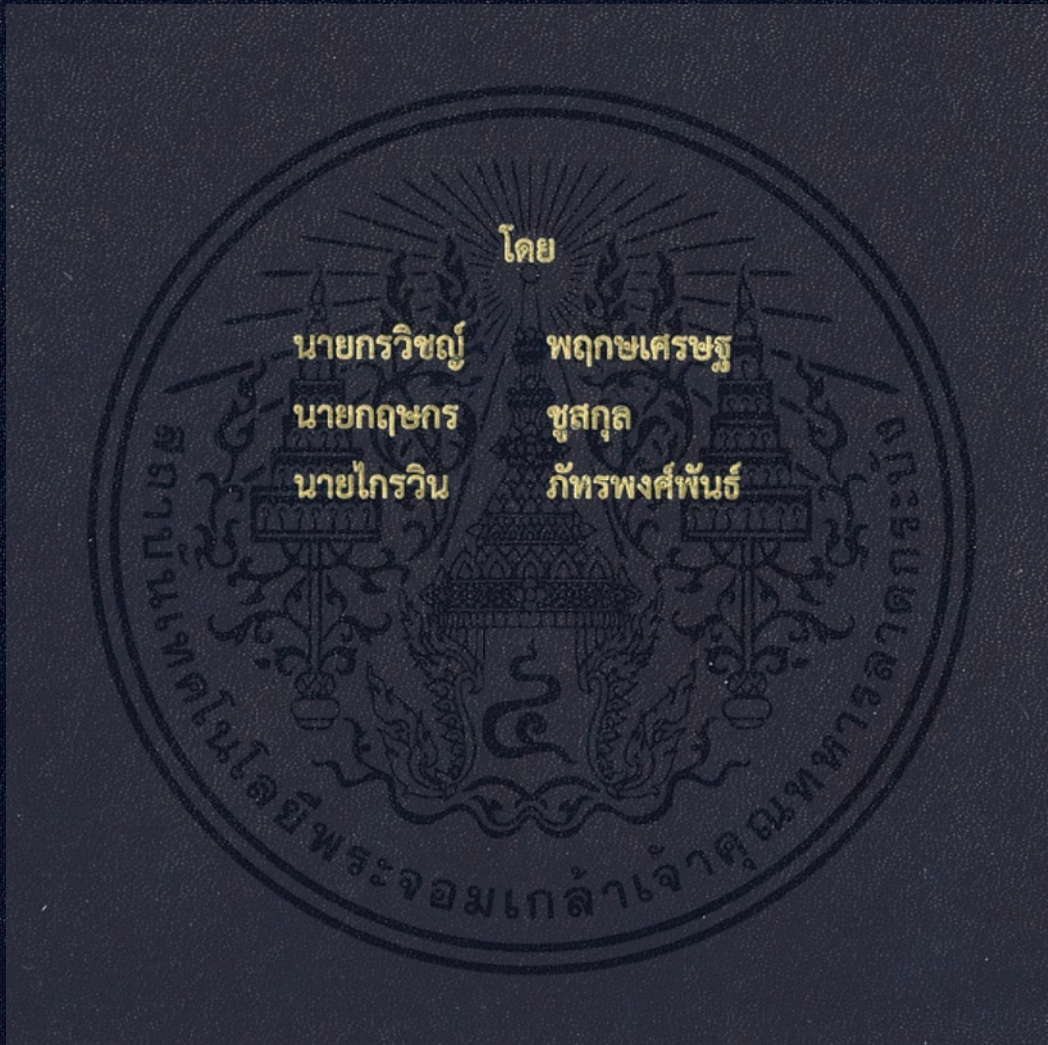


การออกแบบและสร้างเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวา

DESIGN AND FRABRICATION OF WATER HYACINTH CUTTING AND SQUEEZING
MACHINME



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่งทางราง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

การออกแบบและสร้างเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวา

DESIGN AND FRABRICATION OF WATER HYACINTH CUTTING AND SQUEEZING
MACHINME

โดย

นายกรวิชญ์	พฤษเศรษฐ์	58010024
นายกฤษกร	ชูสกุล	58010041
นายไกรวิน	ภัทรพงศ์พันธ์	58010128

อาจารย์ที่ปรึกษา

ศศ.ดร.อนุรัตน์ พิณโสภณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่งทางราง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่งทางราง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวา

DESIGN AND FABRICATION OF WATER HYACINTH CUTTING AND SQUEEZING MACHINE

ผู้จัดทำ

นายกรวิชญ์ พฤษเศรษฐี รหัสประจำตัว 58010024

นายกฤษกร ชูสกุล รหัสประจำตัว 58010041

นายไกรวิน ภัทรพงศ์พันธ์ รหัสประจำตัว 58010128



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.อนันต์ พิณโสภณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและสร้างเครื่องตัดและบีบน้ำฝักตบชา

นายกรวิชัย	พฤกษ์เศรษฐ์	58010024
นายกฤษกร	ชูสกุล	58010041
นายไกรวิน	ภัทรพงศ์พันธ์	58010128

ผศ.ดร.อุนนต์ พิณโสภณ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

โครงการชิ้นนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องตัดและบีบน้ำฝักตบชา โดยมีเป้าหมายในการออกแบบให้เครื่องสามารถทำการตัดและบีบน้ำฝักตบชาในอัตรา 100 kg/h โดยการทำงานของเครื่องจะประกอบด้วยชุดตัดและชุดบีบน้ำอย่างละหนึ่งชุด ในการทดลองเครื่องตัดและบีบน้ำฝักตบชาจะทำการทดลองโดยการปรับความเร็วรอบในการทำงานของเครื่องและทำการเปลี่ยนจำนวนมีดที่ใช้ในการตัด ซึ่งจากการทดลองพบว่า เมื่อทำการตัดฝักตบชาให้มีขนาดเล็กลงโดยการเพิ่มจำนวนมีดจะทำให้สามารถบีบน้ำออกได้ดีกว่าเพราะฝักตบชาที่ถูกตัดให้มีชิ้นเล็กลงจะมีช่องเปิดของท่อลำเลียงน้ำในลำต้นมากขึ้นส่งผลให้สามารถบีบน้ำออกได้ดีกว่าการตัดชิ้นใหญ่ซึ่งมีช่องเปิดของท่อลำเลียงน้ำน้อยกว่า ในส่วนของกรบีบน้ำออกนั้นความสามารถในการบีบน้ำจะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบในการหมุนของชุดบีบน้ำโดยความเร็วในการหมุนที่ต่ำจะสามารถทำการบีบน้ำออกได้ดีกว่าที่ความเร็วในการหมุนสูงเนื่องจากที่ความเร็วในการหมุนต่ำจะมีช่วงเวลาที่ใช้ในการบีบน้ำมากกว่าทำให้น้ำที่ยังค้างอยู่ในลำต้นมีน้อยกว่าการบีบน้ำที่ใช้ความเร็วในการหมุนสูง จากการทดลองพบว่าเครื่องมีอัตราการทำงานสูงที่สุดที่ 98 kg/h ด้วยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าความถี่ 50 Hz ให้แก่มอเตอร์ขับ ส่งผลให้ความเร็วรอบของชุดตัดและบีบน้ำมีค่า 33 rpm และ 22 rpm ตามลำดับ ความสามารถในการลดน้ำหนักและปริมาตรของฝักตบชามีค่าเท่ากับ 8% และ 58% ตามลำดับ และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะจากการวัดมีค่าเท่ากับ 0.0042 kW•h/kg แต่ถ้าหากต้องการให้เครื่องสามารถลดน้ำหนักและปริมาตรให้ได้มากที่สุด ต้องปรับความถี่ของแรงดันไฟฟ้าป้อนมอเตอร์ขับเป็น 22.8 Hz ซึ่งทำให้ชุดตัดและชุดบีบน้ำมีความเร็วรอบในการหมุนเป็น 16 rpm และ 11 rpm ตามลำดับ ความสามารถในการลดน้ำหนักและปริมาตรนั้นจะมีเพิ่มขึ้นเป็น 19% และ 70.8% ตามลำดับ โดยเครื่องมีความสามารถในการทำงานลดลงเหลือ 58 kg/h และค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าจำเพาะมีค่าเท่ากับ 0.0095 kW•h/kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND FABRICATION OF WATER HYACINTH CUTTING AND SQUEEZING MACHINE

Koravit	Phrueksase	58010024
Krissakorn	Chusakul	58010041
Kraiwin	Phattarapongpan	58010128
Dr.Unnat	pinsopon	Advisor
Year 2018		

Abstract

This project presents the design and construction of water hyacinth cutting and squeezing machine with the goal of designing the machine to be able to cut and squeeze water hyacinth at a rate of 100 kg/h. This machine consists of one cutting set and one squeezing set. The drive motor speed and the number of knives were the variables to be adjusted in the experiments. From the experiments, it was found that increasing the number of knives led to smaller size of the water hyacinth cut, and the machine was able to squeeze out more water. In squeeze section, it was found that the ability to drain out water from water hyacinth cut was better with lower rolling speed because there would be more time to squeeze the water. The machine was capable of the highest operating rate at 98 kg/h with the 50 Hz supply voltage to the drive motor. This resulted in the speeds of the cutting and squeezing sets of 33 rpm and 22 rpm, respectively. The ability to reduce weight and volume of water hyacinth was found to be 8% and 58%, respectively. The specific electrical energy consumption was 0.0042 kW•h/kg. In order to yield the maximum weight and volume reductions of the machine, the frequency of the drive motor supply voltage needed to be adjusted to 22.8 Hz. At this supply voltage frequency, the cutting and the water squeezing sets speeds were 16 rpm and 11 rpm, respectively. The ability to reduce weight and volume would increase to 19 % And 70.8%, respectively. The operating rate machine reduced to 58 kg/h, whereas the specific electrical power consumption increased to 0.0095 kW•h/kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการชิ้นนี้ไม่อาจเริ่มต้นขึ้นได้หากปราศจากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผศ.ดร.อนุวัต พิณโสภณ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่คอยให้คำแนะนำ ตลอดจนการสนับสนุนต่างๆในการจัดทำโครงการ ทั้งในด้านความรู้ทาง วิชาการและแนวทางในการสร้างเครื่อง สิ่งเหล่านี้ล้วนทำให้โครงการชิ้นนี้สามารถดำเนินไปได้ อย่างราบรื่น และสุดท้าย ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ช่วยเหลือกันตลอดในช่วงของการทำโครงการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ.....	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 โครงสร้างของโครงการ	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 วิธีดำเนินงาน	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ผักตบชวา.....	4
2.3 ทฤษฎีการรีด	7
2.5 เพลลา.....	9
2.6 สายพานส่งกำลัง	13
2.7 พูลเลย์.....	14
2.8 Inverter.....	15
2.9 โซ่ส่งกำลัง (Chain Drives).....	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การวางแผนและเตรียมการ	17
3.2 การออกแบบและคำนวณ	19
3.3 การดำเนินการสร้าง	30
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	33
3.5 ออกแบบการทดลอง	33
บทที่ 4 ผลการทดลอง	35
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และน้ำหนักที่ลดลงในแต่ละจำนวนใบมีด	36
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของมอเตอร์และความสามารถในการทำงานในแต่ละจำนวนใบมีด	37
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และปริมาณที่ลดลงในแต่ละจำนวนใบมีด	38
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และพลังงานไฟฟ้าจำเพาะในแต่ละจำนวนใบมีด	40
4.5 การทดลองเพิ่มเติม	42
บทที่ 5 สรุปผลโครงการ อภิปรายผลโครงการ และข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ	45
5.2 อภิปรายผลการทดลอง	46
5.3 อุปสรรคในการทำงาน	49
5.4 ข้อเสนอแนะ	50
อ้างอิง	51
ภาคผนวก	52
ภาคผนวก ก ผลการคำนวณเพื่อการออกแบบ	53
ภาคผนวก ข วัสดุอุปกรณ์	72
ภาคผนวก ค แบบเครื่องและเครื่องที่สร้างเสร็จสมบูรณ์	78
ภาคผนวก ง ภาพขั้นตอนการทดลอง	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2. 1 ผักตบชวาในแหล่งน้ำ.....	5
รูปที่ 2. 2 ภาพแสดงขนาดลำต้นของผักตบชวา	6
รูปที่ 2. 3 แสดงการรีดวัตถุผ่าน roller เพื่อลดขนาด	7
รูปที่ 2. 4 แสดงภาระที่กระทำในระหว่างการรีด	8
รูปที่ 2. 5 เพลที่อยู่ภายใต้แรง และโมเมนต์	9
รูปที่ 2. 6 การขับด้วยสายพาน	13
รูปที่ 2. 7 ลักษณะโครงสร้างของพูลเลย์สายพานแบนรูปทรงกระบอก.....	14
รูปที่ 2. 8 ลักษณะพูลเลย์สายพานลิ้มแบบรวม	15
รูปที่ 2. 9 ลักษณะพูลเลย์สายพานลิ้มแบบแหลม	15
รูปที่ 2. 10 โซ่ส่งกำลัง	16
รูปที่ 3. 1 ขั้นตอนการดำเนินงานการจัดทำโครงการ.....	18
รูปที่ 3. 2 ลักษณะเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาที่ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม auto CAD	19
รูปที่ 3. 3 ลักษณะการส่งกำลังของเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวา	20
รูปที่ 3. 4 ลักษณะของชุดมีดตัด	21
รูปที่ 3. 5 แบบของชุดตัด 6 ใบมีดและเชิงรับ	22
รูปที่ 3. 6 แบบของใบมีดตัดและการวางมุมมีด.....	22
รูปที่ 3. 7 ลักษณะของผักตบชวาขณะถูกตัด.....	24
รูปที่ 3. 8 ภาพจำลองแรงที่กระทำกับผักตบชวาในการตัด.....	24
รูปที่ 3. 9 ลักษณะของชุดบีบน้ำ	26
รูปที่ 3. 10 รูปจำลองรายละเอียดของแรงที่กระทำในกระบวนการรีด	26
รูปที่ 3. 11 รูปแสดงช่องว่างจากสมมติฐานที่ใช้ในการออกแบบชุดรีด.....	27
รูปที่ 3. 12 แบบของเครื่องที่จะสร้าง	29
รูปที่ 3. 13 ตัดเหล็กเพื่อนำมาเชื่อมประกอบโครง	30
รูปที่ 3. 14 เชื่อมประกอบโครงเครื่องและฐานมีด	31
รูปที่ 3. 15 เจียรและตะไบลับคมมีด	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3. 16 ภาพเครื่องที่สร้างเสร็จสมบูรณ์.....	32
รูปที่ 4. 1 แผนภาพการต่อวงจรวัดค่าพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า.....	36
รูปที่ 4. 2 การวัดกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เพาเวอร์มิเตอร์.....	36
รูปที่ 4. 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของมอเตอร์มอเตอร์และน้ำหนักที่ลดลงในแต่ละจำนวนใบมีด.....	38
รูปที่ 4. 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของมอเตอร์และความสามารถในการทำงานในแต่ละจำนวนใบมีด.....	39
รูปที่ 4. 5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และปริมาตรที่ลดลงในแต่ละจำนวนใบมีด.....	40
รูปที่ 4. 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และพลังงานไฟฟ้าในแต่ละจำนวนใบมีด.....	42
รูปที่ 4. 7 การวัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องตัดและบีบน้ำฝักตบชาที่เวลา 29 วินาที.....	42
รูปที่ 4. 8 กราฟการทดลองพิเศษ.....	44
รูปที่ 5. 1 ข้อมูลของรถบรรทุก 6 ล้อ.....	47
รูปที่ ก 1 แรงที่กระทำต่อชุดเพลามีด.....	55
รูปที่ ก 2 แผนภาพอิสระของเฟืองติดเพลาลูกกรง blade roller.....	56
รูปที่ ก 3 แผนภาพอิสระของพูลเลย์ติดเพลาลูกกรง blade roller.....	57
รูปที่ ก 4 free body diagram ของเพลาลูกกรงในระนาบ X-Y.....	58
รูปที่ ก 5 SFD และ BMD ของเพลาลูกกรงในระนาบ X-Y.....	59
รูปที่ ก 6 free body diagram ของเพลาลูกกรงในระนาบ Y-Z.....	60
รูปที่ ก 7 SFD และ BMD ของเพลาลูกกรงในระนาบ Y-Z.....	61
รูปที่ ก 8 แผนภาพวัตถุอิสระของเพลาลูกกรง.....	64
รูปที่ ก 9 แผนภาพอิสระของพูลเลย์ติดเพลาลูกกรง.....	65
รูปที่ ก 10 แผนภาพอิสระของเฟืองติดเพลาลูกกรง.....	66
รูปที่ ก 11 free body diagram ของเพลาลูกกรงในระนาบ X-Y.....	67
รูปที่ ก 12 SFD และ BMD ของเพลาลูกกรงในระนาบ X-Y.....	68
รูปที่ ก 13 free body diagram ของเพลาลูกกรงในระนาบ X-Y.....	69
รูปที่ ก 14 SFD และ BMD ของเพลาลูกกรงในระนาบ Y-Z.....	71
รูปที่ ข 1 ชุดเฟืองทดกำลังขนาด 1 ต่อ 20.....	74
รูปที่ ข 2 มอเตอร์ 3 เฟส.....	74
รูปที่ ข 3 ตลับลูกปืนแบบ ucpa.....	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ข 4	ตลับลูกปืนแบบ ucp	75
รูปที่ ข 5	เฟืองสำหรับโซ่ส่งกำลัง (ตัวตาม)	76
รูปที่ ข 6	เฟืองสำหรับโซ่ส่งกำลัง (ตัวขับ)	76
รูปที่ ข 7	เฟืองเพื่อส่งกำลังและเปลี่ยนทิศการหมุน	77
รูปที่ ข 8	เหล็กกลวงสำหรับวางชุดมีด	77
รูปที่ ข 9	เพลาดัน.....	78
รูปที่ ข 10	หน้าแปลนสำหรับทำคมเฟืองของเฟืองโซ่.....	78
รูปที่ ค 1	แบบเครื่องจากโปรแกรม AutoCAD.....	80
รูปที่ ค 2	แบบโครงเครื่องตัดและบีบน้ำฝักตบขวา.....	81
รูปที่ ค 3	แบบลักษณะมีดของชุดตัดของเครื่องตัดและบีบน้ำฝักตบขวา.....	82
รูปที่ ค 4	แบบลักษณะมีดของชุดตัดของเครื่องตัดและบีบน้ำฝักตบขวา.....	83
รูปที่ ง 1	ฝักตบขวาเก็บมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติแล้วพักไว้ในบ่อพัก.....	85
รูปที่ ง 2	นำฝักตบขวามาทำความสะอาดล้างเศษดินและโคลน.....	85
รูปที่ ง 3	นำฝักตบขวามาชั่งน้ำหนักก่อนนำไปเข้าเครื่อง.....	86
รูปที่ ง 4	นำฝักตบขวามาวัดปริมาตรก่อนนำไปเข้าเครื่อง.....	86
รูปที่ ง 5	นำฝักตบขวาเข้าเครื่องเพื่อเก็บค่าการทดลอง.....	87
รูปที่ ง 6	ฝักตบขวาที่ออกมาจากเครื่อง.....	87
รูปที่ ง 7	ฝักตบขวาก่อนเข้าเครื่อง.....	88
รูปที่ ง 8	ฝักตบขวาที่ออกมาจากเครื่องก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก.....	88
รูปที่ ง 9	ฝักตบขวาที่ตัดแล้วนำมาใส่ถุงดำเพื่อทำการชั่งน้ำหนักหลังการทดลอง.....	89
รูปที่ ง 10	การชั่งน้ำหนักฝักตบขวาหลังจากผ่านการทดลอง.....	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2. 1	ค่าตัวประกอบความล้า	12
ตารางที่ 4. 1	ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของมอเตอร์และน้ำหนักที่ลดลงในแต่ละจำนวนใบมีด.....	37
ตารางที่ 4. 2	ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของมอเตอร์มอเตอร์และความสามารถในการทำงานในแต่ละจำนวนใบมีด	38
ตารางที่ 4. 3	ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของมอเตอร์และปริมาตรที่ลดลงในแต่ละจำนวนใบมีด.....	39
ตารางที่ 4. 4	ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และพลังงานไฟฟ้าในแต่ละจำนวนใบมีด.....	41
ตารางที่ 4. 7	ตารางการทดลองพิเศษ.....	43
ตารางที่ 5. 1	ตารางแสดงการวิเคราะห์ในแต่ละหัวข้อของแต่ละกรณีทดลอง	49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

1.1.1 ด้านวิจัยพืชที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ในน้ำ

ผักตบชวาเป็นพืชที่สามารถก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่งน้ำลำคลอง เนื่องจากผักตบชวาสามารถขยายพันธุ์ได้เร็ว และทนต่อสภาพแวดล้อม จึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตในน้ำ การคมนาคมทางน้ำและชาวบ้านที่อาศัยอยู่ตามริมแม่น้ำ อีกทั้งยังทำลายระบบนิเวศซึ่งส่งผลให้สิ่งมีชีวิตในน้ำไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ ทำให้สัตว์และพืชน้ำตายเป็นจำนวนมาก ทำให้แหล่งน้ำเกิดการเน่าเสียและส่งผลกระทบต่อชาวบ้านบริเวณนั้น

กอของผักตบชวาที่กองรวมกันในน้ำก่อให้เกิดอุปสรรคกับการระบายน้ำและจากการศึกษาข้อมูลพบว่าการระเหยของน้ำในน้ำซึ่งมีผักตบชวาจะมีปริมาณมากกว่าในน้ำที่ไม่มีผักตบชวา ประมาณ 3-8 เท่า ปริมาณผักตบชวาที่ลอยอยู่อย่างหนาแน่นบนผิวน้ำ จะทำให้แสงสว่างในน้ำลดลง ซึ่งทำให้ไฟโตแพลงตอน (Phytoplankton) ที่เป็นอาหารสำหรับปลาขนาดเล็กมีปริมาณน้อยลง โดยไฟโตแพลงตอนมีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดก๊อกขอกซิเจนในน้ำ ซึ่งจำเป็นต่อการหายใจของปลาและสัตว์น้ำทุกชนิด [1]

1.1.2 ด้านภาระของการขนส่งและพื้นที่ในการจัดเก็บ

ปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องจักรเพื่อเข้ามาช่วยในการกำจัดผักตบชวาตามแหล่งน้ำลำคลองต่างๆทั้งในรูปแบบเรือเก็บผักตบชวา[7] โซ่ลำเลียงที่ติดริมฝั่งหรือสารสกัดสมุนไพรกำจัดผักตบชวา โดยมุ่งเน้นในการกำจัดผักตบชวาออกจากแหล่งน้ำลำคลองเพื่อที่จะลดปัญหาอันเนื่องมาจากผักตบชวาที่มีต่อระบบนิเวศน์ในน้ำตามที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งเป็นที่มาของปัญหาที่จะกล่าวในข้อนี้ เนื่องจากผักตบชวาที่เก็บออกมาจากแหล่งน้ำลำคลองจะมีการตั้งกองทิ้งไว้ริมฝั่งเพื่อที่จะปล่อยให้แห้งและย่อยสลายตามธรรมชาติหรือมีการขนส่งเพื่อนำไปเข้าสู่กระบวนการแปรรูปต่างๆต่อไป แต่ด้วยผักตบชวาเป็นพืชที่อมน้ำโดยมีปริมาณน้ำในต้นถึงร้อยละ 95 ส่งผลให้ในการขนส่งผักตบชวาจะมีภาระส่วนใหญ่ของการขนส่งเป็นน้ำซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่อการขนส่งแต่ละครั้ง อีกทั้งยังมีขนาดลำต้นที่ยาวส่งผลต่อพื้นที่ในการขนส่งและพื้นที่ในการจัดเก็บอีกด้วย ซึ่งผักตบชวาที่เก็บมาสามารถนำไปแปรรูปสร้างมูลค่าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.3 ด้านประโยชน์จากการแปรรูป

1.1.3.1 ใช้แปรรูปเป็นอาหารสัตว์ จากข้อมูลพบว่าผักตบชวาแห้งมีโปรตีนประมาณ 11.15% มีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 44% ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อสัตว์ โดยสามารถนำมาป่นและผสมเป็นอาหารสัตว์ได้ [1]

1.1.3.2 ใช้เพาะเห็ดฟาง ผักตบชวาสามารถใช้เป็นวัตถุดิบหรืออาหารเสริมเพื่อใช้ในการเพาะเห็ดฟางได้ โดยจากข้อมูลพบว่าผักตบชวา 10 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง จะให้ผลผลิตเห็ดฟาง 1 กิโลกรัม ในระยะเวลา 7-10 วัน [1]

1.1.3.3 ใช้แปรรูปเป็นปุ๋ยหมัก โดยจากข้อมูลพบว่าผักตบชวาเมื่ออายุ 20 วัน จะให้ไนโตรเจน 2.5% ฟอสฟอรัส 0.4% และโปแตสเซียม 0.7% ของน้ำหนักผักตบชวาแห้ง จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าธาตุที่มีในผักตบชวา ล้วนจำเป็นต่อพืช ดังนั้นเศษของผักตบชวาสามารถนำมาผลิตปุ๋ยหมักได้ [1]

