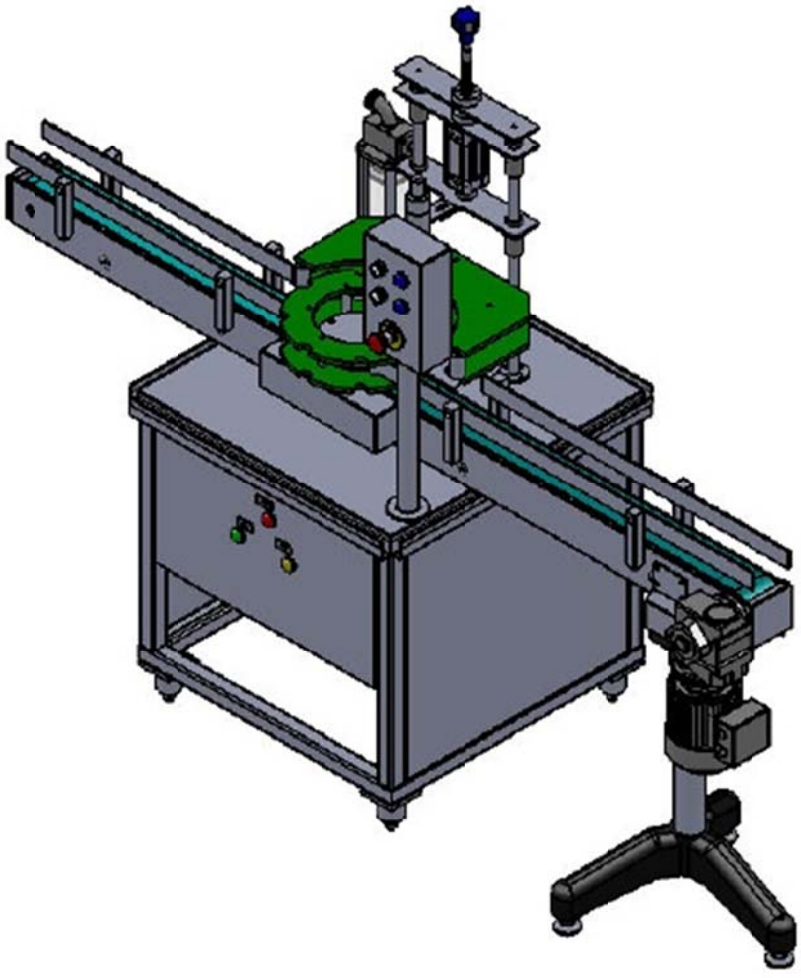
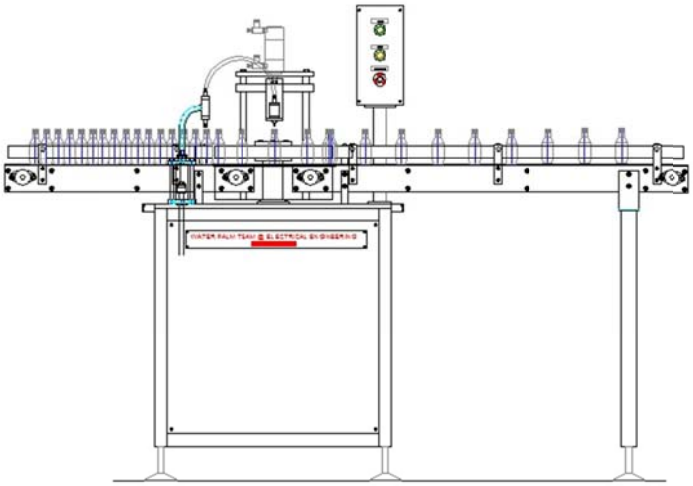
บทที่ 3

การออกแบบโครงงาน

บทนี้จะเป็นการกล่าวถึง การออกแบบเครื่องบรรจุยาหม่องน้ำ โดยแสดงโครงสร้าง และการคำนวณหา กำลังของมอเตอร์จานขับ ความเร็วรอบของจานขับ ระบบสายพานลำเลียง ปริมาตรกระบอกสูบตามลำดับ



