Welcome
To
PUMP

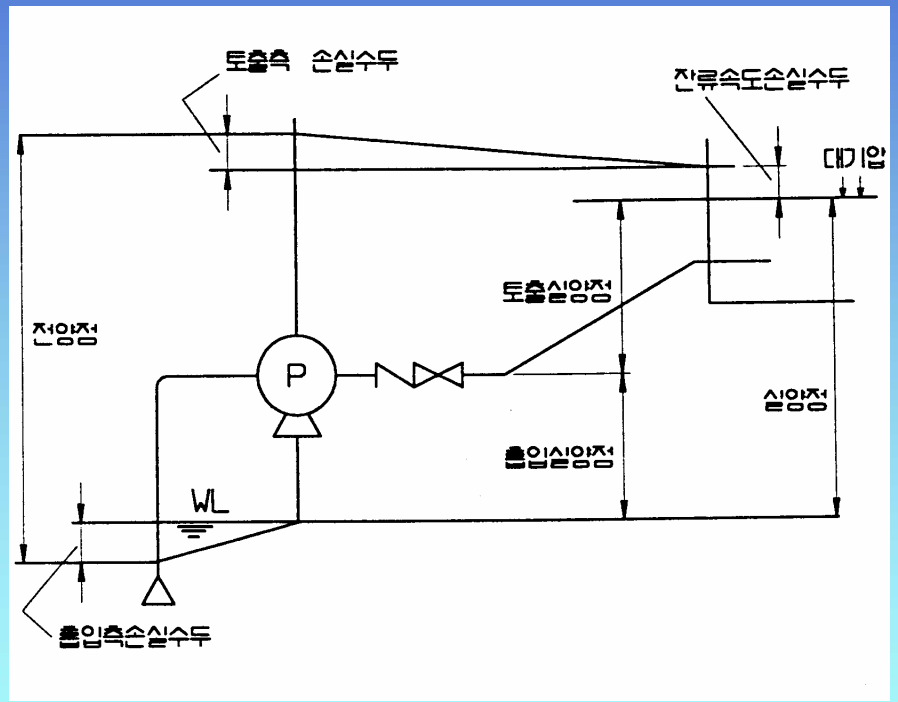
펌프의 3요소

- Q : 토출유량 (m3/min)
- H : 전양정 (m)
- N : 회전수 (rpm)

H = (펌프 출구에서 물이 가지는 에너지)
–(펌프 입구에서 물이 가지는 에너지)

$$= \left(hd + \frac{vd^2}{2g}\right) - \left(hs + \frac{vs^2}{2g}\right)$$

hd ; 출구에서의 정압
hs ; 입구에서의 정압
vd ; 출구 유속
vs ; 입구 유속



H = 실양정 + 관로 손실수두 + 출구 속도수두

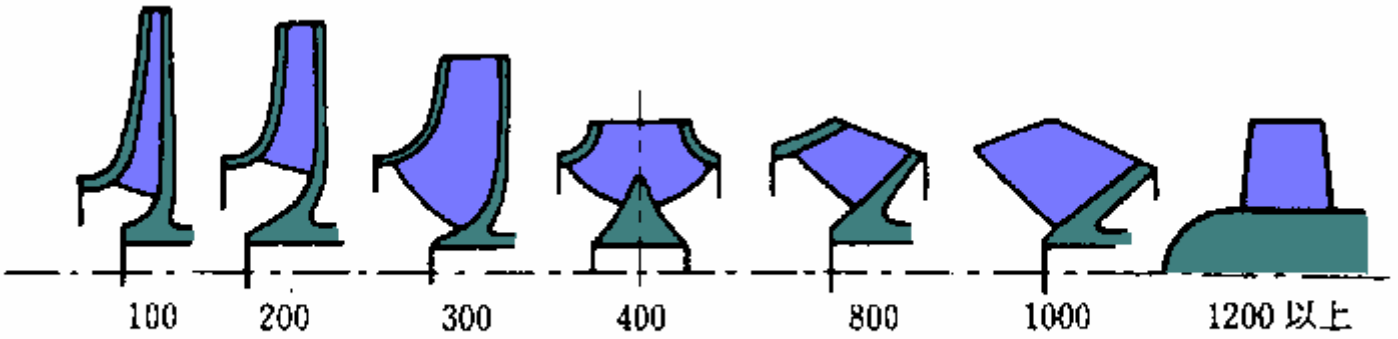
비교회전도 (Ns)

◆ 펌프의 모양을 결정하는 무차원 상수

; 비교회전도(Ns)가 같으면 펌프는 기하학적 상사 관계가 성립됨.

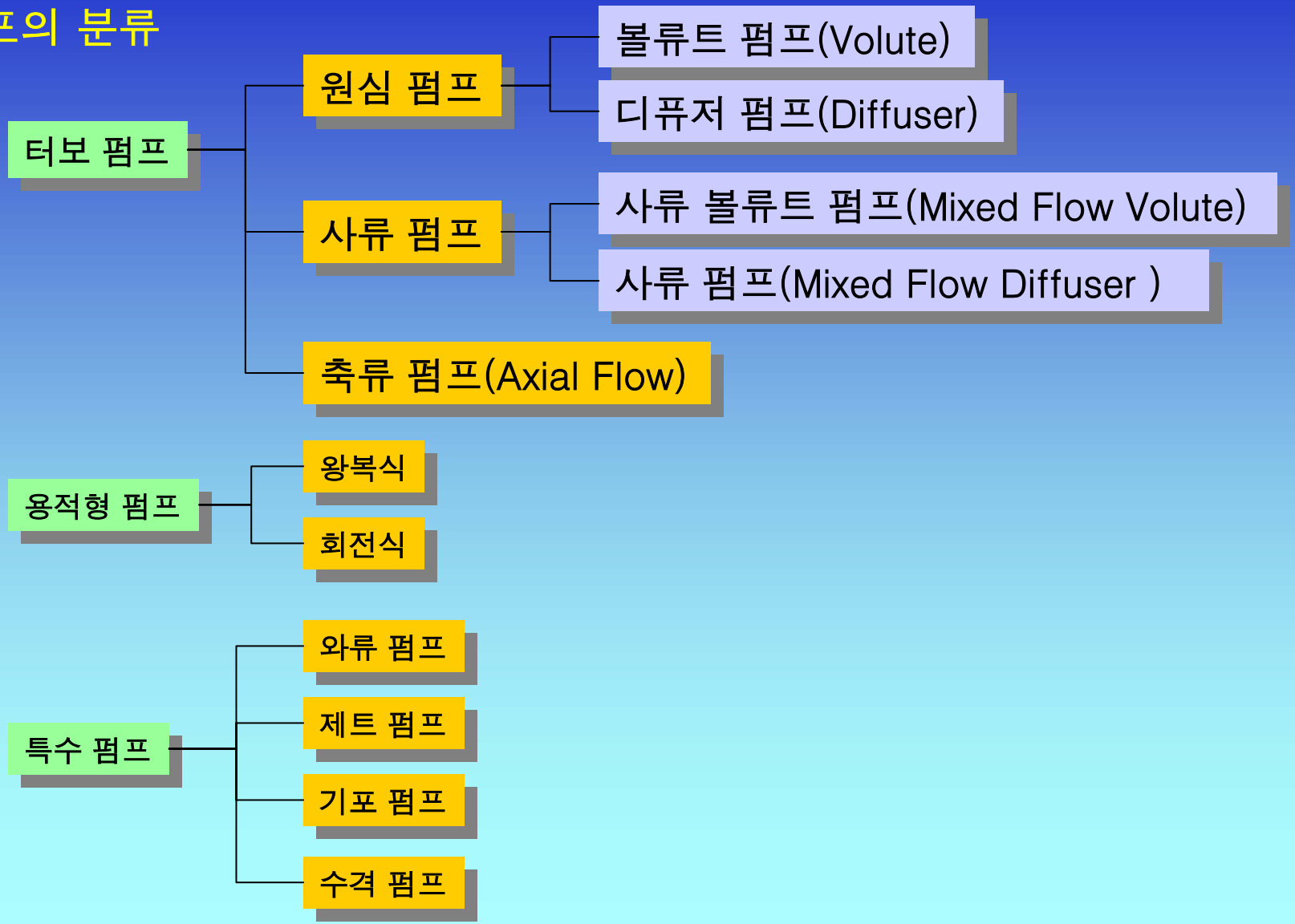
$$N_s = N\frac{\sqrt{Q}}{H^{0.75}}$$

Q : 토출유량 (m3/min)
H : 전양정 (m)
N : 회전수 (rpm)

