

การออกแบบจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้า

DESIGN OF EXERCISE BICYCLE POWERED WASHING MACHINE

ขวัญเรือน	พิทักษ์ชัยวัฒนา
ภัทรา	พรมโสภา
ศนทกานต์	เหลือองวิเศษ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การออกแบบจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้า

DESIGN OF EXERCISE BICYCLE POWERED WASHING MACHINE

ขวัญเรือน	พิทักษ์ชัยวัฒนา
ภัทรา	พรมโสภ
ศนทกานต์	เหลืองวิเศษ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

DESIGN OF EXERCISE BICYCLE POWERED WASHING MACHINE

Khwanruan

Phitakchaiwattana

Pattra

Promsopa

Sontakan

Luangviset

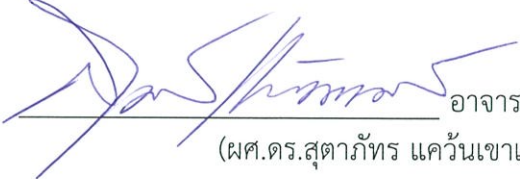
A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2017

ปริญญาโทปีการศึกษา 2560
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้า
DESIGN OF EXERCISE BICYCLE POWERED WASHING MACHINE

ผู้จัดทำ

- | | | |
|--------------------|-----------------|-----------------------|
| 1. นางสาวขวัญเรือน | พิทักษ์ชัยวัฒนา | รหัสประจำตัว 57010126 |
| 2. นางสาวภัทรา | พรมโสภา | รหัสประจำตัว 57010965 |
| 3. นางสาวศนทกานต์ | เหลืองวิเศษ | รหัสประจำตัว 57011214 |


อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.สุตาทภัทร แคว้นชาเม็ง)

การออกแบบจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้า

นางสาวขวัญเรือน พิทักษ์ชัยวัฒนา 57010126
นางสาวภัทรา พรหมโสภา 57010965
นางสาวศนทกานต์ เหลืองวิเศษกุล 57011214
ผศ.ดร.สุตภัสร์ แคว้นเขาเม็ง อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องออกกำลังกายสำหรับนำมาใช้เป็นต้นกำลังของเครื่องซักผ้า ทำให้สามารถออกกำลังกายควบคู่กับการซักผ้า และประหยัดเนื่องจากไม่ใช้ไฟฟ้า จึงได้ทำการออกแบบจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้าที่มีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันของแกนโยกและขาปั่น ใช้สำหรับส่งกำลังจากคนไปยังเครื่องซักผ้า โดยเครื่องซักผ้าที่นำมาใช้ คือ เครื่องซักผ้าแบบฝาบน มีกระบวนการทำงานอยู่ 3 กระบวนการ ได้แก่ การซัก การล้าง และการปั่นหมาด ซึ่งความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการซักและการล้าง คือ 360 rpm และสำหรับการปั่นหมาด คือ 300 rpm โดยแต่ละกระบวนการใช้เวลา 10 นาที โดยปกติคนสามารถออกแรงปั่นจักรยานด้วยความเร็ว 50 rpm ดังนั้นจึงต้องปรับเปลี่ยนความเร็วจากคนให้เป็นความเร็วของเครื่องซักผ้า โดยการส่งกำลังที่ใช้ มี 2 ระบบ คือ ระบบโซ่ที่ถูกถ่ายทอดไปยังเครื่องซักผ้าด้วยอัตราทด 4 และระบบสายพานด้วยอัตราทด 1.95 จากผลการทดสอบพบว่า กระบวนการซักสามารถหาค่าเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่หายไปจากคราบกาแฟและคราบน้ำแดง โดยมีค่าเฉลี่ย 70.01 และ 91.78 % ตามลำดับ ส่วนกระบวนการปั่นหมาดมีค่าความสามารถในการรีดน้ำเฉลี่ย 59.05 % เมื่อผู้ใช้ออกแรงปั่นในการซักและการล้างด้วยความเร็ว 48 rpm และการปั่นหมาด ออกแรงปั่นด้วยความเร็ว 38 rpm เป็นเวลาทั้งหมด 30 นาที มีเปอร์เซ็นต์อัตราการเต้นหัวใจจากอัตราสูงสุด คือ 78.41 % สามารถเผาผลาญพลังงานได้ประมาณ 125 แคลอรี หากนำมาคำนวณเป็นค่าไฟฟ้าแล้ว จะช่วยให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 20 บาทต่อเดือนอีกด้วย

DESIGN OF EXERCISE BICYCLE POWERED WASHING MACHINE

Khwanruan Phitakchaiwattana 57010126
Pattrra Promsopa 57010965
Sontakan Luangviset 57011214
Asst.Prof. Dr.Sutapat Kwankaomeng Advisor
Year 2017

ABSTRACT

Exercise is the best medicine however nowadays most people are busy working and having no time to do both workout and their housework especially washing. This project, therefore, aims to design and manufacture a washing machine powered by an exercise bicycle. The good advantage of this machine is to provide both body fit and economical washing in the same time. The exercise bicycle has two handlebars as rocker arms and two pedals as foot levers to transmit power for driving the washer. The top loading washing machine was used and studied the functional mechanism that related to the operating modes including washing, rinsing and dry spinning. Typically, time consuming for cloth washing once is about 30 minutes by the electric washing machine. The traditional washing machine has suitable rotational speed and time of 360 rpm for 10 minute washing, 360 rpm for 10 minute rinsing and 300 rpm for 10 minute spinning. According to human power, the optimal pedaling speed for 30 minutes is approximately 50 rpm therefore design of the exercising-washer needs to convert the pedaling or rocking speed to the operating speed of the machine. There are two flexible elements for power transmission in the machine, chain and belt drives. Power from stationary exercise bike is produced by rocking handlebars and pedaling foot levers of the rider and transmitted to washer through chain and belt transmissions at velocity ratio of 4 and 1.95, respectively. From the theoretical results, washing process able to estimate blemish of coffee and red syrup that vanish from example fabric by 70.01 and 91.78 % respectively. While spinning process, water get rid of cloths around 59.05 %. When user riding an exercise washing machine for washing and rinsing process for 48 rpm and dry spinning for 38 rpm in 30 minutes, maximum heart rate was 78.41 % that able to burn about 125 calories. Therefore, total calories burned of 125 calories can be obtained by exercise biking for one time cloth washing of this exercise washer. In addition, electric bill will be save up to 20 Bahts/month.

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.สุตาภัทร แคว้นเขาเม็ง อาจารย์ที่ปรึกษาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับปริญญาโท ให้แนวทางในการศึกษาค้นคว้า การออกแบบและสร้างเครื่อง การทดสอบ ตลอดจนแนวทางการจัดทำปริญญาโท และตรวจสอบแก้ไขปริญญาโทจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์ต่องานทางด้านวิศวกรรม

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่เล็งเห็นถึงความสำคัญและให้การสนับสนุนทางการศึกษามาเป็นอย่างดี ผู้ดำเนินงานวิจัยรู้สึกสำนึกในความเมตตา ความหวังดี และความเสียสละของท่าน

ขอขอบคุณ นายไพศาล เหลืองวิเศษ ผู้ประกอบการขายรถยนต์มือสองคุณฉุยที่ให้ความช่วยเหลือด้านสถานที่ในการประกอบ การจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์เพื่อการสร้างเครื่อง ขอขอบคุณพนักงานและช่างผู้ชำนาญการ คือ นายศุภสิทธิ์ จันทร์สุริวงค์ และ นายธวัชชัย อ่วมเอี่ยม ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการสร้างตัวเครื่องดังกล่าว

ขอขอบคุณ ผู้ประกอบการ หจก.ภัทรวัตรเอ็นจิเนียริงแอนด์เซอร์วิส ที่ให้ความช่วยเหลือด้านชิ้นส่วนของเครื่อง ทั้งเพลลา บูช และข้อต่อ รวมถึงการกลึงชิ้นส่วนต่าง ๆ ขอขอบคุณพนักงานและช่างผู้ชำนาญการที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการสร้างตัวเครื่องนี้

ขอขอบคุณ ร้านพรชัยแบริง คลองถม ที่ให้คำปรึกษาเรื่องเกี่ยวกับตลับลูกปืน และอำนวยความสะดวกในเรื่องตลับลูกปืนทั้งหมด ขอขอบคุณ หจก. ตั้งเกียงจวันกรุงเทพ 1983 คลองถมที่ให้คำปรึกษาและให้ความรู้เกี่ยวกับ เฟือง โซ่ มู่เลย์ แหวน ขอขอบคุณ บริษัท ก็เต็กเส็ง จำกัด

ท้ายนี้ขอขอบคุณนางสาวเบญจลักษณ์ ทองลอย นางสาวพิชชาพร แก้วพรม และนางสาวพริ้มเพรา วงศ์ภักดี รวมถึงเพื่อนๆทุกคนที่ให้อกำลังใจและความช่วยเหลือตลอดมา ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

นางสาวขวัญเรือน	พิทักษ์ชัยวัฒนา
นางสาวภัทรา	พรมโสภา
นางสาวศนทกานต์	เหลืองวิเศษ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป	VI
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตการศึกษา	1
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับสายพาน	8
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบเพลลา	11
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบร์ริง	14
บทที่ 3 การดำเนินการออกแบบ	15
บทที่ 4 การทดสอบ	45
4.1 การทดสอบหาความสะอาดของการชักโดยมีชนิดคราบเปื้อนอยู่ 2 ชนิด	45
4.2 การทดสอบการปนเปื้อนของเครื่องชักผ้า	48
4.3 การทดสอบหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจ	49
4.4 การทดสอบหาค่าความเร็วรอบของผู้ทดสอบและมุมเลี้ยวได้เครื่องชักผ้า	51
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	56
5.1 สรุปผลการทดสอบหาความสะอาดของการชักโดยมีชนิดคราบเปื้อนอยู่ 2 ชนิด	56
5.2 สรุปผลการทดสอบการปนเปื้อนของเครื่องชักผ้า	56
5.3 สรุปผลการทดสอบหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจ	56
5.4 สรุปผลการทดสอบหาค่าความเร็วรอบของผู้ทดสอบและมุมเลี้ยวได้เครื่องชักผ้า	56
5.5 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	57
5.6 ข้อเสนอแนะ	57
บรรณานุกรม	58
ภาคผนวก	59
ภาคผนวก ก. ตารางผนวก	59
ภาคผนวก ข. แบบของเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องชักผ้า	62

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงอัตราการเดินของหัวใจเป้าหมายในการออกกำลังกายและช่วงอายุโดย (Dimondback 1100)	5
4.1 แสดงค่าความสว่างที่ส่องผ่านผ้าในกระบวนการต่างๆ โดยมีชนิดของความสกปรกเป็นคราบกาแฟ วัดที่ความสว่าง 1122 ลักซ์	47
4.2 แสดงค่าความสว่างที่ส่องผ่านผ้าในกระบวนการต่างๆ โดยมีชนิดของความสกปรกเป็นคราบน้ำแดง วัดที่ความสว่าง 1122 ลักซ์	47
4.3 แสดงน้ำหนักของผ้าในกระบวนการปั่นหมาด	49
4.4 แสดงอัตราการเดินหัวใจของผู้ทำการทดสอบและเปอร์เซ็นต์ของอัตราการเดินหัวใจเมื่อเทียบกับอัตราการเดินหัวใจสูงสุด	51
4.5 แสดงความเร็วรอบของผู้ทดสอบและพลังงานที่เผาผลาญ โดยแต่ละกระบวนการใช้เวลา 10 นาที	54
4.6 แสดงความเร็วรอบของมอเตอร์บริเวณใต้เครื่องซักผ้าในแต่ละกระบวนการ ใช้เวลา 10 นาที	54
ก.1 บัญชีแสดงราคาวัสดุ	60
ก.2 รายการวัสดุ	61

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เครื่องซักผ้าอุตสาหกรรมแบบปั่นหมาดในตัว (สุชากร บุญเลิศไพศาล)	3
2.2 เครื่องซักผ้าที่ขับเคลื่อนโดยการปั่น (Ranjan, Sharan and Mazumdar)	4
2.3 เครื่องต้นแบบจักรยานออกกำลังกาย (กนต์ธร ชำนิประศาสน์)	7
2.4 pedal operated washing machine (Krishnamurthy, Rakshith, Harshaa and Rakesh)	8
2.5 รูปร่างลักษณะของเพลลา	11
3.1 แสดงตำแหน่งของเพลลาต่าง ๆ	21
3.2 แสดงแรงบนเพลลาแกนนอนก่อนส่งเข้าเครื่องซักผ้า	22
3.3 แสดงแรงบนเพลลาแกนนอนบริเวณขาปั่น	23
3.4 แสดงแรงบนเพลลาแกนนอนบริเวณแขนโยก	24
3.5 แสดงแรงบนเพลลาแกนนอนบริเวณข้อต่อระหว่างขาและแขน	25
3.6 แสดงแรงบนเพลลาแกนนอนบริเวณข้อต่อระหว่างขาบริเวณที่ปั่น	26
3.7 แสดงตำแหน่งและระยะห่างบนเพลลาแกนนอนก่อนส่งเข้าเครื่องซักผ้า	27
3.8 แสดงตำแหน่งและระยะห่างบนเพลลาแกนนอนบริเวณขาปั่น	28
3.9 แสดงตำแหน่งและระยะห่างบนเพลลาแกนนอนบริเวณแขนโยก	29
3.10 แสดงตำแหน่งและระยะห่างบนเพลลาแกนนอนบริเวณข้อต่อระหว่างขาและแขน	30
3.11 แสดงตำแหน่งและระยะห่างบนเพลลาแกนนอนบริเวณข้อต่อระหว่างขาบริเวณที่ปั่น	31
3.12 แสดง 4 bar linkage	40
3.13 แบบของเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้า	42
3.14 แสดงชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้า	43
3.15 แสดงการส่งกำลังระหว่างมู่เเล่	43
3.16 แสดงการส่งกำลังระหว่างเฟืองโซ่	43
3.17 แสดงเครื่องต้นแบบของเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้า	44
4.1 ผ้าดิบ	45
4.2 ท่อPVC	45
4.3 เครื่องวัดแสง	45
4.4 เขียนขนาดท่อลงในผ้าดิบ	46
4.5 ตัดผ้าดิบให้เท่าขนาดท่อPVC	46
4.6 ใช้ไฟส่องผ่านผ้าดิบ	46
4.7 การวางท่อPVCบนเครื่องวัดแสง	46
4.8 น้ำผ้าดิบจุ่มในน้ำกาแฟ	46
4.9 น้ำผ้าดิบจุ่มในน้ำแดง	46
4.10 เครื่องชั่งน้ำหนัก	48
4.11 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ	50
4.12 การติดตั้งเครื่องมือวัดหมายเลข 1	52

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 การทำงานของเครื่องมือวัดหมายเลข 2 และ 3	52
4.14 การติดตั้งเครื่องมือวัดหมายเลข 4	53
4.15 การทำงานของเครื่องมือวัดหมายเลข 5	53
4.16 การทำงานของเครื่องมือวัดหมายเลข 6	53
4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและเวลาที่ผ่านไปในแต่ละกระบวนการ	55

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

rpm	=	รอบต่อนาที
w	=	วัตต์
d	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของมู่เล่ขนาดเล็ก
D	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของมู่เล่ขนาดใหญ่
n_1	=	ความเร็วรอบของมู่เล่ขนาดใหญ่
n_2	=	ความเร็วรอบของมู่เล่ขนาดเล็ก
L_p	=	ความยาวพิตช์ของสายพาน
C	=	ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของมู่เล่ขนาดเล็กและขนาดใหญ่
n	=	ความเร็วรอบในการหมุน
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่
H_a	=	กำลังส่งที่ยอมรับต่อสายพาน 1 เส้น
K_1	=	แฟกเตอร์แก้มุมโอบ
K_2	=	แฟกเตอร์แก้ความยาวของสายพาน
F_1	=	แรงดึงสายพานด้านตั้ง
F_2	=	แรงดึงสายพานด้านหย่อน
F_c	=	แรงดึงเนื่องจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
\emptyset	=	มุมสัมผัสของมู่เล่
K_c	=	แฟกเตอร์สำหรับสายพานรูปตัววี
H_{nom}	=	กำลังระบุ
K_s	=	แฟกเตอร์การใช้งาน
n_d	=	แฟกเตอร์การออกแบบ
n_{fs}	=	แฟกเตอร์ความปลอดภัย
L_D	=	จำนวนชั่วโมงที่ใช้ออกแบบ
n_D	=	จำนวนรอบที่ใช้ในการออกแบบ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

F	=	แรงลัพธ์
ω_2	=	ความเร็วเชิงมุม
ω_1	=	ความเร็วเชิงมุมเริ่มต้น
t	=	เวลา
α	=	ความเร่งเชิงมุม
I	=	โมเมนต์ความเฉื่อย
r	=	รัศมีของถังซัก
m	=	มวลของผ้าและน้ำ
T	=	โมเมนต์บิด
P	=	กำลังที่ใช้
i	=	อัตราทด
ΔF	=	ความแตกต่างของแรงดึงสายพานด้านตั้งและแรงดึงสายพานในด้านหย่อน
θ_d	=	มุมสัมผัสของมู่เล่ตัวเล็ก
θ_D	=	มุมสัมผัสของมู่เล่ตัวใหญ่
V	=	ความเร็ว
Z	=	จำนวนฟัน
p	=	ระยะพิตช์
W_p	=	กำลังงานจาก
F_t	=	แรงในแนวเส้นสัมผัส
K_f	=	แฟกเตอร์ความเค้นหนาแน่น
S_e	=	ความต้านทานการล้าที่เกิดขึ้นจริง
S_{ut}	=	ความต้านแรงสูงสุด
M_a	=	โมเมนต์ตัด

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

T_m = ความเค้นเฉือนเนื่องจากการบิด

V_B = ความเร็วของจุด B

V_o = ความเร็วของจุด A

f = ความถี่

x_t = ค่าจริง

x_{mea} = ค่าที่ได้จากการวัด

METs = Metabolic Equivalent Task

mph = ไมล์ต่อชั่วโมง

s = วินาที

cm = เซนติเมตร

kg = กิโลกรัม

mm = มิลลิเมตร

in = นิ้ว

N = นิวตัน

m/s = เมตรต่อวินาที

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมนุษย์ออกกำลังกายน้อยลง ซึ่งเหตุผลของการไม่ออกกำลังกาย ส่วนมากคือ ไม่มีเวลา เพราะต้องทำทั้งงานที่วุ่นวายและทำงานบ้าน ไม่มีสถานที่ที่เพียงพอและปลอดภัย ปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพ ปัญหาเกี่ยวกับอากาศ ซึ่งโครงการนี้ สามารถแก้ไขได้ทุกปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น โดยมีความคิดเริ่มต้นคือใช้มนุษย์เป็นต้นกำลังเพื่อออกกำลังกายและทำงานบ้านที่ใช้กำลังเยอะ นั่นคือการซักผ้า โดยกิจกรรมที่ใช้ในการออกกำลังกาย คือ ปั่นจักรยาน เพราะเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมสำหรับทุกคน เป็นกีฬาประเภท Low-impact ไม่มีการบาดเจ็บ ไม่ต้องใช้ความชำนาญ และใช้พื้นที่เพียงเล็กน้อยในร่ม ยังมีผลพลอยได้จากการไม่ใช้ต้นกำลังไฟฟ้า คือ ประหยัดค่าไฟ และยังสามารถประหยัดเงินได้อีกจากการนำวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ จากที่กล่าวมา ผู้ดำเนินงานจึงมีแนวคิดนำเครื่องปั่นจักรยานออกกำลังกายมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นต้นกำลังในการซักผ้า

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการการทำงานเบื้องต้นของเครื่องซักผ้าขนาดเล็ก
- 1.2.2 ศึกษาการส่งกำลังจากการปั่นจักรยานเพื่อใช้ในการซักผ้า
- 1.2.3 สร้างจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้าที่ใช้ได้ในครัวเรือนและนำไปพัฒนาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ต่อไปได้

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

- 1.3.1 เครื่องซักผ้าสามารถทำงานได้จากการการส่งกำลังของจักรยานออกกำลังกาย
- 1.3.2 เครื่องซักผ้าที่ออกแบบนี้สามารถใช้ได้ในครัวเรือน ในการซักผ้าที่ความจุ 4 กิโลกรัม

1.4 ขอบเขตการศึกษา

- 1.4.1 ศึกษา ทดลองและใช้เครื่องซักผ้าที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยรุ่นเครื่องซักผ้าที่ใช้ในการศึกษา คือ Samsung - WA80U3
- 1.4.2 ในการศึกษาลักษณะการทำงานของเครื่องซักผ้าได้ใช้ความจุของเครื่องซักผ้าที่มีขนาด 4 กิโลกรัมและความเร็วรอบสูงสุดที่ 360 rpm

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

การศึกษาเริ่มต้นจากการรวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการส่งกำลังทางกลและกระบวนการชักผ้า จากนั้นก็ทำการคิดค้นวิธีการต่าง ๆ เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องชักผ้า และหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุด ที่ได้ความเร็รรอบที่พอเหมาะในการชักและปั่นหมาดเพื่อใช้ในการออกแบบ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการศึกษาดังนี้

- 1.5.1 ศึกษารูปแบบของเครื่องชักผ้าที่มีอยู่ในอดีตจนถึงปัจจุบันและกลไกการทำงานต่าง ๆ
- 1.5.2 ศึกษากระบวนการชักของเครื่องชักผ้า
- 1.5.3 ศึกษาหลักการการส่งกำลังจากการปั่นจักรยาน
- 1.5.4 วิเคราะห์เรื่องที่ศึกษาและนำมาออกแบบ
- 1.5.5 สรุปผลการศึกษาและจัดทำรายงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและองค์ประกอบต่าง ๆ ในการดำเนินการออกแบบ

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุธากร บุญเลิศไพศาล (2553) ศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องซักผ้าอุตสาหกรรมแบบปั่นหมาดในตัว จากการศึกษาพบว่าเครื่องต้นกำลังสามารถบรรจุผ้าเพื่อทำการซักได้ปริมาณสูงสุด 60 กิโลกรัม มีรอบการหมุนของถังซักในขณะที่ทำการซักผ้าอยู่ที่ 40-45 รอบต่อนาที รอบการหมุนขณะทำการปั่นหมาดอยู่ในช่วง 400-450 รอบต่อนาที หลังจากผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องแล้วจึงได้ทำการทดสอบการใช้งานจริง พบว่าการทำงานของเครื่องซักผ้าจนเสร็จสิ้นกระบวนการ ใช้เวลา 45-55 นาที การซักปรับได้ 3 ช่วง คือ 15 20 และ 25 นาทีหมุนไปกลับใช้เวลาช่วงละ 50 วินาที หยุดหน่วงเวลา 10 วินาที รอบการปั่นหมาดมีรอบการหมุน 45 รอบต่อนาที ใช้เวลา 1.7 นาที รอบการหมุน 280 ใช้เวลา 2.5 นาที รอบการหมุน 450 รอบต่อนาที ใช้เวลา 5 นาที ช่วงการปั่นหมาดต้องใช้เวลาไม่เกิน 10 นาที



รูปที่ 2.1 เครื่องซักผ้าอุตสาหกรรมแบบปั่นหมาดในตัว (สุธากร บุญเลิศไพศาล)

Ranjan, Sharan and Mazumdar (2014) ศึกษาการปั่นเพื่อขับเคลื่อนเครื่องซักผ้า พบว่า คนส่วนใหญ่สามารถปั่นด้วยความเร็วที่อยู่ในช่วง 50-70 รอบต่อนาที เพื่อความสะดวกงานวิจัยนี้จึงใช้ ความเร็วของคนอยู่ที่ 60 รอบต่อนาที โดยให้กำลังจากคนที่มีสุขภาพที่ดีคือ 125 วัตต์ (Watt) และ กำลังสูงสุดของคนที่มีสุขภาพที่ดีสามารถทำได้คือ 200 วัตต์ กลไกการส่งกำลังใช้เฟืองโซ่จากเศษ จักรยานที่มีจำนวนฟัน 18 และ 44 ฟัน บริเวณที่ถีบมีเฟืองโซ่ จำนวนฟัน 48 38 และ 24 ฟัน และ เชื่อมไปยัง 6 เฟืองโซ่ที่มีจำนวนฟัน 28 24 21 18 16 และ 14 ฟัน และใช้เกียร์ที่มีจำนวน 32 และ 65 ฟัน การทำงานของเครื่องซักผ้าที่ขับเคลื่อนโดยการปั่นของคนนี้ มี 3 กระบวนการ คือ การซัก การล้างและการปั่นหมาด เวลาทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการทั้งหมดคือ 50 นาที ในการซัก โหมดเมนต์บิด มีค่า 59.68 นิวตันเมตร (Newton meter) หมุนด้วยความเร็ว 20 รอบต่อนาที การล้าง โหมดเมนต์บิด มีค่า 2.38 นิวตันเมตร หมุนด้วยความเร็ว 500 รอบต่อนาที และการปั่นหมาด โหมดเมนต์บิดมีค่า 1.19 นิวตันเมตร หมุนด้วยความเร็ว 1000 รอบต่อนาที มีความจุของเครื่องประมาณ 1.2 กิโลกรัม



รูปที่ 2.2 เครื่องซักผ้าที่ขับเคลื่อนโดยการปั่น (Ranjan, Sharan and Mazumdar)

กนต์ธร ขำนิประศาสน์(2555) ศึกษาจักรยานออกกำลังกายต้นแบบ โดยใช้ระบบการวัดและ การควบคุมอัตโนมัติ พบว่า การออกกำลังกายควรรักษาระดับการเต้นของหัวใจให้เหมาะสมกับ เป้าหมายในการออกกำลังกายและช่วงอายุเป็นสำคัญ แสดงเป็นตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงระดับการเต้นของหัวใจ เป้าหมายในการออกกำลังกายและช่วงอายุ

(Dimondback 1100)

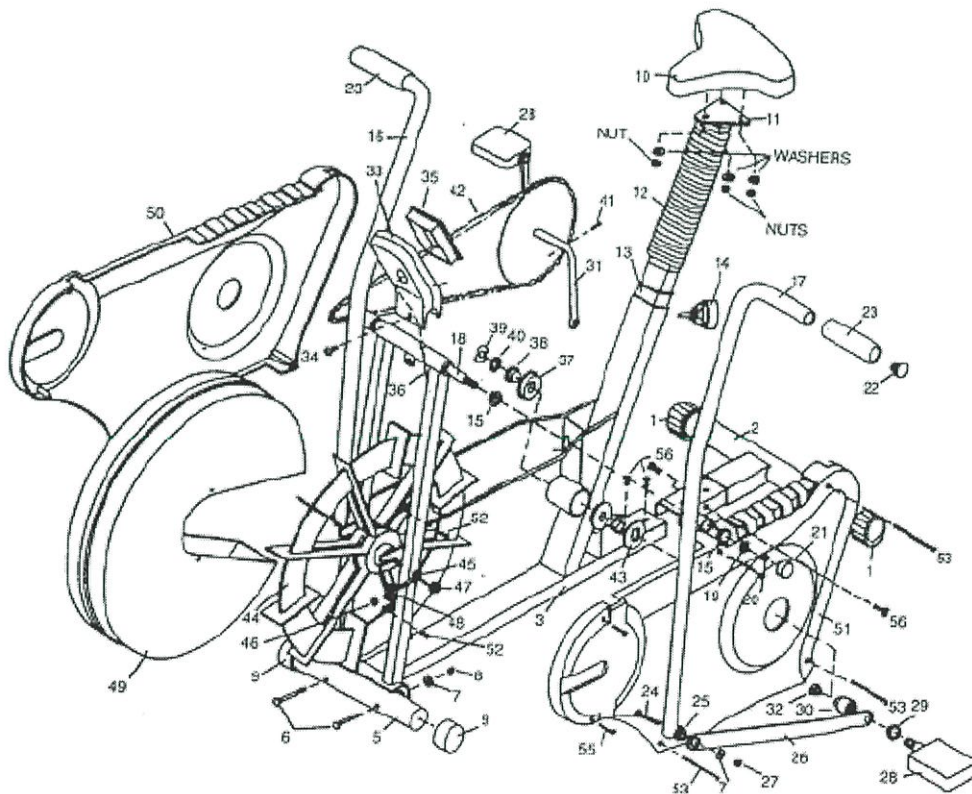
อายุ	ไม่ได้ ประโยชน์ ถ้าน้อยกว่า 55%	55% - 65% เพื่อลดน้ำหนัก และไขมัน ในร่างกาย	65% - 85% เพื่อทำให้ หัวใจแข็งแรง	85% - 100% เพื่อเตรียมเป็น นักกีฬา	220 - อายุ ความเหนื่อย สูงสุด
20	110	110-130	130-170	170-200	200
21	109	109-129	129-169	169-199	199
22	109	109-129	129-168	168-198	198
23	108	108-128	128-167	167-197	197
24	108	108-127	127-167	167-196	196
25	107	107-127	127-166	166-195	195
26	107	107-127	126-165	165-194	194
27	106	107-126	125-164	164-193	193
28	106	106-125	125-163	163-192	192
29	105	106-125	124-162	162-191	191
30	105	105-124	124-162	162-190	190
31	104	105-124	123-161	161-189	189
32	103	104-123	122-159	160-188	188
33	103	103-122	121-158	159-187	187
34	102	102-121	120-157	158-186	186
35	102	102-120	120-156	157-185	185
36	101	101-120	119-156	156-184	184
37	101	101-119	118-155	156-183	183
38	100	100-118	118-154	155-182	182
39	100	100-118	117-153	154-181	181
40	99	99-117	116-152	153-180	180
41	98	98-116	116-151	152-179	179
42	98	98-116	115-150	151-178	178
43	97	97-115	114-150	150-177	177

ตารางที่ 2.1 แสดงระดับการเต้นของหัวใจ เป้าหมายในการออกกำลังกายและช่วงอายุ

(Dimondback 1100) (ต่อ)

อายุ	ไม่ได้ ประโยชน์ ถ้าน้อยกว่า 55%	55% - 65% เพื่อลดน้ำหนัก และไขมัน ในร่างกาย	65% - 85% เพื่อทำให้ หัวใจแข็งแรง	85% - 100% เพื่อเตรียมเป็น นักกีฬา	220 - อายุ ความเหนื่อย สูงสุด
45	96	96-114	113-148	149-175	175
46	96	96-113	112-147	148-174	174
47	95	95-112	112-146	147-173	173
48	95	95-112	111-145	146-172	172
49	94	94-111	111-145	145-171	171
50	94	94-111	110-144	145-170	170
51	93	93-110	109-143	144-169	169
52	92	92-109	109-142	143-168	168
53	92	92-109	108-141	142-167	167
54	91	91-108	107-140	141-166	166
55	91	91-107	107-139	140-165	165
56	90	90-107	106-139	139-164	164
57	90	90-106	105-138	139-163	163
58	89	89-105	105-137	138-162	162
59	89	89-105	104-136	137-161	161
60	88	88-104	103-135	136-160	160
61	87	87-103	103-134	135-159	159
62	87	87-103	102-133	134-158	158
63	86	86-102	101-133	133-157	157
64	86	86-101	101-132	133-156	156
65	85	85-101	100-132	132-155	155

และได้ศึกษาถึงความเร็วรอบในการปั่นจักรยานที่พอเหมาะกับความหนักของงานในระดับต่าง ๆ ในการทดสอบความสมบูรณ์ของร่างกายด้วยจักรยาน ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่า การใช้ความเร็วรอบในการปั่นจักรยานด้วยความเร็ว 30 รอบต่อนาที ไม่ควรนำมาใช้ในการทดสอบด้วยจักรยานวัดกำลัง เนื่องจากทำให้ผลที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง อัตราการเต้นของหัวใจสูง การใช้ความเร็วรอบในการปั่นจักรยานด้วยความเร็ว 40 รอบต่อนาที เป็นความเร็วที่พอเหมาะเมื่อใช้กับงานที่ไม่หนักมาก ตั้งแต่ 450-750 กิโลปอนด์เมตรต่อนาที การใช้ความเร็วรอบในการปั่นจักรยานด้วยความเร็ว 50 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบในการปั่นที่พอเหมาะสำหรับงานทุกระดับตั้งแต่ 450-900 กิโลปอนด์เมตรต่อนาที และการใช้ความเร็วรอบในการปั่นจักรยานด้วยความเร็ว 60 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบในการปั่นสำหรับงานหนักเท่านั้นคือ 900 กิโลปอนด์เมตรต่อนาที เครื่องออกกำลังที่ผู้ศึกษาสร้างขึ้นน้ำหนักที่รับมีค่าเทียบเท่ากับผู้ใช้ที่มีน้ำหนัก 220 กิโลกรัม หรือรับแรงสูงสุดเท่ากับ 2200 นิวตัน และใช้ความเร็วรอบในการปั่นทั่วไปไม่เกิน 120 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบสูงสุดในการออกแบบ จากการทดสอบผล เครื่องที่สร้างจะใช้แรงมากกว่าจักรยานในสภาพเป็นความจริง ซึ่งถือเป็นเรื่องที่ดีสำหรับผู้ต้องการออกกำลังกาย



รูปที่ 2.3 เครื่องต้นแบบจักรยานออกกำลังกาย (กนต์ธร ขำนิประศาสน์)