ภาพที่ 3.1 เครื่องบรรจุยาหม่องน้ำ

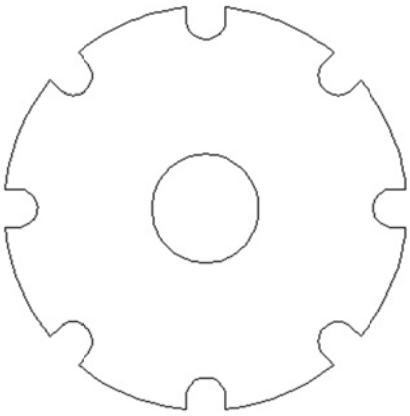


ภาพที่ 3.2 ภาพมุมด้านข้าง

3.1 การคำนวณหาความเร็วและกำลังของมอเตอร์จานหมุน [5]

3.1.1 หาปริมาตรทั้งหมดของจานหมุนและอุปกรณ์ยึด

คำนวณน้ำหนักของจานและอุปกรณ์ยึดโดยหาจากปริมาตรของจานหมุนและโดยการชั่งน้ำหนัก



ภาพที่ 3.3 ถาดจานหมุน (Star Wheel)

หาปริมาตรทั้งหมดของจานหมุน โดยรัศมีของจานหมุน r = 150 mm h = 30 mm

$$V = \pi r^2 h \qquad (3.1)$$

V = ปริมาตร (m^3)

r = รัศมี (m)

h = ความสูง (m)

π = 3.141

$V = \pi (150 \times 10^{-3}) \times (30 \times 10^{-3})$

$= 2.119 \times 10^{-3}\ m^3$

ช่องว่างตรงกลางมีรัศมี r = 40 mm h = 30 mm

จากสมการ(3.1) $V = \pi r^2 h$

$= \pi (40 \times 10^{-3})^2 \times (30 \times 10^{-3})$

$= 1.507 \times 10^{-4}\ m^3$

ช่องว่างจุดที่ใส่ขวดมีรัศมี r = 14.6 ความสูง h = 30

จากสมการ (3.1) $V = \pi r^2 h$

$V = \pi (14.6 \times 10^{-3})^2 \times (30 \times 10^{-3})$

$= 2.007 \times 10^{-5}\ m^3$ (โดยมีจำนวน 8 ช่องจะได้)

$= 8 \times 2.007 \times 10\text{-}5$

$= 1.605 \times 10\text{-}5\ m^3$

เพราะฉะนั้นจะได้ปริมาตรของจานหมุนที่มีอยู่ ดังนี้

$$V = (2.1195 \times 10^{-3}) - (1.507 \times 10^{-4}) + (1.605 \times 10^{-5}) = 1.952 \times 10^{-3}\ m^3$$

จากความหนาแน่นของพีอีแผ่นที่จะนำมาทำจานหมุนมีค่า ρ = 940 kg/m^3

จากสมการ (2.7) $\rho = \frac{m}{V}$

ρ = ความหนาแน่นจำเพาะ (kg/m^3)

m = มวลของวัตถุ (kg)

V = ปริมาตรของวัตถุ (m^3)

$m = (940) \times (1.952 \times 10^{-3})$

$= 1.834$ kg

ส่วนมวล (housing) สแตนเลส = 1.996 kg โดยได้การชั่ง

ส่วนน้ำหนักของขวดที่วางบนจานโดยมีขวดเปล่าจำนวน 2 ขวด ส่วนขวดที่มีการบรรจุแล้ว 2 ขวด

โดยน้ำหนักขวดเปล่า = 53 g / ขวด

ส่วนปริมาตรที่บรรจุลงในขวด = 20 ml = 20 g (โดยเทียบเป็นน้ำเปล่า)

เพราะน้ำเปล่ามีความหนาแน่น = 1000 kg/m3

จะได้ $(53 \times 2) + ((53 + 20) \times 2)$

$= 252$ g

เพราะฉะนั้นรวมมวลที่วางบนแกนมอเตอร์ = 1.834 + 1.996 + 0.252

= 4.082 kg

3.1.2 ความเร็วของจานหมุน

ความเร็วของในการบรรจุ 20 ขวด/นาที โดยคิดจากจำนวนของช่องจานหมุน 8 ช่องจะได้

$$n = \frac{20}{8}$$

$= 2.5$ รอบ/ นาที (rpm)

