สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดอุปกรณ์ทำหญ้าหมัก

ACCESSORIES SET FOR FERMENTED GRASS

โดย

นายจักรกฤษณ์ สมปาน

นางสาวชลธิชา วงศ์ษา

นายดุสิต มงคลอินทร์

นายสุนทร พลสิทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์พิชิต กิตตินนท์

อาจารย์ประสันต์ ชุ่มใจหาญ

อาจารย์สุตาภัทร แคว้นเขาเม็ง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่ 55709

เลขทะเบียน

วัน,เดือน,ปี 24 ม.ค. 2548

b

i

ACCESSORIES SET FOR FERMENTED GRASS

Jukkrit Sompan

Chonticha Wongsa

Dusit Mongkolin

Sunthorn Phonlasit

A Report Submitted in Patail Fulfillment of the Requirments

For the Degree of Bachelor of Agricultural Engineering

King Mongkut ' s Institute of Technology Ladkrabang

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดอุปกรณ์ทำหญ้าหมัก

ACCESSORIES SET FOR FERMENTED GRASS

นายจักรกฤษณ์ สมปาน

นางสาวชลธิชา วงศ์ษา

นายดุสิต มงคลอินทร์

นายสุนทร พลสิทธิ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุดอุปกรณ์ทำหญ้าหมัก

ผู้จัดทำ

1. นายจักรกฤษณ์ สมปาน
2. นางสาวชลธิชา วงศ์ษา
3. นายคุสิต มงคลอินทร์
4. นายสุนทร พลสิทธิ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์พิชิต กิตตินนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ประสันต์ ชุ่มใจหาญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์สุดาภัทร แดว้นเขาเม็ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือของบุคคลหลายท่าน ซึ่งอันได้แก่ อ.พิชิต กิตตินนท์ อ. ประสันต์ ชุ่มใจหาญ อ. สุตาภัทร แคว้นเขาเม็ง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา ให้ความรู้ และความช่วยเหลือต่างๆตลอดจนให้ความเอาใจใส่ดูแลอย่างสม่ำเสมอ คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณอาจารย์ทั้ง 3 ท่านนี้เป็นอย่างสูง

ขอบคุณ ร.ศ. จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์ และ อ. สัญลักษณ์ กิ่งทอง ที่เปิดอาคารปฏิบัติงานให้พวกข้าพเจ้าทำงานจนกระทั่งสำเร็จ และขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้โอกาสและให้ทุนการศึกษา

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ชัยนาท กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้ข้อมูลการทำหญ้าหมัก และคำแนะนำต่างๆที่มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมด

ขอขอบคุณคุณพ่อคุณแม่ ตลอดจนครอบครัว ที่เป็นกำลังใจและให้ทุนการศึกษา ประกอบกับคำแนะนำดีๆ

ขอขอบคุณคณาจารย์ ข้าราชการ และลูกจ้าง ของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มีส่วนให้การดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นอกจากนี้ยังมีบุคคลที่เกี่ยวข้องอีกหลายท่าน ซึ่งไม่อาจกล่าวนามในที่นี้ได้ทั้งหมด คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณท่านทั้งหลายไว้ ณ โอกาสนี้

คณะผู้จัดทำ

กุมภาพันธ์ 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดอุปกรณ์ทำหญ้าหมัก

(The accessories set for fermented grass)

จักรกฤษณ์ สมปาน

ชลธิชา วงศ์ษา

ดุสิต มงคลอินทร์

สุนทร พลสิทธิ์

ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อลดความยุ่งยากในขั้นตอนการทำหญ้าหมัก โดยเน้นให้สามารถสร้างได้ง่าย มีราคาถูกสะดวกในการปฏิบัติงานและบำรุงรักษาได้ง่าย

ซึ่งชุดทำหญ้าหมักนี้จะประกอบไปด้วย เครื่องหั่นย่อยหญ้าและเครื่องอัดหญ้าไล่อากาศ สำหรับเครื่องหั่นย่อยหญ้ามีส่วนประกอบต่างๆดังนี้ โครงสร้างของเครื่องกว้าง 40 cm. ยาว 80 cm. สูง 100 cm. ชุดใบมีดตัด roller cutter ซึ่งเป็นชุดที่เคลื่อนที่กับชุด cutter bar ซึ่งเป็นชุดที่อยู่กับที่ ใบมีดกว้าง 60 mm. ยาว 110 mm. ชุดส่งกำลังมีการส่งกำลังโดยมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้า ส่งไปยังเพลาใบมีด ชุดป้อนหญ้ามีฐานรองป้อนขนาดกว้างขนาดกว้าง 42 cm. ยาว 50 cm. โดยมี roller เป็นตัวช่วยดึงหญ้าเข้าไปสู่ชุดใบมีดตัด ความเร็วรอบของเพลาใบมีดที่เหมาะสมคือ 1,070 rpm. จากการทดสอบพบว่าความยาวของหญ้าที่ตัดได้ประมาณ 4.19 cm.

เครื่องอัดหญ้า ใช้หลักการอัดโดยใช้แรงคนกดอัด เป็นตัวช่วยเพิ่มความได้เปรียบเชิงกล มีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วนได้แก่ โครงเครื่องทำจากเหล็ก และส่วนอัดซึ่งประกอบไปด้วยคานกดและแผ่นกดอัด ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm. เป็นตัวทำหน้าที่กดอัดหญ้า สำหรับการเคลื่อนที่ขึ้น ลง ของก้านกด ขึ้นอยู่กับการออกแรงกดของผู้ทำการกด เครื่องอัดนี้ไม่ใช้ไฟฟ้าดังนั้นจึงช่วยลดต้นทุนการใช้ไฟฟ้าลงด้วย และจากการทดสอบความสามารถของเครื่องอัด พบว่าเครื่องอัดสามารถอัดหญ้าได้ความหนาแน่น 563.842 kg./m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE ACCESSORY SET FOR FERMENTED GRASS

Jukkrit **Sompan**

Chonticha **Wongsa**

Dusit **Mongkolin**

Sunthorn **Phonlasit**

ABSTRACT

The design of accessories that are set for fermented grass. Design was designed to process . The designs are operation , construction , cost , low maintenance and safety .

The accessories that are set that are for fermented grass have 2 parts . The first one is a grass cutter and the second one is a compressed machine .

The grass cutter is 40 , 80 , 100 cm. in width , length and high respectively . The cutter bar is width 60 mm. length 110 mm. The transmission is transmitted by 3 phase 1 Hp. motor . Grass is fed in by feeder . it has roller to pull the grass to be cut . The operation was found that the available speed is 1,777 rpm. and the average grass length is about 4.19 cm.

The compressed machine has two parts. The first is the structure and the second one is the part of the compression . The movement of compression rod in the upward and the downward direction in the manual .machine is not necessary to use the electric power . so the electric power . So the electric power cost it decreased. From the investigation of grass compressing capacity , it was found that the density of compressed grass was 563.842 kg / m^2 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

สารบัญ	(1)
สารบัญตารางผนวก	(2)
สารบัญภาพ	(3)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบเขตของการดำเนินงาน	1
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีของชุดทำหญ้าหมัก	3
2.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการทำหญ้าหมัก	3
2.1.1 ประเภทของหญ้าหมัก	3
2.1.2 ปัจจัยที่ควบคุมคุณภาพของหญ้าหมัก	3
2.1.3 ลักษณะที่ดีของหญ้าหมัก	7
2.1.4 วิธีการทำหญ้าหมัก	8
2.1.5 ขั้นตอนการทำหญ้าหมัก	11
2.1.6 ข้อดีของหญ้าหมัก	13
2.1.7 ข้อเสียของหญ้าหมัก	13
2.2 ทฤษฎีในการออกแบบเครื่องอัดไล่อากาศ	13
2.2.1 ระบบเครื่องกล (Mechanical Means)	13
2.2.2 ระบบเครื่องจักรที่ใช้แรงอัดของลม (Pneumatic Means)	13
2.2.3 ระบบไฮโดรลิก (Hydraulic Means)	14
2.2.4 ระบบไฟฟ้า (Electrical Means)	15
2.2.5 ระบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Means)	15
2.3 ทฤษฎีของเครื่องหั่นย่อย	15
2.3.1 ประเภทของเครื่องย่อยวัสดุ	15
2.3.2 วิธีการย่อย	16
2.3.3 การเลือกประเภทและวิธีการ	16
2.3.4 สายพานหรือมูเล่	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 ชุดใบมีด 19
2.3.6 พลังงานที่ใช้ในการตัด (cutting Energy) 30
2.3.7 พลังงานตัดจำเพาะ (Specific cutting Energy) 30
2.3.8 เพลา 31
2.3.9 การยึดด้วยสลักเกลียว 31
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง 35
3.1 แนวทางในการออกแบบเครื่องหั่นย่อย 35
3.1.1 ปัจจัยพื้นฐานในการออกแบบ 35
3.1.2 ใบมีดหมุน (Chopper) 35
3.1.3 ชุดป้อนวัสดุ(Feed Rolls) 37
3.1.4 ชุดส่งกำลัง (Transmission System) 38
3.2 การคำนวณเพื่อใช้ในการออกแบบและการสร้างเครื่องหั่นย่อย 39
3.2.1 การคำนวณในการหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการป้อนวัสดุ 39
3.2.2 การคำนวณหาขนาดมู่เล่ของตัวป้อน 41
3.3 แนวทางในการออกแบบเครื่องอัดหญ้าไล่อากาศ 41
3.3.1 ปัจจัยพื้นฐานในการออกแบบ 41
3.3.2 ชุดฐานเครื่อง ทำจากเหล็กรูปตัวซีและเหล็กกล่อง 41
3.3.3 โครงเครื่อง 42
3.3.4 ชุดการอัด 42
3.3.5 ถังอัด 43
3.4 การคำนวณเพื่อใช้ในการออกแบบและการสร้างเครื่องอัด 43
3.4.1 การคำนวณหาขนาดถังที่เหมาะสม 43
3.4.2 การคำนวณหาขนาดความยาวของคานโยกที่เหมาะสม 44
3.4.3 การคำนวณหาขนาดก้านอัดที่เหมาะสม 46
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 48
4.1 การทดลองเพื่อออกแบบเครื่องหั่นย่อยหญ้า 48
4.2 การทดลองเพื่อออกแบบเครื่องอัดหญ้า 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์ 67
5.1 เครื่องหั่นย่อยหญ้า 67
5.1.1 ความเร็วรอบของเครื่องที่เหมาะสม 67
5.1.2 ความสามารถในการตัดหญ้า 67
5.1.3 ความสามารถสูงสุดของเครื่อง 67
5.1.4 ต้นทุนของเครื่อง 67
5.1.5 ปัญหาที่พบ 68
5.1.6 วิธีการแก้ไขปัญหา 68
5.2 เครื่องอัดหญ้าไล่อากาศ 68
5.2.1 หลักการในการออกแบบ 68
5.2.2 ต้นทุนของเครื่อง 68
5.2.3 ความสามารถในการอัดหญ้า 68
5.2.4 ปัญหาที่พบ 68
5.2.5 วิธีการแก้ไขปัญหา 68
ภาคผนวก 70
เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	แสดงขนาดความยาวหญ้า (cm.) ที่สุ่มมาจากการตัดโดยใช้ความเร็วรอบมอเตอร์ต่างๆกัน	72
2	คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าธรรมดาและเหล็กกล้าผสม	84
3	แสดงค่าความปลอดภัย	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 พืชที่นำมาทำหญ้าหมัก	4
2.2 การใช้เครื่องดูดอากาศออกจากถุงหญ้าหมัก	5
2.3 กากน้ำตาล	6
2.4 หญ้าหมักที่มีคุณภาพดี	7
2.5 หลุมหมักแบบราง	8
2.6 หลุมหมักแบบรางคอนกรีต	9
2.7 หญ้าหมักในถุงขนาด 800 กิโลกรัม	9
2.8 แบบม้วนก้อน	10
2.9 แบบบรรจุในถัง	10
2.10 แบบกองบนพื้น	11
2.11 การใช้เครื่องหั่นย่อยหั่นหญ้าขนาด 2 - 3 เซนติเมตร	11
2.12 การใช้รถแทรกเตอร์เหยียบย่ำให้แน่น	12
2.13 การใช้ผ้าพลาสติกคลุมหลุมหมัก	12
2.14 การมัดปิดภาชนะบรรจุให้สนิท	12
2.15 ภาพกลไกเคลื่อนที่ตัดในแนวระนาบ	20
2.16 กลไกการเคลื่อนที่ตัดแบบหมุน	20
2.17 ลักษณะมุมของหน้าและหลังและใบมีดในแนวแกน xy	21
2.18 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตัดกับมุมอื่นๆ	21
2.19 การเคลื่อนที่ในแนววงกลม	22
2.20 ใบมีดหมุนกัดที่เคลื่อนเข้าหาชิ้นงาน	22
2.21 ใบมีดหมุนอยู่กับที่ขณะที่ชิ้นงานเคลื่อนที่เข้าหา	22
2.22 ลักษณะของมุมคายและมุมกัด	22
2.23 ลักษณะของมุมและความยาวของใบมีด	23
2.24 แสดงลักษณะคมมีดชนิดต่างๆ	24
2.25 คมมีดชนิดต่างๆ	25
2.26 ลักษณะการวางมุมคมมีด	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
2.27 แสดงถึงแรงที่กระทำต่อขอบของ edge force	27
2.28 องค์ประกอบของแรงที่กระทำต่อใบมีด	27
2.29 แรงที่กระทำต่อต้นพืช	28
2.30 แรงจากการเคลื่อนที่ของมีด	29
2.31 แรงตัดที่สัมพันธ์กับการกระจัด	29
2.32 แรงตัดของวัสดุแข็งที่หนา 3 ขนาด	29
2.33 แรงตัดที่ใช้สำหรับวัสดุที่มีความชื้น	30
2.34 แบบรากฐานของเกลียว	32
2.35 หมุดเกลียวจักรกล	33
2.36 หมุดเกลียวปรับ	34
3.1 รูปใบมีด	36
3.2 รูปชุดป้อนวัสดุ	37
3.3 เพลาทดของชุดส่งกำลัง	39
3.4 โครงเครื่อง	42
3.5 แสดงชุดโครงเครื่อง	42
3.6 แสดงชุดการอัด	43
3.7 ถังอัดหญ้า	44
3.8 แสดงก้านอัด	45
3.9 แสดงตำแหน่งแรงกดที่ได้จากการทดลองอัด	45
4.1 แสดงการชั่งหญ้าก่อนนำไปหั่นย่อย	49
4.2 แสดงการป้อนหญ้าเพื่อเข้าเครื่องหั่นย่อย	50
4.3 หญ้าที่ได้จากการตัดโดยเครื่องหั่นย่อย	54
4.4 แสดงหญ้าที่ตัดแล้วกับหญ้าที่ยังไม่ได้ตัด	55
4.5 แสดงการทดลองกดหญ้าที่ระยะต่างๆ กัน	59
4.6 แสดงทิศทางของแรงที่ได้จากการกดที่ระยะต่างๆของคานผลการทดลอง	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพในภาคผนวกที่ หน้า

1. แบบชุดใบมีดหมุนของเครื่องหั่นย่อย1 73
2. แบบใบมีดตัดของเครื่องหั่นย่อย 74
3. แบบชุดใบมีดหมุนของเครื่องหั่นย่อย2 75
4. แบบชุดป้อนวัสดุของเครื่องหั่นย่อย 76
5. แบบโครงเครื่องหั่นย่อย 77
6. แบบโครงเครื่องหั่นย่อย2 78
7. แบบโครงครอบชุดใบมีด 79
8. แบบฐานรองป้อนของเครื่องหั่นย่อย 80
9. แบบเครื่องอัดหญ้า 81
10. แบบฐานรองเครื่องอัด 82
11. แบบฐานรองถังอัด 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การเลี้ยงสัตว์ให้ได้ผลดีหรือประสบความสำเร็จ ปัจจัยสำคัญขึ้นอยู่กับตัวเกษตรกรเอง ที่ต้องเอาใจใส่ดูแลสัตว์เป็นอย่างดี การเลี้ยงสัตว์เป็นปัจจัยที่สำคัญเนื่องจากต้นทุนส่วนใหญ่มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์เป็นค่าอาหารสัตว์ ดังนั้นเกษตรกรที่รู้จักเลือกใช้อาหารที่ดี ราคาถูก จะช่วยลดต้นทุนการเลี้ยงสัตว์ได้มาก

สำหรับโคเนื้อ โคนม กระบือ แพะ แกะ ซึ่งเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องอาหารหลักที่ใช้เลี้ยงส่วนใหญ่จะเป็นอาหารหยาบ หรือพืชอาหารสัตว์ โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรส่วนใหญ่มักจะขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ในช่วงฤดูแล้ง ดังนั้นการที่จะทำให้มีอาหารสำหรับไว้ใช้เลี้ยงสัตว์ได้ตลอดทั้งปีทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรที่สามารถทำได้ คือการเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ไว้ในรูปหญ้าหมัก

กรรมวิธีในการทำหญ้าหมักจะต้องมีการนำหญ้ามาหั่นย่อยให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้น้ำตาลถูกปล่อยออกมาและเพื่อง่ายต่อการอัดไล่อากาศซึ่งมีความจำเป็นมากในการทำหญ้าหมักเพราะการอัดไล่อากาศจะช่วยจำกัดจำนวนเชื้อราและยีสต์ไม่ให้มีมากเกินไปทำให้มีการสูญเสียคาร์โบไฮเดรตยังผลให้คุณภาพของหญ้าหมักเลวลง แต่กรรมวิธีในการย่อยและอัดไล่อากาศนั้นต้องสิ้นเปลืองแรงงานและเวลามาก ซึ่งไม่คุ้มกับค่าจ้างที่เสียไป จึงเป็นที่มาของโครงงานสร้างชุดอุปกรณ์สำหรับทำหญ้าหมักขึ้นประกอบไปด้วย เครื่องย่อยเศษหญ้าและชุดอัดไล่อากาศ ซึ่งชุดอุปกรณ์นี้จะสามารถลดค่าจ้างแรงงานและเวลาในการทำหญ้าหมักลง

1.1 วัตถุประสงค์

1. ออกแบบและสร้างชุดอุปกรณ์ทำหญ้าหมัก ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องย่อยและเครื่องอัดหญ้า
2. ทำการทดสอบหาความสามารถของอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น

1.2 ขอบเขตของการดำเนินงาน

1. ศึกษากรรมวิธีการทำหญ้าหมัก
2. ศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ
3. ทดสอบหาประสิทธิภาพและความสามารถของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น
4. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการทำหญ้าหมักสำหรับแปรรูปเป็นอาหารสัตว์
2. สามารถสร้างเครื่องย่อยและเครื่องอัดหญ้าที่มีประสิทธิภาพ ช่วยให้สามารถลดเวลาและแรงงานในขั้นตอนของการหั่นย่อยและการอัดลงได้
3. ได้เครื่องต้นแบบที่สามารถนำไปพัฒนาเพื่อในอนาคตอาจจะนำไปเผยแพร่ให้เกษตรกรได้ใช้งานในพื้นที่ทำการเกษตรทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีของชุดทำหญ้าหมัก

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการทำหญ้าหมัก

หญ้าหมัก หมายถึงพืชอาหารสัตว์ต่างๆที่เก็บรักษาไว้ในสภาพความชื้นสูงในที่ไม่มีอากาศซึ่งการเก็บถนอมในลักษณะหมักนี้ สามารถอยู่ได้เป็นเวลานาน โดยส่วนประกอบต่างๆ และคุณค่าทางอาหารไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับไว้ใช้เป็นอาหารสัตว์ในช่วงขาดแคลนหญ้าสด

2.1.1 ประเภทของหญ้าหมัก

หญ้าหมักสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามวิธีการทำ คือ

1) หญ้าหมักสด คือ หญ้าหมักที่ได้จากการใช้พืชสด มีความชื้นสูงจากการตัดโดยตรงแล้วเอามาหมัก

2) หญ้าหมักแห้ง คือหญ้าหมักที่ได้จากการใช้พืชสดนำมาผึ่งแดดระยะสั้น เพื่อไล่ความชื้นออกให้เหลือความชื้นประมาณ 25-55 % แล้วจึงนำมาบรรจุหลุมหมักและต้องสับให้สั้นกว่าชนิดแรกเพื่อให้การอัดแน่นเป็นไปด้วยดี เนื่องจากความชื้นต่ำ กิจกรรมจุลินทรีย์ จึง ค่อนข้างจำกัด อาจจะผลิตกรดแลคติกน้อย pH จึง อาจลดลงเพียงเล็กน้อย หญ้าหมักชนิดนี้ต้องเก็บในหลุมหมักอย่างดีเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเข้าได้

2.1.2 ปัจจัยที่ควบคุมคุณภาพของหญ้าหมัก

ในการทำหญ้าหมักมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อง และมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆของพืชสดเมื่อนำมาทำเป็นพืชหมัก ดังนั้นเพื่อให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพสูงจะต้องคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้

1) ชนิดของพืชที่เหมาะสมในการทำหญ้าหมักควรเลือกพืชที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งหรือน้ำตาลสูงพอสมควรเพื่อเป็นอาหารให้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคเจริญโดยเร็ว เป็นการป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์พวกอื่นที่ทำให้รสและกลิ่นของพืชหมักด้อยคุณภาพเจริญเติบโตได้ทัน ลักษณะของต้นพืชควรมีลำต้นตันเพื่อลดช่องอากาศภายในให้น้อยที่สุด ถ้าใช้พืชที่มีลำต้นกลวงทำพืชหมักจะต้องพยายามทำให้ปล้องแตกและอัดให้แน่นเพื่อไล่อากาศออกให้มากที่สุด อีกประการหนึ่งควรเลือกพืชที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูง เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่างซึ่งมีคุณสมบัติดังกล่าวแล้ว และเป็นที่นิยมใช้ทำพืชหมักมากกว่าพืชชนิดอื่น แต่ก็มีหญ้าหลายชนิดด้วยกันที่สามารถนำมาทำหญ้าหมักได้ เช่น หญ้ารูซี่ หญ้ากินนี่สีม่วง หญ้าเนเปียร์ เศษเหลือจากการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนก็สามารถนำมาทำหญ้าหมักได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถนำถั่วอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพดี เช่น ถั่วคาวาลเคด ถั่วท่าพระ สไตไล มาหมักร่วมกับหญ้าได้ ซึ่งจะช่วยทำให้คุณค่าทางอาหารของหญ้าหมักเพิ่มขึ้น เนื่องจากพืชตระกูลถั่วมีโปรตีนสูงกว่าหญ้า

หญ้ารูซี่ (Brachaiaria ruziziensis)

หญ้ากินนีสีม่วง (Panicum maximum TD28)

ต้นข้าวโพด

เปลือกข้าวโพด

รูปที่ 2.1 พืชที่นำมาทำหญ้าหมัก

2) เวลาในการตัดพืชมาทำหญ้าหมัก หมายถึง อายุของพืชที่เหมาะสมไม่แก่และไม่อ่อนจนเกินไป โดยตัดในช่วงที่พืชให้ผลผลิตสูง พร้อมทั้งยังมีคุณค่าทางอาหารเพียงพอทั้งโปรตีน แร่ธาตุ และวิตามิน ตัวอย่างเช่น ข้าวโพด ควรจะตัดทำหญ้าหมักในระยะเมล็ดกำลังเป็นน้ำนม และก่อนจะเริ่มแข็งตัว ถ้าเป็นข้าวฟ่างควรตัดเมื่อใกล้จะมีดอกอายุประมาณ 10-11 สัปดาห์ จนถึงระยะติดเมล็ดอ่อนๆ สำหรับหญ้าอื่นๆควรตัดในระยะเริ่มออกดอก อายุของหญ้าที่จะตัดทำหญ้าหมักไม่แน่นอนแต่ควรสังเกตุได้จากเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งต้องไม่ต่ำกว่า 25 % และไม่สูงกว่า 35 %

3) ความยาวของท่อนพืช เนื่องจากหญ้าหมักต้องอยู่ในสภาพสุญญากาศ ดังนั้นจะตัดหรือสับพืชให้เป็นชิ้นจะมีผลต่อการอัดแน่นเพื่อไล่อากาศออกความยาวของท่อนพืชจะเป็นเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืช เช่น ถ้าเป็นข้าวโพด ข้าวฟ่าง อาจตัดให้ยาวประมาณท่อนละ 1 นิ้ว หรือ 2 - 3 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็นพวกหญ้าก็ขึ้นกับลำว่าอวบน้ำมากน้อยแค่ไหน หญ้าหรือพืชที่มีความชื้นน้อยควรจะหั่นให้สั้นกว่าหญ้าหรือพืชที่มีความชื้นสูง การที่ต้องตัดพืชเป็นท่อนสั้นๆนั้น ก็เพื่อที่จะช่วยในการอัดให้แน่นในถังหมักทำได้ง่ายกว่าและทำได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งทำให้น้ำตาลถูกปล่อยออกมาได้เร็ว ซึ่งจะช่วยให้เกิดกรดแลคติกเร็วขึ้นเป็นผลดีต่อคุณภาพของหญ้าหมัก

4) ระดับความชื้นที่เหมาะสมในพืชโดยปกติแล้วพืชที่จะนำไปหมักมีความชื้นอยู่ระหว่าง 65-70 % ถ้าพืชแห้งเกินไปจะอัดให้แน่นได้ยาก ทำให้มีอากาศหลงเหลือค้างอยู่มาก เป็นผลทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย ดังนั้นถ้าหากพืชแห้งมากไป อาจแก้ไขโดยพยายามตัดเป็นท่อนสั้นๆ หรือใช้น้ำพรมก่อนบรรจุลงในหลุมหรือถังหมัก ในทางตรงกันข้ามถ้าพืชที่นำมาหมักมีความชื้นมากเกินไปโอกาสที่จะทำให้หญ้าหมักมีคุณภาพลดลงก็มีมากขึ้น อาจทำให้หญ้าหมักมีลักษณะเป็นเมือกหรือเปรี้ยวจัดมากเกินไป อีกทั้งน้ำหรือของเหลวที่ถูกผลิตออกมาในระหว่างการหมักจะมีมากเกินไป และจะดึงเอาธาตุอาหารในพืชหมักออกมาด้วย ทำให้สูญเสียกรดและธาตุอาหารที่มีประโยชน์ต่อสัตว์ ดังนั้นถ้าหากมีพืชที่มีความชื้นมากเกินไปจำเป็นต้องลดความชื้นลงไปบ้าง ทำได้โดยการตัดพืชแล้วผึ่งแดดไว้ในแปลงสัก 2 - 3 ชั่วโมง จะทำให้น้ำลดลงหรืออาจใช้พวกเมล็ดธัญพืช เช่น ข้าวโพดบดหรือมันเส้นบดผสมกับพืชที่ใช้หมัก เพื่อดูดซับความชื้นและเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารและความน่ากินของพืชหมักด้วย

5) การกำจัดอากาศออกจากหลุมหมัก ในการทำหญ้าหมักมีหลักสำคัญอยู่ที่ว่าจะต้องทำให้เกิดกรด

การใช้เครื่องช่วยดูดอากาศออกจากถุงหญ้าหมัก

รูปที่ 2.2 การใช้เครื่องดูดอากาศออกจากถุงหญ้าหมัก

แลคติกให้เร็วที่สุดและมากที่สุด เพราะเป็นกรดที่รักษาคุณภาพของพืชหมัก เป็นตัวช่วยป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ชนิดอื่นเจริญ ขยายจำนวนขึ้น ต้นพืชสดเมื่อตัดมาใหม่ๆเซลล์ของพืชจะยังสดและหายใจโดยใช้ออกซิเจนที่หลงเหลืออยู่ในระหว่างชิ้นพืชในถังหมัก และคายคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและความร้อนออกมา ถ้ายังมีอากาศอยู่ภายหลังเซลล์พืชตายแล้ว พวกเชื้อราและยีสต์จะเจริญขึ้น ทำให้หญ้าหมักมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพไม่ดี ด้วยเหตุนี้จึงต้องพยายามกำจัดอากาศให้ออกจากหลุมหมักมากที่สุด เพื่อที่เมื่อเซลล์พืชตาย เชื้อแบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจน ซึ่งเป็นพวกที่สร้าง กรดอินทรีย์ต่างๆเจริญขยายจำนวนช่วยให้พืชอยู่ในรูปของพืชหมัก ฉะนั้น การอัดพืชให้แน่นและการปิดให้มิดชิด จึงมีความจำเป็นในการทำหญ้าหมักอยู่มาก

6) สารช่วยหมัก เป็นพวกสารหรือวัตถุอื่นที่ใส่เพื่อเพิ่มคุณภาพของหญ้าหมักหรือรักษาหญ้าหมักให้อยู่ในสภาพหมักดอง นอกจากปัจจัยต่างๆที่กล่าวแล้ว การที่จะทำให้เกิดกรดแลคติคเร็วและมากนั้นพืชหรือหญ้าที่จะนำมาทำหญ้าหมักจะต้องมีระดับน้ำตาลที่พอเพียงถ้าหากว่าพืชขาดคุณสมบัติข้อนี้ควรเติมสารช่วยหมัก เช่น กากน้ำตาล เมล็ดธัญพืชบด มันเส้นบดหรือกรดชนิดต่างๆ

