เครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน

Inline Filling Machine for Drinking Water

โดย

นายเริงศักดิ์ มานะสุนทร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สำนักหอสมุดกลาง ...นครเวศร์
...ยบริการและ...โนโลยีสารสนเทศ
วันที่ 23 ก.ค. 2552
เลขทะเบียน.....
เลขหมู่.....

งานสิ่งประดิษฐ์นี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณผลประโยชน์ ประจำปี 2549

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทคัดย่อ

ในการจัดทำโครงการเครื่องบรรจุน้ำดื่ม ได้ใช้แนวคิดจากการบรรจุน้ำดื่มของชาวบ้านที่ต้องการบรรจุน้ำดื่มเพื่อเป็นอุตสาหกรรม ในครัวเรือนขนาดย่อม จึงได้นำวิธีการในการบรรจุน้ำดื่มมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องบรรจุน้ำดื่ม โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะทำให้เครื่องบรรจุน้ำดื่มนี้สามารถบรรจุน้ำดื่มได้ 2 ขนาด คือ 600 ซีซี กับ 1,500 ซีซี

เครื่องบรรจุน้ำดื่มจะมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ปั๊มน้ำเฉพาะสำหรับดื่มน้ำบริโภค ขนาด 1 เฟส ใช้กระแสไฟฟ้า 220 โวลต์ เป็นตัวส่งน้ำไปยังหัวฉีดน้ำ ซึ่งมีโซลินอยด์คอยตัดต่อน้ำทั้ง 6 หัว

การทดสอบ เครื่องบรรจุน้ำดื่ม ในขนาดขวดทั้ง 2 ขนาด คือ 600 ซีซี และขนาด 1,500 ซีซี ปรากฏว่าขวดขนาด 600 ซีซี สามารถบรรจุน้ำดื่มได้จำนวน 264 ขวดต่อชั่วโมง และขวดขนาด 1,500 ซีซี สามารถบรรจุน้ำดื่มได้จำนวน 228 ขวดต่อชั่วโมง (โดยไม่คิดเวลาการเปิดปิดฝา) โดยใช้กระแสไฟฟ้าไป 13.53 บาทต่อวัน

Abstract

This project for drinking water filling machine was based on the concept of drinking water contained by villagers for their small households industry or small and medium enterprise. The purpose of this study was to make this machine be able to fill drinking water in 2 sizes , 600 cc. and 1,500 cc .

The drinking water filling machine are consisted of the main components one special water pump 1 phase 220 volts , 6 nozzles and 6 solenoid valves for control amount of water.

The drinking water filling machine can fill the water rate sizes are 600 cc. and 1,500 cc. This machine can fill 600 cc. bottles at the rate 264 bottles / hour , while 1,500 cc. bottles to the rate 228 bottles / hour . The cost of electricity was 13.53 bath per day.

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินการประดิษฐ์เครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีในครั้งนี้ ต้องขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือ อาจารย์ในสาขาวิศวกรรมเครื่องกลทุกคนที่ได้ให้ข้อเสนอแนะ และสนับสนุนการทำงานเป็นอย่างดียิ่ง ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำโรงงานช่างยนต์ และอุตสาหการ ที่ได้ช่วยเหลือการใช้เครื่องมือและสถานที่ และต้องขอขอบคุณทุกท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ซึ่ง ไม่ได้กล่าวถึงไว้ในที่นี้

นายเริงศักดิ์ มานะสุนทร

สารบัญ

	หน้า
บทยัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพประกอบ	ซ
สัญลักษณ์และคำย่อ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	
ความเป็นมาของโครงการ	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
ขอบเขตของโครงการ	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
แผนการดำเนินงานโครงการ	2
2. เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
น้ำ	5
ทฤษฎีของการไหล	5
ประเภทของการไหล	6
อัตราการไหลและความเร็วเฉลี่ย	7
กำลังในการไหล	7
ความดันของน้ำ	8
ความดันสมบูรณ์และความดันเกจ	10
สมการของการไหล	11
ท่อความดัน	12
ดีเลย์	12
เซอร์กิตเบรกเกอร์	14
สายไฟฟ้า	16

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2. เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)	
โซลีนอยด์วาล์ว	17
แมกเนติกคอนแทกเตอร์	19
มอเตอร์เกียร์	20
ท่อพลาสติก	22
โกล์บวาล์ว	28
เครื่องสูบน้ำ	29
เฮด	31
กำลังงานที่ต้องการของปั๊ม	34
ความเร็วจำเพาะ	46
ระบบนิวแมติกส์	48
กระบอกสูบ	48
การคำนวณหาค่ากระบอกสูบลม	50
ความเร็วของลูกสูบ	52
อัตราการสิ้นเปลืองลมของลูกสูบ	52
วาล์วปรับอัตราการไหล	54
เครื่องอัดอากาศ	55
ข้อต่อรวมหลายๆตัว	56
3. วิธีการดำเนินงาน	
พื้นฐานการวางแผนดำเนินงานทั่วไป	60
การออกแบบขนาดและรูปร่างของเครื่องบรรจุน้ำดื่มเบื้องต้น	60
ระบบของเครื่อง	61
การหาขนาดท่อน้ำ	62
การหาขนาดของปั๊มน้ำ	63
โซลินอวาล์ว	70
ระบบไฟฟ้า	71
การประกอบเครื่อง	72

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. ผลการดำเนินการและข้อเสนอแนะ	
การทดสอบความสามารถเครื่องบรรจุน้ำดื่ม	80
ผลการทดลอง	83
การคำนวณค่าไฟฟ้า	84
สรุปผลการทดลอง	86
ข้อเสนอแนะ	86
บรรณานุกรม	87
ภาคผนวก	
ผนวก ก. ตารางที่ใช้	88
ผนวก ข. แบบเครื่องบรรจุน้ำดื่ม	98
ผนวก ค. วงจรตู้ควบคุมเครื่องบรรจุน้ำดื่ม	104
ผนวก ง. คู่มือการใช้งาน	106

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินการเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน	3
2.1 พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันสายไฟ	16
2.2 ขนาดช่วงชักของกระบอกสูบที่มีช่วงชักสั้น	51
4.1 แสดงการบรรจุน้ำดื่มขนาด 600 , 1,500 ซีซี เทียบกับเวลา	83
4.2 แสดงอัตราค่าใช้ไฟฟ้าราคาต่อหน่วย	84

สารบัญภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการไหลของของไหล	9
2.2 แสดงขนาดของความดันของน้ำในระบบเป็นความสูงของน้ำ	12
2.3 การเลือกขนาดของเครื่องสูบน้ำควร	13
2.4 การวัดความดันสัมบูรณ์	14
2.5 การไหลของของไหลอย่างต่อเนื่อง	15
2.6 สัญลักษณ์ของหน้าสัมผัสแบบออนดีเลย์เมื่ออยู่ในสภาวะเปิด	17
2.7 วงจรออนดีเลย์	17
2.8 แสดงลักษณะของเซอร์กิตเบรคเกอร์	18
2.9 แสดงภาพของสายไฟ	21
2.10 แสดงลักษณะโซลีนอยด์	22
2.11 โครงสร้างของแมกเนติกคอนแทกเตอร์	23
2.12 คอนแทกเตอร์ขณะทำงานและปกติ	24
2.13 แสดงมอเตอร์เกียร์	25
2.14 อุปกรณ์ข้อต่อสำหรับท่อระบายชนิด พีวีซี	34
2.15 อุปกรณ์ข้อต่อสำหรับท่อระบายชนิด พีวีซี	34
2.16 โกล์บวาล์ว	35
2.17 ทิศทางการไหลของของไหลขณะที่ผ่านออกจากใบพัดของปั๊มแบบเซนตริฟลูกอล	36
2.18 ลักษณะโดยทั่วไปของเรือนปั๊มของปั๊มแบบเซนตริฟูกอล	37
2.19 คำจำกัดความของเฮดสถิต	39
2.20 ตำแหน่งที่เกิดการสูญเสียพลังงานหรือเฮดในระบบท่อหรืออุปกรณ์	40
2.21 แสดงสมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล (K_L)	46
2.22 แสดงสมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล (K_L)	47
2.23 กราฟ H – Q ของปั๊มเซนติฟูกอลแบบต่าง ๆ	48
2.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างของใบพัดกับลักษณะของกราฟ H – Q	49
2.25 แสดงกราฟเฮดของระบบ	43

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.26 ระบบเครื่องสูบและกราฟเฮดของระบบ	44
2.27 แสดงการหาจุดทำงานของปั๊มโดยใช้กราฟเฮดของระบบและกราฟ H – Q ของปั๊ม	45
2.28 ตัวอย่างกราฟแสดงลักษณะการทำงานของปั๊ม (Pump Charateristic Curve)	46
2.29 กราฟของค่าประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำห่อยโข่งกับค่าความเร็วจำเพาะ	47
2.30 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางแบบมีก้านสูบสองข้าง	48
2.31 กระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว	49
2.32 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง	49
2.33 หม้อกรองลมอัด	54
2.34 วาล์วปรับอัตราการไหล หรือวาล์วควบคุมความเร็ว	54
2.35 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบอัดขั้นเดียว	55
2.36 จังหวะดูด	56
2.37 จังหวะอัด	56
2.38 ข้อต่อรวมหลาย ๆ ตัว	56
2.39 ข้อต่อชนิดหมุนได้	57
3.1 แสดงขั้นตอนการทำโครงการ	59
3.2 ระบบส่งน้ำของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม	65
3.3 แสดงโครงสร้างของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม	72
3.4 แสดงตำแหน่งติดตั้งแผ่นเหล็กพื้นและตำแหน่งติดตั้งลูกล้อ	73
3.5 แสดงตำแหน่งติดตั้งท่อพักน้ำและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกรองน้ำ	74
3.6 แสดงตำแหน่งติดตั้งถังพักน้ำ	75
3.7 แสดงตำแหน่งติดตั้งปั๊มน้ำ	75
3.8 แสดงตำแหน่งติดตั้งท่อน้ำ	76
3.9 แสดงการประกอบชุดยึดหัวจ่ายน้ำ	76
3.10 แสดงตำแหน่งการติดตั้งโซลีนอยด์และตำแหน่งติดตั้งกระบอกสูบลม	77
3.11 แสดงตำแหน่งติดตั้งสายยางบรรจุน้ำดื่ม	77
3.12 แสดงตำแหน่งติดตั้งสายยางบรรจุน้ำดื่มเข้ากับโซลีนอยด์จ่ายน้ำ	78

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.13 แสดงโครงสร้างของสายพานลำเลียงขวดน้ำดื่ม	78
3.14 แสดงการติดตั้งตู้ควบคุมไฟของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม	79
3.15 แสดงตำแหน่งการติดตั้งลิมิตสวิตซ์	79
3.16 แสดงการพ่นสีแผ่นโครงเครื่องบรรจุน้ำดื่ม	80
3.17 แสดงการประกอบแผ่นโครงเครื่องบรรจุน้ำดื่ม	80

สัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
W_P	กำลังในการไหล	W
γ	น้ำหนักจำเพาะของของไหล	N/m^3
Q	อัตราการไหล	m^3/s
ρ	ความหนาแน่นของของไหล	kg/m^3
m	มวลของของไหล	kg
V	ปริมาตรของของไหล	m^3
w	น้ำหนักของของไหล	N
g	อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก	m/s^2
P	ความดันของของไหลที่จุด ๆ หนึ่ง	N/m^2
h	ระยะทางจากผิวของของไหลถึงจุดที่ต้องพิจารณา	m
F	แรงของของไหลที่กระทำกับพื้นผิวของวัสดุ	N
A	พื้นที่ทั้งหมดของวัสดุ	m^2
v	ความเร็วในการไหลของของไหลในท่อ	m/s
H_T	เฮดรวมของปั๊ม	m of water
h_f	การเสียเฮดเนื่องจากความฝืด	m of water
L	ความยาวของท่อ	m
D	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ	m
μ	ความหนืดสมบูรณ์	$N.s/m^2$
ν	ความหนืดจลน์	m^2/s
h_L	การเสียเฮดเนื่องจากอุปกรณ์ในระบบท่อ	m of water
N_S	ความเร็วจำเพาะ	m/s

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาของโครงการ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมขนาดย่อมถือว่าเป็นอุตสาหกรรมที่น่าลงทุนเป็นอย่างยิ่ง เพราะใช้เงินลงทุนที่ไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ซึ่งเหมาะกับสภาพเศรษฐกิจ แต่ในการซื้อเครื่องจักรตามโรงงานนั้น มีต้นทุนสูงทำให้ไม่คุ้มค่ากับสิ่งที่ผลิตออกมา ผู้จัดทำจึงได้คิดที่จะออกแบบเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน ขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องต้นแบบในการพัฒนานำไปใช้งานให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมขนาดย่อม

จากการค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลของหลักการทำงานของเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอนที่มีการผลิตจำหน่ายทั่วไป ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้

1. นำขวดน้ำที่ทำความสะอาดเรียบร้อยบรรจุใส่ลังที่จุดรองรับของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม
2. แล้วใช้คนควบคุมวาล์วในการเปิดการไหลของน้ำ
3. น้ำจะไหลลงขวดที่จุดรองรับเมื่อถึงระดับที่กำหนด
4. ปิดวาล์วตัดการไหลของน้ำ
5. แล้วนำลังออกจากจุดรองรับ พร้อมกับนำขวดใหม่ใส่เพื่อที่จะนำไปบรรจุครั้งต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน
2. เพื่อลดต้นทุนในการผลิตเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน
3. เพื่อนำความรู้ที่ศึกษามาประยุกต์ใช้กับงานจริง

ขอบเขตของโครงการ

1. สร้างเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน 1 เครื่อง
2. สามารถบรรจุน้ำดื่มได้ 2 ขนาด คือ 600 ซีซี และ 1,500 ซีซี
3. ใช้โซลีนอยด์วาล์วไฟฟ้า (Solenoid Valve) ควบคุมปริมาณน้ำ
4. ใช้สวิตซ์ควบคุมการเปิด - ปิด โซลีนอยด์วาล์วไฟฟ้า (Solenoid Valve)
5. ใช้ระบบนิวแมติกส์ควบคุมการทำงานของกระบอกสูบในการเคลื่อนที่ขึ้น – ลง ของหัวจ่ายน้ำ
6. ใช้สายพานในการลำเลียงขวดน้ำดื่มมายังตำแหน่งหัวจ่ายน้ำ
7. ใช้ลิมิตสวิตช์ในการควบคุมการทำงานของสายพานลำเลียง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน จำนวน 1 เครื่อง
2. เพื่อนำความรู้มาใช้ในงานจริงและสามารถแก้ไขปัญหาและอุปสรรคได้
3. เป็นประโยชน์ต่อชุมชนหรือกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการบรรจุน้ำดื่ม
4. สามารถทำงานเป็นทีมและแก้ไขปัญหาอุปสรรคได้

แผนการดำเนินงานโครงการ

แผนดำเนินงานโครงการจะประกอบด้วยการดำเนินการโครงการ มีขั้นตอนและแผนดำเนินโครงการทำเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอนตามตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนดำเนินการเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน

แผนดำเนินการ	พ.ศ. 2549			พ.ศ. 2550								
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล	←	—	→									
2. คำนวณและออกแบบ			←	—	→							
3. จัดซื้อวัสดุและดำเนินการสร้าง						←	—	→				
4. ทดลองการใช้งานและปรับปรุงแก้ไข								←	—	→		
5. สรุปผลและจัดทำรายงาน											←	— →

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 2
เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะเป็นการกล่าวถึงทฤษฎี ที่จะนำมาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน โดยนำความสามารถของชาวบ้านมาใช้ประกอบแนวความคิดพื้นฐานในการสร้างเครื่องบรรจุน้ำดื่ม ซึ่งสามารถจำแนก ทฤษฎีที่สำคัญ ๆ เกี่ยวกับโครงการได้ดังนี้

1. คำจำกัดความ
2. น้ำ
3. พลาสติกและขวดน้ำ
4. ทฤษฎีของการไหล
5. อุปกรณ์ทางไฟฟ้า
6. ล้อ
7. ท่อพลาสติก
8. โกล์บวาล์ว
9. เครื่องสูบน้ำ
10. เฮด
11. สายพานลำเลียง
12. ระบบนิวเมติกส์

คำจำกัดความ

1. เครื่อง หมายถึง สิ่งของสำหรับประกอบกันหรือพวกเดียวกัน
2. บรรจุ หมายถึง ประจุ ใส่ลงในขวด หรือ ใส่ลงไว้ในภาชนะหรือสถานที่ที่มิดชิด
3. น้ำดื่ม หมายถึง สารประกอบซึ่งมีองค์ประกอบเป็นธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจนในอัตราส่วน 1:8 โดยน้ำหนัก เมื่อบริสุทธิ์มีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มี สี กลิ่น รส มีประโยชน์มากเช่นใช้ดื่ม ชำระล้างสิ่งสกปรก

ที่มา : พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2542

น้ำ

น้ำเป็นสารประกอบเคมีในรูปของ H_2O ที่คนเราใช้ดื่มกิน อาบและซักล้างใช้วิตประจำวัน ที่มีกำเนิดอันยาวนานใกล้เคียงกับอายุของโลก ซึ่งมีอายุประมาน 4,600 ล้านปี น้ำเป็นองค์ประกอบเกือบทั้งหมดของสิ่งมีชีวิต น้ำเป็นสสารที่มีปรากฏตามธรรมชาติพร้อมกันทั้ง 3 สถานะ คือ ของเหลว ของแข็งและก๊าซ โดยมีความสามารถในการรับและถ่ายพลังงานความร้อนของน้ำ ทำให้น้ำมีบทบาทสำคัญมากในการรักษาระดับอุณหภูมิของบรรยากาศ ให้เหมาะสมและสร้างวงจรของน้ำในโลก ซึ่งจะได้อธิบายในบทต่อ ๆ ไป โดยปกติน้ำหนึ่งกรัมที่อุณหภูมิ 10 ° เซลเซียล จะระเหยกลายเป็นไอน้ำได้ต้องดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อมไปใช้ถึง 629 แคลลอรี่ ซึ่งทำให้สิ่งแวดล้อมที่มีอยู่รอบ ๆ เย็นลงได้ ดังนั้นจึงสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อเวลาเรานั่งอยู่ใกล้ ๆ อ่างเก็บน้ำ หรือแม่น้ำตอนกลางวันจะรู้สึกเย็นกว่าอยู่ที่อื่น

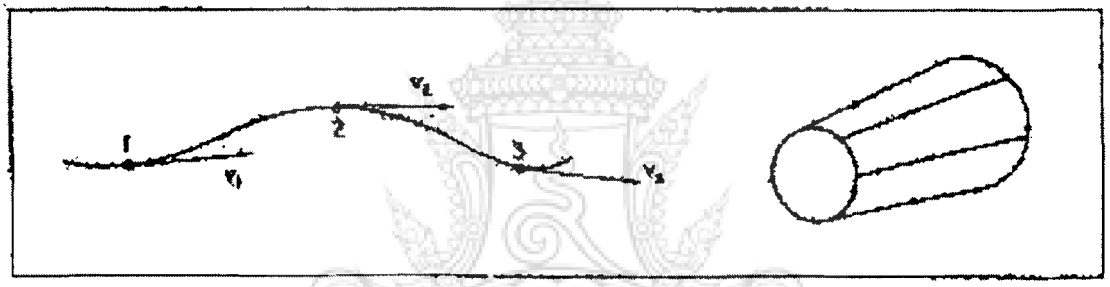
ในปัจจุบันนี้น้ำที่คนเราสามารถนำขึ้นมาใช้อุปโภคบริโภคได้ดี มีปริมาณที่จำกัดมาก โดยน้ำที่เหลือมากในโลกจะเป็นน้ำทะเล น้ำแข็งและน้ำเสีย ซึ่งยากที่จะนำมาใช้ได้

1. แหล่งน้ำดิบเพื่อนำมาผลิตน้ำประปาได้แก่ แม่น้ำ คลอง อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น
2. ระบบจัดส่งน้ำดิบ เพื่อสูบน้ำส่งไปโรงผลิตน้ำประปา
3. ปริมาณน้ำประปา ที่ต้องการใช้ของชุมชนต่าง ๆ ตั้งแต่ชุมชนขนาดเล็กจนถึงชุมชนขนาดใหญ่และหนาแน่น
4. คุณภาพน้ำประปา เพื่อสามารถเข้าใจถึงคุณภาพของน้ำประปาที่ผลิตขึ้นมาได้และสามารถทราบถึงการแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำประปาที่ไม่ได้มาตรฐาน
5. ระบบผลิตน้ำประปา เป็นระบบที่แยกตะกอนและสารเจือปนที่ไม่ต้องการออกจากน้ำดิบทำให้ได้น้ำประปาที่ใสสะอาดตามมาตรฐานสากล
6. ระบบจ่ายน้ำประปา เป็นระบบที่อาจใช้เครื่องสูบน้ำจ่ายหรือหอถังสูงจ่ายน้ำประปาไปตามชุมชนต่าง ๆ ตั้งแต่โรงผลิตน้ำประปาไปจนถึงอาคารบ้านเรือนต่าง ๆ

ทฤษฎีของการไหล

ในขณะที่ของไหลอยู่นิ่งไม่มีแรงเฉือนเกิดขึ้นในของไหล แต่เมื่อของไหลเคลื่อนที่ จะมีแรงเฉือนเกิดขึ้นเนื่องจากความหนืด และการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent) อันเป็นผลทำให้เกิดความเสียดทานต่อการเคลื่อนที่ ปัญหาส่วนมากในทางปฏิบัติถือว่าของไหลเป็นของไหลอุดมคติ (Ideal fluid) คือเป็นของไหลที่ไม่มีการเสียดทาน ซึ่งได้ผลออกมา ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

พอสมควรอันเป็นที่ยอมรับกันในทางปฏิบัติงานด้านทางวิศวกรรมของไหล ประกอบไปด้วยอนุภาคของของไหล (Fluid Particles) จำนวนมากในทิศทางที่ของไหลเคลื่อนที่ อนุภาคต่าง ๆ เหล่านี้ไม่ได้เคลื่อนที่ขนานกันไปตลอด แต่เคลื่อนที่ไปอย่างอิสระในทิศทาง ความเร็วของอนุภาคเป็นปริมาตรเวกเตอร์ มีทั้งขนาดและทิศทางซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา ถ้าลากเส้นไปตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคหลาย ๆ อนุภาคโดยการลากเส้นโค้งสัมผัสกับทิศทางการเคลื่อนที่ในชั่วขณะของหลายๆอนุภาคเส้นโค้งที่ได้นี้เรียกว่า streamline และโดยทั่วไปมักเป็นเส้นโค้ง 3 มิติ (Three Dimention) เนื่องจากความเร็วของอนุภาคที่จุดใด ๆ บน streamline มีทิศทางสัมผัสกับ streamline ดังนั้นอนุภาคของไหลจึงไม่มีการเคลื่อนที่ข้าม streamline



รูปที่ 2.1 แสดงการไหลของของไหล

ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น. 10.

เมื่อต้องการวิเคราะห์ถึงการเคลื่อนที่ของของไหลจำนวนมาก อาจมีวิธีการที่สะดวกในการวิเคราะห์ คือ การพิจารณาการเคลื่อนที่ของของไหลบนพื้นที่หน้าตัดเล็ก ๆ (ซึ่งคล้ายกับการพิจารณา Element เล็ก ๆ ในวิชา Strength of materials) ถ้าลากเส้นผ่านทุกๆจุดบนเส้นรอบรูปพื้นที่หน้าตัดเล็กๆนี้แล้วจะทำให้เกิด Stream Tube เส้นที่เกิดรอบ ๆ Stream Tube นี้คือ Stream line

1. ประเภทของการไหล

การไหลของของไหลแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) เป็นการไหลที่อนุภาคของของไหลเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบ มีตำแหน่งไม่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับอนุภาคอื่น ๆ บนหน้าตัดของการไหลใด ๆ

1.2 การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) เป็นการไหลที่อนุภาคของของไหล

เคลื่อนที่อย่างเป็นระเบียบ มีตำแหน่งแน่นอนเมื่อเปรียบเทียบกับอนุภาคอื่น ๆ บนหน้าตัดของการไหลใดๆ นอกจากนี้แล้วยังมีคำที่เกี่ยวกับการไหลของของไหลอีก คือ

1.2.1 Uniform Flow เป็นการไหลซึ่งขนาดและทิศทางของความเร็วของของไหลมีค่าเท่ากันทุก ๆ หน้าตัดของการไหล ตัวอย่างเช่น การไหลผ่านท่อที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันตลอดแล้ว จะเป็นการไหลแบบ Uniform Flow เสมอไม่ว่าจะเป็น Steady หรือ Uniform Flow

1.2.2 Non - Uniform Flow เป็นการไหลซึ่งความเร็ว ความดัน เปลี่ยนแปลงไปทุกๆหน้าตัดของของไหล

1.2.3 Steady Flow เป็นการไหลซึ่งความเร็วของของไหลเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาแต่อาจเปลี่ยนแปลงได้ทุก ๆ หน้าตัดของการไหล ตัวอย่างเช่น การไหลผ่านท่อเรียว เป็นต้น ปัญหาในทางปฏิบัติของงานวิศวกรรมส่วนมากเป็นปัญหาเกี่ยวกับ Steady Flow

1.2.4 Non – Steady Flow เป็นการไหลซึ่งความเร็วของของไหลเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

2. อัตราการไหลและความเร็วเฉลี่ย

อัตราการไหล (Flow Rate) ของของไหล คือปริมาตรของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่กำหนดในหนึ่งหน่วยเวลา หน่วยของอัตราการไหลจึงเป็นหน่วยของปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยของเวลานั้นคือ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (m^3/s) และใช้สัญลักษณ์แทนอัตราการไหลว่า Q

ความเร็วเฉลี่ย (Mean Velocity) บนหน้าตัดที่กำหนดคือ ค่าอัตราไหลพื้นที่หน้าตัดหารด้วยพื้นที่หน้าตัด ถ้าให้ V เป็นความเร็ว Q เป็นอัตราการไหล และ A เป็นพื้นที่หน้าตัดดังนั้น

$$V = \frac{Q}{A} \qquad (2-1)$$

3. กำลังในการไหล

กำลังการไหลหาได้โดยการคูณ Total Head ด้วยน้ำหนักของของไหลที่ไหลต่อหนึ่งหน่วยเวลานั่น คือ

กำลัง = พลังงาน / เวลา = พลังงาน / น้ำหนัก × น้ำหนัก / เวลา

$$W_p = H\gamma Q \qquad (2-2)$$

หรือ

$$W_p = \gamma Q H \qquad (2-3)$$

เมื่อ W_p คือ กำลังในการไหล หน่วยเป็น W

γ คือ น้ำหนักจำเพาะของของไหล หน่วยเป็น N/m^3

Q คือ อัตราการไหล หน่วยเป็น m^3/s

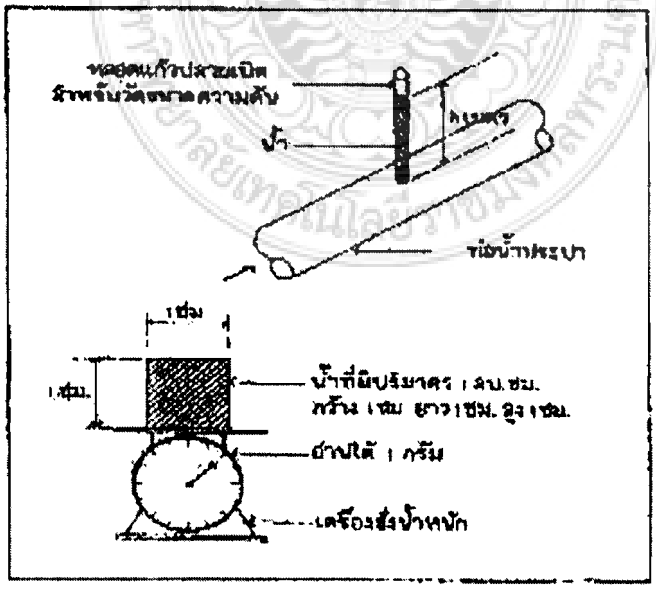
H คือ Total head หน่วยเป็น m

4. ความดันของน้ำ

ความดันของน้ำในท่อประปาหรืออื่น ๆ จำเป็นต้องมีเพียงพอสำหรับแจกจ่ายนั้นไปตามจุดต่างๆภายในอาคาร แต่ต้องไม่ให้มีความดัน (แรงดัน) ที่สูงเกินไปด้วย ดังนั้นการควบคุมความดันของน้ำในท่อต้องคำนวณออกแบบ และพิจารณาให้ได้ระดับที่เหมาะสมที่สุด จะเห็นได้ว่าการคำนวณออกแบบท่อจำเป็นต้องทราบความรู้ทางกลศาสตร์ของไหล ซึ่งในหัวข้อนี้จะได้อธิบายเกี่ยวกับความดันน้ำอย่างง่ายเพื่อให้เข้าใจชัดเจน

ความดันของน้ำหรือนิยมเรียกว่าแรงดันของน้ำในศัพท์ภาษาอังกฤษเรียกว่า Pressure แต่จะพบคำศัพท์อีกคำคือ Head ซึ่งทั้งสองคำนี้มีความหมายที่แตกต่างกันบ้างและยังมีคำศัพท์ อื่น ๆ อีกที่นิยมใช้กันมาก ได้ แก่ Gravity Head, Pressure Head , Suction Lift ,Friction Head เป็นต้น ต่อไปนี้จะขออธิบายคำต่างๆข้างบนโดยแยกเป็นหัวข้อ

Head ความดันของน้ำในระบบต่างๆ เช่น ท่อน้ำที่มีความดัน ถังน้ำที่มีความดัน ฯลฯ โดยได้แสดงขนาดของความดันของน้ำในระบบเป็นความสูงของน้ำ ที่วัดจากตำแหน่งที่ต้องการทราบความดันโดยนิยมใช้หน่วยแสดงความดันเป็นความสูงเมตรของน้ำ หรือฟุตของน้ำ

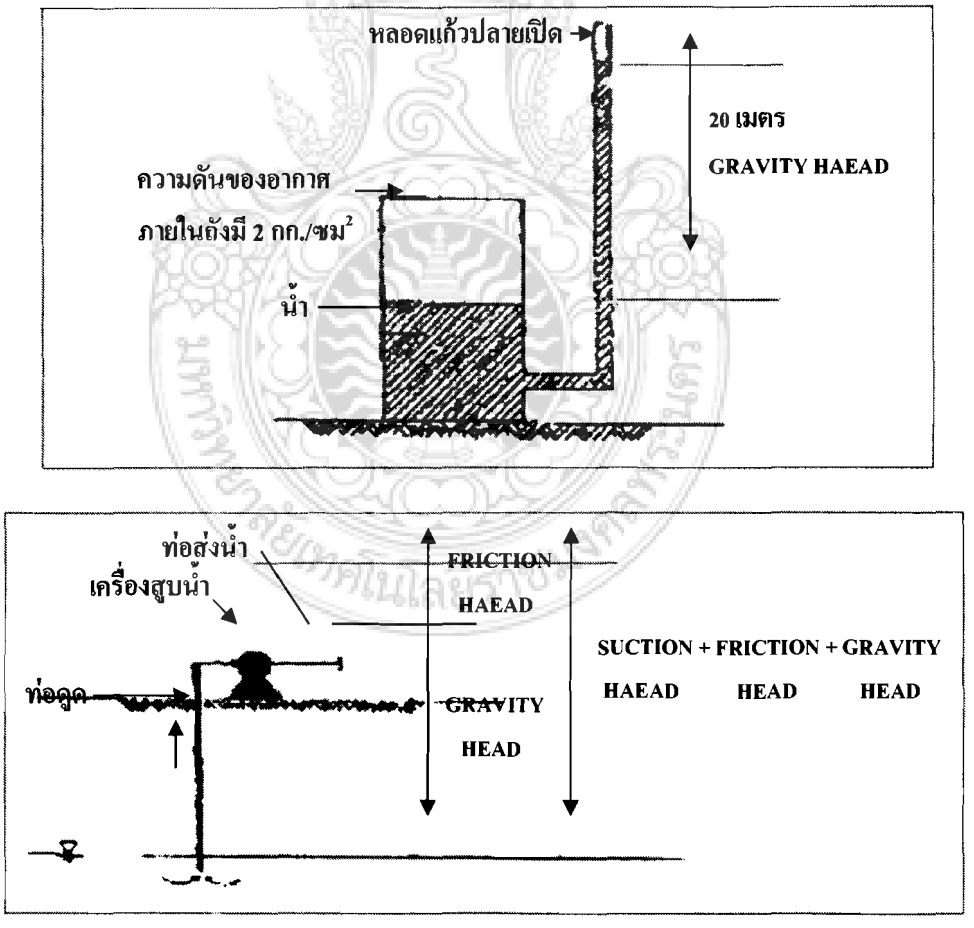


รูปที่ 2.2 แสดงขนาดของความดันของน้ำในระบบเป็นความสูงของน้ำ

ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น. 15.

Pressure Head ขนาดความดันของน้ำที่เกิดจากการให้ความดันแก่น้ำ โดยเมื่อให้ความดันเท่ากับ 0.1 กิโลกรัม ต่อ ตร.ซม. จะทำให้มีค่า Gravity Head เท่ากับ 1 เมตร เพราะฉะนั้นเมื่อให้ความดันเป็น 1 กิโลกรัม ต่อ ตร.ซม. จะทำให้มีค่า Gravity Head เท่ากับ 10 เมตร และเมื่อให้ความดันเป็น 1 ปอนด์ ต่อ ตร.นิ้ว จะทำให้มีค่า Gravity Head เท่ากับ 2.3 ฟุต

Suction Lift ความหมายของ Suction Lift จะใช้กับการสูบน้ำโดยเครื่องสูบน้ำโดยมีค่าเท่ากับ Gravity Head บวกกับ Friction Head สมมติว่าเครื่องสูบน้ำทำการสูบน้ำขึ้นจากบ่อเก็บน้ำโดยเครื่องสูบน้ำติดตั้งอยู่เหนือผิวน้ำ 5 เมตร ในการสูบน้ำขึ้นไหลตามท่อทำให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากเกิดแรงเสียดทานขึ้นระหว่างน้ำกับผิวภายในท่อที่นิยมเรียกว่า Friction Head มีค่าเท่ากับ 0.80 เมตร ทำให้มีค่า Suction Lift เท่ากับ 5.8 เมตร ดังนั้นการเลือกขนาดของเครื่องสูบน้ำควรมีขนาดความดันอย่างน้อย 5.8 เมตร



รูปที่ 2.3 การเลือกขนาดของเครื่องสูบน้ำ

ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น.16.

