



## 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 =  $998.2 \text{ kgf/m}^3$ , 공기 =  $1.205 \text{ kgf/m}^3$  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) :  $1,000 \text{ mmAq} = 1 \text{ mAq} = 0.1 \text{ kgf/cm}^2 < 10 \text{ kPa}$   
              blower :  $1 \text{ mAq} \sim 1 \text{ kgf/cm}^2 (10 \text{ mAq})$                        $10 \text{ kPa} \sim 100 \text{ kPa}$
  - 2) 압축기     $> 1 \text{ kgf/cm}^2 = 100 \text{ kPa}$  이상
- 압력단위
  - 표준기압 :  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 101,325 \text{ Pa} = 1.0332 \text{ kgf/cm}^2$
  - 물 :  $1 \text{ mH}_2\text{O} = 1 \text{ mAq} = 0.1 \text{ kgf/cm}^2$

명칭 (風力機) 種別		송풍기		압축기
		분류		
		10 kPa 이하	10 ~ 100 kPa	100 kPa 이상
		1.1 이하	1.1 ~ 2	2 이상
터보	축류식			
	다익			
	원심			
	레이디얼			
보	터보			
	축류			
	원심			
	레이디얼			
용	다익			
	원심			
	레이디얼			
	터보			
형	축류			
	원심			
	레이디얼			
	터보			

전남대 강보선

※ 흡입압력이 대기압인 경우

3

## 2. 송풍기의 분류

- 터보형 송풍기의 분류
  - ① 축류식 : 회전차의 회전에 의한 날개의 양력으로 에너지를 얻음
  - ② 원심식 : 회전차의 회전 원심력에 의해 에너지를 얻음

다익(mutiblade), radial, turbo

### 1. 원심 송풍기

(1) 깃 경사에 따른 분류

a) 전경깃 (forward curved blade) : 다익팬 (mutiblade fan)

회전방향에 대한 출구각이 90° 이상  
익현길이가 짧고 깃폭이 넓음  
풍량은 크지만 효율은 떨어짐  
깃수 48~64 매  
고층건물내의 환기나 통풍  
Sirocco fan : 처음 판매한 회사에서 명명

그림 11-4

4



## 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

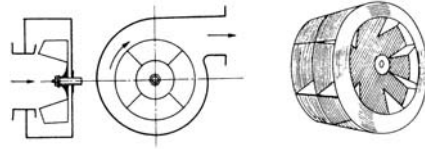
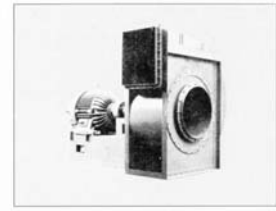


그림 11-5



- 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

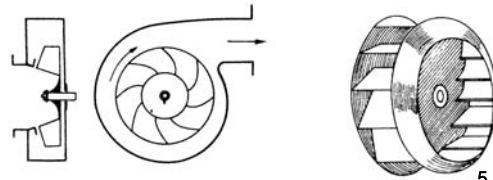


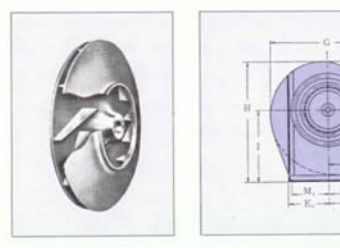
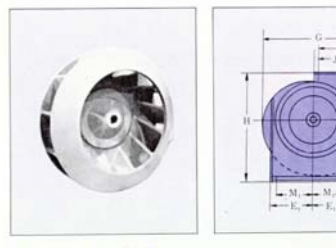
그림 11-6

5

전남대 강보선



## 2. 송풍기의 분류 : 터보 팬



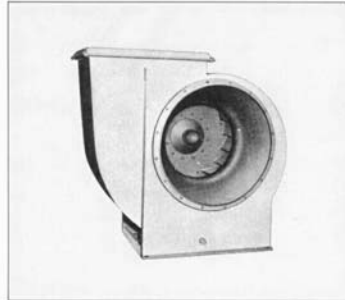
전남대 강보선

6



## 2. 송풍기의 분류

- d) 한정부하 팬 (limit loaded fan)  
 깃의 모양이 S자형  
 casing의 흡입구에 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

