



제 2 편 펌프

제 1 장 개론

강 보 선

전남대 기계공학부



1. 펌프

- 펌프 : 액체에 에너지를 주어 저압부(또는 낮은 곳)에서 고압부(높은 곳)로 송출하는 기계
참조) 양수기 : 유체에 에너지를 주지 않고 낮은 곳에서 높은 곳으로 보내는 장치
- 에너지의 전달 방법
 - 동력학적 방법 : 터보형 펌프, 회전차(impeller)의 동력학적 작용
90% 이상이 원심펌프 : 회전차(impeller)의 회전에 의하여 물에 원심력을 주어 양수
 - 정력학적 방법 : 왕복형, 회전형 펌프



2. 펌프의 분류 및 구조

1. 터보 펌프 (turbo pump)

- 대유량, 저양정
- 고속 회전 가능, 경량, 소형, 구조 간단, 취급 용이, 고효율, 맥동이 적음
- 회전차의 형상에 따라 분류

	회전차 입구		회전차 출구	
원심식 : 반지름 (반경류식) 또는 경사방향 (혼류식)		반지름 방향,		터빈, 벌류트
사류식 : 경사방향		경사방향		
축류식 : 축방향		축방향		

2. 용적 펌프 (positive displacement pump)

- 소유량, 고양정에 적합
- 왕복식 : 피스톤 또는 플런저(plunger)를 실린더 내에서 왕복 운동
- 회전식 : 회전자(rotor)를 케이싱 안에서 회전, 기어, 베인 펌프

3. 특수펌프

- 마찰 펌프
- 제트 펌프
- 기포 펌프
- 수격 펌프

전남대 강보선



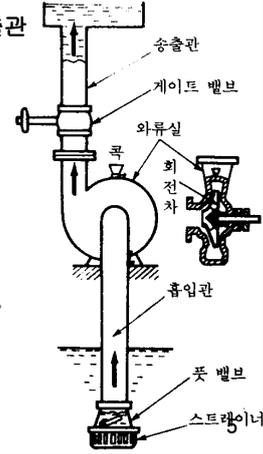
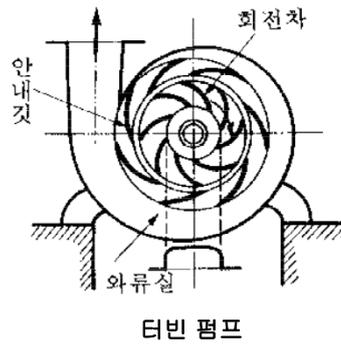
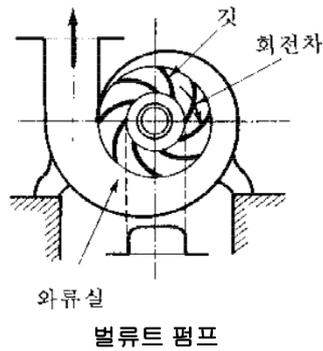
제 2 장 원심펌프

- [Centrifugal Pump Working](#)
- [How does a Centrifugal pump work ?](#)
- [Centrifugal Pumps | Design Aspects](#)



1. 원심펌프의 원리와 구조

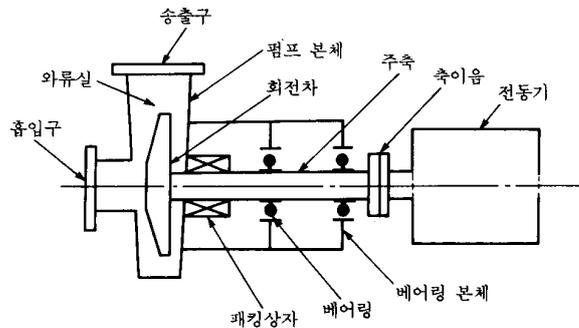
- 원리 : 회전차(변곡된 다수의 깃)의 회전에 의해 원심력 발생
유체는 회전차의 중심에서 흡입, 반경 방향으로 흐르는 사이 압력, 속도에너지 획득
과잉된 속도에너지는 안내깃을 지나 와류실 통과시 압력에너지로 회수
- 펌프의 양수 계통도
스트레이너 - foot valve - 흡입관 - 펌프 - gate valve - 송출관