Friction Head ถ้าใช้กับการไหลของน้ำภายในท่อก็หมายถึงว่ามีการเสียดทานเกิดขึ้นระหว่างน้ำกับผิวภายในท่อ ทำให้ความดันหรือแรงดันน้ำภายในท่อลดลงด้วยขนาดเท่ากับ Friction Head ต่อไปนี้คือ ปัจจัยที่ทำให้ความดันของน้ำภายในท่อลดลง เนื่องจากเกิดแรงเสียดทานขึ้นระหว่างน้ำกับผิวภายในท่อ

4.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

4.2 ความยาวของท่อ

4.3 ความเรียบของผิวภายในท่อ

4.4 จำนวนของข้อต่อและวาล์วต่างๆ

4.5 ปริมาณน้ำไหลภายในท่อ

5. ความดันสัมบูรณ์และความดันเกจ

การวัดความดันของระบบท่ออาจวัดได้ทั้งความดันสัมบูรณ์ หรือความดันเกจก็ได้ แต่ความดันเกจจะเป็นที่นิยมใช้กันมากกว่าของไหลที่เป็นพวกของเหลว เช่น น้ำ น้ำมัน เป็นต้น และค่าความดันสัมบูรณ์จะนิยมใช้สำหรับของไหลที่เป็นพวกก๊าซต่าง ๆ ความสัมพันธ์ของค่าสัมบูรณ์กับค่าความดันเกจจะแสดงไว้ในสมการ

ความดันสัมบูรณ์ = ความดันเกจ + ความดันบรรยากาศ (2 – 4)

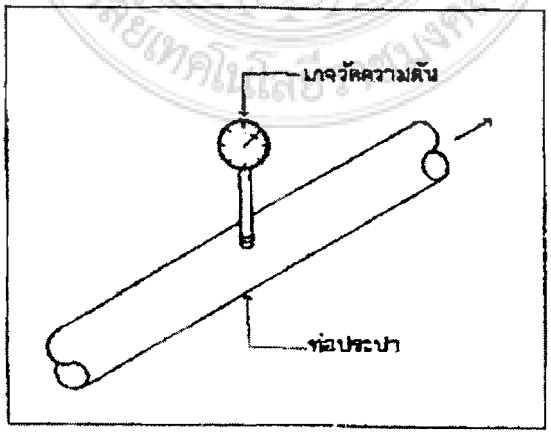
โดยทั่วไป

ความดันบรรยากาศปกติ = 1.01325 บาร์ = 101.325 กิโลปาสคาล (kPa)

= 10.33 เมตรของน้ำ

= 29.92 นิ้วของปรอท

= 760 มม.ของปรอท



รูปที่ 2.4 การวัดความดันสัมบูรณ์

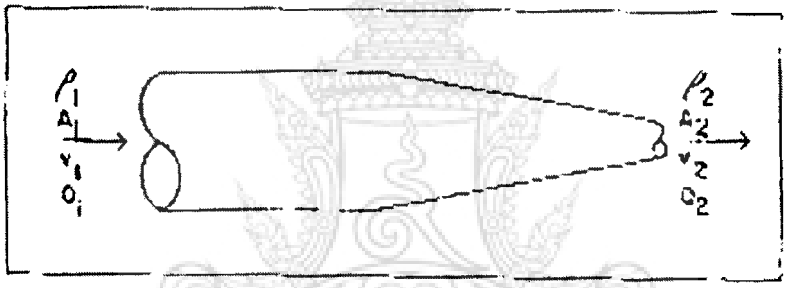
ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น. 20.

6. สมการของการไหล

วิธีวิเคราะห์การไหลของของไหลสามารถนำไปแก้ปัญหา ในทางปฏิบัติของการไหลของของไหลโดยเฉพาะน้ำไหลในท่อประปาในรางระบายน้ำ สมการของของไหลมีอยู่ 3 สมการ ที่สำคัญมาก ซึ่งเป็นพื้นฐานทางกลศาสตร์ของไหลดังนี้

6.1 สมการของการต่อเนื่อง (Equation of Continuity) หลักการของสมการนี้คือ มวลไหลเข้าเท่ากับมวลที่ไหลออกดังสมการ

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 \qquad (2-5)$$



รูปที่ 2.5 การไหลของของไหลอย่างต่อเนื่อง

ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น.18.

6.2 สมการกำลังงาน หลักการของสมการนี้ คือ พลังงานการไหลของของไหลที่คงที่ไม่มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงแต่อาจเปลี่ยนค่าพลังงานจากสภาพหนึ่งไปเป็นอีกสภาพหนึ่ง เช่น เปลี่ยนจากพลังงานเนื่องจากความเร็วไปเป็นพลังงานเนื่องจากความดัน

เมื่อของเหลวไม่มีการเสียดทานเกิดขึ้น ไม่มีพลังงานจากเครื่องกลหรือความร้อนเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของของเหลวดังสมการ

$$\frac{\rho_1}{\gamma_1} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{\rho_2}{\gamma_2} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + H_L \qquad (2-6)$$

เมื่อ ρ_1 และ ρ_2 คือ ความดันของของเหลวที่จุด 1 และ จุด 2

V_1 และ V_2 คือ ความเร็วของของไหลที่จุด 1 และ จุด 2

Z_1 และ Z_2 คือ ระดับความสูงจากระนาบอ้างอิงที่ตำแหน่ง 1 และ 2

γ_1 และ γ_2 คือ น้ำหนักจำเพาะของของไหลที่จุดที่ 1 และ 2

H_L คือ พลังงานสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน

7. ท่อความดัน

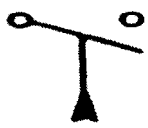
หมายถึง การไหลของของไหลที่อยู่ภายในท่อที่เป็นแบบการไหลเต็มท่อ และมีความดันภายในท่อด้วย ซึ่งจะต้องพิจารณาแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างของเหลวกับผิวภายในท่อ โดยอาศัยความรู้ทางกลศาสตร์ของไหล จำเป็นต้องใช้สมการของ Darcy , Moody Diagram และสมการของ Bernoulli มาพิจารณาร่วมกัน โดยใช้วิธี Trial and Error มาทำการคำนวณออกแบบท่อความดันจึงมีผู้สร้างสมการที่เรียกว่าสมการ Empirical Equation ขึ้นมาเพื่อช่วยในการคำนวณออกแบบท่อความดันได้ง่ายขึ้น

อุปกรณ์ทางไฟฟ้า

1. รีเลย์ (Relay)

ได้มีการนำดีเลย์มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายด้าน โดยมีวิธีในการหน่วงเวลาหลายแบบ ตัวไทเมอร์ซึ่งใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์นั้นจะใช้ค่าคงที่ RC เป็นตัวจับเวลามีราคาไม่แพงและมีความเที่ยงตรงสูง โดยวงจรจะใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้สำหรับปรับค่าเวลาในการหน่วง

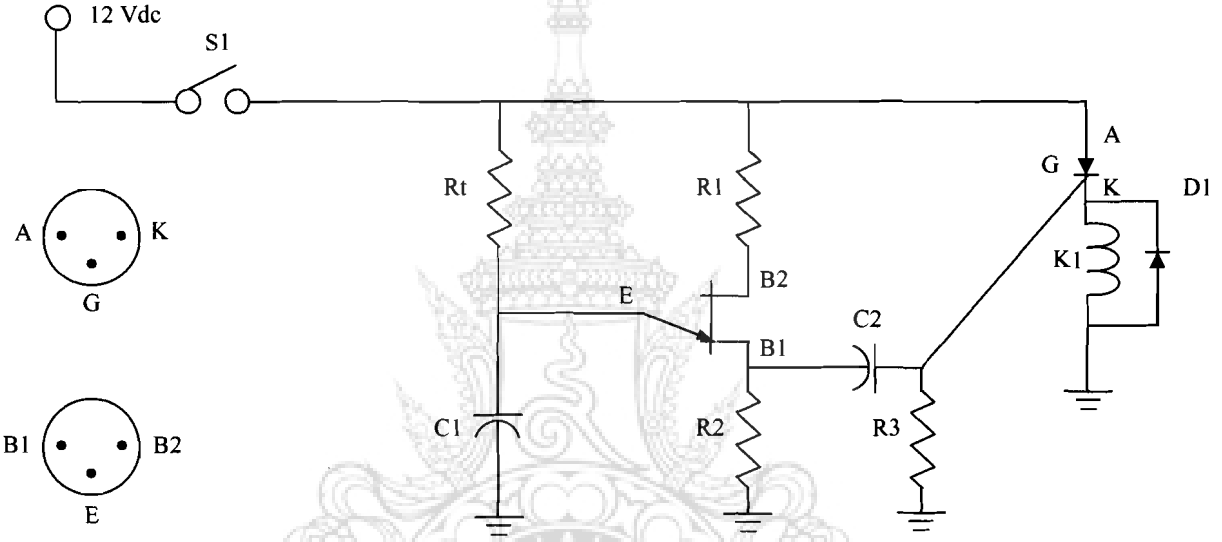
การทำงานของรีเลย์มีหลักการพื้นฐานเหมือน ๆ กันเมื่อรีเลย์ได้รับพลังงาน หน้าสัมผัสรีเลย์จะอยู่ตำแหน่งเดิมในช่วงระยะเวลาหนึ่งก่อนจะปิด (turn on) และเมื่อรีเลย์ไม่ได้รับพลังงานหน้าสัมผัสจะหลับมายังตำแหน่งเดิมทันที (turn off)



รูปที่ 2.6 สัญลักษณ์ของหน้าสัมผัสแบบออนรีเลย์เมื่ออยู่ในสภาวะเปิด

ที่มา : บัณฑิต สุขกล่ำ : 2545 : น. 32.

จากรูปที่ 2.7 แสดงสัญลักษณ์หน้าสัมผัสระบบ NEMA (National Electrical Manufacturers Association) เมื่ออยู่ในสภาวะเปิดซึ่งถูกควบคุมโดยรีเลย์แบบออนรีเลย์ สมมุติว่าหน้าสัมผัสของรีเลย์นี้ถูกควบคุม โดยรีเลย์แบบออนรีเลย์ ถูกตั้งเวลาให้มีค่า 10 วินาทีได้รับพลังงาน หมายความว่ามีรีเลย์ได้รับพลังงาน หน้าสัมผัสรีเลย์จะอยู่ในสภาวะเปิดนาน 10 วินาที จากนั้นจึงปิด และเมื่อรีเลย์ได้รับพลังงาน หน้าสัมผัสของรีเลย์จะกลับมาตำแหน่งเปิดทันที



รูปที่ 2.7 วงจรออนรีเลย์

ที่มา : บัณฑิต สุขกล่ำ : 2545 : น. 34.

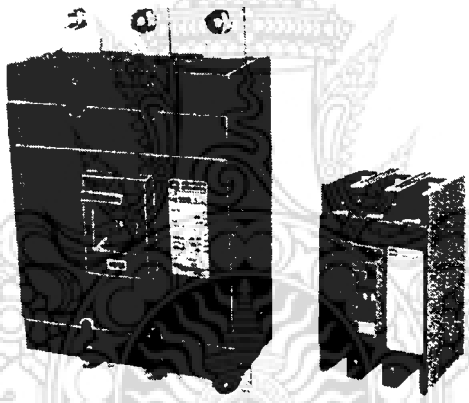
จากวงจรในรูปที่ 2.7 เป็นตัวอย่างแบบไทเมอร์แบบออนรีเลย์ ในวงจรจะใช้ยูนิจังก์ชันทรานซิสเตอร์เป็นตัวจับเวลา โดยค่าของเวลาจะถูกพิจารณาจากค่าของตัวต้านทาน R_t และค่าของคาพาซิเตอร์ C_1 ตัวต้านทาน R_1 ทำหน้าที่จำกัดกระแสที่ไหลผ่านยูนิจังก์ชันทานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน R_2 ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณพัลส์บวกเมื่อยูนิจังก์ชันทรานซิสเตอร์นำกระแสและคาพาซิเตอร์ C_1 คายประจุ หากไม่ต่อตัวต้านทาน R_2 ก็จะไม่เกิดสัญญาณพัลส์บวกเมื่อคาพาซิเตอร์ C_1 คายประจุ

คาพาซิเตอร์C_2 ทำหน้าที่แยกขาเกจของ SCR ออกจากยูนิจังก์ชันทรานซิสเตอร์โดยกระแสรั่วไหลของยูนิจังก์ชันทานซิสเตอร์จะถูกบล็อกโดยตัวคาพาซิเตอร์ C_2 พัลส์ที่เกิดจากการคายประจุของคาพาซิเตอร์ C_1 จะไหลผ่านคาพาซิเตอร์ C_2 เช่นเดียวกับแรงไฟสลับ

ตัวต้านทาน R_3 ทำหน้าที่รักษาแรงดันที่ขาเกจของ SCR ให้มีแรงดันเท่ากับกราวด์ จนกระทั่งสัญญาณพัลส์ผ่านเข้ามายังคาพาซิสเตอร์ C_2 ทำให้ขาเกจของ SCR นำกระแส เกิดกระแสไหลไปยังคอยล์ K_1 ซึ่งเป็นรีเลย์คอยล์ไฟตรงขนาด 12 V SCR จะนำกระแสจนสวิตช์ S_1 นั้นถูกสับให้ไม่ทำงาน ไดโอด D_1 ทำหน้าที่จำกัดแรงดันสไปก์ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของคอยล์ K_1 เมื่อวงจรหยุดทำงาน

2. เซอร์กิตเบรกกอร์

เป็นอุปกรณ์ตัดตอนอัตโนมัติ ซึ่งหมายถึงเป็นทั้งสะพานไฟ และเป็นตัวตัดวงจรไฟฟ้าขณะเกิดวงจรไฟฟ้าลัดวงจร โดยจะตัดวงจรอัตโนมัติมีอยู่หลายชนิดแบ่งตามลักษณะการใช้งาน



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของเซอร์กิตเบรคเกอร์

ที่มา : สุวรรณ บุญทิพย์ และชาญศักดิ์ อภัยพิพัฒน์ : 2542 : น. 127.

เซอร์กิตเบรกเกอร์แบ่งตามลักษณะการตัดกระแสไฟฟ้าในวงจรได้ 3 ชนิด

2.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดตัดกระแสในวงจรระบบแม่เหล็ก

2.2 เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดตัดกระแสไฟในวงจรความร้อน

2.3 เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดตัดกระแสไฟในวงจรระบบความร้อนแม่เหล็ก

การเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน ในที่นี้ได้เลือกแบบตัดวงจรระบบความร้อนเพราะมีราคาถูก

การทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดตัดกระแสในวงจรระบบความร้อน จะทำงานเมื่อใบเมตัลได้รับความร้อนจากการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า (ใบเมตัลจะต่ออนุกรมกับวงจรทำให้ใบเมตัลเกิดการงอตัวตึงตัวเองออกจนไม่รับก้านหน้าคอนแทรก) สปริงก็จะดึงก้านหน้าคอนแทรกให้เปิดออก ก็เป็นการตัดกระแสไฟฟ้าในวงจร

การหาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ เริ่มพิจารณาจากมอเตอร์ที่ใช้ว่าเป็นมอเตอร์ 1 เฟส หรือ 3 เฟส และขนาดแรงขับของมอเตอร์ แล้วจึงคำนวณหาขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในวงจรทั้งหมด ก็สามารถหาของเซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ ดังสมการต่อไปนี้

สูตร

$$P_I - Ø = V_L I_L \cos \Theta \qquad (2-7)$$

$$I_L = \frac{P_I - Ø}{V_L \cos \Theta}$$

เมื่อ

P_I คือ ขนาดของ h_P หน่วยเป็น W

V_I คือ แรงดันกระแสไฟ หน่วยเป็น V

I_I คือ กระแสไฟ หน่วยเป็น แอมแปร์

$\cos \Theta$ = POWER FACTOR = 0.8

หาขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ = 1×2.5 $\qquad (2-8)$

ตารางที่ 2.1 พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันสายไฟ

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ทำงานไว	ฟิวส์หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์เวลาผกผัน
มอเตอร์ 1 เฟส - ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส ทั้งหมด ซึ่งเริ่มเดินโดยรับแรงดันไฟฟ้าเต็มที่หรือเริ่มเดินผ่านตัวต้านทาน				
- ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
- รหัสอักษร F ถึง V	300	175	700	250
- รหัสอักษร B ถึง E	250	175	700	200
- รหัสอักษร A	150	175	700	150

ที่มา : บัณฑิต สุขกล่ำ : 2545 : น. 41.

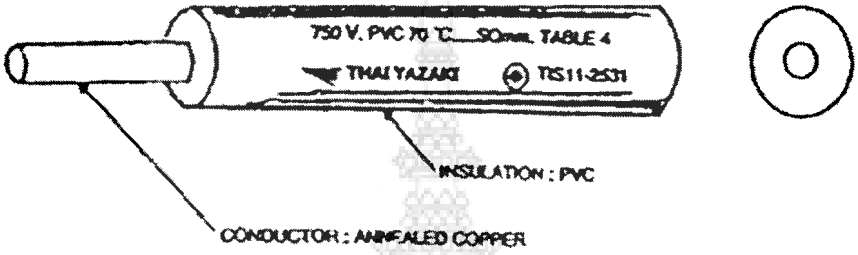
3. สายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สายชนิดที่มีฉนวนห่อหุ้ม และไม่มีฉนวนห่อหุ้มสายไฟฟ้า

สายไฟฟ้าชนิดที่ไม่มีฉนวนห่อหุ้มภายนอก เรียกสายเปลือย (Bare Wire) ใช้เป็นสายส่งไฟฟ้าระบบแรงสูง เป็นสายเปลือยล้วน ๆ ผิวนอกไม่ได้อาบน้ำยา ฉนวนสายเปลือยส่วนมากแล้วจะทำด้วยอลูมิเนียม คือเป็นสายที่มีอลูมิเนียมไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 จะวางและพาดกับเสาสูงๆเห็นได้จากสายไฟฟ้าแรงสูงเชื่อมโยงไปตามสถานีพักไฟฟ้าย่อย และเข้าในเมืองก่อนต่อเข้าหม้อแปลงไฟฟ้า สายไฟจะรับหรือถ่ายกระแสได้มากกว่าสายหุ้มฉนวน เมื่อสายไฟทั้ง 2 ชนิด มีขนาดความโตเท่ากัน

3.1 สายไฟฟ้าชนิดที่มีฉนวนห่อหุ้ม สายที่มีฉนวนห่อหุ้ม เป็นสายที่ทำด้วยทองแดง คือ ต้องมีทองแดงไม่น้อยกว่าร้อยละ 98 และสายอลูมิเนียม ผิวนอกของสายหุ้มฉนวนจะทำด้วย

วัสดุที่เป็นฉนวนหุ้มไฟฟ้า เป็นสายที่ใช้กันตามอาคารบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม เพราะการหุ้มฉนวนของสายไฟนอกจากจะให้ความปลอดภัยแล้ว ยังป้องกันความชื้น และความร้อนได้อีกด้วยในที่เลือกใช้สายไฟชนิดที่มีฉนวนห่อหุ้ม ซึ่งเป็นสายหุ้ม PVC ชนิด IV เพราะเป็นชนิดที่เหมาะสมในการเดินวงจร



รูปที่ 2.9 แสดงภาพของสายไฟ

ที่มา : สุวรรณ บุญทิพย์ : 2545 : น. 98.

การคำนวณหาขนาดของสายไฟหาได้จากสูตร

ขนาดของสายไฟ = i × 1.25 (2 – 9)

กำหนดให้

i คือ ขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในวงจร หน่วยเป็น แอมแปร์

1.25 คือ ค่าแฟกเตอร์การหาขนาดของการไฟฟ้า

4. โซลีนอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

อุปกรณ์ที่ใช้การบังคับการเคลื่อนที่ของ ของเหลวหรืออากาศ โดยใช้อำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำงานด้วยการเปิด/ปิด ลิ้นที่วางอยู่ที่ช่องผ่าน (Orifice) ของของเหลวทำให้ของเหลวที่อยู่ในตัววาล์วเกิดการไหล / หยุด โดยปกติวาล์วจะต่ออยู่กับท่อส่งของเหลว และจะได้แรงกดดันเท่ากับแรงกดดันที่มีอยู่ในท่อ ลิ้นที่เปิด/ปิด จะต่ออยู่กับก้านกระบอก (Plunger) กระบอก หรือ อาร์เมเจอร์จะเคลื่อนที่ขึ้นลงในปลอกสูบ (Sleeve) โดยกระแสไฟที่เข้ามาที่ขดลวดด้านล่างของกระบอกที่เป็นลิ้นจะมีแผ่นผนึกยางที่ยืดหยุ่นได้ทำหน้าที่ผนึกลิ้นที่อยู่ในตัววาล์วโดยปกติถ้าเป็นวาล์วชนิดปกติปิด (Normally closed) สปริงที่กดกระบอก จะดันลิ้นที่อยู่ในตำแหน่งปิดเพื่อป้องกันไม่ให้ของเหลวไหลผ่านวาล์วเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดทำให้เกิดแรงแม่เหล็ก อำนาจแม่เหล็กจะ

เกิดขึ้นในส่วนของ Stop ด้านบนของเสื้อกระบอกขึ้นไปด้านบนแรงดึงจะชนะแรงสปริง ยกกระบอกขึ้นด้านบนทำให้ลิ้นเปิดออกทำให้ของเหลวจึงสามารถไหลผ่านวาล์วได้ประสิทธิภาพของโซลีนอยด์ วาล์ว จึงขึ้นอยู่กับแรงแม่เหล็กไฟฟ้า

โครงสร้างของโซลีนอยด์ วาล์ว จะสามารถแยกออกเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้

- ตัววาล์ว
- ชุดเสื้อกระบอก
- ชุดกระบอก
- ชุดขดลวด

รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะโซลีนอยด์

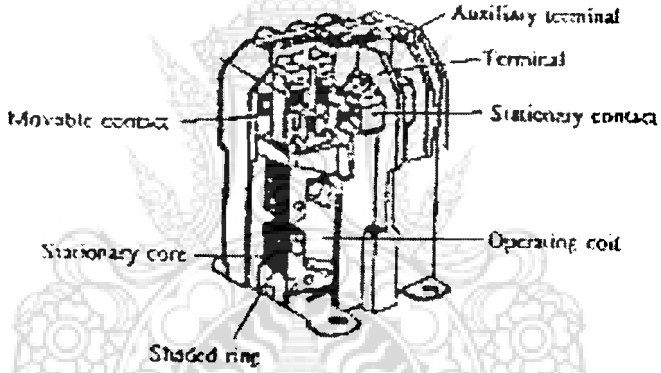
ที่มา : www.pueuma.co.th

3/5/2551

ในสภาวะปกติเมื่อยังไม่มีกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวดโซลีนอยด์ วาล์วจึงไม่มีอำนาจแม่เหล็กแรงสปริงจะดันลิ้นของวาล์วปิดจากด้านเข้า (Input) ไม่ให้ผ่านไป (Output) และในทำนองเดียวกับในสภาวะการทำงานเมื่อกระแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลีนอยด์วาล์ว จะทำให้เกิดแรงดูดของอำนาจแม่เหล็ก เมื่อเลื่อนลิ้นของวาล์วให้เคลื่อนที่ขึ้นเป็นผลทำให้เกิดความดัน Input ต่อไปถึง Output ได้

5. แมกเนติกคอนแทรกเตอร์ (Magnetic Contractor)

แมกเนติกคอนแทรกเตอร์ เป็นอุปกรณ์ตัดต่อวงจร ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กช่วยให้เกิดการตัดต่อวงจร ส่วนประกอบและโครงสร้างเหมือนกับรีเลย์ แต่ แมกเนติกคอนแทรกเตอร์มีขนาดใหญ่กว่าสวมไว้ขดลวดจะเป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็ก จะมีขดลวดทองแดงเส้นใหญ่ต่อลัดวงจรไว้กับรูปวงแหวน (Shaded Ring) ที่ขาตัว (E) ทั้งสองข้างซึ่งจะฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกน ทั้งนี้จะเป็นตัวกลางช่วยลดการสั่นสะเทือนของแกน อันเนื่องมาจากไฟฟ้ากระแสสลับส่วนแกนเหล็กชุดที่สองเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ได้ มีตัวคอนแทกยึดติดไว้โครงสร้างของ แมกเนติกคอนแทรกเตอร์ แสดงไว้ในรูปที่ 2.12

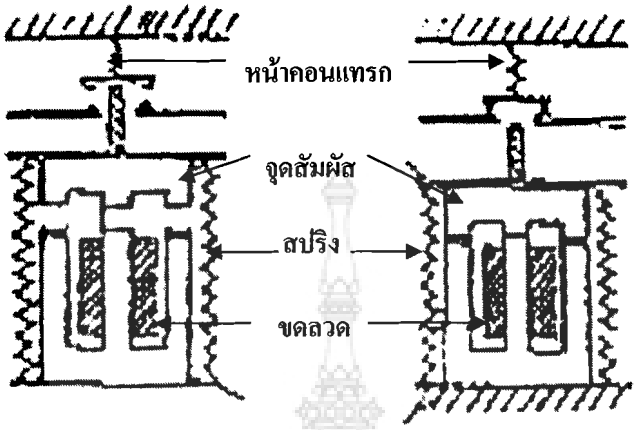


รูปที่ 2.11 โครงสร้างของแมกเนติกคอนแทรกเตอร์

ที่มา : สุวรรณ บุญทิพย์ และชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ : 2542 : น. 120.

การทำงานของแมกเนติกคอนแทรกเตอร์ตำแหน่ง OFF ซึ่งอยู่ในสภาวะปกติสปริงที่ขาทั้งสองข้างของแกนเหล็กทั้งสองชุดให้ห่างออกจากกัน ทำให้คอนแทรกเตอร์บางตัวต่อวงจรของจุดสัมผัสถึงกันคอนแทรกเตอร์ คอนแทรกเตอร์นี้จะเป็นคอนแทรเตอร์กปกติปิด และคอนแทรกเตอร์บางตัวที่ไม่ได้ต่ออยู่กับจุดสัมผัส เรียกว่า คอนแทรกเตอร์ปกติเปิด ดังรูปที่ 2.12 (ก)

เมื่อได้รับพลังงานไฟฟ้าขดลวดที่ขากลางของแกนเหล็ก จะสร้างสนามแม่เหล็กอำนาจแม่เหล็กจะมีแรงมากกว่าแรงสปริง และดึงให้แกนเหล็กชุดที่เคลื่อนที่ลงมาตำแหน่งคอนแทรกเตอร์ปกติปิด จะเปิดวงจรจุดสัมผัสออกคอนแทรกเตอร์ปกติเปิดจะต่อวงจรจุดสัมผัสดังรูปที่ 2.12 (ข) และเมื่อไม่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดคอนแทรกเตอร์ทั้งสองชุดจะกลับไปอยู่สภาวะเดิม ดังรูปที่ 2.12 (ก)



รูปที่ 2.12 คอนแทกเตอร์ขณะทำงานและปกติ

ที่มา : สุวรรณ บุญทิพย์ และชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ : 2542 : น. 121.

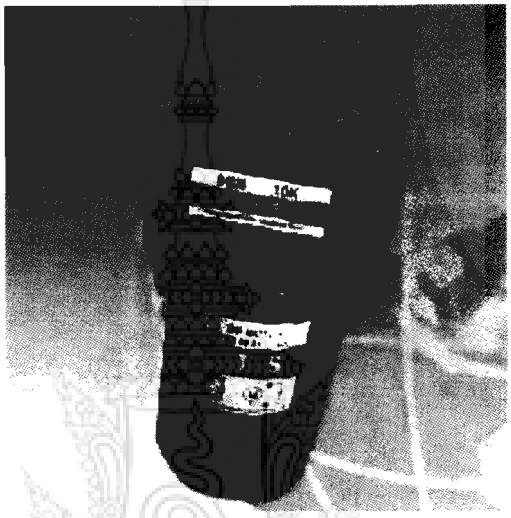
6. มอเตอร์เกียร์ (Motor Gear)

การใช้งานมอเตอร์เกียร์นั้น มีหลักการง่าย ๆ ก็คือการเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลนั่นเอง อุปกรณ์หลักก็ คือ มอเตอร์ที่รับพลังงานไฟฟ้า (อาจจะเป็นไฟกระแสตรง , กระแสสลับ เฟสเดียว หรือสามเฟสก็ได้) แล้วทำการเปลี่ยนรูปพลังงานจากไฟฟ้าที่สเตเตอร์ (Stator) มาเป็นพลังงานกลในรูปของการหมุนของแกนมอเตอร์ (Rotor) เรียกกระบวนการนี้ว่า Electro-Mechanical Energy Conversion โดยความเร็วของการหมุนของแกนมอเตอร์จะถูกกำหนดโดยความถี่ของกระแสไฟฟ้า (Hz) และจำนวนขั้วของมอเตอร์ (Poles) เช่นมอเตอร์ 2 Poles จะมีความเร็วประมาณ 2,800 รอบต่อนาที (หน่วยรอบต่อนาทีนี้ ต่อไปจะใช้สัญลักษณ์ว่า rpm ซึ่งย่อมาจาก Revolute per minute นะครับ) มอเตอร์ 4 Poles จะมีความเร็วรอบประมาณ 1,400 rpm จะเห็นได้ว่าความเร็วรอบของมอเตอร์นั้นมีค่าสูงมาก สูงเกินกว่าที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานได้ในหลาย ๆ กรณี นอกจากความเร็วรอบที่ออกมาจากมอเตอร์จะมีความเร็วสูงมากแล้ว แรงบิดจากมอเตอร์ก็มีค่าน้อยเกินกว่าที่จะนำไปใช้งานได้ ด้วยข้อจำกัดของการใช้งานของมอเตอร์ 2 ข้อนี้ มอเตอร์เกียร์หรือที่รู้จักกันในนามของเกียร์ทดรอบ การทำงานของมอเตอร์เกียร์คือเป็นตัวลดความเร็วของความเร็วรอบที่ออก และเพิ่มแรงบิดให้เหมาะสมกับการใช้งานนั่นเอง

ทีนี้คงนึกภาพออกแล้วใช่มั้ยครับ จากมอเตอร์มาต่อกับเกียร์ทดรอบเพื่อให้ความเร็วรอบออกมาเหมาะสมกับสภาพการใช้งานดังรูปด้านบน อัตราทดของมอเตอร์เกียร์ (Ratio) คืออัตราส่วน

ความเร็วจากมอเตอร์ต่อความเร็วรอบที่ออกจากเกียร์สัญลักษณ์ คือ i

ตัวอย่าง มอเตอร์ 4 Poles ความเร็วรอบ 1,400 rpm ต่อเข้าก็เกียร์ทดรอบอัตราทดเท่ากับ 140 ดังนั้นความเร็วรอบที่ออกจากเกียร์ คือ 10 rpm นั่นเอง



รูปที่ 2.13 แสดงมอเตอร์เกียร์

ที่มา : www.sengtawan.org

3/5/2551

มอเตอร์เกียร์หรือเกียร์ทดรอบได้รับการออกแบบ ให้มีลักษณะที่เหมาะสมกับการใช้งานที่หลากหลายออกไปในแต่ละหน้างาน มอเตอร์เกียร์แบ่งออกเป็นประเภทย่อย ๆ ได้หลายแบบ ดังนี้

6.1 Helical Gear หรือเกียร์เพลาตรงที่มีการส่งผ่านกำลังในแนวเส้นตรงโดยการขบกันของฟันเฟืองเป็นคู่ ๆ

6.2 Worm Gear เป็นเกียร์เพลาข้างที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้ในงานที่ไม่หนักมากนัก ข้อดีของ Worm Gear คือราคาไม่สูงมากนัก ถ้าเทียบกับเกียร์ชนิดอื่นที่อัตราทดเดียวกัน ซึ่งทาง เค.พี.ที. ขอแนะนำ Wormgear 2 ยี่ห้อคือ Bonfiglioli จากอิตาลีและ Vogel จากเยอรมัน

6.3 Helical Bevel Gear เป็นเกียร์เพลาข้าง เช่นเดียวกับ Worm Gear แต่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้ในงานที่ต้องการแรงบิดสูงกว่า และ เป็นเกียร์ที่มีความทนทานสูงกว่า Worm Gear ที่เมื่อเปรียบเทียบที่ขนาดเท่ากัน

6.4 Planetary Gear เป็นเกียร์ที่ได้รับการออกแบบมา เพื่อรองรับงานที่ต้องการแรงบิด

สูงโดยเฉพาะ ขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับเกียร์ชนิดอื่นที่รับแรงบิดได้เท่ากัน ซึ่งทาง เค.พี.ที. มีเครื่องประกอบ Planetary Gear ที่สามารถประกอบเกียร์ได้ทุกอัตราทด ตามมาตรฐานของ Bonfiglioli เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานในทุกกรณี

6.5 Shaft Mount Gear จัดอยู่ใน TA Series ของ Bonfiglioli ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้ในงานกะพ้อลำเลียงโดยเฉพาะ TA Series มีลักษณะการใช้งานเหมือนมอเตอร์เกียร์ติดเบรกทั่วไป สามารถติดตั้งระบบป้องกันการหมุนกลับ (Anti-Run-Back) เพื่อป้องกันความเสียหายของกะพ้อลำเลียง กล่าวคือ ได้รับการพัฒนาให้มีขีดความสามารถในการใช้งานที่ยืดหยุ่นกว่ามอเตอร์เกียร์ติดเบรกทั่วไปนั่นเอง

6.6 Mechanical Speed Variator ตัวปรับรอบทางกลของ Bonfiglioli จัดอยู่ในรุ่น V Series ซึ่งออกแบบมาเหมือนการตัดต่อกำลังของคลัชท์รถยนต์ โดยอาศัยแรงเสียดทานที่หน้าจานประกบในการส่งกำลัง ตัวปรับรอบทางกลของ Bonfiglioli มี 2 รุ่น คือ ปรับรอบได้ ตั้งแต่ 190 ถึง 1000 รอบ และ 0 ถึง 1000 รอบ ขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งานของผู้ใช้งาน การปรับรอบทางกลมีข้อดีคือแรงบิดที่ได้ค่อนข้างสม่ำเสมอ แรงบิดไม่ตกเหมือนกับการปรับรอบทางไฟฟ้าโดยใช้อินเวิร์ทเตอร์ แต่ก็มีข้อเสีย คือ เกิดการสึกหรอของหน้าจานประกบและความร้อนจากการเสียดสี ซึ่งผู้ใช้งานต้องติดตั้งรูระบายอากาศทุกครั้งที่ใช้งาน

