

형상오차에 따른 저널 베어링의 윤활특성에 관한 연구

A study on Lubrication characteristics of a Journal Bearing according to Roundness Error

*서미나¹, #이득우², 하양협³, 이상민¹, 황주호⁴

*M,N, Seo¹, #D.W. Lee(dwoolee@pusan.ac.kr)², Y.H. Ha³, S.M.Lee¹, J.H. Hwang⁴
¹부산대학교 나노융합기술학과, ²부산대학교 나노메카트로닉스공학과, ³부산대학교 정밀기계공학과,
⁴한국기계연구원

Key words : Hydro-dynamic Bearing, Journal Bearing, Waviness, Lubrication Analysis

1. 서론

베어링은 회전하고 있는 기계의 축을 일정한 위치에 고정시키고 축의 자중과 축에 걸리는 하중을 지지하면서 축을 회전시키는 역할을 하는 기계요소이다. 이러한 베어링의 운전정밀도에 영향을 미치는 요인에 대한 연구로는 다양한 타입의 베어링에 대하여 구동계의 진동, 정렬불량, 가공오차 혹은 형상오차 등이 있다[1-4]. 본 연구에서는 이 중에서 저널베어링의 형상오차가 윤활특성에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 한다.

2. 이론 해석

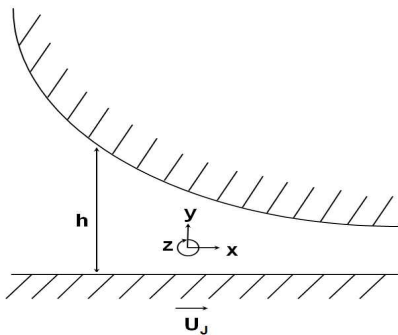


Fig. 1 Cartesian coordinates

가정 1 : 베어링의 간극비(간극/반경)가 작아서 유막 두께 방향을 제외한 속도구분은 무시할 수 있고, 유막두께 방향의 압력은 일정하다.

가정 2 : 저속, 고점도 조건에서 운전 되므로 유체의 관성력의 영향은 무시한다.

가정 3 : 층류조건에서 운전이 되므로, 난류인자에 영향을 주는 베어링의 곡률은 무시한다.

가정 4 : 유체는 No-slip 조건에서 운전된다.

Fig. 1의 좌표계와 위의 가정을 통하여 (식 1)과

같은 레이놀즈 방정식이 구해진다[5].

$$\frac{\partial}{\partial x}(h^3 \frac{\partial P}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial z}(h^3 \frac{\partial P}{\partial z}) = 6\mu(U \frac{\partial h}{\partial x} + 2 \frac{\partial h}{\partial t}) \quad (\text{식 1})$$

저널과 베어링이 진원일 경우 유막 두께는 (식 2)와 같다.

$$h = C + e \cos \theta \quad (\text{식 2})$$

저널과 베어링이 진원도 형상오차를 가진다고 가정할 경우 저널의 형상오차는 유막두께를 감소시키고 베어링의 형상오차는 유막두께를 증가시키므로 저널과 베어링의 형상오차로 인한 유막두께의 변화량을 $h_{err,J}$, $h_{err,B}$ 라고 하면 유막 두께식은 (식 3)과 같이 수정된다[6].

$$h = C + e \cos \theta - h_{err,J} + h_{err,B} \quad (\text{식 3})$$

형상오차를 가지는 저널이 회전하면 원주방향의 유막두께가 시간에 따라 변하기 때문에 각 시간마다 저널 중심 위치와 속도를 구하기 위해 뉴턴-랩슨 방법(Newton-Raphson Method)을 사용하였고 측정된 진원도 오차값을 함수로 근사하기 위해 최소자승법(least square method)을 사용하였다.

계산순서는 각 변수의 초기값으로부터 미소 변위에 의한 유막두께 $h(x_0, y_0)$, $h(x_0 + \Delta x, y_0)$, $h(x_0, y_0 + \Delta y)$ 값을 계산하고 레이놀즈 방정식으로부터 압력과 부하용량을 구한다. 그 결과값을 힘의 평형 방정식에 적용하여 축 중심 속도를 구하여 축 중심 변위를 계산하고 그로부터 새로운 축 중심의 위치를 구하였다. 압력에 대한 경계 조건은 half-Sommerfeld 조건을 사용하였다.