ก) กากน้ำตาล จะใช้ใส่ในหญ้าหมักที่ทำจากพืชที่มีระดับน้ำตาลต่ำเพราะน้ำตาลในกากน้ำตาลนี้ แบคทีเรียสามารถใช้เป็นอาหารและเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติกได้ง่าย นอกจากนี้ กากน้ำตาลยังทำให้หญ้าหมักมีรสชาติน่ากิน และช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารของหญ้าหมักด้วย ปริมาณกากน้ำตาลที่จะใช้ผสมในหญ้าหมักขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ใช้ทำหญ้าหมัก ถ้าหากเป็นข้าวโพด ข้าวฟ่างที่ตัดในระยะที่เหมาะสมจะมีจำนวนน้ำตาลเพียงพอไม่จำเป็นต้องเติม แต่ถ้าเป็นพืชหญ้า ทั่วไปควรใช้กากน้ำตาลประมาณ 3 - 5 % โดยน้ำหนัก ขึ้นอยู่กับว่ามีพืชตระกูลถั่วผสมอยู่มากน้อยแค่ไหนนอกจากนี้ยังขึ้นกับความอ่อนแก่ของพืช คือ พืชอ่อนต้องใช้กากน้ำตาลมากพืชแก่ใช้กากน้ำตาลน้อยลง

รูปที่ 2.3 กากน้ำตาล

ข) เมล็ดธัญพืชบด มันสำปะหลังบด การใช้เมล็ดธัญพืช (เมล็ดข้าวโพด เมล็ดข้าวฟ่าง) และมันสำปะหลังบด จะใช้ในอัตรา 5 - 10 % ของพืชหมัก จะช่วยให้การทำงานของแบคทีเรียในการสร้างกรดที่จำเป็นในการรักษาคุณภาพของหญ้าหมักเกิดขึ้นได้อย่างพอเพียงและช่วยลดความชื้นของพืชหมักที่มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงเกินไป ตลอดจนช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารและเพิ่มความน่ากินของหญ้าหมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค) กรดชนิดต่างๆเป็นการเติมเพื่อรักษาสภาพของพืชหมักให้มีกรดที่ช่วยถนอมพืชได้ทันทีและเพื่อให้มีการหมักที่เหมาะสม โดยการเติมกรดลงไปในพืชหมักโดยตรง กรดที่นิยมใช้ คือ กรดฟอร์มิคเนื่องจากมีฤทธิ์กัดกร่อนน้อยมากใช้ในอัตราประมาณ 2.25 ลิตรต่อน้ำหนักสดของพืช 1 ตัน หญ้าหมักที่ได้จากการเติมกรดจะมีรสชาติไม่ดีเหมือนเดิมกากน้ำตาลหรือพวกเมล็ด ธัญพืชบด

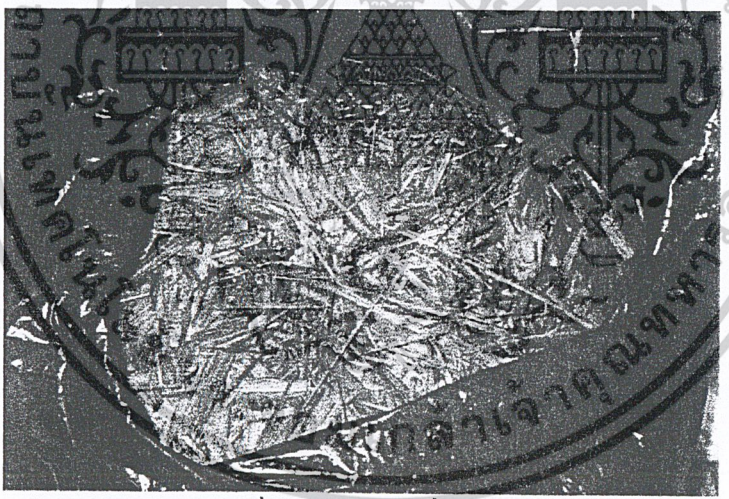
2.1.3 ลักษณะที่ดีของหญ้าหมัก

หญ้าหมักที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1) สี หญ้าหมักที่ดีควรมีสีเขียวแกมเหลือง ถ้าปรากฏเป็นสีน้ำตาลไหม้หรือดำแสดงว่าเกิดความร้อนมากเกินไปในขณะหมัก ทำให้สารอินทรีย์สลายตัวเป็นการสูญเสีย ซึ่งถ้าหญ้าหมักเป็นสีดำไม่ควรนำไปใช้เลี้ยงสัตว์

2) กลิ่น หญ้าหมักที่ดีจะมีกลิ่นเปรี้ยวอ่อนๆคล้ายผลไม้ดอง

3) เนื้อหญ้าหมัก จะต้องไม่เป็นเมือก ไม่เละ เอามือถูเนื้อไม่หลุดออกไม่มีราหรือส่วนที่บูดเน่า ถ้ามีสีขาวๆเป็นเส้นกระจายบนหญ้าหมัก แสดงว่าเกิดเชื้อราทำให้คุณภาพของหญ้าหมักด้อยลง



รูปที่ 2.4 หญ้าหมักที่มีคุณภาพดี

4) ความชื้น ควรอยู่ระหว่าง 65 - 70 % หากมีความชื้นสูงกว่านี้พืชหมักจะเปรี้ยวมากและเกิดการสูญเสียโภชนะออกมากับของเหลว ทดสอบโดยบีบหญ้าหมักด้วยมือ ถ้ามีน้ำเหลวๆไหลออกมาแสดงว่ามีความชื้นมากเกินไป ถ้าความชื้นน้อยเกินไปทำให้แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติคลดลงทำให้หญ้าหมักเสียได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

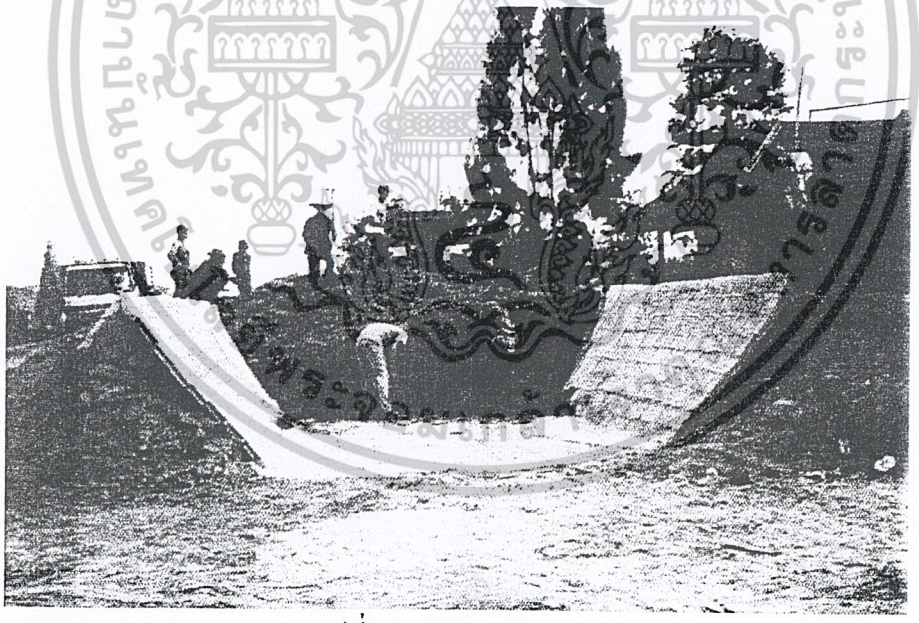
5) **ความเป็นกรด** ควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.5 - 4.2 โดยมีกรดแลคติคอยู่มากกรดอะซีติกเป็นส่วนน้อย และไม่ควรมีกรดบิวทีริก หรือให้มีน้อยที่สุด หญ้าหมักที่ดีไม่ควรเปรี้ยวจัดเกินไป หญ้าหมักที่มีคุณภาพดีควรมีสัดส่วนของกรดต่างๆดังนี้

กรดแลคติก	1.5 - 2.5	เปอร์เซ็นต์
กรดอะซีติก	0.5 - 0.8	เปอร์เซ็นต์
กรดบิวทีริก	< 0.1	เปอร์เซ็นต์

2.1.4 วิธีการทำหญ้าหมัก

การทำหญ้าหมักมีรูปแบบหลุมหมัก หรือภาชนะที่บรรจุพืชหมักแบบต่างๆกัน ดังนี้

1) หลุมหมักแบบราง โดยขุดเป็นรางลึกลงในดิน พื้นเป็นดินหรือเทคอนกรีตให้มีความลาดเล็กน้อย เพื่อระบายของเหลวออกได้ง่ายหลุมหมักแบบรางนิยมใช้กันทั่วไป เพราะสามารถทำได้โดยลงทุนไม่มากนักและมีประสิทธิภาพในการเก็บสูง การสูญเสียของหญ้าหมักอาจจะน้อยเพียง 5 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น



รูปที่ 2.5 หลุมหมักแบบราง

2) หลุมหมักแบบกำแพงคอนกรีต เป็นหลุมแบบที่ไม่ต้องขุดลงในดิน เหมาะสำหรับบริเวณนั้นใต้ดินสูง ลักษณะเป็นรางยาวฝาผนังคอนกรีต

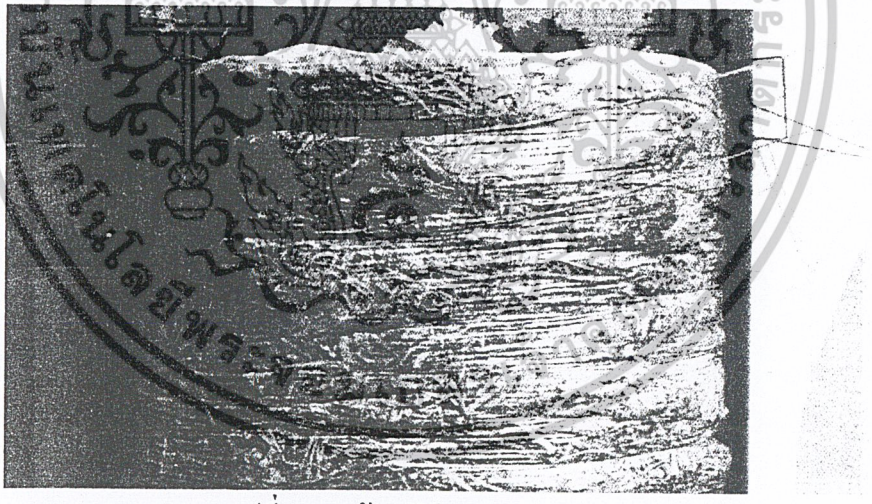
3) โดยก่อคอนกรีตเป็นรูปทรงกระบอกอยู่บนดิน มักมีความสูงเป็นสองเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง ปัจจุบันไม่นิยมใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 หลุมหมักแบบรางคอนกรีต

4) หลุมหมักแบบท่อ เป็นบ่อที่ขุดลงไปในดิน ไม่เหมาะสำหรับบริเวณที่มีน้ำใต้ดินสูง

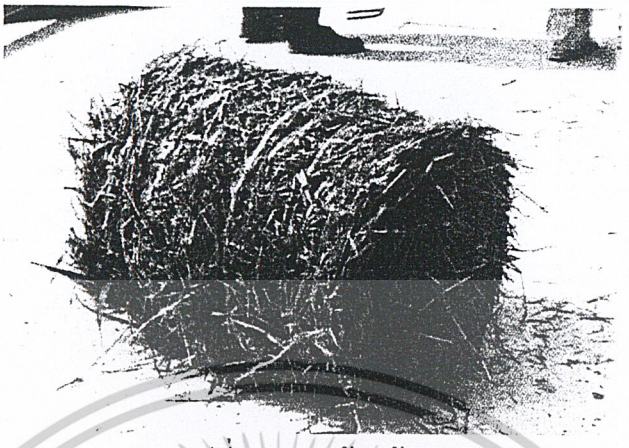
5) ถุงหมักแบบสุญญากาศ เป็นถุงที่ทำจากพลาสติก ถ้าเป็นถุงที่มีขนาดใหญ่ต้องสูบอากาศออกภายหลังบรรจุหญ้าเต็มแล้ว สะดวกในการปฏิบัติและการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ แต่ข้อเสียที่ถุงมักฉีกขาดเนื่องจากคุณภาพไม่ดีนอกจากนี้ยังถูกแมลงและสัตว์กัดทำลาย



รูปที่ 2.7 หญ้าหมักในถุงขนาด 800 กิโลกรัม

6) แบบม้วนก้อน เป็นการทำหญ้าหมัก โดยใช้เครื่องอัดหญ้าเป็นม้วนก้อนและพับด้วยแถบพลาสติกรอบก้อนหญ้า ซึ่งมีความหนาประมาณ 4 - 6 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แบบม้วนก้อน

7) แบบบรรจุจากภาชนะจากผลพลอยได้ของโรงงานอุตสาหกรรม เป็นการทำหญ้าหมักโดยนำถังพลาสติก ถังน้ำมัน ถังกระดาษแข็ง หรือภาชนะใดๆที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มาบรรจุหญ้าแล้วอัดให้แน่น ปิดฝาให้สนิทเพื่อให้อยู่ในสภาพสุญญากาศ

รูปที่ 2.9 แบบบรรจุในถัง

8) แบบกองบนพื้น โดยปูพลาสติกบนพื้นเรียบ นำหญ้ามากองบนพลาสติกโดยทำเป็นสันขอบตามความกว้าง ยาว ของพลาสติก นำหญ้ามาวางส่วนที่เหลือตรงกลางพลาสติก ย่ำให้แน่นเมื่อเต็มชั้นแล้วจึงนำหญ้ามากองเป็นขอบชั้นต่อไปโดยขอบชั้นถัดไปให้วางเหลื่อมเข้าไปในกองเติมหญ้าให้เต็มชั้นที่สองย่ำให้แน่นเหมือนชั้นแรก ทำไปเรื่อยๆจนได้กองสูงพอประมาณจึงนำ พลาสติคมาคลุมปิดกองหญ้าสอดชายเข้าไปใต้พลาสติกที่ปูรองพื้นไว้ ทำคันดินโดยรอบกอง

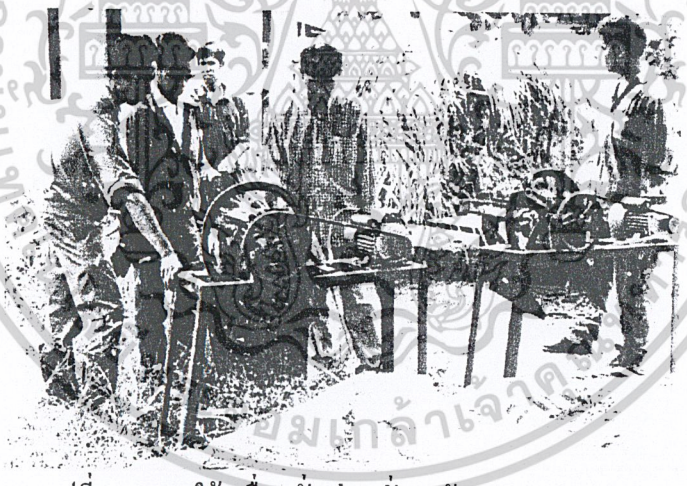
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.10 แบบกองบนพื้น

2.1.5 ขั้นตอนการทำหญ้าหมัก

สำหรับขั้นตอนการทำหญ้าหมักสามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

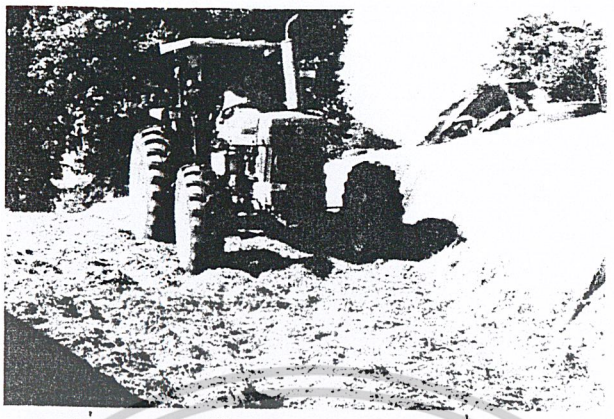
ขั้นตอนที่ 1 การตัดหญ้าหรือพืชสด ตัดหญ้าในระยะที่เหมาะสมและควรหั่นหญ้าให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตร เพื่อที่จะช่วยให้การอัดหญ้าได้แน่น



รูปที่ 2.11 การใช้เครื่องหั่นย่อยหั่นหญ้าขนาด 2 - 3 เซนติเมตร

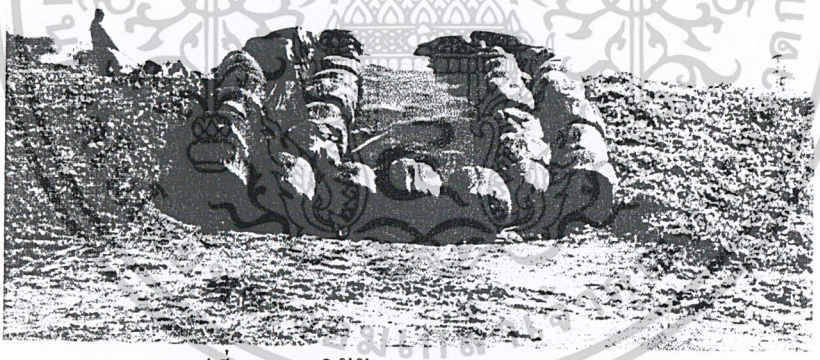
ขั้นตอนที่ 2 การบรรจุลงหลุม หรือภาชนะสำหรับหมัก จำเป็นต้องอัดหญ้าให้แน่น โดยใช้คนขึ้นเหยียบย่ำให้แน่น หรือถ้าเป็นหลุมขนาดใหญ่ใช้รถแทรกเตอร์วิ่งทับไปมาหลายครั้งจนแน่นเป็นรูปหลังเต่า ในกรณีที่มีการเติมสารช่วยกันหมักเสริม เช่น กากน้ำตาล เมล็ดธัญพืช หรือกรดต่างๆจะต้องคลุกเคล้ากันให้ทั่วหรือผสมทำเป็นชั้นๆสลับกับหญ้าจนเต็มหลุมและถ้าหากพืชที่นำมาใช้หมักแห้งจนเกินไป ต้องพรมน้ำให้มีความชื้นที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การใช้รถแทรกเตอร์เหยียบย่ำให้แน่น

ขั้นตอนที่ 3 การกลบหลุม หรือการปิดภาชนะบรรจุ เมื่อบรรจุหญ้าเต็มหลุม หรือเต็มภาชนะที่บรรจุ และอัดหญ้าแน่นแล้วจะต้องปิดหลุม หรือปิดภาชนะที่บรรจุ และอัดหญ้าแน่นแล้วจะต้องปิดหลุมหรือปิดภาชนะที่บรรจุให้สนิท เพื่อป้องกันอากาศซึมเข้าและฝนชะล้าง ในกรณีที่เป็นหลุมขนาดใหญ่ควรใช้พลาสติกคลุมก่อนแล้วจึงใช้วัสดุต่างๆกดทับบนผ้าพลาสติกอีกชั้นหนึ่ง



รูปที่2.13 การใช้ผ้าพลาสติกคลุมหลุมหมัก

รูปที่ 2.14 การมัดปิดภาชนะบรรจุให้สนิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 การเก็บและเปิดใช้หญ้าหมัก ภายหลังจากการกลบหลุมหรือปิดภาชนะแล้วควรทิ้งไว้ 3-4 สัปดาห์ ก็จะทำให้ได้หญ้าหมักที่สมบูรณ์สามารถเปิดและนำไปใช้ได้ ถ้าเปิดหลุมหมักทิ้งไว้นานๆ หญ้าหมักที่ไม่ได้นำออกมาใช้จะเกิดการสูญเสียได้

2.1.6 ข้อดีของหญ้าหมัก

1. สามารถทำได้ทุกฤดูกาล
2. สามารถใช้ทุกส่วนของต้นพืชให้เป็นประโยชน์ส่วนของลำต้นที่แข็งเมื่อหมักแล้วจะอ่อนนุ่มสัตว์ชอบกิน
3. ใช้พื้นที่ในการเก็บรักษาน้อย
4. หญ้าหมักมีลักษณะอวบน้ำ สัตว์ชอบกิน
5. การสูญเสียโดยการร่วงหล่นของใบพืช จากการทำหญ้าหมักมีน้อย จึงสามารถรักษาธาตุอาหารต่างๆไว้ได้สูงกว่าหญ้าแห้ง
6. ลดอันตรายจากอัคคีภัย ในการเก็บเมื่อเทียบกับหญ้าแห้ง
7. สามารถเก็บรักษาได้นานเป็นปีๆ โดยคุณค่าทางอาหารไม่ลดลงถ้าหากมีการปฏิบัติอย่างดี

2.1.7 ข้อเสียของหญ้าหมัก

1. ต้องมีความรู้ความชำนาญในการทำหญ้าหมัก
2. เปลืองแรงงานและลงทุนมากกว่าการทำหญ้าแห้ง
3. ขาดวิตามินดี
4. เป็นราเสียหายง่าย เมื่อเปิดหลุมแล้ว
5. เนื่องจากหญ้ามีฤทธิ์เป็นกรด จึงทำลายภาชนะที่เป็นโลหะได้

2.2 ทฤษฎีในการออกแบบเครื่องอัดไล่อากาศ

วิธีการในการออกแบบเครื่องอัดหญ้า สามารถจำแนกได้ดังนี้

2.2.1 ระบบเครื่องกล (Mechanical Means)

เน้นหนักทางด้านการออกแบบแต่ละชิ้นส่วนของแต่ละระบบ ซึ่งต้องใช้ทักษะทางด้านวิศวกรรมที่สามารถยืดหยุ่นให้เหมาะสมกับแต่ละงาน ข้อดีของระบบนี้คือ มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าระบบอื่น ออกแบบง่ายไม่ซับซ้อน และบำรุงรักษาง่าย

2.2.2 ระบบเครื่องจักรที่ใช้แรงอัดของลม (Pneumatic Means)

มีระบบคล้ายคลึงกับระบบเครื่องกลเป็นระบบที่ง่ายต่อการผลิต แต่ละชิ้นส่วนเป็นชิ้นส่วนเฉพาะตัว เช่น กระบอกสูบ มอเตอร์ลม ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐาน จุดเด่นของระบบที่ใช้แรงอัดของลม มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบใช้งานง่ายในระบบต่างๆของแต่ละงาน
2. แรงอัดที่ใช้สามารถควบคุมได้
3. เมื่อเปรียบเทียบกับระบบไฮโดรลิกแล้ว ระบบนี้ง่ายกว่ามาก
4. แรงอัดของอากาศที่ใช้กับเครื่องขนาดกลางปลอดภัย คือ ระดับ 7 - 10 บาร์ หรือ 100 - 150 บาร์ ต่อ ตารางนิ้ว

ความทนทานของเครื่องยาวนาน ใช้ได้โดยไม่มีอันตรายความดันของอากาศที่ใช้สามารถแยกระบบไปควบคุมส่วนต่างๆได้ ใช้วาล์ว (Valve) เปิด ปิดโดยง่ายไม่ทำให้งานหยุดชะงักมีเครื่องมือหรือเครื่องกลที่ใช้แรงดันของอากาศขนาดเล็กที่ใช้เป็นส่วนมาก คือ เครื่องเจาะ เครื่องขันน็อต เครื่องเจียร เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีผลดีกว่า คือ

1. การเปลี่ยนรอบความเร็วก็สามารถทำได้โดยไม่เป็นอันตราย
2. ชิ้นมีน้ำหนักเบาสามารถนำไปใช้ได้หลายสภาวะ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องไฟฟ้าที่ใช้กำลังขนาดเดียวกัน
3. ส่วนสามารถเปลี่ยนใช้งานที่แตกต่างกันได้

2.2.3 ระบบไฮโดรลิก (Hydraulic Means) สิ่งที่ทำให้ระบบนี้เหมาะสมกับงานด้านต่างดังนี้

1. กะทัดรัด เช่น ปั๊ม (pumps) มอเตอร์ และกระบอกสูบ สามารถใช้ในบ้านหรือสถานที่จำกัดได้
2. สามารถปรับกำลังให้มากน้อยได้
3. มีระบบหล่อลื่นตัวเอง และมีการสึกหรอน้อย
4. ความสามารถในการทำงานระยะยาว และทุกสภาวะ
5. สามารถรับน้ำหนักสูง เหมาะกับเครื่องที่ต้องการใช้งานนานๆ
6. ความถูกต้องแน่นอนในการบังคับอัตรากำลัง และตำแหน่งการงาน
7. สามารถทำงานตามแนวตั้งหรือแนวนอนของเครื่องได้ ซึ่งทำให้เหมาะสมกับงานที่ใช้การเคลื่อนไหว เช่น ขนถ่ายวัสดุ
8. การทำงานเหมือนกับระบบที่ใช้กำลังอัดของลม ซึ่งสามารถนำเอาระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิคส์เข้าควบคุมได้

โดยทั่วไประบบไฮโดรลิคราคาสูงกว่าเครื่องใช้กำลังอัดอากาศ แต่ละส่วนของเครื่องทำงานด้วยตัวเอง เครื่องไฮโดรลิกที่ต้องการความเที่ยงตรงแน่นอนสูง แต่ละชิ้นส่วนต้องการ การออกแบบอย่างดี การประกอบอย่างดีและการบำรุงรักษาที่ดีมากกว่าระบบอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบไฟฟ้าเป็นระบบที่ใช้เครื่องจักรน้อย เป็นระบบที่เป็นที่น่าสนใจมาก เพราะสามารถควบคุมโดยสวิทซ์ และควบคุมในระยะไกลได้ การทำงานได้อย่างรวดเร็ว ชิ้นส่วนของส่วนประกอบราคาถูก แต่การออกแบบต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูงชิ้นส่วนและส่วนประกอบส่วนมากจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าและใช้กำลังผลัก หรือกำลังดูดของสนามแม่เหล็กซึ่งใช้กำลังและระยะเวลาที่คอยล์ (Coil) ของแม่เหล็กทำงาน สวิทซ์มีได้สำหรับควบคุมที่ทำให้เกิดการทำงานที่แน่นอน เพราะสวิทซ์จะเป็นตัวส่งสัญญาณให้เครื่องกลทำงาน สำหรับองค์ประกอบของการควบคุมในระบบนี้มีอุปกรณ์ที่ใช้เป็นส่วนมาก คือ รีเลย์ (Relay) ซึ่งออกแบบให้เหมาะสมกับงานต่างๆและรีเลย์ (Relay) นี้จะทำงานในองค์ประกอบต่างๆคือ

1. Amplifying a Signal
2. Multifying a Singnal
3. เปลี่ยนการกระตุ้นของสัญญาณเก็บไว้ (Memory) สามารถนำมาใช้ได้อีก
4. เปลี่ยนสัญญาณที่เก็บไว้ (Memory) มาเป็นสัญญาณกระตุ้นให้เครื่องทำงานอีก ยังมีเครื่องนับกับการทำงานอีกประเภทหนึ่งซึ่ง Programmer หรือ วงจรควบคุมเวลา (Cycle timer) สามารถส่งข้อมูลที่ต้องการจะเป็นสัญญาณเลยในครั้งเดียว โดยการตั้งเวลาให้ Programmer ทำงานต่อเนื่องกันจนสำเร็จชิ้นงาน

2.2.5 ระบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Means)

ข้อเปรียบเทียบกับระบบไฟฟ้ามีดังนี้

- ไม่มีชิ้นส่วนหนึ่งเมื่อเกิดการชำรุดจะต่อให้ติดกัน หรือเชื่อมเข้าด้วยกัน
- ไม่มีชิ้นส่วนใดที่มาใช้แทนส่วนที่เคลื่อนไหวได้
- ทนทานต่อการใช้งาน ถ้าไม่ใช้งานเกินกำลังเครื่อง
- สามารถทำการผลิตได้มาก ส่งสัญญาณได้สูง เหมือนกลไกไฟฟ้า มีความเปลี่ยนแปลงสูง การสร้างจะต้องประกอบด้วยมาตรฐานสูง ซึ่งจะมีข้อผิดพลาดไม่ได้

2. 3 ทฤษฎีของเครื่องหั่นย่อย

2.3.1 ประเภทของเครื่องย่อยวัสดุ

1. หากแบ่งประเภทตามวัสดุที่ป้อนเข้า และขนาดของผลผลิตที่ได้ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ลดขนาดประเภท หยาบ ปานกลาง ละเอียดมาก เช่น เครื่องย่อยแบบค้อนที่ย่อยได้ความละเอียดไม่สูงมาก เครื่องย่อยแบบหยาบและปานกลางใช้ย่อยวัสดุขั้นต้นเพื่อป้อนต่อไปยังเครื่องย่อยที่มีความละเอียดสูง

