สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ป้ายหมุนโฆษณา

TRI – VISION

นายจักรินทร์ กลั่นเงิน
นายชูมนัส สมบูรณ์
นายปราการ อานันธิโก
นายสมเกียรติ เกษกำจร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่ 49873
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 2 เม.ย. 2547
.b
.i
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ป้ายหมุนโฆษณา
	TRI – VISION
นักศึกษา	นายจักรินทร์ กลั่นเงิน
รหัสนักศึกษา	43015670
	นายชูมนัส สมบูรณ์
	43015675
	นายปราการ อานันธิโก
	43015687
	นายสมเกียรติ เกษกำจร
	43015700
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2545

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(อาจารย์ พลชัย โชติปรายนกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ป้ายหมุนโฆษณา
นักศึกษา	นาย จักรินทร์ กลั่นเงิน
	นาย ชูมนัส สมบูรณ์
	นาย ปราการ อานันธิโก
	นาย สมเกียรติ เกษกำจร
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	อาจารย์ พลชัย โชติปรายนกุล

บทคัดย่อ

โครงงานเป็นการศึกษาและการสร้างป้ายหมุนโฆษณา เนื่องจากในปัจจุบันการทำป้ายหมุนโฆษณานี้มีต้นทุนที่สูง และมีผู้ผลิตจำนวนน้อยเป็นจุดเริ่มต้นที่จะสร้างป้ายหมุนโฆษณาขึ้นโดยใช้ต้นทุนที่ต่ำ, ใช้อุปกรณ์ที่มีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย

โครงงานสร้างป้ายหมุนโฆษณาขนาด 3 x 1 เมตร ลักษณะการหมุนของป้ายมีลักษณะหมุนไปในทิศทางเดียวกัน และน้ำหนักของป้ายทั้งหมด 130 กิโลกรัม ในขั้นตอนการออกแบบเริ่มต้นจากการศึกษาลักษณะของโครงสร้างของตัวป้ายต่าง ๆ รวมทั้งส่วนประกอบของตัวป้าย การคำนวณโครงสร้างของป้ายและการเลือกใช้วัสดุในการจัดทำต้องตรงตามหลักการทางวิศวกรรม การจัดสร้างโครงงานนี้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวส่งกำลังและใช้โซ่เป็นตัวส่งถ่ายกำลังจากมอเตอร์ไปยังตัวป้าย โดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ช่วยในการควบคุมจังหวะการหมุนของมอเตอร์ ผลของโครงงานได้ติดตั้งป้ายพร้อมทำงานได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Tri-Vision
Student	Mr. Jakkarin Klunngien
	Mr. Chumanat Somboon
	Mr. Prakarn Arnanthiko
	Mr. Somkeart Keatkomjorn
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic	2002
Advisor	Mr. Pholchai Chotiprayanakul

ABSTRACT

The project of the Tri-Vision is started by solving the problem of high cost in production and less of producer in the market. Because our the Tri-Vision's project can reduce the cost of production by use the cheaper material and affordable.

The dimention of the Tri-Vision is 3x1 meters, weight 130 kgs. It revolve in same direction. The Tri-Vision's implementation start from 1.Studying structure and details of the Tri-Vision 2.Calculating the structure of the Tri-Vision 3.Selecting the material by engineering's standard. The project of the Tri-Vision have already setup and working effectively by using the DC-motor together with the chain to drive, and the Microcontroller will control the static movement of the Tri-Vision.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีโดยได้รับความกรุณาจากอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ขอขอบคุณท่านอาจารย์พรศักดิ์ อรรถวานิช, ดร.สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ ที่คอยเอาใจใส่และกระตุ้นให้พวกเราตั้งใจทำงาน ขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำดีๆ ที่ทำให้โครงงานนี้สำเร็จ ขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว สำหรับความรักและกำลังใจตลอดมา ขอบคุณเพื่อนๆ สำหรับความช่วยเหลือยามคับขัน ขอบคุณพี่แดทกับแอนที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจ สุดท้ายขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการที่เปิดโอกาสให้เกิดโครงงานนี้ขึ้น ถ้าผู้ใดที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เต้ย, กอล์ฟ, กบ, เปี้ล

มีนาคม 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตปริญญานิพนธ์ 1

1.3.1 ด้านโครงสร้าง 1

1.3.2 ด้านชุดควบคุม 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 คาน 3

2.1.1การโก่งของคาน 3

2.1.2 การหาการโก่งของคานด้วยวิธีอินทิกัล 2 ชั้น 3

2.1.3 ขั้นตอนการออกแบบ 5

2.1.4 ระบบการออกแบบคาน 5

2.2 เสายาวปานกลาง และสั้น 6

2.3 เพลา 8

2.3.1 กำลังงานและภาระ 9

2.3.2 ค่าความปลอดภัย (Safety factor) 9

2.3.3 การโก่งงอ (Deflection) 9

2.3.4 การสั่นตัวของเพลา (Critical speed) 10

2.3.5 การออกแบบเพลา 10

2.4 โซ่ส่งกำลัง (Chain Drives) 10

2.4.1 ชนิดของโซ่ 12

2.4.2 การยึดข้อต่อโซ่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ล้อโซ่ 15
2.4.4 ปฏิกิริยาหลายเหลี่ยม 15
2.4.5 ลักษณะรูปร่างของล้อโซ่ 16
2.4.6 จำนวนฟันโซ่และความเร็วโซ่ใช้งาน 16
2.4.7 การส่งกำลังโซ่ 17
2.4.8 โซ่มาตรฐาน 19
2.4.9 ขั้นตอนการเลือดขนาดโซ่ 21
2.5 แบริ่ง 27
2.5.1 การแบ่งประเภทของแบริ่ง 27
2.5.2 วัสดุที่ใช้ทำรองลื่น 27
2.5.3 วัสดุสำหรับรองลื่นที่ใช้งานทั่วไป 28
2.5.4 รองลื่นกันรุน 28
2.5.5 การนำน้ำมันเข้าไปหล่อลื่นรองลื่นกาบเพลา 29
2.5.6 ตลับลูกปืนชนิดต่างๆ 30
2.5.7 ความสามารถในการใช้งานของตลับลูกปืน 31
2.5.8 วัสดุทำตลับลูกปืน 32
2.6 งานเชื่อม 32
2.6.1 ประเภทของงานเชื่อม 32
2.6.2 วัสดุที่สามารถเชื่อมต่อกัน 32
2.6.3 คุณภาพของงานเชื่อม 33
2.7 มอเตอร์ไฟฟ้า 33
2.7.1 ชนิดของมอเตอร์ 33
2.7.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 34
2.8 ภาษาแอสเซมบลี 35
2.8.1 คำสั่งต่างๆ ที่มีอยู่ภายในโปรแกรม 37
2.8.2 ไทเมอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 38
2.8.3 การทำงานเป็นไทเมอร์ 38
2.8.4 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของไทเมอร์ 0 และ 1 38

บทที่ 3 การออกแบบ และการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบและการดำเนินงานด้านโครงสร้าง 40
3.1.1 ป้ายสามเหลี่ยม 40
3.1.2 แกนของป้ายสามเหลี่ยมบน และล่าง 41
3.1.3 คานบนและคานล่าง 41
3.2 การออกแบบและการดำเนินงานด้านชุดส่งถ่ายกำลัง 41
3.2.1 การส่งถ่ายกำลังโดยโซ่ 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การส่งถ่ายกำลังจากมอเตอร์ 42
3.3 การออกแบบและการดำเนินงานด้านชุดควบคุม 43

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ผลการดำเนินงานด้านโครงสร้าง 44
4.1.1 ป้ายสามเหลี่ยม 44
4.1.2 โครงของป้ายโฆษณา 44
4.1.3 ชุดส่งถ่ายกำลัง 45
4.2 ผลการดำเนินงานด้านวงจรควบคุม 45
4.3 ผลการทดลอง 46

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 47
5.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน 47
5.3 แนวทางปรับปรุงและพัฒนา 47

บรรณานุกรม 48
ภาคผนวก 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียเทียบกับสายพานแบนและสายพานร่อง 11
ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียเทียบกับเฟือง 11
ตารางที่ 2.3 ข้อดีและข้อเสียของการขับด้วยโซ่ 11
ตารางที่ 2.4 โซ่โรลเลอร์ตามมาตราฐาน ISO/R 606-1976 (E) (ขนาดเป็น mm) 20
ตารางที่ 2.5 มวลของโซ่โรลเล่อร์ต่อความยาว 21
ตารางที่ 2.6 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำสม่ำเสมอ 22
ตารางที่ 2.7 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำที่มีการกระทำกระตุกปานกลาง 24
ตารางที่ 2.8 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำที่มีการกระตุกมาก 25
ตารางที่ 2.9 จำนวนฟันของเฟืองโซ่ 26
ตารางที่ 2.10 ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงการโก่งของคานที่เกิดจากภาระภายนอกกระทำ 3
รูปที่ 2.2 เส้นโค้งออยเลอร์ 6
รูปที่ 2.3 σ_{max} เสาเหล็กยืดปลาย 7
รูปที่ 2.4 ผลการทดลองอัดเสา 7
รูปที่ 2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงที่ราบเรียบจากเส้นโค้งของออยเลอร์ถึง σ_{yc} ที่แกนตั้ง 8
รูปที่ 2.6 ลักษณะภาพประกอบโซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูช พร้อมด้วยสปริงล็อก 12
รูปที่ 2.7 โซ่โบลต์ 12
รูปที่ 2.8 โซ่ฟัน 13
รูปที่ 2.9 โซ่ลำเลียง 13
รูปที่ 2.10 โซ่ห่วงกลม 14
รูปที่ 2.11 รูปแบบการยึดปลายโซ่ 14
รูปที่ 2.12 ขนาดรูปร่างของล้อโซ่และขนาดโซ่ (ด้านข้าง) 15
รูปที่ 2.13 ปฏิกิริยาจากหลายเหลี่ยม 15
รูปที่ 2.14 อุปกรณ์จับยึดโซ่ 16
รูปที่ 2.15 รูปร่างของโซ่ขนาดต่างๆ 16
รูปที่ 2.16 การส่งกำลังจากเฟืองโซ่ไปยังโซ่โรลเลอร์ 17
รูปที่ 2.17 การแยกแรงหนีศูนย์กลาง F_c ออกเป็นแรงย่อย F_{ct} 18
รูปที่ 2.18 กฎมือขวา 34
รูปที่ 2.19 ลำดับการแปลงโปรกรมจากภาษาชั้นสูงเป็นโปรแกรมปฏิบัติการ 36
รูปที่ 3.1 การออกแบบโครงสร้างของป้าย 40
รูปที่ 3.2 ลักษณะการส่งถ่ายกำลัง 41
รูปที่ 3.3 ลักษณะการส่งกำลังจากมอเตอร์ 42
รูปที่ 3.4 ลักษณะการยึดมอเตอร์กับตัวป้าย 42
รูปที่ 3.5 แผนการทำงานของวงจรควบคุม 43
รูปที่ 4.1 ลักษณะของป้ายสามเหลี่ยม 44
รูปที่ 4.2 ลักษณะของป้ายโฆษณาโดยรวม 44
รูปที่ 4.3 การใช้โซ่ส่งถ่ายกำลัง 45
รูปที่ 4.4 ชุดควบคุมการทำงานของป้ายโฆษณา 45
รูปที่ 4.5 ไมโครสวิทช์ 46
รูปที่ 4.6 ลักษณะของป้าย 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน

เนื่องในสภาพปัจจุบันนี้ได้มีการประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารต่างๆ หลายรูปแบบผ่านทางสื่อโฆษณาต่างๆ เช่น การสื่อโฆษณาทางโทรทัศน์ วิทยุ หนังสือพิมพ์ นิตยสารต่างๆ รวมทั้งป้ายโฆษณาอีกด้วย และป้ายโฆษณานี้ก็มีอีกหลายรูปแบบเช่นกัน ซึ่งมีทั้งรูปแบบที่เคลื่อนไหวไม่ได้ และเคลื่อนไหวได้ (TRI-VISION) โดยในโครงงานนี้ผู้จัดทำจะกล่าวถึงป้ายโฆษณาที่เคลื่อนไหวได้

อนึ่ง ในปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมที่จัดสื่อโฆษณาประเภทนี้มีปริมาณน้อย เนื่องจากการผลิตสื่อโฆษณาประเภทนี้ต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูงมาก เพราะขบวนการนี้ค่อนข้างที่จะซับซ้อนและยุ่งยาก บริษัทผู้ผลิตต่างๆ จึงพยายามที่จะลดความยุ่งยากในการผลิตให้ขบวนการผลิตมีคุณภาพเท่าเดิมหรือดีกว่าเดิม แต่ก็ต้องลดค่าใช้จ่ายในการจัดทำลง รวมทั้งลดน้ำหนักของตัวป้ายหมุนโฆษณา (TRI-VISION) ลง เพื่อให้เกิดความสะดวกในการติดตั้ง อีกทั้งต้องมีความแข็งแรงด้วย จากเหตุผลดังกล่าว จึงได้มีการจัดทำป้ายหมุนโฆษณา (TRI-VISION) นี้ขึ้น

ผู้จัดทำพยามยามจัดทำป้ายหมุน โฆษณา (TRI-VISION) ให้ใช้ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด มีน้ำหนักเบาที่สุด แต่มีความแข็งแรงและสามารถใช้งานได้จริง โดยใช้หลักทางวิศวกรรมในการออกแบบและจัดทำ การควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวป้าย รวมทั้งชุดควบคุมนี้ก็จะพิจารณาจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC-Motor)
2. ศึกษาหลักการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC-Motor)
3. รู้จักการวางแผนการทำงานอย่างมีขั้นตอน
4. สามารถนำไปใช้ในการโฆษณาประชาสัมพันธ์ได้
5. สามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในอนาคตได้

1.3 ขอบเขตปริญญานิพนธ์

1.3.1 ด้านโครงสร้าง (Hard Ware)

1. ป้ายมีขนาด 3 x 1 เมตร
2. ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC-Motor) ในการควบคุมการหมุนของตัวป้าย
3. การหมุนของตัวป้ายมีลักษณะไปในทิศทางเดียวกัน
4. ใช้โซ่ในการส่งถ่ายกำลังจากป้ายตัวหนึ่งไปยังป้ายอีกตัวหนึ่ง
5. มีน้ำหนักประมาณ 100 กิโลกรัม หรือใกล้เคียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 ด้านควบคุม (Soft Ware)

1. นำหลักการของไมโครคอนโทลเลอร์ (Micro Controller) มาทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของมอเตอร์
2. นำไมโครสวิทช์มาช่วยในการควบคุมการหยุดหมุนของมอเตอร์
3. นำหลักการของการหน่วงเวลาในไมโครคอนโทลเลอร์มาช่วยในการหยุดหมุนของมอเตอร์
4. นำหลักการของไมโครคอนโทลเลอร์ (Micro Controller) มาประยุกต์ใช้งาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สร้างสื่อหมุนโฆษณา (TRI-VISION)
2. เสริมสร้างทักษะและประสบการณ์ในงานทางด้านวิศวกรรม
3. เสริมสร้างทักษะการทำงานร่วมกันเป็นหมู่คณะ
4. รู้จักการวางแผนการทำงานและการดำเนินงาน
5. สร้างทักษะทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการพิจารณาการใช้งบประมาณ
6. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 คาน

2.1.1 การโก่งของคาน (Deflection of Beams)

ในหัวข้อนี้เราจะพิจารณาถึงคานที่ถูกภาระภายนอกกระทำ การออกแบบคานจะพิจารณาถึงความแข็งแรงของคานด้วย ตัวอย่างในการออกแบบเครื่องมือคานโลหะ สำหรับงานที่ต้องการความแม่นยำ เช่น เพลาเครื่องกลึง เครื่องกัด หรือเครื่องเจียระไน ต้องรักษาไม่ให้เกิดการเปลี่ยนรูป การเปลี่ยนรูปที่ต้องคำนึงถึงอย่างหนึ่งก็คือ การโก่งของคาน

2.1.2 การหาระยะโก่งของคานด้วยวิธี อินทิกัล 2 ครั้ง (Double Integration Method)

รูปที่ 2.1 แสดงการโก่งของคานที่เกิดจากภาระภายนอกกระทำ

จากรูป 2.1 แสดงการโก่งของคาน โดยเลือกปลายคานทางด้านซ้าย เป็นจุดกำเนิดของแกน X ตลอดความยาว และ แกน y ทิศทางเครื่องเป็นบวก เป็นระยะโก่งของคาน การโก่งจะเกิดขึ้นดังรูป 2.1

ค่าของ $\tan\theta = \frac{dy}{dx}$

เมื่อ θ เล็กมาก $\tan\theta = \theta$

$\therefore \quad \theta = \frac{dy}{dx}$

Differential 2 ข้าง

จะได้ $\frac{d\theta}{dx} = \frac{d^2y}{dx^2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเราพิจารณาการแปรเปลี่ยนของ θ ที่ตำแหน่งความยาว ds ต่าง ๆ กัน ซึ่งสาเหตุเกิดจากการดัดในคาน เราจะได้ค่า

$$ds = \rho d\theta$$

ค่า ρ เป็นรัศมีของส่วนโค้ง

$$\therefore \quad \frac{1}{\rho} = \frac{d\theta}{ds} \approx \frac{d\theta}{dx}$$

หรือ $$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2y}{dx^2}$$

จากสูตรของการดัดงอ (Flexure Formula) จะได้ $$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI}$$

$\therefore$ แทนค่า $$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI}$$

$$EI.\frac{d^2y}{dx^2} = M$$

สมการนี้เป็นสมการความแตกต่างของส่วนโค้งยืดหยุ่นของคาน ค่า EI เราเรียกว่า Flexural Rigidity ของคาน โดยปกติแล้วค่า EI จะคงที่ตลอดความยาวของคาน แต่ถ้าเปลี่ยนชนิดของคานหรือเปลี่ยนหน้าตัดในเพลาเดียวกัน ค่า EI จะไม่คงที่

ถ้าเรา take Integrate จะได้

$$EI.\frac{dy}{dx} = \int M dx + C_1$$

take Integrate อีกครั้งหนึ่งเราจะได้

$$EI\int dy = \iint M dx.dx + c_1 x + C_2$$

$$EIy = \iint M dx.dx + C_1 x + C_2 \qquad (2.1)$$

สมการ Ely นี้ เป็นสมการหาระยะโก่งของคาน โดยการอินทริกัลจากสมการโมเมนต์ของคาน 2 ครั้ง ณ ตำแหน่ง นั้น ๆ บนหน้าตัดคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ขั้นตอนการออกแบบ

หลักการทั่วไปต่อไปนี้ ใช้สำหรับการคำนวณออกแบบคาน

1. สำหรับคานที่มีความยาวปานกลางเฉลี่ยทั่วไป ที่รองรับแรงกดเฉพาะจุดและแรงกระจายต่าง ๆ ความเค้นดัดมักจะเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุด

2. สำหรับคานที่มีขนาดสั้น และรองรับแรงกดขนาดมาก ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดความเค้นเฉือนขนาดมหาศาล จึงมักจะใช้ความเค้นเฉือนนี้ เป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการออกแบบ

3. สำหรับคานที่มีขนาดยาวมาก จะมีแนวโน้มจะเกิดการเสียรูปมาก ในปัญหาใดที่มีการระบุการเสียรูปสูงสุด คานแบบนี้จะใช้การเสียรูปสูงสุดนี้ เป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการออกแบบ

ข้อสำคัญ: หลักการทั่วไปนี้ ให้ใช้เพียงแต่ในการวิเคราะห์และการคำนวณเบื้องต้นเท่านั้น คือให้ใช่ในการเริ่มต้นคำนวณการออกแบบคาน ในความจริง จะค่อนค้างเป็นการยากที่จะพิจารณาว่า ตัวแปรตัวไหน (ความเค้นดัด, ความเค้นเฉือน หรือการเสียรูปสูงสุด) เป็นตัวแปรควบคุมหรือตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการออกแบบสำหรับโจทย์ปัญหาต่าง ๆ

2.1.4 ระบบการออกแบบคาน

มีวิธีหลายวิธีในการแก้ปัญหาการออกแบบคาน ขั้นตอนต่อไปนี้ได้พิจารณาแล้วว่า เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ผลในทางปฏิบัติในหลาย ๆ กรณี

1. เก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา: ขนาดของแรง, จุดที่กระทำ, และลักษณะของแรงที่กระทำ มีข้อจำกัดใดเกี่ยวกับแบบของคานที่จะใช้, ข้อมูลกำหนดเฉพาะของวัสดุที่ใช้, ระดับความเค้นสูงสุดที่ตั้งไว้ ก่อนของคาน, การเสียรูปอนุญาตสูงสุด, หรือเงื่อนไขอื่น ๆ ก่อนการออกแบบ ทั้งหมดนี้ต้องนำมาพิจารณา ก่อนด้วย

2. ให้พิจารณาดูว่าจะใช้วัสดุใด และแบบของคานชนิดใด แต่ในหนังสือนั้น ได้มีการกำหนดไว้ในปัญหาแล้ว แต่ในความเป็นจริง การตัดสินใจเลือกนี้ค่อนข่างยากและสลับซับซ้อน

