


การพัฒนาเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ

DEVELOPMENT A WATER HYACINTH CHOPPER FOR PRODUCING
OF BIOGAS



วานิต ขวัญดี

สิฏฐนนท์ นุชน้อย

อรรถพล มากแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การพัฒนาเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ
DEVELOPMENT A WATER HYACINTH CHOPPER FOR PRODUCING
OF BIOGAS



วานิต ขวัญดี
สิฏฐนนท์ นุ่นน้อย
อรรถพล มากแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT A WATER HYACINTH CHOPPER FOR PRODUCING
OF BIOGAS



WANIT KHWANDEE
SITTHANON NUNNOI
AUTTAPON MARKKAEW

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การการพัฒนาเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ
 DEVELOPMENT A WATER HYACINTH CHOPPER FOR PRODUCING
 OF BIOGAS

นักศึกษาผู้จัดทำ นายวานิต ขวัญดี รหัสนักศึกษา 53011466
 นายสิริภุชงค์ นุ่นน้อย รหัสนักศึกษา 53011674
 นายอรรถพล มากแก้ว รหัสนักศึกษา 53011889

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)
หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2556

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
 ผศ. อีรพงษ์ ผลโพธิ์	
 ผศ. ดร. ประสนต์ ชุ่มใจหาญ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์

การพัฒนาเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ

DEVELOPMENT A WATER HYACINTH CHOPPER FOR PRODUCING
OF BIOGAS

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายวานิต ขวัญดี รหัสนักศึกษา 53011466

นายสิฏฐนนท์ นุ่นน้อย รหัสนักศึกษา 53011674

นายอรรถพล มากแก้ว รหัสนักศึกษา 53011889

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์

ผศ.ดร.ประสันท์ ชุ่มใจหาญ

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร

วิศวกรรมเกษตร

สาขาวิชา

วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา

2556

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องต้นแบบให้สามารถหั่นย่อยผักตบชวาได้ทั้งต้นและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา เพื่อนำไปผลิตก๊าซชีวภาพเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผักตบชวา ตัวเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาประกอบด้วย 1) โครงสร้างขนาด $50 \times 60 \times 70$ เซนติเมตร³ 2) ชุดใบมีดประกอบด้วย เหล็กหน้าแปลนยึดใบมีดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 เซนติเมตรหนา 0.5 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น และใบมีดมีขนาด 30×3.81 เซนติเมตร² ติดอยู่กับเหล็กหน้าแปลนจำนวน 4 ใบ 3) ชุดส่งกำลังประกอบด้วยพูลเลย์ 2.5 นิ้ว 3 นิ้ว 4.5 นิ้ว 6 นิ้ว และ 12 นิ้ว 4) มีต้นกำลังโดยมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า 380 โวลต์ 5) ช่องป้อนผักตบชวาทำจากแผ่นพลาสติกพอลิเมอร์มีขนาด 53×30 เซนติเมตร² 6) ชุดลูกกลิ้งเพื่อลำเลียงผักตบชวาทำจากท่อเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร จากการทดลองการหั่นย่อยผักตบชวาโดยทำการเปรียบเทียบที่ขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร พบว่าการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ดีที่สุด มีประสิทธิภาพ 86 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถการทำงาน 128.57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีการเกิดก๊าซชีวภาพเฉลี่ย 10 ชั่วโมง ที่ความดันไม่ต่ำกว่า 221.51 นิวตันต่อตารางเมตร และมีค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 1.37 บาทต่อชั่วโมง มีการนำไปใช้

Thesis Title DEVELOPMENT A WATER HYACINTH CHOPPER FOR PRODUCING OF BIOGAS

Authors Mr. Wanit Khwandee 53011446

Mr. Sitthanon Nunnoi 53011674

Mr. Auttapon Markkaew 53011889

Thesis Advisor Asst. Prof. Teerapong Pholpho

Asst. Prof. Dr. Prasan Choomjaihan

Year 2013

Abstract

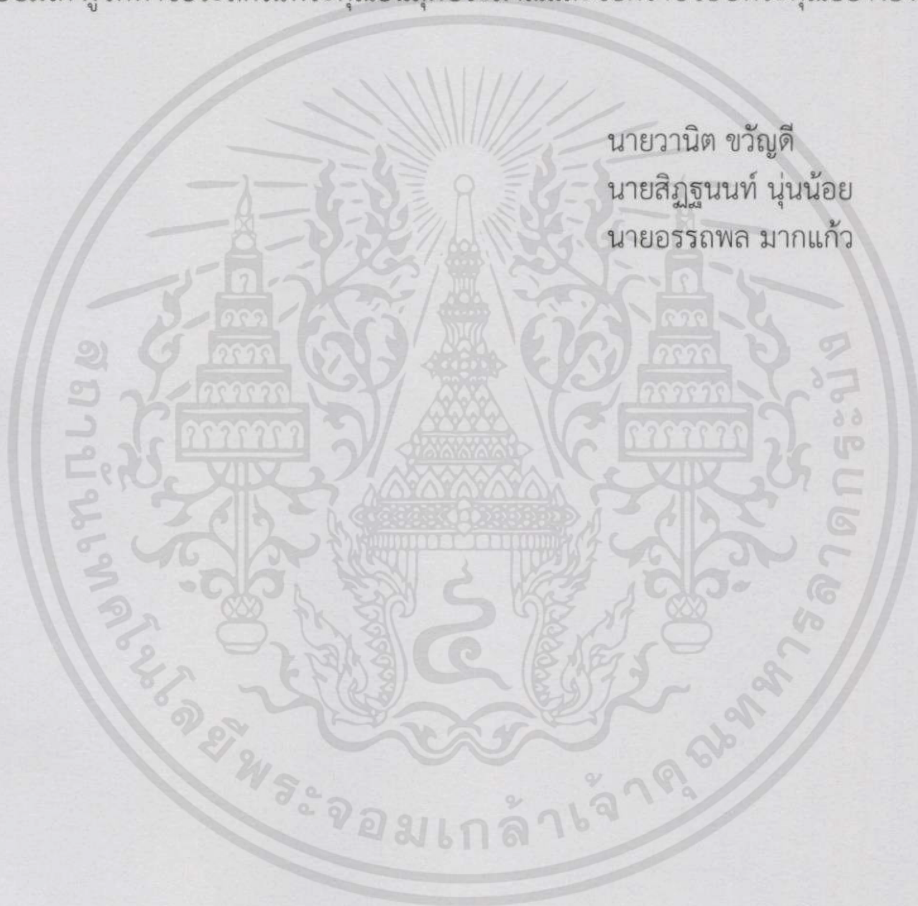
This project is aimed to develop a water hyacinth chopper and to improve efficiency. This chopper is composed by six components which are 1) The chopper structure with the dimension $50 \times 60 \times 70 \text{ cm}^3$. 2) The discs with 23 cm in diameter and 0.5 cm in thickness. There are four blades attached to these discs and each blade has the size of $30 \times 38.1 \text{ cm}^2$ 3) Transmitting system composed by five set of pulleys including and pulleys have size of 2.5, 3, 4.5, 6, and 12 inch. 4) Power unit composed by 3 hp 380 V. 5 Amp. motor 5) The feeding chopper made from plastic with the dimension of $53 \times 30 \text{ cm}^2$. 6) Rollers system made from iron pipe with 6.35 cm in diameter and 30 cm of length. The results show the best size of chopped water hyacinth is at 1 cm, which provide the capacity and the efficiency of the chopper at 128.57 kg/hr and 86% respectively. The average of 221.51 Pa of biogas per hour. The electricity cost 1.37 bath per hour.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณบุคคลที่ให้ความช่วยเหลือทำให้โครงการนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดีก็คือ ผศ.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ และ ผศ.ดร.ประสนต์ ชุ่มใจหาญ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำและช่วยเหลือเสมอมา รวมถึงอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร เจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่าน เพื่อนๆทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้คำแนะนำตลอดการจัดทำโครงการ

และขอขอบคุณบุคคลสำคัญที่สุด ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้จัดทำมาเป็นอย่างดีพร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษา และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆด้านอย่างหาที่เปรียบมิได้ ผู้จัดทำขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณและขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่ง มา ณ ที่นี้



นายวานิต ขวัญดี
นายสิริฐนนท์ นุนน้อย
นายอรรถพล มากแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	3
2.1 ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของเครื่อง.....	3
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้า.....	4
2.2.1 ความหมายของมอเตอร์ไฟฟ้า.....	4
2.2.2 การเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้า.....	5
2.2.3 การดูแลรักษามอเตอร์.....	8
2.2.4 การดูแลพื้นที่ติดตั้งมอเตอร์.....	8
2.3 ระบบถ่ายทอดกำลัง.....	9
2.3.1 หลักการระบบส่งกำลังของเครื่องจักรกล.....	9
2.3.2 ชิ้นส่วนที่ใช้ส่งกำลังของเครื่องจักรกล.....	10

สารบัญ(ต่อ)

หน้าที่

2.3.3 การส่งกำลังด้วยสายพาน.....	11
2.3.4 การส่งกำลังด้วยเฟลา.....	15
2.4 โรลลิงแบร์ริง.....	21
2.5 การลดขนาด.....	23
2.5.1 ทฤษฎีการลดขนาดที่สำคัญ.....	23
2.5.2 หลักการลดขนาดของวัสดุ.....	23
2.5.3 วิธีการลดขนาด.....	23
2.6 การเคลื่อนที่ของใบมีดและการป้อน.....	24
2.6.1 แบบ Sickle bar.....	24
2.6.2 แบบ Rotary cutter.....	24
2.6.3 แบบ Rotary.....	24
2.7 ลักษณะการตัดพืช.....	24
2.7.1 Solid cut	24
2.7.2 Chip – forming cut, brittle material, in shear.....	25
2.7.3 Plastic cut.....	25
2.7.4 Solid cut after compression.....	25
2.7.5 Cut in local tension.....	25
2.7.6 Wedging cut.....	26
2.7.7 Chip forming cut Ductile material	26
2.7.8 Bending cut.....	26
2.7.9 Tearing cut.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

2.7.10 Scraping cut.....	27
2.7.11 Slicing cut.....	27
2.8 การเลือกอินเวอร์เตอร์.....	27
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	28
2.9.1 การออกแบบและสร้างเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ.....	28
2.9.2 เครื่องย่อยอเนกประสงค์.....	28
2.9.3 การพัฒนาเครื่องสับย่อยพืชสำหรับผลิตอาหารโคนม.....	29
2.10 ทฤษฎีเบื้องต้นของระบบก๊าซชีวภาพ.....	29
2.10.1 ความหมายของก๊าซชีวภาพ.....	29
2.10.2 ความเป็นมาของการผลิตก๊าซชีวภาพ.....	30
2.10.3 แบททีเรียที่เกี่ยวข้องกับการผลิตก๊าซชีวภาพ.....	30
2.10.4 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่างๆที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ.....	32
2.10.5 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ.....	33
2.11 ทฤษฎีมาโนมิเตอร์.....	33
2.11.1 U-Tube Manometer.....	33
2.11.2 Well Type Manometer or Single Tube Manometer.....	36
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างเครื่อง.....	37
3.1 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา.....	37
3.1.1 การออกแบบชุดโครงสร้างของเครื่อง.....	37
3.1.2 การออกแบบชุดใบมีดสำหรับหั่นย่อยผักตบชวา.....	38
3.1.3 การออกแบบชุดลำเลียงผักตบชวา.....	39

สารบัญ(ต่อ)

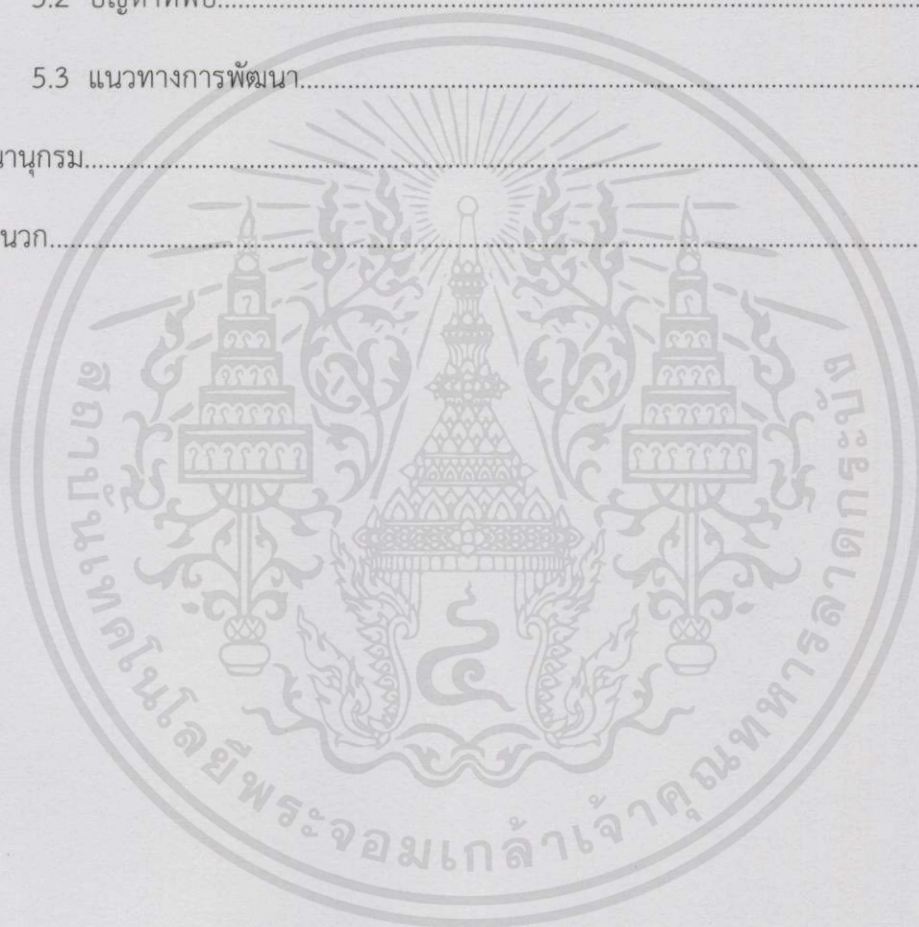
หน้าที่

3.1.4 การออกแบบชุดต้นกำลัง.....	40
3.1.5 การออกแบบชุดส่งกำลัง.....	41
3.2 การคำนวณค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา.....	41
3.2.1 การคำนวณหาอัตราทดกำลังของมอเตอร์.....	41
3.2.2 การคำนวณหาค่าแรงบิดของเพลา.....	42
3.2.3 การคำนวณหาขนาดเพลา.....	42
3.2.4 การคำนวณกำลังไฟฟ้า.....	43
3.3 การสร้างเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา.....	43
บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดลองเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา.....	47
4.1 การทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการหั่นย่อยผักตบชวา.....	47
4.1.1 จุดประสงค์การทดสอบ.....	47
4.1.2 วัสดุอุปกรณ์.....	47
4.1.3 วิธีการทดสอบ.....	47
4.1.4 การคำนวณ.....	48
4.1.5 การสังเกตลักษณะของผักตบชวาที่หั่นด้วยความเร็วรอบที่เหมาะสม.....	48
4.1.6 ผลการทดลองการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร.....	53
4.2 การทดลองหั่นผักตบชวาที่ขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร.....	54
4.2.1 จุดประสงค์การทดลอง.....	54
4.2.2 วัสดุอุปกรณ์.....	54
4.2.3 วิธีการทดลอง.....	54
4.2.4 ผลการทดลองการหั่นผักตบชวาที่ขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร.....	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับว่าถูกต้องหากมีข้อผิดพลาดในการแก้ไขหรือการแก้ไขใดๆทั้งสิ้น

สารบัญ(ต่อ)

	หน้าที่
4.3 การคำนวณค่าไฟฟ้า.....	56
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	57
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	57
5.2 ปัญหาที่พบ.....	57
5.3 แนวทางการพัฒนา.....	57
บรรณานุกรม.....	58
ภาคผนวก.....	59



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงรายละเอียดขนาดระบุของเพลตามาตรฐาน ISO/R775 - 1969.....	17
2.2 แสดงรายละเอียดค่าตัวประกอบความล้า.....	19
4.1 แสดงผลการทดลองการหมักก๊าซชีวภาพที่ขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร.....	55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงมอเตอร์ไฟฟ้า.....	4
2.2 แสดงเนมเพลท มอเตอร์ซิงเกิ้ลเฟส (220 V.).....	5
2.3 แสดงเนมเพลท มอเตอร์ทรีเฟส (220/380 V.).....	6
2.4 แสดงรายละเอียดการส่งกำลังด้วยสายพาน.....	9
2.5 แสดงรายละเอียดการส่งกำลังด้วยเพลา.....	9
2.6 แสดงรายละเอียดโบลต์ลักษณะต่างๆ.....	10
2.7 แสดงรายละเอียดนัตลักษณะต่างๆ.....	10
2.8 แสดงรายละเอียดเพลาธรรมดาทั่วไป.....	10
2.9 แสดงรองเพลาและส่วนประกอบอื่น.....	11
2.10 แสดงรายละเอียดสายพานส่งกำลัง.....	11
2.11 แสดงรายละเอียดพู่ไค้.....	11
2.12 แสดงรายละเอียดการใช้งานสายพานแบน แบบ Open Belt Drive.....	12
2.13 แสดงรายละเอียดการใช้งานสายพานแบน แบบ Crossed or Twist Belt Drive.....	12
2.14 แสดงรายละเอียดการใช้งานสายพานแบน แบบ Quarter Turn Belt Drive.....	13
2.15 แสดงรายละเอียดการใช้งานสายพานแบนแบบ Belt Drive With Idler Pulley.....	13
2.16 แสดงรายละเอียดการใช้งานสายพานแบนแบบ Compound Belt Drive.....	13
2.17 แสดงรายละเอียดการใช้งานสายพานแบนแบบ Stepped or Cone Pulley Drive.....	14
2.18 แสดงรายละเอียดรูปหน้าตัดของสายพานลิ่มหน้าแคบ.....	14
2.19 แสดงรายละเอียดการส่งกำลังด้วยอัตราทดหลายชั้น.....	15
2.20 แสดงรายละเอียดเฟลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ.....	17
2.21 แสดงส่วนต่างๆของบอลเบริง.....	22

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.22 แสดงแบร็งชนิดต่าง ๆ.....	22
2.23 แสดงรายละเอียดการเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Stickle bar.....	24
หมุนเคลื่อนที่เข้าหาวัสดุ	
2.24 แสดงรายละเอียดการเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Rotary.....	24
เคลื่อนที่เข้าหาวัสดุ	
2.25 แสดงรายละเอียดการเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Rotary.....	24
วัสดุตัดป้อนเข้าหาใบมีด	
2.26 แสดงรายละเอียดลักษณะการตัดแบบ Solid cut.....	24
2.27 แสดงรายละเอียดลักษณะการตัดแบบ Chip – forming cut.....	25
2.28 แสดงรายละเอียดลักษณะการตัดแบบ Plastic cut.....	25
2.29 แสดงรายละเอียดลักษณะการตัดแบบ Solid cut after compression.....	25
2.30 แสดงรายละเอียดลักษณะการตัดแบบ Cut in local tension.....	25
2.31 แสดงรายละเอียดลักษณะการตัดแบบ Wedging cut.....	26
2.32 แสดงรายละเอียดลักษณะการตัดแบบ Chip forming cut.....	26
2.33 แสดงรายละเอียดลักษณะการตัดแบบ Bending cut.....	26
2.34 แสดงรายละเอียดลักษณะการตัดแบบ Tearing cut.....	26
2.35 แสดงรายละเอียดลักษณะการตัดแบบ Scraping cut.....	27
2.36 แสดงรายละเอียดลักษณะการตัดแบบ Slicing cut.....	27
2.37 แสดงเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา.....	28
2.38 แสดงรายละเอียดเครื่องย่อยอ่อนกระดูก.....	28
2.39 แสดงรายละเอียดส่วนประกอบของเครื่องสับย่อยพืชอาหารโคนม.....	29

สารบัญญภาพ (ต่อ)

