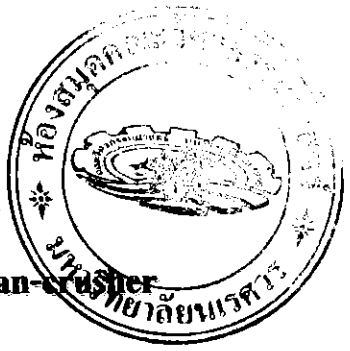


เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม

Development of a small aluminum can-crusher

นายกิตติพงษ์ เกษร

นายพงศธร แสงปาน

นายพงศธร นวลแก้ว

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 24 มิ.ย. 2554
เลขทะเบียน 15516456
เลขเรียกหนังสือ ฝร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ก674 ก 2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน : การออกแบบและสร้างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายกิตติพงษ์ เกษร รหัส 50380805

นายพงศธร แสงปาน รหัส 50381116

นายพงศธร นวลแก้ว รหัส 50383721

ที่ปรึกษาโครงงาน : ดร. ศลิษา วีรพันธุ์

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา : วิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา : 2553

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร.ศลิษา วีรพันธุ์)

.....กรรมการ

(อ.ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา)

.....กรรมการ

(อ.อดิศร ประสิทธิ์ศักดิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	: เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม			
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายกิตติพงษ์	เกษร	รหัส	50380805
	นายพงศธร	แสงปาน	รหัส	50381116
	นายพงศธร	นวลแก้ว	รหัส	50383721
ที่ปรึกษาโครงงาน	: ดร. ศลิษา	วีรพันธุ์		
สาขาวิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล			
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล			
ปีการศึกษา	: 2553			

.....

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้ คือออกแบบและสร้างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมที่มีขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือน เพื่อลดพื้นที่ในการจัดเก็บกระป๋องอลูมิเนียม มีกลไกที่ไม่ซับซ้อนและออกแบบให้มีการทำงานด้วยการใช้แรงคน ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองหาแรงที่เหมาะสมที่สามารถอัดกระป๋องได้ โดยนำกระป๋องมาทำการอัดโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงหรือแรงกด (UTM) โดยแบ่งเป็นการอัด 30, 50, 80, 90, >90 เปอร์เซ็นต์ของส่วนสูงของกระป๋อง และค่าที่ได้ออกมาคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ได้แรงที่ใช้ในการอัดเท่ากับ 1.2 kN

ระบบกลไกของเครื่องอัดกระป๋องโดยทั่วไปมีด้วยกัน 3 ระบบ 1.ระบบไฮดรอลิก 2.ระบบนิวเมติกส์ 3.ระบบกลไกแบบเฟือง ทางคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ในลักษณะกลไกชิ้นต่อโยงทำงานเหมือนก้านสูบ โดยมีแผ่นทรงกลมส่งแรงให้กับแขนสองข้างเพื่อเกิดการเคลื่อนที่ แขนทั้งสองข้างจะติดกับเหล็กที่วิ่งอยู่ในแท่งเหล็ก การส่งกำลังนั้นใช้ชุดเฟืองทั้งหมด 4 ตัวเป็นตัวทดแรงและใช้แรงจากคนเป็นต้นกำลังหลัก เพราะเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อน และยังสามารถที่จะกำหนดอัตราทดได้ คณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้อัตราทดที่ 12.25:1

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดกระป๋องโดยครั้งละ 1 กระป๋อง เป็นจำนวน 10 กระป๋อง พบว่าเมื่อทำการอัดแล้วความสูงเฉลี่ยของกระป๋องจาก 115.8 mm. ลดลงเหลือ 23.1 mm. เมื่อนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วเครื่องอัดกระป๋องนี้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.1 เปอร์เซ็นต์

Project Title : Development of a Small Aluminium Can-crusher

Name : Mr. Kittipong Kesorn Code 50380805

Mr. Phongsatorn Sangpan Code 50381116

Mr. Pongsatorn Nualkaew Code 50383721

Project Advisor: Dr. Salisa Veerapun

Department : Mechanical Engineering

Academic Year : 2010

.....

Abstract

The objective of this project is to design and construct a soft-drink can-crusher for household user to minimize the can storage space. It is required that the design mechanism should be simple and man-power. The experiment has been conducted by the universal testing machine (UTM) to determine the magnitude of the force needed to compress the can by 80%, at least. The result suggests that 1.2-kN force applied along the longitudinal axis is sufficient.

Three mechanisms are considered; 1) a hydraulic system 2) a pneumatic system and 3) a gear mechanism. The gear mechanism is selected providing that the compressive force is transmitted through a circular cam, a gear set, the arms attached to the steel rods and to the can. The gear ratio is designed to be 12.25:1.

Once the design mechanism has been built, the experiment is carried out to examine its downsizing performance. As a result, the mechanism can reduce the size of the can, in average, from 115.8 mm to 23.0 mm which is 80.1 percent, effectively.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยเรื่องเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมประสบความสำเร็จไปด้วยดีต้องขอขอบคุณ ดร.ศลิษา วีรพันธุ์ ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำโครงงานนี้เป็นอย่างดีตลอดมา และคณาจารย์และบุคคลากรภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและคณะกรรมการทุกท่าน ซึ่งได้รับความกรุณาให้คำแนะนำเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหา ปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น และหน่วยงาน หรือสถาบันที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้การจัดทำโครงงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วนดี โดยเฉพาะภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ทำให้คณะวิจัยได้มีโอกาสในการทำโครงงานวิจัยนี้ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ บิดา มารดา และเพื่อนๆทุกคน ที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจ แก่ผู้ทำการวิจัยตลอดมา ผู้ทำการวิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม

นายกิตติพงษ์ เกษร

นายพงศธร แสงปาน

นายพงศธร นวลแก้ว

มีนาคม 2554

สัญลักษณ์	ความหมาย
A	พื้นที่
b	ความสูง
C	ค่าคงที่ของการโก่งตัว
D	เส้นผ่านศูนย์กลาง
E	ความยืดหยุ่นของวัสดุ
F	แรงกระทำ
h	ความกว้าง
I	โมเมนต์ความเฉื่อย
L	ความยาว
M	โมเมนต์การหมุน
P	แรงภายนอก-แรงกด
R	รัศมีแผ่นส่งแรง
r	รัศมีกระป๋อง
S_y	ค่าความต้านทานการแตกหัก
T	แรงบิด
t	ความหนาภาชนะผนังบาง
x	ระยะขจัดของการเคลื่อนที่
θ	มุมการเคลื่อนที่
η	Safety factor
σ	ความเค้น

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก

บทคัดย่อ ..... ข

Abstract ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สัญลักษณ์ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฏ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 1

1.3 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 งบประมาณ 2

1.7 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน 3

บทที่ 2 4

กระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียมและการลดขนาดกระป๋อง 4

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1 โครงสร้างของกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียม 4

2.2 ขนาดของกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียมชนิดต่างๆ 4

2.3 วัสดุที่ใช้ทำกระป๋อง 5

2.4 การลดขนาดกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียม 5

2.4.1 เครื่องอัดกระป๋องขนาดใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม 5

2.4.2 เครื่องอัดกระป๋องขนาดเล็กที่สร้างขึ้นมาใช้ภายในครัวเรือน 6

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการลดขนาดกระป๋อง 6

2.5.1 ความเค้น (Stress) 6

2.5.2 ความเครียด (strain) 7

2.5.3 การเสียรูปจากแรงกดของภาชนะบางทรงกระบอก 8

บทที่ 3 10

การออกแบบและสร้างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม 10

3.1 กระบวนการออกแบบ 10

3.1.1 Requirement analysis 10

3.1.2 Design Specification 10

3.1.3 Concept design 10

3.1.4 Detail Design 11

3.2 ประสิทธิภาพการออกแบบ 11

3.2.1 ราคาที่ใช้ในการผลิต 11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2 คุณภาพของชิ้นงานซึ่งอาจจะพิจารณาได้หลายมิติ 12

3.2.3 เวลาที่ใช้ในการพัฒนา 12

3.3 การออกแบบเครื่องอัดกระป๋อง 12

3.3.1 การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ (Requirement analysis) 12

3.3.2 กำหนดคุณลักษณะ (Design Specifications) 14

3.3.3 กำหนดหลักการทำงานและโครงสร้าง (Concept design) 15

3.3.4 แบบร่างของเครื่องอัดกระป๋อง (Detail design) 24

3.4 รายละเอียดเครื่องอัดกระป๋อง 24

3.4.1 ชิ้นส่วน 25

3.4.2 สร้างและประกอบ 26

3.4.3 การคำนวณ 28

3.4.4 สรุปราคาเครื่อง 28

บทที่ 4 29

วิเคราะห์ผลการทดสอบ 29

4.1 การทดสอบและวิเคราะห์การทำงานของเครื่องอัดกระป๋อง 29

4.2 ข้อคิดเห็นของบุคคลทั่วไปเมื่อได้ลองใช้เครื่องอัดกระป๋อง 30

บทที่ 5 31

สรุปและข้อเสนอแนะ 31

บรรณานุกรม 33

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก 34

การทดสอบหาทิศทางของแรง 34

การทดสอบหาขนาดของแรงกด 34

การทดสอบหาประสิทธิภาพ 34

ภาคผนวก ข 46

การคำนวณ 45

ภาคผนวก ค 52

แบบร่างเครื่องอัดกระป๋อง 52

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

รูปที่ 1.1 ราคากระป๋องของวงษ์พาณิชย์ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 – มีนาคม พ.ศ. 2554 1

รูปที่ 2.1 กระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียม..... 4

รูปที่ 2.2 เครื่องอัดกระป๋องขนาดใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม 6

รูปที่ 2.3 เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมขนาดเล็ก..... 6

รูปที่ 2.4 ภาชนะบางทรงกระบอก (แนวทิศทางขนานกับความสูงกระป๋อง)..... 8

รูปที่ 2.5 ภาชนะบางทรงกระบอก (แนวทิศทางตั้งฉากกับความสูงกระป๋อง) 8

รูปที่ 3.1 กระบวนการออกแบบอย่างง่าย 10

รูปที่ 3.2 แนวโน้มราคาที่ใช้ในการผลิต 11

รูปที่ 3.3 แผนภาพกระบวนการออกแบบเครื่องอัดกระป๋อง..... 15

รูปที่ 3.4 กราฟขนาดแรงเฉลี่ยของกระป๋องในแนวทิศทางขนานกับความสูงกระป๋อง 17

รูปที่ 3.5 กราฟขนาดแรงเฉลี่ยของกระป๋องในแนวทิศทางตั้งฉากกับความสูงกระป๋อง..... 17

รูปที่ 3.6 กราฟของแรงเฉลี่ยของการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2..... 18

รูปที่ 3.7 การวางแนวตั้งฉากกับพื้น..... 19

รูปที่ 3.8 การวางแนวขนานกับพื้น..... 19

รูปที่ 3.9 แบบใช้ท่อเหล็ก..... 20

รูปที่ 3.10 แบบใช้แผ่นเหล็ก..... 20

รูปที่ 3.11 แบบใช้เหล็กฉาก 20

รูปที่ 3.12 ระบบไฮดรอลิก..... 21

รูปที่ 3.13 ระบบนิวเมติกส์..... 21

รูปที่ 3.14 ระบบคันโยก 21

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

รูปที่ 3.15 เฟืองร่วมกับกลไก.....21

รูปที่ 3.16 หลักการทำงานของเครื่อง 23

รูปที่ 3.17 แบบร่างของเครื่องอัดกระป๋อง 24

รูปที่ 3.18 ชิ้นส่วนประกอบของเครื่องอัดกระป๋อง 25

รูปที่ 3.19 การประกอบโครงสร้างหลัก.....26

รูปที่ 3.20 การประกอบส่วนเฟืองและกลไกกับโครงสร้างหลัก.....27

รูปที่ 3.21 รูปสามมิติในการประกอบเครื่องและรูปเครื่องสำเร็จจริง.....27

รูปที่ 4.1 รูปตัวเครื่องอัดกระป๋องที่สร้างขึ้น.....29

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดของกระป๋องชนิดต่างๆ 5

ตารางที่ 3.1 การให้น้ำหนักความสำคัญของเครื่องอัดกระป๋อง 12

ตารางที่ 3.2 คุณลักษณะที่ต้องการของเครื่องอัดกระป๋อง 14

ตารางที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะที่ต้องการกับส่วนประกอบของเครื่องอัดกระป๋อง . 16

ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบแรงกด 18

ตารางที่ 3.5 การเปรียบเทียบเครื่องอัดกระป๋องแต่ละชนิด 22

ตารางที่ 3.6 ชิ้นส่วนประกอบของเครื่อง 25

ตารางที่ 3.7 ผลการคำนวณ 28

ตารางที่ 3.8 คุณลักษณะของเครื่อง 28

ตารางที่ 4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดกระป๋อง 29

ตารางที่ 4.2 การประเมินความต้องการของผู้ใช้ 30

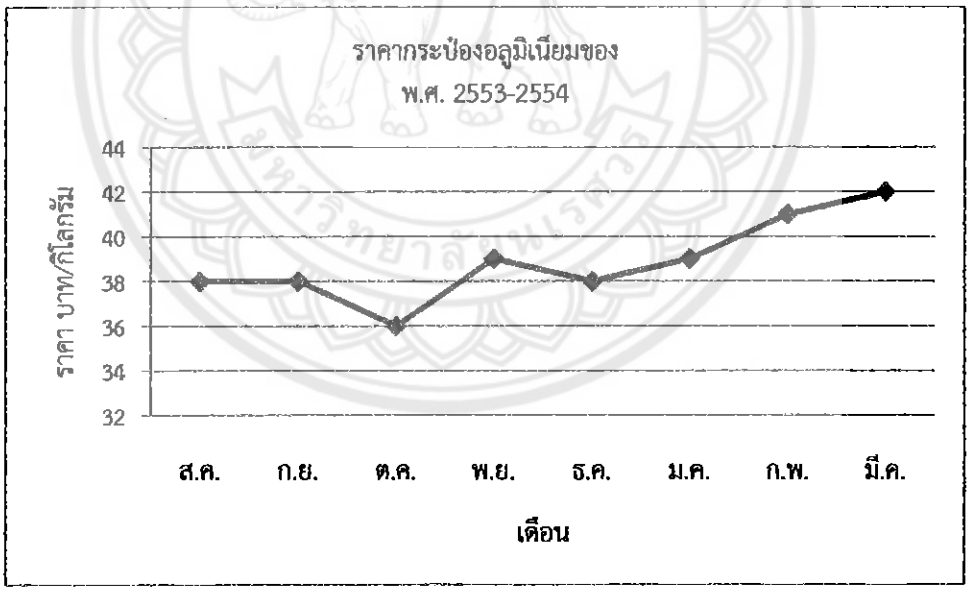
ตารางที่ 5.1 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง 31

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในปัจจุบันการดื่มเครื่องดื่มบรรจุกระป๋องมีการดื่มอย่างแพร่หลาย ซึ่งตัวบรรจุภัณฑ์ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้ครั้งเดียว พกพาได้สะดวก ดังนั้นหลังจากใช้งานจะกลายมาเป็นขยะซึ่งเป็นปัญหาต่อบ้านเรือนและชุมชน แต่เนื่องจากตัวบรรจุภัณฑ์นี้ทำมาจากอลูมิเนียม ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยผ่านกระบวนการรีไซเคิล จากข้อมูลราคารับซื้อกระป๋องอลูมิเนียมจากร้านวงษ์พาณิชย์ *ในระหว่างเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2553 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ.2554 พบว่าราคาขายอยู่ในช่วง 35-43 บาท และราคาของกระป๋องอลูมิเนียมนั้นมีแนวโน้มราคาสูงขึ้นตามที่แสดงในรูปที่ 1.1 ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ขยะประเภทนี้เป็นที่ต้องการของตลาด ทำให้มีการเก็บรวบรวมกระป๋องไว้จำนวนมาก ทำให้เกิดปัญหาพื้นที่ในการจัดเก็บกระป๋อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดพัฒนาเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมสำหรับใช้ในครัวเรือนขึ้นมาเพื่อที่จะใช้ลดขนาดกระป๋องให้มีขนาดเล็กลงแล้วพื้นที่ในการจัดเก็บก็น้อยลง เพื่อส่งเสริมการคัดแยกขยะและจัดเก็บขยะมูลค่าในภาคครัวเรือน



รูปที่ 1.1 ราคากระป๋องของวงษ์พาณิชย์ระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 – มีนาคม พ.ศ. 2554

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อช่วยส่งเสริมในการคัดแยกขยะที่เกิดขึ้นภายในครัวเรือนและชุมชน

1.2.2 เพื่อช่วยลดขนาดกระป๋องให้มีขนาดเล็กลง เพื่อง่ายในการจัดเก็บและจำหน่าย

1.3 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องอัดกระป๋องขนาดเล็ก เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้น

1.3.2 ทดลองเพื่อหาขนาดของแรงที่ใช้ในการลดขนาดกระป๋องอลูมิเนียม

1.3.3 ออกแบบและสร้างเครื่องอัดกระป๋อง

1.3.4 ทดสอบการทำงานของเครื่องอัดกระป๋อง

1.3.5 ปรับปรุงและแก้ไข ให้เครื่องอัดกระป๋องสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3.6 รายงานวิเคราะห์และสรุปผล

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ทำการทดลองเพื่อหาขนาดของแรงที่ใช้ในการลดขนาดกระป๋องอลูมิเนียม

1.4.2 สร้างแบบจำลองเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม โดยใช้โปรแกรมจำลองภาพ 3 มิติ

1.4.3 สร้างเครื่องต้นแบบที่สามารถใช้งานได้จริง

1.4.4 ทดสอบความสามารถของการลดขนาดกระป๋องอลูมิเนียมบรรจุเครื่องดื่มขนาด 325 มิลลิลิตร

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องอัดกระป๋องที่สามารถลดขนาดกระป๋องได้ มีกลไกที่ไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการใช้งาน และราคาต่อเครื่องมีราคาที่ไม่สูงจนเกินไป (4,000-5,000) บาท โดยตัวเครื่องมีขนาดเล็กสามารถใช้ในครัวเรือน

1.6 งบประมาณ

- ค่าเหล็กและนอต	2,500 บาท
- ค่าเฟือง	2,000 บาท
- ค่าตลับลูกปืน	250 บาท
- ค่าทำสี	150 บาท
รวม	4,900 บาท

1.7 ระยะเวลาและแผนการปฏิบัติงาน

กิจกรรม	2553							2554		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.			
1.หาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระป๋อง										
2.ทำการทดสอบเพื่อหาแรงที่กดกระป๋อง										
3.สรุปและเลือกที่จะใช้แรงแบบไหนในการทำเครื่องออกมา										
4.เขียนแบบเสนอโครงการ										
5.ออกแบบและเขียนแบบ (Drawing) ออกมา										
6.นำแบบที่ได้สร้างเครื่องจริงขึ้นมา										
7.ทดสอบเครื่องและหาปัญหาที่มี										
8.เขียนเล่มรายงานและสอบโครงงาน										

บทที่ 2

กระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียมและการลดขนาดกระป๋อง

ปัจจุบันกระป๋องอลูมิเนียมถูกนำมาใช้กับอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มอย่างแพร่หลาย และประชาชนในครัวเรือน มีการอุปโภคบริโภคเครื่องดื่มที่ทำจากกระป๋องมีอยู่ในทุกทุกครัวเรือน ซึ่งตัวบรรจุภัณฑ์ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานได้ครั้งเดียว พกพาได้สะดวก ดังนั้นหลังจากใช้งานจะกลายมาเป็นขยะซึ่งเป็นปัญหาต่อบ้านเรือนและชุมชน แต่เนื่องจากตัวบรรจุภัณฑ์นี้ทำมาจากอลูมิเนียม ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยผ่านกระบวนการรีไซเคิล ราคาเฉลี่ยของกระป๋องอลูมิเนียมระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 – มีนาคม พ.ศ. 2554 อยู่ที่ประมาณ 39 บาท/กิโลกรัม[1] เมื่อนำกระป๋องมาจัดเก็บมีพื้นที่การจัดเก็บมาก พิจารณากระป๋อง 1 กิโลกรัม พบว่ามีจำนวนกระป๋องประมาณ 65 กระป๋อง โดยกระป๋อง 1 กระป๋อง มีพื้นที่คิดเป็นปริมาตรได้ 490 ลูกบาศก์เซนติเมตร กระป๋อง 1 กิโลกรัม ต้องใช้ปริมาตรในการจัดเก็บ 31,850 ลูกบาศก์เซนติเมตร เทียบเป็นกล่องสี่เหลี่ยมจะได้ขนาดประมาณ 31x31x33 เซนติเมตร ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการจัดเก็บ จากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ จึงทำให้มีแนวคิดในการออกในการออกแบบเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมนี้ขึ้น

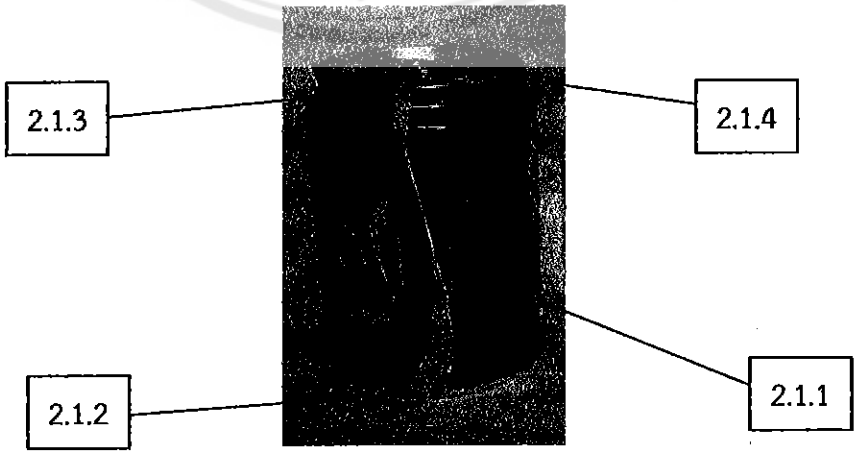
2.1 โครงสร้างของกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียม

2.1.1 ตัวกระป๋อง

2.1.2 ก้นกระป๋อง

2.1.3 ฝากระป๋อง

2.1.4 ห่วงเปิดกระป๋อง



รูปที่ 2.1 กระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียมขนาดบรรจุ 325 มิลลิลิตร

2.2 ขนาดของกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียมชนิดต่างๆ

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาดของกระป๋องชนิดต่างๆ [2]

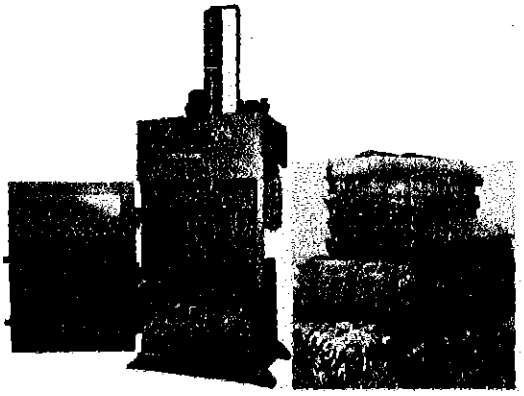
ลำดับ	ผลิตภัณฑ์ของแสตนดาร์ดแคน	ขนาดกระป๋อง (มม.)	ขนาดบรรจุ (มล.)	ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ
1.		51x89	150	เครื่องดื่มและน้ำผลไม้
2.		51x105	180	เครื่องดื่มและน้ำผลไม้
3.		51x133	250	เครื่องดื่มและน้ำผลไม้
4.		68x92	250	เครื่องดื่มและน้ำผลไม้
5.		68x116	330	เครื่องดื่มและน้ำผลไม้
6.		68x122	350	เครื่องดื่มและน้ำผลไม้

2.3 วัสดุที่ใช้ทำกระป๋อง

อะลูมิเนียมและโลหะผสมของอะลูมิเนียม (aluminium and its alloy) จะใช้ในลักษณะของแผ่นหรือเหรียญ (slug) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิต นิยมใช้ทำกระป๋อง 2 ชิ้น (2-piece can) สำหรับบรรจุน้ำอัดลมและเบียร์ ตลอดจนกระป๋องฉีดพ่น (aerosol can) นอกจากนั้นยังใช้เป็นวัสดุสำหรับทำฝาชนิดที่มีห่วงเพื่อให้เปิดง่าย (easy open end) อีกด้วยอะลูมิเนียมข้อดีคือ ไม่เป็นพิษ มีน้ำหนักเบา และขึ้นรูปง่ายจึงใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระป๋องได้ดี โดยมีการใช้ใน 2 เกรดคือ อัลลอยด์ 3004 ที่มีส่วนประกอบของมังกานีส ซึ่งมีคุณสมบัติในการขึ้นรูปง่ายเหมาะสำหรับกระบวนการดึงรีดลึก (deep drawing process)แต่มีส่วนประกอบของแมกนีเซียมค่อนข้างต่ำใช้ทำตัวกระป๋องและก้นกระป๋อง ในขณะที่อัลลอยด์ 5182 ใช้สำหรับผลิตฝากระป๋องแลห่วง มีส่วนประกอบอลูมิเนียมและแมงกานีส (Al-4.5%Mg) ซึ่งมีคุณสมบัติที่แข็งแรงกว่าชนิด 3004 เนื่องจากอะลูมิเนียมมีราคาค่อนข้างสูง การขึ้นรูปกระป๋องจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีเฉพาะ ดังนั้นการผลิตกระป๋องจากอะลูมิเนียมจำเป็นต้องผลิตในปริมาณมาก เพื่อให้คุ้มค่าการลงทุน

