



제 6 편 저압식 공기기계

제 1 장 개론

[A selection of industrial fans](#)

[Radial Fan](#)

[Hand powered sirocco fan](#)

[3 D Blower Animation](#)

[3D animation of a multi stage blower](#)



1. 공기기계의 분류

- **분류**
 - 1) 저압식(비압축성)
송풍기 (blower), 풍차 (wind mill)
 - 2) 고압식(압축성)
압축기, 진공펌프, 압축공기기계
- **에너지 교환에 따른 분류**
 - 1) 기계적 에너지 -> 기체의 압력 및 속도 에너지로 변환 : 송풍기, 압축기, 진공펌프
 - 2) 기체의 압력 및 속도 에너지 -> 기계적 에너지 : 압축공기기계, 풍차
- **공기기계 설계시 유의점**
 - 1) 비중량 : 물 = 998.2 kgf/m³, 공기 = 1.205 kgf/m³ 물의 약 1/830
 - 2) 공기는 압축성 : 압축, 팽창시 온도 변화 수반
 - 3) 유로에서의 경제 유속을 물보다 10 배 이상 할 수 있음
- **압력에 따른 송풍기 및 압축기 분류**
 - 1) 송풍기 팬 (fan) : 1,000 mmAq = 1 mAq = 0.1 kgf/cm² < 10 kPa
blower : 1 mAq ~ 1 kgf/cm² (10 mAq) 10 kPa ~ 100 kPa
 - 2) 압축기 > 1 kgf/cm² = 100 kPa 이상
- **압력단위**
 - 표준기압 : 1 atm = 760 mmHg = 101,325 Pa = 1.0332 kgf/cm²
 - 물 : 1 mH₂O = 1 mAq = 0.1 kgf/cm²