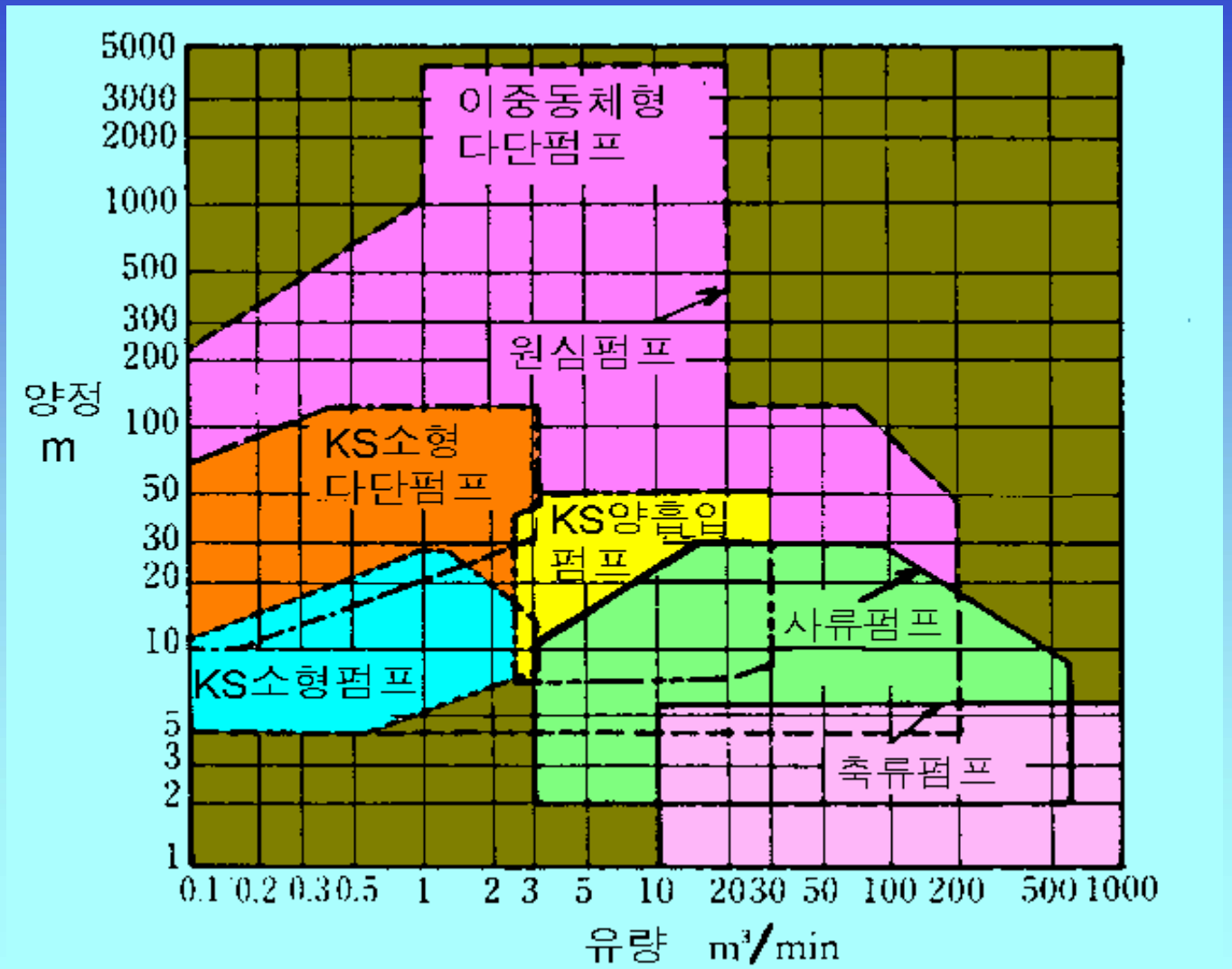


임펠러 형상과 비교회전도의 관계

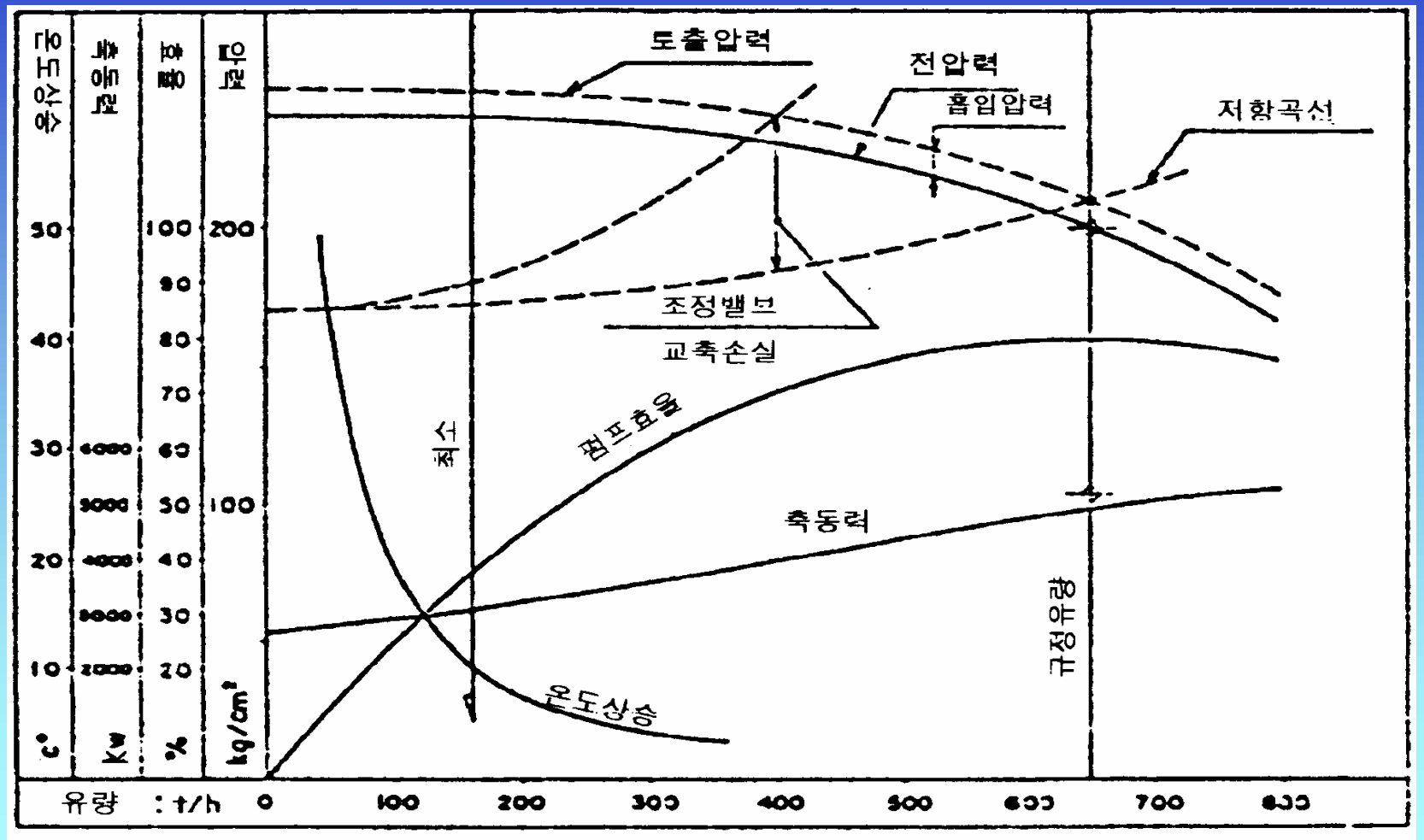
펌프의 분류


터보 펌프
원심 펌프
볼류트 펌프(Volute)
디퓨저 펌프(Diffuser)
사류 펌프
사류 볼류트 펌프(Mixed Flow Volute)
사류 펌프(Mixed Flow Diffuser)
축류 펌프(Axial Flow)
용적형 펌프
왕복식
회전식
특수 펌프
와류 펌프
제트 펌프
기포 펌프
수격 펌프

펌프형식과 선정도

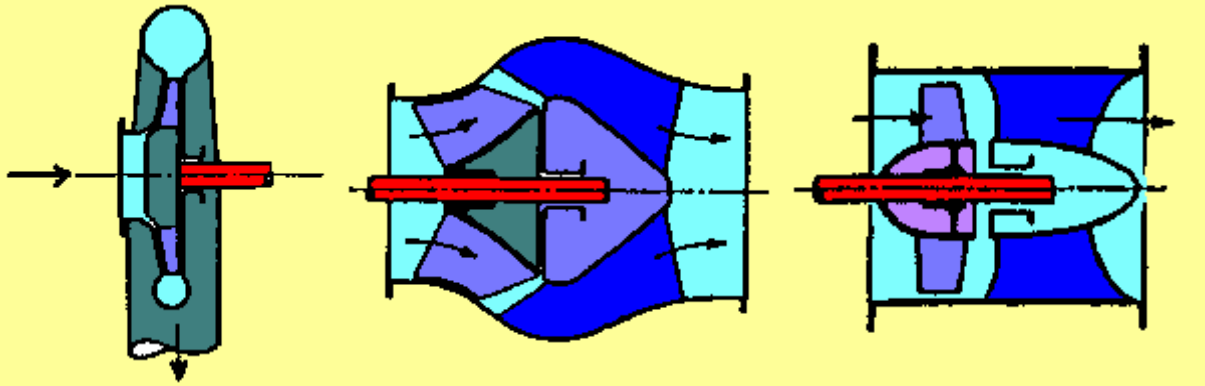

이중동체형
다단펌프
원심펌프
KS소형
다단펌프
KS양흡입
펌프
사류펌프
KS소형펌프
축류펌프
양정
m
5000
3000
2000
1000
500
300
200
100
50
30
20
10
5
3
2
1
0.1 0.2 0.3 0.5 1 2 3 5 10 20 30 50 100 200 500 1000
유량 m³/min

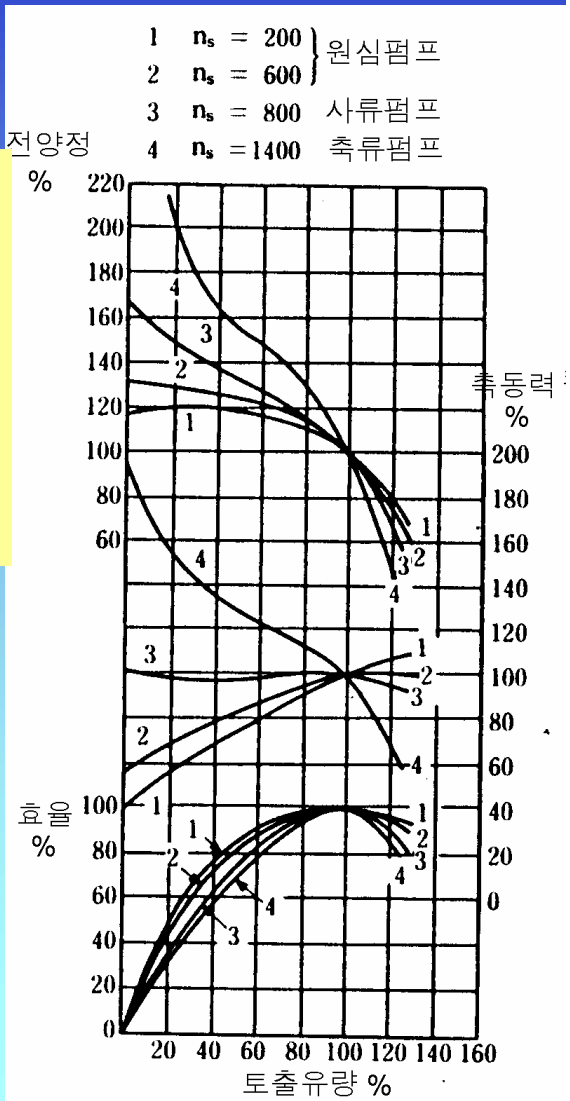
펌프 성능곡선


토출압력
전압력
흡입압력
저항곡선
조정밸브
교축손실
펌프효율
축동력
규정유량
온도상승
유량 : t/h
0
100
200
300
400
500
600
700
800
50
40
30
20
10
100
90
80
70
60
50
40
30
20
100
200
kg/cm²
%

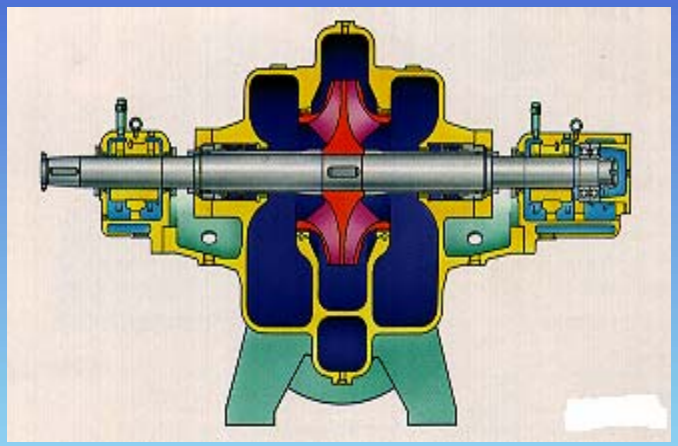
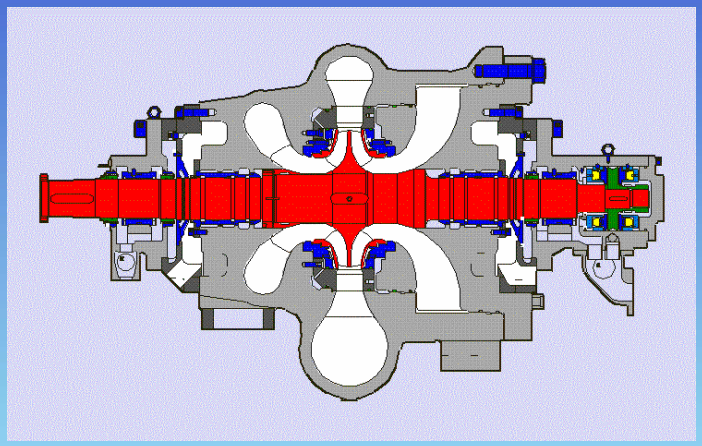
펌프의 비교회전도별 형식과 특징

	원심 펌프	사류 펌프	축류 펌프
작동 원리	원심력	원심력 + 양력	양력
Ns	200 ~ 600	600 ~ 1400	1400 이상
특징	◆ 체절운전 가능 ◆ Ns가 작을 수록 체절양정이 작다	◆ 원심펌프와 축류펌프의 중간 특성	◆ 체절운전 불가 ◆ 저유량 영역에서 STALL 발생

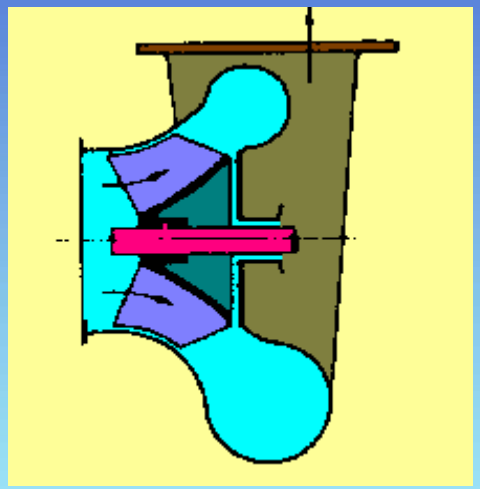
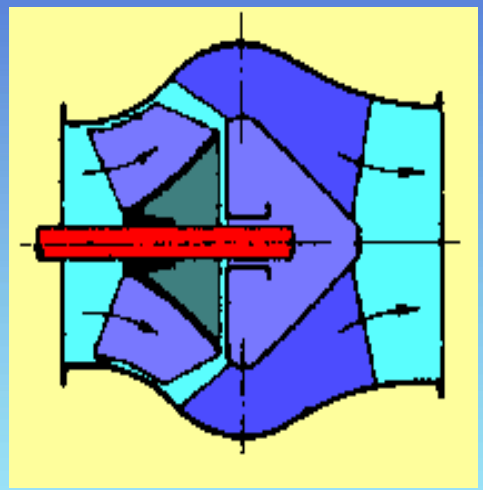
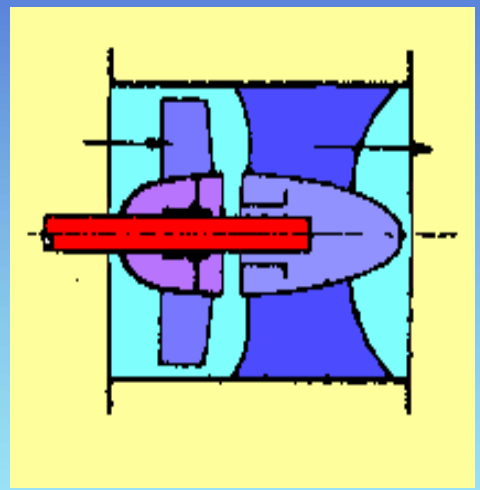