2.4 การลดขนาดกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียม

2.4.1 เครื่องอัดกระป๋องขนาดใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.2 เครื่องอัดกระป๋องขนาดใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรม

เครื่องอัดกระป๋องในอุตสาหกรรมที่ใช้มีหลายขนาดและสามารถอัดกระป๋องได้เป็นจำนวนมากและมีลักษณะกระป๋องที่อัดออกมาแล้วเป็นก้อนๆ ตามขนาดของเครื่อง ตัวเครื่องจะมีกลไกแบบระบบไฮดรอลิก โดยจะใช้ไฮดรอลิกเป็นตัวอัดกระป๋อง เพื่อลดพื้นที่ในการจัดเก็บก่อนที่จะนำส่งไปรีดิวส์หรือรีไซเคิลต่อไป

2.4.2 เครื่องอัดกระป๋องขนาดเล็กที่สร้างขึ้นมาใช้ภายในครัวเรือน

รูปที่ 2.3 เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมขนาดเล็ก

จากรูปเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมใช้กลไกแบบคันโยกคือเมื่อเรากดคันโยกลงตัวกดจะตามลงมาทำให้บีบอัดกระป๋องทำให้กระป๋องยุบลงมาและสามารถที่จะออกแรงน้อยในการอัดได้โดยการเพิ่มความยาวของแขนที่ใช้กด

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการลดขนาดกระป๋อง

2.5.1 ความเค้น (Stress)

ความเค้น คือแรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของวัสดุ หรือความหนาแน่นของแรงที่กระจายบนพื้นที่หน้าตัด ณ ชิ้นส่วนที่พิจารณา โดยความเค้นสามารถแบ่งได้อีกดังนี้

2.5.1.1 ความเค้นตั้งฉาก (Stress)

ความเค้นตั้งฉาก หมายถึงแรงต้านทานของเนื้อวัสดุต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ภาคตัดขวางกับแนวแรงภายนอกนั้น มีหน่วยเป็น N/m^2หรือ Pa

- ถ้ามีแรงกระทำมีทิศพุ่งออกจากพื้นที่หน้าตัด เรียกว่า ความเค้นดึง (tensile stress)
- ถ้าแรงมีทิศทางพุ่งเข้าสู่พื้นที่หน้าตัด เรียกว่า ความเค้นอัด (compressive stress)

2.5.1.2 ความเค้นเฉือน (Shearing stress)

ความเค้นเฉือน คือแรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของวัสดุในแนวขนานกับพื้นที่นั้น บางครั้งเรียกว่า ความเค้นสัมผัส (tangential stress) ความเค้นเฉือนจะเกิดขึ้นเสมอถ้ามีแรงภายนอกมากระทำกับวัสดุ โดยทำให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของวัสดุลื่นไถลออกไปเมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆ มีลักษณะดังนี้

- ความเค้นเฉือนกระจายอย่างสม่ำเสมอ กระทำผ่านจุดศูนย์กลาง
- การเฉือนเดี่ยว (single shear)
- การเฉือนคู่ (double shear)

2.5.1.3 ความเค้นกด (Bearing stress)

ความเค้นกด เป็นความเค้นกดที่มีลักษณะเฉพาะคือ เป็นการกดระหว่างหน้าสัมผัสของวัสดุ 2 ชิ้น มีผลทำให้ผิวหน้าเป็นรอยบุ๋มหรือพังได้เร็วขึ้นหรืออาจทำให้ข้อต่อหลวม ความเค้นกดส่วนใหญ่เกิดขึ้นบนพื้นผิวสัมผัสระหว่างหัวสลักกับแผ่นประกบด้านบนหรือพื้นผิวสัมผัสระหว่างแป้นเกลียวกับแผ่นประกบด้านล่างในลักษณะการยึดติดของสลัก

2.5.2 ความเครียด (strain)

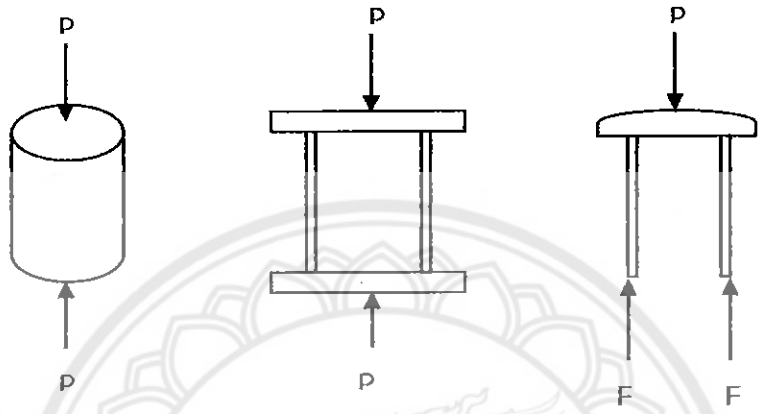
ความเครียด คือ การเสียรูปต่อความยาวของวัสดุที่มีแรงมากระทำ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

2.5.2.1 ความเครียดตั้งฉากหรือความเครียดตามแนวแกน (normal strain or axial strain) คือการเปลี่ยน ความยาวหรือความกว้างของวัตถุภายใต้แรงกระทำ

2.5.2.2 ความเครียดเฉือน (shear strain) คือ การเปลี่ยนแปลงเชิงมุมระหว่างผิวตั้งฉากกันทั้งสองของชิ้นส่วนย่อย

2.5.3 การเสียรูปจากแรงกดของภาชนะบางทรงกระบอก

2.5.3.1 แรงกดตามแนวแกน



รูปที่ 2.4 ภาชนะบางทรงกระบอก (แนวทิศทางขนานกับความสูงกระป๋อง)

พิจารณา P คือแรงภายนอก-แรงกด

σ คือความเค้น

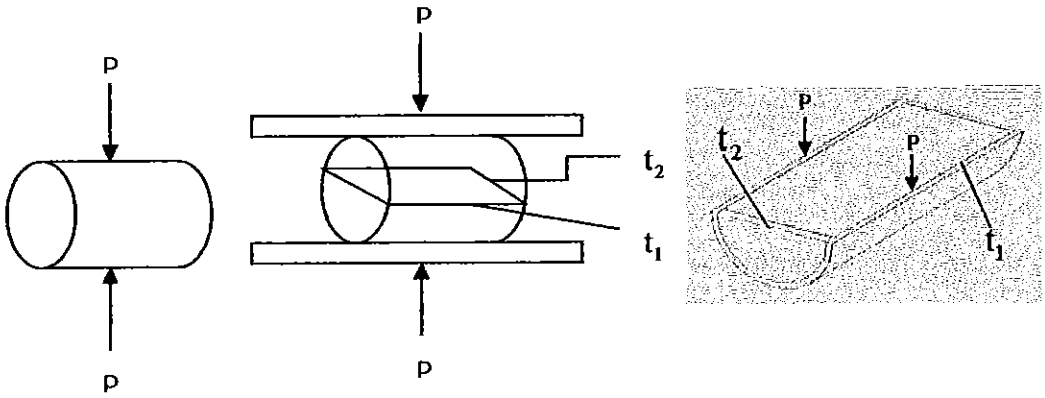
r คือรัศมี

t คือความหนา

A คือพื้นที่

จาก $\sigma = \frac{P}{A}$ โดยที่ $A = 2\pi rt$

2.5.3.1 แรงกดตามแนวรัศมี



รูปที่ 2.5 ภาชนะบางทรงกระบอก (แนวทิศทางตั้งฉากกับความสูงกระป๋อง)

จาก $\sigma = \frac{P}{A_{max}}$ โดยที่ $A_{max} = 2ht_1 + 2rt_2$

เมื่อ σ คือความเค้นสูงสุด

A_{max} คือพื้นที่มากสุด

h คือความยาว

r คือรัศมี

t_1 คือความหนาของตัวกระป๋อง

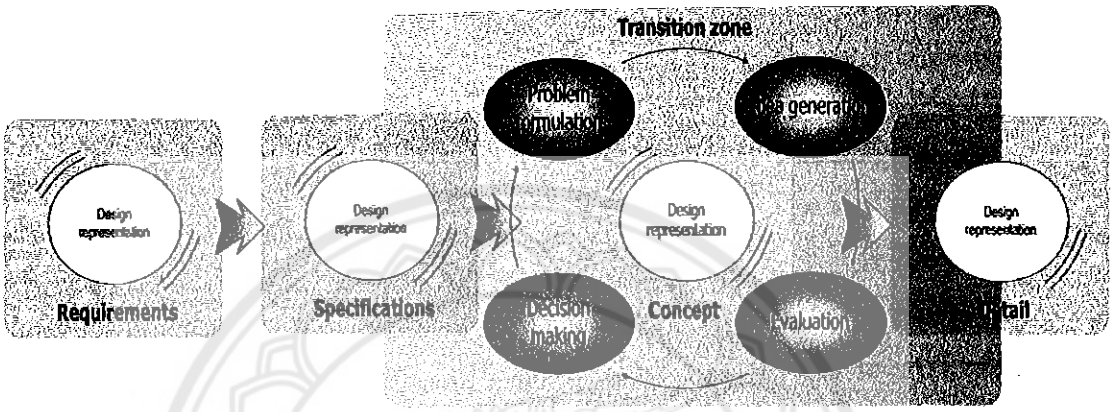
t_2 คือความหนาของฝาและก้นกระป๋อง

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียม

3.1 กระบวนการออกแบบ

กระบวนการออกแบบอย่างง่าย แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ตามที่แสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กระบวนการออกแบบอย่างง่าย [3]

3.1.1 Requirement analysis เป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการออกแบบ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการของผู้ใช้รวมทั้งข้อจำกัดต่างๆ เช่นสภาพแวดล้อมในการใช้งานที่มีผลต่อชิ้นงานและข้อกฎหมายต่างๆ ที่อาจจะมีผลต่อการกำหนดลักษณะชิ้นงาน เป็นต้น

3.1.2 Design Specification คือการกำหนดคุณลักษณะที่ต้องการของชิ้นงาน โดยพยายามแปลความหมายจากขั้นตอนแรกให้เป็นปริมาณที่วัดค่าได้ เพื่อกำหนดเป้าหมายหรือกรอบสมรรถนะของชิ้นงานที่จะทำการออกแบบ ข้อกำหนดที่ได้ในขั้นตอนนี้ นอกจากจะเป็นเป้าหมายในการออกแบบแล้วยังเป็นเสมือนตัวชี้วัดสมรรถนะของชิ้นงานที่สร้างขึ้นว่าสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการหรือไม่

3.1.3 Concept design เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อลักษณะและคุณสมบัติของชิ้นงานและการตัดสินใจในขั้นตอนนี้ ค่าใช้จ่ายในการผลิตมากที่สุด แต่มีความสับสนและมีเครื่องมือช่วยน้อยที่สุด ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ผู้ออกแบบต้องตัดสินใจเลือกหลักการทำงานของชิ้นงาน องค์ประกอบที่ทำให้ชิ้นงานทำงานได้และเลือกวัสดุซึ่งรวมไปถึงวิการผลิตและประกอบเครื่อง

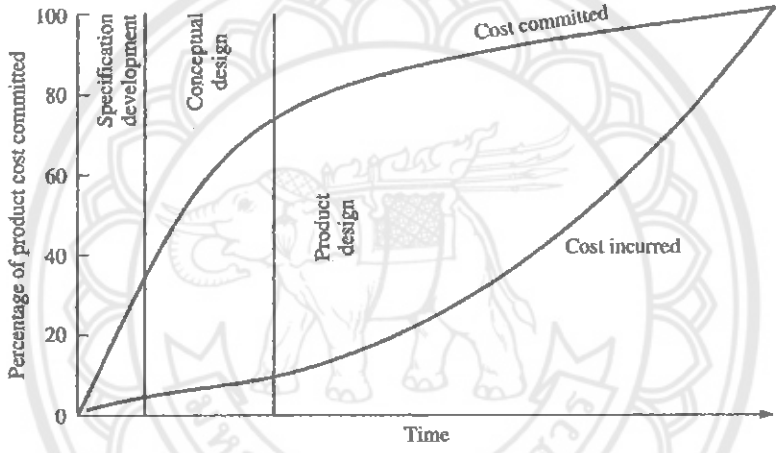
สิ่งที่ได้จากขั้นตอนนี้คือแบบร่างของชิ้นงานที่ออกแบบมาเพื่อเป็นสิ่งที่จะนำไปพิจารณาช่วยในการสร้างเครื่องต้นแบบที่จะสร้างต่อไป

3.1.4 Detail Design นำแบบร่างที่ได้จาก Concept design มาพิจารณาในรายละเอียด เช่น การปรับขนาดและรูปร่างของชิ้นงาน การคำนวณเพื่อยืนยันความแข็งแรง ทดสอบชิ้นงานหรือการกำหนดกระบวนการผลิตเป็นต้น ดังที่ได้จากขั้นตอนนี้คือแบบชิ้นงานที่มีรายละเอียดเพื่อใช้ในการนำไปผลิตออกมา

3.2 ประสิทธิภาพการออกแบบ

ตัวแปรหลักๆที่ใช้บอกถึงประสิทธิภาพของกระบวนการออกแบบประกอบไปด้วย ราคาที่ใช้ในการผลิต, คุณภาพของชิ้นงานและเวลาที่ใช้พัฒนา

3.2.1 ราคาที่ใช้ในการผลิต



รูปที่ 3.2 แนวโน้มราคาที่ใช้ในการผลิต [4]

จากรูปที่ 3.2 เป็นกราฟแสดงค่าใช้จ่ายในการออกแบบและพัฒนา โดยพิจารณาเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งออกเป็นสามช่วงในการออกแบบคือ การกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ (design specification) การพัฒนาหลักการทำงาน (concept design) และการสร้าง (detail to production) โดยเส้นกราฟด้านบนคือ Cost committed เป็นเส้นการวางแผนราคาในการออกแบบเครื่องล่วงหน้าก่อนที่จะสร้างจริง ซึ่งพบว่าค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ กว่า 75 % ได้มีการตัดสินใจที่จะใช้ในกระบวนการสองช่วงแรก

เส้น Cost incurred เป็นเส้นราคาค่าใช้จ่ายจริงที่จะสร้างเครื่องออกมา โดยในช่วงแรกของการผลิตจะยังคงใช้ค่าใช้จ่ายในการผลิตไม่สูงนัก แต่เมื่อได้ผลิตในระยะเวลาที่นานมากขึ้นดังเช่นในกราฟ ค่าใช้จ่ายจะเริ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งค่าใช้จ่ายในการประเมินราคาในการออกแบบจะเท่ากับราคาที่สร้างเครื่องจริงออกมา โดยการเท่ากันของราคาในการผลิตจะเท่ากับการออกแบบนั้น

ก็จะขึ้นกับระยะเวลาที่เราใช้ผลิต นั่นก็จะเริ่มจากการวางแผนที่ดีล่วงหน้า ถ้าจะให้การใช้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำและคุ้มค่าก็ควรที่จะเลือกระยะเวลาและควรออกแบบกระบวนการผลิตให้ดี

3.2.2 คุณภาพของชิ้นงานซึ่งอาจจะพิจารณาได้หลายมิติ

3.2.2.1 ความใกล้เคียงกับ Design specification ที่กำหนดให้

3.2.2.2 ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

3.2.3 เวลาที่ใช้ในการพัฒนา เวลาที่ใช้น้อยทำให้การปรับเปลี่ยนและพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นไปได้อย่างรวดเร็วสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไปได้

จากหัวข้อที่ 3.2.2 เป็นหัวข้อที่ใช้ในการพิจารณาในการออกแบบเครื่อง โดยใช้คุณภาพของชิ้นงานเป็นตัววัด ซึ่งเครื่องที่ได้จะต้องมีความใกล้เคียงกับคุณลักษณะที่ต้องการชิ้นงาน และเมื่อจะทำเป็นชิ้นงานจริงออกมาแล้วชิ้นงานควรที่จะมีตรงกับความต้องการของผู้ใช้ด้วย เพื่อที่จะได้สร้างเครื่องแล้วสามารถใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพ

3.3 การออกแบบเครื่องอัดกระป๋อง

ดำเนินการตามกระบวนการออกแบบอย่างง่าย 4 ขั้นตอนดังนี้

3.3.1 การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ (Requirement analysis)

จุดประสงค์คือพัฒนาเครื่องลดขนาดกระป๋องเครื่องดื่มอลูมิเนียมสำหรับใช้ในครัวเรือน ซึ่งพิจารณาแยกออกมาเป็นรายการความต้องการได้ตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การให้น้ำหนักความสำคัญของเครื่องอัดกระป๋อง

ลำดับ	สิ่งที่ต้องทำได้	1	2	3	4	5	6	7	8	รวมผลคูณ	n root	n root/ ∑nroot
1	ลดขนาดกระป๋อง	1	5	3	3	3	7	5	7	3.31E+4	3.67	0.33
2	มีกลไกไม่ซับซ้อน	1/5	1	5	1/5	3	5	1/5	3	0.18E+1	1.08	0.10
3	มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้	1/3	1/5	1	1/5	5	5	1/3	1/5	2.22E-2	0.62	0.06
4	มีโครงสร้างแข็งแรง	1/3	5	5	1	5	5	1/5	1/3	1.39E+1	1.39	0.13
5	น้ำหนักเบาเคลื่อนย้ายได้	1/3	1/3	1/5	1/5	1	3	1/5	1/3	8.00E-4	0.41	0.04
6	ใช้งบประมาณน้อย	1/7	1/5	1/5	1/5	1/3	1	1/7	1/5	1.00E-5	0.24	0.02
7	มีการทดแรง	1/5	5	3	5	5	7	1	3	1.58E+3	2.51	0.23
8	อัตราการผลิต	1/7	1/3	5	3	3	5	1/3	1	0.36E+1	1.17	0.11

หมายเหตุ : E คือฐานสิบยกกำลัง

การเปรียบเทียบ 7 : สำคัญกว่ามาก

5 : สำคัญกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

3 : สำคัญกว่า

1 : เท่ากัน

จากตารางที่ 3.1 การให้น้ำหนักความสำคัญของเครื่องอัดกระป๋องพบว่าสิ่งที่ต้องทำได้ของเครื่องอัดกระป๋องมีอยู่ 6 ข้อ 1.ลดขนาดกระป๋อง 2.มีการทดแรง 3.มีโครงสร้างแข็งแรง 4.อัตราการอัดกระป๋องนาที 5.มีกลไกไม่ซับซ้อน 6.มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน 7.น้ำหนักเบาเคลื่อนย้ายได้ง่าย 8. ใช้งบประมาณน้อย หัวข้อทั้งหมดนี้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกัน

การให้คะแนนลำดับความสำคัญจะมีคะแนนให้ใส่คือ 7: สำคัญกว่ามาก 5: สำคัญกว่าอย่างมีนัยสำคัญ 3: สำคัญกว่า 1: เท่ากัน ส่วนการเปรียบเทียบจะเปรียบเทียบทีละคู่ เช่นข้อ 1 เปรียบเทียบกับข้อ 1 ให้ใส่ 1 เพราะว่ามีลำดับความสำคัญเท่ากัน และข้อ 1 เปรียบเทียบกับข้อ 2 ถ้าข้อ 1 มีลำดับความสำคัญมากกว่าข้อ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ก็ให้ใส่เลข 5 และเมื่อข้อ 2 มีความสำคัญน้อยกว่าข้อ 1 อย่างมีนัยสำคัญก็ให้ใส่ 1/5 ทำการเปรียบเทียบเช่นนี้กับทุกข้อ

เมื่อทำการให้คะแนนลำดับความสำคัญแล้วก็รวมคะแนนของแต่ละข้อ แล้วนำมาหา n root จาก $\sqrt[n]{(\text{รวมผลคูณของแต่ละข้อ})}$ เมื่อ n คือจำนวนข้อทั้งหมด เช่น ข้อ 1 ลดขนาดกระป๋องจะได้ $\sqrt[8]{33,075}$ = 3.6722 เมื่อทำการหา n root ทุกข้อแล้วก็ให้รวมทุกข้อเข้าด้วยกันจะได้เป็น $\sum$n root จากนั้นนำ n root ของแต่ละข้อมาหาร $\sum$n root แล้วผลที่ได้เมื่อรวมกันแล้วจะต้องเท่ากับ 1 เสมอ

เมื่อคิดน้ำหนัก (n root/$\sum$n root) ออกมาแล้วก็จะนำมาเรียงลำดับความสำคัญว่าข้อไหนมีลำดับความสำคัญมากกว่าข้ออื่น หรือ น้ำหนัก (n root/$\sum$n root) มากที่สุดนั้นเอง จะเห็นได้ว่าการลดขนาดกระป๋องจะเป็นสิ่งสำคัญเป็นอันดับ 1 ซึ่งมีค่าน้ำหนักมากที่สุดถึง 0.3312 รองลงมาคือเครื่องมีการทดแรงซึ่งมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.2263 สำหรับวัตถุประสงค์หลักๆ ที่ต้องทำได้ส่วนในข้ออื่นนั้นก็เป็นส่วนที่ต้องพิจารณาให้มีความเหมาะสมเรื่องความปลอดภัยของการใช้เครื่องก็ควรที่จะมี แต่ก็เป็นการระมัดระวังของผู้ใช้เองก่อนด้วย อันตรายคงไม่เกิดความรุนแรงเนื่องจากเครื่องทำงานด้วยความเร็วต่ำ

3.3.2 กำหนดคุณลักษณะ (Design Specifications) คือการกำหนดรายการสิ่งที่ต้องการ ให้อยู่ในรูปของปริมาณที่วัดค่าได้มากที่สุด

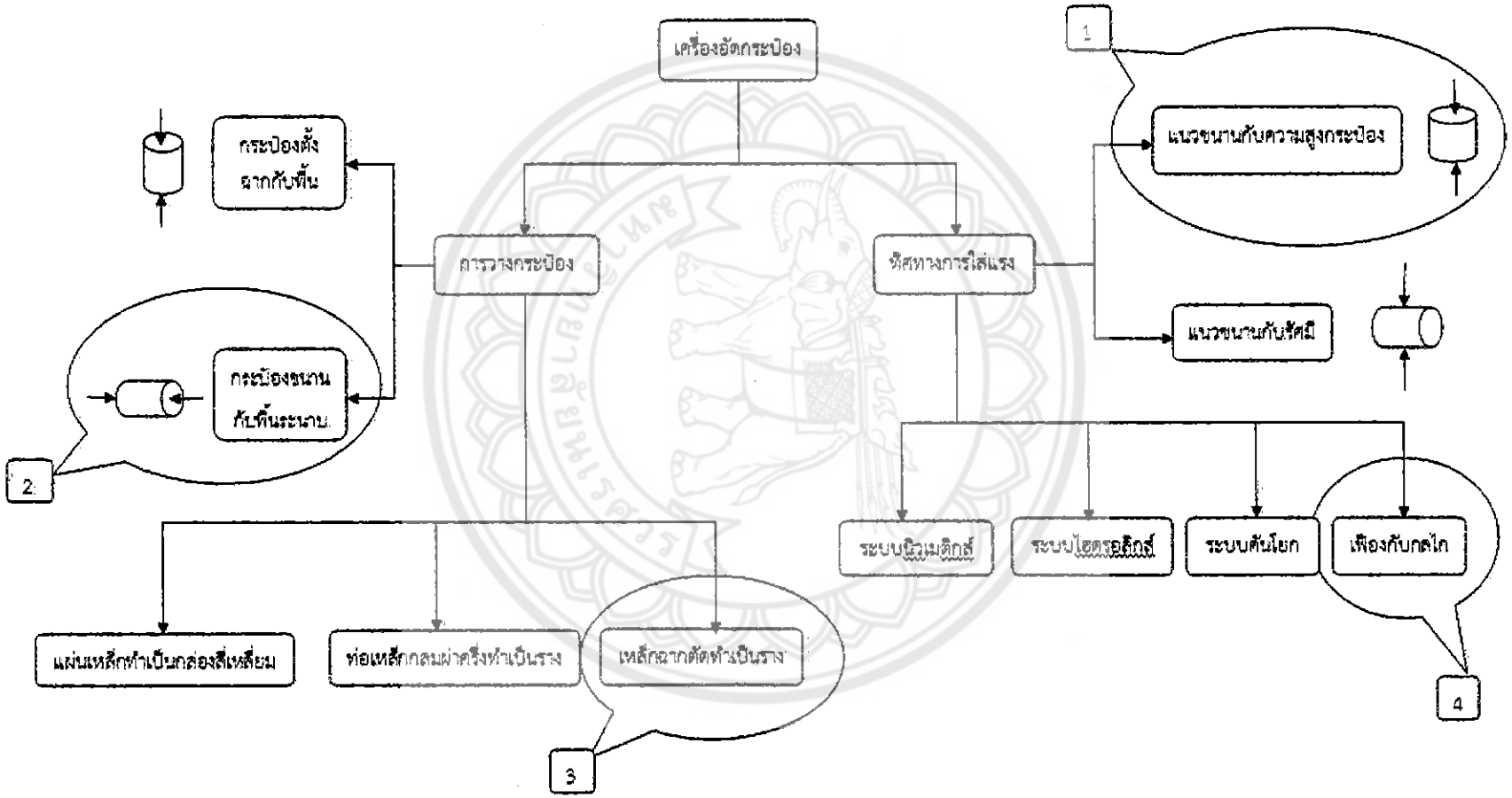
ตารางที่ 3.2 คุณลักษณะที่ต้องการของเครื่องอัดกระป๋อง