1.1.3.4 ใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จักสาน ก้านผักตบชวาที่นำมาตากแห้งแล้ว สามารถนำมาสานเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เปลญวน ตะกร้า กระเป๋า และเฟอร์นิเจอร์ และอื่นๆ [1]

จากปัญหาดังกล่าวมาข้างต้น ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ตระหนักถึงความสำคัญที่จะพัฒนาเครื่องหันและรีดน้ำผักตบชวา เพื่อช่วยในการกำจัดผักตบชวาที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในคลอง ทำให้น้ำในคลองเน่าเสียไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ อีกทั้งยังเป็นการประหยัดต้นทุนในการขนส่งผักตบชวาที่เก็บขึ้นมาเพราะผักตบชวาผ่านขั้นตอนการตัดเพื่อลดปริมาตรและรีดน้ำออกเพื่อลดน้ำหนัก เศษของผักตบชวาหลังจากการหันและรีดน้ำออกแล้วยังสามารถนำมาทำปุ๋ยหรืออาหารสัตว์ รวมถึงประโยชน์อื่นๆตามที่กล่าวมาข้างต้นได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานโครงการ

- 1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องหันและรีดผักตบชวา
- 1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพสูงสุดอันเนื่องมาจากการเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่างๆจากการทดลอง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 หันและรีดผักตบชวาได้สูงสุด 100 kg/hr.
- 1.3.2 ใช้ผักตบชวาที่ยังสด ซึ่งตัดแยกเศษดิน หินและกิ่งไม้รวมถึงสิ่งปะปนต่างๆออกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 โครงสร้างของโครงการ

- 1.4.1 บทที่ 1 บทนำ
- 1.4.2 บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.3 บทที่ 3 วิธีดำเนินการ
- 1.4.4 บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง
- 1.4.5 บทที่ 5 บทสรุป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 เครื่องที่สร้างมีความสามารถในการทำงานสูงสุดอยู่ที่ 100 kg/hr.
- 1.5.2 เครื่องที่สร้างมีขนาดเล็กสามารถเคลื่อนย้ายได้และสามารถนำไปเป็นต้นแบบเพื่อที่จะพัฒนาต่อไป
- 1.5.3 เครื่องที่สร้างเสร็จแล้วสามารถนำมาทดลองเพื่อที่จะบอกค่าของตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

1.6 วิธีดำเนินงาน

- 1.6.1 ค้นหาข้อมูล
- 1.6.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล
- 1.6.3 คำนวณ ออกแบบโครงสร้างเครื่อง
- 1.6.4 ทดสอบเครื่องตามค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่างๆและปรับปรุงแก้ไข
- 1.6.5 สรุปผล
- 1.6.6 จัดทำเอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบและสร้างเครื่องหันและรีดน้ำผักตบชวา ทางคณะผู้จัดทำได้ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ผักตบชวา

2.2 ทฤษฎีการรีด

2.3 เพลลา

2.4 สายพานส่งกำลัง

2.5 พูลเลย์

2.6 Inverter

2.7 โซ่ส่งกำลัง

2.1 ผักตบชวา

ผักตบชวามีชื่ออื่น ๆ เช่น บัวลอย ผักปง ผักตบ ผักปอด ผักป่อง สระ ผักยะวา ผักอีโยก และมีชื่อสามัญว่า Water hyacinth มีต้นกำเนิดจากประเทศบราซิล ผักตบชวาเป็นวัชพืชน้ำประเภทใบเลี้ยงเดี่ยวลอยน้ำ ทรงพุ่มกลม สูงประมาณ 3 – 90 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2 โดยผักตบชวาได้มีการนำเข้ามาในประเทศไทยที่แรกที่วังสระปทุม ต่อมาได้เกิดน้ำท่วมจนกระจายไปสู่ลาคคลองภายนอกและมีการแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็วจนไม่สามารถควบคุมได้ ทั้งรัฐบาลและเอกชนได้หาวิธีในการกำจัดผักตบชวาแต่ไม่ได้ผล จึงหันมาเล็งเห็นในด้านการแปรรูป ซึ่งสามารถนำมาแปรรูปได้หลายลักษณะ เช่น เป็นอาหารสัตว์ ใช้เป็นวัสดุในการเพาะเห็ดฟาง เพาะชำต้นไม้ ใช้ผลิตก๊าซชีวภาพ ใช้ผลิตปุ๋ย โดยผักตบชวา 1 ตัน สามารถให้เมล็ดได้ถึง 5,000 เมล็ด เมล็ดผักตบชวาเมื่ออยู่ในแหล่งน้ำจะมีชีวิตได้นานถึง 15 ปี ผักตบชวาสามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยการแตกหน่อ ผักตบชวา 2 ตัน สามารถแตกใบและเจริญเติบโตเป็นต้นได้ถึง 30 ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในเวลา 20 วัน หรือเพิ่มน้ำหนักขึ้น 1 เท่าตัว ภายใน 10 วัน สามารถขยายตัวครอบคลุมผิวน้ำได้อัตราร้อยละ 8 ต่อวัน ถ้าเริ่มปล่อยผักตบชวาในแหล่งน้ำเพียง 1 ตันจะสามารถแพร่กระจายเพิ่มปริมาณเป็น 1 ล้านตัน ภายในระยะเวลา 1 ปี ดังนั้นผักตบชวาส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น

2.1.1 ด้านการชลประทาน ผักตบชวาทำให้อัตราการไหลของน้ำลดลงประมาณ 40% ชัดขวางการระบายน้ำของประตูน้ำ ทำให้การระเหยน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่าพื้นที่ที่ไม่มีผักตบชวาปกคลุมถึง 3 - 5 เท่า ในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ผักตบชวาสามารถระเหยน้ำได้สูงถึง 0.35 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ถ้าคิดเป็นพื้นที่ทั่วประเทศ จะสูญเสียประมาณละ 16,000 ล้านลูกบาศก์เมตร

2.1.2 ด้านการผลิตไฟฟ้า ผักตบชวาจะลดอายุการใช้งานของเขื่อนและทำให้ปริมาณน้ำลดลง เนื่องจากการระเหยน้ำของผักตบชวามากกว่าปกติสูงถึง 3 - 5 เท่า ดังกล่าวมาแล้ว[1]



รูปที่ 2. 1 ผักตบชวาในแหล่งน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

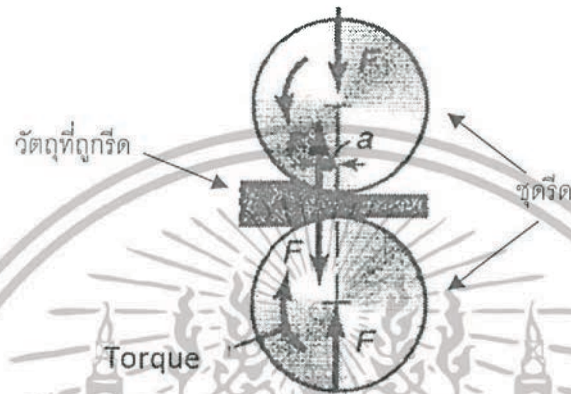


รูปที่ 2. 2 ภาพแสดงขนาดลำต้นของผักตบชวา [1]

โดยจากข้อมูลงานวิจัยได้ทำการทดลองหาส่วนประกอบของน้ำโดยมวลในลำต้นของผักตบชวาโดยการนำสุ่มตัวอย่างผักตบชวาจากธรรมชาติแล้วนำตัวอย่างเหล่านั้นมาทำการอบแห้งผลที่ได้คือตัวอย่างของผักตบชวาที่นำมาทดลองเมื่อผ่านการอบแห้งแล้วนั้นจะมีน้ำหนักลดลงไปถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำหนักของลำต้นผักตบชวา นั้นประกอบไปด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่และมีน้ำหนักจริงที่มาจากผักตบชวาเพียงแค่ 5 เปอร์เซ็นต์ [8]

2.3 ทฤษฎีการรีด

ในการรีดผักตบชวาได้ใช้สมมติฐานของทฤษฎีการรีดเพื่อลดขนาดของเหล็กมาใช้ในการคำนวณ [4] โดยในการรีดเหล็กจะเกิดขึ้นเมื่อแผ่นเหล็กถูกดึงเข้าไปในชุดรีดและจะเกิดแรงกดจากตัวรีดกระทำไปที่เหล็กทำให้เหล็กเกิดความเค้นขึ้นและเสียรูปจนมีความหนาลดลงโดยขนาดที่ลดลงนั้นจะขึ้นกับความห่างระหว่างช่องของชุดรีด ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการรีดวัตถุผ่าน roller เพื่อลดขนาด [4]

โดยแรงที่กระทำดังรูปส่วนมากจะกระทำในทิศตั้งฉากกับระนาบของชิ้นงานมากกว่าในแนวขององศาอื่นๆ เพราะมุมในแนวสัมผัสมีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับรัศมีของ roller ในการคำนวณจึงสมมติว่าแรงมีทิศกระทำตั้งฉากกับระนาบชิ้นงาน และสมการของแรงที่กระทำต่อผักตบชวาจะเป็นดังต่อไปนี้

$$F = \bar{Y}_f \times w \times L \quad (2.1)$$

F คือ แรงกดที่จากชุดรีดกระทำต่อผักตบชวา

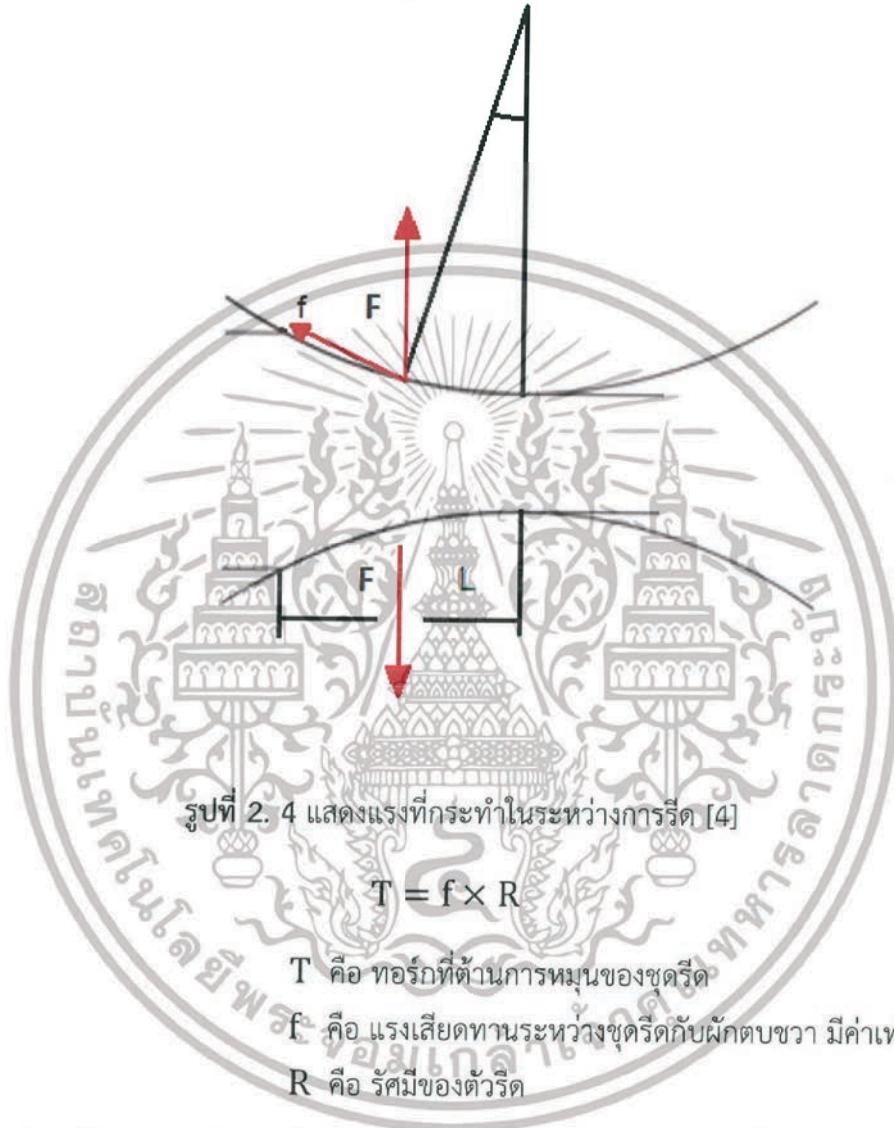
\bar{Y} คือ ความเค้นที่เกิดขึ้นจากการถูกกดโดยชุดรีด

w คือ ความกว้างของชิ้นงาน

L คือ ความยาวของชิ้นงานที่กำลังรีดโดยประมาณเป็นเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 แรงบิด สามารถประมาณได้โดยการสมมติว่าแรง F กระทำที่กึ่งกลางของชิ้นงานขณะถูกรีดผ่าน roller ซึ่งระยะที่กระทำมีความยาวเป็นกึ่งกลางของความยาวของชิ้นงานที่กำลังรีดดังที่แสดงในรูปที่ 2.4 โดยแรงบิดของ เพลาชุดรีดแต่ละเพลาสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.2



รูปที่ 2. 4 แสดงแรงที่กระทำในระหว่างการรีด [4]

$$T = f \times R \quad (2.2)$$

T คือ ทอร์กที่ต้านการหมุนของชุดรีด

f คือ แรงเสียดทานระหว่างชุดรีดกับผักตบชวา มีค่าเท่ากับ $\mu \times F$

R คือ รัศมีของตัวรีด

กำลังที่ต้องใช้ในขั้นตอนการรีดของทั้งสองเพลานในชุดรีดสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Power} = 2T\omega \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เฟลา

เฟลาเป็นชิ้นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือ ทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง ขณะใช้งานเฟลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิด ดังแสดงในรูปที่ 2.5

2.5.1 วัสดุทำเฟลา ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเฟลา ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เฟลาต้องรับเป็นหลักโดยทั่วไปแล้ว เราจะพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเฟลาตามขนาดเฟลา

2.5.2 หลักพิจารณาในการออกแบบเฟลา ก่อนปีพ.ศ. 2497ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเฟลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด (Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) แม้ว่าเวลาจะล่วงเลยมานานแล้วก็ตามวิธีการออกแบบเฟลาตามโค้ดของ ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเฟลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static Design Method) ในการหาสมการสำหรับออกแบบเฟลาให้พิจารณาเฟลาในรูปที่ ให้เฟลาเป็นแบบกลมและกลวง โดยมี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d_i และ d_o ตามลำดับความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น บนเฟลามีดังต่อไปนี้ คือ



รูปที่ 2.5 เฟลาอยู่ภายใต้แรง และโมเมนต์ [2]

โดยการคำนวณและเลือกขนาดเฟลา [2] สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$1) \text{ ความเค้นดึงหรือกด} \quad \sigma_a = \frac{4F}{\pi(d_o^2 - d_i^2)} \quad (2.3)$$

$$2) \text{ ความเค้นดัด} \quad \sigma_b = \frac{Mc}{I} \quad (2.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ

$$\sigma_b = \frac{32Md}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.5)$$

3) ความเค้นเฉือน

$$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} \quad (2.6)$$

หรือ

$$\tau_{xy} = \frac{16Td}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.7)$$

ในกรณีที่เป็นแรงกดอาจมีผลจากการโก่งงอ (Buckling) ได้ ดังสมการที่ (2.7) จะกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4\alpha F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \quad (2.8)$$

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร ทั้งนี้เพราะหมุนอยู่ตลอดเวลานอกจากนี้ แรงที่กระทำ อาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาได้ ดังนั้นเพลาก็จะเกิดความเสียหายเนื่องมาจาก ความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการ คำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิติศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัว ประกอบความล้า (Fatigue Factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด ดังนั้นสมการที่

จากสมการ (2.9) และสมการที่ (2.11) จึงกลายเป็น

$$\sigma_b = \frac{32C_m Md}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.9)$$

และ

$$\tau_{xy} = \frac{16C_t Td}{\pi(d^4 - d_i^4)} \quad (2.10)$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวมคือ

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_b \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau = [\tau_{xy}^2 + \left(\frac{\sigma}{2}\right)^2]^{1/2} \quad (2.12)$$

แทนค่าสมการ (2.12), (2.13), (2.14) และสมการที่ (2.15) ลงในสมการข้างบนนี้แล้วจัดรูปใหม่จะได้ว่า

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-k^4)} \{(c_t T)^2 + [\alpha F d(1+k^2) + c_m M]^2\}^{1/2} \quad (2.13)$$

โดยที่

$$k = \frac{d_i}{d} \quad (2.14)$$

ในกรณีที่ไม่มีแรง F กระทำอยู่ด้วย สมการที่ (2.17) จะลดรูปเหลือเพียง

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-k^4)} \{(c_t T)^2 + [c_m M]^2\}^{1/2} \quad (2.15)$$

หรือในกรณีของเพลาดัน

$$k = \frac{d_i}{d} = 0$$

เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ (2.19) ก็จะได้สมการที่สมการคล้ายกันในหนังสือกลศาสตร์วัสดุ ทั่วไป คือ

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau} \{(c_t T)^2 + [c_m M]^2\}^{1/2} \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่า C_t และ C_m คือค่าตัวประกอบความล้าตามที่แสดงในตารางที่ 2.1

ลักษณะเพลลา	ชนิดของแรง	C_m	C_1
เพลลาอยู่นิ่ง	แรงสม่ำเสมอเพิ่มขึ้นช้า	1.0	1.0
	แรงกระตุก	1.5-2.0	1.0-1.5
เพลลาหมุน	แรงสม่ำเสมอเพิ่มขึ้น	1.5	1.0
	แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
	แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

ตารางที่ 2.1 ค่าตัวประกอบความล้า [2]

สำหรับตัวประกอบของการโก่งงอ ASME ได้แนะนำให้ใช้ค่าดังนี้

$$\alpha = 1 \text{ เมื่อ } F \text{ เป็นแรงดึง}$$

$$\alpha = \frac{1}{1 - 0.0044\left(\frac{L}{K}\right)} \text{ เมื่อ } \frac{L}{K} \leq 115 \quad (2.17)$$

$$\alpha = \frac{\sigma_y(L/k)^2}{\pi^2 n E} \text{ เมื่อ } \frac{L}{k} \leq 115 \quad (2.18)$$

โดยที่

$n = 1.00$ เมื่อปลายเป็นแบบ *ss*

$n = 2.25$ เมื่อปลายเป็นแบบ *cc*

$n = 1.60$ เมื่อปลายเพลลาถูกขังเป็นบางส่วน (Partially Restrained)

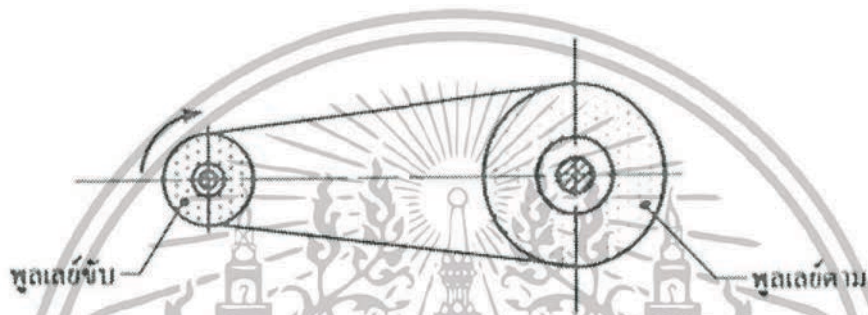
L = ความยาวจริงของเพลลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าสมการที่ (2.21) เป็นสมการของสูตรเส้นตรง (Straight Formula) และสมการที่ (2.22) เป็นสมการของออยเลอร์ ซึ่งแก้ไขค่าคงที่ใหม่

2.6 สายพานส่งกำลัง

การส่งกำลังจะประกอบด้วยสายพานที่ยึดหมุนตัวได้ ติดตั้งพูลเลย์ (Pulley) ตั้งแต่สองอันขึ้นไป ซึ่งเป็นการส่งกำลังระหว่างเพลลาที่ขนานกัน แรงในแนวสัมผัสจะถูกส่งถ่ายจากพูลเลย์ขับไปยังพูลเลย์ต่างๆ โดยอาศัยความเสียดทานระหว่างสายพานและพูลเลย์ [3]



รูปที่ 2. 6 การขับด้วยสายพาน [3]

ในการส่งกำลังด้วยสายพาน สามารถติดตั้งสายพานขับได้หลายแบบ ได้แก่ สายพานแบบเปิด (Open Belt) สำหรับขับเพลลาที่ขนานกันให้หมุนไปในทิศทางเดียวกัน สายพานแบบไขว้ (Crossed Belt) สำหรับขับเพลลาที่ขนานกันให้หมุนไปในทิศทางตรงกันข้าม สายพานแบบกึ่งไขว้ (Half Crossed Belt) สำหรับขับเพลลาที่ตรงข้ามกัน สายพานแบบทำมุมกัน (Angular Belt) สำหรับขับเพลลาที่ตัดกัน

2.6.1 ข้อดีของสายพานส่งกำลัง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เฟืองโซ่ส่งกำลัง ซึ่งทำให้มีการใช้ สายพานส่งกำลังอย่างกว้างขวาง ได้แก่ การทำงานค่อนข้างเงียบกว่า (ยกเว้นเสียงกระแทกจาก รอยต่อของสายพานแบน) สามารถดูดซับแรงกระแทก และการสั่นสะเทือนได้ดีกว่า การติดตั้งง่ายกว่า ไม่ต้องการเรือนเฟืองและการหล่อลื่น ราคาถูกกว่ามากโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเพลลาห่างกันมาก และ การติดตั้งพูลเลย์ทำได้ง่าย

2.6.2 ข้อเสียของสายพานส่งกำลัง ใช้เนื้อที่มากกว่าเกิดการลื่น (Slip) 1 ถึง 2% การลื่นจะแปรเปลี่ยนตามแรงในแนวสัมผัสแรงดึงเบื้องต้น ส่วนยึดถาวรและสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ส่วนยึด ถาวรในสายพานเพิ่มขึ้นแบบก้าวหน้าตามเวลาและโหลดจะทำให้เกิดการลื่น และสายพานหลุดออก จากพูลเลย์ จึงต้องมีอุปกรณ์ช่วยปรับความตึงคุณสมบัติทั่วไปของสายพานคือ ต้องทนแรงดึงได้สูงพ้นตัวจากการเปลี่ยนรูปได้ดี สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูง ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูง สามารถปิดตัวได้ดี (เกิดความเค้นต่ำ) และ น้ำหนักจำเพาะต่ำ (แรงหนีศูนย์กลางน้อย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 พูลเลย์

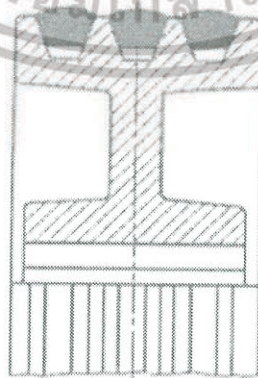
พูลเลย์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการส่งกำลังด้วยสายพาน ลักษณะรูปร่างของพูลเลย์ที่ใช้จะขึ้นกับลักษณะของสายพานชนิดนั้นๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.7.1 พูลเลย์สายพานแบน เป็นพูลเลย์ที่ใช้คู่กับสายพานแบนทำจากเหล็กหล่อ เหล็กกล้า โลหะ เบา พลาสติก หรือไม้ บนผิวล้อที่สัมผัสกับสายพานจะต้องลื่นมีเช่นนั้นจะทำให้สายพานเกิดการสึกหรือเร็ว



รูปที่ 2. 7 ลักษณะโครงสร้างของพูลเลย์สายพานแบนรูปทรงกระบอก [5]

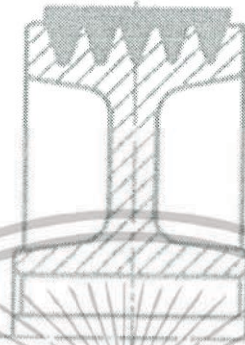
2.7.2 พูลเลย์สายพานลิ่ม พูลเลย์จะมีการผลิตให้สายพานที่สวมประกอบแล้วไม่เสียดพื้นจากขอบร่องล้อและจะต้องไม่จมอยู่ในร่องล้อไม่เช่นนั้น สายพานจะสูญเสียแรงขับ



รูปที่ 2. 8 ลักษณะโครงสร้างของพูลเลย์สายพานลิ่มรูปทรงกระบอก [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2. 8 ลักษณะพูลเลย์สายพานลิมแบบรวม [5]



รูปที่ 2. 9 ลักษณะพูลเลย์สายพานลิมแบบแหลม [5]

2.8 Inverter

บางครั้งจะเรียกว่า "V/F Control" โดยอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ยังมีชื่อเรียกอีกหลายอย่างเช่น Variable Speed Drives, Variable Voltage, Variable Frequency, Vector Control

2.8.1 หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์จะแปลงไฟกระแสสลับ (AC) จากแหล่งจ่ายไฟทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ให้เป็นไฟกระแสตรง (DC) โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) จากนั้นไฟกระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟกระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่น และผ่านพลังงานของอินเวอร์เตอร์ โดยทั่วไปแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับมีรูปคลื่นไซน์ แต่เอาต์พุตของ Inverter จะมีรูปคลื่นแตกต่างจากรูปไซน์ นอกจากนั้นยังมีชุดวงจรควบคุม (Control Circuit) ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์และวงอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของ 3-phase Induction motor

