

การศึกษาและพัฒนาเครื่องขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้ผักตบชวาเป็นวัสดุ

STUDY AND DEVELOPMENT OF FLOWERPOT FORMING

MACHINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**การศึกษาและพัฒนาเครื่องขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้ผักตบชวาเป็นวัสดุ**  
**STUDY AND DEVELOPMENT OF FLOWERPOT FORMING**  
**MACHINE**



โดย

นายชนะ กำเนิดกาญจน์  
นายฐิติพงศ์ จันทร์วีระชัย

มพ.  
ร.ค.ค.  
2548

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... **62322**  
วัน,เดือน,ปี. **16 ส.ค. 2549**

b. **1162114**  
i. ....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง การศึกษาและพัฒนาเครื่องขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้ฝักถั่วเขียวเป็นวัสดุ

STUDY AND DEVELOPMENT OF FLOWERPOT FORMING MACHINE

ผู้จัดทำ

1. นายชนะ กำเนิดกาญจน์
2. นายจิตติพงษ์ จันทร์วีระชัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การศึกษาและพัฒนาเครื่องขึ้นรูปกระดาษต้นไม้โดยใช้ผักตบชวาเป็นวัสดุ

นายชนะ	กำเนิดกาญจน์	รหัส 45010154
นายจิตติพงษ์	จันทร์วีระชัย	รหัส 45010212
ผศ.ดร.วินัย	กล้าจริง	อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.พิชิต	กิตตินนท์	อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์วุฒ	อุดมเพทยกุล	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548		

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาเครื่องขึ้นรูปกระดาษต้นไม้โดยใช้ผักตบชวาเป็นวัสดุ เนื่องจากผักตบชวาสร้างปัญหาให้กับแม่น้ำลำคลอง ทั้งการคมนาคมขนส่งทางน้ำและทำให้น้ำเน่าเสีย ดังนั้นผู้ทำวิจัยได้สังเกตเห็นว่าโครงการขึ้นรูปนี้เป็นที่น่าสนใจจึงนำมาพัฒนาต่อจากโครงการเดิม เพื่อให้ได้กระดาษต้นไม้ที่มีความสวยงามและสามารถนำไปจำหน่ายแก่เกษตรกร เพื่อเป็นรายได้เสริมต่อไป

โดยจุดประสงค์หลักของโครงการนี้ เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องขึ้นรูปกระดาษต้นไม้โดยใช้ผักตบชวาเป็นวัสดุ ซึ่งมีข้อดีคือสามารถย่อยสลายเป็นปุ๋ยได้ตามธรรมชาติ และ มีการอุ้มน้ำได้ดี เหมาะสำหรับนำมาขึ้นรูปเป็นกระดาษเพาะต้นไม้

หลักการทำงานของเครื่องขึ้นรูปกระดาษต้นไม้ เริ่มจากแรงกดจากผู้ทดสอบ โดยใช้ทฤษฎีของเฟืองในการส่งแรงและใช้คานเป็นตัวเพิ่มแรงกดลงไปใบบล็อก เมื่อนำกระดาษเพาะต้นไม้ ออกมาจากบล็อกแล้วขั้นตอนต่อมาคือ การตากแห้งที่อุณหภูมิเฉลี่ย 38-42 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 8-12 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นได้ถึง 60-70 % Wb จะได้กระดาษที่มีลักษณะตามความต้องการ และสามารถนำกระดาษมาปลูกต้นไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## STUDY AND DEVELOPMENT OF FLOWERPOT FORMING MACHINE

Chana Kummerdkarn	45010154
Titipong Junweerachai	45010212
Asst.Prof.Dr.Vinai Klajring	Advisor
Asst.Prof.Pichit Kittinon	Advisor
Vasu Udompetaikul	Advisor

2005

### ABSTRACT

A weed molding machine was developed earlier to mold water hyacinth into flower pots. Java weed also abound in our water ways and similarly poses problems related to water transportation and pollution. The present study is therefore aimed to modify the above molding machine to transform java weed to flower pots, thus adding value to the problem weed that translates to additional revenue to the flower pot makers.

The testing of the equipment was started with the Gear principle by transferring the pressure from the operator to the beam to add the pressing power into the block. After the test, the flower pots were then made, brought out to dry at 38 – 42°C for 8 – 12 hours, and wet bulk dropped to 60 – 70% Wb to efficiently realize a flowerpot from the erstwhile useless plant in our water systems.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จขึ้นมาได้ด้วยความอนุเคราะห์ จากบุคคลหลายท่านที่ให้  
คำแนะนำแนวคิดและ ความช่วยเหลือในการทำปริญญาบัตร คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ท่าน  
อาจารย์ที่ปรึกษา ศศ.ดร.วินัย กล้าจริง ศศ.พิชิต กิตตินนท์ อาจารย์วสุ อุดมเทพากุล กรรมการ  
ควบคุมการสอบทุกท่านที่ให้คำแนะนำต่างๆ

คุณตุ้ม คุณชยันต์ คุณแอ้ ที่เป็นผู้ดูแลอาคารปฏิบัติงานทุกท่านที่ได้กรุณาให้ทำการเบิกจ่าย  
เครื่องมือ

บุคลากรหอสมุดกลางที่ให้ความสะดวก และช่วยเหลือในการหาข้อมูลเพื่อทำปริญญาบัตร  
เพื่อนๆ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ช่วยเหลือการเก็บผักตบชวา

คณะผู้จัดทำปริญญาบัตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญ (ต่อ)	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
สารบัญภาพ (ต่อ)	ฌ
สารบัญแผนภูมิ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.1.1 ข้อยกจำกัดของผักตบชวา	3
1.1.2 วิธีการปลูก	3
1.1.3 อายุและการใช้ประโยชน์จากผักตบชวา	4
1.1.4 ความแตกต่างระหว่างผักตบชวา กับผักตบไทย	4
1.1.5 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผักตบชวา	4
1.1.6 คุณสมบัติของเส้นใยผักตบชวา	4
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	5
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	5
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวกับเฟือง	7
2.1 หลักการของเฟือง	7
2.2 การใช้ระบบเฟืองตรง	8
2.2.1 การหาค่าโมดูล	8
2.2.2 การคำนวณหาขนาดเฟือง	9
2.3 การใช้ระบบไฮครอลิกส์	11
2.4 การคำนวณหาคุณสมบัติของวัสดุ	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่อง	13
3.1 การออกแบบ	13
3.2 ส่วนประกอบของเครื่อง	14
3.2.1 โครงเครื่อง	14
3.2.2 ชุดส่งกำลัง	16
3.2.3 ชุดขึ้นรูป	20
บทที่ 4 การทดลอง	22
4.1 วิธีการทดลองและการขึ้นรูปของกระถางต้นไม้	22
4.2 การทดลองกับ Hydraulic pressure	24
4.3 การทดลองกับเครื่องที่สร้างขึ้น	26
4.4 ตารางผลการทดสอบโดยใช้ Hydraulic pressure	28
4.5 ตารางผลการทดสอบโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้น	30
4.6 วิธีการทดสอบ	32
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	34
5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	34
5.2 การเปรียบเทียบกระถางที่ได้จากเครื่องที่พัฒนามากับเครื่องแบบเก่า	35
ภาคผนวก ก	36
ภาคผนวก ข	38
เอกสารอ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลต่างๆที่ได้จากชุดไฮดรอลิกส์	28
ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลต่างๆที่ได้จากการใช้เครื่องที่สร้างขึ้น	31
ภาคผนวก ข	
ตารางที่ ข1 แสดงค่าความชื้นของวัสดุ	39
ตารางที่ ข2 แสดงความสามารถในการรีดน้ำออกของเครื่อง	39
ตารางที่ ข2 แสดงความสามารถในการรีดน้ำออกของเครื่อง (ต่อ)	40
ตารางที่ ข3 แสดงค่าความชื้น ธรรมดาอื่นที่ 1	40
ตารางที่ ข4 แสดงค่าความชื้นธรรมดาอื่นที่ 2	41
ตารางที่ ข5 แสดงค่าความชื้นธรรมดาอื่นที่ 1	41
ตารางที่ ข6 แสดงค่าความชื้นธรรมดาอื่นที่ 2	42
ตารางที่ ข7 แสดงค่าความชื้นธรรมดาอื่นที่ 1	42
ตารางที่ ข8 แสดงค่าความชื้นธรรมดาอื่นที่ 2	42
ตารางที่ ข9 แสดงค่าความชื้น แรงกดทางแนวตั้งและแรงกดด้านข้าง	43
ตารางที่ ข10 แสดงค่าความชื้น แรงกดทางด้านบนและแรงกดด้านข้าง	43
ตารางที่ ข11 แสดงค่าความชื้น แรงกดทางด้านบนและแรงกดด้านข้าง	44
ตารางที่ ข12 แสดงค่าความชื้น แรงกดทางด้านบนและแรงกดด้านข้าง	44
ตารางที่ ข13 แสดงค่าความชื้น แรงกดทางด้านบนและแรงกดด้านข้าง	45
ตารางที่ ข14 แสดงค่าความชื้น แรงกดทางด้านบนและแรงกดด้านข้าง	45
ตารางที่ ข15 แสดงความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาขึ้นรูป	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 1.1 ผักตบชวาตามแหล่งน้ำต่างๆ	1
รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะของต้นและดอกของผักตบชวาตามแหล่งน้ำธรรมชาติ	3
รูปที่ 1.3 เครื่องจักรสานที่ทำจากผักตบชวา เช่น เก้าอี้ กระจเป่า ตะกร้า	3
รูปที่ 1.4 ลักษณะของเส้นใยผักตบชวาที่ปั่น โดยละเอียด	5
รูปที่ 1.5 กระจถาดต้นไม้ที่ทำจากผักตบชวาโดยใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้น	6
รูปที่ 1.6 แสดงการทดสอบอายุการใช้งานของกระจถาด	6
รูปที่ 2.1 ฟีนเฟืองแสดงลักษณะการขบกันและส่งกำลังของเฟืองขับและเฟืองตาม	8
รูปที่ 2.2 เฟืองตรง	8
รูปที่ 2.3 แสดงชุดเฟืองทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย ชุดส่งกำลังและชุดคดขึ้นรูป	10
รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของเฟืองซึ่งเป็นชุดส่งกำลังมาจากการออกแรงกดของผู้ทดลอง	10
รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานของชุดเฟืองที่ใช้ส่งแรงกดไปยังบล็อกล็อกขึ้นรูปกระจถาดเป็นแรงกดในแนวตั้ง	11
รูปที่ 2.6 การทำงานของไฮดรอลิกส์	12
รูปที่ 2.7 เครื่องกดไฮดรอลิกส์	12
รูปที่ 3.1 เครื่องที่ออกแบบเก่าและเครื่องที่ออกแบบใหม่	13
รูปที่ 3.2 เป็น โครงเครื่องทำจากเหล็กกล่อง โดยนำมาเชื่อมประกอบกัน	14
รูปที่ 3.3 โครงเหล็กสำหรับประกอบเครื่องเป็นส่วนของฐานและส่วนยึดติดของเฟือง	14
รูปที่ 3.4 โครงเหล็กยาว 3 อันมาทำเป็นแกนเครื่องเพิ่มความแข็งแรง	15
รูปที่ 3.5 โครงเหล็กด้านบนใช้สำหรับติดตั้งชุดส่งกำลัง	15
รูปที่ 3.6 แท่นวางบล็อกล็อกขึ้นรูป	16
รูปที่ 3.7 แสดงชุดส่งกำลังของเครื่อง	16
รูปที่ 3.8 แสดงการติดตั้งเพลากับตุ๊กตา	17
รูปที่ 3.9 แสดงการขบกันของเฟือง 2 ชุด ด้านซ้ายเป็นเฟืองบนกับเฟืองล่าง ส่วนด้านขวาเป็นเฟืองที่ขับเฟืองตรง	17
รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะของมือกด	18
รูปที่ 3.11 เฟืองตัวบนเป็นเฟืองขับรับแรงจากมือกด	18
รูปที่ 3.12 เฟืองตัวล่างเป็นเฟืองตามรับแรงจากเฟืองตัวบน	19

เอกสารรูปที่ 3.13 กเฟืองที่ขับเฟืองตรง โดยรับแรงมาจากเพลาคับที่ขับเฟืองล่าง อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้าที่	
รูปที่ 3.14	เฟืองตรงมีลักษณะเป็นเส้นตรงและมีร่องเฟืองยาวตลอดแนว	19
รูปที่ 3.15	ส่วนของตุ๊กตามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ภายในเป็นลูกปืน	20
รูปที่ 3.16	ชุดขึ้นรูปประกอบด้วย 3 ส่วน คือ บล็อก หัวกด และ ตัวดัน	20
รูปที่ 3.17	เครื่องที่สร้างขึ้น	21
รูปที่ 4.1	ผักตบชวาจากแหล่งธรรมชาติ เช่น คลอง บ่อน้ำ แม่น้ำ	22
รูปที่ 4.2	นำผักตบชวาเป็นก้านมาหั่นเป็นชิ้นเล็กเพื่อนำไปปั่นละเอียดต่อไป	22
รูปที่ 4.3	ผักตบชวาที่หั่นและสับเพื่อทำให้เล็กลงอีกเป็นการเตรียมวัสดุก่อนการนำไปปั่น	23
รูปที่ 4.4	นำผักตบชวาไปปั่นโดยใช้เครื่องปั่นซึ่งสามารถปั่นได้ละเอียด	23
รูปที่ 4.5	หลังจากการปั่นแล้วลักษณะเส้นใยจะเป็นตั้งรูปเส้นใยจะมีความละเอียดมาก	23
รูปที่ 4.6	เครื่อง Hydraulic pressure ใช้เป็นต้นกำลังในการขึ้นรูปกระถาง	24
รูปที่ 4.7	นำผักตบชวาที่ปั่นละเอียดมาบรรจุในบล็อกจนเต็มบล็อก	24
รูปที่ 4.8	ใช้ Hydraulic pressure เป็นต้นกำลังในการกด	25
รูปที่ 4.9	กระถางต้นไม้จากผักตบชวาโดยใช้ Hydraulic pressure เป็นต้นกำลัง	25
รูปที่ 4.10	เครื่องที่สร้างขึ้นมาพร้อมที่จะทดลองแล้ว	26
รูปที่ 4.11	การบรรจุผักตบชวาลงไปในบล็อก	26
รูปที่ 4.12	การกดขึ้นรูปและการรีดน้ำของเครื่องที่สร้างขึ้น	27
รูปที่ 4.13	การกดหัวกดลงไปสุดและยกออกเพื่อที่จะเอากระถางออกจากบล็อก	27
รูปที่ 4.14	การดันกระถางออกจากบล็อก	27
รูปที่ 4.15	แสดงกระถางที่ได้จากเครื่องที่สร้างขึ้น	28
รูปที่ 4.16	แสดงการทดสอบความแข็งแรงของกระถาง	33
รูปที่ 5.1	การขึ้นรูปโดยใช้แรงคน	34
รูปที่ 5.2	การอัดขึ้นรูปโดยใช้ไฮดรอลิกส์	35
รูปที่ 5.3	เปรียบเทียบกระถางที่ได้จากเครื่องที่พัฒนามาพร้อมกับเครื่องแบบเก่า	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนภูมิ

	หน้าที่
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้กดเพื่อขึ้นรูปกับความขึ้น	29
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้กดเพื่อขึ้นรูปกับ แรงที่ทำให้กระถางเสียหายจากแนวตั้ง	30
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้กดเพื่อขึ้นรูปกับ แรงที่ทำให้กระถางเสียหายจากด้านข้าง	30
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของวัสดุที่ใช้ขึ้นรูปกับค่าความขึ้น	32
แผนภูมิที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของวัสดุก่อนอัดกับ แรงที่ทำให้กระถางเสียหายจากแนวตั้ง	32
แผนภูมิที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของวัสดุกับ แรงที่ทำให้กระถางเสียหายจากด้านข้าง	33



