สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาและปรับปรุงแขนกลพร้อมชุดจัดเก็บวัสดุ สำหรับระบบการจัดเก็บวัสดุคงคลังแบบอัตโนมัติ

นางสาวพิไลวรรณ คุณวิรารักษ์
นายยุทธศักดิ์ ใยโนนตาด
นางสาววิริยา เยาวเรศเถกิงกิจ

สน.
W742 ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 83048
วัน,เดือน,ปี 31 ต.ค. 2551

b 11960814x
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development and Improvement of Robot Arm and Material Storage Unit for Automatic Inventory System

Miss PILAIWAN KOONVIRARAK

Mr. YUTTASAK YAINONTAD

Miss WIRIYA YAOWARETTAKOENGKIT

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 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาและปรับปรุงแขนกลพร้อมชุดจัดเก็บวัสดุสำหรับระบบการจัดเก็บวัสดุคงคลังแบบอัตโนมัติ DEVELOPMENT AND IMPROVEMENT OF ROBOT ARM AND MATERIAL STORAGE UNIT FOR AUTOMATIC INVENTORY SYSTEM
นักศึกษา	นางสาวพิไลวรรณ คุณวิรารักษ์ รหัสประจำตัว 47010523 นายยุทธศักดิ์ ใยโนนตาด รหัสประจำตัว 47010606 นางสาววิริยา เขาวเรศเถกิงกิจ รหัสประจำตัว 47010712
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต)

(ผศ.ดร.สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาและปรับปรุงแขนกลพร้อมชุดจัดเก็บวัสดุสำหรับระบบการจัดเก็บวัสดุคงคลังแบบอัตโนมัติ
นักศึกษา	นางสาวพิไลวรรณ คุณวิรารักษ์ นายยุทธศักดิ์ ใยโนนดาด นางสาววิริยา เยาวเรศเถกิงกิจ
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2550
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิด ผศ.ดร.สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์

บทคัดย่อ

โครงงานปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาแนวทางการปรับปรุงระบบการทำงานอัตโนมัติสำหรับการจัดเก็บวัสดุคงคลัง เพื่อให้ระบบอัตโนมัติช่วยลดเวลาและความผิดพลาดในการจัดเก็บวัสดุคงคลัง ช่วยประหยัดพื้นที่ที่ใช้สำหรับจัดเก็บวัสดุคงคลัง รวมทั้งยังสามารถช่วยตรวจสอบจำนวนของวัสดุคงคลังได้ ระบบอัตโนมัติจะประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ 3 ส่วน คือ 1) แขนกลและชุดจัดเก็บวัสดุ 2) วงจรควบคุม และ 3) โปรแกรมคอมพิวเตอร์พัฒนาด้วยโปรแกรมวิชัวล์เบสิก

หลักการทำงานเริ่มด้วย ผู้ใช้งานสั่งคำสั่งการทำงานผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล คำสั่งที่ได้รับจากผู้ใช้งานจะถูกส่งผ่านพอร์ตขนานของเครื่องคอมพิวเตอร์ออกไปยังวงจรควบคุมซึ่งเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับแขนกลและชุดจัดเก็บวัสดุ ต่อจากนั้นวงจรควบคุมจะทำการส่งสัญญาณทางไฟฟ้าไปควบคุมการทำงานของแขนกลและชุดจัดเก็บวัสดุเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ผู้ใช้งานต้องการต่อไป ตัวโปรแกรมคอมพิวเตอร์นอกจากจะทำการรับคำสั่งจากผู้ใช้งานแล้วในขณะเดียวกันยังทำหน้าที่ตรวจสอบจำนวนของวัสดุที่มีอยู่ในชุดจัดเก็บวัสดุด้วย ทำให้สามารถนำข้อมูลของวัสดุคงคลังไปใช้งานได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development and Improvement of Robot Arm and Material Storage Unit for Automatic Inventory System
Student	Miss Pilaiwan Koonvirarak
	Mr. Yuttasak Yainontad
	Miss Wiriya Yaowarettakoengkit
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2007
Thesis Advisor	Dr. Sakon Klongboonjit
	Asst Prof. Dr. Suppasit Limnorrarat

Abstract

The purpose of this project is to improve an effective of automatic system for inventory management. The advantages of this automatic system are: to save a time and avoid an error in inventory area, to save areas for a material storage and to help a user for a stock checking. This automatic system consists of three major parts as following: 1. Robot arm and Material Storage Unit, 2. Circuit control and 3. Software Program (Visual basic6)

To operate this system, a user has to firstly send the set of order via the software program on a personal computer. Then, the computer sends the signal via a parallel port to the control circuit board. Finally, the control circuit board sends the control signal out to control the movement of the robot arm and the material storage unit. Not only, the software interface with the user, but it also helps the user to check the numbers of materials in the inventory area.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องขายสินค้าอัตโนมัติ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ดร. สกนธ์ คล่องบุญจิต อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ กลุ่มผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งคำแนะนำ กำลังใจในการทำงาน การดูแลและเอาใจใส่ในทุกๆ ด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

ดร. อนิรุท ไชยจารุวณิช กลุ่มผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ที่กรุณาคอยให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ผศ. ดร. สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ กลุ่มผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

เพื่อนๆ ทุกคน ขอบใจมากที่ให้ความช่วยเหลือ และให้ความเอาใจใส่ตลอดเวลาที่ผ่านมา

นางสาวพิไลวรรณ คุณวิรารักษ์
นายยุทธศักดิ์ ใยโนนตาด
นางสาววิริยา เยาวเรศเถกิงกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) 3

2.1.1 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 5

2.1.2 หลักการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 5

2.1.3 การสั่งงานควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 5

2.2 การติดต่อกับพอร์ตขนานด้วย Visual Basic 6 9

2.2.1 การติดตั้งไฟล์ Inpout32.dll 9

2.2.2 การประกาศฟังก์ชันเพื่อเรียกใช้ไฟล์ Inpout32.dll ใน Visual Basic 9

2.2.3 การเขียนคำสั่งเพื่อรับ-ส่งข้อมูล 9

2.3 ทฤษฎีพอร์ตขนาน 9

2.3.1 คำจำกัดความของพอร์ต 9

2.3.2 ชนิดของพอร์ตขนาน 10

2.3.3 ตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตขนาน 11

2.3.4 ลักษณะของสัญญาณ 11

2.3.5 Pin Outs 14

2.3.6 รูปแบบการติดต่อผ่านทางพอร์ตขนาน 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.7 Port Address 16
2.4 การออกแบบเครื่องจักรกล 17
2.4.1 เสา (Column) 17
2.4.2 โรลลิ่งแบริ่ง 20

บทที่ 3 การวางแผนและดำเนินการ

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน 25
3.2 ออกแบบตัวจัดเก็บ 25
3.2.1 ออกแบบลิ้นชักและตัวจัดเก็บ 25
3.2.2 ออกแบบโครงตัวจัดเก็บและที่วางมอเตอร์ 26
3.3 คำนวณชิ้นส่วนต่างๆ ของตัวจัดเก็บ 27
3.3.1 คำนวณขนาดของเพลา 27
3.3.2 คำนวณหาอายุการใช้งานของแบริ่ง 27
3.4 ทำการสร้างตัวจัดเก็บ 28
3.5 ทำการปรับปรุงแขนกล 29
3.6 ทำการปรับปรุงแผงวงจรควบคุม 30
3.6.1 การออกแบบวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมระบบอัตโนมัติ 30
3.6.2 ทำสร้างแผงวงจรควบคุม 31
3.7 ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ 32
3.7.1 ทำการออกแบบโฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ 32
3.7.2 ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ 34

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการดำเนินงานด้านฮาร์ดแวร์ 35
4.1.1 การปรับปรุงและพัฒนาแขนกล 35
4.1.2 การพัฒนาชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติ 37
4.2 ผลการดำเนินงานด้านวงจรและส่วนวงจรอินเตอร์เฟส 39
4.2.1 วงจรอินเตอร์เฟส 39
4.2.2 วงจรที่ใช้ในการควบคุม 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.3 หม้อแปลงไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ กระแสสลับ ให้เป็น 12 และ 5 โวลต์ กระแสตรง 41
4.3 ผลการดำเนินงานด้านซอฟแวร์ที่ควบคุมระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลัง 42
4.3.1 รายละเอียดของโปรแกรม 42
4.4 ผลการทำงานของระบบอัตโนมัติ 46

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์การดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการทดลอง 53
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 53
5.2.1 ปัญหาที่พบจากการทำงานของระบบ 53
5.2.2 แนวทางการแก้ไข 54

หนังสืออ้างอิง 55
ภาคผนวก ก.
ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตขนาน 11
ตารางที่ 2.2 ตำแหน่ง Pin ของ Data Port 12
ตารางที่ 2.3 ตำแหน่ง Pin ของ Status Port 12
ตารางที่ 2.4 ตำแหน่ง Pin ของ Control Port 13
ตารางที่ 2.5 สรุปลักษณะของขาสัญญาณของพอร์ตขนานทั้งหมด 14
ตารางที่ 2.6 ตารางสรุปรายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณที่ใช้ในพอร์ตขนาน 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 3
รูปที่ 2.2 หลักการของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 4
รูปที่ 2.3 การควบคุมแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส 6
รูปที่ 2.4 การควบคุมแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส 7
รูปที่ 2.5 การควบคุมแบบครึ่งสเต็ป 8
รูปที่ 2.6 Pin Outs ของพอร์ตขนาน 14
รูปที่ 2.7 แผนผังของสายสัญญาณในพอร์ตขนาน 15
รูปที่ 2.8 ลักษณะสัญญาณ 16
รูปที่ 2.9 การยึดปลายเสาวิธีต่าง ๆ 18
รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับอัตราส่วนความเพรียว จากสูตรของออยเลอร์และจอห์นสัน 19
รูปที่ 2.11 บอลแบริ่ง (Ball Bearing) หรือตลับลูกปืน 20
รูปที่ 3.1 แบบลิ้นชักและตัวจัดเก็บ 26
รูปที่ 3.2 แบบตัวจัดเก็บที่ประกอบสมบูรณ์ 26
รูปที่ 3.3 โครงสร้างตัวจัดเก็บที่สร้างขึ้นมา 29
รูปที่ 3.4 ระบบสกรูส่งกำลังและต้นกำลังของแกน Z 29
รูปที่ 3.5 วงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมระบบอัตโนมัติ 30
รูปที่ 3.6 ลายวงจรจาก Bottom View 31
รูปที่ 3.7 แบบจำลองแผงวงจรควบคุมจาก Top View 31
รูปที่ 3.8 แผงวงจรควบคุม 32
รูปที่ 3.9 รูปโฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ 33
รูปที่ 4.1ระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลัง 35
รูปที่ 4.2 ระบบส่งกำลังและต้นกำลังของแกน X 36
รูปที่ 4.3 ระบบส่งกำลังและต้นกำลังของแกน Y 36
รูปที่ 4.4 ระบบส่งกำลังและต้นกำลังของแกน Z 37
รูปที่ 4.5 ชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติ 38
รูปที่ 4.6 ลักษณะการการทำงานร่วมกันของระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลังและลิ้นชัก 38
รูปที่ 4.7 ลักษณะการต่อวงจรที่ใช้ในการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 39
รูปที่ 4.8 วงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ 40
รูปที่ 4.9 แผงวงจรแยกสัญญาณ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.10 รูปวงจรที่ใช้แยกสัญญาณของ L297 และ L298N 41
รูปที่ 4.11 หม้อแปลงไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ กระแสสลับ ให้เป็น 12 และ 5 โวลต์กระแสตรง 41
รูปที่ 4.12 ภาพการเข้าสู่โปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ 42
รูปที่ 4.13 ภาพแสดงเมนูทางเลือก 43
รูปที่ 4.14 เมนูระบบหาจากพาเลต 44
รูปที่ 4.15 เมนูการหาชิ้นงานจากลิ้นชัก 44
รูปที่ 4.16 เมนูชิ้นงานแบบชุด 45
รูปที่ 4.17 เมนูตั้งศูนย์ของระบบอัตโนมัติ 46
รูปที่ 4.18 รูประบบอัตโนมัติก่อนเคลื่อนที่ 47
รูปที่ 4.19 รูปการเคลื่อนที่ของตัวจัดเก็บ 47
รูปที่ 4.20 รูประบบอัตโนมัติกำลังเคลื่อนที่ในแนวแกน X ไปยังลิ้นชัก F2 48
รูปที่ 4.21 ระบบอัตโนมัติกำลังเคลื่อนที่ในแนวแกน Z ไปยังลิ้นชัก F2 48
รูปที่ 4.22 ระบบอัตโนมัติกำลังเคลื่อนที่ในแนวแกน Y ไปยังลิ้นชัก F2 49
รูปที่ 4.23 ระบบอัตโนมัติกำลังทำการหยิบลิ้นชักออกมา 49
รูปที่ 4.24 ระบบอัตโนมัติกำลังเคลื่อนที่ในแนวแกน X เพื่อหยิบลิ้นชัก F2 ไปยังจุดเริ่มต้น 50
รูปที่ 4.25 ระบบอัตโนมัติหยุดรอการหยิบชิ้นงานที่ต้องการออกจากลิ้นชัก 50
รูปที่ 4.26 ระบบอัตโนมัติกำลังเคลื่อนที่นำลิ้นชักกลับไปเก็บ 51
รูปที่ 4.27 ระบบอัตโนมัติเคลื่อนที่วางลิ้นชักเสร็จแล้ว 51
รูปที่ 4.28 ระบบอัตโนมัติกำลังเคลื่อนที่กลับไปยังจุดเริ่มต้น 52
รูปที่ 4.29 ระบบอัตโนมัติหยุดรอคำสั่งเพื่อทำงานถัดไป 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมต่างๆ มีการแข่งขันที่รุนแรงขึ้น จึงต้องอาศัยความสามารถของเทคโนโลยีมาสนับสนุน (Supporting Industry) โดยเฉพาะด้านการออกแบบและจัดสร้างระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติ ซึ่งที่ผ่านมายังมิได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร ส่วนใหญ่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศที่มีราคาแพงและมีค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาสูง ทำให้ต้นทุนการผลิตจึงสูงตามไปด้วย การคิดเทคโนโลยีขึ้นมาใช้เองจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมภายในประเทศ

ในระบบงานอุตสาหกรรม มีการใช้พนักงานทำงานเกี่ยวกับการบริหารและจัดการวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต ซึ่งจะเกิดปัญหาและความผิดพลาดในการทำงานนั้น เช่น การหยิบวัสดุอุปกรณ์ไม่ครบตามจำนวนที่ต้องการ การหยิบวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่ตรงตามความต้องการ รวมถึงพื้นที่ที่ใช้เก็บวัสดุคงคลังไม่เพียงพอ ซึ่งเป็นที่มาของปัญหาในการทำงานได้ ดังนั้นแนวทางการแก้ปัญหาจึงมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างเครื่องมือที่จะจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้นโดยการสร้างแขนกลขึ้นมาจัดการวัสดุอุปกรณ์แทนคน ซึ่งจะทำให้งานที่ได้รวดเร็ว แม่นยำมากขึ้น การทำงานของแขนกลจำเป็นต้องอาศัยโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการควบคุม ซึ่งจะช่วยให้แขนกลทำงานได้จริง อีกทั้งยังสามารถใช้หลักการการทำงานของกลไกการเคลื่อนที่และการสั่งการของเครื่องไปประยุกต์ใช้กับงานรูปแบบอื่นๆ ได้ และการพัฒนาตัวจัดเก็บให้มีรูปแบบที่ใช้พื้นที่ในการใช้สอยน้อยลง แต่ยังสามารถเก็บชิ้นส่วนได้ในจำนวนมากเช่นเดิม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

วัตถุประสงค์ของโครงงานมีดังต่อไปนี้

1. ปรับปรุงแขนกลเพื่อไปประยุกต์ใช้ในงานวัสดุคงคลัง
2. พัฒนาและปรับปรุงตัวจัดเก็บเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการจัดเก็บวัสดุคงคลัง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ส่วนแขนกล ขอบเขตการทำงานของแกน X เท่ากับ 490 มิลลิเมตร แกน Y เท่ากับ 165 มิลลิเมตร และแกน Z เท่ากับ 260 มิลลิเมตร

2. ส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ทำการศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วย Visual Basic เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของแขนกลโดยผ่านการรับ – ส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเขียนโปรแกรมการควบคุมแขนกล แต่ละแกนของแขนกลมีการเคลื่อนที่ได้ทีละแนวแกน ไม่สามารถเคลื่อนที่พร้อมกันได้

4. พัฒนาและปรับปรุงตัวจัดเก็บให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5. ในการจัดการกับวัสดุคงคลังจะไม่มีการกล่าวถึงการคำนวณหาจำนวนของวัสดุคงคลัง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อสร้างแขนกลที่ช่วยในกระบวนการผลิต

2. สามารถลดเวลาและความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานด้วยคนในการจัดการวัสดุคงคลัง

3. เข้าใจการควบคุมการทำงานระหว่างฮาร์ดแวร์ (Hardware) กับซอฟท์แวร์ (Software)

4. นำหลักการการทำงานของแขนกลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและออกแบบด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟท์แวร์ (Software) ของระบบอัตโนมัติทางด้านอุตสาหกรรม

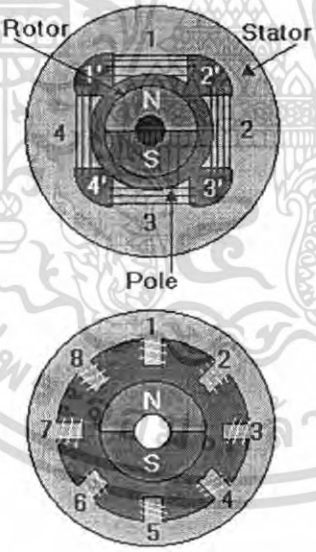
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor)

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีลักษณะเมื่อป้อนไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ทำให้กับมอเตอร์ทำให้หมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุด ซึ่งต่างจากมอเตอร์ทั่วไปที่จะหมุนทันทีและตลอดเวลาเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้า ข้อดีของสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถกำหนดตำแหน่งการหมุนด้วยตัวเลข (องศาหรือระยะทาง) ได้อย่างละเอียดโดยใช้คอมพิวเตอร์หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวควบคุม

โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมาประกอบกันเป็นชั้นๆ โดยที่แต่ละซี่นั้นจะมีคอยล์ (ขดลวด) พันสวมอยู่ เมื่อมีการป้อนกระแสผ่านคอยล์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic) ดังรูปที่ 2.1 ด้านล่างนี้ จะแสดงถึงองค์ประกอบ

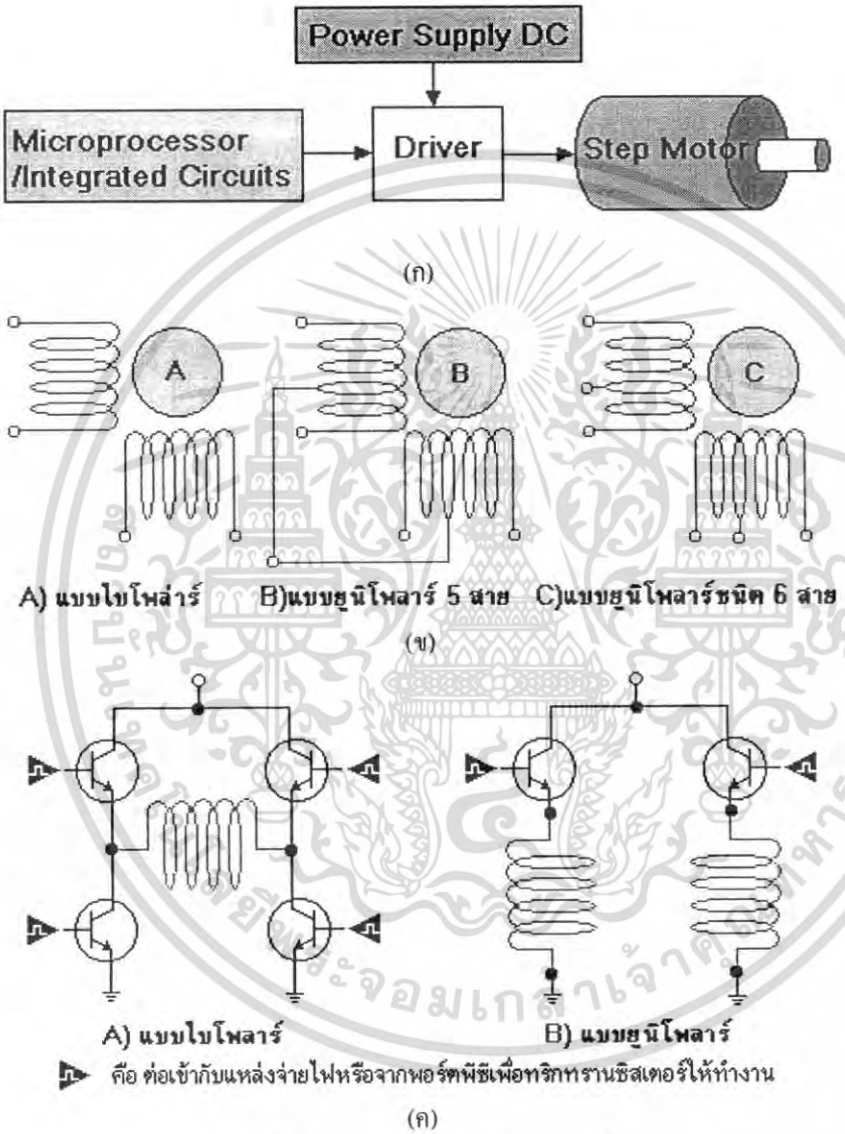


รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ลักษณะการนำไปใช้งานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ใช้งานลักษณะระบบเปิด (Open Loop System) คือ สเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการป้อนค่าพารามิเตอร์กลับมา (Feed Back) แต่ทุกวิธีที่ต้องการกำหนดตำแหน่งที่แน่นอน จะต้องการป้อนกลับไปยังระบบและตัวบอก ตำแหน่งว่าถูกต้องหรือผิดพลาดให้รับทราบ ดังเช่นวิธีที่ใช้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ คือนำลิมิตสวิตช์ติดตามตำแหน่งที่จะตรวจจับ เมื่อสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เริ่มหมุนแล้วหมุนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนถึงตำแหน่งของสวิตช์ตรวจจับสัญญาณ สวิตช์ทำงานก็จะป้อนกลับไปสู่ระบบ ซึ่งก็จะทำให้รู้การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ตลอด ตัววงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เองจะมีจุดอ้างอิง ไว้ให้เริ่มต้นการทำงานและอ้างอิงตำแหน่งได้ถูกต้อง



รูปที่ 2.2 หลักการของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

(ก) การควบคุมระบบสเต็ปมอเตอร์

(ข) การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์

(ค) วงจรการจ่ายไฟให้กับสเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแนวทางสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นอุปกรณ์จำพวกเชิงกลทางไฟฟ้า โดยมีกรุ๊ปของไบนารี่โวลท์เดทเป็นอินพุต และการเคลื่อนที่ แบบเชิงมุมเป็นเอาท์พุต หรือว่าหมุนทีละสเต็ปซึ่งอยู่ระหว่าง 0.1 – 30 องศา อยู่ที่โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์โดยตามสัญญาณพัลซ์ที่จ่ายให้กับขดสเตเตอร์ทำให้เกิดแรงผลักแก่โรเตอร์หมุนไป สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีขดลวดหลายชุดในที่นี้เราเรียกว่าเฟส (Phase) ดังนั้นสัญญาณที่ต่อเนื่องเป็นซีเควน (Sequence) ลักษณะของไบนารี่ (Binary) ซึ่งจะต้องไปผ่านวงจรไดรฟ์เวอร์ (Driver) ก็จะทำให้โรเตอร์หมุนไปอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 2.2

2.1.1 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

จะมีการพันด้วยกัน 2 วิธี คือ แบบไบโพล่าร์ (Bipolar) กับแบบยูนิโพล่าร์ (Unipolar)

2.1.1.1 แบบไบโพล่าร์ (Bipolar)

จะมีการพันขดลวดหนึ่งขด (จะกี่รอบก็แล้วแต่สเปคใช้งาน) ในแต่ขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ โดยขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้น ที่สเตเตอร์จะถูกกำหนดโดยทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้เพียงการกลับทิศทางของการไหลในกระแสไฟฟ้า โดยมาจากการควบคุมของวงจรสวิทช์ชิ่งให้กลับขั้วไฟฟ้า

2.1.1.2 แบบยูนิโพล่าร์ (Unipolar)

แบบนี้มี 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ทำให้แต่ละขดลวดเกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามในการกลับทิศทางขั้วแม่เหล็กทำได้โดยใช้วงจรสวิทช์ชิ่งให้สลับขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งแทน พื้นฐานการสวิทช์ชิ่งดังรูปที่ 2.2 การพันขดลวดทั้ง 2 แบบที่กล่าวต่างกัน แบบยูนิโพล่าร์จะทำให้เกิดแรงบิดน้อยกว่าแบบไบโพล่าร์ ดูจากสายไฟที่ต่อมาจากตัวสเต็ปปิ้งมอเตอร์ซึ่งแบบไบโพลาร์จะมี 4 สาย ส่วนเป็นแบบยูนิโพล่าร์จะมี 5 สายหรือ 6 สาย

2.1.2 หลักการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

โครงสร้างการทำงานภายในของสเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้นจะมีแกนตัวหมุน (Rotor) เป็นแม่เหล็กถาวรซึ่งจะควบคุมการหมุนด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าโดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ขดลวดแม่เหล็ก (Stator)

สำหรับแกนหมุนนั้นจะมีลักษณะเป็นซี่ ซึ่งจำนวนสเต็ปที่ใช้ในการหมุน 1 รอบนั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนซี่ของโรเตอร์และจำนวนของสเตเตอร์

$$\text{จำนวนสเต็ปที่หมุนได้ 1 รอบ} = \text{จำนวนซี่ของโรเตอร์} \times \text{จำนวนของสเตเตอร์} \qquad (2.1)$$

2.1.3 การสั่งงานควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

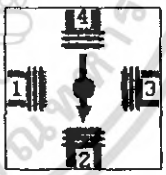
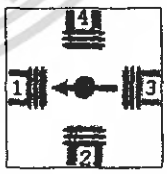
การควบคุมและสั่งงานให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ทำงาน ไปทีละสเต็ปสามารถทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟไปยังขดลวด ในแต่ละขอบบนสเตเตอร์ โดยการป้อนจะทำในลักษณะเป็นลำดับหรือเรียกว่า ซีเควนเวียนในรูปที่ถูกต้อง ซึ่งมีรูปแบบการควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ การควบคุมแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส การควบคุมแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส และการควบคุมแบบครึ่งสเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.1 <u>การควบคุมแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส</u>

ในการควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้น จะต้องกระตุ้นให้ตัวมอเตอร์หมุนไปแต่ละสเต็ปซึ่งทำได้โดยการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทีละ 1 เฟส (ซึ่งก็คือ จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปให้กับสเตเตอร์แต่ละตัวนั่นเอง) ตามลำดับจะทำให้มอเตอร์หมุน ดังรูปที่ 2.3

วิธีการก็คือ จะต้องจ่ายกระแสให้กับขดลวดสเตเตอร์ เฟสที่ 1 จากนั้นกระตุ้นเฟสที่ 2 เฟสที่ 3 และเฟสที่ 4 ตามลำดับ จากนั้นก็วนกลับไปกระตุ้นขดลวดสเตเตอร์ เฟสที่ 1 อีกครั้งและวนลูปไปเรื่อยๆ ก็จะทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนได้และในทางตรงกันข้าม ถ้ากระตุ้นขดลวดสเตเตอร์ เฟสที่ 4 ก่อนจากนั้นกระตุ้นเฟสที่ 3 เฟสที่ 2 เฟสที่ 1.และวนกลับไปเฟสที่ 4 อีกครั้งก็จะทำให้มอเตอร์หมุนกลับทาง

สเต็ป	Coil4	Coil3	Coil2	Coil1	รูปแบบการหมุนของมอเตอร์
Data	H8	H4	H2	H1	
a.1	On	Off	Off	Off	
a.2	Off	On	Off	Off	
a.3	Off	Off	On	Off	
a.4	Off	Off	Off	On	

รูปที่ 2.3 การควบคุมแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.2 การควบคุมแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส

ในการควบคุมมอเตอร์แบบฟูลสเต็ป 2 เฟสนั้น เราจะต้องจ่ายกระแสไฟเพื่อกระตุ้นขดลวดของมอเตอร์ทีละ 2 เฟส ในเวลาเดียวกันเรียงลำดับกันไปตามรูปแบบที่ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.4 โดยมอเตอร์จะหมุนไปทีละสเต็ปเหมือนกับลักษณะการควบคุมมอเตอร์แบบฟูลสเต็ป 1 เฟส แต่การควบคุมมอเตอร์แบบฟูลสเต็ป 2 เฟสนี้จะให้แรงบิดสูงกว่าแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส

สเต็ป	Coil4	Coil3	Coil2	Coil1	รูปแบบการหมุนของมอเตอร์
Data	H8	H4	H2	H1	
b.1	On	On	Off	Off	
b.2	Off	On	On	Off	
b.3	Off	Off	On	On	
b.4	On	Off	Off	On	

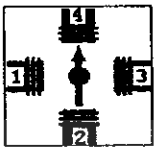
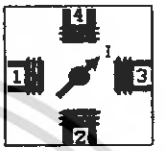
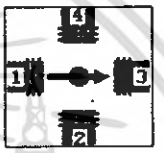
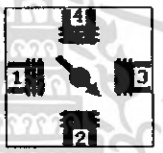
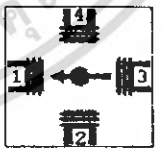
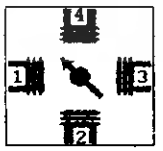
รูปที่ 2.4 การควบคุมแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส

2.1.3.3 การควบคุมแบบครึ่งสเต็ป

การควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบครึ่งเสเต็ปนี้จะทำให้เราสามารถเพิ่มความละเอียดในการควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (มุมที่สเต็ปปิ้งมอเตอร์เคลื่อนที่ไปในแต่ละสเต็ป) ได้อีก 1 เท่าตัวทำให้เราสามารถควบคุมตำแหน่งในการหยุดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น ดังรูปที่ 2.5

การควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ปนี้เป็นการผสมผสานระหว่างการควบคุมแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส และการควบคุมแบบฟูลสเต็ป 2 เฟสเข้าไว้ด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเต็ป	Coil4	Coil3	Coil2	Coil1	รูปแบบการหมุนของมอเตอร์
Data	H8	H4	H2	H1	
a.1	On	Off	Off	Off	
b.1	On	On	Off	Off	
a.2	Off	On	Off	Off	
b.2	Off	On	On	Off	
a.3	Off	Off	On	Off	
b.3	Off	Off	On	On	
a.4	Off	Off	Off	On	
b.4	On	Off	Off	On	

รูปที่ 2.5 การควบคุมแบบครึ่งสเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การติดต่อกับพอร์ตขนานด้วย Visual Basic 6

ในการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ภายนอกของพอร์ตขนานนั้น Visual Basic ไม่มีฟังก์ชันสำหรับติดต่อพอร์ตขนานโดยตรง แต่สามารถเขียนโปรแกรมให้ติดต่อกับพอร์ตขนานได้ โดยใช้โปรแกรมที่เตรียมมาในรูปของ API โดยเราสามารถติดต่ออ่านข้อมูลและส่งข้อมูลไปยังพอร์ตที่ต้องการได้

สำหรับไฟล์ที่ต้องการนั้นมีชื่อว่า Inpout32.dll ซึ่งใน Visual Basic จะไม่มีมาให้เราสามารถดาวน์โหลดได้ที่

http:/www.logix4u.net/inpout32.htm

http:/www.infopress2000.com/download

2.2.1 การติดตั้งไฟล์ Inpout32.dll

- Windows 95, 98 ต้องก็อปปี้ไว้ที่โฟลเดอร์ C:\Window\System
- Windows Me, 2000, XP ต้องก็อปปี้ไว้ที่โฟลเดอร์ C:\Window\System32 หรือ C:\Winnt\Systemp32

2.2.2 การประกาศฟังก์ชันเพื่อเรียกใช้ไฟล์ *Inpout32.dll* ใน *Visual Basic*

- การเรียกใช้ไฟล์ Inpout.dll สำหรับการรับข้อมูลต้องประกาศดังนี้

Private Declare Function Inp Lib "inpout32.dll"Alias"Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer

- การเรียกใช้ไฟล์ Inpout.dll สำหรับการส่งข้อมูลต้องประกาศดังนี้

Private Declare Sub Out Lib "inpout32.dll"Alias"Out32" (ByVal PortAddress As Integer,ByVal Value As Integer)

หมายเหตุ ถ้าต้องการทั้งส่งและรับก็ประกาศต่อกันได้เลย

2.2.3 การเขียนคำสั่งเพื่อรับ-ส่งข้อมูล

- Inp (พอร์ตแอดเดรส) เป็นคำสั่งที่ใช้รับข้อมูลเข้ามาจากพอร์ตที่กำหนด
- Out พอร์ตแอดเดรส,ข้อมูลที่จะส่ง

หมายเหตุ จะต้องเป็นค่าอยู่ระหว่าง 0-255

2.3 ทฤษฎีพอร์ตขนาน

2.3.1 คำจำกัดความของพอร์ต

พอร์ตขนาน (Parallel Port) คือ พอร์ตๆ หนึ่งจะประกอบไปด้วยกลุ่มของสายสัญญาณหลายๆ เส้นมารวมกัน ซึ่งพอร์ตต่างๆ เหล่านี้จะใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างพอร์ต (PC) กับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่ออยู่ด้วยกัน

พอร์ตขนาน (Parallel Port) คือ พอร์ตที่มีการส่งถ่ายข้อมูลหลายๆ บิตในเวลาเดียวกัน ในขณะที่พอร์ตอนุกรม (Serial Port) จะมีการส่งถ่ายข้อมูลทีละ 1 บิต ซึ่งจะส่งผลให้การส่งถ่ายข้อมูลของพอร์ตขนานนั้นมีความรวดเร็วกว่าพอร์ตอนุกรมแต่การใช้งานพอร์ตอนุกรมแต่การใช้งานพอร์ตขนานจะต้องใช้จำนวนสายสัญญาณมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหาภายในส่วนนี้จะสามารถใช้งานได้กับคอมพิวเตอร์ (PC) หรือ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลโดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งอ้างอิงกับมาตรฐานของ IBM PC เนื่องจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลส่วนใหญ่จะพัฒนามาจากมาตรฐาน IBM อยู่แล้ว .

พอร์ตขนาน (Parallel Port) ของคอมพิวเตอร์ในยุคแรกๆ จะมี 8 บิต ที่ทำหน้าที่เป็นเอาท์พุต มี 5 บิตทำหน้าที่เป็นอินพุต และมี 4 บิต ที่สามารถเป็นได้ทั้งอินพุต/เอาท์พุต (Bidirectional Lines) แต่ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) นั้นสามารถใช้งานเอาท์พุต 8 บิต ให้เป็นอินพุต 8 บิต ได้อีกด้วย ซึ่งทำให้อุปกรณ์ที่ต่อรอบนอกคอมพิวเตอร์ (Peripherals Devices) เช่น สแกนเนอร์ (Scanner) , ไดรฟ์เวอร์ (Drivers) และอุปกรณ์อื่นๆ สามารถส่งข้อมูลกลับมาให้กับคอมพิวเตอร์ (PC) ได้ด้วย และทำให้การส่งถ่ายข้อมูลนั้นมีความรวดเร็วขึ้น

ก่อนหน้านั้นพอร์ตขนาน (Parallel Port) ถูกออกแบบให้เป็น Printer Port หรือ พอร์ตเครื่องพิมพ์เพียงอย่างเดียวซึ่งผู้อ่านจะเห็นได้จากชื่อของสายสัญญาณต่างๆ ที่อยู่บนพอร์ตซึ่งจะสื่อถึงการใช้งานได้อย่างทันที เช่น Paperend, Autolinefeed เป็นต้น แต่ทุกวันนี้จะพบว่ามีอุปกรณ์ที่นอกเหนือไปจากเครื่องพิมพ์ (Printer) ต่ออยู่ที่พอร์ตขนาน หรือ พอร์ตเครื่องพิมพ์นี้

2.3.2 ชนิดของพอร์ตขนาน

การออกแบบคอมพิวเตอร์ (PC) ได้มีวิวัฒนาการขึ้น โดยผู้ผลิตคอมพิวเตอร์หลายบริษัทได้เริ่มมีการปรับปรุงเวอร์ชั่นของพอร์ตขนาน (Parallel Port) ซึ่งพอร์ตชนิดใหม่สามารถใช้งานได้กับพอร์ตขนานเก่า (Original Design) ทุกประการ แต่พอร์ตขนานที่ออกแบบใหม่นี้จะมีความสามารถเพิ่มขึ้นโดยจะเน้นในเรื่องความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลเป็นหลัก และในเนื้อหาบทนี้จะครอบคลุมพอร์ตขนานเวอร์ชั่นใหม่นี้ด้วย และทางด้านล่างจะเป็นการสรุปโหมดต่างๆ ของพอร์ตขนาน

- Original (SPP) คือ พอร์ตขนานแบบเก่าในมาตรฐาน IBM (Original IBM PC) และพอร์ตขนานบางเครื่องที่มีการออกแบบเหมือน Original IBM PC จะถูกเรียกว่า SPP หรือ Standard Parallel Port หรือ หลายคนรู้จักกันในนาม TA-Type หรือ ISA-Compatible นั้นเอง ซึ่งเป็นพื้นฐานในการเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์ แต่ต่อมาได้เริ่มมีการเพิ่มเติมความสามารถหลายๆ อย่างเข้ามาด้วย ดังนั้นความสามารถของพอร์ตอาจเพิ่มเติมจากหลักการบ้างเล็กน้อย SPP สามารถ ส่งถ่ายข้อมูล 8 บิตที่เวลาเดียวกันไปที่อุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับมันได้ โดยใช้ Protocol เช่นเดียวกับการเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์แต่ SPP ไม่สามารถรับข้อมูล 8 บิตจากอุปกรณ์รอบนอกเข้ามาได้

- SP/2-type (Simple Bidirectional) คือ การปรับปรุงอย่างแรกของพอร์ตขนาน (Parallel Port) โดยการทำให้มันเป็น Bidirectional Data Port ซึ่งบริษัท IBM เป็นผู้ผลิตขึ้นโดยมีชื่อว่า PS/2 ซึ่งมันสามารถรับข้อมูล 8 บิตจากอุปกรณ์รอบนอกเข้ามายัง PC ได้ ซึ่งข้อกำหนดของ PS/2-Type ที่มีมานั้นจะอ้างอิงกับพอร์ตขนาน (Parallel Port) ใดๆ ที่มี Bidirectional Data Port แต่จะไม่สนับสนุนการทำงานในโหมด EPP หรือ ECP ซึ่งจะได้อธิบายในหัวข้อต่อไป

- EPP (Enhanced Parallel Port) EPP ถูกพัฒนาโดยบริษัทโดยบริษัท Intel ซึ่งเป็นผู้ผลิตชิปคอมพิวเตอร์รายหนึ่ง พอร์ตแบบ PS/2 บิตข้อมูลต่างๆสามารถสื่อสารแบบ Bidirectional ได้ซึ่ง EPP ก็สามารถอ่าน หรือ เขียนข้อมูล 8 บิต ได้เช่นกัน แต่การทำงานในโหมด EPP นั้นจะมีความรวดเร็วกว่า ซึ่งเวลาในการอ่าน หรือ เขียนเพียง 1 Cycle เท่า นั้น หรือประมาณ 1 μs (บนบัส ISA) ในขณะที่พอร์ต SPP หรือ PS/2Type จะต้องใช้ถึง 4 Cycle การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานในโหมด EPP สามารถเปลี่ยนทิศทางการส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็วมาก ดังนั้น พอร์ต EPP จึงถือว่าเป็นพอร์ตที่มีประสิทธิภาพอย่างมากในการต่อใช้งานกับ Disk, Tape Drives และอุปกรณ์อื่นๆ นอกจากนั้นพอร์ต EPP ยังสามารถเลียนแบบการทำงานของ SPP หรือ PS/2-Type ได้อีกด้วย

- ECP (Extended Capabilities Port) พอร์ต ECP ถูกเสนอขึ้นมาโดยบริษัท Hewlett Packard และ Microsoft ซึ่งมีการทำงานเหมือนกับ EPP แต่ ECP จะมี Buffer อยู่ภายใน และ สามารถรองรับการขนถ่าย ข้อมูลแบบ DMA (Direct Memory Access) และ สามารถบีบอัดข้อมูลได้ การส่งถ่ายข้อมูลแบบ ECP นั้นมีประโยชน์กับ เครื่องพิมพ์ (Printer) , สแกนเนอร์ (Scanner) และ อุปกรณ์รอบนอกต่างๆ ที่ต้องการการส่งถ่ายข้อมูลขนาดใหญ่ นอกจากนั้น พอร์ต ECP สามารถเลียนแบบการทำงานแบบ SPP หรือ PS/2-Type หรือ EPP ได้อีกเช่นกัน

2.3.3 ตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตขนาน

โดยปกติมาตรฐานของพอร์ตขนานจะมี Base Address ที่ใช้กันบ่อยๆอยู่ 2 ค่า คือ LPT1 = 378H และ LPT2 = 278H ซึ่งผู้อ่านสามารถเปลี่ยนแปลงค่า Base Address ได้ที่ BIOS

ตารางที่ 2.1 ตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ตขนาน

ชื่อพอร์ต / ชื่อรีจิสเตอร์	LPT1	LPT2
	ฐาน16	ฐาน16
Data Register	378H	278H
Status Register	379H	279H
Control Register	37AH	27AH

พอร์ตขนานของเครื่องคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยสัญญาณทั้งหมด 25 เส้นสัญญาณ แต่ใช้งานกันจริงๆ 17 เส้นสัญญาณ โดยสัญญาณจะแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะหน้าที่ของสัญญาณ ประกอบด้วย

- Data Port จำนวน 8 เส้นสัญญาณ
- Status Port จำนวน 5 เส้นสัญญาณ
- Control Port จำนวน 4 เส้นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ลักษณะของสัญญาณ

ขาสัญญาณของพอร์ตขนานแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

2.3.4.1 Data Port

Data Port จะมีอยู่ 8 ขา หรือ 8 Pin (ตั้งแต่ขาที่ 2 ถึง ขาที่ 9) บางที่มักจะถูกเรียกว่า Data Register ซึ่ง Register ตัวนี้จะส่งค่าได้อย่างเดียวไม่สามารถรับค่าได้

ตารางที่ 2.2 ตำแหน่ง Pin ของ Data Port

Name	Read / Write	Bit No.	Signal Name
Data Port	Write	Bit 7	Data 8 (pin 9)
		Bit 6	Data 6 (pin 8)
		Bit 5	Data 5 (pin 7)
		Bit 4	Data 4 (pin 6)
		Bit 3	Data 3 (pin 5)
		Bit 2	Data 2 (pin 4)
		Bit 1	Data 1 (pin 3)
		Bit 0	Data 0 (pin 2)

2.3.4.2 Status Port

Status Port เป็นพอร์ตที่อ่านได้อย่างเดียวไม่สามารถเขียนข้อมูลได้ พอร์ตนี้จะมีสัญญาณเข้าอยู่ 5 สัญญาณ และสัญญาณ IRQ กับสัญญาณสงวนไว้อีกสองบิต โดยสัญญาณ Busy จะ Active Low

ตารางที่ 2.3 ตำแหน่ง Pin ของ Status Port

Name	Read / Write	Bit No.	Signal Name
Status Port	Read	Bit 7	Busy
		Bit 6	nAck
		Bit 5	PaperEnd
		Bit 4	Select
		Bit 3	nError
		Bit 2	IRQ (Not)
		Bit 1	Reserved
		Bit 0	Reserved

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับลักษณะการทำงานของแต่ละบิตใน Status Port

- Bit 7 Busy เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์จะไม่รับข้อมูล
- Bit 6 nAck เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์พร้อมที่จะทำงาน (Active Low)
- Bit 5 Paper End เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์ไม่มีกระดาษ
- Bit 4 Select เมื่อ Active หมายถึงเลือกพรินเตอร์
- Bit 3 nError เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์เกิดข้อผิดพลาด (Active Low)
- Bit 2 , Bit 1 , Bit 0 ไม่ใช้

2.3.4.3 Control Port

Control Port เป็นพอร์ตที่ใช้ในการควบคุมพรินเตอร์ สัญญาณในกลุ่มนี้จะ Active Low ยกเว้นสัญญาณ Intialize เท่านั้นที่ไม่ถูก Invert

ตารางที่ 2.4 แสดงตำแหน่ง Pin ของ Control Port

Name	Read / Write	Bit No.	Signal Name
Control Port	Read / Write	Bit 3	nError (pin 17)
		Bit 2	NInitialize (pin 16)
		Bit 1	nAutoFeed (pin 14)
		Bit 0	nStrobe (pin 1)

ลักษณะการทำงานของแต่ละบิตใน Control Port

- Bit 3 nSelect Printer เมื่อ Active หมายถึงเลือกพรินเตอร์
- Bit 2 nIntialize เมื่อ Active หมายถึงรีเซตพรินเตอร์
- Bit 1 nAuto Feed เมื่อ Active หมายถึงพรินเตอร์กระทำ Line Feed
- Bit 0 nStrobe เมื่อ Active หมายถึงการบอกให้พรินเตอร์ทราบว่ามีข้อมูลเข้ามาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

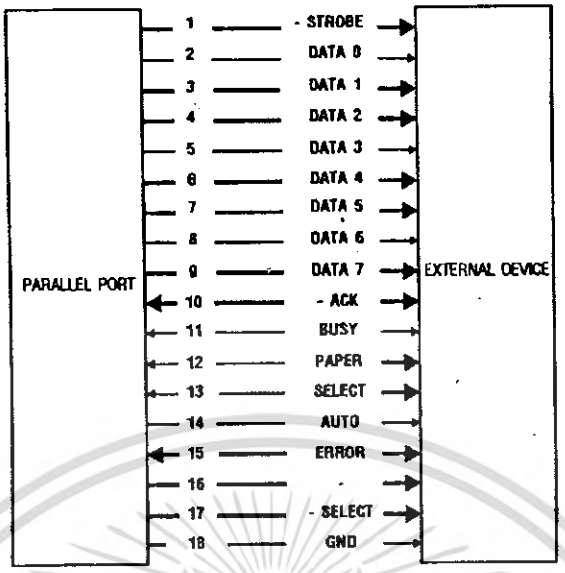
ตารางที่ 2.5 สรุปลักษณะของขาสัญญาณของพอร์ตขนานทั้งหมด

Pin No. (D-Type 25)	Signal Name	Bit	Direction (In/Out)
1	nStrobe	-Co	Output
2	Data 0 (Bit 0)	D0	Output
3	Data 0 (Bit 0)	D1	Output
4	Data 0 (Bit 0)	D2	Output
5	Data 0 (Bit 0)	D3	Output
6	Data 0 (Bit 0)	D4	Output
7	Data 0 (Bit 0)	D5	Output
8	Data 0 (Bit 0)	D6	Output
9	Data 7 (Bit 7)	D7	Output
10	nAck	S6	Input
11	Busy	-S7	Input
12	PaperEnd	S5	Input
13	Select	S4 -	Input
14	nAutoFeed	-C1	Output
15	nError	S3	Input
16	NInitialize	C2	Output
17	nSelectPrinter	-C3	Output
18 – 25	Ground		-

2.3.5 Pin Outs

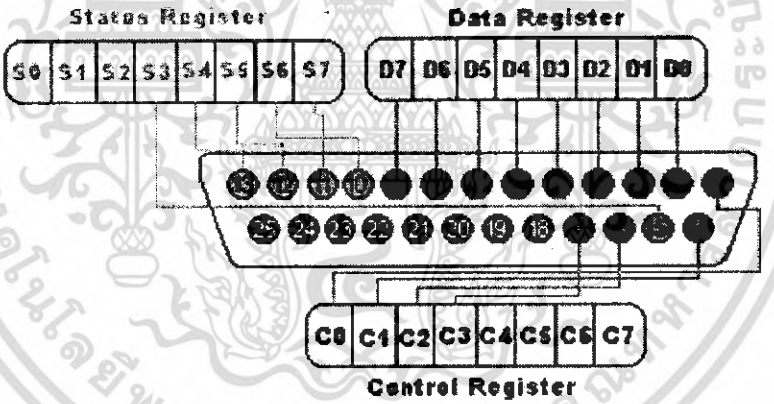
สำหรับการต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับพอร์ตขนานที่ขาต่างๆ จะมีทิศทางของการรับส่งข้อมูล หรือ Pin Outs ของพอร์ตขนานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 Pin Outs ของพอร์ตขนาน

ส่วนหน้าตาของพอร์ตจริงๆ มีรายละเอียดดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แผนผังของสายสัญญาณในพอร์ตขนาน

- Output Pins Data Port
- Input Pins (1 Invert) Status Port
- Output Pins (3 Invert) Control Port
- Pins Ground

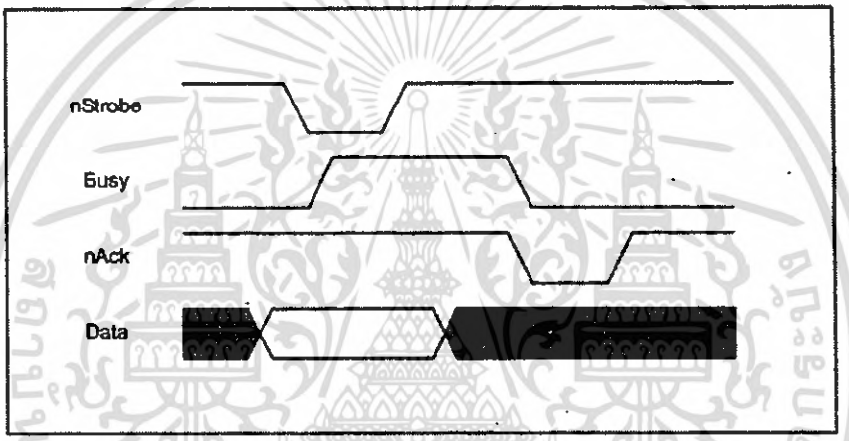
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 รูปแบบการติดต่อผ่านทางพอร์ตขนาน

เมื่อมีการติดต่อกับอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์ใดๆ ผ่านทางพอร์ตขนานนั้นการทำงานจะเริ่มจากคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณข้อมูลขนาด 8 บิต ออกทาง Data Port แล้วสร้างสัญญาณ Strobe ให้เป็น Low ส่งไปยังอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์เพื่อบอกให้ทราบว่ามีข้อมูลพร้อมเตรียมจะส่งไปแล้ว

จากนั้นคอมพิวเตอร์จะรอรับการตอบกลับจากอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์ที่ต่อกับพอร์ตขนานนั้น โดยสิ่งที่ตอบกลับมาจะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

- สัญญาณ nAck เพื่อเป็นการแสดงว่าอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์พร้อมที่จะรับสัญญาณข้อมูล โดยจะสร้างสัญญาณ Acknowledge เป็น Low ตอบกลับไป
- สัญญาณ Busy เพื่อเป็นการแสดงว่าอุปกรณ์ หรือพรินเตอร์ไม่ว่าง ไม่พร้อมจะรับข้อมูล



รูปที่ 2.8 ลักษณะสัญญาณ

จากรูปที่ 2.8 เราสามารถสรุปรายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณที่ใช้ในพอร์ตขนานได้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ตารางสรุปรายละเอียดเกี่ยวกับสัญญาณที่ใช้ในพอร์ตขนาน

สัญญาณ	ผู้ส่ง	สิ่งที่ส่ง	ผู้รับ
ข้อมูล 8 บิต	คอมพิวเตอร์	ข้อมูลที่คอมพิวเตอร์ส่งไปให้ที่พอร์ต	พอร์ตขนาน
Strobe	คอมพิวเตอร์	แจ้งให้พอร์ตทราบว่ามีข้อมูลชุดใหม่ส่งมา	พอร์ตขนาน
Acknowlege	พอร์ตขนาน	ตอบกลับมาว่าพร้อมรับข้อมูลแล้ว	คอมพิวเตอร์
Busy	พอร์ตขนาน	ตอบกลับมาว่าไม่พร้อม	คอมพิวเตอร์
Error	พอร์ตขนาน	แจ้งข้อผิดพลาดกลับมาให้คอมพิวเตอร์	คอมพิวเตอร์
Reset	พอร์ตขนาน	ให้รีเซตข้อมูล หรือรีเซตพรินเตอร์	พอร์ตขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.7 Port Address

แอดเดรสของพอร์ตขนานนั้นมักจะอยู่ที่ตำแหน่ง 378H สำหรับ LPT1 และ 278H สำหรับ LPT 2 ซึ่งการหาหมายเลขพอร์ตของพรินเตอร์นั้นเราสามารถกระทำได้ง่ายๆ โดยการคลิกที่ Start > Setting > Control Panel

จากนั้นให้เลือกที่ System > Device Manager > Ports (Com & LPT) จากนั้นให้เลือก Printer Port แล้วคลิกที่ Properties แล้วเลือก Resources เราก็จะทราบ Address ของหมายเลขพอร์ตตามที่เราต้องการ

2.4 การออกแบบเครื่องจักรกล

2.4.1 เสา (Column)

เสามีลักษณะเป็นท่อนตรงและรับแรงกดในแนวแกน ถ้าแรงมีค่าไม่มากนักเสาที่เรียวยาวก็ยังคงอยู่ในสภาพที่ตรงได้ แต่ถ้าแรงเพิ่มขึ้นถึงค่าหนึ่ง เสาดังกล่าวก็อาจจะเกิดการโก่งงอขึ้น (Bucking) แรงที่ทำให้เกิดการโก่งงอนี้เรียกว่า แรงวิกฤติ (Critical Load) ความเค้นที่เกิดที่เสาขณะที่จะเริ่มโก่งงออาจจะต่ำกว่าความเค้นใช้งานก็ได้ อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดการโก่งงอขึ้นแล้ว ชิ้นงานนั้นก็ไม่สามารถที่จะทำหน้าที่ได้ตามต้องการ ฉะนั้นการออกแบบจึงอาจจะจำกัดแรงที่ทำให้เกิดการโก่งงอแทนที่จะจำกัดความเค้น

ชิ้นส่วนเครื่องกลจำนวนหนึ่งที่ทำหน้าที่เช่นเดียวกับเสา เช่น เพลาแกนยึดตัวจัดเก็บ สูตรที่ใช้กับเสาจะจำแนกเอาตามอัตราส่วนความเพรียว (Slenderness Ratio) โดยที่

$$\text{Slenderness Ratio} = Le/k \tag{2.2}$$

เมื่อ Le คือความยาวสมมูล (Equivalent Length)

$$k = \left[\frac{I}{A}\right]^{1/2} \tag{2.3}$$

k คือ รัศมีไจเรชัน

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัด

A คือ พื้นที่หน้าตัด

เนื่องจากการออกแบบเสาที่อาจจะเกิดการโก่งงอจะจำกัดแรงกด แทนที่จะจำกัดความเค้น ดังนั้นจึงต้องใช้ค่าความปลอดภัยกับแรงกด

แรงกดใช้งานคือ $F = F_c N$

เมื่อ F_c คือ แรงวิกฤต

N คือ ค่าความปลอดภัย

83048

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเสาที่มีขนาดยาวจะนิยมใช้สูตรของออยเลอร์ (Euler) คือ

$$F = \frac{\pi^2 EA}{N(L_e / k)^2} = \frac{\pi^2 EI}{NL_e^{\,2}} \quad (2.4)$$

เมื่อ F คือ แรงกดใช้งาน

E คือโมดูลัสยืดหยุ่น

ซึ่งถ้าเป็นเหล็กโครงสร้างแล้วจะใช้สูตรของออยเลอร์ เมื่ออัตราส่วนความเพรียวมากกว่า 115 จากสูตรจะเห็นว่าเสาเกิดการโก่งงอรอบแกน ซึ่งโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่หน้าตัดหรือรัศมีไจเรชั่นมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่าความปลอดภัยสำหรับเสานี้ ในทางการออกแบบเครื่องกลแนะนำให้ใช้ประมาณ 3.5

สำหรับค่าความยาวสมมูลนี้ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของปลายชิ้นงานที่ยึดอยู่ ดังรูปที่ 2.9 (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, ชาญ ถนัดงาน, 2541)

- ปลายยึดแบบธรรมดา (SS: Simply Supported)

$$L_e = L \quad (2.5)$$

- ปลายยึดแน่นสองข้าง (CC: Clamped)

$$L_e = \frac{L}{2} \quad (2.6)$$

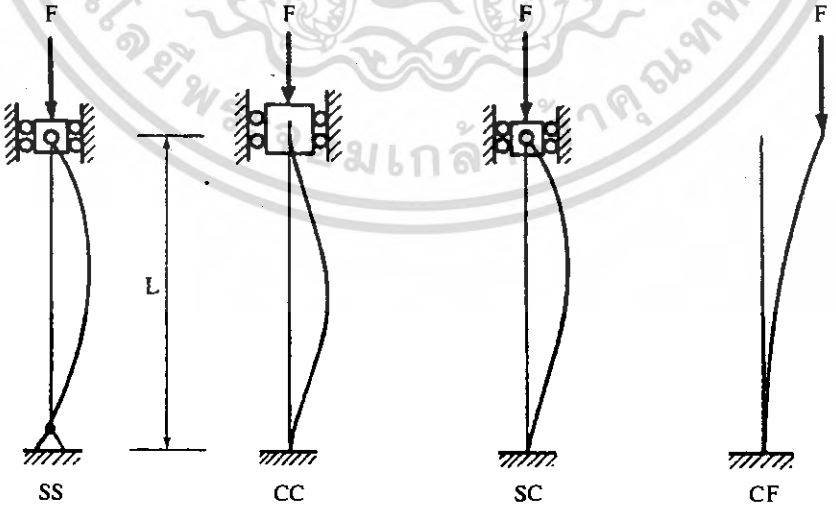
- ปลายยึดแบบธรรมดา – ยึดแน่น (SS: Simply Supported – Clamped)

$$L_e = 0.707L \quad (2.7)$$

- ปลายยึดแน่น – อิสระ (CF: Clamped – Free)

$$L_e = 2L \quad (2.8)$$

เมื่อ L คือความยาวของเสา



รูปที่ 2.9 การยึดปลายเสาวิธีต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าปลายแบบ CC มีความแข็งแรงสูงสุดและปลายแบบ CF รับแรงกดได้น้อยที่สุด ในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเสา ปลายมักจะเป็นแบบ SS, SC หรือ CF ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะที่แท้จริงของชิ้นงานนั้น

