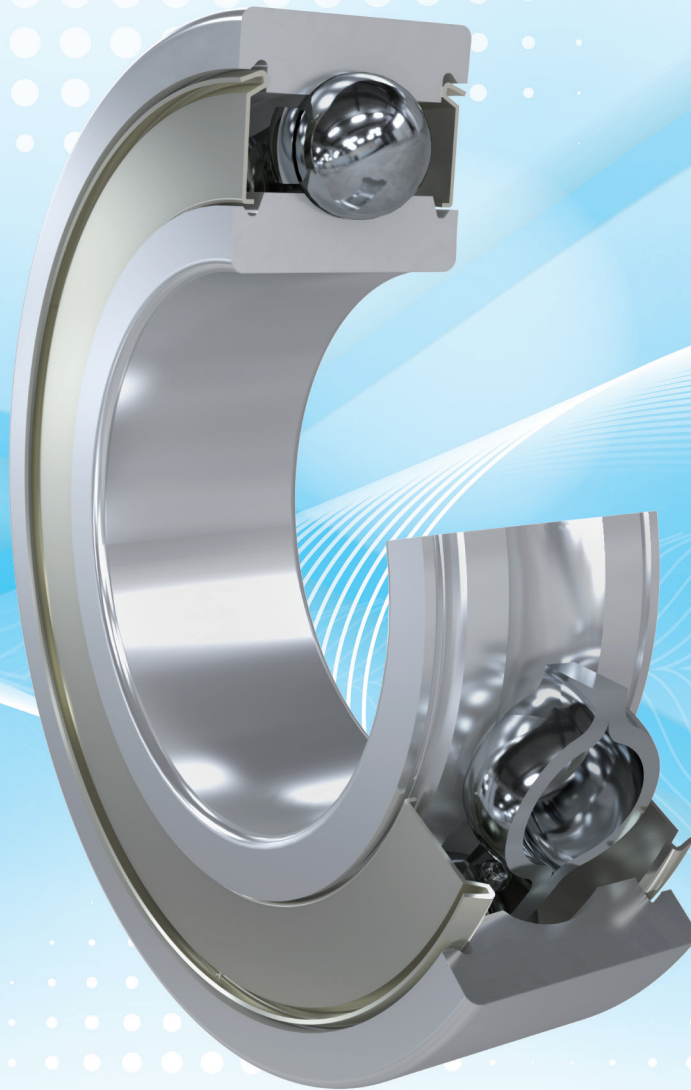


DEEP GROOVE BALL BEARINGS

깊은홈 볼 베어링



TPI®
BEARINGS
TUNG PEI INDUSTRIAL CO., LTD.



TPI



기술 데이터	2
1.구름 베어링 구조 및 특징	2
1.1 구름 베어링의 구조.....	2
1.2 볼 베어링.....	2
1.3 롤러 베어링.....	4
2.베어링 품명, 호칭번호	4
3.베어링 정밀도	8
4.베어링 정격 하중 및 수명	9
4.1 베어링의 수명.....	9
4.2 기본 정격 수명 및 기본 동정격 하중.....	9
4.3 사용 기계 및 필요 수명.....	10
4.4 등가 하중.....	10
4.5 베어링의 하중 분배.....	11
5.베어링 끼워맞춤	12
5.1 끼워맞춤 선정 방법.....	14
6.베어링 내부 틈새 및 예압	15
6.1 베어링 내부 틈새.....	15
6.2 베어링 내부 틈새의 선택.....	15
6.3 베어링의 예압.....	15
7.베어링 윤활	16
7.1 구름 베어링의 윤활.....	16
7.2 그리스 윤활.....	16
7.3 오일 윤활.....	18
7.4 베어링 실드, 시일.....	18
8.베어링 재료	20
8.1 궤도륜 및 전동체의 재료.....	20
8.2 케이지 및 고무시일 재료.....	20
9.베어링의 사용	21
9.1 베어링의 보관.....	21
9.2 베어링의 설치.....	21
베어링 테이블	26
부록 1 : 레이디얼 베어링 허용 공차 및 허용값.....	40
부록 2 : 축과 하우징의 치수 공차.....	42

기술 데이터

1. 구름 베어링의 구조 및 특징

1.1 구름 베어링의 구조

구름 베어링은 일반적으로 그림 1.1과 같이 궤도륜(내륜 및 외륜), 전동체 및 케이지로 구성됩니다. 즉, 마주하는 두 개의 궤도륜 사이에 여러 개의 전동체를 배치하고 케이지를 이용하여 서로 접촉하지 않고 일정한 간격을 유지한 채 구름 운동하는 구조입니다.

전동체와 궤도륜은 궤도면의 접촉면(점)으로 베어링이 받는 하중을 지지합니다. 또 다른 구성 부품인 케이지는 베어링의 하중을 직접 받지 않으며, 전동체를 등간격으로 정확한 위치에 유지시키고, 동시에 베어링을 설치할 때 전동체의 탈락을 방지합니다.

1.2 볼 베어링

깊은홈 볼 베어링은 사용 범위가 가장 넓은 베어링입니다. 내륜 및 외륜 궤도에 모두 원호 모양의 깊은 홈이 있어 레이디얼 하중, 양방향의 축 방향 하중 또는 이들의 조합으로 이루어진 복합 하중을 견딜 수 있고 고속 회전에도 적합합니다.

이러한 형태의 베어링에는 그리스가 충전된 그리스 충전 베어링(이중 차폐 또는 이중 밀봉 베어링) 및 스냅링이 포함된 베어링 등이 있어, 이들 베어링을 사용하면 베어링 하우징의 설계가 간소화될 수 있습니다. 그림 1.2는 깊은홈 볼 베어링 부품의 일반적 명칭입니다.

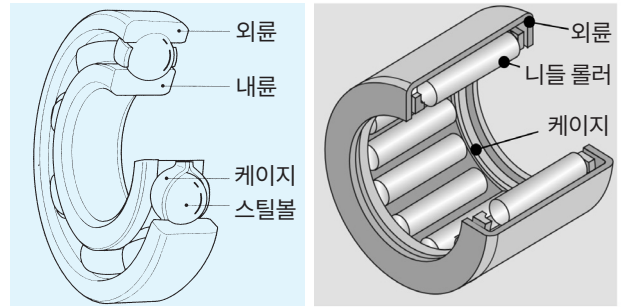
깊은홈 볼 베어링은 일반적으로 프레스 케이지를 사용하지만, 대형 베어링 또는 고속 베어링에는 머신드 케이지도 사용합니다. 일반적인 케이지 형태는 표 1.1과 같습니다.

1.2.1 실드 타입 볼 베어링

실드 타입 볼 베어링의 주요 치수는 오픈 타입 베어링과 동일합니다. 프레스 타입의 실드로 베어링을 보호하여 외부 이물질의 유입을 방지하고 그리스의 누출을 방지합니다. 양측에 실드가 설치된 것은 ZZ형이고 Z형은 한쪽에만 실드가 설치됩니다. 비접촉식이므로 마찰 토크가 작습니다.

1.2.2 고무시일 타입 볼 베어링

고무시일 타입 볼 베어링은 실드 타입 볼 베어링과 마찬가지로 주요 치수는 오픈 타입 베어링과 동일하며, 고무시일(밀봉판)을



베어링

니들 롤러 베어링

그림 1 구름 베어링의 구조

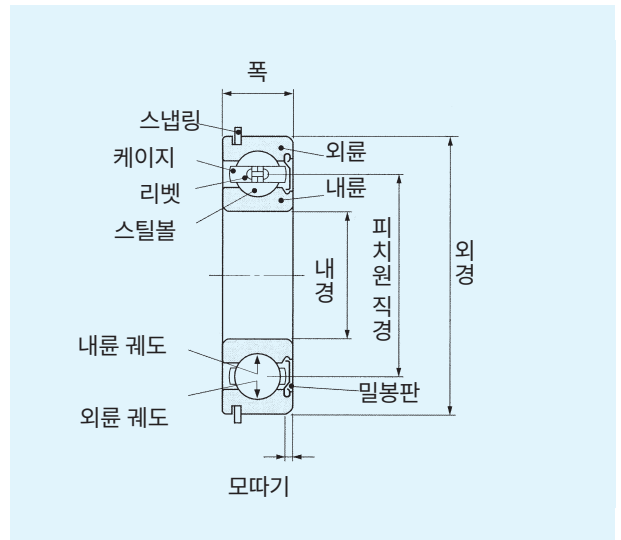


그림 1.2 깊은홈 볼 베어링 각 부품의 일반적 명칭

표 1.1. 케이지의 일반적인 형태 및 재료

형태	명칭
	프레스강 케이지(리벳형)
	프레스강 케이지(리본형)
	플라스틱 케이지(스냅형)

사용하여 내부 그리스의 누출을 방지하고 외부 이물질의 유입을 방지합니다. 밀봉형 볼 베어링의 고무시일 내측은 얇은 스틸 패드가 포함되고 합성고무가 피복되어 있습니다.

고무시일과 내륜이 접촉하는 것은 접촉형(LLU형)이고 접촉하지 않는 것은 비접촉형(LLB형)이며, 기본 구조는 LLU형과 동일하고 저토크형(LLH형)은 특수한 립으로 설계되어 있습니다. 고무시일이 한쪽에만 설치된 것은 LU형, LB형 및 LH형입니다. 접촉형은 방진 성능이 우수하고 비접촉형은 저토크 용도에 적합합니다.

1.2.3 EC 팽창 보정 깊은홈 볼 베어링

팽창 보정 깊은홈 볼 베어링의 주요 치수는 표준 베어링과 동일하며, 열팽창 계수가 큰 고분자 재료가 외륜 외경의 홈에 삽입되어 있습니다(그림 1.3). 이 베어링은 고분자 재료의 외경과 경합금 베어링 하우징의 내경이 맞물리도록 설계되어 있어, 넓은 온도 범위에서도 전체적인 열팽창 변화가 매우 작습니다. 따라서 베어링을 경합금 하우징에 직접 끼워맞춤하면, 다양한 온도 조건에서도 적절한 간섭량을 유지할 수 있으며 외륜 크리이프가 발생하기 어려운 특징이 있습니다.

팽창 보정 깊은홈 볼 베어링을 베어링 하우징에 끼워맞춤할 때 고분자 재료가 손상되지 않도록 하는 것이 매우 중요합니다. 설치할 때 베어링이 기울어진 상태로 끼워맞춤하는 것을 피해야 하며, 이러한 베어링은 일반적인 사용 조건에서 C3 클리어런스가 사용됩니다.



그림 1.3 EC 베어링

1.2.4 CSB 장수명 베어링

CSB 베어링의 주요 치수는 표준 베어링과 동일하며, 특수 재질 및 특수 열처리를 거쳐 마모 수명이 강화된 특성을 가지고 있습니다. 이러한 유형의 베어링은 특히 먼지 및 외부의 단단한 이물질이 침투하는 사용 환경에서 수명이 표준 베어링보다 훨씬 우수합니다.

베어링의 사용 수명 향상으로 CSB 62 계열의 표준 베어링과 같은 경량 및 소형화 설계에 적용될 수 있어 63 계열을 대체할 수 있습니다.

1.2.5 ESB 베어링

ESB 베어링은 주요 치수가 표준 베어링과 동일하며, 특수 재질과 표면 재질 처리를 통해 표면에 강화층이 형성되어 내열성과 내마모성이 크게 향상되었습니다. 이로 인해 이물질 유입이나 윤활 조건이 열악한 환경에서도 우수한 수명을 발휘합니다. 전반적인 성능이 CSB 베어링보다 뛰어나며, 사용 환경이 더욱 까다로운 경우 CSB 베어링을 ESB 베어링으로 대체할 수 있습니다.

1.2.6 AC 베어링(크리이프 방지 베어링)

AC 베어링의 주요 치수는 표준 베어링과 동일하지만, 그림 1.4와 같이 외경 원주면에 하나 또는 두 개의 O링이 내장되어 있습니다. 이러한 베어링은 금속제 베어링 하우징에서 외륜 회전 하중을 견딜 수 있는 동시에, 외륜을 억지 끼워맞춤할 수 없는 상황에서 크리핑의 발생을 방지할 수 있는 용도로 적합합니다. 또한 축 방향 하중으로 인해 발생하는 변위를 허용할 수 있기 때문에, AC 베어링은 축 회전으로 인한 진동을 감쇄시키는 자유단 베어링으로 사용될 수 있습니다.

1.2.7 TS 고온용 베어링

베어링을 120°C 이상의 고온에서 장기간 사용하는 경우, 고온용 베어링을 사용합니다. 치수 안정화 처리를 거친 TS 베어링의 최대 사용 온도는 250°C입니다.

1.2.8 저소음 베어링

모터, 특히 에어컨 실내기용 베어링은 무소음, 즉 저소음, 저토크의 특성이 요구됩니다. 저소음 베어링은 회전 정밀도에 대한 요구 수준이 매우 높습니다. 이를 위해 정밀한 조립 및 세척 공정을 적용하고, 저소음-저토크 특성을 만족시키는 저소음 그리스를 사용합니다. 또한 운송 중 열악한 조건으로 인해 발생할 수 있는 프렛팅 부식(Fretting Corrosion)을 개선하기 위해, 프렛팅 부식 저항성이 뛰어나면서도 저소음 성능을 유지하는 전용 그리스를 사용합니다.

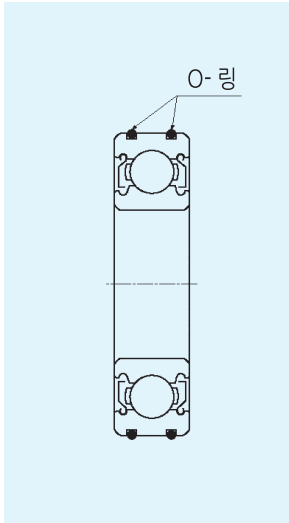


그림 1.4 AC 베어링

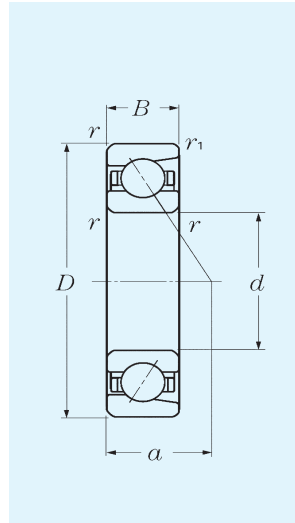


그림 1.5 앵글러 볼 베어링

1.2.9 BL 베어링

BL 베어링은 최대 용량 볼 베어링(Maximum Capacity Ball Bearing)이라고도 합니다. BL 베어링의 주요 치수는 표준 베어링과 동일하며, 충전 슬롯(Filling Slot)을 이용하여 볼의 수를 증가시켜 레이디얼 하중 능력을 향상시킵니다. 일반적으로, BL 베어링은 저회전의 용도에 적합하지만, 충전 슬롯으로 인해 축 방향 하중이 있는 용도에는 적합하지 않습니다.

1.2.10 앵글러 볼 베어링

공작기계를 설계할 때 베어링이 레이디얼과 축 방향 하중을 동시에 받는 것을 고려해야 할 경우, 반드시 앵글러 볼 베어링을 사용해야 합니다. 축 방향 힘과 레이디얼 힘의 차이를 따라 접촉각이 다른 앵글러 볼 베어링을 사용합니다. 앵글러 볼 베어링은 일반적으로 서로 맞대어 배열되도록 쌍(In Pairs)으로 설치해야 하고 주로 예압을 통해 축 방향의 강성을 향상시킬 수 있습니다. 고속 스피indle에 적용 시, 앵글러 볼 베어링의 고속화 조건은 베어링의 정밀도(치수 정밀도와 회전 정밀도), 케이지 형식, 윤활 방식과 관련이 있으며, 구조는 그림 1.5를 참고하십시오.

스러스트 앵글러 볼 베어링과 같은 기타 앵글러 볼 베어링은 볼 스크류 서포트 베어링과 같이 축 방향 하중 위주의 용도에 사용됩니다. 복열 앵글러 볼 베어링은 서로 맞대어 배열되도록 설계된 앵글러 볼 베어링입니다. 내륜, 외륜이 각각 일체형 구조로 형성된 베어링으로 풀리 베어링과 같이 토크 하중을 견딜 수 있는 용도에 적용됩니다.

1.2.11 스테인리스 베어링

스테인리스 베어링의 주요 치수는 표준 베어링과 동일하며, 베어링 정밀도 역시 일반 표준 베어링의 ISO표준 정밀도가 적용됩니다. 특수 환경에서 표준 베어링보다 더 우수한 내식성을 갖는 것이 특징입니다.

스테인리스 베어링의 내륜 및 외륜과 볼은 고경도의 마르텐사이트계 스테인리스강을 사용하고 케이지 및 실드는 오스테나이트계 스테인리스강을 사용합니다. 상세한 성분은 8. 베어링 재료 설명을 참고하십시오.

1.3 롤러 베어링

롤러 베어링은 원통형 롤러 모양에 따라 롤러 베어링 및 니들 롤러 베어링으로 세분될 수 있습니다.

롤러의 주요 치수비, 즉 길이 대 직경 비율에 따라 구분합니다. 즉, 롤러 베어링에 비해 니들 롤러 베어링의 니들 롤러 직경은 작지만, 길이는 더 깁니다.

1.3.1 니들 롤러 베어링

일반 구름 베어링과 비교하여 니들 롤러 베어링은 단면 공간비가 더 작고 높은 하중 지지력과 강성을 가지고 있습니다. 또한, 회전 전에 의한 관성력이 작기 때문에 스윙 운동에 적합합니다. 니들 롤러 베어링은 컴팩트한 경량 소형 기계 설계에 적합하며, 슬라이딩 베어링 대신 사용할 수도 있습니다.

TPI가 모터사이클용으로 개발한 니들 롤러 베어링은 두 가지 유형이 있습니다. 하나는 니들 롤러와 케이지 어셈블리(Needle Roller and Cage Assembly)이고 다른 하나는 드라운컵 니들 롤러 베어링(Drawn-cup Needle Roller Bearing)입니다.

니들 롤러와 케이지 어셈블리는 니들 롤러 베어링의 주요 유형으로, 니들 롤러와 롤러를 지지하는 케이지를 포함합니다. 공간의 소형화 설계 요구사항에 따라, 축과 베어링 하우징 자체가 베어링의 궤도 역할을 합니다.

