



# 구름베어링 취급설명서

**NSK**

The background of the page is a light blue color with a pattern of various NSK bearings. The bearings are shown in different sizes and orientations, some as cross-sections and some as side views. The NSK logo is visible on some of the bearings. The bearings are arranged in a way that they appear to be floating or scattered across the page.

***NSK***

***Handling  
Instructions  
for Bearings***

# 구름베어링의 올바른 취급을 위해

## 목 차

<b>1</b>	<b>올바른 취급</b> .....	1
<b>2</b>	<b>설치</b> .....	1
2.1	축과의 끼워맞춤 .....	1
2.1.1	끼워맞춤과 클리어런스 .....	1
2.1.2	역지 끼워맞춤의 압입력과 가열온도 .....	4
2.1.3	끼워맞춤 작업 .....	5
2.1.4	테이퍼구멍 베어링의 설치 .....	7
2.2	하우징에 설치 .....	7
2.3	예압 설치 .....	9
2.3.1	레이디얼 베어링의 예압 .....	9
2.3.2	스러스트 베어링의 예압 .....	11
2.4	설치시 일반적인 주의 .....	12
2.5	윤 활 .....	13
2.6	시운전 .....	14
<b>3</b>	<b>보수 및 점검</b> .....	16
3.1	보수점검의 요령 .....	16
3.2	급유의 방법 .....	16
3-2-1	그리스 윤활 .....	16
3-2-2	윤활제 .....	17
3.3	베어링의 손상 .....	18
<b>4</b>	<b>해체</b> .....	
4.1	외륜의 해체 .....	22
4.2	내륜의 해체 .....	22
4.3	베어링의 세정 .....	23
4.4	베어링의 검사 .....	24
<b>5</b>	<b>베어링의 보관</b> .....	24
<b>6</b>	<b>부표</b> .....	25

# 1 올바른 취급

구름베어링은 여러 사용조건하에서 크고 작은 다양한 하중을 받으며 사용되나, 일정한 정밀도를 갖고 제조된 것이므로, 그 취급은 신중해야 한다. 그러나 주의 깊게 취급하는 것이 전부는 아니며, 그 베어링의 사용 목적을 충분히 인식해두는 것도 중요하다.

베어링의 조기파손에 대해 그 원인을 조사해 보면, 대부분이 잘못된 설치와 사용방법의 부적절함에 의해 발생하고 있다. 이를 생각해보면 베어링의 설계 또는 선정과 함께 베어링을 충분히 사용하기 위해서는 올바르게 취급하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다. 올바른 취급이라 함을 요약하면,

- (1) 베어링 및 관계 부품이 청정할 것
- (2) 관계 부품의 치수, 마무리가 적정할 것
- (3) 이물이나 수분 등 유해한 것이 없을 것
- (4) 베어링의 설계 목적 및 사용조건에 부합하는 설치일 것
- (5) 적절한 설치,해체 도구를 올바르게 사용할 것

- (6) 설치 및 해체 시 베어링에 손상 및 균열을 발생시키지 않을 것
- (7) 적절한 윤활제를 적정량만 사용할 것
- (8) 녹 발생 방지를 위해 청결한 손으로 취급할 것. 가능하면 장갑을 착용하는 것이 바람직하다.

베어링의 취급에 정교한 장치가 꼭 필요하지는 않으나 작업이 용이해지고, 또한 실수 없이 작업하기 위해서는 각각의 경우에 적절한 도구를 사용해야 한다. 또한, 설계, 검사에 임하는 사람도 베어링에 올바른 취급과 사용목적에 부합한 설치방법 등을 충분히 숙지하고 설계, 검사 해야함은 말할 것도 없다.

베어링을 올바르게 사용하는 것은 방지 할수 있는 손상으로부터 베어링을 보호하고, 충분히 베어링의 사용 목적을 다하기 위함이다.

# 2 설치

## 2.1 축과의 끼워맞춤

### 2.1.1 끼워맞춤과 클리어런스

일반적인 원통구멍 베어링은, 축에 간섭량을 주어 설치하는 경우가 많으나, 내륜을 축에 압입하기 위해서는 상당한 힘을 가해야 한다. 또한, 일정 압입량을 갖고 설치됨으로써 내륜은 어느정도 팽창하며, 클리어런스는 일반적으로 내륜이 팽창한만큼 감소한다.

테이퍼롤러 베어링 등은 설치 후에 클리어런스의 조정도 가능하나, 볼베어링 및 원통롤러 베어링 등은 클리어런스의 조정이 불가능하므로, 간섭량에 따라 적절한 클리어런스의 베어링을 선정할 필요가 있다. 일반적으로 베어링은 CN 클리어런스로 제작되어 있어, 보통하중에 대한 끼워맞춤에 적합하도록 정해져 있다.

이 끼워맞춤보다 압입량이 큰 경우에는, CN 클리어런스보다 큰 클리어런스(C3, C4 등)의 베어링을 선정해야 한다.

일반적으로 내륜과 축의 끼워맞춤에 의한 클리어런스의 감소량은 식 (1), (2)로 표시된다.

선삭축에서는

$$\delta_f = k \cdot \Delta d = k \frac{d}{d+3} \Delta d_a \dots\dots\dots (1)$$

연삭축에서는

$$\delta_f = k \cdot \Delta d = k \frac{d}{d+2} \Delta d_a \dots\dots\dots (2)$$

여기서

$\delta_f$  : 끼워맞춤에 의한 클리어런스 감소량(mm)

$\Delta d$  : 유효 간섭량(mm)  
 $\Delta d_a$  : 측정상의 계산 간섭량(mm)

$k$  :  $d / D_i \approx 0.70 \sim 0.90$

$d$  : 호칭 베어링 내경(mm)

$D_i$  : 내륜의 궤도경(mm)

표1 베어링의 축과의 끼워맞춤

■ 레이디얼베어링의 축과 끼워맞춤

조 건	적용예(참고)	축경(mm)			축의 공차역	비 고	
		볼베어링	원통롤러베어링 테이퍼롤러베어링	자 동 조 심 롤러베어링			
원통구멍 베어링과 축							
외륜 회전 하 중	내륜이 축상을 용이하게 움직일 필요가 있다.	정지축의 차륜	전 축 경			g6	정밀을 요하는 경우에는 g5, h6를 사용한다. 대형베어링인 경우, 베어 링이 용이하게 이동할 수 있도록 f6이라도 좋다.
	내륜이 축상을 용이하게 움직일 필요가 없다.	텐 션 풀 리, 권 션 기				h6	
외륜 회전 하 중 또는 방향부정 하 중	경 하 중 또는 변동하중 $(0.06 C_r (^{\circ}))$ 이하의 하중	가 전 기 구 펌 송 풍 프 운 반 차 정 밀 기 계 공 작 기 계	18이하	—	—	js5	정밀을 요하는 부분에는 5급을 쓰고, 베어링도 고정도의 것을 사용한다. 또 내경 18mm이하의 고정도 볼 베어링에는 h5를 사용한다.
			18~100	40이하	—	js6 (j6)	
			100~200	40~140	—	k6	
			—	140~200	—	m6	
	보 통 하 중 $(0.06 \sim 0.13 C_r (^{\circ}))$ 이하중	일반베어링부분 중 대형 전동기 터 빈 펌 프 엔진의 주베어링 치차운동장치 목 공 기 계	18이하	—	—	js5~6 (j5~6)	단열테이퍼롤러베어링 및 단열앵글러 볼베어링 의 경우에는 k5, m5 대신에 k6, m6을 사용 할 수 있다.
			18~100	40이하	40이하	k5~6	
			100~140	40~100	40~65	m5~6	
			140~200	100~140	65~100	m6	
			200~280	140~200	100~140	n6	
			—	200~400	140~280	p6	
	중 하 중 또는 충격하중 $(0.13 C_r (^{\circ}))$ 초 과 하 중	철 도 차 량 산 업 차 량 전차의 주전동기 건 설 기 계 분 쇠 기	—	50~140	50~100	n6	CN 클리어런스보다 큰 클리어런스의 베어링을 필요로 한다.
			—	140~200	100~140	p6	
—			200초과	140~200	r6		
—			—	200~500	r7		
축방향 하중만 작용	각형식의 베어링 의 사용부위	전 축 경			js6 (j6)	—	

테이퍼구멍베어링(슬라이브 부착)과 축

각각의 하중조건	일반베어링부분	전 축 경			IT5, IT7 축의 형상편차 (진원도, 원통도)가 각각 IT5, IT7의 공차범위 권 내에 있어야만 하는것을 나타낸다.
		전 동 축 목 공 기 계 주 축		h9/IT5 <sup>(?)</sup>	
				h10/IT7 <sup>(?)</sup>	

주 (1)  $C_r$  는 사용할 베어링의 기본동정격하중을 나타낸다.  
 (?) IT수치에 관해서는 부표3(29페이지)를 참조하여 주십시오.  
 비 고 이 표는 鋼製의 중실축에 적용한다.

■ 스러스트베어링의 축과의 끼워맞춤

조 건	적용예(참고)	축 경 (mm)	공차범위 클래스	비 고	
축방향 하중만 작용	선 반 주 축	모든 축경에 적용	h6또는 js6(j6)	—	
합성하중 (스러스트자동 조심롤러베어링)	내륜 정지하중	모든 축경에 적용	js6(j6)		
	내륜 회전하중 또는 방향부동하중	펠프정제기	200이하		k6
		사 출 기	200~400		m6
		400초과	n6		

설 치

표2 베어링과 하우징과의 끼워맞춤

■레이디얼베어링의 하우징구멍과의 끼워맞춤

조 건			적용예(참고)	하우징구멍의 공차역클래스	외륜의 이동	비 고			
일 체 형 하 우 징	외륜회전하	박육하우징에 중하중 큰 충격하중	자동차차륜(롤러) 크레인의 주행차륜	P7	외륜은 액셀방향으로 이동할 수 없다.	—			
		보통하중 중하중	자동차차륜(롤러) 진동 스크린 편심축	N7					
		경하중 변동하중	콘베어롤러 활차 텐션폴리	M7					
일 체 형 하 우 징 또는 분 리 형 하 우 징	방향부정하중	큰 충격하중	전차의 주전동기	K7	외륜은 원칙적으로, 액셀방향으로 이동할 수 없다.	외륜이 액셀방향으로 이동할 필요가 없는 경우			
		보통하중 또는 중하중	펌프, 크랭크축의 주베어링 중·대형전동기				JS7(J7)	외륜은 액셀방향으로 이동할 수 있다.	외륜이 액셀방향으로 이동이 필요한 경우
		보통하중 또는 경하중							
일 체 형 하 우 징	내륜회전하	각하중	일반적인 베어링부위 철도차량의 하우징	H7	외륜은 액셀방향으로 용이하게 이동할 수 있다.	—			
		보통하중 또는 경하중	플러머블록	N8					
		축과 내륜이 고온이 되는 경우	제지용 건조기	G7					
일 체 형 하 우 징	방향부정하중	보통하중, 경하중에서 특히 정밀회전을 필요로 하는 경우	연삭스핀들의 후면 볼베어링 고속원심압축기의 자유축베어링	JS6(J6)	외륜은 액셀방향으로 이동할 수 있다.	—			
			연삭스핀들의 전면 볼베어링 고속원심압축기의 고정축베어링	K6			외륜은 원칙적으로 액셀방향으로 고정된다.  외륜은 액셀방향으로 고정된다.	하중이 큰 경우에는, K보다 간섭량이 큰 끼워맞춤을 적용한다. 특히 높은 정도가 요구되는 경우에는 더욱 작은 허용차를 용도마다 적용해서 끼워맞춤을 실시한다.	
	내륜회전하	변동하중이고, 특히 정밀한 회전과 큰 강성을 요구하는 경우	공작기계주축용원통 롤러베어링	M6또는N6	외륜은 액셀방향으로 용이하게 이동할 수 있다.	—			
정속한 운전이 요구되는 경우	가전기기	H6							

- 비 고 1. 이 표는 주철 또는 강재하우징에 적용한다. 경합금재하우징에 대해서는, 상기표의 끼워맞춤보다 간섭량을 크게 한다.  
2. 셸형니들 롤러 베어링등의 특수한 끼워맞춤 등에 대해서는, NSK 카타로그를 참조해 주십시오.

■스러스트베어링의 하우징구멍과의 끼워맞춤

조 건		적용베어링	하우징구멍의 공차범위클래스	비 고
액셀방향 하중만 작용		스러스트 볼 베어링	클리어런스 0.25mm이상	보통의 경우
			H8	정도를 요하는 경우
		스러스트자동조심 롤러베어링 급구배 테이퍼 롤러베어링	외륜은 레이디얼 방향에 클리어런스를 준다.	레이디얼하중을 다른 베어링에서는 부하 하는 경우
합성하중	외륜정지하중	스러스트자동조심 롤러베어링	H7또는JS7(J7)	—
	외륜정지하중 또는 방향부정하중		K7	보통의 경우
			M7	비교적 레이디얼하중이 큰 경우

즉, 간섭량의 70~90%가 클리어런스 감소량으로써 나타난다.(직경계열4의 베어링은 작은 쪽의 숫자를 취한다)

또한, 내륜, 외륜의 온도차는 보통의 운전조건에서는 약 5~10°C이나, 내륜이 고온이 되거나, 외륜이 냉각되는 경우에는 이 온도차도 커지게 된다. 내륜, 외륜의 온도차에 의한 클리어런스의 감소량

$$\delta_t \approx a \cdot \Delta t \cdot D_e \dots\dots\dots(3)$$

(3)식은

$\delta_t$  : 내륜, 외륜의 온도차에 의한 레이디얼 클리어런스 감소량(mm)

$a$  : 베어링강의 선팽창계수  
 $\approx 12.5 \times 10^{-6} (1/^\circ\text{C})$

$\Delta t$  : 내륜, 외륜의 온도차(°C)

$D_e$  : 외륜의 궤도경(mm)

$$\text{롤러베어링} \approx \frac{1}{4} (3D + d)$$

$$\text{볼베어링} \approx \frac{1}{5} (4D + d)$$

$d$  : 호칭 베어링 내경(mm)

$D$  : 호칭 베어링 외경(mm)

이러한 끼워맞춤의 정도는 하중조건과 온도조건 등으로부터 정해지는 것으로 표1, 표2에 그 일례를 나타낸다. 끼워맞춤의 정도나 온도조건에 따라서는 CN 클리어런스보다 큰 C3 또는 C4 클리어런스의 베어링을 사용해야 한다.

### 2.1.2 억지 끼워맞춤의 압입력과 가열온도

내륜을 축에 억지 끼워맞춤을 할 때, 축 방향에 내륜을 압입하는 힘은 간섭량과 축경 등에 의해 다르나, 끼워맞춤 면의 면압과 마찰계수가 클수록 압입력도 커진다. 큰 압입력을 필요로 할 때에는, 일반적으로 내륜을 유중에서 가열하여 팽창시킨 후 설치하지만, 압입량의 크고작음을 간섭력에 의해 측정하며 프레스 등으로 압입하는 경우도 있다.

중심축에 대한 끼워맞춤면의 면압  $p_m$  및 압입력 또는 인발력은 각각 식 (4),(5)로 나타낸다.

$$p_m = \frac{1-k^2}{2} \cdot \frac{\Delta d}{d} \cdot E \dots\dots\dots(4)$$

$$K = \mu p_m \pi d B$$

$$= \frac{1}{2} \mu E \pi B (1-k^2) \Delta d \dots\dots\dots(5)$$

여기서

$k$  :  $d/D_i$

$d$  : 호칭 베어링 내경(mm)

$D_i$  : 내륜의 궤도경(mm)

$B$  : 호칭 내륜폭(mm)

$\Delta d$  : 유효 간섭량(mm)

표3  $\mu$ 의 값

적용예	$\mu$ 의 값(평균)
내륜을 원통축에 압입할 때	0.12
내륜을 원통축으로부터 인발할 때	0.18
테이퍼축 또는 슬리브에 압입할 때	0.165
테이퍼축으로부터 인발할 때	0.135
축과 베어링의 테이퍼구멍 사이에 슬리브를 압입할 때	0.30
축과 베어링의 테이퍼구멍 사이로부터 슬리브를 인발할 때	0.33

$E$  : 종탄성계수 208 000 MPa

$\mu$  : 끼워맞춤 면의 마찰계수

끼워맞춤 면의 마찰은, 끼워맞춤 면의 조건에 따라 매우 다르며,  $\mu$  값은 일반적으로 표3에 나타내는 값을 취할 수 있다. 또한, 베어링의 외,내경의 비  $D/d$ 에 대해서( $1-k^2$ )는 근사적으로 표4와 같이 나타낸다.

