

11 축 및 하우징의 설계

11.1 축·하우징의 정밀도와 거칠기

축이나 하우징의 정도불량이 있는 경우 베어링도 그 영향을 받아, 필요한 성능을 발휘할 수가 없다. 예를 들면 설치부의 턱에 정도불량이 있으면, 베어링의 내륜·외륜간에 경사를 일으키고, 베어링하중 외에 모서리에 집중하중(edge load)이 가해지며, 베어링의 피로수명을 저하시킬 뿐만아니라 리테이너의 파손, 타 붙음 등의 손상을 일으키는 원인이 될 수도 있다.

또 하우징은 외부하중에 의한 변형이 적고, 베어링을 충분히 지지할 수 있도록 강성이 있는것이 필요하다. 강성이 높을수록 베어링의 음향이나, 하중배분등에 유리하다.

일반적인 사용조건으로는, 끼워맞춤면의 가공은 선삭가공 또는 정밀 보오링가공 등으로도 좋지만, 회전 의 진동이나 음향에 대한 요구가 엄격한 적용부위나 하중조건이 가혹한 경우에는 연삭가공이 필요하다.

일체형하우징에 베어링을 2개이상 배열시킨 경우 하우징의 끼워맞춤면은 관통구멍으로 가공할 수 있도록 설계한다. 분리형하우징에서는, 두께가 얇은 외륜을 변형시킬 수 있으므로, 가공상 주의가 필요하다.

표 11.1 축·하우징의 정도와 조도

항 목	베어링등급	축	하우징구멍
진원도공차	0급, 6급	$\frac{IT3}{2} \sim \frac{IT4}{2}$	$\frac{IT4}{2} \sim \frac{IT5}{2}$
	5급, 4급	$\frac{IT2}{2} \sim \frac{IT3}{2}$	$\frac{IT2}{2} \sim \frac{IT3}{2}$
원통도공차	0급, 6급	$\frac{IT3}{2} \sim \frac{IT4}{2}$	$\frac{IT4}{2} \sim \frac{IT5}{2}$
	5급, 4급	$\frac{IT2}{2} \sim \frac{IT3}{2}$	$\frac{IT2}{2} \sim \frac{IT3}{2}$
턱 의 흔들림 공차	0급, 6급	IT3	IT3~IT4
	5급, 4급	IT3	IT3
끼워맞춤면의 거칠기 R_a	소형베어링	0.8	1.6
	대형베어링	1.6	3.2

비 고 변경법에 의한 일반적인 추천이며, 베어링의 정밀도에 대응하여 기본공차 IT의 등급을 선정한다.

IT수치에 대하여는, 부표11(C22페이지)을 참조하여 주십시오.

또한 하우징구멍에 간섭량을 가진 베어링의 외륜을 설치하는 경우 및 두께가 얇은 베어링의 내륜·외륜을 설치하는 경우등에는 축·하우징의 정밀도가 베어링 궤도면에 주는 영향이 크므로 더욱 정밀도를 향상시킬 필요가 있다.

일반적인 사용조건으로서의 축·하우징의 정밀도와 거칠기는 표11.1의 값으로 한다.

11.2 베어링의 설치관계치수

베어링을 축 또는 하우징에 설치해서 축방향에 위치를 결정할 경우 베어링측면이 접하는 축의 턱 또는 하우징의 내경턱은 축 중심에 대해서 직각으로 끝마무리 되어야만 한다. (표11.1 참조)

또 테이퍼 로울러 베어링 정면축의 하우징 내경은 케이지와외의 접촉을 피하기 위해 베어링 외경면과 평행하게 가공한다.

또 축 또는 하우징의 모서리 반경은 베어링의 모뎀기부분과 간섭되지 않도록 주의할 필요가 있다. 따라서 구석의 모서리 반경 r_a 는 베어링의 모뎀기치수 r 또는 r_1 의 최소치를 초과하지 않는 값으로 한다.

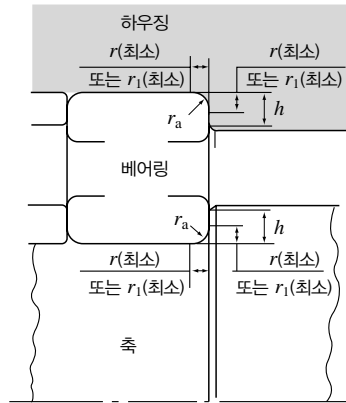


그림 11.1 레이디얼 베어링의 모뎀기치수와 축·하우징의 모서리반경과 턱의 높이

레이디얼베어링에 대한 축의 어깨 및 하우징의 어깨의 높이는, 궤도륜의 측면에 충분히 접촉시키고, 또한 해체공구 등이 접촉될 수 있는 높이로 한다. 그 최소값은 표11.2에 의한다. 베어링의 설치관계치수는 이 턱의 높이를 고려한 직경으로 베어링치수표에 기재하였다. 특히 액셀하중을 부하하는 테이퍼로울러 베어링이나 원통로울러 베어링에서는 턱부위를 충분히 지지하는 턱의 치수와 강도가 필요하다.