1. 원심펌프의 원리와 구조

- 원심펌프의 구성요소
 - 회전차(impeller) : 기계적 에너지를 액체의 속도 에너지로 변환
Impeller vane, shroud로 구성
 - 펌프 본체 :
와실(안내깃) : 회전차 출구의 흐름을 감속시켜 속도 에너지를 압력 에너지로 변환
케이싱에 고정, 회전하지는 않음

- 와류실
- 주축
 - 축이음
 - 베어링
 - 베어링 본체
 - 패킹 박스





2. 원심펌프의 분류

1) 안내깃의 유무

- volute pump : guide vane 없음, 저양정
- turbine pump (diffuser pump) : guide vane 있음, 고양정
- 와실을 가진 펌프 : 안내깃은 없음

2) 흡입구에 의한 분류

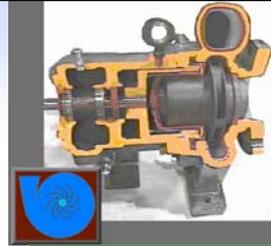
- 편흡입 (single suction) : 송출량이 적을 때
- 양흡입 (double suction) : 송출량이 많을 때

3) 단수에 의한 분류

- 단단 펌프 (single stage) : 회전차 1개, 양정범위 : 8~10 m
- 다단 펌프 (multi-stage) : 2 or 3 stage