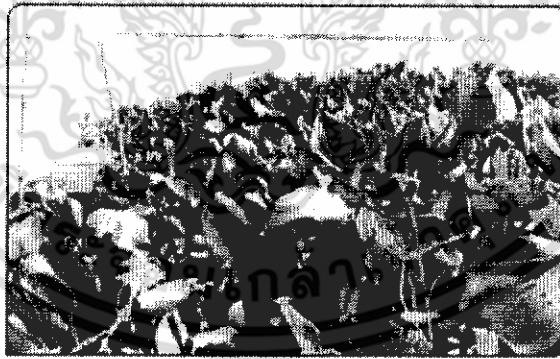
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ฝักตบขวาเป็นวัชพืชประเภทลอยน้ำมีความคงทน ต่อคลื่นฟ้าอากาศได้อย่างดีเยี่ยมมีดอกสีม่วงอ่อนนงงาม คล้ายช่อดอกกล้วยไม้และแพร่พันธุ์เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วมีชื่อเรียกในแต่ละท้องถิ่นไม่เหมือนกันเช่น ฝักปอด, สวะ, ฝักโรค, ฝักตบขวา, ฝักยะวา, ฝักอีโยก เป็นต้น ฝักตบขวาเป็นพืชพื้นเมืองของทวีปอเมริกาใต้ เข้าใจว่ามีการกำเนิดอยู่ในประเทศบราซิลแม้ว่าในปัจจุบันฝักตบขวาจะเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายทั่วโลก แต่เอกสารทางพฤกษศาสตร์ไม่ได้เคยมีบันทึกเรื่องฝักตบขวาเลยจนกระทั่งถึงปี พ.ศ.2367 เมื่อนักพฤกษศาสตร์และนายแพทย์ชาวเยอรมันชื่อ Karl von Martius ได้ไปพบเข้าในขณะที่ทำการสำรวจพันธุ์พืชในบราซิล ในประเทศต่างๆ ในทวีปอเมริกาใต้ ฝักตบขวาไม่ได้ก่อให้เกิดปัญหาใดๆ ให้แก่วงการต่างๆ เลย ทั้งนี้ก็เพราะว่าในถิ่นกำเนิดของมัน มีศัตรูธรรมชาติเช่น แมลง โรค และศัตรูอื่นๆ คอยควบคุมการระบาดของอยู่แล้ว แต่เมื่อถูกนำไปจากถิ่นกำเนิดซึ่งปราศจากศัตรูธรรมชาติ ฝักตบขวาจึงเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและถึงขั้นทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ได้



รูปที่ 1.1 ฝักตบขวาตามแหล่งน้ำต่างๆ

ประวัติการแพร่กระจายของฝักตบขวา จากถิ่นเดิมในอเมริกาใต้ไปยังส่วนต่างๆ ของโลก ในช่วงระยะเวลาไม่ถึง 100 ปีนี้เป็นเรื่องที่น่าสนใจ ควรแก่การศึกษาเป็นอย่างยิ่ง เท่าที่มีการบันทึกไว้เป็นหลักฐาน ฝักตบขวาได้ถูกนักธุรกิจชาวญี่ปุ่น นำไปแสดงนิทรรศการ (Cotton State Exposition) ณ เมืองนิวยอร์กลินส์ รัฐหลุยเซียนา สหรัฐอเมริกาเมื่อปี 2427 โดยการไปเก็บมาจากแม่น้ำโอริโนโกในประเทศเวเนซุเอลาในทวีปอเมริกาใต้ แล้วแจกเป็นของที่ระลึกแก่บุคคลสำคัญที่มาเที่ยวชมคนละคันหลังจากงานนั้น 11 ปี แม่น้ำเซนต์จอร์ห์น ในรัฐฟลอริดาซึ่งอยู่ห่างจากเมืองนิวยอร์กลินส์ไปทางใต้ถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เขียนและตีพิมพ์ขึ้นในเพื่อประโยชน์ของนักศึกษาและผู้สนใจเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

600 ไมล์ เกิดมีแพ็คตบชวาวาวถึง 100 ไมล์ และคลุมบริเวณห่างจากฝั่งไป 200 ฟุต แพ็คตบชวาเหล่านี้เป็นอุปสรรคต่อการทำงานของโรงเลื่อย เพราะซุงไม่สามารถจะลอยเข้าไปยังโรงเลื่อยได้ จนในที่สุด รัฐฟลอริดาได้ร้องเรียนไปยังรัฐสภาเพื่อขอความช่วยเหลือในด้านการป้องกันกำจัดแพ็คตบชวา

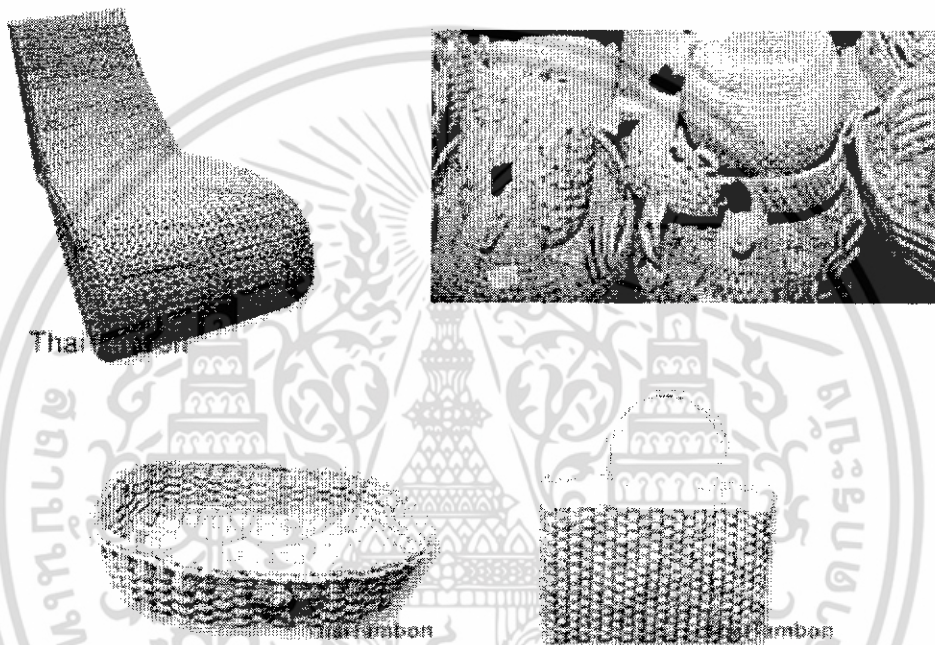
ในปี 2424 ชาวคัทซ์ที่ปกครองประเทศอินโดนีเซียได้นำแพ็คตบชวา ซึ่งขณะนั้นมีปลุกกันเฉพาะในสวนพฤกษชาติในหลายประเทศในทวีปยุโรป เข้ามายังประเทศอินโดนีเซียเพราะแพ็คตบชวามีดอกสีฟ้าเป็นช่อตั้งสวยงามคล้ายคลึงกับดอก hyacinth ซึ่งเป็นไปประดับของประเทศในเขตอบอุ่น คำว่า water hyacinth อันเป็นชื่อสามัญภาษาอังกฤษของแพ็คตบชวา ก็ถือกำเนิดมาจากคำนี้เอง เมื่อแรกนำเข้าก็ได้ปลุกเลี้ยงไว้อย่างดีในสวนพฤกษชาติที่เมืองโบกอร์ แต่ต่อจากนั้นไม่นานก็แพร่กระจายไปตามลำน้ำต่างๆอย่างรวดเร็ว

ตามประวัติกล่าวว่าแพ็คตบชวาเริ่มเข้ามาในเมือง ไทยตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 5 คือในปีพ.ศ.2444 โดยครั้งนั้นเจ้า นายฝ่ายในตามเสด็จประพาสที่ประเทศลาว (อินโดนีเซีย) ได้เห็นพืชชนิดนี้ออกดอกสวยงามทั่วไป จึงได้แยกต้นกลับมาปลูกในประเทศไทย และใส่อ่างดินเลี้ยงไว้หน้าสนามวังสระปทุม และเพิ่มจำนวนมากขึ้น จนกระทั่งน้ำท่วมวังสระปทุมทำให้ น้ำตบชวาล่องลอยกระจายไปตามแม่น้ำลำคลองทั่วไปและ แพร่พันธุ์จำนวนมาก อันเป็นปัญหาอุปสรรคต่อกรมคมนาคม ทางน้ำ และการระบายน้ำทางชลประทาน ตั้งแต่นั้นมาคนไทยจึงมีความคุ้นเคยกับแพ็คตบชวาแพ็คตบชวาเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ง่าย แต่เดิมนั้นเป็นเพียง วัชพืชรากไม่มีคุณค่าแต่อย่างใด ชาวบ้านเพียงแต่นำ ยอดอ่อนมาปรุงเป็นอาหาร และนำน้ำลำต้นมาหมักเป็นปุ๋ยหมัก เท่านั้น นอกจากนั้นยังคิดขวาง การสัญจรทางน้ำ ดังนั้นจึงมีผู้คิดค้นนำแพ็คตบชวา มาทำให้เกิดประโยชน์โดยดัดแปลงเป็นของใช้ชนิดต่างๆ เช่น ตะกร้า กระเป๋า หมวก รองเท้า เป็นต้น แต่มีข้อเสียคือเชื้อรา ติดขึ้นได้ง่าย ซึ่งป้องกันโดยวิธีใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราและระวังความชื้น เพื่อรักษาสภาพแพ็คตบชวาและเพิ่มความสวยงามควรทาน้ำมันวานิช ซึ่งได้จากร้านวัสดุก่อสร้างโดยทั่วไป มีราคาประมาณ 35 - 40 บาท สามารถทำผลิตภัณฑ์ได้ 2 - 10 ชิ้นแล้วแต่ขนาดของผลิตภัณฑ์ ปัญหาที่สำคัญของแพ็คตบชวา คือในช่วงฤดูฝน แพ็คตบชวาทากแห้ง มักจะขึ้นและขึ้นราทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่มีคุณภาพขาดความสวยงามและมักขาดแคลนในช่วงนี้การที่มีแพ็คตบชวาแห้งเพื่อใช้ผลิตภัณฑ์ตลอดทั้งปีนั้นต้องมีการซื้อเก็บกักตุนไว้ทำให้ต้องเพิ่มต้นทุน แทนที่จะใช้เป็นทุนหมุนเวียนได้อาจจะแก้ปัญหาในช่วงฤดูฝนด้วยการใช้วิธีอบแห้งแต่ต้องคำนึงถึงคุณภาพและต้นทุนในการทำด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะของต้นและดอกของผักตบชวาตามแหล่งน้ำธรรมชาติ



รูปที่ 1.3 เครื่องจักรสานที่ทำจากผักตบชวา เช่น แก้ว อี กระเป๋า ตะกร้า

#### 1.1.1 ข้อจำกัดของผักตบชวา

ผักตบชวาจะเจริญเติบโตได้ดี ต้องมีระดับน้ำประมาณ 50-80 เซนติเมตร เท่านั้น หากระดับลึกเกิน 1 เมตรขึ้นไป ผักตบชวาจะไม่เจริญเติบโตดีเท่าที่ควร ยิ่งน้ำลึก ยิ่งไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของผักตบชวา และพบว่าผักตบชวาจะเจริญเติบโตได้ดีในสระน้ำนิ่ง และน้ำที่ไหลรวมลงในสระเป็นน้ำที่พัดพานำสิ่งปฏิกูลต่าง ๆ เป็นลักษณะน้ำค้ำจะเจริญเติบโตได้ดีมาก

#### 1.1.2 วิธีการปลูก

การปลูกผักตบชวาของสมาชิก คือ นำผักตบชวาต้นเล็ก ๆ มาปล่อยลงในสระน้ำ กระจายเต็มพื้นที่พอประมาณและมีการหว่านปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตราไร่ละประมาณ 50-80 กิโลกรัม โดยหว่าน 2 ครั้ง ครั้งแรกเมื่อผักตบชวาอายุได้ 1 เดือน และครั้งที่สองเมื่อผักตบชวาอายุได้ 2 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.1.3 อายุและการใช้ประโยชน์จากผักตบชวา

ผักตบชวาที่ปลูกไว้เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว อายุประมาณ 3-4 เดือน เป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้แปรรูปผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะยาวประมาณ 80-100 เซนติเมตร จึงจะเหมาะสมกับการใช้งาน

### 1.1.4 ความแตกต่างระหว่างผักตบชวา กับผักตบไทย

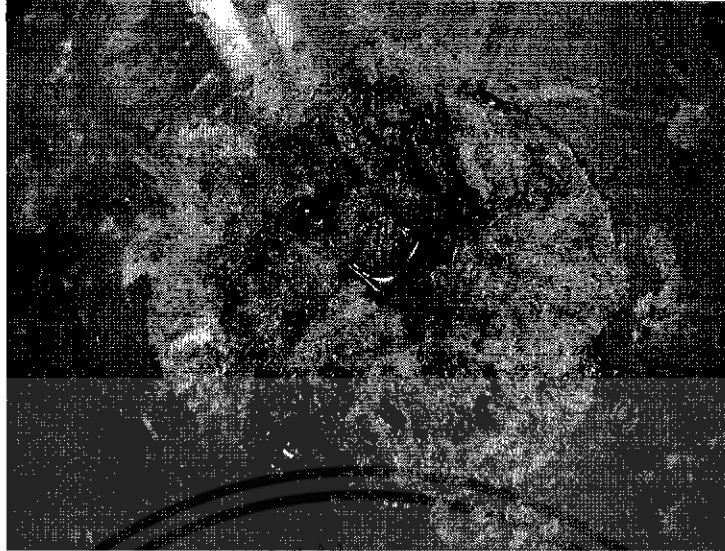
ผักตบไทย เป็นไม้ล้มลุก มีเหง้าใบ เป็นใบเดี่ยวรูปหัวใจ แฉกยาว ใบกว้าง 2 - 5 นิ้ว ก้านใบกลมโป่งพอง แต่ไม่พองมากเหมือนผักตบชวา ใบสีเขียวเข้มกว่าผักตบชวา ดอก สีน้ำเงินม่วง การขยายพันธุ์โดยการแยกกอ

### 1.1.5 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผักตบชวา

คุณสมบัติของผักตบชวาที่ได้ศึกษาเรื่องโยนนั้น ใบและลำต้นเป็นสีเขียว ในลำต้นของผักตบชวาจะมีลักษณะกลวงและมีใบที่มีอยู่ในแกนลำต้น ซึ่งใบจะมีความยาวเท่ากับแกนลำต้นจะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อเก็บผักตบชวามาหั่นกอนั้นเป็นไปได้อย่างยากเพราะมีการเกาะตัวกันในแกนลำต้นทำให้เกิดความยืดหยุ่น ซึ่งผู้วิจัยได้สังเกตเห็นถึงปัจจัยสำคัญในข้อนี้จึงได้คิดหาแนวทางนำผักตบชวามาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆเพื่อให้เกิดประโยชน์ ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองและพบว่าผักตบชวาสามารถนำมาขึ้นรูปทำเป็นกระถางต้นไม้ซึ่งสามารถย่อยสลายไปตามธรรมชาติ และสามารถเป็นปุ๋ยแก่ต้นไม้ได้ ผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากผักตบชวานั้น ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีผักตบชวามากมายในปัจจุบันได้มีการประดิษฐ์เป็นสิ่งของกันมากหลายรูปแบบ โดยคำนึงถึงประโยชน์ของการใช้สอยเป็นหลัก และได้มีการนำออกมาวางจำหน่ายให้เห็นเป็นประจำ ส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปทางหัตถกรรมด้านฝีมือ และอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เป็นไปได้ว่าการนำผักตบชวามาใช้การเกษตรก็ทำให้ก่อประโยชน์ได้หลายๆด้าน ไม่ใช่แค่การนำมาทำเป็นปุ๋ยแต่อย่างเดียว ซึ่งการทำกระถางเพาะปลูกนั้นก็ เป็นอีกแนวคิดหนึ่งที่จะทำการเกษตรในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบการนำพืชมาแปรรูปให้แทนถุงพลาสติกเพาะกล้า โดยที่ใช้เวลาได้ไม่นานมากเพราะเมื่อต้นออกรากก็จะทะลุ สามารถนำไปลงหลุมเพาะที่เตรียมไว้ได้เลย

### 1.1.6 คุณสมบัติของเส้นใยผักตบชวา

- (1) เส้นใยมีลักษณะยาวเกาะตัวได้ดี
- (2) เส้นใยยังมีความละเอียดยังมีประสิทธิภาพในการขึ้นรูป
- (3) สามารถใช้ผสมกับวัสดุอื่นได้ เช่น กาวผง หรือ แป้งเปียก