3. ใช้หลักการทั่วไปในหัวข้อที่ 2.5 ในการคาดการณ์ดูว่า ตัวแปรใดระหว่าง ความเค้นเฉือน, ความเค้นดัดหรือการเสียรูปสูงสุด เป็นตัวแปรในการออกแบบ ถ้ามีการเลือกผิดในตอนแรกนี้ ท่านจะค้นพบความผิดพลาดนี้ในตอนหลัง ดังนั้นการคาดเดาผิดนี้ จะไม่ทำให้การทำงานทั้งหมดเสียหาย

4. คำนวณค่าตัวแปรควบคุม ในกรณีของการเสียรูปสูงสุด จะเป็นการคำนวณค่าโมเมนต์ของความเฉื่อย (I) ในกรณีของความเค้นดัด จะเป็นการคำนวณโมดูลัสของหน้าตัด และในกรณีของความเค้นเฉือน จะเป็นการคำนวณพื้นที่หน้าตัด (A หรือ $t_w d$)

5. ใช้ตัวแปรควบคุม คำนวณหารูปแบบของคานก่อน สำหรับในปัญหาและข้อกำหนดต่างๆ มักจะมีทางเลือกที่เป็นไปได้หลายทางเป็นธรรมดา เมื่อจะทำการเลือกคานจากรูปลักษณะมาตรฐาน ให้เริ่มต้นจากคานที่มีตัวแปรควบคุมที่น้อยที่สุดมากกว่าผลลัพธ์จากคำนวณเสมอ อย่างไรก็ตามก็ยังคงมีตัวแปรอื่นที่ใช้ประกอบการคำนวณด้วย นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญที่สุดในการพิจารณาปัญหาส่วนใหญ่คือ น้ำหนักของคาน ทั้งนี้เพราะว่าราคาค่าก่อสร้างจะแปรผันเป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักของมัน ดังนั้นจึงมักจะเลือกรูปแบบของคานที่เบาสุดจากที่เป็นไปได้ทั้งหมด แต่ถ้ารูปแบบของคานทั้งหมดที่เป็นไปได้มีน้ำหนักโดยประมาณเท่าๆ กันก็ให้เลือกแบบคานที่มีค่าตัวแปรเผื่อความปลอดภัยสูงสุด ซึ่งก็คือเป็นคานที่มีโมเมนต์ความเฉื่อย หรือโมดูลัสของหน้าตัดสูงสุดนั่นเอง ในบางปัญหาความลึกหรือความกว้างของคานอาจจะเป็นสิ่งสำคัญ และในบางครั้งอาจจะต้องเลือกคานที่มีขนาดตามแนวตั้งที่น้อยที่สุด

6. ถ้าน้ำหนักของตัวคานมีขนาดมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ของผลรวมของแรงกระทำที่กำหนดให้ทั้งหมด ให้รวมค่าน้ำหนักของคานเข้าร่วมคำนวณกับแรงกระทำที่ให้มาด้วย และควรตรวจสอบค่าตัวแปรควบคุมอีกครั้ง ตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าตัวแปรในการออกแบบอื่นๆ ถ้าเราเลือกใช้ความเค้นดัดในการเลือกคาน ให้ตรวจสอบค่าความเค้นเฉือนและการเสียรูป ถ้าเราเลือกใช้การเสียรูปในการเลือกคาน ให้ตรวจสอบค่าความเค้นเฉือนและความเค้นดัด ถ้าเราเลือกใช้ความเค้นเฉือนในการเลือกคาน ให้ตรวจสอบค่าความเค้นดัดและการเสียรูป ถ้าการตรวจสอบค่าต่างๆ เหล่านี้ แล้วได้ค่ามากเกินกว่าค่าความเค้นอนุญาติ ต้องมีการเลือกเปลี่ยนใช้คานที่มีความแข็งแรงมากกว่าและทำการตรวจสอบค่าทั้งหมดต่ออีกครั้ง เมื่อได้มั่นใจกับผลการคำนวณของตัวแปรต่างๆ ที่ได้ออกแบบจนถูกต้องแล้ จึงค่อยยืนยันการตัดสินใจเลือกคานเป็นที่สุด

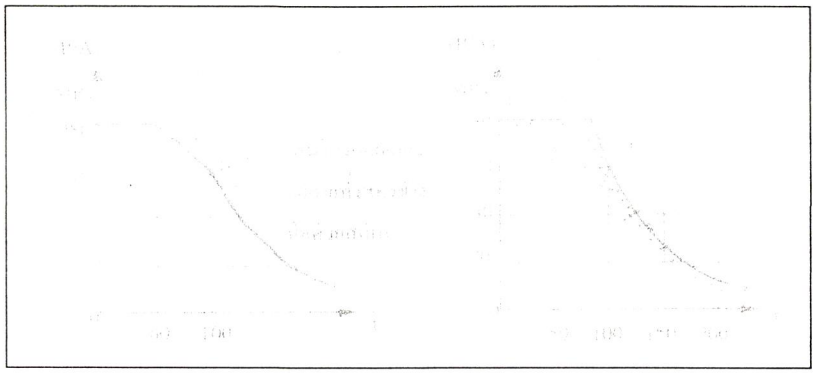
2.2 เสายาว ปานกลาง และสั้น

เมื่อเสามีอัตราส่วนความบอบบางสูงมาก จะเกิดการโก่งงอก่อนที่ความเค้นอัดจะมีค่าถึงขีดจำกัดสัดส่วนของวัสดุ จึงใช้เส้นโค้งของออยเลอร์ช่วง BC ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เป็นรากฐานของการออกแบบสำหรับทุกกรณีของเสาบอบบางดังกล่าว ในกรณีตรงกันข้ามถ้าอัตราส่วนความบอบบางมีค่าต่ำมาก ๆ ความเสียหายก็จะเกิดขึ้นเนื่องจากความต้านแรงของวัสดุ เช่นกรณีเหล็กกล้าจะเสียหายภายใต้ขีดจำกัดของความต้านแรงคราก ในบางกรณีอาจใช้ความเค้นอัดสูงเป็นขีดจำกัดของความต้านแรงและเลือกโหลดใช้งานที่ปลอดภัยเทียบกับขีดจำกัดนี้ขีดจำกัดของความต้านแรงแทนด้วยเส้นแนวระดับ DF ในรูปที่ 2.2 จุด E เป็นจุดสุดท้ายที่ความเค้นมีค่าถึงขีดจำกัดของความต้านแรงก่อนที่เสาจะเกิดการโก่งงอ ระหว่างจุด E และ B ลากเส้นตรงเชื่อม ใช้ทำนายว่าเสาจะโก่งงอที่ค่าความเค้นเท่าไร (ใช้สูตรของออยเลอร์ไม่ได้) ดังนั้นไม่สามารถใช้เส้น DEBC ในรูปที่ 2.2 สำหรับออกแบบเสาที่มีความยาวใดๆ ได้ดังนี้ ช่วง DE สำหรับเสาสั้น ช่วง EB สำหรับเสาปานกลางและช่วง BC สำหรับเสายาว

รูปที่ 2.2 เส้นโค้งออยเลอร์

พิจารณากรณีเสาเหล็กกล้า ที่มีปลายทั้งสองข้างยึดด้วยสลัก เหล็กกล้าทำเสามีค่า E = 207 Gpa, σ_{pl} = 210 MPa และ σ_{yp} = 280 MPa ให้ความเค้นคลาก σ_{yp} เป็นขีดจำกัดความต้านแรงของวัสดุ จากผลการทดลองอัดเสาสั้นมากจะเห็นได้ว่าอัตราส่วน L/r = 60 เป็นขีดสูงสุดของอัตราส่วนความบอบบางที่เสายังคงเกิดความเสียหายภายใต้ความเค้นอัดโดยไม่เกิดการโก่งงอดังนั้นสำหรับเสาเหล็กกล้าที่มีอัตราส่วนความบอบบางช่วง 0-60 สามารถใช้ $\sigma_{max} = \sigma_{yp}$ = 280 Mpa ดังเส้น DE ในรูปที่ 2.3 สำหรับอัตราส่วนความบอบบาง L/r > 100, $\sigma_{max} = \sigma_{cr}$ ใช้ช่วง BC ของเส้นโค้งออยเลอร์ สำหรับอัตราส่วนความบอบบางช่วงกลาง (60< L/r < 100) ใช้เส้นตรง BE ในรูปที่ 2.3 เส้น DEBC ในรูปที่ 2.3 ใช้หา σ_{max} สำหรับกรณีเสาเหล็กกล้าที่มีปลายทั้งสองยึดด้วยสลัก ผลการทดลองอัดเสาหลายพันต้น ดังแสดงในรูป 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 σ_{max} เสาเหล็กยืดปลาย **รูปที่ 2.4 ผลการทดลองอัดเสา**

ความเค้นใช้งานสำหรับออกแบบเสาเหล็กกล้า คือ

$$\sigma_w = \frac{\sigma_{max}}{n} \tag{2.2}$$

เมื่ออัตราคูณเพื่อความปลอดภัย n เป็นการเผื่อสำหรับเหตุการณ์ ซึ่งคาดล่วงหน้าไม่ถึงหรืออุบัติเหตุที่ทำให้โหลด P เพิ่มขึ้น เผื่อการกระทำที่คาดเคลื่อนจากจุดเซ็นทรอยด์และเผื่อการงอเบื้องต้นที่อาจจะเกิดขึ้นในเสาก่อนได้รับโหลด สำหรับงานโครงสร้างทั่ว ๆ ไป แนะนำให้ใช้อัตราคูณเพื่อความปลอดภัย n = 2.5

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลของการกระทำที่คลาดเคลื่อนจากจุดเซ็นทรอยด์และการงอเบื้องต้นของเสามีแนวโน้มที่จะทำให้อัตราส่วนความบอบบางมีค่าสูงขึ้น จึงมีคำแนะนำให้ใช้อัตราคูณเพื่อความปลอดภัยเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นกับ L/r เช่น งานโครงสร้างบางอย่างแนะนำให้ใช้

$$n = 2.0 + 0.015\frac{L}{r} \quad \text{เมื่อ} \quad 0 < \frac{L}{r} < 100$$

$$n = 3.5 \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{L}{r} > 100$$

มีข้อแนะนำให้ใช้สูตรต่าง ๆ กัน สำหรับเสาที่ยาวปานกลางถึงสั้น แต่สูตรของ J.B. Johnson นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในงานเครื่องจักรกล, ยานยนต์อากาศยาน และโครงสร้างเหล็กกล้า สูตรของจอห์นสันคือ

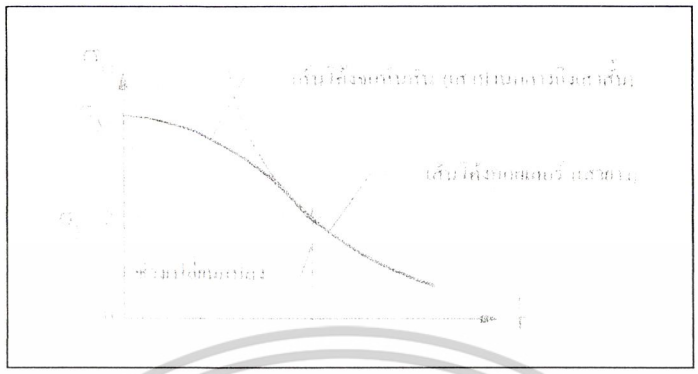
$$\sigma_{cr} = \sigma_{yc} - \left(\frac{\sigma_{yc}}{2\pi}\right)^2 \frac{1}{E}\left(\frac{KL}{r}\right)^2 \tag{2.3}$$

เมื่อ σ_{yc} เป็นความเค้นอัดคราก

KL/r เป็นอัตราส่วนความบอบบางประสิทธิผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ (2.3) สามารถพล็อตกราฟได้ดังแสดงในรูปที่ 2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงที่ราบเรียบจากเส้นโค้งของออยเลอร์ถึง σ_{yc} ที่แกนตั้ง



รูปที่ 2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงที่ราบเรียบจากเส้นโค้งของออยเลอร์ถึง σ_{yc} ที่แกนตั้ง

รูปที่ 2.5 เป็นการแทนค่าความเค้นวิกฤตของเสาได้อย่างสมบูรณ์สำหรับค่าของอัตราส่วนความบอบบางจากศูนย์ถึงเกือบอนันต์ สำหรับเสายาว เส้นโค้งออยเลอร์จะให้การทำนาย σ_{cr} ได้อย่างถูกต้อง สำหรับเสาปานกลางถึงเสาสั้น เส้นโค้งจากสูตรของจอห์นสันจะทำนาย σ_{cr} ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม เส้นโค้งทั้งสองนี้จะสัมผัสกันที่อัตราส่วนความบอบบางประสิทธิผลค่าหนึ่ง ซึ่งจะเรียกอัตราส่วนความบอบบางประสิทธิผลช่วงเปลี่ยนแปลง แทนด้วย $C_c = (KL/r)_t$ ที่อัตราส่วนความบอบบางช่วงเปลี่ยนแปลงนี้ ค่า σ_{cr} ที่หาจากสูตรของออยเลอร์และสูตรของจอห์นสันจะมีค่าเท่ากับและส่วนมากจะใช้ค่าความเค้นวิกฤต

$$\sigma_{cr} = \frac{\sigma_{yc}}{2} \tag{2.4}$$

ดังแสดงในรูปที่ 2.5 เมื่อแทนสมการ (2.4) ลงในสมการ (2.3) จะได้อัตราส่วนความบอบบางประสิทธิผลช่วงเปลี่ยนแปลง คือ

$$C_c = \left(\frac{KL}{r}\right)_t = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_{yc}}} \tag{2.5}$$

2.3 เพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องมือกล ที่มีความสำคัญของระบบการส่งผ่านกำลัง กำลังที่ส่งผ่านเพลาอยู่ในรูปของโมเมนต์แรงบิด (Torque) ในการส่งผ่านกำลังระหว่างเพลาหนึ่งไปอีกเพลาหนึ่ง จำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง เช่น เฟือง, โซ่, สายพาน ฯลฯ ดังนั้น จึงเกิดแรงเนื่องจากแรงฉุดของโซ่ หรือแรงดึงของสายพานมากระทำต่อเพลาอันเป็นผลให้เกิด โมเมนต์ดัด (bending moments) ขึ้นบนเพลา และบางกรณีอาจมีแรงกระทำตามแนวแกนของเพลาด้วย ดังนั้น ในขณะที่เพลาทำหน้าที่ส่งผ่านกำลัง เพลาจะรับโมเมนต์บิดและโมเมนต์ดัดพร้อม ๆ กัน

โดยปกติทั่วไปรูปหน้าตัดของเพลาจะเป็นวงกลม ขนาดไม่เท่ากันแต่จะตกบ่าเป็นชั้น ๆ บางตำแหน่งจะมีร่องลิ่มเพื่อใช้ในการติดตั้ง มู่เลย์ เฟือง แบริ่ง หรือชิ้นส่วนอื่น ๆ เพลาที่ใช้ทั่วไปมีทั้งเพลากลวงและเพลาตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวัสดุที่ใช้ทำเพลาส่วนใหญ่จะเป็นเหล็กเหนียว (Steel) เช่น St 50, St 60, หรือ St 70 ในกรณีที่ต้องการความแข็งแรงสูง ๆ และคงทนต่อการใช้งานมาก ๆ อาจใช้พวกเหล็กผสม (Alloy Steel) เช่น Chom-nickel หรือ Chom-Vanadium Steel (40 Mn 4, 34 Cr 4, 16 Mn Cr 5 หรือ 18 CrNi 8 เป็นต้น)

2.3.1 กำลังงานและภาระ

ในการคำนวณกำลังงาน และภาระของเพลา สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$P = 2\pi TN / (60*1000) \quad (2.6)$$

เมื่อ P = กำลังงานที่เพลารับหรือส่ง (kW)

T = โมเมนต์แรงบิดของเพลา (Nm)

N = ความเร็วรอบของเพลา (rpm)

2.3.2 ค่าความปลอดภัย (Safety factor)

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

$$\sigma_{As} / \sigma_c \geq 1.5 - 2.5 \quad (2.7)$$

ค่า 1.5 – 2.5 นี้คือ ค่าความปลอดภัย (Sf)

เมื่อ $Sf = \sigma_{As} / \sigma_c$

Sf = ค่าความปลอดภัย (safety factor)

σ_{As} = ค่าความเค้นที่ยอมให้ใช้งานได้ของเพลาบริเวณตรวจสอบ (N/mm^2)

σ_c = ความเค้นรวมบริเวณตรวจสอบ (N/mm^2)

2.3.3 การโก่งงอ (Deflection)

เมื่อเพลาอยู่ภายใต้แรง ที่พื้นที่หน้าตัดหนึ่ง ๆ จะมี bending moment และ shear force ซึ่งทำให้มีความเค้นขึ้นดังที่กล่าวมาแล้ว เพลาเหล่านี้นอกจากจะทนความเค้นได้แล้วยังจะต้องไม่โก่งมากอีกด้วย มิฉะนั้นจะใช้งานไม่ได้ดีตามต้องการ ในหัวข้อนี้จะพิจารณาระยะยุบตัวของคานในแนวดิ่ง เรียกว่า Deflection ของคาน

การหาค่า Deflection มีวิธีการหาได้หลายวิธี เช่น

- Double integrating method
- Moment area method
- Graphic method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหา deflection ด้วยวิธี Double integrating เหมาะสมในกรณีที่เพลามีขนาดเท่ากันตลอดทั้งท่อน ส่วนวิธี Moment area ไม่เหมาะสมกับการหา deflection ของเพลา เนื่องจากแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อเพลาไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งท่อน และตำแหน่งของแบริ่ง ไม่อยู่บริเวณปลายสุดของเพลาเสมอไป ดังนั้นวิธีเหมาะสม ควรจะเป็นวิธี Graphic ซึ่งจะหาค่า deflection ได้ทุก ๆ ตำแหน่งบนเพลาที่ต้องการ ถึงแม้ว่าขนาดของเพลาจะไม่เท่ากันก็ตาม

2.3.4 การลั่นของเพลา (Critical speed)

เมื่อเพลาหมุนถึงความเร็วจุดหนึ่ง ซึ่งแรงหนีศูนย์กลางเนื่องจาก Deflection มีค่าเท่ากับแรงดึงกลับของเนื้อวัสดุเพลา (Elastic force) จะก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้นอย่างมาก ความเร็วจุดนี้เรียกว่า Critical speed ดังนั้นความเร็วใช้งานจะต้องหนีจุดนี้ และจะต้องให้ความเร็วของเพลาวิ่งผ่านจุด Critical speed นี้โดยเร็ว

2.3.5 การออกแบบเพลา

ในการออกแบบหาขนาดของเพลาจะต้องพิจารณาถึงสิ่งเหล่านี้ คือ

1. กำลังงาน (Power) และภาระ (load) ที่ใช้เพลาส่งกำลัง

2. ความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลา รวมทั้งรูปร่าง ขนาด วัสดุ และผิวงานสำเร็จ ซึ่งจะเป็นสาเหตุในการเกิด Stress concentration ขึ้น ณ ตำแหนงต่างเพลา

3. ความแกร่ง (Stiffness หรือ Rigidity) หมายถึง ความคงทนต่อการแอ่นตัวหรือการบิดไปของเพลา เมื่อใช้รับภาระ

4. Critical Speed (Whrilling speed) หมายถึง การสั่นตัวของเพลา อันเป็นผลต่อเนื่องมาจากการแอ่นตัวในการออกแบบขนาดของเพลาสำหรับงานปรกติทั่วไป จะพิจารณาเฉพาะกำลังงาน ภาระ และคำนวน ตรวจความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลาเพื่อให้ได้ความปลอดภัยเพียงพอ สำหรับงานพิเศษในบางกรณี จึงจะพิจารณาถึงความแกร่ง และ Critical Speed

สรุป วิธีการหาขนาดเพลา

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

2. ตรวจค่า safety factor (sf) ต้องอยู่ระหว่าง 1.5 – 2.5

3. ตรวจความแกร่งของเพลา

- มุมบิด (Angle twist)
- การโก่งงอ (Defection)

2.4 โซ่ส่งกำลัง (Chain Drives)

โซ่ส่งกำลังสามารถส่งกำลังเพื่อให้ได้แรงบิด (หมุน) สูงมากโดยที่ให้เป็นชุดส่งกำลังมีขนาดเล็กได้ เป็นลักษณะการส่งกำลังด้วยรูปร่างและที่รองเพลาจะรับภาระน้อยมาก ไม่มีการลื่นไถลในขณะส่งกำลังข้อต่อโซ่จะรับความเสียดทานลื่น (Slide Friction) จึงต้องมีการหล่อลื่นที่เพียงพอ โซ่ส่งกำลังจะใช้งานในที่ที่มีการใช้งานประเภทภาระดึง แต่ในที่ที่อุณหภูมิสูงหรือโรงงานเคมี, ความชื้นที่สายพานไม่สามารถเข้าไปใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ข้อดีและข้อเสียเทียบกับสายพานแบนและสายพานร่อง