Krishnamurthy, Rakshith, Harshaa and Rakesh(2017) ศึกษาการปั่นเพื่อใช้ในการขับเครื่องซักผ้า พบว่า มีส่งกำลัง 2 กระบวนการ คือ การซักจะใช้แร็ค (rack) และพินเนียน (pinion) โดยมีความเร็วในการปั่นของคน 60 รอบต่อนาที สำหรับการปั่นหมาดใช้เฟืองโซ่ โดยมีความเร็วในการปั่นของคน 90 รอบต่อนาที มีปริมาณการซักอย่างน้อย 2 กิโลกรัม ปริมาณน้ำสูงสุดตลอดกระบวนการคือ 10 ลิตรต่อผ้า 1 กิโลกรัม กำลังสูงสุด 75 วัตต์ มีระยะเวลาในการซัก 30 นาที การล้าง 5 นาที และการปั่นหมาด 9 นาที



รูปที่ 2.4 pedal operated washing machine
(Krishnamurthy, Rakshith, Harshaa and Rakesh)

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับสายพาน

สายพานรูปตัววี (V belt) ใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมาก โดยต้องการแรงดึงขั้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียกว่าร่องรูปลิ้มของมู่เล่ ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี แม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อย และมีแรงดึงขั้นต่ำ และเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อย ในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุดเมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนมู่เล่ และในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉินก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรกได้ด้วย การขับด้วยสายพานมีข้อดี คือ เงียบสะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกจากนั้นยังมีขนาดกะทัดรัด มีประสิทธิภาพดี และแบร์ริง (Bearing) ของเพลลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการขับทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งมีสายพานขับได้โดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7 : 1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10 : 1 อัตราส่วนแรงดึงของสายพาน

2.2.1 ขนาดสายพานและมู่เล่รูปตัววี

1. สายพานรูปตัววีมีหน้าที่ตัดเป็นรูปตัววี ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์ (Pitch Width) และความหนาสายพานโดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานรูปตัววีแบบแคบ (Narrow V-Belts) มีขนาด SPZ SPA SPB และ SPC และสายพานรูปตัววีแบบธรรมดา ที่มีขนาด Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวเน้นเฉพาะสายพานรูปตัววีแบบธรรมดาเท่านั้น

2. การคำนวณหาอัตราทดของสายพาน สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$i = \frac{D}{d} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.1)$$

เมื่อ	d	คือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (Pitch) ของมู่เล่ (Pulley) ขนาดเล็ก
	D	คือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของมู่เล่ขนาดใหญ่
	n_1	คือ	ความเร็วรอบของมู่เล่ขนาดใหญ่
	n_2	คือ	ความเร็วรอบของมู่เล่ขนาดเล็ก

2.2.2 การคำนวณความยาวพิตช์และระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของมู่เล่

หาได้จากสมการ

$$L_p = 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C} \quad (2.2)$$

เมื่อ	L_p	=	ความยาวพิตช์ของสายพาน
	C	=	ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของมู่เล่ขนาดเล็กและขนาดใหญ่
	d	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของมู่เล่ขนาดเล็ก
	D	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของมู่เล่ขนาดใหญ่

ซึ่งโดยทั่วไประยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของมู่เล่ไม่ควรจะมากกว่า 3 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ทั้งสองตัวรวมกัน และไม่ควรน้อยกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ขนาดใหญ่

2.2.3 การคำนวณหามุมสัมผัสและความเร็วของมู่เล่

หามุมสัมผัสของมู่เล่ขนาดเล็กจากสมการ

$$\theta_d = \pi - 2\sin^{-1} \frac{(D - d)}{2C} \quad (2.3)$$

หามุมสัมผัสของมู่เล่ขนาดใหญ่จากสมการ

$$\theta_D = \pi + 2\sin^{-1} \frac{(D - d)}{2C} \quad (2.4)$$

และความเร็วของสายพานหาได้จาก

$$V = \pi dn \quad (2.5)$$

เมื่อ	n	=	ความเร็วรอบในการหมุน
	d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่

2.2.4 การส่งกำลังของสายพานรูปตัววี (V belt)

จะได้อัตราการส่งกำลังสามารถปรับแต่งค่าที่ได้ ดังนี้

$$H_a = K_1 K_2 H_{tab} \quad (2.6)$$

เมื่อ	H_a	=	กำลังส่งที่ยอมรับต่อสายพาน 1 เส้น
	K_1	=	แฟกเตอร์ (Factor) แก้มุมโอบ
	K_2	=	แฟกเตอร์แก้ความยาวของสายพาน

2.2.5 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานประสิทธิผล (f') จะมีค่าเท่ากับ $f/\sin(\theta/2)$ ซึ่งในบางครั้งจะสร้างเป็นตารางตามมุมร่องของมู่เล่ 30° 34° และ 38° ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.50 0.45 และ 0.40 ตามลำดับ โดยวัสดุที่ใช้ทำสายพานรูปตัววี มีสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน 0.13 บริษัท Gates Rubber ได้ประกาศให้สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานประสิทธิผลมีค่าเท่ากับ 0.5123

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = \exp(0.5123\theta) \quad (2.7)$$

เมื่อ	F_1	=	แรงดึงสายพานด้านตึง
	F_2	=	แรงดึงสายพานด้านหย่อน
	F_c	=	แรงดึงเนื่องจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง
	θ	=	มุมสัมผัสของมู่เล่

และ
$$F_c = K_c \left(\frac{V}{2.4}\right)^2$$

เมื่อ	K_c	=	แฟกเตอร์สำหรับสายพานรูปตัววี
-------	-------	---	------------------------------

โดยจะได้แรงดึงมาที่สุดในสายพานด้านตึงจาก

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f\theta)}{\exp(f\theta) - 1} \quad (2.8)$$

และแรงดึงสายพานด้านหย่อนจาก

$$F_2 = F_1 - \Delta F \quad (2.9)$$

เมื่อ

ΔF คือ ความแตกต่างของแรงดึงในสายพานด้านตึงและแรงดึงในสายพานด้านหย่อน

หาได้จาก
$$\Delta F = \frac{H_d / N_b}{\pi n d} \quad (2.10)$$

เมื่อ N_b = จำนวนสายพานที่จะใช้ โดยเป็นเลขจำนวนเต็มถัดไป

หาได้จาก
$$N_b \geq \frac{H_d}{H_a} \quad (2.11)$$

2.2.6 กำลังส่งที่ออกแบบ (Design)

$$H_d = H_{nom} K_s n_d \quad (2.12)$$

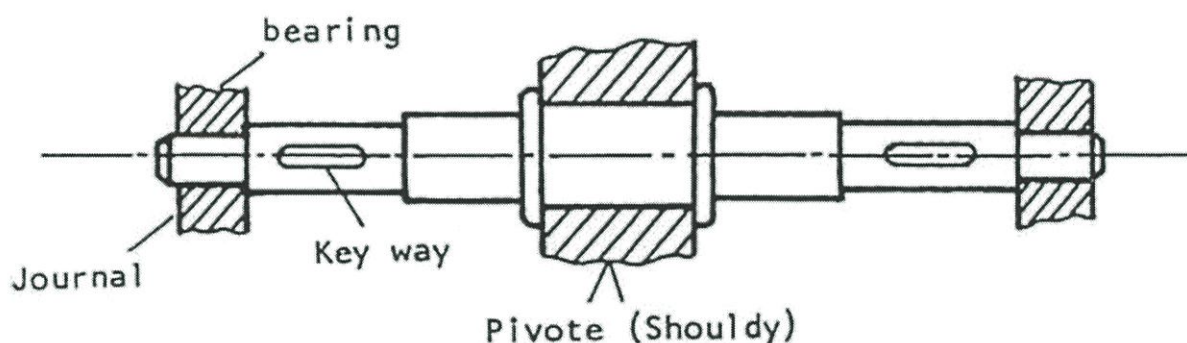
เมื่อ	H_{nom}	=	กำลังระบุ
	K_s	=	แฟกเตอร์การใช้งาน

$n_d =$ แฟกเตอร์การออกแบบ
และแฟกเตอร์ความปลอดภัยคือ

$$n_{fs} = \frac{H_a n_b}{H_{nom} K_s} \quad (2.13)$$

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบเพลลา

เพลลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องมือกล ที่มีความสำคัญของระบบส่งผ่านกำลัง กำลังที่ส่งผ่านเพลลาอยู่ในรูปของ โมเมนต์บิด (Torque) ในการส่งกำลังผ่านระหว่างเพลลาหนึ่งไปยังอีกเพลลาหนึ่งจำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง เช่น เฟือง โซ่ สายพาน ฯลฯ ดังนั้นจึงเกิดแรงซึ่งเกิดจากการขบกันของเฟือง แรงเนื่องจากการฉุดของโซ่ หรือแรงดึงของสายพานมากระทำต่อเพลลาอันเป็นผลให้เกิดโมเมนต์ดัด (Bending moments) ขึ้นบนเพลลาด้วย ดังนั้นขณะที่เพลลาทำหน้าที่ส่งผ่านกำลังเพลลาจะรับทั้งโมเมนต์บิดและโมเมนต์ดัดพร้อม ๆ กัน



รูปที่ 2.5 รูปร่างลักษณะของเพลลา

เนื่องจากว่าเพลลาเป็นชิ้นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิด ดังนั้นจึงสมควรที่จะพิจารณาถึงการออกแบบเพลลา โดยเฉพาะเพลลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้งานดังต่อไปนี้ คือ

1. เพลลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่มีการหมุนและใช้ในการส่งกำลัง
2. แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกับเพลลาแต่ไม่มีการหมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นงานที่หมุน เช่น ล้อ มู่เล่ เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลลา และแกนที่นิยมเรียกรวมกันว่า “เพลลา” ไม่ว่าจะชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือหยุดนิ่งก็ตาม
3. สปินเดิล (Spindle) เป็นขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลลาที่แทนหัวกลึง (Head-Shock Spindle) เป็นต้น
4. สตับชาฟต์ (Stub Shaft) หรือบางครั้งเรียกว่า เฮดชาฟต์ (Head-Shaft) เป็นเพลลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีขนาดรูปร่างและส่วนที่ยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลลาอื่น ๆ

5. เพลาแนว (Line Shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลาเมน (Main Shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง และใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่น ๆ โดยเฉพาะ

6. แจ็คชาฟต์ (Jack Shaft) หรือเพลาเคาน์เตอร์ชาฟต์ (Counter Shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมน หรือเครื่องจักรกล

7. เพลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งให้ เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้ แต่ส่งกำลังได้น้อย

8. เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงตัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันได้ ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนั้นเพลาจะต้องมีความแข็งแกร่ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง (Deflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดของเพลาเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลา มีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤต (Critical Speed) ของเพลาลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลา มีการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของที่รองรับเพลา เช่น บอลแบร์ริง (Ball Bearing) ก็ต้องมีการเยื้องแนว (Misalignment) ในการใช้งานที่พอเหมาะ กับเพลาด้วย

2.3.1 วัสดุเพลา

วัสดุที่ใช้ทำเพลาโดยทั่วไป คือ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความหนาทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นเพื่อใช้ทำเพลา โดยเพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 90 mm จะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลา มีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

2.3.2 ขนาดของเพลา

เพื่อให้เพลา มีมาตรฐานเหมือนกัน องค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (Normal Size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้ให้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบร์ริงที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลา

2.3.3 การพิจารณาในการออกแบบเพลา

การคำนวณหาขนาดเพลาที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ในบางครั้งการหาขนาดเพลาเพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอ เช่น ในกรณีเพลาถูกบีบ

ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งที่เที่ยงตรง ดังนั้นมุมบิดของเพลลาที่เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือเพลลาจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ในพิภพที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจก่อให้เกิดความสั่นสะเทือน ซึ่งมีผลทำให้เฟืองหรือแบร็งที่รองรับเพลลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายถึงแม้ว่า ไม่มีมาตรฐานสำหรับพิภพมุมบิดของเพลลาไว้ก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลลาในเครื่องจักรกลส่งกำลังทั่วไป อาจจะมีมุมบิดได้ถึง 1° ต่อความยาวเพลลา 20 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพลลา ในกรณีของเพลลาลูกเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้วจะให้มุมบิดได้ไม่เกิน 0.5° ตลอดความยาวของเพลลาไม่เกิน 0.3° ต่อความยาวเพลลา 1 เมตร สำหรับเพลลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะใช้มุมบิดได้ถึง 1° ต่อความยาว 20 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพลลา

ความแข็งแรงที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความแข็งแรงทางด้านระยะโก่ง เพราะต้องใช้ระยะโก่งของเพลลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นสำคัญ ในการกำหนดระยะเบียด (Clearance) ระหว่างมุมเล่เฟือง โครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของแบร็งสำหรับรองรับเพลลาให้เหมาะสม ถ้าเพลลา มีระยะโก่งมากเกินไปจะทำให้ความยาวของฟันเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบกันลดลงเป็นผลทำให้อัตราการ ขบของเฟืองลดลง ทำอัตราการส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควร การเลือกแบร็งมารองรับเพลลา ก็เช่นกัน จำเป็นต้องเลือกแบร็งชนิดที่อนุญาตให้มีการเยื้องแนวสำหรับการใช้งานได้พอเหมาะกับ ระยะโก่งของเพลลาที่จะเกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นแบร็งแบบธรรมดา หรือแบร็งแบบปรับแนวตัวเอง (Self Aligning Bearing) ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับค่าระยะโก่งเป็นสำคัญ

2.3.4 การคำนวณในการออกแบบเพลลา

DE-Goodman

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_c} [4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} [4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2]^{1/2} \right\} \right)^{1/3} \quad (2.14)$$

DE-Gerber

$$d = \left(\frac{8nA}{\pi S_c} \left\{ 1 + \left[1 + \left(\frac{2BS_c}{AS_{ut}} \right)^2 \right]^{1/2} \right\} \right)^{1/3} \quad (2.15)$$

$$\text{โดย} \quad A = \sqrt{4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2} \quad (2.16)$$

$$B = \sqrt{4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2} \quad (2.17)$$

DE-ASME Elliptic

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left[4 \left(\frac{K_f M_a}{S_c} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_a}{S_c} \right)^2 + 4 \left(\frac{K_f M_m}{S_c} \right)^2 + 3 \left(\frac{K_{fs} T_m}{S_c} \right)^2 \right]^{1/2} \right\}^{1/3} \quad (2.18)$$

DE-Soderberg

$$d = \left(\frac{16n}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_c} [4(K_f M_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2]^{1/2} + \frac{1}{S_y} [4(K_f M_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2]^{1/2} \right\} \right)^{1/3} \quad (2.19)$$

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบริ่ง

AFBMA (Anti-Friction Bearing Manufactures Association) ได้มีมาตรฐานเกี่ยวกับความสามารถรับแรงของแบริ่ง โดยไม่คำนึงถึงความเร็ว ซึ่งเรียกว่า ความสามารถในการรับแรงพื้นฐาน (Basic load rating) ความสามารถในการรับแรงพื้นฐาน C_R มีความนิยามว่าเป็นความสามารถของแบริ่งที่รับแรงคงที่ทาง radial ได้ โดยหมุนวงแหวนวงในหนึ่งล้านครั้ง ค่าหนึ่งล้านรอบเลือกใช้เพื่อให้คำนวณง่าย โรลลิ่งแบริ่ง (Rolling bearings) หมายถึง แบริ่งที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบริ่งที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (Sliding contact) เนื่องจากแบริ่งชนิดนี้มีค่าความเสียหายน้อยมาก ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้า 2 วง ที่แยกออกจากกันด้วยลูกกลิ้งทรงกลม ลูกกลิ้งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนวงหนึ่ง แล้วส่งแรงนี้ไปยังแหวนอีกวงหนึ่ง โดยการกลิ้งไปบนวงแหวน

$$C_R = F \frac{\left[\left(\frac{L_D}{L_R} \right) \left(\frac{n_D}{n_R} \right) \left(\frac{1}{6.84} \right) \right]^{\frac{1}{\alpha}}}{\left[\ln \left(\frac{1}{R} \right) \right]^{\frac{1}{1.17\alpha}}} \quad (2.20)$$

โดยที่

$L_R n_R$	คือ	10^6	(รอบ)
L_D	คือ	จำนวนชั่วโมงที่ใช้ออกแบบ	(ชั่วโมง)
n_D	คือ	จำนวนรอบที่ใช้ในการออกแบบ	(รอบต่อชั่วโมง)
F	คือ	แรงที่แบริ่งรับ	(นิวตัน)
R	คือ	ความไว้วางใจได้	
A	คือ	3 สำหรับแบริ่งกลุ่ม หรือ 10/3 สำหรับแบริ่งลูกกลิ้งตรง	

เนื่องจากการใช้แบริ่งกันอย่างแพร่หลายทั่วไป ทางสมาคมผู้ผลิตโรลลิ่งแบริ่งจึงได้วางมาตรฐานการกำหนดขนาดและหลักเกณฑ์ที่จะใช้ในการเลือกแบริ่งเหล่านี้ขึ้น โดยได้วางมาตรฐานการรับแรงและอายุการใช้งานเอาไว้ ทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ได้สะดวก ตัวแปรสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการออกแบบ คือความเสียหายในแบริ่ง ซึ่งที่จริงในการทำงานความเสียหายจะมีความสำคัญน้อยมาก แต่ทางทฤษฎีสามารถหากำลังงานที่สูญเสียไปกับความเสียหายได้

บทที่ 3

การดำเนินการออกแบบ

ศึกษากระบวนการซักของเครื่องซักผ้า จะมีการทำงานหลัก ๆ คือการซักและการปั่นหมาด

โดยทำการศึกษาจากเครื่องซักผ้าที่มีอยู่ในปัจจุบัน เน้นศึกษาถึงความเร็วรอบในการทำงานของเครื่องซักผ้าในช่วงของการซักและการปั่นหมาด โดยจากการศึกษาความเร็วรอบในการซักของใบตีผ้า จะอยู่ในช่วง 40-60 รอบต่อนาที และความเร็วรอบในการปั่นหมาดอยู่ในช่วงประมาณที่ 300 - 700 รอบต่อนาที

จึงเลือกความเร็วรอบในการซักที่ 360 รอบต่อนาที ใบตีผ้าจะหมุน 60 รอบต่อนาที และเลือกความเร็วรอบในการปั่นหมาดที่ 300 rpm เนื่องจากต้องคำนึงถึงปัจจัยการส่งกำลังจากการปั่นจักรยานที่ปกติทั่วไปที่ 50 รอบต่อนาที และโมเมนต์บิด (Torque) ในการปั่นที่พอเหมาะกับแรงที่มนุษย์จะปั่นได้ และต้องคำนึงถึงชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ส่งกำลังว่ามีราคาแพงมากหรือขนาดใหญ่มากเกินไป นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงการดูแลรักษาว่าต้องมีการดูแลที่ง่าย

การทำงานของเครื่องซักผ้าทั่วไปเมื่อหมุนหน้าปัดของตัวตั้งเวลาการทำงาน บางแบบอาจใช้การกดปุ่ม กระบวนการจะเริ่มต้นขึ้นด้วยการปล่อยน้ำร้อนหรือน้ำเย็นอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือปล่อยเข้ามาพร้อมกันเพื่อผสมให้ได้น้ำอุ่นตามที่ตั้งไว้ ทั้งนี้จะควบคุมได้โดยลิ้นผสมน้ำ น้ำที่ถูกปล่อยเข้ามาจะบรรจุลงในถังน้ำภายในเครื่องซักผ้าซึ่งสามารถควบคุมระดับน้ำภายในถังน้ำได้โดยผ่านตัวตรวจจับความดัน และเมื่อระดับน้ำภายในถังน้ำสูงถึงระดับที่ตั้งไว้ตัวตรวจจับความดันก็จะส่งสัญญาณไปยังสวิตช์ (Switch) ความดัน เพื่อทำการปิดวาล์วไม่ให้น้ำเข้ามาได้ นอกจากนั้นตัวตั้งเวลาการทำงานยังควบคุมจังหวะและวัฏจักรการทำงานของมอเตอร์ที่หมุนใบตีผ้าและหมุนตะกร้ารับผ้าเพื่อเหวี่ยงน้ำออกจากผ้าด้วย

การซัก

ความเร็วรอบของเครื่องซักผ้าในช่วงการซักในที่นี้กำหนดให้มีความเร็วรอบอยู่ที่ 360 rpm จะทำให้หมุนใบตีผ้าด้วยความเร็ว 60 rpm โดยใช้เวลาในการเร่งความเร็วของเครื่องซักผ้าจาก 0 - 360 rpm ประมาณ 10 วินาที ดังนั้นความเร็วรอบสูงสุดในรูปแบบของความเร็วเชิงมุม สามารถหาได้จาก

ความเร็วรอบในการซัก $n_1 = 360 \text{ rpm}$

$$\begin{aligned}\omega_2 &= n_1 \times \frac{2\pi}{60} \\ &= 360 \times \frac{2\pi}{60} \\ &= 37.699 \text{ rad/s}\end{aligned}\tag{3.1}$$

ความเร็วเชิงมุมเริ่มต้น $\omega_1 = 0$
เวลา $t = 10 \text{ s}$

ดังนั้นความเร่งเชิงมุม มีค่า

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{\omega_2 + \omega_1}{t} \\ &= \frac{37.699 - 0}{10} \\ &= 3.77 \text{ rad/s}^2\end{aligned}\quad (3.2)$$

การหาโมเมนต์ความเฉื่อยของถังซัก (I) สามารถหาได้จาก

เนื่องจากมวลของน้ำ มวลของผ้าที่ทำในการซักและมวลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

มวลของผ้าและน้ำ $m = 40.2 \text{ kg}$

รัศมีของถังซัก $r = 21.5 \text{ cm}$

มีมวลของมู่เล่ น็อต (Nut) และสกรู (Screw) เพิ่มขึ้นประมาณ 15 %

ดังนั้นโมเมนต์ความเฉื่อยหาได้จาก

$$\begin{aligned}I &= mr^2 \\ &= (40.2)(0.215)^2(1.15) \\ &= 1.04 \text{ kg.m}^2\end{aligned}\quad (3.3)$$

นำค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการคำนวณไปแทนค่าหาโมเมนต์บิด (T) ที่ต้องการใช้ในการขับเคลื่อนถังซัก

$$\begin{aligned}T &= I\alpha \\ &= (1.04)(3.77) \\ &= 3.92 \text{ N.m}\end{aligned}\quad (3.4)$$

กำลังที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อน (P) สามารถหาได้จาก

$$\begin{aligned}P &= T\omega \\ &= (3.92)(37.699) \\ &= 147.832 \text{ w}\end{aligned}\quad (3.5)$$

การหาขนาดของมู่เล่และขนาดของสายพาน V-belt ที่เหมาะสม

กำหนดให้มีอัตราทด (i)

$$i = 1.95$$

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ขนาดเล็กจากเครื่องซักผ้า $d = 117 \text{ mm}$

และหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ขนาดใหญ่จาก

$$i = \frac{D}{d} \quad (3.6)$$

$$D = id \quad (3.7)$$

$$= (1.95)(117)$$

$$= 228.6 \text{ mm}$$

ดังนั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ขนาดใหญ่คือ 228.6 mm หรือ 9 in

ความเร็วรอบที่ใช้ในการขับ (n_2) หาได้จาก

$$\begin{aligned} n_2 &= \frac{n_1}{i} & (3.8) \\ &= \frac{360}{1.95} \\ &= 184 \text{ rpm} \end{aligned}$$

ระยะห่างของจุดกึ่งกลางของมู่เล่ (C) ในที่นี้ ต้องคำนึงถึงระยะเพื่อส่งกำลังออกมาจากเครื่องชักผ้าให้มากกว่า 330 mm

$$\begin{aligned} C_{\max} &= 2(D + d) & (3.9) \\ &= 2(228.6 + 117) \\ &= 691.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{\min} &= 0.7(D + d) & (3.10) \\ &= 0.7(228.6 + 117) \\ &= 241.92 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{C_{\max} + C_{\min}}{2} & (3.11) \\ &= \frac{691.2 + 241.92}{2} \\ &= 466.56 \text{ mm} \end{aligned}$$

หาค่าความยาวของสายพานจาก

$$\begin{aligned} L_p &= 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C} & (3.12) \\ &= 2(466.56) + 1.57(228.6 + 117) + \frac{(228.6 - 117)^2}{4(466.56)} \\ &= 1482.39 \text{ mm} \end{aligned}$$

จากตารางเลือกค่า $L_i = 1494 \text{ mm}$ และสายพานหน้าตัด A จะมี $L_p = 1494 + 30 = 1524 \text{ mm}$

นำไปเปิดตารางแคตตาล็อก (Catalog) ของสายพานจะได้ค่า $L_p = 1524 \text{ mm}$ และสามารถหาค่า C ที่ใช้งานจาก

$$\begin{aligned} p &= 0.25L_p - 0.393(D + d) & (3.13) \\ &= 0.25(1524) - 0.393(228.6 + 117) \\ &= 245.179 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= 0.125(D + d) & (3.14) \\ &= 0.125(228.6 + 117) \\ &= 1556.82 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= p + \sqrt{p^2 - q} & (3.15) \\ &= 224.669 + \sqrt{245.179^2 - 1556.82} \\ &= 487.163 \text{ mm} \end{aligned}$$

ค่า C ที่ใช้งานจริงระหว่างมู่เล่ขนาด 228.6 mm และ 117 mm จะได้ 488 mm

แต่เนื่องจากใช้สายพานแบบกึ่งไขว้ จึงต้องใช้ความยาวสายพานที่มากกว่า 1524 mm เพื่อเหมาะสมในการส่งกำลัง จึงเลือกสายพาน A-100

หาความแตกต่างของแรงดึงสายพานด้านตึงและแรงดึงสายพานในด้านหย่อน

$$\begin{aligned}\Delta F &= \frac{H_d/N_b}{\pi n d} \\ &= \frac{147.832/1}{\pi(360)(0.117)} \\ &= 67.032 \text{ N}\end{aligned}\quad (3.16)$$

หามุมสัมผัสของมู่เล่ตัวเล็กจาก

$$\begin{aligned}\theta_d &= \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2C}\right) \\ &= \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{228.6 - 117}{2(487.163)}\right) \\ &= 2.416 \text{ rad}\end{aligned}\quad (3.17)$$

หามุมสัมผัสของมู่เล่ตัวใหญ่จาก

$$\begin{aligned}\theta_D &= \pi + 2\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2C}\right) \\ &= \pi + 2\sin^{-1}\left(\frac{228.6 - 117}{2(487.163)}\right) \\ &= 3.867 \text{ rad}\end{aligned}\quad (3.18)$$

และความเร็วของสายพานหาได้จาก

$$\begin{aligned}V &= \pi d n \\ &= \pi(0.117)\left(\frac{360}{60}\right) \\ &= 2.20 \text{ m/s}\end{aligned}\quad (3.19)$$

หาแรงดึงในสายพานด้านตึงและแรงดึงในสายพานด้านหย่อนจาก

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = \exp(0.5123\theta) \quad (3.20)$$

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f\theta)}{\exp(f\theta) - 1} \quad (3.21)$$

$$F_2 = F_1 - \Delta F \quad (3.22)$$

หาแรงดึงเนื่องจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจาก

$$\begin{aligned}F_c &= K_c \left(\frac{V}{2.4}\right)^2 \\ &= 0.561 \left(\frac{2.20}{2.4}\right)^2 \\ &= 0.474 \text{ N}\end{aligned}\quad (3.23)$$

มุมสัมผัส $\theta = 2.416 \text{ rad}$

จะได้แรงดึงมากที่สุดในสายพานด้านตึงจากสมการ (3.21)

$$F_1 = 94.883 \text{ N}$$

จะได้แรงดึงน้อยที่สุดในสายพานด้านหย่อนจากสมการ (3.22)

$$F_2 = 27.851 \text{ N}$$

โมเมนต์บิดที่ใช้ในการส่งถ่ายกำลังไปที่เครื่องชักผ้าที่มู่เล่ขนาดเล็ก $d = 117 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}T &= \frac{\Delta F d}{2} \\ &= \frac{(67.032)(0.117)}{2} \\ &= 3.921 \text{ N.m}\end{aligned}\quad (3.24)$$

โมเมนต์บิดที่ใช้ในการส่งถ่ายกำลังที่มีเลขขนาดใหญ่ $d = 228.6 \text{ mm}$ จากสมการ (3.24)

$$T = 7.662 \text{ N.m}$$

การคำนวณโซ่

$$\text{จำนวนฟันเฟืองโซ่ของตัวตาม } Z_2 = 72$$

$$\text{จำนวนฟันเฟืองโซ่ของตัวขับ } Z_1 = 18$$

$$\text{ระยะพิตซ์ของโซ่ } p = 0.5 \text{ in} = 0.0127 \text{ m}$$

$$\text{ความเร็วรอบตัวตาม } n_2 = 184 \text{ rpm}$$

$$\text{ระยะห่างของจุดกึ่งกลางของโซ่ } C = 44 \text{ cm} = 17.323 \text{ in}$$

อัตราทด (i) จาก

$$\begin{aligned} i &= \frac{Z_2}{Z_1} \\ &= \frac{72}{18} \\ &= 4 \end{aligned} \quad (3.25)$$

จะได้ความเร็วรอบของตัวขับจากสมการ (3.8)

$$n_1 = 46 \text{ rpm}$$

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของโซ่

$$\begin{aligned} v &= pzn \\ &= 0.0127(18)\left(\frac{184}{60}\right) \\ &= 0.702 \text{ m/s} \end{aligned} \quad (3.26)$$

หาแรงในแนวเส้นสัมผัส

$$\begin{aligned} F_t &= \frac{2T}{d} \\ &= \frac{2(7.662)}{0.0798} \\ &= 192.13 \text{ N} \end{aligned} \quad (3.27)$$

หาคำลังงานจาก

$$\begin{aligned} W_p &= F_t v \\ &= 192.13 (0.702) \\ &= 134.875 \text{ w} \end{aligned} \quad (3.28)$$

หาโมเมนต์บิดที่ใช้ในการขับล้อจักรยานจากสมการ (3.24) ที่ $d = 298.45 \text{ mm}$

$$T = 28.671 \text{ N.m}$$

การปั่นหมาด

ความเร็วรอบของเครื่องซักผ้าในช่วงปั่นหมาดในที่นี้จะกำหนดให้มีความเร็วรอบอยู่ที่ 300 rpm โดยใช้เวลาในการเร่งความเร็วของเครื่องซักผ้าจาก 0 - 300 rpm ประมาณ 10 วินาที ดังนั้นความเร็วรอบสูงสุดในรูปแบบของความเร็วยุติการปั่นหมาด $N_1 = 300$ rpm

ความเร็วเชิงมุม สามารถหาได้จากสมการ (3.1)

$$\omega_2 = 31.416 \text{ rad/s}$$

ความเร็วเชิงมุมเริ่มต้น $\omega_1 = 0$

$$\text{เวลา } t = 10 \text{ s}$$

ดังนั้นหาความเร่งเชิงมุมจากสมการ (3.2)

$$\alpha = 3.142 \text{ rad/s}^2$$

การหาโมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of Inertia) ของถังซัก (I_1) สามารถหาได้จากสมการ (3.3)

$$\text{มวลของถังซัก } m = 5.85 \text{ kg}$$

$$\text{รัศมีของถังซัก } r = 21.5 \text{ cm}$$

$$I_1 = 0.270 \text{ kg.m}^2$$

นอกจากนี้โมเมนต์ความเฉื่อยอื่น ๆ (I_2) เกิดขึ้นเนื่องจากมวลของน้ำ มวลของผ้าที่ทำการซักและมวลของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

$$\text{มวลของผ้าและน้ำ } m = 26 \text{ kg}$$

$$\text{รัศมีของถังซัก } r = 21.5 \text{ cm}$$

มีมวลของมู่เล่และน็อตสกรู เพิ่มขึ้นประมาณ 15 %

ดังนั้นโมเมนต์ความเฉื่อยอื่น ๆ หาได้จากสมการ (3.3)

$$I_2 = 1.382 \text{ kg.m}^2$$

โมเมนต์ความเฉื่อยรวม (I) จึงหาได้โดย

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 \\ &= 0.270 + 1.382 \\ &= 1.653 \text{ kg.m}^2 \end{aligned} \quad (3.29)$$

หาโมเมนต์บิด (T) ที่ต้องการใช้ในการขับเคลื่อนถังซักจากสมการ (3.4)

$$T = 5.192 \text{ N.m}$$

กำลังที่ต้องใช้ในการขับเพลลา (P) สามารถหาได้จากสมการ (3.5)

$$P = 163.098 \text{ W}$$

หาความแตกต่างของแรงดึงสายพานด้านตั้งและแรงดึงสายพานในด้านหย่อนจากสมการ (3.16)

$$\Delta F = 88.745 \text{ N}$$

และความเร็วของสายพานหาได้จากสมการ (3.19)

$$V = 1.84 \text{ m/s}$$

หาแรงดึงเนื่องจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจากสมการ (3.23)

$$F_c = 0.323 \text{ N}$$

จะได้แรงดึงมากที่สุดในสายพานด้านตึงจากสมการ (3.21)

$$F_1 = 103.274 \text{ N}$$

จะได้แรงดึงน้อยที่สุดในสายพานด้านหย่อนจากสมการ (3.21)

$$F_2 = 14.529 \text{ N}$$

โมเมนต์บิดที่ใช้ในการส่งถ่ายกำลังไปที่เครื่องซักผ้าที่มีเลขขนาดเล็กจากสมการ (3.24)

$$T = 5.192 \text{ N.m}$$

โมเมนต์บิดที่ใช้ในการส่งถ่ายกำลังที่มีเลขขนาดใหญ่จากสมการ (3.24)

$$T = 10.144 \text{ N.m}$$

การคำนวณโซ่

ความเร็วรอบตัวตาม $N_2 = 154 \text{ rpm}$

อัตราทด $i = 4$

จะได้ความเร็วรอบของตัวขับจากสมการ (3.8)

$$N_1 = 38 \text{ rpm}$$

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของโซ่จากสมการ (3.26)

$$v = 0.585 \text{ m/s}$$

หาแรงในแนวเส้นสัมผัสจากสมการ (3.27)