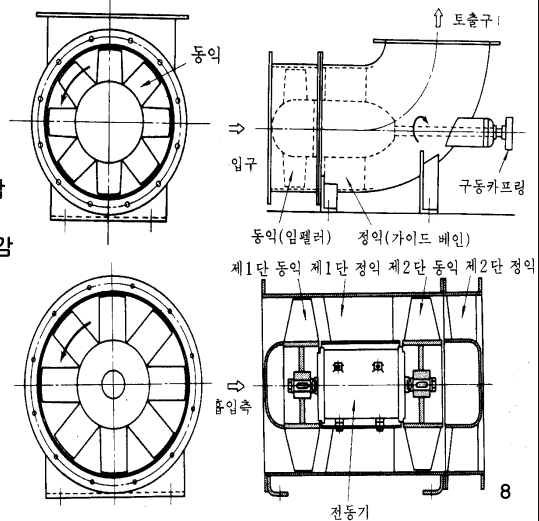


## 2. 송풍기의 분류

- (2) 흡입구에 따른 분류  
 편흡입 송풍기 : 흡입구가 회전차 축상의 한쪽  
 양흡입 송풍기 : 흡입구가 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)



전남대 강보선



### 3. 기본요목

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

#### 1. 풍량

- 흡입상태로 환산한 송출풍량  
표준공기 : 20°C, 상대습도 75%, 대기압 760 mmHg, 비중량 1.2 kgf/m³  
기준상태 : 0°C, 760 mmHg, 건조기체 상태  
N m³/s 와 같이 Normal을 붙임
- 단위: m³/min, ℓ/min, m³/h, kg/min

#### 2. 압력

- 단위 : mmAq, mmHg, 고압의 경우 kg/cm² 또는 흡입과 송출 압력의 비
- 전압  $p_t$ , 정압  $p_s$ , 동압  $p_d$ , 흡입쪽 1, 송출쪽 2  
송풍기 전압 :  $p_t = p_{t2} - p_{t1} = (p_{s2} + p_{d2}) - (p_{s1} + p_{d1})$   
$$= (p_{s2} - p_{s1}) + (p_{d2} - p_{d1})$$

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

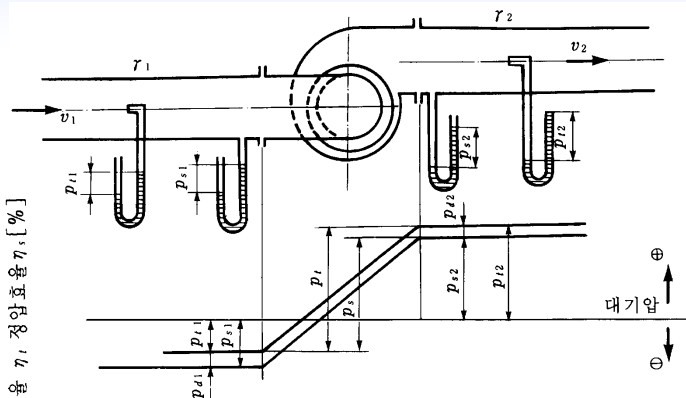
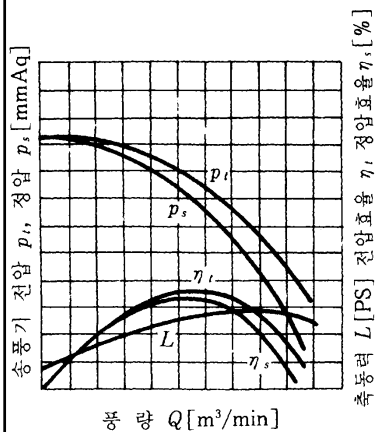
동압 :  $p_{d1} = \frac{\gamma_1}{2g} v_1^2 \quad p_{d2} = \frac{\gamma_2}{2g} v_2^2$

