

## II. MECHANICAL SEAL의 선정

### 1. MECHANICAL SEAL 선정에 필요한 조건

SEAL을 선정하기 위해서는 기본적으로 다음과 같은 조건이 필요하며 대개의 경우 하기 조건이 불충분하게 주어지므로서 야기되는 SEAL의 TROUBLE이 전체 SEAL TROUBLE요인의 30% 정도 차지하므로 이의 중요성을 새삼 강조하고 싶다.

첫째, SEAL의 SIZE, 즉 SHAFT나 SHAFT SLEEVE의 OUT DIA로서 SEAL 선정에서 선속도 또는 SEAL이 PV선도내에서 사용가능성을 검토하는데 중요하다.

둘째, ROTATING EQUIPMENT의 회전 속도 즉 SEAL이 PV선도내에서의 사용 적합성 판정에 주요한 인자로 작용한다.

셋째, 사용유체의 특성 이는 화학적 특성 및 물리적 특성을 지시하는 것으로 화학적 특성으로는 유체의 부식성, 마모성, 결정체 형성여부 결정체 포함 여부 독성 발화성 폭발성등을 포함하고 있는지가 주요인자가 될수 있고 물리적 특성으로는 비중, 비열점도, VAPOUR PRESSURE 등이 SEAL 선정에 중요한 인자로 작용한다.

넷째, 사용 유체의 온도로서 이는 SEAL의 재질이 견딜수 있는 온도의 한계점이 있으므로 COOLING을 시켜주어야 할지 또는 온도의 변화에 따른 유체특성의 변화등을 고려하여야 하므로 또한 중요한 인자로 작용한다.

다섯째, 사용 유체의 압력(STUFFING BOX 내압)으로 SEAL의 윤활작용을

잘 시킬 수 있는지 여부를 판정

하는데 주요 역할을 한다.

일반적으로 STUFFING

BOX의 압력은

PUMP의

설계에

따라 다소 차이가 있으나 OVER HUNG PUMP인 경우

$$P_{STUFF} = P_{SUC} P_{DIFF} \times (0.3 \sim 0.7)$$

VERTICAL PUMP인 경우

$$P_{STUFF} \approx P_{DIS}$$

DOUBLE SUCTION PUMP인 경우

$$P_{STUFF} \approx P_{SUC} \text{ 로 볼수 있겠다.}$$

$P_{SUC}$  : PUMP SUCTION PRESSURE

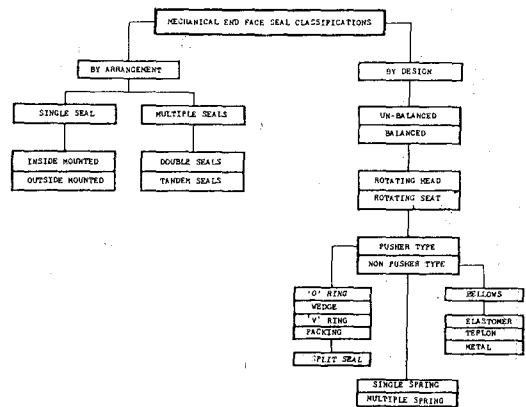
$P_{DIFF}$  : PUMP DIFFERENTIAL PRESSURE

$P_{DIS}$  : PUMP DISCUARGZ PRESSURE

$P_{STUFF}$  : STUFFING BOX PRESSURE

### 2. MECHANICAL END FACE SEAL의 분류

MECHANICAL SEAL을 선정하기 위해서는 SEAL의 종류 및 특성을 이해하는 것이 우선되어야 하므로 여기에서는 SEAL의 종류 및 특성을 논하고자 한다. 우선 분류를 도표화 하면



# PUMP의 누설방지를

## 위한 Mechanical /

# Face Seals

기획시리즈/펌프

글/이민형<JOHN CRANE KOREA (주) 영업부장>

### 1) UN-BALANCE SEAL과 BALANCE SEAL

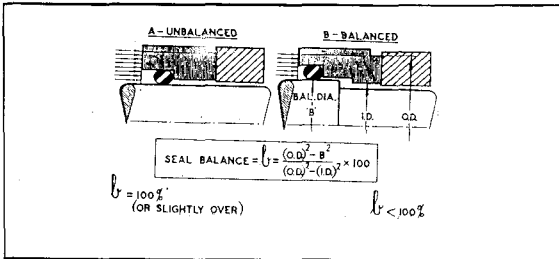
BALANCE SEAL과 UN-BALANCE SEAL의 차이점은 SEAL FACE 압력을 적당히 유지하여 윤활 작용이 원활히 이루어 주기 위하여 낮은 압력과 상대적으로 높은 액체의 비중에서 UN-BALANCE SEAL을 높은 압력과 상대적으로 낮은 비중의 액체일 경우 BALANCE SEAL을 사용하며 SEAL에 작동하는 STUFFIGN BOX의 압력은 SEAL FACE에 응력을 주기 때문에 SEAL STRESS를 줄이기 위하여 SHAFT 또는 SLEEVE에 STEP을 주어 SEAL FACE STRESS를 줄인다.