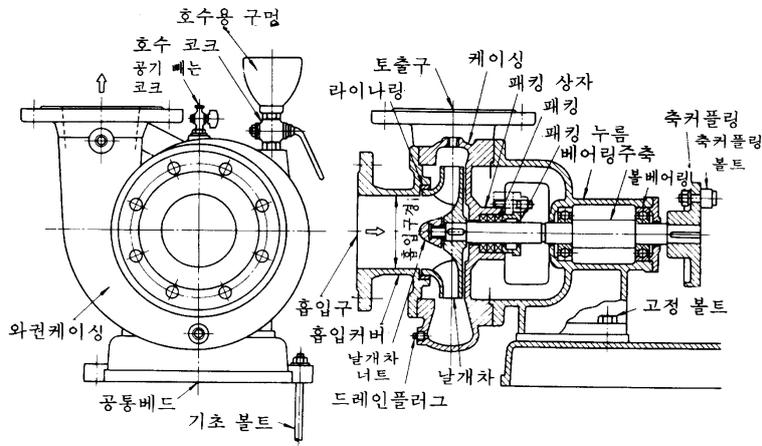
4) 회전차의 모양에 따른 분류

- 반경류형 회전차 (radial flow impeller) : 고양정, 소유량
- 조합형 회전차 : 저양정, 대유량



2. 원심펌프의 분류

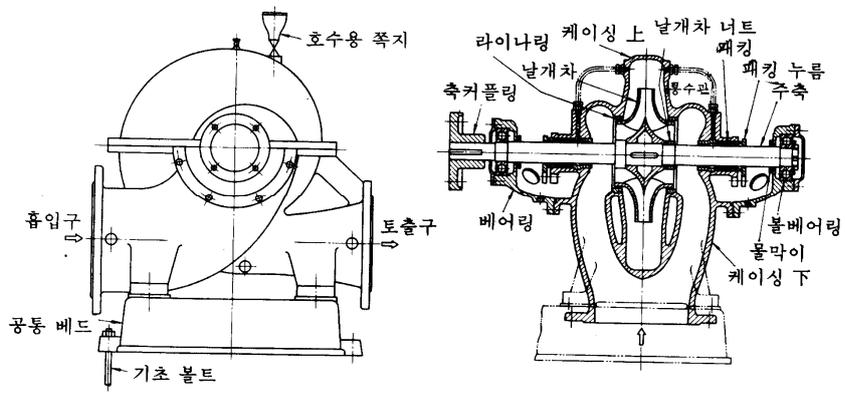
• 편흡입 단단 원심 펌프





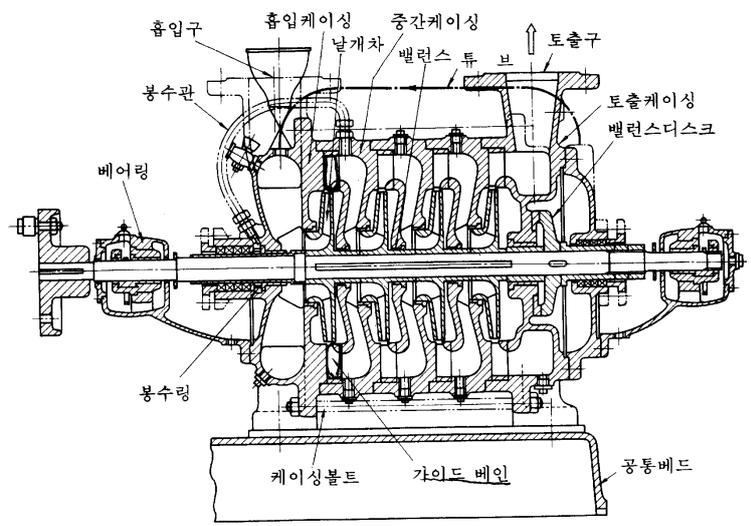
2. 원심펌프의 분류

- 양흡입 원심 펌프



2. 원심펌프의 분류

- 다단 터빈 펌프





2. 원심펌프의 분류

5) 축의 방향에 의한 분류

- 횡축 펌프 (horizontal shaft pump) : 펌프의 축이 수평
- 입축 펌프 (vertical shaft pump) : 펌프의 축이 수직
- 汚水用 펌프
- 장점 : 설치 면적이 좁을 때
- 양정이 높아서 공동현상(cavitation)이 일어날 때

6) Casing에 의한 분류

- 상하 분할형 (split type) : 케이싱이 수평면 또는 경사평면으로 두 개로 분할
- 대형 펌프, 분해 용이
- 흡입커버 부착형
- 輪切形 (sectional type) : 다단식 펌프의 각 단이 같은 형의 링형
- 원통형 (cylindrical type) : 케이싱이 원통형으로 일체
- 배럴형 (barrel type) : 2중 동형 (double casing type)



3. 펌프의 크기

- 펌프의 흡입구경 D_1 mm와 송출구경 D_2 mm 로 표시
- 예) 흡입구경이 100 mm이고, 송출구경이 90 mm인 원심펌프의 크기는
- “100×90 원심펌프”
- 흡입구경과 송출구경이 다같이 100 mm일 때 : “100 원심펌프”
- 펌프의 구경 결정
- 흡입구와 송출구의 유속 고려
- 유속을 빠르게 : 마찰손실이 크게 됨
- 느리게 : 구경이 커지기 때문에 비경제적



4. 펌프의 흡입구경과 송출구경

- 펌프의 흡입구경 : D_s
 흡입구의 유속 V_s : 1~3 m/s 일반적 2~2.5 m/s

$$V_s = K_s \sqrt{2gH} \quad K_s : \text{흡입구의 유속계수}$$

$$\text{양수량 } Q : Q = \frac{\pi}{4} D_s^2 \cdot V_s \rightarrow D_s = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_s}}$$

- 송출구경 : D_d
 고압원심펌프 V_d : 5~6 m/s 보통 2.5~3 m/s

$$V_d = K_d \sqrt{2gH} \quad K_d : \text{송출구의 유속계수}$$

$$Q = \frac{\pi}{4} D_d^2 \cdot V_d \rightarrow D_d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_d}}$$



5. 펌프의 전양정

- 1) 실양정 (actual head) : H_a

흡입 수면과 송출 수면 사이의 수직높이

H_s : 흡입 실양정 (actual suction head)

