

공기압 시스템 선정(소요/소비공기량)

1. 소요 공기량

구동기기가 일정한 부하를 일정한 속도로 작동시키기 위하여 필요한 공기량으로 F.R.L기 및 절환 밸브 배관 SIZE 선정에 필요하다($Q=Q_1+Q_3$ 또는 $Q_1=Q_2+Q_3$).

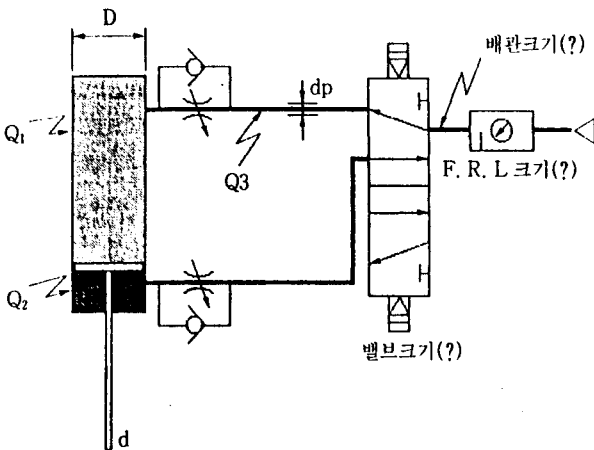


그림 1

$$\therefore Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot Z \cdot \frac{P+1.033}{1.033} \cdot \frac{60}{t} \cdot \frac{1}{1000} \quad (N\ell / \text{min})$$

$$Q_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot Z \cdot \frac{P+1.033}{1.033} \cdot \frac{60}{t} \cdot \frac{1}{1000} \quad (N\ell / \text{min})$$

$$Q_3 = \frac{\pi}{4} dp^2 \ell \cdot \frac{P+1.033}{1.033} \cdot \frac{60}{t} \cdot \frac{1}{1000} \quad (N\ell / \text{min})$$

여기에서

$Q_1 \cdot Q_2$ = 실린더 전·후진시 소요 공기량($N\ell / \text{min}$)

Q_3 = 배관의 소요 공기량 ($N\ell / \text{min}$)

D, d, dp = 실린더 내경·로드경 및 배관내경(cm)

Z, ℓ = 실린더 행정 및 배관길이(cm)

t = 1행정에 필요한 시간(sec)

p = 사용 압력(kgf/cm^2)

60은 초(sec)를 분(min)으로 환산하기 위한 상수 ($1\text{min}=60\text{sec}$) $\frac{1}{1000}$ 은 cm^3 를 ℓ (리터)로 환산기 위한

상수($1\ell = 1000\text{cm}^3$)

\therefore 소요 공기량 Q 는 실린더 전진시 또는 후진시에 필요한 공기량이므로

$$Q = Q_1 + Q_3 \quad \text{또는} \quad Q = Q_2 + Q_3 \quad \text{가 된다.}$$

$\therefore Q = Q_1 + Q_3$ 에서 공통 인수를 뽑아내면

$$\begin{aligned} Q &= \frac{\pi}{4} \cdot \frac{P+1.033}{1.033} \cdot \frac{60}{t} \cdot \frac{1}{1000} (D^2 Z + dp^2 \ell) \\ &= \frac{60\pi(p+1)}{4 \times 1000 \times t} (D^2 Z + dp^2 \ell) \\ &= \frac{15\pi(p+1)}{1000t} (D^2 Z + dp^2 \ell) \quad (N\ell / \text{min}) \end{aligned}$$

<소요 공기량 식에서 보는 바와 같이 소요 공기량은 구동기기를 구동하는데 필요한 속도를 얻기 위한 속도 개념으로 보면 된다>

예제1)

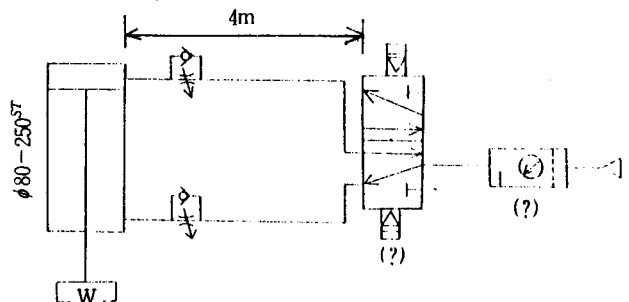


그림 2

그림에서와 같이 $\phi 80-250^{ST}$ 복동실린더를 전진 또는 후진 동작 하는데 0.6초의 시간이 걸린다. 배관은 내경 $\phi 9$ 의 나이론 튜브를 사용하였으며 배관 길이는 4m, 사용압력은 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이다.

소요 공기량을 구하고 솔레노이드 밸브와 F.R.L Unit를 선정하라.

풀이)

1) 소요 공기량 구하는 공식 Q는

$$Q = \frac{15\pi(P+1)}{1000t} (D^2Z + d^2\ell) (N\ell / \text{min})$$

여기에서 조건을 열거하면

$$D = 80\text{mm} = 8\text{cm}$$

$$Z = 250\text{mm} = 25\text{cm}$$

$$d = 9\text{mm} = 0.9\text{cm}$$

$$\ell = 4\text{m} = 400\text{cm}$$

$$t = 0.6 \text{ sec}$$

$$P = 5\text{kgf/cm}^2$$

$$Q = \frac{15\pi(5+1)}{1000 \times 0.6} (8^2 \times 25 + 0.9^2 \times 400) (N\ell / \text{min})$$

≅ 910 Nℓ / min가 된다.