-BALANCE RATIO-

$$B = \frac{\text{유체압력이 가해지는 면적}}{\text{SEAL FACE의 접촉면적}}$$

$$= \frac{\frac{1}{4}\pi \{(O.D)^2 - D^2\}}{\frac{1}{4}\pi \{(O.D)^2 - (I.D)^2\}}$$

$$= \frac{(O.D)^2 - D^2}{(O.D)^2 - (I.D)^2}$$



이와 같이 BALANCE SEAL을 고안하게된 주된 이유는 SEAL FACE의 STRESS를 감소시켜 SEAL FACE에 FLUID FILM의 형성을 용이하게 하여 DRY RUNNING을 방지하며 동력의 손실을 적게하고 마찰과 마모를 줄이며 (LONGER SEAL LIFE) 유체의 작동압력을 높일 수 있으며 열의 방출을 줄이는데 있다.

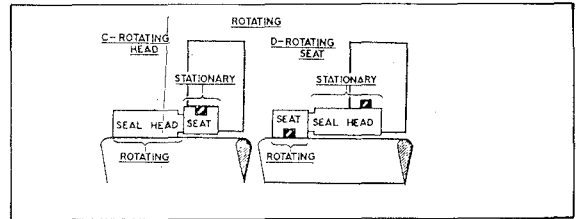
따라서 API 610 (6TH EDITION) 에서도 PUMPING LIQUID의 SPIGR가 0.65 이하이거나 SEALING

PRESSUR가 아래 조건 이하일때 BALANCE SAEL을 쓰도록 규정하고 있다.

■ BALANCED SEALS ARE REQUIRED WHEN PUMPED LIQUID HAS A SPECIFIC GRAVITY LESS THAN 0.65 OR WHEN SEALING PRESSURE EXCEEDS CONDITIONS BELOW

SEAL INSIDE DIAMETER INCHES	SHAFT SPEED RPM	PRESSURE PSIG
1/2 TO 2	UP TO 1800	100
	1801 TO 3600	50
OVER 2 TO 4	UP TO 1800	50
	1801 TO 3600	25

### 2) ROTATING HEAD와 ROTATING SEAT



상기 그림에서 보는바와 같이 SEAL HEAD가 회전하는 경우에는 CENTRIFUGAL FORCE에 의해 복잡한 SEAL HEAD 내부에 이물질의 침전을 막을 수 있어 일반적인 경우 SEAL의 대부분이 이에 속하나 HIGH SPEED PUMP인 경우 (일반적으로 3600 RPM 보다 큰 경우)에는 SEAL HEAD의 복잡한 MECHANISM이 높은 원주속도에 의해 원활히 작동하지 못하므로 단순한 모양의 SEAT를 회전시켜 효과를 얻을 수 있다.

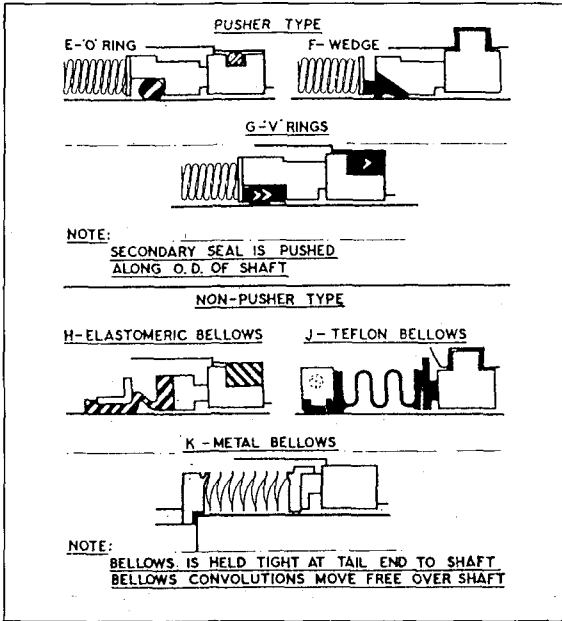
### 3) PUSHER TYPE SEAL과 NON PUSHER TYPE SEAL

PUSHER TYPE SEAL과 NON PUSHER TYPE SEAL은 SECONDARY SEAL의 TYPE에 의하여 분류된다.