케이싱 분류 (분할 형식)

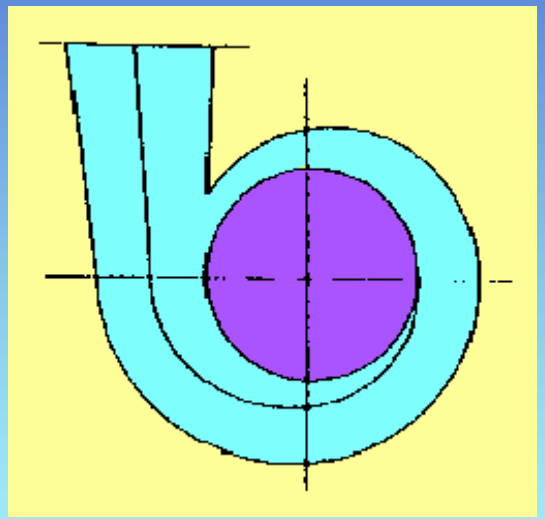
	수평분할	수직분할
		
특징	분해점검 용이	고온, 고압에 적합 200℃, 70K
적용	HD, MSB	HDR

케이싱 분류 (토출 유로의 형식)

사류 볼류트	사류 디퓨져	축류
		
◆ 직각 방향 토출 ◆ 하수용 펌프에 적합	◆ 축방향 토출 ◆ 볼류트에 비해 소형	◆ 소형(원심펌프의 1/2)

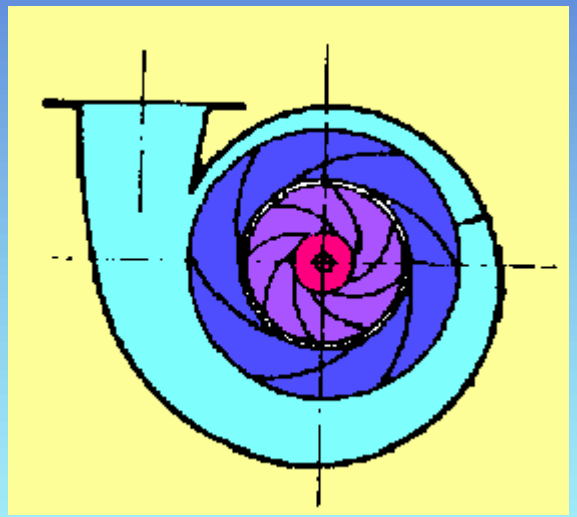
케이싱 분류 (토출 유로의 형식)

원심 볼류트



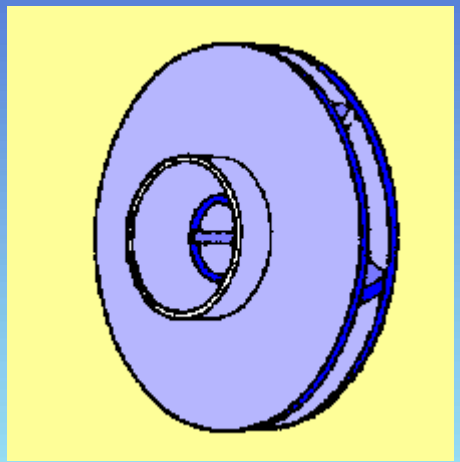
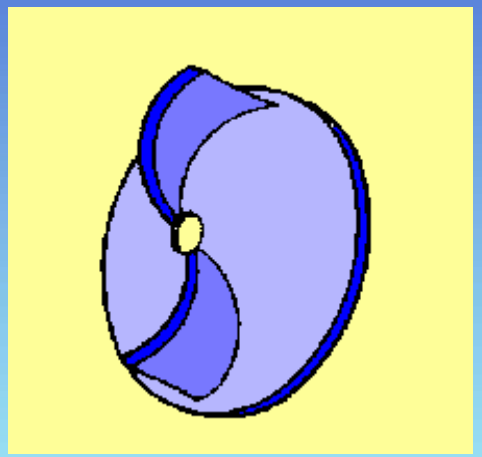
◆ 일반펌프류

원심 디퓨져



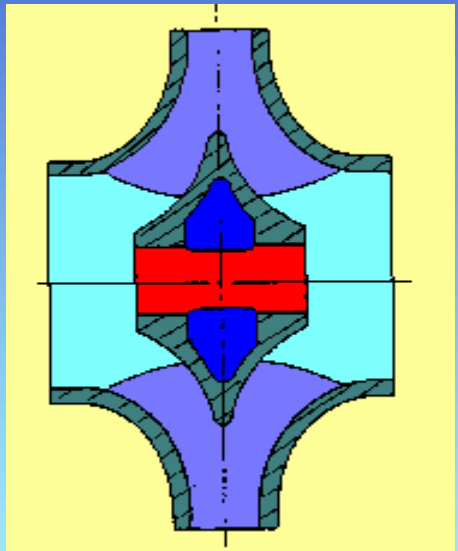
◆ 소형다단펌프

임펠러 형상에 의한 분류

밀폐형	개방형	NON-CLOG
		
◆ 고양정 원심펌프	◆ 저양정 사류펌프 ◆ 우수, 하수등 약간의 이물질을 포함한 경우에 적합	◆ 고형물, 섬유질 이송

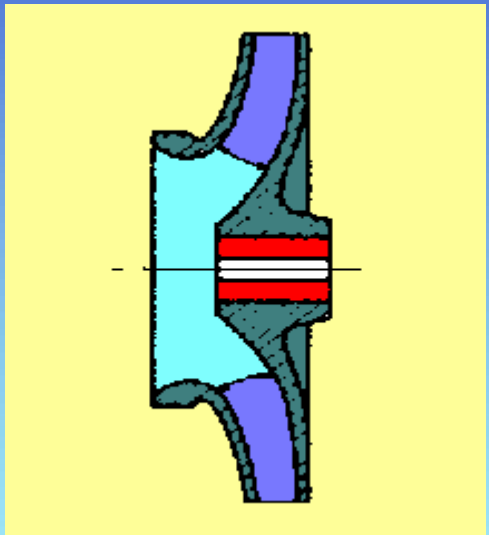
흡입 방식에 의한 임펠러의 분류

양흡입



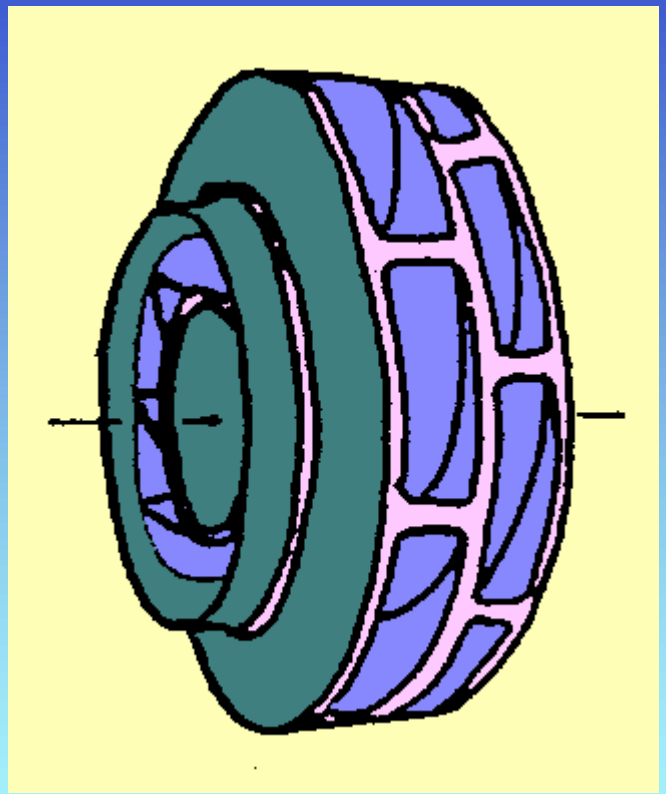
- 임펠라 좌우 대칭
- 흡입성능이 편흡입에 비하여 좋다
- 대형펌프에 대하여 경제적