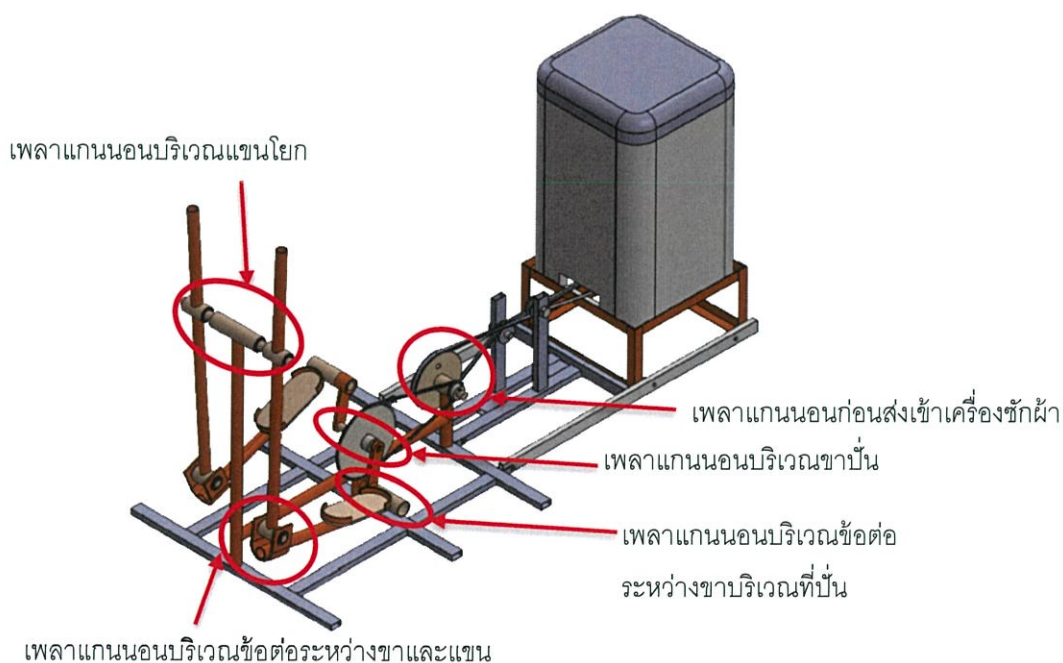
$$F_t = 254.364 \text{ N}$$

หากำลังงานจากสมการ (3.28)

$$W_p = 148.803 \text{ w}$$

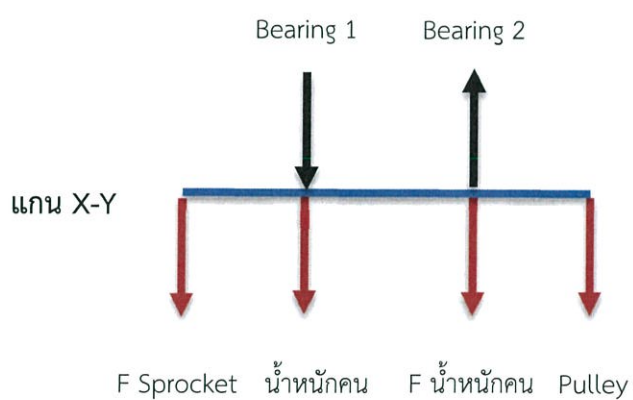
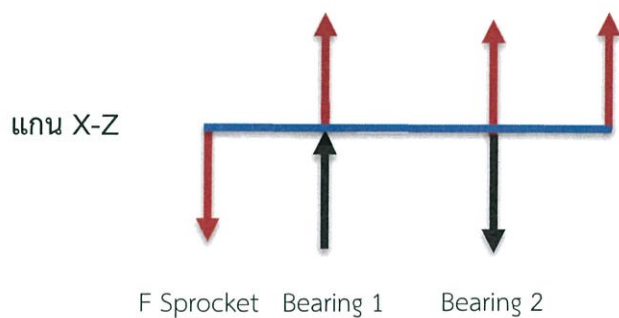
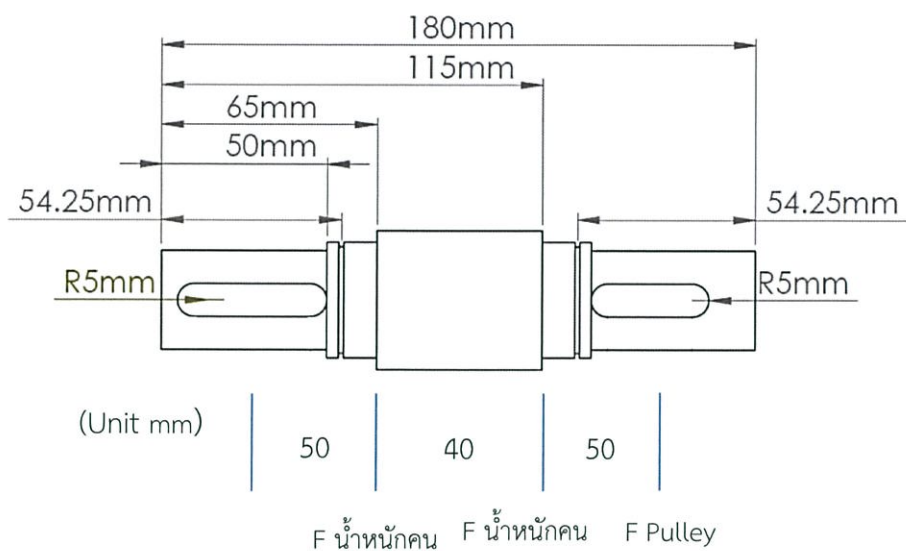
หาโมเมนต์บิดที่ใช้ในการขับล้อจักรยานจากสมการ (3.24)

$$T = 37.957 \text{ N.m}$$



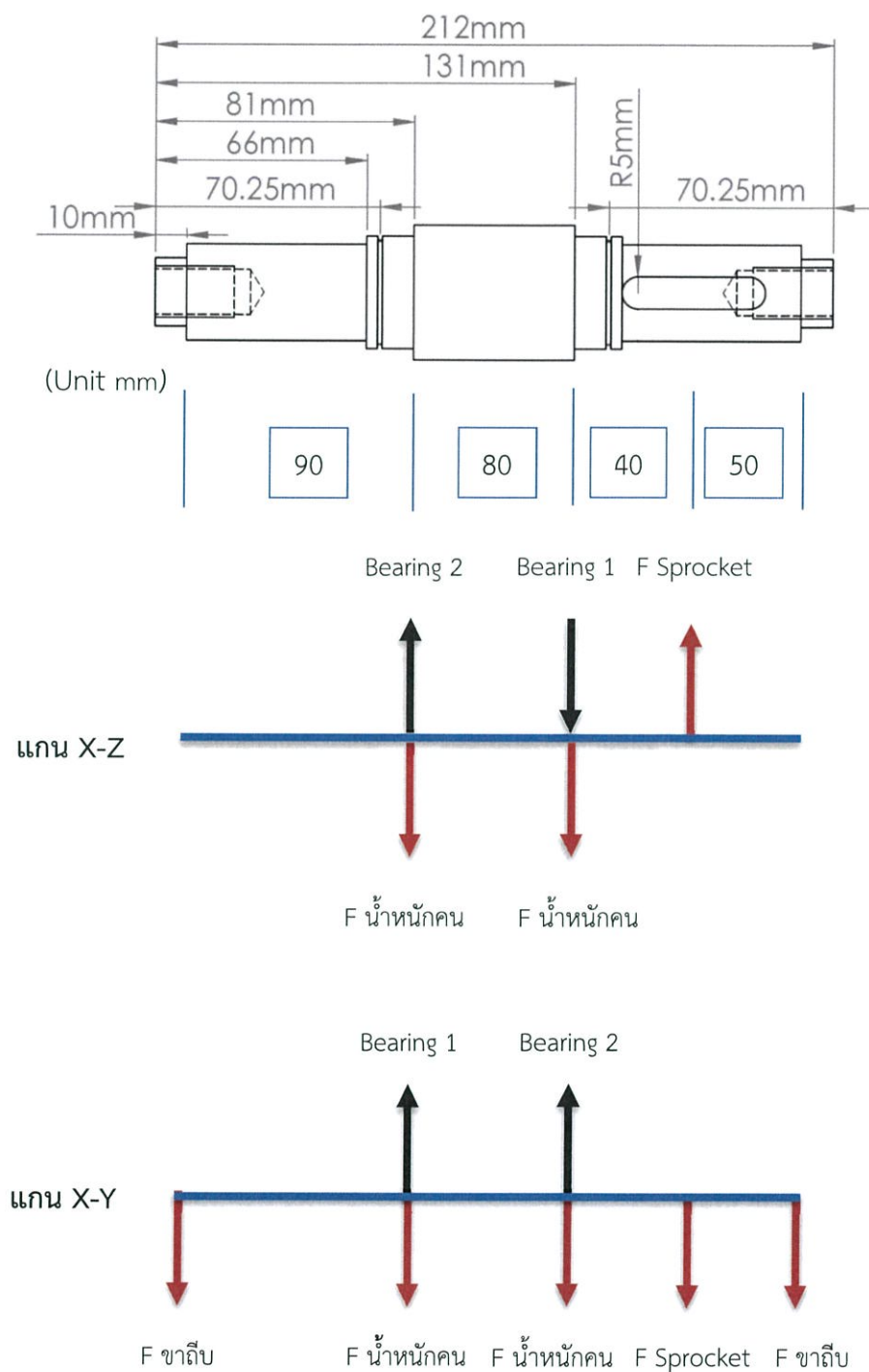
รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งของเพลาด่าง ๆ

การคำนวณแรงบนเพลากลอนก่อนส่งเข้าเครื่องซักผ้า



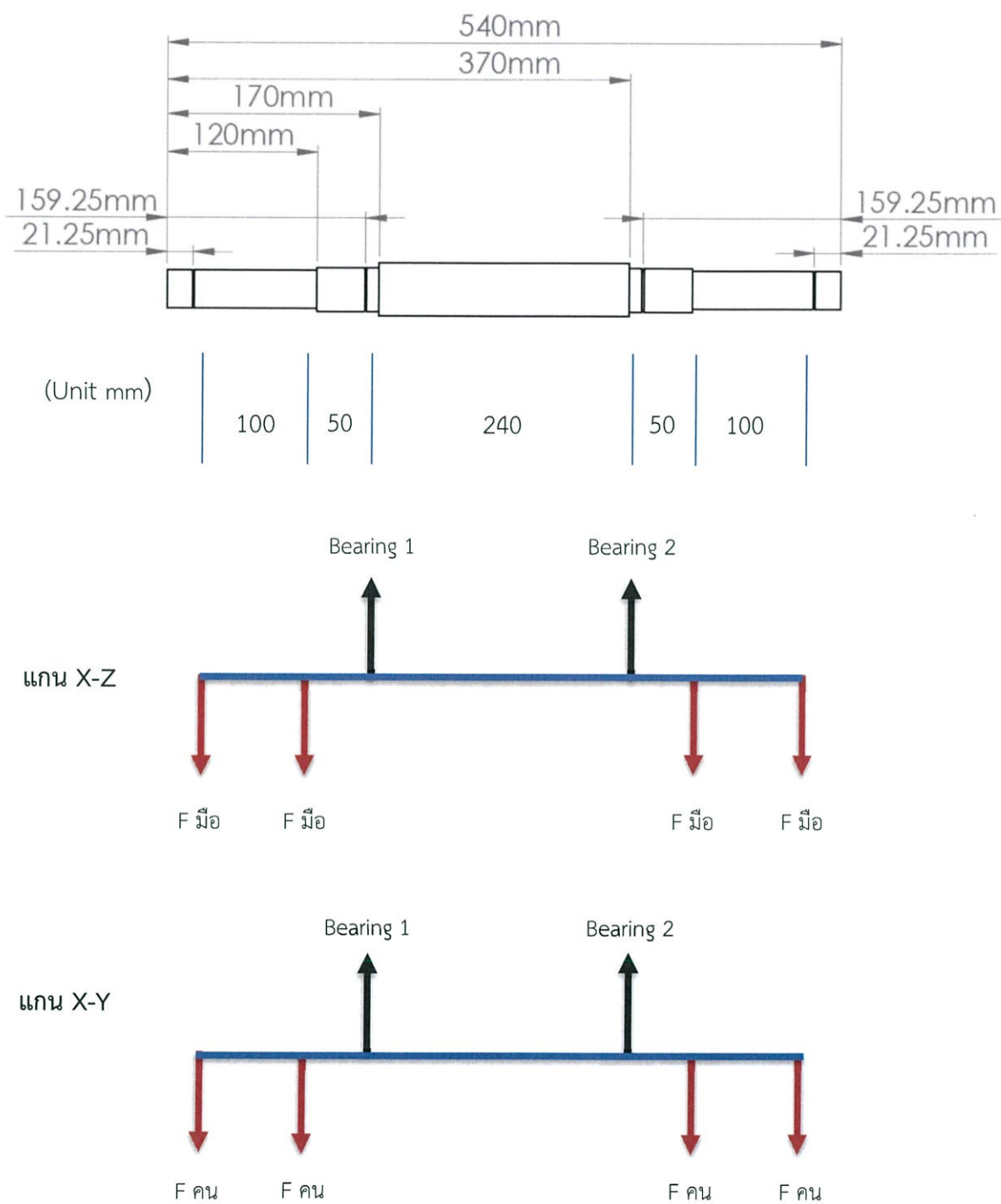
รูปที่ 3.2 แสดงแรงบนเพลากลอนก่อนส่งเข้าเครื่องซักผ้า

การคำนวณแรงบนเพลากลอนบริเวณขาปั่น



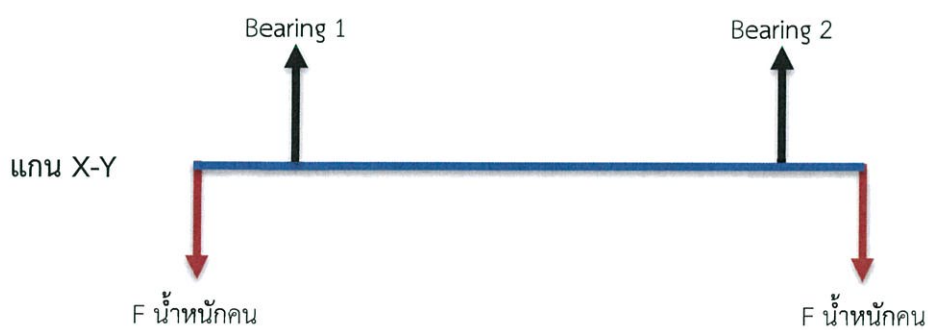
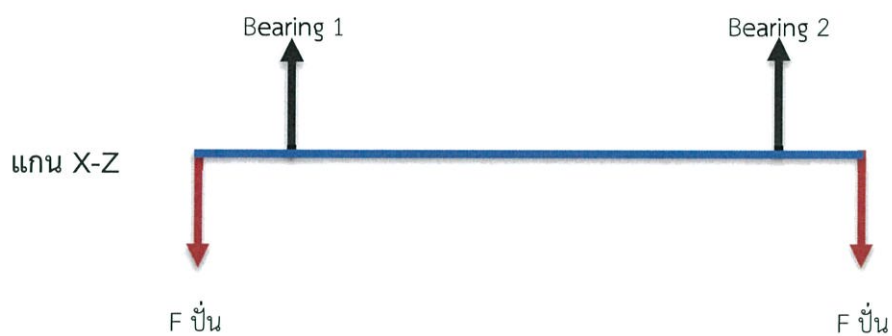
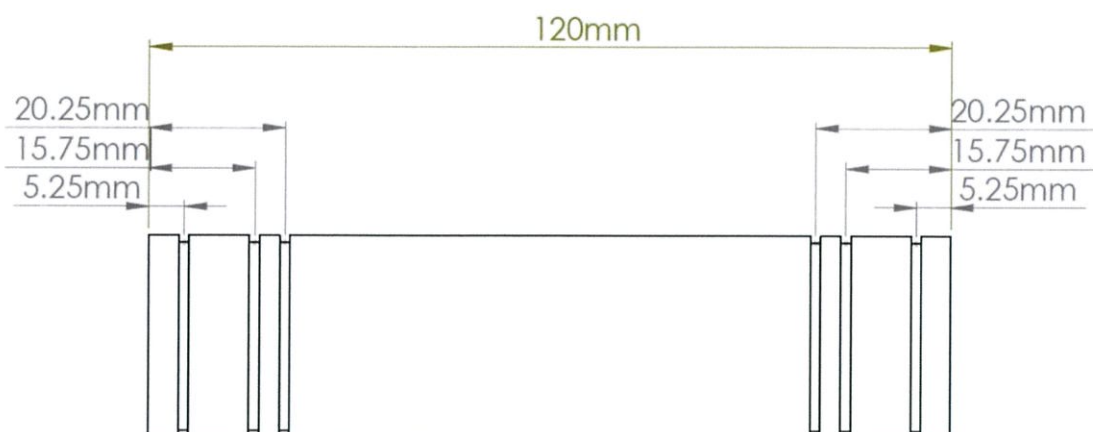
รูปที่ 3.3 แสดงแรงบนเพลากลอนบริเวณขาปั่น

การคำนวณแรงบนเพลากลอนนอกริเวณแกนโยก



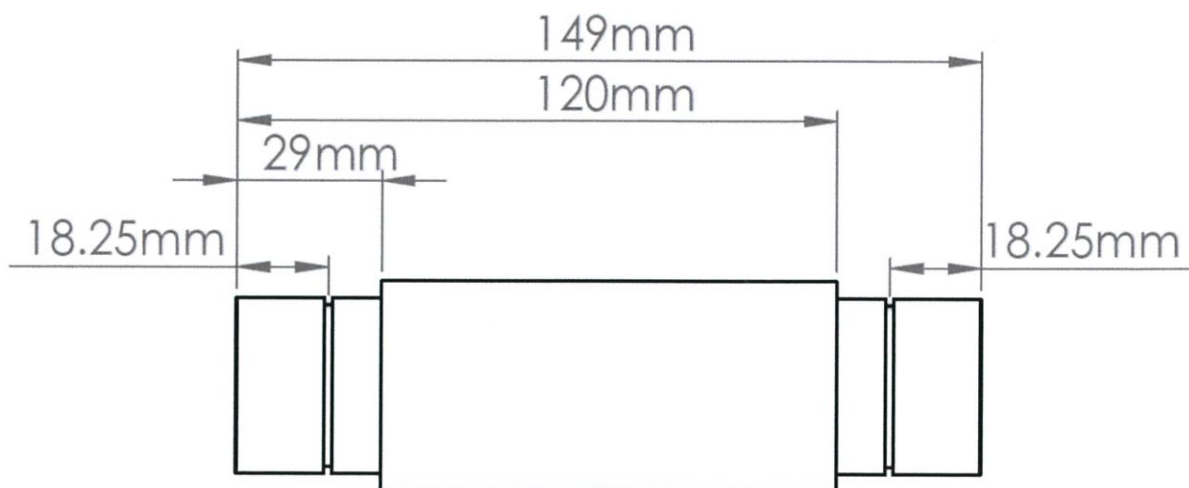
รูปที่ 3.4 แสดงแรงบนเพลากลอนนอกริเวณแกนโยก

การคำนวณแรงบนเพลากลอนนอบริเวณข้อต่อระหว่างขาและแขน



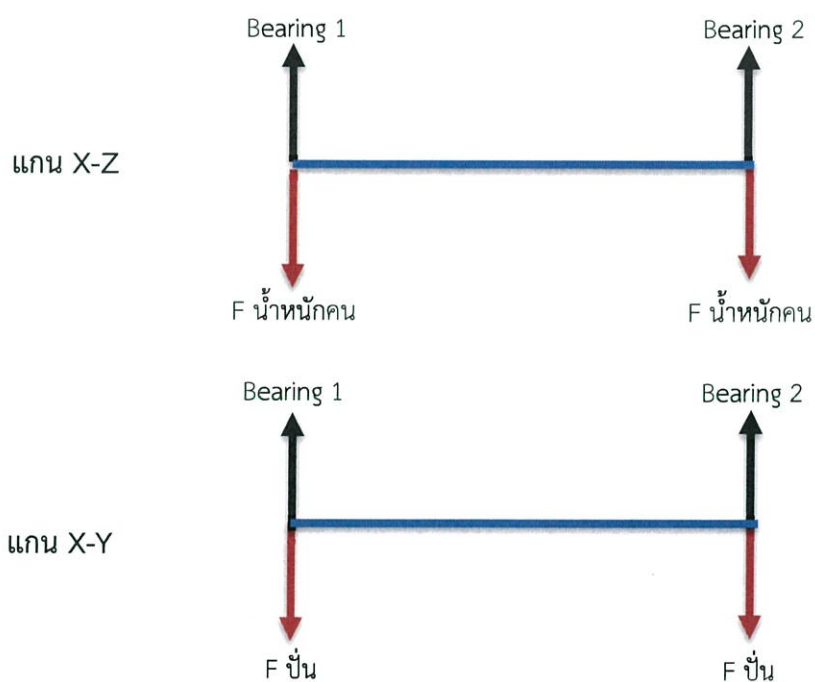
รูปที่ 3.5 แสดงแรงบนเพลากลอนนอบริเวณข้อต่อระหว่างขาและแขน

การคำนวณแรงบนเพลากลอนอนบริเวณข้อต่อระหว่างขาบริเวณที่ปั่น



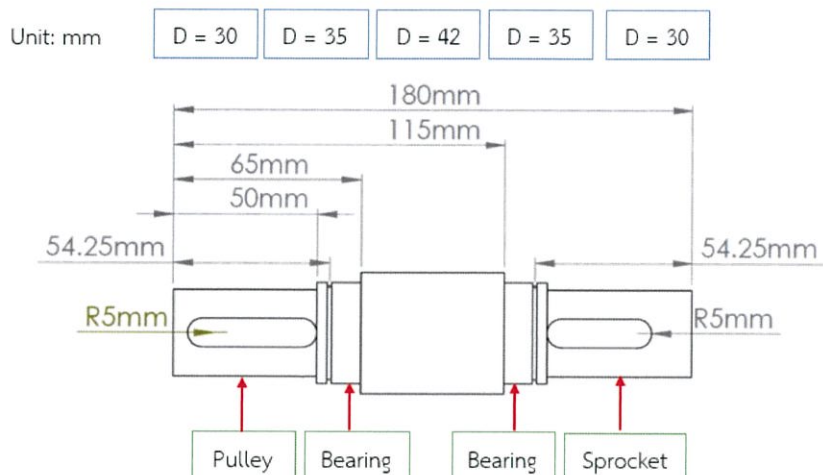
(Unit mm)

58



รูปที่ 3.6 แสดงแรงบนเพลากลอนอนบริเวณข้อต่อระหว่างขาบริเวณที่ปั่น

การคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลากลางก่อนส่งเข้าเครื่องชักผ้า



รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งและระยะห่างบนเพลากลางก่อนส่งเข้าเครื่องชักผ้า

แฟกเตอร์ความเค้นหนาแน่น K_f และ $K_{fs} = 1.7$ และ 1.5

แฟกเตอร์ในการออกแบบ $n_D = 5$

ความต้านทานการล้าที่เกิดขึ้นจริง $S_e = 86$ Mpa

ความต้านแรงสูงสุด $S_{ut} = 380$ Mpa

โมเมนต์ดัด $M_a = 10.176$ N.m

ความเค้นเฉือนเนื่องจากการบิด $T_m = 10.144$ N.m

$$d = \left[\frac{16n}{\pi} \left(2 \frac{K_f M_a}{S_e} + \sqrt{3} \frac{K_{fs} T_m}{S_{ut}} \right) \right]^{1/3} \quad (3.30)$$

$$= \left[\frac{16(5)}{\pi} \left(2 \frac{(1.7)(10.176)}{86000000} + \sqrt{3} \frac{(1.5)(10.144)}{380000000} \right) \right]^{1/3}$$

$$= 24.90 \text{ mm}$$

เมื่อใช้ $\frac{D}{d} = 1.2$ จะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลากลางอย่างปลอดภัย ดังนี้

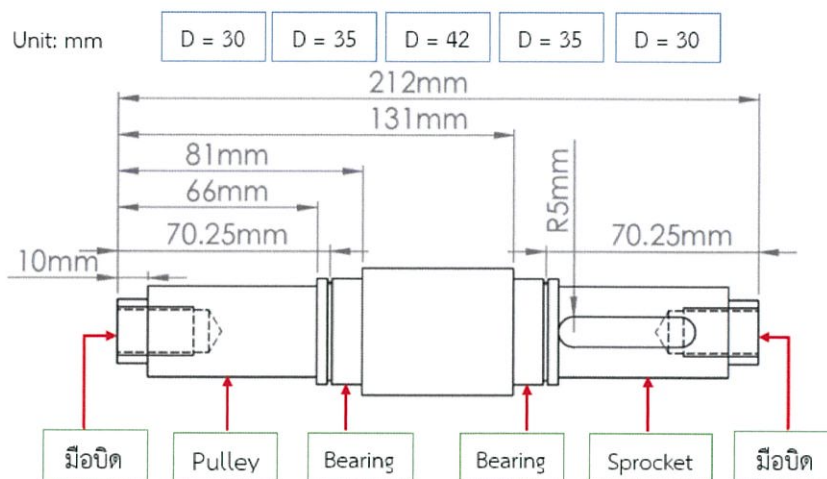
$$D_1 = 30 \text{ mm}$$

$$D_2 = 35 \text{ mm}$$

$$D_3 = 42 \text{ mm}$$

โดยมีแฟกเตอร์ความปลอดภัยของเพลากลาง $\eta_f = 7.19$

การคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาแกนนอนบริเวณขาป็น



รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งและระยะห่างบนเพลาแกนนอนบริเวณขาป็น

จากสมการ (3.31)

$$\text{โมเมนต์ตัด } M_a = 75.047 \text{ N.m}$$

$$\text{ความเค้นเฉือนเนื่องจากการบิด } T_m = 37.957 \text{ N.m}$$

$$d = 42.47 \text{ mm}$$

เมื่อใช้ $\frac{D}{d} = 1.2$ จะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาอย่างปลอดภัย ดังนี้

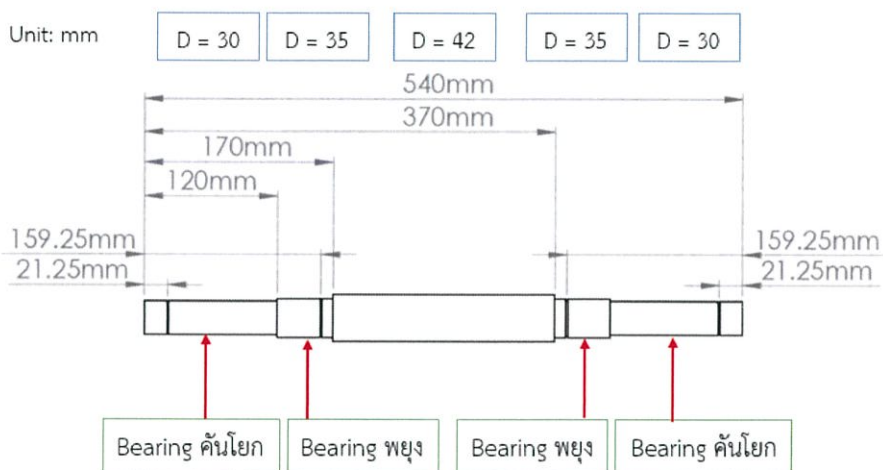
$$D_1 = 30 \text{ mm}$$

$$D_2 = 35 \text{ mm}$$

$$D_3 = 42 \text{ mm}$$

โดยมีแฟกเตอร์ความปลอดภัยของเพลา $\eta_f = 13.54$

การคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาแกนนอนบริเวณแขนโยก



รูปที่ 3.9 แสดงตำแหน่งและระยะห่างบนเพลาแกนนอนบริเวณแขนโยก

จากสมการ (3.31)

$$\text{โมเมนต์ดัด } M_a = 90.764 \text{ N.m}$$

$$\text{ความเค้นเฉือนเนื่องจากการบิด } T_m = 242.52 \text{ N.m}$$

$$d = 51.12 \text{ mm}$$

เมื่อใช้ $\frac{D}{d} = 1.2$ จะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาอย่างปลอดภัย ดังนี้

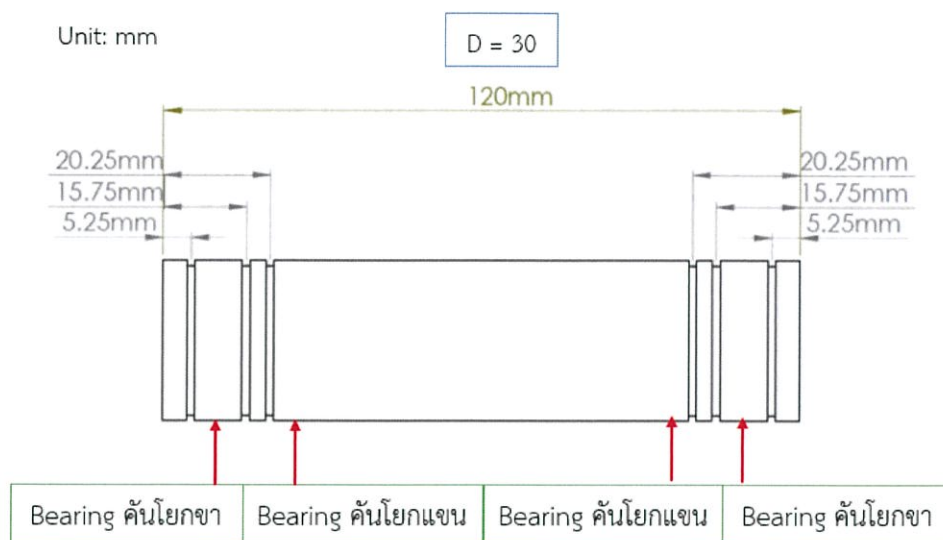
$$D_1 = 30 \text{ mm}$$

$$D_2 = 35 \text{ mm}$$

$$D_3 = 42 \text{ mm}$$

โดยมีแฟกเตอร์ความปลอดภัยของเพลา $\eta_f = 12.98$

การคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลากลางของเพลาแกนนอนบริเวณข้อต่อระหว่างขาและแขน



รูปที่ 3.10 แสดงตำแหน่งและระยะห่างบนเพลาแกนนอนบริเวณข้อต่อระหว่างขาและแขน

จากสมการ (3.31)

$$\text{โมเมนต์ดัด } M_a = 6.417 \text{ N.m}$$

$$\text{ความเค้นเฉือนเนื่องจากการบิด } T_m = 7.354 \text{ N.m}$$

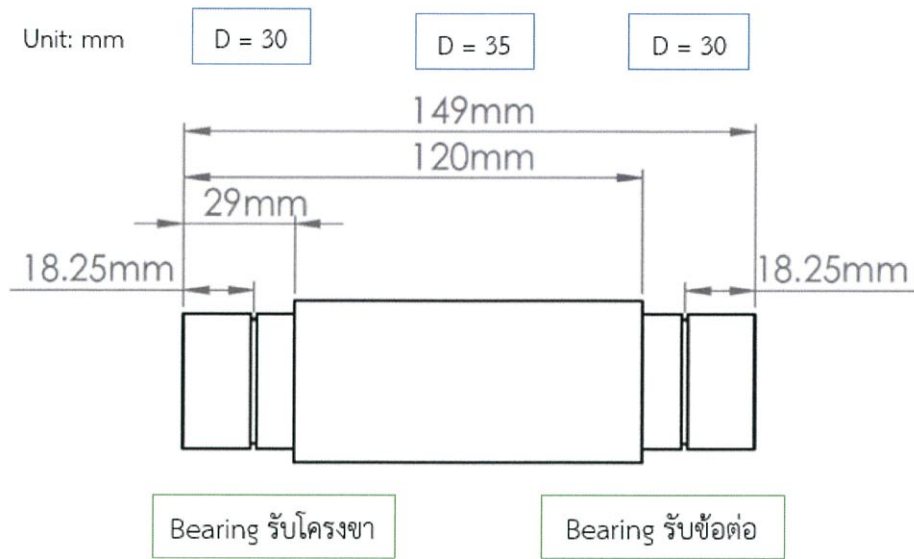
$$d = 20.78 \text{ mm}$$

เมื่อใช้ $\frac{D}{d} = 1.2$ จะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลากลางอย่างปลอดภัย ดังนี้

$$D_1 = 30 \text{ mm}$$

โดยมีแฟกเตอร์ความปลอดภัยของเพลากลาง $\eta_f = 5.07$

การคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาแกนนอนบริเวณข้อต่อระหว่างขาบริเวณที่ป็น