왕복 압축기 및 소형 엔진 커넥팅 로드 베어링에 주로 사용되며, 특히 케이지의 설계는 고속으로 가속 및 감속 변화가 크고 고온의 가혹한 윤활 조건 환경에서 사용될 수 있습니다.

드라운컵 니들 롤러 베어링은 니들 롤러와 케이지 이외에, 정밀 딥 드로잉 가공을 통해 얇은 강판에서 인발된 외륜이 추가됩니다. 이러한 조합으로 니들 롤러 베어링 중 단면적이 가장 작습니다.

2. 베어링 품명, 호칭번호

베어링의 호칭 번호는 베어링의 형식, 치수, 정밀도, 내부 구조 등을 나타내는 코드이며, 기본 번호와 보조 기호로 구성됩니다.

그 배열 순서는 표 2.1(깊은홈 볼 베어링 및 미니어처 볼 베어링), 표 2.6(니들 롤러 베어링)에 나와 있습니다.

표 2.1 깊은홈 볼 베어링 및 미니어처 볼 베어링의 호칭 번호 배열

호칭 번호의 배열			
접두 보조 기호	특수 용도 기호		
	재료, 열처리 기호		
기본 번호	베어링 계열	치수 계열 기호	형식 기호
			폭·높이 계열 기호
	직경 계열 기호		
접미 보조 기호	내경 번호		
	내부 변경 기호		
	케이지 기호		
	밀봉, 차폐 기호		
	궤도륜 형상 기호		
	내부 틈새 기호		
	등급 기호		
	윤활 기호		

TS2- 6 2 05 ZZ C3 P5 / 2AS

표 2.2 접두 보조 기호

기호	내용
F-	스테인리스강 베어링
TS2-	치수 안정화 처리를 거친 고온용 베어링 (최대 사용 온도 160°C)
TS3-	치수 안정화 처리를 거친 고온용 베어링 (최대 사용 온도 200°C)
TS4-	치수 안정화 처리를 거친 고온용 베어링 (최대 사용 온도 250°C)
TM-	특수 열처리를 거친 장수명 베어링
CS-	특수 재질 및 특수 열처리를 거친 장수명 베어링
ES-	특수 재질 및 특수 열처리를 거친 초장수명 베어링
EC-	팽창 보상 베어링
AC-	크리이프 방지 베어링

표 2.3 베어링 계열 기호

베어링 계열 기호	형식 기호	치수 계열 기호		베어링 타입
		폭 높이 계열 기호	직경 계열 기호	
68	6	(1)	8	깊은홈 볼 베어링
69		(1)	9	
60		(1)	0	
62		(0)	2	
63		(0)	3	
64		(0)	4	

비고: 본 표 이외의 베어링 계열 기호, 접두 및 접미 보조 기호는 TPI에 문의하십시오.

표 2.4 내경 번호

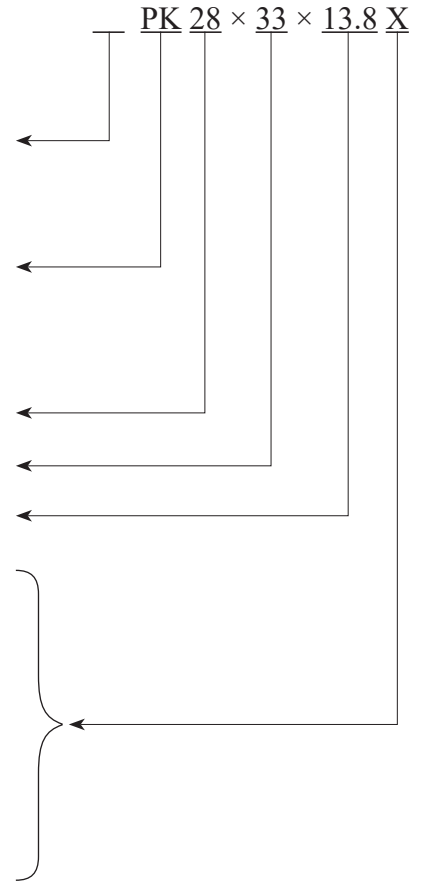
내경 번호	베어링 내경 d mm	비고
/0.6	0.6	내경 치수 앞에 슬래시(/) 추가
/1.5	1.5	
/2.5	2.5	
1 : 9	1 : 9	내경 치수는 한 자리 숫자로 표시
00 01 02 03	10 12 15 17	-
/22 /28 /32	22 28 32	내경 치수 앞에 슬래시(/) 추가
04 05 06 07 08 09 10	20 25 30 35 40 45 50	내경 치수를 5로 나누어 얻은 두 자리 숫자로 표시

표 2.5 접미 보조 기호

기호	내용
케이징 기호	L1 고강도 황동 가공 케이징
	F1 탄소강 가공 케이징
	G1 고강도 황동 리벳리스 케이징
	J 프레스 강판 케이징
	T1 페놀 수지 가공 케이징
	T2 플라스틱 케이징
차폐, 밀봉 기호	LLB 합성 고무시일(비접촉형)
	LLU 합성 고무시일(접촉형)
	LLH 합성 고무시일(저토크형)
	ZZ 강판 실드
	LLE LLH와 동일하게 우수한 방수성, 4립 설계
형상 기호 궤도륜	N 외륜 원형 그루브
	NR 외륜 스텝링 포함
	D 외륜 오일 구멍 타입
내부 틈새 기호	C2 일반 틈새보다 작음
	(CN) 일반 틈새, 일반적으로 표시되지 않음
	C3 일반 틈새보다 큼
	C4 C3 틈새보다 큼
	CM 전기 모터용 경방향 내부 틈새
	NA 비호환성 틈새 (틈새 기호 뒤에 표시)
정밀도 기호 (공차 규격)	(P0) JIS규격 0급 (ABEC-1)
	P6 JIS규격 6급 (ABEC-3)
	P5 JIS규격 5급 (ABEC-5)
	P4 JIS규격 4급 (ABEC-7)
	P2 JIS규격 2급 (ABEC-9)
그리스 기호	2AS
	L627
	3ES
	5K
TPI 그리스 코드, 자세한 내용은 표 7-1 참조	

표 2.6 니들 롤러 베어링의 호칭 번호 배열

기호		내용	
접두 보조 기호		8Q	연질화 처리된 케이지
기본 번호	형태	K, PK, KBK, KJ, KMJ, PCJ	니들 롤러 및 케이지 어셈블리
		HK, HMK, BK	드로운컵 니들 롤러 베어링
	치수 기호		내경 외경 폭
접미 보조 기호 (X)	케이지 기호	S	용접 케이지
	고무시일 기호	L	단면 고무시일
		LL	양면 고무시일
	그리스 기호	L588	니들 롤러 베어링 전용 그리스
	정밀도 기호	(P0)	JIS standard Class 0 (ABEC-1)
특수 기호	V1~Vn	특수 규격 (재료, 열처리 및 윤활 기호 특수)	



참고: 접미 보조 기호(X)는 케이지, 밀봉판, 그리스, 정밀도 및 특수 기호가 포함된 약어이며, 자세한 내용은 TPI에 문의하십시오.

3. 베어링 정밀도

베어링의 정밀도, 즉 치수 정밀도, 형상 정밀도 및 회전 정밀도는 ISO 표준 또는 JIS B 1514 표준 등에 의해 규정됩니다. 치수 정밀도는 베어링을 축 또는 베어링 하우징에 설치할 때 필요한 항목으로, 내경, 외경, 폭, 조립 폭, 모따기 치수 및 테이퍼 공차 또는 허용값을 의미합니다. 형상 정밀도는 내경 부동, 평균 내경의 편차, 외경 부동, 외경 평균의 편차 허용값을 의미합니다.

회전 정밀도는 규정된 회전 시의 흔들림(런아웃)이며, 내륜 및 외륜의 레이디얼 흔들림 및 축 방향 흔들림, 내륜의 옆 흔들림 및 외륜 외경 흔들림의 허용값을 의미합니다. 부록 1.은 레이디얼 베어링의 허용 오차 및 허용값입니다.

베어링의 정밀도 등급은 JIS B 1514와 같이 일반 정밀도 등급 JIS 0등급, 6등급, 5등급, 4등급 및 2등급으로 구성되며, 정밀도는 순차적으로 높아집니다. 표 3.1은 JIS B 1514에 규정된 정밀도 등급과 다른 규격의 비교 대조표입니다.

표 3.1 정밀도 등급 대조표

규격		정밀도 등급					베어링 형식
일본 산업 규격 (JIS)	JIS B 1514	0급	6급	5급	4급	2급	모든 형식
국제 표준 규격 (ISO)	ISO 492	Normal Class	Class 6	Class 5	Class 4	Class 2	레이디얼 베어링
독일 산업 규격 (DIN)	DIN 620	P 0	P 6	P 5	P 4	P 2	모든 형식
미국 국가 표준 규격(ANSI)	ANSI/AFBMA Std. 20 ¹⁾	ABEC-1 RBEC-1	ABEC-3 RBEC-3	ABEC-5 RBEC-5	ABEC-7	ABEC-9	레이디얼 베어링 (테이퍼 롤러 베어링 미포함)
	ANSI/AFBMA Std. 19.1	Class K	Class N	Class C	Class B	Class A	테이퍼 롤러 베어링 미터법 계열
미국 베어링 산업 협회 규격 (AFBMA)	ANSI B 3.19 AFBMA Std.19	Class 4	Class 2	Class 3	Class 0	Class 00	테이퍼 롤러 베어링 인치 계열
	ANSI/AFBMA Std. 12.1	-	Class 3P	Class 5P Class 5T	Class 7P Class 7T	Class 9P	정밀기기용 볼 베어링 미터법 계열
	ANSI/AFBMA Std. 12.2	-	Class 3P	Class 5P Class 5T	Class 7P Class 7T	Class 9P	정밀기기용 볼 베어링 인치 계열

참고 1) ABEC는 볼 베어링에 적용되고 RBEC는 롤러 베어링에 적용됩니다.

비고 1. JIS B 1514, ISO 492 및 DIN620은 동일 등급입니다.

2. JIS B 1514와 AFBMA 규격은 공차 또는 허용값 방면에서 약간 다릅니다.

4. 베어링의 정격하중 및 수명

4.1 베어링의 수명

베어링은 정상적 조건에서 사용하더라도 베어링 링과 전동체의 구름면이 반복적인 압축 응력을 받아 재료의 피로로 인한 플레이킹(Flaking)이 초래되어 사용할 수 없게 됩니다. 소위 베어링의 수명이란 궤도면 및 구름면에 플레이킹이 발생할 때까지의 총 회전수를 의미합니다.

또한, 용융, 마모, 크랙, 응착, 녹 등의 현상으로 베어링을 사용할 수 없게 되지만, 이들 현상은 베어링의 고장일 뿐 수명의 정의와는 다릅니다. 베어링의 잘못된 선택, 부적절한 설치, 부적절한 윤활 및 밀봉 불량은 모두 이러한 현상의 원인이므로, 이러한 원인을 제거하면 베어링의 고장을 방지할 수 있습니다.

4.2 기본 정격 수명 및 기본 동정격 하중

동일한 베어링 그룹의 동일한 조건의 작동이라도 수명에서 상당한 차이가 있는데, 이는 재료의 피로 자체가 다르기 때문입니다. 따라서 베어링 수명의 경우, 재료의 피로 차이를 통계적으로 고려하여 아래에 정의된 기본 정격 수명을 사용해야 합니다.

기본 정격 수명이란 동일한 로트로 생산한 일군의 베어링을 동일한 조건에서 운전시켜 90%의 베어링이 구름 피로에 의한 박리가 발생하지 않을 때까지의 총 회전수를 의미합니다. 고정된 회전수에서 운전하는 경우, 총 운전 시간을 기준으로 표시할 수 있습니다.

기본 동정격 하중이란 구름 베어링의 하중 능력을 의미합니다. 즉 이 하중 조건에서 베어링은 100만 회전의 기본 정격 수명에 도달 할 수 있습니다. 치수 표의 기본동정격 하중은 TPI가 표준 재료 및 제조 방법으로 제조한 베어링에 관한 것입니다. 특수 재료 및 제조 방법으로 제조된 베어링의 기본 정격 하중은 TPI에 문의하십시오.

기본 정격 수명, 기본 동정격 하중 및 베어링 하중은 다음 공식 (4-1)과 같은 관계가 있습니다. 구름 베어링의 경우

$$L_{10} = \left(\frac{C_r}{P} \right)^p \dots\dots\dots (4-1)$$

여기서,

$p=3$ 볼 베어링

$p=10/3$ 롤러 베어링

L_{10} : 기본 정격 수명 10^6 회전

C_r : 기본 동정격 하중 (N 또는 kgf)

P : 기본 동등가 하중 (N 또는 kgf)

기본 정격 수명을 회전 시간으로 표시하는 경우, 공식 (4-2)로 다음과 같이 표시됩니다.

$$L_{10h} = 500 f_n^p \dots\dots\dots (4-2)$$

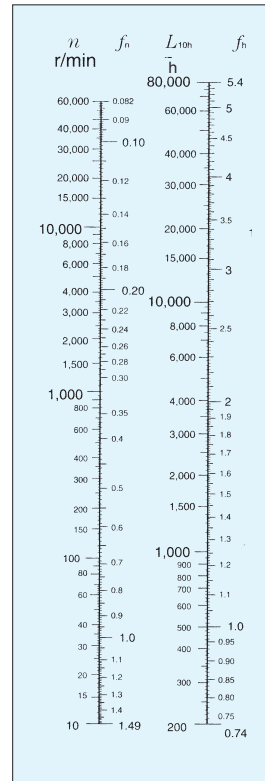


그림 4.1 n, f_n, f_h 및 L_{10h} 의 관계 표

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} \dots\dots\dots (4-3)$$

$$f_n = \left(\frac{33.3}{n} \right)^{1/p} \dots\dots\dots (4-4)$$

여기서,

L_{10h} : 기본 정격 수명 시간

f_h : 수명계수

f_n : 속도계수

n : 회전수 (rpm)

공식 (4-2)는 공식 (4-5) 형식으로도 표시할 수 있습니다.

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C_r}{P} \right)^p \dots\dots\dots (4-5)$$

회전수n과 속도계수 fn의 관계 및 기본 정격 수명 L10h과 수명계수 fh의 관계는 그림 4.1과 같습니다.

4.3 사용 기계 및 필요 수명

베어링을 선택할 때는 반드시 사용 조건에 따른 베어링의 필요 수명을 설정해야 합니다. 필요 수명이란 주로 사용 기계의 사용 기간과 작동 시의 신뢰도에 따라 설정됩니다. 일반적으로 참고 가능한 필요 수명은 표 4.1과 같습니다. 베어링 치수를 결정할 때, 베어링 피로 수명은 중요한 기준이지만, 수명 이외에 축 및 베어링 하우징의 강도 및 강성 역시 반드시 고려해야 합니다.

4.4 등가 하중

(1) 동등가 레이디얼 하중

레이디얼 하중과 축 방향 하중이 베어링에 동시에 작용하는 경우, 베어링 중앙에 작용하여 동일한 수명을 갖게 할 수 있는 가상 하중을 동등가 하중이라고 합니다.

레이디얼 베어링은 순수 레이디얼 하중으로 표시되므로 동등가 레이디얼 하중이라고 합니다.

동등가 레이디얼 하중은 공식 (4-6)으로 구할 수 있습니다.

$$P_r = XF_r + YF_a \dots\dots\dots (4-6)$$

여기서,

P_r : 동등가 레이디얼 하중(N) 또는 (kgf)

F_r : 레이디얼 하중(N) 또는 (kgf)

F_a : 축 방향 하중(N) 또는 (kgf)

X : 레이디얼 하중계수

Y : 축 방향 하중계수

X, Y 의 값은 각각 치수 표에 표시되어 있습니다.

일반적으로 베어링에 작용하는 동등가 레이디얼 하중이 해당 베어링의 기본 레이디얼 동정격 하중의 6% 미만일 경우 경하중, 6% 이상 12% 미만일 경우 정상 하중, 12% 이상일 경우 중하중으로 분류합니다.

표 4.1 사용 기계 및 필요 수명

사용 구분	사용 기계와 필요 수명 $L_{10h} \times 10^3$ 시간				
	~ 4	4 ~ 12	12 ~ 30	30 ~ 60	60 ~
단시간 또는 간헐적으로 사용하는 기계	가정용 전자제품	농기계 사무기기	-	-	-
단시간 또는 간헐적으로 사용하지만, 높은 신뢰성이 요구되는 경우	의료기기 측정기기	가정 냉난방용 모터 건설장비, 엘리베이터, 크레인	크레인(폴리)	-	-
자주 사용하지는 않지만 장시간 작동이 필요한 기계	승용차 이륜차	소형 모터 버스, 트럭 일반 기어장치 목공기계	공작기계 스피들 산업용 모터 크러셔 진동 스크린	메인 기어장치 고무, 플라스틱용 캘린더 롤 윤전기	-
1일 8시간 이상 운전하는 기계	-	압연기 롤백 에스컬레이터 컨베이어 원심분리기	버스 및 화물(차축) 공조설비 대형 모터 압축기, 펌프	기관차(차축) 트랙션 모터 광산 호이스트 프레스 플라이휠	펄프, 제지기계 선박용 추진장치
24시간 무정지 연속 작동해야 하는 기계	-	-	-	-	상수도 설비 광산 배수, 환기장치 발전소 설비

(2) 정등가 레이디얼 하중

베어링이 레이디얼 하중과 축 방향 하중을 동시에 받는 경우 전동체와 궤도의 접촉부 중심에 최대 하중으로 인한 영구 변형이 형성되며, 베어링이 동일한 영구 변형을 발생시킬 수 있는 가상의 단일 하중을 정등가 하중이라고 합니다. 레이디얼 베어링은 순수 레이디얼 하중으로 표시되므로 정등가 레이디얼 하중이라고 합니다.