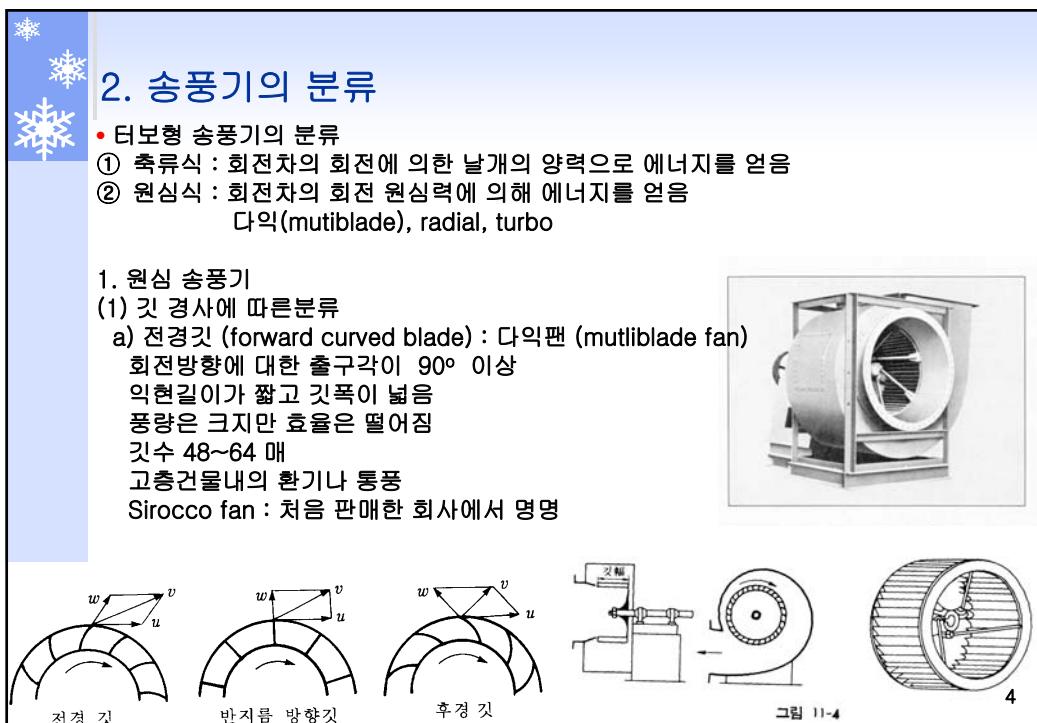


전남대 강보선

3

명칭 種別	송 풍 기			압축기
	전	불로워	압축기	
	10kPa 이하 1.1 이하	10~100kPa 1.1~2	100kPa 이상 2 이상	
축류식 터보				
다익				
레이디얼				
터보				
용회전식 화염	2			
배인				
나사				
왕복식				
왕복				

* 출입압력이 대기압인 경우



2. 송풍기의 분류

b) 반지름방향 깃 (radial blade) = 반경류 팬 (radial fan)

깃수 : 6 ~ 12, 12~16, 가장 적음

다익팬에 비해 익현 길이는 길고 깃폭이 짧음

다익팬에 비해 효율은 좋음

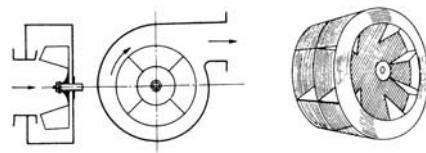
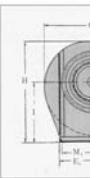
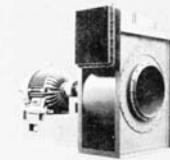


그림 11-5



c) 후경 깃, 뒷보기 깃 (backward curved blade) = turbo fan

깃수 : 8~24매, 12~20매, 다익과 레이디얼 팬의 중간 정도

익현길이, 깃폭은 레이디얼 팬과 비슷

구조는 가장 크지만 효율은 가장 좋음

보일러의 강제 통풍, 광산의 환기

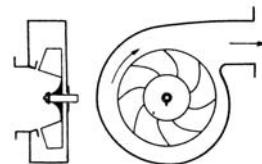
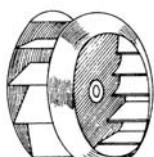


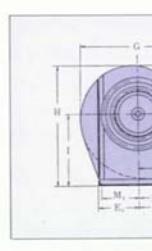
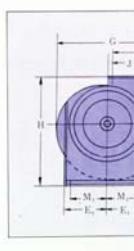
그림 11-6



전남대 강보선

5

2. 송풍기의 분류 : 터보 팬



전남대 강보선

6

2. 송풍기의 분류

d) 한정부하 팬 (limit loaded fan)

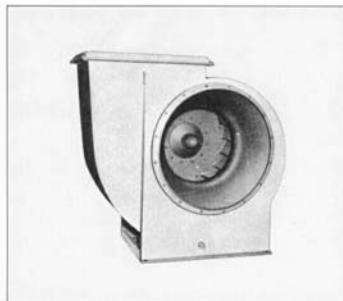
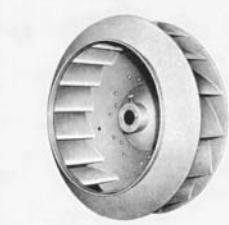
깃의 모양이 S자형

casing의 출입구에 프로펠러형의 안내깃이 고정되어 있음
풍량이 설계점 이상으로 증가하더라도 축동력이 증가하지 않음

e) 익형 팬 (airfoil fan)