또한 h 및 r_a 의 값은, 축 또는 하우징의 구석의 공굴림이, 그림 11.2의 (a)의 경우에 적용되어 그림 11.2의 (b)와 같이 축을 연삭사상할 때의 피해주기치수는, 보통 표 11.3의 값에 의한다.

표 11.2 축 및 하우징의 구석의 공굴린 반경과 레이디얼 베어링에 대한 턱높이(미터계)

단위 : mm

내륜 또는 외륜의 면취치수	축 또는 하우징		
	구석의 공굴린 반경	어깨높이 h (최소)	
r (최소) 또는 r_1 (최소)	r_a (최대)	깊은흡볼베어링 ⁽¹⁾	앵글러볼베어링
		자동조심롤러베어링 원통로울러베어링 ⁽¹⁾ 슬리드형니어들 로울러베어링	테이퍼로울러베어링 ⁽²⁾ 자동조심로울러베어링
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) 액셀하중을 부하시키는 베어링에서는, 이 값보다 충분히 큰 어깨높이를 필요로 한다.

(2) 큰 액셀하중이 걸리는 경우에는, 이 값보다 충분히 큰 어깨높이를 필요로 한다.

비고 1. 슬러스트 베어링에 대하여도, 이 구석의 공굴린 반경이 적용된다.

2. 베어링치수표에는, 설치관계치수로서 어깨높이가 아니고 어깨직경으로 기재되어 있음.

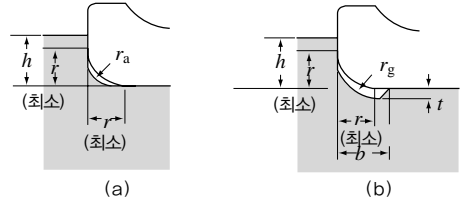


그림 11.2 베어링의 면취치수와 축의 구석의 공굴린 치수와 형상

표 11.3 축을 연삭사상하는 경우의 피해주기치수

단위 : mm

내륜 또는 외륜의 면취치수 r (최소) 또는 r_1 (최소)	피해주기치수		
	t	r_g	b
1	0.2	1.3	2
	0.3	1.5	2.4
	0.4	2	3.2
2	0.5	2.5	4
	0.5	2.5	4
	0.5	2.5	4
3	0.5	3	4.7
	0.5	4	5.9
	0.6	5	7.4
6	0.6	6	8.6
	0.6	7	10

스러스트베어링의 경우 외세의 지지면을 충분하게 넓힐 필요가 있고, 지지면의 직각도 좋게 하지 않으면 안된다.

하우징의 어깨의 직경 D_a 는, 볼의 피치원경보다 작게 취하고, 축의 어깨의 직경 d_a 는, 볼의 피치원경보다 큰 치수로 한다. (그림11.3)

스러스트 로울러 베어링에서는, 로울러의 접촉길이 전면면을 지지하는 치수로 하는것이 바람직하다. (그림 11.4)

어깨의 직경 d_a 및 D_a 는, 베어링형식별로 각각의 베어링 치수표에 기재되어 있다.