레이디얼 베어링의 정등가 하중은 공식 (4-7) 및 공식 (4-8)으로 얻은 값 중 더 큰 값입니다.

$$P_{or} = X_o F_r + Y_o F_a \dots\dots\dots (4-7)$$

$$P_{or} = F_r \dots\dots\dots (4-8)$$

여기서,

- P_{or} : 정등가 레이디얼 하중(N 또는 kgf)
- F_r : 레이디얼 하중(N 또는 kgf)
- F_a : 축 방향 하중(N 또는 kgf)
- X_o : 레이디얼 하중계수
- Y_o : 축 방향 하중계수
- X_o, Y_o 의 값은 각각 치수 표에 표시되어 있습니다.

4.5 베어링의 하중 분배

축계에서 정적인 장력은 베어링에 의해 지지되는 것으로 간주되므로 축계에 작용하는 어떠한 하중도 베어링에 분산되어 지지하게 됩니다.

예를 들어, 그림 4.2의 축에서 베어링에 작용하는 레이디얼 하중은 공식 (4-9) 및 (4-10)으로 표시됩니다. 만약

$$F_{rA} = \frac{a+b}{b} F_I + \frac{d}{c+d} F_{II} \dots\dots (4-9)$$

$$F_{rB} = \frac{a}{b} F_I + \frac{c}{c+d} F_{II} \dots\dots (4-10)$$

여기서,

- F_{rA} : 베어링 A에 작용하는 레이디얼 하중 (N 또는 kgf)
- F_{rB} : 베어링 B에 작용하는 레이디얼 하중 (N 또는 kgf)
- F_I, F_{II} : 축에 작용하는 레이디얼 하중 (N 또는 kgf)

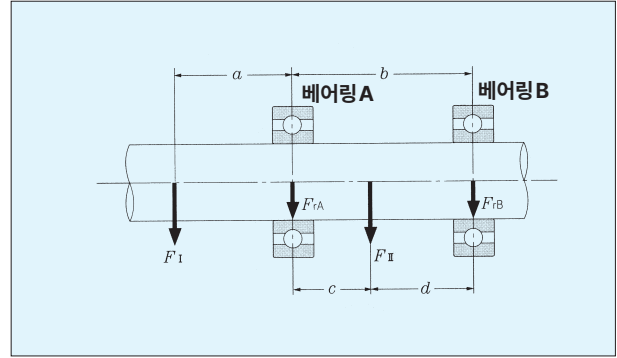


그림 4.2 축에 작용하는 하중

[예제 1] 깊은홈 볼 베어링 6207이 속도 $n = 650\text{rpm}$ 이고 레이디얼 하중 $F_r = 2.8 \text{ kN}$ {286kgf}을 받을 때, 그 베어링의 수명은 얼마입니까?

[정답] 동등가 레이디얼 하중 P_r 은 식(4-6)으로 구합니다:

$$P_r = F_r = 2.8 \text{ kN 또는 } 286\text{kgf}$$

6207의 기본 동정격 하중 C_r 은 25.7kN 또는 2620kgf 이고 회전수 $n = 650\text{rpm}$ 의 볼 베어링 속도계수 f_n 은 그림 4.1에 따라 $f_n = 0.37$ 을 얻을 수 있어, 수명계수 f_h 은 공식 (4-3)에 따라 다음과 같습니다.

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P_r} = 0.37 \times \frac{25.7}{2.8} = 3.40$$

따라서, 이 f_h 값의 베어링 수명 L_{10h} 는 그림 4.1에 따라 약 20,000시간입니다.

[예제 2] 예제 1에서 축 방향 하중 $F_a = 1.6\text{kN}$ 또는 163kgf가 추가될 때, 베어링 수명 L_{10h} 는 얼마입니까?

[정답] 동등가 레이디얼 하중 P_r 을 계산하기 위해서는 먼저 레이디얼 하중계수 X 와 축 방향 하중계수 Y 를 구해야 합니다. 따라서 베어링 6207의 기본 정격 하중 C_{or} 은 15.3kN 또는 1560kgf이므로 다음과 같습니다.

$$F_a / C_{or} = 1.6 / 15.3 = 0.10$$

$$e = 0.29$$

또한, 작용되는 레이디얼 하중, 축 방향 하중으로 다음을 얻을 수 있습니다.

$$F_a / F_r = 1.6 / 2.8 = 0.57 > e = 0.29$$

그 다음 동등가 레이디얼 하중을 공식 (4-6)에 따라 다음과 같이 구할 수 있습니다.

$$P_r = X F_r + Y F_a = 0.56 \times 2.8 + 1.48 \times 1.6 = 3.94\text{kN 또는 } 420\text{kgf}$$

다시 그림 4.1과 공식 4.3에 따라 수명계수 f_h 를 얻을 수 있습니다.

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P_r} = 0.37 \times \frac{25.7}{3.94} = 2.41$$

따라서, 이 F_h 값의 베어링 수명 L_{10h} 는 그림 4.1에 따라 7,000시간입니다.

5. 베어링 끼워맞춤

베어링에 하중이 가해지면, 작동 시 끼워맞춤 표면 사이의 레 이디얼 방향, 축 방향 및 회전 방향의 상대적 이동을 방지하기 위해 베어링은 축 또는 베어링 하우징에 고정되어야 합니다. 상대적인 미세한 이동이 발생하는 경우 끼워맞춤된 표면 사이에서 연마 마모 (Abrasive Wear), 프렛팅 부식(Fretting Corrosion), 마찰 균열 등의 현상이 나타날 수 있으며, 이는 베어링, 축, 또는 베어링 하우징의 손상을 초래합니다. 이러한 과정에서 발생한 마모 가루가 베어링 내부에 혼입되면, 회전 불량, 이상 발열, 윤활제 열화, 진동 등의 문제를 유발하는 원인이 됩니다. 위와 같은 현상을 방지하기 위해, 내륜과 외륜 및 축, 베어링 하우징 사이를 (1) 억지 끼워맞춤(Tight Fit), (2) 중간 끼워맞춤(Transition), (3) 헐거운 끼워맞춤(Loose

Fit)의 3가지 끼워맞춤을 사용해 설치할 수 있습니다. 표 5.1의 제안에 따라 아래 원칙을 숙지한 후 각 기계의 과거 성능 경험을 참고하여, 끼워맞춤 상태는 그림 5.1의 권장에 따라 적절한 끼워맞춤을 선택할 수 있습니다. 표 5.2~표 5.5는 ISO Normal Class, Class 6X, Class 6 정밀도 등급의 각 형식 베어링, 치수, 하중 조건을 주요 고려 요소로 하여 끼워맞춤 선택에 참고할 수 있는 일반적으로 자주 사용하는 권장 끼워맞춤입니다. (니들 롤러 베어링의 축과 베어링 하우징의 끼워맞춤 추천은 TPI에 문의하십시오.)

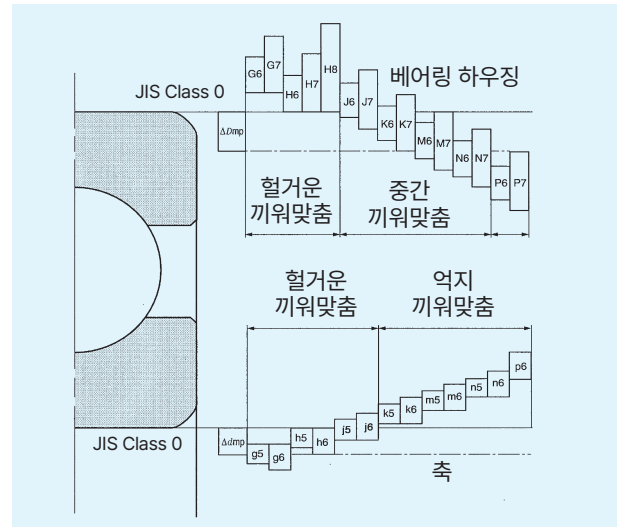


그림 5.1 끼워맞춤 상태

표 5.1 레이디얼 하중의 성질 및 끼워맞춤 선택

범례	베어링 회전	하중의 성질	권장 끼워맞춤
정적 하중 		내륜: 회전 하중	내륜: 억지 끼워맞춤
언밸런스 하중 		외륜: 정적 하중	외륜: 헐거운 끼워맞춤
정적 하중 		내륜: 정적 하중	내륜: 헐거운 끼워맞춤
언밸런스 하중 		외륜: 회전 하중	외륜: 억지 끼워맞춤

표 5.2 레이디얼 베어링과 축의 끼워맞춤 권장 표(ISO Normal class, Class 6)

조건		볼 베어링 축 직경(mm)		축의 공차 범위 등급	비고
		초과	이하		
내륜 회전 하중 또는 방향 부정 하중	경하중 또는 변동 하중	-	18	h5	정밀도가 필요한 경우 js6, k6, m6을 js5, k5, m5로 사용할 수 있다.
		18	100	js6	
		100	200	k6	
	정상 하중	-	18	js5	
		18	100	k5	
		100	140	m5	
		140	200	m6	
중하중 또는 충격 하중		-		-	CN 틸새보다 틸새가 큰 베어링을 사용해야 한다.
내륜 정적 하중	내륜이 축에서 쉽게 움직여야 함	모든 축 직경		g6	정밀도가 필요한 경우 g5를 사용해야 하며, 대형 베어링은 쉽게 이동할 수 있도록 f6을 사용할 수 있다.
	내륜이 축에서 쉽게 움직일 필요 없음	모든 축 직경		h6	정밀도가 필요한 경우 h5를 사용할 수 있다.
중심 축 방향 하중		모든 축 직경		js6	-
테이퍼 내경 베어링(클래스 0)(어댑터 또는 분리형 슬리브 포함)					
전체 하중		모든 축 직경		h9/IT5 ¹⁾	전동축 등에도 h10/IT7 ¹⁾ 사용 가능

참고 1) IT5 및 IT7은 축의 진원도 공차 및 원통도 공차의 값을 표시합니다.

비고: 본 표는 솔리드 스틸 축에 적용됩니다.

표 5.3 IT의 기본 공차표

단위: μm

기본 치수(mm)		IT 기본 공차의 등급									
초과	미만	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10
-	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160

표 5.4 축과 베어링 하우징의 정밀도 끼워맞춤

항목 치수 정밀도	축 IT6(IT5) ¹⁾	베어링 셸 IT7(IT6) ¹⁾
진원도	(최대)	IT3
원통도	(최대)	IT4
숄더 직각도	(최대)	IT5
끼워맞춤 표면 거칠기	소형 베어링	0.8a
	대형 베어링	1.6a
		3.2a

참고 1) 정밀도 요구사항이 높은 경우 참고할 수 있습니다.

표 5.5 레이디얼 베어링과 하우징의 끼워맞춤 권장 표(ISO Normal Class, Class 6)

베어링 하우징	조건		하우징 내경의 공차 범위 등급	비고	
	하중의 종류 등	외륜의 축 방향 변위 ¹⁾			
일체형 하우징 또는 분리형 하우징	외륜 정하중	모든 하중의 조건	변위 가능	H7	대형 베어링 또는 외륜과 베어링 하우징의 온도 차이가 큰 경우 G7도 사용 가능
		경하중 또는 정상 하중	변위 가능	H8	-
		축과 내륜의 온도가 높음	변위 가능	G7	대형 베어링 또는 외륜과 베어링 하우징의 온도 차이가 큰 경우 F7도 사용 가능
일체형 하우징	외륜 정하중	경하중 또는 정상 하중	원칙적으로 변위 불가능	K6	주로 롤러 베어링에 적용
		정밀 회전이 필요한 경우	변위 가능	Js6	주로 볼 베어링에 적용
		무소음 작동이 필요한 경우	변위 가능	H6	-
	방향 부정 하중	경하중 또는 정상 하중	일반적으로 변위 가능	Js7	정밀도가 필요한 경우
		정상 하중 또는 중하중	원칙적으로 변위 불가능	K7	Js6, K6으로 Js7, K7을 대체할 수 있음
		고충격 하중	변위 불가능	M7	-
	외륜 회전 하중	경하중 또는 변동 하중	변위 불가능	M7	-
		정상 하중 또는 중하중	변위 불가능	N7	주로 볼 베어링에 적용
		박형 하우징으로 중하중 또는 큰충격 하중	변위 불가능	P7	주로 롤러 베어링에 적용

참고 1) 비분리형 베어링의 경우, 외륜의 축 방향 변위가 가능한지 여부를 나타냅니다.

비고: 1. 본 표는 주철 베어링 하우징 또는 강철 베어링 하우징에 적용됩니다.

2. 베어링에 중심 축 방향 하중만 작용하는 경우, 외륜이 레이디얼 클리어언스를 형성할 수 있는 공차 또는 등급을 선택합니다.

3. 일반적으로 레이디얼 하중은 베어링의 기본동정격하중(Cr)의 6% 미만인 경하중, 6~12%가 정상 하중, 12% 미만은 중하중입니다.

5.1 끼워맞춤 선정 방법

끼워맞춤을 적절하게 선택하면 주로 하중 조건에 의해 결정되어 끼워맞춤 표면 간에 발생하는 변위를 방지할 수 있습니다. 다음의 원칙을 숙지한 후 각 관련 기계의 과거 성능 경험을 참고하여 적절한 끼워맞춤을 선택합니다.

- (1) 작용되는 하중이 클수록 간섭량이 커야 합니다.
- (2) 진동, 변동 하중 조건에서는 간섭량이 더 커야 합니다.
- (3) 베어링이 클수록 간섭량이 커야 합니다.
- (4) 중공축, 하우징 두께가 얇은 경우 간섭량이 더 커야 합니다.
- (5) 끼워맞춤 표면의 가공면이 거친 경우 간섭량이 더 커야 합니다.
- (6) 경합금, 플라스틱 재질 베어링 하우징의 경우 간섭량이 더 커야 합니다.
- (7) 축, 베어링 및 베어링 하우징 온도 분포를 확인하여 각각 적절하게 간섭량을 설정하여야 합니다.

표 5.6은 전기 모터용 베어링을 예로 들어 일반적으로 사용되는 권장 끼워맞춤입니다. 부록 2는 끼워맞춤 선택 시에 참고할 수 있는 축과 베어링 하우징의 치수 공차입니다.

표 5.6 전동기용 깊은홈볼 베어링의 끼워맞춤 권장표

축 및 하우징	축 직경 또는 하우징 내경 (mm)	축 또는 하우징의 내경 권장등급
축	~ 18	j5
	18 ~ 100	k5
	100 ~ 160	m5
하우징	모든 치수	H6 또는 J6

6. 베어링 내부 틈새 및 예압

6.1 베어링 내부 틈새

베어링 내부틈새(초기 클리어런스)는 흔히 '틈새'라고도 하며, 베어링이 설치되지 않은 상태에서 내륜 또는 외륜 중 한 쪽을 고정하고, 다른 쪽 궤도륜이 무하중 상태에서 이동할 수 있는 변위량을 의미합니다. 이 변위는 이동 방향에 따라 레이디얼 방향일 경우 '경방향 내부틈새', 액셀 방향일 경우 '축방향 내부틈새'라고 하며, 이는 그림 6.1에 나타난 바와 같습니다. 표 6.1~표 6.2는 깊은홈 볼 베어링 및 전동기용 경방향 내부틈새 값입니다.

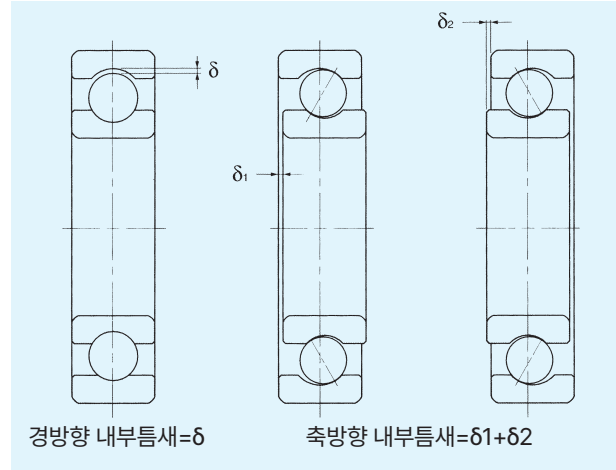


그림 6.1 베어링 내부틈새

표 6.1 깊은홈 볼 베어링의 경방향 내부틈새 단위: μm

베어링 내경 $d(\text{mm})$	틈새 규격										
	C2		CN		C3		C4		C5		
초과 이하	최소	최대	최소	최대	최소	최대	최소	최대	최소	최대	
2.5	6	0	7	2	13	8	23	-	-	-	-
6	10	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18	0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24	0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90

표 6.2 전동기용 경방향 내부틈새

베어링 호칭 내경 $d(\text{mm})$		깊은홈 볼 베어링 CM 틈새 (μm)	
초과	미만	최소	최대
10 (포함)	18	4	11
18	24	5	12
24	30	5	12
30	40	9	17
40	50	9	17
50	65	12	22

6.2 베어링 내부 틈새의 선택

베어링의 안정적인 작동 상태에서 유효 내부 틈새(유효 클리어런스)는 끼워맞춤 및 내륜과 외륜의 온도 차이로 인해 일반적으로 초기 베어링 내부틈새보다 작습니다. 이 유효 내부틈새는 베어링 수명, 발열, 진동 또는 소음에 영향을 미치므로 반드시 최적의 선택을 해야 합니다.

6.3 베어링의 예압

베어링은 예압을 통해 전동체와 궤도면의 접촉점에서 탄성 압축력을 견딜 수 있어, 하중이 작용할 때에도 틈새가 발생하지 않고 레이디얼 및 축 방향의 변위에 대해 강성을 향상시키는 효과가 있습니다. 따라서 축의 고유 진동수가 증가하여 고속 회전에 적합하므로 축의 흔들림(런아웃)이 감소되고 회전 정밀도 및 위치 정밀도가 향상되며 진동 및 소음을 억제할 수 있습니다.

또한 전동체의 공전 미끄럼, 자전 미끄럼 및 회전 미끄럼을 제어하고 얼룩(Smearing) 등의 발생을 줄일 수 있는 장점이 있습니다. 가장 일반적인 베어링의 예압 방법은 그림 6.2와 같이 두 개의 상대적인 베어링 사이에 축 방향 하중을 가하여 베어링 내륜 및 외륜에 상대적 축 방향 변위를 일으키는 것입니다. 일반적으로 정위치 예압과 정압 예압으로 구분됩니다. 그림 6.3은 미니어처 볼 베어링의 예압 권장 값입니다.