ข้อดี	ข้อเสีย
- ส่งถ่ายกำลังได้สูงโดยที่ไม่มีการลื่นที่ระยะห่างระหว่างเพลาน้อยและให้อัตราทดสูง - เปลืองเนื้อที่น้อย - ไม่ต้องมีการตึงให้แน่นมาก	- มีอัตราทดเบี่ยงเบนเนื่องจากมุมข้อต่อโซ่ - รับภาระกระแทกและสั่นสะเทือนได้น้อย - ไม่สามารถวางเพลาไขว้กันได้ - มีราคาสูงกว่า - เสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษามากกว่า

ตารางที่ 2.2 ข้อดีและข้อเสียเทียบกับเฟือง

ข้อดี	ข้อเสีย
- แก้ปัญหาระยะห่างระหว่างเพลาที่ห่างกันมากๆได้ - มีความไวต่อสิ่งสกปรกน้อยกว่า	- มีความเร็วรอบหรือมีความเร็วขอบน้อยกว่า - ที่ความเร็วรอบสูงจะต้องใช้ตัวประกบการสั่นของโซ่ - เพลาต้องวางให้ขนานกันและส่วนใหญ่วางในแนวนอน

โซ่สามารถส่งกำลังได้ถึง 3700 kW และให้ความเร็วขอบถึง 30 m/s มีอัตราทดได้ถึง 10 เท่า มีประสิทธิภาพ 95-99%

ตารางที่ 2.3 ข้อดีและข้อเสียของการขับด้วยโซ่

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

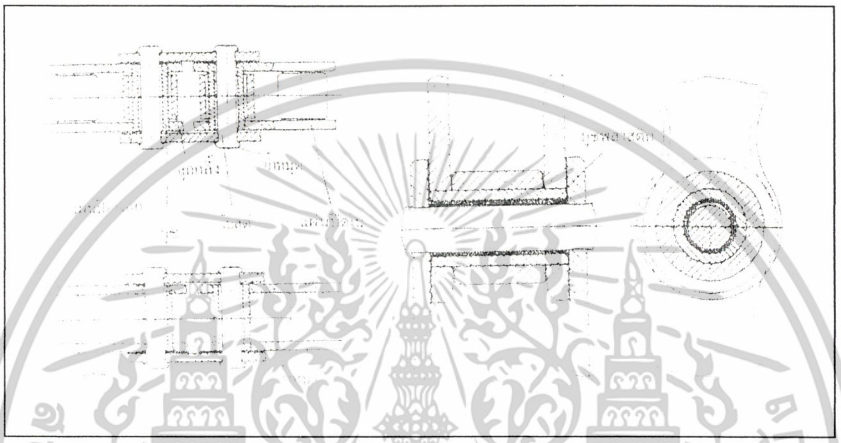
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ชนิดของโซ่ (Chain Types)

ชนิดของโซ่จะแบ่งตามการใช้งานของโซ่ จะนำมาใช้ส่งกำลัง, ลำเลียง, ใช้ขับ, ยกและส่งน้ำหนัก, ส่งถ่ายแรงบิดแบะโมเมนต์บิด โซ่จึงแบ่งตามลักษณะรูปร่างได้ดังนี้

2.4.1.1 โซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูช

โซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูชจะประกอบไปด้วยแผ่นปิดข้างโซ่ด้านนอก และด้านในที่ยึดด้วยบูชและโบลต์เข้าด้วยกัน (ตามรูปที่ 2.6) โซ่ลูกกลิ้งส่วนใหญ่ที่มีการใช้งานจะมีลูกกลิ้งที่ชุบแข็งร้อย (หมุนได้) อยู่ในบุช ลูกกลิ้งนี้จะช่วยลดความเสียดทานและการสึกหรอของด้านข้างของเฟืองโซ่ในขณะที่ล้อของเฟืองโซ่ขับ และมีเสียงดังน้อยมากเมื่อมีความเร็วโซ่สูง



รูปที่ 2.6 ลักษณะภาพประกอบโซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูช พร้อมด้วยสปริงล๊อก

2.4.1.2 โซ่โบลต์

โซ่โบลต์จะมีรูปร่างของแผ่นปิดข้างโซ่ทั้งด้านในและด้านนอกเหมือนกัน โดยร้อยเข้ากับโบลต์ การใช้แผ่นปิดข้างโซ่หลายแผ่นติดกัน (ดังรูปที่ 2.7) จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดึงที่โว่ต้องรับ เมื่อเปรียบเทียบกับโซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูชแล้ว โซ่โบลต์จะมีแรงเสียดทานระหว่างโบลต์กับแผ่นปิดข้างโซ่มากกว่า ด้วยเหตุนี้จึงนิยมนำโซ่โบลต์มาใช้กับงานที่มีความเร็วโซ่ต่ำ โซ่โบลต์มีความมั่นคงแข็งแรงมาก จึงนิยมนำมาใช้งานเป็นโซ่ยกของและการลำเลียง

รูปที่ 2.7 โซ่โบลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.3 โซ่ฟัน

โซ่ฟันจะมีรูปร่างฟันแต่ละข้อชัดเจน ฟันของโซ่จะจับลงในร่องฟันของล้อโซ่พอดี (รูปที่ 2.8 (ค)) โซ่ฟันที่ใช้งานที่รับกำลังงานสูงๆ แผ่นฟันที่ข้อต่อจะไม่ยึดด้วยโบลต์ แต่จะยึดด้วยข้อต่อลูกกลิ้งที่มีความเสียดทานน้อยและทนต่อการสึกหรอได้ดี โซ่ฟันใช้รับกำลังงานได้สูง และแทบจะไม่มีเสียงดังเมื่อมีความเร็วโซ่ถึง 40 m/s

สำหรับล้อโซ่ที่ใช้กับฟันโซ่จะต้องมีจำนวนฟันอย่างน้อยที่สุด 17 ฟัน มิฉะนั้นจะเกิดสัดส่วนการจับของโซ่ฟันที่ไม่เหมาะสมที่ทำให้เกิดแรงเสียดทานมากเพิ่มขึ้นได้ และถ้าใช้งานรับภาระกระแทกแล้วโซ่ฟันจะยืด และมีผลทำให้เกิดสัดส่วนการจับของโซ่ฟันที่ไม่เหมาะสมอีกเช่นกัน

รูปที่ 2.8 โซ่ฟัน

2.4.1.4 โซ่ลำเลียง

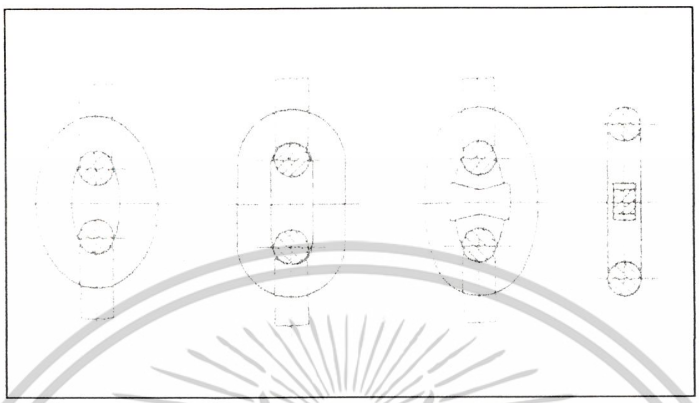
ตามมาตรฐาน DIN 8165 , 8175 ,8176 เป็นโซ่แบบข้อต่อชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่นำพาชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์โดยที่จะออกแบบรูปร่างแผ่นปิดด้านข้างให้มีรูปร่างต่างๆ กัน เพื่อให้สามารถนำพาผลิตภัณฑ์ตามรูปร่างที่ต้องการได้ โซ่ลำเลียงส่วนใหญ่จะนำมาใช้งานให้รับภาระไม่มากนักและมีความเร็วโซ่ต่ำ

รูปที่ 2.9 โซ่ลำเลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.5 โซ่ห่วงกลม

โซ่ห่วงกลมแบ่งตามมาตรฐานได้เป็นโซ่ชนิดสั้น (DIN 766) ชนิดกึ่งยาว (DIN 764) และชนิดยาว (DIN 762) มักนำมาใช้งานเป็นโซ่รับภาระลำเลียงแบบต่อเนื่อง โซ่เหล่านี้ที่ปลายห่วงโซ่แต่ละห่วงจะนิยมเชื่อมต่อด้วยไฟฟ้า



รูปที่ 2.10 โซ่ห่วงกลม

2.4.2 การยึดข้อต่อโซ่

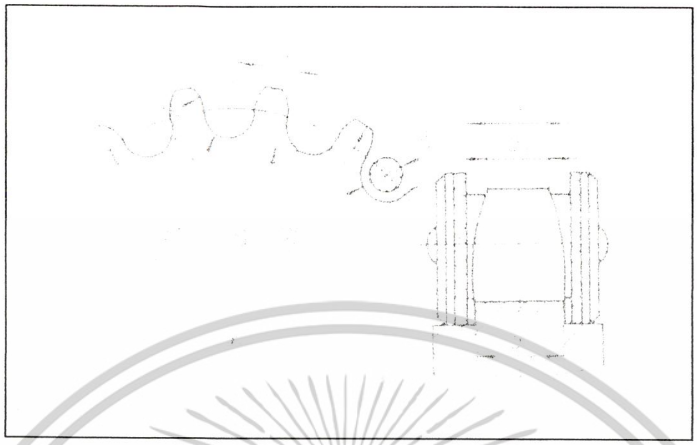
การยึดปลายโซ่ที่จะยึดต่อกันจะสามารถผลิตตามที่ผู้ใช้ต้องการได้โดยจะขอยกตัวอย่างการยึดปลายโซ่ ดังรูปต่อไปนี้

รูปที่ 2.11 รูปแบบการยึดปลายโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ล้อโซ่ (Sprockets)

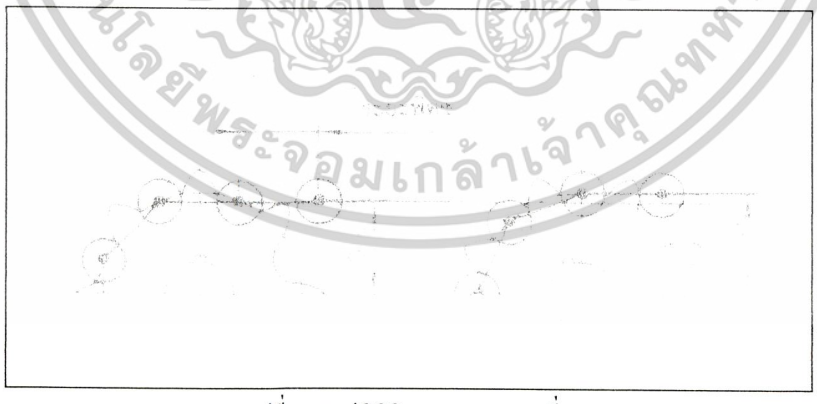
ตามปกติล้อโซ่จะทำจากเหล็กหล่อ เหล็กกล้าหล่อ หรือเหล็กกล้า ส่วนการจัดให้ขับส่งกำลังด้วยโซ่ที่ถูกต้องตามรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ขนาดรูปร่างของล้อโซ่และขนาดโซ่ (ด้านข้าง)

2.4.4 ปฏิกิริยาจากหลายเหลี่ยม (Polygon Effect)

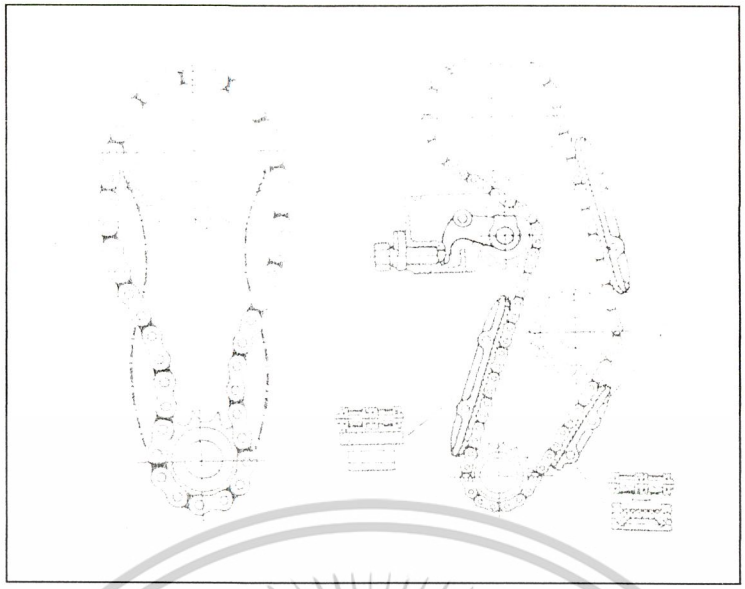
โซ่จะร้อยอยู่บนเฟืองโซ่เป็นรูปหลายเหลี่ยม โซ่ที่สวมอยู่ทุกจุดทุกข้อโซ่จะมีการเบี่ยงเบนของระยะแขนข้อต่อโซ่ นั่นคือทุกจุดที่ข้อต่อโซ่หมุนไป (ดูรูปที่ 2.13 ประกอบ) แรงตามแนววงกลมพิตช์ของเฟืองโซ่ระหว่างระยะรัศมี r_{min} และ r_{max} จะทำให้เกิดความเร็วขอบเป็น v_{min} และ v_{max} ด้วยเช่นกัน ปฏิกิริยาจากหลายเหลี่ยมนี้จะเกิดขึ้นมากหากระยะพิตช์เฟืองโซ่โตมากขึ้นหรือมีจำนวนฟันของเฟืองโซ่น้อยลง ผลของปฏิกิริยาหลายเหลี่ยมก็คือ จะทำให้โซ่เกิดอาการสั่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเร็วสูง แต่การประกบตรึงโซ่ หรือรางเลื่อนจะช่วยระงับการสั่นนี้ได้ (ดูรูปที่ 2.13 ประกอบ)



รูปที่ 2.13 ปฏิกิริยาจากหลายเหลี่ยม

นอกจากนี้อุปกรณ์ตรึงโซ่ยังใช้ทำหน้าที่ช่วยให้เกิดสมดุลในระหว่างทำงานไปนานๆ แต่จะทำให้เกิดการสึกหรอหรือเกิดการยืดตัวของโซ่ได้

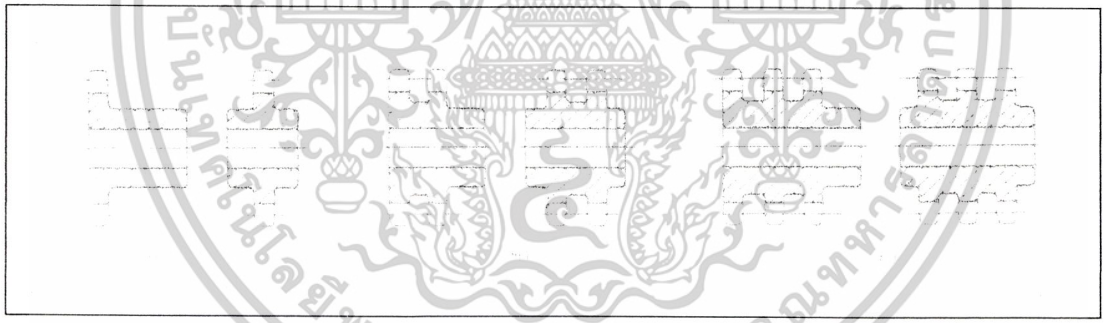
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 อุปกรณ์จับยึดโซ่

2.4.5 ลักษณะรูปร่างของล้อโซ่

ล้อโซ่จะมีขนาดเล็กและโตแตกต่างกันโดยจะสัมพันธ์กับภาระใช้งาน ดังนั้นล้อโซ่จึงสามารถผลิตจากวัสดุและวิธีการต่างๆ เช่น ล้อโซ่ขนาดเล็กจะผลิตโดยการกลึงเหล็กกล้ารีดขึ้นรูป ส่วนล้อโซ่ขนาดโตๆ จะนิยมทำการยึดดุมล้อ (Hub) กับแผ่นล้อด้วยสกรูหรือการเชื่อมประสาน สำหรับล้อโซ่ขนาดโตมากๆ จะขึ้นรูปด้วยการหล่อขึ้นรูป



รูปที่ 2.15 รูปร่างของโซ่ขนาดต่างๆ

2.4.6 จำนวนฟันโซ่และความเร็วโซ่ใช้งาน

โดยปกติแล้วนั้นฟันโซ่จะเป็นจำนวนคี่ สำหรับงานส่งกำลังด้วยโซ่จะมีเกณฑ์กำหนดดังต่อไปนี้

2.4.6.1 ล้อโซ่ตัวเล็ก

Z1 = 9...11 ใช้กับความเร็วโซ่ (v) ต่ำกว่า 4 m/s

Z1 = 11...13 ใช้กับความเร็วโซ่ (v) ถึง 4 m/s รับภาระไม่หนักมาก

Z1 = 14...16 ใช้กับความเร็วโซ่ (v) ถึง 7 m/s รับภาระปานกลาง

Z1 = 17...25 ใช้กับความเร็วโซ่ (v) ถึง 24 m/s รับภาระมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4.6.2 ล้อโซ่ตัวใหญ่

Z2 = 30...80 มีใช้งานทั่วไป

Z2 = ...120 เป็นล้อโซ่ที่มีจำนวนฟันมากที่สุด

Z2 = ...150 ใช้งานในกรณีพิเศษ ควรหลีกเลี่ยง

โดยทั่วไปจะกำหนดให้มีอัตราทดของระบบโซ่กำลัง $i < 7$ หรือ $i = 10$ แต่ต้องใช้งานที่มีความเร็วโซ่ต่ำ

2.4.6.3 จำนวนฟันล้อโซ่มาตรฐานที่นิยมใช้งาน

1. สำหรับล้อโซ่ขนาดเล็ก (13), (15), 17, 19, 21, 23, 25
2. สำหรับล้อโซ่ขนาดโต 38, 57, 76, 95, 114

จำนวนฟันที่อยู่ใน ( ) ถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยง

2.4.7 การส่งกำลังโซ่

การส่งกำลังในขณะที่ทำการส่งกำลังในแนวเส้นสัมผัส F_t ที่เกิดจากโซ่ที่กระทำกับฟันเฟืองโซ่ มีลักษณะดังรูปที่ 2.16 ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงตามแนวยาวของโซ่ F_t จะลดลงจากฟันหนึ่งไปยังอีกฟันหนึ่ง แผนภาพของแรงดังรูปจะสร้างขึ้นโดยถือว่าที่ข้อต่อทุกข้อ ผลรวมของแรงบนข้อต่อตามแนวยาว F_t และในแนวตั้งฉากกับ F_N จะมีค่าเท่ากับศูนย์ จะเห็นได้ว่าถ้ามุมสัมผัสกับโซ่กับเฟืองโซ่มีค่าน้อย และมุมกด γ มีค่ามาก จะมีแรงหลงเหลืออยู่ในโซ่ทางด้านหย่อนมาก (แรง F_{14})

รูปที่ 2.16 การส่งกำลังจากเฟืองโซ่ไปยังโซ่โรลเลอร์

แรงตามแนวยาวของโซ่ F_t เป็นแรงที่ทำให้โซ่ยืด ถ้ามีค่าน้อย โซ่ก็จะยืดน้อย มุมที่ข้อต่อโซ่หมุนไปในขณะขับโดยเฟืองโซ่มีค่าเท่ากับ 180 องศา หารด้วยจำนวนฟัน z ของเฟืองโซ่ ดังนั้นถ้าโซ่มีจำนวนฟันน้อย มุมหมุนของข้อต่อโซ่จะมีมาก ทำให้เกิดกาสึกหรอที่บูชและสลักมากขึ้น และถ้าเฟืองโซ่มีระยะพิตช์เท่ากัน เฟืองโซ่ที่โตกว่าจะส่งกำลังได้น้อยกว่าเฟืองโซ่เล็ก ซึ่งในทางปฏิบัติจึงได้มีข้อแนะนำในการเลือกใช้จำนวนฟันของเฟืองโซ่ดังนี้ คือ

ความเร็วต่ำมาก	$z_{min} = 12$
ความเร็วต่ำ	$z_{min} = 17$
ความเร็วต่ำปานกลาง	$z_{min} = 21$
ความเร็วต่ำสูง	$z_{min} = 25$
สำหรับการขับเพื่อทดเพิ่มความเร็ว ให้ใช้	$z_{min} = 23$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
49873

โดยปกติแล้วมักจะใช้จำนวนฟันของเฟืองโซ่เป็นเลขคี่ และจำนวนข้อต่อโซ่เป็นเลขคู่ เพื่อที่จะช่วยในการกระจายความถี่ในการสัมผัสกันระหว่างฟันของเฟืองโซ่กับข้อต่อโซ่น้อยลง ช่วยให้โซ่มีประสิทธิภาพ และมีการสึกหรอสม่ำเสมอ

