เครื่องล้างจานอัตโนมัติ

นาย กิตติศักดิ์ พูลนุช

นาย วิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์

นาย สมพงษ์ เรือนแก้ว

นาย สุวัฒน์ แสงแดง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องล้างจานอัตโนมัติ

T055631

นายกิตติศักดิ์ พูลนุช
นายวิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์
นายสมพงษ์ เรือนแก้ว
นายสุวัฒน์ แสงแดง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

วพ.
ก6759
2546

เลขหมู่
เลขทะเบียน 55631
วัน,เดือน,ปี 20 พ.ค. 2548

.b
.i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC DISH WASHING MACHINE

MR.KITTISAK POONNUCH

MR.VIWAT SRISAWAT

MR.SOMPONG RUEANKAEO

MR.SUWAT SAENGDAENG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องล้างจานอัตโนมัติ AUTOMATIC DISH WASHING MACHINE
นักศึกษา	นายกิตติศักดิ์ พูลนุช รหัสประจำตัว 44015724 นายวิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ รหัสประจำตัว 44015752 นายสมพงษ์ เรือนแก้ว รหัสประจำตัว 44015754 นายสุวัฒน์ แสงแดง รหัสประจำตัว 44015764
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	

(อาจารย์ พลชัย โชติปรายนกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องล้างจานอัตโนมัติ
นักศึกษา	นายกิตติศักดิ์ พูลนุช รหัสประจำตัว 44015724 นายวิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์ รหัสประจำตัว 44015752 นายสมพงษ์ เรือนแก้ว รหัสประจำตัว 44015754 นายสุวัฒน์ แสงแดง รหัสประจำตัว 44015764
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	อาจารย์ พลชัย โชติปรายนกุล

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาการออกแบบ และสร้างเครื่องล้างจานอัตโนมัติ โดยเครื่องล้างจานที่สร้างขึ้นมานี้จะเป็นเครื่องล้างจานแบบอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ซึ่งจะใช้วงจรจากไมโครคอนโทลเลอร์ทำหน้าที่เป็น ชุดควบคุม ในการจ่ายไฟให้กับระบบ เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ ทำงาน โดยการสร้างเครื่องล้างจานอัตโนมัติขึ้นมาเป็นการพัฒนาให้เหมาะสมกับสภาวะการใช้งานและสามารถนำหลักการนี้ไปพัฒนาต่อไปในอนาคต

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	AUTOMATIC DISH WASHING MACHINE
Student	Mr. Kittisak Poonnuch
	Mr.Viwat Srisawat
	Mr.Sompong Rueankaeo
	Mr.Suwat Saengdaeng
Degree	Bachlor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic year	2003
Thesis Advisor	Mr. Pholchai Chotiprayanakul

ABSTRACT

The objective of this thesis is the study of design and development of Automatic Dish Washing Machine. Is is a small size which use the circuit microcontroller system as a main control. And it will be developed and appied in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีโดยได้รับความกรุณาจากอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการขอขอบคุณท่านอาจารย์พรศักดิ์ อรรถวานิช, ดร. สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ ที่คอยเอาใจใส่และกระตุ้นให้พวกเราตั้งใจทำงาน

ขอขอบคุณที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ที่ทำให้โครงงานนี้สำเร็จ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ สำหรับความช่วยเหลือและทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณพี่เก๋ากับพี่ติ่ง ที่คอยให้คำแนะนำปรึกษาและเป็นกำลังใจให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอมอบคุณงามความดีของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้แด่ บิดา มารดา ครูบาอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการที่เปิดโอกาสให้เกิดโครงงานนี้ขึ้น ถ้าผู้ใดที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นาย กิตติศักดิ์ พูลนุช
นาย วิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์
นาย สมพงษ์ เรือนแก้ว
นาย สุวัฒน์ แสงแดง

มีนาคม 2547

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... ข

กิตติกรรมประกาศ .... ค

สารบัญ .... ง

สารบัญตาราง .... ซ

สารบัญรูปภาพ .... ฌ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตปริญญานิพนธ์ 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 1

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เพลา 2

2.1.1 กำลังงานและภาระ 2

2.1.2 ค่าความปลอดภัย (Safety factor) 2

2.1.3 ความเร็ววิกฤต (Critical speed) 3

2.1.4 การออกแบบเพลา 3

2.2 โซ่ส่งกำลัง (Chain Drives) 3

2.2.1 ชนิดของโซ่ (Chain Types) 4

2.2.1.1 โซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูช 4

2.2.1.2 โซ่โบลต์ 4

2.2.1. 3 โซ่ฟัน 4

2.2.1.4 โซ่ลำเลียง 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

2.2.1. 5 โซ่ห่วงกลม 4
2.2.5 ลักษณะรูปร่างของล้อโซ่ 5
2.2.6 จำนวนฟันโซ่และความเร็วโซ่ใช้งาน 5
2.2.7 การส่งกำลังโซ่ 5
2.2.8 แรงในแนวสัมผัส 5
2.2.8.1 แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 6
2.2.9 โซ่มาตรฐาน 6
2.3 แบริ่ง 7
2.3.1 การแบ่งประเภทของแบริ่ง 7
2.3.1.1 รองลื่นรัศมีซึ่งอาจแบ่งย่อยออกไปอีกเป็น 7
2.3.1.2 กาบเพลากันรุน 7
2.3.1.3 กาบเพลาแบบพิเศษ (แบบทรงกลม) 7
2.3.2 วัสดุที่ใช้ทำรองลื่น 7
2.3.3 วัสดุสำหรับรองลื่นที่ใช้งานทั่ว ๆ ไป 8
2.3.4 รองลื่นกันรุน 8
2.3.5 การนำน้ำมันเข้าไปหล่อลื่นรองลื่นกาบเพลา 8
2.3.6 ตลับลูกปืนชนิดต่าง ๆ 9
2.3.7 ความสามารถในการใช้งานของตลับลูกปืน 10
2.3.8 วัสดุทำตลับลูกปืน 11
2.4 งานเชื่อม (WELDING JOINT) 11
2.4.1 ประเภทของงานเชื่อมแบ่งเป็น 2 แบบ 11
2.4.2 คุณภาพของงานเชื่อม 12
2.5 มอเตอร์ไฟฟ้า 12
2.5.1 ชนิดของมอเตอร์ 13
2.5.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC MOTORS) 13
2.5.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

2.5.3.1 มอเตอร์แบบอินดักชัน (induction motor) 14

2.5.3.2 มอเตอร์ไฟสลับแบบซิงโครนัส 15

2.6 ภาษาแอสแซมบลี 16

2.7 ปั๊ม (Pump) 18

2.7.1 การจัดประเภทของปั๊มสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ 18

2.7.2 การคำนวณหาขนาดของปั๊ม 18

2.8 ฮีตเตอร์ 19

บทที่ 3 การออกแบบ / การดำเนินงาน

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน 21

3.2 การดำเนินงานด้านโครงสร้างและตัวควบคุม 22

3.2.1 ฮาร์ดแวร์ 22

3.2.2 โครงเครื่อง 23

3.2.3 ชุดหัวฉีด 24

3.2.4 ฝาครอบ 25

3.2.5 ถาดรองน้ำ 26

3.2.6 ชุดลูกกลิ้ง 26

3.2.7 แผ่นรองตะกร้าบรรจุภาชนะ 27

3.2.8 แผ่นครอบเหล็กตัว C 27

3.3 ซอฟร์แวร์ 28

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการดำเนินงานด้านฮาร์ดแวร์ 29

4.2 ผลการดำเนินงานด้านซอฟแวร์ 30

4.3 ผลการทดสอบ 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 ข้อจำกัดของการวิจัย 37

5.2 ข้อเสนอแนะในขั้นตอนต่อไป 37

5.3 ประโยชน์ในทางประยุกต์ของผลวิจัยที่ได้ 37

บรรณานุกรม 38

ภาคผนวก ผ1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อดีและข้อเสียของการขับด้วยโซ่ 4

ตารางที่ 2.2 แสดงการคำนวณหาค่าต่างๆ 15

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดสอบ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงลำดับการแปลงโปรแกรมจากภาษาชั้นสูงเป็นโปรแกรมปฏิบัติการ 17
รูปที่ 3.1 ภาพประกอบของเครื่องล้างจาน 22
รูปที่ 3.2 ภาพโครงเครื่อง 23
รูปที่ 3.3 ภาพหัวฉีดล้าง 24
รูปที่ 3.4 ภาพหัวฉีดเครือบแห้ง 25
รูปที่ 3.5 ภาพฝาครอบ 25
รูปที่ 3.6 ภาพ ถาดรองน้ำ 26
รูปที่ 3.7 ภาพชุดลูกกลิ้ง 26
รูปที่ 3.8 ภาพแผ่นรองตระกร้าบรรจุภาชนะ 27
รูปที่ 3.9 ภาพแผ่นครอบเหล็กตัว C 27
รูปที่ 3.10 ภาพการทำงานของชุดควบคุม 28
รูปที่ 4.1 เครื่องล้างจาน 28
รูปที่ 4.2 ภาพด้านหน้าเครื่องล้างจาน 29
รูปที่ 4.3 ภาพแสดงการฉีดล้าง 30
รูปที่ 4.4 ภาพแสดงการฉีดเคลือบ 30
รูปที่ 4.5 ภาพแสดงการฉีดเคลือบ 30
รูปที่ 4.6 ภาพการล้างจานที่แรงดันไฟฟ้า 12 โวลท์ 31
รูปที่ 4.7 ภาพการล้างจานที่แรงดันไฟฟ้า 10 โวลท์ 32
รูปที่ 4.8 ภาพการล้างจานที่แรงดันไฟฟ้า 8 โวลท์ 33
รูปที่ 4.9 ภาพการล้างจานที่แรงดันไฟฟ้า 6 โวลท์ 34
รูปที่ 4.10 ภาพการล้างจานที่แรงดันไฟฟ้า 5 โวลท์ 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันนี้เครื่องอำนวยความสะดวกต่างๆ ได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันอย่างมาก เนื่องจากว่า สิ่งเหล่านี้สามารถสร้างความสะดวกสบาย ให้กับผู้ใช้ นอกจากนั้นแล้ว ยังช่วยให้การทำงานมีความรวดเร็วขึ้น เครื่องล้างจานถือได้ว่าเป็นเครื่องอำนวยความสะดวกเช่นกัน แต่ยังไม่มีการใช้งานที่แพร่หลาย เนื่องจากว่าเครื่องมีราคาสูง และยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่ที่ใช้อยู่จะเป็นเครื่องล้างจานแบบอุตสาหกรรม โดยที่เครื่องล้างจานในปัจจุบันนี้ได้มีการสร้างและพัฒนาขึ้นมาอยู่หลายชนิด เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบอัตโนมัติ
2. เพื่อเพิ่มทักษะในการออกแบบและการสร้างเครื่องจักรให้สามารถใช้งานได้

1.3 ขอบเขตปริญญานิพนธ์

1. เครื่องที่สร้างขึ้นสามารถล้างคราบสกปรกที่เปื้อนติดกับภาชนะได้โดยควบคุมการทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ
2. สามารถล้างจานได้ครั้งละ 10- 14 ใบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เครื่องล้างจานนี้สร้างขึ้นมาเพื่อช่วยประหยัดเวลาและเพิ่มจำนวนจานที่จะล้างให้มากขึ้น
2. สามารถออกแบบ และคำนวณโครงสร้าง ส่วนประกอบของเครื่องล้างจานได้
3. เข้าใจการทำงานและส่วนประกอบของเครื่องล้างจาน
4. เข้าใจถึงการควบคุมด้วยการใช้คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องมือกล ที่มีความสำคัญของระบบการส่งผ่านกำลัง กำลังที่ส่งผ่านเพลาอยู่ในรูปของโมเมนต์แรงบิด (Torque) ในการส่งผ่านกำลังระหว่างเพลาหนึ่งไปอีกเพลาหนึ่ง จำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง เช่น เฟือง , โซ่ , สายพาน ฯลฯ ดังนั้น จึงเกิดแรงเนื่องจากแรงฉุดของโซ่ หรือแรงดึงของสายพานมากระทำต่อเพลาอันเป็นผลให้เกิด โมเมนต์ดัด (beading moments) ขึ้นบนเพลา และบางกรณีอาจจะมีแรงกระทำตามแนวแกนของเพลาด้วย ดังนั้นในขณะที่เพลาทำหน้าที่ส่งผ่านกำลัง เพลาจะรับโมเมนต์ดัดพร้อม ๆ กัน

โดยปกติทั่วไปรูปหน้าตัดของเพลาจะเป็นวงกลม ขนาดไม่เท่ากันแต่จะกลึงบ่าเป็นชั้น ๆ บางตำแหน่งจะมีร่องลิ่มเพื่อใช้ในการติดตั้ง มู่เลย์ เฟือง แบริ่ง หรือชิ้นส่วนอื่น ๆ เพลาที่ใช้ทั่วไปมีทั้งเพลากลวงและเพลาตัน

สำหรับวัสดุที่ใช้เพลาส่วนใหญ่จะเป็นเหล็กเหนียว (Steel) เช่น St 50 , St 60 หรือ St 70 ในกรณี St 70 หรือ Chom-Vanadium Steel (40 Mn 4 , 16 Mn Cr 5 หรือ 18 CrNi 8 เป็นต้น)

2.1.1 กำลังงานและภาระ

ในการคำนวณกำลังงานและภาระของเพลาสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$P = 2\pi TN / (60 * 1000) \tag{2.1}$$

เมื่อ

P = กำลังงานที่เพลารับหรือส่ง (kw)

T = โมเมนต์แรงบิดของเพลา (Nm)

N = ความเร็วรอบของเพลา (rpm)

2.1.2 ค่าความปลอดภัย (Safety factor)

การตรวจสอบค่าความปลอดภัยของเพลา จะต้องตรวจสอบบริเวณที่อันตราย เช่น บริเวณที่มีโมเมนต์ดัดสูง บริเวณที่มีการเปลี่ยนรูปร่างลักษณะของเพลา (การตกบ่า ตกร่อง หรือทำร่องลิ่ม เป็นต้น) ค่า Equivalent stress (σ_c) ที่เกิดขึ้นบริเวณนั้นจะต้องน้อยกว่าค่าความเค้นที่ยอมให้ใช้งานได้ของเพลาบริเวณนั้นๆ เพื่อให้แน่ใจว่าเพลาบริเวณนั้นจะไม่เกิดการเสียหายเมื่อนำไปใช้งาน

$$\sigma_{As} / \sigma_c \geq 1.5 - 2.5 \tag{2.2}$$

ค่า 1.5 – 2.5 นี้คือ ค่าความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

$$Sf = \sigma_{AS} / \sigma_c \quad (2.3)$$

Sf = ค่าความปลอดภัย (safety factor)

σ_A = ค่าความเค้นที่ยอมให้ใช้งานได้ของเพลาบริเวณตรวจสอบ (N / mm^2)

σ_c = ความเค้นรวมบริเวณตรวจสอบ (N / mm^2)

2.1.3 ความเร็ววิกฤต (Critical speed)

เมื่อเพลาที่ต้องการความแข็งแรงสูง และคงทนต่อการใช้งาน อาจใช้เหล็กกล้าผสม(Alloy Steel) หมุนถึงความเร็วจุดหนึ่ง ซึ่งแรงหนีศูนย์กลางเนื่องจาก การโก่งงอ มีค่าเท่ากับแรงดึงกลับของเนื้อวัเพลา (Elastic force) จะก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้นอย่างมาก ความเร็วจุดนี้เรียกว่า ความเร็ววิกฤต ดังนั้นความเร็วใช้งานจะต้องหนีจุดนี้ และจะต้องให้ความเร็วของเพลาวิ่งผ่านจุด ความเร็ววิกฤต นี้โดยเร็ว

2.1.4 การออกแบบเพลา

ในการออกแบบหาขนาดของเพลา จะต้องพิจารณาถึงสิ่งเหล่านี้คือ

1. กำลังงาน (Power) และภาระ (Load) ที่ใช้เพลาส่งกำลัง
2. ความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลา รวมทั้งรูปร่าง ขนาด วัสดุ และผิวงานสำเร็จ ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิด Stress concentration ขึ้น ณ ตำแหน่งต่างๆ ของเพลา
3. ความแกร่ง (Stiffness หรือ Rigidity) หมายถึง ความคงทนต่อการแอ่นตัวหรือการบิดไปของเพลา เมื่อใช้รับภาระ
4. Critical Speed หมายถึง การสั่นตัวของเพลา อันเป็นผลต่อเนื่องมาจากการแอ่นตัวในการออกแบบขนาดของเพลาสำหรับงานปกติทั่วไป จะพิจารณาเฉพาะกำลังงาน ภาระ และคำนวณ ตรวจความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลาเพื่อให้ได้ความปลอดภัยเพียงพอ สำหรับงานพิเศษในบางกรณีจึงจะพิจารณาความแกร่ง และความเร็ววิกฤต

วิธีการหาขนาดเพลา

1.หาขนาดเพลาจากความเค้นดัด (bending stress) หรือ ความเค้นแรงบิด (Torqtional stress)

2.ตรวจค่าเผื่อความปลอดภัย (sf) ต้องอยู่ระหว่าง 1.5 – 2.5

3.ตรวจความแกร่งของเพลา

-มุมบิด (Angle twist)

-การโก่งงอ (Defection)

2.2 โซ่ส่งกำลัง (Chain Drives)

โซ่ส่งกำลังสามารถส่งกำลังเพื่อให้ได้แรงบิด (หมุน) สูงมากโดยที่ให้เป็นชุดส่งกำลังมีขนาดเล็กได้ เป็นลักษณะการส่งกำลังด้วยรูปร่างและที่รองเพลาจะรับภาระน้อยมาก ไม่มีการลื่นไถลในขณะส่งกำลัง ข้อต่อโซ่จะรับความเสียดทานลื่น (Slide Friction) จึงต้องมีการหล่อลื่นที่เพียงพอ โซ่ส่งกำลังจะใช้งานประเภทภาระดึง แต่ในที่ที่อุณหภูมิสูงหรือโรงงานเคมี ความชื้นที่สายพานไม่สามารถเข้าไปใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.1 แสดงข้อดีและข้อเสียของการขับด้วยโซ่

ข้อดี	ข้อเสีย
-ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง -ไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงชั้นต้นเหมือนสายพาน -ไม่มีการสลิบในขณะที่กำลังส่ง -มีขนาดกะทัดรัด -ติดตั้งง่าย -ใช้งานได้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูง	-มีเสียงดัง -เนื่องจากความเร็วขอบสูง จึงอันตรายเมื่อโซ่ขาด -ไม่มีความอ่อนตัวในการส่งกำลัง เพลาจะต้องขนานกัน -ส่งกำลังแบบไขว้ไม่ได้ -มีราคาแพง -ต้องมีการหล่อลื่น

2.2.1 ชนิดของโซ่ (Chain Types)

ชนิดของโซ่จะแบ่งตามการใช้งานของโซ่ จะนำมาใช้ส่งกำลัง ลำเลียง ใช้ขับ ยกและส่งน้ำหนัก ส่งถ่ายแรงบิดแบบโมเมนต์บิด โซ่จึงแบ่งตามลักษณะรูปร่างดังนี้

2.2.1.1 โซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูช โซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูชจะประกอบไปด้วยแผ่นปิดข้างโซ่ด้านนอก และด้านในที่ยึดด้วยบูชและโบลต์เข้าด้วยกัน โซ่ลูกกลิ้งส่วนใหญ่ที่มีการใช้งานจะมีลูกกลิ้งที่ชุบแข็ง (หมุนได้) อยู่ในบูช ลูกกลิ้งนี้จะช่วยลดความเสียดทานและการสึกหรอของด้านข้างของเฟืองโซ่ในขณะที่ล้อของเฟืองโซ่ขับและมีเสียงดังน้อยมากเมื่อมีความเร็วโซ่

2.2.1.2 โซ่โบลต์ โซ่โบลต์จะมีรูปร่างของแผ่นปิดข้างโซ่ทั้งด้านในและด้านนอกเหมือนกัน โดยร้อยเข้ากับโบลต์ การใช้แผ่นปิดข้างโซ่หลายผ่านติดกัน จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดึงที่โซ่ต้องรับ เมื่อเปรียบเทียบกับโซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูชแล้ว โซ่โบลต์จะมีแรงเสียดทานระหว่างโบลต์กับแผ่นปิดข้างโซ่มากกว่า ด้วยเหตุนี้จึงนิยมนำโซ่โบลต์มาใช้กับงานที่มีความเร็วโซ่ต่ำ โซ่โบลต์มีความมั่นคงแข็งแรงมาก จึงนิยมนำมาใช้งานเป็นโซ่ยกของและการลำเลียง

2.2.1. 3 โซ่ฟัน โซ่ฟันจะมีรูปร่างแต่ละข้อชัดเจน ฟันของโซ่จะจับลงในร่องฟันของล้อโซ่พอดี โซ่ฟันที่ใช้งานที่รับกำลังงานสูง ๆ แผ่นฟันที่ข้อต่อจะไม่ยึดด้วยโบลต์ แต่จะยึดด้วยข้อต่อลูกกลิ้งที่มีความเสียดทานน้อยและทนต่อการสึกหรอได้ดีโซ่ฟันใช้รับกำลังงานได้สูงและแทบจะไม่มีเสียงดังเมื่อมีความเร็วโซ่ถึง 40 m/s

สำหรับล้อโซ่ที่ใช้ฟันโซ่จะต้องมีจำนวนฟันอย่างน้อยที่สุด 17 ฟัน มิฉะนั้นจะเกิดสัดส่วนการจับของโซ่ฟันที่ไม่เหมาะสมที่ทำให้เกิดแรงเสียดทานมากเพิ่มขึ้นได้ และถ้าใช้งานรับภาระกระแทกแล้วใช้ฟันจะยืดและมีผลทำให้เกิดสัดส่วนการจับของโซ่ฟันที่ไม่เหมาะสมอีกเช่นกัน

2.2.1.4 โซ่ลำเลียง ตามมาตรฐาน DIN 8165, 8175, 8176, เป็นโซ่แบบข้อต่อชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่นำพาชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์โดยที่จะออกแบบรูปร่างแผ่นปิดด้านข้างให้มีรูปร่างต่าง ๆ กันเพื่อให้สามารถนำผลิตภัณฑ์ตามรูปร่างที่ต้องการได้ โซ่ลำเลียงส่วนใหญ่จะนำมาใช้งานให้รับภาระไม่มากนักและมีความเร็วโซ่ต่ำ

2.2.1. 5 โซ่ห่วงกลม โซ่ห่วงกลมแบ่งตามมาตรฐานได้เป็นโซ่ชนิดสั้น (DIN 764) และชนิดยาว(DIN 762) มักนำมาใช้งานเป็นโซ่รับภาระลำเลียงแบบต่อเนื่อง โซ่เหล่านี้ที่ปลายห่วงโซ่แต่ละห่วงจะนิยมเชื่อมต่อด้วยไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ลักษณะรูปร่างของล้อโซ่

ล้อโซ่จะมีขนาดเล็กและโตแตกต่างกันโดยจะสัมพันธ์กับภาระใช้งาน ดังนั้นล้อโซ่จึงสามารถผลิตจากวัสดุและวิธีการต่าง ๆ เช่น ล้อโซ่ขนาดเล็กจะผลิตโดยการกลึงเหล็กกล้ารีดขึ้นรูป ส่วนล้อโซ่ขนาดโต ๆ จะนิยมทำการยึดดุมล้อ (Hub) กับแผ่นล้อด้วยสกรูหรือการเชื่อมประสาน สำหรับล้อโซ่ขนาดโตมาก ๆ จะขึ้นรูปด้วยการหล่อขึ้นรูป

2.2.6 จำนวนฟันโซ่และความเร็วโซ่ใช้งาน

โดยปกติแล้วนั้นฟันโซ่จะเป็นจำนวนคี่ สำหรับงานส่งกำลังด้วยโซ่จะมีเกณฑ์มาตรฐานที่นิยมใช้งาน คือ

- สำหรับล้อโซ่ขนาดเล็ก (13),(15), 17, 19, 21, 23, 25
- สำหรับล้อโซ่ขนาดโต 38, 57, 76, 95, 114
-จำนวนฟันที่อยู่ใน ( ) ถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยง

2.2.7 การส่งกำลังโซ่

การส่งกำลังโซ่ในขณะที่ทำการส่งกำลังในแนวเส้นสัมผัส F_t ที่เกิดขึ้นจากโซ่ที่กระทำกับฟันเฟืองโซ่ มีลักษณะ ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงตามแนวยาวของโซ่ F_t จะลดลงจากฟันหนึ่งไปยังอีกฟันหนึ่ง ผลรวมของแรงบนข้อต่อตามแนวยาว F_t และในแนวตั้งฉากกับ F_N จะมีค่าเท่ากับศูนย์จะเห็นได้ว่าถ้ามุมสัมผัสกับโซ่กับเฟืองโซ่มีค่าน้อยและมุมกด y มีค่ามาก จะมีแรงหลงเหลืออยู่ในโซ่ทางด้านหย่อนมาก