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

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

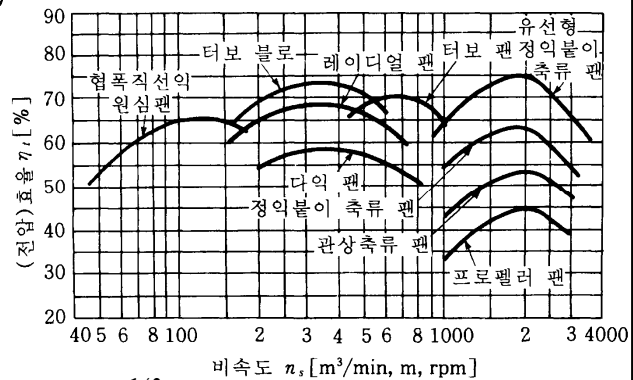
#### 3) 축동력에 관한 상사법칙

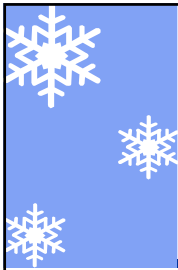
$$\frac{L_1}{\gamma D_1^5 N_2^3} = \frac{L_2}{\gamma D_2^5 N_2^3}$$

- 비속도 :

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

$p_p$   $Q$ : 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

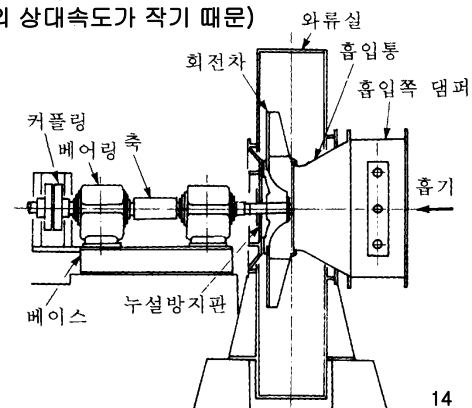
#### 1. 원심 팬

- 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

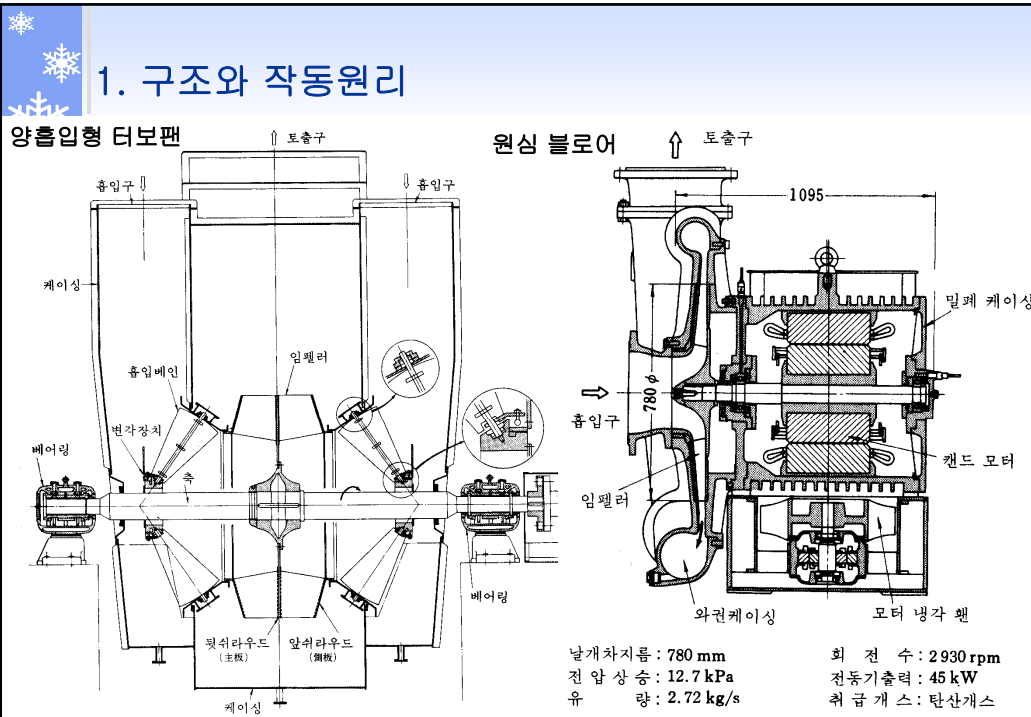
#### 2. 원심 블로어

- 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



# 2. 원심 블로어의 회전차

## 1. 깃의 경사

- 회전차의 종류 : 깃의 출구 설치각,  $\beta_2$   
 익현길리와 회전차의 바깥 둘레가 이루는 각에 따라 다름  
 예 ) 그림 2-6,  $\beta_2 < 90$  : 후경깃, 터보 팬  
 $\beta_2 = 90$  : 레디얼 팬  
 $\beta_2 > 90$  : 전경 깃, 다익 팬
- 송풍기 특성곡선 : 그림 2-7
  - 효율:  $\beta_2$ 가 작을수록 높음  
 터보 팬 > 레디얼 팬 > 다익 팬
  - 최고효율점의 전압 및 풍량:  $\beta_2$ 가 클수록 높음  
 다익 팬 > 레디얼 팬 > 터보 팬
- 깃 출구 설치각이 효율, 전압, 풍량에 미치는 영향 : 그림 2-8