2.4.7.1 แรงในแนวสัมผัส

ในการส่งกำลังถ้าโซ่รับแรงสม่ำเสมอและเฟืองโซ่หมุนด้วยความเร็วเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ v และมีแรงในแนวสัมผัส F_t ซึ่งจะหาได้จากกำลังที่ส่ง W_p ที่ต้องการส่ง T

ความเร็วของโซ่หาได้จาก

$$V = \pi \cdot d \cdot n = p_c \cdot z \cdot n = p \cdot z \cdot n \tag{2.8}$$

แรงในแนวเส้นสัมผัส

$$F_t = W_p / v \tag{2.9}$$

หรือ
$$F_t = 2\pi \cdot n \cdot T / v \approx 2\pi \cdot n \cdot T / p \cdot z \cdot n = 2\pi \cdot T / z \cdot n = 2T/d \tag{2.10}$$

โดยที่ F_t = แรงในแนวเส้นสัมผัส

W_p = กำลังงาน

T = โมเมนต์บิด

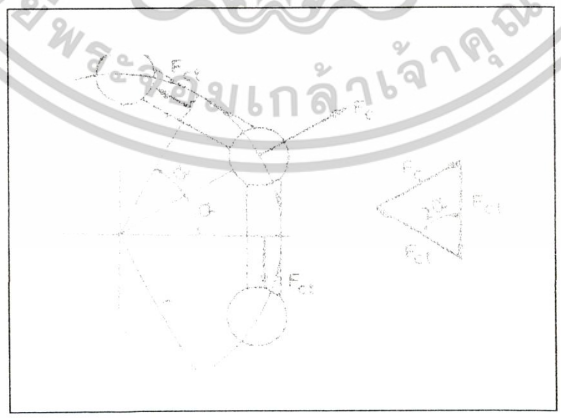
V = ความเร็วขอบของเฟืองโซ่

z = จำนวนฟันของเฟืองโซ่

n = ความเร็วรอบของเฟืองโซ่

2.4.7.2 แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

ในขณะที่ส่งกำลังที่ข้อต่อโซ่จะมีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางในแนวรัศมีของเฟืองโซ่ ดังรูปที่ 2.17 ซึ่งมีค่าเท่ากับ



รูปที่ 2.17 การแยกแรงหนีศูนย์กลาง F_c ออกเป็นแรงย่อย F_{ct}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_c = m \cdot r\omega^2 = mv^2/r = wv^2/g \cdot 2 \sin \alpha \quad (2.11)$$

โดยที่ F_c = แรงหนีศูนย์กลางในแนวรัศมี

w = น้ำหนักโซ่ต่อความยาวหนึ่งมวล

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

เมื่อแยกแรงนี้ออกเป็นแรงย่อยในแนวของข้อต่อโซ่ F_{ct} จะได้ว่า

$$0.5\ F_c/F_{ct} = \sin \alpha$$

ดังนั้น $$F_{ct} = F_c/2 \sin \alpha = wv^2/g \quad (2.12)$$

จะเห็นได้ว่า F_{ct} ไม่ขึ้นอยู่กับมุม α และจำนวนฟันของเฟืองโซ่ แต่จะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ v เป็นสำคัญ

และ $$F = F_t + F_{ct} \quad (2.13)$$

2.4.8 โซ่มาตราฐาน

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

ในทางปฏิบัติ การคำนวณหาขนาดโซ่มักจะใช้วิธีการเลือกขนาดโซ่จากแคตตาล็อกของบริษัทผู้ผลิตโซ่ โดยทำตามคำแนะนำในแคตตาล็อกนั้น หลังจากที่เลือกขนาดโซ่ได้แล้วอาจตรวจสอบว่าโซ่จะใช้งานได้หรือไม่ด้วยสมการ

$$F = \frac{F_b}{N_b} \quad (2.14)$$

โดยที่ F_b = แรงแจกหักน้อยที่สุดของโซ่

N_b = ค่าความปลอดภัยมีค่าระหว่าง 7 ถึง 15 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.4 โซ่โรลเลอร์ตามมาตราฐาน ISO/R 606-1976 (E) (ขนาดเป็น mm)

โซ่	ฟิตช์	d_1	b_1	d_2	b_3	แรงแตกหัก KN		
ISO	P	max	min	max	min	หนึ่งชั้น	สองชั้น	สามชั้น
05B	8.00	5.00	3.00	2.31	4.90	4.51	7.85	11.18
06B	9.525	6.35	5.72	3.28	8.66	8.93	16.97	24.92
08A	12.70	7.95	7.95	3.96	11.31	13.83	27.66	41.50
08B	12.70	8.51	7.75	4.45	11.43	17.85	31.20	44.54
10A	15.875	10.16	9.53	5.08	13.97	21.78	43.56	65.33
10B	15.875	10.16	9.65	5.08	13.41	22.27	44.54	66.81
12A	19.05	11.91	12.70	5.94	17.88	31.20	62.39	93.59
12B	19.05	12.07	11.68	5.72	15.75	28.94	57.88	86.82
16A	25.40	15.88	15.88	7.92	22.74	55.62	111.25	166.87
16B	25.40	15.88	17.02	8.28	25.58	42.28	84.56	126.84
20A	31.75	19.05	19.05	9.53	27.59	86.82	173.64	260.46
20B	31.75	19.05	19.56	10.19	29.14	64.55	129.10	193.65
24A	38.10	22.23	25.40	11.10	25.59	124.59	249.17	373.76
24B	38.10	25.40	25.40	14.63	38.05	97.90	195.81	293.71
28A	44.45	25.40	25.40	12.70	37.32	169.12	338.25	507.37
28B	44.45	27.94	30.99	15.90	46.41	129.10	258.20	387.30
32A	50.80	28.58	31.75	14.27	45.34	222.49	444.98	667.47
32B	50.80	29.21	30.99	17.81	45.70	169.12	338.25	507.37
40A	63.50	39.68	38.10	19.84	55.02	347.08	694.16	1041.23
40B	63.50	39.37	38.10	22.89	55.88	262.61	525.23	787.84
48A	76.20	47.63	47.63	23.80	67.95	500.60	1001.21	1501.81
48B	76.20	48.26	45.72	29.24	70.69	400.54	800.99	1201.43
56B	88.90	53.98	53.34	34.32	81.46	542.89	1085.77	-
64B	101.60	63.50	60.96	39.40	92.15	712.01	1423.92	-
72B	114.30	72.39	68.58	44.48	103.94	898.89	1797.78	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.5 มวลของโซ่โรลเล่อร์ต่อความยาว

โซ่	มวลของโซ่ , kg/m			โซ่	มวลของโซ่ , kg/m			
ISO	หนึ่งชั้น	สองชั้น	สามชั้น	ISO	หนึ่งชั้น	สองชั้น	สามชั้น	สี่ชั้น
06B	0.39	0.74	1.10	06A	0.33	0.65	0.98	
08B	0.68	1.34	1.99	08A	0.61	1.22	1.83	2.44
10B	0.85	1.70	2.55	10A	0.98	1.96	2.95	3.93
12B	1.16	2.31	3.45	12A	1.59	3.05	4.54	6.10
16B	2.71	5.42	8.13	16A	2.50	5.00	7.50	10.00
20B	3.70	7.40	11.10	20A	3.68	7.35	11.03	14.70
24B	6.70	13.75	20.75	24A	5.54	11.07	16.61	22.14
28B	8.25	16.80	25.40	28A	7.52	15.00	22.60	30.10
32B	9.22	18.45	27.67	32A	9.67	19.34	29.02	38.69
40B	15.48	31.55	47.62	40A	15.48	30.95	46.43	61.90
48B	24.71	50.00	75.45	48A				
56B	33.20	67.60		56A				
64B	44.64	89.29		64A				
72B	59.50			72A				

2.4.9 ขั้นตอนการเลือกขนาดโซ่

ขั้นตอนการเลือกขนาดโซ่มีดังนี้ คือ

ก. หาจำนวนฟันของพิเนียน (คือจำนวนฟันบนเฟืองโซ่เล็ก)

- ในการขับล่อนมากจะใช้จำนวนพิตช์ของโซ่เป็นเลขคู่ และใช้พินเนียนที่มีฟันเป็นเลขคี่
- โดยทั่วไปถ้าขับอย่างสม่ำเสมอไม่ควรมันน้อยกว่า 17 ฟันเฟือง เนื่องจากโซ่จะวางตัวบนพิเนียนในลักษณะของรูปสามเหลี่ยม ทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งผลที่เกิดขึ้นจะน้อยมาก เมื่อพิเนียนมีจำนวนฟันมากขึ้น นั่นคือ เมื่อมีมากกว่า 17 ฟัน
- ถ้ามีการกระตุกเล็กน้อยควรใช้พิเนียนที่มีจำนวนฟันอย่างน้อย 23 ฟัน พิเนียนควรผ่านกรรมวิธีทางความร้อนให้มีความแข็งแรง HV 10-550

ข. ตัวประกอบใช้งาน Ns สำหรับโซ่เพื่อใช้ประกอบในการเลือกขนาดโซ่ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะการใช้งาน

กลุ่มที่ 1 แรงกระทำสม่ำเสมอ เช่น

เครื่องกวนและเครื่องผสมของเหลว กึ่งของเหลว

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องเป่าแบบหอยโข่ง (centrifugal blower)

พัดลมขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอัดอากาศแบบหอยโข่ง

อุปกรณ์ลำเลียง ลิฟท์

บรรไดเลื่อน

เครื่องจักรในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม เช่น

เครื่องบรรจุขวด

เครื่องบรรจุกระป๋อง

เครื่องสูบแบบเฟือง

เครื่องสูบแบบโรตารี่

ตัวประกอบใช้งานในกลุ่มนี้ดูได้จากตาราง 2.6

ตารางที่ 2.6 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำสม่ำเสมอ

โซ่โรลเลอร์แบบ B				โซ่โรลเลอร์แบบ A			
จำนวนฟันบนพิเนียน	อุปกรณ์ขับ			จำนวนฟันบนพิเนียน	อุปกรณ์ขับ		
	สม่ำเสมอ	กระตุกปานกลาง	กระตุกมาก		สม่ำเสมอ	กระตุกปานกลาง	กระตุกมาก
ใช้กับแผนภูมิ รูป 2.15				ใช้กับแผนภูมิ รูป 2.16			
11	1.72	2.16	2.59	11	1.41	1.41	1.69
12	1.59	1.98	2.38	12	1.28	1.25	1.54
13	1.47	1.84	2.21	13	1.19	1.19	1.43
14	1.35	1.69	2.03	14	1.10	1.10	1.32
15	1.27	1.58	1.90	15	1.00	1.00	1.20
16	1.19	1.49	1.79	16	0.93	0.93	1.11
17	1.12	1.40	1.69	17	0.86	0.86	1.03
18	1.05	1.63	1.58	18	0.81	0.81	0.98
19	1.00	1.25	1.50	ใช้กับแผนภูมิ รูป 2.17			
20	0.95	1.19	1.43	19	1.00	1.00	1.20
21	0.91	1.14	1.36	20	0.93	0.93	1.12
22	0.86	1.08	1.29	20	0.93	0.93	1.12
23	0.83	1.03	1.24	21	0.88	0.88	1.06
24	0.79	0.99	1.19	22	0.84	0.84	1.01
25	0.76	0.95	1.14	23	0.80	0.80	0.96
				24	0.75	0.78	0.93
				25	0.75	0.75	0.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* สม่ำเสมอ : มอเตอร์ไฟฟ้า กระตุกปานกลาง : เครื่องยนต์หลายสูบ
กระตุกมาก : เครื่องยนต์หนึ่งสูบ

** ประเภท I : เครื่องยนต์ต่อผ่านไฮดรอลิคคัปปลิง
ประเภท II : มอเตอร์ไฟฟ้าหรือกังหัน
ประเภท III : เครื่องยนต์ต่อผ่านอุปกรณ์ทางกล

กลุ่มที่ 2 แรงกระทำที่มีการกระตุกปานกลาง เช่น
เครื่องกวนและเครื่องผสมของเหลงกับของแข็งหรือของผสมที่มีความหนาแน่นเปลี่ยนแปลง
เครื่องเป่าแบบหอยโข่งความดันสูง พัดลมในงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่
เครื่องม้วนสายเคเบิล (cable reels)
เครื่องผสมซีเมนต์
เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบที่มีลูกสูบตั้งแต่สามลูกสูบขึ้นไป
อุปกรณ์ลำเลียงและลิฟท์ที่มีอัตราการลำเลียงไม่สม่ำเสมอ
ปั้นจั่นและรอกขนาดใหญ่
เครื่องจักรในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม
เครื่องมือกล เช่น เครื่องรีด เครื่องกลึง เครื่องวัด
เครื่องจักรที่ใช้ผลิตกระดาษ เช่น เครื่องผสมเยื่อกระดาษ เครื่องรีดกระดาษ
เครื่องสูบแบบลูกสูบที่มีลูกสูบตั้งแต่สามลูกสูบขึ้นไป
เตาเผาแบบหมุน (rotart klin)
เครื่องรีดโลหะ
เครื่องจักรกลงานไม้ เช่น เครื่องเลื่อยไม้

ตัวประกอบใช้งานในกลุ่มนี้ดูได้จากตาราง 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำที่มีการกระทำกระตุกปานกลาง

โซ่โรลเลอร์แบบ B				โซ่โรลเลอร์แบบ A			
จำนวนฟันบนพิเนียน	อุปกรณ์ขับ *			จำนวนฟันบนพิเนียน	อุปกรณ์ขับ **		
	สม่ำเสมอ	กระตุกปานกลาง	กระตุกมาก		สม่ำเสมอ	กระตุกปานกลาง	กระตุกมาก
ใช้กับแผนภูมิ รูป 2.15				ใช้กับแผนภูมิ รูป 2.16			
11	2.16	2.59	3.02	11	1.69	1.83	1.97
12	1.95	2.38	2.78	12	1.54	1.67	1.79
13	1.84	2.21	2.57	13	1.43	1.55	1.67
14	1.69	2.03	2.36	14	1.32	1.43	1.54
15	1.58	1.90	2.22	15	1.20	1.30	1.40
16	1.49	1.79	2.08	16	1.11	1.20	1.30
17	1.40	1.69	1.97	17	1.03	1.12	1.21
18	1.32	1.58	1.84	18	0.98	1.06	1.14
19	1.25	1.50	1.75	ใช้กับแผนภูมิ รูป 2.17			
20	1.19	143	1.67	19	1.20	1.30	1.40
21	1.14	1.36	1.59	20	1.12	1.21	1.31
22	1.08	1.29	1.51	21	1.06	1.15	1.24
23	1.03	1.24	1.45	22	1.01	1.09	1.18
24	0.99	1.19	1.39	23	0.96	1.04	1.12
25	0.95	1.14	1.33	24	0.93	1.01	1.09
				25	0.90	0.97	1.04

กลุ่มที่ 3 แรงกระทำมีการกระตุกมาก เช่น

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เช่น เครื่องเชื่อมไฟฟ้า

เครื่องเป่าและพัดลมแบบ Positive displacement

เครื่องจักรกลในโรงงานน้ำตาล

เครื่องยกรถและลากรถ

เครื่องบดซีเมนต์

เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบที่มีลูกสูบหนึ่งหรือสองลูกสูบ

อุปกรณ์ลำเลียง ลิฟท์แบบเลื่อนไปกลับ และแบบเขย่า

เครื่องมือกล เช่น เครื่องไส

เครื่องจักรกลในเหมืองแร่

ตัวประกอบใช้งานในกลุ่มนี้ดูได้จากตาราง 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำที่มีการกระตุกมาก

โซ่โรลเลอร์แบบ B				โซ่โรลเลอร์แบบ A			
จำนวนฟันบนพิเนียน	อุปกรณ์ขับ *			จำนวนฟันบนพิเนียน	อุปกรณ์ขับ **		
	สม่ำเสมอ	กระตุกปานกลาง	กระตุกมาก		สม่ำเสมอ	กระตุกปานกลาง	กระตุกมาก
ใช้กับแผนภูมิ รูป 2.15				ใช้กับแผนภูมิ รูป 2.16			
11	3.02	3.45	3.88	11	1.97	2.11	2.39
12	2.78	3.17	3.57	12	1.79	1.92	2.18
13	2.57	2.94	3.31	13	1.67	1.79	2.02
14	2.36	2.70	3.04	14	1.54	1.65	1.87
15	2.22	2.53	2.85	15	1.40	1.50	1.70
16	2.08	2.38	2.68	16	130	1.39	1.57
17	1.97	2.25	2.53	17	1.21	1.29	1.47
18	1.84	2.11	2.37	18	1.14	1.22	1.38
19	1.75	2.00	2.25	ใช้กับแผนภูมิ รูป 2.17			
20	1.67	1.90	2.14	19	1.40	1.50	1.70
21	1.59	1.82	2.05	20	1.31	1.40	1.59
22	1.51	1.72	1.94	21	1.24	1.33	1.50
23	1.45	1.65	1.86	22	1.18	1.26	1.43
24	1.39	1.59	1.79	23	1.12	1.20	1.36
25	1.33	1.52	1.70	24	1.09	1.16	1.32
				25	1.04	1.12	1.27

ค. คำนวณหาอัตราทดที่ต้องการได้จากอัตราทด

$$M_W = \frac{\text{ความเร็วรอบของเพลารอบสูง}}{\text{ความเร็วรอบของเพลารอบต่ำ}} = \frac{n_1}{n_2} \qquad (2.15)$$

ง. คำนวณหาจำนวนฟันบนเฟืองโซ่ใหญ่ โดยการคูณจำนวนฟันบนพิเนียนด้วยอัตราทด ถ้าจำนวนฟันที่ได้ไม่เหมาะสมก็ให้เลือกใช้พิเนียนที่มีจำนวนมากขึ้น และมีอัตราทดตามต้องการ เพื่อให้โซ่มีอายุการใช้งานอย่างอำนวยประโยชน์ที่สุด จำนวนฟันของเฟืองไม่ควรมากกว่า 120 ฟัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 จำนวนฟันของเฟืองโซ่

11	12	13	14	15	17	19	20	21	23
25	27	30	38	57	76	95	114	150	

จ. คำนวณหากำลังที่ใช้เลือกโซ่ P โดยการคูณกำลังที่ต้องการส่งด้วยตัวประกอบใช้งานที่หาได้จากข้อ 2 จะได้

$$p = W_p . N_s \tag{2.16}$$

ฉ. เลือกขนาดโซ่ที่ต้องการโดยพิจารณารูป 2.13 , 2.14 , 2.15 ในช่องหมายเลข 1 โดยพยายามเลือกใช้โซ่ที่มีระยะพิตช์น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ก่อน ด้วยการใช้ความเร็วรอบของพิเนียนในการเลือก ซึ่งจะได้โซ่ที่ประหยัดที่สุด ถ้าต้องการให้มีขนาดกะทัดรัด ใช้งานได้ที่ความเร็วสูง และขับได้อย่างราบรื่น ก็ควรใช้โซ่หลายชิ้นที่มีระยะพิตช์น้อย

เมื่อกำลังที่มีการพิเนียนส่งมีค่ามากกว่าค่าในช่องหมายเลข 1 ก็อาจเลือกใช้โซ่หลายชั้นในช่องหมายเลข 2 , 3 และ 4 ตามลำดับ สำหรับโซ่ในแผนภูมิทั้งสามที่กล่าวมานี้ ถ้าใช้งานอย่างเต็มที่จะมีอายุการใช้งานประมาณ 15,000 ชั่วโมง

ช. คำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่ และความยาวโซ่ เพื่อให้โซ่มีอายุการใช้งานอย่างอำนวยประโยชน์ที่สุด ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่ควรอยู่ระหว่าง 30 ถึง 50 เฟก ของระยะพิตช์โซ่

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่ C ที่แนะนำให้ใช้ดูได้จากตาราง 2.10

ตารางที่ 2.10 ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่ C

ระยะพิตช์ Mm	ระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง Mm	ระยะพิตช์ mm	ระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง Mm
9.525	450	38.10	1350
12.70	600	44.45	1500
15.875	750	50.80	1700
19.05	900	63.50	1800
25.40	1000	46.20	2000
31.75	1200		

เมื่อทราบระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่โดยประมาณแล้ว ก็อาจหาจำนวนข้อต่อโซ่ได้จากสมการ

$$X = \frac{2C}{P} + \frac{Z+z}{2} + \frac{(Z-z)^2 p}{2\pi C} \tag{2.17}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ X = จำนวนข้อโซ่หรือจำนวนพิตช์ของโซ่ (ต้องเป็นเลขคู่)

C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่

P = ระยะพิตช์ของโซ่

z = จำนวนฟันบนพิเนียน

Z = จำนวนฟันบนเฟืองโซ่

2.5 แบริ่ง

2.5.1 การแบ่งประเภทของแบริ่ง

การแบ่งประเภทของกาบเพลาะพิจารณาได้หลายทาง เช่น เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างของเพลาบริเวณที่กาบเพลาหุ้มอยู่ การแบ่งแบบนี้ หรือเมื่อพิจารณาตามชนิดของรองลื่น จะแบ่งได้เป็น