장 단 점	NON-PUSHER	PUSHER
SHAFT 또는 SLEEVE 마모	없다	일반적으로 약간 있으며 SOLID형성액체에 부적합
구 조	간단하다	복잡하다
가 격	싸다	상대적으로 비싸다
내 진 동	비교적 진동에 강하다	상대적으로 진동에 약하다
종 류	RUBBER, METAL BELLOWS	D-RING, V-RING, WEDGE TYPE SEAL

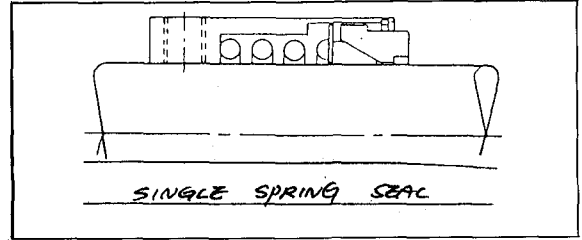
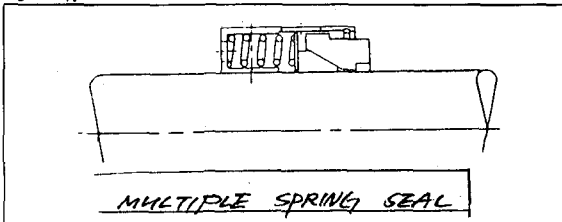
SECONDARY SEAL이 O-RING, WEDGE, V-RING등과 같이 SEAL FACE가 마모되면서 SPRING LOAD에 의하여 SEAL FACE와 함께 SHAFT 또는 SLEEVE를 따라 이동하며 누액을 방지하는 것을 PUSHING TYPE이라 하며 BELLOWS와 같이 SHAFT 또는 SLEEVE에 고정된 부분은 SEAL FACE의 마모에도 불구하고 움직이지 않으며 SHAFT 또는 SLEEVE에 닿지 않은 부분이 BELLOW의 장력 또는 SPRING의 장력에 의하여 이송함으로써 SEAL FACE 마모를 보상하여 주는 SEAL을 NON PUSHER TYPE SEAL이라 한다.

따라서 장단점으로는



#### 4) SINGLE SPRING과 MULTIPLE SPRING SEAL

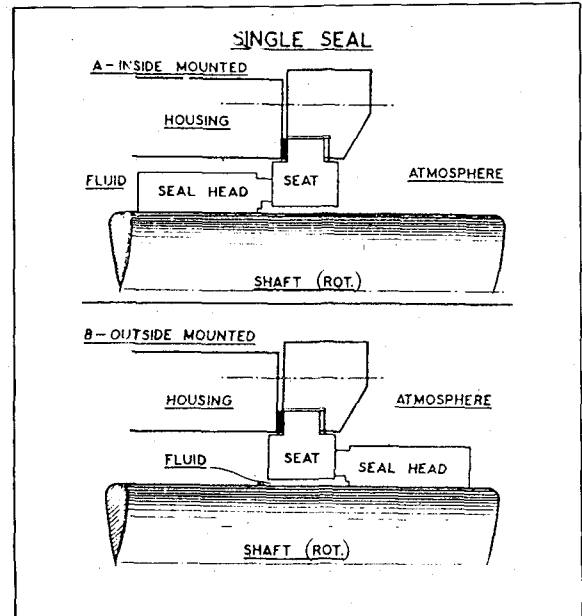
SINGLE SPRING SEAL은 일반적으로 FLEXIBLE 하여 내진동성에 강하고 굽기 때문에 내부식성에도 강하나 대개의 경우 RUBBER BELLOWS SEAL이 주종을 이루므로 내산 또는 내알칼리에 부적합하며 SEAL FACE압이 균일하지 못하여 고속회전 SEAL로서는 부적합하다. 반면 SPRING CLOGGING현상이 일어나지 않는다.