ลำดับความสำคัญ	รายการ	น้ำหนัก	คุณลักษณะที่ต้องการ
1	ลดขนาดกระป๋อง	0.33	สามารถลดขนาดได้ 80%
2	มีการทดแรง	0.23	มีอัตราการทดอยู่ที่ 12.25:1
3	มีโครงสร้างแข็งแรง	0.13	มีความคงทนต่อการใช้งาน
4	อัตราการผลิต	0.11	มีอัตราการผลิตอยู่ที่
5	มีกลไกไม่ซับซ้อน	0.10	จำนวนชิ้นส่วนน้อย
6	มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้	0.06	มีอุปกรณ์ป้องกัน
7	น้ำหนักเบาเคลื่อนย้ายได้	0.04	ขนาดประมาณ 30x70x80 ซม.
8	ใช้งบประมาณน้อย	0.02	ประมาณ 2,000-5,000 บาท

จากตารางที่ 3.2 คุณลักษณะที่ต้องการของเครื่องอัดกระป๋องสามารถลดขนาดกระป๋องได้ 80% ของส่วนสูง โดยคณะผู้จัดทำการทดลองหาแรงที่จะใช้ในการอัดกระป๋องออกมาเป็น 2 แบบ แบบแรก โดยการใส่แรงตามแนวขนานกับความสูงของกระป๋อง และแบบที่สองใส่แรงตั้งฉากกับความสูงของกระป๋องผลที่ออกมาแรงที่ใช้กดในแนวขนานกับความสูงของกระป๋องใช้แรงในการกดน้อยกว่าใช้แรงที่ 1-2 kN คณะผู้จัดทำจึงเลือกวิธีนี้มาออกแบบและสร้างเมื่อทดสอบออกมาแล้วก็สามารถที่จะอัดกระป๋องได้ตามที่ต้องการ คือได้ 80% ของส่วนสูงกระป๋องโดยได้ใช้ระบบเฟืองร่วมกับกลไก

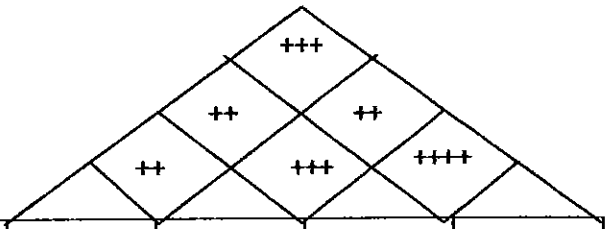
มีความคงทนต่อการใช้งาน เมื่อทำการทดสอบอัดกระป๋องอย่างต่อเนื่องเครื่องก็ยังสามารถทำงานต่อเนื่องได้โดยไม่มีชิ้นส่วนไหนเกิดความเสียหาย

3.3.3 กำหนดหลักการทำงานและโครงสร้าง (Concept design)



รูปที่ 3.3 แผนภาพกระบวนการออกแบบเครื่องอัดกระป๋อง

ตารางที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะที่ต้องการกับส่วนประกอบของเครื่องอัดกระป๋อง



คุณลักษณะ	น้ำหนัก	ทิศทางการใส่แรง	แนวการวางกระป๋อง	วัสดุและการผลิต	ระบบทดแรง
1.ลดขนาดกระป๋อง	0.33	Δ			Δ
2.มีการทดแรง	0.23				Δ
3.มีโครงสร้างแข็งแรง	0.13			Δ	
4.อัตราการผลิต	0.11				Δ
5.มีกลไกไม่ซับซ้อน	0.10		Δ		Δ
6.มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้	0.06		Δ		Δ
7.น้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายได้	0.04			Δ	
8.ใช้งบประมาณน้อย	0.02			Δ	

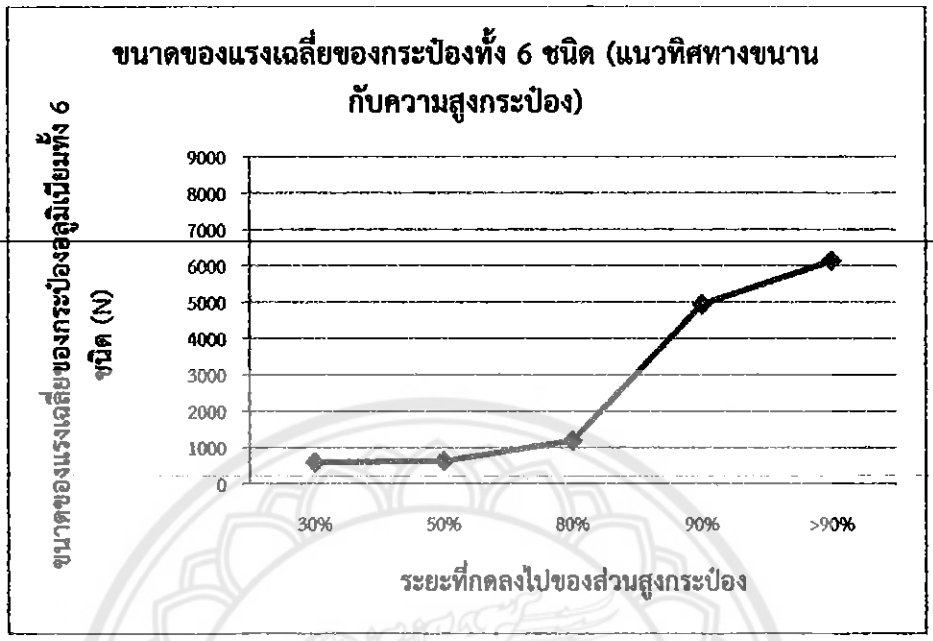
หมายเหตุ Δ คือ สัญลักษณ์ที่แสดงความสัมพันธ์ต่อกัน

\+ คือ สัญลักษณ์ที่แสดงคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกัน

จากรูปที่ 3.3 และตารางที่ 3.3 แสดงถึงการพิจารณาส่วนประกอบของเครื่องอัดกระป๋อง โดยพิจารณาออกเป็น 4 ส่วน คือ ทิศทางการใส่แรง, การวางกระป๋อง, วัสดุและการผลิตและระบบการทดแรง โดยอธิบายได้ดังนี้

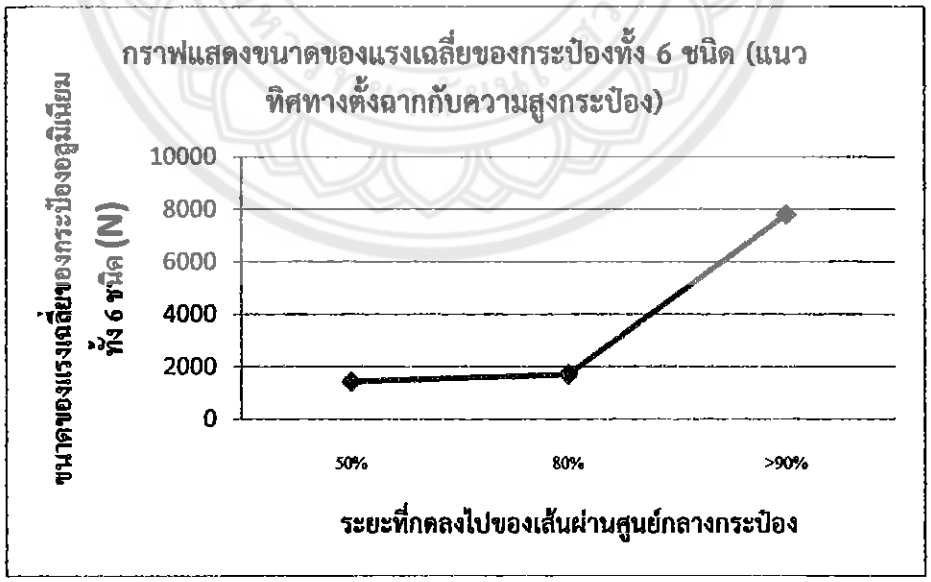
3.3.3.1 การเลือกทิศทางการอัดกระป๋อง มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการอัดกระป๋อง โดยมีการทดสอบเพื่อหาขนาดของแรงที่ใช้ในการอัดกระป๋อง โดยพิจารณาการใส่แรงในแนวขนานกับความสูงกระป๋องและแนวทิศทางตั้งฉากกับส่วนสูงกระป๋อง เมื่อทำการลดลองหาขนาดของแรงได้แล้วพบว่าแรงในแนวขนานกับส่วนสูงกระป๋องมีค่าน้อยกว่าแนวตั้งฉากกับส่วนสูงกระป๋อง จึงพิจารณาเลือกทิศทางการใส่แรงในแนวขนานกับส่วนสูงกระป๋อง จากผลการทดสอบหาแรง

จากการทดลองที่ 1 การทดสอบแรงกดตามความสูงของกระป๋อง (แนวทิศทางขนานกับความสูงกระป๋อง)



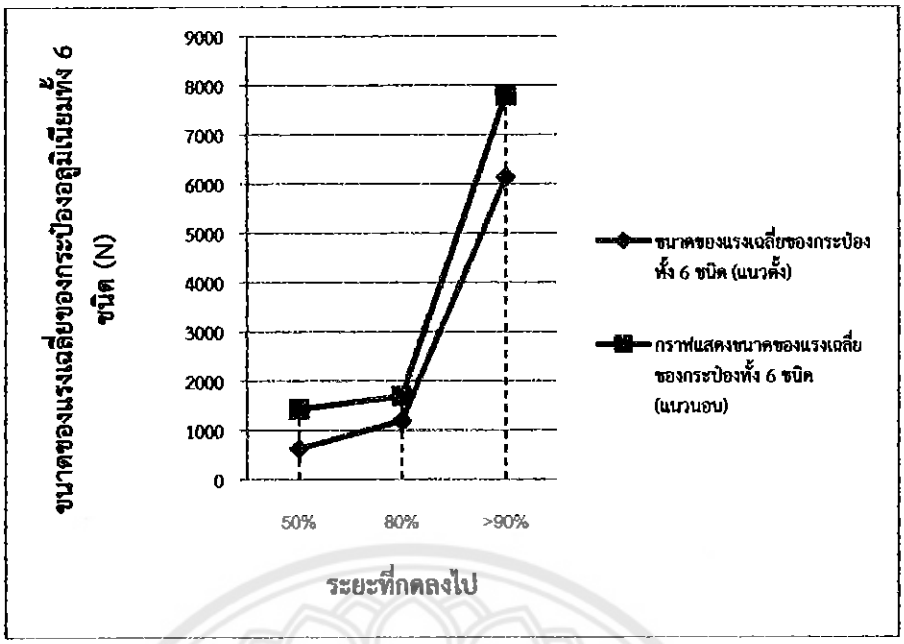
รูปที่ 3.4 กราฟขนาดแรงเฉลี่ยของกระป๋องในแนวทิศทางขนานกับความสูงกระป๋อง

จากการทดลองที่ 2 การทดสอบแรง กดด้านข้างของกระป๋อง (แนวทิศทางตั้งฉากกับความสูงกระป๋อง)



รูปที่ 3.5 กราฟขนาดแรงเฉลี่ยของกระป๋องในแนวทิศทางตั้งฉากกับความสูงกระป๋อง

เมื่อพิจารณากราฟทั้งสองการทดลองร่วมกันที่เปอร์เซ็นต์การอัด 50%, 80% และมากกว่า 90% ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.6 กราฟของแรงเฉลี่ยของการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2

จากรูปที่ 3.6 การทดสอบเพื่อหาขนาดของแรงกดเฉลี่ย ในการทดสอบแรงกดของกระป๋องอลูมิเนียมทั้งแนวตั้งและแนวนอน จะพบว่าขนาดของแรงกดเฉลี่ยในการทดสอบกระป๋องอลูมิเนียม 5 ใบ ขนาดของแรงกดในแนวนอนจะมีค่ามากกว่าแนวตั้งเทียบจากการกดที่เปอร์เซ็นต์เท่ากัน แสดงดังตารางที่ 3.4

	ขนาดแรงกดแนวตั้ง (N)	ขนาดแรงกดแนวนอน (N)
50%	628.55	1427.72
80%	1191.27	1694.00
>90%	6136.33	7792.39

ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบแรงกด

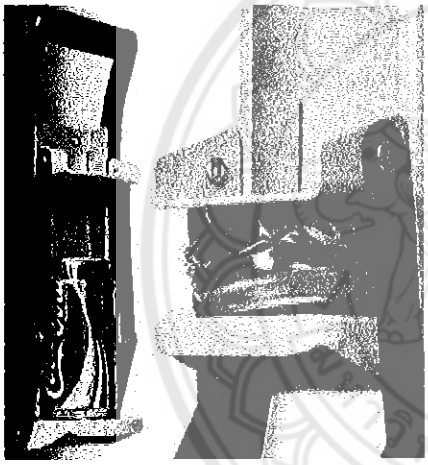
การกดกระป๋องในแนวนอนมีแรงต้านมากกว่าเนื่องจากฝากระป๋องและก้นของกระป๋อง แต่การกดแนวตั้งส่วนที่ต้านแรงคือส่วนที่เป็นตัวกระป๋องซึ่งมีความบางมากจึงทำให้ขนาดของแรงกดมีค่าน้อยกว่า ดังนั้นจึงเลือกวิธีในการออกแบบเครื่องทดสอบแรงกดกระป๋องอลูมิเนียมในแนวตั้งของกระป๋อง กดแนวตั้งใช้แรงที่น้อยกว่าในการลดขนาดกระป๋องลงได้ขนาดใกล้เคียงกันเหมาะสมสำหรับการออกแบบ

จากการทดลองพบว่าขนาดของแรงเฉลี่ยของกระป๋องทั้ง 6 ชนิด ที่กดลงไป 90% และขนาดของแรงเฉลี่ยของกระป๋องทั้ง 6 ชนิด ที่ >90% มีค่าสูงมาก และขนาดของแรงที่ใช้กดกระป๋อง 80-90% และกดลงไปสูงสุดที่กดได้ มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีประมาณที่ 90% ขนาดของ

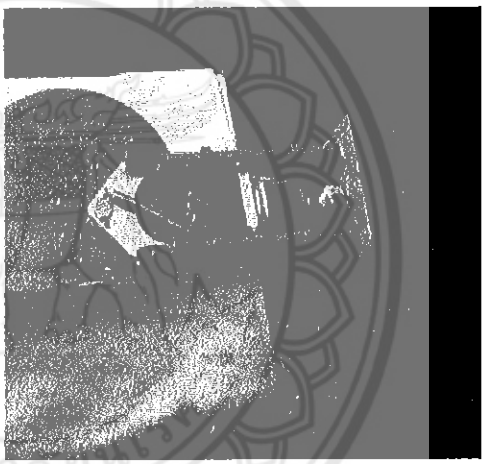
แรงสูงกว่า 80% 4 เท่า และเป็น 6 เท่า ที่กดลงไปสูงสุด ขนาดของกระป๋องที่ลดลงในช่วงนี้ พื้นที่ในการจัดเก็บมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงใช้แรงกดแนวตั้งในการลดขนาดกระป๋องลงที่ 80% ในการออกแบบเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมที่ลดขนาดของกระป๋องลงได้ประมาณ 80% ซึ่งขนาดของแรงกดทดสอบเฉลี่ยของกระป๋องทั้ง 6 ชนิดได้ประมาณ 1-2 kN ซึ่งข้อมูลนี้จะนำไปใช้ออกแบบเครื่องต่อไป

หมายเหตุ : ผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปและวิเคราะห์หาแรงกดที่ทดสอบได้จากภาคผนวก ก

3.3.3.2 การเลือกลักษณะการวางกระป๋อง มีความสัมพันธ์กับความปลอดภัยขณะใช้งาน รวมทั้งความสะดวกสบายในการจัดเก็บกระป๋องที่อัดแล้วโดยไม่ต้องใช้มือหยิบกระป๋องออกจากการอัด โดยมีข้อแตกต่างแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.7-3.8



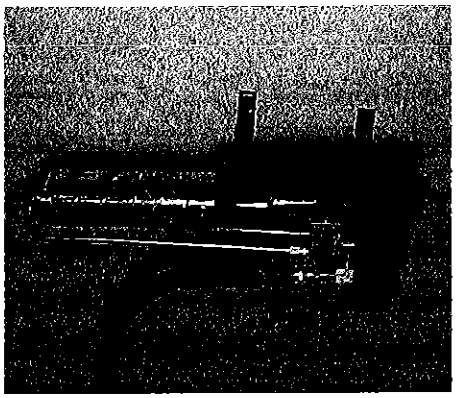
รูปที่ 3.7 การวางแนวตั้งฉากกับพื้น



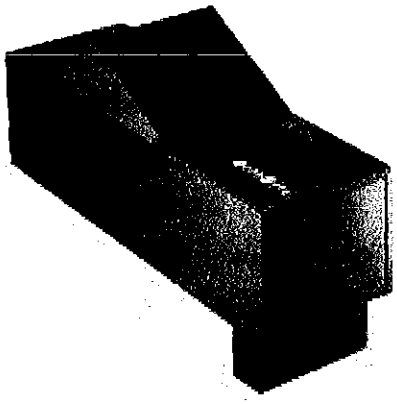
รูปที่ 3.8 การวางแนวขนานกับพื้น

จากลักษณะการวางของกระป๋องของรูปทั้งสองก็สรุปเลือกการวางในแนวขนานกับพื้น ระนาบด้วยเหตุผลที่ว่าเมื่อเราอัดกระป๋องจนแบนแล้วกระป๋องหล่นลงด้านล่างทันที โดยที่เราไม่ต้องไปใช้มือจับกระป๋องออกและยังให้ความปลอดภัยของผู้ใช้เองด้วย

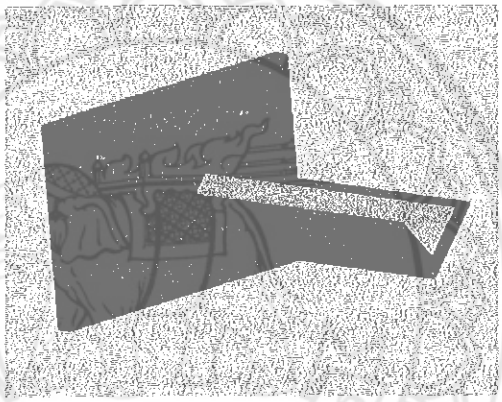
3.3.3.3 จากสามเหลี่ยมด้านบนของตารางที่ 3.3 การเลือกวัสดุและการผลิตที่จะนำมาใช้สร้างรางสำหรับวางกระป๋องนั้น จะขึ้นอยู่กับราคาในการจัดซื้อวัสดุ, ความแข็งแรงและความปลอดภัยของผู้ใช้ โดยเลือกพิจารณาจากราคาในการผลิต, ระบบทดแรงที่เลือกใช้, แนวการวางกระป๋องซึ่งหัวข้อทั้งหมดมีความสัมพันธ์กัน จึงต้องมีการพิจารณาเป็นคู่กันไปว่าข้อมูลใดมีความสัมพันธ์ร่วมกันและเลือกข้อที่ดีที่สุดมาออกแบบ ในที่นี้ใช้เหล็กฉากมาทำรางสำหรับวางกระป๋องจะมีกระบวนการผลิตน้อยกว่าและราคายังถูกกว่าด้วย



รูปที่ 3.9 แบบใช้ท่อเหล็ก



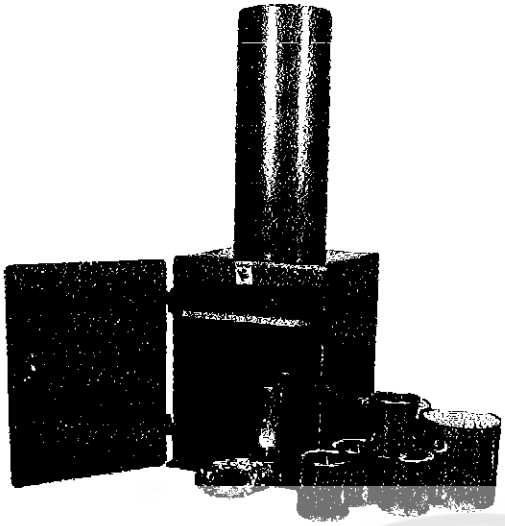
รูปที่ 3.10 แบบใช้แผ่นเหล็ก



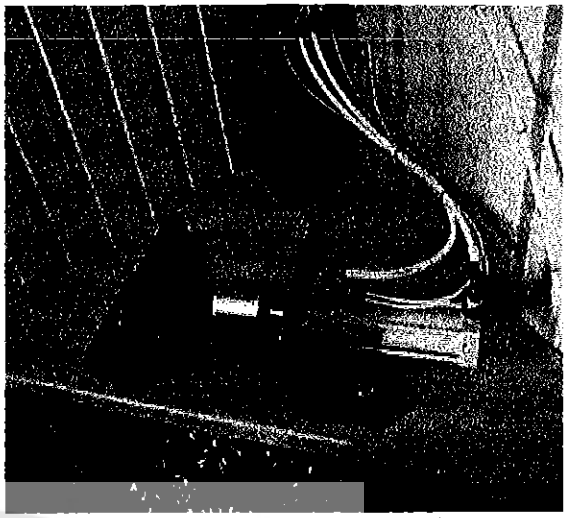
รูปที่ 3.11 แบบใช้เหล็กฉาก

3.3.3.4 การเลือกระบบทดแรง พิจารณาตัวเลือก 4 ตัว คือ ระบบไฮดรอลิก(รูปที่ 3.12) ระบบนิวเมติกส์(รูปที่ 3.13) ใช้คันโยก(รูปที่ 3.14) และระบบเฟือง(รูปที่ 3.15) โดยพิจารณาเปรียบเทียบด้านราคาในการผลิต, ความซับซ้อนของกลไก และความสามารถในการทดแรง

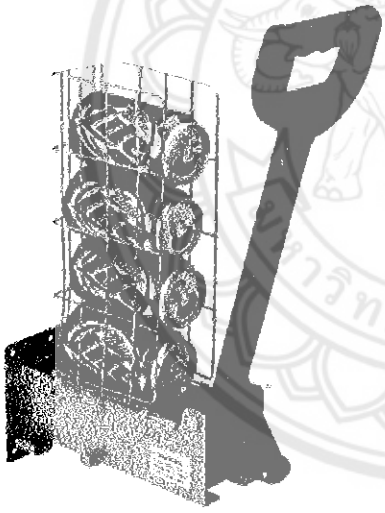
เมื่อพิจารณาระบบนิวเมติกส์กับระบบไฮดรอลิกมีราคาในการผลิตสูง, กลไกมีความซับซ้อน จึงถูกตัดจากการพิจารณา เมื่อดูที่ ระบบคันโยกกับเฟือง ราคาในการผลิตจะมีราคาต่ำ, กลไกที่ใช้ไม่ซับซ้อนทั้งสองแบบ แต่ระบบเฟืองจะมีการทดแรงที่ดีกว่าแบบคันโยก ทำให้คนใช้แรงในการใช้งานน้อยจึงจะนำแบบเฟืองกับกลไกไปทำการออกแบบต่อไป



รูปที่ 3.12 ระบบไฮดรอลิก



รูปที่ 3.13 ระบบนิวเมติกส์



รูปที่ 3.14 ระบบคันโยก

รูปที่ 3.15 เฟืองร่วมกับกลไก

จากตารางที่ 3.5 เป็นการแสดงหัวข้อการเปรียบเทียบกับแบบที่ต้องการเลือก เพื่อที่จะนำไปสร้างเครื่องอัดกระป๋อง โดยที่การเปรียบจะให้คุณลักษณะอยู่ 3 แบบก็คือ

0 คือแบบตัวเครื่องอ้างอิงเพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบหลัก

+1 คือคุณสมบัติของแบบนั้นดีกว่าแบบเครื่องอ้างอิง

-1 คือคุณสมบัติของแบบนั้นแย่กว่าแบบเครื่องอ้างอิง

เมื่อทำการให้คะแนนและรวมคะแนนในตารางที่ 3.5 ได้ผลออกมาว่าแบบที่ 3 เป็นกระบวนการของเฟืองและกลไกได้คะแนนสูงสุด รองลงมาคือแบบนิวเมติกส์และดันโยก โดยการพิจารณาหัวข้อการเปรียบเทียบดังกล่าวจึงเลือกการทำงานของเครื่องแบบเฟืองกับกลไกออกมาทำการออกแบบและสร้างเครื่องอัดกระป๋อง

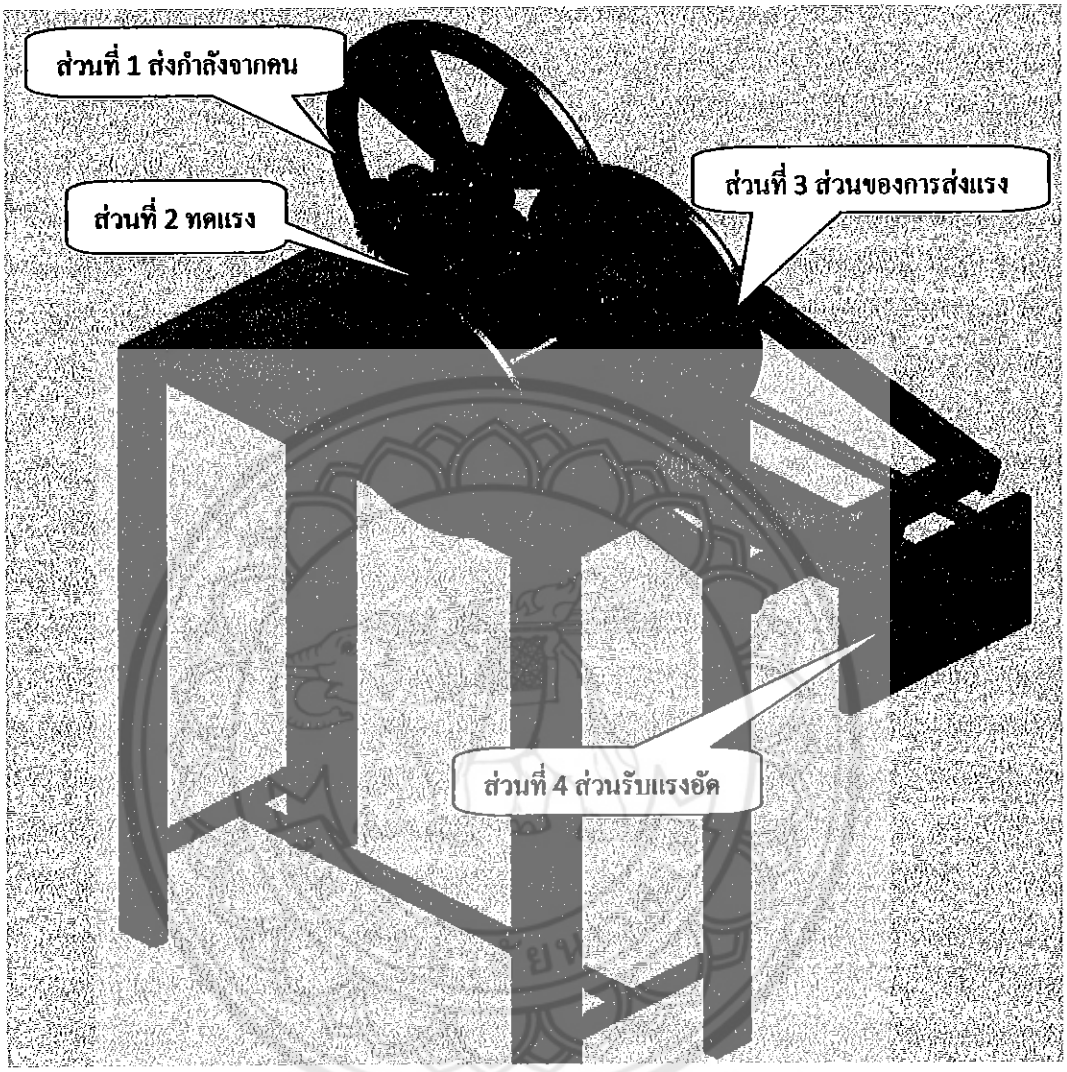
ตารางที่ 3.5 การเปรียบเทียบเครื่องอัดกระป๋องแต่ละชนิด

หัวข้อการเปรียบเทียบ	น้ำหนัก	แบบที่ 1 (รูปที่ 3.12)	แบบที่ 2 (รูปที่ 3.13)	ผลคูณน้ำหนัก	แบบที่ 3 (รูปที่ 3.15)	ผลคูณน้ำหนัก	แบบที่ 4 (รูปที่ 3.14)	ผลคูณน้ำหนัก
1.ลดขนาดกระป๋อง	0.33	0	-1	0.33	-1	-0.33	-1	-0.33
2.มีการทดแรง	0.23	0	0	0.23	+1	0.23	-1	-0.23
3.มีโครงสร้างแข็งแรง	0.13	0	-1	0.13	-1	-0.13	-1	-0.13
4.อัตราการผลิต	0.11	0	0	0	+1	0.11	+1	0.11
5.มีกลไกไม่ซับซ้อน	0.10	0	+1	0.10	+1	0.10	+1	0.10
6.มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้	0.06	0	+1	0.06	+1	0.06	+1	0.06
7.น้ำหนักเบาเคลื่อนย้ายได้	0.04	0	+1	0.04	+1	0.04	+1	0.04
8.ใช้งบประมาณน้อย	0.02	0	+1	0.02	+1	0.02	+1	0.02
รวมคะแนน		**0**		**-0.01**		**0.10**		**-0.36**

หมายเหตุ : ผลการเปรียบเทียบเป็นความคิดเห็นจากคณะผู้วิจัย

3.3.3.6 หลักการทำงานของเครื่องอัดกระป๋อง

หลักการทำงานของเครื่องอัดกระป๋องแบ่งออกเป็น 4 ส่วน



รูปที่ 3.16 หลักการทำงานของเครื่อง

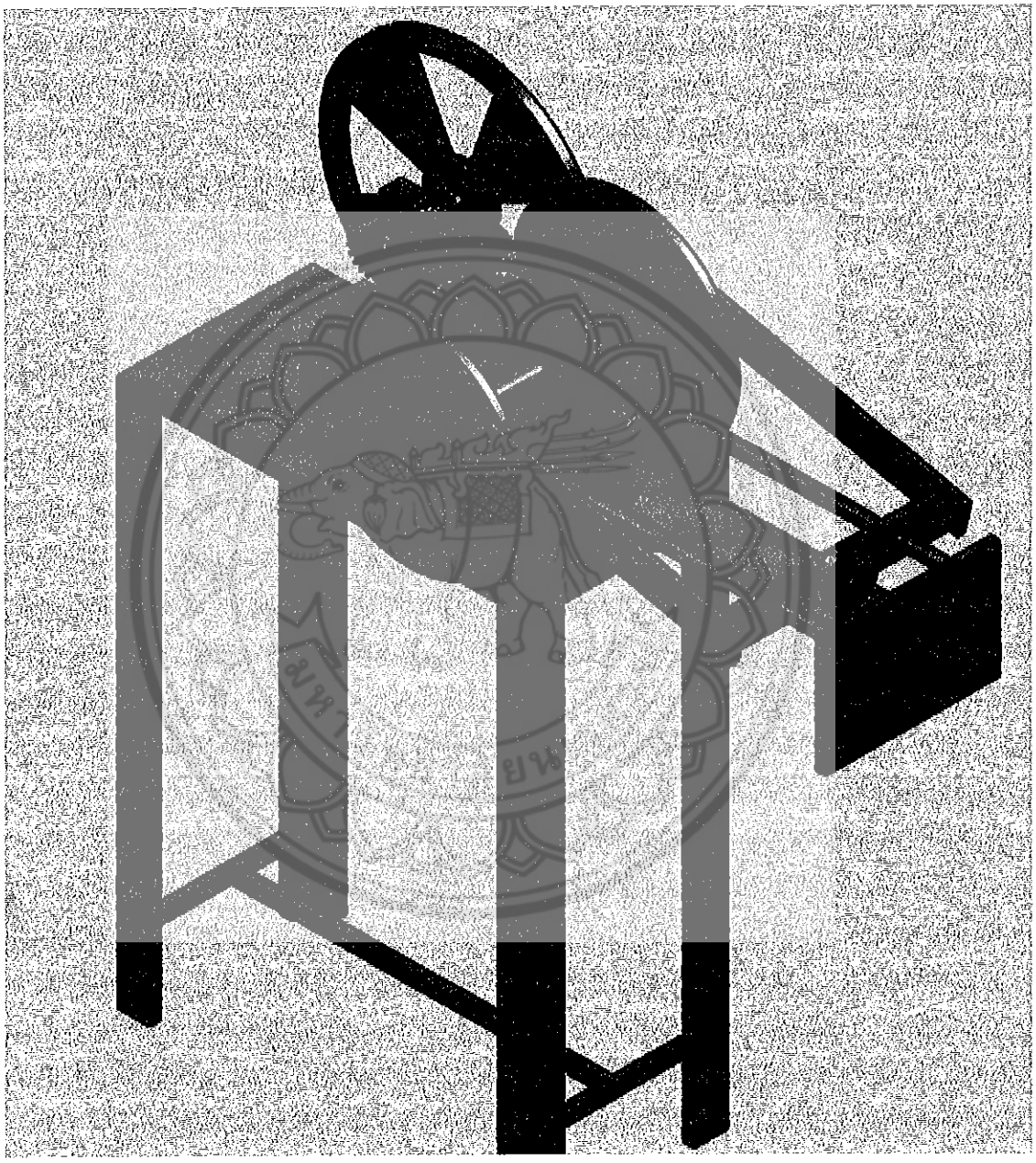
ส่วนที่ 1 ต้นกำลังที่ให้กับเครื่อง โดยในการออกแบบเครื่องนี้ใช้แรงจากคนในการหมุนส่งกำลังให้กับเฟือง

ส่วนที่ 2 ส่วนทดแรงจากคนคือการใช้ชุดเฟือง 4 ตัว ทำงานร่วมกันโดยมีอัตราทด 12.25 : 1 และเฟืองชุดนี้จะเป็นตัวปรับและเพิ่มแรงที่ส่งมาจากคนให้มากขึ้น ทำให้คนออกแรงน้อย แต่แรงที่ออกไปมีค่าสูง

ส่วนที่ 3 ส่วนการส่งแรง โดยใช้การส่งแรงของแผ่นวงกลมขนาดรัศมีวงกลม 10 เซนติเมตร ซึ่งต่ออิสระกับแขนดัน ทำให้มีระยะในการเคลื่อนที่ 10 เซนติเมตร โดยที่แขนดันจะต่อเข้ากับแผ่นดันกระป๋อง เพื่อดันกระป๋องให้ยุบลง ในทิศทางขนานกับพื้นระนาบดังรูป

ส่วนที่ 4 ส่วนรับกระป๋อง ในที่นี้ใช้เหล็กรางทำเป็นที่วางกระป๋องและมีช่องให้กระป๋องที่อัดแล้วร่วงลงด้านล่าง พร้อมกับมีแผ่นรับแรงอัดกับกระป๋องที่ด้านท้าย ทำให้กระป๋องไม่เคลื่อนที่ขณะทำการอัดกระป๋อง

3.3.4 แบบร่างของเครื่องอัดกระป๋อง



รูปที่ 3.17 แบบร่างของเครื่องอัดกระป๋อง

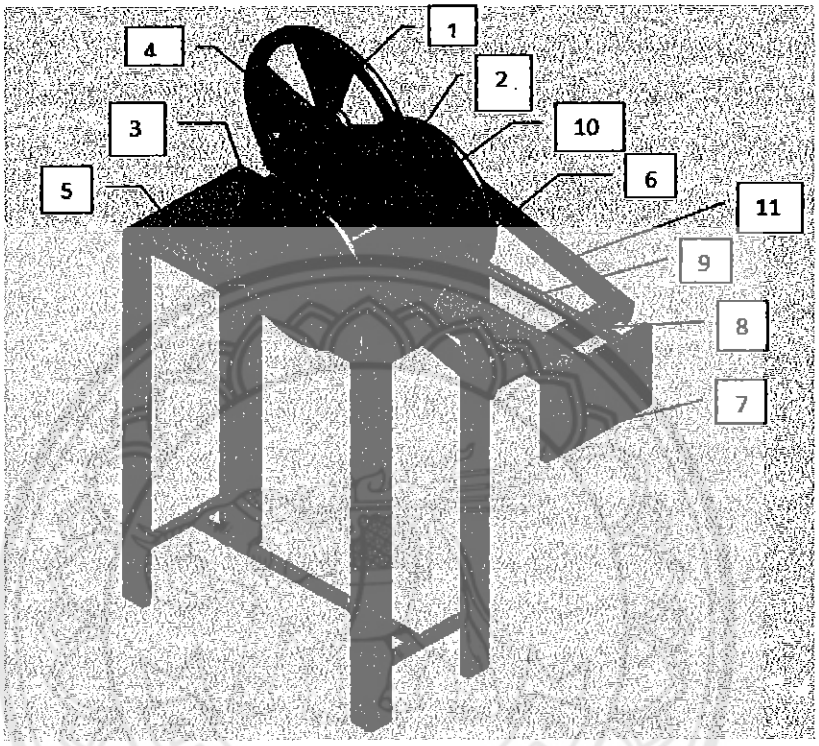
3.4 รายละเอียดเครื่องอัดกระป๋อง (Detail design)

ในการออกแบบและสร้างเครื่องอัดกระป๋องนี้ เลือกใช้กลไกในลักษณะกลไกชิ้นต่อโยงทำงานเหมือนก้านสูบ โดยมีลูกเบี้ยวทรงกลมส่งแรงให้กับแขนสองข้างเพื่อเคลื่อนที่ แขนทั้งสอง

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ข้างจะดันกับเหล็กที่วิ่งอยู่ในแท่งเหล็ก ส่งแรงจนครบรอบของการหมุนและกลับมาตำแหน่งเดิม เป็นเช่นนี้ต่อไปในรอบอื่นๆ ในการส่งกำลังนั้นใช้ชุดเฟืองทั้งหมด 4 ตัวเป็นตัวทดแรงและใช้แรงจากคนเป็นต้นกำลังหลัก โดยไม่มีการนำอุปกรณ์ส่งกำลังที่ใช้ไฟฟ้ามาช่วยเพื่อลดค่าใช้ง่าย

3.4.1 ชิ้นส่วน



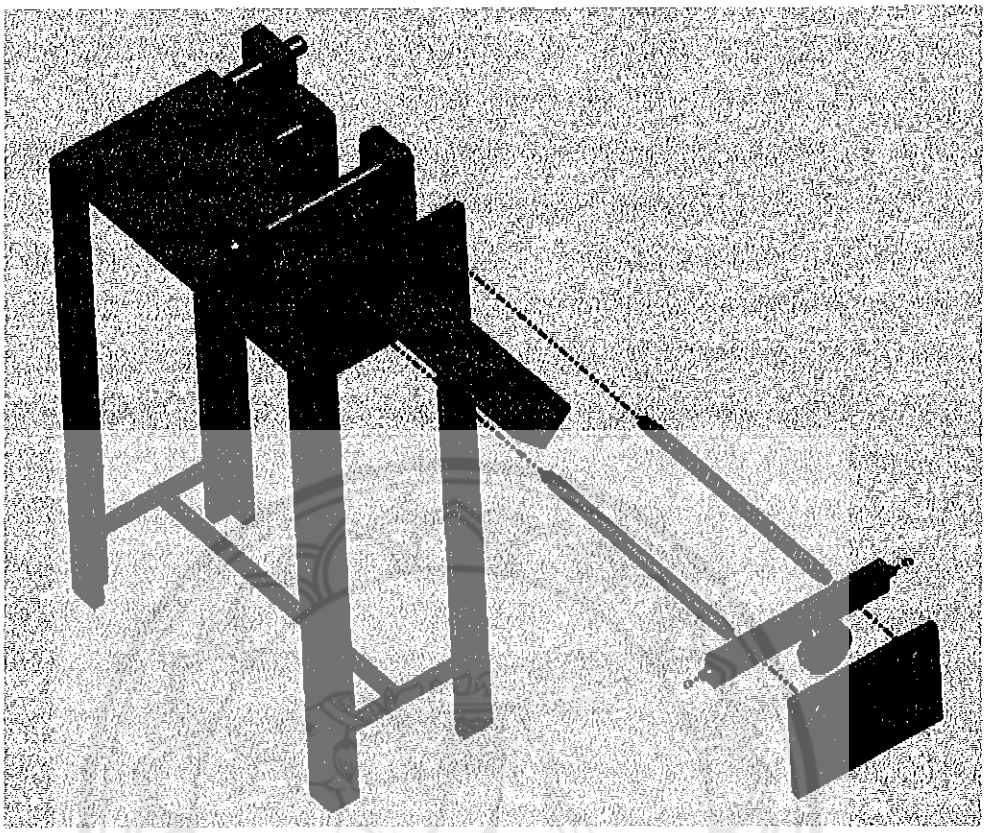
1551645
ม5.
ท674ก
2553

รูปที่ 3.18 ชิ้นส่วนประกอบของเครื่องอัดกระป๋อง

ตารางที่ 3.6 ชิ้นส่วนประกอบของเครื่อง

ชิ้นส่วนที่	ชื่อเรียก	ขนาด (มม.)			ความหนา (มม.)	จำนวน
		กว้าง	ยาว	เส้นผ่านศูนย์กลาง		
1	เฟือง 18 ฟัน	-	-	40	15	2
2	เฟือง 68 ฟัน	-	-	140	15	2
3	แผ่นลูกเบี้ยว	-	-	200	8	2
4	ตัวหมุนส่งกำลัง	-	-	250	8	1
5	ฐานเหล็ก	180	380	-	10	1
6	แผ่นเหล็กยึดกับฐาน	100	180	-	8	1
7	แผ่นเหล็กรับแรงอัด	100	160	-	10	1
8	เหล็กสไลด์อัดกระป๋อง	30	200	-	10	1
9	แท่งเหล็กกลม	-	300	12	-	2
10	ตุ๊กตายึดลูกปืน	50	110	-	19	4
11	ก้านโยงดันกระป๋อง	30	250	-	6	2

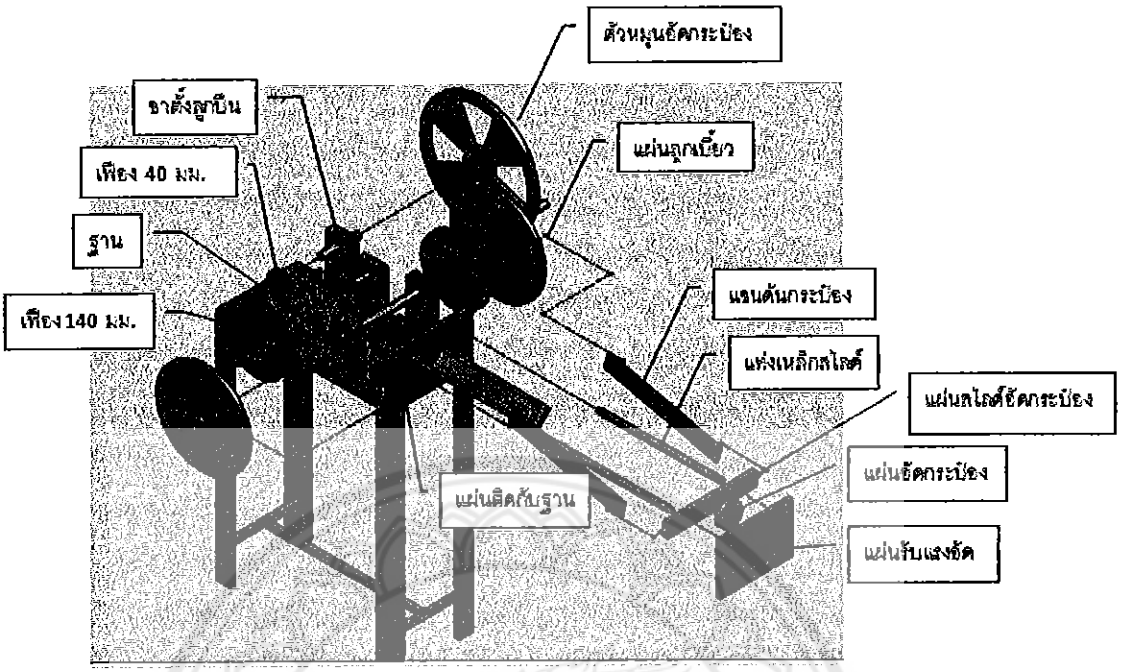
3.4.2 สร้างและประกอบ



รูปที่ 3.19 การประกอบโครงสร้างหลัก

ตัวฐานมีความกว้าง 180 มิลลิเมตรยาว 380 มิลลิเมตรและหนา 10 มิลลิเมตร นำเหล็กฉาก จำนวน 4 ชิ้น มาตัดความสูงประมาณ 600 มิลลิเมตร เพื่อมายึดกับฐานทำให้เป็นขาตั้ง นำแท่งเหล็ก สไลด์มายึดกับฐานและประกอบส่วนด้านหน้าโดยนำแผ่นสไลด์มาสวมเข้ากับแท่งเหล็กและนำ แผ่นเหล็กกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 160 มิลลิเมตรและหนา 8 มิลลิเมตร มาประกอบเข้ากับแท่งเหล็ก สไลด์เพื่อเป็นตัวรับแรงอัดและเป็นตัวรองรับกระป๋องในการอัดด้วย การประกอบแสดง ดังรูปที่ 3.19

การประกอบส่วนเฟืองและกลไกกับโครงสร้างหลัก



รูปที่ 3.20 การประกอบส่วนเฟืองและกลไกกับโครงสร้างหลัก

รูปที่ 3.21 รูปสามมิติในการประกอบเครื่องและรูปเครื่องสำเร็จจริง

3.4.3 การคำนวณ

ตารางที่ 3.7 ผลการคำนวณ

รายการคำนวณ	ผลการคำนวณ
1.อัตราทดของเฟือง	12.25 : 1
2.ระยะการเคลื่อนที่ของกลไก	10 ซม.
3.ค่าของความเค้นที่แผ่นดันกระป๋อง	40 MPa
4.safety factor ของแผ่นดันกระป๋อง	4.8

หมายเหตุ : ในการออกแบบชิ้นส่วนประกอบต่างๆของเครื่องอัดกระป๋องนั้น ชิ้นส่วนเป็นส่วนที่ต้องรับแรงกดและแรงจากการหมุนจึงต้องมีการคำนวณหาความแข็งแรงในการรับแรงของชิ้นส่วน ซึ่งได้มีการแสดงการคำนวณไว้ในส่วนของภาคผนวก ข โดยแสดงการคำนวณและทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นไว้แล้ว

3.4.4 สรุป

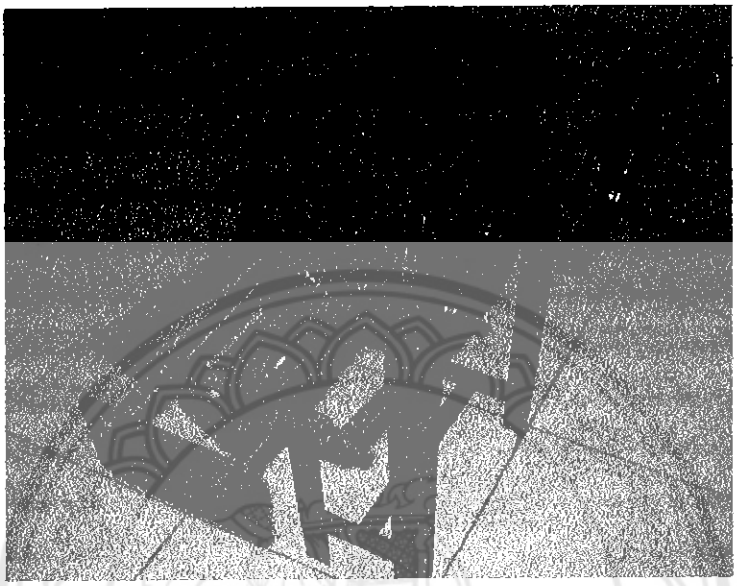
ตารางที่ 3.8 คุณลักษณะของเครื่อง

รายการความต้องการ	คุณลักษณะที่ได้
1.ลดขนาดกระป๋อง	อัดกระป๋องได้ 80% ของส่วนสูงกระป๋อง
2.มีการทดแรง	ใช้ชุดเฟือง 4 ตัวร่วมกับกลไกการเคลื่อนที่
3.มีโครงสร้างแข็งแรง	ใช้เหล็กแผ่นกับเหล็กฉากทำเป็นโครงสร้าง
4.อัตราการผลิต	ประมาณ 6-7 กระป๋องต่อนาที
5.มีกลไกไม่ซับซ้อน	จำนวนชิ้นส่วนน้อย
6.มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้	มีโครงสร้างครอบชุดเฟืองเพื่อป้องกันมือของผู้ใช้
7.น้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายได้	เครื่องมีขนาด 38x18x80 เซนติเมตร (กว้างxยาวxสูง)
8.ใช้งบประมาณน้อย	เครื่องมีราคาในการจัดทำรวมค่าแรง 4,900 บาท