익형으로 된 깃

값은 비싸지만, 효율이 좋고 소음이 적음



2. 송풍기의 분류

(2) 출입구에 따른 분류

편출입 송풍기 : 출입구가 회전차 축상의 한쪽

양출입 송풍기 : 출입구가 회전차 축상의 양쪽, 풍압은 같지만 풍량은 2배

(3) 단수에 따른 분류

풍량은 변하지 않고 풍압은
단수에 비례하여 증가

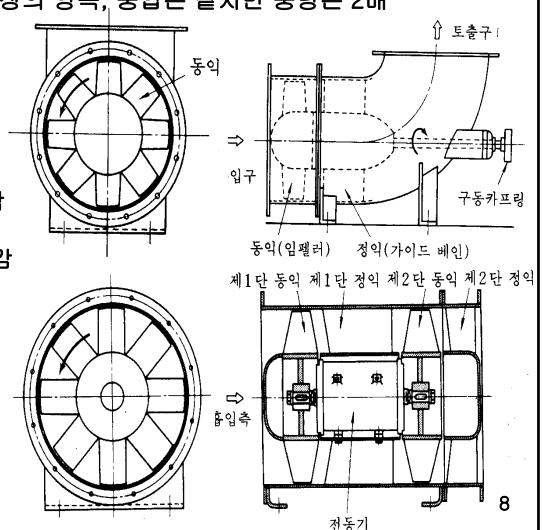
2. 축류 송풍기

• 특징

- 저압, 다량의 풍량이 요구될 때 적합
- 원심 송풍기보다 소음이 큼
- 설계점 이외의 풍량에서 효율의 급감

• 종류

- 프로펠러 팬 : duct(도풍관)이 없음
- 도풍관불이 축류 팬(tube axial fan)
- 정익불이 축류 팬(vane axial fan)



3. 기본요목

- 송풍기의 특성곡선: 회전수 일정하게 유지, 풍량 Q 변화에 따른 p , L , η 의 변화

1. 풍량

- 흡입상태로 환산한 송출풍량

표준공기 : 20°C , 상대습도 75%, 대기압 760 mmHg, 비중량 1.2 kgf/m^3
기준상태 : 0°C , 760 mmHg, 건조기체 상태

$\text{N m}^3/\text{s}$ 와 같이 Normal을 불임

- 단위: m^3/min , ℓ/min , m^3/h , kg/min

2. 압력

- 단위 : mmAq, mmHg, 고압의 경우 kg/cm^2 또는 흡입과 송출 압력의 비

- 전압 p_t , 정압 p_s , 동압 p_d , 흡입쪽 1, 송출쪽 2

$$\begin{aligned} \text{송풍기 전압} : p_t &= p_{t2} - p_{t1} = (p_{s2} + p_{d2}) - (p_{s1} + p_{d1}) \\ &= (p_{s2} - p_{s1}) + (p_{d2} - p_{d1}) \end{aligned}$$

$$\text{송풍기 정압} : p_s = p_t - p_{d2} = (p_{s2} - p_{s1}) - p_{d1}$$

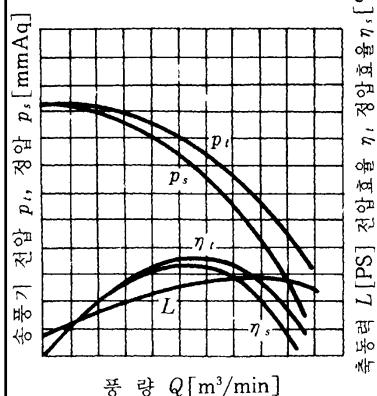
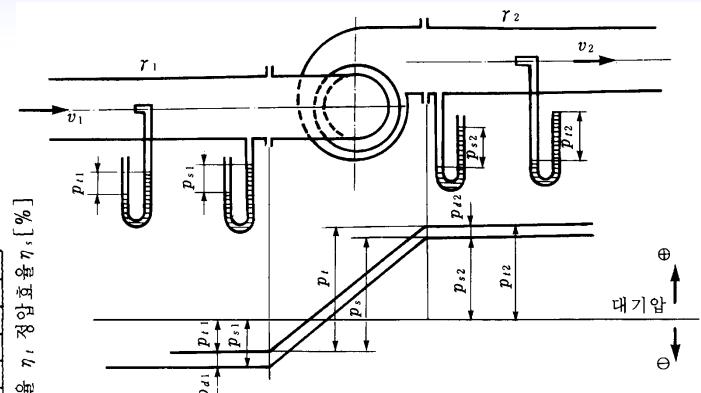
동압 :

