

10 베어링의 예압

구름베어링은 대부분의 경우 운전상태에 있어서 적당한 클리어런스를 갖고 사용된다. 목적에 따라서는 베어링을 설치했을때, 부(負)의 클리어런스가 되도록 미리 내부응력을 발생시킨 상태에서 사용하는 경우가 있다. 이와같은 사용방법을 예압이라고 하며, 앵귤러 볼 베어링이나 테이퍼 로울러 베어링과 같이 2개를 마주보게 하고 클리어런스의 조정을 할 수 있는 베어링에 적용되는 경우가 많다.

10.1 예압의 목적

예압의 주된 목적과 대표적인 사용예는 다음과 같다.

- (1) 축이 레이디얼 방향 및 액셀방향의 위치결정을 정확하게 함과 동시에 축의 진동을 억제하기 위하여 실시한다.……공작기계의 주축용 베어링, 측정기 베어링 등
- (2) 베어링의 강성을 높이기 위하여 실시한다.……공작기계의 주축용베어링, 자동차의 디퍼랜셜피니언용 베어링 등
- (3) 축방향의 진동 및 공진에 의한 이음을 방지하기 위하여 실시한다.……소형 전동기용 베어링 등
- (4) 전동체의 선회미끄럼, 공전미끄럼 및 자전미끄럼을 억제하기 위하여 실시한다. ……고속회전하는 앵귤러 볼 베어링, 스러스트 볼 베어링 등
- (5) 케도륜에 대해서, 전동체를 바른 위치로 유지하기 위하여 실시한다. ……스러스트 볼 베어링이나 스러스트 자동조심 로울러 베어링을 횡축으로 사용하는 경우 등

10.2 예압방법

10.2.1 정위치예압

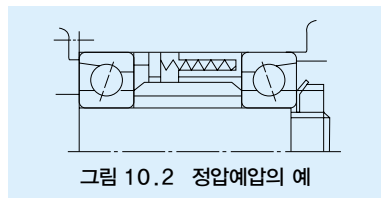
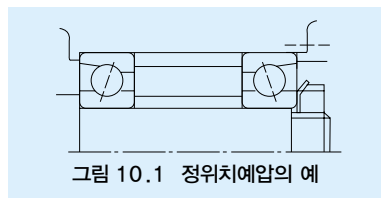
정위치예압은 서로 마주보는 베어링의 축방향의 상대적 위치가 사용중에도 변화하지 않는 예압방법으로, 다음과 같은 방법이 있다.

- (1) 예압을 주기 위하여 미리 차폭치수 (A7페이지 그림1.1 참조) 또는 축방향 클리어런스를 조정 한 조합베어링을 설치해서 사용하는 방법
- (2) 예압을 주도록 치수를 조정한 간좌나 Shim을 사용하는 방법(그림10.1)
- (3) 축방향 클리어런스를 조정할 수 있는 볼트·너트등을 설치하여 사용하는 방법. 이 경우 적당

한 예압량이 되도록, 기동토크를 측정하면서 조정한다.

10.2.2 정압예압

정압예압이란, 코일스프링, 집시모양스프링 등을 이용해서, 적정의 예압을 베어링에 주는 방법이다. 베어링의 상대적인 위치가 사용중에 변화하여도, 예압량을 거의 일정하게 유지할 수 있는 예압방법이다(그림10.2).

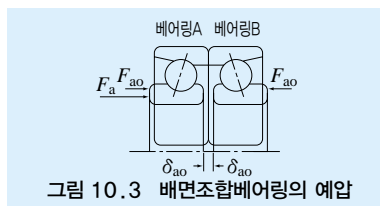


10.3 예압과 강성

10.3.1 정위치예압과 강성

그림10.3의 조합베어링의 내륜을 축방향으로서 설치하면, 베어링 A 및 B는, 각각 δ_{ao} 만큼 변위해서 내륜간의 클리어런스 $2\delta_{ao}$ 가 없어진다. 이 상태에서 예압 F_{ao} 가 주어진 것이 된다.

이 예압된 베어링에 그림에서 보는것과 같이 액셀하중 F_a 가 가해진 경우의 베어링의 강성, 즉 하중과 변위와의 관계를 나타내는 예압선도를 그림10.4에 표시하였다.



