.91	25.5	13	7.8
32	38.05	25.40	15.32	23.9	14.4	7.9
33	34.68	25.69	18.06	23.8	14.4	7.7
34	29.48	24.62	16.63	23.3	14.2	8.1
35	37.15	25.31	16.40	24.2	12.2	5.9
36	37.65	25.88	17.61	24.4	11.8	5.9
37	37.31	22.77	15.04	19.4	14	6.6
38	38.10	24.87	15.33	19.6	13.8	7.3
39	35.26	24.98	15.11	23.8	13.8	7.4
40	35.76	24.98	16.71	26	14.5	7.2
41	38.90	24.65	15.86	22.2	11.9	5.7
42	41.80	26.68	16.50	18.3	10.2	5.2
43	38.13	25.08	18.97	24.4	13.3	5.2
44	37.39	26.52	15.67	25.4	11.5	7.3
45	36.00	26.61	17.51	23.4	12.3	7.1
46	38.97	27.77	16.72	25.1	13.6	7.3
47	34.94	23.27	15.38	20.8	13.7	7.1
48	37.46	23.35	15.65	25.5	13	7.5

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดกระบก

	เมล็ดทั้งเปลือก			เมล็ดใน		
No.	ความยาว (mm)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)	ความยาว (mm)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)
49	35.78	24.24	18.17	23.9	13	5
50	26.05	25.32	19.04	23.3	14.5	7.6
51	37.40	24.15	14.66	19.4	14	6.6
52	34.25	24.66	16.61	19.4	11.5	5.6
53	35.11	24.09	15.57	21.7	12.2	7.2
54	34.81	24.39	16.43	25.8	15.2	5.7
55	32.34	25.15	17.32	17.5	11.1	6.2
56	34.11	23.69	14.58	23.4	14.4	5.7
57	32.90	25.06	15.31	25	14.9	8.2
58	34.92	24.26	15.98	26	13.8	6.6
59	36.78	25.14	17.26	19	12.3	3.8
60	38.83	24.60	15.36	24.4	14.4	7
61	35.55	25.15	15.67	24.9	14.2	8.7
62	37.45	25.90	16.01	28.8	21.6	8.8
63	36.43	26.12	16.22	24.4	13.3	5.2
64	36.44	23.69	15.73	25.4	11.5	7.3
65	36.90	26.60	14.75	23.4	12.3	7.1
66	37.03	26.26	17.78	23.9	13.8	6.7
67	35.02	26.07	15.50	23.6	13.4	6.3
68	37.95	25.98	17.80	25.5	13	7.5
69	38.71	26.74	17.79	24.1	14.5	7.7
70	35.23	26.42	16.96	23.3	14.5	7.6
71	39.16	26.13	15.69	25	12.7	7.7
72	42.04	28.86	19.50	21.2	12.4	6.7

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดกระบก

	เมล็ดทั้งเปลือก			เมล็ดใน		
No.	ความยาว (mm)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)	ความยาว (mm)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)
73	39.37	26.14	18.85	25.8	14.4	7
74	35.83	23.87	15.17	27	16.5	5
75	38.08	24.92	18.53	22	11.9	7.3
76	36.47	22.25	15.20	23.6	13.4	6.3
77	34.56	23.86	17.00	27.5	19.7	8.3
78	39.82	29.20	19.30	27.7	15	5.9
79	40.79	28.70	17.40	24.4	13	5.9
80	39.43	26.55	17.86	28	16.1	5.5
81	36.63	22.47	17.13	21.3	13.3	5.5
82	34.23	23.60	17.46	23.3	11.8	4.9
83	34.76	25.74	15.91	22.7	14.2	6.2
84	32.98	23.79	16.96	28.3	15.9	8
85	34.18	25.62	17.00	23.9	13	5
86	34.35	25.72	16.32	24.9	14.5	6.2
87	36.73	27.82	17.43	24.9	15.5	7.7
88	35.64	25.11	16.37	23.9	11.5	8
89	35.54	26.15	16.97	26	18.8	6
90	36.07	24.68	17.18	28.8	21.6	8.8
91	35.71	25.08	16.27	24.1	14.5	7.7
92	37.15	26.11	16.26	23.3	14.5	7.6
93	35.92	24.78	16.63	25	12.7	7.7
94	35.33	25.32	15.57	21.2	12.4	6.7
95	38.00	27.44	17.60	25.8	14.4	7
96	40.03	26.48	19.06	24.9	15.5	7.3

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของเมล็ดกระบก

	เมล็ดทั้งเปลือก			เมล็ดใน		
No.	ความยาว (mm)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)	ความยาว (mm)	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)
97	37.40	24.36	14.88	21.3	13.3	5.5
98	37.73	24.74	16.16	23.3	11.8	4.9
99	37.59	25.77	16.71	23.4	13.5	5.8
100	35.36	24.86	17.11	24	11.3	5.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาคผนวก ข

การคำนวณชิ้นส่วนของเครื่อง

การคำนวณและออกแบบสร้างเครื่องต้นแบบ

ในการคำนวณและออกแบบเครื่องต้นแบบ จะใช้เกณฑ์การออกแบบข้อมูลเบื้องต้นและผลการศึกษาต่าง ๆ ที่แสดงไว้ในวิธีการ ซึ่งมีรายละเอียดการออกแบบ และคำนวณดังต่อไปนี้

1. การออกแบบชุดหัวเจาะ

การหาระยะการเจาะที่เหมาะสม มาจากการวัดความยาวของเมล็ดกระบกจึงได้ออกแบบเบ้าที่มีความสูง 140 มิลลิเมตร ดังนั้นระยะการเจาะจะต้องให้อยู่สูงกว่า และต่ำกว่าเบ้าจึงจะทำให้ไม่โดนเมล็ดต่อไปในจังหวะการป้อนและการลำเลียง และเมื่อเจาะเมล็ดกระบกแล้วจะต้องมีระยะส่งเมล็ดกระบกให้ตกลงยังถาดรองเมล็ด ดังนั้นความยาวของชุดหัวเจาะ จึงต้องมีความยาวที่เหมาะสมจึงเลือกเหล็กเพลาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 17 มิลลิเมตร

ระยะที่ต้องการทั้งหมด = ความสูงจากเบ้าถึงเพลาลูกเบี้ยว – ระยะของลูกเบี้ยว – ช่องว่างระหว่างหัวเจาะกับเบ้า

= 280 มิลลิเมตร – 130 มิลลิเมตร – 10 มิลลิเมตร

= 140 มิลลิเมตร

จากระยะที่ต้องการทั้งหมดจะหาความยาวของก้านเจาะได้ 140 มิลลิเมตร

2. การออกแบบชุดลำเลียง

การออกแบบชุดลำเลียงได้ใช้ชุดเจนิวาในการกำหนดระยะป้อน โดยใช้เจนิวา 4 แฉก ซึ่งเป็นเจนิวาที่ผลิตได้ง่าย เพราะมีมุมเท่ากัน คือ 90 องศา จากตัวเจนิวาเราสามารถคำนวณหาค่าจำนวนฟันเฟืองโซ่ที่เหมาะสมได้

เนื่องจากเป็นเจนิวา 4 แฉก จะใช้จำนวน 4 มาคำนวณเพื่อให้จำนวนฟันเฟืองโซ่แต่ละตัว

จะได้ 4 x 4 = 16 ฟัน

3. แสดงตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบก

ตัวอย่าง การคำนวณหาความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบก ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1400 รอบต่อนาที

$$Fc = \frac{W}{t} = \frac{14.74\ kg}{1\ hr}$$

น้ำหนักของเมล็ดกระบกหลังการกะเทาะ (W) = 14.74 kg

เวลาที่ใช้ในการกะเทาะเมล็ดทั้งหมด (t) = 1 hr

ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบก (Fc) = 14.74 kg/hr

4. แสดงตัวอย่างการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความเสียหายในการกะเทาะเมล็ดกระบก

ตัวอย่างการ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดกระบก ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ 1400 รอบต่อนาที

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย(\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดเสียที่กะเทาะได้ (g)}}{\text{เมล็ดในที่กะเทาะได้ + เมล็ดในที่เสีย (g)}}$$

น้ำหนักเมล็ดเสียที่กะเทาะได้ = 6 g

น้ำหนักเมล็ดในที่กะเทาะได้ + เมล็ดในที่เสีย = 98 g

เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด = 6.10 %

5. แสดงตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า $= \sqrt{3}\frac{IVt}{1000}$; (kWh)

t = 8 hr

I = 1.71 Amp

V = 190 Volt

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้า} = \sqrt{3}\frac{1.71x190x8}{1000} = 2.6\ kWh$$

ค่าไฟฟ้า คิด 5 บาทต่อหน่วย เมื่อชั่วโมงการทำงานคิด 8 ชั่วโมง

จะเสียค่าไฟฟ้า =2.6 x 5 = 13 บาทต่อวัน

6. การคำนวณหาขนาดเพลา

จากสมการที่ 2.3

$$M_t = \frac{9550xP}{n}$$

เมื่อ P = กำลังงานในเพลา

n = ความเร็วรอบของเพลาเป็นรอบ/นาที

หาโมเมนต์บิดขณะขับภาระ จากสมการที่ 2.4

$$M_t = M_B \text{ x } C_B$$

หาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา จากสมการที่ 2.5

$$\Phi_d = C_i \sqrt[3]{M_B}$$

เมื่อ M_B มีหน่วยเป็น N.m และ C_i มีค่าเท่ากับ 6.9 T_{all} = 15 N/mm2

$$P = \frac{FV}{n}$$

F = แรงกดสูงสุด 109.77 N

V = ความเร็วสูงสุด 0.35 m / s

N = ประสิทธิภาพการส่งกำลังของโซ่

จะได้

$$P = \frac{109.77x0.4}{0.8}$$

$$= 54.9 \text{ W}$$

$$M_t = \frac{9550x54.9}{35x1000} = 15 \text{ N.m}$$

$M_B = M_t \times C_B$

$= 15 \times 1.1$

$= 16.5$ N.m

เส้นผ่านศูนย์กลาง $= C_i \sqrt[3]{M_B}$; $C_i = 6.9$

$= 6.9 \times \sqrt[3]{16.5}$

$= 17.6$

เนื่องจากรับภาระปกติให้ใส่ลิ่ม 1 ตัว บนเพลามีขนาดร่องลิ่ม t_1 เท่ากับ 4 mm

ขนาดเพลาโดยประมาณ = 17.6 mm + 4 mm

= 21.6 mm

การเลือกเพลาใช้งานจริงใช้ขนาดที่คำนวณได้ ดังนั้นเลือกขนาดจริงเท่ากับ 1 นิ้ว

7. การคำนวณหาความเร็วรอบที่ออกจากเกียร์ทด ที่ความเร็วรอบ 1,000, 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที

เมื่อ พู่เล่ย์ของมอเตอร์เลือกใช้ขนาด 5 นิ้ว

พู่เล่ย์ของเกียร์ทดเลือกใช้ขนาด 7 นิ้ว

ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,000 rpm

$$\frac{n_{gear.in}}{1000} = \frac{5}{7}$$

$$n_{gear.in} = 714.3 \text{ rpm}$$

เมื่อ ผ่านการทดที่อัตราทด 1:30

$$n_{gear.in} = \frac{714.3}{30}$$

ดังนั้นความเร็วรอบที่ออกจากเกียร์ทด = 23.81 rpm

เมื่อความเร็วรอบที่ออกจากเกียร์ทดหมุนได้ 4 รอบ จึงจะทำให้เจนิวาเกียร์หมุนครบ 1 รอบ และผ่านการทดจากเฟืองของชุดลำเลียง 1:2 จึงทำให้ความเร็วรอบของชุดลำเลียงเท่ากับ $\frac{23.81}{4x2} = 2.9$ rpm

ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,200 rpm

$$\frac{n_{gear.in}}{1200} = \frac{5}{7}$$

$$n_{gear.in} = 857.14 \text{ rpm}$$

เมื่อ ผ่านการทดที่อัตราทด 1:30

$$n_{gear.in} = \frac{857.14}{30}$$

ดังนั้นความเร็วรอบที่ออกจากเกียร์ทด = 28.6 rpm

เมื่อความเร็วรอบที่ออกจากเกียร์ทดหมุนได้ 4 รอบ จึงจะทำให้เจนิวาเกียร์หมุนครบ 1 รอบ และผ่านการทดจากเฟืองของชุดลำเลียง 1:2 จึงทำให้ความเร็วรอบของชุดลำเลียงเท่ากับ $\frac{28.6}{4x2} = 3.6$ rpm

ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,200 rpm

$$\frac{n_{gear.in}}{1400} = \frac{5}{7}$$

$$n_{gear.in} = 1{,}000 \text{ rpm}$$

เมื่อ ผ่านการทดที่อัตราทด 1:30

$$n_{gear.in} = \frac{1000}{30}$$

ดังนั้นความเร็วรอบที่ออกจากเกียร์ทด = 33.3 rpm

เมื่อความเร็วรอบที่ออกจากเกียร์ทดหมุนได้ 4 รอบ จึงจะทำให้เจนิวาเกียร์หมุนครบ 1 รอบ และผ่านการทดจากเฟืองของชุดลำเลียง 1:2 จึงทำให้ความเร็วรอบของชุดลำเลียงเท่ากับ $\frac{33.3}{4x2} = 4.2$ rpm

8. การคำนวณหาความเร็วเชิงเส้นของหัวเจาะ ที่ความเร็วรอบ 1,000, 1,200 และ 1,400 รอบต่อนาที

ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,000 rpm

จากสูตร V = S/t

S = ระยะทางในการเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)

V = ความเร็วในการเคลื่อนที่ (เซนติเมตร/วินาที)

t = ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (วินาที)

แทนค่า ในสูตร

S = 1.2 เซนติเมตร

t = 1.5 วินาที

จะได้ V = 1.2 / 1.5

= 0.8 เซนติเมตร/วินาที

ดังนั้น ความเร็วของหัวเจาะที่ความเร็วรอบ 1,000 เท่ากับ 0. เซนติเมตร/วินาที

ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,200 rpm

จากสูตร V = S/t

S = ระยะทางในการเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)

V = ความเร็วในการเคลื่อนที่ (เซนติเมตร/วินาที)

t = ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (วินาที)

แทนค่า ในสูตร

S = 1.2 เซนติเมตร

t = 1.25 วินาที

จะได้ V = 1.2 / 1.25

= 0.96 เซนติเมตร/วินาที

ดังนั้น ความเร็วของหัวเจาะที่ความเร็วรอบ 1,200 เท่ากับ 0.96 เซนติเมตร/วินาที

ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1,400 rpm

จากสูตร V = S/t

S = ระยะทางในการเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)

V = ความเร็วในการเคลื่อนที่ (เซนติเมตร/วินาที)

t = ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (วินาที)

แทนค่า ในสูตร

S = 1.2 เซนติเมตร

t = 1.07 วินาที

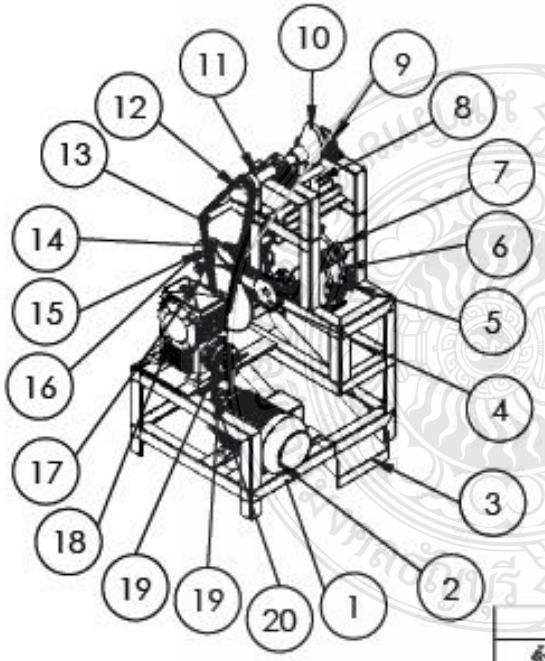
จะได้ V = 1.2 / 1.07

= 1.12 เซนติเมตร/วินาที

ดังนั้น ความเร็วของหัวเจาะที่ความเร็วรอบ 1,400 เท่ากับ 0.12 เซนติเมตร/วินาที

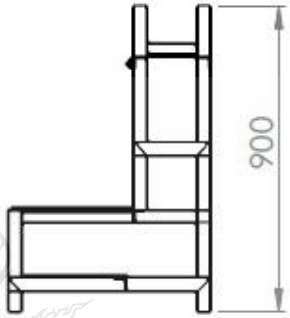
ภาคผนวก ค

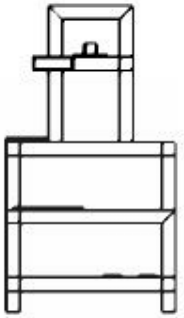
การเขียนแบบทางวิศวกรรม

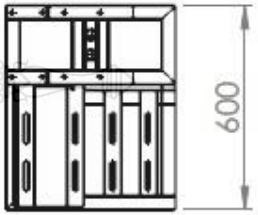


Item No.	List	Description	Qty.
1	โครงสร้าง		1
2	มอเตอร์ขนาด 1Hp		1
3	ถาดรองเมล็ด		1
4	เฟืองชุดลำเลียง		1
5	แผ่นประกบชุดลำเลียง		32
6	ฐานชุดลำเลียง		1
7	เพลาชุดลำเลียง		1
8	หัวเจาะ		1
9	ลูกปืนตุ๊กตา Dl25,Dl15		4,2
10	ลูกเบี้ยว		1
11	เพลาชุดกะเทาะ		1
12	เฟืองชุดลูกเบี้ยว		1
13	ชุดเฟืองตรึงโซ่และเพลาดึงโซ่		1
14	เพลาชุดเฟืองเจนิวา		1
15	โซ่เบอร์ 40	โซ่เบอร์ 40 1.5 m และ 1 m	2
16	เฟืองเจนิวา		1
17	เจนิวาตัวขับ		1
18	เฟืองทด 1:30		1
19	มูเลย์รอง A	ขนาด 4 นิ้วและขนาด 2 นิ้ว	2
20	สายพานรอง A เบอร์ 23		1

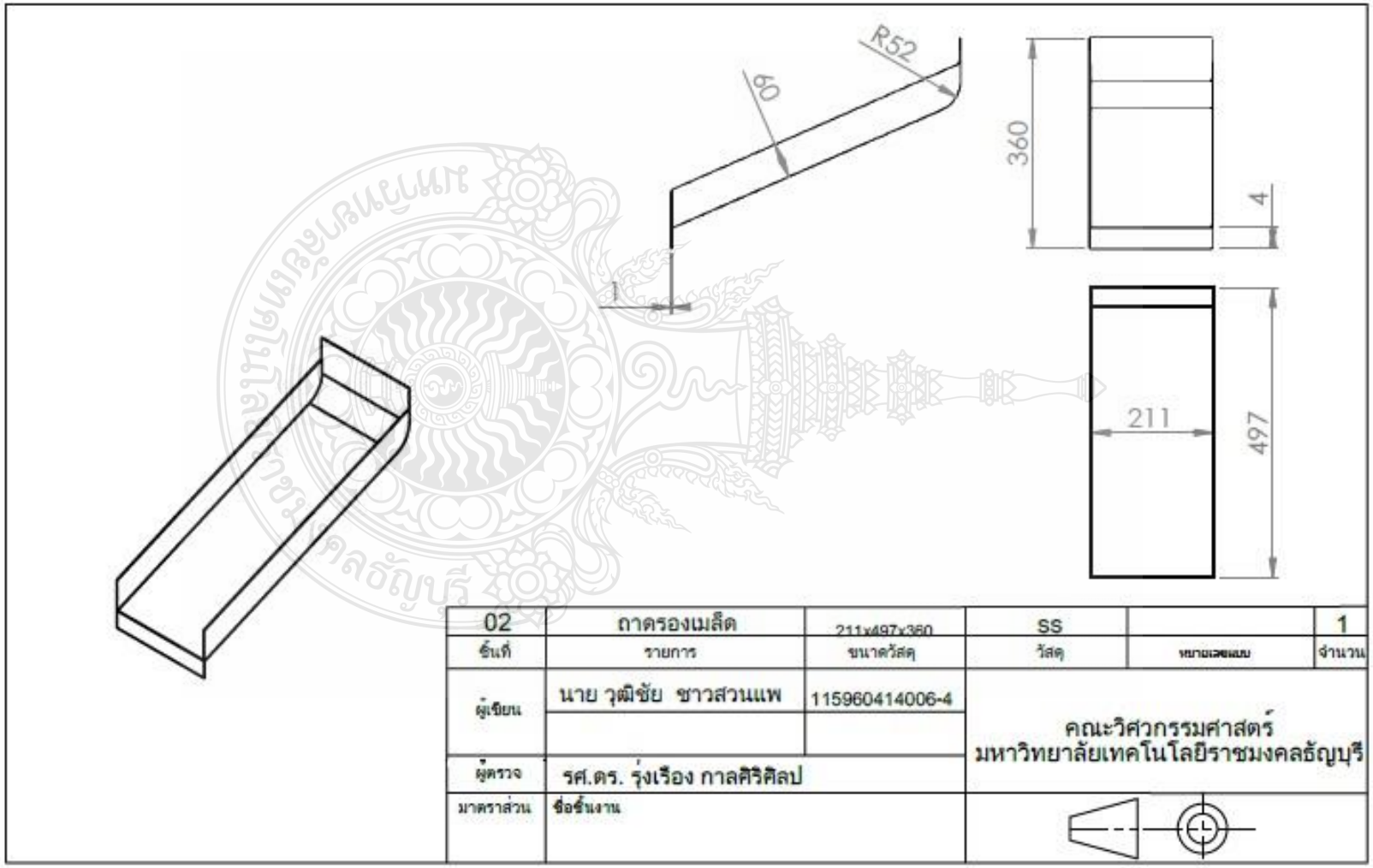
			SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				