6.7 เกียร์เปลี่ยนทิศทางการส่งกำลัง เป็นเกียร์ในรุ่น RAN Series ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อการเปลี่ยนทิศทางการส่งผ่านกำลังในมุมฉาก เกียร์ชนิดนี้มีอัตราทดที่ไม่สูงนัก ส่วนใหญ่อัตราทดจะอยู่ที่ 1:1 หรือ 1:2 เพื่อป้องกันการเพิ่มขึ้นของแรงบิดที่อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ตัวเกียร์ (RAN Series ไม่ใช่เกียร์ที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อรับแรงบิด แต่ได้รับการออกแบบมาเพื่อเปลี่ยนทิศทางการส่งกำลัง)

ท่อพลาสติก

พลาสติกเป็นสารประกอบอินทรีย์ ที่สังเคราะห์ขึ้นจากปฏิกิริยาทางเคมีของวัสดุธรรมชาติ เช่น น้ำมัน ก๊าซ ธรรมชาติ และเยื่อไม้บางชนิด อยู่ในรูปของเรซิน แบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ เทอร์โมเวตติ้ง เป็นพลาสติกที่มีรูปทรงถาวร เมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิต โดยใช้ความร้อนและแรงอัดจะทำให้หลอมละลายอีกไม่ได้ เทอร์โมพลาสติกเป็นพลาสติกที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก หลังจากนำไปหล่อทำเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว และพลาสติกที่นำมาทำท่อกับข้อต่อเพื่อใช้งานท่อสุขภัณฑ์นั้น ได้แก่เทอร์โมพลาสติก มีการใช้ท่อนี้มากกว่า 50 ปีแล้ว

1. ชนิดพลาสติก

ท่อและข้อต่อพลาสติกที่นำมาใช้กับงานท่อสุขภัณฑ์ทั่ว ๆ ไป แบ่งออกได้ 5 ชนิด คือ การเลือกใช้ท่อพลาสติกกับระบบท่อสุขภัณฑ์ใดจะต้องพิจารณาคุณสมบัติ ความสามารถใช้งานได้ และข้อบังคับที่ยินยอมให้ใช้งาน รายละเอียดของท่อพลาสติกต่าง ๆ มีดังนี้

1.1 ABS (Acrylonitrile – Btyene) เป็นท่อพลาสติกแข็ง (Rigid plastic) ใช้กับระบบระบายน้ำและอากาศจะนำมาใช้ต่อระบบเพื่อระบายน้ำ อากาศ ทั้งการวางบนพื้นดินและฝังอยู่ใต้ดินราว 25 เปอร์เซ็นต์ จะถูกนำมาใช้กับการระบายน้ำในอาคารไม่รวมกับการใช้งานกับอุตสาหกรรมนอกจากนี้ยังสามารถใช้กับลำเลียงน้ำดื่ม และการชลประทานได้ด้วย ท่อชนิดนี้ทนต่อแรงกระแทกได้ดี มีความเหนียว ทนอุณภูมิได้ไม่เกิน 82 องศาเซลเซียส ขนาดท่อจะมีตั้งแต่ 1 ¼ - 6 นิ้ว ความยาว 3 เมตร และ 6 เมตร เป็นท่อ Schedule 40 เหมือนกับท่อเหล็กอาบสังกะสีท่อจะเป็นสีดำ การต่อจะเป็นวิธีเชื่อมต่อด้วยน้ำยา (Solvent Welded) ซึ่งน้ำยา (Solvent) ได้แก่ สารละลาย

(Methyl – etylketone) โดยสารละลายเคมีจะกัดผิวท่อ และข้อต่อให้หลอมละลายติดเข้าด้วยกัน การทำรอยต่อที่เหมาะสมจะทำให้มีความแข็งแรงกว่าท่อและข้อต่อเอง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความชื้น อุณหภูมิเวลาในการแข็งตัว ซึ่งใช้เวลา 2-5 นาที โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 3 นาที จากนั้นทดสอบด้วยแรงดันน้ำก็สามารถนำไปใช้งานได้

1.2 PVC (Polyvinyl Chloride) เป็นท่อพลาสติกแกร่งใช้กับการระบายน้ำ ระบายอากาศ ท่อจ่ายน้ำที่ต้องการความดันจะนำมาใช้เป็นท่อจ่ายน้ำบนผิวดินและใต้ผิวดิน ขณะเดียวกันก็ใช้กับระบบน้ำ ระบบอากาศ งานประปา เกษตรกรรม อุตสาหกรรมและร้อยสายไฟฟ้า หรือสายโทรศัพท์ อุณหภมิใช้งาน 60 องศาเซลเซียส มีขนาดตั้งแต่ ¼ - 16 นิ้ว ความยาวต่อท่อน 4 เมตร การต่อจะใช้วิธีต่อด้วยน้ำยาและเชื่อมต่อด้วยความร้อน (heat fusion)

1.3 CPVC (Chlorinated Polyninyl Chloride) เป็นท่อพลาสติกแกร่งและเกี่ยวพันธ์กับท่อพีวีซี แต่ใช้กับอุณหภูมิได้สูงกว่าใช้กับระบบน้ำร้อนในอาคาร และอุตสาหกรรม นำมาใช้เป็นท่อจ่ายน้ำเย็น น้ำร้อนทั้งที่วางบนผิวดินและใต้ดินอุณหภูมิ ใช้งานได้สูงกว่า 82 องศาเซลเซียส ที่ความกดดันจ่ายน้ำปกติจะไม่เกิน 689.5 kpa โดยไม่แตก เสียหาย การนำความร้อนต่ำ จึงลดการสูญเสียความร้อน ถ้านำมาใช้กับระบบจ่ายน้ำร้อนให้เผื่อการขยายตัวตามยาวของท่อไว้ด้วยการต่อจะใช้วิธีเชื่อมต่อด้วยน้ำยา แต่ถ้าจะต่อเข้ากับเครื่องสุขภัณฑ์ควรเลือกใช้ข้อต่อชนิดอัด (Compression fitting) ในกรณีต่อเข้ากับเครื่องทำน้ำร้อน ต้องใช้นิปเปิล อาบสังกะสีความยาว 150 – 300 มม. ต่อแยกก่อนที่จะต่อซีพีวีซีเข้ากับเครื่องทำน้ำร้อน

1.4 PE (Polyethylene) เป็นพลาสติกชนิดอ่อน (Fiexible Plastic) และท่อแข็งใช้กับระบบการจ่ายน้ำ ก๊าซ ระบบชลประทาน และระบบน้ำเสียที่มีสารเจือปนได้ดี นำมาใช้เป็นท่อจ่ายน้ำในและนอกอาคาร วางบนผิวดินและใต้ดิน ท่อในโรงงานอุตสาหกรรม การชลประทาน และเกษตรกรรม มีทั้งท่ออ่อนและท่อแข็ง ขนาดท่อ ¾ - 2 นิ้ว การต่อจะใช้วิธีสวมอัดข้อต่อแล้วรัดด้วยสายรัดหรือใช้การต่อแบบผายปากท่อคล้ายกับท่อพีบี

1.5 PB(Polybutylene) เป็นท่อพลาสติกชนิดอ่อน และท่อแข็ง หมุนตัวได้ ใช้กับระบบจ่ายน้ำร้อน น้ำเย็น ท่อประปา ท่อระบายน้ำ ท่ออุตสาหกรรม การเกษตร และชลประทาน นำมาใช้เป็นท่อจ่ายน้ำเย็น น้ำร้อนในอาคาร ท่อประปา ท่ออุตสาหกรรม เกษตรกรรม และชลประทาน มีทั้งท่ออ่อนและท่อแข็ง ท่อเป็นสีดำ ขนาดท่อ 3/8 – 2 นิ้ว การต่อใช้วิธีผายปากท่อและสวมรัดด้วยสายรัด ปัจจุบันนิยมใช้กับงานประปากันแพร่หลาย

2. ขนาดและมาตรฐานท่อพลาสติกทั่วไป

ท่อพลาสติกที่นำมาใช้กับระบบท่อสุขภัณฑ์ มีทั้งท่อแข็งและท่ออ่อนมีขนาดและมาตรฐานดังนี้

2.1 ท่ออ่อนจะผลิตตามเกรดมาตรฐาน เช่นเดียวกับท่อเหล็ก คือ Schedule NO. 40 มีขนาดระบุตั้งแต่ 3/8 – 6 นิ้ว (15 cm) ท่อขนาด 3/8 – 2 นิ้ว (5.5 cm) จะทำเป็นม้วนความยาวต่อม้วน 200 150 100 และ 50 เมตร ขนาดใหญ่กว่านี้จะเป็นท่อตรงยาว 6 เมตร

2.2 ท่อแข็ง การผลิตจะมีเกรดเช่นเดียวกับท่ออ่อนและขนาดระบุตั้งแต่ 3/8 – 12 นิ้ว (30 cm) ความยาวต่อท่อ 4 และ 6 เมตร แล้วแต่ละชนิดของท่อ

3. ท่อพีวีซีมาตรฐานอุตสาหกรรมไทย

ท่อพลาสติกที่มีการกำหนดในมาตรฐานอุตสาหกรรมไทยเป็นท่อชนิด พีวีซี ใช้เป็นท่อน้ำดื่ม ท่อระบายน้ำ ท่อระบายน้ำโสโครก งานชลประทานและท่อร้อยสายไฟ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะที่ใช้เป็นท่อน้ำดื่ม และระบายน้ำโสโครกเท่านั้น มาตรฐานอุตสาหกรรมไทยแบ่งท่อน้ำดื่มน้ำใช้เป็น 3 ชั้น ความหนาคือชั้น 58.8 และ 13.5 ซึ่งหมายถึงความสามารถในการทนความกดดัน ใช้งานภายในได้ 58.8 และ 13.5 กก./ตร.ซม. ที่อุณหภูมิใช้งาน 27 องศาเซลเซียสและกำหนดท่อชนิดต่างๆออกเป็นดังนี้ คือ

3.1 มอก. 17 - 2532 มาตรฐานท่อพีวีซี ใช้เป็นท่อน้ำดื่มน้ำใช้ กำหนดให้เป็นสีน้ำเงิน (สีฟ้า)

3.2 มอก. 216 - 2524 มาตรฐานท่อพีวีซี ใช้เป็นท่อร้อยสาย โทรศัพท์และสายไฟฟ้า

กำหนดให้เป็นสีเหลือง

3.3 มอก. 999 - 2533 มาตรฐานท่อพีวีซีใช้เป็นท่อส่งน้ำทางการเกษตร งานระบายน้ำ งานอุตสาหกรรม กำหนดให้เป็นสีเทา

3.4 ท่อมาตรฐานบริษัท ใช้งานด้านเกษตร กำหนดให้เป็นสีเขียว

ผลิตภัณฑ์ท่อพีวีซี ที่ผลิตขึ้นตามมาตรฐานอุตสาหกรรมจะต้องทำเครื่องหมายให้ครบถ้วนในรายละเอียดที่บังคับไว้ดังนี้

ก. ต้องมีเลขอักษรหรือเครื่องหมายแสดงข้อความต่อไปนี้ให้เห็นชัดเจนอยู่ที่ท่อทุกท่อน

ข. ชื่อหรือตราเครื่องหมายของโรงงานผลิต

ค. ชื่อ ขนาด

ง. ชื่อประเทศ

หมายเหตุ ในการทำเครื่องหมายบนท่อตามข้อ ข. และ ค. ให้แสดงชื่อ ขนาด แล้ว ด้วยชื่อประเภท เช่น 15 PVC 5 หมายถึง ท่อ พีวีซีแข็งมีขนาดระบุ 15mm. สามารถทนแรงดันได้ 5 kg/cm^2

4.การใช้งานท่อพีวีซี

ปัจจุบันท่อพีวีซี นิยมนำมาเดินระบบท่อจ่ายน้ำ ระบายน้ำ และระบายอากาศในอาคารกันแพร่หลาย เพราะติดตั้งง่ายต่อประกอบไม่ยุ่งยากหมือนท่อพลาสติกชนิดอื่น และราคาถูกกว่าด้วย และการเลือกใช้ชั้นมาตรฐานไม่ถูกกับงาน ทำให้อายุการใช้งานไม่ยาวนานเท่าที่ควร ต่อไปนี้เป็นข้อแนะนำเพื่อเลือกชั้นมาตรฐานพีวีซี อย่างเหมาะสมกับงาน

ชั้นที่ 5 ใช้งานท่อระบายน้ำ ระบายอากาศในและนอกอาคาร งานเดินท่อชั่วคราว งานเกษตรกรรม เช่น ระบบน้ำหยด น้ำฉีดพ่นฝอย (Sprinker)

ชั้นที่ 8.5 ใช้งานจ่ายน้ำแรงดันปานกลางเฉพาะท่อแยกจากท่อประทานเข้าเครื่องสุขภัณฑ์ งานท่อระบายน้ำ ในและนอกอาคารที่ฝังใต้พื้นดินและบนพื้นดิน งานเกษตรกรรมและส่งสารเคมีบางชนิด

ชั้นที่ 13.5 ใช้งานเดินท่อประปา ท่อประทานจ่ายน้ำเข้าอาคาร และระบบท่อทั้งหมดในอาคาร กรณีที่ต้องการความทนทานเพิ่มขึ้นและมีความกดดันสูงกว่าจะใช้ชั้น 8.5 และใช้เป็นท่อขุดเจาะบ่อบาดาล

5. การเลือกผลิตภัณฑ์ท่อพีวีซีที่มีคุณภาพ

ปัจจุบันมีผู้ผลิตมากรายใช้วัตถุดิบที่ไม่ใช่สาร พีวีซีล้วนๆ มาผลิตท่อ และอุปกรณ์ท่อ ทำให้ท่อพีวีซี และอุปกรณ์กรอบ แตกง่าย และมีสีซีด ท่อพีวีซี อุปกรณ์ต่อท่อ และน้ำยาต่อท่อที่มีคุณภาพต่ำไม่ได้มาตรฐาน จะทำให้เกิดการรั่วซึมบริเวณข้อต่อ ใช้เวลาในการติดแน่นนาน ท่อหลุดขณะต่อประกอบหรือหลังประกอบ สวมต่อยาก ข้อต่อฟิตแน่นเกินไป เมื่อสวมอาจแตกระเบิดออก

5.1 ท่อ พีวีซี ที่มีคุณภาพได้มาตรฐานต้องมีคุณสมบัติดังนี้ ต้องตรง ไม่คด ผิวในและนอกต้องเรียบสะอาด ไม่มีรอยตำหนิ ความกลมต้องได้ส่วนไม่เบี้ยว มีความหนาสม่ำเสมอเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อต้องได้มาตรฐาน

5.2 อุปกรณ์ต่อท่อที่ได้มาตรฐานต้องมีคุณสมบัติดังนี้ ความลึกของข้อต่อได้มาตรฐาน ความหนาต้องสม่ำเสมอไม่บางเกินไป ตามปรกติต้องมีความหนาเท่ากัน เมื่อสอดท่อเข้าไปด้วยแรงพอเหมาะแล้ว ท่อต้องเข้าไปได้ประมาณครึ่งหนึ่งของความลึก ผิวอุปกรณ์ต้องเรียบไม่เป็นคลื่น

5.3 น้ำยาต่อท่อ ต้องสามารถละลายเชื่อมผิวท่อและอุปกรณ์ให้ติดกัน ต้องไม่แห้งช้าหรือเร็วเกินไป ทาบนท่อเมื่อแห้งแล้วต้องไม่ลอกเป็นแผ่น

การซื้อผลิตภัณฑ์ท่อ พีวีซี อุปกรณ์ต่อท่อตลอดจนน้ำยาต่อท่อที่ราคาถูก คุณภาพต่ำมาใช้เท่ากับท่านใช้ของแพง เพราะเมื่อมีปัญหาน้ำรั่วซึม หรือท่อแตกหรืออายุการใช้งานสั้นจำเป็นต้องซื้อท่อมาเปลี่ยนใหม่ เป็นปัญหายุ่งยากในการแก้ไข ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเป็น 2 เท่า

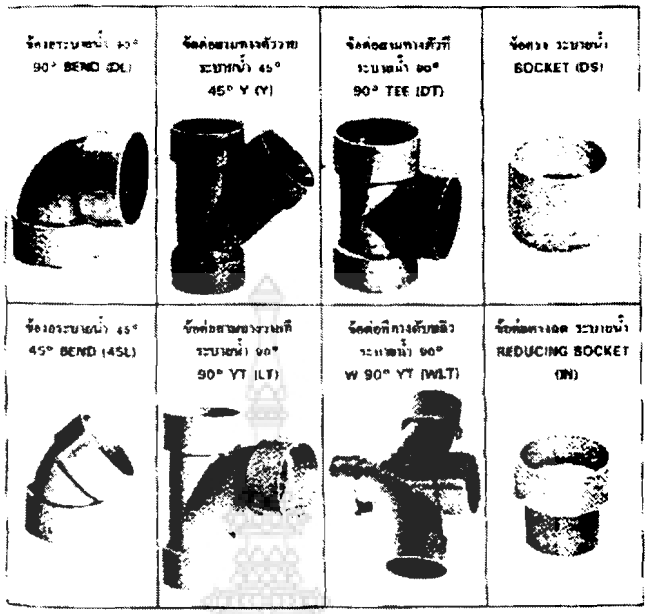
6. ข้อต่อพลาสติก

ข้อต่อพลาสติกจะใช้กับการต่อท่อพลาสติก ต่อท่อโลหะกับท่อพลาสติก ข้อต่อมีชนิดเกลียว สวมและอัด เหมือนกับท่อโลหะทั่วไป เกลียวข้อต่อพลาสติกกบเกลียวข้อต่อโลหะสำหรับข้อต่ออัดจะถูกสอดเข้าไปในท่อ และรัดด้วยสายรัดเหล็ก ข้อต่อท่อพลาสติกอาจมีทั้งด้านสวมและแบบเกลียวรวมอยู่ในตัวเดียวกัน ข้อต่อจะทำโดยการฉีดพลาสติกเหลวเข้าเครื่องเข้าสู่แม่แบบพิมพ์ตามชนิดข้อต่อที่ต้องการ ขนาดของข้อต่อจะมีขนาดเดียวกับเหล็กอาบสังกะสี และสามารถต่อประกอบรวมกันได้ อุปกรณ์ที่เป็นเกลียวเมื่อต่อกับท่อเหล็กหลังจากขันแน่นด้วยมือแล้วจึงขันด้วยประแจเต่อย่าขันเกินหนึ่งรอบ เพราะเกลียวข้อต่ออาจแตกเสียหายและอย่าใช้ประแจบีบ ข้อต่อสวมต่อด้วยการใช้น้ำยาและสายรัด ข้อต่อหน้าแปลนใช้โบล์ขันแต่อย่าขันแน่นเกินไป ข้อต่อพลาสติกอาจเชื่อมก็ได้ ถ้าเป็นข้อต่อระบายขนาดใหญ่ จะทำการผายปากท่อไว้เพื่อใช้สวมท่อโดยไม่ต้องใช้ข้อต่อ หรือสวมต่อด้วยแหวนยาง กรณีเป็นท่ออ่อนเช่นท่อพีบีและพีอี จะใช้การต่อหรือผายปากท่อหรือข้อรัด

7. ชนิดข้อต่อท่อพลาสติก

ข้อต่อท่อพลาสติกแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ ในแต่ละชนิดจะแบ่งออกได้หลายรูปทรงตามชนิดพลาสติก เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

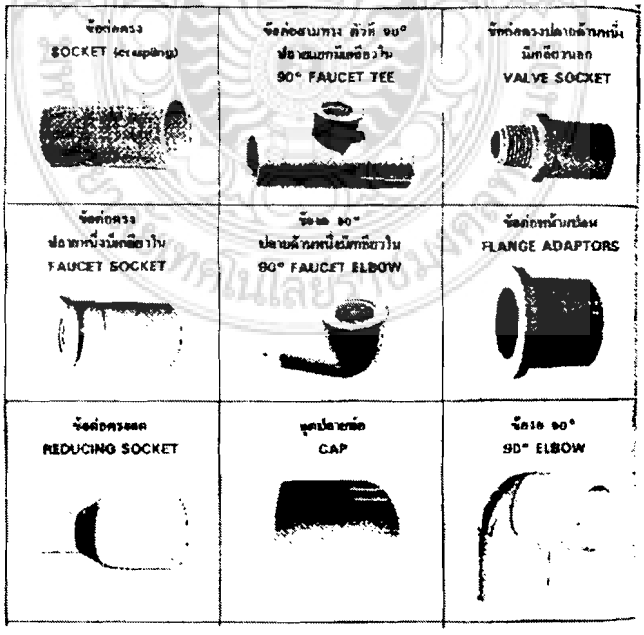
7.1 ข้อต่อท่อระบาย (DWV Plastic fittings) ข้อต่อท่อพลาสติกชนิดนี้นำมาใช้กับการระบายน้ำเท่านั้น และจะไม่ใช้กับระบบจ่ายน้ำลักษณะของข้อต่อชนิดนี้มีอยู่หลายแบบ ให้เลือกตามความเหมาะสมและถูกต้องของงาน เป็นข้อต่อบางทำบ่าสวมท่อเพื่อให้ผิวภายในข้อต่อเท่ากับผิวภายในท่อมีความหนาเท่ากับชั้น 5 ที่นิยมใช้ในตลาดแบ่งออกได้เป็น 8 แบบด้วยกันดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 อุปกรณ์ข้อต่อสำหรับท่อระบายชนิด พีวีซี

ที่มา : มานะศิษฏ์ พิมพ์สาร หนังสือระบบเทคโนโลยีท่อสุขภัณฑ์ : 2521 : น. 147.

7.2 ข้อต่อท่อแรงดัน (Plastic Pressure Fittings) นำมาใช้กับท่อพลาสติกระบบจ่ายน้ำประปาและสุขภัณฑ์ในอาคารมีความหนาแน่นเท่ากับชั้น13.5 ที่นิยมในตลาดมีรวมทั้งสิ้น 9 ชนิด

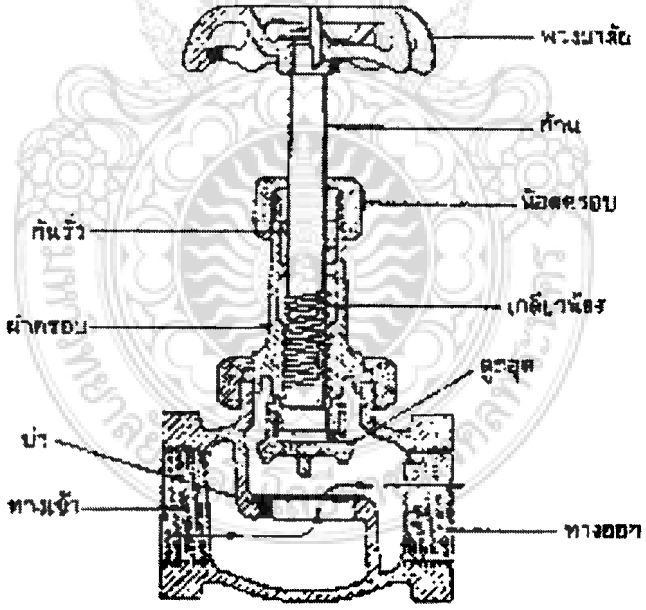


รูปที่ 2.15 อุปกรณ์ข้อต่อสำหรับท่อระบายชนิด พีวีซี

ที่มา : มานะศิษฏ์ พิมพ์สาร หนังสือระบบเทคโนโลยีท่อสุขภัณฑ์ : 2521 : น.14 .

โกล์บวาล์ว (Glove Valve)

โกล์บวาล์ว (Glove Valve) เป็นวาล์วปิดลงที่ลิ้นเปิด-ปิดมีลักษณะเป็นจานหรือลูกอุดเคลื่อนที่ขึ้น-ลง โดยก้านซึ่งตั้งฉากกับบ่าวาล์ว ตามรูปแบบของการเคลื่อนที่ของลิ้นในลักษณะนี้จึงทำให้การเปลี่ยนแปลงการเปิดบ่าวาล์ว หรือ ระยะห่างของบ่าวาล์วและลิ้นเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนตรงกับระยะทางการเคลื่อนที่ของลิ้น นับว่ามีความเหมาะสมสำหรับการควบคุมอัตราการไหล นอกจากนี้ในการปิดตัวลงของโกล์บวาล์วสามารถถูกควบคุมได้อย่างแน่นอน โดยก้านวาล์วแบบเกลียว อีกทั้ง ลิ้นยังสามารถเคลื่อนที่โดยปราศจากแรงเสียดทานหรือจะมีบ้างก็เล็กน้อยขึ้นอยู่กับการออกแบบบ่าวาล์วและลิ้น ดังนั้นความสามารถในการกันรั่วของวาล์วชนิดนี้จึงมีศักยภาพสูงสำหรับการใช้งาน โกล์บวาล์วในลักษณะเป็นวาล์วเปิด - ปิดบ่อย ๆ นับว่าโกล์บวาล์วมีความเหมาะสมมาก เนื่องจากระยะทางการเคลื่อนที่ระหว่างตำแหน่งเปิดเต็มที่และปิดสนิทมีระยะทางที่สั้น และ บ่าวาล์ว ยังมีความแข็งแรงทนต่อการเคลื่อนที่เปิด-ปิดของลิ้นได้ดีอีกด้วย

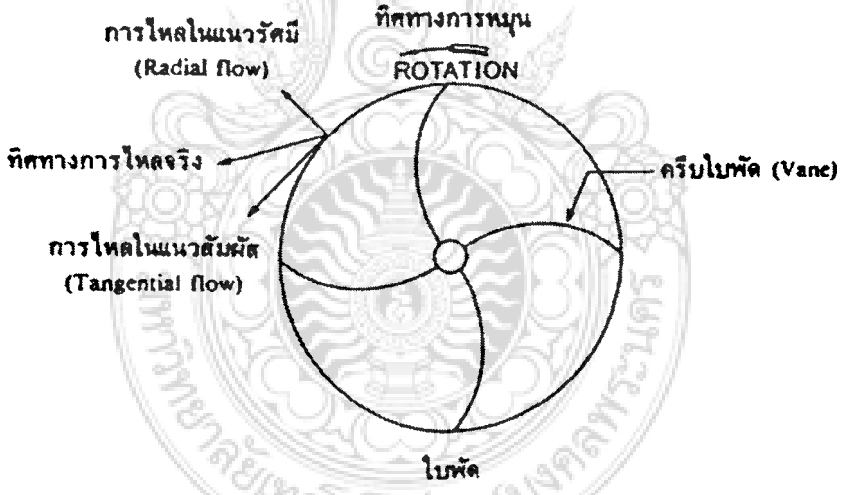


รูปที่ 2.16 โกล์บวาล์ว

ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น. 202.

เครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำชนิดเซนติฟูกอล (Centrifugal) เป็นปั๊มที่นิยมใช้กันแพร่หลายกันมากที่สุด เนื่องจากปั๊มแบบนี้ได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับความต้องการ ใช้งานเกือบทุกประเภทเป็นต้นว่า สามารถออกแบบให้มีเฮด (Head) สูงหรืออัตราการสูบสูง หรือทั้งสองอย่างหรือการเลือกใช้ใบพัดที่เหมาะสม ปั๊มแบบนี้ทำงานโดยอาศัยการหมุนของใบพัดหรืออิมเพลเลอร์ (Impeller) ที่จะลดการถ่ายเทกำลังจากเครื่องยนต์ต้นกำลัง หรือมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อใบพัดหมุนพลังงานจากเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้าก็จะถูกถ่ายเทโดยการผลักดันของครีบใบพัด (Vane) ต่อของเหลวที่อยู่รอบๆทำให้เกิดการไหลในแนวเส้นสัมผัสเส้นรอบวง (Tangential Flow) เมื่อมีการไหลในลักษณะดังกล่าวก็จะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugel Force) และเป็นผลให้มีการไหลจากจุดศูนย์กลางของใบพัดออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทาง (Radial Flow) ดังนั้นของเหลวที่ถูกใบพัดผลักดันออกมาก็จะมีทิศทางการไหลที่เป็นผลรวมกับแนวทั้งสอง

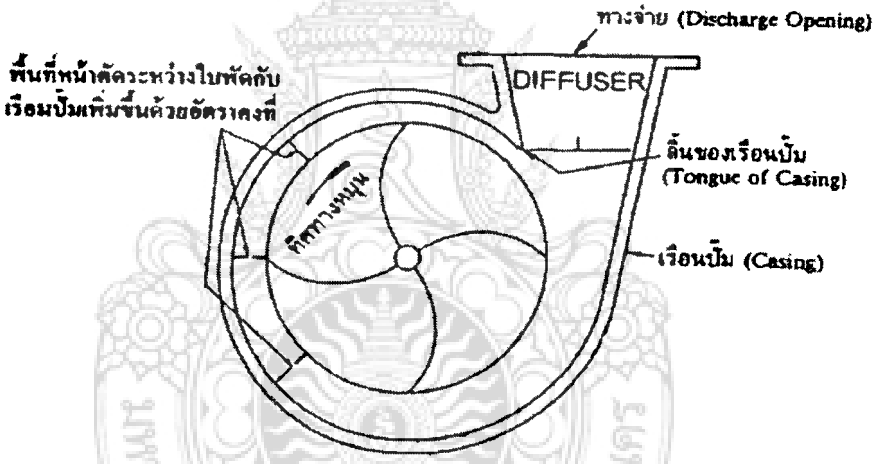


รูปที่ 2.17 ทิศทางการไหลของของไหลขณะที่ผ่านออกจากใบพัดของปั๊มแบบเซนตริฟลูกอล
ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น. 3.

เมื่อของเหลวถูกหมุนให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ความกดดันของของเหลวจะมีค่ามากขึ้นเมื่ออยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของใบพัดมากขึ้น เมื่อความเร็วของใบพัดหมุนอยู่ในภาชนะปิดมากพอ ความกดดันที่จุดศูนย์กลางก็จะต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ดังนั้นปั๊มแบบอาศัยแรงเหวี่ยงหนี

ศูนย์กลางที่แท้จริงจึงมีทางให้ของเหลวไหลเข้า หรือ ทางดูด (Suction Opening) อยู่ที่ศูนย์กลางของใบพัด

ของเหลวที่ถูกดูดเข้าทางศูนย์กลาง เมื่อผลักดันออกไปด้วยแรงผลักดันของครีบใบพัดและแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ก็จะไหลออกมาตลอดแนวเส้นรอบวง ดังนั้นใบพัดจึงจำเป็นต้องอยู่ในเรือนปั๊ม (Casing) เพื่อทำหน้าที่รวบรวมและผันของเหลวเหล่านี้ไปสู่ด้านจ่าย (Discharge Opening) เพื่อต่อเข้ากับท่อส่งหรือระบบใช้งานต่อไป ในการรวบรวมของเหลวที่ถูกผลักดันออกมาจำนวนนี้จำเป็นต้องเริ่มต้นที่จุดใดจุดหนึ่งบนเส้นรอบวงของใบพัด ดังนั้นจะมีจุดหนึ่งซึ่งผนังภายในของเรือนปั๊มเข้ามาชิดกับขอบของใบพัดมากจุดนี้เรียกว่า " ลิ้นของเรือนปั๊ม " (Tongue of The Casing) ลักษณะทั่วไปของเรือนปั๊มจะดูได้จากรูป 2.18



รูปที่ 2.18 ลักษณะโดยทั่วไปของเรือนปั๊มของปั๊มแบบเซนตริฟูกอล
ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น. 4.