$$p_{d1} = \frac{\gamma_1}{2g} v_1^2 \quad p_{d2} = \frac{\gamma_2}{2g} v_2^2$$

전남대 강보선

9

3. 기본요목



10



3. 기본요목

3. 공기동력

- 전압공기동력 : $L_{at} = \frac{Q_1 p_t}{102 \times 60} \text{ kW}$

- 정압공기동력 : $L_{as} = \frac{Q_1 p_s}{102 \times 60} \text{ kW}$

4. 축동력 : L

5. 전압효율 : $\eta_t = \frac{L_{at}}{L}$

정압효율 : $\eta_s = \frac{L_{as}}{L}$



4. 상사칙

- 펌프와 동일 : 양정 H 대신 $\frac{p}{\gamma}$ 사용

1) 풍량에 관한 상사법칙

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

2) 압력에 관한 상사법칙

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

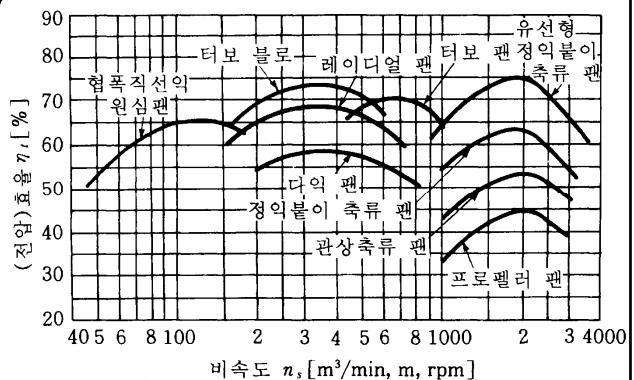
3) 축동력에 관한 상사법칙

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

- 비속도 :

$$n_s = N_1 \frac{Q_1^{1/2}}{(p_1/\gamma_1)^{3/4}} = N_2 \frac{Q_2^{1/2}}{(p_2/\gamma_2)^{3/4}}$$

ρ_t, Q : 특성곡선상 최고 효율점에서의 값



제 2 장 원심송풍기

1. 구조와 작동원리

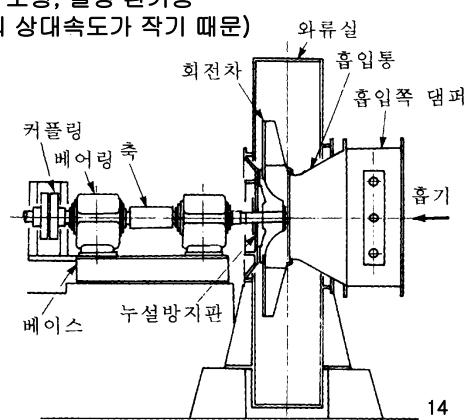
- 작동 원리 : 케이싱 안에 장치된 회전차의 회전에 의하여 기체에 주어진 원심력을 이용, 기체를 압송하는 기계

1. 원심 팬

- 구조 : 흡입구 - 흡입쪽 댐퍼 - 흡입통(suction cone) - 회전차 - 와류실 - 송출구
- 다익 팬 : 전경깃(깃 출구각도 120~150), 소형, 빌딩 환기용
- 레이디얼 팬 : 마모가 심한 용도(깃 내부의 상대속도가 작기 때문)
라이너 교환하기 쉬운 구조
- 터보 팬 : 후경깃(깃 출구각도 35~45)
보일러 강제 통풍, 광산의 환기용