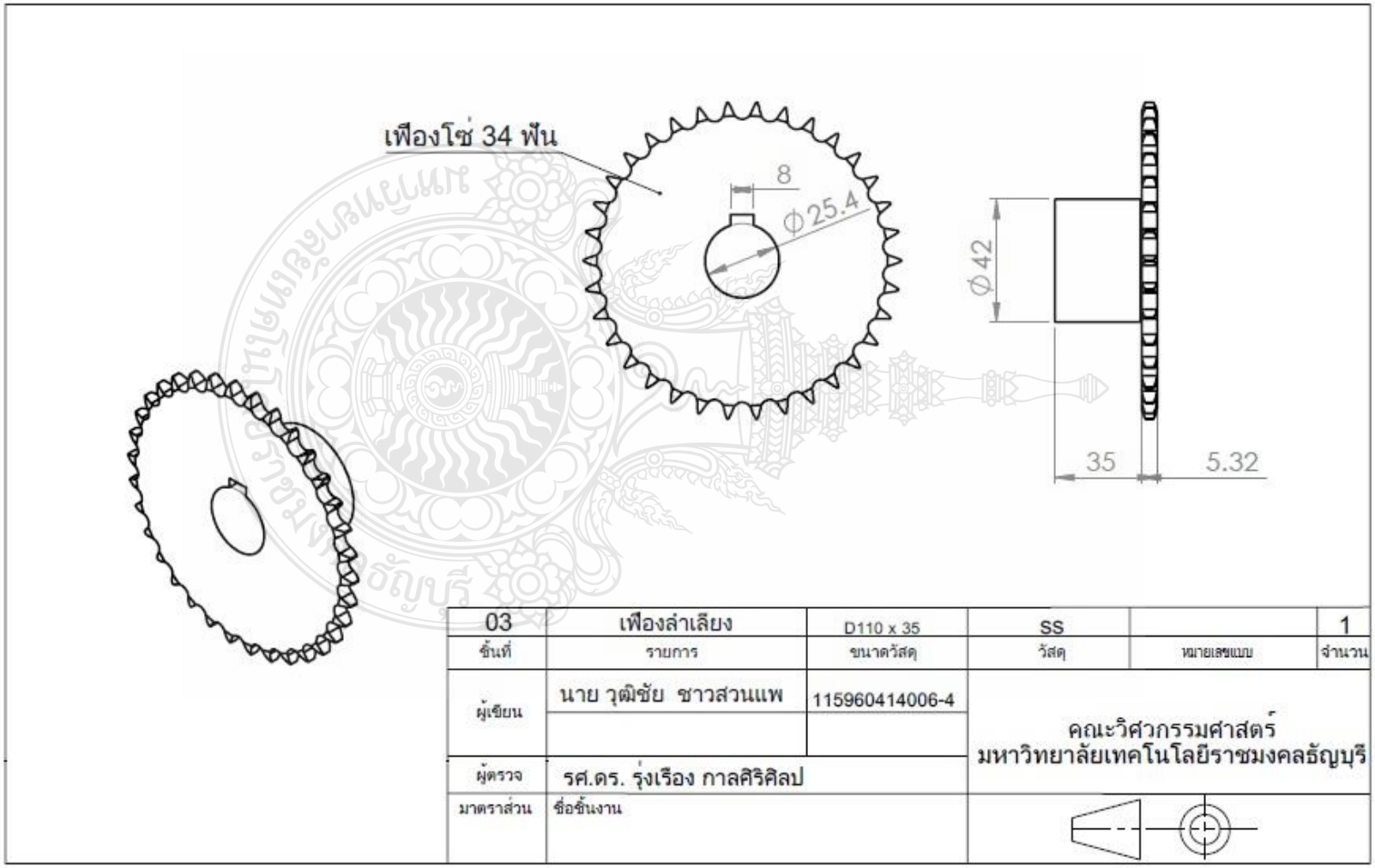




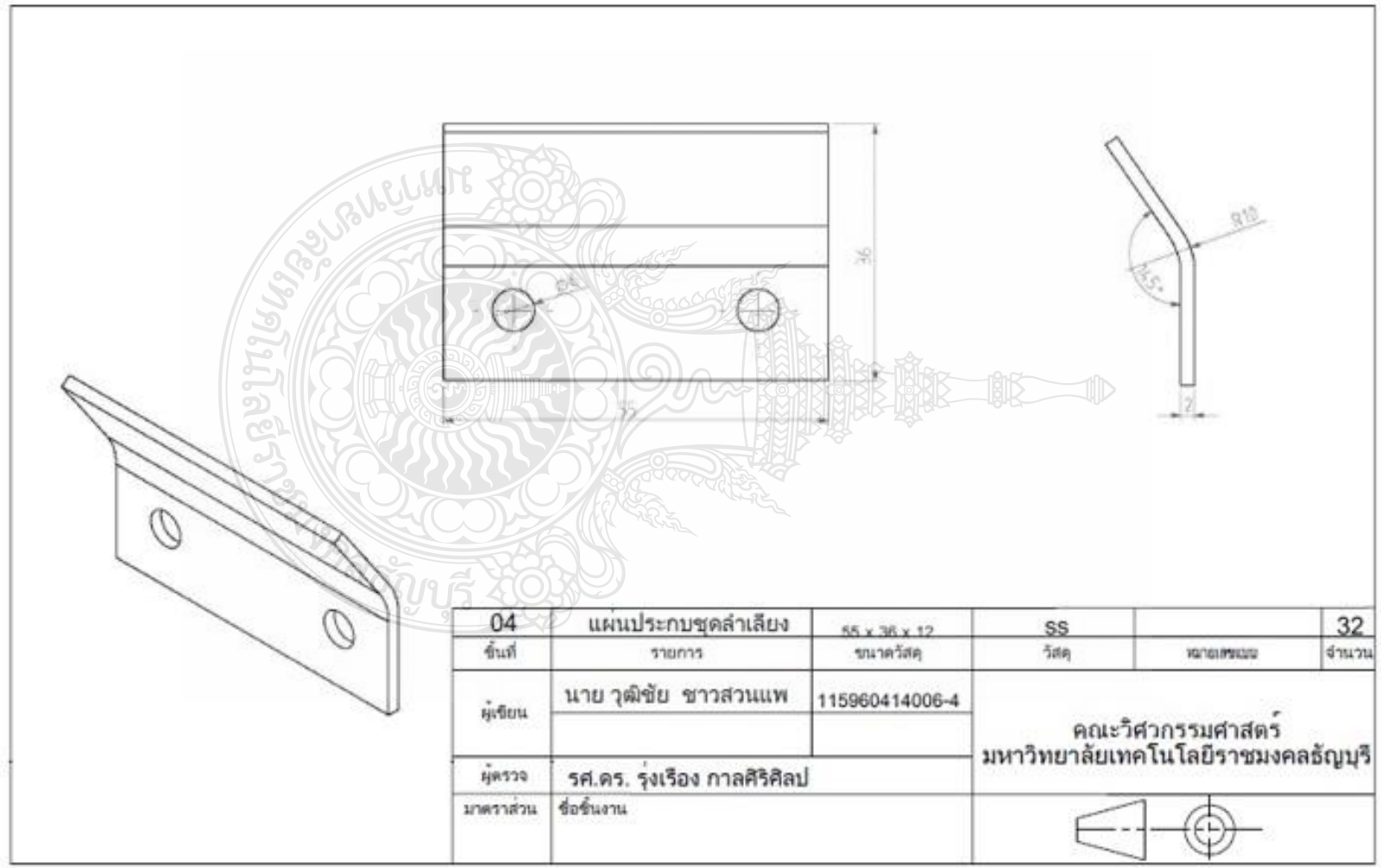
01	โครงสร้าง	500x600x900	SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				

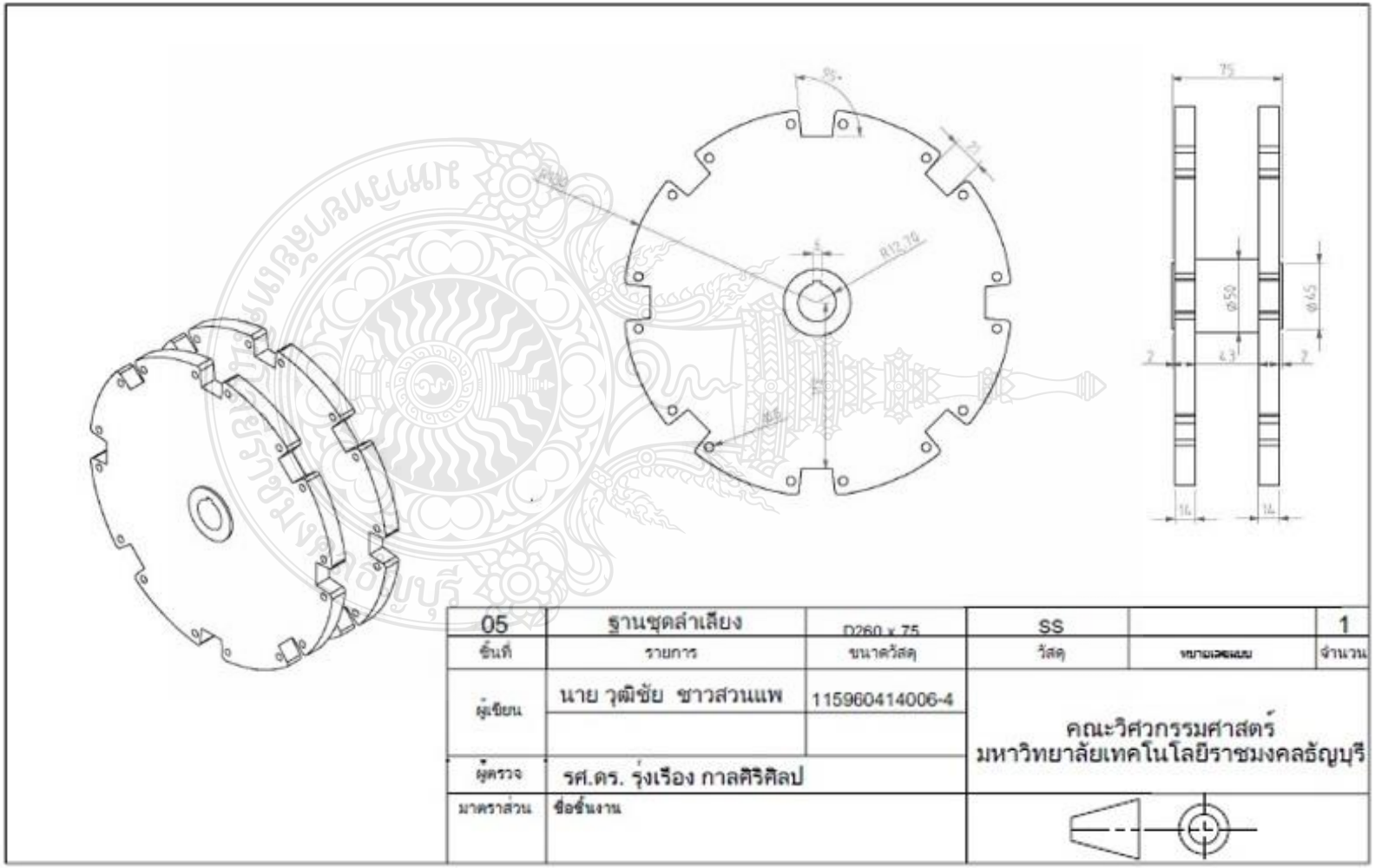


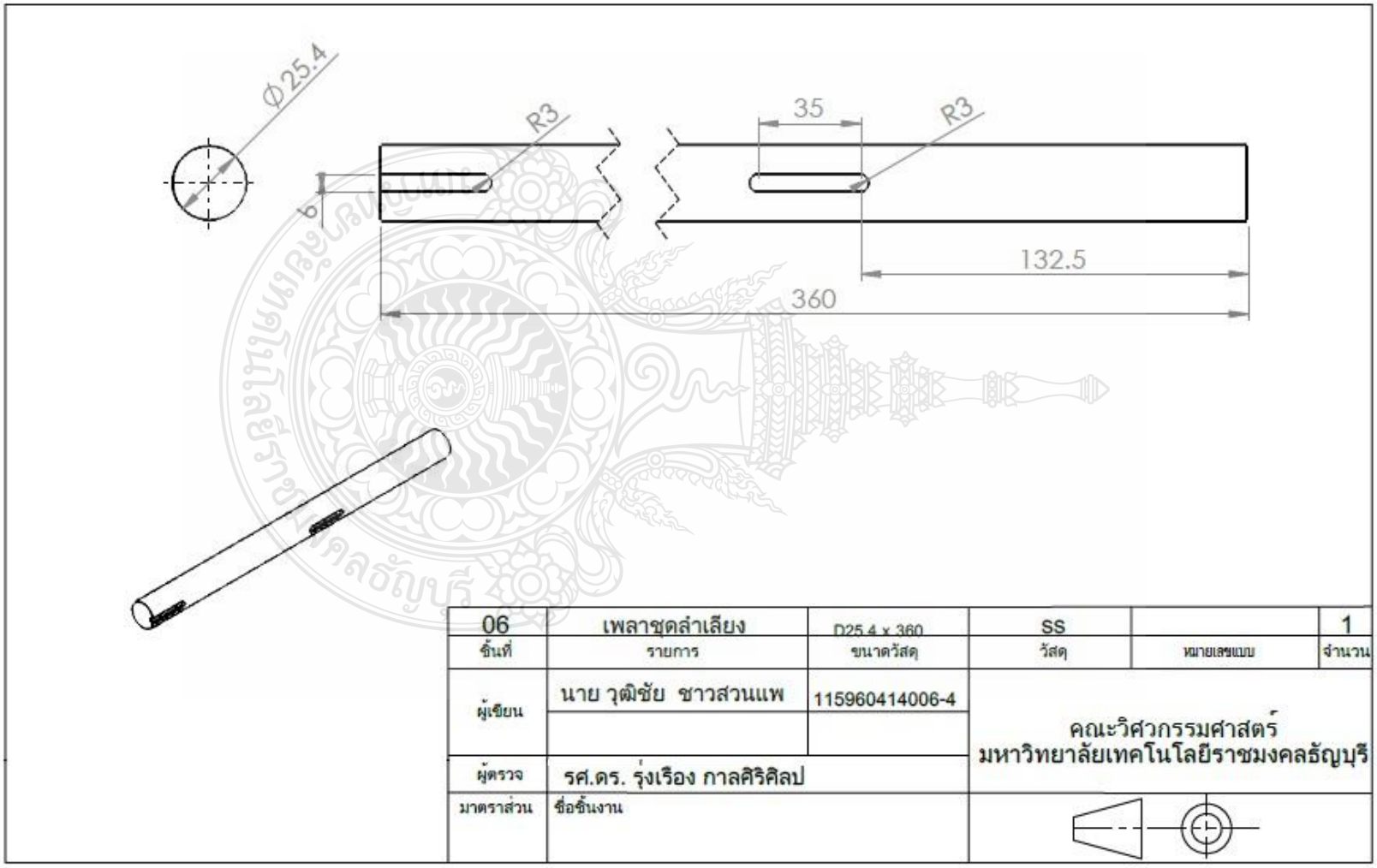
02	ถาดรองเมล็ด	211x497x360	SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				



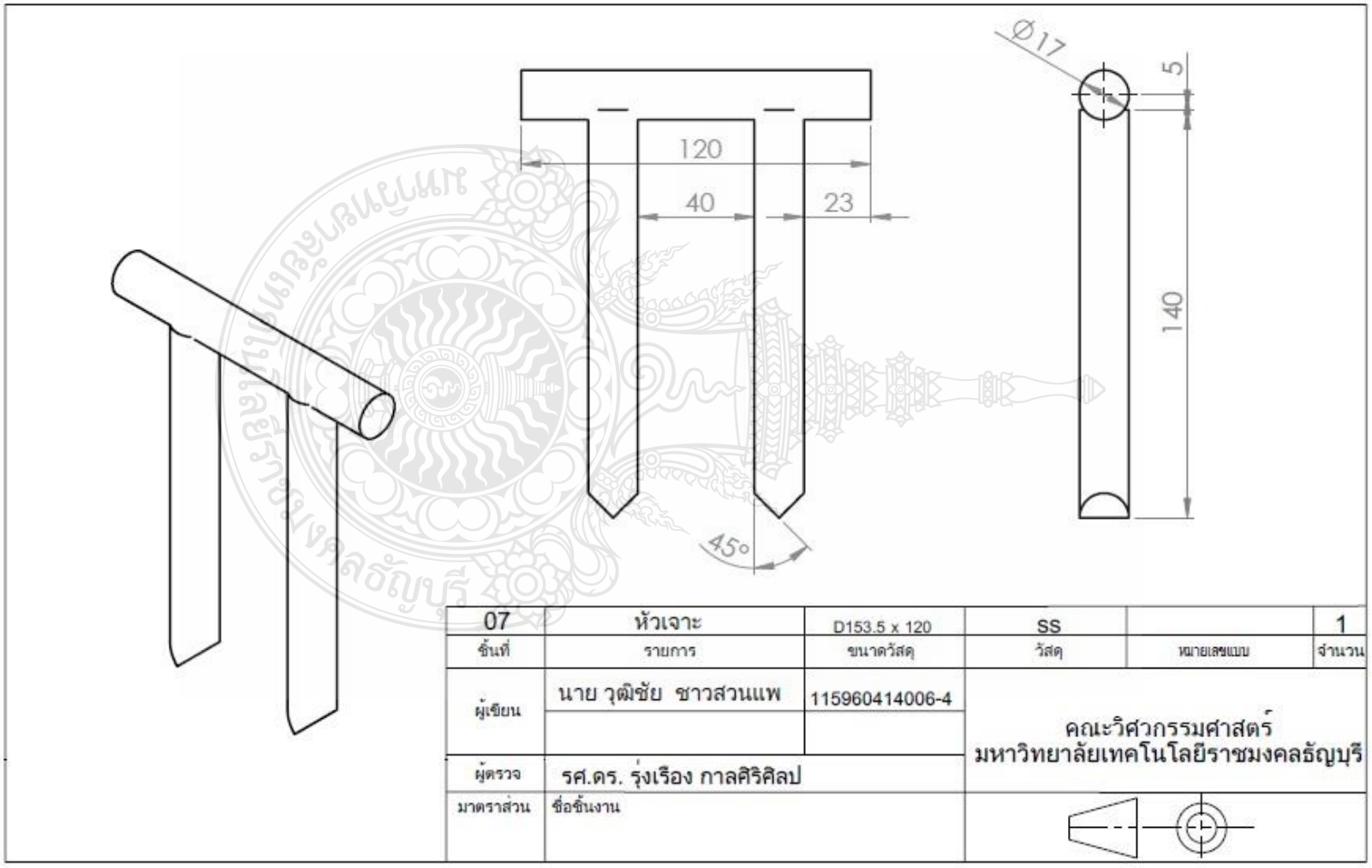
03	เฟืองล่าเลียง	D110 x 35	SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				


