สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งจากฝุ่นผงไม้ยางพารา

A Machine of Rubber Wood-dust Solid Fuel Press

T 049863

นาย กิตติศักดิ์ นิลแย้ม

Mr. Kittisak Nilyam

นาย ชนะชัย ไทรโรจน์รุ่ง

Mr. Chanachai Sairotrung

นาย สมพงษ์ กิจสมัคร

Mr. Sompong Kitsamak

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่ 49863
เลขทะเบียน
วัน,เดือน,ปี 2 พ.ย. 254
b
i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งจากฝุ่นผงไม้ยางพารา
	A Machine of Rubber Wood-dust Solid Fuel Press
นักศึกษา	นาย กิตติศักดิ์ นิลแย้ม
รหัสประจำตัว	43015667
นักศึกษา	นาย ชนะชัย ไทรโรจน์รุ่ง
รหัสประจำตัว	43015672
นักศึกษา	นาย สมพงษ์ กิจสมัคร
รหัสประจำตัว	43015702
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2545

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(อ.พลชัย โชติปรายนกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**เครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งจากฝุ่นผงไม้ยางพารา**
นักศึกษา	นาย กิตติศักดิ์ นิลแย้ม
รหัสนักศึกษา	43015667
นักศึกษา	นาย ชนะชัย ไทรโรจน์รุ่ง
รหัสนักศึกษา	43015672
นักศึกษา	นาย สมพงษ์ กิจสมัคร
รหัสนักศึกษา	43015702
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2545
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.พลชัย โชติปรายนกุล

บทคัดย่อ

ฝุ่นไม้ที่เกิดจากกระบวนการการขัดผิวในโรงงานอุตสาหกรรมไม้ยางพาราเป็นเศษวัสดุเหลือจากการใช้ การแปรสภาพฝุ่นไม้ให้เป็นเชื้อเพลิงแข็งนับเป็นการเพิ่มมูลค่า และเป็นการแก้ปัญหาการกำจัดฝุ่นไม้พร้อมได้เชื้อเพลิงเพิ่มอีกอย่างหนึ่ง ในโครงงานนี้ ได้นำเอาการอัดและการเผามารวมกันทำให้ลดเวลาในการผลิตได้ เชื้อเพลิงอัดสำเร็จรูปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ยาว 65 มิลลิเมตร ใช้แรงอัดเฉลี่ย 300 นิวตัน เครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งจากฝุ่นผงไม้และส่วนผสม สร้างขึ้นเป็นแบบการอัดด้วยลูกสูบโดยระบบนิวแมติกส์ และให้ความร้อนด้วยฮีตเตอร์ ควบคุมการทำงานด้วยระบบไฟฟ้า แบบกึ่งอัตโนมัติสามารถทำงานติดต่อกันได้เป็นระยะเวลานาน ใช้กำลังไฟฟ้าในการเผารวม 980 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Machine of Rubber Wood-dust Solid Fuel Press
Student	Mr. Kittisak Nilyam
	Mr. Chanachai Sairotrung
	Mr. Sompong Kitsamak
Degree	Bachelor of engineering in Industrial
	King Mongkut ' s Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2002
Advisor	Mr . Pholchai Chotiprayanakul

Abstract

Dust wood to conceive a polish skin movement in para wood industrial factory in remnant. Transmute dust wood is gaseous fuel one outler edit problem eradicate and gaseous fuel interesting. To project mixed pressure and burndown with product decrease time a finish product gaseous fuel diameter 40 mm , 65 mm longs use pressure on the average 300 newston . A machine of rubber wood-dust solid fuel press from mixer and dust wood built in pressure piston pneumatic system hotness with heater and working control electronic system . Semi automatic workable connect long time to burndown use power eletric 980 watts.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง เครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็ง สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีผู้จัดทำทุกคนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ พลชัย โชติปรายนกุล อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และความเอาใจใส่ในทุก ๆ ด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

ผศ. พรศักดิ์ อรรถวานิช หัวหน้าภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ สำหรับการให้โอกาสในการศึกษา ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คำแนะนำ ความเอาใจใส่ และทุกสิ่งทุกอย่างตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ในหลักสูตร วิศวกรรมอุตสาหการ

ผศ.ดร. สรรพสิทธิ์ ลิ่มนรรัตน์ สำหรับคำแนะนำ ความเอาใจใส่ กำลังใจในการทำงาน ความช่วยเหลือ และทุกสิ่งทุกอย่างตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ในหลักสูตร วิศวกรรมอุตสาหการ

เพื่อนทุกคนที่ช่วยทำงานกันมาจนทำให้การทำโครงงานในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และคอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

นาย กิตติศักดิ์ นิลแย้ม
นาย ชนะชัย ไทรโรจน์รุ่ง
นาย สมพงษ์ กิจสมัคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

สารบัญสมการ IX

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบนิวแมติกส์ 4

2.1.1 คุณสมบัติของนิวแมติกส์เมื่อเปรียบเทียบกับไฮดรอลิกส์ 5

2.1.2 การเปรียบเทียบระบบนิวแมติกส์กับระบบการทำงานอื่นๆ 5

2.1.3 อุปกรณ์ของระบบนิวแมติกส์ 7

2.1.4 กฎเบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์ 8

2.1.5 กฎเบื้องต้นของลมอัด 11

2.2 เครื่องอัดลม 13

2.2.1 การติดตั้งเครื่องอัดลม 13

2.2.2 ชนิดของเครื่องอัดลม 13

2.2.3 การพิจารณาเลือกขนาดและชนิดของเครื่องอัดลม 16

2.2.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องอัดลม 18

2.2.5 การหล่อเย็นเครื่องอัดลม 19

2.2.6 การบำรุงรักษาเครื่องอัดลม 19

2.3 ถังพักลมอัด 19

2.4 กระบอกสูบลม 21

2.4.1 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง 23

2.4.2 ลักษณะการจับยึดกระบอกสูบ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การเลือกขนาดกระบอกสูบ 25
2.4.4 การหาค่าของกระบอกสูบลมจากตาราง 26
2.5 วาล์วควบคุมด้วยโซลีนอยด์ 28
2.6 ชุดควบคุมแรงดันลม 29
2.7 รีเลย์ 30
2.8 ลิมิตสวิตช์ 31
2.8.1 หลักการเลือกใช้ลิมิตสวิตช์ 32
2.9 รีเลย์ตั้งเวลา 33
2.10 ฮีตเตอร์ 34
2.11 เทอร์มอคัปเปิล 35
2.12 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล 35

บทที่ 3 การดำเนินงานและการออกแบบ

3.1 การออกแบบ 36
3.1.1 อุปกรณ์ทางด้านโครงสร้าง 37
3.1.2 อุปกรณ์ทางนิวแมติกส์และอุปกรณ์ทางไฟฟ้า 38
3.2 หลักการทำงานของเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็ง 39
3.3 แผนการทดลอง 40
3.3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการอัดเชื้อเพลิงแข็ง 40
3.3.2 ตัวประสานในการทดลอง 41
3.3.3 ขั้นตอนในการทำการทดลอง 41
3.3.4 อธิบายการทำงานของวงจรควบคุมด้วยไฟฟ้า 45

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 การดำเนินงานด้านตัวเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็ง 46
4.2 ผลการด้านวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงาน 48
4.3 ผลการทดลอง 49

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินการ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 53
5.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน 53

บรรณานุกรม 54
ภาคผนวก ผ.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการบังคับการทำงานด้วยระบบต่างๆ..... 6
ตารางที่ 2.2 ขนาดและความสามารถของเครื่องอัดลม..... 7
ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบหน่วยวัดค่าความดัน..... 10
ตารางที่ 2.4 หน่วยต่างๆในระบบนิวแมติกส์..... 11
ตารางที่ 2.5 การเลือกขนาดและชนิดของเครื่องอัดลมเมื่อรู้ค่าปริมาณความต้องการลมอัด..... 18
ตารางที่ 2.6 ระยะกันกระแทกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง..... 22
ตารางที่ 2.7 ความสัมพันธ์เกี่ยวกับผลของการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ..... 25
ตารางที่ 2.8 สำหรับหาค่าแรงดันสุทธิของกระบอกสูบลม..... 26
ตารางที่ 2.9 เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบลมตามมาตรฐาน JIS..... 27
ตารางที่ 2.10 เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบลมตามมาตรฐาน DIN..... 27
ตารางที่ 4.1 บันทึกผลการทดลอง..... 49
ตารางที่ 4.2 น้ำหนักต่อก้อนและน้ำหนักโดยเฉลี่ยของก้อนเชื้อเพลิงแข็ง..... 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 อุปกรณ์และระบบนิวแมติกส์ 7
รูปที่ 2.2 การอ่านค่าระดับความดันต่างๆ 9
รูปที่ 2.3 กฎของปาสคาล 11
รูปที่ 2.4 การถ่ายทอดแรง 12
รูปที่ 2.5 ปริมาตรและความดันตามกฎของบอยส์ 12
รูปที่ 2.6 ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดลมแบบลูกสูบ 13
รูปที่ 2.7 ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดลมแบบไดอะแฟรม 14
รูปที่ 2.8 ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดลมแบบเวนโรตารี 14
รูปที่ 2.9 ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดลมแบบสกรู 15
รูปที่ 2.10 ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดลมแบบใบพัดหมุน 15
รูปที่ 2.11 ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดลมแบบกังหัน 16
รูปที่ 2.12 การหาชนิดของเครื่องอัดลมสำหรับงานต่างๆ 16
รูปที่ 2.13 การหล่อเย็นเครื่องอัดลม 19
รูปที่ 2.14 ถังพักลมแบบนอน 20
รูปที่ 2.15 ถังพักลมแบบตั้ง 20
รูปที่ 2.16 การหาขนาดของถังพักลมอัด 21
รูปที่ 2.17 ลักษณะโครงสร้างของกระบอกสูบลม 22
รูปที่ 2.18 ลักษณะของกระบอกสูบลมแบบสองทาง 23
รูปที่ 2.19 ลักษณะของกระบอกสูบลมแบบสองทางมีเบาะลมกันกระแทก 24
รูปที่ 2.20 ลักษณะการจับยึดกระบอกสูบโดยใช้สกรู 24
รูปที่ 2.21 ลักษณะการจับยึดกระบอกสูบโดยใช้ตัวจับยึดตามลักษณะงาน 24
รูปที่ 2.22 การหาแรงดันสุทธิของกระบอกสูบ 27
รูปที่ 2.23 วาล์ว 5/2 ควบคุมด้วยโซลินอยด์วาล์ว 28
รูปที่ 2.24 แสดงสภาวะการทำงานด้านซ้ายมือ 28
รูปที่ 2.25 แสดงสภาวะการทำงานด้านขวามือ 29
รูปที่ 2.26 วาล์วควบคุม 29
รูปที่ 2.27 ภาพองค์ประกอบรีเลย์ 30
รูปที่ 2.28 โครงสร้างภายในของลิมิตสวิตช์ 31
รูปที่ 2.29 การทำงานของหน้าสัมผัสชนิดทำงานช้า 31
รูปที่ 2.30 ลักษณะการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับลิมิตสวิตช์ 32
รูปที่ 2.31 การเลือกกลไกในการบังคับการทำงานของลิมิตสวิตช์ 32
รูปที่ 2.32 การหยุดกลไกต่างๆ โดยวิธีที่ถูกต้อง 33
รูปที่ 2.33 รีเลย์ตั้งเวลา 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.34 แสดงสัญลักษณ์และการทำงาน..... 34
รูปที่ 2.35 ฮีตเตอร์แท่ง 34
รูปที่ 2.36 ฮีตเตอร์รัดท่อ 35
รูปที่ 2.37 เทอร์มอคัปเปิล 35
รูปที่ 2.38 ภาพแสดงตัวเครื่องและการต่อสาย..... 35
รูปที่ 3.1 ลักษณะโดยรวมทั้งหมดของตัวเครื่อง..... 37
รูปที่ 3.2 วงจรควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้า..... 39
รูปที่ 3.3 ภาพตัดของเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งก่อนที่จะเริ่มทำงาน..... 39
รูปที่ 3.4 แผนภาพลำดับการทำงานของกระบอกลูกสูบ..... 40
รูปที่ 3.5 ภาพประกอบการทำงานวงจรไฟฟ้า..... 40
รูปที่ 3.6 ผงฝุ่นไม้ยางพารา..... 41
รูปที่ 3.7 แป้งมันสำปะหลัง..... 42
รูปที่ 3.8 น้ำ..... 42
รูปที่ 3.9 น้ำหนักของผงฝุ่นไม้ยางพาราที่ยังไม่ได้ผสมแป้งมันสำปะหลังและน้ำ..... 43
รูปที่ 3.10 ผงฝุ่นไม้ยางพาราที่ผสมกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำ..... 43
รูปที่ 3.11 การเทผงฝุ่นไม้ยางพาราที่ผสมกับส่วนผสมอื่นลงในกรวย..... 44
รูปที่ 3.12 แผงวงจรควบคุมและเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล..... 44
รูปที่ 3.13 น้ำหนักของก้อนเชื้อเพลิงแข็งที่ได้..... 44
รูปที่ 4.1 รูปร่างลักษณะของตัวเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็ง..... 46
รูปที่ 4.2 ฮีตเตอร์แท่งและฮีตเตอร์รัดท่อ..... 46
รูปที่ 4.3 ช่วงการอัดเผาและกรวยเติมวัตถุดิบ..... 47
รูปที่ 4.4 ภาพด้านหลังของเครื่อง..... 47
รูปที่ 4.5 แผงควบคุม 48
รูปที่ 4.6 ลักษณะการต่อวงจรไฟฟ้า..... 48
รูปที่ 4.7 ลักษณะการต่อวงจรไฟฟ้ากับอุปกรณ์ควบคุม..... 48
รูปที่ 4.8 ก้อนเชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากการทดลอง..... 51
รูปที่ 4.9 ความสามารถในการให้ความร้อนในช่วงสูงสุด..... 52
รูปที่ 4.10 ความสามารถในการให้ความร้อนในช่วงเวลาใกล้จะดับ..... 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญสมการ

หน้า

สมการ (2.1) 9
สมการ (2.2) 9
สมการ (2.3) 10
สมการ (2.4) 10
สมการ (2.5) 11
สมการ (2.6) 11
สมการ (2.7) 12
สมการ (2.8) 17
สมการ (2.9) 17
สมการ (2.10) 17
สมการ (2.11) 25
สมการ (2.12) 26
สมการ (2.13) 26
สมการ (2.14) 26
สมการ (3.1) 36
สมการ (3.2) 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงการ

อุตสาหกรรมไม้ยางพาราส่วนใหญ่จะประกอบด้วย อุตสาหกรรมแปรรูปไม้-อบน้ำยาง, ทำเฟอร์นิเจอร์และชิ้นส่วน, ปาร์เกต์, ไม้ประสาน, ไม้อัดและปาร์ติเกิลบอร์ด, ไม้วิเนียร์, ลูกปัด และ ของเด็กเล่น ในการแปรรูปไม้โดยทั่วไปจะได้ไม้แปรรูปประมาณร้อยละ 45 ถึง 55 หรือสูญเสียเนื้อไม้เป็นเศษไม้ต่างๆ ประมาณร้อยละ 45 ถึง 55 ของปริมาณไม้ซุงที่นำเข้าเลื่อย ในการปอกไม้ท่อนและฝานไม้เสี้ยวเพื่อทำไม้อัด (Veneer and Plywood) นั้นก็จะสูญเสียเนื้อไม้เป็นเศษไม้ ไปประมาณร้อยละ 50 ถึง 55 เศษไม้ที่สูญเสียไปในอุตสาหกรรมไม้ยางพาราได้แก่ ปีกไม้ ริมไม้ ปลายไม้ ไม้เสียคลองและไม้คัดทิ้ง ไม้ที่เหลือจากการปอกไม้ยาง ไม้เสี้ยวที่เหลือจากการฝานไม้ยาง ขี้เลื่อย เศษไม้มีตำหนิจากการอบ รม หรือนึ่ง ขี้กบที่ได้จากการไสไม้ และ ฝุ่นไม้จากการขัดผิวถึงแม้ว่ายังไม่ทราบปริมาณที่แน่นอนของเศษไม้ยางพาราเพราะยังไม่มีการสำรวจอย่างละเอียดมาก่อน แต่ประมาณการได้ว่าในแต่ละปีมีเศษไม้ต่างๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งจำแนกเป็นสัดส่วนได้ดังนี้คือ เป็นเศษไม้จากโรงเลื่อยประมาณร้อยละ 8 ของปริมาณเศษไม้ยางพาราทั้งหมด เศษไม้จากโรงงานไม้ยาง ไม้อัด ประมาณร้อยละ 5 ส่วนอีกประมาณร้อยละ 15 เป็นเศษไม้จากแหล่งกำเนิดอื่นรวมกัน

เมื่อเทียบกับเศษไม้ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่าฝุ่นผงไม้มีสัดส่วนน้อยมาก ขณะที่เศษวัสดุเช่น ปีกไม้ เปลือกไม้ เศษไม้ ขี้กบ ขี้เลื่อย สามารถนำกลับหมุนเวียนมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตได้บ้าง รวมทั้งการนำไปเผาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อใช้พลังงานความร้อนได้นั้นฝุ่นไม้ไม่นิยมนำไปใช้หมุนวียนในการผลิต จึงเกิดการสะสมจนมีปริมาณมาก การจัดการฝุ่นไม้ในปัจจุบันทำให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมค่อนข้างสูง โดยเฉพาะการเผาทิ้งจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เกิดเป็นควันเนื่องจากยังไม่มีการใช้เตาเผาฝุ่นไม้โดยเฉพาะ ทางออกทางหนึ่งที่เป็นไปได้ในการจัดการฝุ่นผงไม้คือ การทำเป็นเชื้อเพลิงแท่งที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ขนส่งและจัดเก็บได้ง่าย ทั้งยังสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรงในโรงงานอุตสาหกรรมเดิม

ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบสร้างเครื่องอัดถ่านจากเศษฝุ่นผงไม้ยางพาราขึ้น โดยเครื่องมีความสามารถที่จะผลิตถ่านอัดก้อนได้โดยที่ไม่ต้องนำไปเผา เป็นการลดขั้นตอนการผลิตในกระบวนการทางอุตสาหกรรมต่อไป เนื่องจากในอดีตได้มีการออกแบบ และสร้างเครื่องอัดประเภทนี้มาแล้วหลายแบบ แต่ยังต้องมีการนำเอาถ่านที่ได้ไปเผาอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะนำไปใช้หรือจัดเก็บ

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งโดยใช้ระบบนิวแมติกส์
2. เพื่อนำฝุ่นผงไม้ยางพารามาอัดเป็นก้อนทำเป็นเชื้อเพลิงแข็ง
3. ใช้ระบบวงจรไฟฟ้าควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อนำวัสดุเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ ในด้านพลังงานทดแทน
2. สามารถนำไปประยุกต์หรือพัฒนาใช้ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กได้
3. สามารถนำพลังความร้อนที่ได้จากก้อนเชื้อเพลิงแข็งไปใช้ในการประกอบอาหารหรือกิจกรรมอื่น
4. ใช้เครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งเพื่อทำการทดลองหาอัตราส่วนผสม ของผงไม้ยางพารา แป้งเปียกและน้ำใน ปริมาณที่เหมาะสมแก่การประสานก้อนเชื้อเพลิงแข็ง

1.4 ขอบเขตปริญญานิพนธ์

1. สร้างเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็ง ขนาดกว้าง 350 มิลลิเมตร ยาว 1,310 มิลลิเมตร สูง 596 มิลลิเมตร
2. ใช้แรงอัดจากกระบอกสูบลมนิวแมติกส์ 2 ตัว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 มิลลิเมตร ใช้แรงดัน 3 บาร์ และ 2 บาร์
3. สามารถผลิตก้อนเชื้อเพลิงแข็ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ยาว 65 มิลลิเมตร แกนกลาง กลวง10 มิลลิเมตร
4. ใช้ความร้อนในการเผาได้ไม่เกิน 400 องศาเซลเซียส
5. ใช้วงจรไฟฟ้าในการควบคุมระบบการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยีการทำเชื้อเพลิงแท่งจากชีวมวล มีหลายแบบ เช่นการอัดแท่งแบบใช้ลูกสูบ (Piston Press) ซึ่งมีทั้งระบบเชิงกล (Mechanical Piston Press) ระบบไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Piston Press) และระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic Piston Press) โดยหลักการแล้วเหมือนกันต่างกันเพียงกลไกที่ส่งแรงไปดันลูกสูบ แรงอัดที่กระทำจะไม่ต่อเนื่อง เพราะมีช่วงชักของลูกสูบคือช่วงอัดเข้าและถอยออก เทคโนโลยีอีกแบบหนึ่งคือการอัดแท่งแบบใช้สกรู (Screw Extruder) กรณีนี้แรงดันถูกส่งผ่านต่อเนื่องกระทำกับวัตถุดิบโดยอาศัยแรงพาจากสกรู สกรูจะอัดวัตถุดิบผ่านแม่พิมพ์ (Die) ลักษณะสกรูมีสองแบบคือ แบบทรงกระบอก (Cylindrical Screw) และแบบกรวย (Conical Screw) สำหรับแม่พิมพ์นั้นมีสองแบบคือ แบบที่ให้ความร้อนจากภายนอก และแบบที่ไม่มีการให้ความร้อน เทคโนโลยีที่นิยมอีกแบบหนึ่งคือการอัดเม็ด (Pell Press) เป็นการอัดวัสดุผ่านแม่พิมพ์ขนาดเล็กจำนวนมากซึ่งเจาะอยู่บนวงแหวน เรียกแม่พิมพ์ชนิดนี้ว่าแม่พิมพ์ชนิดหมุน (Rotating Die) หรือเจาะบนจานแบนเรียกว่าแม่พิมพ์ชนิดแบน (Flat Die) เทคโนโลยีสุดท้ายคือการอัดโดยใช้มือโยกหรือแรงงานสัตว์ (Manual Press) กรณีวัตถุดิบส่วนใหญ่คือเศษพืชเหลือทิ้งจากการเกษตร มีการผสมตัวประสานเพื่อช่วยในการจับยึดของอนุภาควัตถุดิบ เชื้อเพลิงที่อัดได้เรียกว่าเชื้อเพลิงเขียว การอัดจะอัดแบบเปียกแล้วนำมาผึ่งแดดให้แห้ง

การพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยีในการอัดฝุ่นผงไม้ในโครงงานนี้ เลือกการอัดโดยกระบอกสูบลมนิวแมติกส์ แต่ เนื่องจากระบบนิวแมติกส์ ให้แรงได้น้อยสุดจากระบบที่กล่าวมาข้างต้น จากการศึกษาระบบอื่น ๆ จะเห็นได้ว่าเป็นการทำเพื่อให้ได้รูปทรงที่แน่นอน และแน่นพอที่จะเคลื่อนย้ายได้โดยไม่แตกหักจึงต้องใช้แรงอัดมาก เพราะอนุภาคของฝุ่นผงไม้มีขนาดเล็ก จึงทำให้ยึดเกาะกันได้ไม่แน่นพอหากใช้แรงอัดน้อย ซึ่งหากใช้แรงอัดจากระบบนิวแมติกส์ โดยใช้หลักการเดียวกัน จะไม่สามารถอัดให้ฝุ่นผงไม้ยึดเกาะกันได้ดีพอ ดังนั้นจึงมีการใส่ตัวเชื่อมประสานเพื่อให้อนุภาคของฝุ่นผงไม้ยึดเกาะกันได้ง่ายขึ้น แต่จะเป็นการเพิ่มความชื้นให้กับฝุ่นผงไม้ได้ จึงต้องมีการให้ความร้อนเพื่อดึงความชื้นออกบางส่วน เพื่อให้ถ่านที่อัดมีความแห้ง และแข็งพอที่จะเคลื่อนย้ายได้ และนำไปอัดเผาเป็นถ่านต่อไป

สำหรับโครงงานปริญญานิพนธ์นี้ได้มีการให้ความร้อนต่อไปอีก จนกระทั่งฝุ่นผงไม้และส่วนผสมกลายเป็นถ่านอัดได้ในที่สุด เพื่อประโยชน์ในอุตสาหกรรมเป็นการลดเวลาในการผลิต แต่อาจเพิ่มต้นทุน เนื่องจากจะใช้ไฟฟ้ามากกว่าการผลิตแบบอัดแล้วค่อยนำไปเผา สำหรับการอัดแบบอื่นที่เห็นว่าไม่มีความเหมาะสมในการอัดฝุ่นผงไม้คือการอัดโดยใช้แรงคนไม่เหมาะสำหรับการใช้ในระดับอุตสาหกรรมที่ต้องการเครื่องจักรที่ทำงานอัตโนมัติและมีความสามารถสูง ส่วนการอัดโดยวิธีการอัดเม็ดนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวิธีการนี้ใช้ได้เฉพาะกับเตาที่ออกแบบมาเป็นพิเศษสำหรับใช้ในอาคารบ้านเรือนเท่านั้น วัตถุดิบสำหรับการอัดเม็ดส่วนใหญ่คือ สะเก็ดไม้ , ขี้กบ และเศษไม้ นำมาย่อยให้มีขนาดที่ใกล้เคียงกันแล้วผสมกับขี้เลื่อย ทำให้แห้งแล้วนำมาอัดเป็นเม็ด มีการกำหนดความชื้นวัตถุดิบไว้ต่ำมากคือร้อยละ 5 ถึง 10 และกำหนดเปอร์เซ็นต์ฝุ่นผง (โดยน้ำหนัก) ของผลิตภัณฑ์ไว้ต่ำกว่าร้อยละ 0.5 ส่วนการอัดแบบสกรูอัดนั้นไม่เหมาะกับการอัดฝุ่นไม้ เพราะอนุภาคของฝุ่นไม้มีขนาดเล็กเกินไปถึงขั้นละเอียด ทำให้ฝุ่นไม้มีความแน่นน้อย เกาะตัวกันมาก ขาดอิสระในการไหลขณะอยู่ในสกรู และโดยทั่วไปขนาดของอนุภาคของวัตถุดิบที่เหมาะสมสกรูอัดจะอยู่ในช่วง 6-8 มิลลิเมตร โดยมีฝุ่นผงปนอยู่ได้ประมาณร้อยละ 10-20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ระบบนิวแมติกส์

นับเป็นเวลานานมาแล้วที่มนุษย์รู้จักการนำเอาลมอัดมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยที่ใช้แรงดันนี้มาดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ในกระบอกสูบได้ ผลออกมาจะได้กำลังงานจากลูกสูบมากขึ้น หลักการนี้ได้มาจากการนำเอาความคิดจากการใช้ไม้ซางสำหรับเป่าลูกดอกเพื่อการล่าสัตว์ การต่อสู้ป้องกันตัว ในปัจจุบันได้พัฒนานำเอาลมอัดมาใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก เช่นเครื่องจักรในการประกอบในงานอุตสาหกรรม เครื่องจักรในการบรรจุหีบห่อ เครื่องจักรผลิตอาหาร เครื่องจักรงานไม้ เครื่องจักรในการขนย้ายวัสดุ เครื่องพิมพ์ และเครื่องมือเครื่องจักรอื่นๆ อีกมากมาย

เหตุผลที่มีการนำลมอัดมาใช้อย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรมที่เป็นระบบอัตโนมัติ เนื่องจากเป็นการประหยัดแรงงาน โครงสร้างของอุปกรณ์บังคับลมอัดเป็นแบบง่ายๆ มีความปลอดภัยในการทำงานสูง เพราะมีอุณหภูมิในการทำงานต่ำ เครื่องจักรที่ใช้พลังงานลมอัดจะมีราคาถูกกว่าระบบอื่นๆ มีการบำรุงรักษาและควบคุมง่าย นอกจากนั้นระบบลมอัดยังง่ายต่อการดัดแปลง เช่นสามารถใช้ร่วมกับไฟฟ้าในการบังคับจากระยะห่างได้ เป็นที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ทันสมัย ในปัจจุบันระบบลมอัดที่ได้พัฒนามาใช้ในงานอุตสาหกรรมจึงได้ผลเป็นอย่างมาก ส่วนมากจะเรียกระบบลมอัดนี้ว่า ระบบนิวแมติกส์

สาเหตุสำคัญที่มีการนำเอาระบบนิวแมติกส์มาใช้ในงานอุตสาหกรรมเนื่องมาจาก

1. ระบบนิวแมติกส์ที่ใช้งานทั่วไปไม่มีการระเบิดหรือลุกไหม้เป็นเปลวไฟ จึงประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการป้องกันความปลอดภัย
2. ความเร็วของเครื่องมือที่ใช้ระบบนิวแมติกส์ให้ความเร็วในการทำงานสูง 1 ถึง 2 เมตรต่อวินาที แต่ถ้าหากต้องการความเร็วสูงขึ้นมากกว่านี้ จะต้องใช้กระบอกสูบชนิดพิเศษ ซึ่งมีความเร็วถึง 10 เมตรต่อวินาที
3. ระบบนิวแมติกส์เมื่อใช้งานแล้วระบายทิ้งปล่อยสู่บรรยากาศเลยไม่ต้องเดินท่อทางนำกลับมาใช้อีก ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย
4. ระบบนิวแมติกส์สามารถนำลมที่อัดตัวแล้วไว้ในถังและนำไปใช้งานได้เลย
5. อุปกรณ์ใช้งานในระบบนิวแมติกส์มีความปลอดภัยถ้าใช้งานเกินกำลัง
6. ระบบนิวแมติกส์สามารถปรับความเร็วในการทำงานได้โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็ว และสามารถให้รอบในการทำงานสูงถึง 800 รอบต่อนาที
7. สามารถปรับความดันลมอัดให้มีค่ามากน้อยได้ตามต้องการโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความดัน
8. ความสะอาดของระบบนิวแมติกส์ดีมาก เพราะมีชุดปรับคุณภาพลมก่อนนำมาใช้งาน
9. ระยะชักของก้านสูบสามารถปรับแต่งระยะชักให้สั้นหรือยาวได้ตามต้องการ
10. สามารถทำงานได้ที่ระดับความแตกต่างของอุณหภูมิสูง

จะเห็นได้ว่าระบบนิวแมติกส์มีข้อดีอยู่หลายประการ แต่ในขณะเดียวกัน ระบบนิวแมติกส์ก็มีข้อเสียอยู่ดังนี้

1. ในโรงงานอุตสาหกรรมบางครั้งมีการเพิ่มอุปกรณ์นิวแมติกส์เข้ามาในวงจรโดยไม่คำนึงถึงความสามารถของเครื่องอัดลม ซึ่งอาจจะทำให้เครื่องจักรทำงานคลาดเคลื่อนได้ และในบางครั้งถ้ากระบอกสูบอยู่ห่างจากอุปกรณ์ควบคุมเกินกว่า 5 เมตร จะทำให้เกิดปัญหาในการทำงานของกระบอกสูบ
2. ไอน้ำที่ได้จากการอัดตัวในระบบนิวแมติกส์จะมีความชื้นปนอยู่ และเมื่อความดันลดลงจะทำให้เกิดหยดน้ำขึ้นได้
3. การทำงานของระบบนิวแมติกส์มักจะมีเสียงดังเพราะจะต้องมีการระบายลมทิ้งเนื่องจากลมที่ทิ้งปล่อยออกสู่บรรยากาศ จึงจำเป็นต้องมีท่อเก็บเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความดันของลมอัดในระบบนิวแมติกส์จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงความดันก็จะสูง และถ้าอุณหภูมิต่ำความดันก็จะต่ำลงด้วย

5. ถ้าต้องการแรงในการใช้งานมาก เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบจะต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางโตขึ้นเพื่อให้ได้แรงตามความต้องการ ซึ่งกระบอกสูบในระบบนิวแมติกส์จะมีขีดจำกัดอยู่

2.1.1 คุณสมบัติของนิวแมติกส์เมื่อเปรียบเทียบกับไฮดรอลิกส์

เนื่องจากระบบนิวแมติกส์และระบบไฮดรอลิกส์มีความสัมพันธ์ซึ่งเป็นลักษณะของพลังงานของไหลเหมือนกัน เมื่อนำเอาระบบนิวแมติกส์เปรียบเทียบกับระบบไฮดรอลิกส์จะมีข้อแตกต่างกันดังนี้

1. ความดันใช้งานของลมอัดในระบบนิวแมติกส์มีค่าอยู่ระหว่าง 6 ถึง 7 บาร์ แต่ถ้าต้องการความดันใช้งานสูงกว่านี้ก็ได้แต่ไม่เกิน 10 บาร์ ซึ่งน้อยกว่าความดันใช้งานของระบบไฮดรอลิกส์มาก จึงเหมาะกับการใช้งานเบาๆ เท่านั้น

2. ลมอัดมีการยุบตัวมากกว่าน้ำมันในระบบไฮดรอลิกส์ ดังนั้นเมื่อมีการหยุดค้างตำแหน่งในระหว่างชักจึงไม่ดีเท่าที่ควร

3. ความต้านทานการไหลของลมอัดในท่อทางส่งมีค่าน้อยกว่าความต้านทานการไหลของน้ำมันในระบบไฮดรอลิกส์ จึงสามารถเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า

4. ระบบนิวแมติกส์มีความสะอาดมากกว่าระบบไฮดรอลิกส์มาก เพราะระบบไฮดรอลิกส์มีการรั่วไหลของน้ำมันเกิดขึ้น และอาจเกิดอันตรายจากการติดไฟของน้ำมันได้

5. โดยทั่วไปในงานอุตสาหกรรมมักจะใช้ลมอัดใช้งานประเภทอื่นอยู่แล้ว ดังนั้นจึงเป็นการสะดวกที่จะนำเอาระบบนิวแมติกส์มาใช้ ซึ่งค่าใช้จ่ายในการเดินท่อทางส่งลมอัดมีราคาถูกกว่า ถ้าต้องการจะนำเอาระบบไฮดรอลิกส์มาใช้ในโรงงาน จะต้องหาปั๊มไฮดรอลิกส์มาใช้งาน และค่าใช้จ่ายในการเดินท่อทางส่งน้ำมันไฮดรอลิกส์มีราคาสูงมาก

6. ระบบนิวแมติกส์สามารถใช้งานในขณะที่อุณหภูมิของลมอัดสูงได้ถึง 160 องศาเซลเซียส โดยขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและอุปกรณ์ทำงาน ส่วนในระบบไฮดรอลิกส์น้ำมันที่ใช้ในการส่งถ่ายกำลังจะมีอุณหภูมิสูงไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส

2.1.2 การเปรียบเทียบระบบนิวแมติกส์กับระบบการทำงานอื่นๆ

เนื่องจากในงานอุตสาหกรรม การบังคับการทำงานด้วยระบบกลไก ระบบไฟฟ้า ระบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบไฮดรอลิกส์ และระบบนิวแมติกส์ ซึ่งแต่ละระบบก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปดังรายละเอียดในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

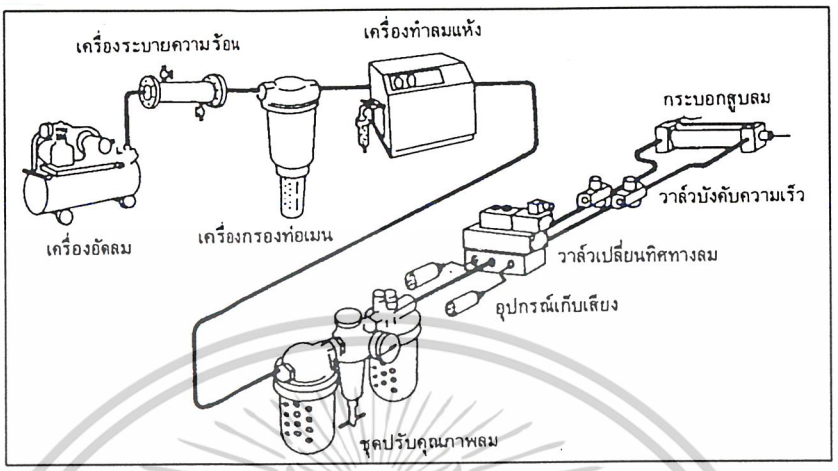
ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการบังคับการทำงานด้วยระบบต่างๆ

รายละเอียดของระบบ		บังคับการทำงานด้วยระบบ			
		กลไก	ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์	ไฮดรอลิกส์	นิวแมติกส์
ระบบการบังคับ	โครงสร้าง	ค่อนข้างซับซ้อน	ค่อนข้างซับซ้อน	ค่อนข้างซับซ้อน	ง่าย
	ความสามารถ	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ดีแต่ต้องระวัง
	เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง	ง่าย	ง่าย	ยาก	ง่าย
	เคลื่อนที่แบบหมุน	ง่าย	ง่าย	ค่อนข้างยาก	ค่อนข้างยาก
	กำลังขับ	น้อย-มาก	น้อย-มาก	กลาง-มากกว่า	น้อย-กลาง
	การปรับกำลังขับ	ยาก	ยาก	ง่าย	ง่าย
	การบำรุงรักษา	ง่าย	ต้องใช้เทคโนโลยี	ค่อนข้างง่าย	ง่าย
	ความเร็วคงที่	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ไม่คงที่ความดันต่ำ
	การรับภาระเกินกำหนด	ค่อนข้างยาก	ยาก	ค่อนข้างยาก	ง่าย
	การเลือกรูปแบบการติดตั้ง	น้อย-มาก	กลาง	มาก	มากกว่า
	การใช้อุปกรณ์ช่วยทำงานเมื่อขาดกระแสไฟฟ้า	ค่อนข้างจะเป็นไปได้	ยาก	เป็นไปได้	เป็นไปได้
	การส่งสัญญาณ	ยาก	ง่ายมาก	ค่อนข้างยาก	ง่าย
	การป้องกันการติดไฟ	ดีมาก	ต้องใช้อุปกรณ์ช่วย	ดี	ดีมาก
	ความรู้สึกไวต่อความชื้น	น้อย	มาก	น้อย	ต้องระบายออก
	ความรู้สึกไวต่ออุณหภูมิ	น้อย	มาก	กลาง	น้อย-กลาง
	การเลือกวิธีการบังคับ	น้อย	มากกว่า	น้อย	มากกว่า
	การคำนวณในระบบ	น้อย	มาก	น้อย	กลาง
	การคำนวณความเร็ว	สูง	สูงมาก	กลาง	กลาง
	การคำนวณการบังคับ	อะนาลอก(ดิจิตอล)	ดิจิตอล(อะนาลอก)	อะนาลอก	ดิจิตอล(อะนาลอก)
	ข้อเสียเมื่อเกิดการสั่นสะเทือน	ปกติ	มีผลเสีย	ปกติ	ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 อุปกรณ์ของระบบนิวแมติกส์

การทำงานของระบบนิวแมติกส์จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้



รูปที่ 2.1 อุปกรณ์และระบบนิวแมติกส์

1. เครื่องอัดลม (Air Compressor) คือเครื่องที่เปลี่ยนพลังงานจากพลังงานไฟฟ้าเป็นลมอัด ทำให้มีความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ แบ่งขนาดความสามารถของเครื่องอัดลมออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ความสามารถของเครื่องอัดลมในการสร้างความดันลมอัดได้ถึง 10 บาร์ โครงสร้างของเครื่องอัดลมแบ่งออกเป็นแบบลูกสูบ และแบบสกรู ฯลฯ

ตารางที่ 2.2 ขนาดและความสามารถของเครื่องอัดลม

ขนาด	ระบบระบายความร้อน	กำลังเครื่องอัดลม
เล็ก	อากาศ	0.2 ถึง 7.5 กิโลวัตต์
กลาง	อากาศและน้ำ	7.5 ถึง 75 กิโลวัตต์
ใหญ่	น้ำ	75 กิโลวัตต์

2. เครื่องระบายความร้อนลมอัด (Heat Exchanger)เนื่องจากเครื่องอัดลมจะดูดเอาอากาศที่ความดันบรรยากาศด้วยปริมาตรประมาณ 8 ลูกบาศก์เมตรไปอัดให้มีความดันสูงขึ้น 7 ถึง 10 บาร์ เหลือปริมาตรของอากาศประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นอากาศที่มีความดันสูงนี้จะมีอุณหภูมิสูง ถ้าใช้ลมอัดนี้ไปใช้งานโดยตรงจะสร้างความเสียหายให้แก่ซีลต่างๆของอุปกรณ์ จึงจำเป็นจะต้องลดอุณหภูมิของลมอัดด้วยเครื่องระบายความร้อน

3. เครื่องกรองท่อเมน (Main Air Filter) จะเป็นตัวกรองฝุ่นละออง สนิม และน้ำที่ปะปนมากับลมอัดให้สะอาดก่อนนำไปใช้งานและก่อนที่จะไปใช้กับเครื่องจักรในระบบนิวแมติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องทำลมให้แห้ง (Air Dryer) ลมอัดที่ออกจากเครื่องอัดลมจะมีความชื้นปนอยู่มาก ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องทำลมให้เย็นลงเพื่อจะดูดเอาความชื้นออกจากลมอัด หรืออาจจะใช้สารเคมีในการขับความชื้นออกจากลมอัดก็ได้ ความชื้นที่ถูกออกมาจะกลั่นตัวเป็นน้ำ และถูกนำออกมาทิ้งจากระบบด้วย

5. กรองลม (Air Filter) จะทำหน้าที่คล้ายกับเครื่องกรองลมในท่อเมนเพื่อป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์ที่ใช้ลม ในกรณีที่ไม่มีเครื่องทำลมให้แห้ง ตัวกรองลมนี้จะทำหน้าที่ดักน้ำที่ปนมากับลมด้วย