2.5.1.1 รองลื่นรัศมี ซึ่งอาจแบ่งย่อยออกไปอีกเป็น

1) แบบที่อยู่กับที่ ซึ่งอาจจะมีรูปเป็นแบบทรงกรบอก ทรงกระบอกผ่าซีกส่วนหนึ่งของทรงกระบอก หรือแบบรูปรี ๆ

2) แบบมิเชล (Michel type)

2.5.1.2 กาบเพลากันรุน แบ่งย่อยออกไปอีกเป็น

1) แบบไพวอท (pivot type)

2) แบบมีบ่า

3) แบบมิเชล

2.5.1.3 กาบเพลาแบบพิเศษ (แบบทรงกลม, ฯลฯ)

ถ้าแบ่งตามวิธีการใช้งาน อาจแบ่งออกเป็น

1) แบบที่ใช้งานทั่ว ๆ ไป

2) รองลื่นประธานที่ใช้กับเพลาข้อเหวี่ยง

3) รองลื่นประธานที่ใช้กับเครื่องมือกล และ

4) รองลื่นสำหรับล้อรถไฟ

รองลื่นที่นิยมใช้กับรถยนต์ยังอาจจะแยกออกไปอีกเป็น

1) กาบเพลาแบบทั่ว ๆ ไป (บางครั้งเรียกปลอก)

2) รองลื่นทำจากผงโลหะอัด

3) รองลื่นพลาสติก

4)

2.5.2 วัสดุที่ใช้ทำรองลื่น

วัสดุที่ใช้ทำรองลื่นควรจะมีลักษณะและคุณสมบัติตามนี้

1) จะต้องมีความแข็งแรงพอ (ความต้านทานต่อโลดและการล้าตัว)

2) จะต้องมีคุณสมบัติปรับตัวให้เข้ากับการโก่งของเพลา

3) มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง

4) จะต้องมีคุณสมบัติต้านการเกาะติดกับเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ทนทานต่อการสึกหรอได้พอประมาณ

6) สามารถอม ปล่อยฝุ่นผงให้จมลงไปในเนื้อรองลื่น

7) ราคาถูก

8) ไม่ค่อยจะเปลี่ยนคุณสมบัติไปตามอุณหภูมิ

แต่ในทางปฏิบัติ วัสดุใด ๆ ที่มีคุณสมบัติครบตามนี้จริง ๆ ค่อนข้างจะหาได้ยาก

2.5.3 วัสดุสำหรับรองลื่นที่ใช้งานทั่ว ๆ ไป

ก) ทองแดงผสม รวมทั้งพวกสัมฤทธิ์ ตะกั่วสัมฤทธิ์ พวกนี้มีความแข็งแรง ทนต่อการกัดกร่อน ต้านทานต่อการล้าตัว และมีคุณสมบัติที่เป็นตัวนำดีเยี่ยม ความแข็งแกร่งของทองแดงผสม ทำให้มีคุณสมบัติทำรองลื่นของเครื่องมือกลได้อย่างดีเยี่ยม และถ้ามีตะกั่วผสมอยู่มากจะทำให้มีคุณสมบัติในการต้านการเกาะติดกับเพลาดีขึ้น

ข) โลหะขาว รวมทั้งโลหะขาวที่มีดีบุกเป็นเนื้อหลัก (โดยทั่ว ๆ ไปมักเรียกรวมกันกว่า โลหะแบบบิท (babbit metal)) และโลหะขาวที่มีตะกั่วเป็นเนื้อหลักใช้เคลือบลงบนผิวของโครงโลหะ

วัสดุที่ใช้ทำรองลื่นดังกล่าวข้างต้น ได้รับการพัฒนาให้มีคุณสมบัติขึ้นโดยการผสมสารบางอย่างเข้าไป เช่น ดีบุก ทองแดง ถึงแม้ว่าสารเหล่านี้จะไปทำให้ความแข็งแรง และความต้านทานการล้าตัว หรือความต้านต่ออุณหภูมิสูงลดลงก็ตาม แต่ก็ทำให้ความต้านทานต่อการกัดกร่อนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มตะกั่วเข้าไป จะทำให้คุณสมบัติการปรับตัวให้เข้ากับการโก่งของเพลาดีขึ้น

2.5.4 รองลื่นกันรุน

รองลื่นกันรุน ใช้สำหรับรับโลดในทางแนวแกนของเพลา แบ่งออกได้เป็นแบบใหญ่ ๆ 2 แบบ คือ รองลื่นกันรุนแบบไพวอท (thrust bearing) และแบบเพลามีบ่า สำหรับรองลื่นกันรุนแบบไพวอทความดันที่เกิดขึ้นที่ผิวหน้าของรองลื่นจะมีค่ามากขึ้น เมื่อเข้าใกล้จุดศูนย์กลางของรองลื่น ดังนั้น จึงต้องมีการทำรอยเว้าไว้ที่บริเวณจุดศูนย์กลาง และถ้าให้ d_1 (มม.) เป็นขนาดของเพลาส่วนที่มีรองลื่นรองรับ d_2 (มม.) เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยเว้า จะได้

$$d_2 = (0.5 - 0.7)d_1 \qquad (2.18)$$

เนื่องจากรัศมีเฉลี่ยของเพลาส่วนที่มีรองลื่นรองรับ คือ

$\frac{(d_1 + d_2)}{4}$, (สำหรับเพลาที่ไม่มีรอยเว้า, $d_2 = 0$) โมเมนต์ของแรงความเสียดทาน M_f (กก.เมตร) จะหาได้

โดย

$$M_f = \frac{\mu W(d_1 + d_2)}{4000} \qquad (2.19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ H_f = งานความเสียดทานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา

และ N = เป็นความเร็วของเพลา (รอบ / นาที) แล้ว จะได้

$$H_f = \frac{M_f\left(\frac{2\pi(n)}{60}\right)}{\left(\frac{\pi}{4}\right)\left(d_1^2 - d_2^2\right)}$$

$$= \frac{\mu WN}{30000\left(d_1 - d_2\right)} \quad ; (\text{กก.เมตร/มม.}^2 \text{ วินาที}) \tag{2.20}$$

$$d_1 - d_2 = \frac{\mu WN}{30000H_f} = \frac{WN}{C} \tag{2.21}$$

โดย $$C = \frac{30000H_f}{\mu}$$

ให้ υ_n (เมตร/วินาที) = ความเร็วที่เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย

$$\upsilon_n = \frac{\pi\left(d_1 + d_2\right)N}{2 \times 60 \times 1000}$$

ดังนั้น $$\left(\rho\upsilon_n\right) = \frac{C}{30000} \tag{2.22}$$

2.5.5 การนำน้ำมันเข้าไปหล่อลื่นรองลื่นกาบเพลา

การเลือกวิธีการนำน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปหล่อลื่นนั้น ต้องพิจารณาถึงโครงสร้าง สภาพการใช้งาน และตำแหน่งรองลื่นเป็นสำคัญ ส่วนตำแหน่งและที่ตั้งของจุดที่จะนำน้ำมันเข้า รูปร่าง และความหยาบที่ผิวของร่องน้ำมันเป็นแฟคเตอร์ที่สำคัญรองลงมา การเลือกวิธีการนำน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปหล่อลื่น จะออกแบบโดยอาศัยประสบการณ์เสียมากกว่า

(1) ใช้มือนำน้ำมันเข้า

เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันในกรณีที่โหลดน้อย ความเร็วต่ำ หรืองานที่มีการใช้งานไม่บ่อยมากนัก แต่แบบนี้มีข้อเสียที่ว่าน้ำมันหล่อลื่นที่เข้าไปไม่สม่ำเสมอ

(2) การปล่อยให้หยดลงมา

น้ำมันหล่อลื่นที่บรรจุอยู่ในถังเก็บ และจะค่อยๆ หยดผ่านลิ้นรูปเข็ม (needle valve) ลงมาในอัตราส่วนที่ค่อนข้างจะแน่นอน วิธีนี้มักใช้กับพวกที่มีโหลดน้อยถึงปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) แบบซึมผ่านไส้ตะเกียง

น้ำมันที่เข้าไปหล่อลื่นจะซึมผ่านไส้ตะเกียงที่จ่มอยู่ในถ้วยบรรจุน้ำมันหล่อลื่น น้ำมันที่ขึ้นมาจะถูกกรองผ่านไส้ตะเกียงขึ้นมา ที่ใช้ของวิธีนี้ก็เช่นเดียวกับวิธีที่สอง

(4) แบบวิดสาด

แบบนี้น้ำมันหล่อลื่นจะบรรจุอยู่ในอ่างน้ำมัน และจะถูกวิดสาดขึ้นมาหล่อเลี้ยงบริเวณที่จะทำการหล่อลื่นวิธีนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่นการหล่อลื่นลูกสูบและกระบอกสูบของเครื่องยนต์สันดาปภายในแบบหมุนเร็ว

(5) แบบวงแหวนน้ำมัน

น้ำมันหล่อลื่นจะถูกนำเข้าไปโดยการหมุนของวงแหวนน้ำมันที่ประกบติดกับเพลา วิธีนี้ใช้กับการใช้งานขนาดปานกลาง

(6) แบบใช้ปั๊มน้ำมัน

โดยการใช้ปั๊มอัดน้ำมันเข้าไปในรองลื่นโดยตรง วิธีนี้ใช้กับงานที่ปราณีต และน้ำมันเข้าไปได้ยาก เช่น ที่รองลื่นประธานของเครื่องยนต์หมุนเร็วต่างๆ แบบใช้ปั๊มน้ำมันที่เหมาะกับงานประเภทที่ต้องการความเร็วสูง และรับโหลดหนักๆ

(7) แบบใช้แรงโน้มถ่วง

น้ำมันจะอยู่ในถังที่ตั้งอยู่สูงกว่ารองลื่น และจะค่อย ๆ หยดลงมาโดยแรงโน้มถ่วงของโลก วิธีนี้ใช้กับงานที่ทำงานด้วยความเร็วปานกลาง-ค่อนข้างสูง หรือที่ความเร็วที่ผิวเพลาประมาณ 10-15 (เมตร/วินาที)

(8) แบบอ่างน้ำมัน

ส่วนหนึ่งของร่องลื่นจะจุ่มอยู่ในน้ำมัน วิธีนี้เหมาะกับการหล่อลื่นที่อยู่ในแนวดิ่ง เช่น ในเครื่องกังหันน้ำ แต่วิธีนี้ต้องพิจารณาถึงกำลังที่สูญเสียไปเนื่องจากความต้านทานของน้ำมันอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และการมีสารอื่นแปลกปลอมเข้าไป นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วนี้ ก็ได้แก่การใช้น้ำมันจาระบี และการหล่อลื่นด้วยละอองน้ำมัน

2.5.6 ตลับลูกปืนชนิดต่าง ๆ

ประโยชน์ของตลับลูกปืน คือ จะให้ความฝืดหมุนต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับความฝืดเลื่อนไถลทำให้ความร้อนที่เกิดจากความเสียดทานต่ำ

ลูกปืนกลม หรือทรงกระบอกที่ได้สร้างมาอย่างถูกต้อง ทั้งรูปร่างขนาด และความเรียบ ถูกสอดไว้ระหว่างรางนอกและรางใน หรืออยู่ระหว่างรางที่หมุน และรางที่อยู่นิ่ง ๆ โดยการหมุนรางใดรางหนึ่ง ลูกปืนกลมหรือทรงกระบอก จะกลิ้งอยู่ในรางที่จัดไว้ และทำให้ความฝืดระหว่างรางและลูกปืนลดลงอย่างมาก แต่เนื่องจากพื้นผิวที่สัมผัสกันน้อยมาก ดังนั้น โหลดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จึงมีค่าสูงด้วยเหตุนี้ วัสดุที่ใช้ทำจึงควรจะต้องมีความแข็งแรง และมีความแข็งสูงด้วย

ตลับลูกปืนก็คล้าย ๆ กับกาบเพลา คือ จัดออกเป็นแบบต่าง ๆ หลายแบบ เช่นตลับลูกปืนในแนวรัศมีซึ่งใช้รับโหลดทางแนวรัศมีเป็นส่วนใหญ่ โดยมีโหลดในแนวแกนได้บ้างเล็กน้อย และตลับลูกปืนที่รับโหลดดันรุนในแนวขนานกับแนวแกนของเพลา แต่เมื่อพิจารณาจากรูปร่างของลูกปืน ตลับลูกปืนอาจจะแบ่งออกได้เป็น ลูกปืนกลมและลูกปืนทรงกระบอก นอกจากนี้ อาจจะแบ่งต่อออกไปได้อีก โดยพิจารณาจากจำนวนแถวและโครงสร้างภายในของตลับลูกปืน ตลับลูกปืนที่รางนอกหรือรางในสามารถถอดแยกออกจากกันได้ เรียกว่า แบบถอดแยกได้ ส่วนแบบที่แยกออกจากกันไม่ได้เรียกว่า แบบถอดแยกไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากพิจารณาตามขนาดของรางนอกหรือรางในของตลับลูกปืน ยังอาจแบ่งได้คร่าว ๆ อีกดังนี้

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

เมื่อพิจารณาตามที่ใช้ ตลับลูกปืนอาจแบ่งออกได้เป็น ตลับลูกปืนสำหรับใช้กับรถยนต์ ตลับลูกปืนสำหรับเครื่องจักรกลต่าง ๆ และตลับลูกปืนสำหรับเครื่องมือวัด ตลับลูกปืนธรรมดาทั่ว ๆ ไป มีการกำหนดขนาด และมิติต่าง ๆ ไว้ในมาตรฐานของ ISO (International Organization for Standardization) ยกเว้นตลับลูกปืนที่ใช้กับรถยนต์ซึ่งมีมิติและขนาดพิเศษ ขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้โดยเฉพาะ

2.5.7 ความสามารถในการใช้งานของตลับลูกปืน

2.5.7.1 ความสามารถในการรับโลดในแนวรัศมี

ตลับลูกปืน รัศมีที่มีมุมสัมผัสระหว่างลูกปืนและรางมาก สามารถรับโลดในแนวแกนได้บ้างเช่นกัน สำหรับแบบรางลึก และแบบลูกปืนทรงกระบอกเรียวที่มีมุมสัมผัสมาก สามารถรับโลดในแนวแกน (โลดดันรุน) ได้บ้าง ส่วนแบบที่ปรับตัวเองได้นั้น ลูกปืนกลม หรือทรงกระบอกกลม สามารถจะจัดตำแหน่งของตัวเองตามการโก่งของเพลา แต่แบบนี้ สามารถรับโลดในแนวแกนได้น้อยกว่าแบบที่กล่าวมาแล้ว

ส่วนตลับลูกปืนแบบลูกปืนทรงกระบอก โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว ใช้เพื่อรับแต่โลดในแนวรัศมีอย่างเดียว อย่างไรก็ดี บางแบบก็ได้มีการออกแบบขึ้นมาพิเศษเพื่อให้รับโลดในแนวแกนได้ด้วย

2.5.7.2 ความสามารถในด้านความเร็ว

ขีดจำกัดทางด้านความเร็วของตลับลูกปืน คือตัวเลขที่ได้จากผลคูณระหว่างความโตของเพลา d (มม.) กับความเร็ว n (รอบ / นาที) แต่ทั้งนี้ ยังขึ้นอยู่กับการให้การหล่อลื่น และชนิดของตลับลูกปืนด้วย แต่ส่วนใหญ่แล้วตลับลูกปืนกลมที่มีรางลึกหรือสัมผัสมุม และแบบลูกปืนทรงกระบอก เหมาะที่จะใช้กับงานที่มีความเร็วสูง ๆ ตลับลูกปืนแบบลุกปืนทรงกระบอกเรียว กับพวกที่ปรับตัวเองได้เหมาะกับงานที่มีความเร็วปานกลางส่วนตลับลูกปืนกันรุนนั้นจะใช้กับงานที่มีความเร็วต่ำ ๆ เท่านั้น

2.5.7.3 ความสามารถในด้านความฝืด

ตลับลูกปืนแบบลูกปืนกลม หรือทรงกระบอกกลม มีค่าความฝืดต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับรองลื่นแบบอื่น ๆ ยิ่งเมื่อใช้รองลื่นกับพวกเครื่องมือวัดต่าง ๆ ด้วยแล้ว ความสามารถในด้านความฝืดจะเป็นแฟคเตอร์สำคัญที่ต้องพิจารณาในขณะออกแบบ

2.5.7.4 ความสามารถในทางการสั่นสะเทือน และการส่งเสียงดัง

องค์ประกอบสำคัญที่เกี่ยวกับเรื่องนี้คือ ความกลมของลูกปืน ความโค้งมนของราง ความหยาบของผิวลูกปืนและราง สภาพของตัวแยกลูกปืน และความบริสุทธิ์ของน้ำมันหล่อลื่น ฯลฯ ตัวประกอบอื่น ๆ ที่รองลงมาได้แก่ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกต้องในการประกอบ และความละเอียดในการผลิต ต้นเหตุของการสั่นสะเทือนและส่งเสียงดัง มีหลายตัวประกอบกัน และจนถึงปัจจุบัน ยังไม่มีผู้ใดสามารถเอาชนะได้โดยเด็ดขาดจริง ๆ

2.5.8 วัสดุทำตลับลูกปืน

รางและลูกปืนส่วนมากแล้วทำด้วยเหล็กที่มีคาร์บอนสูงผสมกับโครเมี่ยมจากนั้น ใช้กระบวนการทางความร้อนช่วยเพิ่มความแข็งให้กับวัสดุ เพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน และทำให้ทนต่อการสึกหรอได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ ยังได้มีการค้นคว้าปรับปรุงวัสดุที่ใช้ทำตลับลูกปืนที่ได้มาจากการหลอมเหล็กในสุญญากาศ แต่วิธีนี้ยังไม่เหมาะกับการผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก อย่างที่มีทำกันในโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากราคาแพงส่วนมากแล้วการหลอมชนิดนี้มักจะใช้เพื่อการผลิตเหล็กบริสุทธิ์เสียมากกว่า

ยังมีการผลิตลูกปืนด้วยเหล็กที่ได้รับการหลอมเป็นพิเศษอีกแบบหนึ่ง คือการหลอมเหล็กให้ละลายในอากาศธรรมดา แล้วนำไปไว้ในที่ ๆ มีความดันต่ำ ๆ (เกือบสุญญากาศ) ทำให้ก๊าซที่ผสมอยู่ในเหล็กลอยหนีออกมาเหล็กที่ได้จากกรรมวิธีนี้จะมีความแข็งแรงกว่าแบบที่ได้มาจากการหลอมธรรมดาสำหรับตลับลูกปืนที่ออกแบบให้รับการกระแทกโดยตรง มักจะทำด้วยเหล็กผสมที่มีคาร์บอนต่ำ ๆ และได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนจนมีโครงสร้างเป็นซีเมนต์ไตท์สำหรับตลับลูกปืนที่ต้องการให้ทนทานต่อการกระแทก และต้านทานต่อการกัดกร่อนด้วย

2.6 งานเชื่อม (WELDING JOINT)

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

2.6.1 ประเภทของงานเชื่อมอาจแบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ

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

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

2.6.2 วัสดุที่สามารถเชื่อมต่อกันได้นั้น แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. Low carbon steel เหล็กที่มีคาร์บอนผสมต่ำ คือ จะมีเปอร์เซนต์คาร์บอนอยู่ไม่เกิน 0.3% แต่ถ้าเกินไปได้แก่ เหล็กชนิด High carbon steels จะเชื่อมได้ก็ต้องใช้ลวดเชื่อม Electrode ชนิดพิเศษ และจะต้องใช้ช่างเชื่อมที่มีความชำนาญพอสมควร

2. โลหะที่ไม่ใช้เหล็ก Non-ferrous metals ได้แก่ โลหะพวกทองแดง ทองเหลือง บรอนซ์ สังกะสี และอลูมิเนียม

3. พลาสติกประเภท Thermoplastic materials สามารถเชื่อมต่อกันได้โดยใช้ลมร้อน และลวดเชื่อมพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 คุณภาพของงานเชื่อม

ในงานเชื่อมเราต้องคำนึงถึงข้อมูลต่างๆ ที่จะทำให้คุณภาพของงานเชื่อมดี สำหรับข้อมูลต่างๆ มีดังนี้

1. ชนิดของโลหะที่จะนำมาเชื่อม หมายถึง วัสดุชิ้นงานนั้นเองจะต้องสามารถนำมาเชื่อมได้หรือ รู้ว่าโลหะที่จะเชื่อมแบบไหนจึงเหมาะสม

2. การเตรียมชิ้นงาน หมายถึง การเตรียมชิ้นงานก่อนเชื่อม เช่น การบากชิ้นงาน เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ช่างผู้เชี่ยวชาญควรควบคุมให้ถูกต้องด้วย

3. โลหะของลวดเชื่อม หมายถึง ชนิดของโลหะของ Electrods หรือ Filler-Material สามารถเข้ากับชิ้นงานที่ทำการเชื่อมได้

4. ความสามารถในการเชื่อม หมายถึง ความชำนาญ ความสามรถของช่างเชื่อม หรือ ฝีมือในการเชื่อม