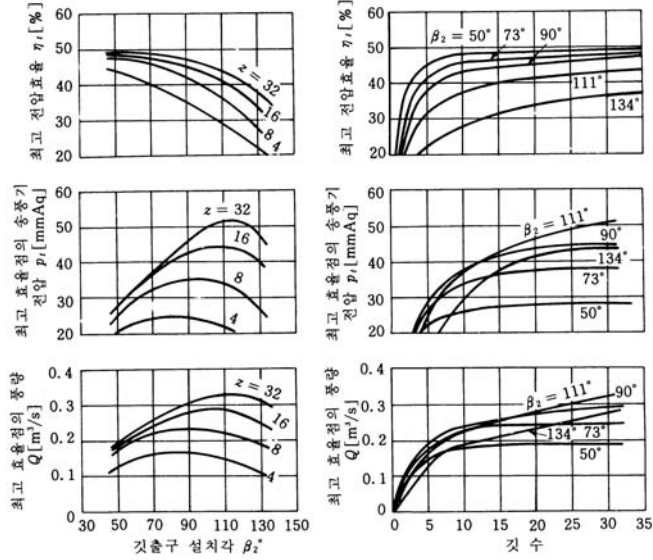
## 2. 깃수

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





## 2. 원심 블로어의 회전차



전남대 강보

• 그림 2-8

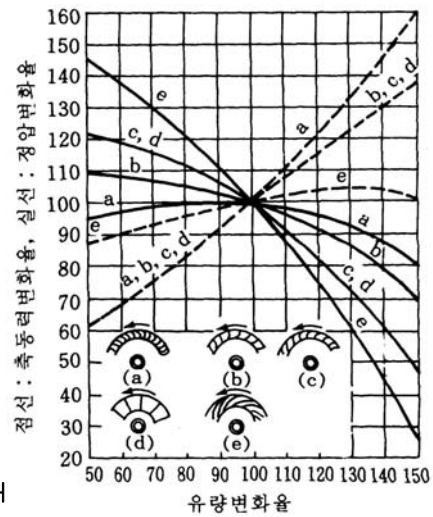
• 그림 2-9



## 2. 원심 블로어의 회전차

### 3. 원심송풍기 기종간의 비교

- a) 전경 깃 : 다익 팬
- b) 외경 반지름방향 깃
- c) 외경 후경 깃 : 한정부하 팬
- d) 전 반지름방향 깃 : 레이디얼 팬
- e) 전후경 깃 : 터보 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



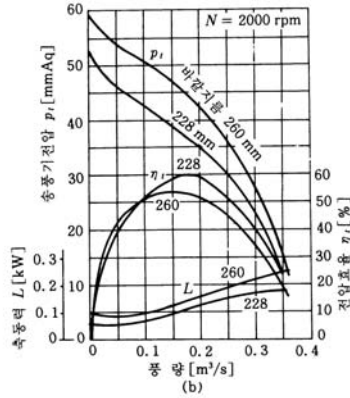
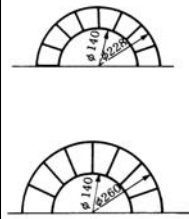
## 2. 원심 블로어의 회전차

### 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



(현남대 강보선)

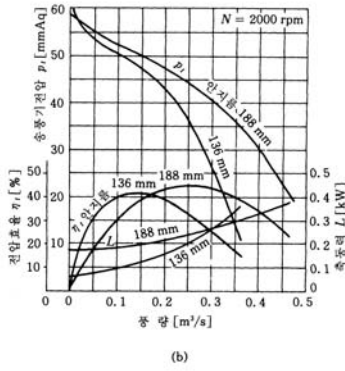
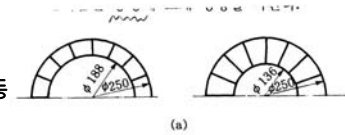


