APPLIED FLUID MACHINERY

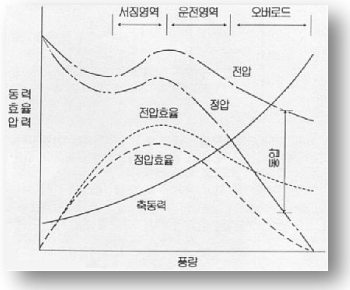
WANG-HEE LEE

CHUNGNAM NATIONAL UNIVERSITY
BIOSYSTEMS MACHINERY ENGINEERING

LECTURE 19

FAN
송풍기의 특성곡선

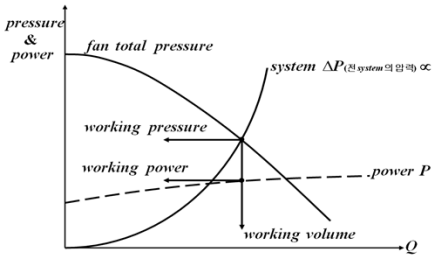
- 송풍기의 특성곡선은 송풍기의 회전수를 일정하게 유지하고 제어밸브로써 풍량 Q를 여러 가지로 변화시켰을 때의 압력상승 p, 축동력 L, 효율 η의 변화를 구함으로써 구해진다. 상승 압력 p는 송풍기 전압 p_t와 송풍기 정압 p_s로 나누어진다.



Fan total pressure = system (total) pressure loss

Fan static pressure + fan velocity pressure = system pressure loss

Fan static pressure = system pressure loss - fan velocity pressure



The assumption is often made that the fan velocity pressure is very nearly equal to the system discharge velocity pressure.

In calculation system pressure loss, the discharge velocity pressure is ignored.

FAN

송풍기의 주요요소: 풍량 및 압력

풍량

- 기체는 압축성 유체이므로 송풍기(압축기)에서 송출되는 기체의 양은 압력의 크기에 따라 달라진다.

1. 송풍기의 풍량(송출되는 기체의 양)은 일반적으로 송풍기(압축기)의 흡입될 때의 상태에서의 기체의 양으로 나타내며, 별도의 언급이 없는 한 흡입상태는 표준공기(온도 20°C, 관계습도 75%, 대기압 760mmHg, 비중 1.2kg/m^2)의 상태로 한다.
2. 일반적으로, m^3/min, 또는 m^3/h, 혹은 kg/min(질량유량, mass flow rate)의 단위를 이용한다.

압력

- 송풍기(압축기)가 송풍기를 지나는 기체에 전달한 에너지의 크기를 전압(total pressure)라 하고, 기체가 갖고 있는 압력 형태의 에너지를 정압(static pressure), 속도 형태의 에너지를 동압(dynamic pressure)이라 한다.
- 전압은 정압과 동압의 합으로 표시할 수 있다. 압력의 단위는 mmAq, mmHg, 고압인 경우 kg/cm^2 및 흡입과 송출의 압력비가 사용된다.
  - 압력의 단위는 mmAq, mmHg, 고압인 경우 kg/cm^2 및 흡입과 송출의 압력비가 사용된다.

CNU 충남대학교 CHUNGNAM NATIONAL UNIVERSITY

FAN

송풍기의 주요요소: 압력

압력

일반적으로, 송풍기에 의하여 기체에 공급된 전압, 정압과 동압의 대수합의 증가량을 송풍기 전압 p_t라 하고, 송출구에서의 전압 p_{t2}와 흡입구에서의 전압 p_{t1}의 차로 표시된다.

$$p_t = p_{t2} - p_{t1} = (p_{s2} - p_{s1}) + (p_{d2} - p_{d1})$$

t: 전압
s: 정압
d: 동압
1: 흡입쪽
2: 송출쪽

송풍기의 전압은 송출측 기체의 전압 (송출측 기체의 정압과 동압의 합)에서 흡입측 기체의 전압 (흡입측 기체의 정압과 동압의 합)을 뺀 것이라 할 수 있다.

송풍기의 정압은 일반적으로 송풍기 전압에서 송출측의 동압을 뺀 것이라 할 수 있다.

$$p_s = p_t - p_{d2} = (p_{s2} - p_{s1}) - p_{d1}$$

흡입구 및 송출구에서의 동압은 각각에 대한 풍속을 c_1 및 c_2, 비중량을 γ_1, γ_2라 하면, 다음 식으로 표시된다.