이와 같이, 내륜을 축에 압입하는 힘을 구할 수 있으나, 많은 경우는 내륜을 유중에서 가열하여 팽창시켜 설치하는 편이 간단하다. 가열하는 정도는 간섭량 및 축경에 따라 일정하지는 않으나, 베어링을 150°C 이상으로 가열하면 베어링의 경도가 감소하게 되므로, 가능한 120°C 이하에서 작업한다. 그림1은 축경에 대한 가열온도와 베어링 내경 팽창량을 나타낸 것으로, 각종 끼워맞춤의 최대 간섭량도 나타내었으므로, 필요한 가열온도차를 알 수가 있다.

실제 끼워맞춤 작업에서는, 작업중에 베어링이 냉각되어, 쉽게 축에 설치할 수 없으므로, 필요한 가열온도보다 추가로 20~30°C 높게 가열하는 것이 좋다. 가열을 위해 유중에 베어링을 넣어두는 시간은, 보통 20분 정도가 좋다.

표4  $(1-k^2)$ 의 값

$D/d$	$(1-k^2)$
1.5	0.25
2.0	0.41
2.5	0.52
3.0	0.61
3.5	0.67

$D$  : 호칭 베어링 외경,  $d$  : 호칭 베어링 내경

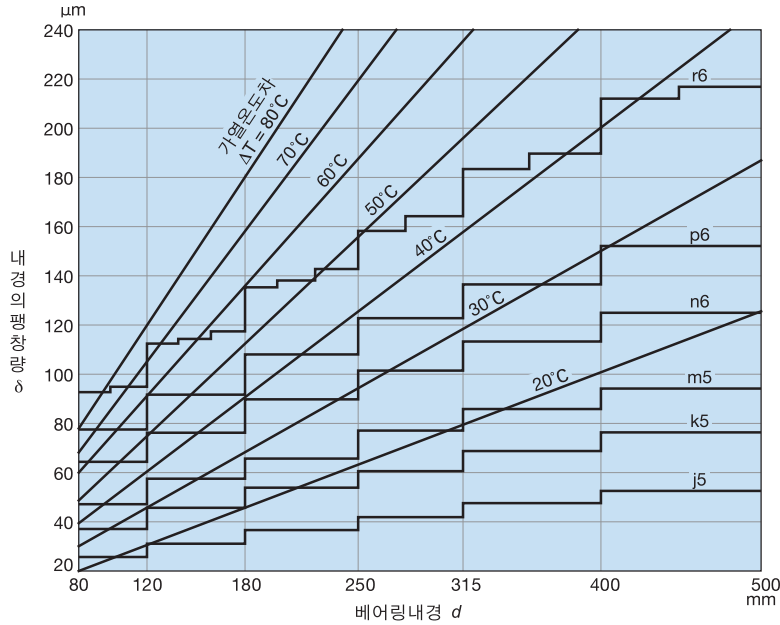


그림1 가열온도차와 내륜의 팽창

예를들면, 내경 120mm의 베어링을 n6 끼워맞춤으로 설치할 경우는, 최대 간섭량은 65 $\mu$ m이며, 그림1을 보면 필요한 가열온도는, 실온 +50 $^{\circ}$ C가 좋으나, 쉽게 축에 압입하기 위해서는, 추가로 20~30 $^{\circ}$ C 높게할 필요가 있으므로, 가열온도는 실온 +70~80 $^{\circ}$ C가 좋다고 볼 수 있다.

역지 끼워맞춤의 압입력과 열간 끼워맞춤에 대해 개략적으로 서술했으나, 간섭량이 과대할 경우, 내륜에 이상적으로 큰 응력이 발생하여 내륜을 파손시킬 수 있다. 내륜에 발생하는 응력은 내륜 내경 끼워맞춤 면의 원주방향의 응력이 가장 크며, 그 크기는 (6)식으로 나타낼 수 있다.

$$\sigma_{tmax} = p_m \frac{1+k^2}{1-k^2} \dots\dots\dots(6)$$

여기서,  $p_m$  : 면압 (MPa)  
 $k$  :  $d/Di$

일반적으로 이 최대응력 값은, 베어링강의 경우에는 98MPa 이하, 최악의 경우에도 127MPa 이하가 되도록 끼워맞춤을 선정하는 것이 바람직하다.

### 2.1.3 끼워맞춤 작업

내륜을 축에 설치할 때, 일반적으로는 압입 또는 열간 끼워맞춤을 하지만, 압입에는 큰 힘을 필요로 한다. 압입에 필요한 힘은 식(5)로 구할 수 있다.

이 압입작업시, 외륜에 힘이 가해지면 전동체(볼 및 롤러)에 의해 궤도면에 브리넬 압흔을 발생시키는 경

우가 있으며, 내륜 턱에 직접 충격을 가하면, 깨짐 등을 발생시킬 우려가 있다. 또한, 리테이너에 힘이 가해지는 것도 좋지 않으므로, 압입시에는 충분한 주의가 필요하다.

간섭량이 적은 중형, 혹은 소형의 베어링에서는 압입력이 작아도 되므로, 상온에서 축에 내륜을 압입할 수 있다. 그림2와 같이 황동봉을 내륜측면에 맞춘 후 망치로 두드려 압입한다. 이때 내륜측면에 닿는 황동봉의 끝단부는 비스듬하게 절단하여, 내륜측면의 외측을 두드리지 않도록해서 축의 턱 끝단면에 바르게 밀착되도록 한다. 황동의 파편이 베어링 안에 들어가지 않도록 주의한다.

또한, 좋은 방법으로 내륜의 전체 측면에 접촉하는 연한 강제의 원통형 치구인 그림3을 사용해도 좋다. 이 치구로는, 꽤 큰 타격을 가하여 압입할 수도 있다.

프레스, 압축공기, 유압 등을 이용하면 평행하게 밀어넣기 쉬우며, 압입압력을 인식하면서 설치할 수 있으므로, 간섭량의 과대, 과소를 알 수가 있어 편리하다.

압입작업을 실시함에 있어서는, 베어링의 내경 및 축의 외경에 점도가 높은, 가능하면 극압성의 오일을 도포해두는 것이 필요하다. 또한, 이황화 몰리브덴(MoS<sub>2</sub>)의 페이스트 상의 것을 도포하고 압입하면, 굽힘을 방지하고 해체시에도 베어링의 응착이 없으므로, 간단하게 해체가 가능하다.

간섭량이 큰 경우의 설치방법으로써, 열간 끼워맞춤을 이용하면 쉽게 설치할 수 있다. 가열온도는, 베어링의 치수 및 소요 간섭량에 따라 그림1로부터 알 수가 있다. 가열용 오일에는 양질의 광물유를 사용한다.



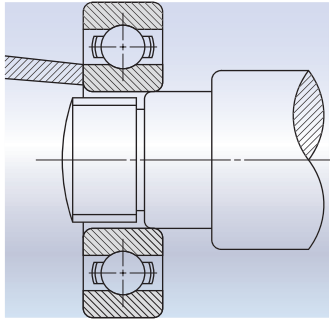


그림2 베어링의 설치

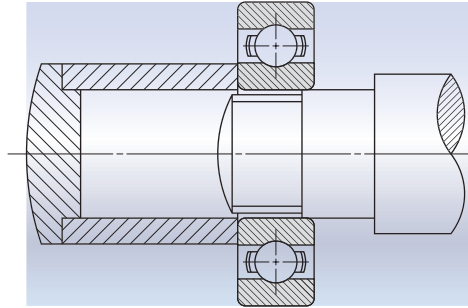


그림3 베어링의 설치

유조의 크기는 설치하는 베어링 2~5개가 들어가는 정도로, 오일량은 베어링이 완전히 잠기는 정도로 채운다. 오일 용기에 있어 주의할 것은 그림4에도 표시되어 있는 것처럼 반드시 철망, 또는 이와 유사한 것을 밑부분에 위치하여, 베어링이 가열기(또는 용기의 바닥)에 직접 닿지 않도록 한다. 오일 용기의 위에 막대를 설치하여 후크를 걸어 베어링을 매달아 놓게 하면 취급상 편리하다.

압연기용의 원통롤러베어링이나 철도차량의 차축베어링과 같이 내륜이 억지 끼워맞춤으로 사용되는 경우, 내륜의 착탈에는 큰 압입력, 인발력이 필요하므로, 통상의 방법으로는 작업시에 무리가 발생, 베어링 또는 축이 손상되는 경우가 있다. 원통롤러베어링의 내륜에 턱이 없는 경우에는 유도전류로 내륜을 가열팽창시켜 착탈을 행하면 신속한 작업이 가능하다.

NSK에서는 이 방법에 의해, 상용주파수의 공장전원으로 사용할 수 있는 가열착탈장치를 고안하여, 각 방면에서 실용화하고 있다. 또한 소형베어링의 단품가열에 있어서는 그림5와 같이 베어링히터를 실용화하고 있다.

축에 설치된 베어링은 급속히 냉각되는데, 가열팽창한 베어링은 폭방향으로도 수축하기 때문에, 경우에 따라서는 내륜과 축 턱 사이에 틈새가 없도록 축 너트나 그 외의 적절한 것으로 베어링을 턱에 밀착시킨다.

베어링을 설치하고 냉각시킨 후에는 윤활제를 베어링의 내외부에 바른다. 이 경우, 베어링이 깨끗한 상태인 것을 확인할 필요가 있다.

예압을 주는 경우를 제외하고는 일반적으로 설치 후, 베어링에 클리어런스가 필요하게 되므로 원활히 회전하는 것을 확인한다. 롤러베어링인 경우는 틈새게이지를 넣어 클리어런스를 측정하는 것도 가능하다.

원통롤러베어링 등은 내륜, 외륜을 분리하는 것이 가능하기 때문에, 내륜을 설치할 때에 외륜을 분리하여 두지만, 나중에 축에 기설치된 내륜에 외륜을 맞출 때, 무리한 힘을 가하지 않도록 한다. 그렇지 않으면, 롤러나 웨드론에 손상을 주기 쉽다. 이런 손상은 이음이나 조기파손의 원인이 되므로 주의해야 한다. 또한 이런 롤러베어링은 호환성이 있는 것과 없는 것이 있기 때문에, 사전에 파악하여 비호환 제품은 조합번호가 틀리지 않도록 하지 않으면 안된다.

축과 험거운 끼워맞춤을 할 경우에는 설치상의 문제는 적지만, 축과 내륜과의 틈새는 최소 필요한도로 남겨두지 않으면 안된다.

스러스트 베어링의 내륜과 축과의 끼워맞춤은 통상 js6(j6) 정도로 하면 좋다. 외륜과 하우징의 사이는 공작기계 등 정도를 필요로 하는 경우 이외에는 틈새를 주는 것이 보통이다.

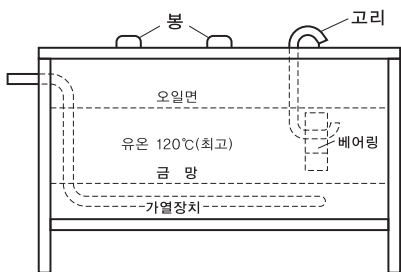


그림4 가열용 오일용기



그림5 베어링히터에 의한 가열

### 2.1.4 테이퍼구멍 베어링의 설치

테이퍼구멍 베어링은 어댑터슬리브 또는 해체슬리브를 사용하여 설치하거나 테이퍼 축에 직접 설치한다. 끼워맞춤의 정도는 클리어런스의 감소량과 슬리브 (또는 베어링)의 압입량에 의해 결정된다.

자동조심롤러베어링의 경우, 설치중의 클리어런스 감소량은 보통 틈새게이지로 측정한다. 설치후의 클리어런스감소량과 잔류 클리어런스는 표5에 표시된 바와 같다.

즉, 테이퍼구멍 자동조심롤러베어링은 통상 클리어런스로써 표5에 나타난 것과 같이 클리어런스 감소량을 고려하여 제작되고 있다. 하중이 매우 큰 경우에는 클리어런스 감소량을 표5에 나타난 값보다 20%정도 크게 정한다.

클리어런스의 감소량을 직접 측정하는 대신에 내륜 또는 해체슬리브의 압입량(축방향의 이동량)을 측정하는 경우도 있지만, 그 최초 측정위치를 확인하기 어렵기 때문에, 클리어런스의 감소량을 직접 측정하는 것이 안전하다.

그러나, 소형 롤러베어링은 설치후의 클리어런스가 작기 때문에 틈새게이지를 사용하지 않는 경우, 클리어런스 감소량 대신에 축방향의 이동량을 측정하지 않으면 안되고, 대형베어링에서 설치를 용이하게 하기 위해서 오일속에서 가열팽창시켜 설치하는 경우도 축방향의 이동량을 측정하면 된다. 이 경우, 베어링을 가열하기 전에 일단 축에 설치하여 최초의 설치위치를 측정해 놓고, 가열 설치한 후 최종위치는 최초위치에서 축방향의 이동량에 의해 결정한다. 이 때, 가열전의 최초 클리어런스와 냉각후의 최종 클리어런스를 측정하여 소요의 클리어런스 감소량이 얻어졌는지, 그렇지 않은지 확인할 필요가 있다.

## 2.2 하우징에 설치

일반적으로 베어링은 먼저 축에 설치한 후에 하우징에 설치한다. 설치방법이나 주의점은 하우징의 설계나 끼워맞춤, 수평축, 수직축 등에 의해 다르지만 여기에서 기술하는 일반적인 사항은 각각의 경우에 공통으로 적용된다.

하우징과 외륜과의 끼워맞춤은 하중조건 등에 의해 결정되는 것이 보통이나, 지정된 끼워맞춤 이상으로 억지 끼워맞춤의 경우에는 연삭에 의한 수정작업을 행한다. 어쩔 수 없이 하우징을 Scaper로 크게 하는 경우 등에는 베어링 위치에 타원이나 경사를 발생시키지 않도록 주의하지 않으면 안된다.

또한 분할 구조의 하우징에서는 상하 양쪽의 사이에 얇은 심을 넣어 끼워맞춤량을 적어지게 하는 것도 피해야 한다. 반대로 끼워맞춤량이 너무 적어지는 경우에는 종이나 금속박을 외륜과 하우징 사이에 끼워넣는

것은 절대로 하지 말아야 하며, 어쩔 수 없는 경우에는 하우징의 내면에 도장을 하거나, 부시를 넣을 수 있도록 가공하는 등 하우징을 지정된 치수로 가공해야 한다.

하우징을 설치하는 데 있어, 라비린스실 등의 부분이 서로 접촉하지 않도록 주의하는 것은 물론, 기초적인 설치나 작업의 불량으로 베어링에 과하중이나 편심하중이 걸리지 않도록 한다.

배열하는 베어링 중, 1개만 고정축 베어링으로 하고 베어링을 액셀 방향의 위치를 결정하여 고정용으로 이용하기 위하여 사용한다. 이 고정축에는 레이디얼 하중과 함께 액셀 하중도 부하할 수 있는 형식의 베어링을 선정한다.

고정축 베어링을 제외한 다른 베어링은 레이디얼 하중만을 부하하는 자유축 베어링으로 하고, 온도변화에 의한 축팽창, 수축을 피할 수 있도록 한다. 또한 액셀 방향의 설치위치의 조정에도 이용한다.

온도변화에 의한 축의 신축대책이 충분하지 않으면, 베어링에 이상 액셀 하중이 걸려, 베어링의 조기파손의 원인이 된다.

자유축 베어링으로서는 내륜과 외륜이 분리가 가능하며, 액셀하중에도 이동가능한 형식의 원통롤러베어링 (NU, N형 등) 등이 적당하고, 이런 베어링을 이용하면 설치, 해체가 용이하게 되는 경우가 많다.

비분리형 베어링을 자유축에 사용하는 경우에는 그림6과 같이 외륜과 하우징과의 끼워맞춤을 헐거운 끼워맞춤으로 하여, 운전중의 축팽창을 베어링과 함께 피할 수 있도록 한다. 또한 내륜과 축과의 끼워맞춤면으로 피하는 경우도 있다.

베어링 간격이 좁아, 축의 신축영향이 적은 경우에는 한방향만 액셀하중을 부하할 수 있는 앵글러 볼 베어링, 테이퍼롤러베어링 등을 짝을 지어 사용한다. 설치후의 축방향 틈새(축 방향의 움직임량)는 너트나 심 등으로 조정한다.

억지 끼워맞춤의 외륜을 설치하는 경우는 그림7과 같이 연한 강제의 관 형태의 설치용구를 사용한다. 내륜이 이미 축에 설치되어 있는 경우, 또는 이미 외륜이 하우징에 장착되어 있는 경우, 각각 외륜 또는 내륜을 억지 끼워맞춤으로 설치하는 경우는 그림8, 그림9에 나타난 것과 같은 용구를 사용하고 압입의 충격이 전동체를 통하여 궤도륜까지 다다르지 않도록 한다. 베어링을 하우징과 함께 축에 설치한 후, 이음매 등을 설치할 때의 충격하중이 베어링에 걸리지 않도록 적절한 방법으로 행하는 것이 필요하다.