รูปที่ 1.4 ลักษณะของเส้นใยฝักตบชวาที่ปั่นโดยละเอียด

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการการทำงานของเครื่องขึ้นรูป
- 1.2.2 ศึกษาคุณสมบัติกระดาษต้นไม้มือทำจากฝักตบชวา
- 1.2.3 พัฒนาเครื่องขึ้นรูปฝักตบชวา และทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องขึ้นรูปฝักตบชวา

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาเครื่องขึ้นรูปกระดาษต้นไม้มือโดยใช้ฝักตบชวาที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นคือสามารถขึ้นรูปได้สวยงามและแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นจากเครื่องเดิมได้ จากนั้นศึกษาการใช้แรงกดที่ใช้ในการขึ้นรูปและหาวิธีที่เหมาะสมมาสร้างเครื่องและทดลองดูว่าเหมาะสมหรือไม่

นอกจากนั้นในโครงการนี้ยังถือว่าเป็นโครงการที่ทดลองสร้าง เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้งาน ดังนั้นจึงมีข้อจำกัดของข้อมูลอยู่บ้าง

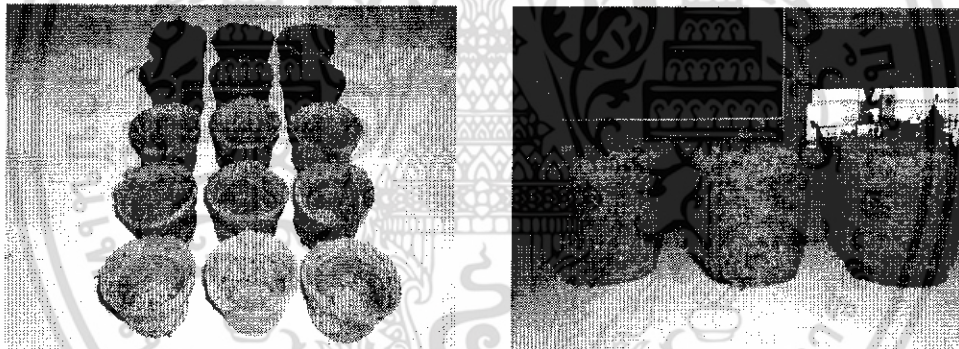
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.4.1 ศึกษาการทำงานของเครื่องต้นแบบ
- 1.4.2 ศึกษาหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเฟืองมาเพิ่มเติม
- 1.4.3 ออกแบบและสร้างเครื่อง
- 1.4.4 พัฒนาล็อกอัปเดตขึ้นรูป
- 1.4.5 ทดสอบประเมินผลหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง
- 1.4.6 สรุปผลการทดลอง จัดทำรายงาน

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถได้กระดางต้นไม้ออกจากการขึ้นรูปโดยใช้ผักตบชวาเป็นวัสดุ
- 1.5.2 สามารถช่วยลดมลภาวะทางน้ำ



รูปที่ 1.5 กระดางต้นไม้ออกจากผักตบชวาโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้น



รูปที่ 1.6 แสดงการทดสอบอายุการใช้งานของกระดาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

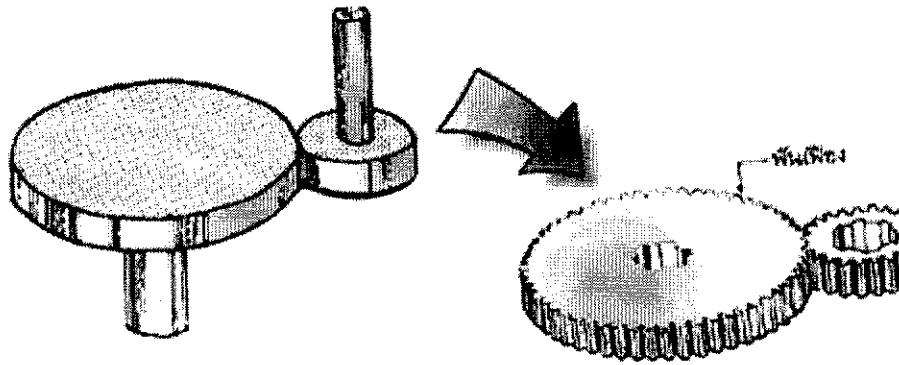
## บทที่ 2

### ทฤษฎีเกี่ยวกับเฟือง

ลูกกลิ้งที่มีฟันเฟืองที่ขบโดยรอบ เรียกว่า จักรเฟือง ใช้หลักการผ่อนแรงคล้ายกับคว้าน ลักษณะหลักที่ต่างกันก็คือ วงจักรเฟืองสองวงหมุนรอบแกนคนละแกนซึ่งเรียกว่า เพลา แรงส่งจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งนั้นผ่าน โดยทางฟันของจักรเฟืองทั้งสองวงซึ่งจัดประสานซึ่งกันและกัน จักรทั้งสองหมุนไปพร้อมกัน ถ้าจักรวงใหญ่มีฟัน 50 ซี่ และวงเล็กมีฟันเพียง 10 ซี่ เมื่อวงใหญ่หมุนไปได้หนึ่งรอบ วงเล็กต้องหมุนตามไปถึง 5 รอบ ซึ่งเรียกว่า จักรเฟืองคู่นี้มีอัตราส่วนความเร็วหนึ่งต่อห้าจักรเฟือง จึงใช้สำหรับเปลี่ยนความเร็วในการหมุน ถ้าใช้กฎของงานในที่นี้ แรงพยายามที่ใช้หมุนจักรเฟืองวงเล็ก จะทำให้เกิดแรงหมุนในจักรเฟืองวงใหญ่ถึงห้าเท่า เพราะจักรเฟืองวงนี้หมุนช้ากว่าตามอัตราส่วนความเร็วของมัน เครื่องปั้นกรวดด้วยแบบพื้นบ้านที่ใช้กันมานานแล้ว เป็นแนวแนะให้เกิดการใช้โซ่สำหรับส่งแรงระหว่างจักรเฟืองสองวงดังเช่นที่ใช้ในรถจักรยาน ถ้าจักรที่ใช้ถีบรมมีฟัน 40 ซี่ และจักรที่หมุนดุมล้อมีฟัน 10 ซี่ คนขี่จักรยานถีบจักรหมุนไปหนึ่งรอบจะหมุนวงล้อไปได้สี่รอบ ถ้าวาล์วมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 เมตร ใช้ รถจักรยานก็จะแล่นไปได้ 8.80 เมตรและถ้าจักรยานยังมีเฟืองทดให้เร็วขึ้นเท่าไร ผู้ขับขี่ก็ต้องออกแรงถีบหนักขึ้นตามกัน

#### 2.1 หลักการของเฟือง

การถ่ายทอดการหมุนจากต้นกำลังนั้น ทำได้หลายวิธี เช่น ด้วยการใส่สายพาน โซ่ ล้อความฝืด เป็นต้น ล้อความฝืดก็คือ ล้อสองล้อที่ถูกกดให้ติดกัน เมื่อล้อหนึ่งหมุน หรือเป็นล้อขับก็จะทำให้ล้ออื่นหนึ่งหมุนตาม เพราะผิวหน้าของล้อทั้งสองเกิดความฝืด เนื่องจากการสัมผัส แต่ถ้าหากมีภาระมากๆ เช่น มีการส่งกำลังสูงๆ จะทำให้เกิดการลื่นไถล การส่งกำลังจึงไม่แม่นยำ เพื่อที่จะแก้ไขข้อเสียเหล่านี้ จึงได้มีการนำเอาฟันเฟืองมาติดไว้ที่ผิวของล้อโดยรอบล้อ จึงมีลักษณะเป็นล้อฟันเฟือง ซึ่งต่อๆมาเราจึงเรียกว่า "เฟือง" ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่สามารถส่งกำลังหรือถ่ายทอดการหมุนได้แม่นยำเที่ยงตรง และไม่มีการลื่นไถล ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ฟันเฟืองแสดงลักษณะการขบกันและส่งกำลังของเฟืองขับและเฟืองตาม

## 2.2 การใช้ระบบเฟืองตรง



รูปที่ 2.2 เฟืองตรง

### 2.2.1 การหาค่าโมดูล

$$m = \frac{D}{N} \quad (1)$$

เมื่อ  $D$  = pitch diameter, mm.

$N$  = number of teeth

$m$  = โมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 การคำนวณหาขนาดของเฟือง

กำหนดให้ฟันของเฟืองที่ 1 (เฟืองขับ) มี 40 ฟัน และมีโมดูลให้มีค่าเท่ากับ 2

จาก

$$m = \frac{D}{N}$$

เมื่อ  $D$  = pitch diameter, mm.

$N$  = number of teeth คือ 40 ฟัน

$$m = 2$$

$$\begin{aligned} D &= 2 \cdot 40 \\ &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

กำหนดให้ฟันของเฟืองที่ 2 (เฟืองตาม) มี 18 ฟัน และมีโมดูลให้มีค่าเท่ากับ 2

จาก

$$m = \frac{D}{N}$$

เมื่อ  $D$  = pitch diameter, mm.

$N$  = number of teeth คือ 18 ฟัน

$$m = 2$$

$$\begin{aligned} D &= 2 \cdot 18 \\ &= 36 \text{ mm} \end{aligned}$$

กำหนดให้ฟันของเฟืองที่ 3 (เฟืองขับเฟืองตรง) มี 26 ฟัน และมีโมดูลให้มีค่าเท่ากับ 2

จาก

$$m = \frac{D}{N}$$

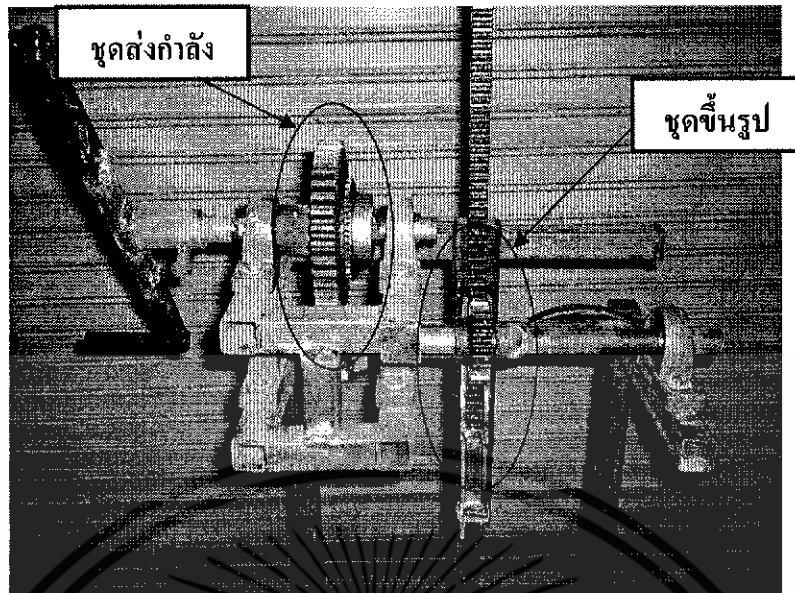
เมื่อ  $D$  = pitch diameter, mm.

$N$  = number of teeth คือ 26 ฟัน

$$m = 2$$

$$\begin{aligned} D &= 2 \cdot 26 \\ &= 52 \text{ mm} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

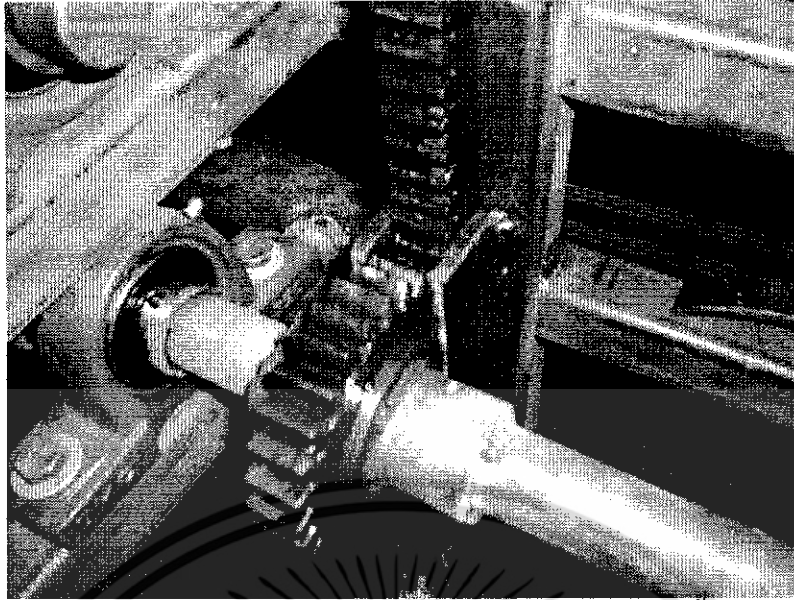


รูปที่ 2.3 แสดงชุดเฟืองทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย ชุดส่งกำลังและชุดกดขึ้นรูป



รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของเฟืองซึ่งเป็นชุดส่งกำลังมาจากการออกแรงกดของผู้ทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานของชุดเฟืองที่ใช้ส่งแรงกดไปยังบล็อกขึ้นรูปกระดาษ เป็นแรงกดในแนวตั้ง

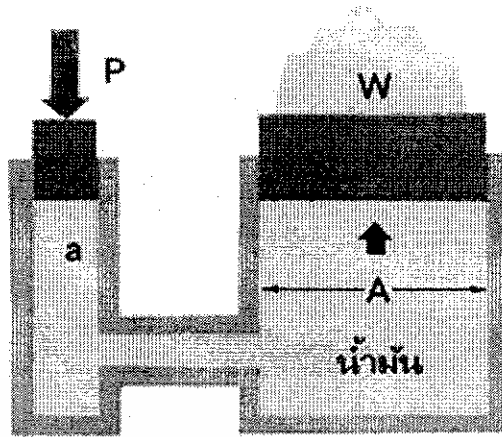
### 2.3 การใช้ระบบไฮดรอลิกส์

เครื่องผ่อนแรงที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อส่งแรงเรียกว่า เครื่องไฮดรอลิกส์พฤติกรรมธรรมชาติอย่างหนึ่งของของเหลวที่อยู่ในภาชนะที่ต่อถึงกัน คือ ขณะที่อยู่นิ่ง ๆ พื้นผิวอิสระจะอยู่เสมอระดับเดียวกันหมด เช่น ระดับน้ำในกาน้ำสูงเท่ากับระดับน้ำในพวยกา ทั้งนี้ ไม่ว่าพื้นผิววางของน้ำในพวยกาจะเล็กกว่าพื้นที่ของน้ำในกาเท่าไรก็ตาม

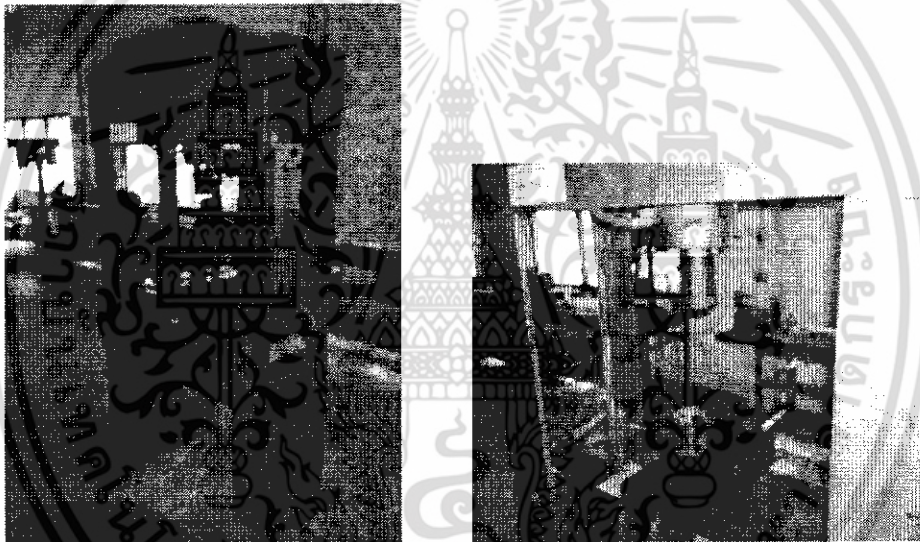
จากพฤติกรรมนี้ได้สรุปเป็นกฎไว้ว่า "ของเหลวภายในภาชนะซึ่งมีช่องทะลุถึงกันได้ ความดันในของเหลวที่ระดับเดียวกันจะต้องมีค่าเท่ากัน ในขณะที่ไม่มีกรไหล" ความดันคือแรงต่อหน่วยเนื้อที่