6. วาล์วลดความดัน (Pressure Reducing Valve) เครื่องอัดลมจะทำหน้าที่อัดลมไว้ในถังพักให้มีค่าความดันอยู่ที่ค่าหนึ่ง ซึ่งค่าความดันนี้จะมีค่ามากกว่าค่าความดันใช้งานเล็กน้อย ดังนั้นในการใช้งานจึงจำเป็นจะต้องลดค่าความดันลงมาโดยใช้วาล์วความดันทำหน้าที่ดังกล่าว

7. อุปกรณ์ผสมความดันหล่อลื่น (Oil Lubricator) เนื่องจากในอุปกรณ์นิวแมติกส์ส่วนใหญ่จะต้องมีการหล่อลื่นชิ้นส่วนภายใน จึงจำเป็นที่จะต้องให้มีน้ำมันหล่อลื่นปนไปกับลมอัดเพื่อทำการหล่อลื่น แต่ในงานบางประเภทของระบบนิวแมติกส์ห้ามมีน้ำมันหล่อลื่นปนไปกับลมอัด เช่นงานด้านผลิตอาหาร หรืออุปกรณ์นิวแมติกส์บางประเภทก็ห้ามมีน้ำมันหล่อลื่นปนไปกับลมอัด

โดยปกติแล้ว กรองลม วาล์วลดความดัน และอุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่นมักจะรวมอยู่ในชุดเดียวกัน เรียกว่า ชุดปรับคุณภาพลม (Service Unit)

8. อุปกรณ์เก็บเสียง (Air Silencer) ลมอัดเมื่อถูกใช้งานแล้วจะระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศ โดยออกมาทางรูระบาย ถ้าไม่มีตัวเก็บเสียงมาติดตั้งที่รูระบายแล้ว เมื่อลมอัดถูกระบายทิ้งออกสู่บรรยากาศจะมีเสียงดัง

9. วาล์วเปลี่ยนทิศทางลม (Air Flow Change Valve) จะทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่อุปกรณ์การทำงานของระบบนิวแมติกส์ เช่น กระบอกสูบนิวแมติกส์เลื่อนออกหรือเลื่อนช้า มอเตอร์นิวแมติกส์หมุนทางซ้ายหรือหมุนทางขวา วิธีการบังคับเปลี่ยนทิศทางนั้นอาจจะใช้สัญญาณไฟฟ้าหรือการป้อนลมอัด บังคับให้เคลื่อนที่เปลี่ยนทิศทางการไหลของลม

10. วาล์วบังคับความเร็ว (Speed Control Valve) จะทำหน้าที่บังคับลมอัดให้เคลื่อนที่เร็วหรือช้าโดยการปรับปริมาตรลมอัดให้ได้มากน้อยตามต้องการ ซึ่งมีผลให้ก้านสูบเคลื่อนที่ออกเร็วหรือช้า รวมทั้งการหมุนของมอเตอร์นิวแมติกส์ด้วย บางครั้งเรียกวาล์วประเภทนี้ว่า วาล์วควบคุมการไหล (Flow Control Valve)

11. กระบอกสูบ (Air Cylinder) เป็นอุปกรณ์การทำงานของนิวแมติกส์ชนิดหนึ่งในจำนวนหลายแบบ ตัวกระบอกสูบจะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปของพลังงานลมอัดให้อยู่ในรูปของพลังงานกล โดยทั่วไปกระบอกสูบลมอัดมีอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมใช้มักจะเป็นกระบอกสูบทำงานแบบ 2 ทาง

2.1.4 กฎเบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์

ในระบบนิวแมติกส์ที่กล่าวถึงนี้จะมีความสัมพันธ์กันอยู่ระหว่าง แรง อุณหภูมิ ความดัน และปริมาตร ดังนั้นกฎเบื้องต้นของนิวแมติกส์จึงได้แก่ กฎการถ่ายความดันของปาสคาล (Pascal's Law) กฎปริมาตรและกฎความดันของบอยส์ (Boyle's Law) ก่อนที่จะกล่าวถึงกฎต่างๆใคร่จะขอกล่าวพื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบนิวแมติกส์เสียก่อน

ความดัน ความดันบรรยากาศในแต่ละแห่งของพื้นผิวโลก มีค่าแตกต่างกันตามสภาพของระดับความสูง และสภาพภูมิอากาศ แต่ปกติทั่วไปถือว่าความดันที่ระดับน้ำทะเลเป็นความดันบรรยากาศ การหาค่าความดันบรรยากาศเราสามารถหาได้จากเครื่องมือหลายชนิด เช่น เกจวัดความดัน บาโรมิเตอร์หรือแมนโนมิเตอร์

หน่วยวัดความดันในทางเทคนิคโดยทั่วไปคือ กิโลปอนด์/ตารางเซนติเมตร (kp/cm^2) หรือวัดเป็นบรรยากาศทางเทคนิค (at)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

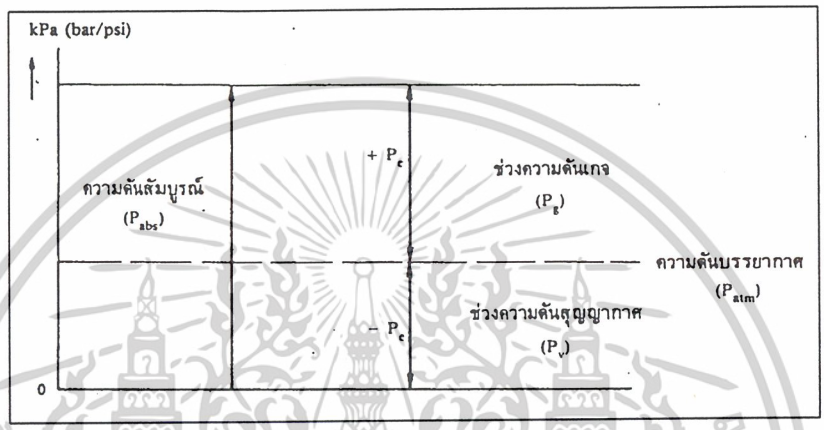
1 at = 1 kp/cm^2 = 10 m ความสูงของน้ำ

แต่หน่วยความดันที่นิยมใช้ในระบบ SI มีหน่วยดังนี้

1 Pa (ปาสคาล) = 1 Nm^2 = 10^{-5} bar

1 at = 1 kp/cm^2 = 1 bar

เนื่องจากความสูงของระดับพื้นโลกในแต่ละท้องที่มีค่าไม่เท่ากัน หากวัดความดันจาก 0 at ไปจนถึงระดับความดันบรรยากาศ เรียกว่าความดันสูญญากาศ (Vacuum) และถ้าเหนือความดันบรรยากาศขึ้นไปเรียกว่าความดันเกจ (Gauge Pressure) ดังรูปที่ 2.2 เราสามารถหาค่าความดันสมบูรณ์ได้จากสมการต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 การอ่านค่าระดับความดันต่างๆ

ในกรณีที่ความดันที่อ่านจากเครื่องมือวัดสูญญากาศมีค่าเป็นบวก

ความดันสมบูรณ์ = ความดันบรรยากาศ + ความดันเกจ (2.1)

และถ้ากรณีที่ความดันที่อ่านจากเครื่องมือวัดสูญญากาศมีค่าเป็นลบ

ความดันสมบูรณ์ = ความดันบรรยากาศ – ความดันเกจ (2.2)

โดยที่ ความดันสมบูรณ์ คือความดันที่มีค่าเป็นศูนย์ที่สูญญากาศสัมบูรณ์ ใช้ตัวย่อ P_{abs}

ความดันบรรยากาศ คือค่าความดันที่บรรยากาศ มีค่า 1.013 บาร์ (ระบบ SI) 1.033 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (ระบบแมติกส์) และ 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (ระบบอังกฤษ) ใช้ตัวย่อ P_{atm}

ความดันเกจ คือค่าความดันที่มีค่าเป็นศูนย์ที่ความดันบรรยากาศ ใช้ตัวย่อ P_g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบหน่วยวัดค่าความดัน

Pa	bar	kgf/cm^2	atm	$mm : H_2O$	mm : Hg
1	$1*10^{-5}$	$1.01972*10^{-5}$	$9.86923*10^{-6}$	$1.01972*10^{-1}$	$7.50062*10^{-3}$
$1*10^{5}$	1	1.01972	$9.86923*10^{-1}$	$1.01972*10^{4}$	$7.50062*10^{2}$
$9.80665*10^{4}$	$9.80665*10^{-4}$	1	$9.67841*10^{1}$	$1.0000*10^{4}$	$7.35559*10^{2}$
$1.01325*10^{5}$	1.01325	1.03323	1	$1.03323*10^{4}$	$7.60000*10^{2}$
9.80665	$9.80665*10^{-5}$	$1*10^{4}$	$9.67841*10^{-5}$	1	$7.35559*10^{-2}$
$1.33222*10^{2}$	$1.33222*10^{5}$	$1.35951*10^{3}$	$1.31579*10^{3}$	1.35951*10	1

หมายเหตุ หน่วยวัดค่าความดันไม่ว่าจะเป็นค่าความดันอะไรก็ตาม หน่วยวัดจะมีค่าเป็น แรงต่อพื้นที่เสมอ

ความชื้น คือจำนวนปริมาณของน้ำที่มีปะปนอยู่ในอากาศ จะสามารถรวมตัวและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำได้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและสภาวะของอากาศในขณะนั้นๆ ค่าความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำลงและค่าความชื้นจะลอลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ค่าความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ค่าความชื้นที่วัดได้}}{\text{ค่าความชื้นสัมบูรณ์}} \qquad (2.3)$$

โดยที่ ค่าความชื้นที่วัดได้ คือการกลายเป็นไอของน้ำในปริมาตรและอุณหภูมิขณะนั้น มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ค่าความชื้นสัมบูรณ์ คือจำนวนสูงสุดของการกลายเป็นไอน้ำที่อากาศสามารถรับไว้ได้จนถึงจุดอิ่มตัว มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

อุณหภูมิ เป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงความร้อนของสารตัวกลางที่สภาวะต่างๆ หน่วยของอุณหภูมิที่ใช้กันทั่วไป คือ ในระบบ SI อุณหภูมิสัมบูรณ์มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน (Kelvin ; K)

$$K = {}^{\circ}C + 273 \qquad (2.4)$$

แรง จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันจะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

แรง α (มวลสาร) * (ความเร็ว)

แรง = (ค่าคงที่) * (มวลสาร) * (ความเร็ว)

ในระบบ SI ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 1

แรง = (มวลสาร) * (ความเร็ว)

ในระบบ SI หน่วยของแรงมีหน่วยเป็นนิวตัน ใช้ตัวย่อ N

$1\ N = kg.m/sec^2$

ในการคำนวณทางเทคนิคใช้ค่าประมาณ 1 kp = 10 N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 หน่วยต่างๆในระบบนิวแมติกส์

หน่วย	สัญลักษณ์	หน่วยทางเทคนิค	หน่วยทาง SI
แรง	F	kp	N $1\ N = 1\ kg.m/s^2$
พื้นที่	A	m^2	m^2
ปริมาตร	V	m^3	m^3
อัตราการไหล	Q	m^3/sec	m^3/sec
ความดัน	P	kp/cm^2	Pa (Pascal) 1 Pa = 1 N $1\ Pa = 10^5$ bar

2.1.5 กฎเบื้องต้นของลมอัด

กฎเบื้องต้นของลมอัดได้แก่ กฎการถ่ายความดันของปาสคาล และกฎปริมาตรและความดันของบอยส์

กฎของปาสคาล ที่กล่าวถึงการถ่ายเทความดันแบบไม่เคลื่อนที่ ซึ่งปาสคาลได้ทดลองพิสูจน์ให้เห็นจริง และได้พิสูจน์เป็นกฎว่า เมื่อทำให้เกิดความดันต่อของไหลที่อยู่ภายในภาชนะปิด จะเกิดแรงกระทำจากของไหลต่อทุกๆ ส่วนของผิวภาชนะในแนวตั้งฉาก

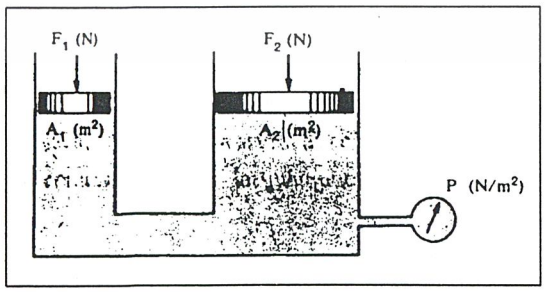
ตามรูปที่ 2.3 กำหนดให้แรง F_1 กดลงบนลูกสูบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A_1 จะเกิดการถ่ายแรง F_2 ขึ้นที่ลูกสูบซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A_2 จะได้ว่า

$$\frac{F1}{A1} = \frac{F2}{A2} = p \quad N/m^2 \tag{2.5}$$

นั่นคือ

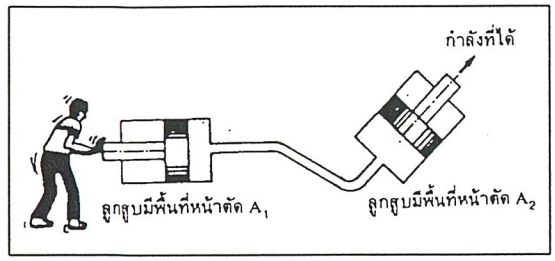
$$F2 = \frac{F1xA2}{A1} \quad N \tag{2.6}$$

ถ้าพื้นที่หน้าตัด A_1 น้อยกว่า A_2 แรง F_1 จะน้อยกว่า F_2



รูปที่ 2.3 กฎของปาสคาล

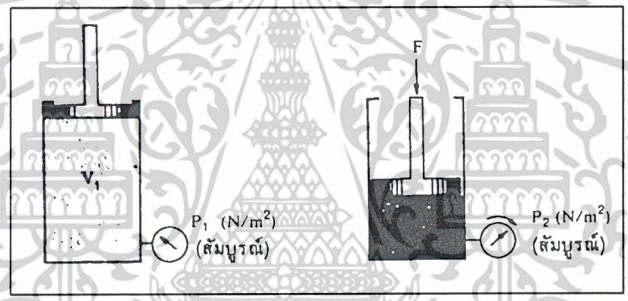
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การถ่ายทอดแรง

จากกฎของปาสคาลแสดงให้เห็นดังรูปที่ 2.4 เมื่อชายคนหนึ่งผลักลูกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัด A_1 (เช่นเดียวกับเครื่องอัดลมป้อนลมอัดในท่อลม) ทำให้ลูกสูบที่มีพื้นที่หน้าตัด A_2 เคลื่อนที่ (เช่นเดียวกับการทำงานของกระบอกสูบเมื่อป้อนลมอัดเข้าไป)

กฎของบอยส์ กฎนี้ได้กล่าวว่า ณ ที่อุณหภูมิคงที่ ปริมาตรก๊าซจะเปลี่ยนแปลงเป็นอัตราส่วนผกผันกับความดันก๊าซนั้น ตามรูปที่ 2.5 แสดงถึงการกดลูกสูบของกระบอกสูบซึ่งมีก๊าซบรรจุภายในปริมาตรก๊าซจะลดลงในขณะที่ความดันก๊าซเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.5 ปริมาตรและความดันตามกฎของบอยส์

จะได้ $P_1V_1 = P_2V_2 =$ ค่าคงที่ (2.7)

โดยที่ P_1 คือความดันสัมบูรณ์เริ่มต้น (N/m^2)

P_2 คือความดันสัมบูรณ์สุดท้าย (N/m^2)

V_1 คือปริมาตรเริ่มต้น (m^3)

V_2 คือปริมาตรสุดท้าย (m^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เครื่องอัดลม

ในระบบนิวแมติกส์เราใช้ลมอัดเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานกล ตัวการที่ทำให้เกิดลมอัดก็ได้แก่ เครื่องอัดลม (Compressor) โดยที่ตัวเครื่องอัดลมจะมีหน้าที่ดูดอากาศเข้ามาทางท่อทางดูด แล้วอัดอากาศให้มีความดันสูงขึ้นกว่าเดิม จากนั้นจึงส่งอากาศที่ถูกอัดแล้วไปยังถังพักลมอีกทีหนึ่งก่อนที่จะถูกส่งไปใช้งานในการควบคุมระบบนิวแมติกส์ ขนาดของถังพักจะมีขนาดใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องอัดลมและปริมาณลมที่จะใช้ในวงจรนิวแมติกส์

2.2.1 การติดตั้งเครื่องอัดลม

เครื่องลมอัดที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมีวิธีการติดตั้งอยู่ 2 วิธีคือ

การติดตั้งแบบถาวร การติดตั้งแบบนี้ตัวเครื่องลมอัดจะอยู่แยกต่างหากจากถังพักลม เหมาะสำหรับเครื่องอัดลมขนาดใหญ่และต้องการใช้ปริมาณลมมาก มีความดันคงที่เสมอ การติดตั้งแบบนี้ควรจะต้องมีห้องแยกไว้ต่างหากสำหรับการผลิตลมอัด

การติดตั้งแบบชั่วคราว การติดตั้งแบบนี้ต้องการใช้ปริมาณลมอัดไม่มากนัก ตัวเครื่องอัดลมจะมีขนาดไม่ใหญ่โต สะดวกในการเคลื่อนย้าย ดังนั้นเครื่องอัดลมแบบนี้จึงมีขีดจำกัดในการผลิตลม ลักษณะของเครื่องอัดลมชนิดดังกล่าว ตัวเครื่องอัดลมและถังพักลมจะอยู่เป็นชุดเดียวกัน

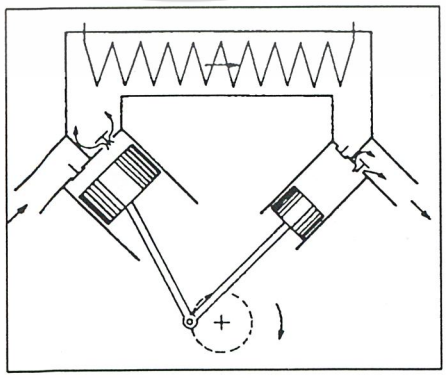
บริเวณที่ติดตั้งเครื่องอัดลม ควรจะได้มีการพิจารณาถึงสิ่งแวดล้อมรอบเครื่องอัดลม อากาศที่จะเข้าเครื่องอัดลมจะต้องแห้ง เย็น ปราศจากความชื้น และไม่มีฝุ่นละอองเจือปน เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเรื่องฝุ่นละอองจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพอากาศเสียก่อน โดยการใช้ชุดกรองอากาศเพื่อกรองฝุ่นละอองที่ปนอยู่ในอากาศ ถ้าอากาศที่เข้าไปในเครื่องอัดลมสะอาดก็จะช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องอัดลมได้นานขึ้น

2.2.2 ชนิดของเครื่องอัดลม

เครื่องอัดลมที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปมีอยู่หลายประเภท แต่อาจจำแนกได้เป็น 6 ประเภท คือ

1. เครื่องอัดลมแบบลูกสูบ ทำงานโดยการอัดอากาศภายในกระบอกสูบให้มีปริมาตรลดลงเพื่อให้มีความดันเพิ่มขึ้น เครื่องอัดลมแบบนี้มีอยู่ 2 ลักษณะคือ เครื่องอัดลมแบบลูกสูบชัก (Reciprocating Piston Compressor) ดูรูปที่ 2.6 และเครื่องอัดลมแบบลูกสูบหมุน (Rotary Piston Compressor)

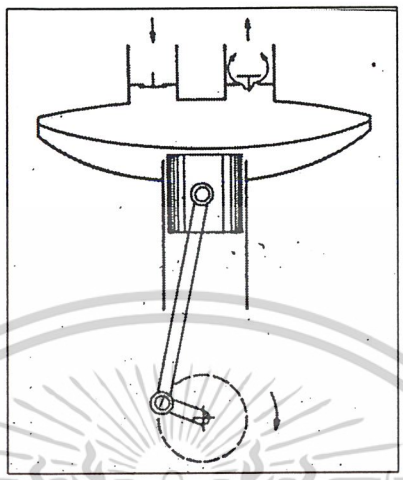
เครื่องอัดลมแบบลูกสูบสามารถสร้างความดันได้ตั้งแต่ 4 ถึง 300 บาร์ ขึ้นอยู่กับจำนวนขั้นของการอัด และสามารถจ่ายลมได้ตั้งแต่ 2 ถึง 500 บาร์ ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ถ้าขั้นในการอัดมากก็จะสามารถสร้างความดันให้สูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 2.6 ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดลมแบบลูกสูบ

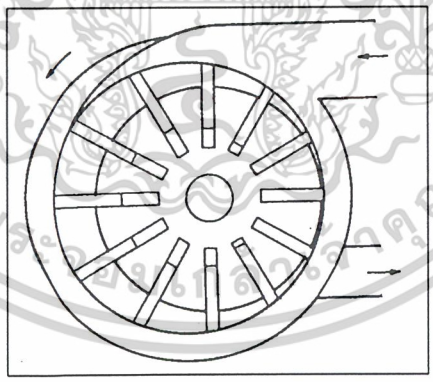
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องอัดลมแบบไดอะแฟรม ในกรณีที่เราต้องการให้อากาศอัดไม่มีสิ่งเจือปน เช่น น้ำมันหล่อลื่น เพื่อไปใช้งานทางด้านเคมีภัณฑ์ต่างๆ ควรจะเลือกใช้เครื่องอัดลมชนิดนี้เพราะน้ำมันหล่อลื่นไม่สามารถผ่านแผ่นไดอะแฟรมเข้าไปในห้องอัดได้ ดูรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดลมแบบไดอะแฟรม

3. เครื่องอัดลมแบบเวนโรตารี การทำงานของเครื่องอัดลมชนิดนี้จะมีเสียงไม่ดัง การหมุนทำงานได้เรียบการผลิตลมเป็นไปอย่างคงที่ ไม่มีการขาดเป็นห้วงๆ ความสามารถในการผลิตลมสามารถทำได้ 4 ถึง 100 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ในกรณีที่เครื่องอัดลมมีจำนวนขั้นการอัดเพียงขั้นเดียว จะได้ความดัน 7 บาร์ แต่ถ้าเป็น 2 ขั้น จะได้ความดันถึง 10 บาร์ ดูรูปที่ 2.8

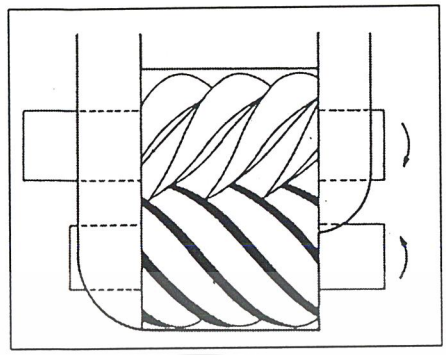


รูปที่ 2.8 ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดลมแบบเวนโรตารี

4. เครื่องอัดลมแบบสกรู โครงสร้างของเครื่องอัดลมแบบสกรูเป็นการพัฒนาทางเทคโนโลยีที่ใหม่ โดยคอมเพรสเซอร์ชนิดนี้จะมีเพลาสกรูสองเพลาที่หมุนขบกัน การขบกันของเพลาสกรูทั้งสองจะต้องหมุนขบกันได้พอดีตลอด โดยที่เพลาตัวหนึ่งจะมีสกรูซึ่งมีสันนูนเรียกว่า เพลาตัวผู้ และอีกเพลาหนึ่งจะมีสกรูที่มีสันเพลาเว้าเรียกว่า เพลาตัวเมีย ดูรูปที่ 2.9 เพลาสกรูทั้งสองจะประกอบอยู่บนตัวเรือนเดียวกันโดยหมุนด้วยความเร็วรอบเกือบเท่ากัน ซึ่งเพลาตัวผู้จะหมุนเร็วกว่าเพลาตัวเมียเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และมีทิศทางการหมุนเข้าหากัน ทำให้ดูดลมจากด้านหนึ่งและอัด

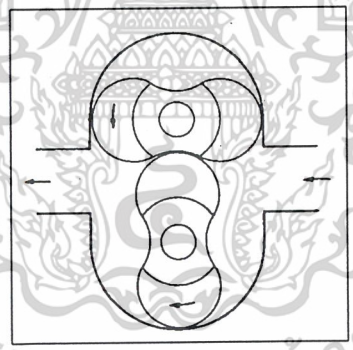
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งต่อไปยังอีกด้านหนึ่งได้ โดยสามารถทำให้ค่าความดันสูงถึง 10 บาร์ และมีอัตราการจ่ายลมได้ถึง 170 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที



รูปที่ 2.9 ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดลมแบบสกรู

5. เครื่องอัดลมแบบใบพัดหมุน มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับเกียร์ปั๊ม โดยใช้เกียร์ 2 ตัวขบกับแต่เกียร์ของเครื่องอัดลมแบบนี้มีลักษณะพิเศษคือ มีเพียง 2 ฟัน หมุนขบกันด้วยความเร็วรอบที่เท่ากันโดยที่ปลายอีกข้างของฟันเฟืองจะต้องหมุนเกือบแตะสัมผัสกับผนังเครื่องอัดลม รีดและอัดลมขณะหมุนไปได้ อากาศจะถูกอัดจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านโดยที่ไม่ถูกเปลี่ยนแปลงปริมาตร นั่นคืออากาศไม่ถูกอัดขณะดูดจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่ง แต่อากาศจะถูกอัดตัวต้านกับความต้านทานที่เกิดขึ้นภายในถังเก็บ ดูรูปที่ 2.10



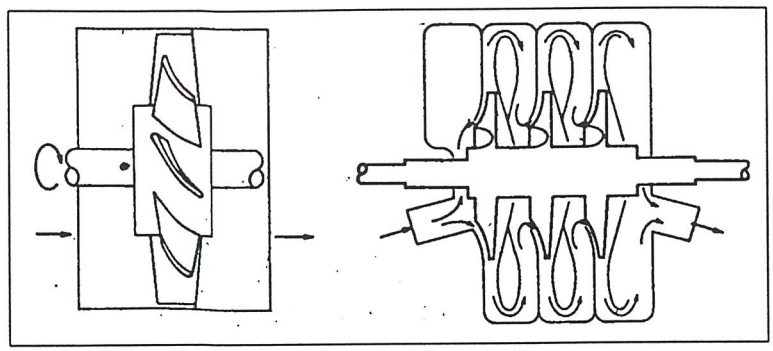
รูปที่ 2.10 ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดลมแบบใบพัดหมุน

ข้อควรระวัง เนื่องจากระยะห่างระหว่างโรเตอร์กับผนังเครื่องมีช่องว่างเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงควรระวังฝุ่นละอองที่จะปนเข้าไปกับลมอัด ซึ่งจะทำให้โรเตอร์เกิดการสึกหรอได้รวดเร็ว

6. เครื่องอัดลมแบบกังหัน เครื่องอัดลมแบบนี้ใช้หลักการของกังหัน ใบพัดจะดูดลมเข้าหาเครื่องและหมุนอัดลมให้ออกไปโดยผ่านช่องเวน ความเร็วของลมที่ถูกดูดไหลผ่านใบกังหันจะทำหน้าที่เปลี่ยนเป็นพลังงานลมอัด การติดตั้งกระทำได้ทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย

เครื่องอัดลมแบบกังหันสามารถผลิตอัตราการจ่ายลมได้ตั้งแต่ 170 ถึง 20,000 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ส่วนความสามารถในการทำความดันสามารถทำได้ประมาณ 4 ถึง 10 บาร์

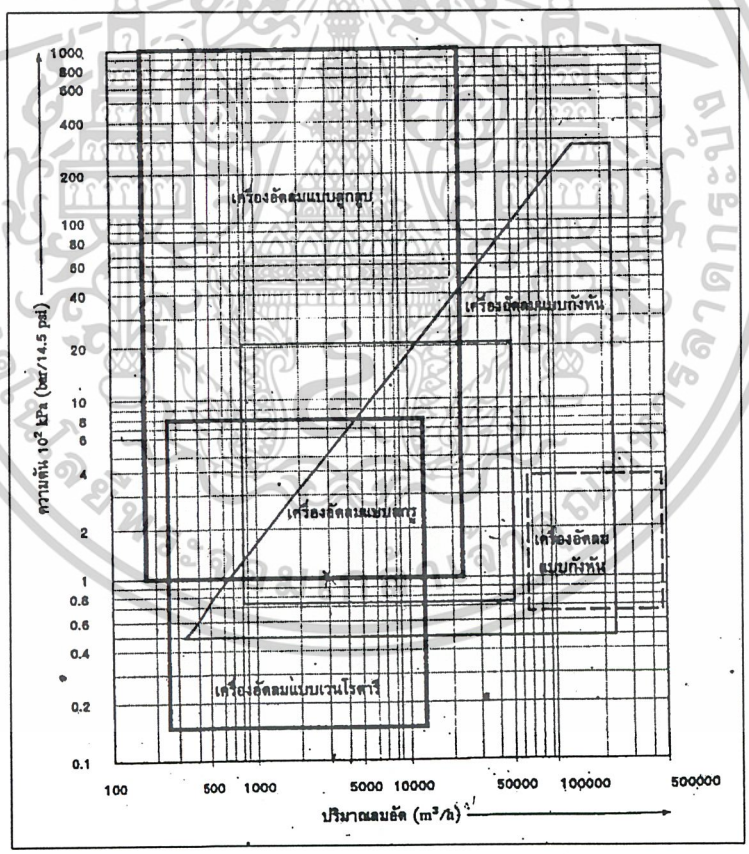
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ลักษณะการทำงานของเครื่องอัดลมแบบกังหัน

2.2.3 การพิจารณาเลือกขนาดและชนิดของเครื่องอัดลม

เนื่องจากความต้องการปริมาณลมอัดของโรงงานต่างๆ มีปริมาณไม่เท่ากัน การออกแบบเดินท่อก็ต่างกัน นอกจากนั้นชนิดของเครื่องอัดลมต่างๆ ก็มีความสามารถไม่เท่ากัน ดังนั้นการพิจารณาเลือกเครื่องอัดลมจึงจำเป็นต้องพิจารณาถึง



รูปที่ 2.12 การหาชนิดของเครื่องอัดลมสำหรับงานต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ความดันใช้งาน ในระบบนิวแมติกส์จะมีค่าความดันใช้งานอยู่ระหว่าง 1.5 ถึง 16 บาร์ ซึ่งเป็นช่วงที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 6 ถึง 8 บาร์ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของอุปกรณ์ที่ผู้ผลิตสร้างขึ้น อย่างไรก็ตาม ความดันที่ออกจากเครื่องอัดลมควรจะสูงกว่าความดันใช้งาน เนื่องจากการส่งผ่านทางท่อทางส่งจะมีความดันตกคร่อม (Pressure Drop) เกิดขึ้นในท่อทาง การผลิตความดันได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องอัดลม

ปริมาณความต้องการลมอัดที่ใช้งาน จะต้องพิจารณาความต้องการลมอัดที่จะต้องใช้ในปัจจุบันและในอนาคตภายหน้าว่าต้องการปริมาณลมอัดเพิ่มขึ้นเท่าไร ควรวางแผนไว้ล่วงหน้าประมาณ 1 ถึง 2 ปี เมื่อทราบปริมาณความต้องการแน่นอนแล้ว สามารถนำไปหาขนาดของเครื่องอัดลมได้ โดยคำนวณได้จากปริมาตรที่เครื่องอัดลมสามารถผลิตได้จากสมการต่อไปนี้

$$V_{compressor} = V \times N \times n \qquad (2.8)$$

หรือ $$V_{compressor} = (\pi d^2/4) \times L \times N \times n \qquad (2.9)$$

เมื่อ $V_{compressor}$ คือปริมาตรที่เครื่องอัดลมสามารถผลิตได้ หรือที่เรียกว่าปริมาตรทางทฤษฎี (V_{th})
มีหน่วยเป็น L/min หรือ m^3/hr

d คือเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ

L คือระยะชักที่ลูกสูบของเครื่องอัดลมเคลื่อนที่

N คือความเร็วรอบของเครื่องอัดลม (rpm)

N คือจำนวนลูกสูบของเครื่องอัดลม

แต่สมการที่ 2.8 หรือ 2.9 เป็นการคำนวณหาปริมาตรทางทฤษฎี จะนำมาใช้จริงไม่ได้เพราะปริมาตรลมอัดที่ออกจากเครื่องอัดลมมาจะมีค่าน้อยกว่าการคำนวณ ทั้งนี้เนื่องมาจากการสูญเสียในการดูดอากาศเข้ามาในเครื่องอัดลม ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงใช้ปริมาตรที่เครื่องอัดลมผลิตได้จริง ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการ

$$V_{acture} = V_{th} \times \eta_v \qquad (2.10)$$

โดยที่ V_{acture} คือปริมาตรลมอัดที่ออกจากเครื่องลมอัด

V_{th} คือปริมาตรลมอัดที่คำนวณได้ทางทฤษฎี

η_v คือประสิทธิภาพเชิงปริมาตร

หรืออาจจะใช้ตารางที่ 2.5 สำหรับการเลือกขนาด และชนิดของเครื่องอัดลมถ้าทราบปริมาณความต้องการลมอัด

ในบางครั้งเพื่อสะดวกแก่การจำในการเลือกขนาดของเครื่องอัดลม คือถ้าต้องการลมอัด 100 ลิตร/นาที ที่ความดัน 6 บาร์ จะใช้เครื่องอัดลมขนาด 0.746 กิโลวัตต์ หรือ 1 แรงม้า (ค่านี้เป็นค่าที่ประมาณใกล้เคียงเท่านั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
4986 3

ตารางที่ 2.5 การเลือกขนาดและชนิดของเครื่องอัดลมเมื่อรู้ค่าปริมาณความต้องการลมอัด

ความต้องการลมอัด (ลิตรต่อนาที)	กำลังของเครื่องอัดลม (กิโลวัตต์)	ชนิดของเครื่องอัดลม
2,800	7.5 ถึง 18.5	แบบลูกสูบชัก
34,000	18.5 ถึง 225	แบบลูกสูบชักหรือแบบสกรู
85,000	225 ถึง 450	แบบลูกสูบชักหรือแบบสกรูแรงเหวี่ยง
180,000	450 ถึง 935	แบบลูกสูบชักหรือแบบใบพัดหมุน
510,000	935 ถึง 2450	แบบใบพัดหมุน

ระยะทางของท่อลมที่จะส่งไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะมีผลถึงการเลือกขนาดของเครื่องอัดลม เพราะถ้าระยะทางไกลมากจะมีผลต่อความดันตกคร่อมต่อระบบ ในระบบการเดินท่อของระบบนิวแมติกส์ โดยทั่วไปความยาวท่อไม่ควรเกิน 1,000 เมตร ซึ่งรวมถึงการคิดค่าความดันตกคร่อมของข้องอ ข้อต่อต่างๆ ที่คิดออกมาในรูปของความยาวเส้นตรง ความดันตกคร่อมในระบบนิวแมติกส์ที่ยอมให้ได้ (คิดจากเครื่องอัดลมถึงเครื่องจักรนิวแมติกส์) ไม่ควรเกินร้อยละ 5 ของความดันใช้งาน ถ้าความดันตกคร่อมมากกว่านี้จำเป็นจะต้องเลือกขนาดเครื่องอัดลมให้ใหญ่ขึ้นในขณะที่เครื่องจักรต้องการปริมาณลมเท่ากัน

ความบริสุทธิ์ของลมที่จะใช้ ในลักษณะงานบางประเภทจำเป็นจะต้องใช้ลมอัดที่มีความบริสุทธิ์มากๆ จะมีละอองน้ำมันหล่อลื่นผสมไปกับลมอัดไม่ได้เลย ดังนั้นการเลือกชนิดของเครื่องอัดลมให้เหมาะสมกับงานที่ใช้ก็มีความจำเป็นเช่นกัน

2.2.4 ปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องอัดลม

ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในห้องแคร้ง เพราะเครื่องอัดลมมักจะเกิดปัญหาที่แบริ่งเสียเป็นส่วนมากเนื่องจากน้ำมันน้อยไป หรือน้ำมันสะอาดไม่พอ ไม่เปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นตามกำหนด การเลือกใช้น้ำมันหล่อลื่นจึงควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะงานและจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

1. ลักษณะการส่งน้ำมันหล่อลื่นเป็นแบบใด เช่นแบบ Splash Type , Flood Type , Pressuer Circulating Type เพราะการส่งน้ำมันหล่อลื่นแต่ละแบบมีผลต่อน้ำมันหล่อลื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งน้ำมันแบบวิดสาด จะทำให้น้ำมันแตกตัวรวมตัวกับออกซิเจนจนทำให้น้ำมันสูญเสียคุณสมบัติในการหล่อลื่น

2. อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น เพราะถ้าอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นสูงเกินไปจะทำให้ความหนืดของน้ำมันเปลี่ยนแปลงไปมาก โดยทั่วไปอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องอัดลมไม่ควรสูงเกิน 90 องศาเซลเซียส

3. ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องอัดลม ควรเลือกให้เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยเป็นประเทศร้อน ควรใช้น้ำมันที่มีความหนืดสูงไว้เล็กน้อย

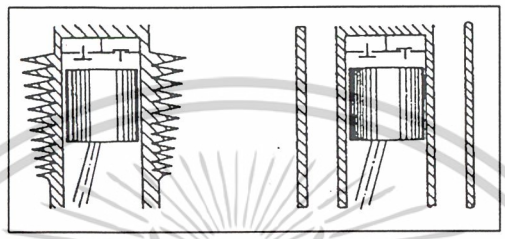
การหล่อลื่นกระบอกสูบของเครื่องอัดลมมีปัญหายุ่งยากมาก แต่ในปัจจุบันได้พัฒนาการไปได้กว้างไกลมาก แต่ปัญหามีอยู่ว่าปริมาณที่อยู่ในห้องแคร้งควรจะมีอยู่ปริมาณเท่าไรจึงจะพอเหมาะ ถ้าปริมาณน้ำมันหล่อลื่นมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำให้เกิดคาร์บอนมาก ถ้าปริมาณอากาศที่ผ่านเข้าไปในห้องแคร้งไม่บริสุทธิ์พอ และมีปริมาณน้อยเกินไปก็จะทำให้เกิดการสึกหรอได้มาก

2.2.5 การหล่อเย็นเครื่องอัดลม

ในขบวนการทำงานของเครื่องอัดลม เมื่ออากาศถูกอัดตัวจะทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น จำเป็นจะต้องลดอุณหภูมิของอากาศที่ถูกอัดตัวลง โดยให้อากาศที่ผ่านจากเครื่องอัดลมไปผ่านชุดหล่อเย็น (Coolling) เสียก่อนก่อนที่จะไปยังถังพักลม การหล่อเย็นของเครื่องอัดลมนี้จำเป็นอย่างมากสำหรับเครื่องอัดลมขนาดใหญ่ๆ แต่ถ้าเป็นเครื่องอัดลมขนาดเล็กความร้อนที่เกิดจากการอัดตัวจะกระจายออกไปตามครีบของเสื้อสูบได้เพียงพอ



รูปที่ 2.13 การหล่อเย็นเครื่องอัดลม

2.2.6 การบำรุงรักษาเครื่องอัดลม

1. ให้ทำความสะอาดไส้กรองอากาศทางดูดเข้าของเครื่องตามชั่วโมงการทำงานที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้
2. ก่อนใช้งานหรือเลิกงานควรจะปิดลิ้นระบายใต้ถังพักลมเพื่อที่จะระบายน้ำและน้ำมันออกจากถังพักลม
3. น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ได้กับเครื่องอัดลมจะต้องมีจุดวาบไฟสูง
4. ตรวจหารอยรั่วในท่อทางส่งลมอัดและถังพักลมอย่างน้อยปีละครั้ง เพราะถ้ามีการรั่วเกิดขึ้นจะทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายในขบวนการผลิตขึ้น
5. ตรวจดูระดับน้ำมันหล่อลื่นตามระยะเวลากำหนด และถ่ายน้ำมันหล่อลื่นทุก 500 ชั่วโมงทำงาน

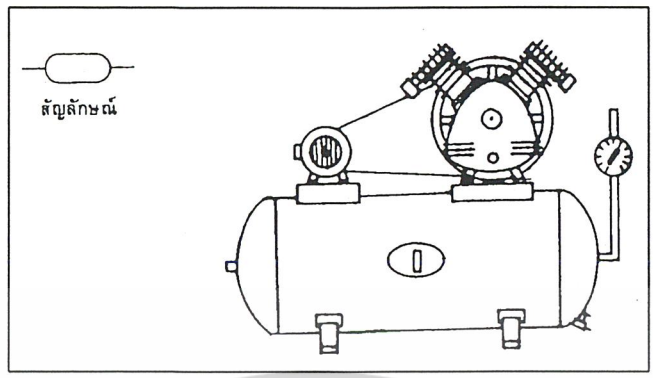
2.3 ถังพักลมอัด (Compressed Air Receiver)

ในขณะที่อุปกรณ์นิวแมติกส์ต่างๆ ทำงานพร้อมกันหลายตัวจะเกิดปัญหาขึ้นคือ ปริมาณลมที่เครื่องอัดลมผลิตได้นั้นเพียงพอ และในบางครั้งที่อุปกรณ์ไม่ได้ทำงาน ลมที่เครื่องอัดลมผลิตออกมาได้ก็ไม่มีที่เก็บ ดังนั้นถังพักลมจึงเป็นอุปกรณ์ที่กักเก็บลมอัดที่เครื่องอัดลมผลิตออกมาได้ และจ่ายลมอัดออกไปใช้งานด้วยความดันคงที่สม่ำเสมอ ซึ่งถังพักลมอัดนั้นจะต้องมีความสัมพันธ์กับเครื่องผลิตลมอัด นอกจากนั้นถังพักลมอัดยังสามารถระบายความร้อนให้กับลมอัดที่เกิดจากการอัดตัวให้มีอุณหภูมิต่ำลง ซึ่งจะทำให้ไอน้ำบางส่วนที่ปนมากับลมอัดกลั่นตัวเป็นหยดน้ำอยู่ภายในถังพักลมอัดนี้ และที่ถังพักลมอัดนี้จำเป็นจะต้องมีลิ้นนิรภัยเพื่อระบายความดันที่สูงกว่ากำหนดออกสู่บรรยากาศ นอกจากนั้นจะต้องมีลิ้นระบายน้ำเพื่อระบายน้ำที่เกิดจากการกลั่นตัวของไอน้ำซึ่งปนมากับลมอัดออกสู่บรรยากาศด้วย