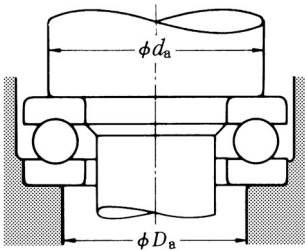


그림 11.3 스러스트 볼 베어링의 지지면의 직경

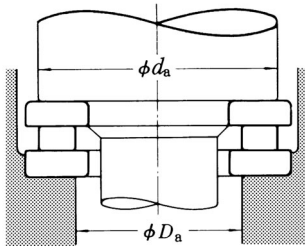


그림 11.4 스러스트 로울러 베어링의 지지면의 직경

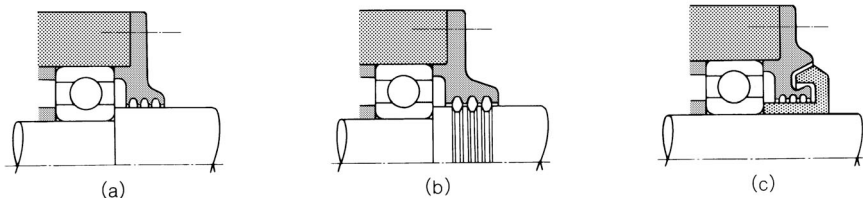


그림 11.5 오일홈의 예

11.3 밀봉장치

밀봉장치는, 외부로부터의 먼지, 수분, 금속분 등 베어링에 유해한 것의 침입을 방지하고, 베어링 부분에 보유하는 윤활제의 누유를 방지하는 것이다. 따라서 밀봉장치는 모든 운전조건에 대해 항상 밀봉, 방진의 목적을 다하는 것이어야만 하며, 또 이상한 마찰이나 타붙음 등을 일으키는 것이어서는 안된다. 동시에 분해, 조립, 보수등을 용이하게 할 수 있는 것이 요구된다.

각각의 용도에 대응하여 윤활방법과 아울러 검토하여, 적절한 밀봉장치를 선정하는 것이 필요하다.

11.3.1 비접촉형식의 밀봉장치

축과 접촉하는일 없이 마찰부분이 없는 밀봉장치로서는 오일홈, 플링거, 라비린스 등의 형식이 있다. 원심력이나 작은 클리어런스를 이용해서 밀봉의 목적을 다할 수 있다.

(1) 오일홈

오일홈 형식은 축과 하우징 카바와의 작은 틈새와 그 부분에 설치한 여러개의 홈에 의해서, 밀봉작용을 실시하는 것이다. (그림11.5 (a) (b)) 저속인 경우를 제외하고, 오일홈만으로는 윤활제의 누설방지 효과가 적기 때문에, 플링거나 라비린스와 병용하는 경우도 많다. (그림11.5(c)) 오일홈에 점도 200정도의 그리스를 채워두면 어느정도 방진효과가 있다.

축과 하우징과의 클리어런스는 작을수록 밀봉효과는 오르지만, 운전중에 양자가 접촉해서는 안되므로 표11.4에 표시하는 정도의 값을 채용한다.

홈폭은 3~5mm정도로 하고 깊이는 4~5mm 정도가 좋다. 홈수는 홈만으로 밀봉할 경우 3개 이상으로 한다.

(2) 플링거(슬링거)

축에 설치한 회전체의 원심력에 의해, 오일누출방지, 방진작용을 시키는 밀봉형식이다.

하우징 내측에 플링거를 설치한 그림11.6(a), (b)는 오일의 누유방지를 주 목적으로 한 것으로, 비교적 먼지가 적은 환경에서 사용된다. 그림11.6(c), (d)는 외부로부터의 먼지나 수분의 침입을 플링거의 원심력으로 막고 있다.

(3) 라비린스

축과 하우징의 사이에 작은 클리어런스를 갖는 요철의 조합으로 특히 고속축의 오일누유방지에 적합하다.

조립을 용이하게 하기 위하여 그림11.7(a)가 많이 사용되지만, 그림11.7(b), (c)의 쪽이 밀봉성은 좋다. 그러나 하우징 또는 카바를 분리형 또는 조립식으로 할 필요가 있다.

반경방향 및 축방향의 라비린스 클리어런스는 보통 표11.5에 표시하는 정도로 한다.

표 11.4 오일흡형식의 축과 하우징과의 클리어런스

단위 : mm

축의 호칭직경	반경방향의 클리어런스
50이하	0.25~0.4
50초과 200이하	0.5~1.5

표 11.5 라비린스의 클리어런스

단위 : mm

축의 호칭직경	라비린스 클리어런스	
	반경방향	액셀방향
50이하	0.25~0.4	1~2
50초과 200이하	0.5~1.5	2~5

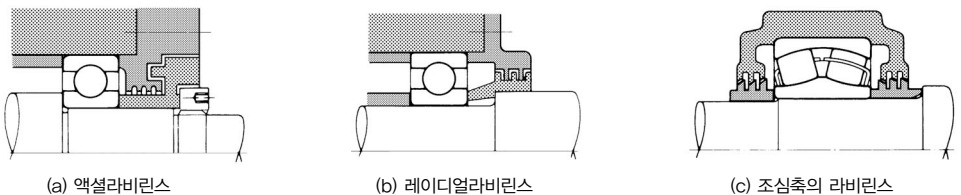
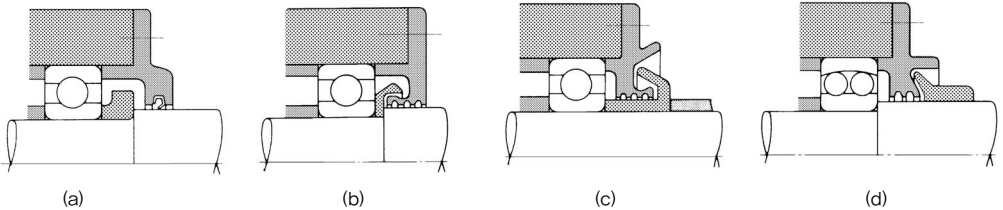