ถ้ามีกระบอกสูบสองกระบอก มีขนาดใหญ่อันหนึ่งและเล็กอันหนึ่ง มีท่อต่อให้น้ำมันภายในกระบอกทั้งสองไหลถึงกันได้ เมื่อกดลูกสูบเล็กลงน้ำมันจะถูกอัดไปดันให้ลูกสูบใหญ่ลอยขึ้น ถ้าออกแรงกด  $P$  บนลูกสูบเล็กซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด  $a$  จะเกิดแรงยก  $W$  ได้ลูกสูบใหญ่ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด  $A$  ตามกฎของปาสกาล ความดันของน้ำมันที่ระดับเดียวกันในกระบอกทั้งสองต้องเท่ากัน นั่นคือ  $P/a = W/A$  ดังนั้น ถ้าลูกสูบใหญ่มีพื้นที่หน้าตัดเป็น ๑๐ เท่าของอันเล็ก แรงที่ใช้กดบนลูกสูบเล็กจะเป็นเพียงหนึ่งในสิบของน้ำหนักที่ต้องการยกทางลูกสูบใหญ่นั้น นี่คือนักเกนซ์ที่ใช้ในแม่แรงไฮดรอลิกส์ทั้งหลายดังเช่นที่เราเห็นในอุ้งบริการรถยนต์ และตามข้อดันใบมีดของรถคันเกิ้ลยดิน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การทำงานของไฮดรอลิกส์



รูปที่ 2.7 เครื่องกดไฮดรอลิกส์

## 2.4 การคำนวณหาคุณสมบัติของวัสดุ

### 2.4.1 การคำนวณความขึ้น

$$\text{ความขึ้น \% } W_b = (\text{น.น.ก่อนอบ} - \text{น.น.หลังอบ}) / \text{น.น.ก่อนอบ} \quad (2)$$

### 2.4.2 การหาแรงที่ทำให้กระดางเสียหาย

$$\sum F = ma \quad (3)$$

เมื่อ  $m$  = มวลที่กดลงเครื่องชั่ง, กิโลกรัม

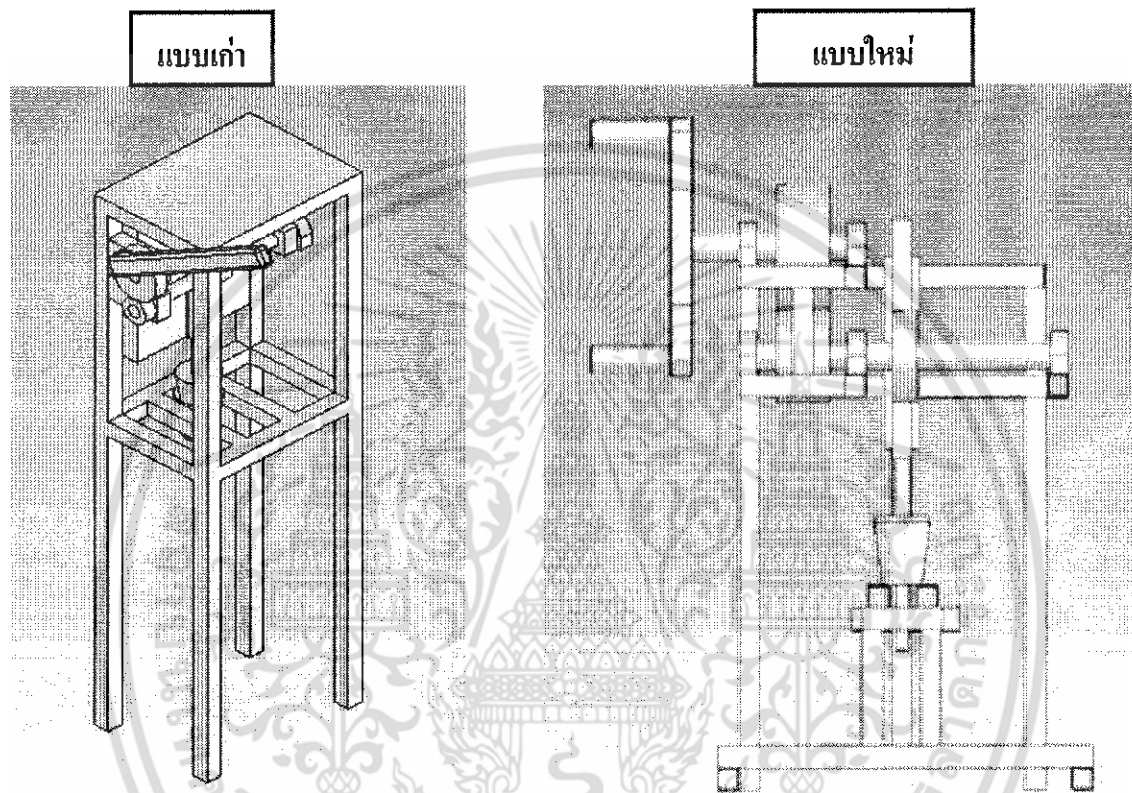
$$a = 10 \text{ m/s}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### การออกแบบและสร้างเครื่อง

##### 3.1 การออกแบบ



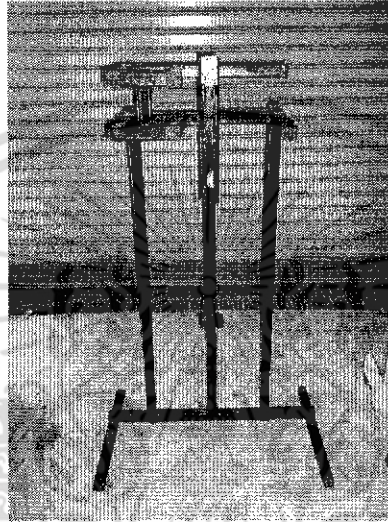
รูปที่ 3.1 เครื่องที่ออกแบบเก่าและเครื่องที่ออกแบบใหม่

เนื่องจากได้มีการวิเคราะห์แบบแล้วพบข้อบกพร่องคือ หลังคาของเครื่องขวางการเคลื่อนที่ของเฟืองตรงและฐานของเครื่องยังไม่เหมาะสมถ้าออกแรงกดมากๆเครื่องอาจจะคว่ำได้ จึงได้ทำการออกแบบใหม่ โดยเอาหลังคาออกและทำฐานให้มีพื้นที่รับน้ำหนักมากขึ้น

### 3.2 ส่วนประกอบของเครื่องแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

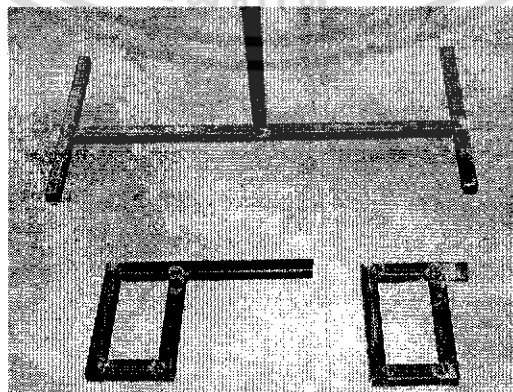
#### 3.2.1 โครงเครื่อง

โครงเครื่องเป็นโครงเหล็กทำจากเหล็กกล่อง โดยนำเหล็กดังกล่าวมาเชื่อมประกอบกันเป็นฐานของเครื่องและเป็นที่ยึดติดอุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นของเครื่องเช่น เฟือง ตั๊กตา เพลามือกด และอื่นๆ



รูปที่ 3.2 เป็นโครงเครื่องทำจากเหล็กกล่องโดยนำมาเชื่อมประกอบกัน

(1) การประกอบโครง นำเหล็กกล่องมาตัดทำเป็นฐานของเครื่องโดยประกอบเป็นรูปตัว H ดังรูปที่ โดยตัดเหล็กกลางยาว 75 ซม. และเหล็กข้าง 2 อันอันละ 45 ซม.และนำเหล็กกล่องมาตัดขนาด 0.43 ซม. 1 อัน 0.25 ซม. 3 อัน และ 0.10 ซม. 1 อันมาเชื่อมดังรูปไว้สำหรับใส่เฟืองแล้วเจาะรู 2 รูโดยดูระยะจากตั๊กตาให้มีความเหมาะสมทั้งสองด้าน



รูปที่ 3.3 โครงเหล็กสำหรับประกอบเครื่องเป็นส่วนของฐานและส่วนยึดติดของเฟือง

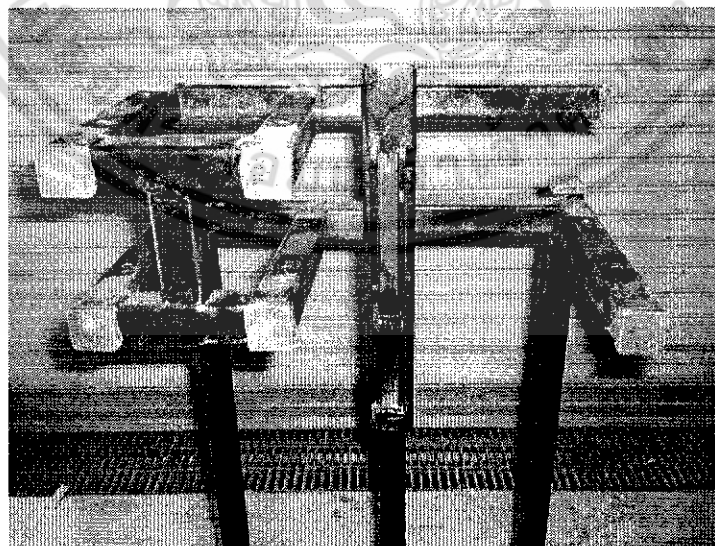
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) จากนั้นทำแกนกลางขึ้นไปจากศูนย์กลางของฐานโดยใช้เหล็กกล่องยาว 1.10 ซม. และข้าง สองด้านยาว 1.17 ซม. 2 อัน



รูปที่ 3.4 โครงเหล็กยาว 3 อันมาทำเป็นแกนเครื่องเพิ่มความแข็งแรง

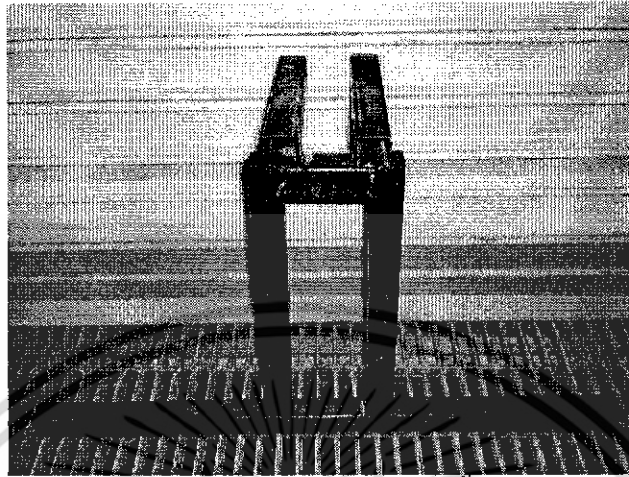
(3) จากนั้นนำอุปกรณ์ที่ทำข้างต้นมาเชื่อมประกอบสำหรับติดตั้งชุดส่งกำลัง



รูปที่ 3.5 โครงเหล็กด้านบนใช้สำหรับติดตั้งชุดส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ทำแท่นวางบล็อกตัดเหล็กกล่องขนาด 0.73 เมตร 1 อัน 0.35 เมตร 2 อัน 0.20 เมตร 2 อัน แล้วเชื่อมติดกัน

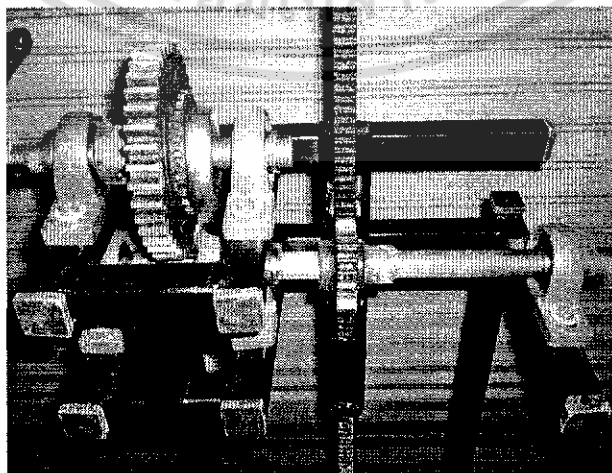


รูปที่ 3.6 แท่นวางบล็อกขึ้นรูป

### 3.2.2 ชุดส่งกำลัง

ชุดส่งกำลังเป็นการถ่ายโอนกำลังจากผู้ให้แรงกดมายังชุดขึ้นรูปโดยระบบส่งกำลังนี้เป็นแบบเฟือง โดยเครื่องนี้ใช้เฟืองตรงเป็นระบบส่งกำลัง จากการทดลองเครื่องสามารถกดได้เต็มที่ 2000 นิวตัน การทำงานเริ่มจากออกแรงกดที่มือกด เฟืองขับก็จะหมุนทำให้เฟืองตามหมุน เมื่อเฟืองตามหมุนเพลาที่ติดอยู่กับเฟืองก็จะหมุนส่งแรงไปที่เฟืองขับอีกตัว ซึ่งมีหน้าที่ขับเฟืองตรงอยู่ ทำให้เฟืองตรง เคลื่อนที่ในแนวตั้งได้เป็นแรงกดอัดขึ้นรูปต่อไป

(1) เฟืองตัวบนมีจำนวนฟัน 40 ฟัน และเฟืองตัวล่างมีฟัน 18 ฟัน เฟืองที่ใช้ขับเฟืองตรงมีฟัน 28 ฟัน ดังรูป เฟืองตรงยาว 0.87 เมตร โดยที่เฟืองตัวบนเป็นเฟืองขับรับแรงโดยตรงจากมือกดและส่งผ่านแรงไปยังเฟืองตรงที่มีหน้าที่กดอัดขึ้นรูป

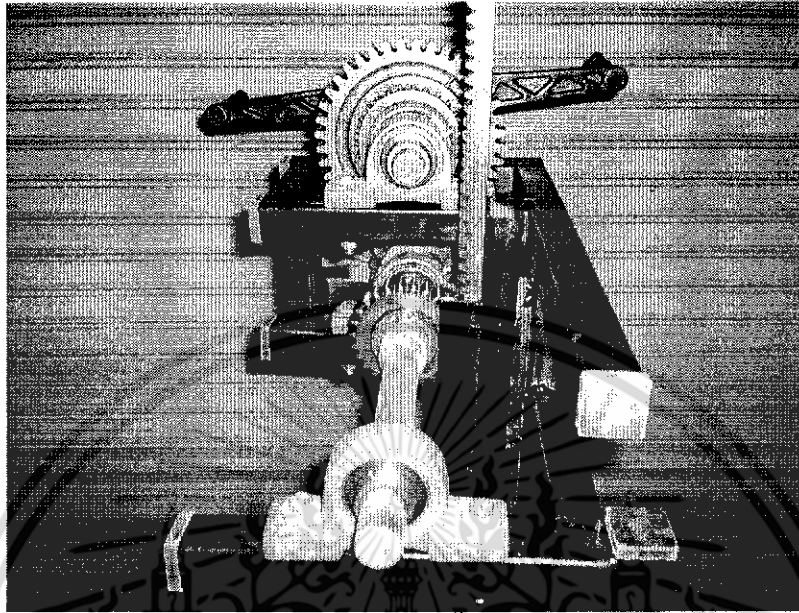


รูปที่ 3.7 แสดงชุดส่งกำลังของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.7 แสดงชุดส่งกำลังของเครื่อง เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

(2) กลึงเพลานาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2.5 ซม. ยาว 30 และ 50 ซม. สวมเฟืองติดตั้งเฟือง โดยใช้ตุ๊กตาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยึดเพลาทิ้งสองด้านซ้ายและขวา