รูปที่ 3.11 แสดงตำแหน่งและระยะห่างบนเพลาแกนนอนบริเวณข้อต่อระหว่างขาบริเวณที่ป็น

จากสมการ (3.31)

โมเมนต์ดัด $M_a = 42.359 \text{ N.m}$

ความเค้นเฉือนเนื่องจากการบิด $T_m = 9.19 \text{ N.m}$

$d = 35.37 \text{ mm}$

เมื่อใช้ $\frac{D}{d} = 1.2$ จะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาอย่างปลอดภัย ดังนี้

$D_1 = 30 \text{ mm}$

$D_2 = 35 \text{ mm}$

โดยมีแฟกเตอร์ความปลอดภัยของเพลา $\eta_f = 7.39$

การคำนวณแบริงบนเพลลาแกนนอนก่อนส่งเข้าเครื่องชักผ้า

เนื่องจากในข้างต้น ได้มีการพิจารณาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลาแล้ว ดังนั้นจึงทำให้การคำนวณ มีค่า D เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย พิจารณาจากโพลดบริเวณต่าง ๆ ที่แตกได้มาทั้งแกน X Y Z โดยใช้เพลาร่วม ได้ออกแบบให้แบริงเป็นตัวที่รับแรง เมื่อพิจารณาแรงเป็นจุด จะได้ว่า

Bearing 1

พิจารณาที่ Bearing 1 เป็นแบริงเม็ดกลม เนื่องจากรับแรงตามแนวรัศมีมาก โดยแรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน X คือ 597.843 N แรงตามแนวรัศมีเกิดขึ้นในแกน Y คือ 12.451 N แรงตามแนวแกนคือ 10.288 N

นำมารวมเป็นแรงลัพธ์ได้

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \\ &= \sqrt{597.843^2 + 12.451^2} \\ &= 597.9726 \text{ N} \end{aligned} \quad (3.31)$$

จะได้แรงลัพธ์ คือ 597.9726 N สุ่มเลือกค่า $X=0.56$ $Y=1.63$ กำหนด $V=1$ แทนค่าในสมการหา F_e

$$\frac{F_e}{1(907.6392)} = 0.56 + \left(\frac{1.63}{1} \cdot \frac{10.288}{907.6392} \right) \quad (3.32)$$

$$F_e = 256.8559 \text{ N}$$

นำค่าไปหา ค่า C_{10}

$$C_{10} = aF_e \left[\frac{X_D}{X_0 + (\theta - X_0)(1 - R_D)^{1/b}} \right]^{1/a} \quad (3.33)$$

$$C_{10} = 1150.4352$$

$$C_{10} = 830.8441 \text{ N}$$

พิจารณา เมื่อเรากำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง $d = 35 \text{ mm}$ ตามที่ได้คำนวณมา จะพบว่าแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600 \text{ N}$ $C_0 = 7250 \text{ N}$ $f_0 = 15.5$ เมื่อ $d = 35 \text{ mm}$ และ $D = 55 \text{ mm}$

จะได้ $\frac{f_0 F_a}{C_0} = 0.33351$ ได้ค่า $e = 0.1640$

พิจารณา $\frac{F_a}{F_r} = 0.34478 < e$ จึงได้ค่า Y ใหม่คือ 0 และ X ใหม่ คือ 1

และเมื่อคำนวณใหม่ จะได้ $C_{10} = 1412.895 \text{ N}$ ซึ่งถือว่าเพียงพอเพราะน้อยกว่า จะพบว่าในแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600 \text{ N}$ ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการใช้งานที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เมื่อเทียบกับการคิดในกรณีรับแรงเยอะที่สุด

จะได้ว่า ได้ Bearing2 ขนาด $d = 35 \text{ mm}$ และ $D = 55 \text{ mm}$ โดยตรงกับรหัส 6907ZZ

Bearing 2

พิจารณาที่ Bearing 2 เป็นแบริ่งเม็ดกลม เนื่องจากรับแรงตามแนวรัศมีมาก โดยแรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน X คือ 507.024 N แรงตามแนวรัศมีเกิดขึ้นในแกน Y คือ 122.816 N แรงตามแนวแกนคือ 10.288 N

นำมารวมเป็นแรงลัพธ์จากสมการ (3.31)

$$F = 521.6867 \text{ N}$$

จะได้แรงลัพธ์ คือ 521.6867 N สุ่มเลือกค่า $X=0.56$ $Y=1.63$ กำหนด $V=1$ หา F_e จากสมการ (3.32)

$$F_e = 308.9140 \text{ N}$$

นำค่าไปหา ค่า C_{10} จากสมการ (3.33)

$$C_{10} = 729.9048 \text{ N}$$

พิจารณา เมื่อเรากำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง $d = 35 \text{ mm}$ ตามที่ได้คำนวณมา จะพบว่า แคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600 \text{ N}$ $C_0 = 7250 \text{ N}$ $f_0 = 15.5$ เมื่อ $d = 35 \text{ mm}$ และ $D = 55 \text{ mm}$ จะได้

$$\frac{f_0 F_a}{C_0} = 0.021995 \quad \text{ได้ค่า } e = 0.1640$$

พิจารณา $\frac{F_a}{F_r} = 0.019724478 < e$ จึงได้ค่า Y ใหม่คือ 0 และ X ใหม่ คือ 1

และเมื่อคำนวณใหม่ จะได้ $C_{10} = 1232.6461 \text{ N}$ ซึ่งถือว่าเพียงพอเพราะน้อยกว่า จะพบว่าในแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600 \text{ N}$ ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการใช้งานที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เมื่อเทียบกับการคิดในกรณีรับแรงเยอะที่สุด

จะได้ว่า ได้ Bearing 2 ที่มีขนาด $d = 35 \text{ mm}$ และ $D = 55 \text{ mm}$ โดยตรงกับรหัส 6907ZZ

การคำนวณแบริ่งบนเพลานอนบริเวณขาป็น

เนื่องจากในข้างต้น ได้มีการพิจารณาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาลแล้ว ดังนั้นจึงทำให้การคำนวณมีค่า D เข้ามาเกี่ยวข้องกับ พิจารณาจากโพลดบริเวณต่าง ๆ ที่แตกได้มาทั้งแกน X Y Z โดยใช้เพลาร่วม ได้ออกแบบให้แบริ่งเป็นตัวที่รับแรง เมื่อพิจารณาแรงเป็นจุด จะได้ว่า

Bearing 1

พิจารณาที่ Bearing 1 เป็นแบริ่งเม็ดกลม เนื่องจากรับแรงตามแนวรัศมีมาก โดยแรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน X คือ 489.113 N แรงตามแนวรัศมีเกิดขึ้นในแกน Y คือ 634.005 N แรงตามแนวแกนคือ 10.288 N

นำมารวมเป็นแรงลัพธ์จากสมการ (3.31)

$$F = 800.7458 \text{ N}$$

จะได้แรงลัพธ์ คือ 800.7458 N สุ่มเลือกค่า $X=0.56$ $Y=1.63$ กำหนด $V=1$ หา F_e จากสมการ (3.32)

$$F_e = 465.1870 \text{ N}$$

นำค่าไปหา ค่า C_{10} จากสมการ (3.33)

$$C_{10} = 1099.1481 \text{ N}$$

พิจารณา เมื่อเรากำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง $d = 35 \text{ mm}$ ตามที่ได้คำนวณมา จะพบว่า แคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600 \text{ N}$ $C_0 = 7250 \text{ N}$ $f_0 = 15.5$ เมื่อ $d = 35 \text{ mm}$ และ $D = 55 \text{ mm}$ จะได้

$$\frac{f_0 F_a}{C_0} = 0.021995 \quad \text{ได้ค่า } e = 0.1640$$

พิจารณา $\frac{F_a}{F_r} = 0.01285 < e$ จึงได้ค่า Y ใหม่คือ 0 และ X ใหม่ คือ 1

และเมื่อคำนวณใหม่ จะได้ $C_{10} = 1892.0092$ N ซึ่งถือว่าเพียงพอเพราะน้อยกว่า จะพบว่าในแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600$ N ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการใช้งานที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เมื่อเทียบกับการคิดในกรณีรับแรงเยอะที่สุด

จะได้ว่า ได้ Bearing2 ขนาด $d = 35$ mm และ $D = 55$ mm โดยตรงกับรหัส 6907ZZ

Bearing 2

พิจารณาที่ Bearing 2 เป็นแบร์ริงเม็ดกลม เนื่องจากรับแรงตามแนวรัศมีมาก โดยแรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน X คือ 273.979 N แรงตามแนวรัศมีเกิดขึ้นในแกน Y คือ 957.735 N แรงตามแนวแกนคือ 10.288 N

นำมารวมเป็นแรงลัพธ์จากสมการ (3.31)

$$F = 996.1530 \text{ N}$$

จะได้แรงลัพธ์ คือ 996.1530 N สุ่มเลือกค่า $X=0.56$ $Y=1.63$ กำหนด $V=1$ หา F_e จากสมการ (3.32)

$$F_e = 574.6151 \text{ N}$$

นำค่าไปหา ค่า C_{10} จากสมการ (3.33)

$$C_{10} = 1357.7056 \text{ N}$$

พิจารณา เมื่อเรากำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง $d = 35$ mm ตามที่ได้คำนวณมา จะพบว่าแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600$ N $C_0 = 7250$ N $f_0 = 15.5$ เมื่อ $d = 35$ mm และ $D = 55$ mm จะได้

$$\frac{f_0 F_a}{C_0} = 0.021995 \quad \text{ได้ค่า } e = 0.1640$$

พิจารณา $\frac{F_a}{F_r} = 0.01285 < e$ จึงได้ค่า Y ใหม่คือ 0 และ X ใหม่ คือ 1

และเมื่อคำนวณใหม่ จะได้ $C_{10} = 2353.7191$ N ซึ่งถือว่าเพียงพอเพราะน้อยกว่า จะพบว่าในแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600$ N ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการใช้งานที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เมื่อเทียบกับการคิดในกรณีรับแรงเยอะที่สุด

จะได้ว่า ได้ Bearing2 ขนาด $d = 35$ mm และ $D = 55$ mm โดยตรงกับรหัส 6907ZZ

การคำนวณแบร์ริงบนเพลลาแกนนอนบริเวณแขนโยก

เนื่องจากในข้างต้น ได้มีการพิจารณาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลาแล้ว ดังนั้น จึงทำให้การคำนวณมีค่า D เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย พิจารณาจากโพลดบริเวณต่าง ๆ ที่แตกได้มาทั้งแกน X Y Z โดยใช้เพลาร่วม ได้ออกแบบให้แบร์ริงเป็นตัวที่รับแรงทั้งจากการรับน้ำหนักและจากโพลดของแขนโยกทั้งหมด เมื่อพิจารณาแรงเป็นจุด จะได้ว่า

Bearing 1

พิจารณาที่ Bearing 1 เป็นแบร์ริงเม็ดกลม เนื่องจากรับแรงตามแนวรัศมีมาก โดยแรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน X คือ 334.734 N แรงตามแนวรัศมีเกิดขึ้นในแกน Y คือ 843.66 N แรงตามแนวแกนคือ 16.127 N

นำมารวมเป็นแรงลัพธ์จากสมการ (3.31)

$$F = 907.6392 \text{ N}$$

จะได้แรงลัพธ์ คือ 907.6392 N สุ่มเลือกค่า $X=0.56$ $Y=1.63$ กำหนด $V=1$ หา F_e จากสมการ (3.32)

$$F_e = 534.5650 \text{ N}$$

นำค่าไปหา ค่า C_{10} จากสมการ (3.33)

$$C_{10} = 1263.0749 \text{ N}$$

พิจารณา เมื่อเรากำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง $d = 35$ mm ตามที่ได้คำนวณมา จะพบว่า แคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600$ N $C_0 = 7250$ N $f_0 = 15.5$ เมื่อ $d = 35$ mm และ $D = 55$ mm จะได้

$$\frac{f_0 F_a}{C_0} = 0.021995 \quad \text{ได้ค่า } e = 0.1662$$

พิจารณา $\frac{F_a}{F_r} = 0.019724478 < e$ จึงได้ค่า Y ใหม่คือ 0 และ X ใหม่ คือ 1

และเมื่อคำนวณใหม่ จะได้ $C_{10} = 2144.5780$ N ซึ่งถือว่าเพียงพอเพราะน้อยกว่า จะพบว่าในแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600$ N ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการใช้งานที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เมื่อเทียบกับการคิดในกรณีรับแรงเยอะที่สุด

จะได้ว่า ได้ Bearing2 ขนาด $d = 35$ mm และ $D = 55$ mm โดยตรงกับรหัส 6907ZZ

Bearing 2

พิจารณาที่ Bearing 2 เป็นแบริ่งเม็ดกลม เนื่องจากรับแรงตามแนวรัศมีมาก โดยแรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน X คือ 334.734 N แรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน Y คือ 843.66 N แรงตามแนวแกนคือ 16.127 N

นำมารวมเป็นแรงลัพธ์จากสมการ (3.31)

$$F = 907.6392 \text{ N}$$

จะได้แรงลัพธ์ คือ 907.6392 N สุ่มเลือกค่า $X=0.56$ $Y=1.63$ กำหนด $V=1$ หา F_e จากสมการ (3.32)

$$F_e = 534.5650 \text{ N}$$

นำค่าไปหา ค่า C_{10} จากสมการ (3.33)

$$C_{10} = 1263.0749 \text{ N}$$

พิจารณา เมื่อเรากำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง $d = 35$ mm ตามที่ได้คำนวณมา จะพบว่า แคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600$ N $C_0 = 7250$ N $f_0 = 15.5$ เมื่อ $d = 35$ mm และ $D = 55$ mm จะได้

$$\frac{f_0 F_a}{C_0} = 0.033351 \quad \text{ได้ค่า } e = 0.1662$$

พิจารณา $\frac{F_a}{F_r} = 0.03448 < e$ จึงได้ค่า Y ใหม่คือ 0 และ X ใหม่ คือ 1

และเมื่อคำนวณใหม่ จะได้ $C_{10} = 2144.5780$ N ซึ่งถือว่าเพียงพอเพราะน้อยกว่า จะพบว่าในแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600$ N ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการใช้งานที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เมื่อเทียบกับการคิดในกรณีรับแรงเยอะที่สุด

จะได้ว่า ได้ Bearing2 ขนาด $d = 35$ mm และ $D = 55$ mm โดยตรงกับรหัส 6907ZZ

Bearing ที่ F คน

พิจารณาที่ Bearing เป็นแบริ่งเม็ดกลม เนื่องจากรับแรงตามแนวรัศมีมาก ใช้ทั้ง 4 จุดที่มีแรงนี้ โดย แรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน X คือ 421.83 N แรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน Y คือ 167.367 N แรงตามแนวแกนคือ 16.127 N

นำมารวมเป็นแรงลัพธ์จากสมการ (3.31)

$$F = 435.8196 \text{ N}$$

จะได้แรงลัพธ์ คือ 435.8196 N สุ่มเลือกค่า $X=0.56$ $Y=1.63$ กำหนด $V=1$ หา F_e จากสมการ (3.32)

$$F_e = 280.4260 \text{ N}$$

นำค่าไปหา ค่า C_{10} จากสมการ (3.33)

$$C_{10} = 662.5930 \text{ N}$$

พิจารณา เมื่อเรากำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง $d = 30$ mm ตามที่ได้คำนวณมา จะพบว่า แคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 11200$ N $C_0 = 7350$ N $f_0 = 15.2$ เมื่อ $d = 30$ mm และ $D = 55$ mm

จะได้	$\frac{f_0 F_a}{C_0} = 0.034478$	ได้ค่า $e = 0.1662$
พิจารณา	$\frac{F_a}{F_r} = 0.033351 < e$	จึงได้ค่า Y ใหม่คือ 0 และ X ใหม่ คือ 1

และเมื่อคำนวณใหม่ จะได้ $C_{10} = 1072.2890$ N ซึ่งถือว่าเพียงพอเพราะน้อยกว่า จะพบว่าในแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 11200$ N ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการใช้งานที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เมื่อเทียบกับการคิดในกรณีรับแรงเยอะที่สุด

จะได้ว่า ได้ Bearing1 ขนาด $d = 30$ mm และ $D = 55$ mm โดยตรงกับรหัส 16006
การคำนวณแบริงบนเพลานอนบริเวณข้อต่อระหว่างขาและแขน

เนื่องจากในข้างต้น ได้มีการพิจารณาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาล้วน ดังนั้น จึงทำให้การคำนวณมีค่า D เข้ามาเกี่ยวข้องกับ พิจารณา จาก โหลดบริเวณต่าง ๆ ที่แตกได้มาทั้งแกน X Y Z โดยใช้เพลารวม ได้ออกแบบให้แบริงเป็นตัวที่รับแรงทั้งจากการรับน้ำหนักและจากโหลดของแขนโยกทั้งหมด เมื่อพิจารณาแรงเป็นจุด จะได้ว่า

Bearing 1

พิจารณาที่ Bearing 1 เป็นแบริงเม็ดกลม เนื่องจากรับแรงตามแนวรัศมีมาก โดยแรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน X คือ 183.845 N แรงตามแนวรัศมีเกิดขึ้นในแกน Y คือ 386.284 N แรงตามแนวแกนคือ 16.127 N

นำมารวมเป็นแรงลัพธ์จากสมการ (3.31)

$$F = 427.8017 \text{ N}$$

จะได้แรงลัพธ์ คือ 427.8017 N สุ่มเลือกค่า $X=0.56$ $Y=1.63$ กำหนด $V=1$ หา F_e จากสมการ (3.32)

$$F_e = 265.8559 \text{ N}$$

นำค่าไปหา ค่า C_{10} จากสมการ (3.33)

$$C_{10} = 628.1668 \text{ N}$$

พิจารณา เมื่อเรากำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง $d = 30$ mm ตามที่ได้คำนวณมา จะพบว่าแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 11200$ N $C_0 = 7350$ N $f_0 = 15.2$ เมื่อ $d = 30$ mm และ $D = 55$ mm

จะได้	$\frac{f_0 F_a}{C_0} = 0.033351$	ได้ค่า $e = 0.1662$
-------	----------------------------------	---------------------

พิจารณา	$\frac{F_a}{F_r} = 0.033351 < e$	จึงได้ค่า Y ใหม่คือ 0 และ X ใหม่ คือ 1
---------	----------------------------------	--

และเมื่อคำนวณใหม่ จะได้ $C_{10} = 1010.8136$ N ซึ่งถือว่าเพียงพอเพราะน้อยกว่า จะพบว่าในแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 11200$ N ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการใช้งานที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เมื่อเทียบกับการคิดในกรณีรับแรงเยอะที่สุด

จะได้ว่า ได้ Bearing1 ขนาด $d = 30$ mm และ $D = 55$ mm โดยตรงกับรหัส 16006

Bearing 2

พิจารณาที่ Bearing 2 เป็นแบริงเม็ดกลม เนื่องจากรับแรงตามแนวรัศมีมาก โดยแรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน X คือ 183.845 N แรงตามแนวรัศมีเกิดขึ้นในแกน Y คือ 386.284 N แรงตามแนวแกนคือ 16.127 N

นำมารวมเป็นแรงลัพธ์จากสมการ (3.31)

$$F = 427.8017 \text{ N}$$

จะได้แรงลัพธ์ คือ 427.8017 N สุ่มเลือกค่า $X=0.56$ $Y=1.63$ กำหนด $V=1$ หา F_e จากสมการ (3.32)

$$F_e = 265.8559 \text{ N}$$

นำค่าไปหา ค่า C_{10} จากสมการ (3.33)

$$C_{10} = 628.1668 \text{ N}$$

พิจารณา เมื่อเรากำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง $d = 30 \text{ mm}$ ตามที่ได้คำนวณมา จะพบว่า แคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 11200 \text{ N}$ $C_0 = 7350 \text{ N}$ $f_0 = 15.2$ เมื่อ $d = 30 \text{ mm}$ และ $D = 55 \text{ mm}$

จะได้ $\frac{f_0 F_a}{C_0} = 0.033351$ ได้ค่า $e = 0.1662$

พิจารณา $\frac{F_a}{F_r} = 0.033351 < e$ จึงได้ค่า Y ใหม่คือ 0 และ X ใหม่ คือ 1

และเมื่อคำนวณใหม่ จะได้ $C_{10} = 1010.8136 \text{ N}$ ซึ่งถือว่าเพียงพอเพราะน้อยกว่า จะพบว่าในแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 11200 \text{ N}$ ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการใช้งานที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เมื่อเทียบกับการคิดในกรณีรับแรงเยอะที่สุด

จะได้ว่า ได้ Bearing1 ขนาด $d = 30 \text{ mm}$ และ $D = 55 \text{ mm}$ โดยตรงกับรหัส 16006

Bearing ที่ F คน

พิจารณาที่ Bearing เป็นแบร์ริงเม็ดกลม เนื่องจากรับแรงตามแนวรัศมีมาก ใช้ทั้ง 2 จุดที่มีแรงนี้ โดย แรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน X คือ 183.845 N แรงตามแนวรัศมีเกิดขึ้นในแกน Y คือ 386.284 N แรงตามแนวแกนคือ 16.127 N

นำมารวมเป็นแรงลัพธ์จากสมการ (3.31)

$$F = 427.8017 \text{ N}$$

จะได้แรงลัพธ์ คือ 427.8017 N สุ่มเลือกค่า $X=0.56$ $Y=1.63$ หา F_e จากสมการ (3.32)

$$F_e = 265.8559 \text{ N}$$

นำค่าไปหา ค่า C_{10} จากสมการ (3.33)

$$C_{10} = 628.1668 \text{ N}$$

พิจารณา เมื่อเรากำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง $d = 30 \text{ mm}$ ตามที่ได้คำนวณมา จะพบว่า แคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 11200 \text{ N}$ $C_0 = 7350 \text{ N}$ $f_0 = 15.2$ เมื่อ $d = 30 \text{ mm}$ และ $D = 55 \text{ mm}$

จะได้ $\frac{f_0 F_a}{C_0} = 0.033351$ ได้ค่า $e = 0.1662$

พิจารณา $\frac{F_a}{F_r} = 0.033351 < e$ จึงได้ค่า Y ใหม่คือ 0 และ X ใหม่ คือ 1

และเมื่อคำนวณใหม่ จะได้ $C_{10} = 1010.8136 \text{ N}$ ซึ่งถือว่าเพียงพอเพราะน้อยกว่า จะพบว่าในแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 11200 \text{ N}$ ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการใช้งานที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เมื่อเทียบกับการคิดในกรณีรับแรงเยอะที่สุด

จะได้ว่า ได้ Bearing1 ขนาด $d = 30 \text{ mm}$ และ $D = 55 \text{ mm}$ โดยตรงกับรหัส 16006

การคำนวณแบร์ริงบนเพลลาแกนนอนบริเวณข้อต่อระหว่างขาบริเวณที่ปั่น

เนื่องจากในข้างต้น ได้มีการพิจารณาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลาแล้ว ดังนั้นจึงทำให้การคำนวณมีค่า D เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย พิจารณาจากโพลดบริเวณต่าง ๆ ที่แตกได้มาทั้งแกน X Y Z โดยใช้เพลาร่วม ได้ออกแบบให้แบร์ริงเป็นตัวที่รับแรงทั้งจากการรับน้ำหนักและ F จากแรงถีบ เมื่อพิจารณาแรงเป็นจุด จะได้ว่า

Bearing 1

พิจารณาที่ Bearing 1 เป็นแบร์ริงเม็ดกลม เนื่องจากรับแรงตามแนวรัศมีมาก โดยแรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน X คือ 367.69 N แรงตามแนวรัศมีเกิดขึ้นในแกน Y คือ 735.75 N แรงตามแนวแกนคือ 16.127 N

นำมารวมเป็นแรงลัพธ์จากสมการ (3.31)

$$F = 822.5107 \text{ N}$$

จะได้แรงลัพธ์ คือ 822.5107 N สุ่มเลือกค่า $X=0.56$ $Y=1.63$ กำหนด $V=1$ หา F_e จากสมการ (3.32)

$$F_e = 486.8931 \text{ N}$$

นำค่าไปหา ค่า C_{10} จากสมการ (3.33)

$$C_{10} = 1150.4352 \text{ N}$$

พิจารณา เมื่อเรากำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง $d = 35 \text{ mm}$ ตามที่ได้คำนวณมา จะพบว่า แคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600 \text{ N}$ $C_0 = 7250 \text{ N}$ $f_0 = 15.5$ เมื่อ $d = 35 \text{ mm}$ และ $D = 55 \text{ mm}$

จะได้ $\frac{f_0 F_a}{C_0} = 0.034478$ ได้ค่า $e = 0.1662$

พิจารณา $\frac{F_a}{F_r} = 0.034478 < e$ จึงได้ค่า Y ใหม่คือ 0 และ X ใหม่ คือ 1

และเมื่อคำนวณใหม่ จะได้ $C_{10} = 1943.4357 \text{ N}$ ซึ่งถือว่าเพียงพอเพราะน้อยกว่า จะพบว่าในแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600 \text{ N}$ ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการใช้งานที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เมื่อเทียบกับการคิดในกรณีรับแรงเยอะที่สุด

จะได้ว่า ได้ Bearing2 ขนาด $d = 35 \text{ mm}$ และ $D = 55 \text{ mm}$ โดยตรงกับรหัส 6907ZZ

Bearing 2

พิจารณาที่ Bearing 2 เป็นแบร์ริงเม็ดกลม เนื่องจากรับแรงตามแนวรัศมีมาก โดยแรงตามแนวรัศมีที่เกิดขึ้นในแกน X คือ 367.69 N แรงตามแนวรัศมีเกิดขึ้นในแกน Y คือ 735.75 N แรงตามแนวแกนคือ 16.127 N

นำมารวมเป็นแรงลัพธ์จากสมการ (3.31)

$$F = 822.5107 \text{ N}$$

จะได้แรงลัพธ์ คือ 822.5107 N สุ่มเลือกค่า $X=0.56$ $Y=1.63$ กำหนด $V=1$ หา F_e จากสมการ (3.32)

$$F_e = 486.8931 \text{ N}$$

นำค่าไปหา ค่า C_{10} จากสมการ (3.33)

$$C_{10} = 1150.4352 \text{ N}$$

พิจารณา เมื่อเรากำหนดเส้นผ่านศูนย์กลาง $d = 35 \text{ mm}$ ตามที่ได้คำนวณมา จะพบว่า แคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600 \text{ N}$ $C_0 = 7250 \text{ N}$ $f_0 = 15.5$ เมื่อ $d = 35 \text{ mm}$ และ $D = 55 \text{ mm}$

จะได้ $\frac{f_0 F_a}{C_0} = 0.034478$ ได้ค่า $e = 0.1662$

พิจารณา $\frac{F_a}{F_r} = 0.034478 < e$ จึงได้ค่า Y ใหม่คือ 0 และ X ใหม่ คือ 1

และเมื่อคำนวณใหม่ จะได้ $C_{10} = 1943.4357 \text{ N}$ ซึ่งถือว่าเพียงพอเพราะน้อยกว่า จะพบว่าในแคตตาล็อกให้ค่า $C_{10} = 10600 \text{ N}$ ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการใช้งานที่เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เมื่อเทียบกับการคิดในกรณีรับแรงเยอะที่สุด

จะได้ว่า ได้ Bearing2 ขนาด $d = 35 \text{ mm}$ และ $D = 55 \text{ mm}$ โดยตรงกับรหัส 6907ZZ

การคำนวณโครงสร้างของชิ้นส่วน

พิจารณาจากแรงที่กระทำทั้งหมด จะทำให้ทราบได้ว่า แรงที่มากที่สุดที่กระทำกับเหล็กที่เป็นโครงสร้าง คือ แรงที่มาจากน้ำหนักรับน้ำหนักของเพลากลอนที่รับแรงจากแขนโยก

Maximum load ที่จุดนี้คือ 1687.32 N เมื่อใช้ท่อเหล็กดำ มอก.107 - 2533 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก = 42.7 mm พื้นที่หน้าตัด (A) = 2.919 cm³ ความเค้นคราก (σ') = 235 MPa

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad \sigma &= \frac{F}{A} & (3.34) \\ &= \frac{1687.32 \text{ N}}{2.919 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \\ &= 5.78 \cdot 10^6 \text{ N.m.} \end{aligned}$$

หาความเค้นเมื่อใช้ท่อเหล็กดำ

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad \sigma_y &= 0.5\sigma' & (3.35) \\ &= 0.5(235 \cdot 10^6) \\ &= 117.52 \cdot 10^6 \text{ N.m.} \end{aligned}$$

ตรวจสอบค่าความปลอดภัย

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad n &= \frac{\sigma_y}{\sigma} & (3.36) \\ &= \frac{117.52 \cdot 10^6 \text{ N.m.}}{5.78 \cdot 10^6 \text{ N.m.}} \\ &= 20.33 \end{aligned}$$

เมื่อพิจารณาค่าความปลอดภัยข้างต้น จะได้ว่าท่อเหล็กดำ มอก.107 - 2533 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายนอก 42.7 mm สามารถใช้รับภาระนี้ได้

การคำนวณหาลิ้มที่เพลากลอนก่อนส่งเข้าเครื่องชักผ้า

พิจารณาที่เพลากลอนก่อนส่งเข้าเครื่องชักผ้าจุดที่ต้องมีการใส่ลิ้ม คือ ส่วนที่เป็น Pulley ขนาด 9 นิ้ว และส่วนที่เป็น Sprocket เบอร์ 40 - ฟัน 18 ซี่ โดยพิจารณาเป็นจุด ดังนี้

ส่วนที่เป็น Pulley ขนาด 9 นิ้ว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลารอบรับชิ้นส่วนนี้ คือ 30 mm ความยาวของบริเวณนี้คือ 50 mm สามารถเลือกขนาดระบุจากมิติและเกณฑ์ความปลอดภัยเคลื่อนของลิ้มขนานแบบปลายมน ได้ขนาด 10x8 มีความยาวในหน่วยมิลลิเมตร คือ 28 36 45 โดยตัดสินใจเลือกที่ความยาว 45 mm เนื่องจาก เป็นขนาดที่เหมาะสมกับขนาด Pulley

ดังนั้น บริเวณ Pulley ขนาด 9 นิ้ว จะมีขนาดลิ้มและร่องลิ้มแบบปลายมน คือ 10x8 มีความยาว 45 mm

ส่วนที่เป็น Sprocket เบอร์ 40 - ฟัน 18 ซี่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลารอบรับชิ้นส่วนนี้ คือ 30 mm ความยาวของบริเวณนี้คือ 50 mm สามารถเลือกขนาดระบุจากมิติและเกณฑ์ความปลอดภัยเคลื่อนของลิ้มขนานแบบปลายมน ได้ขนาด 10x8 มีความยาวในหน่วยมิลลิเมตร คือ 22 28 36 45 โดยตัดสินใจเลือกที่ความยาว 36 mm เนื่องจาก เป็นขนาดที่เหมาะสมกับขนาด Sprocket

ดังนั้น บริเวณ Sprocket เบอร์ 40 - ฟัน 18 ซี่ จะมีขนาดลิ้มและร่องลิ้มแบบปลายมน คือ 10x8 มีความยาว 36 mm

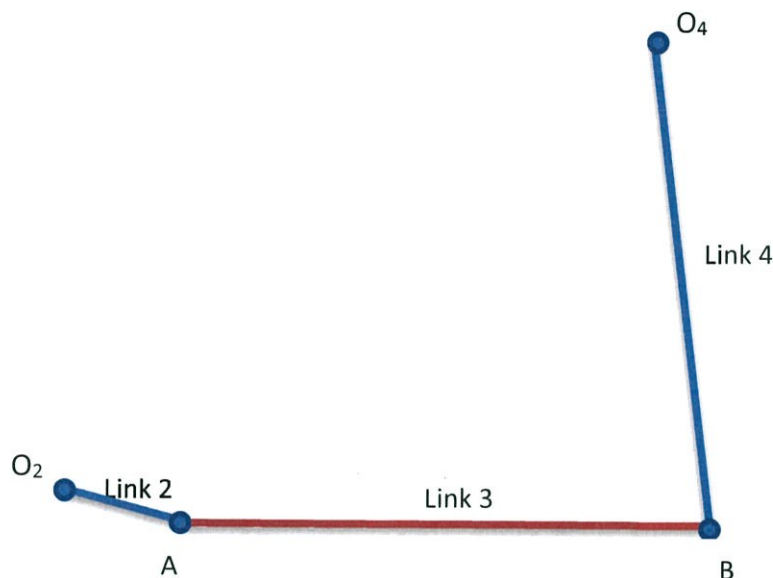
การคำนวณหาลิ้มที่เพลานวนอน

พิจารณาที่เพลานวนอนบริเวณขาปั่น จุดที่ต้องมีการใส่ลิ้ม คือ ส่วนที่เป็น Sprocket เบอร์ 40 - ฟัน 72 ซี่ โดยพิจารณาเป็นจุด ดังนี้