จากสมการ (2.10) $\omega = \frac{2\pi n}{60}$

ω = ความเร็วเชิงมุม (rad/sec

n = ความเร็วของจานหมุน รอบ/นาที (rpm)

$$\omega = \frac{5\pi}{60}$$

$$= 0.26 \text{ rad/sec}$$

3.1.3 กำลังของมอเตอร์จานหมุน

จากสมการ (2.9) $P = T\omega$

P = กำลังไฟฟ้า (w)

T = แรงบิด (N.m)

ω = ความเร็วเชิงมุม (rad/sec)

$$T = M_{Friction} + M_{Inertia} \quad (3.2)$$

$M_{Friction}$ = โมเมนต์แรงเสียดทาน (N.m)

$M_{Inertia}$ = โมเมนต์ที่เกิดจากแรงเฉื่อย (N.m)

$M_{Friction}$ = Friction × r

Friction = แรงเสียดทาน (N)

r = รัศมีแกนหมุน (แกน housing) (m)

$$\text{Friction} = \mu N \quad (3.3)$$

μ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างซีลยางกับแกน housing สแตนเลส = 0.6

จากสมการ (2.6) $N = mg$

N = น้ำหนัก (N)

m = มวลของวัตถุ (kg)

g = ความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

$N = 9.81 \times 4.16$

$= 40.8$ N

จากสมการ (3.3) Friction = μN

Friction = แรงเสียดทาน(N)

μ = สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

$$\text{Friction} = 0.6 \times 40.8$$

$$= 24.48 \text{ N}$$

$$M_{\text{Friction}} = Fr \qquad (3.4)$$

M_{Friction} = โมเมนต์แรงเสียดทาน (N.m)

Friction = แรงเสียดทาน (N)

r = รัศมีของเพลาขับจานหมุน (m)

$M_{\text{Friction}} = 24.48 \times (30 \times 10^{-3})$ $r = (30 \times 10^{-3})$ ตามแบบ

$= 0.73$ (N.m)

$$M_{\text{Inertia}} = I\alpha \qquad (3.5)$$

α = ความเร่งเชิงมุม (rad/ sec^2)

$$I = \frac{1}{2} \times mk^2 \qquad (3.6)$$

I = Moment Inertia (kg. m^2)

m = คือมวลของวัตถุ (kg)

K = รัศมีของจาน คิดจากจานตัน (m)

$$I = \frac{1}{2} \times 4.16 \times (150 \times 10^{-3})^2$$

$$= 0.046 \text{ kg. m}^2$$

$$\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{t - t_0} \qquad (3.7)$$

$$= \frac{0.26}{1.5}$$

$$= 0.17 \text{ rad/ sec}^2$$

เมื่อ t = 1.5 sec เวลาที่จานเริ่มหมุนจนถึงเวลาที่จานหมุนคงที่ (เวลาโดยประมาณ)

$$M_{Inertia} = 0.046 \times 0.17$$

$$= 7.82 \times 10^{-3} \text{ N.m}$$

จากสมการ (3.2) $$T = M_{Friction} + M_{Inertia}$$

$$= 0.734 + 7.82 \times 10^{-3}$$

$$= 0.741 \text{ N.m}$$

จากสมการ (2.7) $$P = T\omega$$

$$P = 0.741 \times 0.26$$

$$= 0.192 \text{ W}$$

ขนาดของมอเตอร์ 0.192 W ที่ความเร็ว 1800 rpm เลือกใช้ induction motor ขนาด 25W 200v 3 phase ขนาดเกียร์(index gear) 8 Step cycle = 1.5 rps 1:20 หรือ 90 rpm Maximum Output หรือความเร็วสูงสุดของจานจะได้ 4 rpm (33 ขวดต่อนาที)

3.2 ระบบสายพานลำเลียง [5]

จากความเร็วสายพาน คิดจากความเร็วในการบรรจุ จะได้ 20 ขวด/นาที

ดังนั้นความเร็วของสายพาน $$= \frac{\text{ขนาดของขวด} \times \text{อัตราการบรรจุ}}{60}$$

$$= \frac{29 \times 20}{60}$$

$$= 10 \text{ mm/sec}$$

หรือ $$= 0.01 \text{ m/sec}$$

หาได้จาก

ความเร็วรอบของ Roller $$= \frac{\text{ความเร็วสายพาน}}{\text{รัศมีของ Roller}}$$

รัศมีของ Roller = 60 mm หรือ 0.06 m

$$= \frac{0.01}{0.03}$$

$$\omega = 0.33 \text{ rad / sec}$$

หาความเร็วเชิงมุม(ω)ของสายพานโดยคิดจาก

ω = 0.33 rad/sec จะได้ความเร็วรอบของสายพาน

$$= \frac{\omega \times 60}{2\pi}$$

$$= \frac{0.33 \times 60}{2\pi}$$

= 3.15 รอบ/นาที (rpm)