5. การทดสอบ หมายถึง การหาข้อบกพร่อง หรือข้อผิดพลาดของงานเชื่อม ซึ่งการทดสอบจะเป็นปัจจัยที่บอกคุณภาพว่าดีหรือไม่ดี ส่วนสาเหตุอาจจะเกิดจากข้อมูล ข้อที่ 1 ถึง 5 ก็ได้ ตัวอย่างเครื่องมือ ได้แก่ เครื่องตรวจสอบแบบ X-ray เป็นต้น

สำหรับคุณภาพในการเชื่อมนี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้น

คุณภาพขั้นที่ 1 สำหรับงานเชื่อมขั้นนี้จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลตั้งแต่ข้อที่ 1 ถึง 6

คุณภาพขั้นที่ 2 สำหรับงานเชื่อมขั้นนี้จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลตั้งแต่ข้อที่ 1 ถึง 5

คุณภาพขั้นที่ 3 สำหรับงานเชื่อมขั้นนี้ไม่จำเป็นต้องมีข้อมูลใดเลย หรือมีบ้างก็ได้

2.7 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าจัดว่าเป็นเครื่องต้นกำลังอย่างหนึ่งซึ่งมีความสำคัญอย่างมาก เรื่องของมอเตอร์ไฟฟ้านับเป็นส่วนหนึ่งของอาณาจักรวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งใช้คนมากในโรงงานต่างๆ โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีกำลังมาก

ในปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีแผนใหม่ เราสามารถสร้างมอเตอร์ให้มีขนาดเล็กลงมาก มีอายุการใช้งานนานขึ้น และทนทานต่อฝุ่นกับการกัดกร่อนได้ดีมากขึ้นตามลำดับ ตามโรงงานต่างๆ นิยมใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เพราะเหตุว่าในปัจจุบันมีไฟฟ้ากระแสสลับใช้กันอยู่อย่างกว้างขวาง แต่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงก็ยังคงมีใช้กันอยู่ เพราะงานบางอย่างก็ยังจำเป็นต้องใช้มอเตอร์กระแสตรงอยู่ เช่น มอเตอร์สตาร์ทของรถยนต์ รถจักรดีเซล เป็นต้น

โดยเหตุที่มอเตอร์ คือเครื่องจักรไฟฟ้าที่รับกระแสไฟฟ้าเข้ามาทำให้เพลาหมุนเป็นต้นกำลังขับ แต่แหล่งจ่ายไฟมีทั้งกระแสสลับและกระแสตรง จึงได้มีการแบ่งมอเตอร์ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ เนื่องจากวงการงานอุตสาหกรรมทั่วไปจะใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ และเป็นมอเตอร์กรแสสลับเสียส่วนมาก ส่วนในงานโครงงานเครื่องนับเอกสารที่สร้างขึ้นนี้ใช้มอเตอร์ขนาดเล็ก และเป็นมอเตอร์กระแสตรงทั้งหมด

2.7.1 ชนิดของมอเตอร์

2.7.1.1 มอเตอร์ขนานกระแสตรง

มีความเร็วค่อนข้างคงที่ แรงบิดออกตัวน้อย แต่จะเพิ่มมากขึ้นตามกระแสและโหลดที่เพิ่มขึ้น สามารถปรับความเร็วได้โดยต่อค่าความต้านทานที่ปรับค่าได้ขนานกับขดลวดสนาม โดยความเร็วของมอเตอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าของขดลวดสนามที่เพิ่มขึ้น ข้อควรระวังก็คือ อย่าให้ขดลวดสนามขาดเพราะความต้านทานจะสูงมากจนทำให้ความเร็วของมอเตอร์ขนานกระแสตรงขึ้นสูงมากจนทำให้เกิดความเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานของมอเตอร์ขนานกระแสตรง เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความเร็วคงที่ มีการใช้งานในเครื่องมือต่างๆ เช่น โบลเวอร์ พัดลม และอื่นๆ

2.7.1.2 มอเตอร์อนุกรมกระแสตรง

คุณสมบัติของมอเตอร์อนุกรมกระแสตรงคือ จะมีความเร็วขณะที่โหลดไม่สูงมากจนทำให้เกิดความเสียหายได้ ดังนั้นจะต้องให้มีการโหลดอยู่ตลอดเวลา แรงบิดออกตัวต่ำและสูงขึ้นตามกระแสหรือโหลดที่มากขึ้น โดยแรงบิดจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อโหลดหรือกระแสเพิ่มขึ้นเพียงการใช้งานของมอเตอร์อนุกรมกระแสตรง จะใช้ในงานที่มีการโหลดไม่คงที่ และการเปลี่ยนแปลงตามความเร็วของมอเตอร์ไม่ค่อยมีผลกับการทำงาน เนื่องจากความเร็วของชุดมอเตอร์ไม่คงที่ อุปกรณ์ขับเคลื่อนที่ต่อเชื่อมจะต้องเป็นเกียร์หรืออุปกรณ์อื่นที่ลื่นไม่หลุดขาดง่าย ห้ามใช้กับระบบสายพานเด็ดขาด

2.7.1.3 มอเตอร์ผสมกระแสตรง

คุณสมบัติของมอเตอร์ผสมกระแสตรงคือ จะได้คุณสมบัติที่ผสมกันของมอเตอร์ขนานกระแสตรง กับคุณสมบัติขิงมอเตอร์อนุกรมกระแสตรง โดยที่ความเร็วขณะไม่มีโหลดจะไม่สูงมากจนเกิดความเสียหาย แต่ความเร็วจะค่อยๆ ลดลง เมื่อมีกระแสมากขึ้น แต่ไม่ลดลงมากเหมือนมอเตอร์อนุกรมกระแสตรง แรงบิดจะอยู่ระหว่างมอเตอร์ขนานและมอเตอร์อนุกรม

2.7.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC.MOTORS)

หลักการทำงานพื้นฐานของดีซีมอเตอร์ คือ การจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านลวดทองแดงซึ่งเป็นตัวเหนี่ยวนำ โดยตัวเหนี่ยวนำจะวางอยู่ในสนามแม่เหล็กถาวร เมื่อเกิดกระแสไหลผ่านลวดทองแดงจึงเกิดสนามไฟฟ้าตัดกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของตัวเหนี่ยวนำโดยเป็นไปตามกฎมือขวาตามรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.18 กฎมือขวา

นิ้วโป้งจะบอกทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวเหนี่ยวนำ
นิ้วชี้จะบอกทิศทางของสนามแม่เหล็ก
นิ้วกลางแสดงถึงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

ดีซีมอเตอร์ ถูกออกแบบให้มีคุณลักษณะพิเศษคือ แรงบิดของเพลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสเมเจอร์ แรงบิดของเพลาดีซีมอเตอร์จะได้จากผลระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวดเหนี่ยวนำ แระแสที่ไหลผ่านขดลวดเหนี่ยวนำมีความสัมพันธ์กับเส้นแรงแม่เหล็กเป็นผลให้เกิดแรงบิดของเพลาดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = k\varnothing I \quad (2.23)$$

เมื่อ T คือ แรงบิดของเพลา (นิวตัน-เมตร)

$\varnothing$ คือ เส้นแรงแม่เหล็ก (เวเบอร์)

I คือ กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

k คือ ค่าคงที่

เมื่อขดลวดเหนี่ยวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม ซึ่งแรงดันจะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลามอเตอร์ และด้านการไหลของกระแสโดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$E = k\varnothing w \quad (2.24)$$

เมื่อ E คือ แรงดันย้อนกลับ emf (โวลท์)

$\varnothing$ คือ เส้นแรงแม่เหล็ก (เวเบอร์)

w คือ ความเร็วของมอเตอร์ (เรเดียน/วินาที)

แรงบิดในมอเตอร์ (Torque)

จาก $T = F \times r$

งานที่ทำได้จากแรงใน 1 รอบของการหมุน = แรง*ระยะทาง

$= F*2\pi r$ จูล

$= F*2\pi r*N/60$ จูล/วินาที

$= (F*r)\,2\pi N/60$ จูล/วินาที

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

และ $F*r$ = แรงบิด (Torque)

ดังนั้น กำลังที่เกิดขึ้น $= T*\omega$ จูล/วินาที หรือ วัตต์ (2.25)

2.8 ภาษาแอสแซมบลี

คอมพิวเตอร์แบบดิจิตอล (Digital Computer) ซึ่งคุ้นเคยกันดีในชีวิตประจำวันนั้น จะทำงานตามลำดับของชุดคำสั่งที่ผู้เขียนได้เขียนขึ้นที่เรียกว่า โปรแกรม ชุดคำสั่งที่คอมพิวเตอร์จะเข้าใจและทำงานได้ดีตามที่ต้องการนั้นจะต้องอยู่ในรูป เลขฐานสอง เช่น 1011011 ชุดคำสั่งลักษณะนี้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้ทันทีว่าต้องทำงานอะไร ชุดคำสั่งที่ประกอบด้วยเลขฐานสองซึ่งจะสามารถเข้าใจได้โดยที่เป็น ภาษาของเครื่อง (Machine Language) แต่การที่มนุษย์จะเขียนคำสั่งต่างๆ ด้วยเลขฐานสองทีเดียวเลยนั้น จะทำได้ยากมากและเกิดข้อผิดพลาดได้ง่ายแล้วมีตัวแปลภาษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มนุษย์เข้าใจไปเป็นภาษาที่เครื่องเข้าใจด้วย ภาษาที่มนุษย์เข้าใจได้ง่ายและนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมนี้เรียกว่า ภาษาชั้นสูง (High Level Language) ได้แก่ ภาษาฟอร์แทน (Fortran , Formular), ภาษาเบสิก (Basic Language) หรือ ภาษาปาสคาล (Pascal) เป็นต้น

คำสั่งที่จะควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์ในภาษาเหล่านี้ มนุษย์จะเข้าใจได้ง่ายเพราะ เป็นภาษาที่คล้ายกับภาษาอังกฤษที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ต้องการให้เอาค่าของตัวแปร A และ B บวกกันแล้วเก็บผลลัพธ์ไว้ในค่าของตัวแปร A ก็สามารถที่จะใช้คำสั่งที่ใช้งานดังต่อไปนี้

A := A+B ในภาษา Pascal

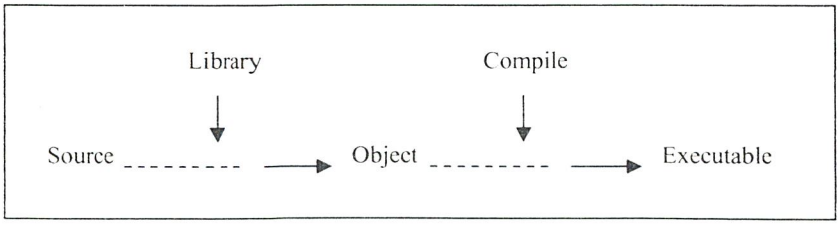
หรือ A = A+B ในภาษา Basic และ Fortran

จะเห็นได้ว่า ลักษณะของคำสั่งของภาษาชั้นสูงแต่ละแบบก็แตกต่างกัน ดังนั้น ถ้าผู้ใช้ต้องการเบียนโปรแกรมภาษาใด ก็ศึกษาโครงสร้างของโปรแกรมและชุดคำสั่งของภาษานั้นๆ เสียก่อน เมื่อเขียนโปรแกรมในภาษาชั้นสูงได้แล้วจะต้องป้อนเข้าไปในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้

โปรแกรมประมวลคำ หรืออาจใช้โปรแกรม Editor สำหรับภาษาชั้นสูงนั้นๆ โปรแกรมเหล่านี้จะทำการเก็บชุดคำสั่งที่ป้อนเข้าไปเก็บไว้ เป็นแฟ้มข้อมูลที่เรียกว่า โปรแกรมต้นกำเนิด (Source Program) โปรแกรมนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นภาษาเครื่องโดยการใช้ตัวแปลโปรแกรม (Compiler) ซึ่งภาษาชั้นสูงแต่ละภาษาก็จะมีโปรแกรมเฉพาะตัวของภาษานั้นๆ โดยการแปลภาษาชั้นสูงไปเป็นภาษาเครื่องมี 2 วิธี

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

วิธีที่ 2 ภาษาชั้นสูงทั้งหมดในโปรแกรมต้นกำเนิดจะถูกแปลเป็นรหัส (Code) สำหรับเรียกโปรแกรมย่อย (Subbroutine) ที่เก็บไว้ไลบรารีไฟล์ (Library File) ในช่วงการแปลนี้จะเรียกว่าการคอมไพล์ (Compile) ซึ่งจะทำให้ได้แฟ้มข้อมูลที่เก็บรหัส อันเกิดจากการแปลภาษาชั้นสูงเรียกว่า โปรแกรมประสงค์ (Object Program) จากนั้นจะต้องมีโปรแกรมที่สามารถอ่าน โปรแกรมประสงค์และแฟ้มข้อมูลไลบรารีเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยใช้วิธีการถอดรหัสจากโปรแกรมประสงค์เป็นตัวชี้ไปยังโปรแกรมย่อยจากแฟ้มข้อมูลมาสร้างเป็นโปรแกรมภาษาเครื่องที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้เรียกว่า โปรแกรมปฏิบัติการ (Excutable Program) วิธีนี้นิยมใช้กันมากในภาษาชั้นสูง ขั้นตอนการทำงานสามารถเขียนได้ดังนี้



รูปที่ 2.19 ลำดับการแปลงโปรกรมจากภาษาชั้นสูงเป็นโปรแกรมปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษาชั้นสูงแม้ว่าจะมีข้อดีมากที่มนุษย์เข้าใจได้ยาก แต่ก็มีปัญหาในเรื่องของความเร็วในการทำงานของคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงมีภาษาหนึ่งที่มนุษย์และเครื่องสามารถที่จะเข้าใจกันได้ง่ายนั้นก็คือ ภาษาแอสเซมบลี (Assembly) เป็นภาที่สูงกว่าเครื่องแต่ต่ำกว่าภาษาชั้นสูง ซึ่งวิธีนี้ผู้เขียนจำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างภายในของตัวประมวลผลกลาง (Central Processing Unit) และ รหัสคำสั่งช่วยจำ (Memo Code) ของคอมพิวเตอร์นั้น แต่ว่าการเขียนภาษาแอสเซมบลีนั้นมีลักษณะคล้ายภาษาอังกฤษอย่างง่าย ทำให้เขียนโปรแกรมได้สะดวก ในโปรแกรมภาแอสเซมบลีนั้นจะประกอบไปด้วยชุดคำสั่งที่เรียกว่า รหัสคำสั่งช่วยจำ ที่ป้อนเข้าไปเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ด้วย โปรแกรมประมวลผลคำเก็บไว้ในโปรแกรมต้นกำเนิด จากนั้นจะใช้โปรแกรมที่เรียกว่า แอสแซมเบอร์ทำการแปลภาแอสเซมบลีเป็นภาษาเครื่องโดยตรง การแปลของภาแอสเซมบลีมี 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 เรียกว่า One-pass Assembler แอสเซมเบอร์แบบนี้จะมีการทำงานโดยการแปลรหัสคำสั่งช่วยจำเป็นภาเครื่องตั้งแต่ บรรทัดที่ 1 จนถึงบรรทัดสุดท้าย โดยที่ในโปรแกรมต้นกำเนิดจะต้องไม่มีตัวแปลสัญญาณ หรือสัญลักษณ์อื่นใดนอกจากรหัสคำสั่งช่วยจำ ทำให้ไม่ค่อยสะดวกสำหรับการเขียนดปรแกรม จึงไม่เป็นที่นิยมทั่วไป ยกเว้นในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบบอร์ดเดี่ยว (Single Board Microcomputer)

แบบที่ 2 เรียกว่า Two-pass Assembler แอสเซมเบอร์แบบนี้จะมีการทำงานโดยการแปลรหัสคำสั่งช่วยจำเป็นภาษาเครื่องตั้งแต่ บรรทัดที่ 1 จนถึงบรรทัดสุดท้าย 2 รอบ ในรอบแรกเป็นการตรวจสอบรูปแบบ (Form) ของโปรแกรมและกำหนดค่าให้กับสัญลักษณ์ หรือตัวแปรในโปรแกรมต้นกำเนิด สัญลักษณ์หรือตัวแปรนี้อาจจะเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำที่ต้องการอ้างอิงถึง ส่วนในการวนรอบที่ 2 นั้น จะทำการแปลรหัสคำสั่งช่วยจำเป็นภาษาเครื่อง และแทนค่าสัญลักษณ์หรือตัวแปลจากค่าที่เก็บไว้ในรอบที่ 1 รหัสภาษานี้จะถูกเก็บไว้ในโปรแกรมปฏิบัติการ

ในคอมพิวเตอร์จะมีไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) จะมีเบอร์มีความแตกต่างกัน ซึ่งตัวของไมโครโพรเซสเซอร์นี้จะมีรหัสคำสั่งช่วยจำและภาษาเครื่องแตกต่างกัน ดังนั้นในคู่มือเฉพาะ (Data Sheet) ของไมโครโพรเซสเซอร์นั้น และในคู่มือนั้นก็จะบอกรหัสภาษาเครื่องแต่ละรหัสคำสั่งช่วยจำด้วยโปรแกรมแอสเซมเบอร์สำหรับการแปลรหัสช่วยจำ ให้เป็นภาษาเครื่องที่สามารถให้ไมโครโพรเซสเซอร์รู้ถึงสิ่งที่ต้องการได้

2.8.1 คำสั่งต่างๆ ที่มีอยู่ภายในโปรแกรม

LD XX,XX คำสั่งนี้จะนำค่าที่อยู่ทางขวามือของเครื่องหมายจุลภาคไปไว้ในตัวแปรที่อยู่ทางซ้ายมือ โดยที่ XX จะเป็นชื่อตัวแปรรีจิสเตอร์หรือค่าตัวเลขก็ได้ หากเป็นชื่อตัวแปรจะต้องอยู่ในเครื่องหมาย ( )

INC, DEC เป็นคำสั่งเพิ่มหรือลดค่าตัวแปร หรือค่าที่อยู่ในรีจิสเตอร์ลง 1 ตามลำดับ

DAA ใช้ในโปรแกรมเปลี่ยนเลขฐาน 16 ให้เป็นเลขไบนารี่ BCD เพื่อให้สามารถแสดงออกทางแผงตัวเลขได้

CALL XX,XXXXXX เป็นคำสั่งเรียกโปรแกรมย่อยโดยมีเงื่อนไข (XX) ได้ดังนี้

-Z , NZ จะทำคำสั่งนี้ก็ต่อเมื่อ คำสั่งก่อนหน้านั้นให้ผลลัพธ์เป็น 0 หรือ ไม่เป็น 0 ตามลำดับ

-C , NC จะทำคำสั่งนี้ก็ต่อเมื่อ คำสั่งก่อนหน้านั้นมีการทด หรือไม่มีการทดตามลำดับ

JP XX,XXXXXX เป็นคำสั่งที่ใช้กระโดดไปทำงานต่อยังส่วนที่ระบุไว้ (XXXXXX) โดยสามารถใช้เงื่อนไขต่างๆ ได้เหมือนคำสั่ง CALL XX,XXXXXX

PUSH, POP เป็นคำสั่งที่ใช้เก็บค่าของรีจิสเตอร์ มักใช้ในโปรแกรมย่อย และต้องใช้คู่กันเสมอ

CP XX เป็นคำสั่งเปรียบเทียบข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์ A กับค่า XX โดยที่ XX อาจเป็นรีจิสเตอร์ตัวอื่นๆ ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 ไทเมอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

ไทเมอร์ (Timer) เป็นอีกหนึ่งส่วนประกอบที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องมีการเก็บและตรวจสอบค่าของเวลาและจำนวนของสัญญาณนาฬิกาอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการสร้างฐานเวลา สร้างสัญญาณพัลส์ เปรียบเทียบค่าเวลา หรือเปรียบเทียบค่าของการนับ รวมไปถึงการกำหนดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรมด้วย

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C51 มีวงจรไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต 2 ตัว โดยค่าของวงจรไทเมอร์/เคาน์เตอร์นี้จะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตที่ชื่อ ไทเมอร์ 0(Timer0) และ ไทเมอร์ 1(Timer1) เรียกสั้น ๆ ว่า T0 และ T1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C51 และอนุกรม AT89C52 และอนุกรม AT89Sxx จะมีไทเมอร์/เคาน์เตอร์ถึง 3 ตัวคือ มีไทเมอร์ 2(Timer2:T2) เพิ่มเติมเข้ามา โดยรีจิสเตอร์ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ทั้งสามตัวสามารถกำหนดให้ทำงานเป็นตัวตั้งเวลาหรือไทเมอร์และตัวนับหรือเคาน์เตอร์ได้อย่างอิสระต่อกัน การนับค่าของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะเป็นการนับขึ้นหรือเพิ่มค่าเพียงทางเดียว