2. การแบ่งประเภทตามลักษณะการย่อย แบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การอัด เช่น เครื่องย่อยตะไบ หรือแบบลูกกลิ้ง เหมาะสำหรับการย่อยหยาบวัสดุที่ย่อยมีขนาดใหญ่
- การตัด มีอุปกรณ์ใบมีด สามารถย่อยวัสดุได้ขนาดปานกลางเหมาะกับการย่อยพลาสติก
- การกระแทก เช่น impeller breaker, hammer mill, micro pulverizer, ACM pulveriver ซึ่งย่อยได้ละเอียดไม่มากนัก ต้องติดอุปกรณ์แบบขัดสีเข้าไปด้วยจึงมีความละเอียดสูง
- การขัดสี (grinding by the attrition) เป็นเครื่องย่อยที่ให้ความละเอียดสูง

3. แบ่งตามโครงสร้างของอุปกรณ์

- เครื่องย่อยแบบลูกกลิ้งวงแหวน(Ring roller mill Raymond mill, Rooeesche mill)
- เครื่องย่อยแบบ Screan (Screen mill Victory Mill , Micro Puveiver)
- เครื่องแบบค้อน (Hammer mill)
- เครื่องย่อยแบบแยกประเภท (Classifying mill , ACM Pulveriver)
- เครื่องย่อยแบบลูกกลม (Ball mill)
- เครื่องย่อยแบบ Jet (Jet micron Jet)

2.3.2 วิธีการย่อย

1. การย่อยแบบแห้งและการย่อยแบบเปียก การย่อยแบบแห้งเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน
2. การดำเนินการเป็นกลุ่ม หรือการดำเนินการแบบต่อเนื่อง

การย่อยแบบวงจรเปิดและย่อยแบบวงจรปิด การย่อยแบบวงจรเปิดเป็นระบบการย่อยซึ่งมีอุปกรณ์แยกประเภท คือ วัสดุที่ยังหยาบอยู่จะได้รับการย่อยใหม่พร้อมกับวัสดุที่ใหม่ที่ป้อน เข้าไป

3. การย่อยแบบกำหนดอุณหภูมิ เพื่อใช้ในการย่อยวัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษเช่น อาหาร พลาสติก

4. การย่อยพร้อมๆกับการผสมและทำให้แห้ง โดยการใช้ความร้อนและการแยกตัวในระหว่างการย่อย เพื่อทำให้วัสดุแห้งในเวลาเดียวกัน

2.3.3 การเลือกประเภทและวิธีการ

1. การกำหนดความละเอียดของผลผลิต การกำหนดความละเอียดจากการย่อยกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เป็นเปอร์เซ็นต์ของขนาดต่างๆเช่น มากกว่า 98 เปอร์เซ็นต์ ของ 200 หน่วย mesh (หน่วยกำหนดความถี่ของตาข่าย) หรือ 95 เปอร์เซ็นต์ของไมครอน หรือกำหนดเป็นพื้นที่ (surfacearea) ของวัสดุ เช่น 3,000 ลบ.ม ต่อกรัมการกำหนดความละเอียดเป็นปัจจัยสำคัญของการเลือกประเภทของเครื่องย่อย ซึ่งเครื่องย่อยแต่ละเครื่องมีข้อจำกัดเกี่ยวกับขนาดของผลผลิตที่ย่อยการย่อยที่ต้องการความละเอียดสูงควรมีเครื่องแยกขนาด เช่น micronseperator หรือ Superseperator เข้ามาด้วยเครื่องย่อยและเครื่องแยกขนาดจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้สูงขึ้น

2. การย่อยวัสดุที่มีความหยาบการย่อยวัสดุที่มีความแข็งมากๆ ควรเลือกใช้เครื่องจักรหมุนด้วยความเร็วสูง(ประมาณ 110 รอบต่อนาที) ควรหลีกเลี่ยงวัสดุที่มีความแข็งมากกว่า 5 (Mohs handness)

3. การย่อยเพื่อควบคุมความละเอียดควรหลีกเลี่ยงการย่อยแบบขัดสีเพราะจะทำให้เกิดฝุ่นละอองมากเครื่องย่อยแบบกระแทกซึ่งมีใบมีดหรือค้อนที่มีจังหวะการหยุดสั้นและการใช้เครื่องย่อยแบบวงจรปิดจะช่วยลดการฟุ้งกระจายของวัสดุได้

4. การย่อยวัสดุที่ไม่ทนความร้อน ในระหว่างการย่อยจะเกิดความร้อนขึ้น วัสดุที่ใส่เข้าไปจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นการย่อยวัสดุที่ไม่ทนความร้อนโอกาสที่จะติดไฟก็เห็นไปได้สูงสภาวะของเครื่องย่อยจะต้องประกอบไปด้วย

- มีช่องระบายอากาศกว้าง
- มีจังหวะการหยุดสั้น
- ไม่เกิดอุณหภูมิเพิ่มภายในเครื่องย่อย
- ลดการเสียดสีระหว่างการหั่นย่อย

5. การย่อยแบบกำหนดอุณหภูมิ เครื่องย่อยแบบกำหนดอุณหภูมิ(Cryopenicgrinding) คือเครื่องย่อยแบบ Linrex mill เครื่องย่อยแบบนี้นำไนโตรเจนเหลวมาใช้ในเครื่องลดอุณหภูมิวัสดุเหลือ -15 ถึง -150˚C ข้อดีของการย่อยแบบลดอุณหภูมิคือ

- ทำให้วัสดุเช่นพลาสติกแตกตัวในระดับอุณหภูมิต่ำ ได้ผลผลิตที่มีความละเอียดสูงซึ่งไม่สามารถทำได้ที่อุณหภูมิปกติ
- สามารถย่อยวัสดุที่มีความชื้นหรือเป็นน้ำมันได้ง่าย ซึ่งถ้าทำที่อุณหภูมิปกติจะเกิดปัญหาติดเหนียว
- สำหรับวัสดุที่อาจมีปฏิกิริยาออกไซด์ในอากาศจะได้รับการปกป้องโดยสภาวะความเฉื่อยของไนโตรเจน

การเลือกใช้งานพิเศษอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55709

- การย่อยที่ต้องการรักษาความสะอาด
- การย่อยที่ไม่ยอมรับเศษเจือปนของธาตุเหล็ก
- การย่อยวัสดุอ่อนนุ่มที่เป็นก้อนใหญ่การย่อยวัสดุที่มีความเหนียว
- การย่อยวัสดุที่มีความยืดหยุ่น
- การย่อยวัสดุที่ติดไฟหรือเกิดระเบิดได้ง่าย
- การย่อยวัสดุที่มีความชื้นหรือเป็นน้ำมัน

2.3.4 สายพานหรือมู่เล่

สายพานเป็นอุปกรณ์ถ่ายทอดกำลังระหว่างเพลา 2 เพลา หรือมากกว่าโดยอาศัยการส่งผ่านกำลังจากมู่เล่มายังสายพานด้วยแรงเสียดทานอัตราส่วนความเร็วของมู่เล่คู่หนึ่งที่ถ่วยถ่ายทอดกำลังด้วยสายพาน คือ

$$N = Dp_2 / Dp_1 = rpm_2 / rpm_1$$

N	=	อัตราทดระหว่างมู่เล่
Dp2	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ตัวใหญ่ (Pitch Dimeter)
Dp1	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ตัวเล็ก (Pitch Dimeter)
Rpm2	=	ความเร็วรอบของมู่เล่ตัวเล็ก
Rpm1	=	ความเร็วรอบของมู่เล่ตัวใหญ่

ชนิดของสายพาน

สายพานแบ่งเป็น 4 ชนิดตามลักษณะพื้นที่หน้าตัดของสายพาน คือสายพานแบน (flatbelts) มีพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สายพานลิ่ม (V belts) มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สายพานกลม (rope) มีหน้าตัดรูปกลม และไทม์มิงเบ็ลท์ (timing belts) มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะเป็นร่องคล้ายฟันเฟืองตลอดความยาวของสายพาน

วัสดุที่ใช้ทำสายพานต้องมีค่าความต้านทานการสึกหรอสูง บิดตัวได้ดีและมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการขับด้วยสายพาน

ลักษณะการขับสายพานสามารถกระทำได้หลายวิธี เนื่องจากคุณสมบัติในการอ่อนตัวของสายพาน ลักษณะที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ

1. การขับเพลาที่อยู่ขนานกัน ต้องการให้เพลาทั้งสองหมุนในทิศทางเดียวกันเรียกว่า โอพีนไดรว์ (open drive) การขับเพลาลักษณะนี้ถ้าเพลาอยู่ห่างกันมากควรทำให้สายพานด้านบนตึง (tight) และด้านล่างหย่อน (slack)

2. เพลาทั้งสองด้านขนานกันต้องการเพลาทั้งสองหมุนสวนทางกัน ก็ได้โดยใช้สายพานไขว้กัน (cross drive) แต่จุดที่วายพานไขว้กันจะเกิดการถูกันทำให้สายพานสึกหรอมาก เพื่อไม่ให้สายพานสึกหรอมากเกินควร จึงต้องให้จุดศูนย์กลางสายพานอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่า 20 เท่าของความยาวสายพาน และความเร็วสายพานไม่เกิน 15 m/s

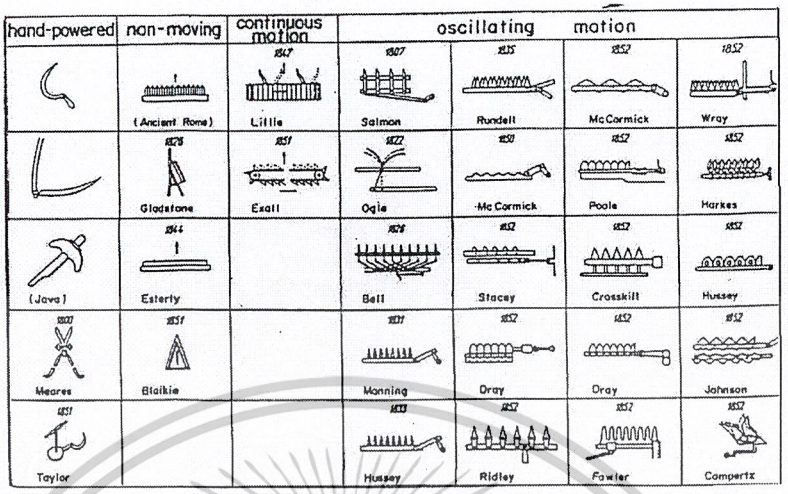
2.3.5 ชุดใบมีด

จากหนังสือของสมาคมวิศวกรรมการเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา ASAE (American Society of Agricultural) เรื่อง Mechanics of Plant Material ซึ่งรวบรวมประมวลผลการวิจัยต่างๆเกี่ยวกับหลักกลศาสตร์ของการตัดต้นพืชต่างๆโดย Professor Sverker Presson สรุปสาระสำคัญของการตัดต้นพืช คือ แรง พลังงาน และกำลังที่ใช้ในการตัด ซึ่งเงื่อนไขหรือองค์ประกอบต่างๆที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสรุปได้ดังนี้

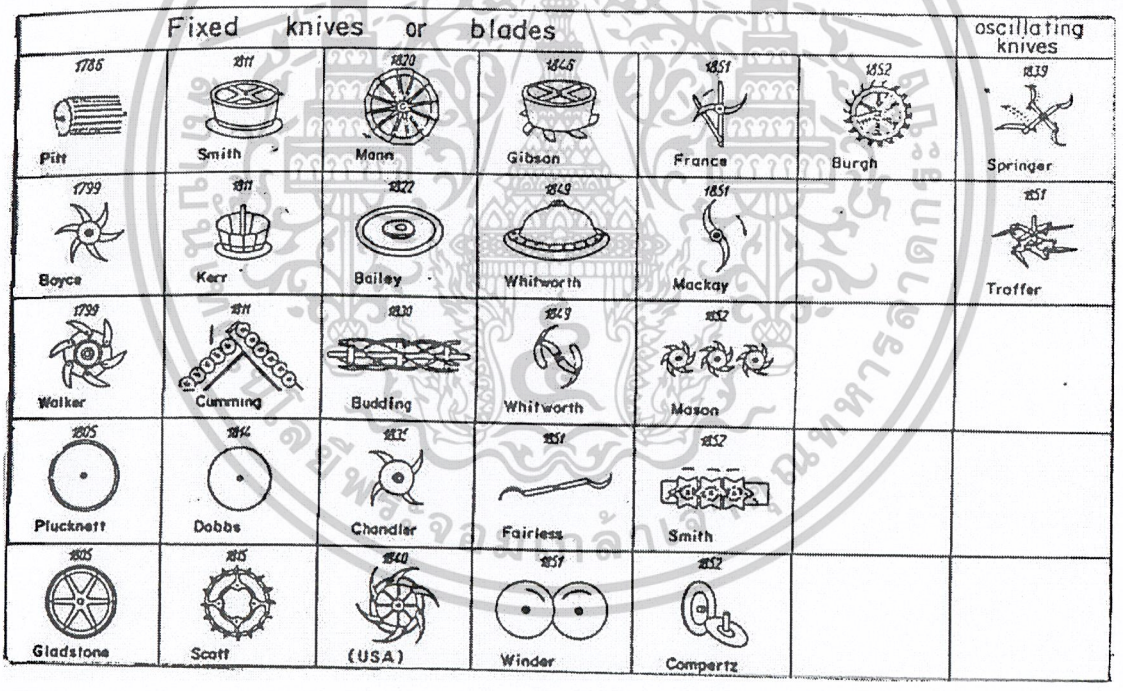
1. รูปร่างลักษณะและคุณสมบัติของใบมีด
2. ระยะห่างระหว่างใบมีดสับกับใบมีดรับ
3. ความชื้นของต้นพืช
4. อัตราการป้อน
5. ลักษณะและพื้นที่ของการตัด

ทฤษฎีและหลักการเหล่านี้ ซึ่งได้จากการตัดต้นพืชหรือการเก็บเกี่ยวพืชต่างๆสามารถพัฒนาจากเครื่องหั่นย่อยซากพืชมาเป็นพวกกิ่งไม้ยืนต้นการประยุกต์ใช้กับการตัดหั่นวัสดุที่โตขึ้นมีความแข็งเพิ่มขึ้นก็จะแตกต่างกันในเรื่องแรง พลังงานและกำลังที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

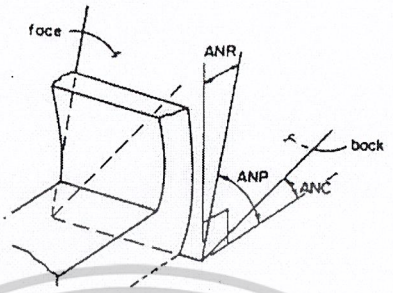


รูปที่2.15 ภาพกลไกเคลื่อนที่ตัดในแนวระนาบ



รูปที่2.16 กลไกการเคลื่อนที่ตัดแบบหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 ลักษณะมุมของหน้าและหลังและใบมีดในแนวแกน xy

มีดและคมมีดมีทั้งผิวคมมีดด้านหน้าและด้านหลัง มีการกระทำกับวัสดุโดยกระบวนการตัด ส่วนผิวมีดด้านหลังจะทำหน้าที่อื่น มุมพื้นฐานในการเคลื่อนที่

ANR = rake angle (มุมระหว่างแกน x –z)

ANC = clearance angle (มุมช่องว่างวัดจากแกน x ด้านลบถึงส่วนหลังของคมมีด)

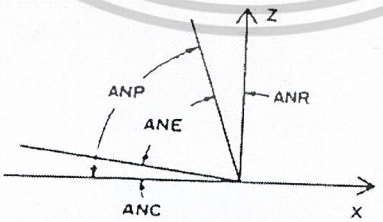
ANE = edge angle (มุมของคมมีด)

ANP = chip angle (มุมระหว่างแกน x-z วัดจากแกน x ด้านลบถึงผิวมีด ด้านบน

ANR + ANC + ANE = 90 deg

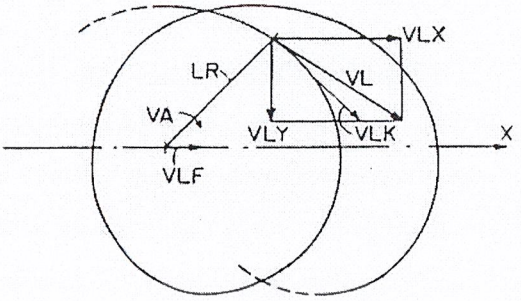
ANR = 90 deg

หรือ **ANP = ANE + ANC**

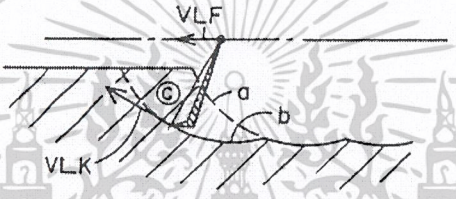


รูปที่ 2.18 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตัดกับมุมอื่นๆ

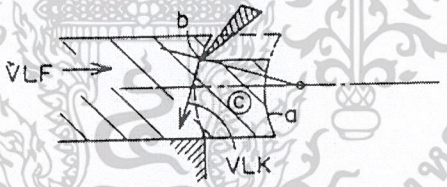
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



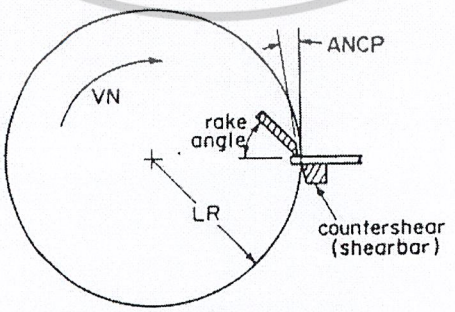
รูป ที่2.19 การเคลื่อนที่ในแนววงกลม



รูปที่ 2.20 ใบมีดหมุนกัดที่เคลื่อนเข้าหาชิ้นงาน



รูปที่ 2.21 ใบมีดหมุนอยู่กับที่ขณะที่ชิ้นงานเคลื่อนที่เข้าหา



รูปที่ 2.22 ลักษณะของมุมคายและมุมกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LLF = feet per cut (mm)

VLF = feed velocity (m/s)

NOK = Number of knife around the cylinder , disk etc. จำนวนใบมีดที่อยู่รอบ

VN = rotor speed (rpm) ความเร็วรอบของโรลเตอร์

LLU = hight of unevenness (mm) ระยะสูงสุดของความไม่สม่ำเสมอ

VLX = components of edge velocity (m/s) ความเร็วในแกน x

VLY = components of edge velocity (m/s) ความเร็วในแกน y

LR = radian of rotor (mm) รัศมีของโรเตอร์

TI = time (s) เวลา

CP = 3.1416

VLX = VLF + (LR * VA) sin (VA * TI) / 1000

VLF = (LR * VA) * cos (VA * TI) / 1000

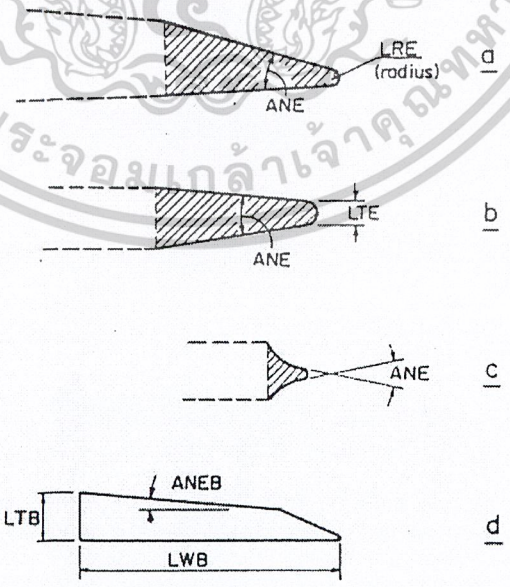
LLF = (VLF * 1000) / (NOK * VN /60)

VLK = LR * VN * (2 * CP / 60) / 1000

LLU = (LLF) / (8 *LR)

ขนาดและความคมของใบมีด

ความสำคัญของใบมีดจะถูกแสดงให้ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 ลักษณะของมุมและความยาวของใบมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANE มุมของปากมีด คือ มุมระหว่างหน้าของทั้งสองด้านที่กระทำเป็นมุม

LRE รัศมีของปากมีด ดังรูป a

LTE ความหนาของปากมีด ดังรูป b

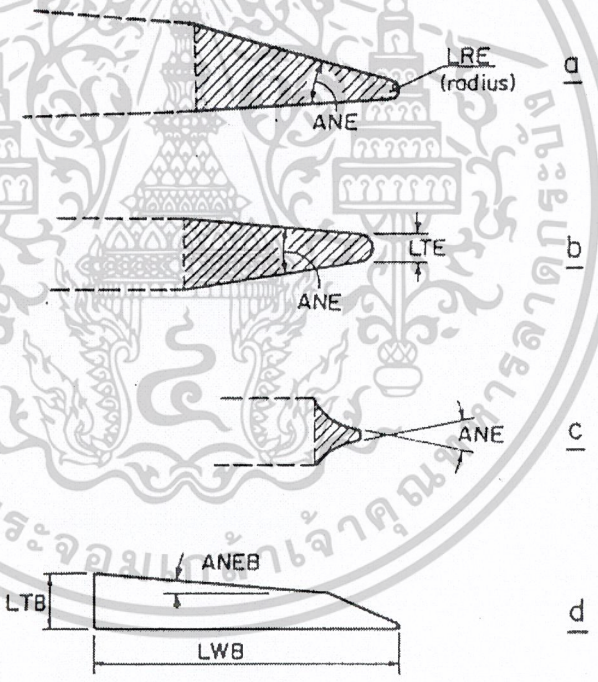
ANEB มุมรูปลิ่มของใบมีด ดังรูป c

LTB ความหนาของในมีด ดังรูป d

วัสดุที่ใช้ทำมีด

องค์ประกอบที่มีความสำคัญของใบมีด คือ ค่าความแข็งของมีด ค่าความเค้นแรงดึงขีดจำกัดความยืดหยุ่น และวัสดุที่ถูกตัด ในบางครั้งความเปราะของในมีดก็มีความสำคัญ

เหล็กกล้าที่ใช้ทำในมีดจะมีส่วนประกอบดังนี้ คาร์บอน 0.82 % , ซิลิกอน 0.13 % โลหะผสมจะมีค่าความแข็ง 50 - 54 Rockwell C



รูปที่2.24 แสดงลักษณะคมมีดชนิดต่างๆ

ANE มุมของปากมีด คือ มุมระหว่างหน้าของทั้งสองด้านที่กระทำเป็นมุม

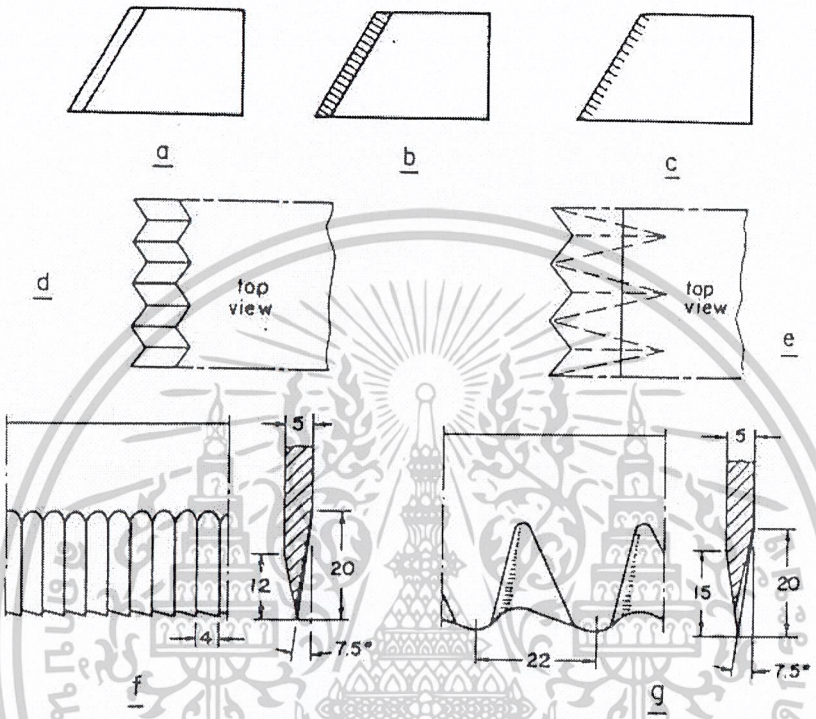
LRE รัศมีของปากมีด ดังรูป a

LTE ความหนาของปากมีด ดังรูป b

ANEB มุมรูปลิ่มของใบมีด ดังรูป c

LTB ความหนาของในมีด ดังรูป d

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



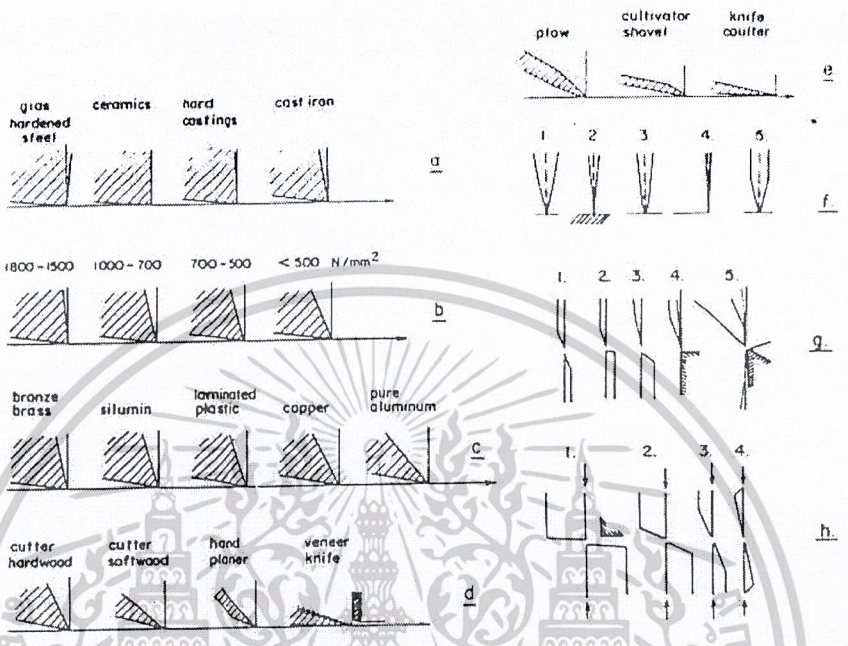
รูปที่ 2.25 คมมีดชนิดต่างๆ

a. รูปที่ 2.25 คมมีดชนิดต่างๆคมมีดเรียบ
b. คมมีดที่เป็นรูปฟันปลาด้านบน
c. คมมีดที่เป็นรูปฟันปลาด้านล่าง
d. รายละเอียดของคมมีดที่มีรูปฟันปลาด้านบน
e. รายละเอียดของคมมีดที่มีรูปฟันปลาด้านล่าง

F , g ลักษณะพิเศษต่างๆของคมมีดรูปฟันปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการวางมุมคมมีด



รูปที่ 2.26 ลักษณะการวางมุมคมมีด

รูป a สำหรับเซรามิค และ cast material

รูป b สำหรับเหล็กกล้าและเหล็กที่มีคุณภาพสูง

รูป c สำหรับวัสดุที่ไม่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบ

รูป d สำหรับไม้

รูป e สำหรับ tillage

รูป f สำหรับอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยแรงคน เช่น ขวานในรูปที่ 1

รูป g สำหรับอุปกรณ์ที่ทำงานโดยเครื่องจักรดังรูป

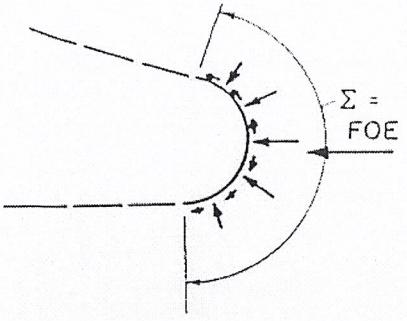
รูป h สำหรับอุปกรณ์อื่นๆ

Edge force and Wedge force

ระบบแรงที่กระทำบนใบมีด อาจกล่าวได้ว่าประกอบด้วยแรง 2 แรง คือ edge force และ wedge force

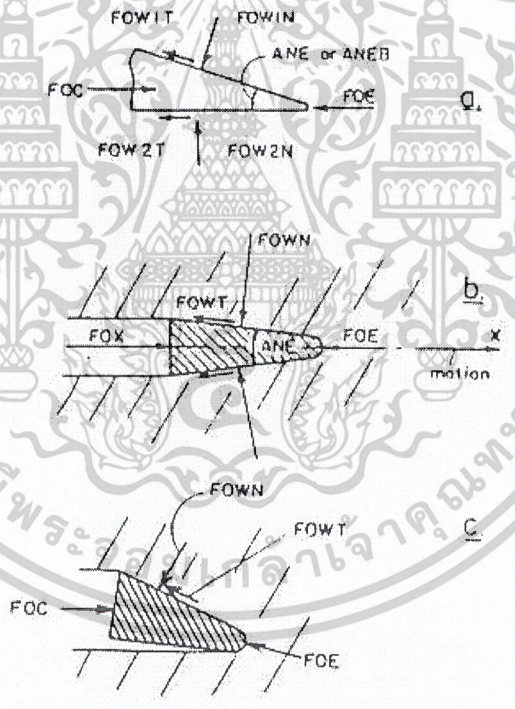
Edge force เป็นการตัดโดยการเกิดความเค้นที่สูงในวัสดุที่ถูกสัมผัสบริเวณขอบ ดังรูปที่2.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 แสดงถึงแรงที่กระทำต่อขอบของ edge force