กำลังมอเตอร์สายพานหาได้จาก

$P = T\omega$

$T = M_{Friction} + M_{Inertia} + M_{แรงต้านสายพาน}$

Friction = μN (เมื่อ μ ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานของแบริ่ง

(Ball Bearing) = 0.0015

N = แรงที่กดลงตรงสายพาน (N)

$M_{Friction}$ = โมเมนต์แรงเสียดทาน มีหน่วยเป็น (N.m)

$M_{Inertia}$ = โมเมนต์แรงเฉื่อย มีหน่วยเป็น (N.m)

$M_{Friction}$ = Friction × r

Friction = แรงเสียดทาน มีหน่วยเป็น (N)

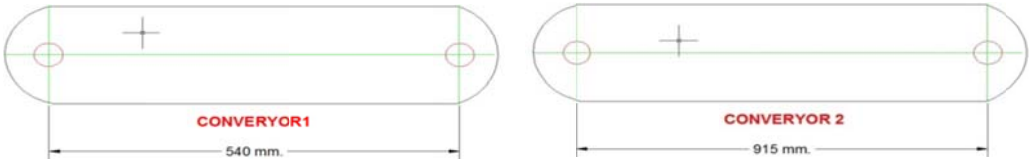
<u>น้ำหนักของสายพานและน้ำหนักของวัตถุที่อยู่บนสายพาน</u>

ชุดแรก L = 540 mm. W = 100 mm. = 0.35 Kg

ชุดสอง L = 915 mm. W = 100 mm. = 0.45 Kg

น้ำหนักเปล่า 55 g. = 0.055Kg / ขวด

น้ำหนักขวดรวมน้ำยาหม่อง 55 g + 20 g = 75 g = 0.075Kg / ขวด



ภาพที่ 3 .4 สายพานลำเลียง

สายพานขาเข้า บรรจุขวดเปล่าได้ 17 ขวด $\times$ 0.055

$= 0.935$ Kg

น้ำหนักสายพาน $= 0.35$ Kg

น้ำหนักรวม $= 0.35 + 0.935$

$= 1.285$ Kg

น้ำหนักขวดเปล่า 20 ml. $= 0.055$ Kg /ขวด

น้ำหนักขวดรวมน้ำยาหม่อง $= 0.055 + 0.02$

$= 0.075$Kg

เทียบยาหม่อง = น้ำเปล่า 20 ml = 20 g

Converyor 1

$$\text{น้ำหนัก} = \frac{0.35 + (17 \times 0.055)}{2}$$

$= 0.642$ Kg

Converyor 2

$$\text{น้ำหนัก} = \frac{0.45 + (35 \times 0.055)}{2}$$

$= 1.187$ Kg

จากสมการ (3.3) Friction $= \mu N.$

Friction $= 0.0015 \times 57.49$

$= 0.086$ N

$M_{Friction} = F_{Friction} \times r$ รัศมีของแบริ่ง

$= 0.086 \times (15.5 \times 10^{-3})$

$= 1.33 \times 10^{-3}$ N.m

จากสมการ (3.5) $M_{Inertia} = I\alpha$

k = คิดจากรัศมีของลูกกลิ้ง $= (30 \times 10^{-3})$ m

$$k_1 = k_2$$

$$I = \left[\frac{1}{2}mk^2\right] \quad (3.8)$$

$$I = \left[\frac{1}{2}m_1k_1^2 + \frac{1}{2}m_2k_2^2\right] \quad (3.9)$$

$$= \frac{1}{2}1.492 \times (30 \times 10^{-3})^2 + (2.835 \times (30 \times 10^{-3})^2$$

$$= 1.946 \times 10^{-3} \text{ Kg.m}^2$$

$$\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{t - t_0} \quad (3.10)$$

$$= \frac{0.33}{1.5}$$

$$= 0.22 \text{ rad/ sec}^2$$

t = เวลามอเตอร์เริ่มหมุนไปจนถึงความเร็วคงที่ใช้เวลา 1.5 sec

จากสมการ (3.3) $M_{Inertia} = I\alpha$

$$M_{Inertia} = (1.946 \times 10^{-3})\ (0.22)$$

$$= 4.28 \times 10^{-4} \text{ N.m}$$

ตารางที่ 3.1 ตารางค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานโดยประมาณ

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานโดยประมาณ				
วัสดุ	สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน			
	สถิตย์		เลื่อน	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
เหล็กกล้ากับ เหล็กกล้า เหล็กกล้า เหล็กหล่อ	0.15 - 0.20	0.1	0.10 - 0.15	0.05
ทองเหลืองหรือบรอนซ์	0.18 - 0.25	0.1	0.15 - 0.20	0.05
เหล็กหล่อกับเหล็กหล่อหรือบรอนซ์	0.22 - 0.26	0.16	0.15 - 0.20	0.1
โลหะกับไม้	0.50 - 0.60	0.1	0.20 - 0.50	0.08
ไม้กับไม้	0.50 - 0.70	0.2	0.20 - 0.40	0.005 - 0.15
สายพานหนังกับเหล็กหล่อหรือ เหล็กหล่อเหนียว	0.50 - 0.60	0.3	0.30 - 0.50	0.2
ปะเก็นกับโลหะ	0.6	0.25	0.25	0.12
แผ่นผ้าเบรกและคลัตช์ ที่ทำจากใยหินกับเหล็ก กล้าเหล็กหล่อเหนียว หรือเหล็กหล่อ	_	_	0.30 - 0.50	0.15 -0.30

$$Mo_{\text{แรงต้านสายพาน}} = \frac{dL}{dt} = \frac{m(v - v_0)}{t - t_0} \qquad L = mv \qquad (3.11)$$

แรงต้านสายพานชุดที่ 1 $= m_1 v_1$

สายพานยาว 540 mm ลำเลียงขวดเปล่าได้ 17 ขวด น้ำหนักขวดเปล่า 55 g = 0.055 kg

น้ำหนักสายพาน = 0.35 kg

จะได้น้ำหนักรวม $= 0.35 + (17 \times 0.055)$

$= 1.285$ kg

m = น้ำหนักที่กดลง (kg)

v = ความเร็วของสายพาน $= 0.01$m / sec

จากสมการ (3.11) L = โมเมนตั้มเชิงเส้น

$L = mv$

$L = 1.285 \times 0.01$

$= 0.012$ kg.m/sec (สายพานชุดแรก)

$M_{\text{แรงต้านสายพาน1}} = (30\times10^{-3}) \times 0.012$

$= 3.6 \times10^{-4}$ kg.m^2

แรงต้านสายพานชุดที่ 2 $= m_2v_2$

สายพานยาว 915 mm ลำเลียง 35 ขวด แต่ละขวดบรรจุได้ 20 ml = 20g (เทียบเป็นน้ำเปล่า)

ดังนั้น $(0.055 + 0.020) \times 35 = 2.625$ kg

จะใช้ แรงต้านสายพานชุดที่ 2 $= 2.625 \times 0.01$

$= 0.026$ kg.m/sec

$M_{\text{แรงต้านสายพาน2}} = (30\times10^{-3}) \times 0.026$

$= 7.8 \times10^{-4}$ kg.m^2

$M_{\text{แรงต้านสายพาน}}$ = แรงต้านสายพาน1 + แรงต้านสายพาน2

$= (3.6\times10^{-4}) + (7.8 \times10^{-4})$

$= (1.14\times10^{-3})$ kg.m^2

$T = M_{\text{Friction}} + M_{\text{Inertia}} + M_{\text{แรงต้านสายพาน}}$ (3.12)

$= (1.33\times10^{3}) + (1.284\times10^{3}) + (1.14\times10^{3})$

$= 3.754 \times 10^{3}$ N.m

จากสมการ (2.7) $P = T\omega$ (มอเตอร์สายพาน)

$= (3.754 \times 10^{3}) \times 0.33$

$= 1.238 \times 10^{3}$ W

ขนาดของมอเตอร์ 1.238×10^{3} W ที่ความเร็ว 3.15 rpm เลือกใช้มอเตอร์เกียร์ขนาด 25W 3 phase ขนาดเกียร์ 1:100 14 rpm

3.3 ปริมาตรกระบอกสูบ [5]

ความสูงของลูกสูบ = 30 mm

พื้นที่หน้าตัดลูกสูบ = 20 mm.