깊은홈 볼 베어링: $F_0 = 4 \sim 8d$ (N)

또는 $0.4 \sim 0.8d$ (kgf)

d: 축 직경(mm)

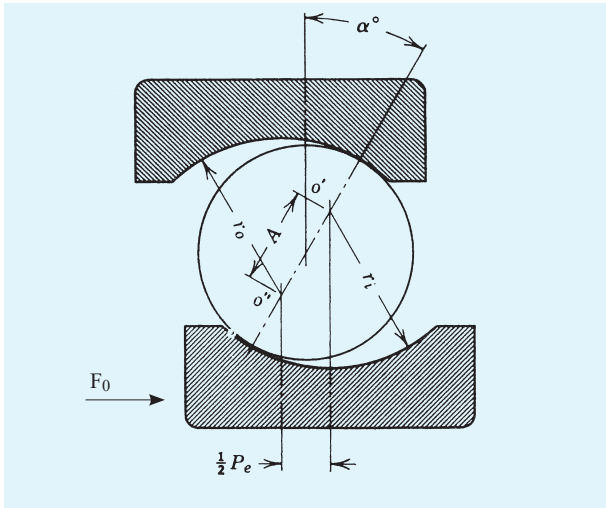


그림 6.2 예압

표 6.3 미니어처 볼 베어링의 예압력 권장 값

예압	경예압	중예압
경예압	$\leq 1.0\% C_r$	축 강성보다 저마찰 토크 중시
중간예압	$\leq 1.5\% C_r$	축 강성 및 저마찰 토크를 동시에 고려
중예압	$\leq 2.0\% C_r$	축 강성을 중시, 마찰 토크가 약간 높아질 수 있음

C_r : 기본 동정격 하중

7. 베어링 윤활

7.1 구름 베어링의 윤활

구름 베어링은 롤링 접촉 이외에도 상당한 미끄럼 접촉이 있습니다. 따라서 베어링 윤활의 주요 목적은 베어링 각 부위의 마찰 및 마모를 감소시켜 고온 용융을 방지하는 것입니다. 윤활 방법, 적절한 윤활제 사용 여부는 베어링의 성능 및 내구성 등에 직접적으로 큰 영향을 미칩니다.

7.2 그리스 윤활

그리스는 사용이 편리하고 밀봉장치 설계가 간단하기 때문에 구름 베어링에 가장 많이 사용되는 윤활제입니다.

그리스는 미네랄 오일 또는 합성 오일이 베이스 기유입니다. 증주제를 첨가하여 반고체 상태로 만들고 이를 수용체로 사용하여 베이스 오일로 유지시키며, 성능 향상을 위해 다양한 첨가제를 첨가

할 수도 있습니다. 따라서, 그리스의 특성은 베이스 오일, 증주제 및 첨가제의 종류 및 조합에 따라 결정됩니다.

그리스를 분류하는 방법은 여러 가지가 있는데, 일반적으로 증주제의 유형으로 분류하며, 대략적으로 금속 비누계 및 비금속 비누계 두 가지로 나뉩니다. 새로운 증주제와 첨가제가 지속적으로 개발되면서 그리스의 성능이 크게 향상되었기 때문에, 그리스를 선택할 때는 원하는 특성을 정확히 파악하는 것이 중요합니다. 표 7.1은 일반적으로 사용되는 그리스의 종류와 그 특성을 정리한 것입니다.

저속용 베어링을 사용하는 실내 에어컨 팬과 같은 일부 경하중의 적용에서, 올바르게 설치하고 수분, 이물질의 유입을 효과적으로 차단하는 경우, 그리스의 수명은 베어링의 수명에 영향을 미치는 주요 요인이 될 수 있습니다. 그리스의 수명 예측 계산 공식은 Kawamura 등이 제안한 수정 버전을 참고할 수 있으며, 계산으로 얻은 수명 L_{50} (신뢰도 50%)은 다음과 같습니다.

우레아계 그리스:

$$\log L = 8.50 - 2.02 \times 10^{-6} \times K \times V - 2.95 \times 10^{-2} T - 8.36 F + K_1 \dots \dots \dots (7-1)$$

적용 범위: $10 \leq d_m \leq 100$, $d_m n \leq 400,000$,
 $70 \leq T \leq 180$

리튬계 그리스:

$$\log L = 6.33 - 1.58 \times 10^{-6} \times K \times V - 2.18 \times 10^{-2} T - 9.84 F + K_1 \dots \dots \dots (7-2)$$

적용 범위: $10 \leq d_m \leq 100$, $d_m n \leq 400,000$,
 $70 \leq T \leq 150$

여기서,

L : L_{50} 그리스 수명 시간

K : 외륜 회전 보정계수

(내륜 회전 시 $K=1$; 외륜 회전 시 $K=$ 케이지 공전에 따라 환산한 내륜 회전 속도(내륜이 회전하는 경우로 가정) / 외륜 회전 속도)

V : $d_m n$ 값

$$d_m : \text{피치원 직경} \approx \frac{d+D}{2}$$

D : 베어링 외경 (mm)

T : 베어링 온도 ($^{\circ}\text{C}$)

F : 하중 P/C_r

K_1 : 베이스 기유 타입에 따른 보정계수 (표 7.2)

표 7.1 일반적 그리스 종류 및 특성

코드	증주제	베이스 오일	점도 25°C 60W, mm	적점 °C	사용 온도 범위 °C	특성
2AS	Li	Mineral	275	181	- 25 ~ +120	범용, 저회전
3ES	Li	Ester	265~295	193	-50 ~ +120	범용, 저온, 저토크
5K	Li	Ester	240~270	191	-50 ~ +150	범용, 저소음, 저온 저항성
5K*	Li	Ester	250	201	-40 ~ +150	범용, 저소음
LT53	Li	Ester	245	200	-50 ~ +150	저온, 저토크, 저소음
L051	Ba 화합물	SHF	265~295	240	-60 ~ +180	저온, 내수성, 저토크
L627	Polyurea	Mineral	284	288	-40 ~ +180	고온, 장수명
L542	Diurea	PAO-SHC	220	260	-40 ~ +200	저소음, 고온, 장수명, 고속
L448	Urea	PAO+Ester	243	252	-40 ~ +150	저소음, 장수명, 범용
L417	Urea	Ether+SHC	300	240	-40 ~ +180	고온, 수소취성 플레이킹 방지
L635	특수 Li	Ester	210	205	-40 ~ +130	저분진
L369	Urea	Ester	267	250	-40 ~ +160	범용, 고온, 장수명, 고속
LT13	Urea	정제 Mineral	260	253	-40 ~ +200	범용, 고온, 장수명

*기타 특수 요구사항은 TPI에 문의하십시오.

표 7.2(1) 우레아계 그리스 K_f 값

베이스 오일	보정계수 K_f
미네랄 오일	-0.08
PAO	-0.05
에스테르(Ester)	-0.21
에테르(Ether)	0.18
미네랄 오일+PAO	-0.06
미네랄 오일+에스테르	-0.16
PAO+에스테르	0
PAO+에테르	0
에스테르+에테르	0.07

표 7.2(2) 리튬계 그리스 K_f 값

베이스 오일	보정계수 K_f
미네랄 오일	-0.29
PAO	-0.05
에스테르(Ester)	0.42
디에스테르(Diester)	-0.5
실리콘 (Silicone)	0.54

인용: T. Kawamura, M. Minami and M. Hirata, "Grease Life Prediction for Sealed Ball Bearings, Tribology Transactions, 44, 2, pp 256-262, (2001).

참고: PAO는 polyalphaolefins(폴리알파올레핀)입니다.

7.3 오일 윤활

일반적으로 오일 윤활은 그리스 윤활보다 고속 회전 또는 고온 조건에 더 적합하며, 베어링에 발생하는 열을 배출하거나 베어링에 추가된 열을 배출해야 하는 경우 오일 윤활을 사용하는 것이 좋습니다.

구름 베어링의 윤활은 대부분 스피들 오일(Spindle Oil), 터빈 오일(Turbine Oil) 등의 미네랄 오일을 사용합니다. 그러나 150°C 이상의 고온이나 -30°C 이하의 저온과 같은 특수 용도의 경우 내한성, 내열성, 점도 특성 등 성능이 우수한 합성 오일도 사용됩니다.

구름 베어링 윤활유를 선택할 때 먼저 고려해야 할 요인은 적절한 점도이고 그 다음 베어링의 사용 환경, 조건을 충족하는지 여부입니다. 윤활유의 점도는 윤활 성능을 결정하는 중요한 특성의 하나입니다. 점도가 너무 낮으면 막의 형성이 불충분하여 금속이 직접 접촉함에 따라 궤도면을 손상시킬 우려가 있고 점도가 너무 높으면 오일 저항이 커져 온도 상승과 마찰 손실이 커지므로 모두 피하는 것이 좋습니다.

7.4 베어링 실드, 시일

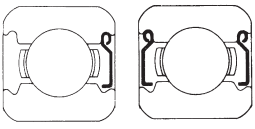
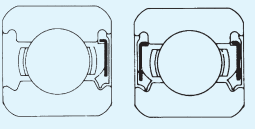
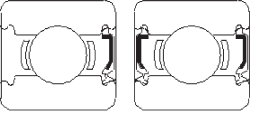
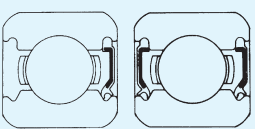
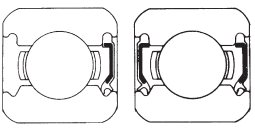
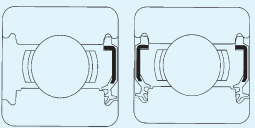
베어링을 밀봉하는 목적은 베어링 내부 윤활제가 누출되는 것을 방지하고 외부의 먼지, 수분, 이물질 등의 유해물질이 베어링 내부로 유입되는 것을 방지하여, 베어링이 필요한 조건 상태에서 안전하고 지속적으로 작동될 수 있도록 하는 것입니다. 밀봉장치는 베어링의 작동 성능과 내구성을 유지하는 측면에서 중요한 역할을 합니다. 그리스 윤활을 사용하면 베어링 밀봉이 더 쉽고 오일 윤활은 밀봉이 더 어렵습니다.

다음의 경우에는 그리스가 충전된 밀봉 베어링을 우선적으로 고려할 수 있습니다.

- (1) 그리스 윤활이 유지되므로 유지보수가 필요 없는 경우
- (2) 중저속, 경하중, 저온 작동 조건의 경우
- (3) 낮은 생산 비용이 요구되는 경우
- (4) 윤활제를 보충하기 어려운 부분이 있거나, 또는 나중에 윤활제를 다시 보충할 필요가 없는 경우

이러한 베어링을 사용하면 베어링 하우징 및 그 밀봉 설계가 단순화되어 제조 비용이 크게 절감됩니다. 사용 조건이 까다롭지 않은 경우에는 매우 장기간 작동할 수 있으므로 가전제품, 자동차, 모터 등 산업에 널리 사용될 수 있습니다.

표 7.3 베어링 밀봉장치 종류 및 설명

코드	종류 및 이미지	설명
Z ZZ	 <p>비접촉형 SHIELD</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 외륜에 금속 실드 삽입 · 내륜에 V형 홈과 공기층 또는 그리스층 커버가 있어 미로 구조(Labyrinth) 효과 강화 · 비접촉형 · 저마찰 토크 · 개방형과 동일한 회전 속도 허용 · 일반적인 방진용, 방수 성능 낮음, 내열성 비교적 높음, 허용 온도는 그리스에 따라 다름
LB LLB	 <p>비접촉형 SEAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 금속 실드에 합성 고무를 접착해 외륜에 고정하여 비교적 우수한 밀봉 효과 보유 · 시일 립 양쪽 아치에 파인 홈 표면과 내륜 V형 홈이 특수한 미로 구조 형성 · 비접촉형 · 저마찰 토크 · ZZ 대비 우수한 방진성, 방수 성능 낮음 · 일반 소재의 허용 온도 -25~120 °C
LU LLU	 <p>접촉형 SEAL (표준형)</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 금속 실드에 합성 고무를 접착해 외륜에 고정하여 비교적 우수한 밀봉 효과 보유 · 시일에 두 개의 립이 있으며, 안쪽 립과 내륜 V형 홈 안쪽이 접촉되어 있고 외측 립과 V형 홈이 다른 쪽의 미세한 간격을 유지해 미로 구조를 형성 · 접촉형 · 방진성 우수, 표준 접촉형 시일 · 저토크 및 방진성이 필요한 모터에 적합 · 일반 재질의 허용 온도 -25~120 °C
LU-X LLU-X	 <p>접촉강화형 SEAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 금속 실드에 합성 고무를 접착해 외륜에 고정하여 비교적 우수한 밀봉 효과 보유 · 시일에 두 개의 립이 있으며, 안쪽 립과 내륜 V형 홈 안쪽이 접촉되어 있고 외측 립과 V형 홈이 다른 쪽의 미세한 간격을 유지해 미로 구조를 형성 · 접촉형 · 마찰 토크가 LLU 대비 높음 · 방진성 우수, 방수성 양호, 표준 LLU 시일 대비 우수 · 일반 재질의 허용 온도 -25~120 °C
LH LLH	 <p>저토크형 SEAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 금속 실드에 합성 고무를 접착해 외륜에 고정하여 비교적 우수한 밀봉 효과 보유 · 시일에 두 개의 립이 있으며, 안쪽 립과 내륜 V형 홈 안쪽이 접촉되어 있고 외측 립과 V형 홈이 다른 쪽의 미세한 간격을 유지해 미로 구조를 형성 · 접촉형 · 내부 온도 및 압력 증가 시 특수 립 설계로 압력을 배출할 수 있어 흡착 문제 방지 가능, 자세한 사항은 TPI에 문의 · 방진성 우수, 저토크, 표준형 시일과 비슷 · 일반 재질의 허용 온도 -25~120 °C
LE LLE	 <p>방진,저토크형 SEAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 금속 실드에 합성 고무를 접착해 외륜에 고정하여 비교적 우수한 밀봉 효과 보유 · 시일에 네 개의 립이 있으며, 두 안쪽 립과 내륜 V형 홈 안쪽이 접촉되어 있고 다른 안쪽 립과 내륜 V형 홈이 특수 미로 구조를 형성, 외측 립과 V형 홈이 다른 쪽의 미세한 간격을 유지해 미로 구조를 형성 · 접촉형 · 방진성 우수, 방수성 양호, 저토크, 표준형 시일과 비슷 · 일반 재질의 허용 온도 -25~120 °C

비고: 1. Z, ZZ는 글로벌 통용 코드이며, 이를 제외한 제품의 코드는 제조사별 상이합니다.

2. 커버 및 시일의 허용 토크는 치수 표 참조

3. 일반 재질 외에도 내열 또는 기타 특수 재질도 보유, 기타 밀봉성 요구 사항은 TPI로 문의바랍니다.

8. 베어링 재료

사용자는 높은 정밀도와 성능, 긴 수명을 갖춘 베어링을 원하며, 사용된 재료의 적절한 선택은 베어링 수명에 직접적인 영향을 미칠 뿐 아니라 가공 시의 치수 안정성에도 영향을 줍니다. 따라서 재료의 선택과 가공은 베어링 제조에서 매우 중요한 요소입니다.

8.1 궤도륜 및 전동체의 재료

구름 베어링의 궤도륜과 전동체의 재료는 서로 미세한 접촉 면적에 매우 큰 접촉 응력이 가해지는데, 이 응력은 회전으로 인해 반복적으로 발생합니다. 따라서, 재료는 높은 경도, 구름 접촉 피로 저항, 내마모성 및 치수 안정성이 높은 특성을 가져야 합니다. 특히, 구름 접촉 피로 수명에 큰 영향을 미치는 원인은 강에 포함된 비금속 개재물입니다. 비금속 개재물 중에 경도가 높은 산화물계가 포함되는 경우 피로 파괴의 기점이 되기 쉬우므로, 비금속 개재물이 적은 순수한 강철을 사용하는 것이 필요합니다.

일반적으로 구름 베어링의 궤도륜 및 전동체는 표면뿐 아니라 내부도 경화시켜야 합니다. 즉 완전 경화 처리를 통해 경도가 HRC58~HRC65에 달하도록 해야 하며, 사용 재료는 주로 고탄소 크롬 베어링 강입니다. 그중 가장 일반적으로 사용되는 베어링강은 제2종이고(AISI-52100 ; JIS-SUJ2 ; DIN 100 Cr 6), 이 강종은 CNS3014(JIS-G4805)에 규정되어 있으며, 대형 베어링은 베어링강 제3종(SUJ3)이 적합합니다. 사용 조건에 내식성이 요구되는 경우 SUS440C 또는 NSS125가 적용되고 그 화학성분은 표 8.1과 같습니다.

표 8.1 베어링강의 화학성분

기호	화학성분 %						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
SUJ 2	0.95~1.10	0.15~0.35	0.50미만	0.025미만	0.025미만	1.30~1.60	-
SUJ 3	0.95~1.10	0.40~0.70	0.90~1.15	0.025미만	0.025미만	0.90~1.20	-
SUS440C	0.95~1.20	1.0미만	1.0미만	0.040미만	0.030미만	16.00~18.00	-
NSS125	0.60~0.75	1.0미만	1.0미만	-	-	11.50~13.50	-

표 8.2 프레스 케이지 재료의 화학성분

기호	화학성분 %						
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
SUS304	0.08미만	1.00미만	2.00미만	0.045미만	0.03미만	8.0~10.5	18.00~20.00
SPCC	0.12미만	-	0.50미만	0.04미만	0.045미만	-	-

8.2. 케이지 및 고무시일 재료

케이지의 재료는 반드시 회전으로 인한 진동, 충격 하중을 견딜 수 있는 강도를 구비해야 하며, 전동체와 궤도륜 사이의 마찰이 작고 경량에 베어링의 작동 온도를 견딜 수 있어야 합니다.

소형, 중형 베어링에 사용되는 프레스 케이지 재료의 경우, 탄소 함량 수준이 0.1%인 냉간 압연 또는 열간 압연 강판을 사용하며, 용도에 따라 황동판 또는 오스테나이트계 스테인리스 강판을 사용합니다.

하중 변화가 큰 용도에 사용되도록 고려된 일부 프레스 케이지는 연질화 처리를 통해 염욕처리를 거쳐 케이지의 자체 내충격성이 강화됩니다. 케이지 재료의 화학성분은 표 8.2와 같습니다.