편흡입

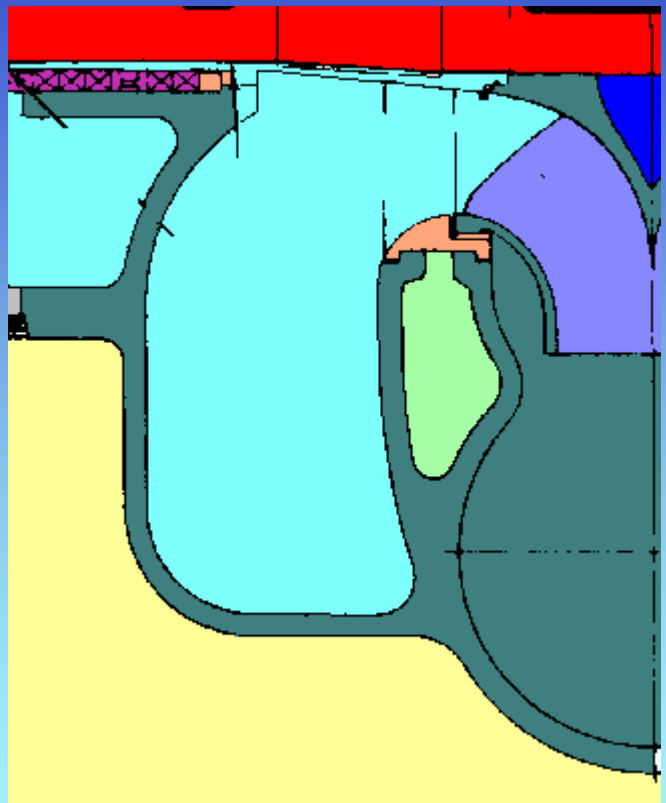


- 유로구조가 간단
- 수직 펌프에 적합
- 소형 표준 펌프
- 다단 펌프

저소음 펌프의 설계

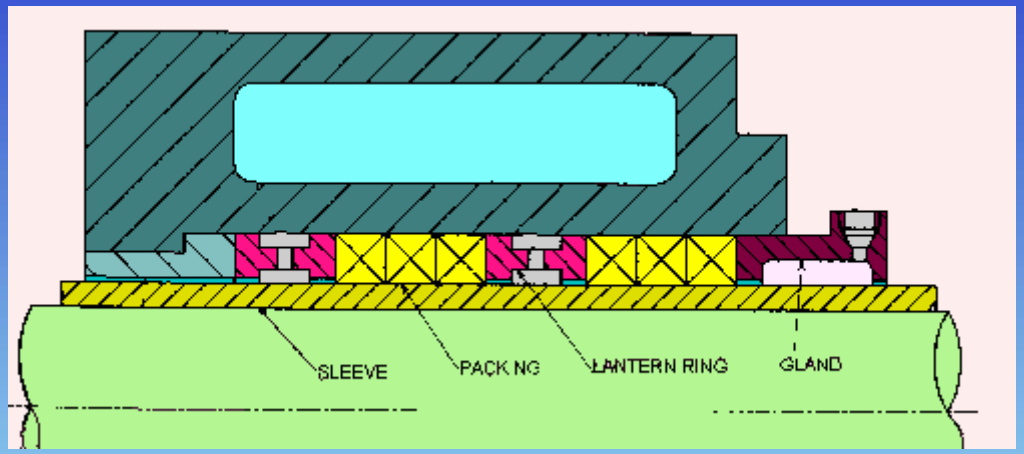


날개의 중첩



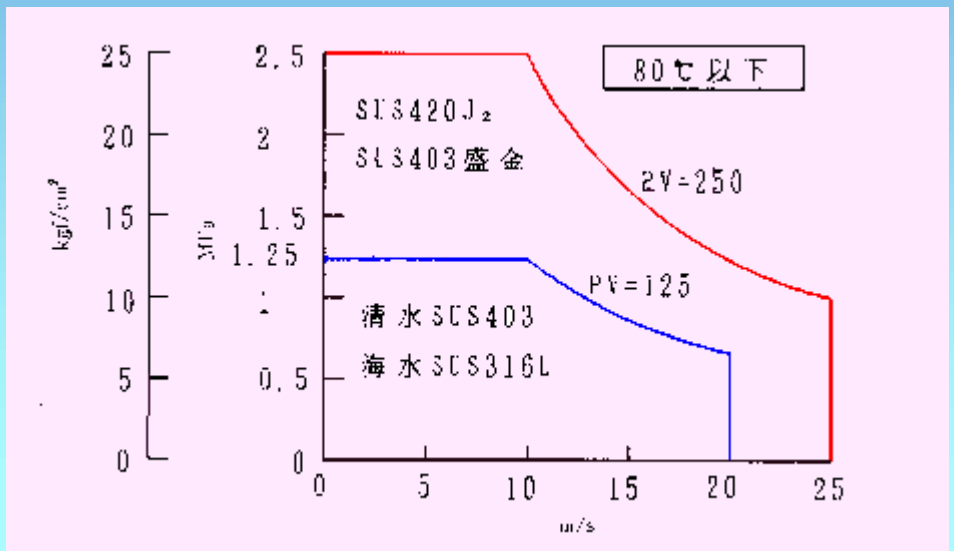
방음 케이싱

축봉장치 – 패킹

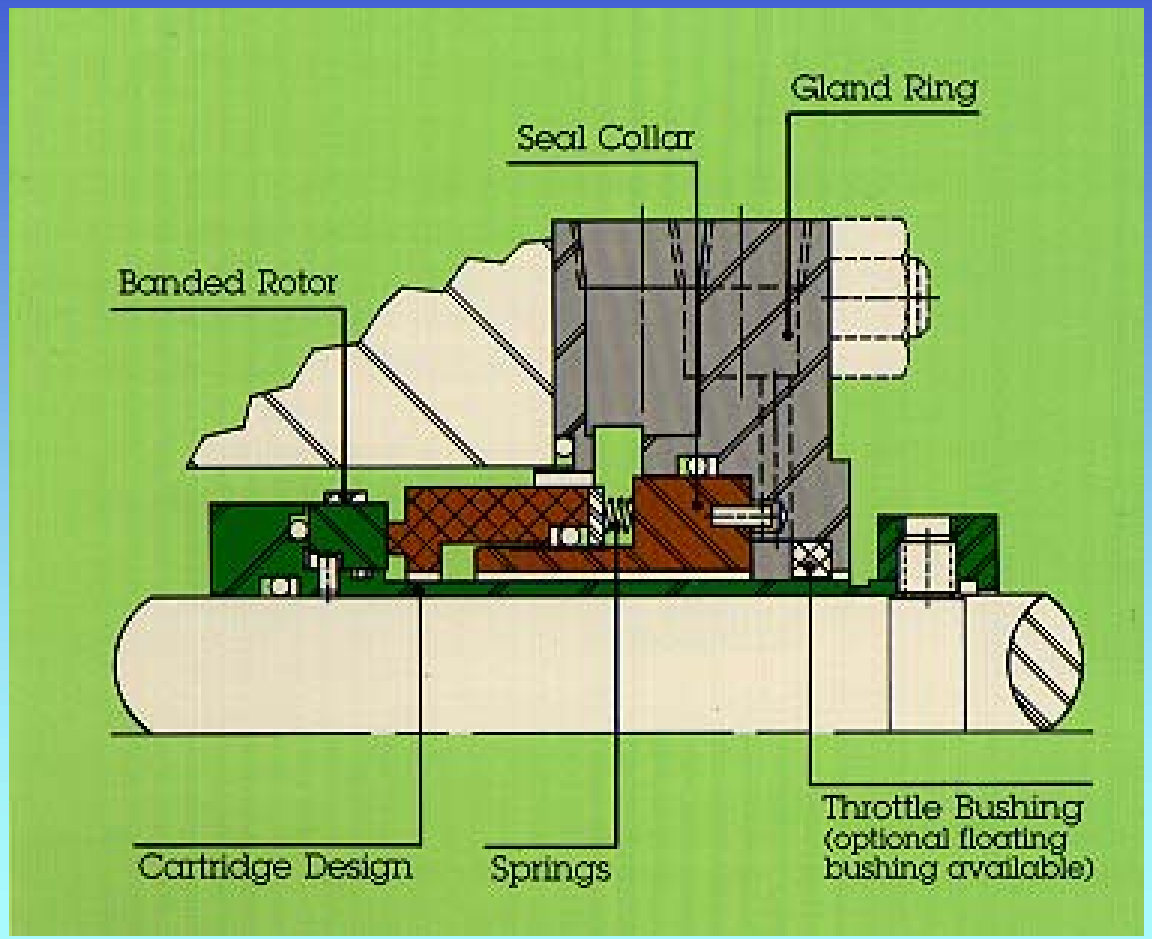


슬리브의 재질 선정 기준

- 누수량 : 지름당 0.2 ~ 0.5 cm3/min
- 발열량 : 30’C



축봉 장치 – 메카니칼 씨일



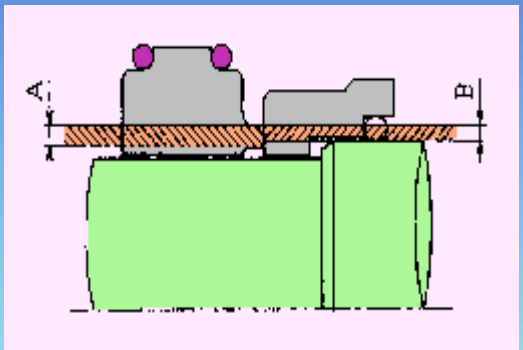
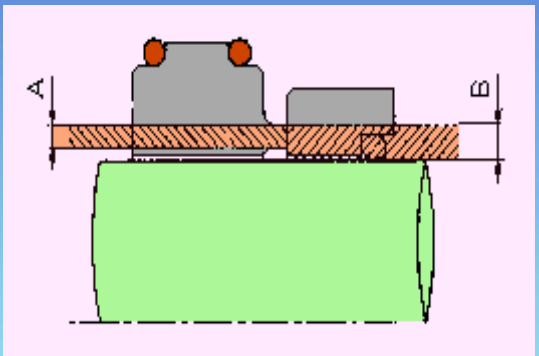
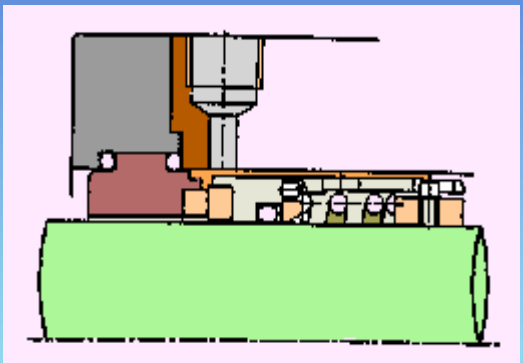
◆ 구성 : 습동면, 압축링, 스프링, 패킹

습동부

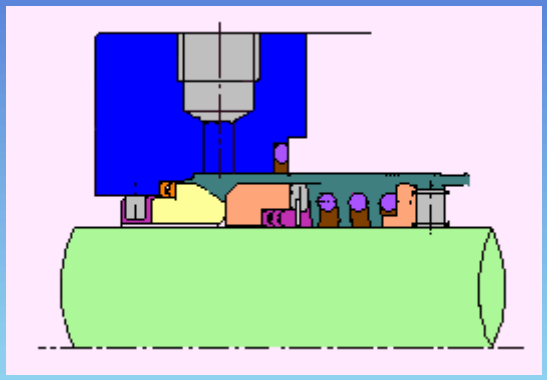
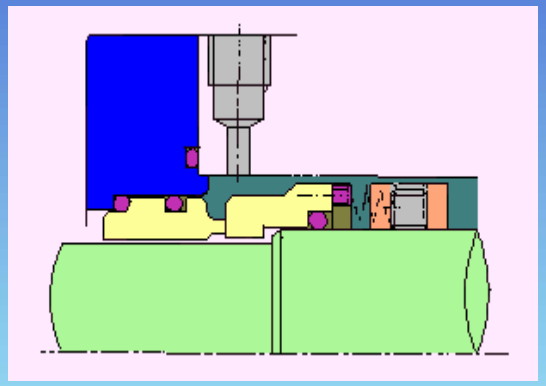
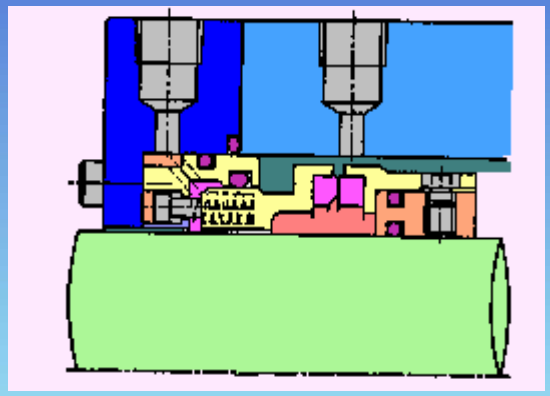
◆ 경질
세라믹
초경합금
실리콘 카바이드

◆ 연질
카본

메카니칼 씰의 분류

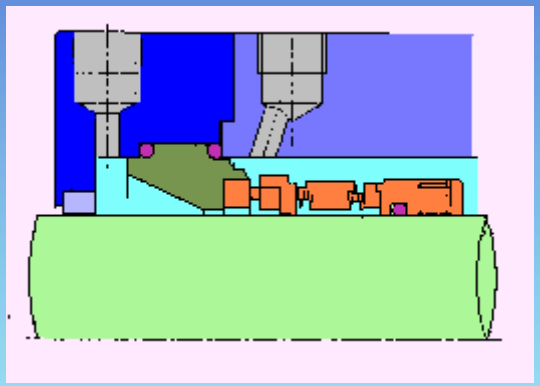
발란스형	언발란스형	회전형
		
◆ 고온.고압펌프(P>20K) ◆ 저비등유체(LPG등)	◆ 일반 펌프	◆ 일반 펌프 > 패킹과 호환성 있음.

메카니칼 씰의 분류

정지형	멀티 스프링	싱글 스프링
		
◆ 고속(20m/s 이상)	◆ 일반 펌프	◆ 부식성 유체 ◆ 결정성 유체

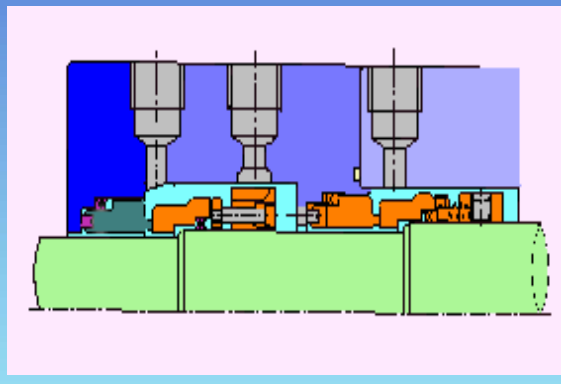
메카니칼 씰의 분류

벨로우즈씰



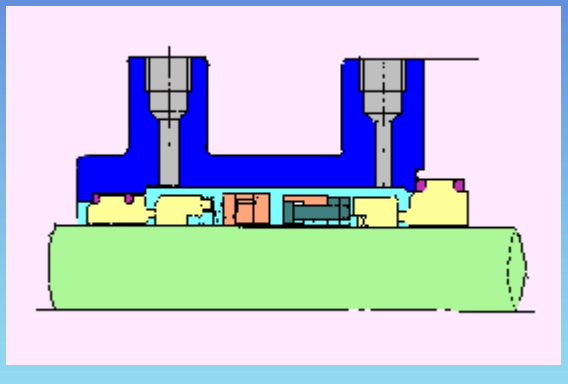
- 축 패킹 불필요
  >고온용 펌프

텐덤 씰



- 독극물
- 산화성 유체

더블 씰



- 고압 펌프

패킹과 메카니칼 씰 비교

	패킹	메카니칼 씰
구조	간단	복잡
분해,조립	용이	불편
누설량	300 ~ 1200 cc/hr	3 cc/hr
슬리브 마모	큼	없음
수명	정기적 교환(3~6개월)	1 ~ 2 년
일반적 용도	일반펌프	고온,고압, 특수액

펌프의 베어링

선정 기준	베어링 배열
◆ 구름베어링 수명이 규정치 이상 ◆ DN < 500,000 ◆ PN < 4,000,000	◆ 레이디얼 하중 지지 : 구름 베어링 ◆ 스러스트 하중 지지 : 구름 베어링
◆ 구름 베어링 기준한 레이디얼 베어링 수명이 기준치 이하이거나 DN > 500,000 ◆ 스러스트 베어링 수명이 기준치 이상이고 , DmN < 500,000 ◆ PN < 4,000,000	◆ 레이디얼 하중 지지 : 동압 베어링 ◆ 스러스트 하중 지지 : 구름 베어링 혹은, 동압 베어링
◆ 구름 베어링 기준한 베어링 수명이 기준치 이하 ◆ DN > 500,000 ◆ PN > 4,000,000	◆ 레이디얼 하중 지지 : 미끄럼 베어링 ◆ 스러스트 하중 지지 : 동압 베어링

