

# 올바른 MECHANICAL SEAL을 선택하는 길

유상국/(주)동남기연 이사

일반적으로 펌프 SEAL의 실패는 SEAL선택의 잘못이나 또는 펌프사용의 잘못으로 기인된다. 따라서 본고는 SEAL의 DESIGN, 씬 선택 요령 등을 게재하므로써 실무자들의 도움이 되 고자 한다.

석유 화학 계열 또는 정유공장의 보수부에 『기 기 및 펌프 중에서 어느 부분이 고장을 자주 일으키는가?』라고 물어보면 대부분 『펌프 씬』이라고 대답한다. 그러나 이 씬의 고장은 씬 실패의 잘못이거나 펌프 사용의 오류로 인한 것들이 대부분을 차지한다. 이러한 원인은 국내에 얼마나 많은 씬의 형태가 있는지에 대한 매우 빈약한 지식 때문에 발생하기도 하고 부주의한 장착에서 야기되는 것도 있다. 따라서 본고는 이러한 실패를 되풀이하지 않기 위해서 펌프 씬에 대해 알아보하고자 한다.

## 1. SEAL 구조

“씬”에 대한 실패는 씬 운전법이나 씬 부분에 대한 완전한 이해로서 대처할 수 있다. 기본적으로 MECHANICAL SEAL은 회전축에 수직으로 위치한 두 개의 평면사이에서 유막을 형성하고 있다. 한 면은 정적상태고 다른 한 면은 축과

함께 회전한다. 이를 우리는 ‘제1차 씬’ 이라고 부른다. 제2차 씬은 축과 씬 사이에 위치하며 대개의 경우 O-RING 이나 췌기모양, V형, U형의 것도 있다. 제2차 씬로서 보편적으로 사용되는 것으로 VITON, 테프론 등의 탄성체가 있다. 제3의 주요 씬 부분은 SPRING이며 이는 씬 면을 항상 밀착시켜주는 역할을 한다. 유체(STUFFING BOX내의 유체압력) 또한 두면을 밀착시키는 역할을 한다. SPRING은 축 또는 SLEEVE에 밀착된 씬 BOX 내에 위치하고 있다.

씬의 재질은 대부분 기계적 성질과 화학적 성질, 경제성의 3가지 요소에 의해 선택한다.

### 1) 기계적 성질

제1차 씬을 형성하고 있는 두 개의 면은 서로 접촉해서 열을 발생시킨다. 따라서 재료를 선택함에 있어서는 재료의 강점을 그대로 유지하고 온도에 견딜 수 있는 것을 선택해야 한다.

서로 접촉하는 두 개의 강한 금속은 강질면과 연질면의 경우보다 더욱 많은 열을 발생시킨다. 그러므로 일반적으로 두 개의 면 중 한 쪽은 연질면으로 사용한다. CARBON이 연질면의 가장 좋은 재료로 알려져 있다. 제2면의 면은 강해야

하고 또한 보편적 사용법이 있어야 한다.

TUNGSTEN-CARBIDE는 여러 종류의 유체, 압력, 온도 등에 대한 필요조건을 충족시켜주는 재료로 알려져 있다. 산업계에서는 주로 STAINLESS STEEL SPRING, S.S BODY로 일률화 시키고 있으나 HASTELLOY 또는 CARPENTOR 20 이 쓰이기도 한다.

### 2) 화학적 성질

CARBON은 많은 종류의 화학물질에 부식되지 않기 때문에 쉘 면으로 널리 쓰이고 있다. 그러나 모래와 같은 마모성 입자가 개입된 경우 TUNGSTEN-CARBIDE 또는 다른 경질면으로 대체된다.

TUNGSTEN-CARBIDE는 2개의 종류가 있는데 CO-BINDER와 Ni-BINDER로 구분된다.

탄성체 중 테프론이 그 중 하나이며 거의 모든 화학물질에 침해되지 않는다. 그러나 테프론은 사용온도를 500°F 이하에서 사용해야 한다. 테프론은 500°F 이상의 온도에서 변질화 되기 시작하고 또한 일반 압력이 가해진 상태에서 형태가 변경되면 압력이 없어진 후에도 원형으로 복원되지 않는다.

### 3) 경제성

각 회사마다 고유의 사칙과 보수유지에 대한 기본방향을 가지고 있다. 어느 회사는 품질을 믿을 수 있는 고가의 부품을 구입하여 기계의 보수예방을 하지 않고 최상의 상태로 장기간 운전하기를 원하는 회사가 있는 반면 어느 회사는 저렴한 가격의 부품을 선택하여 잦은 유지보수를 통해 이를 극복하는 회사가 있다. 어느 방향을 선택하는지 간에 반드시 쉘 제조업체의 SALES ENGINEER와 의논을 하여야 쉘 사용에 도움이 된다.

## 2. 쉘 DESIGN 및 사용 방법

기본적으로 쉘은 두 가지로 분류되는데 PUSHER TYPE과 NON-PUSHER TYPE으로

구분된다.