표5 테이퍼구멍 자동조심 롤러베어링의 조임

단위: mm

호칭베어링내경 <i>d</i>		레이디얼 (내부) 클리어런스 감소량		액설방향의 압입량				최소잔류클리어런스	
				테이퍼 1:12		테이퍼 1:30		CN	C3
초과	이하	최소	최대	최소	최대	최소	최대	클리어런스	클리어런스
30	40	0.025	0.030	0.40	0.45	—	—	0.010	0.025
40	50	0.030	0.035	0.45	0.55	—	—	0.015	0.030
50	65	0.030	0.035	0.45	0.55	—	—	0.025	0.035
65	80	0.040	0.045	0.60	0.70	—	—	0.030	0.040
80	100	0.045	0.055	0.70	0.85	1.75	2.15	0.035	0.050
100	120	0.050	0.060	0.75	0.90	1.9	2.25	0.045	0.065
120	140	0.060	0.070	0.90	1.1	2.25	2.75	0.055	0.080
140	160	0.065	0.080	1.0	1.3	2.5	3.25	0.060	0.100
160	180	0.070	0.090	1.1	1.4	2.75	3.5	0.070	0.110
180	200	0.080	0.100	1.3	1.6	3.25	4.0	0.070	0.110
200	225	0.090	0.110	1.4	1.7	3.5	4.25	0.080	0.130
225	250	0.100	0.120	1.6	1.9	4.0	4.75	0.090	0.140
250	280	0.110	0.140	1.7	2.2	4.25	5.5	0.100	0.150
280	315	0.120	0.150	1.9	2.4	4.75	6.0	0.110	0.160
315	355	0.140	0.170	2.2	2.7	5.5	6.75	0.120	0.180
355	400	0.150	0.190	2.4	3.0	6.0	7.5	0.130	0.200
400	450	0.170	0.210	2.7	3.3	6.75	8.25	0.140	0.220
450	500	0.190	0.240	3.0	3.7	7.5	9.25	0.160	0.240
500	560	0.210	0.270	3.4	4.3	8.5	11.0	0.170	0.270
560	630	0.230	0.300	3.7	4.8	9.25	12.0	0.200	0.310
630	710	0.260	0.330	4.2	5.3	10.5	13.0	0.220	0.330
710	800	0.280	0.370	4.5	5.9	11.5	15.0	0.240	0.390
800	900	0.310	0.410	5.0	6.6	12.5	16.5	0.280	0.430
900	1 000	0.340	0.460	5.5	7.4	14.0	18.5	0.310	0.470
1 000	1 120	0.370	0.500	5.9	8.0	15.0	20.0	0.360	0.530

비 고 상기표의 레이디얼(내부)클리어런스의 감소량은 CN클리어런스의 베어링일때의 값이다.  
C3클리어런스의 베어링인 경우, 레이디얼클리어런스의 감소량으로서 이 최대치를 기준으로 한다.

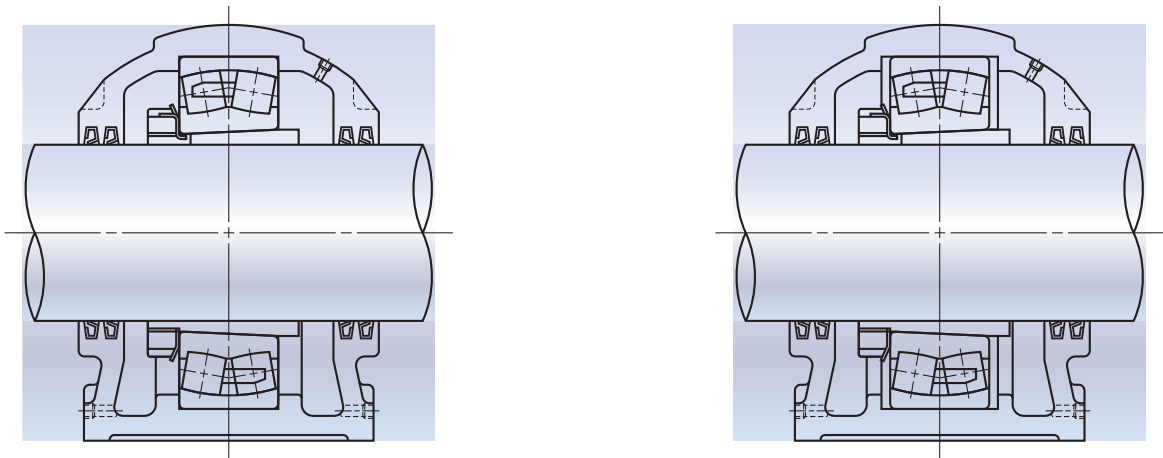


그림6 고정측(좌), 자유측(우)

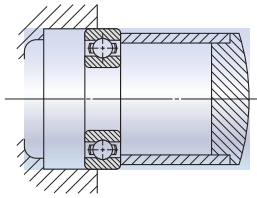


그림7 외륜의 삽입

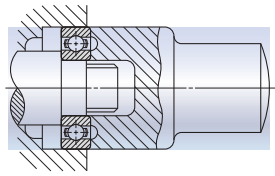


그림8 외륜의 삽입

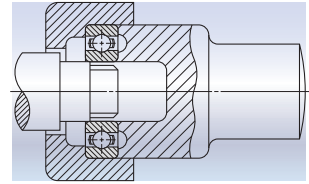


그림9 내륜의 삽입

## 2.3 예압 설치

### 2.3.1 레이디얼 베어링의 예압

앵귤러 볼베어링이나 테이퍼롤러베어링 등을 설치할 때, 사용조건에 따라서는 예압이 필요하다. 예압이란 함은, 외부로부터 하중이 걸리지 않을 때(즉, 설치된 그대로의 상태), 베어링의 볼이나 롤러등에, 사전 소요 하중을 부하하기 위한 설치조정을 하는 것으로, 예압의 목적은 회전중의 축의 레이디얼 방향이나 축방향의 변위를 필요 한도 이내로 작게 하는 것에 있다.

예압 설치는, 변위를 작게 하는 수단으로써는 상당히 유효한 방법이지만, 어떤 경우에도 필요이상으로 큰 힘을 가해 예압을 주는 것은 베어링에 있어서 좋지 않으므로, 예압의 목적을 충분히 고려해 그 양 및 방법을 올바르게 선정해야 한다.

그림 10은 2개의 레이디얼 볼베어링의 외륜을 엔드 커버의 나사로 예압을 가해 장착한 것이다. 방법은 간단하지만 숙련자가 주의해서 조정하지 않으면 만족스러운 결과를 얻을 수 없다. 또한, 이 방법에는 예압의 크기를 정확히 측정하는 것이 어렵고, 베어링의 기동 마찰 모멘트와 예압량을 미리 알아 둘 필요가 있다.

베어링에 부하하는 하중이 작아지면 예압량도 비교적 작아지므로, 그림 11과 같이 스프링으로 예압하는 방법도 있다. 예압량으로부터 스프링의 크기 및 압축량을 알수 있지만, 적당한 크기의 스프링 여러 개를 원주상에 배치한다. 스프링에 의한 예압은 대부분의 경우, 레이디얼 방향의 변위를 작게 하는 경우에 이용된다.

그림12와 같이 내륜, 외륜 각각에 스페이서를 넣어 예압하는 방법도 상당히 좋은 방법으로, 설치도 간단하고, 예압도 확실히 줄 수 있다. 스페이서는 한쪽이 다른쪽보다 약간 길게 만들어져 있으나, 각각의 베어링은 치수적으로 다소의 차가 있기 때문에, 스페이서의 길이의 차는 모든 베어링에 대해 동일하다고 말할 수 없다. 따라서 조합되는 베어링에 따라 측정하여 결정해야 된다.

단열 앵귤러볼베어링은, 단독으로 사용되지 않고, 반드시, 세트 사용되지만, 그 조합법에는 그림 13의 정면조합(DF)와 그림 14의 배면조합(DB)이 있다.

그림 15는 축방향으로 예압될 경우의 상태로, 예압의 필요한 축방향의 내륜, 외륜의 변위량은 a, b로, 너트에 체결되면 a와 b만큼 축방향으로 움직여 예압  $T_1$ 가 얻어진다. 동일한 형상의 베어링이라면  $a = b$ 이다. 어쨌든 사용조건에 대해서 a와 b가 올바르게 만들어져 있다면, 설치의 간단하고, 너트를 충분히 체결하기만 하면 된다.

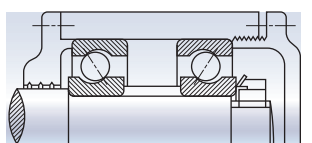


그림10 나사에 의한 예압

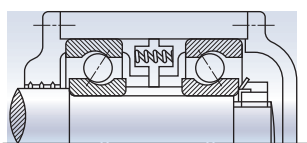


그림11 스프링에 의한 예압

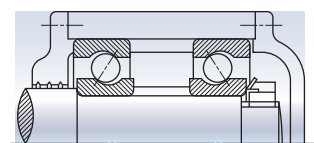


그림12 스페이서에 의한 예압(자유축)

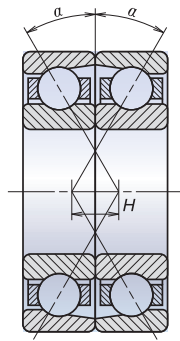


그림13 정면조합

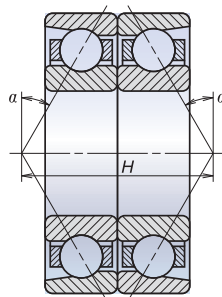
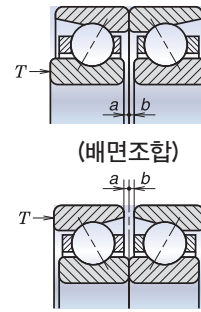


그림14 배면조합



(배면조합)

(정면조합)

그림15 예압량

단열 앵글러볼베어링의 액설하중과 축방향의 변위량과의 관계는 근사적으로 식(7)로 표현된다.

$$\delta_a = \frac{4.4 \times 10^{-4}}{\sin \alpha} \left( \frac{Q^2}{D_a} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(7)$$

여기서,

- $\delta_a$  : 축방향의 변위량 (mm)
- $Q$  : 1개의 볼이 받는 하중 (N)
- $\alpha$  : 접촉각
- $D_a$  : 볼의 직경 (mm)

베어링 전체에 걸리는 액설하중을  $T$ 라고 하면, 베어링의 볼 수  $Z$ 일 때, 1개의 볼이 받는 하중  $Q$ 는 식(8)로 표현된다.

$$Q = \frac{T}{Z \sin \alpha} \dots\dots\dots(8)$$

따라서, 축방향변위량  $\delta_a$ 는 일반적으로

$$\delta_a = C_a \cdot T^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(9)$$

로 표현된다.  $C_a$ 는 각각의 베어링의 형식, 치수에 따라 정해지는 정수다.

그림16에 있어서, 베어링간의 클리어런스  $a$ 와  $b$ 는 축방향의 변위  $\delta_a$ 로 표현되어, 예압이 증가함에 따라 클리어런스  $a$ 와  $b$ 는 감소해, 클리어런스가 없어졌을 때의 예압이  $T_1$ 이다.

외부로부터 액설하중  $T$ 가 베어링 A에 부하되면, A는 축방향으로  $\delta_i$ 만 변위해, 베어링 B는 같은양만 변위가 감소해서, 베어링 A, B의 변위는 각각

$$\delta_{aA} = \delta_a + \delta_i, \delta_{aB} = \delta_a - \delta_i \text{가 된다.}$$

즉, 베어링 A에 부하되고 있는 힘은 예압을 포함해서  $(T_1 + T - G)$ 이며, 베어링 B에는  $(T_1 - G)$ 가 부하된다.

베어링이 완전히 예압되어 있지 않을 때, 액설하중  $T$ 가 걸려서  $\delta_r$ 만 변위한다고 하면, 예압을 가함으로서 얻어지는 베어링의 변위 감소는  $(\delta_r - \delta_i)$ 로 표현된다.

또한,  $G = T_1$  즉,  $\delta_i = \delta_a$ 로 되면 베어링 B는 무부하로 되어, 베어링 A의 변위  $\delta_{aA}$ 는

$$\delta_{aA} = 2\delta_a = 2C_a \cdot T_1^{\frac{2}{3}} = C_a (2^{\frac{3}{2}} T_1)^{\frac{2}{3}} \dots\dots(10)$$

또는 베어링A에 걸리는 힘은  $G=T_1$  이므로,

$$T_1 + (T - G) = G + (T - G) = T \dots\dots(11)$$

식 (9), (10), (11)로부터

$$\delta_{aA} = C_a \cdot T^{\frac{2}{3}} = C_a (2^{\frac{3}{2}} T_1)^{\frac{2}{3}} \dots\dots(12)$$

즉,

$$T = 2\sqrt{2} \cdot T_1$$

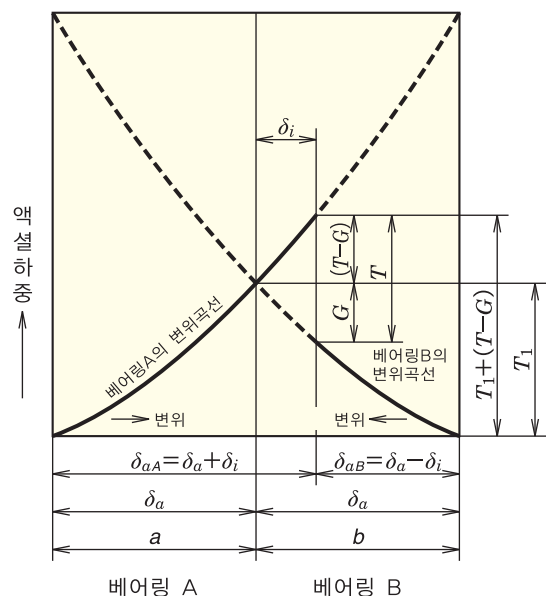


그림15 예압의 선도

예압을 가하는 경우, 베어링A는 소요의 수명 및 속도조건에 대해, 액셀하중( $T_1+T-G$ )에 견딜 수 있는 부하용량이 필요하다.

### 2.3.2 스러스트 베어링의 예압

스러스트 볼베어링을 횡축으로 설치하는 경우, 설치에 있어서 베어링의 볼과 궤도륜의 위치가 벗어나지 않도록 주의해야만 한다. 복식 스러스트 볼베어링, 또는 2개의 단식 스러스트 볼베어링을 횡축에 설치하는 경우는 특히 주의해야 한다.

즉, 부하가 가해지지 않는 축의 볼과 리테이너 혹은 궤도륜이 아래로 위치가 벗어나 편심되고, 이후에 그 열이 부하를 받으면, 반드시 발열 혹은 다른 사고를 일으키므로 이를 방지하기 위하여, 축방향의 예압이 필요하게 된다. 이 볼과 리테이너 혹은 궤도륜의 위치가 벗어나면, 하중이 발생하는 경우에 볼에 가해지는 하중이 불균일하게 되어 정위치에 돌아오려고 하기 때문에 미끄럼이 발생하여, 발열에서 기인하는 파손이 발생한다.

예압을 가하는 방법은 레이디얼베어링의 경우와 마찬가지로 너트나 조정판에 의한 축방향의 조정법과 스프링을 이용하는 방법이 있습니다. 그림 17, 18은 이러한 방법들의 사용예이지만, 전자의 경우는 조정이 어려워 경험을 필요로 하므로 후자의 스프링에 의한 방법이 간단하며, 방법으로써도 우수하다.

이 예압은 스러스트 볼베어링만이 아닌 그림 19와

같은 스러스트 롤러 베어링에 대해서도 동일하다.