그러나 실린더를 원하는 속도로 구동하기 위해서는 배관에 따른 유량 손실을 고려하지 않으면 안된다. 즉 실린더와 밸브 사이의 배관에 따른 유량손실은 20% 정도 고려하면 된다.

$$\therefore \text{실제 소요 공기량 } Q_1 = 910 \div 0.8 \cong 1140 \text{ N}\ell / \text{min} \dots \text{①}$$

2) 밸브를 선정하기 위해서는 유효 단면적을 구하면 쉽게 선정할 수 있다. 유량 산출 공식을 적용하기 위해서는 음속·아음속 흐름을 구분해줘야 하지만 통상적으로 음속 흐름은 거의 없기 때문에 앞으로는 아음속 흐름을 적용하기로 하자

-아음속 흐름에서의 유량 공식Q는

$$\therefore Q = 22.2 S \sqrt{(P_{H1} - P_L) (P_L + 1.033)} \sqrt{\frac{273}{T}}$$

$$(\text{여기에서 } P_{H1} = 6\text{kgf/cm}^2 \quad P_L = 5\text{kgf/cm}^2)$$

$$t = 20^\circ\text{C} (T = 273 + 20 = 293\text{K}) \quad Q_1 = 1140 (\text{N}\ell / \text{min})$$

$$1140 = 22.2 S \sqrt{(6-5) (5+1.033)} \sqrt{\frac{273}{273+20}}$$

$$S = 21.6\text{mm}^2$$

∴ 솔레노이드 밸브는 유효단면적 21.6mm² 이상의 밸브를 선정하여 사용하면 된다.

3) F.R.L 유니트는 소요 공기량(1140 Nℓ / min) 이상의

기종을 선정하면 되고 솔레노이드 전단의 배관 Size는 아래 도표와 같다.

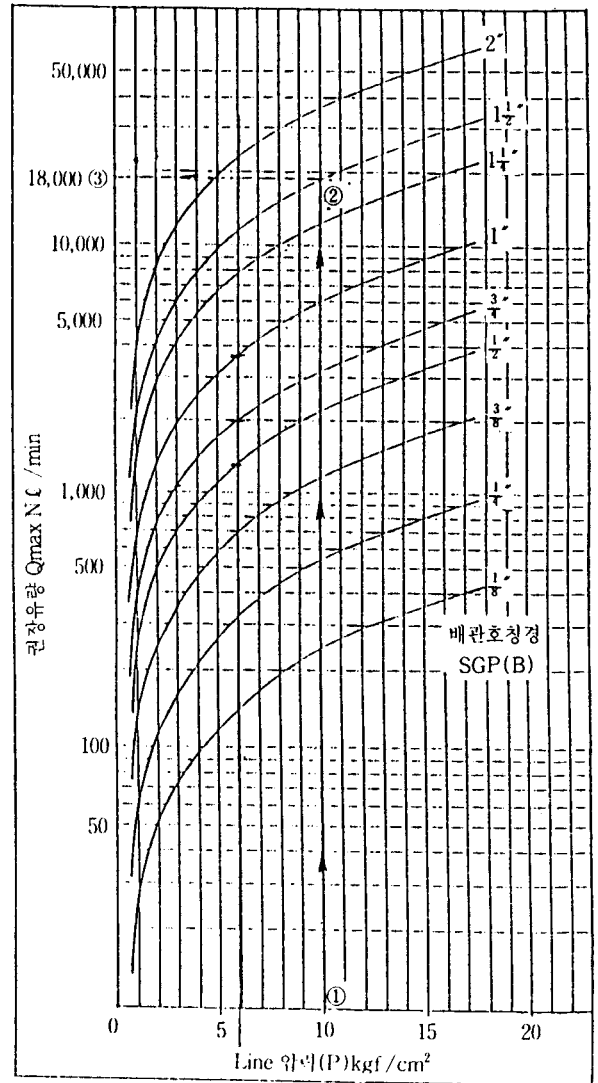


표 1.

2. 공기 소비량

실린더를 사용한 장치에서 질한 밸브가 작동하는 빈도에 따라 실린더내 및 실린더와 밸브 사이의 배관에서 소비되는 공기량으로 콤퓨레셔 및 에어탱크 운전 비용의 계산에 필요한 것이다.

$$(q = q_1 + q_2 + 2q_3)$$

$$q_1 = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot Z \cdot \frac{P+1.033}{1.033} \cdot \frac{1}{1000} (N\ell / \text{min})$$

$$q_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot Z \cdot \frac{P+1.033}{1.033} \cdot \frac{1}{1000} (N\ell / \text{min})$$

$$q_3 = \frac{\pi}{4} dp^2 \cdot \ell \cdot \frac{P+1.033}{1.033} \cdot \frac{1}{1000} (N\ell / \text{min})$$

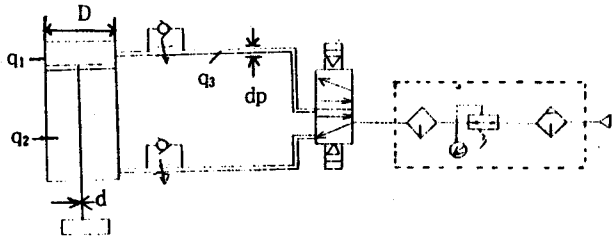


그림 3

여기에서

$q_1 \cdot q_2$ = 실린더 전·후진시 공기 소비량 (Nℓ / min)

q_3 = 배관의 공기 소비량 (Nℓ / min)

D, d, dp = 실린더 내경, 로드경 및 배관 내경 (cm)

Z, ℓ = 실린더 행정 및 배관 길이 (cm)

P = 사용압력 (kgf/cm²)

$\frac{1}{1000}$ 은 cm³(cc)를 ℓ (리터)로 환산하기 위한 상수

∴ 1 Cycle 작동시의 공기소비량 q는

$q = q_1 + q_2 + 2q_3$ 에서 공통 인수를 뽑아내면

∴ 1 Cycle 작동시의 공기소비량 q는

$q = q_1 + q_2 + 2q_3$ 에서 공통 인수를 뽑아내면

$$q = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{P+1.033}{1.033} \cdot \frac{1}{1000} \left[(D^2Z + \frac{D^2-d^2}{Z+2dp^2} \ell) \right] \text{ Nℓ / min}$$