ปริมาตรของลูกสูบ = $3.141 \times 10^2 \times 30$

= 9,423 mm^3 หรือ 9.423 cm^3

ความสูงของกระบอกสูบ = 100 mm

กระบอกสูบ (Inner Diameter) = 20 mm.

จากสมการ (3.1) Max Capacity $V = \pi r^2 \times h$

$= 3.141 \times 10^2 \times 100$

$= 31{,}400\ mm^3$

หรือ $31{,}400 \times 10^{-3}\ m.^3$ $= 31.4\ cm.^3$ หรือ 31.4 ml

ดังนั้น ปริมาตรกระบอกสูบที่เหลือสำหรับเก็บน้ำเพื่อบรรจุ = 31.4 - 9.423

= 21.977 cm^3

จากการหาแรงดัน $P_{Discharge} = P_{Suction} = P_{haed} + P_{Drop}$ (3.13)

$P_{haed} = \rho gh$ ……. (Pa.) (3.14)

ρ = 1000 kg/ m^3 ความหนาแน่นของยาหม่องน้ำ (เทียบเป็นน้ำ) , g = 9.81 m/s^2 ความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก , h = 900 mm. ความสูงจากพื้นถึงปลายกระบอกสูบ (โดยการออกแบบ)

$P_{haed} = 1000 \times 9.81 \times (900 \times 10^{-3})$

= 8,829 kg/m. s^2 หรือ 8,829 Pa.

$P_{Drop} = h_{1major} + h_{1\,minor} = F\frac{l}{D} \times \frac{V^2}{2g} \times KL\frac{V^2}{2g}$ (3.15)

KL = 4 สัมประสิทธิ์การสูญเสียของอุปกรณ์เช่น วาล์ว (ball check valve = 4) Check valve ในส่วนของการอัด มีสองจุด (คิดสองตัว)

F = friction factor ความเสียดทานของผิวท่อ ความยาวท่อ (ในทางกลศาสตร์ ค่าสูงสุดคือ 0.1)

v = 1.99 m/sec ความเร็วของการไหล

สมการ $$v = \frac{Q}{A} \quad (3.15)$$

Q = อัตราการไหล (m^3/sec)

A = พื้นที่หน้าตัดภายในท่อ (m^2)

v = ความเร็วของการไหล (m/sec)

ความเร็วในการไหลหาได้จาก

เวลาในการบรรจุต่อ 1 ขวด ปริมาตร 20 ml ใช้เวลาในการบรรจุ 2 sec

จะได้ $$Q = 20ml / 2sec$$

$$= 10 \text{ ml/sec}$$

$$A = \pi r^2 \quad (3.16)$$

$$A = 3.141 \times (0.001)^2$$

$$= 3.141 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} \quad (3.17)$$

$$= \frac{10 \times 10^{-6}}{3.141 \times 10^{-6}} = 3.183 \text{ m/sec}$$

P_a = 1.01325 bar หรือ 101,325 pa

ID = 0.002 m Inner Diameter ของท่อ

l = 1 m ความของยาวท่อ

จากสมการ (3.15) $$P_{Drop} = \left[0.1 \times \frac{1}{0.002} \times \frac{3.18^2}{2 \times 9.81}\right] + \left[4 \times \frac{3.18^2}{2 \times 9.81}\right] \times 2 = \text{Pa}$$

(เนื่องจากเป็นการอัดแรงดันผ่านบรรยากาศจึงคิดค่าความดันบรรยากาศเข้าด้วย)

$$P_{Discharge} = P_{haed} + P_{Drop} + P_a$$

$$= 8{,}829 + 29.89 + 101{,}325$$

$P_{Discharge}$ = 110,183.89 Pa จาก 10^5 Pa = 1 bar

$P_{Discharge} \geq P_{Suction}$ จึงคำนวณเฉพาะ $P_{Discharge}$

$$= \frac{8,858.89}{100,000}$$

$$= 1.10183 \text{ bar}$$

เนื่องจากระบบลมที่ใช้กับเครื่องจักร นิยมเลือกใช้ขั้นต่ำที่ 6 bar จากตารางจะได้กระบอกลมขนาด Bore 20 และ Stoke 100 mm จะรองรับแรงได้ 0.169 kN หรือ 169 N