จากลิ้นของเรือนปั๊มไปตามทิศทางการหมุนของใบพัด จะมีของเหลวไหลออกมามากขึ้นตามความยาวของเส้นรอบวงของใบพัดที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นช่องว่างซึ่งเป็นทางเดินของของเหลวระหว่างผนังของเรือนปั๊ม กับใบพัดก็จะต้องเพิ่มขนาดขึ้นด้วย โดยหลักการและอัตรการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดจะคงที่เพื่อให้ความเร็วของการไหลสม่ำเสมอ และเป็นผลทำให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยลง

อย่างไรก็ตาม ความเร็วของการไหลจะลดลงเนื่องจาก พลังงานบางส่วนถูกเปลี่ยนมาเป็นพลังงานศักย์ในรูปของความดันเฮดแทน

เฮด (Head)

1. เฮด

1.1 เฮดความดัน (Pressure Head , H) ค่าความดันนอกจากจะบอกเป็น แรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เช่น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือปอนด์ต่อตารางนิ้วแล้ว ถ้าความดันของของเหลวก็มักจะบอกเป็นแห่งความสูงของของเหลวที่จะก่อให้เกิดความดันที่กำหนดบนพื้นผิวหน้า ซึ่งรองรับแหล่งของเหลวนั้น ความดันซึ่งบอกในรูปของความสูงของของเหลว เรียกว่า "เฮดความดัน"

ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน P และ เฮดความดัน H คือ

$$H = \frac{P}{\gamma} = \frac{P}{\rho g} \qquad (2-10)$$

เมื่อ

γ คือ น้ำหนักจำเพาะมีหน่วยเป็น N/m^3

ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลว มีหน่วยเป็น kg/m^2

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก เท่ากับ 9.81 m/s^2

1.2 เฮดความเร็ว (Velocity Head , H_v) ของเหลวที่ไหลในท่อหรือทางน้ำเปิดด้วยความเร็วใด ๆ นั้นมีพลังงานจลน์อยู่ พลังงานนี้เมื่อบอกในรูปเฮด คือ

$$H_V = \frac{V^2}{2g} \qquad (2-11)$$

เมื่อ

V คือ ความเร็วในการไหลของไหลในท่อ มีหน่วยเป็น m/s

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก มีหน่วยเป็น m/s^2

เฮดความเร็วให้คำจำกัดความได้อีกอย่างหนึ่งว่าเป็นความสูงที่ของเหลวตกลงมา ด้วยแรงดึงดูดของโลกจนได้ความเร็วหมุนการไหลของเหลวนั้น

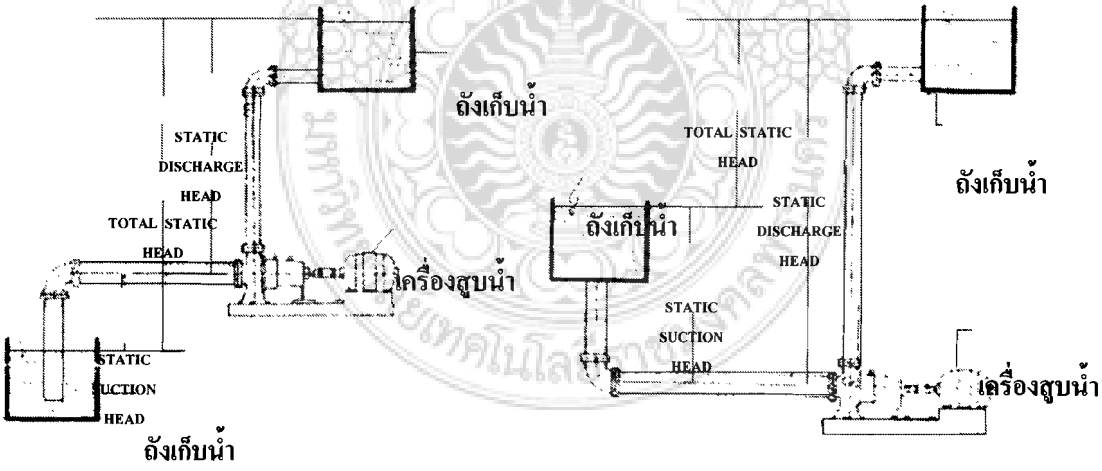
1.3 เฮดสถิต (Static Head) ในการทำงานของปั๊มโดยทั่วไปของเหลวจะถูกเพิ่มพลังงานเพื่อให้มันไหลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งซึ่งอยู่สูงกว่า ความดันซึ่งคิดในรูปของความสูง

ของของเหลวที่กระทำต่อศูนย์กลางของปั๊มทั้งทางดูด และด้านจ่าย ในขณะที่ความเร็วของการไหลผ่านระบบเป็นศูนย์ เรียกว่า “ เฮดสถิต ” (Static Head)

จากรูปที่ 2.19 ระยะทางในแนวดิ่งที่บอกเป็นแท่งความสูงของของเหลว หรือ เฮด จากศูนย์กลางของปั๊มถึงปลายของท่อจ่าย เรียกว่า “ เฮดสถิตด้านจ่าย ” (Static Discharge Head)

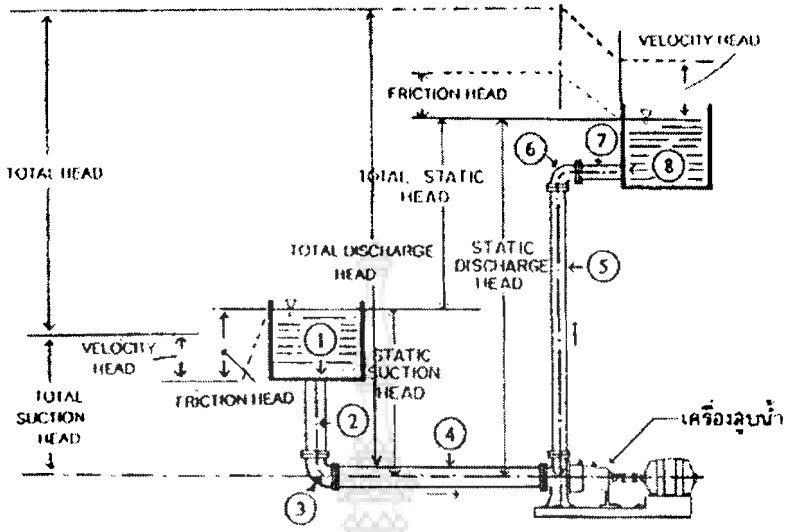
ระยะทางจากจุดศูนย์กลางของปั๊มถึงระดับผิวของของเหลวที่ปลายของท่อดูด ซึ่งอยู่สูงกว่า เรียกว่า “ เฮดสถิตด้านดูด ” (Static Suction Head) ถ้าผิวของของเหลวอยู่ต่ำกว่า ความดันที่ศูนย์กลางของปั๊มจะมีค่าเป็นลบ ในกรณีนี้จะเรียกว่า “ ระยะดูดยก ” (Static Suction Lift) แทนด้วย “ เฮดสถิตรวม ” (Total Static Head , TSH) คือ ผลต่างทางพีชคณิตของเฮดสถิตด้านจ่าย (Static Discharge Head) กับเฮดสถิตด้านดูด (Static Suction Head) ซึ่งค่าดังกล่าวนี้เป็นเฮดต่ำสุดที่ปั๊มจะต้องเพิ่มให้แก่ของเหลวก่อนที่จะมีการไหลเกิดขึ้น

1.4 เฮดความฝืด (Friction Head) ในขณะของเหลวไหลผ่านระบบท่อทั้งด้านดูดและด้านจ่ายพลังงานหรือเฮดในการไหลส่วนหนึ่งจะสูญเสียไป เนื่องจากความฝืดระหว่างของเหลวกับผนังของท่อและส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบเช่น ข้อต่อ ข้องอ วาล์ว เป็นต้น ซึ่งรวมเรียกว่า “ เฮดความฝืด ” (Friction Head , H_f) ในระบบสูบน้ำทั่วๆไปการเสียเฮดเนื่องจากความฝืดอาจเกิดได้หลายจุด



รูปที่ 2.19 คำจำกัดความของเฮดสถิต

ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น. 4.



จุดที่ 1 และจุดที่ 8 เป็นการเสียเฮด เนื่องจากการไหลเข้าท่อดูด และไหลออกจากท่อจ่าย

จุดที่ 2 และจุดที่ 4 เป็นการเสียเฮดในเส้นท่อ เนื่องจากความฝืดระหว่างของเหลวและผนังท่อที่ด้านดูด

จุดที่ 3 และจุดที่ 6 เป็นการเสียเฮด เนื่องจากมีการเป็นทิศทางการไหลที่ทางด้านดูด และด้านจ่าย

จุดที่ 5 และจุดที่ 7 เป็นการเสียเฮดในเส้นท่อ เนื่องจากความฝืดระหว่างของเหลวกับผนังท่อที่ด้านจ่าย

รูปที่ 2.20 ตำแหน่งที่เกิดการสูญเสียพลังงานหรือเฮดในระบบท่อหรืออุปกรณ์

ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น. 6.

การสูญเสียทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับ อัตราการไหลผ่านระบบท่อ ซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ดังนั้น ในขณะที่ปั๊มกำลังทำงาน เฮดรวมด้านดูด (Total Suction Head) ที่เกิดขึ้นจริงจะเท่ากับ เฮดสถิตด้านดูด (Static Suction Head , H_s) รวมกับค่าเฮดความเร็วที่ท่อดูด (H_{vs}) และลบด้วย เฮดความฝืดทางด้านดูดทั้งหมด (H_{fs})

สำหรับทางด้านจ่ายก็เช่นเดียวกัน เฮดรวมด้านจ่าย (Total Discharge Head) ที่เกิดขึ้นจริงในขณะที่ปั๊มทำงาน จะเท่ากับ เฮดสถิตด้านจ่าย (Static Discharge Head , H_d) รวมกับเฮดความฝืดทางด้านจ่ายทั้งหมด (H_{fd}) และค่าเฮดความเร็วของท่อจ่าย (H_v)ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$\textbf{Total Discharge Head} = H_d + H_{fd} + H_{vd} \qquad (2-12)$$

1.5 เฮดรวมของปั๊ม (Total Dynamic Head , TDH หรือ Total Head , H_T) ก็คือพลังงานทั้งหมดที่บอกอยู่ในรูปของเฮดที่ปั๊มจะต้องเพิ่ม ได้แก่ของเหลวนั้นไหลผ่านระบบท่อ ด้วยอัตราการไหลที่กำหนด เฮดรวมของปั๊ม คือผลต่างของเฮดรวมด้านจ่าย (Total Discharge Head) กับเฮดรวมด้านดูด (Total Suction Head) เขียนเป็นสมการได้ คือ

$$\textbf{Total Head} = \textbf{Total Discharge Head} - \textbf{Total Suction Head}$$

$$\textbf{Total Head} = (H_d + H_{fd} + H_{vd}) - (H_s + H_{vs} + H_{fs}) \qquad (2-13)$$

จากสมการข้างบน เทอมของ H_{vs} และ H_{vd} สามารถแทนค่า ด้วยสมการที่ (2 – 11) และจัดรูปแบบสมการใหม่ได้ ดังนี้

$$H_T = (H_d - H_s) + (H_f + H_{fd}) + \left(\frac{V_d^2}{2g} - \frac{V_s^2}{2g}\right) \qquad (2-14)$$

2. กำลังงานที่ต้องการของปั๊ม

กำลังงาน หมายถึง อัตราการทำงานในหนึ่งหน่วยเวลา หน่วยของกำลังงานที่นิยมใช้กันทั่ว ๆ ไป คือ แรงม้า ซึ่ง 1 แรงม้าเท่ากับ 746 วัตต์ (Watt) สำหรับกำลังงานที่ต้องการของปั๊มเรียกว่าแรงม้าทฤษฎี (Theoretical Horsepower) เป็นแรงม้าที่ปั๊มจะต้องเพิ่มให้แก่ของเหลวเพื่อให้ของเหลวไหลผ่านระบบด้วยอัตราที่กำหนด โดยมีสมการที่คำนวณค่าแรงม้า ดังนี้

$$W_{hp} = \gamma Q H_T \qquad (2-15)$$

เมื่อ

W_{hp} คือ กำลังงานของปั๊ม มีหน่วยเป็น w

H_T คือ เฮดรวมของปั๊ม มีหน่วยเป็น m

γ คือ น้ำหนักจำเพาะ มีหน่วยเป็น N/m^3

Q คือ อัตราการไหลผ่านท่อระบบ มีหน่วยเป็น m^3/s

3. การเสียเฮดความฝืด

เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่าการเสียเฮด หรือ พลังงานเนื่องจากความฝืด (Friction Head Loss) หรือการสูญเสียหลัก (Major Loss) ในท่อเส้นตรงไม่ว่าการไหลนั้นจะเป็น แบบราบเรียบ หรือ ปั่นป่วน คำนวณได้จากสมการ

$$h_f = \frac{fLV^2}{2gD} \qquad (2-16)$$

โดยที่

h_f คือ การเสียเฮดเนื่องจากความฝืด มีหน่วยเป็น m

f คือ สัมประสิทธิ์ของความฝืด

L คือ ความยาวของท่อ มีหน่วยเป็นเมตร m

V คือ ความเร็วในการไหลของการไหลในท่อ มีหน่วยเป็น m/s

D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ มีหน่วยเป็น m

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก เท่ากับ 9.81 m/s^2

โดยค่าสัมประสิทธิ์ความฝืด (f) ขึ้นอยู่กับทั้งคุณสมบัติของท่อและลักษณะการไหลว่าเป็นแบบราบเรียบหรือปั่นป่วน โดยสิ่งที่เป็นตัวบ่งชี้ว่าการไหลในท่อนั้นเป็นการไหลแบบราบเรียบหรือปั่นป่วนคือ ค่าเรโนลด์นัมเบอร์ (Reynold Number N_R) ซึ่งมีสมการ คือ

$$N_R = \frac{DV\rho}{\mu} \quad \text{หรือ} \quad \frac{DV}{\nu} \qquad (2-17)$$

โดยที่

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ มีหน่วยเป็น m

V คือ ความเร็วของการไหลของของไหลในท่อ มีหน่วยเป็น m / s

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล มีหน่วยเป็น kg /m^3

μ คือ ความหนืดสมบูรณ์ มีหน่วยเป็น N.s/m^2

ν คือ ความหนืดจลน์ มีหน่วยเป็น m^2/s

สำหรับ N_R น้อยกว่า 2,000 ซึ่งการไหลเป็นแบบราบเรียบ ค่าสัมประสิทธิ์ความฝืด (f) จะหาได้จากสมการ

$$f = \frac{64}{N_R} \qquad (2-18)$$

สำหรับในกรณีที่ค่า N_R มากกว่า 4,000 ซึ่งเป็นการไหลแบบปั่นป่วน ค่าสัมประสิทธิ์ความฝืด (f) จะขึ้นอยู่กับ N_R และอัตราส่วนระหว่างความขรุขระของผนังท่อ ต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ ε / D โดยค่าความขรุขระของผนังท่อจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ทำท่อ และกรรมวิธีการผลิต โดยค่าความขรุขระจะดูได้จากตาราง สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดโดยทั่วไปแล้วจะนิยมอ่านค่าจาก Moody Diagram

4. การเสียเฮดเนื่องจากอุปกรณ์ในระบบท่อ

การเสียเฮดเนื่องจากอุปกรณ์ในระบบท่อหรือ การสูญเสียรอง คือ การสูญเสียอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการไหล ไม่ว่าจะเป็นขนาด หรือ ทิศทางของความเร็วหรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นการสูญเสียพลังงานหรือการสูญเสียเฮดที่มีผลมาจากพลังงานจลน์ หรือเฮดความเร็วเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในการไหลของของไหลไปในท่อทางเมื่อของไหลผ่านข้อต่อ ข้องอ ข้อเพิ่ม – ลด ขนาด การไหลผ่านวาล์วต่าง ๆ

ดังนั้นสมการที่ใช้การหาค่าการเสียเฮดเนื่องจากอุปกรณ์ในระบบท่อ จึงมีอยู่ในรูปของเฮดความเร็ว ($V^2/2g$) คูณด้วย ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล เขียนเป็นสมการได้

$$h_L = K_L \frac{V^2}{2g} \qquad (2-19)$$

เมื่อ

h_L คือ การเสียเฮดเนื่องจากอุปกรณ์ในระบบท่อ มีหน่วยเป็น m

K_L คือ สัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหลซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของอุปกรณ์

V คือ ความเร็วในการไหลของของไหลในท่อ มีหน่วยเป็น m/s

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกเท่ากับ 9.81 m/s^2

ลักษณะของการเสียเฮดเนื่องจากอุปกรณ์ในระบบท่อ จะเกิดขึ้นได้หลายลักษณะและมีวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล (K_L) ดังนี้

4.1 การเสียเฮดที่ทางเข้า ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล (K_L) ที่ทางเข้าจะขึ้นอยู่กับรูปร่างของการเชื่อมต่อระหว่างถังเก็บและท่อ ดังแสดงไว้ใน รูปที่ 2.24 และ การหาค่าการเสียเฮดที่ทางเข้า จะหาได้โดยใช้สมการที่ (2 – 19) ซึ่งก็คือ

$$h_L = K_L \frac{V^2}{2g} \qquad (2-20)$$

เมื่อหาค่า h_L จากสมการด้านบน ค่า V ที่ใช้คือ ความเร็วของของไหลในท่อ

4.2 การเสียเฮดที่ทางออก ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหลที่ทางออก (K_L) = 1 โดยไม่ขึ้นกับรูปร่างของการเชื่อมต่อระหว่างถังเก็บและท่อ สำหรับการเสียเฮดที่ทางออก หาได้โดยใช้หลักการเดียวกับการเสียเฮดที่ทางเข้า

4.3 การเสียเฮดเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดท่อลดลงทันที ในกรณีนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทาน การไหล (K_L) จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดลดลง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.21

เมื่อทราบอัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดของท่อ แล้ว สามารถนำมาหาค่า ได้ และหาการเสียเฮดเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดท่อลดลงทันที ได้จากสมการ

$$h_L = K_L \frac{V^2}{2g} \qquad (2-21)$$

4.4 การเสียเฮดเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดท่อค่อย ๆ ลดลง ในท่อชนิดที่ค่อยๆลดขนาด การสูญเสียกำลังงานของของไหลจะเกิดขึ้นในช่วงที่มีการเปลี่ยนขนาดของท่อ ส่วนในช่วงที่ไม่มีการเปลี่ยนขนาด การสูญเสียกำลังงานจะสูญเสียเหมือนกับ การสูญเสียเนื่องจากความเสียทานธรรมดา ซึ่งในการใช้งานจริงๆส่วนโค้งของท่อที่มีการลดขนาด มักจะทำเป็นรูปกรวย ซึ่งจะทำให้การสูญเสียเพิ่มขึ้นมากกว่าแบบค่อยๆลดขนาด โดยทั่วไปแล้วท่อลดขนาดเป็นรูปกรวย มักจะมีมุมของกรวยอยู่ในช่วง 20 ถึง 40 องศา สำหรับหาร หาค่าการเสียเฮด จะใช้สมการที่ (2 – 19) และใช้ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานการไหล (K_L) จากรูปที่ 2.21

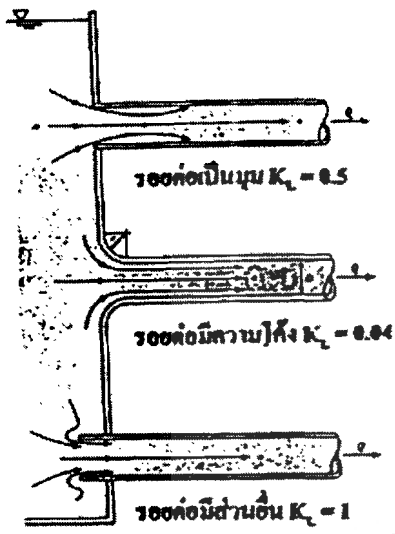
4.5 การเสียเฮดเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดท่อเพิ่มทันที เมื่อของไหลไหลผ่านจากท่อขนาดเล็กเข้าสู่ท่อขนาดใหญ่ ความเร็วของของไหลจะลดลง ดังนั้น ความดันของของไหลที่ท่อใหญ่จะเพิ่มขึ้น แต่ในช่วงแรกความดันยังไม่เพิ่มขึ้นโดยทันที เพราะเนื่องจากของไหลเกิดการปั่นป่วนในช่วงนั้นมาก จึงทำให้เกิดเสียเฮดมาก โดยค่าสัมประสิทธ์ความต้านทานการไหล (K_L) เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดท่อเพิ่มทันที หาได้จาก รูปที่ 2.21 การหาค่าการเสียเฮดเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดท่อเพิ่มทันทีสามารถใช้สมการที่ (2 – 19) ได้ แต่ในกรณีนี้ V คือ ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงซึ่งมีค่าเท่ากับ ($V_1 - V_2$) ดังนั้นสมการหาการเสียเฮด จึงเขียนได้ดังนี้

$$h_L = K_L \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \qquad (2 - 22)$$

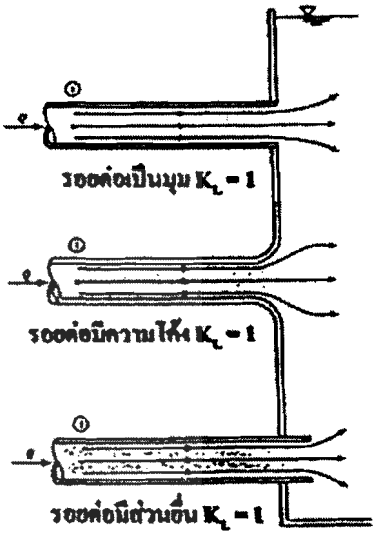
4.6 การเสียเฮดเนื่องจากพื้นที่หน้าตัดค่อย ๆ เพิ่มขึ้น โดยการเสียเฮดเนื่องจากท่อค่อยๆเพิ่มพื้นที่หน้าตัด สามารถใช้สมการกับ การเสียเฮดเนื่องจากท่อเพิ่มพื้นที่หน้าตัดโดยทันที แต่ค่าของ K_L ขึ้นอยู่กับมุม Θ ของกรวย และอัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดของท่อทั้งสอง

โดยค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานการไหล (K_L) เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดท่อค่อย ๆ เพิ่มขึ้นได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.22

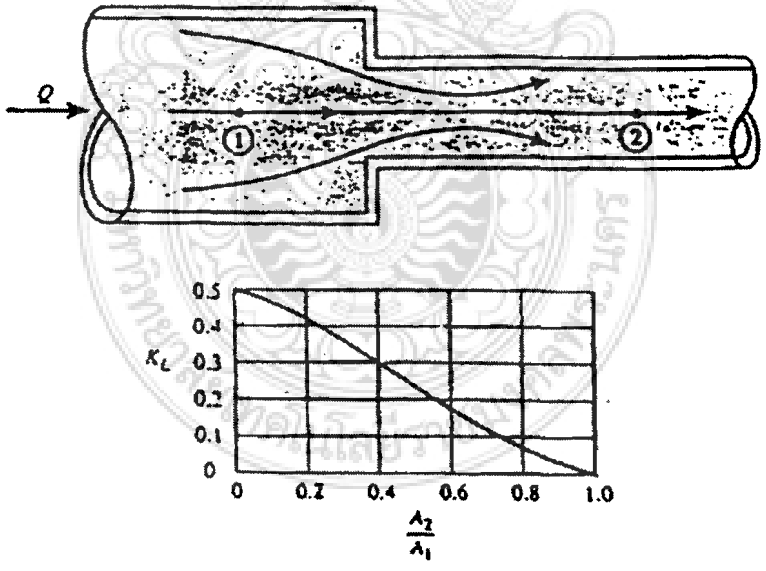
4.7 การเสียเฮดในข้อต่อของท่อและวาล์ว เมื่อของไหลไหลผ่านข้อต่อ และวาล์วของท่อจะทำให้เกิดการสูญเสียกำลังงานในการไหลขึ้น เพราะความขรุขระและรูปร่างของข้อต่อที่ทำให้ของไหลเกิดการปั่นป่วน การหาค่าการเสียเฮดในข้อต่อของท่อ และวาล์ว จะใช้สมการที่ (2 – 19) โดยใช้สมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล (K_L)



สัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล (K_L) ที่ทางเข้า



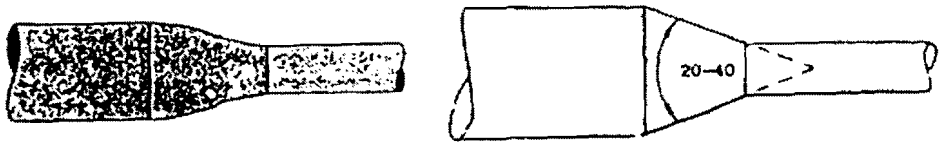
สัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล(K_L)ที่ทางออก



สัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล(K_L)เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดท่อลดลงทันที

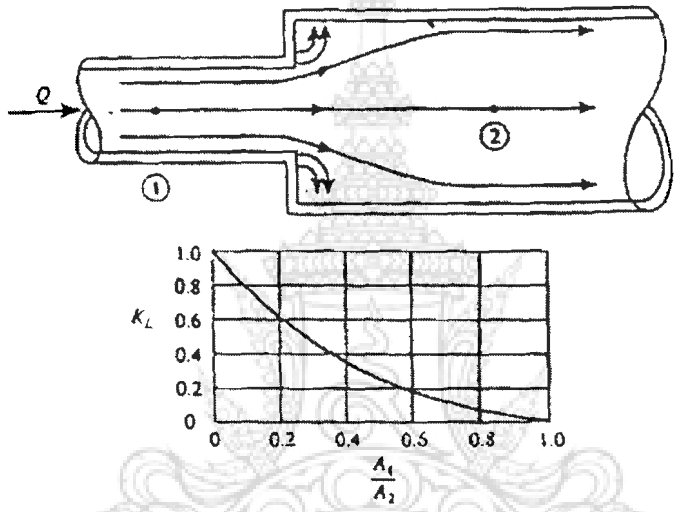
รูปที่ 2.21 แสดงสัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล (K_L)

ที่มา : Esposito : 1998 : P. 339 .

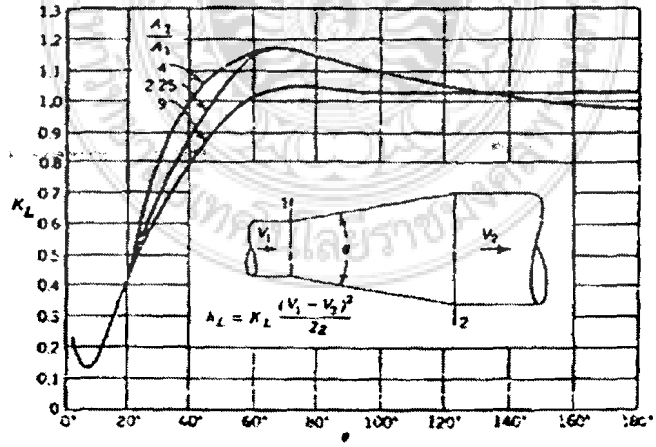


ท่อค่อยๆลดขนาด K_L = 0.04 ท่อลดขนาดเป็นรูปกรวย K_L = 0.1

สัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล(K_L)เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดท่อค่อยๆลดลง



สัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล(K_L)เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดท่อเพิ่มทันที



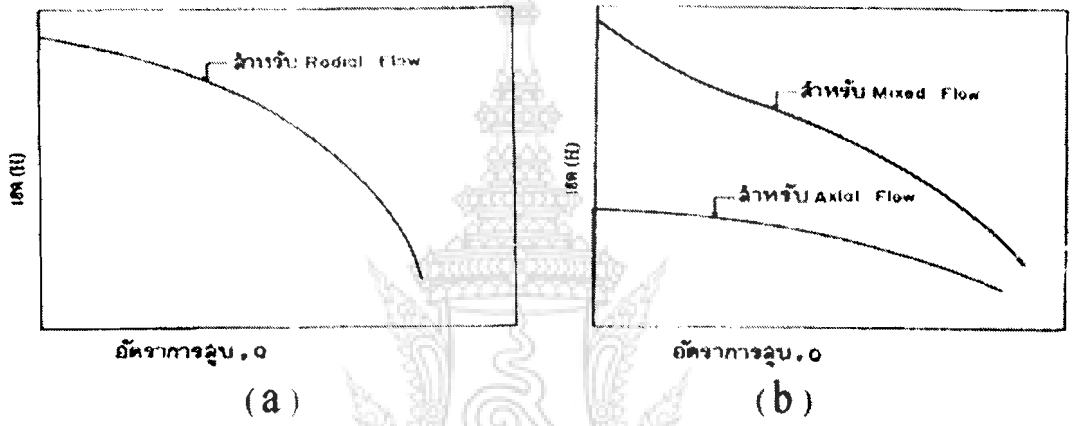
สัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล(K_L)เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดท่อค่อยๆเพิ่มขึ้น

รูปที่ 2.22 แสดงสัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล (K_L)

ที่มา : Esposito : 1998 : P. 343.

5. กราฟ H – Q ของปั๊ม

กราฟ H – Q หรือ Q – H Curve (Head Capacity Curve) ของปั๊ม คือ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหลกับเฮดที่ปั๊มสามารถทำงานได้ ตั้งแต่อัตราการไหลเป็นศูนย์ถึงอัตราการไหลสูงสุดของปั๊มนั้น ซึ่งลักษณะกราฟ H – Q ขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของใบพัด เช่น ความกว้าง ของช่องทางเปิดของฝาประกับ ทิศทางของของเหลวที่ถูกเหนี่ยวออกจากใบพัด



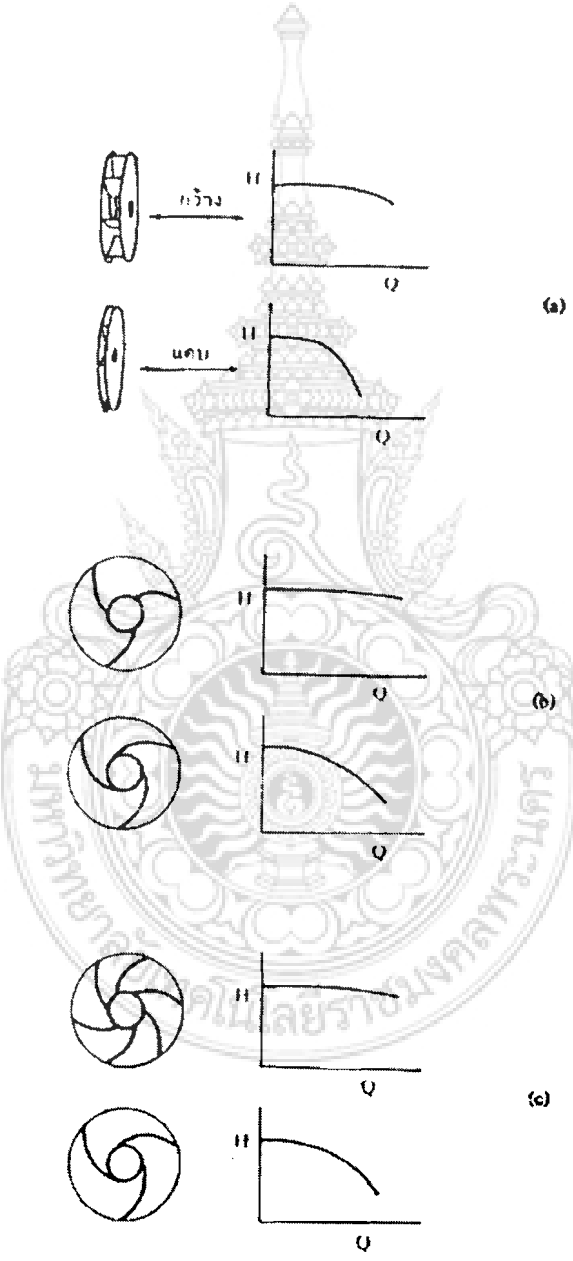
รูปที่ 2.23 กราฟ H – Q ของปั๊มเซนติฟูกอลแบบต่าง ๆ
ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ : 2537 : น. 111.

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่ากราฟเหล่านี้จะแสดงลักษณะการทำงานตั้งแต่อัตราการไหลเป็นศูนย์ถึงอัตราการไหลสูงสุดสำหรับปั๊มนั้น แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าปั๊มดังกล่าวนำไปใช้งานได้ดีตลอดช่วงที่แสดงในกราฟนั้น ทั้งนี้เพราะที่อัตราการไหลต่าง ๆ เหล่านี้ปั๊มทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ไม่เท่ากัน

สำหรับปั๊มแบบ Radial Flow นั้น ลักษณะของกราฟ H – Q จะขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของใบพัด ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.23 รูปที่ 2.24 a แสดงให้เห็นว่า เมื่อความกว้างของช่องเปิดระหว่างฝาประกับมากกราฟ H – Q จะแบนราบ และให้อัตราการไหลสูงกว่าใบพัดที่มีความกว้างของช่องเปิดระหว่างฝาประกับแคบ ความโค้งของของครีบใบพัดก็มีผลให้เส้นกราฟแบนกว่าในกรณีที่วางครีบใบพัดในแนวสัมผัสกับช่องเปิดที่ศูนย์ (รูป 2.24 b) และใบพัดที่มีครีบน้อยจะให้เส้นกราฟชันกว่าใบพัดที่มีครีบมาก (รูป 2.24 b) ความแบนและความชันของกราฟ H – Q จะมีผลต่ออัตราการไหลและเฮดที่ได้จากปั๊มแตกต่างกัน เมื่อกราฟเฮดของระบบเปลี่ยนแปลงไปจากท่อออกแบบไว้เดิม กล่าวคือ ปั๊มที่มีกราฟ H – Q ชัน จะมีการเปลี่ยนแปลงเฮดมากกว่าเปลี่ยนแปลง

อัตราการไหลในทางตรงกันข้าม ปั๊มที่มีกราฟ H – Q แบนจะมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการสูบมากกว่าเปลี่ยนแปลงเฮด

ดังนั้นในงานที่ต้องการรักษาเฮดให้มีความคงที่สม่ำเสมอจึงควรเลือกปั๊มที่มีกราฟ H – Q แบน ในทางตรงกันข้าม ถ้าเป็นงานที่ต้องการให้มีอัตราการสูบคงที่สม่ำเสมอ ก็ควรจะเลือกใช้ปั๊มที่มีกราฟ H – Q ชัน



รูปที่ 2.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างของใบพัดกับลักษณะของกราฟ H – Q

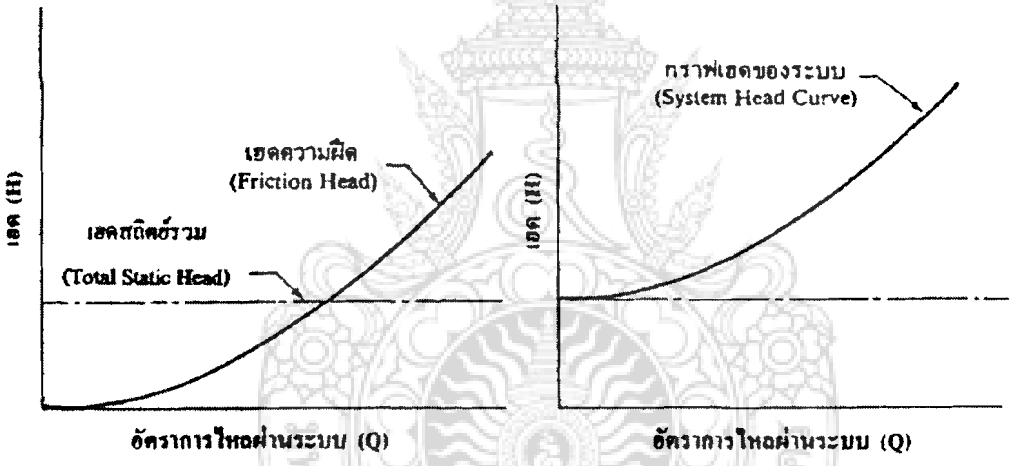
ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น. 92.

