Ⅲ. MECHANICAL SEAL의 재질

1. METAL PARTS

MECHANICAL SEAL의 금속재질로 구성된 부분은 RETAINER, SPRING, DISC 및 SPRING을 들 수 있겠다. 이와같은 금속부위는 ROTATING EQUIPMENT의 접액부와 같도록 선정하거나 또는 한단계 위의 재질로 선정하는 것이 일반적이다. 가장 많이 사용하는 재질로는

1) STAINLESS STEEL 18/11/3(AISI 316)
2) CARPENTER 20-cb3(ALLOY 20)
3) MONEL
4) HASTELLOY B AND C
5) TITANIUM

등을 들 수 있으며 가장 많이 쓰이는 S. S316은 저온에서 고온까지 두루 사용되고 있으나 SEALING액이 250℃이상이 되면 소재가 탄성을 잃게 되므로 AM350 또는 INCONEL×750이 스프링과 METAL BELLOWS의 재질로 사용된다.

2. SECONDARY SEALING의 재질

1) ELASTOMERS(고무재질)

TYPE	사용가능온도 ℃		적합한 사용 예
	MIN	MAX	
NITRILE RUBBERS (BUNA-N)	-30~ -40	100~ 120	범용에 많이 사용
ETHYLENE PROPYLENE(EPM, EPDM)	-50	140	열수 ACIDS ALKALIS, ALCOHOLS
FLUOROCARBON RUBBER (VITON)	-15	180~ 200	HYDROCARBONS
LOW NITRILE RUBBER	-55	100	LPG용
FLUOROSILICONE RUBBER	-55	200	특수 CHEMICAL용
SILICONE RUBBER	-55	200	〃
PERFLUOROELASTOMER (KALREZ)	-30	260	〃

2) NON-ELASTOMERIC 재질

TYPE	사용적합온도		적합한 사용 예
	MIN	MAX	
POLYTETRAFLUOROETHYLENE (PTFE)	-100	250	저온과 고온용
PTFE COMPOSIT (GLASS FILLED PTFE)	-100	300	저온과 고온용
CAF	—	500	초고온용
COMPRESSED CARBON	—	500	〃

3. SEAL FACE의 재질

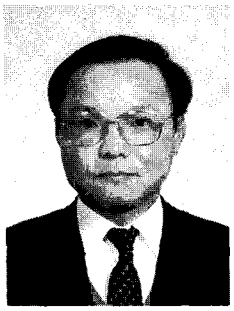
1) SEAL FACE 재질 선정에 영향을 줄 수 있는 인자

① **압 력** : 사용압력에 변형이 생기지 않는 강도를 지녀야 하며 면압에 의해 발생되는 열에도 견딜 수 있는 재질을 선정하여야 하며 수명 또한 고려되어야 한다.

② **선속도** : SHAFT와 같이 회전하는 SEAL FACE의 재질은 회전력에 견딜 수 있는 강도를 지녀야 한다.

PUMP의 누설방지를 위한 Mechanical / Face Seals

기획시리즈/펌프



글/이민형
〈MOON ENGINEERING AND TECHNICAL SERVICES 대표〉

③ **윤활 및 PV선도** : 일반적으로 SEAL FACE사이에 액체 윤활막이 형성되어 두개의 SEAL FACE가 분리되는 것으로 있으나 실제로 접촉면의 일부는 FACE끼리 직접 접촉하므로 두면의 접촉시 한면은 자체 윤활성이 있는 재질(CARBON, PTFE등)로 사용하는 것이 바람직하며 압력과 선속도의 적으로 표현되는 PV선도가 SEAL의 수명을 결정하는데 주요한 역할을 한다.

④ **SEALING액의 물리적 성질** : 액체의 점도는 SEAL FACE에서 발생하는 열을 분산시키는데 주요 역할을 하며 그외 비중등도 열의 분산 및 윤활등에 영향을 주므로 주요한 인자라 할 수 있다.

⑤ **SEALING액의 화학적 성질** : 부식, 전해등에 영향을 주므로 FACE 재질 선정에 중요한 인자다.

2) SEAL FACE 재질

① **CARBON-GRAPHITE** : DRY-RUNNING시나 섭동면의 국부 윤활시에 자체 윤활작용을 하며, 부식에 강하며 극저온에서 고온(250℃~450℃)까지도 사용가능하며 압축강도가 크다. 또한 가격이 저렴하나, 마모성 입자를 포함하였거나 결정체를 형성하는 액체에는 부적합하다. 고압에 변형될 수 있으며 고순도를 요구하는 제품생산시 마모된 불순물이 입될 수 있고 인장강도가 약하며 취성이 있어 취급시 주의를 요한다. SEAL에 사용되는 CARBON은 120여종이 되고 있으나 주로 RESIN 함침 CARBON, METAL 함침 CARBON, ELECTRO-GRAPHITE CARBON의 3종으로 구분되는 것이 일반적이다.

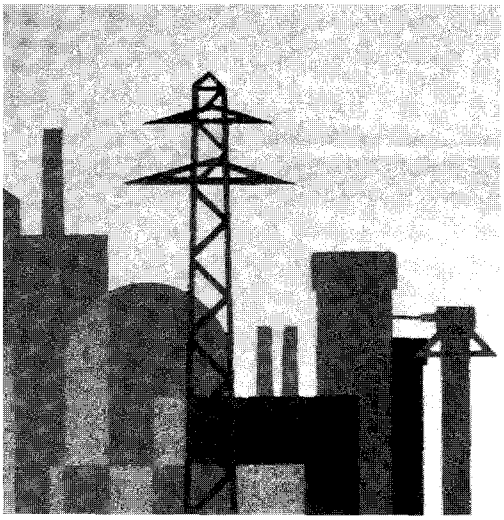
② **PTFE** : 자체 윤활작용은 좋으며 부식에 강하나 강도가 약하고 국부 윤활시 마찰열에 의하여 FACE의 변형이 이루어질 수 있고 마모성 물질이 포함된 액체에 사용 불가하며 열전도율이 낮으므로 사용조건이 많이 제한된다. 상대편 FACE의 재질로는 CERAMIC이 최적합하다.

③ **Ni-RESIST** : ALLOY CAST IRON의 일종으로 상대적으로 가격이 저렴하고, 가공성이 좋으며 어느 정도 내부식성이 있다. 열전도율이 크며 일시적인 DRY-RUNNING 상태에도 견딘다. 반면 강도가 낮고 상대적으로 내마모성이 약하고 주로 RESIN 함침된 CARBON의 상대FACE로 사용되는 것이 일반적이다.

④ **STELLITE** : 가격에 비하여 재질이 강하고 내부식성이 좋다. 온도 변화에도 강도가 변치 않으며 대형 SEAL FACE에 적합하나 RESIN 함침된 CARBON과 조합을 이룰시 수용액에 부적합하며 내마모성이 적으며 낮은 열전도율을 가지며 DRY-RUNNING에 극히 약하다. 주로 STELITE와 METAL 함침 CARBON과 조합으로 사용되는 것이 일반적이다.

⑤ **CERAMIC** : ALUMINIUM OXIDE 99.5%이상의 순도를 가진 것이 주로 사용되며 상대적으로 가격이 저렴하며 내마모성이 좋고 내부식성 CARBON과 조합을 이룰 경우 물과 수용성 액체에 적합하다. 열전도율이 낮아 마찰열 제거가 용이하지

SEAL FLUSHING PLAN은 SEAL FACE에서 발생하는 열을 제거하여 안정된 상태로 회전기기가 작동하도록 하며 PUMPING FLUID의 특성에 따라 적절한 PLAN을 선정, 사용하므로써 SEAL의 수명을 극대화함은 물론 공해방지 및 안전에 주요한 역할을 한다.



않고 열 충격에 극히 약하며 취성이 있으나 RESIN 함침 CARBON 또는 GLASS FILLED PTFE와 조합으로 부식성이 심한 액체에 적합하다.

⑥ **TUNGSTEN CARBIDE** : 내마모성이 강하며 열전도율이 높고 압력에 변형이 잘 되지 않는다. 또한 강도가 높아 진동, 충격에 강하나 내부식성이 상대적으로 약하고 비중이 높고 TUNGSTEN CARBIDE끼리 접촉면을 이룰 경우 DRY-RUNNING 상태에 약하며 가격이 높다. 일반적으로 CO-BINDER T-C, Ni-BINDER T-C와 BINDLESS T-C가 있어 PH 사용한계가 다르긴 하나 대체로 강산에는 부적합하다. 주로 RESIN함침 CARBON 또는 METAL 함침 CARBON과 조합을 이루나 마모성물질 포함액체에는 T-C 또는 SIC와 조합을 이루어 사용한다.

⑦ **SILICON CARBIDE(SIC)** : 근래에 각광받는 재질로 내마모성, 마찰에 성능이 좋고 높은 열전도율, 열충격에 강하며 내부식성이 강하며 비중이 상대적으로 낮고 원료구입이 용이하나 취성이 있고 어떤 종류는 ALKALIS에 약하다. 또한 SIC와 SIC 조합사용시 DRY-RUNNING 소지가 있다. 적합한 조합으로는 RESIN 함침 CARBON 또는 METAL 함침 CARBON이 좋으나 마모성 물질 포함액에는 T-C와 조합을 이루는 것이 바람직하다.

⑧ 상기 나열된 재질의 물리적 특성을 도표화하면 아래와 같다.

Typical physical and mechanical properties of commonly used face materials

	Carbon-graphite resin impreg-nated	Carbon-graphite antimony filled	PTFE 25% glass	Stellite 1	Ni-Resist	Aluminium oxide 99.5%	Tungsten carbide Co binder	Tungsten carbide Ni binder	Silicon carbide reaction bonded	Silicon carbide sintered
Density (kg/m³)	1800	2500	2250	8690	7300	3870	14700	14700	3100	3100
Youngs modulus (GN/m²)	23	33	–	248	96	365	630	600	413	390
Bending strength (MN/m²)	65	90	–	–	–	320	1750	1700	500	450
Tensile strength (MN/m²)	41	48	12-20	618 (UTS)	200	–	–	–	–	–
Thermal conductivity (W/mK)	9	20	0.4	15	40	30	80	70	200	70
Hardness	90-100 Shore A	85-95 Shore A	70-75 Shore D	600 HV	150 HV	1800 HV	1501-1600 HV	1300-1500 HV	2500-3500 HV	2500 HV
Thermal expansion coefficient	3.0	3.5	44-92	11.3	19.0	6.9	5.1	4.8	4.3	4.8

Ⅳ. SEAL PLAN의 선정

1. SEAL FLUSHING PLAN

SEAL FLUSHING PLAN은 SEAL의 선정과 더불어 SEAL의 성공적 사용여부를 판가름하는 중요한 것으로 주목적으로 SEAL FACE에서 발생하는 열을 제거하여 안정된 상태로 회전 기기가 작동하도록 하며 PUMPING FLUID의 특성에 따라 적절한 PLAN을 선정, 사용하므로써 SEAL의 수명을 극대화함은 물론 공해방지 및 안전에 주요한 역할을 한다.

특히 API 610(7th EDTN)에서는 SEAL PLAN의 STANDARD MODEL을 제시하여 이에 따르도록 권장하고 있다.

2. SEAL PLAN 선정에 영향을 미치는 요인

1) PUMPING FLUID : 물리적, 화학적 특성에 따라 SEAL의 배열 및 SEAL PLAN의 선정에 영향을 준다.

2) PRODUCT의 순도 : 생산품에 이물질이 포함되면 생산품 자체에 영향을 줄 수 있으므로 PROCESS에 영향을 주지 않도록 SEAL PLAN을 선정하여야 한다.

3) 현장 조건 : PUMP의 설치 장소에서 FLUSHING LIQUID를 구하기 쉽도록 하여야 하므로 배관 및 공정에서 SEAL PLAN이 충분히 고려되어야 한다.

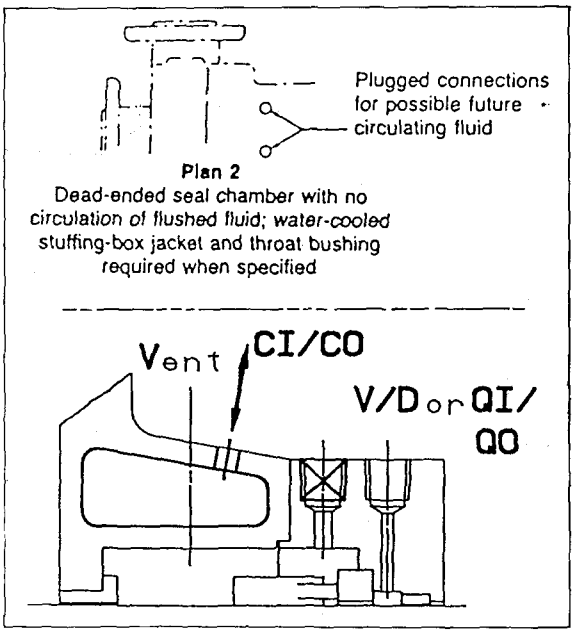
4) 공해 제한 : 국가 및 사회단체 또는 회사내에 공해 측정 기준치를 보유하고 있다면 이에 적합한 SEAL PLAN을 선정하여야 한다.

5) 에너지 절약 : SEAL PLAN에 따라 에너지 소모를 절감할 수 있으므로 장기적 측면에서 에너지 소모를 환산하여 경제적인 SEAL PLAN을 선정한다.

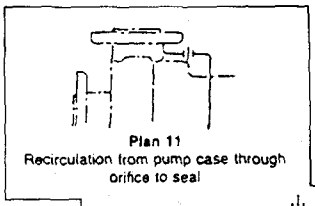
6) 안전 및 인명보호 : SEAL PLAN을 어떻게 선정하느냐에 따라 안전에 지대한 영향을 줄 수 있으므로 이 또한 고려되어야 한다.

3. CLEAL PUMPING LIQUID에 사용되는 SEAL PLAN

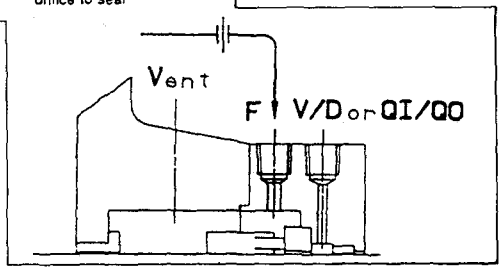
예) PLAN 1, 2, 11, 12, 13, 21, 22, 23

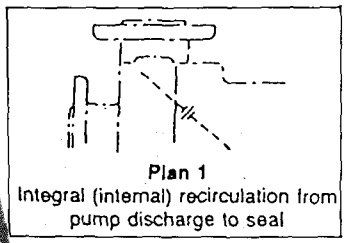


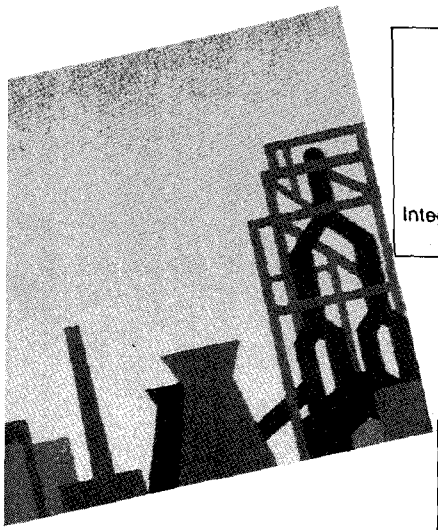
특성 주로 열매용 PUMP에 많이 사용되며 STUFFING BOX를 청소할 수 있는 CONNECTION을 설치하여 주는 것이 바람직하다.



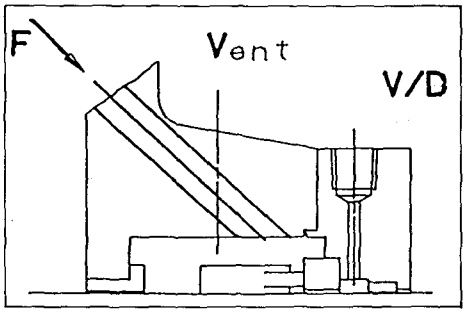
특성 일반적으로 가장 많이 사용되는 PLAN으로 설치 및 보수가 용이하다.

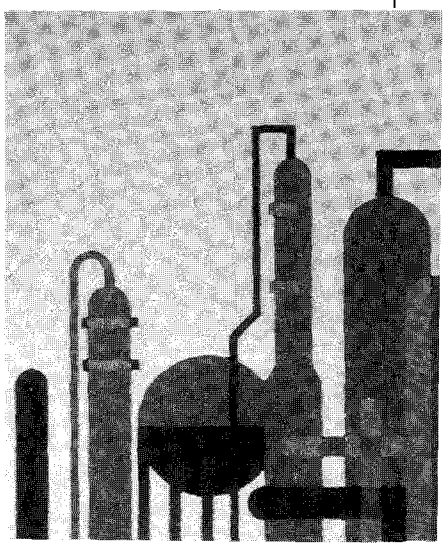




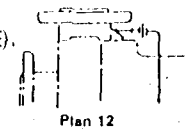


특성 SEAL FLUSHING FLUID가 외부의 영향을 적게 받으므로 안정된 운전조건을 유지할 수 있다.

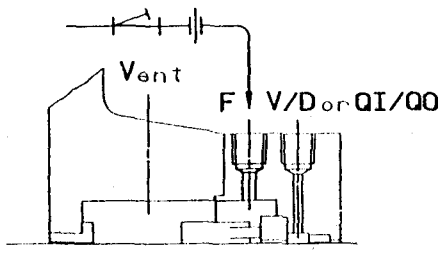




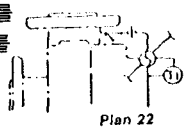
특성 PLAN 11에 STRAINER를 설치하여 이물질(ABRASIVE), 이 STUFFING BOX에 혼입되는 것을 방지한다.



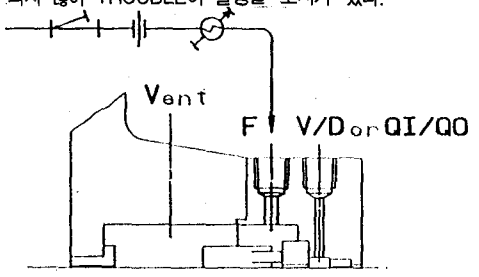
Plan 12
Recirculation from pump case through strainer and orifice to seal



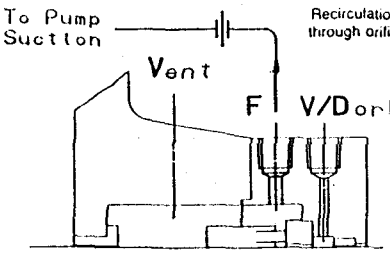
특성 PLAN 21에 STRAINER를 설치한 것이나 STRAINE를 병렬로 2개 설치하지 않으면 STRAINER에서 FLUSHING LINE이 막혀 FLUSHING이 되지 않아 TROUBLE이 발생할 소지가 있다.



Plan 22
Recirculation from pump case through strainer, orifice, and heat exchanger to seal

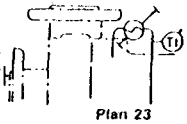


Plan 13
Recirculation from seal chamber through orifice and back to pump suction

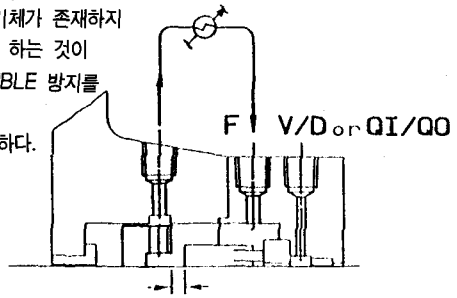


특성 VERTICAL PUMP에서 STUFFING BOX PRESSURE를 줄이고 FLUSHING LIQUID의 순환을 용이하도록 하기 위하여 주로 사용되며 LIGHT HYDROCARBON용 OVER-HUNG PUMP에서는 PLAN 11과 함께 사용되는 경우도 있다.

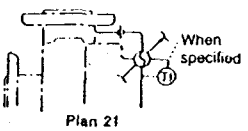
특성 주로 BOILER FEED WATER PUMP에 주로 사용되며 에너지 절약 효과가 뛰어나나 PIPING의 가장 높은 부위에 VENT VALVE를 설치하여 CIRCULATION LINE 안에 기체가 존재하지 않도록 하는 것이 TROUBLE 방지를 위하여 바람직하다.



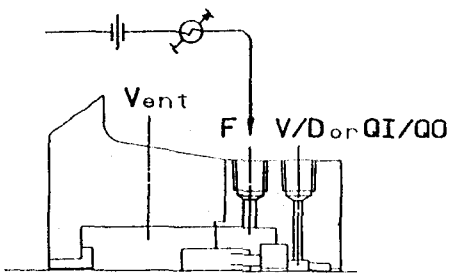
Plan 23
Recirculation from seal with pumping ring through heat exchanger and back to seal



특성 PLAN 11에 COOLER를 사용한 것으로 PUMPING 온도가 높거나 SEAL FACE 발량량이 높을 경우 사용



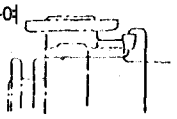
Plan 21
Recirculation from pump case through orifice and heat exchanger to seal



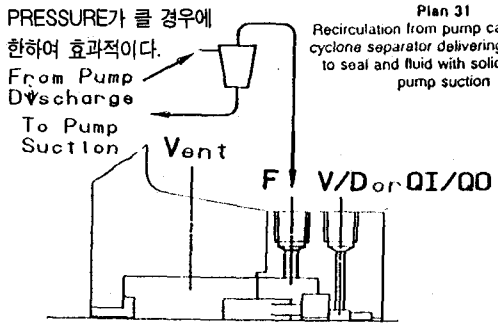
4. DIRTY 또는 SPECIAL PUMPING LIQUID를 위한 SEAL PLAN

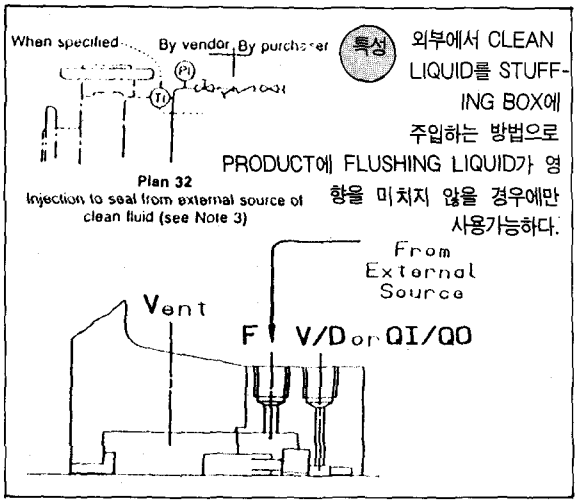
예) PLAN 31, 32, 41

특성 CYCLON SEPARATOR를 사용하여 PARTICLE을 분리시켜주나 부유 입자와 액체의 비중차이가 클 경우 및 PUMP의 DIFFRENTION PRESSURE가 클 경우에 한하여 효과적이다.



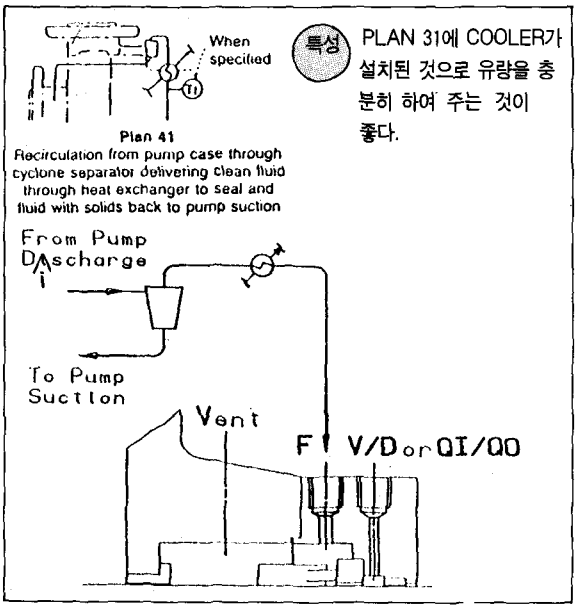
Plan 31
Recirculation from pump case through cyclone separator delivering clean fluid to seal and fluid with solids back to pump suction





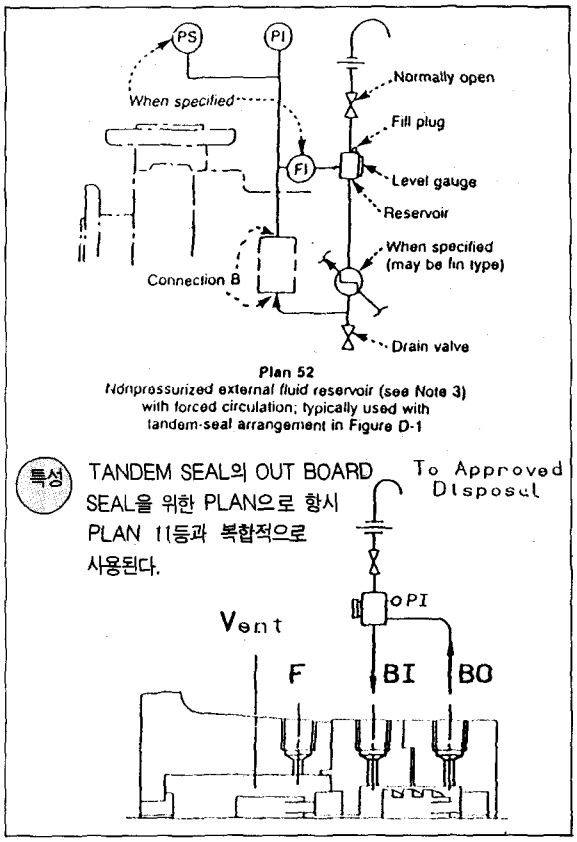
Plan 32
Injection to seal from external source of clean fluid (see Note 3)

특성 외부에서 CLEAN LIQUID를 STUFFING BOX에 주입하는 방법으로 PRODUCT에 FLUSHING LIQUID가 영향을 미치지 않을 경우에만 사용가능하다.



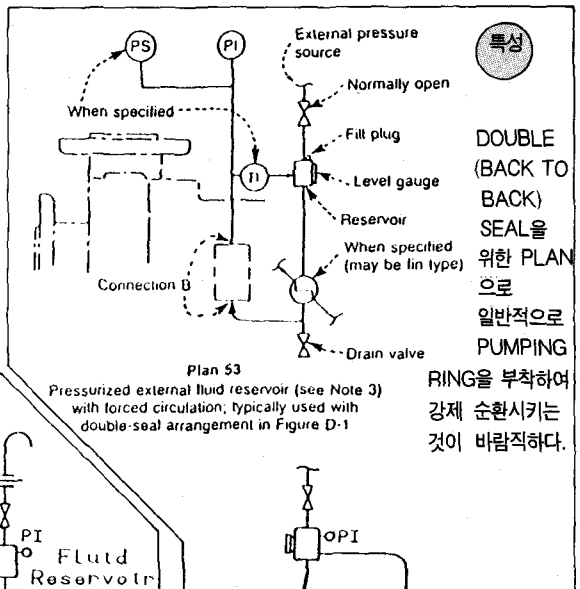
Plan 41
Recirculation from pump case through cyclone separator delivering clean fluid through heat exchanger to seal and fluid with solids back to pump suction

특성 PLAN 31에 COOLER가 설치된 것으로 유량을 충분히 하여 주는 것이 좋다.



Plan 52
Nonpressurized external fluid reservoir (see Note 3) with forced circulation; typically used with tandem-seal arrangement in Figure D-1

특성 TANDEM SEAL의 OUT BOARD SEAL을 위한 PLAN으로 항시 PLAN 11등과 복합적으로 사용된다.



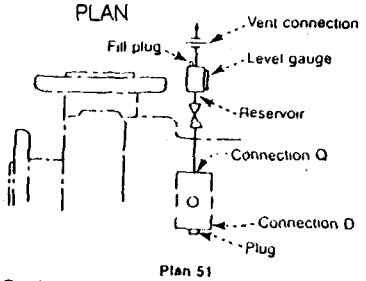
Plan 53
Pressurized external fluid reservoir (see Note 3) with forced circulation; typically used with double-seal arrangement in Figure D-1

특성 DOUBLE (BACK TO BACK) SEAL을 위한 PLAN으로 일반적으로 PUMPING RING을 부착하여 강제 순환시키는 것이 바람직하다.

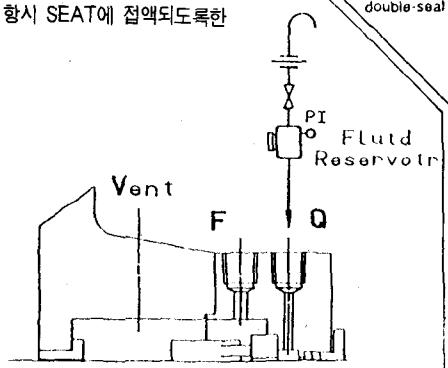
5. BARRIER FLUID와 QUENCH PIPING PLAN

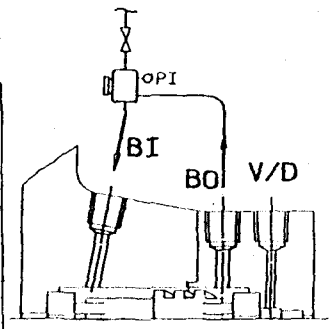
예) PLAN 51, 52, 53, 54, 61, 62

특성 SEAT의 후면에 QUENCH를 시키되 증발열이 높은 METHANOL등을 VESSEL에 담아 항시 SEAT에 접액되도록한 PLAN

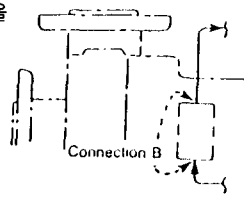


Plan 51
Dead-ended blanket (usually methanol, see Note 3); typically used with auxiliary sealing device (single- or double-seal arrangement in Figure D-1)

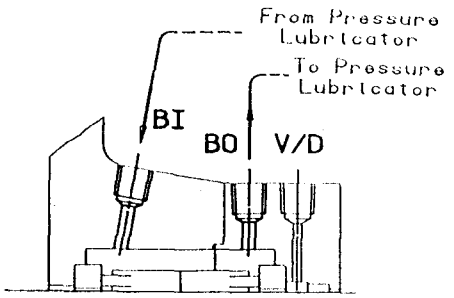


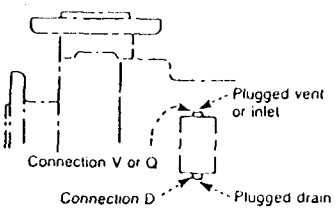


특성 주로 DOUBLE SEAL을 위한 PLAN이나 간혹 TANDEM SEAL에도 적용한다. FLUSHING FLUID의 압력을 PUMPING FLUID 압력보다 높도록 유지시키는 것이 중요하다.



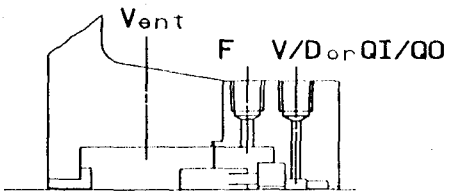
Plan 54
Circulation of clean fluid from external system (see Note 3); typically used with double-seal arrangement in Figure D-1



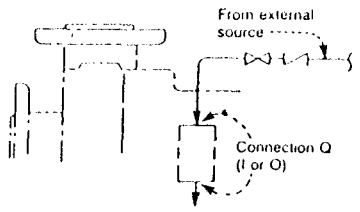


Plan 61
Tapped connections for purchaser's use. Note 3 applies when purchaser is to supply fluid (steam, gas, water, etc.) to auxiliary sealing device (single- or double-seal arrangement in Figure D-1)

Refers to the Provision of Tapped Connections for Quench Fluid outboard of the Seal Chamber. An Auxiliary Sealing device may be used to contain the Quench Fluid.

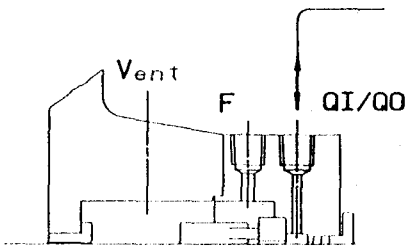


특성 보조 PLAN으로 액성에 따라 필요시 VENT, DRAIN LINE을 연결하여 사용할 수 있도록 한다.



Plan 62
External fluid quench (steam, gas, water, etc.; see Note 3); typically used with throttle bushing or auxiliary sealing device (single- or double-seal arrangement in Figure D-1)

Steam quench enters from top
Liquid quench enters from bottom.



특성 SEAT 후면에 액체를 주입시켜 SEAT의 COOLING 및 SEAL FACE의 CLEANING 작용을 하도록하며 SEALING FLUID와 대기 중간에 BUFFER ZONE 상태를 유지시켜 안전장치로도 사용된다.