ส่วนที่เป็น Sprocket เบอร์ 40 - ฟัน 72 ซี่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลานอนที่รองรับชิ้นส่วนนี้ คือ 30 mm ความยาวของบริเวณนี้คือ 50 mm สามารถเลือกขนาดระบุจากมิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของลิ้มขนานแบบปลายมน ได้ขนาด 10x8 มีความยาวในหน่วยมิลลิเมตร คือ 28 36 45 โดยตัดสินใจเลือกที่ความยาว 45 mm เนื่องจาก เป็นขนาดที่เหมาะสมกับขนาด Sprocket

ดังนั้น บริเวณ Sprocket จะมีขนาดลิ้มและร่องลิ้มแบบปลายมน คือ 10x8 มีความยาว 45 mm

การคำนวณความเร็วของ 4 bar linkage



รูปที่ 3.12 แสดง 4 bar linkage

จากสัดส่วนสรีระของมนุษย์ และการสำรวจเครื่องออกกำลังกายหลากหลาย ทำให้ได้ค่าความยาวของแต่ละลิงค์ (Link) คือ

Link 1 คือส่วนยึดติด บริเวณ O_2 และ O_4

Link 2 ความยาว 0.167 เมตร

Link 3 ความยาว 0.630 เมตร

Link 4 ความยาว 0.743 เมตร

โดยรอบของการชัก คือ 0.7667 รอบต่อวินาที และรอบของการปั่นแห้ง คือ 0.6333 รอบต่อวินาที เราจะพิจารณาว่าการชักซึ่งเป็นการปั่นที่ใช้รอบเยอะกว่า เพื่อใช้พิจารณาความสามารถในการปั่นของมนุษย์ และความเร็วเชิงมุมที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นของ 4 bar-linkage จากการกระทำนี้

จากสมการหาความเร็วของจุด B คือ

$$V_B = V_o + V + (\omega \times R) \quad (3.37)$$

เมื่อ V_B คือ ความเร็วของจุด B

V_o คือ ความเร็วของจุด A

V คือ ความเร็วของจุดอ้างอิง = 0 เพราะระยะห่างคงที่

พิจารณา V_B

$$f = 0.7667$$

$$V_B = 0.9742V_{Bi} + 0.2255V_{Bj}$$

พิจารณา V_o

จาก $\omega = 2\pi f$

เมื่อ ω คือ ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

f คือ ความถี่ มีค่า $f = 0.7667$ รอบ/วินาที

จะได้ $\omega_2 = 2\pi(0.7667)$
 $\omega_2 = 4.8171 \text{ rad/s}$

จาก $V_o = (O_2A)\omega_2 \quad (3.38)$

$$\omega \times R = (\omega \times R)j \quad (3.39)$$

ดังนั้น

$$V_o = 0.8045 \text{ m/s}$$

$$V_o = 0.8045(0.9962i - 0.0874j)$$

$$V_o = 0.8014i - 0.0703j$$

พิจารณา V

จะได้ว่า $V = 0$ เนื่องจาก จุด B เป็น Fixed Point ในระบบ xy

พิจารณา $\omega \times R$

จะได้ว่า $\omega \times R = (\omega \times R)j$

จะได้สมการความสัมพันธ์ คือ

$$0.9742V_{Bi} + 0.2255V_{Bj} = 0.8014i - 0.0703j + (\omega \times R)j \quad (3.40)$$

พิจารณาในเทอมของ i จะได้ว่า

$$0.9742V_{Bi} = 0.8014i$$

$$V_B = 0.8225 \text{ m/s}$$

พิจารณาในเทอมของ j จะได้ว่า

$$0.2255V_{Bj} = 0.0703j + (\omega \times R)j$$

แทนค่า $V_B = 0.8225$ เมตร/วินาที จะได้

$$0.2255(0.8225)j = 0.0703j + (\omega \times R)j$$

$$\omega \times R = 0.2558 \text{ m/s}$$

และ

$$\omega = \omega_3 = \frac{0.2558}{R} \quad (3.41)$$

$$\omega_3 = \frac{0.2558}{0.63}$$

$$\omega_3 = 0.4060 \text{ rad/s}$$

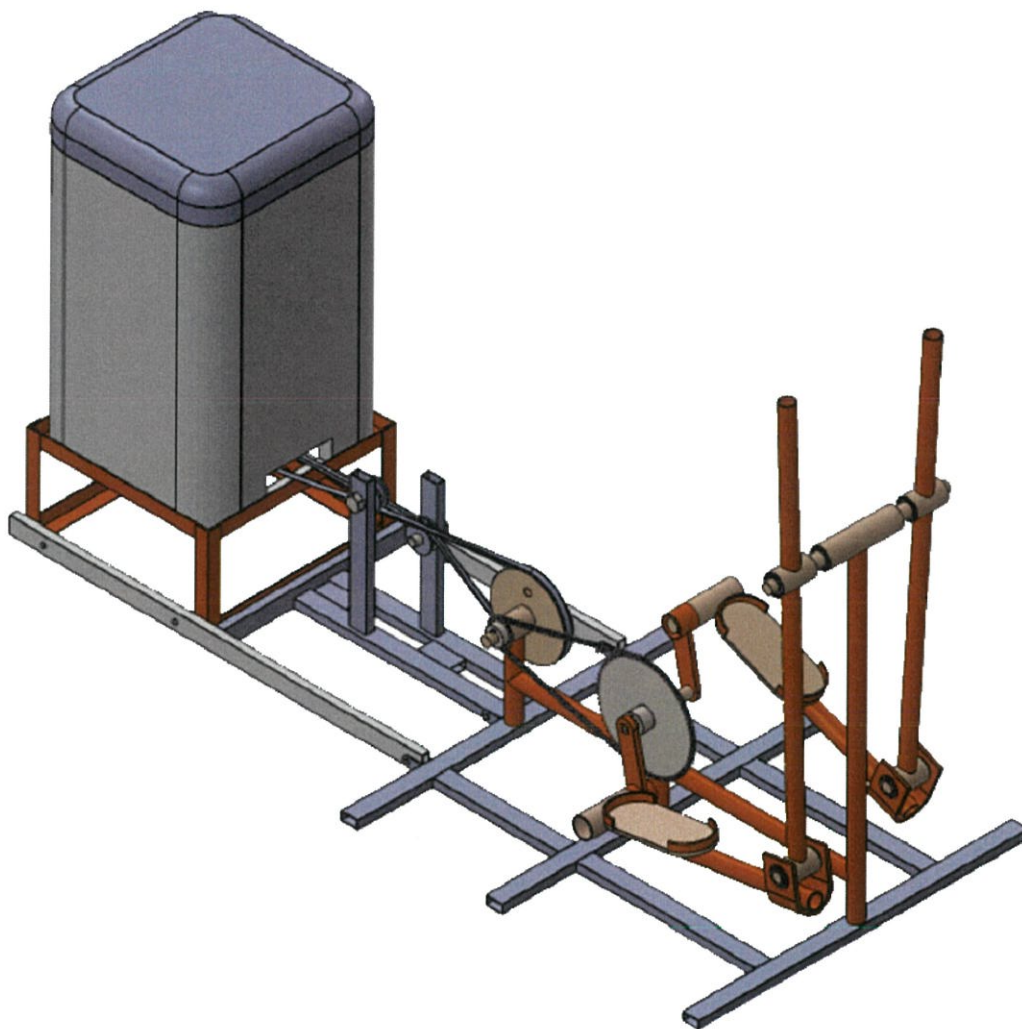
จาก

$$\omega_4 = \frac{V_B}{O_4B} \quad (3.42)$$

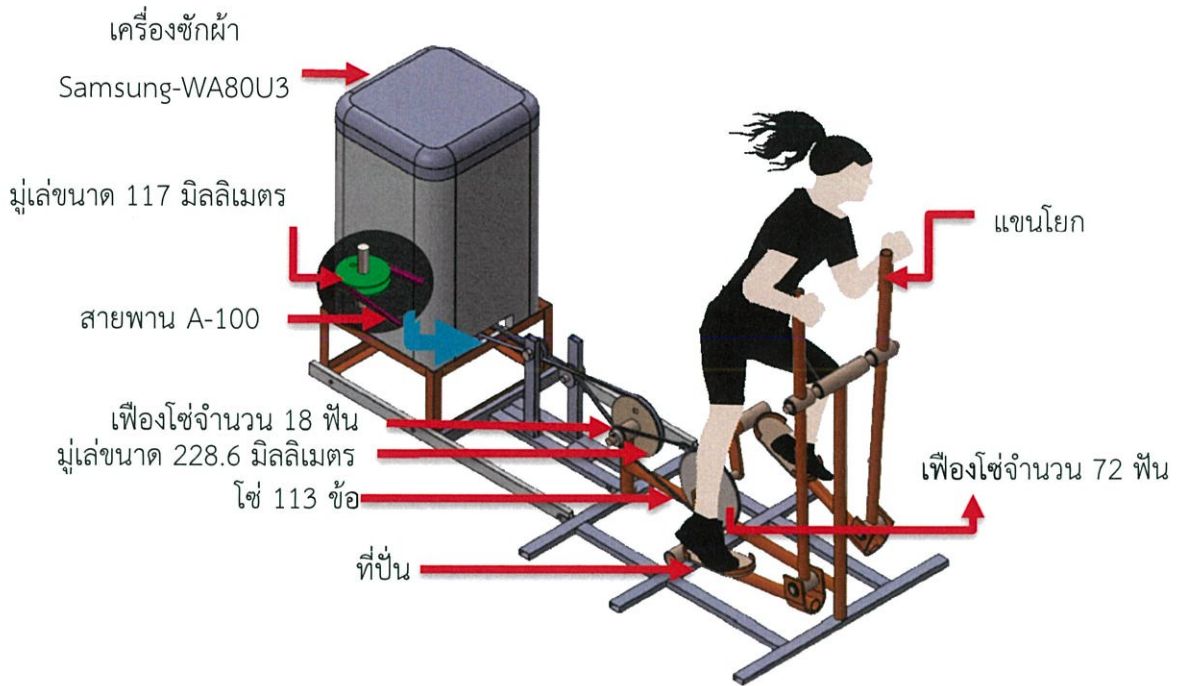
$$\omega_4 = \frac{0.8225}{0.7425}$$

$$\omega_4 = 1.1078 \text{ rad/s}$$

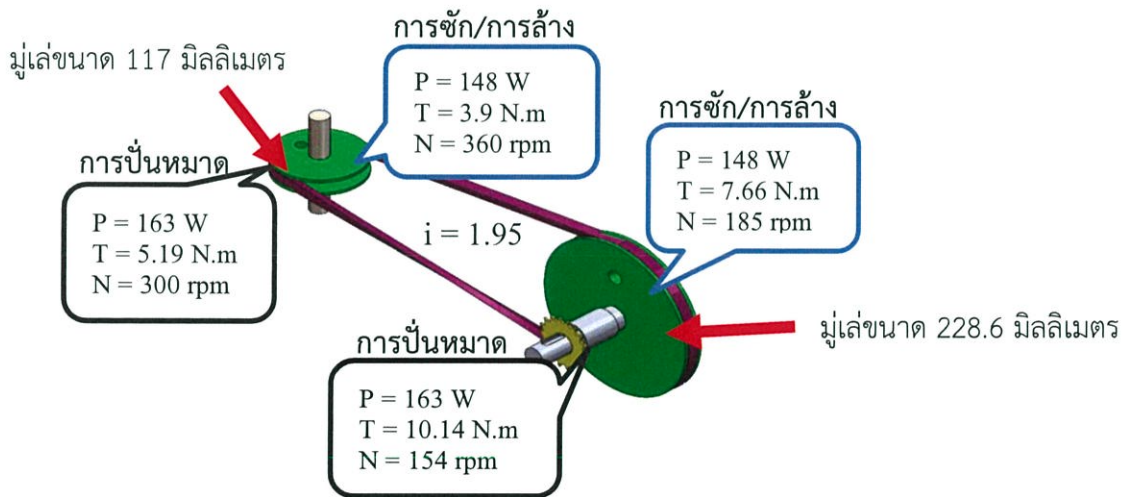
รูปและการทำงานของเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำเนิดเครื่องซักผ้า



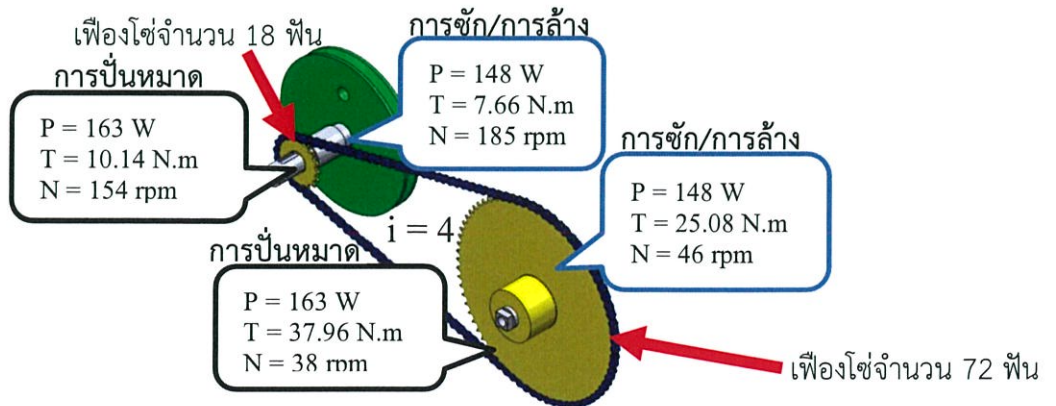
รูปที่ 3.13 แบบของเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำเนิดเครื่องซักผ้า



รูปที่ 3.14 แสดงชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้า



รูปที่ 3.15 แสดงการส่งกำลังระหว่างมู่เล่



รูปที่ 3.16 แสดงการส่งกำลังระหว่างเฟืองโซ่



รูปที่ 3.17 แสดงเครื่องต้นแบบของเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องชักผ้า

ในการออกแบบ หลักการทำงานของเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องชักผ้า เริ่มต้นในกระบวนการชัก คนปั่นที่ความเร็ว 46 รอบต่อนาที จะส่งกำลังไปที่เครื่องชักผ้าเพื่อทำการชักผ้าด้วยความเร็ว 360 รอบต่อนาที จะทำให้ใบตีผ้าหมุน 60 รอบต่อนาที ปั่นต่อเนื่องเป็นเวลา 10 นาที และล็อก (Lock) เบรก (Brake) เพื่อปล่อยน้ำทิ้งเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นทำการล้างด้วยการทำตามขั้นตอนการชักอีกครั้ง และสุดท้ายในกระบวนการปั่นหมาด ทำการปั่นด้วยความเร็ว 38 รอบต่อนาที ส่งกำลังให้ถึงชักเคลื่อนที่ 300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ถือว่าสิ้นสุดกระบวนการ

บทที่ 4

การทดสอบ

ในการทดสอบเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้า ได้ทำการทดลองทั้งหมดดังต่อไปนี้

1. การทดสอบหาความสะอาดของการซักโดยมีชนิดคราบเปื้อนอยู่ 2 ชนิด
2. การทดสอบการปั่นหมาดของเครื่องซักผ้า
3. การทดสอบหาค่าอัตราการเดินของหัวใจ
4. การทดสอบหาค่าความเร็วรอบของคนและมู่เล่บริเวณใต้เครื่องซักผ้า

4.1 การทดสอบหาความสะอาดของการซักโดยมีชนิดคราบเปื้อนอยู่ 2 ชนิด

4.1.1 วัตถุประสงค์

1. ทดสอบหาความสะอาดของการซัก
2. หาค่าเฉลี่ยของความสว่างและค่าเปอร์เซ็นต์รอยเปื้อนที่หายไป
3. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1.2 ทฤษฎีและการคำนวณ

การวัดความเข้มแสงทำได้โดยการใช้เครื่องวัดแสง (Lux Meter) โดยเครื่องวัดแสง คือ อุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาณของแสงและความเข้มแสง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสงที่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux) หรือ ฟุตแคนเดิล (Foot candle) โดยลักซ์ คือความเข้มของแสงทั้งหมดที่ปรากฏอยู่บนพื้นผิวขนาดหนึ่งตารางเมตรจากแหล่งกำเนิดแสงระยะหนึ่งฟุต เครื่องวัดแสงจะวัดปริมาณของแสงโดยใช้อุปกรณ์รับสัญญาณแสง (Photodetector) ซึ่งจะถูกวางตั้งฉากกับแหล่งกำเนิดแสงเพื่อการรับแสงได้ดีที่สุด ค่าที่ได้จากอุปกรณ์รับสัญญาณแสงจะถูกแสดงแก่ผู้ใช้งานผ่านทางเครื่องมือวัดแบบอนาล็อก (Analog) หรือแบบดิจิทัล (Digital)

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ที่รอยเปื้อนหายไป

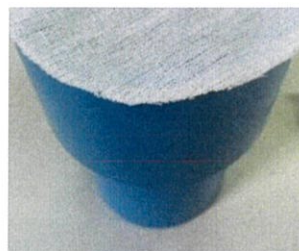
$$\text{เปอร์เซ็นต์ที่รอยเปื้อนหายไป} = \frac{\text{ความสว่างหลังเปื้อน} - \text{ความสว่างหลังซัก}}{\text{ความสว่างหลังเปื้อน} - \text{ความสว่างก่อนเปื้อน}} \times 100$$

4.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

อุปกรณ์และเครื่องมือ ได้แก่ ผ้าดิบ ท่อPVC เครื่องวัดแสง กรรไกร ปากกา โทรศัพท์



รูปที่ 4.1 ผ้าดิบ



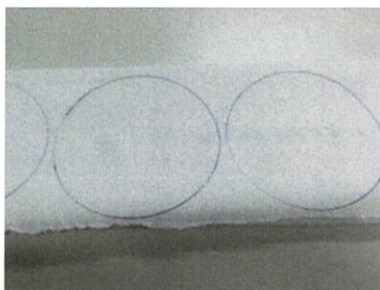
รูปที่ 4.2 ท่อPVC



รูปที่ 4.3 เครื่องวัดแสง

4.1.4 วิธีการทดสอบ

1. นำผ้าดิบมาตัดเป็นรูปวงกลมตามขนาดท่อPVC



รูปที่ 4.4 เขียนขนาดท่อลงในผ้าดิบ

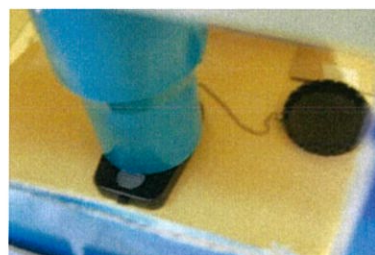


รูปที่ 4.5 ตัดผ้าดิบให้เท่าขนาดท่อPVC

2. ใช้ไฟส่องผ่านผ้าดิบและใช้เครื่องวัดแสงวัดค่าความสว่างก่อนเป็อน



รูปที่ 4.6 ใช้ไฟส่องผ่านผ้าดิบ



รูปที่ 4.7 การวางท่อPVCบนเครื่องวัดแสง

3. นำผ้าดิบไปจุ่มลงในน้ำกาแฟและน้ำแดง ทำการวัดค่าความสว่างหลังเป็อน



รูปที่ 4.8 น้ำผ้าดิบจุ่มในน้ำกาแฟ



รูปที่ 4.9 น้ำผ้าดิบจุ่มในน้ำแดง

4. ทำการซักผ้าที่เป็อนทั้งหมดโดยใช้เวลา 10 นาที และวัดค่าความสว่างหลังซัก
5. หาค่าเฉลี่ยของความสว่างและค่าเปอร์เซ็นต์รอยเป็อนที่หายไป
6. บันทึกผลลงในตาราง

4.1.5 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความสว่างที่ส่องผ่านผ้าในกระบวนการต่าง ๆ โดยมีชนิดของคราบสกปรกเป็นคราบกาแพ้วัดที่ความสว่าง 1122 ลักซ์

ครั้งที่	หมายเลขของผ้า	ความสว่างก่อนเปื้อน (ลักซ์)	ความสว่างหลังเปื้อน (ลักซ์)	ความสว่างหลังซัก (ลักซ์)	เปอร์เซ็นต์ที่รอยเปื้อนหายไป(%)
1	1	121	91	115	80.00
	2	121	88	117	87.88
	3	134	106	123	60.71
2	1	135	100	125	71.43
	2	127	98	119	72.41
	3	122	99	115	69.57
3	1	128	99	117	62.07
	2	120	88	107	59.38
	3	134	101	123	66.67
เฉลี่ย		126.89	96.67	117.89	70.01

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความสว่างที่ส่องผ่านผ้าในกระบวนการต่าง ๆ โดยมีชนิดของคราบสกปรกเป็นคราบน้ำแดง วัดที่ความสว่าง 1122 ลักซ์

ครั้งที่	หมายเลขของผ้า	ความสว่างก่อนเปื้อน (ลักซ์)	ความสว่างหลังเปื้อน (ลักซ์)	ความสว่างหลังซัก (ลักซ์)	เปอร์เซ็นต์ที่รอยเปื้อนหายไป(%)
1	1	132	106	131	96.15
	2	125	102	125	100.00
	3	120	96	116	83.33
2	1	123	91	117	81.25
	2	127	97	125	93.33
	3	132	106	129	88.46
3	1	122	97	121	96.00
	2	131	107	128	87.50
	3	128	106	128	100.00
เฉลี่ย		126.67	100.89	124.44	91.78

4.2 การทดสอบการปั่นหมาดของเครื่องซักผ้า

4.2.1 วัตถุประสงค์

1. ทดสอบการปั่นหมาดของเครื่องซักผ้า
2. หาน้ำหนักน้ำในผ้าแต่ละกระบวนการและหาความสามารถในการรีดน้ำของเครื่องซักผ้า
3. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.2.2 ทฤษฎีและการคำนวณ

กระบวนการซักผ้าของเครื่องซักผ้าในปัจจุบันส่วนใหญ่มี 3 กระบวนการได้แก่ กระบวนการซัก กระบวนการล้าง และกระบวนการปั่นหมาด โดยกระบวนการปั่นหมาดนั้นเป็นการกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในผ้าออกเพื่อให้ผ้าแห้งเร็วขึ้นเมื่อนำไปตาก โดยการกำจัดน้ำออกจากผ้า นั้นใช้หลักการของแรงหนีศูนย์กลาง

แรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุในขณะที่วัตถุนั้นเคลื่อนที่เป็นวงกลม แรงนี้มีแนวทิศออกจากจุดศูนย์กลางของวงกลมนั้น

การปั่นหมาดเริ่มจากการที่ถังของเครื่องซักผ้าหมุนเป็นวงกลมด้วยความเร็วรอบจัด ผ้าที่อยู่ในถังก็จะหมุนตามและไปติดกับตัวถังของเครื่องซักผ้าเนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง ส่วนน้ำที่อยู่ในผ้า นั้นได้รับผลจากแรงนี้เช่นเดียวกัน แต่น้ำจะถูกเหวี่ยงออกจากตัวถังผ่านรูเล็ก ๆ รอบถัง ทำให้ปริมาณน้ำที่อยู่ในผ้าลดลง ยิ่งถังซักผ้าหมุนด้วยความเร็วรอบมากเท่าไร ก็จะส่งผลให้น้ำถูกเหวี่ยงออกจากผ้ามากขึ้นเท่านั้น แต่ความเร็วรอบที่มากเกินไปจะส่งผลให้ผ้าเสียรูปทรงหรือฉีกขาดได้

การคำนวณหาค่าน้ำหนักในผ้าก่อนปั่นหมาดและหลังปั่นหมาด

$$\text{น้ำในผ้าก่อนปั่นหมาด} = \text{น้ำหนักก่อนปั่นหมาด} - \text{น้ำหนักก่อนซัก}$$

$$\text{น้ำในผ้าหลังปั่นหมาด} = \text{น้ำในผ้าหลังปั่นหมาด} - \text{น้ำหนักก่อนซัก}$$

การคำนวณหาความสามารถในการรีดน้ำของเครื่องซักผ้า

$$\text{ความสามารถในการรีดน้ำ(\%)} = 100 - \left(\frac{\text{น้ำในผ้าหลังปั่นหมาด}}{\text{น้ำในผ้าก่อนปั่นหมาด}} \times 100 \right)$$

$$\text{ความสามารถในการรีดน้ำ(กิโลกรัม)} = \text{น้ำในผ้าก่อนปั่นหมาด} - \text{น้ำในผ้าหลังปั่นหมาด}$$

4.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

อุปกรณ์และเครื่องมือ ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 4.10 เครื่องชั่งน้ำหนัก

4.2.4 วิธีการทดสอบ

1. นำผ้าต่าง ๆ มาชั่งน้ำหนักก่อนซักและก่อนปั่นหมาด
2. ทำการปั่นหมาดผ้าทั้งหมดเป็นเวลา 10 นาทีและชั่งน้ำหนักหลังปั่นหมาด
3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ และบันทึกผลลงตาราง

4.2.5 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.3 แสดงน้ำหนักของผ้าในกระบวนการปั่นหมาด

ครั้งที่	น้ำหนักผ้า (กิโลกรัม)			น้ำในผ้า (กิโลกรัม)		ความสามารถในการรีดน้ำ (กิโลกรัม)	ความสามารถในการรีดน้ำ (%)
	ก่อนซัก	ก่อนปั่นหมาด	หลังปั่นหมาด	ก่อนปั่นหมาด	หลังปั่นหมาด		
1	4.1	10	6.8	5.9	2.7	3.2	54.24
2	4.1	11.2	7	7.1	2.9	4.2	59.15
3	4.1	11	6.6	6.9	2.5	4.4	63.77
เฉลี่ย	4.1	10.73	6.8	6.63	2.7	3.93	59.05

4.3 การทดสอบหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจ

4.3.1 วัตถุประสงค์

1. ทดสอบหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจ
2. หาค่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดและค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจ
3. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.3.2 ทฤษฎีและการคำนวณ

อัตราการเต้นของหัวใจหรือชีพจร (Heart Rate) สามารถช่วยบ่งบอกความหนักขณะออกกำลังกายได้ หัวใจจะเต้นเร็วขึ้นเมื่อมีการออกกำลังกายที่หนักเนื่องจากต้องสูบฉีดเลือดไปหล่อเลี้ยงร่างกายมากขึ้น และจะช้าลงเมื่อมีการออกกำลังกายที่เบาลง ดังนั้นจึงนิยมใช้อัตราการเต้นของหัวใจในการวัดความหนักในการออกกำลังกาย ซึ่งการอัตราการเต้นของหัวใจที่แตกต่างกัน ก็จะทำให้ผลการออกกำลังกายที่ต่างกันด้วย

มนุษย์แต่ละช่วงวัยมีอัตราการเต้นของหัวใจที่ไม่เท่ากัน โดยทาง American College of Sports Medicine หรือ ACSM ได้ระบุถึงอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดต่อนาที (Maximum Heart Rate หรือ MHR) โดยมีการคำนวณไว้ดังนี้

$$\text{อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด} = 220 - \text{อายุ}$$

จะเห็นได้ว่าอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดดังกล่าว ยังมีอายุที่มากขึ้นหัวใจก็จะทำงานได้ช้าลง และหากหัวใจเต้นเกือบถึงอัตราสูงสุดหรือเทียบเท่าก็มีโอกาสที่จะเสียชีวิตได้ เนื่องจากหัวใจบีบเลือดไปหล่อเลี้ยงร่างกายไม่ทันและเกิดการช็อคได้

อัตราการเต้นของหัวใจเป็นตัวบ่งบอกความหนักในการออกกำลังกายได้เป็นอย่างดี ซึ่งการออกกำลังกายด้วยความหนักในแต่ละช่วง จะส่งผลต่อร่างกายไม่เหมือนกัน

โดยระดับความหนักของการออกกำลังกายสามารถแบ่งได้ ดังต่อไปนี้

1. ระดับความหนักที่ 40-50% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดต่อนาที เป็นระดับการออกกำลังกายสำหรับผู้ที่ปัญหาสุขภาพที่ทำให้ออกกำลังกายหนักไม่ได้ เหมาะสำหรับผู้สูงอายุ
2. ระดับความหนักที่ 50-60% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดต่อนาที ช่วยพัฒนาสุขภาพโดยรวม ช่วยให้การฟื้นฟูร่างกายเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว เป็นการออกกำลังกายเบาๆ เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นหรือต้องการออกกำลังกายไม่หนัก สามารถทำเป็นประจำ
3. ระดับความหนักที่ 60-70% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดต่อนาที ช่วยในการพัฒนาความทนทานของร่างกาย สามารถออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้นานขึ้น ในความหนักระดับนี้ร่างกายจะมีอัตราการใช้พลังงานจากไขมันสูงที่สุด ดังนั้นจึงเหมาะกับคนที่ต้องการลดความอ้วนที่สุด
4. ระดับความหนักที่ 70-80% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดต่อนาที ช่วยพัฒนาระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิต หัวใจและหลอดเลือดมีการพัฒนา สามารถทำกิจกรรมหนักได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่รู้สึกเหน็ดเหนื่อย รวมถึงการฟื้นตัวสามารถทำได้เร็ว ในระดับนี้มีการใช้พลังงานจากไขมันเป็นหลัก แต่ไม่มากเท่าช่วง 60-70%
5. ระดับความหนักที่ 80-90% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดต่อนาที เพิ่มความสามารถในการเล่นกีฬาที่หนักได้นานขึ้น ร่างกายจะสามารถทนทานต่อกรดแลคติก (Lactic) ในกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้รู้สึกปวดล้าขณะออกกำลังกาย เป็นโซนที่ใช้ฝึกนักกีฬาให้เกิดความทนทานต่อการแข่งขันกีฬา
6. ระดับความหนักที่ 90-100% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดต่อนาที เพิ่มความสามารถสูงสุดในการออกกำลังกายและเพิ่มความเร็ว เป็นการออกกำลังกายโดยใช้ระยะเวลาสั้นๆ เต็มกำลัง เช่น การวิ่ง 100 เมตร เป็นต้น ร่างกายจะใช้พลังงานอย่างสุดกำลังต่อการออกกำลังกาย 1 ครั้ง ซึ่งจะส่งผลต่อความเร็วและความสามารถสูงสุดในการแข่งขัน เหมาะสำหรับนักกีฬาที่ฝึกขั้นสูงและมีการออกกำลังกายเป็นประจำ คนทั่วไปที่ไม่ได้รับการฝึกมาอย่างต่อเนื่องไม่ควรฝึกในระดับนี้ เพราะอาจทำให้หัวใจเต้นเร็วเกินไปและถึงขั้นเสียชีวิตได้

4.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

อุปกรณ์และเครื่องมือ ได้แก่ เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ



รูปที่ 4.11 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

4.3.4 วิธีการทดสอบ

1. วัดอัตราการเต้นของหัวใจก่อนทำการทดสอบ
2. ให้ผู้ทดสอบปั่นเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซັกผ้าในกระบวนการซັกเป็นเวลา 10 นาที และวัดอัตราการเต้นของหัวใจ
3. ผู้ทดสอบทำการล้างเป็นเวลา 10 นาที และวัดอัตราการเต้นของหัวใจ
4. ผู้ทดสอบทำการปั่นหมาดเป็นเวลา 10 นาที และวัดอัตราการเต้นของหัวใจ
5. นำค่าอัตราการเต้นของหัวใจที่ได้ไปหาค่าต่าง ๆ และบันทึกผลลงในตาราง

4.3.5 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.4 แสดงอัตราการเต้นหัวใจของผู้ทำการทดสอบและเปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจเมื่อเทียบกับอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด

ครั้งที่	อัตราการเต้นของหัวใจในแต่ละกระบวนการ (ครั้ง/นาที)				อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (ครั้ง/นาที)	ค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)	เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจ (%)
	ก่อนทำการทดสอบ	ซັก	ล้าง	ปั่นหมาด			
1	83	151	174	116	197	147	74.62
2	87	139	131	163	198	144	72.73
3	108	175	177	170	198	174	87.88
เฉลี่ย	92.67	155	160.67	149.67	149.67	149.67	78.41

4.4 การทดสอบหาค่าความเร็วรอบของผู้ทดสอบและมู่เล่บริเวณใต้เครื่องซັกผ้า

4.4.1 วัตถุประสงค์

1. ทดสอบหาค่าความเร็วรอบของผู้ทดสอบและมู่เล่บริเวณใต้เครื่องซັกผ้า
2. หาพลังงานที่เผาผลาญ
3. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.4.2 ทฤษฎีและการคำนวณ

เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer) เป็นอุปกรณ์วัดความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ส่วนใหญ่จะประยุกต์ใช้ในการวัดความเร็วรอบของเครื่องจักรกล ไม่ว่าจะเป็นเพลาล้อรถยนต์ ความเร็วของมอเตอร์ เป็นต้น ซึ่งหน่วยการวัดของเครื่องวัดความเร็วรอบ คือ รอบต่อนาที หรือ RPM (Round per Minute) เครื่องวัดความเร็วที่มีอยู่ในหลายรูปแบบ เช่น เครื่องวัดรอบแบบมือถือใช้สำหรับพกพาไปวัดได้สะดวก และยังมีเครื่องวัดรอบที่ติดตั้งอย่างถาวรเพื่อวัดรอบอย่างต่อเนื่องเพื่อตรวจสอบความเร็วในการหมุนและสามารถเตือนถ้าความเร็วที่สูงเกินไปหรือต่ำเกินไป