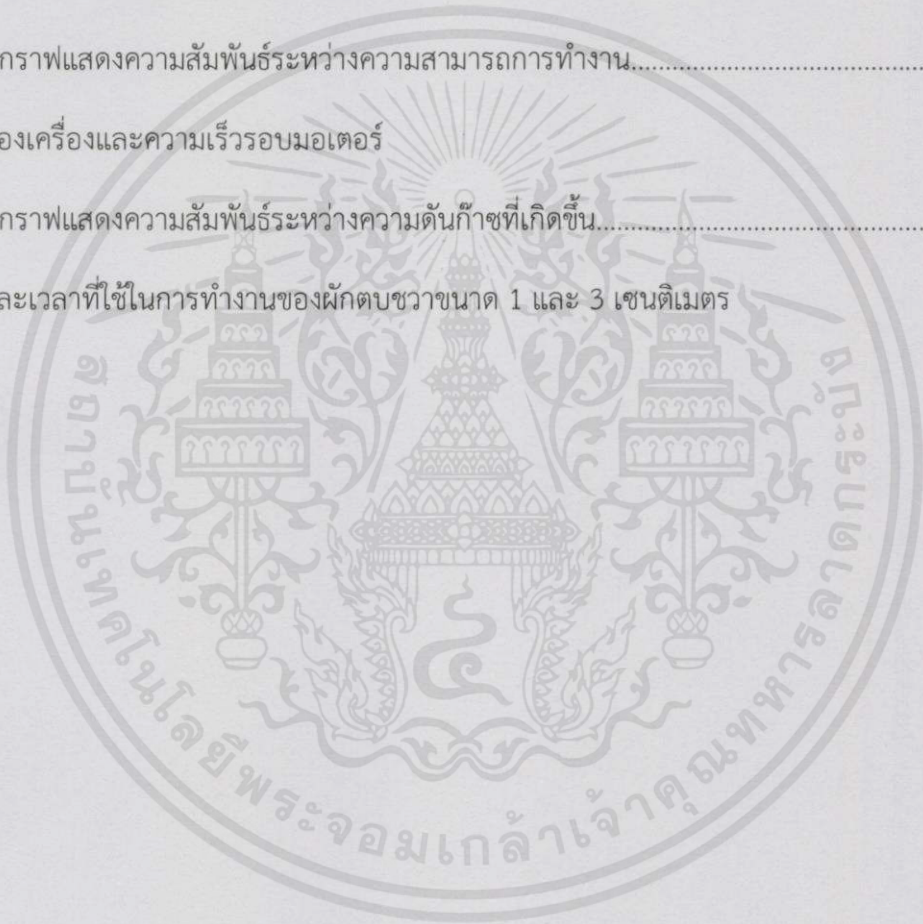
รูปที่	หน้า
2.40 แสดงขั้นตอนและปฏิกิริยาการเกิดก๊าซชีวภาพ.....	31
2.41 แสดงการต่อ U-Tube เข้ากับจุดวัดความดันทั้ง 2 ด้าน.....	34
2.42 แสดงต่อการต่อ U-Tube เข้ากับจุดวัดความดัน 1 ด้าน.....	34
2.43 แสดงค่าแรงตึงผิวของของเหลวที่เติมใน U-Tube.....	35
2.44 แสดง Well Type Manometer or Single Tube Manometer.....	36
3.1 แสดงโครงสร้าง.....	37
3.2 แสดงฝาครอบชุดใบมีด.....	37
3.3 แสดงรางป้อนวัสดุ.....	38
3.4 แสดงรางปล่อยวัสดุ.....	38
3.5 แสดงใบมีด.....	38
3.6 แสดงเพลาชุดใบมีด.....	39
3.7 แสดงชุดใบมีด.....	39
3.8 แสดงชุดลูกกลิ้ง.....	39
3.9 แสดงชุดป้อน.....	40
3.10 แสดงมอเตอร์ไฟฟ้า.....	40
3.11 แสดงอินเวอร์เตอร์.....	40
3.12 แสดงชุดส่งกำลัง.....	41
3.13 แสดงชุดโครงสร้างของเครื่อง.....	43
3.14 แสดงชุดใบมีด.....	44
3.15 แสดงชุดลูกกลิ้ง.....	44
3.16 แสดงชุดถาดป้อนวัสดุ.....	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.17 แสดงชุดปลั๊กยวัสดุและฝาครอบใบมีด.....	45
3.18 แสดงชุดส่งกำลัง.....	46
3.19 แสดงเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา.....	46
4.1 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร.....	48
ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 516 รอบต่อนาที	
4.2 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร.....	49
ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 591 รอบต่อนาที	
4.3 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร.....	49
ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 671 รอบต่อนาที	
4.4 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร.....	50
ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 746 รอบต่อนาที	
4.5 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร.....	50
ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 820 รอบต่อนาที	
4.6 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร.....	51
ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 516 รอบต่อนาที	
4.7 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร.....	51
ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 591 รอบต่อนาที	
4.8 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร.....	52
ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 671 รอบต่อนาที	
4.9 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร.....	52
ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 746 รอบต่อนาที	

สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร.....	53
ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 820 รอบต่อนาที	
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการทำงาน.....	53
ของเครื่องและความเร็วรอบมอเตอร์	
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถการทำงาน.....	54
ของเครื่องและความเร็วรอบมอเตอร์	
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันก๊าซที่เกิดขึ้น.....	56
และเวลาที่ใช้ในการทำงานของผักตบชวาขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องหันย่อยผักตบชวาเพื่อนำไปผลิตก๊าซชีวภาพ โดยมีรายละเอียดความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่ดำเนินการในการศึกษา วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับมีดังนี้

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันผักตบชวามีการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วทั้งทางเมล็ดและการแตกหน่อมีอัตราการเจริญเติบโตสูงมากโดยมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพันธ์สูงสุดเท่ากับ 1.5% ต่อวันดังนั้นจึงทำให้ผักตบชวามีการแพร่ระบาดอย่างรวดเร็วก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่งน้ำต่างๆ ทั่วประเทศและก่อให้เกิดผลเสียต่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นด้านการชลประทานเนื่องจากทำให้อัตราการไหลของน้ำลดลงประมาณ 40% ชัดขวางการระบายน้ำของประตูน้ำและจะลดอายุการใช้งานของเขื่อนลง เนื่องจากการตกตะกอนทำให้ตื้นเขิน ด้านการเกษตรกรรม ผักตบชวาจะแย่งธาตุอาหารของสัตว์น้ำ ตลอดจนรุกรานพื้นที่การเกษตรและเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ศัตรูพืช ถ้าผักตบชวาคคลุมผิวน้ำมากกว่า 20% จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงส่งผลให้การพัฒนาแหล่งน้ำไม่ได้ผลตามเป้าหมายและกระทบต่อสัตว์น้ำ บดบังแสงแดด ทำให้พืชน้ำจืดจำพวกสาหร่าย และแพลงก์ตอนลดลง ด้านเศรษฐกิจและสังคม การที่ผักตบชวาชั้นอย่างหนาแน่น ทำให้เกิดอุปสรรคต่อการขนส่งทางน้ำเข้าลง นอกจากนี้การแพร่ระบาดของผักตบชวาทำให้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงและพาหะนำโรคต่าง ๆ มีผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน และทางภาครัฐต้องสูญเสียงบประมาณในการกำจัดผักตบชวาปีละหลายล้านบาท [1]

เมื่อราคาน้ำมันแพงมากขึ้นอย่างต่อเนื่องและไม่มีแนวโน้มที่จะลดลงเหมือนในอดีต การประหยัดพลังงาน และการใช้พลังงานทดแทนเป็นทางเลือกที่สมควรทำอย่างยิ่ง ก๊าซชีวภาพเป็นหนึ่งในพลังงานทดแทน ที่หากสามารถผลิตใช้ภายในประเทศได้ ก็จะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายอีกทาง ซึ่งเราพบว่าผักตบชวาสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ด้วยการทำก๊าซชีวภาพ [2] แต่เนื่องจากในปัจจุบันเครื่องหันที่มีอยู่ในท้องตลาดนั้นเป็นเครื่องหันย่อยแบบทั่วไปคือสามารถหันย่อยวัสดุทางการเกษตรได้หลายชนิดทำให้การหันย่อยผักตบนั้นไม่ดีเท่าที่ควรและมีราคาสูงมาก ซึ่งอุตสาหกรรมในครัวเรือนไม่มีกำลังพอที่จะซื้อได้ จึงได้มีการคิดค้นและพัฒนาเครื่องหันย่อยโดยให้สามารถหันย่อยผักตบชวาได้อย่างเดียวที่มีราคาไม่สูงมากนักเหมาะสมสำหรับภาวะเศรษฐกิจในขณะนี้และเป็นทางเลือกใหม่ให้กับอุตสาหกรรมในครัวเรือนซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในประเทศไทย

ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องหันย่อยผักตบชวาโดยให้หันย่อยได้ทั้งต้น
2. เพื่อหาประสิทธิภาพในการใช้งานของเครื่องหันย่อยผักตบชวา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาลักษณะการหันย่อยของผักตบชวาที่ขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร
2. ศึกษาการทำงานของเครื่องหันย่อยผักตบชวา
3. ศึกษาชุดใบมีดที่ใช้ในการหันย่อยผักตบชวารวมทั้งความเร็วรอบที่ดีที่สุด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดจำนวนผักตบชวาในแม่น้ำลำคลองซึ่งเป็นสาเหตุให้น้ำเน่าเสีย และเป็นปัญหาในการขนส่งทางน้ำ
2. ภาคครัวเรือนสามารถผลิตก๊าซใช้ได้เองจากเครื่องหันย่อยที่มีราคาถูกกว่าท้องตลาด
3. สามารถเพิ่มมูลค่าของผักตบชวาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของเครื่อง

โครงสร้างคือ สิ่งที่จัดสร้างขึ้นโดยต่อรวมหน่วยต่างๆ เข้าด้วยกันทำหน้าที่อย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ซึ่งต้องการมาตรการความมั่นคงบางประการหน้าที่ของโครงสร้าง อาคารที่ก่อสร้างขึ้นมาจะมีโครงสร้างเปรียบเสมือนกระดูกโครงหลัก และมีส่วนประกอบอื่น ๆ (member) ซึ่งทำหน้าที่ต่างๆ กัน เช่น ปิดหุ้มหีบ ปกปิดตกแต่ง เพื่อให้การใช้เนื้อที่ภายในอาคารนั้นสะดวกและเหมาะสมกับประเภทของอาคาร โครงสร้างอาจแยกเป็นหลายส่วนหลายตอนประกอบรวมกันจนสำเร็จเป็นตัวอาคารขึ้นมา โครงสร้างย่อยอาจแยกออกเป็นหลายตอน เช่น ตัวอย่างโครงสร้างรับเรื่องมุ่งหลังคา โครงสร้างพื้น โครงสร้างบันได โครงคานต่อ โครงสร้างฐานราก ดังนี้เป็นโครงย่อยต่างๆ ดังกล่าว เมื่อประกอบเข้าด้วยกันก็เป็นตัวอาคารในที่สุด จะเห็นว่ารูปร่างโครงสร้างแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะเนื่องจากมีแรงหรือน้ำหนักบรรทุก เป็นตัวการจัดระเบียบหรือบังคับ ให้เกิดเป็นรูปร่างต่างๆ กันไป เมื่อแรงที่ถ่ายทอดต่อเนื่องถูกตามกฎเกณฑ์แล้ว โครงสร้างนั้นจะตั้งอยู่ได้มั่นคง และก่อให้เกิดความรู้สึกพึงพอใจเมื่อมองดู ฉะนั้นเมื่อต้องใช่วัสดุต่างๆ กันก็ต้องใช้ให้เหมาะสมกับความสามารถของการรับแรงนั้นด้วยอย่างดี

แรงต้านภายในเนื้อวัสดุประกอบเป็นโครงสร้าง แรงต้านทานภายใน (Resistance Force) ที่ได้กล่าวนี้อาจแบ่งเป็น 5 ชนิด ด้วยกันซึ่งมีความแตกต่างกันดังนี้

(1) แรงดึง (Tension or Pull or Suction) ด้านความพยายามที่จะทำให้วัสดุ นั้นยืดออกยาวออก หรือ ขาดจากกัน

(2) แรงอัด (Compression or push or Pressure) ด้านความพยายามที่จะทำให้วัสดุสั้นเข้า บีบเข้า หรือแตก

(3) แรงเฉือน (Shear) กระทำกับวัสดุในแนวสัมผัสกับพื้นผิวที่ต้องรับแรงนี้วัสดุไม่จำเป็นต้องติดกันเป็นเนื้อเดียวกันทางกายภาพ เพื่อต้านแรงเฉือนนี้ก็ได้ แต่ก็มีแรงอัดกดไว้ให้พื้นผิวดังกล่าวชนกันแน่นอยู่ เมื่อแรงมีขนาดเพียงพอต้านทานแรงเฉือนดังกล่าวมิให้วัสดุเคลื่อนจากกัน

(4) แรงดัด (Bending) เมื่อโครงสร้างรับแรงดัดแล้วผิวบนจากแรงสะเทิน (Neutral Axis) ขึ้นไปรับแรงอัด และผิวล่างของแกนสะเทินรับแรงดึงด้วย หรือบางกรณีเกิดตรงกันข้าม แรงดัดก่อให้เกิดแรงต้านทานแรงดัดที่มีขนาดเท่ากันภายในเนื้อวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
(5) แรงบิด (Torsion or Torque or Twisting) ตามความพยายามที่จะบิดวัสดุให้ขาดจากกัน ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแรงทั้ง 5 แรงนี้ แรง 2 ประเภทหลัง คือแรงตัดสามารถแยกเป็นแรงดึงแรงอัดได้ แรงบิดแยกเป็นแรงเฉือนได้ ดังนั้นถ้าพิจารณาแต่ชิ้นส่วนเล็กๆ ในเนื้อวัสดุโครงสร้าง จะมีแรงพิจารณาอยู่เพียงแรงดึง และแรงเฉือนเท่านั้น ซึ่งเราสามารถรู้ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นและผลเนื่องจากการกระทำของแรงดึง ก็สามารถกะขนาดหน้าตัดของวัสดุ โครงสร้างและรูปร่างได้โดยหาขนาดของแรงและความเข้มของแรงนี้ เรียกว่า ความเค้น (Stress) มีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อพื้นที่

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้า

2.2.1 ความหมายของมอเตอร์ [3]

มอเตอร์ คือเครื่องกลไฟฟ้า (Electromechanical Energy) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (Electric Energy) ให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) ในรูปของการหมุนเคลื่อนที่ มีประโยชน์ในการนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ถูกนำไปรวมใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าถึงประมาณ 80-90% ลักษณะมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) มอเตอร์ไฟฟ้ามีโครงสร้างเบื้องต้นที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนแม่เหล็กถาวร และส่วนของขดลวดตัวนำ ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าอาศัยสนามแม่เหล็ก 2 ชุดที่เกิดขึ้น ได้แก่ สนามแม่เหล็กถาวร และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดตัวนำ ส่งผลให้เกิดการผลัดกันกันขึ้นของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ที่วางอยู่กลางแม่เหล็กถาวร เกิดการหมุนเคลื่อนที่ไปได้ การหมุนเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำและทิศทางการเคลื่อนที่

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Source) เป็นมอเตอร์แบบเบื้องต้นที่ถูกผลิตมาใช้งาน และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Source) มอเตอร์ชนิดนี้ถูกพัฒนามาจากมอเตอร์กระแสตรง เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน รูปที่ 2.1 แสดงมอเตอร์ไฟฟ้า ขาดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่ากำลังขับของมอเตอร์นั้นเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการออกแบบ เพราะจะนำค่าที่ได้ไปเลือกขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ โดยสมการที่ใช้เป็นดังนี้

$$W_p = \frac{2\pi n T}{60} \quad (2.1)$$

เมื่อ W_p = กำลังขับ (watt)
 n = ความเร็วรอบที่ใช้งาน (rpm)
 T = แรงบิดที่เกิดขึ้น (N/m)

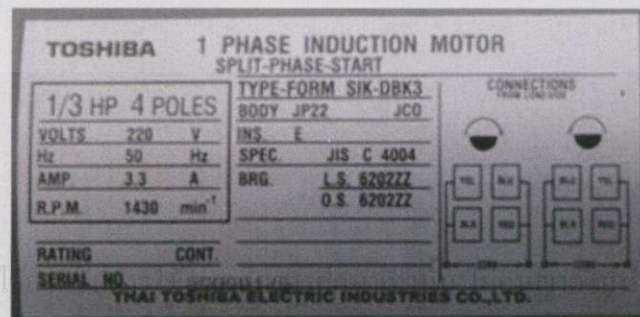
จากสมการข้างต้นหน่วยที่ได้เป็น watt ถ้าต้องการหาค่ากำลังขับในหน่วยแรงม้าสามารถหาได้ดังนี้

$$HP = \frac{W_p}{745} \quad (2.2)$$

เมื่อ HP = กำลังขับ (hp)

2.2.2 การเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าได้รับการออกแบบสร้างที่พิกัด (Rated) ซึ่งกำหนดจากสภาวะการทำงานมาตรฐานซึ่งระบุค่าตัวแปรต่างๆ อยู่บนเนมเพลท (Nameplate) ซึ่งเป็นแผ่นป้ายติดอยู่บนตัวมอเตอร์แต่ละตัว ทั้งนี้เนมเพลทจะแจ้งถึงพารามิเตอร์การทำงานของมอเตอร์ และแจ้งข้อมูลที่สำคัญต่อผู้ใช้งาน เพื่อให้เลือกใช้งานมอเตอร์ได้เหมาะสมกับภาระที่ต้องขับเคลื่อน ยกตัวอย่างเช่น หากมอเตอร์ขนาด 30 แรงม้า (Horse Power - HP) ถูกนำไปใช้งานขับภาระที่เกิน หรือถูกใช้งานในระดับแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่าพิกัด จะส่งผลให้มอเตอร์กินกระแสไฟฟ้าสูงกว่าปกติ เพื่อที่จะสามารถขับภาระเกินนี้ได้ ส่งผลให้เกิดความร้อนในขดลวดทองแดงมาก และเมื่อทำงานอยู่ในสภาวะเกินกว่าที่ระบุไว้ในเนมเพลท ก็ส่งผลให้มอเตอร์มีอายุการใช้งานสั้นลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน

ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.2 แสดงเนมเพลท มอเตอร์ซิงเกิ้ลเฟส (220 V.)

SUPER LINE						
THREE PHASE INDUCTION MOTOR						
1/2 HP (0.4 kW)		4 POLE		TYPE	SF-JR	
Hz	50	50	50	60	60	FRAME 71M
V	220	380	415	220	440	RATING S1
A	2.0	1.15	1.2	1.8	1.0	TH CLASS F
r/min	1410	1410	1430	1700	1730	AMB TEMP 40 °C
PF	0.74	0.74	0.68	0.79	0.71	BEARING 6202ZZ
IEC 60034-1	JIS C 4210					BEARING 6201ZZ
IP 55	IC 411					SERIAL 100
MITSUBISHI ELECTRIC AUTOMATION (THAILAND) CO., LTD.						

ภาพที่ 2.3 แสดงเนมเพลท มอเตอร์ทรีเฟส (220/380 V.)