윤활 방법

- 그리스 윤활
- 유욕법 (Oil Bath)
- 오일링 (Oil Ring)
- 분무식 (Pure Mist)
- 혼합식 (Purge Mist)
- 강제 윤활 → 동압 베어링

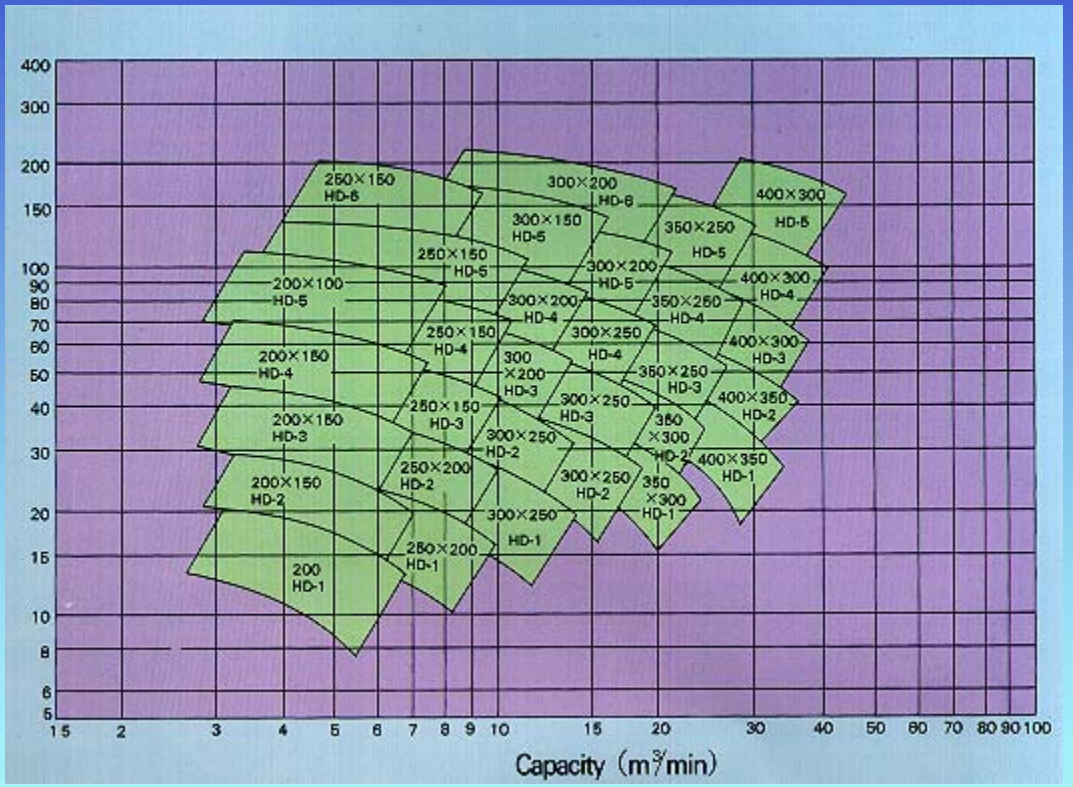
펌프의 상사 법칙

$$Q_1 = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \frac{N_1}{N_2} Q_2$$

$$H_1 = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 H_2$$

$$NPSH_1 = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 NPSH_2$$

D1/D2 : 기하학적 상사비
Q : 유량 (m3/min)
H : 양정 (m)
N : 회전수 (rpm)



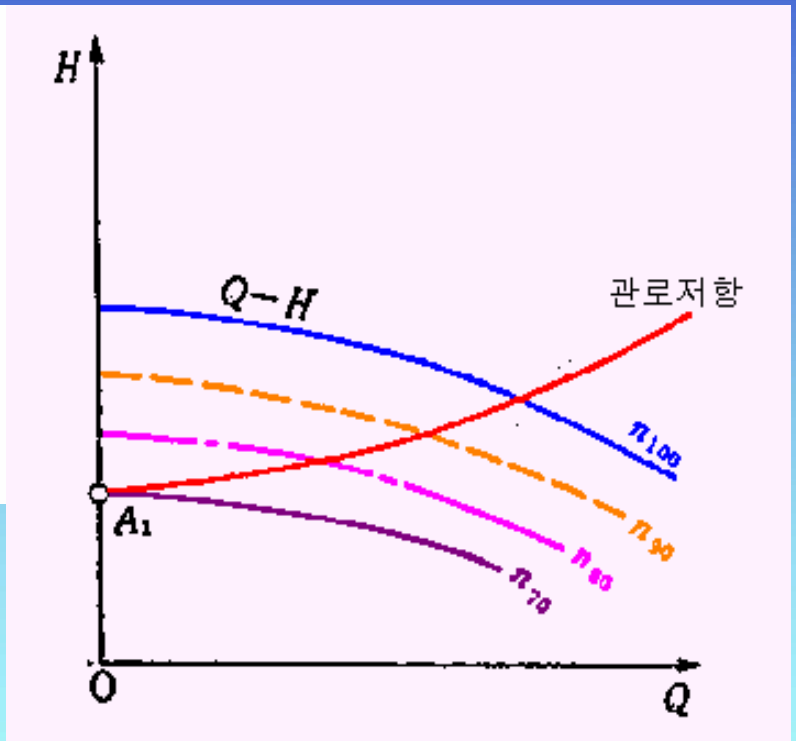
펌프의 성능 변경 – 회전수 변경

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$$

$$L = \frac{0.163 \times \gamma \times H \times Q}{\eta_p} \quad (kw)$$



Q : 유량 (m3/min)
H : 양정 (m)
Y: 비중
L : 동력 (kw)
η: 펌프 효율

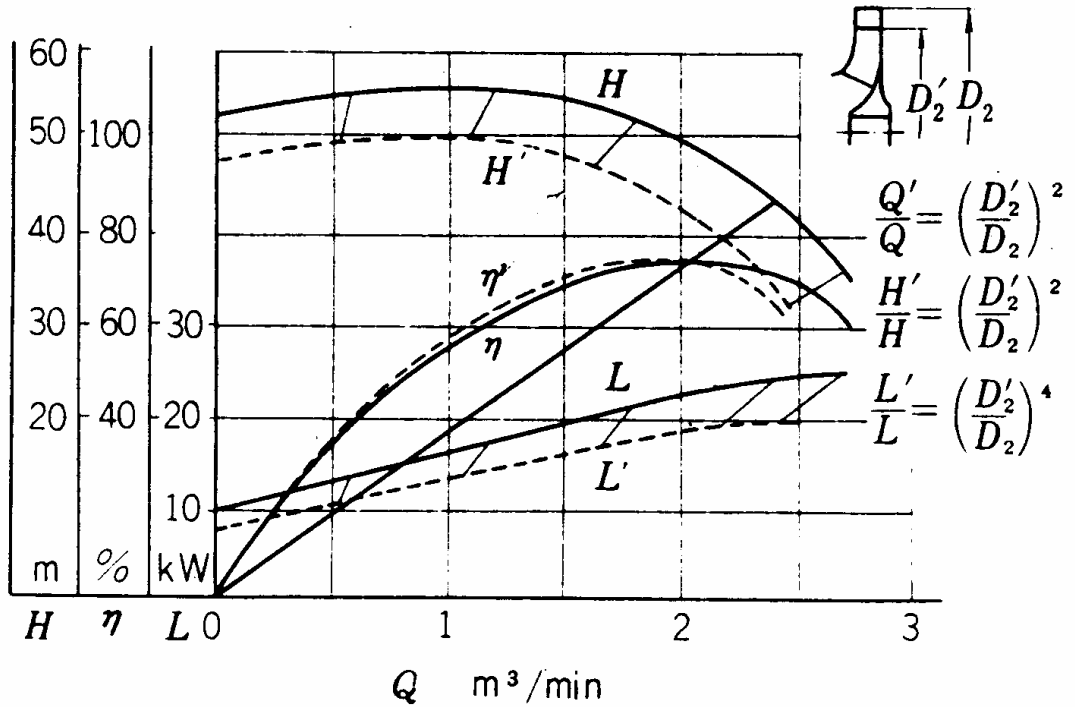
펌프의 성능 변경 – 외경 변경

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^m$$

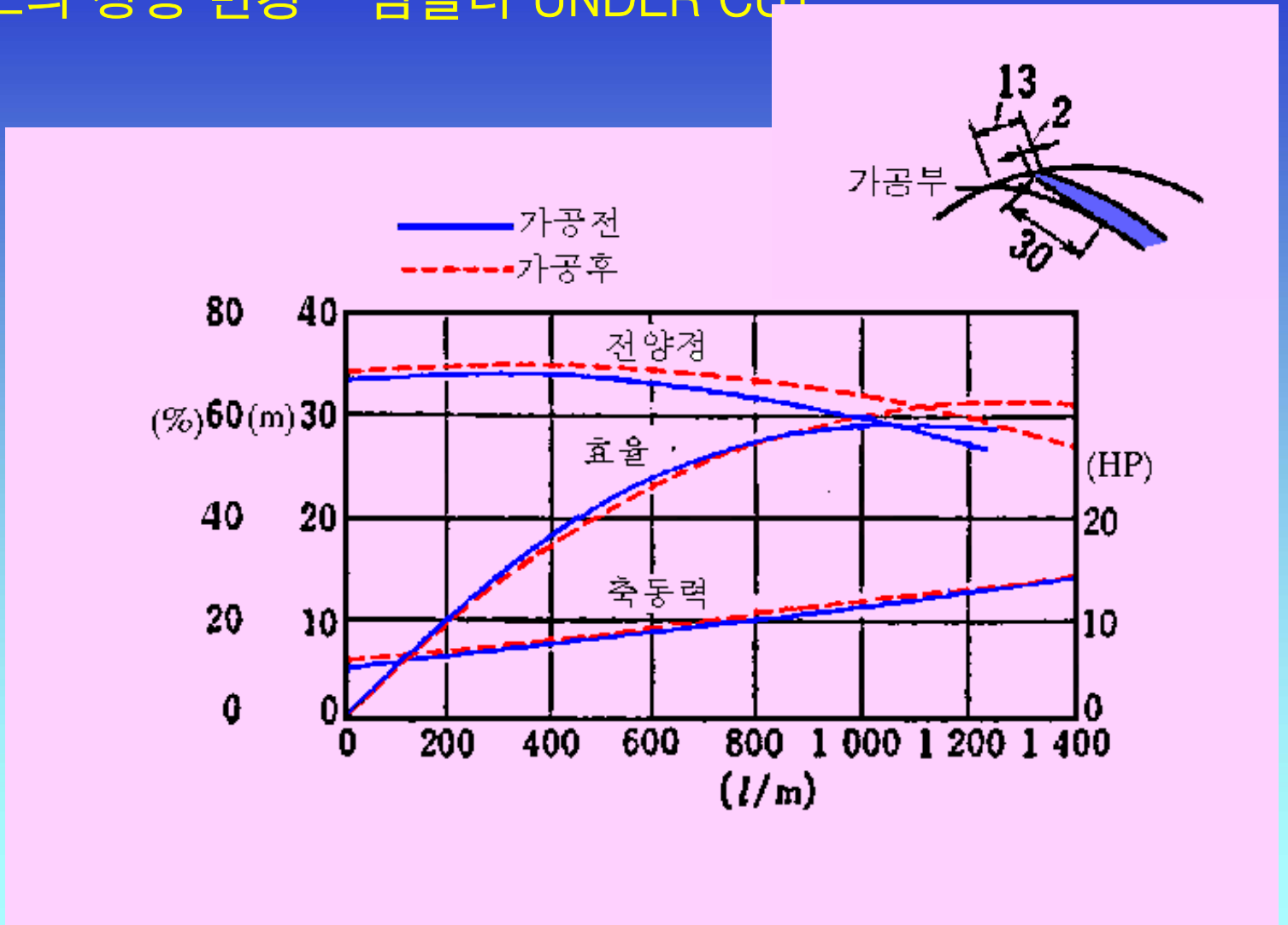
$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^n$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^{m+n}$$

(m=1~2, n=2~3)