พลังงานที่เผาผลาญ คือ พลังงานที่ใช้ในการทำกิจกรรม โดยกิจกรรมแต่ละอย่างจะใช้พลังงานที่ต่างกัน ซึ่งกิจกรรมที่มีการออกกำลังมากก็จะใช้พลังงานสูงมากเช่นกัน โดยกิจกรรมที่ใช้พลังงานน้อยที่สุดคือ การนอนหลับ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยในการกำหนดการใช้พลังงานอีก 3 อย่าง คือ

1. น้ำหนักแต่ละบุคคล คือ ผู้ที่มีน้ำหนักกายมาก จะใช้พลังงานในการดำเนินกิจกรรมมากกว่าคนน้ำหนักน้อย

2. เพศหญิงและชาย คือ เพศชายเมื่อทำกิจกรรมเดียวกันน้ำหนักตัวเท่ากัน จะใช้พลังงานมากกว่าเพศหญิงประมาณ 8-15% ขึ้นอยู่กับการสรีระเพศของแต่ละกิจกรรม

3. ความหนักเบา คือ การทำกิจกรรมต่าง ๆ ถึงแม้จะเป็นค่าวัตพลังงานของแคลอรีใน 1 ชั่วโมง แต่ก็ยังมีปัจจัยของความหนักและเบาในการทำกิจกรรมเป็นองค์ประกอบ

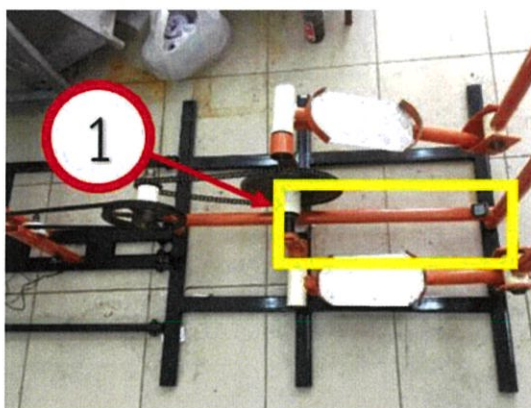
METs คือ Metabolic Equivalent Task เป็นหน่วยประมาณค่าจำนวนของออกซิเจนที่ร่างกายต้องใช้ในระหว่างการออกกำลังกาย สำหรับการออกกำลังกายประเภทการปั่นจักรยานเมื่อปั่นที่ความเร็วรอบที่น้อยกว่า 10 mph จะมีค่า METs = 4.0

การคำนวณหาพลังงานที่เผาผลาญ

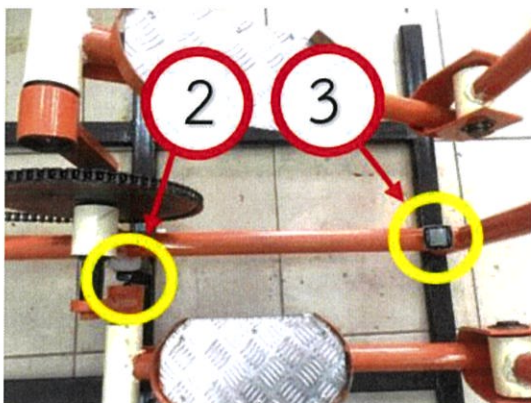
พลังงานที่เผาผลาญ (calories) = METs × น้ำหนักผู้ทดสอบ(กิโลกรัม) × เวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย(ชั่วโมง)

4.4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง

อุปกรณ์และเครื่องมือ ได้แก่ ที่วัดความเร็วรอบ



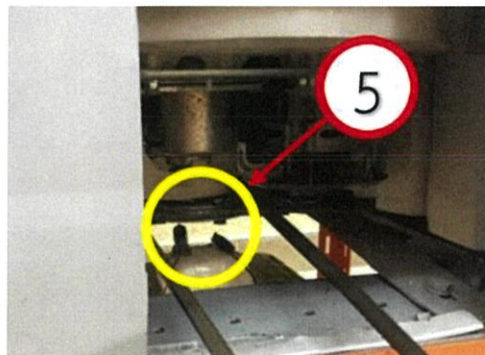
รูปที่ 4.12 การติดตั้งเครื่องมือวัดหมายเลข 1



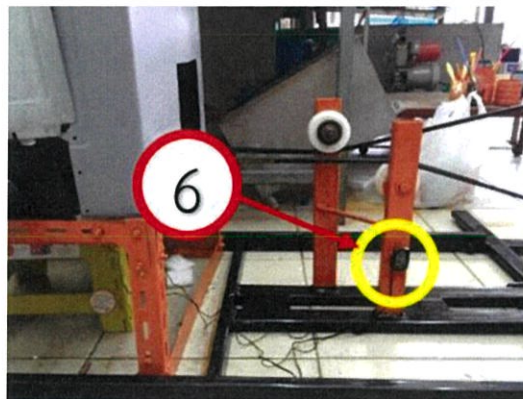
รูปที่ 4.13 การทำงานของเครื่องมือวัดหมายเลข 2 และ 3



รูปที่ 4.14 การติดตั้งเครื่องมือวัดหมายเลข 4



รูปที่ 4.15 การทำงานของเครื่องมือวัดหมายเลข 5



รูปที่ 4.16 การทำงานของเครื่องมือวัดหมายเลข 6

- (1) เครื่องมือวัดสำหรับวัดความเร็วรอบการปั่นของคน
- (2) เซ็นเซอร์ (Sensor) ทำหน้าที่จับรอบของการปั่นจักรยาน
- (3) ตัวแสดงผล จะแสดงผลที่วัดได้จากหมายเลข 2 โดยแสดงความเร็วรอบ
- (4) เครื่องมือวัดสำหรับวัดความเร็วรอบมู่เ่ บริเวณใต้เครื่องซักผ้า
- (5) เซ็นเซอร์ทำหน้าที่จับรอบของมู่เ่
- (6) ตัวแสดงผลจะแสดงผลที่วัดได้จากหมายเลข 5 โดยแสดงความเร็วรอบ

4.4.4 วิธีการทดสอบ

1. ให้ผู้ทดสอบปั่นเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซັกผ้าในกระบวนการซັกเป็นเวลา 10 นาที
2. วัดความเร็วรอบของผู้ทดสอบและมู่เล่ที่อยู่ใต้เครื่องซັกผ้า
3. ผู้ทดสอบทำการล้างเป็นเวลา 10 นาที และวัดค่าดังเช่นข้อที่ 2
4. ผู้ทดสอบทำการปั่นหมาดเป็นเวลา 10 นาที และวัดวัดค่าดังเช่นข้อที่ 2
5. นำค่าความเร็วรอบของผู้ทดสอบที่ได้ไปหาค่าต่าง ๆ และบันทึกผลลงในตาราง

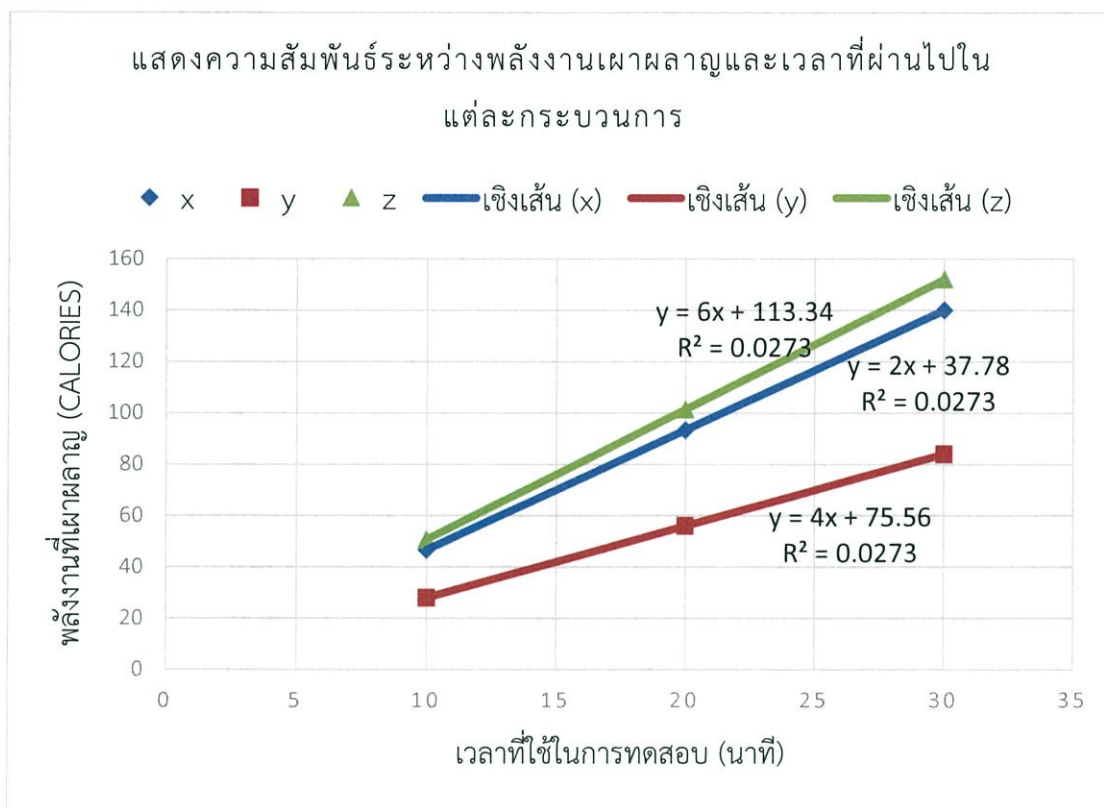
4.4.5 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.5 แสดงความเร็วรอบของผู้ทดสอบและพลังงานที่เผาผลาญ โดยแต่ละกระบวนการใช้เวลา 10 นาที

ครั้งที่	ความเร็วรอบของผู้ทดสอบในแต่ละกระบวนการ (rpm)			ความเร็วของผู้ทดสอบทั้งหมด (mph)	ค่า METs	พลังงานที่เผาผลาญ (calories)
	ซັก	ล้าง	ปั่นหมาด			
1	48	48	38	4.71	4.0	140
2	50	51	39	4.92	4.0	84
3	49	48	38	4.71	4.0	152
เฉลี่ย	49	49	38	4.78	4.0	125.23

ตารางที่ 4.6 แสดงความเร็วรอบของมู่เล่บริเวณใต้เครื่องซັกผ้าในแต่ละกระบวนการ ใช้เวลา 10 นาที

ครั้งที่	ความเร็วรอบของมู่เล่บริเวณใต้เครื่องซັกผ้าในแต่ละกระบวนการ (rpm)		
	ซັก	ล้าง	ปั่นหมาด
1	362	362	304
2	366	373	311
3	365	363	305
เฉลี่ย	364.33	366	306.67



รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและเวลาที่ผ่านไปในแต่ละกระบวนการ

โดย x คือ ผู้ทดสอบคนที่ 1 ที่มีน้ำหนัก 70 กิโลกรัม

y คือ ผู้ทดสอบคนที่ 2 ที่มีน้ำหนัก 42 กิโลกรัม

z คือ ผู้ทดสอบคนที่ 3 ที่มีน้ำหนัก 76 กิโลกรัม

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการทดสอบหาความสะอาดของการซักโดยมีชนิดคราบเปื้อนอยู่ 2 ชนิด

จากผลการทดลองหาค่าความสว่างที่ส่องผ่านผ้า จะได้ค่าความสว่างก่อนเปื้อน ความสว่างหลังเปื้อน และความสว่างหลังซัก โดยค่าความสว่างของแสง จะเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงความสะอาดของผ้า เมื่อทำพิจารณาว่าคราบเปื้อนบนเนื้อผ้า มีคุณสมบัติทึบแสง ทำให้แสงไม่สามารถส่องผ่านลงมาที่ตัววัดได้ แบ่งคราบเปื้อนเป็น 2 ชนิด คือคราบกาแฟและคราบน้ำตาล พบว่า

1. ค่าความสว่างหลังซักของคราบกาแฟ มีค่ามากกว่าความสว่างหลังเปื้อน ซึ่งแสดงได้ว่าคราบเปื้อนบนเนื้อผ้า มีพื้นที่และความเข้มข้นของรอยเปื้อนลดลง จึงทำให้แสงส่องผ่านได้มาก และมีความสว่างใกล้เคียงกับความสะอาดก่อนเปื้อน

2. ค่าความสว่างหลังซักของคราบน้ำตาล มีค่ามากกว่าความสว่างหลังเปื้อนอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่า คราบเปื้อนบนเนื้อผ้ามีพื้นที่และความเข้มข้นของรอยเปื้อนลดลง จึงทำให้แสงส่องผ่านได้ดี

3. เมื่อนำค่าความสว่างหลังเปื้อนไปเทียบกับค่าความสว่างหลังซัก พบว่าเปอร์เซ็นต์ของรอยเปื้อนที่หายไปโดยเฉลี่ยของกาแฟมีค่า 70.01 % และของคราบน้ำตาลมีค่า 91.78 %

5.2 สรุปผลการทดสอบการปั่นหมาดของเครื่องซักผ้า

จากผลการทดสอบหาความสามารถในการรีดน้ำของเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้า จะได้น้ำหนักของผ้าก่อนและหลังของแต่ละกระบวนการ จากนั้นจึงพิจารณาน้ำในผ้าและความสามารถในการรีดน้ำ จะทราบได้ว่า โดยเฉลี่ยน้ำในผ้าก่อนปั่นหมาดมีค่า 6.63 กิโลกรัม น้ำในผ้าหลังปั่นหมาดมีค่า 2.7 กิโลกรัม และความสามารถในการรีดน้ำมีค่า 3.93 กิโลกรัม พบว่าสามารถรีดน้ำออกจากผ้าได้ 59.05 %

5.3 สรุปผลการทดสอบหาค่าอัตราการเต้นของหัวใจ

อัตราการเต้นหัวใจสูงสุดของผู้ทดสอบแต่ละคนจะมีค่าไม่เท่ากัน โดยจะแปรผันตามอายุและน้ำหนักของผู้ทดสอบ จากการทดสอบหาค่าอัตราการเต้นหัวใจ ในขณะที่ผู้ทดสอบใช้เครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้า ตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดกระบวนการเป็นเวลา 30 นาที พบว่าอัตราการเต้นหัวใจจะมีค่าประมาณ 144 147 และ 174 ครั้งต่อนาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์จากอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดได้ 74.62 72.73 และ 87.88 % เมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์การออกกำลังกาย ที่แบ่งไว้ทั้งหมด 5 โซน จะเห็นได้ว่า การออกกำลังกายด้วยเครื่องนี้นั้นอยู่ในโซนการออกกำลังกายที่ 3 และ 4 คือ โซนปานกลางจนถึงหนักแต่ไม่มาก ซึ่งการออกกำลังกายในโซนนี้เป็นการออกกำลังกายที่พอเหมาะ ช่วยเสริมสร้างกล้ามเนื้อร่างกายให้แข็งแรง ช่วยเพิ่มสมรรถภาพหรือขีดจำกัดของร่างกาย ถือว่าบรรลุจุดประสงค์ตามที่ต้องการ

5.4 สรุปผลการทดสอบหาค่าความเร็วรอบของผู้ทดสอบและมู่เล่บริเวณใต้เครื่องซักผ้า

จากการทดสอบหาค่าความเร็วรอบของผู้ทดสอบและมู่เล่บริเวณใต้เครื่องซักผ้าที่สัมพันธ์กัน พบว่า ความเร็วรอบของผู้ทดสอบในกระบวนการซักและการล้างจะอยู่ในช่วง 48 - 51 รอบต่อนาที จะทำให้มู่เล่ที่อยู่บริเวณใต้เครื่องซักผ้าหมุน 362 - 373 รอบต่อนาที และความเร็วรอบของผู้ทดสอบในกระบวนการปั่นหมาดอยู่ในช่วง 38 - 39 รอบต่อนาที มู่เล่จะหมุน 304 - 311 รอบต่อนาที โดยค่าของความเร็วรอบ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความเร็วของผู้ทดสอบตลอดทั้งกระบวนการมีค่า 4.71 และ 4.92 ไมล์ต่อชั่วโมง จะทำให้พลังงานที่เผาผลาญซึ่งมีค่าแปรผันตามน้ำหนักของผู้ทดสอบมีค่า 84 140 และ 152 แคลอรี

2. ความเร็วรอบของผู้ทดสอบในกระบวนการชักและการล้าง ต้องมีความเร็วรอบอย่างน้อย 48 รอบต่อนาที และความเร็วรอบของผู้ทดสอบในกระบวนการปั่นหมาด คือตั้งแต่ 38 รอบต่อนาที เป็นต้นไป

5.5 วิจัยณ์ผลการดำเนินงาน

ในการทดสอบ พบว่า ที่วัดความเร็วรอบสามารถวัดได้สูงสุดเพียง 299 รอบต่อนาที ผู้ทดสอบจึงทำการเปลี่ยนหน่วยวัดเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง และทำการแปลงหน่วยให้เป็นรอบต่อนาที จึงอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดได้

5.6 ข้อเสนอแนะ

5.6.1 พัฒนาระบบการสิ้นสะเก็อน

เนื่องจากเครื่องซักผ้าเกิดการสิ้นสะเก็อนค่อนข้างมาก ทำให้บางครั้งสายพานที่ส่งไปหามู่เล่สามารถออกนอกเส้นทางได้

5.6.2 พัฒนาเครื่องซักผ้า

เนื่องจากเครื่องซักผ้าที่นำมาใช้ในการส่งกำลังนี้เป็นเครื่องซักผ้าที่เหมาะสมกับมอเตอร์ ดังนั้นถ้าพัฒนาเครื่องซักผ้าให้เหมาะสมกับการส่งกำลังจากคนหรือส่งกำลังจากภายนอก จะสามารถลดต้นทุนของชิ้นส่วนการส่งกำลังได้

5.6.3 พัฒนาการเก็บพลังงาน

สร้างที่เก็บพลังงานจากการปั่นจักรยานออกกำลังกาย ทำให้สามารถนำพลังงานไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้

5.6.4 ปรับเปลี่ยนชิ้นส่วนให้เหมาะสมกับบุคคล

เนื่องจากการเครื่องที่ออกแบบ เป็นการออกแบบสำหรับผู้ใหญ่ที่ต้องการออกกำลังกาย ดังนั้นสามารถปรับปรุงชิ้นส่วนให้มีการรองรับได้หลายสรีระ และน้ำหนักการออกกำลังกายได้หลายรูปแบบ

บรรณานุกรม

- [1] Richard G.BUDYNAS and J.Keith NISBETT. Shigley's Mechanical Engineering Design. tenth Edition, McGraw-Hill Education.
- [2] Ranjan, Sharan and Mazumdar. Pedal Powered Washing Machine. 2014, Birla Institute of Technology.
- [3] Krishnamurthy, Rakshith, Harshaa, Rakesh. Pedal Operated Washing Machine. 2017, International Journal of Latest Engineering Research and Applications.
- [4] บริษัท ทีเอสเอ็ม กรุ๊ป (ประเทศไทย) จำกัด (2560). อัตราการเต้นของหัวใจสำคัญกับการออกกำลังกายอย่างไร[ระบบออนไลน์,] <http://tsmactive.com/heart-rate-zone>, เข้าดูเมื่อวันที่ 02/02/2561
- [5] สุธากร บุญเลิศไพศาล (2553). การออกแบบและพัฒนาเครื่องซักผ้าอุตสาหกรรมแบบปั่นหมาดในตัว , วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [6] กนต์ธร ชำนิประศาสน์(2555). โครงการจักรยานออกกำลังกายต้นแบบ , สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก.

ตารางผนวก

ตารางที่ ก.1 บัญชีแสดงราคาวัสดุ

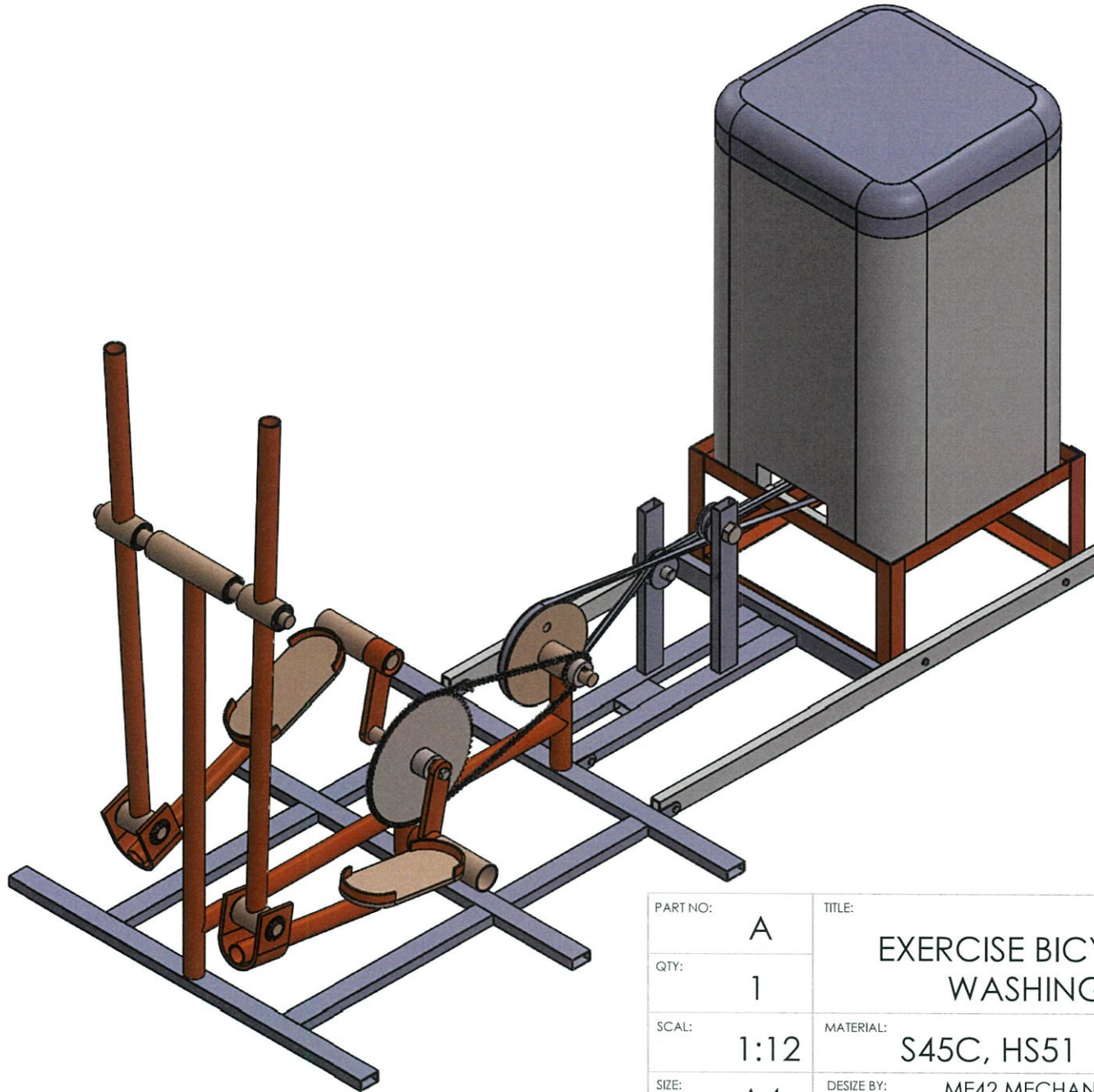
หมวด	รายการ	จำนวน	หน่วย	ราคา/หน่วย	รวม
โครงสร้าง	เพลลา เหล็กเพลลาขาว	7	ชิ้น	1542.86	10800
	ปลอก เหล็กดำ	11	ชิ้น	436.36	4800
	Crank and Hanger	4	ชิ้น	700	2800
	เหล็กสี่เหลี่ยม (2"x1")	2	เส้น	345	690
	เหล็กกลมดำ (1 1/4")	2	เส้น	295	590
	เหล็กฉาก	2	เส้น	180	360
	เหล็กตีเปิด	1	แผ่น	20	20
	น็อต ตัวประกอบมุม	1	ล็อต	350	350
	รวม				20410
ระบบส่งกำลัง	Pulley A-1 9"	1	ชิ้น	310	310
	เฟือง 40 x 72 ฟัน	1	ชิ้น	660	660
	เฟือง 40 x 18 ฟัน	1	ชิ้น	310	310
	ล้อไอน์ร่องยู	2	ชิ้น	200	400
	สายพาน A-100	1	เส้น	130	130
	โซ่ เบอร์ 40	1	เส้น	170	170
	ข้อต่อโซ่ 40-1R	1	ชิ้น	225	225
	ตลับลูกปืน	22	ชิ้น	30	660
	แหวนล๊อคเพลลา	28	ชิ้น	8	224
	รวม				3089
เครื่องซักผ้า	เครื่องซักผ้า	1	เครื่อง	1500	1500
	ท่อน้ำทิ้ง	1	เส้น	75	75
	เบรกจักรยาน	1	ชิ้น	150	150
	รวม				1725
ราคารวม				25224	

ตารางที่ ก.2 รายการวัสดุ

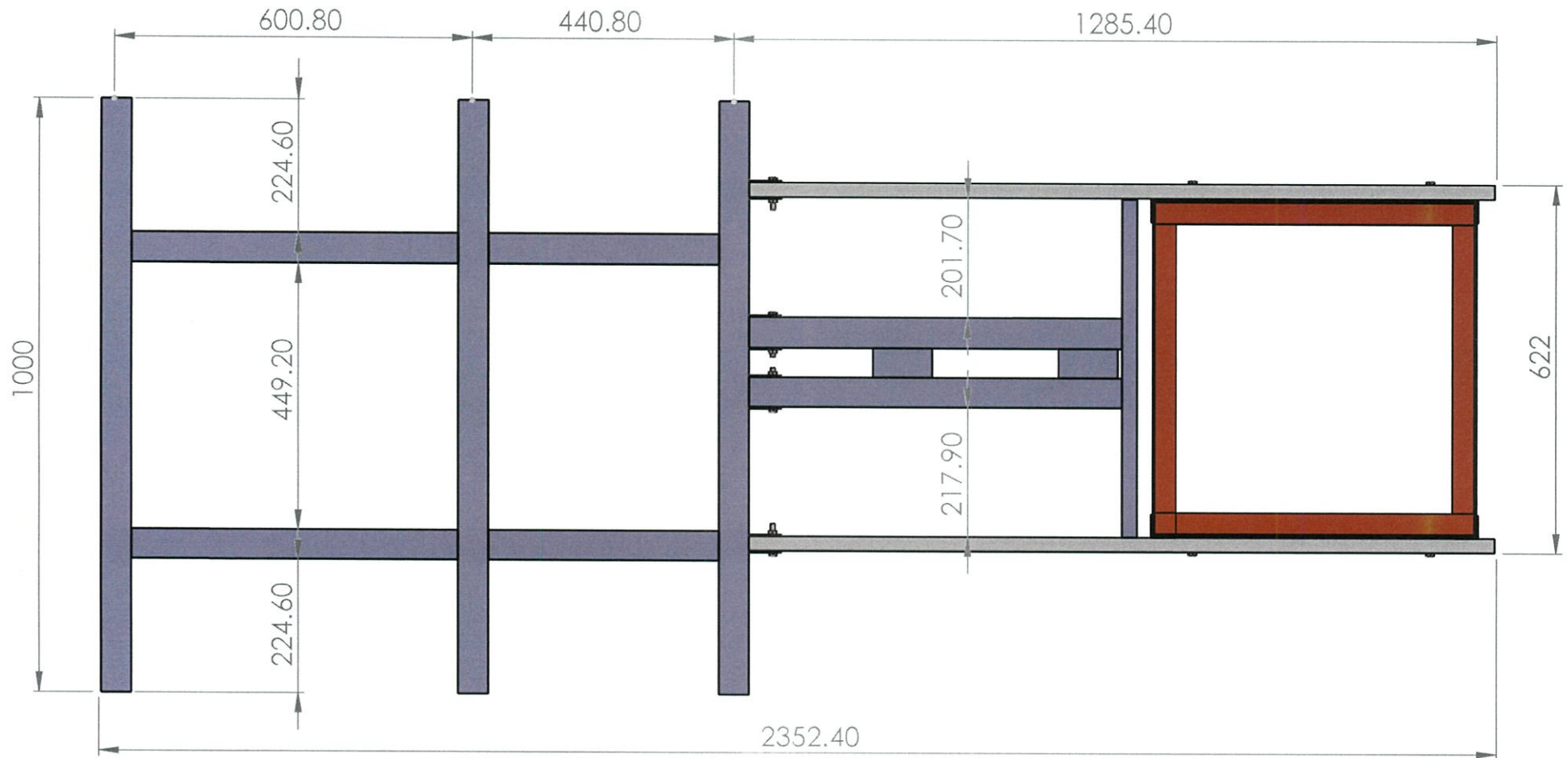
ลำดับ	รายการ	จำนวน
1	เหล็กสี่เหลี่ยม (2"x1" หน้า 2 mm) ความยาว 1000 mm	5
2	เหล็กสี่เหลี่ยม (2"x1" หน้า 2 mm) ความยาว 550 mm	2
3	เหล็กสี่เหลี่ยม (2"x1" หน้า 2 mm) ความยาว 390 mm	2
4	เหล็กกลมดำ (1 1/4" หน้า 2 mm) ความยาว 980 mm	1
5	เหล็กกลมดำ (1 1/4" หน้า 2 mm) ความยาว 705 mm	2
6	เหล็กกลมดำ (1 1/4" หน้า 2 mm) ความยาว 630 mm	2
7	เหล็กกลมดำ (1 1/4" หน้า 2 mm) ความยาว 600 mm	1
8	เหล็กกลมดำ (1 1/4" หน้า 2 mm) ความยาว 440 mm	1
9	เหล็กกลมดำ (1 1/4" หน้า 2 mm) ความยาว 430 mm	2
10	เหล็กกลมดำ (1 1/4" หน้า 2 mm) ความยาว 278 mm	1
11	เหล็กกลมดำ (1 1/4" หน้า 2 mm) ความยาว 230 mm	1
12	เหล็กฉาก ความยาว (4"x4" หน้า 3 mm) ความยาว 550 mm	6
13	เหล็กฉาก ความยาว (4"x4" หน้า 3 mm) ความยาว 300 mm	4
14	เหล็กตีเปิด (300 mm x 150 mm)	2
15	มู่เล่ 1 ร่อง A เส้นผ่าศูนย์กลาง 9"	1
16	เฟืองโซ่ เบอร์ 40 ขนาด 72 ฟัน มีดุม	1
17	เฟืองโซ่ เบอร์ 40 ขนาด 18 ฟัน มีดุม	1
18	ล้อไถล่อน ร่องยู	2
19	สายพาน ร่อง A ความยาว 100 นิ้ว	1
20	โซ่ เบอร์ 40-1R	1
21	ตลับลูกปืน รหัส 16006	12
22	ตลับลูกปืน รหัส 6907ZZ	10
23	แหวนล้อยอคเพลลา	28
24	ท่อน้ำทิ้ง	1
25	เบรกจักรยาน	1

ภาคผนวก ข.