스러스트 볼베어링이 비교적 고속으로 회전하며, 이때 볼은 선회미끄럼을 일으키기 쉬우므로 볼이 선회미끄럼을 일으키지 않게 하기위한 최소 액셀 하중은, 다음 식(13) 및 식(14)에서 구해지는 값 중 큰 값을 사용한다.

$$F_{amin} = \frac{C_{0a}}{100} \left( \frac{n}{N_{max}} \right)^2 \dots\dots\dots(13)$$

$$F_{amin} = \frac{C_{0a}}{1000} \dots\dots\dots(14)$$

여기서

- $F_{amin}$  : 최소AXIAL 하중 (N)
- $C_{0a}$  : 기본정AXIAL정격하중 (N)
- $n$  : 베어링의 회전속도 ( $\text{min}^{-1}$ )
- $N_{max}$  : 베어링의 허용회전수 (오일윤활)( $\text{min}^{-1}$ )

스러스트 자동조심 롤러베어링은 사용중에 롤러와 외륜궤도면 사이의 미끄럼에 의한 뜯김 등의 손상을 일으키는 경우가 있다. 이 미끄럼을 발생시키지 않기 위해 필요한 최소 액셀하중  $F_{amin}$ 은 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$F_{amin} = \frac{C_{0a}}{1000} \dots\dots\dots(15)$$

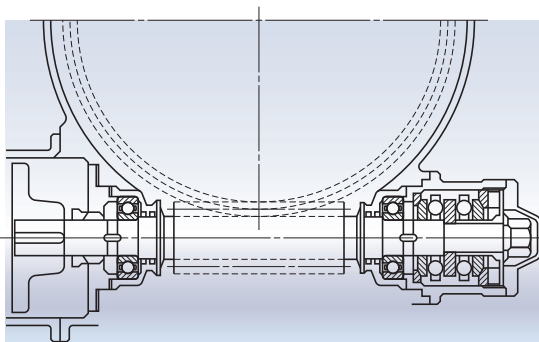


그림 17 스러스트 볼베어링의 예압(너트)

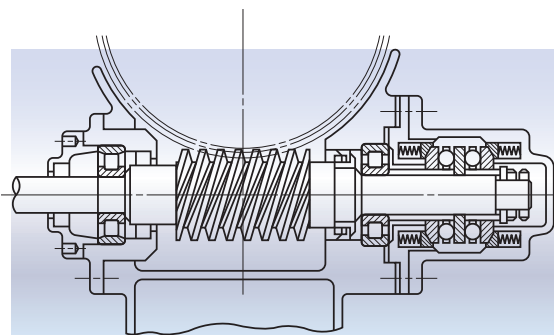


그림 18 스러스트 볼베어링의 예압(스프링)

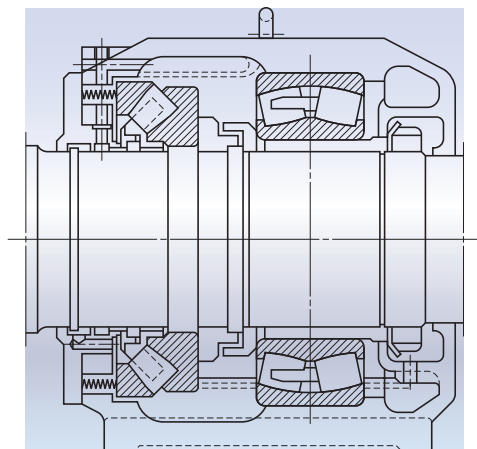


그림 19 스러스트 롤러베어링의 예압(스프링)

## 2.4 설치시 일반적인 주의

레이디얼 베어링을 축에 고정하는 것은 일반적으로 축의 턱이나 스페이스에 밀착시켜 축너트로 고정한다. 이 경우, 축의 턱 혹은 스페이스의 단면은 축 중심에 직각으로 되어 있어야만 한다. 이 직각도가 좋지 않으면 베어링의 회전정도 및 롤러의 접촉이 나빠져 발열 및 조기피로의 원인이 된다. 외륜측면과 접하는 하우징의 턱도 동일하다.

축 턱의 높이 및 스페이스의 외경, 그리고 하우징의 턱높이는 베어링의 분해와 관계가 있으므로 그 표준치수가 JIS에 참고로 표시되어 있으며, 카타로그에도 표시되어 있다. 이 턱들의 높이와 함께 축과 하우징의 모서리 r도 중요하다. 턱의 높이와 모서리 r의 값을 표6에 참고로 표시한다.

스러스트 볼 베어링의 조심부위는 공작기계 주축과 같은 정도가 확보되어 있는 경우를 제외하고는 일반적으로는 하우징과의 사이에 틈새량을 주어서 설치한다. 특히, 평면부위의 스러스트 볼베어링에 있어서는 축과 하우징의 턱부의 직각도는 앞서 언급된 바와 같이 충분히 정밀하게 가공할 필요가 있다. 편심에 대해서도 세심한 주의를 기울여 설치해야만 한다.

일반적으로 기계의 정도를 높이기 위해서는 베어링의 정도가 좋으면 좋을수록 높아진다고 생각한다. 그러나, 베어링의 정도에 상응해서 축과 하우징관계의 정도도 충분히 높게 해야 하며 관계부위의 정도 불량에 의한 베어링의 손상도 결코 적지 않으므로 반드시 주의해야 한다.

이 이외의 설치의 일반적인 주의로서 베어링 및 관계 부품을 청정하게 관리할 필요가 있다. 즉, 되도록 먼지 및 습기가 없는 곳에서 취급, 세척유는 깨끗한 것으로 준비해 녹발생을 방지하는 등의 고려를 해야 한다.

취급전에는 반드시 각 부분을 점검한다. 축과 하우징의 치수, 형상, 정도는 물론, 밀봉부 등의 검사도 필요하다. 베어링의 점검을 실시할 경우, 주변의 먼지 등이 들어가지 않도록 또한 손의 땀이 묻지 않도록 주의해야 한다.

베어링의 설치작업 및 클리어런스량의 측정 등에 대해서는 이미 언급한 바와 같이 설치에 있어서는 충분히 계획을 세워야 하며 반드시 정확한 기록을 해 두어야 한다.

그리고, 테이퍼롤러베어링의 설치시 외륜과 내륜 서브유니트를 분리해 각각의 상대 하우징 및 축에 설치해 조합하는 공정이 된다. 이 경우, 내륜 대턱면과 롤러 끝단면(전동체의 대경부)이 정확하게 접촉하지 않은 상태, 즉 안착이 안정되지 않는 경우가 있다.

이러한 부분들이 잘 안착될 때까지 베어링을 회전시키는 [자리잡기 작업]이 필요하다.

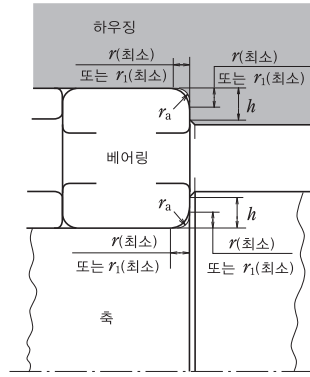


그림20 레이디얼 베어링의 면취치수와 축·하우징의 모서리 r의 반경과 턱 높이

표6 축 및 하우징의 모서리 r의 반경과 레이디얼 베어링에 대한 턱높이(미터계)

단위 mm

내륜 또는 외륜의 면취치수	축 또는 하우징		
	모서리 반경	어깨높이 h(최소)	
		깊은홀볼베어링 <sup>(1)</sup> 자동조심볼베어링 원통롤러베어링 <sup>(1)</sup> 슬리드형니들롤러베어링	앵글러볼베어링 테이퍼롤러베어링 <sup>(2)</sup> 자동조심롤러베어링
r(최소) 또는 r1(최소)	ra(최대)		
0.05	0.05	0.2	—
0.08	0.08	0.3	—
0.1	0.1	0.4	—
0.15	0.15	0.6	—
0.2	0.2	0.8	—
0.3	0.3	1	1.25
0.6	0.6	2	2.5
1	1	2.5	3
1.1	1	3.25	3.5
1.5	1.5	4	4.5
2	2	4.5	5
2.1	2	5.5	6
2.5	2	—	6
3	2.5	6.5	7
4	3	8	9
5	4	10	11
6	5	13	14
7.5	6	16	18
9.5	8	20	22
12	10	24	27
15	12	29	32
19	15	38	42

주 (1) 액셀러중을 부하시키는 베어링에서는, 이 값보다 충분히 큰 턱높이를 필요로 한다.

(2) 큰 액셀러중이 걸리는 경우에는, 이 값보다 충분히 큰 턱높이를 필요로 한다.

비고 1. 스러스트 베어링에 대하여도, 모서리 r 반경이 적용된다.  
2. 베어링치수표에는, 설치관계치수로서 어깨높이가 아니고 어깨직경으로 기재되어 있음.

## 2.5 윤활

구름베어링의 윤활법은 오일윤활법과 그리스윤활법으로 크게 구별된다.

그리스 윤활은 밀봉장치가 간단하며, 편리한 윤활방법이므로 구름베어링의 윤활법으로 널리 사용된다.

최근에는 그리스 자체의 개량에 의해, 그 응용범위가

넓어져 있지만, 회전속도, 사용온도, 그리스 충전량, 그리스 수명등에 주의하지 않으면 안된다.

회전속도가 빨라지면 그리스 윤활은 곤란해 진다. 이 회전속도의 한계는 베어링의 형식, 치수, 윤활법, 사용 조건 등에 따라 다르다.

표7 윤활 그리스의 명칭과 성능 참고표

명 칭	증 주 제	기 유	점 조 (°C)	조 도	사용온도범위 (°C)	내압성	허용회전수에 대한 사용한계 (%)
어드렉스	리 튼	광 유	198	300	0~+110	강	70
아폴로일오트렉스 A	리 튼	광 유	198	280	-10~+110	중	60
아라펜 RB 300	리튬·칼슘	광 유	177	294	-10~+ 80	중	70
EA2 그리스	우레아	폴리알파올레핀유	260이상	243	-40~+150	중	100
EA3 그리스	우레아	폴리알파올레핀유	260이상	230	-40~+150	중	100
EA5 그리스	우레아	폴리알파올레핀유	260이상	251	-40~+160	강	60
EA7 그리스	우레아	폴리알파올레핀유	260이상	243	-40~+160	중	100
ENC 그리스	우레아	폴리오르에스테르유+광유	260이상	262	-40~+160	중	70
ENS 그리스	우레아	폴리오르에스테르유	260이상	264	-40~+160	중	100
ECZ	리튬+카본블랙	폴리알파올레핀유	260이상	243	-10~+120	중	100
인플렉스 NBU 15	바륨복합물	디에스테르유+광유	260이상	280	-30~+120	약	100
인플렉스수퍼 LDS 18	리튬 디에스테르유	디에스테르유	195	280	-50~+110	약	100
인플렉스토파즈 NB52	바륨복합물	폴리알파올레핀유	260이상	280	-40~+130	약	90
에어로셀그리스 7	마이크로겔	디에스테르유	260이상	288	-55~+100	약	100
SH 33 L 그리스	리 튼	실리콘유	210	310	-60~+120	약	60
SH 44 M 그리스	리 튼	실리콘유	210	260	-30~+130	약	60
NS 하이류브	리 튼	폴리오르에스테르유+디에스테르유	192	250	-40~+130	중	100
NSA	리 튼	폴리알파올레핀유+에스테르유	201	311	-40~+130	중	70
NSC 그리스	리 튼	아루끼루디페닐에스테르유+폴리오르에스테르유	192	235	-30~+140	중	70
NSK 그린그리스 LG2	리 튼	폴리알파올레핀유+광유	201	199	-40~+130	약	100
에마루비 8030	우레아	광 유	260이상	280	0~+130	강	60
MA8 그리스	우레아	아루끼루디페닐에스테르유+폴리알파올레핀유	260이상	283	-30~+160	중	70
클라이텍스 GPL-524	PTFE	파플로오루폴리에스테르유	260이상	265	0~+200	중	70
KP1	PTFE	파플로오루폴리에스테르유	260이상	280	-30~+200	중	60
코스오와이드그리스 WR No.3	나트륨텔레프타라메이트	폴리오르에스테르유+광유	230이상	227	-40~+130	약	100
G-40M	리 튼	실리콘유	223	252	-30~+130	약	60
셀알바니아 EP 그리스 2	리 튼	광 유	187	276	0~+ 80	강	60
셀알바니아그리스 S1	리 튼	광 유	182	323	-10~+110	중	70
셀알바니아그리스 S2	리 튼	광 유	185	275	-10~+110	중	70
셀알바니아그리스 S3	리 튼	광 유	185	242	-10~+110	중	70
셀카시다그리스 RLS 2	알루미늄복합물	폴리알파올레핀유	260이상	280	0~+120	중	70
셀썬라이트그리스 2	리 튼	광 유	200	274	-10~+110	중	70
WPH 그리스	우레아	폴리알파올레핀유	259	240	-40~+150	중	70
멤남그리스 L-200	PTFE	파플로오루폴리에스테르유	260이상	280	-30~+200	중	60
니켈스 WR-S	우레아	합성유	260이상	230	-30~+150	약	70
니그루프 RSH	나트륨복합물	폴리아루끼렐그리콜유	260이상	270	-20~+120	중	60
파이로록큐니버셀 N6B	우레아	광 유	238	290	0~+130	중	70
팔막스 RBG	리튬복합물	광 유	216	300	-10~+130	강	70
비콘 325	리 튼	디에스테르유	190	274	-50~+100	약	100
마르템프 PS No.2	리 튼	광유+디에스테르유	190	275	-50~+110	약	100
몰리코드 FS-3451그리스	PTFE	플루오루실리콘유	260이상	285	0~+180	중	70
UME 그리스	우레아	광 유	260이상	268	-10~+130	중	70
UMM 그리스 2	우레아	광 유	260이상	267	-10~+130	중	70
레이막스 AF-1	우레아	광 유	260이상	300	-10~+130	중	70

주 (1) 온도범위의 상한 또는 하한에 가까운 곳, 혹은 진공상태 등의 특수환경에서 사용할 경우에는 NSK에 상담하여 주십시오.  
 (2) 단시간운전인 경우나 냉각조건이 양호한 경우는 그리스의 보급이 적절하면 이 한계를 넘어 사용할 수 있다.



NSK구름베어링 카타로그 치수표에는 일반의 사용조건에서 운전하는 경우, 허용가능한 회전수를 베어링별로 표시하고 있다.

그리스의 사용온도범위는 종류에 따라 다르지만, 개략의 범위를 표7에 나타낸다. 이 온도범위 외에서 그리스를 이용하는 경우에는 보급법에도 주의해야 한다.

우선, 베어링내부에 충분히 그리스를 봉입한다. 이때, 리테이너 안내면 등에도 그리스를 충전하는 것이 필요하다. 다음으로, 하우스 내부의 축 및 베어링을 제외한 공간용적에 대해서,

1/2~2/3 (허용 회전수의 50%이하로 회전하는 경우)

1/3~1/2 (허용 회전수의 50%이상으로 회전하는 경우)

정도의 양을 충전한다.

그리스는 사용중에 성상의 변화가 발생하므로 일정기간 사용하면 교환할 필요가 있다. 그 성상의 변화는 운전조건, 외적조건에 영향을 받으므로, 일률적으로 사용하는 것을 정하는 것은 곤란하다. 작업자가 외관으로 확인하는것도 간단하지 않다.

보통의 환경에서 사용되는 경우, 경험으로부터 나온 그리스의 교환주기의 그림(16page 그림23,24)을 이용하면 편리하다.

오일윤활법은 넓게 사용되는 방법이다. 오일은 유동성, 방열이 좋고, 순환, 강제윤활을 적용하여, 먼지 및 마모분도 제거하기 쉽다. 진동, 음향에도 좋은 영향을 주므로 윤활제로서 최적이다. 그러나, 오일윤활로 하면 윤활계통이 복잡하게 되고, 주기적관리가 필요하게 된다.

또한, 오일유출을 방지하기 위한 밀봉장치에 주의해야 한다.

오일윤활의 점도는 그 베어링의 운전온도에 있어서 선정하고, 일반적으로는, 운전온도에 대해서 다음에 나타내는 점도이상의 것을 사용하면 좋다.

볼베어링, 원통롤러베어링 ..... 13mm<sup>2</sup>/S

자동조심롤러베어링, 테이퍼베어링..... 20mm<sup>2</sup>/S

스러스트 자동조심롤러베어링..... 32mm<sup>2</sup>/S

그림22는 일반적인 오일의 점도와 온도선도이며, 온도에 따른 점도변화를 알 수 있다.

급유방법에는 유육법, 비산급유법, 강제순환급유법, 분무급유법등이 있고, 베어링주변의 구조, 운전조건에 따른 최적의 급유방법이 채용된다. 가장 일반적인 유육윤활에 있어서의 베어링의 허용회전수도 카달로그 치수표에 나와있다.

## 2.6 시운전

설치를 완료하면 베어링의 시운전을 실시하지만, 시운전중에 확인해야 할 것은 이상음의 유무와 베어링 온도의 상승 정도이다. 또한, 베어링의 회전은 원활해야 한다.

시운전에서 베어링에 이상이 발견되면 그 상황에 따라서 베어링의 분해점검을 실시하여 그 원인을 조사한다.