(1) ตัวแปรที่ส่งผลต่ออายุการใช้งานมอเตอร์ได้แก่

- (1.1) อุณหภูมิของอากาศโดยรอบ
- (1.2) ความสูงจากระดับน้ำทะเล
- (1.3) การระบายความร้อน
- (1.4) ค่า Service factor
- (1.5) แรงดันไฟฟ้า

นอกจากนี้ยังมีตัวแปรอื่นๆ เช่น ความชื้นในอากาศ, สภาพแวดล้อมที่ก่อให้เกิดการกัดกร่อน, การดูแลรักษามอเตอร์, ชนิดของตลับลูกปืน และชนิดของมอเตอร์ที่เลือกใช้ เป็นต้น ภายใต้สภาวะการทำงานปกติของมอเตอร์ตัวหนึ่ง สามารถใช้งานได้ 5 ถึง 10 ปี หากดูแลรักษาดี ก็สามารถยืดเวลาได้ถึง 20 ปีเลยทีเดียว อย่างไรก็ตาม การใช้งานกลางแจ้ง เช่นการใช้งานในระบบสูบน้ำเพื่อการเกษตร เราอาจต้องซ่อมมอเตอร์ในช่วงเวลาเพียง 6 เดือน ทั้งนี้เพราะมอเตอร์ต้องตากแดดตากฝน รวมทั้งติดตั้งใช้งานอยู่ในสภาพแวดล้อมอันเลวร้าย เช่น มีไอระเหยของกรดเกลือ น้ำเค็ม หรือไอของน้ำกรด ส่งผลให้เกิดการแปรสภาพการเป็นฉนวน หรือที่เรียกว่า ออกซิเดชัน (Oxidation) ของฉนวนที่เคลือบอยู่ในขดลวดทองแดง และอัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว หากอุณหภูมิของ มอเตอร์สูงมากกว่าที่ระบุไว้บนเนมเพลท และเกิดการลัดวงจรไฟฟ้าในที่สุด มอเตอร์ไฟฟ้าที่ติดตั้งไว้กลางแจ้งอาจมีปัญหากับการระบายความร้อน เพราะมีสิ่งกีดขวางทางระบายความร้อน เช่น รั้ว, ใบไม้, ฝุ่นละออง หรือขยะ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ตัวแปรที่ทำให้ตัวมอเตอร์ร้อนจัด จนส่งผลกระทบต่อการทำงาน ได้แก่

(2.1) อุณหภูมิโดยรอบ โดยปกติมอเตอร์เมื่อใช้งานที่พิกัด จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ระดับ 104 องศาฟาเรนไฮต์ หากค่าสูงกว่านี้จะถือว่าเกินกว่าที่มอเตอร์รับได้ และจะส่งผลเสียตามที่กล่าวข้างต้น

(2.2) ความสูงจากระดับน้ำทะเล ตามพิกัดทั่วไปนั้น มอเตอร์จะถูกใช้งานอยู่ที่ระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเลไม่เกิน 3,300 ฟุต หากติดตั้งมอเตอร์ที่ระดับความสูงมากกว่านี้ พบว่าอุณหภูมิภายในตัวมอเตอร์จะสูงขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นทุกๆ 330 ฟุต อย่างไรก็ตามหากเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าที่มีค่า Service Factor มากกว่า 1 เช่น 1.15 เราก็จะสามารถใช้งานมอเตอร์ในระดับความสูงมากถึง 9,000 ฟุตได้ โดยไม่ทำให้มอเตอร์ร้อน

(2.3) แสงอาทิตย์ มอเตอร์ที่ติดตั้งอยู่กลางแจ้งท่ามกลางแสงอาทิตย์ ย่อมไม่เป็นผลดี เนื่องจากอุณหภูมิในตัวมอเตอร์อาจเพิ่มขึ้นได้ตั้งแต่ 10-20 องศาฟาเรนไฮต์

(2.4) การขับภาระเกินพิกัด หากมอเตอร์ไฟฟ้าต้องขับภาระเกินกว่าที่ระบุไว้บนเนมเพลท ทำให้มอเตอร์ต้องพยายามสร้างแรงม้าเพิ่มขึ้นเพื่อจะขับโหลดให้ได้ ผลก็คือ กระแสไฟฟ้าจะไหลมาขึ้นจนเกิดความร้อนในขดลวดมอเตอร์

(2.5) แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนมีค่าต่ำ เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานที่ระดับแรงดันต่ำกว่าที่พิกัด (การเชื่อมต่อไม่ดี, เกิดปัญหาที่ระบบจ่ายไฟหรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าไม่ได้มาตรฐาน) มอเตอร์จะกินกระแสไฟฟ้ามากกว่าปกติเพื่อที่จะสร้างแรงม้าให้ได้ตามพิกัด สิ่งนี้ส่งผลให้อุณหภูมิในขดลวดมอเตอร์สูงขึ้น 1-2 องศาฟาเรนไฮต์และแปรผันตามค่าแรงดันที่เปลี่ยนไป

(2.6) สิ่งสกปรกในตัวมอเตอร์ (Contamination) สิ่งสกปรก หรือฝุ่นผง อาจไม่ได้มาจากภายนอกตัวมอเตอร์เท่านั้น เพราะสิ่งสกปรกที่ทำความเสียหายให้กับมอเตอร์อาจมาจาก ความสึกหรอซึ่งเกิดจากการเสียดสีในตัวมอเตอร์, สนิมกัดกร่อนในตัวมอเตอร์ และเกิดจากความร้อนสูงภายในอนุภาคของสิ่งสกปรกที่ลอยอยู่ในอากาศ มีความสามารถเป็นตัวกัดเซาะ ดังนั้นในขณะที่มอเตอร์ทำงานอยู่ อากาศที่ไหลเวียนในตัวมอเตอร์จะนำพาอนุภาคกัดเซาะไปกัดกินชั้นของวานิชที่เคลือบขดลวดทองแดง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าเป็นอนุภาคประเภทเกลือ หรือถ่านหิน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้า จะทำให้คุณสมบัติของฉนวนเสื่อมลง และหากมีความชื้นมาเกี่ยวข้องด้วย ก็จะทำให้เกิดการสะสมของชั้นฝุ่นสกปรก ทำให้ระบบการระบายความร้อนในตัวมอเตอร์ทำได้ไม่ดี และนำไปสู่ปัญหาเรื่องของความร้อนสูงได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การดูแลรักษามอเตอร์

(1) จัดการระบบระบายความร้อน ด้วยอากาศที่สะอาดและมีความเพียงพอ

(2) ดูแลรักษาขดลวดมอเตอร์ทุก 3 ปี หรือ 5 ปี อาจตรวจสอบฉนวนที่เคลือบอยู่และทำการเคลือบฉนวนซ้ำ, ตรวจสอบตลับลูกปืนอาจจำเป็นต้องเปลี่ยนจาระบีเพื่อช่วยให้การหล่อลื่นดีขึ้น ทั้งนี้ การเคลือบฉนวนมอเตอร์มีต้นทุนน้อยกว่าการเปลี่ยนขดลวดมอเตอร์และการ เปลี่ยนตลับลูกปืน ก่อนที่มันจะเสียหายสามารถช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดกับ เพลลาของมอเตอร์และชิ้นส่วนอื่น ๆ ได้ อย่างมาก

สิ่งสำคัญที่สุดของการซ่อมบำรุงมอเตอร์ไฟฟ้า คือ ช่วยลดโอกาสและความเสี่ยงที่เป็นสาเหตุให้หยุดชะงักเนื่องจากมอเตอร์เสียหาย จนต้องใช้เวลาอย่างมากในการเปลี่ยนมอเตอร์ตัวใหม่

(3) ก่อนที่จะเดินเครื่องควรตรวจสอบขั้วไฟฟ้าต่าง ๆ ว่าแน่นเพียงพอหรือไม่ หากขั้วไฟฟ้าหลวมเมื่อใช้งานไปจะเกิดความร้อนขึ้นที่จุดต่อนี้และมีโอกาสที่ จะทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าเสียหายได้ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมในจุดต่อที่หลวมจะทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานที่ระดับแรง ดันต่ำกว่าพิกัดส่งผลให้เกิดความร้อนในตัวมอเตอร์ ยิ่งไปกว่านั้นหากจุดต่อเกิดการแตกหักและหลวมจนทำให้เฟสของแรงดันไม่ครบกรณี นี้มอเตอร์ไฟฟ้าจะเสียหายได้เกือบจะทันที

(4) สิ่งที่ต้องตระหนักอยู่ในใจเสมอก็คือ ความชื้นและน้ำต้องอยู่ห่างจากตัวมอเตอร์ นั้น หมายถึงพื้นที่ติดตั้งและฐานรองซึ่งอาจเป็นเหล็กก็จะมีโอกาสขึ้นสนิมได้ ซ้ำลง มอเตอร์จึงมีโอกาสที่จะสั้นสะเทือนได้น้อยลง ขั้วต่อไฟฟ้าก็จะแน่นอยู่เสมอ

2.2.4 การดูแลรักษาพื้นที่ติดตั้งมอเตอร์

การระบายความร้อนที่ดี รวมถึงการจัดพื้นที่ติดตั้งได้อย่างเหมาะสมจะช่วยป้องกันฝุ่นละอองและสิ่ง ที่กระจายอยู่ในสภาพแวดล้อม ยกตัวอย่างเช่น วิชาชีพที่เจริญเติบโตจนปกคลุมตัวมอเตอร์, เศษขยะที่ปลิวมาตามลม, ละอองน้ำที่กระเด็นโดนมอเตอร์หรือรังมด เป็นต้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ควรจัดการให้อยู่ห่างจากตัวมอเตอร์เพราะสามารถสร้างความเสียหายให้ กับขั้วต่อไฟฟ้า ขดลวดทองแดง รวมถึงการระบายความร้อนของตัวมอเตอร์

การใช้งานมอเตอร์กลางแจ้งในช่วงฤดูหนาวและฤดู ฝนมีสิ่งต้องคำนึงเกี่ยวกับปริมาณความชื้นและการกลั่นตัวของหยดน้ำในอากาศ ที่อาจทำความเสียหายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าได้ ในขณะนี้จึงจำเป็นต้องดูแลรักษาเป็นพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบถ่ายทอดกำลัง [4]

2.3.1 หลักการระบบส่งกำลังของเครื่องจักรกล

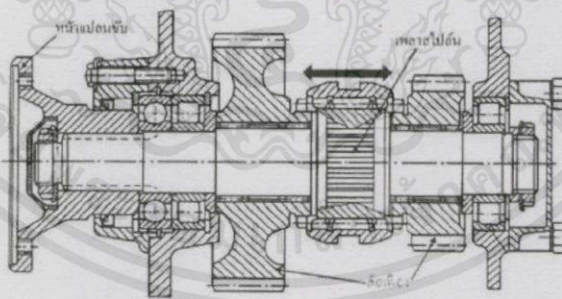
ระบบการส่งกำลังของเครื่องจักรกลที่ใช้ตามโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมีหลายอย่างแล้วแต่ความเหมาะสมของแต่ละประเภทงานที่ทำ ซึ่งหลักการส่งกำลังของเครื่องจักรกล คือ การส่งกำลังจากต้นกำลังหรือสามารถเรียกได้อีกอย่างว่า เฟลาขับ ส่งกำลังไปยังจุดที่ต้องการเพื่อจะใช้กำลังงานไปใช้งานเรียกว่า เฟลาตาม หรือ เฟลางาน ระบบการส่งกำลังของเครื่องจักรกลได้แก่ การส่งกำลังด้วยเฟือง โซ่ สายพาน คัปปลิ่ง (Coupling) เฟลา และลูกเบี้ยว เป็นต้น

การส่งกำลังด้วยสายพาน (BELTS) มีลักษณะการส่งกำลัง แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการส่งกำลังด้วยสายพาน

การส่งกำลังด้วยเฟลา (SHAFT) มีลักษณะการส่งกำลัง แสดงดังรูปที่ 2.5



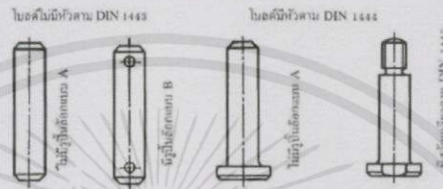
รูปที่ 2.5 แสดงการส่งกำลังด้วยเฟลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ชิ้นส่วนที่ใช้ส่งกำลังของเครื่องจักรกล

ชิ้นส่วนที่ใช้ส่งกำลังของเครื่องจักรกลที่ใช้กันทั่วไปมีหลายอย่างประกอบด้วย โบลต์ นัต เฟลา ลีม รอกลื่น ตลับลูกปืน เฟือง สายพาน พูเลย์ ลูกเบี้ยว คลัตช์ แต่ละอย่างทำหน้าที่ใช้ในการส่งกำลังแตกต่างกัน ดังรายละเอียด

โบลต์ (BOLT) เป็นชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ในการส่งกำลัง มีทั้งชนิดที่มีหัวและไม่มีหัวสามารถใส่แหวนรอง ปีนล็อก หรือใส่แหวนล็อกที่ลำตัวโบลต์ แสดงดังรูปที่ 2.6



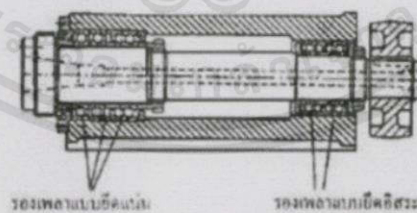
รูปที่ 2.6 แสดงโบลต์ลักษณะต่างๆ

นัต (NUT) เป็นชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ส่งกำลังคู่กับโบลต์ นัตต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงนัตลักษณะต่างๆ

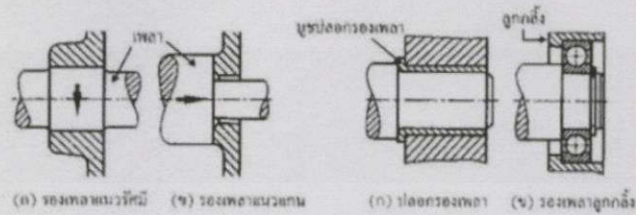
เฟลา (SHAFT) เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ส่งกำลังจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง มีทั้งเฟลาธรรมดาทั่วไป เฟลาสไปลัน เฟลาข้อเหวี่ยง แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงเฟลาธรรมดาทั่วไป

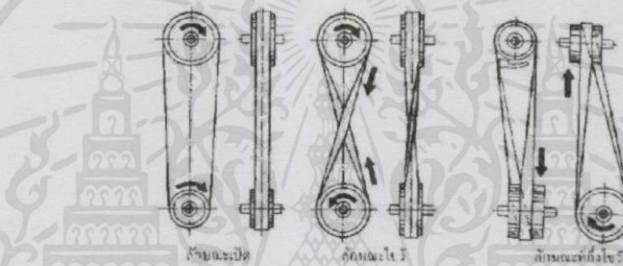
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รองเพลลา(BEARING) เป็นชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ส่งกำลังคู่กับเพลารองเพลลาที่ใช้กันอยู่มีลักษณะรูปร่างต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.9



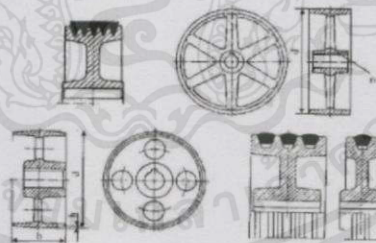
รูปที่ 2.9 แสดงรองเพลลาและส่วนประกอบอื่น

สายพาน(BELTS) เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ใช้ส่งกำลังจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง เช่นเดียวกับเฟือง และยังสามารถส่งกำลังเพื่อเปลี่ยนทิศทางได้ด้วย แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงสายพานส่งกำลัง

พูลเลย์(PULLEY) เป็นชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ส่งกำลังกับสายพาน พูลเลย์มีรูปร่างเป็นไปตามลักษณะของสายพาน แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงพูลเลย์

2.3.3 การส่งกำลังด้วยสายพาน

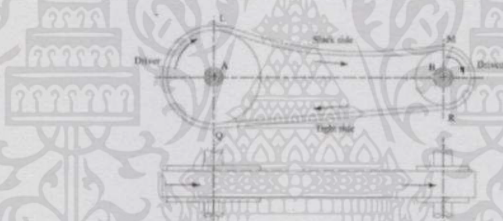
สายพานเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งถ่ายกำลังจาก Pulley ของเพลลาขับไปยัง Pulley ของเพลลาตาม (เป็นอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เราต้องการให้เกิดการทำงาน เช่น ปั๊มน้ำ หรือ Blower เป็นต้น) โดยกำลังที่ส่งถ่ายจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ ดังต่อไปนี้ ความเร็วของสายพาน ความตึงของสายพานที่พาดผ่านชุด Pulley มุมที่สายพานสัมผัสกับ Pulley (Arc of Contact) โดยเฉพาะ Pulley ตัวที่เล็กกว่า และสภาพแวดล้อมที่สายพานนั้นถูกใช้งาน เช่น มีความชื้นอยู่ตลอดเวลา หรือมีไอน้ำ ไอแอมโมเนีย ซึ่งจะส่งผลให้อายุของสายพานสั้นลง เมื่อเปรียบเทียบการใช้สายพานแล้ว การใช้สายพานแบนไม่ปลอดภัยก็มีการสิ้นเปลืองหลุดออกมาจากล้อตามได้ง่าย ๆ นอกจากนี้การใช้สายพานแบนยังส่ง

เสียงดังอีกด้วย ข้อดีของการส่งกำลังด้วยสายพาน คือ สามารถส่งถ่ายกำลังที่มีระยะห่างระหว่างเพลาทั้งสอง ได้มากกว่าการส่งกำลังด้วยเฟือง มีการยืดหยุ่นตัวได้ดีทำให้การส่งกำลังไม่เกิดเสียงดัง ราคาถูก หาซื้อได้ง่ายเพราะมีขนาดมาตรฐาน และมีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป ส่วนข้อเสียของการส่งกำลังด้วยสายพาน คือ สายพานส่วนใหญ่ ไม่เหมาะสำหรับงานที่ต้องการอัตราทดแน่นอน (ยกเว้นสายพานฟันมีอัตราทดแน่นอน) มีความแข็งแรงน้อยกว่าเฟือง ไม่เหมาะสำหรับงานบางสภาวะ เช่น การใช้งานอยู่ในน้ำมัน

ข้อแนะนำในการใช้งานสายพานแบนให้เกิดประโยชน์สูงสุดคือ ควรให้ชุดเพลาขับและเพลาตามวางตัวอยู่ในแนวเดียวกัน ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของ Pulley ชุดขับและชุดตามไม่ควรห่างกันเกิน 10 เมตร และไม่ควรถ่างกันใกล้กว่า 3.5 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Pulley ตัวใหญ่กว่าและควรจัดให้ด้านที่ตั้งของสายพานอยู่ด้านล่าง เพื่อให้ด้านที่หย่อนอยู่ด้านบน อันจะทำให้ช่วยเพิ่มค่ามุมที่สายพานสัมผัสกับ Pulley ให้มากขึ้นได้

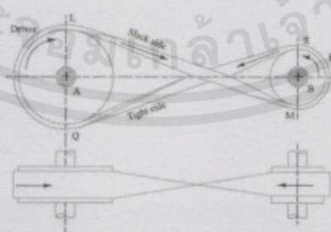
การส่งถ่ายกำลังจาก Pulley ตัวขับไปยัง Pulley ตัวตามด้วยสายพานแบนมีรูปแบบดังต่อไปนี้

(1) แบบ Open Belt Drive: เป็นการใช้งานสายพานแบนในลักษณะที่ Pulley ตัวขับและตัวตามหมุนไปในทิศทางเดียวกัน ลักษณะการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 2.11



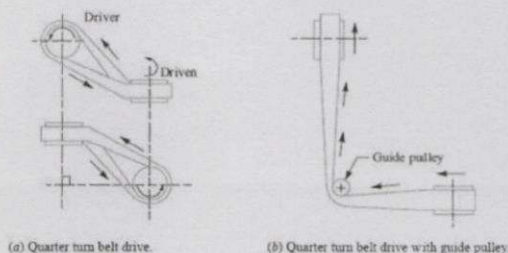
รูปที่ 2.12 แสดงการใช้งานสายพานแบน แบบ Open Belt Drive

(2) แบบ Crossed or Twist Belt Drive: เป็นการใช้งานสายพานแบนในลักษณะที่ Pulley ตัวขับและตัวตามหมุนไปในทิศทางตรงข้ามกัน ลักษณะการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงการใช้งานสายพานแบน แบบ Crossed or Twist Belt Drive

(3) แบบ Quarter Turn Belt Drive: หรือในบางครั้งอาจจะเรียกว่า Right Angle Belt Drive เป็นการติดตั้งสายพานแบนในลักษณะที่ต้องการให้ Pulley ทั้งสองหมุนในทิศทางที่ทำมุมกัน 90° แสดงดังรูปที่ 2.14 และเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้สายพานลื่นไถลออกจาก Pulley ควรกำหนดให้ความกว้างของ Pulley กว้างมากกว่าหรือเท่ากับ 1.4 เท่าของความกว้างของสายพานแบน



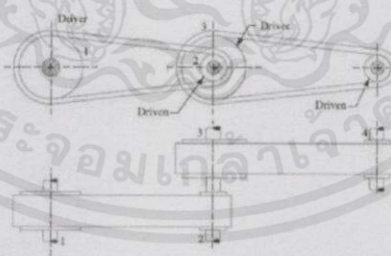
รูปที่ 2.14 แสดงการใช้งานสายพานแบน แบบ Quarter Turn Belt Drive

(4) แบบ Belt Drive With Idler Pulley ปกติแล้วการติดตั้งสายพานแบนจะกำหนดให้ด้านที่ตึงของสายพานแบนอยู่ด้านล่างและให้ด้านหย่อนอยู่ด้านบน เพื่อทำให้มุมโอบของสายพานแบนรอบ Pulley ตัวเล็กมีค่ามากกว่า 120° แต่หากการติดตั้งของสายพานแบนในลักษณะที่ให้สายพานด้านหย่อนอยู่ด้านล่างแล้ว จะทำให้มุมโอบของสายพานรอบ Pulley ตัวเล็กจะมีไม่มากพอ หรือน้อยกว่า 120° ทำให้การส่งกำลังทำได้ไม่ดีพอ จึงมีการติดตั้งชุด Idler Pulley เพื่อปรับความตึงของสายพานแบนให้เหมาะสม ลักษณะการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงการใช้งานสายพานแบนแบบ Belt Drive With Idler Pulley

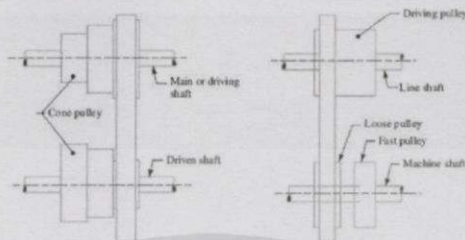
(5) แบบ Compound Belt Drive: เป็นลักษณะการใช้งานสายพานแบนที่ต่อกับต้นกำลังขับเพียงชุดเดียว และไปขับ Pulley ตัวตามหลายๆชุด ลักษณะการใช้ แสดงดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงการใช้งานสายพานแบนแบบ Compound Belt Drive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีควรรณาไปใช้