H_d : 송출 실양정 (actual delivery head)

$$H_a = H_s + H_d$$

- 2) 전양정 (total head) : H

실양정에 총 손실수두를 합한 양정

H_1 : 송출쪽 전양정 H_2 : 흡입쪽 전양정

h_s : 흡입관 마찰손실수두

h_d : 송출관 마찰손실수두

$\frac{V_d^2}{2g}$: 잔류속도수두

$$H = H_1 + H_2 = \left(H_d + h_d + \frac{V_d^2}{2g} \right) + (H_s + h_s)$$

$$= H_a + h_s + h_d + \frac{V_d^2}{2g}$$

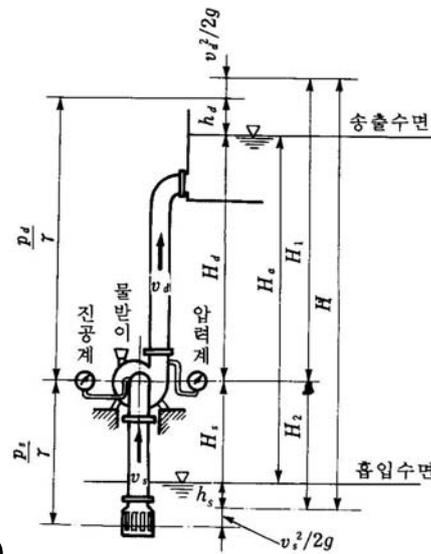


그림 2-23 펌프의 양정



5. 펌프의 전양정

3) 압력과 양정과의 관계

- 흡입관 진공 수두 : $\frac{p_s}{\gamma}$

$$\frac{p_s}{\gamma} = H_s + h_s + \frac{V_s^2}{2g}$$

- 송출관 압력계 수두 : $\frac{p_d}{\gamma}$

$$\frac{p_d}{\gamma} = H_d + h_d$$

$$H = H_1 + H_2$$

$$= \frac{p_s}{\gamma} - \frac{V_s^2}{2g} + \frac{p_d}{\gamma} + \frac{V_d^2}{2g}$$

- $V_s = V_d$ 이면 $H = \frac{p_s}{\gamma} + \frac{p_d}{\gamma}$

- 실양정과 전양정과의 비 : $H = 1.3H_a$

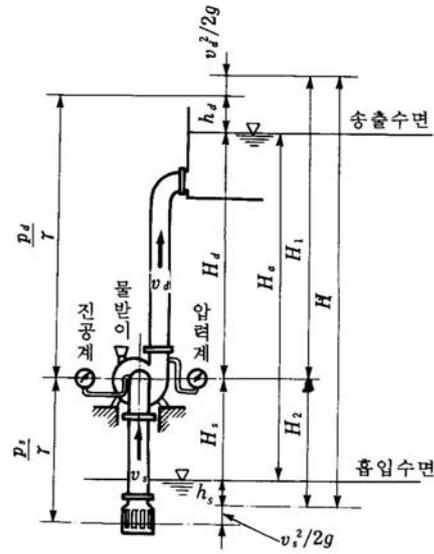


그림 2-23 펌프의 양정

15



6. 펌프의 회전수 : N

• 전동기의 동기속도 n : 무부하 상태의 이론회전수

$$n = \frac{120f}{p} \quad (\text{rpm}) \quad f: \text{주파수}, \quad p: \text{극수}$$

부하 상태 : 미끄럼 고려, 미끄럼율 $S\%$

$$N = n \left(1 - \frac{S}{100} \right)$$

• 양정, 유량에서 회전차의 형상, 펌프 형식 결정 → 가장 효율이 높은 회전수 결정

16



7. 펌프의 동력 및 효율

1) 수동력 (water horse power) : L_w 액체가 펌프로부터 공급받은 동력

$$L_w = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{75 \times 60} \text{ (PS)} \quad \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{102 \times 60} \text{ (kW)}$$