2.8.2 การนำอินเวอร์เตอร์มาใช้งาน อินเวอร์เตอร์ถูกนำมาใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ, ตู้เย็น, โทรทัศน์ และระบบเซอร์โวควบคุมมอเตอร์ (Servo Motor) เนื่องจากความต้องการลดการสูญเสียกำลังงานที่สูง โดยเฉพาะขณะเริ่มต้นทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2.1 ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง ที่เรียกว่า Stand by power supply หรือ Uninterruptible Power Supplies (UPS) เพื่อใช้ทดแทนในกรณีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดความขัดข้อง

2.8.2.2 ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้หลักการควบคุมความถี่ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อต้องการให้แรงบิด (Torque) คงที่ทุกๆ ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไป

2.8.2.3 ใช้แปลงไฟฟ้าจากระบบส่งกำลังไฟฟ้าแรงสูงชนิดไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

2.8.2.4 ใช้ในระบบเตาถลุงเหล็กที่ใช้หลักการเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อน (Induction heating)

2.9 โซ่ส่งกำลัง (Chain Drives)

โซ่สามารถส่งกำลังให้ได้โมเมนต์บิดสูงมาก โดยเป็นชุดส่งกำลังมีขนาดเล็กได้ เป็นลักษณะการส่งกำลังที่เพลลาจะรับภาระน้อยมาก ไม่มีการให้ลื่นไถลในขณะส่งกำลัง ในขณะส่งกำลังข้อต่อโซ่จะรับภาระความเสียดทานลื่น (Sliding Friction) จึงต้องมีการหล่อลื่นที่เพียงพอ โซ่ส่งกำลังจะมีใช้งานในที่รับภาระตึงมาก ๆ ในที่รับ อุณหภูมิสูง , โรงงานเคมี, ใอน้ำมัน, ความชื้น เป็นที่ซึ่งสายพานไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ชนิดของโซ่ ตามประเภทการใช้งานของโซ่ จะนำโซ่มาใช้ส่งกำลัง , ล้อเลียง, โซ่ขับ, โซ่ยกและส่งน้ำหนักลงข้างล่าง ส่งถ่ายแรงและโมเมนต์บิด



รูปที่ 2. 10 โซ่ส่งกำลัง [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

จากการศึกษาทฤษฎี และแนวคิด ทำให้ทางคณะผู้จัดทำได้แนวทางและวิธีการดำเนินการ โดยทางคณะผู้จัดทำ ได้จัดรายละเอียดออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ในการวางแผนและดำเนินการดังนี้

3.1 การวางแผนและเตรียมการ

3.2 การออกแบบและคำนวณ

3.3 การดำเนินการสร้าง

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.5 ออกแบบการทดลอง

3.6 ค่าที่เก็บจากการทดลอง

3.1 การวางแผนและเตรียมการ

โครงการการออกแบบและสร้างเครื่องหันและรีดน้ำผักตบชวา เป็นโครงการที่จะนำไปใช้ในการกำจัดผักตบชวา ตามแหล่งน้ำลำคลองหรือพัฒนาต่อยอดในการลดน้ำหนักรวมและปริมาตรของผักตบชวาในเรือกำจัดผักตบชวาขนาดเล็ก จึงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลของโครงการอย่างรอบคอบเพื่อให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในการใช้งาน โดยทางคณะผู้จัดทำได้ออกแบบแนวทางและขั้นตอนในการดำเนินงานไว้ดังนี้

3.1.1 กำหนดหัวข้อ

3.1.2 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่องหันและรีดน้ำผักตบชวา

3.1.3 ศึกษารูปแบบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องใช้ในการสร้าง

3.1.5 คำนวณตามวิธีการของการออกแบบเครื่องจักรกลเพื่อใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนต่างๆของเครื่อง

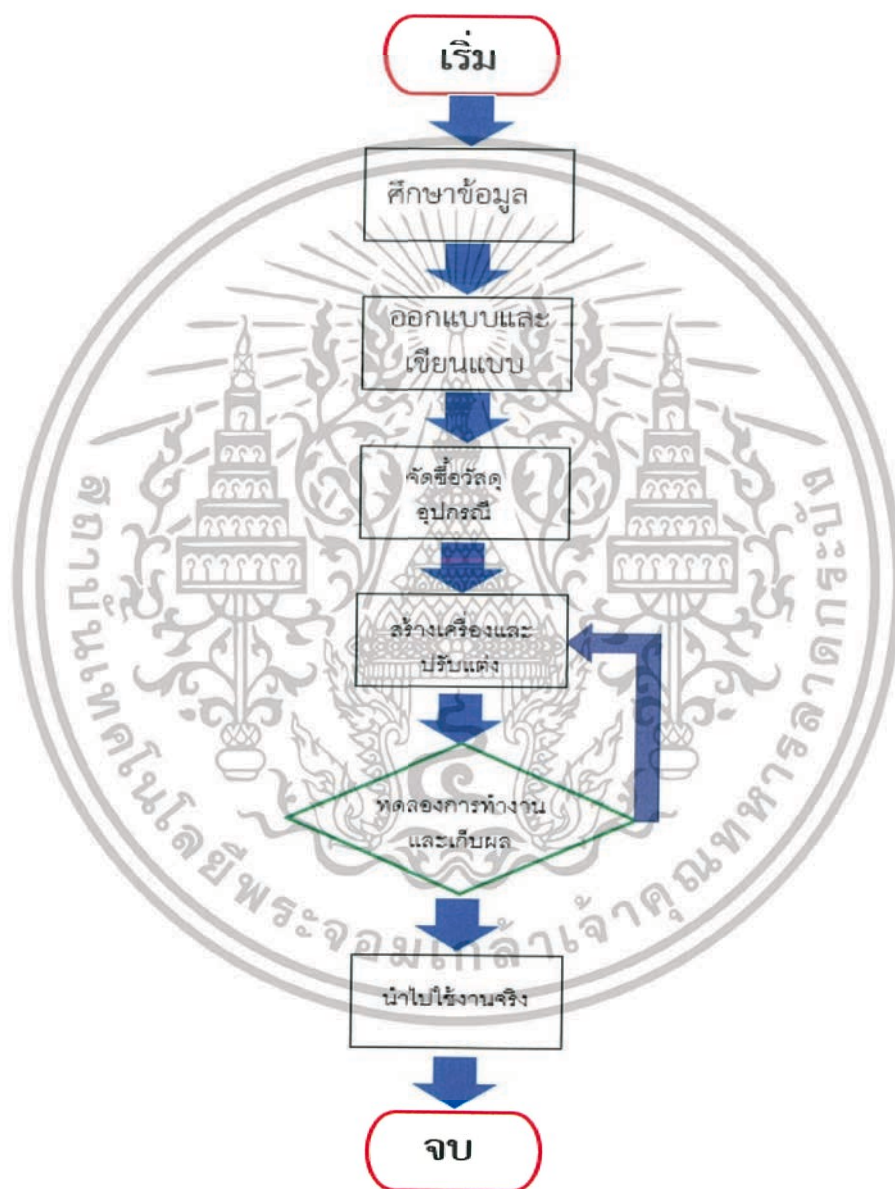
3.1.6 ออกแบบเครื่องและเขียนแบบลงในโปรแกรมเขียนแบบ AutoCAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 รวบรวมรายการวัสดุเพื่อเตรียมจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ตามรายการ

3.1.8 ดำเนินการสร้างเครื่องต้นและรีดน้ำผักตบชวา

3.1.9 ทำการทดลองและเก็บรวบรวมผลการทดลอง พร้อมทั้งประเมินผลตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา โดยขั้นตอนการดำเนินการสร้างได้แสดงไว้ตามรูปที่ 3.1

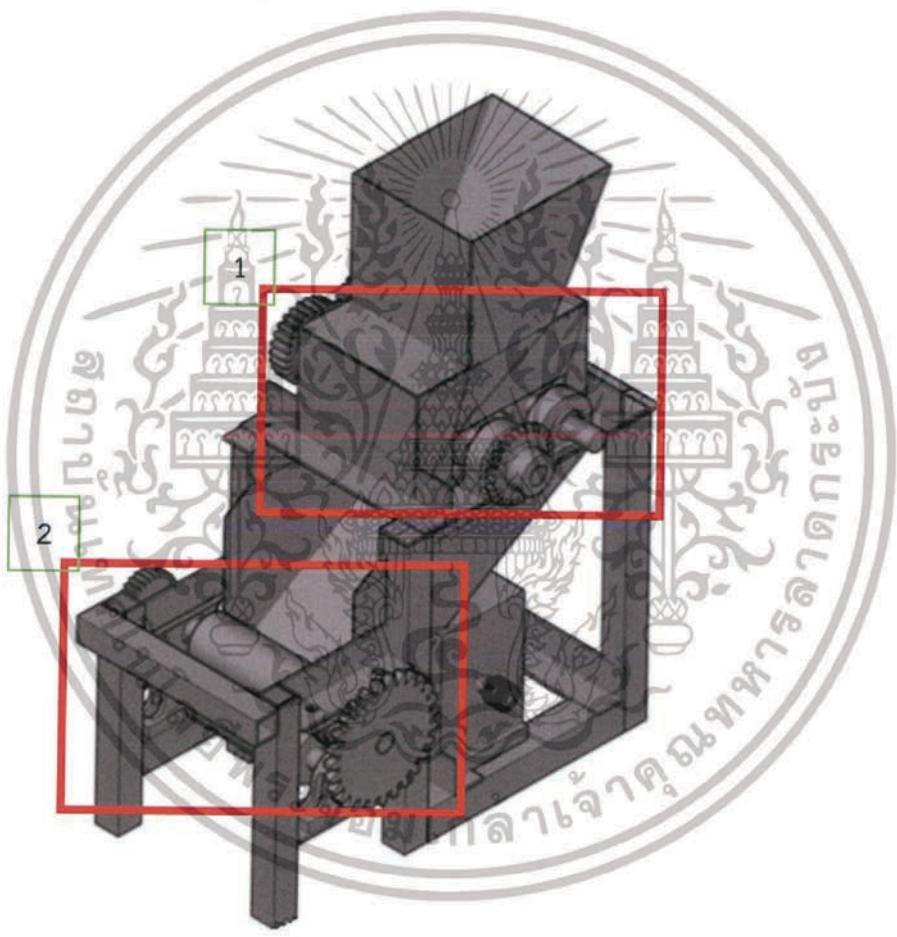


รูปที่ 3. 1 ขั้นตอนการดำเนินงานการจัดทำโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

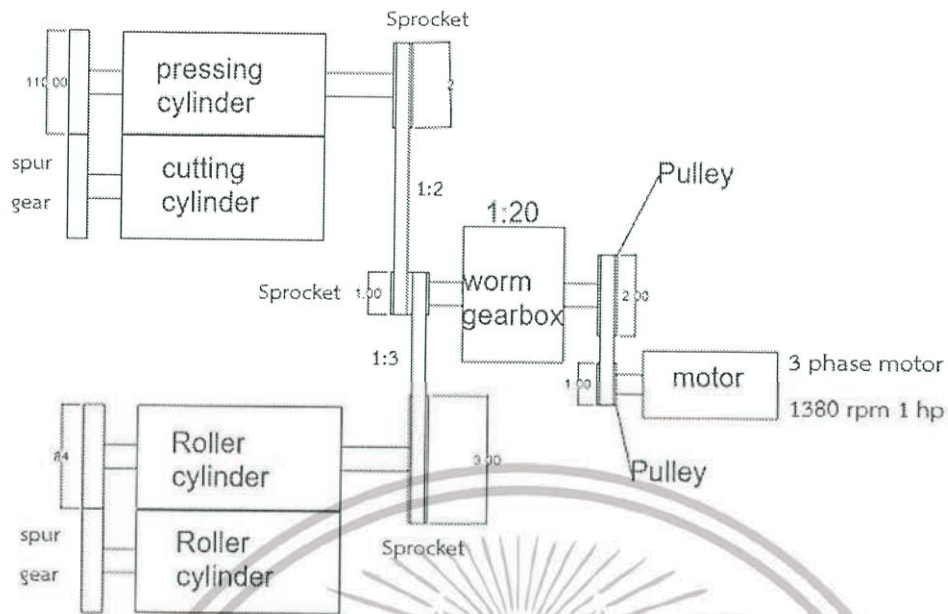
3.2 การออกแบบและคำนวณ

3.2.1 ขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้นของเครื่องหั่นผักตบชวา มีจุดประสงค์ในการใช้งานเพื่อลดปริมาณผักตบชวาที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นคณะผู้จัดทำได้จัดเนื้อหา วัสดุมาตรฐาน รวมทั้งการคำนวณหาขนาดเกี่ยวกับอุปกรณ์และวัสดุ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำคัญในการดำเนินการสร้าง โดยลักษณะเครื่องตัดผักตบชวาจะมีลักษณะดังรูปที่ 3. 2 โดยการทำงานของเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาจะแบ่งการทำงานเป็นสองช่วงคือช่วงตัดที่บริเวณหมายเลขหนึ่งและช่วงบีบน้ำที่บริเวณหมายเลขสองโดยทั้งสองจุดจะใช้มอเตอร์เพียงตัวเดียวในการส่งกำลังและลักษณะการทดกำลังของเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาจะแสดงดังรูปที่ 3. 3



รูปที่ 3. 2 ลักษณะเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาที่ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม AutoCAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3. 3 ลักษณะการส่งกำลังของเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวา

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาขนาดของพูลเลย์ Thaiengineering Board (2557:ออนไลน์) ได้ให้ รายละเอียดว่า สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาขนาดของพูลเลย์ สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

จากสูตร

$$d_2 = \frac{n_1}{n_2} d_1 \quad (3.1)$$

n_1 = ความเร็วรอบของพูลเลย์ขับ (รอบต่อนาที)

d_1 = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์พูลเลย์ขับ (นิ้ว)

n_2 = ความเร็วรอบของพูลเลย์ตาม (รอบต่อนาที)

d_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์พูลเลย์ตาม (นิ้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการหาความยาวสายพาน สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$L_p = 2c + [1.57(D + d)] \frac{(D+d)}{4c} \quad (3.2)$$

C = ระยะเวลาระหว่างจุดศูนย์กลางของล้อสายพาน

D = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของพูลเลย์ใหญ่

d = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของพูลเลย์เล็ก

Lp = ความยาวสายพานที่วัดจากเส้นพิตช์

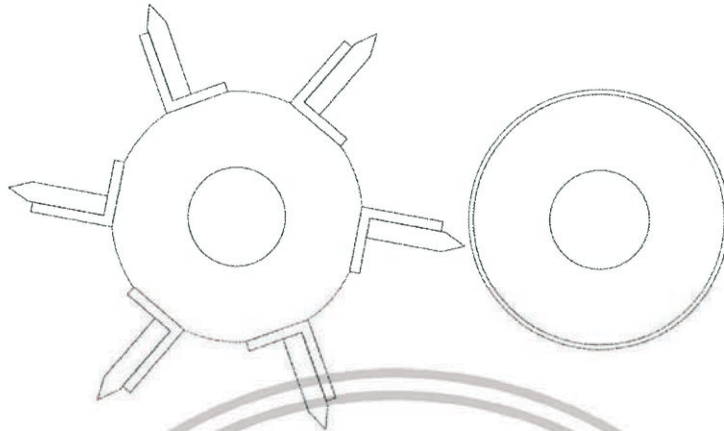
3.2.2 การคำนวณชุดมิตัด



รูปที่ 3. 4 ลักษณะของชุดมิตัด

จากรูปที่ 3. 4 ลักษณะของชุดตัดคือจะมีเพลามัดและเพลาลูกกรีดทำหน้าที่เหมือนเป็นเขียงสำหรับรองตัดผักตบชวาโดยที่เพลามัดนั้นจะมีการติดเฟืองโซ่เพื่อใช้ในการส่งกำลังจากชุดเกียร์หนอนมายังชุดตัดและจะใช้เฟืองตรงในการส่งกำลังจากเพลามัดตัดไปยังเพลาลูกกรีดโดยลักษณะใบมีดตัดได้ใช้ลักษณะจากงานวิจัยของ Shailendra Mohan Mathur[8] มาเป็นต้นแบบในการออกแบบซึ่งมีดตัดในมุมมองจากด้านของภาพฉายแบบมุมมองบุคคลที่หนึ่งจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

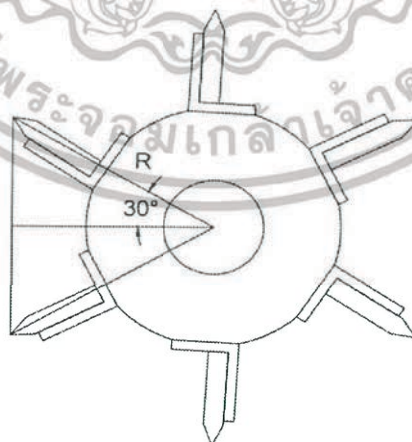


รูปที่ 3.5 แบบของชุดตัด 6 ใบมีดและเชิงรับ

การทำเส้นผ่านศูนย์กลางของมีดตัดจะมีการตั้งสมมติฐานและทำการออกแบบดังนี้ สมมติฐาน ชั้นของผักตบชวาที่ได้จากการตัดควรมีความยาวเท่ากับระยะห่างของใบมีดตัด ทางผู้จัดทำต้องการให้การสร้างชุดมีดตัดที่สามารถหาซื้อวัตถุดิบในท้องตลาดได้ง่ายมาสร้างได้จึงได้ทำการหาวัตถุดิบที่เหมาะสมและมีขนาดของชุดตัดและขนาดชั้นของผักตบชวาที่ไม่ใหญ่เกินไปได้ประมาณ 70 มม. ต่อขึ้นและจะได้ขนาดของชุดมีดตัดตามการคำนวณต่อไปนี้

เมื่อทำการเลือกจำนวนใบมีดเป็น 6 ใบมีดจะได้มุมระหว่างใบมีดมีค่าเป็น และจะได้ลักษณะชุดมีดตัดดังรูปที่ 3.6

$$\frac{360^\circ}{6} = 60^\circ$$



รูปที่ 3.6 แบบของใบมีดตัดและการวางมุมมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.6 จะได้ว่าค่ารัศมีของชุดมีดตัดจะมีค่าประมาณ

$$R = \frac{35}{\sin 30^\circ} = 70 \text{ mm}$$

ซึ่งทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางมีค่าประมาณ 140 มิลลิเมตร หรือประมาณ 5.5 นิ้ว ทางผู้จัดทำจึงเลือกท่อเหล็กหนา 5 มม. ขนาด 3.5 นิ้วมาทำแกนใบมีดตัดและเลือกใบมีดมีความยาว 1 นิ้ว

3.2.3 การหาความเร็วในการตัด

จากขอบเขตงานวิจัยบอกว่าต้องการตัดผักตบชวาให้มีอัตราการตัดเป็น 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง

สมการการหาอัตราการตัดผักตบชวา โดยใช้การอนุมานว่าในการหมุนครบหนึ่งรอบจะมีผักตบชวาที่ถูกตัดติดมาในร่องมีดตามปริมาตรของร่องระหว่างมีดจากนั้นหำปริมาตรที่ได้แปรเป็นน้ำหนักโดยการคูณกับความหนาแน่นของผักตบชวาซึ่งมีค่าเท่ากับ 96 กก./ลบ.ม. [8] จากนั้นนำน้ำหนักที่ได้มาคูณกับจำนวนร่องมีดที่มีในชุดมีดตัดแล้วนำไปคูณกับความเร็วรอบในการหมุนของชุดมีดตัดซึ่งจะได้เป็นสมการดังต่อไปนี้

$$\text{อัตราการตัด} = V(m^3) \times \rho \left(\frac{\text{kg}}{m^3} \right) \times N \times n \left(\frac{\text{cycle}}{\text{sec}} \right) \quad (3.3)$$

V = ปริมาตรในร่องมีด

ρ = bulk density ของผักตบชวา = 96 kg/m³ [8]

N = จำนวนร่องมีดตัด

n = ความเร็วรอบ

$$\frac{100}{3600} = 0.5^{**} \times 1.083 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-2} \times 96 \times 6 \times n$$

$$n = 0.445 \text{ rps} \approx 26.7 \text{ rpm}$$

**สมมติให้ในการตัดแต่ละครั้งมีปริมาตรของผักตบชวาในช่องมีดเพียง 50%

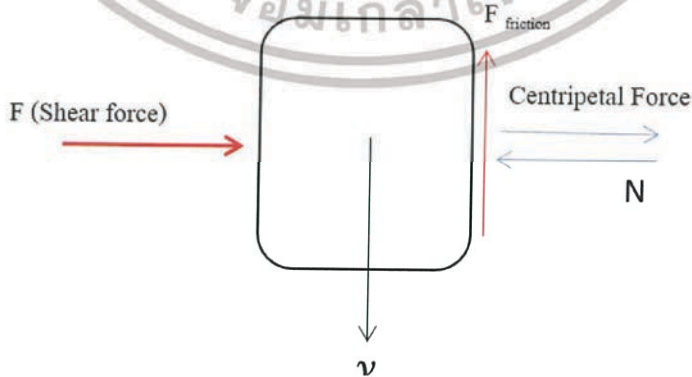
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การหาทอร์กในการตัด

การตัดของเครื่องตัดและบีนน้ำผักตบชวาจะทำการตัดผักตบชวาโดยการป้อนผักตบชวาเข้าไปในชุดตัดจากนั้นตัวบีนที่ทำหน้าที่เหมือนเป็นเขียงจะทำการดึงผักตบชวาเข้าไปเองโดยสมมติให้ผักตบชวาเคลื่อนที่แนบไปพร้อมกับเพลาดัวบีนซึ่งมีการเคลื่อนที่เป็นวงกลม ในส่วนของการตัดนั้นจะเกิดขึ้นที่จุดที่เพลามีดและเพลารับสัมผัสกัน โดยลักษณะของคือจะมีแรงกดจะเพลามีดที่ทำหน้าที่เป็นแรงเฉือนเนื้อผักตบชวาดังรูปที่ 3. 7 และแรงต่างๆที่เกิดขึ้นกับชิ้นผักตบชวาจะแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3. 7 ลักษณะของผักตบชวาขณะถูกตัด



รูปที่ 3. 8 ภาพจำลองแรงที่กระทำกับผักตบชวาในการตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3. 8 แสดงถึงแผนภาพวัตถุอิสระของแรงที่มากระทำกับผักตบชวาในขณะที่กำลังถูกตัดโดยจะมีแรงเฉือนจากใบมีดมากระทำที่ผักตบชวาเมื่อมีแรงมากระทำย่อมมีแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นตามกฎข้อที่สามของนิวตัน เมื่อถูกตัดและถูกดันให้ขยับไปพร้อมกับใบมีด ผักตบชวาจะมีการสร้างแรงเสียดทานการเคลื่อนที่โดยแรงเสียดทานนี้จะเกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสระหว่างลูกรีดของชุดตัดและผักตบชวา แรงเสียดทานนี้จะถูกนำไปคำนวณเพื่อนำมาหาค่าทอร์กที่จำเป็นต้องใช้ในการขับเคลื่อนชุดมีดตัดของเครื่องตัดและรีดน้ำผักตบชวาต่อไป

จากสมการ 2.1 และ 2.2 สามารถนำมาใช้คำนวณได้ดังนี้

$$T = \mu N \times R$$

$$N = (S_{us} \times A) + \frac{mv^2}{R}$$

โดยค่า

T คือค่าทอร์กที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนชุดมีดตัด

S_{us} คือ ค่า ultimate shear strength ของผักตบชวามีค่า 296 kPa [9]

A คือ พื้นที่หน้าตัดของผักตบชวา โดยสมมติให้มีผักตบชวาอยู่ 50% ของพื้นที่

R คือ รัศมีของมีดตัด

μ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเฉลี่ยของผักตบชวาเทียบกับพื้นผิวเปียกต่างๆมีค่า 0.76 [10]

ส่วน แรงสู่ศูนย์กลาง ($\frac{mv^2}{R}$) นั้นจะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับแรงที่ใช้ในการตัดจึงไม่นำมาคิด

$$N = 0.5(0.02 \times 0.2) \times 296 \times 10^3 = 592 \text{ N}$$

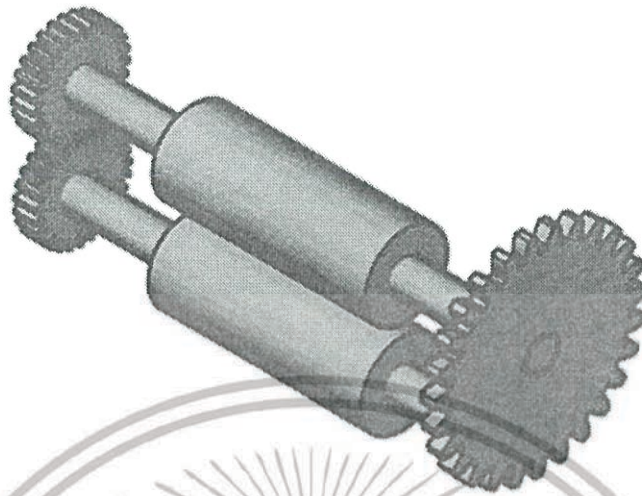
$$T = 0.76 \times 592 \times 70 \times 10^{-3} = 31.49 \text{ N-m}$$

(สำหรับ 1 เฟลา)

กำลังที่ใช้ในการตัดสำหรับ 1 เฟลา คือ $31.49 \times 2\pi(0.445) = 88.06 \text{ Watt}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

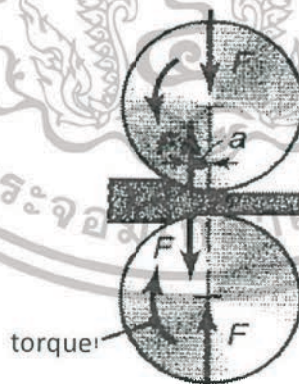
3.2.5 การคำนวณชุดรีด



รูปที่ 3. 9 ลักษณะของชุดบีบน้ำ

จากรูปที่ 3. 9 จะเป็นภาพที่แสดงลักษณะของชุดบีบน้ำฝักตบขวาโดยจะใช้ท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 38.1 มม. ซึ่งจะมีขนาดเท่ากับเพลารับที่ทำหน้าที่เป็นเขียงของชุดมีดตัด โดยที่เพลาด้านบนจะมีการติดเฟืองโซ่ซึ่งมีไว้สำหรับส่งกำลังจากชุดเฟืองหนอนมายังชุดบีบน้ำฝักตบขวา โดยชุดบีบน้ำฝักตบขานี้จะทำการตั้งให้ลูกรีดสำหรับบีบน้ำมีระยะห่างกันประมาณ 3 มม.

