12 윤 활

12.1 윤활의 목적

구름베어링의 윤활목적은 베어링 내부의 마찰 및 마모를 줄이고, 타붙음을 방지하는데 있다. 윤활의 효용은 다음과 같다.

(1) 마찰 및 마모의 감소

베어링을 구성하는 궤도륜, 전동체 및 리테이너의 상호 접촉하는 부분에 있어서 금속접촉을 방지하고 마찰, 마모를 줄인다.

(2) 피로수명의 연장

베어링의 구름 피로수명은 회전중의 구름접촉면이 충분히 윤활되어 있을때는 길어진다. 역으로 오일의 점도가 낮고, 윤활유막의 두께가 불충분한 경우에는 짧아진다.

(3) 마찰열의 방출, 냉각

순환급유법 등에서는 마찰에 의해 발생한 열 또는 외부로부터 전해지는 열을 오일에 의해 방출, 냉각해서 베어링의 과열을 방지하고 윤활유자체의 열화를 방지한다.

(4) 기 타

베어링내부에 이물질이 침입하는 것을 방지하고 또는 녹이나 부식의 발생을 막는 효과도 있다.

12.2 윤활방법

베어링의 윤활법은 그리스윤활과 오일윤활로 크게 나뉘어진다. 베어링의 기능을 충분히 발휘시키기 위해서는 그 사용조건, 사용목적에 보다 적합한 윤활법을 사용하는 것이 우선이다.

윤활을 생각하면, 오일윤활이 우수하지만, 그리스윤활은 베어링주변의 구조를 간략화할 수 있는 장점이 있다. 그리스윤활과 오일윤활과의 득실을 비교해서 표 12.1에 표시한다.

표 12.1 그리스윤활과 오일윤활의 득실

항 목	그리스윤활	오일윤활
하우징구조및봉장치	간략화할 수 있다.	조금복잡해지며, 보수에 주의가 필요
회전속도	허용회전수는, 오일윤활의 경우의 65~80%	그리스윤활에 비해 높은회전속도에도 사용할 수 있다.
냉각작용 냉각효과	없다.	열을 효과적으로 방출할 수 있다.(순환급유법의 경우등)
윤활제의 유동성	떨어진다.	상당히 좋다.
윤활제의 교체	조금 번잡	비교적간단
먼지의 여과	곤잡	용이
윤활제의 누유 오염	누유에 의한 오염이 적다.	기름누유에 의한 오염을 싫어하는 곳에는 부적당하다.

12.2.1 그리스 윤활

(1) 하우징내로의 그리스의 충진량

하우징내로 충진하는 그리스량은 베어링의 회전속도, 하우징의 구조, 공간용적, 그리스 명칭, 분위기 등에 의해 다르다. 온도상승을 극도로 싫어하는 공작기계의 주축용베어링 등에서는 그리스의 충진량을 작게 하지만, 일반적인 기준은 다음과 같이 한다.

우선 베어링내부에는 충분한 그리스를 채운다. 이때 리테이너 안내면 등에도 그리스를 채울 필요가 있다. 다음에 하우징 내부의 축 및 베어링을 제외한 공간용적에 대해서

1/2~2/3(허용회전수의 50% 이하의 회전일때)

1/3~1/2(허용회전수의 50% 이상의 회전일때)

정도의 양을 충진한다.

⑵ 그리스의 보급

일반적으로 그리스를 한번 충진하면 장기간 보급하지 않아도 좋지만, 운전조건에 따라서는 가끔 그리스의 보급 또는 교환을 필요로 할 수도 있다. 따라서 하우징의 설계에는 이 점을 배려할 필요가 있다.

보급간격이 짧을 경우, 하우징의 적당한 위치에 보급구 및 배출구를 설치하고 열화된 그리스가 새로운 그리스로 바뀌어 질 수 있도록 한다. 예를 들면 그리스 보급측의 하우징 공간을, 그리스섹터에 따라 여러 군데에 칸막이 해놓고 하나의 칸막이 안에만 충만된 그리스가 베어링 내부로 흘러 들어가도록 한다.