36
77
R10
45°
2
04
แผ่นประกบชุดลำเลียง
55 x 36 x 12
SS
32
ขั้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเหตุ
จำนวน
ผู้เขียน
นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ
115960414006-4
ผู้ตรวจ
รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

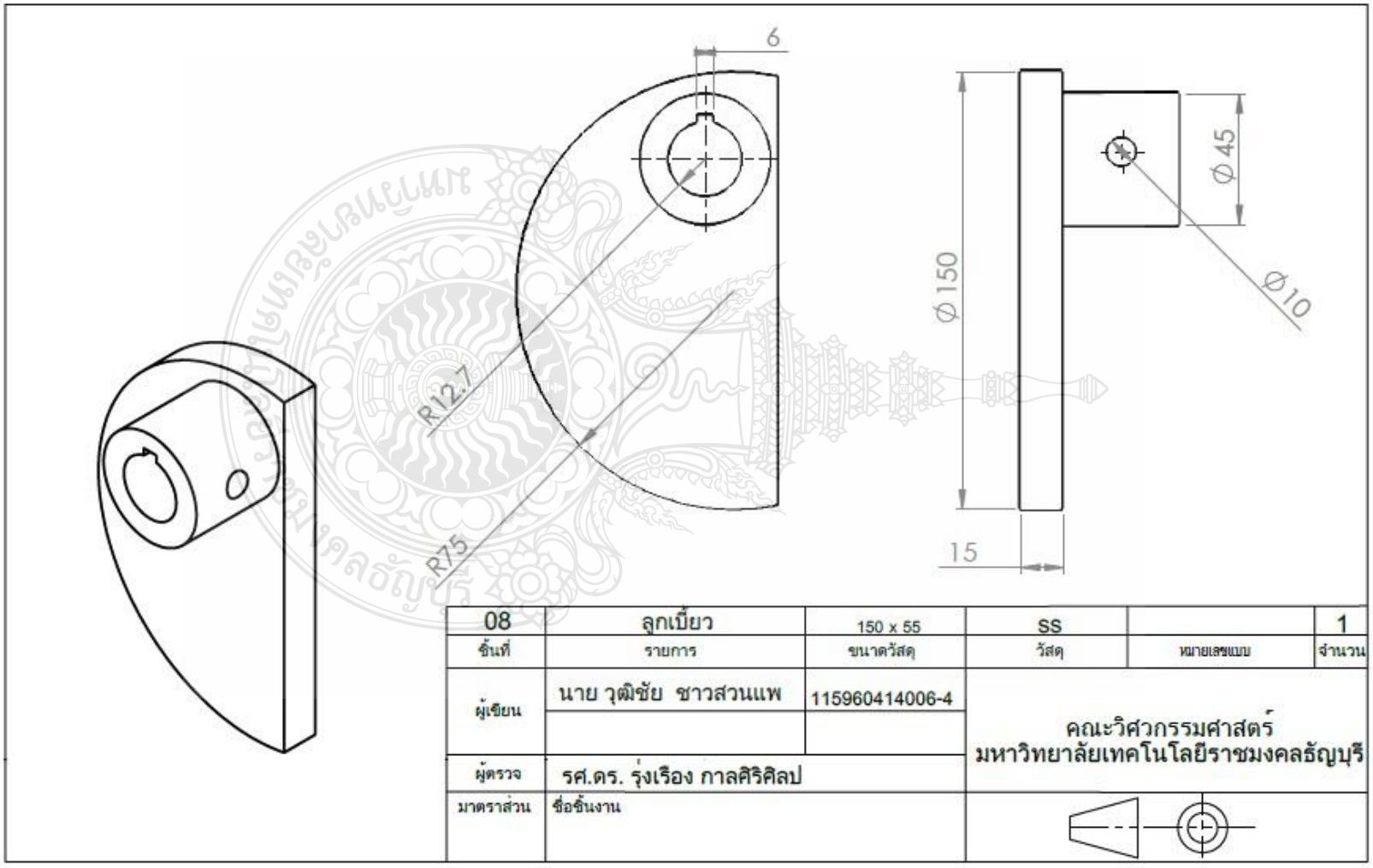

75
ø59
ø45
4.3
2
2
14
14
R12.19
R100
25°
05
ฐานชุดลำเลียง
D260 x 75
SS
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
จำนวน
ผู้เขียน
นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ
115960414006-4
ผู้ตรวจ
รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



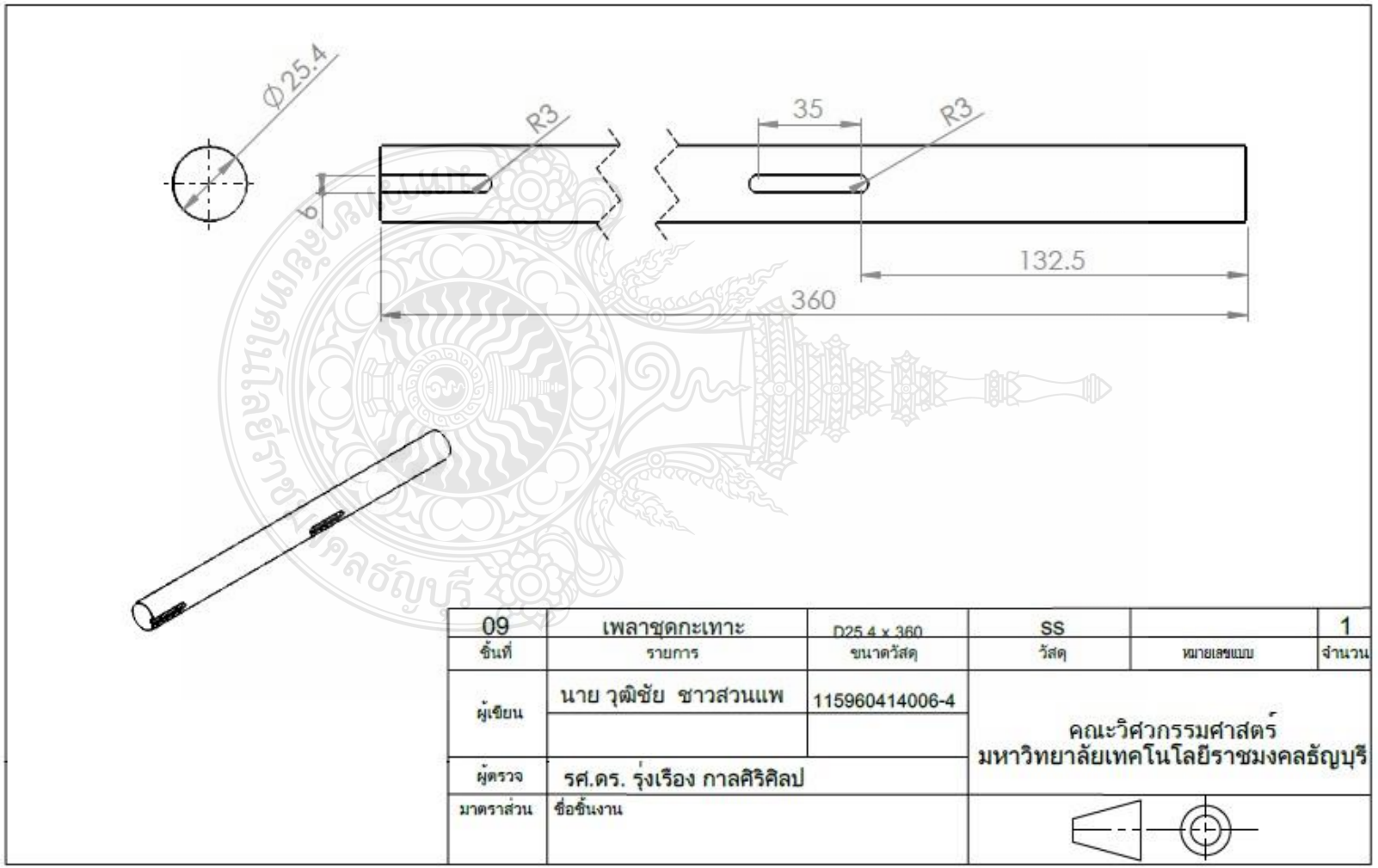
06	เพลาชุดล่าเลียง	D25.4 x 360	SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				



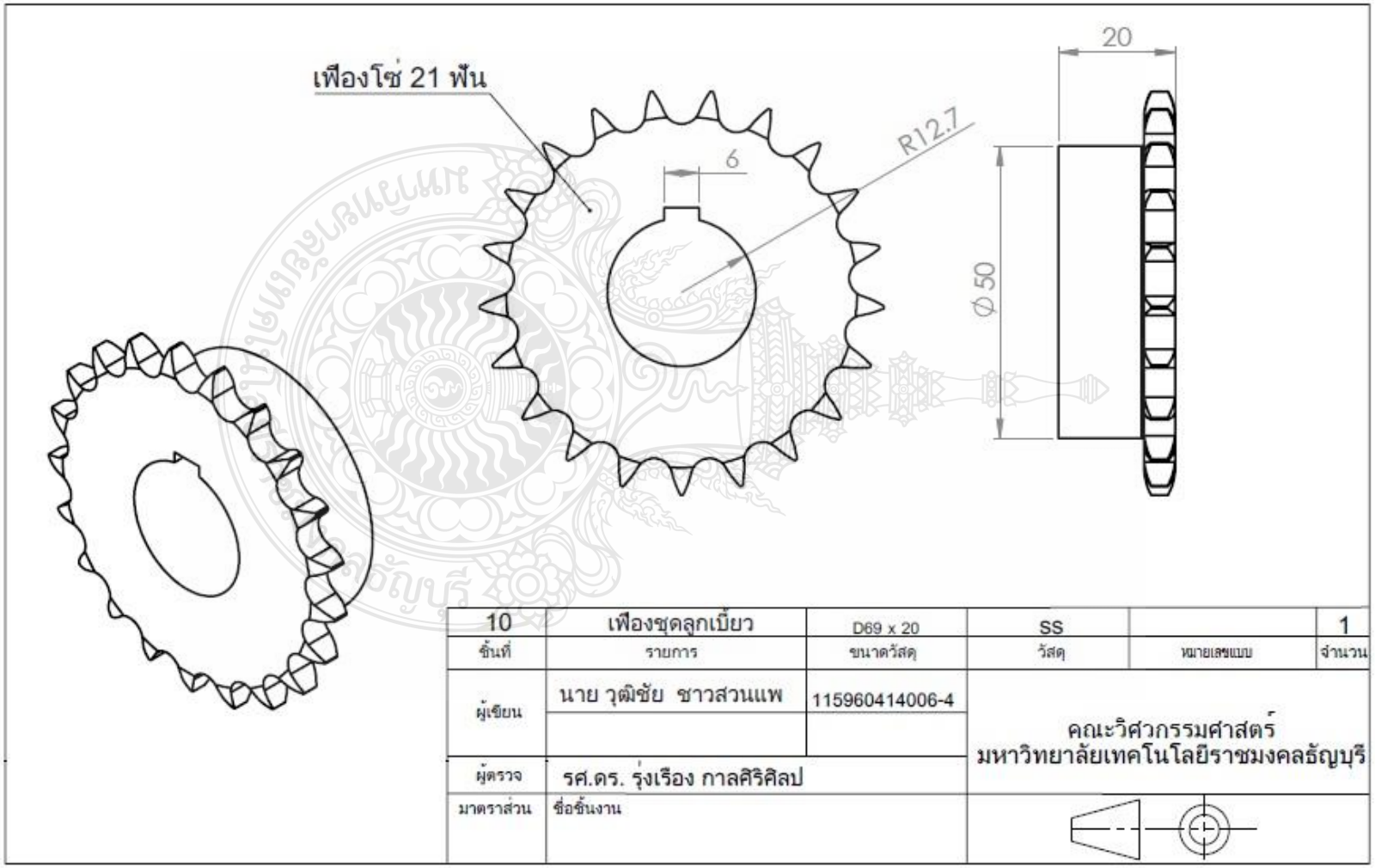
07	หัวเจาะ	D153.5 x 120	SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				