การหาทอร์กในการขับเคลื่อนน้ำฝักตบขวา



รูปที่ 3. 10 รูปจำลองรายละเอียดของแรงที่กระทำในกระบวนการรีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.10 จะแสดงลักษณะของแรงกดที่ชุดลูกรีดกระทำกับผักตบชวาที่กำลังผ่านชุดรีดออกไปโดยจะมีการคำนวณหาแรงที่ต้องใช้ในการรีดเพื่อนำไปหาค่าทอร์กโดยใช้สมการที่ 2.1 ไปดังนี้

$$F = \bar{Y}_f \times w \times L$$

F คือ แรงกดที่จากชุดรีดกระทำต่อผักตบชวา

\bar{Y} คือ ความเค้นที่เกิดขึ้นจากการถูกกดโดยชุดรีด

w คือ ความกว้างของชิ้นงาน

L คือ ความยาวของชิ้นงานที่กำลังรีดโดยประมาณเป็นเส้นตรง

ความเค้นที่เกิดขึ้นจากการถูกกดโดยชุดรีดนั้นจะเป็นความเค้นอัดซึ่งจากงานวิจัยจะพบว่าความเค้นอัดของผักตบชวานั้นจะมีค่าอยู่ที่ 193 kPa [9]

ในส่วนของความยาวของผักตบชวาในบริเวณที่กำลังถูกบีบนั้นคือในจุดผักตบชวากำลังเข้าไปในชุดบีบจนถึงจุดที่ระยะห่างระหว่างลูกรีดทั้งสองตัวมีค่าเท่ากับ 3 มม. รูป



รูปที่ 3.11 รูปแสดงช่องว่างจากสมมติฐานที่ใช้ในการออกแบบชุดรีด

จากรูปที่ 3.11 จะได้ว่าความยาวของผักตบชวาในบริเวณที่กำลังถูกบีบจะมีค่าเท่ากับ $R \sin(b)$ และ $R - R \cos(b) = 0.00125 \text{ m}$

จากนั้นทำการหาค่ามุม b โดยจะได้ค่าของมุม $b = 14.72$ องศา หรือประมาณ 15 องศา

สรุปได้ว่าความยาวชิ้นงานที่กำลังรีด (L) = $R \sin(14) = 0.0099 \text{ m} \approx 0.01 \text{ m}$.

ดังนั้นจะได้ว่าแรงที่กระทำต่อชุดรีดคือ

$$\begin{aligned}
 F &= P \times w \times L \\
 &= 193 \text{ kPa} \times 0.2 \text{ m.} \times 0.01 \text{ m.} \\
 &= 386 \text{ N.}
 \end{aligned}$$

การหาทอร์กที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนปั๊มน้ำผักตบชวา นั้นจะใช้วิธีคล้ายกับการหาทอร์กที่ใช้สำหรับขับเคลื่อนผักตบชวา คือเกิดจากแรงเสียดทานระหว่างผักตบชวาและเพลาชุดรีดคูณกับรัศมีของเพลาชุดรีดตามสมการที่ 2.2

$$T = f \times R$$

T คือ ทอร์กที่ต้านการหมุนของชุดรีด

f คือ แรงเสียดทานระหว่างชุดรีดกับผักตบชวา มีค่าเท่ากับ $\mu \times F$

R คือ รัศมีของตัวรีด

$$\begin{aligned}
 &= 0.76 \times 386 \text{ N.} \times 0.0381 \text{ m.} \\
 &= 11.18 \text{ N-m}
 \end{aligned}$$

การหากล้างที่ใช้ในการรีดนั้นจะใช้ตามสมการที่ 2.6 โดยค่าความเร็วรอบในการหมุนนั้นจะอ้างอิงจากชุดเพลาดัด ที่หมุนด้วยความเร็ว 26.7 rpm เมื่อทำการทดสอบกลับไปหาความเร็วรอบมอเตอร์แล้วทดสอบกลับมาความเร็วรอบของชุดปั๊มน้ำ จะได้ว่า $\omega = 17.8 \text{ rpm}$ ดังนั้นกำลังที่ชุดปั๊มน้ำต้องการคือ

$$2 \times 11.18 \text{ N-m} \times 1.86 \text{ rad/s} = 41.68 \text{ watt}$$

รวมกำลังที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องตัดและปั๊มน้ำผักตบชวาคือ

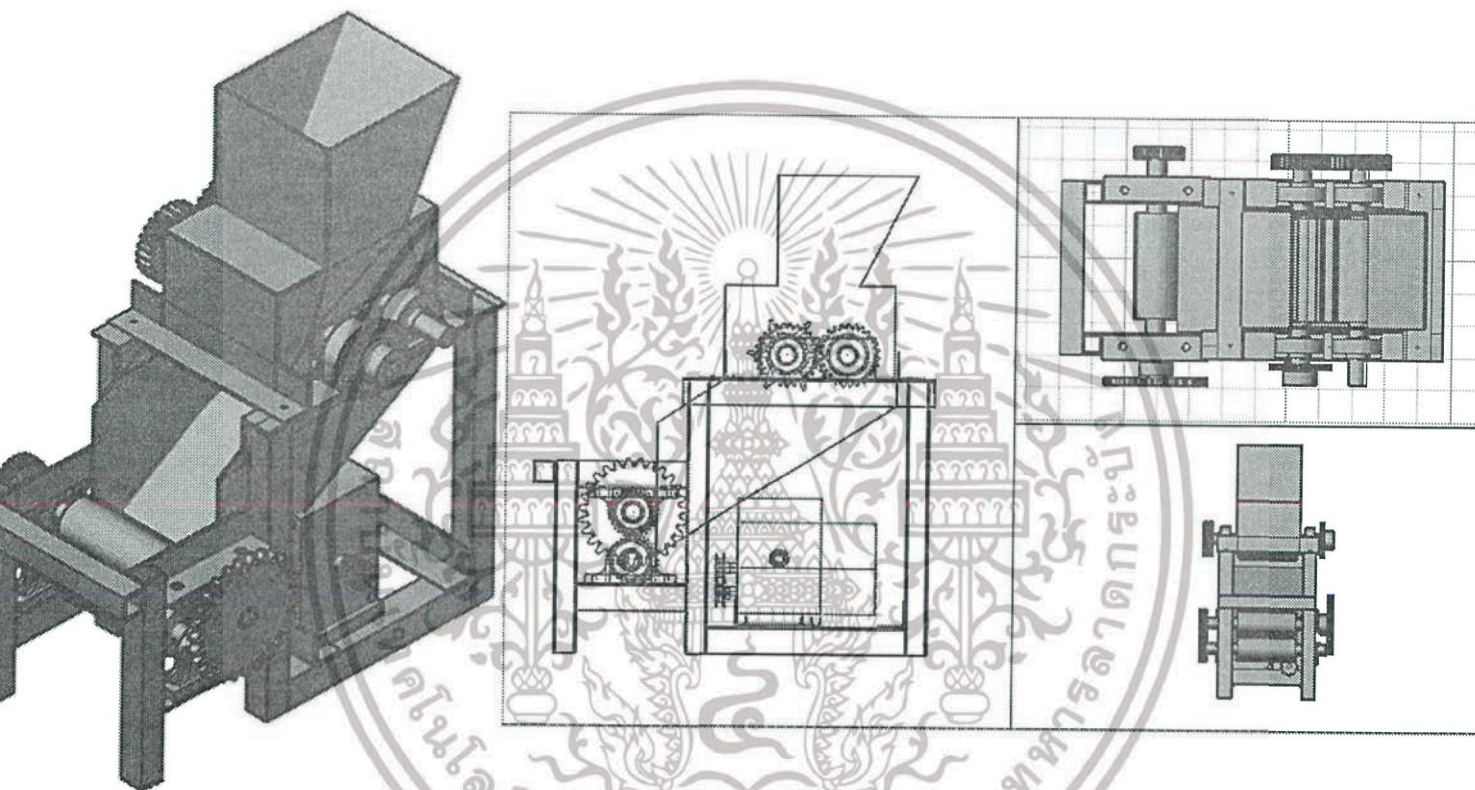
$$(2 \times 88.06) + 41.68 = 217.8 \text{ Watt}$$

ทำการเผื่อกำลังในการใช้งานไว้ 2 เท่า จะได้ขนาดกำลังของมอเตอร์เป็น 435.6 Watt แต่จะเลือกมอเตอร์ขนาด 746 Watt เนื่องจากเป็นมอเตอร์ที่มีอยู่แล้วเพื่อความประหยัดงบในการทำโครงการ และมีกำลังพอในการใช้ขับเคลื่อนเครื่องตัดและปั๊มน้ำผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6 เขียนแบบเบื้องต้นของเครื่องที่จะสร้างด้วย AutoCAD

ลักษณะของเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาเมื่อทำการประกอบเสร็จและภาพในมุมมองต่างๆของเครื่องจะแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แบบของเครื่องที่จะสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การดำเนินการสร้าง

การดำเนินการสร้างเครื่องหันและรีดน้ำผักตบชวา มีการเลือกวัสดุอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการใช้งานมี ขั้นตอนการดำเนินการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์และสร้างเครื่องหันผักตบชวา ดังต่อไปนี้

3.3.1 สั่งซื้อวัสดุและอุปกรณ์

3.3.2 ตัดเหล็กตามขนาดที่ออกแบบไว้



รูปที่ 3. 13 ตัดเหล็กเพื่อนำมาเชื่อมประกอบโครง

3.3.3 เจาะรูเหล็กฉากเพื่อยึดกับลูกปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 เจาะรูไข่มืดและเชื่อมประกอบโครง



รูปที่ 3. 14 เชื่อมประกอบโครงเครื่องและฐานมืด

3.3.5 ทำการกลึงเฟลาตามขนาด และเจาะรูกลึงเพื่อประกอบกับลูกปืน

3.3.6 ตัดเหล็กหัวแดงและนำมาลับคมทำไข่มืด



รูปที่ 3. 15 เจียรและตะไบลับคมมืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 ทำการประกอบเพลลาเข้ากับชุดตัดและชุดรีด

3.3.8 ทำการประกอบมีดเข้ากับฐานมีด

3.3.9 ประกอบเฟืองเข้ากับเพลลา และพูลเลย์ มอเตอร์ สายพาน เข้ากับเครื่อง

3.3.10 ทำ hopper ทางเข้าของฝักตบขวาตามแบบ และประกอบเข้ากับเครื่อง

3.3.11 ประกอบเครื่องให้สมบูรณ์และตรวจสอบความเรียบร้อย



รูปที่ 3. 16 ภาพเครื่องที่สร้างเสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.1 เตรียมผักตบชวาสด โดยคัดแยกเศษไม้ หิน ดินหรือเศษพลาสติกออกเสียก่อน พร้อมชั่งน้ำหนักก่อนนำเข้าเครื่อง

3.4.2 ตรวจสอบเช็คความพร้อมของเครื่องหั่นผักตบ แล้วเปิดสวิทช์เครื่องหั่นผักตบชวา

3.4.3 นำผักตบชวาใส่ทางด้านทางเข้าด้านบน

3.4.4 นำเศษผักตบชวาที่ผ่านการหั่นและรีดแล้ว ไปชั่งน้ำหนักหลังผ่านกระบวนการ

3.4.5 ทำความสะอาดเครื่องหั่นผักตบชวาหลังจากการใช้งาน

3.5 ออกแบบการทดลอง

หลังจากสร้างเครื่องได้ตามแบบที่ออกแบบไว้ ได้ออกแบบการทดลองโดยแบ่งการทดลองหลักๆ ออกเป็น 3 การทดลอง ดังนี้

3.5.1 ทดลองโดยไม่ติดตั้งใบมีด

3.5.1.1 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ 22.8 Hz.

3.5.1.2 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ 30.4 Hz.

3.5.1.3 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ 38 Hz.

3.5.1.4 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ 45.6 Hz.

3.5.1.5 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ 50 Hz.

3.5.2 ทดลองโดยติดตั้ง 3 ใบมีด

3.5.2.1 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ 22.8 Hz.

3.5.2.2 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ 30.4 Hz.

3.5.2.3 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ 38 Hz.

3.5.2.4 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ 45.6 Hz.

3.5.2.5 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ 50 Hz.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ทดลองโดยติดตั้ง 6 ไบมีด

3.5.3.1 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่บ่อนให้มอเตอร์ 22.8 Hz.

3.5.3.2 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่บ่อนให้มอเตอร์ 30.4 Hz.

3.5.3.3 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่บ่อนให้มอเตอร์ 38 Hz.

3.5.3.4 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่บ่อนให้มอเตอร์ 45.6 Hz.

3.5.3.5 ทดลองที่ความถี่กระแสไฟฟ้าที่บ่อนให้มอเตอร์ 50 Hz.

โดยในแต่ละการทดลองย่อยจะมีการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และใช้น้ำหนักของผักตบชวาในการทดลองแต่ละกรณี อยู่ที่ 2 กิโลกรัม ในแต่ละการทดลองจะมีการเก็บค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไป ค่าประสิทธิภาพการทำงาน(kg/h) และค่าเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ลดลง รวมถึงพลังงานที่ใช้ในแต่ละการทดลอง เพื่อนำผลการทดลองที่ได้มาหาความสัมพันธ์กับจำนวนไบมีดและความเร็วรอบที่ใช้งานในแต่ละค่า

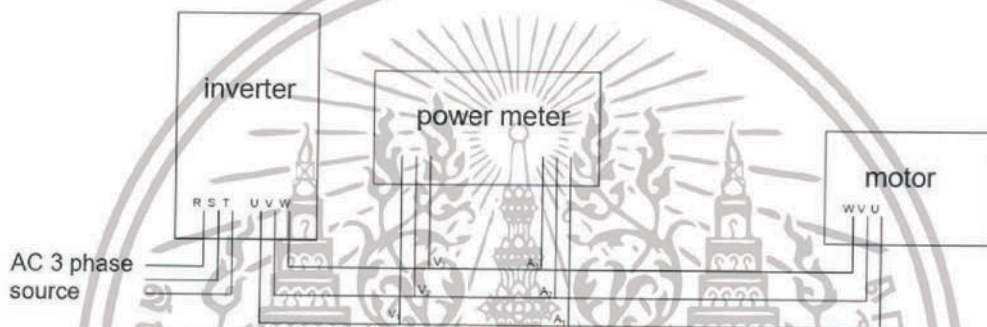


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

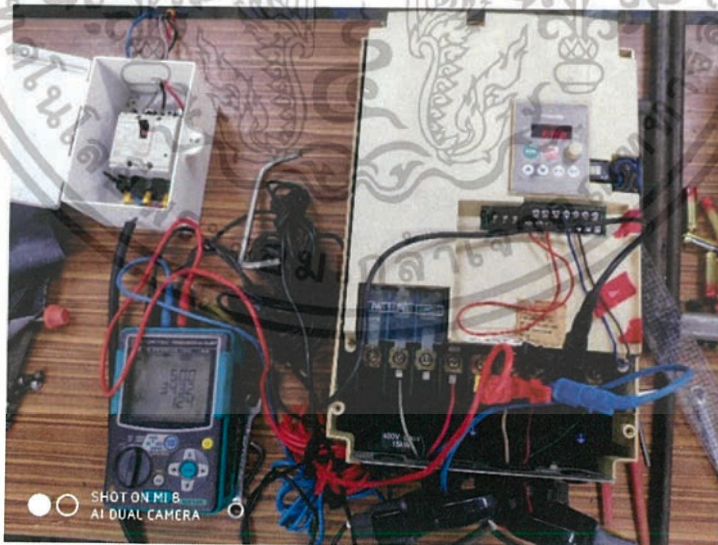
บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองเครื่องหันและรีดน้ำผักตบชวา เพื่อหาอัตราการทำงานสูงสุดของเครื่อง โดยมีแรงขับจากมอเตอร์ 3 เฟส ที่มีความเร็วรอบสูงสุด 1380 รอบต่อนาที ขนาด 1 แรงม้า ต่อเข้ากับ inverter เพื่อปรับค่าความเร็วรอบ และต่อเข้ากับชุดเฟืองหนอน โดยมีการทดลองตามรูปที่ 3.3 จากนั้นทำการใช้ เพาเวอร์มิเตอร์โรการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าโดยจะทำการต่อวงจรวัดค่าดังรูปที่ 4.1 และการต่อวงจรวัดพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าในการทดลองตามรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 แผนภาพการต่อวงจรวัดค่าพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 4.2 การวัดกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เพาเวอร์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

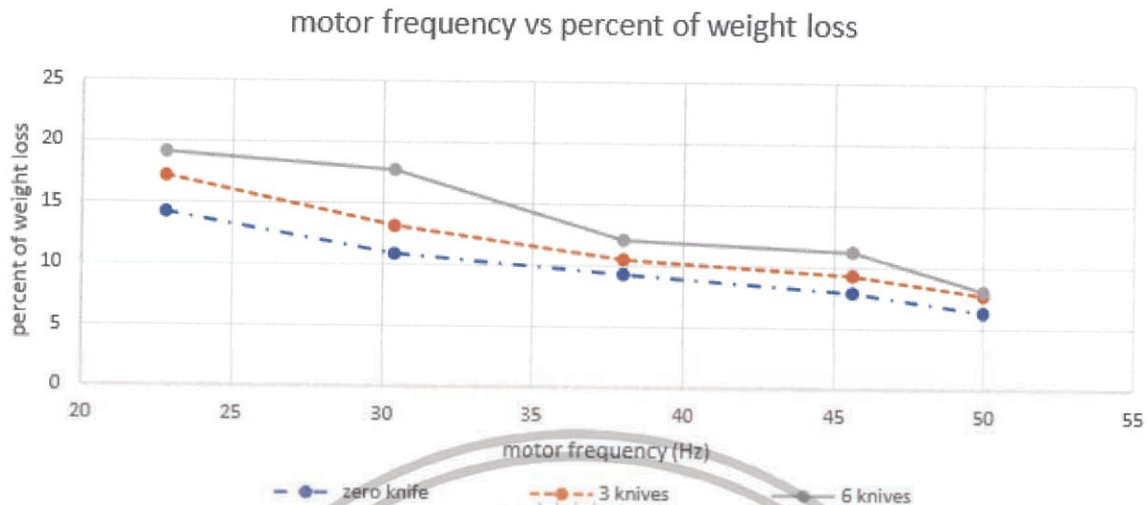
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัที่ลดลงในแต่ละจำนวนใบมีด

จากตารางที่ 4.1 เป็นตารางที่เก็บค่าจากการทดลองเปรียบเทียบระหว่างค่าความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่มอเตอร์กับค่าน้ำหนัที่หายไปของผักตบชวาเมื่อผ่านเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาโดยมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนใบมีดในชุดตัดของเครื่องและได้ผลการทดลองดังนี้

motor frequency (Hz)	Cutting set velocity (rpm)	Rolling set velocity (rpm)	zero knife (% weight loss)	3 knives (% weight loss)	6 knives (% weight loss)
22.8	16	11	14.211	17.193	19.123
30.4	21	14	10.877	13.158	17.719
38	27	18	9.298	10.526	12.105
45.6	32	21	7.895	9.298	11.228
50	33	22	6.316	7.719	8.070

ตารางที่ 4.1 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของมอเตอร์และเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนัที่ลดลงในแต่ละจำนวนใบมีด

เมื่อนำผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่มอเตอร์กับน้ำของผักตบชวาที่หายไปที่จำนวนใบมีดต่างๆมาเขียนกราฟจะได้กราฟที่แสดงตามภาพที่ 4.1 จะสังเกตได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่มอเตอร์จะทำให้ค่าน้ำหนัที่หายไปของผักตบชวามีค่าลดลงเนื่องจากเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาได้มีการใช้มอเตอร์ตัวเดียวในการส่งกำลังไปยังชุดเพลวตัดและชุดเพลวบีบน้ำทำให้เมื่อความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่มอเตอร์มีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้มอเตอร์หมุนเร็วขึ้นและจะทำให้เวลาในการถูกบีบน้ำของผักตบชวาลดลง ส่งผลให้ค่าน้ำหนัที่หายไปมีค่าลดลง ในส่วนของจำนวนใบมีด เมื่อมีการเพิ่มจำนวนใบมีดมากขึ้นจะส่งผลให้ผักตบชวาถูกตัดมากขึ้นซึ่งจะทำให้มีช่องเปิดของท่อลำเลียงน้ำในลำต้นของผักตบชวามากขึ้นจะส่งผลให้สามารถบีบน้ำออกได้ดีกว่าลำต้นที่มีรอยตัดน้อยกว่า



รูปที่ 4. 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของมอเตอร์มอเตอร์และเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ลดลงในแต่ละจำนวนใบมีด

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของมอเตอร์มอเตอร์และความสามารถในการทำงาน (kg/h) ในแต่ละจำนวนใบมีด

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่มอเตอร์เทียบกับความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาที่มีเปลี่ยนแปลงจำนวนใบมีดโดยได้ผลการทดลองดังนี้

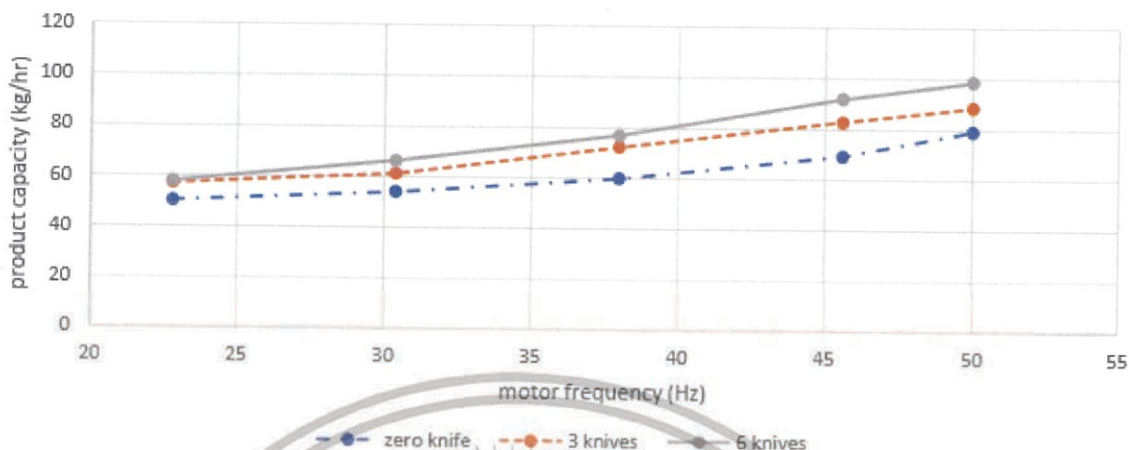
motor frequency (Hz)	Cutting set velocity (rpm)	Rolling set velocity (rpm)	zero knife (kg/h)	3 knives (kg/h)	6 knives (kg/h)
22.8	16	11	50.232	57.143	57.910
30.4	21	14	54.000	61.190	66.258
38	27	18	59.834	72.241	76.868
45.6	32	21	69.231	82.759	91.915
50	33	22	79.121	88.524	98.630

ตารางที่ 4. 2 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของมอเตอร์มอเตอร์และความสามารถในการทำงาน (kg/h) ในแต่ละจำนวนใบมีด

เมื่อนำผลการทดลองจากตารางที่ 4.2 มาทำการเขียนกราฟจะได้กราฟเป็นไปตามรูปที่ 4.4 และจะพบว่าที่ความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ยิ่งสูงขึ้นอัตราการทำงานของเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาก็จะยิ่งมากขึ้นตาม และจำนวนใบมีดที่มากขึ้นก็จะส่งผลให้ความสามารถในการทำงานมากขึ้นเนื่องจากจำนวนมีดที่มากขึ้น โดยความสามารถในการทำงานที่มากที่สุดก็คือ 98.63 กก./ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

motor frequency vs product capacity



รูปที่ 4. 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของมอเตอร์และความสามารถในการทำงาน (kg/h) ในแต่ละจำนวนใบมีด