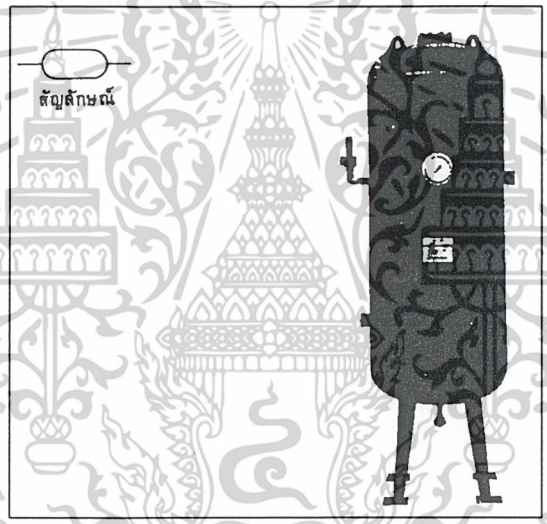
ขนาดของถังพักลมอัดจะขึ้นอยู่กับเครื่องผลิตลมอัด ปริมาณลมอัดที่ใช้ทั้งหมด รวมทั้งปริมาณสำรองที่เผื่อไว้ใช้ในอนาคตของโรงงานอีกด้วย ลักษณะของถังพักลมโดยทั่วไปมีอยู่ 2 แบบคือ แบบนอนและแบบตั้ง โดยทั่วไปถังพักลมแบบนอนนั้นจะใช้กับเครื่องอัดลมขนาดเล็ก ดูรูปที่ 2.14 ส่วนถังพักลมแบบตั้งจะใช้กับเครื่องอัดลมขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตัวถังพักลมจะแยกส่วนอยู่ต่างหากจากเครื่องอัดลมและอยู่คนละห้อง ส่วนใหญ่จะใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ทั่วไป ดูรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 ถังพักลมแบบนอน



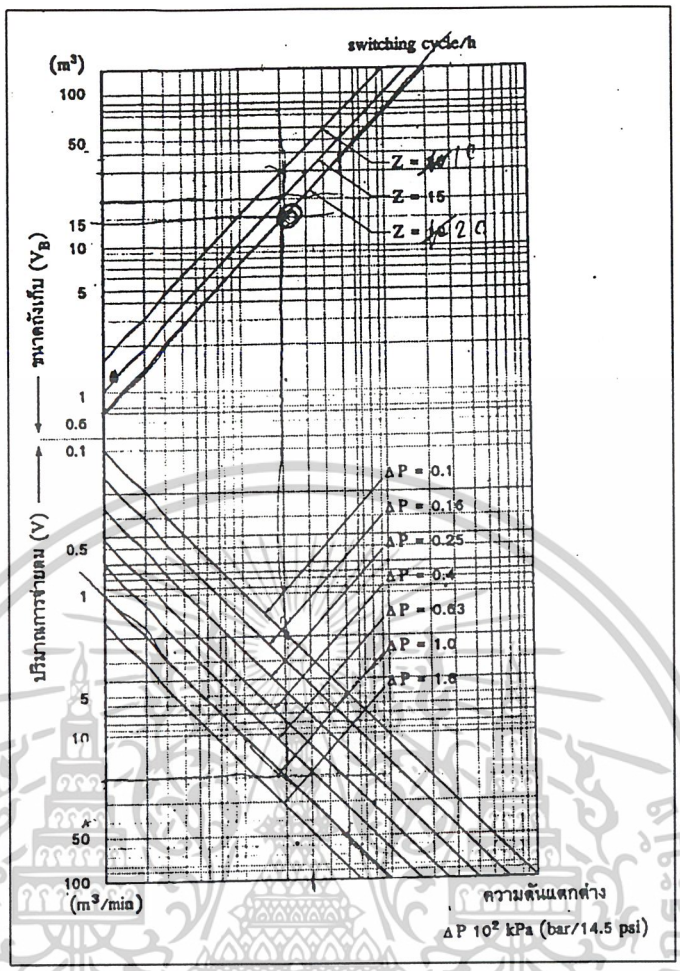
รูปที่ 2.15 ถังพักลมแบบตั้ง

การหาขนาดของถังพักลม ถังพักลมจะต้องมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการจ่ายลมของเครื่องอัดลมที่สามารถจะจ่ายได้ และจะต้องมีพื้นที่เพียงพอสำหรับการถ่ายเทความร้อนของลมอัดสู่บรรยากาศได้ดีพอสมควร ในกรณีที่เป็นถังพักลมกับเครื่องอัดลมขนาดเล็กที่ไม่มีเครื่องระบายความร้อนขนาดของถังพักลมจะขึ้นอยู่กับ

1. ปริมาณการจ่ายลมของเครื่องอัดลม
2. ความต้องการลมอัด
3. ชนิดของอุปกรณ์ควบคุม
4. ความดันแตกต่าง

ซึ่งสามารถหาได้จากรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 การหาขนาดของถังพักลมอัด

2.4 กระบอกสูบลม (Cylinder)

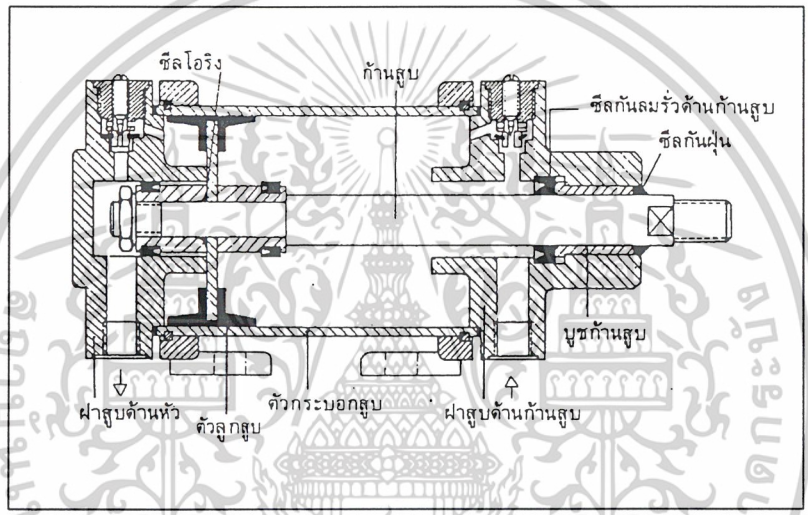
กระบอกสูบลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกล ลักษณะในการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง ในสมัยก่อนที่ลูกสูบจะเข้ามามีบทบาท ในงานอุตสาหกรรมยังใช้กลไกทางกลและทางไฟฟ้า มีความยุ่งยากในการควบคุม และปัญหาของช่วงชักจำกัด ดังนั้นในอุตสาหกรรมสมัยใหม่จึงพัฒนาลูกสูบมาใช้ในงานจนถึงปัจจุบัน

ตัวกระบอกสูบลมมักจะทำด้วยท่อชนิดไม่มีตะเข็บ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม ทองเหลือง สแตนเลส ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ใช้ ภายในท่อจะต้องเจียรนัยให้เรียบ เพื่อลดการสึกหรอของซีลที่จะเกิดขึ้น และยังลดแรงเสียดทานภายในกระบอกสูบอีกด้วย ตัวฝาสูบทั้งสองด้านส่วนใหญ่นิยมการหล่อขึ้นรูป บางแบบอาจใช้การอัดขึ้นรูป การยึดตัวกระบอกสูบลมเข้ากับฝาอาจใช้เกลียวขัน เหมาะสำหรับกระบอกสูบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 25 มิลลิเมตรลงมา ถ้าโตกว่านี้นิยมใช้สกรูร้อยขันรัดหัวท้ายไว้ สำหรับก้านสูบอาจทำด้วยสแตนเลสหรือเหล็กชุบผิวโครเมียม ที่เกลียวปลายก้านสูบจะทำด้วยกรรมวิธีรีดขึ้นรูป

การทำงานของกระบอกสูบลมตามรูปที่ 2.17 เป็นกระบอกสูบแบบมีระบบลมกันกระแทก ซึ่งส่วนใหญ่จะนิยมใช้กระบอกสูบลมแบบดังกล่าวในงานอุตสาหกรรมอย่างมาก อาจจะมีด้านเดียวหรือสองด้านก็ตาม เพื่อช่วยลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วหรือลดอัตราหน่วงของลูกสูบเมื่อสุดระยะชัก เป็นการป้องกันการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝากระบอกสูบลม โดยการใช้วาล์วเข็ม (Needle Valve) กับวาล์วกันกลับ (Check Valve) ทำให้เกิดเบาะลมขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝากระบอกสูบลม ลมที่มีความดันสูงก็จะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความลำบาก และจะเป็นการหน่วงความเร็วของลูกสูบลงตอนใกล้สุดระยะชัก ทำให้ไม่เกิดกระแทก โดยทั่วไประยะกันกระแทกจะอยู่ระหว่าง 15 ถึง 40 มิลิเมตร ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบตามตารางที่ 2.6 ที่ตัวกระบอกสูบจะมีวาล์วเข็ม เมื่อก้านสูบเลื่อนไปถึงช่องกันกระแทกลมที่อยู่หน้าลูกสูบไม่สามารถผ่านออกไปได้อิสระ จะต้องผ่านออกไปทางวาล์วเข็มเท่านั้น ความเร็วของลูกสูบก็จะถูกหน่วงให้ลดลงตอนใกล้สุดระยะชัก ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ออก ลมส่วนหนึ่งจะผ่านวาล์วกันกลับเข้ามาได้ ทำให้ลมไปกระทำกับหน้าตัดของลูกสูบ ได้เต็มที่ ลูกสูบจะเคลื่อนที่ไปอย่างรวดเร็ว แต่พอใกล้จะสุดระยะชัก คือเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไปถึงเบาะลม ลูกสูบก็จะเคลื่อนที่ช้าอีกเช่นเคย การทำให้เกิดแรงกันกระแทกได้มากน้อย สามารถทำได้โดยการปรับวาล์วเข็มที่อยู่ตรงปลายของกระบอกสูบลมนั่นเอง



รูปที่ 2.17 ลักษณะโครงสร้างของกระบอกสูบลม

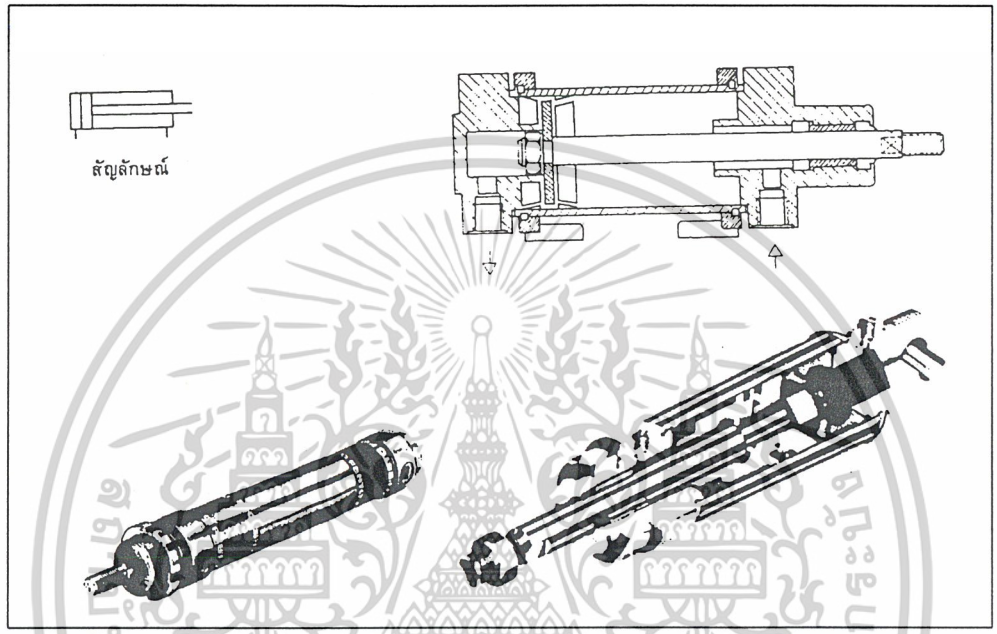
ตารางที่ 2.6 ระยะกันกระแทกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (mm)	ระยะกันกระแทก (mm)
10 50 63	15-20
80 100 125	20-30
140 160 180	25-40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง (Double Acting Cylinder)

จะใช้ลมดันหัวลูกสูบทั้งตอนเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่กลับ ทำให้ได้แรงทั้งสองทิศทาง เหมาะกับงานที่จะต้องการใช้แรงในตอนลูกสูบเลื่อนออกและเลื่อนเข้ารวมทั้งลักษณะงานที่ต้องการช่วงชักยาว ปัญหาที่เกิดขึ้นในกรณีที่ช่วงชักยาวเกินไปจะทำให้ก้านสูบเกิดการโก่งงอได้ ดังนั้นช่วงชักของกระบอกสูบแบบนี้จะต้องมีการคำนวณหาระยะช่วงชักที่อนุญาตให้ใช้งานได้ ซึ่งจะกล่าวในตอนท้ายของบทนี้ นอกจากปัญหาดังกล่าวถ้ากระบอกสูบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตเกินไปจะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองลมมาก



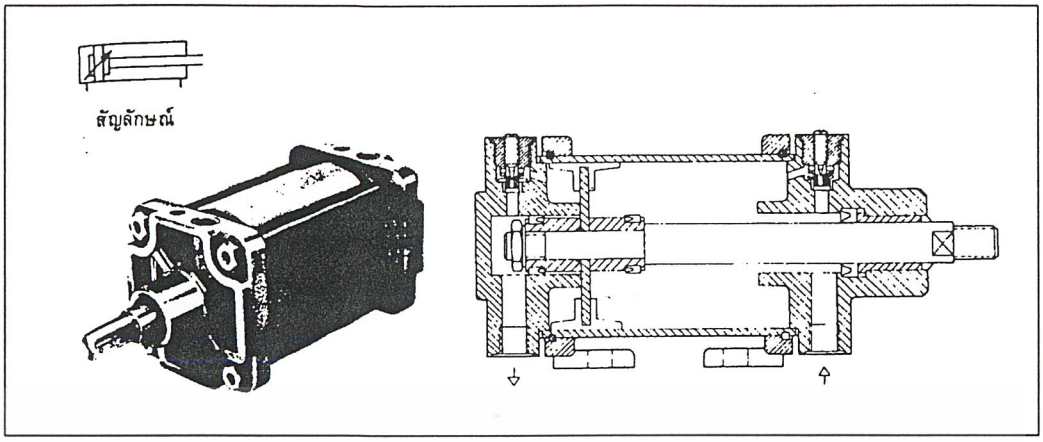
รูปที่ 2.18 ลักษณะของกระบอกสูบลมแบบสองทาง

ลักษณะของกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมมีอยู่หลายชนิด เช่น

1. กระบอกสูบลมชนิดที่ไม่มีเบาะลมกันกระแทก กระบอกสูบลมแบบนี้ดังรูปที่ 2.18 เป็นกระบอกสูบลมที่มีราคาถูก เหมาะกับงานที่ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่มากนัก ถ้านำไปใช้กับงานที่มีการเคลื่อนที่เร็ว จะทำให้ในปลายช่วงชักและตอนกลับสุดของลูกสูบเกิดการกระแทกกับผนังหัวท้ายของกระบอกสูบทำให้เกิดความเสียหายได้

2. กระบอกสูบลมชนิดที่มีเบาะลมกันกระแทก ถูกสร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาของกระบอกสูบลมชนิดไม่มีเบาะลมกันกระแทกดูรูปที่ 2.19 เบาะกันกระแทกมีไว้เพื่อช่วยลดความเร็วหรือลดอัตราหน่วงของลูกสูบเมื่อสุดระยะชัก เป็นการป้องกันการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างลูกสูบกับผนังหัวท้ายของกระบอกสูบโดยการปรับสกรูกันกระแทกที่ติดตั้งไว้ที่หัวท้ายของกระบอกสูบ เมื่อหัวลูกสูบเคลื่อนเข้ามาถึงเบาะกันกระแทก ลมที่ถูกระบายทิ้งจะผ่านออกไปได้ยากมาก จะต้องผ่านทางสกรูปรับกันกระแทกได้ทางเดียวเท่านั้น ทำให้เกิดความดันด้านกลับ ในตำแหน่งนี้ลูกสูบจะเคลื่อนที่ช้าลงเนื่องจากความดันด้านกลับ ในทำนองเดียวกันถ้าลูกสูบเคลื่อนที่กลับเมื่อใกล้สุดระยะชักเข้าก็จะเกิดอาการเช่นเดียวกันขึ้น โดยทั่วไประยะกันกระแทกจะอยู่ประมาณ 10 ถึง 30 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางระยะชักของกระบอกสูบ

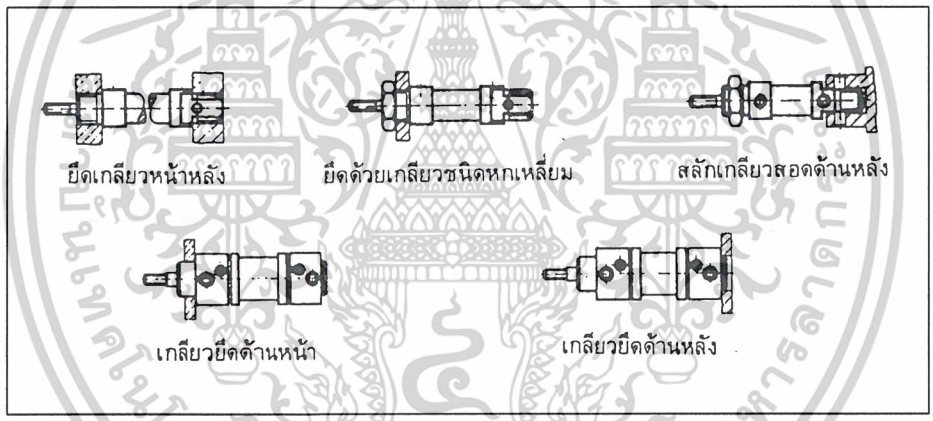
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



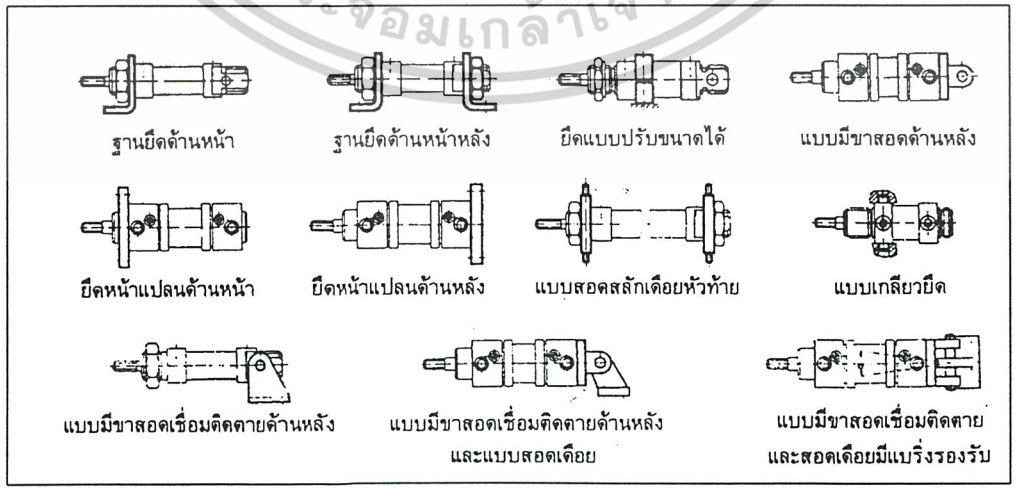
รูปที่ 2.19 ลักษณะของกระบอกสูบลมแบบสองทางมีเบาะลมกันกระแทก

2.4.2 ลักษณะการจับยึดกระบอกสูบ

การนำเอากระบอกสูบลมไปติดตั้งกับเครื่องจักรที่ใช้ระบบนิวแมติกส์ไปบังคับในการทำงาน มีการจับยึด 2 วิธีคือ การจับยึดโดยใช้สกรูดูรูปที่ 2.20 และการจับยึดโดยใช้ตัวจับยึดตามลักษณะของงานดูรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.20 ลักษณะการจับยึดกระบอกสูบโดยใช้สกรู



รูปที่ 2.21 ลักษณะการจับยึดกระบอกสูบโดยใช้ตัวจับยึดตามลักษณะงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การเลือกขนาดกระบอกสูบ

การเลือกหาขนาดกระบอกสูบลมให้มีขนาดพอเหมาะกับงานในระบบนิวแมติกส์มีองค์ประกอบในการพิจารณาอยู่หลายประการด้วยกันเช่น

1. ความดันของลมที่ใช้ในระบบ
2. น้ำหนักของงานที่กระบอกสูบจะต้องไปกระทำ
3. ความยาวช่วงชักของก้านสูบที่จะรับภาระ
4. ความเร็วของลูกสูบที่ต้องการใช้
5. ลักษณะงานที่จะนำกระบอกสูบไปใช้งาน

เมื่อจะนำกระบอกสูบไปใช้งาน ควรรู้เรื่องเกี่ยวกับผลการเปลี่ยนแปลงเมื่อค่าใดค่าหนึ่งเปลี่ยนแปลงจะมีผลทำให้ค่าอื่นๆ เปลี่ยนไปอย่างไรซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ความสัมพันธ์เกี่ยวกับผลของการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ

ข้อมูลที่เปลี่ยน	ความเร็ว	แรงที่ได้รับ
เพิ่มความดันใช้งาน	ไม่มีผล	เพิ่มขึ้น
ลดความดันใช้งาน	ไม่มีผล	ลดลง
เพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ	ลดลง	เพิ่มขึ้น
ลดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ	เพิ่มขึ้น	ลดลง

การเลือกขนาดกระบอกสูบให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งาน หรือขนาดของแรงที่ได้จากลูกสูบสามารถหาได้จากการคำนวณจากสมการหรือจากการเปิดตารางซึ่งจะกล่าวต่อไป

การคำนวณหาขนาดของกระบอกลูกสูบลม แรงที่ได้รับจากลูกสูบเพื่อดันให้ก้านสูบไปกระทำกับโหลดให้เคลื่อนที่จะขึ้นอยู่กับความดันลมที่ใช้ เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบและแรงเสียดทานของซีลที่กระทำต่อกระบอกสูบ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการตามกฎของปาสคาล

$$F_{th} = 10(A \times P) \qquad (2.11)$$

เมื่อ F_{th} คือ แรงที่ได้จากลูกสูบทางทฤษฎี (N)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (cm^2)

P คือ ความดันใช้งาน (bar)

แรงที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ 2.11 นั้นเป็นแรงทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัตินั้นขณะที่ทำงานแรงจะลดลงเนื่องจากค่าความเสียดทานมีค่าประมาณร้อยละ 3 ถึง 10 ของแรงที่คำนวณได้ตามทฤษฎี (ในกรณีที่ค่าความดันลมอัดที่ใช้งานอยู่ระหว่าง 4 ถึง 8 บาร์) นั่นคือ แรงในทางปฏิบัติจะมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_n = 10(A \times P) - F_R \quad (2.12)$$

เมื่อ F_n คือ แรงที่ได้สุทธิในการทำงาน (N)

F_R คือ แรงที่เกิดจากการเสียดทาน (N)

เนื่องจากลักษณะของกระบอกสูบในการใช้งานมีอยู่หลายแบบด้วยกันดังได้กล่าวไว้ตอนต้น แต่ในการคำนวณนี้จะขอกล่าวเฉพาะกระบอกสูบแบบทำงานสองทางเท่านั้น

สำหรับลูกสูบชนิดทำงานสองทาง

ในขณะที่ลูกสูบวิ่งออก

$$F_{n1} = 10(A \times P) - F_R$$

$$F_n = 10(\frac{\pi}{4} D^2 \times P) - F_R \quad (2.13)$$

ในขณะที่ลูกสูบวิ่งเข้า

$$F_{n2} = 10(A' \times P) - F_R$$

เมื่อ A' คือ พื้นที่วงแหวนของลูกสูบ (cm^2)

แต่ $A' = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$

นั่นคือ $F_n = 10[\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \times P] - F_R \quad (2.14)$

เมื่อ d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ (cm)

ค่าความต้านทานจากการเสียดทานจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดันที่ใช้งาน ความเร็วของลูกสูบ คุณภาพการหล่อลื่น คุณภาพของผิวภายในกระบอกสูบ ชนิดของซีลที่ใช้ทำกระบอกสูบลม รวมทั้งก้านสูบด้วย

2.4.4 การหาค่าของกระบอกสูบลมจากตาราง

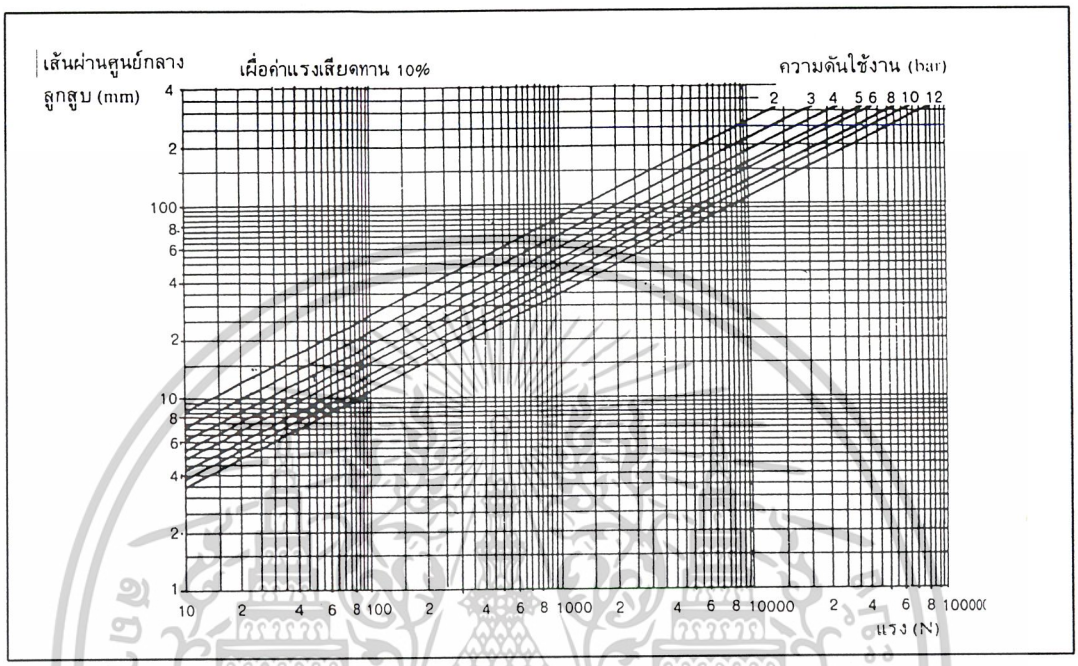
นอกจากการคำนวณแล้ว ยังสร้างตารางสำหรับการเปิดหาค่าแรงดันสุทธิสำหรับกระบอกสูบลมเอาไว้ตามตารางที่ 2.8 ค่าแรงดันสุทธิที่ได้เป็นค่าที่คิดจากแรงเสียดทานที่ ร้อยละ10 ของแรงดันทางทฤษฎี

ตารางที่ 2.8 สำหรับหาค่าแรงดันสุทธิของกระบอกสูบลม (daN)

เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบลม (mm)	แรงดันของกระบอกสูบลม (bar)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
25	4	9	13	17	21	24	30	34	38	42	46	50	55	60	63
35	8	17	26	35	43	52	61	70	78	86	95	104	113	122	129
40	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180
50	17	35	53	71	88	106	124	142	159	176	194	212	230	248	264
70	34	69	104	139	173	208	243	278	312	346	381	416	451	486	519
100	70	141	212	283	353	424	495	566	636	706	777	848	919	990	1059
140	138	277	416	555	693	832	971	1110	1248	1386	1525	1664	1803	1942	2079
200	283	566	850	1133	1416	1700	1983	2266	2550	2832	3116	3400	3683	3966	4248
250	433	866	1300	1733	2166	2600	3033	3466	3800	4332	4766	5200	5633	6066	6498

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าไม่ต้องการใช้ตารางที่ 2.8 ในการเปิดหาค่าแรงดันสุทธิอาจจะใช้รูปที่ 2.22 หาค่าแรงดันสุทธิก็ได้ โดยสามารถอ่านออกมาเป็นค่าแรงดันสุทธิได้เลย แต่การใช้ควรจะต้องทราบเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบมาตรฐานที่มีใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไปเสียก่อน โดยดูจากตารางที่ 2.9 ตามมาตรฐาน JIS และตารางที่ 2.10 ตามมาตรฐาน DIN



รูปที่ 2.22 การหาแรงดันสุทธิของกระบอกสูบ

ตารางที่ 2.9 เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบลมตามมาตรฐาน JIS (มิลลิเมตร)

6	10	15	20
25	30	32	40
50	63	75	80
100	125	140	150
160	180	200	230
250	300	350	400

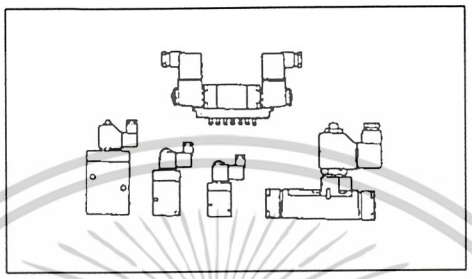
ตารางที่ 2.10 เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบลมตามมาตรฐาน DIN (มิลลิเมตร)

6	8	10	12
16	20	25	32
40	50	63	70
80	100	125	160
200	250	320	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

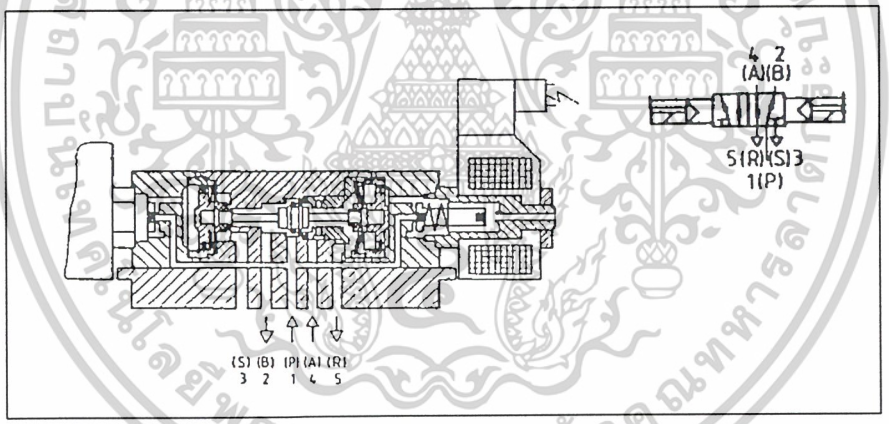
2.5 วาล์วควบคุมด้วยโซลีนอยด์ (Solinoid Valve)

ในการควบคุมอุปกรณ์ทำงานในระบบนิวแมติกส์ให้ทำงานตามที่ต้องการนั้นอุปกรณ์ที่สำคัญที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานเปลี่ยนตำแหน่งได้ก็คือ วาล์ว ซึ่งในการเลื่อนวาล์วควบคุมนั้นสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การเลื่อนวาล์วโดยใช้กล้ามเนื้อ การเลื่อนโดยใช้กลไก การเลื่อนโดยใช้ลมควบคุม การเลื่อนโดยใช้ไฟฟ้าควบคุม หรือการเลื่อนโดยใช้วิธีใดวิธีหนึ่งร่วมกัน ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึงวาล์วที่ใช้ไฟฟ้าเป็นตัวควบคุมในการเปลี่ยนตำแหน่ง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โซลีนอยด์วาล์ว



รูปที่ 2.23 วาล์ว 5/2 ควบคุมด้วยโซลินอยด์วาล์ว

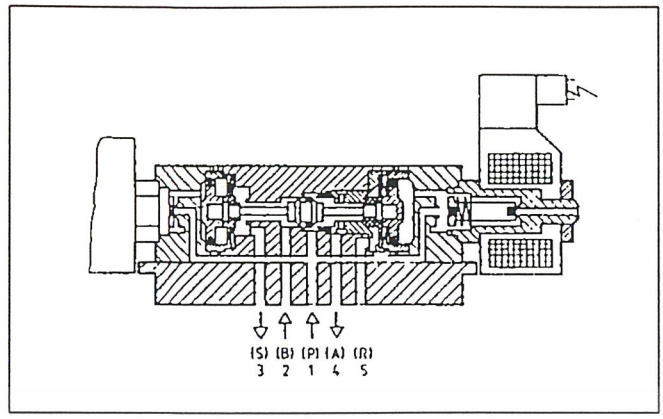
วาล์ว 5/2 โซลีนอยด์เปิดทางลมและลมเป็นตัวเลื่อนวาล์วทั้งสองด้าน



รูปที่ 2.24 แสดงสภาวะการทำงานด้านซ้ายมือ

สภาวะการทำงาน : เมื่อมีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลีนอยด์ด้านซ้ายมือ จะทำให้โซลีนอยด์เกิดแรงดูดจากอำนาจแม่เหล็กเลื่อนลิ้นเล็กด้านซ้ายมือให้เปิดทางลม ลมจาก P จะไหลผ่านลิ้นเล็กไปเลื่อนลิ้นของเมนวาล์วให้เลื่อนไปทางขวามือ เป็นผลทำให้แรงดันลมจาก P ต่อถึง B และ A จะต่อถึง R ส่วนรู S จะถูกปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

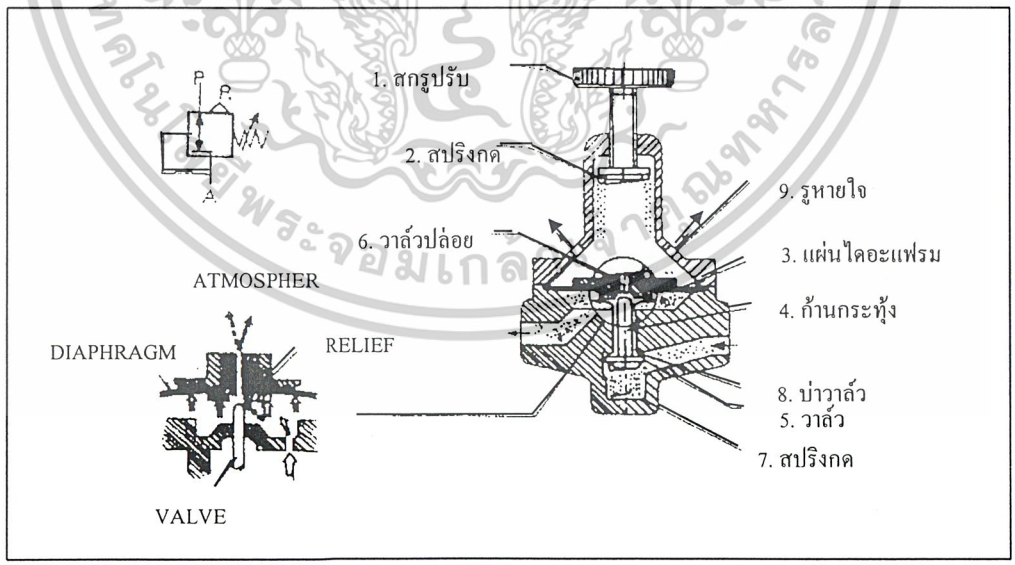


รูปที่ 2.25 แสดงสภาวะการทำงานด้านขวามือ

สภาวะการทำงาน : เมื่อมีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลีนอยด์ด้านขวามือ จะทำให้โซลีนอยด์เกิดแรงดูดจากอำนาจแม่เหล็กเลื่อนลิ้นเล็กด้านขวามือให้เปิดทางลม ลมจาก P จะไหลผ่านลิ้นเล็กไปเลื่อนลิ้นของเมนวาล์วให้เลื่อนไปทางซ้ายมือ เป็นผลทำให้แรงดันลมจาก P เปลี่ยนทิศทางการไหล คือ รู P ต่อถึงรู A รู B ต่อถึงรู S ส่วนรู R จะถูกปิด

2.6 ชุดควบคุมแรงดันลม (Pressure Control Valve)

ทำหน้าที่ควบคุมลมอัดทางด้านใช้งาน (Secondary Pressure) ไม่ขึ้นกับความดันทางด้านป้อน (Primary Pressure) อย่างไรก็ตามความกดดันทางด้านป้อนจะต้องสูงกว่าด้านใช้เสมอดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.26 วาล์วควบคุมแรง

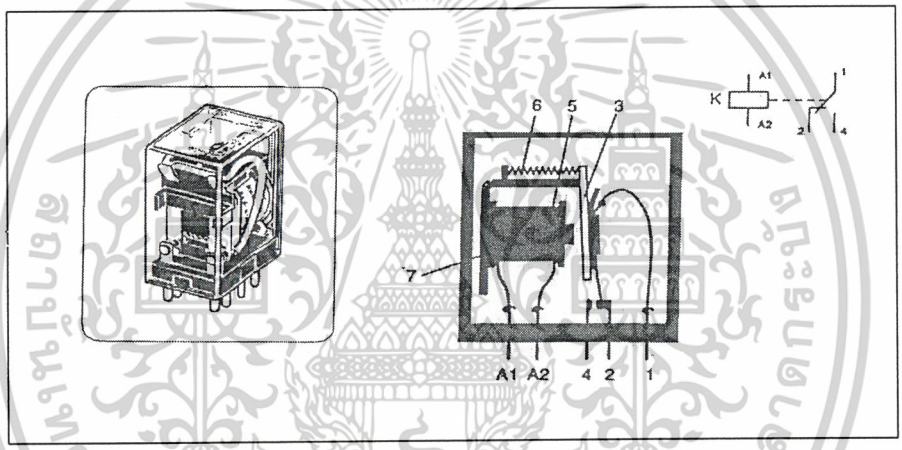
หลักการทำงาน : เมื่อต้องการนำลมอัดไปใช้งานหมุนสกรู (1) ปรับตามเข็มนาฬิกา ดังรูปที่ 2.26 สปริง (2) ถูกกด มีผลให้แผ่นไดอะแฟรม (3) กดก้านวาล์ว (4) กดวาล์ว (5) แยกออกจากบ่าวาล์ว (หมุนสกรู (1) มีผลต่อเนื่องไปยัง (2) → (3) → (4) → (5) บ่าวาล์วแยกออก) ลมอัด ทางด้านป้อนสามารถส่งไปยังด้านใช้งานได้ ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดดันทางด้านใช้งาน ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ (ระบบนิวแมติกส์ใช้ความดัน 6 บาร์) ในกรณีที่แรงดันด้านใช้วานสูงเกิน 6 บาร์ แรงดันนี้ชนะแรงสปริง (2) มีผลให้สปริงยุบตัว แผ่นไดอะแฟรมยุบตัวด้วย ก้านวาล์วไม่สามารถปิดรูวาล์ว (6) แรงดันทางด้านใช้งานหนีสู่บรรยากาศได้ (หมายเลข 6 คือ relief valve) ป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ในระบบเกิดการเสียหาย ขณะเดียวกันวาล์ว (5) ถูกกดด้วยสปริง (7) ปิดบ่าวาล์วไม่ให้ลมอัดทางด้านป้อนส่งมาทางด้านใช้งานชั่วขณะหนึ่ง เมื่อความกดดันทางด้านใช้งานลดลง แรงสปริง (2) ชนะแรงดันอีกครั้งหนึ่ง เป็นการปรับความสมดุลย์และการส่งถ่ายแรงดันไปตามปกติ

2.7 รีเลย์ (Relay)

ในวงจรควบคุมที่ยุ่งยากในระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า จะไม่สามารถใช้สวิทซ์เพียงอย่างเดียวในการควบคุมจำเป็นต้องนำรีเลย์เข้ามาช่วย เพราะภายในตัวของรีเลย์จะมีหน้าสัมผัสจำนวนหลายชุดอยู่ภายใน จึงสามารถใช้ควบคุมในงานที่ยุ่งยากได้ รีเลย์เป็นสวิทซ์ที่ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าช่วยให้เกิดการตัดต่อวงจรควบคุม



รูปที่ 2.27 ภาพองค์ประกอบรีเลย์

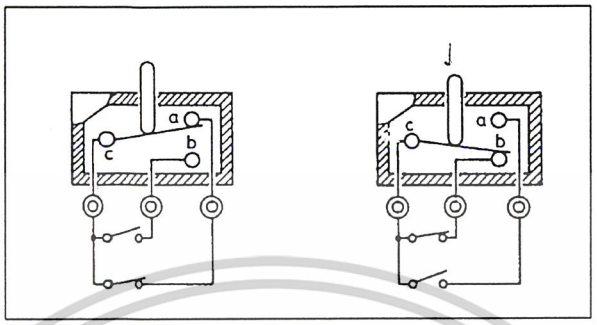
โครงสร้างของรีเลย์ ประกอบด้วยแกนเหล็ก 2 ชุด ชุดหนึ่งถูกยึดติดอยู่กับที่โดยจะมีขดลวดพันอยู่รอบ ๆ เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กในกรณีที่มีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดและจะทำให้เกิดแรงดูดได้ สำหรับแกนเหล็กอีกชุดหนึ่งจะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ได้ โดยแกนเหล็กชุดนี้จะมีหน้าสัมผัสยึดติดอยู่