สำหรับเสาที่มีขนาดสั้นลงมาก สูตรของออยเลอร์จะใช้งานไม่ได้ดีนัก ทั้งนี้เพราะความเสียหายที่แท้จริงอาจจะเนื่องมาจากผลของการโก่งงอ และการที่ความเค้นในเสาเกินขีดจำกัดขีดหยุ่นพร้อมกันในกรณีเช่นนี้ผู้ออกแบบมักจะใช้สูตรของจอห์นสัน (Johnson's Formula) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าสูตรพาราโบลา (Parabolic Formula) คือ

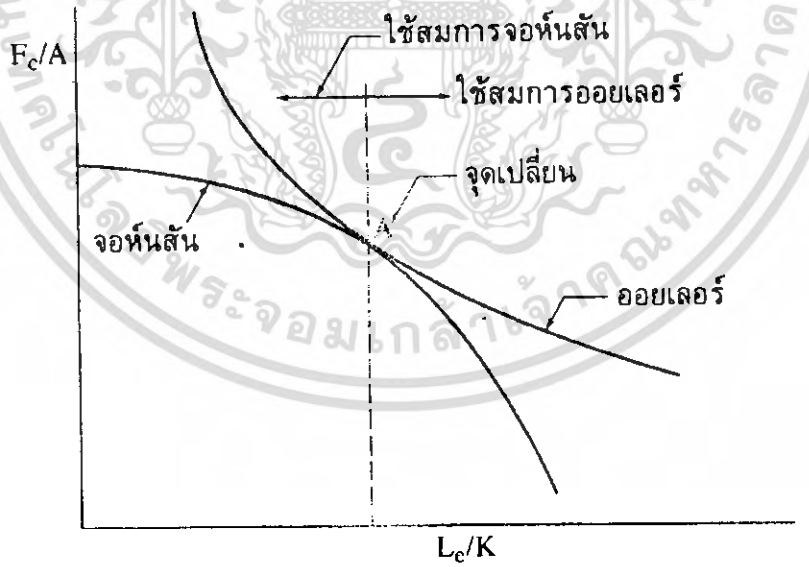
$$F = \frac{\sigma_y A}{N}\left[1 - \frac{\sigma_y (L_e / k)^2}{4\pi^2 E}\right] \qquad (2.9)$$

เมื่อ σ_y คือความเค้นที่จุดคราก

E คือโมดูลัสขีดหยุ่น

สำหรับเหล็กโครงสร้างแล้ว จะใช้สูตรของจอห์นสันเมื่ออัตราส่วนความเพรียวมีค่าประมาณ $40 < L_e / k \leq 115$

เนื่องจากเส้นกราฟจากสูตรของออยเลอร์และจอห์นสันจะสัมผัสกันที่จุด A ดังรูปที่ 2.10 (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ ,ชาญ ฉนัดงาน, 2541) ซึ่งเรียกว่าจุดเปลี่ยน (Transition Point) และค่า ดังกล่าวมาแล้วค่าประมาณที่จุด A นี้เพราะฉะนั้นสำหรับวัสดุอื่นๆ ที่มีค่า E แตกต่างกันออกไปอีกมาก ก็อาจจะหาจุดเปลี่ยนเพื่อเลือกใช้สูตรที่ถูกต้องได้โดยการหาความลาดชัน (Slope) ของกราฟที่ได้จากสมการที่ 2.4 และสมการที่ 2.9 เท่ากัน คือ



รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับอัตราส่วนความเพรียว จากสูตรของออยเลอร์และจอห์นสัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรของออยเลอร์ $\frac{d(F/A)}{d(Le/k)}$ = สูตรของจอห์นสัน $\frac{d(F/A)}{d(Le/k)}$

ซึ่งจะได้จุดเปลี่ยนคือ

$$\frac{Le}{k} = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_y}} \tag{2.10}$$

สำหรับสูตรของเสาอื่นๆ ที่มีอยู่ แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้ในการออกแบบเครื่องจักรกลก็คือ สูตรเส้นตรงและสูตรซีแคนต์ (Secant Formula) จะไม่กล่าวถึงในที่นี้ ผู้อ่านที่สนใจจะหาดูได้จากหนังสือกลศาสตร์วัสดุทั่วไป

สมการที่ 2.4 และสมการที่ 2.9 อาจจัดรูปใหม่ได้เป็น

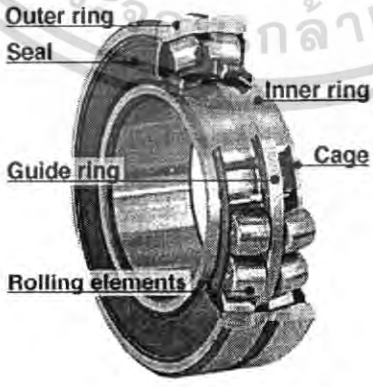
$$\sigma_e = \alpha \frac{F}{A} \tag{2.11}$$

เมื่อ $\alpha = \frac{\sigma_y (L_e/k)^2}{\pi^2 E}$ สำหรับสูตรของออยเลอร์

$\alpha = \frac{1}{1 - \frac{\sigma_y (L_e/k)^2}{4\pi^2 E}}$ สำหรับสูตรของจอห์นสัน

2.4.2 โรลลิ่งแบริ่ง

โรลลิ่งแบริ่ง (Rolling Bearing) หมายถึงแบริ่งชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบริ่งที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling Contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (Sliding Contact) เนื่องจากแบริ่งชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งที่นิยมใช้กันทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่า แอ็นทิฟริคแบริ่ง (Anti-Friction Bearing) ตัวอย่างเช่น บอลแบริ่ง (Ball Bearing) หรือตลับลูกปืน ดังรูป 2.11 ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้าสองวงที่แยกจากกันด้วยลูกกลิ้งทรงกลม ลูกกลิ้งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนวงหนึ่งแล้วส่งแรงนี้ผ่านไปยังวงแหวนอีกวงหนึ่ง โดยการกลิ้งไปบนวงแหวน



รูปที่ 2.11 บอลแบริ่ง (Ball Bearing) หรือตลับลูกปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.1 มิติมาตรฐานของโรลลิ่งแบริ่ง

การกำหนดมาตรฐานของแบริ่ง ทำให้ผู้ผลิตสามารถที่จะผลิตแบริ่งได้ราคาถูกลง ทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ได้สะดวก และทำให้การดูแลรักษาตลอดจนการเก็บแบริ่งสำรองกระทำได้ง่ายขึ้น ด้วยเหตุนี้เองสมาคม AFBMA ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดพิมพ์มาตรฐานของแบริ่งชนิดต่างๆ จึงร่วมกับสมาคมเกี่ยวกับโรลลิ่งแบริ่งอื่นๆ จัดทำมาตรฐานให้เข้ากับองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) มาตรฐานนี้จะบอกถึงมิติภายนอกของแบริ่ง คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก-ภายในและความหนา ส่วนมิติภายในแบริ่งให้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตจะออกแบบ

มาตรฐานดังกล่าวนี้จะเห็นได้จากรูป 7.9 ซึ่งประกอบด้วยอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter Series) เรียงเบอร์จาก 8 9 0 1 2 3 และ 4 โดยที่อนุกรม 8 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุด และอนุกรม 4 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตที่สุด ส่วนความหนาบอกได้ด้วยอนุกรมความหนา (Width Series) เรียงเบอร์จาก 8 0 1 2 3 4 5 และ 6 โดยที่อนุกรม 8 บางที่สุด และอนุกรม 6 หนาที่สุด ดังนั้นมาตรฐานของแบริ่งจึงบอกได้โดยรวมเบอร์ของอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง กับอนุกรมความหนาเข้าด้วยกัน เรียกว่า อนุกรมมิติ (Dimension Series) โดยที่เลขตัวแรกแทนอนุกรมความหนา และเลขตัวที่สองแทนอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง เช่น แบริ่งที่อยู่ในอนุกรมมิติ 03 หมายถึง แบริ่งที่มีอนุกรมความหนา 0 และอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เป็นต้น จะเห็นได้ว่าผู้ออกแบบเครื่องจักรกลสามารถที่จะเลือกใช้แบริ่งที่มีความหนาตามต้องการได้ โดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเปลี่ยนไปเป็นขนาดต่างๆ กัน ในทางกลับกัน ถ้ากำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (คือ การกำหนดอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง) ก็สามารถที่จะเลือกแบริ่งที่มีความหนาต่างๆ กันได้

2.4.2.2 อายุการใช้งานของแบริ่ง

แบริ่งที่ได้รับการติดตั้งและหล่อลื่นอย่างดี ตลอดจนดูแลรักษาให้ปราศจากฝุ่น หรือผงต่างๆ และไม่อยู่ภายใต้แรงกระทำที่มีค่าสูงมากจนเกินความสามารถที่แบริ่งจะรับไว้ได้แล้วแบริ่งจะเสียหายเนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นในวัสดุแบริ่งเท่านั้น ดังนั้นเห็นได้ว่าแบริ่งที่เสียจะมีเศษผงโลหะหลุดออกมาเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เพราะพื้นที่สัมผัสระหว่างลูกกลิ้งและวงแหวนมีค่าน้อย ดังนั้นความเค้นที่เกิดขึ้นในลูกกลิ้งหรือวงแหวนจึงมีค่าสูงเข้าใกล้ความเค้นของเฮิร์ซ (ในที่จะไม่กล่าวถึงการหาและที่มาของความเค้นของเฮิร์ซ ซึ่งต้องใช้ทฤษฎีทางอิลาสติซิตี้) ในขณะที่ลูกกลิ้งหมุนไปรอบวงแหวน วัสดุส่วนที่รับแรงของแบริ่งจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่มีค่าเปลี่ยนจากศูนย์ไปยังค่าสูงสุดแล้วกลับลงมาเป็นศูนย์ (Repeat Stress) อยู่ตลอดเวลา แต่เนื่องจากค่าความเค้นนี้สูงกว่าขีดจำกัดความทนทาน (Endurance limit) ของวัสดุแบริ่ง ดังนั้นจึงเกิดความเสียหายเนื่องจากความล้า ซึ่งก็แสดงว่า อายุการใช้งานของแบริ่งก็มีระยะเวลาจำกัด ซึ่งอยู่กับความเค้นที่กระทำซ้ำ จากการทดลองของ Lundberg และ Palmgren ซึ่งได้ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการประเมินค่ามาตรฐานของ AFBMA พบว่า อายุการใช้งาน L แปรผันเป็นสัดส่วนกลับแรงในแนวรัศมี P (ในกรณีที่มีทั้งแรงในแนวรัศมีและแรงในแนวรุน (แรง P) จะเป็นแรงในแนวรัศมีสมมูล (Equivalent Radial Load) ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป)

$$L\alpha \frac{1}{P^k} \tag{2.12}$$

เมื่อ ค่าคงที่ $K = 3$ สำหรับบอลแบริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$K = 10/3 \approx 3.33$ สำหรับโรลเลอร์แบริ่ง

อายุการใช้งาน L นี้มักจะนับเป็นชั่วโมงที่ความเร็วรอบคงที่ของเพลาอันหนึ่ง หรือนับเป็นจำนวนล้านรอบ mr (millions of revolution) จากสมการที่ (2.12) จะได้ว่า

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^K \tag{2.13}$$

2.4.2.3 <u>การประเมินค่าอายุการใช้งานและแรง</u>

ถึงแม้ว่าจะมีวิธีการผลิตและควบคุมคุณภาพของโรลเลอร์แบริ่งอย่างทันสมัย แต่ก็ปรากฏว่าแบริ่งชนิดเดียวกันที่ผลิตออกมาภาคใต้วิธีการและเครื่องมือเดียวกัน จะมีอายุการใช้งานแตกต่างกันไปมาก ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากความยากลำบากในการควบคุมความกลมของลูกกลิ้ง และความเรียบของผิวหน้าเป็นต้น ดังนั้นอายุการใช้งานที่ทางผู้ผลิตอ้างถึงจึงมีรากฐานมาจากการใช้หลักวิชาการทางด้านสถิติเข้าช่วย ทางสมาคม AFBMA จึงได้นิยมและจัดตั้งวิธีการเลือกแบริ่งขึ้น ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1. อายุการใช้งานของแบริ่งหมายถึงจำนวนรอบ (หรือจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วคงที่) ซึ่งแบริ่งหมุดได้ก่อนที่จะเกิดความล้าขึ้นในวงแหวนหรือลูกกลิ้ง

2. อายุประเมิน (Rating Life) ของโรลเลอร์แบริ่งจำนวนหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ หมายถึงจำนวนรอบ (หรือจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วคงที่) ซึ่งแบริ่ง 90% จากจำนวนนี้สามารถหมุนได้โดยไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากความล้า และใช้แทนด้วยอายุใช้งาน L_{10}

ผู้ผลิตบางบริษัทอาจจะใช้อายุใช้งานเฉลี่ย (Median Life) เป็นอายุประเมินก็ได้ อายุใช้งานเฉลี่ยนี้หมายถึงจำนวนรอบที่ 50% ของแบริ่งที่เหมือนกันจำนวนหนึ่งสามารถหมุนได้โดยไม่เกิดความล้าขึ้น และใช้แทนด้วยอายุใช้งาน L_{50} ซึ่งความสัมพันธ์กับ L_{10} โดยประมาณคือ

$$L_{50} = 5L_{10} \tag{2.14}$$

3. แรงสถิตประเมิน (Basic Static Load Rating) หมายถึง แรงในแนวรัศมีที่ทำให้เกิดระยะยุบตัวของลูกกลิ้งและวงแหวนรวมกันเท่ากัน 0.0001 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง และใช้แทนด้วย C_0 ค่าของ C_0 สำหรับแบริ่งอนุกรมมิติต่างๆ ดูได้จากตารางที่ ผก. 2 ค่า C_0 นี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำแบริ่ง จำนวนแถวของลูกกลิ้งในแบริ่ง จำนวนลูกกลิ้งต่อแถว มุมสัมผัสตลอดจนขนาดของลูกกลิ้ง และวงแหวน

โดยปกติแล้วแรงสถิตประเมินไม่ค่อยจะมีผลต่อการเลือกแบริ่งแต่ถ้าแบริ่งรับแรงสูงและอยู่นิ่งเป็นระยะเวลานานก็อาจจะทำให้เกิดการยุบตัวอย่างถาวร (Permanent Deformation) เป็นแห่งๆ ได้ ดังนั้นในบางครั้งจึงมีการตรวจสอบว่าแรงที่มากระทำมีค่ามากกว่า C_0 หรือไม่

4. แรงพลวัตประเมิน (Basic Dynamic Load Rating) บางครั้งอาจเรียกว่า สมรรถนะแรงพลวัตของโรลลิ่งแบริ่ง หมายถึงแรงที่กระทำในแนวรัศมี ซึ่งแบริ่งที่มีลักษณะเหมือนกันจำนวนหนึ่งจะรับได้ โดยมีอายุประเมิน L_{10} เท่ากับหนึ่งล้านรอบเมื่อวงแหวนอันในเป็นตัวหมุนและวงแหวนอันนอกอยู่นิ่ง และใช้แทนด้วย C ซึ่งได้แสดงในตารางที่ ผก. 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงพลวัตประเมิน C นี้เป็นค่าที่ใช้ในการเลือกขนาดของแบริ่งเพื่อให้รับแรง และมีอายุการใช้งานได้ตามความต้องการ โดยเปลี่ยนแรงและอายุการใช้งานจริงมาเป็นแรงและอายุใช้งานที่แสดงในแค็ตตาล็อก (คือแรงในแนวรัศมีที่ทำให้มีอายุประเมินเท่ากับหนึ่งล้านรอบ) หรือในทางกลับกัน คือ เลือกแบริ่งจากแค็ตตาล็อกแล้วเปลี่ยนให้รับแรงได้เท่าที่ต้องการใช้ทำงานจริง และดูว่าอายุประเมินจะได้ตามอายุใช้งานที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้สมการ (2.13) ดังนี้

ให้ L_{10} เป็นอายุการใช้งานจริงซึ่งมีหน่วยเป็นล้านรอบ (mr) และ P เป็นแรงในแนวรัศมีที่แบริ่งจะต้องรับขณะใช้งานจริง จากสมการ (2.13) จะเห็นว่า

$$L_1 = L_{10} \qquad P_1 = P$$

$$L_2 = 1 \qquad P_2 = C$$

ดังนั้น

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^K \tag{2.15}$$

2.4.2.4 <u>แรงสมมูล</u>

ในการใช้งานจริง โรลลิ่งแบริ่งอาจจะรับแรงทั้งแนวรัศมีและแนวแกน และวงแหวนในหรือนอกจะเป็นอันที่หมุนก็ได้ ซึ่งก็แล้วแต่ผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล อีกประการหนึ่ง แค็ตตาล็อกของผู้ผลิตจะกำหนดให้เฉพาะอายุประเมินในเทอมของแรงในแนวรัศมีเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนแรงและเงื่อนไขจากที่ใช้ทำงานจริงๆ มาให้เป็นแรงในแนวรัศมีโดยมีวงแหวนในเป็นตัวหมุน เรียกว่า แรงสมมูล (Equivalent Force) เพื่อจะได้ใช้ในการเลือกแบริ่งจากแค็ตตาล็อกได้ สมาคม AFBMA ได้กำหนดนิยามของแรงสมมูลไว้ดังนี้

แรงสมมูล หมายถึง แรงในแนวรัศมีซึ่งถ้าให้กระทำต่อโรลลิ่งแบริ่ง โดยที่วงแหวนในหมุนและวงแหวนนอกอยู่นิ่งแล้ว จะทำให้แบริ่งมีอายุการใช้งานเท่ากับอายุใช้งานของแบริ่งที่รับแรงจริง (ซึ่งอาจจะมีแรงในแนวแกนและแนวรัศมีพร้อมกัน) และให้คำนวณได้จากสมการ

$$P = XVF_r + YF_a \tag{2.16}$$

หรือ

$$P = VF_r \tag{2.17}$$

เมื่อ P = แรงสมมูล

F_r = แรงในแนวรัศมี

F_a = แรงในแนวแกนหรือแรงรุน

V = ตัวประกอบการหมุน (Rotation Factor): มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวงแหวนในหมุน และ 1.2 เมื่อวงแหวนนอกหมุน *ถ้าเป็นบอลแบริ่งชนิด Self -Aligning ให้ใช้ค่าเท่ากับ 1 เสมอ*

X = ตัวประกอบแรงในแนวรัศมี (Radial Load Factor)

Y = ตัวประกอบแรงรุน (Thrust Load Factor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าแรงสมมูลที่ใช้ในการเลือกขนาดแบริ่ง ให้ใช้ค่าที่ได้จากสมการ (2.16) หรือ (2.17) แล้วแต่ว่าค่าไหนจะมากกว่า สำหรับบอลแบริ่งกันรุนและโรลเลอร์แบริ่งกันรุน แล้วให้คำนวณค่าแรงสมมูลจากสมการ (2.16) โดยให้ $V = 1$ ส่วน Straight Roller Bearing นั้นจะใช้รับเฉพาะแรงในแนวรัศมีเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวางแผนและดำเนินการ

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ เรื่องการพัฒนาและปรับปรุงแขนกลพร้อมชุดจัดเก็บวัสดุสำหรับระบบการจัดเก็บวัสดุคงคลังแบบอัตโนมัติ ฉบับนี้มีวิธีดำเนินงานดังนี้

1. วางแผนการทำงาน
2. ศึกษาหาข้อมูลของระบบอัตโนมัติและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. ทำการออกแบบตัวจัดเก็บและคำนวณชิ้นส่วนต่างๆ
4. ทำการสร้างตัวจัดเก็บ
5. ทำการปรับปรุงแขนกล
6. ปรับปรุงแผงวงจรควบคุม
7. ศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมวิชัวล์เบสิก (Visual Basic)
8. ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ
9. ทำการทดสอบการทำงาน
10. สรุปและจัดทำปริญญานิพนธ์

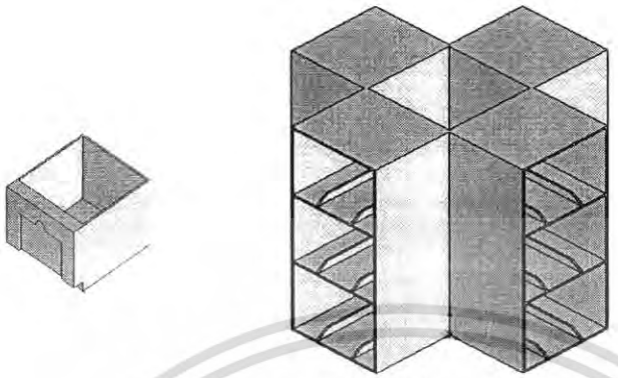
3.2 ออกแบบตัวจัดเก็บ

ในส่วนของตัวจัดเก็บนั้นมีส่วนประกอบหลักๆ ดังต่อไปนี้ ลิ้นชัก ตัวจัดเก็บ โครงตัวจัดเก็บ และที่วางมอเตอร์

3.2.1 ออกแบบลิ้นชักและตัวจัดเก็บ

ออกแบบตัวจัดเก็บให้มีด้านเก็บลิ้นชัก 4 ด้าน แต่ละด้านมีชั้นของลิ้นชัก 3 ชั้น โดยในส่วนของตัวลิ้นชักและตัวจัดเก็บใช้อะคิลิค ดังรูปที่ 3.1

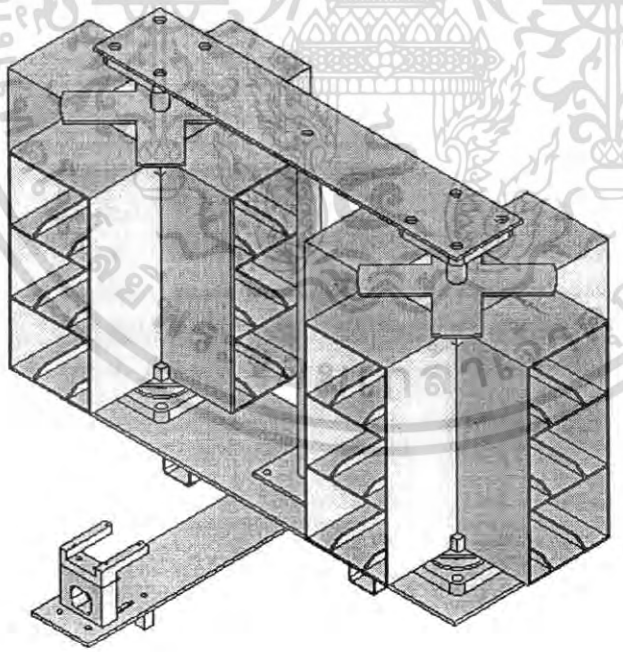
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แบบลิ้นชักและตัวจัดเก็บ

3.2.2 ออกแบบโครงตัวจัดเก็บและที่วางมอเตอร์

โครงตัวจัดเก็บนี้รองรับตัวจัดเก็บได้ 2 กล่อง ส่วนโครงจัดเก็บได้สร้างให้ที่วางมอเตอร์ 1 ตัว เพื่อที่จะทำการหมุนตัวจัดเก็บให้เคลื่อนที่ได้ ในที่นี้ได้ใช้สายพานและเฟืองเป็นตัวส่งกำลังการหมุนจากมอเตอร์ไปยังสายพานจึงทำให้ตัวจัดเก็บหมุนได้ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แบบตัวจัดเก็บที่ประกอบสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3,3 คำนวณชิ้นส่วนต่างๆ ของตัวจัดเก็บ

3.3.1 คำนวณขนาดของเพลา

เนื่องเพลาที่ใช้ในการสร้างตัวจัดเก็บมีจำนวน 2 ชิ้น

- ชิ้นที่ 1 คือส่วนที่อยู่ติดกับแบริ่งมีทั้งหมด 4 ชิ้น ซึ่งมีลักษณะการทำงานเป็นเหมือนเสาจึงทำการคำนวณด้วยทฤษฎีเสาดังนี้

คำนวณหาค่า Slenderness Ratio

เมื่อ L = 70 mm แทนในสมการที่ (2.5)

L_e = 140 mm

แทนค่าลงในสมการที่ (2.2)

จะได้ Slendemess Ratio = 140/5

= 28

- ชิ้นที่ 2 คือส่วนที่เป็นแกนกลางของตัวจัดเก็บไว้สำหรับพยุงจัวจัดเก็บ ซึ่งมีลักษณะการทำงานเป็นเหมือนเสาเช่นกันจึงทำการคำนวณด้วยทฤษฎีเสาดังนี้

คำนวณหาค่า Slenderness Ratio

เมื่อ L = 410 mm แทนในสมการที่ (2.6)

L_e = 205 mm

แทนค่าลงในสมการที่ (2.2)

จะได้ Slenderness Ratio = 205/6

= 34.166

เนื่องจากค่า Slenderness Ratio ของทั้ง 2 ชิ้นส่วน มีค่าน้อยกว่า 40 จึงสรุปได้ว่าเสาหรือเพลาที่ใช้สามารถรับน้ำหนักได้โดยไม่เกิดการโกงงอ

3.3.2 คำนวณหาอายุการใช้งานของแบริ่ง

เนื่องจากแบริ่งที่ใช้สร้างตัวจัดเก็บมีทั้งหมด 4 ตัว และลักษณะการทำงานทั้งหมดเหมือนกันดังนั้นจึงทำการคำนวนด้วยทฤษฎีอายุการใช้งานของแบริ่งดังนี้

จากสมดุลพลังงาน พลังงานทางไฟฟ้า = พลังงานทางกล (การหมุน)

$$VI = T\omega \tag{3.1}$$

$$\omega = 2\pi f \tag{3.2}$$

$$T = F_r r \tag{3.3}$$

เมื่อ $T = 1.8 \times \frac{2\pi}{360} = \frac{\pi}{100}$ คาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$f = \frac{1}{T} = \frac{100}{\pi} = 31.83$ Hz (รอบ/วินาที)

เมื่อ $f = \frac{1}{T} = \frac{100}{\pi} = 31.83$ Hz (รอบ/วินาที) แทนลงในสมการ (3.2)

จะได้ $$\omega = \frac{2\pi 100}{\pi} = 200 \text{ Rad/s}$$

เมื่อ $V = 5$, $I = 4.3$ A , $\omega = 200$ Rad/s แทนลงในสมการที่ (3.1)

จะได้ $$T = \frac{5 \times 4.3}{200} = 107.5 \times 10^{3} \text{ N.m}$$

เมื่อ $T = 107.5 \times 10^{3}$ N.m, $r = 108.75 \times 10^{-3}$ m แทนลงในสมการ (3.3)

จะได้ $$F_r = \frac{107.5 \times 10^{-3}}{108.75 \times 10^{-3}} = 0.989 \text{ N}$$

เมื่อ $F_r = 0.989$ N. แทนในสมการที่ (2.17)

จะได้ $$P = 0.989 \times 10^{-3} \text{ KN}$$

เมื่อ $C = 9$ จากตารางที่ 7.2, $P = 0.989 \times 10^{-3}$ KN, $K = 3$ แทนในสมการที่ (2.15)

$$L_{10} = 753.571 \times 10^{9} \text{ hr}$$

จาก $f = 31.83$ รอบ/วินาที $= 1909.8$ รอบ/นาที

เปลี่ยนหน่วย L_{10} จาก mr ให้เป็น hr โดย หารด้วย ค่า f ที่มีหน่วยเป็น รอบ/นาที

เมื่อ $L_{10} = 6.576 \times 10^{12}$ hr แทนในสมการ (2.14)