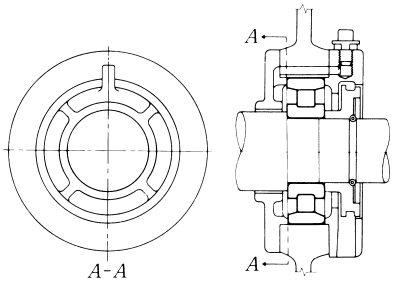
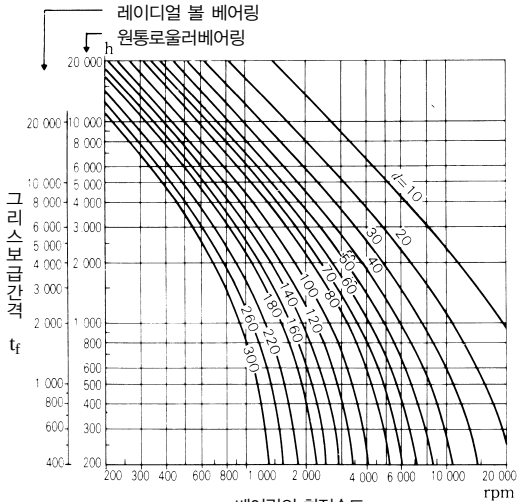


그림 12.1 그리스 섹터와 그리스밸브의 병용예

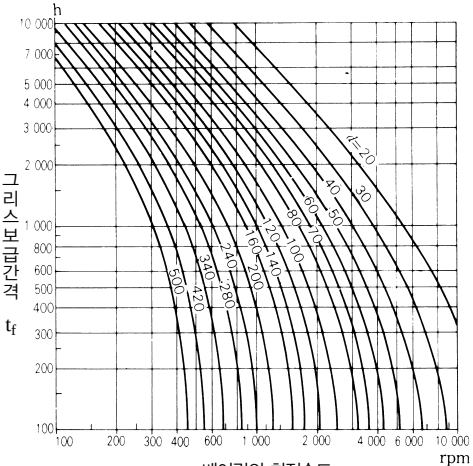
베어링내부로부터 배출된 그리스는 그리스밸브에 의해 하우징밖으로 배출된다(그림12.1). 그리스밸브를 사용하지 않을 경우에는 배출측의 하우징공간을 넓혀 놓고, 오래된 그리스를 여기에 모으고 정기적으로 커버를 떼어낸다.

⑶ 그리스의 보급간격

고품질의 그리스라 해도 사용기간의 경과와 함께 성상은 열화되고, 윤활기능이 저하되기 때문에, 적당한 그리스의 보급을 실시하여야만 한다. 그리스의 보급간격을 운전시간으로 표시하면 그림12.2의 (1), (2)가 대략적인 기준치가 된다. 그림12.2는 베어링온도가 70℃이하인 경우에 적용할 수 있지만, 70℃를 넘을 경우에는 베어링 온도가 15℃ 오를때에 그리스의 보급간격을 반감시킬 필요가 있다.



(1) 레이디얼 볼 베어링 · 원통 로울러 베어링



(2) 테이퍼 로울러 베어링 · 자동조심 로울러 베어링

그림 12.2 그리스의 보급간격

(4) 밀봉 볼 베어링의 그리스 수명

단열깊은홈 볼 베어링에 그리스를 봉입하고, 시일 또는 시일드로 밀봉한 볼 베어링의 그리스 수명은 식(12.1), 식(12.2) 또는 그림12.3에 의해 추정할 수 있다.