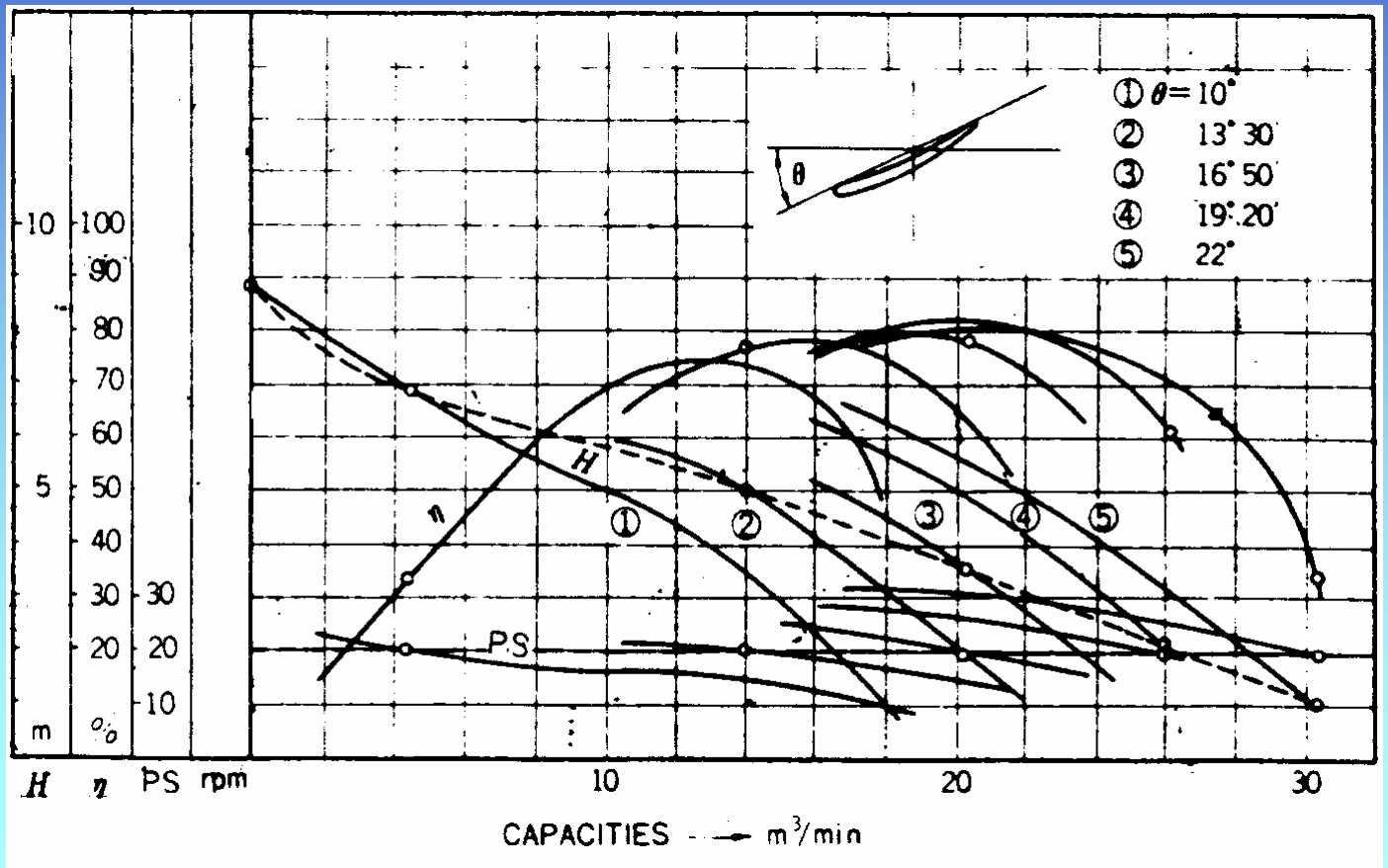


펌프의 성능 변경 – 임펠러 UNDER CUT



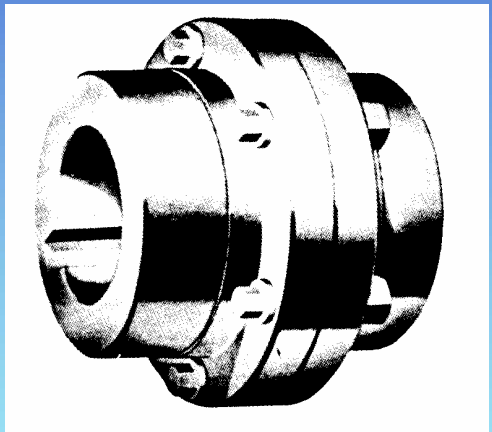
펌프의 성능 변경 – 임펠러 조립각의 변경

$$\Delta Q / Q = \Delta\theta / \theta$$



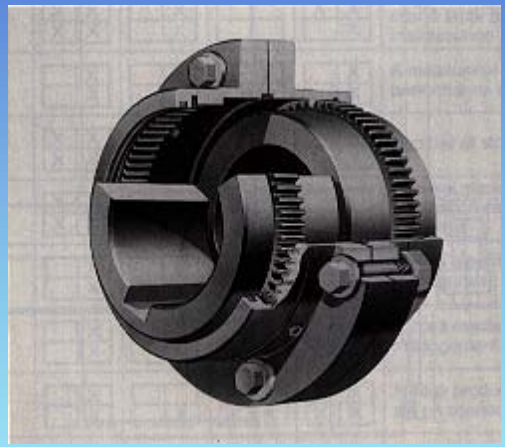
카플링

RIGID 카플링



- 추력 베어링 ; 구동기측
- 수직펌프

기어 카플링



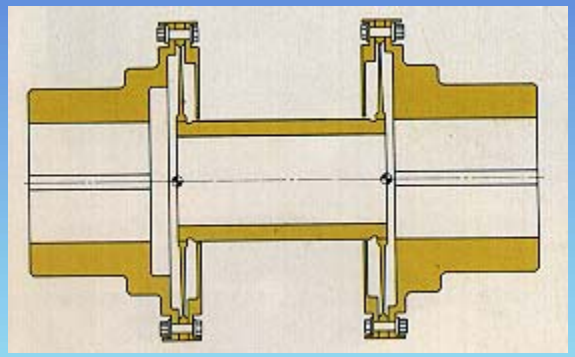
- 저속, 고토크
- 급유 필요
- 부식 환경

카플링

적층판-Multi Disk

- 중속, 중.저토크

Diaphragm



- 고속, 고토크
- 동적 불변성, 형상 안정성

카플링 대비표

	기어	디스크	다이아프램
급유	필요	불요	불요
저속.토크시 강성	최적	적합	적합
허용 편심량	작다	우수	우수
동적 불변성	요주의	적합	최적
형상 안정성	마모 발생	적합	최적
조립	곤란	용이	간편

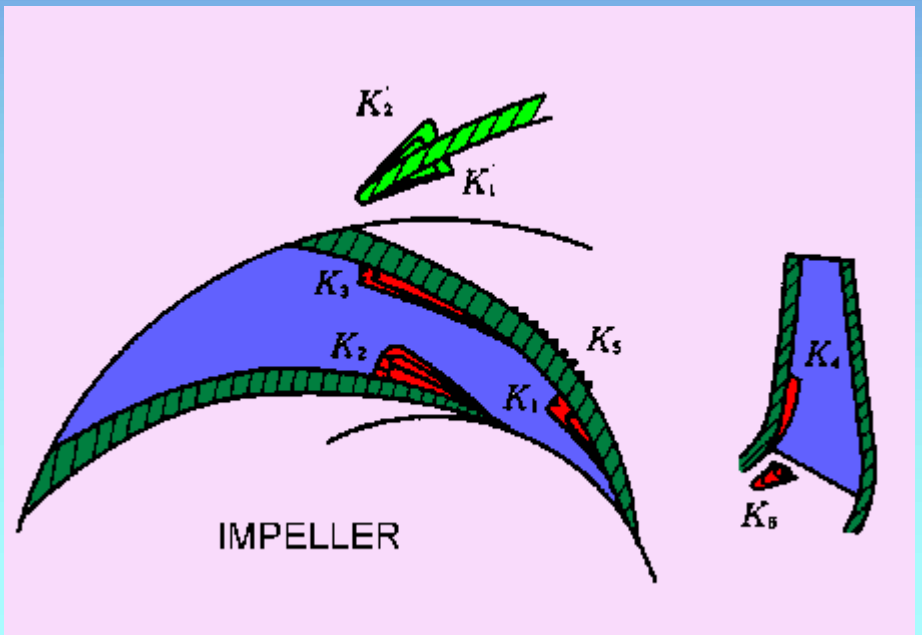
캐비테이션

◆ 캐비테이션 (Cavitation) : 임펠러 입구부에서 유체의 압력이 포화 증기압 보다 낮아지면 기포가 발생하고 고압부로 이동되어 소멸되는 현상.

→ 고주파 진동, 소음, 침식, 성능 저하

◆ 캐비테이션의 종류

- 과대 유량 : K2, K4, K5
- 60~100% 유량 : K1
- 50~60% 유량 : K2, K6, K5, K1

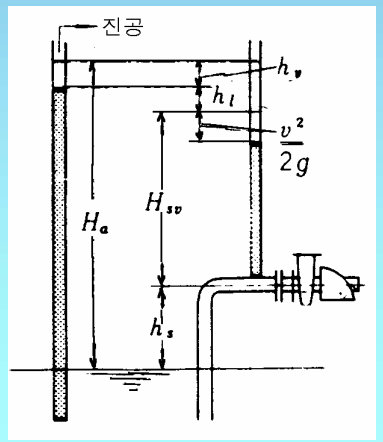


유효 흡입 수두 (NPSH)

NPSH available

◆ 임펠러 입구 직전의 유체의 압력이 포화 증기압보다 어느 정도 높은가를 나타내는 수치

NPSHa = Ha − hs − hv − hl
(Hsv)



Ha : 대기압 (10.3m)
hs : 흡입 실양정 (m)
hv : 포화 증기압 (m)
hl : 흡입관 손실 (m)