รูปที่ 3.8 แสดงการติดตั้งเพลากับตุ๊กตา

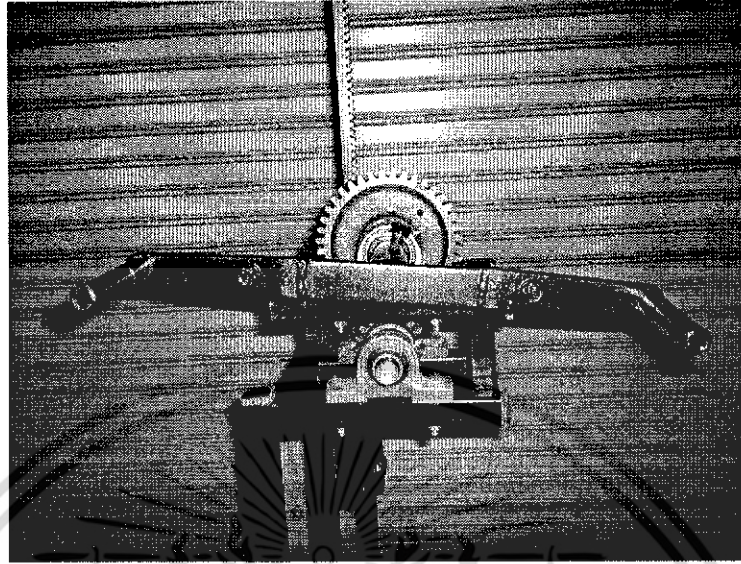


รูปที่ 3.9 แสดงการขบกันของเฟือง 2 ชุด ด้านซ้ายเป็นเฟืองบนกับเฟืองล่าง ส่วนด้านขวาเป็นเฟืองที่ขับเฟืองตรง

62322

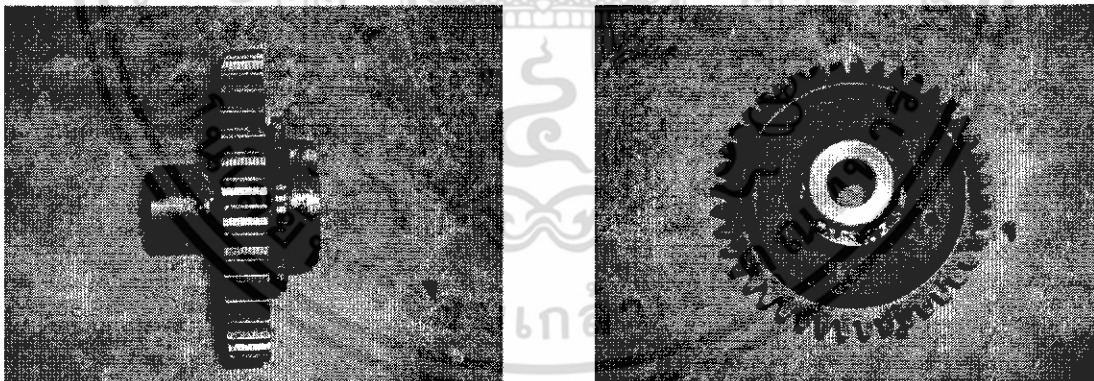
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) มือกดมีความยาว 47 ซม. ติดตั้งอยู่กับเพลาตัวที่ติดตั้งเฟืองขับ โดยมือกดมีด้ามจับสองด้านและสามารถหมุนได้ 360 องศา



รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะของมือกด

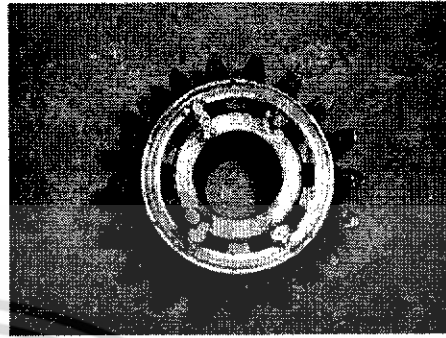
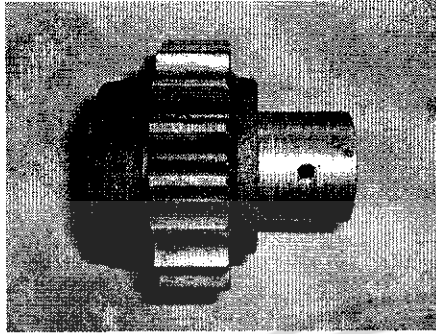
(4) เฟืองตัวบนสุดเป็นเฟืองขับรับแรงมาจากผู้ทดลอง โดยผ่านมือกดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 ซม. มีความหนา 2 ซม. ที่รูเฟืองมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. ทำจากเหล็กมีความแข็งแรงมากสามารถรับแรงได้ถึง 10-15 ตัน



รูปที่ 3.11 เฟืองตัวบนเป็นเฟืองขับรับแรงจากมือกด

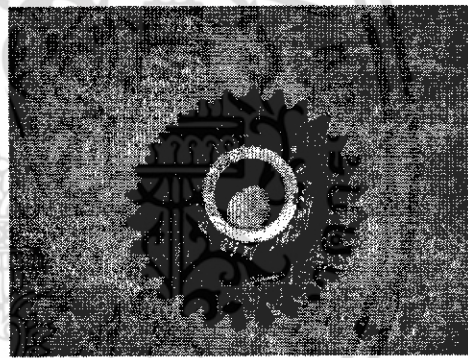
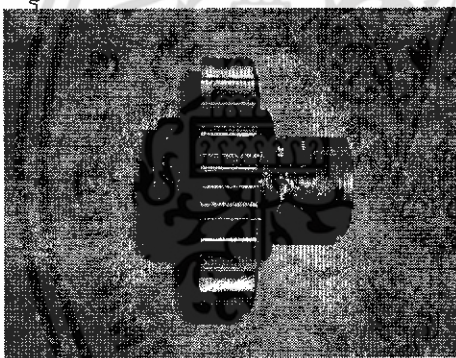
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) เฟืองตัวล่างเป็นเฟืองตามรับแรงมาจากเฟืองด้านบนโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.6 ซม. มีจำนวนฟันทั้งหมด 18 ฟัน มีความหนา 2.3 ซม. ที่รูเฟืองมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. ทำจากเหล็ก



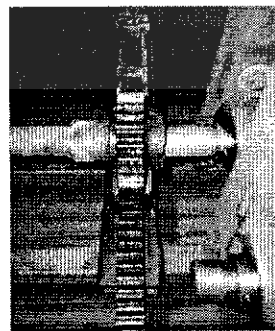
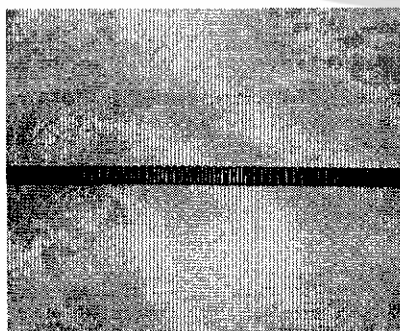
รูปที่ 3.12 เฟืองตัวล่างเป็นเฟืองตามรับแรงจากเฟืองด้านบน

(6) เฟืองที่ใช้ขับเฟืองตรงเฟืองนี้อยู่บนเพลลาเดียวกันกับเฟืองตัวล่างโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.2 ซม. มีจำนวนฟันทั้งสิ้น 28 ฟัน ที่รูเฟืองมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. ทำจากเหล็ก



รูปที่ 3.13 เฟืองที่ขับเฟืองตรงโดยรับแรงมาจากเพลลาที่ขับเฟืองล่าง

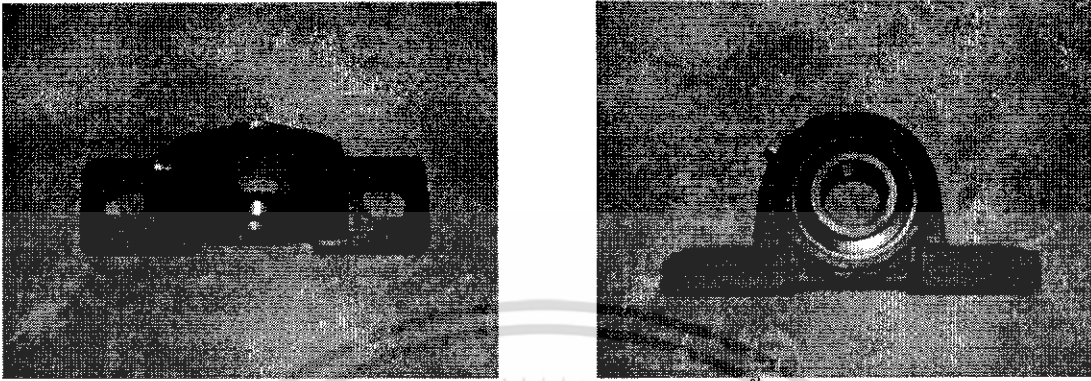
(7) เฟืองตรงเฟืองมีลักษณะเป็นเส้นตรงมีความหนา 1.5 ซม. ยาว 87 ซม. เคลื่อนที่ในแนวตั้งยึดติดกับชุดคดขึ้นรูป ทำหน้าที่ส่งแรงกดในแนวตั้ง



รูปที่ 3.14 เฟืองตรงมีลักษณะเป็นเส้นตรงและมีร่องเฟืองยาวตลอดแนว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

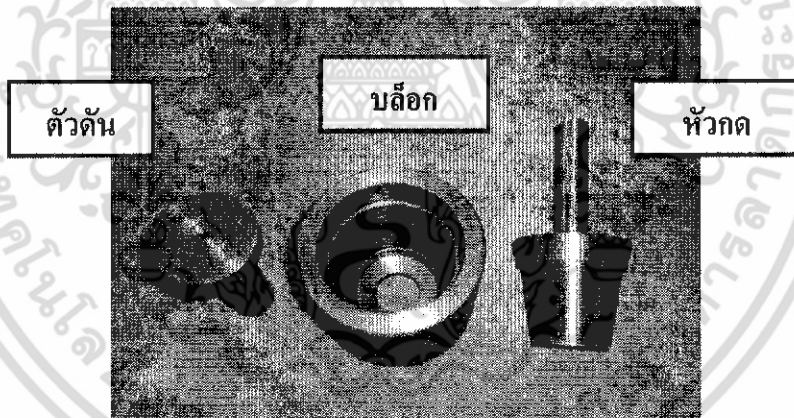
(8) ตู๊กตาทำหน้าที่ยึดติดกับเพลาและทำให้เพลาหมุน เมื่อออกแรงกดมือกดเฟืองก็จะหมุนทำให้เพลาหมุนตูกตาก็จะหมุนด้วยเนื่องจากข้างในตูกตามีลูกปืนอยู่



รูปที่ 3.15 ส่วนของตูกตามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ภายในเป็นลูกปืน

### 3.2.3 ชุดขึ้นรูป

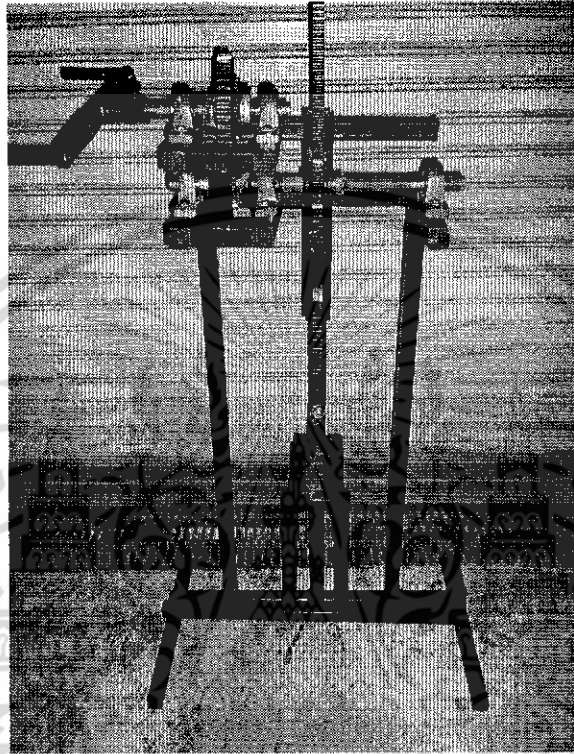
(1) ชุดขึ้นรูปประกอบด้วย 3 ส่วน คือ บล็อก หัวกด และ ตัวดัน ทำจากเหล็กมีความแข็งแรงมาก



รูปที่ 3.16 ชุดขึ้นรูปประกอบด้วย 3 ส่วน คือ บล็อก หัวกด และ ตัวดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำทุกส่วนมาประกอบกันจะได้เครื่องที่สร้างขึ้นใหม่ โดยการทำงานของเครื่องคือการทำงานเริ่มจากออกแรงกดที่มีอคคโดยการหมุน เฟืองขับก็จะหมุนทำให้เฟืองตามหมุน เมื่อเฟืองตามหมุนเพลลาที่ติดอยู่กับเฟืองก็จะหมุนส่งแรงไปที่เฟืองขับอีกตัว ซึ่งมีหน้าที่ขับเฟืองตรงอยู่ทำให้เฟืองตรง เคลื่อนที่ในแนวตั้งได้เป็นแรงกดอัดขึ้นรูปต่อไป



รูปที่ 3.17 เครื่องที่สร้างขึ้น

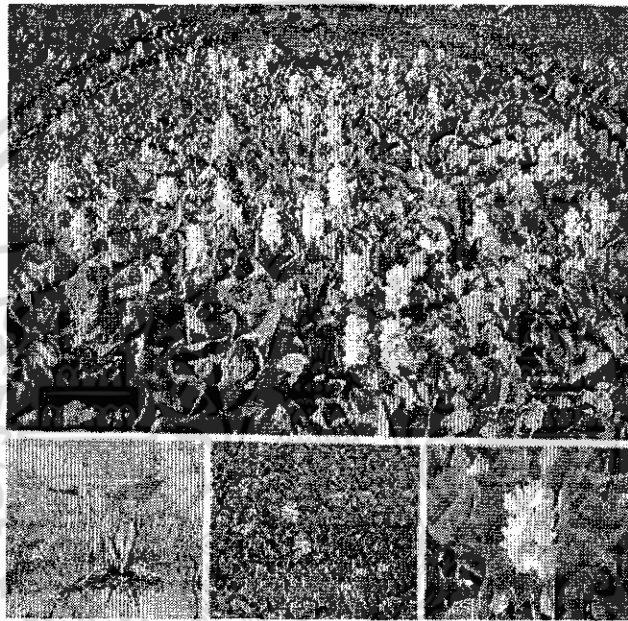
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลอง

#### 4.1 วิธีการทดลองการป้อนขึ้นรูปของกระดาษต้นไม้

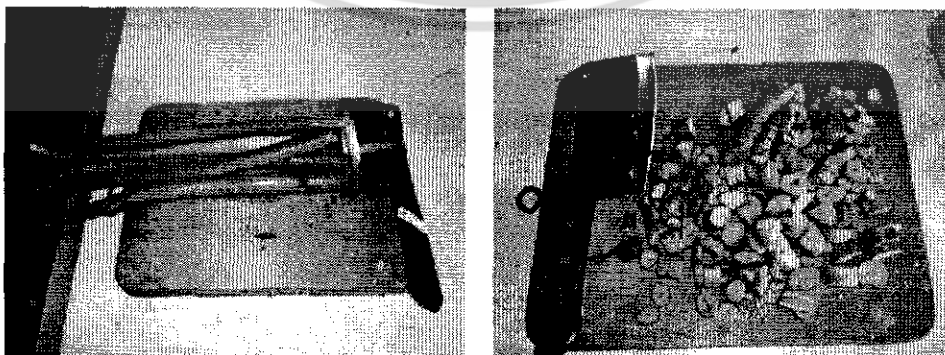
##### 4.1.1 เริ่มจากการไปเก็บผักตบชวาจากแหล่งน้ำต่างๆ



รูปที่ 4.1 ผักตบชวาจากแหล่งธรรมชาติ เช่น คลอง บ่อน้ำ แม่น้ำ

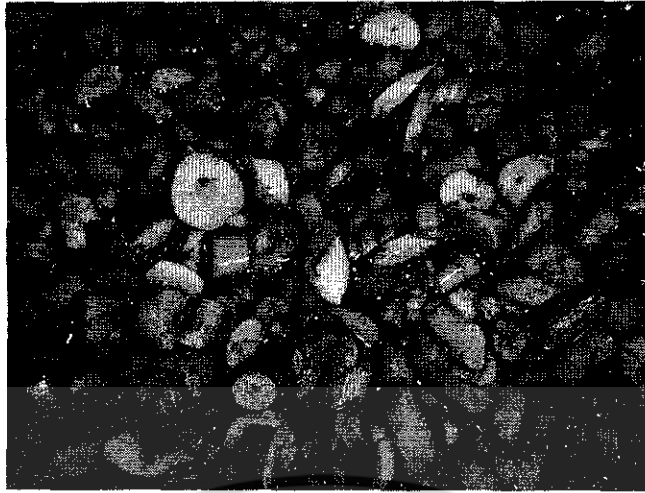
##### 4.1.2 ล้างให้สะอาดโดยใช้ผงซักฟอกเป็นการทำความสะอาดและกำจัดกลิ่นด้วย