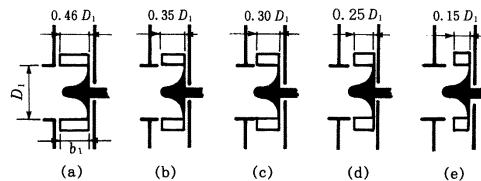
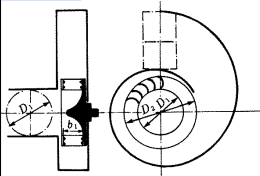
그림 2-12



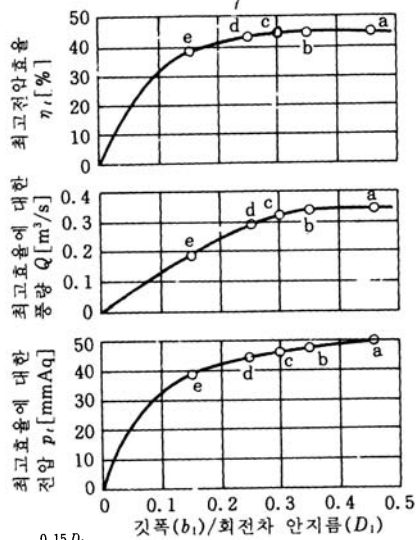
## 2. 원심 블로어의 회전차

### 6. 깃폭 (축방향길이)

- 출입구 단면적 = 익렬입구 단면적
- $b_1 = 0.25 D_1$
- 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



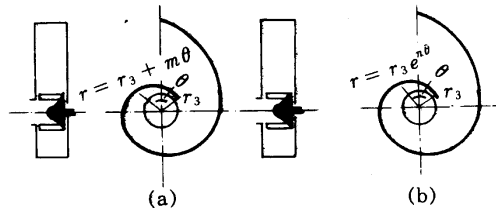
• 그림 2-16



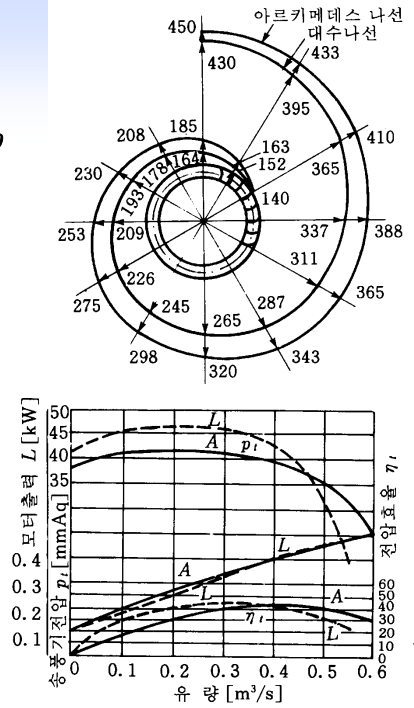
### 3. 케이싱

1. 와류실 곡선의 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



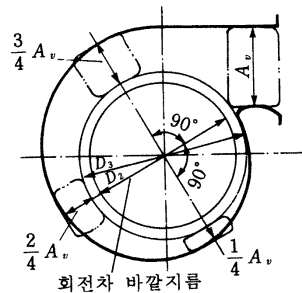
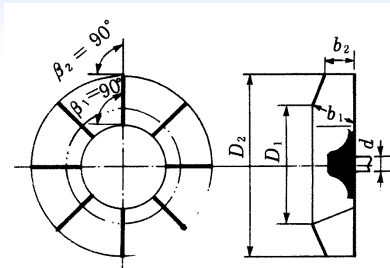
### 4. 설계(레이디얼 팬)

1. 회전차 주요 치수와 비속도

- 바깥지름 :  $D_2 = \frac{60 K_v \sqrt{2 g p_t / \gamma}}{\pi N}$
- 안지름과 바깥지름의 비 :  $\frac{D_1}{D_2}$
- 안지름에서의 잇폭 :  $b_1$
- 바깥지름에서의 잇폭 :  $b_2$

2. 와류실과 비속도

- 와선시점을 지나는 원주의 지름 :  $D_3 = \frac{D_3 - D_2}{D_2}$
- 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/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, 전압효율  $\eta_t \approx 69\%$

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

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

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

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

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

전남대 강보선

24