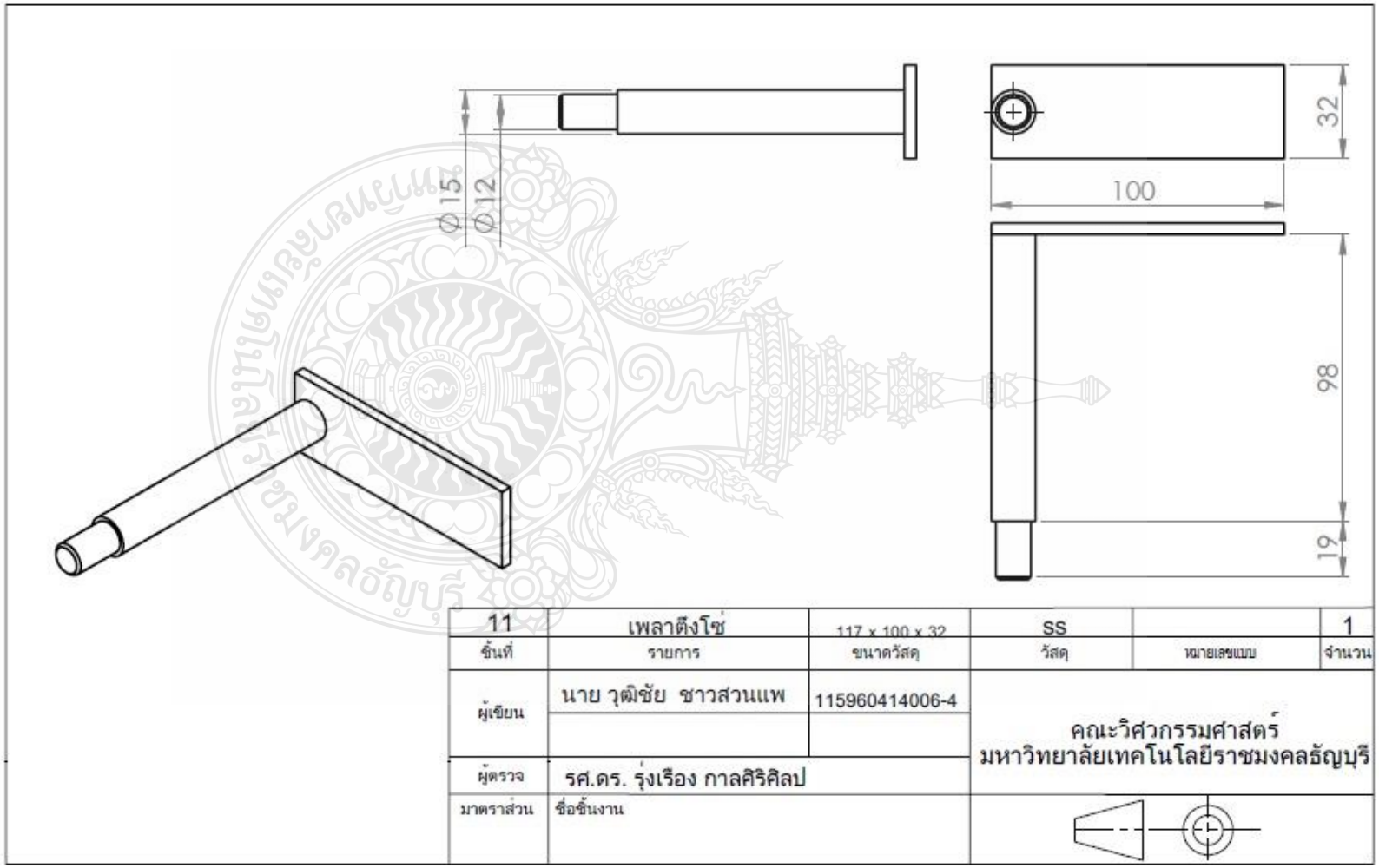
08	ลูกเบี้ยว	150 x 55	SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				

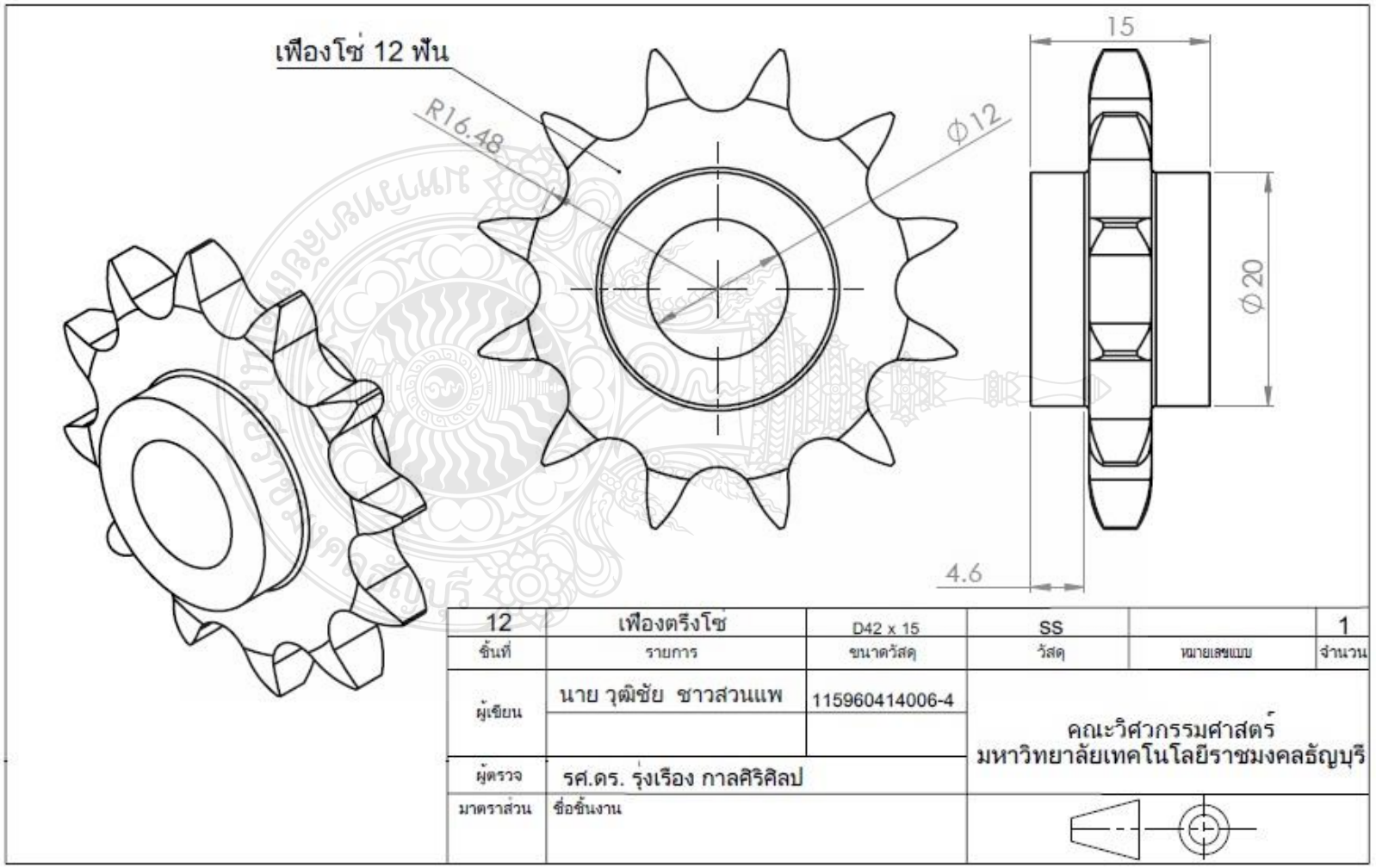


09	เพลาชุดกะเทาะ	D25.4 x 360	SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				

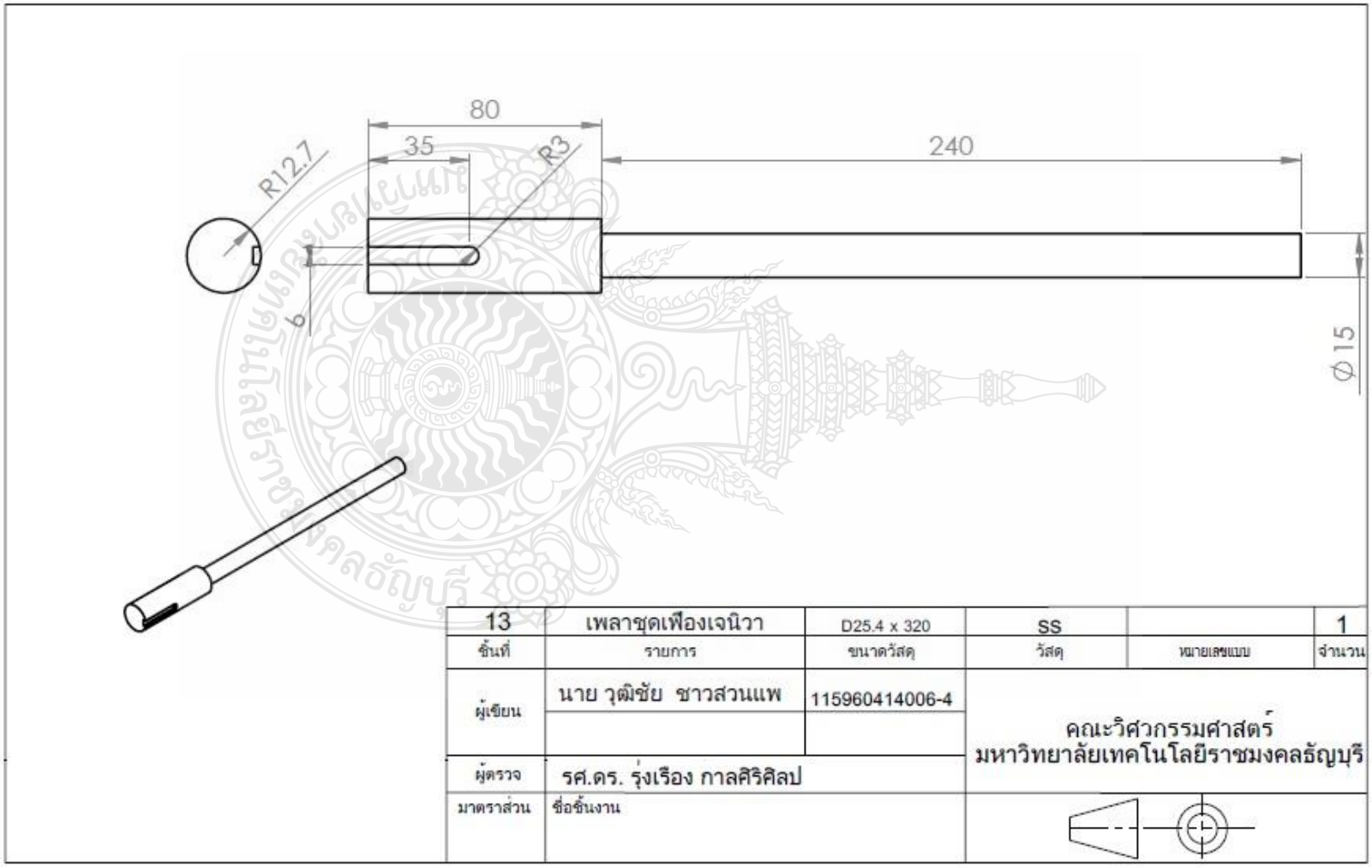


10	เฟืองชุดลูกเบี้ยว	D69 x 20	SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				

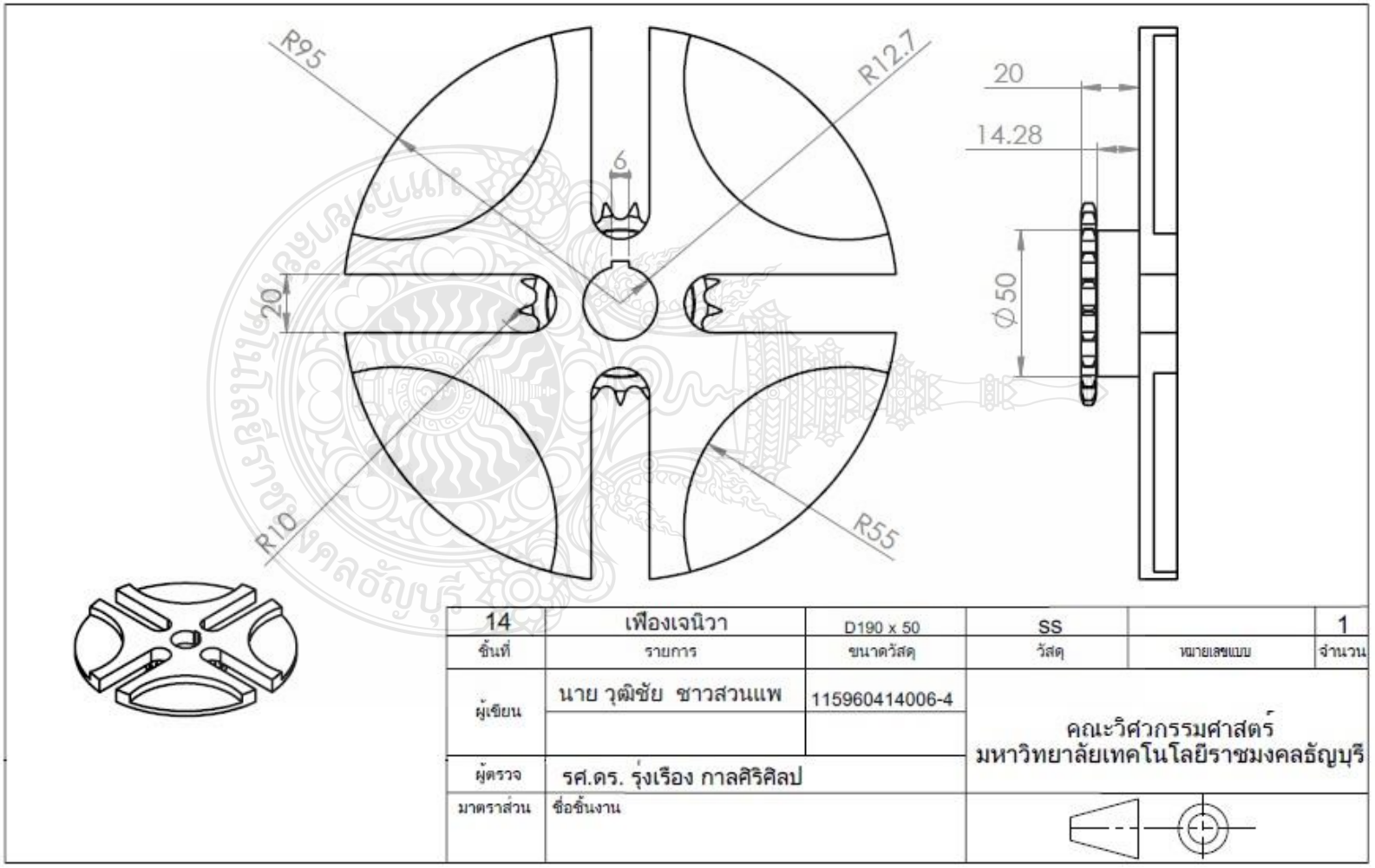

Ø15
Ø12
32
100
98
19
11
เพลาตึงโซ่
117 x 100 x 32
SS
1
ชิ้นที่
รายการ
ขนาดวัสดุ
วัสดุ
หมายเลขแบบ
จำนวน
ผู้เขียน
นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ
115960414006-4
ผู้ตรวจ
รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป
มาตราส่วน
ชื่อชิ้นงาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