บทที่ 4

วิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบและวิเคราะห์การทำงานของเครื่องอัดกระป๋อง



รูปที่ 4.1 รูปตัวเครื่องอัดกระป๋องที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดกระป๋อง

กระป๋องใบที่	(1) ส่วนสูงกระป๋องปกติ (มิลลิเมตร)	(2) ส่วนสูงกระป๋องหลังอัดแล้ว (มิลลิเมตร)	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ {(1)-(2)/(1)}×100
1	116.1	23.0	80.2
2	115.8	20.0	82.7
3	115.9	24.0	79.3
4	116.9	25.0	78.6
5	115.8	23.0	80.1
6	115.4	24.0	79.2
7	115.5	23.0	80.1
8	115.4	23.0	80.1
9	115.4	24.0	79.2
10	115.5	22.0	80.9
ค่าเฉลี่ย	115.8	23.0	80.1

จากตารางการทดสอบอัดกระป๋องอลูมิเนียมของเครื่อง โดยทำการทดสอบอัดกระป๋องอลูมิเนียมจำนวน 10 ใบ กระป๋องมีส่วนสูงเฉลี่ย 115.8 มิลลิเมตร เมื่อทำการอัดกระป๋องแล้วกระป๋องมีความสูงลดลงเหลือความสูงเฉลี่ย 23.0 มิลลิเมตร เมื่อนำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์แล้วได้ค่าเฉลี่ยออกมา 80.1 % ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ในตอนแรกเริ่มทำให้เครื่องอัดกระป๋องอัดกระป๋องให้ยุบตัวได้ตามระยะที่ตั้งไว้และเครื่องยังสามารถปรับระยะการกดเพิ่มได้อีก 3-5 มิลลิเมตร ทำให้ยังสามารถอัดได้แบนกว่าเดิมได้

4.2 ข้อคิดเห็นของบุคคลทั่วไปเมื่อได้ลองใช้เครื่องอัดกระป๋อง

ตารางที่ 4.2 การประเมินความต้องการของผู้ใช้

หัวข้อประเมิน	คะแนนเฉลี่ย
1.ความสามารถในการอัดกระป๋อง	4.8
2.ออกแรงน้อย	4.0
3.ตัวเครื่องมีขนาดเล็ก	3.6
4.น้ำหนักเบา	2.2
5.ชิ้นส่วนมีความแข็งแรง	4.6
6.ไม่เกิดเสียงดังรบกวนขณะใช้งาน	3.4
7.มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.4
8.ราคาที่จัดทำเครื่อง 4,000-5,000 บาท	2.2
9.ความพึงใจในการใช้เครื่องอัดกระป๋อง	3.8

จากตารางที่ 4.2 สอบถามการใช้เครื่องอัดกระป๋องของคนจำนวน 20 คน โดยเป็นนิสิตชาย 8 คน นิสิตหญิง 6 คน และประชาชนทั่วไป 6 คน หลังจากที่ได้ทดลองใช้เครื่องอัดกระป๋องแล้วนั้นให้ความเห็นตรงกันคือ สามารถอัดกระป๋องได้แบน โครงสร้างมีความแข็งแรงและออกแรงในการอัดน้อย แต่มีข้อแตกต่างกันก็คือเครื่องมีน้ำหนักมาก บุคคลที่เป็นผู้หญิงให้ความเห็นว่าเคลื่อนย้ายได้ยากเมื่อสอบถามราคาที่จะซื้อขายจะอยู่ที่ราคา 2,000-3,000 บาท

การประเมินพอสรุปได้ว่า เครื่องมีประสิทธิภาพในการอัด โครงสร้างมีความแข็งแรง ออกแรงน้อยและมีความปลอดภัย แต่ปัญหาเรื่องน้ำหนักมากก็ควรเลือกใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาลง เพื่อลดน้ำหนักลงจะได้เคลื่อนย้ายได้ง่ายและราคาถูกลงด้วย

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

เครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมที่ได้สร้างขึ้นมานี้เป็นเครื่องที่นำกลไกของแขนผสมกับการทดแรงของเฟือง โดยการนำแรงที่ได้จากการหมุนของคนมาใช้ส่งกำลังให้กับตัวเครื่อง เฟืองที่ใช้ทดแรงนั้นมีทั้งหมด 4 ตัวได้อัตราทดแรง 12.25:1 และส่งแรงต่อให้กับลูกเบี้ยวที่ต่อกับแขนดันอัดกระป๋องให้ยุบตัว เคลื่อนที่ไปมาคล้ายกับกระบอกสูบและก้านสูบของเครื่องยนต์ ซึ่งการทำงานครบ 1 รอบจะสามารถอัดกระป๋องให้แบนได้ 1 กระป๋องโดยอัดกระป๋องทีละใบและการอัดกระป๋องจะอัดในแนวขนานกับความสูงของกระป๋อง ขนาดส่วนสูงกระป๋องปกติเฉลี่ย 11.6 เซนติเมตร หลังจากที่อัดกระป๋องจากเครื่องแล้วขนาดส่วนสูงเหลือเฉลี่ย 23.0 เซนติเมตร โดยได้ทำการทดสอบอัดกระป๋องแสดงในตารางในบทที่ 4

ถ้าพิจารณาที่กระป๋อง ขนาดกระป๋องปกติจะมีปริมาตรเท่ากับ 490.1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้านำกระป๋องมาจำนวน 1 กิโลกรัม มีจำนวนกระป๋อง 65 กระป๋อง จะมีปริมาตร 31,850 ลูกบาศก์เซนติเมตร และหลังจากอัดกระป๋องให้ยุบตัวเหลือส่วนสูงเฉลี่ย 2.31 เซนติเมตร ทำให้มีปริมาตรเหลือแค่ 98 ลูกบาศก์เซนติเมตร คิดเป็น 1 กิโลกรัม กระป๋องจะมีปริมาตรเท่ากับ 6,370 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำให้สามารถลดพื้นที่ได้เท่ากับ 25,480 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้าคิดเป็นพื้นที่จะต้องใช้ในการจัดเก็บกระป๋อง 1 กิโลกรัม จะช่วยลดพื้นที่ในการจัดเก็บได้มากขึ้น

ตารางที่ 5.1 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุง

คุณลักษณะ	ค่าที่ต้องการ	เครื่องที่พัฒนาขึ้นมา	ขอแตกต่าง
1.ลดขนาดกระป๋อง	80% ของส่วนสูง	อัดได้ 80-85 %	ดีกว่า
2.โครงสร้างแข็งแรง	รับแรงได้ โครงสร้างไม่พัง	รับแรงได้ดี	ดีกว่า
3.ความปลอดภัย	มีตัวครอบกลไกไว้	ใช้โครงสร้างครอบไว้	ดีกว่า
4.กลไกที่ใช้สร้างเครื่อง	ใช้เฟืองทดแรง	เฟืองกับกลไก	ดีกว่า
5.น้ำหนักเครื่อง	20-25 กิโลกรัม	31 กิโลกรัม	แย่กว่า
6.ราคาในการผลิต	3,000-4,000 บาท	4,000-5,000 บาท	แพงกว่า
7. ความสนใจของผู้อื่น	ต้องการเครื่องนี้ไปใช้	ต้องการแต่ขอราคาต่ำลง	ราคาสูง

จากตารางที่ 5.1 เป็นการเปรียบเทียบเพื่อหาข้อแตกต่างระหว่างเครื่องที่กำหนดขึ้นมากับเครื่องที่พัฒนาขึ้นมาจริง โดยมีข้อแตกต่างกัน

ข้อดีของเครื่องที่พัฒนาขึ้นมาจริง คือลดขนาดได้ดีกว่า, โครงสร้างมีความแข็งและความปลอดภัยในการใช้งานที่ดีกว่า

ข้อเสียของเครื่องที่พัฒนาขึ้นมาจริงคือ น้ำหนักของเครื่องมาก เนื่องมาจากการเลือกใช้วัสดุที่มีความหนาทุกชิ้นส่วน ทำให้มีน้ำหนักหนักมากและเมื่อใช้โครงสร้างชิ้นส่วนที่หนาแล้วราคาของวัสดุก็จะแพงขึ้นตามชิ้นส่วนที่ใช้ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อกัน ในที่นี้ควรเลือกใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาลง แต่ยังคงมีความแข็งแรงอยู่แทน จะช่วยให้ราคาและน้ำหนักลดลงได้มาก

บรรณานุกรม

[1] www.wongpanit.com

[2] www.standardcan.com

[3] Veerapun, S. (2007). **Risk Based Functional Concept Design, PhD Thesis.** The University of Manchester, Manchester: UK.

[4] Ullman. (1944). **The Mechanical Design Process.** Singapore:McGRW-HILL.

[5] Richard G. Budynas and J. Keith Nisbett Mechanical Engineering Design Eight Edition

[6] รศ.วุฒิชัย กปิลกาญจน์ กลไกและพลศาสตร์ของเครื่องจักรกล (Mechanism and Dynamic of Mechinery)

ภาคผนวก ก

การทดสอบหาทิศทางของแรง

การทดสอบหาขนาดของแรงกด

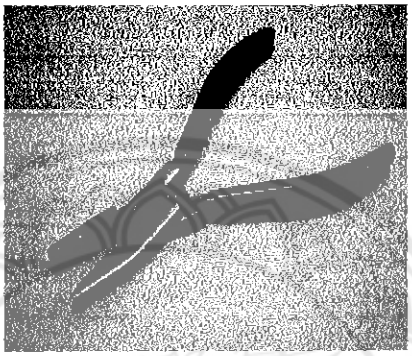
การทดลอง : การทดสอบหาแรงกดเพื่อลดขนาดกระป๋อง

วัตถุประสงค์

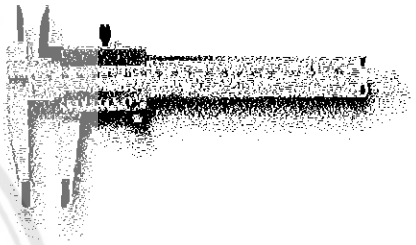
1. เพื่อให้ทราบค่าของแรงที่กดกระป๋องในแนวตั้งและแนวนอน
2. เพื่อนำข้อมูลของแรงกดไปออกแบบเครื่องอัดกระป๋อง

อุปกรณ์การทดลอง

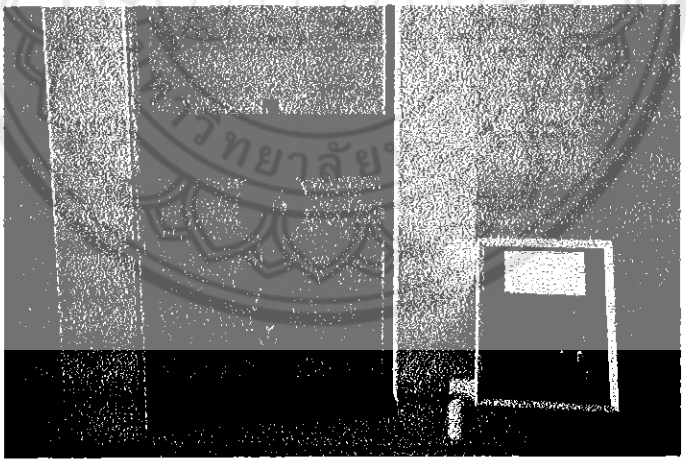
กระป๋องอลูมิเนียม



คีมมัดลวด



เวอร์เนียร์

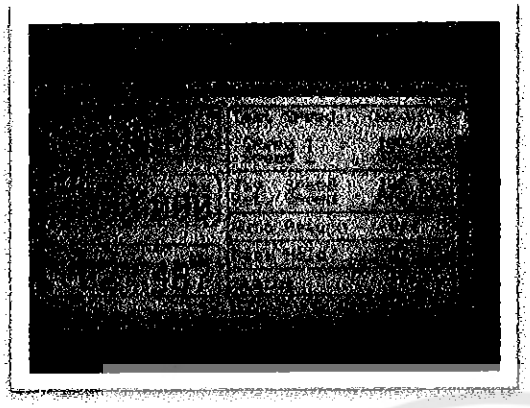


เครื่องทดสอบแรงดึงและแรงกด (UTM)

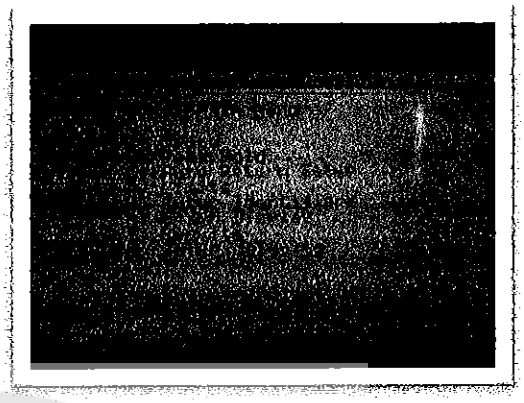
การทดลองที่ 1 ขั้นตอนการทดสอบแรงกดตามความสูงของกระป๋อง (แนวทิศทางขนานกับความสูงกระป๋อง)

1. นำกระป๋องทั้งหมด 6 ชนิด ชนิดละ 5 ใบมาทำการวัดส่วนสูง ความหนา และเส้นผ่านศูนย์กลาง แล้วใช้คีมบิดหักห่วงของกระป๋องออก

2. เปิดเครื่องทดสอบแรงกด (UTM) แล้วจะแสดงดังในรูปที่ 1 ตั้งค่าโดยกดปุ่ม Enter เพื่อเข้ารายละเอียดการใช้งานของเมนูทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 2

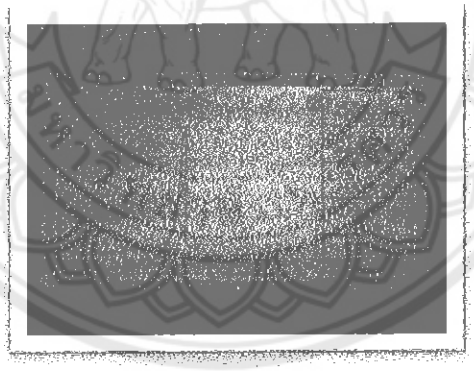


รูปที่ 1 หน้าจอตอนเปิดเครื่อง



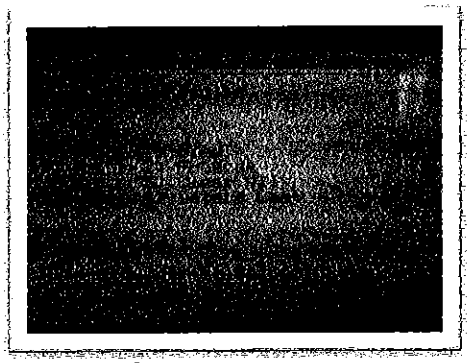
รูปที่ 2 รายละเอียดเมนูการใช้งาน

3. ตั้งค่าโดยกดปุ่มหมายเลข 6 (Graph Display) จะแสดงกราฟและข้อมูลต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3 ถ้าต้องการปรับค่าความเร็วให้กดปุ่มหมายเลข 1 แล้วใส่ค่าความเร็วที่ต้องการ จากนั้นให้กดปุ่ม Enter จะกลับมาสู่หน้าจอ Graph Display แต่ถ้าไม่ต้องการปรับ ระบบจะเซ็ทค่ามาให้แล้วที่ความเร็ว 100 mm/min



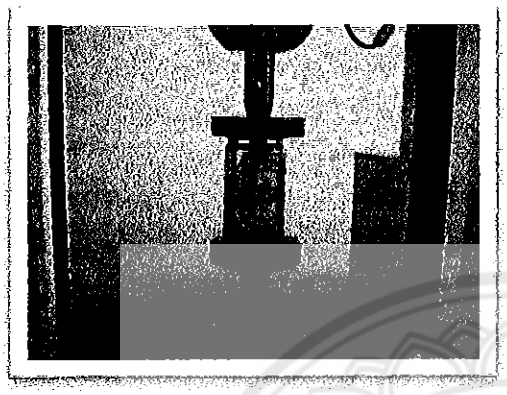
รูปที่ 3 กราฟและข้อมูลต่างๆ

4. กดปุ่มหมายเลข 7 (Results) เพื่อแสดงผล ดังในรูปที่ 4

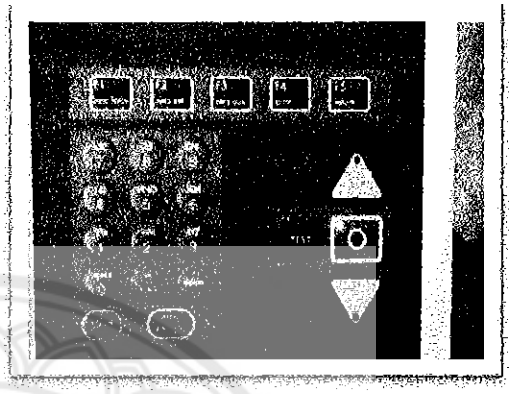


รูปที่ 4 รายละเอียดการใช้งาน

5. กดปุ่มหมายเลข 3 (Clear All) เพื่อที่จะลบข้อมูลทั้งหมด
6. นำกระป๋องมาวางบริเวณที่จะทำการทดสอบแรงกด แล้วปรับระยะของกระป๋องให้พอดีกับเครื่องทดสอบแรงกด (UTM) โดยกดปุ่มลูกศรขึ้น-ลงดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

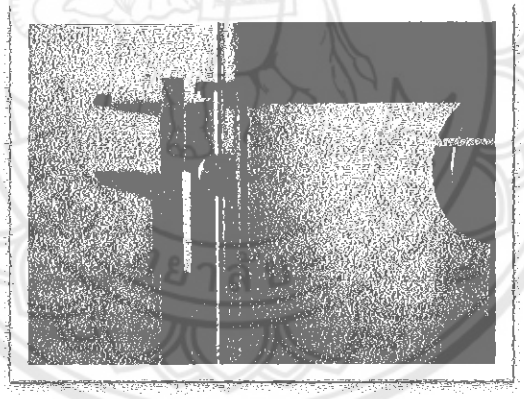


รูปที่ 5 การปรับระยะกระป๋องกับแป้นกด



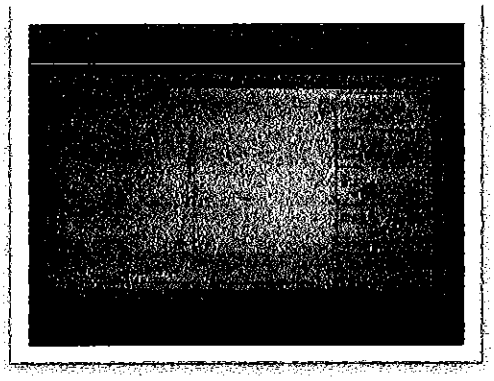
รูปที่ 6 การกดปุ่มลูกศรขึ้น-ลง

7. ปรับตั้งค่าระยะที่กดลงมา 30% ของความสูงกระป๋อง ดังแสดงในรูปที่ 7

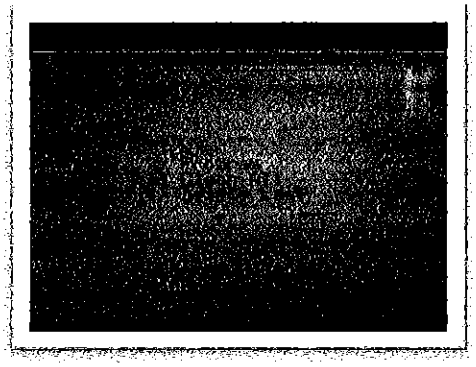


รูปที่ 7 การปรับระยะที่กดลงมา

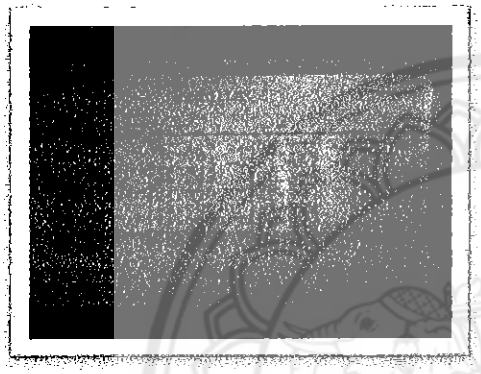
8. ค่าของแรงและระยะที่กดลงให้มีค่าเป็นศูนย์ทั้งหมดโดยการกดปุ่ม Test แล้วกดปุ่ม F1 , F2 และ F3 เมื่อค่าต่างๆเป็นศูนย์แล้วกดปุ่มลูกศรชี้ลง เพื่อทดสอบแรงกด
9. กดปุ่ม F5 (Return) เพื่อให้แป้นกดกลับไปยังตำแหน่งเดิมที่ตั้งระยะไว้ในขั้นตอนที่ 6
10. ทดสอบกระป๋องใบใหม่ โดยทำซ้ำขั้นตอนที่ 6-9 จนครบ 5 ใบ
11. กดปุ่ม Enter จะกลับมาหน้า Graph Display แล้วกดปุ่มหมายเลข 7 (Results) และกดปุ่มหมายเลข 1 ตามลำดับ เพื่อดูค่าแรงกด (N) ที่ได้ทั้ง 5 ค่า และค่าเฉลี่ย (mean) ดังแสดงในรูปที่ 8 , 9 , 10 , 11 และ 12 ตามลำดับ



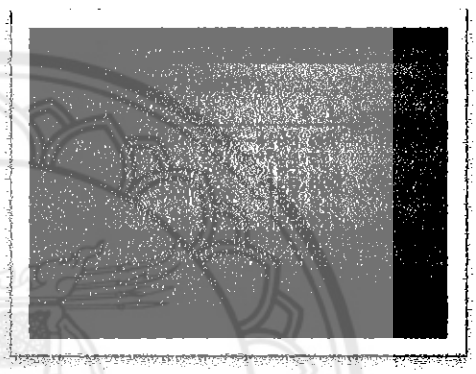
รูปที่ 8 กราฟและข้อมูลต่างๆ



รูปที่ 9 การดูข้อมูลการบันทึกค่าแรงกด



รูปที่ 10 ข้อมูลแรงกดครั้งที่ 1,2 และ 3



รูปที่ 11 ข้อมูลแรงกดครั้งที่ 4 และ 5

รูปที่ 12 ข้อมูลแรงกดเฉลี่ย (mean)

12. บันทึกค่าแรงกด (N) ในตารางบันทึกผลการทดลอง
13. เมื่อบันทึกค่าเสร็จแล้ว กดปุ่ม Enter เพื่อกลับมาหน้าจอ Graph Display
14. เปลี่ยนชนิดของกระป๋องที่เหลืออีก 5 ชนิด ทำการทดสอบซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 7-13 จนครบ 5 ชนิด
15. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 6-14 โดยปรับค่าระยะที่กดเป็น 50% , 80% , 90% และกดลงไปสูงสุดที่กดได้ของความสูงกระป๋อง