특히, 고속의 기계의 경우, 우선, 저속에서 시동하고, 점차 회전을 고속으로 하는 것이 필요하다. 베어링온도는 일반적으로 하우스의 표면의 온도로부터 추측되지만, 오일출등을 이용하여, 직접 베어링외륜의 온도를 측정하는 것이 필요하다. 윤활유의 온도에 따른 추측도 가능하다.

베어링 온도는 서서히 상승하여, 일반적으로 시간경과와 함께 포화상태가 되므로, 온도상승의 경향을 보면

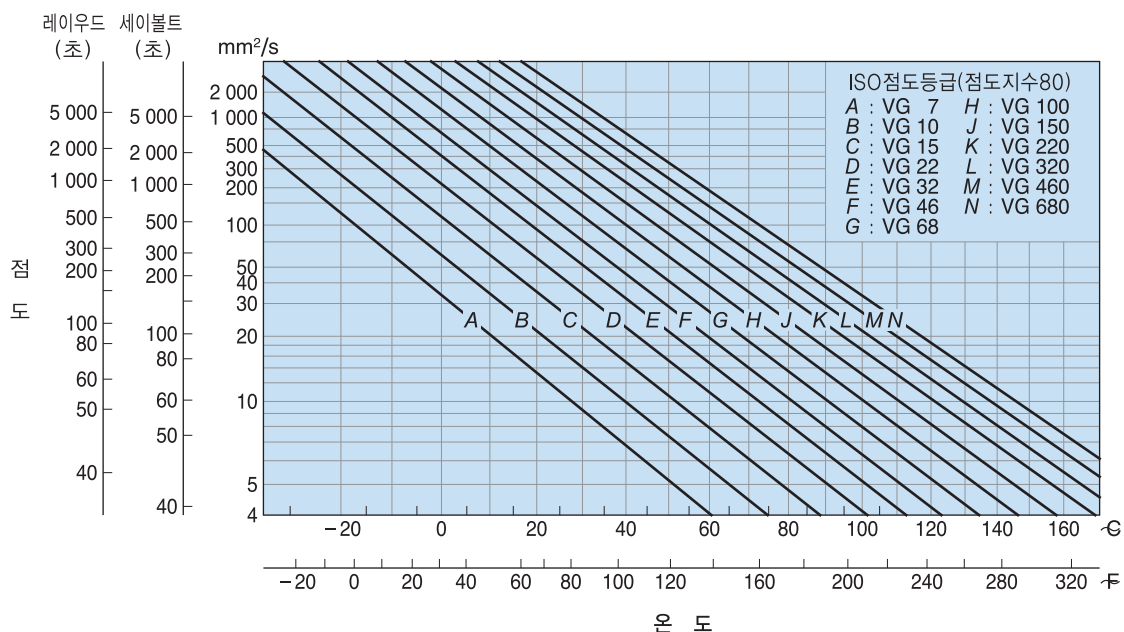


그림 22 점도온도선도

설치상태의 좋고 나쁨을 알 수 있다. 베어링 및 설치상태에 이상이 있으면, 베어링 온도는 안정되기 어렵고 이상 고온이 된다.

베어링의 포화온도는 기계 열용량, 방열량, 회전수, 하중에 따라 다르지만,

보통은 온도상승 20~30℃가 가장 많다.

온도가 계속해서 상승하여 이상고온이 되는 경우의 원인으로서는, 다음과 같은 항목을 들 수 있다.

- 그리스 및 오일을 과량으로 충전했을 경우
- 밀봉장치의 마찰이 너무 강할 경우
- 베어링의 클리어런스가 너무 적을 경우
- 베어링의 형식 및 윤활방법 대비 너무 고속일 경우
- 베어링에 이상하중이 부하될 경우

-축과 하우징 및 그 턱 등의 정도불량에 의해 베어링의 접촉이 좋지 않을 경우

-베어링 자체에 결함이 있을 경우

등이 있으나, 설치 및 공작정도의 오류 뿐만 아니라, 베어링의 선정이 잘못 했을 경우도 있다.

이음을 조사하기 위해서는, 청음기를 하우징에 대고 들어보면 좋다. 윤활제의 부족, 축과 하우징 등의 정도불량, 이물 및 금속분의 혼입, 베어링의 불량 등이 원인이 되어 금속적인 고음 및 이상음, 불규칙음을 발생시킨다.

표8은 베어링의 이상현상에 관한 추정원인과 대책에 대해 참고로 나타낸 것이다.

설치기록으로써, 시운전의 결과는 필히 기록해두어야 하며, 그 기록은 향후에 이상예측에 활용할 수 있다.

표8 베어링의 異常운전상태와 그 원인·대책

운전상태		추정원인	대책
소음	높은금속음 <sup>(1)</sup>	이상하중	끼워맞춤의 수정, 베어링 클리어런스의 검토, 예압의 조정, 하우징 턱 위치의 수정 등
		설치불량	축·하우징의 가공정도, 설치정도의 개선, 설치방법의 개선
		윤활제의 부족, 부적합	윤활제의 보급, 적절한 윤활제의 선택
		회전부품의 접촉	라비린스등 접촉부분의 수정
	규칙음	이물에 의한 구도륜에 생긴 압흔, 녹, 가스	베어링교환, 관계부품의 세정, 밀봉장치의 개선, 깨끗한 윤활제의 사용
		브리넬링	베어링 교환, 취급주의
		궤도륜의 플레이킹	베어링교환
	불규칙음	클리어런스 과대	끼워맞춤 및 베어링 클리어런스의 검토, 예압량의 수정
		이물의 침입	베어링교환검토, 관계부품의 세정, 밀봉장치의 개선, 깨끗한 윤활제의 사용
		불의 가스, 플레이킹	베어링교환
이상온도상승	윤활제의 과다	윤활제를 줄여 적량화, 고체그리스의 선택	
	윤활제의 부족, 부적합	윤활제의 보급, 적절한 윤활제의 선택	
	이상하중	끼워맞춤의 수정, 베어링클리어런스 검토, 예압조정 하우징 턱의 수정 등	
	설치불량	축·하우징의 가공정도, 설치정도의 개선, 설치방법의 개선	
	끼워맞춤면의 크리프 밀봉장치의 마찰과대	끼워맞춤의 검토, 베어링 교환 축, 하우징의 수정, 밀봉 형식의 수정	
진동대 (축의 요동)	브리넬링	베어링 교환, 취급주의	
	플레이킹	베어링교환	
	설치불량	축·하우징의 턱의 직각도, 스페이서측면 직각도의 수정	
	이물의 침입	베어링교환, 각 부품세정, 밀봉장치의 개선등	
윤활제의 누유대 변색대	윤활제의 과다, 이물침입, 마모분의 발생·침입 등	윤활제 양의 적정화, 베어링교환의 검토, 윤활제의 교환과 선정의 검토, 하우징등의 세정	

주 (1) 중~대형의 원통 롤러 베어링이나 볼 베어링에서 그리스 윤활의 경우, 특히 동절기나 저온등의 경우 조건에 따라서는 빼격거리는 음이 문제가 될 수 있다. 일반적으로는 빼격거리는 음이 발생하여도 베어링의 온도상승, 피로수명, 그리스 수명 등에는 영향은 없으므로, 베어링을 그대로 사용하여도 지장이 없다. 사전에 빼격거리는 음의 발생에 우려될 것 같은 경우에는 NSK에 상담하여 주십시오.

# 3

## 보수 및 점검

### 3.1 보수점검의 요령

베어링을 정당한 수명까지 사용하고, 또한 어떠한 원인에 의해 발생하는 사고를 미연에 방지하거나, 조기에 발견하여 큰문제로 발전시키지 않기 위하여, 보수 점검을 게을리해서는 안된다.

운전중의 베어링의 점검은, 때때로 베어링의 회전음을 듣는 것과 베어링의 온도를 측정하는 것, 또는 베어링의 진동상태를 확인하는 등에 집약된다. 미세한 베어링의 플레이킹이라도 이상음이나 불규칙음을 발생시켜, 숙련되면 청음기로 간단히 정상음과 구분하는 것이 가능하다. 베어링의 온도는, 하우징의 표면을 손으로 만져보는 것에 의해 대략적으로 판단이 가능하나, 하우징의 오일구멍등을 이용하여 온도계를 넣어, 베어링의 온도를 직접측정하는 것이 적절하다.

차량용 롤러베어링과 같이, 이동하는 물체라서 음이나 온도의 측정이 운전중에는 불가능한 것은, 일정기간마다 점검을 실시하여, 그리스는 새로운 것으로 교체한다.

사용중의 그리스를 조사하는것도 베어링의 운전상황을 아는데 유효하고 그리스의 누유나 열화는 물론 그 그리스중에 포함되어있는 이물이나 철분으로부터도 판단할 수 있다.

점검의 결과, 베어링에 이상이 있거나, 손상을 발견하면, 즉시 베어링을 분해하고 자세하게 조사하여, 그 원인을 확인하는 것이 필요하다.

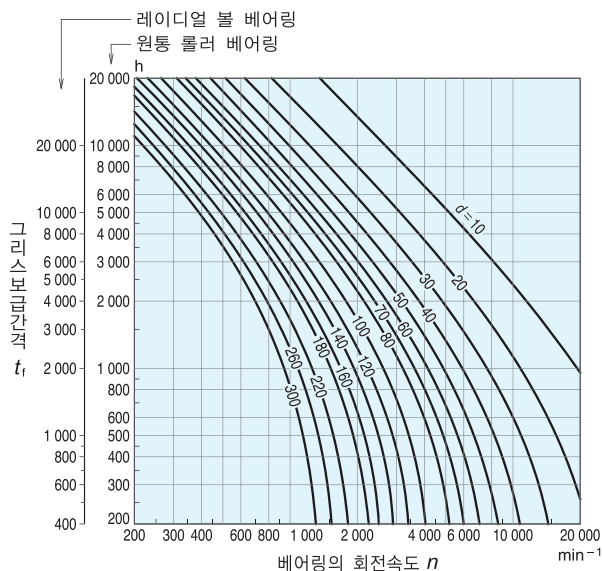


그림23 레이디얼 볼 베어링 · 원통 롤러 베어링의 시리즈 보급간격

### 3.2 급유방법

#### 3.2.1 그리스 윤활

베어링에 윤활제는 필수적이지만, 그 양은 적은 양으로 충분하며, 또한, 다음 급지까지의 기간은 일반적으로 길다. 그 기간은 베어링의 형식, 치수, 회전수 및 다른 운전조건에 의해서 다르며, 경험적으로 결정되는 경우가 많다.

그림23, 24는, 고품질의 리튬비누-광유계의 그리스를 이용하여, 온도70°C, 보통하중(P/C=0.1)의 경우의 그리스 급유간격기준이다. 온도가 70°C를 넘는 경우는, 15°C상승할 때 마다 그리스보급간격을 반감시킬 필요가 있다.

또한, 하중에 의하여도 보급간격은 변하는데, 표9의 하중계수를 보급간격에 곱하여 사용한다. 또한, 특히 볼베어링에서는 사용하는 그리스에 의하여 더욱 보급간격을 연장하는 것이 가능하다.(예를들면, 고품질 합성유계 리튬비누 그리스로는 약2배의 보급간격을 산정하는 것이 가능하다.)

그리스의 윤활능력은 이물의 혼입이나 수분의 침입에 의해서 유화 또는 열화등에 의해 저하된다. 따라서 이러한 가혹한 환경에서 사용하는 경우에는, 그림23, 24에서 구해진 값의 1/2~1/10으로 단축할 필요가 있다.

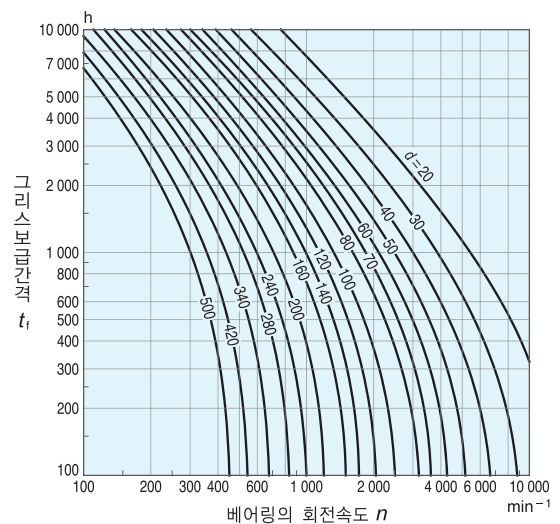


그림24 테이퍼 롤러 베어링 · 자동조심 롤러 베어링의 시리즈 보급간격

표9 하중계수

P/C	≤0.06	0.1	0.13	0.16
계수	1.5	1	0.65	0.45

하우징은, 그리스의 보급이나 교환도 고려하여 설계해야 하고, 때때로 그리스의 교환을 실시하는 기계에서는, 하우징의 분해가 간단해야 한다. 또한, 밀봉장치 부분부터 수분의 침입을 방지하지 못하는 경우등에는, 그리스의 보급도 빈번하게 되며, 따라서, 오래된 그리스가 하우징에서 빠져나오기 쉽게 설계를 할 필요가 있다.

아주 저속회전인 경우, 하우징에 그리스가 가득 차 있어도 되지만, 고속으로 됨에 따라 그리스를 가득 충진하는 것은 피해야 한다.

정기적으로 하우징을 분해하는 것이 가능한 경우는, 그리스 보급구멍은 만들지 않는 것이 좋다. 실사례로 대부분은 보급구멍의 주변에 그리스가 있을 뿐, 중심의 베어링부까지 그리스가 보급되지 않아, 오히려 역효과를 발생시키는 경우가 있기 때문이다.

하지만, 베어링이 대형이 되고 고속이 되면, 자주 확실한 그리스 보급이 필요하게되며, 그때마다 하우징의 분해도 힘들기 때문에, 그리스 보급구멍을 만드는데, 보급구멍 측의 하우징 공간을 그리스섹터에 따라 수개소에 만들어 두고(그림25), 그리스가 하우징에 가득차는 일 없이, 새로운 그리스가 베어링내에 들어가도록 하면 좋다. 보급구멍과 반대측의 하우징공간을 넓게하여, 오래된 그리스를 고이게하여, 때때로 커버를 열고, 고여있는 오래된 그리스를 빼낸다.

고속회전의 경우는, 그리스밸브를 사용하면, 더욱 간

단하게 된다. 이것은, 전동기, 터빈, 펌프등의 장기간 연속운전용으로 적절하다. 그리스밸브의 목적은 그리스가 가득차는 것을 피하기 위함으로, 그림26은 그리스섹터와 그리스밸브를 붙인 예를 나타낸다.

그림27은 플러머블록에 그리스밸브를 설치한 예로서, 섹터는 얇은 철판b로 구분하고 있다.

### 3.2.2 오일유회환

유유회환의 하우징에는 오일게이지가 붙어있지만, 유면의 높이는 베어링이 정지해있을 때에 보는 것이 확실하다. 규정의 유면이 유지되고 있지 않다면 급유하지만, 밀봉장치가 완전하여 오일의 누유가 없다면, 급유는 크게 필요하지 않다. 오일의 교체는 운전조건에 따라 다르지만, 운전온도가 50℃이하에서 이물이 적은 양호한 환경에서 사용되는 경우는 1년정도의 교체기간이 좋다.

열원이 외부에 있어, 운전온도가 100℃를 넘는 경우, 열안정성이 좋은 오일을 사용하여도, 2~3개월 간격 또는 그 이내에 교체하는 것이 좋다.

적하급유 경우의 적하수는, 조건에 따라 적절하게 조정하지만, 보통은 매분 수방울의 적하로 충분하다. 제트급유로 베어링의 유회환을 행하는 고속회전의 경우에 급유량은, 유압과 노즐구경에 의해 가감하지만, 급유된 오일이 베어링부에 모이지 않도록 하는 것이 중요하다.