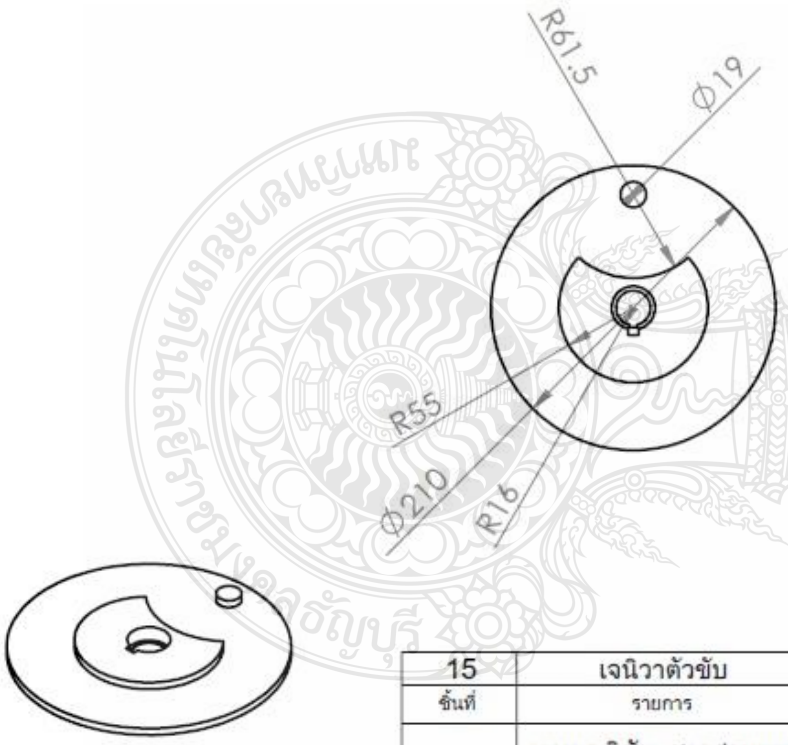
12	เฟืองตรึงโซ่	D42 x 15	SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				



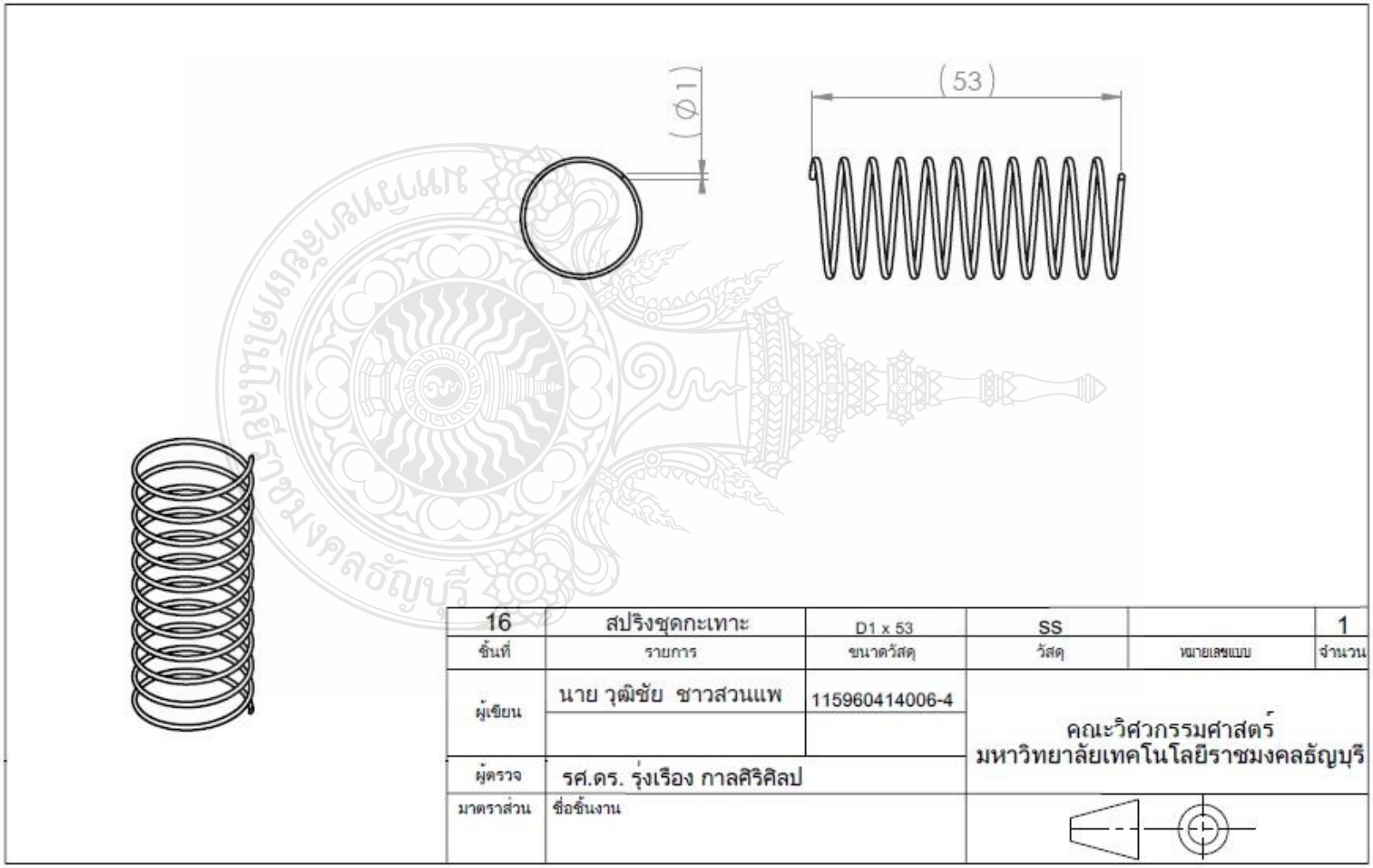
13	เพลาชุดเฟืองเจนิวา	D25.4 x 320	SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				



14	เฟืองเจนิวา	D190 x 50	SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				



15	เจนิวาตัวขับ	D210 x 50	SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				



16	สปริงชุดกะเทาะ	D1 x 53	SS		1
ชิ้นที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นาย วุฒิชัย ชาวสวนแพ	115960414006-4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
ผู้ตรวจ	รศ.ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน				

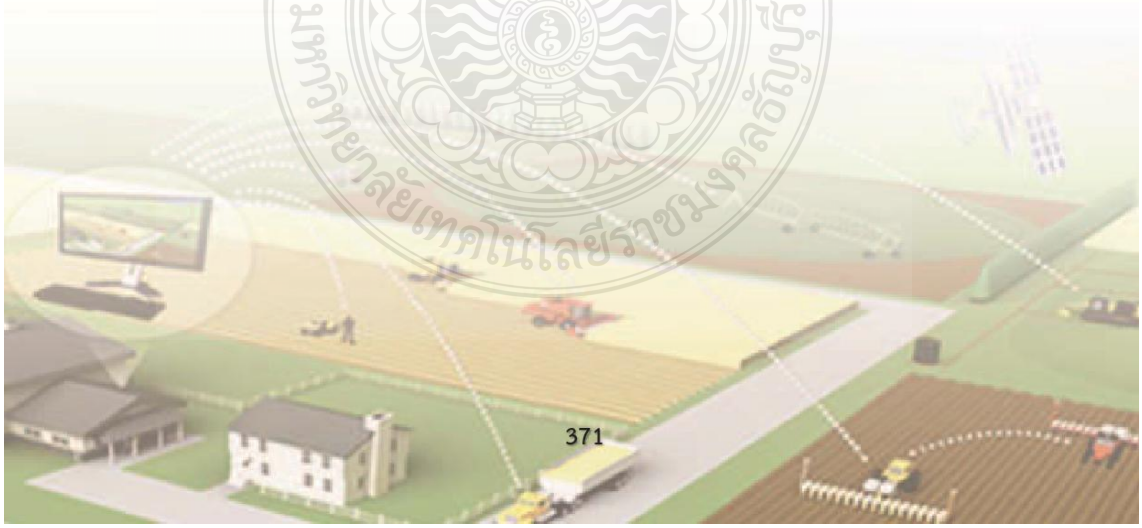
ภาคผนวก ง
การเผยแพร่ผลงาน

TSAE
2017
การประชุมวิชาการ
สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ระดับชาติ ครั้งที่ 18 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 10
ประจำปี 2560
The 18th TSAE National Conference and
The 10th TSAE International Conference
(TSAE 2017)
ณ อิมแพค เมืองทองธานี
กรุงเทพมหานคร
7-9 กันยายน 2560
จัดโดย สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย
ร่วมกับ กรมส่งเสริมการเกษตร

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ (REVIEWER)

1.	ศ. ดร. สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ Prof. Dr. Somchart Soponronnarit	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2.	ศ. ดร. สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา Prof. Dr. Sakamon Devahastin	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
3.	รศ. ดร. สมเกียรติ ปรัชญาวรากร Assoc. Prof. Dr. Somkiat Prachayawarakorn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
4.	รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ Assoc. Prof. Dr. Panmanas Sirisomboon	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5.	ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์ Asst. Prof. Dr. Songvoot Sangchan	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6.	ผศ. ดร. ประสันต์ ชุ่มใจหาญ Asst. Prof. Dr. Prasan Choomjaihan	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
7.	ดร. วสุ อุดมเพทายกุล Dr. Vasu Udompetaikul	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
8.	ดร. จิราพร ศรีภิญโญวณิชย์จงยิ่งเจริญ Dr. Jiraporn Sripinyowanich Jongyingcharoen	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
9.	รศ. ดร. ประเทือง อุษาบริสุทธิ์ Assoc. Prof. Dr. Prathuang Usaborisut	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
10.	รศ. ดร. อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล Assoc. Prof. Dr.Anupun Terdwongworakul	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
11.	รศ. ดร. รังสินี โสธรวิทย์ Assoc. Prof. Dr. Rungsinee Sothornvit	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
12.	ผศ. ดร. วัชรพล ชยประเสริฐ Asst. Prof. Dr. Watcharapol Chayaprasert	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
13.	ผศ. ดร. วันรัฐ อับดุลลากาซิม Asst. Prof. Dr. Wanrat Abdullakasim	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน
14.	ผศ. ดร. สมชาย ชวนอุดม Asst. Prof. Dr. Somchai Chuan-Udom	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
15.	ผศ. ดร. ศิวะ อัจฉริยวิริยะ Asst. Prof. Dr. Siva Achariyaviriya	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
16.	ผศ. ดร. ดนุวัศ ทางดี Asst. Prof. Dr. Danuwat Thangdee	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
17.	ผศ. ดร. ศิระษา ทางดี Asst. Prof. Dr. Sirasa Thangdee	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
18.	รศ. ดร. จาตุรงค์ ลังกาพินธ์ Assoc. Prof. Dr. Jaturong Lungapin	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
19.	ผศ. ดร. สานิตย์ดา เตียวต่อย Asst. Prof. Dr. Sanidda Tiewtoy	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

20.	ผศ. ดร. สุนัน ปานสาคร Asst. Prof. Dr. Sunan parnsakhorn	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
21.	ผศ. ดร. ฤทธิชัย อัศวราชันย์ Asst. Prof. Dr. Rittichai Assawarachan	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
22.	ดาเรศร์ กิตติโยภาส Dares Kittiyopas	กรมส่งเสริมการเกษตร
23.	วิบูลย์ เทเพนทร์ Viboon Thepent	กรมวิชาการเกษตร
24.	ดร. อนุชิต ฉ่ำสิงห์ Dr. Anuchit Chamsing	กรมวิชาการเกษตร
25.	ชีรวรรธก์ มั่นกิจ Cherawat Munkit	กรมส่งเสริมการเกษตร



FE010 Effect of Selected Freezing Methods on Quality of Durian Flesh with Seed 61

FE011 Effect of final drying condition on qualities of freeze dry dragon fruit (*Hylocercus undatus*).....66

FE013 Precision Test for Spectral Characteristic of On-line Vis-NIR versus Off-line NIR Spectroscopy for Measuring Dry matter of Durian (*Durio zibethinus* cv Monthong).....71

FE014 Effect of Drying Temperature and Oil content on the Quality of Spray Dried Rice Bran Oil Powder Production.....74