แรงตามแนวยาวของโซ่ F_t เป็นแรงที่ทำให้โซ่ยืด ถ้ามีค่าน้อยโซ่ก็จะยืดน้อย มุมที่ข้อต่อโซ่หมุนไปในขณะขับโดยเฟืองโซ่มีค่าเท่ากับ 180 องศา หารด้วยจำนวนฟัน z ของเฟืองโซ่ ดังนั้นถ้าโซ่มีจำนวนฟันน้อยมุมหมุนของข้อต่อโซ่จะมีมากทำให้เกิดการสึกหรอที่บูชและสลักมากขึ้นและถ้าเฟืองโซ่มีระยะพิตซ์เท่ากัน เฟืองโซ่ที่โตกว่าจะส่งกำลังได้น้อยกว่าเฟืองโซ่เล็ก ซึ่งในทางปฏิบัติจึงได้มีข้อแนะนำในการเลือกใช้จำนวนฟันของเฟืองโซ่ดังนี้ คือ

ความเร็วต่ำมาก	$Z_{min} = 12$
ความเร็วต่ำ	$Z_{min} = 17$
ความเร็วปานกลาง	$Z_{min} = 21$
ความเร็วสูง	$Z_{min} = 25$
สำหรับการขับเพื่อทดเพิ่มความเร็วให้ใช้	$Z_{min} = 23$

โดยปกติแล้วมักจะใช้จำนวนฟันของเฟืองโซ่เป็นเลขคี่และจำนวนข้อต่อโซ่เป็นเลขคู่ เพื่อที่จะช่วยในการกระจายความถี่ในการสัมผัสกันระหว่างฟันของเฟืองโซ่กับข้อต่อน้อยลง ช่วยให้มีประสิทธิภาพและมีการสึกหรอสม่ำเสมอ

2.2.8 แรงในแนวสัมผัส

ในการส่งกำลังถ้าโซ่ขับแรงสม่ำเสมอและเฟืองโซ่หมุนด้วยความเร็วเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ v และมีแรงในแนวสัมผัส F_t ซึ่งจะหาได้จากกำลังที่ส่ง W_p ที่ต้องการส่ง T

ความเร็วของโซ่หาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = \pi * d * n = p_c * z * n = p * z * n \quad (2.4)$$

แรงในแนวสัมผัส

$$F_t = W_p/v \quad (2.5)$$

หรือ

$$F_t = 2\pi * n * T/v \approx 2\pi * n * T/p * z * n \quad (2.6)$$
$$= 2\pi * T/z * n$$
$$= 2T/d$$

โดยที่

F_t = แรงในแนวสัมผัส

T = โมเมนต์บิด

V = ความเร็วขอบของเฟืองโซ่

z = จำนวนฟันของเฟืองโซ่

n = ความเร็วรอบของเฟืองโซ่

2.2.8.1 แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ในขณะที่ส่งกำลังที่ข้อต่อโซ่จะมีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางในแนวรัศมีของเฟืองโซ่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$F_t = m * r\omega^2 = mv^2/r = wv^2/g * 2 \sin \alpha \quad (2.7)$$

โดยที่

F_c = แรงหนีศูนย์กลางในแนวรัศมี

W = น้ำหนักโซ่ต่อความยาวหนึ่งมวล

และ ความยาวโซ่ $\approx 2r \sin \alpha$

เมื่อแยกแรงนี้ออกเป็นแรงย่อยในแนวของข้อต่อโซ่ F_{ct} จะได้ว่า

$$0.5 F_c / F_{ct} = \sin \alpha \quad (2.8)$$

ดังนั้น

$$F_{ct} = F_c / 2 \sin \alpha = wv^2/g \quad (2.9)$$

จะเห็นได้ว่า F_{ct} ไม่ขึ้นอยู่กับมุม α และจำนวนฟันของเฟืองโซ่แต่จะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ v เป็นสำคัญ

และ $$F = F_t + F_{ct} \quad (2.10)$$

2.2.9 โซ่มาตรฐาน

องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) ได้กำหนดมาตรฐานของโซ่โรลเลอร์สำหรับใช้ส่งกำลังไว้ใน ISO/R 606 – 1976 (E) ซึ่งครอบคลุมถึงโซ่โรลเลอร์ตามมาตรฐานอังกฤษ (BS) และมาตรฐานสหรัฐอเมริกา (ANSI) โดยใช้อักษร B และ A

ในทางปฏิบัติการคำนวณหาขนาดโซ่มักจะใช้วิธีการเลือกขนาดโซ่จากแคตตาล็อกของบริษัทผู้ผลิตโซ่ โดยทำตามคำแนะนำในแคตตาล็อกนั้น หลังจากที่เลือกขนาดโซ่ได้แล้วอาจตรวจสอบว่าโซ่จะใช้งานได้หรือไม่ด้วยสมการ

$$F = F_b / N_b \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ F_b = แรงแตกหักน้อยที่สุดของโซ่

N_b = ค่าความปลอดภัยมีค่าระหว่าง 7 ถึง 15 เท่า

2.3 แบริ่ง

แบริ่ง (รองลื่น) แบบลูกกลิ้ง คือชิ้นส่วนเครื่องกลที่ใช้รองรับเพลาเพื่อให้เพลารับโหลดและหมุนได้เป็นไปอย่างราบรื่น ปลอดภัย และมีอายุการใช้งานที่ทนทาน โดยที่โรลลิ่งแบริ่ง (rolling bearing) รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบริ่งที่มีลักษณะ เป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling Contact Bearing) เนื่องจากแบริ่งชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมากดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งที่นิยมใช้กันทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่า "แอนทิฟริกชั่นแบริ่ง (antifriction bearing)" เช่นบอลแบริ่ง (ball bearing) หรือตลับลูกปืน

2.3.1 การแบ่งประเภทของแบริ่ง

การแบ่งประเภทของกาบเพลาจะพิจารณาได้หลายทาง เช่น เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างของเพลาบริเวณที่กาบเพลาหุ้มอยู่ การแบ่งแบบนี้หรือเมื่อพิจารณาตามชนิดของตัวรองลื่น จะแบ่งได้เป็น

2.3.1.1 รองลื่นรัศมีซึ่งอาจแบ่งย่อยออกไปอีกเป็น

1. แบบที่อยู่กับที่ ซึ่งอาจจะมีรูปเป็นแบบทรงกระบอก ทรงกระบอกผ่าซีกส่วนหนึ่งของทรงกระบอกหรือแบบทรงรี
2. แบบมิเชล (Michel type)

2.3.1.2 กาบเพลากันรุน แบ่งย่อยออกไปอีกเป็น

1. แบบไพวอท
2. แบบมีบ่า
3. แบบมิเชล

2.3.1.3 กาบเพลาแบบพิเศษ (แบบทรงกลม ฯลฯ)

ถ้าแบ่งตามวิธีการใช้งาน อาจแบ่งออกเป็น

1. แบบที่ใช้งานทั่ว ๆ ไป
2. รองลื่นประธานที่ใช้งานกับเพลาข้อเหวี่ยง
3. รองลื่นประธานที่ใช้งานกันเครื่องกล
4. รองลื่นสำหรับล้อไฟ

รองลื่นที่นิยมใช้กับรถยนต์ยังอาจจะแยกออกไปอีกเป็น

1. กาบเพลาแบบทั่ว ๆ ไป (บางครั้งเรียกปลอก)
2. รองลื่นทำจากผงโลหะอัด
3. รองลื่นพลาสติก

2.3.2 วัสดุที่ใช้ทำรองลื่น

วัสดุที่ใช้ทำรองลื่นควรจะมีลักษณะและคุณสมบัติตามนี้

1. จะต้องมีความแข็งแรงพอ (ความต้านทานต่อโลดและการล้าตัว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จะต้องมีคุณสมบัติปรับตัวให้เข้ากับการโก่งงอของเพลา

3. มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง

4. จะต้องมีคุณสมบัติต้านการเกาะติดกับเพลา

5. ทนทานต่อการสึกหรอได้พอประมาณ

6. สามารถ ปล่อยฝุ่นผงให้จมลงไปในเนื้อรองลื่น

7. ราคาถูก

8. ไม่ค่อยจะเปลี่ยนคุณสมบัติไปตามอุณหภูมิแต่ในทางปฏิบัติวัสดุใด ๆ ที่มีคุณสมบัติครบตามนี้จริง ๆ ค่อนข้างจะหาได้ยาก

2.3.3 วัสดุสำหรับรองลื่นที่ใช้งานทั่ว ๆ ไป

ทองแดงผสม รวมทั้งพวกสัมฤทธิ์ ตะกั่วสัมฤทธิ์ พวกนี้ความแข็งแรง ทนต่อการกัดกร่อน ต้านทานต่อการล้าตัว และมีคุณสมบัติที่เป็นตัวนำดีเยี่ยม ความแข็งแกร่งของทองแดงผสม ทำให้คุณสมบัติทำรองลื่นของเครื่องกลได้อย่างดีเยี่ยม และถ้ามีตะกั่วผสมอยู่มากจะทำให้มีคุณสมบัติในการต้านการเกาะติดกับเพลาดีขึ้น

โลหะขาว รวมทั้งโลหะขาวที่มีดีบุกเป็นเนื้อหลัก (โดยทั่ว ๆ ไปมักเรียกรวมกันว่า โลหะแบบบิทและโลหะขาวที่มีตะกั่วเป็นเนื้อหลักใช้เคลือบลงบนผิวของโครงโลหะ

วัสดุที่ใช้ทำรองลื่นดังกล่าวข้างต้น ได้รับการพัฒนาให้มีคุณสมบัติขึ้นโดยการผสมสารบางอย่างเข้าไป เช่น ดีบุก ทองแดง ถึงแม้ว่าสารเหล่านี้จะไปทำให้ความแข็งแรง และความต้านทานการล้าตัว หรือความต้านต่ออุณหภูมิสูงลดลงก็ตาม แต่ทำให้ความต้านทานต่อการกัดกร่อนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มตะกั่วเข้าไป จะทำให้คุณสมบัติการปรับตัวให้เข้ากับการโก่งของเพลาขึ้น

2.3.4 รองลื่นกันรุน

รองลื่นกันรุน ใช้สำหรับรับโลดในทางแนวแกนของเพลา แบ่งออกได้เป็นแบบใหญ่ ๆ 2 แบบ คือ รองลื่นกันรุนแบบไพวอท และแบบเพลามีบ่า สำหรับรองลื่นกันรุนแบบไพวอทความดันที่เกิดขึ้นที่ผิวหน้าของรองลื่นจะมีค่ามากขึ้น เมื่อเข้าใกล้จุดศูนย์กลางของรองลื่น ดังนั้น จึงต้องมีการทำรอยเว้าไว้ที่บริเวณจุดศูนย์กลางของรองลื่น ดังนั้น จึงต้องมีการทำรอยเว้าไว้ที่บริเวณจุดศูนย์กลางและถ้าให้ d_1 (มม.) เป็นขนาดของเพลาส่วนที่มีรองลื่นรองรับ d_2 (มม.) เป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยเว้า จะได้

$$d_2 = (0.5 - 0.7)\,d \tag{2.12}$$

เนื่องจากรัศมีเฉลี่ยของเพลาส่วนที่มีรองลื่นรองรับ คือ$(d_1 + d_2)$ (สำหรับเพลาที่ไม่มีรอยเว้า $d_2 = 0$) โมเมนต์ของแรงความเสียดทาน M_f (กก.เมตร) จะหาได้โดย

$$M_f = \mu W(d_1 + d_2)/4000 \tag{2.13}$$

2.3.5 การนำน้ำมันเข้าไปหล่อลื่นรองลื่นกาบเพลา

การเลือกวิธีการนำน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปหล่อลื่นนั้น ต้องพิจารณาถึงโครงสร้าง สภาพการใช้งาน และตำแหน่งรองลื่นเป็นสำคัญ ส่วนตำแหน่งและที่ตั้งของจุดที่จะนำน้ำมันเข้า รูปร่าง และความหยาบที่ผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของร่องน้ำมันเป็นแฟคเตอร์ที่สำคัญรองลงมา การเลือกวิธีการนำน้ำมันหล่อลื่น จะออกแบบโดยอาศัยประสบการณ์เสียมากกว่า

1. ใช้มือนำน้ำมันเข้า

เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันในกรณีที่โหลดน้อย ความเร็วต่ำ หรืองานที่มีการใช้งานไม่บ่อยมากนัก แต่แบบนี้มีข้อเสียที่ว่าน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปไม่สม่ำเสมอ

2. การปล่อยให้หยดลงมา

น้ำมันหล่อลื่นที่บรรจุอยู่ในถังเก็บ และจะค่อย ๆ หยดผ่านลิ้นรูปเข็ม ลงมาในอัตราส่วนที่ค่อนข้างจะแน่นอน วิธีนี้มักใช้กับพวกที่มีโหลดน้อยถึงปานกลาง

3. แบบซึมผ่านไส้ตะเกียง

น้ำมันที่เข้ามาไปหล่อลื่นจะซึมผ่านไส้ตะเกียงที่จ่มอยู่ในถ้วยบรรจุน้ำมันหล่อลื่น น้ำมันที่ขึ้นมาจะถูกกรองผ่านไส้ตะเกียงขึ้นมา ที่ใช้ของวิธีนี้เช่นเดียวกับวิธีที่สอง

4. แบบวิดสาด

แบบนี้น้ำมันหล่อลื่นจะบรรจุอยู่ในอ่างน้ำมัน และจะถูกวิดสาดขึ้นมาหล่อเลี้ยงบริเวณที่จะทำการหล่อลื่นวิธีนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่นการหล่อลื่นลูกสูบและกระบอกสูบของเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบหมุนเร็ว

5. แบบวงแหวนน้ำมัน

น้ำมันหล่อลื่นจะถูกนำเข้าไปโดยการหมุนของวงแหวนน้ำมันที่ประกบติดกับเพลา วิธีนี้ใช้กับงานขนาดปานกลาง

6. แบบใช้ปั๊มน้ำมัน

โดยการใช้ปั๊มอัดน้ำมันเข้าไปในรองลื่นโดยตรง วิธีนี้ใช้งานที่ประณีตและน้ำมันเข้าไปได้ยาก เช่น ที่รองลื่นประธานของเครื่องยนต์หมุนเร็วต่าง ๆ แบบใช้ปั๊มน้ำมันที่เหมาะสมกับงานประเภทที่ต้องการความเร็วสูง และรับโหลดหนัก ๆ

7.แบบใช้แรงโน้มถ่วง

น้ำมันจะอยู่ในถังที่ตั้งอยู่สูงกว่ารองลื่น และจะค่อย ๆ หยดลงมาโดยแรงโน้มถ่วงของโลก วิธีนี้ใช้กับงานที่ทำงานด้วยความเร็วปานกลาง – ค่อนข้างสูง หรือที่มีความเร็วที่ผิวเพลาประมาณ 10 – 15 (เมตร/วินาที)

8. แบบอ่างน้ำมัน

ส่วนหนึ่งของรองลื่นจะจุ่มอยู่ในน้ำมัน วิธีเหมาะกับการหล่อลื่นที่อยู่ในแนวดิ่ง เช่น ในเครื่องกังหันน้ำ แต่วิธีต้องพิจารณาถึงกำลังที่สูญเสียไปเนื่องจากความต้านทานของน้ำมันอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและการมีสารอื่นแปลกปลอมเข้าไป นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วนี้ก็ได้แก่การใช้น้ำมันจาระบีและการหล่อลื่นด้วยละอองน้ำมัน

2.3.6 ตลับลูกปืนชนิดต่าง ๆ

ประโยชน์ของตลับลูกปืน คือ จะให้ความฝืดหมุนต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับความฝืดเลื่อนไถลทำให้ความร้อนที่เกิดจากความเสียดทานต่ำ

ลูกปืนกลม หรือทรงกระบอกที่ได้สร้างมาอย่างถูกต้อง ทั้งรูปร่างขนาดและความเรียบถูกสอดไว้ระหว่างรางนอกและรางในหรืออยู่ระหว่างรางที่หมุน และรางที่อยู่นิ่ง ๆ โดยการหมุนรางใดรางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกปืนกลมหรือทรงกระบอก จะกลิ้งอยู่ในรางที่จัดไว้และทำให้ความฝืดระหว่างรางและลูกปืนลดลงอย่างมาก แต่เนื่องจากพื้นผิวที่สัมผัสกันน้อยมาก ดังนั้น โหลดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จึงมีค่าสูงด้วยเหตุนี้ วัสดุที่ใช้ทำควรจะต้องมีความแข็งแรง และมีความแข็งสูงด้วย

ตลับลูกปืนก็คล้าย ๆ กับกาบเพลา คือ จัดออกเป็นแบบต่าง ๆ หลายแบบ เช่นตลับลูกปืนในแนวรัศมีซึ่งใช้รับโหลดทางแนวรัศมีเป็นส่วนใหญ่ โดยมีโหลดในแนวแกนได้บางเล็กน้อย และตลับลูกปืนที่รับโหลดดันรุนในแนวขนานกับแนวแกนของเพลา แต่เมื่อพิจารณาจากรูปร่างของลูกปืน ตลับลูกปืนอาจจะแบ่งออกได้เป็น ลูกปืนกลมและลูกปืนทรงกระบอก นอกจากนี้ อาจจะแบ่งต่อออกไปได้อีก โดยพิจารณาจากจำนวนแถวและโครงสร้างภายในของตลับลูกปืน ตลับลูกปืนที่รางนอกหรือรางในสามารถถอดแยกออกจากกันได้ เรียกว่า แบบถอดแยกได้ ส่วนแบบที่แยกออกจากกันไม่ได้เรียกว่าแบบถอดแยกไม่ได้

หากพิจารณาตามขนาดของรางนอกหรือรางในของตลับลูกปืน ยังอาจแบ่งได้คร่าว ๆ ดังนี้

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกมากกว่า 800 (มม.)	ขนาดใหญ่พิเศษ
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 180 – 800 (มม.)	ขนาดใหญ่
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 80 – 180 (มม.)	ขนาดปานกลาง
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกไม่เกิน 80 (มม.)	ขนาดเล็ก
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10 (มม.) หรือมากกว่า	ขนาดเล็ก
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเล็กกว่า 10 (มม.) หรือ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 9 (มม.) หรือมากกว่า	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเล็กกว่า 9 (มม.)	ขนาดเล็กพิเศษ

เมื่อพิจารณาตามที่ใช้ ตลับลูกปืนอาจแบ่งออกได้เป็น ตลับลูกปืนสำหรับใช้รถยนต์ ตลับลูกปืนสำหรับเครื่องจักรกลต่าง ๆ และตลับลูกปืนสำหรับเครื่องมือวัด ตลับลูกปืนธรรมดาทั่วไป ๆ ไป มีการกำหนดขนาดและมิติต่าง ๆ ไว้ในมาตรฐานของ ISO (International Organization for Standardization) ยกเว้นตลับลูกปืนที่ใช้กับรถยนต์ซึ่งมีมิติและขนาดพิเศษ ขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้โดยเฉพาะ

2.3.7 ความสามารถในการใช้งานของตลับลูกปืน

1. ความสามารถในการรับโลดในแนวรัศมี

ตลับลูกปืน รัศมีที่มีมุมสัมผัสระหว่างลูกปืนและรางมาก สามารถรับโลดในแนวแกนได้บ้างเช่นกัน สำหรับแบบรางลึก และแบบลูกปืนทรงกระบอกเรียวที่มีมุมสัมผัสมาก สามารถรับโลดในแนวแกน (โลดดันรุน) ได้บ้างส่วนแบบที่ปรับตัวเองได้นั้น ลูกปืนกลม หรือทรงกระบอกกลม สามารถจะจัดตำแหน่งของตัวเองตามการโก่งของเพลาแต่แบบนี้ สามารถรับโลดในแนวแกนได้น้อยกว่าแบบที่กล่าวมาแล้วส่วนตลับลูกปืนแบบลูกปืนทรงกระบอก โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ใช้เพื่อรับโลดในแนวรัศมีอย่างเดียว อย่างไรก็ดีบางแบบก็ได้มีการออกแบบขึ้นมาพิเศษเพื่อให้รับโลดในแนวแกนได้ด้วย

2. ความสามารถในด้านความเร็ว

ขีดจำกัดทางด้านความเร็วของตลับลูกปืน คือตัวเลขที่ได้จากผลคูณระหว่างความโตของเพลา d (มม.) กับความเร็ว n (รอบ/นาที) แต่ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับการให้การหล่อลื่นและชนิดของตลับลูกปืนด้วย แต่ส่วนใหญ่แล้วตลับลูกปืนกลมที่มีรางลึกหรือสัมผัสมุมและแบบลูกปืนทรงกระบอกเหมาะที่จะใช้งานที่มีความเร็วสูง ๆ ตลับลูกปืนแบบลูกปืนทรงกระบอกเรียว กับพวกที่ปรับตัวเองได้เหมาะกับงานที่มีความเร็วปานกลางส่วนตลับลูกปืนกันรุนนั้นจะใช้กับงานที่มีความเร็วต่ำ ๆ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความสามารถในด้านความฝืด

ตลับลูกปืนแบบลูกปืนกลม หรือทรงกระบอกกลม มีค่าความฝืดต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับรองลื่นแบบอื่น ๆ ยิ่งเมื่อใช้รองลื่นกับพวกเครื่องมือวัดต่าง ๆ ด้วยแล้วความสามารถในด้านความฝืดจะเป็นแฟคเตอร์สำคัญที่ต้องพิจารณาในขณะออกแบบ

4. ความสามารถในทางการสั่นสะเทือนและการส่งเสียงดัง

องค์ประกอบสำคัญที่เกี่ยวกับเรื่องนี้คือ ความกลมของลูกปืน ความโค้งมนของราง ความหยาบของผิวลูกปืนและราง สภาพของตัวแยกลูกปืน และความบริสุทธิ์ของน้ำมันหล่อลื่น ฯลฯ ส่วนตัวประกอบอื่นที่รองลงมาได้แก่ความถูกต้องในการประกอบและความละเอียดในการผลิต ต้นเหตุของการสั่นสะเทือนและส่งเสียงดัง มีหลายตัวประกอบกันและจนถึงปัจจุบัน ยังไม่มีผู้ใดสามารถเอาชนะได้โดยเด็ดขาดจริง

2.3.8 วัสดุทำตลับลูกปืน

รางและลูกปืนส่วนมากแล้วทำด้วยเหล็กที่มีคาร์บอกสูงผสมกับโครเมียมจากนั้น ใช้กระบวนการทางความร้อนช่วยเพิ่มความแข็งให้กับวัสดุ เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานและทำให้ทนต่อการสึกหรอได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ ยังได้มีการค้นคว้าปรับปรุงวัสดุที่ใช้ทำตลับลูกปืนที่ได้มาจากการหลอมเหล็กในสูญญากาศ แต่วิธีนี้ยังไม่เหมาะกับการผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก อย่างที่มีทำกันในโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากราคาแพง ส่วนมากแล้วการหลอมชนิดนี้มักจะใช้เพื่อการผลิตเหล็กบริสุทธิ์เสียมากกว่า

ยังมีการผลิตลูกปืนด้วยเหล็กที่ได้รับการหลอมเป็นพิเศษอีกแบบหนึ่ง คือการหลอมเหล็กให้ละลายในอากาศธรรมดาแล้วนำไปไว้ในที่ ๆ มีความดันต่ำ ๆ (เกือบสูญญากาศ) ทำให้ก๊าซที่ผสมอยู่ในเหล็กลอยหนีออกมาเหล็กที่ได้จากกรรมวิธีนี้จะมีความแข็งแรงกว่าแบบที่ได้มาจากการหลอมธรรมดา สำหรับตลับลูกปืนที่ออกแบบให้รับการกระแทกโดยตรง มักจะทำด้วยเหล็กผสมที่มีคาร์บอนต่ำ ๆ และได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนจนมีโครงสร้างเป็นซีเมนต์ไตท์สำหรับตลับลูกปืนที่ต้องการให้ทนทานต่อการกระแทกและต้านทานต่อการกัดกร่อนด้วย

2.4 งานเชื่อม (WELDING JOINT)

ในงานเชื่อม คือ การนำชิ้นงานสองชิ้นหรือมากกว่ามาประสานกัน โดยมีหลักอยู่ว่า ชิ้นงานจะต้องต่อกันโดยการหลอมละลายของโลหะทั้งสอง ณ อุณหภูมิที่เหมาะสม โดยจะมีการเติมตัวประสานโลหะ (Filler metal) หรือไม่เติมก็ได้

2.4.1 ประเภทของงานเชื่อมแบ่งเป็น 2 แบบ

1. การเชื่อมแบบหลอมละลาย (Fusion welding) ชิ้นส่วนของงานเชื่อมนี้จะติดกันโดยที่โลหะบริเวณแนวเชื่อมจะหลอมละลาย (melted condition) เข้าติดกัน โดยมีการเติมโลหะ หรือไม่เติมก็ได้