Wedge force เป็นแรงที่กระทำด้านข้างในขณะที่ใบมีดเริ่มเข้าสู่เนื้อวัสดุ ดังรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 องค์ประกอบของแรงที่กระทำต่อใบมีด

ANE มุมของใบมีด

FOWN แรงที่ตั้งฉากกับใบมีด

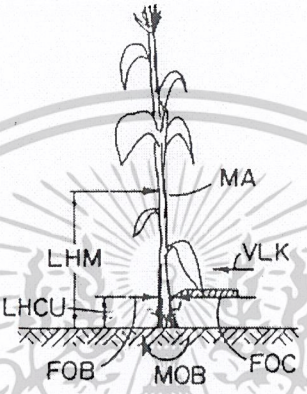
CF ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน = FOWT / FOWN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FOX แรงที่กระทำกับคมมีด ในแนวขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของใบมีด

FOE ผลรวมแรงทุกแรงที่กระทำต่อใบมีด

เราสามารถเรียก ANE ว่า ANEB ได้ถ้ามีการสัมผัสที่ใบมีด โดยจุดที่ไม่ใช่คมมีด Impact Cut inertia Cut



รูปที่ 2.29 แรงที่กระทำต่อต้นพืช

ความเร็วต่ำสุดของมีดตัดใช้ข้อสรุปดังนี้

1. เวลาที่ใช้ตัดจะคำนวณจากเวลาที่มีดผ่านลำต้นเป็นระยะ = เส้นผ่านศูนย์กลางของพืช
2. น้ำหนักของพืชที่อยู่เหนือรอยตัดมีส่วนทำให้เพิ่มความเร็วของการตัด (เพราะจะเป็นตัวถ่วงทำให้ต้นล้ม)
3. แรงที่ใช้ตัดจะคงที่ตลอดเวลาที่ตัด
4. แรงต้านการโค้งของลำต้นคงที่ตลอดเวลาในขั้นตอนการตัดจากรูป จะได้สมการดังนี้

$$MA * VMK / DTI * LHM + FOB * LHCU = FOU * LHCU$$

MA = มวลของต้นพืช

VLK = ความเร็วมีด

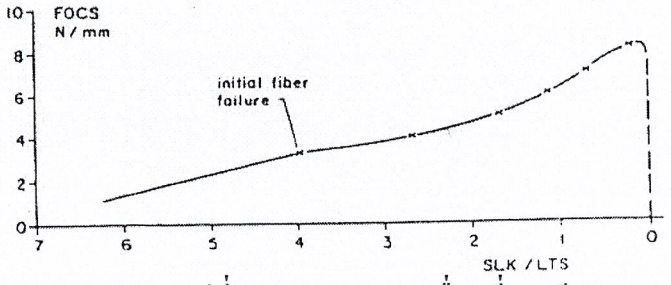
LHCU = ความสูงจากระดับพื้นถึงมีดตัด

LHM = ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของลำต้นวัดจากพื้น

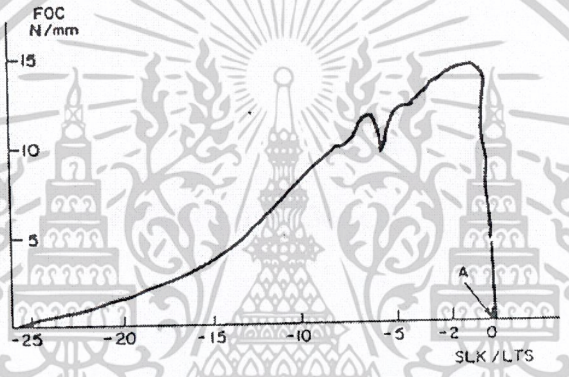
LD = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น

FOC = แรงตัด

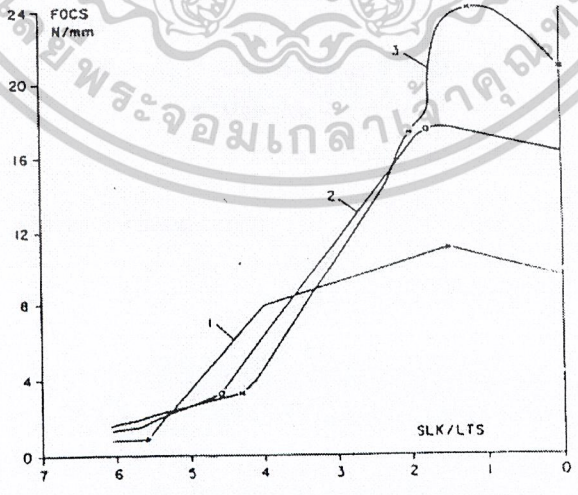
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.30 แรงจากการเคลื่อนที่ของมีด

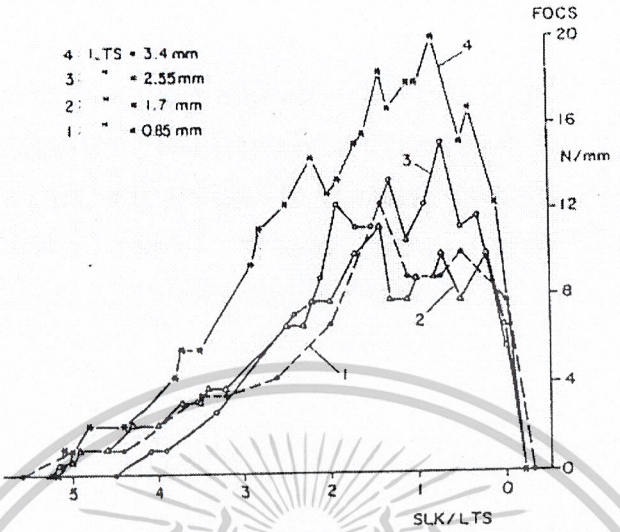


รูปที่2.31 แรงตัดที่สัมพันธ์กับการกระจัด



รูปที่ 2.32 แรงตัดของวัสดุแข็งที่หนา 3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 แรงตัดที่ใช้สำหรับวัสดุที่มีความชื้น

2.3.6 พลังงานที่ใช้ในการตัด (cutting Energy)

จากหนังสือของสมาคมวิศวกรรมการเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา ASAE (American Society of Agricultural Engineering) เรื่อง Mechanic of cutting Plant Material ได้กล่าวเอาไว้ว่าสิ่งสำคัญที่จะแสดงถึงประสิทธิภาพของการตัดคือ แรง พลังงานและกำลังที่ใช้ในการตัดซึ่งสามารถหาพลังงานในการตัดได้จากสมการ

$$ENC_1 = 3.5 \times F \times L_1$$

เมื่อ ENC_1 = Cutting Energy สำหรับใบมีด 1 ใบ , J

F = Minimum force , N

L_T = ระยะห่างของใบมีดกับใบมีดรับ , m

2.3.7 พลังงานตัดจำเพาะ (Specific cutting Energy)

เมื่อทราบพลังงานในการตัดแล้วจะสามารถหาพลังงานตัดจำเพาะได้จากสมการ

ENCS = *ENC1/Ma*

เมื่อ MA = มวลที่ถูกตัดออก , kg.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8 เพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญในการถ่ายทอดกำลังของเครื่องจักรกล โดยทั่วไปจะมีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลม ลักษณะของเพลารูปต่างๆ เช่น เพลาตัน (spindles) ซึ่งเป็นเพลาชนิดหนึ่งที่หมุนไม่ยาวมากนัด หรือแกน (axies) ซึ่งเป็นเพลาที่อยู่นิ่งหรือหมุนแต่จะไม่รับแรงบิด (Torsional Load) แรงปฏิกิริยาที่จุดยึดภาระตัด (Bending Load) ภาระดึง (Tention Load) ภาระอัด (Compresstion Load) ซึ่งเพลาอาจจะอยู่ภายใต้ความเค้นคงที่ ความเค้นสลับ (Reversed Stresses) ในขณะเดียวกันเพลารับภาระคงที่ (Static Load) กระทำเมื่อเพลาอยู่ภายใต้ภาระผสม (Combined Load) ความเค้นดัดที่เกิดจากโมเมนต์ดัดของเพลากลมตัน (Solid Round Shaft) ได้ดังสมการ

$$\sigma x = 32M / \pi d^3$$

$$\tau_{max} = 16T / 3d^3$$

$$d = (32n / \tau sSy (M2 + T2)^{1/2})^{1/3}$$

σx = ความเค้นดัด (N / m^2)

M = โมเมนต์ดัดที่หน้าตัดวิกฤต (N.m)

T = โมเมนต์บิดที่หน้าตัดวิกฤติ (N.m)

d = เส้นผ่านศูนย์กลาง (m)

Sy = ความเค้นเฉือนสูงสุด (N / m^2)

n = ค่าความปลอดภัย

π = 3.1416

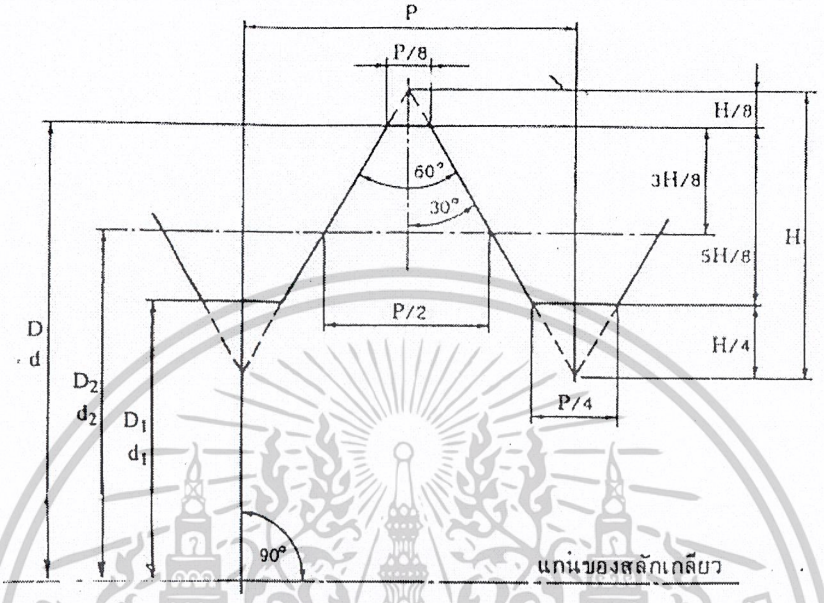
2.3.9 การยึดด้วยสลักเกลียว

การยึดด้วยสลักเกลียวมีความไว้ใจได้มากในการใช้งาน และสะดวกในการถอดประกอบ และสามารถใช้ได้กับงานต่างๆนอกจากนี้ยังมีราคาถูกและสามารถใช้ได้กับงานต่างๆนอกจากนี้ยังมีราคาถูก และสามารถหาได้ง่าย แต่สลักเกลียวมีข้อเสียอย่างหนึ่งคือ จะมีความเค้นหนาแน่นมากบริเวณยอดเกลียว มีข้อเสียอย่างหนึ่งคือ จะมีความเค้นหนาแน่นมากบริเวณยอดเกลียวและโคนเกลียว ซึ่งเป็นจุดอ่อนเมื่อใช้กับงานภายใต้ที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบของเกลียว

เพื่อความสะดวกในการเปลี่ยนชิ้นส่วนของรอยต่อด้วยสลักเกลียว องค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) จึงได้กำหนดมาตรฐานของสลักเกลียวเป็นหน่วยระหว่างประเทศขึ้น ลักษณะเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับใช้งานทั่วไปตามมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO / R 68 – 1969 (E)) ,มีแบบรากฐานของเกลียวดังรูปที่ 2.34



รูปที่ 2.34 แบบรากฐานของเกลียว

เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ (D,d) เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตที่สุดของเกลียว การบอกขนาดของเกลียวมักจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เป็นขนาดระบุ (Nominal Size) ของเกลียว สัญญาที่ใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กับเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยของเกลียว

เส้นผ่านศูนย์กลางน้อย (D1,D2) เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่อยู่กึ่งกลางระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กับเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยของเกลียว

เส้นผ่านศูนย์เกลียว (P) เป็นระยะที่วัดได้ตามแนวแกนของเกลียวจากจุดจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งที่สมนัยกันบนอีกเกลียวหนึ่ง

ความสูงของสามเหลี่ยมมูลฐาน (H) เป็นระยะที่วัดตั้งฉากกับแกนของเกลียว จากโคนเกลียวถึงยอดเกลียว ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของสามเหลี่ยมมูลฐานพับระยะพิตช์คือ

$$H = \sqrt{(3)}/2 * P = 0.86602540P$$

$$5/8\,H = 0.541265877P$$

$$3/8\,H = 0.324759526P$$

$$H/4 = 0.216506351P$$

$$H/8 = 0.108253175P$$

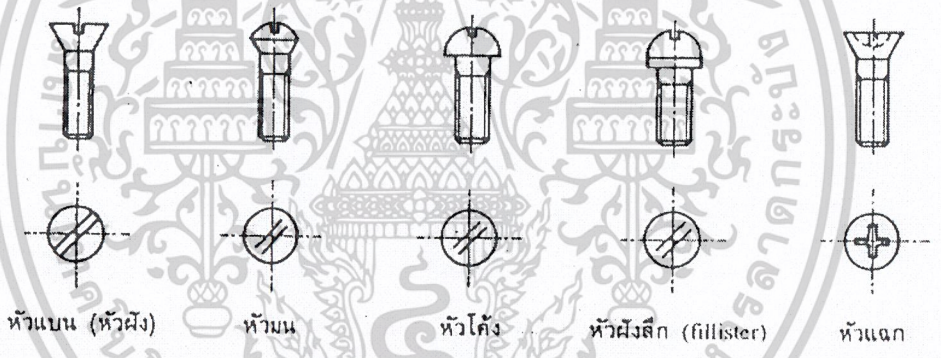
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าต่างๆเหล่านี้เป็นสิ่งสำคัญพื้นฐานในการกำหนดขนาด และสัดส่วนของเกลียวชนิดของ อุปกรณ์ยึดด้วยเกลียวแบ่งตามวิธีการจับยึด มิใช่แบ่งนามลักษณะจำเพาะที่ใช้งานและอาจจำแนกได้ดังนี้

1. สลักเกลียวและแป้นเกลียว (Bolt and Nut)
2. หมุดเกลียว (Cap Screw)
3. สลักเกลียวสตัด (Stud Screw)
4. หมุดเกลียวจักรกล (Machine Screw)
5. หมุดเกลียวปรับ (Set Screw)

หมุดเกลียวเครื่องจักรกล

เป็นหมุดขนาดเล็กมีรูปร่างต่างๆกัน ส่วนมากที่หัวจะมีร่องเพื่อใช้ไขควงขันได้โดยทั่วไปจะใช้กับการประกอบชิ้นงานขราดเล็ก หมุดเกลียวจักรกลลักษณะต่างๆดูได้จากรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 หมุดเกลียวจักรกล

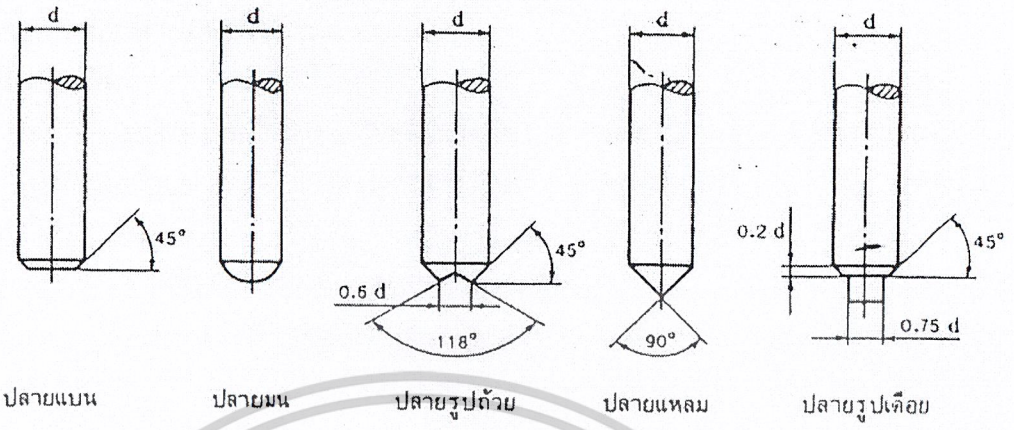
หมุดเกลียวปรับ เป็นหมุดเกลียวชนิดกึ่งยึด ใช้ป้องกันการเคลื่อนที่สัมผัสระหว่างผิวลื่นสองผิวที่ติดกันโดยใช้ผลจากการเสียดทาน เช่น การยึดปลอกเพลาให้ติดกับเพลาให้ติดกับเพลา ยึดดุมล้อให้ติดกับเพลา เป็นต้น หมุดเกลียวปรับมีหัวและปลายต่างๆกัน ดังรูป 2.36 ปลายหมุดเกลียวปรับต้องทำให้แข็งแรง เพื่อป้องกันการสึกหรอและมักกับการส่งแรงน้อยๆ ขนาดของหมุดเกลียวปรับ d ที่เหมาะสมกับขนาดของเพลา D หาได้จากสมการที่ได้จากประสบการณ์ของผู้ชำนาญการออกแบบ คือ

$$D = 0.125d + 8 \text{ mm}$$

d = ขนาดของหมุดเกลียวปรับที่เหมาะสมกับเพลา

D = ขนาดของเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 หมุดเกลียวปรับ

คุณสมบัติทางกลของสลักเกลียว

กระทรวงอุตสาหกรรมโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้กำหนดมาตรฐานคุณสมบัติของสลักเกลียว หมุดเกลียว และสตัด ใน มอก. 171 – 2519 ตามมาตรฐานระหว่างประเทศ ISO / R 898 / 1 - 1968 (E) ซึ่งทำจากเหล็กคาร์บอนหรือเหล็กกล้าผสมโลหะอื่นๆ โดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุเกลียวจะต้องไม่โตกว่า 39 mm การใช้ชื่อสลักเกลียว หมุดเกลียว และสตัด บอกโดยใช้ตัวเลขสองหลัก ซึ่งมีความหมายดังนี้

- เลขตัวแรกบอกค่า 1 / 1000 ของค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุด เป็นหน่วยเป็น N/mm^2
- เลขตัวที่บอกค่าประมาณ 1/10 ของอัตราส่วนที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ระหว่าง ความต้านทานแรงดึงต่ำสุดกับค่าแรงดันต่ำสุด

ค่าความต้านทานแรงดึงดึงประมาณ อาจจะหาได้จากผลคูณของตัวเลขตัวแรกกับตัวที่สองแล้วคูณด้วยสิบ

การระบุคุณสมบัติทางกลของแป้นเกลียว ทำโดยใช้ตัวเลขตัวหนึ่ง ซึ่งความหมายของเลขนี้จะบอกค่า 1 / 1000 ของความเค้นพิสูจน์ (Proof Load Stress) เป็น N / mm^2

ค่าความเค้นพิสูจน์ จะสอดคล้องกับค่าความต้านทานแรงดึงของสลักเกลียวและสตัด ที่ไว้ประกอบกับแป้นเกลียวดังตาราง 2.1

การแสดงคุณสมบัติทางกลของสลักเกลียวหมุดเกลียว สตัด และแป้นเกลียวจะแสดงไว้ที่หัวของแป้นเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 แนวทางในการออกแบบเครื่องหั่นย่อย

3.1.1 ปัจจัยพื้นฐานในการออกแบบ

1. การหั่นหญ้าให้ได้ขนาด ตามขนาดที่เหมาะสมของหญ้าที่จะใช้ทำหญ้าหมัก (4-10 cm.)
2. พื้นฐานความรู้ เช่น ความสัมพันธ์ของกำลังงานและความเร็วรอบ เป็นต้น
3. โครงสร้างและรูปร่างของหญ้าที่ต้องการนำมาหั่นย่อย
4. ความปลอดภัยในการทำงานของเครื่องหั่น
5. ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ

3.1.2 ใบมีดหมุน (Chopper) ปัจจัยในการออกแบบขึ้นอยู่กับรายละเอียด ดังนี้

- จำนวนใบมีด (Number)
- ความเร็วในการหมุน (Speed)
- รูปทรง (Shape)
- มุม (Angle)

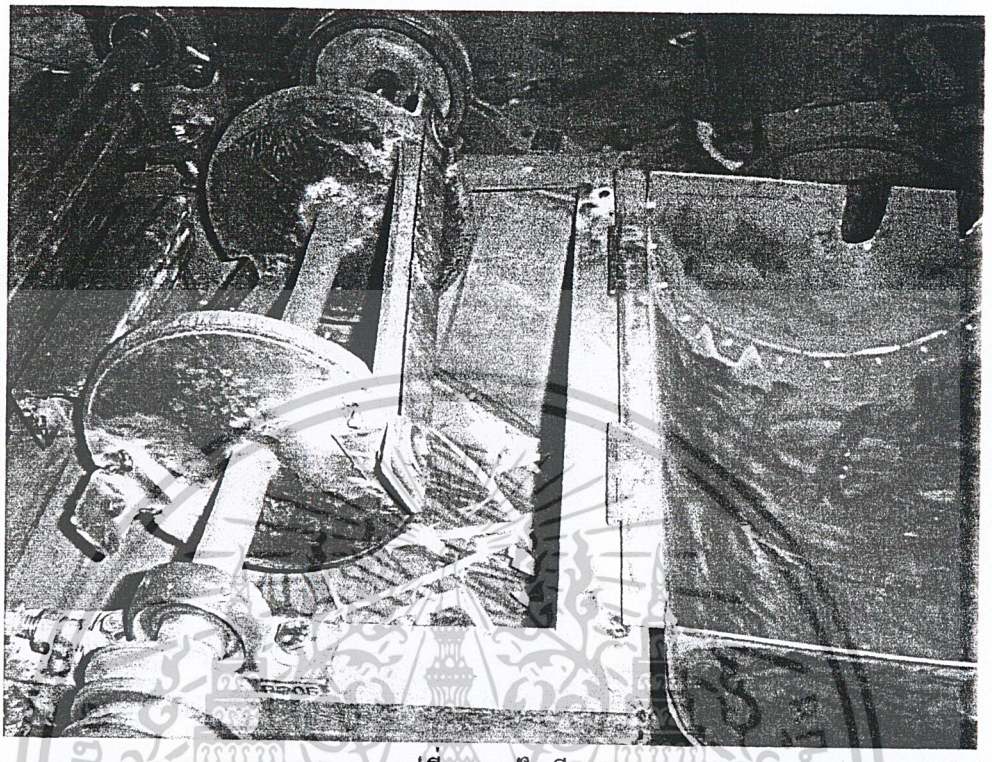
ส่วนประกอบของชุดใบมีดหมุน

1. เพลาใบมีด ใช้เหล็กเพลาตัน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร ยาว 80 เซนติเมตร 1 ท่อน รองรับด้วยแบริ่ง 2 ตัว

2. หน้าแปลนใช้เหล็กหน้าแปลน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร หนา 12 มิลลิเมตร เป็นจำนวน 2 ชิ้น ทำหน้าที่ยึดใบมีดไว้

3. ใบมีดเป็นเหล็ก Hi-Speed Steel ลักษณะเป็นแผ่นแบน (flat knife) ขนาดกว้าง 3.5 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และหนา 0.5 เซนติเมตร มุมเอียงของใบมีด (Helical angle) ที่ใช้เท่ากับ 20 องศาส่วน มุมลิ่มของใบมีด (Shear knife angle) มีค่าเท่ากับ 30 องศา จำนวน 2 ใบ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 รูปใบมีด

4. แบริ่งรูเจาะกลางคุม 25 มิลลิเมตร 2 ตัว
5. เหล็กถ่วงหกเหลี่ยม ยาว 23 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร

ลักษณะและการทำงานของชุดใบมีดหมุน

ชุดใบมีดหมุนจะยึดติดเข้ากับเหล็กหน้าแปลนสวมอยู่บนเพลาตันเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร โดยใช้การเชื่อมลักษณะดังรูป ยึดใบมีดเข้ากับเหล็กฉากที่เชื่อมติดกับเหล็กหน้าแปลนด้วยสลักเกลียวซึ่งแต่ละใบมีดจะทำมุมเท่ากับ 120 องศาเปรียบเทียบกันระหว่างใบมีดแต่ละใบ

การทำงานของชุดใบมีด ทำงานได้ด้วยสายพานส่งกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้า ใช้สายพานลิ่ม (V Belt) ร่อง B ขนาด 80 นิ้ว 1 เส้น เมื่อเพลาชุดใบมีดหมุนใบมีดจะก่อให้เกิดการฉีกขาดด้วยการกระทบ (Shearing impact) ที่วัสดุเกษตรทำให้วัสดุเกษตรถูกตัดขาดและฉีกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยภายใต้ฝาครอบ ความยาวของการตัดจะขึ้นอยู่กับอัตราการทดรอบของพู่เล่ย์ซึ่งในที่นี้ได้คำนวณไว้แล้วในบทที่ 3 ซึ่งจะทำให้ความยาวหญ้าที่ตัดได้มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 4.196 เซนติเมตร (ที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ 1777 rpm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ชุดป้อนวัสดุ (Feed Rolls)

1. อุปกรณ์ในระบบประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ลูกกลิ้ง (Roller) ประกอบด้วยลูกกลิ้ง 2 ตัว ตัวบน (Upper) และตัวล่าง (Lower) มีลักษณะคล้ายฟันปลา เป็นแถวยาวจำนวน 8 แถว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 64 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร ลูกกลิ้งตัวล่างจะมีสปริงปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้ง 2 ลูก

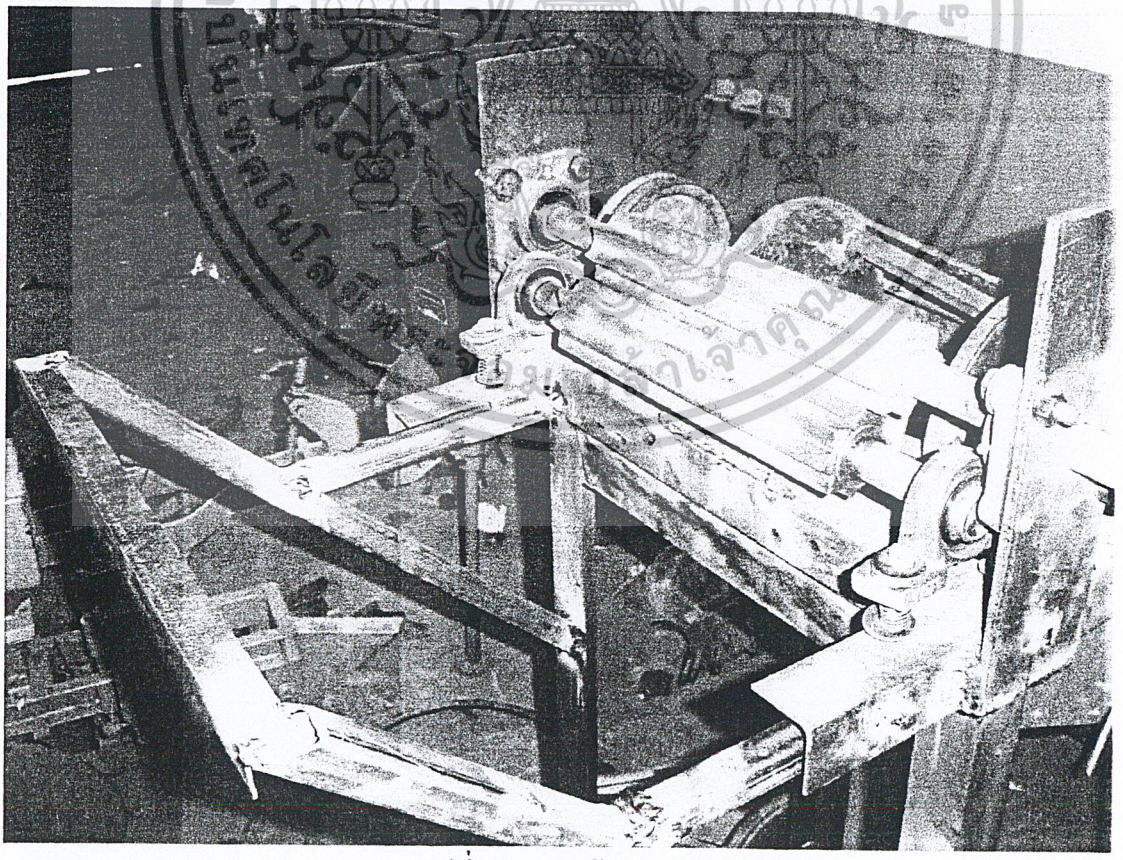
1.2 ชุดเหล็กโครงยึดชุดป้อนวัสดุ เป็นเหล็กแผ่นขนาด 30x9x1