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ลดลงในแต่ละจำนวนใบมีด

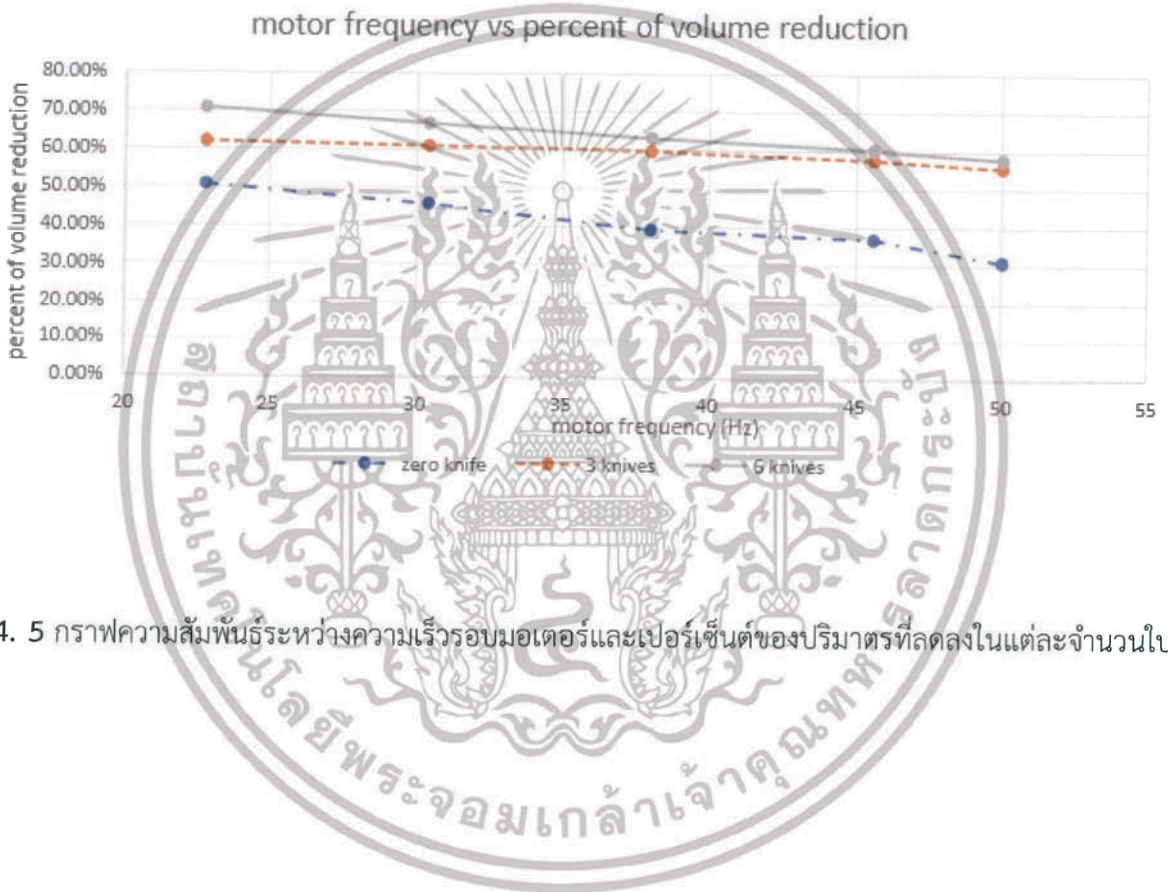
จากการทดลองและเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่มอเตอร์กับเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ลดลงจะได้ผลเป็นไปตามตารางที่ 4.3

motor frequency (Hz)	Cutting set velocity (rpm)	Rotting set velocity (rpm)	zero knife (% volume reduction)	3 knives (% volume reduction)	6 knives (% volume reduction)
22.8	16	11	51.00	62.00	70.80
30.4	21	14	45.77	61.00	66.90
38	27	18	39.10	59.83	63.00
45.6	32	21	36.77	57.67	60.00
50	33	22	30.88	56.00	58.00

ตารางที่ 4. 3 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของมอเตอร์และเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ลดลงในแต่ละจำนวนใบมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำข้อมูลผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่มอเตอร์กับเปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่ลดลงมาเขียนกราฟจะได้ลักษณะตามในรูปที่ 4.5 โดยจะเห็นว่า การลดลงของปริมาณผักตบชวานั้นจะลดลงมากเมื่อมีการป้อนกระแสไฟฟ้าความถี่ต่ำให้แก่มอเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุนช้าก็จะส่งผลให้เวลาในการบิบนานขึ้นทำให้ผักตบชวาถูกบิให้สูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าการป้อนกระแสไฟฟ้าความถี่สูงให้แก่มอเตอร์ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนเร็วกว่าและจะส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการบิลดลง ซึ่งจะทำให้ผักตบชวาเกิดการคั้นรูปร่างได้มากกว่า ส่วนผลของจำนวนมีดนั้นจะเห็นว่า การใช้จำนวนใบมีดที่มากกว่าจะสามารถลดปริมาณของผักตบชวาลงได้มากกว่าการใช้จำนวนใบมีดที่น้อยหรือไม่ใช้เลย



รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และเปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่ลดลงในแต่ละจำนวนใบมีด

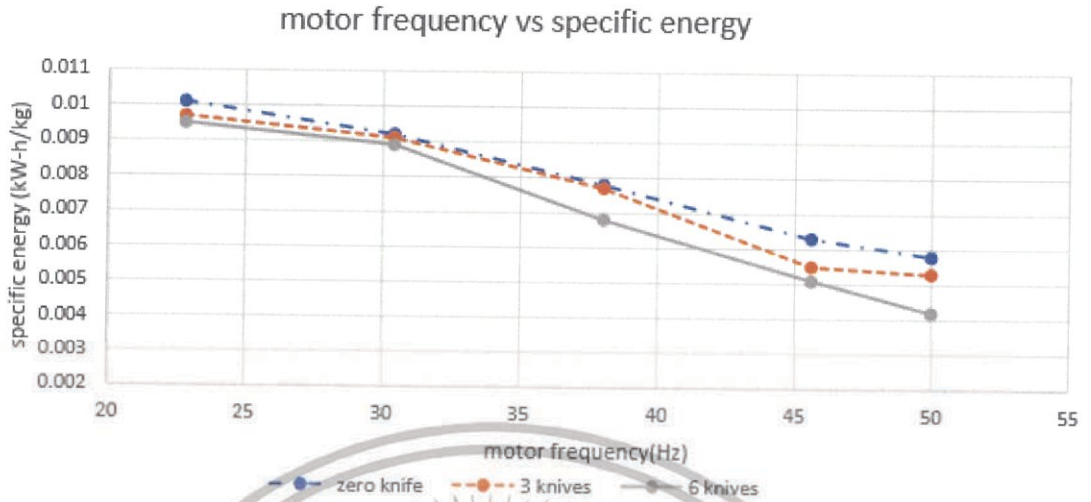
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และพลังงานไฟฟ้าจำเพาะในแต่ละจำนวนใบมีด

ผลการเก็บข้อมูลการทดลองของความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่มอเตอร์กับพลังงานไฟฟ้าจำเพาะที่จำนวนมีดต่างๆ จะได้ผลเป็นไปตามตารางที่ 4.5

motor frequency(Hz)	Cutting set velocity (rpm)	Rolling set velocity (rpm)	zero knife (kW•h/kg)	3 knives (kW•h /kg)	6 knives (kW•h /kg)
22.8	16	11	0.0101	0.0097	0.0095
30.4	21	14	0.0092	0.0091	0.0089
38	27	18	0.0078	0.0077	0.0068
45.6	32	21	0.0063	0.0055	0.0051
50	33	22	0.0058	0.0053	0.0042

ตารางที่ 4. 4 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และพลังงานไฟฟ้าในแต่ละจำนวนใบมีด

เมื่อนำข้อมูลผลการทดลองจากตารางที่ 4.5 มาเขียนกราฟก็จะได้กราฟที่มีลักษณะตามรูปที่ 4.7 โดยจะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่มอเตอร์มากขึ้นพลังงานไฟฟ้าจำเพาะที่เครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาใช้ก็จะลดลงเนื่องพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการคิดค่าไฟฟ้านั้นจะขึ้นอยู่กับเวลาในการทำงาน เมื่อใช้ป้อนกระแสไฟความถี่สูงให้แก่มอเตอร์ มอเตอร์ก็จะหมุนเร็วขึ้นส่งผลให้เครื่องจักรใช้เวลาในการทำงานน้อยลง ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าจำเพาะลดลง ส่วนจำนวนมีดจะมีผลทำให้ผักตบชวาจะเกิดการติดและกองกันอยู่บริเวณด้านหน้าของชุดบีบน้ำผักตบชวาซึ่งจะส่งผลกับเวลาในการทำงานของเครื่องเช่นกัน โดยการที่ติดจำนวนใบมีดมากจะทำให้ขึ้นของผักตบชวาที่ถูกตัดมีขนาดเล็กกว่าการใช้ใบมีดที่น้อยกว่าส่งผลให้ชุดบีบน้ำผักตบชวาดึงผักตบชวาเข้าไปบีบน้ำออกได้ง่ายเพราะขนาดชิ้นตัดที่เล็กจึงทำให้เกิดการติดขัดที่บริเวณด้านทางเข้าของชุดบีบน้ำผักตบชวาลดลง



รูปที่ 4. 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และพลังงานไฟฟ้าในแต่ละจำนวนใบมีด



รูปที่ 4. 7 การวัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาที่เวลา 29 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

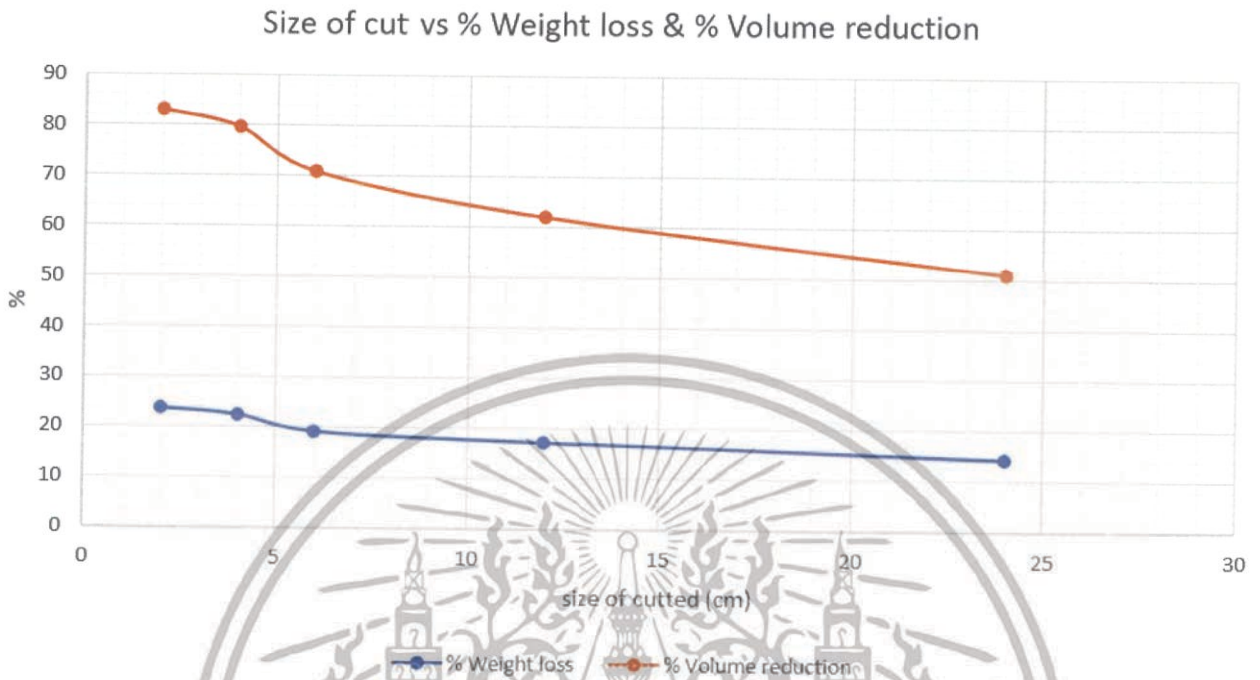
4.5 การทดลองเพิ่มเติมเพื่อต้องการยืนยันว่าขนาดชิ้นตัดที่เล็กลงซึ่งเป็นผลมาจากจำนวนมีดที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้การลดน้ำหนักและปริมาตรของฝักตบชวาได้มากขึ้น ระบุความเร็วรอบเพิ่ม

การทดลองนี้ทำการทดลองโดยใช้ฝักตบชวาหนัก 2 กก. นำมาตัดให้เป็นชิ้นขนาดประมาณ 2 cm. และ 4 cm. นำไปทดลองให้ผ่านการบีบน้ำเพียงอย่างเดียวและนำมาเปรียบเทียบกับฝักตบชวาที่ผ่านการตัดและบีบน้ำจากเครื่องซึ่งขนาดชิ้นตัดของฝักตบชวาที่แต่ละจำนวนใบมีดนั้นจะวัดโดยใช้ไม้บรรทัดส่วนชิ้นที่ตัดไม่ขาดก็จะวัดระยะห่างระหว่างรอยตัดซึ่งที่จำนวนใบมีด 6 ใบมีดนั้นจะได้ขนาดชิ้นตัดอยู่ที่ประมาณ 6 cm. ที่ 3 ใบมีดจะได้ขนาดชิ้นตัดอยู่ที่ประมาณ 12 cm. และที่ไม่ใส่ใบมีดเลยจะมีชิ้นตัดตามขนาดความยาวของลำต้นฝักตบชวาที่เก็บมา โดยจะสมมติให้มีค่าเท่ากับ 24 cm. โดยการทดลองนี้จะทำการทดลองที่ค่าความถี่กระแสที่ป้อนให้แก่มอเตอร์เท่ากับ 22.8 Hz. จะมีค่าความเร็วรอบของชุดรีดเท่ากับ 11 rpm. และข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะแสดงตามตารางที่ 4.6 ดังนี้

Size of cut (cm)	% Weight loss	% Volume reduction
2	23.684	83.0
4	22.398	79.6
6	19.123	70.8
12	17.193	62.0
24	14.211	51.0

ตารางที่ 4. 7 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนมีดกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ลดลงของฝักตบชวาและเปอร์เซ็นต์ปริมาตรที่ลดลงของฝักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4. 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนมิตกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่ลดลงของผักตบชวาและเปอร์เซ็นต์ปริมาตรที่ลดลงของผักตบชวา

จากรูปที่ 4.8 จะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อขึ้นที่ผ่านการตัดของผักตบชวามีขนาดเล็กลงจะส่งผลให้ความสามารถในการลดน้ำหนักและปริมาตรเพิ่มขึ้นเนื่องจาก เมื่อขึ้นที่ผ่านการตัดของผักตบชวามีขนาดเล็กลงก็จะทำให้สามารถบีบเพื่อรีดน้ำออกง่ายเพราะช่องเปิดระหว่างลำต้นที่เกิดจากการตัดมีมากขึ้น เมื่อถูกบีบก็จะทำให้การเสียรูปของลำต้นเกิดได้ง่ายกว่าขึ้นที่ผ่านการตัดที่มีขนาดใหญ่กว่าจึงสามารถสรุปได้ว่าที่เมื่อผักตบชวายังถูกตัดให้มีขนาดเล็กลงมากก็ทำให้สามารถลดน้ำหนักและปริมาตรได้มากขึ้น โดยการลดขนาดขึ้นตัดของผักตบชวานั้นจะสามารถทำได้โดยการเพิ่มจำนวนมิตที่ใช้ในชุดตัด

จากผลการทดลอง จากค่าความเร็วรอบของชุดตัดที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้ได้ความสามารถในการผลิตอยู่ที่ 100 kg/h โดยคำนวณจากสมการที่ 3.3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 27 rpm จะต้องใช้ความถี่กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แกมอเตอร์มีค่าเท่ากับ 38 Hz ในการใช้งานเครื่อง และมีค่าความเร็วรอบของชุดบีบน้ำเท่ากับ 18 rpm จะมีความสามารถในการทำงานอยู่ที่ 76.868 kg/h สามารถในการลดน้ำหนักของผักตบชวาได้ 12.105 % และสามารถลดปริมาตรของผักตบชวาได้ 63% สาเหตุที่เครื่องไม่สามารถทำงานได้ตามเป้าที่วางไว้เพราะเนื่องจากหลังจากผักตบชวาผ่านการตัดจากชุดตัดแล้วก็จะเคลื่อนมาตามทางลาดชันเพื่อเข้าไปบีบน้ำในชุดบีบน้ำต่อไปนั้นจะเกิดการที่ผักตบชวาไม่เคลื่อนไปเองทันทีอันเนื่องมาจากความชันของบริเวณนี้มีค่าน้อยเกินไปจึงส่งผลให้ผักตบชวาไม่เคลื่อนลงไปเองพร้อมกับการที่บางครั้งผักตบชวาจะติดอยู่บริเวณก่อนเข้าสู่ชุดบีบน้ำทำให้ความสามารถในการทำงานของเครื่องไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

จากการทดลองจะพบว่าเมื่อทำการเพิ่มความถี่ของกระแสไฟฟ้าให้แกมอเตอร์จะทำให้ค่าความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาเพิ่มขึ้นโดยค่าความสามารถในการทำงานที่มากที่สุดที่ได้จากการทดลองคืออยู่ที่ค่าความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แกมอเตอร์เท่ากับ 50 Hz จะได้ค่าความเร็วในการหมุนของชุดตัดและชุดรีดเป็น 33 rpm และ 22 rpm ตามลำดับซึ่งจะทำให้ได้ค่าความสามารถในการทำงานเป็น 98.63 kg/h และจะมีความสามารถในการลดน้ำหนักและลดปริมาตรของผักตบชวาเท่ากับ 8.07 % และ 58 % ตามลำดับซึ่งจะเห็นว่าค่าของน้ำหนักและปริมาตรที่ลดลงนั้นมีค่าน้อยเพราะการที่จะทำให้ น้ำหนักและปริมาตรลดลงนั้นจะอยู่ที่การบีบน้ำออกเป็นหลักเพราะการใช้งานที่ค่าความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แกมอเตอร์มีค่าสูงจะทำให้ชุดตัดและชุดรีดนั้นมีความเร็วในการหมุนเพิ่มขึ้นเนื่องจากทั้งสองมีการส่งกำลังมาจากมอเตอร์ตัวเดียวกันซึ่งเมื่อชุดบีบน้ำหมุนเร็วจะทำให้เวลาที่ใช้ในการบีบน้ำของผักตบชวาลดลงส่งผลให้ยังไม่สามารถบีบน้ำออกจากผักตบชวาได้อย่างเต็มที่ซึ่งน้ำที่ยังมีอยู่ในลำต้นก็จะส่งผลต่อปริมาตรของผักตบชวาลดลงไม่มากนัก

ในกรณีที่ต้องการที่จะลดน้ำหนักและปริมาตรของผักตบชวาให้ได้มากขึ้น จากการทดลองจะพบว่าค่าความสามารถในการลดน้ำหนักและปริมาตรของผักตบชวาที่มากที่สุดจะอยู่ที่ค่าความถี่กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้แกมอเตอร์เท่ากับ 22.8 Hz. จะทำให้ชุดตัดและชุดบีบน้ำมีค่าความเร็วรอบเป็น 16 rpm และ 11 rpm ตามลำดับโดยที่ค่าความเร็วรอบนี้จะสามารถลดน้ำหนักและลดปริมาตรลงได้ 19.12 % และ 70.8 % ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผลโครงการ อภิปรายผลโครงการ และข้อเสนอแนะ

การสร้างเครื่องหันและรีดน้ำผักตบชวามีวัตถุประสงค์เพื่อลดน้ำหนักและปริมาตรผักตบชวาในการกำจัดและขนส่งรวมถึงศึกษาประสิทธิภาพสูงสุดในการทดลองตามค่าตัวแปรต่างๆ และเศษของผักตบชวา หลังจากการหันแล้วยังสามารถนำมาแปรรูปทำปุ๋ยหรืออาหารสัตว์ได้อีกด้วย โดยสามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

5.2 อภิปรายผลโครงการ

5.3 อุปสรรคในการดำเนินโครงการ

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

5.1.1 เพอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผักตบชวาที่ลดลงแปรผันกับจำนวนใบมีด แต่แปรผกผันกับความถี่ในการหมุนของมอเตอร์ กล่าวคือยิ่งเพิ่มจำนวนใบมีดเพอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ลดลงจะมีความมากขึ้นตาม เนื่องจากเมื่อลำต้นของผักตบชวาถูกตัดขาดมากขึ้นก็จะสามารถทำให้การบีบเอาน้ำออกจากส่วนต่างๆ ของผักตบชวาได้ง่ายขึ้น แต่เมื่อยิ่งเพิ่มความเร็วยรอบเพอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่ลดลงจะมีค่าน้อยลง เนื่องจากการเพิ่มความเร็วยรอบมอเตอร์จะเป็นการเพิ่มความเร็วยของการหมุนลูกกรีด ทำให้เวลาที่ใช้ในการรีดผักตบชวาลดลง ส่งผลให้น้ำที่รีดออกได้มีปริมาณน้อย

5.1.2 จากข้อ 5.1.1 สามารถสรุปได้เพิ่มเติมว่าผักตบชวาที่ผ่านกระบวนการตัดยังมีขนาดชิ้นตัดที่เล็กลง จะสามารถรีดน้ำออกได้มากขึ้น

5.1.3 ความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดและรีดน้ำผักตบชวาแปรผันกับจำนวนของใบมีดและความถี่ในการหมุนมอเตอร์ จะเห็นได้ว่าเมื่อยิ่งทำการเพิ่มความถี่ในการหมุนของมอเตอร์มากขึ้นและเพิ่มจำนวนใบมีด ก็จะส่งผลให้ความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 ปริมาตรของผักตบชวาที่ลดลงจะแปรผันกับจำนวนใบมีด แต่แปรผกผันกับความถี่ในการหมุนมอเตอร์ จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการติดตั้งจำนวนมีดมากขึ้นและใช้ความถี่ของมอเตอร์ที่ต่ำในขณะที่เดินเครื่องจะทำให้สามารถลด ปริมาตรของผักตบชวาลงได้มากกว่าใช้จำนวนมีดน้อยและเดินเครื่องที่ความเร็วสูง

5.1.5 การใช้พลังงานในการทำงานของเครื่องตัดและรีดน้ำผักตบชวานั้นจะมีการใช้พลังงานค่อนข้างใกล้เคียง กันและมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานเทียบกับความถี่ของมอเตอร์ในแบบเดียวกันคือยิ่งใช้ความถี่ใน การทำงานของมอเตอร์มากก็จะทำให้พลังงานที่ใช้ลดลงเนื่องมาจากระยะเวลาในการทำงานของตัวเครื่องลดลง และยัง ใช้ใบมีดในการตัดมากก็จะยิ่งทำให้พลังงานลดลงเพราะเมื่อขึ้นของผักตบชวามีรอยถูกตัดละเอียดมากเท่าไรหรือถูกตัด ออกเป็นชิ้นเล็กมากเท่าไรก็จะทำให้สามารถไหลเข้าตัวรีดได้ง่ายกว่าผักตบชวาชิ้นใหญ่ส่งผลให้เวลาในการทำงานของ เครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวาลดลงส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลงตามเวลาที่ใช้งาน

5.2 อภิปรายผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อหาค่าประสิทธิภาพสูงสุดในการลดน้ำหนักและปริมาตรของผักตบชวา ได้มีการกำหนดและ เก็บค่าตัวแปรต่างๆ แบ่งเป็น ตัวแปรควบคุม(จำนวนใบมีด, ความเร็วของมอเตอร์) และตัวแปรตาม(น้ำหนักที่ลด, ปริมาตรที่ลด, อัตราการทำงาน, กำลังจำเพาะที่ใช้ต่อมวลผักตบ) สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้ดังนี้

จากการข้อมูลรถบรรทุก 6 ล้อของบริษัท พันธ์ แอสเซมบลี จำกัด ดังแสดงในรูปที่ 5.1 จะมีข้อมูลดังนี้