6. กราฟเฮดของระบบ

กราฟเฮดของระบบ (System Head Curve) คือ กราฟซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลผ่านระบบกับเฮดรวม (TDH หรือ H_T) หรือ พลังงานที่ปั๊มจะต้องเพิ่มให้แก่ของเหลวเพื่อก่อให้เกิดการไหลนั้น พลังงานที่ปั๊มจะต้องให้ซึ่งบอกเป็นความสูงของแท่งของเหลว หรือ เฮด มีค่าเท่ากับผลรวมของพลังงานสองอย่าง คือ

6.1 ความต่างระดับของของเหลวที่ปลายท่อดูดและท่อจ่าย หรือ เฮดสถิตรวม

6.2 พลังงานที่สูญเสียไปในการไหลผ่านระบบเนื่องจากความฝืดในเส้นท่อ รวมกับการสูญเสียในอุปกรณ์ระบบท่อ

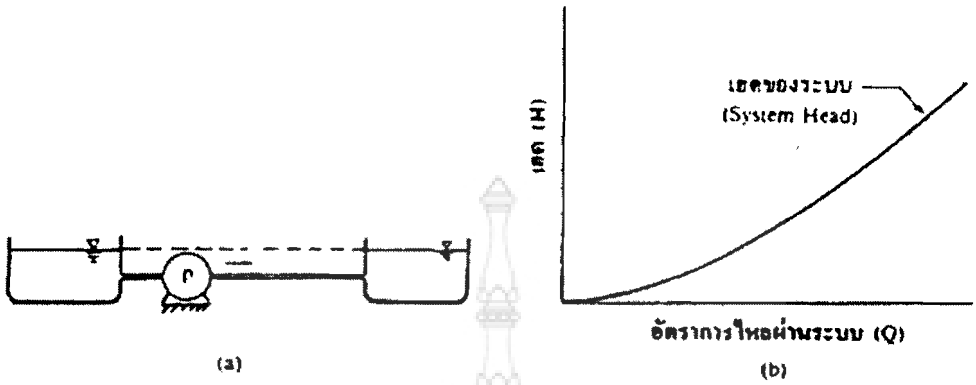


รูปที่ 2.25 แสดงกราฟเฮดของระบบ

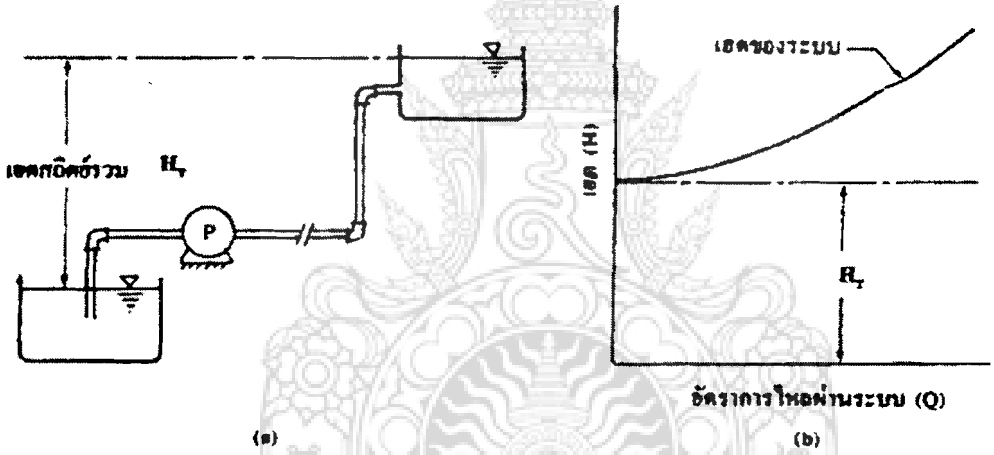
ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น. 66.

กราฟเฮดระบบ (System Head Curve) จะขึ้นอยู่กับลักษณะการติดตั้งและส่วนประกอบของระบบสูบน้ำ โดยลักษณะกราฟของระบบ จะแบ่งได้หลายลักษณะ อาทิ เช่น ระบบที่ไม่มีเฮดสถิตระบบที่มีทั้งเฮดสถิตและความฝืด ระบบที่เฮดเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

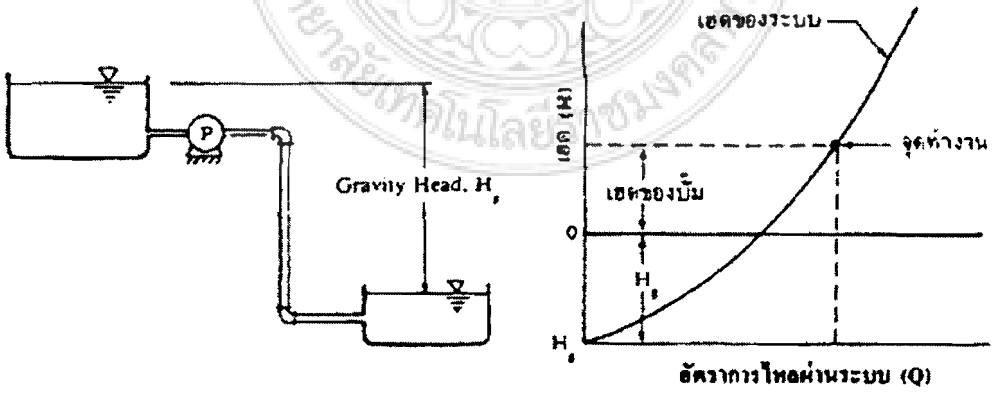
ส่วนระบบที่มีทั้งเฮดสถิตและเฮดความฝืด จะเป็นระบบที่ระดับของเหลวด้านดูดอยู่ต่ำกว่าปั๊มและด้านจ่ายจะอยู่สูงกว่าปั๊ม และระบบที่มีเฮดเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก จะเป็นระบบที่มีเฮดเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก โดยระดับของของเหลวด้านดูดสูงกว่าปั๊มและด้านจ่ายอยู่ต่ำกว่าปั๊ม



ระบบเครื่องสูบและกราฟเฮดของระบบที่ไม่มีเฮดสถิตย์



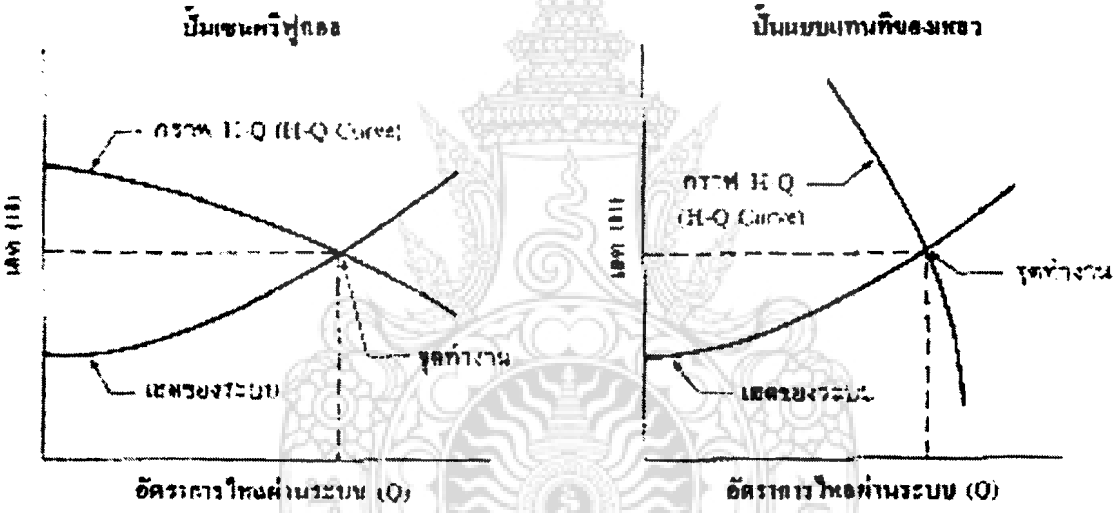
ระบบเครื่องสูบที่มีทั้งเฮดสถิตย์และเฮดความฝืด และกราฟเฮดของระบบ



รูปที่ 2.26 ระบบเครื่องสูบและกราฟเฮดของระบบ

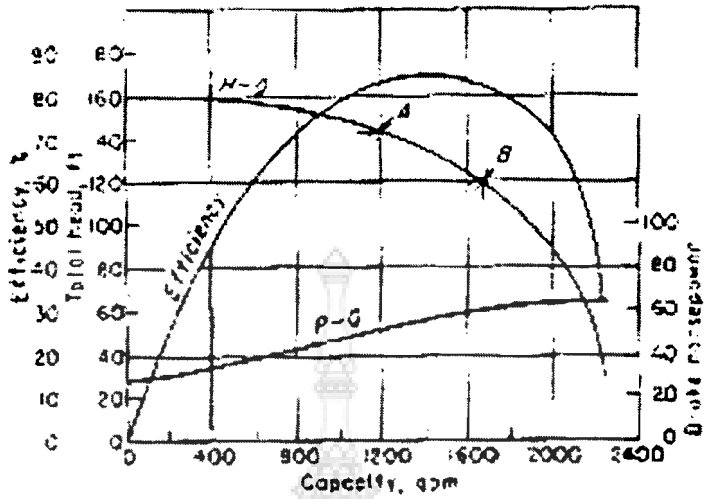
ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น. 68.

กราฟเฮดของระบบที่มีช่วงอัตราการไหลครอบคลุมทุกสภาวะการทำงาน จะช่วยให้สามารถเลือกปั๊มได้อย่างเหมาะสม กล่าวคือ เมื่อนำกราฟดังกล่าวไปเขียนบนสเกลเดียวกับกราฟแสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลกับเฮด หรือ กราฟ H – Q ของปั๊มจุดที่กราฟ H – Q ของปั๊มรัดกับกราฟเฮดของระบบ จะเป็นจุดที่ปั๊มทำงาน (Operating Point) ดังรูปที่ 2.27 โดยปกติกราฟ H – Q ของปั๊มจะมีเส้นแสดงประสิทธิภาพที่อัตราสูบต่าง ๆ ไว้ด้วย ดังนั้น กราฟเฮดของระบบจะช่วยให้สามารถเลือกปั๊มให้การทำงานของปั๊มนั้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับสูงตลอดช่วงเวลาการทำงานที่ต้องการได้



รูปที่ 2.27 แสดงการหาจุดทำงานของปั๊มโดยใช้กราฟเฮดของระบบและกราฟ H – Q ของปั๊ม
ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น. 66.

จากที่กล่าวแล้วว่าจุดที่ปั๊มทำงานหรืออัตราการสูบและเฮดที่จะได้จากปั๊ม จำเป็นต้องดูจากจุดตัดระหว่างกราฟ H – Q ของปั๊ม และกราฟเฮดของระบบ แต่โดยปกติแล้วบริษัทผู้ผลิตจะไม่แสดงกราฟ H – Q เพียงอย่างเดียวเพราะจะไม่ช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้เท่าใดนัก แต่จะให้กราฟแสดงรายละเอียดอย่างอื่นมาด้วย เช่น ประสิทธิภาพการทำงาน , แรงม้าที่ต้องการ เป็นต้น กราฟเหล่านี้จะรวมเสนอในแค็ตตาล็อก ที่เรียกว่า Pump Characteristic Curve หรือ Performance Curve ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 ตัวอย่างกราฟแสดงลักษณะการทำงานของปั๊ม (Pump Charateristic Curve)

ที่มา : วิบูลย์ บุญยธโรกุล : 2529 : น. 141.

7. ความเร็วจำเพาะ

ในการคำนวณออกแบบเลือกใช้เครื่องสูบน้ำแบบ Centrifugal จำเป็นที่จะต้องทราบอัตราการสูบ , ระดับความสูงในการสูบ และรอบความเร็วของใบพัด เพื่อความสะดวกในการคำนวณออกแบบสามารถนำทั้งสามตัวแปรมารวมกันเพื่อให้ได้ตัวแปรใหม่ ที่เรียกว่า ความเร็วจำเพาะ (Specific Speed) ซึ่งเขียนเป็นสมการ ดังนี้

$$N_S = \frac{rpm \times 51.64 \times \sqrt{Q}}{H_T^{0.75}} \qquad (2\text{-}23)$$

เมื่อ

N_S คือ ความเร็วจำเพาะ (หน่วย US)

rpm คือ รอบความเร็วของใบพัด ปั๊น รอบต่อนาที

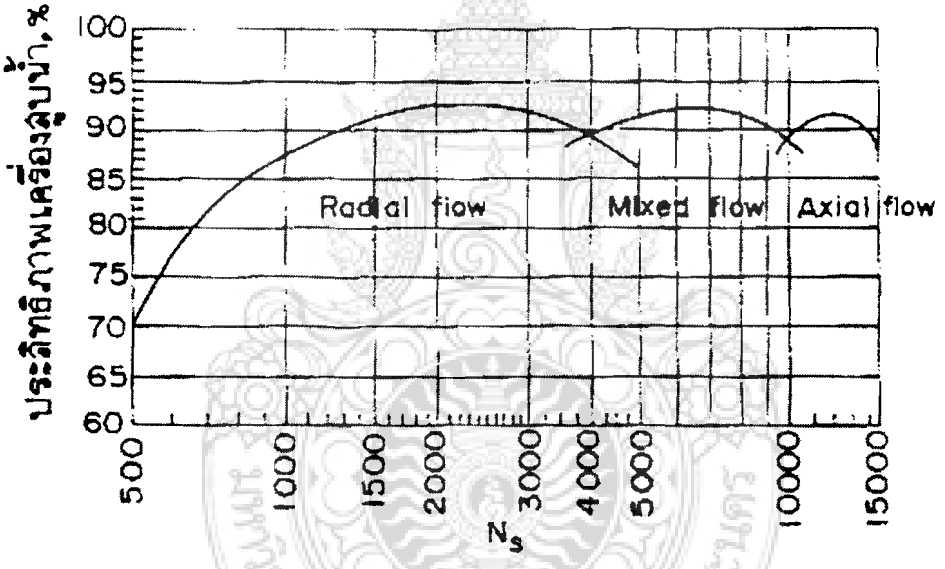
Q คือ อัตราการสูบ เป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (m^3/s)

H_T คือ เฮดรวม (Total Head) ที่ต้องการให้ปั๊มทำงาน เป็นเมตร (m)

ค่าความเร็วจำเพาะ ไม่ใช่เป็นความเร็วของเครื่องสูบน้ำ แต่เป็นตัวเลขที่ใช้บ่งชี้ถึงอัตราการสูบ , ระดับความสูงในการสูบน้ำขึ้น และรอบความเร็วของใบพัดเพื่อใช้ในการเลือกปั๊ม ดังรูป

ที่ 2.34 ได้แสดงกราฟของค่าประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ กับค่า N_S (หน่วย US) สำหรับเครื่องสูบน้ำชนิดแรงเหวี่ยง (Radial Flow) ชนิดไหลผสม (Mixed Flow) และชนิดไหลตามแนวแกน (Axil Flow) โดยช่วงของค่า N_S สำหรับเครื่องสูบน้ำชนิดต่าง ๆ เป็นดังต่อไปนี้

N_S = 500 - 5000 สำหรับเครื่องสูบน้ำ Centrifugal ชนิดแรงเหวี่ยง
N_S = 3500 - 10000 สำหรับเครื่องสูบน้ำ Centrifugal ชนิดไหลผสม
N_S = 10000 - 15000 สำหรับเครื่องสูบน้ำ Centrifugal ชนิดไหลตามแนวแกน



รูปที่ 2.29 กราฟของค่าประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำห่อยโข่งกับค่าความเร็วจำเพาะ
ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ : 2537 : น. 116.

ระบบนิวแมติกส์

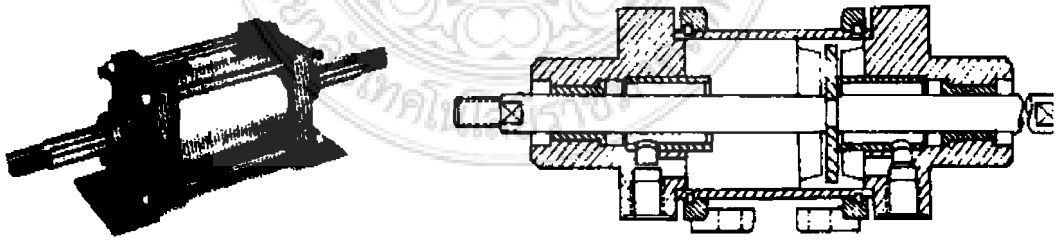
1. กระบอกสูบ (Cylinder)

อุปกรณ์ทำงานระบบนิวแมติกส์ (Pneumatic Working Elements) หมายถึง อุปกรณ์ที่เป็นตัวเปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกล ซึ่งตัวเปลี่ยนแปลงพลังงานก็คือ ลูกสูบ ซึ่งจะอาศัยลมเป็นต้นกำลังในการทำให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

กระบอกสูบนิวแมติกส์เป็นอุปกรณ์ที่ ทำหน้าที่ เปลี่ยนพลังงานของความดันลม ซึ่งเกิดจากเครื่องอัดลมให้เป็นพลังงานกล แรงที่ได้จากกระบอกสูบจะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบและความดันลม สามารถแบ่งประเภทของกระบอกสูบออกได้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง และการเคลื่อนที่แบบแกว่งไปมาในแนวหมุน กระบอกสูบมีแบบต่าง ๆ มากมายนับจากโครงการสร้างพื้นฐานไปจนถึงโครงสร้างแบบพิเศษ กระบอกสูบชนิดสองทิศทางเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุด

1.1 ชนิดของกระบอกสูบแบบต่าง ๆ

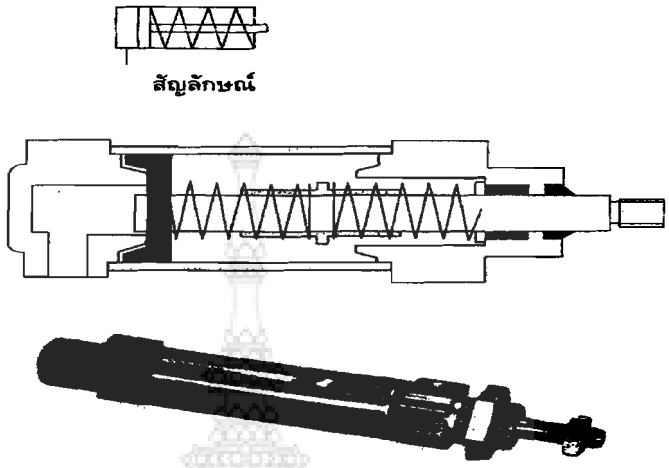
1.1.1 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางแบบมีก้าน สูบสองข้างกระบอกสูบแบบนี้ไม่ว่าจะเคลื่อนที่ไปหรือเคลื่อนที่กลับ แรงที่ได้ทั้งสองข้างจะมีค่าเท่ากัน เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดทั้งสองข้างมีขนาดเท่ากัน และที่ปลายจุดรองรับของก้านสูบทั้งสองข้างจะมีแบริ่งรองรับก้านสูบอยู่ ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกระทำของก้านสูบจึงน้อยมาก ไม่เหมือนกับกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง



รูปที่ 2.30 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางแบบมีก้านสูบสองข้าง

ที่มา : ปานเพชร ชินินทร : 2541 : น. 84.

1.1.2 กระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว (Single Action Air Cylinder)

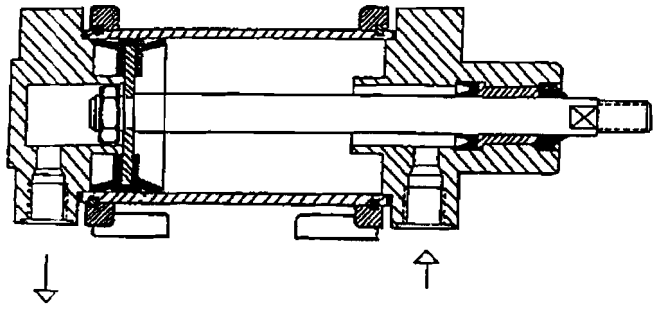


รูปที่ 2.31 กระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว

ที่มา : ปานเพชร ชินินทร : 2541 : น. 86.

กระบอกสูบชนิดทำงานทิศทางเดียว ชนิดสปริงดันกลับ กระบอกสูบชนิดนี้จะมีรูลมเพียงรูเดียว ใช้สำหรับให้ลมอัด เข้าดันลูกสูบให้วิ่งออก ส่วนจังหวะถอยกลับจะกลับด้วยแรงของสปริงภายในกระบอกสูบ ดังนั้น การใช้งานของกระบอกสูบชนิดนี้จึงควรใช้ในจังหวะดันออกเท่านั้น เพราะจังหวะถอยกลับด้วยแรงสปริง ถ้าหากโหลดมีมากกว่าแรงของสปริงจะทำให้ก้านสูบหดกลับไม่ได้

1.1.3 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง (Double Acting Cylinder) ลูกสูบชนิดทำงานสองทางลมอัด จะดันในจังหวะเลื่อนเข้าและเลื่อนออกทำให้มีแรงทำงานได้ทั้งสองทิศทาง เหมาะกับลักษณะงานที่ต้องการใช้แรงทั้งจังหวะเลื่อนออกและเลื่อนเข้า



รูปที่ 2.32 กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง

ที่มา : มงคล อาทิภาณุ : 2527 : น. 32.

2. การคำนวณหาค่ากระบอกสูบลม

แรงดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบ และ ส่งผลมายังก้านสูบ ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ ความดันของลมอัดและแรงต้านจากความเสียดทานของอุปกรณ์ซีลต่าง ๆ สำหรับลูกสูบของกระบอกสูบ สามารถหาแรงที่ลูกสูบ ได้ดังนี้

2.1 แรงในจังหวะลูกสูบวิ่งออก

$$F = \frac{\pi}{4}D^2 \times P \qquad (2\text{-}24)$$

2.2 แรงในจังหวะลูกสูบวิ่งเข้า

$$F = \frac{\pi}{4}\left(D^2 - d^2\right) \times P \qquad (2\text{-}25)$$

เมื่อ

F = แรงของลูกสูบ หน่วยเป็น N

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ หน่วยเป็น cm

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ หน่วยเป็น cm

P = ความดันของลมอัด หน่วยเป็น bar

ค่าแรงต้านเนื่องจากความเสียดทานมีค่าประมาณ 3-10 % ของแรงลูกสูบที่คำนวณได้ทางทฤษฎี ในกรณีที่ความดันใช้งานอยู่ระหว่าง 4-8 บาร์

3. ความยาวช่วงชักของลูกสูบ

ความยาวช่วงชักที่ต้องการสำหรับใช้งานไม่ควรจะยาวเกิน 200 เซนติเมตร เพราะว่าอัตราการสิ้นเปลืองลมจะไม่เหมาะสมและไม่ประหยัด ผลเนื่องมาจากขนาดของลูกสูบใหญ่เกินไปหรือช่วงชักยาวเกินไปนั่นเอง นอกจากนี้ในกรณีที่ช่วงยาวเกินไปยังมีผลอันตรายเนื่องจากคดงอของก้านสูบ (Bucking) ด้วยโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบที่เล็กๆ และความยาวช่วงชักยาวมากๆจะมีผลด้านความเค้นที่ก้านสูบและบู๊ชก้านสูบมากเกินไปตารางที่ ก.5 แสดงถึงค่าแรงดันที่อนุญาตสำหรับก้านสูบขนาดต่างๆ และ ตารางที่ ก.6 แสดงขนาดมาตรฐานของลูกสูบและช่วงชักมาตรฐานจากต่ำสุดถึงสูงสุด

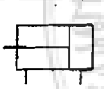
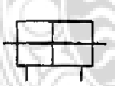
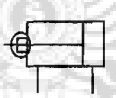
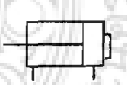
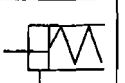
3.1 การหาค่าตามตาราง

กระบอกสูบชนิดทิศทางเดียว ชนิดสปริงดันกลับ ขนาดกระบอกสูบ 20 มม. ที่ความดันใช้งาน 5 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร จะได้แรงของก้านสูบดันจังหวะดันออกเท่ากับ 14.1 กิโลกรัมแรง และแรงของสปริงในจังหวะเริ่มต้นให้ก้านสูบหดกลับเท่ากับ 1.6 กิโลกรัม และแรงของสปริงเมื่อก้านสูบหดกลับถึงตำแหน่งเดิมแล้วเท่ากับ 0.6 กิโลกรัม สามารถรับโหลดที่มากระทำในแนวแกนของก้านสูบได้สูงสุด 0.67 กิโลกรัม

ในกรณีกระบอกสูบทิศทางเดียวชนิดสปริงดันออก ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความดันใช้งานเดียวกัน จะได้แรงของก้านสูบในจังหวะดึงกลับเท่ากับ 8.9 กิโลกรัม และได้แรงสปริงเริ่มต้น 2.8 และแรงสปริงเมื่อสิ้นสุดจังหวะแล้วเท่ากับ 0.5 กิโลกรัมแรง เป็นต้น

สำหรับกระบอกสูบชนิดสองทิศทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. ความดันใช้งาน 5 กิโลกรัมแรง/ตาราเซนติเมตร จะได้แรงของกระบอกสูบในจังหวะดันออกเท่ากับ 15.7 กิโลกรัม และจังหวะสูบหดกับเท่ากับ 11.7 กิโลกรัมแรง เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 ขนาดช่วงชักของกระบอกสูบที่มีช่วงชักสั้น

ขนาดกระบอกสูบ (มม.)	กระบอกสูบสองทิศทาง				กระบอกสูบทิศทางเดียว	
	ชนิดก้านสูบเดียว	ชนิดก้านสูบสองข้าง	ชนิดก้านสูบหมุนไม่ได้	ชนิดยึดท้าย	ชนิดสปริงดันกลับ	ชนิดสปริงดันออก
						
	ช่วงชักมาตรฐาน (มม.)				ช่วงชักมาตรฐาน (มม.)	
12	5, 10, 15, 20, 25, 30	5, 10, 15, 20, 25, 30	5, 10, 15, 20, 25, 30	5, 10, 15, 20, 25, 30	5, 10	5, 10
16						
20	5, 10, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50	5, 10	5, 10
25						
32	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 75, 100	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50	5, 10, 15, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 75, 100	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 75, 100	5, 10	5, 10
40						
50	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 75, 100	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50	10, 15, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 75, 100	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 75, 100	10, 20	10 20
63					—	—
80			—			
100						

ที่มา : มงคล อาทิภาณุ : 2527 : น. 40.

4. ความเร็วของลูกสูบ

ความเร็วของลูกสูบมาตรฐาน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.02 ถึง 1.0 เมตรต่อวินาที ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและชนิดของลูกสูบ โดยความเร็วของลูกสูบขึ้นอยู่กับภาวะความดันใช้งานลมอัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อลมและขนาดความยาวของท่อลมจากวาล์วควบคุมจนถึงลูกสูบรวมทั้งการปรับอัตราการไหลของลมอัดที่ผ่านวาล์วควบคุมด้วย โดยความเร็วของลูกสูบที่ขึ้นอยู่กับภาวะ (Loading) และอัตราการไหลของลมอัดที่ผ่านวาล์วควบคุมได้

5. อัตราการสิ้นเปลืองลม

การหาอัตราการสิ้นเปลืองลม(Consumption of Air) มีความจำเป็นสำหรับการเตรียมลมและการคำนวณค่าพลังงานที่ต้องใช้จ่าย ถ้าทราบค่าที่แน่นอนของความดันที่ใช้งาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์ลูกสูบและความยาวของช่วงชักแล้วสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

อัตราการสิ้นเปลืองลม = อัตราส่วนการอัด × พื้นที่หน้าตัดลูกสูบ × ความยาวช่วงชักของลูกสูบ

$$\text{อัตราส่วนการอัด} = \frac{1.033 + \text{ความดันใช้งาน}}{1.003} \quad \text{.....คิด ณ ระดับน้ำทะเล} \qquad (2\text{-}26)$$

6. อัตราการสิ้นเปลืองลมของลูกสูบ

6.1 อัตราการสิ้นเปลืองลม (Q)

จากสูตร $Q = H(qs + qt) \times h$ (2-27)

กำหนดให้

Q	=	อัตราการใช้ลม หน่วยเป็น (N/min)
H	=	ช่วงชักของกระบอกสูบ หน่วยเป็น (cm)
qs	=	อัตราการใช้ลม 1 cm จังหวะดัน (push)
qt	=	อัตราการใช้ลม 1 cm จังหวะดึง (pull)
h	=	จำนวนครั้งต่อนาที

6.2 หาปริมาณลมที่ใช้ (อัตราการใช้ลม)

สูตรปริมาณลมที่ใช้ $$Va = \frac{(A1 + A2) \times L \times (P + 1.033) \times N}{1000} \qquad (2\text{-}28)$$

กำหนดให้

Va	=	ปริมาณที่ใช้ (ลิตรต่อนาที คิดเทียบที่ความดันบรรยากาศ)
L	=	ช่วงชักกระบอกสูบ (cm)
A_1	=	พื้นที่ลูกสูบด้านก้านสูบ (cm^2)
A_2	=	พื้นที่ลูกสูบด้านก้านสูบ (cm^2)
P	=	ความดันลม bar
N	=	จำนวนที่ลูกสูบเคลื่อนที่ไป-กลับต่อนาที
D	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ (cm)
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบ (cm)

หาพื้นที่ลูกสูบด้านลูกสูบ $A_1 = \frac{\pi}{4}D^2$ (2- 29)

หาพื้นที่ลูกสูบด้านก้านสูบ $A_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$ (2- 30)

6.3 การเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลม

การเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อลมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ต่อไปนี้

6.3.1 ปริมาตรการใช้ลมอัด (ลูกบาศก์เมตร / นาที)

6.3.2 ความยาวรวมของท่อทั้งหมด (เมตร)

6.3.3 ค่าความดันตกคร่อมที่อนุญาต (บาร์)

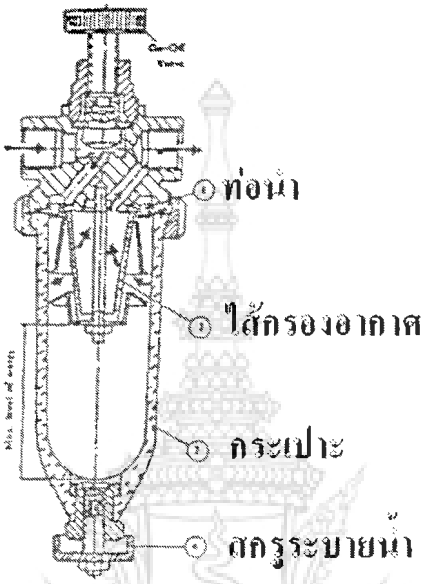
6.3.4 ค่าความดันใช้งาน (บาร์)

6.3.5 จำนวนวาล์ว ข้อต่อ แบบต่าง ๆ ตลอดแนวท่อ

7. หม้อกรองลมอัด (Compressed Air Filter)

หม้อกรองลมอัด (Compressed Air Filter) มีหน้าที่ เป็นตัวกักฝุ่นละออง และสิ่งสกปรกต่าง ๆ รวมทั้งละอองน้ำที่กลั่นตัวที่มากับลมอัดไม่ให้สิ่งเหล่านี้ผ่านเข้าไปได้ โดยมีหลักการทำงานดังนี้คือ ลมอัดจะเข้ามาภายในกระเปาะ (2) โดยผ่านทางท่อนำ (1) ซึ่งมีผลทำให้ลมที่ผ่านเข้ามาเกิดการหมุนเวียนละอองน้ำ และสิ่งสกปรกต่าง ๆ จะถูกเหวี่ยงออกไปกระทบผนังกระเปาะและไปรวมกันอยู่ตอนล่างของกระเปาะ และถูกถ่ายออกเมื่อมีระดับสูงขึ้นจนถึงขีดกำหนด ส่วนฝุ่นละอองอื่น ๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่ารูของไส้กรองอากาศ (3) จะถูกกักไว้ ฝุ่นละอองต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นตัวทำ

ให้ไส้กรองอุดตัน ฉะนั้นต้องทำความสะอาดเมื่อถึงเวลากำหนด ถ้าปริมาณน้ำภายในกระเปาะสูงขึ้นก็สามารถถ่ายออกโดยคลายสกรู (4)

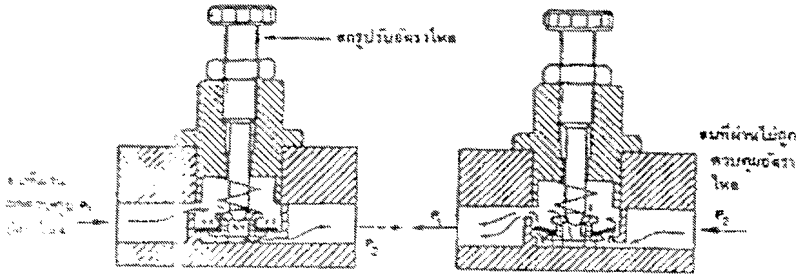


รูปที่ 2.33 หม้อกรองลมอัด

ที่มา : มงคล อาทิภาณุ : 2527 : น. 24.

8. วาล์วปรับอัตราการไหล (Flow Control Valve)

วาล์วปรับอัตราการไหลหรือวาล์วควบคุมความเร็ว ใช้ในการปรับตั้งความเร็วของลูกสูบให้เหมาะสมกับการใช้งาน โครงสร้างของวาล์วชนิดนี้ ประกอบด้วย วาล์วบังคับการไหลและเช็ควาล์วต่อขนานกัน ลมจึงสามารถไหลได้อิสระทางหนึ่งและสามารถปรับอัตราการไหลได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งเราสามารถบังคับความเร็วของลูกสูบได้ตามต้องการ



รูปที่ 2.34 วาล์วปรับอัตราการไหล หรือวาล์วควบคุมความเร็ว

ที่มา : มงคล อาทิภาณุ : 2527 : น. 7.

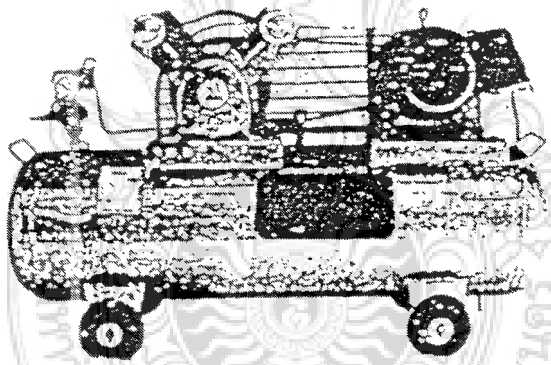
9. เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor)

การผลิตอากาศแรงดันจำเป็นต้องใช้เครื่องอัดอากาศ ซึ่งเครื่องอัดอากาศนี้จะมีหน้าที่ผลิตอากาศให้ได้ตามความดันที่จะใช้งานตามที่เราต้องการจากนั้นจะส่งอากาศที่มีความดันไปยังท่อทางและไปยังอุปกรณ์อีกทีหนึ่ง

สิ่งสำคัญที่สุดในการผลิตลมอัด คือ ความสะอาดของอากาศ เพราะว่าอากาศที่สะอาดนั้นจะทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ ยาวนานขึ้น ซึ่งเครื่องอัดอากาศนี้จะมีมากมายหลายรูปแบบ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบอัดขั้นเดียว (Single Stage Compressor)

9.1 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบอัดขั้นเดียว (Single Stage Compressor)

เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบอัดขั้นเดียว (Single Stage Compressor) นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมีประสิทธิภาพดี ราคาถูก เหมาะสำหรับงานที่ต้องการแรงอัดอากาศไม่มากนัก คือ 4 – 10 บาร์ และสามารถส่งลมในอัตราส่งลมได้สูงสุด คือ 30,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

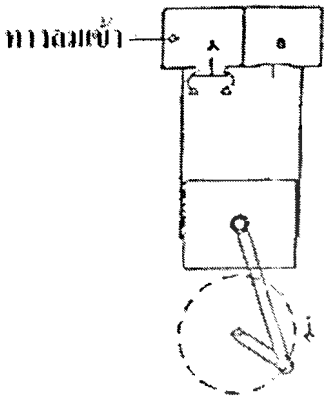


รูปที่ 2.35 เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบอัดขั้นเดียว
ที่มา : มนูญ ชื่นชม : 2542 : น.16.