NPSH required

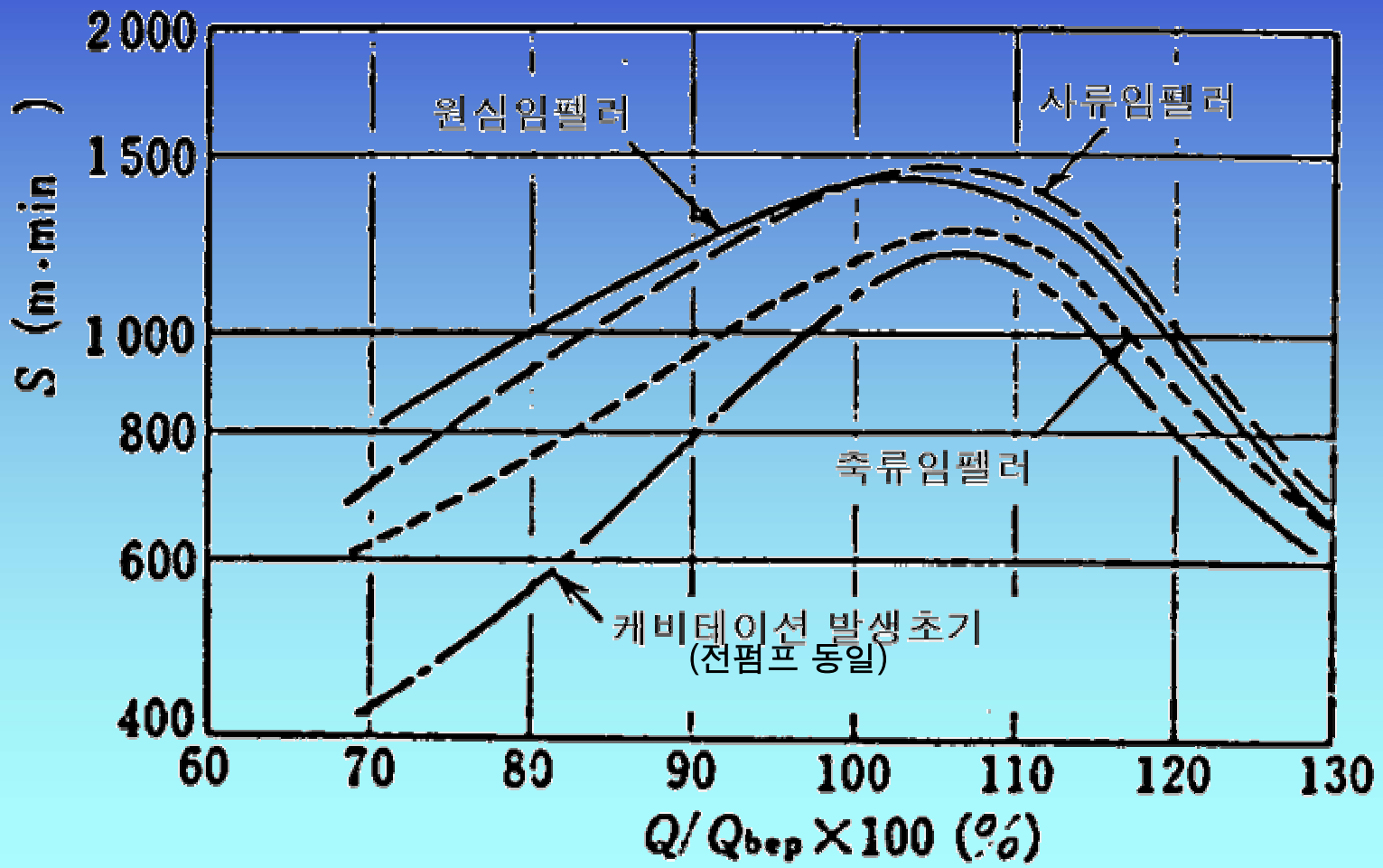
◆ 캐비테이션이 발생하지 않기 위해 펌프에서 필요한 최소 압력

$$(h_{sv}) = \left(N\frac{\sqrt{Q}}{S}\right)^{\frac{4}{3}}$$

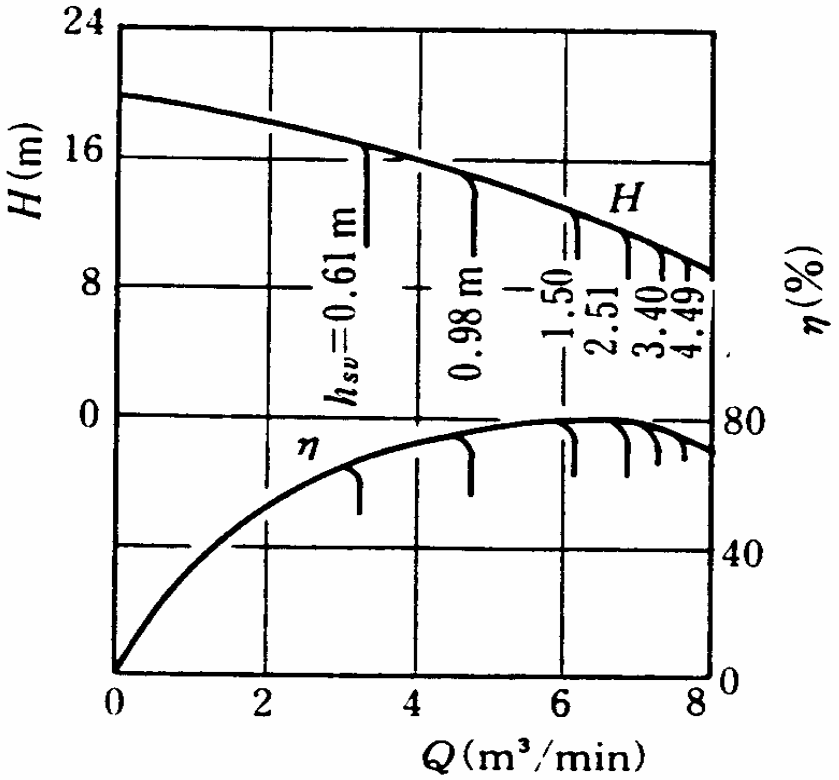
N : 회전수(rpm)
Q : 유량 (m^3/min)
S : 흡입 비속도
ns < 500, S=1500
ns > 600, S=1200

케비테이션 방지 조건 : Hsv > hsv

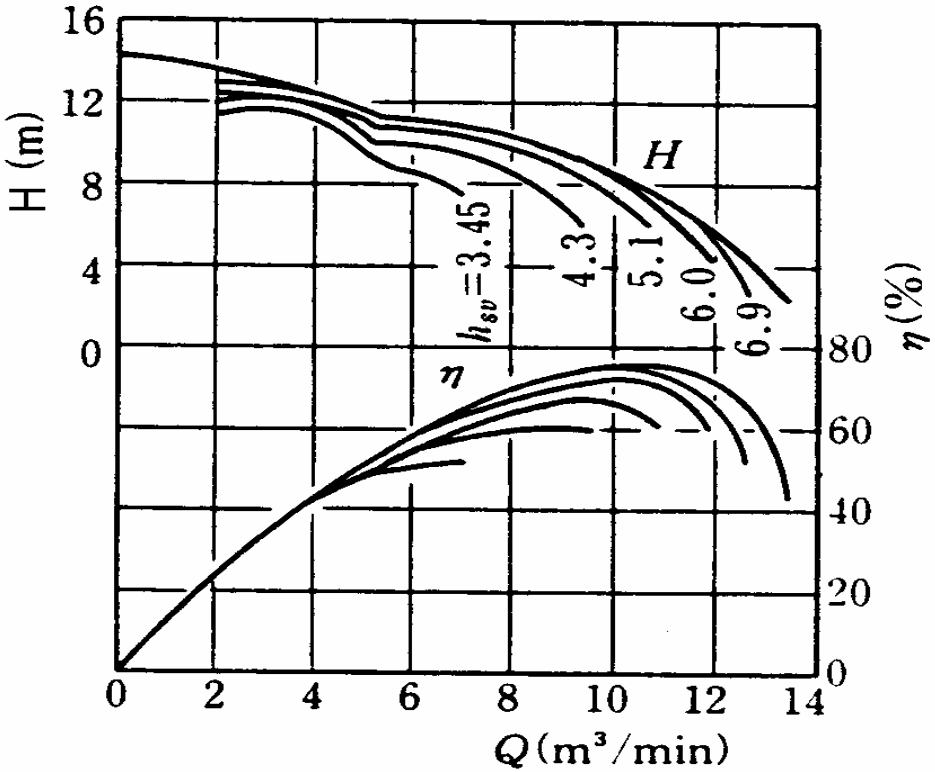
펌프 형식 / 유량 따른 흡입 비속도 (개략치)