2 . การเชื่อมแบบกดดัน (Pressure welding) ชิ้นส่วนของงานเชื่อมชนิดนี้จะเชื่อมติดกันโดยที่โลหะบริเวณแนวเชื่อมจะอยู่ในสภาวะที่เริ่มจะเป็นของเหลว (Plastic condition) แล้วใช้แรงกดบริเวณแนวเชื่อมให้ติดกัน การเชื่อมแบบนี้จะไม่มีการเติมลวดเชื่อม (Filler metal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 คุณภาพของงานเชื่อม

ในงานเชื่อมเราต้องคำนึงข้อมูลต่างๆ ที่จะทำให้คุณภาพของงานเชื่อมดี สำหรับข้อมูลต่าง ๆ มีดังนี้

1. ชนิดของโลหะที่จะนำมาเชื่อม หมายถึง วัสดุชิ้นงานนั้นเองจะต้องสามารถนำมาเชื่อมได้ หรือ รู้ว่าโลหะที่จะเชื่อมแบบไหนจึงเหมาะสม

2. การเตรียมชิ้นงาน หมายถึง การเตรียมชิ้นงานก่อนการเชื่อม เช่น การบากชิ้นงาน เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ช่างผู้เชี่ยวชาญควรควบคุมให้ถูกต้องด้วย

3. โลหะของลวดเชื่อม หมายถึง ชนิดของโลหะของ Electrods หรือ Filler – Material สามารถเข้ากับชิ้นงานที่ทำการเชื่อมได้

4. ความสามารถในการเชื่อม หมายถึง ความชำนาญ ความสามารถของช่างเชื่อมหรือฝีมือในการเชื่อม

5. การทดสอบ หมายถึง การหาข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดของงานเชื่อม ซึ่งการทดสอบจะเป็นปัจจัยที่บอกคุณภาพว่าดีหรือไม่ดี ส่วนสาเหตุอาจจะเกิดจากข้อมูล ข้อที่ 1 ถึง 5 ก็ได้ ตัวอย่างเครื่องมือได้แก่ เครื่องตรวจสอบแบบ X – ray เป็นต้น

สำหรับคุณภาพในการเชื่อมนี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้น

คุณภาพขั้นที่1 สำหรับงานเชื่อมขั้นนี้จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลตั้งแต่ข้อที่ 1 ถึง 6

คุณภาพขั้นที่2 สำหรับงานเชื่อมขั้นนี้จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลตั้งแต่ข้อที่ 1 ถึง 5

คุณภาพขั้นที่3 สำหรับงานเชื่อมขั้นนี้ไม่จำเป็นต้องมีข้อมูลใดเลย หรือมีบ้างก็ได้

2.5 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าจัดว่าเป็นเครื่องต้นกำลังอย่างหนึ่งซึ่งมีความสำคัญอย่างมาก เรื่องมอเตอร์ไฟฟ้านับเป็นส่วนหนึ่งของงานวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งใช้มากในโรงงานต่าง ๆ โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีกำลังมาก

ในปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีแผนใหม่เราสามารถสร้างมอเตอร์ให้มีขนาดเล็กลงมาก มีอายุการใช้งานนานขึ้นและทนทานต่อฝุ่นกับการกัดกร่อนได้ดีมากขึ้นตามลำดับ ตามโรงงานต่าง ๆ นิยมใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เพราะเหตุว่าในปัจจุบันมีไฟฟ้ากระแสสลับใช้กันอยู่อย่างกว้างขวาง แต่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็ยังคงมีใช้กันอยู่ เพราะงานบางอย่างก็ยังจำเป็นต้องใช้มอเตอร์กระแสตรงอยู่ เช่น มอเตอร์สตาร์ทของรถยนต์ รถจักรดีเซล เป็นต้น

โดยเหตุที่มอเตอร์คือเครื่องจักรไฟฟ้าที่รับกระแสไฟฟ้าเข้ามาทำให้เพลาหมุนเป็นต้นกำลังขับ แต่แหล่งจ่ายไฟมีทั้งกระแสสลับและกระแสตรง จึงได้มีการแบ่งมอเตอร์ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ เนื่องจากในงานอุตสาหกรรมทั่วไปจะใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ และเป็นมอเตอร์กระแสสลับเสียส่วนมาก ส่วนในงานโครงงานเครื่องล้างจานที่สร้างขึ้นนี้ใช้มอเตอร์ขนาดเล็กและเป็นมอเตอร์กระแสตรงสำหรับเป็นตัวขับชุดเพลาลำเลียงจาน และใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่แบบกระแสสลับ ในส่วนของปั๊มน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ชนิดของมอเตอร์

มอเตอร์กระแสตรงมีความเร็วค่อนข้างคงที่ แรงบิดออกตัวน้อย แต่เพิ่มขึ้นตามกระแสและโหลดที่เพิ่มขึ้น สามารถปรับความเร็วได้โดยต่อความต้านทานที่ปรับค่าได้ขนานกับขดลวดสนาม โดยความเร็วของมอเตอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าของขดลวดสนามที่เพิ่มขึ้น ข้อควรระวังก็คือ อย่าให้ขดลวดสนามขาดเพราะความต้านทานจะสูงมากจนทำให้ความเร็วของมอเตอร์ขนานกระแสตรงขึ้นสูงมากจนทำให้เกิดความเสียหายได้

การใช้งานของงานมอเตอร์ขนานกระแสตรง เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความเร็วคงที่ มีการใช้งานในเครื่องมือต่างๆ เช่น โบลเวอร์ พัดลม และอื่นๆ

2.5.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC.MOTORS)

หลักการทำงานพื้นฐานของดีซีมอเตอร์ คือ การจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านลวดทองแดงซึ่งเป็นตัวเหนี่ยวนำโดยตัวเหนี่ยวนำจะวางอยู่ในสนามแม่เหล็กถาวร เมื่อเกิดกระแสไหลผ่านลวดทองแดงจึงเกิดสนามไฟฟ้าตัดกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของตัวเหนี่ยวนำโดยเป็นไปตามกฎมือขวา

ดีซีมอเตอร์ ถูกออกแบบให้มีคุณลักษณะพิเศษคือ แรงบิดของเพลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสแรงบิดหลักของเพลาดีซีมอเตอร์จะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดเหนี่ยวนำ กระแสที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำมีความสัมพันธ์กับเส้นแรงแม่เหล็กเป็นผลให้เกิดแรงบิดของเพลาดังสมการ

$$T = k\varnothing I \qquad (2.14)$$

เมื่อ

T คือ แรงบิดของเพลา (นิวตัน- เมตร)

$\varnothing$ คือ เส้นแรงแม่เหล็ก (เวเบอร์)

I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

k คือ ค่าคงที่

เมื่อขดลวดเหนี่ยวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม ซึ่งแรงดันจะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลามอเตอร์ และต้านการไหลของกระแสโดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$E = k\varnothing w \qquad (2.15)$$

เมื่อ

E คือ แรงดันย้อนกลับ emf (โวลท์)

$\varnothing$ คือ เส้นแรงแม่เหล็ก (เวเบอร์)

w คือ ความเร็วของมอเตอร์ (เรเดียด/วินาที)

แรงบิดในมอเตอร์ (Torque)

$$T = F * r \qquad (2.16)$$

งานที่ทำได้จากแรงใน 1 รอบของการหมุน = แรง * ระยะทาง

$$= F * 2\pi r \quad \text{จูล} \qquad (2.17)$$

$$= F * 2\pi r * N / 60 \quad \text{จูล/วินาที} \qquad (2.18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= 2\pi TN / 60$ จูล/วินาที (2.19)

เมื่อ $2\pi N / 60$ = ความเร็วเชิงมุม ω มีหน่วยเป็น เรเดียน/วินาที

ดังนั้น กำลังที่เกิดขึ้น $= T * \omega$ จูล/วินาที หรือ วัตต์ (2.20)

2.5.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (motor AC)มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ก็มีหลักการคล้ายกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ต่างกันเพียงแต่ว่าแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้แก่ตัวมอเตอร์เป็นแรงดันไฟสลับ ตัวโครงสร้างแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่กับที่เรียกว่า สเตเตอร์ (stator) และส่วนที่เป็นทุ่นต่ออยู่กับแกนหมุนเรียกว่า โรเตอร์ (rotor) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ มีด้วยกันหลายแบบ ดังต่อไปนี้

2.5.3.1 มอเตอร์แบบอินดักชัน (induction motor) เป็นแบบที่เห็นและนิยมใช้กันทั่ว ๆ ไป เช่น มอเตอร์ปั๊มน้ำ มอเตอร์ของคอมเพรสเซอร์ มอเตอร์ดูดโหลดต่าง ๆ มีทั้งแบบเฟสเดียวและแบบ 3 เฟส

1. มอเตอร์แบบอินดักชั่นแบบเฟสเดียว (single phase induction motor) มีหลายชนิด คือ

- มอเตอร์แบบสปลิตเฟส (split phase motor) ในมอเตอร์แบบนี้จะมีขดลวดพันอยู่เรียกว่าขดลวดรันและอีกขดเรียกว่าขดลวดสตาร์ต ขดลวดทั้งสองพันอยู่บนส่วนหยุดนิ่ง คือสเตเตอร์ ส่วนตัวโรเตอร์จะมีแท่งตัวนำทำการลัดวงจรทั้งหัวท้ายเรียกว่า โรเตอร์แบบกรงกระรอก (squirrel cage rotor) ขณะเริ่มจ่ายไฟให้มอเตอร์ ขดลวดทั้งสองจะมีกระแสไฟเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นสองชุดเหนี่ยวนำให้โรเตอร์หมุนทันที เมื่อมอเตอร์หมุนเข้าสู่ความเร็วรอบปกติแล้ว สวิตซ์เซนติฟิว (centifuge switch) ที่ต่ออนุกรมกับขดลวดสตาร์ตจะอ้าออกโดยอาศัยหลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ทำให้เกิดวงจรขดลวดนี้เหลือเพียงขดขดเดียวเท่านั้นในขณะหมุน เราสามารถเปลี่ยนทิศทางได้โดยอาศัยการกลับขั้วขดลวดสตาร์ต

- มอเตอร์แบบคาพาซิเตอร์สตาร์ต (capacitor start motor) เป็นแบบที่มีประสิทธิภาพสูง และให้แรงหมุนเริ่มต้นแรงมาก ใช้ในการสตาร์ตพวกคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศหรือตู้เย็น การใส่ตัวเก็บประจุเข้ามาในวงจรขดลวดสตาร์ตก็เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนเฟสของแรงดันที่เข้าสู่ขดลวด สตาร์ตนี้ไปอีก 90 องศา ทำให้สนามแม่เหล็กที่ได้ทั้งสองต่างกัน 90 องศาจะเกิดแรงผลักแรงมากขึ้น เมื่อมอเตอร์เข้าสู่ความเร็วรอบที่กำหนด สวิตซ์เซนติฟิวก็จะตัดวงจรขดลวดสตาร์ตออกทันที โรเตอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้เป็นแบบกรงกระรอกเช่นกัน มอเตอร์แบบนี้บางครั้งเราจะไม่พบสวิตซ์เซนติฟิวอยู่ภายในเลย แต่กลับมีรีเลย์ตรวจกระแส (current relay) โดยขณะเริ่มต้นมอเตอร์จะมีกระแสที่ไหลในขดลวดรันอยู่มาก รีเลย์จะดูดทำให้ขดลวดสตาร์ตที่ต่ออนุกรมกับคาพาซิเตอร์ได้รับแรงดันผ่านทางหน้าสัมผัสของรีเลย์ มอเตอร์จะหมุนเข้าสู่ความเร็วรอบ เมื่อความเร็วมากขึ้น กระแสก็จะไหลน้อยลงทำให้รีเลย์เลิกดูด (de-energized) เป็นอันตัดวงจรของขดลวดสตาร์ตออก จะเห็นว่าทั้งรีเลย์ตรวจกระแสและสวิตซ์เซนติฟิวต่างก็ทำหน้าที่อย่างเดียวกัน นอกจากรีเลย์แบบตรวจกระแสแล้วบางครั้งก็อาจจะใช้รีเลย์แบบตรวจแรงดัน (potential relay) ก็ได้

- มอเตอร์แบบคาพาซิเตอร์ถาวร (permanent split capacitor motor) มอเตอร์แบบนี้มีส่วนคล้ายคลึงกับแบบคาพาซิเตอร์สตาร์ตมาก ต่างกันตรงที่มอเตอร์แบบนี้ต่อตัวเก็บประจำค้างถาวรไว้เลย ไม่มีทั้งสวิตซ์เซนติฟิวและรีเลย์ตรวจกระแส ทำหน้าที่กลับทิศทางของการหมุนของมอเตอร์ ใช้กับมอเตอร์ที่ขับ รีโอสตัด โซลีนอยด์วาล์ว ซึ่งต้องการควบคุมทิศทางและปริมาณ การควบคุมทำโดยใช้สวิตซ์กลับไปมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 . เตอร์แบบอินดักชันแบบ 3 เฟส (three phase induction motor) มีลักษณะโครงสร้างคล้ายแบบเฟสเดียว บนสเตเตอร์จะพันขดลวดอยู่ 3 ขดสำหรับรับไฟแต่ละเฟส ตัวโรเตอร์ทำเป็นแบบกรงกระรอกหรือแบบวาล์วโรเตอร์ (wound rotor) ซึ่งพันลวดรอบโรเตอร์และมีสลิปริง มอเตอร์แบบนี้ไม่ต้องมีขดสตาร์ตเหมือนแบบเฟสเดียว แต่มันจะเคลื่อนที่ไปเองได้ เพราะมีสนามแม่เหล็กใหญ่อยู่ 3 ชุดซึ่งมีเฟสต่างกัน 120 องศา คอยผลักให้หมุนอยู่แล้ว กราฟลักษณะสมบัติของมอเตอร์แบบอินดักชันแบบ 3 เฟสและโรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก มอเตอร์แบบนี้เป็นแบบที่ได้รับความนิยมสูงในการใช้งานทั่ว ๆ ไป เพราะแหล่งไฟสลับ 3 เฟส ที่นำมาจ่ายให้แก่มอเตอร์หาได้ง่าย และราคาของมอเตอร์ชนิดนี้ก็ไม่แพง

มอเตอร์แบบอินดักชันแบบวาวด์โรเตอร์ (induction wound rotor motor) เป็นมอเตอร์แบบอินดักชันที่มีโรเตอร์ต่างไปจากแบบกรงกระรอก โดยจะใช้ลวดพันรอบโรเตอร์ เราจ่ายไฟให้กับวาวด์โรเตอร์ผ่านทางแหวนลื่นหรือสลิปริง (slip ring) ฉะนั้นจะเห็นว่าเราสามารถควบคุมกระแสที่ไหลในโรเตอร์ได้ การควบคุมกระแสโรเตอร์ได้นี้ทำให้ลักษณะสมบัติของแรงหมุนและความเร็วเปลี่ยนไปตามค่ากระแสโรเตอร์ต่าง ๆ กัน เป็นการปรับระดับการใช้งานได้กว้างขวางขึ้น

2.5.3.2 มอเตอร์ไฟสลับแบบซิงโครนัส (A.C. synchronous motor) เป็นมอเตอร์ไฟสลับอีกแบบหนึ่งที่ให้ลักษณะสมบัติการใช้งานแตกต่างออกไปจากมอเตอร์แบบอินดักชัน โดยมีคุณสมบัติพิเศษประจำตัวคือ ความเร็วรอบคงที่ที่ความเร็วซิงโครนัส (synchronous speed) ตัวสเตเตอร์พันลวดเช่นเดียวกับมอเตอร์ไฟสลับแบบอื่น ๆ แต่ตัวโรเตอร์พันลวดรอบ ๆ แกนเหล็กอ่อนที่ให้สนามแม่เหล็กเป็นแบบขั้วยื่น (salient pole) โดยเราจะป้อนไฟตรงให้กับโรเตอร์ผ่านทางสลิปริง ขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์จะหมุนตามขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ทำให้ได้ความเร็วคงที่ ฉะนั้นไม่ว่าโหลดจะเปลี่ยนค่ามากน้อยเราจะได้ความเร็วคงที่จากมอเตอร์ชนิดนี้

ตาราง 2.2 แสดงการคำนวณหาค่าต่างๆ

ค่าที่ต้องการหา	1- เฟส	3- เฟส
Amp. เมื่อรู้ค่า H.P.	(H.P.x746)/(V x Eff. X PF)	(H.P. x 746) / (1.73 x V x Eff. X PF)
Amp. เมื่อรู้ค่า KW	(KW x1000)/(V x PF)	(KW x1000)/(1.73 x V)
Amp. เมื่อรู้ค่า KVA	(KVA x 1000)/ V	(KVA x 1000) / (1.73 x V)
KW	(A x V x PF) / 1000	(1.73 x A x V x PF) / 1000
KVA	(A x V) / 1000	(1.73 x A x V) / 1000
HP (วัดที่เพลามอเตอร์)	(A x V x Eff. X PF) / 746	(1.73 x a x V x Eff. X PF) / 746

HP = Horse power KW = Kilowatt

V = Volt KVA = Kilovolt

PF = Power factor A = Ampere

Eff. = Efficiency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ภาษาแอสแซมบลี

คอมพิวเตอร์แบบดิจิตอล ซึ่งคุ้นเคยกันดีในชีวิตประจำวันนั้น จะทำงานตามลำดับของชุดคำสั่งที่ผู้เขียนได้เขียนขึ้นที่เรียกว่า โปรแกรม ชุดคำสั่งที่คอมพิวเตอร์จะเข้าใจและทำงานได้ดีตามที่ต้องการนั้นจะต้องอยู่ในรูป เลขฐานสอง เช่น 1011011 ชุดคำสั่งลักษณะนี้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้ทันทีว่าต้องทำงานอะไรชุดคำสั่งที่ประกอบด้วยเลขฐานสองซึ่งจะสามารถเข้าใจได้โดยที่เป็น ภาษาของเครื่องแต่การที่มนุษย์จะเขียนคำสั่งต่าง ๆ ด้วยเลขฐานสองทีเดียวเลยนั้น จะทำได้ยากมากและเกิดข้อผิดพลาดได้ง่ายแล้วมีตัวแปลภาษาที่มนุษย์เข้าใจเป็นภาษาที่เครื่องเข้าใจด้วย ภาษาที่มนุษย์เข้าใจได้ง่ายและนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมนี้เรียกว่า ภาษาชั้นสูง (High Level Language) ได้แก่ ภาษาฟอร์แทน (Fortran , Formular) ภาษาเบสิก (Basic Language) หรือภาษาปาสคาล (Pascal) เป็นต้น

คำสั่งที่จะควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์ในภาษาเหล่านี้ มนุษย์จะเข้าใจได้ง่ายเพราะเป็นภาษาที่คล้ายกับภาษาอังกฤษที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ต้องการให้เอาค่าของตัวแปร A และ B บวกกันแล้วเก็บผลลัพธ์ไว้ในค่าของตัวแปร A ก็สามารถที่จะใช้คำสั่งที่ใช้งานดังต่อไปนี้

A : = A + B ในภาษา Pascal

หรือ A : = A + B ในภาษา Basic และ Fortran

จะได้เห็นว่า ลักษณะของคำสั่งของภาษาชั้นสูงแต่ละแบบก็แตกต่างกัน ดังนั้น ถ้าผู้ใช้ต้องการเขียนโปรแกรมภาษาใด ก็ศึกษาโครงสร้างของโปรแกรมและชุดคำสั่งของภาษานั้น ๆ เสียก่อน เมื่อเขียนโปรแกรมในภาษาชั้นสูงได้แล้วจะต้องป้อนเข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้

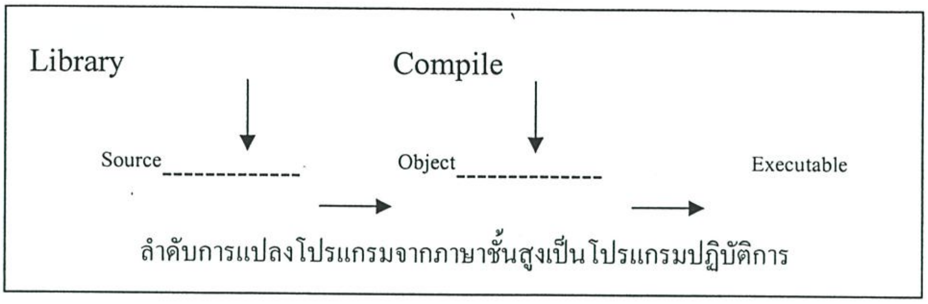
โปรแกรมประมวลคำ หรืออาจใช้โปรแกรม Editor สำหรับภาษาชั้นสูงนั้น ๆ โปรแกรมเหล่านี้จะทำการเก็บชุดคำสั่งที่ป้อนเข้าไปเก็บไว้เป็นแฟ้มข้อมูลที่เรียกว่า โปรแกรมต้นกำเนิด (Source Program) โปรแกรมนี้จะถูกภาษาชั้นสูงไปเป็นภาษาเครื่องมี 2 วิธีเปลี่ยนเป็นภาษาเครื่อง โดยการแปล

วิธีที่ 1 การแปลแบบ Interpreter ตัวแปลภาษาแบบนี้จะอ่านโปรแกรมต้นกำเนิดมาทีละ 1 บรรทัด แล้วแปลเป็นภาษาเครื่องเพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำงาน เมื่อทำงานเสร็จแล้วก็จะอ่านบรรทัดต่อไป จากโปรแกรมต้นกำเนิดมาเป็นภาษาเครื่องเพื่อทำงาน ตัวแปลภาษาที่ทำงานลักษณะนี้นั้นจะมีผลให้คอมพิวเตอร์ทำงานช้า เพราะตัวโปรแกรมจะต้องแปลภาษาชั้นสูงเป็นภาษาเครื่องทุกครั้งที่มีการทำงาน แม้ว่าจะเป็นการทำงานวนรอบ (Loop) เป็นต้น

วิธีที่ 2 ภาษาชั้นสูงทั้งหมดในโปรแกรมต้นกำเนิดจะถูกแปลเป็นรหัส (Code) สำหรับเรียกโปรแกรมย่อย (Subbroutine) ที่เก็บไว้ในบราลีไฟล์ (Library File) ในช่วงการแปลนี้จะเรียกว่าคอมไฟล์ ซึ่งจะทำให้ได้แฟ้มข้อมูลที่เก็บรหัส อันเกิดจากการแปลภาษาชั้นสูงเรียกว่า โปรแกรมประสงค์ (Object Program) จากนั้นจะต้องมีโปรแกรมที่สามารถอ่าน โปรแกรมประสงค์และแฟ้มข้อมูลไลบราลีเข้ามายังคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีการถอดรหัสจากโปรแกรมประสงค์เป็นตัวบ่งชี้ไปยังโปรแกรมย่อยจากแฟ้มข้อมูลมาสร้างเป็นโปรแกรมภาษาเครื่องที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้เรียกว่า โปรแกรมปฏิบัติการ (Executable Program) วิธีนี้นิยมใช้กันมากในภาษาชั้นสูง ขั้นตอนการทำงานสามารถเขียนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.1 แสดงลำดับการแปลงโปรแกรมจากภาษาชั้นสูงเป็นโปรแกรมปฏิบัติการ

ภาษาชั้นสูงแม้ว่าจะมีข้อดีมากที่มนุษย์เข้าใจได้ยาก แต่ปัญหาในเรื่องของความเร็วในการทำงานของคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงมีภาษาหนึ่งที่มนุษย์และเครื่องสามารถที่จะเข้าใจกันได้ง่ายนั้นก็คือ ภาษาแอสแซมบลี เป็นภาษาที่สูงกว่าเครื่องแต่ต่ำกว่าภาษาชั้นสูง ซึ่งวิธีนี้ผู้เขียนจำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างภายในของตัวประมวลผลกลางและรหัสคำสั่งช่วยจำของคอมพิวเตอร์นั้น แต่ว่าการเขียนภาษาแอสแซมบลีนั้น มีลักษณะคล้ายภาษาอังกฤษอย่างง่าย ทำให้เขียนโปรแกรมได้สะดวก ในโปรแกรมภาษาแอสแซมบลีนั้น จะประกอบไปด้วยชุดคำสั่งที่เรียกว่า รหัสคำสั่งช่วยจำ ที่ป้อนเข้าไปเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ด้วย โปรแกรมประมวลผลคำเก็บไว้ในโปรแกรมต้นกำเนิด จากนั้นจะใช้โปรแกรมที่เรียกว่า แอสแซมเบอร์ทำการแปลภาษาแอสแซมบลี เป็นภาษาเครื่องโดยตรง การแปลของภาษาแอสแซมบลีมี 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 เรียกว่า One - pass Assembler แอสแซมเบอร์แบบนี้จะมีการทำงานโดยการแปลรหัสคำสั่งช่วยจำเป็นภาษาเครื่องตั้งแต่ บรรทัดที่ 1 จนถึงบรรทัดสุดท้าย โดยที่ในโปรแกรมต้นกำเนิดจะต้องไม่มีตัวแปลสัญญาณ หรือสัญลักษณ์อื่นใดนอกจากรหัสคำสั่งช่วยจำ ทำให้ไม่ค่อยสะดวกสำหรับการเขียนโปรแกรม จึงไม่เป็นที่นิยมทั่วไปยกเว้นในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบโบดเดี่ยว (Single Board Microcomputer)