10.3.2 정압예압과 강성

그림10.5는 정압예압된 베어링의 예압선도를 나타낸다. 예압스프링의 강성은, 베어링의 강성에 비교해서 일반적으로 아주 작기 때문에, 스프링의 변위직선은 거의 횡축으로 평행해진다. 따라서 정압예압의 강성은 베어링 단품에 미리 예압량 F_{a0} 의 액셀 하중을 가했을 경우의 단품베어링의 강성과 거의 비슷하다.

정위치예압, 정압예압된 베어링 및 베어링단품의 강성을 비교하면 그림10.6과 같이 된다.

외륜과의 온도차에 의한 레이디얼 방향의 열팽창의 차, 하중에 의한 변위 등의 영향에 의하여, 예압량이 변화한다. 정압예압인 경우에는, 축의 신축등에 의한 스프링 하중의 변화가 상당히 적기 때문에, 예압하중의 변화는 무시할 수 있다.

따라서 일반적으로 강성을 높히는 목적에는, 정위치예압이 적당하며, 고속회전인 경우, 축방향의 진동방지가 필요한 경우, 횡축에서 스러스트 베어링을 사용하는 경우등에는 정압예압이 적합하다.

10.4 예압방법과 예압량의 선정

10.4.1 예압방법의 비교

그림10.6에 예압방법에 의한 강성의 비교를 표시하였다. 정위치 예압과 정압예압을 비교하면 다음과 같다.

- (1) 예압량이 비슷한 경우, 베어링의 강성을 증가시키는 효과는 정위치예압쪽이 크다. 즉 베어링하중에 대한 변위량은 정위치예압쪽이 적다.
- (2) 정위치예압에서는 운전중의 축과 하우징과의 온도차에 의한 액셀방향의 늘어남의 차, 내륜과

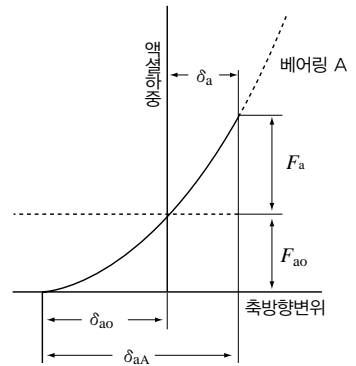
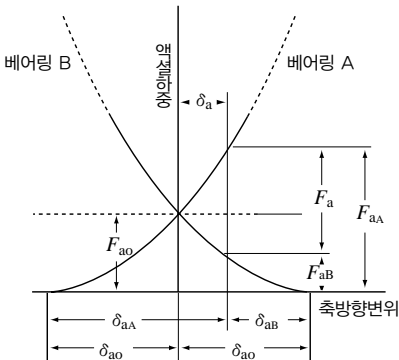


그림 10.5 정압예압의 예압선도



F_a : 외부로부터의 액셀하중
 F_{aA} : 베어링A에 부하되는 액셀하중
 F_{aB} : 베어링B에 부하되는 액셀하중
 δ_a : 조합베어링의 변위량
 δ_{aA} : 베어링A의 변위량
 δ_{aB} : 베어링B의 변위량

그림 10.4 정위치예압의 예압선도

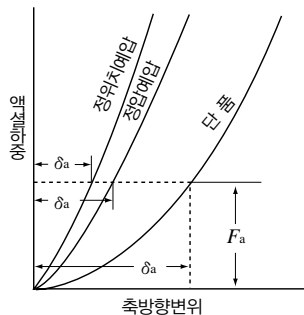


그림 10.6 예압방법에 의한 강성의 비교

10.4.2 예압량

예압량을 필요이상으로 크게 취하면 이상발열, 마찰 모멘트의 증대, 피로수명의 저하 등을 초래하므로, 사용조건, 예압의 목적 등을 고려해서 예압량을 결정할 필요가 있다.

(1) 조합앵글러 볼 베어링의 예압하중

공작기계주축 등에 많이 사용되는 P5이상의 고정도 조합 앵글러 볼 베어링(접촉각 15°)의 평균예압하중을 표10.2에 나타내었다.

또 축과 내륜, 하우징과 외륜과의 끼워맞춤 목표치를 표10.1에 표시했는데, 하우징과의 끼워맞춤은 고정축 베어링에서는 목표 클리어런스의 하한, 자유축베어링에서는 상한을 목표로 하도록 한다.

예압량의 기준치로서는 연삭스핀들이나 머시닝센터 주축베어링 등에서는 통상 경압 또는 미소예압이, 강성이 필요한 선반 주축용 베어링에서는 중예압 정도가 일반적이다. $D_{pw} \times n$ 치($d_m n$ 치) 50×10^4 을 초과하는 고속회전일때는 보다 엄밀한 검토를 통해 예압을 선정할 필요가 있기 때문에 **NSK**에 상담해 주십시오.