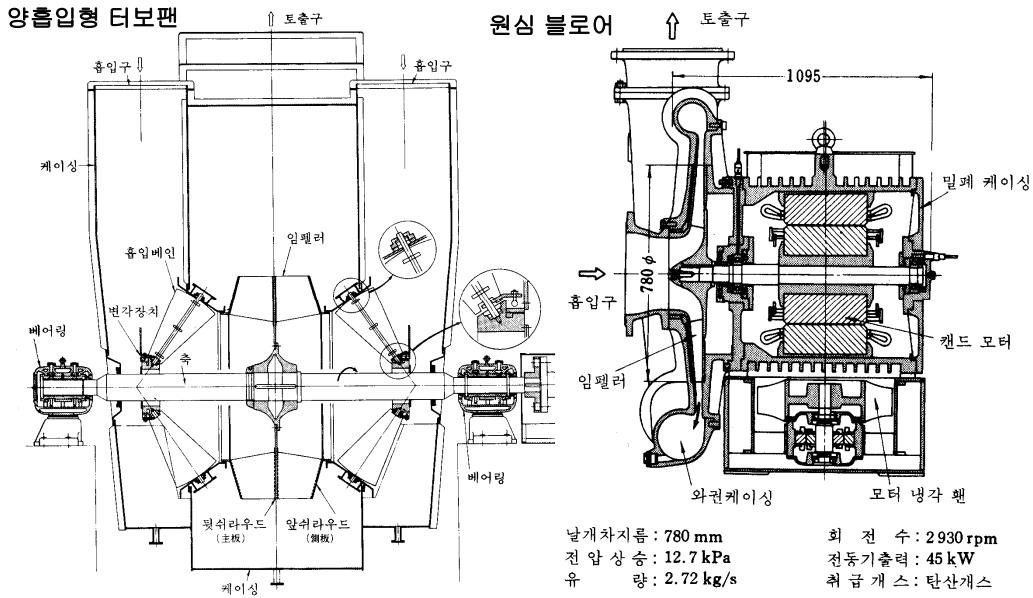
2. 원심 블로어

- 원심 팬과 유사 : 회전차와 와류실 사이 diffuser 설치(효율 좋게 감속)
- 원주속도에 따른 원심 회전차의 모양 :
그림 2-4
고속인 경우(원심 압축기) :
보스와 주판이 일체가 되도록
- 깃을 주, 측판에 붙이는 방법 :
그림 2-5, (a)→(e) 고속
전남대 강보선



14

1. 구조와 작동원리



2. 원심 블로어의 회전자

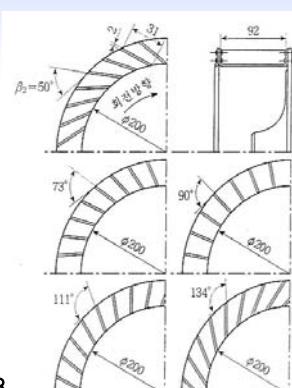
1. 깃의 경사

- 회전자의 종류 : 깃의 출구 설치각, β_2
익현길이와 회전자의 바깥 둘레가 이루는 각에 따라 다름
예) 그림 2-6, $\beta_2 < 90^\circ$: 후경깃, 터보 팬
 $\beta_2 = 90^\circ$: 레디얼 팬
 $\beta_2 > 90^\circ$: 전경 깃, 다익 팬

• 송풍기 특성곡선 : 그림 2-7

- 효율: β_2 가 작을수록 높음
터보 팬 > 레디얼 팬 > 다익 팬
- 최고효율점의 전압 및 풍량: β_2 가 클수록 높음
다익 팬 > 레디얼 팬 > 터보 팬