หลักการทำงาน : ในสภาวะปกติแกนเหล็กทั้งสองชุดจะถูกดันออกมาจากกันด้วยแรงสปริง ชุดของหน้าสัมผัสในสภาวะนี้จะเรียกว่า ชุดหน้าสัมผัสปกติเปิดในกรณีที่หน้าสัมผัสแยกออกจากกัน และหน้าสัมผัสปกติปิดในกรณีที่หน้าสัมผัสต่อถึงกัน เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดลวดที่พันอยู่รอบ ๆ แกนเหล็ก จะทำให้แกนเหล็กกลายเป็นแม่เหล็กดูด แกนเหล็กชุดเคลื่อนที่ ทำให้ชุดของหน้าสัมผัสเปลี่ยนการทำงานทันที คือ ชุดหน้าสัมผัสที่ถึงกันจะแยกออกจากกัน และชุดหน้าสัมผัสที่แยกจากกันก็จะต่อถึงกัน หรืออาจจะสรุปง่าย ๆ ได้ว่า ชุดหน้าสัมผัสเปิดจะเปลี่ยนเป็นปิดจากปิดจะเปลี่ยนเป็นเปิด และหากไม่มีกระแสไฟไหลเข้าขดลวดชุดหน้าสัมผัสก็จะคืนกลับสู่ตำแหน่งเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ลิมิตสวิตช์ (Limit Switch)

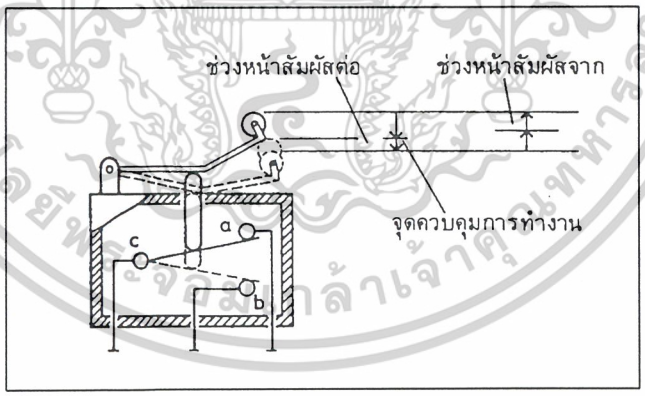
ลิมิตสวิตช์ก็คล้ายกับสวิตช์ไฟฟ้าทั่วไป ซึ่งหลักการทำงานสามารถดูได้จากรูปที่ 2.28 ในตำแหน่งปกติ หมายถึงตำแหน่งที่ยังไม่มีอะไรมากระทำปุ่มกดบนลิมิตสวิตช์ขณะทำงาน ซึ่งตำแหน่งนี้หน้าสัมผัสจะต่ออยู่ระหว่างจุด c กับจุด a



รูปที่ 2.28 โครงสร้างภายในของลิมิตสวิตช์

เมื่อมีก้านสูบมากดหรือมีอะไรมากระทำที่ปุ่มกด จะทำให้หน้าสัมผัสต่อระหว่างจุด c กับจุด b จะสังเกตได้ว่าหน้าสัมผัสระหว่างจุด c กับจุด a จะเป็นปกติปิด และหน้าสัมผัสระหว่างจุด c กับจุด b จะเป็นปกติเปิด หน้าสัมผัสในลิมิตสวิตช์มีลักษณะการทำงานอยู่ 2 แบบคือ

1. หน้าสัมผัสชนิดทำงานช้า ดูรูปที่ 2.29 เมื่อมีการกระทำที่ขาบังคับของลิมิตสวิตช์ จะบังคับหน้าสัมผัสหลุดจากจุด a แต่ในขณะเดียวกันก็ยังไม่ต่อจุด b ทันที จะมีระยะอยู่ช่วงหนึ่งถึงจะทำให้หน้าสัมผัสต่อระหว่างจุด c กับจุด b แต่ถ้าปล่อยขาปุ่มกดก่อนที่หน้าสัมผัสจะต่อจุด b ก็จะทำให้หน้าสัมผัสกลับไปต่อระหว่างจุด c กับจุด a อีก



รูปที่ 2.29 การทำงานของหน้าสัมผัสชนิดทำงานช้า

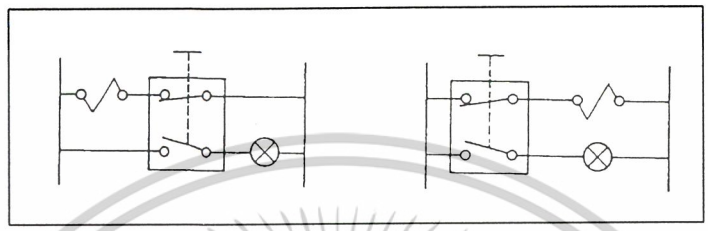
2. หน้าสัมผัสชนิดทำงานทันที แบบนี้จะต่างจากแบบแรก คือเมื่อมีการกระทำที่ขาบังคับของลิมิตสวิตช์จะบังคับหน้าสัมผัสหลุดจากจุด a มาต่อจุด b ทันทีด้วยความเร็วของสปริงในตัวของลิมิตสวิตช์ไม่เกี่ยวข้องกับความเร็วของขาบังคับของลิมิตสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 หลักการเลือกใช้ลิมิตสวิตช์

การเลือกใช้ลิมิตสวิตช์จะต้องใช้ให้ถูกต้องกับงานที่ใช้ เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น ให้พิจารณาตามหลักการดังต่อไปนี้

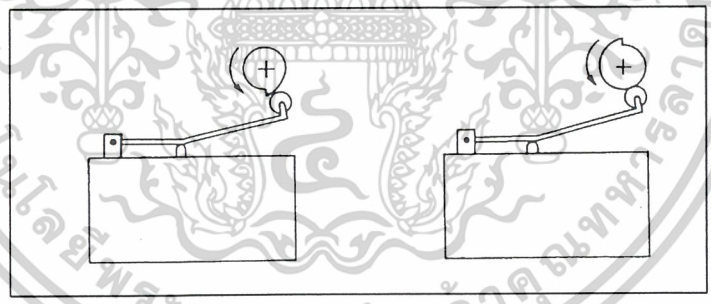
1. ห้ามต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าคนละด้านกับหน้าสัมผัส จะต้องต่อเข้าลิมิตสวิตช์เสียก่อนจึงจะต่อเข้าอุปกรณ์อื่นๆ ได้



รูปที่ 2.30 ลักษณะการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับลิมิตสวิตช์

2. ห้ามใช้ลิมิตสวิตช์เกินกำลังจากบริษัทผู้ผลิตกำหนดเอาไว้ ตัวอย่างเช่นลิมิตสวิตช์ถูกออกแบบเพื่อทนกระแสไฟฟ้า 10 แอมแปร์ ไม่ควรนำมาใช้กับมอเตอร์หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการกระแส 10 แอมแปร์พอดี เพราะบางครั้งกระแสไฟฟ้าจะสูงเกินกว่ากำหนด ซึ่งเป็นสาเหตุให้หน้าสัมผัสไหม้ได้

3. การติดตั้งลิมิตสวิตช์ไม่ควรให้เกิดการกระแทกหรือการดีกลับอย่างทันทีทันใด ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการสึกหรอของกลไกในลิมิตช์สวิตช์และชำรุดเร็วกว่าปกติ ดังรูปที่ 2.31

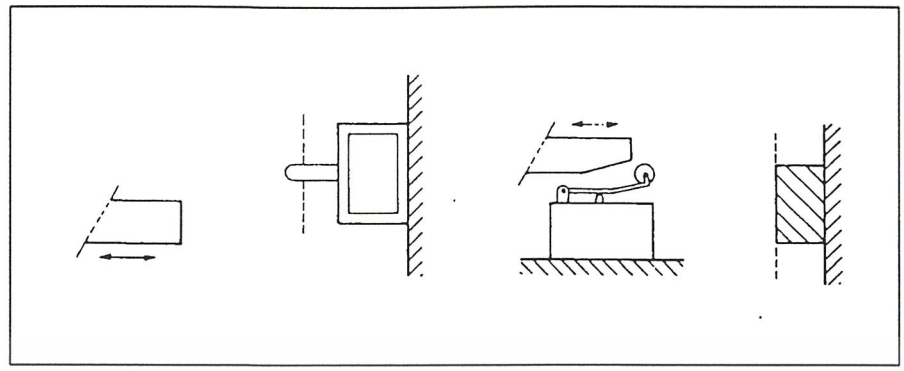


รูปที่ 2.31 การเลือกกลไกในการบังคับการทำงานของลิมิตสวิตช์

4. จะต้องแน่ใจว่ากลไกบังคับปุ่มกดให้ลิมิตสวิตช์ทำงานมีแรงกระทำเพียงพอที่จะทำให้ลิมิตสวิตช์ทำงานได้ โดยปกติทั่วไปลิมิตสวิตช์จะใช้เวลาในการทำงานประมาณ 1 ใน 5 วินาที ในการส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า บางครั้งในเครื่องจักรถ้าต้องการเร่งการทำงานเพื่อเพิ่มผลผลิตโดยการปรับความเร็วในการผลิตให้เร็วขึ้น เครื่องจักรอาจจะทำงานได้ไม่ดีเท่าเดิม เพราะลิมิตสวิตช์ไม่สามารถส่งสัญญาณได้นานเพียงพอในการกระตุ้นให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานได้ทัน

5. อย่าให้ลิมิตสวิตช์เป็นที่หยุดของก้านสูบหรือกลไกต่างๆ ถ้าต้องการให้มีที่หยุดควรจะใช้กลไกทางกลเป็นตัวหยุด เพื่อความแม่นยำในการหยุดชิ้นงานในจังหวะสุดช่วงชักพอดีโดยที่ไม่มีผลเสียหายกับลิมิตสวิตช์อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



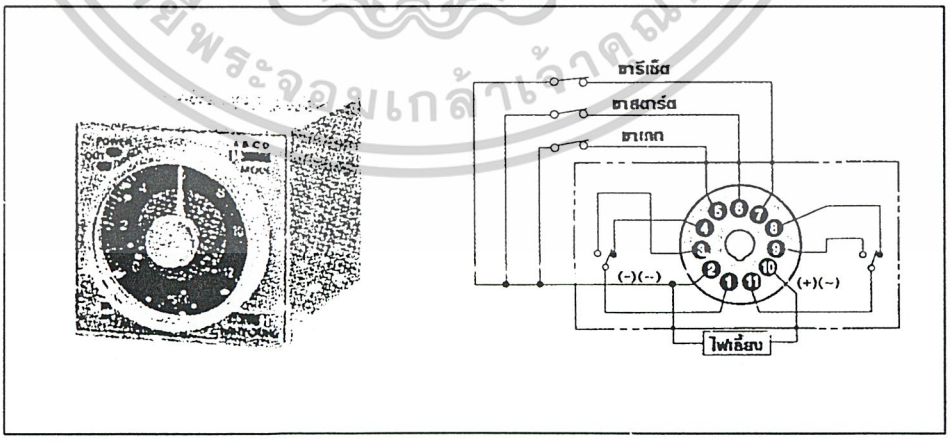
รูปที่ 2.32 การหยุดกลไกต่างๆโดยวิธีที่ถูกต้อง

6. อย่าใช้กลไกบังคับการทำงานลิมิตสวิตช์ที่หนักหรือยาวเกินไป ควรใช้กลไกที่บริษัทผู้ผลิตออกแบบมาให้ ถ้าระยะระหว่างลิมิตสวิตช์และชิ้นงานที่กระทำกับขาของลิมิตสวิตช์ห่างเกินไปที่จะใช้ลิมิตสวิตช์มาตรฐานได้ อาจใช้วิธีติดตั้งลิมิตสวิตช์ให้ใกล้เข้ามาหรือออกแบบชิ้นส่วนใหม่ จะทำให้ลิมิตสวิตช์มีอายุการใช้งานได้มากขึ้น

7. การนำลิมิตสวิตช์มาใช้งานแต่ละอย่างควรจะศึกษาเกี่ยวกับขนาดและทิศทางของแรงที่มากระทำกับลิมิตสวิตช์ รวมทั้งแรงที่เกิดจากการเสียดทานที่เกิดขึ้นด้วย วิธีที่ทำให้ลิมิตสวิตช์ปลอดภัยจากการใช้งานควรจะใช้กลไกแบบลูกกลิ้งเป็นตัวรับแรงกระทำ

2.9 รีเลย์ตั้งเวลา (Time Relay)

รีเลย์ตั้งเวลา เป็นสวิตช์ที่ทำงานโดยอาศัยการหน่วงเวลาด้วยระบบอิเล็คทรอนิคส์ หรือระบบมอเตอร์ไฟฟ้า รีเลย์ตั้งเวลานี้มีหลายแบบแต่แบบที่นิยมใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ แบบหน่วงเวลาตอนมีสัญญาณ (On Delay) และแบบหน่วงเวลาตอนตัดสัญญาณ (Off Delay) ในโครงงานนี้ใช้แบบหน่วงเวลาตอนมีสัญญาณ

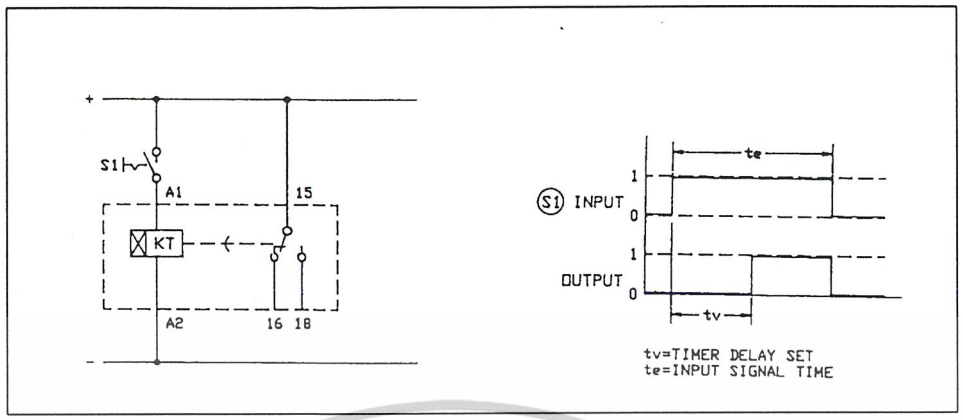


รูปที่ 2.33 รีเลย์ตั้งเวลา (Timer Relay)

รีเลย์ตั้งเวลาแบบหน่วงเวลาตอนมีสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีเลย์ตั้งเวลาแบบนี้จะเริ่มนับเวลาของการหน่วงเวลาเมื่อมีสัญญาณไฟมาเลี้ยงขดลวด



รูปที่ 2.34 แสดงสัญลักษณ์และการทำงาน

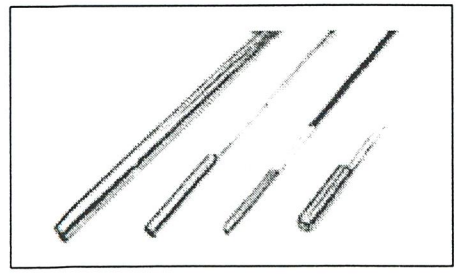
หลักการทำงาน : ในสภาวะปกติเมื่อยังไม่กดสวิตซ์ S1 หน้าสัมผัส 15 จะต่อ กับ 16 และเมื่อกดสวิตซ์ S1 กระแสไฟจะไหลเข้าขดลวดรีเลย์ KT จะทำให้รีเลย์ตั้งเวลาเริ่มทำงานและจะนับเวลาจนถึงเวลาที่ตั้งไว้ ชุดหน้าสัมผัสก็จะเปลี่ยนสภาวะการทำงานทันที คือ จากเดิมที่หน้าสัมผัส 15 ต่ออยู่กับ 16 ก็จะเปลี่ยนการต่อให้หน้าสัมผัส 15 ต่อกับ 18 แทน และเมื่อตัดสัญญาณไม่ให้มีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดรีเลย์ตั้งเวลา ก็จะทำให้ชุดหน้าสัมผัสกลับสู่สภาพเดิม

2.10 ฮีตเตอร์ (Heater)

ฮีตเตอร์ เป็นอุปกรณ์ทำความร้อนในอุตสาหกรรม ที่มีหลักการพื้นฐานคือ เมื่อกระแสไหลผ่านลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทานสูง ลวดตัวนำจะร้อน ดังนั้นลวดที่ใช้ผลิตฮีตเตอร์จะต้องมีคุณสมบัติเหนียวและทนอุณหภูมิได้สูง สำหรับลวดฮีตเตอร์ของ TIC เป็นลวด Kanthal (นิกเกิ้ล : โครเมี่ยม/80:20) ทนอุณหภูมิได้ถึง 1250 °C ส่วนประกอบอื่น ๆ ในการผลิตฮีตเตอร์มีดังนี้

ฉนวนแม็กนีเซียมออกไซค์ (MgO) มีค่าความนำไฟฟ้าต่ำแต่นำความร้อนดีมากทำหน้าที่กั้นกลางระหว่างลวดฮีตเตอร์กับปลอกโลหะ เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสรั่ว (Leak Current) จากลวดฮีตเตอร์ออกไปยังผิวโลหะ จุดสำคัญคือ ห้ามมีความชื้นในฉนวนเด็ดขาดเพราะจะทำให้ค่าความนำไฟฟ้าสูงขึ้น หากมีความชื้นแก้ไขได้โดยการอบในเตาอบ

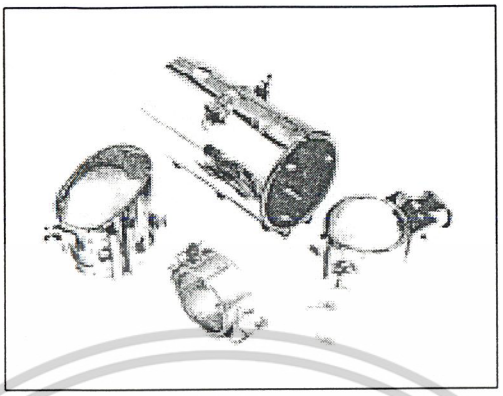
1. ฮีตเตอร์แท่ง หรือ Cartridge Heater ใช้ให้ความร้อนกับวัสดุที่เป็นของแข็ง เช่น เหล็ก และโลหะต่าง ๆ ตัวอย่างการใช้งาน เช่น งานบรรจุหีบห่อ งานขึ้นรูปพลาสติก



รูปที่ 2.35 ฮีตเตอร์แท่ง Cartridge Heater

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

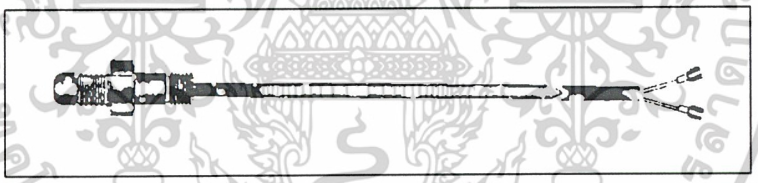
2. ฮีตเตอร์รัดท่อ หรือ Band Heater ใช้ให้ความร้อนกับของเหลวที่อยู่ในท่อหรือถังรูปทรงกระบอกโดยรัดจากด้านนอก



รูปที่ 2.36 ฮีตเตอร์รัดท่อ Band Heater

2.11 เทอร์มอคัปเปิล (Thermocouple)

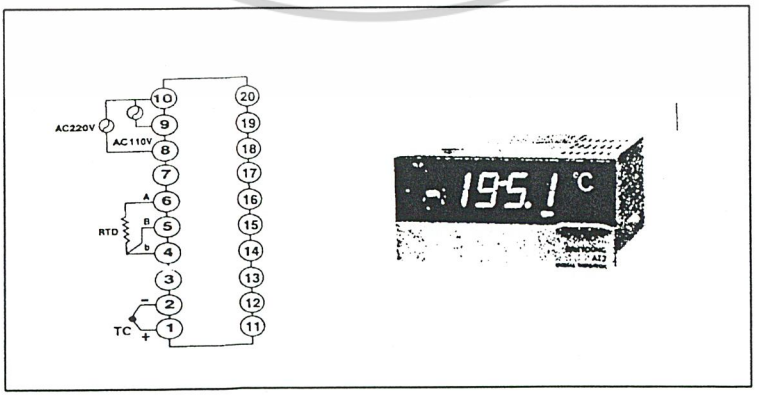
คือโลหะ 2 ชนิดต่างกันที่นำมาเชื่อมปลายเข้าด้วยกันที่ด้านหนึ่งซึ่งเป็นด้านที่ใช้วัดอุณหภูมิ ส่วนอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับอุปกรณ์ใช้งาน เช่น เครื่องควบคุมอุณหภูมิ , เครื่องบันทึกอุณหภูมิ เป็นต้น เทอร์มอคัปเปิลถูกแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ตามการจับคู่ของโลหะที่ต่างกัน ทำให้มีคุณสมบัติในการใช้งานที่หลากหลายตามความเหมาะสมของงานแต่ละประเภท



รูปที่ 2.37 เทอร์มอคัปเปิล Thermocouple

2.12 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล (Digital Temperature Indicator)

ใช้ร่วมกับเทอร์มอคัปเปิลเป็นอินพุท แสดงผลเป็นแบบดิจิตอลสามารถตั้งโปรแกรมควบคุมอุณหภูมิได้



รูปที่ 2.38 ภาพแสดงลักษณะของตัวเครื่องและวงจรการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงานและการออกแบบ

3.1 การออกแบบ

เนื่องจากฝุ่นผงไม้ยางพารามีการขุบตัวสูงเมื่อมีแรงกดหรือแรงอัดมากระทำ ทำให้สามารถลดปริมาตรฝุ่นผงไม้ยางพาราลงให้เหลือประมาณหนึ่งในเจ็ดของปริมาตรเดิม ดังนั้นในการออกแบบตัวเครื่องในโครงงานนี้จึงนำหลักการที่เกี่ยวข้องกับการนำแรงกดและแรงอัดมาใช้ในการออกแบบ ซึ่งในการให้แรงกระทำในลักษณะนี้ก็มีวิธีการอยู่หลายวิธีขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน หรือส่วนประกอบอื่นๆที่เกี่ยวข้องที่จะต้องนำมาพิจารณาเพื่อนำไปช่วยในการออกแบบ

โดยในการทำโครงงานนี้เลือกใช้ระบบนิวแมติกส์มาใช้ในการอัดฝุ่นผงไม้ยางพารา เนื่องจากเป็นระบบที่สามารถหาได้ง่ายมีราคาถูก มีความปลอดภัยในการทำงานสูงเพราะแหล่งพลังงานในการอัดนั้นจะใช้ลมซึ่งเมื่อการผิดพลาดในการทำงานก็ส่งผลต่อความเสียหายแก่ร่างกายและทรัพย์สินน้อยกว่าระบบอื่นๆ และในกระบวนการเผาไหม้ฝุ่นผงไม้ยางพาราก็มีการนำความร้อนเข้ามาเกี่ยวข้องในการทำงาน เพราะฉะนั้นระบบนิวแมติกส์ที่ใช้ลมจึงเหมาะสมอย่างยิ่งเนื่องจากไม่สามารถติดไฟได้ทั้งในขณะทำงานหรือเมื่อการผิดพลาดในขณะทำงาน

สูตรที่ใช้ในการคำนวณแรงของนิวแมติกส์

$$F = P \times A \times N \qquad (3.1)$$

เมื่อ

F คือ แรง (N)

A คือ พื้นที่ (m^2)

P คือ ความกดดัน (bar)

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)

N คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสีย

แรงขณะที่กระบอกสูบนิวแมติกส์ B เคลื่อนตัวออก

P ที่ใช้เท่ากับ 2 bar

D ที่ใช้เท่ากับ 32 mm

แรงขณะที่กระบอกสูบนิวแมติกส์ A เคลื่อนตัวออก

P ที่ใช้เท่ากับ 3 bar

D ที่ใช้เท่ากับ 32 mm

สูตรที่ใช้ในการคำนวณแรงเฉือน (ส่วนโครงสร้าง)

$$\tau = \frac{F}{A} \qquad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

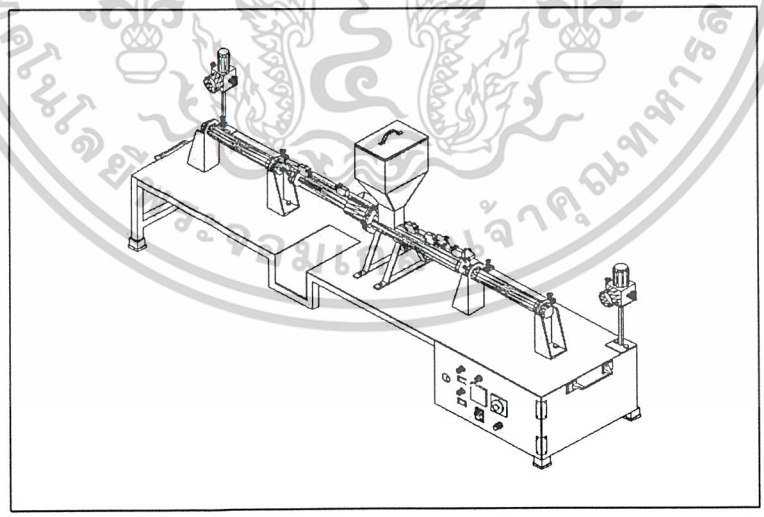
F คือ แรง (N)

A คือ พื้นที่ (m^2)

τ คือ แรงการตัดเฉือน N/m^2

3.1.1 อุปกรณ์ทางด้าน Hardware

1. เหล็กกลวงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 3/4 x 3/4 นิ้ว หนา 1.2 มิลลิเมตร ยาว 6 เมตร
2. ท่อเหล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร ยาว 10 เซนติเมตร
3. ท่อเหล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร ยาว 35 เซนติเมตร
4. ท่อเหล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร ยาว 15 เซนติเมตร
5. เหล็กกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ยาว 15 เซนติเมตร
6. เหล็กแผ่น หนา 3 มิลลิเมตร ขนาด 1.5 x 1 ตารางเมตร
7. เหล็กแผ่น หนา 1.5 มิลลิเมตร ขนาด 1 ตารางเมตร
8. สลักเกลียวหัวฝังหัวหกเหลี่ยม M6
9. สลักเกลียวหัวหกเหลี่ยม M6
10. นัตหกเหลี่ยม M6



รูปที่ 3.1 ลักษณะโดยรวมทั้งหมดของตัวเครื่อง

จากรูปที่ 3.1 ด้านบนซึ่งเป็นลักษณะโดยรวมทั้งหมดของตัวเครื่องที่ได้ทำการออกแบบ ในส่วนของขนาดและชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างสามารถดูได้จากภาคผนวก โดยในการออกแบบจะคำนึงถึงการเลือกใช้ระบบการทำงานละอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องที่สามารถหาได้ง่าย ตัวเครื่องมีขนาดที่ไม่ใหญ่มากสามารถเคลื่อนย้ายไปในสถานที่ต่างๆได้โดยสะดวกและที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

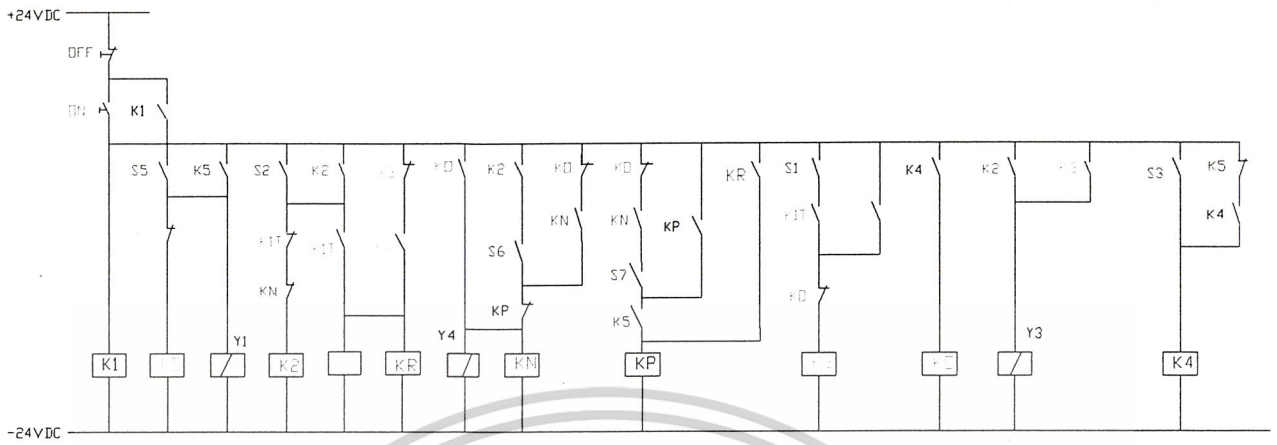
สำคัญคือ การศึกษาหาข้อมูลที่จำเป็นเกี่ยวกับส่วนต่างๆ ของตัวเครื่องทั้งทางด้านโครงสร้าง ระบบนิวแมติกส์ ระบบการให้ความร้อน และอุปกรณ์ควบคุมทางด้านไฟฟ้า

ลักษณะการทำงานของตัวเครื่องจะต้องสามารถทำให้ฝุ่นผงไม้ยึดเกาะตัวกันได้ดี โดยการที่จะทำให้ฝุ่นผงไม้ยึดเกาะติดตัวกันเป็นแท่งได้จะต้องมีการนำส่วนผสมที่เป็นตัวประสานเข้ามาร่วมด้วย และจะต้องให้ความร้อนสูงในช่วงเวลาหนึ่ง เพื่อให้ฝุ่นผงไม้ถูกอัดและเผาจนกลายเป็นถ่านไม้อัดแท่ง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ยาว 65 มิลลิเมตร ลักษณะแกนกลางกลวง โดยจะทำการป้อนฝุ่นผงไม้เข้าไปในกรวย (hopper) เข้าสู่ช่องบรรจุ ซึ่งเป็นท่อที่เชื่อมต่อกับช่วงระยะอัดและเผา ฝุ่นผงไม้และส่วนผสมจะถูกป้อนในแนวราบ โดยใช้กระบอกสูบลมนิวแมติกส์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 มิลลิเมตร เป็นตัวดันโดยมีอีกตัวหนึ่งที่มีฮีตเตอร์แท่งติดอยู่เป็นตัวยัน ซึ่งตัวที่ใช้ยันจะใช้แรงดันลม 3 บาร์ ส่วนตัวที่ทำหน้าที่ดันฝุ่นไม้และอัดใช้แรงดันลม 2 บาร์ ใช้ระบบไฟฟ้ามาควบคุมการทำงานของเครื่องอัด ซึ่งจะเป็นการควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ

3.1.2 อุปกรณ์ทางนิวแมติกส์และอุปกรณ์ทางไฟฟ้า

1. กระบอกสูบนิวแมติกส์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ลูกสูบ 32 มิลลิเมตร , ก้านสูบ 12 มิลลิเมตร , ช่วงชัก 120 มิลลิเมตร , 3
2. กระบอกสูบนิวแมติกส์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ลูกสูบ 32 มิลลิเมตร , ก้านสูบ 12 มิลลิเมตร , ช่วงชัก 160 มิลลิเมตร , 2
3. โซลินอยล์วาล์ว 5/3 ชนิดดันกลับตำแหน่งกลด้วยแรงดันสปริง
4. โซลินอยล์วาล์ว 5/2 ชนิดดันกลับด้วยสปริง
5. วาล์วควบคุมแรงดัน
6. แผ่นฉนวนกันความร้อน ขนาด 1 x 1 ฟุต
7. ลิมิตสวิตซ์ AC/DC 5 - 250 V 7 ตัว
8. Timer 24 VDC ตั้งเวลาได้ 30 นาที
9. เทอร์มอคัปเปิ้ล FWK/14A 0.65 x 50 + 1M ขนาดของสกรู 1/4 นิ้ว อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส
10. รีเลย์ 24 V , 5 มิลลิแอมป์ 9 ตัว
11. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล รุ่น AT6 ของ HANYOUNG
12. ฮีตเตอร์รัดท่อ HGT- 40 x 65/220 V
13. ฮีตเตอร์แท่ง HCT - 8 x 70/220 V
14. Push button switch
15. ตู้ Control
16. Signal lamp (แดง 2 , เขียว 2)
17. ฟิวส์ 220 VAC 10A

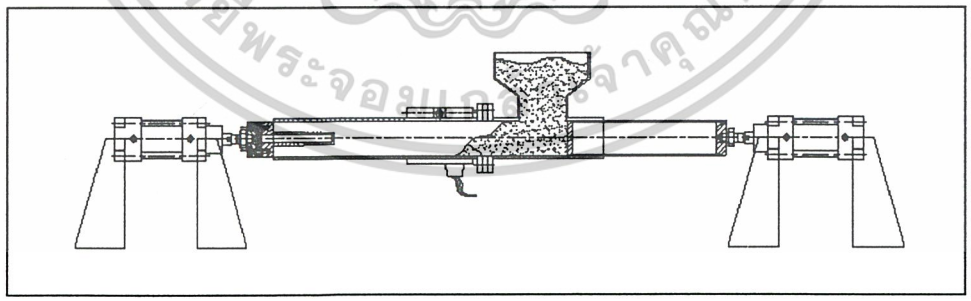
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้า

3.2 หลักการทำงานของเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็ง

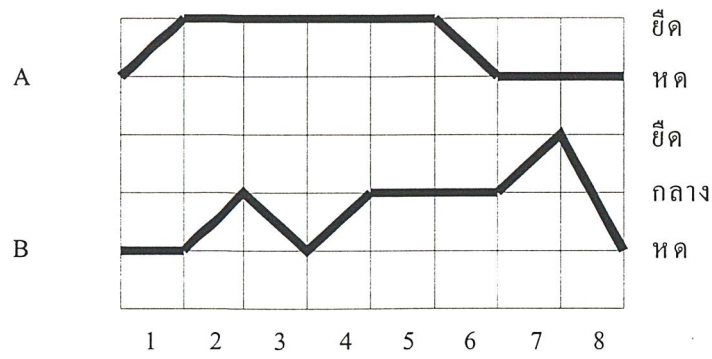
เริ่มจากการนำวัตถุดิบที่ได้เตรียมไว้ ใส่ลงไปในกรวย (ทางเข้า) วัตถุดิบจะไหลผ่านลงยังทางเดิน(ท่อกลวงทรงกระบอก) กระบอกสูบนิวแมติกส์ A ก็จะเคลื่อนตัวออกมาชนกับตัวแบบ หลังจากนั้น กระบอกสูบนิวแมติกส์ B ก็จะเคลื่อนตัวออกมา โดยที่จะดันเอาวัตถุดิบติดมาด้วย จนทำให้วัตถุดิบถูกอัดเข้าไปภายในตัวแม่แบบ ขั้นต่อไป ฮีตเตอร์ก็ทำงานโดยการให้ความร้อนกับวัตถุดิบจนกลายเป็นถ่าน เมื่อได้เวลาที่ต้องการ กระบอกสูบนิวแมติกส์ A ก็จะเคลื่อนตัวเข้าสุด และกระบอกสูบนิวแมติกส์ B ก็จะทำการเคลื่อนตัวออกอีกครั้งโดยจะทำการดันเอาวัตถุดิบที่ถูกเผาไหม้แล้วลงไปยังถังรองรับที่เตรียมไว้แล้วกระบอกสูบนิวแมติกส์ B ก็จะเคลื่อนตัวเข้าในขั้นต่อไปและทำงานวนไปเรื่อยๆจนกว่าจะสั่งหยุดการทำงาน



รูปที่ 3.3 ภาพตัดของเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งก่อนที่จะเริ่มทำงาน

ส่วนลำดับขั้นตอนในการทำงานของกระบอกสูบใน รูปที่ 3.4 เป็นการแสดงไดอะแกรมการเคลื่อนที่เข้าและการเคลื่อนที่ออกของกระบอกสูบในขณะเริ่มต้นและหลังจากเริ่มทำงานไปแล้ว ทำให้สามารถมองเห็นลักษณะโดยรวมของการทำงานทั้งหมดก่อนที่จะนำลำดับขั้นตอนการเคลื่อนที่ของลูกสูบเหล่านี้ไปพิจารณาการออกแบบวงจรควบคุมการทำงานอีกที

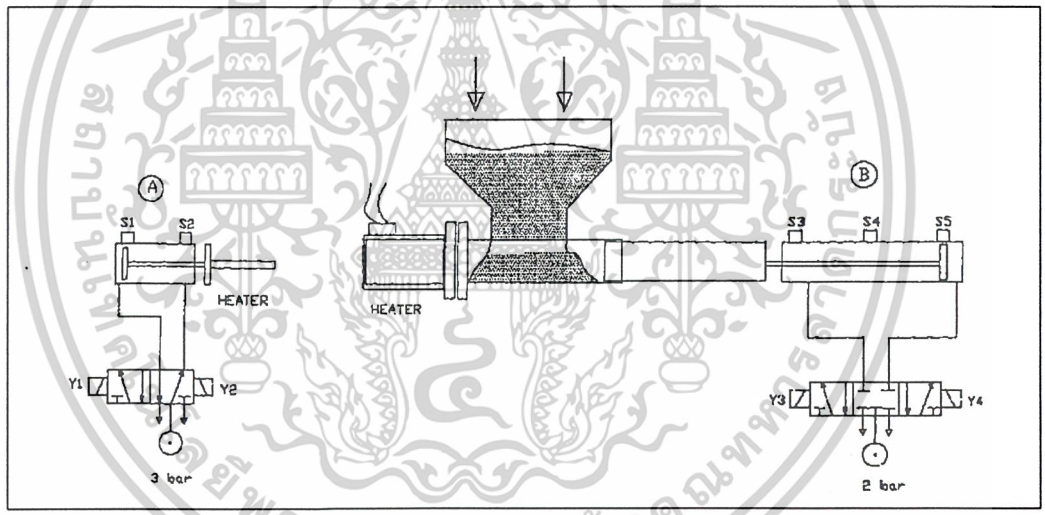
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมายเหตุ A = กระบอกสูบนิวแมติกส์ตัวยัน ใช้แรงดัน 3 บาร์

B = กระบอกสูบนิวแมติกส์ตัวดัน ใช้แรงดัน 2 บาร์

รูปที่ 3.4 แผนภาพลำดับการทำงานของกระบอกลูกสูบ



รูปที่ 3.5 ภาพประกอบการทำงานวงจรไฟฟ้า

3.3 แผนการทดลอง

ส่วนผสมต่างๆที่ใช้ในการอัดเป็นแท่ง จะทำการกำหนดขึ้นในขั้นแรก เพื่อนำผลที่ทราบจากการอัด ทำการวิเคราะห์และนำไปปรับปรุงให้ได้ส่วนผสมที่ดีขึ้น

3.3.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการอัดเชื้อเพลิงแข็ง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบนี้ คือ เศษฝุ่นผงไม้ยางพารา ซึ่งสามารถหาได้ทั่วไปตามโรงงานที่มีการผลิตเฟอร์นิเจอร์ หรือ อุปกรณ์ที่ทำจากไม้ยางพารา มีลักษณะคล้ายขี้เลื่อยแต่มีขนาดเล็กกว่า เช่น ฝุ่นไม้ที่ได้จากการขัดผิวหน้างานไม้ หรือ การใช้กบไสไม้ไฟฟ้าจะทำให้เกิดฝุ่นผงไม้จำนวนมาก จึงได้มีการคิดนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำมาอัดให้เป็นแท่งเพื่อใช้เป็นถ่านหุงต้มต่อไป ซึ่งจากการทดลองอัดแบบต่าง ๆ พบว่า การนำฝุ่นผงไม้มาอัดก้อนโดยไม่ผสมตัวประสานเลย ฝุ่นผงไม้จะไม่สามารถจับตัวเป็นก้อนได้เลย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีตัวประสานที่นำมาผสมกับฝุ่นผงไม้ เพื่อให้สามารถอัดออกมาเป็นก้อนเชื้อเพลิงแข็งได้

3.3.2 ตัวประสานในการทดลอง

เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลที่มากพอในเรื่องของส่วนผสมระหว่างฝุ่นผงไม้ยางพารากับตัวประสาน จึงได้มีการทดลองอัดฝุ่นผงไม้กับตัวประสานชนิดต่าง ๆ โดยมุ่งเน้นที่ส่วนผสมราคาถูกและหาได้ง่าย ในขั้นต้นได้ทดลองโดยใช้แป้งเปียก ผลที่ได้คือ ความสามารถในการผสมรวมกับขี้เลื่อยได้ยากเพราะแป้งเปียกมีลักษณะที่เหนียวข้น การเตรียมวัสดุก็เสียเวลา ต่อมาจึงได้เลือกใช้แป้งชนิดต่าง ๆ ผสมกับน้ำ พบว่าเมื่ออัดและให้ความร้อน น้ำที่ใช้ผสมจะกลายเป็นไอออกมาตามช่องต่าง ๆ ในช่วงกระบอกอัด และฮีตเตอร์แท่งที่อยู่แกนกลางก็มีความร้อนสูงกว่าฮีตเตอร์รัดท่อที่อยู่รอบนอกเพราะอัตราการสูญเสียความร้อนต่างกัน จึงทำให้น้ำที่ใช้เป็นส่วนผสมระเหยออกจากแกนกลางมีผลให้เกิดการเผาไหม้บริเวณแกนกลาง น้ำที่ระเหยออกมาทำให้บริเวณรอบนอกยังคงมีความชื้นอยู่และไม่สามารถเผาไหม้กลายเป็นถ่านทั่งทั้งก้อน ดังนั้นจึงมีการลดปริมาณน้ำที่เป็นส่วนผสมลง ผลที่ได้คือได้ถ่านที่ไหม้หมดทั้งก้อนแต่ว่าร่อนมาก เมื่อนำออกมาจากแบบก็จะแตกง่ายเพราะส่วนผสมอาจไม่สามารถเข้ากันได้ดี จึงทำให้วัตถุดิบร่วนเหมือนกับตอนแรกที่ไม่ได้ผสมน้ำและแป้งในการอัด