รูปที่ 5.1 ข้อมูลของรถบรรทุก 6 ล้อ

และจากข้อกำหนดน้ำหนักบรรทุกของรถบรรทุกจากกรมทางหลวง โดยให้รถบรรทุก 6 ล้อจะมีน้ำหนักบรรทุก ได้ไม่เกิน 9.1 ตัน หรือ 12 ตันเมื่อรวมน้ำหนักรถ และจากข้อมูลด้านบน รถบรรทุก 6 ล้อ 1 คันจะมีปริมาตรในการ บรรทุกเป็น 9.152 ลบ.ม. หรือ ประมาณ 9 ลบ.ม. และจากข้อมูลราคาค่าขนส่งของรถบรรทุก 6 ล้อ จากกรมบัญชีกลาง เดือนตุลาคม ปี 2560 นำราคาค่าขนส่งวัสดุก่อสร้างด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ(น้ำหนักรวมไม่เกิน 15 ตัน) ที่ราคาน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อเพลิงดีเซล 27.00-27.99 บาทต่อลิตร ระยะทาง 50 กม. ซึ่งมีค่าการขนส่งอยู่ที่ 219.29 บาทต่อลบ.ม. มาใช้จำลอง การเปรียบเทียบในการขนส่งผักตบชวา จากข้อมูลด้านบน รถบรรทุก 6 ล้อหนึ่งคันมีปริมาตรบรรทุกเต็มคันอยู่ที่ ประมาณ 9 ลบ.ม. ดังนั้นค่าการขนส่งอยู่ที่ 1973.61 บาทต่อคันต่อครั้ง

สมมติให้ต้องการขนส่งผักตบชวาหนัก 50 ตัน ไปทิ้งกำจัดในสถานที่ที่อยู่ไกลจากแหล่งเก็บเป็นระยะ 50 กม.โดย ผักตบชวาหนัก 20 ตันนั้นจะมีปริมาตรประมาณ 208.33 ลบ.ม. ซึ่งจะต้องใช้รถบรรทุก 6 ล้อ ในการขนถึง 24 ครั้ง จึง จะสามารถขนได้หมดคิดเป็นค่าขนส่งเท่ากับ 47,366.64 บาท สมมติให้มีการใช้งานเครื่องตัดและบิบน้ำผักตบชวาวัน ละ 10 ชม. และสมมติให้มีคนงานคอยทำงานกับเครื่อง 3 คน โดยได้ค่าแรงวันละ 325 บาทต่อคน

โดยการวิเคราะห์จะแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

A คือ จำนวนครั้งของการใช้รถบรรทุก 6 ล้อที่ลดลง จากการใช้เครื่องกำจัดผักตบชวเทียบกับการต้องบรรทุก ผักตบชวา

B คือ จำนวนเงิน(บาท)จากการลดลงของรถบรรทุก 6 ล้อ คิดจาก ค่าการขนส่ง 1973.61 บาทต่อครั้ง \times A

C คือ ค่าไฟฟ้า(บาท)สำหรับการใช้งานเครื่องกำจัดผักตบชวา คิดจาก ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยในแต่ละการทดลอง \times น้ำหนักผักตบชวาทั้งหมดที่ต้องขนไปกำจัด

D คือจำนวนวันที่ใช้ในการกำจัดผักตบชวา

E คือค่าแรงทั้งหมดที่ต้องจ่ายให้คนงาน

F รายจ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการกำจัดผักตบชวา คิดจากจำนวนต้องใช้ในการขนส่งผักตบชวาโดยไม่ใช้เครื่อง

โดยการวิเคราะห์ในแต่ละหัวข้อแสดงในตารางต่อไปนี้

zero knife						
motor frequency (Hz)	A (truck)	B (baht)	C (baht)	E (day)	E (baht)	F (baht)
22.8	12	23,683.32	787.8	40	39,000	63,471.12
30.4	11	21,709.71	717.6	37	36,075	62,449.53
38	9	17,762.49	608.4	33	32,175	62,387.55
42.6	9	17,762.49	491.4	29	28,275	58,370.55
50	8	15,788.88	452.4	25	24,375	56,405.16
3 knives						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

motor frequency (Hz)	A (truck)	B (baht)	C (baht)	E (day)	E (baht)	F (baht)
22.8	15	29,604.15	756.6	35	34,125	52,644.09
30.4	14	27,630.54	709.8	33	32,175	52,620.90
38	14	27,630.54	600.6	28	27,300	47,636.70
42.6	14	27,630.54	429	24	23,400	43,565.10
50	13	25,656.93	413.4	23	22,425	44,548.11
6 knives						
motor frequency (Hz)	A (truck)	B (baht)	C (baht)	E (day)	E (baht)	F (baht)
22.8	17	33,551.37	741	35	34,125	48,681.27
30.4	16	31,577.76	694.2	30	29,250	45,733.08
38	15	29,604.15	530.4	26	25,350	43,642.89
42.6	14	27,630.54	397.8	22	21,450	41,583.90
50	14	27,630.54	335.4	20	19,500	39,571.50

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงการวิเคราะห์ในแต่ละหัวข้อของแต่ละกรณีที่ทดลอง

จากตารางที่ 5.1 จะพบว่าจุดที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งคือที่ 6 ใบมีด ความถี่มอเตอร์ 50 Hz

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ค่าใช้จ่ายที่ลดไปในการขนส่งผักตบชวาจาก

$$\frac{\text{จำนวนเงินทั้งหมดที่ใช้ในการกำจัดผักตบชวา} - \text{จำนวนเงินที่ลดลงไปจากการใช้เครื่องย่อยผักตบชวา}}{\text{จำนวนเงินทั้งหมดที่ใช้ในการกำจัดผักตบชวา}} \times 100$$

(5.1)

$$= \frac{(47,366.64 + 19,500 + 335.4) - 39,571.5}{47,366.64 + 19,500 + 335.4} \times 100$$

$$= 41.12 \%$$

โดยมีคุณสมบัติการทำงาน คือ เปอร์เซนต์น้ำหนักที่ลดลงเท่ากับ 8.07%

อัตราการทำงานเท่ากับ 98.63 kg/h

เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่ลดลงเท่ากับ 58%

พลังงานจำเพาะที่ใช้ต่อมวลผักตบเท่ากับ 0.0043 kW•h/kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 อุปสรรคในการทำงาน

5.3.1 ขั้นตอนการคำนวณและออกแบบ

5.3.1.1 ขั้นตอนการตัดไม้ไม่สามารถหาสมการการคำนวณได้ ต้องจำลองภาพการตัดและคิดสมการหาค่าตัวแปรในการสร้างเครื่องเอง

5.3.1.2 การคำนวณหาแรงที่กระทำ ทอร์กและกำลังที่ใช้สำหรับการรีดต้องใช้สมการการรีดเหล็กเป็นตัวเทียบและใช้สมมติฐานในการคำนวณค่อนข้างมาก เพราะคุณสมบัติผักตบชวาไม่เหมือนกับเหล็ก

5.3.1.3 ค่าคุณสมบัติของผักตบชวาจากวิทยานิพนธ์ที่ค้นคว้า ค่าคุณสมบัติบางค่ามีค่าไม่คงที่

5.4.2 ขั้นตอนการสร้างเครื่อง

5.3.2.1 การเดินทางเพื่อซื้ออุปกรณ์มีความยากลำบาก เนื่องจากมีอุปกรณ์ที่ซื้อมีน้ำหนักค่อนข้างมากและทางคณะผู้จัดทำมีเพียงรถจักรยานยนต์ส่วนตัวเพียง 1 คัน

5.3.2.2 โรงปฏิบัติงานภาคมีเวลาเปิดปิดที่แน่นอน 8 ชม.ต่อวัน 5 วันทำการต่อสัปดาห์ ซึ่งยังไม่เพียงพอสำหรับการสร้างเครื่องที่ต้องใช้เวลาในการซื้อของด้วย

5.3.2.3 อุปกรณ์ที่ต้องใช้บางชิ้นไม่มีบริการให้ยืมใช้

5.3.3 ขั้นตอนการทดลองและการวิเคราะห์ผล

5.3.3.1 ผักตบชวามีสองแบบ ทั้งขึ้นอยู่ในโคลนตมกับลอยน้ำ โดยทั้งสองแบบมีการอุ้มน้ำแตกต่างกัน การทดลองครั้งแรกใช้แบบขึ้นอยู่ในโคลนตมผลปรากฏว่ามีน้ำออกมาน้อยมากจนไม่สามารถทดลองต่อได้ ต้องใช้ผักตบชวาแบบลอยน้ำที่จะมีการอุ้มน้ำไว้มาก

5.3.3.2 การเตรียมผักตบชวาก่อนการทดลองมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การรีดน้ำออกอย่างชัดเจนระหว่างการหยีบผักตบชวาที่ลอยน้ำอยู่มากทดลองโดยตรงกับการนำมาตั้งเตรียมไว้ก่อนการทดลองที่ระยะเวลาห่างกันเพียงไม่เกิน 15 นาที

5.3.3.3 การป้อนผักตบในอัตราที่มากเกินไปจะทำให้กระบวนการตัดมีภาระที่สูงขึ้น โดยจะส่งผลกับขั้นตอนการส่งกำลังที่เป็นสายพานให้เกิดการสลิปได้

5.3.3.4 ในการออกแบบลูกรีดที่ใช้ในกระบวนการรีด ออกแบบให้มีการหุ้มผิวสัมผัสที่เป็นยางแทนเหล็กเพื่อการดึงผักตบที่ดีขึ้น แต่ในการทดลองไม่สามารถดึงผักตบเข้ามาได้จึงต้องใช้ผิวสัมผัสที่เป็นกระดาษหยาบเบอร์ 24 จึงสามารถดำเนินเครื่องต่อได้ราบรื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ข้อเสนอแนะ

จากสมการคำนวณอัตราการทำงานและจุดการทำงานที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมที่สุดที่ 6 ใบมีด ความถี่กระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์เท่ากับ 50 Hz สามารถหาสมการเพื่อใช้สำหรับออกแบบเพิ่มอัตราการทำงานให้มากขึ้นได้ดังนี้

5.4.1 เพิ่มอัตราการทำงานด้วยการเพิ่มความกว้างของเครื่อง

$$\text{อัตราการทำงานตอนขาเข้าลูกรีด(kg/h)} \times (100 - \% \text{การรีดน้ำออก}) \div 100 = \text{อัตราผลผลิต(kg/h)}$$

ตอนขาออก

ซึ่ง อัตราผลผลิตตอนขาออก = ปริมาตรขาออกต่อชั่วโมง \times bulk density ขาออก

$$\text{อัตราผลผลิตตอนขาออก} = g \times w \times v \times \text{bulk density ขาออก}$$

โดย bulk density = ความหนาแน่นผักตบชวาขาออก (kg/m^3)

g = ระยะห่างระหว่างลูกรีดสองลูก (m)

w = ความยาวลูกรีด (m)

v = ความเร็วลูกรีดเชิงเส้น (m/h)

เห็นได้ว่า ที่ค่าตัวแปรอื่นๆคงที่ สมมติให้ความยาวลูกรีดมีความสัมพันธ์โดยตรงแบบเชิงเส้นกับอัตราการทำงานตอนขาเข้าลูกรีดที่จุดการทำงานที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมที่สุด มีอัตราการทำงานเท่ากับ 98.63 kg/hr. ด้วยความยาวชุดมีดและลูกรีด 0.2 m. ดังนั้นสามารถเพิ่มอัตราการทำงานด้วยการเพิ่มความยาวของชุดมีดและลูกรีด ได้เป็นในอัตรา 493.15 kg/hr/m

5.4.2 การแก้ปัญหาการที่มีขึ้นผักตบชวาถูกดึงเข้ามาพันกับตัวชุดตัดหรือชุดบีบน้ำอีกรอบ จะสามารถแก้โดยการตัดผักตบชวาให้ขาดไปเลยหรืออีกวิธีคือการเพิ่มขนาดของชุดตัดและชุดบีบน้ำให้มีเส้นรอบวงยาวกว่าความยาวของลำต้นผักตบชวาเพื่อป้องกันการกลับมาพันอีกครั้งของผักตบชวาที่ผ่านกันตัดหรือการบีบน้ำไปแล้ว

5.4.3 การแก้ปัญหาผักตบชวาลังจากผ่านการตัดแล้วยังคงไปติดขัดอยู่บริเวณหน้าชุดบีบน้ำจะทำการแก้ไขได้โดยการใช้สายพานในการลำเลียงผักตบชวาเข้าสู่ชุดบีบน้ำแทนการปล่อยไหลโดยใช้แรงโน้มถ่วงเป็นแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ้างอิง

- [1] Phromphat. 2017. ผักตบชวา(ออนไลน์) : <https://medthai.com/ผักตบชวา/> [12 มิถุนายน 2562]
- [2] วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนังงาน. 2546. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2. กรุงเทพฯ : บริษัท เอช.เอ็น.กรุ๊ป จำกัด
- [3] จำรูญ ตันติพิศาลกุล. 2547. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : บริษัท เอสอาร์พริ้นติ้งแมสโปรดักส์ จำกัด
- [4] Mikell P. Groover. 2010. Fundamentals of Manufacturing process 4th Edition
- [5] บริษัท เอส เอ เอ็น อี เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด. 2554. พูลเลย์ (ออนไลน์) : <http://www.saneengineer.com/index.php?lay=show&ac=article&id=538964084&Ntype=68> [12 มิถุนายน 2562]
- [6] บริษัท msmc จำกัด. 2562. โซ่งกำลัง (ออนไลน์): <http://www.msmc.co.th/product-roller-chain.html> [12 มิถุนายน 2562]
- [7] กลุ่มงานบูรณะและบำรุงรักษา สำนักสนับสนุนและพัฒนาตามผังเมือง กรมโยธาธิการและผังเมือง. 2553. การกำจัดผักตบชวา โดย เครื่องจักรกลเรือกำจัดผักตบชวา
- [8] Shailendra Mohan Mathur. 2000. Study on volume and weight reduction of water hyacinth
- [9] Bagnall, L.O. and F.(Correl. 1974. Static pressure fractionation characteristics of water hyacinth. ASAE Paper No. 74-5007
- [10] Mekvanich, K. and L.O.Bagnall., 1978. Fraction coefficient of chopped water hyacinth. ASAE paper No. 78-3554, Chicago, Illinois.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



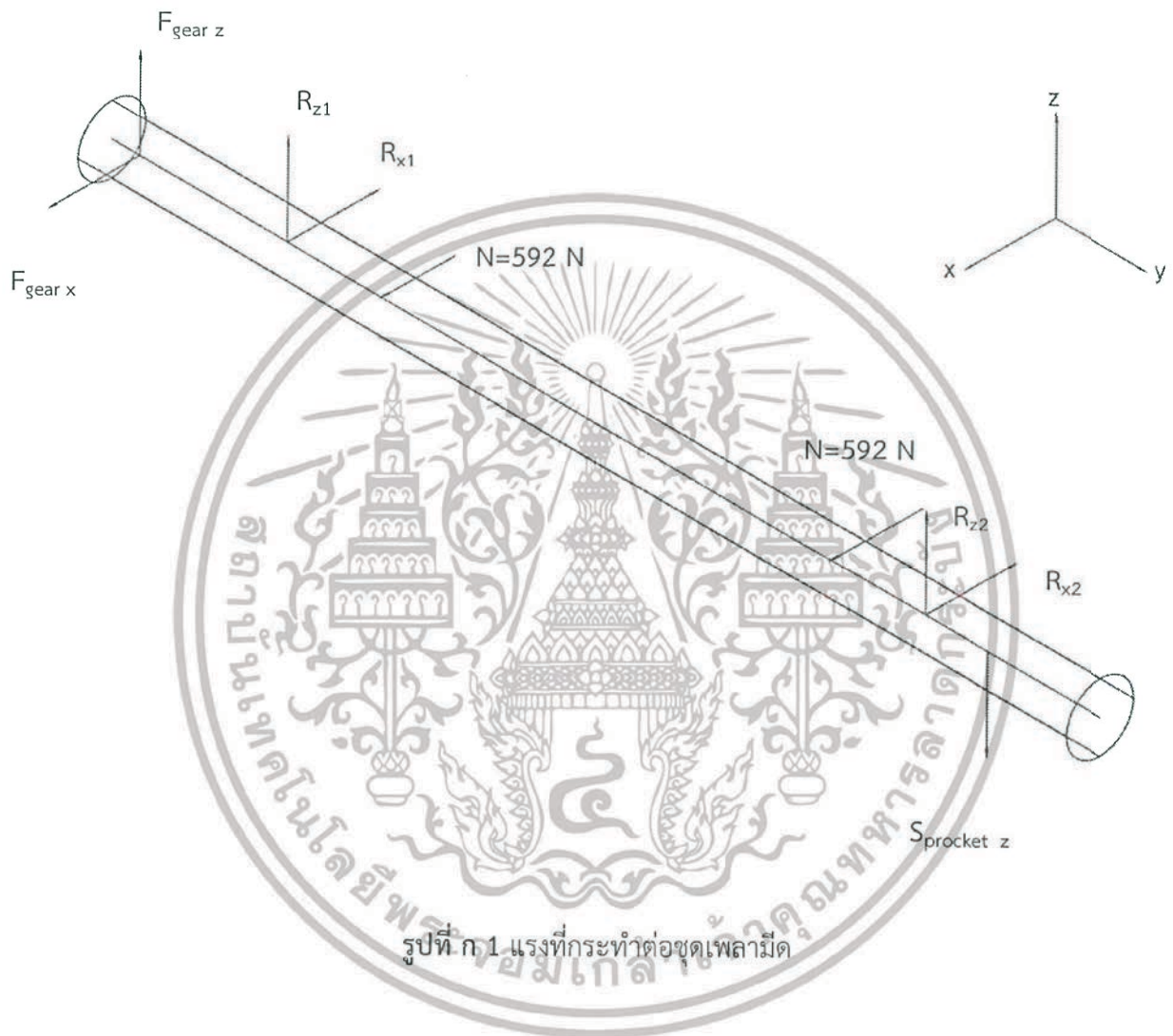
ภาคผนวก ก ผลการคำนวณเพื่อการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกเลือกขนาดเพลลาของชุดมีดตัด

การออกแบบขนาดของเพลลาจะทำการคำนวณหาโมเมนต์ตัดและทอร์กที่กระทำต่อเพลลา

แรงที่กระทำต่อเพลลาชุดตัดจะเกิดขึ้นดังภาพ

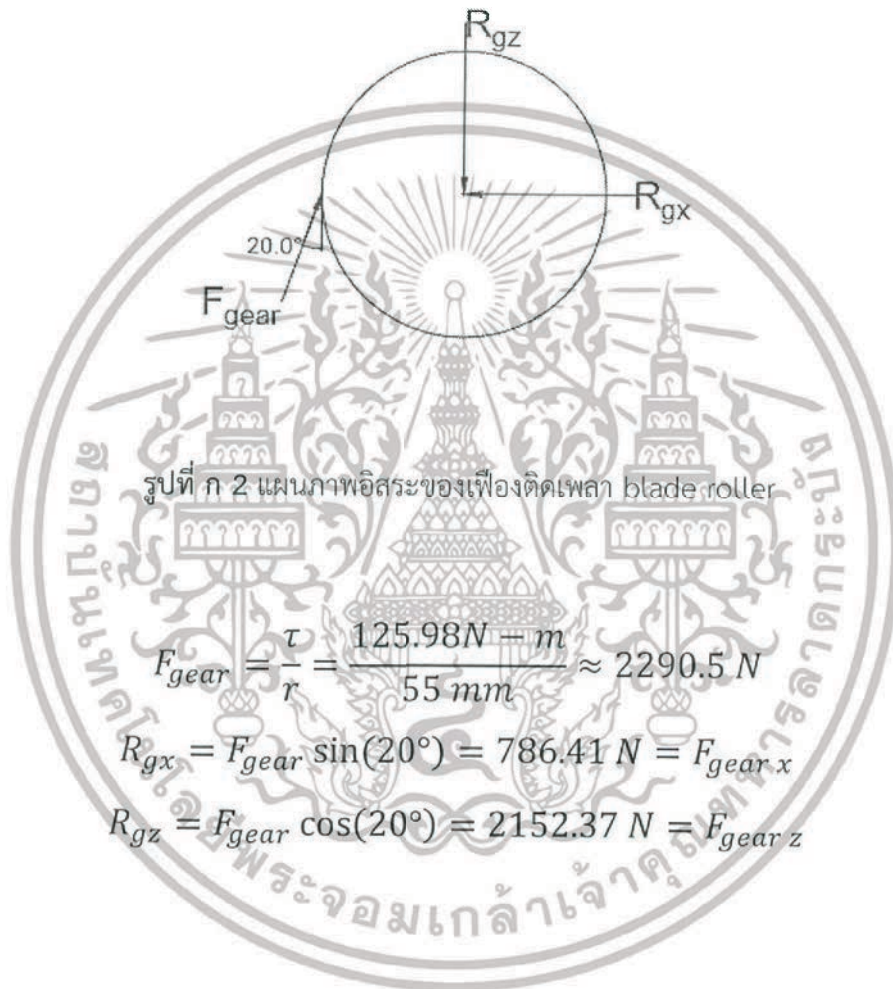


เพื่อหาแรงลัพธ์ R_{x1} , R_{x2} , R_{z1} , R_{z2} จะต้องทำการแยกหาแรงลัพธ์เป็นสองระนาบคือ ระนาบ Y-Z และ ระนาบ X-Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

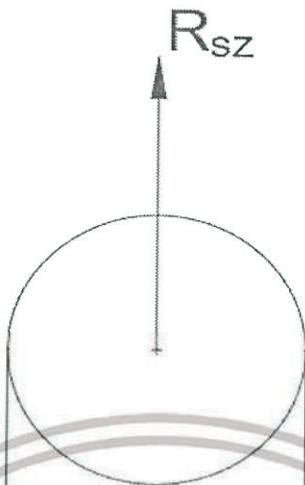
แรงที่เฟืองกระทำต่อเพลลา

เฟืองมี $D_p = 110 \text{ mm}$ มี pressure angle = 20° มี torque กระทำที่ $137.14 \text{ N}\cdot\text{m}$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่ sprocket กระทำต่อเพลลา



รูปที่ ก-3 แผนภาพอิสระของพูลเลย์ตีตเพลลา blade roller

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง

แรงกระทำในแนวเส้นสัมผัส

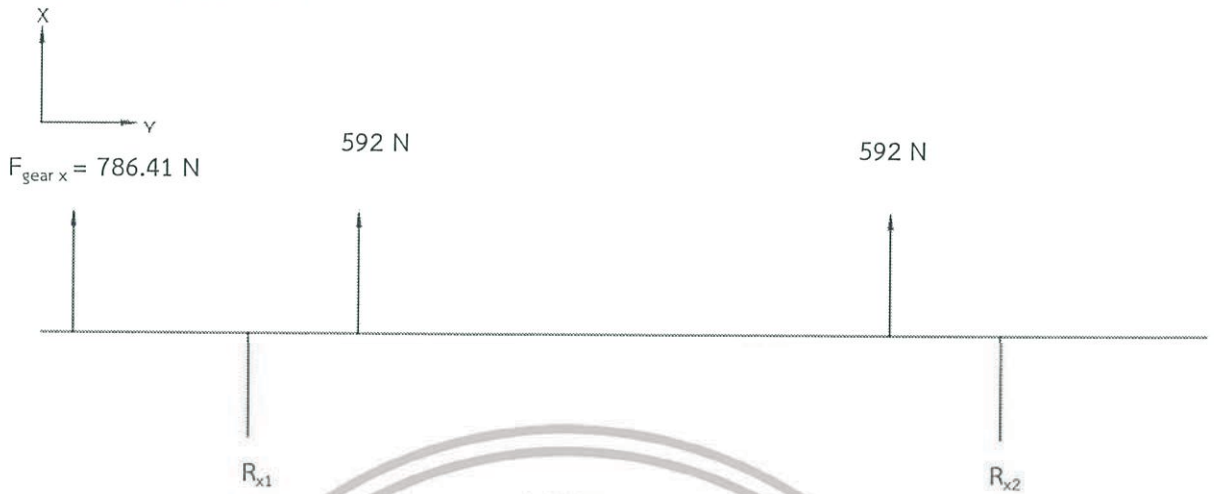
$$F_t = \frac{2T}{D}$$

แรงดึงภายในโซ่ด้านหย่อน

$$F_i \cong 0.021F_t$$

$$R_{sz} = F_t + 0.021F_t = (1 + 0.021) \left(\frac{2 \times 125.98}{119 \times 10^{-3}} \right) = 2156.11 \text{ N}$$