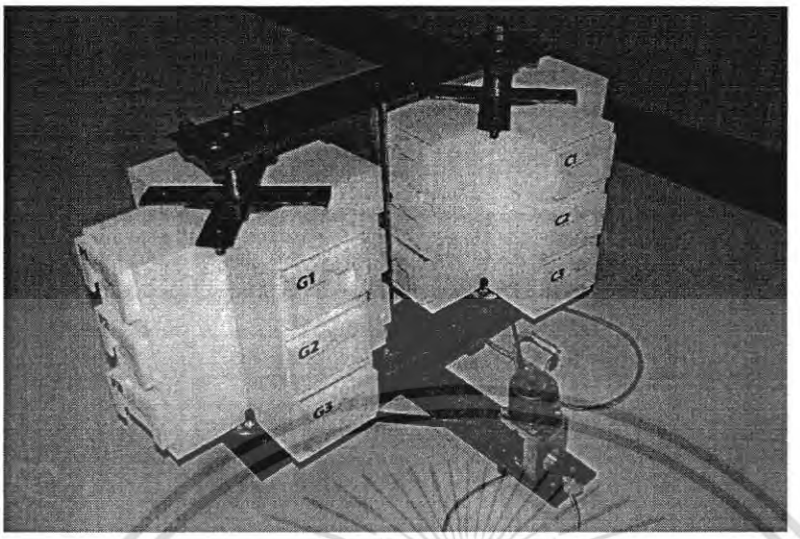
จะได้ $$L_{50} = 32.88 \times 10^{12} \text{ hr}$$

เพราะฉะนั้น แบริ่งจะมีอายุการใช้งานที่ 32.88 ล้านล้านชั่วโมง

3.4 ทำการสร้างตัวจัดเก็บ

ในขั้นนี้จากที่ได้ออกแบบไว้ ทำการหาวัสดุต่างๆ และนำมาประกอบเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 3.3

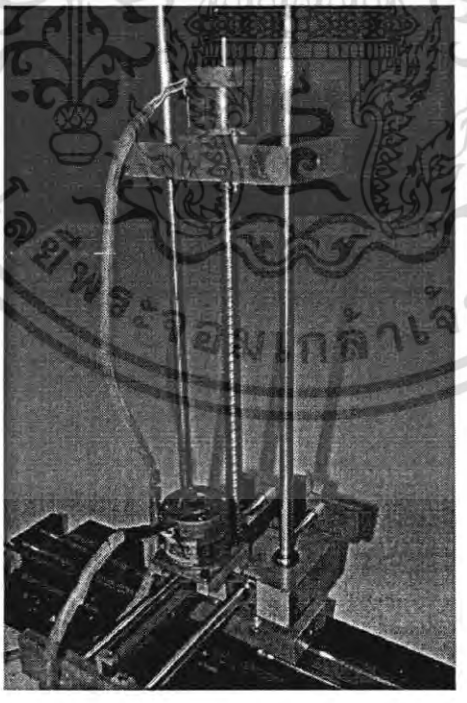
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 โครงสร้างตัวจัดเก็บที่สร้างขึ้นมา

3.5 ทำการปรับปรุงแขนกล

เนื่องจากแขนกลที่มีอยู่ การขับเคลื่อนในแนวแกน Z ขับเคลื่อนได้ไม่ดีนักจึงทำการเปลี่ยนสกรูส่งกำลังใหม่ ดังรูปที่ 3.4



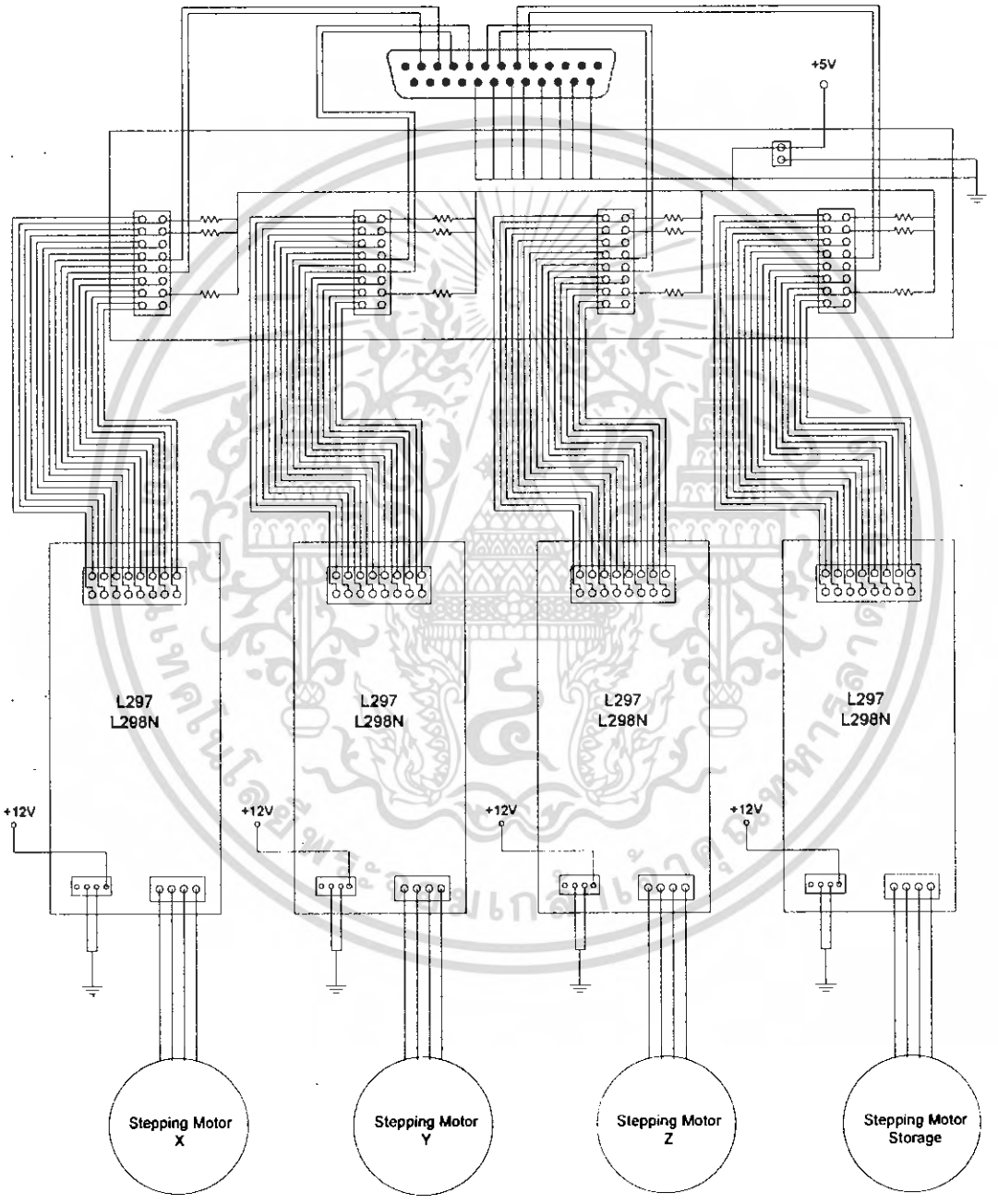
รูปที่ 3.4 ระบบสกรูส่งกำลังและต้นกำลังของแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ทำการปรับปรุงแผงวงจรควบคุม

3.6.1 การออกแบบวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมระบบอัตโนมัติ

ในการออกแบบวงจรไฟฟ้าเป็นการต่อวงจรที่ต้องนำทุกๆ ส่วนเข้ามารวมกัน โดยจะประกอบด้วยชุดวงจรแยกสัญญาณจะทำการรับสัญญาณจากพอร์ตขนานและแยกส่งไปยังวงจรขยายสัญญาณ L297 และ L298N จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณไปยังสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ดังรูปที่ 3.5

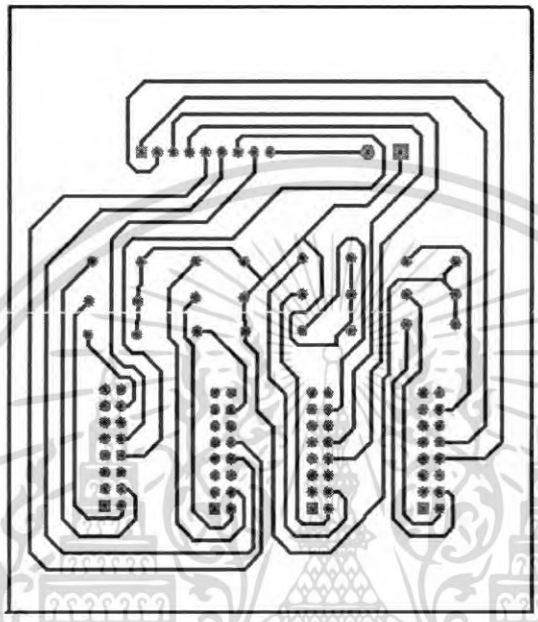


รูปที่ 3.5 วงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมระบบอัตโนมัติ

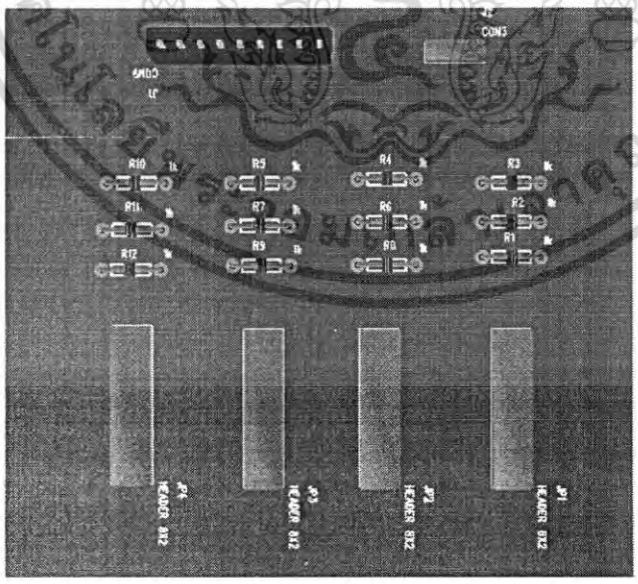
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 ทำสร้างแผงวงจรควบคุม

จากแผงควบคุมเก่าสามารถใช้ติดต่อกับมอเตอร์ได้เพียงสามตัว แต่ในระบบอัตโนมัตินี้จะต้องใช้มอเตอร์ถึง 4 ตัว จึงทำการทำแผงควบคุมขึ้นมาใหม่ โดยใช้โปรแกรม Protel 99 SE Trial ทำลายวงจร ดังรูปที่ 3.6 และแผงวงจรควบคุมที่ทำขึ้นมา ดังรูปที่ 3.8

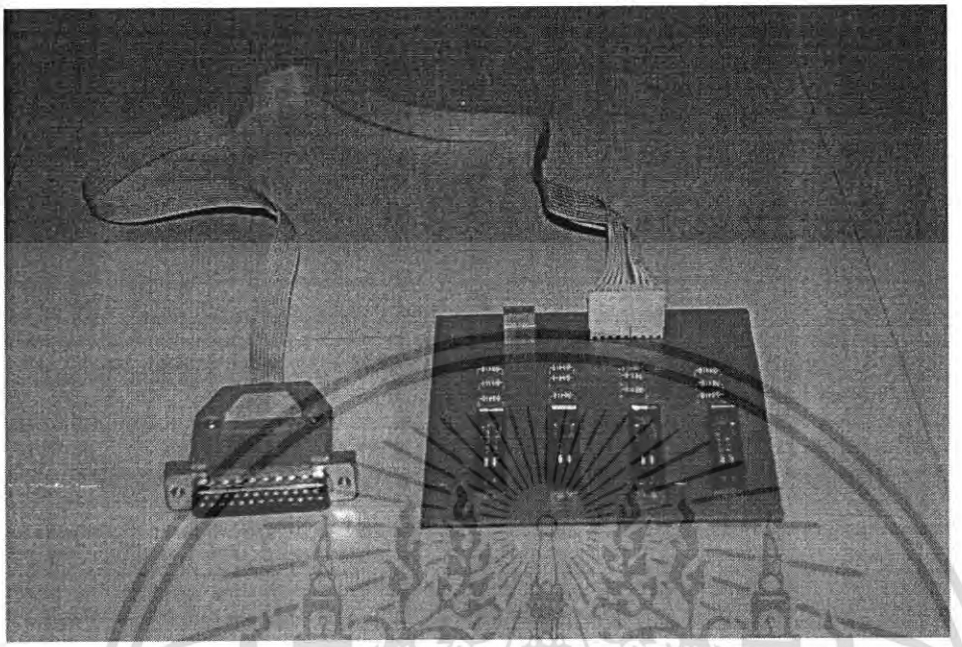


รูปที่ 3.6 ลายวงจรจาก Bottom View



รูปที่ 3.7 แบบจำลองแผงวงจรควบคุมจาก Top View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



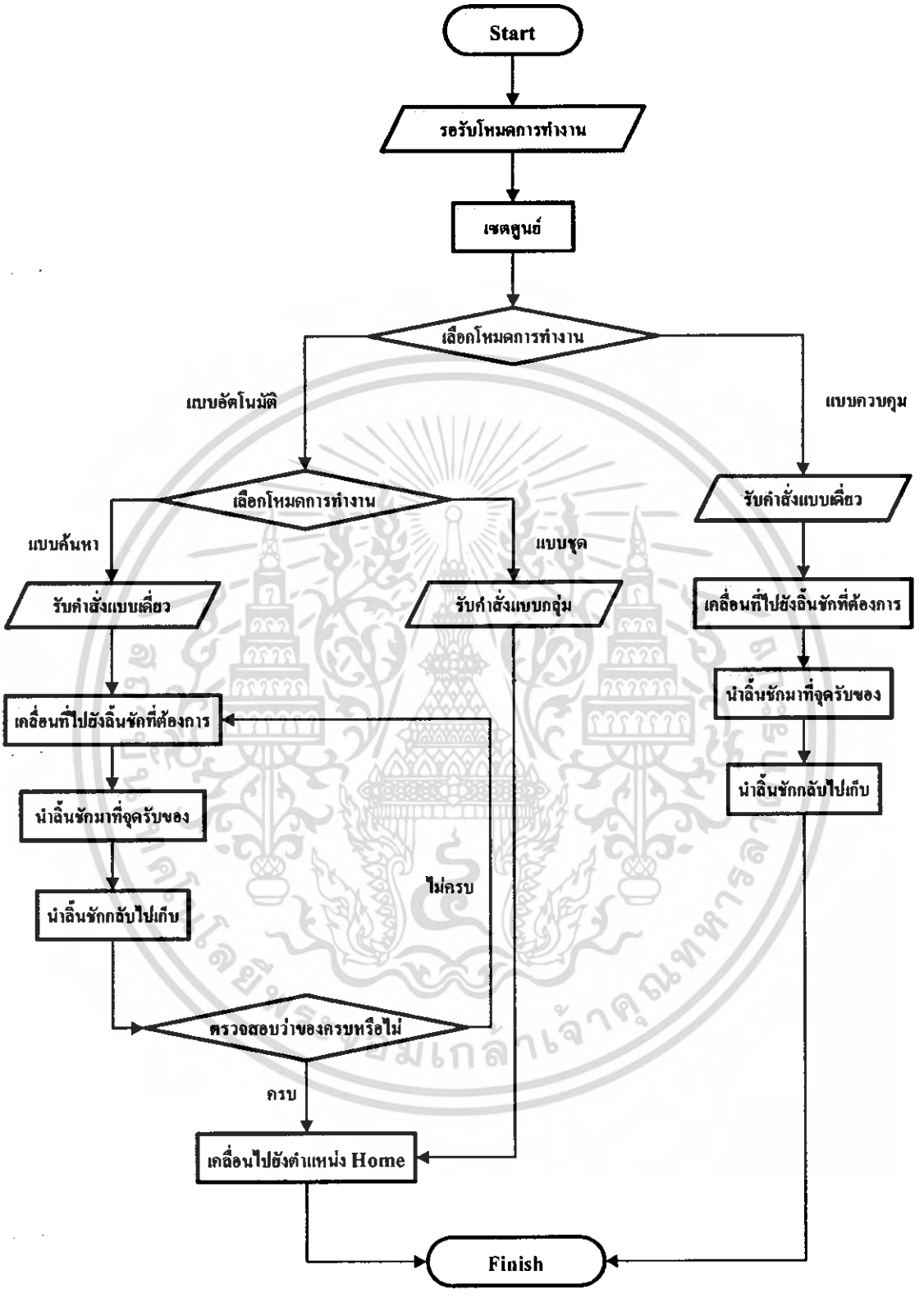
รูปที่ 3.8 แผงวงจรควบคุม

3.7 ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ

3.7.1 ทำการออกแบบโฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ

รายละเอียดการออกแบบการทำงานในการควบคุมระบบอัตโนมัติเพื่อช่วยในกระบวนจัดเก็บวัสดุคงคลังมีรายละเอียด ดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 รูปโฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ

ในการเขียนโปรมแกรมจะแบ่งการทำงานของระบบอัตโนมัติ ได้ทั้งหมด 4 แบบ คือ

- แบบเซทศูนย์ เพื่อหาจุดอ้างอิงตำแหน่งของตัวแขนกลก่อนที่จะเริ่มทำงานตามระบบอัติโนมัติ และเป็นจุดที่เมื่อแขนกลทำงานตามคำสั่งไปหยิบลิ้นชักมาแล้วนำลิ้นชักมาที่จุดรับส่งสินค้า และก็เป็นจุดที่แขนกลจะกลับมาเมื่อสิ้นสุดการทำงาน

- แบบบังคับ เป็นการบังคับไปหยิบลิ้นชักตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ว่าต้องการจะหยิบที่ลิ้นชักตัวไหน โดยการเคลื่อนที่ของแต่ละแกนของแขนกลผู้ใช้เป็นผู้กำหนดการเคลื่อนที่เอง

- แบบค้นหาจากพาเลต เป็นการบังคับไปหยิบลิ้นชักโดยที่ผู้ใช้งานจะต้องเลือกที่หน้าของโปรแกรม แล้วโปรแกรมก็จะสั่งการเคลื่อนที่ให้แขนกลไปหยิบลิ้นชักตามตำแหน่งที่ผู้ใช้งานต้องการแบบอัตโนมัติ

- แบบชุด เป็นการบังคับไปหยิบลิ้นชักแบบชุด (1 ชุด อาจจะมี 2 ลิ้นชัก หรือ 3 ลิ้นชัก) โดยที่ผู้ใช้งานจะต้องเลือกชุดของลิ้นชักที่หน้าของโปรแกรม แล้วโปรแกรมก็จะสั่งการเคลื่อนที่ให้แขนกลไปหยิบลิ้นชักตามตำแหน่งหลายๆ ตำแหน่งที่ผู้ใช้งานต้องการแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

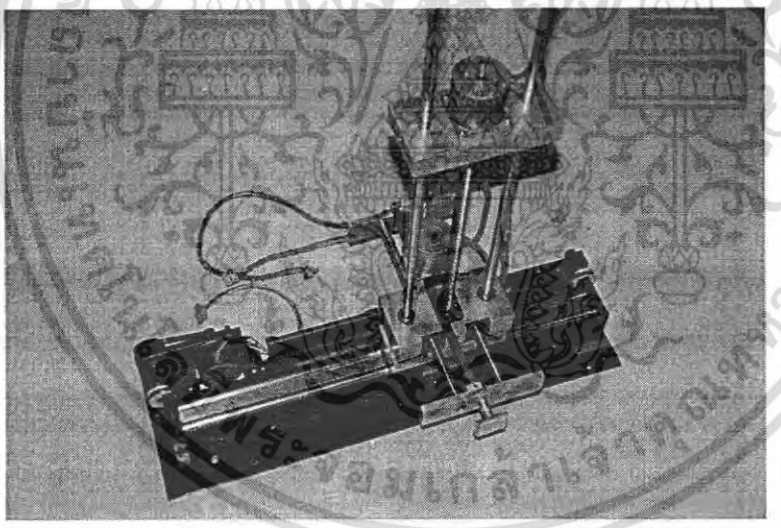
บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการดำเนินงานด้านฮาร์ดแวร์

4.1.1 การปรับปรุงและพัฒนาแขนกล

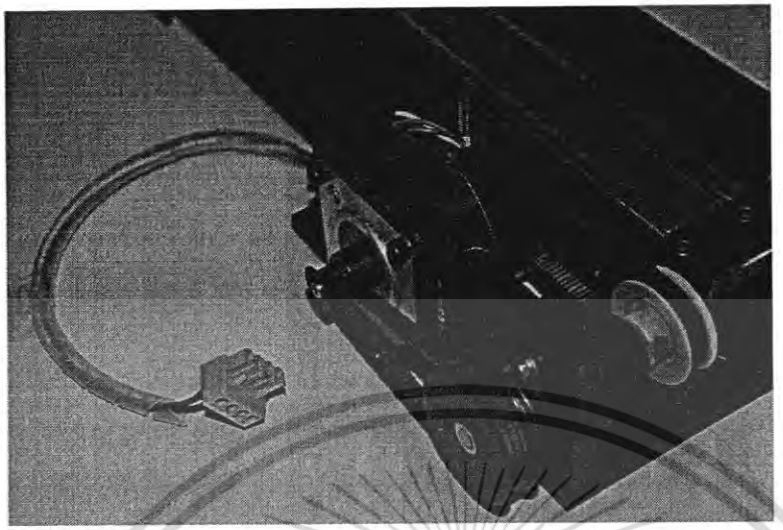
การพัฒนาชุดเคลื่อนที่มีรายละเอียดต่อไปนี้

ขอบเขตการทำงานของแกน Z จากเดิมเท่ากับ 450 มิลลิเมตร เปลี่ยนเป็น 260 มิลลิเมตร ใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นต้นกำลังและใช้เกลียวเป็นตัวส่งกำลัง ส่วนอีก 2 แกนมีขอบเขตการทำงานเหมือนเดิม คือ แกน X เท่ากับ 490 มิลลิเมตร ใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นต้นกำลังและใช้สายพานทามมิ่งเป็นตัวส่งกำลัง แกน Y เท่ากับ 165 มิลลิเมตร ใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นต้นกำลังและใช้เฟืองสะพานเป็นตัวส่งกำลัง ดังรูปที่ 4.1



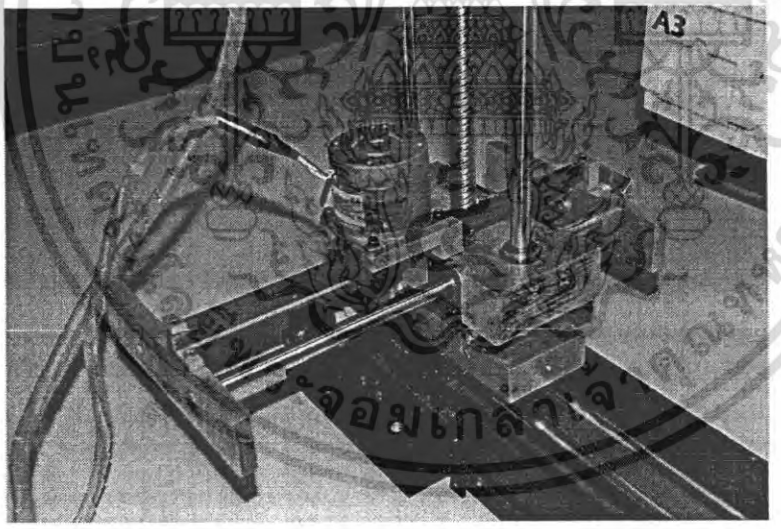
รูปที่ 4.1 ระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ระบบส่งกำลังและต้นกำลังของแกน X

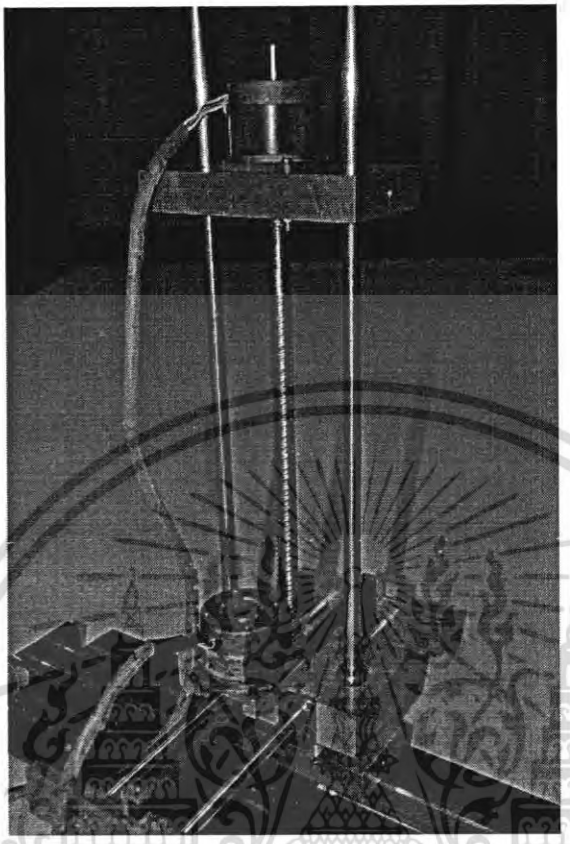
จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าระบบส่งกำลังของแกน X เป็นการส่งกำลังโดยใช้สายพานทามมิ่ง ซึ่งสามารถเปลี่ยนร่องสายพานที่มีขนาดต่างกันเพื่อใช้ในการทดรอบ และการเคลื่อนที่จะแตกต่างจากแกน Y และ แกน Z



รูปที่ 4.3 ระบบส่งกำลังและต้นกำลังของแกน Y

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าระบบส่งกำลังของแกน Y เป็นการส่งกำลังโดยใช้เฟืองสะพาน ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วและสามารถรับน้ำหนักได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ระบบส่งกำลังและต้นกำลังของแกน Z

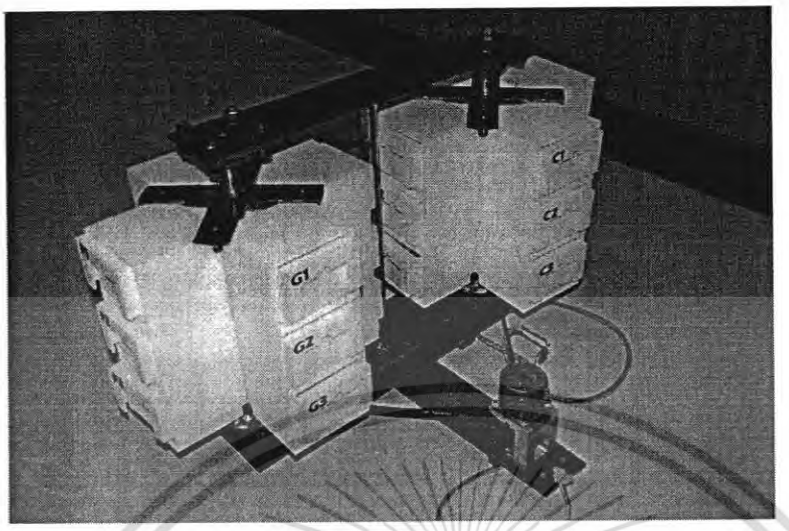
จากรูปที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าระบบส่งกำลังของแกน Z เป็นการส่งกำลังโดยใช้เกลียว ซึ่งการเคลื่อนที่โดยใช้เกลียวจะเคลื่อนที่ให้ความแม่นยำกว่า

4.1.2 การพัฒนาชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติ

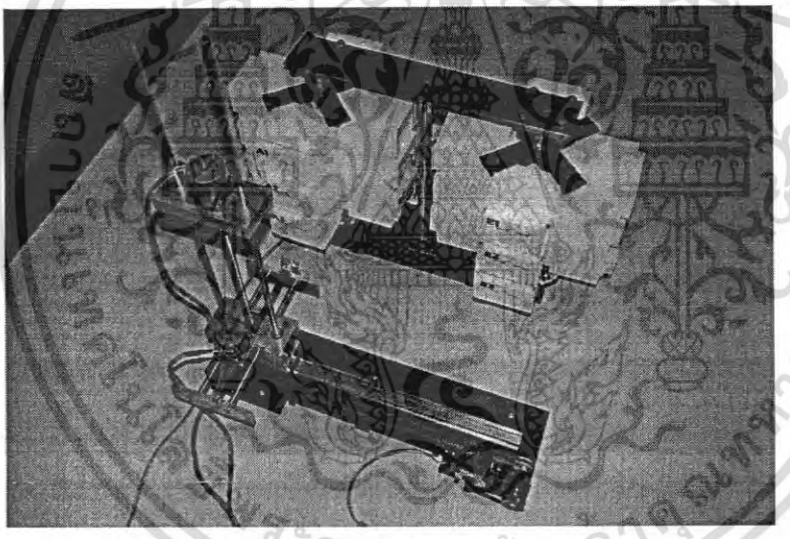
จากการดำเนินงานศึกษาและเก็บข้อมูลต่างๆ ได้พัฒนาชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ขอบเขตกาทำงานของชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติ สามารถหมุนได้ 360 องศา โดยแต่ละลิ้นชักอยู่ห่างกัน 90 องศา ใช้สเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นต้นกำลังและใช้สายพานทามมิ่งเป็นตัวส่งกำลัง ดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