그림 11.7 라비린스의 예

11.3.2 접촉형식의 밀봉장치

합성고무, 합성수지, 펠트 등의 접촉선단이 축과 마찰접촉을 시키면서 밀봉작용을 실시하는 형식으로 합성고무 리프를 갖는 오일시일이 가장 일반적이다.

(1) 오일시일

외부로부터 먼지, 수분, 이물 등이 침입하기 쉬운 부분 또는 하우징내의 윤활제의 누유방지 부분에 많은 오일시일이 사용되고 있다. (그림11.8, 그림11.9)

오일시일에는 수없이 많은 형식과 치수가 표준화되어 있으며 (JIS B 2402 참조), 그 중에서도 적정한 긴박력을 갖기 위하여 스프링을 조합한 것이 많다. 따라서 축의 편심, 또는 불규칙 회전운동에 대해서도 어느 정도 적용할 수 있다.

시일리프의 재료로서는 일반적으로 니트릴·아크릴·실리콘·불소의 합성고무, 사불화에틸렌 수지 등이 사용된다. 허용온도의 상한은 상기의 재료의 순서로 높아지고 있다.

시일리프와 축과의 사이에 유막이 없으면 마모, 발열을 일으키기 쉽기 때문에 설치시에는 시일부분에 오일을 도포할 필요가 있다.

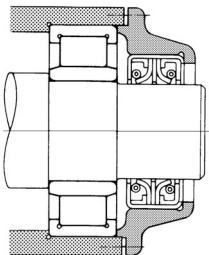
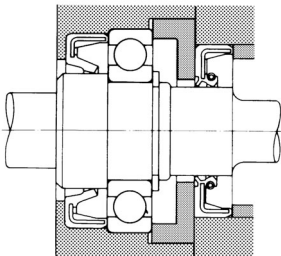


그림 11.9 오일시일사용예 (1)

또 운전중에는 접동면에 하우징내의 윤활제가 아주 조금 스며나오고 있는 듯한 상태가 바람직하다.

오일시일의 허용周速은 시일의 형식, 접동면의 사상 정도, 밀봉대상액, 온도조건, 축의 편심의 정도 등에 따라서 다르다. 사용온도 범위는 리프의 재료에 의해 제한된다. 조건이 좋은 경우의 허용주속과 사용온도 범위는 표11.6에 나타내는 값이 기준치가 된다.

주속이 큰 경우나 내압이 높을 때에는 축의 접동부를 좋게 사상할 필요가 있으며 축의 편심도 0.02~0.05m이하로 하는 편이 좋다.

축의 접동부의 경도는 내마모성을 높이기 위하여 열처리 또는 경질표로듬 등에 의해 HRC 40이상으로 할 필요가 있으며, 가능하면 HRC 55이상이 바람직하다.

축의 주속에 의해 요구되는 접동부의 표면조도의 기준치를 표11.7에 나타낸다.

(2) 펠트시일

펠트시일은 전동축 등에 오래전부터 사용되고 있었지만, 오일의 누유나 침투도 어느정도 피하기 어렵기 때문에 그리스윤활인 경우에 방진목적으로 밖에 사용되지 않는다. 축의 주속이 큰(4m/s 이상) 경우에도 적당하지 않기 때문에 용도에 맞는 합성고무로 바뀌는 것이 바람직하다.

표 11.6 오일시일의 허용주속과 사용온도범위

시일의 재료		허용주속(m/s)	사용온도범위(°C)!
합성고무	니트릴계	16이하	-25~+100
	아크릴계	25이하	-15~+130
	실리콘계	32이하	-70~+200
	불소계	32이하	-30~+200
사불화에틸렌수지		15이하	-50~+220

주 (1) 단시간의 운전시간에서는 사용온도범위의 상한을 20°C 정도 높게 취할수가 있다.

표 11.7 축의 주속과 접동부의 조도

주속(m/s)	표면조도 R_a
5이하	0.8
5~10	0.4
10초과	0.2