9.1.1 หลักการทำงาน

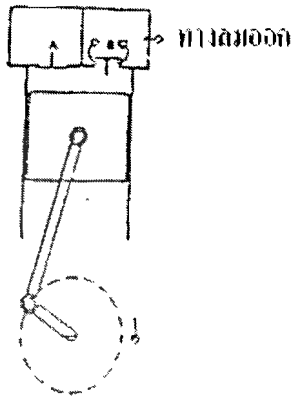
จังหวะดูดเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ส่งในแนวเส้นตรง ลิ้นของวาล์ว A จะเปิดออกให้อากาศจากภายนอกด้าน Input ถูกดูดเข้าไปในห้องสูบส่วนลิ้นของวาล์ว B จะถูกปิด

จังหวะอัด เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น ลิ้นของวาล์ว B จะเปิดออก ทำให้อากาศที่อยู่ในห้องสูบถูกอัดเข้าไปในถังเก็บลมด้าน Output ได้ ส่วนลิ้นของวาล์ว A จะถูกปิด



รูปที่ 2.36 จังหวะดูด

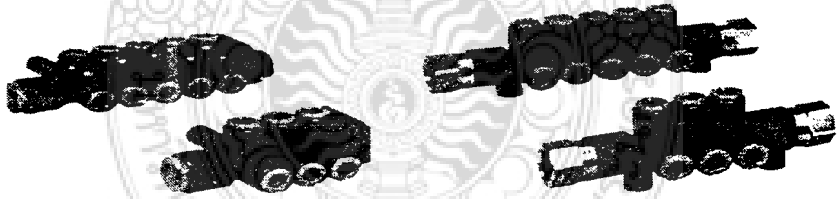
ที่มา : มนูญ ชื่นชม : 2542 : น.8.



รูปที่ 2.37 จังหวะอัด

ที่มา : มนูญ ชื่นชม : 2542 : น.8.

10. ข้อต่อรวมหลาย ๆ ตัว (Air Multiple Fitting)

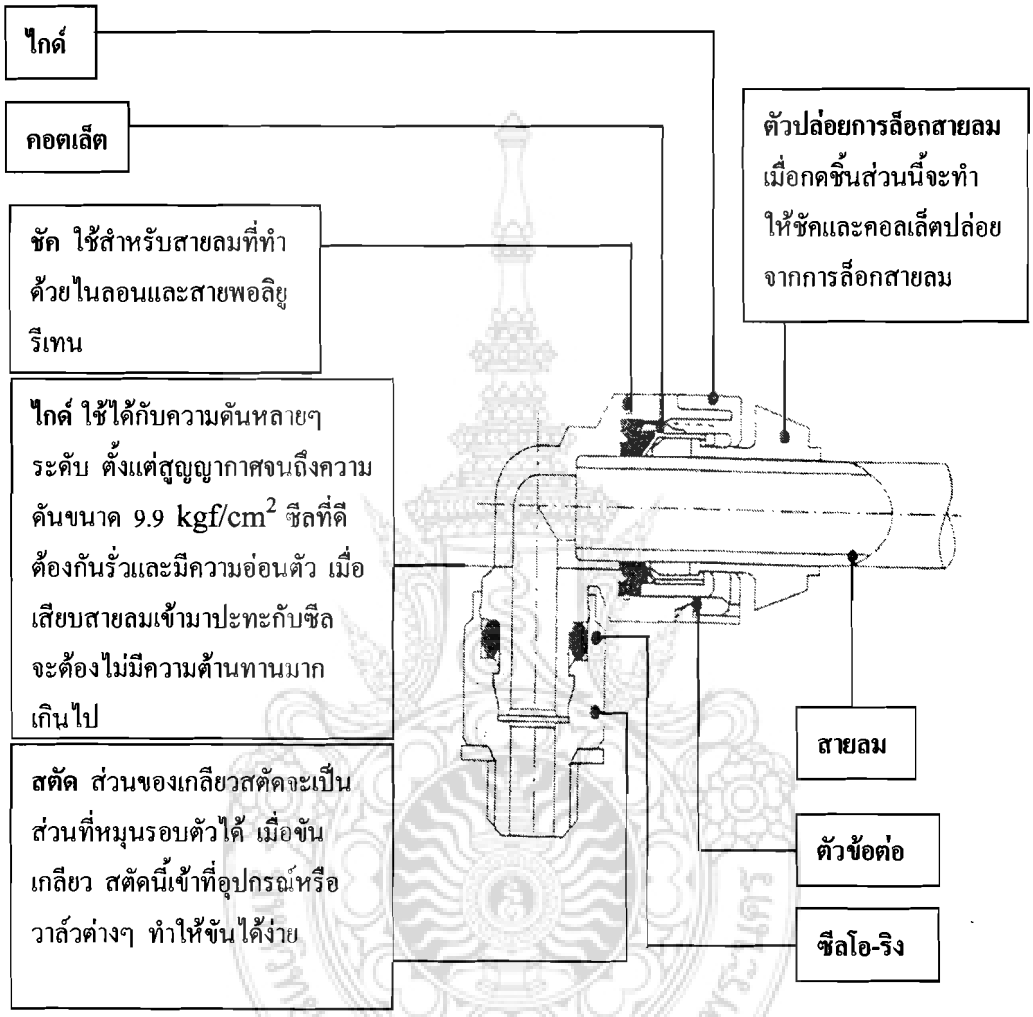


รูปที่ 2.38 ข้อต่อรวมหลาย ๆ ตัว

ที่มา : ปานเพชร ชินินทร : 2541 : น. 25.

ใช้ในกรณีที่ต้องการข้อต่อหลาย ๆ ตัวเพื่อต่อไปยังอุปกรณ์หรือวาล์วต่าง ๆ ทำให้สะดวกต่อการเดินสายลม ที่ใช้กับวาล์วหลาย ๆ ตัว มีทั้งชนิดเสียบสายลมเข้าท่อหลัก และชนิดขันต่อจากเกลียวตัวผู้เข้าท่อหลัก เพื่อให้เลือกได้ตามลักษณะงาน สามารถขันยึดติดกับผนังหรือแผ่นเหล็กด้วยสกรู ทำให้การเสียบสายลมมีความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น

10.1 โครงสร้างของข้อต่อ (Air Fitting Construction)



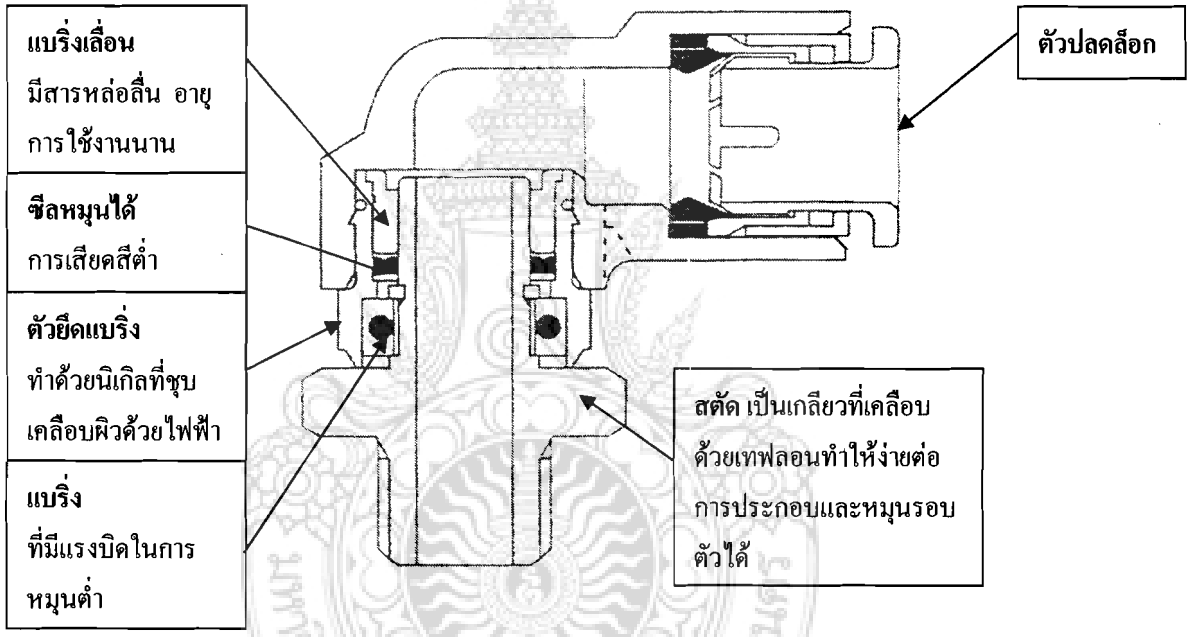
10.2 ข้อต่อชนิดหมุนได้ (Rotary Fitting)

รูปที่ 2.39 ข้อต่อชนิดหมุนได้

ที่มา : ปานเพชร ชินินทร : 2541 : น. 28.

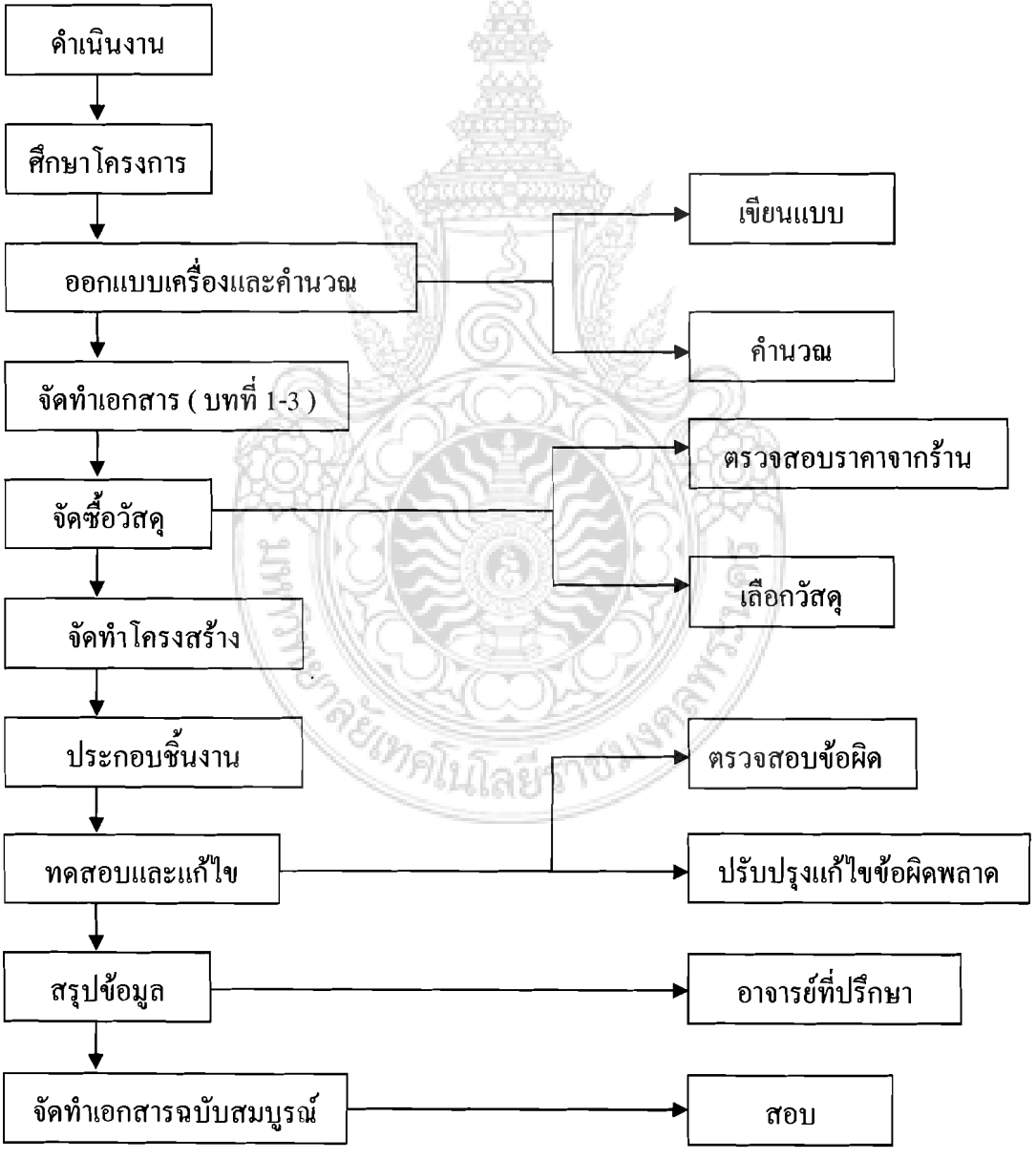
เป็นข้อต่อที่เหมาะกับงานที่ต้องใช้ชิ้นส่วนเคลื่อนที่ในแนวหมุน เช่น งานในหุ่นยนต์ งานที่มีชิ้นส่วนที่ต้องเคลื่อนที่ขณะที่ทำงาน เป็นต้น มีทั้งเกลียวตัวผู้ชนิดตรง และเกลียวตัวผู้ชนิดมุมฉาก มีขนาดเกลียวให้เลือกได้ตามความต้องการ ขนาดของสายลมมีตั้งแต่ 4-12 มม.

10.1.2 โครงสร้างของข้อต่อชนิดหมุนได้ (Rotary Fitting Construction)



บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

การจัดทำโครงการนี้เป็นการออกแบบและดำเนินการเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน โดยมีแผนภูมิแสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานขั้นตอนการคำนวณ และขั้นตอนการสร้างเครื่องบรรจุน้ำดื่ม ดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำโครงการ

3.1 พื้นฐานการวางแผนดำเนินงานทั่วไป

เมื่อต้องการจะบรรจุของเหลวชนิดหนึ่งลงในขวด จะต้องกำหนดข้อมูลต่าง ๆ โดยอาศัยจากความต้องการของผู้ใช้งาน โดยเรียงลำดับต่อไปนี้ เพื่อเป็นข้อมูลในการตรวจสอบเกี่ยวกับการเลือกและการเขียนแบบเครื่องบรรจุน้ำดื่มกึ่งอัตโนมัติ

1. วัตถุประสงค์ของการบรรจุ โดยกำหนดขนาด ปริมาณของการบรรจุและกำหนดของการบรรจุ ความเร็วในการบรรจุ ฯลฯ
2. การปรับขนาดการบรรจุ ปรับขนาด จะปรับขนาดปริมาตรการบรรจุอย่างไร ใช้กลไกอะไรในการปรับ และปรับได้มากน้อยแค่ไหน
3. ใช้วัสดุอะไรในการทำ โดยต้องเลือกวัสดุที่ของเหลวไหลผ่านหรือสัมผัสจะต้องไม่เกิดปฏิกิริยากับของที่จะมาบรรจุ
4 การขับเคลื่อนหรือดันกำลัง โดยจะคำนึงถึงความยากง่ายในการสร้างและความสะดวกสบายในการใช้งาน รวมถึงการบำรุงรักษา
5. การออกแบบขนาดของเครื่องฯ จะต้องคำนึงถึงการทำงานว่าจะนั่งหรือยืน
6. การออกแบบวงจร เน้นทางด้านความปลอดภัยเป็นหลัก
7. งบประมาณในการสร้าง
8. ภาชนะที่ใช้ในการบรรจุ

3.2 การออกแบบขนาดและรูปร่างของเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอนเบื้องต้น

การออกแบบโดยคำนึงถึงเกณฑ์ในการออกแบบ ดังนี้

1. การใช้งานจะต้องง่าย ไม่มีการควบคุมและใช้งานที่ยุ่งยากซับซ้อน และต้องติดสวิตช์ควบคุม ให้เกิดความสะดวกและมองเห็นได้ง่าย

2. เครื่องบรรจุน้ำดื่มจะต้องง่ายต่อการบำรุงรักษา ทำความสะอาดง่าย และวัสดุที่ใช้จะต้องไม่เกิดปฏิกิริยากับผลิตภัณฑ์

3. การพิจารณารูปร่าง และขนาดของเครื่อง ต้องเหมาะสมและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

3.3 การศึกษาโครงการ

1. ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการว่าเป็นไปได้มากน้อยแค่ไหน

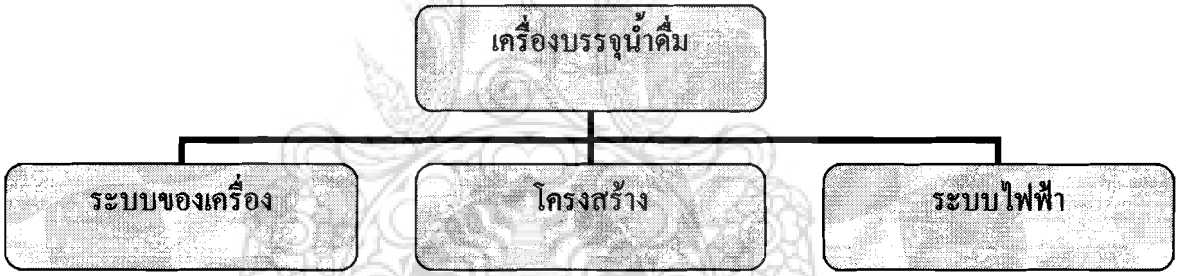
2. ตั้งวัตถุประสงค์ของโครงการ และขอบเขตของโครงการ เพื่อใช้เป็นหลักในการดำเนินงานขั้นตอนต่อไป

3. ศึกษาข้อมูลในส่วนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดทำโครงการ

4. วางแผนการดำเนินงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติและเพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และใช้ระยะเวลาที่เหมาะสมในการจัดทำโครงการ

3.4 การออกแบบ

ในการออกแบบเครื่องบรรจุน้ำดื่มนี้ ผู้จัดทำสามารถสรุปแบ่งแยกหัวข้อได้ดังนี้



3.5 ระบบของเครื่อง

คือ กลไกการทำงานของเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน ซึ่งการทำงานจะเริ่มทำงานตั้งแต่หลังจากที่นำขวดเปล่ามาวางใส่ตระแกรงเปล่า แล้วนำมาวางบนสายพานลำเลียง จากนั้นกดปุ่มสตาร์ท สายพานจะลำเลียงขวดเปล่ามายังตำแหน่งหัวจ่ายน้ำ จากนั้นกดปุ่มให้กระบอกสูบลมเลื่อนหัวจ่ายน้ำลงมาตรงกับคอขวด และกดปุ่ม ON เพื่อให้น้ำไหลลงมาบรรจุใส่ขวดแล้วจึงตัดน้ำ ซึ่งระบบของเครื่องบรรจุน้ำดื่มนี้ จะประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. ถังพักสแตนเลส

ถังพักสแตนเลสจะออกแบบให้มีลักษณะเป็นถังทรงสี่เหลี่ยม ซึ่งมีขนาด กว้าง 350 เซนติเมตร ยาว 400 เซนติเมตร สูง 500 เซนติเมตร สามารถบรรจุน้ำได้ 72 ลิตร ทำด้วยวัสดุสแตนเลส หนาขนาด 1 มิลลิเมตร

2. หัวบรรจุน้ำ

หัวบรรจุน้ำที่นำมาใช้ในการสร้างเครื่องบรรจุน้ำดื่ม จะเป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มความเร็วให้กับลำน้ำ โดยออกแบบเป็นรูปทรงกระบอกโดยทางเข้ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 เซนติเมตร และทางออกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 8 มิลลิเมตร ทั้งนี้ก็เพื่อให้ความเสียดทานที่เกิดขึ้นภายในหัวบรรจุน้ำที่มีการไหลของลำน้ำมีค่าน้อยที่สุด

3. ท่อน้ำและอุปกรณ์ข้อต่อท่อ

ท่อน้ำและอุปกรณ์ข้อต่อท่อ ที่ใช้ในเครื่องบรรจุน้ำดื่ม ขณะจัดทำได้เลือกใช้ท่อพลาสติก (ท่อ PVC) แบบมาตราฐาน มอก. 17 – 2532 ซึ่งเป็นท่อสำหรับใช้น้ำดื่มน้ำใช้ (สีฟ้า) เนื่องจากการพิจารณาแล้วว่า ท่อ PVC มีผิวภายในท่อเรียบ , มีสัมประสิทธิ์การเสียดทานต่ำ , เป็นฉนวนความร้อนที่สามารถรักษาอุณหภูมิของเหลวภายในท่อ

หาขนาดท่อน้ำ

ในการหาขนาดท่อสามารถหาได้จากสมการ

จากสมการ $Q = AV$

$= (\pi / 4)\, d^2 \times V$

โดย Q = อัตราการไหลที่ต้องการสูงสุด (m^3 / s)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (m)

V = ความเร็วของการไหล (ใช้ $V = 1.5$ m / s สำหรับท่อที่ยาวไม่เกิน 1,000 เมตร และ $V = 1.0$ m / s สำหรับท่อที่ยาวเกิน 1,000 เมตร)

ที่มา : 66 เรื่องน่ารู้เทคนิคเครื่องกล ชุดที่ 4 : 2535 : น. 132.

หาอัตราการไหล(Q)

คิดปริมาณน้ำที่ต้องการสูงสุดต่อขวดที่ 1.5

ทั้งหมด 6 ขวดต่อครั้ง ได้ $1.5 \times 6 = 9$

ดังนั้น

$$9 \frac{1}{\text{min}} \times \frac{1\text{min}}{60\text{s}} \times \frac{1\text{m}^3}{1000\,\text{l}} = 0.00015\ \text{m}^3/\text{s}$$

ฉะนั้น $Q = 0.00015\ m^3 / s$

V = 1.5 m / s (เนื่องจากท่อในระบบเครื่องบรรจุน้ำดื่มมีความยาวไม่เกิน 1,000 เมตร)

จากสมการ

$$Q = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times V$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 0.00015\ m^3/s}{\pi \times 1.5\ m/s}}$$

$$= 0.0112\ m$$

$$d = 11.2\ mm$$

หมายเหตุ เลือกใช้ 20 mm

จากการคำนวณหาขนาดท่อ d = 11.2 mm ซึ่งไม่มีอยู่ในตารางที่ 3 (ภาคผนวก ก)

ดังนั้น คณะจัดทำจึงเลือกใช้ขนาดของท่อขนาด d = 20 mm เพื่อให้การไหลมีความเร็วมากยิ่งขึ้น

4. ปั๊มน้ำ

ปั๊มน้ำของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม จะทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่น้ำเพื่อให้ไหลผ่านระบบท่อจากถังเก็บน้ำไปยังทั่วชุดบรรจุน้ำ ซึ่งปั๊มน้ำที่คณะจัดทำได้เลือกใช้เป็นปั๊มน้ำที่เหมาะสำหรับใช้กับน้ำดื่มที่สามารถบริโภคได้สะอาด ซึ่งเป็นปั๊มน้ำเฉพาะพิเศษ

หาขนาดของปั๊มน้ำ

มีข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1 อัตราการไหลที่ต้องการสูงสุด 0.00015 m^3/s

4.2 ทางด้านดูด

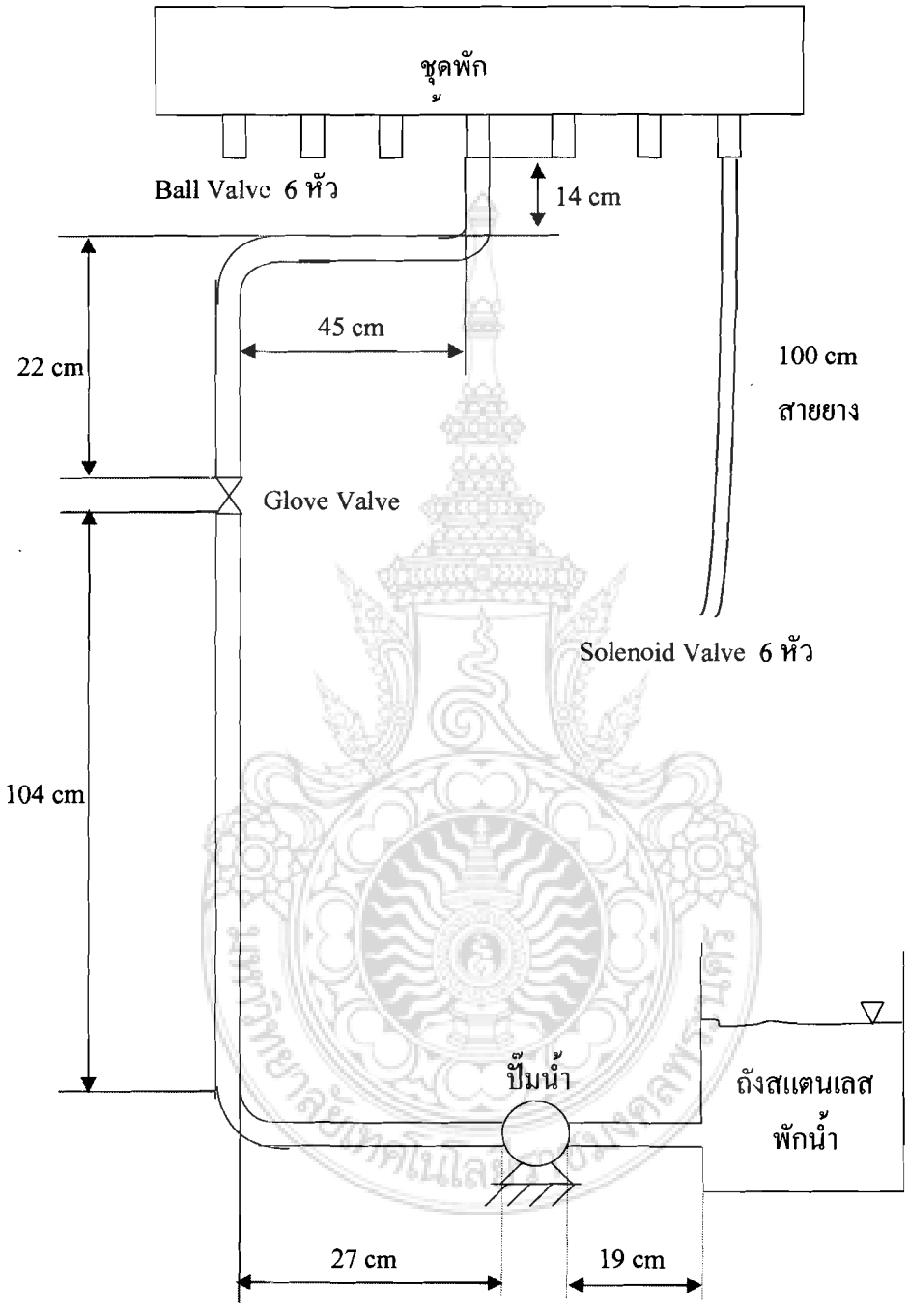
- ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 19 mm

4.3 ทางด้านจ่าย

- ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 19 mm
- ข้องอ 90 องศา ขนาด 19 mm จำนวน 3 ตัว
- หัวจ่ายน้ำเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้า และทางออก 19 mm
- บอลวาล์ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 19 mm จำนวน 8 ตัว
- สายยาง เส้นผ่านศูนย์กลาง 19 mm

4.4 คุณสมบัติของน้ำ ที่อุณหภูมิ 25 $^{\circ}$c (ตารางที่ 8 ภาคผนวก ก)

- ความหนาแน่น (ρ) เท่ากับ 997.0 kg / m^3
- น้ำหนักจำเพาะ (γ) เท่ากับ 9.777 N / m^3
- ความหนืดสัมบูรณ์ (μ) เท่ากับ 0.000890 N.S / m^2
- ความหนืดจลน์ (ν) เท่ากับ 0.893×10^{6} m^2 / s



รูปที่ 3.2 ระบบส่งน้ำของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม

จากข้อมูลดังกล่าว สามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาขนาดของปั๊มน้ำได้ โดยมีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

1. ความเร็วที่ท่อขนาด 19 mm. ($V_{ท่อ\ 19\ mm.}$)

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{Q}{\pi \frac{d^2}{4}}$$

$$= \frac{4Q}{\pi\, d^2}$$

$$= \frac{4 \times 0.00015\ m^3/s}{\pi \times 0.019^2\ m^2}$$

$$V = 0.530\ m/s$$

2. ความยาวของท่อทั้งหมดในระบบ (H_{mj})

$$H_{mj} = 19 + 27 + 104 + 22 + 45 + 5 + (7 \times 7) + (100 \times 7) + (4 \times 6)$$

$$H_{mj} = 995\ cm$$

$$H_{mj} = 9.95\ m$$

3. การเสียเฮดของถังสู่ท่อ ($H_{ถังสู่ท่อ}$)

จากสมการที่ (2 – 19) $H_{ถังสู่ท่อ} = K_L \frac{V^2}{2g}$

จากรูปที่ 2.21 $K_L = 0.5$ (เพราะรอยต่อเป็นมุม)

$$H_{ถังสู่ท่อ} = \frac{0.5 \times \left[\left(0.530\ m/s\right)^2\right]}{2 \times \left(9.81\ m/s^2\right)}$$

สำหรับท่อแบบราบเรียบ จะใช้สมการ

$$f = \frac{64}{N_R}$$

$$= \frac{64}{1.128}$$

$$= 0.0567$$

จาก $$h_f = \frac{f L V^2}{2g D}$$

$$= 0.0567 \times 9.95 \frac{\left(0.530 \text{ m/s}\right)^2}{2 \times \left(9.81 \text{ m/s}^2\right) \times 0.019 \text{ m}}$$

$$= 0.502 \text{ m}$$

9. ผลรวมการเสียเฮดทั้งหมด (H_{min})

$$H_{min} = H_{\text{ถังสู่ท่อ}} + H_{\text{ข้องอ}} + H_{\text{โกล์บวาล์ว}} + H_{\text{ไซลีนอยด์วาล์ว}} + h_f$$

$$= 0.00716 + 0.0386 + 1.1453 + 0.86 + 0.502$$

$$= 2.55 \text{ m}$$

10. เฮดรวมของปั๊ม (Total Head ; H_T)

$$H_T = H_{mj} + H_{min}$$

$$= 9.95 + 2.55$$

$$= 12.5 \text{ m}$$

11. กำลังงานที่ปั๊มต้องการ (W_{hp})

$$W_{hp} = \frac{\gamma Q H_T}{746 \text{ Watt}}$$

$$W_{hp} = \frac{9.777 \text{ N/m}^3 \times 0.00015 \text{ m}^3\text{/s} \times 12.5 \text{ m}}{746}$$

$$\approx 0.0232 \text{ W}$$

ข้อมูลทั่วไปของปั๊มน้ำ

CAUDAL MAX.	3.0 GPM ; 1 / min
VOLTS	230 VAC 60 HZ
AMPS	0.9 MAX
INTERRUPTOR	45 PSI
	1.0 A
POWER	198 W

ดังนั้น ค่า Power ของปั๊มที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.0232 W แต่ค่า Power ของปั๊มที่ซื้อมามีค่าเท่ากับ 198 W ฉะนั้นสามารถนำมาใช้กับเครื่องบรรจุน้ำดื่มได้

5. โซลีนอยด์วาล์ว

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการเปิดและปิดกระแสน้ำ ทางคณะจัดทำได้เลือกใช้โซลีนอยด์วาล์ว แบบทำงานด้วยไฟฟ้าสามารถใช้กับน้ำ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน ¾ นิ้ว (19.05 เซนติเมตร) ซึ่งมีขนาดเดียวเท่ากับท่อน้ำ

6. บอลวาล์ว

บอลวาล์วเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดน้ำอีกตัวหนึ่งซึ่งคล้ายกับโซลีนอยด์วาล์ว แต่บอลวาล์วจะอาศัยระดับน้ำเป็นตัวตัดน้ำ ซึ่งจะถูกติดตั้งอยู่ภายในท่อทางน้ำเข้า และทางออกของถังพัก

โครงสร้าง

โครงเครื่องทำจากวัสดุเหล็กที่มีลักษณะเป็นท่อเหลี่ยมหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาดพื้นที่โดยรวม กว้าง 80 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร สูง 180 เซนติเมตร ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงฐานวางถังบรรจุน้ำและชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง

ระบบไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้า คือ ระบบการทำงานของไฟฟ้าในเครื่องบรรจุน้ำดื่ม ซึ่งจะรวมถึงการทำงานของอุปกรณ์ในระบบเครื่องด้วย ได้แก่ โซลีนอยด์วาล์วไฟฟ้า เป็นต้น แล้วควบคุมการเกิดกระแสไฟลัดวงจร ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อชีวิต

หาอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากสมการ

$$P_1 - \emptyset = V_L I_L \cos \theta$$

เมื่อ $\cos \theta = 0.8$ ที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนดให้

กระแสไฟฟ้า

$$I_L = P_1 - \emptyset$$

$$= 4.23 \text{ A}$$

หาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ จาก 1×1.25

เมื่อ 2.5 คือ ค่าเซอร์กิตเบรกเกอร์หน่วยเวลา

$$= 4.23 \times 2.5$$

$$= 10.5 \text{ A}$$

เลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ 15 แอมแปร์

หาขนาดสายไฟ

ขนาดสายไฟจาก $I \times 1.25$

เมื่อ 1.25 คือ ค่ามาตรฐานของขนาดสายไฟต่ำสุดที่ยอมรับได้

$$= 10 \times 1.25$$

$$= 12.5 \text{ A}$$

เลือกใช้สายไฟขนาด 1 ตารางมิลลิเมตร

การประกอบเครื่อง

เมื่อทำการสร้างชิ้นส่วนเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการประกอบเครื่องบรรจุน้ำดื่ม ซึ่งมีขั้นตอนในการประกอบดังนี้