1.3 Shear bar

1.4 แบริ่งรูเจาะกลางดุม 25 มิลลิเมตร 2 ตัว

2. ลักษณะและการทำงานของชุดป้อนวัสดุ

ลูกกลิ้งทั้ง 2 ตัวจะประกอบเข้ากับชุดโครงยึด ซึ่งโครงยึดชุดป้อนวัสดุจะยึดติดกับโครงเครื่องลูกกลิ้งด้วย ตัวบนจะสวมอยู่บนเพลาตันสำหรับสวมเข้ากับแบริ่ง และยึดติดกับโครงเครื่องอีกที ส่วนลูกกลิ้งตัวล่างจะสามารถเลื่อนขึ้นลงได้ ด้วยชุดปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งซึ่งอาศัยแรงดันของสปริงในการปรับระยะห่างดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 รูปชุดป้อนวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของชุดป้อนวัสดุ จะทำหน้าที่ป้อนวัสดุเข้าไปหาใบมีดในตอนหน้าของเครื่องและควบคุมความยาวในการหั่น แต่ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับความเร็วในการหั่นของชุดใบมีด ลูกกลิ้ง 2 ตัว ที่มีลักษณะคล้ายฟันปลานั้นจะช่วยยึดหญ้าไม่ให้เลื่อนเพื่อสะดวกในการหั่น

ในขณะที่ทำงาน ถ้าหญ้าที่ป้อนเข้ามาเป็นจำนวนมากหรือหญ้ามีขนาดหนามาก ลูกกลิ้ง ตัวล่าง (Lower) จะถ่างตัวลงเพื่อให้วัสดุเข้าหาใบมีดได้อย่างอัตโนมัติโดยชุดปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งและในกรณีที่การขาดของวัสดุลงที่หรือในอัตราการป้อนที่สม่ำเสมอ เราก็สามารถที่จะปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้ง 2 ตัวให้คงที่ได้เหมือนกัน ด้วยการขันนอตที่ชุดปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งให้แน่น

3.1.4 ชุดส่งกำลัง (Transmission System)

1. อุปกรณ์ในระบบ ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1.1 มอเตอร์ เป็นต้นกำลังขนาด 1 แรงม้า 3 เฟส

1.2 สายพานลิ่มวี (V-Belt)

ร่อง B ขนาด 83 นิ้ว จำนวน 1 เส้น

ร่อง B ขนาด 74 นิ้ว จำนวน 1 เส้น

ร่อง B ขนาด 80 นิ้ว จำนวน 1 เส้น

1.3 มู่เล่ขับสายพานส่งกำลัง ขนาดของรูเจาะกลางดุมเท่ากับ 25 มิลลิเมตร

- ร่อง B ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก (dm) เท่ากับ 85 มิลลิเมตรจำนวน 2 ตัว
- ร่อง B ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก (dm) เท่ากับ 90 มิลลิเมตรจำนวน 1 ตัว
- ร่อง B ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก (dm) เท่ากับ 200 มิลลิเมตรจำนวน 1 ตัว
- ร่อง B ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก (dm) เท่ากับ 120 มิลลิเมตรจำนวน 1 ตัว
- ร่อง B ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก (dm) เท่ากับ 150 มิลลิเมตรจำนวน 1 ตัว

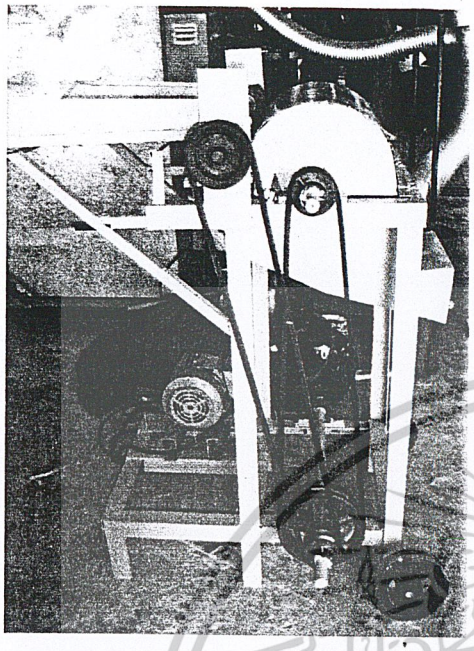
1.4 เพลาตันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตรยาว 80 มิลลิเมตร

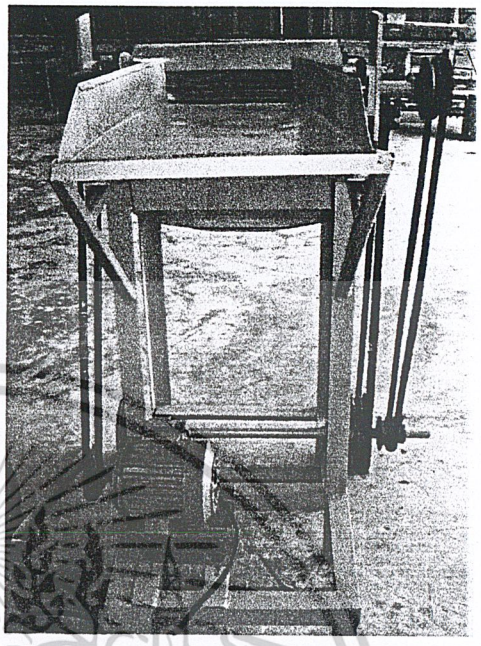
1.5 แบริ่งรูเจาะกลางดุม 25 มิลลิเมตร 2 ตัว

2. ลักษณะและการทำงานของชุดส่งกำลัง

กำลังงานจะถูกส่งมาจากมอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 1 แรงม้า ด้วยสายพานลิ่มวี (V-Belt) เพลาของใบมีดจะถูกทดรอบ ดังนั้น เพลาของใบมีดก็จะหมุนด้วยเท่ากับอัตราทดที่ได้คิดไว้ แล้วส่งกำลังจากเพลาใบมีดส่งไปยังมู่เล่ย์ของเพลาทดรอบที่อยู่ด้านล่าง จากเพลาทดรอบส่งกำลังไปยังชุดป้อนวัสดุอยู่ด้านบน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 3.3 เพลาทดของชุดส่งกำลัง

ที่เพลาทดจะมีมู่เล่ร่อง B ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร 1 ตัว กับมู่เล่ร่อง A ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร อีก 1 ตัว ซึ่งเป็นตัวส่งกำลังไปที่ลูกกลิ้งตัวบนของชุดป้อนวัสดุให้มีความเร็วที่เหมาะสมกับการหั่น คือ 350 รอบต่อนาที

3.2 การคำนวณเพื่อใช้ในการออกแบบและการสร้างเครื่องหั่นย่อย

3.2.1 การคำนวณในการหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการป้อนวัสดุ

ใบมีดที่ใช้ในการหั่นมี 2 ใบ และเพลาใบมีดหมุนด้วยความเร็วรอบ 1,070 rpm. ดังนั้นเวลาที่ใบมีดแต่ละใบหมุนมาหั่นหญ้าภายใน 1 รอบ

เพลาใบมีดหมุน 1,070 รอบใช้เวลา 60 วินาที

เพลาใบมีดหมุน 1 รอบใช้เวลา $\frac{60 \times 1}{1,070}$ = 0.056 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ชุดใบมีดมีใบมีด 2 อัน ดังนั้นใบมีดแต่ละใบใช้เวลาในการหมุน $= \frac{0.052}{2} = 0.028$ วินาที

ดังนั้นเราจะต้องหาเวลาที่ใช้ในการป้อนวัสดุเข้ามา เพื่อต้องการให้ใบมีดหั่นวัสดุได้ตามขนาดที่ต้องการ มีการคำนวณดังนี้

เมื่อขนาดตัวป้อนเท่ากับ 64 mm. หาระยะทางที่ตัวป้อนหมุนได้ใน 1 รอบ จากสูตร

$$2\pi r = 2\pi D/2 = \pi D = 3.14 \times 64 = 200.96 \text{ mm.} \approx 201 \text{ mm.}$$

สมมุติตัวป้อนหมุน 1 รอบ ใช้เวลา X วินาที ได้ระยะทาง 201 mm.

∴ สามารถหาเวลาที่ตัวป้อนป้อนหญ้าได้ระยะทาง 30 mm. ซึ่งเป็นความยาวของหญ้าที่ต้องการใช้ได้จาก

ระยะทาง 201 มิลลิเมตร ใช้เวลา X วินาที

∴ ระยะทาง 30 มิลลิเมตร ใช้เวลา $30X/201$ วินาที

ซึ่งค่า $30X/201$ วินาทีจะมีความสัมพันธ์กับการหมุนของชุดใบมีดที่มีใบมีด 2 ใบ หรือสามารถเขียนใหม่ได้ว่า

$$30X/201 = 0.028 \text{ วินาที}$$

$$X = 0.188 \text{ วินาที}$$

หาความเร็วรอบของตัวป้อนได้จาก

ความเร็วรอบ Y รอบ ใช้เวลา 60 วินาที

ความเร็วรอบ X รอบ ใช้เวลา $60/Y$ วินาที

ซึ่งค่า $60/Y$ วินาที คือ เวลาที่ตัวป้อนใช้เวลาหมุน 1 รอบซึ่งได้คำนวณมาก่อนแล้ว เท่ากับ 0.188 วินาที

∴ จะหาความเร็วรอบของตัวป้อนได้จาก $60/Y = 0.188$

$$Y = 60/0.188$$

$$= 319 \text{ rpm.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การคำนวณหาขนาดมู่เล่ของตัวป้อน

จากเพลาใบมีดหมุนด้วยความเร็วรอบ 1,070 รอบต่อนาที

จะได้ $D_1N_1 = D_2N_2$

$N_2 = (8.5 \text{ X } 1{,}070) \ / \ 20$

$= 455$ รอบต่อนาที

ความเร็วรอบของมู่เล่ตัวที่ 3 มีค่าเท่ากับ 455 รอบต่อนาทีด้วย

$\therefore$ หาขนาดของมู่เล่ตัวที่ 4 ได้จาก

$D_3N_3 = D_4N_4$

จากการคำนวณข้างต้น $N_4 = Y = 319$ รอบต่อนาที

$D_3N_3 = D_4N_4$

$D_4 = 8.5 \text{ X } 455 / 319$

$= 12$ cm.

$\therefore$ ขนาดของมู่เล่ตัวป้อนเท่ากับ 12 cm.

3.3 แนวทางในการออกแบบเครื่องอัดหญ้าไล่อากาศ

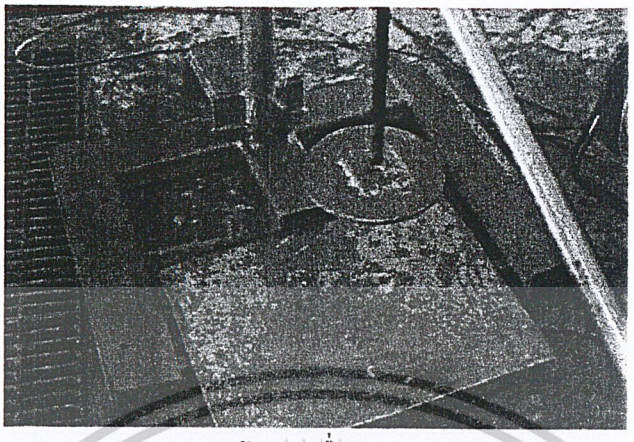
3.3.1 ปัจจัยพื้นฐานในการออกแบบ

1. ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น
2. มีวิธีการใช้งานที่ง่าย
3. ซ่อมแซมและบำรุงรักษาได้ง่าย
4. ราคาไม่แพง
5. มีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

3.3.2 ชุดฐานเครื่อง ทำจากเหล็กรูปตัวซีและเหล็กกล่อง

1. ถังอัดซึ่งทำจากแสตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 cm. สูง 61 cm.
2. ชุดอัดประกอบด้วยชุดคานโยกและชุดแผ่นกด

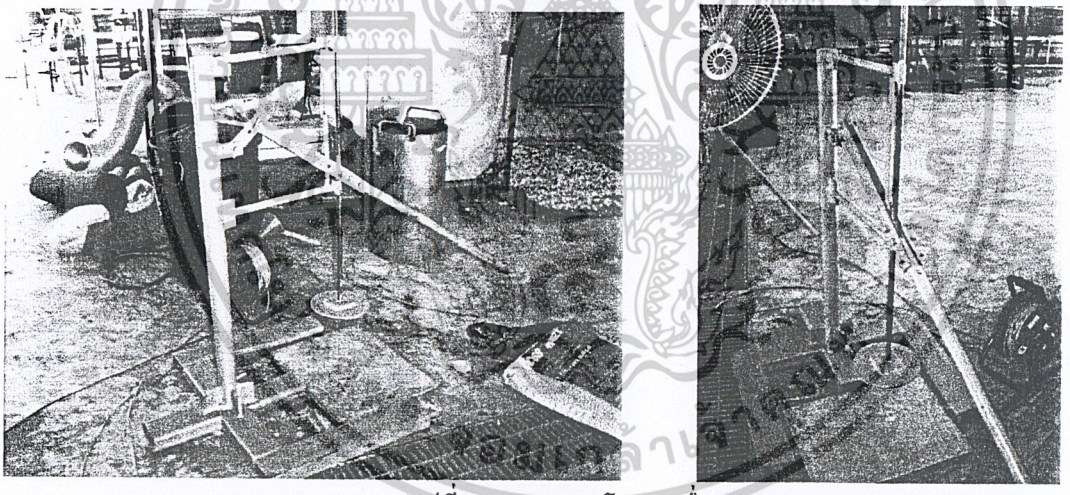
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.4 โครงเครื่อง

3.3.3โครงเครื่องประกอบด้วย

1. ฐานเหล็กรูปตัวซีและเหล็กกล่อง
2. เสาทำจากเหล็กท่อ เป็นที่ติดตั้งคันโยกและบูทยึดก้านอัด

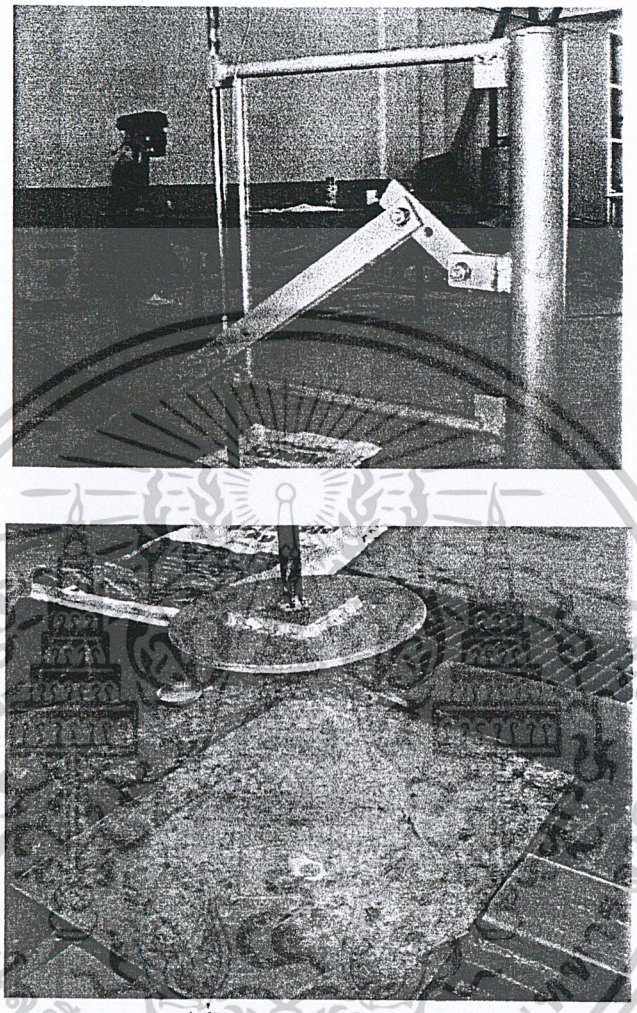


รูปที่ 3.5 แสดงชุดโครงเครื่อง

3.3.4 ชุดการอัด ประกอบด้วย

1. คานโยก รับแรงจากการกดของแรงคน
2. ก้านอัด รับแรงจากคานกด
3. แผ่นอัด เป็นแผ่นเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 20 cm. เชื่อมติดกับก้านอัด
4. บูชทำหน้าที่ประคองก้านอัดให้อยู่ในแนวตรง
5. ถังอัดสำหรับอัดหญ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงชุดการอัด

3.3.5 ถังอัด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 35 cm. สูง 61 cm. ทำจากแสตนเลต มีหู

3.4 การคำนวณเพื่อใช้ในการออกแบบและการสร้างเครื่องอัด

แบ่งเป็น การคำนวณหาขนาดถังและขนาดก้านอัดที่เหมาะสม

3.4.1 การคำนวณหาขนาดถังที่เหมาะสม

ปกติวัว 1 ตัวจะกินหญ้าหมักวันละ 10 - 12 Kg.

เพราะฉะนั้น สามารถหาขนาดถังได้จากการทดลองอัดหญ้า 10 Kg.ว่าปริมาตรหลังอัดมีเท่าใดในแต่ละขนาดถัง

จากการทดลองอัดโดยใช้น้ำหนักคนอัดหญ้า 10 Kg.ทำให้ได้ขนาดความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถุงหญ้าดังนี้

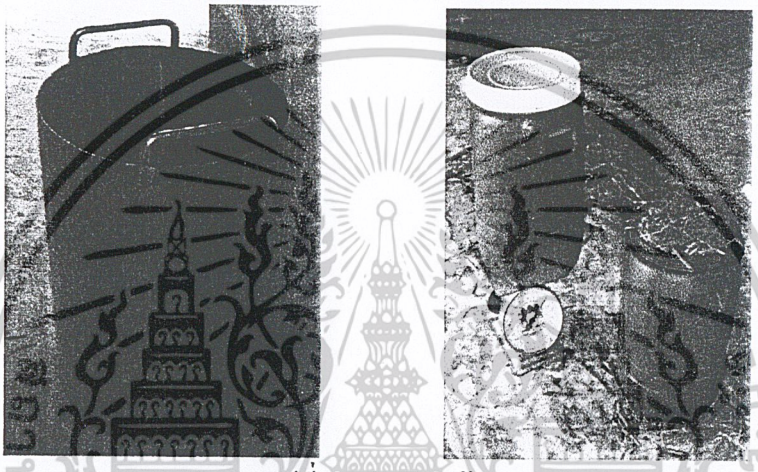
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาตรเฉลี่ยของถุงหญ้าหมักขนาด 10 Kg = 3467.62 cm3

ความสูงเฉลี่ยของถุงหญ้าหมักหลังจากทำการอัดหญ้าขนาด 10 kg = 36.06 cm

เมื่อพิจารณาจากตารางสามารถเลือกขนาดถังได้เส้นผ่านศูนย์กลางถัง 35 cm. เพราะสะดวกในการหาขนาดถุงที่เหมาะสมที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดได้ง่าย

จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถัง 35 cm. เลือกขนาดแผ่นกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm.



รูปที่ 3.7 ถังอัดหญ้า

3.4.2 การคำนวณหาขนาดความยาวของคานโยกที่เหมาะสม

จากรูปแบบการอัดแบบเดิมจะใช้น้ำหนักคนกดอัด ทำให้สามารถประมาณแรงดันจากแรงกดจากน้ำหนักคนต่อพื้นที่เท้าข้างเดียว(ความดันมากที่สุด)

$$\text{แรงดัน} = \frac{\text{น้ำหนักคนอัด}}{\text{พื้นที่เท้า 1 ข้าง}}$$

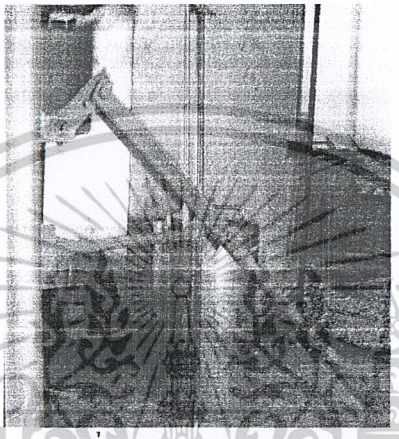
สมมตินำ้หนักคนกด 60 kg มีพื้นที่เท้าประมาณ 1 ข้างประมาณ 0.016 m^2

$$\text{แรงดัน} = 600\ N. / 0.016\ m.^2$$

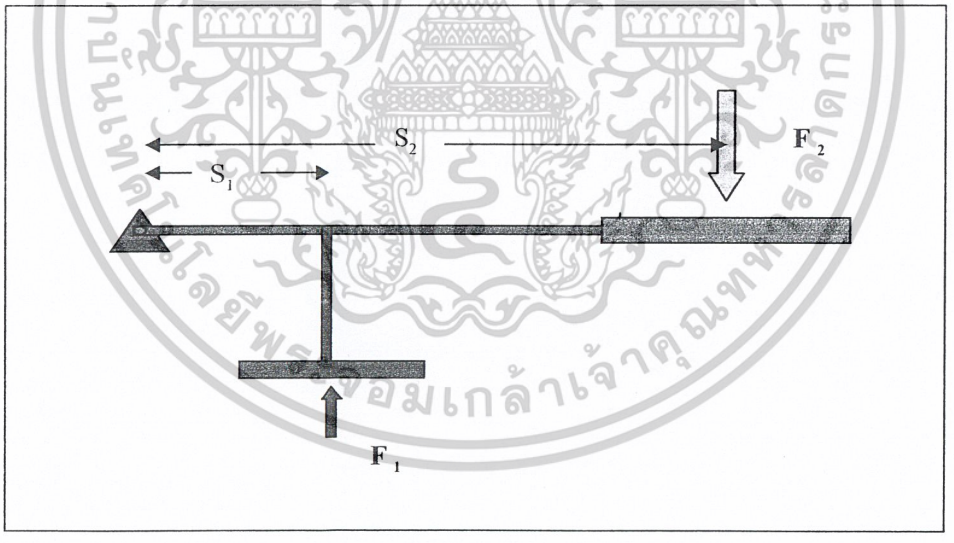
$$= 37500\ \ N./m^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่า ระยะห่างจากจุดหมุนเพิ่มขึ้น แรงกดก็จะลดลงด้วย ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าที่ได้จากการทดลองพบว่า ที่ระยะ 37 cm. จากจุดหมุน เป็นระยะที่ให้ค่าแรงกดเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการ แต่ที่ระยะกด 37 cm. เป็นระยะที่กดค่อนข้างยากและมีปัญหาที่ระยะวางถัง ดังนั้นจึงเลือกออกแบบระยะห่างของเพลากดห่างจากจุดหมุน 47 cm. ซึ่งเป็นระยะที่ง่ายต่อการกด



รูปที่ 3.8 แสดงก้านอัด



รูปที่ 3.9 แสดงตำแหน่งแรงกดที่ได้จากการทดลองอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตร $\boxed{P = F / A}$

$P = 37,500 \quad N/m^2$

$A = 0.031 \quad m^2$

โมเมนต์รอบจุด A = 0

โมเมนต์ทวน = โมเมนต์ตาม

$F_1S_1 = F_2S_2$

$PAS_1 = F_2S_2$

$F_2S_2 = 37500 \ N/m^2 . \ X \ 0.031 \ m^2 . \ X \ 0.47 \ m.$

$F_2S_2 = 546.375 \ N. \ m$

เพื่อความสะดวกในการทำงาน ออกแรงเหมาะสมเลือก ระยะ $S_2 = 1.5 \ m.$

$F_2 = 546.375 / 1.5 \quad N.$

แรงที่คนกดออกแรงกดที่ปลายคาน $F_2 = 364.25 \ N.$

3.4.3 การคำนวณหาขนาดก้านอัดที่เหมาะสม

กำหนดให้แผ่นอัดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 200 mm. สามารถอัดหญ้าจนมีความดันได้สูงสุด $5 \times 10^5 \ N/m^2 \ (0.5 \ N/mm^2)$

เลือกก้านสูบทำจากวัสดุ AISI 1020 HR.

<u>จากตาราง ผนวกที่ 2</u> เหล็กกล้า AISI 1020 HR จะมีค่า

$\sigma u = 65 \ ksi = 65 \times 6.895 = 448.175 \ N/mm^2$

$\sigma y = 43 \ ksi = 43 \times 6.895 = 296.486 \ N/mm^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่กระทำที่ก้านอัดสูงสุด $F = PA = 0.5 \times \pi/4 \times (200) = 15707.963\ N/mm^2$

เมื่อก้านสูบต้านแรงกดอัด

<u>จากตาราง ผนวกที่ 3</u> เมื่อแรงกระทำซ้ำทิศทางเดียวใช้ $Nu = 6$

จาก $\sigma d = \sigma u / Nu = 74.695\ N/mm^2$

แต่ $\sigma d = F/A$

$A = F/\sigma d = 15707.963 / 74.695 = 210.295\ mm^2$

$d = (210.29 \times 4 / \pi)^{1/2}$

$d = 16.363\ mm.$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

สำหรับการทดลองจะแบ่งออกเป็นการทดลองเพื่อออกแบบเครื่องย่อยและทดลองเพื่อออกแบบเครื่องอัด ดังนี้

4.1 การทดลองเพื่อออกแบบเครื่องหั่นย่อยหญ้า

การทดลองที่ 1 การทดสอบความสามารถของเครื่องหั่นย่อยที่ความเร็วรอบต่างๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาความสามารถของเครื่องหั่นย่อยหญ้า
2. เพื่อหาขนาดของชิ้นส่วนหญ้าที่ตัดได้ที่ความเร็วรอบต่างๆ
3. เพื่อหาความสามารถในการตัดที่ความเร็วรอบที่ใช้งานได้ดี

อุปกรณ์

1. หญ้าสดที่เพิ่งตัดใหม่ๆ
2. เครื่องหั่นย่อยหญ้า
3. มอเตอร์ขนาด 3 เฟส 1 แรงม้า
4. อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (inverter)
5. อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ
6. นาฬิกาจับเวลา
7. เครื่องชั่ง
8. ตลับเมตร

วิธีการทดลอง

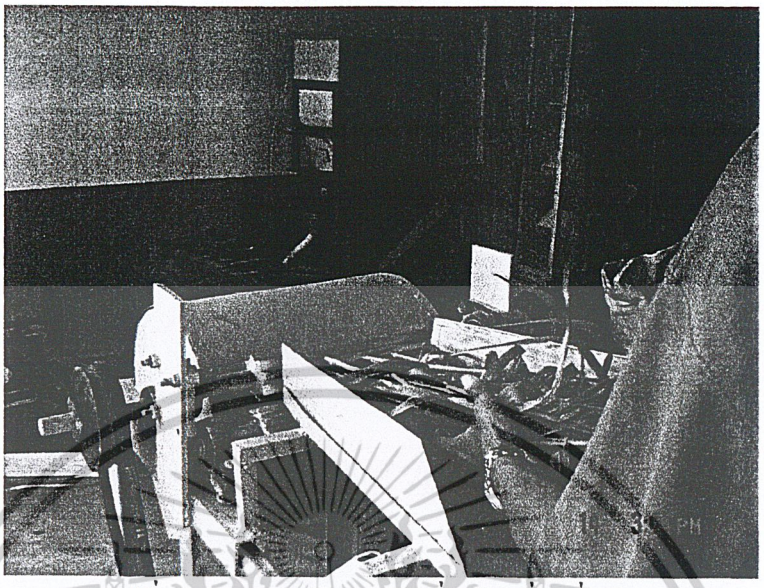
1. ทำการชั่งหญ้าที่ตัดมาใหม่ๆให้ได้ชุดละ 6 กิโลกรัม
2. ใช้ inverter ตั้งความเร็วรอบโดยเริ่มจาก 286 rpm. แล้วป้อนหญ้าเข้าเครื่องหั่นย่อยในอัตราเร็วที่สม่ำเสมอ ตัดหญ้าให้หมดทั้ง 6 กิโลกรัม จับเวลาที่เครื่องตัดหญ้าได้หมด บันทึกผล
3. เพิ่มความเร็วรอบขึ้นให้ได้ความเร็ว 286, 583, 880, 1180, 1479, 1777, 2064, 2358 rpm. ตามลำดับ แล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 2 บันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หญ้าที่ตัดได้แล้ว กองแยกกันตามความเร็วรอบต่างๆจากนั้นสุ่มตัวอย่างจากแต่ละกอง กองละ 50 เส้น นำมาทำการวัดขนาดความยาวชิ้นของหญ้าที่ตัดได้แล้วบันทึกค่าต่างๆลงในตารางบันทึกผลการทดลอง พร้อมทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง
6. นำอุปกรณ์วัดความเร็วรอบวัดความเร็วรอบที่เพลาแต่ละตัวได้แก่ เพลามอเตอร์ เพลาตัวป้อน เพลาใบมีดตัดและเพลาทดรอบ ทำการอ่านค่าแล้วบันทึกผล
7. คำนวณค่าต่างๆที่ต้องการ พร้อมทั้งเขียนกราฟที่แสดงผลการทดลองและค่าที่คำนวณได้
8. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

รูปที่ 4.1 แสดงการชั่งหญ้าก่อนนำไปหั่นย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงการป้อนหญ้าเพื่อเข้าเครื่องหั่นย่อย

จากการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. ความเร็ว 286 rpm.

เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตัดเฉลี่ย = $\frac{8.20 + 8.53 + 8.32}{3}$ = 8.35 นาที

คิดความสามารถในการตัดโดยใช้ความเร็วรอบ 286 rpm.

เวลา 8.35 นาที สามารถตัดหญ้าได้ 6 กิโลกรัม

เวลา 60 นาที สามารถตัดหญ้าได้ $\frac{60 \times 6}{8.35}$ = **43.11 kg/hr**

2. ความเร็ว 583 rpm.

เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตัดเฉลี่ย = $\frac{7.34 + 7.54 + 7.95}{3}$ = 7.61 นาที

คิดความสามารถในการตัดโดยใช้ความเร็วรอบ 583 rpm.

เวลา 7.61 นาที สามารถตัดหญ้าได้ 6 กิโลกรัม

เวลา 60 นาที สามารถตัดหญ้าได้ $\frac{60 \times 6}{7.61}$ = **47.31 kg/hr**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความเร็ว 880 rpm.

เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตัดเฉลี่ย = $\frac{6.58 + 7.02 + 7.23}{3}$ = 6.94 นาที

คิดความสามารถในการตัดโดยใช้ความเร็วรอบ 880 rpm

เวลา 6.94 นาที สามารถตัดหญ้าได้ 6 กิโลกรัม

เวลา 60 นาที สามารถตัดหญ้าได้ $\frac{60 \times 6}{6.94}$ = **51.87 kg/hr**

4. ความเร็ว 1,180 rpm.

เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตัดเฉลี่ย = $\frac{5.80 + 5.80 + 5.60}{3}$ = 5.73 นาที

คิดความสามารถในการตัดโดยใช้ความเร็วรอบ 1180 rpm..

เวลา 5.73 นาที สามารถตัดหญ้าได้ 6 กิโลกรัม

เวลา 60 นาที สามารถตัดหญ้าได้ $\frac{60 \times 6}{5.73}$ = **62.27 kg/hr**

5. ความเร็ว 1,479 rpm.

เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตัดเฉลี่ย = $\frac{4.52 + 5.24 + 4.62}{3}$ = 4.79 นาที

คิดความสามารถในการตัดโดยใช้ความเร็วรอบ 1479 rpm.

เวลา 4.79 นาที สามารถตัดหญ้าได้ 6 กิโลกรัม

เวลา 60 นาที สามารถตัดหญ้าได้ $\frac{60 \times 6}{4.79}$ = **75.16 kg/hr**

6. ความเร็ว 1,777 rpm.

เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตัดเฉลี่ย = $\frac{4.62 + 4.65 + 4.37}{3}$ = 4.55 นาที

คิดความสามารถในการตัดโดยใช้ความเร็วรอบ 1777 rpm.

เวลา 4.55 นาที สามารถตัดหญ้าได้ 6 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 60 นาที สามารถตัดหญ้าได้ $\frac{60 \times 6}{4.55}$ = **79.12 kg/hr**

7. ความเร็ว 2,064 rpm.

เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตัดเฉลี่ย = $\frac{11.25 + 7.39 + 10.35}{3}$ = **9.66 นาที**

คิดความสามารถในการตัดโดยใช้ความเร็วรอบ 2,064 rpm

เวลา 9.66 นาที สามารถตัดหญ้าได้ 6 กิโลกรัม

เวลา 60 นาที สามารถตัดหญ้าได้ $\frac{60 \times 6}{9.66}$ = **37.27 kg/hr**

8. ความเร็ว 2,358 rpm.

เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการตัดเฉลี่ย = $\frac{4.62 + 8.54 + 4.41}{3}$ = 5.86 นาที

คิดความสามารถในการตัดโดยใช้ความเร็วรอบ 2358 rpm.

เวลา 5.86 นาที สามารถตัดหญ้าได้ 6 กิโลกรัม

เวลา 60 นาที สามารถตัดหญ้าได้ $\frac{60 \times 6}{5.86}$ = **61.43 kg/hr**

จากการสังเกตลักษณะของหญ้าที่ตัดและลักษณะการทำงานของเครื่องหั่นย่อย ที่ความเร็วต่างๆกัน

1. ที่ความเร็วรอบ 286 rpm

จากการสังเกตุการทำงานของเครื่องหั่นย่อยพบว่าเครื่องจะหมุนในความเร็วที่ค่อนข้างช้า ทำให้ผู้ป้อนต้องรอให้หญ้าที่ป้อนเข้าไปถูกดึงไปตัดหมดเสียก่อนจึงจะป้อนหญ้าชุดใหม่เข้าไปได้ เมื่อสรุปเป็นค่าความสามารถได้ 41.11 kg/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากการสังเกตลักษณะของหญ้าที่ตัดได้พบว่า หญ้าจะมีความยาวใกล้เคียงกันจากการสุ่มตัวอย่างมาทำการวัดพบว่า ความยาวเฉลี่ยของหญ้ามีค่าประมาณ 4.39 cm. และจะพบว่าหญ้าจะมีลักษณะเหมือนถูกฉีกขาดมากกว่าถูกตัด

2. **ที่ความเร็วรอบ 583 rpm**

จากการสังเกตุพบว่าเครื่องจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นทำให้คนป้อนสามารถป้อนได้มากขึ้นเป็นผลให้ค่าความสามารถเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากค่าที่ได้จากความสามารถเท่ากับ 47.31 kg/hr

และจากการสังเกตลักษณะของหญ้าที่ตัดได้พบว่าขนาดของหญ้ามีความใกล้เคียงกันมากขึ้น ขนาดเฉลี่ยจากการสุ่มวัดค่าทั้งหมด 50 ชิ้นพบว่าขนาดเฉลี่ยประมาณ 4.65 cm. ซึ่งพบว่าไม่แตกต่างจากค่าที่ได้จากการตัดที่ **286 rpm.**

3. **ที่ความเร็วรอบ 880 rpm**

จากการสังเกตลักษณะการทำงานของเครื่องที่ความเร็วรอบเท่านี้จะพบว่าความเร็วในการตัดจะเพิ่มมากขึ้นทำให้คนป้อนป้อนได้มากขึ้นส่งผลให้ความสามารถมากขึ้นจากการทดลองได้ความสามารถเท่ากับ 51.87 kg/hr

และจากการสังเกตลักษณะของหญ้าที่ตัดได้พบว่ามีความสม่ำเสมอมากขึ้นและความยาวเฉลี่ยก็ได้ใกล้เคียงกับความเร็วรอบอื่นๆ ซึ่งจากการสุ่มพบว่าได้ขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 cm.

4. **ที่ความเร็วรอบ 1,180 rpm**

จากการสังเกตพบว่าความเร็วในการหมุนมากขึ้นคนป้อนก็จะป้อนได้มากขึ้น ทำให้ความสามารถที่ได้มีค่ามากขึ้น ซึ่งจากการทดลองพบว่าความสามารถเท่ากับ 62.27 kg/hr

ลักษณะของหญ้าที่สังเกตได้พบคล้ายกับความเร็วรอบที่ผ่านๆมาแต่ความชำของหญ้าจะน้อยลงมีความสม่ำเสมอมากขึ้น ความยาวเฉลี่ยของหญ้าที่ได้จากการสุ่มวัดเท่ากับ 4.18 cm.

5. **ที่ความเร็วรอบ 1,479 rpm**

จากการสังเกตพบว่าสามารถป้อนได้มากขึ้น ความสามารถที่ได้จากการคำนวณเท่ากับ 75.16 kg/hr

ลักษณะของหญ้าที่ได้จะมีความสม่ำเสมอมากขึ้น แต่โดยรวมแล้วไม่แตกต่างจากที่ความเร็วรอบ 1180 rpm. ขนาดที่วัดได้เฉลี่ยเท่ากับ 4.32 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ที่ความเร็วรอบ 1,777 rpm.

พบว่าความเร็วรอบในการหมุนเพิ่มมากขึ้น แต่ถึงแม้ว่าความเร็วรอบจะขึ้นแต่ความสามารถของคนป้อนไม่สามารถป้อนได้ทันตามความเร็วที่เพิ่มขึ้นได้ทำให้ค่าความสามารถเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ลักษณะของหญ้าที่ตัดได้จะขาดในลักษณะที่ถูกเฉือนมากขึ้น ความชำในการตัดน้อยลง ความยาวเฉลี่ยประมาณ 4.19 cm. ซึ่งไม่แตกต่างจากที่ความเร็วอื่นๆมากนัก

7. ที่ความเร็วรอบ 2,064 rpm.

ความเร็วรอบในการหมุนเพิ่มมากขึ้นแต่การป้อนของคนป้อนยังเท่าเดิม ในความเร็วรอบนี้พบว่ามีปัญหาเกิดขึ้น คือขณะที่ทำการป้อนหญ้าไปเรื่อยๆหญ้าจะไปพันกับตัวป้อนทำให้หญ้าไม่สามารถเข้าไปถูกตัดได้จึงต้องหยุดเครื่องเพิ่มทำการแก้ไขปัญหา ทำให้เสียเวลาในการทำงาน ซึ่งถ้าสังเกตจากกราฟพบว่าความสามารถจะลดลงอย่างรวดเร็วที่ความเร็วรอบ 2064 rpm.

ส่วนลักษณะของหญ้าก็ยังไม่แตกต่างจากความเร็วรอบอื่นๆ ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดเท่ากับ 4.56 cm.

8. ที่ความเร็วรอบ 2,358 rpm

เช่นเดียวกับที่ความเร็วรอบ 2064 rpm. เกิดปัญหาคือหญ้าเข้าไปพันกับตัวป้อนทำให้ต้องเสียเวลาในการแก้ไข ค่าความสามารถจึงลดลงอย่างเห็นได้ชัด จากการทดลองพบว่าค่าความสามารถอยู่ที่ 61.43 kg/hr

รูปที่ 4.3 หญ้าที่ได้จากการตัดโดยเครื่องหั่นย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 แสดงหญ้าที่ตัดแล้วกับหญ้าที่ยังไม่ได้ตัด

ตารางที่ 1 แสดงเวลาในการตัดหญ้าในแต่ละความเร็วรอบ

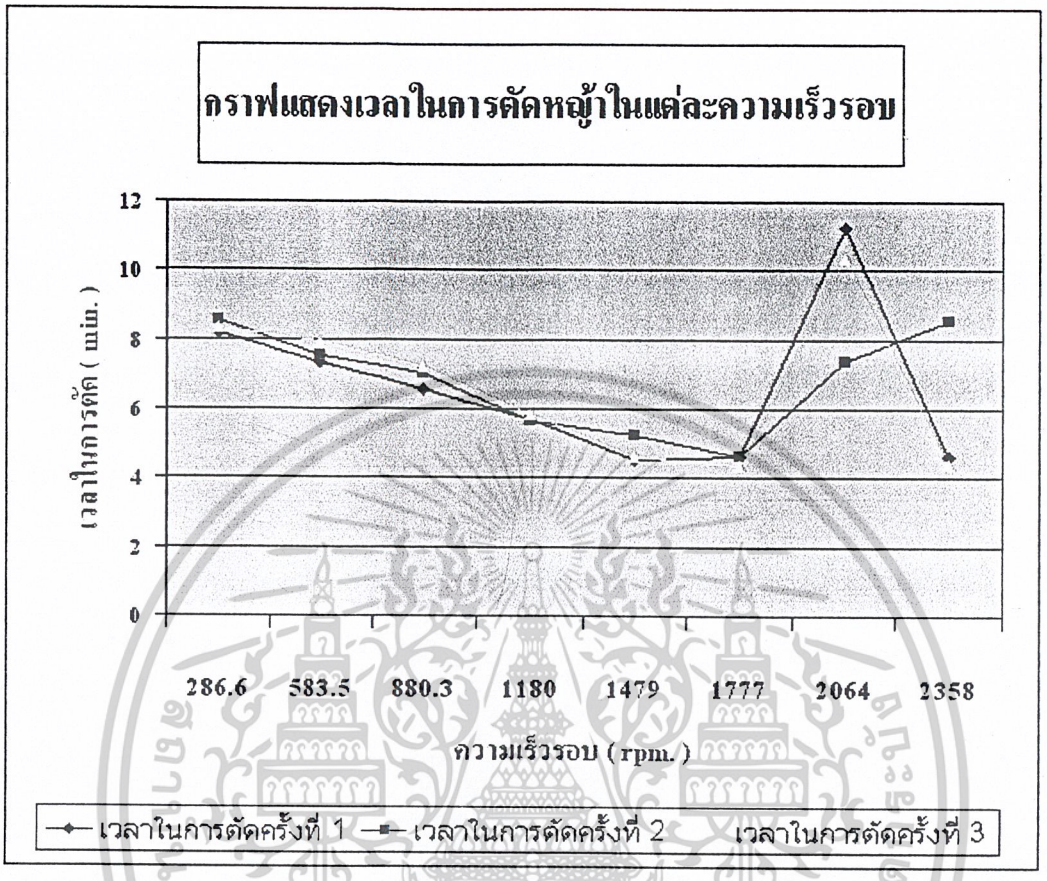
ความเร็วรอบมอร์เตอร์ (rpm.)	การทดลองครั้งที่ 1			การทดลองครั้งที่ 2			การทดลองครั้งที่ 3			ประ
	น้ำหนัก (kg.)		เวลาในการตัด (min.)	น้ำหนัก (kg.)		เวลาในการตัด (min.)	น้ำหนัก (kg.)		เวลาในการตัด (min.)	
	ก่อนตัด	หลังตัด		ก่อนตัด	หลังตัด		ก่อนตัด	หลังตัด		
286.6	6	5.8	8.2	6	5.6	8.53	6	5.9	8.32	
583.5	6	5.6	7.34	6	5.9	7.54	6	5.9	7.95	
880.3	6	5.7	6.58	6	5.4	7.02	6	5.8	7.23	
1180	6	5.8	5.67	6	5.8	5.62	6	5.6	5.83	
1479	6	5.8	4.52	6	5.8	5.24	6	5.3	4.62	
1777	6	5.9	4.62	6	5.7	4.65	6	5.8	4.37	
2064	6	5.8	11.25	6	5.6	7.39	6	5.9	10.35	
2358	6	5.8	4.62	6	5.3	8.54	6	5.7	4.41	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงความเร็วรอบที่เพลาต่างๆที่วัดโดยเครื่องมือวัดความเร็วรอบ

ความเร็วรอบที่ได้จากการวัดค่า rpm.				ความยาวของหญ้าเฉลี่ยที่ตัดได้ cm.
เพลามอเตอร์	เพลาทดรอบ	เพลาตัวป้อน	เพลาขับใบมีด	
286.60	59.20	43.50	172.50	4.39
583.50	150.30	115.00	353.00	4.65
880.30	228.90	173.40	529.40	4.50
1,180.00	306.20	230.90	711.70	4.18
1,479.00	382.80	289.50	890.20	4.32
1,777.00	460.70	348.40	1,070.00	4.19
2,064.00	527.00	405.50	1,245.00	4.56
2,358.00	615.70	463.00	1,421.00	4.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากการทดลองเมื่อทำการคำนวณค่าความสามารถของเครื่องหั่นย่อยแล้วนำมาสร้างเป็นกราฟได้ดังรูป พบว่าความสามารถของการหั่นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจนกระทั่งความสามารถจะเริ่มคงที่ที่ความเร็วรอบประมาณ 1,479 ถึง 1,777 rpm.เนื่องจากถึงแม้ความเร็วจะเพิ่มขึ้นแต่ความสามารถในการป้อนของคนป้อนยังเท่าเดิม และจากกราฟพบว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นไปอีก แทนที่ความสามารถในการหั่นจะเพิ่มสูงขึ้นแต่จะพบว่ากราฟจะร่วงลงอย่างรวดเร็ว สาเหตุเนื่องมาจากเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น หญ้าเกิดการพันกับตัวป้อน ทำให้ต้องเสียเวลาในการแก้ไข ทำให้ความสามารถลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งจากการทดสองหั่นหญ้าทั้ง 3 ครั้งพบว่าเครื่องจะเริ่มมีการทำงานที่ไม่เสถียรภาพเมื่อความเร็วรอบมากกว่า 1,777 rpm.

เมื่อพิจารณาที่ความยาวของหญ้าที่ตัดได้พบว่าความยาวของหญ้าค่อนข้างสม่ำเสมอในทุกๆ ความเร็วรอบ จะเห็นว่าค่าความยาวเฉลี่ยในแต่ละความเร็วรอบต่างกันน้อยมาก แสดงว่า ความยาวของหญ้าที่ตัดได้นั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ แต่ขึ้นอยู่กับอัตราทดของเพลาตัวป้อนและตัวตัด คือมันจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสัดส่วนกัน เมื่อตัวป้อนป้อนเร็ว ชุดใบมีดตัดก็ตัดเร็วตามไปด้วยและเมื่อตัวป้อนป้อนช้าตัวตัดก็ตัดช้าตามไปด้วย

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าความเร็วรอบของการตัดมีผลต่อความสามารถในการตัดแต่ไม่มีผลต่อความยาวของหญ้าที่ตัดได้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าความเร็วที่เหมาะสมในการตัดหญ้าอยู่ที่ 1,777 rpm. และความสามารถที่เครื่องสามารถทำได้จากการใช้ความเร็วรอบที่เหมาะสมพบว่าเท่ากับ 79.12 Kg/Hr. และขนาดหญ้าที่ตัดได้เฉลี่ยประมาณ 4.42 cm. ซึ่งเป็นความยาวที่เหมาะสมที่จะใช้นำไปทำหญ้าหมักต่อไป

4.2 การทดลองเพื่อออกแบบเครื่องอัดหญ้า

การทดลองที่ 2 การหาแรงกดบนจุดต่างๆของคานที่ออกแรงกดโดยใช้คนกด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบหาแรงกดบนจุดต่างๆบนคานที่กดโดยใช้คนกด
2. ทำการเปรียบเทียบหาแรงที่ได้จากการกดโดยใช้แรงต่างๆกันแล้วนำมาเป็นส่วนตัดสินใจในการออกแบบ

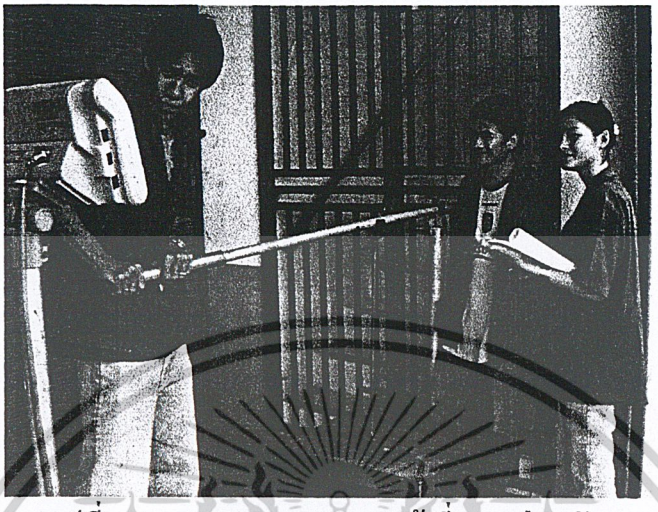
วัสดุและอุปกรณ์

1. ชุดทดลองกดด้วยมือ
2. เครื่องชั่ง
3. หญ้าสดที่ทำการหั่นแล้ว

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักของผู้ที่จะทำการกด
2. ทำการกดที่ปลายคานโดยออกแรงกดเต็มแรง
3. วัดแรงที่กดได้แต่ละจุด
4. ทำการทดสอบซ้ำจนครบทั้ง 3 จุด
5. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ต้นจนครบ 5 ครั้ง
6. ให้คนต่อไปมาทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ต้น
7. บันทึกผลการทดลอง
8. สรุปและวิจารณ์ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

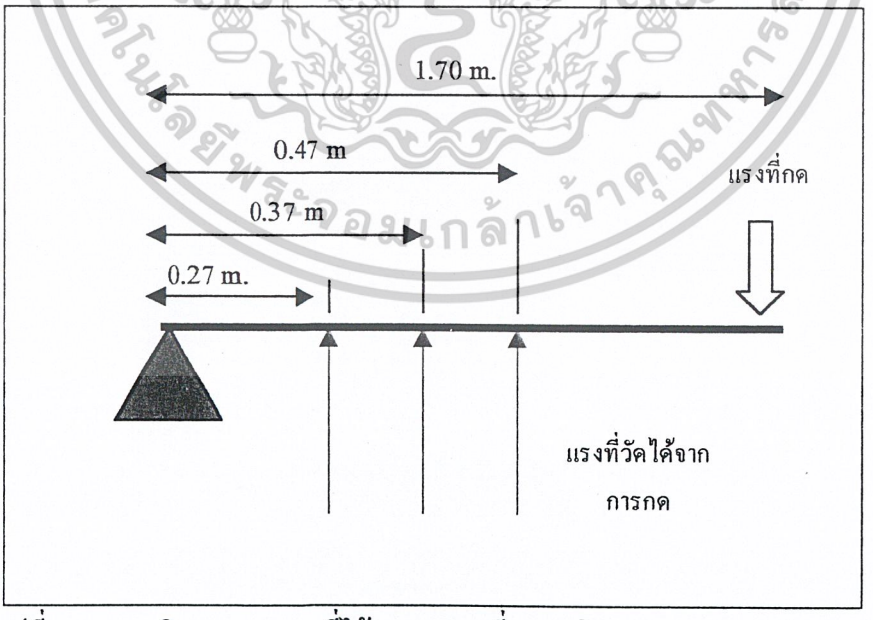


รูปที่ 4.5 แสดงการทดลองกดหญ้าที่ระยะต่างๆกัน

แรงที่ได้จากการคำนวณเมื่อออกแรงกดที่ระยะต่างๆของการกด

สูตรการคำนวณหาแรงกดที่ระยะต่างๆ

ผลรวมของโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา = ผลรวมของโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกา



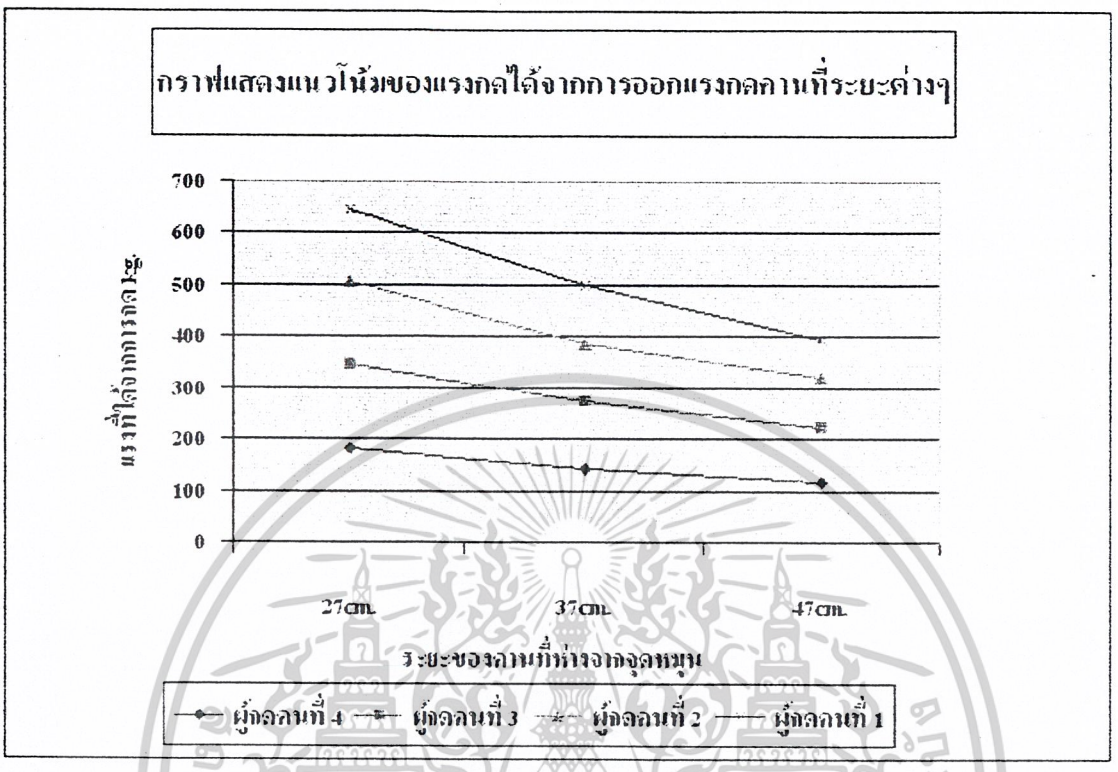
รูปที่4.6 แสดงทิศทางของแรงที่ได้จากการกดที่ระยะต่างๆของคานผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงแรงกดที่ได้จากการกดที่ระยะต่างๆของคาน

ผู้กดคนที่	กดครั้งที่	แรงที่ได้จากการทดลองออกแรงกดที่ระยะต่างๆ kg.		
		27cm.	37cm.	47cm.
1	1	180	135	116
	2	200	145	120
	3	180	146	118
	4	175	144	113
	5	180	145	115
	เฉลี่ย	183	143	116.4
2	1	160	130	110
	2	160	134	103
	3	173	137	107
	4	165	124	102
	5	163	133	103
	เฉลี่ย	164.2	131.6	105
3	1	160	120	104
	2	165	121	103
	3	157	110	95
	4	160	107	98
	5	150	110	97
	เฉลี่ย	158.4	113.6	99.4
4	1	140	110	60
	2	128	106	71
	3	146	119	74
	4	147	108	79
	5	130	115	75
	เฉลี่ย	138.2	111.6	71.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าแรงที่ได้จากการกดโดยเลื่อนไปตามจุดต่างๆบนคานได้ค่าของแรงดังที่สรุปในตารางและพบว่ายิ่งจุดรับแรงกดห่างจากจุดหมุนมากเท่าไหร่ ขนาดของแรงกดที่ได้ก็จะลดลงตามไปด้วย

การทดลองที่ 3 การทดลองหาปริมาตรและความหนาแน่นของถุงหญ้าหมักซึ่งอัดโดยใช้คนเหยียบเปรียบเทียบการอัดด้วยเครื่องอัดที่สร้างขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาปริมาตรของถุงหญ้าหมักหลังจากทำการอัดโดยใช้คนเหยียบเพื่อใช้ในการออกแบบถังอัด
2. ทำการหาความหนาแน่นของการอัดโดยใช้คนเหยียบเปรียบเทียบกับความหนาแน่นที่ได้จากการใช้เครื่องอัด

วัสดุและอุปกรณ์

1. หญ้าที่จะนำมาทำการอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุและอุปกรณ์

1. หญ้าที่จะนำมาทำการอัด
2. เครื่องชั่ง
3. ผู้ที่จะทำการอัด
4. ถังสำหรับหาปริมาตรเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 cm. สูง 60 cm.
5. เครื่องอัดหญ้าหมักที่สร้างขึ้น

วิธีการทดลอง

1. ทำการหั่นย่อยหญ้าให้มีขนาดเล็กลง
2. บรรจุหญ้าใส่ในถุงคำชั่งน้ำหนักให้ได้ 10 กิโลกรัม
3. ชั่งน้ำหนักผู้ที่จะทำการเหยียบ
4. นำถุงหญ้าใส่ลงไปในถังวัดปริมาตร
5. ให้ผู้เหยียบขึ้นไปทำการเหยียบให้แน่นที่สุดเท่าที่สามารถทำได้
6. ทำการวัดความสูงของถุงหญ้าหลังจากเหยียบอัดแล้ว
7. ทำการอัดหญ้าปริมาณ 10 กิโลกรัมด้วยเครื่องอัดหญ้าที่สร้างขึ้น
8. ทำการวัดความสูงของหญ้าที่อัดได้จากเครื่องอัด
9. บันทึกข้อมูลที่ได้ลงในตาราง
10. ทำการคำนวณหาความหนาแน่นที่ได้จากทั้งการเหยียบด้วยแรงคนและจากเครื่อง
11. เปรียบเทียบผลที่ได้
12. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4 การหาค่าต่างๆที่ได้จากการอัดหญ้าด้วยเครื่องอัด