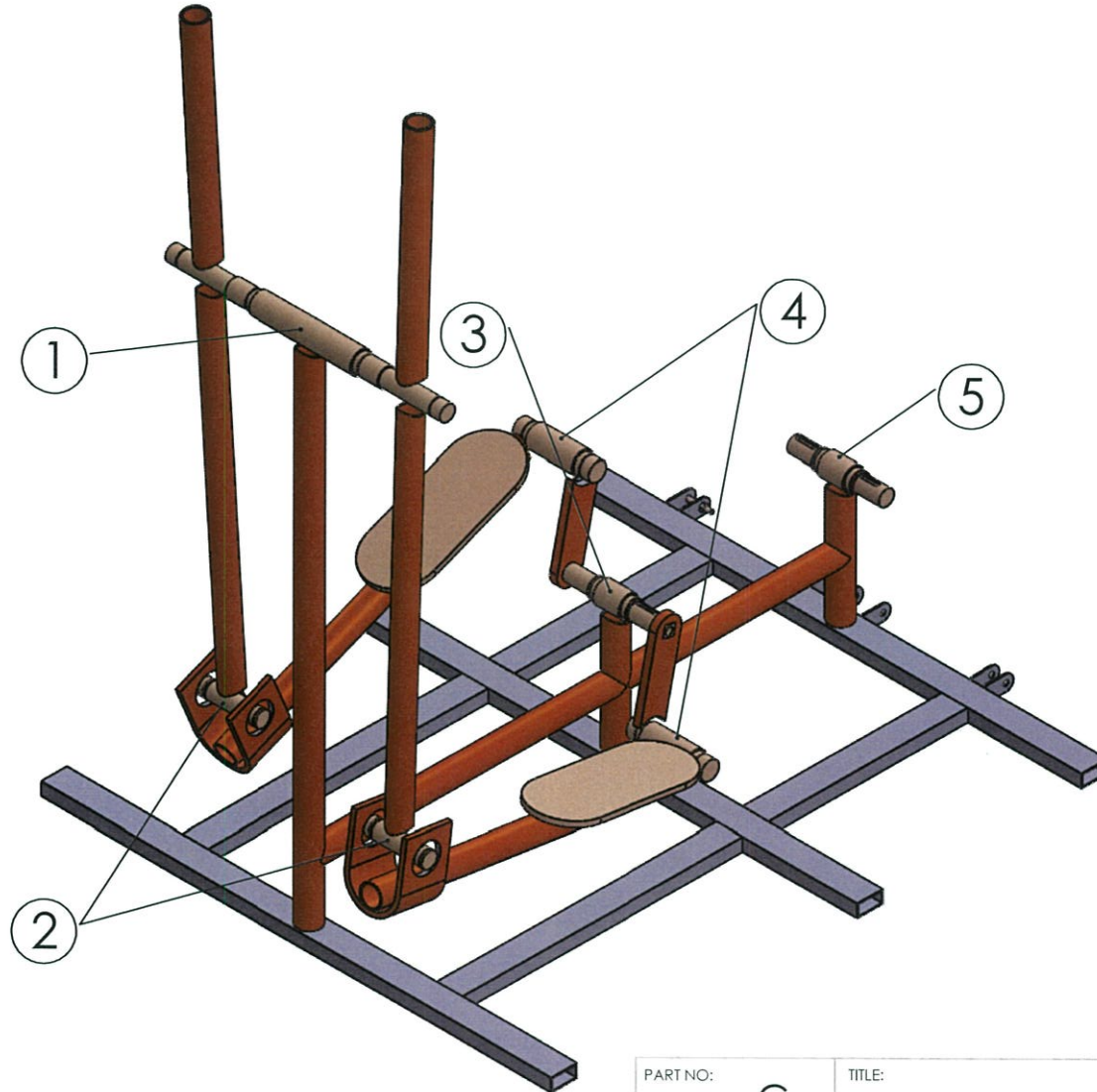
แบบของเครื่องจักรยานออกกำลังกายเพื่อเป็นต้นกำลังเครื่องซักผ้า



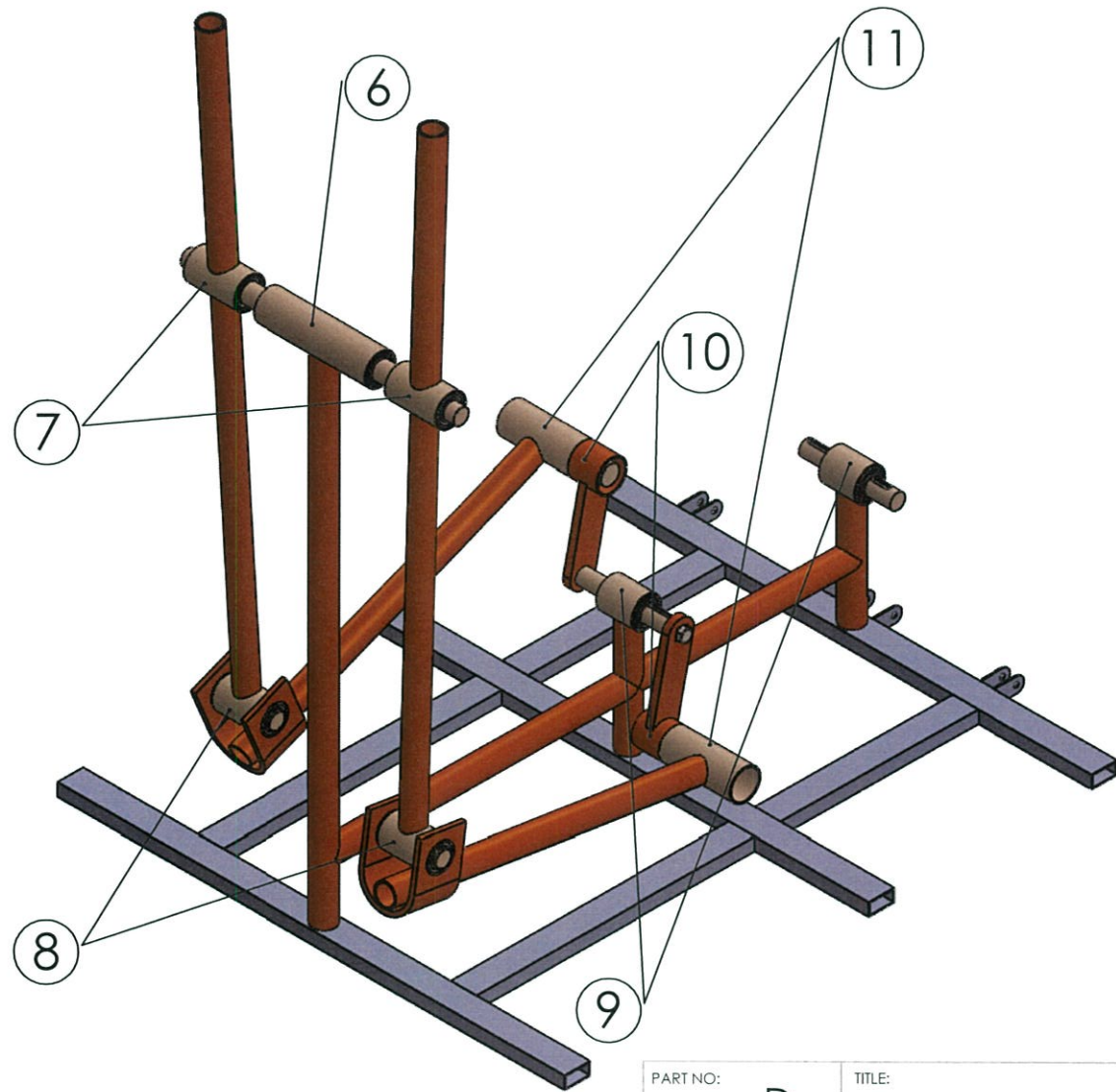
PART NO:	A	TITLE: EXERCISE BICYCLE POWERED WASHING MACHINE	
QTY:	1		
SCAL:	1:12	MATERIAL: S45C, HS51	UNIT: mm
SIZE:	A4	DESIGN BY: ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL	SHEET 1/6



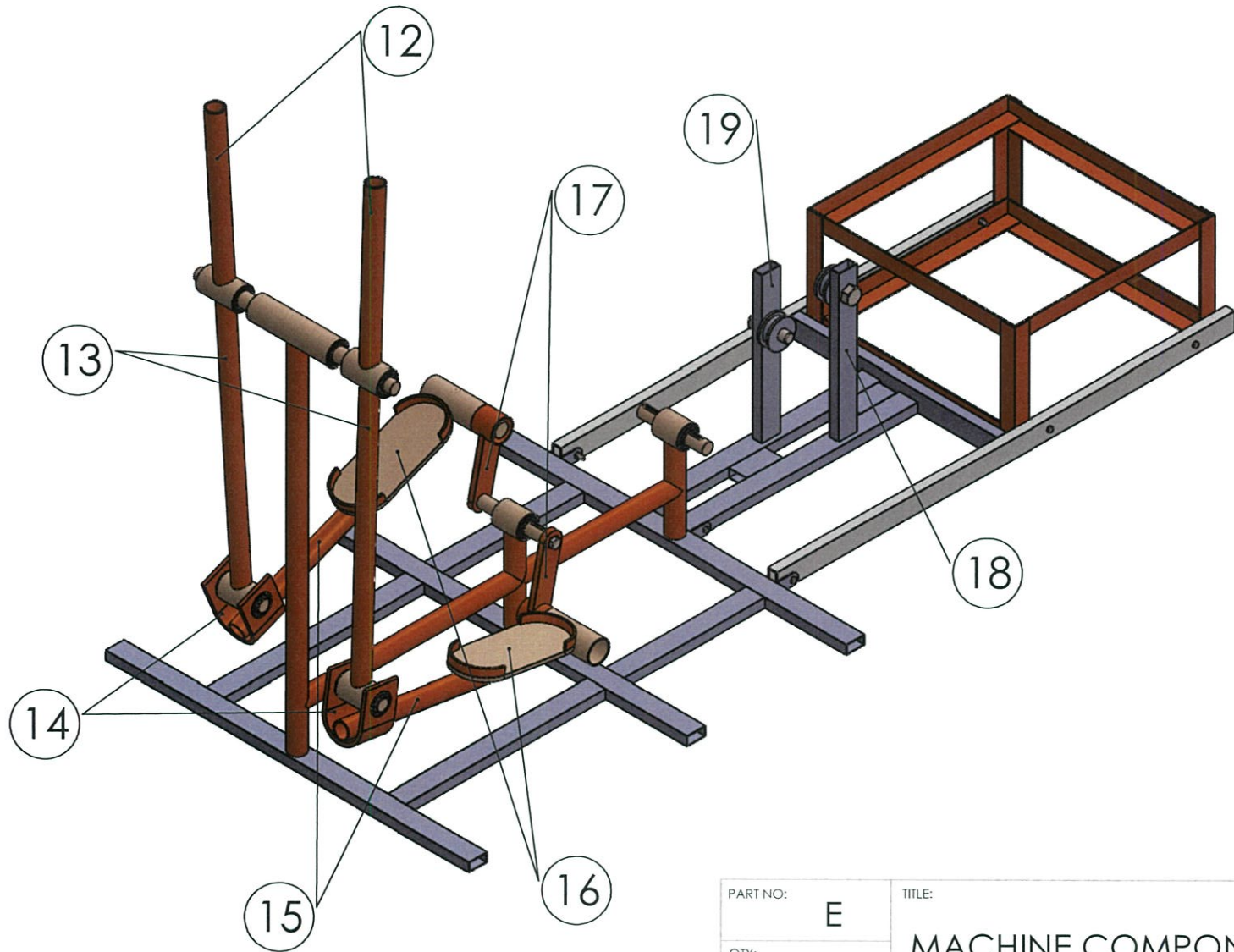
PART NO:	B	TITLE:	
QTY:	1	BASE DIMENSIONS	
SCAL:	1:10	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 2/6



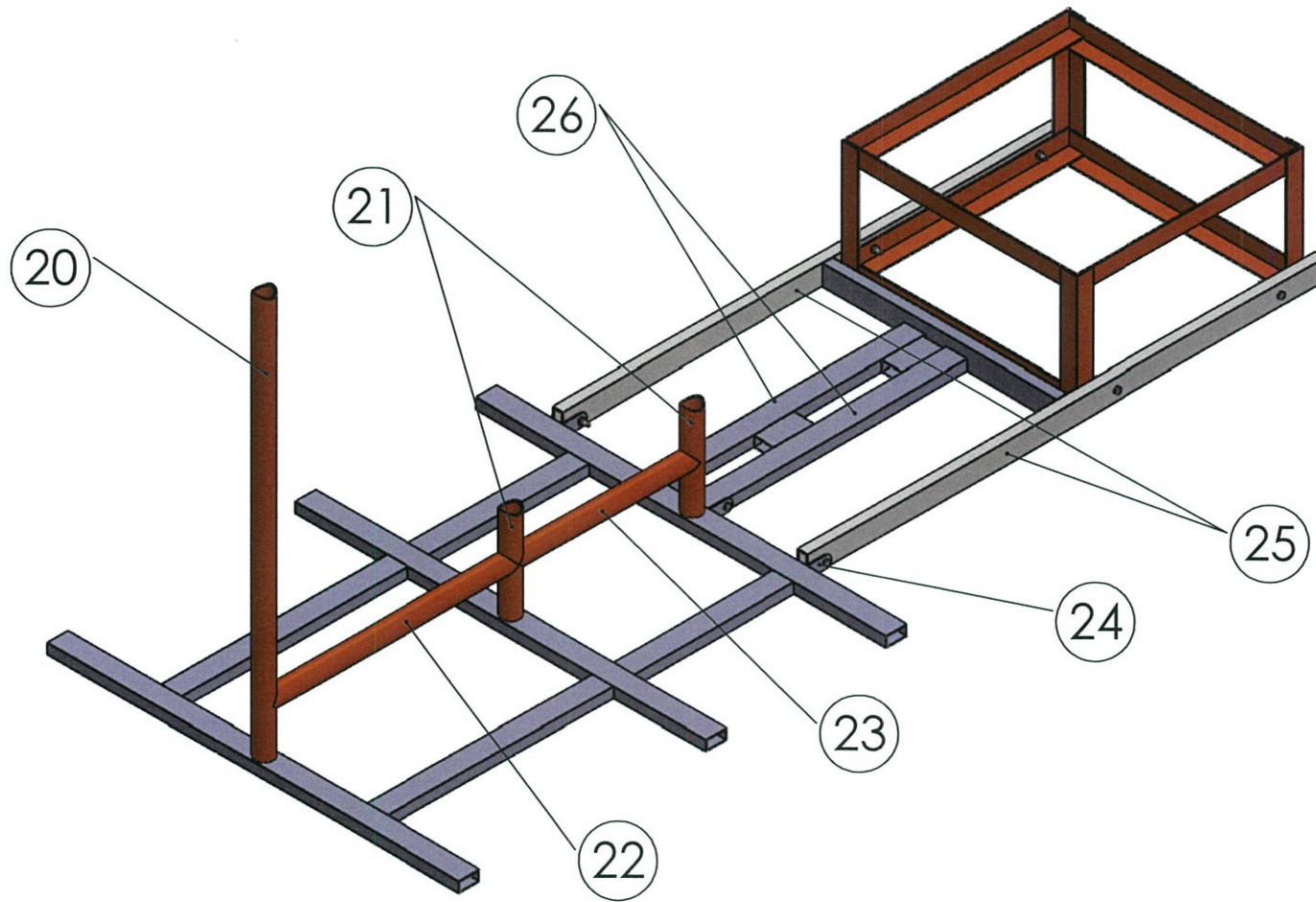
PART NO:	C	TITLE:	
QTY:	1	MACHINE COMPONENTS - SHAFT	
SCAL:	1:10	MATERIAL:	UNIT:
SIZE:	A4	SC45C	mm
		DESIGN BY:	SHEET 3/6
		ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL	



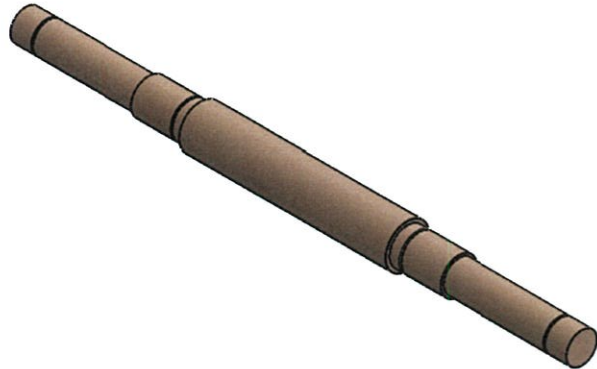
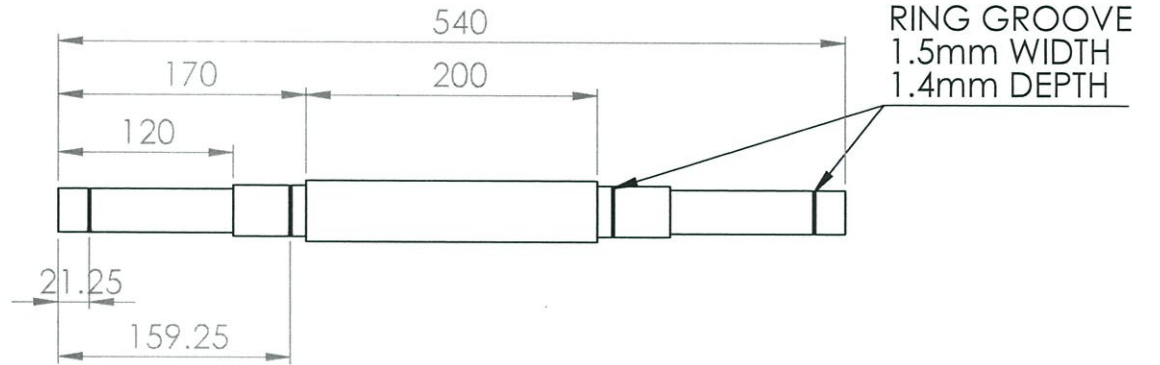
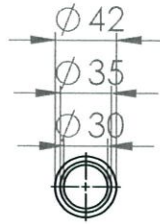
PART NO:	D	TITLE:	
QTY:	1	MACHINE COMPONENTS - BUSHES	
SCAL:	1:10	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 4/6



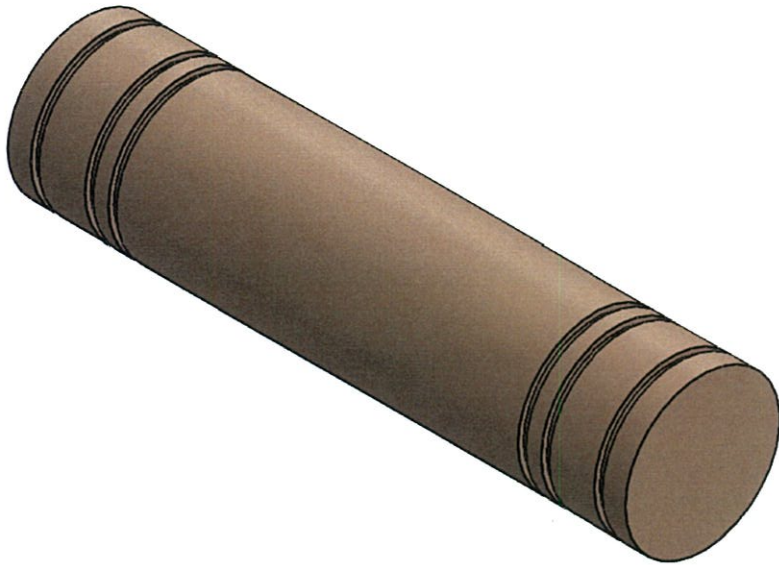
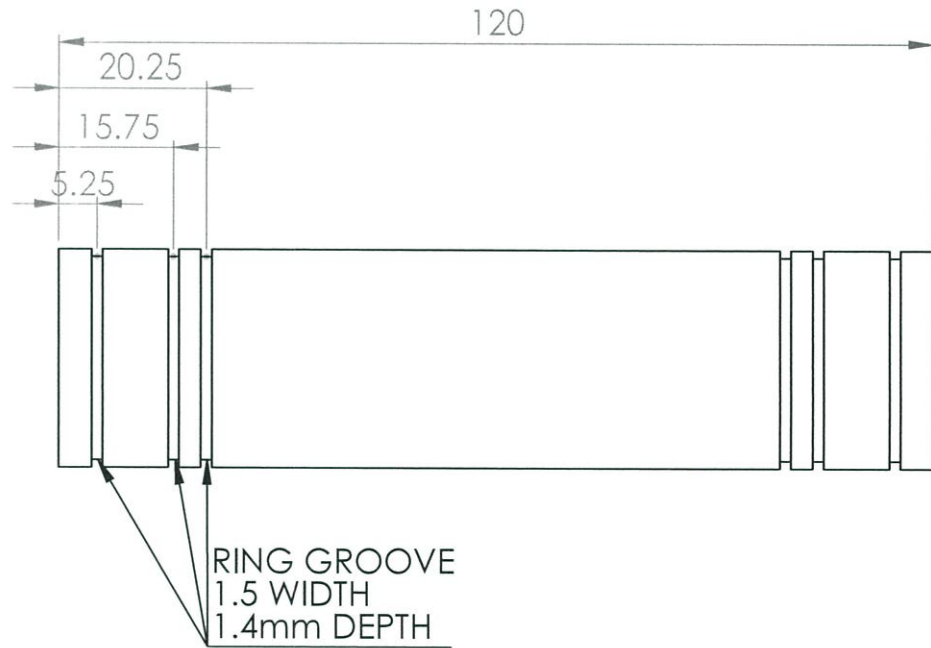
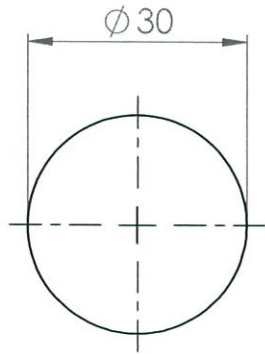
PART NO:	E	TITLE:	
QTY:	1	MACHINE COMPONENTS - BASE 1	
SCAL:	1:12	MATERIAL:	UNIT:
SIZE:	A4	HS51	mm
		DESIGN BY:	SHEET 5/6
		ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL	



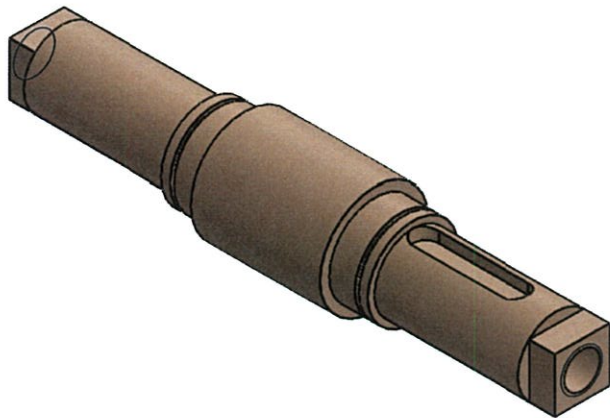
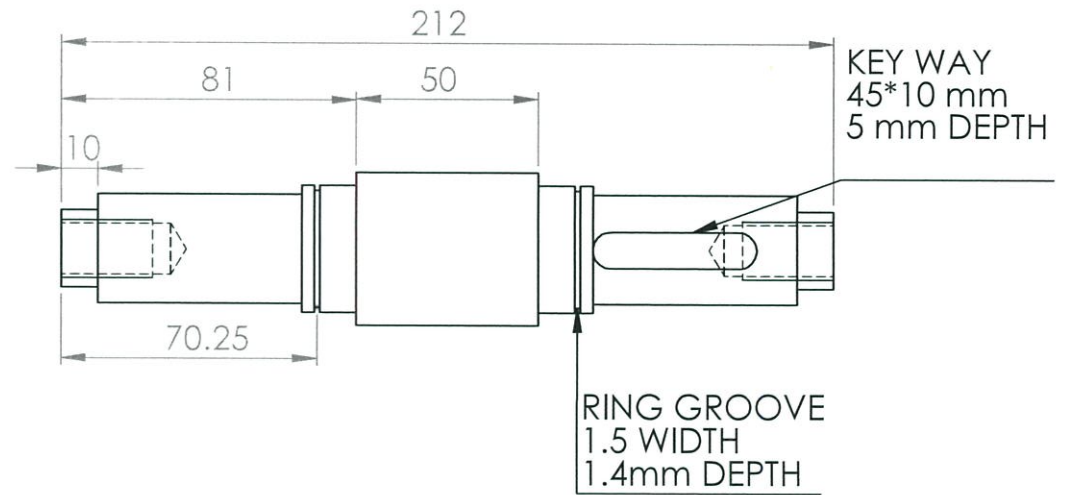
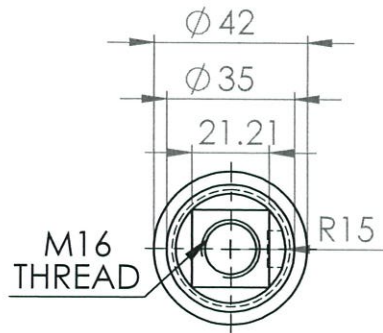
PART NO:	F	TITLE:	
QTY:	1	MACHINE COMPONENTS - BASE 2	
SCAL:	1:12	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 6/6



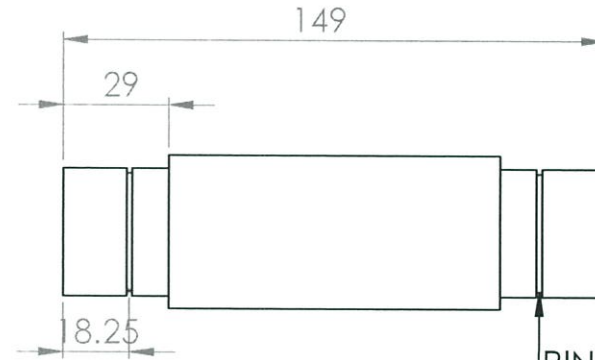
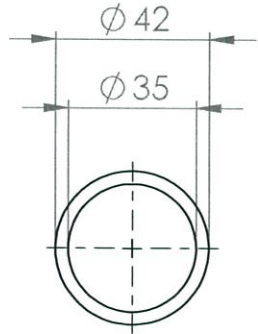
PART NO:	1	TITLE:	
QTY:	1	SHAFT 1	
SCAL:	1:5	MATERIAL:	S45C
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



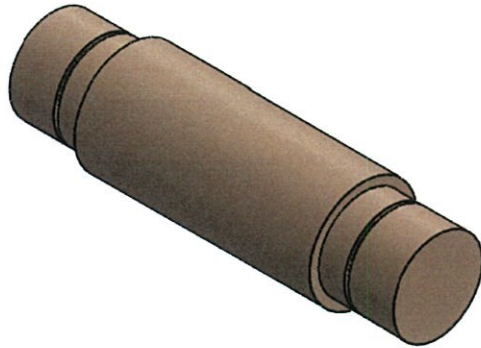
PART NO:	2	TITLE:	
QTY:	1	SHAFT 2	
SCAL:	1:1	MATERIAL:	S45C
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



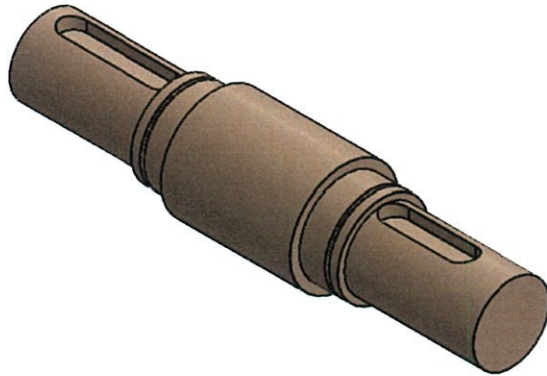
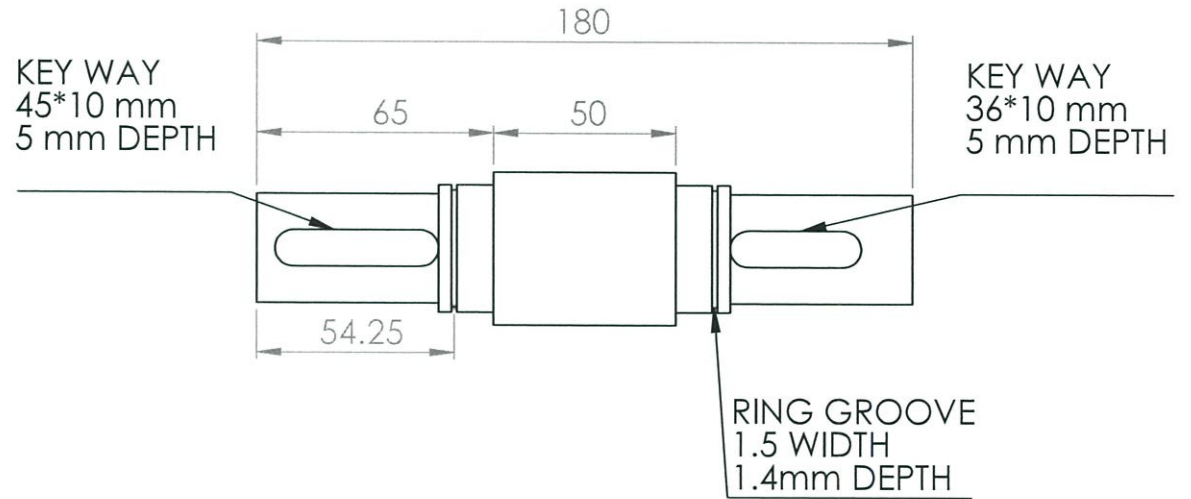
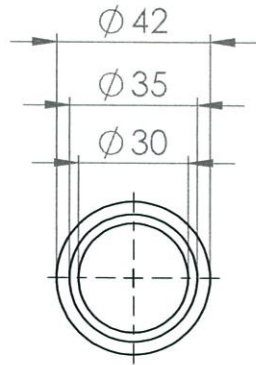
PART NO:	3	TITLE:	
QTY:	1	SHAFT 3	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	S45C
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



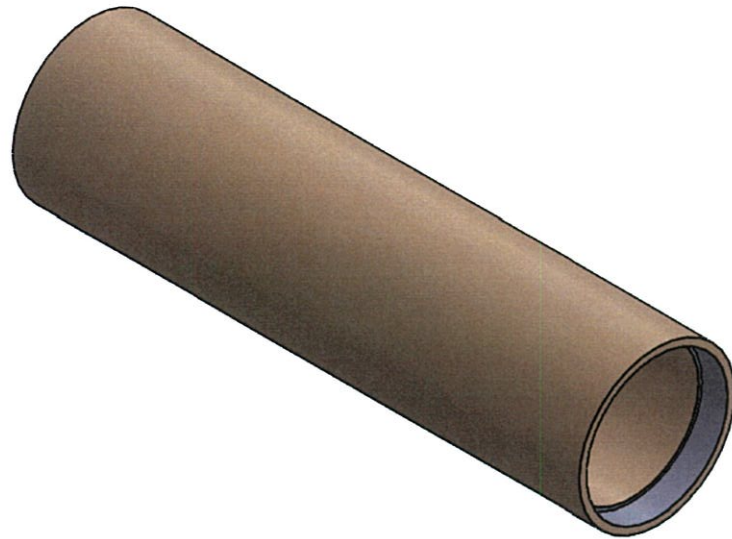
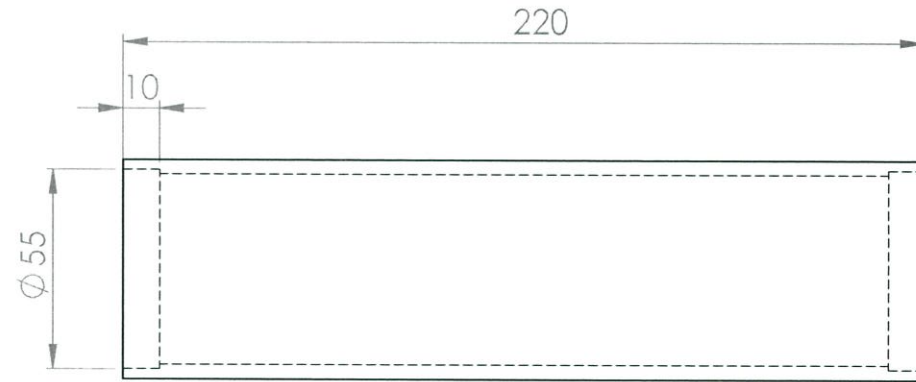
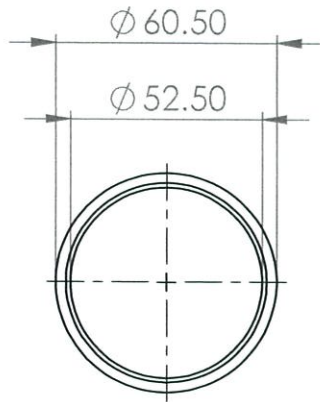
RING GROOVE
1.5 WIDTH
1.4mm DEPTH



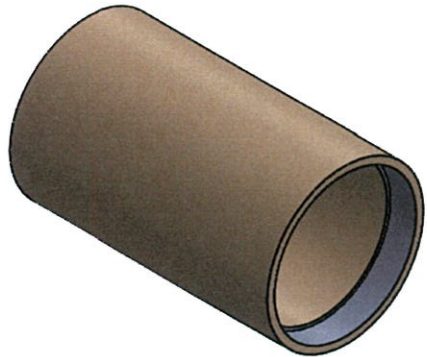
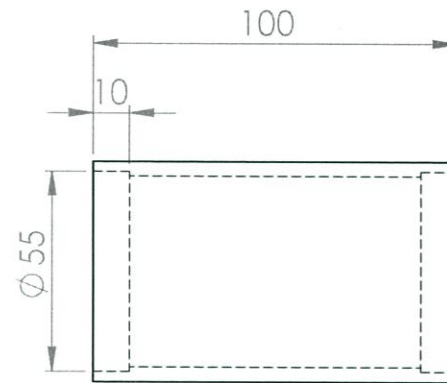
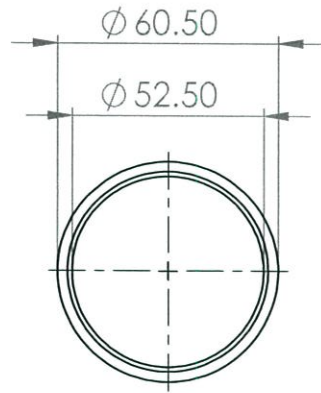
PART NO:	4	TITLE:	
QTY:	1	SHAFT 4	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	S45C
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



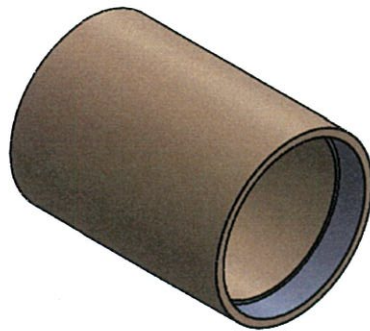
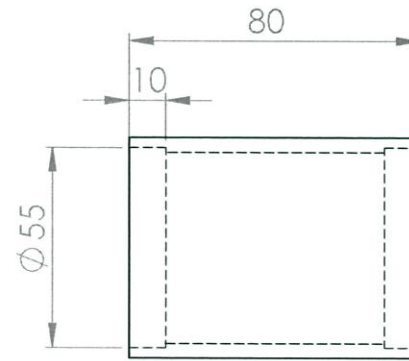
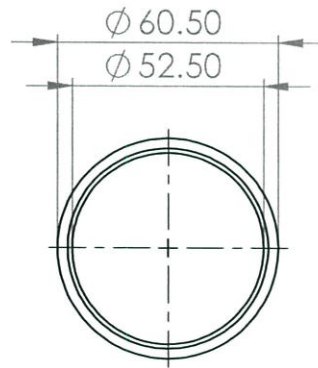
PART NO:	5	TITLE:	
QTY:	1	SHAFT 5	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	S45C
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