(6) แบบ Stepped or Cone Pulley Drive: เป็นลักษณะการติดตั้งสายพานแบนที่ต้องการใช้งานเพื่อเพิ่มหรือลดความเร็วรอบของ Pulley ตัวตามในขณะที่ Pulley ตัวขับยังคงทำงานอยู่ ลักษณะการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงการใช้งานสายพานแบนแบบ Stepped or Cone Pulley Drive

อัตราทดจากการส่งกำลังด้วยสายพาน

การส่งกำลังด้วยสายพานที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป มีสายพานแบน สายพานลิ่ม และสายพานฟัน ซึ่งมีวิธีการคำนวณหาอัตราทดดังนี้

(1) อัตราทดของสายพานแบน เป็นสายพานที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมสามารถส่งกำลังได้แบบทอดชั้นเดียวและส่งกำลังแบบทอดสองชั้น แสดงการคำนวณดัง สมการ (2.3), (2.4), (2.5) และ (2.6)

(1.1) การส่งกำลังด้วยอัตราทดชั้นเดียว



รูปที่ 2.18 แสดงรูปหน้าตัดของสายพานลิ่มหน้าแคบ

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.3)$$

$$i = \frac{d_2}{d_1} \quad (2.4)$$

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

$$\text{หรือ } n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2 \quad (2.6)$$

หมายเหตุ สมการที่ (2.5) ได้จากการนำสมการ (2.3) = สมการ (2.4)

เมื่อกำหนด i = อัตราทด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

n_1 = ความเร็วรอบของล้อขับ (รอบ/นาที)

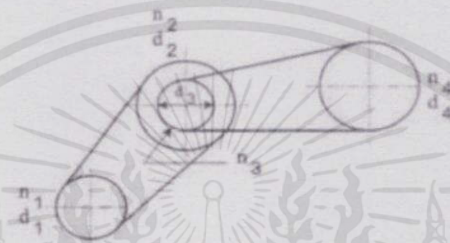
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

n_2 = ความเร็วรอบของล้อตาม (รอบต่อนาที)

d_1 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฟุเลย์ตัวขับ (มิลลิเมตร)

d_2 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฟุเลย์ตัวตาม (มิลลิเมตร)

(1.2) การส่งกำลังด้วยอัตราทดหลายชั้น หมายถึงการส่งกำลังที่มีชุดล้อขับและล้อตามสองชุด คือ มีล้อสายพานทั้งหมด 4 ตัว คือ d_1 , d_2 , d_3 และ d_4 ส่วนความเร็วรอบก็จะมี 4 ตัวเหมือนกัน คือ n_1 , n_2 , n_3 และ n_4 แต่ n_2 จะเท่ากับ n_3 เพราะอยู่บนเพลาเดียวกัน สาเหตุที่ต้องใช้อัตราทดหลายชั้นเพราะว่าการส่งกำลังมีอัตราทดสูง ถ้าส่งด้วยอัตราทดชั้นเดียว ล้อตามของสายพานจะมีขนาดใหญ่มาก



รูปที่ 2.19 แสดงการส่งกำลังด้วยอัตราทดหลายชั้น

จากรูปที่ 2.19 สูตรในการหาอัตราทด

$$\text{อัตราทดคู่ที่ 1} \quad i_1 = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.12) \quad \text{หรือ} \quad i_1 = \frac{d_2}{d_1} \quad (2.7)$$

$$\text{อัตราทดคู่ที่ 2} \quad i_2 = \frac{n_3}{n_4} \quad (2.14) \quad \text{หรือ} \quad i_2 = \frac{d_4}{d_3} \quad (2.8)$$

$$\text{อัตราทดรรวม} \quad I_{total} = i_1 \times i_2 \quad (2.9)$$

$$\text{อัตราทดรรวม} \quad I_{total} = \frac{n_1}{n_4} \quad (2.10)$$

$$\text{อัตราทดรรวม} \quad I_{total} = \frac{d_2}{d_1} \times \frac{d_4}{d_3} \quad (2.11)$$

2.3.4 การส่งกำลังด้วยเพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลัง หรือทำให้เกิดจุดหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆของเครื่อง ขณะทำงานเพลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิด ซึ่งอาจจะมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้ เพลาที่ดีต้องสามารถรับแรงดึง แรงกด แรงบิด แรงดัด หรือแรงผสมการคำนวณหาขนาดต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วยและการทนต่อความล้าของเพลา เพลาต้องมีความแข็งแรง (rigidity)

เพียงพอที่จะลดมุมบิดภายในเพลลาให้อยู่ในขีดจำกัดพอเหมาะ ระยะโก่ง (deflection) มีผลต่อความเร็ววิกฤต(critical speed)ของเพลลาลดลง อีกทั้งมีผลต่อชิ้นส่วนที่ประกอบรวมที่เพลลา เช่น ลูกปืน พู่เลย์ เฟือง หรือชิ้นส่วนที่ส่งกำลัง เป็นต้น เพลลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้

เพลลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่ส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่หมุนก็ตาม

สปินเดิล (Spindle) เป็นเพลลาขนาดสั้น เช่น เพลลาที่หัวแท่นกลึง (Head - stock spindle) เป็นต้น

สตับชาฟ (Stub shaft) เป็นเพลลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์มอเตอร์หรือเครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมา สำหรับใช้ต่อกับเพลลาอื่นๆ

เพลลาแนว (Line shaft) หรือเพลลาส่งกำลัง (Power transmission shaft) หรือเพลลาเมน (Main shaft) เป็นเพลลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง ใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆ โดยเฉพาะ

แจ็คชาฟ (Jack shaft) เป็นเพลลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลลาเมนหรือเครื่องจักรกล

เพลลาอ่อน (Flexible shaft) เป็นเพลลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้เพลลาประเภทนี้ทำด้วยสายพานลวดใหญ่ (cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

หลักการเลือกใช้เพลลา

(1) วัสดุเพลลา ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลลา นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลลาต้องรับเป็นหลักโดยทั่วไปแล้ว จะพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลลาตามขนาดระบุเพลลา วัสดุที่ใช้ทำเพลลาทั่วไปคือ เหล็กกล้าละมุน (Mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานเป็นพิเศษ มักจะใช้เหล็กผสมโลหะอื่นทำเพลลา เช่น AISI 3140, 1347, 4150, 4340 เป็นต้น เพลลาที่มีขนาดเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 90 mm มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อนอย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนชนิดอื่น

(2) ขนาดของเพลลา เพื่อให้เพลลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานของเพลลาซึ่งมีขนาดระบุ (Nominal size) ใน ISO/R775-1969 เอาไว้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลดขนาดของเพลลา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

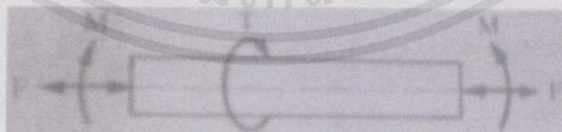
สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อสามารถเลือกใช้ได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดของเพลลา แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดระบุของเพลลาตามมาตรฐาน ISO/R775 - 1969

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเป็น mm.				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	400

(3) หลักพิจารณาการออกแบบเพลลา การคำนวณหาขนาดของเพลลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้น มุมบิดของเพลลาที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ นั่นคือเพลลาจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ในพิสัยที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากเกินไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือน มีผลทำให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลลาในเครื่องจักรทั่วไปไม่เกิน 0.3 ต่อความยาวเพลลา 1 เมตร สำหรับเพลลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มุมบิดได้ถึง 10 ต่อความยาวเพลลา 20 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลลา

(4) การออกแบบเพลลาตามโค้งของ ASME ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด (Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป



รูปที่ 2.20 แสดงเพลลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static Design Method) ในการออกแบบเพลลาให้พิจารณาเพลลาในรูปที่ 2.20 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เพลลาเป็นกลมและกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอกเท่ากับ d_i และ d_o ตามลำดับ ความเค้นต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลลามีดังต่อไปนี้ คือ

$$\text{เค้นดึงหรือกด} \quad \sigma_a = \frac{4F}{\pi(d_o^2 - d_i^2)} \quad (2.12)$$

$$\text{ความเค้นดัด} \quad \sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{32Md}{\pi(d_o^4 - d_i^4)} \quad (2.13)$$

$$\text{ความเค้นเฉือน} \quad \sigma_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16Td}{\pi(d_o^4 - d_i^4)} \quad (2.14)$$

ในกรณีที่เป็นแรงกดอาจมีผลจากการโค้งงอ (Buckling) ได้ดังนั้นสมการ (2.12) จะกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4\alpha F}{\pi(d_o^2 - d_i^2)} \quad (2.15)$$

เพลลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักรเพราะเพลลาหมุนอยู่ตลอดเวลาจากนั้นแรงที่กระทำอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ วิธีการคำนวณ ASME ใช้วิธีการแบบสถิติศาสตร์ ดังนั้นต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue Factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

เมื่อ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ดังนั้นสมการ (2.13) และ (2.14) จึงกลายเป็น

$$\sigma_b = \frac{32C_m Md}{\pi(d_o^4 - d_i^4)} \quad (2.16)$$

$$\sigma_{xy} = \frac{16C_t Td}{\pi(d_o^4 - d_i^4)} \quad (2.17)$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวมคือ

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_b \quad (2.18)$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ผู้อื่นนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

แทนค่าสมาการลงในสมการข้างบนและจัดรูปใหม่จะได้

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)} \left[(C_t T)^2 + \left[\frac{\alpha F d (1+K^2)}{8} + C_m M \right]^2 \right]^{1/2} \quad (2.19)$$

โดยที่ $k = d_i/d$

กรณีไม่มีแรง f กระทำอยู่ด้วยสมการ (3.8) จะลดรูปลงเหลือเพียง

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-K^4)} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2} \quad (2.20)$$

ในกรณีของเพลาดัน $k = d_i/d = 0$ เมื่อแทนค่าลงในสมการ (2.20) ก็จะได้สมการ

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2} \quad (2.21)$$

ค่าตัวประกอบความล้าของเพลาสสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากกระทำ ซึ่งหาได้จากตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าตัวประกอบความล้าของเพลาส

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาสอยู่หนึ่ง :		
แรงสมำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1	1
แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลาสหมุน :		
แรงสมำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

สำหรับตัวประกอบความโค้งงอ ASME ได้แนะนำให้ใช้ดังนี้

$\alpha = 1$ เมื่อ F เป็นแรงดึง

$$\alpha = \frac{1}{1 - 0.0044(L/K)} \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{L}{K} \leq 115 \quad (2.22)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่จำกัดเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอก $\sigma_y (L/K)^2$ จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\alpha = \frac{\sigma_y (L/K)^2}{\pi^2 n E} \quad (2.23)$$

เมื่อ

$$n = 1.00 \text{ เมื่อปลายเป็นแบบ SS}$$

$$n = 2.25 \text{ เมื่อปลายเป็นแบบ CC}$$

$$n = 1.6 \text{ เมื่อปลายถูกขึ้นเป็นบางส่วน (Partially Nestrairde)}$$

$$L = \text{ความยาวจริงของเพลลา}$$

นอกจากนี้โค้ดของ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่า เพลลาซึ่งมีโซ่อยู่ในงานธรรมดาทั่วไปควรมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

$$\text{สำหรับเพลลาที่ไม่มีร่องลิ้ม} \quad \tau_d = 55 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad (2.24)$$

$$\text{สำหรับเพลลาที่มีร่องลิ้ม} \quad \tau_d = 41 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad (2.25)$$

แต่ถ้ากำหนดวัสดุของเพลลาที่บอกถึงหมายเลขของโลหะหรือส่วนผสมของโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งานจากสมการ (3.14) โดยเลือกใช้ค่าน้อยมาค่านวนคือ

$$\tau_d = 0.3\sigma_y \quad \text{หรือ} \quad \tau_d = 0.18\sigma_u \quad (2.26)$$

(5) ความแข็งเกร็งทางการบิด สำหรับเพลลาที่มีขนาดสม่ำเสมอ มุมบิดเป็น rad จะหาค่าได้จากสมการ

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \quad (2.27)$$

สำหรับเพลลากลมตัน $J = \frac{\pi}{32} d^4$ ดังนั้นจึงหาค่ามุมบิดเป็นองศาได้จากสมการ

$$\theta = \frac{584TL}{Gd^4} \quad (2.28)$$

ถ้าเป็นเพลลากลมกลวง

$$\theta = \frac{584TL}{(1-K^4)Gd^4} \quad (2.29)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบให้แก่นักเรียนใช้งานเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ฉะนั้นถ้าต้องการให้เพลลาที่มีความแข็งเกร็งตามลักษณะการใช้งานแล้ว ก็ควรใช้สมการ
 ไม่ว่าจะกรณีข้างบนนี้ตรวจสอบมุมบิดให้อยู่ในค่าที่ต้องการ ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โรลลิ่งแบร์ริง [5]

AFBMA (Anti-Friction Bearing Manufactures Association) ได้มีมาตรฐานเกี่ยวกับความสามารถรับแรงของแบร์ริงโดยไม่คำนึงถึงความเร็วซึ่งเรียกว่าความสามารถในการรับแรงพื้นฐาน (Basic load rating) ความสามารถในการรับแรงพื้นฐาน C_R มีความนิยามว่าเป็นความสามารถของแบร์ริงที่รับแรงคงที่ทาง radial ได้โดยหมุนวงแหวนวงในหนึ่งล้านครั้งค่าหนึ่งล้านรอบเลือกใช้เพื่อให้คำนวณง่าย โรลลิ่งแบร์ริง (Rolling bearings) หมายถึงแบร์ริงที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบร์ริงที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (Sliding contact) เนื่องจากแบร์ริงชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้า 2 วงที่แยกออกจากกัน ด้วยลูกกลิ้งทรงกลมลูกกลิ้งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนวงหนึ่งแล้วส่งแรงนี้ไปยังแหวนอีกวงหนึ่งโดยการกลิ้งไปบนวงแหวน

$$C_R = F \frac{\left[\left(\frac{L_D}{L_R} \right) \left(\frac{n_D}{n_R} \right) \left(\frac{1}{6.84} \right) \right]^{\frac{1}{\alpha}}}{\left[\ln \left(\frac{1}{R} \right) \right]^{\frac{1}{1.17\alpha}}} \quad (2.30)$$

โดยที่

L_{RGR} คือ 10^6 (รอบ)

L_D คือ จำนวนชั่วโมงที่ใช้ออกแบบ (ชั่วโมง)

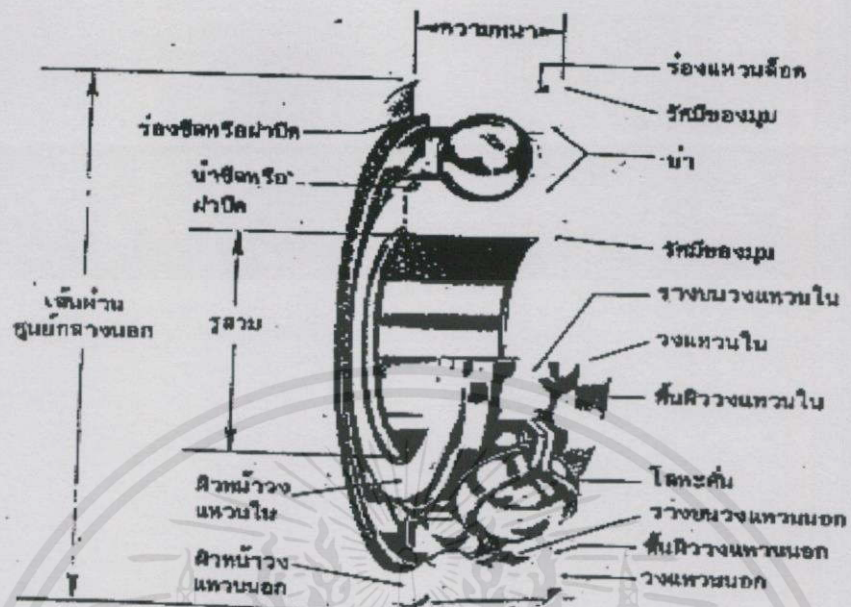
N_D คือ จำนวนรอบที่ใช้ในการออกแบบ (รอบต่อชั่วโมง)

F คือ แรงที่แบร์ริงรับ (นิวตัน)

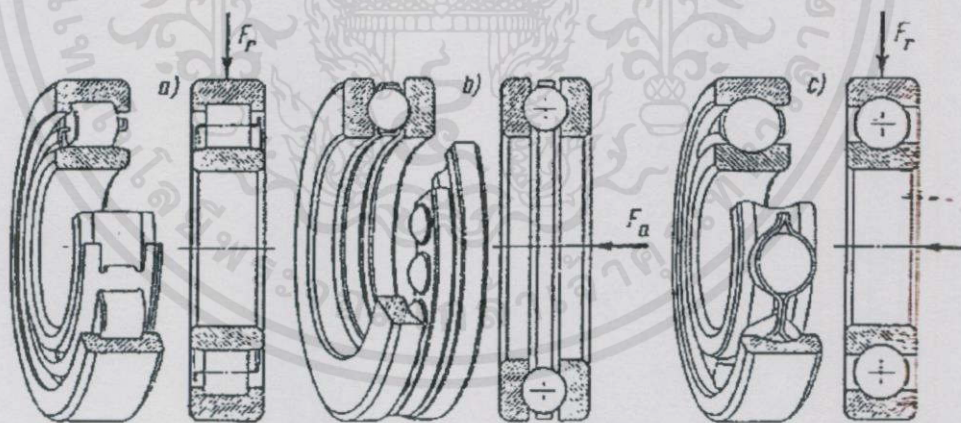
R คือ ความไว้วางใจได้

A คือ 3 สำหรับแบร์ริงกลุ่ม หรือ $10/3$ สำหรับแบร์ริงลูกกลิ้งตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.21 แสดงส่วนต่างๆของบอลแบร์ริง



ภาพที่ 2.22 แสดงแบร์ริงชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากมีการใช้แบร็งก์กันอย่างแพร่หลายทั่วไป ทางสมาคมผู้ผลิตโรลรับแบร็งก์จึงได้วางมาตรฐานการกำหนดขนาดและหลักเกณฑ์ที่จะใช้ในการเลือกแบร็งก์เหล่านี้ขึ้นโดยได้วางมาตรฐานการรับแรงและอายุการใช้งานเอาไว้ ทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ได้สะดวก ตัวแปรสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการออกแบบ คือความเสียดทานในแบร็งก์ ซึ่งที่จริงในการทำงานความเสียดทานจะมีความสำคัญน้อยมาก แต่ทางทฤษฎี สามารถหาค่าพลังงานที่สูญเสียไปกับความเสียดทานได้

2.5 การลดขนาด [6]

2.5.1 ทฤษฎีการลดขนาดที่สำคัญ

ทฤษฎีของ Rittinger ซึ่งกล่าวว่า พลังงานที่นำมาใช้เกี่ยวกับการลดขนาดเป็นปฏิภาคโดยตรงเนื้อที่ผิวที่เกิดขึ้นใหม่หรือปฏิภาคกับขนาดเมล็ดวัตถุที่เกิดขึ้น

ทฤษฎีของ Kick กล่าวว่ากำลังที่ใช้ในการลดขนาดเป็นปฏิภาคกับการลดของปริมาตรของสารนั้น

ทฤษฎีของ Bond กล่าวว่าพลังงานที่ใช้ในการลดขนาด เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความยาวรวมของรอยแยกที่เกิดขึ้นใหม่ นั่นคือปฏิภาคกับกำลังสองของขนาดของสารที่ได้

2.5.2 หลักการลดขนาดของวัสดุ

หลักการที่ใช้ในการลดขนาดวัตถุมี 3 หลักการใหญ่ๆ คือ การตัด การกดอัด และการเฉือน ซึ่งอาจจะประกอบด้วยแบบใดแบบหนึ่งหรือหลายแบบรวมกันก็ได้

(1) การตัด (Cutting) เป็นการลดขนาดโดยการกดด้วยใบมีดที่มีความคมและบางผ่านไปยังวัสดุที่ต้องการลดขนาด

(2) การกดอัด (Pressing) เป็นการลดขนาดโดยการประยุกต์แรงให้เกิดแรงดัดกับวัสดุที่ต้องการลดขนาดของวัสดุ โดยแรงอาจมาจากหลายทิศทาง จึงทำให้ได้วัสดุที่ไม่สม่ำเสมอหลังการลดขนาด

(3) การเฉือน (Shearing) อาศัยแรง 2 ทิศทางวิ่งออกจากวัตถุดิบ เป็นการผสมกันระหว่างการตัดและการกดอัดหากเฉือนบางและมีความคมเรียกว่า การตัดแต่ถ้าหากหนาและทุ้ เรียกว่าการอัด