แรงที่กระทำต่อเพลาในระนาบ X-Y



รูปที่ 4 free body diagram ของเพลาในระนาบ X-Y

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{x1} + R_{x2} = 786.41 + 592 + 592$$

$$\sum M_{R_{x1}} = 0 \text{ (ทิศทางเข็มนาฬิกาเป็น (+))}$$

$$-786.41(0.0655) + 592(0.042) + 592(0.242) = R_{x2}(0.284)$$

$$\text{จะได้ค่า } R_{x2} = 410.63 \text{ N}, R_{x1} = 1559.78 \text{ N}$$

$$V_{ab} = 786.41 \text{ N}$$

$$M_{ab} = 786.41x$$

$$V_{bc} = -773.37 \text{ N}$$

$$M_{bc} = 786.41x - 773.37(x - 0.0655)$$

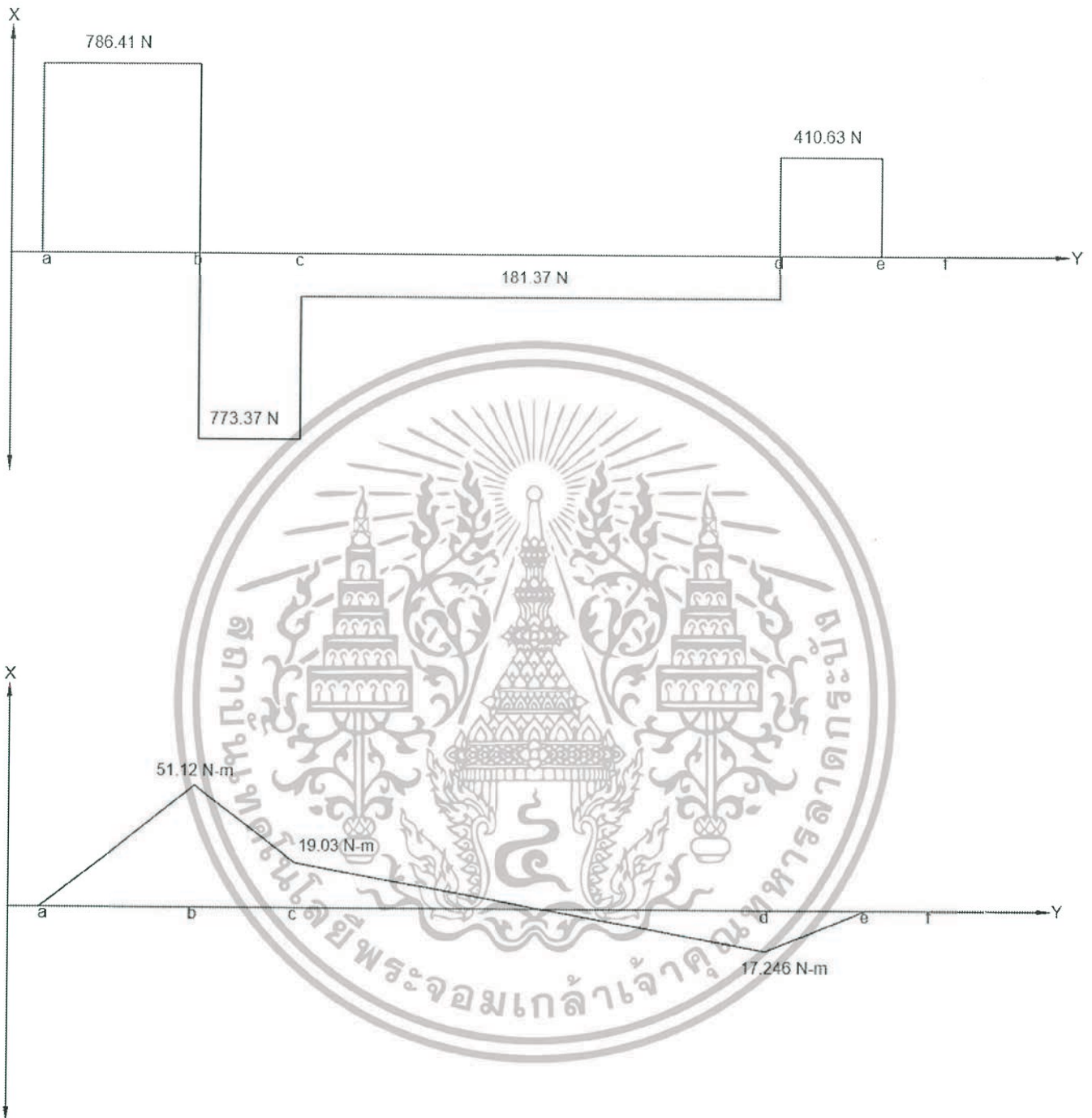
$$V_{cd} = -181.37 \text{ N}$$

$$M_{cd} = 786.41x - 773.37(x - 0.0655) - 181.37(x - 0.1075)$$

$$V_{de} = 410.63 \text{ N}$$

$$M_{de} = 786.41x - 773.37(x - 0.0655) - 181.37(x - 0.1075) + 410.63(x - 0.3495)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก 5 SFD และ BMD ของเพลาในระนาบ X-Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่กระทำต่อเพลาในระนาบ Y-Z



รูปที่ ก.6 free body diagram ของเพลาในระนาบ Y-Z

$$\sum F_x = 0 \text{ (ทิศชี้ลงเป็น +)}$$

$$R_{z1} + R_{z2} = 2156.11 - 2152.41$$

$$\sum M_{R_{z1}} = 0 \text{ (ทิศตามเข็มนาฬิกาเป็น +)}$$

$$2152.41(0.0655) + 2156.11(0.312) = R_{z2}(0.284)$$

$$\text{จะได้ค่า } R_{z2} = 2865.1 \text{ N}, R_{z1} = -2861.4 \text{ N}$$

$$V_{ab} = 2152.41 \text{ N}$$

$$M_{ab} = 2152.41x$$

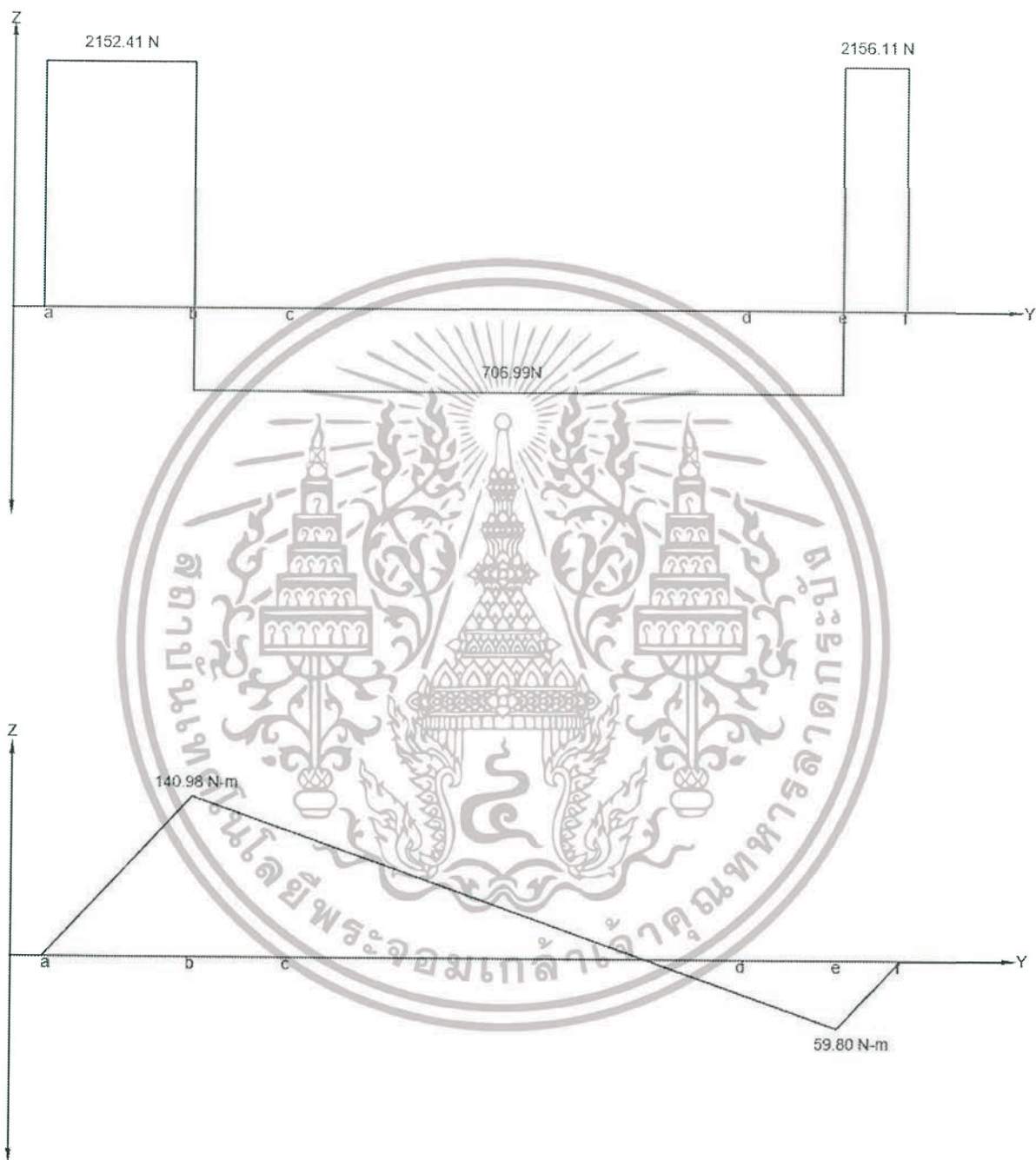
$$V_{be} = -706.99 \text{ N}$$

$$M_{be} = 2152.41x - 706.99(x - 0.0655)$$

$$V_{ef} = 2156.11 \text{ N}$$

$$M_{ef} = 2152.41x - 706.99(x - 0.0655) + 2156.11(x - 0.3495)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก 7 SFD และ BMD ของเพลลาในระนาบ Y-Z

จากการหาโมเมนต์ดัดจะพบว่าที่บริเวณจุด b จะมีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดเท่ากับ

$$\sqrt{51.12^2 + 140.98^2} = 149.96 \text{ N} - \text{m}$$

การหาขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางเพลลา

$$\text{จากสมการ } d^3 = \frac{16}{\pi \tau_d} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{0.5}$$

ให้เพลลาหมุนโดยมีแรงกระทำสม่ำเสมอจะได้ค่า $C_t = 1.0$, $C_m = 1.5$ และเพลลามีร่องลึ้ม ให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งานเป็น 0.75 เท่าของค่าที่คำนวณได้ โดยความเค้นเฉือนใช้งานหาจาก $\tau_d = 0.3 S_y$

$\tau_d = 0.3 \times 400 \times 10^6 \times 0.75$ และใช้ safety factor = 2 จากนั้นแทนค่าลงในสมการจะได้ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของเพลลาเป็น

$$\sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times 0.3 \times 0.75 \times 390 \times 10^6} [(1.0 \times 2 \times 62.99)^2 + (1.5 \times 2 \times 149.96)^2]^{0.5}} = 0.03 \text{m}$$

ดังนั้นจึงเลือกเพลลาที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 30 mm

การคำนวณหาอายุการใช้งานของแบริ่ง

เลือกแบริ่งที่วงแหวนตัวในหมุนและกำหนดแรงในแนวแกนเป็นร้อยละ 5 ของความสามารถในการรับโหลดศักร์

$$F_a = 0.05 C_0$$

เลือกใช้แบริ่ง Cast iron pillow type UCPA ขนาดรูเจาะ 30 มิลลิเมตร มีคุณสมบัติตามคاتاล็อกดังนี้

Basic static load rating(C_0) = 15400, Basic dynamic load rating(C) = 25700

$$F_a = 0.05 \times 15400 = 770 \text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{(1559.78)^2 + (2861.4)^2} = 3258.91 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่า F_a / C_0 และ F_a / VF_R เพื่อนำไปใช้หาค่าอื่นๆในตาราง โดย $V = 1$ สำหรับแบริ่งที่มีการหมุนเกิดที่วงแหวนใน

แทนค่า ตัวแปร จะได้

$$\frac{F_a}{C_0} = 0.05, \quad \frac{F_a}{VF_R} = 0.174$$

นำค่าที่ได้ไปหาค่าในตารางโดยที่ $F_a / C_0 = 0.05$ จะได้ $e = 0.2514$ ซึ่งมากกว่า F_a / VF_R

จะได้ค่า $X = 1, Y = 0$ ไปแทนในสมการ

$$P = xVF_R + yF_a$$

จะได้ค่า $P = 3258.91$ N จากนั้นนำค่า P ที่ได้ไปแทนในสมการ หออายุการใช้งานแบริ่ง

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^a$$

โดยค่า a จะมีค่าเป็น 3 เมื่อใช้กับ บอลแบริ่ง และ $10/3$ สำหรับ โรลเลอร์แบริ่ง จะได้ค่าอายุการใช้งานแบริ่งเป็น

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^a = \left(\frac{15400}{3258.91}\right)^3 = 105.52 \text{ ล้านรอบ}$$

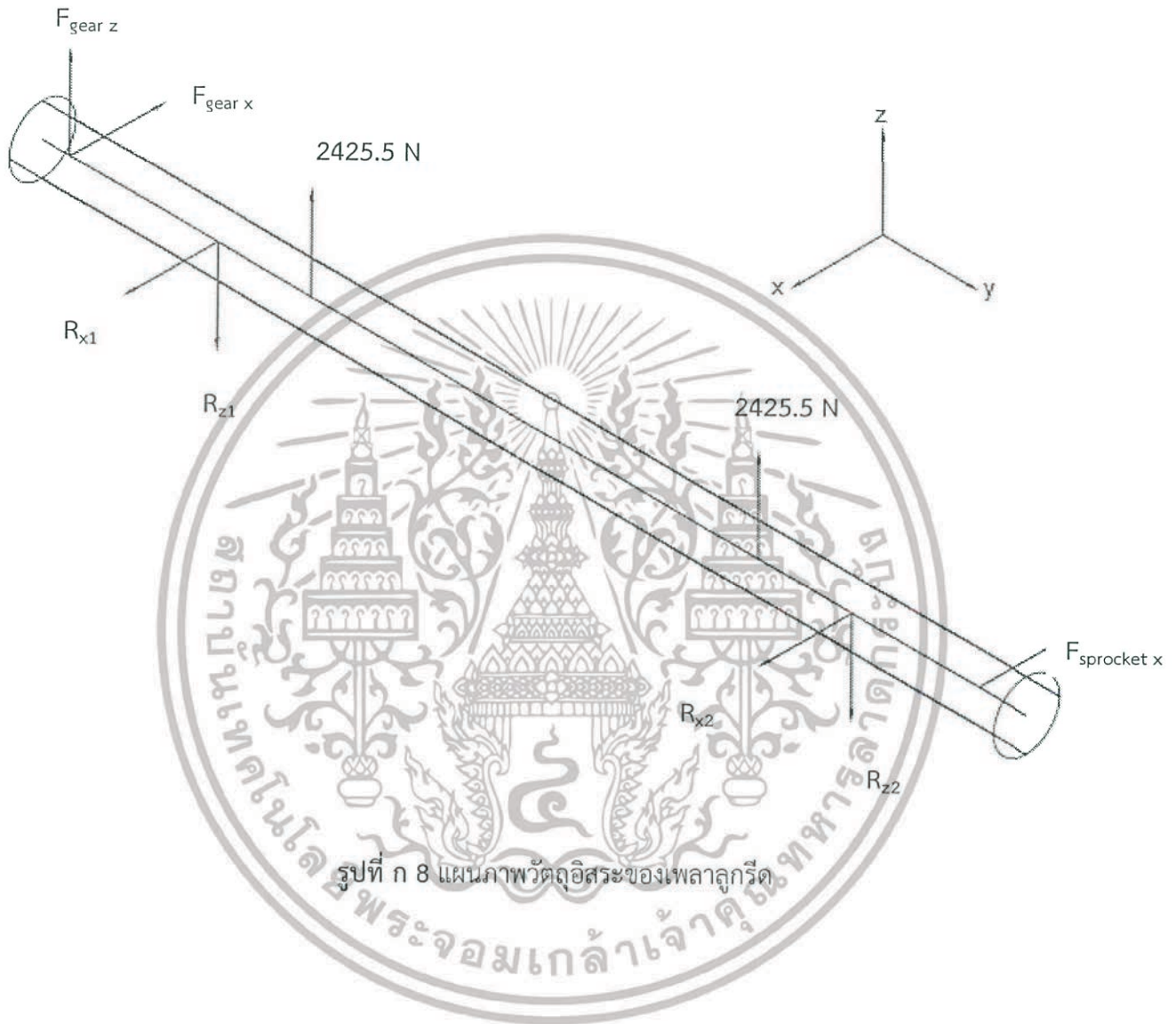
คิดเป็นจำนวนชั่วโมง

$$\frac{L_{10} \times 10^6}{60 \times n} = \frac{105.52 \times 10^6}{60 \times 26.7} = 65867.6 \text{ ชั่วโมง}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

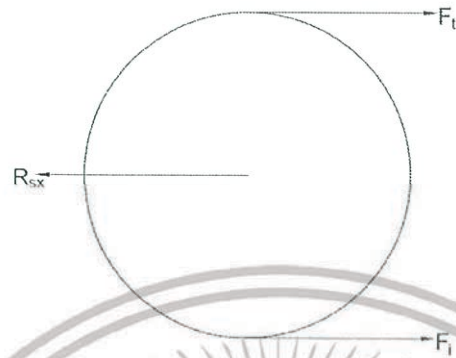
การเลือกขนาดเพลาชุดรีด

รูปที่ ก 8 จะแสดงแรงต่างๆที่กระทำต่อเพลาชุดรีดที่มีติดตั้งเฟืองโซ่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่ sprocket กระทำต่อเฟลา



รูปที่ 9 แผนภาพอิสระของพูลเลย์ติดเฟลาลูกรีด

แรงดึงในโซ่ขณะส่งกำลัง

แรงกระทำในแนวเส้นสัมผัส

$$F_t = \frac{2T}{D}$$

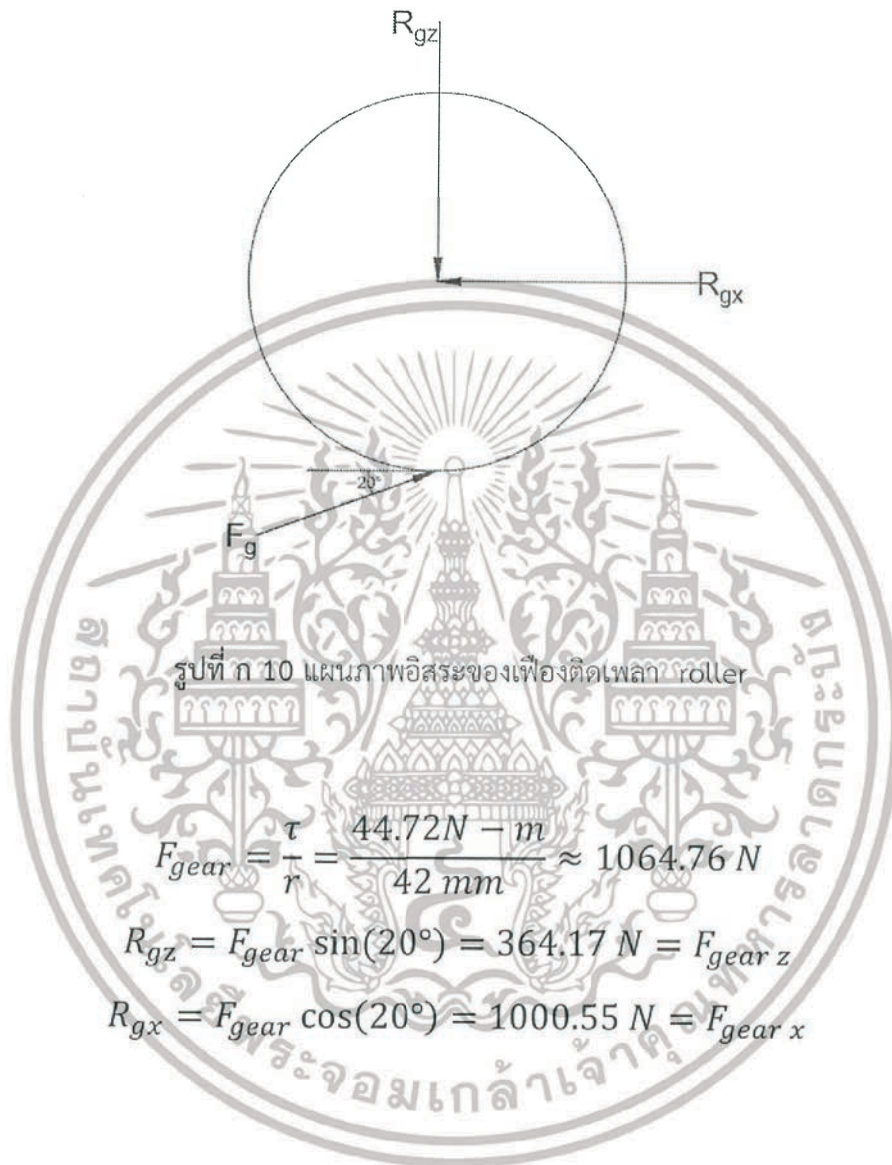
แรงดึงภายในโซ่ด้านหย่อน

$$F_i \cong 0.021F_t$$

$$R_{sz} = F_t + 0.021F_t = (1 + 0.021) \left(\frac{2 \times 22.36}{175 \times 10^{-3}} \right) = 260.91 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่เฟืองกระทำต่อเพลลา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่กระทำต่อเพลาลูกรีด ในระนาบ X-Y



รูปที่ ก 11 free body diagram ของเพลาลูกรีดในระนาบ X-Y

$$\sum F_x = 0$$

$$R_{x1} + R_{x2} = 1000.55 + 290.91$$

$$\sum M_{R_{x1}} = 0 \text{ (ทิศทางเข็มนาฬิกาเป็น (+))}$$

$$1000.55(0.0655) - 290.91(0.341) = R_{x2}(0.284)$$

$$\text{จะได้ค่า } R_{x2} = 118.54 \text{ N}, R_{x1} = 1172.92 \text{ N}$$

$$V_{ab} = -1000.55 \text{ N}$$

$$M_{ab} = -1000.55x$$

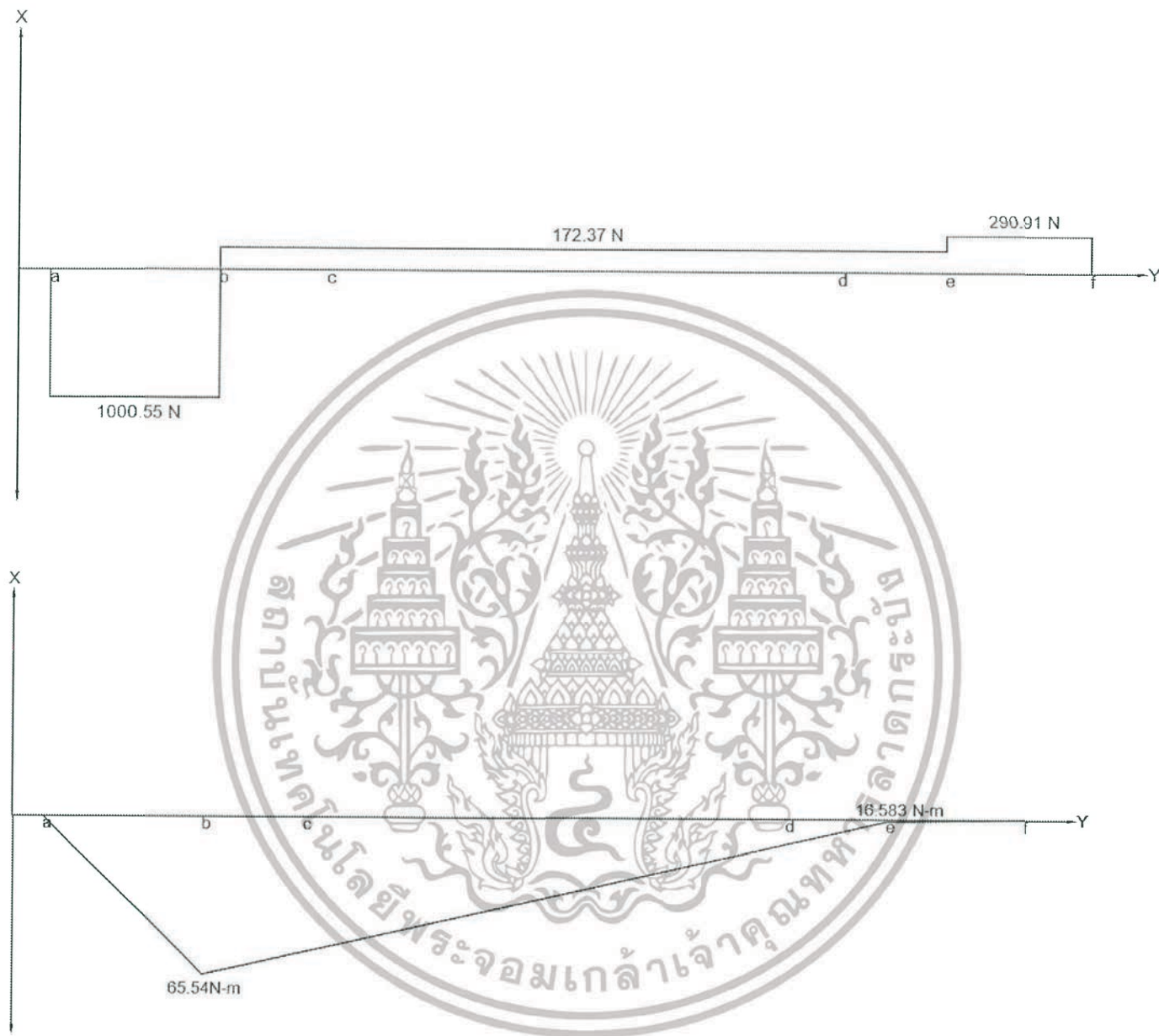
$$V_{be} = 410 \text{ N}$$

$$M_{be} = -1000.55x + 410(x - 0.0655)$$

$$V_{ef} = 672.16 \text{ N}$$

$$M_{ef} = -1000.55x + 410(x - 0.0655) + 290.91(x - 0.3495)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก 12 SFD และ BMD ของเพลาลูกรีดในระนาบ X-Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่กระทำต่อเพลาลูกรีดในระนาบ Y-Z