2.8.3 การทำงานเป็นไทเมอร์

เมื่อกำหนดให้ทำงานเป็นตัวตั้งเวลาหรือไทเมอร์ ค่าของรีจิสเตอร์จะเพิ่มขึ้นในทุก ๆ แมชีนไซเกิล ดังนั้นเมื่อทำงานเป็นไทเมอร์ รีจีสเตอร์จะทำการนับค่าของแมชีนไซเกิลนั่นเอง และเนื่องจากแมชีนไซเกิลประกอบด้วยคาบเวลาของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 12 คาบเวลา ดังนั้นอัตราในการนับของรีจิสเตอร์จึงเท่ากับ 1/12 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา

2.8.4 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของไทเมอร์ 0 และ 1

ในการทำงานของไทเมอร์ 0 และ 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีรีจิสเตอร์ที่ต้องเกี่ยวข้องเป็นพื้นฐานอยู่ 6 ตัว ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.8.4.1 รีจิสเตอร์ไทเมอร์

มีด้วยกัน 4 ตัวคือ **TL0** มีแอดเดรสอยู่ที่ 8AH,**TH0** มีแอดเดรสอยู่ที่ 8CH,**TL1** มีแอดเดรสอยู่ที่ 8BH และ **TH1** มีแอดเดรสอยู่ที่ 8DH รีจิสเตอร์ทั้ง 4 ตัวจะอยู่ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ หรือ SFR รีจิสเตอร์แต่ละตัวมีขนาด 8 บิต แต่ในการใช้งานโดยทั่วไปมักใช้รวมกันโดยจัดเป็นคู่คือ TL0 กับ TH0 รวมกันเป็นรีจิสเตอร์ Timer 0 ขนาด 16 บิต และ TL1 กับ TH1 รวมกันเป็นรีจิสเตอร์ Timer 1 ขนาด 16 บิต โดยใน TL0 และ TL 1 จะเก็บข้อมูล 8 บิตล่าง ส่วนTH0 และ TH1 จะเก็บข้อมูล 8 บิตบน รีจิสเตอร์ไทเมอร์ทั้ง 2 คู่เมื่อนำมาใช้งานร่วมกันจะสามารถเก็บค่าของการนับได้สูงสุด 65,536 ค่าหรือ FFFFH เมื่อนับถึงค่านี้แล้วก็จะวนไปเริ่มนับ 0000H ใหม่ และเมื่อเกิดการนับรอบใหม่จะมีการเซตบิต TF0 หรือ TF1 ในรีจิสเตอร์ TCON ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไทเมอร์ เพื่อแจ้งให้ทราบว่าเกิดการนับเกินค่าสูงสุดแล้ว การเซตบิต TF0 หรือ TF1 ขึ้นอยู่กับว่าเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ไทเมอร์ตัวใดอยู่

2.8.4.2 รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของไทเมอร์ หรือ TCON (Timer Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 88H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต มีรายละเอียดการทำงานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
TF1	TR 1	TF 0	TR 0	IE 1	IT 1	IE 0	IT 0

TF 1 (Timer 1 overflow flag) : เซตด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์เมื่อค่าของรีจิสเตอร์ Timer 1 เกิดการนับเกินหรือเกิดโอเวอร์โฟลว การเคลียร์บิตนี้ทำได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์เช่นกัน โดยบิตนี้จะเคลียร์เมื่อมีการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

TR 1 (Timer 0 run control bit) : ใช้ในการเปิดปิดการทำงานของไทเมอร์ 1 (อีนาเบิลหรือดิสเอเบิล) ทำการเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ ถ้าต้องการให้ไทเมอร์ 1 ทำงานต้องเซตบิตนี้ให้เป็น "1"

TF 0 (Timer 0 overflow flag) : เซตด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์เมื่อค่าของรีจิสเตอร์ Timer 0 เกิดการนับเกินหรือเกิดโอเวอร์โฟลว การเคลียร์บิตนี้ทำได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์เช่นกัน โดยบิตนี้จะเคลียร์เมื่อมีการอินเตอร์รัปเกิดขึ้น

TR 0 (Timer 0 run control bit) : ใช้ในการเปิดปิดการทำงานของไทเมอร์ 0 (อีนาเบิลหรือดิสเอเบิล) ทำการเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ ถ้าต้องการให้ไทเมอร์ 0 ทำงนต้องเซตบิตนี้ให้เป็น "1"

IE 1 (External Interrupt 1 edge flag) : บิตนี้จะใช้ในกระบวนการอินเตอร์รัปต์ สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ เมื่อสามารถตรวจจับขอบขาของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ขาอินพุตอินเตอร์รัปต์ 1 (INT1) ได้ และจะทำการเคลียร์เมื่อมีการบริการอินเตอร์รัปต์เกิดขึ้น

IT1 (Interrupt 1 type control bit) : บิตนี้จะใช้ในกระบวนการอินเตอร์รัปต์ โดยใช้ในการเลือกลักษณะของสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอกที่ต้องการให้ทำการตอบสนองสำหรับขาอินพุตอินเตอร์รัปต์ 1 (INT1) การเซตและเคลียร์ทำได้ด้วยกระบวนการซอฟแวร์

"0" เลือกขอบขาลงของสัญญาณ (falling edge)

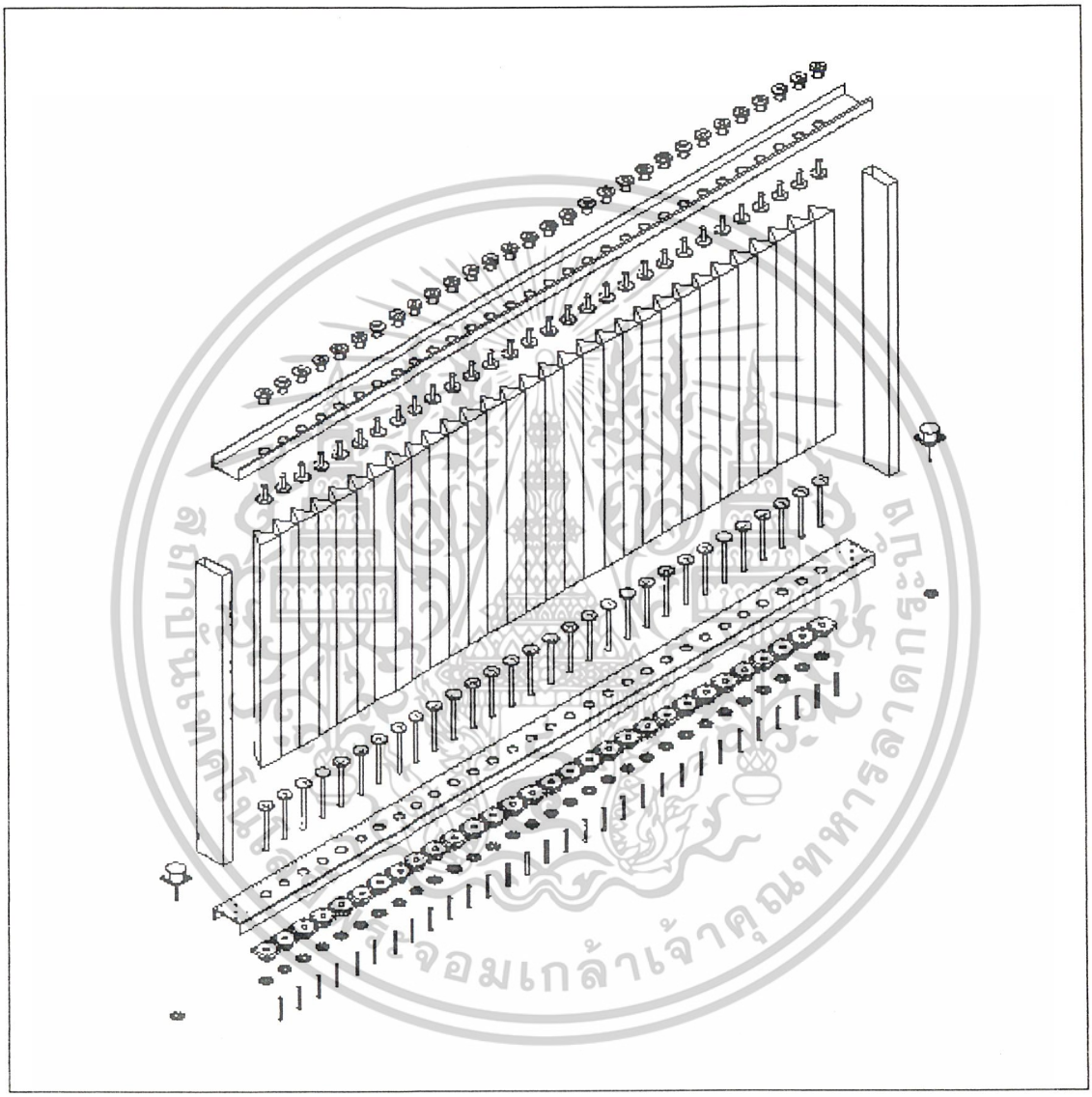
"1" เลือกระดับลอจิกต่ำ (low level triggered)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบและการดำเนินงานด้านโครงสร้าง



รูป 3.1 การออกแบบโครงสร้างของป้าย

3.1.1 ป้ายสามเหลี่ยม

ป้ายสามเหลี่ยมเลือกใช้เหล็กแผ่นอาบสังกะสีเป็นวัสดุในการทำ โดยใช้ที่ความหนา 0.8 มิลลิเมตร สามารถรับน้ำหนักในแนวตั้งได้ประมาณ 5000 กิโลกรัม และจะเกิดการโก่งงอในแนวนอนประมาณ 1.844×10^{-5} องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 แกนของป้ายสามเหลี่ยมบนและล่าง

เลือกใช้เหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตรเป็นแกนเพลาบนและล่าง โดยสามารถรับแรงบิดได้ประมาณ 200 นิวตันเมตร และเกิดการโก่งงอประมาณ 2.625×10^{3} องศา

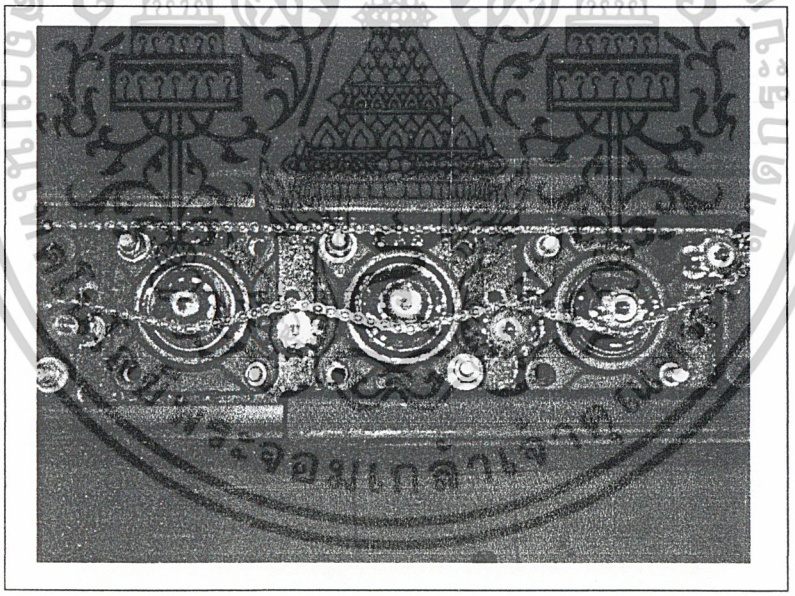
3.1.3 คานบนและคานล่าง

ใช้เหล็กรูปตัวซีในการทำเป็นคานบน คานล่าง และเสา 2 ข้าง ใช้ขนาดความกว้าง 5 นิ้ว ความสูง 2 นิ้ว ความหนา 3.2 เซนติเมตร โดยมีระยะการโก่งของคานเมื่อรับน้ำหนักในแนวนอนซึ่งมีชุดส่งถ่ายกำลังทั้งหมดแล้วประมาณ 2.97×10^{-3} เมตร

3.2 การออกแบบและการดำเนินงานด้านชุดส่งถ่ายกำลัง

3.2.1 การส่งถ่ายกำลังโดยโซ่

ลักษณะการส่งถ่ายกำลังของแต่ละป้ายนั้นเลือกใช้โซ่ในการส่งถ่ายกำลัง โดยออกแบบให้มีตัวค้ำยันโซ่ ทำให้โซ่ไม่หลุดออกจากเฟืองที่ติดกับแกนของป้ายสามเหลี่ยม ดังรูป

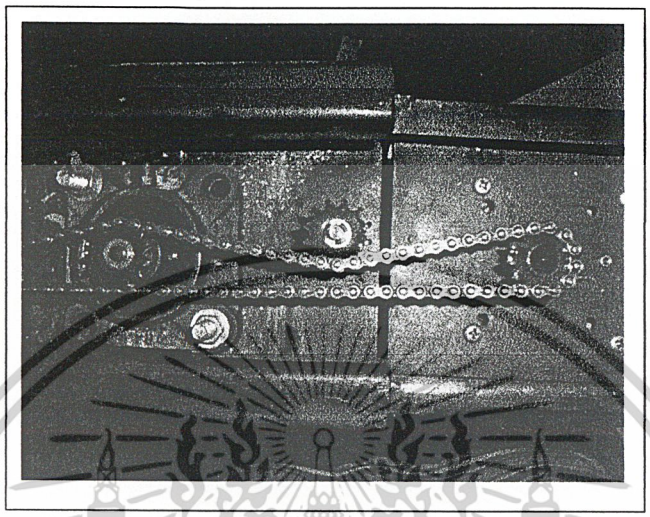


รูปที่ 3.2 ลักษณะการส่งถ่ายกำลัง

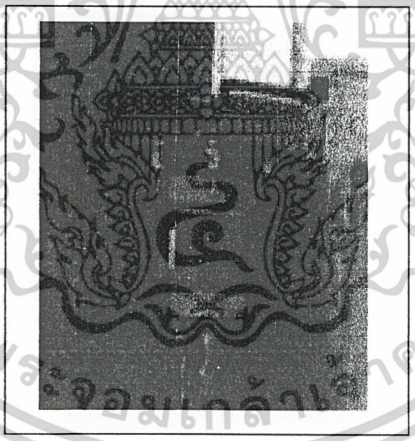
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การส่งกำลังจากมอเตอร์

เลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 28 โวลต์ 39 วัตต์ จำนวน 2 ตัว ลักษณะการส่งกำลังจากมอเตอร์มีลักษณะเช่นเดียวกับการยึดกับเพลาของป้ายสามเหลี่ยม



รูปที่ 3.3 ลักษณะการส่งกำลังจากมอเตอร์



รูปที่ 3.4 ลักษณะการยึดมอเตอร์กับตัวป้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบและการดำเนินงานด้านชุดควบคุม

รูปที่ 3.5 แผนการทำงานของวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

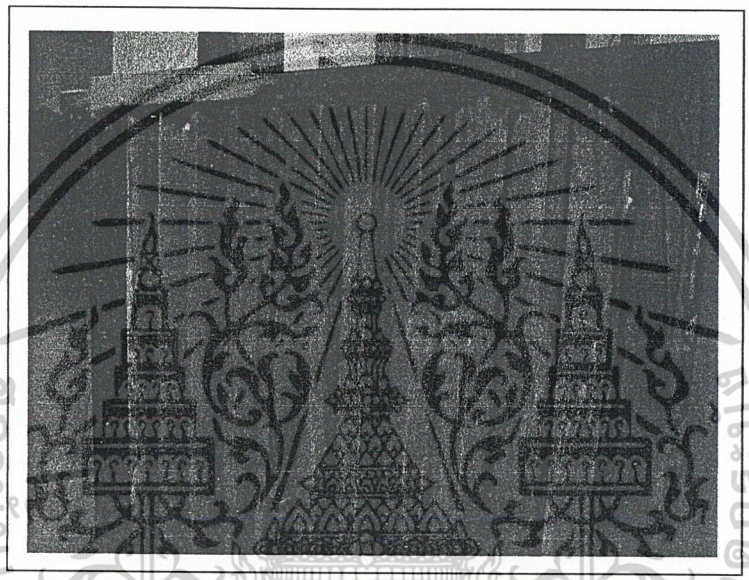
บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการดำเนินงานด้านโครงสร้าง

4.1.1 ป้ายสามเหลี่ยม

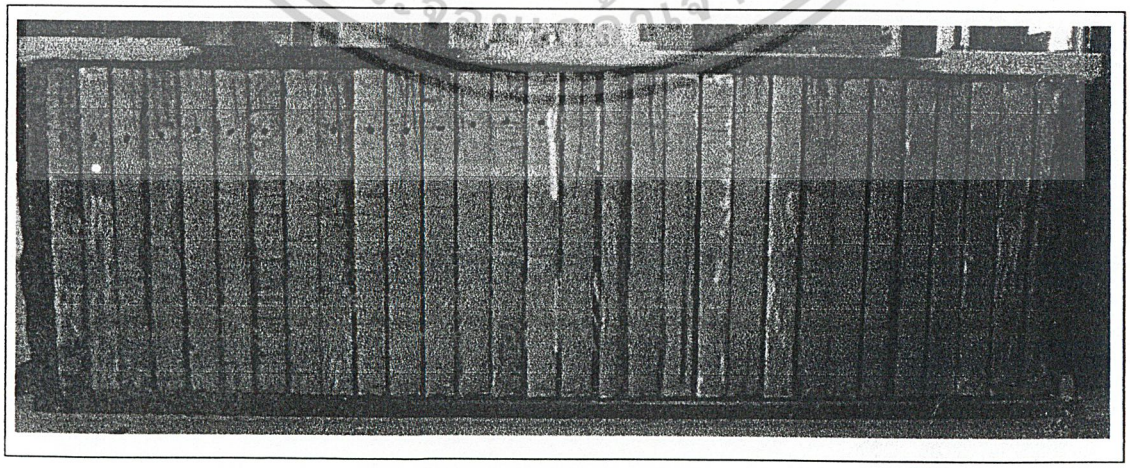
ป้ายสามเหลี่ยมสามารถรับน้ำหนักของภาระได้ตามที่ออกแบบข้างต้น โดยไม่เสียรูปร่าง ดังรูป 4.1



รูป 4.1 ลักษณะของป้ายสามเหลี่ยม

4.1.2 โครงของป้ายโฆษณา

คานบนและคานล่างเมื่อรับน้ำหนักของชุดส่งถ่ายกำลังทั้งหมดแล้วไม่เกิดการแอ่นตัว และเสา 2 ข้าง เมื่อรับน้ำหนักของป้ายทั้งหมดไม่เกิดการยุบงอลง ดังรูป 4.2

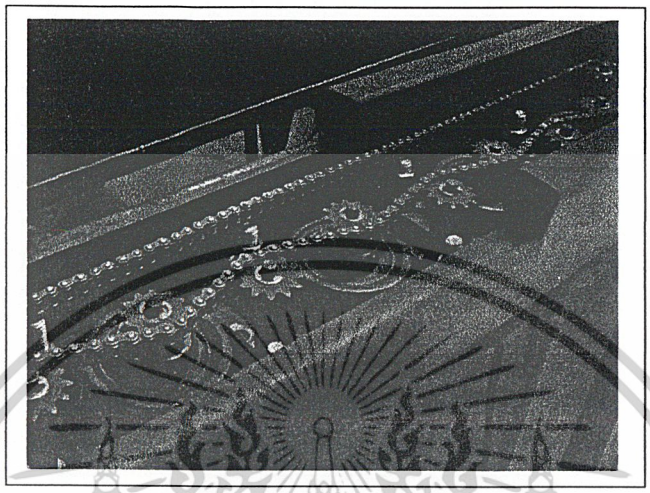


รูปที่ 4.2 ลักษณะของป้ายโฆษณาโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ชุดส่งถ่ายกำลัง

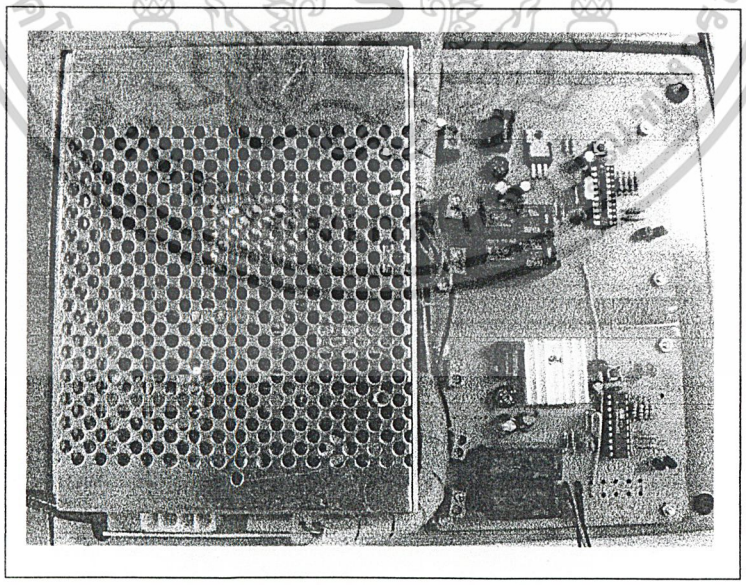
การส่งถ่ายกำลังด้วยโซ่ โดยมีตัวขันโซ่ตามที่ออกแบบ สามารถส่งถ่ายกำลังได้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ ดังรูป