(범용 그리스[1])

$$\log t = 6.54 - 2.6\frac{n}{N_{\max}} - \left(0.025 - 0.012\frac{n}{N_{\max}}\right)T \quad \cdots\cdots(12.1)$$

(와이드 레인지 그리스[2])

$$\log t = 6.12 - 1.4\frac{n}{N_{\max}} - \left(0.018 - 0.006\frac{n}{N_{\max}}\right)T \quad \cdots\cdots(12.2)$$

여기서 t : 평균그리스 수명 (h)
n : 베어링의 회전속도 (rpm)
$N_{\max}$: 그리스윤활의 허용회전수 (rpm)
(베어링 치수표의 ZZ형식, VV형의 수치)
T : 베어링의 운전온도 (℃)

또한 식(12.1) 및 식(12.2) 또는 그림12.3의 적용범위는 대강 다음 식과 같다.

(a) 베어링의 회전속도 n

$$0.25 \leqq \frac{n}{N_{\max}} \leqq 1$$

$\frac{n}{N_{\max}} < 0.25$일때는 $\frac{n}{N_{\max}} = 0.25$로 한다.

(b) 베어링의 회전온도 T

범용 그리스[1]의 경우 $70℃ \leqq T \leqq 110℃$

와이드레인지 그리스[2]의 경우 $70℃ \leqq T \leqq 130℃$

$T < 70℃$일때는 $T = 70℃$때는 로 한다.

(c) 베어링의 하중

베어링 하중은 기본동정격 하중 C_r의 1/10 정도 혹은 그 이하로 한다.

주 (1) −10~110℃ 정도로 사용되는 것이 많은 광유계의 그리스 (예 리튬그리스 등)
(2) −40~130℃ 정도의 넓은 온도 범위에서 사용되는 합성유계 그리스

12.2.2 오일 윤활

(1) 油浴法

油浴法은 저속, 중속회전의 경우에 많이 사용되는 일반적인 윤활방법이다. 오일면은 원칙적으로 최하위의 전동체의 중심에 있도록 한다. 오일게이지를 설치하고 오일면을 용이하게 확인할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.(그림12.4)

(2) 적하급유법

적하급유법은 비교적 고속회전의 소형 볼 베어링등에 많이 사용되는 방법이며, 그림12.5에 표시하듯이 可視式의 오일에 기름이 저장되어 있다. 적하하는 오일량은 상부의 나사에 의하여 조절된다.

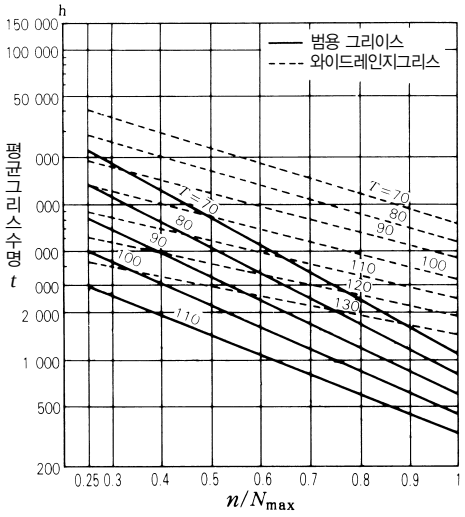


그림 12.3 밀봉 볼 베어링의 그리스 수명

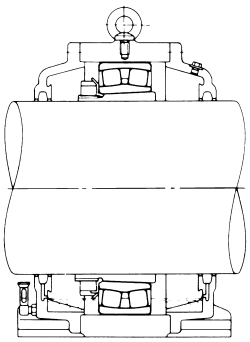


그림 12.4 油浴法의 예

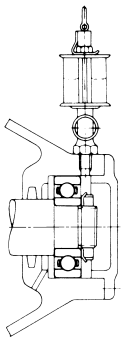


그림 12.5
적하급유법의 예

(3) 비산급유법

비산급유법은, 베어링을 직접 오일에 적시지 않고 주위에 있는 치차나 회전링 등의 회전에 의해 생기는 비말에 의해 베어링을 윤활하는 방법이다. 자동차의 변속기나 차동치차장치등에는 널리 사용되고 있다. 그림12.6에 치차장치의 일례를 표시한다.