PT001 Effect of Thermal Shock by Impinging Stream Technique on Bioactive Compounds of Germinated Difference Rice Varieties.....80

PT003 The Study of Halogen Lamps and Microwave Drying on Mechanical Properties of Oil Palm Timbers.....85

PT004 Temperature Profile and Moisture Content during Infrared Drying of Pelletized Rice Bran91

PT005 Scanning precision test for organic and inorganic tomatoes at different maturity levels96

SW001 Assessment of Potential Irrigation Area for Agricultural Planning in Huai Samran basin, Amphoe Khukan, Sisakat Province 99

SW002 Benefits of Using Biofiltration Process for Pre-Treatment of Polluted River Water as Raw Water for Drinking Water Supply..... 105

NATIONAL CONFERENCE

TAM001 การพัฒนาเครื่องหั่นย่อยหอมแดง..... 112

TAM003 ออกแบบ และพัฒนาไถระเบิดดินดานชนิดสั่นที่ขา 2 ขา แบบมีชุดควบคุมความถี่ในการสั่น..... 118

TAM004 การออกแบบและสร้างเครื่องลอกเยื่อเมล็ดบัวหลวง..... 127

TAM005 การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก..... 133

TAM006 การศึกษาและทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดบัวหลวงแห้ง..... 139

TAM007 การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์..... 144

TAM008 วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับผลปาล์มน้ำมัน..... 150

TAM009 การทดสอบและประเมินผลเครื่องสีข้าวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม..... 154

TAM010 พฤติกรรมการคัดแยกเมล็ดสำหรับชุดกะเทาะข้าวโพดแบบไหลตามแกน..... 160

TAM011 การวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ปั่นเส้นด้ายจากฝ้ายสำหรับกลุ่มผู้ผลิตผ้าฝ้ายรายย่อย..... 161

TAM012 การออกแบบและสร้างเครื่องตัดใบบัวหลวง..... 165

TAM014 การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอัดฟางสำหรับการอัดใบอ้อยในแปลงอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อย 169

TAM016 การออกแบบและพัฒนาชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลืองขนาดเล็ก..... 175

TAM005

การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก

วุฒิชัย ชาวสวนแพ[1]*, รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์[1], จตุรงค์ ลังกาพินธุ์[1]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ธัญบุรี, ปทุมธานี, 12110
ผู้เขียนติดต่อ:: วุฒิชัย ชาวสวนแพ E-mail: wootichai_c@mail.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเป็นเครื่องทุ่นแรงและช่วยเพิ่มความสามารถในการผลิตเมล็ดกระบกในชุมชน เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โครงสร้างเครื่อง ชุดลำเลียง ชุดกะเทาะ และระบบส่งกำลังโดยการทดสอบได้แบ่งขั้นตอนการทดสอบออกเป็น 2 ขั้นตอนในขั้นตอนแรกเป็นการทดสอบเพื่อหาลักษณะของหัวเจาะที่ให้สมรรถนะและประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีที่สุด และขั้นตอนที่สองเป็นการทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก ผลการทดสอบในขั้นตอนแรก ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1000 rpm พบว่าหัวเจาะชนิด แบบเรียบเป็นหัวเจาะที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาจากสมรรถนะและเมล็ดที่กะเทาะได้ ผลการทดสอบขั้นตอนที่สองพบว่าที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1000 rpmและที่อัตราการป้อน 30 nuts min^{-1} เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกมีความสามารถในการทำงาน 10.4 kg.nuts hr^{-1} เมล็ดที่กะเทาะได้ 1.04 kg.kernels hr^{-1} และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.87 kW-hr เมื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกพบว่ามีค่าใช้จ่ายในการทำงาน 4.5 Baht kg^{-1} และมีจุดคุ้มทุนในการทำงาน 393 hr yr^{-1} เมื่อพิจารณาชั่วโมงการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก 720 hr yr^{-1} จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 0.3 year

คำสำคัญ: เมล็ดกระบก, เครื่องกะเทาะ, หัวเจาะเมล็ดกระบกแบบเรียบ

Design and Fabrication of Barking Dear's Mango Nut Sheller

Wootichai Chawsuanpair[1]*, Roongruang Kalsirisilp[1], Jaturong Langkapin[1]
[1]Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani, 12110.
Corresponding author: Wootichai Chawsuanpair. E-mail: wootichai_c@mail.rmutt.ac.th

Abstract

The research project entitled "design and fabrication of barking dear's mango nut sheller" was aimed to increase the production of barking dear's mango in the community. The machine consisted of four main parts namely, steel frame, conveying unit, shelling unit and power transmission unit. Experiments were divied into two parts. The first part was aimed to evaluate the optimum shape of shelling unit. The second part was aimed to evaluate the performance and efficiency of barking dear's mango nut sheller. Based on the tests results, it was found that the flat shape of shelling unit performed the best in terms of capacity and efficiency of the machine at the revolution speed of 1000 rpm. The performance tests of the machine further showed that the machine had its capacity as 10.4 Kg.nuts hr^{-1} or 1.04 kg.kernels hr^{-1} at the speed and feed rate of 1000 rpm and 30 nuts/min, respectively. The electrical consumption was found as 0.87 kW-hr. The economic analysis showed that the operation cost of the machine was approximately 4.5 Bahtkg^{-1} with the breakeven point of 393 hr yr^{-1}. Considering the working hr yr^{-1} as 720, the payback period of the machine was found to be 0.3 year.

Keywords: barking dear's mango, nut sheller, flat shape of shelling unit.

1. บทนำ

กระบกเป็นพืชที่สามารถพบได้ทั่วไปในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งในประเทศไทยจะพบมากที่สุดในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กระบกเป็นพืชยืนต้นซึ่งทุกส่วนของกระบกล้วนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น จากการศึกษาขนาดของต้นกระบกในพื้นที่นาเกษตรกรมีลักษณะความสูง 10-30 m ใบเป็นใบเดี่ยวขนาดกว้าง 2.5-3 cm ยาว 7-12 cm ใบเรียงสลับรูปวงรี ขอบขนาน ผลสดของกระบกจะมีเนื้อออกในช่วงเดือนเมษายนถึง

พฤษภาคม ทรงกลมรีสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อสุกผลแห้ง ภายในเนื้อจะเป็นสีส้มชั้นหุ้มเมล็ดเปลือกในแข็งภายในจะมีเมล็ดสีขาว 1 เมล็ด รสมัน ประโยชน์ของเมล็ดกระบกด้านสมุนไพรสามารถใช้ปรุงยาถ่ายพยาธิ บำรุงไขข้อ บำรุงตับ แก้เส้นเอ็นพิการและให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย ซึ่งเนื้อกระบกจะมีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ธาตุเหล็ก และแคลเซียม และในด้านการแปรรูปสามารถนำไปใช้ในการทำเครื่องสำอาง สบู่ สกัดเป็นน้ำมันเมล็ดกระบก และสามารถนำมาแปรรูปเป็นขนมขบเคี้ยว

วิธีการกะเทาะเมล็ดกระบกในปัจจุบันสามารถทำได้ 2 วิธีได้แก่ 1.เกษตรกรจะใช้มีดผ่าหรือใช้ค้อนทุบให้เปลือกนอกของเมล็ดกระบกที่แข็งแยกออกจากกัน 2. การใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกแบบใช้แรงอัดกับแรงกระแทกซึ่งต้องใช้แรงงานคนในการทำงานเป็นหลัก และก่อให้เกิดอาการเมื่อยล้าแก่ผู้ปฏิบัติงาน จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ดำเนินการจัดทำโครงการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกเพื่อใช้สำหรับทดแทนแรงงานคนในการกะเทาะและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ที่ขายเมล็ดกระบกเป็นอาชีพเสริม และเป็นโอกาสให้กับชุมชนที่จะรวมกลุ่มเกษตรกรผู้จำหน่ายเมล็ดกระบกที่กะเทาะแล้วทำการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญในการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก ซึ่งมีวิธีการวิจัยดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

2.1.1 การศึกษาปัญหาและวิธีกะเทาะเมล็ดกระบก

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงปัญหาในการกะเทาะเมล็ดกระบกของกลุ่มเกษตรกรรวมถึงการหาข้อมูลเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกกับเกษตรกร และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเชิงเศรษฐศาสตร์

2.1.2 ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบก

วัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกระบก ได้แก่ ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของผลกระบกและเมล็ดกระบกสำหรับเป็นเกณฑ์ในการออกแบบ ชุดกะเทาะ และระบบป้อนเมล็ดกระบกดำเนินการศึกษาโดยการวัดผลและเมล็ดกระบกด้วยเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ จำนวน 100 เมล็ด ซึ่งตำแหน่งในการวัดจะแสดงดัง Figure 1 แล้วนำค่าที่ได้จากการวัดมาวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าเฉลี่ย (average) ค่าต่ำสุด (minimum) และค่าสูงสุด (maximum) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

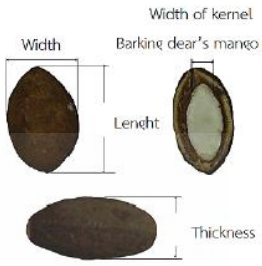


Figure 1 Measurent of width, length and thickness of Barking dear's mango nut.

2.2 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

การออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกต้นแบบนั้นนอกจากจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในหัวข้อที่ผ่านมาแล้ว ยังได้ประยุกต์ใช้ความรู้และหลักการออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร (Shigley and Mischke, 1989) และเครื่องจักรกลเกษตร (Krutz et al., 1994) รวมทั้งใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบและเขียนแบบ (จตุรงค์, 2555) ซึ่งส่วนประกอบหลักคือ โครงสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก ชุดลำเลียงเมล็ด ชุดกะเทาะเมล็ด และระบบส่งกำลัง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 hp เป็นต้นกำลัง โดยแต่ละส่วนประกอบมีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้

โครงสร้างของเครื่อง ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องต้นแบบ ทำจากเหล็กฉากขนาด 40x40x4 mm ทำการเชื่อมประกอบกันเป็นโครงตัง Figure 2 ขนาดโครงเครื่องมีขนาด 500x600x900 mm

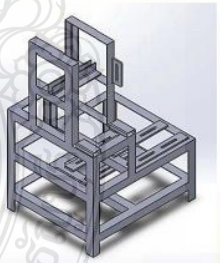


Figure 2 Main frame.

ชุดกะเทาะเมล็ดกระบกดังรูปที่ 5 ประกอบด้วยแท่งเหล็ก ลูกเบี้ยว ชุดลำเลียง ซึ่งขนาดของแท่งเหล็กยาว 120 mm เส้นผ่านศูนย์กลาง 17 mm และลูกเบี้ยวขนาด 50 mm การทำงานอาศัยกำลังจากมอเตอร์โดยใช้โซ่เป็นตัวส่งกำลัง เพื่อให้ชุดกะเทาะเมล็ดเคลื่อนที่กดอัดเมล็ดกระบกที่อยู่ในชุดลำเลียงเมล็ดให้เปลือกเมล็ดกระบกแตกแล้วชุดลำเลียงเมล็ดก็จะหมุนไปยังตำแหน่งที่ออกแบบไว้เพื่อกะเทาะเมล็ดถัดไป

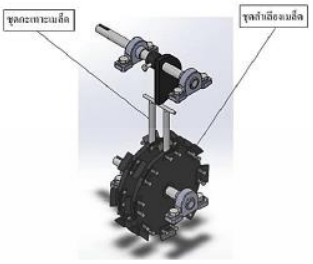


Figure 3 Mechanism of nut sheller.

ระบบส่งกำลังของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกจะใช้มอเตอร์ขนาด 0.5 hpเป็นต้นกำลังและมีชุดเกียร์ทด 1:30 ในการทดรอบความเร็วและทำงานสัมพันธ์กับตัวชุดกะเทาะเมล็ด (Figure 4)

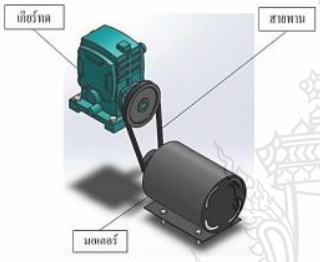


Figure 4 Power transmission unit of Barking dear's mango nut sheller.

การทำงานของเครื่องเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกที่สร้างขึ้นทำงานโดยอาศัยมอเตอร์เป็นตัวส่งกำลังด้วยการทดจะทำให้แท่งเหล็กเคลื่อนที่ลงมากดอัดเมล็ดกระบกลงที่ตำแหน่งจุดกึ่งกลางตามแนวตั้งของเมล็ดกระบก จะทำให้เปลือกเมล็ดกระบกแยกออกจากกัน ฐานรองเมล็ดก็จะหมุนให้เมล็ดหลุดออกไปยังถาดรองเมล็ด แท่งเหล็กที่เป็นตัวกดก็จะเคลื่อนที่ขึ้นเพื่อทำการกะเทาะเมล็ดกระบกเมล็ดถัดไป

Figure 5 Barking dear's mango nut sheller.