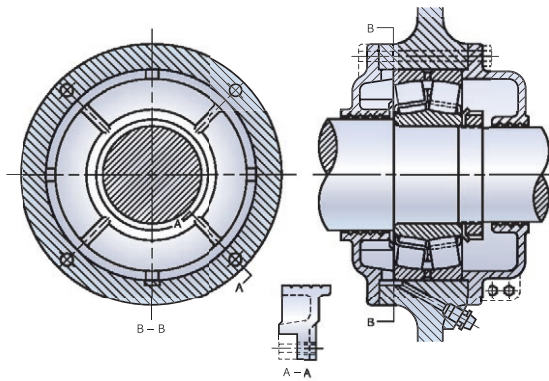


그림 25 그리스 섹터

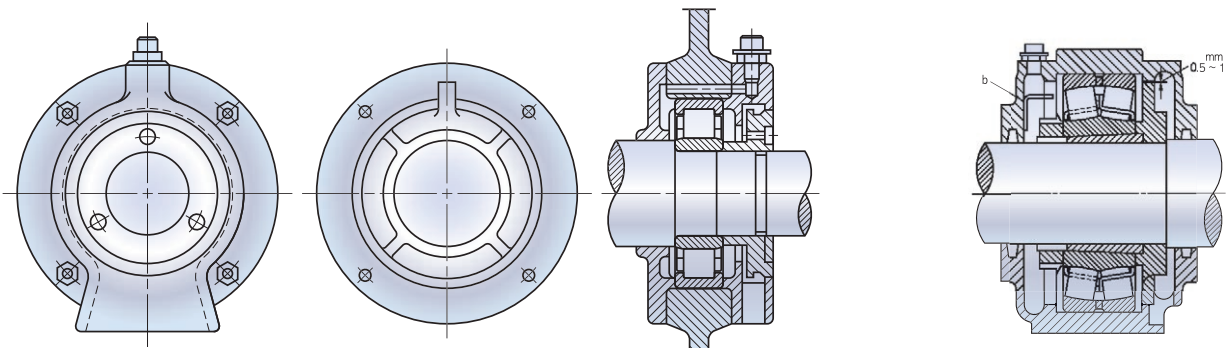


그림 26 그리스 밸브

그림 27 그리스 밸브(플러머블럭)

### 3.3 베어링의 손상

조기손상(고장)이 발생한 베어링을 잘 관찰하고, 윤활조건, 설치주변부 조사 및 고장에 다다른 경과 등을 상세히 조사해 보면, 그 손상원인은, 베어링의 설치, 취급, 윤활의 부적절, 밀봉구조 불완전, 열에 의한 영향 검토 부족 등 여러가지가 추정가능하다. 구름베어링의 손상을 그 현상적인 면, 예를 들면, 롤러베어링의 턱면 뜯김손상에 대해, 그 원인은 오일부족, 급배유구조의 결함, 윤활의 부적절, 수분이나 이물의 침입, 설치오차가 큰 경우 또는 축의 기울어짐 등에 의해서 내륜과 외륜의 상대 기울기각이 커짐 등이 있으며, 그러한 조건들이 중첩되어 있는 경우도 있다. 따라서, 손상 베어링만을 조사하는 것 만으로 그 진정한 원인을 아는 것은 어렵다. 하지만, 베어링의 사용기계, 사용장소,

사용조건, 베어링주변의 구조, 윤활조건, 또는 취급, 운전경력 등을 알고, 거기에 그 손상트러블 발생 전후의 상황을 알면, 추정되는 원인과 결부하여 검토함으로써, 베어링손상의 재발방지대책이 가능하게 된다. 조사 베어링에 대한 관찰은, 궤도의 주행적, 턱의 미끄러짐 부분 등 베어링내부의 상황은 물론, 베어링내경과 외경면의 접촉률, 또는 상처등을 포함하여, 빠짐없이 충분히 실시하며, 그 원인탐구의 근거로 한다. 또한, 그와 동시에 파손되지 않은 동일 사용장소의 베어링의 조사도 도움이 되는 경우가 많다. 결국, 그 베어링이 사용되고 있는 기계장치에 대하여는 종합적 조사가 중요하다. 여기서는 베어링의 대표적인 손상을 참고로 나타낸다.

#### 주행적과 하중의 부하형태

베어링이 회전하면 내륜, 외륜의 궤도면은, 전동체와의 구름주행적에 의해 색이 거무스름하게 변하는 면이 된다. 주행적이 궤도면에 생기는 것은 이상이 아니지만, 그 정도나 형태에 의해 부하조건을 아는 것이 가능하다.

주행적을 주의깊게 관찰하면, 레이디얼하중 만을 부하하는 것과, 큰 액셜하중을 받고 있는 것, 모멘트하중을 받고있는 것, 또는 하우징에 극미한 강성변화가 있는 것등을 알수 있다. 베어링에 예상외의 하중이나 설치오차가 큰 경우 등의 체크가 가능해, 베어링손상 원인추정의 단서가 된다. 그림28에 깊은홈볼베어링의 대

표적인 주행적을 나타낸다.

(a)부터 (d)는 레이디얼하중과 액셜하중을 받았을 경우의 일반적인 주행적이다. 내륜회전, 외륜회전 및 부하조건에 따라 주행적이 다르다. 이에대해, (e)는 미스얼라인먼트에 의해 축이 기울어져 있는 경우, (f)는 모멘트하중을 받고 있는 경우, (g)는 하우징의 내경정도가 나쁜 타원의 경우, (h)는 베어링내부 클리어런스가 없는 경우의 주행적이다. (e)에서 (h)의 주행적은 베어링에 손상을 주는 경우가 많으므로 주의가 필요하다.

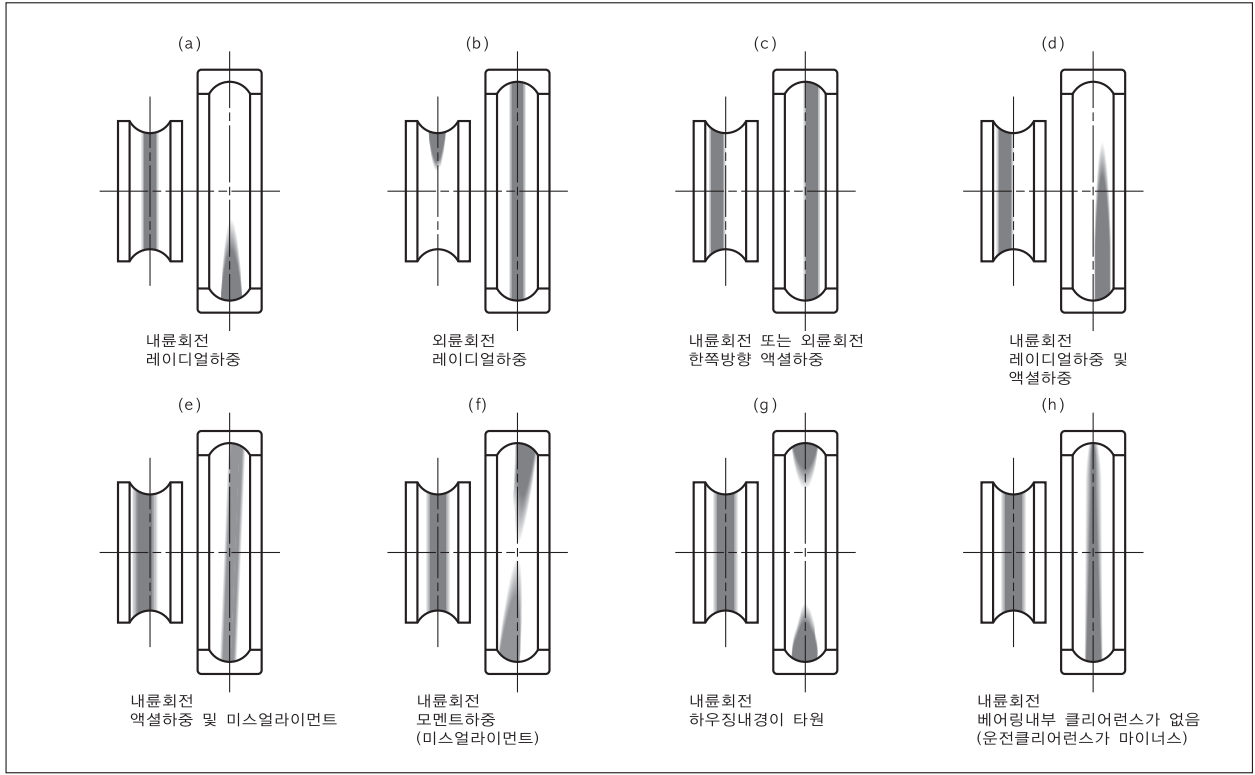


그림 28 깊은홈 볼 베어링의 대표적인 주행적

## ● 플레이킹(Flaking)

베어링에 나타나는 플레이킹은 초기에는 아주 작은 것이지만, 이것은 단시간내에 크게 확대되어 간다(그림 29). 이 플레이킹의 현상이 정상적인 사용후에 나타나면, 일반적으로 말하는 베어링의 수명인지 혹은, 예기되지 않은 이상하중에 의한 것인가의 판단은 간단하지가 않다.

또한, 플레이킹은 다른 손상과 달라서, 윤활, 하중, 진동등의 복합요인에 의하여, 발생한 경우가 많고, 원인을 하나로 압축하는 것은 어렵다. 하지만 베어링이 적절한 윤활, 적절한 하중에서 사용되고 있던 경우에는, 조기파손이 발생할 확률이 아주 낮으므로, 원인추정에는 윤활과 하중의 크기가 적절했었는지를 확인할 필요가 있다. 그림30은 자동조심롤러베어링에 과대한 액셀 하중이 걸려 한쪽열에서만 발생한 조기 플레이킹을 나타낸다. 조기플레이킹의 원인은 이러한 이상하중 외에도 기울어져서 설치된 경우, 베어링 클리어런스의 선정이 잘못된 경우, 하우징의 정도가 나쁜 경우등이 있다.



그림 29 플레이킹



그림 30 플레이킹

## ● 깨짐(Fracture), 균열(Cracks)

그림31은 테이퍼 롤러 베어링의 내륜 큰턱의 깨짐을 나타낸 그림으로, 베어링에 이상 액셀하중이 부하되어거나 충격하중이 가해진 경우, 또는 베어링의 설치, 분해시 턱에 이상하중이 가해진 경우에 발생한다. 균열의 원인으로서는 큰 충격하중이 가해지거나(그림32), 과대한 끼워맞춤량 등을 들 수 있다. 외륜의 양단면만으로 지지하고 있는 경우는 축방향으로 균열이 가거나, 내륜 외륜과 축, 또는 하우징등과의 사이에서 미끄럼이 있는 경우, 미끄럼의 방향과 직각방향으로 균열이 발생한다. 축과의 끼워맞춤이 헐거워서 크립을 발생한 경우 등에 보여진다.

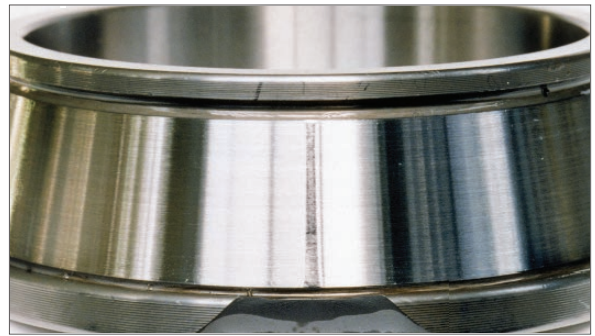


그림 31 깨 짐



그림 32 균 열

● **압흔(Denting)**

궤도면의 압흔은, 베어링의 취급상 부주의, 이물의 침입, 또는 정지시에 강한 충격하중을 받은 경우에 궤도면에 발생하는 파임(브리넬 압흔)이다.

또한, 전동체와 궤도면과의 접촉부위에서 진동이나 유동에 의한 마모가 발전하여 브리넬압흔과 유사한 파임을 만든다.-이러한 현상을 펄스 브리넬이라고 한다.

특히 베어링이 기계에 설치되어있는 상태로 운송되는 경우등에서 많이 보여진다.(그림33)

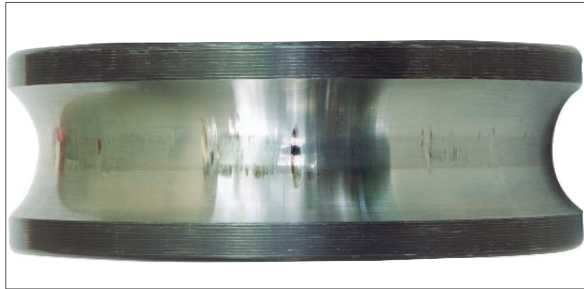


그림 33 압 흔

● **뜯김(Scoring)**

롤러베어링에서는, 턱과 롤러단면과의 미끄럼 접촉부에서 윤활유부족이나, 이물의 침입에 의해 전동부보다도 먼저 부분적인 미소타붙음의 영향으로 턱면이나 롤러단면이 손상을 입는다.(그림34)(그림35)



그림 34 자동조심롤러베어링 턱의 뜯김



그림 35 롤러단면의 뜯김

● **마모(Wear)**

마모의 영향을 주는 인자로서 이물의 침입, 윤활제의 부족, 부적절 등을 들 수 있다.(그림36) 수분의 침입에 의해 부식마모가 미끄러짐면이나 구름면에 발생한다.

또한, 끼워맞춤이 적당하지 않을 때, 크립을 발생하여 끼워맞춤 면에 마모를 발생시키는 경우도 있다.

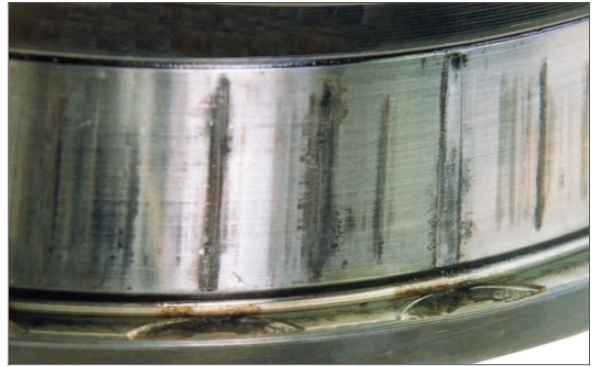


그림 36 마 모

● **녹(Rust)**

베어링 내부의 녹은 수분의 침입에 의하여 발생하는 것이며, 또한, 윤활제가 부적절한 경우에도 발생한다. 수분의 침입에 의한 윤활불량이 원인으로 녹이 발생한 예를 그림37에 나타낸다. 축이나 하우징과 내륜 외륜과의 끼워맞춤면에 적갈색이나 흑색의 마모분이 발생한 경우가 있다. 이것은 끼워맞춤면의 접촉이 완전하지 않을 경우에 그 사이에 미소한 미끄러짐이 발생하여 표면이 산화하고 산화물이 발생한 것이고, 진동이나 중하중을 받는 곳에서도 자주 보여진다. 이 현상은 프레팅(프레팅부식 이라고도 한다.)이라고 하는 것으로 겉보기에는 녹과 유사하다.



그림 37 녹

### ● 전식(Electrical Corrosion)

전동중에 베어링내를 전기가 흐르면 내외륜과 볼이나 롤러의 접촉부분에 상당히 얇은 유막을 통하여 스파크가 발생하여, 그 표면이 국부적으로 용융되어 요철이 된다. 현저하게 나타나는 것은 배깅질이나 물결모양의 요철로 진전되는 경우도 있다. (그림38) 전식의 정도가 큰경우는 플레이킹을 발생시키며, 또한 전동면의 경도가 떨어져서 마모를 빨리 진행시킨다.

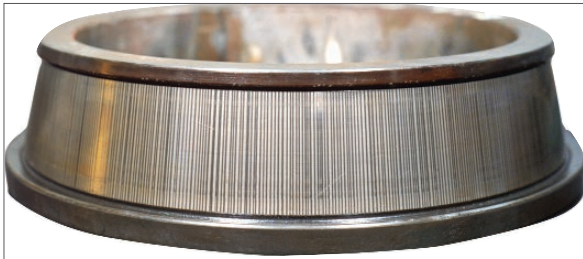


그림 38 전 식

### ● 스미어링(Smearing)

스미어링은, 운전중에 궤도면과 전동면의 사이에서 구름을 동반한 미끄러짐과 유막끊어짐에 의해서 발생하는 미소타붙음이 모여서 발생하는 표면손상이다. 손상표면은 그림39에 나타난 것과 같이 미소용착이 모여서 면거침현상이 나타난다. 윤활제, 윤활방법의 개선이 필요하다.



그림 39 스미어링

### ● 크립(Creep)

크립은 베어링의 끼워맞춤면(내륜내경면과 축, 외륜 외경면과 하우징)에 틈이 발생한 경우, 끼워맞춤면 사이에서 상대적으로 헛도는 현상을 말한다. 크립이 발생한 끼워맞춤면은, 거울처럼 매끈한면 또는 검은면을 나타내며 뜯김이나 마모를 동반한 경우도 있다. 그림 40에 손상예를 나타낸다. 끼워맞춤면의 끼워맞춤량의 체크와 외륜의 경우는 측면에서부터 단단히 조이는 것이 효과가 있다.

또한, 뜯김이나 마모의 방지에는 베어링과 축이나 하우징의 틈에 윤활이 효과적이다.