표 10.1 예압을 주고 사용하는 고정도 조합앵글러 볼베어링의 끼워맞춤의 목표치

단위 : μm

호칭베어링내경 $d(\text{mm})$			호칭베어링외경 $D(\text{mm})$		
축과 내륜	축과 내륜	목표간섭량	하우징과 외륜	하우징과 외륜	목표클리어런스
초과	이하		초과	이하	
-	18	0~2	-	18	-
18	30	0~2.5	18	30	2~6
30	50	0~2.5	30	50	2~6
50	80	0~3	50	80	3~8
80	120	0~4	80	120	3~9
120	150	-	120	150	4~12
150	180	-	150	180	4~12
180	250	-	180	250	5~15

표 10.2 조합앵글러

표 10.2.1 79계열의 조합베어링

단위 : N {kgf}

호칭번호	예 압 하 중							
	微予壓 C2		輕予壓 C7		中予壓 C8		重予壓 C9	
7900 C	2.55 (0.26)	16.7 (1.7)	29.4 (3.0)	63.5 (6.5)				
7901 C	5.40 (0.55)	19.6 (2.0)	41.0 (4.2)	78.5 (8.0)				
7902 C	5.40 (0.55)	24.5 (2.5)	54.0 (5.5)	118 (12)				
7903 C	5.40 (0.55)	29.4 (3.0)	54.0 (5.5)	127 (13)				
7904 C	7.35 (0.75)	42.0 (4.3)	88.5 (9.0)	177 (18)				
7905 C	8.85 (0.90)	44.0 (4.5)	98.0 (10)	216 (22)				
7906 C	8.85 (0.90)	54.0 (5.5)	118 (12)	235 (24)				
7907 C	14.7 (1.5)	88.5 (9.0)	177 (18)	365 (37)				
7908 C	19.6 (2.0)	98.0 (10)	226 (23)	480 (49)				
7909 C	23.5 (2.4)	127 (13)	265 (27)	540 (55)				
7910 C	23.5 (2.4)	137 (14)	284 (29)	590 (60)				
7911 C	23.5 (2.4)	137 (14)	294 (30)	635 (65)				
7912 C	29.4 (3.0)	167 (17)	335 (34)	735 (75)				
7913 C	29.4 (3.0)	167 (17)	345 (35)	785 (80)				
7914 C	49.0 (5.0)	226 (23)	540 (55)	1 080 (110)				
7915 C	49.0 (5.0)	255 (26)	540 (55)	1 080 (110)				
7916 C	49.0 (5.0)	255 (26)	540 (55)	1 080 (110)				
7917 C	73.5 (7.5)	365 (37)	735 (75)	1 570 (160)				
7918 C	83.5 (8.5)	400 (41)	835 (85)	1 670 (170)				
7919 C	83.5 (8.5)	410 (42)	835 (85)	1 860 (190)				
7920 C	98.0 (10)	470 (48)	980 (100)	2 060 (210)				

표 10.2.2 70계열

호칭번호	예 압	
	微予壓 C2	輕予壓 C7
7000 C	5.40 (0.55)	28.4 (2.9)
7001 C	5.90 (0.60)	31.5 (3.2)
7002 C	6.35 (0.65)	34.5 (3.5)
7003 C	6.85 (0.70)	37.5 (3.8)
7004 C	12.7 (1.3)	68.5 (7.0)
7005 C	13.7 (1.4)	73.5 (7.5)
7006 C	18.6 (1.9)	98.0 (10)
7007 C	24.5 (2.5)	127 (13)
7008 C	28.4 (2.9)	147 (15)
7009 C	34.5 (3.5)	177 (18)
7010 C	38.0 (3.9)	196 (20)
7011 C	49.0 (5.0)	265 (27)
7012 C	54.0 (5.5)	275 (28)
7013 C	59.0 (6.0)	305 (31)
7014 C	73.5 (7.5)	390 (40)
7015 C	78.5 (8.0)	410 (42)
7016 C	93.0 (9.5)	490 (50)
7017 C	98.0 (10)	540 (55)
7018 C	118 (12)	635 (65)
7019 C	127 (13)	635 (65)
7020 C	127 (13)	685 (70)