(여기에서 실린더 로드경 d를 무시하면)

$$= \frac{\pi}{4} \cdot \frac{P+1.033}{1.033} \cdot \frac{1}{1000} (20^2 Z + 2dp^2 \ell) \text{ Nℓ / min}$$

$$= \frac{2\pi(P+1.033)}{4 \times 1000 \times 1.033} (D^2Z + dp^2 \ell) \text{ Nℓ / min}$$

$$= \frac{\pi(P+1)}{2000} (D^2Z + dp^2 \ell) \text{ Nℓ / min}$$

상기 공식은 실린더가 1Cycle 동작시에 적용되는 공식이므로 실린더가 N Cycle 동작시의 공기 소비량 공식은

$$q = \frac{\pi N(P+1)}{2000} (D^2Z + dp^2 \ell) \text{ Nℓ / min}$$

여기에서 N = 1분간 실린더 왕복수 (Cycle / min)

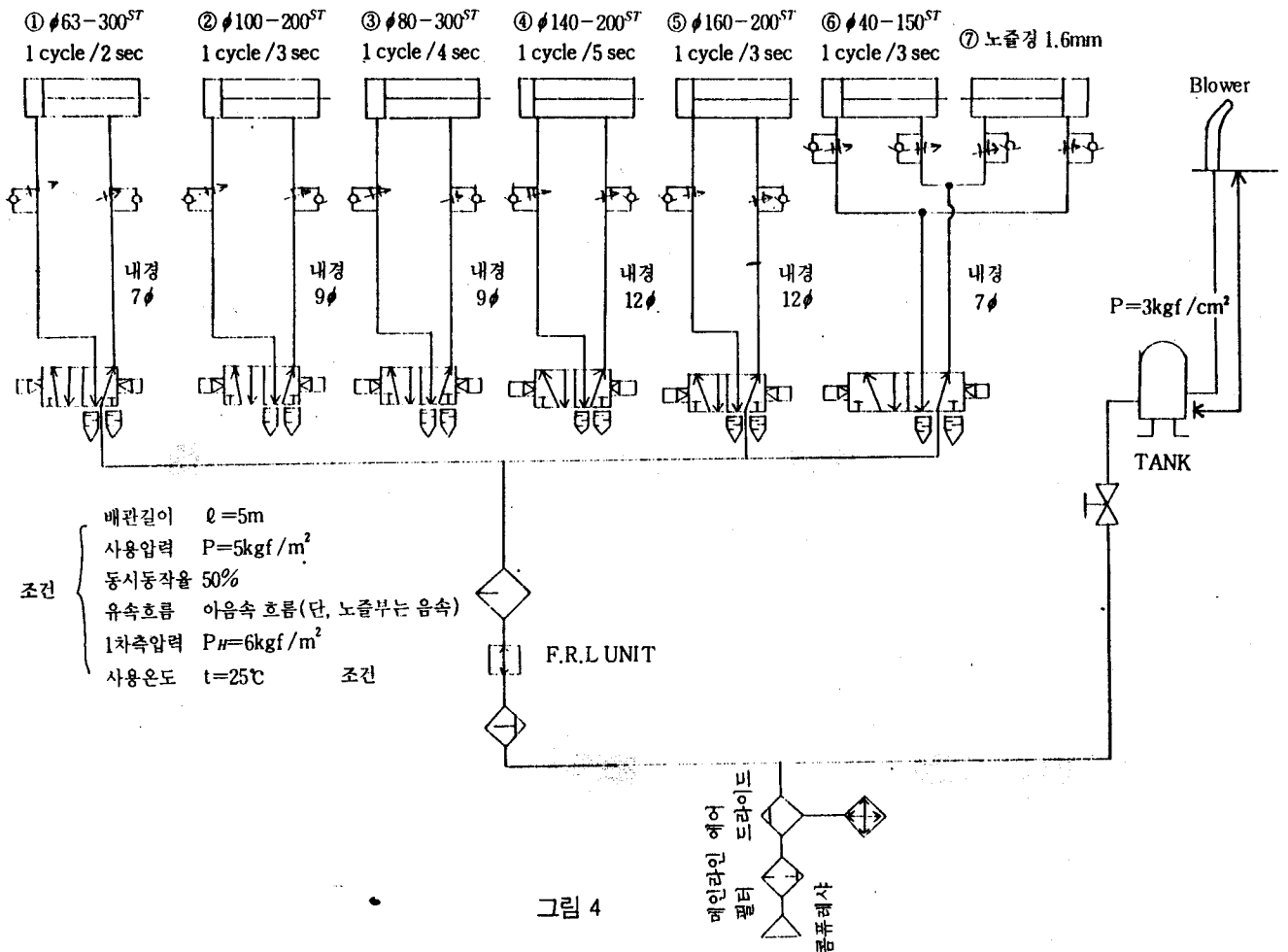


그림 4

<공기 소비량 식에서 보는 바와 같이 공기소비량 산출 공식은 작동 빈도에 대한 시간의 개념으로 해석할 수 있다.>

예제2) 다음과 같은 장치를 제작하고자 한다. (그림 4)

각각의 솔레노이드 밸브를 선정하고 F.R.L Unit 및 콤퓨레셔, 에어탱크, 메인 배관 Size 등 소요 공기압 기기를 선정하여야.