ขั้นตอนดำเนินการสร้างเครื่อง

1. ประกอบโครงสร้างของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม

รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม

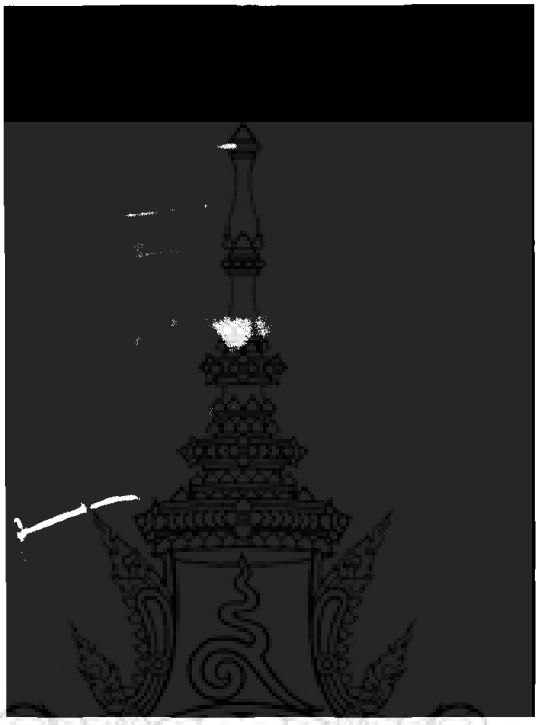
2. ประกอบพื้นและชุดลูกล้อเข้ากับโครงเครื่อง

รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งติดตั้งแผ่นเหล็กพื้นและตำแหน่งติดตั้งลูกล้อ

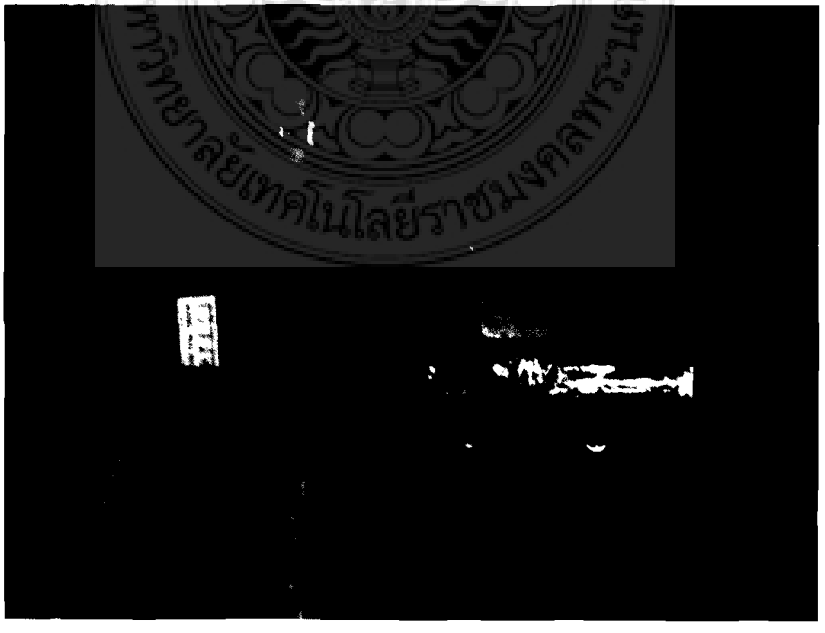
3. ประกอบท่อพักน้ำและเครื่องกรองน้ำเข้ากับโครงเครื่อง

รูปที่ 3.5 แสดงตำแหน่งติดตั้งท่อพักน้ำและตำแหน่งติดตั้งเครื่องกรองน้ำ

4. ติดตั้งถังพักน้ำและปั๊มน้ำ

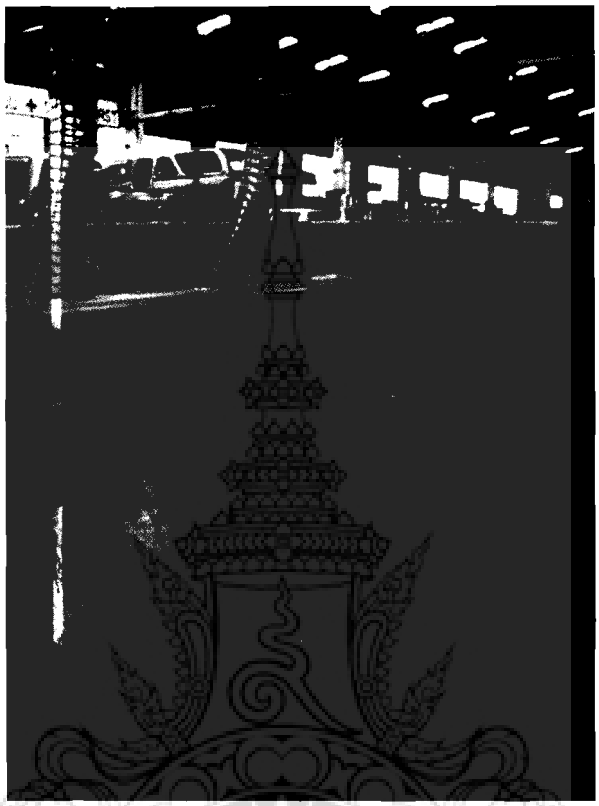


รูปที่ 3.6 แสดงตำแหน่งติดตั้งถังพักน้ำ



รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งติดตั้งปั๊มน้ำ

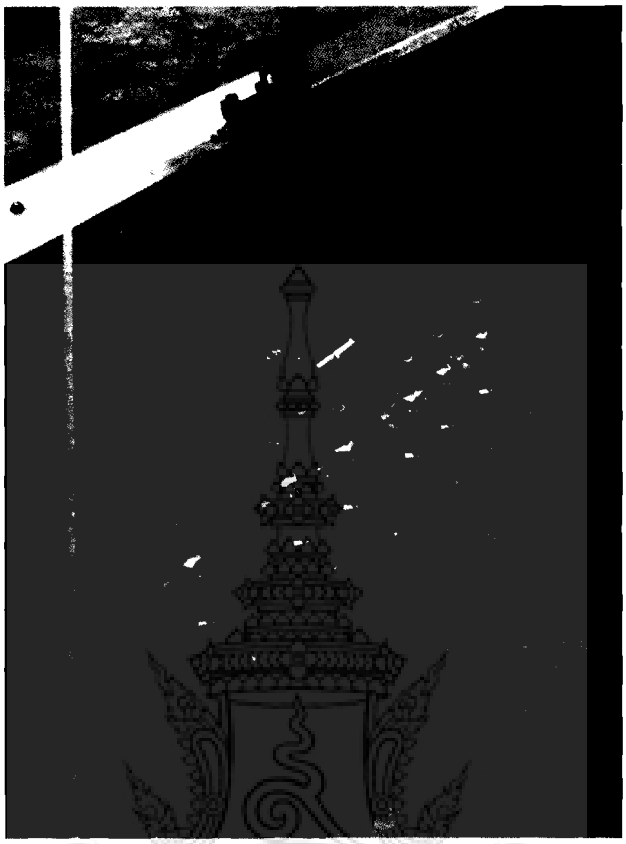
5. ติดตั้งท่อน้ำ



รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งติดตั้งท่อน้ำ

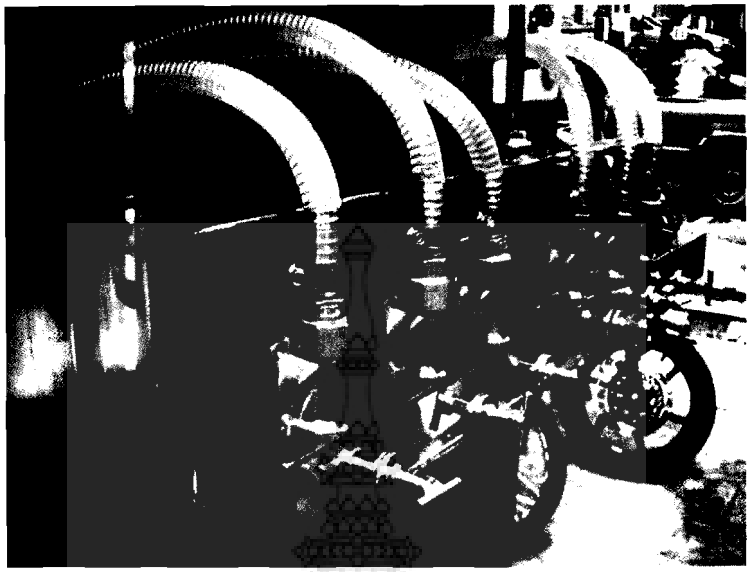
6. ประกอบโครงสร้างชุดยึดหัวจ่ายน้ำ

รูปที่ 3.9 แสดงการประกอบชุดยึดหัวจ่ายน้ำ



รูปที่ 3.10 แสดงตำแหน่งการติดตั้งโซลีนอยด์และตำแหน่งติดตั้งกระบอกสูบลม

รูปที่ 3.11 แสดงตำแหน่งติดตั้งสายยางบรรจุน้ำดื่ม

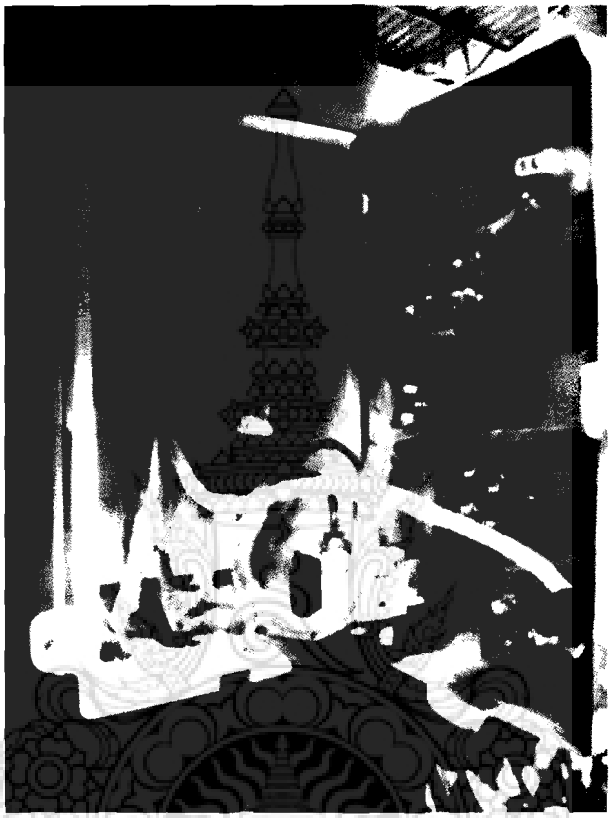


รูปที่ 3.12 แสดงตำแหน่งติดตั้งสายยางบรรจุน้ำดื่มเข้ากับโซลีนอยด์จ่ายน้ำ

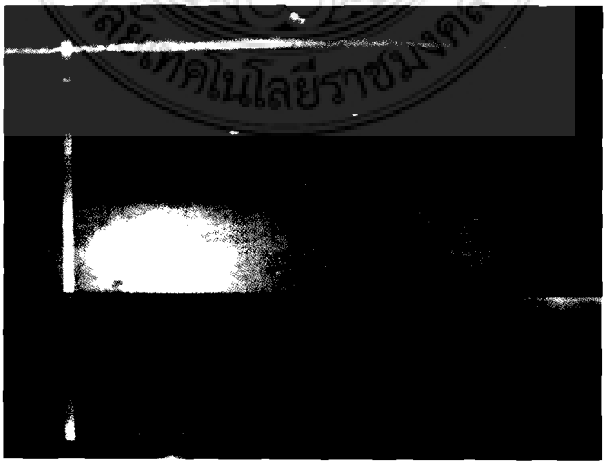
7. ประกอบโครงสร้างสายพานลำเลียงขวดน้ำดื่ม

รูปที่ 3.13 แสดงโครงสร้างของสายพานลำเลียงขวดน้ำดื่ม

8. ติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้า

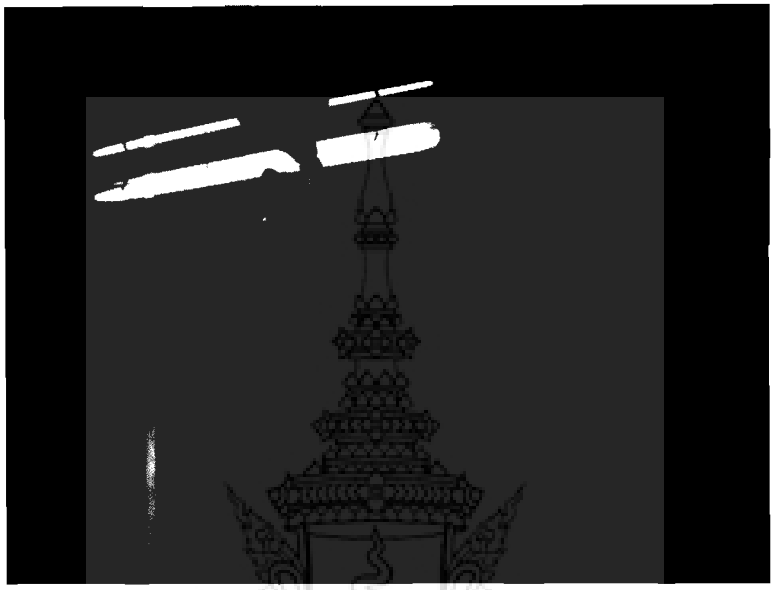


รูปที่ 3.14 แสดงการติดตั้งตู้ควบคุมไฟของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม



รูปที่ 3.15 แสดงตำแหน่งการติดตั้งลิมิตสวิตช์

9. ติดตั้งแผ่นโครงเครื่องบรรจุน้ำดื่ม



รูปที่ 3.16 แสดงการพ่นสีแผ่นโครงเครื่องบรรจุน้ำดื่ม

รูปที่ 3.17 แสดงการประกอบแผ่นโครงเครื่องบรรจุน้ำดื่ม

บทที่ 4
ผลการดำเนินการและข้อเสนอแนะ

จากที่ได้ทำการสร้างเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอนเสร็จสมบูรณ์แล้ว ในขั้นตอนต่อไปเราจำเป็นที่จะต้องทดสอบเพื่อที่จะได้ทราบว่าเครื่องที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถทำงานได้ตามจุดประสงค์หรือไม่อย่างไร และเพื่อที่จะแก้ไขข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น ซึ่งบทนี้เราจะทำการทดสอบและสรุปผลการทดสอบของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม โดยมีการดำเนินการดังต่อไปนี้

4.1 การทดสอบความสามารถของการบรรจุน้ำดื่ม

4.1.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม

1. เปิดสวิตช์เบรกเกอร์เพื่อป้อนไฟเข้าระบบ
2. เสียบปลั๊กมอเตอร์เพื่อขับสายพาน
3. นำขวดเปล่าวางไว้ในลังสแตนเลสที่เตรียมไว้จำนวน 6 ขวด
4. กดปุ่ม START สายพานลำเลียงขวดน้ำดื่มมาชนลิมิตสวิทช์ สายพานจะหยุดตรงตำแหน่งบรรจุน้ำ
5. กดปุ่ม นิวเมติกส์ เพื่อให้กระบอกสูบลมเคลื่อนที่ลงเพื่อนำหัวบรรจุน้ำดื่มมาอยู่ในตำแหน่งคอขวด
6. บิดสวิทช์ตำแหน่ง ON โซลีนอยด์จะเปิด ทำให้น้ำลงมาบรรจุใส่ในขวดน้ำดื่ม จนถึงระดับในบิดสวิทช์ตำแหน่ง OFF โซลีนอยด์จะหยุดการจ่ายน้ำ
7. กดปุ่ม RUN สายพานลำเลียงจะลำเลียงขวดน้ำ มาชนลิมิตสวิทช์ สายพานลำเลียงจะหยุด จากนั้นจึงยกตะแกรงเพื่อนำขวดน้ำออก

4.1.2 ขั้นตอนการทดสอบ

เมื่อทำการเตรียมความพร้อมและปรับชุดควบคุมได้ระดับแล้ว จากนั้นก็ทำการทดลองโดยนำขวดน้ำตัวอย่างมา 6 ใบ มาทำการบรรจุพร้อมดูระดับน้ำเพื่อตรวจสอบปริมาตรของน้ำว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยแค่ไหน ปรากฏว่าแต่ละขวดมีความแตกต่างกัน ซึ่งเมื่อตรวจสอบแล้วก็ทำให้รู้ว่าความแตกต่างเกิดจากปัจจัยดังนี้

1. การไหลของน้ำผ่านท่อน้ำมีความเร็วต่างกัน
2. การตัดปริมาณน้ำไม่เท่ากันในแต่ละหัว

การทดสอบครั้งที่ 1

ในการบรรจุน้ำดื่มขนาด 600 ซีซี ใช้เวลาไป 20 วินาที / ครั้ง

ในการบรรจุน้ำดื่มขนาด 1,500 ซีซี ใช้เวลาไป 33 วินาที / ครั้ง

การทดสอบครั้งที่ 2

ในการบรรจุน้ำดื่มขนาด 600 ซีซี ใช้เวลาไป 23 วินาที / ครั้ง

ในการบรรจุน้ำดื่มขนาด 1,500 ซีซี ใช้เวลาไป 31 วินาที / ครั้ง

การทดสอบครั้งที่ 3

ในการบรรจุน้ำดื่มขนาด 600 ซีซี ใช้เวลาไป 20 วินาที / ครั้ง

ในการบรรจุน้ำดื่มขนาด 1,500 ซีซี ใช้เวลาไป 32 วินาที / ครั้ง

การทดสอบครั้งที่ 4

ในการบรรจุน้ำดื่มขนาด 600 ซีซี ใช้เวลาไป 22 วินาที / ครั้ง

ในการบรรจุน้ำดื่มขนาด 1,500 ซีซี ใช้เวลาไป 34 วินาที / ครั้ง

การทดสอบครั้งที่ 5

ในการบรรจุน้ำดื่มขนาด 600 ซีซี ใช้เวลาไป 20 วินาที / ครั้ง

ในการบรรจุน้ำดื่มขนาด 1,500 ซีซี ใช้เวลาไป 33 วินาที / ครั้ง

ผลการทดลอง

ในการทดสอบเครื่องบรรจุน้ำดื่มทั้งหมด 5 ครั้ง โดยในการทดสอบได้ใช้ขวดน้ำดื่มในการทดสอบ 2 ขนาดด้วยกัน พบว่า ขนาดขวดน้ำดื่ม 600 ซีซี ใช้เวลาโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 21 วินาที น้ำจึงจะเต็มทุกขวด และขนาดขวดน้ำดื่ม 1,500 ซีซี ใช้เวลาโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 32.6 วินาที เพื่อนำไปคำนวณหาการสิ้นเปลืองไฟฟ้า ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงการบรรจุน้ำดื่มขนาด 600 , 1,500 ซีซี เทียบกับเวลา

จำนวนครั้ง / ขนาดขวด	เวลาที่ใช้ในการทดสอบ และ เวลาที่ใช้ในการเตรียมขวด (วินาที)			
	600 ซีซี		1,500 ซีซี	
1	20	60	33	60
2	23	60	31	60
3	20	60	32	60
4	22	60	34	60
5	20	60	33	60
เวลาเฉลี่ย	21	60	32.6	60
เวลาเฉลี่ยรวม	81		92.6	

การคำนวณค่าไฟฟ้า

อัตราการสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้า

ปั๊มน้ำ

เครื่องบรรจุน้ำดื่มอัตโนมัติ ใช้กระแสไฟเฉลี่ย 1.5 Amp

ใช้ไฟฟ้าแบบ 1 เฟส 220 v

กำลังไฟฟ้า = 1.5 Amp × 220 v

= 330 w

= 0.33 kw

ปั๊มลม

ใช้ไฟฟ้าแบบ 1/2 hp 220 v

กำลังไฟฟ้า = 746 / 2

= 373 w

= 0.373 kw

มอเตอร์เกียร์

กำลังไฟฟ้า = 90 w

= 0.09 kw

รวมกำลังไฟฟ้าที่ใช้ = 0.33 kw + 0.373 kw + 0.09 kw

= 0.793 kw

ถ้า 1 เดือน เครื่องบรรจุน้ำดื่มทำงาน วันละ 8 ชั่วโมง จะใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ

= 0.793 kw × 8 hr × 30 วัน

= 190.32 kw

ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราค่าใช้ไฟฟ้าราคาต่อหน่วย

จำนวนหน่วย	อัตราหน่วยละ	เป็นเงิน (บาท)
35 หน่วยแรก (หน่วยที่ 1 – 35)	-	89.89
115 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 – 150)	1.236	142.14
246 หน่วย	2.132	524.47
396 หน่วย	2.422	956.112

ที่มา : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค : 2543

เสียค่าไฟ 35 หน่วยแรก = 89.89 บาท

36 - 150 หน่วย = 142.14 บาท

151 - 190.32 หน่วย = 85.96 บาท

รวม 190.32 หน่วย = 317.99 บาท

บวกค่าเช่าหม้อแปลง = 87.85 บาท

รวมค่าไฟทั้งหมด = 405.84 บาท / เดือน

= 405.84 บาท / 30 วัน

= 13.53 บาท / วัน

ใน 1 ชั่วโมง สามารถบรรจุน้ำดื่มขนาด 600 ซีซี ได้ดังนี้

ในการบรรจุ 1 ครั้ง (6 ขวด) ใช้เวลาไป 81 วินาที

ดั้งนั้น ใน 1 ชั่วโมง สามารถบรรจุได้ 3,600 / 81 = 44 ครั้ง

หมายเหตุ

ในการทำงานคิดที่ 8 ชั่วโมง / วัน

ใน 1 วัน สามารถบรรจุได้ 44 ครั้ง × 8 ชั่วโมง

= 352 ครั้ง / วัน

ฉะนั้นใน 1 วัน สามารถบรรจุน้ำดื่มขนาด 600 ซีซี ได้ 352 × 6 = 2,112 ขวด / วัน

ใน 1 ชั่วโมง สามารถบรรจุน้ำดื่มขนาด 600 ซีซี ได้ 2,112 / 8 = 264 ขวด / ชั่วโมง

ใน 1 ชั่วโมง สามารถบรรจุน้ำดื่มขนาด 1,500 ซีซี ได้ดังนี้

ในการบรรจุ 1 ครั้ง (6 ขวด) ใช้เวลาไป 92.6 วินาที

ดังนั้น ใน 1 ชั่วโมง สามารถบรรจุได้ 3,600 / 92.6 = 38 ครั้ง

ใน 1 วัน สามารถบรรจุได้ 38 ครั้ง × 8 ชั่วโมง

= 304 ครั้ง / วัน

ฉะนั้นใน 1 วัน สามารถบรรจุน้ำดื่มขนาด 1,500 ซีซี ได้ 304 × 6 = 1,824 ขวด / วัน

ใน 1 ชั่วโมง สามารถบรรจุน้ำดื่มขนาด 1,500 ซีซี ได้ 1,824 / 8 = 228 ขวด / ชั่วโมง

สรุปผลการทดลอง

เครื่องบรรจุน้ำดื่มทำงานวันละ 8 ชั่วโมง สามารถรรจุน้ำดื่มได้ ดังต่อไปนี้

บรรจุน้ำดื่มขวดขนาด 600 ซีซี ได้ 264 ขวด / ชั่วโมง

บรรจุน้ำดื่มขวดขนาด 1,500 ซีซี ได้ 228 ขวด / ชั่วโมง

โดยสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้า วันละ 13.53 บาท / วัน

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีอุปกรณ์ตัดน้ำที่มีความแม่นยำและแน่นอน
2. ความเร็วของน้ำ ควรมีความเร็วที่หัวจ่ายเท่ากันหรือใกล้เคียง
3. ควรออกแบบให้สามารถบรรจุน้ำให้ครอบคลุมได้หลายขนาด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กิตติ อินทรานนท์. **การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล.** กรุงเทพฯ : ยูไนเต็ดท์บุคส์ ,2529.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. **การออกแบบท่ออาคารและสิ่งแวดล้อมอาคาร.** กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์ , 2537.

ฉวีวรรณ รมยานยนต์. **ชิ้นส่วนเครื่องกล.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์วัฒนาพานิช , 2535.

ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูรลย์. **กลศาสตร์ของไหล.** กรุงเทพฯ : ศึกษาสัมพันธ์ , ม.ป.ป.

ชาญ ถนัดงาน. **กลศาสตร์ของไหล.** กรุงเทพฯ : 23 บุคเซ็นเตอร์ , 2523.

บัณฑิต สุขกล่ำ **วิศวกรรมไฟฟ้า.** ม.ป.ป.

มนตรี พิรุณเกษตร. **กลศาสตร์ของวัสดุ.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ดี จำกัด , 2540.

มานะศิษฎ์ พิมพ์สาร. **ระบบเทคโนโลยีท่อสุขภัณฑ์.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2521.

สุระเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์. **กลศาสตร์ของแข็ง.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2544.

สุวรรณ บุญทิพย์. **ไฟฟ้าอุตสาหกรรมเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์บางกอกการพิมพ์ , 2542.

Robert C. Juvinan and Kurt M. Marshek. **Fudamentals of Machine Design.** New York : Mcgraw – Hill , 1990.

ผนวก ก
ตารางที่ใช้

ตารางที่ 1 พิกัดหรือขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันสายไฟ

ชนิดของมอเตอร์	ร้อยละของกระแสโหลดเต็มที่			
	ฟิวส์ทำงานไว	ฟิวส์หน่วงเวลา	เซอร์กิตเบรกเกอร์ปลดทันที	เซอร์กิตเบรกเกอร์เวลาผกผัน
มอเตอร์ 1 เฟส-ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
มอตอร์กระแสสลับ 1 เฟสทั้งหมด ซึ่งเริ่มเดินโดยรับแรงดันไฟฟ้าเต็มที่หรือเริ่มเดินผ่านตัวต้านทาน				
- ไม่มีรหัสอักษร	300	175	700	250
- รหัสอักษร F ถึง V	300	175	700	250
- รหัสอักษร B ถึง E	250	175	700	200
- รหัสอักษร A	150	175	700	150

ที่มา : บัณฑิต สุขกล่ำ : 2545 : น. 41.

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบขนาด ล้อต่อปริมาณน้ำหนัก

ลูกล้อโต Wheel Dia D นิ้ว/Inch	ความสูงทั้งหมด Overall Height H มม./mm.	ขนาดแป้นบน Size of Top Plate A x B มม./ mm.	ระยะห่างรูยึดน๊อต Mount Hole Specing X x Y มม./mm.	รับน้ำหนักต่อลูก Load Capacity Each กก./kg.	Bearing
3	115	120 x 90	90 x 60 (100x80)	500	6003z
4	145	140 x 110	105 x 70 (115x85)	800	6203z
5	175	140 x 110	105 x 70 (115x85)	800	6203z
6	195	140 x 110	105 x 75 (115x85)	1000	6303z
8	250	165 x 140	120 x 110 (150x130)	1500	6204z
10	339	180 x 150	120 x 110 (150x130)	2000	6205z

ที่มา : มานะศิษฎ์ พิมพ์สาร : 2521 : น.140.

ตารางที่ 3 ขนาดความหนา ความยามและน้ำหนักท่อพีวีซีที่ใช้เป็นท่อน้ำดื่ม น้ำใช้มาตรฐาน มอก. 17-2523

ขนาดระบุ มม. (นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (มม.)	ความหนา (มม.)			ความยาว (ม.)	น้ำหนัก (กก. / ม.)		
		ชั้น 5	ชั้น 8.5	ชั้น 13.5		ชั้น 5	ชั้น 8.5	ชั้น 13.5
10($^1/_4$)	14 ± 0.15	1.0 ± 0.10	-	-	4	0.061	-	-
15($^3/_8$)	18 ± 0.15	1.0 ± 0.10	-	-	4	0.080	-	-
18($^1/_8$)	22 ± 0.15	1.1 ± 0.10	1.8 ± 0.20	2.5 ± 0.20	4	0.108	0.169	0.227
20($^3/_4$)	26 ± 0.15	1.2 ± 0.10	2.0 ± 0. 20	2.5 ± 0.20	4	0.140	0.223	0.476
25(1)	34 ± 0.15	1.3 ± 0.10	2.0 ± 0. 20	3.0 ± 0.25	4	0.198	0.298	0.433
35(1$^1/_4$)	42 ± 0.15	1.5 ± 0.15	2.0 ± 0. 20	3.1 ± 0.25	4	0.283	0.372	0.561
40(1$^1/_2$)	48 ± 0.15	1.5 ± 0.15	2.3 ± 0. 20	3.5 ± 0.25	4	0.324	0.489	0.724
55(2)	60 ± 0.15	1.8 ± 0.20	2.9 ± 0.25	4.3 ± 0.30	4	0.487	0.770	1.114
65(2$^1/_2$)	76 ± 0.20	2.2 ± 0.20	3.5 ± 0.25	5.4 ± 0.35	4	0.755	1.180	1.773
80(3)	89 ± 0.20	2.5 ± 0.20	4.1 ± 0.30	6.4 ± 0.40	4	1.006	1.619	2.458
100(4)	114 ± 0.30	3.2 ± 0.25	5.2 ± 0.35	8.1 ± 0.50	4	1.649	2.631	3.988
125(5)	140 ± 0.30	3.9 ± 0.30	6.4 ± 0.40	9.9 ± 0.55	4	2.468	3.976	5.989
150(6)	165 ± 0.40	4.6 ± 0.30	7.5 ± 0.45	11.7 ± 0.65	4	3.431	5.492	8.340
200(8)	216 ± 0.50	5.4 ± 0.35	8.8 ± 0.50	13.7 ± 0.75	4	5.288	8.478	12.886
250(10)	267 ± 0.70	6.6 ± 0.40	10.9 ± 0.60	16.9 ± 0.90	4	7.991	12.979	19.652
300(12)	318 ± 0.80	7.8 ± 0.45	12.9 ± 0.70	20.1 ± 1.05	4	11.250	18.300	27.841
400(16)					4	19.621	31.854	48.485

ที่มา : มานะศิษฏ์ พิมพ์สาร หนังสือระบบเทคโนโลยีท่อสุขภัณฑ์ : 2521: น. 144.

ตารางที่ 4 ขนาดความหนา ความยามและน้ำหนักท่อพีวีซีที่ใช้เป็นท่อส่งน้ำประปา ชนิดต่อด้วยแหวนยาง

ขนาดระบุ มม. (นิ้ว)	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (มม.)	ความหนา (มม.)			ความยาว (ม.)	น้ำหนัก (กก. / ม.)		
		ชั้น 5	ชั้น 8.5	ชั้น 13.5		ชั้น 5	ชั้น 8.5	ชั้น 13.5
100(4)	114 ± 0.30	3.2 ± 0.25	5.2 ± 0.35	8.1 ± 0.50	6	1.649	2.631	3.988
150(6)	165 ± 0.40	4.6 ± 0.30	7.5 ± 0.45	11.7 ± 0.65	6	3.431	5.492	8.340
200(8)	216 ± 0.50	5.4 ± 0.35	8.8 ± 0.5	13.7 ± 0.75	6	5.288	8.478	12.886
250(10)	267 ± 0.70	6.6 ± 0.40	10.9 ± 0.6	16.9 ± 0.90	6	7.991	12.979	19.652
300(12)	318 ± 0.8	7.8 ± 0.45	12.9 ± 0.7	20.1 ± 1.05	6	11.250	18.300	27.841

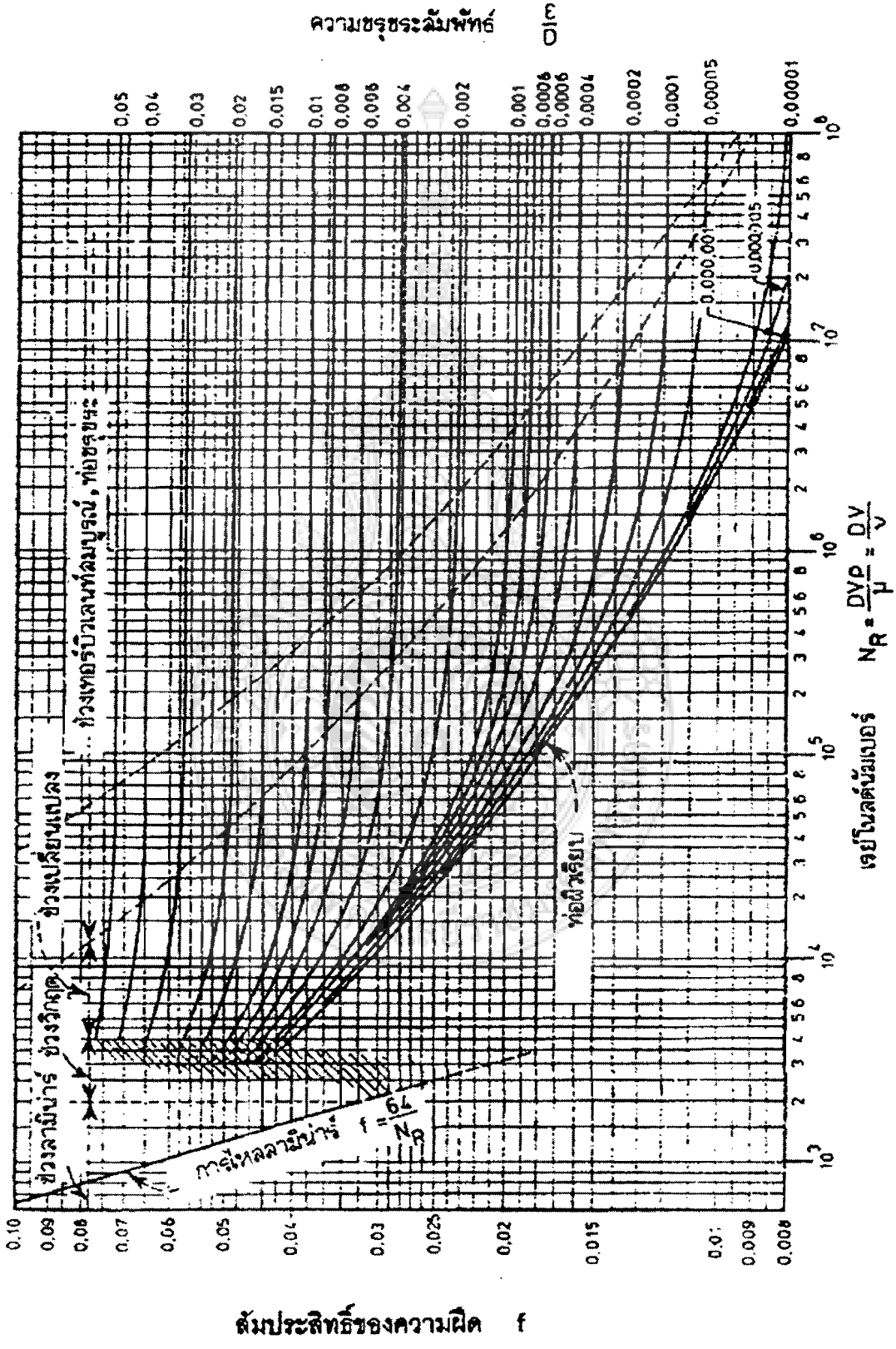
ที่มา : มานะศิษฎ์ พิมพ์สาร หนังสือระบบเทคโนโลยีท่อสุขภัณฑ์ : 2521: น. 144.