##### 4.1.3 เมื่อล้างแล้วก็นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก



รูปที่ 4.2 นำผักตบชวาเป็นก้านมาหั่นเป็นชิ้นเล็กเพื่อนำไปปั่นละเอียดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผักตบชวาที่หั่นและสับเพื่อให้เล็กลงอีกเป็นการเตรียมวัสดุก่อนการนำไปป็น

4.1.4 จากนั้นนำไปป็นให้ละเอียด โดยใช้เครื่องป็นเพราะว่าผักตบชวาที่ป็นละเอียดจะสามารถขึ้นรูปได้ดี เมื่อป็นละเอียดแล้วผสมผงขาวอัตราส่วน ผักตบชวา 1 กิโลกรัมใช้ผงขาว 50 กรัมก็ถือว่าสิ้นสุดการเตรียมวัสดุ ต่อไปเป็นการขึ้นรูปกระถาง



รูปที่ 4.4 นำผักตบชวาไปป็น โดยใช้เครื่องป็นซึ่งสามารถป็นได้ละเอียด

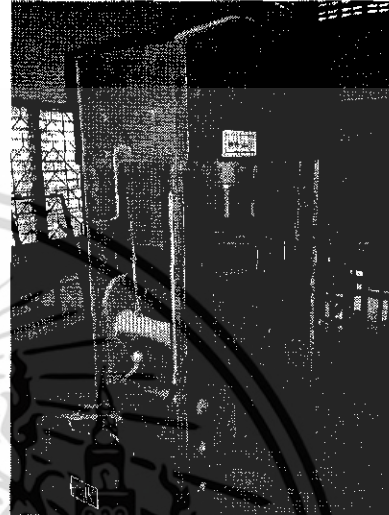
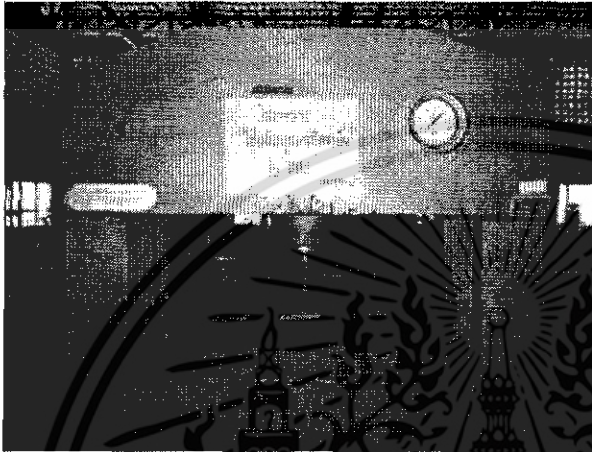


รูปที่ 4.5 หลังจากการป็นแล้วลักษณะเส้นใยจะเป็นดังรูป เส้นใยจะ

มีความละเอียดมาก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

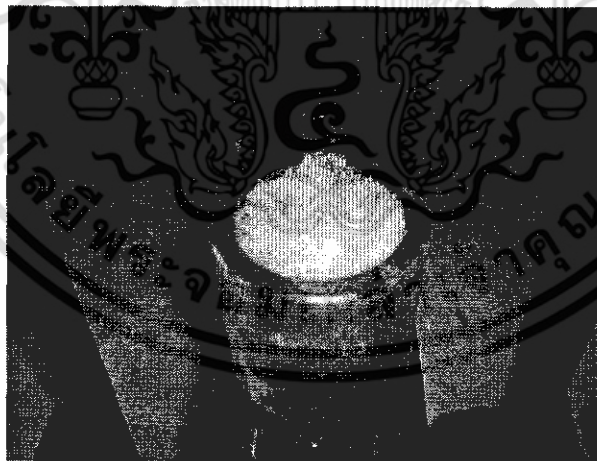
4.1.5 นำผักตบที่ปั่นละเอียดแล้วไปขึ้นรูป โดยการทดลองขึ้นรูปนั้นได้ทำการทดลอง 2 การทดลองคือ ทดลองกับ Hydraulic pressure และ ทดลองกับเครื่องที่สร้างขึ้นมา

#### 4.2 การทดลองกับ Hydraulic pressure



รูปที่ 4.6 เครื่อง Hydraulic pressure ใช้เป็นต้นกำลังในการขึ้นรูปกระดาษ

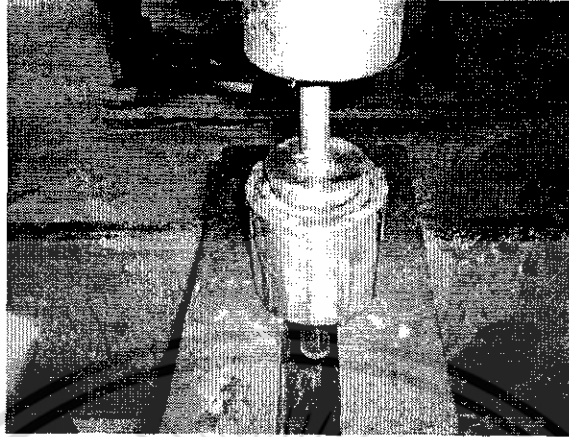
4.2.1 นำผักตบข่าที่เตรียมไว้ข้างต้นนำมาบรรจุใส่บล็อกลูก 350 กรัมจนเต็มบล็อกลูก



รูปที่ 4.7 นำผักตบข่าที่ปั่นละเอียดมาบรรจุในบล็อกลูก 350 กรัมจนเต็มบล็อกลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 จากนั้นใช้ Hydraulic pressure เป็นต้นกำลังซึ่งการทดลองใช้แรงกด 3 ค่าคือ 10000 20000 และ 30000 นิวตัน



รูปที่ 4.8 ใช้ Hydraulic pressure เป็นต้นกำลังในการกด

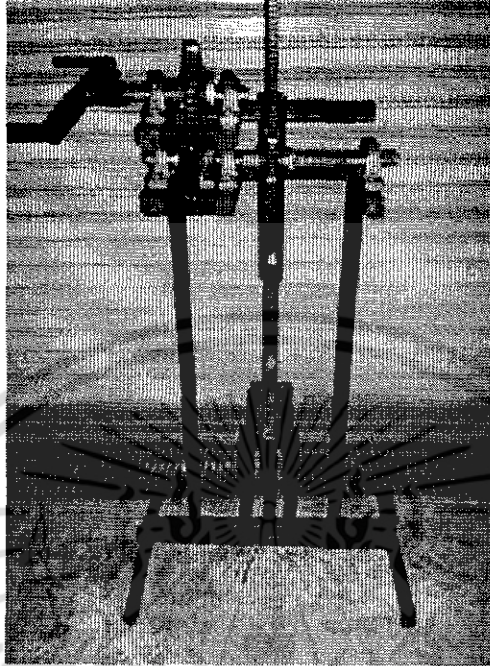
4.2.3 จากนั้นนำกระถางออกมาจากบล็อกโดยดันกระถางจากแกนเหล็กของชุดต้น ด้านล่าง



รูปที่ 4.9 กระถางดันไม้จากฝักตบชาโดยใช้ Hydraulic pressure เป็นต้นกำลัง

4.2.4 จากนั้นนำกระถางไปอบและตากแดดเพื่อเก็บข้อมูลความชื้นและความแข็งแรงของกระถางต่อไป

### 4.3 การทดลองกับเครื่องที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.10 เครื่องที่สร้างขึ้นมาพร้อมที่จะทดลองแล้ว

4.3.1 นำผักตบชวาที่เตรียมไว้ข้างต้นนำมาบรรจุใส่บอลลูก 110 120 และ 130 กรัม เพื่อทดลองหา ความเหมาะสมของปริมาณวัสดุ โดยจัดวางผักตบที่ปั่นแล้วให้เป็นรูตรงกลางบอลลูก เพื่อให้ออกแรงน้อยลง



รูปที่ 4.11 การบรรจุผักตบชวาลงไปในบอลลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 เมื่อบรรจุวัสดุแล้วผู้ทำการทดลองก็หมุนมือกดโดยออกแรงประมาณ 1000-1200 นิวตัน ตลอดการทดลองแรงคกจะคงที่

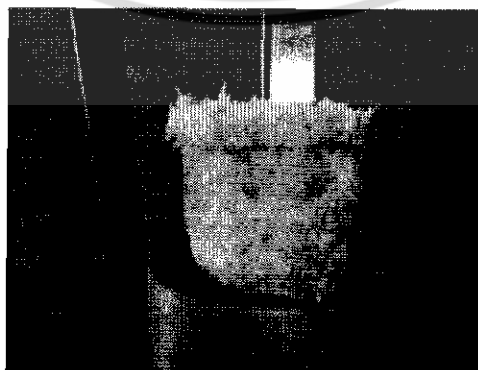


รูปที่ 4.12 การกดขึ้นรูปและการรีดน้ำของเครื่องที่สร้างขึ้น

4.3.3 ออกแรงกดให้หัวกดลงไปสุดบล็อกเพื่อรีดน้ำออกและให้กระดาษมีความหนาแน่นมาก กระดาษจะออกมาแน่นและสวย จากนั้นยกหัวกดออกเพื่อเตรียมเอากระดาษออก



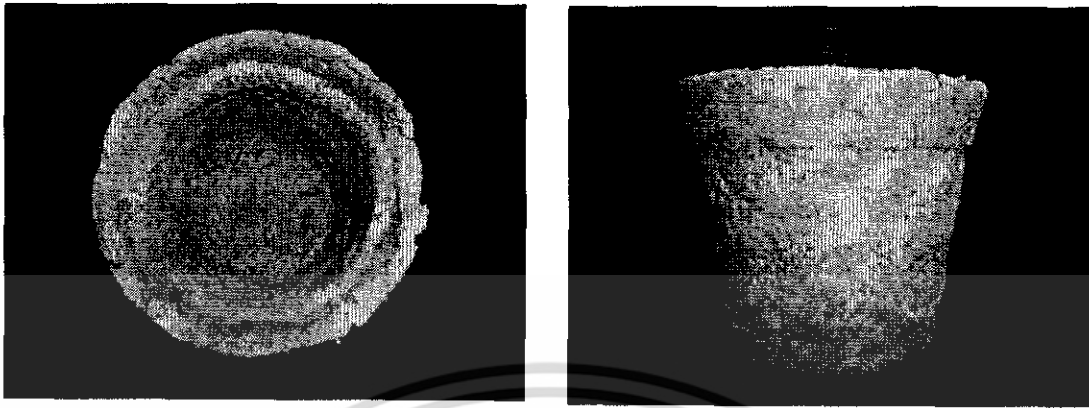
รูปที่ 4.13 การกดหัวกดลงไปสุดและยกออกเพื่อที่จะเอากระดาษออกจากบล็อก



รูปที่ 4.14 การดันกระดาษออกจากบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.4 หลังจากเอากระถางออกมาแล้วก็นำไปอบและตากแดดเพื่อเก็บข้อมูลต่อไป



รูปที่ 4.15 แสดงกระถางที่ได้จากเครื่องที่สร้างขึ้น

#### 4.4 ตารางผลการทดสอบโดยใช้ Hydraulic pressure

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลต่างๆที่ได้จากชุดไฮดรอลิกส์

แรงกดสำหรับขึ้นรูป (นิวตัน)	ความชื้น % Wb	แรงที่ทำให้กระถางเสียหาย (นิวตัน)	
		แรงในแนวตั้ง	แรงค้ำข้าง
10000	69	177	82
20000	61	202	96
30000	60	213	103

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าถ้าออกแรงกดมากๆ คือที่ 30000 นิวตัน ค่าความชื้นจะน้อย และกระถางมีความแข็งแรงที่สุด

##### 4.4.1 การคำนวณค่าความชื้นและแรงที่ทำให้กระถางเสียหาย

(1) ทดลองหาค่าความชื้นของกระถางใบที่ 1 ที่แรงกด 10000 นิวตัน

จาก ความชื้น % Wb = (น้ำหนักก่อนอบ - น้ำหนักหลังอบ) / น้ำหนักก่อนอบ

$$\begin{aligned}
 \text{จะได้} \quad Wb &= (84.15 - 26.23) / 84.15 \\
 &= 0.68 \\
 &= 68 \%
 \end{aligned}$$

จากนั้นทำการทดลองเหมือนเดิมกับกระถางอีก 4 ใบ และหาค่าความชื้นได้ 67% 70% 71% และ 69% ทำการเฉลี่ย คือ  $(68+67+70+71+69)/5 = 69 \% Wb$  ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ทดลองหาค่าความชื้นของกระถางใบที่ 1 ที่ แรงกด 20000 นิวตัน

จาก ความชื้น %  $W_b = (\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนัก.หลังอบ}) / \text{น้ำหนักก่อนอบ}$   
จะได้

$$\begin{aligned} W_b &= (76.30-30.25)/76.30 \\ &= 0.605 \\ &= 60.5 \% \end{aligned}$$

จากนั้นทำการทดลองเหมือนเดิมกับกระถางอีก 4 ใบ และหาค่าความชื้นได้ 60% 61% 63% และ 61% ทำการเฉลี่ย คือ  $(60+61+63+61+60)/5 = 61 \% W_b$

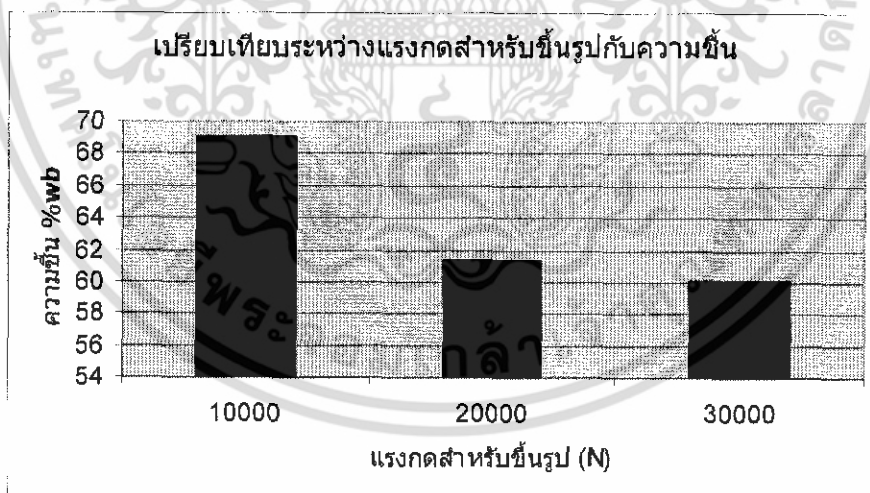
(3) ทดลองหาค่าความชื้นของกระถางใบที่ 1 ที่ แรงกด 30000 นิวตัน

จาก ความชื้น %  $W_b = (\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนัก.หลังอบ}) / \text{น้ำหนักก่อนอบ}$   
จะได้

$$\begin{aligned} W_b &= (75.00-30.00)/75.00 \\ &= 0.60 \\ &= 60 \% \end{aligned}$$

จากนั้นทำการทดลองเหมือนเดิมกับกระถางอีก 4 ใบ และหาค่าความชื้นได้ 60% 59% 61% และ 60% ทำการเฉลี่ย คือ  $(60+60+59+61+60)/5 = 60 \% W_b$

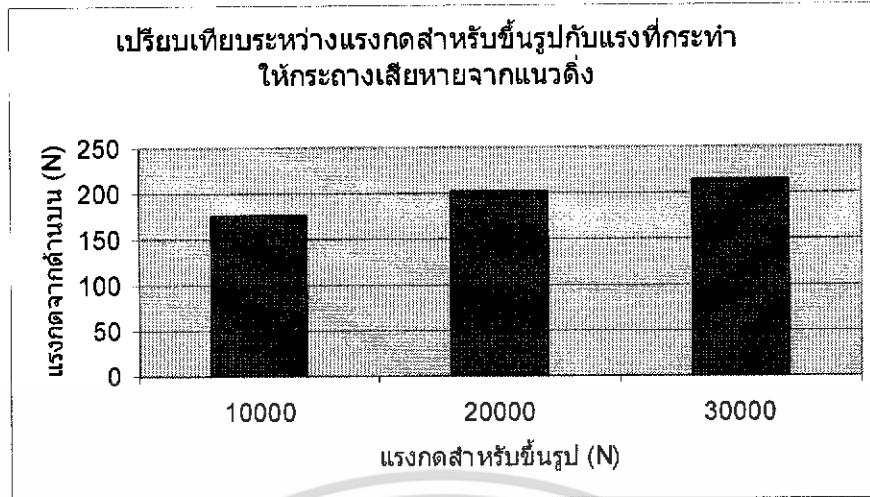
(4) การทดลองหาความแข็งแรงทำโดยวัดแรงกดแล้วนำมาเฉลี่ย 5 ครั้ง ตามตารางที่ 4.1