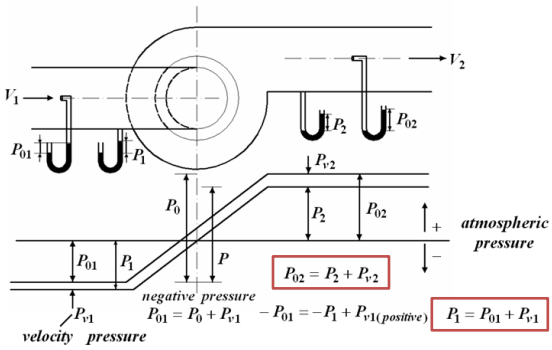
$$p_{d1} = \frac{\gamma_1}{2g}{c_1}^2, \qquad p_{d2} = \frac{\gamma_2}{2g}{c_2}^2$$

송풍기 및 압축기에서는 일반적으로 송출동압이 송풍기 정압에 비하여 작고, 무시할 때가 많으므로 송풍정압 대신에 그냥 풍압이라고 할 때가 많다. 송풍기를 연구하는 입장으로 볼 때 풍압으로는 송풍기 전압(송풍기에 의하여 생성된 기체의 단위체적에 대한 에너지)이 중요시된다. 송풍기를 사용하는 입장으로 말하면, 필요한 풍량을 통과시키자면, 마찰 등의 손실에 의한 압력강하가 문제가 되는데, 이에 대한 풍압으로서는 송풍기 정압이 보다 더 중요시된다.

CNU 충남대학교 CHUNGNAM NATIONAL UNIVERSITY

FAN

송풍기의 주요요소: 압력



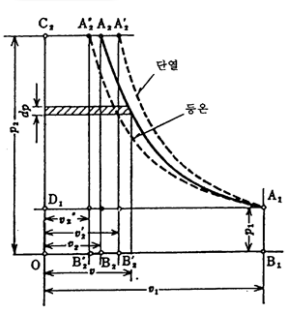
$$p_t = p_{t2} - p_{t1} = (p_{s2} - p_{s1}) + (p_{d2} - p_{d1})$$

$$p_s = p_t - p_{d2} = (p_{s2} - p_{s1}) - p_{d1}$$

FAN

송풍기의 주요요소: 압축일량

압축일량



단위 질량의 공기를 압력 p_1에서 압력 p_2까지 상승시키기 위한 통풍기, 송풍기 및 압축기의 압축일량은 흡입, 압축, 팽창시의 3개의 행정에 필요한 일로 이루어진다 (P-v 선도).

송풍기의 흡입구에서 일정압력 p_1으로 체적 v_1의 외기가 송풍기내로 들어오므로 송풍기의 외기에 의해 $p_1 v_1$(사각형$B_1A_1D_1O$)이 되는 일을 하게 된다.

송풍기의 내부에서 공기기계는 공기압력을 p_1에서 p_2까지 높이기 위해 면적 $B_1A_1A_2B_2$에 해당하는 다음과 같은 일을 한다.

$$\int_1^2 p(-dv)$$

다시 송풍기는 이 공기를 토출압력 p_2에 대항하여 비체적 v_2의 상태로 외부로 밀어내므로, 이 일은 면적 $B_2A_2C_2O$에 해당하는 $p_2 v_2$이다.

그러므로 지금까지의 일을 빼고 합계한 것이 송풍기가 압력 p_1의 공기를 흡입하여 압력 p_2로 내보내는 데 필요한 단위 질량당 일량이다. 이것을 L로 나타내면

$$L = -\int_1^2 pdv + p_2 v_2 - p_1 v_1 = \int_1^2 vdp$$

또한, 송풍기의 입구, 출구에서 공기가 갖는 속도를 c_1 및 c_2라 하고, 기준면으로부터 입구 및 출구까지의 높이를 각각 z_1, z_2라 하면 송풍기가 단위 질량의 기체에 가한 전체 압축일 L_t는

$$L_t = L + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2} + g(z_2 - z_1)$$

압력의 증가가 큰경우(압축기의 경우)는 우변 두번째 항 및 세 번째 항의 크기는 첫번째 항의 크기에 비하여 아주 작으므로 무시한다.

FAN

송풍기의 주요요소: 공기동력, 축동력 및 효율

공기동력 (L_a)

송풍기의 전압공기동력 L_{at}와 정압공기동력 L_{as}는 송풍기인 경우 압력비가 1.03이하 일 때이므로 각각 다음식으로 표시된다.

$$L_{at} = \frac{Q_1 p_t}{102 \times 60} = \frac{Q_1}{6120}\{(p_{s2} - p_{s1}) + (p_{d2} - p_{d1})\}$$

$$L_{as} = \frac{Q_1 p_s}{102 \times 60} = \frac{Q_1}{6120}\{(p_{s2} - p_{s1}) - p_{d1}\}$$

p_t: 송풍기 전압 (kg/m^2=mmAq)
p_s: 송풍기 정압 (kg/m^2)
Q_1: 흡입상태에서의 풍량 (m^3/min)

마력으로 구할 때는 윗식 중 102대신에 75를 쓰면 된다

축동력 (L) 회전차가 회전할 때 회전차 축 끝에 걸리는 동력을 축동력이라 한다.