2.5.3 วิธีการลดขนาด

ในทางทฤษฎีการลดขนาดทำได้หลายวิธี

(1) ถ้าวัตถุเปราะอาจทำให้แตกด้วยแรงกดธรรมดา

(2) ใช้แรงกดกระทบ

(3) ใช้แรงกระทบชนิดพลังงานต่ำทำลายให้แตก โดยเฉพาะให้มีกำลังพอที่จะทำลายตรงมุม

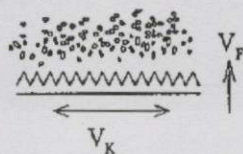
(4) ใช้การบดสีให้เล็กลง

(5) การใช้อนุภาคความเร็วสูงอีกอนุภาคหนึ่งใช้ความเร็วต่ำ

(6) ใช้แรงเฉือน

2.6 การเคลื่อนที่ของใบมีดและการป้อน

2.6.1 แบบ Sickle bar การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบซีกไปซีกมาในแนวเชิงเส้น เคลื่อนที่เข้าหาพืชในแนวตั้งฉากกับการซีกใบมีด แสดงดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แสดงการเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Sickle bar หมุนเคลื่อนที่เข้าหาวัสดุ

2.6.2 แบบ Rotary cutter การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบหมุนเป็นวงกลม แล้วเคลื่อนใบมีดไปตัดวัสดุหรือป้อนพืชเข้ามาหาการหมุน พืชจะตัดตามแนวรัศมีของใบมีดที่หมุนเป็นวงกลม แสดงดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 แสดงการเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Rotary เคลื่อนที่เข้าหาวัสดุ

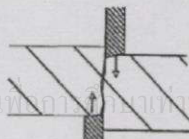
2.6.3 แบบ Rotary วัสดุตัดป้อนเข้าหาใบมีด โดยการเคลื่อนที่ของใบมีดเป็นวงกลมอยู่กับที่ และวัสดุหรือพืชป้อนเข้ามาหาการหมุน ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 แสดงการเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Rotary วัสดุตัดป้อนเข้าหาใบมีด

2.7 ลักษณะการตัดพืช [7]

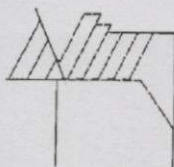
2.7.1 Solid cut เป็นการตัดพืชที่มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นในการรับแรงกดสูง ความต้านทานแรงเฉือนเท่ากันทุกทิศทางและความเร็วสัมพัทธ์ของพืชกับมีดมีค่าน้อย แสดงดังรูปที่ 2.26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.26 แสดงลักษณะการตัดแบบ Solid cut

2.7.2 Chip – forming cut, brittle material, in shear คล้ายกับการตัดแบบ Solid cut การเสียหายของพืชเกิดตามความโค้งและความลาดเอียงของผิวที่ประมาณ 45 องศากับระนาบที่ต้องการตัด แสดงดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 แสดงลักษณะการตัดแบบ Chip – forming cut

2.7.3 Plastic cut เมื่อปลายมีดอกออกแรงกดดันพืชจะก่อรูปร่างเป็นคลื่นภายในต้นพืช ขยายรัศมีเป็นวงกว้างจากจุดที่กระทำการตัดเกิดเมื่อวัสดุมีความชื้นมากและใบมีดมีความคมมาก แสดงดังรูปที่ 2.28



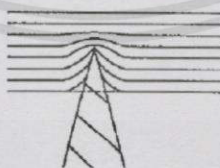
รูปที่ 2.28 แสดงลักษณะการตัดแบบ Plastic cut

2.7.4 Solid cut after compression พืชซึ่งมีลักษณะหน้าตัดคล้ายท่อหรือพืชที่มีแกนอ่อนเกิดการอัด ก่อนที่โครงสร้างของพืชจะเสียหาย แรงตัดจะเพิ่มขึ้นระหว่างการเลือนมิด แสดงดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 แสดงลักษณะการตัดแบบ Solid cut after compression

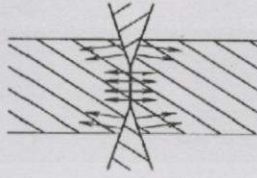
2.7.5 Cut in local tension เกิดกับพืชที่มีโครงสร้างเรียงตัวกันเป็นใย ดังแสดงในรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 แสดงลักษณะการตัดแบบ Cut in local tension

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.6 Wedging cut ถ้าใบมีดสร้างให้รูปร่างเหมือนลิ้มบางๆและความเสียดทานบนใบมีดน้อยมาก แรง ตั้ดฉากกับการเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นในพีช ทา ให้มีตฉีกพีชออกในแนวตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 แสดงลักษณะการตัดแบบ Wedging cut

2.7.7 Chip forming cut Ductile material การตัดที่ทำให้พีชมีการม้วน เกิดกับพีชที่มีความยืดหยุ่นของโครงสร้างผนังเซลล์ ดังแสดงในรูปที่ 2.32



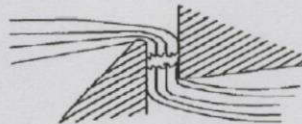
รูปที่ 2.32 แสดงลักษณะการตัดแบบ Chip forming cut

2.7.8 Bending cut เมื่อมีช่องว่างระหว่างมีดกับแท่นรองตัดมากใบมีดจะออกแรงตัดพีชทำให้เกิดการ ขาดของพีชด้วยโมเมนต์ แสดงดังรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 แสดงลักษณะการตัดแบบ Bending cut

2.7.9 Tearing cut การตัดในกรณีที่มีช่องว่างระหว่างมีดกับแท่นรองตัดมากและก้านพีชที่ตัดมีขนาด บางใบมีดจะดันให้พีชขาดออกจากกัน แสดงดังรูปที่ 2.34



รูปที่ 2.34 แสดงลักษณะการตัดแบบ Tearing cut

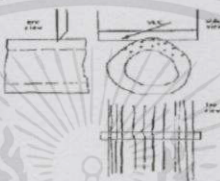
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.10 Scraping cut เป็นการตัดที่ใบมีดเลื่อนเฉียงไปตามผิวโดยเพิ่มแรงตัดในแนวตั้งฉากกับพีชแสดงดังรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 แสดงลักษณะการตัดแบบ Scraping cut

2.7.11 Slicing cut เป็นการตัดที่เกิดในลักษณะที่ใบมีดตัดเฉียงตามระนาบ มุมที่ใช้ในการตัดลักษณะนี้อยู่ที่ 45 - 90 องศา แสดงดังรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 แสดงลักษณะการตัดแบบ Slicing cut

2.8 การเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์

ถ้าคิดว่าอินเวอร์เตอร์เหมือนกับแหล่งจ่ายไฟที่ใช้จ่ายพลังงานเพื่อขับมอเตอร์ ก็จะได้คิดว่าเลือกอินเวอร์เตอร์ขนาดยิ่งใหญ่เท่าไต่ก็ยิ่งดี สามารถติดตั้งสวิทช์ที่เอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์เพื่อเปิดปิดจ่ายกระแสให้มอเตอร์ได้ทันที เหมือนกับแหล่งจ่ายไฟ แต่แนวความคิดนี้ไม่ถูกต้อง เนื่องจากต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงและอินเวอร์เตอร์มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น

ในการเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสมกับมอเตอร์ จะต้องคำนึงถึงข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) ความสามารถในการขับมอเตอร์ขณะเร่งความเร็วและความเร็วรอบคงที่ ต้องพิจารณาว่าอินเวอร์เตอร์สามารถจ่ายกระแสที่มอเตอร์ต้องการได้หรือไม่

(2) ความสามารถในการขับมอเตอร์ขณะลดความเร็ว ในขณะที่ลดความเร็วมอเตอร์จะทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและคืนพลังงาน กลับไปให้อินเวอร์เตอร์ ดังนั้น อินเวอร์เตอร์ต้องมีความสามารถในการรับคืนและใช้พลังงานนี้ให้หมดไป

(3) การเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์โดยดูจากขนาดและจำนวนมอเตอร์นั้น ให้เลือกอินเวอร์เตอร์ที่มีกระแสพิคกมากกว่าผลรวมของกระแสมอเตอร์ทุกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1. การออกแบบและสร้างเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ DESIGN AND FABRICATION OF WATER HYACINTH CHOPPER FOR BIOGAS PRODUCING มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อหั่นย่อยลำต้นของผักตบชวาที่ขนาดความยาว 3 เซนติเมตร นำไปหมักเพื่อให้เกิดก๊าซชีวภาพ และเป็นการกำจัดผักตบชวาอย่างยั่งยืน แสดงดังรูป 2.37



รูปที่ 2.37 แสดงเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา

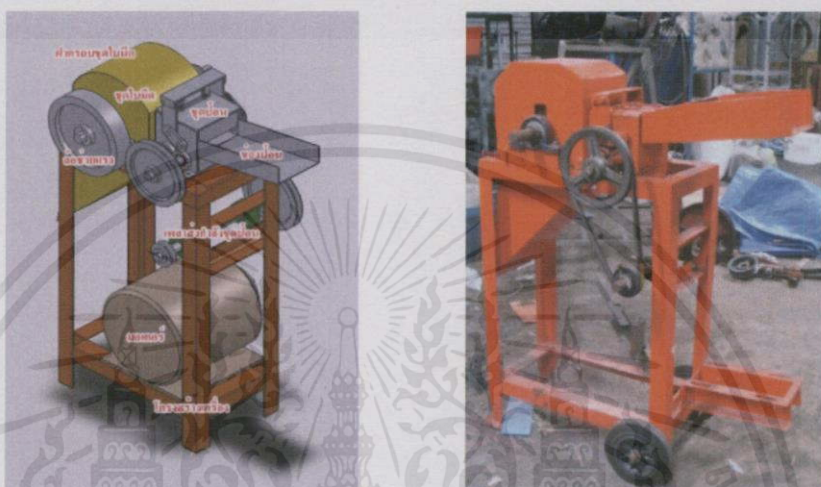
2.9.2 เครื่องย่อยอเนกประสงค์ เป็นเครื่องหั่นย่อยได้ทั้งซากพืชสด และซากพืชแห้ง เช่น กระจับปี่ ช้างข้าวโพด ผักตบชวา ผักสด ถั่วลิสง หญ้าแห้ง ฟาง เหมาะสำหรับนำไปทำอาหารสัตว์ หรือปุ๋ยชีวภาพ สามารถหั่นย่อยได้ 1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้เครื่องยนต์เบนซิน 6.5 แรงม้า ใช้มอเตอร์ 3 ขนาดกว้าง 1.10 เมตร ยาว 0.90 เมตร สูง 1 เมตร แสดงดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 แสดงเครื่องย่อยอเนกประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.3 การพัฒนาเครื่องสับย่อยพืชสำหรับผลิตอาหารโคนม DEVELOPMENT OF FORAGE CHOPPER FOR DAIRY COW มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องสับย่อยพืชสำหรับผลิตอาหารโคนม เพื่อการใช้งานฟาร์มโคนมของเกษตรกร เพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องพืชอาหารโคนมที่เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อยมากขึ้นและผลผลิตที่ได้ตรงตามความต้องการของเกษตรกรอย่างแท้จริง แสดงดังรูปที่ 2.39



รูปที่ 2.39 แสดงส่วนประกอบของเครื่องสับย่อยพืชอาหารโคนม

2.10 ทฤษฎีเบื้องต้นของระบบก๊าซชีวภาพ [8]

2.10.1 ความหมายของก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพ หรือไบโอแก๊ส คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการย่อยสลายอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-40% ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่นๆเช่น ไฮโดรเจน (H_2) ออกซิเจน (O_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N) และไอน้ำ ก๊าซชีวภาพมีชื่ออื่นอีกคือ ก๊าซหนองน้ำ และมาร์ชแก๊ส (marsh gas) ขึ้นกับแหล่งที่มันเกิด กระบวนการนี้เป็นที่นิยมในการเปลี่ยนของเสียประเภทอินทรีย์ทั้งหลายไปเป็นกระแสไฟฟ้า นอกจากกำจัดขยะได้แล้วยังทำลายเชื้อโรคได้ด้วย การใช้ก๊าซชีวภาพเป็นการบริหารจัดการของเสียที่ควรได้รับการสนับสนุนเพราะไม่เป็นการเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศที่เป็นต้นเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) ส่วนการเผาไหม้ก๊าซชีวภาพซึ่งมีก๊าซมีเทนเป็นส่วนประกอบหลักจะสะอาดกว่า

2.10.2 ความเป็นมาของการผลิตก๊าซชีวภาพ

นักวิทยาศาสตร์ค้นพบก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายมูลฟุ้งของสารอินทรีย์ครั้งแรกในศตวรรษที่ 17 โดย Robert Boyle และ Stephen Hale โดยทั้งสองได้พูดถึงการกวนตะกอนในลำธารและทะเลสาบซึ่งทำให้มีก๊าซที่สามารถติดไฟได้ลอยขึ้นมาในปี 1859 Sir Humphrey Davy ได้กล่าวไว้ว่าในก๊าซที่เกิดจากขี้วัวนั้นมีก๊าซมีเทนอยู่ด้วย ในอินเดียในปี 1859 ได้มีการสร้างถังหมักก๊าซในสภาวะไร้อากาศ(anaerobic digester) ขึ้นเป็นครั้งแรกและต่อมาในปี 1985 ในอังกฤษได้มีการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ขึ้นมาโดยใช้ถังสิ่งปฏิกูลผลิตก๊าซแล้วนำก๊าซไปจุดไฟส่องสว่างตามถนน พอถึงปี 1907 ก็ได้มีการออกสิทธิบัตรสำหรับถังหมักก๊าซชีวภาพในเยอรมนี ต่อมาในช่วงทศวรรษที่ 1930 การหมักก๊าซในสภาวะไร้อากาศก็เริ่มเป็นที่รู้จักในแวดวงนักวิชาการกันมากขึ้น ได้มีการวิจัยค้นคว้าและพบจุลินทรีย์ที่เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาและมีการศึกษาถึงสภาวะแวดล้อมที่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านี้ ในชนบทในประเทศกำลังพัฒนาการใช้ก๊าซชีวภาพจากขยะทางการเกษตรหรือเศษอาหารจากครัวเรือนสามารถเป็นทางเลือกสำหรับพลังงานราคาถูก ไม่ว่าจะเพื่อแสงสว่างหรือการทำอาหาร ในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา ทั้งรัฐบาลของอินเดียและจีนต่างก็ได้ให้การสนับสนุนการผลิตก๊าซชีวภาพระดับครัวเรือนซึ่งนอกจากจะลดค่าใช้จ่ายแล้วยังเป็นการลดภาระของโครงข่ายพลังงานของชาติด้วย ในประเทศพัฒนาแล้วการนำเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพไปใช้ยังเป็นการลดการปล่อยมลภาวะรวมถึงก๊าซเรือนกระจกสู่สิ่งแวดล้อมที่นับวันจะยิ่งเสื่อมโทรมลง นอกจากนี้ยังมีผลผลิตพลอยได้ต่างๆ เช่น ปุ๋ยอินทรีย์ ยิ่งในทุกวันนี้โลกกำลังเผชิญวิกฤติปัญหาสิ่งแวดล้อมและวิกฤติพลังงาน ก๊าซชีวภาพจึงยิ่งมีความสำคัญมากขึ้น เพราะเป็นการช่วยแก้ทั้งสองปัญหา ปัจจุบันรัฐบาลของหลายๆ ประเทศรวมถึงประเทศไทยต่างก็ให้การส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพ และสนับสนุนผู้ที่ทำการผลิตก๊าซชีวภาพในรูปแบบต่างๆ

2.10.3 แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการผลิตก๊าซชีวภาพ

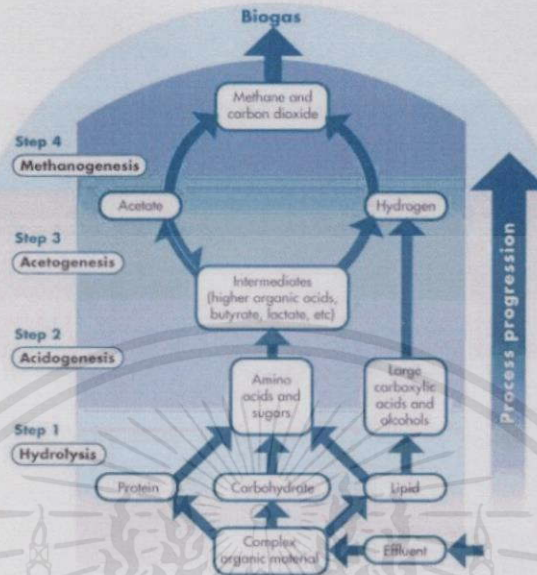
แบคทีเรียสร้างกรด (Acid Former Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มนี้จะย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งไปเป็นกรดอินทรีย์ต่างๆ

แบคทีเรียสร้างมีเทน (Methane Former Bacteria) ทำหน้าที่ย่อยสลายกรดอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์

แบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟต (Sulfate Reducing Bacteria, SBR) ปริมาณของแบคทีเรียชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของซัลเฟต (SO_4^{2-}) ในน้ำเสีย โดยจะทำหน้าที่ดึงออกซิเจนจากสารประกอบซัลเฟต ทำให้เปลี่ยนซัลไฟด์ที่อยู่ในรูปของซัลเฟตเป็นก๊าซไข่เน่า (H_2S)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนและปฏิกิริยาการเกิดก๊าซชีวภาพ แสดงดังรูปที่ 2.40



รูปที่ 2.40 แสดงขั้นตอนและปฏิกิริยาการเกิดก๊าซชีวภาพ

ขั้นตอนที่ 1 การย่อย (Hydrolysis)

ในขั้นตอนนี้ สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน จะถูกแบคทีเรียย่อยสลายให้กลายเป็นสารอินทรีย์โมเลกุลเล็ก ความเร็วของกระบวนการย่อยสลายขึ้นอยู่กับเอนไซม์ที่ถูกปล่อยออกมาจากแบคทีเรีย รวมถึงความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ความเข้มข้นของเอนไซม์ อุณหภูมิ และการสัมผัสระหว่างเอนไซม์กับสารอินทรีย์ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 และ 3 การสร้างกรด (Acidogenesis and Acetogenesis)

ในขั้นตอนนี้สารอินทรีย์โมเลกุลเล็กซึ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์ของการย่อยในขั้นตอนแรก จะถูกเปลี่ยนให้เป็นการอินทรีย์ชนิดโมเลกุลเล็ก เช่น กรดอะซิติก (Acetic Acid) กรดโพรไพโอนิก (Propionic Acid) กรดวาเลอริก (Valeric Acid) และกรดแลคติก (Lactic Acid) โดยแบคทีเรียสร้างกรด โดยกรดที่เกิดขึ้นจะมีกรดอะซิติกสูงที่สุดในปริมาณที่มากที่สุด และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนเกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ด้วย แบคทีเรียสร้างกรดจะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าแบคทีเรียสร้างมีเทน เนื่องจากกระบวนการสร้างมีเทนส่วนใหญ่ต้องการใช้กรดอะซิติกเป็นสารตั้งต้น แต่กรดไขมันระเหยง่ายที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์มีหลายชนิด ซึ่งบางชนิดแบคทีเรียสร้างมีเทนไม่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการสร้างมีเทนได้ โดยเป็นกรดไขมันระเหยง่ายขนาดใหญ่ เช่น กรดโพรไพโอนิก กรดบิวทิริก เป็นต้น ทำให้เกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ประเภทนี้ในระบบธรรมชาติจึงได้มีการสร้างกระบวนการในการเปลี่ยนกรดไขมันระเหยง่ายที่มีขนาดใหญ่ให้กลายเป็นกรดอะซิติก (Acetogenesis) ซึ่งช่วยทำให้ไม่เกิดการสะสมของกรดอินทรีย์ในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างมีเทน (Methanogenesis)

ในกระบวนการสร้างก๊าซมีเทนจะสร้างจากกรดอะซิติก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และ ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ที่ได้จากกระบวนการสร้างกรดโดยแบคทีเรียสร้างมีเทน (Methane Former Bacteria) การสร้างก๊าซมีเทนมี 2 แบบ คือ แบบแรกจะเกิดจากการเปลี่ยนกรดอะซิติกเป็นก๊าซมีเทน โดยคิดเป็น 70% ของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นได้ในระบบ อีกแบบหนึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนให้กลายเป็นก๊าซมีเทน

แบคทีเรียที่เป็นตัวสร้างมีเทนเจริญเติบโตได้ช้าและสภาพแวดล้อมมีผลต่อการเจริญเติบโตค่อนข้างมาก ช่วงค่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของแบคทีเรีย โดยสามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วง pH ประมาณ 6.8-7.2 นอกจากนี้อุณหภูมิก็ยังมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตเช่นกัน อีกทั้งแบคทีเรียในกลุ่มนี้ต้องการสารอาหารที่โครงสร้างไม่ซับซ้อนในการดำรงชีพ ดังนั้นการเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นตัวสร้างมีเทนจึงขึ้นอยู่กับการทำงานของแบคทีเรียในขั้นตอนไฮโดรไลซิสและการสร้างกรด โดยแบคทีเรียทุกกลุ่มต้องทำงานอย่างสัมพันธ์กัน