캐비테이션 발생에 의한 성능 저하

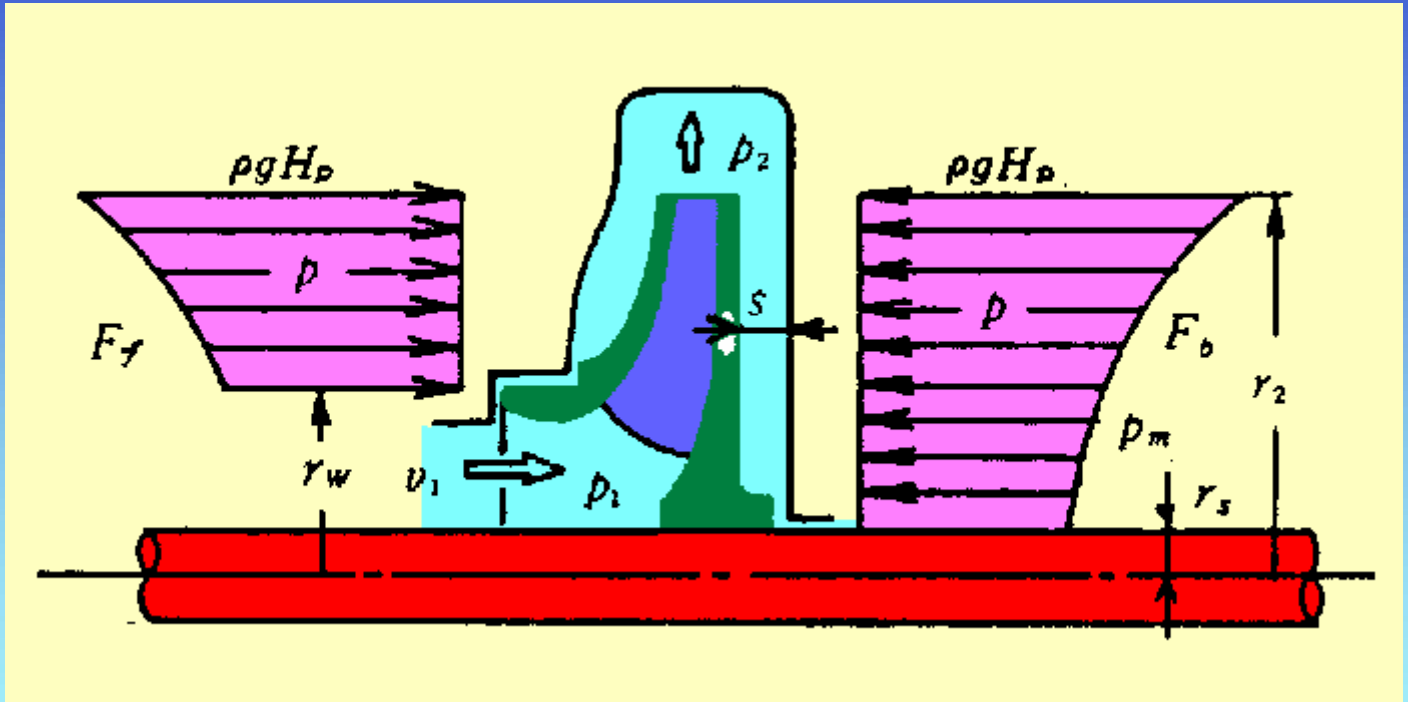


원심 펌프



사류 펌프

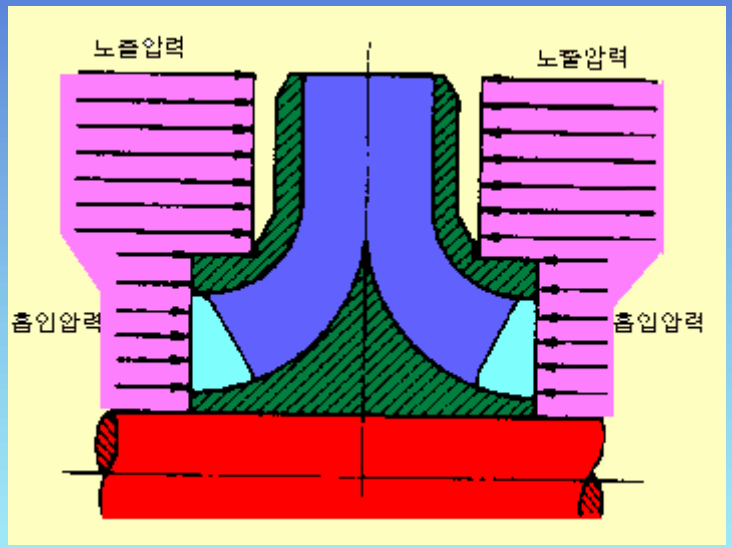
축방향 THRUST



$$T = \pi(\gamma_\omega^2 - \gamma_s^2)\,(P_m - P_1) - \rho Q v_1$$

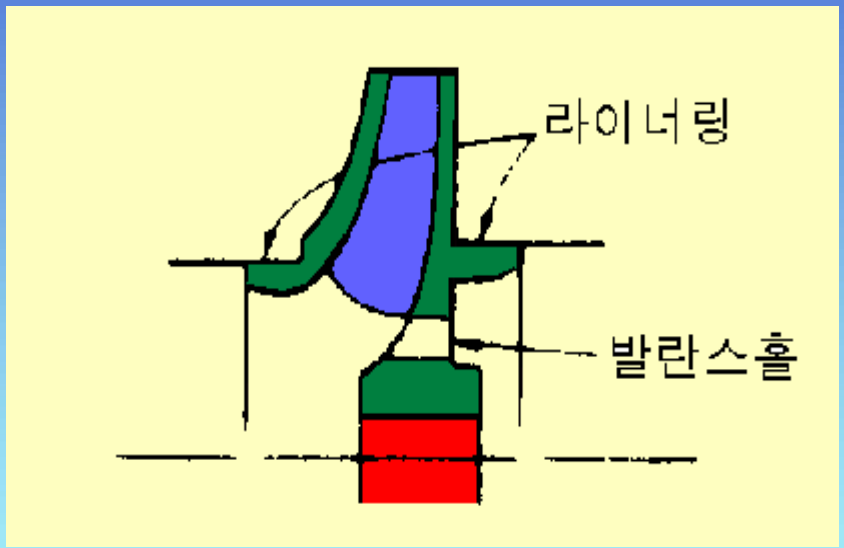
축추력 평형 방법

양흡입 임펠러



◆ 순간적인 축추력 잔류

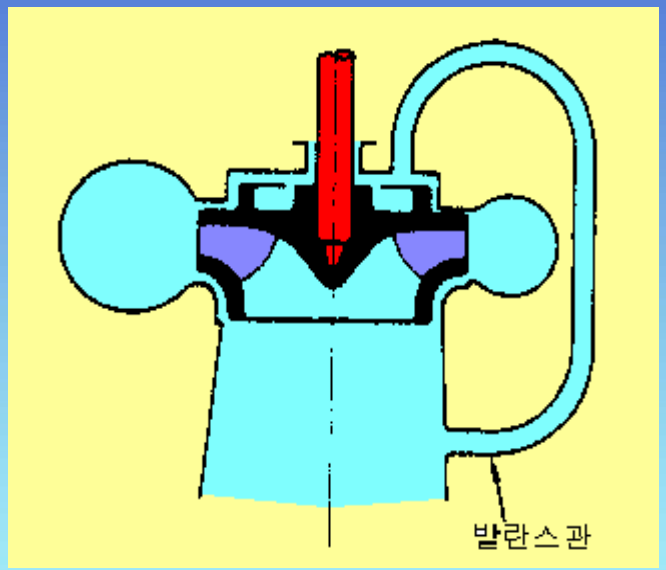
발란스 홀



◆ 축추력 잔류

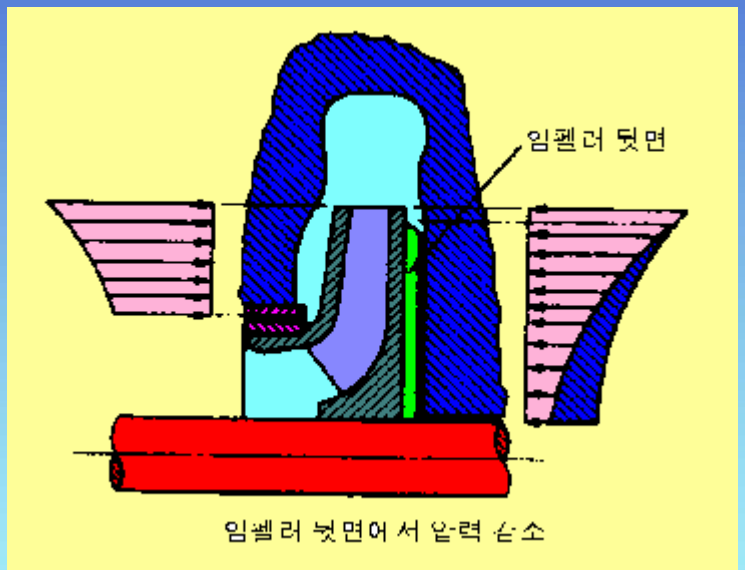
축추력 평형 방법

발란스 관



- 축추력 잔류

발란스 베인



- 축추력 감소
- 축동력 증대

펌프의 진동

구 분	원 인	대 책
불평형 진동	공 진	진동 응답 해석 → 감도 평가 → 가진 시험 → 수정
	기계적 불평형	재발란스, Field Balance
	유체적 불평형	운전 모드 변경, 재제작
저주파 진동	유막 불안정 서어지 등	베어링및 씰 계통 개선
고주파 진동	볼베어링 결함, 케비테이션 등.	주파수 평가
기 타		- 기계적. 전기적 Runout - 일교차 - 열팽창, 배관력, 토출 반력 ; Misalignment

펌프의 소음

- 임펠러의 Vane Frequency

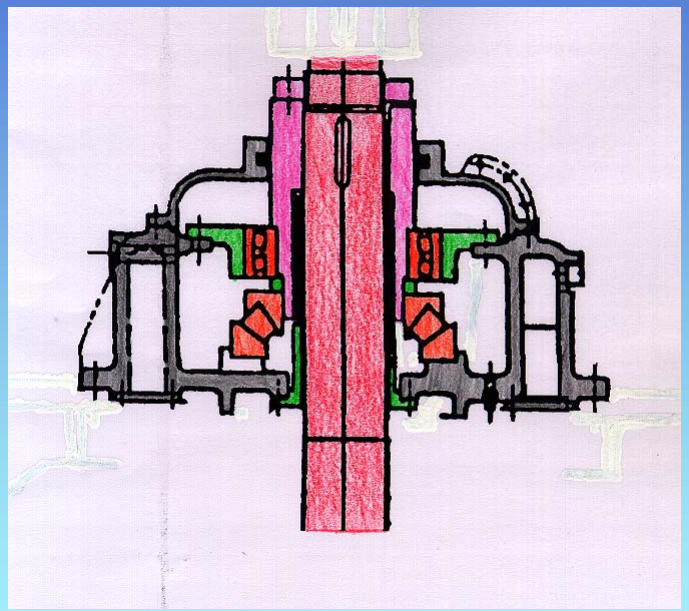
  $f=nz/60$

  f : 주파수 (Hz)
  n : 회전수 (rpm)
  z : 날개 매수

- 캐비테이션
- 난류 : 설계점 이외에서 운전시 → 임펠러 내부의 2차 유동
- 흡수조의 Vortex
- Surge
- 기계적 소음

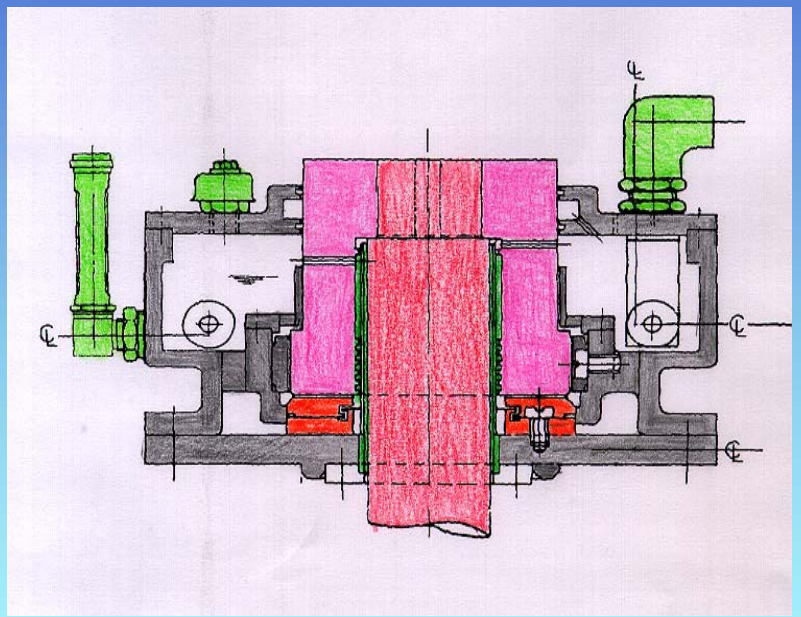
Thrust 베어링 구조

볼 베어링



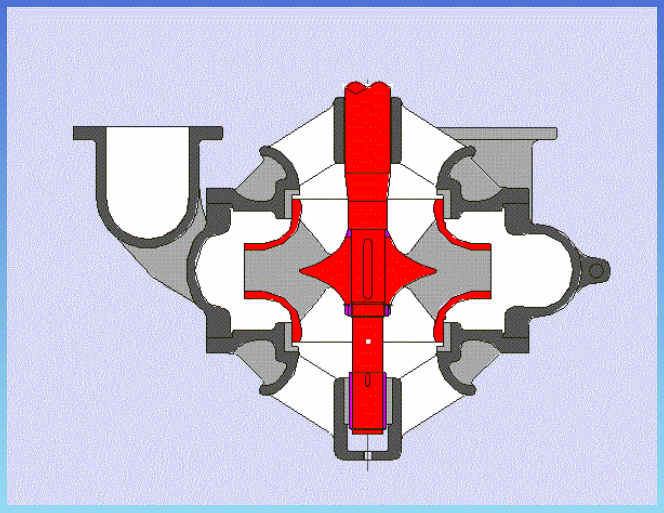
유 욕
외부냉각수

틸팅 패드

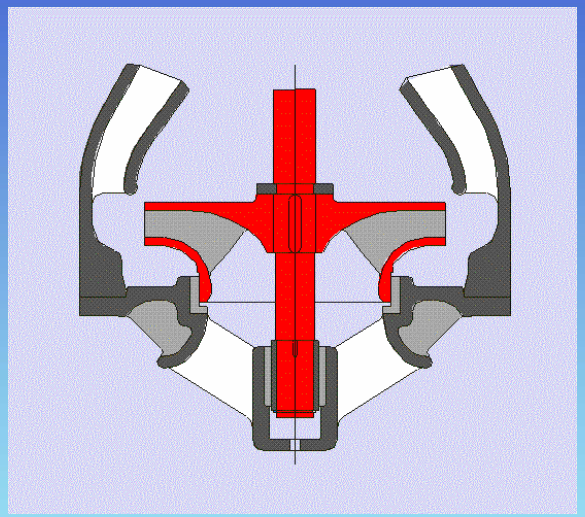


자체순환 윤활
외부냉각수

Pit Barrel Pump – 임펠러 분류



양 흡 입

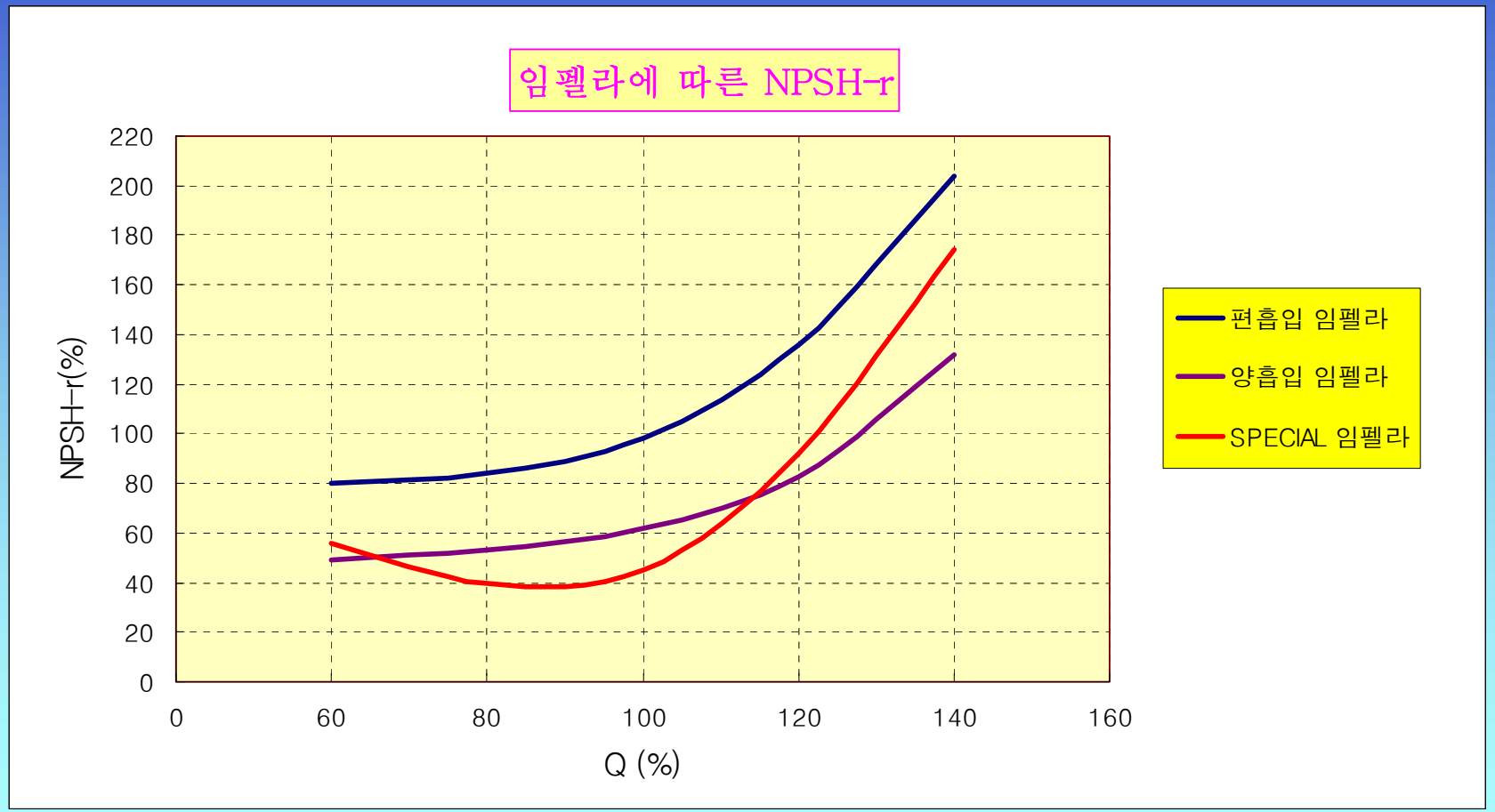


편 흡 입

- NORMAL IMP.

- 저 NPSH IMP.

Pit Barrel Pump - NPSH



틈새 부식 대책

구 분	대 책
1. 재료 선정	- Cr + 3.3 x Mo > 25% - Cr + 3.3 x Mo + Nitrogen > 35%
2. 예민화(427~870℃ 크롬 탄화물 석출)	- 용접에 주의(층간온도 175℃ 이하)
3. 재료의 조합	- 희생양극(ex. 주철, 탄소강 과 조합)
4. 유속	- 1.5m/sec 이상
5. 잔류 해수	- 드레인 가능토록 설계
6. 조립부의 틈새	- 수지 등으로 충진