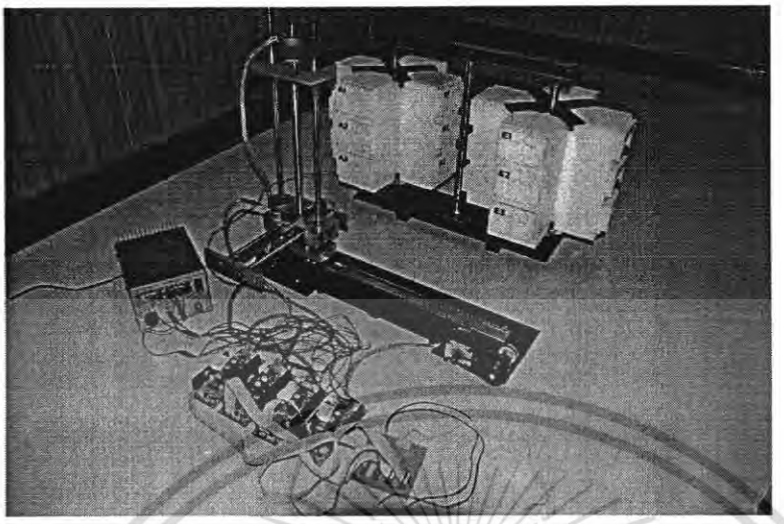


รูปที่ 4.5 ชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 4.6 ลักษณะการทำงานร่วมกันของระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลังและลิ้นชัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ลักษณะการต่อวงจรที่ใช้ในการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

จากรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นการทำงานร่วมกันของระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลังและลิ้นชักโดยที่มีการออกแบบลักษณะการจับที่เป็นตะขอ เพื่อให้สัมพันธ์กัน ชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติ และแขนจับพร้อมกับชุดเชื่อม ต่อวงจรที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์โดยใช้วงจรสำเร็จรูป L297 และ L298N โดยที่ L297 และ L298N หนึ่งตัวจะใช้ในการขับมอเตอร์หนึ่งตัวที่เห็นเป็นวงจรที่ใช้ในการขับมอเตอร์ทั้งหมด 4 ตัว คือ แกน X แกน Y แกน Z และชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติ

4.2 ผลการดำเนินงานด้านวงจรและส่วนวงจรอินเตอร์เฟส

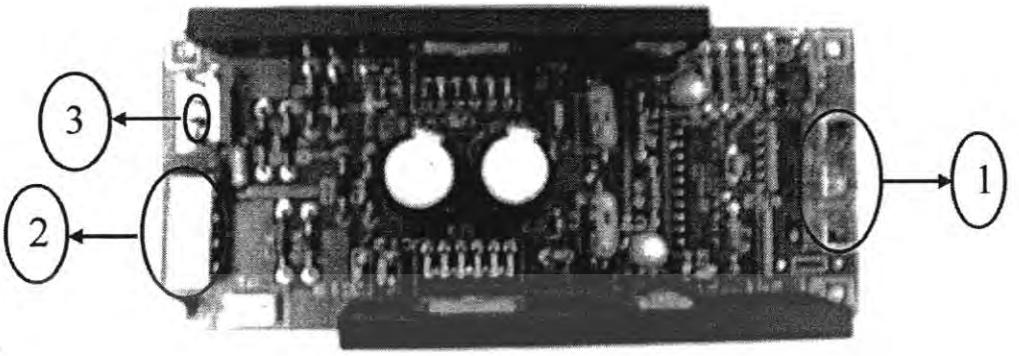
4.2.1 วงจรอินเตอร์เฟส

คือวงจรที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลังและชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติกับคอมพิวเตอร์ โดยการเชื่อมต่อเป็นการเชื่อมต่อทางพอร์ตขนาน ซึ่งเป็นชุดการรับค่าของขาข้อมูลของพอร์ตขนานโดยเมื่อกำหนดสิ่งที่ต้องการหาแล้ว โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์และส่งข้อมูลมายังวงจรอินเตอร์เฟสของแต่ละแกนที่ทำการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เพื่อให้วงจรควบคุมสั่งงานสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้เป็นไปตามข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในโปรแกรมต่อไป

4.2.2 วงจรที่ใช้ในการควบคุม

รูปที่ 4.8 เป็นวงจรรูปของไอซี L297 และ L298N ที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์โดยรับสัญญาณการควบคุมจากเครื่องคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตขนานผ่านวงจรอินเตอร์เฟสเป็นวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว คือต้องมีวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ทั้งหมด 4 ชุดด้วยกันเพื่อทำการควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ให้หมุนไปตามตำแหน่งที่ต้องการนั้นก็เพื่อการควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลังนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



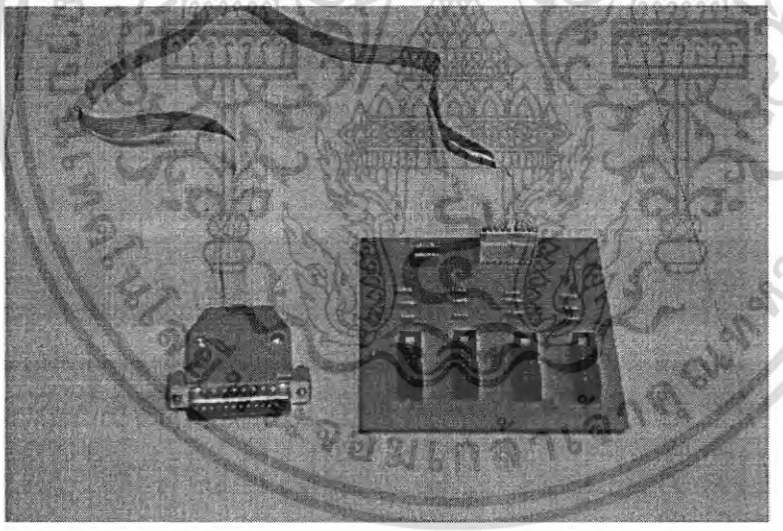
รูปที่ 4.8 วงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

การต่อสายในวงจรควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

1 = ใช้สายแพต่อไปยังชุดแยกสัญญาณ

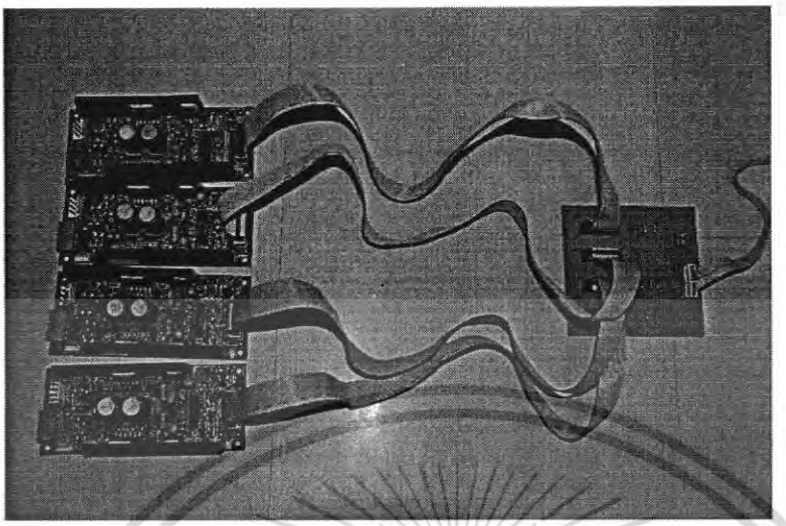
2 = ใช้ต่อไปยังสเต็ปปิ้งมอเตอร์

3 = ต่อไฟจากแหล่งจ่าย DC 12 V



รูปที่ 4.9 แผงวงจรแยกสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 รูปวงจรที่ใช้แยกสัญญาณของ L297 และ L298N

จากรูปที่ 4.10 เป็นรูปวงจรที่ใช้แยกสัญญาณจากพอร์ตขนานที่รับสัญญาณจากคอมพิวเตอร์มายัง L297 และ L298N โดยที่ L297 และ L298N จะจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังสเต็ปปิ้งมอเตอร์เพื่อให้มอเตอร์เคลื่อนที่ตามลำดับ

4.2.3 หม้อแปลงไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ กระแสสลับ ให้เป็น 12 และ 5 โวลต์ กระแสตรง

รูปที่ 4.11 หม้อแปลงไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ กระแสสลับ ให้เป็น 12 และ 5 โวลต์กระแสตรง

จากรูปที่ 4.11 หม้อแปลงตัวขวามือคือหม้อแปลงที่แปลงกระแสไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ กระแสสลับให้เป็น 12 โวลต์ กระแสตรง โดยที่หมอแปลงตัวนี้จะทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ และหม้อแปลงตัวซ้ายมือคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อแปลงที่แปลงกระแสไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ กระแสสลับให้เป็น 5 โวลต์ กระแสตรงโดยที่หม้อแปลงตัวนี้จะทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรสำเร็จรูป L297 และ L298N ที่ใช้ในการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์

4.3 ผลการดำเนินงานด้านซอฟแวร์ที่ควบคุมระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลัง

ในส่วนของการดำเนินงานทางด้านซอฟแวร์จะประกอบไปด้วย การศึกษาและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการสั่งงานชุดเคลื่อนที่ของระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลัง สำหรับการพัฒนาและสร้างโปรแกรมซอฟแวร์นี้ใช้โปรแกรมวิชัวล์เบสิก 6 (Visual Basic 6) สร้างและพัฒนาขึ้นมา

4.3.1 รายละเอียดของโปรแกรม

4.3.1.1 ส่วนแสดงเมนูหลักการเข้าสู่โปรแกรม

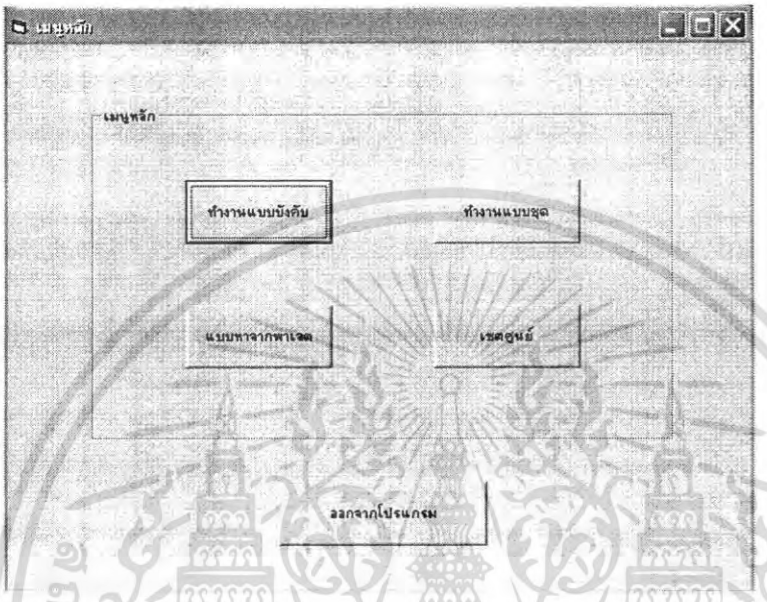
หลังจากนั้นได้ทำการออกแบบและสร้างวงจรควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลัง ขั้นตอนต่อมาเป็นการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลัง ใช้สำหรับควบคุมหรือสั่งงานให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ของชุดเคลื่อนที่ในแต่ละแกนเคลื่อนที่ โดยในที่นี้ประกอบด้วยชุดเคลื่อนที่ 4 แกน คือ แกน X, แกน Y, แกน Z และชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติ โปรแกรมวิชัวล์เบสิกเข้ามาช่วยในการสั่งเอาท์พุตผ่านทางพอร์ตขนานเพื่อให้ระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลังเคลื่อนที่โดยมีลักษณะ ดังรูปที่ 4.12

รูปที่ 4.12 ภาพการเข้าสู่โปรแกรมควบคุมระบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.2 <u>ส่วนแสดงเมนูทางเลือก</u>

หลังจากเข้าเมนูหลักแล้วจะพบกับเมนูทางเลือกเพื่อจะเข้าไปสู่ขั้นตอนการทำงานต่อไป โดยจะมี 3 ทางเลือก คือ การทำงานแบบบังคับ แบบชุด และแบบหาจากพาเลต ดังรูปที่ 4.13

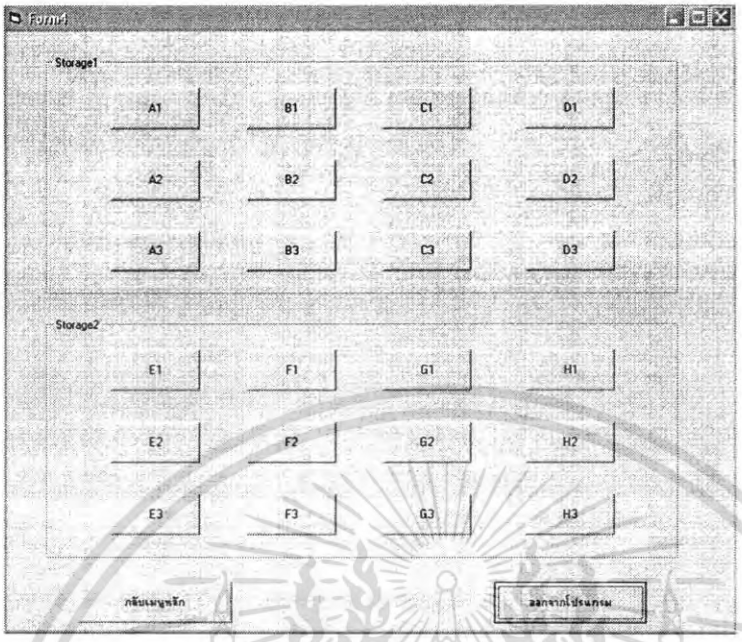


รูปที่ 4.13 ภาพแสดงเมนูทางเลือก

4.3.1.3 <u>ส่วนแสดงเมนูระบบหาจากพาเลต</u>

เมื่อผู้ใช้เลือกแบบหาจากพาเลตโดยในหน้าต่างนี้จะมีช่องให้เลือกว่าต้องการชิ้นส่วนลิ้นชักช่องใด จากนั้นก็สามารถเลือกได้เลยว่าจะให้หยิบลิ้นชักใด ดังรูปที่ 4.14

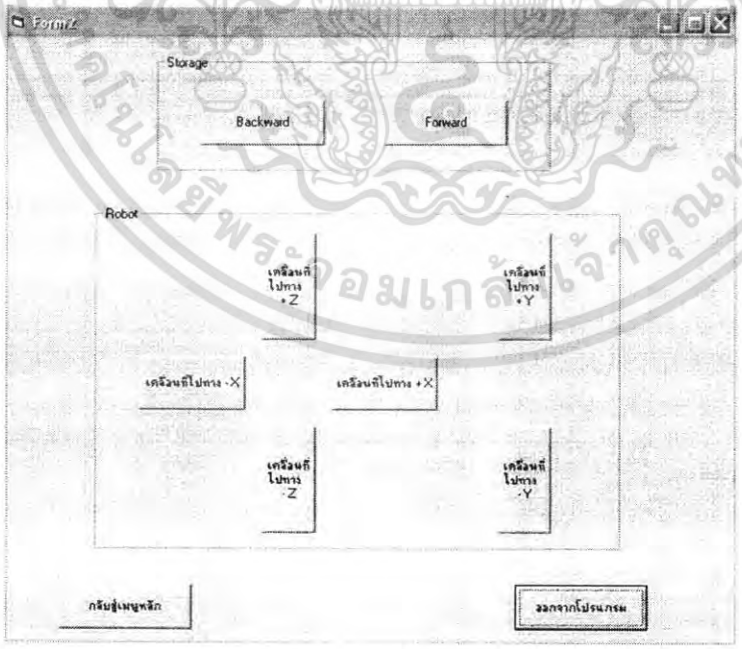
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 เมนูระบบหาจากพาเลต

4.3.1.4 ส่วนแสดงเมนูการทำงานแบบบังคับ

ถ้าผู้ใช้ต้องการที่จะหยิบลิ้นชักอันไหน ก็สามารถบังคับได้ว่าจะให้ระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลัง จะให้เคลื่อนที่ในลักษณะใด เพื่อจะให้ไปหยิบลิ้นชักที่ต้องการมาได้ ดังรูปที่ 4.15

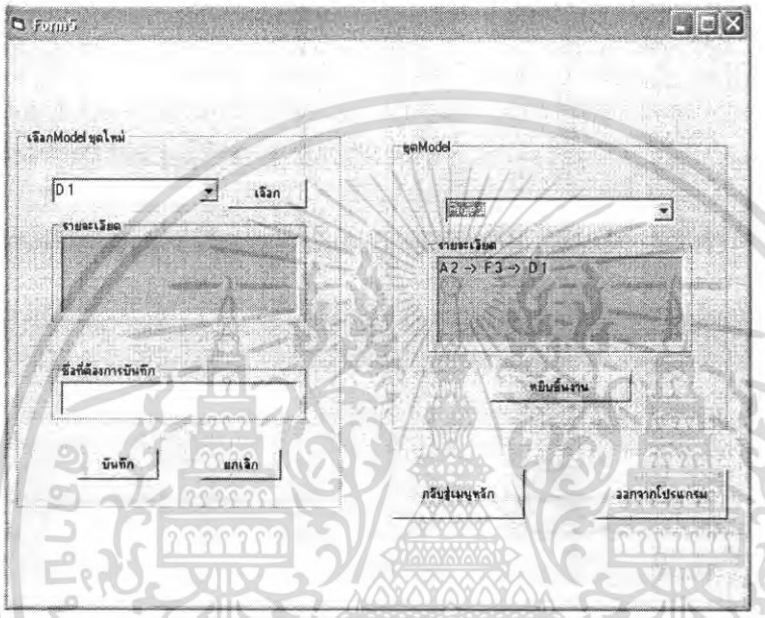


รูปที่ 4.15 เมนูการหาชิ้นงานจากลิ้นชัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.5 <u>ส่วนแสดงเมนูชิ้นงานแบบชุด</u>

เมื่อผู้ใช้เลือกแบบชุด หลักการทำงานแบบชุดจะทำการเลือกเป็นแบบชุด คือ จะทำการหยิบลิ้นชักทีละหลายลิ้นชักต่อเนื่องกัน เมื่อทำการกรอกชื่อชุดวัสดุที่ต้องการแล้ว ดังรูปที่ 4.16 จากนั้นให้ผู้ใช้เลือกที่ตัวเลือกที่ชื่อว่า หยิบชิ้นงาน ระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลังจะเคลื่อนที่ไปหยิบลิ้นชักที่อยู่ในชุดที่ต้องการ เช่น ชุดที่ 1 จะมีวัสดุที่ลิ้นชักที่ A2, F3, D1 เป็นต้น

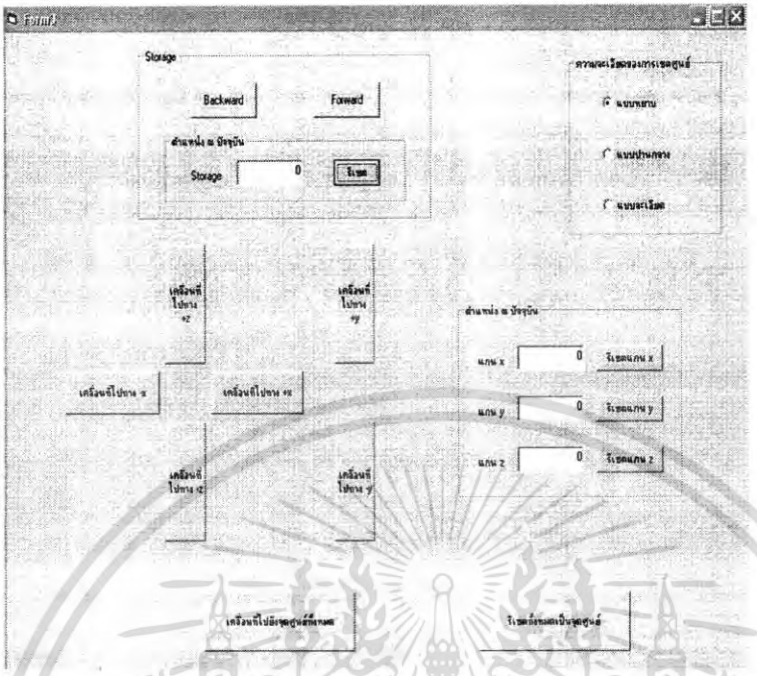


รูปที่ 4.16 เมนูชิ้นงานแบบชุด

4.3.1.6 <u>ส่วนแสดงเมนูตั้งศูนย์ของระบบอัตโนมัติ</u>

ในกรณีที่ระบบอัตโนมัติที่ช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลังเกิดปัญหาขึ้น เช่น เกิดการขัดข้องทางไฟฟ้า เครื่องคอมพิวเตอร์เกิดการขัดข้อง จึงจำเป็นที่จะต้องทำการตั้งศูนย์ใหม่ โดยหน้าต่างนี้จะมีการตั้งศูนย์ในแกน X, Y และ Z ซึ่งปรับความละเอียดในการเคลื่อนที่ของการตั้งศูนย์และในกล่องข้อความจะแสดงจำนวนความถี่ในการส่งสัญญาณเอาท์พุตให้กับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ว่าอยู่ตำแหน่งที่เท่าไร เมื่อเคลื่อนที่ทั้ง 3 แกน มายังตำแหน่งที่ต้องการจะเซตศูนย์ แล้วคลิกที่ปุ่มรีเซตในแต่ละแกนหรือรีเซตทั้งหมดเป็นจุดศูนย์ก็ได้ ดังรูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

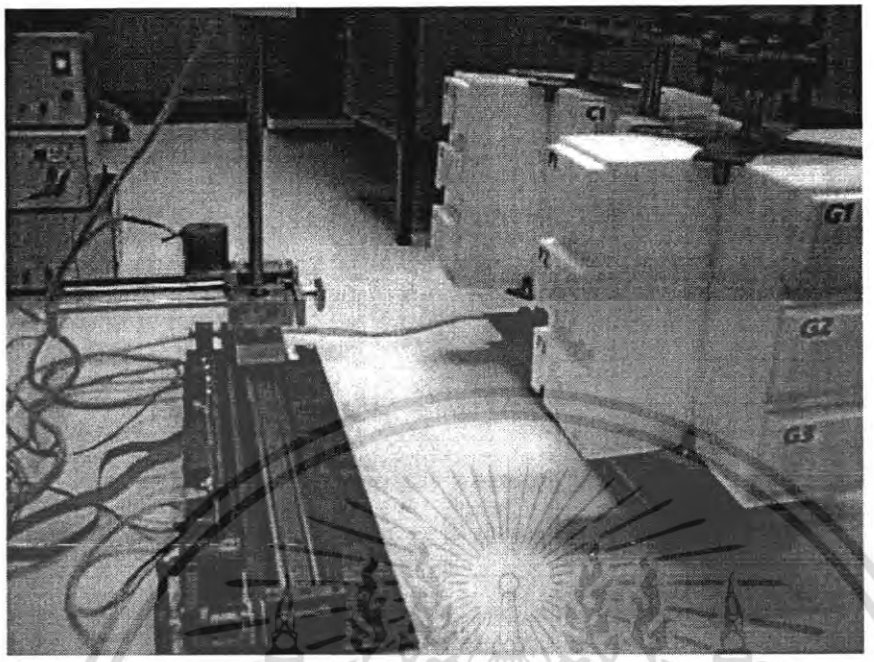


รูปที่ 4.17 เมนูตั้งศูนย์ของระบบอัตโนมัติ

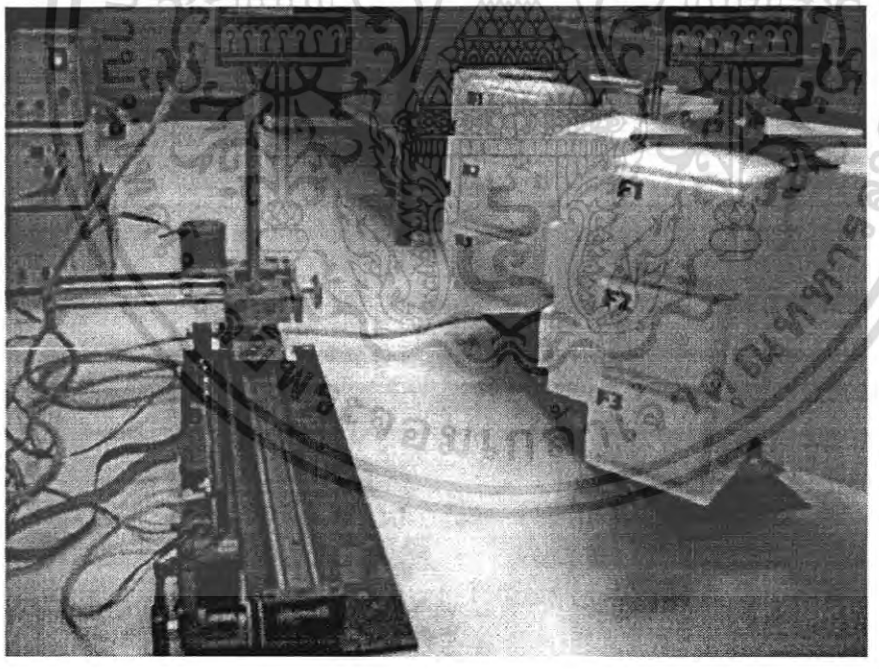
4.4 ผลการทำงานของระบบอัตโนมัติ

ในส่วนนี้จะเป็นตัวอย่างการสั่งการให้ระบบอัตโนมัติเคลื่อนที่ไปยังลิ้นชักที่ต้องการ โดยใช้โปรแกรมที่ได้ทำการเขียนไว้ ซึ่งในที่นี้ได้สั่งให้มีการเคลื่อนที่ไปยังลิ้นชัก F2 เพื่อหยิบชิ้นงานออกมาที่ตำแหน่งเริ่มต้น (Origin) ในรูปที่ 4.18 ซึ่งจะเป็นระบบอัตโนมัติก่อนการเคลื่อนที่ ส่วนขั้นตอนของการหยิบลิ้นชักจะมีการหมุนในส่วนของตัวจัดเก็บก่อนดังรูปที่ 4.19 แล้วแขนกลจึงเคลื่อนที่ไปยังลิ้นชักโดยเคลื่อนที่ทีละแนวแกนดังรูปที่ 4.20 , 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ หลังจากนั้นจะเป็นการหยิบลิ้นชักออกมาเพื่อเตรียมที่จะเคลื่อนที่ไปยังจุดเริ่มต้น (Origin) ดังรูปที่ 4.23 ต่อมาระบบอัตโนมัติจะเคลื่อนที่เพื่อหยิบลิ้นชัก F2 ไปยังจุดเริ่มต้นดังรูปที่ 4.24 ส่วนในรูปที่ 4.25 จะเป็นการหยุดรอการหยิบชิ้นงานที่ต้องการออกจากลิ้นชัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

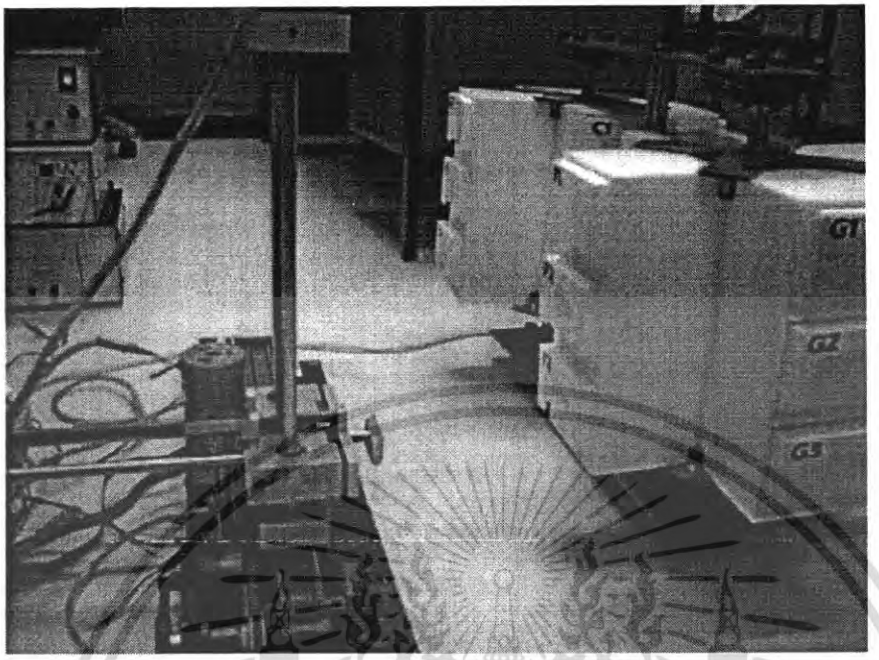


รูปที่ 4.18 รูประบบอัตโนมัติก่อนเคลื่อนที่

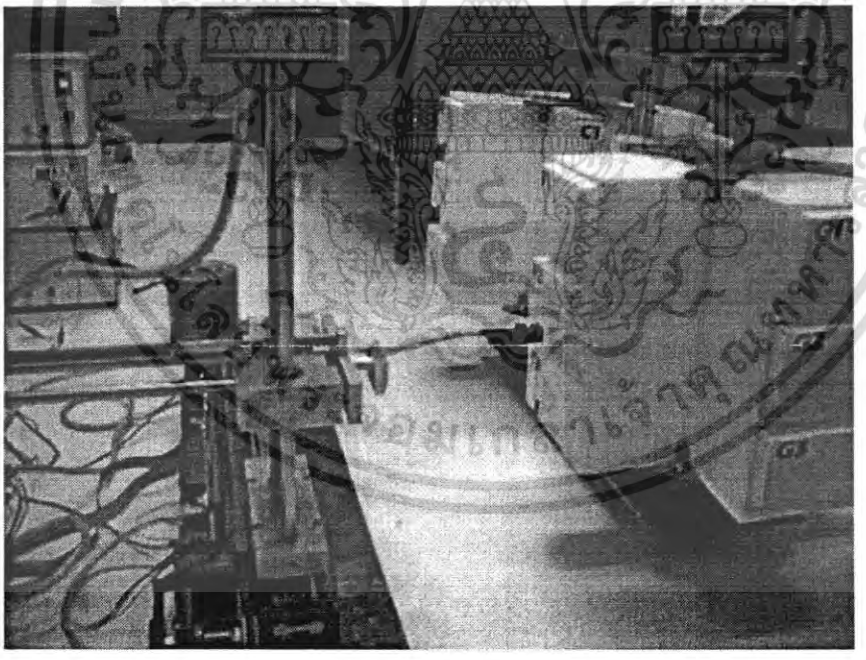


รูปที่ 4.19 รูปการเคลื่อนที่ของตัวจัดเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