รูปที่ ก 13 free body diagram ของเพลาในระนาบ X-Y

$$\sum F_z = 0$$

$$R_{z1} + R_{z2} = 364.17 + 2424.5 + 2424.5$$

$$\sum M_{R_{z1}} = 0 \text{ (ทิศทวนเข็มนาฬิกาเป็น +)}$$

$$-364.17(0.0655) + 2424.5(0.042) + 2424.5(0.242) = R_{z2}(0.284)$$

$$\text{จะได้ค่า } R_{z2} = 2340.51 \text{ N}, R_{z1} = 2872.66 \text{ N}$$

$$V_{ab} = 364.17 \text{ N}$$

$$M_{ab} = 364.17x$$

$$V_{bc} = -1743.83 \text{ N}$$

$$M_{bc} = -3952.83x - 1743.83(x - 0.074)$$

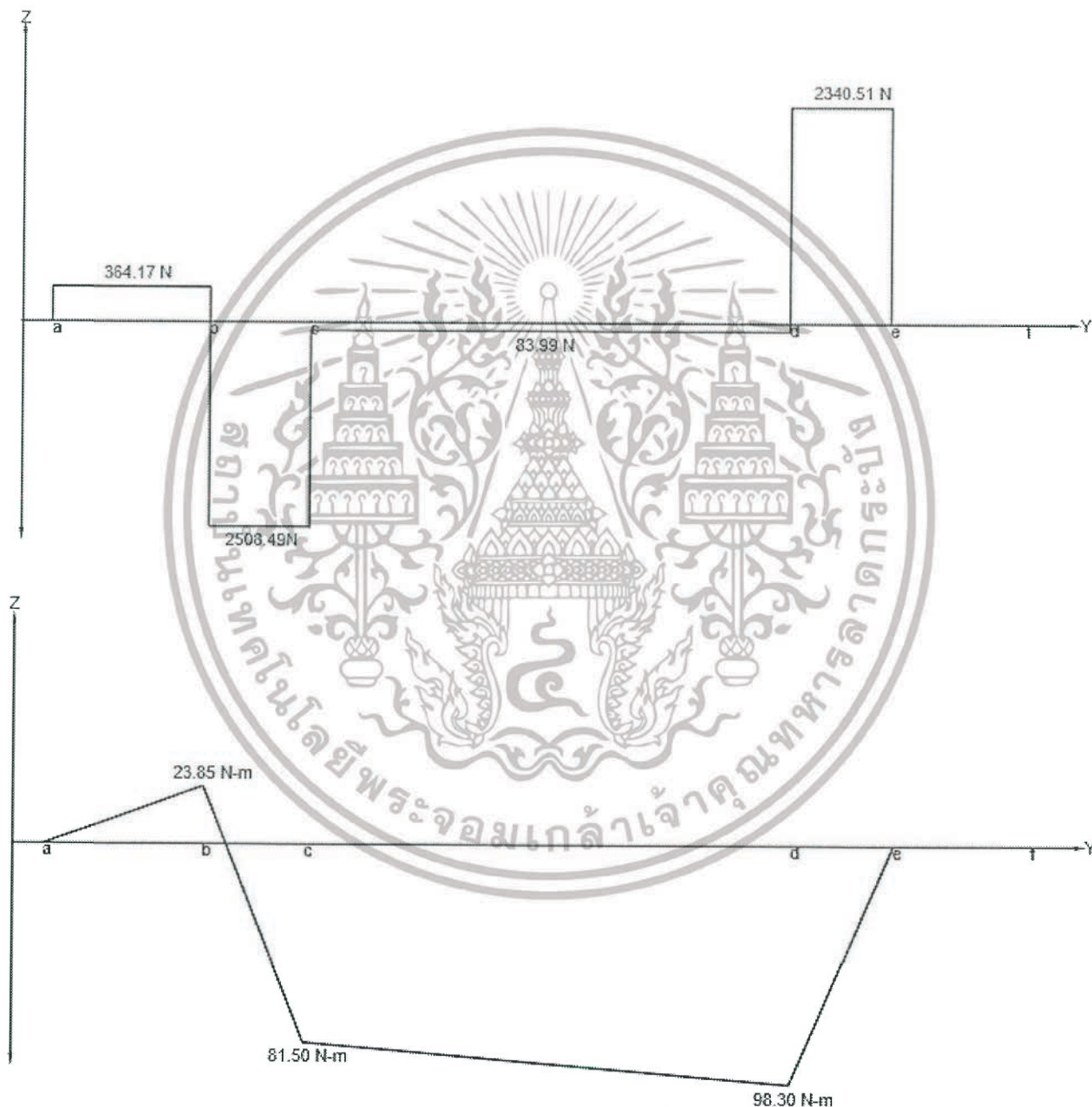
$$V_{cd} = 860.32 \text{ N}$$

$$M_{cd} = -3952.83x - 1743.83(x - 0.074) + 860.32(x - 0.1565)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_{de} = 3464.47$$

$$M_{de} = -3952.83x - 1743.83(x - 0.074) + 860.32(x - 0.1565) + 3464.47(x - 0.3315)$$



รูปที่ ก 14 SFD และ BMD ของเพลาตุกรีดในระนาบ Y-Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการหาโมเมนต์ตัดจะพบว่าที่บริเวณจุด c จะมีค่าโมเมนต์ตัดสูงสุดเท่ากับ

$$\sqrt{81.50^2 + 65.54^2} = 104.58 \text{ N-m}$$

การหาขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางเพลลา

$$\text{จากสมการ } d^3 = \frac{16}{\pi \tau_d} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{0.5}$$

ให้เพลลาหมุนโดยมีแรงกระทำสม่ำเสมอจะได้ค่า $C_t = 1.0$, $C_m = 1.5$ และเพลลามีร่องลิ้น ให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งานเป็น 0.75 เท่าของค่าที่คำนวณได้ โดยความเค้นเฉือนใช้งานหาจาก $\tau_d = 0.3 S_y$

$\tau_d = 0.3 \times 390 \times 10^6 \times 0.75$ และใช้ safety factor =2 จากนั้นแทนค่าลงในสมการจะได้ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของเพลลาเป็น

$$\sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times 0.3 \times 0.75 \times 390 \times 10^6} [(1.0 \times 2 \times 44.72)^2 + (1.5 \times 2 \times 104.58)^2]^{0.5}} = 0.024 \text{ m}$$

ดังนั้นจึงเลือกเพลลาที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 30 mm เพื่อให้ง่ายต่อการหาซื้ออุปกรณ์

การคำนวณหาอายุการใช้งานของแบริ่ง

เลือกแบริ่งที่วางแหวนตัวในหมุนและกำหนดแรงในแนวแกนเป็นร้อยละ 5 ของความสามารถในการรับโหลดศักร์

$$F_a = 0.05 C_0$$

เลือกใช้แบริ่ง Cast iron pillow type UCPA ขนาดรูเจาะ 35 มิลลิเมตร มีคุณสมบัติตามคาสตอล็อกดังนี้
Basic static load rating(C_0) = 15400, Basic dynamic load rating(C) = 25700

$$F_a = 0.05 \times 15400 = 770 \text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{(2872.66)^2 + (1172.92)^2} = 3102.89 \text{ N}$$

หาค่า F_a / C_0 และ $F_a / V F_R$ เพื่อนำไปใช้หาค่าอื่นๆในตาราง โดย $V = 1$ สำหรับแบริ่งที่มีการหมุนเกิดที่วงแหวนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าตัวแปร จะได้

$$\frac{F_a}{C_0} = 0.05, \quad \frac{F_a}{VF_R} = 0.187$$

นำค่าที่ได้ไปหาค่าในตารางโดยที่ $F_a / C_0 = 0.05$ จะได้ $e = 0.2514$ ซึ่งมากกว่า F_a / VF_R

จะได้ค่า $X = 1, Y = 0$ ไปแทนในสมการ

$$P = xVF_R + yF_a$$

จะได้ค่า $P = 3102.89$ N จากนั้นนำค่า P ที่ได้ไปแทนในสมการ หาค่าอายุการใช้งานแบร้ง

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^a$$

โดยค่า a จะมีค่าเป็น 3 เมื่อใช้กับ บอลแบร้ง และ 10/3 สำหรับ โรลเลอร์แบร้ง จะได้ค่าอายุการใช้งานแบร้งเป็น

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^a = \left(\frac{15400}{3102.89}\right)^3 = 122.25 \text{ ล้านรอบ}$$

คิดเป็นจำนวนชั่วโมง

$$\frac{L_{10} \times 10^6}{60 \times n} = \frac{122.25 \times 10^6}{60 \times 15.22} = 133869.9 \text{ ชั่วโมง}$$

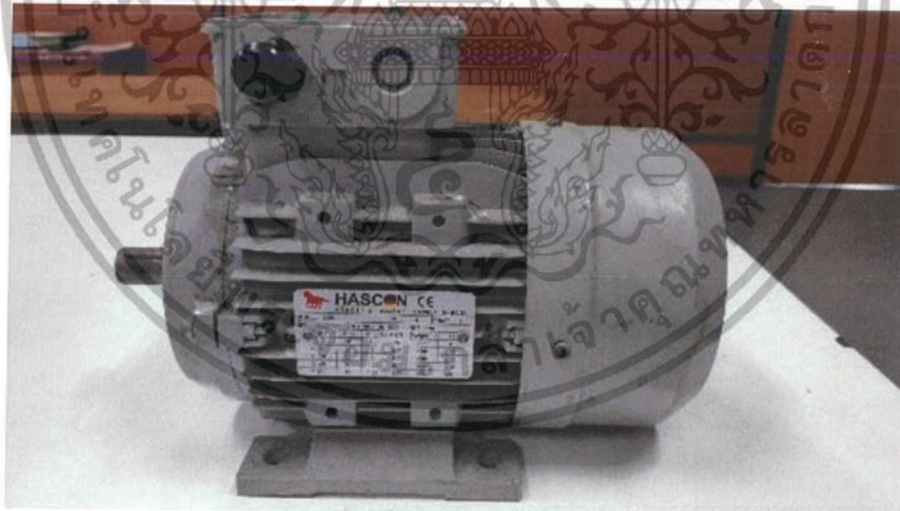
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข 1 ชุดเฟืองทดกำลังขนาด 1 ต่อ 20



รูปที่ ข 2 มอเตอร์ 3 เฟส 1 แรงม้า

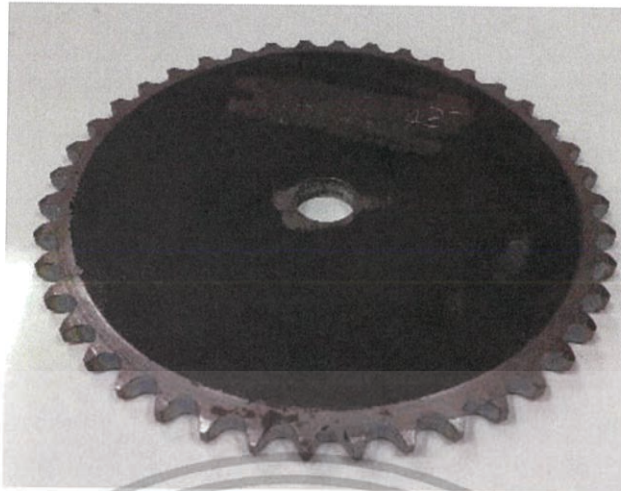
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข 3 ตลับลูกปืนแบบ ucpa

รูปที่ ข 4 ตลับลูกปืนแบบ ucp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

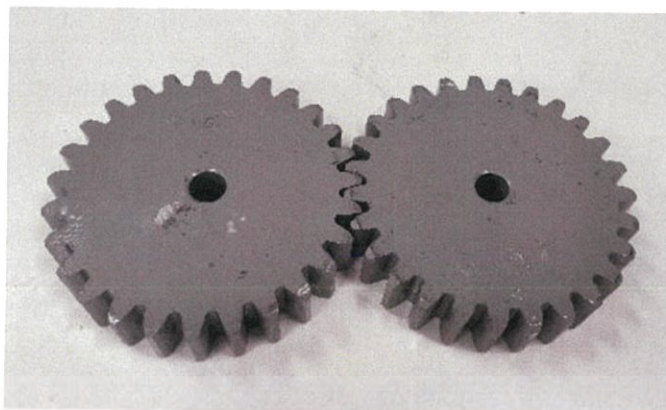


รูปที่ ข 5 เฟืองสำหรับโซ่ส่งกำลัง (ตัวตาม)



รูปที่ ข 6 เฟืองสำหรับโซ่ส่งกำลัง (ตัวขับ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข 7 เฟืองเพื่อส่งกำลังและเปลี่ยนทิศการหมุน



รูปที่ ข 8 เหล็กกลวงสำหรับวางชุดมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



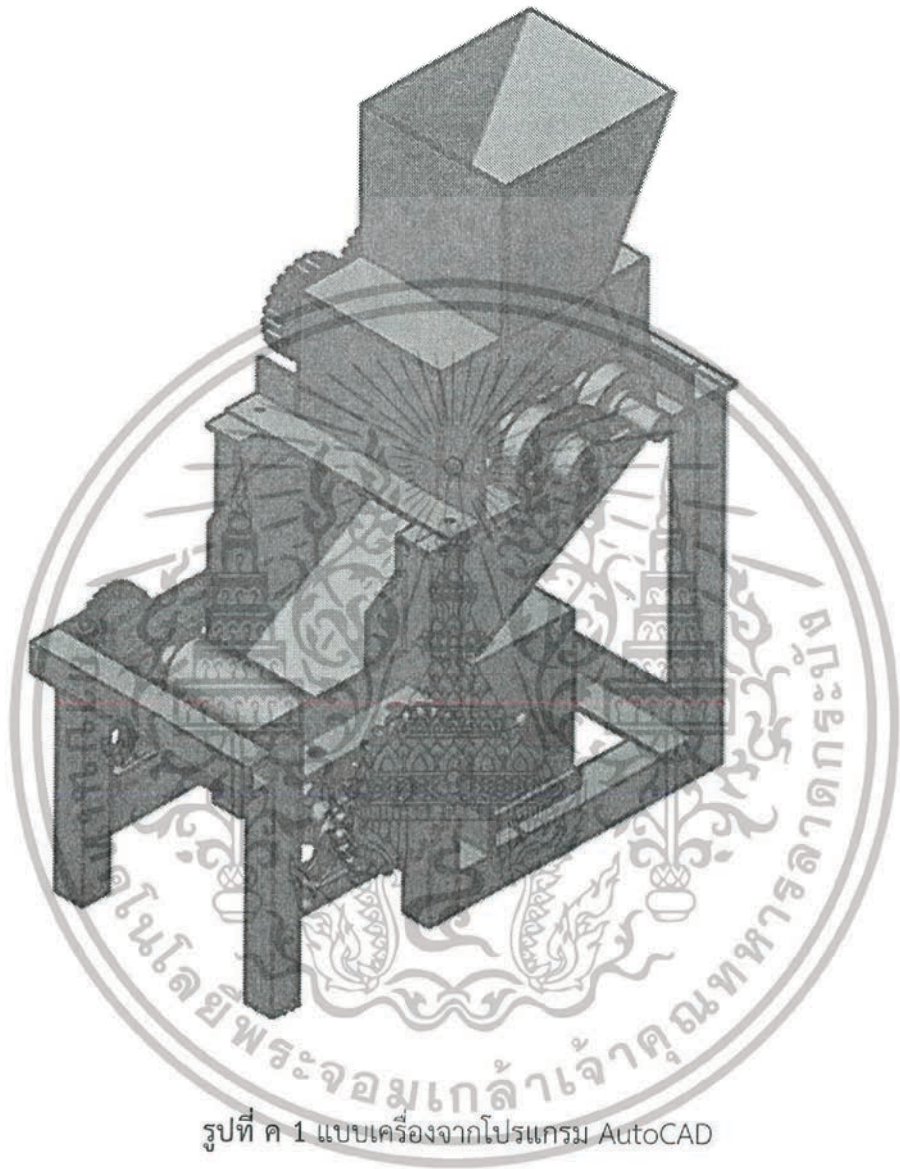
รูปที่ ข 10 หน้าแปลนสำหรับทำคุมเฟืองของเฟืองโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



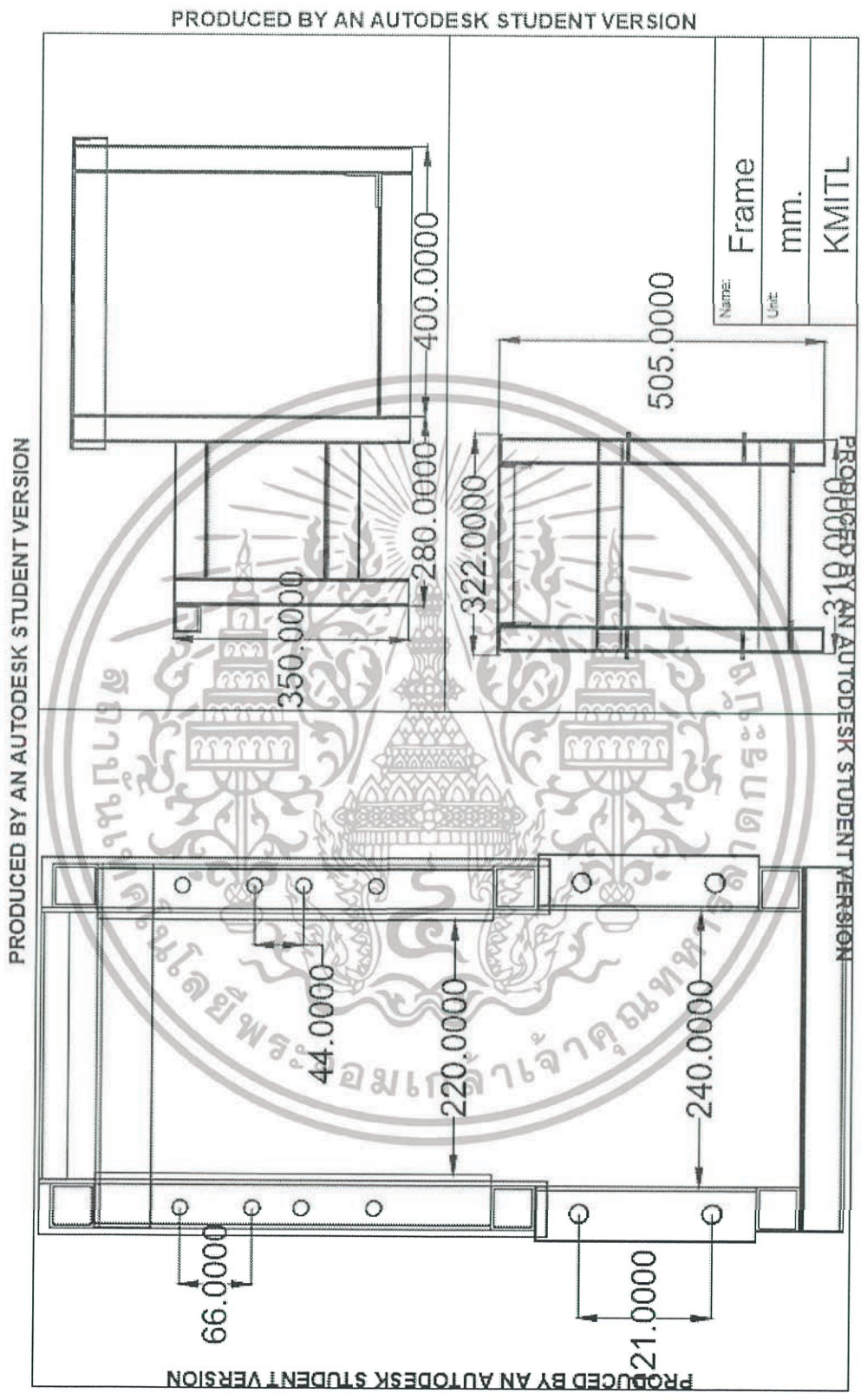
ภาคผนวก ค แบบเครื่องและเครื่องที่สร้างเสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค 1 แบบเครื่องจากโปรแกรม AutoCAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



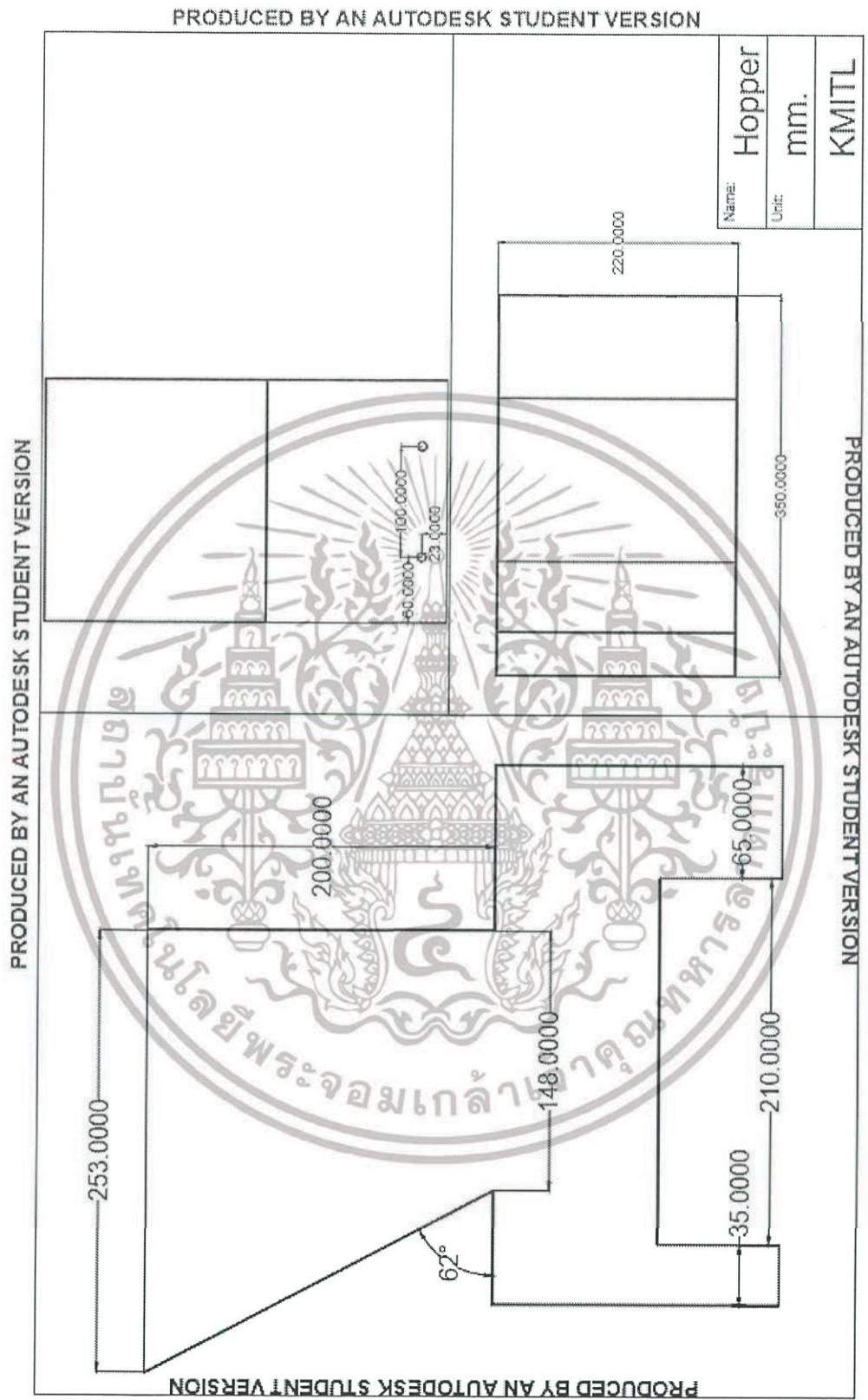
รูปที่ ค 2 แบบโครงเครื่องตัดและบีบน้ำฝักตบขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค 3 แบบลักษณะมีตของชุดตัดของเครื่องตัดและบีบน้ำฝักตบขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค 4 แบบลักษณะฮอปเปอร์ของชุดตัดของเครื่องตัดและบีบน้ำผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑ ฝักตบชวาเก็บมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติแล้วพักไว้ในบ่อพัก



รูปที่ ๒ นำฝักตบชวามาทำความสะอาดล้างเศษดินและโคลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 นำผักตบชวามาชั่งน้ำหนักก่อนนำไปเข้าเครื่อง



รูปที่ 4 นำผักตบชวามาวัดปริมาตรก่อนนำไปเข้าเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๕ นำผักตบชวาเข้าเครื่องเพื่อเก็บค่าการทดลอง

รูปที่ ๖ ผักตบชวาที่ออกมาจากเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 ผักตบชวา ก่อนเข้าเครื่อง



รูปที่ 8 ผักตบชวา ที่ออกมาจากเครื่อง ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง 9 ผักตบชวาที่ตัดแล้วนำมาใส่ถุงดำเพื่อทำการชั่งน้ำหนักหลังการทดลอง



รูปที่ ง 10 การชั่งน้ำหนักผักตบชวาหลังจากผ่านการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้