แบบที่ 2 เรียกว่า แอสแซมเบอร์นี้จะมีการทำงานโดยการแปลรหัสคำสั่งช่วยจำเป็นภาษาเครื่องตั้งแต่ บรรทัดที่ 1 จนถึงบรรทัดสุดท้าย 2 รอบ ในรอบแรกเป็นการตรวจสอบรูปแบบ (Form) ของโปรแกรมและกำหนดค่าให้กับสัญลักษณ์หรือตัวแปรในโปรแกรมต้นกำเนิด สัญลักษณ์หรือตัวแปรนี้อาจจะเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำที่ต้องการอ้างอิงถึง ส่วนในการวนรอบที่ 2 นั้น จะทำการแปลรหัสคำสั่งช่วยจำเป็นภาษาเครื่อง และแทนค่าสัญลักษณ์หรือตัวแปลจากค่าที่เก็บไว้ในรอบที่ 1 รหัสภาษานี้จะถูกเก็บไว้ในโปรแกรมปฏิบัติการ

ในคอมพิวเตอร์จะมีไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) จะมีเบอร์มีที่ต่างกัน ซึ่งตัวของไมโคโพรเซสเซอร์นี้จะมีรหัสคำสั่งช่วยจำและภาษาเครื่องแตกต่างกัน ดังนั้นในคู่มือเฉพาะของไมโครโพรเซสเซอร์นั้น และในคู่มือนั้นก็จะบอกรหัสภาษาเครื่องแต่ละรหัสคำสั่งช่วยจำด้วยโปรแกรมแอสแซมเบอร์สำหรับการแปลรหัสช่วยจำ ให้เป็นภาษาเครื่องที่สามารถทำให้ไมโคโพรเซสเซอร์รู้ถึงสิ่งที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55631

2.7 ปั๊ม (Pump)

มีหน้าที่ในการให้แรงดันแก่น้ำหรือของไหลเพื่อที่ไหลไปสู่หัวฉีด (nozzle) ปั๊มที่ใช้ในเครื่องพ่นมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของแรงดันและความเหมาะสมในการใช้งาน การเลือกใช้ปั๊มแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำที่ต้องการ ความเร็วในการพ่น แรงดันที่ใช้ และความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี โดยทั่วไปปั๊มที่ใช้กับเครื่องพ่นจะอาศัยเพลาอำนวยกำลัง เป็นตัวขับให้ปั๊มทำงานหรืออาจจะใช้เครื่องยนต์เป็นตัวขับ

2.7.1 การจัดประเภทของปั๊มสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

ปั๊มแบบหอยโข่ง (centrifugal pump) เป็นปั๊มที่ให้แรงดันของน้ำยา สารเคมีค่อนข้างต่ำกว่าปั๊มชนิดอื่น แต่สามารถให้น้ำในปริมาณมากอีกทั้งปริมาณการไหลคงที่ปั๊มชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะลักษณะการสร้างง่ายไม่ซับซ้อนยุ่งยาก มีชิ้นส่วนในการ เคลื่อนที่เพียงสองสามชิ้นเท่านั้น การซ่อมบำรุงรักษาง่าย อายุการใช้งานยาว ความ เสียหายที่จะเกิดค่อนข้างน้อยเพราะอาศัยการเหวี่ยงน้ำออกไปเป็นรัศมี การสึกหรอจึงต่ำที่สำคัญ เมื่อมีการอุดตันตรงทางออกของปั๊ม ปั๊มก็ยังสามารถทำงาน ได้โดยไม่เกิดแรงดันสูงมากนัก ปั๊มชนิดนี้จึงเหมาะสมกับงานที่ต้องการปริมาณน้ำมากแต่ความดันต่ำ

ปั๊มแบบลูกกลิ้ง (roller pump) สามารถให้แรงดันน้ำสูง อัตราการไหลของน้ำยาสารเคมีเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่ขาดเป็นช่วง ๆ เหมือนปั๊มแบบไดอะแฟรมและปั๊มแบบลูกสูบ เหมาะสมสำหรับเครื่องพ่นสารเคมีขนาดเล็กที่ต้องการแรงดันสูง

ปั๊มแบบลูกสูบ (piston pump) สามารถให้แรงดันน้ำได้สูง ปริมาณของสารเคมีที่ไหลในแต่ละครั้งจะน้อยกว่าปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง และลักษณะการไหลจะขาดเป็นช่วง ๆ ตามจังหวะการเคลื่อนที่ของลูกสูบ

ปั๊มแบบไดอะแฟรม (diaphragm pump) สามารถให้แรงดันน้ำได้สูงแต่น้ำยาที่ไหลออกไปแต่ละครั้งมีปริมาณน้อย และการไหลของน้ำยาสารเคมีจะไม่คงที่ ปั๊มแบบนี้สามารถใช้กับของเหลวที่มีสารแข็งแขวนลอยได้โดยที่ปั๊มไม่เกิดความเสียหาย

ปั๊มแบบฟันเฟือง (gear pump) สามารถให้แรงดันน้ำยาสารเคมีสูงและให้ปริมาณค่อนข้างมาก เหมาะสำหรับเครื่องพ่นสารเคมีที่มีความเข้มข้นมากๆ ลักษณะของเฟืองที่ขบกันจะทำให้ปั๊มสึกหรอได้ง่าย

ปั๊มแบบใบพัดยาง (flexible impeller pump) เป็นปั๊มที่ให้แรงดันไม่ค่อยสูงมากนักแต่ให้ปริมาณน้ำยาค่อนข้างมาก เหมาะสำหรับเครื่องพ่นสารเคมีแรงดันต่ำที่มีหัวฉีดหลาย ๆ หัว

2.7.2 การคำนวณหาขนาดของปั๊ม

เครื่องล้างจานนี้ประกอบด้วยชุดหัวฉีด 2 ชุด ได้แก่ ชุดล้าง 1 ชุด และชุดเคลือบแห้ง 1 ชุด ซึ่งจะต้องใช้แรงดันน้ำเพื่อฉีดน้ำให้แรงในการล้าง และฉีดให้เป็นฝอยในการเคลือบแห้ง ซึ่งจะต้องใช้ปั๊มชุดละ 1 ตัว แต่ในการดำเนินการสร้างจริงนั้นจะออกแบบใช้ปั๊มเพียงแค่ 1 ตัว ที่ให้ความดันสูงสุด แล้วใช้วาล์วแยกการทำงานของชุดฉีดแต่ละชุดตามโปรแกรมการทำงาน ซึ่งในการคำนวณนั้นจะใช้สมการของ Bernoulli ซึ่งเป็นไปตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎของการอนุรักษ์พลังงานข้อที่ 1 ซึ่งกล่าวไว้ว่า "Conservation of energy" ที่ว่า "พลังงานไม่มีการสูญหาย แต่จะเปลี่ยนรูปพลังงานกันได้"

สมการพลังงาน ณ ตำแหน่งใด ๆ สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + z = \text{Constant} \tag{2.21}$$

เมื่อ

$\frac{P}{\gamma}$ = Pressure head , m

$\frac{V^2}{2g}$ = Velocity head , m

z = Elevation head , m

การใช้ Bernoulli's Equation with External work:

Pump

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_p = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \tag{2.22}$$

Turbine

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + H_T \tag{2.23}$$

2.8 ฮีตเตอร์

ฮีตเตอร์เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการให้ความร้อน เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากในเครื่องล้างจานโดยฮีตเตอร์จะเป็นตัวช่วยทำให้น้ำที่ใช้ในการล้างมีความร้อนและน้ำที่ร้อนนี้จะเป็นตัวเพิ่มประสิทธิภาพในกาขจัดคราบไขมันให้หลุดออกได้ง่ายยิ่งขึ้นโดยมีหลักการในการคำนวณหาค่าความร้อนที่ต้องการใช้และขนาดของฮีตเตอร์มีดังนี้

T_i อุณหภูมิน้ำเข้า25 องศาเซลเซียส = 298 k

T_o อุณหภูมิน้ำออก 60 องศาเซลเซียส = 333 k

$$P = Ch\frac{d\theta}{dt} + C\rho q\theta \tag{2.24}$$

$\langle C\rho q\theta \rangle$

$$T_m = \frac{T_i + T_o}{2} = \frac{298 + 333}{2} = 315.5 \text{ k}$$

ค่า ≈4.17 kj/kg.k

อัตราการไหลเชิงปริมาตร q = 30 m^3/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนาแน่นน้ำ $\rho = 1000$ kg/m^3

$\theta = t_o - t_i$

$= 333\text{-}298 = 35$

แทนค่า $4.17 \times 1000 \times 30 \times 35$

$= 729.75$ kW

$$\left\langle Ch \frac{d\theta}{dt} \right\rangle$$

$$Ch = \left(C_p \rho V\right)_{\text{¢í§·èí}}$$

$C_{p_{AL}} = 765$ J/kg.k

$\rho_{AL} = 3970$ kg/m^3

ปริมาตร $V_{AL} = \frac{\pi\left(d_o^2 - d_i^2\right)}{4} \times L$

$$= \frac{\pi(645.16 - 547.56)}{4} \times 300$$

$= 22984.8$ mm^3

คำนวณหาเวลาเข้าและออกท่อในช่วงการทำความร้อน

$$q = VA \tag{2.25}$$

$$V = \frac{q}{A} \tag{2.26}$$

จาก

$$V = \frac{s}{t} = \frac{L}{t} \tag{2.27}$$

$$t = \frac{L}{V} = \frac{L.A}{q} \tag{2.28}$$

$$= \frac{L \times \pi \times d_i^2}{4 \times q} \tag{2.29}$$

เวลา(dt)

$t_{0 \to t} = 25790.076$

$d_\theta \approx T_o - T_i$

$= 333\text{-}298 = 35$ k

แทนค่า $C_p \rho V \frac{d\theta}{dt}$

$= 765 \times 3970 \times 5 \times 35$

$= 531.483$ MJ

Heat load

P $= 531483750 + 729750$

$= 532213500$ W

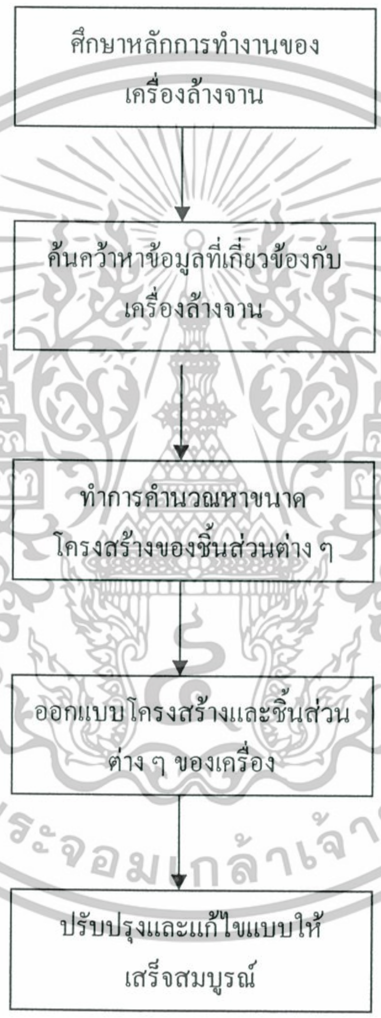
$= 532$ MW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ / การดำเนินงาน

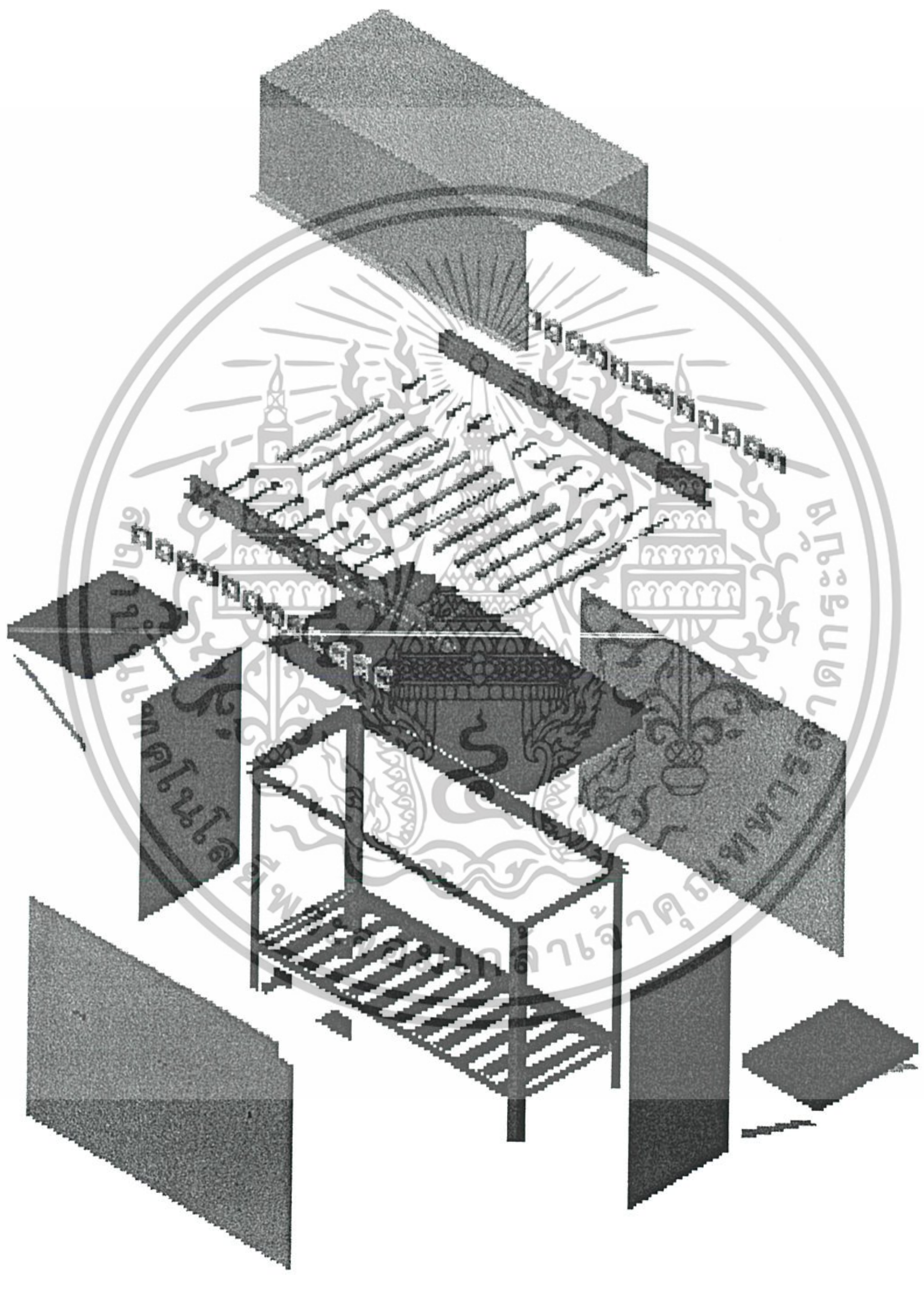
3.1 การวางแผนการดำเนินงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การดำเนินงานด้านโครงสร้างและตัวควบคุมฮาร์ดแวร์

ในส่วนของ ฮาร์ดแวร์ นี้ จะเริ่มตั้งแต่กระบวนการในการศึกษาการทำงานของเครื่องล้างจาน การคำนวณและออกแบบชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องล้างจานนี้ขึ้นมา



รูปที่ 3.1 ภาพประกอบของเครื่องล้างจาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของเครื่องล้างจาน

1. โครงเครื่อง
2. หัวฉีด
3. ฝาครอบ
4. ถาดรองน้ำ
5. ชุด Roller
6. แผ่นรองตะกร้าใส่ภาชนะ
7. แผ่นครอบเหล็กตัว C
8. กล่องครอบมอเตอร์

3.2.1 โครงเครื่อง

เป็นชิ้นส่วนหลักที่สำคัญซึ่งจะต้องมีชิ้น ส่วนอื่น ๆ มาประกอบอยู่ภายในโครงเครื่องนี้ ซึ่งรวมทั้งปั๊มหัวฉีด และมอเตอร์ด้วย ซึ่งโครงสร้างนี้จะต้องมีการออกแบบสร้างให้มีความแข็งแรงสามารถรับน้ำหนัก ของส่วนต่าง ๆ ได้ โดยมีรูปร่างดังนี้

รูปที่ 3.2 ภาพโครงเครื่อง

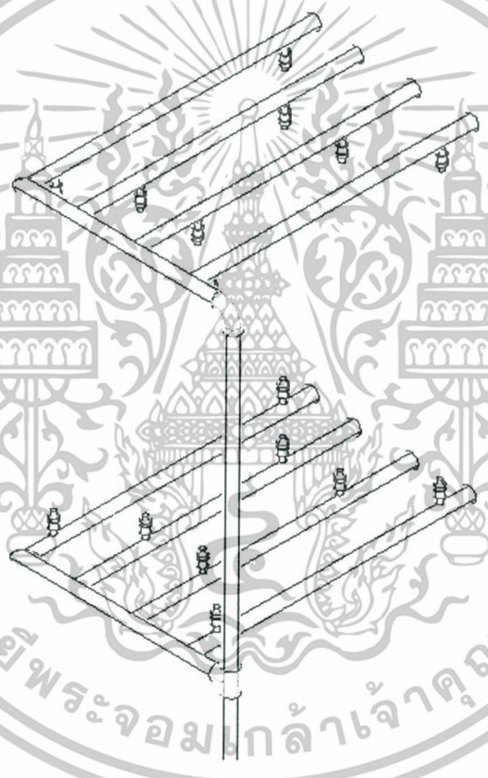
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปโครงเครื่องจะทำจากเหล็กฉากขนาด 45x45 มม. โดยนำเหล็กมาตัดแล้วเชื่อมประกอบให้เป็นโครงเครื่องดังรูป

3.2.2 ชุดหัวฉีด

เป็นชุดอุปกรณ์สำหรับชำระล้างสิ่งสกปรก ให้กับภาชนะต่างๆที่ผ่านการใช้งานมาแล้วให้สะอาดโดยจะทำการติดตั้งชุดของหัวฉีดทั้งสองชุดไว้ในลักษณะด้านบนและด้านล่าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการทำงาน ของชุดหัวฉีดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ชุดของหัวฉีดนี้จะแบ่งออกได้เป็น 2 ชุด

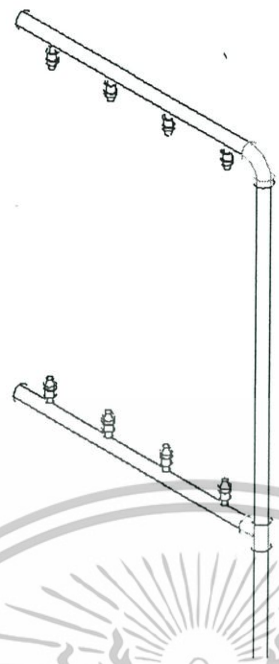
1.หัวฉีดล้าง เป็นชุดหัวฉีดที่ใช้สำหลับล้างคราบสิ่งสกปรกต่างๆที่ปนเปื้อนมากับภาชนะโดยมีจำนวนชุดหัวฉีดที่ใช้สำหรับล้าง ด้านบนและด้านล่างมีจำนวนหัวฉีดล้างทั้งหมดจำนวน 16 หัวฉีด ทำจากวัสดุสแตนเลส โดยมีขนาดท่อของชุดหัวฉีดเท่ากับ 1 นิ้ว



รูปที่ 3.3 ภาพหัวฉีดล้าง

2. หัวฉีดเครื่อบแห้ง เป็นชุดหัวฉีดที่ใช้สำหลับเคลือบแห้งภาชนะที่ผ่านการฉีดล้างมาแล้ว ให้ภาชนะนั้นเกิดการแห้งเพื่อที่จะได้สะดวกแก่การนำไปใช้โดยมีจำนวนชุดหัวฉีดที่ใช้สำหรับฉีดเคลือบแห้งบนและล่างมีจำนวนหัวฉีดล้างทั้งหมดจำนวน 8 หัวฉีด ทำจากวัสดุ ทองเหลือง โดยมีขนาดท่อของชุดหัวฉีดเท่ากับ 1 นิ้ว

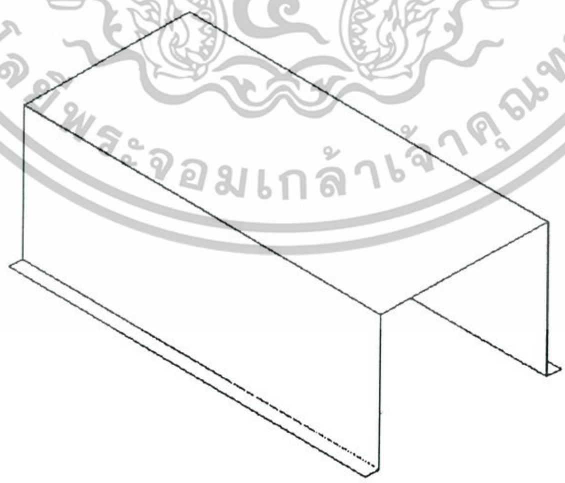
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ภาพหัวฉีดเครือบแห้ง

3.2.3 ฝาครอบ

เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ป้องกันน้ำจากการฉีดกระเด็นออกมาข้างนอกซึ่งฝาครอบนี้จะทำจากแผ่นสเตนเลสด้วยเช่นกันเนื่องจากว่าป้องกันการกัดกร่อนและป้องกันการเกิดสนิมได้ดีซึ่งนำมาพับขึ้นรูปได้ดังนี้ หลังจากพับขึ้นรูปเสร็จแล้วจึงนำมาเจาะรูเพื่อทำการยึดสกรูติดเข้ากับตัวโครงเครื่อง



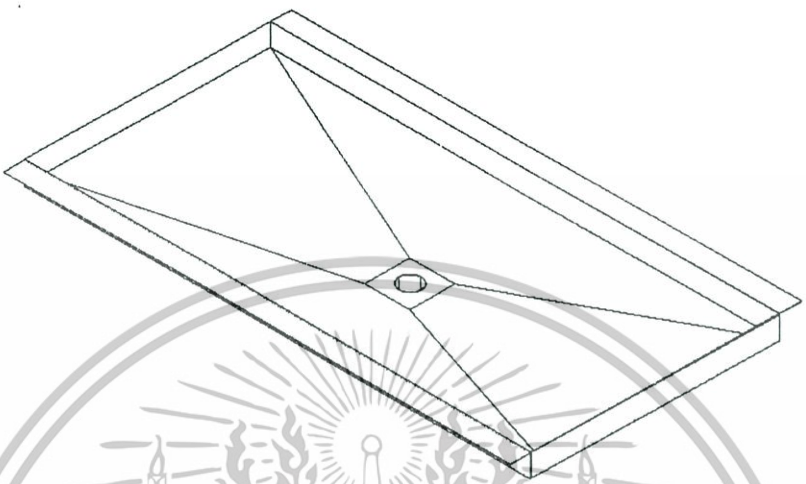
รูปที่ 3.5 ภาพฝาครอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ถาดรองน้ำ

เป็นชิ้นส่วนที่ใช้สำหรับรองน้ำที่เกิดจากการฉีดล้างและจากการเคลือบแห้งแล้วต่อท่อระบายลงเพื่อนำน้ำที่ใช้แล้วทิ้งไปซึ่งมีลักษณะดังนี้

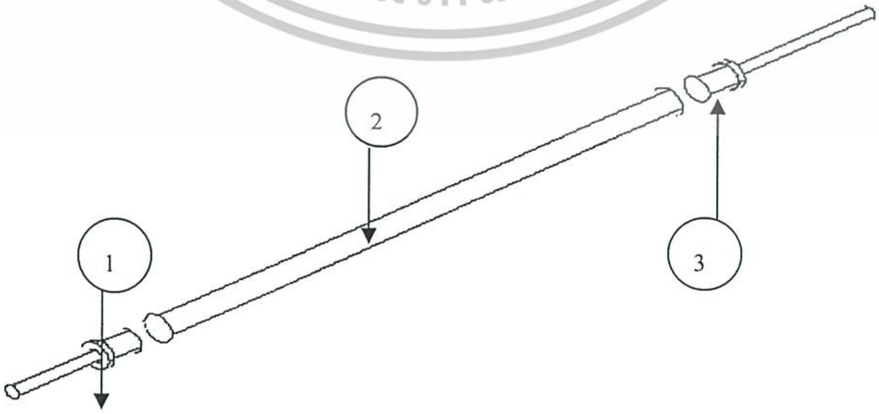


รูปที่ 3.6 ภาพ ถาดรองน้ำ

ซึ่งในการทำนั้นจะนำเอาแผ่นสแตนเลสมาทำการตัดตามขนาดแล้วพับเป็นด้านทั้งสี่ด้านแล้วนำมาเชื่อมประสานต่อรวมกันแล้วทำการอุดรอยต่อด้วยซิลิโคนอีกทีเพื่อป้องกันน้ำรั่วส่วนด้านล่างจะใช้การบัดกรีด้วยตะกั่ว หลังจากนั้นจึงนำมาเจาะรูเพื่อยึดกับโครงเครื่องแล้วเจาะรูเพื่อให้ท่อฉีดผ่านขึ้นมาได้