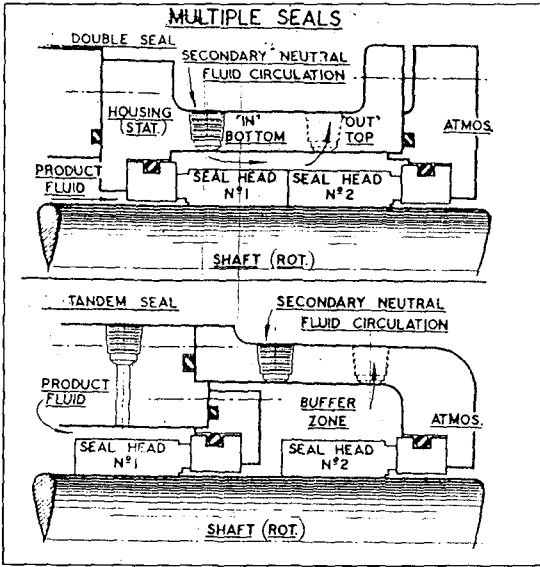


#### 5) SINGLE SEAL과 MULTIPLE SEAL

SINGLE SEAL과 MULTIPLE SEAL은 일반적으로 SINGLE, TANDEM, DOUBLE (BACK TO BACK) SEAL로 구분되며 최근 UP-STREAM PUMPING ARRANGEMENT SEAL로 사용되고 있는 실정이다. 또한 SINGLE SEAL도 INSIDE MOUNTED와 OUTSIDE MOUNTED SEAL로 구분되며 대개의 경우 INSIDE MOUNTED SEAL을 사용하나 액체가 강산 또는 강알칼리로 부식성이 심한 경우 SEAL의 접액부를 줄이기 위하여 OUTSIDE MOUNTED SEAL을 사용하나 압력은 5kg/cm<sup>2</sup> 이하일 경우에 사용하는 것이 바람직하다.

또한 SINGLE SEAL은 CLEAN LIQUID이며 액체에 독성, 발화성, 폭발성등의 위험이 없을 경우에 TANDEM SEAL은 CLEAN LIQUID이나 약한 독성, 발화성, 폭발성등이 존재할 경우에 DOUBLE SEAL은 극한 독성 또는 SLURRY 마모성 입자등을 포함한 까다로운 액성에 사용을 원칙으로 하지만 SEAL FLUSHING PLAN에 따라 변칙 운용이 가능하다.





각 ARRANGEMENT의 장단점은 아래와 같다.

**A. SINGLE SEAL**

일반적으로 특수한 화학적 성질을 지니지 않은 대부분의 경우 SINGLE SEAL을 사용한다.

**B. DOUBLE SEAL (BACK TO BACK)**

- ABRASIVES에 적합
- HIGHLY TOXIC MEDIA에 적합
- SEALANT에 누설이 PRODUCT에 약간 침투할 수 있다.
- 일반적으로 TROUBLE은 OUT BOARD SEAL이 먼저 일어나므로 PRODUCT의 누설을 거의 완벽하게 방지한다.
- SEALANT SYSTEM이 가압식으로 복잡하다.
- OUT BOARD SEAL이 실패할 경우 SEALANT의 손실이 크므로 SHUT DOWN 장치가 필요하다.

**C. TANDEM SEAL OR FACT TO FACE DOUBLE SEAL**

- 간단한 SEALANT SYSTEM 필요. 대기압상 태가능
- IN BOARD SEAL은 RECIRCULATION (PRODUCT)이 일반적으로 DOUBLE SEAL보다 적은 열 발생.
- INBOARD SEAL이 먼저 파손되므로 SEALANT SYSTEM의 압력 상승시 적기에 교체 필요.

· PRODUCT가 극독성일 경우 SEALANT에 오염되면 FLARE STACK에 이송되어 태울 수 있는 장치 필요.

**PRODUCT SEALANT FLARE STACK**

**3. SEAL의 선정 절차**

**1) 액체의 화학적 특성 검토(CHEMICAL PROPERTIES)**

- A. 부식성→SEAL의 재질의 선정
- B. 발화성, 폭발성→SEAL의 배열 선정
- C. 독성→SEAL의 배열 선정

**2) 물리적 특성 검토(PHYSICAL PROPERTIES)**

- A. 점도(VISCOSITY)→SEAL의 구조 선정
- B. VAPOUR PRESSURE→SEAL의 구조 (BALANCE/UNBALANCE) 및 COOLING 여부선정
- C. FLUID SPECIFIC GRAVITY→BALANCE/UNBALANCE SEAL 선정
- D. 마모성 물질 포함여부 결정성→SEAL의 배열 선정

**3) 사용유체 온도 검토**

사용유체 온도와 SEAL FACE 발열에 의한 온도를 감안하여 SEAL의 구조 및 재질 선정

**4) STUFFING BOX PRESSURE**

SEAL의 구조 및 PV선도 확인

**5) SEAL PLAN 선정 (9월호 게재 참조)**

상기 선정 절차를 도표화 하면