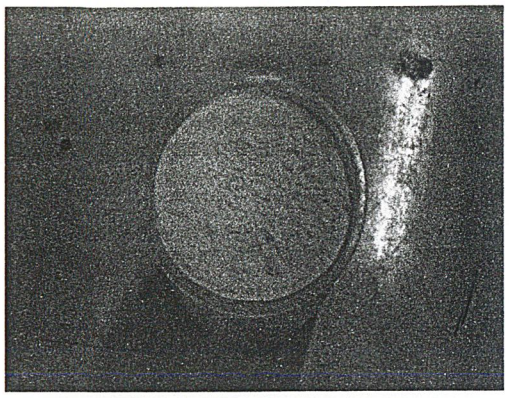
ในการทดสอบได้ใช้แป้งที่ใช้ทำอาหารทั่วไปเช่น แป้งมันสำปะหลัง เป็นส่วนผสม จึงจำเป็นต้องมีการใช้น้ำเป็นตัวละลายแป้งและประสานให้เข้ากับฝุ่นผงไม้

3.3.3 ขั้นตอนในการทำการทดลอง

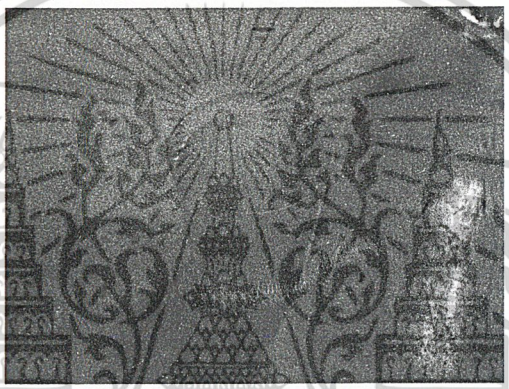
1. นำผงฝุ่นไม้ยางพารามาผสมกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำในอัตราส่วน (5 : 1 : 1) คือ ผงฝุ่นไม้ 5 ส่วน แป้งมันสำปะหลัง 1 ส่วนและ น้ำ 1 ส่วน

รูปที่ 3.6 ผงฝุ่นไม้ยางพารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แป้งมันสำปะหลัง

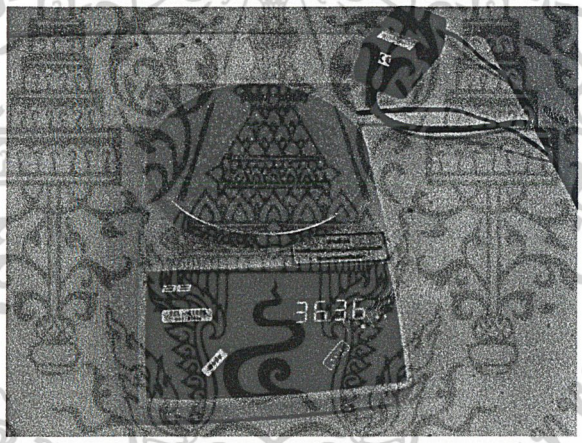


รูปที่ 3.8 น้ำ

2. หลังจากนั้นนำฝุ่นผงไม้ยางพาราที่ยังไม่ได้ผสมส่วนผสมอื่นๆ กับฝุ่นผงไม้ยางพาราที่ผสมกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำที่ใช้ในการอัดก้อนเชื้อเพลิงแข็งจำนวน 1 ก้อน ไปชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลเพื่อทำการเปรียบเทียบน้ำหนักระหว่างฝุ่นผงไม้ยางพาราที่ยังไม่ได้ผสมส่วนผสมใดๆ กับฝุ่นผงไม้ยางพาราที่ผสมแป้งมันสำปะหลังกับน้ำ ซึ่งผลการชั่งน้ำหนักของฝุ่นผงไม้ยางพาราที่ยังไม่ได้ผสมกับแป้งและน้ำเท่ากับ 16.55 กรัม และน้ำหนักของฝุ่นผงไม้ยางพาราที่ผสมกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำเท่ากับ 36.36 กรัม หรือน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 19.81 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 3.9 และ รูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

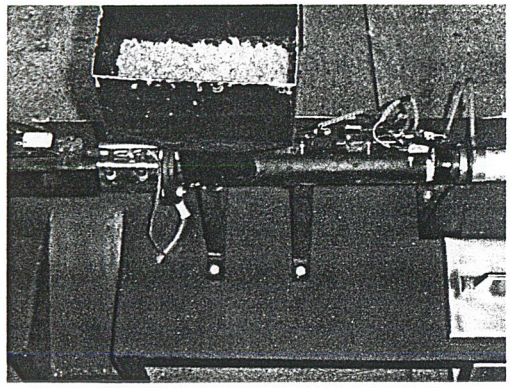
รูปที่ 3.9 น้ำหนักของผงฝุ่นไม้ยางพาราที่ยังไม่ได้ผสมแป้งมันสำปะหลังและน้ำ



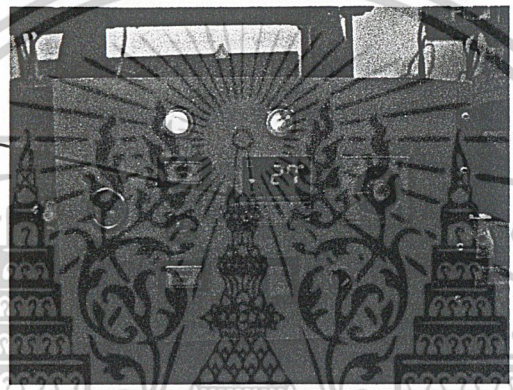
รูปที่ 3.10 ผงฝุ่นไม้ยางพาราที่ผสมกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำ

3. ต่อจากนั้นนำฝุ่นผงไม้ยางพาราที่ได้ผสมไว้แล้วนำมาเทใส่ลงในกรวยบนตัวเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็ง ดังรูปที่ 3.11 หลังจากนั้นต่อสายลมจากถังพักลมเข้ามายังตัวเครื่องและเปิดสวิตช์ทำงาน ปรับอุณหภูมิในการวัดการเผาไหม้ที่เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลที่ 200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ได้ทำการทดลองในขั้นต้นดังแสดงในรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การเทผงฝุ่นไม้ยางพาราที่ผสมกับส่วนผสมอื่นลงในกรวย



รูปที่ 3.12 แผงวงจรควบคุมและเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล

4. หลังจากเปิดสวิตช์ให้เครื่องทำงานลูกสูบก็จะดันผงฝุ่นไม้เข้าไปในแบบและให้ความร้อนตามที่เราตั้งไว้ตามเวลาที่กำหนดและก็จะดันก้อนเชื้อเพลิงแข็งออกมาตามทางลาดหน้าเครื่อง

5. ขั้นตอนต่อมา จะเป็นการหาน้ำหนักของก้อนเชื้อเพลิงแข็งหลังจากที่ผ่านกระบวนการอัด และเผาไหม้มาแล้วเพื่อหาน้ำหนักสุทธิโดยเฉลี่ยต่อก้อนที่เกิดขึ้น ซึ่งจะเป็นการนำก้อนเชื้อเพลิงแข็งจำนวน 10 ก้อน โดยการประมาณที่ได้จากการทดสอบมาหาค่าเฉลี่ย ดังตารางที่ 4.2

รูปที่ 3.13 น้ำหนักของก้อนเชื้อเพลิงแข็งที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการทดลองเกี่ยวกับความสามารถในการติดไฟและการให้ความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงแข็งที่ได้

3.3.4 อธิบายการทำงานของวงจรควบคุมด้วยไฟฟ้า

1. กด Switch ON เริ่มการทำงาน K1 ล็อกตัวเองไว้ ทำให้มีกระแสไฟไหลในวงจร

2. ลูกสูบ B อยู่ที่ตำแหน่งลิมิตสวิตช์ S5 ต่อวงจรให้ K5 ทำงาน K5 ล็อกตัวเองและต่อให้ Y1 ทำงาน ลูกสูบ A เลื่อนออก

3. ลูกสูบ A เลื่อนมาอยู่ที่ตำแหน่งลิมิตสวิตช์ S2 ต่อวงจรให้ K2 ทำงานและล็อกตัวเอง K2 ต่อให้ Y3 ทำงานลูกสูบ B เลื่อนออก

4. ลูกสูบ B เลื่อนมาอยู่ที่ตำแหน่งลิมิตสวิตช์ S4 และ S6 โดย ในจังหวะแรก S6 ต่อให้ KN ทำงาน KN ต่อให้ Y4 ทำงานและตัด K3,Y3 ลูกสูบ B เลื่อนกลับมาแตะ S7

5. S7 ต่อให้ KP ทำงานไปตัด KN และล็อกตัวเองไว้ S2 ที่ยังถูกกดอยู่จะต่อให้ K2 เริ่มทำงานอีกครั้งเป็นจังหวะที่ 2 ลูกสูบ B เลื่อนออกอีกครั้ง โดยจังหวะที่ 2 นี้ลูกสูบกด S6 ไม่มีผลอะไร แต่กด S4 จะต่อให้ K1T ทำงานเริ่มนับเวลา เมื่อได้เวลา K1T ต่อให้ KQ ทำงาน KQ ต่อให้ KR ทำงานและตัด K2 ทำให้เมนวาล์ว 5/3 เลื่อนกลับมาอยู่ที่ตำแหน่งกลางด้วยแรงดันสปริง ลูกสูบ B จะค้างตำแหน่ง KR ตัด KN เพื่อไม่ให้ลูกสูบเลื่อนกลับ

6. K5 ถูกตัดด้วย KQ เมนวาล์ว 5/2 ถูกดันกลับด้วยแรงสปริง ทำให้ลูกสูบ A เลื่อนกลับมาอยู่ที่ตำแหน่งลิมิตสวิตช์ S1 และต่อให้ K3 ทำงานและล็อกตัวเอง K3 ต่อให้ Y3 ทำงาน และตัด KQ ลูกสูบ B จะเลื่อนออกต่อไปจนสุดที่ตำแหน่งลิมิตสวิตช์ S3

7. S3 ต่อให้ K4 ทำงานและล็อกตัวเองและต่อให้ KO ทำงานไปตัด K3 และ KN และต่อให้ Y4 ทำงาน ลูกสูบ B เลื่อนกลับมาที่ตำแหน่งลิมิตสวิตช์ S5

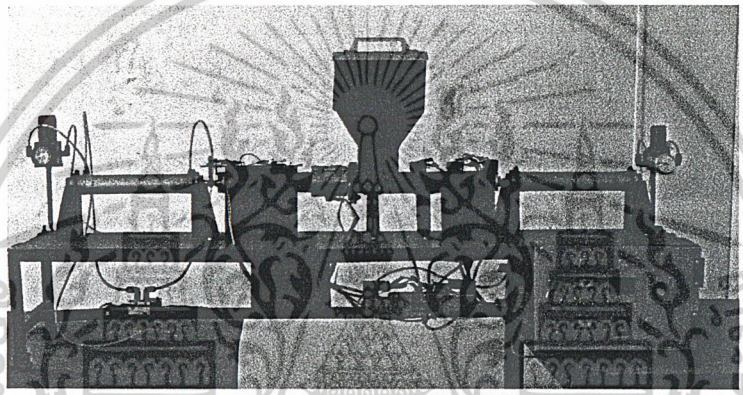
8. S5 ต่อให้ K5 ทำงาน K5 ตัดไฟ K4 และเริ่ม ทำงานตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 ต่อไปจนกว่าจะหยุดการทำงานเมื่อกด Switch OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

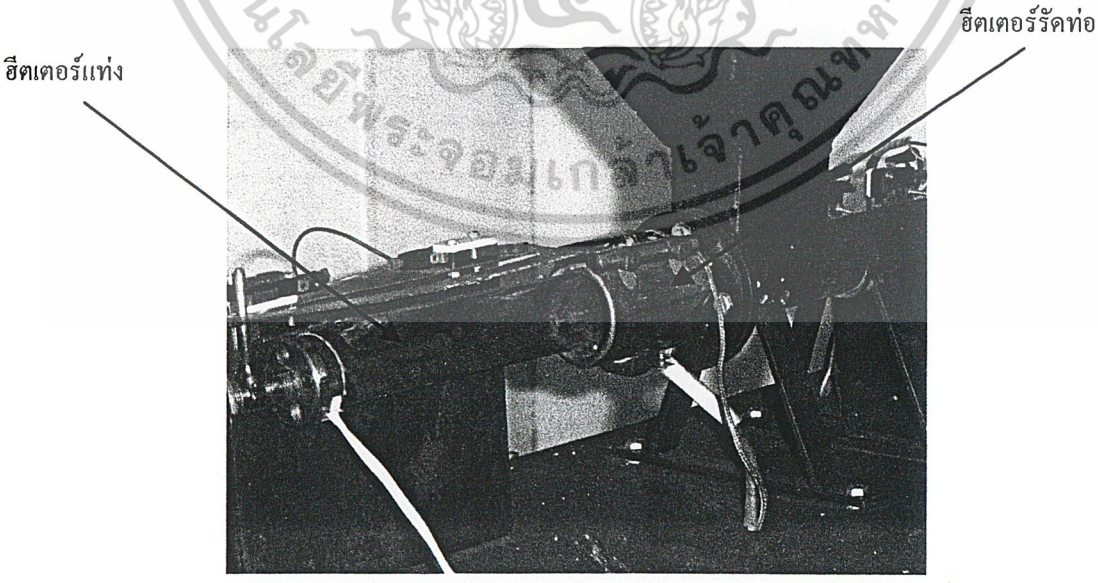
บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการดำเนินงานด้านตัวเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็ง

ลักษณะโดยรวมของตัวเครื่องที่ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างขึ้นจะมีขนาดความกว้าง 350 มิลลิเมตร ยาว 1,310 มิลลิเมตร สูง 596 มิลลิเมตร ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ในการจ่ายให้กับตัวเครื่องก่อนที่จะถูกแปลงแรงดันไฟฟ้าให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ เพื่อนำไปใช้ในการทำงานของโซลีนอยด์วาล์วและลิมิตสวิตช์ ซึ่งลักษณะของตัวเครื่องสามารถที่จะทำการเคลื่อนย้ายหรือยกไปในสถานที่ต่างๆได้โดยง่าย ดังแสดงในรูปที่ 4.1

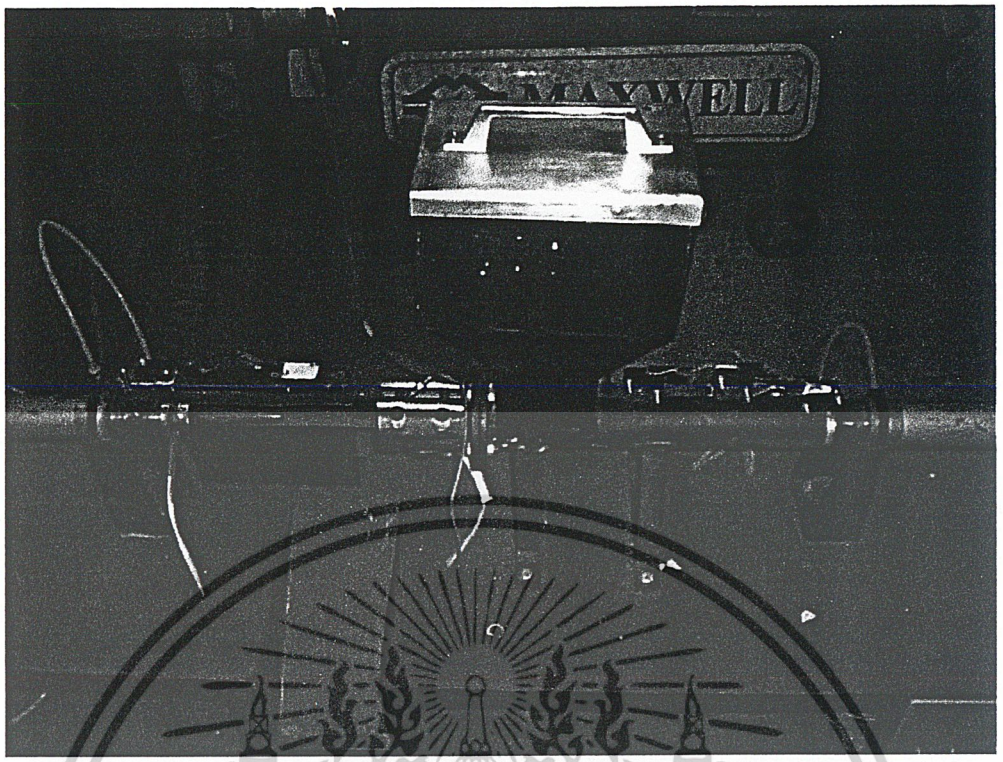


รูปที่ 4.1 รูปร่างลักษณะของตัวเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็ง

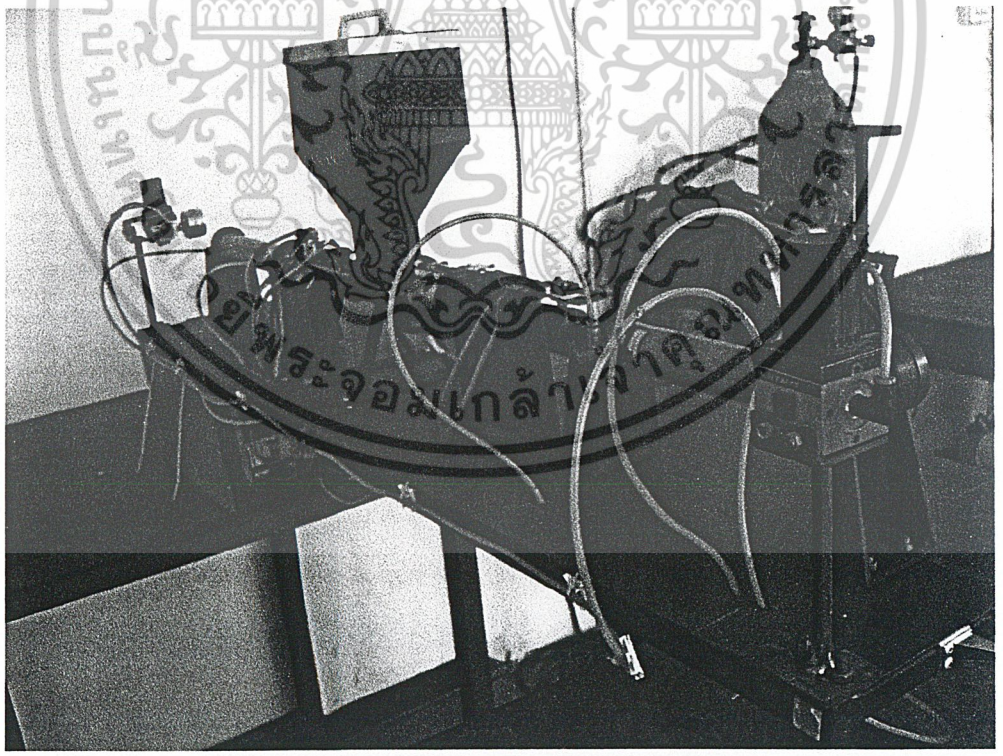


รูปที่ 4.2 ฮีตเตอร์แท่งและฮีตเตอร์รัดท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ช่วงการอัด เผาและกรวยเติมวัตถุดิบ

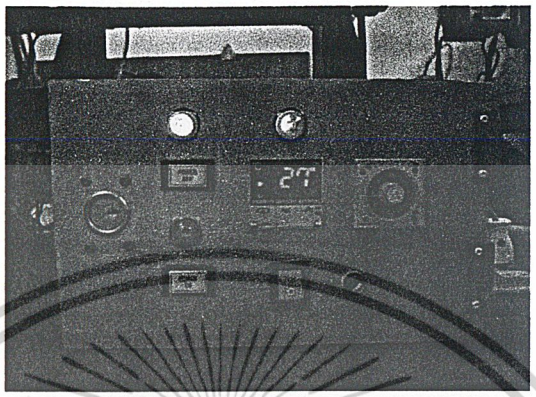


รูปที่ 4.4 ภาพด้านหลังของเครื่อง

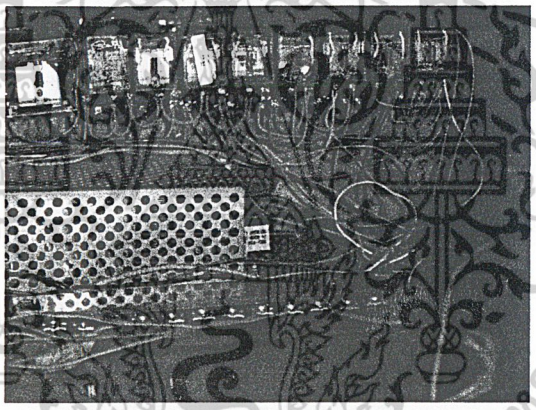
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการด้านวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงาน

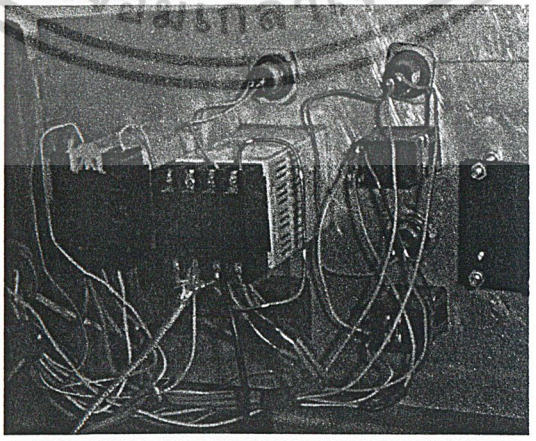
การทำงานของเครื่องอัดซึ่งใช้แรงอัดจากลม ใช้ระบบนิวแมติกส์เป็นตัวทำงาน และควบคุมด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ มีการอธิบายการทำงานในบทที่3 โดยอุปกรณ์ชนิด แมกเนติกรีเลย์ และหม้อแปลง จะอยู่ภายในตู้ควบคุม มีการต่อวงจรตามรูปที่ 3.2 และหน้าปัทของแผงควบคุมจะเป็นดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แผงควบคุม



รูปที่ 4.6 ลักษณะการต่อวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 4.7 ลักษณะการต่อวงจรไฟฟ้ากับอุปกรณ์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลอง

การทดสอบขั้นต้น เป็นการทดสอบเพื่อหาอัตราส่วนผสมและอุณหภูมิในการเผาไหม้ที่เหมาะสมของผงฝุ่นไม้ยางพารา แป้งมันสำปะหลังและน้ำ ที่สามารถทำให้ก้อนเชื้อเพลิงแข็งที่อัดออกมาสามารถยึดเกาะติดกันได้ ไม่ร่วนสุยหรือไหม้จนเกินไปเพื่อที่จะนำไปใช้เป็นมาตรฐานในการผสมอัตราส่วนของผงฝุ่นไม้ยางพารา แป้งมันสำปะหลังและน้ำ ในการทดสอบขั้นต่อไป ซึ่งผลการทดลองในขั้นต้นสามารถบ่งบอกอัตราส่วนผสมและอุณหภูมิที่เหมาะสมได้พอสมควรดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ **4.1** บันทึกผลการทดลอง

ครั้งที่	ส่วนผสมในการทดลอง	ปริมาณส่วนผสม (ลิตร)	อุณหภูมิที่ใช้ (^0C)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง(นาที)	ผลที่ได้รับ
1	1. ผงไม้ 2. แป้งเปียกเหลว	0.18 0.10	80	4	น้ำที่ผสมกับแป้งเปียกจะระเหยออกมา และผงไม้ที่อัดไม่สามารถขึ้นเป็นรูปทรงได้
2	1. ผงไม้ 2. แป้งเปียกเหลว	0.18 0.10	100	4	น้ำที่ผสมกับแป้งเปียกจะระเหยออกมา และผงไม้ที่อัดสามารถขึ้นเป็นรูปทรงได้ แต่ไม่สามารถยึดเกาะตัวกันได้มีลักษณะเหลว และไม่ไหม้
3	1. ผงไม้ 2. แป้งเปียกค่อนข้างเหลว	0.18 0.10	150	5	ขึ้นเป็นรูปทรงได้ ,แห้ง, ไม่ไหม้,เมื่อสัมผัสจะร่วนแตกหักง่าย การยึดตัวไม่ดี แต่สามารถไหลออกจากแม่แบบได้ง่าย
4	1. ผงไม้ 2. แป้งเปียกเหลว 3. กาวลาเท็กซ์	0.18 0.10 0.04	200	10	ขึ้นเป็นรูปทรงได้ดี,แห้ง,ผิวภายนอกมีลักษณะไหม้ดำ การยึดเกาะของผงไม้ค่อนข้างแน่น แต่ในการดันชิ้นงานออกค่อนข้างยาก เพราะจะมีผงไม้ ติดเกาะภายในท่อ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ไม่ได้
5	1. ผงไม้ 2. กาวลาเท็กซ์	0.18 0.06	250	5	ขึ้นเป็นรูปทรงได้ดี ผิวมีลักษณะไหม้ดำ แต่การอัดแน่นของผงไม้ค่อนข้างน้อย

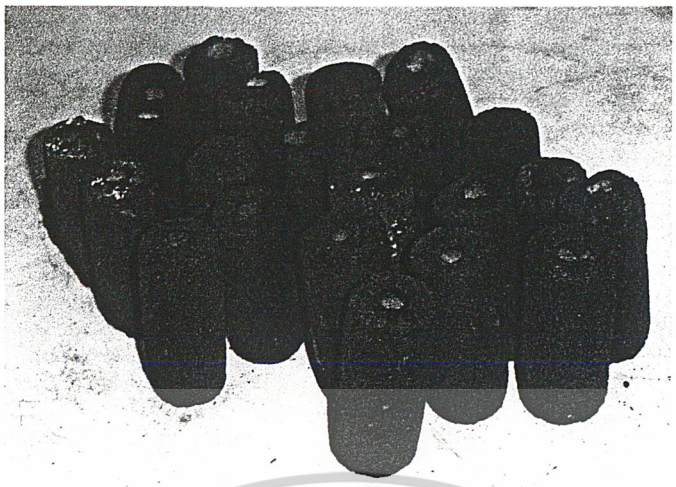
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ส่วนผสมในการทดลอง	ปริมาณส่วนผสม (ลิตร)	อุณหภูมิที่ใช้ (^{0}C)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง(นาที)	ผลที่ได้รับ
6	1. ผงไม้ 2. ผงแป้งมันสำปะหลัง 3. น้ำ	0.18 0.02 0.06	80	8	น้ำที่ผสมกับผงแป้งมันจะระเหยออกมา และผงไม้ที่อัดไม่สามารถขึ้นเป็นรูปทรงได้, ร่วน
7	1. ผงไม้ 2. ผงแป้งมันสำปะหลัง 3. น้ำ	0.18 0.02 0.06	100	10	น้ำกับผงแป้งมันที่ผสมกันจะระเหยออก ลักษณะของผงไม้สามารถจับตัวได้ แต่ยังไม่แข็งตัวดีนัก
8	1. ผงไม้ 2. ผงแป้งมันสำปะหลัง 3. น้ำ	0.18 0.02 0.06	150	10	น้ำกับผงแป้งมันที่ผสมกันจะระเหยออก ลักษณะของผงไม้สามารถจับตัวกันได้, แข็งตัวในระดับที่น่าพอใจ
9	1. ผงไม้ 2. ผงแป้งมันสำปะหลัง 3. น้ำ	0.18 0.05 008	150	15	ลักษณะการจับตัว สามารถที่จะจับตัวได้ แต่ยังไม่ดี
10	1. ผงไม้ 2. ผงแป้งมันสำปะหลัง 3. น้ำ	0.09 0.01 0.03	200	10	ลักษณะการจับตัว สามารถที่จะยึดเกาะตัวเป็นทรงกระบอกตามที่ต้องการ,เกิดการไหม้เป็นถ่านสีดำ,แข็งตัวดีมาก

หมายเหตุ ปริมาณส่วนผสมครั้งแรกที่ใช้ได้จากการสมมติ และครั้งต่อไปได้จากการสังเกตผลการทดลอง โดยตั้งสมมติฐานจากส่วนผสมและความร้อนในการทดลองครั้งต่อไป

จากส่วนผสมรองและส่วนของตัวประสานต่างๆ เมื่อเราทำการผสมลงในส่วนผสมหลัก ในปริมาณต่าง ๆ ก็จะสามารถแสดงผลต่าง ๆ ให้เห็นในตารางที่ 4.1 แต่สาเหตุที่พบ คือ เมื่อทำการผสมส่วนผสมต่าง ๆ ลงไป ถ้าเกิดส่วนผสมตัวนั้น ไม่ได้สัดส่วนหรือปริมาณที่ไม่เหมาะสม ก็จะเป็นสาเหตุที่ทำให้ ลักษณะของการจับตัวจะไม่ดี หรือ อาจจะไม่เกิดการจับตัว ไม่เกาะติดกันเลย ดังนั้นเราจึงทำการทดลองในหลาย ๆ อัตราส่วนผสมและอุณหภูมิที่ต่างกันไปเรื่อย ๆ เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่เหมาะสมและสามารถอัดก้อนเชื้อเพลิงแข็งให้ได้ลักษณะและรูปร่างตามที่ต้องการ เพื่อนำไปใช้งานได้จริงๆ ตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

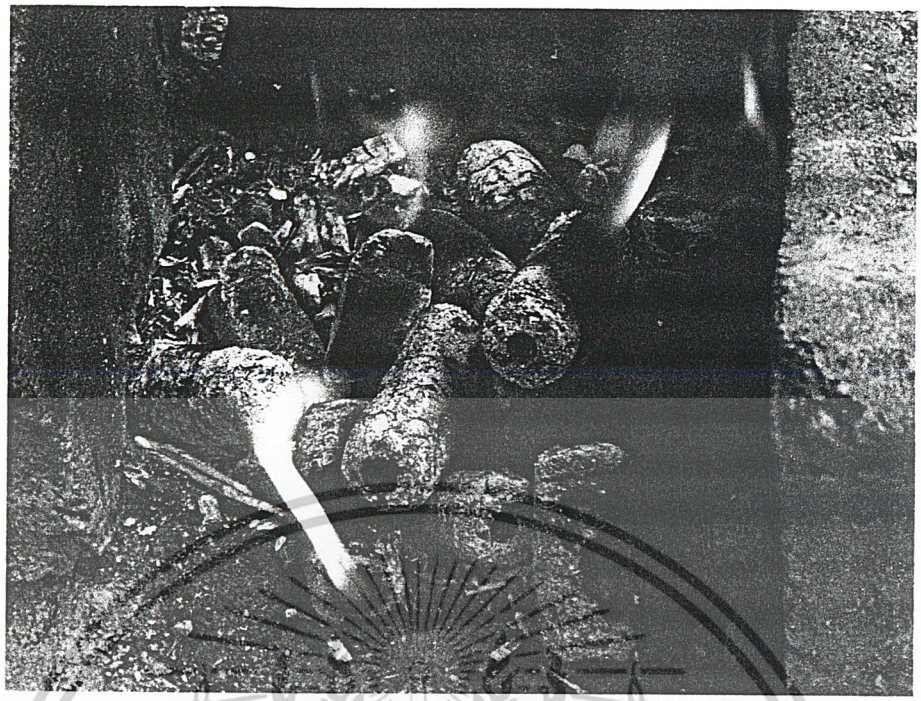


รูปที่ 4.8 ก้อนเชื้อเพลิงแข็งที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักต่อก้อนและน้ำหนักโดยเฉลี่ยของก้อนเชื้อเพลิงแข็ง

ก้อนที่	น้ำหนักต่อก้อน (กรัม)
1	15.58
2	16.79
3	14.85
4	16.54
5	19.83
6	18.62
7	15.59
8	16.55
9	17.23
10	19.16
เฉลี่ย	**17.074**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ความสามารถในการให้ความร้อนในช่วงสูงสุด

รูปที่ 4.10 ความสามารถในการให้ความร้อนในช่วงเวลาใกล้จะดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การสรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

1. สามารถสร้างเครื่องอัดเชื้อเพลิงแข็งได้ตามที่ออกแบบไว้

2. การเผาไหม้จนกลายเป็นถ่านนั้นต้องใช้ความร้อนสูง และในส่วนผสมก็ยังต้องใช้น้ำ ทำให้มีความชื้นอยู่มากจึงต้องใช้เวลาในการเผานานจนกว่าน้ำจะละเหยออกไปหมด ถ่านที่ได้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกแกนกลางกลวง ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ยาว 65 มิลลิเมตร แกนกลางกลวงเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร สามารถนำไปทำเป็นเชื้อเพลิงได้ทันที สามารถให้ความร้อนที่ใกล้เคียงกับถ่านไม้ที่จำหน่ายอยู่ตามท้องตลาดและให้ระยะเวลาในการเผาไหม้ได้นานมากขึ้น

3. เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับตัวประสานมากพอ การทดลองอัดและเผาให้ผงฝุ่นไม้ยางพาราไม้กลายเป็นถ่านที่มีลักษณะและรูปร่างที่แน่นอนหลังการเผาตามต้องการนั้นเป็นเรื่องที่ลำบากพอสมควร จึงได้มีการทดลองใช้ส่วนผสมหลาย ๆ ตัว และส่วนผสมชนิดหนึ่งที่นำมาพิจารณาในที่นี้ที่สามารถทำให้ผงฝุ่นไม้ยางพาราสามารถยึดเกาะตัวกันได้ดี และสามารถนำไปเผาให้ความร้อนได้ คือ แป้งมันสำปะหลัง คือจากการทดลองจะได้ก้อนเชื้อเพลิงที่ทำเสร็จตามกำหนดเวลาและไหลตกลงตามราง ซึ่งแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมที่ดีอีกชนิดหนึ่งและมีราคาถูกสามารถหาซื้อได้ง่าย

4. การทำงานของกระบอกสูบด้วยระบบนิวแมติกส์ จะต้องมีการทำฉนวนกั้นความร้อนไม่ให้ผ่านไปยังก้านสูบเพราะอาจทำให้ซีลกันลมของกระบอกสูบเสียได้ เพราะความร้อนยังคงไหลผ่านไปได้และเกิดการสะสมอยู่ตลอด ถ้ามีการทำงานติดต่อกันเป็นระยะเวลานานอาจทำให้ซีลที่กันลมภายในกระบอกสูบรั่วและอาจจะส่งผลให้การเคลื่อนที่เข้าออกของกระบอกสูบคลาดเคลื่อน

5.2 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้เป็นการทดลองเพื่อหาค่าที่ใช้การอัดและเผาเชื้อเพลิงแข็งที่เราเรียกกันว่า “ ถ่าน ” เป็นการนำวัสดุเหลือมาทำให้เกิดประโยชน์ และลดมลภาวะเนื่องจากฝุ่นละอองในอากาศ กำจัดของเสียที่อาจก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการดำเนินงานโครงงานนี้จึงถือเป็นการทำเพื่อให้เห็นถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อม และประโยชน์จากการรีไซเคิลวัสดุเหลือใช้ เป็นแนวทางในการหาพลังงานทดแทน ในส่วนนี้ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ด้วย

ต้นทุนในการผลิตเชื้อเพลิงก้อนแต่ละก้อนยังมีต้นทุนที่สูงอยู่ ซึ่งเป็นค่าไฟฟ้าในการอบเผาให้กลายเป็นถ่าน ถึงแม้โครงงานนี้จะสามารถทำให้ลดเวลาในการผลิตได้ คือ แต่เดิมเมื่อเครื่องทำการอัดแล้วยังต้องนำมาตากแดด และนำไปเผา ซึ่งเป็นวิธีการที่ซับซ้อน แต่กระนั้นในเรื่องต้นทุนการผลิตก็ยังนับว่าสูงอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

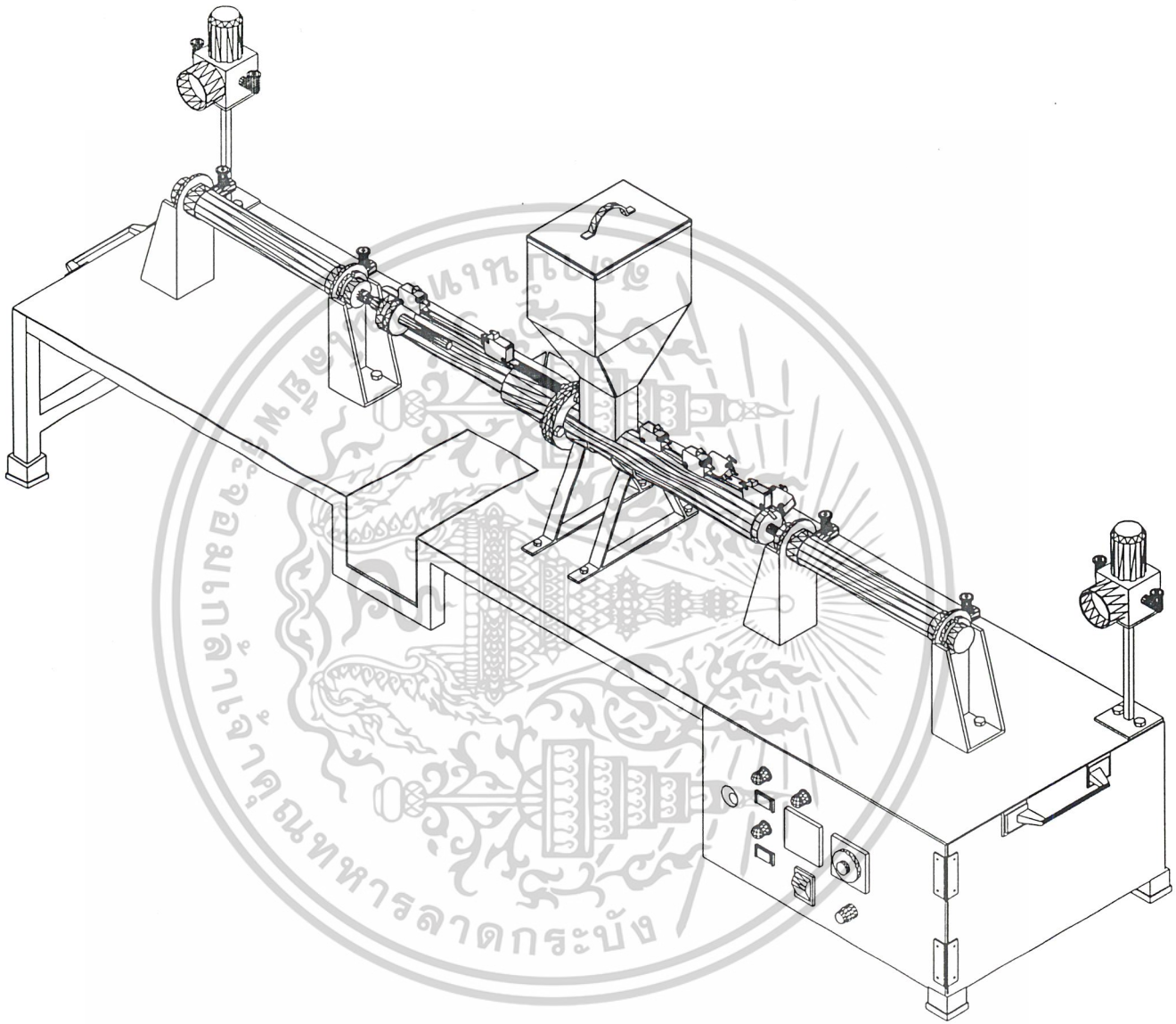
บรรณานุกรม

1. พรจิต ปทุมสุวรรณ , การควบคุมนิวแมติกส์ กทม. , 2521
2. วิเชียร ธรรมสุจริต , ชาญ ถนัดงาน , สัมฤทธิ์ อัตโนรักษ์ , ระบบนิวแมติกส์ อุตสาหกรรมวงจรเบื้องต้น , โรงพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2521
3. วิทยา ประยงค์พันธุ์ , อำนาจ ทองผาสุข , การควบคุมมอเตอร์., สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
4. งานวิจัยและพัฒนา สวนจิตรลดา
5. www. ku.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
แบบที่ใช้ในการสร้างเครื่องอัดถ่าน

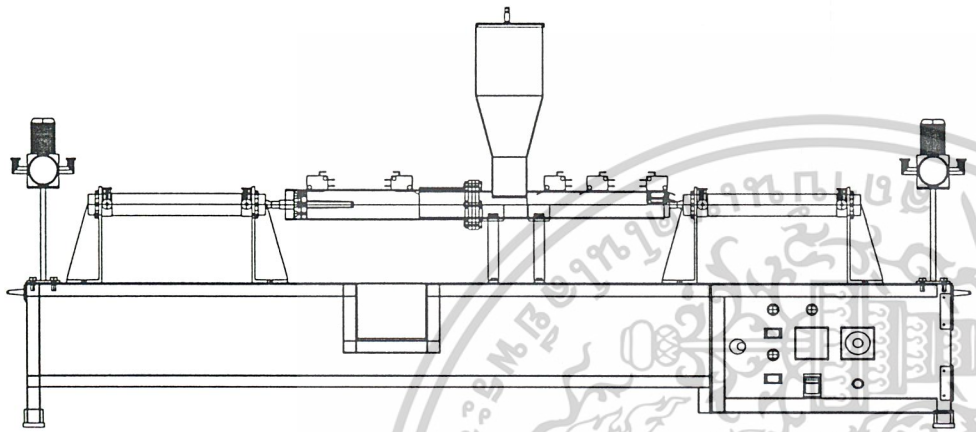
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