(4) 순환급유법

오일로 베어링부분의 냉각을 실시할 필요가 있는 고속회전의 사용조건에 대해서, 또는 주위가 고온의 용도에 대해서 순환급유법이 많이 사용된다. 그림 12.7(a)에 표시했듯이 우측 급유 파이프로 부터의 오일은, 일정레벨이 되면 좌측의 배출관으로 흘러 탱크로 되돌아온다. 냉각된 오일은 다시 펌프나 휠터를 통해서 급유된다. 오일이 하우징내에 너무 쌓이지 않도록, 배유관을 급유관보다 훨씬 크게 한다.

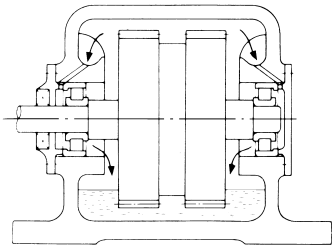


그림 12.6 비산급유법의 예

(5) 제트급유법

제트급유법은 고속회전용베어링에 널리 사용되고 있으며, 예를들면 제트엔진과 같이 $d_m n$값(전동체피치원경 ㎜×회전수rpm)이 100만을 넘는 베어링등의 윤활방식이다. 한개 내지 여러개의 노즐로부터 일정한 압력으로 윤활유를 분사해서 베어링 내부를 관통시킨다. 그림12.8은 일반적인 제트급유의 일예로, 내륜과 리테이너와의 안내면을 향해서 오일을 분사하고 있다. 고속인 경우 베어링부근의 공기가 베어링과 함께 돌며 공기의 벽을 만들기때문에 윤활유의 노즐로부터의 분출속도는, 내륜외경면(리테이너 안내면이기도 하다)의 주속의 20%이상의 속도가 필요하다. 노즐수가 많은 쪽이 동일유량에 대해서 많은쪽이 냉각의 정도도 적고, 효과도 크다. 제트급유법에서는 유량이 많기 때문에 오일의 교반저항을 적게하고, 열을 효과적으로 배출하도록, 배출구를 크게하거나 강제배유를 실시하는 등의 배려가 바람직하다.

(6) 분무급유법

분무급유법은, 공기중 윤활유를 안개상태로 해서 베어링에 뿜는 방법으로 오일미스트 윤활법이라고도 불리우고 있다. 분무급유법의 주요잇점은,

(a) 윤활유가 소량이기 때문에 교반저항이 적고, 고속회전에 적합하다.

(b) 베어링부분에서부터 누유되는 오일이 적기 때문에, 설비나 제품의 오염이 적다.

(c) 항상 새로운 윤활유를 공급할 수 있고, 베어링 수명을 길게 할 수 있다.

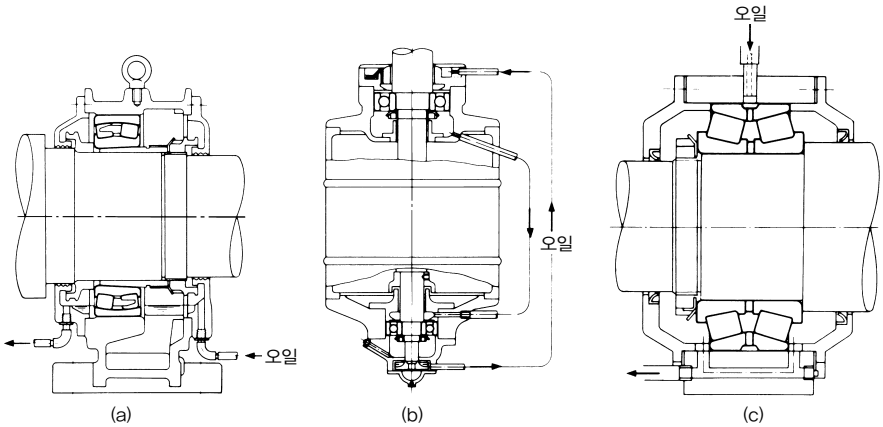


그림 12.7 순환급유법의 예

등이다. 따라서 공작기계의 고속스핀들, 고속회전펌프 또는 압연기 롤넥크용 베어링 등의 윤활에 사용되고 있다. (그림12.9)

또한 대형베어링에 대한 분무급유법에 대해서는 **NSK**에 상담해 주십시오.