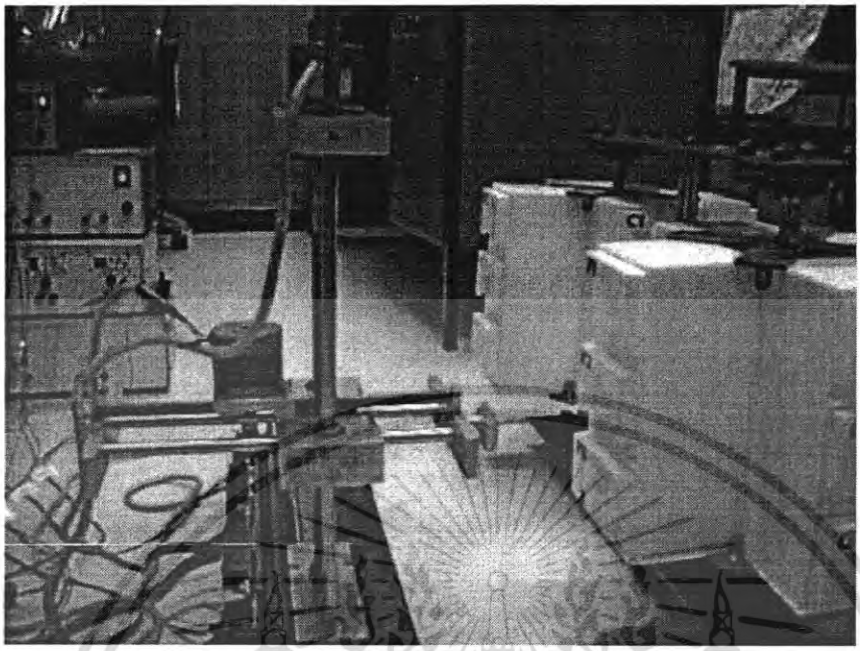


รูปที่ 4.20 รูประบบอัตโนมัติกำลังเคลื่อนที่ในแนวแกน X ไปยังลิ้นชัก F2

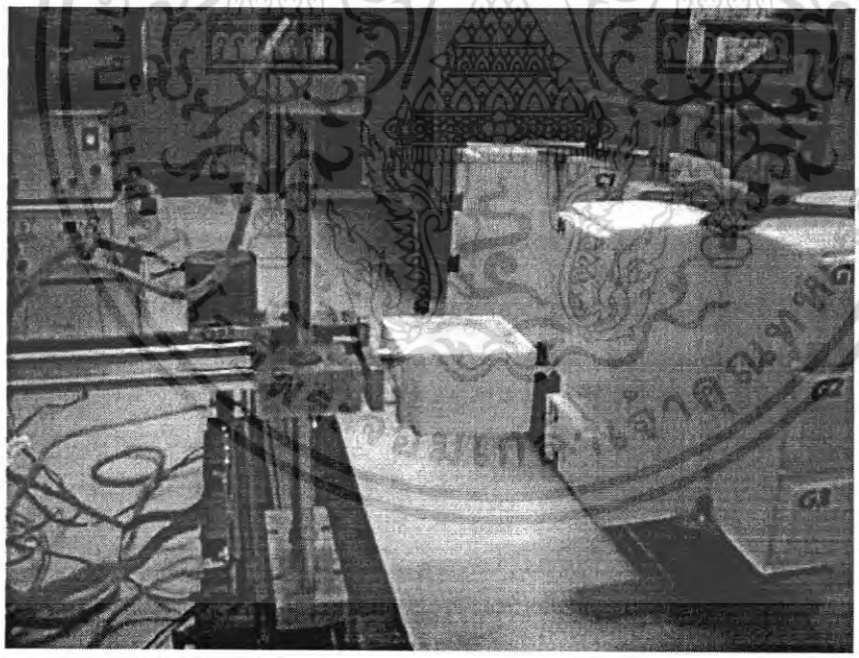


รูปที่ 4.21 ระบบอัตโนมัติกำลังเคลื่อนที่ในแนวแกน Z ไปยังลิ้นชัก F2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

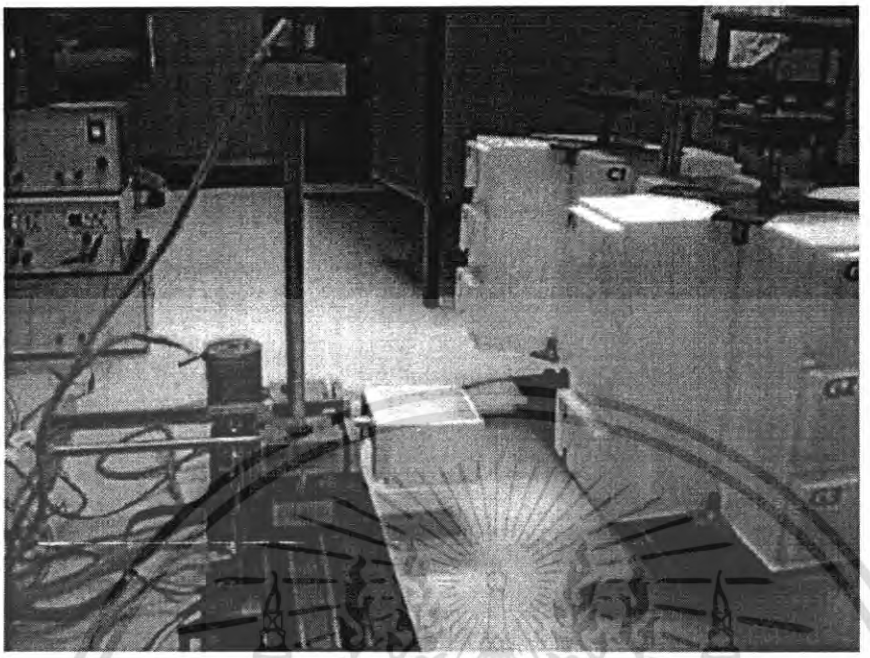


รูปที่ 4.22 ระบบอัตโนมัติกำลังเคลื่อนที่ในแนวแกน Y ไปยังลิ้นชัก F2

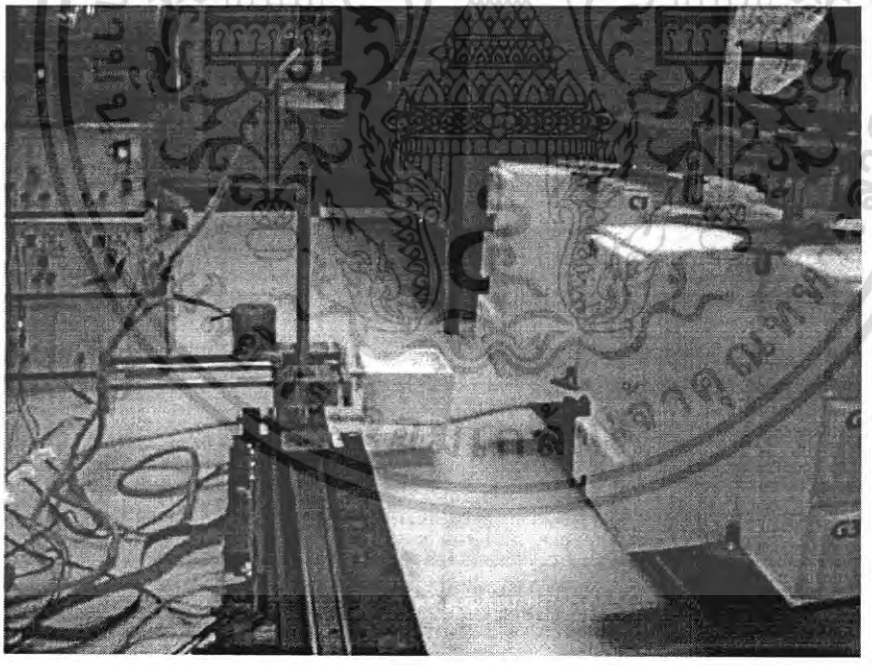


รูปที่ 4.23 ระบบอัตโนมัติกำลังทำการหยิบลิ้นชักออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 ระบบอัตโนมัติกำลังเคลื่อนที่ในแนวแกน X เพื่อหยิบลิ้นชัก F2 ไปยังจุดเริ่มต้น

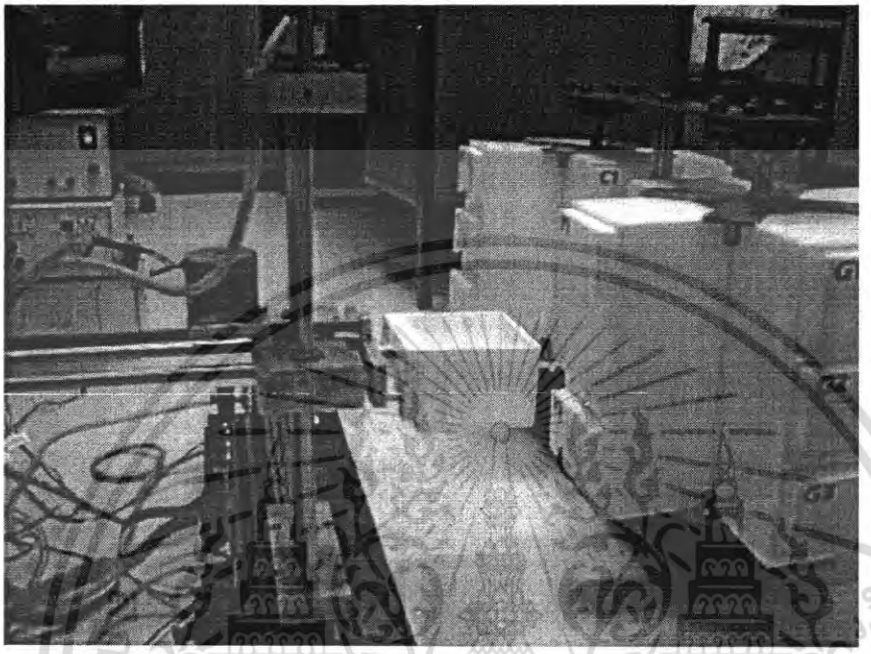


รูปที่ 4.25 ระบบอัตโนมัติหยุดรอการหยิบชิ้นงานที่ต้องการออกจากลิ้นชัก

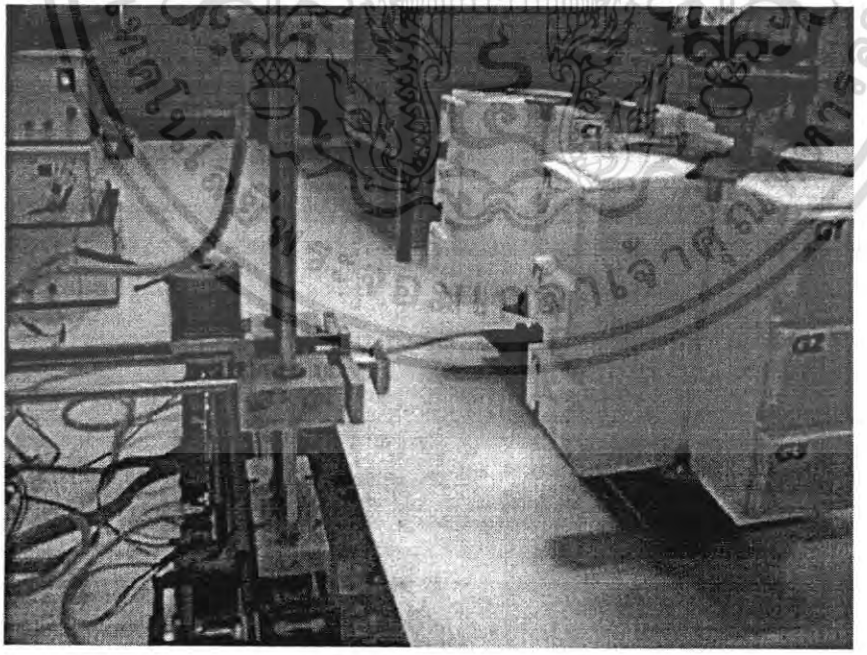
ต่อไปจะเป็นการนำลิ้นชัก F2 กลับไปเก็บยังตำแหน่งที่ทำการหยิบมา โดยรูปที่ 4.26 ระบบอัตโนมัติกำลังเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ทำการหยิบลิ้นชักออกมา เพื่อนำลิ้นชักกลับไปเก็บ หลังจากนั้นจะเป็นการวางลิ้นชักในช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของมันดังรูปที่ 4.27 ส่วนในรูปที่ 4.28 จะเป็นการเคลื่อนที่ของระบบอัตโนมัติกลับยังจุดเริ่มต้น และรอรับคำสั่งถัดมาที่จะสั่งต่อไป ดังรูปที่ 4.29

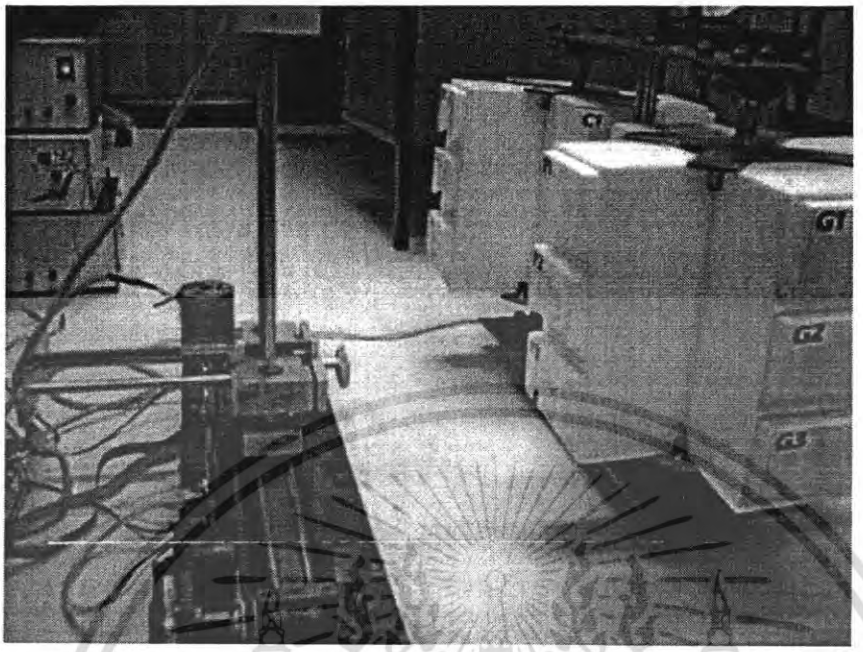


รูปที่ 4.26 ระบบอัตโนมัติกำลังเคลื่อนที่นำลิ้นชักกลับไปเก็บ

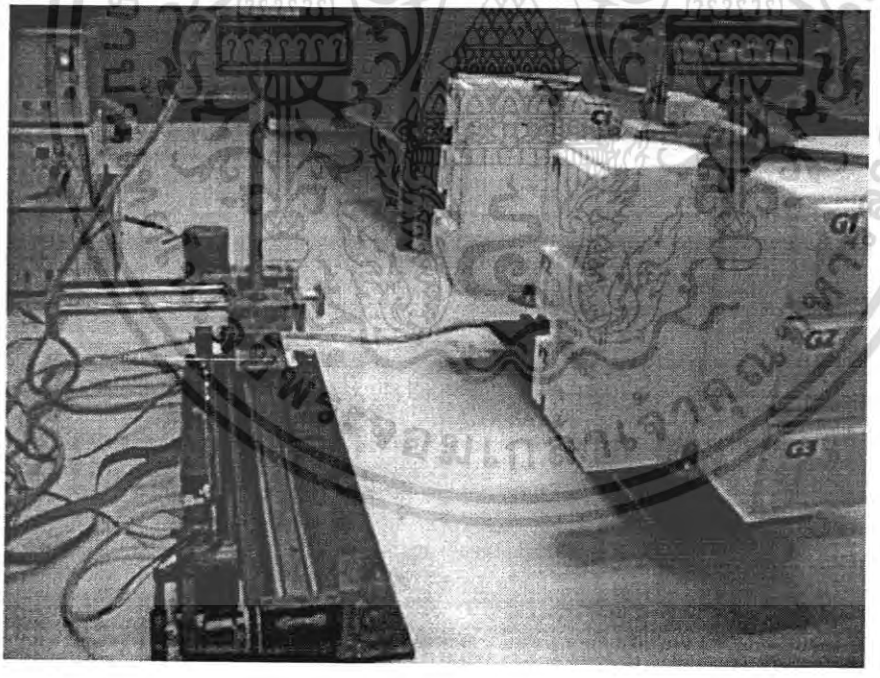


รูปที่ 4.27 ระบบอัตโนมัติเคลื่อนที่วางลิ้นชักเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 ระบบอัตโนมัติกำลังเคลื่อนที่กลับไปยังจุดเริ่มต้น



รูปที่ 4.29 ระบบอัตโนมัติหยุดรอคำสั่งเพื่อทำงานถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิเคราะห์การดำเนินงาน

ในยุคของการแข่งขันทางด้านอุตสาหกรรมนั้น การที่จะเป็นผู้นำทางด้านการผลิตที่รวดเร็วและแม่นยำจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีเครื่องมือเข้ามาช่วยปฏิบัติงานแทนคนเพื่อช่วยลดปัญหาความผิดพลาดในกระบานการผลิต

5.1 สรุปผลการทดลอง

ระบบอัตโนมัติเพื่อช่วยในการจัดเก็บวัสดุคงคลังมีความสามารถในการเคลื่อนที่ทั้งหมด 3 แนวแกนด้วยกัน คือ X, Y และ Z และชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติ ซึ่งทั้ง 4 ชุดการเคลื่อนที่นี้สามารถเคลื่อนที่ได้โดยใช้แรงขับจาก *สเต็ปปิ้งมอเตอร์ โดยสเต็ปปิ้งมอเตอร์นั้นจะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับกระแสไฟฟ้าจากตัวขยายสัญญาณ L297 และ* L298N ซึ่งตัวขยายสัญญาณดังกล่าวจะได้รับการจ่ายสัญญาณจากพอร์ตขนานและการจ่ายสัญญาณนั้นจะต้องอาศัยโปรแกรม Visual Basic เข้ามาช่วยในการประมวลผลและตัดสินใจเพื่อจ่ายสัญญาณออกมาที่ตัวขยายสัญญาณต่อไป จากหลักการทำงานดังกล่าวทำให้เราสามารถกำหนด การเคลื่อนที่ได้อย่างเป็นอิสระต่อกันของแต่ละแนวแกนเพื่อให้แขนของระบบอัตโนมัติไปยังพิกัดที่เราต้องการได้ โดยการทำงานของระบบสามารถเคลื่อนที่ไปยังพิกัดที่เรากำหนด คือ ระบบจะมีการคำสั่งจากผู้ควบคุมว่าต้องการวัสดุหรืออุปกรณ์ชนิดไหนจากนั้นโปรแกรมจะเป็นตัวตัดสินใจว่าจะต้องสั่งการให้แขนของระบบไปที่พิกัดหรือลิ้นชักช่องใด เมื่อแขนของระบบไปหยิบของมาที่จุดรับของเรียบร้อยแล้วผู้ควบคุมเครื่องสามารถหยิบของจากจุดส่งของพร้อมทั้งสั่งให้แขนของเครื่องกลับไปที่พิกัดเดิมเพื่อรอการสั่งการครั้งต่อไป และในกรณีที่ระบบมีการทำงานผิดพลาด เช่น ไฟฟ้าดับหรือมีสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ของแขนจนส่งผลกระทบทำให้การเคลื่อนที่ไปยังพิกัดเกิดความผิดพลาด ผู้ควบคุมสามารถสั่งการให้ระบบอัตโนมัติเคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งพร้อมใช้ได้โดยผ่านทางโปรแกรมได้ด้วยคนเอง

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการทดลองทำงานของระบบโดยการสั่งให้ระบบทำงานจริง จึงสามารถวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นและแนวทางการแก้ไขปัญหาได้ ดังนี้

5.2.1 ปัญหาที่พบจากการทำงานของระบบ

5.2.1.1 <u>ฮาร์ดแวร์</u>

- เครื่องมีการเคลื่อนที่ที่ไม่เสถียรเนื่องจากแรงเสียดทาน จึงทำให้เกิดการผิดพลาดของพิกัดในแต่ละแนวแกน (X, Y, Z)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเคลื่อนที่ไปยังพิกัดต่างๆ ของเครื่องนั้นยังไม่มีการส่งสัญญาณกลับไปที่โปรแกรมจึงทำให้ตัวของโปรแกรมไม่สามารถทราบพิกัดแขนของระบบได้

- ชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติที่ได้พัฒนาขึ้น มีการออกแบบลิ้นชักที่ไม่พอดีกับตัวจับที่เป็นตะขอ จึงทำให้การหยิบลิ้นชักออกมาจากชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติไม่ขนานกับพื้น ทำให้เวลาจัดเก็บลิ้นชักคืนกลับชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติทำได้ยาก

5.2.1.2 ซอร์ฟแวร์

การเคลื่อนที่เป็นแบบไม่มีการกระจัดจึงทำให้เสียเวลาในการเคลื่อนที่ในแต่ละแนวแกน (เคลื่อนที่แต่ละแนวแกนไม่พร้อมกัน)

5.2.2 แนวทางการแก้ไข

จากการวิเคราะห์ปัญหาการทำงานของระบบข้างต้นนั้น จึงมีแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นดังนี้

5.2.2.1 ฮาร์ดแวร์

- ปัญหาการเคลื่อนที่ไม่เสถียรและเครื่องไม่ทราบพิกัดสามารถแก้ไขได้โดยให้เครื่องมีการตรวจสอบพิกัดของตัวเองด้วยอุปกรณ์ Sensor ตรวจจับหรือ Encoder

- เนื่องจากการออกแบบชุดจัดเก็บวัสดุแบบอัตโนมัติที่ไม่ดี ทำให้การหยิบลิ้นชักออกมาเอียงทำให้การเก็บลิ้นชักทำได้ยาก แก้ไขโดยการเปลี่ยนตัวจับที่เป็นตะขอให้มีขนาดพอดีกับลิ้นชักที่ได้ออกแบบไว้

5.2.2.2 ซอร์ฟแวร์

ปัญหาการเคลื่อนที่ที่ไม่พร้อมกันในแต่ละแนวแกนสามารถแก้ไขได้ โดยเน้นการสั่งสัญญาณจากโปรแกรมให้แขนเคลื่อนที่พร้อมกันทุกแนวแกนเข้าหาพิกัดเพื่อลดเวลาการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

อภิชาติ ภู่พลับ (2548) , **เขียนโปรแกรม Hardware Inerface ด้วย VB 6** , พิมพ์ครั้งที่ 1 , บริษัท ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด , กรุงเทพ ฯ

อภิชาติ ภู่พลับ (2546) , **เริ่มต้นเขียนโปรแกรมติดต่อและควบคุมฮาร์ดแวร์ด้วย Visual Basic** , พิมพ์ครั้งที่ 1 , บริษัท Infopress Developer Book จำกัด , กรุงเทพฯ

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ฉนัดงาน , **การออกแบบเครื่องจักรกล (Machine Design) เล่ม 1** , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , กรุงเทพ ฯ

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ฉนัดงาน , **การออกแบบเครื่องจักรกล (Machine Design) เล่ม 2** , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , กรุงเทพ ฯ

สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร (2548) , **คู่มือเขียนโปรแกรม Visual Basic 6** , พิมพ์ครั้งที่ 1 , ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด , กรุงเทพ ฯ

สิทธิ สิทธิธรรมชารี (2548) , **Visual Basic Version 6.0** , พิมพ์ครั้งที่ 12 , บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด , กรุงเทพ ฯ

NTN ตลับลูกปืนทั่วไป , บริษัทเอ็นทีเอ็น แบริ่งประเทศไทย จำกัด , กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

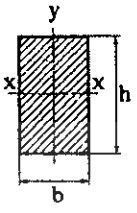
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก. 1 สูตรสำเร็จของคานและหน้าตัด

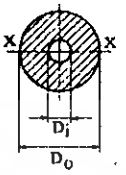


$$I_x = \frac{bh^3}{12}$$

$$Z_x = \frac{bh^2}{6}$$

$$k_x = \frac{h}{\sqrt{12}}$$

$$Z = \frac{2b^2h}{9} \quad \text{(สำหรับการบิด)}$$



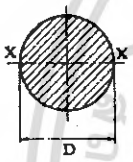
$$I_x = \frac{\pi}{64}(D_o^4 - D_i^4)$$

$$Z_x = \frac{\pi}{32}\left[\frac{D_o^4 - D_i^4}{D_o}\right]$$

$$k_x = \sqrt{\frac{D_o^2 + D_i^2}{16}}$$

$$J = \frac{\pi}{32}(D_o^4 - D_i^4)$$

$$Z'_x = \frac{\pi}{16}\left[\frac{D_o^4 - D_i^4}{D_o}\right]$$



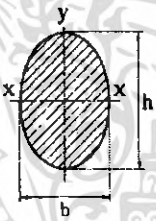
$$I_x = \frac{\pi D^4}{64}$$

$$Z_x = \frac{\pi D^3}{32}$$

$$k_x = \frac{D}{4}$$

$$J = \frac{\pi D^4}{32}$$

$$Z = \frac{\pi D^3}{16}$$



$$I_x = \frac{\pi bh^3}{64}$$

$$Z_x = \frac{\pi bh^2}{32}$$

$$k_x = \frac{h}{4}\ ;\ k_y = \frac{b}{4}$$

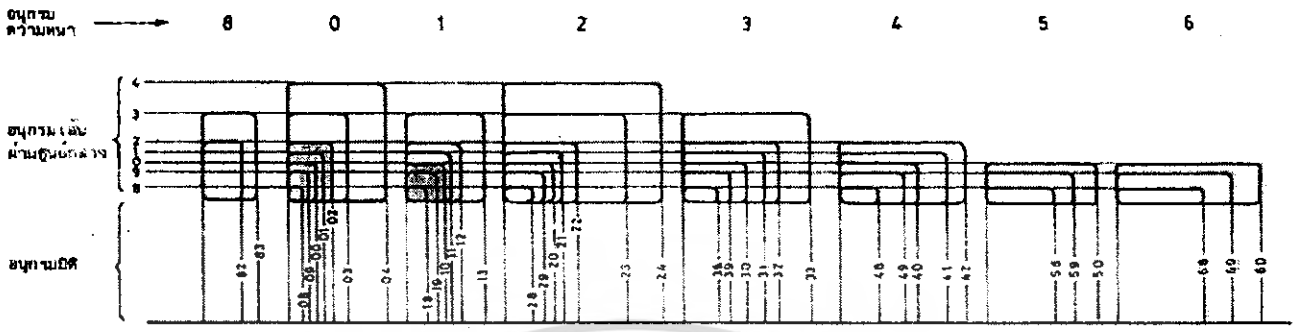
$$J = \frac{\pi bh}{64}(h^2 + b^2)$$

$$Z' = \frac{\pi b^2 h}{16} \quad \text{(สำหรับการบิด)}$$

$$A = \pi bh/4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก. 2 อนุกรมมิติของแบริ่ง

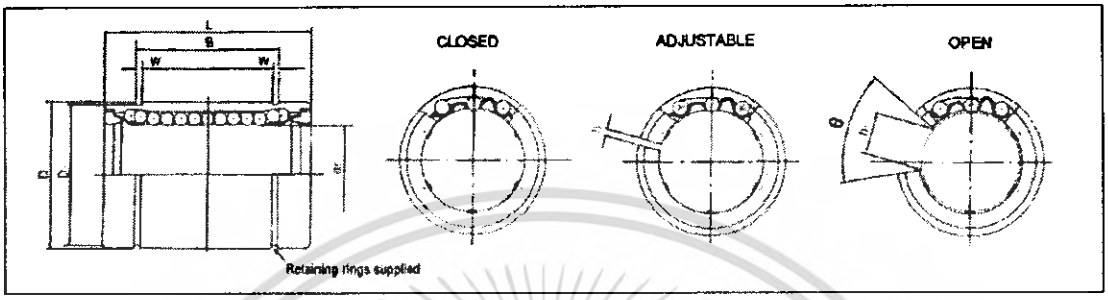


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก. 3 มาตรฐานของลูกปืนบอลลิเนียร์

RECIRCULATING BALL LINEAR BEARINGS

Inch and Metric **Closed, Adjustable and Open Styles**



Material:
Balls: 52100 Chrome Steel
Outer Housing: 52100 Steel
Ball Retainer: Resin
End Caps: 1018 Steel

Shafting:
Select From AISIC-1060 Steel (PIC Series A10)
or 440C Stainless Steel (PIC Series A12)

Boundary Dimensions and Tolerance (inch sizes)

dr (inch)	dr Tolerance (inch)	D (inch)	D Tolerance (inch)	L (inch)	L Tolerance (inch)	B (inch)	B Tolerance (inch)	W (inch)	D_1 (inch)	h (inch)	h_1 (inch)	α	Basic Dynamic Load Rating (C lbs)	Basic Static Load Rating (Co lbs)	Nominal Shaft diameter (inch)	Part No.*
.2500	0	.5000	-.00045	.7500		.570		.0390	.4687	--	--	--	48	60	.250	PL-4**
.3750	-.00040	.6250	0	.8750		.6360		.0390	.5938	--	--	--	51	71	.375	PL-6**
.5000		.8750	-.00050	1.2500	0	.9625	0	.0459	.8209	.06	.340	80°	115	176	.500	PL-8
.625		1.125		1.5000	-.006	1.1009	-.008	.0559	1.0500	.06	.375	80°	174	265	.625	PL-10
.7500	0	1.2500	0	1.6250		1.1857		.0559	1.1780	.06	.437	80°	194	308	.750	PL-12
1.0000	-.00040	1.5625	-.00065	2.2500		1.7547		.0679	1.4567	.08	.562	50°	220	353	1.000	PL-16
1.2500	0	2.0000	0	2.6250	0	2.0047	0	.0679	1.8959	.10	.625	50°	353	616	1.250	PL-20
1.5000	-.00060	2.3750	-.00075	3.000	-.012	2.4118	-.012	.0859	2.2209	.12	.750	50°	490	904	1.500	PL-24

*To order: Adjustable bearing — Use No. PA - Size Code. Open bearing — Use No. PO - Size Code.
**Closed Style Only

Boundary Dimensions and Tolerance (metric sizes)

dr (mm)	dr Tolerance (μm)	D (mm)	D Tolerance (μm)	L (mm)	L Tolerance (μm)	B (mm)	B Tolerance (μm)	W (mm)	D_1 (μm)	h (mm)	h_1 (mm)	α	Basic Dynamic Load Rating (C N)	Basic Static Load Rating (Co N)	Nominal Shaft diameter (mm)	Part No.*
5	+0 -8	12	0 -8	22	0 -200	14.5	0 -200	1.1	17.5	1	--	--	206	265	5	MPL-4
8		16		25		16.5		1.1	15.2	1	--	--	265	402	8	MPL-6
12		22		32		22.9		1.3	21	1.5	75	78°	510	784	12	MPL-12
16	+0 -9	26	-9	36		24.5		1.3	24.9	1.5	10	78°	578	892	16	MPL-16
20	-1	32	0 -11	45		31.5		1.6	30.3	2	10	60°	862	1370	20	MPL-20
25	+0 -11	40		58		44.1		1.96	37.5	2	12.5	60°	980	1570	25	MPL-25
30	-1	47		68	0 -300	52.1	0 -300	1.85	44.5	2	12.5	50°	1570	2740	30	MPL-30
40	+13 -2	62	0 -13	80		80.6		2.15	59	3	15.8	50°	2160	4020	40	MPL-40

*To order: Adjustable bearing — Use No. MPA - Size Code. Open bearing — Use No. MPO - Size Code.