2.10.4 ปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่างๆที่มีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

การย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซมีปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกันดังต่อไปนี้

(1) อุณหภูมิ (Temperature) การย่อยสลายอินทรีย์และการผลิตก๊าซในสภาพปราศจากออกซิเจน สามารถเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมากตั้งแต่ 4-60 องศาเซลเซียสขึ้นอยู่กับชนิดของกลุ่มจุลินทรีย์

(2) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีความสำคัญต่อการหมักมาก ช่วง pH ที่เหมาะสมอยู่ในระดับ 6.6-7.5 ถ้า pH ต่ำเกินไปจะเป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่สร้างก๊าซมีเทน

(3) อัลคาลินิตี (Alkalinity) ค่าอัลคาลินิตี หมายถึง ความสามารถในการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ค่าอัลคาลินิตีที่เหมาะสมต่อการหมักมีค่าประมาณ 1,000 - 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3)

(4) สารอาหาร (Nutrients) สารอินทรีย์ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ มีรายงานการศึกษาพบว่า มีสารอาหารในสัดส่วน C : N และ C : P ในอัตรา 25 : 1 และ 20 : 1 ตามลำดับ

(5) สารยับยั้งและสารพิษ (Inhibiting and Toxic Materials) เช่น กรดไขมันระเหยได้ ไฮโดรเจน หรือแอมโมเนีย สามารถทำให้ขบวนการย่อยสลาย ในสภาพไร้ออกซิเจนหยุดชะงักได้

(6) สารอินทรีย์และลักษณะของสารอินทรีย์สำหรับขบวนการย่อยสลาย ซึ่งมีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง

(7) ชนิดและแบบของบ่อก๊าซชีวภาพ (Biogas Plant) บ่อก๊าซชีวภาพ แบ่งตามลักษณะการทำงาน ลักษณะของของเสียที่เป็นวัตถุดิบและประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.5 การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ

ด้านพลังงาน เมื่อพิจารณาถึงด้านเศรษฐกิจแล้วการลงทุนผลิตก๊าซชีวภาพจะลงทุนต่ำกว่าการผลิตเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงจากแหล่งอื่น ๆ เช่น ฟืน ถ่าน น้ำมัน ก๊าซหุงต้ม และไฟฟ้า ก๊าซชีวภาพจำนวน 1 ลูกบาศก์เมตรสามารถนำไปใช้ได้ดังนี้

(1) ให้ค่าความร้อน 3,000-5,000 กิโลแคลลอรี่ ความร้อนนี้จะทำให้น้ำ 130 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เดือดได้

(2) ใช้กับตะเกียงก๊าซขนาด 60-100 วัตต์ ลูกใหม่ได้ 5-6 ชั่วโมง

(3) ผลิตกระแสไฟฟ้า 1.25 กิโลวัตต์

(4) ใช้กับเครื่องยนต์ 2 แรงม้า ได้นาน 1 ชั่วโมง

(5) ถ้าใช้กับครอบครัวขนาด 4 คน สามารถหุงต้มได้ 3 มื้อ

ด้านปรับปรุงสภาพแวดล้อม โดยการนำมูลสัตว์และน้ำล้างคอกมาหมักในบ่อแก๊สชีวภาพ จะเป็นการช่วยกำจัดมูลในบริเวณที่เลี้ยงทำให้กลิ่นเหม็นและแมลงวันในบริเวณนั้นลดลงและผลจากการหมักมูลสัตว์ ในบ่อแก๊สชีวภาพที่ปราศจากออกซิเจนเป็นเวลานานๆ ทำให้เชื้อพยาธิและเชื้อโรคส่วนใหญ่ในมูลสัตว์ตายด้วย ซึ่งเป็นการทำลายแหล่งเพาะเชื้อโรคบางชนิด เช่น โรคมืด อหิวาต์ และพยาธิที่อาจแพร่กระจายจากมูลสัตว์ด้วยกัน นอกจากนี้แล้วยังเป็นการป้องกันไม่ให้มูลสัตว์ถูกชะล้างลงไปแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

ด้านการเกษตร

(1) การทำเป็นปุ๋ย ปากที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพเราสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ดีกว่ามูลสัตว์สดๆและปุ๋ยคอก ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่มีการหมัก จะมีการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนในมูลสัตว์ ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

(2) การทำเป็นอาหารสัตว์ โดยนำส่วนที่เหลือจากการหมัก นำไปตากแห้ง แล้วนำไปผสมเป็นอาหารสัตว์ให้โคและสุกรกินได้ แต่ทั้งนี้ก็มีข้อจำกัด คือ ควรใส่อยู่ระหว่าง 5-10 กิโลกรัม ต่อส่วนผสมทั้งหมด 100 กิโลกรัม จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตตามปกติและเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย

2.11 ทฤษฎีมานอมิเตอร์ (Manometer) [9]

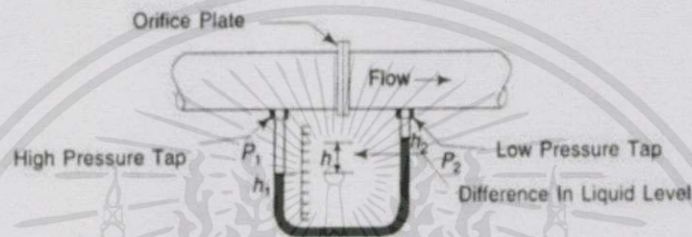
เป็นอุปกรณ์วัดความดันเกจอย่างง่ายที่สุด โดยวัดที่ค่าความดันต่ำๆ มานอมิเตอร์อาศัยหลักการ Balance pressure กับน้ำหนักของของเหลวภายใน Column ดังนั้นการตอบสนองการวัดของmanometer ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนไหวของของเหลวใน Column มานอมิเตอร์มีด้วยกันหลายรูปแบบ แต่ละแบบมีข้อดี ข้อเสียและ Application ที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

2.11.1 U-Tube Manometer

เป็นมานอมิเตอร์ที่มีรูปแบบง่ายที่สุดในบรรดาแบบทั้งหลาย ส่วนมากนิยมใช้งานในห้องทดลองเนื่องจากสามารถเลือกใช้ได้กับของเหลวเกือบทุกชนิด แต่ที่นิยมใช้คือ น้ำและปรอท ไม่ว่าจะกรณีใดตลอดจันสามารถอ่านและบันทึกค่าได้ค่อนข้างแม่นยำด้วย จึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะโครงสร้าง เป็นหลอดแก้วรูปตัว U และต้องเติมของเหลวเข้าไป ซึ่งที่นิยมใช้ที่สุดคือ น้ำ, ปรอทเนื่องจากว่าทั้ง 2 ชนิดมีค่า Specific Weight คงที่แม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนไปก็ตาม โดยอาจปล่อยปลายด้านหนึ่งไว้กับบรรยากาศและปลายด้านหนึ่งต่อเข้ากับจุดวัดความดัน หรืออาจต่อปลายทั้งสองเข้ากับจุดวัดความดันก็ได้

(1) หลักการในกรณีที่ต่อ U-Tube เข้ากับจุดวัดความดันทั้ง 2 ด้าน แสดงดังรูปที่ 2.41



รูปที่ 2.41 แสดงการต่อ U-Tube เข้ากับจุดวัดความดันทั้ง 2 ด้าน

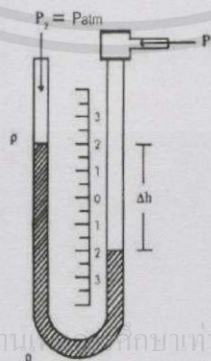
อธิบายได้ด้วยสมการ (2.31) และ (2.32)

$$P_1 - P_2 = (\rho - \rho_1) (h_1 - h_2) g \quad (2.31)$$

$$\Delta P = (\rho - \rho_1) g h \quad (2.32)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลวใน U-Tube (ปกติแบบนี้จะใช้ปรอท)
 ρ_1 คือ ความหนาแน่นของของเหลวในท่อ (Main Pipe)
 h คือ ความสูง แตกต่างที่เกิดจาก ความดันทั้ง 2 ด้าน ของ Manometer
 g คือ แรงโน้มถ่วงของโลก

(2) ในกรณีที่ต่อ U-Tube เข้ากับจุดวัดความดัน 1 ด้าน อีกด้านหนึ่งปล่อยอิสระกับบรรยากาศ แสดงดังรูปที่ 2.43



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานของนักศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 รูปที่ 2.42 แสดงต่อการต่อ U-Tube เข้ากับจุดวัดความดัน 1 ด้าน

อธิบายได้ด้วยสมการ (2.33) และ (2.34)

$$P_1 - P_2 = (\rho - \rho_1)(h_1 - h_2)g \quad (2.33)$$

$$= (\rho - \rho_1) g D h \quad (2.34)$$

เมื่อ P คือ ด้านที่ต่อเข้ากับความดัน r_2 คือ บรรยากาศ
 ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลวใน U-Tube
 ρ_1 คือ ความหนาแน่นของ Fluid เหนือของเหลวด้าน ρ_2 ในที่นี้คืออากาศ
 และเมื่อเทียบ ρ กับ ρ_1 และ ρ_1 มีค่าน้อยมาก จึงให้เท่ากับ 0

$$\text{ดังนั้น } \Delta P = \rho g \Delta h \quad (2.35)$$

จากสมการจะพบว่า ΔP แปรผันตรงกับค่า Δh และค่า ρ ดังนั้นสมการออกแบบหรือเลือกใช้งาน Manometer จึงต้องคำนึงถึงตัวแปร 2 ตัว เป็นหลัก เช่น หลอดแก้วที่มีความสูง 1 เมตร ใช้ของเหลวที่เป็นน้ำ จะสามารถวัดความดันได้ในย่าน 0-98.066 mbar หากใช้ของเหลวเป็นปรอท จะสามารถวัดความดันได้ในย่าน 0-1329 mbar

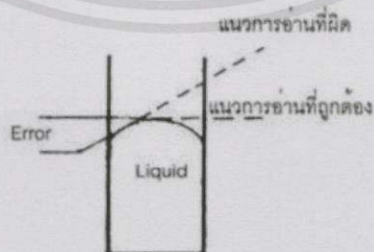
คุณลักษณะที่สำคัญของ U-Tube Manometer

(1) มีค่า Error ประมาณ 10.3% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การอ่านค่าด้วย โดยอาจมีค่า Human Error เกิดขึ้นค่อนข้างมาก

(2) ค่า Liquid Purity, Temperature, Atmospheric Pressure ที่เปลี่ยนแปลงไป ล้วนส่งผลต่อค่า Density ของของไหล จึงต้องนำมาคำนวณเพื่อชดเชยค่า Error ด้วย

(3) ของเหลวที่เติมใน U-Tube ที่นิยมใช้คือน้ำ ปรอท และน้ำมันผสม โดยคุณสมบัติที่สำคัญคือ ต้องไม่ทำปฏิกิริยากับ Fluid ที่ต้องการวัดความดันในระบบ ไม่กัดกร่อนไม่เป็นสารพิษ ไม่แข็งตัว ไม่เดือดง่าย ไม่ระเหยง่าย

(4) ผลของ Surface Tension หรือ ค่าแรงตึงผิวของของเหลวที่เติมใน U-Tube จะทำให้การอ่านค่าผิดพลาดได้ การอ่านค่าที่ถูกต้องคือ ต้องอ่านค่า ณ จุดกึ่งกลาง Tube ไม่ว่าจะอยู่จุดสูงสุดหรือต่ำสุดก็ตาม แสดงดังรูปที่ 2.44



รูปที่ 2.43 แสดงค่าแรงตึงผิวของของเหลวที่เติมใน U-Tube

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำเนื้อหาไปเผยแพร่หรือใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาต
 (5) ย่านการวัดขึ้นอยู่กับขนาดความสูงของ U-Tube และสารที่ใช้เติมโดยทั่วไปจะใช้ U-Tube ความสูงประมาณ 1 เมตร เพราะหากสูงมากจะมีปัญหาเรื่องการอ่านค่าที่ลำบาก

(6) Manometer จัดเป็นเครื่องมือวัดความดันที่อยู่ในกลุ่มของ Reference Device ซึ่งประกอบด้วย McLeod Gauge, Barometer และ Dead Weight Tester

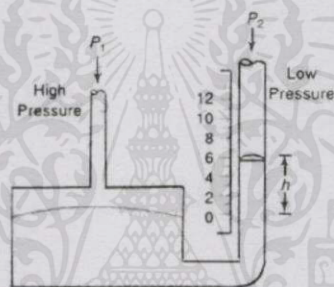
นอกจากนี้ยังอาจพบเห็น U-Tube Manometer ที่ใช้ของเหลว 2 ชนิด (Double Liquid Type manometer) เต็มลงไป U-Tube ด้วย โดยมีคุณลักษณะที่สำคัญคือ ใช้วัดความดันของก๊าซเท่านั้น

2.11.2 Well Type Manometer or Single Tube Manometer

เป็นมาโนมิเตอร์ชนิดที่นิยมใช้งานกันมากที่สุด เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ คือ

(1) มีความสะดวกในการอ่านค่า เนื่องจากมี Seale อยู่ด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น สามารถอ่านการเปลี่ยนแปลงได้ทันที

(2) มีความไวสูง สามารถตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของความได้ดัดมาก แม้จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็ตาม



รูปที่ 2.44 แสดง Well Type Manometer or Single Tube Manometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะตีพิมพ์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้างเครื่อง

3.1 การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา

จากการศึกษาข้อมูล การทดลอง และการคำนวณเบื้องต้นที่ได้นำมาออกแบบเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา โดยใช้หลักการออกแบบตามขั้นตอนออกแบบ ดังนี้

3.1.1 การออกแบบชุดโครงสร้างของเครื่อง

(1) โครงเครื่อง มีขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร สูง 70 เซนติเมตร ทำจากเหล็กฉากขนาด 3.81×3.81 เซนติเมตร ทนทาน 0.3 เซนติเมตร ดังแสดงในรูป 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงโครงเครื่อง

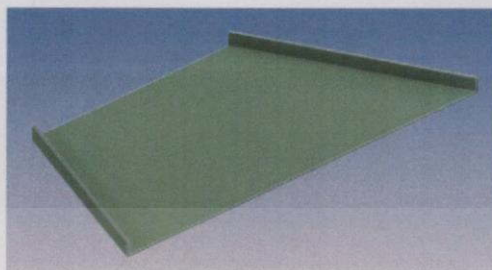
(2) ฝาครอบชุดใบมีด มีขนาดรัศมี 18 เซนติเมตร ยาว 42 เซนติเมตร มีความหนาของเหล็ก 0.15 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงฝาครอบชุดใบมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายใน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งนี้ไปเผยแพร่หรือส่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) รางป้อนวัสดุ มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู มีความกว้างด้านขนาน 53 และ 30 เซนติเมตร มีความหนา 0.4 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงรางป้อนวัสดุ

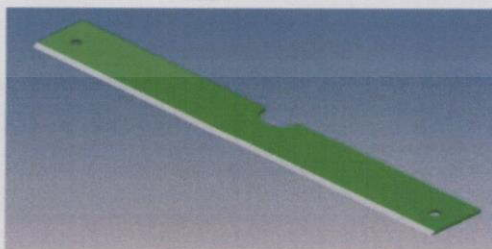
(4) รางปล่อยวัสดุ มีขนาดกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 43 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร มีความหนา 0.15 เซนติเมตร ดังแสดงรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงรางปล่อยวัสดุ

3.1.2 การออกแบบชุดใบมีดสำหรับหั่นย่อยผักตบชวา

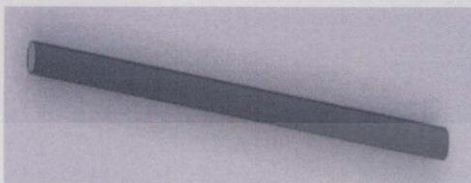
(1) ใบมีด มีขนาด กว้าง 3.81 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงใบมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) เพลาชับ ทำจากเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงเพลาชุดไบมีด

(3) ชุดไบมีด ประกอบด้วยไบมีดทั้งหมด 4 ใบ ประกอบเข้ากับหน้าแปลนซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น และเหล็กฉากขนาด 3.81x3.81 หนา 0.3 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงชุดไบมีด

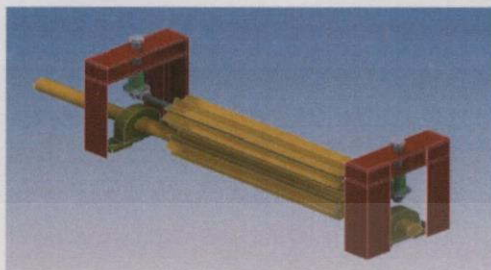
3.1.3 การออกแบบชุดลำเลียงผักตบชวา

(1) ลูกกลิ้ง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร มีพื้นผิวเป็นร่อง ดังแสดงในรูปที่ 3.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงรูปที่ 3.8 แสดงชุดลูกกลิ้ง เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ชุดป้อน ประกอบด้วยลูกกลิ้งพื้นผิวเป็นร่องจำนวน 2 ลูก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และสปริง 1000 N/m จำนวน 2 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงชุดป้อน

3.1.4 การออกแบบชุดต้นกำลัง

(1) มอเตอร์ไฟฟ้า ยี่ห้อ Mitsubishi ขนาด 3 hp เป็นต้นกำลัง โดยมีคุณสมบัติดังนี้ มีความต่างศักย์ไฟฟ้า 380 V, 3 เฟส และ กระแสไฟฟ้า 5 A.



รูปที่ 3.10 แสดงมอเตอร์ไฟฟ้า

(2) อินเวอร์เตอร์ รุ่น AF-500 เพื่อใช้ปรับความเร็วรอบมอเตอร์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบของการหั่นย่อยที่เหมาะสม



รูปที่ 3.11 แสดงอินเวอร์เตอร์

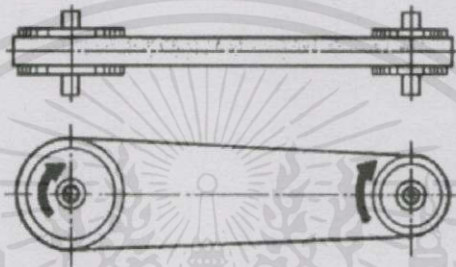
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 การออกแบบชุดส่งกำลัง

(1) ชุดส่งกำลัง ใช้พู่เล่ย์ละสายพานเป็นตัวส่งกำลัง โดยมีขนาดต่างๆดังนี้

(1.1) การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ใช้พู่เล่ย์ทั้งหมด 5 ตัว โดยมีขนาดต่างๆดังนี้ 2.5, 3, 4.5, 6 และ 12 นิ้ว

(1.2) การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร ใช้พู่เล่ย์ทั้งหมด 4 ตัว โดยมีขนาดต่างๆดังนี้ 3, 4.5, 6, และ 10 นิ้ว



รูปที่ 3.12 แสดงชุดส่งกำลัง

3.2 การคำนวณค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องของเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา

3.2.1 การคำนวณหาอัตราทดกำลังของมอเตอร์

(1) การหั่นย่อยผักตบที่ขนาด 1 cm.

$$\text{จากสูตร} \quad \frac{D_2}{D_1} \quad (3.1)$$

โดยกำหนดให้ D_1 (พู่เล่ย์มอเตอร์) = 3 inch. , D_2 (พู่เล่ย์ชุดใบมีด) = 6 inch. , D_3 (พู่เล่ย์ชุดใบมีด) = 2.5 inch. D_4 (พู่เล่ย์อิสระ) = 4.5 inch. และ D_5 (พู่เล่ย์ชุดลำเลียง) = 12 inch.

$$\text{แทนค่า} \quad R_1 \text{ อัตราทดที่ } D_1 \text{ กับ } D_2 = \frac{D_2}{D_1} = \frac{6}{3} = 2$$

$$R_2 \text{ อัตราทดที่ } D_3 \text{ กับ } D_4 = \frac{D_4}{D_3} = \frac{4.5}{2.5} = 1.8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น R_3 อัตราทดที่ D_4 กับ $D_5 = \frac{D_5}{D_4} = \frac{12}{4.5} = 2.67$ ไม่สามารถแก้ไขได้ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) การหั่นย่อยผักตบที่ขนาด 3 cm.

$$\text{จากสูตร} \quad \frac{D_2}{D_1} \quad (3.2)$$

โดยกำหนดให้ D_1 (พูเลย์มอเตอร์) = 3 inch. , D_2 (พูเลย์ชุดใบมีด) = 6 inch.
 D_3 (พูเลย์อิสระ) = 4.5 inch. และ D_4 (พูเลย์ชุดลำเลียง) = 10 inch.

$$\text{แทนค่า} \quad R_1 \text{ อัตราทดที่ } D_1 \text{ กับ } D_2 = \frac{D_2}{D_1} = \frac{6}{3} = 2$$

$$R_2 \text{ อัตราทดที่ } D_2 \text{ กับ } D_3 = \frac{D_3}{D_2} = \frac{4.5}{6} = 0.75$$

$$R_3 \text{ อัตราทดที่ } D_3 \text{ กับ } D_4 = \frac{D_4}{D_3} = \frac{10}{4.5} = 2.22$$

3.2.2 การคำนวณหาค่าแรงบิดของเพลา (T)

$$T = \frac{W_p \times 60}{2\pi n} \quad \text{หรือ} \quad \text{แรงบิด} = \text{แรงม้า} / (\text{รอบต่อนาที} \times 0.001376) \quad (3.3)$$

โดยกำหนดให้ กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 3 แรงม้า (W_p) = 2,238 W.