2.3 การทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงาน

เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกต้นแบบได้ถูกทดสอบสมรรถนะการทำงาน และคุณภาพในการกะเทาะโดยมีปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 800, 1000 และ1200 rpm และชนิดของหัวกะเทาะ ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ อัตราการป้อนที่ทดสอบ ได้แก่ 24, 30และ38 nut min^{-1} โดยพิจารณาจากจำนวนเมล็ดที่ชุดกะเทาะสามารถกะเทาะได้ต่อนาที โดยประเมินค่าชี้ผลการศึกษาดังนี้

- ความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก ($kghr^{-1}$)

$$= \frac{\text{น้ำหนักของเมล็ดกระบกที่กะเทาะได้ทั้งหมด}}{\text{เวลาที่ใช้ทั้งหมด}} \quad (1)$$

- เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดกระบก

$$= \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่กะเทาะได้}}{\text{จำนวนเมล็ดที่กะเทาะทั้งหมด}} \times 100 \quad (2)$$

- เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย

$$= \frac{\text{จำนวนเมล็ดเสียจากการกะเทาะ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่กะเทาะทั้งหมด}} \times 100 \quad (3)$$

- อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก (kW-hr)

$$= \frac{IVt}{1000} \quad (4)$$

เมื่อ I = กระแสไฟฟ้า (A)
V= แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)
t = เวลา (hr)

2.4 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

2.4.1 การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

วิธีการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม เกี่ยวกับต้นทุนในการใช้งานเครื่องโดยพิจารณาจาก เกษตรกรซื้อเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกไปกะเทาะแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกได้ 5 ปี) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10 %) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปรไปตามปริมาณของการกะเทาะเมล็ดกระบก อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ในที่นี้จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย ค่าภาษี ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องไปทำงานตามสถานที่ต่างๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปรไปตามปริมาณของการกะเทาะเมล็ดกระบก ได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อทำงานร่วมกับเครื่อง ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา และค่าซ่อมแซม เป็นต้น

2.4.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Pay-back period)

เป็นการคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรว่ามีระยะเวลานานเท่าไรเมื่อลงทุนในเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาในจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี คำนวณได้จากสมการที่ 5

$$PBP = \left(\frac{P}{R}\right) \quad (5)$$

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (year)

P = ราคาเครื่องจักร (Baht)

R = กำไรสุทธิต่อปี (Baht yr-1)

2.4.3 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break-even period)

เป็นการคำนวณหาเวลาที่ใช้ในการทำงานของเครื่องต่อปีโดยคิดเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการกะเทาะเมล็ดกระบก ระหว่างแรงงานคนกับเครื่องต้นแบบ โดยพิจารณาจากต้นทุนในการทำงานโดยใช้แรงงานคนเท่ากับต้นทุนในการทำงานโดยใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก คำนวณได้จากสมการที่ 6

$$BEP = \left(\frac{F_c}{B - VC}\right) \quad (6)$$

BEP = จุดคุ้มทุน (hr yr-1)

F_C = ค่าใช้จ่ายคงที่ (Baht)

B = อัตราการรับจ้าง (Baht hr-1)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (Baht hr-1)

3. ผลและวิจารณ์

3.1 ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบกทั้งเปลือก

จากการทดสอบที่ความความเร็วรอบมอเตอร์ 800 rpm จะมีอัตราการป้อนช้าทำให้ต้องเสียเวลาในการรอ ทำให้ใช้เวลาในการกะเทาะเมล็ดนานจึงทำให้ความสามารถในการทำงานต่ำ ส่วนที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1200 rpm จะมีอัตราการป้อนที่เร็วเมื่อมีผู้ปฏิบัติเพียง 1 คนจะทำให้การป้อนเมล็ดกระบกลงในเข้าไม่ทันกับจังหวะการทำงาน จึงทำให้ความสามารถในการทำงานต่ำ ส่วนที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1000 รอบต่อนาที จะมีอัตราการป้อนที่เหมาะสมสามารถป้อนเมล็ดกระบกได้ทัน จึงทำให้มีความสามารถในการทำงาน ที่สูงกว่าความเร็วรอบมอเตอร์ 800และ1200 rpm ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1000 rpm ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบกทั้งเปลือก 10.4 Kg.nuts hr^{-1} ในขณะที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1200 rpm มีความสามารถในการกระเทาะเมล็ดกระบกเท่ากับ 10.2 Kg.nuts hr^{-1} (Figure 6)

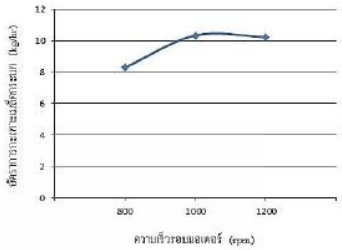


Figure 6 Relationship between working capacity and motor speed (kg. nuts hr^{-1}).

3.2 ความสามารถในการกะเทาะเมล็ดกระบก

สำหรับเมล็ดที่กะเทาะได้ของเครื่องมีค่าเท่ากับ 1.04 kg.kernels hr^{-1} ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1000 rpm ในขณะที่ใช้แรงงานคนจะสามารถกะเทาะได้ 0.6 kg. kernels hr^{-1} โดยการใช้เครื่องกระเทาะเมล็ดกระบกจะสามารถทำงานได้เร็วกว่าคนประมาณ 1.7 เท่า (Figure 7) Figure 8-10 แสดงเครื่องกระเทาะเมล็กระบกต้นแบบและการทำงานของเครื่อง

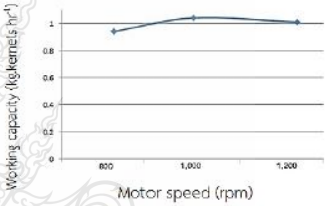


Figure7 Relationship between working capacity and motor speed (kg.kernels hr^{-1}).

3.3 เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย

ความสามารถในการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกมีค่าเท่ากับ 10.7 kg. nuts hr^{-1} ในขณะที่ใช้แรงงานคนจะมีความสามารถในการทำงาน 5 kg. nuts hr^{-1} เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหายด้วยเครื่องมีค่าเท่ากับ 8 % ในขณะที่ใช้แรงงานคนจะมีค่าเท่ากับ 10 % ทั้งนี้เป็นเพราะการใช้แรงงานคนจะกะเทาะด้วยมีดทำให้เวลากะเทาะเสร็จเมล็ดเกิดความเสียหายมากกว่าเครื่อง ส่วนเครื่องจะเกิดเปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหายน้อยเพราะออกแบบหัวเจาะแบบหัวเรียบทำให้เมื่อกะเทาะในระยะที่เหมาะสมจะทำให้เมล็ดเสียหายน้อย

Figure 8 Prototype of Barking dear's mango nut sheller.

Figure 9 Feeding mechanism of Barking dear's mango nut sheller.

Figure 10 kernels of Barking dear's mango.

3.4 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการทำงานทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้นจึงจำเป็นต้องหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในแต่ละความเร็วรอบเพื่อเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ผลของการวิเคราะห์ค่าการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า แสดงดัง Figure 8 โดยที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1000 rpm อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 0.87 kW-hr

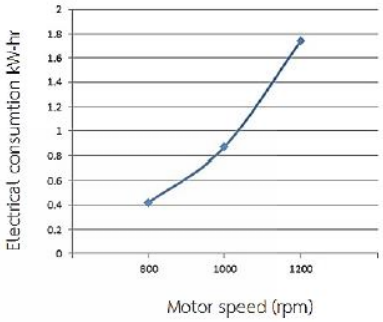


Figure 8 Relationship between Electrical consumtion and motor speed.

3.5 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์

จากผลการทดสอบเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใช้งาน 0.87 kW-hr ความสามารถในการกระเทาะทั้งเปลือก 10.4 Kg.nuts hr^{-1} ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง 13000 Baht (Table 1) เมื่อกำหนดให้เครื่องทำงาน 8 hr day^{-1} ทำงานปีละ 90 วัน สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการทำงาน ระยะเวลาคืนทุนและจุดคุ้มทุนของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก โดยผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก 4.5 Baht kg^{-1} และมีจุดคุ้มทุนในการทำงาน 393 hr yr^{-1} เมื่อพิจารณาชั่วโมงการทำงานของเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก 720 hr yr^{-1} จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 0.3 year

Table 1 Fabrication cost of Barking dear's mango nut sheller.

Item	Amount (Baht)
1. Electic motor and Gear box	3,000
2.Materials cost	
2.1 Main frame	2,000
2.2 Conveying unit, shelling unit	300
2.3 Power transmission unit	1,100
2.4 Others	600
3. Skilled labor cost for fabrication	6,000
Total	13,000

4. สรุป

เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกต้นแบบประกอบด้วยโครงสร้าง 4 ส่วนหลักได้แก่ ชุดถ่ายเลียง ชุดกะเทาะ และระบบส่งกำลัง สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ สามารถทำงานได้รวดเร็วและต่อเนื่องช่วยประหยัดเวลาและแรงงาน ในการกะเทาะเมล็ดกระบก รวมทั้งสามารถพัฒนาให้ใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไปในอนาคต โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหาย อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ซึ่งผลการทดสอบ

ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1000 rpm ความสามารถในการกระเทาะทั้งเปลือก 10.4 Kg. nuts hr^{-1} อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.87 kW-hr เมล็ดที่กะเทาะได้ 1.04 Kg.kernels hr^{-1} เปอร์เซ็นต์เมล็ดที่เสียหายเท่ากับ 8 และวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกพบว่ามีค่าใช้จ่าย 4.5 Baht kg^{-1} เมื่อใช้เครื่องทำงาน 720 hr yr^{-1} จะมีระยะเวลาคืนทุน 0.3 year หรือ 3.6 เดือน และถ้าใช้เครื่องกะเทาะเมล็ดกระบกจำนวน 1,000 Kg จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการกะเทาะเมล็ดกระบกได้ 55 % การใช้เครื่องกระเทาะสามารถทำงานได้เร็วกว่าการใช้แรงงานคนประมาณ 1.7 เท่า ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรมีรายได้สูงขึ้น สามารถแข่งขันกับประเทศในกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณสถานที่และอุปกรณ์ในการทดสอบต่างๆ

6. เอกสารอ้างอิง

กระบก. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก :http://th.wikipedia.org/wiki/ (20 มิถุนายน 2557).

ต้นไม้ประจำจังหวัด. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : http://freedom-warunee.wordpress.com สัญลักษณ์ประจำจังหวัด/ต้นไม้ประจำจังหวัด (20 มิถุนายน 2557).

กระบกสรรพคุณและประโยชน์. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : http://frynn.com/ (21 มิถุนายน 2557).

ธนากร อ่อนตาม และวรกุล บุญทักษ์. 2541. เครื่องกะเทาะกระบก. [ออนไลน์]; เข้าถึงได้จาก : http://www.phtnet.org/research/-view-abstract.asp (22 มิถุนายน 2557).

สมโภชน์ สนธิ. 2553. อุปกรณ์ผ่าเม็ดกระบก. [ออนไลน์] ; เข้าได้ถึงจาก : http://118.175.21.17/innovation/applications/innovation/print/creat_pdf.php?project_id=4912 (17 กรกฎาคม 2557).

สมโภชน์ สุดาจันทร์. 2547. การพัฒนาเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : http://www.resjournal.kku.ac.th/article/9_1_61.pdf (17 กรกฎาคม 2557).

Anonymous. 2550. Motor. [ออนไลน์]; เข้าถึงได้จาก : http://www.hitachihitt.com/home /products_singlephase_th.html (22 กรกฎาคม 2557).

โซ่ส่งกำลัง. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : https://www.google.co.th (22 กรกฎาคม 2557).

กิตติ นิงสานนท์ , และบรรเลง ศรนิล. 2535. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. พลูเล่ย์. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก : A7.pdf (23 กรกฎาคม 2557).

วุฒิชัย กบิลกาญจน์ . 2528. กลไกและพลศาสตร์ของเครื่องจักรกล. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ. 377 น. พัฒนาและสร้างเครื่องปิ้งหมูสะเต๊ะกึ่งอัตโนมัติ. [ออนไลน์] ; เข้าถึงได้จาก:http://www.-google.co.th/ (26 กรกฎาคม 2557).

เฟือง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.researchsystem-.siam.edu/images/coop/The_manual (28 กรกฎาคม 2557).

สายพาน. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://dc377.4shared.com-/doc/ (30 กรกฎาคม 2557).

วุฒิชัย กบิลกาญจน์. 2536. กลไกและพลศาสตร์ของเครื่องกล. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย

THAI SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING

ขอรับรองว่า

วุฒิชัย ชาวสวนแพ

เรื่อง “การออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดกระบก”

ได้นำเสนอผลงานวิจัย

ในการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 18 ประจำปี 2560

ณ. อิมแพค ฟอรั่ม เมืองทองธานี กรุงเทพมหานคร

7-9 กันยายน 2560

Dares Kittiyopas
Chair, Organizing CommitteeTSAE2017

ที่อยู่ : อาคาร 5 ชั้น 5 กรมส่งเสริมการเกษตร ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900 อีเมล์ : center@tsae.asia
address: Building 5 Floor 5 Department of Agriculture Extension Phaholyothin Rd., Chatuchak, Bangkok 10900, THAILAND. Email : center@tsae.asia, www.tsae.asia

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายวุฒิชัย ชาวสวนแพ
วัน เดือน ปีเกิด	15 มีนาคม 2536
ที่อยู่	104/4 ม.2 ต.เขาดินพัฒนา อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี 18000
การศึกษา	ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประวัติการทำงาน	หัวหน้าแผนกยานยนต์และเครื่องจักรกลเกษตร ไทยอุตสาหกรรมน้ำตาล(บึงสามพัน) จำกัด ตั้งแต่ พ.ศ.2557 ถึง 30 มิถุนายน 2561
เบอร์โทรศัพท์	086 331 5543
อีเมลล์	wootichai_c@mail.rmutt.ac.th