풀이 1) 소요 공기량 산출(밸브 F.R.L 기기 선정)

가) 솔레노이드 밸브의 선정

① $\phi 63-300^{ST}$ 실린더의 경우

$$\begin{aligned} Q_1 &= \frac{15\pi(P+1)}{1000 t} (D^2Z+dp^2 \ell) N \ell / \text{min} \\ &= \frac{15\pi(5+1)}{1000 \times 1} (6.3^2 \times 30 + 0.7^2 \times 500) \\ &= 406 N \ell / \text{min} \end{aligned}$$

여기에서 실린더와 밸브 사이의 배관에 따른 유량손실(20%)을 감안하면 실제 소요 공기량 $Q_{1S}=406 \div 0.8=510 N \ell / \text{min}$ 밸브를 선정하기 위해서는 유효 단면적을 산출해야 한다.

$$Q = 22.2 S \sqrt{(P_H - P_L) (P_L + 1.033)} \sqrt{\frac{273}{T}} N \ell / \text{min}$$

$$510 = 22.2 S \sqrt{(6-5) (5+1.033)} \sqrt{\frac{273}{273+25}}$$

$$\therefore S = 9.8 \text{mm}^2$$

솔레노이드 밸브는 유효 단면적 9.8mm^2 이상의 것을 선정 사용하면 원하는 동작을 얻을 수 있다.

② $\phi 100-200^{ST}$ 실린더의 경우

$$\begin{aligned} Q_2 &= \frac{15\pi(P+1)}{1000 t} (D^2Z+dp^2 \ell) N \ell / \text{min} \\ &= \frac{15\pi(5+1)}{1000 \times 1.5} (10^2 \times 20 + 0.9^2 \times 500) \\ &= 454 N \ell / \text{min} \end{aligned}$$

배관에 따른 유량손실(20%)을 고려하면

$$Q_{2S} = 454 \div 0.8 = 570 N \ell / \text{min}$$

배관에 따른 유량 손실(20%)을 고려하면 실제 소요 공기량은 $Q_{4S}=525 \div 0.8=660 N \ell / \text{min}$

밸브를 선정하기 위해 유량 구하는 공식을 적용하면

$$Q = 22.2 S \sqrt{(P_H - P_L) (P_L + 1.033)} \sqrt{\frac{273}{T}}$$

$$660 = 22.2 S \sqrt{(6-5) (5+1.033)} \sqrt{\frac{273}{273+25}}$$

$$S = 13 \text{mm}^2$$

\therefore 솔레노이드 밸브는 유효단면적 13mm^2 이상의 것을 선정 사용하면 원하는 동작을 얻을 수 있다.

③ $\phi 160-200^{ST}$ 실린더의 경우

$$\begin{aligned} Q_5 &= \frac{15\pi(P+1)}{1000 t} (D^2Z+dp^2 \ell) \\ &= \frac{15\pi(5+1)}{1000 \times 1.5} (16^2 \times 20 + 1.2^2 \times 500) \\ &= 1101 N \ell / \text{min} \end{aligned}$$

배관에 따른 유량손실(20%)을 고려하면 실제 소요 공기량은 $Q_{5S}=1101 \div 0.8=1380 N \ell / \text{min}$

밸브의 유효 단면적을 구하면

$$Q = 22.2 S \sqrt{(P_H - P_L) (P_L + 1.033)} \sqrt{\frac{273}{T}}$$

$$\begin{aligned} 1380 &= 22.2 S \sqrt{(6-5) (5+1.033)} \sqrt{\frac{273}{273+25}} \\ &= 27 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

④ $\phi 40-150^{ST}$ 실린더의 경우(2EA)

$$\begin{aligned} Q_6 &= \frac{15\pi(P+1)}{1000 t} (D^2Z+dp^2 \ell) \times 2 \\ &= \frac{2 \times 15\pi(5+1)}{1000 \times 1.5} (4^2 \times 15 + 0.7^2 \times 500) \\ &= 183 N \ell / \text{min} \end{aligned}$$

배관에 따른 유량손실(30%)을 고려하면 실제 소요 공기량은 $Q_{6S}=183 \div 0.7=260 N \ell / \text{min}$

· 밸브의 유효 단면적을 구하면

$$Q = 22.2 S \sqrt{(P_H - P_L) (P_L + 1.033)} \sqrt{\frac{273}{T}}$$

$$\begin{aligned} 260 &= 22.2 S \sqrt{(6-5) (5+1.033)} \sqrt{\frac{273}{273+25}} \\ S &= 5 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

\therefore 솔레노이드 밸브는 유효단면적 5mm^2 이상의 것을 선정 사용하면 원하는 동작을 얻을 수 있다.

※ F.R.L UNIT 선정

F.R.L Unit는 각각의 소요 공기량을 합하여 동시 동작율을 고려하고 공급에 따른 여유치를 감안한 것을 선정하면 된다.

TOTAL 소요 공기량은

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 = 510 + 570 + 413 + 660 + 1380 + 260 = 3793 \text{ N } \ell / \text{min}$$

여기에서 전 실린더가 동시동작하지 않으므로 동시동작율(50%)을 고려하면 $Q_T = 3793 \times 0.5 = 1897 \text{ N } \ell / \text{min}$

F.R.L Unit에서 각각의 밸브까지 공급되는데 따른 손실을 고려하면 실제 소요공기량

$$Q_{TS} = 1897 \times 1.2 = 2.276 \text{ N } \ell / \text{min}$$

(공기의 단열 팽창 계수 : 1.2)

F.R.L Unit는 처리유량이 2.276 N ℓ / min 이상의 것을 선정 사용하면 상기 System을 구동하는데 무리가 없다.