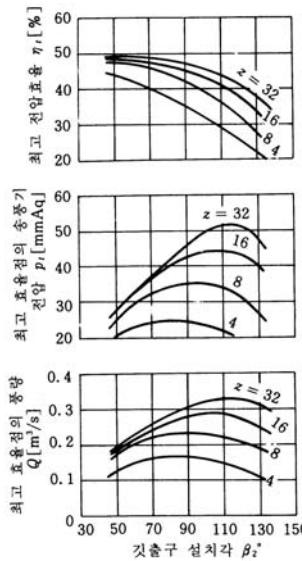
- 깃 출구 설치각이 효율, 전압, 풍량에 미치는 영향 : 그림 2-8



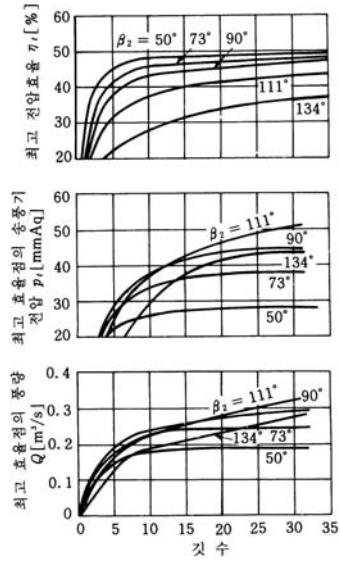
2. 깃수

- 다익 팬 : 32~48~66 매 레디얼 팬 : 6~12 매 터보 팬 : 14~24 매
- 깃수가 효율, 풍압, 풍량에 미치는 영향
 - 깃수 증가에 따라 처음에는 급격히 증대
 - 어느 깃수 이상에서는 증가율이 그침

2. 원심 블로어의 회전자



전남대 강보



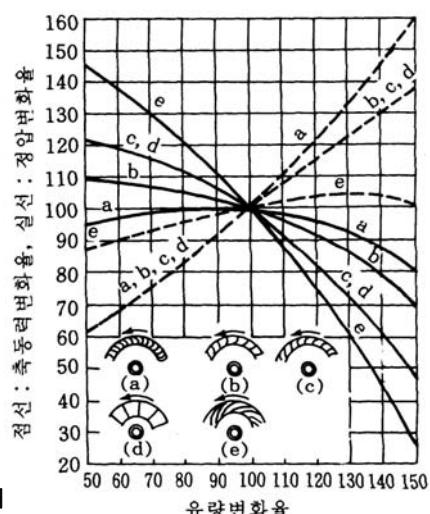
◦ 그림 2-8 ◦ 그림 2-9

17

2. 원심 블로어의 회전자

3. 원심송풍기 기종간의 비교

- a) 전경 깃 : 다익 팬
- b) 외경 반지를방향 깃
- c) 외경 후경 깃 : 한정부하 팬
- d) 전 반지를방향 깃 : 레이디얼 팬
- e) 전후경 깃 : 타보 팬, 익형 팬
- 송풍기 정압의 변화 : e-d-c-b-a 순으로 완만
- 효율 : e-d-c-b-a 순
- 소요 풍압, 풍량에서의 크기 : e-d-c-b-a 순으로 소형 가능
- 축동력 : 풍압과 반대
- 전경 깃 : 절대 유속 v 가 가장 큼, 케이싱에서 정압으로 회수시 손실 증대 풍량은 최대이지만 효율은 떨어짐



◦ 그림 2-10

전남대 강보선

18

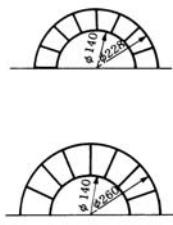
2. 원심 블로어의 회전차

4. 회전차의 바깥지름 : 그림 2-11

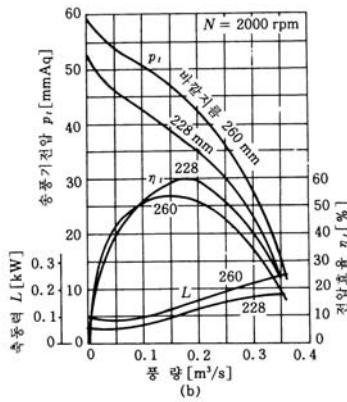
- 풍량 : 크게 변하지 않음, 풍압 : 높아짐

5. 회전차의 안지름 : 그림 2-12

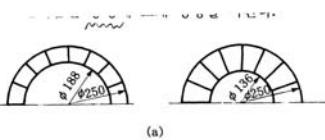
- 풍량이 많아져 성능곡선이 풍량이 많은 쪽으로 이동
- 풍압 : 크게 변하지 않음