또한, 사출 성형된 합성수지도 케이지에 널리 사용됩니다. 일반적으로 유리섬유로 강화된 내열성 폴리아미드 (Polyamide) 가 사용됩니다. 합성수지 케이지는 경량, 내식성 이외에 감쇠성 및 윤활성도 우수합니다. 고무시일의 재료는 일반적으로 NBR 고무 및 ACM 고무를 사용합니다. 150°C 이상에서 장시간 사용하는 경우 FKM (불소) 고무를 사용하는 것이 좋습니다. 표 8.3은 각 고무시일 재료의 사용 온도 범위입니다.

표 8.3 고무시일 재질의 사용온도

고무시일 재질	사용 온도 범위 (°C)
NBR 고무	-25~120
내열성 NBR 고무	-25~140
ACM 고무	-15~150
FKM 고무	-30~230

9. 베어링의 사용

구름 베어링은 정밀 부품이므로 정밀도를 유지하기 위해 반드시 주의를 기울여 세심하게 사용해야 합니다. 베어링은 깨끗하게 유지해야 하며, 강한 충격을 피하고 녹을 방지하는 것이 베어링 사용 시 특별히 주의해야 할 사항입니다.

9.1 베어링의 보관

베어링은 방청제로 코팅되어 포장된 후 출고됩니다. 보관 환경이 적절하고 포장이 양호하면 수년 동안 보관할 수 있습니다.

베어링 보관 시 주의사항:

- (1) 상대습도가 60% 미만인 장소에서 보관해야 합니다.
- (2) 바닥에 직접 놓지 말고 지면에서 최소 20cm 떨어진 선반에서 보관하는 것이 좋습니다. (그림 9.1)
- (3) 쌓을 때는 높이에 주의해야 하며, 너무 많이 쌓으면 안 됩니다.

9.2 베어링의 설치

베어링을 설치할 때 망치 등으로 베어링 단면을 직접 두드리면 베어링이 손상될 수 있어, 궤도륜 원주에 균일한 압력을 가하여 궤도륜에 장착해야 합니다. 어느 한 쪽의 궤도륜(예를 들어 외륜)에 압력을 가하고 전동체에 의해 다른 쪽의 궤도륜(예를 들어 내륜)이 압입되어 궤도면에 압흔이나 굽힘이 생기는 것을 방지해야 합니다.

베어링은 깨끗하고 건조한 작업 공간에서 설치해야 합니다. 특히 미니어처 및 초소형 볼 베어링을 조립하는 경우, 먼지가 유입되면 베어링 성능에 큰 영향을 미치므로 클린룸에서 설치하는 것을 권장합니다. 베어링 설치 부위 사프트와 하우징의 치수 정밀도, 형상 정밀도 및 올바른 각도를 확인하고 이들 측정값이 허용 오차 내에 있는지 확인해야 합니다. 위의 사항 이외에도 다음 사항을 주의해야 합니다.



그림 9.1 베어링의 보관

(1) 축 및 베어링 하우징의 끼워맞춤 표면

버, 스크래치, 돌출부, 녹 자국과 기름 얼룩 등을 제거한 후, 단면의 작은 부분에 윤활유(스핀들 오일)를 발라 조립이 용이하도록 합니다. 작업 절차는 그림 9.2와 같습니다.

(2) 조립용 공구

펀치 또는 프레스 등 조립 공구의 경우 베어링 접촉 부위에 적합한 치수를 선택해야 하며, 설치 공구의 먼지, 버, 절삭 칩 등은 반드시 제거해야 합니다.

(3) 베어링

베어링은 설치하기 전에 포장을 개봉해야 합니다. 베어링은 고정밀 제품이므로 세척과 같은 다른 어떠한 작업도 하지 마십시오.

(4) 간섭량이 작은 베어링

간섭량이 작은 베어링의 조립 방법은 그림 9.3과 같이 크게 세 가지로 구분할 수 있습니다.

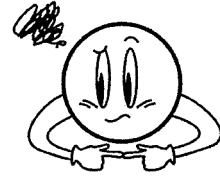
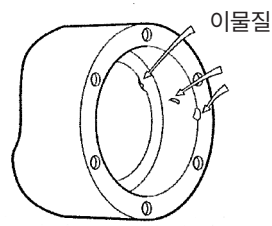
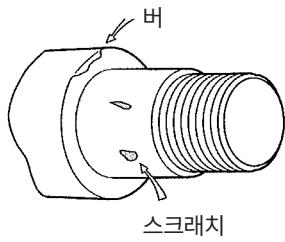
축을 베어링에 압입하는 경우, 베어링을 하우징에 압입하는 경우, 축과 하우징을 동시에 압입하는 경우

조립 시에는 상온에서 슬리브를 이용해 궤도륜의 단면을 눌러 베어링을 압입하며, 압입력은 반드시 베어링 중심에 작용해야 합니다. 베어링을 축에 장착할 경우에는 내륜에, 베어링을 하우징에 장착할 경우에는 외륜에 힘을 가하여 궤도륜 전체가 균일하게 압입되도록 해야 합니다.

대량으로 베어링을 조립할 경우에는 핸드 프레스나 유압 프레스와 같은 전용 장비를 사용하는 것이 좋습니다. 비분리형 베어링을 축과 하우징에 동시에 장착하는 경우에는 패드를 사용하여 내륜과 외륜이 축과 하우징에 고르게 압입되도록 해야 합니다.

기타 주의사항으로, 그림 9.4와 같이 망치로 두드려 조립하는 방식은 압입 자국이 생기거나 먼지가 유입될 수 있으므로 사용하지는 않습니다.

내륜의 간섭이 크거나 축 직경이 큰 경우에는 설치 전에 베어링을 가열하여 내륜을 팽창시키는 방법을 사용해야 합니다. 가열 시 주의사항은 그림 9.5를 참고하십시오.



- 베어링을 축 또는 베어링 하우징에 조립할 때, 버, 먼지나 이물질 등이 설치면에 있는 경우 베어링이 올바른 기능을 할 수 없고, 운전 시에도 진동 및 소음 등 이상 현상이 발생할 수 있습니다.

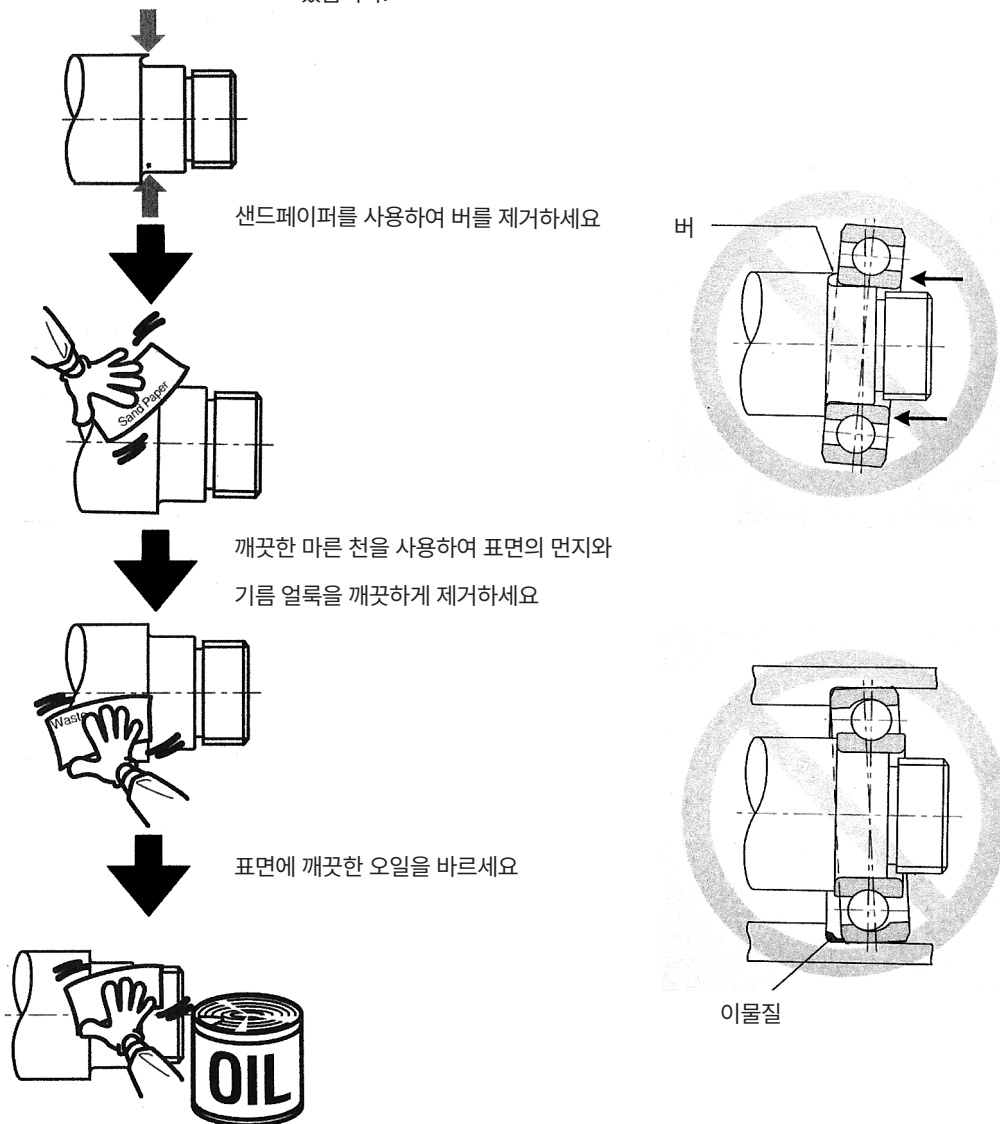
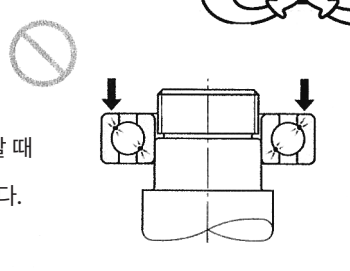
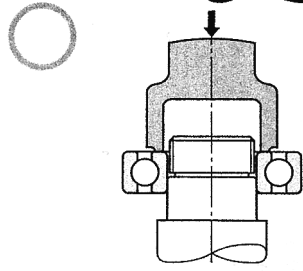


그림 9.2 축 및 베어링 하우징 끼워맞춤 표면 작업 절차

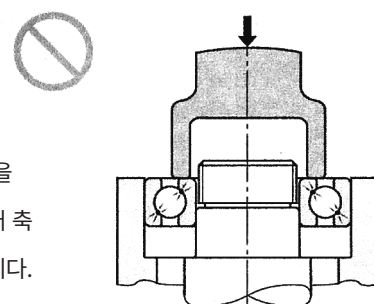
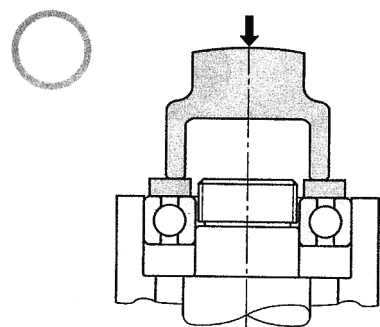
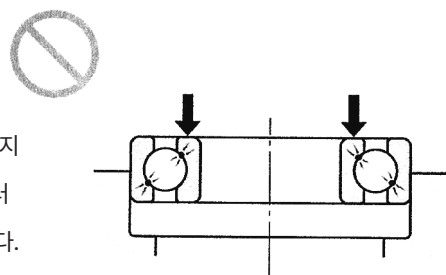
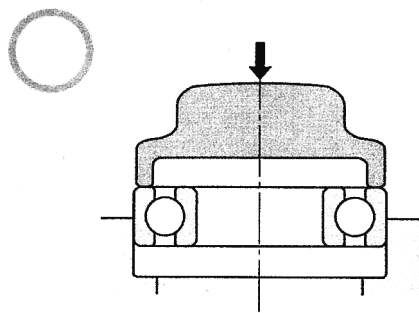
올바른 방법

잘못된 방법



내륜과 축을 억지 끼워맞춤할 때
내륜을 눌러 축에 장착합니다.

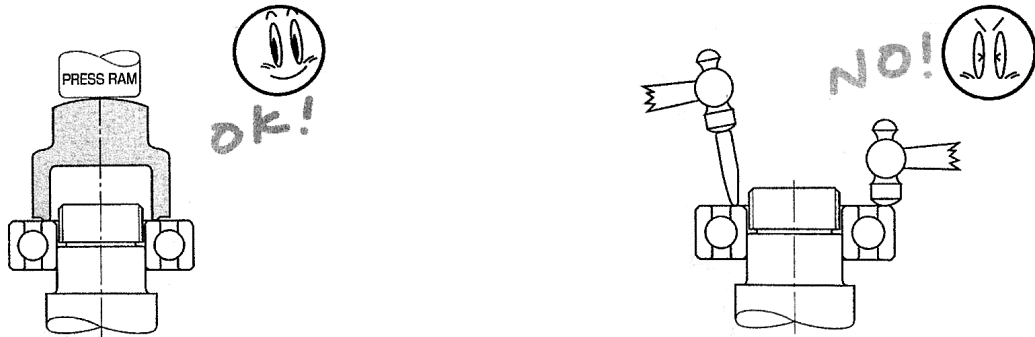
외륜과 베어링 하우징을 억지
끼워맞춤할 때 외륜을 눌러
베어링 하우징에 장착합니다.



내륜, 외륜을 모두 억지
끼워맞춤할 때 내륜, 외륜을
균일한 힘으로 직각으로 눌러 축
및 베어링 하우징에 장착합니다.

그림 9.3 조립 방법 및 손상의 예

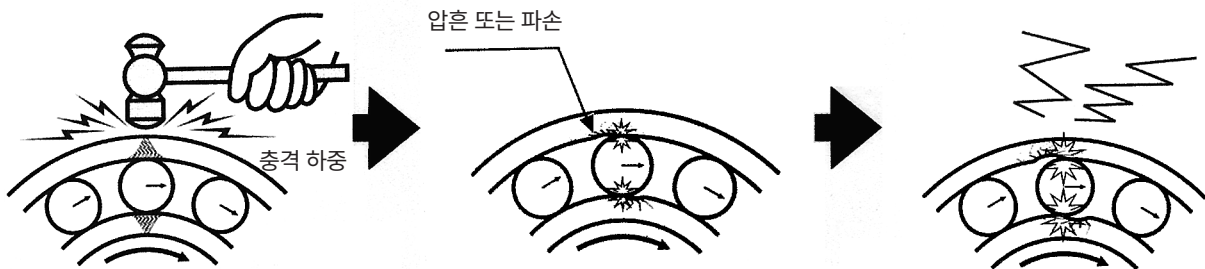
- * 적절한 공구와 프레스를 사용하여 압입합니다
망치로 두드리리는 방식으로 조립하면 베어링이 손상될 수 있습니다.



- * 베어링의 취약점

★ 내충격성이 약함

베어링의 궤도면과 전동체 사이 회전 운동을 감당하는 접촉면이 매우 작기 때문에 과도한 하중 및 충격으로 접촉면에 압흔이 발생될 수 있으므로 두드리거나 떨어뜨리는 것을 피해야 합니다.



★ 먼지 역시 베어링에 치명적 손상을 줍니다.

회전 중 베어링 내부에 먼지가 유입되는 경우 궤도면 및 전동체 표면이 손상되어 베어링 소음 및 회전 불량 발생됩니다.

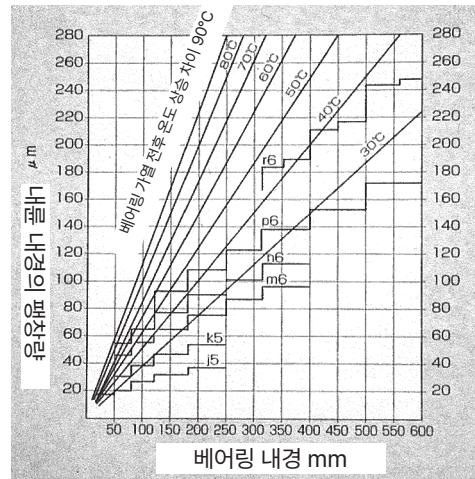
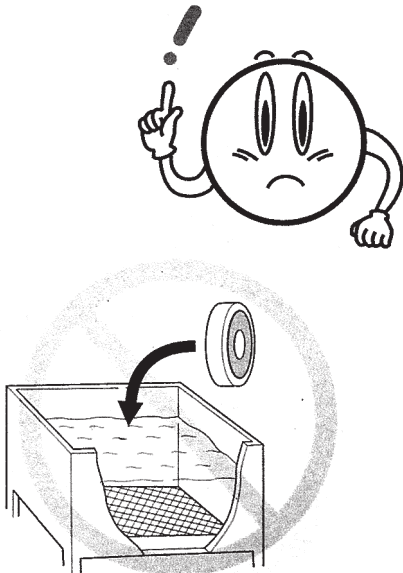
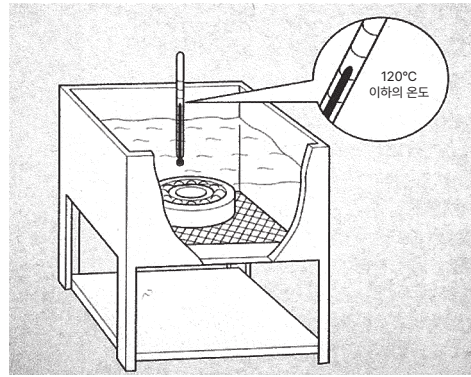


그림 9.4 베어링 조립 시 주의사항

1. 일반적인 방법과 동일하게 베어링을 가열된 오일에 담급니다.
(반드시 깨끗한 오일이어야 합니다.)
(베어링이 일부만 가열되는 것을 방지하기 위해 베어링을 금속망에 놓거나 오일 탱크에 매달 수 있습니다.)
2. 내륜 가열 온도는 다음 도표, 축 직경 및 끼워맞춤 상태 조건에 따라 결정됩니다.
3. 내륜과 샤프트 솔더의 틈새가 생기는 것을 방지하기 위해 베어링이 냉각되기 전에 베어링을 축 위치에 압입해야 합니다.