2) 공기 소비량의 계산

① $\phi 63-300^{ST}$ 실린더의 경우(N=30Cycle /min)

$$\begin{aligned} Q_1 &= \frac{\pi N(P+1)}{2000} (D^2Z + dp^2 \ell) \\ &= \frac{\pi \times 30(5+1)}{2000} (6.3^2 \times 30 + 0.7^2 \times 500) \\ &= 406 \text{ N } \ell / \text{min} \end{aligned}$$

② $\phi 100-200^{ST}$ 실린더의 경우(N=20Cycle /min)

$$\begin{aligned} Q_2 &= \frac{\pi N(P+1)}{2000} (D^2Z + dp^2 \ell) \\ &= \frac{\pi \times 20(5+1)}{2000} (10^2 \times 20 + 0.9^2 \times 500) \\ &= 454 \text{ N } \ell / \text{min} \end{aligned}$$

③ $\phi 80-300^{ST}$ 실린더의 경우(N=15Cycle /min)

$$\begin{aligned} Q_3 &= \frac{\pi N(P+1)}{2000} (D^2Z + dp^2 \ell) \\ &= \frac{\pi \times 15(5+1)}{2000} (8^2 \times 30 + 0.9^2 \times 500) \\ &= 330 \text{ N } \ell / \text{min} \end{aligned}$$

④ $\phi 140-200^{ST}$ 실린더의 경우(N=12Cycle /min)

$$\begin{aligned} Q_4 &= \frac{\pi N(P+1)}{2000} (D^2Z + dp^2 \ell) \\ &= \frac{\pi \times 12(5+1)}{2000} (14^2 \times 20 + 1.2^2 \times 500) \\ &= 525 \text{ N } \ell / \text{min} \end{aligned}$$

⑤ $\phi 160-200^{ST}$ 실린더의 경우(N=20Cycle /min)

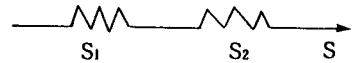
$$\begin{aligned} Q_5 &= \frac{\pi N(P+1)}{2000} (D^2Z + dp^2 \ell) \\ &= \frac{\pi \times 20(5+1)}{2000} (16^2 \times 20 + 1.2^2 \times 500) \\ &= 1101 \text{ N } \ell / \text{min} \end{aligned}$$

⑥ $\phi 40-150^{ST}$ 2EA 실린더의 경우(N=20Cycle /min)

$$\begin{aligned} Q_6 &= 2 \times \frac{\pi N(P+1)}{2000} (D^2Z + dp^2 \ell) \\ &= 2 \times \frac{\pi \times 20(5+1)}{2000} (4^2 \times 15 + 0.7^2 \times 500) \\ &= 183 \text{ N } \ell / \text{min} \end{aligned}$$

⑦ 노즐경 1.6mm, 튜브내경 5mm, 배관길이 5m, 노즐유량 계수 0.9

$$\frac{1}{S^2} = \frac{1}{S_1^2} + \frac{1}{S_2^2}$$



(나일론 튜브 유효단면적) (노즐 유효단면적)

⑧ 나일론 Tube의 유효단면적 S_1 을 구하면

(λ : 관마찰 계수, 나일론 튜브 0.013)

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda \cdot \frac{\ell}{d} + 1}} \\ &= \frac{\pi \times 4^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{0.013 \times \frac{5000}{4} + 1}} \end{aligned}$$

$$= 3.03 \text{ mm}^2$$

㉞ 노즐의 유효단면적 S_2 을 구하면

$$S_2 = 0.9 \times \frac{\pi d^2}{4} = 0.9 \times \frac{\pi \times 1.6^2}{4} = 1.81 \text{ mm}^2$$

㉞ 합성 유효단면적 S를 구하면

$$\begin{aligned} \frac{1}{S^2} &= \frac{1}{S_1^2} + \frac{1}{S_2^2} \\ &= \frac{1}{3.03^2} + \frac{1}{1.81^2} \end{aligned}$$

$$S = 1.55 \text{ mm}^2$$

㉞ 음속 · 아음속 흐름을 구분한다.

$$\frac{P_H}{P_L} = \frac{3+1.033}{1.033} = 3.9 > 1.893$$

∴ 음속 흐름

∴ 유량 구하는 공식은

$$Q = 11.15 (P_{11} + 1.033) \sqrt{\frac{273}{T}}$$

$$= 11.1 \times 1.55 \times (3 + 1.033) \sqrt{\frac{273}{273 + 25}}$$

$$\approx 67 \text{ N l / min}$$

∴ Total 공기 소비량 q_t 는

$$q_t = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7$$

$$= 406 + 454 + 330 + 525 + 1101 + 183 + 67$$

$$= 3066 \text{ N l / min}$$

여기에서 동시 동작율(50%)을 고려하면 실제 공기 소비량은 $q_{ts} = 3066 \times 0.5 = 1533 \text{ N l / min}$

3) Compressor 용량 = (1.5~2.0) × 실제공기소비량

$$= (1.5 \sim 2.0) \times 1533 = (2300 \sim 3066) \text{ N l / min}$$

∴ Compressor는 처리 유량이 3,066N l/min=3Nm³/min 이상의 것을 선정하면 무리가 없다.

적용 Comp 용량 22kW = 30HP이면 O.K

Air Dryer 30HP

Mair Line Filter를 신장해야 된다.

처리유량 3500N l /min

4) 최대 구동 속도

실린더의 최대 구동 속도란 공기압 System 설계 후 실린더 전 스트로크 구동하는데 소요되는 시간과 선정된 System으로 과연 구동할 수 있는 실린더의 최대 속도를 구하는 것으로 매우 중요한 요소이다.

최대 구동 속도를 구하는 순서를 다음과 같다.

① 실린더의 부하율을 구한다. 그 식은 다음과 같다.

$$\eta = \frac{\text{실제부하}}{\text{이론출력}} \times 100(\%) \quad (\eta : \text{부하율})$$

② 배관 내용적의 보정 계수를 구한다. 그 적용 공식은

$$\lambda = 1 + \frac{\text{배관내용적}}{\text{실린더내용적}} \quad (\lambda : \text{보정계수})$$

③ 시간 계수를 구한다.