그림 40 크 립



# 4 해 체

베어링의 해체는 정기점검 및 베어링의 교환할 때 등에 실시된다. 해체 후, 그 베어링을 재사용할 때 또는 베어링의 상태를 조사할 필요가 있는 경우에는, 해체도 설치와 마찬가지로 정성껏 실시하고 베어링 및 각 부품을 손상시키지 않도록 주의할 필요가 있다. 특히 억지끼워맞춤을 한 베어링의 해체는 작업이 어려워 지므로 베어링 주위의 구조에 대해서는, 설계 단계에서 충분히 고려해둔다. 필요에 따라 해체 용구를 설계, 제작하는 것도 중요하다.

해체할 때 도면에 따라 해체방법, 순서를 검토하고, 베어링의 끼워맞춤 조건 등도 조사해서 작업에 안전을 기한다.

또한, 손상된 베어링의 조사가 필요한 경우에도, 상기와 마찬가지로 해체전과 같은 상황을 유지하기 위해 주의깊은 취급이 필요하다. 해체시에는 베어링에 손상을 입히거나, 그리스를 닦아내거나 이물 및 철분 등을 제거하는 것은 좋지않다. 규명되어야 할 손상의 원인도 이 때문에 파악이 어려워질 수 있다. 베어링의 끼워맞춤이 헐거운 경우에는, 통상 간단히 해체가 가능하나, 억지 끼워맞춤의 경우에는 주의해야 한다.

## 4.1 외륜의 해체

억지끼워맞춤을 한 외륜의 해체 방법 중, 간단하고 유효한 방법을 그림41에 나타내었다. 이것은 하우징에 해체 볼트용 나사구멍을 원주상 3개소에 설치해 두고

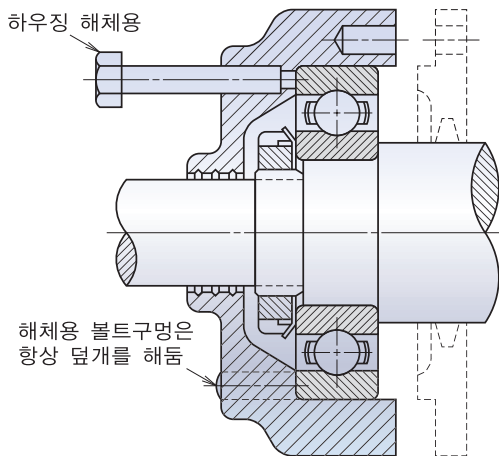


그림 41 외륜의 해체

해체 시 외에는 마개를 해둔다.

관통 볼트로 앞뒤의 덮개를 고정하는 하우징이라면, 그림42의 방법이 좋다. 이 경우 베어링의 내륜외륜을 동시에 지지하는 특별한 너트를 사용하여, 인발에 의한 내륜 외륜 홈에 압흔 및 손상을 방지하는 것이 중요하다.

경우에 따라서는 하우징을 어떠한 방법으로 가열하여 해체하여도 되지만 균일하게 전체 둘레를 가열하지 않으면, 하우징이 뒤틀리거나 깨질 우려가 있다. 또한 장시간 가열할 경우 베어링도 팽창하여 해체가 어려워 지기 때문에 주의가 필요하다.

## 4.2 내륜의 해체

끼워맞춤이 견고하면 내륜의 해체는 설치만큼 간단하지는 않다. 내륜의 해체에, 종종 고리형상으로 잡아당기는 치구가 사용되지만, 외륜을 잡아 당기는 방법은 궤도면에 압흔을 발생시켜 베어링을 불량으로 만들 수 있다.

축의 턱에 2~3개소의 홈을 설치하여, 거기에 별도 치구를 대어, 망치로 두들겨 내륜을 빼는 방법(그림 43-a)은 간단하고, 비교적 압입량이 적은 끼워맞춤의 경우에 사용되는 방법이지만, 강하게 두들겨 별도 치구가 미끄러져 내륜의 턱 등을 손상시킬수 있기 때문에, 그림43-b와 같이 Ring(2분할)을 매개로 하여, 타격을 가하는 방법이 안전하다.

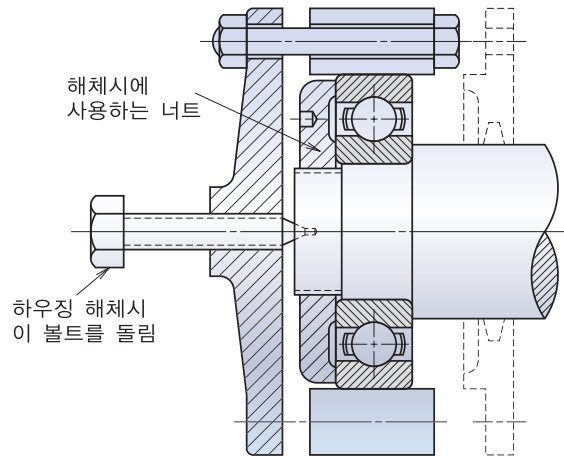


그림 42 외륜의 해체

보다 안전한 방법으로써 그림43-c와 같이 튜브를 매개로 하여 실시하는 방법이 있다. 나사나 프레스를 사용하는 것도 좋다.

내륜의 인발치구로써는 그림44와 같은 것이 유효하다. 후판A는 상하 2개로 나누어져, 볼트로 체결한다. 전판B의 볼트C와 축끝단 중심과의 사이에는 강구(대형 베어링에는 스러스트 볼베어링)를 넣어두면 보다 확실하다. A와 B에는 각각의 베어링의 크기에 따라 적당한 볼트구멍을 만들어 둔다. 인발의 필요한 힘은 앞에서 서술한 식(5) 및 표3, 표4를 이용하여 구할 수 있다. 경우에 따라서는 후판A대신에 하우스의 뒷덮개를 이용해도 좋다.

압입량이 큰 대형 롤러베어링에서는 앞에서 서술한 유도가열에 의한 착탈법을 따르면 내륜을 손상시키는 일 없이 간단히 해체할 수가 있다. 이 장치가 없는 경우에는 주위를 버너등으로 가열하여 내륜을 팽창시키는 것도 있으나, 이는 베어링의 재사용을 생각하지 않고 축의 손상을 막기위해 실시하는 방법이다.

이러한 베어링의 해체에 대해서는 미리 설계시에 충분히 고려하고 그 방법이 실시될 수 있도록 준비되어 있어야 한다.

즉, 베어링 부분의 설계는 설치, 해체에 이르기까지 고려된 것이 아니라면 충분하다고는 할 수 없다.

### 4.3 베어링의 세정

일정기간 사용한 베어링을 해체하고 점검할 경우는 베어링을 세정하지만, 오래된 그리스가 부착된 베어링은, 우선 그 그리스를 조사한 후, 베어링을 세정하여 베어링의 상태를 점검한다.

그 경우, 세정은 조세정, 사상세정의 2단계로 하고, 조세정의 경우는 베어링을 회전시키지 않고 슝 등으로,

이물이나 마모분이 부착된 그리스를 씻어내는 것이 좋다.

베어링 신품의 경우, 베어링에는 포장전에 반드시 방청제가 도포되어 있지만, 일반적으로는 그 방청제를 제거할 목적으로 베어링을 세정할 필요는 없다.

통상 방청제는 베어링의 표면에 얇게 소량만 도포되어 있으므로, 윤활유 및 윤활 그리스에 혼입되어도 문제없다. 오염된 오일 및 이물이 많은 곳에서 세정하는 것이 오히려 베어링으로써는 보다 유해하다.

그러나, 소형의 고속 베어링의 경우 및 윤활제로써 저점도를 사용하거나, 미스트급유를 할 경우에는 방청제를 씻어내는 것이 좋다.

즉, 원칙으로써 베어링의 세정을 하는 것은 베어링의 점검할 때 및 베어링에 이물이 부착된 경우, 또는 그 기기가 고속, 정밀이기에 약간의 회전저항이 있어도 문제가 되는 경우이다.

세정제로써는 일반적으로 백등유가 사용된다. 제트 분사 방식으로 저점도의 스피들 오일을 분사하는 것도 좋다.

압축공기도, 그 공기가 수분 및 이물이 포함되어 있지 않으면, 베어링 내에 이물을 제거하는 것에 사용되지만, 보통 공기중에는 수분이 포함되어 있고, 노즐의 출구에서 응축하여 물방울이 되는 경우가 많다. 따라서 이러한 점에 대해 충분히 주의가 필요하다. 또한 압축 공기를 분사하여 베어링을 회전시키며 세정하는 것은 베어링 내의 이물에 의해 궤도면을 손상시키기 쉽기 때문에 내외륜을 고정시켜 베어링이 회전하지 않도록 한다.

베어링의 세정한 후, 보관할 필요가 있을 경우는 충분히 베어링을 건조시켜, 방청제를 도포한다. 특히 그리스를 도포할 경우에는 베어링을 회전시키며 각부에 완전히 그리스가 전달되도록 한다.

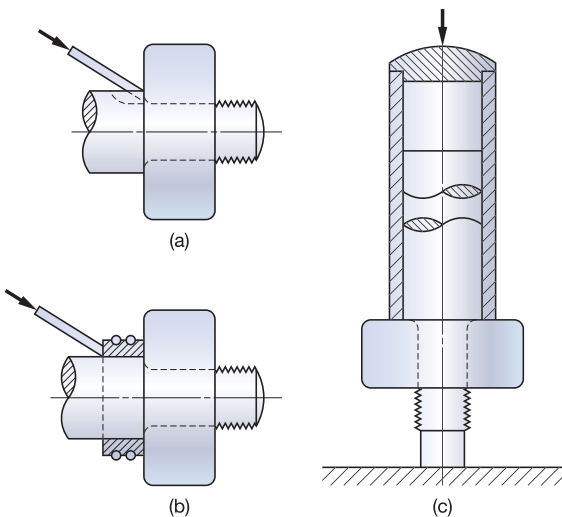


그림 43 내륜의 해체

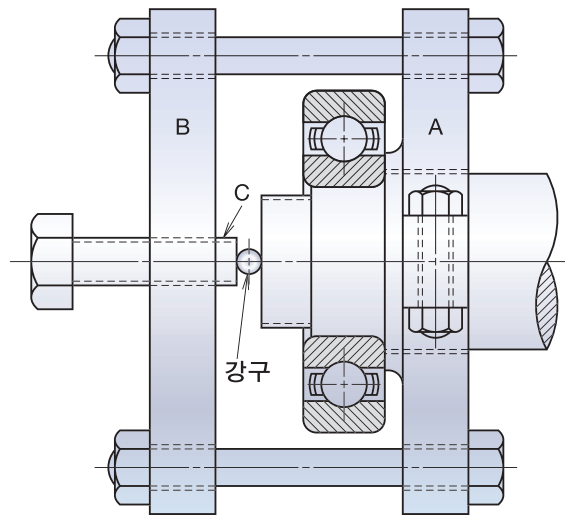


그림 44 내륜인발치구

## 4.4 베어링의 검사

여기에서 말하는 검사라 함은 베어링의 치수 정도 및 회전 정도를 정량적으로 측정하는 것을 가리키는 것이 아니며, 간단히 현장검사하는 것을 가리킨다.

즉, 일정기간 사용한 베어링의 상태를 조사하여, 이상 유무를 점검하고, 다시 재사용 할 수 있는지를 비교적 간단히 판단하기 위해서는 우선 베어링을 완전히 세정한 후(4.3절 참조), 외관상의 이상, 예를 들면 녹, 타흔, 궤도면 및 전동체에 플레이킹 등을 조사한다. 볼 베어링의 경우는 회전의 원활함을 본다.

내륜, 외륜의 끼워맞춤면에 크립의 현상이 없는지 마모의 정도가 심하지 않은지도 조사한다.

리테이너의 마모 및 리벳의 헐거움, 포켓부의 손상 등도 조사한다. 파손은 그 리테이너에 대해서 베어링이 고속인 경우 및 윤활제의 불량, 부족에 의한 경우가 많다.

클리어런스는 비교적 대형의 롤러베어링이라면 틈새 게이지로 측정이 가능하지만, 볼베어링 등 소형의 경우는 간단히 손으로는 판단이 불가능하다. 신뢰할수 있는 클리어런스 양을 알기 위해서는 그에 상응하는 방법에 따라야 한다. 일본공업규격 JIS B 1515를 참고 바란다. 이러한 JIS B 1500대의 규격은 구름베어링에 관련한 것이며, 치수정도 및 회전정도의 측정도 함께 실시할 경우에는 그 방법과 수치에 대해 참고가 된다.

# 5 베어링의 보관

베어링은 영구적으로 사용되는 것이 아니고, 일정시기가 되면 교환하는 것이기 때문에, 바로 교환이 가능하도록, 예비의 베어링은 그 사용상황에 따라 항상 창고에 보관되어 있는 것이 일반적이다.

베어링의 보관에 대해서 주의할 것은, 특히 녹이다. 베어링은 보통 방청제를 도포하고, 포장지로 포장되어 있지만, 포장지만으로는 완전히 외기의 유통을 차단하는 것이 불가능하기 때문에, 베어링의 보관장소는, 습기가 없는 곳이 바람직하다.

또한, 보관은 청결하고 습기도 적고, 환기가 좋으며, 직사광선이 닿지 않는 장소를 선정하여, 로커나 선반을 사용하여, 최소한 바닥에서 30cm이상의 높이에 정렬하여 보관하는 것이 좋다. 포장을 무작위로 제거하는 것은 녹의 원인을 발생시키기 쉽기 때문에, 필요한 경우를 제외하고 포장은 그대로 둔다.

수입검사를 위해 포장을 제거한 경우에는 그 후에 녹 방지 조치와 포장에 충분히 주의하여 보관하여야 한다.

### 【참조 카다로그】

New Bearing Doctor	(CAT. No. 7002)
자동조심로울러베어링 취급설명서	(CAT. No. 9003)
Technical Report	(CAT. No. 728)
Instruction Manual for Roll Neck Bearing	(CAT. No. 9001)

# 6 부 표

부표 1 축의 치수허용차

경의 구분(mm)		베어링평면내 평균내경의 치수차(0급) $\Delta dmp$	d6	e6	f6	g5	g6	h5	h6	h7	h8	h9	h10	js5	js6
초과	이하														
3	6	0	-30	-20	-10	-4	-4	0	0	0	0	0	0	± 2.5	± 4
		-8	-38	-28	-18	-9	-12	-5	-8	-12	-18	-30	-48		
6	10	0	-40	-25	-13	-5	-5	0	0	0	0	0	0	± 3	± 4.5
		-8	-49	-34	-22	-11	-14	-6	-9	-15	-22	-36	-58		
10	18	0	-50	-32	-16	-6	-6	0	0	0	0	0	0	± 4	± 5.5
		-8	-61	-43	-27	-14	-17	-8	-11	-18	-27	-43	-70		
18	30	0	-65	-40	-20	-7	-7	0	0	0	0	0	0	± 4.5	± 6.5
		-10	-78	-53	-33	-16	-20	-9	-13	-21	-33	-52	-84		
30	50	0	-80	-50	-25	-9	-9	0	0	0	0	0	0	± 5.5	± 8
		-12	-96	-66	-41	-20	-25	-11	-16	-25	-39	-62	-100		
50	80	0	-100	-60	-30	-10	-10	0	0	0	0	0	0	± 6.5	± 9.5
		-15	-119	-79	-49	-23	-29	-13	-19	-30	-46	-74	-120		
80	120	0	-120	-72	-36	-12	-12	0	0	0	0	0	0	± 7.5	± 11
		-20	-142	-94	-58	-27	-34	-15	-22	-35	-54	-87	-140		
120	180	0	-145	-85	-43	-14	-14	0	0	0	0	0	0	± 9	± 12.5
		-25	-170	-110	-68	-32	-39	-18	-25	-40	-63	-100	-160		
180	250	0	-170	-100	-50	-15	-15	0	0	0	0	0	0	± 10	± 14.5
		-30	-199	-129	-79	-35	-44	-20	-29	-46	-72	-115	-185		
250	315	0	-190	-110	-56	-17	-17	0	0	0	0	0	0	± 11.5	± 16
		-35	-222	-142	-88	-40	-49	-23	-32	-52	-81	-130	-210		
315	400	0	-210	-125	-62	-18	-18	0	0	0	0	0	0	± 12.5	± 18
		-40	-246	-161	-98	-43	-54	-25	-36	-57	-89	-140	-230		
400	500	0	-230	-135	-68	-20	-20	0	0	0	0	0	0	± 13.5	± 20
		-45	-270	-175	-108	-47	-60	-27	-40	-63	-97	-155	-250		
500	630	0	-260	-145	-76	—	-22	—	0	0	0	0	0	—	± 22
		-50	-304	-189	-120	—	-66	—	-44	-70	-110	-175	-280		
630	800	0	-290	-160	-80	—	-24	—	0	0	0	0	0	—	± 25
		-75	-340	-210	-130	—	-74	—	-50	-80	-125	-200	-320		
800	1 000	0	-320	-170	-86	—	-26	—	0	0	0	0	0	—	± 28
		-100	-376	-226	-142	—	-82	—	-56	-90	-140	-230	-360		
1 000	1 250	0	-350	-195	-98	—	-28	—	0	0	0	0	0	—	± 33
		-125	-416	-261	-164	—	-94	—	-66	-105	-165	-260	-420		
1 250	1 600	0	-390	-220	-110	—	-30	—	0	0	0	0	0	—	± 39
		-160	-468	-298	-188	—	-108	—	-78	-125	-195	-310	-500		
1 600	2 000	0	-430	-240	-120	—	-32	—	0	0	0	0	0	—	± 46
		-200	-522	-332	-212	—	-124	—	-92	-150	-230	-370	-600		