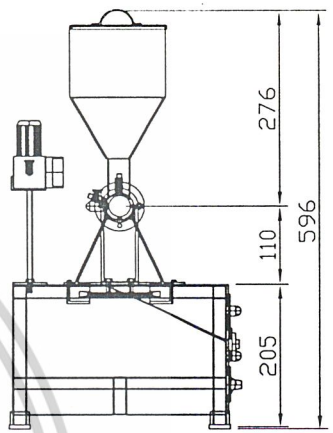


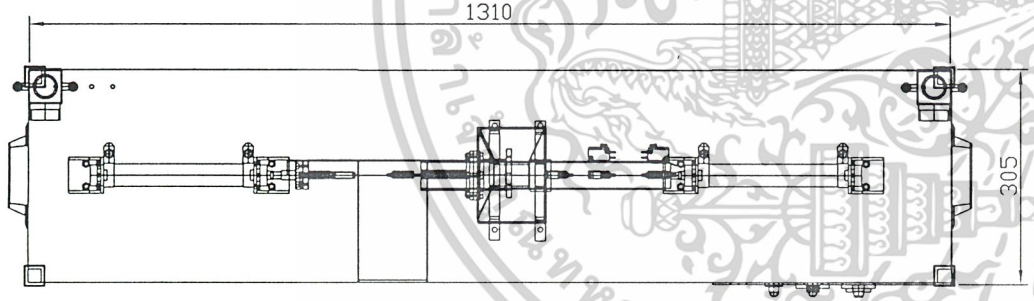
Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Quan

Drawn	K.SOMPONG	28/02/46	KING 'S MONGKUT INSTITUTE
Checked			OF TECHNOLOGY LADKRABANG
Design			
Owner			
Scale:	Title: ภาพประกอบชิ้นงาน		Drawing No. C:\Program files\Autocad2000\ภาพประกอบชิ้นงาน

ห้องสมุดกลางจอมเกล้าลาดกระบัง

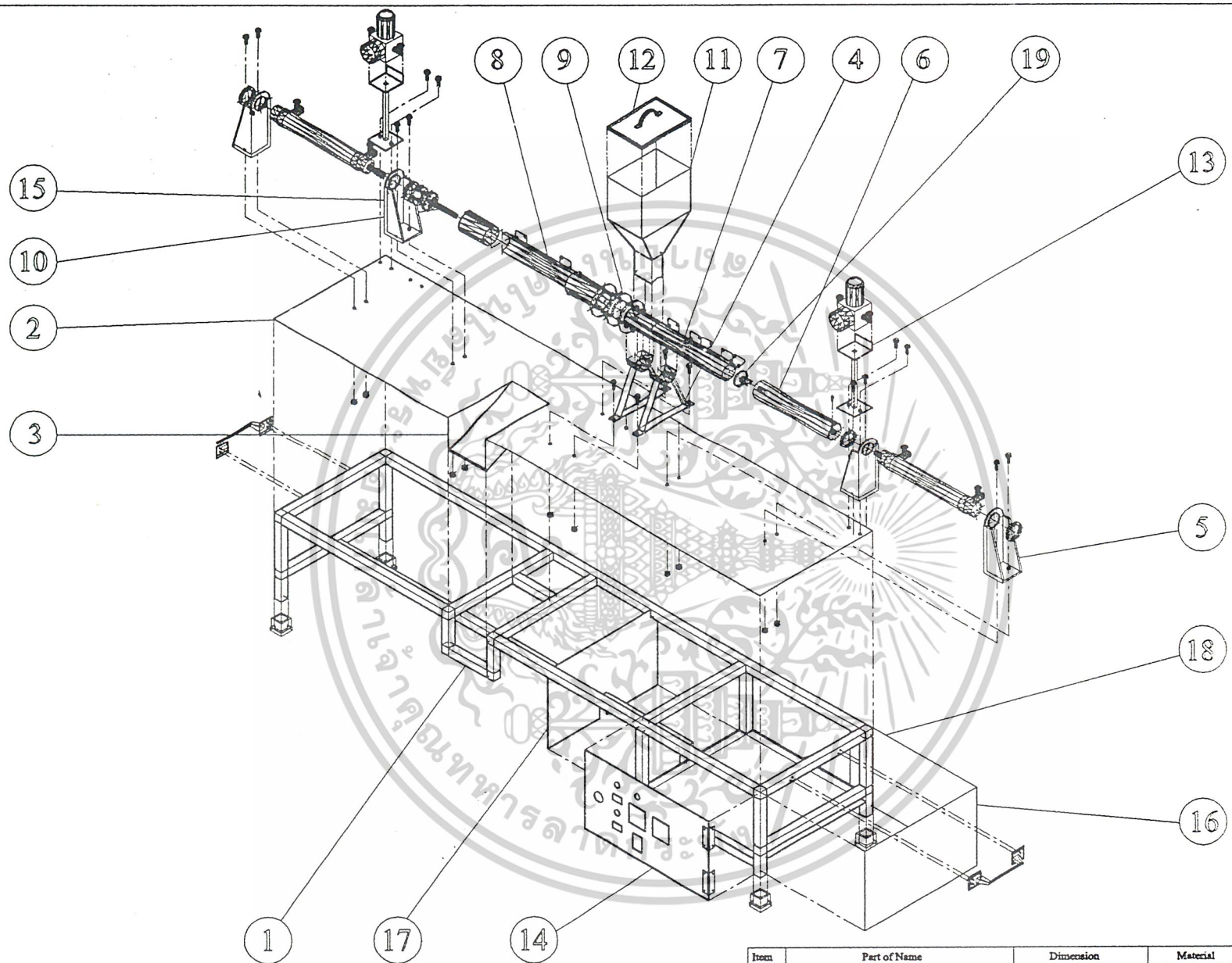






Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Qty
Drawn	K.SOMPONG	28/02/46	KING 'S MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG		
Checked					
Design					
Owner					
Scale: 1:10	Title: [illegible]			Drawing No.: C:\Programfiles\Autocad2000\[illegible]	

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

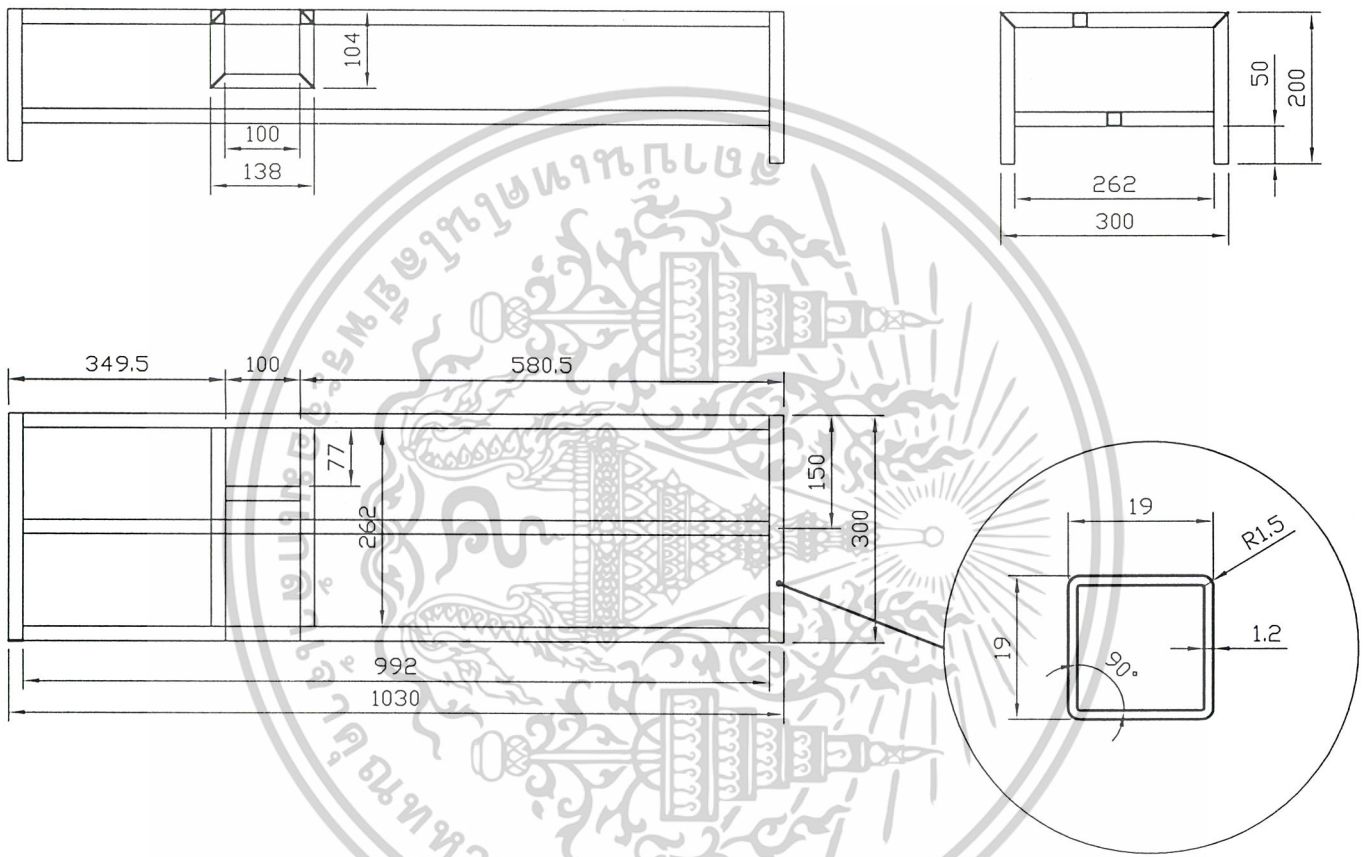


Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Quan
Drawn	K.Sompong	26/02/46	KING 'S MONGKUT INSTITUTE		
Checked			OF TECHNOLOGY LADKRABANG		
Design					
Owner					
Scale:	Title: ภาพแยกชิ้นงาน		Drawing No. C://Programfile/Autocad200/ภาพฉายชิ้นงาน_3		

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำเผยแพร่ ทำซ้ำ ดัดแปลง ดาวน์โหลด ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

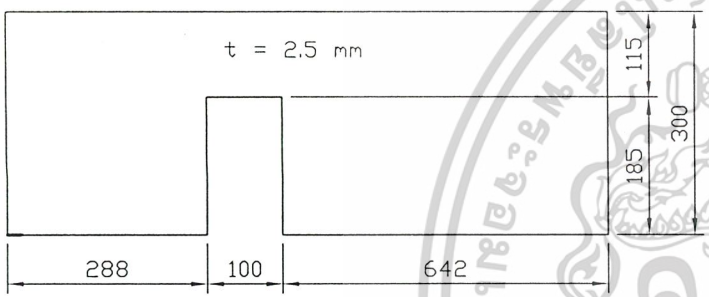
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

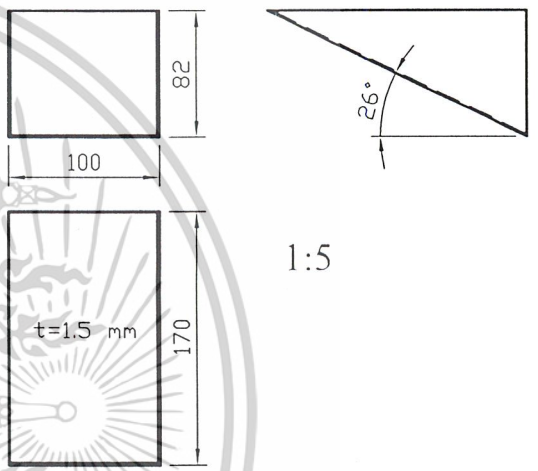
1



1	โครงโต๊ะ	□ 300*800*200	เหล็กกล้าคาร์บอนมัธยม 6 หุน	PJ45-01-01	1
Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Qty

Drawn	K.SOMPONG	28/02/46	KING 'S MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
Checked			
Design			
Owner			
Scale: 1:10	Title: ภาพฉายสั่งงาน		Drawing No. C:\Programfile\Autocad2000\ตารางสั่งงาน 1





1:5

Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Qty
3	รางไกลดาน	□ 100*170*82	เหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร	PJ45-02-03	1
2	แผ่นปิดะ	□ 300*800*2.5	เหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร	PJ45-02-02	1

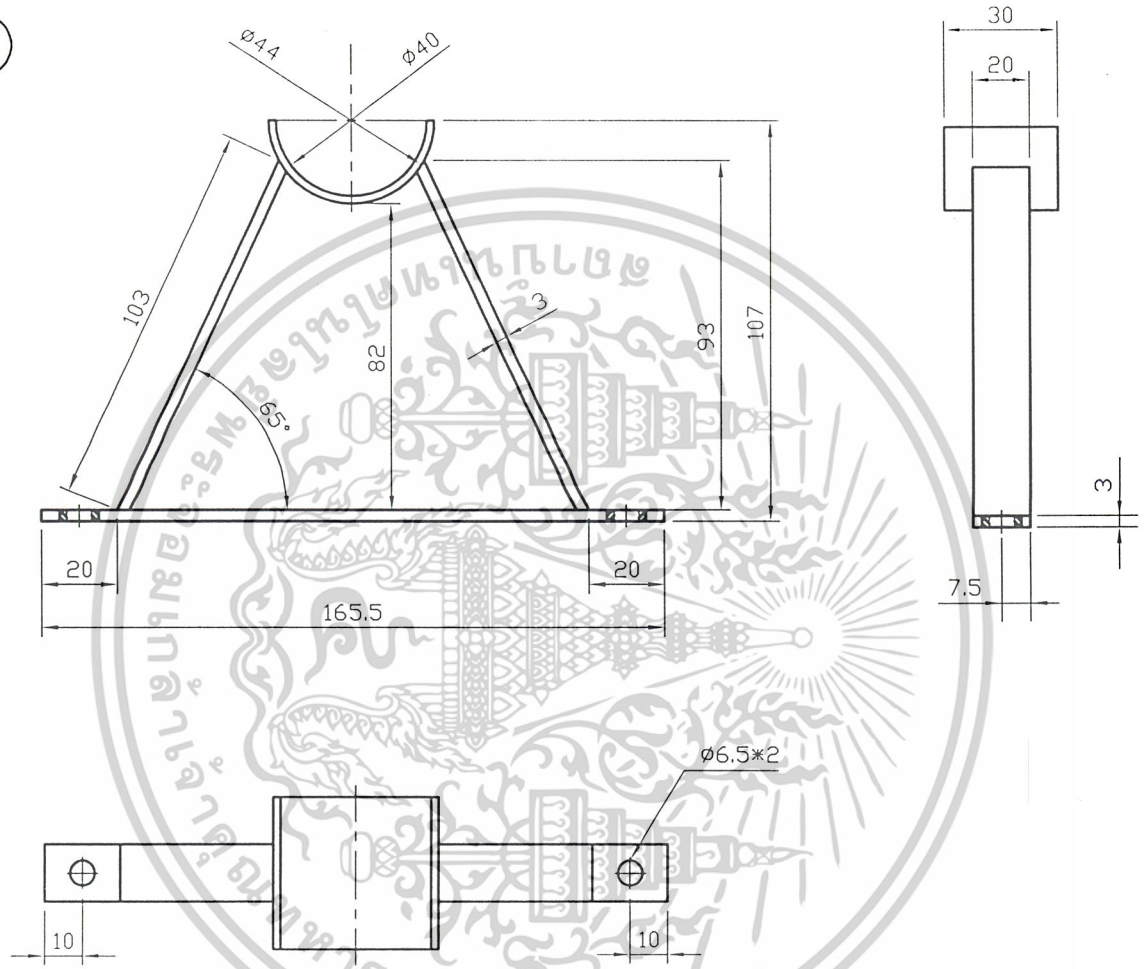
Drawn	K.SOMPONG	28/02/46
Checked		
Design		
Owner		

KING 'S MONGKUT INSTITUTE
OF TECHNOLOGY LADKRABANG

Scale 1:10	Title	Drawing No C:\Programfile\Autocad2000\

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

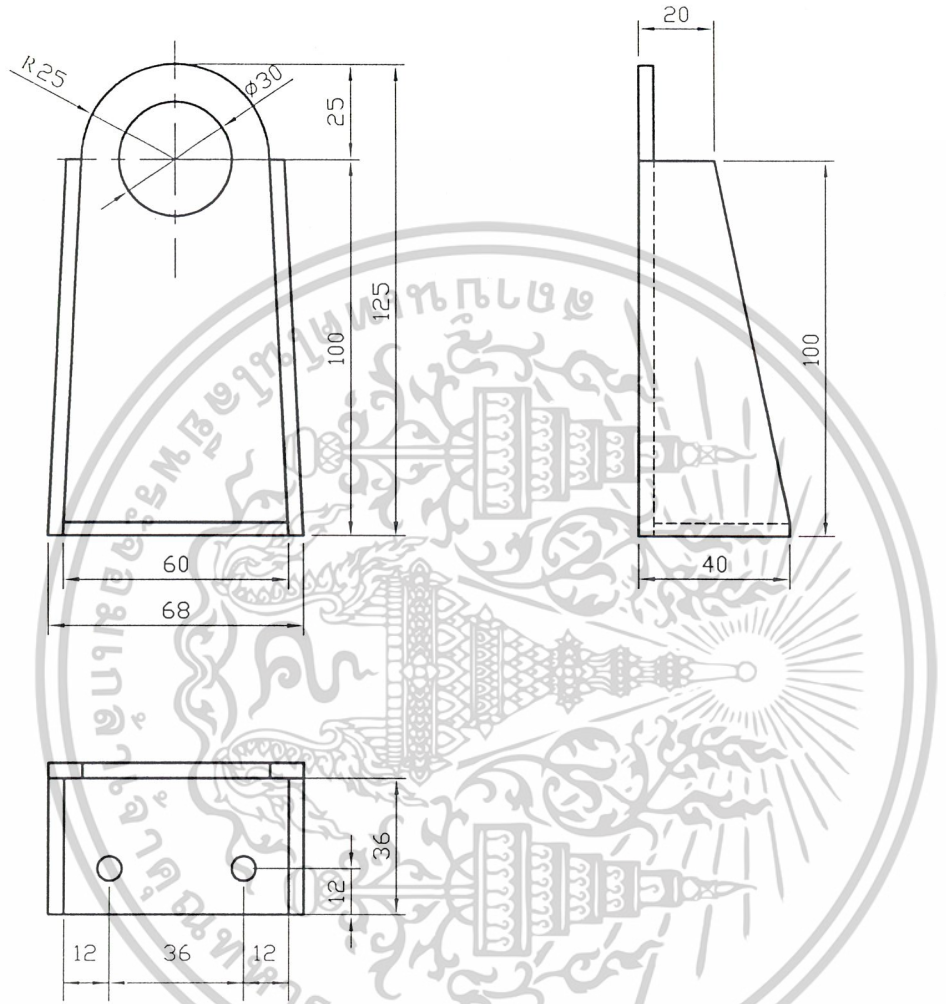


Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Quan
4	แป้นรับแท่น	□ 30*165.5*107	เหล็กแผ่นหนา 3มิลลิเมตร	PJ45-03-04	2

Drawn	K.SOMPONG	28/02/46
Checked		
Design		
Owner		

KING 'S MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

Scale:	Title	Drawing No.
1:2	ภาพฉายสั่งงาน	C:\Programfile\Autocad2000\งานเขียนแบบ 3



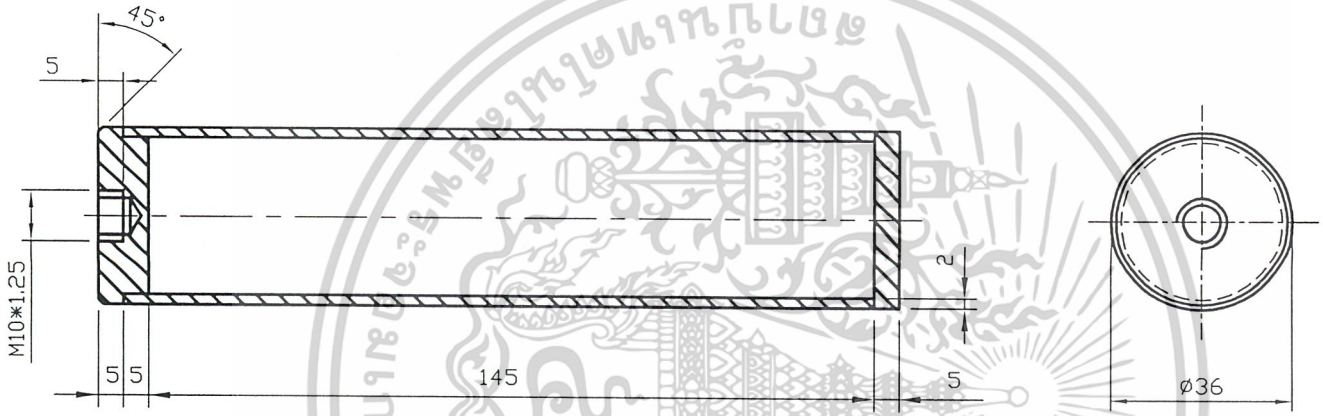
5	ขาตั้งรางกระบอกสูบ	☐ 50*52*110	เหล็กเส้นกลม 9 มิลลิเมตร	PJ45-04-05	4
Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Quan

Drawn	K.SOMPONG	28/02/46	KING 'S MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
Checked			
Design			
Owner			
Scale: 1:2	Title: ภาพฉายสามมิติ		Drawing No. C:\Program file\Autocad2000\ภาพฉายสามมิติ 4

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

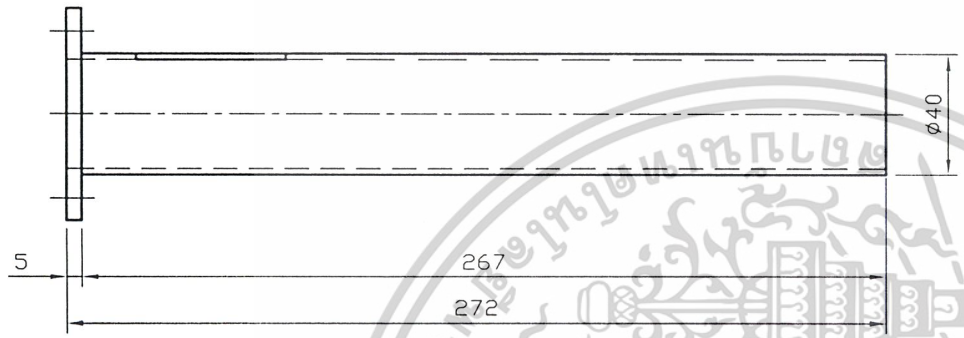
6

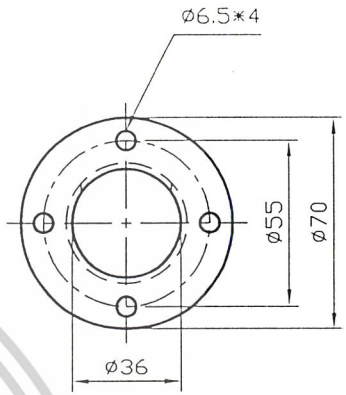


Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Quan
6	ตอดันยางใน	∅ 36*160	ท่อนโลหะกลมรีดร้อน	PJ45-05-06	1

Drawn	K.SOMPONG	28/02/46	KING 'S MONGKUT INSTITUTE
Checked			OF TECHNOLOGY LADKRABANG
Design			
Owner			
Scale: 1:1.5	Title: ภาพฉายที่ ๑ ๑ ๓		Drawing No. C:\Programfile\Autocad2000\ภาพฉายที่ ๑ ๑ ๓ - 5

7





7	ท่อร้อยสายไฟ	∅ 70*110	ท่อพลาสติกพีวีซี	PJ45-06-07	1
Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Quan

Drawn	K.SOMPONG	28/02/46
Checked		
Design		
Owner		

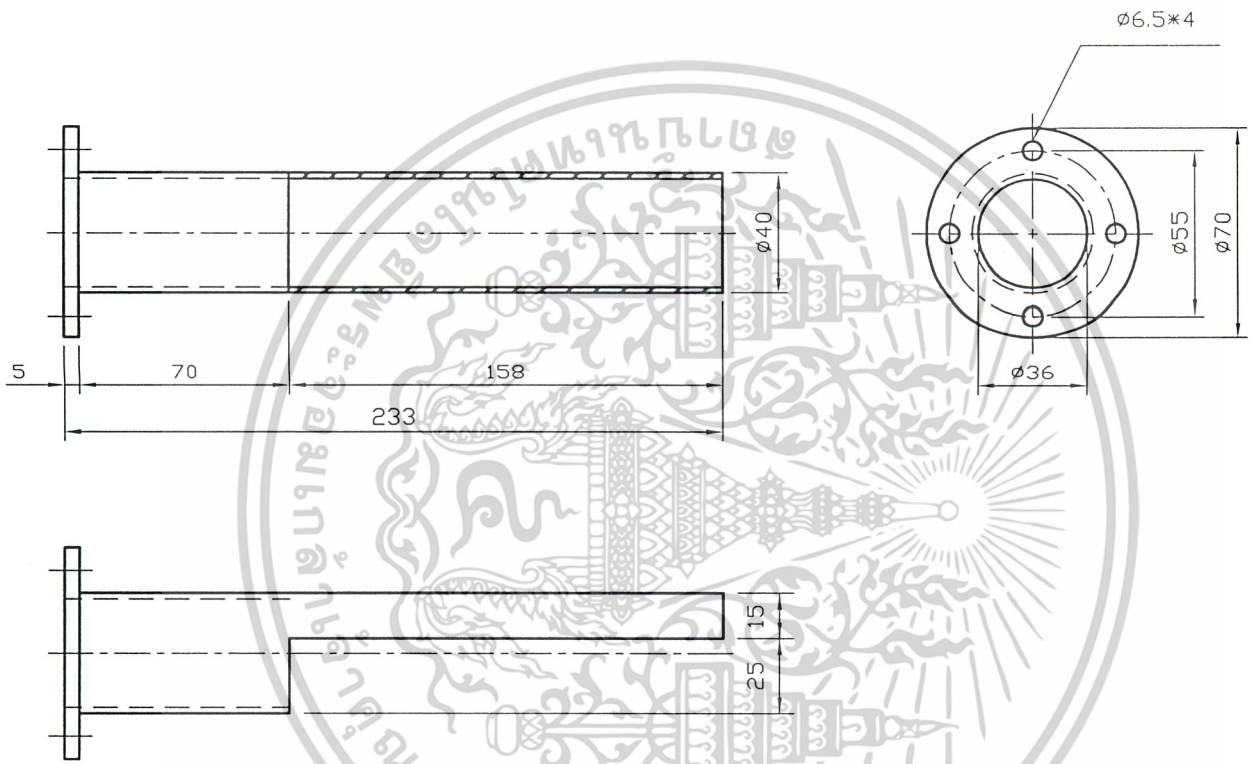
KING 'S MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

Scale: 1:2.5	Title: ภาพฉายสิ่งของ
	Drawing No: C:\Programfile\Autocad2007\ภาพฉายสิ่งของ_6

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสถาบันฯ

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

8

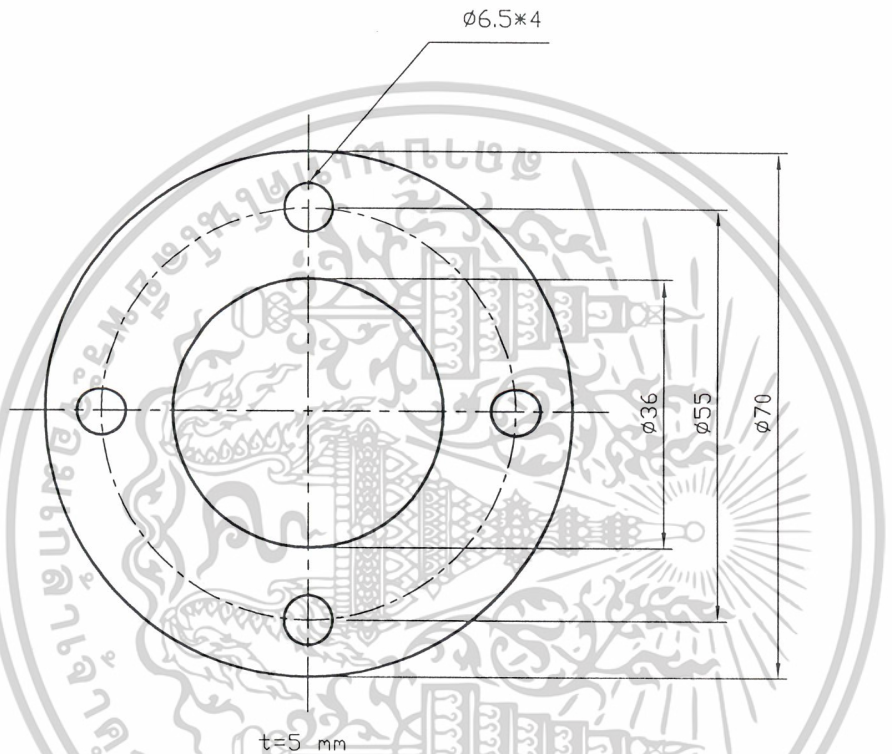


8	ท่อยึดไม้	∅ 70*187	ท่อเหล็กกลม	PJ45-07-08	1
Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Quan

Drawn	K.SOMPONG	28/02/46	KING 'S MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
Checked			
Design			
Owner			
Scale: 1:2.5	Title: ภาพฉายชิ้นงาน		Drawing No. C:\Programfile\Autocad2000\ภาพฉายชิ้นงาน.dwg

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

9

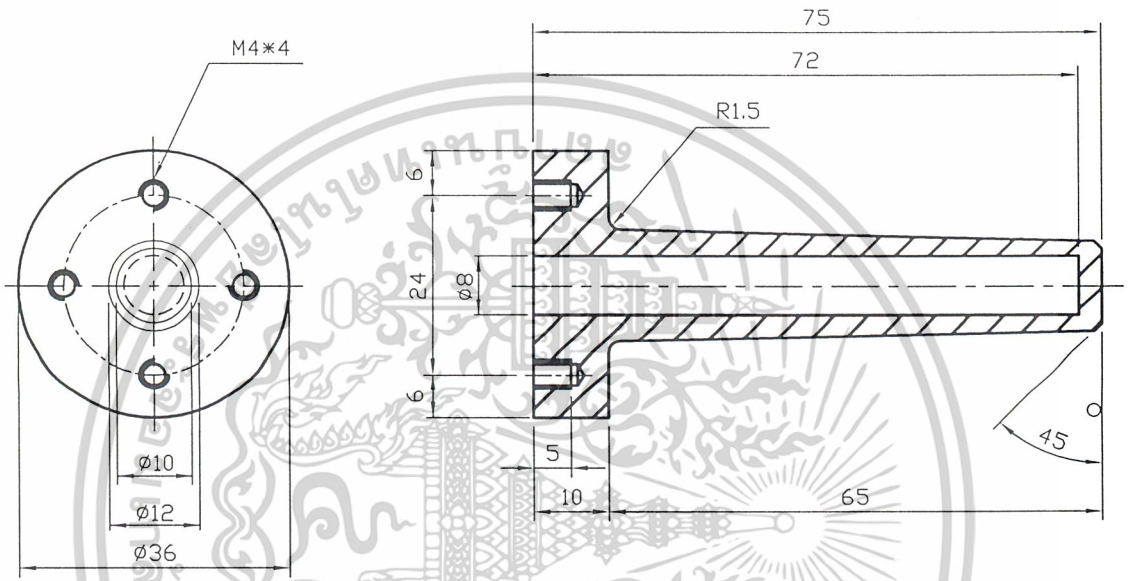


9	ฐานยึดมอเตอร์	∅ 70*5	เหล็กเพลา	PJ45-08-09	1
Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Quan

Drawn	K.SOMPONG	28/02/46	KING 'S MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
Checked			
Design			
Owner			
Scale: 1:1	Title: ฐานยึดมอเตอร์		Drawing No. C:/Programfile/Autocad2000/แบบ/มอเตอร์ 8

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า การแสวงหากำไร หรือเพื่อการอื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

10

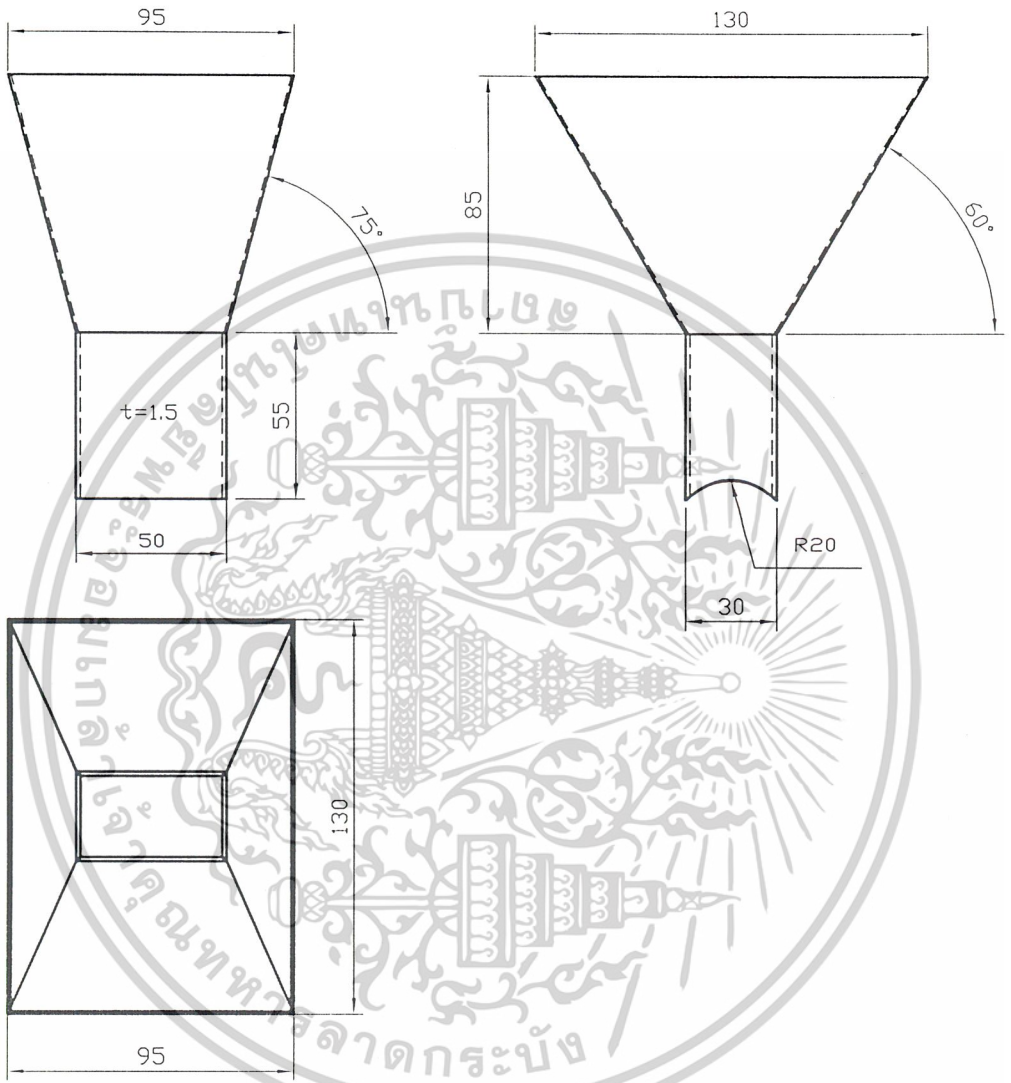


Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Quan
10	ไสแกนฮีตเตอร์ยาว	∅ 36*75	เหล็กกล้า	PJ45-09-10	1

Drawn	K.SOMPONG	28/02/46	KING 'S MONGKUT INSTITUTE
Checked			OF TECHNOLOGY LADKRABANG
Design			
Owner			
Scale: 1:1	Title: ภาพฉายสามมิติ		Drawing No. C:\Programfile\Autocad2000\ภาพฉายสามมิติ_9

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสถาบันฯ

11



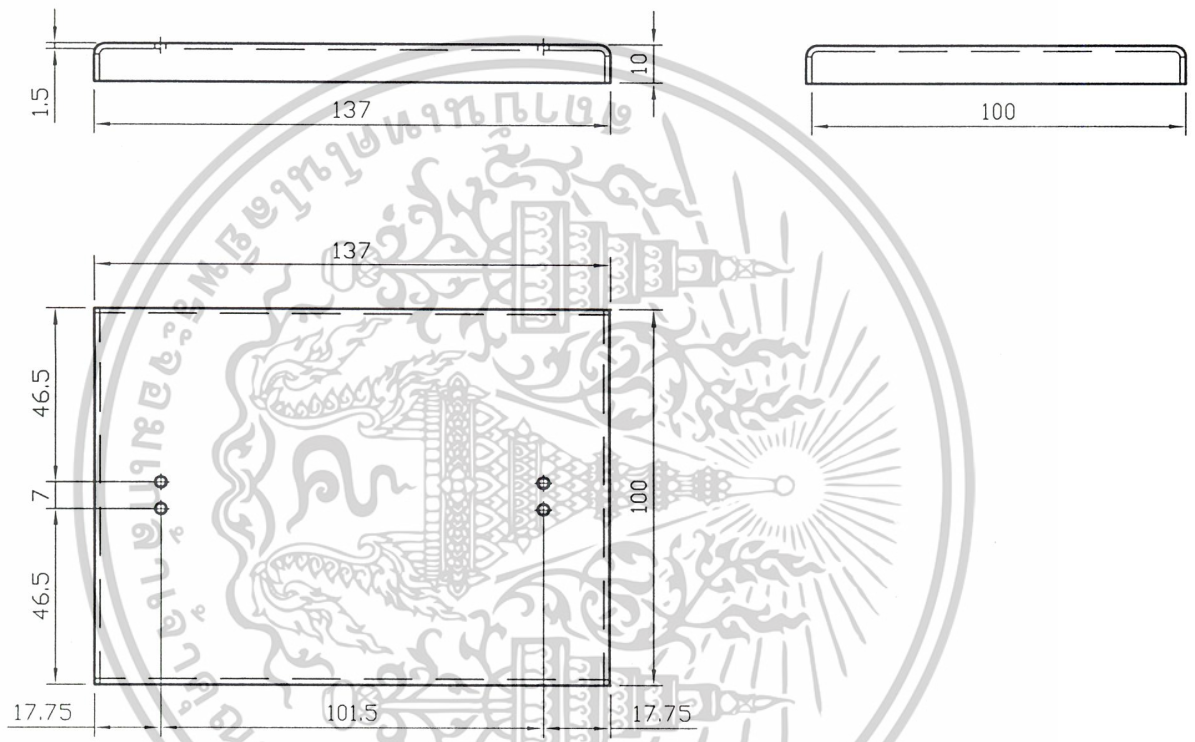
11	กล่องใส่ผงไม้	□ 30*50*55	เหล็กแผ่นหนา 1.5 มิลลิเมตร	PJ45-10-11	1
Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Qty

Drawn	K.SOMPONG	28/02/46
Checked		
Design		
Owner		

KING 'S MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

Scale: 1:2.5	Title: ภาพฉายสิ่งงาน	Drawing No. C://Programfile/Autocad2007/ภาพฉายสิ่งงาน 10

12



12	ฝาปิด	□ 100*137*1.5	เหล็กแผ่นหนาพ่นสี 1.5มิลลิเมตร	PJ45-11-12	1
Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Qty

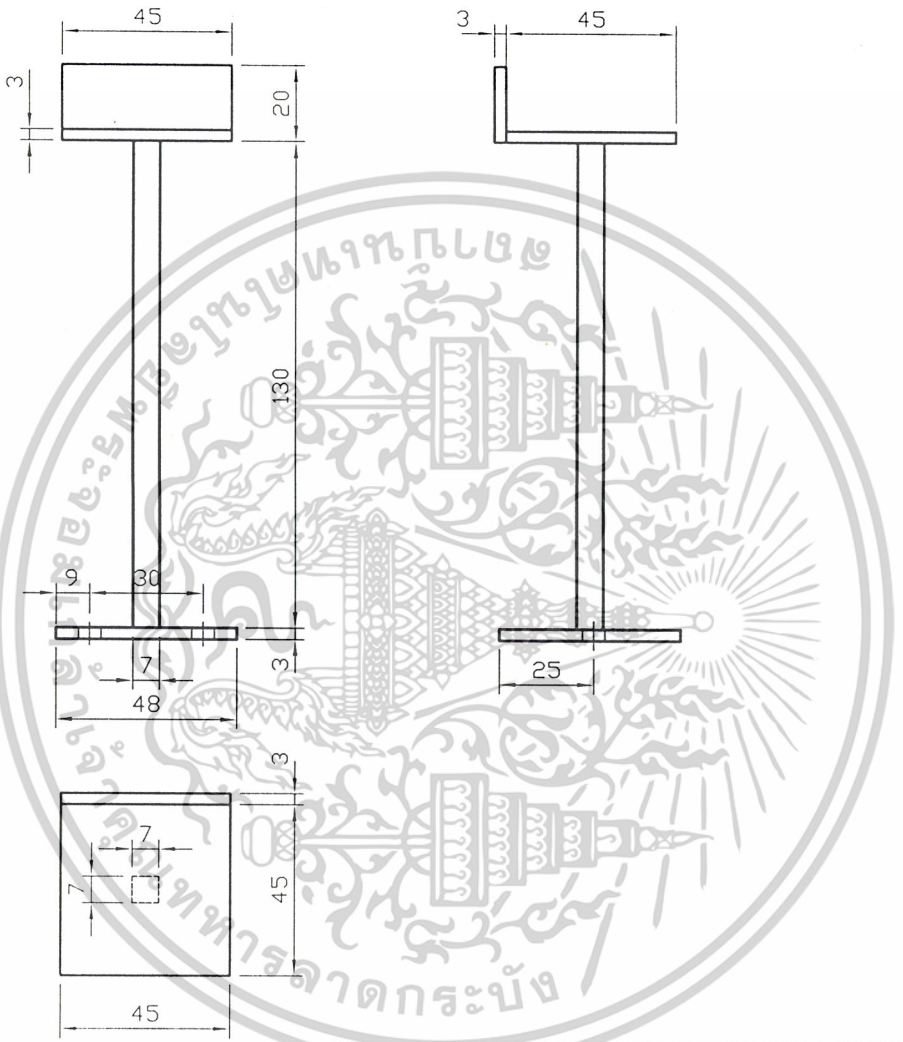
Drawn	K.SOMPONG	28/02/46
Checked		
Design		
Owner		

KING 'S MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

Scale 1:2	Title ฝาปิดเหล็กแผ่น	Drawing No. C:\Programfile\Autocad200\ตามสั่งงาน\ 11

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

13



13	ฐานรองตัวปรับแรงดันลม	□ 45*45*3	เหล็กแผ่น ป้องกันสนิม	PJ45-12-13	2
Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Qty

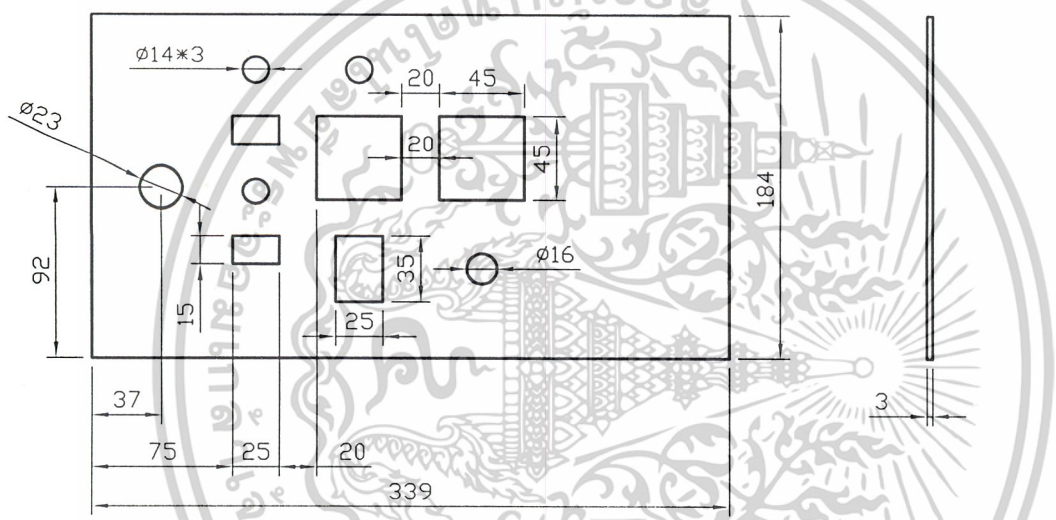
Drawn	K.SOMPONG	28/02/46
Checked		
Design		
Owner		

KING 'S MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

Scale:	Title	Drawing No.
1:2	ภาพฉายสิ่งงาน	C://Programfile/Autocad2000/งานเขียนแบบ 12

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

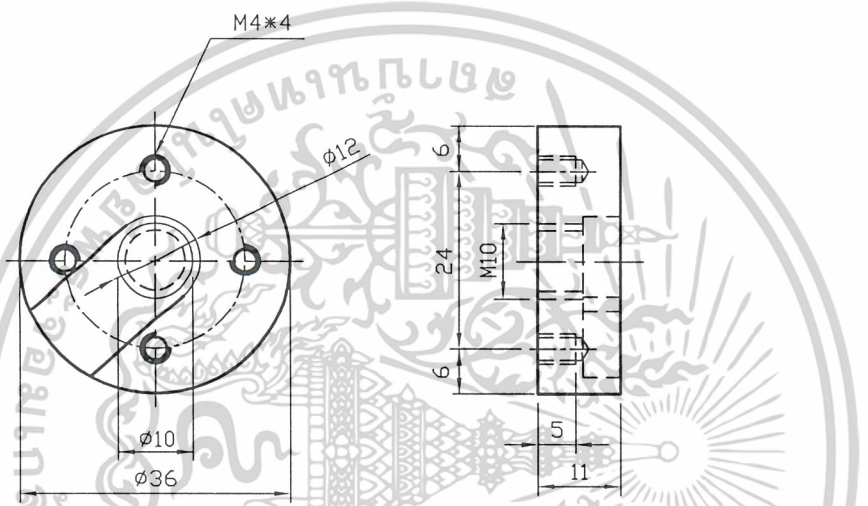
14



14	แผงควบคุม	☐ 184*339*3	อะลูมิเนียมแผ่นเรียบ	PJ45-11-12	1
Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Qty

Drawn	K.SOMPONG	28/02/46	KING 'S MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
Checked			
Design			
Owner			
Scale: 1:4	Title: ภาพฉายมีตำแหน่ง		Drawing No: C:/Programfile/Autocad200/ภาพฉายมีตำแหน่ง_13

15



15	แผ่นประกบ	O36*11	เหล็กกล้า	PJ45-14-15	1
Item	Part of Name	Dimension	Material	Drawing No	Qty

Drawn	K.SOMPONG	28/02/46	KING 'S MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
Checked			
Design			
Owner			
Scale: 1:1	Title: แท่นยึดมอเตอร์		Drawing No.: C:\Programfile\Autocad2007\แท่นยึดมอเตอร์ 14

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสถาบันฯ

ภาคผนวก ข.

รายการและราคาอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ทางด้าน Hardware		
	จำนวน	ราคา(บาท)
1. เหล็กกลวงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 3/4 x 3/4 นิ้ว หนา 1.2 มิลลิเมตร ยาว 6 เมตร	1	98.00
2. ท่อเหล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร ยาว 10 เซนติเมตร	1	60.00
3. ท่อเหล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร ยาว 35 เซนติเมตร	1	50.00
4. ท่อเหล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร ยาว 15 เซนติเมตร	1	40.00
5. เหล็กกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ยาว 15 เซนติเมตร	1	
6. เหล็กแผ่น หนา 3 มิลลิเมตร ขนาด 1.5 x 1 ตารางเมตร	1	450.00
7. เหล็กแผ่น หนา 1.5 มิลลิเมตร ขนาด 1 ตารางเมตร	1	230.00
8. สลักเกลียวหัวฝังหัวหกเหลี่ยม M6	4	20.00
9. สลักเกลียวหัวหกเหลี่ยม M6	24	120.00
10. นัตหกเหลี่ยม M6	16	48.00
		1,116.00
อุปกรณ์ทางนิวแมติกส์และอุปกรณ์ทางไฟฟ้า		
	จำนวน	ราคา(บาท)
1. กระบอกสูบนิวแมติกส์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ลูกสูบ 32 มิลลิเมตร , ก้านสูบ 12 มิลลิเมตร , ช่วงชัก 120 มิลลิเมตร, 3 บาร์	1	1,576.00
2. กระบอกสูบนิวแมติกส์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ลูกสูบ 32 มิลลิเมตร , ก้านสูบ 12 มิลลิเมตร , ช่วงชัก 160 มิลลิเมตร, 2 บาร์	1	1,704.00
3. โซลินอยล์วาล์ว 5/3	1	
4. โซลินอยล์วาล์ว 5/2	1	
5. วาล์วควบคุมแรงดัน	2	
6. แผ่นฉนวนกันความร้อน ขนาด 1 x 1 ฟุต	1	
7. พร็อกซิมิลิตี้สวิตช์ รุ่น BIM-IKE Series AC 3 สาย หรือ 2 สาย	5	
8. Timer 24 VDC ตั้งเวลาได้ 30 นาที	1	495.00
9. เทอร์มอคัปเปิล FWK/14A 0.65 x 50 + 1M ขนาดของสกรู 1/4 นิ้ว อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส	1	
10. รีเลย์ 24 V , 5 มิลลิแอมป์	5	400.00
11. เครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล รุ่น AT6 ของ HANYOUNG	1	
12. ฮีตเตอร์รัดท่อ HGT- 40 x 65/220 V	1	288.00
13. ฮีตเตอร์แท่ง HCT - 8 x 70/220 V	1	328.00
14. Push button switch	2	110.00
15. ตู้ Control	1	570.00
16. Signal lamp (แดง 2 , เขียว 2)	4	516.00
17. ฟิวส์ 220 VAC 10A	1	8.00
		5,987.00
	รวมทั้งสิ้น	7,103.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

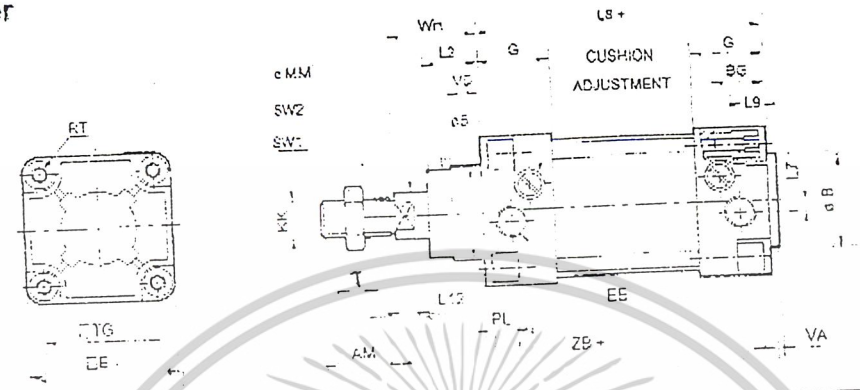
JANATICS Pneumatic

AIR CYLINDER

Series A12, A13

Cat No A12 - 03

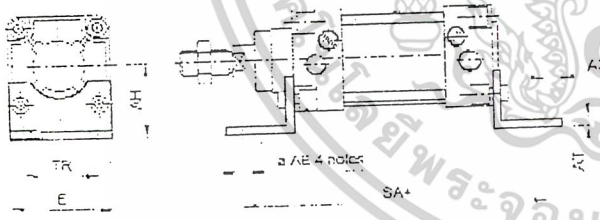
Basic cylinder



+ Add stroke

Bore dia	KK	AM	MM	SW2	L12	SW1	T	ØE ±0.11	VD	VA	L2	E max.	G	TG	RT	BG min.	L9	ES	PL	L7	WH	ZB	LB	Stroke tol.
32	M10x1.25	22	12	10	6	17	5	30	11	3.5	20.5	44	25	32	M6	16	5	G1/8	9	0	26 ± 1.3	120 ± 0.9	94	+2 0
40	M12x1.25	24	16	13	8.5	19	7	35	12	4	24.5	55	28	40	M6	16	5	G1/4	12	3	30 ± 1.3	135 ± 0.9	105	
50	M16x1.5	32	20	16	8	24	8	40	13	4	30.5	62	30	42	M6	16	5	G1/4	12	5	37 ± 1.3	148 ± 0.9	105	
63	M16x1.5	32	20	16	8	24	8	45	14.5	4	30.5	68	32	50	M8	16	6	G3/8	16.5	10	37 ± 1.7	156 ± 1.1	121	+2.5 0
80	M20x1.5	40	25	21	10	30	10	55	16	4	36.5	80	35	72	M10	16	6	G3/8	16	15	46 ± 1.7	174 ± 1.1	139	
100	M20x1.5	40	25	21	10	30	10	55	20	4	44.0	96	37	90	M10	16	6	G1/2	18	15	51 ± 1.7	189 ± 1.1	136	

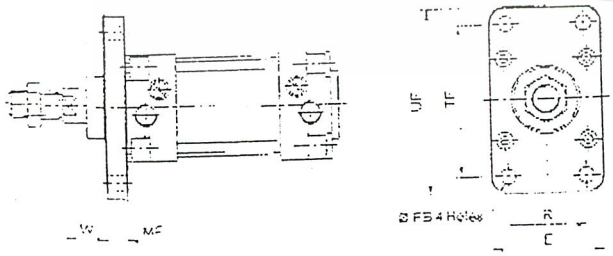
Foot mounting



+ Add stroke

Bore dia	TR ±0.3	Ø AB H13	AH Js15	AO max.	AT	E	SA	tol	XA	tol
32	32	7	32	9	4	48	148	±1.0	144	±1.25
40	36	9	36	11	4	54	161		169	
50	45	9	45	11	5	62	170		175	
63	50	9	50	14	6	70	185		180	
80	63	12	63	16	6	100	210	±1.6	215	±1.5
100	75	14	71	18	6	117	220		230	

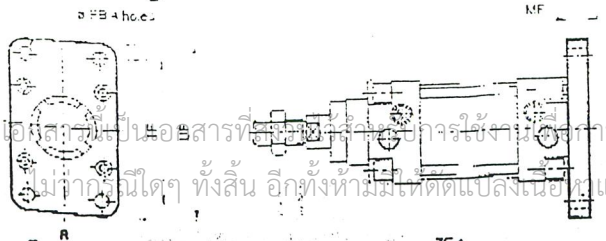
Front flange



+ Add stroke

Bore dia	TF ±0.3	R ±0.3	FB H13	MF	UF	E	W	tol
32	64	32	7	10	78	46	16	±1.5
40	72	36	9	10	90	55	20	
50	90	45	9	12	110	65	25	
63	100	50	9	12	125	83	35	
80	126	63	12	16	155	101	30	±1.5
100	150	75	14	16	185	118	35	

Rear flange

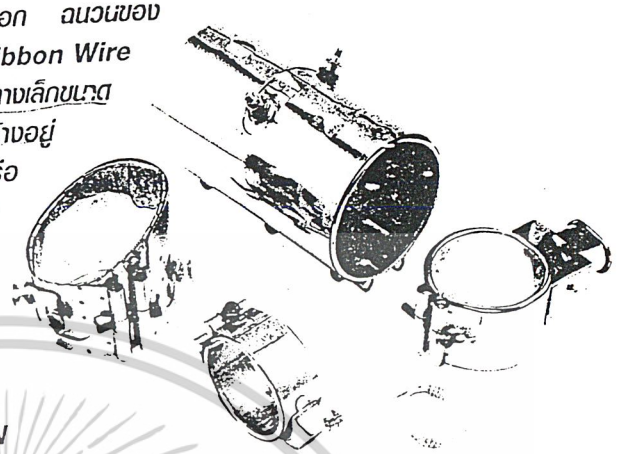


+ Add stroke

Bore dia	TF ±0.3	R ±0.3	FB H13	MF	UF	E	ZF	tol
32	64	32	7	10	78	46	150	±1.25
40	72	36	9	10	90	55	145	
50	90	45	9	12	110	65	155	
63	100	50	9	12	125	83	170	
80	126	63	12	16	155	101	190	±1.5
100	150	75	14	16	185	118	205	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับการออกแบบสำหรับท่อ หรือถังรูปทรงกระบอก ฉนวนของฮีตเตอร์ทำจากแผ่น Mica และลวดฮีตเตอร์เป็นแบบแบน (Ribbon Wire Heating Element) จึงทำให้ฮีตเตอร์ชนิดนี้ มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กขนาด 25 มม. หรืออาจใหญ่ถึง 600 มม. ก็ได้ ส่วนความกว้างอยู่ระหว่าง 20-300 มม. ตัวถังด้านนอกเป็นแผ่นเหล็กหรือสแตนเลส เหมาะสำหรับให้ความร้อนกับเครื่องฉีดพลาสติก มีอีกชื่อหนึ่งว่า ฮีตเตอร์กระบอก



■ รหัสการสั่งทำ

HG T 40 x 50 / 220 - 350W
① ② ③ ④ ⑤ ⑥

① ฮีตเตอร์ชนิดรัดท่อ (กระบอก)
② การต่อสาย
- W : ออกเป็นสาย
- T : ออกเป็นเทอร์มินอล
- P : ออกเป็นปลั๊ก
- C : ออกเป็นเต้าเซรามิก

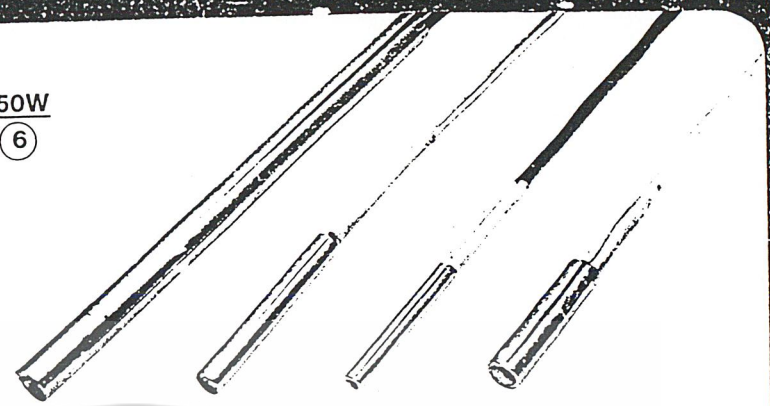
③ เส้นผ่าศูนย์กลาง (mm)
④ ความยาวใช้งาน (mm)
⑤ แรงดัน (V)
⑥ กำลังวัตต์ (W)

• *สามารถระบุเส้นผ่าศูนย์กลาง, ความยาว, แรงดัน และกำลังวัตต์ที่ต่างไปจากนี้ได้*

เส้นผ่าศูนย์กลาง	ความยาว	แรงดัน	กำลังวัตต์
30	30	24, 110, 220, 380	150
			300
	40		200
			300
35	30	24, 110, 220, 380	200
	35		250
	50		200
			300
38	35	24, 110, 220, 380	300
40	40	24, 110, 220, 380	300
			800
	50		300
			800
50	30	24, 110, 220, 380	200
			300
	50		300
			500
60	30	24, 110, 220, 380	100
			250
100	50	24, 110, 220, 380	600
			1000
125	80	24, 110, 220, 380	800
			1500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

FW ฮีตเตอร์แท่ง สำหรับใส่ในโมล์ด
CARTRIDGE HEATER



รหัสการสั่งทำ

HC (1) H (2) 12.7 (3) x 80 (4) / 220 (5) - 250W (6)

① ฮีตเตอร์ชนิด Cartridge
② H : High Density
L : Low Density
③ เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ D (mm)
④ ความยาว L (mm)
⑤ แรงดัน (V)
⑥ กำลังวัตต์ (W)

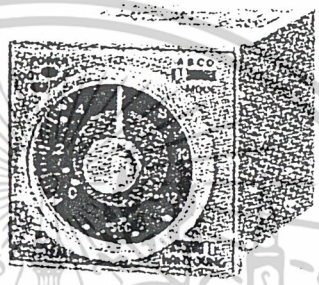
* สามารถระบุเส้นผ่าศูนย์กลาง, ความยาว, แรงดันและกำลังวัตต์ที่ต่างไปจากนี้ได้

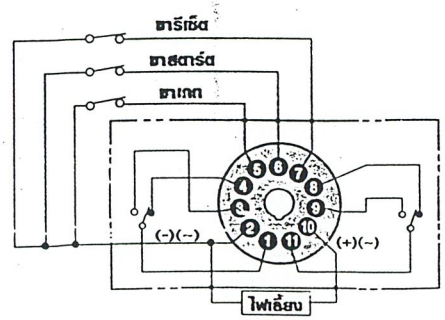
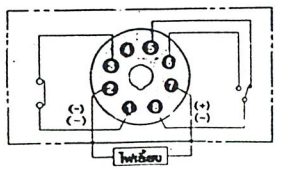
เส้นผ่าศูนย์กลาง	ความยาว	แรงดัน	กำลังวัตต์
6.5	35 50 65 80 95 110	24, 110, 220, 380V	50 - 130 W 50 - 180 W 50 - 200 W 50 - 270 W 50 - 320 W 50 - 360 W
8	50 80 100 130 150 180	24, 110, 220, 380V	50 - 190 W 50 - 250 W 50 - 380 W 65 - 500 W 75 - 570 W 90 - 690 W
9.5	80 100 130 150 180 200	24, 110, 220, 380V	50 - 210 W 60 - 420 W 80 - 550 W 90 - 630 W 110 - 760 W 120 - 840 W
11	80 100 130 150 180 200	24, 110, 220, 380V	60 - 410 W 70 - 520 W 90 - 680 W 110 - 780 W 130 - 940 W 140 - 1040 W
12.7	100 130 150 180 200 250	24, 110, 220, 380V	80 - 600 W 100 - 780 W 120 - 900 W 140 - 1080 W 160 - 1200 W 200 - 1500 W
14	100 130 150 180 200 250	24, 110, 220, 380V	90 - 660 W 120 - 860 W 140 - 990 W 160 - 1190 W 180 - 1320 W 220 - 1650 W
15.8	100 130 150 180 200 250	24, 110, 220, 380V	100 - 300 W 130 - 390 W 150 - 450 W 180 - 540 W 200 - 600 W 250 - 750 W
18	120 150 180 200 250	24, 110, 220, 380V	130 - 440 W 170 - 510 W 200 - 610 W 220 - 680 W 270 - 850 W
25.4	200 300 400	110, 220, 380V	320 - 960 W 480 - 1440 W 640 - 1910 W
31.8	200 300 400	110, 220, 380V	400 - 1200 W 600 - 1800 W 800 - 2400 W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

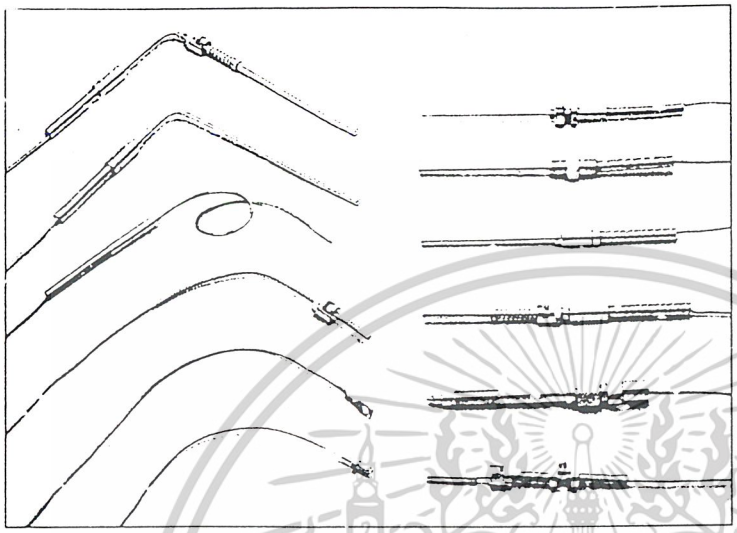
ไทม์เมอร์ (TIMER)

- ไฟเลี้ยง 100~240 VAC 50/60 Hz
- ขนาด 48x48 มม.
- สามารถเลือกการทำงานได้หลายรูปแบบ
- ใช้งานง่าย, ทำงานตามเวลาที่ตั้งไว้



รุ่น	MA4-A	MA4-B	MA4-C
ขนาด	DIN 48x48x78 มม.		
ช่วงเวลา	0~300h โดยแบ่งออกเป็น 14 ช่วงเวลาดังนี้ 0.12~1.2s , 0.3~3s , 1.2~12s , 3~30s 0.12~1.2m , 0.3~3m , 1.2~12m , 3~30m 0.12~1.2h , 0.3~3h , 1.2~12h , 3~30h 1.2~12h , 3~30h , 12~120h , 30~300h		
การทำงาน	A, B, D, E	A, C, D, F	A (ON-DELAY 1 ชุด, INSTANT-ON 1 ชุด)
การตั้งเวลา	ปุ่มหมุนปรับตั้งเวลา มีสวิตช์เลื่อน เลือกช่วงเวลาและการทำงาน		
การติดตั้ง	เจาะยึดติดตั้งหน้าตู้ ขนาดช่องเจาะ 45x45 มม. ใช้ร่วมกับซ็อกเก็ต 11 ขา รุ่น ZVD11		เจาะยึดติดหน้าตู้ ขนาดช่องเจาะ 45 x 45 มม. ใช้ร่วมกับซ็อกเก็ต 8 ขา (ZVD8)
เอาต์พุต	รีเลย์ 5A 250VAC 2 ชุด		รีเลย์ 3A 250VAC 2 ชุด
ไฟเลี้ยง	100~240VAC (50/60 Hz)		220VAC (50/60 Hz)
น้ำหนัก	ประมาณ 90 กรัม		
การต่อสาย			

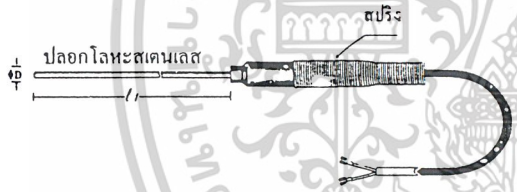
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชีตเทอร์มอคัปเปิล (Sheath Thermocouple) คือ เทอร์มอคัปเปิลที่ตัว Metal Sheath ผลิตสำเร็จรูปมาพร้อมกับตัวสายเทอร์มอคัปเปิลเลย จึงทนอุณหภูมิได้สูงกว่าแบบธรรมดามาก เพราะฉนวนไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างลวด เทอร์มอคัปเปิล กับ Metal Sheath จะถูกบีบอัดแน่นกว่าปกติหลายเท่า ท่อ Metal Sheath มักทำจากโลหะเหนียวและยืดหยุ่น สามารถดัดท่องอ ได้ตามความเหมาะสมกับงาน

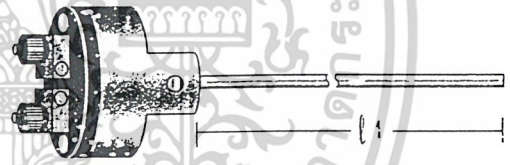
ชีตอาร์ทีดี (Sheath RTD) คือ อาร์ทีดีที่ในกระบวนการผลิตจะผ่านขั้นตอนการรีด (Reducing) ทำให้ฉนวนไฟฟ้าภายในอัดตัวแน่นเป็นพิเศษ จึงมีความไวในการวัดสูงมาก และสามารถดัดงอได้ตามลักษณะงาน

FWK/SH1



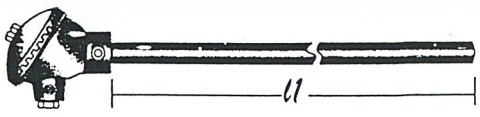
- ชนิดของไส้ (ELEMENT) : Type K (CA), J (IC), PT100 Ω
- ขนาดของชีด : ϕ 1.0, 1.6, 2.3, 3.2, 6, 8 มม.
- ขนาดของปลอก : สแตนเลส SUS 316
- ความยาวของท่อชีด : 100, 200, 300, 400, 500, 600 มม.
- ความยาวสาย : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ม.
- อุณหภูมิใช้งานสูงสุด : 1,200°C
- อุณหภูมิใช้งาน : Type K, J : 600°C, PT100 : 600°C
- ลักษณะการใช้งาน : ใช้วัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลวที่มีความร้อนสูง สามารถดัดงอได้

FWK/SH2



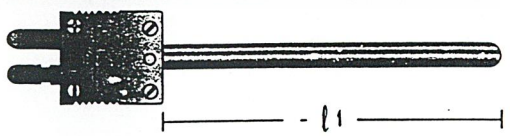
- ชนิดของไส้ (Element) : Type K (CA) , J (IC), PT100 Ω
- ขนาดของชีด : ϕ 1.0, 1.6, 2.3, 3.2, 6, 8 มม.
- ชนิดของปลอก : สแตนเลส SUS 316
- ความยาวของชีด : 100, 200, 300, 400, 500 มม.
- อุณหภูมิการใช้งานสูงสุด : 1200°C
- ลักษณะการใช้งาน : ใช้วัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลวที่มีความร้อนสูง เหมาะสำหรับติดตั้งในพื้นที่แคบ

FWK/SH3



- ชนิดของไส้ (Element) : Type K (CA), J (IC), PT100 Ω
- ขนาดของชีด : ϕ 1.0, 1.6, 2.3, 3.2, 6, 8 มม.
- ชนิดของปลอกชีด : สแตนเลส SUS 316
- ความยาวของชีด : 100, 200, 300, 400, 500 มม.
- อุณหภูมิการใช้งานสูงสุด : 1200°C
- ลักษณะการใช้งาน : ใช้วัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลวที่มีความร้อนสูง

FW_/SH4



- ชนิดของไส้ (Element) : Type K (CA), J (IC), PT100 Ω
- ขนาดของชีด : ϕ 1.0, 1.6, 2.3, 3.2, 6, 8 มม.
- ชนิดของปลอก : สแตนเลส SUS 316
- ความยาวของชีด : 100, 200, 300, 400, 500 มม.
- อุณหภูมิการใช้งานสูงสุด : 1200°C
- ลักษณะการใช้งาน : ใช้วัดอุณหภูมิอากาศ และของเหลวที่มีความร้อนสูง

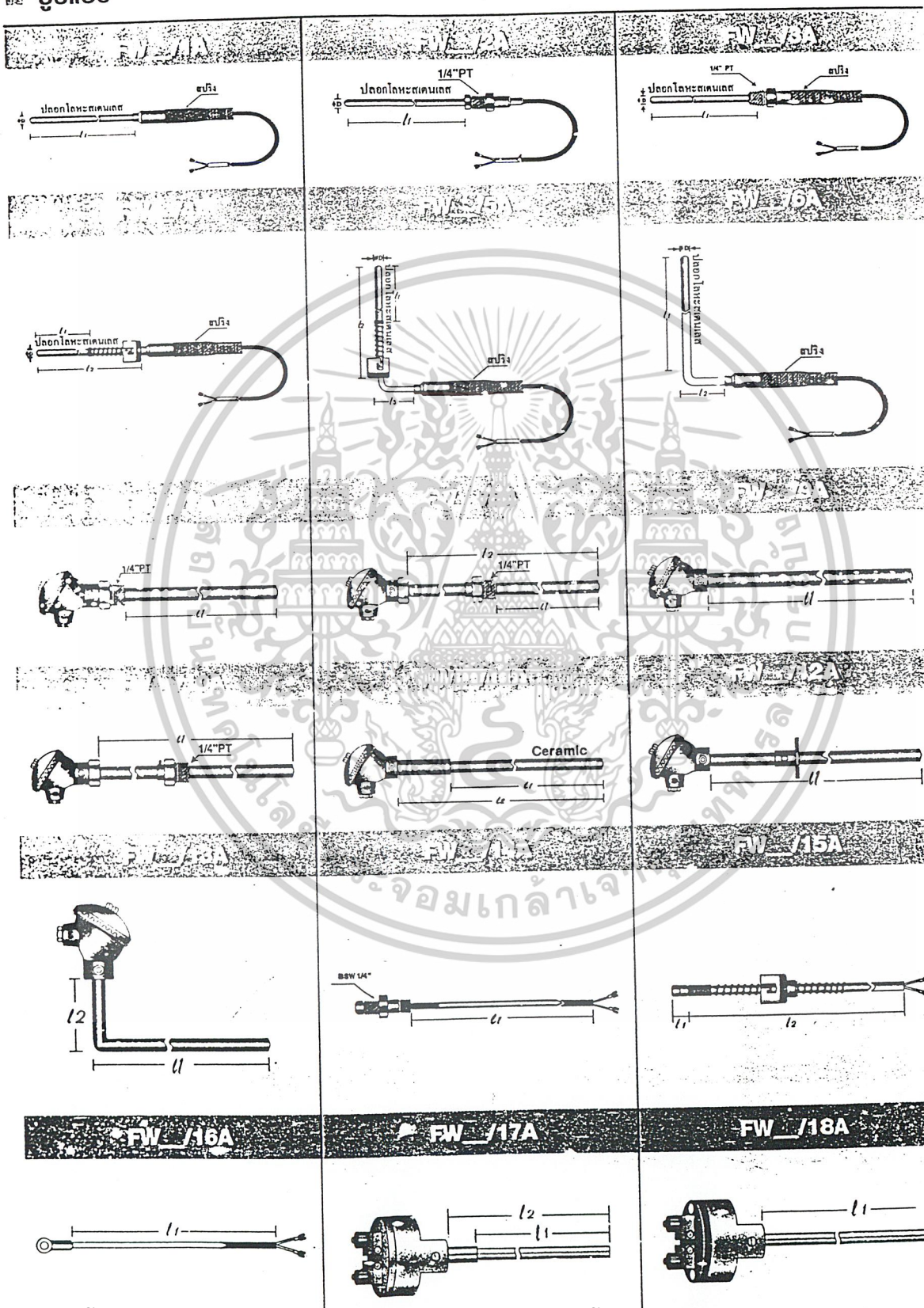
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

FW

หัววัดเทอร์มอคัปเปิล และอาร์ทีดี (Pt100Ω)

THERMOCOUPLE AND RTD (Pt100Ω)

รูปแบบ



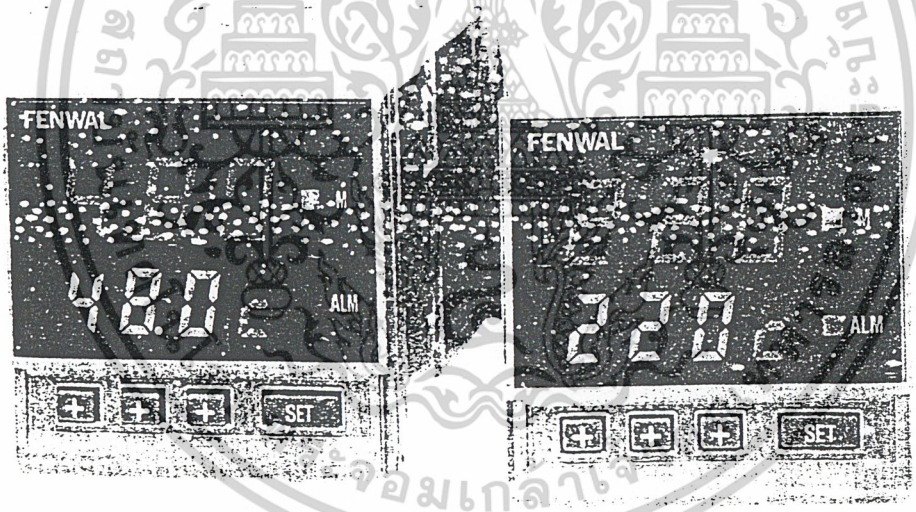
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

FENWAL

ขนาด 48 x 48 มม.

A2200 SERIES

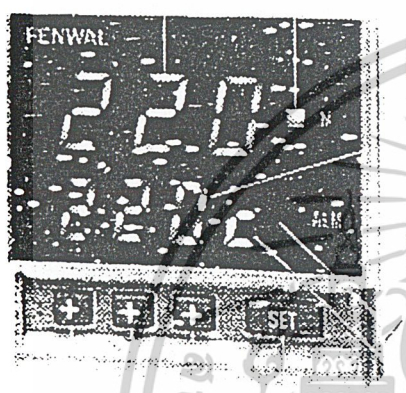
Auto - Tuning PID Controller
ขนาด 1/16 DIN หรือ 48 x 48 มม.
ลึกเพียง 80 มม.



- อินพุตเลือกสั่ง เทอร์โมคัปเปิล (K, J, L โปรแกรมได้) หรือ RTD Pt100 Ω
- โปรแกรมรูปแบบการควบคุมได้ทั้ง ON/OFF, P, PI, PD, PID และ PID Auto-Tuning
- แสดงผลด้วยตัวเลขทั้งค่าที่วัดได้ (PV) และค่าควบคุม (SV)
- เลือกหน่วย °C หรือ °F ได้ และแสดงหน่วยวัดบนหน้าจอด้วย
- ไฟเลี้ยง 85 ~ 264 VAC ไม่ต้องกลัวไฟตก, ไฟเกิน
- เอาต์พุตมีให้เลือกตอนสั่งซื้อ 2 แบบ คือ รีเลย์ หรือ พัลส์ขับโซลิดสเตตรีเลย์
- เลือกมีเอาต์พุตอลาร์มเพิ่มได้อีก 1 เอาต์พุต
- ฟังก์ชันพิเศษ AUTOMATIC SV SHIFT FUNCTION โดยต่อสวิตช์เข้าเทอร์มินอล 7 กับ 8 เมื่อ ON สวิตช์ เครื่องจะเปลี่ยนค่าควบคุม (SV) เป็นอีกค่าหนึ่ง (2 SETPOINT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

FENWAL รุ่น AS22L



1. แสดงค่าอุณหภูมิที่วัดได้ (PV) และหัวข้อของการโปรแกรมและโค้ดอลาร์ม
2. แสดงสภาวะเอาต์พุต
3. แสดงค่าอุณหภูมิควบคุม (SV), และค่าพารามิเตอร์ของการโปรแกรม
4. แสดงสภาวะอลาร์ม
5. หน่วยที่ใช้วัดอุณหภูมิ °C, °F หรือไม่แสดงหน่วย
6. ปุ่ม SET
7. ปุ่มเปลี่ยนแปลงค่าควบคุม (SV) และค่าพารามิเตอร์ของการโปรแกรม

FENWAL รุ่น AS22L

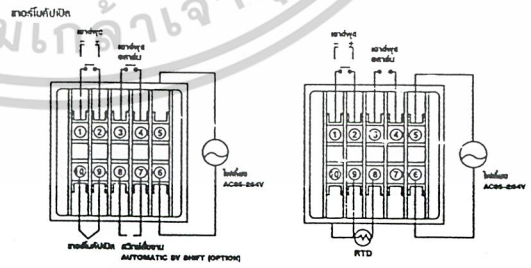
เป็นเครื่องควบคุมอุณหภูมิราคาประหยัด ขนาดเล็กกะทัดรัด เพียง 48 x 48 x 80 มม. เท่านั้น เหมาะอย่างยิ่งกับการติดตั้งกับตู้สวิตช์ขนาดเล็ก หรือมีพื้นที่จำกัด แสดงผลด้วยตัวเลข 2 ชุด คือมีทั้งค่าอุณหภูมิที่วัดได้ (PV) และค่าอุณหภูมิควบคุม (SV) สามารถดูและเปรียบเทียบค่าได้ง่าย ระบบการควบคุมสามารถทำได้ทั้ง PID AUTOTUNING, PID, PI, PD, P และ ON/OFF การสั่ง PID AUTOTUNING ทำได้โดยการกดปุ่มสั่งงานที่หน้าเครื่องได้ทันที โดยไม่ต้องเข้าไปในโปรแกรม มีรุ่นพิเศษที่มีฟังก์ชัน AUTOMATIC SV SHIFT ช่วยในการอุ่นเครื่องจักรก่อนที่จะ RUN งานหรือใส่วัตถุดิบไป เช่น การอุ่นเตาอบในช่วงที่ไม่มีขนมปัง, การอุ่นหัวฮีตเตอร์ในเครื่องบรรจุภัณฑ์แบบซองในขณะที่ยังไม่ได้ใช้งาน เพื่อป้องกันมิให้มีความร้อนสะสมมากเกินไป เป็นต้น หรือใช้ในงานที่มีการตั้งค่าควบคุม 2 ค่าสลับกันไปมาก็ได้ นอกจากนี้ยังมีระบบการป้องกันการแก้ไขค่าพารามิเตอร์โดยมิได้ตั้งใจ (ล็อกโปรแกรม) ได้ทั้งหมดหรือบางส่วนได้ ช่วยตัดปัญหาและป้องกันบุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องมาลองเล่นหน้าเครื่อง คุณจึงมั่นใจและไว้วางใจได้เมื่อใช้ FENWAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

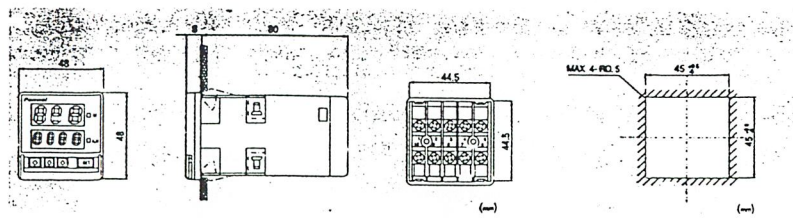
คุณสมบัติ

อินพุต	รุ่น T : เทอร์มอคัปเปิล K, J, L	รุ่น C : RTD Pt 100 Ω
ความแม่นยำ	(± 0.3% ของค่าที่วัดได้ หรือ ± 2 °C ขึ้นอยู่กับค่าใดมีค่ามากกว่า) ± 1 digit	(± 0.3% ของค่าที่วัดได้ หรือ ± 0.8 °C ขึ้นอยู่กับค่าใดมีค่ามากกว่า) ± 1 digit
ความละเอียด	1 °C หรือ °F	1 °C หรือ °F 0.1 °C หรือ °F
ช่วงอุณหภูมิ	K: 0~999 °C หรือ 32~999 °F J/L: 0~800 °C หรือ 32~999 °F	-199~400 °C หรือ -199~750 °F -19.9~99.9 °C หรือ -19.9~99.9 °F
เอาต์พุต	รีเลย์ : 2A/250 VAC, 2A/30 VDC, 3ϕ COSϕ =1, SPST/พัลส์ขับโซลิดสเตตรีเลย์ 12 VDC	
โหมดควบคุม (โปรแกรมได้)	ON/OFF, P PI, PID AUTO-TUNING ON/OFF, Differential : 0.0~99.9 °C หรือ °F Proportional Bandwidth : 100% ของค่าเต็มสเกล Proportioning Time : 0.5~64 วินาที Integral Time : 1~999 วินาที, 1~60 นาที Derivative Time : 1~999 วินาที 1~60 นาที Anti-Reset Windup :1~100% ของ Proportional Bandwidth Manual Offset Adjustment : -99~99 °C หรือ °F (-9.9~9.9 ถ้าอินพุตเป็น RTD และเลือกค่าความละเอียด 0.1)	
ปรับเทียบค่าอุณหภูมิ	-99~99 °C หรือ °F	-9.9~9.9 °C หรือ °F -99~99 °C หรือ °F
TEMPERATURE ALARM	โปรแกรมได้ 32 แบบ	
LOOP BREAK ALARM	ตรวจสอบเซนเซอร์ และการผิดปกติของตัวเครื่อง	
เอาต์พุตอลาร์ม	รีเลย์ : 2A/250 VAC, 2A/30 VDC, COSϕ = 1, SPST	
ไฟเลี้ยง	85~264 VAC, 50/60 Hz	
สภาวะแวดล้อม	อุณหภูมิ : -10~55 °C ความชื้น : 40~85% RH	
น้ำหนัก	ไม่เกิน 150 กรัม	
กินไฟ	ไม่เกิน 12 VA	