3.2.5 ชุดลูกกลิ้ง

เป็นชิ้นส่วนที่นำการเคลื่อนที่ของถาดบรรจุภาชนะเลื่อนเข้าไปเพื่อทำการฉีดล้างและฉีดเคลือบแห้งแล้วพาออกมาที่ช่องทางออก ซึ่งใน 1 ชุด ประกอบด้วย



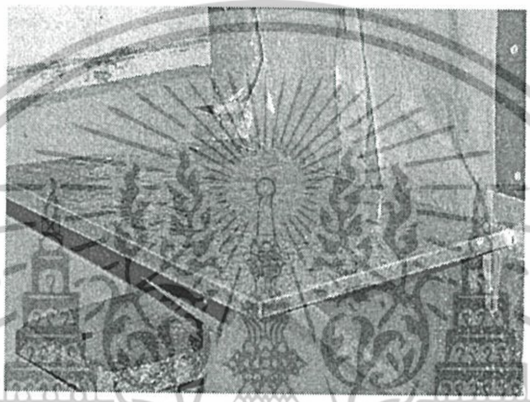
รูปที่ 3.7 ภาพชุดลูกกลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปชิ้นที่ 2 จะเป็นท่อสแตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนอก 1 นิ้ว และท่อนหนา 2 มม. ซึ่งจะสวมอยู่กับชิ้นที่ 1 และชิ้นที่ 3 ส่วนชิ้นที่ 1 และชิ้นที่ 3 จะทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำซึ่งนำมากลึงลดขนาดตามขนาด ซึ่งทั้งสองชิ้นนี้จะถูกรองรับด้านแบริงที่ปลายทั้งสองและในส่วนปลายสุดของชิ้นที่ 3 จะมีเฟืองโซ่ยึดประกอบเข้าไปด้วยเพื่อทำการขับให้เพลาเกิดการหมุน

3.2.6 แผ่นรองตะกร้าบรรจุภาชนะ

เป็นชิ้นส่วนที่ใช้สำหรับรองตะกร้าก่อนจะใส่เข้าไปในเครื่องล้างจานและรองรับตะกร้าที่ทางออกภายหลังจากการล้างเสร็จแล้ว ซึ่งมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 3.8 ภาพแผ่นรองตะกร้าบรรจุภาชนะ

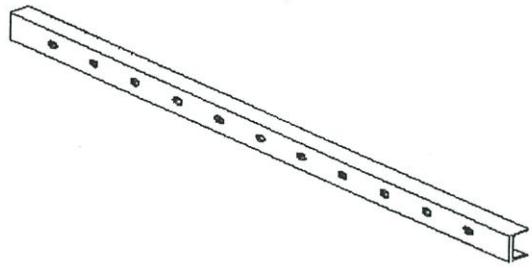
แผ่นรองนี้จะมีขนาดเท่ากันทั้งสองด้านทางเข้าทางออกซึ่งจะทำจากแผ่นสแตนเลสนำมาพับที่ขอบเพื่อเพิ่มความแข็ง แรงและเป็นการป้องกันคมที่ยื่นออก

3.2.7 แผ่นครอบเหล็กตัว C

เป็นชิ้นส่วนที่ป้องกันไม่ให้น้ำกระเด็นเข้าไปโดนเหล็กตัว C ซึ่งอยู่ติดกับโครงเครื่อง ซึ่งจะทำให้เกิดสนิมขึ้นได้ โดยแผ่นครอบนี้จะทำจากแผ่นสแตนเลสนำมาพับให้มีขนาดเท่ากับเหล็กตัว C แล้วทำการเจาะรูเพื่อให้ชุดลูกกลิ้ง ผ่านได้และเจาะรูด้านบนเพื่อร้อยสกูรผ่านเพื่อยึดติดกับโครเครื่อง
จากชิ้นส่วนที่กล่าวมานี้จะเป็นชิ้นส่วนที่สามารถสร้างขึ้นเองได้ส่วนชิ้นอื่น ๆ ที่ประกอบด้วยนั้นจะเป็นชิ้นส่วนมาตรฐานที่หาซื้อได้ตามร้านอุปกรณ์ทั่ว ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

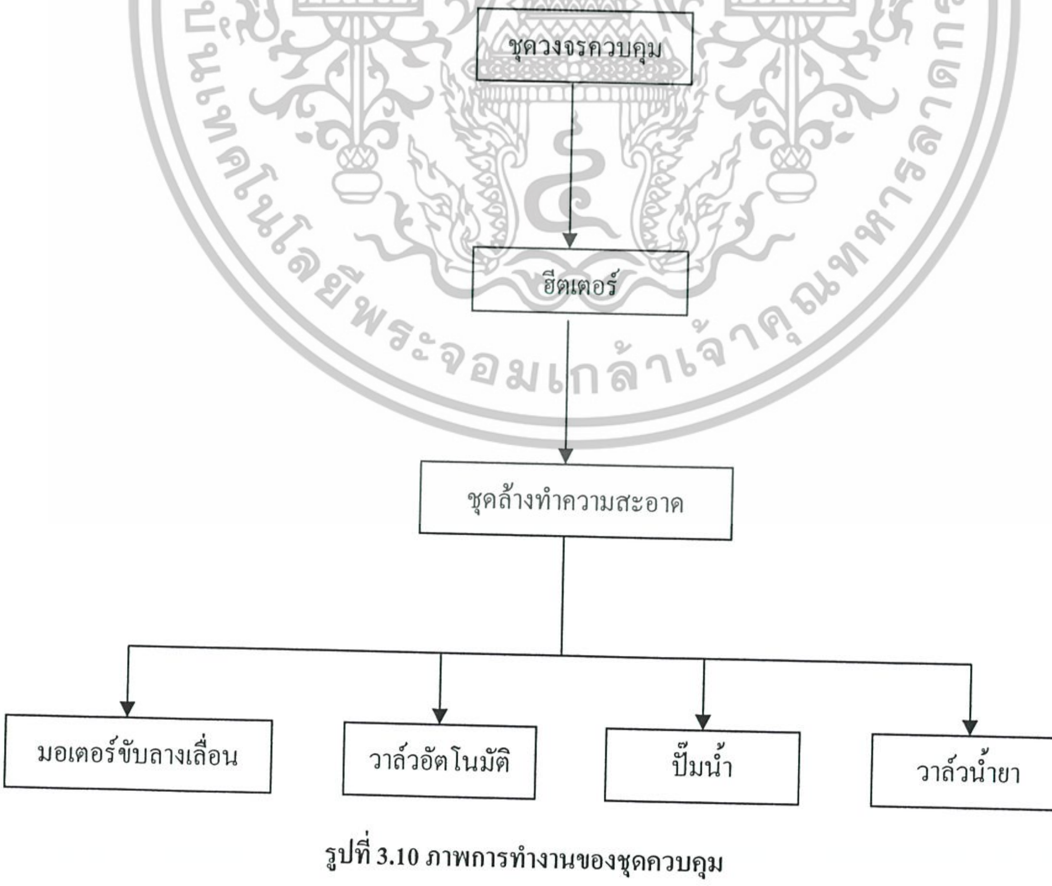
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ภาพแผ่นครอบเหล็กตัว C

3.3ซอฟร์แวร์

ในส่วนของซอฟร์แวร์นี้จะเป็นระบบการควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องล้างจานโดยชุดวงจรควบคุมจะสั่งงานให้ ฮีตเตอร์ ทำงานจนถึงอุณภูมิที่กำหนด จากนั้นชุดวงจรควบคุมก็จะสั่งงานให้ชุดล้างทำงานโดยจะสั่งให้ชุดมอเตอร์ขับลางเลื่อนทำงาน และจากนั้นชุดวงจรควบคุมก็จะสั่งงานให้ วาล์วน้ำอัตโนมัติ ปั๊มน้ำ และวาล์วน้ำยา ทำงานตามลำดับ



รูปที่ 3.10 ภาพการทำงานของชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

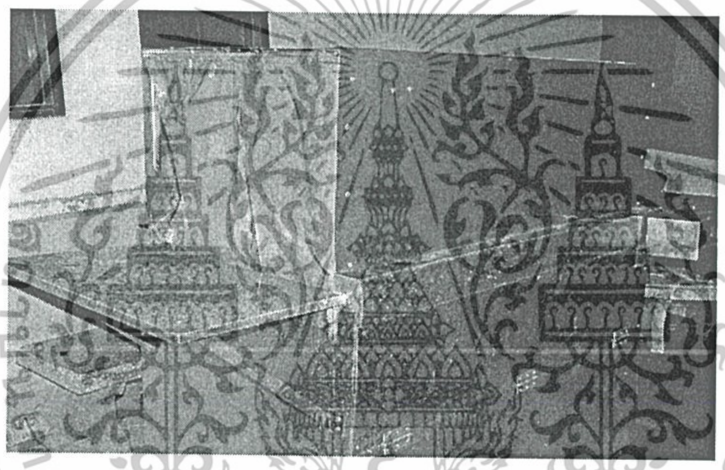
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการดำเนินงานด้านฮาร์ดแวร์

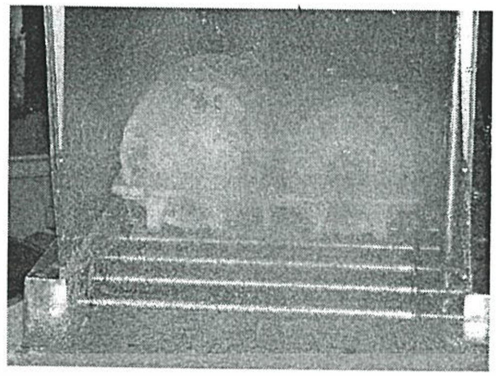
จากการดำเนินการสร้างเครื่องล้างจานจนเสร็จสมบูรณ์ โดยในระหว่างการสร้างชิ้นส่วนของเครื่องได้พบกับอุปสรรคและปัญหาในด้านของเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ด้านเทคนิกด้านทักษะและประสบการณ์ในการทำงานอยู่บ้าง ซึ่งสมาชิกในกลุ่มก็ได้มีการปรึกษากันถึงปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น และทำการแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ได้ชิ้นส่วนตามที่ต้องการจนได้เครื่องล้างจานที่มีขนาด 790x1410x1920 มม. โดยมีช่องทางเข้าและทางออกของจาน 490x560 มม. ดังรูป



รูปที่ 4.1 เครื่องล้างจาน

รูปที่ 4.2 ภาพด้านหน้าเครื่องล้างจาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

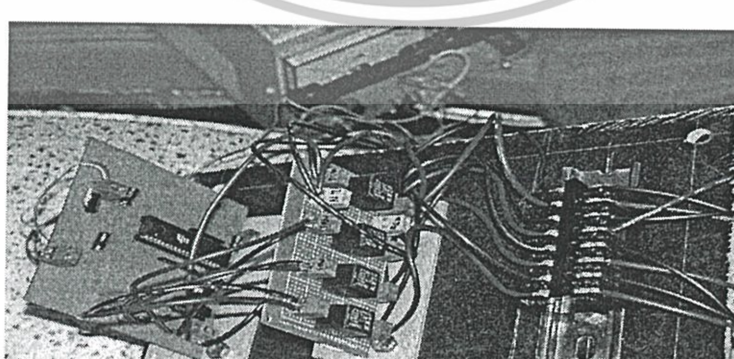


รูปที่ 4.3 ภาพแสดงการฉีดล้าง

รูปที่ 4.4 ภาพแสดงการฉีดเคลือบ

4.2 ผลการดำเนินงานด้านซอฟแวร์

การดำเนินงานในส่วนของซอฟแวร์นี้ได้ทำการดำเนินการทำวงจรชุดควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ขึ้นมา ซึ่งจะใช้ไมโครคอลโทลเลอร์ชนิด **MCS 51** ค วบคุมพอร์ตเพื่อจ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ทำงานได้ตามโปรแกรมที่เขียนจากภาษาแอสแซมบลี ซึ่งมีลักษณะดังรูป



รูปที่ 4.5 ภาพแสดงการฉีดเคลือบ

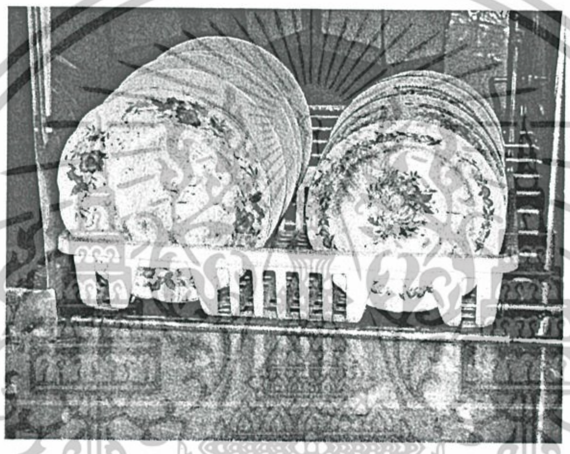
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบ

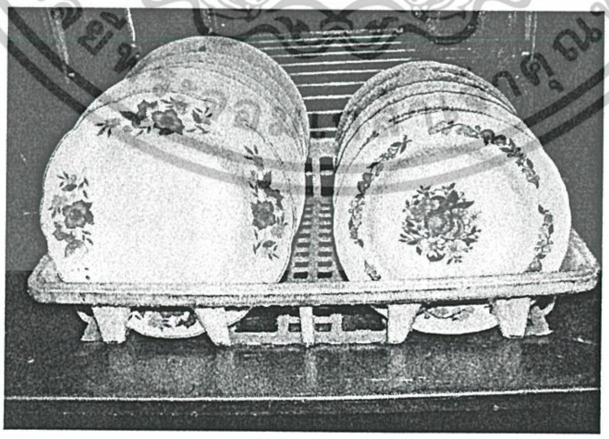
ค่าที่ได้จากการทดสอบโดยการทดลองล้างจานด้วยการปรับแรงดันไฟฟ้าทั้งหมด 5 ค่าด้วยกัน โดยเริ่มจากการปรับค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสรับที่ค่าสูงสุดของมอเตอร์ที่ 12 โวลท์ แล้วปรับลงมาที่ 10 โวลท์ ,8 โวลท์ ,6โวลท์ ,5โวลท์. ซึ่งจะส่งผลให้ความเร็วของชุดรางเลื่อนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ต่างกัน ซึ่งจะทำให้อัตราการใช้น้ำและน้ำยาล้างจานในปริมาณที่ต่างกัน โดยจะนำเอาค่าเหล่านี้ไปทำการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการล้างจานซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

การทดสอบ

- แรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับมอเตอร์ขับเคลื่อนชุดลูกกลิ้ง	: 12	โวลท์
- ได้ความเร็วขับถาดล้างจาน	: 40	เซนติเมตรต่อนาที



ก่อนล้าง



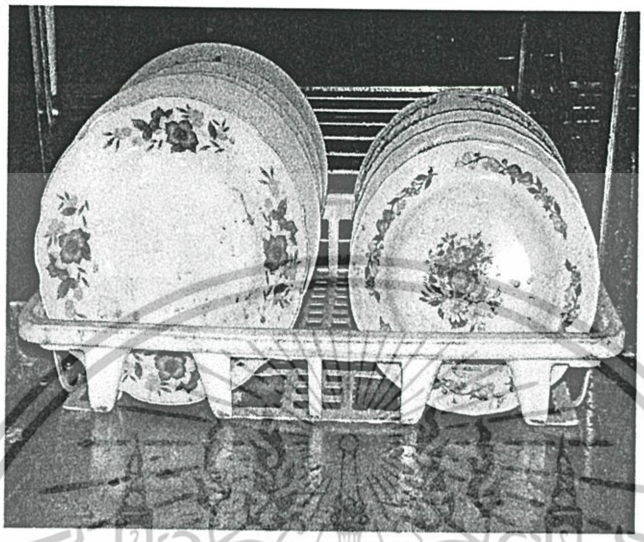
หลังล้าง

รูปที่ 4.6 ภาพการล้างจานที่แรงดันไฟฟ้า 12 โวลท์

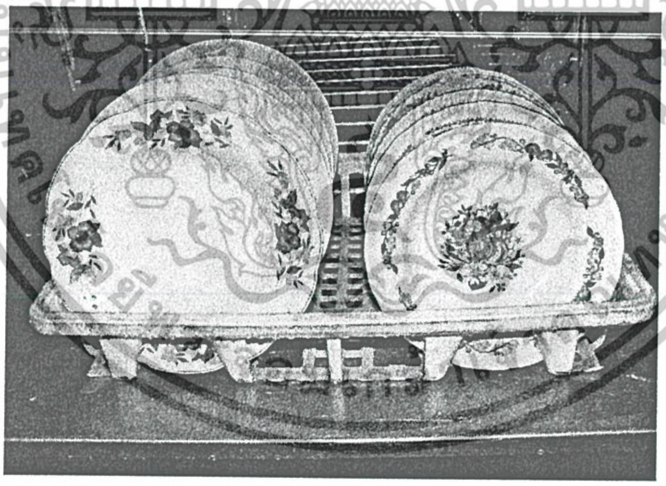
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบ

- แรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับมอเตอร์ขับเคลื่อนชุดลูกกลิ้ง : 10 โวลท์
- ได้ความเร็วขับถาดล้างจาน : 35 เซนติเมตรต่อนาที



ก่อนล้าง



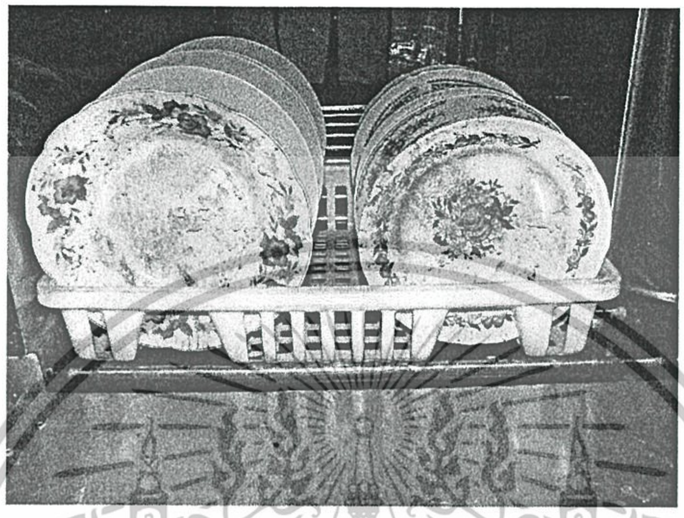
หลังล้าง

รูปที่ 4.7 ภาพการล้างจานที่แรงดันไฟฟ้า 10 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบ

- แรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับมอเตอร์ขับเคลื่อนชุดลูกกลิ้ง : 8 โวลท์
- ได้ความเร็วขับถาดล้างจาน : 28 เซนติเมตรต่อนาที



ก่อนล้าง

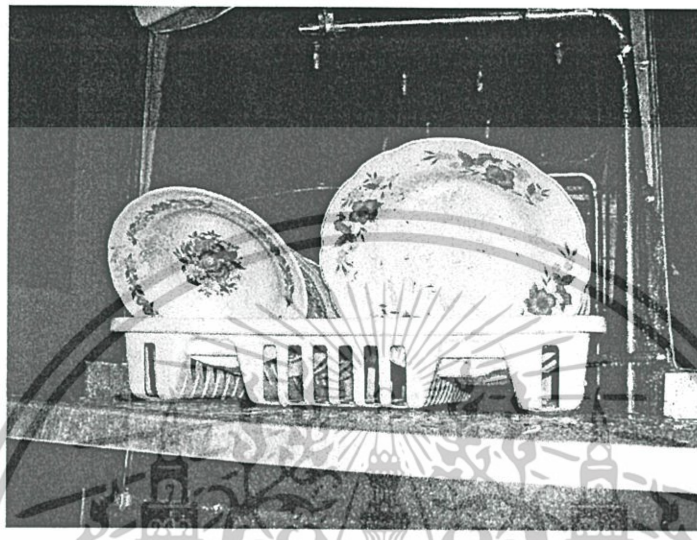
หลังล้าง

รูปที่ 4.8 ภาพการล้างจานที่แรงดันไฟฟ้า 8 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบ

- แรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับมอเตอร์ขับเคลื่อนชุดลูกกลิ้ง : 6 โวลท์
- ได้ความเร็วขับถาดล้างจาน : 25 เซนติเมตรต่อนาที



ก่อนล้าง

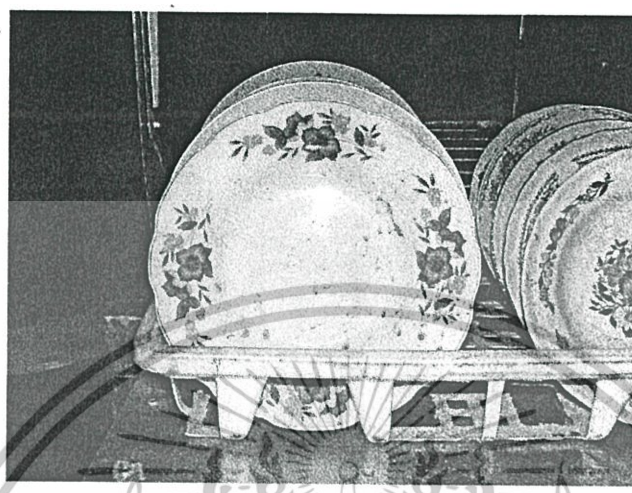
หลังล้าง

รูปที่ 4.9 ภาพการล้างจานที่แรงดันไฟฟ้า 6 โวลท์

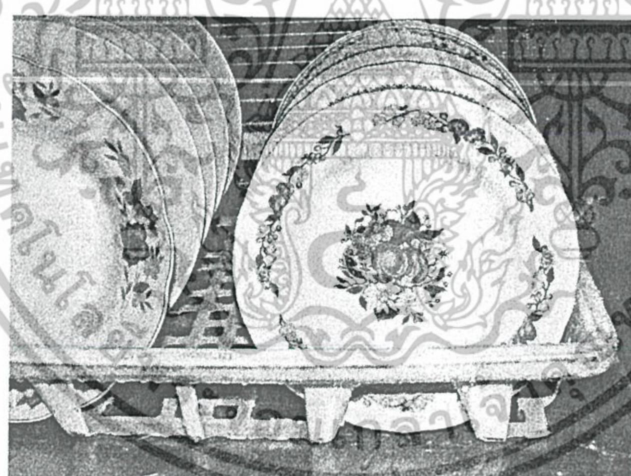
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบ

- แรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับมอเตอร์ขับเคลื่อนชุดลูกกลิ้ง : 5 โวลท์
- ได้ความเร็วขับถาดล้างจาน : 20 เซนติเมตรต่อนาที



ก่อนล้าง



หลังล้าง

รูปที่ 4.10 ภาพการล้างจานที่แรงดันไฟฟ้า 5 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดสอบ

แรงดันไฟฟ้า (VDC)	ความเร็ว ซม. / นาที	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลิตร)	เวลา/ รอบ (นาที)
12	40	28.24	1.22
10	35	38.03	1.44
8	28	43.68	2.17
6	25	54.96	2.53
5	20	68.53	3.48

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

เนื่องด้วยโครงงานนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องล้างจานอัตโนมัติที่สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องได้ด้วยวงจรควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งสามารถล้างจานได้จำนวนสูงสุดที่24 ใบต่อหนึ่งรอบการทำงาน โดยได้ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องล้างจานนี้ที่ตัวแปลที่ที่แตกต่างกันในส่วนของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ตัวที่ทำหน้าขับพาชุดถาดใส่จานเพื่อทำการล้างซึ่งจะมีผลต่อปริมาณของน้ำที่จะใช้ในการล้างของแต่ละลอบการทำงานด้วย ซึ่งจากการทดสอบดังกล่าว ทำให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 12 โวลต์ ปริมาณของน้ำที่ใช้ล้างคือ 28.24 ลิตรและใช้เวลาไป 1.22 นาที และสามารถขจัดคราบสิ่งสกปรกได้สะอาด

5.1 ข้อจำกัดของการวิจัย

1. ข้อจำกัดของวัสดุที่นำมาใช้ซึ่งวัสดุบางชนิดไม่สามารถหาได้จึงใช้วัสดุทดแทน
2. ข้อจำกัดของงบประมาณในด้านต่างๆ เช่น น้ำยาล้าง น้ำยาเคลือบ