4. 실험결과

Fig. 2는 Table 1에 명시한 Case 1과 Case 2 베어링이 700 RPM, 70 kgf 조건에서 운전되었을 때 축의

중심의 궤적을 나타내었고 Table 2에 Case 1와 Case 2의 자세각과 편심율을 비교하였다.

Table 1 Specifications of bearings

	Case 1	Case 2
bearing length(mm)	240	
bearing diameter(mm)	240	
radial clearance(μm)	239	155
roundness error(μm)	5	20

Case 1과 Case 2 두 경우 모두 축 중심 궤적이 저널의 형상과 유사하게 나타났으며, 형상오차가 작은 Case 1의 경우 Case 2의 경우보다 편심율의 변화가 작게 나타났다. 편심율의 변화가 작다는 것은 하중의 변화가 작다는 것을 의미하기 때문에 형상오차가 작을수록 하중 변화가 작은 상태로 운전된다는 것을 유추할 수 있다.

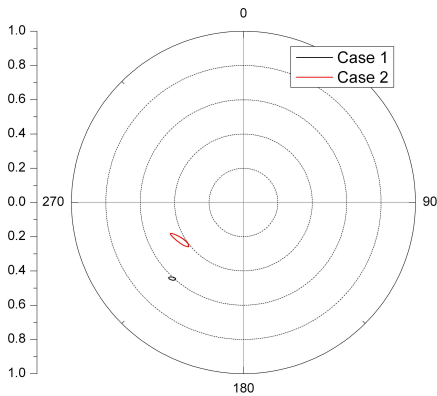


Fig. 2 Comparison of locus (700 RPM, 70 kgf)

Table 2 Comparison of Case 1 and Case 2

	Case 1	Case 2
Attitude angle (Deg.)	42.8	59.8
Eccentricity	0.608	0.436

5. 결론

저널과 베어링의 형상오차가 유동압 베어링의 윤활특성에 미치는 영향에 대해 이론적 연구를 통해 알아보았다. 최소자승법을 이용하여 저널과 베어링의 형상오차를 유막 두께식으로 표현하였으며, 뉴턴-랩슨법을 이용하여 축 중심 위치를 구하였다. 베어링의 축 중심 변위와 그 때의 편심율을 알아봄으로써 형상오차의 진폭이 작을수록 베어

링의 회전오차가 작아짐을 확인할 수 있었다.

후기

본 연구는 과학기술부/한국연구재단 국가핵심연구센터사업(NCRC)과 지식경제부 산업원천기술개발사업인 “기계장비 정밀도 시뮬레이션 플랫폼 기술개발” 과제의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 하양협, 신인동, 이상민, 이승준, 이득우, “박용엔진 크랭크 핀 베어링의 형상오차가 최소유막두께에 미치는 영향”, 한국윤활학회, Vol. 27 No.5, 2011.
2. 이영근, 이석훈, 정일권, 차철환, 한효섭, “볼 베어링과 형상오차를 갖는 하우징의 끼워 맞춤에 따른 베어링 진동 및 피로 수명의 영향”, 한국소음진동공학회논문집, Vol.16 No5, 2006.
3. 최우천, 신용호, 최정환, “나선 홈을 가진 반구형 공기 동압베어링에서 진구도 오차의 영향 해석”, 한국정밀공학회지, Vol.17 No.9, 2000
4. 고정석, 김경웅, “외부 가압 공기 베어링으로 지지된 스피들 시스템에서 진원도 오차가 운전 정밀도에 미치는 영향”, 대한기계학회 춘계 학술대회, 1999.
5. Yang-Hyup Ha, "Lubrication Characteristics Analysis of Marine Engine Bearings", Master of Engineering Paper, Pusan National University, 2000.
6. Y.H. Ha, S.I Shin, S.M.Lee, S.J.Lee and D.W.Lee, "Lubrication Analysis of a Hydrostatic Bearing according to Roundness Error", Korean Society of Tribologist and Lubrication Engineers(KSTLE), pp. 107~108, 2011