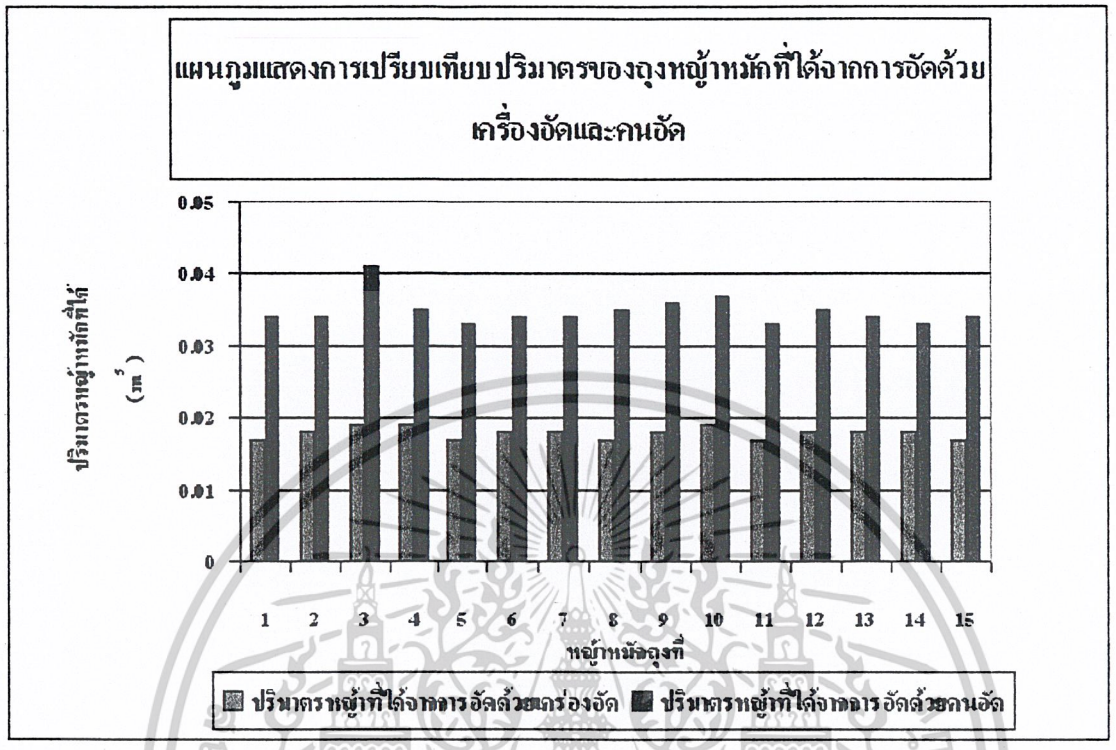
ถุงที่	นน.หลังอัด (kg.)	ความสูง ม.	ปริมาตร ($m.^3$)	ความหนาแน่น ($kg./m.^3$)
1	10	0.175	0.017	594.232
2	10	0.182	0.018	571.377
3	10	0.193	0.019	538.812
4	10	0.199	0.019	522.566
5	10	0.178	0.017	584.217
6	10	0.187	0.018	556.100
7	10	0.191	0.018	544.454
8	10	0.174	0.017	597.647
9	10	0.182	0.018	571.377
10	10	0.193	0.019	538.812
11	10	0.174	0.017	597.647
12	10	0.188	0.018	553.142
13	10	0.191	0.018	544.454
14	10	0.183	0.018	568.255
15	10	0.181	0.017	574.534
	ผลรวม	2.771	0.266	8457.625
	ค่าเฉลี่ย	0.185	0.018	563.842

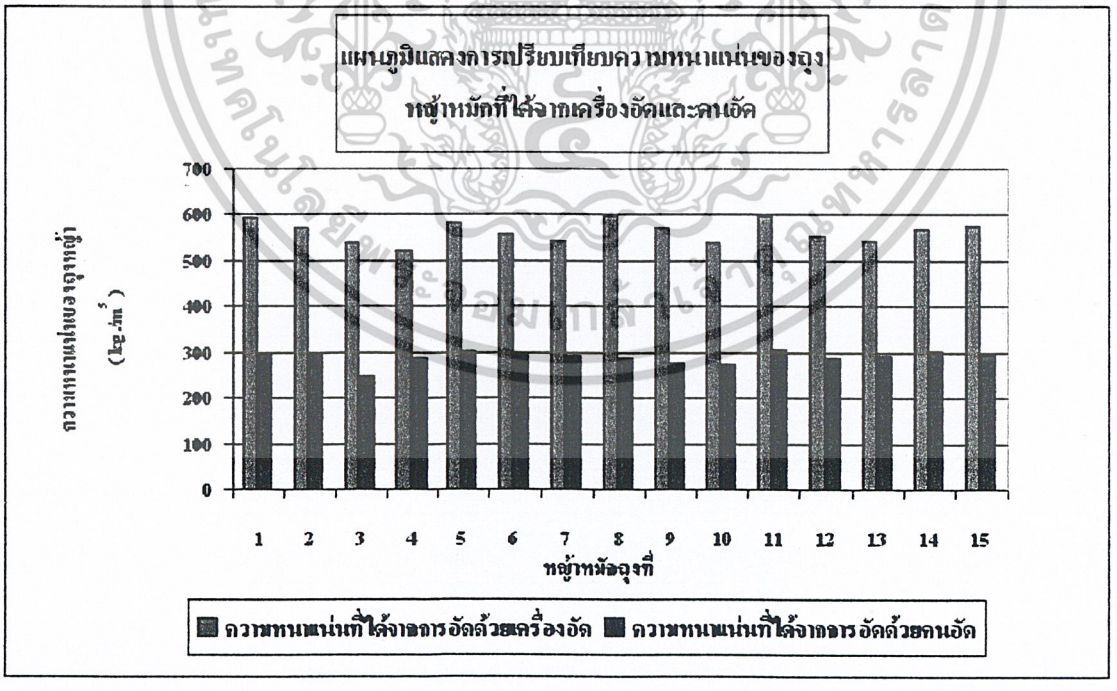
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 การแสดงค่าต่างๆที่ได้จากการอัดหญ้าด้วยการใช้แรงงานคนอัด

ถุงที่	นน.หลังอัด(kg.)	ความสูง	ปริมาตร ($m.^3$)	ความหนาแน่น ($kg./m.^3$)
1	10	0.354	0.034	293.759
2	10	0.349	0.034	297.968
3	10	0.420	0.041	247.597
4	10	0.361	0.035	288.063
5	10	0.344	0.033	302.299
6	10	0.352	0.034	295.428
7	10	0.355	0.034	292.931
8	10	0.361	0.035	288.063
9	10	0.375	0.036	277.308
10	10	0.382	0.037	272.227
11	10	0.341	0.033	304.958
12	10	0.363	0.035	286.476
13	10	0.357	0.034	291.290
14	10	0.344	0.033	302.298
15	10	0.351	0.034	296.269
	ผลรวม	5.409	0.520	4336.933
	ค่าเฉลี่ย	0.361	0.035	289.129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากการทดลองอัดหญ้าโดยใช้เครื่องอัดหญ้าและอัดโดยใช้คนขึ้นไปเหยียบ พบว่าความสูงของถุงหญ้าอัดที่ได้มีความสูงที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งความสูงที่แตกต่างกันนี้มีผลทำให้ปริมาตรแตกต่างกัน และเมื่อปริมาตรแตกต่างกันก็ส่งผลให้ความหนาแน่นของถุงหญ้าหมักแตกต่างกันด้วย การอัดหญ้าด้วยเครื่องอัดที่สร้างขึ้นนั้นจะทำให้หญ้าที่อัดได้มีความหนาแน่นสูงกว่าอัดโดยใช้น้ำหนักคนขึ้นไปเหยียบเกือบถึง 2 เท่า ซึ่งเป็นผลดีต่อการทำหญ้าหมัก เพราะยิ่งไล่อากาศออกจากถุงหญ้าหมักได้มากเท่าใดก็ยิ่งทำให้เป็นผลดีต่อหญ้าหมักมากเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

จากการทำงานทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 เครื่องหั่นย่อยหญ้า

5.1.1 ความเร็วรอบของเครื่องที่เหมาะสม

จากการทดลองพบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เหมาะสมในการใช้ตัดหญ้าคือ 1,777 rpm. ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่ให้ความสามารถในการทำงานสูงที่สุดเมื่อเทียบกับที่ความเร็วอื่นๆ ซึ่งถ้าใช้ความเร็วรอบที่สูงกว่านี้จะทำให้หญ้าเข้าไปพันกับตัวป้อน ทำให้ความสามารถลดลง

5.1.2 ความสามารถในการตัดหญ้า

ความสามารถของเครื่องตัด สามารถตัดหญ้าที่มีขนาดเหมาะสม สามารถนำไปใช้อัดทำหญ้าหมักได้ดี ซึ่งจากการสุ่มวัดค่าความยาวเฉลี่ยของหญ้าที่ความเร็วรอบที่เหมาะสม (1,770 rpm.) จะเท่ากับ 4.19 cm.

5.1.3 ความสามารถสูงสุดของเครื่อง

ความสามารถสูงสุดของเครื่องตัดหญ้าที่ความเร็วรอบที่เหมาะสม.

คิดความสามารถในการตัดโดยใช้ความเร็วรอบ 1,777 rpm.
ความยาวหญ้าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 เซนติเมตร
เครื่องหั่นย่อยมีความสามารถ ในการหั่นหญ้าสูงสุดเท่ากับ 79.12 kg/hr

5.1.4 ต้นทุนของเครื่อง

ได้แก่ราคาที่ได้คิดจากการซื้อวัสดุทั้งหมด รวมทั้งค่าจ้างตัดหญ้าเพื่อทำการทดลองในแต่ละครั้ง คิดเป็นต้นทุนทั้งหมดประมาณ 5,620 บาท

5.1.5 ปัญหาที่พบ

1. จากการสร้างและทำการทดลองเครื่องหั่นหญ้าแล้วพบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วรอบที่ความเร็วรอบสูงๆ หญ้าจะเข้าไปพันตัวป้อน ทำให้ต้องเสียเวลาในการแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หญ้าไหลออกจากช่องปล่อยหญ้าที่หั่นแล้วไม่ค่อยสะดวกโดยเฉพาะในความเร็วรอบต่ำๆ ซึ่งน่าจะเกิดจากมุมลาดของช่องปล่อยหญ้าน้อยเกินไป
3. มีเสียงดังรบกวนเวลาทำการปฏิบัติงาน

5.1.6 วิธีการแก้ไขปัญหา

1. ควรเลือกความเร็วรอบในการปฏิบัติงานที่เหมาะสม ตามที่ได้ทำการทดลอง นั่นคือ 1,770 rpm.
2. ทำการปรับปรุงช่องส่งหญ้าออกให้มีความลาดเอียงเพิ่มมากขึ้น เพื่อหญ้าจะได้ไหลออกได้สะดวกมากขึ้น
3. ควรปรับระยะห่างของตัวป้อนให้ห่างขึ้นอีกเล็กน้อย แต่ถ้าห่างเกินไปอาจมีปัญญาเครื่องไม่สามารถตัดใบหญ้าซึ่งมีความอ่อนได้

5.2 เครื่องอัดหญ้าไล่อากาศ

5.2.1 หลักการในการออกแบบ

ต้องการอัดไล่อากาศในถุงหญ้าหมักให้ได้มากที่สุด คำนึงถึงความง่ายในการใช้งาน และขนาดถังอัดต้องมีขนาดที่พอดีกับการอัดหญ้าปริมาณ 10 กิโลกรัม

5.2.2 ต้นทุนของเครื่อง

ค่าใช้จ่ายในการสร้างประมาณ 1,000 บาท

5.2.3 ความสามารถในการอัดหญ้า

เครื่องนี้สามารถอัดหญ้าให้มีความหนาแน่นเฉลี่ย 563.842 $kg./m^2$

5.2.4 ปัญหาที่พบ

หลังจากทำการอัดหญ้าแล้วต้องดึงถุงหญ้าออกจากถัง ซึ่งค่อนข้างทำได้ลำบากเพราะถุงหญ้าจะถูกอัดแน่น ยากแก่การดึง จำเป็นต้องเอียงถังและออกแรงมากในการดึงถุงหญ้าออกมา

5.2.5 วิธีการแก้ไขปัญหา

ทำการออกแบบถังให้มีบานพับสามารถเปิดปิดได้เมื่ออัดหญ้าเสร็จ แล้วก็สามารถเปิดแล้วดึงถุงหญ้าออกมาได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ที่ควรจะได้รับจากชุดอุปกรณ์ทำหญ้าหมัก

เนื่องจากการทำหญ้าหมักสำหรับเป็นอาหารสัตว์ มีขั้นตอนในการหั่นและอัดหญ้าซึ่งขั้นตอนเหล่านี้ต้องอาศัยแรงงานคนเป็นจำนวนมาก ทำให้เป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต ดังนั้นจึงได้ทำการคิดชุดอุปกรณ์ในการลดความยุ่งยากในขั้นตอนการหั่นหญ้าและอัดหญ้าลง ซึ่งจากการสร้างชุดอุปกรณ์นี้ขึ้นมาซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องหั่นย่อยหญ้าและเครื่องอัดหญ้าไล่อากาศ พบว่าเครื่องทั้งสองสามารถช่วยลดขั้นตอนการหั่นและอัดลงได้

ซึ่งจากการทดลองพบว่าเครื่องหั่นหญ้ามีความสามารถในการหั่นย่อยหญ้าได้ถึง 79.12 kg./hr. ซึ่งเมื่อเทียบกับการใช้คนแล้ว พบว่าได้ปริมาณงานที่มากกว่ามาก อีกทั้งสามารถหั่นได้ขนาดที่เล็กพอดีในการนำไปทำเป็นหญ้าหมัก ซึ่งจะส่งผลให้หญ้าหมักที่หมักออกมาได้มีคุณภาพที่ดีอีกด้วย

ส่วนเครื่องอัดนั้นสามารถไล่อากาศออกได้ในปริมาณที่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากก่อนหน้านี้เกษตรกรใช้การอัดโดยใช้แรงงานคนขึ้นไปเหยียบบนถังอัด ซึ่งในบางครั้งไม่สามารถไล่อากาศออกไปได้มากพอทำให้หญ้าหมักที่หมักไว้นั้นเกิดการขึ้นรา เน่าเสีย ไม่สามารถนำไปเลี้ยงสัตว์ได้ แต่หลังจากได้สร้างและทดลองใช้เครื่องอัดไล่อากาศนี้แล้วพบว่า ความหนาแน่นของหญ้า หนาแน่นกว่าการอัดด้วยแรงงานคนถึง ประมาณ 2 เท่า (ดูจากตารางเปรียบเทียบ) เป็นผลทำให้หญ้าหมักที่ได้มีคุณภาพดี ไม่เน่าเสีย

ซึ่งจากการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นย่อยและเครื่องอัดต้นแบบนี้ ถือว่าบรรลุวัตถุประสงค์ของการทดลอง เพราะสามารถช่วยลดเวลาและสามารถเพิ่มความสามารถในการทำหญ้าหมักได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แสดงขนาดความยาวหญ้า (cm.) ที่สุ่มมาจากการตัดโดยใช้ความเร็วรอบมอเตอร์ต่างๆกัน

ตัวอย่างหญ้าที่	ความเร็วรอบ rpm.							
	286	**583**	**880**	**1180**	**1479**	**1777**	**2064**	**2358**
1	5.9	6.7	3.8	3.8	4.8	4.1	3.8	7.6
2	4.2	4.5	2.9	4	3.8	5.2	3.6	4.9
3	6.3	4.2	3.6	4.2	3.8	6.8	4.1	5.3
4	4.5	3.7	4.3	3.9	3.8	4.2	6.8	4
5	4.6	3.4	3.6	4.8	7.3	3.9	5	3.5
6	5.3	7.5	3.4	3.8	3.6	4	7.8	3.2
7	4.5	4.2	4	4.2	3.9	5.2	4	5
8	6.3	4.1	3.5	3.6	4.2	4.2	7.3	6.3
9	2.7	6.7	3.6	3.9	4.4	5.1	4.3	7
10	5.2	6.2	4.3	3.7	3.8	5	7.1	3.5
11	4.7	5.8	5.2	4	4.3	3.9	3.8	7.2
12	4	7.3	5.7	4.5	5.5	4.2	5	7.1
13	4.2	2.8	3.6	4.2	4	5.9	4.2	4
14	4.1	5.2	3.8	4.3	3.7	3.8	3.8	3.2
15	3.2	5.6	4	3.9	3.8	4.2	4.7	4
16	3.9	3.7	3.8	5.1	4.8	3.4	4.8	3.6
17	3.8	5.9	3.7	4.2	4	3.4	3.8	3.4
18	4.2	5.4	4.1	3.6	3.8	4.2	3.4	4.5
19	4.2	4.2	5.6	3.8	4	3.8	4.7	3.8
20	4.3	3.7	5.9	4.3	3.8	4.6	3.8	4.1
21	5.7	3.9	4.3	4.9	4.3	4.1	3.8	7.1
22	5.3	3.8	3.8	4.5	4.5	6.2	3.7	5.1
23	5.7	3.8	4.1	3.9	4.1	4.2	4.8	6.2
24	4.2	3.4	5.5	4	3.8	4.6	4.2	7.3
25	5.2	4.2	5.2	4.2	3.7	3.8	3.8	4.3
26	5	6.1	3.2	3.9	4.3	3.6	4	6.7
27	4.7	3.8	5.4	3.8	4	3.9	4.1	4.3
28	3.2	5.4	6.2	4.3	4.6	4.2	3.9	3.8

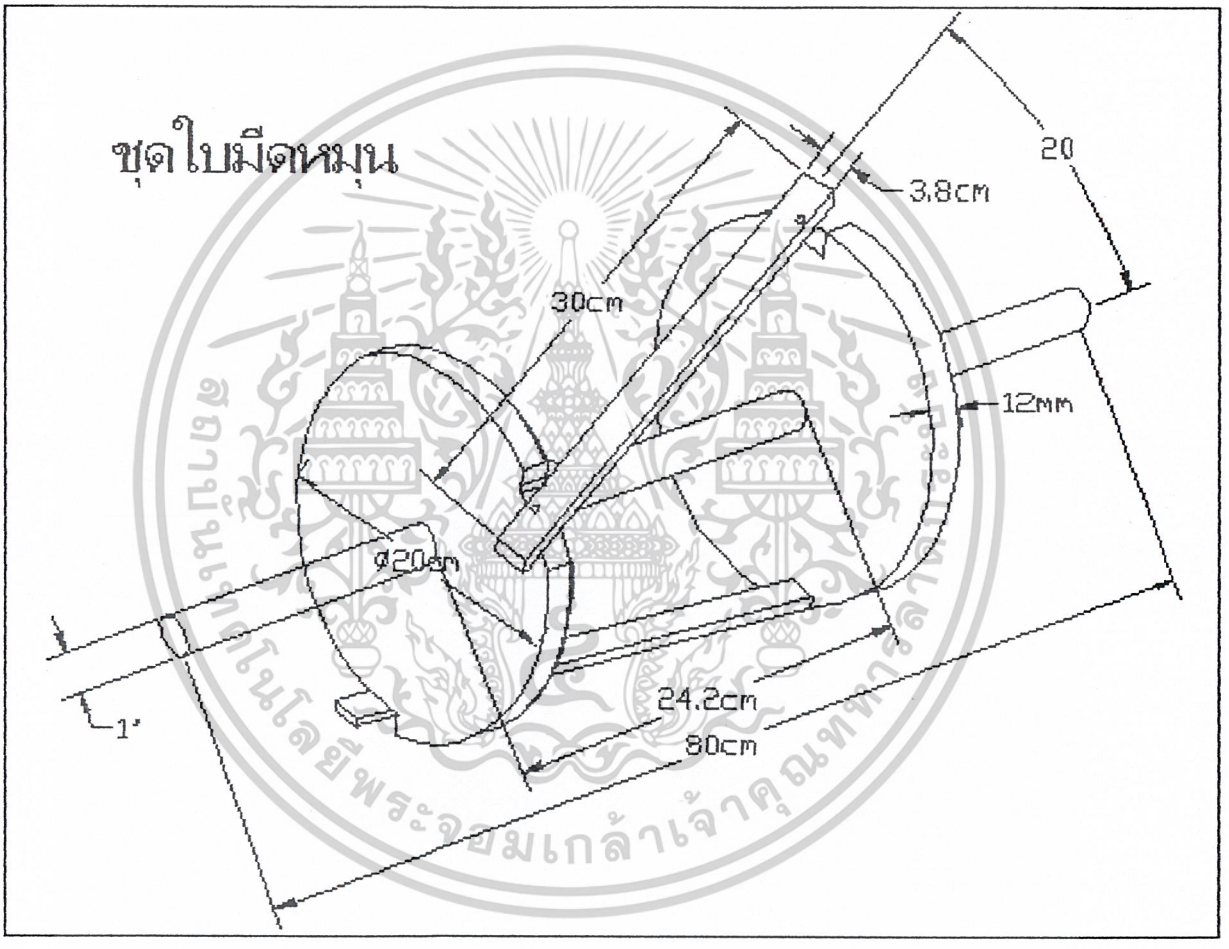
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 แสดงขนาดความยาวหญ้า (cm.) ที่สุ่มมาจากการตัดโดยใช้ความเร็วรอบมอเตอร์ต่างๆกัน (ต่อ)

ตัวอย่างหญ้าที่	ความเร็วรอบ rpm.							
	286	**583**	**880**	**1180**	**1479**	**1777**	**2064**	**2358**
29	4.3	3.8	6.7	3.8	4.1	3.7	3.9	3.9
30	4.2	5.9	4.3	4.1	4.3	3.7	3.7	3.6
31	3.8	4.5	6.3	3.6	5.2	3.6	6	4.3
32	5	3.8	4.2	4.8	3.8	3.6	4	3.2
33	4	3.7	6.8	3.8	5	4.1	4.4	3.2
34	3.7	5.2	3.2	5.2	5.8	3.5	6.7	3.6
35	4.1	5.4	4.6	4.3	4.1	5.4	7.5	4
36	4.5	5.9	3.4	4.2	4.1	4.4	4.5	3.4
37	3.9	3.6	4.1	4.4	4.6	3.9	4	3.8
38	6	4.2	4.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.2
39	4.3	3.6	5.2	4.3	3.7	3.7	3.5	3.8
40	3.2	4.1	3.8	3.9	4.5	3.5	4.8	3.2
41	4.3	4.3	3.4	3.8	4.6	5.5	3.9	4.2
42	4.6	4.1	5.7	4.2	4.1	4.1	3.8	4.1
43	3.2	5.9	4.3	5.7	4.3	3.3	4	6.7
44	4.2	3.6	6.7	4.3	4.1	3.4	3.7	4.5
45	3.9	3.9	4.2	4.2	4.2	4.3	3.6	3.6
46	4.3	3.8	4.4	3.6	3.8	3.9	3.8	4
47	3.4	5.2	4.6	3.8	3.9	3.7	5	4.6
48	3.6	5.5	3.9	4.1	4.2	4	5.3	3.8
49	3.8	3.7	4.4	6.3	7.6	4.1	3.8	3.2
50	4	3.7	6.2	3.8	4.1	2.9	4	4.5
ผลรวม	219.4	232.6	225	209.3	216.3	209.8	225.8	226.4
ค่าเฉลี่ย	4.388	4.652	4.5	4.186	4.326	4.196	4.516	4.528

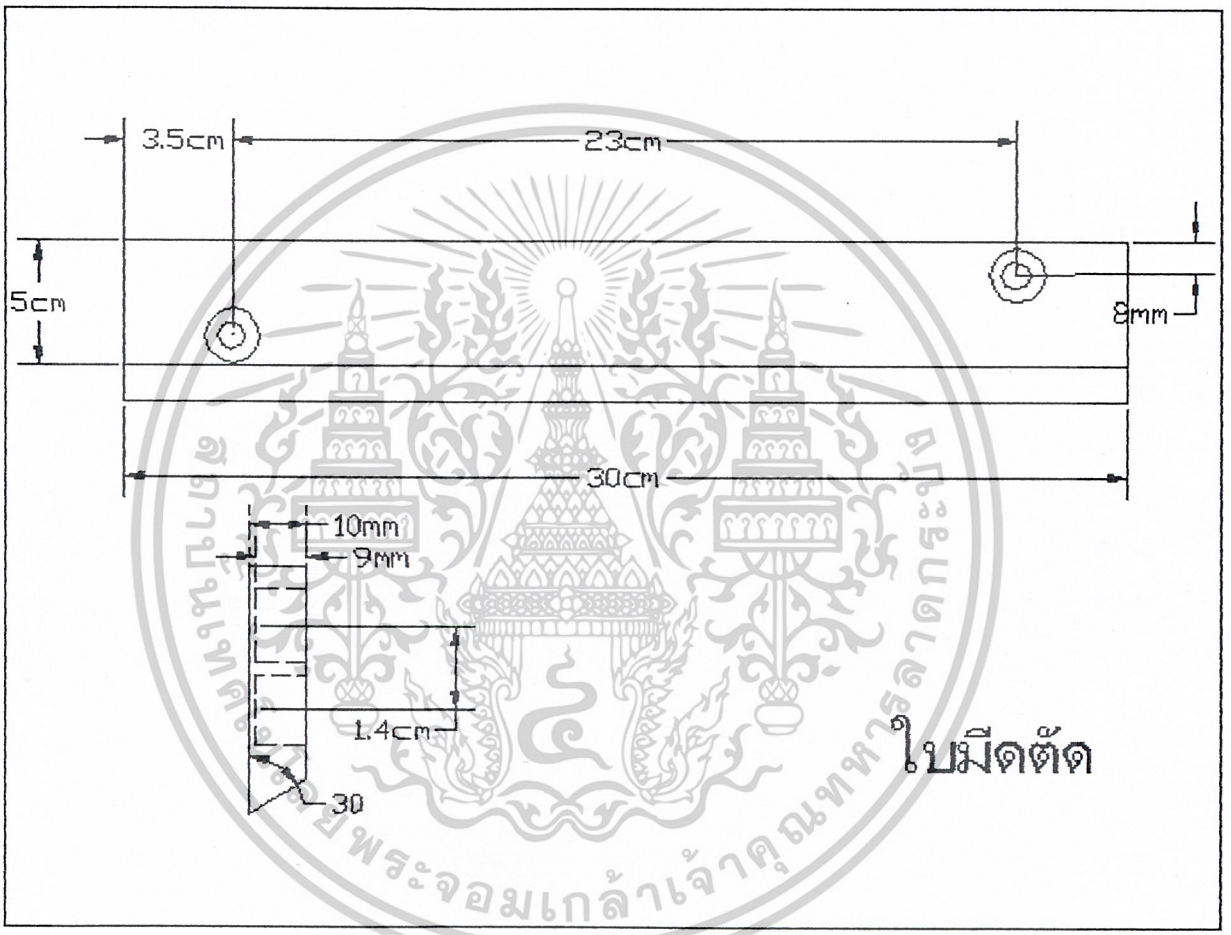
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1 แบบชุดใบมีดหมุนของเครื่องหั่นย่อย1



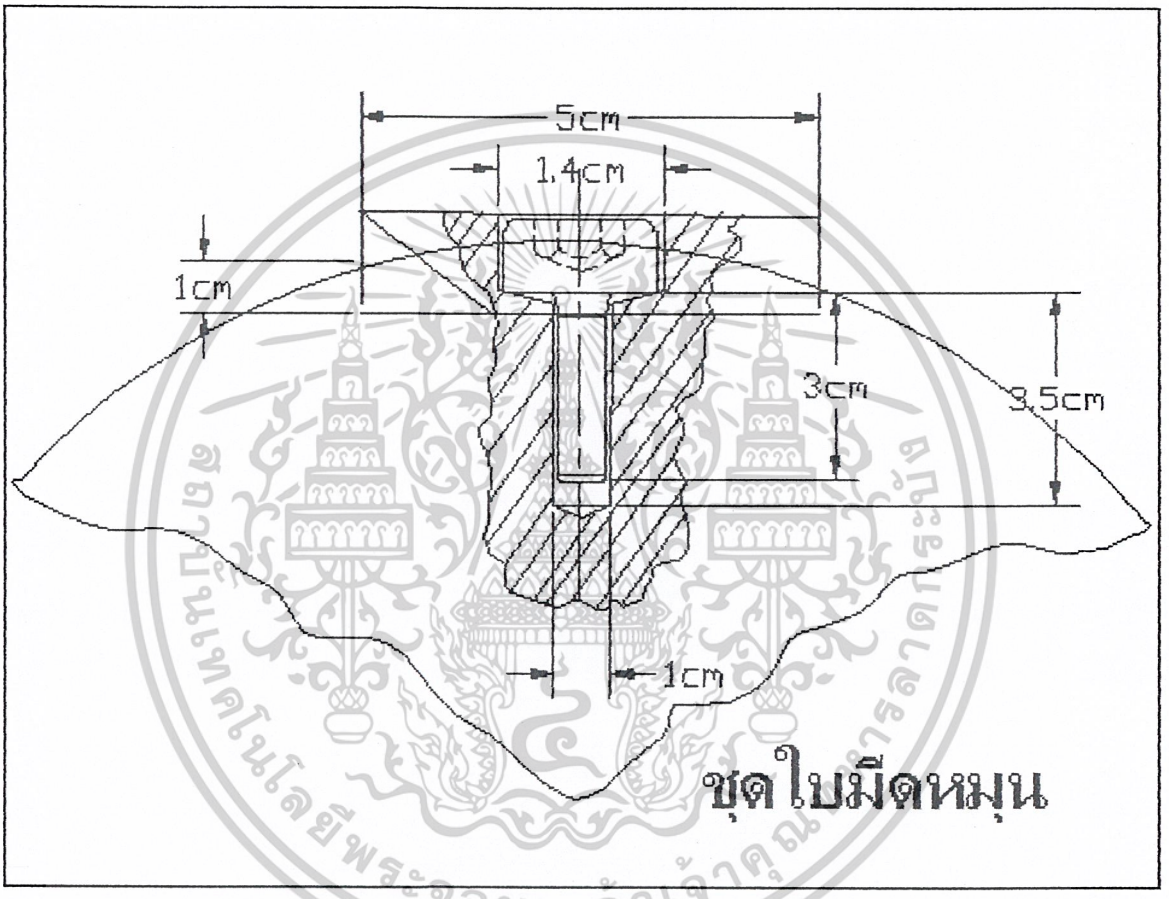
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2 แบบใบมีดตัดของเครื่องหั่นย่อย