รูปที่ 4.3 การใช้โซ่ส่งถ่ายกำลัง

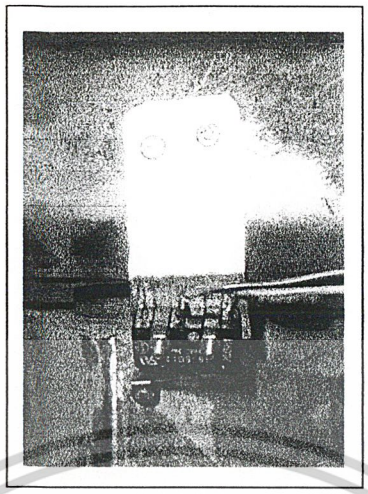
4.2 ผลการดำเนินงานด้านวงจรควบคุม

เมื่อต่อวงจรควบคุมตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ สามารถทำการควบคุมการทำงานของป้ายโฆษณาได้ตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 4.4 ชุดควบคุมการทำงานของป้ายโฆษณา

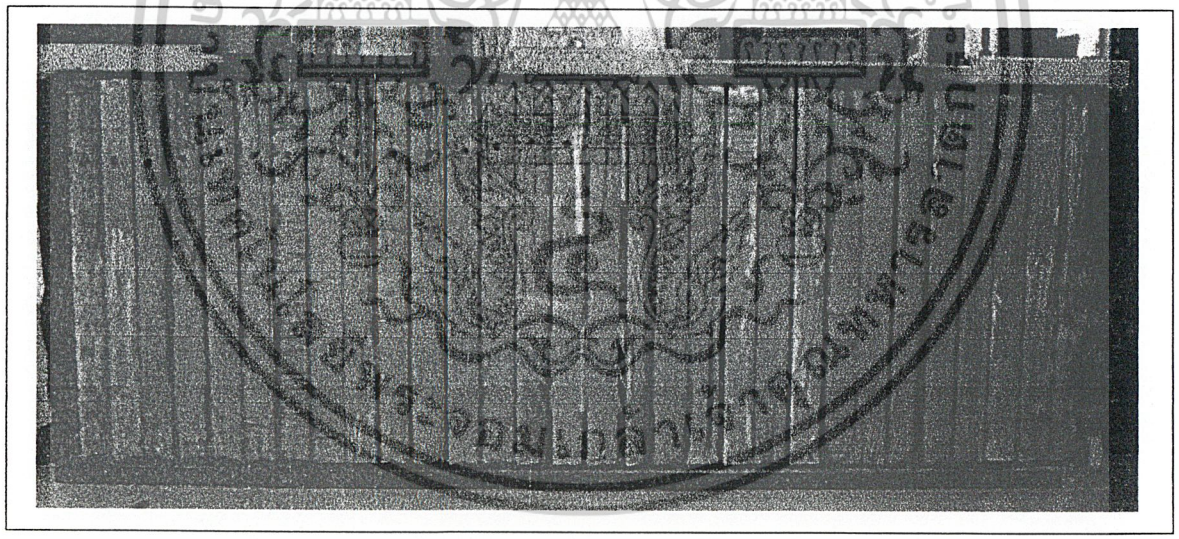
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ไมโครสวิทช์

4.3 ผลการทดลอง

จากการทดลองการทำงานของป้ายหมุนโฆษณานั้น ลักษณะการหมุนสามารถหมุนได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้



รูปที่ 4.6 ลักษณะของป้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานออกแบบและสร้างป้ายหมุนโฆษณา โดยมีการหน่วงเวลาในการหยุดหมุนประมาณ 5 วินาทีในแต่ละช่วงจังหวะ ลักษณะการส่งถ่ายกำลังของป้ายสามเหลี่ยมแต่ละตัวใช้โซ่ในการส่งถ่ายโดยใช้แหล่งส่งกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 2 ตัว

จากการทดลองการทำงานของป้ายหมุนโฆษณานี้สามารถทำงานได้จริงตามข้อกำหนดที่ตั้งไว้

5.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

ป้ายหมุนโฆษณาสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดที่ตั้งไว้ ส่วนระนาบของป้ายไม่สามารถทำให้เท่ากันได้มากกว่านี้ เนื่องจากเกิดการผิดพลาดจากการขึ้นรูป ทำให้ลักษณะของป้ายสามเหลี่ยมในแต่ละตัวมีขนาดที่ไม่เท่ากันเท่าที่ควร และเกิดการบิดจากการบัดกรีทำให้รูปทรงเสีย จึงทำให้ระนาบในการหมุนไม่เท่ากันเท่าที่ควร

5.3 แนวทางปรับปรุงและพัฒนา

1. ปรับปรุงกรรมวิธีการขึ้นรูปของตัวป้ายสามเหลี่ยม
2. เลือกหาวัสดุที่มีน้ำหนักเบาในการทำโครงสร้าง เพื่อง่ายต่อการติดตั้ง
3. ถ้ามีการทำงานของป้ายหมุนโดยไม่มีการหยุดพัก ควรออกแบบชุดควบคุมการทำงานใหม่ เพราะ การใช้ชุดควบคุมนี้มีกระแสย้อนกลับในวงจร อาจทำให้เกิดการหมุนผิดระนาบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

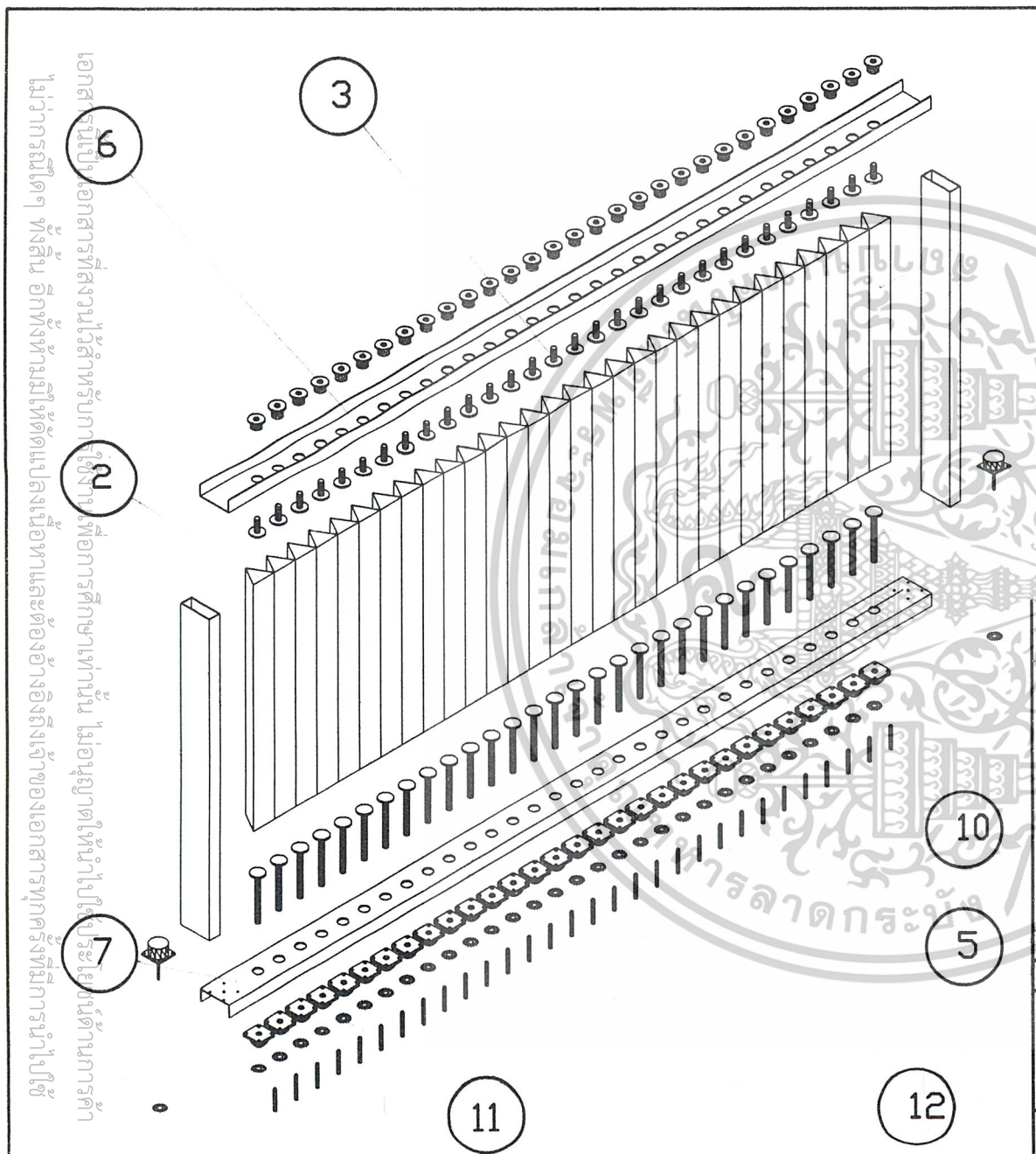
บรรณานุกรม

1. ชนะ กสิการ์, ความแข็งแรงของวัสดุ, กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
2. รศ. ชาญ ถนัดงาน, ศ.ดร. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, การออกแบบเครื่องกล เล่ม 1, กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์ บริษัท เอช. เอ็น. กรุ๊ป, พิมพ์ครั้งที่1, 2534
3. มานพ ต้นตระบัณฑิตย์, สำลี แสงแห้ว, สุทิน จิตต์เจริญ, ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น)
4. สมพงษ์ บุญธรรมจินดา, มอเตอร์ไฟฟ้า, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2538
5. รศ. บรรเลง ศรนิล, ผศ. ประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์, ตารางงานโลหะ, กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
6. หัสรังสี ศิริวิมลวรรณ, เทคนิคการเขียนโปรแกรมแอสแซมบลี้, กรุงเทพมหานคร, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่	รายการ	ขนาดมาตรฐาน	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
12	[illegible]				32
11	Bearing				30
10	DC-Motor				2
9	[illegible]	[illegible]	[illegible]		2
7	[illegible]	[illegible]	St 37	TV - 01 - [illegible]	1
6	[illegible]	[illegible]	St 37	TV - 01 - [illegible]	1
5	[illegible]	Ø14x115	St 37	TV - 01 - [illegible]	32
4	[illegible](บน)	Ø45x30	St 37	TV - 01 - 04	30
3	[illegible](ล่าง)	Ø45x110	St 37	TV - 01 - 03	30
2	[illegible]	[illegible]		TV - 01 - 02	60
1	[illegible]	[illegible]	DIN 1040	TV - 01 - 01	30

[illegible]	[illegible]		[illegible]
[illegible]	[illegible]		
[illegible]			
[illegible]			
[illegible] 1 : 20	[illegible]		[illegible] TV - [illegible]

1	ขนาด			DIN 1040					
ที่มา	วัสดุ								
ผู้วาด	ผู้ตรวจ								
ผู้ออกแบบ	ผู้อนุมัติ								
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน								
1:10	ปากกา(In Vision)								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	แกนหมุน(ตาย).	Ø45x110	St.37		TV-01-03	30	
ที่ทำ	รายการ	ขนาด/รุ่น	วัสดุ		หมายเหตุ	จำนวน	
ผู้ออกแบบ	นายอัครินทร์ กลิ่นแก้ว						
ตรวจ	อ.ดลชัย โชคนำวนกุล						
ผู้ปรับปรุง							
ผู้อนุมัติ							

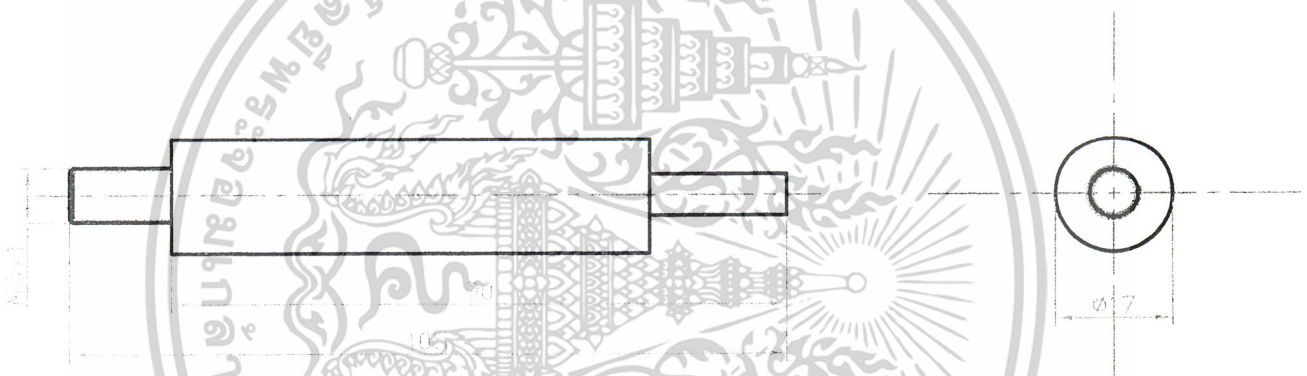
ประกอบ	ชื่อชิ้นงาน	เลขที่เอกสาร
1 : 1	ขาหมุนกล้อง (Tilt Vision)	TV-03

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

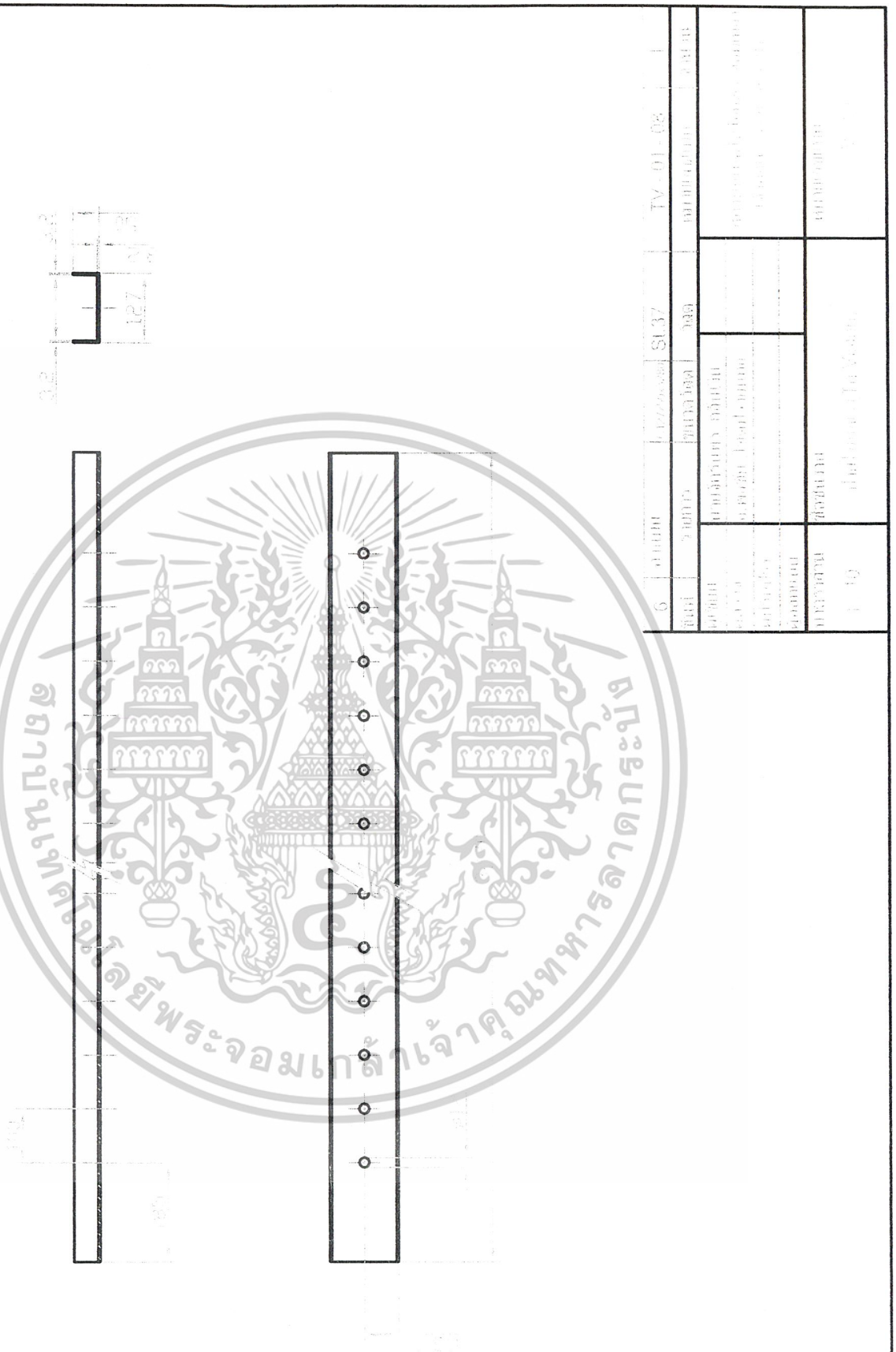
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5

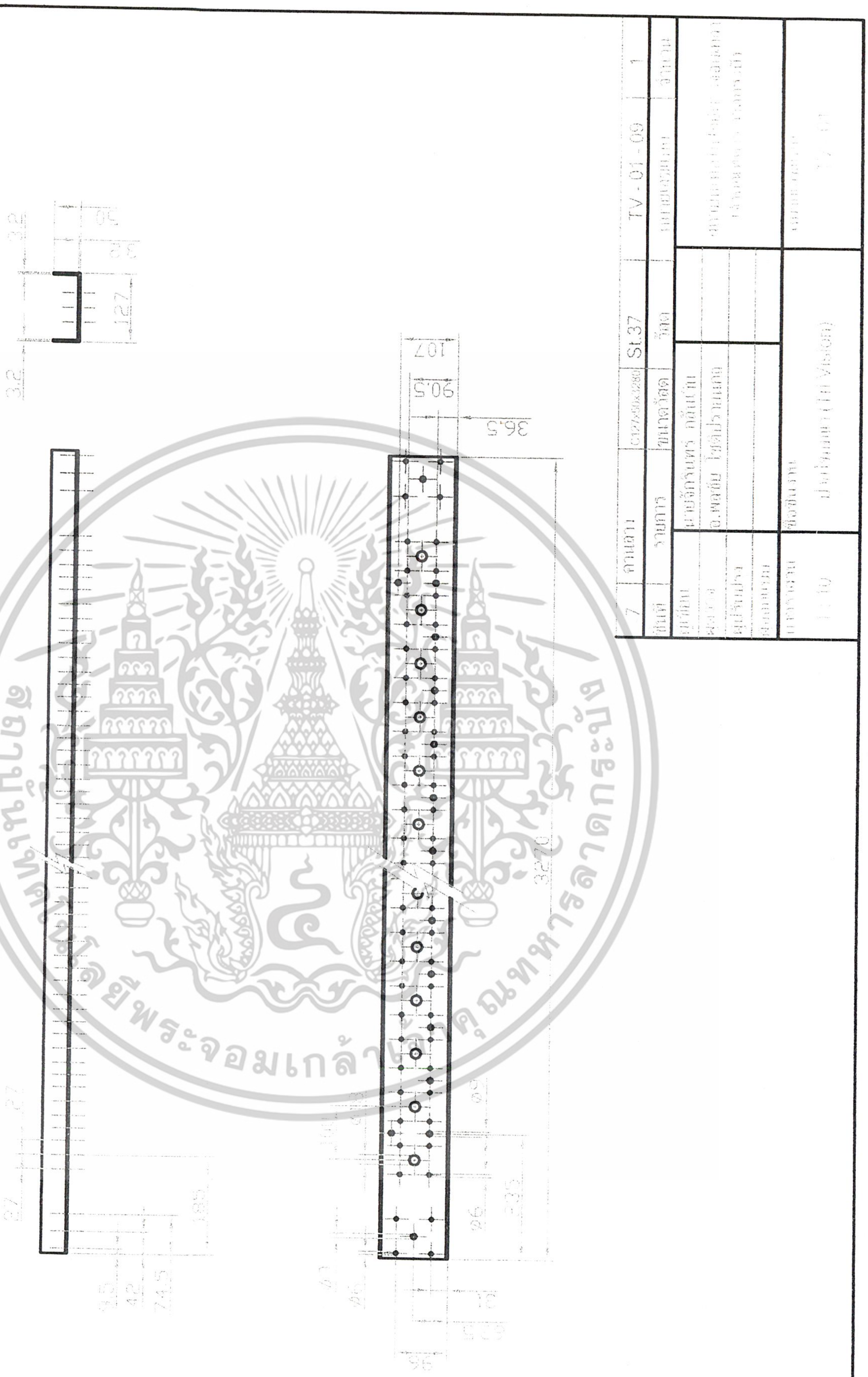


5	ตัวยันโซ่	ø17x110	St.37	TV - 01 - 05	32
ชิ้นที่	วาดภาว	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายอักรินทร์ กลันบัน				
ผู้ตรวจ	อ.พลชัย โชติปราบมหา				
ผู้ปรับปรุง					
ผู้อนุมัติ					
มาตราส่วน 1 : 1	ชื่อชิ้นงาน ป้ายโฆษณา (Tri Vision)			หมายเลขชิ้นงาน TV - 01	

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้