(7) 오일에어급유법

오일에어 급유법은 미량의 윤활유를 정량 피스톤으로 간헐적으로 내뿜고, 혼합밸브에 의해 압축공기중의 윤활유를 서서히 빼내고 연속적인 흐름으로 베어링에 공급하는 윤활법이다.

오일에어 급유법의 주요특징은

(a) 오일의 미소정량관리가 가능하기 때문에 최적 유량으로 관리할 수 있으며 발열이 적어 고속회전에 적합하다.

(b) 미량의 오일이 연속적으로 공급되기 때문에 베어링 온도가 안정된다. 또 오일은 급유관 벽면을 통하여 흘러가기 때문에 분위기 오염이 매우 적다.

(c) 항상 새로운 오일이 베어링에 보내어지기 때문에 오일의 열화를 걱정하지 않아도 된다.

(d) 스핀들 내부에 압축공기가 항상 보내어지고 있기때문에 스핀들의 내압이 높고 외부로부터의 먼지나 절삭액이 침입하기 어렵다.

따라서 공작기계 주축에 많이 이용되고 있으며, 기타 고속회전 용도에도 채용되고 있다.(그림12.10)

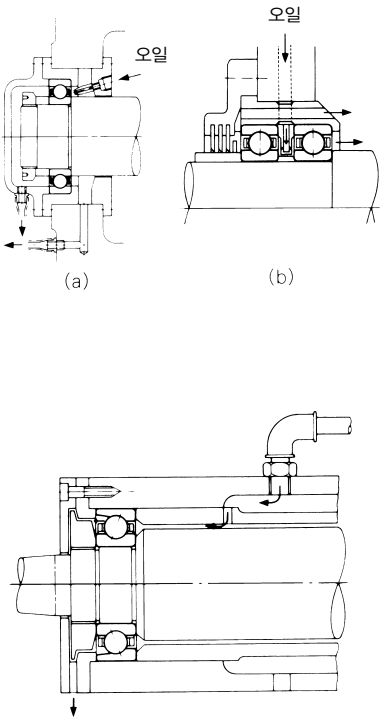


그림 12.9 분무급유법의 예

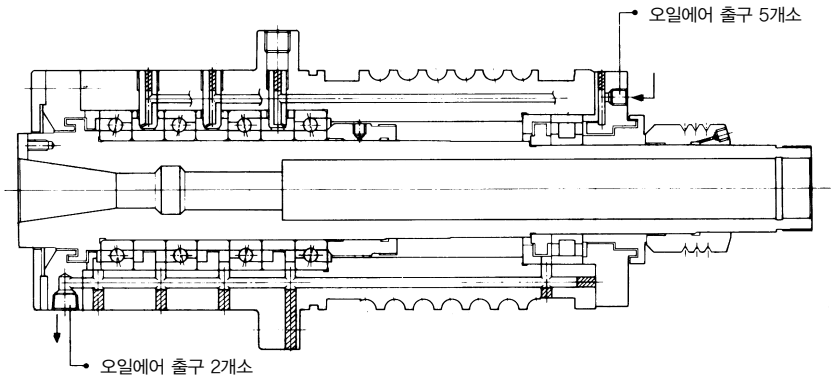


그림 12.10 오일에어 급유법의 예

12.3 윤 활 제

12.3.1 윤활그리스

그리스는 기유, 증조제 및 첨가제로 구성되는 반고체상의 윤활제이다. 그리스의 종류와 일반적인 특성을 표12.2에 표시한다. 같은 종류의 그리스라도 제품명에 의한 성능의 차가 크기 때문에 선정상의 주의가 필요하다.

(1) 기 유 (Base Oil)

그리스의 기유에는 광유 또는 실리콘유, 지에스텔유 등의 합성유가 사용된다.