ความเร็วรอบเพลาชุดใบมีดที่ใช้งาน ต่ำสุด = 300 rpm.

$$\text{แทนค่า} \quad \text{แรงบิด (T)} = \frac{2238 \times 60}{(300 \times 3.1414 \times 2)}$$

จะได้ แรงบิด (T) = 71.24 N.m

3.2.3 การคำนวณหาขนาดเพลา

โดยกำหนดให้ ความเค้นดึง (s_y) = 320 N/mm²

ความเค้นเฉือน (τ_y) = 192 N/mm²

ความเค้นโมเมนต์บิด (J) = $\pi d^4/32$ (3.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับความเค้นเฉือน (τ_y) = $T r / J$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไป (3.5) โชน์ด้านกรรค่า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ที่นำสมการที่ (3.4) และ (3.5) มารวมกันจะได้ อย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาดำสุด (d)} = (16T / \tau \pi)^{1/3} \quad (3.6)$$

แทนค่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาดำสุด (d) = $(16 \times 71.24 \times 1000 / 192 \times \pi)^{1/3}$

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาดำสุด (d) = 12.36 mm.

เพราะฉะนั้น เลือกใช้เพลารขนาด 25.4 mm. ซึ่งมีจำหน่ายในท้องตลาด

3.2.3 การคำนวณหากำลังไฟฟ้า (W_p)

จากสูตร $HP = \frac{W_p}{745}$ (3.7)

คำนวณหา กำลังไฟฟ้า (W_p) = 3×745 W

จะได้ กำลังไฟฟ้า (W_p) = 2,238 W

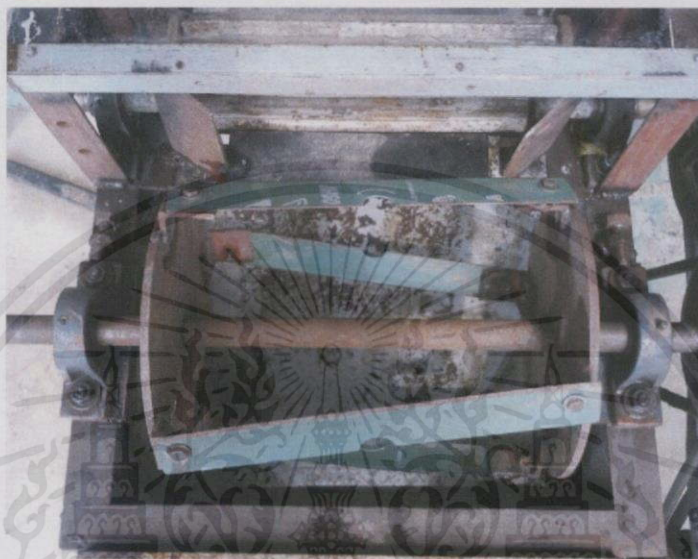
3.3 การสร้างเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา

(1) ตัดเหล็กฉากขนาด 3.81 x 3.81 เซนติเมตร หนา 0.3 เซนติเมตร เพื่อนำไปทำโครงเครื่อง โดยมีขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 50 x 60 x 70 เซนติเมตรตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้ใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.13 แสดงชุดโครงสร้างของเครื่อง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) นำเพลาด้านขนาด 2.54 ยาว 70 เซนติเมตร และหน้าแปลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 23 เซนติเมตร ที่เจาะรูขนาด 2.54 เซนติเมตรไว้แล้วจำนวน 2 แผ่น มาเชื่อมติดเข้าด้วยกันเพื่อทำเป็นชุดใบมีดจากนั้นนำใบมีดมาประกอบเข้าด้วยกัน หลังจากนั้นนำไปติดตั้งบนโครงเครื่องโดยมีแบริ่งตักดาเป็นตัวรองรับ ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แสดงชุดใบมีด

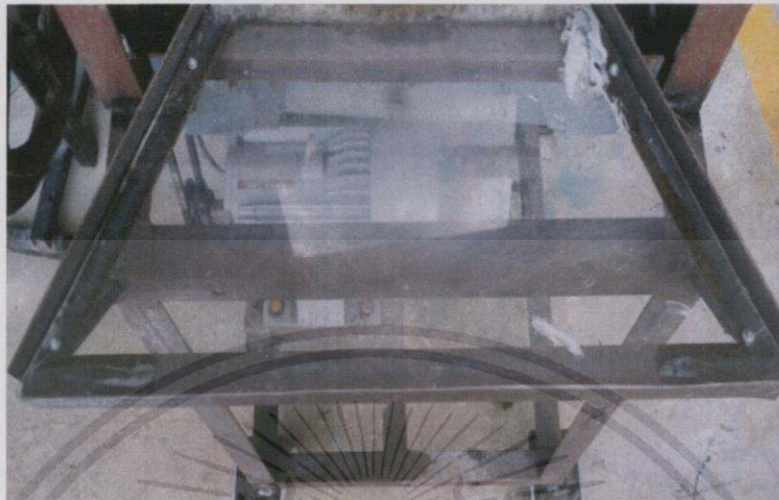
(3) ติดตั้งชุดลูกกลิ้งซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 เซนติเมตร จำนวนสองลูก เข้ากับโครงเครื่องโดยมีแบริ่งตักดาเป็นตัวรองรับลูกกลิ้งตัวล่าง หลังจากนั้นนำสปริงซึ่งมีความยาว 5 เซนติเมตร จำนวนสองอัน มาติดตั้งกับลูกกลิ้งตัวบน ดังแสดงในรูป 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงชุดลูกกลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ติดตั้งถาดป้อนวัสดุซึ่งทำจากวัสดุพอลิเมอร์เข้ากับโครงเครื่องโดยมีตัวรองรับถาดทำจากเหล็กฉากขนาด 2.54 x 2.54 เซนติเมตร มีลักษณะคล้ายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ดังแสดงในรูป 3.16



รูปที่ 3.16 แสดงชุดถาดป้อนวัสดุ

(5) ติดตั้งชุดปล่อยวัสดุซึ่งมีขนาดความกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 40 x 43 x 50 เซนติเมตร เข้ากับโครงเครื่องหลังจากนั้นนำฝาครอบใบมีซึ่งมีขนาดรัศมี 18 เซนติเมตร ยาว 42 เซนติเมตร ติดตั้งเข้ากับโครงเครื่อง ดังแสดงในรูป 3.17

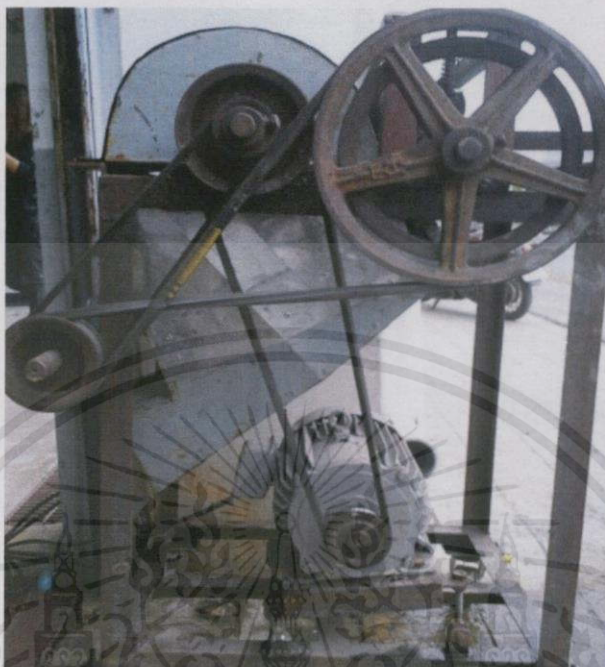


รูปที่ 3.17 แสดงชุดปล่อยวัสดุและฝาครอบใบมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) ติดตั้งชุดส่งกำลัง ได้แก่ มอเตอร์, Pulley, สายพาน และเพลาเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่

3.18



รูปที่ 3.18 แสดงชุดส่งกำลัง

(7) ทำการทดสอบเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา



รูปที่ 3.19 แสดงเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดลองเครื่องหั่นย่อยผักตบชวา

4.1 การทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการหั่นย่อยผักตบชวา

4.1.1 จุดประสงค์การทดสอบ

- (1) เพื่อหาสมรรถนะการทำงานของเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร
- (2) เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร

4.1.2 วัสดุอุปกรณ์

- (1) เครื่องหั่นย่อยผักตบชวา
- (2) Inverter รุ่น AF-500
- (3) ผักตบชวา
- (4) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบฐานตั้งสปริงขนาด 3 กิโลกรัม
- (5) นาฬิกาจับเวลา

4.1.3 วิธีการทดสอบ

- (1) นำผักตบชวามาชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนัก 3 กิโลกรัม
- (2) นำ Inverter มาต่อกับมอเตอร์เพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยวิธีการปรับแรงดันและความถี่ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับมอเตอร์ เดินเครื่องให้เครื่องทำงานที่ความเร็วรอบที่ต้องการ และใส่ผักตบชวาลงไปในเครื่อง

(3) จับเวลาที่ใช้ในการทดสอบเครื่อง

(4) นำผักตบชวาที่หั่นได้มาชั่งน้ำหนัก คัดแยกขนาดและชั่งน้ำหนักขนาดต่างๆ อีกครั้ง

(5) บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

(6) ทำซ้ำโดยปรับค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ในค่าต่างๆ ที่ต้องการ คือ 516 rpm (17.5 Hz), 591 rpm (20 Hz), 671 rpm (22.5 Hz), 746 (25 Hz) rpm และ 820 rpm (27.5 Hz)

4.1.4 การคำนวณ

(1) การหาความสามารถในการทำงาน(kg./hr) = (3600วินาที/เวลาในการทดสอบ) x 3kg.

(2) ประสิทธิภาพการทำงาน = (น้ำหนักขนาดที่ต้องการ / น้ำหนักทั้งหมด) x 100%

4.1.5 การสังเกตลักษณะของผักตบชวาที่หันด้วยความเร็วรอบต่างๆ

(1) การหันย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 516 รอบต่อนาที

จากการทดลองลักษณะของผักตบชวาที่หัน ส่วนของรากและลำต้นมีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการมาก และส่วนใหญ่ยังหันไม่ขาด ส่วนของใบยังหันไม่ขาด เนื่องจากความเร็วรอบใบมีดช้าเกินไป มีความสามารถในการทำงาน 117.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการทำงาน 75.33 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะการหันย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 516 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 591 รอบต่อนาที

จากการทดลองลักษณะของผักตบชวาที่หั่น ส่วนของรากและลำต้นมีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการมาก และส่วนใหญ่ยังหั่นไม่ขาด ส่วนของใบยังหั่นไม่ขาด เนื่องจากความเร็วรอบใบมีดช้าเกินไป มีความสามารถในการทำงาน 122.73 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการทำงาน 76.67 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 591 รอบต่อนาที

(3) การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 671 รอบต่อนาที

จากการทดลองลักษณะของผักตบชวาที่หั่น ส่วนของรากและลำต้นมีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการเล็กน้อย และบางส่วนยังหั่นไม่ขาด ส่วนของใบมีการหั่นย่อยได้เล็กน้อย มีความสามารถในการทำงาน 123.29 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการทำงาน 79.33 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 671 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 746 รอบต่อนาที

จากการทดลองลักษณะของผักตบชวาที่หั่น ส่วนของรากและลำต้นมีขนาดใกล้เคียงกับที่ต้องการ ส่วนของใบมีการหั่นย่อยได้มาก มีความสามารถในการทำงาน 125.58 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการทำงาน 81.33 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 746 รอบต่อนาที

(5) การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 820 รอบต่อนาที

จากการทดลองลักษณะของผักตบชวาที่หั่น ส่วนของรากและลำต้นมีการหั่นย่อยได้ตามขนาดที่ต้องการ ส่วนของใบมีการหั่นย่อยได้มาก มีความสามารถในการทำงาน 128.57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการทำงาน 86 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 820 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 516 รอบต่อนาที

จากการทดลองลักษณะของผักตบชวาที่หั่น ส่วนของรากและลำต้นมีการหั่นย่อยได้ขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการเล็กน้อย ส่วนของใบมีการหั่นย่อยได้เล็กน้อย เนื่องจากความเร็วรอบใบมีดต่ำเกินไป มีความสามารถในการทำงาน 165.14 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการทำงาน 55.33 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 516 รอบต่อนาที

(7) การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 591 รอบต่อนาที

จากการทดลองลักษณะของผักตบชวาที่หั่น ส่วนของรากและลำต้นมีการหั่นย่อยได้ขนาดตามที่ต้องการ และส่วนของใบมีการหั่นย่อยได้เล็กน้อย มีความสามารถในการทำงาน 181.20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการทำงาน 75.33 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 591 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(8) การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 671 รอบต่อนาที

จากการทดลองลักษณะของผักตบชวาที่หั่น ส่วนของรากและลำต้นมีการหั่นย่อยได้ขนาด เล็กกว่าต้องการเล็กน้อย เนื่องจากความเร็วรอบใบมีดเพิ่มขึ้น และส่วนของใบมีการหั่นย่อยได้มากขึ้น มีความสามารถในการทำงาน 185.57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการทำงาน 64.67 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 671 รอบต่อนาที

(9) การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 746 รอบต่อนาที

จากการทดลองลักษณะของผักตบชวาที่หั่น ส่วนของรากและลำต้นมีการหั่นย่อยได้ ขนาดเล็กกว่าต้องการมาก เนื่องจากความเร็วรอบใบมีดเพิ่มขึ้น และส่วนของใบมีการหั่นย่อยได้มาก มีความสามารถในการทำงาน 191.49 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการทำงาน 66 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 746 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(10) การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 820 รอบต่อนาที

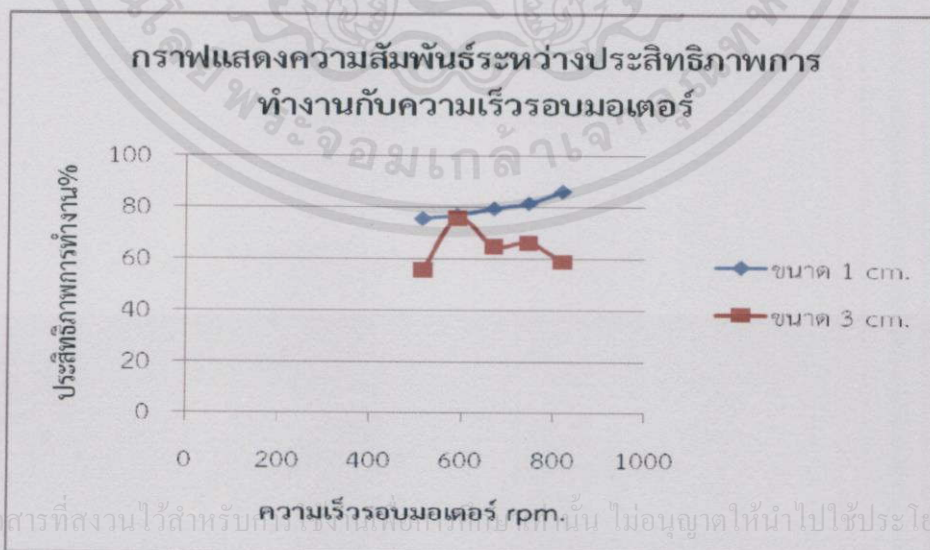
จากการทดลองลักษณะของผักตบชวาที่หั่น ส่วนของรากและลำต้นมีการหั่นย่อยได้ขนาดเล็กกว่าต้องการมาก เนื่องจากความเร็วรอบใบมีดเพิ่มขึ้นมาก และส่วนของใบมีการหั่นย่อยได้ทั้งหมด มีความสามารถในการทำงาน 207.69 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการทำงาน 58.67 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 820 รอบต่อนาที

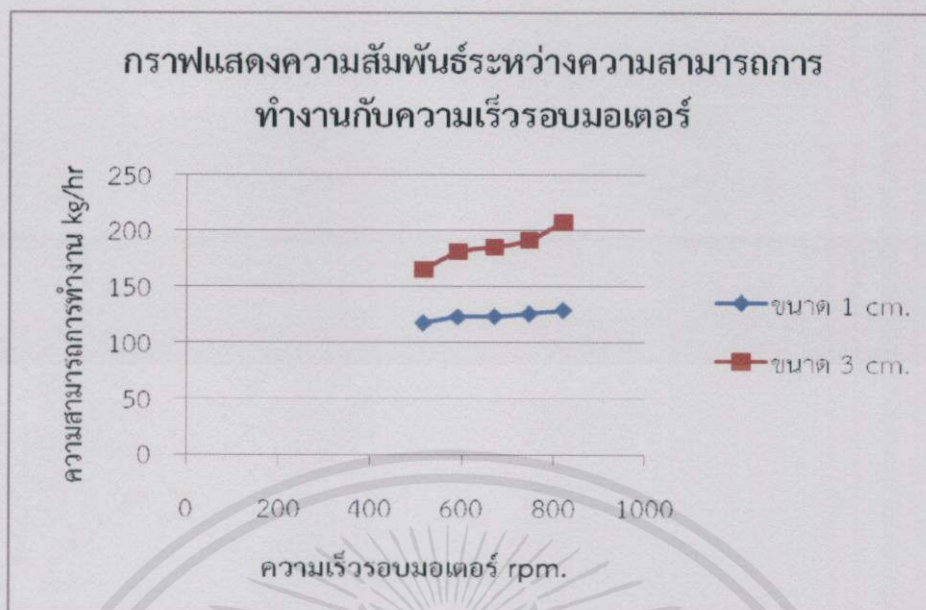
4.1.6 ผลการทดลองการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร

จากตารางที่ 4ก (ภาคผนวก) ที่การหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ 820.00 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพในการหั่นย่อยดีที่สุดคือ 86.00 เปอร์เซ็นต์ และมีความสามารถในการทำงาน 128.57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ 591.00 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพในการหั่นย่อยดีที่สุดคือ 75.33 เปอร์เซ็นต์ และมีความสามารถในการทำงาน 181.20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเก็บรักษาในหอสมุดเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดรูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องและความเร็วมอเตอร์



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทำงานของเครื่องและความเร็วรอบมอเตอร์

4.2 การทดลองหมักผักตบชวาที่ขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร

4.2.1 จุดประสงค์การทดลอง

(1) เพื่อหาขนาดของผักตบชวาที่ให้ก๊าซเร็วที่สุด

4.2.2 วัสดุอุปกรณ์

- (1) ผักตบชวา
- (2) น้ำ
- (3) กากน้ำตาล
- (4) น้ำ EM-GOLD
- (5) ชุดมาโนมิเตอร์

4.2.3 วิธีการทดลอง

(1) เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ คือ ผักตบชวา 200 กรัม, น้ำ EM-GOLD 2 มิลลิลิตร, กากน้ำตาล 30 มิลลิลิตร และน้ำ 200 มิลลิลิตร

(2) ผักตบชวาที่ใช้มี 2 ขนาด คือ 1 และ 3 เซนติเมตร เพื่อทำการศึกษาหาปริมาณก๊าซของแต่ละขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ (3) ทำการผสมส่วนผสมน้ำหมักในอัตราส่วนน้ำ : กากน้ำตาล : EM : 200 : 30 : 20 มิลลิลิตร

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ผสมน้ำหมักกับผักตบชวาในอัตราส่วน 1: 1

(5) หลังจากผสมส่วนผสมทั้งหมดแล้ว รอจนเกิดก๊าซชีวภาพ ในระหว่างที่เกิดก๊าซให้เรา เก็บข้อมูลการเกิดก๊าซของผักตบชวาในขนาดต่างๆ ทั้ง 2 ขนาดทุกๆ 1 ชั่วโมง และจดบันทึกค่าลง ตารางบันทึกผล

(6) ทำการทดลองนี้ซ้ำใหม่อีก 3 ครั้ง แล้วบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