PIC DESIGN
Phone: 800-243-6125 • FAX: 203-758-8271
E-Mail: info@pic-design.com

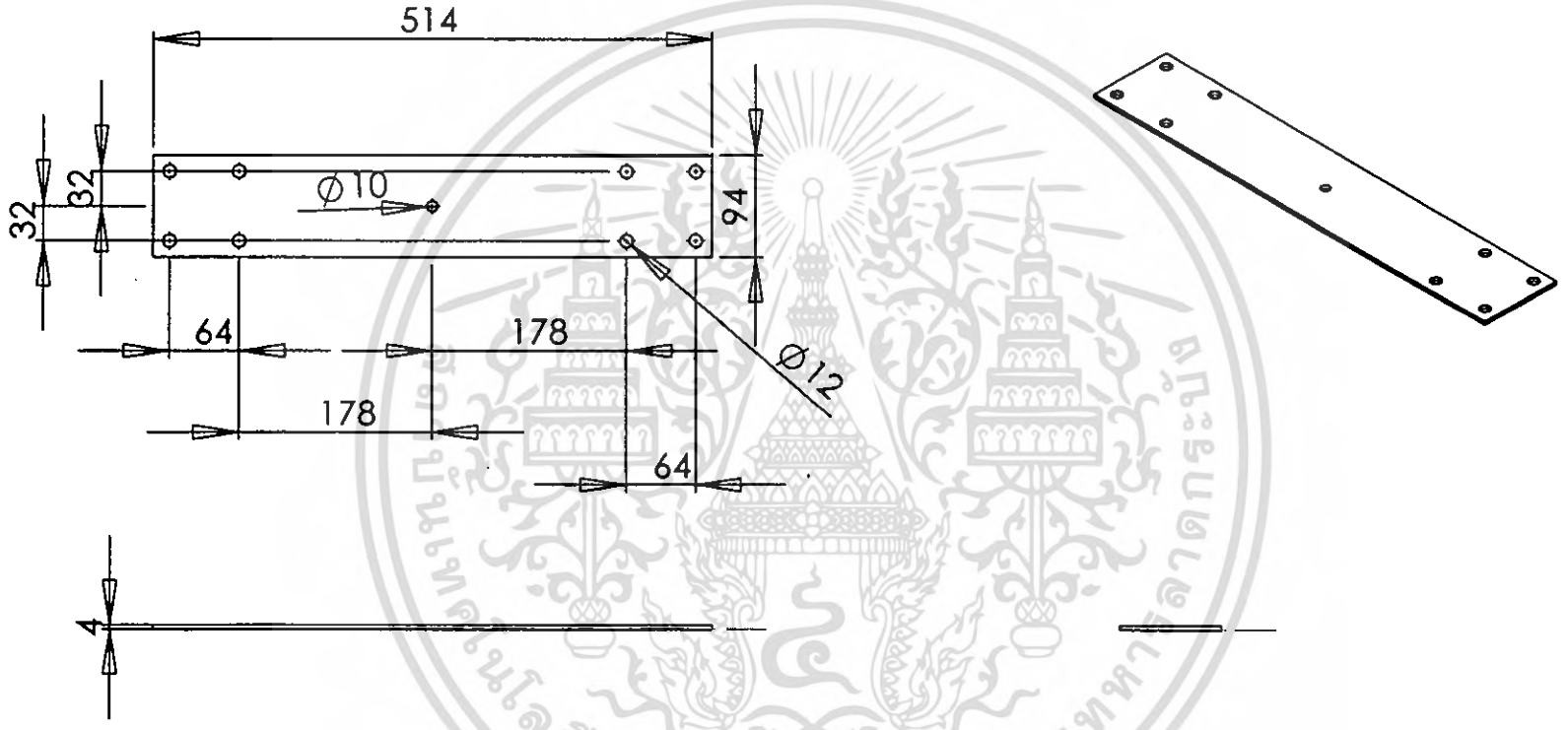
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผก. 4 มิติมาตรฐานและแรงประเมินของโรลลิ่งแบริ่ง (C_0 , C เป็น kN)

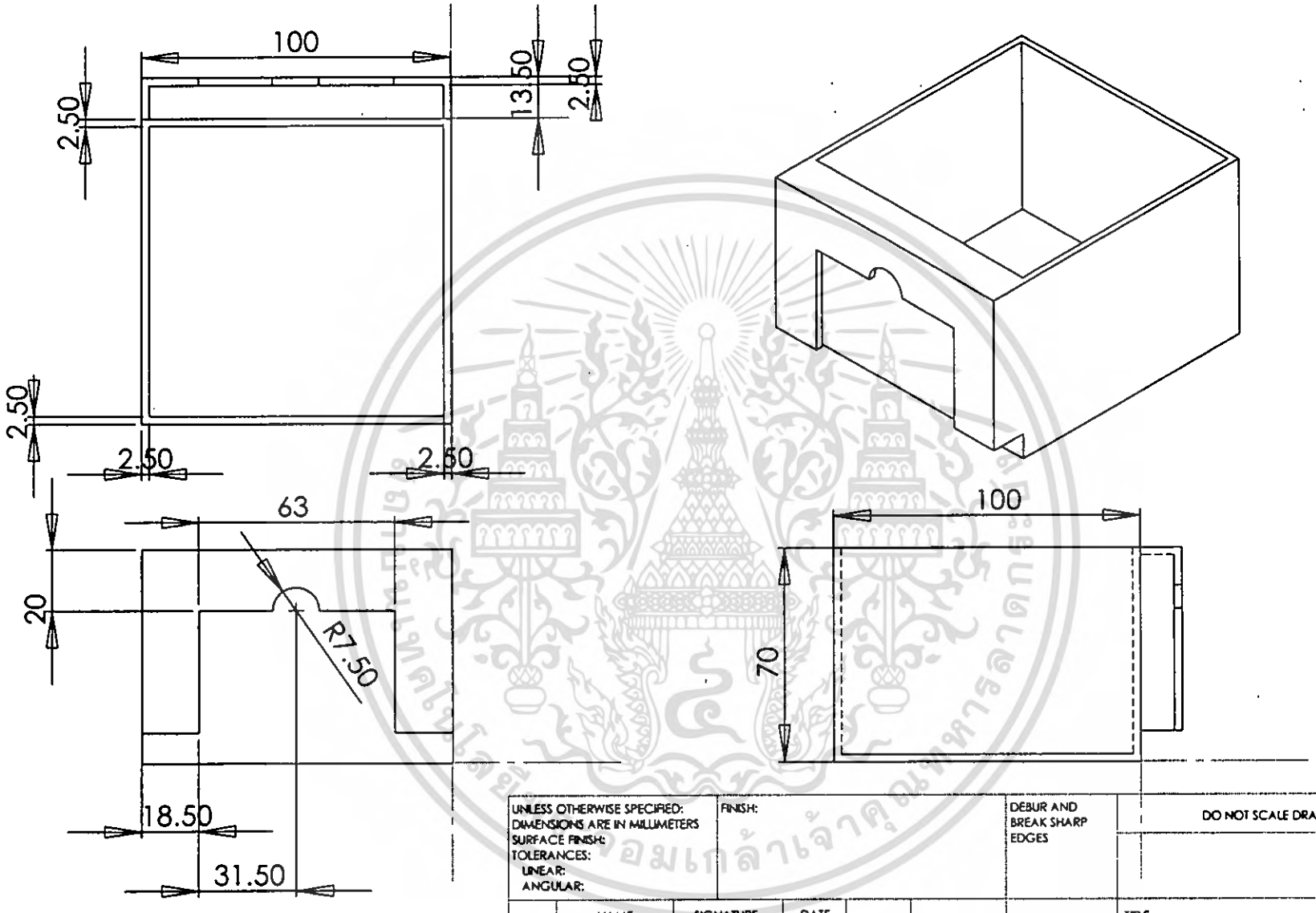
รูเพลา d mm	O.D. dia. D mm	อนุกรมมิติ 02										อนุกรมมิติ 22			อนุกรมมิติ 32		
		ความหนา B mm	Self-aligning Ball Bearing		Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Angular Contact Small Angle Ball Bearing		Angular Contact Steep Angle Ball Bearing		Cylindrical Roller Bearing		ความหนา B mm	Spherical Roller Bearing		ความหนา B mm	Double-Row Non-Filling Notch Ball Bearing	
			C_0	C	C_0	C	C_0	C	C_0	C	C_0	C		C_0	C		C_0	C
4	13	5	-	-	0.57	1.19												
5	16	5	-	-	0.94	1.85												
6	19	6	0.53	1.94	0.94	1.85												
7	22	7	0.66	2.05	1.35	2.51												
8	-	-	0.66	2.05	1.35	2.51												
9	26	8	0.93	2.07	1.96	3.49												
10	30	9	1.34	4.23	1.96	3.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.3	3.56	5.52
12	32	10	1.48	4.30	3.05	5.29	3.27	5.52	-	-	-	-	-	-	-	15.9	5.56	8.10
15	35	11	2.01	5.74	3.51	5.87	4.09	6.54	-	-	-	-	-	-	-	15.9	6.36	9.03
17	40	12	2.43	6.10	4.45	7.34	5.25	8.19	-	-	-	-	-	-	-	17.5	8.19	11.30
20	47	14	3.19	7.61	6.18	9.83	7.25	11.00	-	-	-	-	-	-	-	20.6	11.30	15.17
25	52	15	4.03	9.14	6.94	10.77	8.72	12.55	7.70	11.39	7.21	13.26	-	-	-	20.6	12.73	16.46
30	62	16	5.83	12.06	10.00	14.95	12.55	17.34	11.08	15.80	9.88	17.67	-	-	-	23.8	18.33	22.87
35	72	17	6.68	12.19	13.66	19.76	17.09	22.96	15.08	20.87	15.35	26.25	-	-	-	27.0	24.92	30.57
40	80	18	8.59	14.82	15.66	22.43	21.27	27.41	18.64	24.74	20.74	34.13	23	43.92	60.52	30.2	28.61	34.17
45	85	19	9.61	16.82	17.84	25.19	24.21	30.79	21.23	27.72	22.29	35.91	23	50.28	63.19	30.2	32.57	38.36
50	90	20	10.55	17.49	19.80	27.01	26.03	32.31	22.74	28.79	23.90	37.56	23	53.40	65.41	30.2	36.18	41.03
55	100	21	13.40	20.60	25.05	33.38	32.97	39.96	28.79	35.64	29.86	45.84	25	66.75	81.43	33.3	45.83	50.73
60	110	22	15.53	23.14	30.94	40.36	40.72	48.50	35.55	43.16	37.65	56.97	28	83.21	99.23	36.5	56.51	61.41
65	120	23	17.22	23.85	34.13	44.05	44.95	52.51	41.83	48.95	45.39	66.30	31	99.68	116.60	38.1	62.30	66.75
70	125	24	18.78	26.65	37.42	48.06	49.40	57.40	45.84	53.40	45.39	74.76	31	103.91	121.00	39.7	68.53	72.53
75	130	25	21.40	29.86	41.16	50.73	56.51	62.30	48.95	54.73	56.96	81.00	31	111.70	125.50	41.3	75.20	77.00
80	140	26	23.54	30.35	44.50	56.07	62.74	69.86	54.73	61.85	60.96	87.22	33	129.00	143.70	44.4	81.43	85.00
85	150	28	28.43	37.82	53.40	64.08	72.53	78.76	62.74	68.97	70.75	99.68	36	149.50	166.40	49.2	86.77	87.66
90	160	30	31.77	43.79	60.52	73.87	85.44	92.56	74.31	82.32	91.67	127.27	40	179.80	195.80	52.4	98.34	100.60
95	170	32	36.85	48.95	69.42	83.66	91.67	100.00	77.87	87.66	101.46	139.73	43	221.10	235.80	55.6	127.30	127.30

ภาคผนวก ข

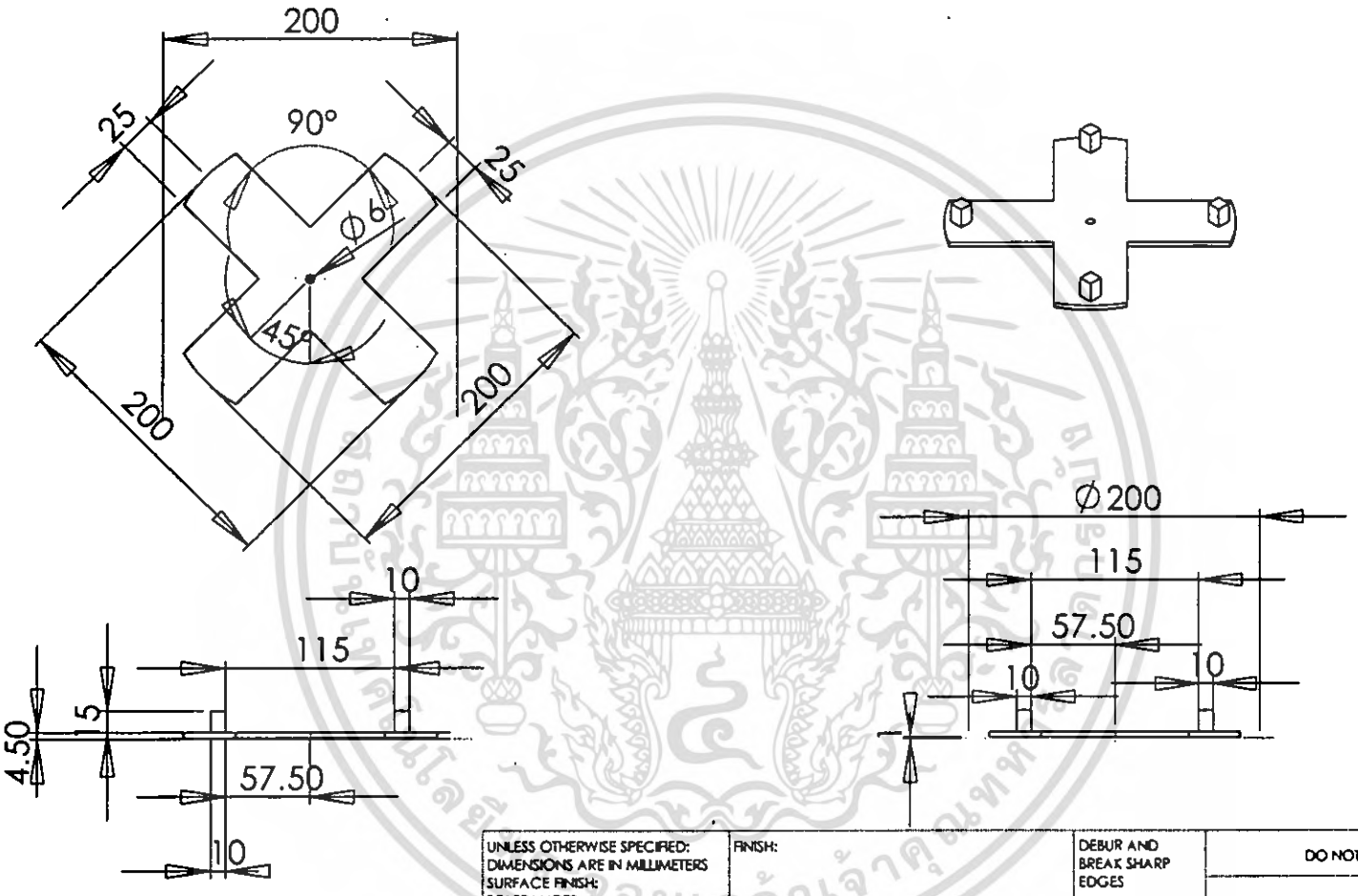
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



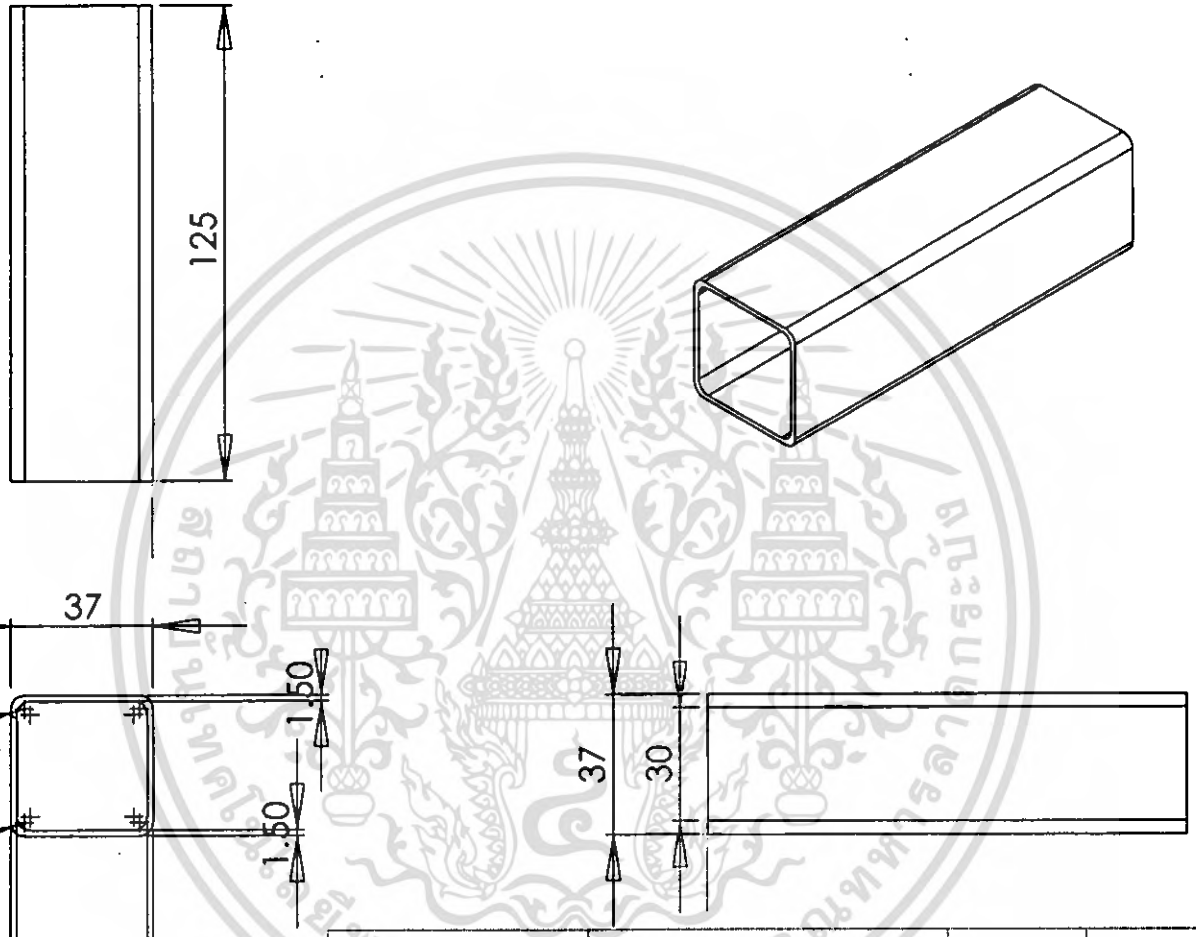
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		SCALE:1:1 **ฐานด้านบน**



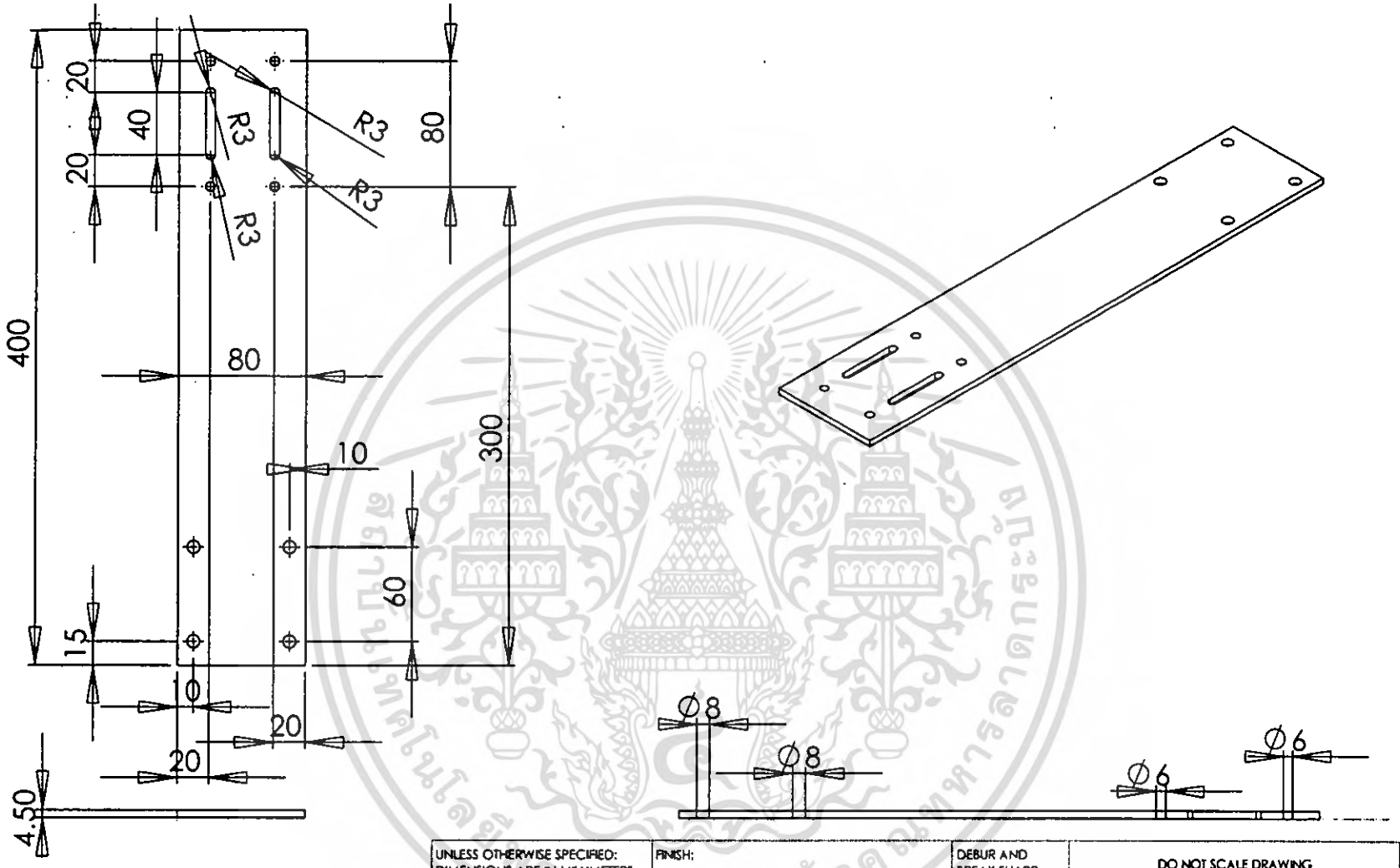
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:				DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		SCALE:1:2
						ลิ้นชัก X 24



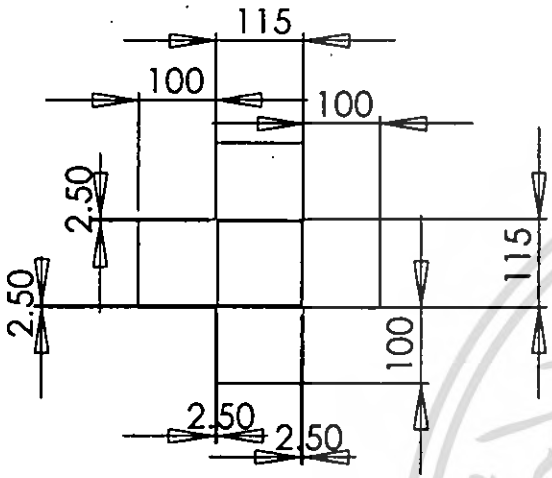
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:				DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		SCALE:1:5 ฝาปิด x 4

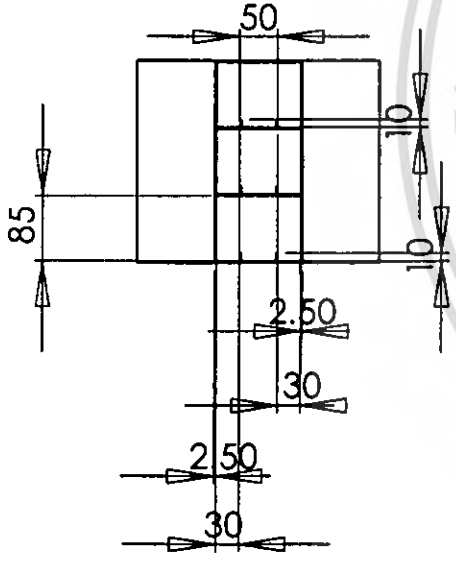


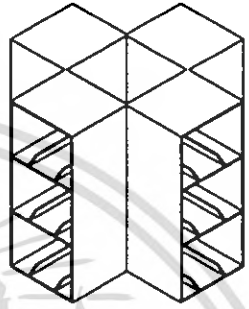
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		SCALE:1:2 ฐานรองด้านล่าง X 2