3.4. ขนาดกระบอกลมยกหัวบรรจุ [5]

คิดจากชิ้นงานที่ยึดติดกับแกนกระบอกลม

สมการ $$P = \frac{F}{A} \quad (3.18)$$

P = Pressure มีหน่วยเป็น (Pa)

F = Force มีหน่วยเป็น (N)

A = Piston Area มีหน่วยเป็น (m^2)

ชิ้นงานบู๊ชสไลด์ อะลูมิเนียม ขนาด $55 \times 216 \times 34$

$$= (55 \times 10^{-3}) \times (216 \times 10^{-3}) \times (34 \times 10^{-3})$$

$$= 0.403 \text{ m}^3$$

ความหนาแน่นของอะลูมิเนียม = 2700 kg/ m^3

จะได้

$$m = \rho V \quad (3.19)$$

$$m = 2700 \times (0.403)$$

$$= 1.09 \text{ kg}$$

ชิ้นงานสแตนเลสขนาด $40 \times 4 \times 143$ mm

$$= (40 \times 10^{-3}) \times (4 \times 10^{-3}) \times (143 \times 10^{-3})$$

$$= 2.288 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

ความหนาแน่นของสแตนเลส = 7900 kg/ m^3

จากสมการ (3.19) $m = \rho v$

$m = 7900 \times (2.288 \times 10^{-5})$

$= 0.180 \ kg$

หัวบรรจุที่มีเซ็ควาล์ว,โอริง และสปริง,Slide Bushได้จากการชั่ง รวมทั้งหมด 2.5 kg

$$F = mg \tag{3.20}$$

$F = 2.5 \times 9.81$

$= 24.525 \ N$

P = Pressure เลือกที่ 6 bar เนื่องจากระบบลมที่ใช้กับงานเครื่องจักรนิยมใช้ที่ 6-7 bar เพื่อให้กระบอกลมทำงานสม่ำเสมอจากตารางเทียบกระบอกลมที่แรง 24.525 N เลือกใช้กระบอกลมขนาด Bore 20 – Stoke 50 mm

ภาพที่ 3.5 ปลายหัวบรรจุ

3.5.ปริมาณการใช้ลมของเครื่องบรรจุ [5]

3.5.1 คิดจากขนาดของกระบอกลมยกหัวบรรจุ 20 – 50 mm

จากสมการ (3.1) $V = \pi r^2 \times h$

$= 3.141 \times (20 \times 10^{-1}) 2 \times (50 \times 10^{-1})$

$= 31.41\ cm^3$

เนื่องจากกระบอกลมทำงาน ไป – กลับ = 1 ครั้ง จะได้ 31.41×2

$= 62.82\ cm^3$

ในเวลา 1 นาที กระบอกลมทำงาน 20 ครั้ง จะได้ 20×62.82

$= 1256.4\ cm^3$

3.5.2 คิดจากขนาดของกระบอกลมบรรจุ 20 – 100 mm

แต่ระยะเคลื่อนที่ของกระบอกลมต้องคิดจาก ระยะเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ

เมื่อกระบอกสูบมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 mm สูง 100 mm คิดที่ปริมาตร 20 ml

จากสมการ (3.1) $V = \pi r^2 \times h$

r ของลูกสูบ = 1 cm

$V = 20\ ml = 20\ cm^3$

$$h = \frac{20}{3.141}$$

$= 6.36\ cm$

ปริมาตรของกระบอกลม จากสมการ (3.1) $V = \pi r^2 \times h = 3.141 \times (1.25)^2 \times (6.36)$