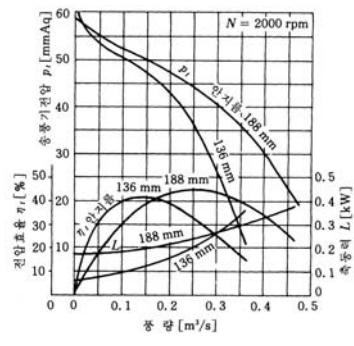
(a) 전남대 강보선



(b)



(a)



(b)

그림 2-12

19

2. 원심 블로어의 회전차

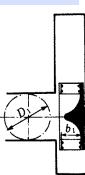
6. 깃폭 (축방향길이)

- 출입구 단면적 = 익렬입구 단면적
 $b_1 = 0.25D_1$

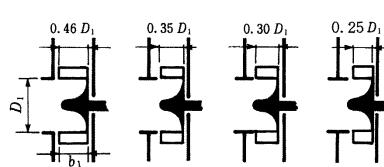
- 전압효율 : e가 가장 낮고
d, c, b, a 거의 일정

- 풍량 : e, d, c 순으로 증가
b, a 일정

- 전압 : e, d, c, b, a 순으로 증가
→ 깃폭을 충분히 크게 하는 것이 좋음



전남대 강보선



(a) (b) (c) (d) (e)

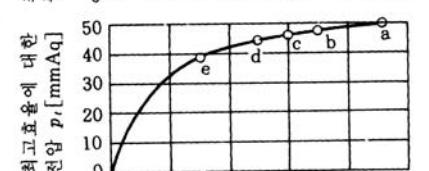
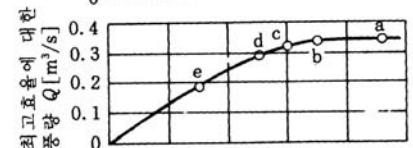
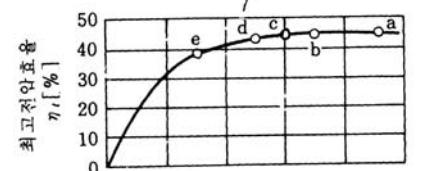
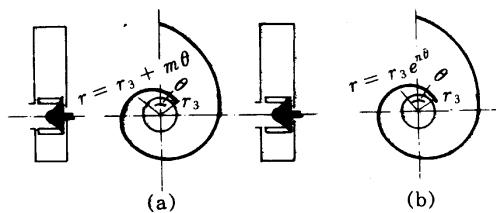


그림 2-16

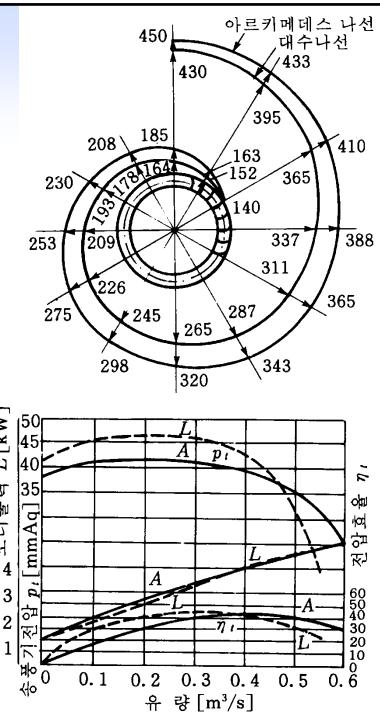
20

3. 케이싱

1. 와류실 케이싱의 모양 : 그림 2-17
- 아르키메데스 나선(A) : 각도에 비례 : $r = r_3 + m\theta$
 - 대수 나선(L) : 자유소용돌이의 궤적 : $r = r_3 e^{n\theta}$
 - 최대 풍량, 최고 효율점에서의 풍량 : 아르키메데스 나선이 큼
 - 풍압과 효율 : 아르키메데스 나선이 균일
 - 축동력 : 대체로 같음
 - 아르키메데스 나선이 많이 사용됨