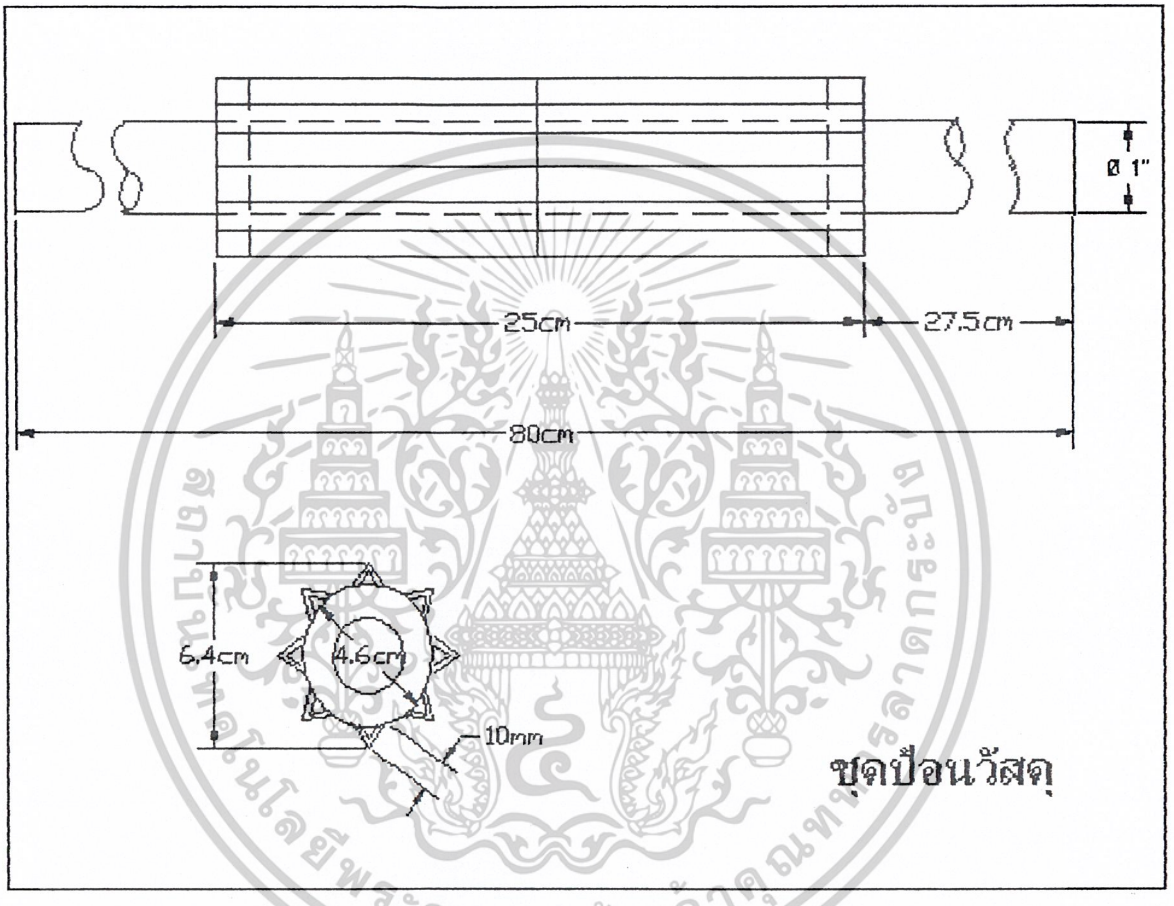
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 แบบชุดใบมีดหมุนของเครื่องหั่นย่อย2



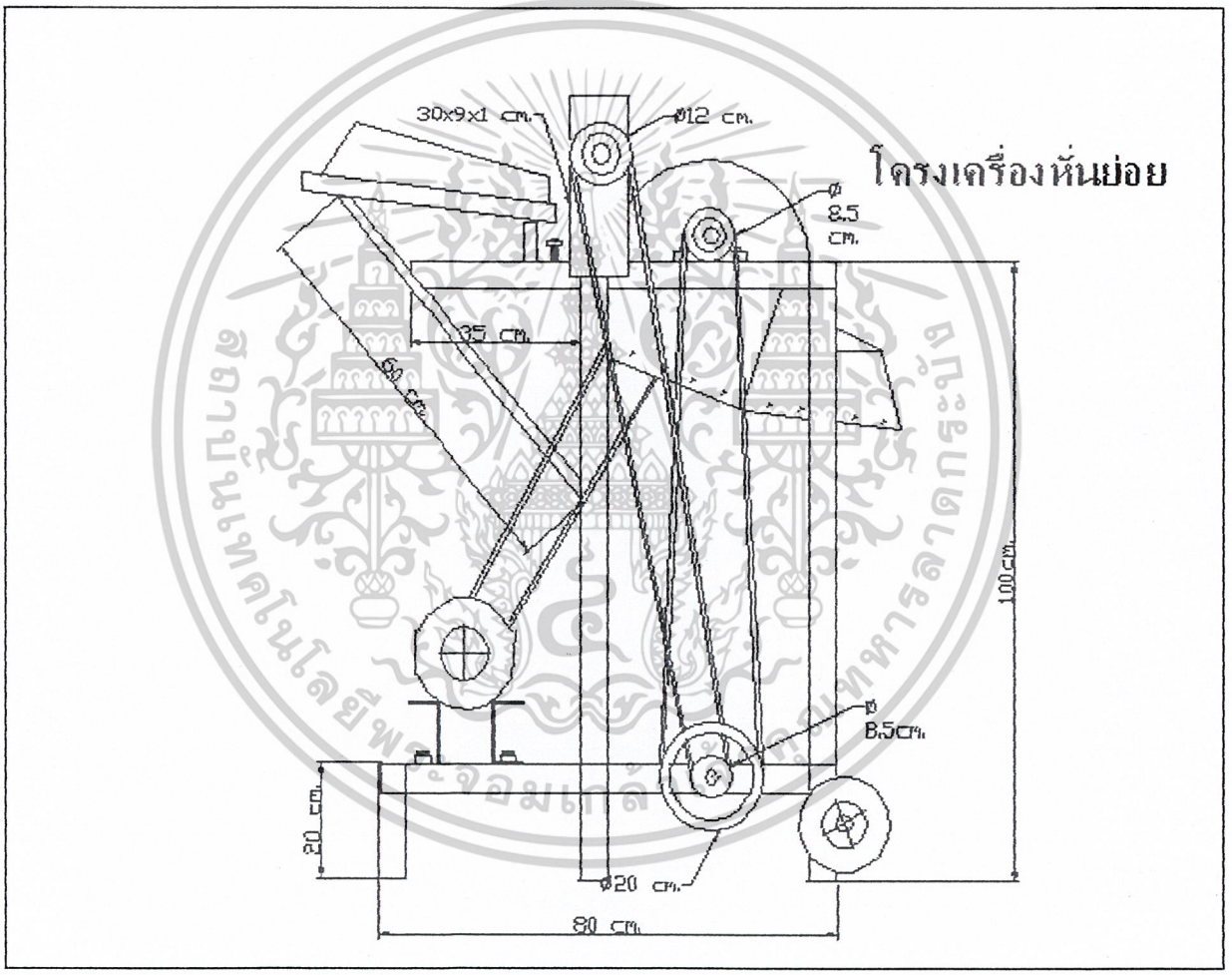
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 แบบชุดป้อนวัสดุของเครื่องหั่นย่อย



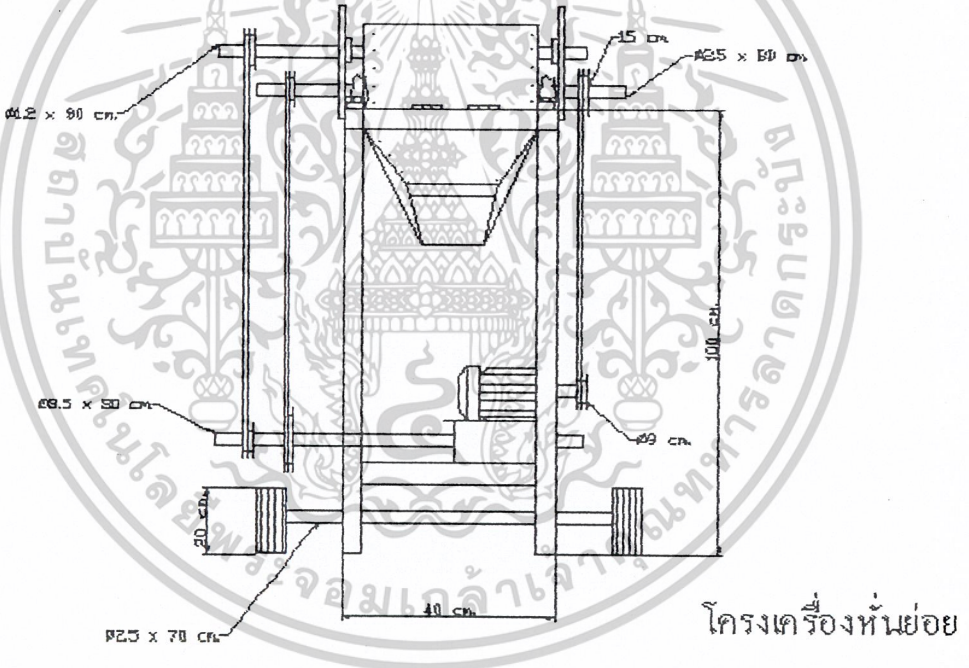
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 แบบโครงเครื่องหั่นย่อย1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

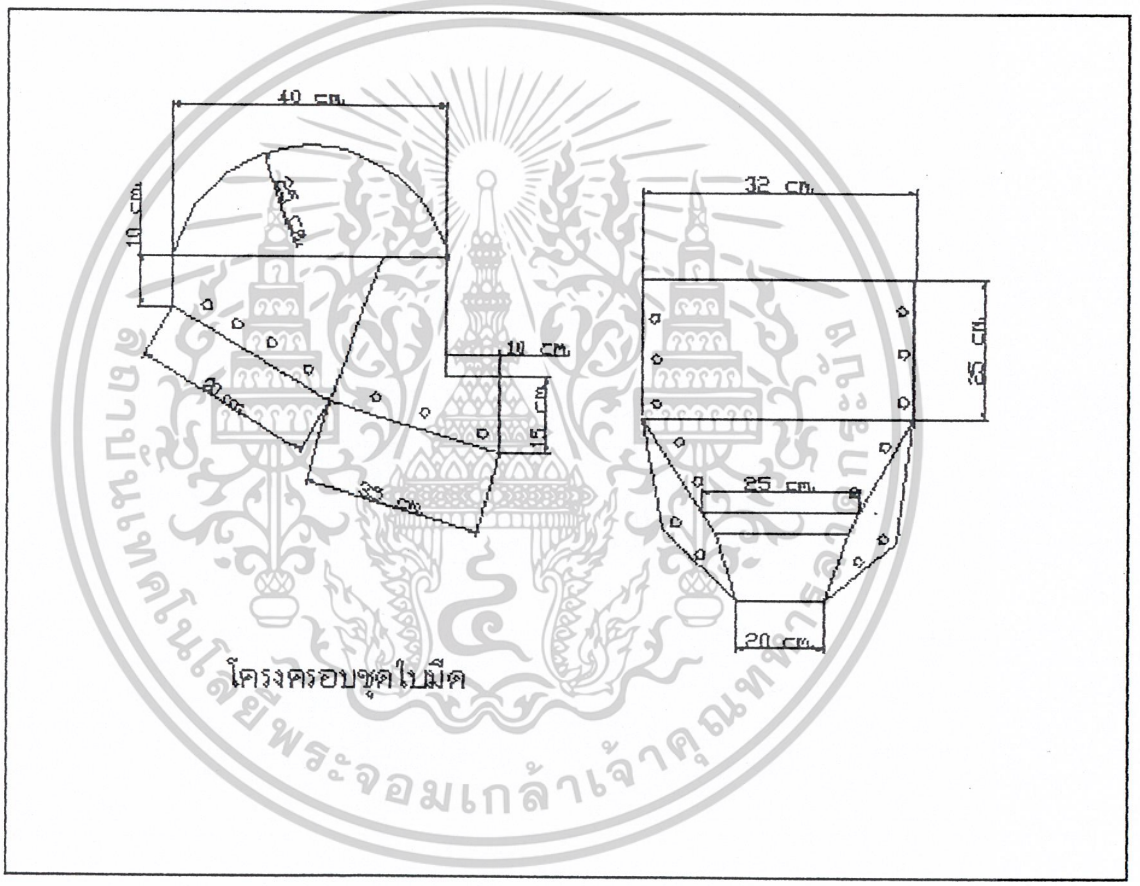
ภาพที่ 6 แบบโครงเครื่องหั่นย่อย2



โครงเครื่องหั่นย่อย

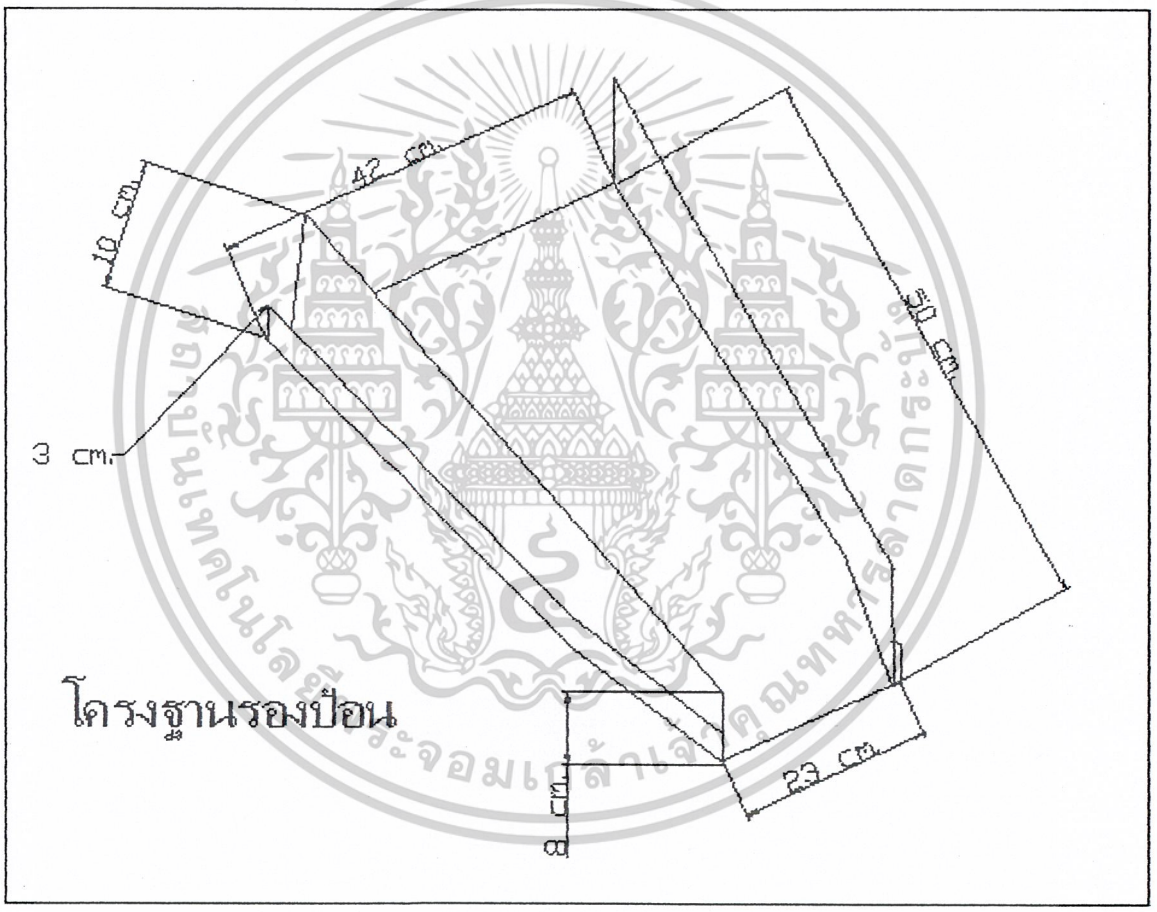
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 แบบโครงครอบชุดใบมีด



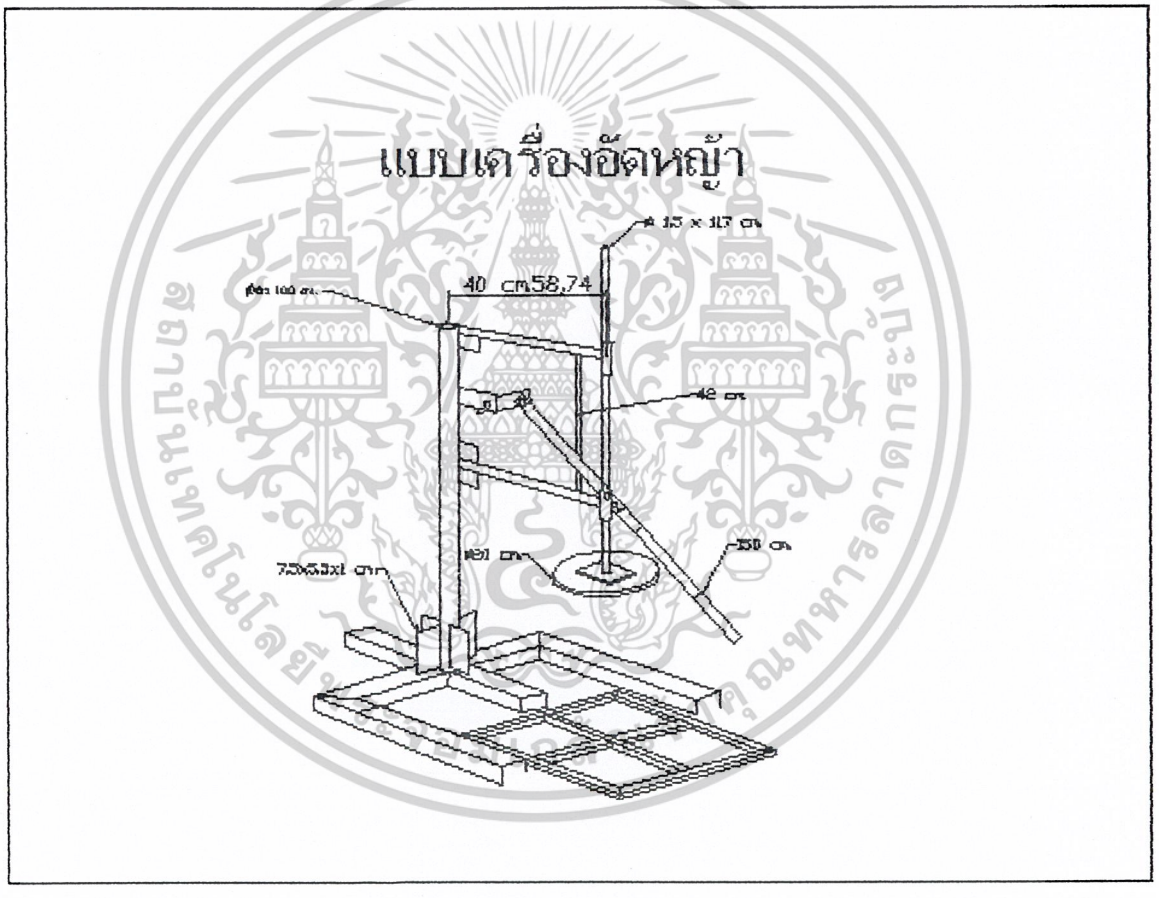
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8 แบบฐานรองป้อนของเครื่องหั่นย่อย



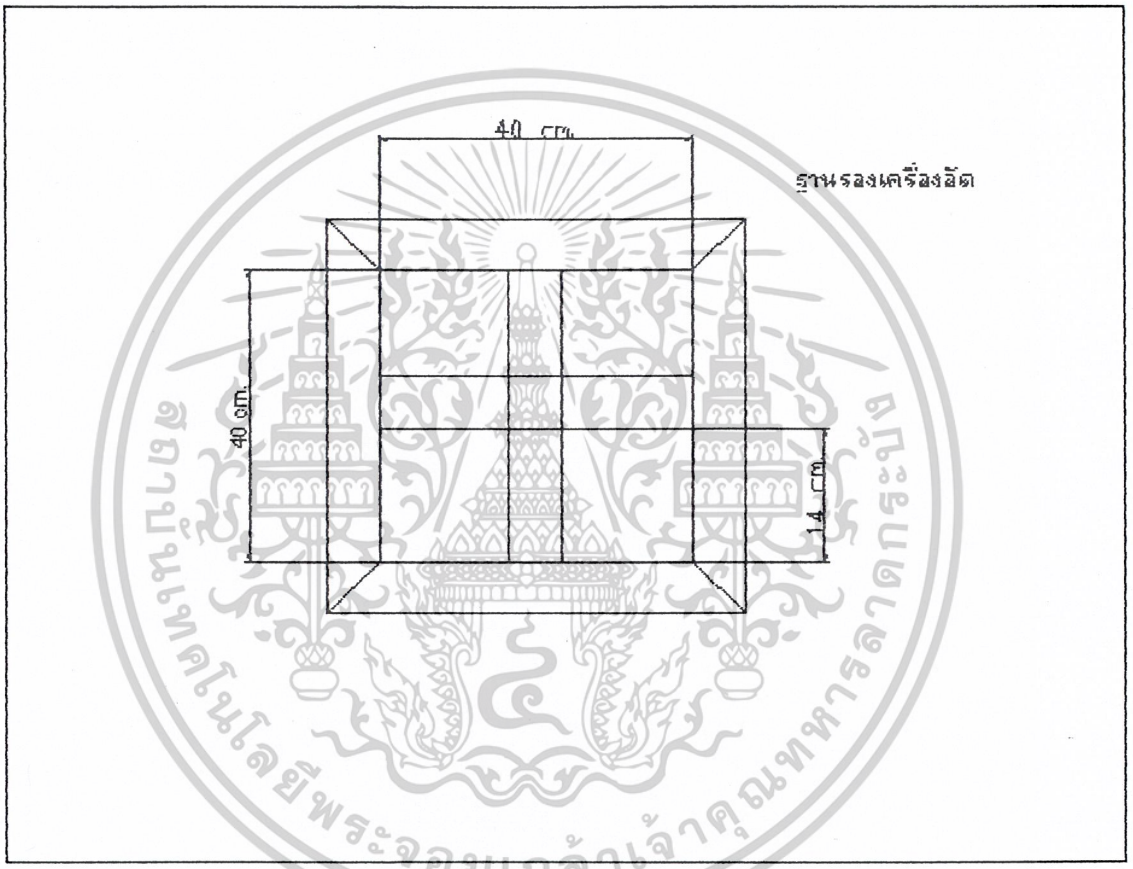
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 แบบเครื่องอัดหญ้า



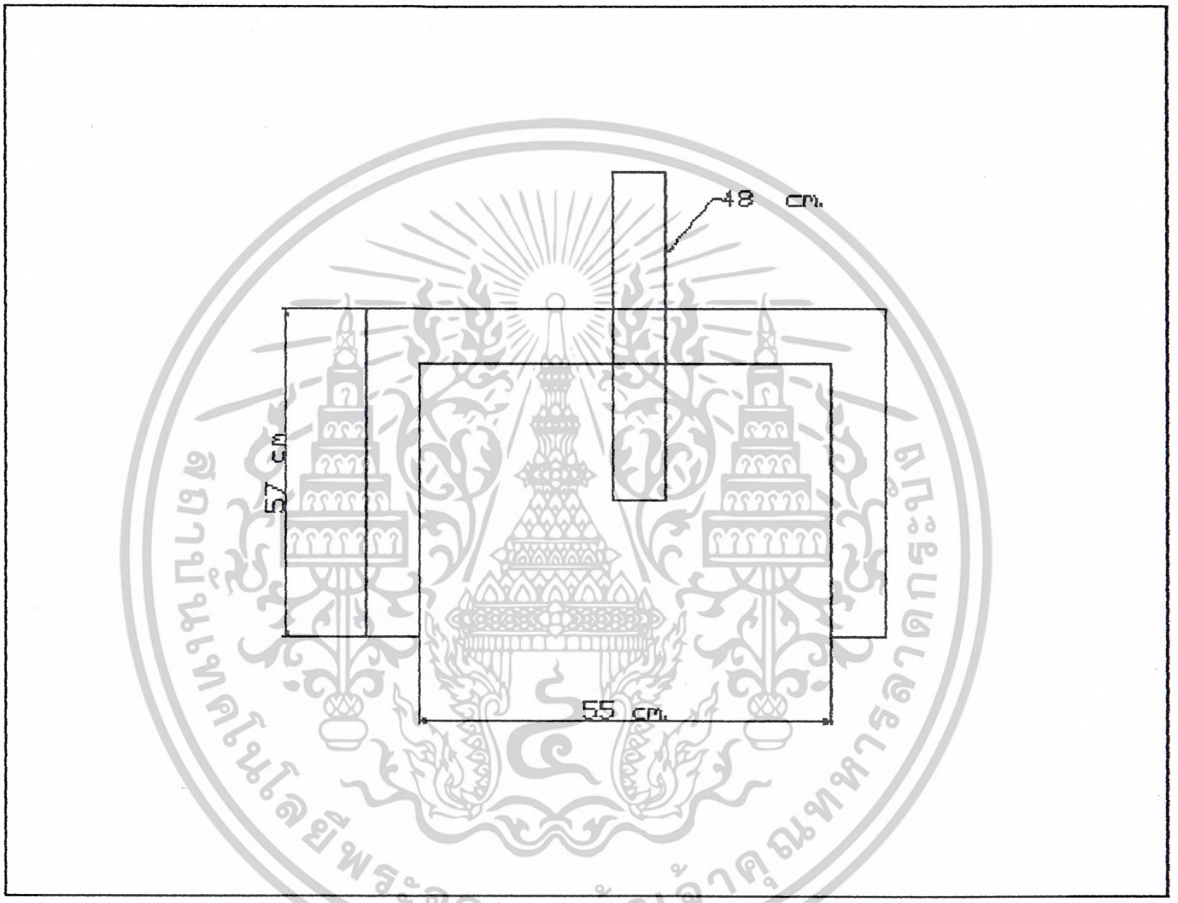
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 แบบฐานรองเครื่องอัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11 แบบฐานรองถังอัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าธรรมดาและเหล็กกล้าผสม

AISI Type	Condition	Tensile Strength, ksi	Yield Strength, ksi	Elongat. in 2 in., %	Reduction in Area, %	Hardness, BHN	Machinability (Based on 1112 = 100)
1010	HR	64	42	28	67	107	45
	CD	78	68	16	63	129	55
	CDA	64	48	28	65	131	55
1020	HR	65	43	36	59	143	50
	CD	78	66	20	55	156	65
	A	57	52	37	66	111	90
	N	64	50	36	68	131	75
1030	HR&turned	72	44	31	63	140	-
	CD	84	76	16	57	177	65
	A	67	50	31	58	126	-
	N	76	51	32	61	149	-
1040	HR	91	58	27	50	201	63
	CD	100	88	17	42	207	65
	A	75	51	30	57	149	-
	N	85	50	28	55	170	60
1045	HR	98	59	24	45	212	56
	CD	103	90	14	40	217	60
	A	90	55	27	54	174	60
	N	99	61	25	49	207	-
1050	HR	105	67	15	-	-	-
	CD	114	104	9	-	-	54
	A	92	43	24	40	187	-
	N	109	62	20	39	217	-
1095	HR	142	83	18	38	295	-
	A	95	38	13	21	192	-
	N	147	73	10	14	293	-
1118	HR	75	50	35	55	140	-
	CD	85	75	25	55	170	80
	A	65	41	35	67	131	80
	N	69	46	34	66	143	80
2330	CD	105	90	20	50	212	50
	A	86	61	28	58	179	50
	N	100	68	26	56	207	-
3140	CD	107	92	17	50	212	55
	A	100	61	25	51	197	55
	N	129	87	20	58	262	-
4130	HRA	86	56	29	57	183	65
	CDA	98	87	21	52	201	70
	N	97	63	26	60	197	50
4140	HRA	90	63	27	58	187	57
	CDA	102	90	18	50	223	66
	N	148	95	18	47	302	-
4340	HRA	101	69	21	45	207	45
	CDA	110	99	16	42	223	50
	N	185	126	11	41	363	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปราะ
	Ny	Nu	Nu
แรงอยู่นิ่ง	1.5-2.0	3.0-4.0	5.0-6.0
แรงซ้ำทิศทางเดียวหรือ แรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	7.0-8.0
แรงสองทิศทางหรือ แรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	10.0-12.0
แรงกระแทกอย่างหนัก	5.0-7.0	10.0-15.0	15.0-20.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. พรพิพัฒน์ หุตะพรประเสริฐ และ สถาพร เพชรศรี , โครงงานวิศวกรรมเกษตรเรื่อง เครื่องตัดผักตบชวา (C hopper Water Hyacinth) ,ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ,ปีการศึกษา 2532
2. เอกสารแนะนำเรื่องการทำหญ้าหมักอาหารสัตว์ , ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ชัยนาท กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
3. ชาญ ถนัดงาน , วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ , การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1 , 2 , จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
4. ระอิน สืบค้า , โครงงานการพัฒนาเครื่องอัดขี้เลื่อยสำหรับเพาะเห็ดฟาง , มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์
5. วันชัย ชัยชมชื่น, “งานขึ้นรูป แปลโลหะ” สถาบันเทคโนโลยีพกระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้