การต่อสายใช้งาน

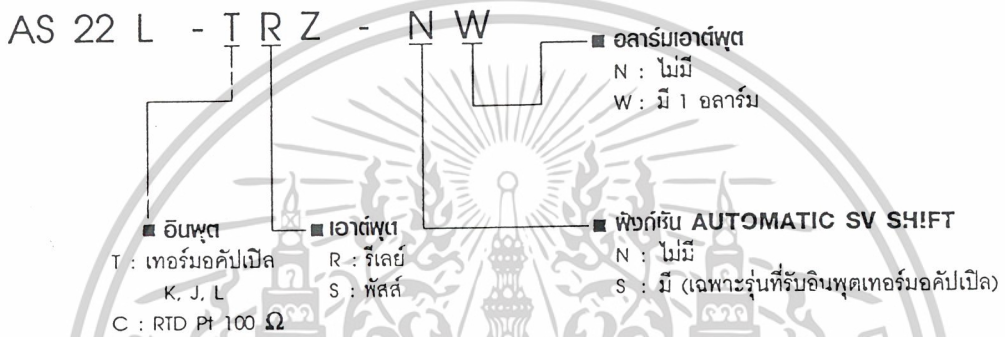


ขนาดของตัวเครื่องและช่องเจาะ



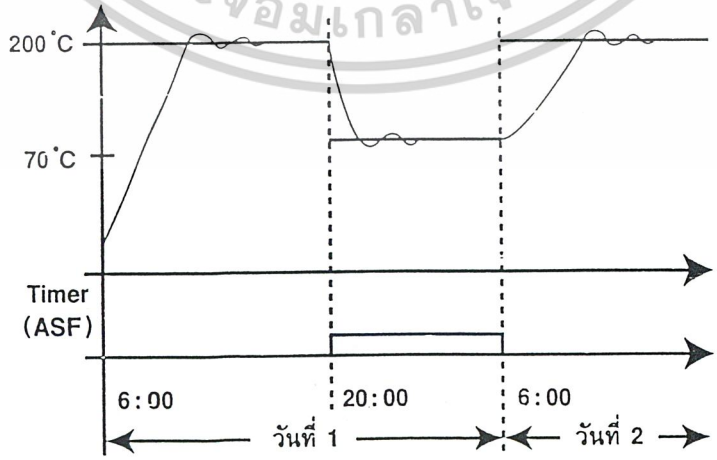
วิธีการสั่งซื้อ เพียงแค่ระบุ

1. หัววัดอุณหภูมิที่จะใช้ จะเป็นแบบเทอร์มอคัปเปิล หรือ RTD
2. เอาต์พุตหลัก
3. อลาร์มเอาต์พุตจะมีหรือไม่
4. ฟังก์ชันพิเศษ **AUTOMATIC SV SHIFT** โดยสามารถต่อสวิตช์ภายนอกเข้า เทอร์มินอล 7 และ 8 เมื่อ ON สวิตช์นี้ เครื่องจะเปลี่ยนค่าควบคุม (SV) เป็นอีกค่าหนึ่ง (ค่าที่สองที่ตั้งไว้ในโปรแกรม)



ฟังก์ชันเปลี่ยนค่า Setpoint อัตโนมัติ (Automatic SV Shift Function)

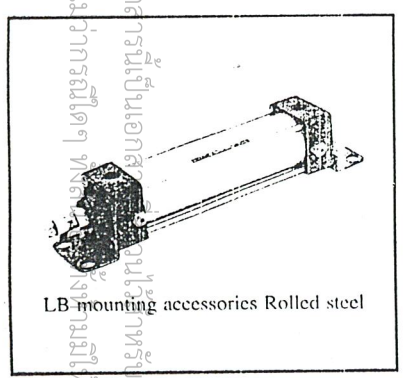
ในงานบางงานอาจต้องมีการเปลี่ยน Setpoint 2 ค่า กลับไปกลับมาอยู่เสมอ คงไม่สะดวกถ้าจะต้องมาแก้ไขที่โปรแกรมทุกครั้ง สำหรับ FENWAL AS Series เพียงต่อปุ่ม (Button) หรือสวิตช์เข้ากับขา 7 กับ 8 ของเครื่องควบคุม (เฉพาะรุ่นที่อินพุตเป็นเทอร์มอคัปเปิลเท่านั้น) ก็จะสามารถเปลี่ยนการทำงานไปที่ Setpoint ที่ 2 ได้เพียงกดปุ่ม สัญญาณที่จะต่อเข้ากับขั้ว ASF เป็นได้ทุกชนิดทั้งจาก PLC, ปุ่ม (Push Button), สวิตช์, Timer และอุปกรณ์อื่น ตัวอย่างเช่น ต้องการควบคุมอุณหภูมิที่ 200 °C ในเวลากลางวัน (6:00 - 20:00) และลดลงมาควบคุมที่ 70 °C ในเวลากลางคืน (20:00 - 6:00) โดยมี Timer ตั้งเวลา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

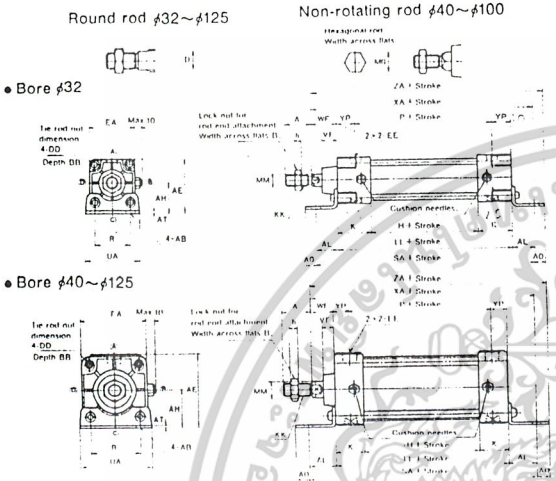
DIMENSIONAL DRAWINGS/LB TYPE (END ANGLES MOUNTING)

DOUBLE ACTING TYPE ROUND ROD NON-ROTATING ROD



LB mounting accessories Rolled steel

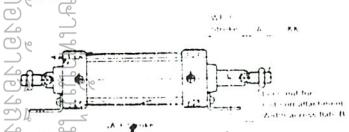
Round rod ϕ32~ϕ125 Non-rotating rod ϕ40~ϕ100



- For dimensions not shown here, refer to SD type (Basic type).
- All dimensions of non-rotating rod, except those relating to the rod end, are the same as those of the round rod.
- For rod end attachment dimensions, refer to the accessories.

RELATED TYPES : SWITCH SET (MAGNETIC, IRON PROXIMITY TYPES) . VAL SET. SV SET. (MAGNETIC, IRON PROXIMITY TYPES) . WITH BOOTS

• DOUBLE ROD TYPE ROUND ROD



- Cylinder dimensions are all the same as those of the SD type (Basic type)

RELATED TYPES : SWITCH SET (IRON PROXIMITY TYPE) . VAL SET . SV SET (IRON PROXIMITY TYPE) . WITH BOOTS

• STROKE ADJUSTABLE TYPE ROUND ROD NON-ROTATING ROD

- Cylinder dimentions are all the same as those of the SD type (Basic type)
- Stroke adjustment range 0~60mm

RELATED TYPES : SWITCH SET (IRON PROXIMITY TYPE) . VAL SET . SV SET (IRON PROXIMITY TYPE) . WITH BOOTS

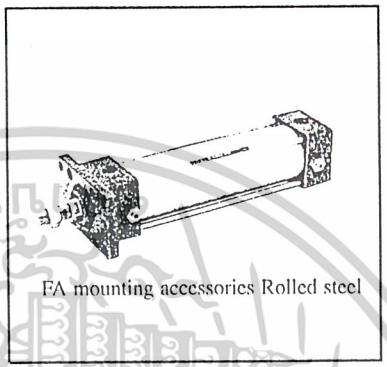
DIMENSIONAL TABLE

Bore / Symbol	A	AB	AE	AH	AL	AO	AT	B_1	BB	C_1	D	DD	DG	EA	EE	FG	H	K
ϕ 32	22	ϕ 9	50	28	20.5	9.5	3.2	17	8	19	10	M6X1	M12X1.25	44	$PT^1/_8$	14	29	32
ϕ 40	24	ϕ12	55	30	23.5	12.5	3.2	19	8	19	13	M6X1	M12X1.25	50	$PT^1/_4$	14	29	32
ϕ 50	32	ϕ12	67.5	36.5	28	12	3.2	22	8	29	19	M6X1	M16X1.5	62	$PT^1/_4$	14	29	32
ϕ 63	32	ϕ12	79	41	31	13	3.2	22	9	29	19	M8X1.25	M16X1.5	75	$PT^3/_8$	14	32	32
ϕ 80	40	ϕ14	96	49	30	16	4	27	11	32	22	M10X1.5	M20X1.5	94	$PT^3/_8$	22	32	38
ϕ100	40	ϕ14	114	57	30	16	4	27	11	32	22	M10X1.5	M20X1.5	112	$PT^1/_2$	22	32	38
ϕ125	54	ϕ18	139	70	35	18	6	36	11	36	27	M12X1.75	M24X1.5	136	$PT^1/_2$	23	38	38

Bore / Symbol	KK	LL	MG	MM	P	R	SA	SP	UA	VF	WF	WG	XA	YP	ZA	h	n
ϕ 32	M10X1.25	93	—	ϕ12	58	33	134	148	50	15	25	81	138.5	17.5	148	6	10
ϕ 40	M12X1.25	93	14	ϕ16	58	36	140	154	57	15	25	80	141.5	17.5	154	7	10
ϕ 50	M16X1.5	93	19	ϕ22	58	47	149	163	68	15	25	88	146	17.5	158	10	13
ϕ 63	M16X1.5	96	19	ϕ22	61	56	158	172	80	15	25	87	152	17.5	165	10	13
ϕ 80	M20X1.5	108	23	ϕ25	65	70	168	190	97	21	35	93	173	21.5	189	12	16
ϕ100	M20X1.5	108	23	ϕ25	65	84	168	190	112	21	35	93	173	21.5	189	12	16
ϕ125	M27X2	114		ϕ32	71	104	184	207	136	21	35	94	184	21.5	202	16	19

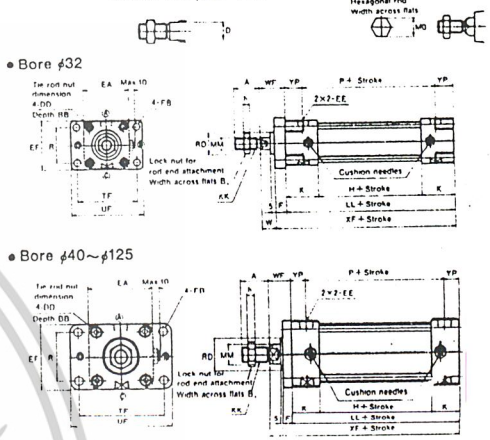
DIMENSIONAL DRAWINGS/FA TYPE (HEAD FLANGE MOUNTING)

DOUBLE ACTING TYPE ROUND ROD NON-ROTATING ROD



FA mounting accessories Rolled steel

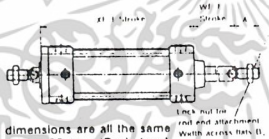
Round rod ϕ32~ϕ125 Non-rotating rod ϕ40~ϕ100



- For dimensions not shown here, refer to SD type (Basic type).
- All dimensions of non-rotating rod, except those relating to the rod end, are the same as those of the round rod.
- For rod end attachment dimensions, refer to the accessories.

RELATED TYPES : SWITCH SET (MAGNETIC, IRON PROXIMITY TYPES) . VAL SET. SV SET. (MAGNETIC, IRON PROXIMITY TYPES) . WITH BOOTS

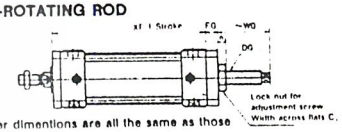
• DOUBLE ROD TYPE ROUND ROD



- Cylinder dimensions are all the same as those of the SD type (Basic type).

RELATED TYPES : SWITCH SET (IRON PROXIMITY TYPE) . VAL SET . SV SET (IRON PROXIMITY TYPE) . WITH BOOTS

• STROKE ADJUSTABLE TYPE ROUND ROD NON-ROTATING ROD



- Cylinder dimentions are all the same as those of the SD type (Basic type).
- Stroke adjustment range : 0~60mm

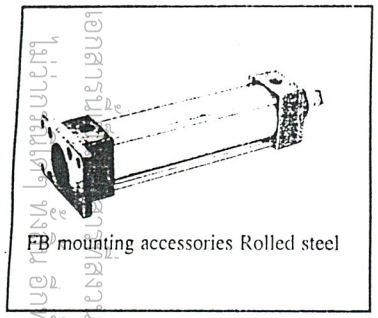
RELATED TYPES : SWITCH SET (IRON PROXIMITY TYPE) . VAL SET . SV SET (IRON PROXIMITY TYPE) . WITH BOOTS

DIMENSIONAL TABLE

Bore / Symbol	A	B_1	BB	C_1	D	DD	DG	EA	EE	EF	F	FB	FG	H	K	KK
ϕ 32	22	17	8	19	10	M6X1	M12X1.25	44	$PT^1/_8$	47	10	ϕ 7	14	29	32	M10X1.25
ϕ 40	24	19	8	19	13	M6X1	M12X1.25	50	$PT^1/_4$	52	10	ϕ 7	14	29	32	M12X1.25
ϕ 50	32	22	8	29	19	M6X1	M16X1.5	62	$PT^1/_4$	65	10	ϕ 9	14	29	32	M16X1.5
ϕ 63	32	22	9	29	19	M8X1.25	M16X1.5	75	$PT^3/_8$	76	10	ϕ 9	14	32	32	M16X1.5
ϕ 80	40	27	11	32	22	M10X1.5	M20X1.5	94	$PT^3/_8$	95	16	ϕ12	22	32	38	M20X1.5
ϕ100	40	27	11	32	22	M10X1.5	M20X1.5	112	$PT^1/_2$	115	16	ϕ12	22	32	38	M20X1.5
ϕ125	54	36	11	36	27	M12X1.75	M24X1.5	136	$PT^1/_2$	138	16	ϕ14	23	38	38	M27X2

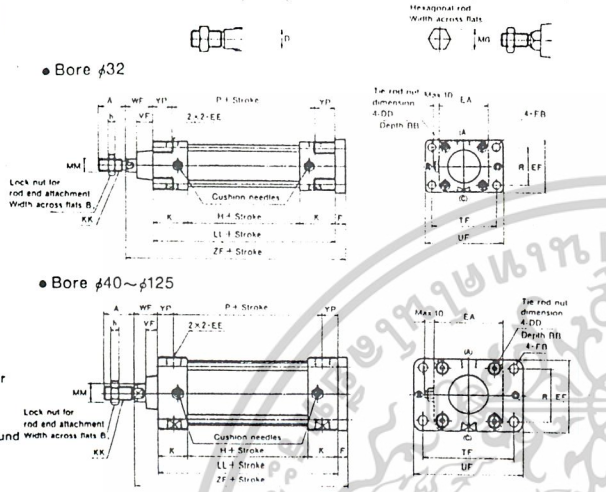
Bore / Symbol	LL	MG	MM	P	RD	R	TF	UF	W	WF	WG	XF	YP	h	n
ϕ 32	93	—	ϕ12	58	ϕ28	33	58	72	15	25	81	103	17.5	6	10
ϕ 40	93	14	ϕ16	58	ϕ32	36	70	84	15	25	80	103	17.5	7	10
ϕ 50	93	19	ϕ22	58	ϕ38	47	86	104	15	25	88	103	17.5	10	13
ϕ 63	96	19	ϕ22	61	ϕ38	56	98	116	15	25	97	106	17.5	10	13
ϕ 80	108	23	ϕ25	65	ϕ47	70	119	143	19	35	93	124	21.5	12	16
ϕ100	108	23	ϕ25	65	ϕ47	84	138	162	19	35	93	124	21.5	12	16
ϕ125	114		ϕ32	71	ϕ54	104	168	196	19	35	94	130	21.5	16	19

DOUBLE ACTING TYPE ROUND ROD NON-ROTATING ROD



FB mounting accessories Rolled steel

Round rod ϕ32~ϕ125 Non-rotating rod ϕ40~ϕ100



- For dimensions not shown here, refer to SD type (Basic type).
- All dimensions of non-rotating rod, except those relating to the rod end, are the same as those of the round rod.
- For rod end attachment dimensions, refer to the accessories.

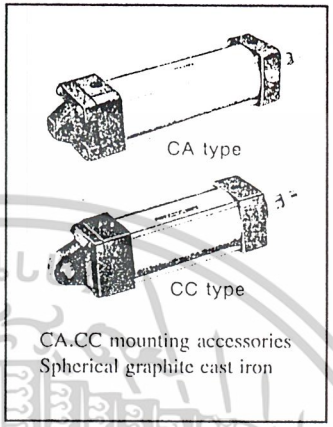
RELATED TYPES : SWITCH SET (MAGNETIC, IRON PROXIMITY TYPES) , VAL SET, SV SET (MAGNETIC, IRON PROXIMITY TYPES) , WITH BOOTS

DIMENSIONAL TABLE

Bore \ Symbol	A	B_1	BB	D	DD	EA	EE	EF	F	FB	H	K	KK
ϕ 32	22	17	8	10	M6X1	44	PT⅛	47	10	ϕ 7	29	32	M10X1.25
ϕ 40	24	19	8	13	M6X1	50	PT¼	52	10	ϕ 7	29	32	M12X1.25
ϕ 50	32	22	8	19	M6X1	62	PT¼	65	10	ϕ 9	29	32	M16X1.5
ϕ 63	32	22	9	19	M8X1.25	75	PT⅜	76	10	ϕ 9	32	32	M16X1.5
ϕ 80	40	27	11	22	M10X1.5	94	PT⅜	95	16	ϕ12	32	38	M20X1.5
ϕ100	40	27	11	22	M10X1.5	112	PT½	115	16	ϕ12	32	38	M20X1.5
ϕ125	54	36	11	27	M12X1.75	136	PT½	138	16	ϕ14	38	38	M27X2

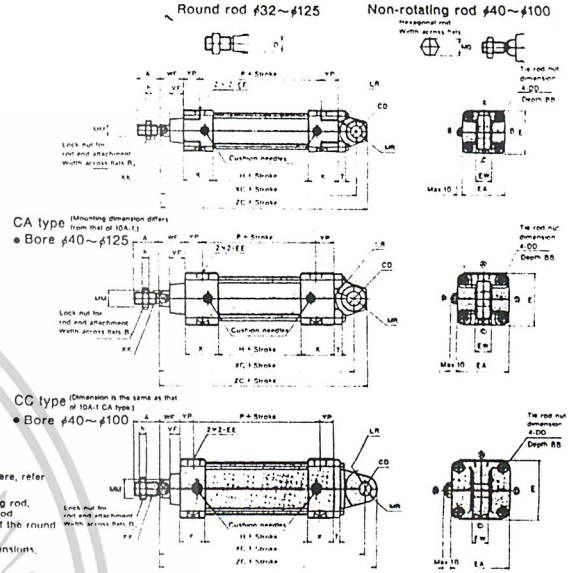
Bore \ Symbol	LL	MQ	MM	P	R	TF	UF	VF	WF	YP	ZF	h
ϕ 32	93	—	ϕ12	58	33	58	72	15	25	17.5	128	6
ϕ 40	93	14	ϕ16	58	36	70	84	15	25	17.5	128	7
ϕ 50	93	19	ϕ22	58	47	86	104	15	25	17.5	128	10
ϕ 63	96	19	ϕ22	61	56	98	116	15	25	17.5	131	10
ϕ 80	108	23	ϕ25	65	70	119	143	21	35	21.5	159	12
ϕ100	108	23	ϕ25	65	84	138	162	21	35	21.5	159	12
ϕ125	114	-	ϕ32	71	104	168	196	21	35	21.5	165	16

DOUBLE ACTING TYPE ROUND ROD NON-ROTATING ROD



CA.CC mounting accessories Spherical graphite cast iron

Round rod ϕ32~ϕ125 Non-rotating rod ϕ40~ϕ100



- For dimensions not shown here, refer to SD type (Basic type).
- All dimensions of non-rotating rod, except those relating to the rod end, are the same as those of the round rod.
- For rod end attachment dimensions, refer to the accessories.

RELATED TYPES : SWITCH SET (MAGNETIC, IRON PROXIMITY TYPES) , VAL SET, SV SET (MAGNETIC, IRON PROXIMITY TYPES) , WITH BOOTS

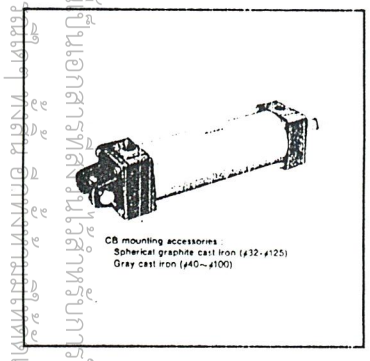
DIMENSIONAL TABLE

Bore \ Symbol	A	B_1	BB	CD		D	DD	E	EA	EE	EW		H	K	KK	LR	
				CA Type	CC Type						CA Type	CC Type				CA Type	CC Type
ϕ 32	22	17	8	ϕ12H9	—	10	M6X1	44	44	PT⅛	$16^{0}_{-0.070}$	—	29	32	M10X1.25	R17	—
ϕ 40	24	19	8	ϕ14H9	ϕ14H9	13	M6X1	50	50	PT¼	$20^{0}_{-0.084}$	$20^{0}_{-0.3}$	29	32	M12X1.25	R17	R16
ϕ 50	32	22	8	ϕ14H9	ϕ14H9	19	M6X1	62	62	PT¼	$20^{0}_{-0.084}$	$20^{0}_{-0.3}$	29	32	M16X1.5	R19	R18
ϕ 63	32	22	9	ϕ14H9	ϕ14H9	19	M8X1.25	76	75	PT⅜	$20^{0}_{-0.084}$	$20^{0}_{-0.3}$	32	32	M16X1.5	R19	R18
ϕ 80	40	27	11	ϕ20H9	ϕ20H9	22	M10X1.5	94	94	PT⅜	$32^{0}_{-0.100}$	$32^{0}_{-0.3}$	32	38	M20X1.5	R26	R25
ϕ100	40	27	11	ϕ20H9	ϕ20H9	22	M10X1.5	114	112	PT½	$32^{0}_{-0.100}$	$32^{0}_{-0.3}$	32	38	M20X1.5	R27	R25
ϕ125	54	36	11	ϕ20H9	—	27	M12X1.75	138	136	PT½	$32^{0}_{-0.100}$	—	38	38	M27X2	R32	—

Bore \ Symbol	MQ	MM	MR		P	T		VF	WF	XO		YP	ZO		h
			CA Type	CC Type		CA Type	CC Type			CA Type	CC Type		CA Type	CC Type	
ϕ 32	—	ϕ12	R14	—	58	8	—	15	25	137	—	17.5	149	—	6
ϕ 40	14	ϕ16	R16	R14	58	8	10	15	25	137	152	17.5	151	166	7
ϕ 50	19	ϕ22	R16	R15	58	10	10	15	25	137	152	17.5	151	167	10
ϕ 63	19	ϕ22	R16	R15	61	13	10	15	25	140	155	17.5	154	170	10
ϕ 80	23	ϕ25	R22	R20	65	18	14	21	35	175	191	21.5	195	211	12
ϕ100	23	ϕ25	R22	R20	65	18	14	21	35	175	191	21.5	195	211	12
ϕ125	—	ϕ32	R22	—	71	18	—	21	35	181	—	21.5	201	—	16

DIMENSIONAL DRAWINGS/CB TYPE (CAP CLEVIS MOUNTING)

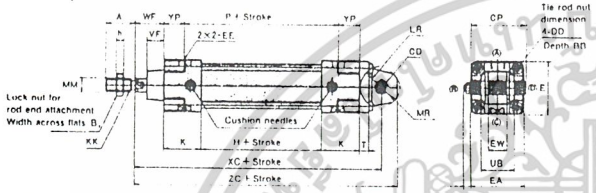
DOUBLE ACTING TYPE ROUND ROD NON-ROTATING ROD



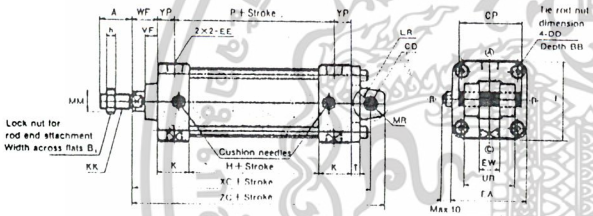
CB mounting accessories :
Spherical graphite cast iron (ϕ32~ϕ125)
Gray cast iron (ϕ40~ϕ100)

Round rod ϕ32~ϕ125 Non-rotating rod ϕ40~ϕ100

• Bore ϕ32



• Bore ϕ40~ϕ125



- For dimensions not shown here, refer to SD type (Basic type).
- All dimensions of non-rotating rod, except those relating to the rod end, are the same as those of the round rod.
- For rod end attachment dimensions, refer to the accessories.

RELATED TYPES : SWITCH SET (MAGNETIC , IRON PROXIMITY TYPES) . VAL SET, SV SET, (MAGNETIC, IRON PROXIMITY TYPES) , WITH BOOTS

DIMENSIONAL DRAWINGS/TC TYPE (INTERMEDIATE TRUNNION)

DOUBLE ACTING TYPE ROUND ROD NON-ROTATING ROD

TC mounting accessories :
Spherical graphite cast iron (ϕ32~ϕ100)
Rolled steel (ϕ125)

- For dimensions not shown here, refer to SD type (Basic type).
- All dimensions of non-rotating rod, except those relating to the rod end, are the same as those of the round rod.
- For rod end attachment dimensions, refer to the accessories.

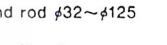
Min. PH dimensions of switch-set cylinder

Unit : mm

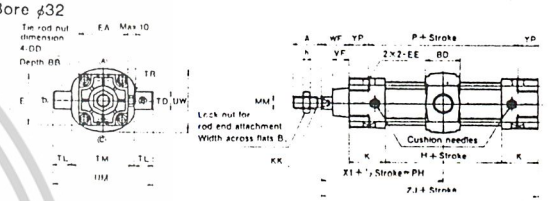
Type	Bore	ϕ32	ϕ40	ϕ50	ϕ63	ϕ80	ϕ100	ϕ125
Magnetic proximity type	With cord	134	134	134	136	152	152	181
	With connector	147	147	147	148	164	164	177
Iron proximity type	Switch set	145	150	155	155	170	170	180
	SV set	—	170	155	155	170	170	—

Note : 1. The above table assumes 1 or 2 switches on the head cover side.
2. If 1 switch is on the cap side, the minimum PH dimensions are shown in the table below.

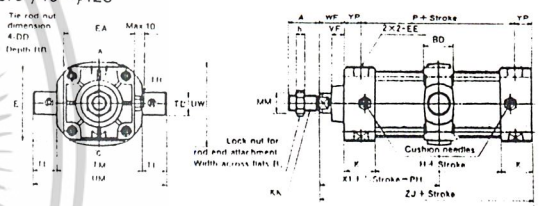
Round rod ϕ32~ϕ125 Non-rotating rod ϕ40~ϕ100



• Bore ϕ32

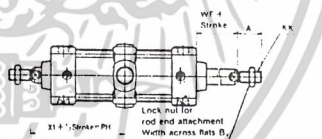


• Bore ϕ40~ϕ125



RELATED TYPES : SWITCH SET (MAGNETIC , IRON PROXIMITY TYPES) . VAL SET, SV SET, (MAGNETIC, IRON PROXIMITY TYPES) , WITH BOOTS

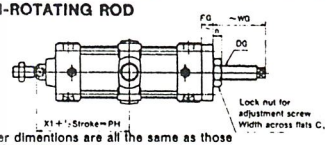
• DOUBLE ROD TYPE ROUND ROD



- Cylinder dimensions are all the same as those of the SD type (Basic type).

RELATED TYPES : SWITCH SET (IRON PROXIMITY TYPE) • VAL SET • SV SET (IRON PROXIMITY TYPE) • WITH BOOTS

• STROKE ADJUSTABLE TYPE ROUND ROD NON-ROTATING ROD



- Cylinder dimentions are all the same as those of the SD type (Basic type).
- Stroke adjustment range : 0~60mm

RELATED TYPES : SWITCH SET (IRON PROXIMITY TYPE) • VAL SET • SV SET (IRON PROXIMITY TYPE) • WITH BOOTS

DIMENSIONAL TABLE

Bore \ Symbol	A	B_1	BB	CD	CP	D	DD	E	EA	EE	EW	H	K	KK
ϕ32	22	17	8	ϕ12 $^{-0.016}_{-0.034}$	46	10	M6×1	44	44	$PT^1/_8$	16 $^{+0.7}_{+0.5}$	29	32	M10×1.25
ϕ40	24	19	8	ϕ14 $^{-0.016}_{-0.034}$	58	13	M6×1	50	50	$PT^1/_4$	20 $^{+0.7}_{+0.5}$	29	32	M12×1.25
ϕ50	32	22	8	ϕ14 $^{-0.016}_{-0.034}$	66	19	M6×1	62	62	$PT^1/_4$	20 $^{+0.7}_{+0.5}$	29	32	M16×1.5
ϕ63	32	22	9	ϕ14 $^{-0.016}_{-0.034}$	66	19	M8×1.25	76	75	$PT^3/_8$	20 $^{+0.7}_{+0.5}$	32	32	M16×1.5
ϕ80	40	27	11	ϕ20 $^{-0.019}_{-0.040}$	78	22	M10×1.5	94	94	$PT^3/_8$	32 $^{+0.7}_{+0.5}$	32	38	M20×1.5
ϕ100	40	27	11	ϕ20 $^{-0.019}_{-0.040}$	78	22	M10×1.5	114	112	$PT^1/_2$	32 $^{+0.7}_{+0.5}$	32	38	M20×1.5
ϕ125	54	36	11	ϕ20 $^{-0.019}_{-0.040}$	78	27	M12×1.75	138	136	$PT^1/_2$	32 $^{+0.7}_{+0.5}$	38	38	M27×2

Bore \ Symbol	LR	MQ	MM	MR	P	T	UB	VF	WF	XC	YP	ZC	h
ϕ32	R18	—	ϕ12	R15	58	8	32	15	25	137	17.5	150	6
ϕ40	R18	14	ϕ16	R15	58	8	44	15	25	137	17.5	150	7
ϕ50	R19	19	ϕ22	R17	58	8	52	15	25	137	17.5	152	10
ϕ63	R19	19	ϕ22	R17	61	8	52	15	25	140	17.5	155	10
ϕ80	R32	23	ϕ25	R23	65	11	64	21	35	175	21.5	196	12
ϕ100	R32	23	ϕ25	R23	65	11	64	21	35	175	21.5	196	12
ϕ125	R32	—	ϕ32	R22	71	14	64	21	35	181	21.5	201	16

DIMENSIONAL TABLE

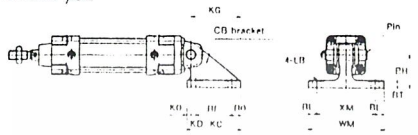
Bore \ Symbol	A	B_1	BB	BD	C_1	D	DD	DQ	E	EA	EE	FQ	H	K	KK	MQ	MM
ϕ32	22	17	8	30	19	10	M6×1	M12×1.25	44	44	$PT^1/_8$	14	29	32	M10×1.25	—	ϕ12
ϕ40	24	19	8	30	19	13	M6×1	M12×1.25	50	50	$PT^1/_4$	14	29	32	M12×1.25	14	ϕ16
ϕ50	32	22	8	30	29	19	M6×1	M16×1.5	62	62	$PT^1/_4$	14	29	32	M16×1.5	19	ϕ22
ϕ63	32	22	9	30	29	19	M8×1.25	M16×1.5	76	75	$PT^3/_8$	14	32	32	M16×1.5	19	ϕ22
ϕ80	40	27	11	35	32	22	M10×1.5	M20×1.5	94	94	$PT^3/_8$	22	32	38	M20×1.5	23	ϕ25
ϕ100	40	27	11	40	32	22	M10×1.5	M20×1.5	114	112	$PT^1/_2$	22	32	38	M20×1.5	23	ϕ25
ϕ125	54	36	11	43	36	27	M12×1.75	M24×1.5	138	136	$PT^1/_2$	23	38	38	M27×2	—	ϕ32

Bore \ Symbol	P	Min. PH	TD	TL	TM	TR	UM	UW	VF	WF	WQ	XI	YP	ZJ	h	n
ϕ32	58	72	ϕ16e9	16	55	R1	87	52	15	25	81	71.5	17.5	118	6	10
ϕ40	58	72	ϕ25e9	25	63	R1.6	113	59	15	25	80	71.5	17.5	118	7	10
ϕ50	58	72	ϕ25e9	25	76	R1.6	126	71	15	25	88	71.5	17.5	118	10	13
ϕ63	61	72	ϕ25e9	25	88	R1.6	138	86	15	25	87	73	17.5	121	10	13
ϕ80	65	90.5	ϕ25e9	25	114	R1.6	164	104	21	35	93	89	21.5	143	12	16
ϕ100	65	93	ϕ25e9	25	132	R2	182	128	21	35	93	89	21.5	143	12	16
ϕ125	71	94.5	ϕ25e9	25	158	R2	208	158	21	35	94	92	21.5	149	16	19

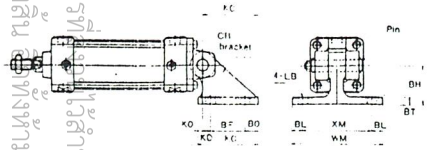
BRACKETS FOR CB TYPE

Materials : Spherical graphite cast iron (ϕ32~ϕ100)
Rolled steel (ϕ125)

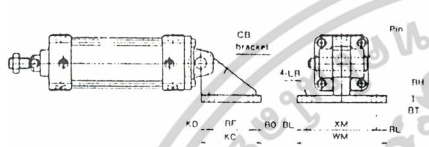
• Bore ϕ32



• Bore ϕ40~ϕ100



• Bore ϕ125



• For details on cylinder body, refer to the CB type.

DIMENSIONAL TABLE

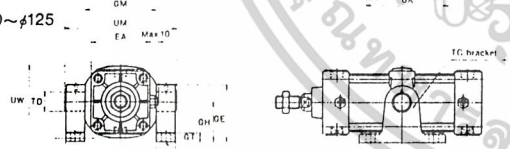
Bore \ Symbol	BF	BH	BL	BO	BT	KC	KD	KG	KO	LB	WM	XM
ϕ 32	40	35	10	10	8	60	5	55	5	ϕ9	85	65
ϕ 40 ϕ50 ϕ 63	40	45	12.5	15	8	70	10	70	5	ϕ11	105	80
ϕ 80 ϕ100	65	60	15	15	12	95	5	85	10	ϕ14	135	105
ϕ125	77	75	17.5	17.5	14	112	17.5	—	—	ϕ18	145	110

BRACKETS FOR TC TYPE

Materials : Spherical graphite cast iron
(ϕ32~ϕ100) Rolled steel (ϕ125)

• Bore ϕ32

• Bore ϕ40~ϕ125



• For details on cylinder body, refer to the TC type.
• One set comprises 2 pieces.

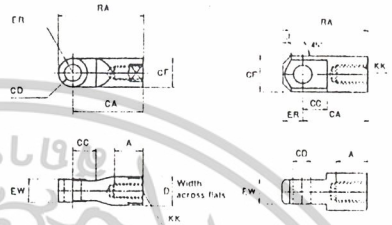
DIMENSIONAL TABLE

Bore \ Symbol	EA	GB	GD	GE	GH	GK	GL	GM	GO	GT	TD	TM	UM	UW
ϕ 32	44	ϕ 9	15	56	40	80	60	70	10	12	ϕ16 +0.15 +0.05	55	87	52
ϕ 40	50	ϕ12	23	72	50	110	80	86	15	12	ϕ25 +0.15 +0.05	63	113	59
ϕ 50	62	ϕ12	23	72	50	110	80	99	15	12	ϕ25 +0.15 +0.05	76	126	71
ϕ 63	75	ϕ12	23	72	50	110	80	111	15	12	ϕ25 +0.15 +0.05	88	138	86
ϕ 80	94	ϕ14	23	92	70	120	85	137	17.5	14	ϕ25 +0.15 +0.05	114	164	104
ϕ100	112	ϕ14	23	92	70	120	85	155	17.5	14	ϕ25 +0.15 +0.05	132	182	128
ϕ125	136	ϕ18	25	115	85	145	105	183	20	25	ϕ25 +0.15 +0.05	158	208	158

ROD END EYE (T TYPE)

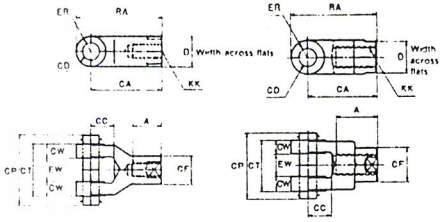
ROD END EYE (T TYPE) Materials : Spherical graphite cast iron (ϕ32~ϕ100) Carbon steel (ϕ125)

ϕ32~ϕ100 ϕ125



ROD END CLEVIS (Y TYPE) WITH PIN Materials : Spherical graphite cast iron Pin : Carbon steel

ϕ32~ϕ100 ϕ125



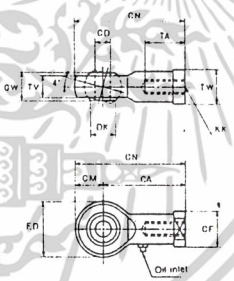
DIMENSIONAL TABLE

Bore \ Symbol	A	CA	CC	CD	CF	D	ER	EW	J	KK	RA
ϕ 32	23	55	20	ϕ12H9	ϕ24	24	R12	16	—	M10×1.25	67
ϕ 40	25	60	20	ϕ14H9	ϕ24	24	R12	20	—	M12×1.25	72
ϕ 50	33	60	20	ϕ14H9	ϕ28	27	R14	20	—	M16×1.5	74
ϕ 63											
ϕ 80	41	85	30	ϕ20H9	ϕ36	36	R19	32	13	M20×1.5	104
ϕ100											
ϕ125	56	100	32	ϕ20H9	ϕ40	—	20	32	13	M27×2	120

DIMENSIONAL TABLE

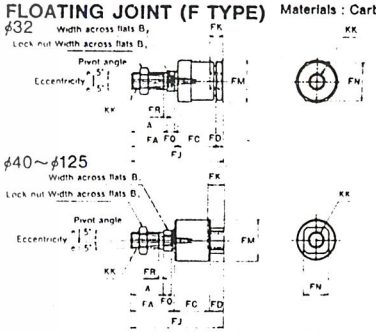
Bore \ Symbol	A	CA	CC	CD	CF	CP	CT	CW	D	ER	EW	KK	RA
ϕ 32	23	55	20	ϕ12	ϕ24	46	32	8	24	R12	16	M10×1.25	67
ϕ 40	25	60	20	ϕ14	ϕ24	58	44	12	24	R12	20	M12×1.25	72
ϕ 50	33	60	18	ϕ14	ϕ28	58	44	12	27	R14	20	M16×1.5	74
ϕ 63													
ϕ 80	41	85	28	ϕ20	ϕ36	78	64	16	36	R19	32	M20×1.5	104
ϕ100													
ϕ125	56	100	35	ϕ20	ϕ40	78	64	16	40	R20	32	M27×2	120

ROD END SPHERICAL EYE (S TYPE) Materials : Carbon steel



FLOATING JOINT (F TYPE) Materials : Carbon steel

ϕ32



ϕ40~ϕ125

Note : Do not overtighten the floating joint socket. (Screw the socket fully on, back off 1 or 2 turns and fix it with a lock nut.) Screwing on the socket too tight will result in malfunctions during operation.

DIMENSIONAL TABLE

Bore \ Symbol	CA	CD	CF	CM	CN	DK	ED	OW	KK	TA	TV	TW
ϕ 32	43	ϕ10H9	ϕ19	13	56	ϕ12.9	26	14	M10×1.25	21	10.5±0.1	17
ϕ 40	50	ϕ12H9	ϕ22	15	65	ϕ15.4	30	16	M12×1.25	24	12±0.1	19
ϕ 50	64	ϕ16H9	ϕ27	19	83	ϕ19.4	38	21	M16×1.5	33	15±0.1	22
ϕ 63												
ϕ 80	77	ϕ20H9	ϕ34	23	100	ϕ24.4	46	25	M20×1.5	40	18±0.1	30
ϕ100												

DIMENSIONAL TABLE

Bore \ Symbol	A	B_1	B_2	o	FA	FC	FD	FJ	FK	FM	FN	FO	FR	KK	Code
ϕ 32	24.5	17	10	1	31	28	4	63	11	ϕ25	24	4.5	2.5	M10×1.25	RFS-10T
ϕ 40	24	19	13	1	33	25.5	11	69.5	13.5	ϕ32	19	7	3.5	M12×1.25	RFS-12T
ϕ50·ϕ63	32	22	17	1.5	43	33	13	89	16	ϕ40	24	8	4	M16×1.5	RFS-16T
ϕ 80	40	27	22	2	53	42	15	110	22	ϕ50	30	9	5	M20×1.5	RFS-20T80
ϕ100	40	27	24	2.5	56	49	18	123	24	ϕ64	36	12	6	M20×1.5	RFS-20T100
ϕ125	54	36	32	2.5	74	62	21	157	30	ϕ76	46	14	7	M27×2	RFS-27T