시간 계수는 부하율(η)과 보정계수(λ)를 이용하여 구한다. 도표를 활용하라. (그림 5)

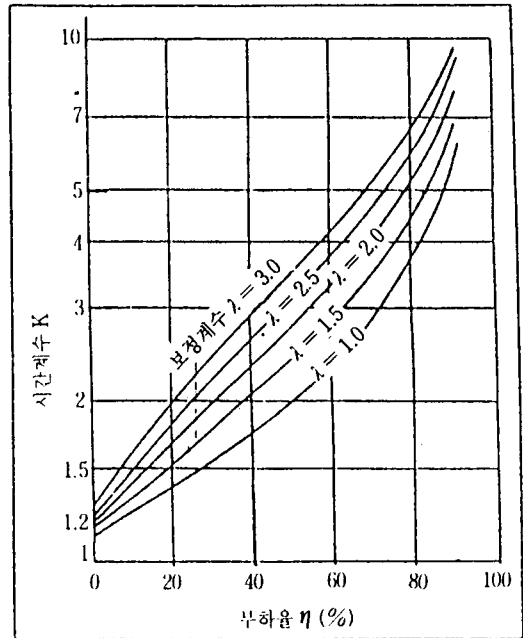


그림 5. 시간계수

④ 최대 구동 속도를 구한다. 그 적용 공식은

$$W = 190 \times 10^3 \times K \cdot \frac{S}{A} \quad (\text{mm/s})$$

여기에서 K : 속도 계수-부하율을 이용하여 도표를 활용하여 구한다.

S : 합성 유효 단면적(mm²)

A : 실린더 단면적(mm²)

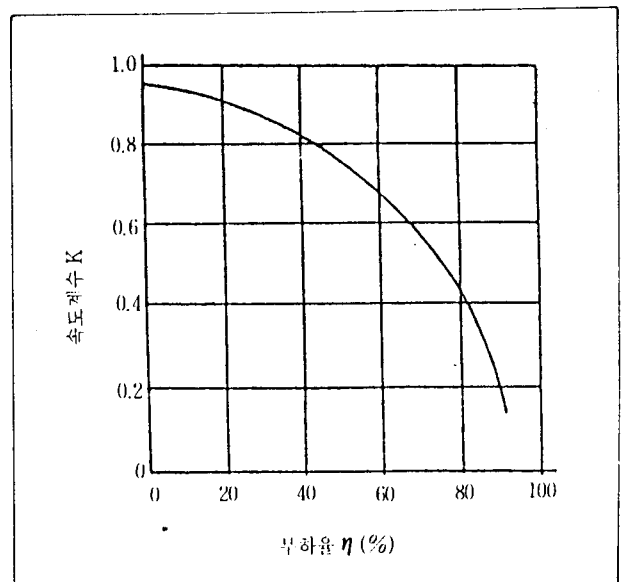


그림 6. 속도계수

구 분	CYLINDER TUBE 내경(mm)										
	40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	250
최대 흡수 에너지(kgf/cm)	25	45	80	120	330	455	600	800	1000	1500	2700

⑤ 전 Stroke 소요시간

$$T = 5.2 k \frac{V}{S} (\text{sec})$$

여기에서 T : 전 Stroke 소요시간(sec)

K : 시간계수(그림 5참조)

V : 실린더내용적(Nℓ)

S : 합성 유효 단면적(mm²)

⑥ 쿠션의 한계를 확인한다.

실린더의 행정 끝단에서는 관성력에 의해 충격이 발생하는데 이러한 충격을 흡수할 수 있도록 중·대형 실린더에는 쿠션 기구가 내장되어 있어 운동 에너지를 흡수하지만 각 실린더마다 흡수 가능한 운동 에너지는 한계가 있기 때문에 쿠션 한계를 확인하여 사용하면 안전하다. 공기압 Cylinder의 쿠션 기구에 의한 최대 흡수 에너지

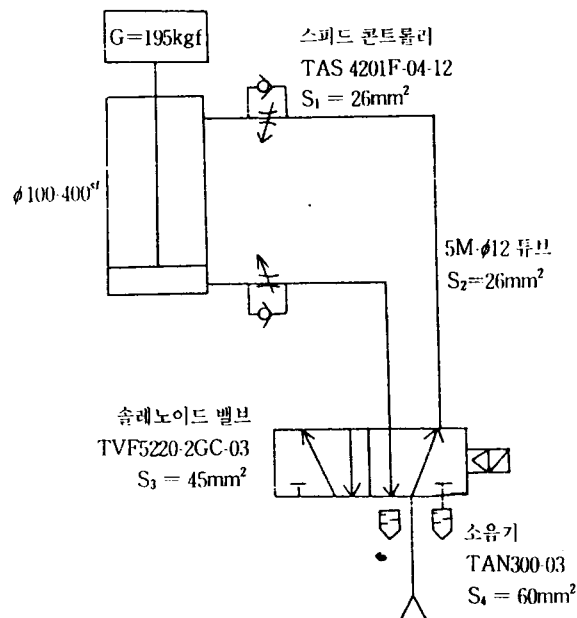
* Cylinder의 최대 구동 속도는 부하가 작을수록 Solenoid Valve를 큰 것을 사용할 수록, 배관 기기를 큰 것을 사용할수록 빠르고 전 Stroke 소요 시간도 짧다.

다음 예제에서 비교하여 보도록 한다.

예제 3)

내경 φ100, Stroke 400(mm)인 실린더를 그림 7과 같이 수직으로 설치하여 중량 195kgf를 상승시키고자 할 때 최대 구동 속도와 전 Stroke 소요시간을 구하라.