(2) 스러스트볼 베어링의 예압하중

스러스트 볼 베어링이 비교적 고속으로 회전하고 있을때, 볼은 선회전미끄럼을 일으키기 쉽다. 볼이 선회전 미끄럼을 일으키지 않도록 필요한 최소 액설하중은 다음 식 10.1 및 식 10.2에서 구한 값중에서, 큰쪽의 값을 취한다.

$$F_{a \min} = \frac{C_{oa}}{100} \left(\frac{n}{N_{\max}} \right)^2 \dots\dots\dots (10.1)$$

$$F_{a \min} = \frac{C_{oa}}{1000} \dots\dots\dots (10.2)$$

- 여기서 $F_{a \min}$: 최소 액설하중 (N) {kgf}
- C_{oa} : 기본정액설정격하중 (N) {kgf}
- n : 베어링의 회전속도 (rpm)
- N_{\max} : 베어링의 허용회전수(오일윤활) (rpm)

(3) 스러스트 자동조심 로울러베어링의 예압하중

스러스트 자동조심 로울러 베어링은 사용중에 로울러와 외륜 궤도면과의 미끄럼에 의해서 뜯김등의 손상을 일으키는 경우가 있다. 이 미끄럼을 일어나게 하지 않기 위해서 필요로 하는 최소 액설하중 $F_{a \min}$ 은 다음 식에 의해서 구할 수 있다.

$$F_{a \min} = \frac{C_{oa}}{1000} \dots\dots\dots (10.3)$$

볼베어링의 예압하중

의 조합베어링

단위 : N{kgf}

하 중		중予壓 C9	
中予壓 C8		重予壓 C9	
59.0 {6.0}	127 {13}		
63.5 {6.5}	137 {14}		
73.5 {7.5}	157 {16}		
78.5 {8.0}	167 {17}		
137 {14}	294 {30}		
147 {15}	325 {33}		
206 {21}	430 {44}		
275 {28}	590 {60}		
305 {31}	635 {65}		
375 {38}	785 {80}		
410 {42}	885 {90}		
540 {55}	1 180 {120}		
590 {60}	1 230 {125}		
635 {65}	1 370 {140}		
835 {85}	1 720 {175}		
835 {85}	1 810 {185}		
1 030 {105}	2 260 {230}		
1 080 {110}	2 350 {240}		
1 320 {135}	2 750 {280}		
1 370 {140}	2 940 {300}		
1 420 {145}	3 050 {310}		

표 10.2.3 72계열의 조합베어링

단위 : N{kgf}

호칭번호	예 압 하 중			
	微予壓 C2	輕予壓 C7	中予壓 C8	重予壓 C9
7200 C	5.40 {0.55}	28.4 {2.9}	59.0 {6.0}	127 {13}
7201 C	8.35 {0.85}	44.0 {4.5}	93.0 {9.5}	196 {20}
7202 C	9.30 {0.95}	49.0 {5.0}	98.0 {10}	216 {22}
7203 C	11.8 {1.2}	63.5 {6.5}	127 {13}	275 {28}
7204 C	16.7 {1.7}	88.5 {9.0}	177 {18}	380 {39}
7205 C	19.6 {2.0}	108 {11}	216 {22}	460 {47}
7206 C	29.4 {3.0}	147 {15}	315 {32}	685 {70}
7207 C	39.0 {4.0}	206 {21}	420 {43}	885 {90}
7208 C	49.0 {5.0}	255 {26}	540 {55}	1 130 {115}
7209 C	54.0 {5.5}	284 {29}	590 {60}	1 270 {130}
7210 C	59.0 {6.0}	315 {32}	635 {65}	1 370 {140}
7211 C	73.5 {7.5}	390 {40}	835 {85}	1 770 {180}
7212 C	93.0 {9.5}	490 {50}	1 030 {105}	2 160 {220}
7213 C	108 {11}	590 {60}	1 180 {120}	2 550 {260}
7214 C	118 {12}	635 {65}	1 320 {135}	2 750 {280}
7215 C	127 {13}	685 {70}	1 420 {145}	2 940 {300}
7216 C	147 {15}	735 {75}	1 570 {160}	3 350 {340}
7217 C	167 {17}	885 {90}	1 810 {185}	3 900 {400}
7218 C	196 {20}	1 030 {105}	2 160 {220}	4 500 {460}
7219 C	206 {21}	1 080 {110}	2 260 {230}	4 800 {490}
7220 C	235 {24}	1 230 {125}	2 550 {260}	5 500 {560}