그리스의 윤활성능은, 주로 기유의 윤활성능에 따라 결정되므로, 윤활유 선정의 경우와 마찬가지로 기유점도를 중시하지 않으면 안된다.

일반적으로 저온 또는 고속에는 저점도기유의 그리스가 적합하며, 고온 또는 고하중에는 고점도기유의 그리스가 적합하다. 그러나 그리스에서는 증조제도 윤활성능에 관계하므로 윤활유의 경우와 동일하게 취급할 수는 없다.

(2) 증조제

윤활그리스의 증조제로서 각종 금속비누외에 벤트나이트 등의 무기질증조제 또는 우레아 불소화합물 등의 내열성 유기질증조제가 사용된다.

증조제의 종류와 그리스의 적점(1)과는 밀접한 관계가 있으며, 일반적으로는 적점이 높은 그리스는 사용가능의 상한온도가 높다. 그러나 고적점증조제를 사용한 그리스라도, 기유의 내열성이 낮은 경우에는 그 상한온도는 낮아진다.

그리스의 내수성은 증조제의 내수성에 의해 결정된다. 나트륨비누 그리스나 나트륨비누를 포함한 혼합기 그리스는 물이 튀는곳이나 고온도의 사용부분에서는 유화되므로, 사용에 적당치 않다.

(3) 첨가제

그리스에는 필요에 따라 산화방지제, 방청제, 극압제등이 첨가되고 있다.

중하중이나, 충격하중을 받는 사용조건에서는,극압첨가제가 들어간 그리스를 사용하고 또 장기간 그리스를 보급하지 않는 경우에는 산화방지제가 들어간 그리스를 선정한다.

주 (1) 적점이란, 규정된 작은 용기중에서 그리스를 가열한 경우, 그리스가 유동상태가 되어 적하되도록 하는 온도

명칭(통칭) / 증조제 / 기유 / 성능	리튬 그리스		
	리튬비누		
	광 유	지에스텔유 多價에스텔유	실리콘유
적 점 ℃	170~195	170~195	200~210
사용온도범위℃	−12~+110	−50~+130	−50~+160
허용회전수%(1)	70	100	60
기계적안정성	양호	양호	양호
내 압 성	중	중	약
내 수 성	양호	양호	양호
방 청 성	양호	양호	열
비 고	각종구름베어링용으로 가장 용도가 넓다.	저온특성, 마찰특성이 뛰어나다. 계기용 소형베어링, 소형전동기용베어링에 적합하다. 단, 절연바니쉬에 의한 녹발생에는 주의를 요한다.	주로 고온용에 사용한다. 고속, 저속, 고하중조건이나, 미끄럼부분이 많은 베어링(로울러베어링 등)에 적합하지 않다.

(4) 조 도

조도는, 그리스의 「부드러움」을 표시하는 값이며 사용중의 유동성을 나타내는 기준이 된다. 표12.3에 그리스의 조도 번호, 조도와 사용조건과의 일반적관계를 표시한다.

(5) 다른그리스의 혼합

원칙적으로 제품명이 다른 그리스를 혼합해서는 안된다. 다른 종류의 증조제를 사용한 그리스를 혼합하면, 그리스 구조를 파괴할 수 있다. 또 증조제가 같은 종류의 그리스라도, 첨가제등이 다르기 때문에 서로 악영향을 미칠수가 있다.

