

**밀폐력과 마찰저항, 작동성과의 관계** FRICTION SENSITIVE APPLICATION

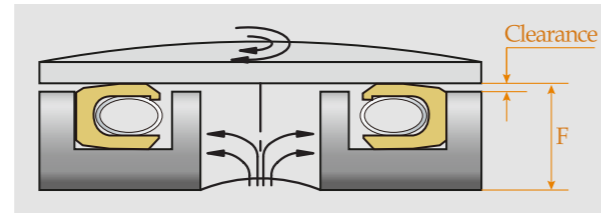
Helical spring과 같이 Spring load가 큰 스프링일수록 그리고 시스템압력이 높을수록 밀폐력은 증가하나 반대로 마찰저항이 커지면서 작동성(Running performance)이 나빠진다.

따라서, 운동용설을 설계할 때, 특히 마찰저항과 작동성이 중요한 설계고려사항(Low friction requirements)일 경우는 Cantilever spring이나 Slantcoil spring과 같이 Spring load가 작은 스프링을 적용한다.

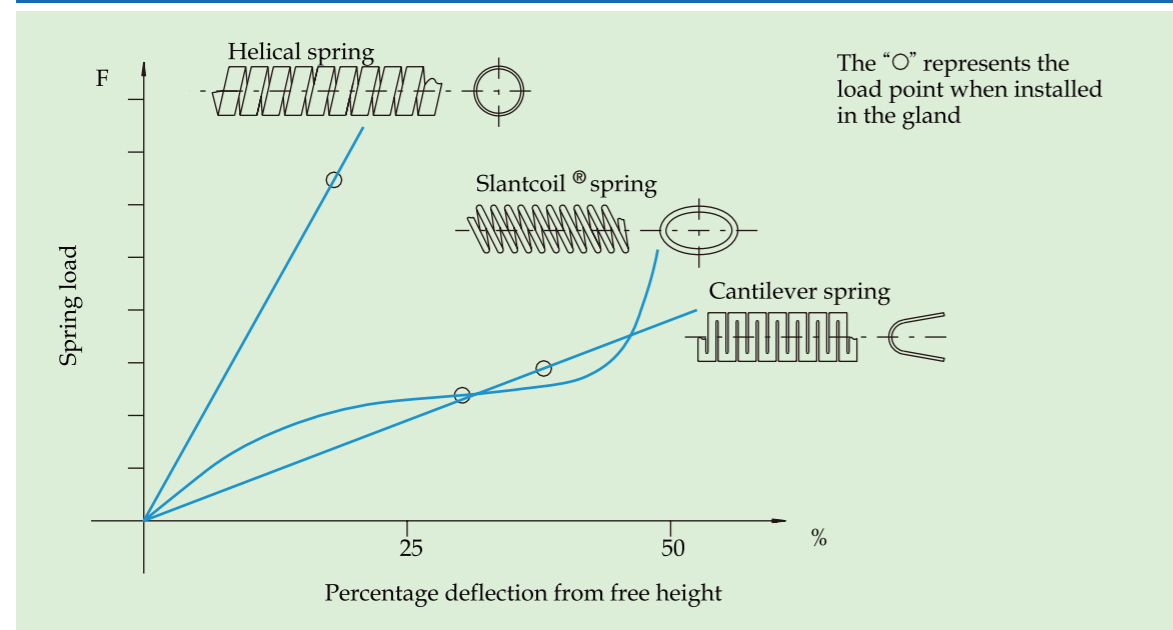
반대로, 극저온용, 진공용, 헬륨과 같은 Light gas sealing과 같이 밀폐력이 중요한 경우는 Helical spring, Double spring 혹은 Nested Spring과 같은 가능한 spring load가 큰 스프링을 적용한다.

**Face sealing in Slow and Intermittent rotating movement**

Swivel Joint나 Loading Arm pivot Joints와 같이 운동용이면서 밀폐력이 중요한 경우는, 작동성(Running performance)을 동시에고려하여 균형있는 설계를 해야 한다.



**Spring Load comparison for Spring types**



✓ **Spring Load : Helical Spring > Cantilever Spring > Slantcoil Spring**

• 왕복용의 마찰저항 **Reciprocation Linear Friction(N) :  $F \times D \times \pi \times \mu$**

• 회전용의 마찰저항 **Rotating Frictional Torque(N-m) :  $F \times D \times \pi \times \mu \times R$**

F : Total load per circumference, N/mm (=밀폐력 Sealing Force)

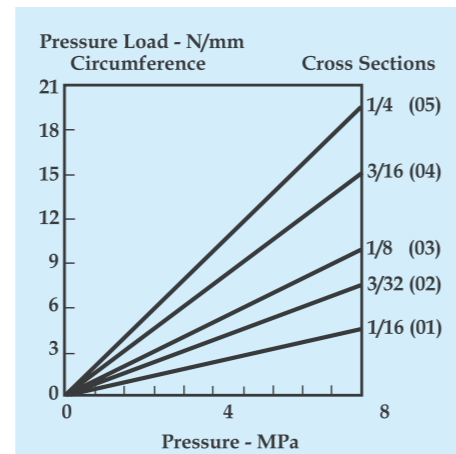
= Spring load + System pressure load

D : Diameter of dynamic sealing surface (Radius, R = D/2)

$\mu$  : 씰소재의 마찰계수 Material coefficient of friction.

위의 수식에서 보듯이, 마찰저항은 Spring load, 시스템압력, 씰의 사이즈(직경) 그리고 마찰계수가 높을수록 비례적으로 커진다.

⚠ 마찰저항이 민감한 설계 (Friction sensitive applications)인 경우, 관련되는 변수(Parameters)가 많고, 특히 적용 장비의 동력과도 관련되기때문에 이론적인 계산이나 예측이 매우 매우 어렵다. 이런 경우는 성능시험(Performance Test)을 통해 최적점을 구해야 한다.



**극저온, 진공용의 설계**

**CRYOGENIC and VACUUM APPLICATIONS**

PTFE와 같은 Polymer재질은 -40°C이하의 저온에서는 수축 경화(Shrinkage & hardening)되기 때문에 이를 보상하여 줄수있는 Spring load가 더 요구된다. 따라서, Cantilever spring이나 Slantcoil spring보다는 Helical spring, Double spring 혹은 Heavy load slantcoil spring과 같이 Spring load가 큰 스프링을 적용한다.

그런데 고정용(Static sealing)이 아닌 운동용(Dynamic sealing)인 경우는, Spring load를 크게함으로써 밀폐력을 높일수는 있지만 그에 따른 마찰저항과 작동성을 동시에 고려해야 된다. 이런 경우는 반드시 성능시험을 해 볼 필요가 있다.

**Spring Type, Seal Design vs. Temperature Range**

Spring Type / load	Temperature range
Slantcoil Spring	* [0, 250]
Cantilever Spring	* [0, 300]
Helical Spring	* [-100, 300]
Double / Nested Spring	* [-100, 300]

\* Slantcoil spring은 Low~Medium load기준임 (Heavy load인 경우 온도범위가 넓어짐)  
\* 적용온도가 -40°C이하의 저온용의 경우는 당사에 문의하시기 바랍니다.

⚠ 저온에서의 설계는 스프링의 종류뿐만아니라 자켓의 재질, Face sealing or Radial sealing, Static sealing or Dynamic sealing이냐에 따라 다를 수 있음. 특히, 극저온용(Cryogenic applications)의 경우 Special design 필요. 참고로, 극저온용, 진공, 헬륨과 같은 Light gas를 sealing 하는 경우는 Jacket재질로 PCTFE가 가장 적합하나 (Very low gas permeability), PTFE 테프론에 비해 가격이 고가인 점이 단점이다.

Cold temperature below -40°C will cause PTFE and other polymer sealing materials to shrink and harden. These additional forces may compromise the spring load and frictional characteristics of the spring'Enerseal.

Although face seals are less affected than radial seals, we recommend consulting our technical team before selecting an Enerseals for any cryogenic and vacuum applications.

**Nested springs.** When additional spring loading is needed for tighter sealing, two or more cantilever springs can be nested in the jacket to provide a strong, uniform load. Typical applications include valve-stem seals, cryogenic quick-disconnects, and rotary joints for fuel-handling equipment.

In general, seal jacket materials become somewhat harder at cold temperatures and tend to soften to some extent at high temperatures. The spring energizer compensates for these conditions.

Face seals are preferable to radial seals for cryogenic sealing, as seal diameter shrinkage does not significantly affect seal contact integrity.