※ 가열 시의 주의사항:

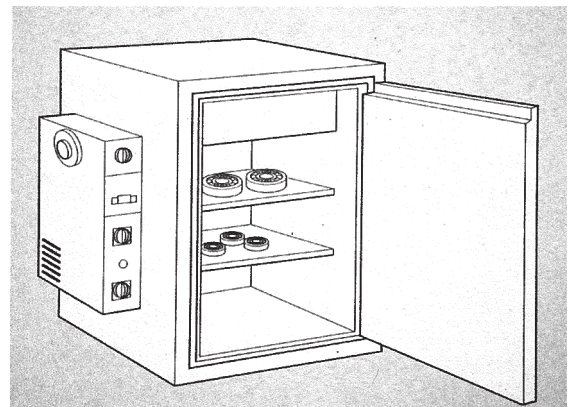
1. 표준 베어링 가열 온도는 120°C를 초과해서는 안 됩니다.
2. 이 방법은 그리스가 충전된 베어링 및 밀봉형 베어링에는 사용할 수 없습니다.



내륜 열박음에 필요한 가열 온도

기타 가열 방법:

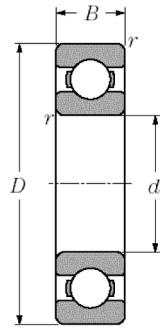
1. 항온 챔버(BOX)
베어링을 건조 상태에서 사용하십시오.
2. 유도 가열장치
원통형 (롤러) 베어링의 내륜은 건조 상태에서 가열되며, 간단한 가열로 충분합니다.
사전에 반드시 충분히 탈자(脫磁)합니다.
(더 자세한 베어링의 가열 방법은 TPI에 문의하십시오)



항온 챔버

그림 9.5 열박음 방법 (내륜 가열 팽창 조립 방식)

단열 깊은 홈 볼 베어링 Single-row Deep Groove Ball Bearings



오픈 타입 (OPEN)



실드 타입 (ZZ)



비접촉시일 타입 (LLB)



저토크시일 타입 (LLH)



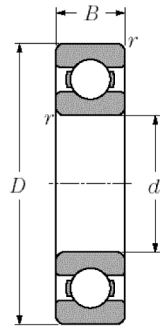
접촉시일 타입 (LLU)

d : 10~20 mm

주요 치수 mm				기본 동 정격 하중	기본 정 정격 하중	허용 분당 회전수 rpm				호칭번호				
d	D	B	r _{min}	kN		그리스 윤활			오일 윤활		실드 타입	비접촉 시일 타입	저토크 시일 타입	접촉시일 타입
				C _r	C _{or}	오픈 Z, ZZ, LB, LLB	LLH	LU, LLU	오픈 Z, LB	오픈 타입				
10	19	5	0.3	1 830	925	32 000	-	24 000	38 000	6800	ZZ	LLB	-	LLU
	22	6	0.3	2 700	1 270	30 000	-	21 000	36 000	6900	ZZ	LLB	-	LLU
	26	8	0.3	4 550	1 960	29 000	25 000	21 000	34 000	6000	ZZ	LLB	LLH	LLU
	30	9	0.6	5 100	2 390	25 000	21 000	18 000	30 000	6200	ZZ	LLB	LLH	LLU
	35	11	0.6	8 200	3 500	23 000	20 000	16 000	27 000	6300	ZZ	LLB	LLH	LLU
12	21	5	0.3	1 920	1 040	29 000	-	20 000	35 000	6801	ZZ	LLB	-	LLU
	24	6	0.3	2 890	1 460	27 000	-	19 000	32 000	6901	ZZ	LLB	-	LLU
	28	7	0.3	5 100	2 390	26 000	-	-	30 000	16001	-	-	-	-
	28	8	0.3	5 100	2 390	26 000	21 000	18 000	30 000	6001	ZZ	LLB	LLH	LLU
	32	10	0.6	6 100	2 750	22 000	20 000	16 000	26 000	6201	ZZ	LLB	LLH	LLU
37	12	1.0	9 700	4 200	20 000	19 000	15 000	24 000	6301	ZZ	LLB	LLH	LLU	
15	24	5	0.3	2 080	1 260	26 000	-	17 000	31 000	6802	ZZ	LLB	-	LLU
	28	7	0.3	3 650	2 000	24 000	-	16 000	28 000	6902	ZZ	LLB	-	LLU
	32	8	0.3	5 600	2 830	22 000	-	-	26 000	16002	-	-	-	-
	32	9	0.3	5 600	2 830	22 000	18 000	15 000	26 000	6002	ZZ	LLB	LLH	LLU
	35	11	0.6	7 750	3 600	19 000	18 000	15 000	23 000	6202	ZZ	LLB	LLH	LLU
42	13	1	11 400	5 450	17 000	15 000	12 000	21 000	6302	ZZ	LLB	LLH	LLU	
17	26	5	0.3	2 230	1 460	24 000	-	15 000	28 000	6803	ZZ	LLB	-	LLU
	30	7	0.3	4 650	2 580	22 000	-	14 000	26 000	6903	ZZ	LLB	-	LLU
	35	8	0.3	6 800	3 350	20 000	-	-	24 000	16003	-	-	-	-
	35	10	0.3	6 800	3 350	20 000	16 000	14 000	24 000	6003	ZZ	LLB	LLH	LLU
	40	12	0.6	9 600	4 600	18 000	15 000	12 000	21 000	6203	ZZ	LLB	LLH	LLU
47	14	1	13 500	6 550	16 000	14 000	11 000	19 000	6303	ZZ	LLB	LLH	LLU	
20	32	7	0.3	4 000	2 470	21 000	-	13 000	25 000	6804	ZZ	LLB	-	LLU
	37	9	0.3	6 400	3 700	19 000	-	12 000	23 000	6904	ZZ	LLB	-	LLU
	42	8	0.3	7 900	4 500	18 000	-	-	21 000	16004	-	-	-	-
	42	12	0.6	9 400	5 050	18 000	13 000	11 000	21 000	6004	ZZ	LLB	LLH	LLU
	47	14	1	12 800	6 650	16 000	12 000	10 000	18 000	6204	ZZ	LLB	LLH	LLU
52	15	1.1	15 900	7 900	14 000	12 000	10 000	17 000	6304	ZZ	LLB	LLH	LLU	

참고: * 해당 형번은 TPI의 가공범위 내에 있는 제품으로, 현재는 양산하고 있지는 않으나 고객 요청 시 생산 가능합니다.

단열 깊은 홈 볼 베어링 Single-row Deep Groove Ball Bearings



오픈 타입 (OPEN)



실드 타입 (ZZ)



비접촉시일 타입 (LLB)



저토크시일 타입 (LLH)

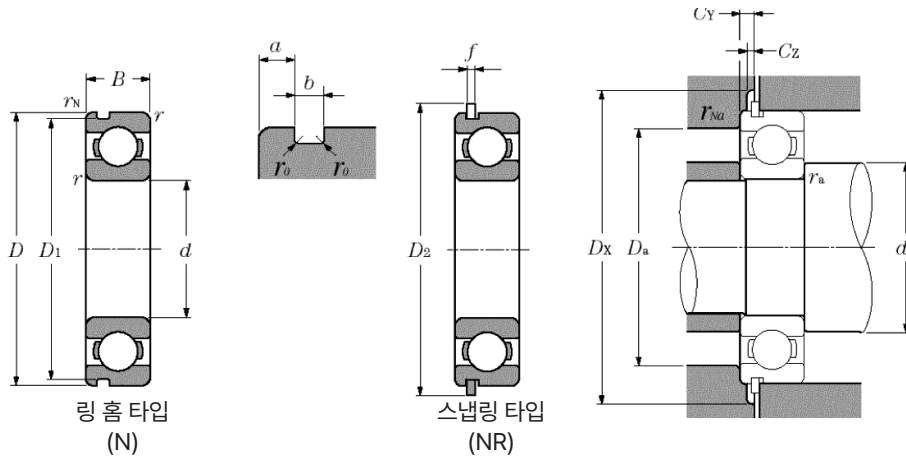


접촉시일 타입 (LLU)

d : 22~35 mm

주요 치수 mm				기본 동 정격 하중	기본 정 정격 하중	허용 분당 회전수 rpm				호칭번호				
d	D	B	r _{min}	kN		그리스 윤활		오일 윤활		오픈 타입	실드 타입	비접촉 시일 타입	저토크 시일 타입	접촉시일 타입
				C _r	C _{or}	오픈 Z, ZZ, LB, LLB	LLH	LU, LLU	오픈 Z, LB					
22	44	12	0.6	9 400	5 050	17 000	13 000	10 000	20 000	60/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	50	14	1	12 900	6 800	14 000	12 000	9 700	17 000	62/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	56	16	1.1	18 400	9 250	13 000	11 000	9 200	15 000	63/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
25	37	7	0.3	4 300	2 950	18 000	-	10 000	21 000	6805	ZZ	LLB	-	LLU
	42	9	0.3	7 050	4 550	16 000	-	9 800	19 000	6905	ZZ	LLB	-	LLU
	47	8	0.3	8 350	5 100	15 000	-	-	18 000	16005	-	-	-	-
	47	12	0.6	10 100	5 850	15 000	11 000	9 400	18 000	6005	ZZ	LLB	LLH	LLU
	52	15	1	14 000	7 850	13 000	11 000	8 900	15 000	6205	ZZ	LLB	LLH	LLU
28	62	17	1.1	21 200	10 900	12 000	9 700	8 100	14 000	6305	ZZ	LLB	LLH	LLU
	80	21	1.5	34 500	17 500	10 000	-	-	12 000	6405	-	-	-	-
	52	12	0.6	12 500	7 400	14 000	10 000	8 400	16 000	60/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
30	58	16	1	17 900	9 750	12 000	9 700	8 100	14 000	62/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
	68	18	1.1	26 700	14 000	11 000	8 900	7 400	13 000	63/28	ZZ	LLB	LLH	LLU
	42	7	0.3	4 700	3 650	15 000	-	8 800	18 000	6806	ZZ	LLB	-	LLU
32	47	9	0.3	7 250	5 000	14 000	-	8 400	17 000	6906	ZZ	LLB	-	LLU
	55	9	0.3	11 200	7 350	13 000	-	-	15 000	16006*	-	-	-	-
	55	13	1	13 200	8 300	13 000	9 200	7 700	15 000	6006	ZZ	LLB	LLH	LLU
	62	16	1	19 500	11 300	11 000	8 800	7 300	13 000	6206	ZZ	LLB	LLH	LLU
35	72	19	1.1	26 700	15 000	10 000	7 900	6 600	12 000	6306	ZZ	LLB	LLH	LLU
	58	13	1	11 800	8 050	12 000	8 700	7 200	15 000	60/32	ZZ	LLB	LLH	LLU
	65	17	1	20 700	11 600	11 000	8 400	7 100	12 000	62/32	ZZ	LLB	LLH	LLU
35	75	20	1.1	29 800	16 900	9 500	7 700	6 500	11 000	63/32*	ZZ	LLB	LLH	LLU
	47	7	0.3	4 900	4 050	13 000	-	-	16 000	6807*	ZZ	LLB	-	LLU
	55	10	0.6	9 550	6 850	12 000	-	7 100	15 000	6907	ZZ	LLB	-	LLU
	62	9	0.3	11 700	8 200	12 000	-	-	14 000	16007*	-	-	-	-
	62	14	1	16 000	10 300	12 000	8 200	6 800	14 000	6007	ZZ	LLB	LLH	LLU
	72	17	1.1	25 700	15 300	9 800	7 600	6 300	11 000	6207	ZZ	LLB	LLH	LLU
80	21	1.5	33 500	19 100	8 800	7 300	6 000	10 000	6307	ZZ	LLB	LLH	LLU	

참고: * 해당 형번은 TPI의 가공범위 내에 있는 제품으로, 현재는 양산하고 있지는 않으나 고객 요청 시 생산 가능합니다.



동등가 레이디얼 하중

$$P_r = XF_r + YF_a$$

$\frac{F_a}{C_{or}}$	e	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
0.01	0.18	1	0	0.56	2.46
0.02	0.20				2.14
0.04	0.24				1.83
0.07	0.27				1.61
0.10	0.29				1.48
0.15	0.32				1.35
0.20	0.35				1.25
0.30	0.38				1.13
0.40	0.41				1.05
0.50	0.44				1.00

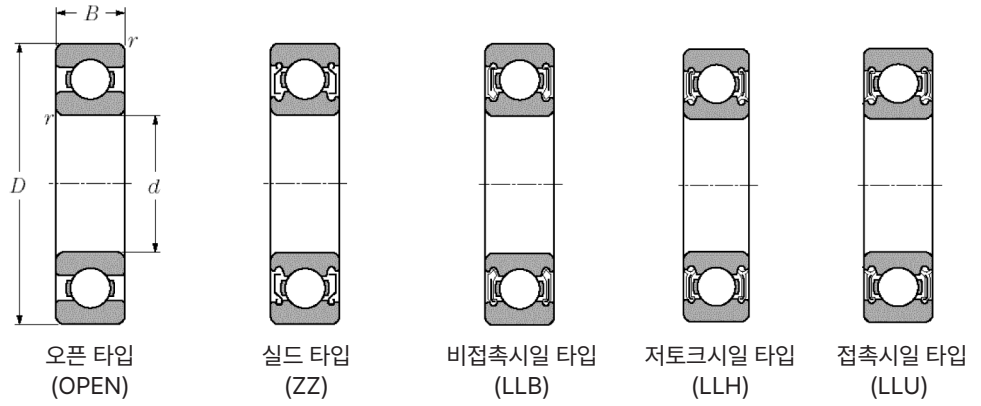
정등가 레이디얼 하중

$$P_{or} = 0.6F_r + 0.5F_a$$

단, $P_{or} < F_r$ 인 경우 $P_{or} = F_r$ 로 한다.

링홀 타입	스냅 타입	링 홀 치수 mm				스냅링 치수 mm				조립 관계 치수 mm				질량 kg	참고	
		D_1 최대	a 최대	b 최소	r_o 최대	D_2 최대	f 최대	d_a 최소	d_a 최대	D_a 최대	r_a 최대	D_x (참고)	C_y 최대			C_z 최대
N	NR	41.75	2.06	1.35	0.4	48.3	1.12	26	26.5	40	0.6	49	2.9	1.2	0.5	0.074
N	NR	47.6	2.46	1.35	0.4	55.7	1.12	27	29.5	45	1	56.5	3.3	1.2	0.5	0.117
N	NR	53.6	2.46	1.35	0.4	61.7	1.12	28.5	31	49.5	1	62.5	3.3	1.2	0.5	0.176
N	NR	35.7	1.3	0.95	0.25	39.8	0.85	27	28	35	0.3	40.5	1.9	0.9	0.3	0.022
N	NR	40.7	1.7	0.95	0.25	44.8	0.85	27	29	40	0.3	45.5	2.3	0.9	0.3	0.042
-	-	-	-	-	-	-	-	27	-	45	0.3	-	-	-	-	0.060
N	NR	44.6	2.06	1.35	0.4	52.7	1.12	29	30.5	43	0.6	53.5	2.9	1.2	0.5	0.080
N	NR	49.73	2.46	1.35	0.4	57.9	1.12	30	32	47	1	58.5	3.3	1.2	0.5	0.128
N	NR	59.61	3.28	1.9	0.6	67.7	1.7	31.5	35	55.5	1	68.5	4.6	1.7	0.5	0.232
-	-	-	-	-	-	-	-	33	-	72	1.5	-	-	-	-	0.53
N	NR	49.7	2.06	1.35	0.4	57.9	1.12	32	34	48	0.6	58.5	2.9	1.2	0.5	0.098
N	NR	55.6	2.46	1.35	0.4	63.7	1.12	33	35.5	53	1	64.5	3.3	1.2	0.5	0.171
N	NR	64.82	3.28	1.9	0.6	74.6	1.7	34.5	38.5	61.5	1	76	4.6	1.7	0.5	0.284
N	NR	40.7	1.3	0.95	0.25	44.8	0.85	32	33	40	0.3	45.5	1.9	0.9	0.3	0.026
N	NR	45.7	1.7	0.95	0.25	49.8	0.85	32	34	45	0.3	50.5	2.3	0.9	0.3	0.048
-	-	-	-	-	-	-	-	32	-	53	0.3	-	-	-	-	0.091
N	NR	52.6	2.08	1.35	0.4	60.7	1.12	35	37	50	1	61.5	2.9	1.2	0.5	0.116
N	NR	59.61	3.28	1.9	0.6	67.7	1.7	35	39	57	1	68.5	4.6	1.7	0.5	0.199
N	NR	68.81	3.28	1.9	0.6	78.6	1.7	36.5	43	65.5	1	80	4.6	1.7	0.5	0.360
N	NR	55.6	2.08	1.35	0.4	63.7	1.12	37	39	53	1	64.5	2.9	1.2	0.5	0.129
N	NR	62.6	3.28	1.9	0.6	70.7	1.7	37	40	60	1	71.5	4.6	1.7	0.5	0.226
N	NR	71.83	3.28	1.9	0.6	81.6	1.7	38.5	43.5	68.5	1	83	4.6	1.7	0.5	0.382
N	NR	45.7	1.3	0.95	0.25	49.8	0.85	37	38	45	0.3	50.5	1.9	0.9	0.3	0.029
N	NR	53.7	1.7	0.95	0.25	57.8	0.85	39	40	51	0.6	58.8	2.3	0.9	0.5	0.074
-	-	-	-	-	-	-	-	37	-	60	0.3	-	-	-	-	0.110
N	NR	59.61	2.08	1.9	0.6	67.7	1.7	40	42	57	1	68.5	3.4	1.7	0.5	0.155
N	NR	68.81	3.28	1.9	0.6	78.6	1.7	41.5	45	65.5	1	80	4.6	1.7	0.5	0.288
N	NR	76.81	3.28	1.9	0.6	86.6	1.7	43	47	72	1.5	88	4.6	1.7	0.5	0.457