표 12.2 각종 그리스의 일반적 성능

나트륨 그리스 (화이버 그리스)	칼슘 그리스 (컵 그리스)	혼합기 그리스	복합기그리스 (콤플렉스 그리스)	非 비누기 그리스	
나트륨비누	칼슘비누	Na+Ca비누 Li+Ca비누등	Ca복합비누 Al복합비누 Li복합비누등	우레아, 밴트나이트 카본블랙, 불소화합물 내열성유기화합물등	
광 유	광 유	광 유	광 유	광 유	합성유(지에스텔유, 多價에스텔유, 실리콘유, 합성탄화수소유, 불소유)
170~210	70~90	160~190	180~300	230~	230~
−20~+130	−20~+60	−20~+60	−20~+130	−10~+130	~+220
70	40	70	70	70	40~100
양호	열	양호	양호	양호	양호
중	약	강~중	강~중	중	중
열	양호	Na인것은 열	양호	양호	양호
양호~열	양호	양호~중	양호~중	양호~열	양호~열
장섬유상과 단섬유상이 있다. 장섬유상의 그리스는 고속에서는 쓰지 못한다. 물, 고온도조건에 대하여 주의를 요함.	고점도의 광유를 기유로 하고, P_b 비누등의 극압첨가제를 사용한 그리스는 내압성이 크다.	대형볼베어링, 로울러베어링에 사용된다.	내압성, 기계적 안정성이 크다.	광유를 기유로 한 그리스는 중고온용에 사용하고, 합성유를 기유로 한 그리스는 저온유 혹은 고온용으로 사용되어진다. 실리콘유 및 불소유를 기유로 한 그리스는 방청성 및 음향성능이 떨어지는 것도 있다.	

주 (1) 베어링치수표에 기재되어 있는 그리스윤활의 허용회전수에 대한 사용한계를 %를 나타내고 있다.

비 고 각성능은 명칭에 의한 차가 크다.

표 12.3 그리스의 조도와 사용조건 · 용도

조도번호	0 호	1 호	2 호	3 호	4 호
조도(1) $\frac{1}{10}$ mm	355~385	310~340	265~295	220~250	175~205
사용조건 · 용도	집중급지용 플렛팅을 일으키기 쉬운 경우	집중급지용 플렛팅을 일으키기 쉬운 경우 저온용	일반용 밀봉볼베어링	일반용 밀봉볼베어링 고온용	고온용 그리스로 시일하는 경우

주 (1) 조도 : 규정중량의 원추형 콘이 그리스에 침입한 깊이 (1/10mm 단위)를 나타내며, 수치가 클수록 부드럽다.

12.3.2 윤활유

베어링의 윤활유에는 내하중성능이 높고 산화안정성이 좋고, 방청성능이 좋은 고도정제광유 또는 합성유가 사용된다.

윤활유의 선정에 있어서는 운전온도에 있어 적정한 점도가 되는 오일의 선정이 우선 중요하다. 점도가 너무 낮으면 유막형성이 불충분해지고, 이상마모, 타붙음의 원인이 된다. 반대로 점도가 너무 높으면, 점성저항에 의해 발열하거나 동력손실을 크게 한다. 유막의 형성에는, 베어링의 회전속도나 하중도 영향을 미친다. 일반적으로 회전속도가 빠를수록 저점도유를 사용하고, 하중이 커질수록, 또는 베어링이 대형이 될수록, 고점도의 윤활유를 사용한다.

보통의 사용조건에서 운전중의 베어링 주위 오일온도에 있어서 표12.4에 표시하는 점도가 기준치가 된다. 선정의 참고로서 윤활유의 온도와 점도와의 관계를 그림 12.11에 나타낸다. 베어링의 사용조건에 있어서의 윤활유의 선정예를 표12.5에 표시한다.

표 12.4 베어링 형식과 윤활유의 필요점도

베어링의 형식	회전시의 동점도
볼 베어링 · 원통 로울러베어링	13mm²/s 이상
테어퍼로울러베어링 · 자동조심 로울러베어링	20mm²/s 이상
스러스트 자동조심 로울러베어링	32mm²/s 이상

비 고 1mm²/s=1cSr(Centistoke)