แผนภูมิที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้กดเพื่อขึ้นรูปกับความชื้น

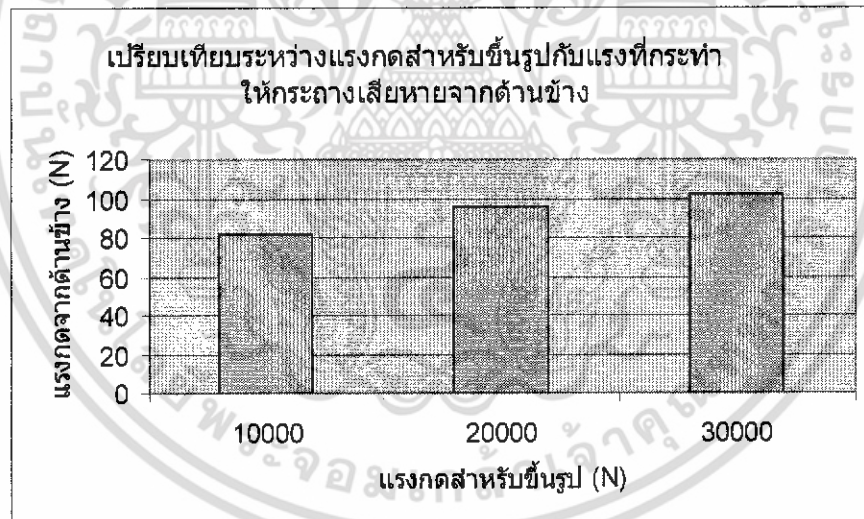
จากแผนภูมิที่ 1 ค่าความชื้นจะน้อยลงจาก 10000 20000 และ 30000 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้กดเพื่อขึ้นรูปกับแรงที่กระทำให้กระถางเสียหาย  
จากแนวตั้ง

จากแผนภูมิที่ 2 แรงกดที่มากจะทำให้กระถางแข็งแรง โดยที่ ความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นจาก 177  
202 และ 213 นีวตัน



แผนภูมิที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้กดเพื่อขึ้นรูปกับแรงที่กระทำให้กระถางเสียหาย  
จากด้านข้าง

จากแผนภูมิที่ 3 แรงกดที่มากจะทำให้กระถางแข็งแรง โดยที่ ความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นจาก 82  
96 และ 103 นีวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 ตารางผลการทดสอบโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการใช้เครื่องที่สร้างขึ้น

น้ำหนักของวัสดุก่อนอัด (กรัม)	ความชื้น % Wb	แรงที่ทำให้กระถางเสียหาย (นิวตัน)	
		แรงในแนวตั้ง	แรงด้านข้าง
110	55	65	32
120	58	72	38
130	60	78	40

จากตารางที่ 4.2 ยิ่งถ้าน้ำหนักของวัสดุมาก ค่าความชื้นก็จะมาก และความแข็งแรงก็จะมากขึ้น

##### 4.5.1 การคำนวณค่าความชื้นและแรงที่ทำให้กระถางเสียหาย

(1) ทดลองหาค่าความชื้นของกระถางใบที่ 1 ที่ โดยน้ำหนักของวัสดุเป็น 110 กรัม

$$\begin{aligned} \text{จาก ความชื้น \% Wb} &= (\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนัก.หลังอบ}) / \text{น้ำหนักก่อนอบ} \\ \text{จะได้} \quad \text{Wb} &= (50.20 - 22.70) / 50.20 \\ &= 0.55 \\ &= 55 \% \end{aligned}$$

จากนั้นทำการทดลองเหมือนเดิมกับกระถางอีก 4 ใบ และหาค่าความชื้นได้ 52% 56% 57% และ 56% ทำการเฉลี่ย คือ  $(55+52+56+57+56)/5 = 55 \% \text{ Wb}$

(2) ทดลองหาค่าความชื้นของกระถางใบที่ 1 ที่ โดยน้ำหนักของวัสดุเป็น 120 กรัม

$$\begin{aligned} \text{จาก ความชื้น \% Wb} &= (\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนัก.หลังอบ}) / \text{น้ำหนักก่อนอบ} \\ \text{จะได้} \quad \text{Wb} &= (60.00 - 25.00) / 60.00 \\ &= 0.583 \\ &= 58 \% \end{aligned}$$

จากนั้นทำการทดลองเหมือนเดิมกับกระถางอีก 4 ใบ และหาค่าความชื้นได้ 57% 56% 59% และ 60% ทำการเฉลี่ย คือ  $(58+57+56+59+60)/5 = 58 \% \text{ Wb}$

(3) ทดลองหาค่าความชื้นของกระถางใบที่ 1 ที่ โดยน้ำหนักของวัสดุเป็น 130 กรัม

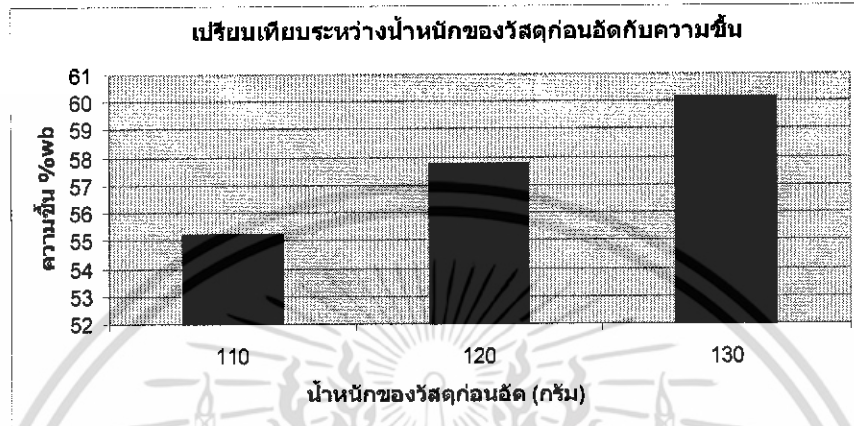
$$\begin{aligned} \text{จาก ความชื้น \% Wb} &= (\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนัก.หลังอบ}) / \text{น้ำหนักก่อนอบ} \\ \text{จะได้} \quad \text{Wb} &= (62.50 - 25.50) / 62.50 \\ &= 0.596 \\ &= 60 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการทดลองเหมือนเดิมกับกระถางอีก 4 ใบ และหาค่าความชื้นได้ 57% 62% 61% และ 60% ทำการเฉลี่ย คือ  $(60+57+62+61+60)/5 = 60\% W_b$

(4) การทดลองหาความแข็งแรงทำโดยวัดแรงกดแล้วนำมาเฉลี่ย 5 ครั้ง ได้ตามตารางที่

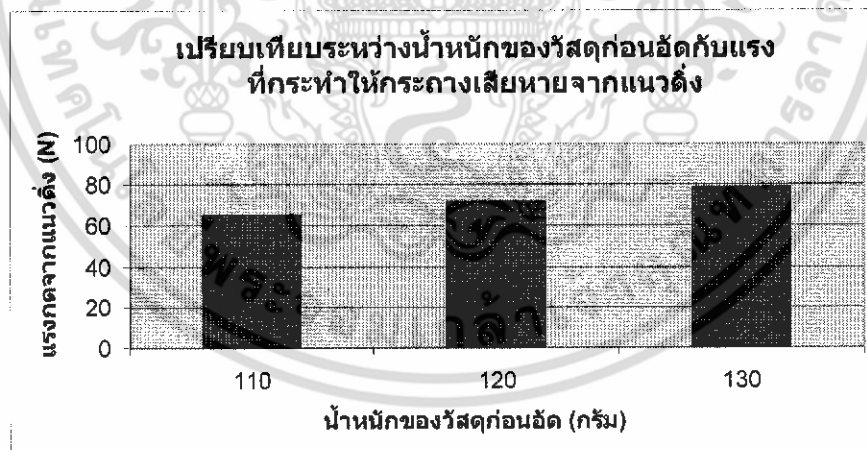
4.2



แผนภูมิที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของวัสดุที่ใช้ขึ้นรูปกับค่าความชื้น

จากแผนภูมิที่ 4 น้ำหนักของวัสดุมีผลต่อความชื้นคือถ้าน้ำหนักของวัสดุมากความชื้นก็จะมาก

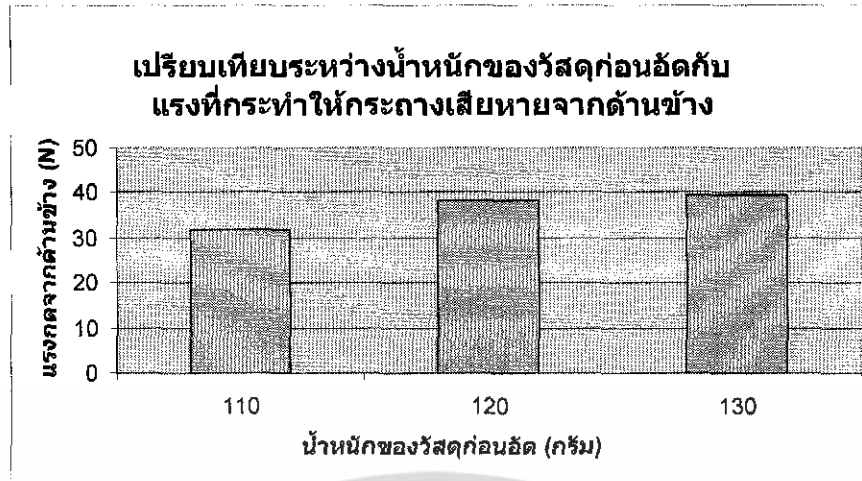
ด้วย



แผนภูมิที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของวัสดุก่อนอัดกับแรงที่กระทำให้กระถางเสียหายจากแนวตั้ง

จากแผนภูมิที่ 5 แรงกดที่มากจะทำให้กระถางแข็งแรง โดยที่ ความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นจาก 65 72 และ 78 นิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของวัสดุกับแรงที่กระทำให้กระถางเสียหายจากด้านข้าง

จากแผนภูมิที่ 6 แรงกดที่มากจะทำให้กระถางแข็งแรง โดยที่ ความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นจาก 32 38 และ 40 นิวตัน

#### 4.6 วิธีการทดสอบ

จากการทดลองผู้จัดทำได้ศึกษาสมบัติความชื้นและความแข็งแรงของกระถาง โดยได้ข้อมูลและแจกแจงไว้ในตารางข้างล่าง โดยที่ตารางดังกล่าวจะแบ่งเป็นการทดลองกับ Hydraulic pressure กับการทดลองโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้นมา

ศึกษาสมบัติความชื้น

$$\text{ความชื้น \% Wb} = (\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนัก.หลังอบ}) / \text{น้ำหนักก่อนอบ}$$

ความแข็งแรงของกระถาง ทดลอง โดยออกแรงกดที่ด้านข้างและด้านบน



รูปที่ 4.16 แสดงการทดสอบความแข็งแรงของกระถาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

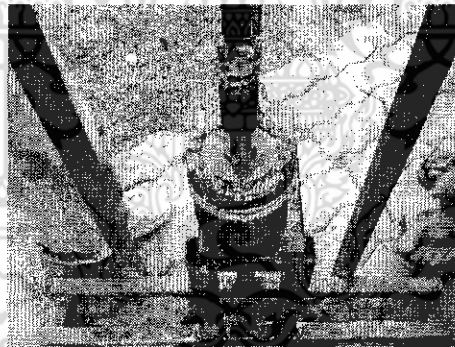
## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเครื่องขึ้นรูปกระถางด้วยผักตบชวา มีการทดสอบโดยใช้เครื่องซึ่งอาศัยแรงคน กับใช้แรงจากระบบไฮดรอลิกส์

การขึ้นรูปโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้น สิ่งที่พบคือ การอัดขึ้นรูปได้ขึ้นงานตามที่ต้องการ และใช้งานได้จริง แต่เนื่องจากการทดลองเป็นแบบใช้แรงคน การขึ้นรูปจึงทำได้ช้าและการนำเอาวัสดุเข้าบล็อกกดต้องมีการจัดให้เข้ารูป ประกอบกับการที่ต้องนำวัสดุมาทำการป้อนให้ละเอียด ต้องใช้เวลานานเกินไป และในการที่ใช้แรงงานคนกดในการทดลองนี้หาค่าได้ ประมาณ 1200 นิวตัน และการใช้วัสดุที่น้ำหนัก 110, 120 และ 130 กรัม จากนั้นก็นำไปอบหาค่าความชื้นได้ 55-60 % และได้ทดสอบความแข็งแรงทั้งด้านบนและด้านข้าง ก็เห็นได้ว่าด้านบนใช้แรงประมาณ 60-80 นิวตัน ส่วนด้านข้าง 30-40 นิวตัน



รูปที่ 5.1 การขึ้นรูปโดยใช้แรงคน

การทดลองแบบระบบไฮดรอลิกส์การนำวัสดุเข้าบล็อกไม่ต้องการจัดอะไร แต่ยังคงมีการเตรียมวัสดุที่นานเท่ากับการใช้แรงงานคน จากการทดลองนี้ได้แบ่งแรงกดเป็น 1,2 และ 3 ตัน หาค่าความชื้นได้ 60-70 % และความแข็งแรงทั้งด้านบนและด้านข้าง แรงด้านบนประมาณ 170-220 นิวตัน แรงด้านข้าง 80-110 นิวตัน แต่ว่าพอขึ้นมาแล้วจากการกดไฮดรอลิกส์ ก็จะมีการเสียรูปมากกว่าแบบที่ใช้แรงคนกดดังนั้นจะเห็นว่า

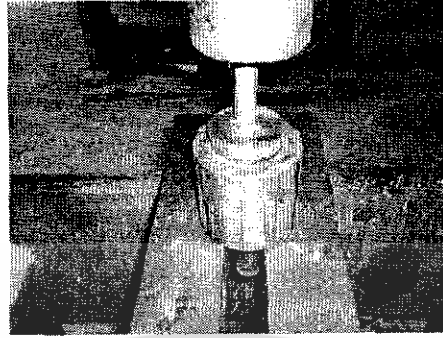
5.1.1 การขึ้นรูปกระถางต้นไม้โดยใช้เครื่องที่ใช้แรงคนจะใช้วัสดุน้อยกว่าแบบใช้ไฮดรอลิกส์

5.1.2 การใช้ไฮดรอลิกส์สามารถรีดน้ำออกได้ดีกว่าเครื่องที่ใช้แรงคน และมีเปอร์เซ็นต์

ความชื้นที่มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

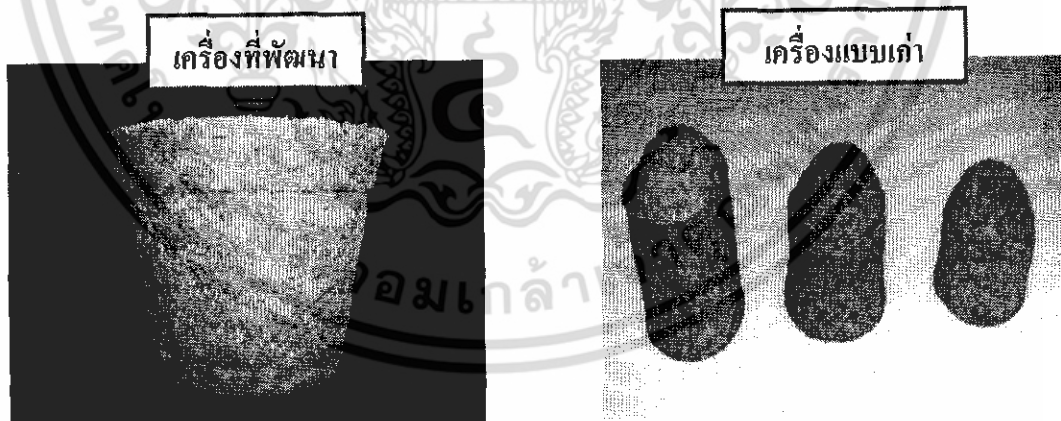
### 5.1.3 การใช้ไฮดรอลิกส์จะทำให้กระดางตัน ไม่มีความแข็งแรงกว่าการใช้เครื่องที่อาศัยแรงคน



รูปที่ 5.2 การอัดขึ้นรูปโดยใช้ไฮดรอลิกส์

## 5.2 การเปรียบเทียบกระดางที่ได้จากเครื่องที่พัฒนากับเครื่องแบบเก่า

- 5.2.1 เครื่องที่พัฒนาใช้วัสดุ (ผักตบชวาที่ป่นละเอียด) น้อยกว่าเครื่องแบบเก่าโดยที่เครื่องใหม่ใช้ประมาณ 130 กรัม แต่เครื่องแบบเก่าใช้ประมาณ 300 กรัม
- 5.2.2 กระดางที่ได้จากเครื่องที่พัฒนาไม่ต้องใส่ตัวประสานเช่น ผงกาวน้ำ และแป้งเปียก เป็นต้น จึงทำให้วัสดุไม่เหนียวติดชุดหัวกด
- 5.2.3 กระดางที่ได้จากเครื่องที่พัฒนามีรูปทรงที่เป็นมาตรฐานที่มีขายตามท้องตลาด



รูปที่ 5.3 เปรียบเทียบกระดางที่ได้จากเครื่องที่พัฒนากับเครื่องแบบเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

### หนังสือทั่วไป

- บุญเลิศ วามิชสุขสมบัติ. 2544. "แปรรูปผักตบชวา". นครนายก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.  
บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ วิศิษฎ์ เชนพันธ์. 1995. "กลศาสตร์วิศวกรรม: ภาควิทยาศาสตร์" กรุงเทพฯ.  
บริษัท ไชมอนแอนด์ ซุสเตอร์ อินโคไซน์ จำกัด.  
ปานมนัส สิริสมบูรณ์ และคณะ. 2538. "สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของชีวะวัสดุ". ครั้งที่ 1.  
2546. คุณและโทษของผักตบชวา. "สารโรงเรียนสารพืพิทยาคม". 21-23.

### ปริญญาานิพนธ์

- เกริก คงวัฒนานนท์ และ อุดม เฉลิมเกียรติสกุล. 2530. "เครื่องปลูกทุเรียน" ปริญญาานิพนธ์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.  
อภิรัตน์ รัตนสิทธิ์ อนุชา อินแดน และ ชัยรัช สำเภาเล็ก. 2547. "การออกแบบและการสร้าง  
เครื่องขึ้นรูปผักตบชวา" ปริญญาานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

### สื่ออิเล็กทรอนิกส์

- <http://www.nectec.or.th/courseware/siamculture/plants/crassipes.html>  
<http://www.thaitambon.com/tambon/csmeproductsrc.asp?PRODUCT=1315370&CATID=13&PRODTYPE=1315>  
<http://www.ku.ac.th/AgrInfo/thaifish/aqplant/aqpt079.html>  
[http://th.wikipedia.org/wiki/Eichhornia\\_crassipes](http://th.wikipedia.org/wiki/Eichhornia_crassipes)  
<http://www.chaipat.or.th/journal/aug02/wastewaterth.html>  
<http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK1/chapter6/t1-6-12.htm>  
<http://www.ipst.ac.th/design/design/article/rotary-fun.html>  
<http://www.ipst.ac.th/design/design/article/fast-rotary.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สูตรการหาแรงกดของระบบคาน และสมบัติทางกายภาพของวัสดุ

### 1. การหาค่าโมดูล

$$m = \frac{D}{N} \quad (1)$$

เมื่อ  $D$  = pitch diameter, mm.

$N$  = number of teeth

$m$  = โมดูล

### 2. การคำนวณความชื้น

$$\text{ความชื้น \% } W_b = \frac{(\text{น.น.ก่อนอบ} - \text{น.น.หลังอบ})}{\text{น.น.ก่อนอบ}} \quad (2)$$

### 3. การหาแรงที่ทำให้กระดางเสียหาย

$$\sum F = ma \quad (3)$$

เมื่อ  $m$  = มวลที่ตกลงเครื่องชั่ง, กิโลกรัม

$$a = 10 \text{ m/s}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. การหาความชื้นของวัสดุที่นำไปป่นจนละเอียด

ตารางที่ ข1 แสดงค่าความชื้นของวัสดุ

เวลาที่ใช้อบวัสดุ (ชั่วโมง)	น้ำหนักวัสดุหลังอบ (กรัม)
4	1.71
8	0.98
12	0.97
16	0.97
20	0.97
24	0.97

จากตารางแสดงค่าความชื้นของวัสดุโดยใช้เวลาอบทั้งสิ้น 24 ชม. โดยทำการชั่งน้ำหนักก่อนอบและน้ำหนักหลังอบมาคำนวณโดยใช้สมการที่ 2

## 2. ความสามารถในการเอาน้ำออกของเครื่องที่สร้างขึ้น

ตารางที่ ข2 แสดงความสามารถในการรีดน้ำออกของเครื่อง

กระถางอินที่	น้ำหนักก่อนขึ้นรูป (กรัม)	น้ำหนักหลังขึ้นรูป (กรัม)	น้ำหนักน้ำที่รีดออก (กรัม)
1	110	79.95	30.05
2	120	83.28	36.72
3	120	78.24	41.76
4	110	78.44	31.56
5	120	83.85	36.15
6	120	82.22	37.78
7	120	85.50	34.5
8	130	85.08	44.92
9	120	79.52	40.48
10	130	83.64	46.36
11	110	89.47	20.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข2 แสดงความสามารถในการรีดน้ำออกของเครื่อง (ต่อ)

กระถางอินที่	น้ำหนักก่อนขึ้นรูป (กรัม)	น้ำหนักหลังขึ้นรูป (กรัม)	น้ำหนักน้ำที่รีดออก (กรัม)
12	130	87.62	42.38
13	130	86.22	43.78
14	130	87.40	42.6
15	130	85.69	44.31
เฉลี่ย			38.26

จากตารางการทดลองอัดขึ้นรูปโดยทำทั้งหมด 15 ครั้ง จากนั้นชั่งน้ำหนักที่รีดน้ำออกแล้วนำมาเฉลี่ย โดยได้ผลสรุปดังนี้

- (1) น้ำหนักเฉลี่ยที่สามารถรีดน้ำออกได้ของกระถาง 110 กรัม คือ 27.38 กรัม
  - (2) น้ำหนักเฉลี่ยที่สามารถรีดน้ำออกได้ของกระถาง 120 กรัม คือ 37.94 กรัม
  - (3) น้ำหนักเฉลี่ยที่สามารถรีดน้ำออกได้ของกระถาง 130 กรัม คือ 44.06 กรัม
- ดังนั้นเฉลี่ยแล้วเครื่องสามารถรีดน้ำได้ประมาณ 36.31 กรัม

### 3. การเปรียบเทียบความชื้นเมื่อนำกระถางต้นไม้ไปอบกับไปตากแดด

#### 3.1 แบบที่ใช้เครื่องที่สร้างขึ้นทด

ตารางที่ ข3 แสดงค่าความชื้น กระถางอินที่ 1

เวลาที่ใช้อบ (ชม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	ความชื้น % Wb
1	62.22	42.96	31
2	42.96	35.77	18
3	35.77	29.50	17
4	29.50	25.33	14
5	25.33	21.43	15

จากตารางค่าความชื้นของกระถางโดยอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 5 ชม. จะได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นคือ 66 % Wb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข4 แสดงความค่าขึ้นกระถางอินที่ 2

เวลาที่ใช้อบ (ชม.)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	ความชื้น % Wb
1	57.86	36.21	37
2	36.21	28.89	20
3	28.89	24.06	17
4	24.06	20.58	14
5	20.58	16.65	19

จากตารางแสดงค่าความชื้นของกระถาง โดยนำไปตากแดดที่อุณหภูมิระหว่าง 60 °C เป็นเวลา 5 ชม. ได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นคือ 71 % Wb

ตารางที่ ข5 แสดงค่าความชื้นกระถางอินที่ 1

เวลาที่ใช้ตากแดด (ชม.)	น้ำหนักก่อนตาก (กรัม)	น้ำหนักหลังตาก (กรัม)	ความชื้น % Wb
1	48.75	38.37	21
2	38.37	31.92	17
3	31.92	26.91	16
4	26.91	23.72	12
5	23.72	23.60	1

จากตารางแสดงค่าความชื้นของกระถาง โดยนำไปตากแดดที่อุณหภูมิระหว่าง 38-42 °C เป็นเวลา 5 ชม. ได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นคือ 52 % Wb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข6 แสดงค่าความชื้นกระดางอันที่ 2

เวลาที่ใช้ตากแดด (ชม.)	น้ำหนักก่อนตาก (กรัม)	น้ำหนักหลังตาก (กรัม)	ความชื้น % Wb
1	50.23	35.09	30
2	35.09	28.25	19
3	28.25	23.21	18
4	23.21	20.37	12
5	20.37	20.05	2

จากตารางแสดงค่าความชื้นของกระดาง โดยนำไปตากแดดที่อุณหภูมิระหว่าง 38-42 °C เป็นเวลา 5 ชม. ได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นคือ 60 % Wb

### 3.2 แบบที่ใช้ไฮดรอลิกส์เป็นตัวกด

ตารางที่ ข7 แสดงค่าความชื้นกระดางอันที่ 1

วันที่	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	ความชื้น % Wb
1	26.23	69
2	26.08	69

จากตารางแสดงค่าความชื้นของกระดาง โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 2 วัน ได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นคือ 69 % Wb

ตารางที่ ข8 แสดงค่าความชื้นกระดางอันที่ 2

วันที่	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	ความชื้น % Wb
1	25.71	68
2	25.53	68

จากตารางแสดงค่าความชื้นของกระดาง โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 2 วัน ได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นคือ 68 % Wb

ดังนั้นจากข้อมูลทั้ง 2 ตารางคือตารางที่ ข7 และ ข8 ค่าความชื้นของกระดางอยู่ที่ 68.5 % Wb

จากการทดลองดังกล่าวคือการนำกระดางไปอบกับไปตากแดดปรากฏว่า การอบสามารถลดความชื้นของกระดางได้ดีกว่าการตากแดด โดยการอบสามารถลดความชื้นได้ประมาณ 70 % Wb ส่วนตากแดดสามารถลดได้ประมาณ 55 % Wb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. การหาค่าความชื้นกับแรงที่ทำให้กระดาษเสียหายจากแนวตั้งและด้านข้าง

##### 4.1 กระดาษที่ถอดออกจากบล็อกโดยใช้เครื่องไฮดรอลิกสกัด

ตารางที่ ข9 แสดงค่าความชื้น แรงกดทางแนวตั้งและแรงกดด้านข้าง

แรงกดสำหรับชั้นรูป (นิวตัน)	ความชื้น % Wb	แรงที่ทำให้กระดาษเสียหาย (นิวตัน)	
		แรงในแนวตั้ง	แรงด้านข้าง
1	69	210	99
2	71	183	72
3	65	159	86
4	71	156	85
5	70	176	68
เฉลี่ย	69	177	82

จากตารางเป็นการทดสอบความแข็งแรงจากแนวตั้งและด้านข้างของกระดาษโดยเฉลี่ย 177 และ 82 นิวตัน ตามลำดับ และค่าความชื้น 69 % Wb และใช้แรงกดชั้นรูปที่ 10000 นิวตัน ที่น้ำหนัก 350 กรัม

ตารางที่ ข10 แสดงค่าความชื้น แรงกดทางด้านบนและแรงกดด้านข้าง

แรงกดสำหรับชั้นรูป (นิวตัน)	ความชื้น % Wb	แรงที่ทำให้กระดาษเสียหาย (นิวตัน)	
		แรงในแนวตั้ง	แรงด้านข้าง
1	63	220	103
2	62	215	92
3	59	196	104
4	60	188	97
5	63	192	86
เฉลี่ย	61	202	96

จากตารางเป็นการทดสอบความแข็งแรงจากแนวตั้งและด้านข้างของกระดาษโดยเฉลี่ย 202 และ 96 นิวตัน ตามลำดับ และค่าความชื้น 61 % Wb และใช้แรงกดชั้นรูปที่ 20000 นิวตัน ที่น้ำหนัก 350 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข11 แสดงค่าความชื้น แรกกตทางด้านบนและแรกกตด้านข้าง

แรกกตสำหรับขึ้นรูป (นิวตัน)	ความชื้น % Wb	แรงที่ทำให้กระถางเสียหาย (นิวตัน)	
		แรงในแนวตั้ง	แรงด้านข้าง
1	62	216	109
2	60	203	113
3	60	193	98
4	59	229	101
5	60	225	93
เฉลี่ย	60	213	103

จากตารางเป็นการทดสอบความแข็งแรงจากแนวตั้งและด้านข้างของกระถางโดยเฉลี่ย 213 และ 101 นิวตัน ตามลำดับ และค่าความชื้น 60 % Wb และใช้แรกกตขึ้นรูปที่ 30000 นิวตัน ที่น้ำหนัก 350 กรัม

#### 4.2 กระถางที่ถอดออกจากบล็อกโดยใช้เครื่องที่สร้างขึ้น

ตารางที่ ข12 แสดงค่าความชื้น แรกกตทางด้านบนและแรกกตด้านข้าง

น้ำหนักของวัสดุก้อนอัด (กรัม)	ความชื้น % Wb	แรงที่ทำให้กระถางเสียหาย (นิวตัน)	
		แรงในแนวตั้ง	แรงด้านข้าง
1	56	65	32
2	52	59	30
3	58	68	35
4	55	72	37
5	55	62	26
เฉลี่ย	55	65	32

จากตารางเป็นการทดสอบความแข็งแรงจากแนวตั้งและด้านข้างของกระถางโดยเฉลี่ย 65 และ 32 นิวตัน ตามลำดับ และค่าความชื้น 55 % Wb และใช้แรกกตขึ้นรูปที่ 1200 นิวตัน ที่น้ำหนัก 110 กรัม

ตารางที่ ข13 แสดงค่าความชื้น แรงกดทางด้านบนและแรงกดด้านข้าง

แรงกดสำหรับขึ้นรูป (นิวตัน)	ความชื้น % Wb	แรงที่ทำให้กระดาษเสียหาย (นิวตัน)	
		แรงในแนวตั้ง	แรงด้านข้าง
1	58	75	36
2	58	73	38
3	59	70	40
4	58	70	40
5	56	71	37
เฉลี่ย	58	72	38

จากตารางเป็นการทดสอบความแข็งแรงจากแนวตั้งและด้านข้างของกระดาษโดยเฉลี่ย 72 และ 38 นิวตัน ตามลำดับ และค่าความชื้น 58 % Wb และใช้แรงกดขึ้นรูปที่ 1200 นิวตัน ที่น้ำหนัก 120 กรัม

ตารางที่ ข14 แสดงค่าความชื้น แรงกดทางด้านบนและแรงกดด้านข้าง

แรงกดสำหรับขึ้นรูป (นิวตัน)	ความชื้น % Wb	แรงที่ทำให้กระดาษเสียหาย (นิวตัน)	
		แรงในแนวตั้ง	แรงด้านข้าง
1	62	80	41
2	60	80	39
3	60	76	40
4	59	77	39
5	60	79	40
เฉลี่ย	60	78	40

จากตารางเป็นการทดสอบความแข็งแรงจากแนวตั้งและด้านข้างของกระดาษโดยเฉลี่ย 78 และ 40 นิวตัน ตามลำดับ และค่าความชื้น 60 % Wb และใช้แรงกดขึ้นรูปที่ 1200 นิวตัน ที่น้ำหนัก 130 กรัม

ตารางที่ ข15 แสดงความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาขึ้นรูป

ลักษณะของฝักตบชาวปิ่นละเอียด	ผลที่ได้
เป็ยก	ก้นบาง ที่ขอบปากเป็ยก ขึ้นรูปได้ไม่สวย เท่าไร
หมาด	ขอบด้านบนแตกเล็กน้อย ขึ้นรูปได้
แห้ง	ก้นหนา ขอบบนขึ้นรูปได้น้อย
อยู่ระหว่างหมาดและแห้ง	ก้นหนาพอสมควร ขอบบนขึ้นรูปได้ สวยกว่า แบบอื่น

จากตารางนี้แสดงความเหมาะสมของเนื้อวัสดุที่นำมาขึ้นรูป โดยสรุปควรใช้ระหว่างหมาดกับ  
แห้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้