ตารางที่ 5 ค่าแสดงความขรุขระสำหรับท่อใหม่

ชนิดของท่อ	ค่าความขรุขระ
	เมตร (m)
ท่อแก้วและท่อพลาสติก	ราบเรียบ (Smooth)
ท่อที่ได้จากการรีด , ท่อทองเหลือง , ท่อดีบุก , หลอดแก้ว , ท่อคอนกรีตที่หล่อโดยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์	0.0000015
ท่อเหล็กกล้าหรือท่อเหล็กเหนียวที่ขายตามท้องตลาด	0.000046
ท่อเหล็กกล้าที่ขึ้นรูปโดยการเชื่อม	0.000046
ท่อเหล็กหล่อที่เคลือบหรือฉาบด้วยยางมะตอย	0.00012
ท่อเหล็กเหล็กอาบสังกะสี	0.00015
ท่อเหล็กหล่อโดยเฉลี่ย	0.00025
ท่อไม้	0.00018 – 0.0009
ท่อคอนกรีต	0.0003 – 0.003
ท่อเหล็กกล้าที่ย้ำด้วยหมุด	0.0009 – 0.009

ที่มา : ชาญ ถนัดงาน : 2523 : น. 144.

ตารางที่ 6 แสดงค่า Moody Diagram สำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์ของความฝืด



ตารางที่ 7 ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหล (K_L) ของข้อต่อและวาล์วแบบต่างๆ

ชนิดของวาล์วและข้อต่อ	K_L
Glove Valve เปิดเต็มที่	10.0
เปิดเต็มที่ 1/2	12.5
Glove Valve เปิดเต็มที่	0.9
เปิดเต็มที่ 3/4	0.90
เปิดเต็มที่ 1/2	4.50
เปิดเต็มที่ 1/4	24.0
สามทาง (Tee)	1.80
ข้อโค้งกลับ (Return Bend)	2.20
ข้องอ 90 องศา (Short - Radius Elbow)	0.90
ข้อโค้งรัศมีปานกลาง (Medium - Radius Elbow)	0.75
ข้อโค้งรัศมียาว (Long - Radius Elbow)	0.60
ข้องอ 45 องศา (45 ° Elbow)	0.42

ที่มา : ชาญ ถนัดงาน : 2523 : น.151.

ตารางที่ 8 ตารางแสดงคุณสมบัติของน้ำ หน่วย เอสไอ

Tempera Ture , ° C	Specific Weight γ , kN/m^3	Density ρ , kg/m^3	Viscosity $\mu \times 10^3$ N.s / m^2	Kine - matic Viscosity $\upsilon \times 10^6$ m^2 / s	Surface tension σ , N / m	Vapor pressure head p_v kN/m^2 ,abs	Vapor pressure head p/γ m	Bulk modulus of elasticity $E_v \times 10^{-6}$ kN/m^2
0	9.805	999.8	1.781	1.785	0.0756	0.61	0.06	2.02
5	9.807	1000.0	1.518	1.519	0.0749	0.87	0.09	2.06
10	9.804	999.7	1.307	1.306	0.0742	1.23	0.12	2.10
15	9.798	999.1	1.139	1.139	0.0735	1.70	0.17	2.15
20	9.789	998.2	1.002	1.003	0.0728	2.34	0.25	2.18
25	9.777	997.0	0.890	0.893	0.0720	3.17	0.33	2.22
30	9.764	995.7	0.798	0.800	0.0712	4.24	0.44	2.25
40	9.730	992.2	0.653	0.658	0.0696	7.38	0.76	2.28
50	9.689	988.0	0.547	0.553	0.0679	12.33	1.26	2.29
60	9.642	983.2	0.466	0.474	0.0662	19.92	2.03	2.28
70	9.589	977.8	0.404	0.413	0.0644	31.16	3.20	2.25
80	9.530	971.8	0.354	0.364	0.0626	47.34	4.96	2.20
90	9.466	965.3	0.315	0.326	0.0608	70.10	7.18	2.14
100	9.399	958.4	0.282	0.294	0.0589	101.33	10.33	2.07

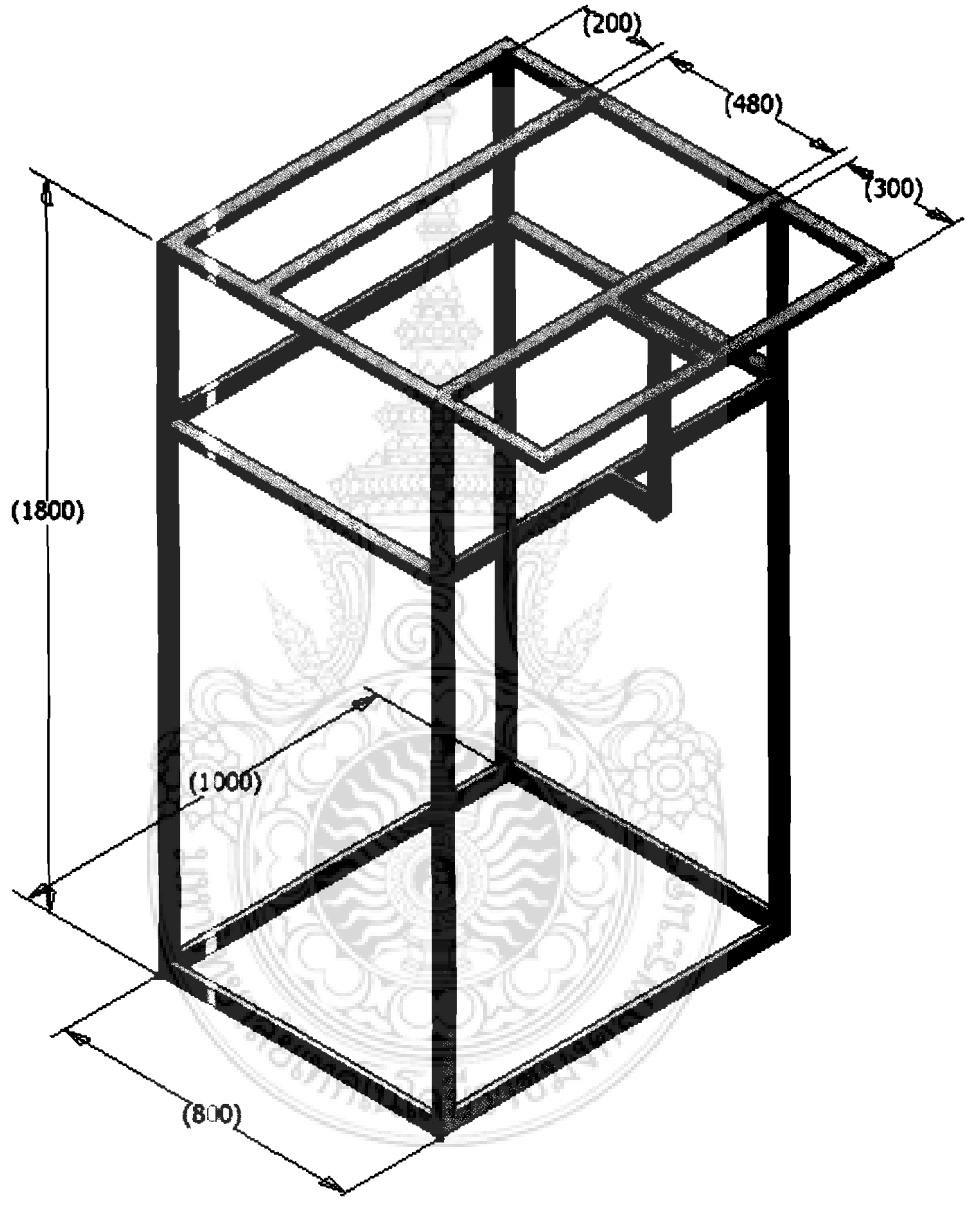
ที่มา : สุนันท์ ศรัณยนิตย์ : 2528 : น. ผ -11.

ตารางที่ 9 รายละเอียดสายไฟ

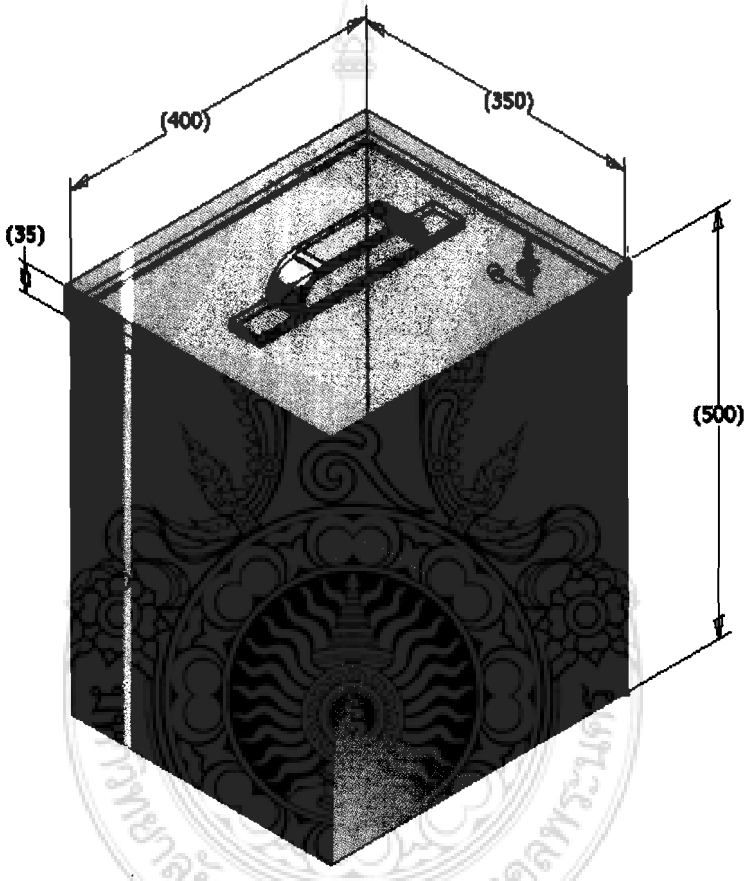
Nominal cross sectional area (mm²)	Number and diameter of wire (No/mm)	Insulation thickness (mm)	Overall diameter (mm)	Minimum insulation resistance at 70°C (MΩ-Km)	Maximum continuous current rating in free air (Ampere)	Cable weight (approx.) (Kg/Km)	Standard length (m)
0.5	1/0.80	0.6	3.0	0.0175	9-	11-	100/C
1	1/1.13	0.8	3.3	0.0141	13-	17-	100/C
1	7/0.40	0.8	3.5	0.0135	13-	17-	100/C
1.5	1/1.38	0.8	3.6	0.0123	17-	22-	100/C
1.5	7/0.50	0.8	3.8	0.0118	17-	22-	100/C
2.5	1/1.78	0.8	4.0	0.0102	23-	31-	100/C
2.5	7/0.67	0.8	4.3	0.0093	23-	31-	100/C
4	1/2.25	0.9	4.8	0.0094	32-	50-	100/C
4	7/0.85	0.9	5.2	0.0086	32-	50-	100/C
6	7/1.04	0.9	5.8	0.0073	43-	75-	100/C
10	7/1.35	1.1	7.2	0.0069	60-	120-	100/C
16	7/1.70	1.1	8.4	0.0052	83-	160-	100/C
25	7/2.14	1.3	10.6	0.0054	114-	250-	100/C
35	19/1.53	1.3	11.5	0.0047	141-	350-	100/C
50	19/1.78	1.5	13.5	0.0046	175-	540-	500/D
70	19/2.14	1.5	15.5	0.0039	221-	720	500/D
95	19/2.62	1.7	18.0	0.0038	275-	1,000-	500/D
120	37/2.03	1.7	19.5	0.0034	321-	1,240-	500/D
150	37/2.25	1.9	21.5	0.0034	367-	1,520-	500/D
185	37/2.52	2.1	24.0	0.0034	424-	1,900-	500/D
240	61/2.25	2.3	27.0	0.0033	505-	2,480-	500/D
300	61/2.62	2.5	30.0	0.0032	581-	3,100-	500/D
400	61/2.85	2.7	33.5	0.0030	675-	3,950-	500/D
500	61/3.20	3.1	38.0	0.0031	781-	5,150-	500/D

ที่มา : สุวรรณ บุญทิพย์ : 2542 : น. 89.

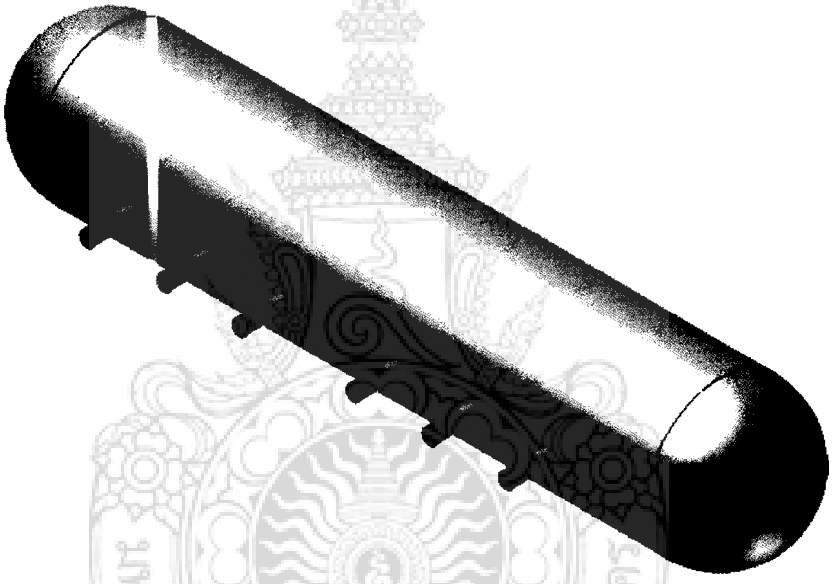
ผนวก ข
แบบเครื่องบรรจุน้ำดื่ม



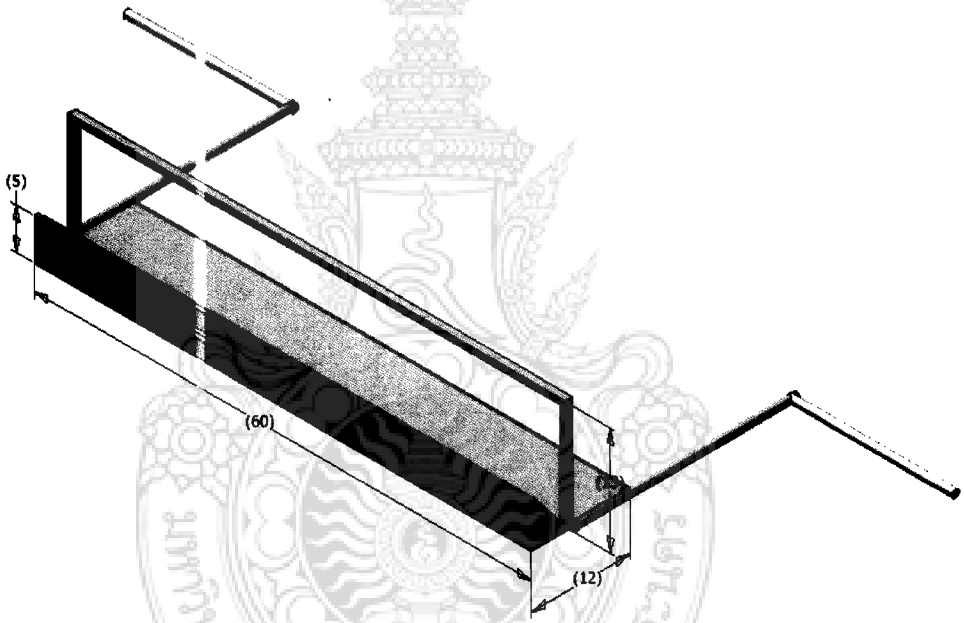
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตเทเวศร์	
ชื่องาน	โครงเครื่อง
เขียนโดย เลอศักดิ์ เสแสวง	
ตรวจโดย เริงศักดิ์ มานะสุนทร	
วันที่ 03 / 05 / 51	**หน่วยวัด** มิลลิเมตร



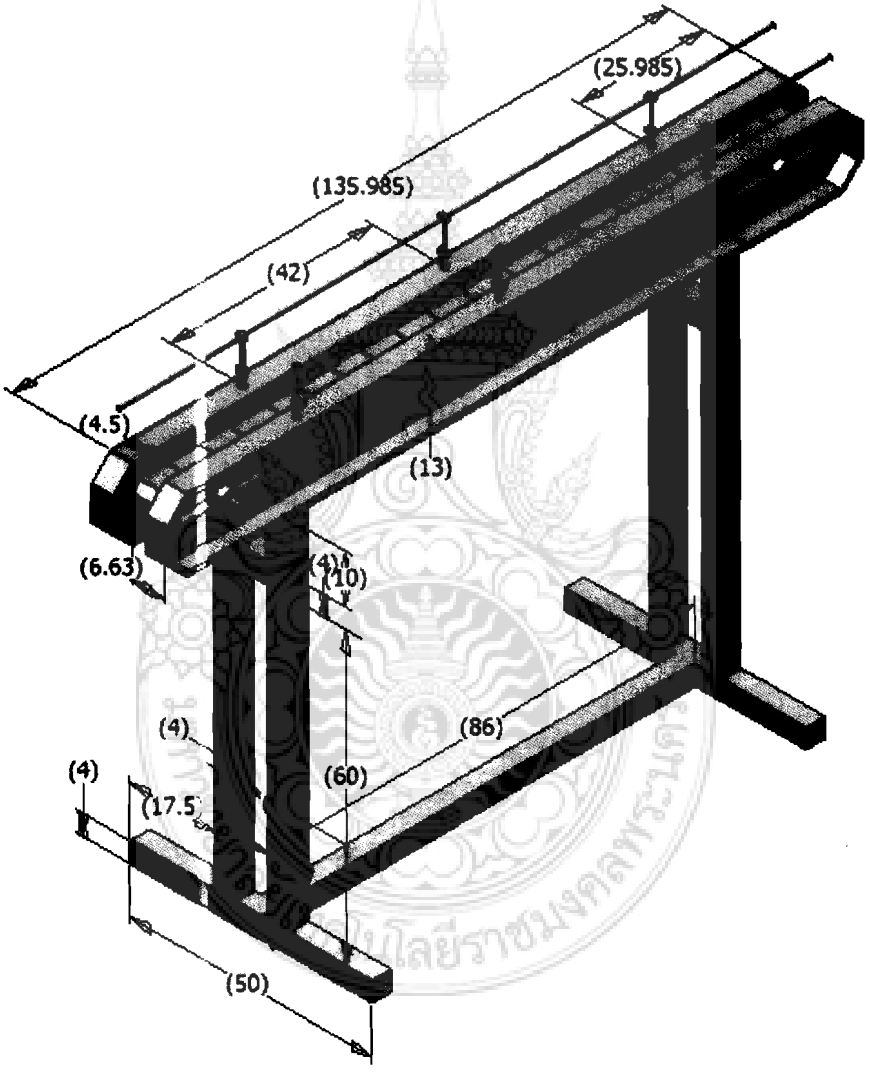
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตเทเวศร์	
ชื่องาน	ถังพักน้ำสแตนเลส
เขียนโดย เลอศักดิ์ เสแสวง	
ตรวจโดย เริงศักดิ์ มานะสุนทร	
วันที่ 03 / 05 / 51	**หน่วยวัด** มิลลิเมตร



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตเทเวศร์	
ชื่องาน	ถังพักน้ำทรงกระบอก
เขียนโดย เลอศักดิ์ เสแสวง	
ตรวจโดย เริงศักดิ์ มานะสุนทร	
วันที่ 03 / 05 / 51	**หน่วยวัด** มิลลิเมตร



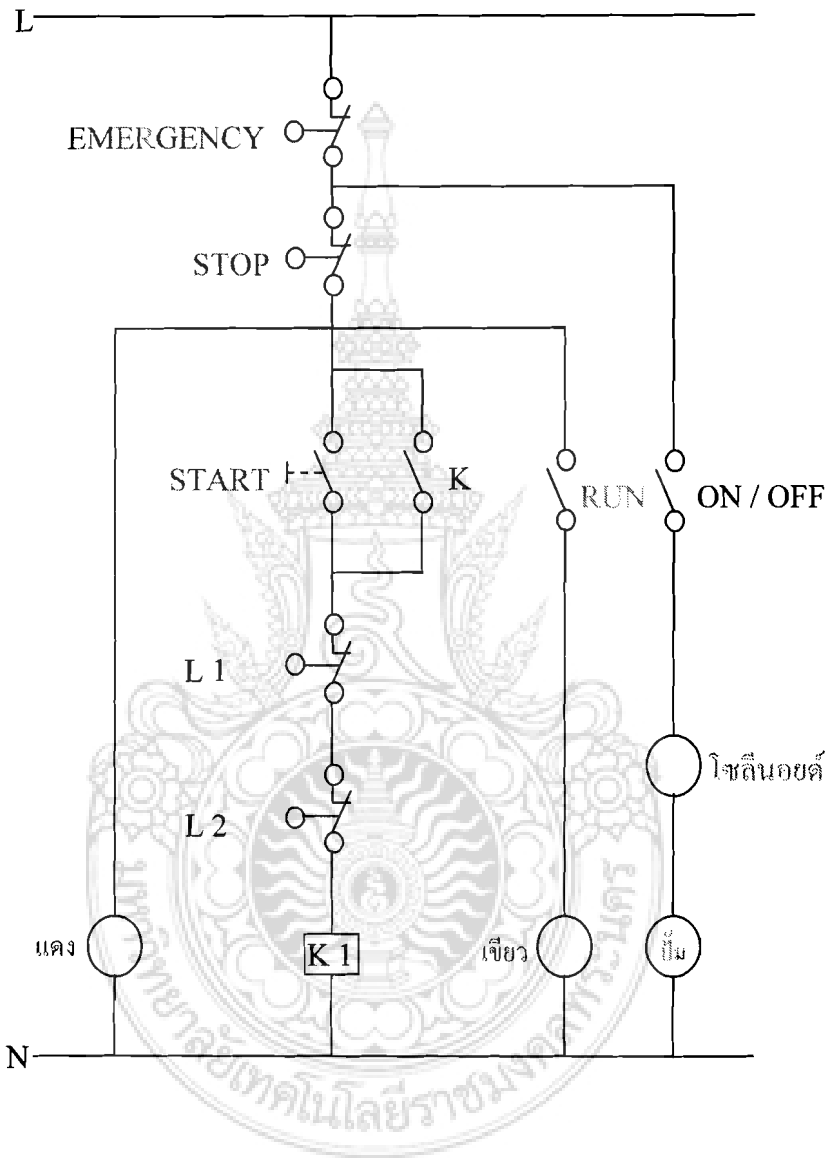
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตเทเวศร์	
ชื่องาน	โครงยึดหัวจ่ายน้ำ
เขียนโดย เลอศักดิ์ เสแสวง	
ตรวจโดย เริงศักดิ์ มานะสุนทร	
วันที่ 03 / 05 / 51	**หน่วยวัด** มิลลิเมตร



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตเทเวศร์	
ชื่องาน	สายพานลำเลียง
เขียนโดย เลอศักดิ์ เสแสวง	
ตรวจโดย เริงศักดิ์ มานะสุนทร	
วันที่ 03 / 05 / 51	**หน่วยวัด** มิลลิเมตร

ผนวก ค
วงจรตู้ควบคุมเครื่องบรรจุน้ำดื่ม

วงจร control



K1 = รีเลย์

L1 = limit ตัวที่ 1

L2 = limit ตัวที่ 2

ผนวก ง
คู่มือการใช้งาน

บทนำ

ในการใช้เครื่องบรรจุน้ำดื่ม ควรศึกษารายละเอียดคู่มือการใช้เครื่องให้ละเอียดเพื่อความสะดวกสบาย และปลอดภัยรวมถึงประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม

ข้อควรระวัง

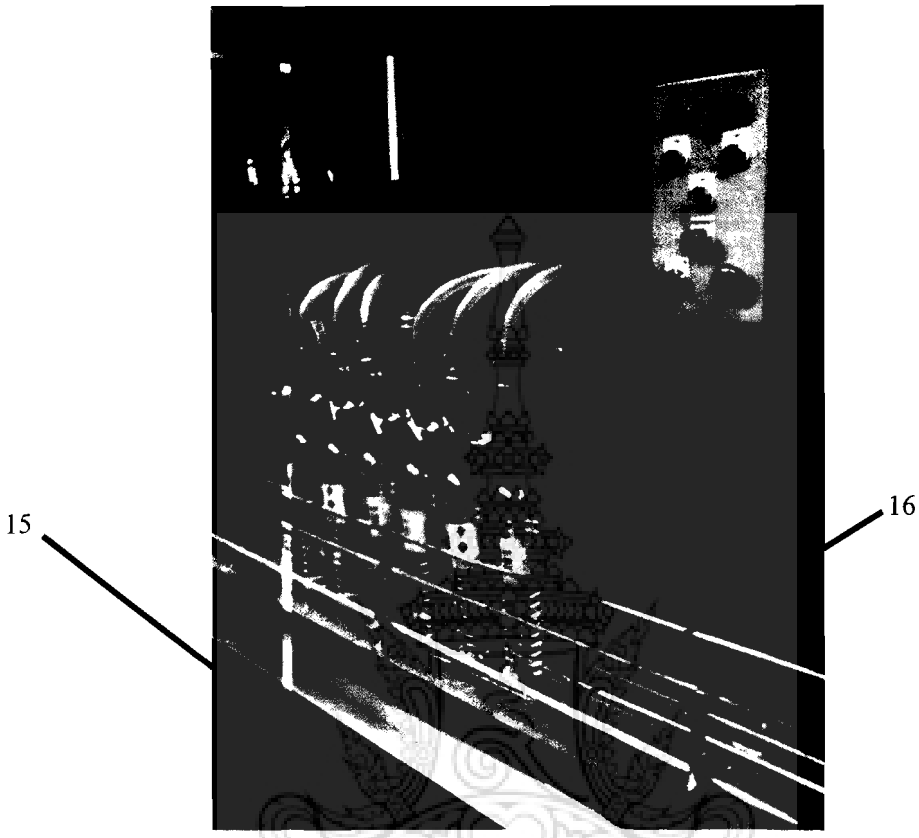
- ควรทำการตรวจสอบความพร้อมของเครื่องบรรจุน้ำดื่มก่อนใช้งานทุกครั้ง
- ไม่ควรใช้ขวดน้ำดื่มเกินขนาดที่กำหนด
- ถอดปลั๊กไฟทุกครั้งหลังการใช้งาน
- ไม่ควรดึงขวดน้ำออกก่อนโซลีนอยด์ตัดการทำงาน

เคล็ดลับในการใช้เครื่อง

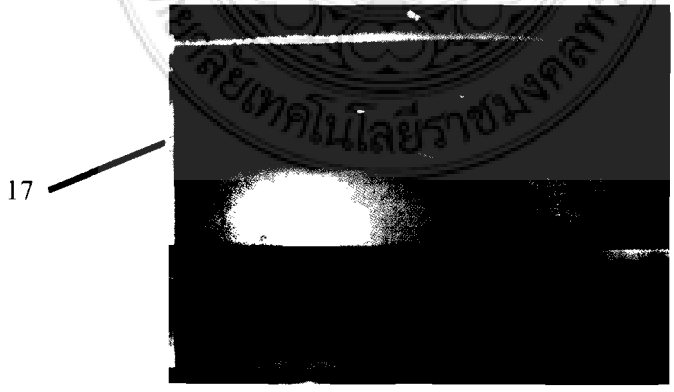
- ตรวจสอบน้ำในถังให้อยู่ในระดับลูกลอย ก่อนเดินเครื่อง
- ควรทำความสะอาดเครื่องหลังการใช้งาน โดยการใช้ผ้าเช็ดตัวเครื่อง
- ควรศึกษาคู่มือการใช้งานของเครื่องอย่างละเอียดก่อนใช้งาน
- ขณะเครื่องทำงานหากต้องการหยุดที่การทำงานใด ในกระบวนการบรรจุน้ำ ให้กดปุ่ม Emergency เครื่องจะหยุดการทำงานทันที

เครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน

รูปที่ 1 แสดงเครื่องบรรจุน้ำดื่มแบบแนวนอน



รูปที่ 2 สายพานลำเลียงขวดน้ำดื่ม



รูปที่ 3 ลิมิตสวิทช์

ส่วนประกอบของเครื่องบรรจุน้ำดื่มอัตโนมัติ

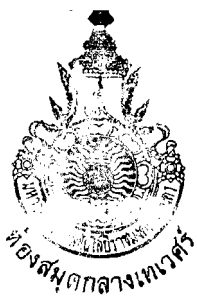
หมายเลข

1. ถังทรงกระบอกพักน้ำ
2. วาล์วปรับระดับน้ำ
3. โซลีนอยด์วาล์ว
4. เบรกเกอร์
5. ปลั๊กต่อมอเตอร์
6. ปั๊มน้ำ
7. กระบอกสูบลม
8. ตู้ควบคุมเครื่อง
9. สายยางหัวจ่ายน้ำ
10. ชุดปรับตั้งหัวจ่ายน้ำ
11. เครื่องกรองน้ำดื่ม
12. ท่อต่อน้ำเข้ากรอง
13. ข้อต่อสายลม
14. ถังสแตนเลสพักน้ำ
15. มอเตอร์เกียร์
16. สายพานลำเลียงขวด
17. ลิมิตสวิทช์

การควบคุมการใช้งาน

ในการใช้เครื่องบรรจุน้ำดื่มสามารถควบคุมได้ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมขวด
    1.1 ขวดที่ใช้บรรจุน้ำดื่มใช้ขนาด 600 ซีซี และ 1,500 ซีซี
2. ขั้นตอนการเตรียมเครื่องบรรจุน้ำดื่ม
    2.1 ควรตั้งเครื่องบรรจุน้ำดื่มไว้ในที่ที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก
    2.2 ควรตั้งชุดสายพานลำเลียงขวดน้ำดื่ม ให้เหมาะสมกับตำแหน่งของเครื่องบรรจุน้ำดื่ม
    2.3 นำขวดน้ำดื่มมาบรรจุใส่ตะแกรงที่เตรียมไว้
    2.4 ปรับตั้งชุดหัวจ่ายน้ำให้อยู่ในตำแหน่งของคอขวดน้ำดื่ม และทำการล๊อคตำแหน่ง
3. ขั้นตอนการบรรจุน้ำดื่ม
    3.1 จัดเตรียมขวดน้ำดื่มที่บรรจุใส่ตะแกรงพร้อมจะบรรจุ
    3.2 เปิดสวิทช์เบรกเกอร์ และเสียบปลั๊กมอเตอร์ขับสายพาน
    3.3 กดปุ่ม START มอเตอร์ขับสายพานเพื่อลำเลียงขวดน้ำดื่ม
    3.4 ตะแกรงชนลิมิตสวิทช์ ตัวที่ 1 สายพานจะหยุด
    (ตำแหน่งขวดน้ำดื่มตรงพอดีกับหัวจ่ายน้ำ)



3.5 กดปุ่ม RESET กระบอกสูบลม ดันหัวจ่ายน้ำลงมาที่คอขวด

3.6 บิดปุ่ม ON โซลีนอยด์จะเปิดน้ำ เพื่อบรรจุน้ำดื่ม

3.7 บิดปุ่ม OFF โซลีนอยด์จะตัดน้ำ เพื่อหยุดการจ่ายน้ำ

ขนาดขวด	เวลาที่ใช้ (วินาที)
600 ซีซี	81
1,500 ซีซี	92.6

3.8 บิดปุ่ม RESETขวดกระบอกสูบลม ดันหัวจ่ายน้ำขึ้น

3.9 กดปุ่ม RUN สายพานจะลำเลียงขวดน้ำดื่มที่บรรจุเสร็วแล้วไปข้างหน้า ทำให้ตะแกรงชนลิมิตสวิทช์ ตัวที่ 2 สายพานจะหยุด

3.10 ยกตะแกรงเพื่อนำขวดน้ำออกเครื่อบรรจุน้ำดื่ม

3.11 ปิดสวิทช์เบรกเกอร์เมื่อเลิกใช้งาน

3.12 ทำความสะอาดเครื่องบรรจุน้ำดื่มทุกครั้งหลังเลิกใช้งาน

การบำรุงรักษา

ในการบำรุงรักษาเครื่องบรรจุน้ำดื่มให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการดูแลและบำรุงรักษาเครื่องบรรจุน้ำดื่มเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งควรปฏิบัติตามดังต่อไปนี้

3.1 ควรตรวจเช็คสภาพเครื่อง และอุปกรณ์ต่าง ๆ ทุก 1 สัปดาห์

3.1.1 ตรวจเช็คความตึงของสายพาน

3.1.2 ตรวจเช็คและทำความสะอาดไส้กรองเครื่องกรองน้ำ

3.1.3 ตรวจเช็คไส้กรองของ Service Unit

3.1.4 ตรวจเช็คการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบลม (เติมน้ำมันหล่อลื่น)

3.1.5 หยอดจารบีบริเวณล้อขับสายพาน

3.1.6 ตรวจเช็คความตึงของโซ่ขับมอเตอร์เกียร์

3.2 ควรทำความสะอาดถังพักน้ำ อย่างน้อย สัปดาห์ละ 1 ครั้ง

3.2.1 สิ่งสกปรกภายในถังพักน้ำ

3.2.2 ตรวจเช็ครอยรั่วภายในถังพักน้ำ