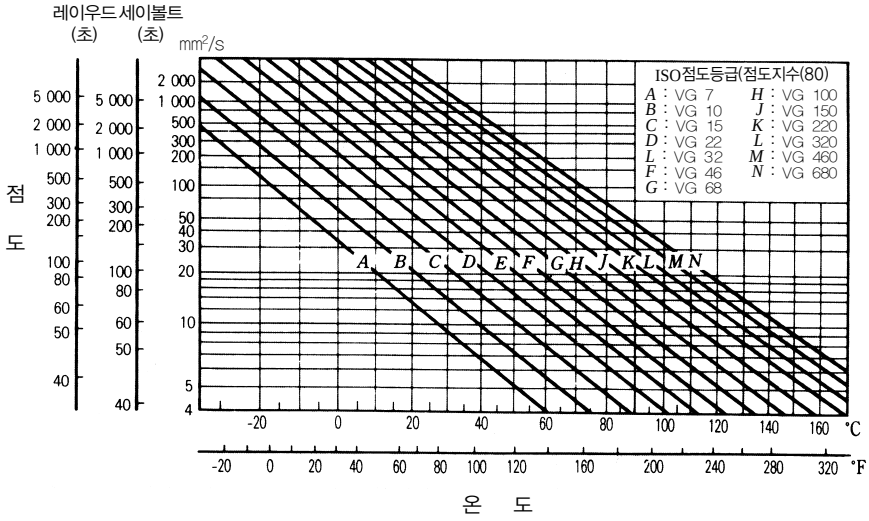


그림 12.11 윤활유의 점도와 온도와의 관계

오일의 교환주기

오일의 교환주기는 사용조건이나 유량등에 의해 다르다.

일반적으로 운전온도가 50℃이하에서 먼지등이 적은 양호한 환경아래서 사용되는 경우는 1년에 1번정도의 교환으로 좋다. 그러나 온도가 100℃정도 되는 경우에는 3개월마다 또는 그 이내에서 교환하도록 한다. 또 수분의 침입이 있는 경우나 오일급유윤활에서 이물질의 침입이 있는 경우에는 더욱 더 교환의 주기를 짧게할 필요가 있다. 명칭이 다른 윤활유의 혼합은 그리이스의 경우와 마찬가지로 피하여만 한다.

표 12.5 베어링의 사용조건과 윤활유의 선정예

운 전 온 도	회 전 속 도	경하중 또는 보통하중	중하중 또는 충격하중
−30~0℃	허 용 회 전 수 이 하	ISO VG 15, 22, 32 (냉동기유)	−
0~50℃	허용회전수의 50%이하	ISO VG 32, 46, 68 (베어링유 / 터 빈 유)	ISO VG 46, 68, 100 (베어링유 / 터 빈 유)
	허용회전수의 50~100%	ISO VG 15, 22, 32 (베어링유 / 터 빈 유)	ISO VG 22, 32, 46 (베어링유 / 터 빈 유)
	허 용 회 전 수 이 상	ISO VG 10, 15, 22 (베어링유)	−
50~80℃	허용회전수의 50%이하	ISO VG 100, 150, 220 (베어링유)	ISO VG 150, 220, 320 (베어링유)
	허용회전수의 50~100%	ISO VG 46, 68, 100 (베어링유 / 터 빈 유)	ISO VG 68, 100, 150 (베어링유 / 터 빈 유)
	허 용 회 전 수 이 상	ISO VG 32, 46, 68 (베어링유 / 터 빈 유)	−
80~110℃	허용회전수의 50%이하	ISO VG 320, 460 (베어링유)	ISO VG 460, 680 (베어링유 / 기 어 유)
	허용회전수의 50~100%	ISO VG 150, 220 (베어링유)	ISO VG 220, 320 (베어링유)
	허 용 회 전 수 이 상	ISO VG 68 10 (베어링유 / 터 빈 유)	−

비 고
1. 허용회전수는 베어링치수표에 기재되어 있는 오일윤활의 경우의 값을 사용한다.
2. 냉동기유(JIS K2211), 베어링유(JIS K2239), 터빈유(JIS K2213), 기어유(JIS K2219) 참조
3. 위 표의 왼쪽란에 표시하는 온도범위에서 운전온도가 고온인 경우는 고점도의 오일을 사용한다.
4. 운전온도가 −30℃이하 또는 110℃이상인 경우에는 NSK에 상담해 주십시오.