전압효율 (η_t), 정압효율 (η_s) 송풍기의 전압효율과 정압효율은 각각 다음식으로 표시된다.

$$\eta_t = \frac{\text{전압 공기동력}}{\text{축동력}} = \frac{L_{at}}{L} \qquad \eta_s = \frac{\text{정압 공기동력}}{\text{축동력}} = \frac{L_{as}}{L} = \frac{1}{L}\left(\frac{p_2 - p_1}{\rho} - \frac{{c_1}^2}{2}\right)$$

CNU 충남대학교 CHUNGNAM NATIONAL UNIVERSITY

FAN

상사법칙

- 원심 및 축류송풍기에 적용되는 상사법칙은 원심 및 축류펌프에 대한 상사법칙과 똑같이 성립한다.
- 양정 H 대신에 압력 p/γ를 사용한다.

2대의 구조가 상사인 송풍기에서 각각 회전차 지름을 D_1, D_2, 회전수를 N_1, N_2 기체의 비중량을 γ_1, γ_2라 하고, 특성 곡선상에서 서로 대응하는 위치(이를 테면 최고 효율점)에서의 풍량을 Q_1, Q_2, 풍압을 p_1, p_2, 축동력을 L_1, L_2라 하면,

$$\frac{Q_1}{D_1^3 N_1} = \frac{Q_2}{D_2^3 N_2}$$

$$\frac{p_1}{\gamma_1 D_1^2 N_1} = \frac{p_2}{\gamma_2 D_2^2 N_2}$$

$$\frac{L_1}{\gamma_1 D_1^5 N_1^3} = \frac{L_2}{\gamma_2 D_2^5 N_2^3}$$

위의 식에서 D_1/D_2을 소거하면 비속도 n_s는 다음과 같이 된다. $n_s = N_1 \frac{Q_1^{1/2}}{(p_1/\gamma_1)^{3/4}} = N_2 \frac{Q_2^{1/2}}{(p_2/\gamma_2)^{3/4}}$

보통 풍압 p는 송풍기 전압p_t를 사용하고, p_t와 유량 Q는 특성 곡선상에서 최고 효율점에서의 값을 잡는다.

n_s의 각 요소 단위 N은 rpm, Q는 m^3/min, p_t는 kg/m^2, γ는 kg/m^{3}이다.

CNU 충남대학교 CHUNGNAM NATIONAL UNIVERSITY

FAN

상사법칙

2대의 구조가 상사인 송풍기에서 각각 회전차 지름을 D_1, D_2, 회전수를 N_1, N_2 기체의 비중량을 γ_1, γ_2라 하고, 특성 곡선상에서 서로 대응하는 위치(이를 테면 최고 효율점)에서의 풍량을 Q_1, Q_2, 풍압을 p_1, p_2, 축동력을 L_1, L_2라 하면,

$$\frac{Q_1}{D_1^3 N_1} = \frac{Q_2}{D_2^3 N_2} \qquad \frac{p_1}{\gamma_1 D_1^2 N_1} = \frac{p_2}{\gamma_2 D_2^2 N_2} \qquad \frac{L_1}{\gamma_1 D_1^5 N_1^3} = \frac{L_2}{\gamma_2 D_2^5 N_2^3}$$

- 회전수가 변하는 경우
  - 공기량은 회전수에 비례
  - 정압은 회전수의 제곱에 비례
  - 축동력은 회전수의 3승에 비례

  이때 송풍기의 효율은 변하지 않으며, 전체 공기량 범위에 대한 유량비, 즉 운전점의 위치도 변하지 않는다.
- 크기가 변하는 경우
  - 원주속도가 일정할 경우
    - 풍량과 축동력은 회전차 직경의 제곱에 비례
    - 정압은 변하지 않음
    - 회전수는 회전차 직경에 반비례
  - 회전수가 일정할 경우
    - 공기량은 회전차 직경비의 제곱에 비례
    - 정압은 임펠러 직경비의 제곱에 비례
    - 축동력은 임펠러 직경비의 5승에 비례

CNU 충남대학교 CHUNGNAM NATIONAL UNIVERSITY