ผลการทดลองที่ 1

ตารางบันทึกผลการทดลอง การทดสอบขนาดของแรง

ชนิดกระป๋อง	ใบที่	ขนาดกระป๋องอลูมิเนียม (dimensions)		การทดสอบแรงกดของกระป๋องอลูมิเนียม				
				กระป๋องอลูมิเนียมปกติ (ดึงห่วงออกกดแนวตั้ง) ระยะที่กดลงไปของส่วนสูงกระป๋อง				
		ส่วนสูง(mm)	Ø (mm)	30% (N)	50% (N)	80% (N)	90% (N)	>90% (N)
เบียร์ช้าง	1	116.10	66.10	655.00	571.67	1196.67	5353.33	6855.00
	2	115.85	66.15	468.33	590.00	1488.33	4766.67	5741.67
	3	115.90	66.10	516.67	637.67	843.33	4363.33	3918.33
	4	116.90	66.00	458.33	520.00	1520.00	4650.00	6766.67
	5	115.85	65.90	550.00	705.00	1116.67	4025.00	5310.00
ค่าเฉลี่ย		116.12	66.05	529.67	604.87	1233.00	4631.67	5718.33
เบียร์ลีโอ	1	115.40	66.20	716.67	615.00	1493.33	5653.33	6595.00
	2	115.50	66.15	661.67	713.33	1040.00	5975.00	6633.33
	3	115.45	66.00	630.00	693.33	1465.00	6072.67	6745.00
	4	115.40	66.20	641.67	675.00	1146.33	5432.33	6186.67
	5	115.50	66.30	593.33	588.33	1176.67	5744.00	7033.33
ค่าเฉลี่ย		115.45	66.17	648.67	657.00	1264.27	5775.47	6638.67
เบียร์ไฮไนเกน	1	115.50	66.00	670.00	601.67	1181.67	6355.00	6135.00
	2	115.55	66.10	571.67	601.67	1190.00	4561.67	5435.00
	3	115.80	65.65	585.00	685.00	861.67	4203.33	6690.00
	4	116.00	65.80	578.33	700.00	991.67	5071.67	5740.00
	5	115.80	65.65	673.33	845.00	1086.67	4267.67	5156.67
ค่าเฉลี่ย		115.73	65.84	615.67	686.67	1062.33	4893.67	5831.33
โค้ก	1	116.00	66.10	648.33	658.33	1280.00	4096.67	6420.00
	2	116.30	66.05	575.00	568.33	940.00	4408.33	6900.00
	3	116.55	66.15	532.33	558.33	948.33	4865.00	6423.33
	4	116.15	66.00	548.33	575.67	991.67	4376.67	4895.00
	5	116.00	66.10	511.67	528.33	1105.00	4100.00	5756.67
ค่าเฉลี่ย		116.20	66.08	563.13	577.80	1053.00	4369.33	6079.00
เป๊ปซี่	1	115.40	66.00	636.67	678.00	1346.67	4268.33	7571.67
	2	115.50	65.60	626.67	541.67	1616.67	7160.00	6525.00
	3	115.65	65.80	598.33	626.67	1003.33	4173.33	6245.00
	4	115.50	65.70	540.00	630.00	1145.00	5033.33	6291.67
	5	115.50	66.00	641.67	645.00	1358.33	6605.00	7616.67
ค่าเฉลี่ย		115.51	65.82	608.67	624.27	1294.00	5448.00	6850.00
แฟนต้า	1	115.55	65.60	458.33	606.67	1146.67	4510.67	5178.33
	2	115.60	66.00	623.33	621.67	1143.33	5010.33	5913.33
	3	115.40	66.30	563.33	610.00	1196.67	4267.00	5655.00
	4	116.00	65.85	695.00	658.33	1290.00	4010.67	5923.33
	5	115.50	66.10	673.33	606.67	1428.33	4890.33	5923.33
ค่าเฉลี่ย		115.61	65.97	602.67	620.67	1241.00	4537.80	5700.67

การทดลองที่ 2 ขั้นตอนการทดสอบแรง กดด้านข้างของกระป๋อง (แนวทิศทางตั้งฉากกับความสูงกระป๋อง)

1. นำแผ่นเหล็กมาติดกับหัวกด เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการกดลงมาให้แรงกระจายสม่ำเสมอเต็มตัวกระป๋อง
2. ทำซ้ำเหมือนการทดลองที่ 1 ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 4-5
3. นำการทดลองกระป๋องมาวางบริเวณที่จะทำการทดสอบแรงกด (วางแนวนอน) แล้วปรับระยะของกระป๋องให้พอดีกับเครื่องทดสอบ (UTM) [หน้าจอจะแสดง Graph Display ตลอดเวลา]
4. ทำซ้ำเหมือนการทดลองที่ 1 ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 7-14 (แต่ขั้นตอนที่ 7 ปรับค่าระยะที่จะกดลงที่ 50%,80% และกดลงไปสูงสุดที่จะกดได้ของเส้นผ่านศูนย์กลาง ตามลำดับ)

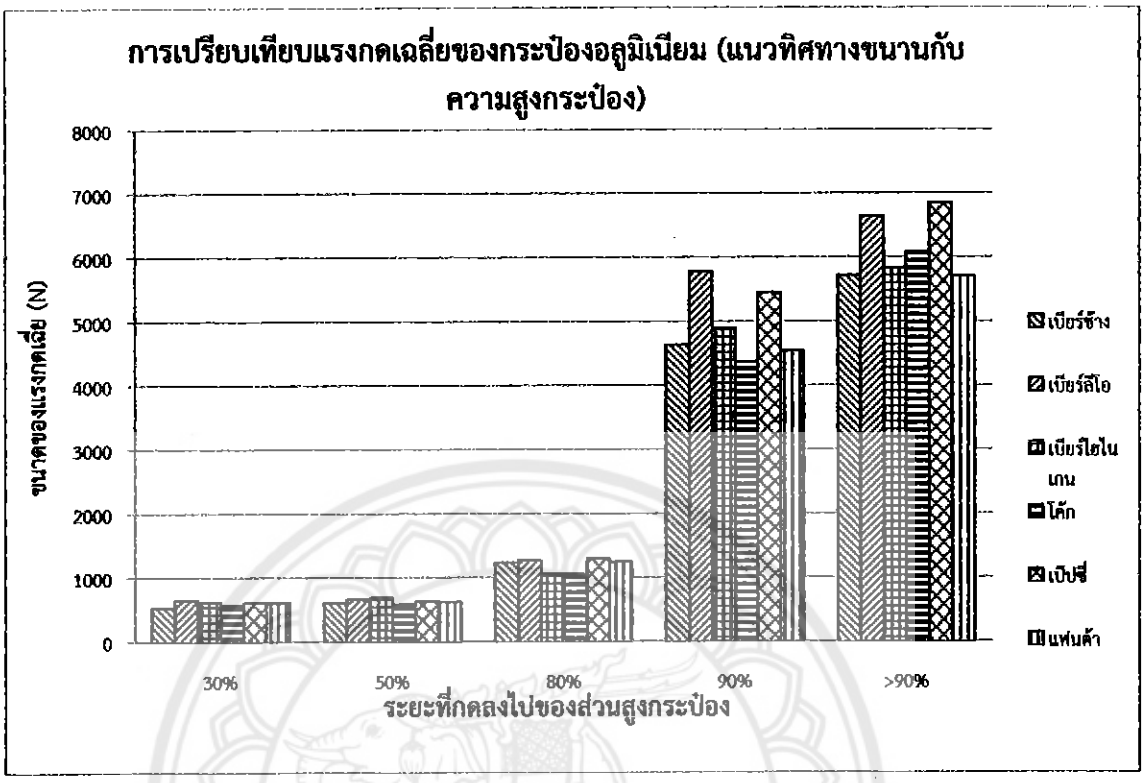
ผลการทดลองที่ 2

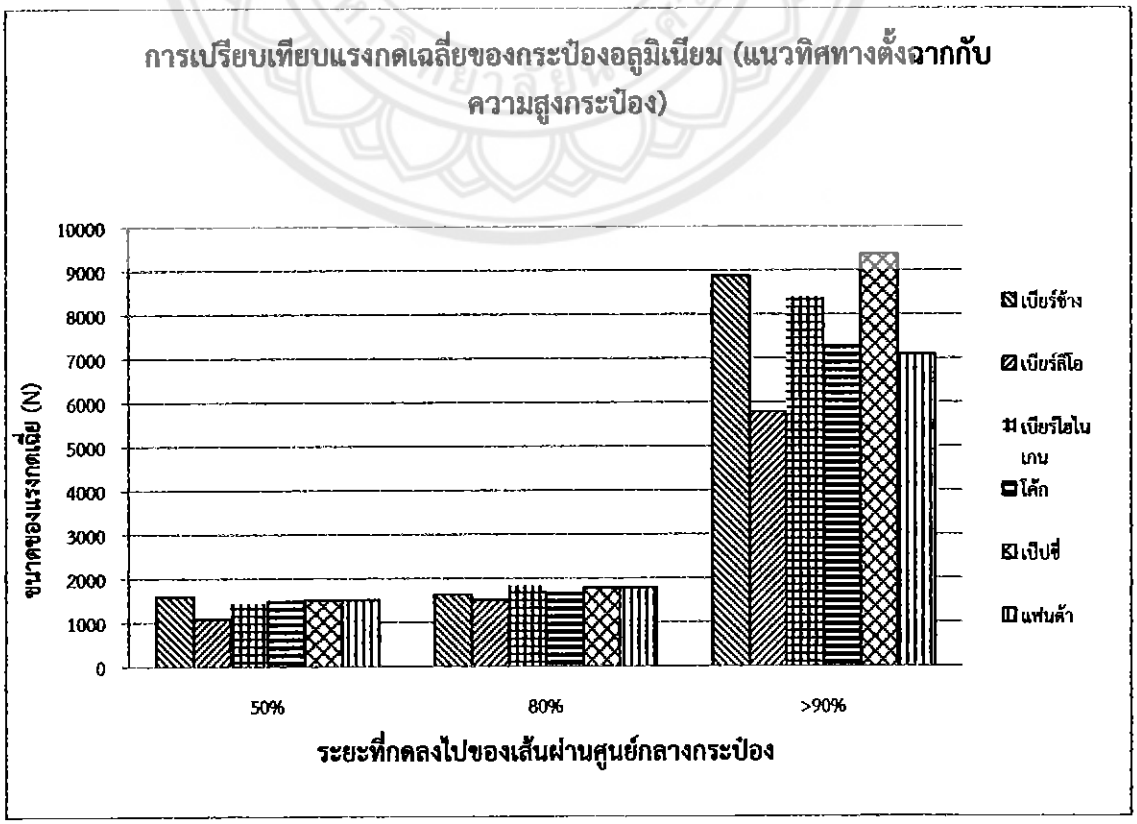
ตารางบันทึกผลการทดลอง การทดสอบขนาดของแรง

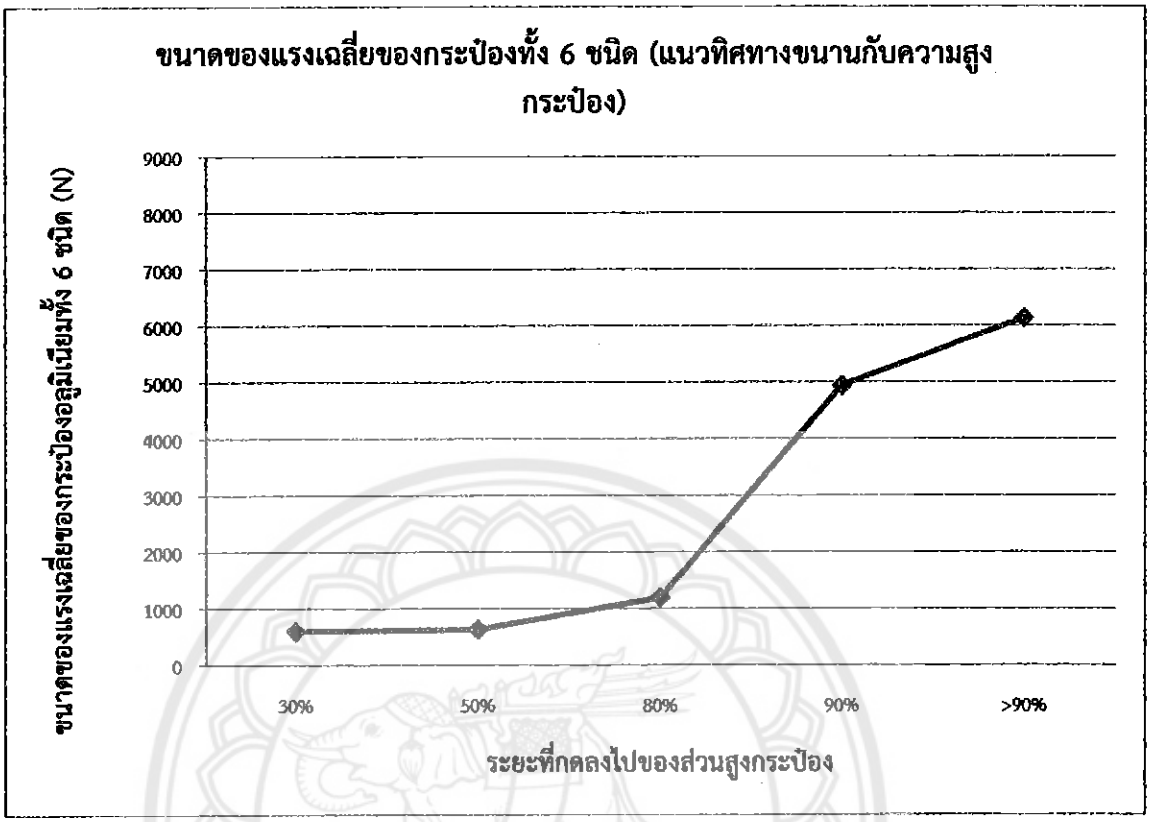
ชนิดกระป๋อง	ใบที่	ขนาดกระป๋องอลูมิเนียม (dimensions)		การทดสอบแรงกดของกระป๋องอลูมิเนียม กระป๋องอลูมิเนียมปกติ (ดึงห่วงออกกดแนวนอน) ระยะที่กดลงไปของเส้นผ่านศูนย์กลางกระป๋อง		
		ส่วนสูง (mm)	Ø (mm)	50% (N)	80% (N)	>90% (N)
เบียร์ช้าง	1	116.10	66.10	1695.00	1653.33	5340.00
	2	115.85	66.15	1616.67	1305.00	11286.67
	3	115.90	66.10	1508.33	1605.00	8698.33
	4	116.90	66.00	1483.33	1828.33	8941.67
	5	115.85	65.90	1655.00	1748.33	10080.00
ค่าเฉลี่ย		116.12	66.05	1591.67	1628.00	8869.33
เบียร์ลีโอ	1	115.40	66.20	1110.00	1518.33	5031.67
	2	115.50	66.15	843.33	1455.00	6133.33
	3	115.45	66.00	1115.00	1385.00	5748.33
	4	115.40	66.20	1160.00	1538.33	4480.00
	5	115.50	66.30	1158.33	1580.00	7456.67
ค่าเฉลี่ย		115.45	66.17	1077.33	1499.33	5770.00
เบียร์ไฮไนเกน	1	115.50	66.00	1280.00	1710.00	11128.33
	2	115.55	66.10	1298.33	1710.00	7601.67
	3	115.80	65.65	1566.67	1648.33	7326.67
	4	116.00	65.80	1551.67	2065.00	6896.67
	5	115.80	65.65	1421.67	2000.00	8901.67
ค่าเฉลี่ย		115.73	65.84	1423.67	1826.67	8381.00

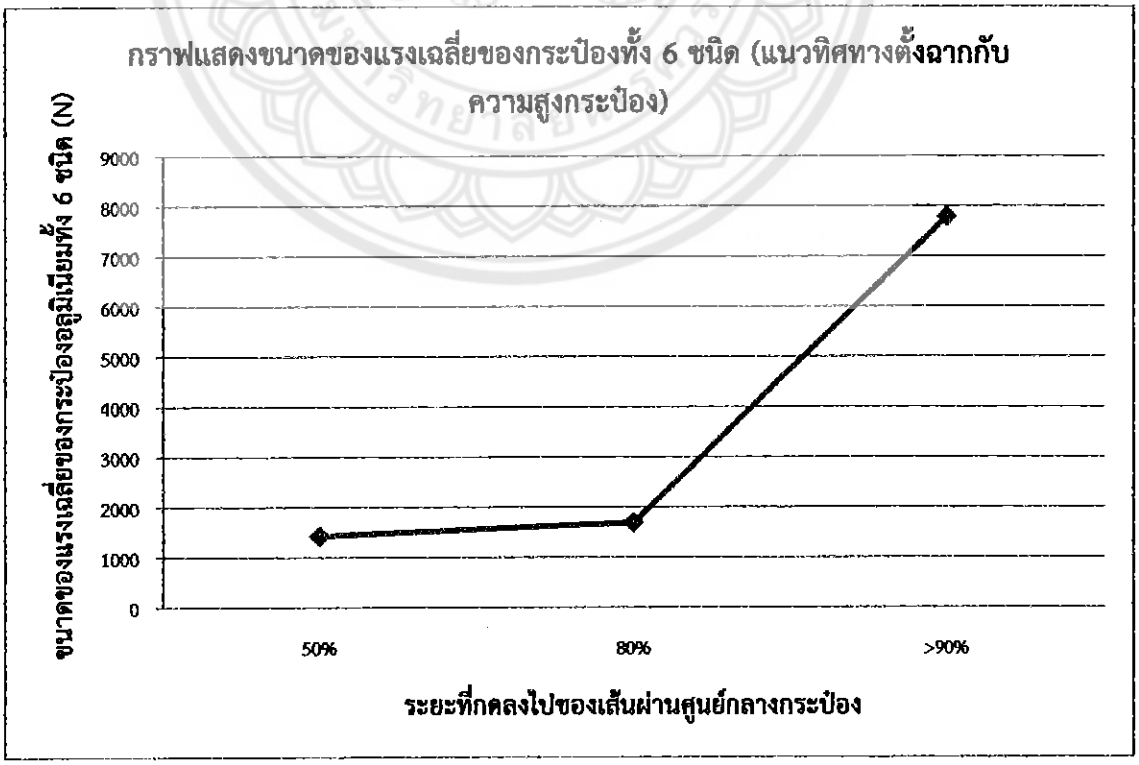
ชนิดกระป๋อง	ใบที่	ขนาดกระป๋องอลูมิเนียม (dimensions)		การทดสอบแรงกดของกระป๋องอลูมิเนียม		
				กระป๋องอลูมิเนียมปกติ (ดึงห่วงออกกดแนวนอน) ระยะที่กดลงไปของเส้นผ่านศูนย์กลางกระป๋อง		
		ส่วนสูง (mm)	Ø (mm)	50% (N)	80% (N)	>90% (N)
โค้ก	1	116.00	66.10	1446.67	2066.67	5546.67
	2	116.30	66.05	1341.67	1426.67	5875.00
	3	116.55	66.15	1511.67	1761.67	7920.00
	4	116.15	66.00	1336.67	1503.33	10226.67
	5	116.00	66.10	1718.33	1531.67	6785.00
ค่าเฉลี่ย		**116.20**	**66.08**	**1471.00**	**1658.00**	**7270.67**
เป๊ปซี่	1	115.40	66.00	1605.00	1836.67	10815.00
	2	115.50	65.60	1298.33	1550.00	10455.00
	3	115.65	65.80	1411.67	1896.67	6893.33
	4	115.50	65.70	1513.33	1726.67	10611.67
	5	115.50	66.00	1666.67	1870.00	8081.67
ค่าเฉลี่ย		115.51	65.82	1499.00	1776.00	**9371.33**
แฟนต้า	1	115.55	65.60	1546.67	1405.00	5933.33
	2	115.60	66.00	1381.67	1963.33	6560.00
	3	115.40	66.30	1418.33	1250.00	6098.33
	4	116.00	65.85	1770.00	1366.67	9346.67
	5	115.50	66.10	1401.67	1870.00	7521.67
ค่าเฉลี่ย		115.61	65.97	1503.67	1776.00	**7092.00**

กราฟแสดงผลการทดสอบแรงกด

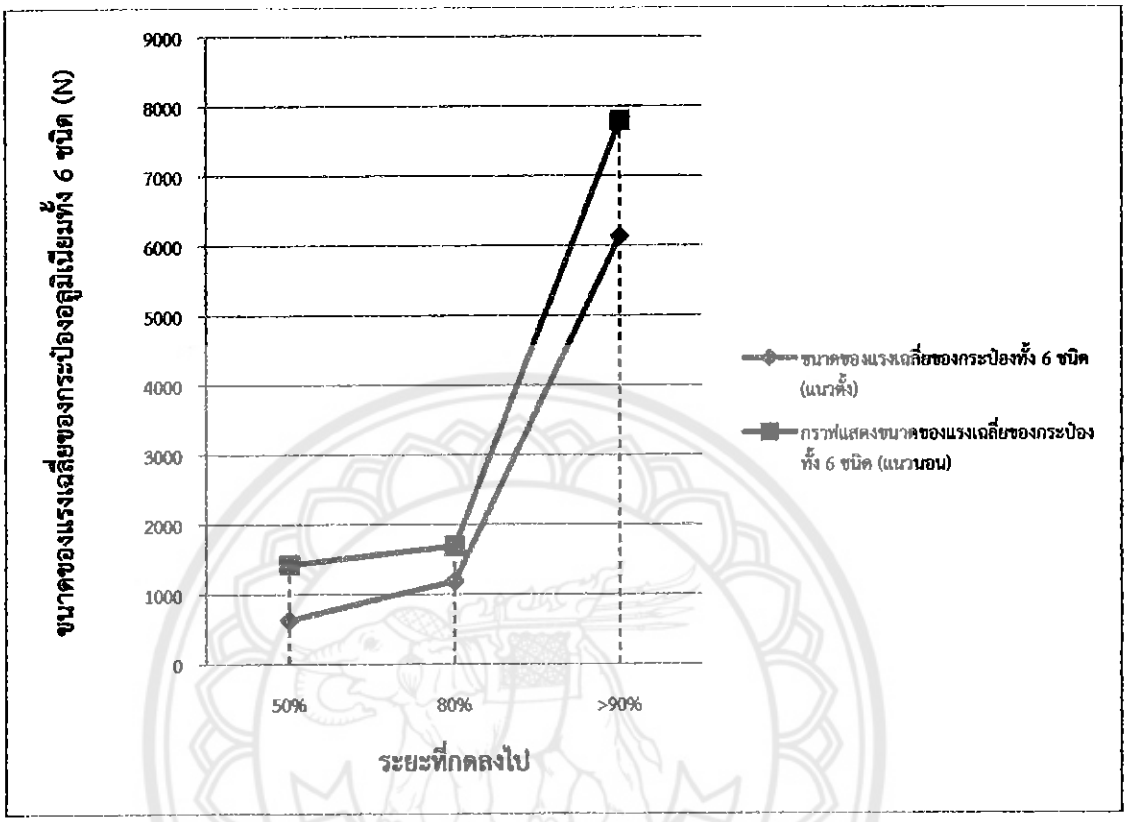





ขนาดของแรงเฉลี่ยของกระป๋องทั้ง 6 ชนิด (แนวทิศทางขนานกับความสูงกระป๋อง)
ขนาดของแรงเฉลี่ยของกระป๋องอลูมิเนียมทั้ง 6 ชนิด (N)
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
30%
50%
80%
90%
>90%
ระยะที่กดลงไปของส่วนสูงกระป๋อง


กราฟแสดงขนาดของแรงเฉลี่ยของกระป๋องทั้ง 6 ชนิด (แนวทิศทางตั้งฉากกับความสูงกระป๋อง)
ขนาดของแรงเฉลี่ยของกระป๋องอลูมิเนียมทั้ง 6 ชนิด (N)
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
50%
80%
>90%
ระยะที่กดลงไปของเส้นผ่านศูนย์กลางกระป๋อง

กราฟแสดงการเปรียบเทียบการกดที่เปอร์เซ็นต์เท่ากัน



สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดสอบเพื่อหาขนาดของแรงกดเฉลี่ย ในการทดสอบแรงกดของกระป๋องอลูมิเนียมทั้งแนวตั้งและแนวนอน จะพบว่าขนาดของแรงกดเฉลี่ยในการทดสอบกระป๋องอลูมิเนียม 5 ใบ ขนาดของแรงกดในแนวนอนจะมีค่ามากกว่าแนวตั้งเทียบจากการกดที่เปอร์เซ็นต์เท่ากัน แสดงดังตารางข้างล่างนี้

	ขนาดแรงกดแนวตั้ง (N)	ขนาดแรงกดแนวนอน (N)
50%	628.55	1427.72
80%	1191.27	1694.00
>90%	6136.33	7792.39

ตารางเปรียบเทียบแรงกด

เพราะการกดกระป๋องในแนวนอนมีแรงต้านมากกว่าเนื่องจากฝากระป๋องและก้นของกระป๋อง แต่การกดแนวตั้งส่วนที่ต้านแรงคือส่วนที่เป็นตัวกระป๋องซึ่งมีความบางมากจึงทำให้ขนาดของแรงกดมีค่าน้อยกว่า ดังนั้นจึงเลือกวิธีในการออกแบบเครื่องทดสอบแรงกดกระป๋องอลูมิเนียมในแนวตั้งของกระป๋อง กดแนวตั้งใช้แรงที่น้อยกว่าในการลดขนาดกระป๋องลงได้ขนาดใกล้เคียงกันเหมาะสมสำหรับการออกแบบ