$= 31.21\ cm^3$

เนื่องจากกระบอกลมทำงาน ไป – กลับ = 1 รอบ จะได้ 31.21×2

$= 62.42\ cm^3$

ในเวลา 1 นาที กระบอกลมทำงาน 20 รอบ จะได้ 20×62.42

$= 1248.54\ cm^3$

เพราะฉะนั้น ในเวลา 1 นาที เครื่องบรรจุใช้ลมไป = 1256.4 + 1248.54

$= 2{,}504.94\ cm^3$ หรือ 2,504.94 ml / min

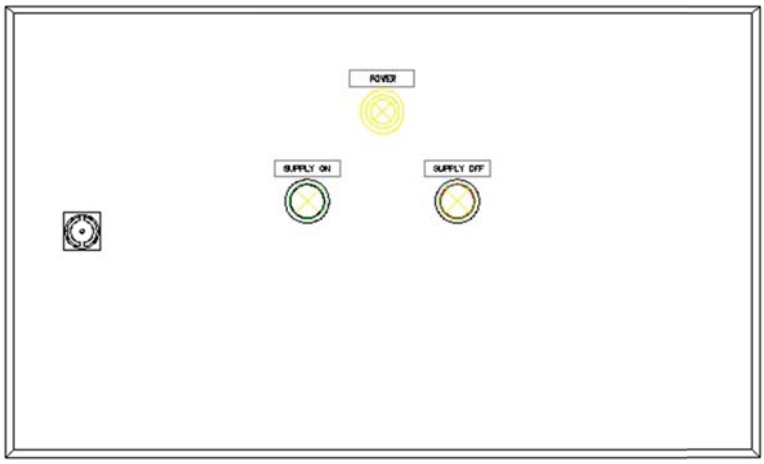
3.6.อุปกรณ์ตัดตอนของเครื่อง [4]

เนื่องจากมอเตอร์ใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมความเร็ว มอเตอร์มีขนาด 25 w 380/220 v 0.22 A และมอเตอร์ถือเป็นโหลดแบบต่อเนื่อง

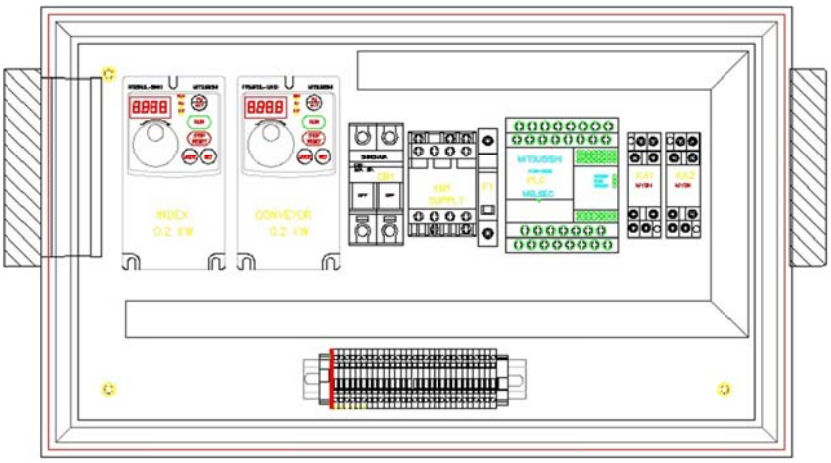
ขนาด CB = 1.25 × 0.22

= 0.275 A 0.275 + 0.22 = 0.495 A

รวมกับโหลดอื่นที่อยู่ในตู้ควบคุม เลือกใช้ MCB = 10 AT/30AF 6kA



ภาพที่ 3.6 การวางสวิทซ์ที่ตู้ไฟ



ภาพที่ 3.7 การวางอุปกรณ์ภายในตู้ไฟ

ตารางที่ 3.2 ค่า KL ของข้อต่อแบบต่างๆ

ค่า KL ของข้อต่อแบบต่างๆ		
ลำดับที่	ชนิดของวาล์วและข้อต่อ	KL
1	ข้อต่อ 90 องศา	0.9
2	ข้อต่อ 45 องศา	0.4
3	เข้าสู่ท่อแยกรูปตัว T	0.4
4	ออกจากท่อแยกรูปตัว T	1.8
5	Glove Valve เปิด 100 %	10
6	เปิด 75 %	11
7	เปิด 50 %	12.5
8	Gate Valve เปิด 100 %	0.2
9	เปิด 75 %	1
10	เปิด 50 %	5
11	เปิด 25 %	24
12	Foot Valve	1.5
13	Check Valve	2.5
14	Ball Valve	4

ที่มา : www.themegallery.com