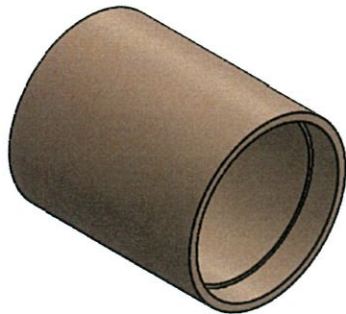
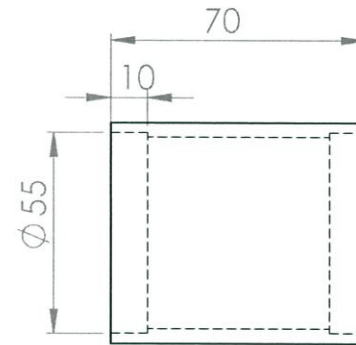
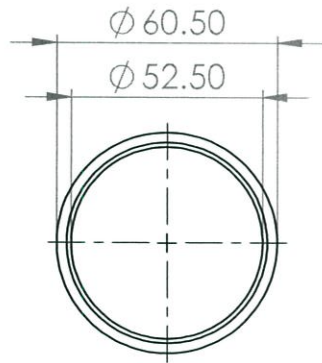
PART NO:	6	TITLE:	
QTY:	1	BUSH	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



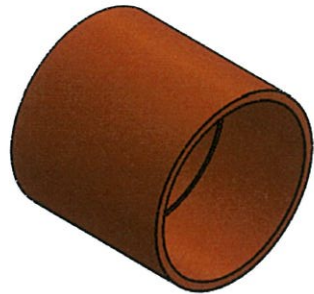
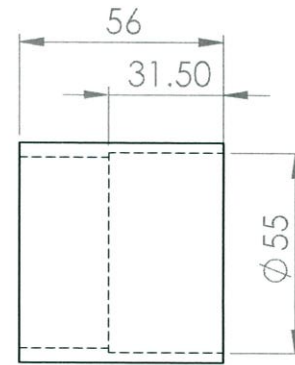
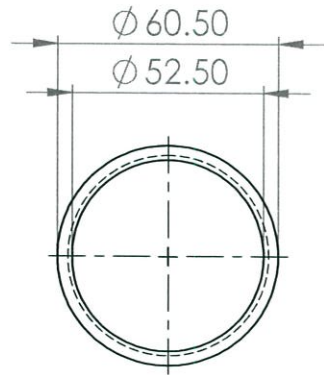
PART NO:	7	TITLE:	
QTY:	2	BUSH	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	UNIT:
SIZE:	A4	HS51	mm
		DESIGN BY:	SHEET 1/1
		ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL	



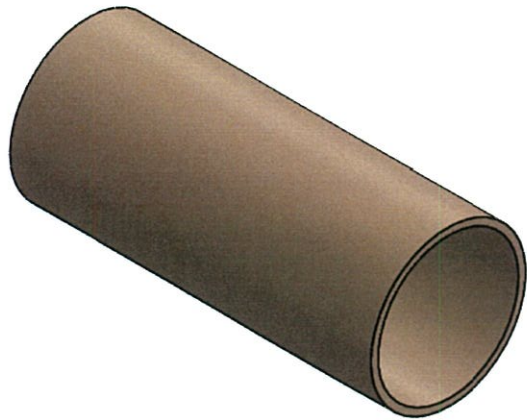
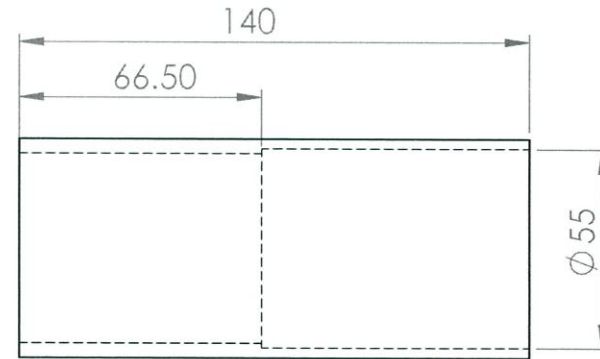
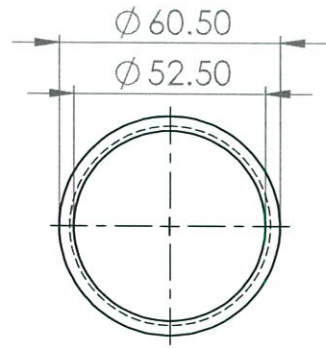
PART NO:	8	TITLE:	
QTY:	2	BUSH	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



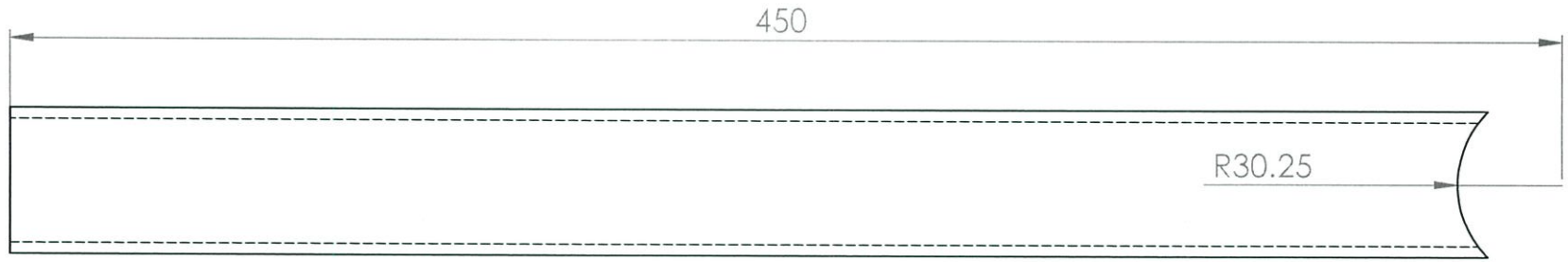
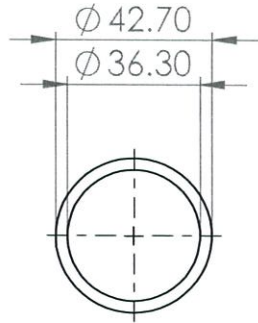
PART NO:	9	TITLE:	
QTY:	2	BUSH	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



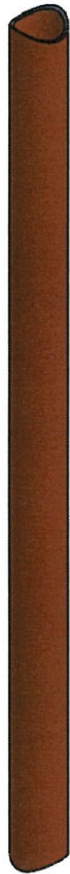
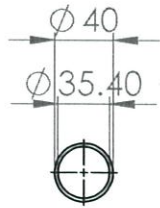
PART NO:	10	TITLE:	
QTY:	2	BUSH	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	UNIT:
SIZE:	A4	HS51	mm
		DESIGN BY:	SHEET 1/1
		ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL	



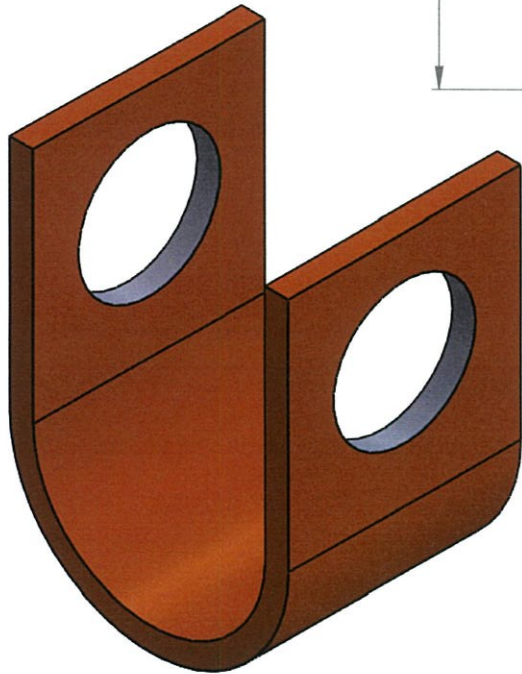
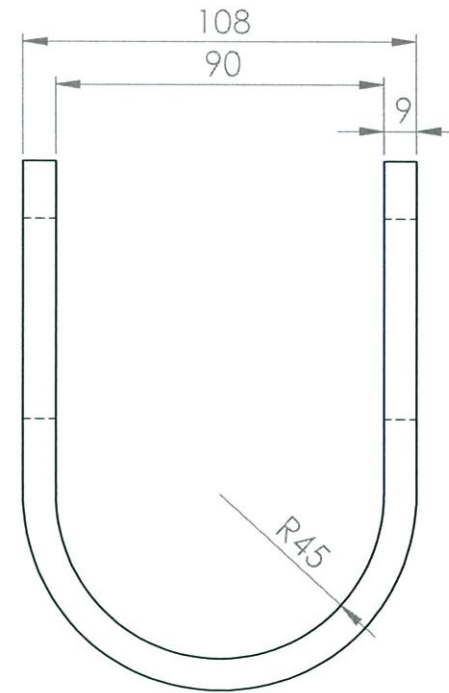
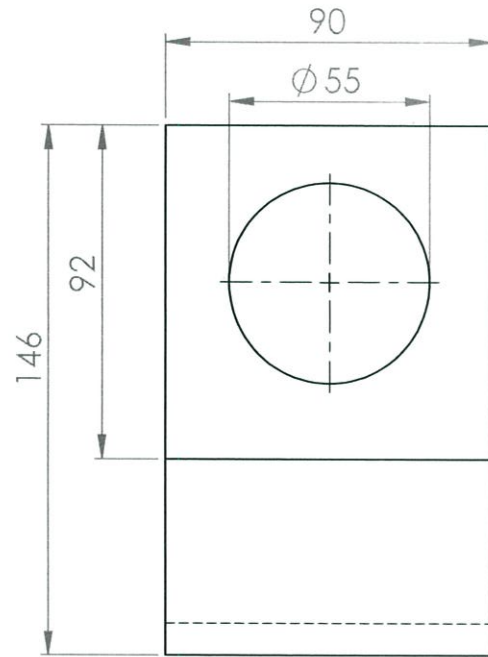
PART NO:	11	TITLE:	
QTY:	2	BUSH	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	UNIT:
SIZE:	A4	HS51	mm
		DESIGN BY:	SHEET 1/1
		ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL	



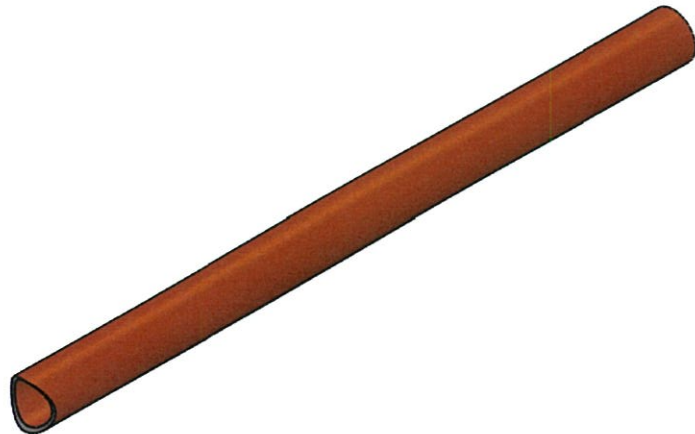
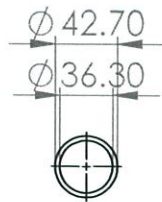
PART NO:	12	TITLE:	
QTY:	2	TOP ARM	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	UNIT:
SIZE:	A4	HS 51	mm
		DESIGN BY:	SHEET 1/1
		ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL	



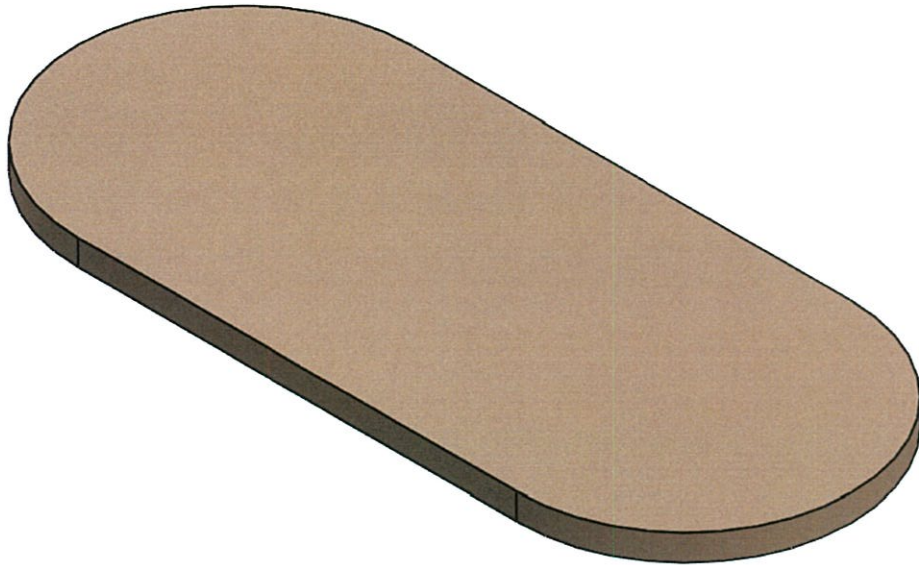
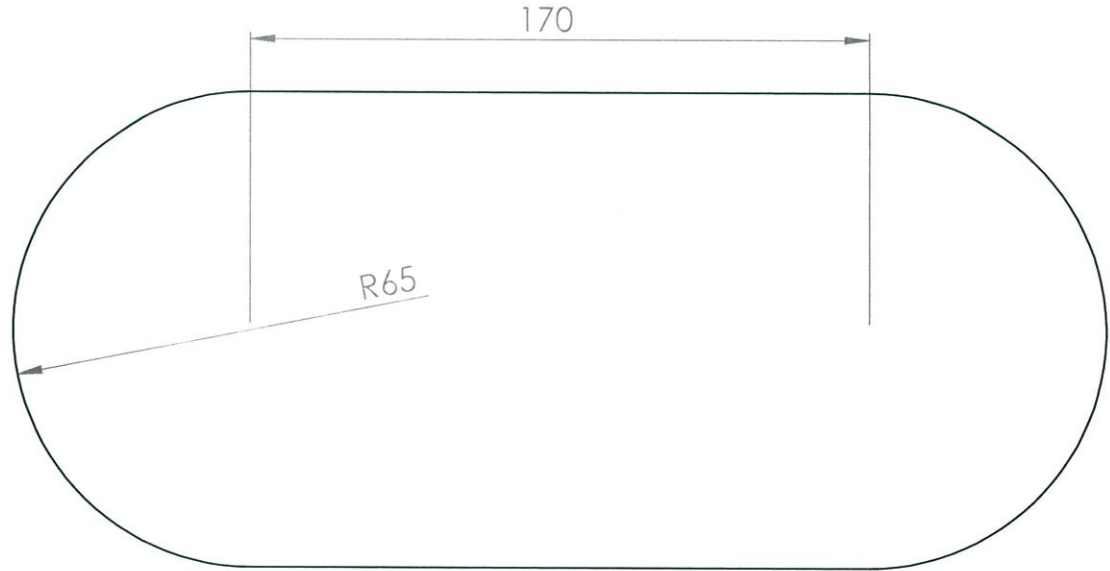
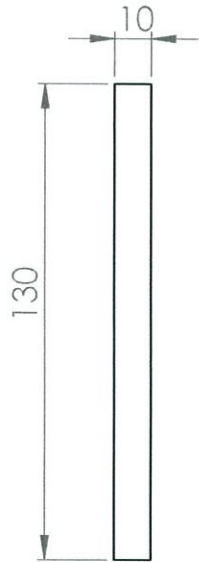
PART NO:	13	TITLE:	
QTY:	2	BOTTOM ARM	
SCAL:	1:5	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



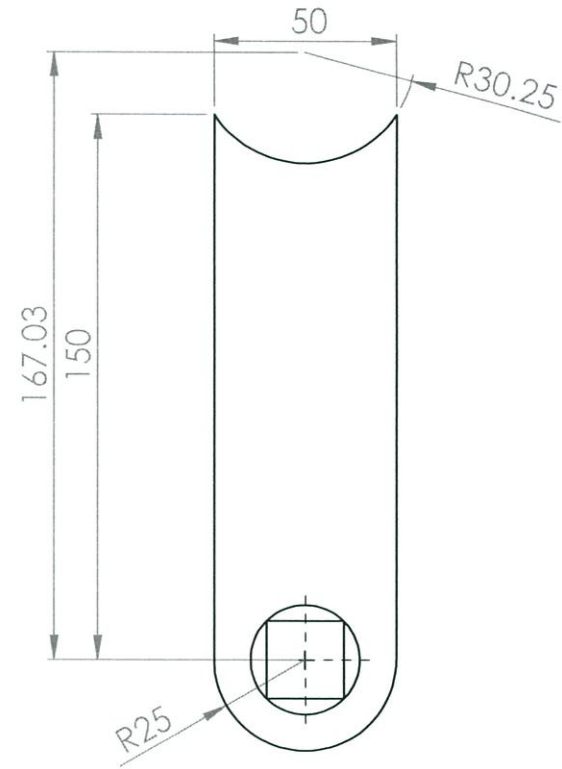
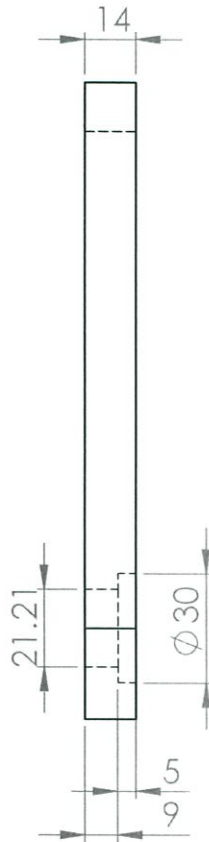
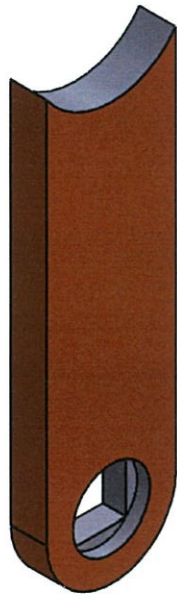
PART NO:	14	TITLE:	
QTY:	2	U BODY	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



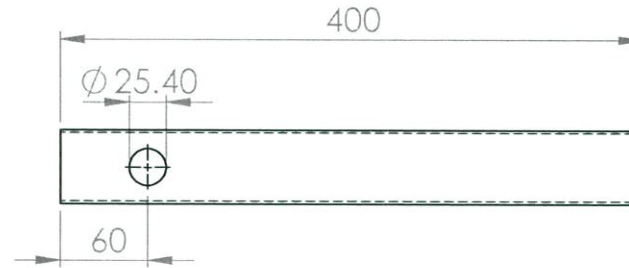
PART NO:	15	TITLE:	LEG	
QTY:	2			
SCAL:	1:5	MATERIAL:	HS51	UNIT: mm
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL	SHEET 1/1



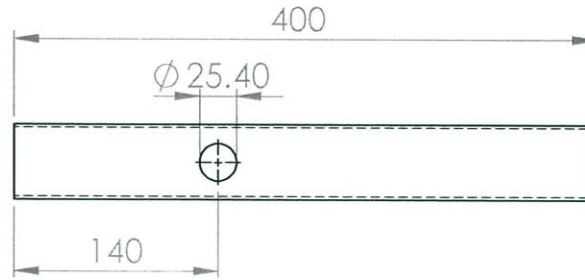
PART NO:	16	TITLE:	
QTY:	2	FOOT PLATE	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



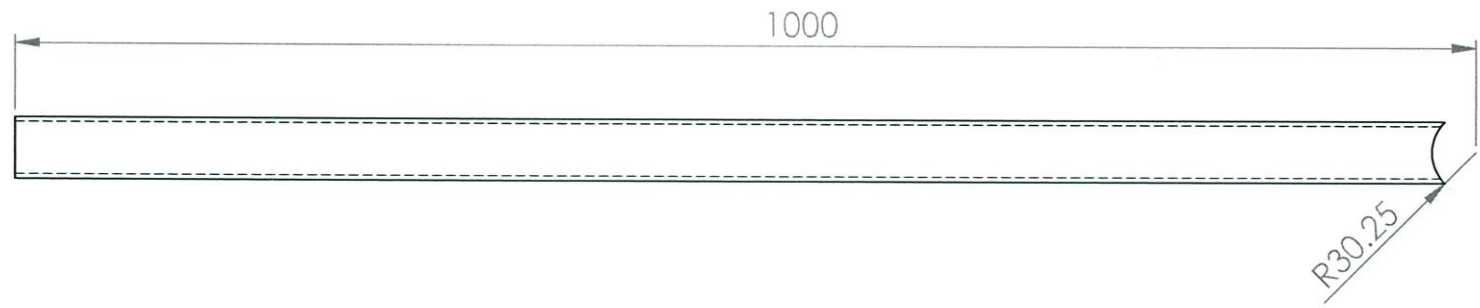
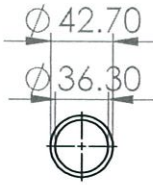
PART NO:	17	TITLE:	
QTY:	2	CRANK	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



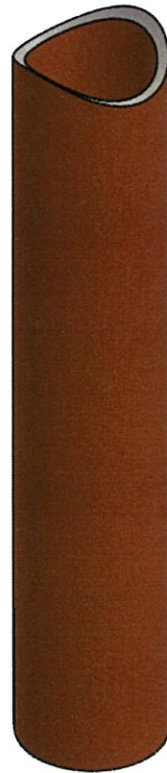
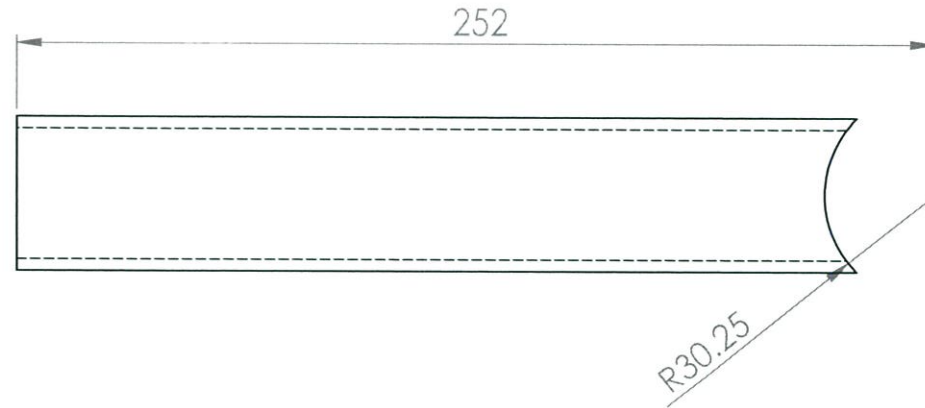
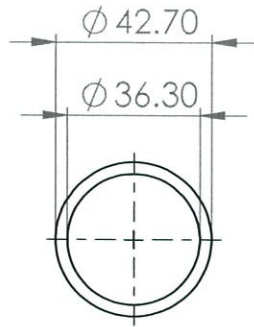
PART NO:	18	TITLE:	
QTY:	1	BASE	
SCAL:	1:5	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



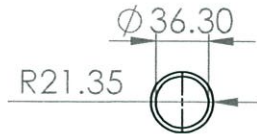
PART NO:	19	TITLE:	
QTY:	1	BASE	
SCAL:	1:5	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



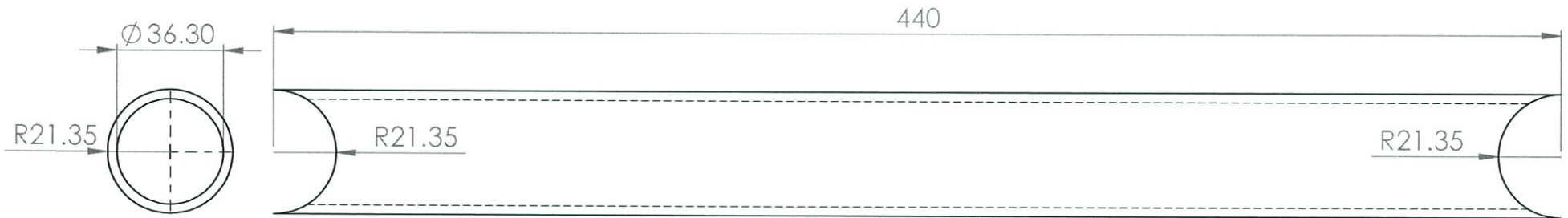
PART NO:	20	TITLE:	
QTY:	1	BASE	
SCAL:	1:5	MATERIAL:	SH51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



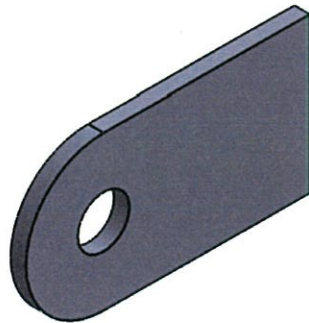
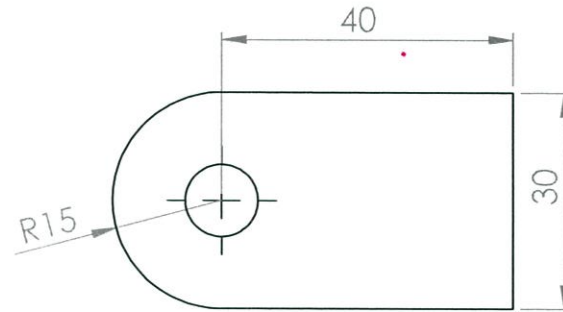
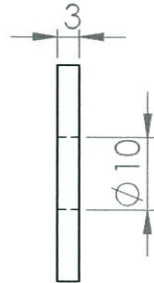
PART NO:	21	TITLE:	
QTY:	2	SUPPORT SHAFT	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



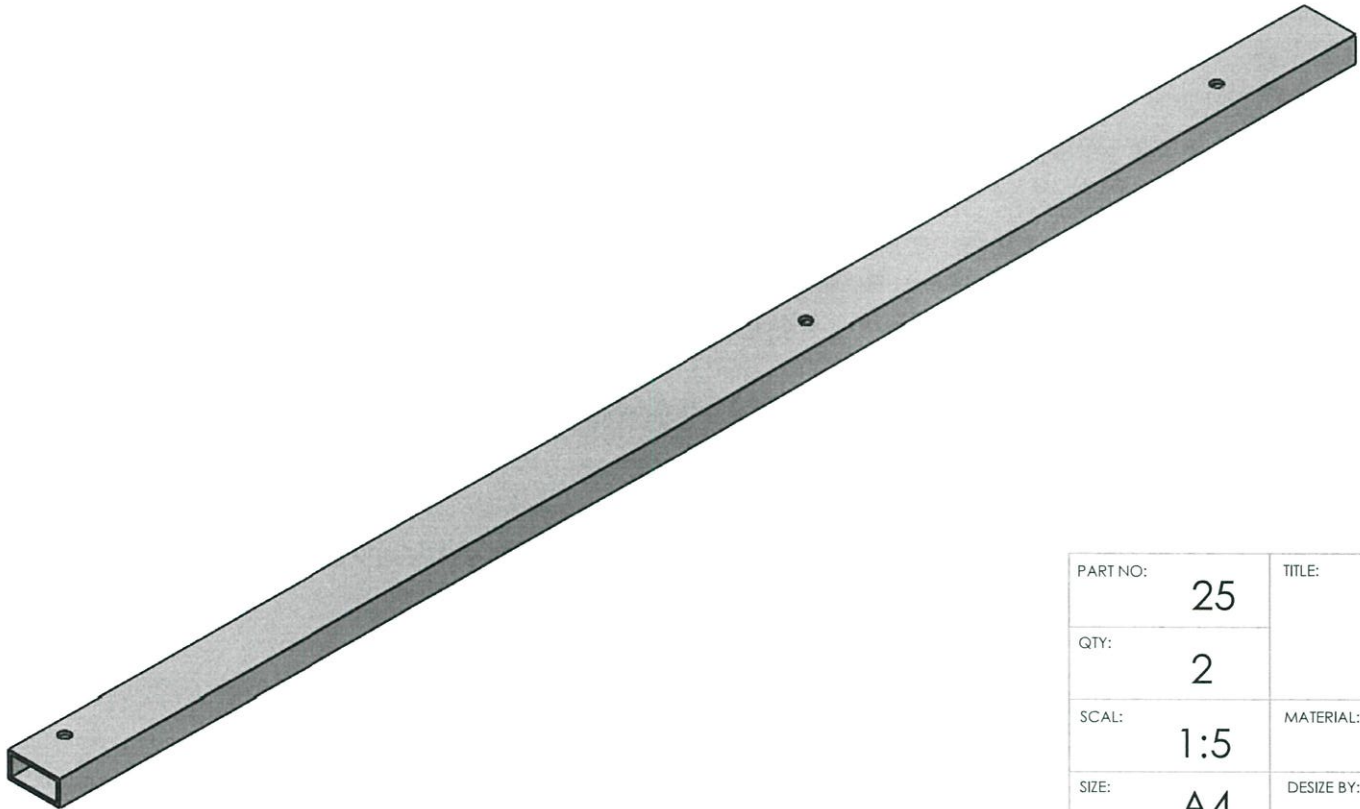
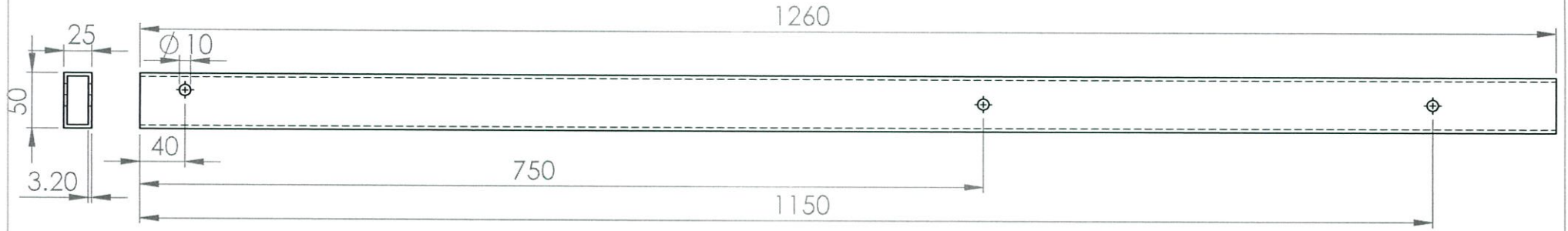
PART NO:	22	TITLE:	
QTY:	1	SUPPORT BASE	
SCAL:	1:5	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



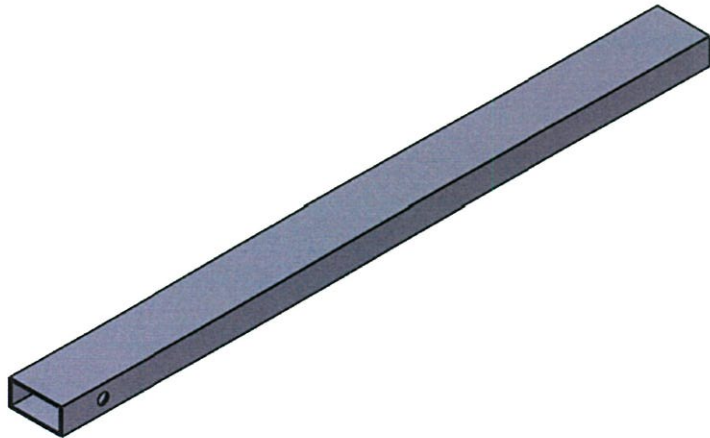
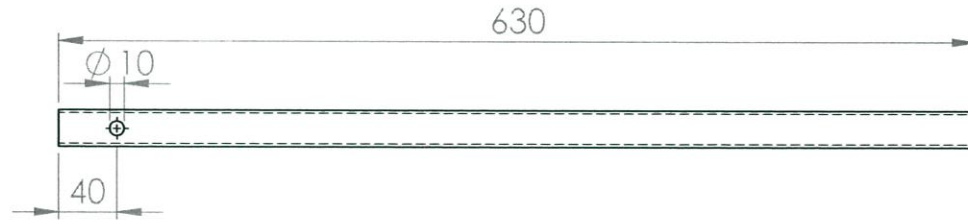
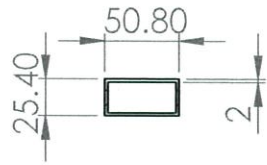
PART NO:	23	TITLE:	
QTY:	1	SUPPORT BASE	
SCAL:	1:2	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



PART NO:	24	TITLE:	
QTY:	8	BASE ATTACH PLATE	
SCAL:	1:1	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



PART NO:	25	TITLE:	
QTY:	2	WASHING MC BASE	
SCAL:	1:5	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1



PART NO:	26	TITLE:	
QTY:	2	BASE	
SCAL:	1:5	MATERIAL:	HS51
SIZE:	A4	DESIGN BY:	ME42 MECHANICAL ENGINEERING KMITL
		UNIT:	mm
			SHEET 1/1