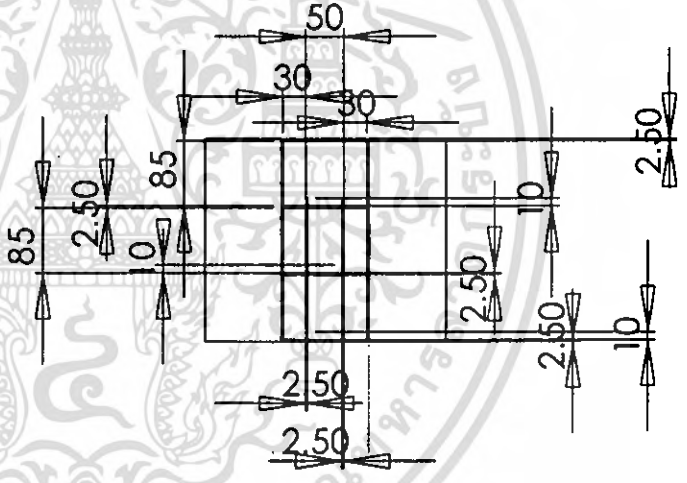


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:				DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN							
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A				MATERIAL:			SCALE:1:1 ฐานล่างมอเตอร์

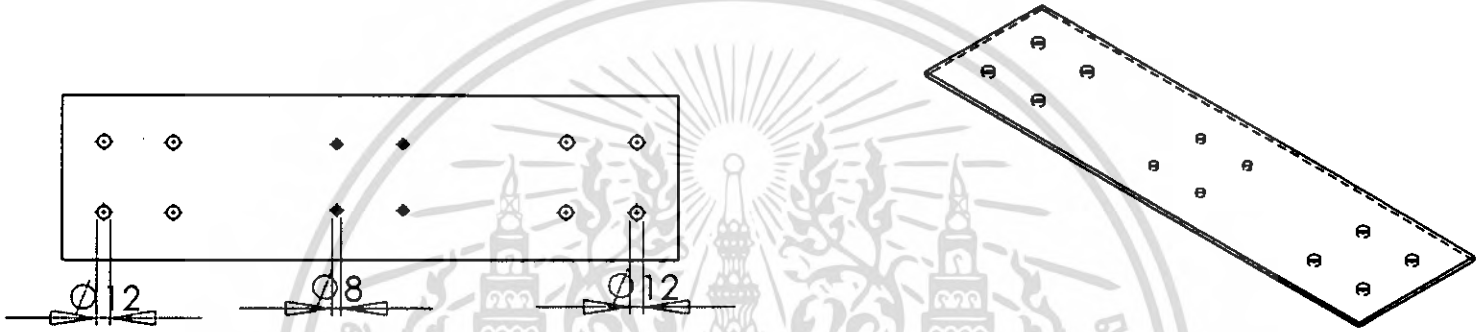


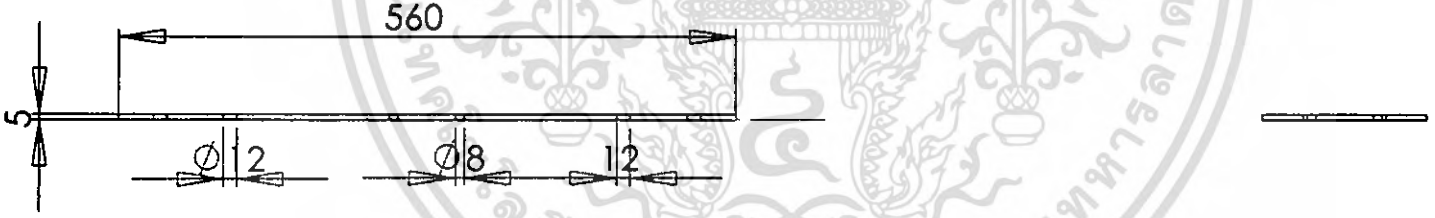




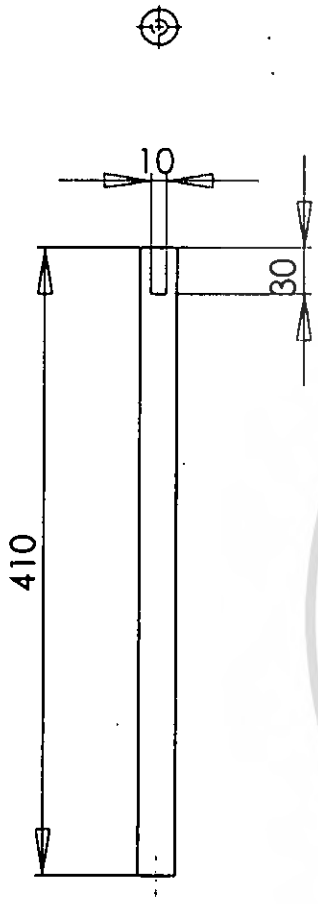


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		ตัวจัดเก็บ X 2
						SCALE:1:10

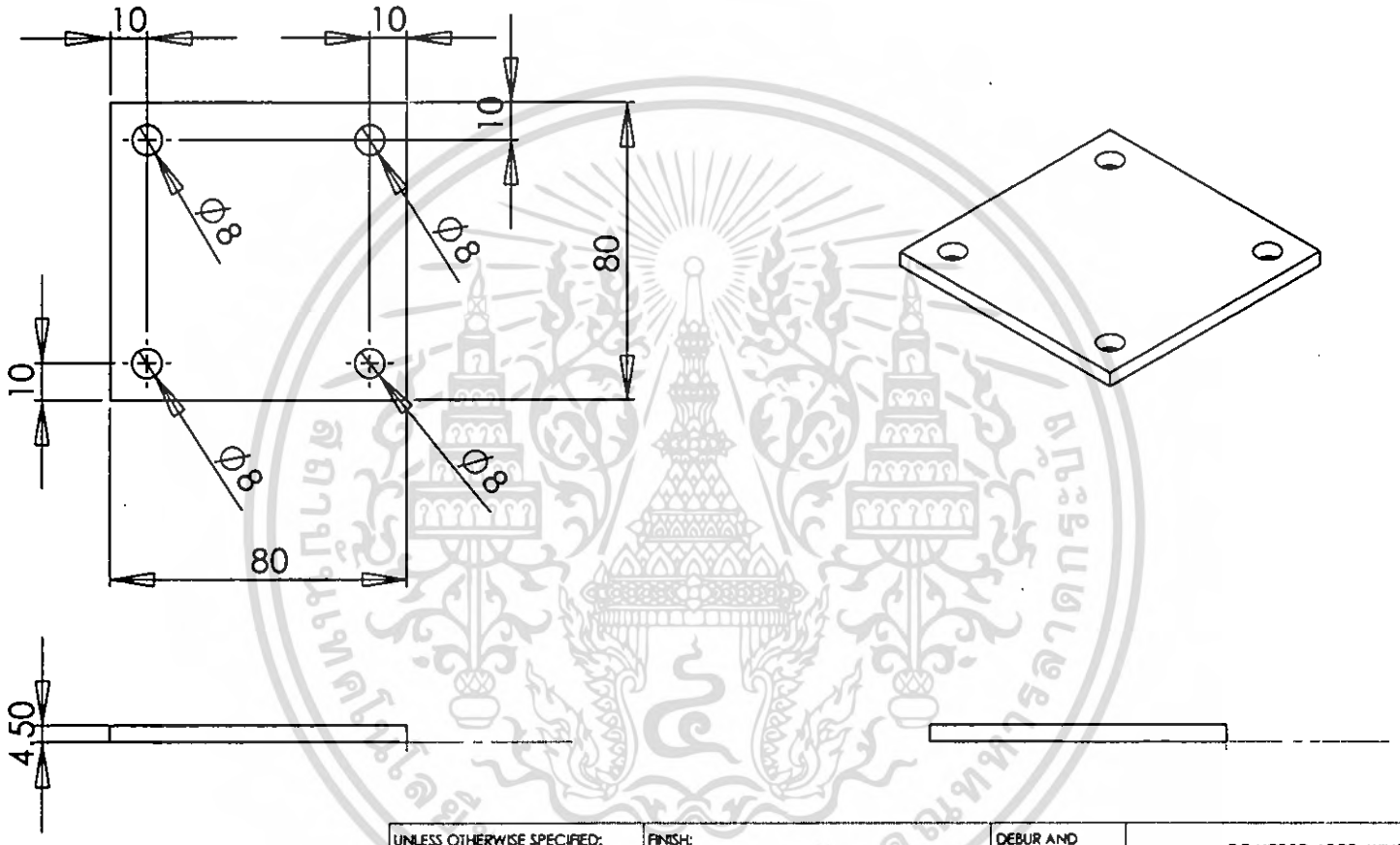




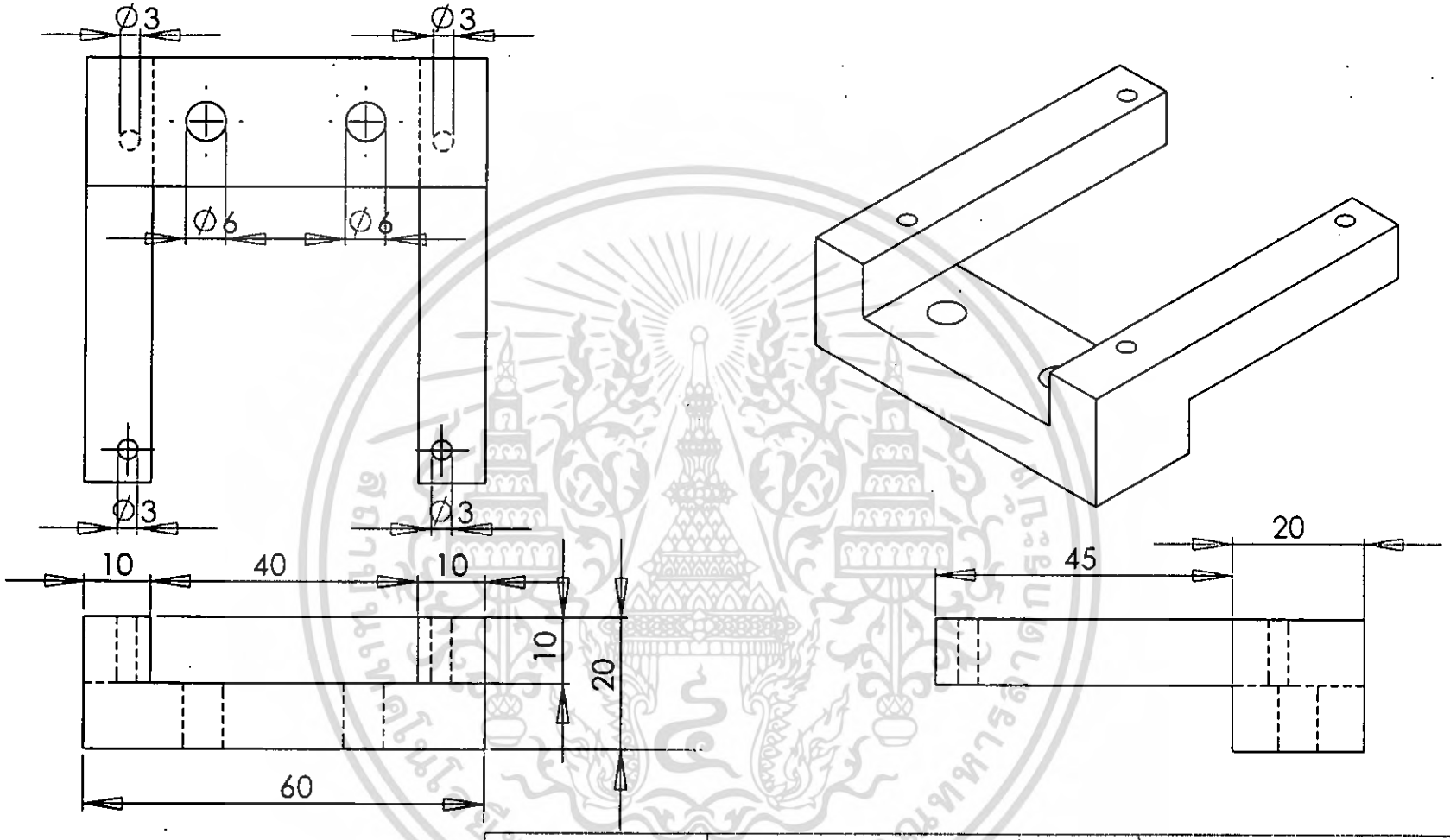
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		ฐานหลัก
						SCALE:1:1



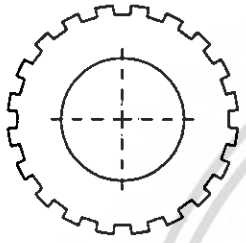
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		SCALE:1:5 เสาพยุง

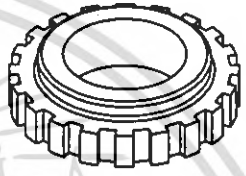


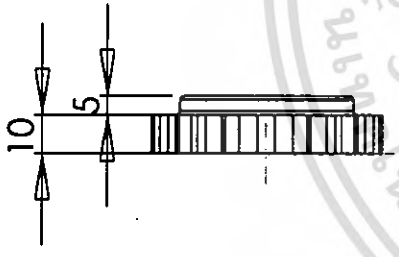
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:				DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN							
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A				MATERIAL:			ฐานเสา
							SCALE:1:2

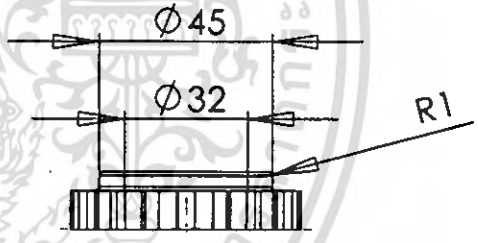


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		SCALE:1:1 ฐานรองมอเตอร์

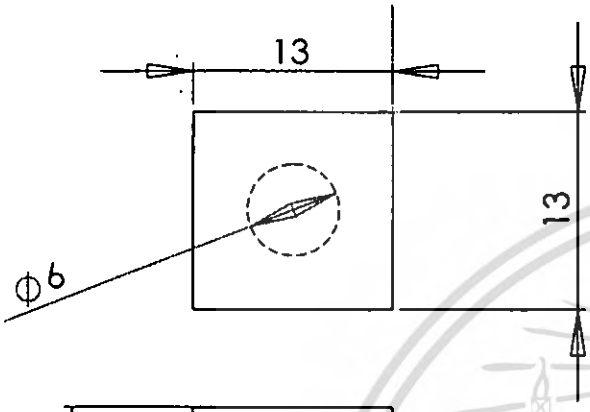


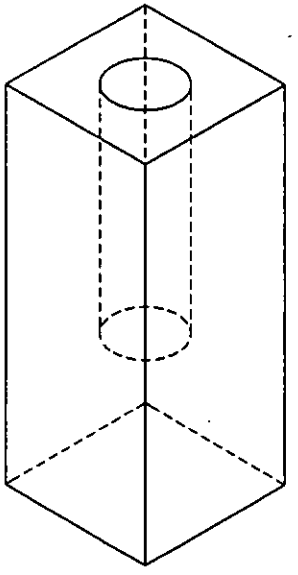




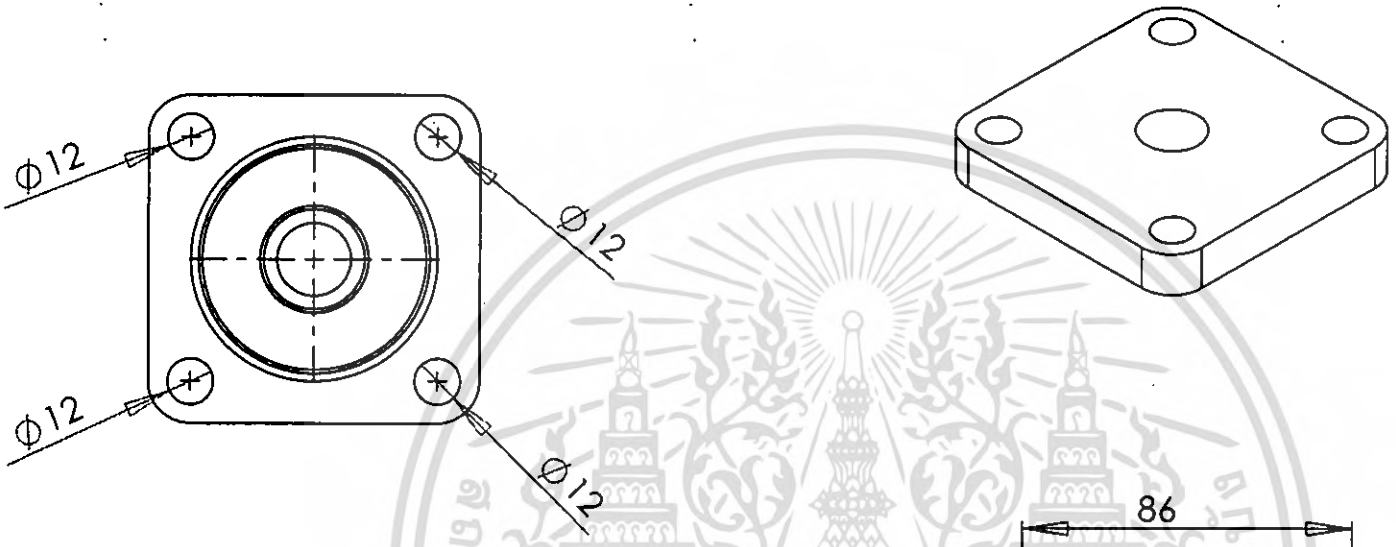


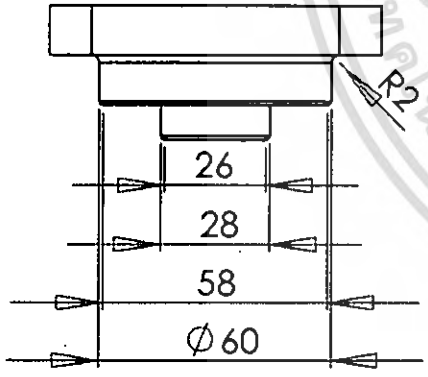
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		เฟือง
						SCALE:1:2

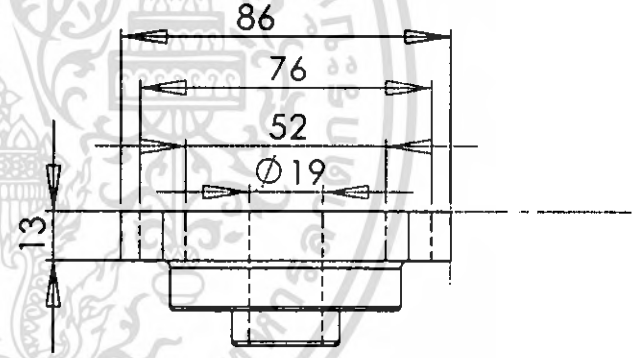




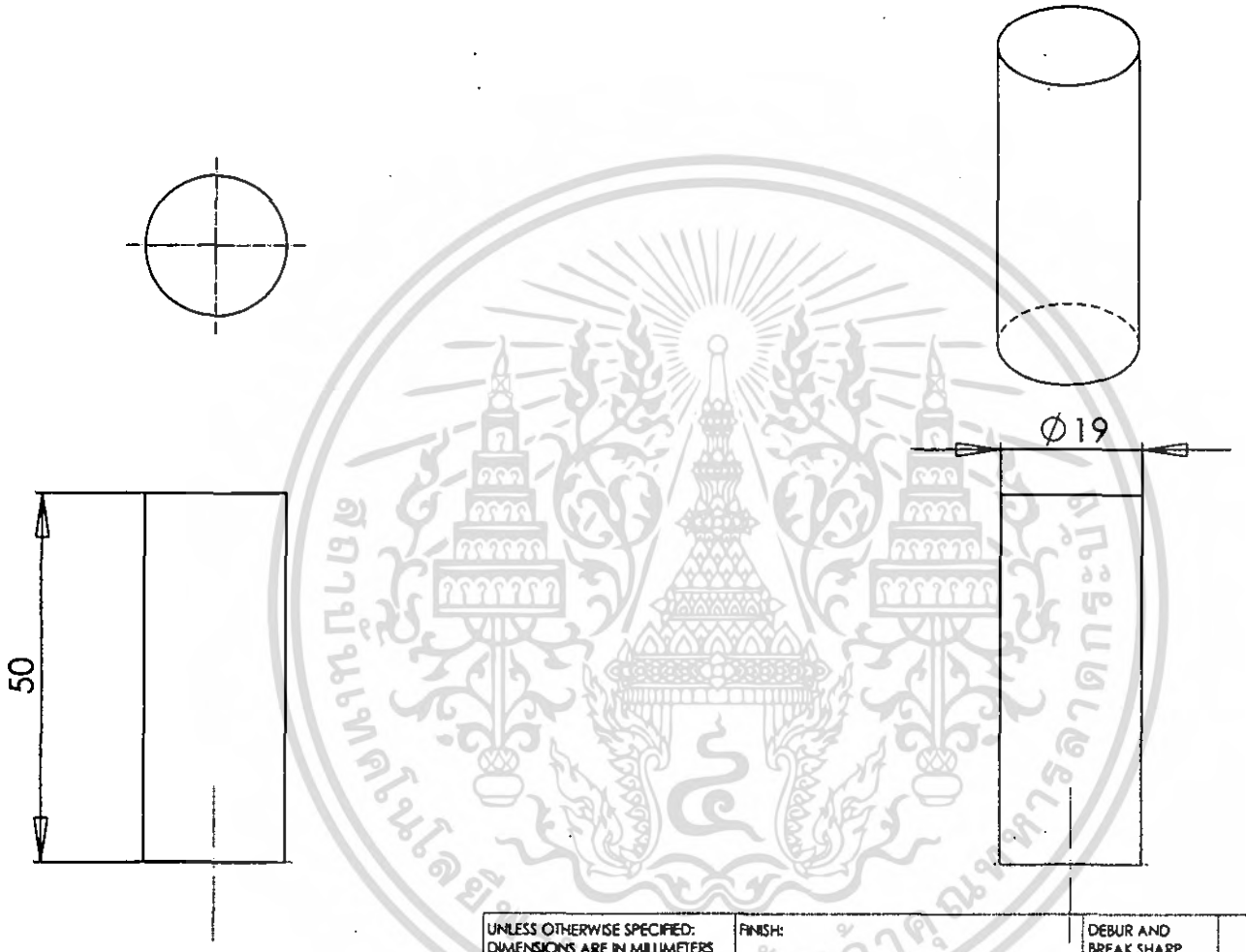
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		SCALE:2:1 ขารองแผ่นฐาน



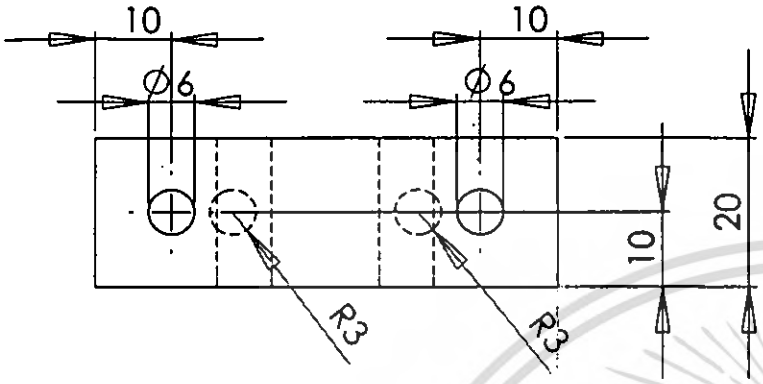


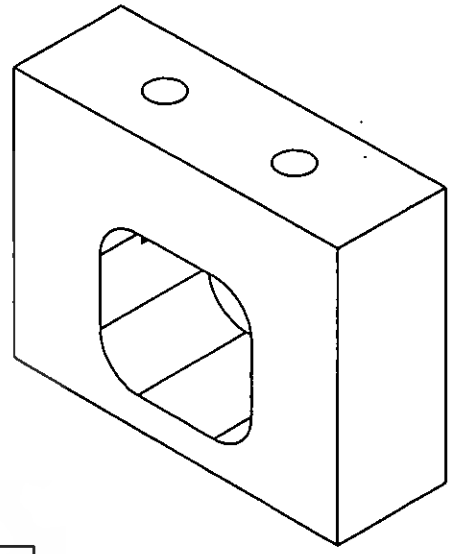


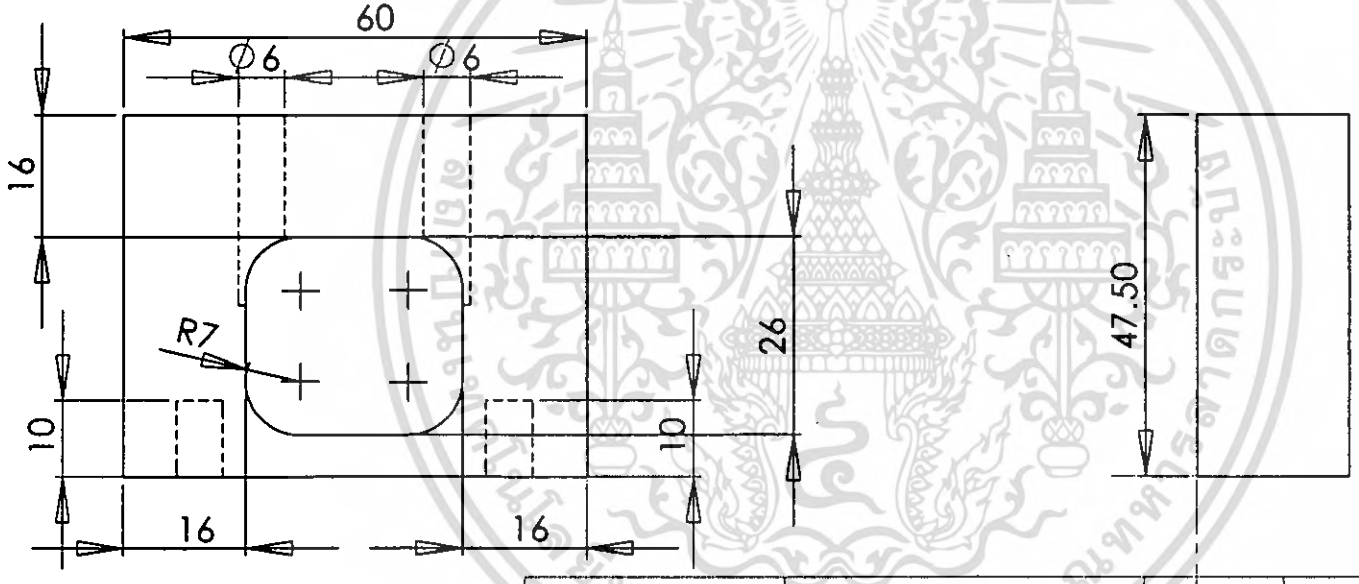
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		แบริ่ง x 4
						SCALE:1:2



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		SCALE: 1:1 — **เพลาด้านบน x 2**

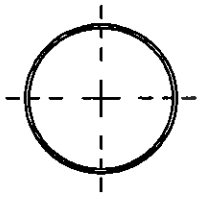


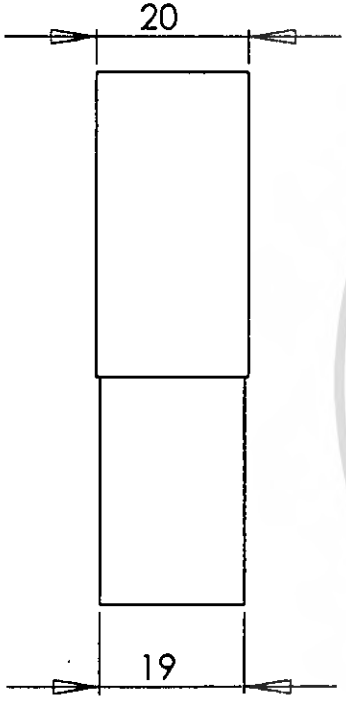


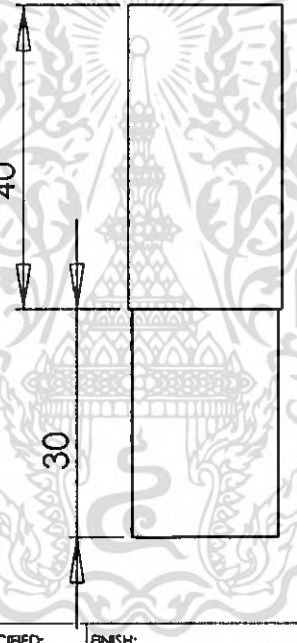


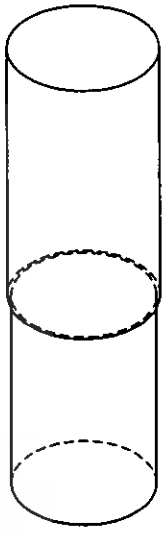
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
DRAWN							
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A				MATERIAL:		SCALE:1:1	ก้อนรองมอเตอร์

พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง









UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:				DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN							
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A				MATERIAL:			SCALE:1:1 **เพลาด้านบน x 2**