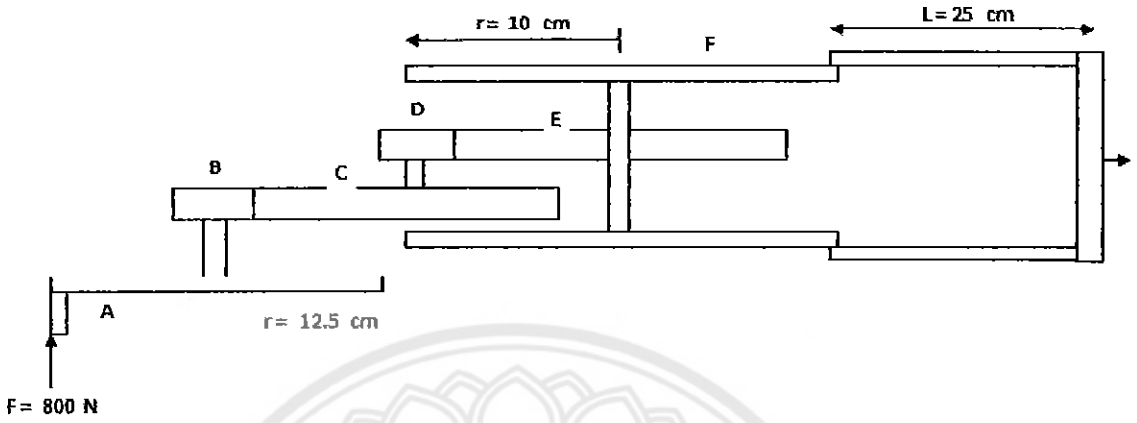
จากการทดลองพบว่าขนาดของแรงเฉลี่ยของกระป๋องทั้ง 6 ชนิด ที่กดลงไป 90% และขนาดของแรงเฉลี่ยของกระป๋องทั้ง 6 ชนิด ที่ >90% มีค่าสูงมาก และขนาดของแรงที่ใช้กดกระป๋อง 80-90% และกดลงไปสูงสุดที่กดได้ มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีประมาณที่ 90% ขนาดของแรงสูงกว่า 80% 4 เท่า และเป็น 6 เท่า ที่กดลงไปสูงสุด ขนาดของกระป๋องที่ลดลงในช่วงนี้ พื้นที่ในการจัดเก็บมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงใช้แรงกดแนวตั้งในการลดขนาดกระป๋องลงที่ 80% ในการออกแบบเครื่องอัดกระป๋องอลูมิเนียมที่ลดขนาดของกระป๋องลงได้ประมาณ 80% ซึ่งขนาดของแรงกดทดสอบเฉลี่ยของกระป๋องทั้ง 6 ชนิดได้ประมาณ 1-2 kN ซึ่งข้อมูลนี้จะนำไปใช้ออกแบบเครื่องต่อไป

ภาคผนวก ข

การคำนวณ

การคำนวณ

คำนวณอัตราทดของเฟืองที่จะนำไปใช้ทดแรง



สมการที่ใช้คำนวณหาอัตราทดของเฟือง

$T=(F)(r)$

จากรูป

$T_a = (F_a)(r_a)$

$= 800 \times 0.125$

$= 100 N \cdot m$

เพลาเดียวกันจะได้ค่า $T_a = T_b$

$T_b = (F_b)(r_b)$

$100 = F_b(0.02)$

$F_b = 5{,}000 N$

พิจารณาที่เฟือง B และ C ถ้าเฟืองสองตัวขบกันจะได้แรงเท่ากัน

$F_b = F_c$

$5{,}000 = (T_c)(0.07)$

$T_c = 350$ N×m

ที่เพลา C และ D จะได้ $T_c = T_d$

$T_d = (F_d)(r_d)$

$350 = F_d(0.02)$

$F_d = 17{,}500$ N

เฟือง D และ E จะได้แรงเท่ากันคือ $F_d = F_e$

$T_e = (F_e)(r_e)$

$= 17,500 \times 0.07$

$T_e = 1,225 \ N \times m$

พิจารณาที่เพลา E จะได้ $T_e = T_f$

$T_f = (F_f)(r_f)$

$1,225 = F_f(0.35)$

$F_f = 3,500 \ N$

เพราะฉะนั้นแรงที่ได้ให้กับตัวดันกระป๋องมีค่าเท่ากับ 3,500 N ซึ่งมากกว่าแรงที่อัดกระป๋องหนึ่งใบยุบ โดยแรงที่ใช้อัดกระป๋องใช้แค่เพียง 2,500 N เท่านั้น ทำให้สามารถอัดกระป๋องให้แบนได้ตามระยะที่ต้องการ

จะได้อัตราทดของเฟืองคือ

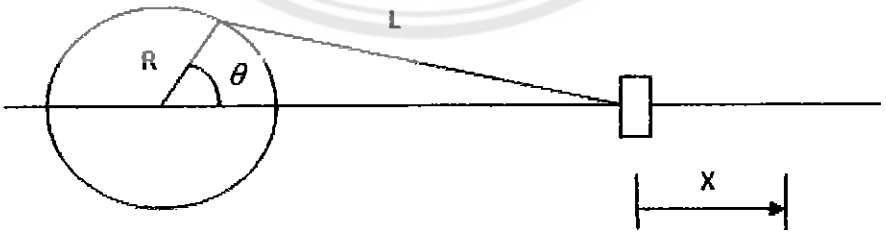
$$\text{อัตราทด } \frac{D_a}{D_f} = \frac{D_c \times D_e}{D_b \times D_d}$$

$$= \frac{140 \times 140}{40 \times 40}$$

$$= 12.25$$

เพราะฉะนั้นจะได้อัตราทดเท่ากับ 12.25 : 1

การคำนวณหาระยะการเคลื่อนที่ของเครื่องอัด



จากสมการ $x = R(1-\cos\theta) + \frac{R^2}{2L}\sin^2\theta$

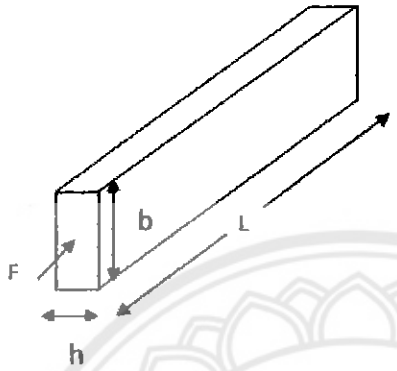
เมื่อ $R = 0.1$ m, $L = 0.25$ m

จะได้สมการการขจัด

$$x = 0.1(1-\cos\theta) + \frac{0.1^2}{2(0.25)}\sin^2\theta$$

$$= 0.1(1-\cos\theta) + 0.02\sin^2\theta$$

การคำนวณชิ้นส่วนประกอบของแขนต่อโยง



ค่า E ของเหล็ก = 200 Gpa

$F = Pc$

$= 1{,}300$ N

โดยที่ $C = 1$ [จาก Figure 4-18 Case A หน้า 174 หนังสือ Mechanical Engineering Design]

$L = 25$ cm

$b = 2$ cm

สมาการในการคำนวณค้านโยงคือ

$$Pc_r = \frac{C\pi^2 EI}{l^2}$$; เมื่อ E = 200GPa [จาก Table A-21 หน้า 1020 หนังสือ Mechanical Engineering Design]

$$1{,}300 = \frac{1(\pi^2)(200\times10^9)(I)}{0.25^2}$$

$$I = 4.116\times10^{-11}\ m^4$$

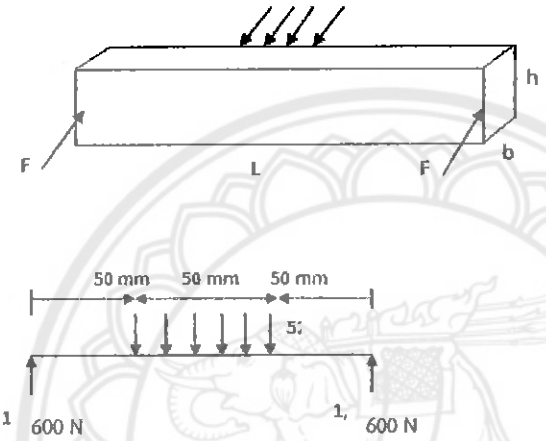
เมื่อ $I=\frac{bh^3}{12}$

$$4.116\times10^{-11}=\frac{0.02(h^3)}{12}$$

$$h=2.91\times10^{-3}\ \text{m}$$

หรือใช้ความหนา $h=3$ mm

คำนวณแผ่นดันกระป๋อง

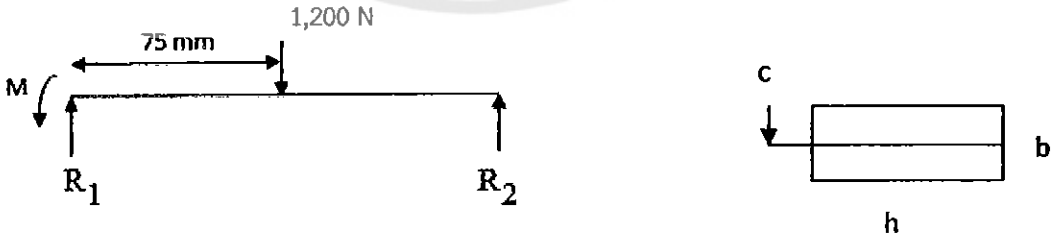


เมื่อ $b=15$mm

$h=30$ mm

$l=150$ mm

สมการคำนวณคือ



$$R_1=R_2$$

$$M_{max}=F\times r$$

$$=600(75)$$

$$=45{,}000\ \text{N}\cdot\text{mm}\quad \text{หรือ}\ 45.0\ \text{N}\cdot\text{m}$$

สมการหา σ

$$\text{จาก } \sigma = \frac{Mc}{I}$$

เมื่อ $$I = \frac{b^3h}{12}$$

$$I = \frac{15^3(30)}{12}$$

$$= 8{,}437.5 \text{ mm}^4 \text{ หรือ } 8.44\times10^{-9} \text{ m}^4$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$\sigma = \frac{45{,}000(7.5)}{8{,}437.5}$$

$$= 40 \frac{N}{mm^2} \text{ หรือ } 40 \text{ MPa}$$

ดังนั้น Safety factor หาได้จาก $\eta = \frac{S_y}{\sigma}$; เมื่อ S_y =193 MPa [จาก Table A -20 เหล็กเบอร์ 1212 หน้า 1019 หนังสือ Mechanical Engineering Design]

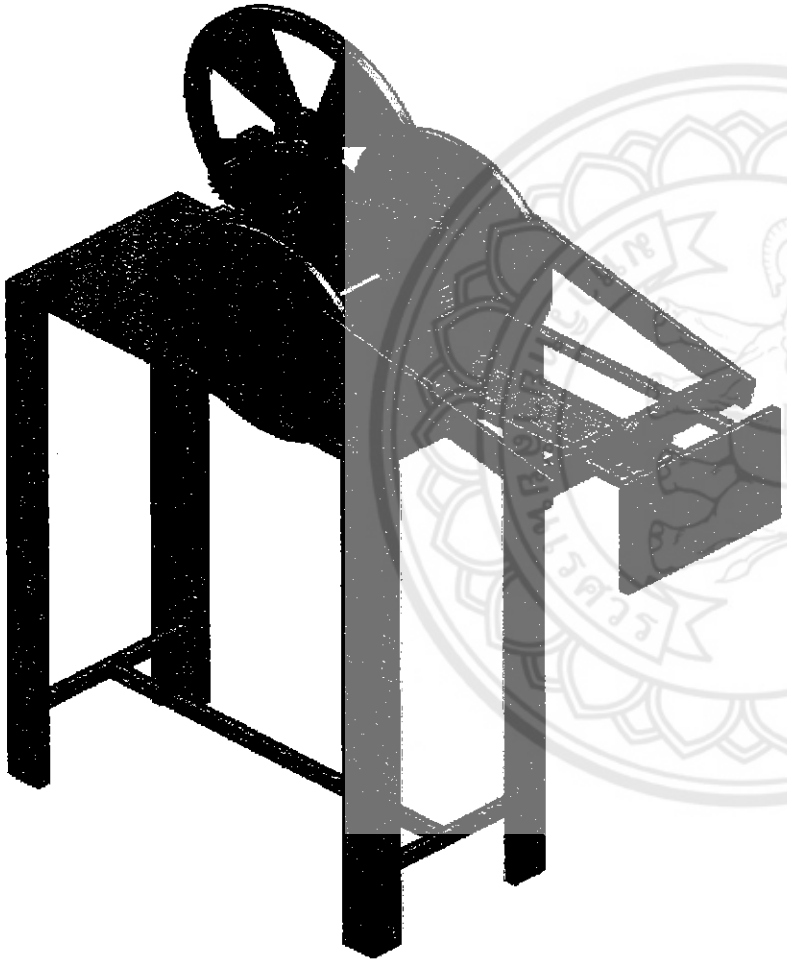
จะได้ $$\eta = \frac{193\times10^6}{40\times10^6}$$

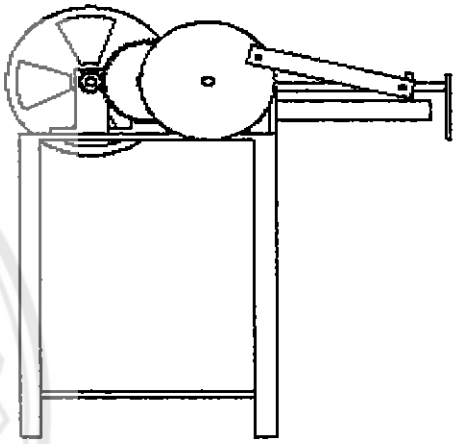
$$= 4.8$$

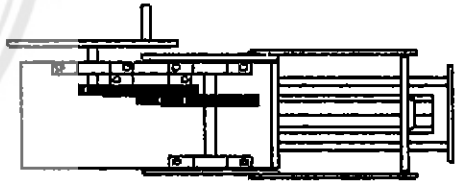
จากการคำนวณก็สรุปได้ว่า ก้านต่อโยงใช้เหล็กยาว 25 cm กว้าง 3 cm และใช้เหล็กหนา 3 mm ขึ้นไปก็เพียงพอในการรับแรง ส่วนตัวดันกระป๋องจะใช้เหล็ก ขนาดยาว 15 cm กว้าง 3 cm และเหล็กหนา 1 cm ก็พอสำหรับการรับแรงดันอัดกระป๋องให้แบนแล้ว

ภาคผนวก ค

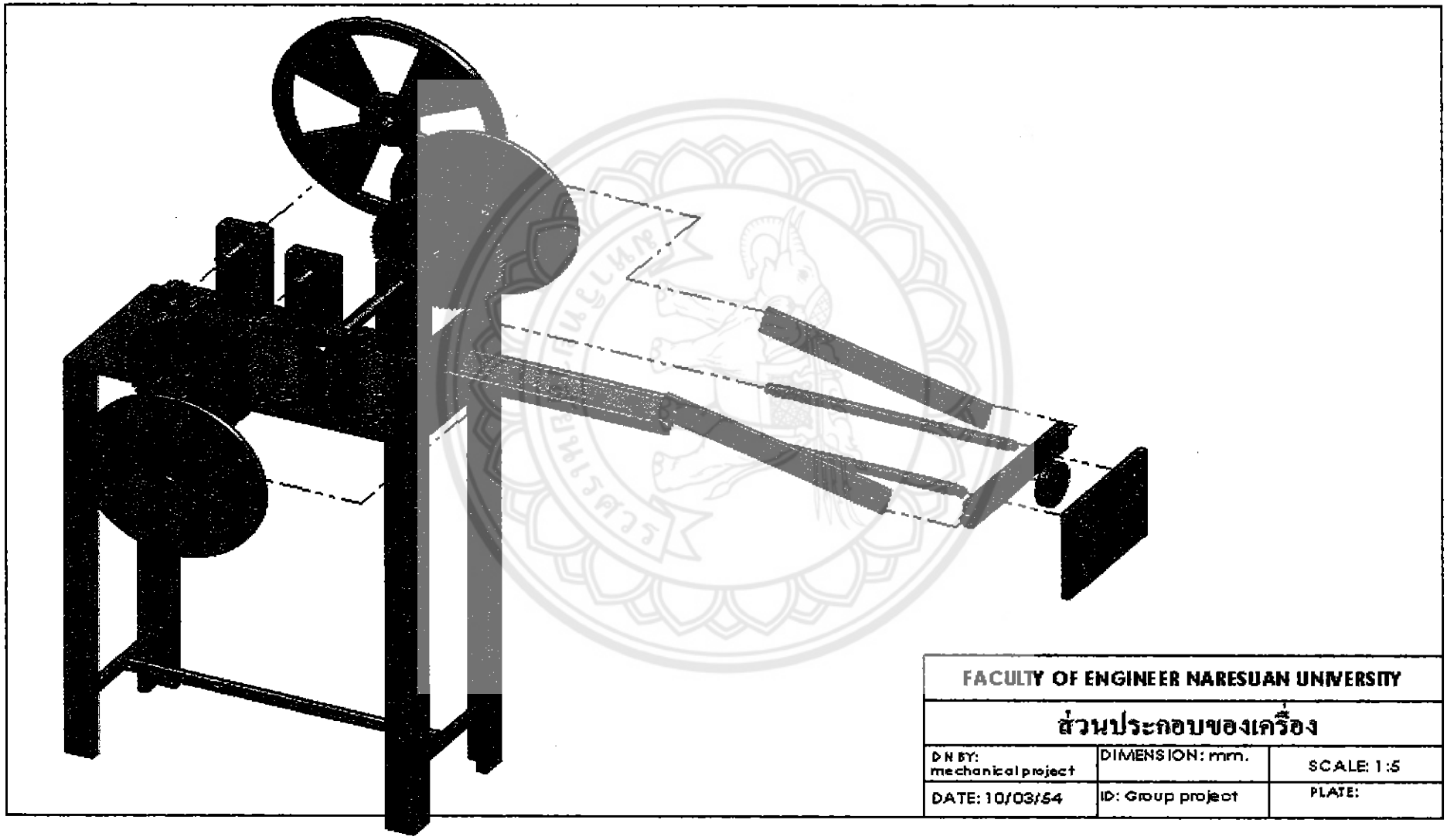
แบบร่างเครื่องอัดกระป๋อง



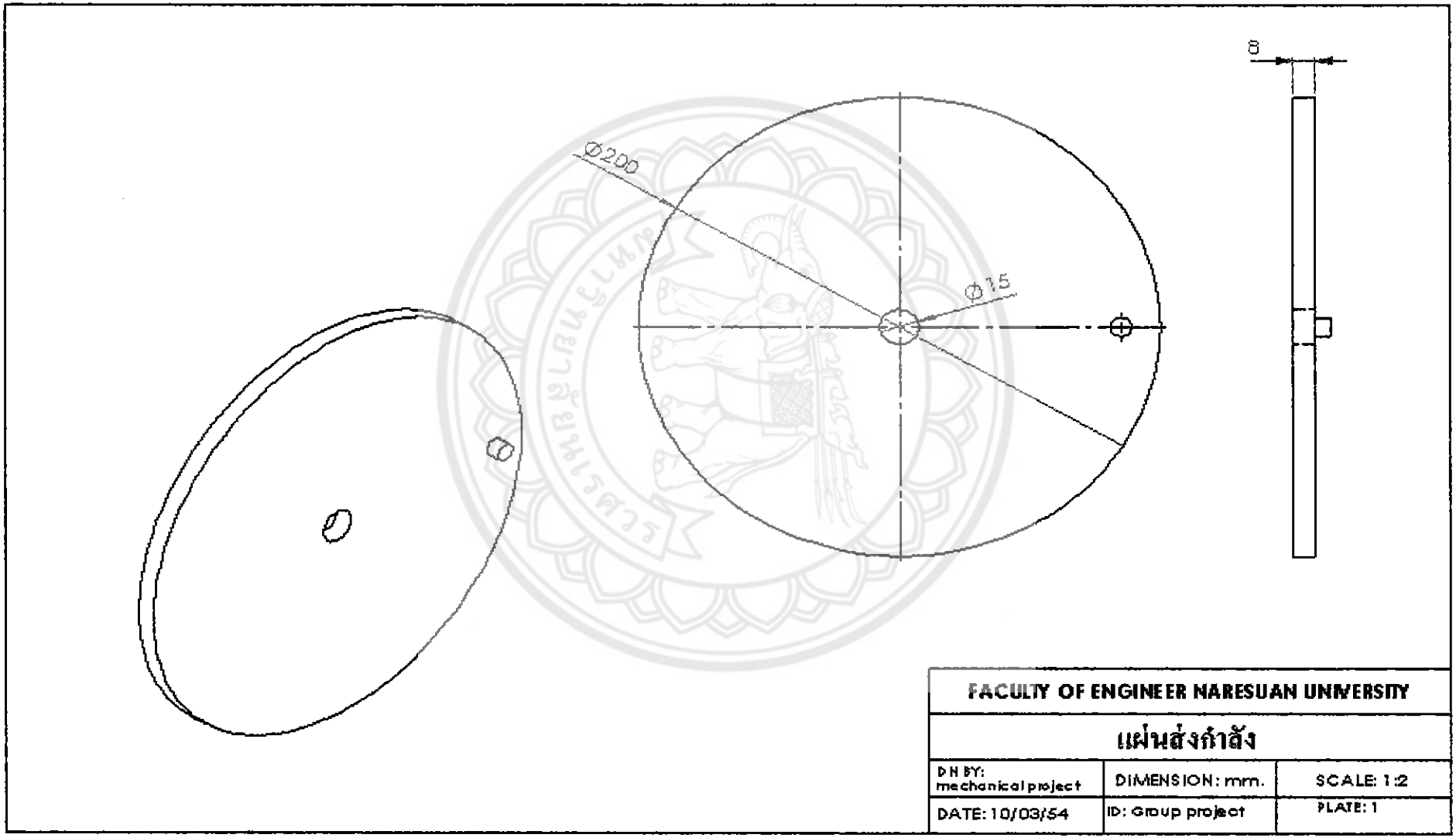


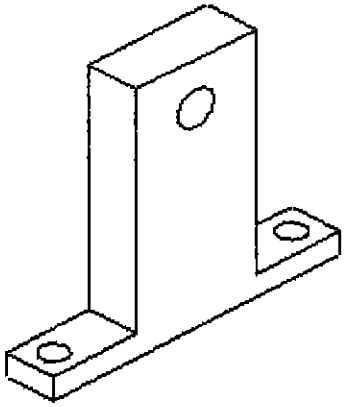


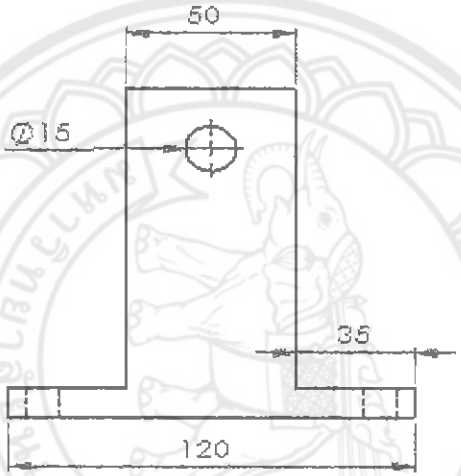
FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
เครื่องต้นแบบ		
DRAWN BY: mechanical project	DIMENSION : mm.	SCALE: 1:5
DATE: 10/03/54	ID: Group project	PLATE:

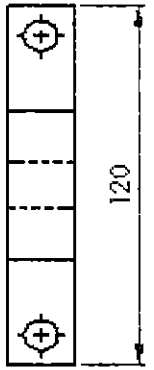


FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
ส่วนประกอบของเครื่อง		
DRAWN BY: mechanical project	DIMENSION: mm.	SCALE: 1:5
DATE: 10/03/54	ID: Group project	PLATE:

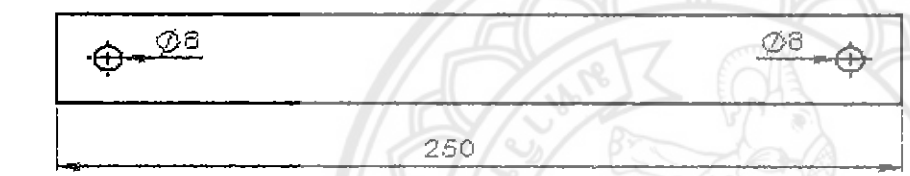

8
Ø200
Ø15
FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY
แผ่นส่งกำลัง
DN BY: mechanical project
DIMENSION: mm.
SCALE: 1:2
DATE: 10/03/54
ID: Group project
PLATE: 1

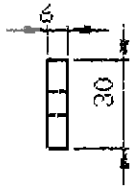


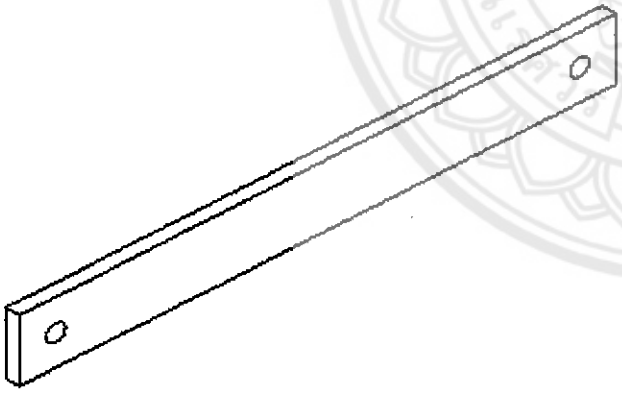




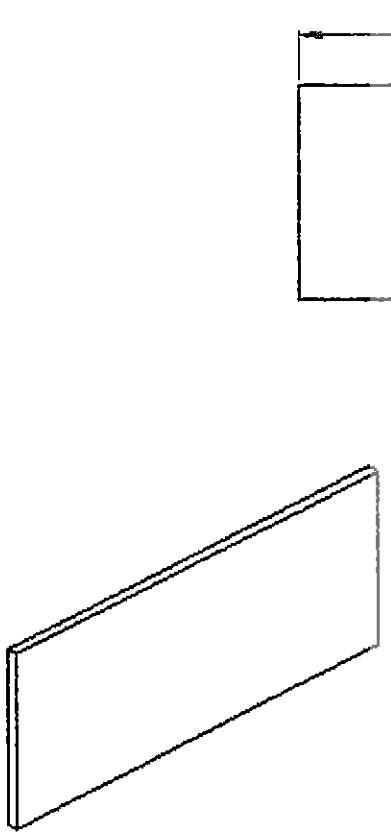
FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
ฐานรองลูกปืน		
DRAWN BY: mechanical project	DIMENSION: mm.	SCALE: 1:2
DATE: 10/03/54	ID: Group project	PLATE: 2