단위:  $\mu\text{m}$

j5	j6	j7	k5	k6	k7	m5	m6	n6	p6	r6	r7	경의 구분 (mm)	
												초과	이하
+ 3	+ 6	+ 8	+ 6	+ 9	+ 13	+ 9	+ 12	+ 16	+ 20	+ 23	+ 27	3	6
- 2	- 2	- 4	+ 1	+ 1	+ 1	+ 4	+ 4	+ 8	+ 12	+ 15	+ 15		
+ 4	+ 7	+ 10	+ 7	+ 10	+ 16	+ 12	+ 15	+ 19	+ 24	+ 28	+ 34	6	10
- 2	- 2	- 5	+ 1	+ 1	+ 1	+ 6	+ 6	+ 10	+ 15	+ 19	+ 19		
+ 5	+ 8	+ 12	+ 9	+ 12	+ 19	+ 15	+ 18	+ 23	+ 29	+ 34	+ 41	10	18
- 3	- 3	- 6	+ 1	+ 1	+ 1	+ 7	+ 7	+ 12	+ 18	+ 23	+ 23		
+ 5	+ 9	+ 13	+ 11	+ 15	+ 23	+ 17	+ 21	+ 28	+ 35	+ 41	+ 49	18	30
- 4	- 4	- 8	+ 2	+ 2	+ 2	+ 8	+ 8	+ 15	+ 22	+ 28	+ 28		
+ 6	+ 11	+ 15	+ 13	+ 18	+ 27	+ 20	+ 25	+ 33	+ 42	+ 50	+ 59	30	50
- 5	- 5	- 10	+ 2	+ 2	+ 2	+ 9	+ 9	+ 17	+ 26	+ 34	+ 34		
+ 6	+ 12	+ 18	+ 15	+ 21	+ 32	+ 24	+ 30	+ 39	+ 51	+ 60	+ 71	50	65
- 7	- 7	- 12	+ 2	+ 2	+ 2	+ 11	+ 11	+ 20	+ 32	+ 41	+ 41		
										+ 62	+ 73	65	80
										+ 43	+ 43		
+ 6	+ 13	+ 20	+ 18	+ 25	+ 38	+ 28	+ 35	+ 45	+ 59	+ 73	+ 86	80	100
- 9	- 9	- 15	+ 3	+ 3	+ 3	+ 13	+ 13	+ 23	+ 37	+ 51	+ 51		
										+ 76	+ 89	100	120
										+ 54	+ 54		
										+ 88	+103	120	140
										+ 63	+ 63		
+ 7	+ 14	+ 22	+ 21	+ 28	+ 43	+ 33	+ 40	+ 52	+ 68	+ 90	+105	140	160
- 11	- 11	- 18	+ 3	+ 3	+ 3	+ 15	+ 15	+ 27	+ 43	+ 65	+ 65		
										+ 93	+108	160	180
										+ 68	+ 68		
										+106	+123	180	200
										+ 77	+ 77		
+ 7	+ 16	+ 25	+ 24	+ 33	+ 50	+ 37	+ 46	+ 60	+ 79	+109	+126	200	225
- 13	- 13	- 21	+ 4	+ 4	+ 4	+ 17	+ 17	+ 31	+ 50	+ 80	+ 80		
										+113	+130	225	250
										+ 84	+ 84		
+ 7	$\pm 16$	$\pm 26$	+ 27	+ 36	+ 56	+ 43	+ 52	+ 66	+ 88	+126	+146	250	280
- 16			+ 4	+ 4	+ 4	+ 20	+ 20	+ 34	+ 56	+ 94	+ 94		
										+130	+150	280	315
										+ 98	+ 98		
+ 7	$\pm 18$	+ 29	+ 29	+ 40	+ 61	+ 46	+ 57	+ 73	+ 98	+144	+165	315	355
- 18		- 28	+ 4	+ 4	+ 4	+ 21	+ 21	+ 37	+ 62	+108	+108		
										+150	+171	355	400
										+114	+114		
+ 7	$\pm 20$	+ 31	+ 32	+ 45	+ 68	+ 50	+ 63	+ 80	+108	+166	+189	400	450
- 20		- 32	+ 5	+ 5	+ 5	+ 23	+ 23	+ 40	+ 68	+126	+126		
										+172	+195	450	500
										+132	+132		
—	—	—	—	+ 44	+ 70	—	+ 70	+ 88	+122	+194	+220	500	560
				0	0		+ 26	+ 44	+ 78	+150	+150		
										+199	+225	560	630
										+155	+155		
—	—	—	—	+ 50	+ 80	—	+ 80	+100	+138	+225	+255	630	710
				0	0		+ 30	+ 50	+ 88	+175	+175		
										+235	+265	710	800
										+185	+185		
—	—	—	—	+ 56	+ 90	—	+ 90	+112	+156	+266	+300	800	900
				0	0		+ 34	+ 56	+100	+210	+210		
										+276	+310	900	1 000
										+220	+220		
—	—	—	—	+ 66	+105	—	+106	+132	+186	+316	+355	1 000	1 120
				0	0		+ 40	+ 66	+120	+250	+250		
										+326	+365	1 120	1 250
										+260	+260		
—	—	—	—	+ 78	+125	—	+126	+156	+218	+378	+425	1 250	1 400
				0	0		+ 48	+ 78	+140	+300	+300		
										+408	+455	1 400	1 600
										+330	+330		
—	—	—	—	+ 92	+150	—	+150	+184	+262	+462	+520	1 600	1 800
				0	0		+ 58	+ 92	+170	+370	+370		
										+492	+550	1 800	2 000
										+400	+400		

부 표

**부표 2 하우징구멍의 치수허용차**

경의 구분 (mm)		베어링평면내 평균외경의 치수차(0급) $\Delta D_{mp}$	E6	F6	F7	G6	G7	H6	H7	H8	J6	J7	JS6	JS7
초과	이하													
10	18	0 - 8	+ 43 + 32	+ 27 + 16	+ 34 + 16	+ 17 + 6	+ 24 + 6	+ 11 0	+ 18 0	+ 27 0	+ 6 - 5	+ 10 - 8	± 5.5	± 9
18	30	0 - 9	+ 53 + 40	+ 33 + 20	+ 41 + 20	+ 20 + 7	+ 28 + 7	+ 13 0	+ 21 0	+ 33 0	+ 8 - 5	+ 12 - 9	± 6.5	± 10.5
30	50	0 - 11	+ 66 + 50	+ 41 + 25	+ 50 + 25	+ 25 + 9	+ 34 + 9	+ 16 0	+ 25 0	+ 39 0	+ 10 - 6	+ 14 - 11	± 8	± 12.5
50	80	0 - 13	+ 79 + 60	+ 49 + 30	+ 60 + 30	+ 29 + 10	+ 40 + 10	+ 19 0	+ 30 0	+ 46 0	+ 13 - 6	+ 18 - 12	± 9.5	± 15
80	120	0 - 15	+ 94 + 72	+ 58 + 36	+ 71 + 36	+ 34 + 12	+ 47 + 12	+ 22 0	+ 35 0	+ 54 0	+ 16 - 6	+ 22 - 13	± 11	± 17.5
120	150	0 - 18	+110	+ 68	+ 83	+ 39	+ 54	+ 25	+ 40	+ 63	+ 18	+ 26	± 12.5	± 20
150	180	0 - 25	+ 85	+ 43	+ 43	+ 14	+ 14	0	0	0	- 7	- 14		
180	250	0 - 30	+129 +100	+ 79 + 50	+ 96 + 50	+ 44 + 15	+ 61 + 15	+ 29 0	+ 46 0	+ 72 0	+ 22 - 7	+ 30 - 16	± 14.5	± 23
250	315	0 - 35	+142 +110	+ 88 + 56	+108 + 56	+ 49 + 17	+ 69 + 17	+ 32 0	+ 52 0	+ 81 0	+ 25 - 7	+ 36 - 16	± 16	± 26
315	400	0 - 40	+161 +125	+ 98 + 62	+119 + 62	+ 54 + 18	+ 75 + 18	+ 36 0	+ 57 0	+ 89 0	+ 29 - 7	+ 39 - 18	± 18	± 28.5
400	500	0 - 45	+175 +135	+108 + 68	+131 + 68	+ 60 + 20	+ 83 + 20	+ 40 0	+ 63 0	+ 97 0	+ 33 - 7	+ 43 - 20	± 20	± 31.5
500	630	0 - 50	+189 +145	+120 + 76	+146 + 76	+ 66 + 22	+ 92 + 22	+ 44 0	+ 70 0	+110 0	—	—	± 22	± 35
630	800	0 - 75	+210 +160	+130 + 80	+160 + 80	+ 74 + 24	+104 + 24	+ 50 0	+ 80 0	+125 0	—	—	± 25	± 40
800	1 000	0 -100	+226 +170	+142 + 86	+176 + 86	+ 82 + 26	+116 + 26	+ 56 0	+ 90 0	+140 0	—	—	± 28	± 45
1 000	1 250	0 -125	+261 +195	+164 + 98	+203 + 98	+ 94 + 28	+133 + 28	+ 66 0	+105 0	+165 0	—	—	± 33	± 52.5
1 250	1 600	0 -160	+298 +220	+188 +110	+235 +110	+108 + 30	+155 + 30	+ 78 0	+125 0	+195 0	—	—	± 39	± 62.5
1 600	2 000	0 -200	+332 +240	+212 +120	+270 +120	+124 + 32	+182 + 32	+ 92 0	+150 0	+230 0	—	—	± 46	± 75
2 000	2 500	0 -250	+370 +260	+240 +130	+305 +130	+144 + 34	+209 + 34	+110 0	+175 0	+280 0	—	—	± 55	± 87.5

부 표

단위:  $\mu\text{m}$

K5	K6	K7	M5	M6	M7	N5	N6	N7	P6	P7	경의 구분 (mm)	
											초과	이하
+ 2 - 6	+ 2 - 9	+ 6 - 12	- 4 - 12	- 4 - 15	0 - 18	- 9 - 17	- 9 - 20	- 5 - 23	- 15 - 26	- 11 - 29	10	18
+ 1 - 8	+ 2 - 11	+ 6 - 15	- 5 - 14	- 4 - 17	0 - 21	- 12 - 21	- 11 - 24	- 7 - 28	- 18 - 31	- 14 - 35	18	30
+ 2 - 9	+ 3 - 13	+ 7 - 18	- 5 - 16	- 4 - 20	0 - 25	- 13 - 24	- 12 - 28	- 8 - 33	- 21 - 37	- 17 - 42	30	50
+ 3 - 10	+ 4 - 15	+ 9 - 21	- 6 - 19	- 5 - 24	0 - 30	- 15 - 28	- 14 - 33	- 9 - 39	- 26 - 45	- 21 - 51	50	80
+ 2 - 13	+ 4 - 18	+ 10 - 25	- 8 - 23	- 6 - 28	0 - 35	- 18 - 33	- 16 - 38	- 10 - 45	- 30 - 52	- 24 - 59	80	120
+ 3 - 15	+ 4 - 21	+ 12 - 28	- 9 - 27	- 8 - 33	0 - 40	- 21 - 39	- 20 - 45	- 12 - 52	- 36 - 61	- 28 - 68	120	180
+ 2 - 18	+ 5 - 24	+ 13 - 33	- 11 - 31	- 8 - 37	0 - 46	- 25 - 45	- 22 - 51	- 14 - 60	- 41 - 70	- 33 - 79	180	250
+ 3 - 20	+ 5 - 27	+ 16 - 36	- 13 - 36	- 9 - 41	0 - 52	- 27 - 50	- 25 - 57	- 14 - 66	- 47 - 79	- 36 - 88	250	316
+ 3 - 22	+ 7 - 29	+ 17 - 40	- 14 - 39	- 10 - 46	0 - 57	- 30 - 55	- 26 - 62	- 16 - 73	- 51 - 87	- 41 - 98	315	400
+ 2 - 25	+ 8 - 32	+ 18 - 45	- 16 - 43	- 10 - 50	0 - 63	- 33 - 60	- 27 - 67	- 17 - 80	- 55 - 95	- 45 - 108	400	500
—	0 - 44	0 - 70	—	- 26 - 70	- 26 - 96	—	- 44 - 88	- 44 - 114	- 78 - 122	- 78 - 148	500	630
—	0 - 50	0 - 80	—	- 30 - 80	- 30 - 110	—	- 50 - 100	- 50 - 130	- 88 - 138	- 88 - 168	630	800
—	0 - 56	0 - 90	—	- 34 - 90	- 34 - 124	—	- 56 - 112	- 56 - 146	- 100 - 156	- 100 - 190	800	1 000
—	0 - 66	0 - 105	—	- 40 - 106	- 40 - 145	—	- 66 - 132	- 66 - 171	- 120 - 186	- 120 - 225	1 000	1 250
—	0 - 78	0 - 125	—	- 48 - 126	- 48 - 173	—	- 78 - 156	- 78 - 203	- 140 - 218	- 140 - 265	1 250	1 600
—	0 - 92	0 - 150	—	- 58 - 150	- 58 - 208	—	- 92 - 184	- 92 - 242	- 170 - 262	- 170 - 320	1 600	2 000
—	0 - 110	0 - 175	—	- 68 - 178	- 68 - 243	—	- 110 - 220	- 110 - 285	- 195 - 305	- 195 - 370	2 000	2 500

**부표 3 기본공차IT의 수치**

표준치수의 구분 (mm)		공 차								
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9
초과	이하	기본공차의 수치 (μm)								
-	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200
800	1 000	11	15	21	28	40	56	90	140	230
1 000	1 250	13	18	24	33	47	66	105	165	260
1 250	1 600	15	21	29	39	55	78	125	195	310
1 600	2 000	18	25	35	46	65	92	150	230	370
2 000	2 500	22	30	41	55	78	110	175	280	440
2 500	3 150	26	36	50	68	96	135	210	330	540

비 고 1. 공차등급 IT14~IT18은, 기준치수 1mm이하에는 적용하지 않는다.  
 2. 500mm를 초과하는 기준치수에 대한 공차등급 IT1~IT5의 공차의 값은 실험적으로 사용하기 위한 暫定的인 것이다.



등 급									표준치수의 구분 (mm)	
IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18		
기본공차의 수치 (μm)									초과	이하
40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.00	1.40	-	3
48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.20	1.80	3	6
58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.50	2.20	6	10
70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.80	2.70	10	18
84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.10	3.30	18	30
100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.50	3.90	30	50
120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.00	4.60	50	80
140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.50	5.40	80	120
160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.00	6.30	120	180
185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.60	7.20	180	250
210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.20	8.10	250	315
230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.70	8.90	315	400
250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.30	9.70	400	500
280	440	0.70	1.10	1.75	2.80	4.40	7.00	11.00	500	630
320	500	0.80	1.25	2.00	3.20	5.00	8.00	12.50	630	800
360	560	0.90	1.40	2.30	3.60	5.60	9.00	14.00	800	1 000
420	660	1.05	1.65	2.60	4.20	6.60	10.50	16.50	1 000	1 250
500	780	1.25	1.95	3.10	5.00	7.80	12.50	19.50	1 250	1 600
600	920	1.50	2.30	3.70	6.00	9.20	15.00	23.00	1 600	2 000
700	1 100	1.75	2.80	4.40	7.00	11.00	17.50	28.00	2 000	2 500
860	1 350	2.10	3.30	5.40	8.60	13.50	21.00	33.00	2 500	3 150





## 한국 NSK 주식회사 NSK KOREA CO.,Ltd.

본 사 : 135-777 서울특별시 강남구 대치4동 892번지  
Posco Center 서관 9층  
TEL : 023287-0300 FAX : 023287-0545  
영남지사 : 641-315 경상남도 창원시 성산동 60번지  
TEL : (055)279-1540~9 FAX : (055)283-8161  
공 장 : 641-315 경상남도 창원시 성산동 60번지  
TEL : (055)287-6001 FAX : (055)285-9982, 287-3901  
<http://www.kr.nsk.com>