(사용압력 P=5kgf/cm²)



풀이)

① 부하율을 구한다.

$$\eta = \frac{\text{실제부하}}{\text{이론출력}} \times 100(\%)$$

여기에서 실린더 이론출력 F_t=사용압력(P)×단면적(A)

$$= 5\text{kgf/cm}^2 \times \frac{\pi}{4} \times (10\text{cm})^2$$

$$= 393\text{kgf}$$

$$\eta = \frac{195}{393} \times 100(\%) \approx 50\%$$

② 보정 계수(λ)를 구한다.

$$\lambda = 1 + \frac{\text{배관내용적}(V_P)}{\text{실린더내용적}(V_C)}$$

여기에서 실린더내용적(V_C)=단면적(A)×Stroke(Z)

$$= \frac{\pi}{4} \times (10\text{cm})^2 \times 40\text{cm} = 3142\text{cm}^3$$

$$= 3.14(\ell)$$

배관 내용적(V_P) = 배관 단면적(a)×길이(ℓ)

$$= \frac{\pi}{4} \times (0.9\text{cm})^2 \times 500\text{cm} = 318\text{cm}^3$$

$$= 0.32(\ell)$$

$$\therefore \text{보정계수 } \lambda = 1 + \frac{0.32}{3.14} = 1.1$$

③ 시간계수(K)를 구한다. 시간계수는 부하율과 보정계수를 이용하여 구한다. 앞의 도표를 활용하여 구하면 K=2.1

④ 최대 구동 속도를 구한다.

$$W = 190 \times 10^3 \times \alpha \cdot \frac{S}{A} (\text{mm/sec})$$

여기에서 속도 계수(α)는 도표에서 α=0.76 배기측 합성 유효단면적(S)는 직렬합성이므로

$$\begin{aligned} \frac{1}{S_2} &= \frac{1}{S_1^2} + \frac{1}{S_2^2} + \frac{1}{S_3^2} + \frac{1}{S_4^2} \\ &= \frac{1}{26^2} + \frac{1}{26^2} + \frac{1}{45^2} + \frac{1}{60^2} \end{aligned}$$

$$S = 16.4 \text{ mm}^2$$

$$\text{실린더 단면적}(A) = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} \times (100\text{mm})^2$$

$$= 7854 \text{ mm}^2$$

$$\therefore W = 190 \times 10^3 \times 0.76 \times \frac{16.4}{7854}$$

$$= 302 \text{ mm/sec}$$

⑤ 전 Stroke 소요 시간을 구한다.

$$T = 5.2 K \frac{V}{S} \text{ (sec)}$$

$$= 5.2 \times 2.1 \times \frac{3.14}{16.4}$$

$$= 2.09 \text{ (sec)}$$

⑥ 쿠션 한계를 확인한다.

$$W = 302 \text{ mm/s} = 30.2 \text{ cm/s}$$

$$G = 195 \text{ kgf}$$

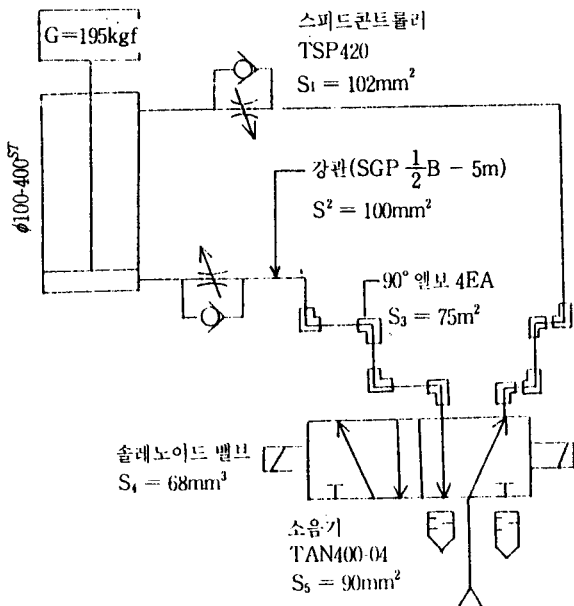
$$\therefore E = \frac{G}{2g} W^2 = \frac{195}{2 \times 980} \times 30.2^2$$

$$= 90.8 \text{ kgf/cm}$$

" $\phi 100$ Cylinder의 흡수 가능한 운동 에너지는 330 kgf/cm이므로 사용가능한 System이다"

예제 4)

내경 $\phi 100$, Stroke 400(mm)인 실린더를 그림 과 같이 수평으로 설치하여 중량 195kgf를 이동시키고자 할 때 최대 구동 속도와 전 Stroke 소요시간을 구하라. (사용압력 $P=5\text{kgf/cm}^2$)



풀이)

(1) 부하율을 구한다.

$$\eta = \frac{\text{실제부하}}{\text{이론출력}} \times 100(\%)$$

$$= \frac{G}{P \cdot A} \times 100 = \frac{195}{393} \times 100(\%) \doteq 50\%$$

② 보정 계수(λ)를 구한다.

$$\lambda = 1 + \frac{\text{배관내용적}(V_P)}{\text{실린더내용적}(V_C)}$$

여기에서 실린더내용적(V_C)

$$= \text{실린더단면적}(A) \times \text{Stroke}(Z)$$

$$= \frac{\pi}{4} \times (10\text{cm})^2 \times 40\text{cm} = 3142\text{cm}^3$$

$$= 3.14(\ell)$$

배관 내용적(V_P) = 배관 단면적(a) \times 길이(ℓ)

$$= \frac{\pi}{4} \times (1.61\text{cm})^2 \times 500\text{cm} = 1018\text{cm}^3$$

$$= 1.02(\ell)$$

$$\therefore \text{보정계수 } \lambda = 1 + \frac{1.02}{3.14} = 1.33$$

③ 시간계수(K)를 구한다. 부하율과 보정계수를 이용하여 구한다. 도표를 활용하여 구하면 $K=2.3$

④ 최대 구동 속도를 구한다.