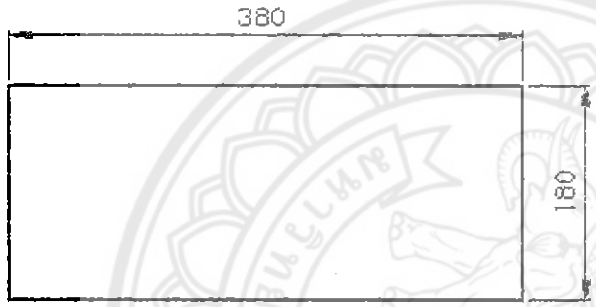


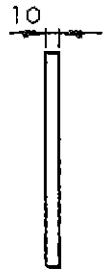




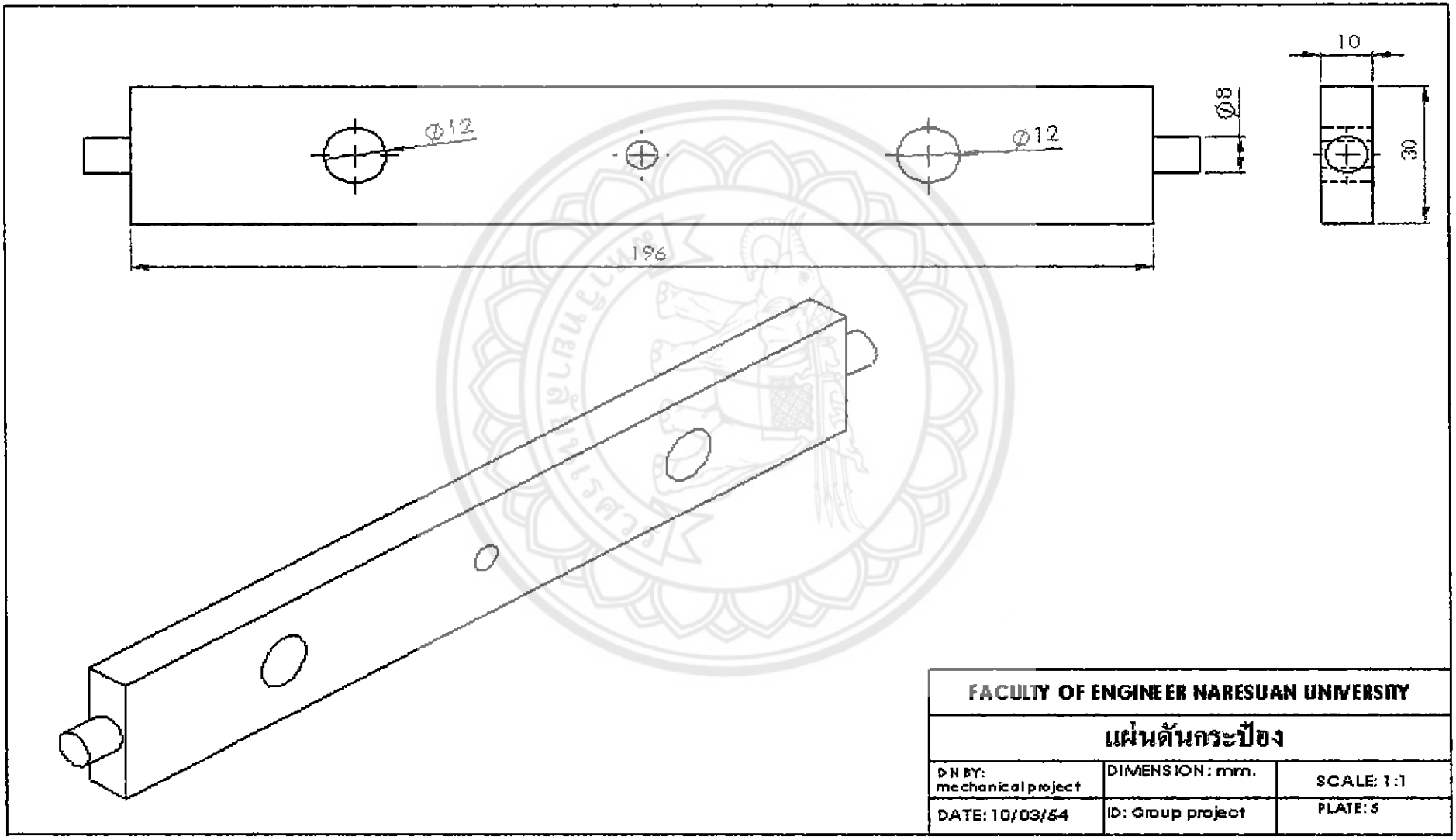
FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
ก้านส่งกำลัง		
DRN BY: mechanical project	DIMENSION: mm.	SCALE: 1:2
DATE: 10/03/54	ID: Group project	PLATE: 3

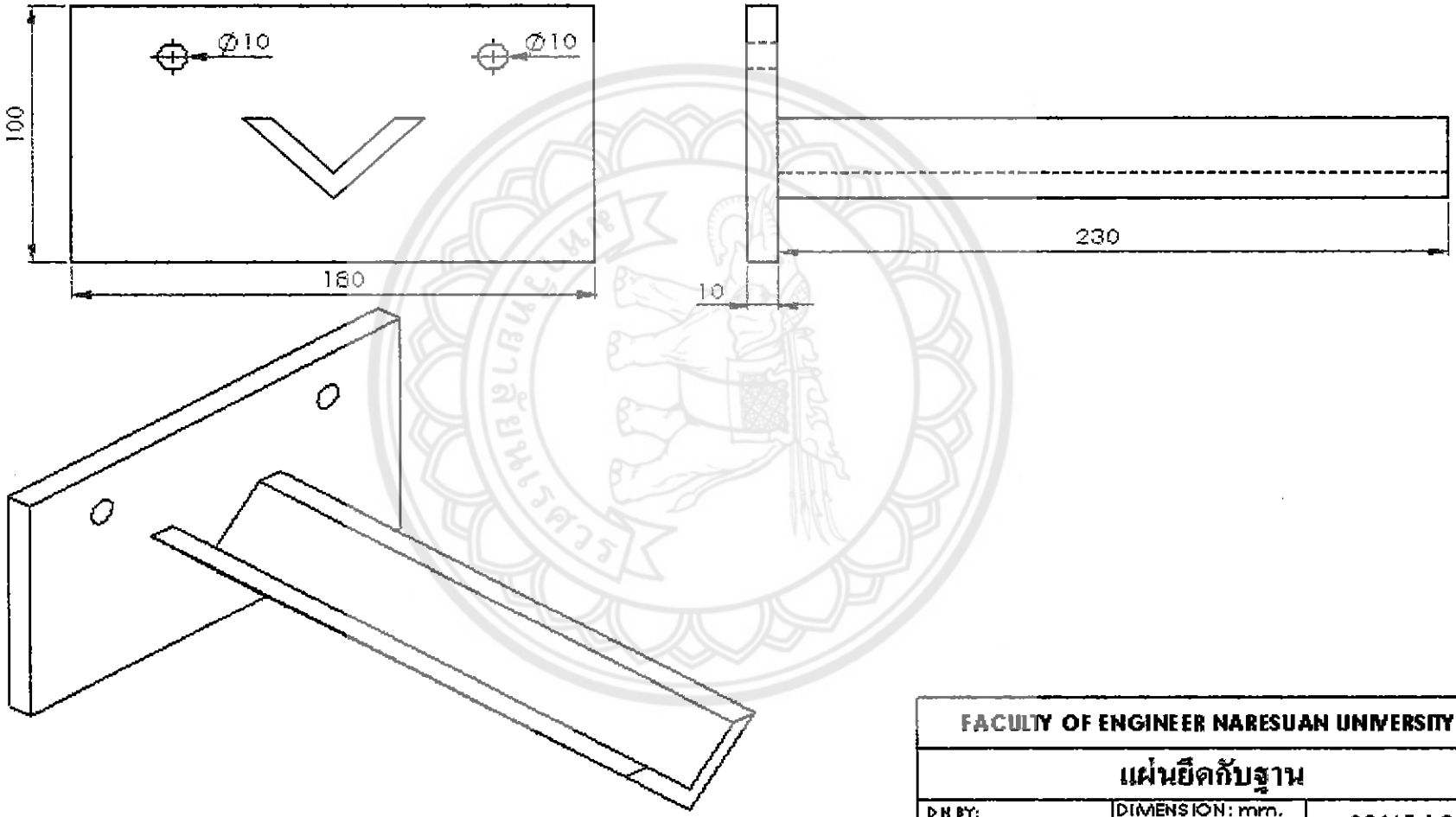




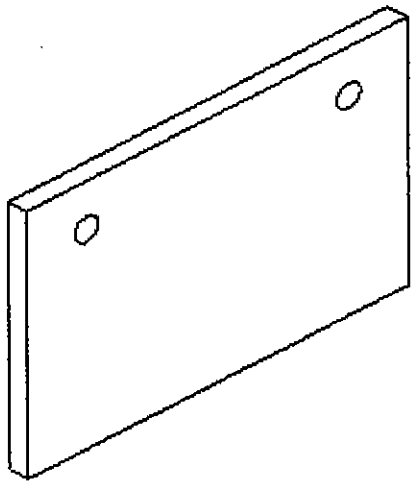


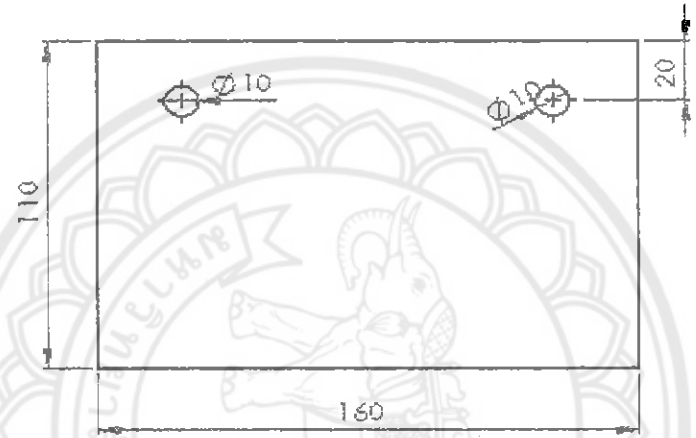
FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
ฐาน		
DRAWN BY: mechanical project	DIMENSION : mm.	SCALE: 1:5
DATE: 10/03/54	ID: Group project	PLATE: 4

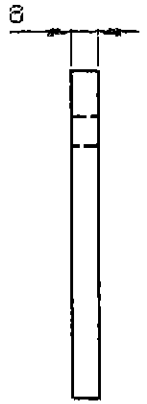

10
Ø12
Ø12
Ø8
30
196
FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY
แผ่นดันกระป๋อง
DN BY: mechanical project
DIMENSION : mm.
SCALE: 1:1
DATE: 10/03/54
ID: Group project
PLATE: 5



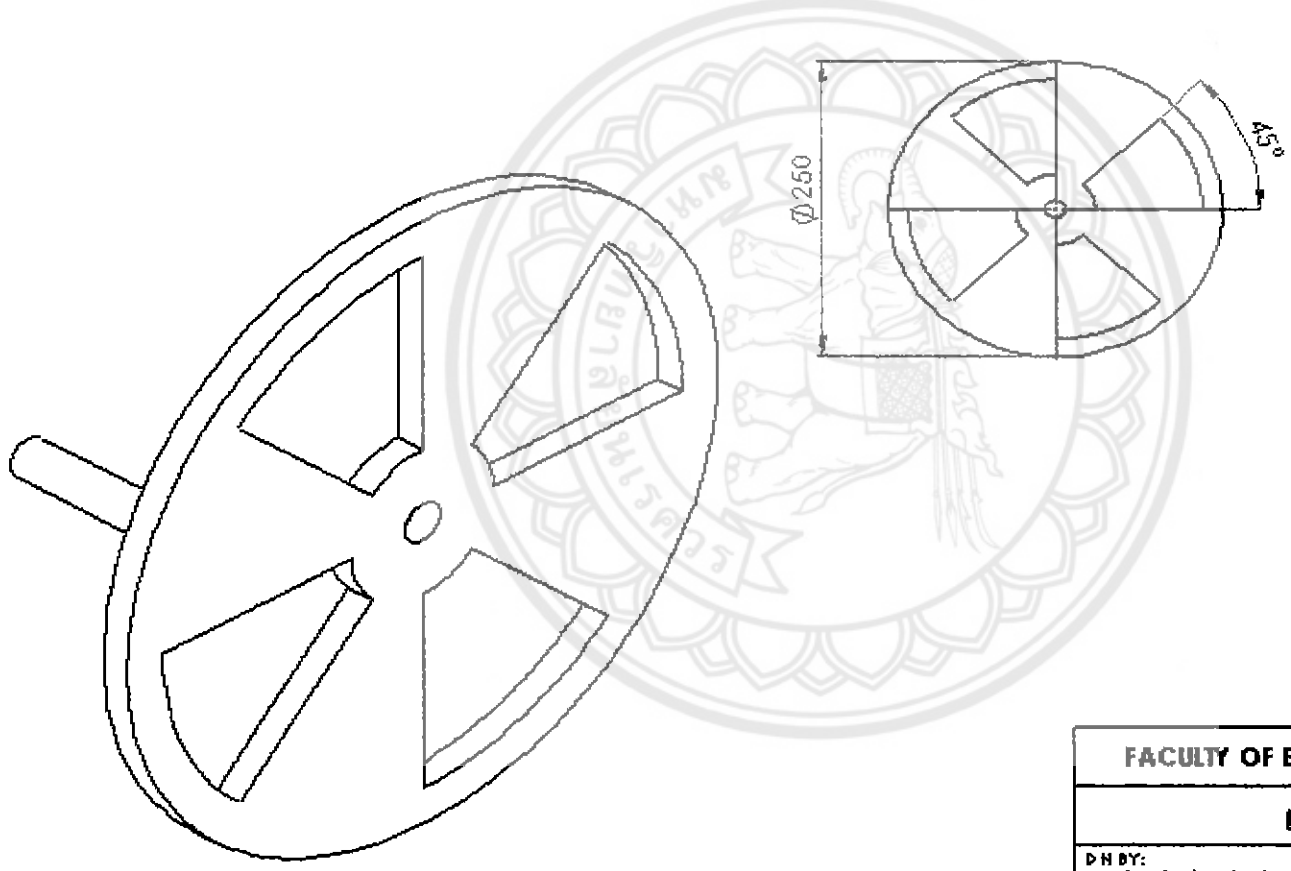
FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
แผ่นยึดกับฐาน		
DRAWN BY: mechanical project	DIMENSION: mm.	SCALE: 1:2
DATE: 10/03/54	ID: Group project	PLATE: 6



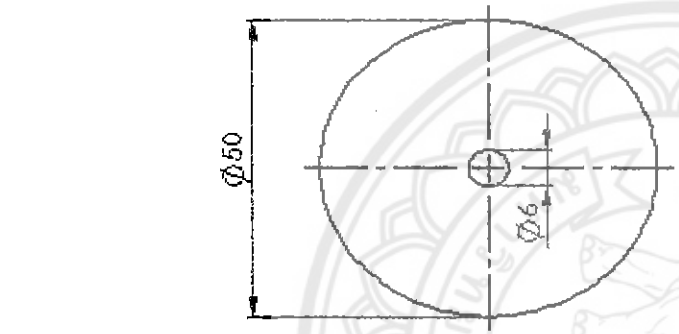


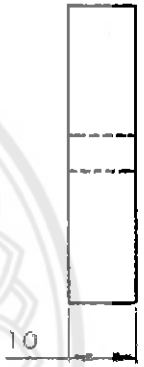


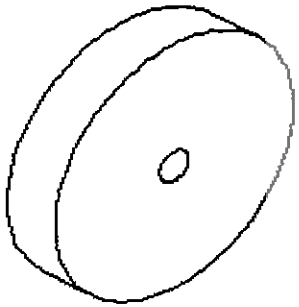
FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
แผ่นรับแรงอัด		
DRN BY: mechanical project	DIMENSION: mm.	SCALE: 1:2
DATE: 10/03/54	ID: Group project	PLATE: 7



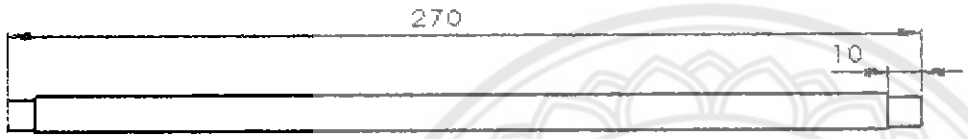
FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
แผ่นหมุนส่งกำลัง		
DRAWN BY: mechanical project	DIMENSION: mm.	SCALE: 1:5
DATE: 10/03/54	ID: Group project	PLATE: 8

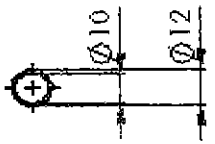


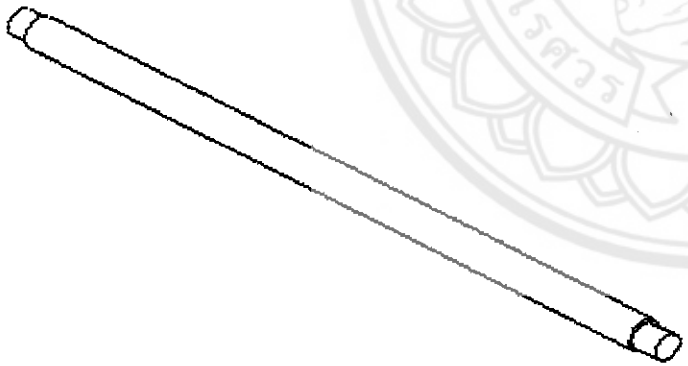




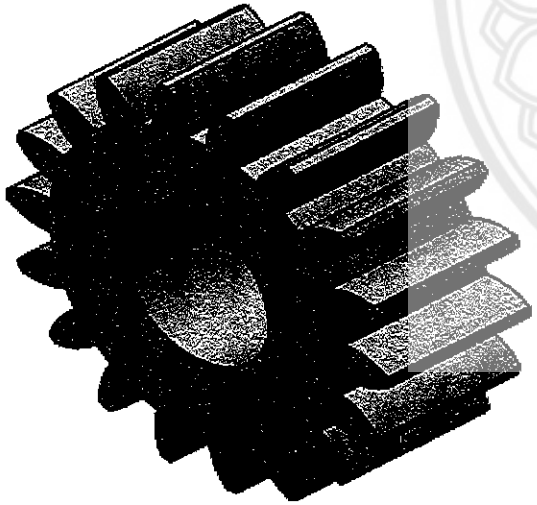
FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
แผ่นอัดกระป๋อง		
DRAWN BY: mechanical project	DIMENSION: mm.	SCALE: 1:1
DATE: 10/03/54	ID: Group project	PLATE: 9

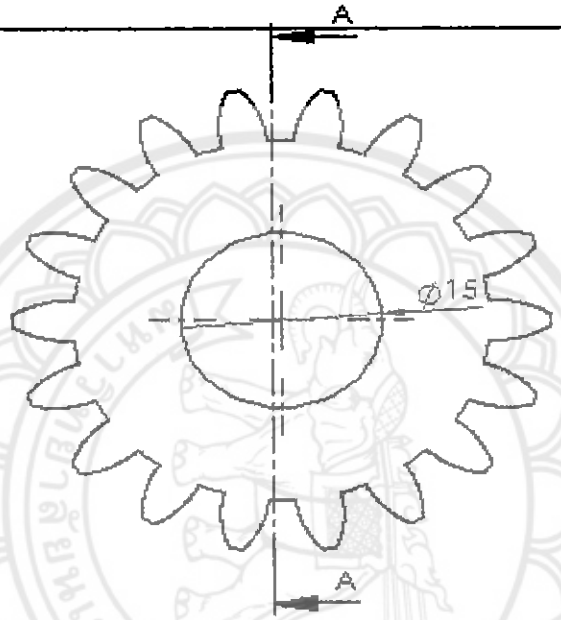


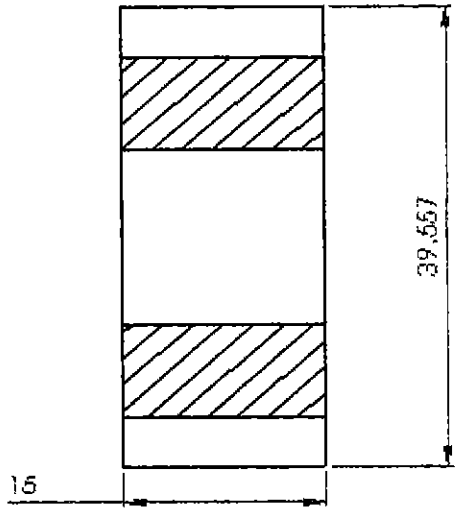




FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
เพลาสไลด์		
DRAWN BY: mechanical project	DIMENSION: mm.	SCALE: 1:2
DATE: 10/03/54	ID: Group project	PLATE: 10

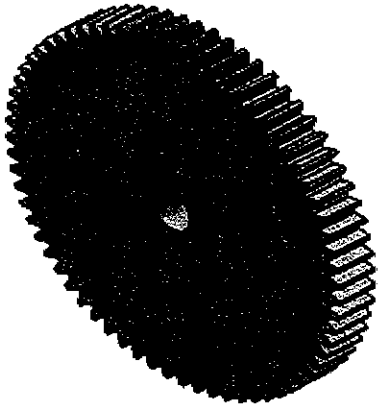


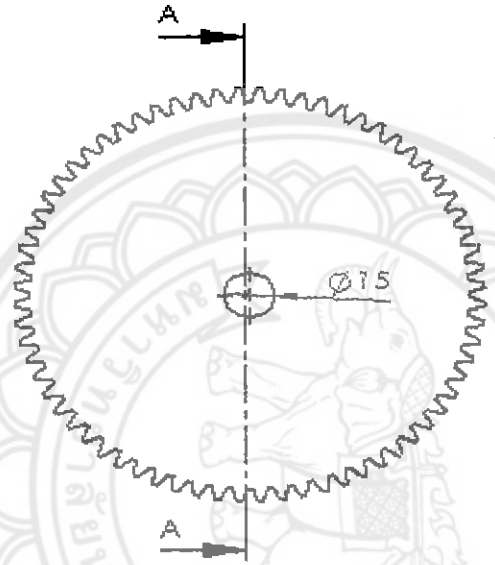


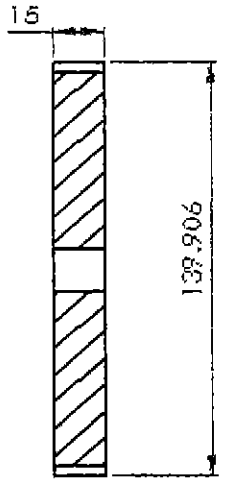


SECTION A-A
SCALE 2 : 1

FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
เฟือง 18 ฟัน		
DRN BY: mechanical project	DIMENSION : mm.	SCALE: 2:1
DATE: 10/03/54	ID: Group project	PLATE: 11







SECTION A-A
SCALE 1 : 2

FACULTY OF ENGINEER NARESUAN UNIVERSITY		
เฟือง 68 ฟัน		
DRAWN BY: mechanical project	DIMENSION : mm.	SCALE: 1:2
DATE: 10/03/54	ID: Group project	PLATE: 12

ประวัติผู้เขียนโครงงาน

ชื่อ-นามสกุล : นายกิตติพงษ์ เกษร

ภูมิลำเนา : 34/2 หมู่ 1 ต.นิคมพัฒนา อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก 65140

ประวัติการศึกษา

จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนประชาสงเคราะห์วิทยา จ.พิษณุโลก

ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

ชื่อ-นามสกุล : นายพงศธร แสงปาน

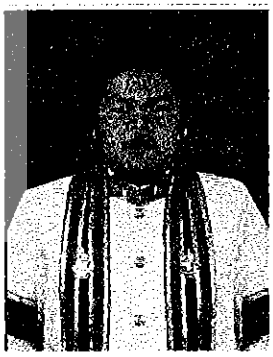
ภูมิลำเนา : 209 หมู่ 1 ต.ห้วยเกตุ อ.ตะพานหิน จ.พิจิตร 66110

ประวัติการศึกษา

จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนตะพานหิน จ.น่าน

ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก



ชื่อ-นามสกุล : นายพงศธร นวลแก้ว

ภูมิลำเนา : 29/1 หมู่ 3 ต.เนินสว่าง อ.โพธิ์ประทับช้าง จ.พิจิตร 66190

ประวัติการศึกษา

จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จ.พิจิตร

ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก