

제11장 베어링과 축봉장치

1. 베어링

베어링에는 축과 베어링의 상대운동의 종류에서 미끄럼 베어링(Sliding Bearing)과 구름 베어링(Rolling Bearing)의 두 가지가 있음은 잘 알려져 있는 사실이다. 이들의 베어링에는 각각 특징이 있고 서로 이점과 결점을 가지고 있다.

표 9.1 미끄럼과 구름 베어링의 비교

종 류	정밀도	운 활	외형치수	수 명	내 식 성	수중사용	마찰계수
미끄럼 베어링	나쁘다	재료에 따라서는 불필요	길 다	길 다	재료에 따라 있음	가	크 다
구 름 베어링	좋 다	필 요	짧 다	짧 다	베어링강으로 한정	불 가	작 다

일반적으로 미끄럼 베어링은 내 충격성이 크므로 충격이 있는 중하중에 적합하나 구름 베어링은 기계의 정밀도를 향상 시킬 수 있고 규격이 통일되어 있으므로 호환성이 좋으며 윤활을 쉽게 할 수도 있고 수명이 길어서 많은 기계는 구름 베어링을 채용하고 있다. 펌프에 있어서도 왕복 펌프와 같이 충격 하중이 있는 것을 제외하고는 거의 구름 베어링을 쓰고 있다.

1. 1 미끄럼 베어링

1) 경방향 하중을 받는 베어링

횡축 펌프의 경방향하중을 받는 베어링으로서 종래는 거의 유륜급유슬리브 베어링이 사용되었다. 그러나, 소형펌프는 물론 대형 펌프에서도 크기를 작게하기 위하여 구름 베어링이 널리 사용되고 있으며, 대형 중하중의 펌프에서는 미끄럼 베어링에 윤활유를 강제 주입하는 방식이 채용되고 있다. 또 선박용 펌프, 중축펌프 등에는 고무, 견질(堅質)목재, 합성수지 등으로 베어링 메탈을 구성한 미끄럼 베어링이 널리 사용되고 있다.

a) 유륜급유의 슬리브 베어링

축경보다 큰 경을 갖는 유륜은 상부에서 측면에 접촉하며, 하부에서는 오일 챔버에 잠겨서,

축 회전에 따라서 축면에 기름을 분반하는 작용을 한다. 축에 도달한 기름의 일부는 베어링 면에서 윤활작용을 행하고, 나머지는 축면에서 열을 흡수하고 오일 챔버가 되돌아가 방열하므로서, 마찰면의 냉각작용을 한다. 베어링 메탈은 주철, 주강, 청동 등의 대금(臺金)에 주입한 화이트 메탈 또는 청동으로 제작되는 일이 많다.

기름의 양이 너무 많으면 유륜이 헛되이 기름을 교반(攪拌)하여 오히려 온도 상승의 원인이 되고, 또 베어링 챔버로 부터의 기름 누출의 염려도 있기 때문에 일반적으로 유륜이 기름에 잠기는 정도는 유륜경의 약 1/5을 최대로 한다. 사용하는 기름은 점조유가 아닌 특히 제한할 필요가 없으나 Maachine유, Dynamo유 정도가 적당하다.

b) 강제윤활의 미끄럼 베어링

오일 펌프에 의해서 비교적 다량의 기름을 직접 마찰면으로 보내는 구조이고, 윤활에 필요로하는 양 이상의 기름을 보내어 열의 흡수 방출을 유효하게 행하는 것이다. 이 방법에서는 마찰면에서 항상 확실하게 윤활을 유지 할수 있기 때문에 고속인 경우라던가 중하중일 때에 적합하다. 오일 펌프에서 발생하는 유압은 1.5kg/cm^2 정도로 마찰면에 보내지고 있다.

c) 수윤활 미끄럼 베어링

일반적으로 베어링에 걸리는 하중을 그 투사면적(베어링 직경×베어링 길이)으로 나눈 값을 베어링 압력이라 하는데, 목재, 고무, 합성수지 등의 비금속 베어링은 금속 베어링에 비하여 베어링 허용 압력이 작다. 따라서 이들은 중축 펌프의 방진 베어링으로서 사용되는 일이 많다. 이외로 이들 수윤활 베어링은 기름이 섞이면 안되는 음료수 수송 펌프, 화학공업용 펌프 등에 적당하다. 견질(堅質)목재로서 대표적인 것은 열대 식물대의 Lingua Vitae(유창목 : 열대 참나무)이다.

이 베어링은 곧은 나무결이 나오도록 가공한 단책형(短冊型)의 나무조각을 베어링 함금에 집어 넣어 만든다. 물은 나무조각 사이에 주입되고 있다. 이 베어링은 뿔이나 모래가 있을 경우에는 확실한 축 밀봉장치가 필요하고 베어링 부는 항상 청수로 충만 되어 있지 않으면 안된다.

또, 유창 목은 물에 위한 팽윤성(膨潤性)도 크기 때문에, 선박용이나 중축 펌프의 하부 베어링과 같이 항상 물에 적셔져 있는 곳에서는 관계없지만, 건조, 습윤이 반복되는 것에는 적당치 않다.

고무 베어링은 베어링 허용 압력 면에서는 유창목 보다 낮기 때문에 오직 중축의 방진용으로 쓰이고 있다. 고무는 습윤상태에서는 마찰계수가 작아 내마모성이 크고 고무 특유의 방진, 방음 성이 있고, 또 수중의 미세한 모래에 대해서는 유창목 보다 적응력이 크다. 이 베어링은 청동계 원통의 내면에 접착제를 써서 연질 고무를 붙인 것으로, 내면에는 큰 홈을

과서 윤활 및 냉각용 물이 자유로 흐르도록 되어 있다. 보통은 천연고무로 만들어져 있기 때문에 소량의 광유에도 접촉된다.

또 내열성이 적어 50℃ 이상의 물에는 적당치 않다. 오늘날에는 합성 섬유 베어링도 제작되고 있으며 충분한 내유성의 것도 구할 수 있도록 되었다. 나이론, 비닐 등의 합성수지 베어링도 점점 실용적으로 공급되고 있다.

합성수지에 흑연을 넣어 만든 베어링은 유지를 함유한 유창 목과 같이, 그 자체에 윤활성이 있고, 단시간이라면 윤활수가 없어도 지장이 없다. 이에 반하여 고무 베어링은 잠시라도 윤활수가 부족하면 곧 눌러 붙기 때문에 충분한 주의가 필요하다.

합성수지 베어링 중에는 100℃ 정도의 온도에서 연속 운전하여도 지장이 없는 것이 있고, 특수용도에서는 대단히 도움이 된다.

d) 구리스 윤활의 미끄럼 베어링

구리스의 사용 목적은 마찰 면의 냉각이 아니고, 오직 마모감소와 방진(防塵) 때문이다. 소형 펌프의 베어링은 구리스 윤활로 충분하고 보통 구리스 캡으로 주입한다. 대형 펌프에서 구리스 윤활을 하고 있는 축류 펌프, 사류 펌프 등의 수중 베어링이다.

이들은 펌프 케이싱 내에 위치하고 있어 주위의 물에 의하여 냉각 효과는 충분하기 때문이다. 구리스는 구리스 펌프에 의해 수동 혹은 자동으로 송입하고 베어링에서 더러워진 구리스는 직접 수중으로 방출된다. 이들 구리스는 일반적으로 약간 연질의 것이 좋다.

2) 스러스트 하중을 받는 베어링

스러스트 베어링 형식에는 Sliding두면이 병립인 것과 두면이 경사되어 있는 것이 있다. 앞의 형식에 속하는 것에는 Collar스러스트 베어링이 있고, 뒤의 형식에 속하는 것에는 미첼(Michell)식 스러스트 베어링이 있다.

Collar스러스트 베어링은 Sliding면이 병행한 두면이기 때문에 유막의 발생이 비교적 불량하고, 높은 베어링압력을 허용할 수 없으므로 최근에는 펌프에 거의 사용하지 않고 있다.

미첼식 스러스트 베어링은 오늘날 펌프에 사용되는 스러스트 베어링으로서는 가장 고급이며, 고속도, 대추력 하중인 경우에는 오직 이 형이 채용되고 있다.

단 주위해야 할 것은 스러스트 볼 베어링은 정역(正逆) 어느 회전 방향에서도 지장이 없지만 미첼식은 역회전으로 큰 하중을 받는 것은 금해야 한다.

1.2 구름 베어링

1) 베어링의 형식

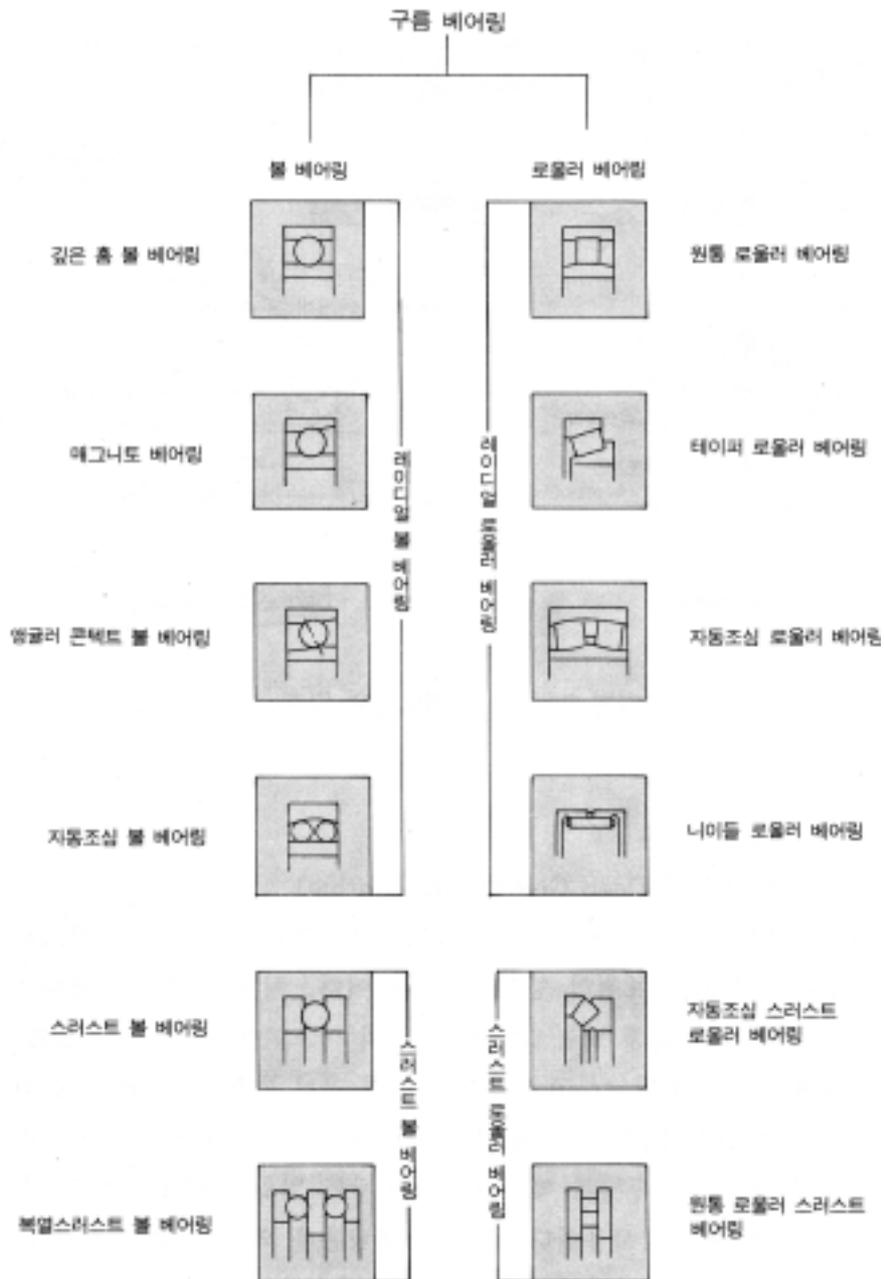


그림 9.1 로울러 베어링의 형식

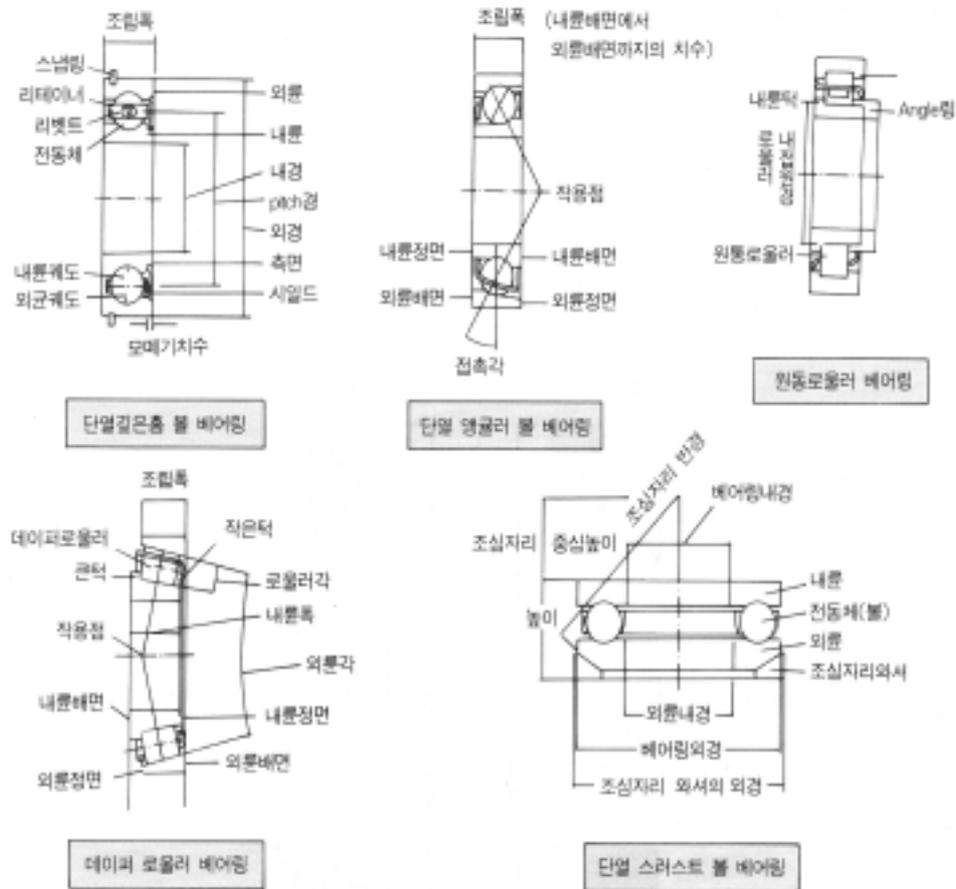


그림 9.2 구름 베어링의 명칭

2) 형식별 특성

a) 깊은 홈 볼 베어링(Deep Groove Ball Bearing)

깊은 홈 볼 베어링은 비분리형의 레이디얼 베어링으로서는 비교적 견고하며, 일반적으로 널리 쓰이는 대표적인 형식의 베어링. 이 베어링은 경방향(經方向) 하중과 축방향(軸方向) 하중 또는 그 합성하중의 어느쪽에도 견딜 수 있고 고속회전에도 적합하며 구조가 간단하고 제작이 용이한 것이 특징이다. 접축 및 비접축형 시일(Seal)이나 비접축형 시일드(Shield)가 부착된 것은 내부에 주입된 그리이스로 자체 윤활하며 구리스의 수명과 베어링의 수명과는 밀접한 관계가 있어 -20℃에서 +100℃ 사이에서 사용된다. 또한 스냅링홈을 외륜에 내고 스냅링을 붙여 설치상 하우징 구조를 간단하게 해야 하는 경우에 사용하는 것도 있다. 내륜과 외륜의 상대적인 경사는 내부 클리어런스와 하중에 따라 좌우되며 정상적인 운전상태에서

대체로 8' ~ 16' 정도까지 허용된다.

b) 매그니토 베어링 (Magneto Bearing)

이 베어링은 외륜이 분리될 수 있는 분리형 베어링으로 외륜의 한쪽에만 턱이 있고, 다른 쪽은 원통형으로 되어 있어 온도차에 의한 축 길이의 변화를 흡수할 수 있고 클리어런스가 없이 조립할 수도 있다. 보통 2개를 반대방향으로 짝지어 사용한다. 내륜과 외륜은 호환성이 있어서 따로따로 축이나 하우징에 설치할 수 있으므로 모두 억지끼워맞춤 할 수 있다. 보통 소형으로 제작되어 발전기, 자이로(Gyro)등에 사용한다.

c) 앵글러 콘택트 볼 베어링(Angular Contact Ball Bearing)

단열과 복열의 두 종류로 나뉘어 지는데, 단열 앵글러 콘택트 볼 베어링은 비 분리형으로서 기본접촉각은 40°이며 15°, 30°인 것도 있다. 이때 접촉각이 커지면 축방향 하중의 부하능력이 커지게 되므로 접촉각이 작은쪽이 고속회전에 유리하다. 이것은 합성하중(경방향 하중과 축방향 하중)을 받을 수 있으며 축방향 하중은 높은 턱쪽으로만 받을 수 있으므로 두개를 짝지어 사용하거나 다른 베어링에 덧붙여 사용한다.

d) 자동 조임 볼 베어링(Self-Aligning Ball Bearing)

이 베어링은 내륜에 두개의 분리된 회도(回道)가 있고, 외륜은 구면으로 된 공용회도를 가지는 비분리형 베어링으로서 허용경사각이 비교적 큰 경우에 사용한다. (최대4°). 이 베어링의 부하능력은 그다지 크지 않다. 특히 외륜 회도의 곡률 중심은 베어링의 중심과 일치한다. 내륜 내경이 원통형인 테이퍼형인 것이 있다.

e) 원통 로울러 베어링(Cylindrical Roller Bearing)

이 베어링은 분리형 레이디얼 베어링으로 턱의 유무와 배열에 따라 형식이 분류된다. N형과 NU형은 각각 외륜과 내륜에 양쪽턱이 모두 없는 형식으로 축이 축방향으로 자유롭게 움직일 필요가 있는 곳에 설치한다. NJ형은 내륜의 한쪽에만 턱이 있는 것으로 축방향 하중을 한쪽으로 받을 수 있으며 여기에 앵글링을 붙여서 고정형 베어링(NF형)으로 쓸수도 있다. 이 원통 로울러 베어링은 큰 경방향 하중을 받으며 고속으로 회전하는 데에 적합하다. 이 큰 부하능력은 전동체와 회도면이 선접촉을 하는데에 기인한다. 이것은 비교적 견고한 베어링으로 허용경사각은 2' ~ 4'이다. 내륜과 외륜은 각각 따로 설치할 수 있다.

f) 자동조임 로울러 베어링(Spherical Roller Bearing)

외륜은 구면회도를 가지고, 내륜은 중간턱으로 분리된 이중 회도를 가지는 복열 비분리형

베어링이다. 전동체는 배럴형 로울러이고 대칭, 비대칭의 두가지가 있으며 원통 로울러 베어링과 같이 선접촉을 하게 되어 경방향 부하능력이 크며 허용경사각은 최대 30'이다. 원통 구멍인 기본형 이외에 아답타나 빼냄 슬리브를 사용하여 축에 설치하는 테이퍼구멍형도 있다. 최대 허용속도는 원통 로울러 베어링보다 작으며 윤활을 적절히 해야 할 필요성도 크게 요구된다. 윤활은 외륜의 윤활홈이나 윤활구멍을 통해서 한다.

g) 테이퍼 로울러 베어링(Tapered Roller Bearing)

분리형 베어링이며 내륜 외륜 전동체로 구성되어 있다. 전동체인 로울러는 내륜의 큰턱에 의하여 안내되면서 테이퍼진 회도를 구른다. 내륜과 전동체, 리테이너를 합하여 코운 어셈블리라고 하며. 외륜과 코운 어셈블리는 호환성을 가지는 것이 특징이다.

이 베어링은 축방향 하중과 경방향 하중을 함께 받을 수 있으며 부하 능력은 상당히 커서 앵글러 콘택트 볼 베어링의 두배가 넘으나 최대 허용속도는 작다. 축방향 하중은 한쪽 방향으로만 받을 수 있으므로 앵글러 콘택트 볼 베어링과 같은 원리고 짝지어 사용한다. 작용된 경방향 하중을 유도하나 이 축방향 하중은 축이 충분한 강성을 가지는 경우 베어링의 배열에 의해 상쇄된다.

특히 설치할 때에는 클리어런스를 적당히 조절하는데에 주의를 기울이고, 온도변화에 따른 축변형이나 클리어런스 변화의 영향을 감소시키기 위하여, 조립된 베어링 사이의 거리를 가능한한 가깝게 하는 것이 바람직하다. 최대 허용경사각은 2'이며 이것을 넘으면 로울러가의 모서리나 회도의 구석부분에 응력이 집중되어 조기 파손을 일으킨다.

h) 스러스트 볼 베어링(Thrust Ball Bearing)

스러스트 볼 베어링은 분리형 베어링으로서의 고정륜, 회전륜, 전동체, 및 리테이너로 구성되어 있다. 이 베어링은 축방향 하중만을 받을 수 있으며 주로 저속, 중속에서 사용된다. 경사에는 상당히 민감하지만 축방향으로는 견고하게 지지할수 있는 특징이 있다.

만일의 경우, 일어날 수 있는 경사의 영향으로 흡수할 수 있도록 조심자리와셔를 사용해도 한다. 한쪽 방향만의 축방향 하중을 받는 단식 스러스트 베어링과 양측방향의 축방향 하중을 모두 받을 수 있도록 한 복식 스러스트 베어링이 있다.

i) 니들 로울러 베어링(Needle Roller Bearing)

이 베어링에는 길이가 직경의 3~10배가 되는 가늘고 긴 로울러가 많이 들어 있다. 내경(도는 내접원경)에 비하여 외경이 작기 때문에 베어링 사용부의 소형화 경량화가 요구되는 경우에 많이 사용된다. 내경에 비하여 폭이 넓어서 레이디얼 하중에 잘 견디며 강성이 좋고

정밀도도 높다. 현재 높은 정밀도가 요구되는 기계에는 이 베어링으로 대체하여 가는 추세에 있다. 셸(Shell)형과 솔리드(Solid)형이 있으며 리테이너가 없는 형식도 있다.

3) 베어링의 선정 인자

a) 하중

베어링의 선정에 있어 중요한 인자의 하나로서 외부에서 가해지는 하중의 크기와 방향 즉 경방향, 축방향 및 이 두방향의 합성하중을 들 수 있다. 보통 깊은 홈 볼베어링은 경방향 및 축방향의 두방향 하중을 모두 받을 수 있으나 로울러 베어링에 비해 부하능력은 작다. 중하중(重荷重)과 대형축용 베어링에서는 로울러 베어링이 적당하다. 두방향으로 가해질 때는 앵귤러 콘택트 볼 베어링 및 테이퍼 로울러 베어링이 가장 이상적이며 한 종류의 베어링으로 합성하중을 받을 수 없는 경우에는 두개의 다른 형식의 베어링을 사용하여 각각 다른 방향의 하중을 나누어 받도록 한다.

b) 베어링 사용부위의 공간

베어링이 조립되는 주변의 공간을 설계상 제안되어 있는 경우가 많으므로 축의 크기, 하우징의 크기, 축방향 폭 등 주위공간의 여유를 먼저 고려한 다음 치수표에서 사용목적에 적당한 베어링을 선정한다.

c) 허용경사각

축이나 하우징의 정밀도불량, 설치불량, 축의 휨 및 처짐 등으로 인하여 베어링의 내, 외륜 사이에 상대적 기울어짐 경사가 생긴다. 대부분의 베어링에서는 약간의 경사가 허용되고 있으나 앵귤러 콘택트 볼 베어링이나 스러스트 볼 베어링에서는 전혀 허용되지 않으며 큰 경사가 예상되는 곳에는 자동조심 볼 베어링이나 자동조심 로울러 베어링, 유니트 베어링 등을 사용한다. 각 형식별 베어링의 허용 경사각은 대체로 다음과 같다.

깊은 홈 베어링	보통급.....	8'
	C ₃ 급.....	12'
	C ₄ 급.....	16'
자동조심 볼 베어링	4°
원통 로울러 베어링	2' ~ 4'

테이퍼 로울러 베어링2’
 자동조심 로울러 베어링30’

d) 강 성

베어링이 하중을 받으면 내, 외륜과 전동체의 접촉부에 탄성변형이 생긴다. 그러나 축이나 하우징의 탄성변형량이나 제작공차량에 비하여 매우 작기 때문에 무시되는 것이 보통이다. 하지만 특별히 큰 강성이 요구되는 경우에는 원통 로울러 베어링, 테이퍼 앵글러 로울러 베어링이 주로 사용되고, 두개의 앵글러 볼 베어링을 짝지어서 사용할 때에는 축방향 예압을 가하여 강성을 증가시켜 사용하기도 한다.

e) 설치와 해체

비교적 설치와 해체가 많이 행하여지는 기계에는 분리가 손쉬운 원통 로울러 베어링(N,NJ形), 니이들 로울러 베어링, 테이퍼 로울러 베어링 등이 적당하며 테이퍼 구멍형 베어링은 슬리브와 록너트를 사용하면 빠른 시간에 쉽게 설치 해체할수 있다.

f) 회전정밀도

모든 형식의 베어링에 대해서 보통급의 정밀도가 규정되어 있어 일반적으로 가장 널리 사용된다. 특별히 높은 회전정밀도가 요구되는 곳에는 주로 깊은 홈 볼 베어링, 앵글러 콘택트 볼 베어링, 원통 로울러 베어링이 적합하다.

g) 회전소음

베어링이 고정밀급일수록 소음이 적도록 제작되어 있고, 소음이 문제시 되는 경우에는 깊은 홈 볼 베어링이 적합하다.

h) 허용회전수

베어링의 허용회전수와 내부구조와는 밀접한 관계가 있으며 베어링 내부에 발생하는 마찰열, 한계운전온도, 윤활 및 냉각방식, 베어링의 형식, 리테리너의 형식 및 재료등이 간과할 수 없는 주된 인자들이다. 일반적으로 경하중용 소형베어링이 중하중용 대형 베어링보다 고속회전에 적합하다. 경방향 하중을 받으며 고속회전 하는 경우에는 깊은 홈 볼 베어링, 원통 로울러 베어링 등이 적합하다. 경방향 하중을 받으며 고속회전 하는 경우에는 깊은 홈 볼 베어링, 원통 로울러 등이 적합하며 합성하중을 받는 경우에는 앵글러 볼 베어링이 적합하다.

4) 베어링 설치

a) 설치시의 주의점

베어링은 정밀한 기계부품이므로 취급에 상당한 주의를 요하며 여러가지 조건을 충분히

표 9.2 특성도표

특성		패이링	깊은후	데그나코	명암리본데크	중합명암리본데크	자중조성	원통모음리	패이링NI형	패이링XJ형	나이틀	테이커	복원테이커	자동차성	스타스프	조심자리의버형	
		패이링	패이링	패이링	패이링	패이링(CB)	패이링	패이링	패이링	패이링	패이링	패이링	패이링	패이링	패이링	패이링	스타스프
하	경 방향	○	○	△	●	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	중	패이링	패이링	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			패이링	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
밤	패이링	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
향	패이링	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
고속회전		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
고정밀도		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
저소음		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
저노드크		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
강성(強性)		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
내외관의어용경사가		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

표 계속

특성	레이팅	요스름	메그니토	방광리몬테르	종합결플러 컨리트	차음조심	원풍도율러	좌열원부	원풍모율러	니이탈	테이퍼	복열테이퍼	차음조심	스리스트	조심자리의서형 스리스트	
	형식	블레이팅	블레이팅	블레이팅	블레이팅(CB)	블레이팅	베어링NU형	로울리베어링	베어링NI형	로울리베어링	로울리베어링	로울리베어링	로울리베어링	로울리베어링	블레이팅	블레이팅
조심(調心)작용						◇							◇		◇	◇
내외문의분리			◇				◇	◇	◇	◇	◇	◇		◇	◇	◇
고경축용		◇			◇	◇							◇	◇		
자동축용		◆			◆	◆	◇	◇		◇		◆	◆			
내륜레이커구멍						◇		◇					◇			
비고		2개를 마주보게 설치하여 사용한다	2개를 필수구은 55°, 30°, 40° 있다 2개를 마주 보게 설치하여 관리어린스물 조정할수있다	DF, DT형도 있다		N형도 같다	NNU형도 있다	N형도 같다	N형도 같다		2개를 마주보 게 설치하여 관리어린스물 조정할수있다					

검토하여 적당한 방법으로 설치하여야 한다. 베어링이 조기파손을 일으키지 않고 완전하게 작동하기 위해서는 베어링을 설치할 때 적당한 방법과 작업조건이 필요하다. 설치는 먼지가 없고 건조하며 기계등에서 발생하는 불순물에 오염될 위험이 없는 장소에서 하여야 한다. 베어링의 포장은 설치작업 직전에 풀어서 더러워지지 않도록 하며 특별한 경우가 아니면 베어링에 도포된 방청유를 닦아내지 않아도 된다. 또, 설치부분의 다른 부품도 모두 청결하게 하도록 주의해야 하며 사용할 구리스나 오일은 특히 오염에 주의하여야 한다. 이런 조건하에서 설치 부분의 치수나 형상의 정밀도를 측정하고 규정된 끼워맞춤에 의해 설치하면 만족한 기능과 수명을 발휘할 수 있게 된다. 설치시에 유의할 사항은 다음과 같다.

·베어링의 설치에 관련되는 부분은 깨끗해야 한다.

·치수의 검토, 관련되는 부분의 마무리 작업

·설치공구의 점검

·설치방법의 검토

·설치후 검사

·윤활제의 적당한 선택

b) 설치방법

가) 원통구멍일 때

i) 프레스에 의한 방법

베어링은 프레스등 소정의 기구를 사용하여 설치하는 것이 좋다. 작은 베어링은 축이나, 하우스징에 그대로 설치하며(그림 9.3.a) 적당한 프레스가 없으면 나무망치를 가볍게 두드려서 설치하면(그림 9.3.b) 이때 힘을 베어링에 균일하게 작용시키기 위해서는 슬리브를 사용하는 것이 좋다. 내, 외륜을 축과 하우스징에 동시에 설치할 때에는 내, 외륜을 가지런하게 설치해야 하므로 홈이 파진 원판을 슬리브 밑에 대고 압입한다. (그림 9.3.c, 9.3.d)

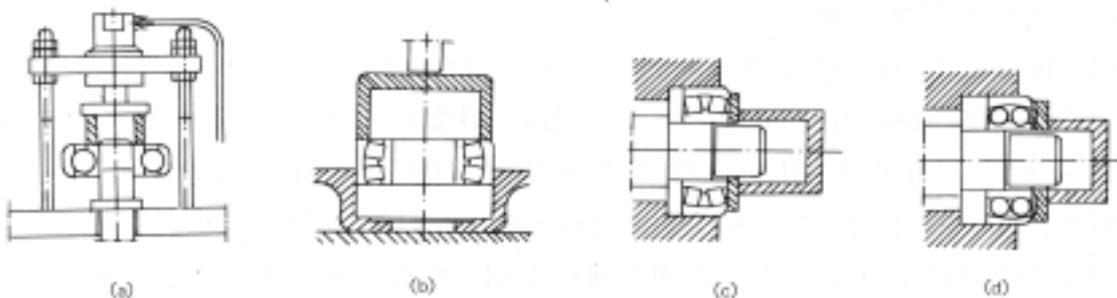


그림 9.3

ii) 열팽창에 의한 방법

베어링이 크거나, 프레스로 끼워맞춤할 때 압입력이 상당히 커서 설치할 때 손상이 생길 위험이 있을 때에는 가열하여 팽창시킨 후 설치한다. 가열은 기름통에서 유온 80~120℃ 정도로 하여야 하며 이 방법은 기름통안에 망이나 갈고리를 넣어 가열하면 (그림9.4.a,9.4.b) 베어링이 균일하게 가열되고 불순물의 침입도 방지할 수 있는 이점도 있다. 가열후에는 깨끗한 헝겍으로 기름을 닦아내고 바로 끼워맞춤할 자리에 기울지 않도록 견고하게 밀어 붙여서 냉각된 후에 축의 턱과 베어링 사이에 틈이 없게 한다. 이때 조금씩 회전시키며 힘을 가하면 효과가 있다.

베어링을 고열의 판위에서 가열하는 경우도 있으나 이것은 균일하게 가열되지 않기 때문에 바람직하지 못하며 용접기로 가열하는 것은 균일하게 가열되지도 않을 뿐더러 온도를 조정하기도 어렵기 때문에 피하는 것이 좋다. 시일이나 시일드가 붙어 있는 베어링은 가열하면 구리스가 새거나 오일이 들어가거나 시일이 파손되는 위험이 있으며 기름 통에서 가열하면 안된다.

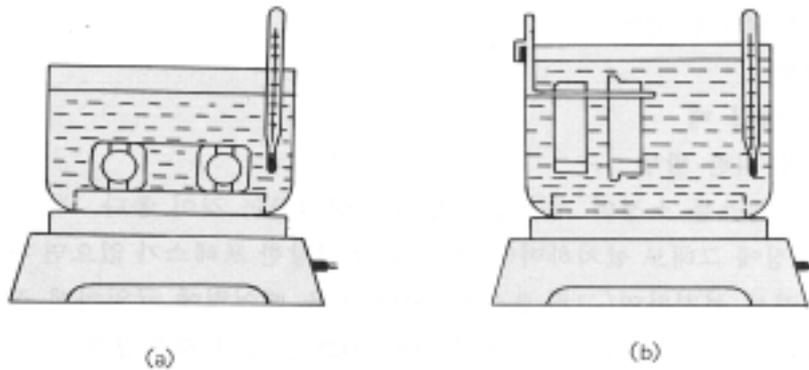


그림 9.4

나) 테이퍼 구멍일 때

테이퍼 구멍인 베어링 원통축에 아답타 슬리브나 빼냄 슬리브를 사용하여 설치 하지만 테이퍼 축에 직접 설치하는 수가 있다. 하중이 커질수록 테이퍼 축의 끼워 맞춤은 보다 강성이 큰 억지 끼워 맞춤을 한다. 이때 내륜이 늘어나게 되어 클리어런스를 감소시키므로 설치하기전에 클리어런스는 휠러게이지(Feeler Gauge) 로 측정할 수 있으나, 자동조심 볼 베어링의 경우는 휠러 게이지로는 측정할 수 없으므로 이때는 축방향 변위를 먼저 측정하고

기본 테이퍼가 1 : 12인 경우 축방향 내부 클리어런스 감소의 비가 15 : 1이라는 관계로 부터 그 감소량을 환산할 수 있다. 설치 후 클리어런스는 설치전의 40~50% 가 되게 되어 있다. 테이퍼면에 얇게 기름을 바르면 원활하게 설치할 수 있다.

그러나 너무 많이 바르면 운전중에 슬리브나 내륜에 그리이프 현상이 일어날 위험이 있으므로 주의한다. 앵글러 콘택트 볼 베어링 이나 테이퍼 로울러 베어링은 설치후 클리어런스가 결정된다. 이런 베어링들은 두 개를 짝지어 설치하는 것이 보통이기 때문에 한쪽 베어링이 축방향으로 움직이게 되면 다른쪽 베어링에 클리어런스를 증가 시키거나 예압을 주게 된다. 클리어런스를 주는가 예압을 주는가는 운전조건에 따라 결정되는 문제이며 정상 운전상태에 도달하였을 때의 클리어런스가 0에 가까운 것이 바람직하다.

온도가 증가하게 되면 대개 클리어런스가 줄어들기 때문에 이것을 고려하여 설치시에 적당한 클리어런스나 예압을 주어야 한다. 축방향 클리어런스는 하우징에 고정된 다이얼게이지(Dial Gauge) 로 측정한다. 테이퍼 로울러 베어링을 측정할 때는 로울러가 제자리를 잡을 수 있도록 몇 회 돌려주고 측정하면 좋다.

c) 설치후의 검사

설치가 끝난 후에는 설치가 올바르게 되었는가를 검사해야 된다. 만일 베어링의 설치가 잘못되어 있으면 베어링에 파손위험이 따르고 윤활이 제대로 되어있지 않으면 용착의 위험이 있으므로 검사시에는 회전수를 갑자기 높이지 말고 속도를 서서히 상승시키면서 검사해야 한다. 설치후에는 주로 다음과 같은 점을 검사한다.

- 손으로 돌리면서 촉감을 검사(먼지, 흙집)
- 손으로 돌리면서 회전 토크검사(조립불량)
- 동력을 연결하여 소음 검사(먼지, 흙집, 윤활불량, 잔류 내부 클리어런스)
- 동력을 연결하여 온도상승검사(윤활불량, 조립불량)

첫번째 항과 두번째 항은 대형베어링에 해당되며 속도를 단계적으로 올려가면서 여러가지 속도에서 검사한다.

5) 윤 활

구름 베어링은 금속과 금속이 접촉하면서 회전하기 때문에 소음·마모·발열 등이 발생하므로 이를 방지하기 위하여 오일이나 그리스를 사용하여 윤활하며 특별한 경우에는 고체 윤활제를 사용하기도 한다.

윤활제의 양이나 종류는 온도범위, 운전속도 등에 의하여 정해지며, 윤활제도 수명이 다하거나 오물의 침입으로 더러워지면 성능이 떨어지기 때문에 적당한 간격으로 교환되거나 재급유 되어야 한다.

a) 윤활의 목적

윤활의 목적은 베어링 내부의 마찰·마모를 줄이고 용착(Seizure)을 방지하기 위한 것이며 그 효용은 다음과 같다.

가) 베어링의 부품인 레이스, 전동체, 리테이너가 접촉하는 부분에서 금속끼리 직접닿지 않도록 하여 마찰, 마모를 감소시킨다.

나) 접촉면이 충분히 윤활되어 있으면 베어링의 수명이 길어지지만, 점도가 낮거나 유막의 두께가 얇으면 수명이 짧아진다.

다) 순환급유등에 의하여 내부에서 발생한 열을 방출시켜 베어링의 과열을 방지하고 윤활유 자신의 성능저하도 방지한다.

라) 이물(異物)의 침입을 막고 녹이나 부식을 방지한다.

b) 구리스의 윤활

보통의 속도, 온도, 하중조건에서 사용하는 베어링에는 구리스 윤활이 많이 사용된다. 구리스는 적당한 밀봉장치를 써서 습기의 침입을 방지하면 오일에 비하여 베어링이나 하우징에서 잘 새어나오지 않는다는 장점이 있다. 일반적으로 구리스의 주입량은 베어링과 하우징 공간의 30~50%를 채우는 정도로 하여 너무 많이 주입하면 고속회전에서 온도가 급격히 상승할 위험이 있다.

그러나 저속이면 구리스를 완전히 채우는 것이 부식을 방지하는데 효과가 크다. 구리스의 주도(綱度)는 구리스의 단단한 정도를 나타내 주는 것으로써 외력에 의하여 일어나는 변형에 견디는 내부 저항력을 말하며 NLGI(National Lubricating Grease Institute)가 정하는 등급번호로서 표시되는데, 로울링 베어링에 쓰는 구리스는 보통 NLGI 등급번호 1~3 이다. 재급유를 할 때, 사용하던 구리스를 함께 써야할 경우에는 혼합될 수 있는 것인지를 먼저 검토해야 한다. 주입했을 때 서로 잘 혼합되지 않으면 주도가 저하되거나 최대 허용속도가 낮아진다. 증주제(增稠劑 : Thickener)가 같고 베이스 오일이 비슷한 구리스는 서로 혼합될 수 있다. 예를들면 나트륨을 증주제로 한 구리스와 나트륨을 증주제로 한 다른 구리스는 서로 혼합될 수 있으나, 리치움(Li-thium)을 증주제로 한 구리스와는 혼합될 수 없다.

그러나 비슷한 것 끼리는 혼합이 가능하지만 이때 주도(綱度)와 윤활성능이 저하되어 구리스가 베어링이나 하우징 밖으로 새어 나오거나 수명이 짧아질 수도 있다.

구리스 재주입 간격은 베어링의 형식, 크기, 온도, 속도, 사용되는 구리스에 따라 달라지며 다음식에 의해 계산할 수 있다.

$$L_g = K \left(\frac{14 \times 10^6}{n \sqrt{d}} - 4d \right)$$

여기서, L_g : 구리스의 수명, 재주입간격 (hours)

K : 계수(표9.3 참조)

n : 속도(r.p.m)

d : 베어링 내경(mm)

표 9.3 K의 값

베어링의 형식	K
자동 조심 로울러 베어링 테이퍼 로울러 베어링 스러스트 로울러 베어링	1
원통 로울러 베어링 니이들 로울러 베어링	5
레이디얼 볼 베어링	10

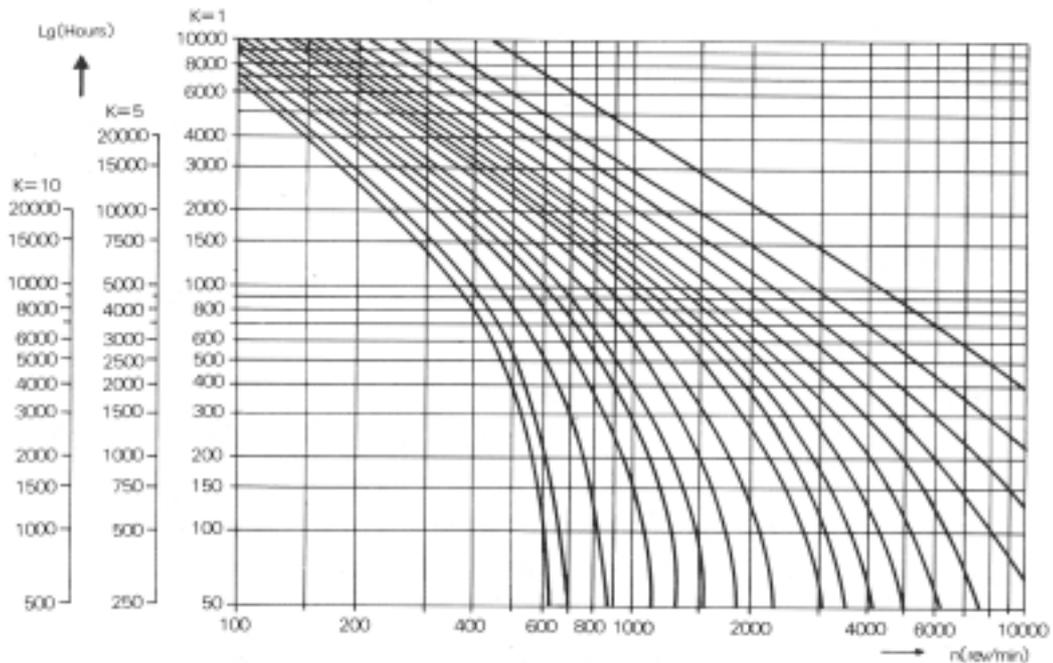


그림 9.5 구리스의 수명

위의 식은 운전조건이 정상적인 경우에, 특히 시일이 부착된 볼 베어링에 적합하다. 재 주입 간격은 구리스의 수명보다 짧게 하는 것이 바람직하다. 소형 베어링 특히 깊은 홈 볼 베어링의 구리스 수명은 조금 길어서 재 주입간격은 일반적인 것보다 길게 취하고, 중형이나 대형 베어링은 정해진 간격으로 주입해야 한다.

구리스 윤활에서 구리스의 주입량은 위에서 설명한 바와 같이 주입공간의 30~50%이며 그 양은 대개 다음식으로 표시된다.

$$G=5.1 \times 10^{-6} \cdot DB \quad (9.2)$$

여기서, G : 구리스의 주입량(KG) D : 외경(mm) B : 폭(mm)

하우징에는 과도한 구리스의 일부가 유출될 수 있도록 니플(Nipple)을 설치하기도 한다.

c) 오일윤활

·유욕법(油浴法 : Oil Bath Method)

저속, 중속회전에 많이 사용되며 가장 일반적인 윤활방식이다. 유면은 가장 낮은 위치에 있는 전동체의 중심위치에 있는 것이 좋으며, 오일 게이지를 써서 유면의 높이를 쉽게 확인할 수 있게 하는 것이 좋다.

·적하급유법(適下給油法 : Oil Droplet Method)

비교적 고속회전인 소형베어링 등에 많이 사용하는 방법이며, 기름통에 기름이 저장되어 있어서 일정한 양만큼씩 떨어지게 되어 있고 떨어지는 유량은 조절할 수 있게 되어 있다.

·비산급유법(飛散給油法 : Splash Oil Lubrication)

베어링을 직접 기름속에 담그지 않고 옆에 있는 지차나 회전링에 의해서 기름을 튀겨날려서 윤활하는 방법이다.

·순환급유법(循環給油法 : Oil Circulation)

고속회전이어서 베어링 부분을 냉각할 필요가 있는 경우에 또는 주의가 고온인 경우에 많이 사용한다. 급유파이프로 급유되고 배출파이프로 배출되어 냉각된후 펌프에 의해서 다시 급유된다. 베어링안에 기름이 고이지 않도록 배출 파이프는 급유파이프보다 내경이 큰 파이프를 사용한다. 이외에 고속회전(dm, n값이 100만이상)에 쓰이는 제트급유법과 소량의 기름으로 우수한 윤활 효과를 얻을 수 있는 분무윤활의 특수한 방법이 있다.

나) 오일의 재급유

오일의 교환은 쓰이고 있는 오일의 양이나 운반조건에 따라 달라진다. 유욕법인 경우에는 운전온도가 50℃를 넘기지 않고 오염되지 않았다면 1년에 한번정도 교환 하면되나 운전온도가 높거나 운전조건이 나쁘면 더 자주 교환해야 할 것이다. 100℃정도 까지 올라가면 3달에 1번정도 교환한다. 순환급유법인 경우에는 싸이클 타임이나 냉각유무에 따라 다르다. 가장 적당한 재급유기간은 그때 그때 경험으로 결정하는 것이 좋으며 오일의 오염여부, 변색등의 상태는 수시로 점검해야 한다.

6) 보수와 관리

a) 베어링,취급시의 주의사항

베어링을 취급하는데 다음 사항을 유의하여야 한다.

- 주의를 청결히 하고 깨끗한 도구를 사용한다.
- 베어링을 배내기 전에 하우징의 오물을 제거한다.
- 깨끗하고 습기가 없는 손으로 취급한다.
- 사용한 베어링도 새것과 마찬가지로 조심스럽게 취급한다.
- 깨끗한 솔벤트나 오일을 사용한다.
- 베어링은 깨끗한 종이 위에 놓는다.
- 해체한 베어링에는 먼지나 습기가 닿지 않도록 한다.
- 베어링을 닦을 때에는 깨끗한 마른 헝겊을 사용한다.
- 쓰지 않을 때는 기름종이로 싸서 둔다.
- 베어링을 교환할 때에는 하우징 안을 깨끗이 한다.
- 새로 포장을 뜯 베어링을 조립할 때는 세척하지 않고 그대로 조립한다.
- 윤활유는 불순물이 들어가지 않도록 깨끗이 유지하고 사용하지 않을 때는 용기의 뚜껑을 닫아준다.

특히 베어링을 오염 시킬 수가 있는 다음의 사항을 주의하여야 한다.

- 더러운 공구대 위에서는 작업하지 않는다.
- 깨지기 쉽고 티끌이 일어나는 공구는 사용하지 않는다.
- 깨끗하지 않은 베어링은 강제로 회전시키지 않는다.
- 압축공기로 베어링을 회전시키지 않는다.
- 베어링을 세척할 때 일반 세척과 헝겊세척을 같은 통에서 하지 않는다.
- 베어링을 닦을 때 무명이나 더러운 헝겊을 사용하지 않는다.

- 베어링 표면에 흠집이 나지 않도록 한다.
- 새베어링에서 구리스나 오일을 제거하지 않는다.
- 윤활제는 양이나 종류가 부적당하면 안된다

위에서 기술한 것은 베어링 취급을 하는데 극히 기본적인 것이면서도 자칫 소홀히 하면 베어링이 기계부품으로서 역할을 다하지 못하므로 특별한 주의를 기울이지 않으면 안된다.

b) 베어링 보관시의 주의 사항

베어링의 보관에는 습기가 많은 장소는 절대 피하지 않으면 안된다. 방청 구리스는 50° ~ 60°C가 되면 유출되므로 될 수 있는대로 서늘한 곳에 보관하여야 한다. 나무상자로 포장되어 수송된 것은 즉시 꺼내어 반드시 선반위에 보관해야 한다. 베어링을 높이 쌓아 올리면 밑에 쌓은 것에 악영향을 주므로 피해야 한다.

c) 베어링 검사시의 주의 사항

오물이 묻어 있는 베어링은 세척한 후에 검사한다. 세척할 때는 내륜이나 외륜을 조금씩 돌려가면서 한다. 시일이나 시일드가 한쪽에만 있는 베어링은 개방형과 같이 취급하고 양쪽에 있는 것은 세척해서는 안되며 오물을 제거하고 방청제를 얇게 바른후에 소정의 용도에 사용하거나 기름종이에 싸서 보관한다.

d) 운전검사

베어링의 운전성은 무엇보다도 중요한 사항이다. 베어링을 설치한 후의 설치 검사에 대하여는 앞에서 기술하였으므로 여기서는 시운전검사를 중심으로 좀더 상세히 종합하여 설명한다. 소형펌프는 손으로 회전시켜 원활히 회전하는가를 알아본다. 검사하는 항목은 오물의 침입, 회전면의 흠, 설치불량, 설치위치의 가공불량, 내부 클리어런스, 쉘의 마찰등이다. 대형펌프는 하중을 가하지 않고 시동시킨후 바로 동력을 끊고 회전검사를 한다. 이때 진동, 소음, 회전부품의 접촉유무 등의 이상을 확인하고 동력운전에 들어간다. 동력운전을 할 때에는 하중을 가하지 않고 저속으로 시동하여 서서히 정상상태로 속도를 증가시킨다. 시운전중의 검사항목은 이상음의 유무, 온도, 윤활제의 누설과 변동등이며 이상이 발생하면 바로 동력을 끊고 기계를 점검하여 필요한 조치를 취한다.

베어링 온도는 하우징 표면의 온도로 부터측정하는 것이 보통이지만 가능한한 유공 등을 통하여 직접 베어링 외륜온도를 측정하는 것이 좋다. 온도는 운전개시후 서서히 상승하여 1~2시간 정도가 지나야 정상상태가 된다. 베어링설치가 불량하면 온도는 급격히 상승하며 이 원인은 윤활유의 과다 내부 클리어런스의 과소, 설치불량, 밀봉장치의 마찰 과대 등이다. 고속회전에서는 윤활 방식도 원인이 될수 있다.

베어링의 회전소음은 높은 금속성, 이상소음, 불규칙 등인데 그 원인으로서는 윤활불량, 축이나 하우징의 정밀도 불량, 베어링의 파손, 이물질의 침입등이 있다.

위의 이상현상의 원인과 대책을 정리한 것이 표 9.4 이다.

표 9.4 베어링의 이상운전과 그 대책

운 전 상 태		추 정 원 인	대 책
소 음	높은 금속음	이상하중	끼워맞춤의 수정, 클리어런스 검토, 예압조정, 하우징과 턱위치의 수정
		설치불량	축 하우징의 가공정밀도, 설치정밀도, 설치 방법의 개선
		윤활제의 부족, 부적당	윤활제의 보충, 적당한 윤활제의 선택
		긁히는 소리	교체, 클리어런스가 작은 것을 선택
		볼의 미끄러짐	예압조정, 클리어런스 작은 것 선택, 연질 구리스 사용
		회전부품의 접촉	라비린스홈 등 접촉부의 수정
	규칙음	궤도의 눌린 자국 녹 긁힘	교체, 부품의 세척 밀봉 장치 개선 깨끗한 윤활제 사용
		브리벨링(Brineling)	교체, 취급주의
		홀레이킹(Flaking)현상	교체
	불규칙음	내부 클리어런스 과다	끼워맞춤과 클리어런스 검토, 예압량 조정
		이물침입	교체, 부품의 세척, 밀봉 장치 개선, 깨끗한 윤활제 사용
		볼의 긁힘, 홀레이킹현상	교체
이상온도 상승	윤활제의 과다	윤활제의 과소, 경질 구리스 선택	
	윤활제 부족, 부적(不適)	윤활제의 보충, 적당한 윤활제의 선택	
	이상하중	끼워맞춤의 수정, 클리어런스 검토 예압조정, 하우징과 턱위치의 수정	
	설치불량	축 하우징의 가공정밀도, 설치 정밀도, 설치방법의 개선	
	끼워맞춤면의 그리이프 현상 밀봉장치의 마찰과다	교환, 끼워맞춤 검토, 축 하우징의 수정, 밀봉 장치 변경	
진 동	브리벨링(Brineling)	교환, 취급주의	
	홀레이킹 현상	교환	
	설치불량	축 하우징의 직각도, 스페이서 측면의 직각도 수정	
	이물침입	교환, 부품의 세척, 밀봉장치의 개선	

2. 패킹과 기계적 씌

펌프 케이싱은 이미 설명한 바와 같이 수개로 분할되어 제작되는데, 이를 조립할 때에 접합면에서의 누출방지를 위하여 보통 패킹을 사용한다. 도 펌프축이 케이싱을 관통하는 곳에서는 축과 케이싱 사이에 작은 간격을 가지고 회전 운동을 하는데, 이 간격으로부터의 누출을 방지하는 데에도 반드시 패킹이 사용된다. 전자는 상대 운동이 없는 두개의 부품란에 끼우는 것으로 시이트 패킹이라 하며, 후자는 상대 운동이 있는 두개의 부품간에 사용되는 것으로 그랜드 패킹이라 한다. 대체로 패킹은 펌프를 구성하는 중요한 한 요소임에도 불구하고 일반적으로 자칫 경시되기 쉽다. 이것은 패킹이 보통 금속재료가 아니고 소모품으로 간주되어, 손상되면 교체하기만 하면 된다는 생각이 있기 때문이다. 펌프의 압력이 낮고 청수 이외의 것을 취급하지 않았던 시대는 그랜드 패킹은 목면으로, 시이트 패킹은 종이로 충분하였다. 그러나 오늘날에는 펌프가 취급하는 액의 종류가 대단히 많고, 압력도 높게 되어 패킹의 재질, 구조, 장비외에 여러가지가 요구되게 되었기 때문에 이에 대한 충분한 지식을 필요로 하고 깊은 관심을 갖지 않으면 안되게 된 것이다. 패킹은 한마디로 말하면 접합면이나 활동부의 기밀을 유지하고, 액체의 누출을 방지하기 위하여 사용되는 재료 혹은 장치이고, 이것이 불완전하면 다음과 같은 결과를 초래한다.

- 액체의 누출 혹은 공기의 유입은 어떠한 펌프 효율을 저하시키며, 동력손실을 초래한다.
- 액체의 누출은 이것이 화학공장에 있어서 약액과 같이 고가인 것 혹은 부식성이 강한 것이라면 액체 자체의 손실도 중요하고 주위의 것을 손상하는 것이 된다.
- 중요한 역할을 하는 펌프에 있어 패킹에서의 누출 때문에 패킹을 교체하는 것은 일반적으로도 운전을 중지해야 하므로 그 손실은 크다.
- 그랜드 패킹의 경우 부적당한 패킹을 사용하면 축의 마모를 가져온다. 패킹은 베어링과 함께 실제운전에 있어, 그 취급에 가장 주의를 해야하는 것 중의 하나이고 패킹의 선정과 운전중의 취급이 펌프의 신뢰성을 현저히 좌우하는 것이다.

2.1 시이트 패킹

상호간의 상대운동이 없는 접합면을 정밀히 사상하여 견고히 체결하므로써 기밀을 유지할 수 있다. 최근 고압 보일러 급수펌프의 케이싱의 상하면은 이와같이 하여 No Packing으로 하는 일이 많은데, 면을 연마하는 데는 많은 경비와 시간을 요하기 때문에 일반펌프의 접합면은 보통 사상하여, 이곳에 패킹을 넣어 면의 불균등, 체결력의 불균일을 보상하고 있다. 이것이 일반적으로 시이트 패킹이라고 하는 것인데 그 형상은 반드시 시이트상이 아니므로 Gasket Packing이라고 하는 편이 적절하지도 모른다. 이 패킹이 구비되어야 할 성질을 열거

하면 다음과 같다.

- 체결력에 따라 다소 변형하기 때문에 상대측면보다 연질로 할것.
- 유체압력 및 체결력에 따라 손상되지 않는 강인성을 가질것.
- 접합면에 균일한 압력이 분포되도록 탄성, 유연성을 가질것.
- 유체가 침투하지 않도록 치밀도를 가질것.
- 사용액에 대하여 부식하지 않을 것.
- 접합면에 접착하지 않고 분리가 용이할 것.

펌프에 사용되는 시이트 패킹의 재질에는 종이, 목면, 석면, 코르크, 가죽, 고무, 합성수지, 알루미늄, 철등이 있는데 이것은 사용되는 액의 화학적성질, 온도, 압력등을 충분히 검토하여 선정하지 않으면 안된다. 시이트 패킹에는 시이트상의 것과 링상의 것이 있고, 링상의 것을 취부할 때에는 보통 홈을 판다. 패킹을 사용할 때에는 그형상만이 아니고 치수에도 충분히 고려를 해야 한다. 일반적으로 패킹에 대하여는 유체 압력보다 큰 체결력을 증가시켜야 하기 때문에 볼트의 체결력을 유효하게 유지하지 위해서는 될 수 있는 한 폭은 좁은 편이 좋다. 그러나 이것도 어느 정도가지이지 체결을 너무 강하게 하여 패킹의 탄성을 잃게 하여서는 안된다. 패킹의 두께는 접합면의 사상정도에 따른 것으로 이것이 양호하면 얇은 것일 수록 좋다. 면이 거칠거나 홈이 있을 때에는 두껍지 않으면 누출을 방지할 수 없는데, 이 경우는 한쪽으로 치우쳐 조이지 않도록 주의해야 한다.

2.2 그랜드 패킹

그랜드 패킹은 펌프 축이 케이싱을 관통하는 부분에 설치되는 스티핑 박스내에 들어가고, 시이트 패킹과는 달리 패킹과 축간에 상대운동이 있다. 미끄럼접촉이 있는 곳은 반드시 마찰과 마모가 문제가 된다.

액의 누출을 염려하여 그랜드를 강하게 조일 때에는 일시적으로 누출은 정지하여도 마찰 때문에 기계적 동력 손실은 증가하여(이 때문에 소형 펌프에서는 효율이 현저히 저하된다.) 축과 패킹은 모두 발열 및 마모를 일으키고, 이윽고 액이 누출하기 시작한다. 이렇게 하여 패킹의 조임을 더욱 강하게 조이는 것을 반복하게 되어 수명을 단축시키게 된다. 반대로 마찰을 줄이기 위하여 그랜드를 덜 조일 때는 누출이 허용 한도를 넘어 패킹의 역할을 담당하지 못하게 된다. 따라서 그랜드 패킹에 대해서는 누출과 마모를 어떻게 조정하는가 즉 체결 정도를 어떻게 하는가가 실제펌프 운전함에 있어 문제가 되는 것이다.

청수펌프에서는 항상 다소의 물이 외부로 흘러나올 정도로 그랜드를 조여야만 한다. 패킹의 재질은 시이트 패킹의 경우와 거의 같으나 펌프에는 목면 석면, 가죽, 고무, 합성수지, 탄소, 화이트메탈 등이 사용된다. 그랜드 패킹은 상술한 바와 같이 축과의 사이에 마찰이 일어나기 때문에 패킹 자체에 자기 윤활성을 갖으면 사정이 좋아지므로 짠 패킹의 표면 및 내부에 유지, 흑연 등을 침투시키는 것이 종종 있다. 이와 같이 하면 마모가 감소하고, 짠 패킹은 간격이 대단히 많기 때문에 내부에 침투한 윤활제는 주로 패킹내를 관통하여 누출되는 것을 방지하는데 도움이 된다.

보통 일반 청수펌프에서는 단지 목면의 실을 짜넣은 것만을 사용하는데 이 경우는 누출수 자체가 마찰면의 윤활과 마찰열을 냉각하는 역할을 한다. 패킹에 침투된 윤활제는 장시간 운전함으로써 점점 소실하여가기 때문에 운전중 어떠한 상태로든 보급하지 않으면 안된다. 이에 대한 가장 일반적인 방법은 내외패킹 중간에 랜터링을 삽입하여 이곳에 외부로부터 청수를 주입하는 방법이다.

이것은 패킹의 간격을 막아, 외부의 공기와 펌프내부를 차지하게 된다. 이와같이 하여 누출을 방지하는 것을 Water Sealing 이라 하며 일반 청수 펌프용으로 쓰인다. 특수액에 대해서는 물을 주입하는 경우와 양액의 일부를 주입하는 경우가 있다. 휘발유와 같은 휘발성 액체에 대해서는 글리세린이나 카리비누를 랜턴에 주입한다. 패킹의 치수는 사용하는 축의 지름에 의해 선정하는 것이 보통이며 일반적으로 다음의 식으로 계산하여 제조회사의 카다로그에서 선정하면 된다.

$$w=1.6\cdot\sqrt{d} \quad (9. 3)$$

또는 $w=d^{0.65} \quad (9. 4)$

그리고 $w=0.1d+7 \quad (9. 5)$

로 구할 수 있다. 여기에서, W : 패킹단면폭(mm) 이다. 또 식 9.3, 9.4, 9.5를 계산하여 선도로 표시하면 그림 9.6에 표시한 바와 같다.

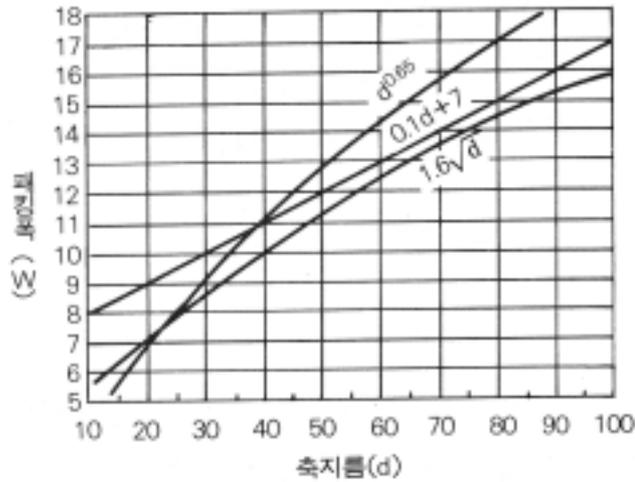


그림 9.6 축지름과 패킹치수의 관계

패킹의 길이는 축재에 감아서 그 길이로 예리한 절삭공구를 대고 축에 직각으로 절단하면 된다. 패킹의 사용개수는 유체의 압력에 의해 많이 쓰거나 적게 쓰지만 보통 5~6개 정도가 제일 많다.

0~5kg/cm²의 압력에서의 패킹 개수는

$$z=1.2 \times \frac{d}{W} \quad (9. 6)$$

여기서 z : 패킹사용개수

d : 축지름(mm)

w : 패킹단면폭(mm)

로 충분하고, 그 이상 5kg/cm² 늘어날 때마다 1개 가하는 정도가 좋다. 개수를 많이 늘렸다고 해서 밀봉작용이 그 만큼 좋아지는 것이 아니라 도리어 마찰손실이 증가하여 효율을 저하시키는 결과를 가져오는 예가 많다. 그 이유의 하나는 패킹의 개수가 많으면 패킹누르개의

고정력이 그림 9.7과 같이 스테핑박스 입구부근에만 크게 작용하고 스테핑박스 밀부분에 접근함에 따라 그 힘은 약해지며 축에 생기는 패킹의 접촉면압력이 작아져 밀봉 작용을 하지 않게 되기 때문이다.

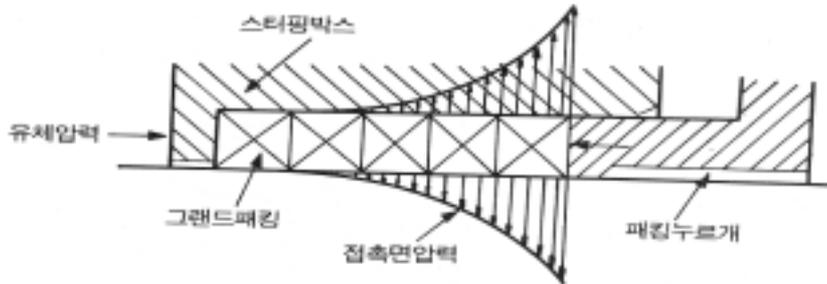


그림 9.7 접촉면압력의 분포

2. 3 기계적 씌

상술한 그랜드 패킹으로는 스테핑박스로 부터의 누출을 완전히 방지하기는 불가능하다. 왜냐하면 회전부분의 하중이나 언바란스에 의한 진동 혹은 베어링의 클리어런스분 만큼의 처짐등은 축에 직각방향으로 얼마간의 이동은 피할수 있으며, 그렇다고 간격을 없애려고 하면 패킹부의 이상발열 및 외장형로 분류되는데 내장형(그림9.8)은 회전부가 박스외부에 위치한다. 따라서, 내장형의 경우는 액체가 회전부와 고정부를 서로 맞닿도록 힘이 작용하고, 외장형의 경우는 이와 반대로 서로 떨어트리는 힘이 작용한다. 외장형은 액의 부식성이 강해 스프링부에 적당한 내식재료를 얻을 수 없는 경우에 적합한데, 액압이 높은 때에는 부적당하다. 하여간 양자 모두 밀봉을 해야 할 곳은 다음의 3곳이다.

- a) 회전부와 케이싱 사이
- b) 회전부와 축(또는 축 슬리브) 사이
- c) 회전부와 고정부의 접촉면(활동면)사이

a)항의 경우는 일반 가스켓이나 합성수지의 오링을 사용하고, b)항의 경우는 오링 Bellow, Flexible Wedge가 사용되며, c)항의 경우는 활동면 사이를 완전하게 접촉을 유지하지 않고서는 누출을 방지할 수 없다.

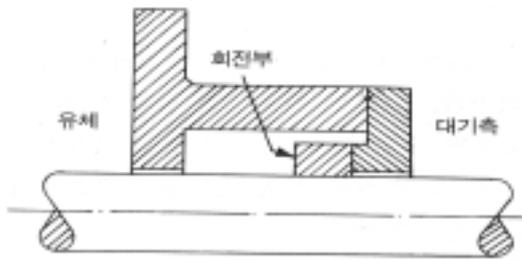


그림 9.8 내장형

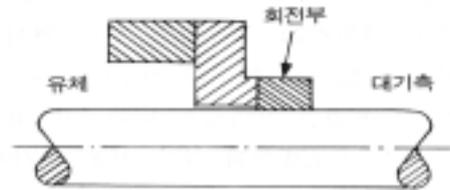


그림 9.9 외장형

2. 4 기계적 씰의 구조

기계적 씰은 사용온도와 압력 그리고 사용유체 및 장착방법에 따라 다양하게 제조되고 있으며, 선정시에는 제조회사와 충분한 협의를 통해 사용목적에 맞게 선정하는 것이 바람직하다. 기계적 씰의 각 부품은 기계적 씰의 제조회사에 따라 가지각색으로 불리우고 있는데, KS B 2880에 의하면 아래와 같은 명칭으로 불리워지고 있다. 기계적 씰을 구성하는 부품에서 제일 중요한 것은 시이트링과 파동링이다. 다른 부품은 절대로 필요한 부품이지만, 시이트링 또는 파동링 만큼 높은 다듬질 정밀도를 필요로 하지 않는다.

그림 9.10에서의 기계적 씰의 각 부품이 어떤 작용을 하는가를 아래에 설명한다.

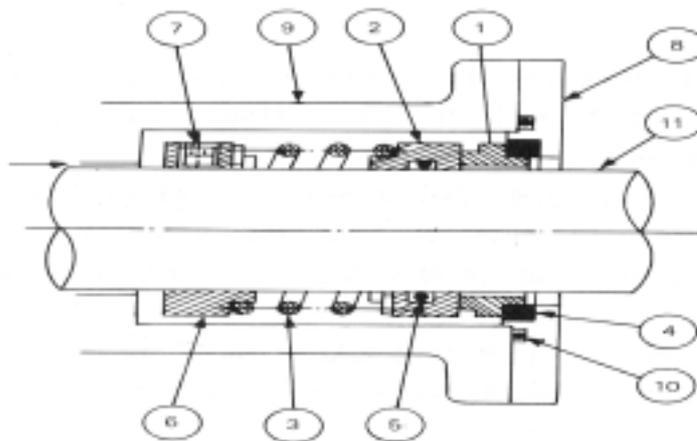


그림 9.10 기계적 씰의 기본구조

① 시이트링

⑧의 그랜드 커버에 고정되며 ⑪의 주축이 회전해도 시이트링은 회전하지 않고 ②의 피동링과 접촉하고 있는 면이 미끄러진다. 그리고 접촉면의 틈새를 뚫 수 있는 한 없애고 액체의 누출을 막는 가장 중요한 부분이다. 재료는 보통 카아본을 쓴다. 이것은 카아본이 미끄럼에 있어서도 녹아붙지 않는 성질을 이용한 것으로서 미끄럼 재료로서의 많은 이점을 가지고 있기 때문이다.

② 피동링

주축의 회전과 더불어 회전하고 ①의 시이트링의 한쪽 평면과 같이 미끄러진다. 피동링은 축방향으로만 움직일 수 있으나 다른 방향으로 움직일 수 없도록 되어 있다. 따라서 누출을 방지하려는 액의 압력 변동이 있으면 그 크기에 따라 시이트링과 접촉 미끄럼을 하고 있는 면의 접촉면 압력이 높아지거나 낮아진다. 또 오랜 시간 사용하면 접촉면이 마멸되지만 어느 정도까지는 피동링이 축방향으로 움직임으로써 접촉면에 틈새가 크지 않도록 유지할 수 있다. 재료는 밀봉하는 액체의 종류·압력·온도·성상에 따라 다르나 물의 경우에는 스텔라이트 등이 쓰여지며 유류의 경우에는 주철·탄소강 등이 쓰인다. 내식성을 필요로 할 때, 압력이 높을 때에는 세라믹을 다른 금속에 코팅하여 쓴다. 액중에 불순물이 함유되어 있을 때에는 그 불순물에 의해 미끄럼면의 마멸이 빨라지므로 내마모성이 높은 초경합금이 쓰여진다.

③스프링

시이트링과 피동링의 미끄럼면의 틈새를 뚫 수 있는한 작게 유지하는 작용을 하는 부품이다. 미끄럼면의 틈새가 커지는 원인에는 다음과 같은 것이 있다.

- 미끄럼면의 마모에 의한 것.
- 압력이 잇는 액체가 미끄럼면에 깊이 먹어들어 가서 시이트링과 피동링을 좌우로 잡아당겨서 떼어 놓으려고 하는 힘의 작용에 의한 것.
- 펌프의 진동에 의해 피동링이 축방향으로 움직일 때 스프링 재료로는 스프링강선, 스테인레스 강선, 모넬메탈·인코넬 등이 쓰여진다.

④ 완충링

시이트링과 그랜드커버의 고정면에서 액체가 누출하는 것을 막는 작용과 주축의 진동 및

축진동이 미끄럼면의 밀봉작용에 영향을 끼치지 않도록 완충링으로 진동을 흡수하는 작용을 지니고 있다. 재료는 합성고무가 제일 많고 내식성·내열성을 필요로 할 때에는 불소수지를 쓰고 있다. 완충링은 이상의 작용 이외에 시이트링과의 마찰저항에 의해 시이트링의 회전을 막는 작용도 하고 있다. 그것은 피동링에 의해 한쪽으로 밀리면서 미끄러지고 있는 시이트링을 미끄럼에 의해 회전하려고 하나 완충링과의 마찰저항과 미끄럼면에서의 마찰저항을 비교한 경우, 뒤에 것이 훨씬 작기 때문이다.

⑤ 축패킹

피동링과 주축의 틈새에서 액체가 누출하는 것을 막는 작용을 한다. 대부분 합성고무제의 오링을 쓰고 있으나 불소수지 등과 같이 탄성력이 부족한 재료를 쓸 때에는 역시 고정형의 홈으로 한다.

⑥ 스톱퍼

이것은 스프링의 누르는 힘을 일정하게 유지하거나 조정하기 위해 주축에 대하여 세트스크루우에 의해 고정된 이른바 스프링 시이트의 작용을 하고 있으며, 주축과 함께 회전한다.

⑦ 세트보울트

스톱퍼를 축에 고정시키는 세트스크루우이다. 재료는 스톱퍼와 같은 재료로 쓴다.

⑧ 그랜드 커버

완충링의 시이트에도 있고 스테어링박스의 뚜껑이다.

⑨ 스테어링박스

스테어링박스로 기계적 시일을 내장시킨다. 치수는 그랜드패킹과 함께 쓸 수 있는 크기가 좋다.

⑩ 가스켓

스테어링박스과 그랜드커버의 접합면에서 액체가 누출하는 것을 막는 작용을 한다. 가스켓의 현상은 O링형·평판형 등이 쓰여지고 합성고무, 합성수지등의 재료로 만들어져 있다.

⑪ 주 축

펌프 회전차를 회전시키는 구동축이다.

표 9.4 기계적 씰과 그랜드패킹의 장단점

분 류 항목	기 계 적 씰		그 랜 드 패 킹	
	장 점		단 점	
누 설 량	거 의 없 다	극히적고, 일반터보형 펌프에서 $Q < 3 \sim 0.01$ cc/Hr이다.	많 다	일반터보형 펌프에서 $Q = 300 \sim 1200$ cc/Hr 전 도는 어쩔수 없다.
수 명	길 다	보통 1~2년간 이상 연속 사용가능, 특수한 것은 17년 간 연속사용 가능하다.	짧 다	정기적으로 그랜드패킹의 교체 필요로 하며, 그빈도는 잦다. 축슬리브의 교체도 필요하다.
축 의 마 모	없 다	보통 축, 슬리브는 마찰이 없으므로 마모도 없다.	있 다	축, 슬리브의 외륜을 마찰하므로 마모가 있다.
조 정	불 필 요	자동조정이 행해진다	필 요	자주 조이지 않으면 누설이 증가된다.
마찰 손 실	적 다	마찰면적과 마찰계수가 적으므로 소비동력이 적다	크 다	마찰면적과 마찰계수가 크므로 소비동력이 크다.
PV치	크 다	언발런스형에서는 $PV < 40 \sim 60$ (kgf/cm, m/s), 바란스형에서는 $PV < 900 \sim 2000$ (kg·cm·m/s)이다	작 다	$PV = 30 \sim 1000$ 의 것도 있지만 누설을 적게하면 PV치는 훨씬 적어진다.
축 진 (허용치)	크 다	그랜드패킹보다 좋아지는 경우가 있다.	작 다	일반 터빈펌프에서 0.07~0.08mm이하로 하지 않으면 누설이 증가된다
장비 길 이	짧 다	길 경우에는 조정용 스페이스가 불필요하기 때문에 전체로서는 짧다.	길 다	교체용 스페이스를 필요로 하기 때문에 길다.
가 격	총 비용은 싸게 되는 수가 많다.	초기비용은 높지만 조건에 따라서는 운전비용이 싸다	총 비용은 높게 되는 수가 많다	초기 비용은 싸지만 조건에 따라서는 운전비용이 비싸다.
구 조	복 잡	부품수가 많고, 고정밀도가 요구되므로 복잡하다.	간 단	부품수가 적고, 정밀도 낮아 간단하다.
취 부	어 렵 다		쉽 다	
교 체	불 편	일부 부품에 이상이 있으면 전체를 교환해야 하므로 불편하다.	용 이	분해와 교체가 용이하다.