5.2 ข้อเสนอแนะในขั้นตอนต่อไป

1. ปรับปรุงระบบการลำเลียงของชุดลำเลียงโดยออกแบบเป็นระบบต่างๆเพราะระบบเดิมอาจมีตัวแปรด้านการเสียดสีของภาชนะกับระบบลำเลียง ซึ่งจะส่งผลโดยตรงกับการเคลื่อนที่ของภาชนะ
2. เพิ่มประสิทธิภาพโดยการใช้ตัวเซนเซอร์หรืออาจใช้ลิมิตสวิตช์ช่วยในการจับระยะการเคลื่อนที่ของภาชนะเพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของชุดหัวฉีดล้างและชุดหัวฉีดเคลือบ แทนการใช้การหน่วงเวลาการทำงานของโปรแกรม

5.3 ประโยชน์ในทางประยุกต์ของผลวิจัยที่ได้

1. สามารถนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้และควบคุมการทำงานของเครื่องจักรได้
2. สามารถนำระบบควบคุมและวงจรควบคุมไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรประเภทอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

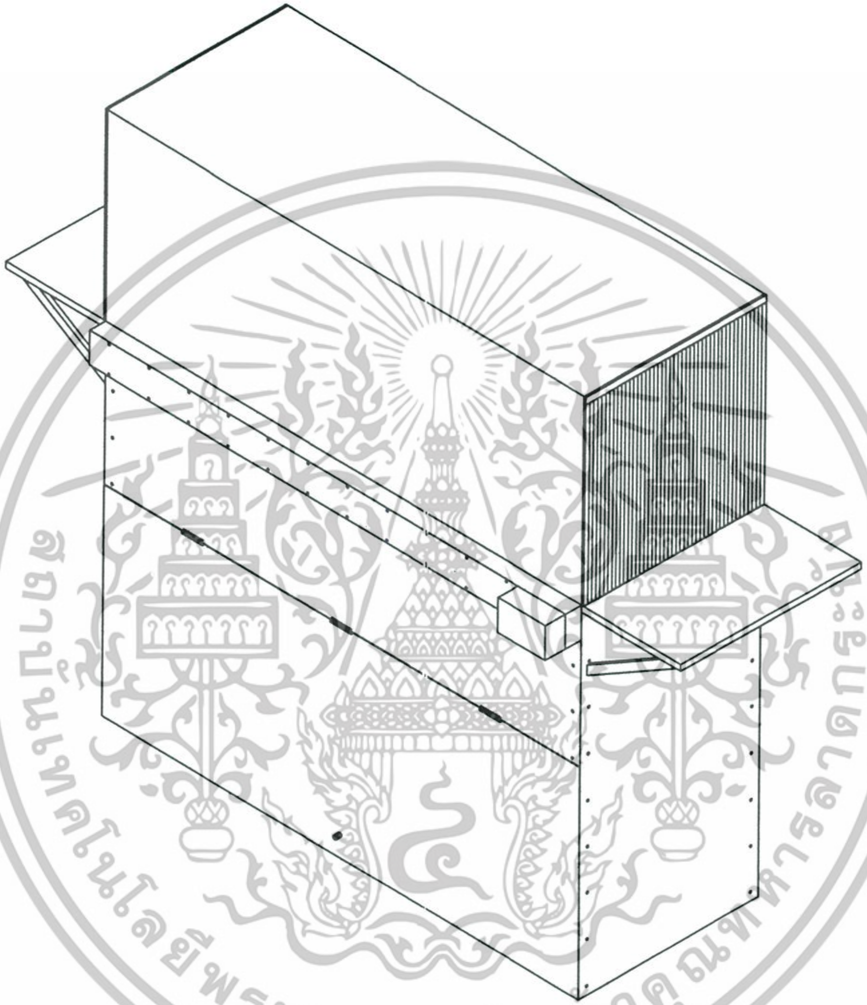
บรรณานุกรม

1. ไชชาญ หินเกิด (2544) , "เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง" สำนักพิมพ์ ส.ส.ท
2. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ (2539), "การออกแบบระบบพลังงานความร้อน" คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
3. ธีรวัฒน์ ประกอบผล (2544) , "ระบบคอมพิวเตอร์และภาษาแอสแซมบลี"
4. มงคล ทองสงคราม (2540) , "เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ" บริษัท รานาการพิมพ์ จำกัด
5.วิบูรณ์ บุญยธโรกุล (2524) , "ปั๊มและระบบการสูบน้ำ" ภาควิชาวิศวกรรมชลประธาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
6. วริธิ์ อึ้งภากร และ ชาญ ถนัดงาน (2525) , "การออกแบบเครื่องจักรกล" บริษัทซีเอ็นยูเคชั่น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

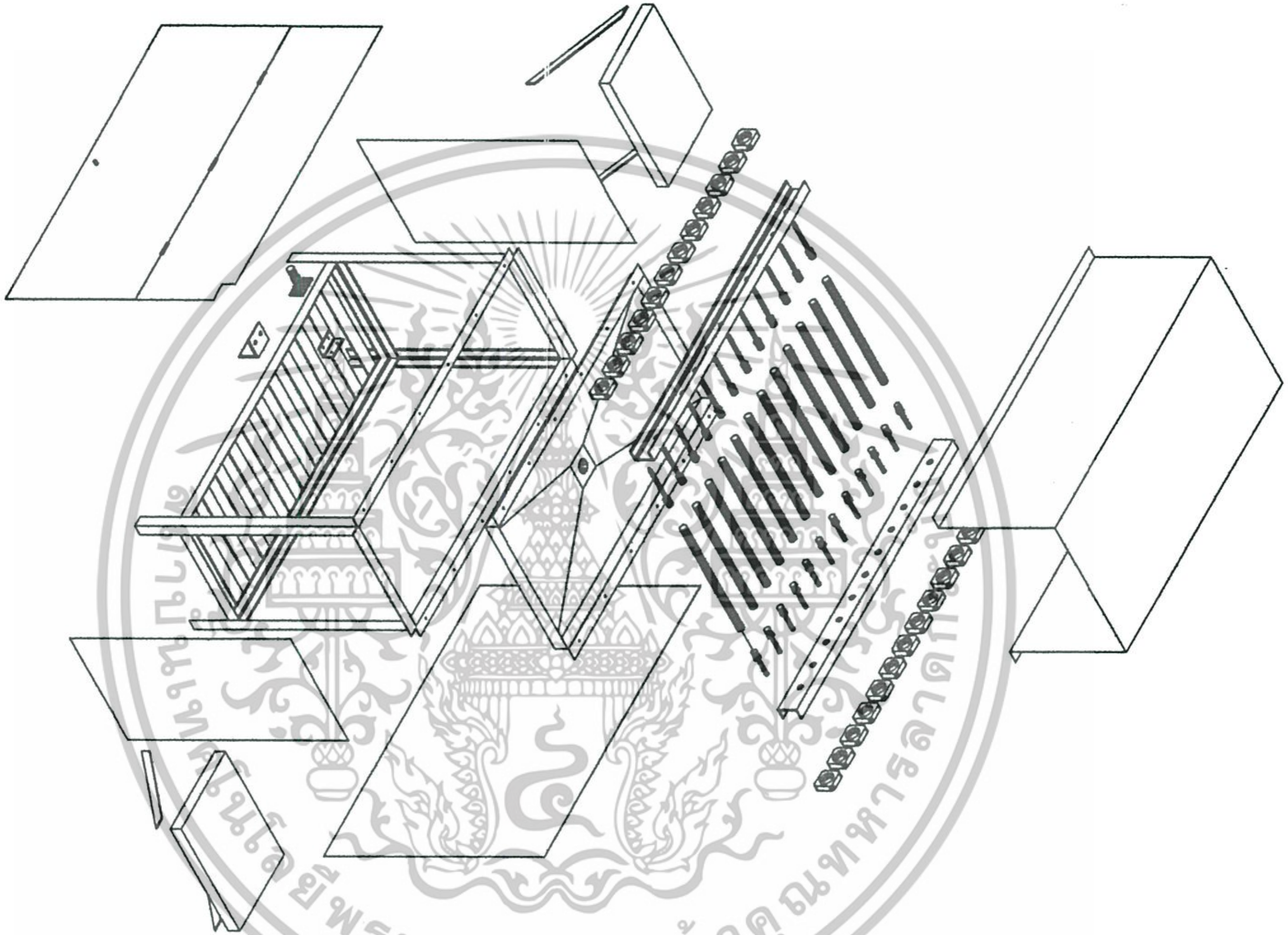


ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน	
ผู้ตรวจ	
ผู้ออกแบบ	
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ภาพเครื่องล้างจาน

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



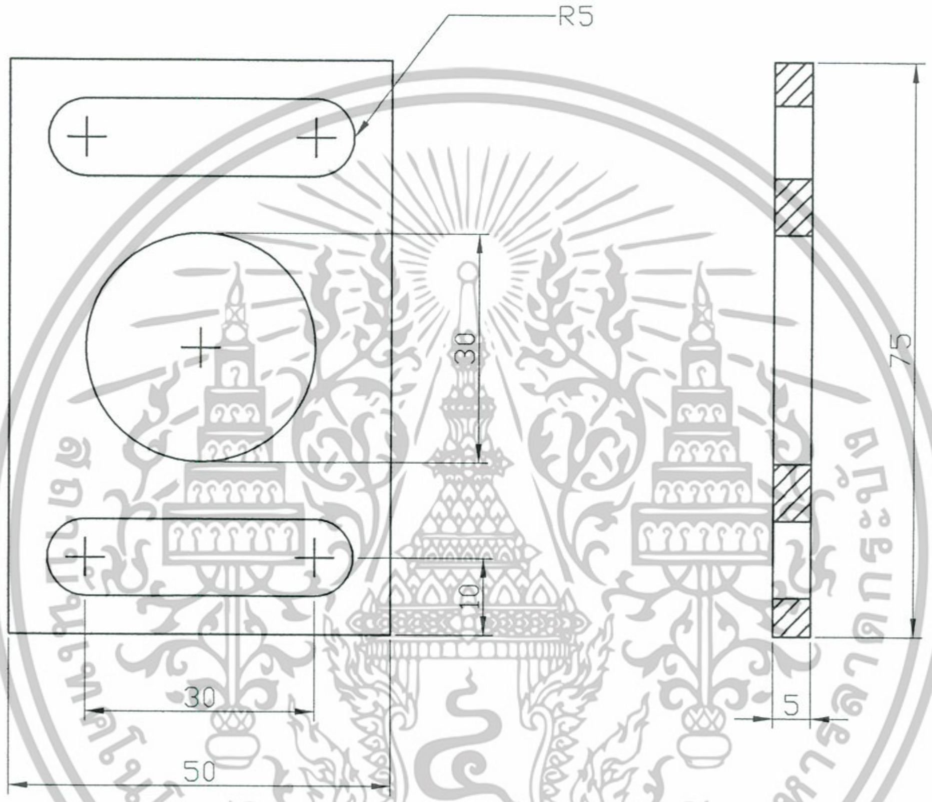
ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ภาพแยกส่วน	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

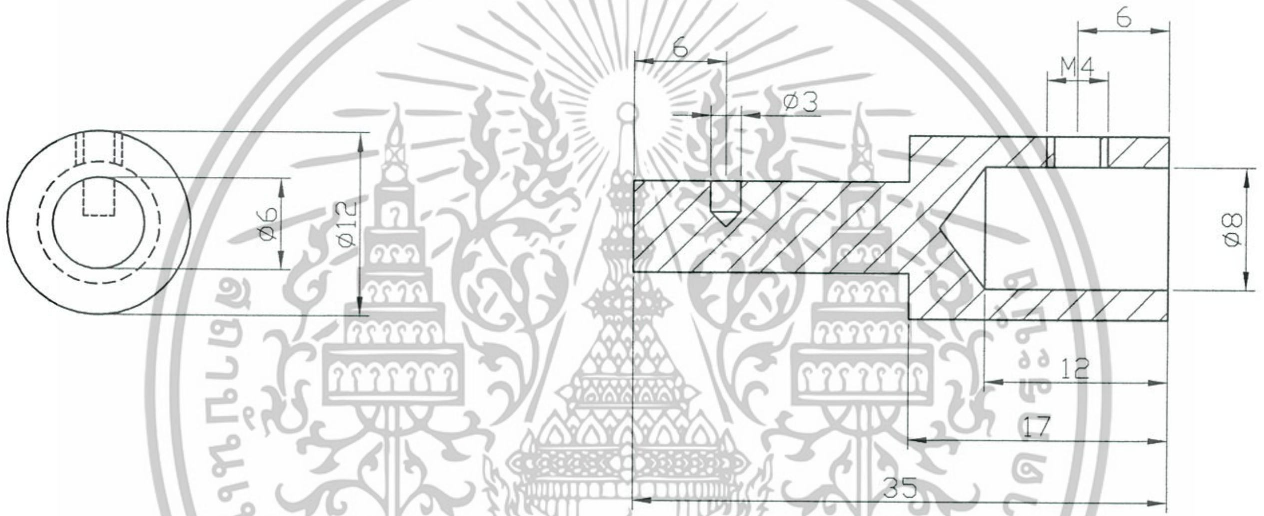
ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน โครงเครื่องล้างจาน	



ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน หน้าแปลนยึดมอเตอร์	

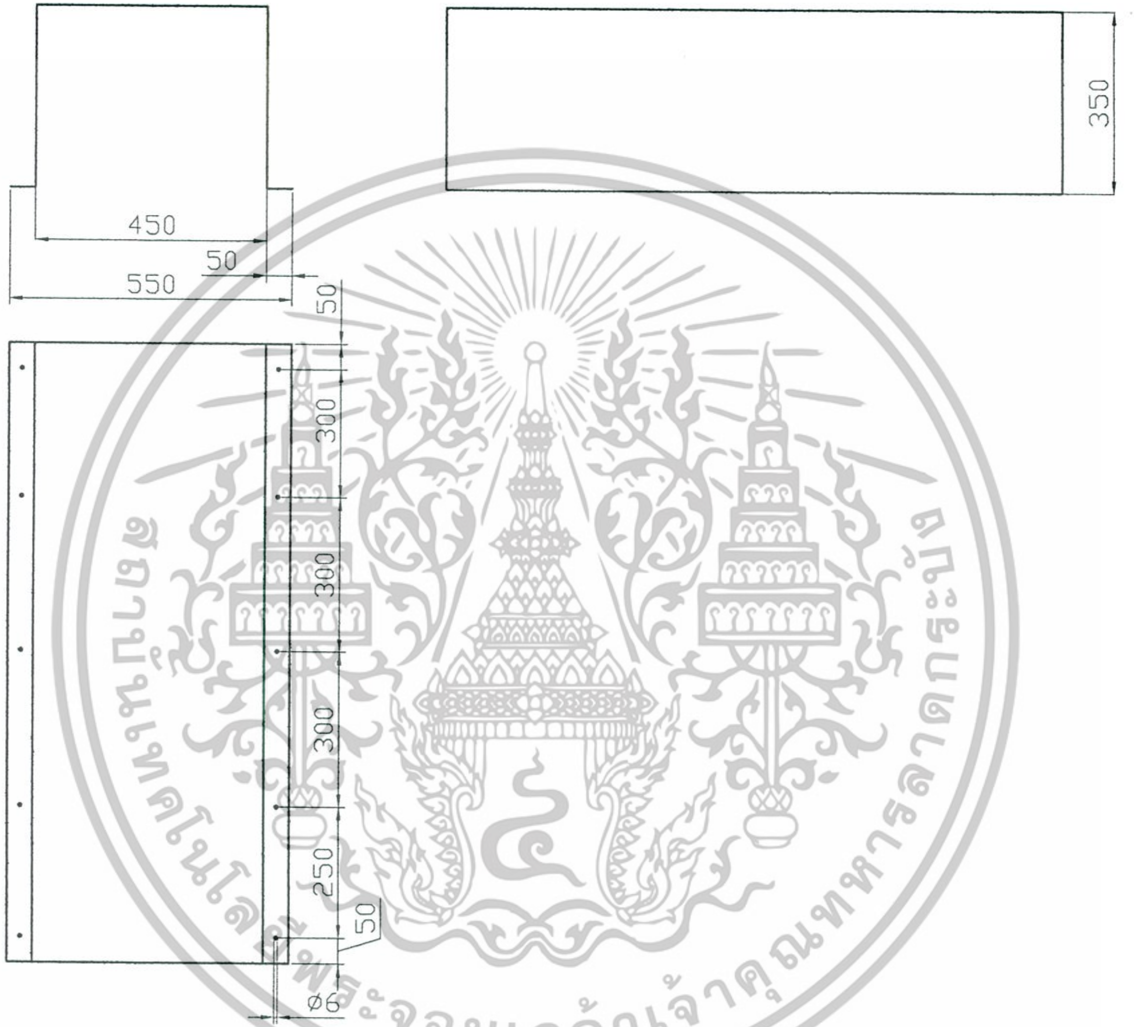
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

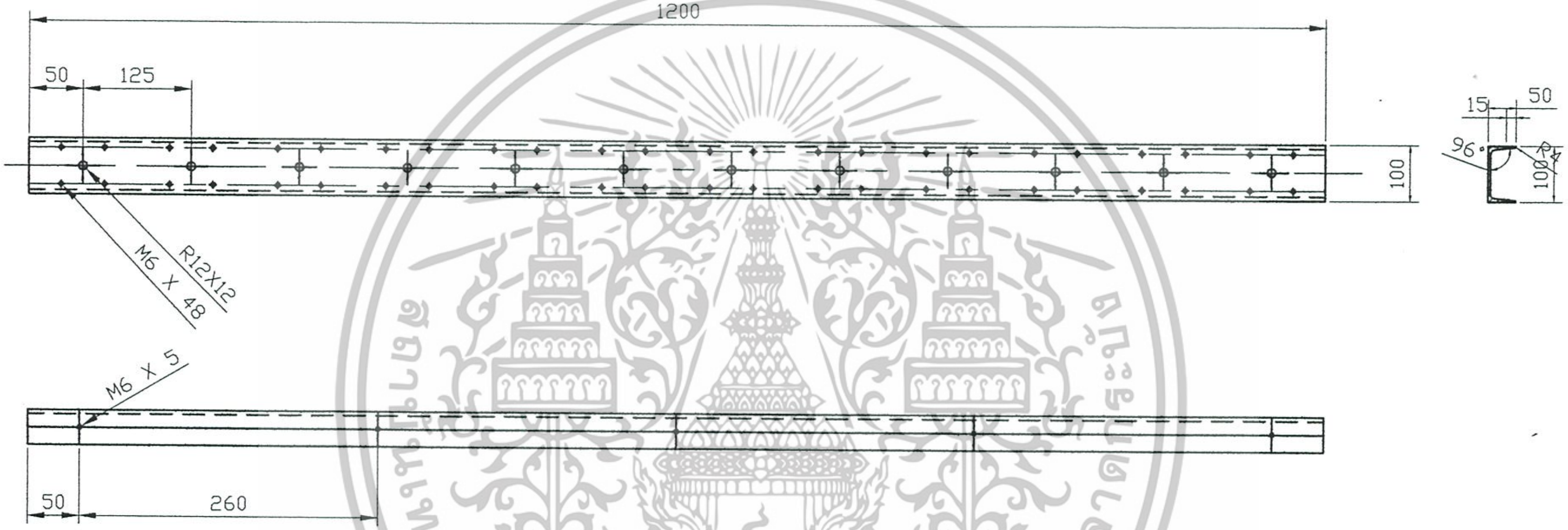
ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ข้อต่อมอเตอร์กับเพลาขับ	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



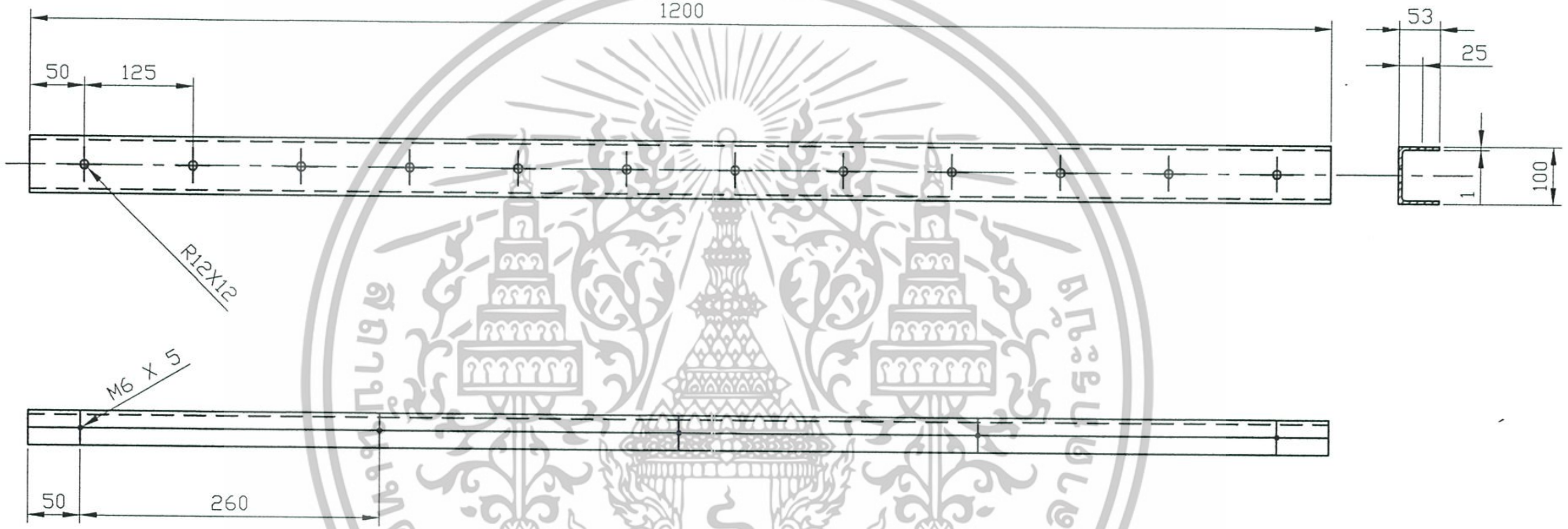
ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ฝาครอบด้านบน	



ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ชุดลางเลื่อน	



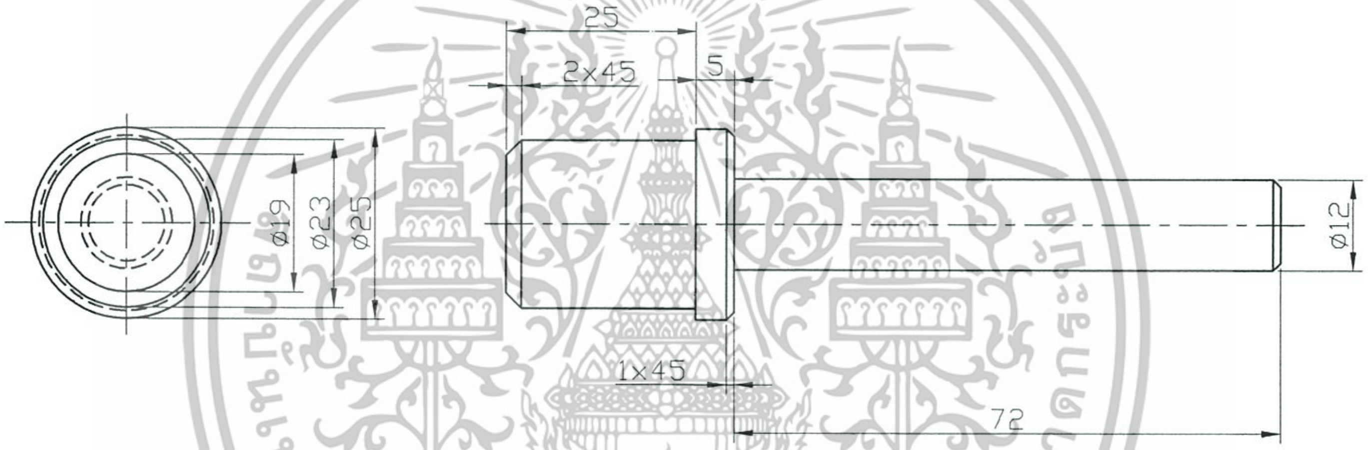
ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน แผ่นครอบชุดลูกลางเลื่อน	

ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ชุดลูกกลิ้ง	

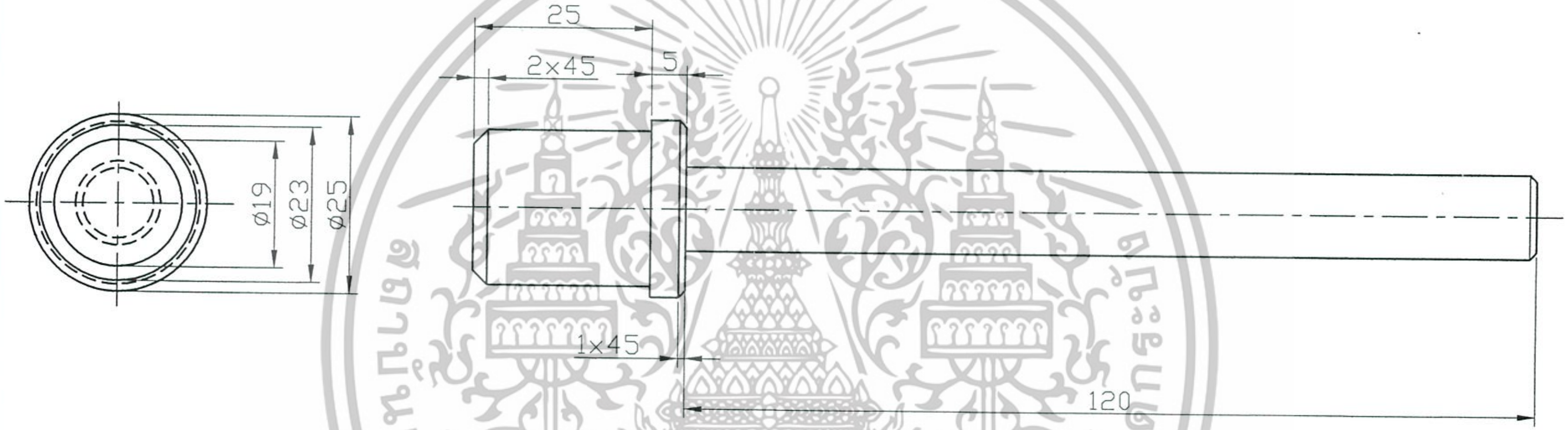
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ชุดลูกกลิ้ง	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

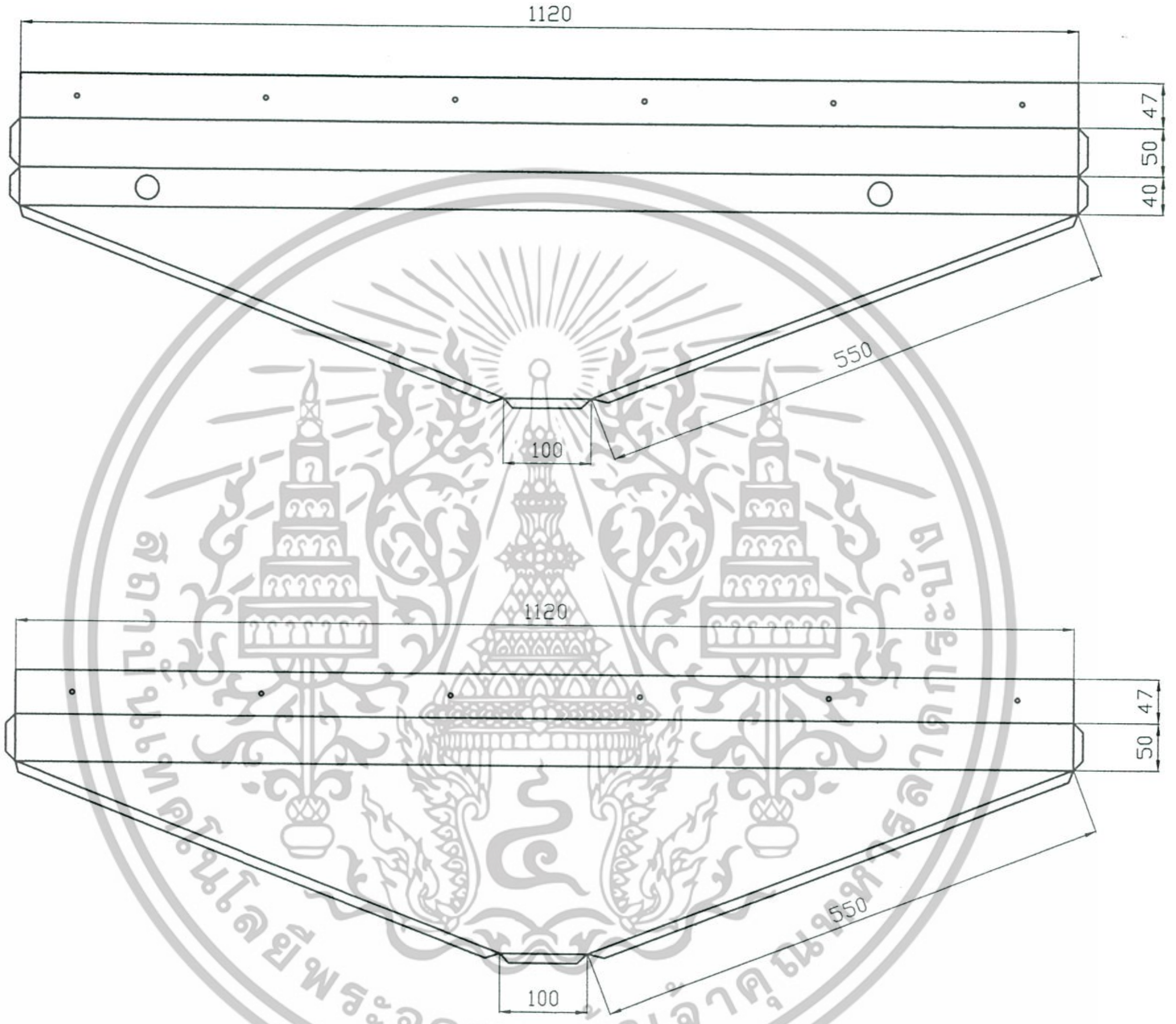


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน	
ผู้ตรวจ	
ผู้ออกแบบ	
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ชุดลูกกลิ้ง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

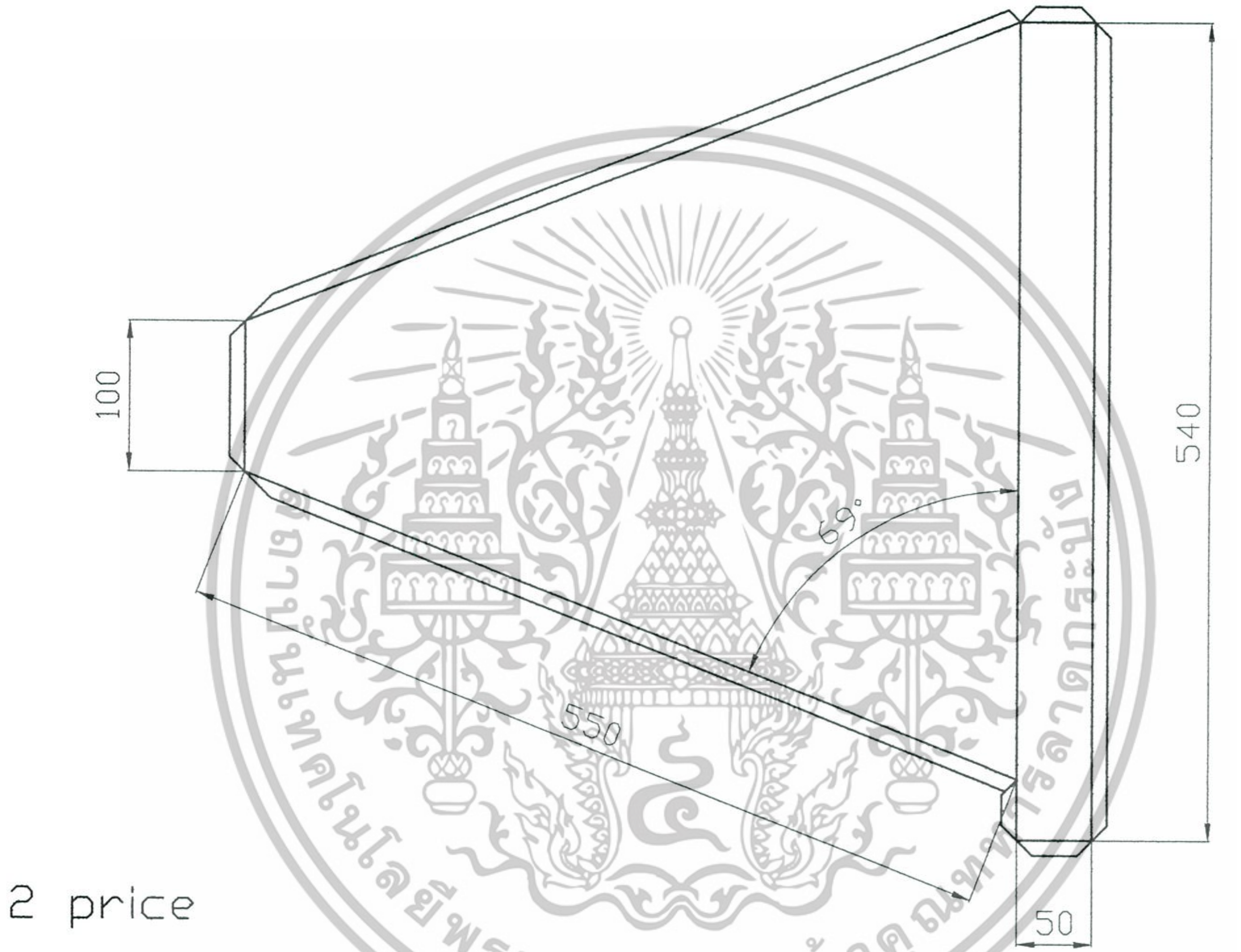


ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน	
ผู้ตรวจ	
ผู้ออกแบบ	
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน แผ่นคลี่ถาดรองน้ำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

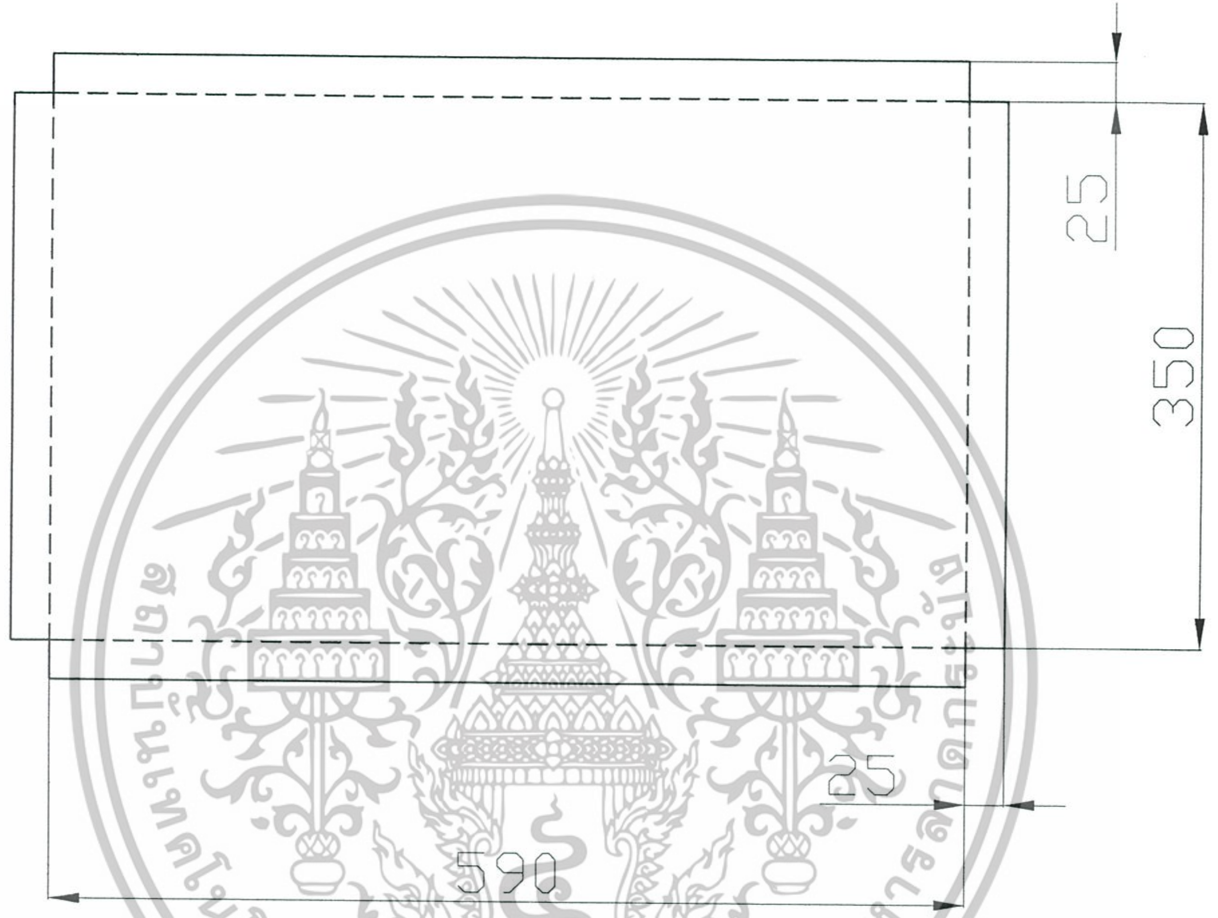


ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน	
ผู้ตรวจ	
ผู้ออกแบบ	
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน แผ่นคลี่ถาดรองน้ำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

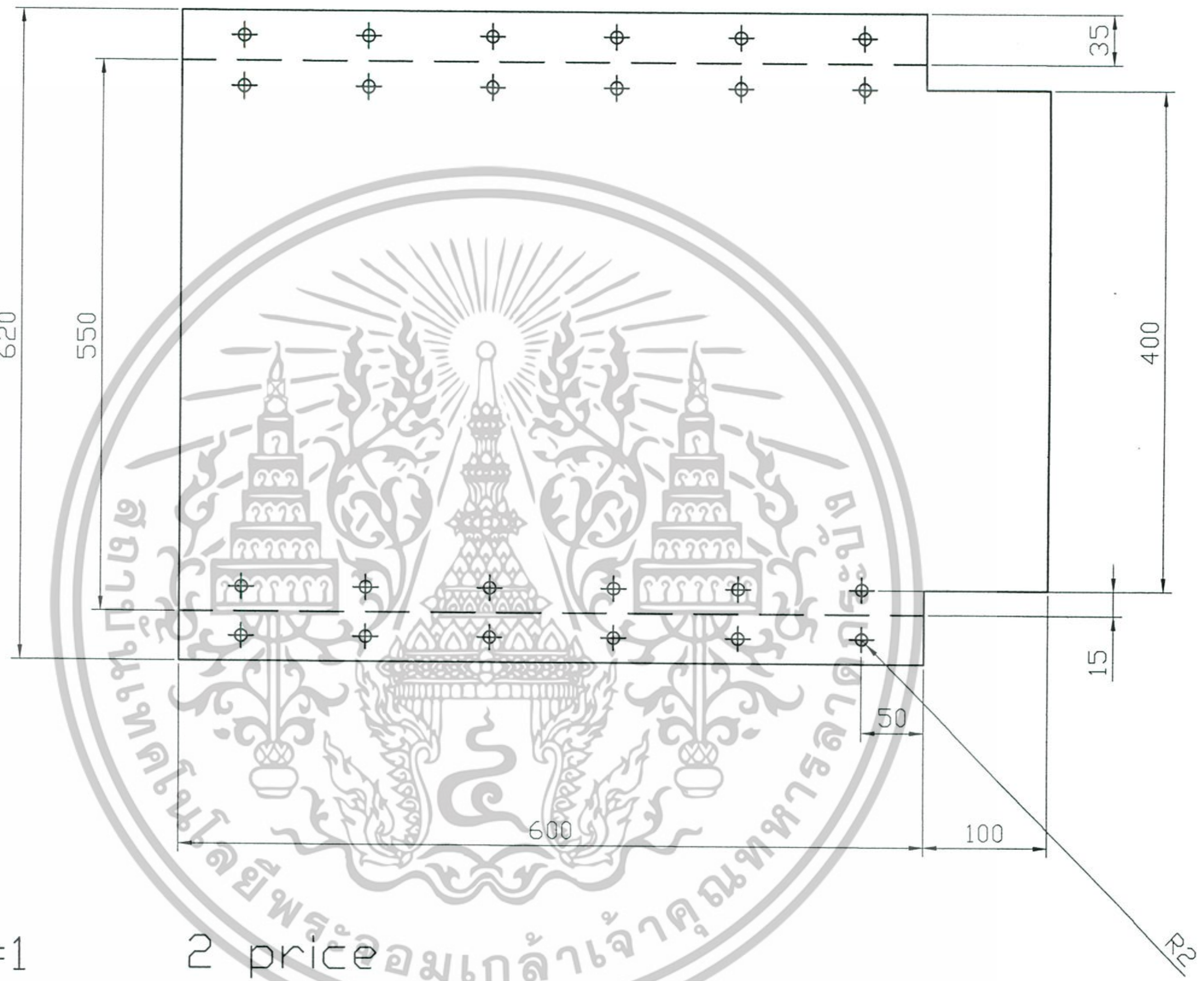


Thickness=1 2 price

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

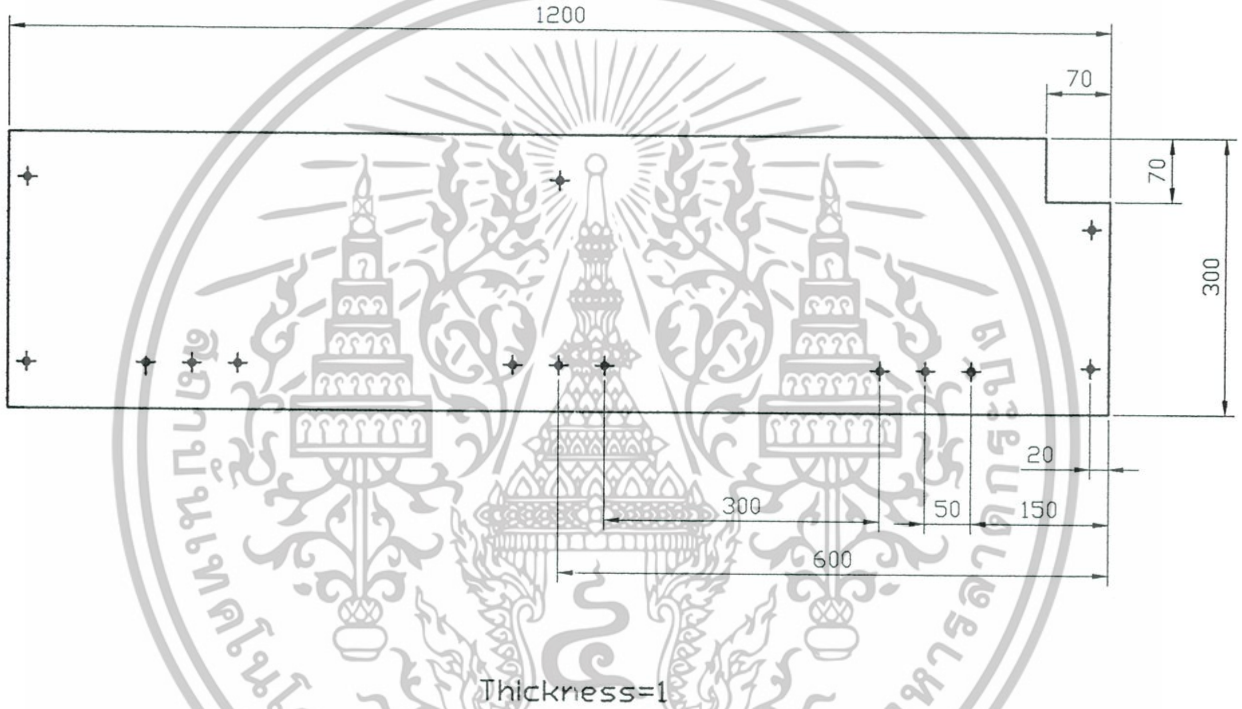
ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน แผ่นรองตระกร้า	



Thickness=1 2 price

ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

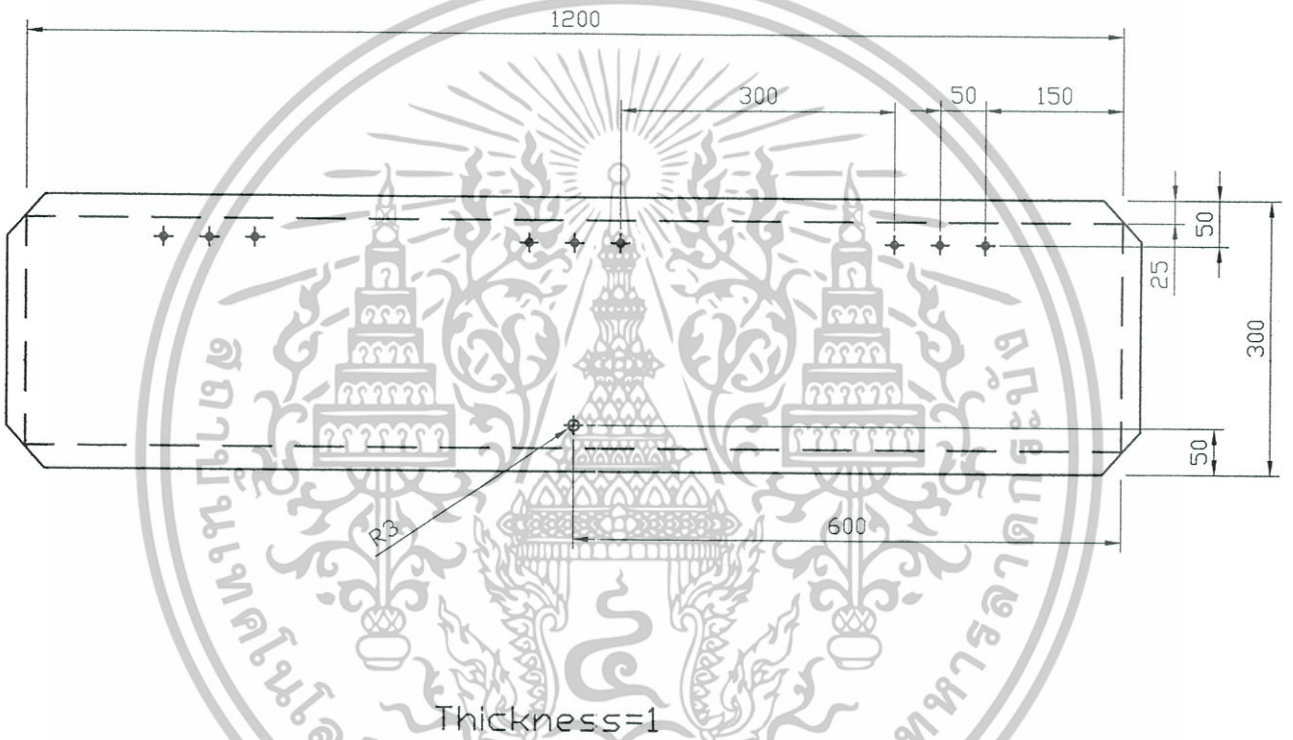
ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน แผ่นปิดด้านข้าง	



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

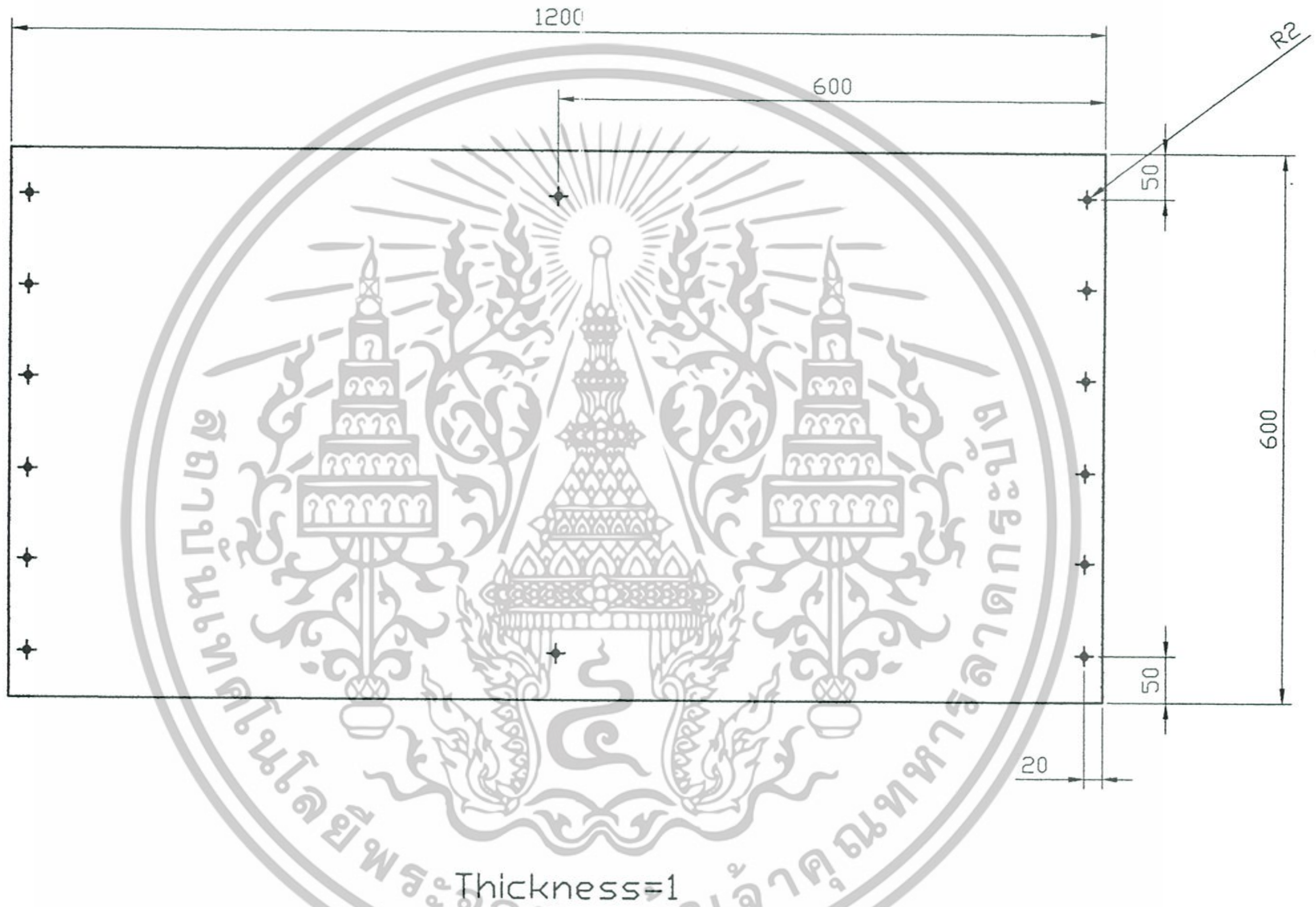
ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน แผ่นปิดด้านหน้า	



ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน
ผู้เขียน				
ผู้ตรวจ				
ผู้ออกแบบ				
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน แผ่นปิดด้านหน้า			

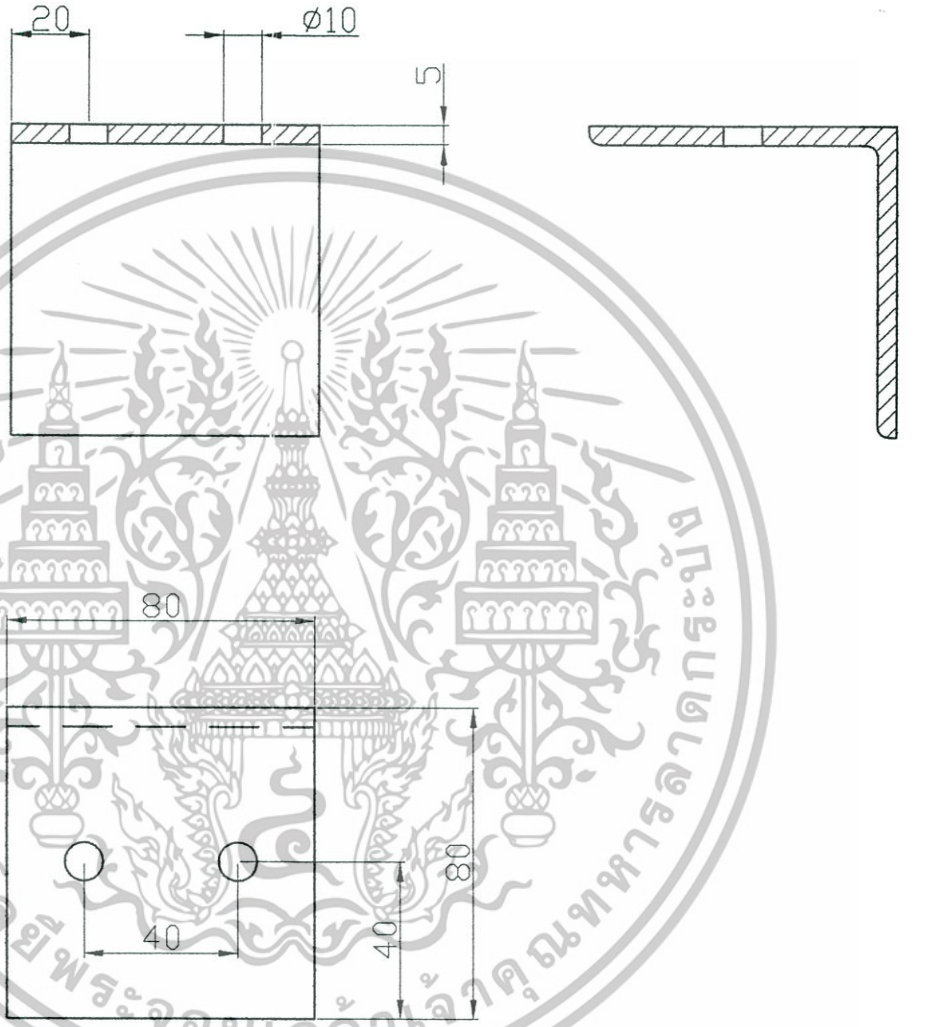
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

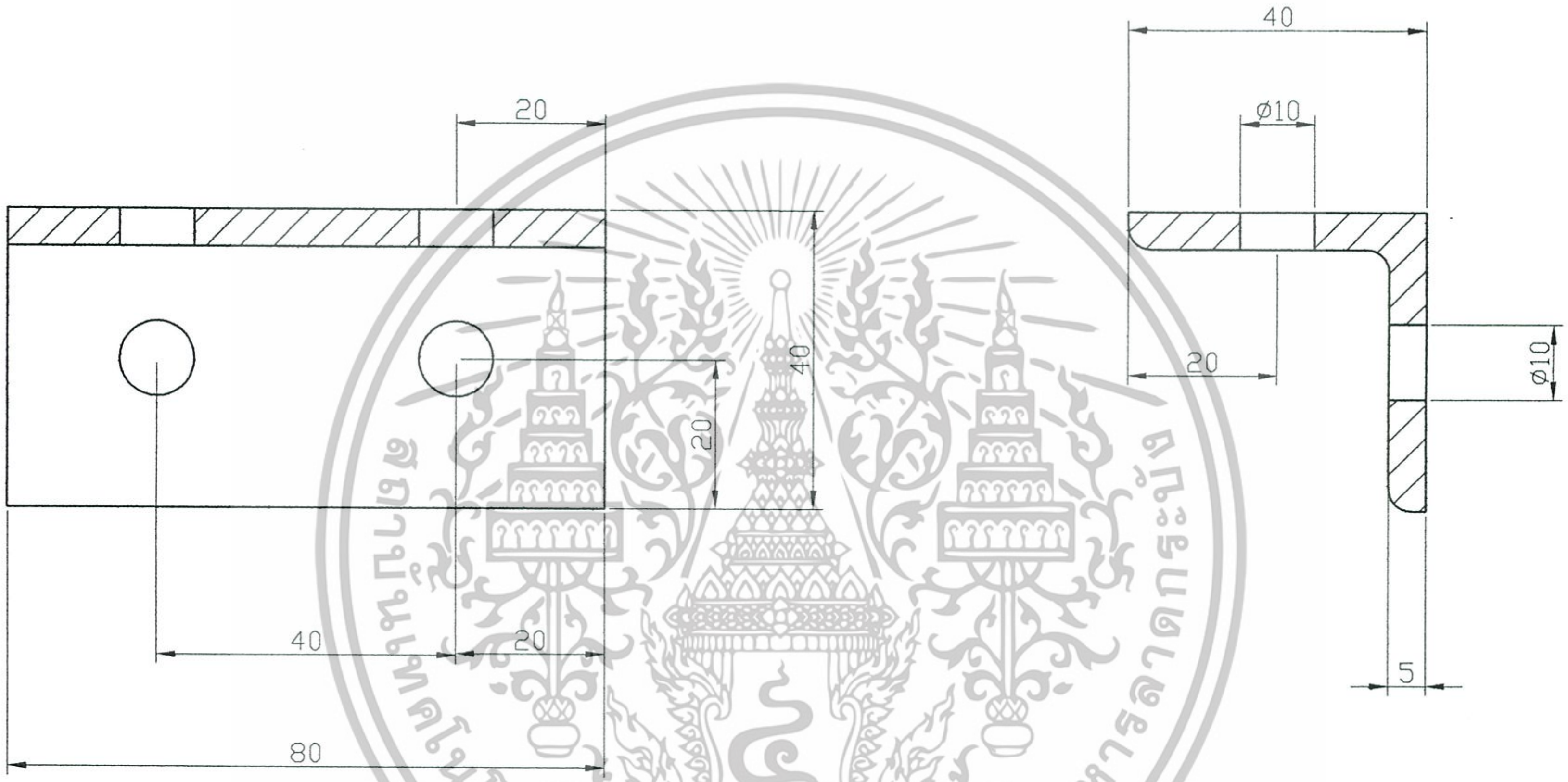
ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน แผ่นปิดด้านหลัง	



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

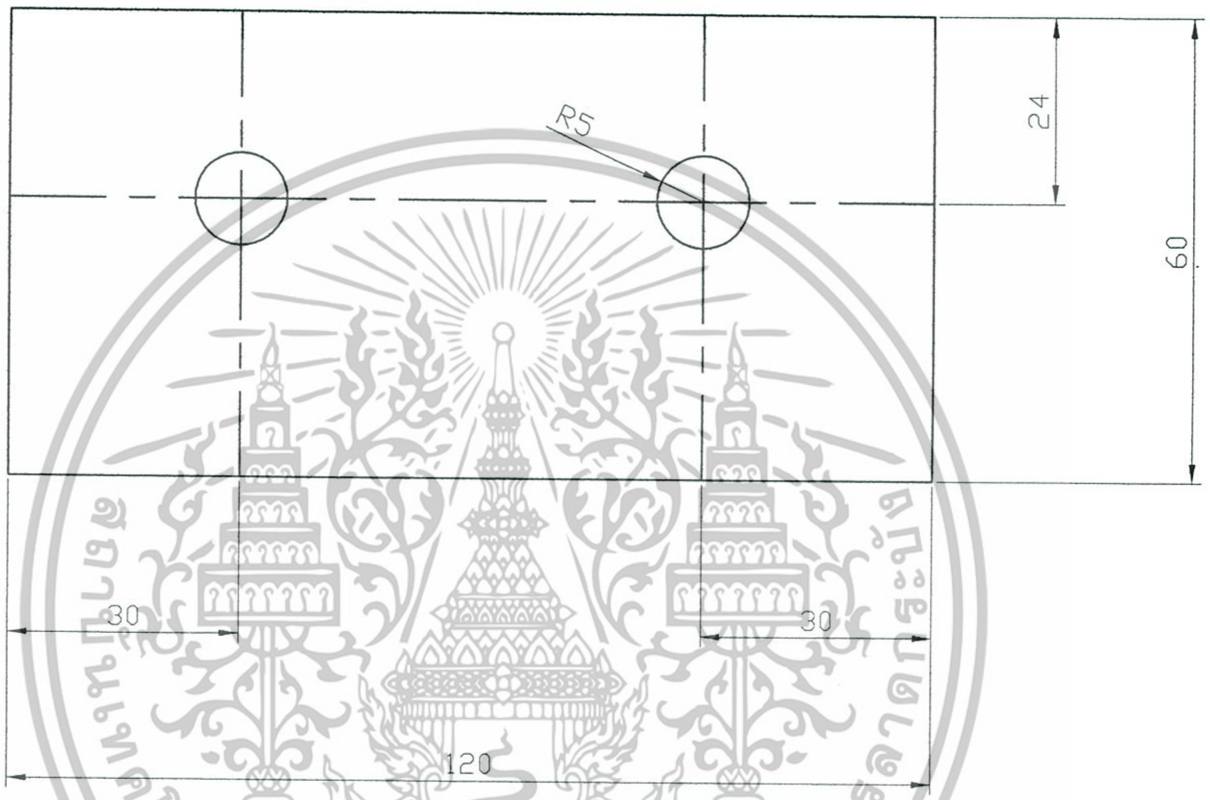
ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน แผ่นยึดมอเตอร์ขับลางเลื่อน	



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน แผ่นยึดมอเตอร์ขับลางเลื่อน	

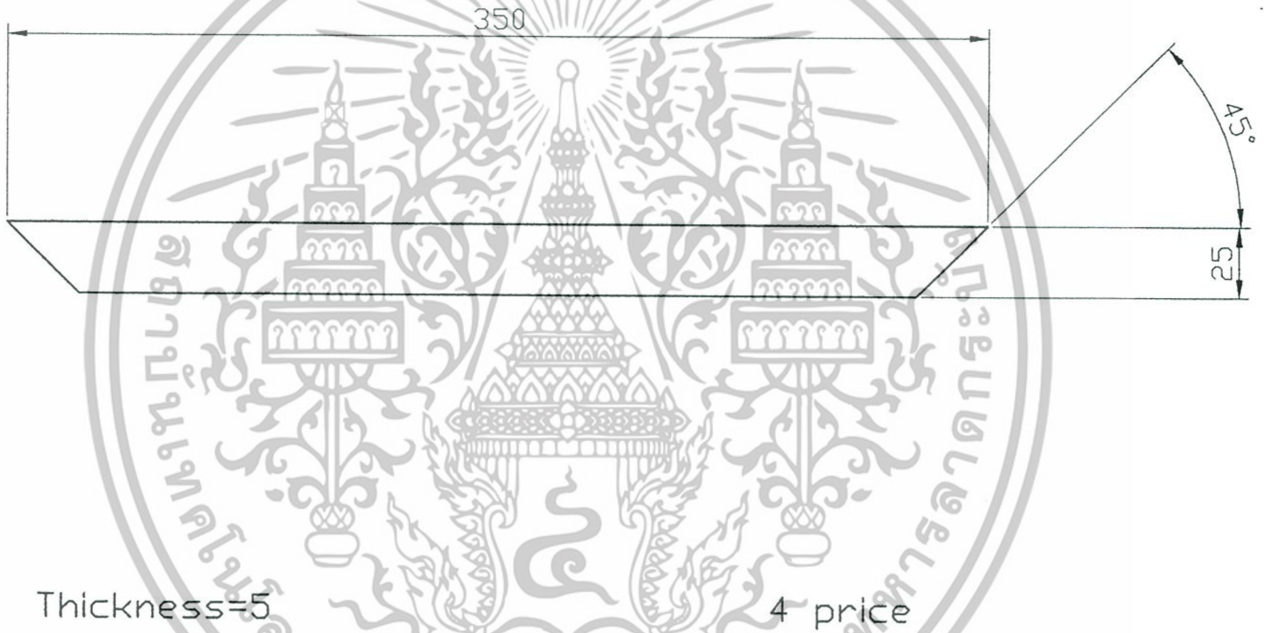


Thickness=5

8 price

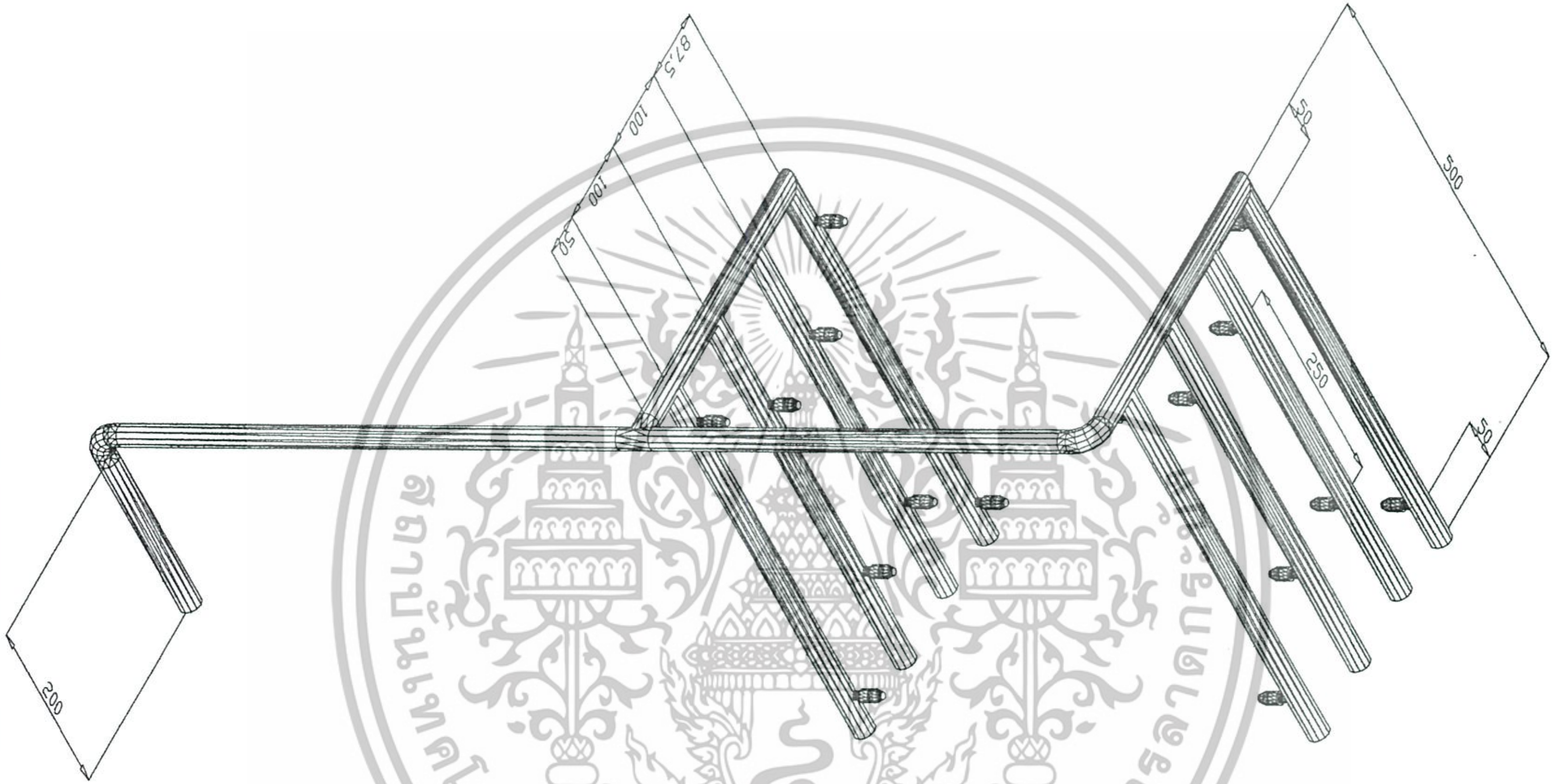
ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน แผ่นยึดแขนค้ำ	



ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

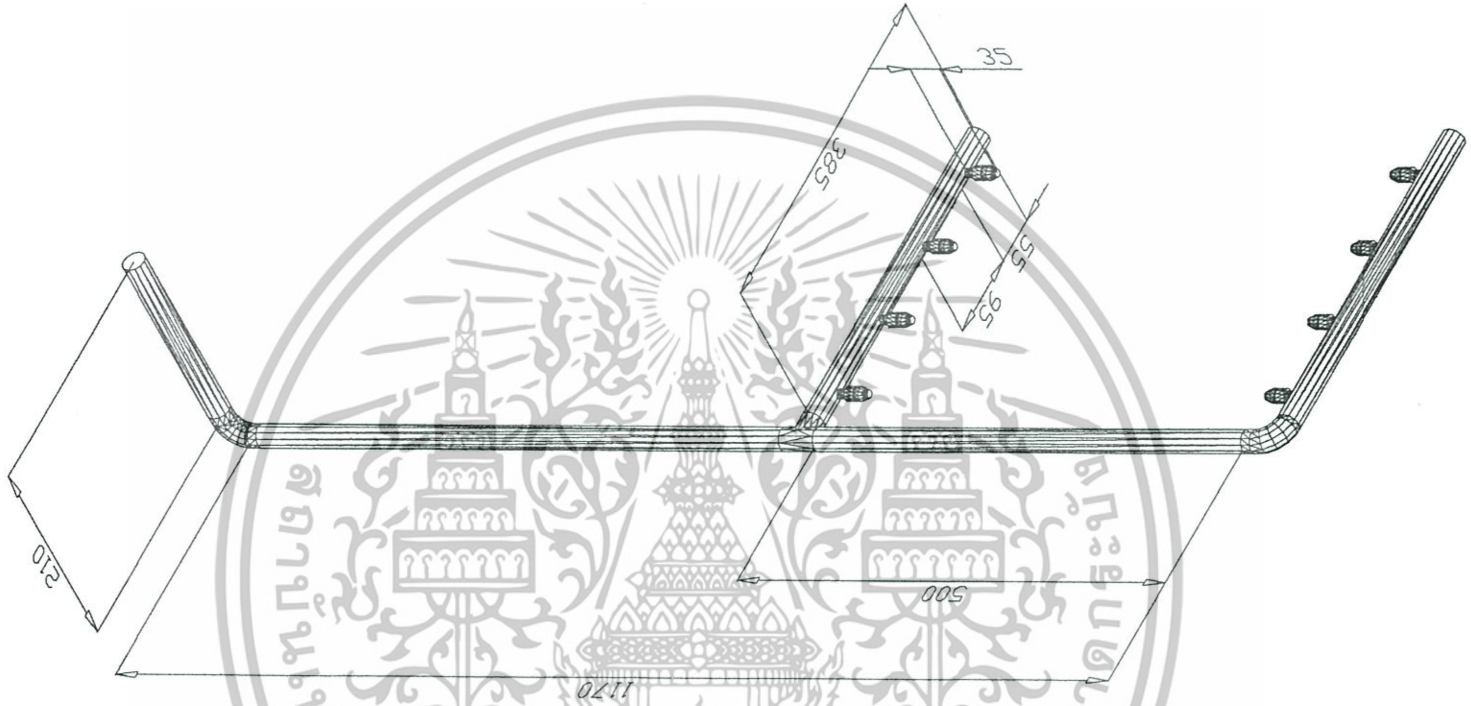
ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน เหล็กค้ำแผ่นรองตระกล้า	



ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน หัวฉีดล้าง	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

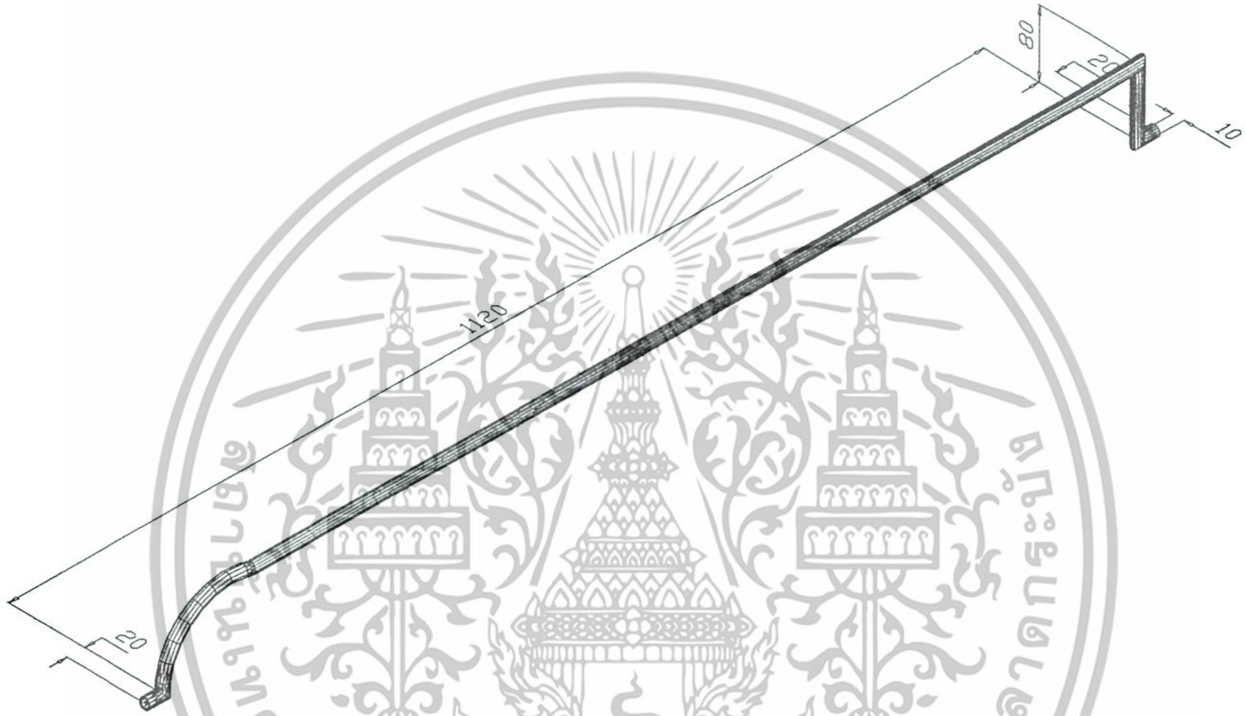


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน	
ผู้ตรวจ	
ผู้ออกแบบ	
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน หัวฉีดเครือบแห้ง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชิ้นที่	รายการ	วัสดุ	ขนาด	จำนวน

ผู้เขียน		สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ตรวจ		
ผู้ออกแบบ		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ชุดประคองตระกร้า	