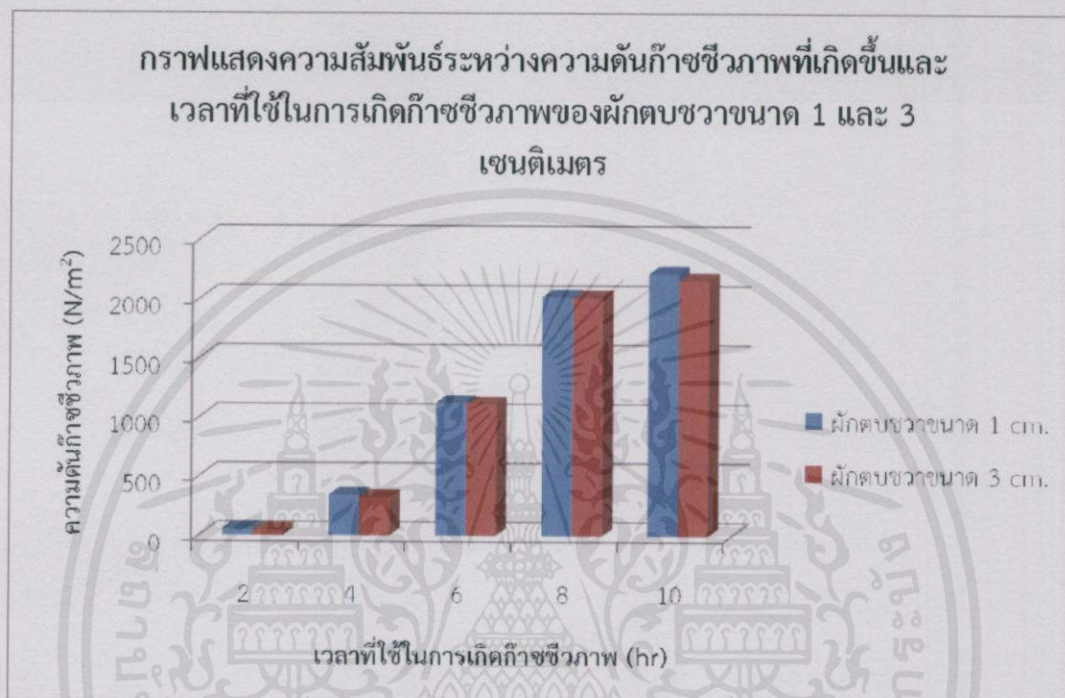
4.2.4 ผลการทดลองการหมักก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาที่ขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองการหมักก๊าซชีวภาพที่ขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร

เวลา (hr)	ความดันก๊าซจากการอ่านค่ามาโนมิเตอร์		ความดันก๊าซเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในแต่ละชั่วโมง	
	(N/m ² , Pa)		(N/m ² , Pa)	
	ขนาดผักตบชวา (cm.)		ขนาดผักตบชวา (cm.)	
	1	3	1	3
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	55.00	45.78	55.00	45.78
3	139.33	134.07	84.33	88.29
4	344.17	327.00	204.84	192.93
5	707.67	703.05	362.90	376.05
6	1122.67	1111.80	415.00	408.05
7	1813.83	1782.15	691.16	670.35
8	2019.83	2011.05	206.00	228.90
9	2106.67	2092.80	86.84	81.75
10	2215.67	2158.20	109.00	65.40
		เฉลี่ย	221.51 ± 9.4	215.75 ± 4.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 พบว่าความดันก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นที่ชั่วโมงที่ 2 ผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตรมีการเกิดก๊าซชีวภาพที่เร็วกว่าที่ขนาด 3 เซนติเมตร โดยมีค่าความดันเริ่มต้นและสุดท้ายของการเก็บผลในเวลา 10 ชั่วโมงเท่ากับ 55.00 และ 2215.67 นิวตันต่อตารางเมตร ตามลำดับ และมีการเกิดก๊าซชีวภาพเฉลี่ย 10 ชั่วโมง ที่ความดันเฉลี่ยชั่วโมงละ 221.51 นิวตันต่อตารางเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นและเวลาที่ใช้ในการเกิดก๊าซชีวภาพของผักตบชวาขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร

4.3 การคำนวณค่าไฟฟ้า

จากสูตร หน่วยไฟฟ้า(Unit) = กำลังไฟฟ้า(kw) × ชั่วโมง(h)

ค่าไฟฟ้า(บาท) = หน่วยไฟฟ้า(Unit) × อัตราค่าไฟฟ้า(บาท)

กำลังไฟฟ้า(kw) = W / 1,000

อัตราค่าไฟฟ้าเดือนเดือนมกราคม 2557 ถึง เมษายน 2557 มีค่าเท่ากับ 0.61 บาทต่อหน่วย

กำหนด โดยใช้มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า , กำลังไฟฟ้า = 2.238 kw

คำนวณหา หน่วยไฟฟ้า(ยูนิต) = 2.238 ยูนิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ค่าไฟฟ้า(บาท) นี้ = 2.238 × 0.61 บาทไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา ค่าไฟฟ้า(บาท) = 1.37 บาทต่อชั่วโมงที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการหั่นย่อยผักตบชวาโดยทำการเปรียบเทียบที่ขนาด 1 และ 3 เซนติเมตร โดยใช้ความเร็วรอบมอเตอร์ที่มีค่าต่างๆดังนี้ 516, 591, 671, 746 และ 820 รอบต่อนาที พบว่าการหั่นย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ 86 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถการทำงาน 128.57 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งความเร็วรอบมอเตอร์ที่ได้ประสิทธิภาพสูงสุดคือ 820 รอบต่อนาที (27.5 Hz) มีการเกิดก๊าซชีวภาพเฉลี่ย 10 ชั่วโมง ที่ความดันเฉลี่ยชั่วโมงละ 221.51 นิวตันต่อตารางเมตร และคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานของเครื่องได้ 1.37 บาทต่อชั่วโมง

5.2 ปัญหาที่พบ

1. ใบมีดเกิดการโก่งตัวเมื่อความเร็วรอบชุดใบมีดเกิน 400 รอบต่อนาที ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ทดลองได้
2. ถาดป้อนมีขนาดสั้นเกินไปจึงทำให้เกิดอุปสรรคในการป้อนผักตบชวาเข้าเครื่องหั่นย่อย
3. มีช่องว่างระหว่างเขียงกับลูกกลิ้งจึงทำให้ผักตบชวาทกหล่นเข้าไปอยู่ในช่องว่าง
4. ชุดทางออกของวัสดุมีมุมเอียงการไหลไม่เพียงพอจึงทำให้วัสดุไหลออกได้ไม่ดีเท่าที่ควร
5. กำลังมอเตอร์มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็นก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. เปลี่ยนใบมีดให้มีความหนามากยิ่งขึ้นเพื่อป้องกันอุบัติเหตุในการทดลอง
2. เปลี่ยนถาดป้อนวัสดุให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อความสะดวกในการป้อนวัสดุ
3. เนื่องจากเครื่องหั่นย่อยผักตบชวามีชุดพู่เล่ย์สายพาน และมอเตอร์ ควรมีฝาครอบเพื่อป้องกันอันตราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ดวงจันทร์ เกรียงสุวรรณ (2537), คณะทรัพยากรและธรรมชาติ, มอ. “บทความวิทยุรายการสาระความรู้ทางการเกษตร” Available: http://natres.psu.ac.th/radio/radio_article/radio37-38/37-380010.htm (26/07/2556)
2. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มจร. “พลังงานทดแทนก๊าซชีวภาพ (Biogas) ผลิตกันอย่างไร” Available:<http://digital.lib.kmutt.ac.th/magazine/issue8/articles/article1.html> (26/07/2556)
3. คณะวิทยาศาสตร์, มทร. “การควบคุมมอเตอร์” Available: <http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric4/topweek9.htm> (27/06/2556)
4. วิลาสินี ราชิงค์ และคณะ (2555). “การออกแบบและสร้างเครื่องหันย่อยผักตบชวาสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ” สาขาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
5. อนันต์ วงศ์กระจ่าง (2533),การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม2, กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์.
6. จตุพล อูปศักดิ์ และคณะ (2546) “การศึกษาและออกแบบเครื่องต้นแบบสำหรับหันแครอทแบบแท่ง”สาขาวิศวกรรมอาหาร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
7. วิลาสินี ราชิงค์ และคณะ (2555). “การออกแบบและสร้างเครื่องหันย่อยผักตบชวาสำหรับผลิตก๊าซชีวภาพ” สาขาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
8. Greenenergynetwork, “ทฤษฎีเบื้องต้นของระบบก๊าซชีวภาพ” Available:http://www.greenenergy.net/tec_Theory%20of%20Biogas.html(20/09/2556)
9. งานนวัตกรรมการเรียนรู้ (e-Learning), สำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. “กลศาสตร์ของไหล” Available:http://www.elearning.msu.ac.th/opencourse/0300365/content_WEB/unit2/unit_2_5.html (24/09/2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 1ก แสดงการแปลงความเร็วรอบระหว่างมอเตอร์ และ Inverter ของการหั่นย่อย ผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร

Inverter (Hz)	ความเร็วรอบ (rpm)		
	เส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์		
	มอเตอร์ (3 นิ้ว)	เพลา 1 (2.5 นิ้ว)	เพลา 2 (12 นิ้ว)
17.5	516.0	270.0	337.0
20.0	591.0	308.0	384.0
22.5	671.0	345.0	431.0
25.0	746.0	386.0	482.0
27.5	820.0	425.0	531.0

ตารางที่ 2ก แสดงการแปลงความเร็วรอบระหว่างมอเตอร์ และ Inverter ของการหั่นย่อย ผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร

Inverter (Hz)	ความเร็วรอบ (rpm)		
	เส้นผ่านศูนย์กลางพูลเลย์		
	มอเตอร์ (3 นิ้ว)	เพลา 1 (6 นิ้ว)	เพลา 2 (10 นิ้ว)
17.5	516.0	270.0	159.0
20.0	591.0	308.0	180.0
22.5	671.0	345.0	202.0
25.0	746.0	386.0	226.0
27.5	820.0	425.0	248.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3ก แสดงการทดสอบความเร็วรอบในการหันของเครื่องที่การหันย่อยผักตบชวาที่ขนาด 1 เซนติเมตร

ความเร็วรอบ มอเตอร์ (rpm.)	ซ้ำ	เวลา (sec.)	น้ำหนัก ก่อนหัน (kg.)	น้ำหนัก หลังหัน (kg.)	ขนาด 1 cm. (kg.)	ขนาดอื่นๆ (kg.)	เกิดการสูญเสีย ระหว่างการทดลอง (kg.)
516.00	1	92.00	3.00	2.90	2.30	0.60	0.10
	2	90.00	3.00	3.00	2.40	0.60	0.00
	3	94.00	3.00	2.80	2.30	0.50	0.20
	4	92.00	3.00	2.90	2.20	0.70	0.10
	5	92.00	3.00	2.90	2.10	0.80	0.10
	เฉลี่ย	92.00	3.00	2.90	2.26	0.64	0.10
591.00	1	90.00	3.00	2.90	2.40	0.50	0.10
	2	84.00	3.00	2.80	2.40	0.40	0.20
	3	90.00	3.00	2.90	2.30	0.60	0.10
	4	88.00	3.00	3.00	2.10	0.90	0.00
	5	88.00	3.00	2.90	2.30	0.60	0.10
	เฉลี่ย	88.00	3.00	2.90	2.30	0.60	0.10
671.00	1	86.00	3.00	3.00	2.40	0.60	0.00
	2	86.00	3.00	2.90	2.40	0.50	0.10
	3	90.00	3.00	2.90	2.50	0.40	0.10
	4	90.00	3.00	3.00	2.40	0.60	0.00
	5	86.00	3.00	2.90	2.20	0.70	0.10
	เฉลี่ย	87.60	3.00	2.94	2.38	0.56	0.06
746.00	1	88.00	3.00	2.90	2.30	0.60	0.10
	2	84.00	3.00	2.95	2.30	0.65	0.05
	3	88.00	3.00	3.00	2.60	0.40	0.00
	4	86.00	3.00	2.90	2.40	0.50	0.10
	5	84.00	3.00	3.00	2.60	0.40	0.00
	เฉลี่ย	86.00	3.00	2.95	2.44	0.51	0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดมาลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3ก แสดงการทดสอบความเร็วรอบในการหั่นของเครื่องที่การหั่นย่อยผักบวบขาที่ขนาด 1 เซนติเมตร (ต่อ)

ความเร็วรอบ มอเตอร์ (rpm.)	ซ้ำ	เวลา (sec.)	น้ำหนัก ก่อนหั่น (kg.)	น้ำหนัก หลังหั่น (kg.)	ขนาด 1 cm. (kg.)	ขนาดอื่นๆ (kg.)	เกิดการสูญเสีย ระหว่างการทดลอง (kg.)
820.00	1	84.00	3.00	2.90	2.60	0.30	0.10
	2	82.00	3.00	2.95	2.50	0.45	0.05
	3	84.00	3.00	3.00	2.70	0.30	0.00
	4	86.00	3.00	2.90	2.60	0.30	0.10
	5	84.00	3.00	3.00	2.50	0.50	0.00
	เฉลี่ย	84.00	3.00	2.95	2.58	0.37	0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4ก แสดงการทดสอบความเร็วรอบในการหันของเครื่องที่การหันย่อยผักตบชวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร

ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm.)	ซ้ำ	เวลา (sec.)	น้ำหนักก่อนหัน (kg.)	น้ำหนักหลังหัน (kg.)	ขนาด 3 cm. (kg.)	ขนาดอื่นๆ (kg.)	เกิดการสูญเสียระหว่างการทดลอง (kg.)
516.00	1	65.00	3.00	3.00	1.70	1.30	0.00
	2	64.00	3.00	3.00	1.80	1.20	0.00
	3	65.00	3.00	2.90	1.70	1.20	0.10
	4	66.00	3.00	3.00	1.50	1.50	0.00
	5	67.00	3.00	3.00	1.60	1.40	0.00
	เฉลี่ย	65.40	3.00	2.98	1.66	1.32	0.02
591.00	1	61.00	3.00	3.00	2.40	0.60	0.00
	2	60.00	3.00	3.00	2.30	0.70	0.00
	3	60.00	3.00	2.90	2.20	0.90	0.10
	4	59.00	3.00	3.00	2.10	0.90	0.00
	5	58.00	3.00	2.90	2.30	0.60	0.10
	เฉลี่ย	59.60	3.00	2.96	2.26	0.74	0.04
671.00	1	59.00	3.00	3.00	2.10	0.90	0.00
	2	58.00	3.00	2.90	1.90	1.00	0.10
	3	59.00	3.00	3.00	1.80	1.20	0.00
	4	57.00	3.00	2.90	1.90	1.00	0.10
	5	58.00	3.00	3.00	2.00	1.00	0.00
	เฉลี่ย	58.20	3.00	2.96	1.94	1.02	0.04
746.00	1	58.00	3.00	3.00	2.00	1.00	0.00
	2	57.00	3.00	3.00	2.10	0.90	0.00
	3	55.00	3.00	3.00	1.90	1.10	0.00
	4	56.00	3.00	2.90	2.00	0.90	0.10
	5	56.00	3.00	3.00	1.90	1.10	0.00
	เฉลี่ย	56.40	3.00	2.98	1.98	1.00	0.02

ตารางที่ 4ก แสดงการทดสอบความเร็วรอบในการหันของเครื่องที่การหันย่อยฝึกตบขวาที่ขนาด 3 เซนติเมตร (ต่อ)

ความเร็วรอบ มอเตอร์ (rpm.)	ซ้ำ	เวลา (sec.)	น้ำหนัก ก่อนหัน (kg.)	น้ำหนักหลัง หัน (kg.)	ขนาด 3 cm. (kg.)	ขนาดอื่นๆ (kg.)	เกิดการสูญเสียระหว่างการทดลอง (kg.)
820.00	1	54.00	3.00	2.90	1.90	1.00	0.10
	2	52.00	3.00	3.00	1.70	1.30	0.00
	3	53.00	3.00	2.90	1.60	1.30	0.10
	4	51.00	3.00	3.00	1.80	1.20	0.00
	5	50.00	3.00	3.00	1.80	1.20	0.00
	เฉลี่ย	52.00	3.00	2.96	1.76	1.20	0.04



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5ก แสดงความเร็รรอบมอเตอร์ ประสิทธิภาพ และความสามารถในการทำงานของเครื่อง ที่การหั่นย่อยผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร

ความเร็รรอบมอเตอร์ rpm.	ประสิทธิภาพการทำงาน (%)	ความสามารถการทำงาน (kg/hr)
516.00	75.33	117.39
591.00	76.67	122.73
671.00	79.33	123.29
746.00	81.33	125.58
820.00	86.00	128.57

ตารางที่ 6ก แสดงความเร็รรอบมอเตอร์ ประสิทธิภาพ และความสามารถในการทำงานของเครื่อง ที่การหั่นย่อยผักตบชวาขนาด 3 เซนติเมตร

ความเร็รรอบมอเตอร์ rpm.	ประสิทธิภาพการทำงาน (%)	ความสามารถการทำงาน (kg/hr)
516.00	55.33	165.14
591.00	75.33	181.20
671.00	64.67	185.57
746.00	66.00	191.49
820.00	58.67	207.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7ก แสดงการบันทึกค่าการเกิดก๊าซชีวภาพจากการทำการทดลองจำนวน 3 ครั้ง

เวลา (hr)	ขนาด ผักตบชวา (cm.)	ความดันก๊าซจากการอ่านค่ามิเตอร์ (N/m ² ,Pa)			เฉลี่ย (N/m ² ,Pa)	ความดันก๊าซที่ เกิดขึ้นในแต่ละ ชั่วโมง (N/m ² ,Pa)
		ซ้ำ				
		1	2	3		
1	1	-	-	-	-	0.00
	3	-	-	-	-	0.00
2	1	55.50	53.00	56.50	55.00	55.00
	3	49.05	39.24	49.05	45.78	45.78
3	1	158.00	113.50	146.50	139.33	84.33
	3	147.15	117.72	137.34	134.07	88.29
4	1	359.50	311.00	362.00	344.17	204.84
	3	343.35	294.30	343.35	327.00	192.93
5	1	690.50	640.00	792.50	707.67	362.90
	3	686.70	637.65	784.80	703.05	376.05
6	1	1085.00	1193.00	1090.00	1122.67	415.00
	3	1079.10	1177.20	1079.10	1111.80	408.05
7	1	1666.50	1880.00	1895.00	1813.83	691.16
	3	1667.70	1863.90	1814.85	1782.15	670.35
8	1	1970.00	2059.00	2030.50	2019.83	206.00
	3	1962.00	2060.10	2011.05	2011.05	228.90
9	1	2070.00	2178.00	2072.00	2106.67	86.84
	3	2060.10	2158.20	2060.10	2092.80	81.75
10	1	2202.00	2215.00	2230.00	2215.67	109.00
	3	2158.20	2158.20	2158.20	2158.20	65.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีเอกสารไปใช้

เฉลี่ย

221.51

211.42

ภาคผนวก ข.



รูปที่ 1ข แสดงเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาด้านหน้า



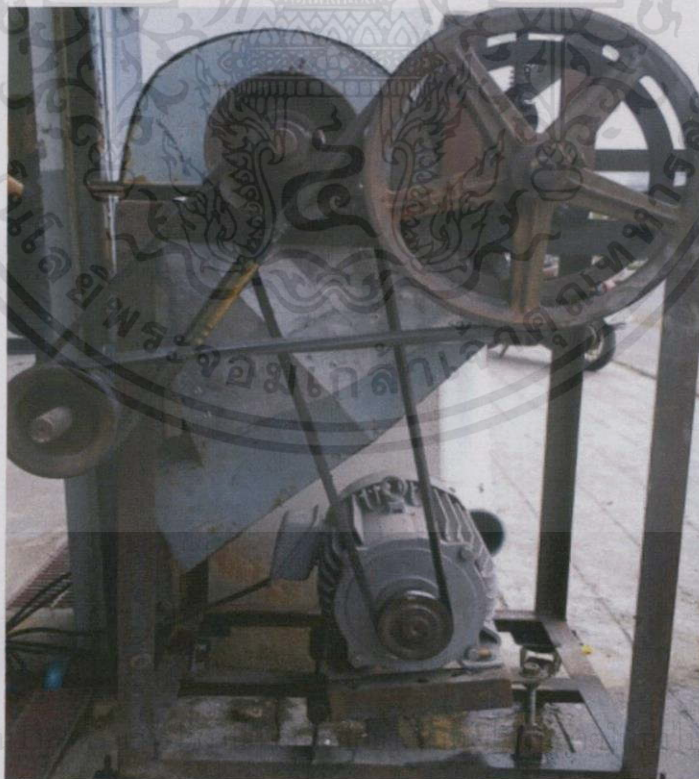
รูปที่ 2ข แสดงเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุขัดแย้งนอกทำและห้องอ้างอิงของเขียงเอ็กสเรทีฟทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3ข แสดงเครื่องหั่นย่อยผักตบชวาด้วนบน



รูปที่ 4ข แสดงระบบถ่ายทอดกำลังของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5ข แสดงการทดลองการหมักก๊าซชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้