$$W = 190 \times 10^3 \times \alpha \cdot \frac{S}{A} \text{ (mm/sec)}$$

여기에서 속도 계수(α)는 도표에서 $\alpha=0.76$ 배기측 합성 유효단면적(S)는 직렬합성이므로

$$\frac{1}{S_2} = \frac{1}{S_1^2} + \frac{1}{S_2^2} + \frac{1}{S_3^2} + \frac{1}{S_4^2} + \frac{1}{S_5^2}$$

$$= \frac{1}{102^2} + \frac{1}{100^2} + \frac{1}{75^2} + \frac{1}{68^2} + \frac{1}{90^2}$$

$$\therefore S = 38 \text{ mm}^2$$

$$\text{실린더 단면적}(A) = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} \times (100\text{mm})^2$$

$$= 7854 \text{ mm}^2$$

$$\therefore W = 190 \times 10^3 \times 0.76 \times \frac{38}{7854}$$

$$= 699 \text{ mm/sec}$$

⑤ 전 Stroke.소요 시간을 구한다.

$$T = 5.2 K \frac{V}{S} \text{ (sec)}$$

$$= 5.2 \times 2.3 \times \frac{3.14}{38}$$

$$= 0.98 \text{ (sec)}$$

⑥ 쿠션 한계를 확인한다.

$$W = 699 \text{ mm/s} = 69.9 \text{ cm/s}$$

$$G = 195 \text{ kgf}$$

$$\therefore E = \frac{G}{2g} W^2 = \frac{195}{2 \times 980} \times 69.9^2$$

$$= 486.1 \text{ kgf/cm}$$

“ $\phi 100$ Cylinder의 흡수 가능한 운동 에너지는 330 kgf/cm이므로 사용 부적합하며 이 System대로 사용시 Cylinder에 무리가 따라 수명이 단축된다.”

상기 예제 3, 4에서 보는 바와 같이 공기압은 압축성이 고 배관에 따라 유량손실을 고려하여 여유를 두고 밸브, 스피드 컨트롤러, 배관 Size를 크게하는 것도 좋지만 필요 이상으로 용량이 큰 공기압 기기들을 선정 사용할 때에는 실린더에서 흡수 가능한 에너지가 있기 때문에 공기압 실린더에 무리가 따라 수명을 단축시킨다든지 Trouble을 발생시키는 등의 문제점을 유발하므로 적절한 기기를 선정 사용하는게 좋다.

3. SHOCK ABSORBER

1) Shock Absorber의 필요성

오늘날 산업 현장에서 이용되고 있는 많은 기기들은 생산 과정에서 발생하는 충격으로 인해 파손되고 있고 또한 점점 빠른 생산 속도가 요구됨에 따라 사용기기가 받은 충격을 흡수하여 기기의 수명을 연장하는 것이 중요한 문제가 되고 있다. 그러나 종래의 고무 범퍼나 Spring으로서는 충격의 흡수는 가능하나 정밀한 정지를 얻기 힘들뿐 아니라 정지 Energy를 그대로 하중 본체에 반동시킴으로서 장치를 손상할 우려가 있다. 이러한 시대의 요구에 부응하기 위해 개발된 것이 Shock Absorber이다.

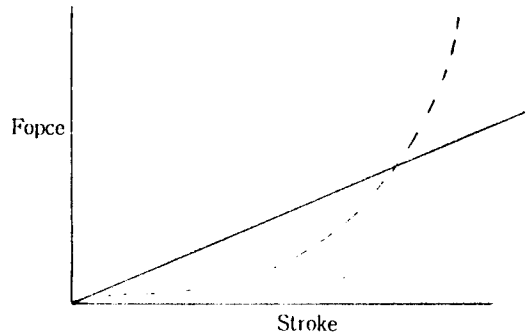
2) 충격 Energy 흡수 방법별 비교

다음 그림에서는 충격 흡수 장치에 대한 방법별로 특성을 비교하였다.

① Spring or Bumper

스프링이 압축되는 힘은 일정하지 않기 때문에 압축될 때 Spring의 저항력이 증가하므로 결국 큰 충격을 받게 될 뿐만 아니라 물체의 운동 에너지가 처음에는 Spring으로 흡수되었다가 Spring의 반동에 의해 다시 물체로 되돌아간다. 즉, 저항력이 초기에는 작다가 Stroke에 따라 증가

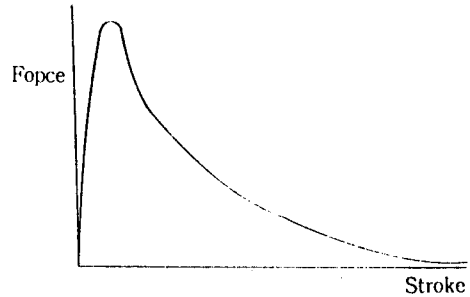
한다. 저장된 에너지는 다시 물체에 반동된다.



② 유공압 장치(실린더 쿠션)

운동 물체의 속도와 무게에 의해 운동 에너지가 결정되므로 최고의 속도에서 물체가 움직일 때 최고의 저항력이 작용하여 초기에 갑자기 큰 충격을 받는다.

즉, Stroke 초기에 큰 저항력을 제공하다가 Stroke에 따라 저항력이 급속히 강조한다.



③ Shock Absorber

운동 물체를 일정하게 감속시키려면 물체의 속도가 변화함에 따라 Orifice 유효 단면적의 크기로 변해야 한다. 그러나 Shock Absorber는 아래 그림과 같이 가장 효과적으로 운동 물체를 정지시키기 위해 Orifice 유효 단면적을 조절하므로써 최소의 감속력으로 최단의 시간에 최적의 감속을 실현한다.