PUSHER TYPE은 제2차 SEALING부분 탄성체의 회전면이 마모되므로 해서 축을 따라서 밀어주며, NON-PUSHER TYPE에서도 제2차의 SEALING부위가 없고, 축과 쉘 사이엔 상관동작이 없다. 축상 동작의 BELLOWS에 의해 이루어지며 이 BELLOW가 회전면을 항상 밀착시켜주므로 제1차 SEALING부분을 유지시켜준다.

더 나아가 쉘은 그 DESIGN에 따라 BALANCED와 UN-BALANCED로 구분된다.

고무 또는 금속 BELLOW 쉘은 그 DESIGN 자체로서 BALANCED를 이루고 있다. 또한 SINGLE, INSIDE, OUTSIDE, DOUBLE 쉘 등으로 구분되어 있다.

그러면 이에 대한 각 특징을 연구하여 보자.

### 1) SINGLE SEAL

SINGLE SEAL은 비교적 청결한 액체로 사용되며, 또한 액 자체가 회전면에 훌륭한 윤활성을 주어야 한다.

액체가 청결하지 못하거나 고형입자가 섞여 있을 경우 CYCLON 분리기를 사용하여 이를 청결히 한 후 펌핑 유체를 FLUSHING으로 사용할 수 있다. 유체가 청결하지 못하여 자체 FLUSHING으로 쓸 수 없을 경우 외부 FLUSHING을 사용토록 해야 한다(API SEAL FLUSHING PLAN 32).

불결한 유체는 탄성체를 파괴시킬 뿐만 아니라 SPRING을 무력화 시키고, 경우에 따라 쉘 고정면을 파괴(특히 CARBON면)시킨다.

### 2) SINGLE INSIDE SEAL

정유공장 및 석유화학 공장에서는 가연성 및 위험성 물질을 주로 취급하므로 쉘은 STUFFING BOX 내 축에 장착된다. 펌핑유체는 PUMP HOUSING 내에 있게 된다.

### 3) SINGLE UNBALANCED SEAL

API-610은 일반정유공장의 회전펌프에 관한

규정이다. 이 규정사항은 TABLE-1에서와 같이 UNBALANCED SEAL 사용을 제한하고 있다.

UNBALANCED SEAL은 가격이 저렴하나 사용범위가 제한되어 있다. 예를 들면 최상 350PSIG까지만 사용할 수 있고 그 이상은 BALANCED 씬을 사용해야 한다.

#### 4) SINGLE BALANCED SEAL

BALANCE는 축이나 축상의 SLEEVE에 STEP을 만듦으로 해서 이루어진다. 이렇게 STEP을 만들면 회전면이 낮아지게 된다. HYDRAULIC PRESSURE는 회전면 중 단지 일부분에만 작용한다. 완전한 HYDRAULIC PRESSURE는 고정면을 일정선까지 더욱 낮춤으로서 이루어진다. 그 일정선의 HYDRAULIC PRESSURE는 SEALING AREA에 아무런 힘을 작용하지 않고 다만 SPRING 힘만이 SEAL면을 밀착시켜 유지키 위해 작용할 뿐이다. 따라서 완전 BALANCE된 모습의 DESIGN을 나타낸다. 이와 같이 SEAL면의 부하를 감소시키므로써 SEAL 수명을 연장시킬 수 있다. BALANCE 씬은 고속, 고압 용도에 쓰인다.

#### 5) DOUBLE SEAL

DOUBLE SEAL은 위험물이나 보건상 유독성인 유체일 경우에 사용된다. DOUBLE SEAL의 경우 BUFFER ZONE이 STUFFING BOX 내에 생기게 되며, 펌핑 유체에 영향을 미치지 않는 청결한 외부액체로서 FLUSHING을 해줄 수 있다. 이 때 FLUSHING은 STUFFING BOX의 압력보다 약 15~25PSIG 더 높은 압력으로 해야 한다( STUFFING BOX 내의 압력은 흡입압과 같거나 약간 높은 압력이 된다).

$$P(sb) = [P(d) - P(s)] / 4 + P(s)$$

이렇게 하면 펌핑액은 대기 중으로 전혀 흘러나오지 않는다. 보편적으로 외부로부터의 FLUSHING은 1~4 GPM이 적당하며 API SEAL FLUSH PLAN 33에 적용해야 한다.

FLUSHING 액은 그대로 흘러버릴 수도 있고 회수하여 사용 할 수도 있다. OUTER SEAL의 고장은 축을 따라 새는 액을 통해 쉽게 발견 할 수 있으나 INNER SEAL의 경우 고장에 대한 발견이 어렵다. 다만 FLUSHING액의 오염이나 또는 BUFFER ZONE의 압력 변화로서 발견 할 수 있다.

#### 6) TANDEM SEAL

이 배열은 두 개의 SEAL 면이 동일 방향으로 향한 것이다.

INTERNAL SEAL은 FLUSHING이 펌프 토출로부터 이루어지나 OUTER SEAL은 FACE의 윤활이 외부로부터 이루어진다. 이런 배열의 씬은 특히 고압 용도에 사용된다.