2) 축동력 (shaft power) : L 펌프가 원동기(or motor)로부터 공급받은 동력

$$\text{효율} : \eta = \frac{L_w}{L} = \eta_v \cdot \eta_m \cdot \eta_h$$

- 체적 효율 (volumetric efficiency) : η_v

$$\eta_v = \frac{\text{송출유량}}{\text{회전차를 통과하는 유량}} = \frac{Q}{Q + \Delta Q} \quad \text{일반적으로 } \eta_v = 0.9 \sim 0.95$$

- 기계 효율 (mechanical efficiency) : η_m

$$\eta_m = \frac{\text{축동력} - \text{기계손실}}{\text{축동력}} = \frac{L - (\Delta L_m + \Delta L_d)}{L} \quad \text{일반적으로 } \eta_m = 0.9 \sim 0.97$$

$$\eta_m = \frac{\text{회전차를 통과한 액체에 공급된 이론동력}}{\text{축동력}} = \frac{\gamma(Q + \Delta Q)H_{th}}{L}$$

- 수력 효율 (hydraulic efficiency) : η_h

$$\eta_h = \frac{H}{H_{th}} \quad \text{일반적으로 } \eta_h = 0.8 \sim 0.96$$

17



7. 펌프의 동력 및 효율

- 효율

$$\begin{aligned} \eta &= \eta_v \cdot \eta_m \cdot \eta_h = \frac{Q}{Q + \Delta Q} \cdot \frac{\gamma \cdot (Q + \Delta Q) \cdot H_{th}}{L} \cdot \frac{H}{H_{th}} \\ &= \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{L} = \frac{L_w}{L} \end{aligned}$$

3) 원동기의 동력 : L_d

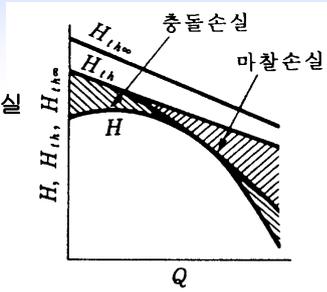
$$\text{원동기(Motor)의 동력} : L_d = kL$$

18

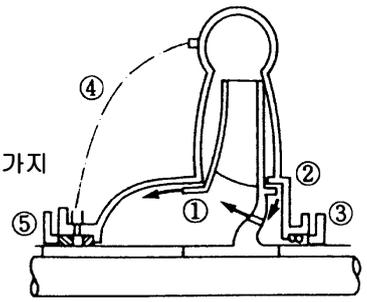


8. 여러 가지 손실

- 1) 수력 손실 (hydraulic power loss) : ΔH_h
 - 펌프 흡입구에서 송출구에 이르는 유로에서의 마찰손실
 - 곡관, 부속품, 단면 변화 등에 의한 부차적 손실
 - 와류에 의한 손실 : 회전차, 안내깃, 와류실, 송출구
 - 회전차의 깃 입구와 출구에서 생기는 총돌 손실
 - 축동력의 8~20 %의 범위
 - > 수력효율과 관계



- 2) 누설손실 (leakage power loss) : ΔQ
 - ① 회전차 입구부의 웨어링 링 부분
wearing ring : 익차와 케이싱 사이에 설치
 - ② 축추력 평형장치부
 - ③ 패킹 박스
 - ④ 봉수용에 쓰이는 압력수
 - ⑤ 베어링 및 패킹 박스의 냉각에 사용되는 여러 가지 주수 및 다단펌프에서는 다음 단과의 틈- > 체적효율과 관계



19



8. 여러 가지 손실

- 3) 기계손실 (mechanical power loss) : ΔL_m
 - 베어링과 패킹장치에 있어서의 손실
 - 회전수의 제곱에 비례하여 변함
 - Stepanoff에 의하면 축동력의 약 1%
 - 4) 원판마찰손실 (disc friction power loss) : ΔL_d
 - 회전차와 바깥 케이싱 사이의 액체에 의한 바깥 케이싱의 마찰손실
- > 3), 4)는 기계효율과 관계