전남대 강보선

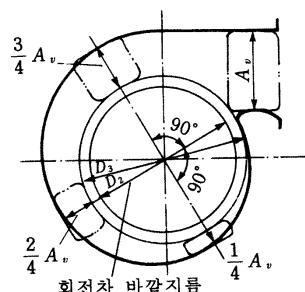
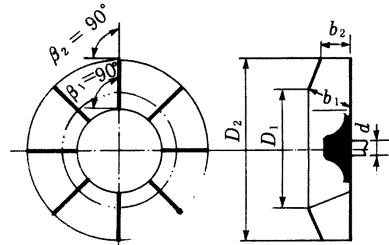


4. 설계(레이디얼 팬)

1. 회전차 주요 치수와 비속도
- 바깥지름 : $D_2 = \frac{60K_v \sqrt{2g\rho_t}}{\pi N}$
 - 안지름과 바깥지름의 비 : $\frac{D_1}{D_2}$
 - 안지름에서의 깃폭 : b_1
 - 바깥지름에서의 깃폭 : b_2

2. 와류실과 비속도

- 와선시점을 지나는 원주의 지름 : D_3
- 목 부분의 최소 단면적 : A_v
- 입구 단면적 : $A_0 = \pi D_1^2 / 4$



전남대 강보선

22



4. 설계

- 회전수가 1,570 rpm일 때 송풍기 전압 134 mmAq, 풍량 57 m³/min을 내는 레이디얼 팬을 설계하라. 공기 비중량은 1.2 kg_f/m³이다.

- 비속도 : $n_s = N \frac{\sqrt{Q}}{(p_t / \gamma)^{3/4}} = 1570 \frac{\sqrt{57}}{(134/1.2)^{3/4}} = 346$

송풍기 종류 : 레이디얼 팬, 전암효율 $\eta_t \approx 69\%$

축동력 : $L = \frac{p_t Q}{\eta_t} = \frac{134 \times 57}{4500 \times 0.69} = 2.45 \text{ (PS)}$

원동기 동력 : $L_d = kL = 1.2 \times 2.45 = 2.94 \text{ (PS)}$

회전차 축의 비틀림 모멘트

$$M_d = 71,620 \frac{L}{N} = 71,620 \frac{2.45}{1570} = 118 \text{ (kg}_f \cdot \text{cm)}$$

회전차 축 직경 : $d = c \cdot \sqrt[3]{\frac{16}{\pi} \frac{M_d}{\sigma_t}} = 1.5 \times \sqrt[3]{\frac{16}{\pi} \frac{118}{150}} = 2.32 \text{ (cm)}$

회전차 바깥지름 : $D_2 = \frac{60 K_u \sqrt{2gp_t / \gamma}}{\pi N} = \frac{60 \times 0.86 \sqrt{2 \times 9.8 \times 134 / 1.2}}{\pi \times 1570} = 0.49 \text{ [m]}$

회전차 안지름 : $D_1 = D_2 \frac{D_1}{D_2} = 0.49 \times 0.67 = 0.33 \text{ [m]}$

전남대 강보선

23



4. 설계

회전차 입구, 출구폭

$$b_1 = D_2 \frac{b_1}{D_2} = 0.49 \times 0.36 = 0.176 \text{ [m]}$$

$$b_2 = D_2 \frac{b_2}{D_2} = 0.49 \times 0.27 = 0.132 \text{ [m]}$$

깃 수 : $z = 2.35 \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} = 2.35 \frac{0.49 + 0.33}{0.49 - 0.33} = 12.06 \therefore 12$

스파이럴 케이싱 기초원

$$D_3 = D_2 + D_2 \frac{D_3 - D_2}{D_2} = 0.49 + 0.49 \times 0.238 = 0.607 \text{ [m]}$$

스파이럴 케이싱 목 단면적

$$A_v = A_o \frac{A_v}{A_o} = \frac{\pi}{4} D_1^2 \frac{A_v}{A_o} = \frac{\pi}{4} 0.33^2 \times 0.92 = 0.0786 \text{ [m}^2]$$

전남대 강보선

24