단열 깊은 홈 볼 베어링 Single-row Deep Groove Ball Bearings

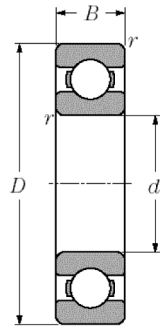


d : 40~70 mm

주요 치수 mm				기본 동 정격 하중 kN	기본 정 정격 하중 kN	허용 분당 회전수 rpm			호칭번호					
d	D	B	r _{min}			그리스 윤활		오일 윤활		오른 타입	실드 타입	비접촉 시일 타입	저토크 시일 타입	접촉시일 타입
40	52	7	0.3	5 100	4 400	12 000	-	-	14 000	6808	ZZ	LLB	-	LLU
	62	12	0.6	12 200	8 900	11 000	-	6 300	13 000	6908	ZZ	LLB	-	LLU
	68	9	0.3	12 600	9 650	10 000	-	-	12 000	16008*	-	-	-	-
	68	15	1	16 800	11 500	10 000	7 300	6 100	12 000	6008	ZZ	LLB	LLH	LLU
	80	18	1.1	29 100	17 800	8 700	6 700	5 600	10 000	6208	ZZ	LLB	LLH	LLU
	90	23	1.5	40 500	24 000	7 800	6 400	5 300	9 200	6308	ZZ	LLB	LLH	LLU
45	58	7	0.3	5 350	4 950	11 000	-	5 900	12 000	6809*	ZZ	LLB	-	LLU
	68	12	0.6	13 100	10 400	9 800	-	5 600	12 000	6909	ZZ	LLB	-	LLU
	75	10	0.6	12 900	10 500	9 200	-	-	11 000	16009*	-	-	-	-
	75	16	1	21 000	15 100	9 200	6 500	5 400	11 000	6009	ZZ	LLB	LLH	LLU
	85	19	1.1	32 500	20 400	7 800	6 200	5 200	9 200	6209	ZZ	LLB	LLH	LLU
100	25	1.5	53 000	32 000	7 000	5 600	4 700	8 200	6309	ZZ	LLB	LLH	LLU	
50	65	7	0.3	6 600	6 100	9 600	-	5 300	11 000	6810	ZZ	LLB	-	LLU
	72	12	0.6	13 400	11 200	8 900	-	5 100	11 000	6910*	ZZ	LLB	-	LLU
	80	10	0.6	13 200	11 300	8 400	-	-	9 800	16010	-	-	-	-
	80	16	1	21 800	16 600	8 400	6 000	5 000	9 800	6010	ZZ	LLB	LLH	LLU
	90	20	1.1	35 000	23 200	7 100	5 700	4 700	8 300	6210	ZZ	LLB	LLH	LLU
110	27	2	62 000	38 500	6 400	5 000	4 200	7 500	6310	ZZ	LLB	LLH	LLU	
55	72	9	0.3	8 800	8 100	8 700	-	4 800	10 000	6811*	ZZ	LLB	-	LLU
	80	13	1	16 000	13 300	8 200	-	4 600	9 600	6911*	ZZ	LLB	-	LLU
	90	11	0.6	18 600	15 300	7 700	-	-	9 000	16011*	-	-	-	-
	90	18	1.1	28 300	21 200	7 700	-	4 500	9 000	6011	ZZ	LLB	-	LLU
	100	21	1.5	43 500	29 200	6 400	-	4 300	7 600	6211*	ZZ	LLB	-	LLU
120	29	2	71 500	45 000	5 800	-	3 900	6 800	6311	ZZ	LLB	-	LLU	
60	78	10	0.3	11 500	10 600	8 000	-	4 400	9 400	6812*	ZZ	LLB	-	LLU
	85	13	1	16 400	14 300	7 600	-	4 300	8 900	6912*	ZZ	LLB	-	LLU
	95	11	0.6	20 000	17 500	7 000	-	-	8 300	16012*	-	-	-	-
	95	18	1.1	29 500	23 200	7 000	-	4 100	8 300	6012*	ZZ	LLB	-	LLU
	110	22	1.5	52 500	36 000	6 000	-	3 800	7 000	6212	ZZ	LLB	-	LLU
130	31	2.1	82 000	52 000	5 400	-	3 600	6 300	6312	ZZ	LLB	-	LLU	
65	140	33	2.1	92 500	60 000	4 900	-	-	5 800	6313	-	-	-	-
70	150	35	3	104 000	68 000	4 100	-	-	4 800	6314*	-	-	-	-

참고: * 해당 형번호는 TPI의 가공범위 내에 있는 제품으로, 현재는 양산하고 있지는 않으나 고객 요청 시 생산 가능합니다.

단열 깊은 홈 볼 베어링 Single-row Deep Groove Ball Bearings



오픈 타입 (OPEN)



실드 타입 (ZZ)



비접촉시일 타입 (LLB)



저토크시일 타입 (LLH)



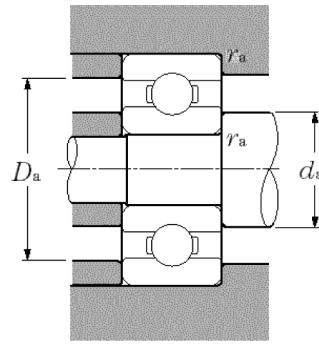
접촉시일 타입 (LLU)

기타 특수 재질, 종류, 치수

d	주요 치수 mm			기본 동 정격 하중 C_r	기본 정 정격 하중 C_{or}	허용 분당 회전수 rpm	
	D	B	r_{min}			그리스 윤활	오일 윤활
12	32	10	0.6	6 100	2 750	22 000	26 000
15	35	11	0.6	7 750	3 600	19 000	23 000
17	40	12	0.6	9 600	4 600	18 000	21 000
20	47	14	1.0	12 800	6 650	16 000	18 000
25	52	15	1.0	14 000	7 850	13 000	15 000
30	55	13	1.0	13 200	8 300	13 000	15 000
8	23	14	0.3	3 950	1 540	22 000	26 000
8	22	7	0.3	3 350	1 400	32 000	37 000
9	26	8	0.3	4 550	1 960	30 000	35 000
10	26	8	0.3	4 550	1 960	29 000	34 000
12	28	8	0.3	5 100	2 390	26 000	30 000
15	32	9	0.3	5 600	2 830	22 000	26 000
15	35	11	0.6	7 750	3 600	19 000	23 000
9.525	22.225	5.557	0.41	3 300	1 400	31 000	37 000
9.525	22.225	7.142	0.41	3 300	1 400	31 000	37 000
12.7	28.575	6.35	0.41	5 100	2 390	25 000	29 000
12.7	28.575	7.938	0.41	5 100	2 390	25 000	29 000
30	62	16	1.0	24 900	16 300	10 000	12 000
35	72	17	1.1	33 000	22 100	8 800	10 000
7	18	6	0.2	2 240	910	34 000	40 000
8	18	6	0.2	2 240	910	34 000	40 000
10	26	8	0.3	4 590	1 980	29 000	34 000
10	30	8	0.6	5 100	2 390	25 000	30 000
11.087	30	9	0.6	5 100	2 390	18 000	30 000
14	26	7	0.3	3 430	1 795	26 000	31 000
15	42	11.5	0.6	11 400	5 450	17 000	21 000
15	35	8.5	0.6	7 750	3 600	19 000	23 000
15	35	13	0.6	7 760	3 610	19 000	23 000
15.875	34.925	11	0.6	7 750	3 600	15 000	23 000
15.875	34.925	11.112	0.6	7 750	3 600	15 000	23 000
15.875	34.925	11	0.6	7 750	3 600	15 000	23 000

동등가 레이디얼 하중

$$P_r = XF_r + YF_a$$



$\frac{F_a}{C_{or}}$	e	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
0.01	0.18	1	0	0.56	2.46
0.02	0.20				2.14
0.04	0.24				1.83
0.07	0.27				1.61
0.10	0.29				1.48
0.15	0.32				1.35
0.20	0.35				1.25
0.30	0.38				1.13

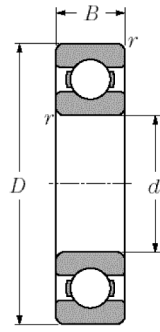
정등가 레이디얼 하중

$$P_{or} = 0.6F_r + 0.5F_a$$

단, $P_{or} < F_r$ 인 경우 $P_{or} = F_r$ 로 한다.

오픈 타입	베어링 규격 분류		설치 관련 치수 mm			질량 Kg 오픈 타입 (참고)
	비접촉식 시일 타입 LLB 방진 실드 타입 ZZ	접촉식 시일 타입	d_a 최소	D_a 최대	r_a 최대	
AC-6201	AC-6201ZZ	AC-6201LLU	16	28	0.6	0.037
AC-6202	AC-6202ZZ	AC-6202LLU	19	31	0.6	0.045
AC-6203	AC-6203ZZ	AC-6203LLU	21	36	0.6	0.066
-	AC-6204 LLB	AC-6204 LLU	25	42	1.0	0.106
-	AC-6205ZZ	-	30	47	1.0	0.128
-	AC-6006ZZ	-	35	50	1.0	0.116
EC1-SC8A37	-	-	10	21	0.3	0.024
EC-608	EC-608ZZ	-	10	20	0.3	0.012
EC-629	EC-629ZZ	EC-629LLU	13	22	0.3	0.020
EC-6000	EC-6000ZZ	EC-6000LLU	12	24	0.3	0.019
-	EC1-6001ZZ	-	14	26	0.3	0.021
EC-6002	EC-6002ZZ	EC-6002LLU	17	30	0.3	0.030
EC1-6202	EC1-6202LLB	-	19	31	0.6	0.045
EE3	-	-	12.5	20.2	0.4	0.009
-	R6ZZ	R6LLU	12.5	20.2	0.4	0.014
EE4	-	-	14.5	25.5	0.3	0.017
R8U	R8ZZ	R8LLU	14.5	25.5	0.3	0.022
BL206	-	-	36	56	1.0	0.214
BL207	-	-	42	65	1.0	0.318
-	SC727ZZ	-	9	17	0.2	0.007
-	SC8A96ZZ*	-	9	17	0.2	0.006
-	SC0039ZZ	-	12	24	0.3	0.018
SC00T50	-	-	14	26	0.6	0.029
-	-	SC0117LLU	14	26	0.6	0.029
-	SC02T01LLB	-	16	24	0.3	0.013
SC0284	-	-	20	37	0.6	0.074
SC02A17	-	-	19	31	0.6	0.045
-	-	SC02A51LLU	19	31	0.6	0.049
-	SC0217ZZ	SC0217LLU	19	31	0.6	0.045
-	SC0228LLB	SC0228LLU	19	31	0.6	0.045
-	-	SC02A47LLU	19	31	0.6	0.045

단열 깊은 홈 볼 베어링 Single-row Deep Groove Ball Bearings



오픈 타입 (OPEN)



실드 타입 (ZZ)



비접촉시일 타입 (LLB)



저토크시일 타입 (LLH)



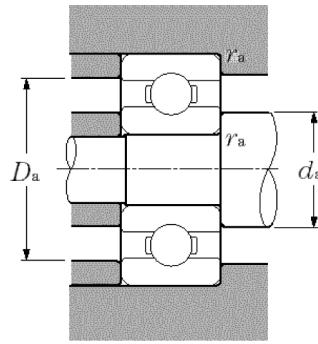
접촉시일 타입 (LLU)

d	주요 치수 mm			기본 동정격 하중 C_r	기본 정정격 하중 C_{or}	허용 분당 회전수 rpm	
	D	B	r_{min}			그리스 윤활	오일 윤활
17	42	13	0.6	11 400	5 200	18 000	21 000
17	42	12	0.6	11 400	5 200	18 000	21 000
17	40	14	0.6	9 600	4 600	18 000	21 000
17	46	14	0.6	13 500	6 550	11 000	19 000
17	52	16	1.0	16 000	7 940	11 000	19 000
18	30	7	0.3	4 600	2 620	22 000	26 000
19.05	45.225	15.494	1.0	13 500	6 550	16 000	19 000
19.06	45.224	15.494	1.0	12 800	6 550	16 000	19 000
20	47	12	1.0	12 800	6 650	16 000	18 000
20	47	12	1.0	10 100	5 750	14 000	17 000
20	52	12	1.0	10 100	5 750	14 000	17 000
20	52	12	1.0	12 800	6 650	16 000	18 000
22	56	15	1.1	20 700	10 400	13 000	15 000
22	56	15	1.5	20 700	10 400	13 000	15 000
25	52	13	1.0	14 000	7 850	13 000	15 000
25	52	15	1.0	14 000	7 850	13 000	15 000
25	52	15	1.0	14 000	7 850	13 000	15 000
25	56	12	0.6	14 000	7 850	13 000	15 000
25	62	12	0.6	16 700	9 600	12 000	14 000
28	72	18	1.5	19 500	11 300	11 000	13 000
35	72	14	1.0	25 700	15 300	9 800	11 000
6	19	6.6	0.3	2 340	885	34 000	40 000
12	32	10.8	0.6	6 100	2 750	22 000	26 000
12	32	16	0.6	6 100	2 750	22 000	26 000
15	35	11	0.6	7 750	3 600	19 000	23 000
27	47	8	0.3	10 100	5 850	15 000	18 000
15.875	34.925	11	0.6	7 750	3 600	15 000	23 000

참고: * 해당 형번은 TPI의 가공범위 내에 있는 제품으로, 현재는 양산하고 있지는 않으나 고객 요청 시 생산 가능합니다.

동등가 레이디얼 하중

$$P_r = XF_r + YF_a$$



$\frac{F_a}{C_{or}}$	e	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
0.01	0.18	1	0	0.56	2.46
0.02	0.20				2.14
0.04	0.24				1.83
0.07	0.27				1.61
0.10	0.29				1.48
0.15	0.32				1.35
0.20	0.35				1.25
0.30	0.38				1.13

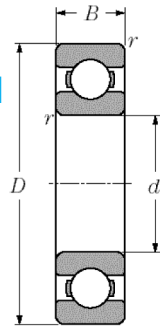
정등가 레이디얼 하중

$$P_{or} = 0.6F_r + 0.5F_a$$

단, $P_{or} < F_r$ 인 경우 $P_{or} = F_r$ 로 한다.

오픈 타입	베어링 규격 분류		설치 관련 치수 mm			질량 Kg 오픈 타입 (참고)
	비접촉식 시일 타입 LLB 방진 실드 타입 ZZ	접촉식 시일 타입	d_a 최소	D_a 최대	r_a 최대	
SC03A39	-	-	21	36	0.6	0.080
SC0345	-	SC0345LLU	21	36	0.6	-
-	-	SC03T01LLU	21	36	0.6	0.068
-	-	SC03T52LLU	22	42	0.6	0.115
-	-	SC03T50LLU	22	47	1.0	0.166
-	-	SC03T02LLB	20	28	0.3	0.018
SC04B09	-	-	22	42	1.0	-
-	-	SC0440LLU	25	39	1.0	0.108
SC04A31	-	-	25	42	1.0	0.068
SC04A34	-	-	25	47	0.6	0.079
SC04A47	-	-	25	47	0.6	0.116
SC04A50	-	-	26	44	1.0	0.105
SC04A86	-	-	29	49	1.1	0.166
SC632201	-	-	28.5	49.5	1.5	0.166
SC05T52*	-	-	30	51	0.6	-
		SC05T03LLB*	30	51	0.6	-
SC05T51	-	-	30	51	0.6	0.128
SC05A97	-	-	30	51	0.6	0.125
SC0563*	-	-	30	55	0.6	-
SC06T02	-	-	35	57	1.0	-
SC07B37	-	-	41.5	65.5	1.0	0.241
-	SX6A54ZZ	-	8	17	0.3	0.010
SX01A36	-	-	16	28	0.6	0.037
SX01T50	-	-	16	28	0.6	0.037
-	SX02A26ZZ	-	19	31	0.6	0.041
SX05A81*	-	-	29	43	0.3	-
99502	99502HV	99502H	19	31	0.6	0.044

미니어처, 소경 볼 베어링 Miniature and Small Ball Bearings



오픈 타입
(OPEN)



실드 타입
(ZZ)



비접촉시일 타입
(LLB)



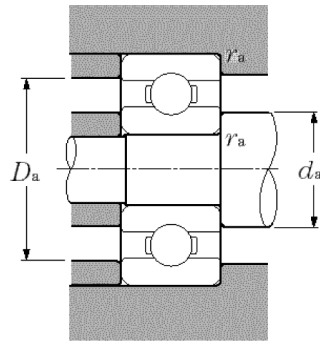
저토크시일 타입
(LLH)



접촉시일 타입
(LLU)

d : 6~9mm

주요 치수 mm				기본 동정격 하중 kN		허용 분당 회전수 rpm			
d	D	B	r _{min}	C _r	C _{or}	그리스 윤활			오일 윤활 오픈 Z, LB
						오픈 Z, ZZ, LB, LLB	LLH	LU, LLU	
6	19	6	0.3	2 340	885	34 000	36 500	30 000	40 000
7	19	6	0.3	2 240	910	34 000	33 300	27 800	40 000
7	22	7	0.3	3 350	1 400	32 000	—	23 600	37 000
8	22	7	0.3	3 350	1 400	32 000	28 000	23 000	37 000
8	24	8	0.3	4 000	1 590	31 000	—	—	36 000
8	28	9	0.3	5 100	2 390	29 000	—	20 700	34 000
9	20	6	0.3	2 480	1 090	32 000	—	—	38 000
9	24	7	0.3	3 400	1 450	31 000	—	22 000	36 000
9	26	8	0.3	4 550	1 960	30 000	—	20 700	35 000



동등가 레이디얼 하중

$$P_r = XF_r + YF_a$$

$\frac{F_a}{C_{or}}$	e	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
0.01	0.18	1	0	0.56	2.46
0.02	0.20				2.14
0.04	0.24				1.83
0.07	0.27				1.61
0.10	0.29				1.48
0.15	0.32				1.35
0.20	0.35				1.25
0.30	0.38				1.13

정등가 레이디얼 하중

$$P_{or} = 0.6F_r + 0.5F_a$$

단, $P_{or} < F_r$ 인 경우 $P_{or} = F_r$ 로 한다.