각개의 씬은 전 압력에 대응 할 수 있다.

TANDAM SEAL은 주의를 요하는 공해 관계에 사용하며 고장에 대한 발견은 DOUBLE SEAL의 발견 방법과 같다.

### 3. SEAL 선택

씬의 선택은 보기와는 달리 그렇게 간단한 일이 아니다.

씬 담당 ENGINEER는 반드시 씬 제조업자에게 펌핑하는 액체의 제반 사항을 알려 주어야 한다. 압력, 온도 중기압력, 점도, 위험성, 마모성, 고형입자의 존재 여부 등을 상세히 고찰해야 한다. 특히 점도 및 압력의 화학적 성질은 씬의 선택에 있어 매우 중요한 요소이다.

#### 1) 온도

온도는 매우 중요한, 그리고 결정적인 요소이므로 특별히 주의를 기울여야 한다. 특히 제2차 SEAL인 탄성체를 쓸 경우 더욱 주의하여야 한다.

대부분의 탄성체는 온도 제한이 있는 바, 어느 일정 온도 이상에서는 변질되어 SEALING 효과를 기대할 수 없다.

가장 일반적인 탄성체는 TEFLON, BONA-N, NEOPRENE 및 VITON등이 있다.

API-610, D항의 씬에 대한 일반예에 탄성체에 대한 온도 범위가 기술 되어 있다.

많은 제조 업체들이 항상 새로운 탄성재료를 개발코자 노력하는 가운데 최근 DUPON에서 「KALREZ」라는 탄성체 개발에 성공하였다. 듀폰 측은 「KALREZ」가 600°F까지 사용할 수 있다고 주장하고 있으나 그 온도에서 얼마나 오래 쓸 수 있는지는 아직 의문이다. 「KALREZ」는 TEFLON과는 달리 회복력이 있어서 압력이 후퇴할 경우 다시 원형으로 돌아온다. STUFFING BOX내 액의 온도는 매우 조심스럽게 고려되어야 하는데 서로 맞비비고 도는 회전면에서 발생하는 열이 있기 때문이다.

만약 냉각 온도가 적당히 이루어지지 않을 경우 액이 증발하여 자체 윤활성을 상실하게 된다. 이럴 경우 씬 면은 윤활이 안된 상태로 운전함으로써 쉽게 망가진다. 이런 경우에 대비하여 STUFFING BOX의 JACKET은 냉각되어야 할 뿐만 아니라 경우에 따라 펌핑액도 냉각시킬 필요성이 있다.

어느 제조업자는 펌핑액을 대기 온도보다 50°F 정도 낮추고 또한 씬 구경의 매 인치 당 약 1분에 1GAL 정도의 냉각수를 주입할 것을 권고하고 있다.

STEAM QUENCH의 목적은 두가지가 있다.

첫째, 회전면의 윤활을 차단케하고 입자들의 엉겨붙음을 씻어준다.

둘째, 저압의 STEAM으로 해서 씬의 냉각이 이루어진다. 대부분의 공장은 50PSIG 정도의 STEAM을 쉽게 이용할 수 있다. QUENCHING에 있어 STEAM을 2~5PSIG 정도로 조절하지만 SUS NEEDLE VALVE만으로도 쉽게 이를 수 있다. STEAM QUENCHING 시 주의해야 할 점은 적당한 STEAM을 SHAFT를 따라 응결하여 BEARING OIL을 녹임으로 해서 BEARING을 못쓰게 할 우려가 있다.

## 2) 화학적 성질

TEFLON이 SHAFT나 SLEEVE의 마모를 초래하는 점이 있지만 그래도 화학적 물질에 대한 안전성 때문에 매우 널리 쓰여지고 있다.

VITON은 일반적으로 석유화학 공장에서 테프론 다음으로 쓰이는 물질이다

VITON은 대부분 400°F이하에서 불화수소물질에 좋으나 CO<sub>2</sub>, HF 등을 포함한 용액에는 사용하지 말아야 한다. 열수 CONDENSATE, BOILER, 급수펌프 등에도 NICKEL BASE의 T/C가 COBALT BINDER BASE의 T/C보다 더욱 좋다.

AMMONIA용으로는 VITON 대신 NEOPRENE이나 ETHYLENE PROPYLENE RUBBER를 써야 한다.

만약 특수한 조건에 SEAL을 쓰고자 할 경우 반드시 제조업자와 세부적인 의논을 해야 한다.

## 4. 장착 및 수리

씬은 탄성체가 쉽게 망가질 수 있으므로 매우 조심스럽게 장착해야 한다. SHAFT, SLEEVE, SHAFT STEP, SLEEVE의 끝부분 등은 새로운 씬을 장착하기 전에 잘 손질하여 부드러운 면으로 운전해야 한다.

너무 서두르거나 부주의한 상태에서 펌프가 건조한 상태인지 모르고 운전하여 씬을 태워 버리는 경우가 종종 있다. 따라서 펌프를 운전하기 전에 PUMP HOUSE나 STUFFING BOX가 액으로 가득채워져 있음을 확인해야 한다.