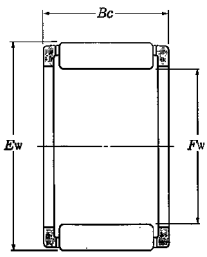
호칭번호					설치 관련 치수 mm					질량 kg
오픈 타입	실드 타입	비접촉 시일 타입	저토크 시일 타입	접촉시일 타입	최소 d_a	최대 d_a	최대 D_a	최대 r_a	참고	
626	ZZ	LLB	LLH	LLU	8	9.5	17	0.3	0.009	
607	ZZ	LLB	LLH	LLU	9	10.4	17	0.3	0.008	
627	ZZ	LLB	-	LLU	9	12.2	20	0.3	0.013	
608	ZZ	LLB	LLH	LLU	10	12.2	20	0.3	0.012	
628	ZZ	-	-	-	10	12.1	22	0.3	0.017	
638	ZZ	-	-	LLU	10	13.9	24	0.3	0.027	
699	ZZ	LLB	-	-	11	11.6	18	0.3	0.008	
609	ZZ	LLB	-	LLU	11	13.1	22	0.3	0.014	
629	ZZ	LLB	-	LLU	13	13.9	22	0.3	0.020	

니들 롤러 베어링

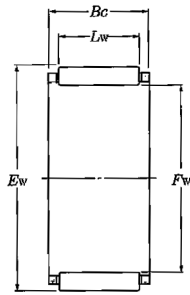
Needle Roller Bearings

주요 치수 mm					기본 동 정격 하중 kN	
	F_w	E_w	$B_c -0 -0.2$	L_w	N	kgf
*	18	24	11.8	7.8	11 300	1 150
	25	30	14.8	11.8	15 100	1 540
	25.1	30.1	13.8	10.8	14 300	1 450
	26	31	13.8	10.8	14 200	1 450
	28	33	13.8	10.8	15 100	1 540
	28	35	13.8	10.8	17 800	1 820
*	12	17	14.2	11.8	9 750	995
	28	32	17	13.8	15 300	1 560
	17	25	18	10.8	13 400	1 360
	20	29	18	10.3	14 100	1 440

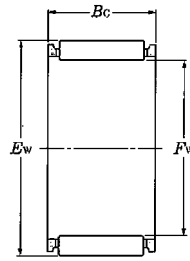
참고 : * 현재 생산되지 않는 타입이므로 , 필요하신 경우 TPI 에 문의하십시오 .



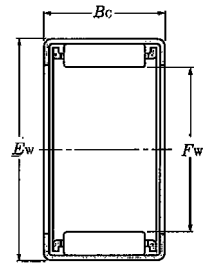
TYPE PK



TYPE KBK



TYPE K



TYPE HKS

기본 정 정격 하중 kN		호칭번호	질량 kg
N	kgf		참고
12 400	1 260	PK18×24×11.8	0.011
22 800	2 330	PK25×30×14.8 X	0.0147
20 800	2 120	PK25.1×30.1×13.8 X2	0.0145
20 900	2 130	PK26×31×13.8X31	0.015
23 100	2 360	PK28×33×13.8 X	0.0153
22 800	2 330	PK28×35×13.8 X1	0.023
10 400	1 060	KBK12×17×14.2 X2	0.0058
27 500	2 810	K28×32×17	0.017
15 200	1 550	HKS17×25×18	0.024
15 300	1 560	HKS20×29×18	0.0277

부록 1: 레이디얼 베어링 허용 공차 및 허용값

(1) 내륜

베어링 호칭 내경 d (mm)		단일 평면 내 평균 내경의 편차 Δ_{Dmp}								직경 계열 7, 8, 9		
		0등급		6등급		5등급		4등급 ¹⁾		0등급	6등급	5등급 최대
초과	미만	상	하	상	하	상	하	상	하			
0.6 ⁴⁾	2.5	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	10	9	5
2.5	10	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	10	9	5
10	18	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	10	9	5
18	30	0	-10	0	-8	0	-6	0	-5	13	10	6
30	50	0	-12	0	-10	0	-8	0	-6	15	13	8
50	80	0	-15	0	-12	0	-9	0	-7	19	15	9

베어링 호칭 내경 d (mm)		레이디얼 흔들림 K_{ra}				옆 흔들림 S_d		액셀 흔들림 S_{ia} ²⁾		0등급 상
		0등급	6등급 최대	5등급	4등급	5등급 최대	4등급	5등급 최대	4등급	
초과	최대									
0.6 ⁴⁾	2.5	10	5	4	2.5	7	3	7	3	0
2.5	10	10	6	4	2.5	7	3	7	3	0
10	18	10	7	4	2.5	7	3	7	3	0
18	30	13	8	4	3	8	4	8	4	0
30	50	15	10	5	4	8	4	8	4	0
50	80	20	10	5	4	8	5	8	5	0

- 1) 4등급에 적용되는 내경 치수 차이 Δ_{in} 의 허용값은 평균 내경 치수 차이 Δ_{Dmp} 의 허용 오차와 동일합니다. 단, 직경 계열 0, 1, 2, 3, 4에만 적용됩니다.
 2) 깊은 홈 볼 베어링, 앵귤러 볼 베어링 등 볼 베어링에 적용됩니다.
 3) 복합 베어링에 적용되는 각 궤도륜
 4) 0.6mm는 본 치수 구간에 포함됩니다.

(2) 외륜

베어링 호칭 외경 d (mm)		단일 평면 내 평균 외경 편차 Δ_{Dmp}								직경 계열 7, 8, 9		
		0등급		6등급		5등급		4등급 ⁵⁾		0등급	6등급	5등급 최대
초과	미만	상	하	상	하	상	하	상	하			
2.5 ⁸⁾	6	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	10	9	5
6	18	0	-8	0	-7	0	-5	0	-4	10	9	5
18	30	0	-9	0	-8	0	-6	0	-5	12	10	6
30	50	0	-11	0	-9	0	-7	0	-6	14	11	7
50	80	0	-13	0	-11	0	-9	0	-7	16	14	9
80	120	0	-15	0	-13	0	-10	0	-8	19	16	10
120	150	0	-18	0	-15	0	-11	0	-9	23	19	11

베어링 호칭 외경 d (mm)		단일 평면 내 평균 외경 부동 V_{Dmp}				레이디얼 흔들림 K_{ra}		
		0등급	6등급 최대	5등급	4등급	0등급	6등급	5등급 최대
초과	최대							
2.5 ⁸⁾	6	6	5	3	2	15	8	5
6	18	6	5	3	2	15	8	5
18	30	7	6	3	2.5	15	9	6
30	50	8	7	4	3	20	10	7
50	80	10	8	5	3.5	25	13	8
80	120	11	10	5	4	35	18	10
120	150	14	11	6	5	40	20	11

- 5) 4등급에 적용되는 외경 치수 차이 Δ_{os} 의 허용값은 평균 외경 치수 차이 Δ_{Dmp} 의 허용 오차와 동일합니다. 단, 직경 계열 0, 1, 2, 3, 4에만 적용됩니다.
 6) 스냅링이 설치되지 않은 경우 적용됩니다.
 7) 깊은 홈 볼 베어링, 앵귤러 볼 베어링 등의 구름 베어링에 적용됩니다.
 8) 2.5mm는 본 치수 구간에 포함됩니다.

단위: μm

내경 부동 V_{dp}									단일 평면 내 평균 내경 부동 V_{dmp}			
4등급	직경 계열 0, 1				직경 계열 2, 3, 4				0등급	6등급	5등급	4등급
	0등급	6등급	5등급	4등급	0등급	6등급	5등급	4등급				
	최대				최대				최대			
4	8	7	4	3	6	5	4	3	6	5	3	2
4	8	7	4	3	6	5	4	3	6	5	3	2
4	8	7	4	3	6	5	4	3	6	5	3	2
5	10	8	5	4	8	6	5	4	8	6	3	2.5
6	12	10	6	5	9	8	6	5	9	8	4	3
7	19	15	7	5	11	9	7	5	11	9	5	3.5

단위: μm

폭 편차 Δ_{Bs}							폭 부동 V_{Bs}				
싱글 베어링		복합 베어링 ³⁾					0등급	6등급	5등급	4등급	2등급
6등급	5등급	4등급	0등급	6등급	5등급	4등급					
하	상	하	상	하	상	하	최대				
-40	0	-40	-	-	0	-250	12	12	5	2.5	1.5
-120	0	-40	0	-250	0	-250	15	15	5	2.5	1.5
-120	0	-80	0	-250	0	-250	20	20	5	2.5	1.5
-120	0	-120	0	-250	0	-250	20	20	5	2.5	1.5
-120	0	-120	0	-250	0	-250	20	20	5	3	1.5
-150	0	-150	0	-380	0	-250	25	25	6	4	1.5

단위: μm

외경 부동 V_{dp} 오픈타입 베어링									외경 부동 V_{dp} ⁶⁾ 실드, 시일 타입 베어링	
4등급	직경 계열 0, 1				직경 계열 2, 3, 4				0등급	6등급
	0등급	6등급	5등급	4등급	0등급	6등급	5등급	4등급		
	최대				최대				최대	
4	8	7	4	3	6	5	4	3	10	9
4	8	7	4	3	6	5	4	3	10	9
5	9	8	5	4	7	6	5	4	12	10
6	11	9	5	5	8	7	5	5	16	13
7	13	11	7	5	10	8	7	5	20	16
8	19	16	8	6	11	10	8	6	26	20
9	23	19	8	7	14	11	8	7	30	25

단위: μm

4등급	외경면 기울기 S_D		액셀 흔들림 S_{va} ⁷⁾		폭 편차 Δ_{Cs} 모든 등급	폭 부동 V_{Cs}			
	5등급	4등급	5등급	4등급		0등급	6등급	5등급	4등급
	최대		최대		동일한 베어링 d 에 대한 Δ_{Bs} 허용 오차 기준	최대			
3	8	4	8	5		동일한 베어링 d 에 대한 Δ_{Bs} 허용 값 기준	5	2.5	
3	8	4	8	5			5	2.5	
4	8	4	8	5			5	2.5	
5	8	4	8	5			6	3	
5	8	4	10	5			8	4	
6	9	5	11	6			8	5	
7	10	5	13	7	8		5		

부록 2: 축과 하우징의 치수 공차

축의 치수 공차

경의 구분 mm		f5		f6		g5		g6		h4		h5		h6	
초과	이하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하
3	6	-10	-15	-10	-18	-4	-9	-4	-12	0	-4	0	-5	0	-8
6	10	-13	-19	-13	-22	-5	-11	-5	-14	0	-4	0	-6	0	-9
10	18	-16	-24	-16	-27	-6	-14	-6	-17	0	-5	0	-8	0	-11
18	30	-20	-29	-20	-33	-7	-16	-7	-20	0	-6	0	-9	0	-13
30	40														
40	50	-25	-36	-25	-41	-9	-20	-9	-25	0	-7	0	-11	0	-16
50	80	-30	-43	-30	-49	-10	-23	-10	-29	0	-8	0	-13	0	-19
경의 구분 mm		j7		k4		k5		k6		m5		m6		n5	
초과	이하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하
3	6	+8	-4	+5	+1	+6	+1	+9	+1	+9	+4	+12	+4	+13	+8
6	10	+10	-5	+5	+1	+7	+1	+10	+1	+12	+6	+15	+6	+16	+10
10	18	+12	-6	+6	+1	+9	+1	+12	+1	+15	+7	+18	+7	+20	+12
18	30	+13	-8	+8	+2	+11	+2	+15	+2	+17	+8	+21	+8	+24	+15
30	40														
40	50	+15	-10	+9	+2	+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+28	+17
50	80	+18	-12	+10	+2	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+33	+20

베어링 하우징의 치수 공차

경의 구분 mm		E7		E10		E11		E12		F6		F7		F8	
초과	이하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하
3	6	+32	+20	+68	+20	+95	+20	+140	+20	+18	+10	+22	+10	+28	+10
6	10	+40	+25	+83	+25	+115	+25	+175	+25	+22	+13	+28	+13	+35	+13
10	18	+50	+32	+102	+32	+142	+32	+212	+32	+27	+16	+34	+16	+43	+16
18	30	+61	+40	+124	+40	+170	+40	+250	+40	+33	+20	+41	+20	+53	+20
30	40														
40	50	+75	+50	+150	50	+210	+50	+300	+50	+41	+25	+50	+25	+64	+25
50	65														
65	80	+90	+60	+180	+60	+250	+60	+360	+60	+49	+30	+60	+30	+76	+30
80	100														
100	120	+107	+72	+212	+72	+292	+72	+422	+72	+58	+36	+71	+36	+90	+36
120	140	+125	+85	+245	+85	+335	+85	+485	+85	+68	+43	+83	+43	+106	+43
경의 구분 mm		H11		H13		J6		Js6		J7		Js7		K5	
초과	이하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하
3	6	+75	0	+180	0	+5	-3	+4	-4	+6	-6	+6	-6	0	-5
6	10	+90	0	+220	0	+5	-4	+4.5	-4.5	+8	-7	+7.5	-7.5	+1	-5
10	18	+110	0	+270	0	+6	-5	+5.5	-5.5	+10	-8	+9	-9	+2	-6
18	30	+130	0	+330	0	+8	-5	+6.5	-6.5	+12	-9	+10.5	-10.5	+1	-8
30	40														
40	50	+160	0	+390	0	+10	-6	+8	-8	+14	-11	+12.5	-12.5	+2	-9
50	65														
65	80	+190	0	+460	0	+13	-6	+9.5	-9.5	+18	-12	+15	-15	+3	-10
80	100														
100	120	+220	0	+540	0	+16	-6	+11	-11	+22	-13	+17.5	-17.5	+2	-13
120	140	+250	0	+630	0	+18	-7	+12.5	-12.5	+26	-14	+20	-20	+3	-15

단위: μm

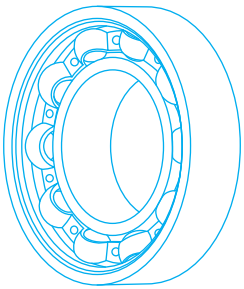
h7		h8		js4		j5		js5		j6		js6		경의 구분 mm	
상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	초과	이하
0	-12	0	-18	+2	-2	+3	-2	+2.5	-2.5	+6	-2	+4	-4	3	6
0	-15	0	-22	+2	-2	+4	-2	+3	-3	+7	-2	+4.5	-4.5	6	10
0	-18	0	-27	+2.5	-2.5	+5	-3	+4	-4	+8	-3	+5.5	-5.5	10	18
0	-21	0	-33	+3	-3	+5	-4	+4.5	-4.5	+9	-4	+6.5	-6.5	18	30
0	-25	0	-39	+3.5	-3.5	+6	-5	+5.5	-5.5	+11	-5	+8	-8	30	40
0	-30	0	-46	+4	-4	+6	-7	+6.5	-6.5	+12	-7	+9.5	-9.5	40	50
0		0												50	65

n6		p5		p6		r6		r7		기본 공차				경의 구분 mm	
상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	IT1	IT2	IT3	IT4	초과	이하
+16	+8	+17	+12	+20	+12	+23	+15	+27	+15	1.5	2.5	5	12	3	6
+19	+10	+21	+15	+24	+15	+28	+19	+34	+19	1.5	2.5	6	15	6	10
+23	+12	+26	+18	+29	+18	+34	+23	+41	+23	2	3	8	18	10	18
+28	+15	+31	+22	+35	+22	+41	+28	+49	+28	2.5	4	9	21	18	30
														30	40
+33	+17	+37	+26	+42	+26	+50	+34	+59	+34	2.5	4	11	25	40	50
+39	+20	+45	+32	+51	+32	+60	+41	+71	+41	3	5	13	30	50	65

단위: μm

G6		G7		H6		H7		H8		H9		H10		경의 구분 mm	
상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	초과	이하
+12	+4	+16	+4	+8	0	+12	0	+18	0	+30	0	+48	0	3	6
+14	+5	+20	+5	+9	0	+15	0	+22	0	+36	0	+58	0	6	10
+17	+6	+24	+6	+11	0	+18	0	+27	0	+43	0	+70	0	10	18
+20	+7	+28	+7	+13	0	+21	0	+33	0	+52	0	+84	0	18	30
+25	+9	+34	+9	+16	0	+25	0	+39	0	+62	0	+100	0	30	40
														40	50
+29	+10	+40	+10	+19	0	+30	0	+46	0	+74	0	+120	0	50	65
														65	80
+34	+12	+47	+12	+22	0	+35	0	+54	0	+87	0	+140	0	80	100
														100	120
+39	+14	+54	+14	+25	0	+40	0	+63	0	+100	0	+160	0	120	140

K6		K7		M6		M7		N6		N7		P6		P7	
상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하	상	하
+2	-6	+3	-9	-1	-9	0	-12	-5	-13	-4	-16	-9	-17	-8	-20
+2	-7	+5	-10	-3	-12	0	-15	-7	-16	-4	-19	-12	-21	-9	-24
+2	-9	+6	-12	-4	-15	0	-18	-9	-20	-5	-23	-15	-26	-11	-29
+2	-11	+6	-15	-4	-17	0	-21	-11	-24	-7	-28	-18	-31	-14	-35
+3	-13	+7	-18	-4	-20	0	-25	-12	-28	-8	-33	-21	-37	-17	-42
+4	-15	+9	-21	-5	-24	0	-30	-14	-33	-9	-39	-26	-45	-21	-51
+4	-18	+10	-25	-6	-28	0	-35	-16	-38	-10	-45	-30	-52	-24	-59
+4	-21	+12	-28	-8	-33	0	-40	-20	-45	-12	-52	-36	-61	-28	-68



DEEP GROOVE BALL BEARINGS

TPI[®]
BEARINGS

둥페이 인더스트리얼 유한회사

10F., No. 142, Sec 4, Zhongxiao E. Rd., Taipei City 106, Taiwan
TEL: +886-2-2741-7321 FAX: +886-2-2741-6623
E-mail: taipei@tpi.tw

상하이 둥페이 인더스트리얼 유한회사

No. 1555, Rongle E. Rd., SongJiang Industrial Zone, Shanghai, China
TEL: +86-21-5774-4698 FAX: +86-21-5774-4695

인도네시아 둥페이 제조 유한회사

Kawasan GIIC Blok AB No. 02, Kota Delta Mas,
Desa Sukamahi Cikarang Pusat, Bekasi 17530,
Jawa Barat, Indonesia
TEL: +62-21-8067-7410

한국 대리점

(주)유니베어

서울특별시 송파구 법원로 128, B-1107
(문정역 SKV1)
TEL: 02-6954-7871 FAX: 02-6954-7873

(주)유니스타

경상남도 창원시 마산회원구 봉암공단 13길 23-23,
6층 (봉암동, 표준공장)
TEL: 055-252-8975 FAX: 055-252-6990

