

# 저어닐베어링의 압력 및 온도분포에 관한 실험적 연구

한국기계연구소 신 영재  
한국과학기술원 김 경용

## 1. 서 론

근래에 들어 축의 고속회전이 요구되고 윤활제로 물이나 액체금속과 같은 동점성계수가 낮은 윤활제가 사용됨에 따라 베어링내의 유동은 증류상태를 벗어나 난류상태에 이르고 있다. 이와같이 고속에서 사용되는 저어닐베어링에서의 윤활제의 유동은 더욱 복잡하게 되어 이들에 대한 정확한 특성을 예측하기 위한 연구가 필요하게 되었다. 최근에는 열유체윤활(Thermohydrodynamic lubrication)에 대한 연구가 행하여지고 있으나 저어닐베어링의 온도특성에 대한 실험적 연구는 부족한 상태이다. 그리고 저어닐의 하중을 지지하는 유막내의 압력에 대한 실험을 보면 거의 베어링면에서 국부적으로 측정하므로 유막에서 발생하는 압력의 분포를 정확히 알기는 어렵다. [1,2,3,4]

본 연구에서는 저어닐의 중앙단면에 압력계를 부착하여 연속적인 압력분포를 측정하고 베어링내면의 온도분포를 측정하며 편심율과 외상각, 배유량을 측정하여 저어닐베어링의 성능특성을 예측하기 위한 실험자료를 제공하는 것을 목적으로 한다.

## 2. 실험

Fig.1 과 Fig.2 는 실험장치의 개략도이다. 실험장치에서 저어닐의 직경은 219.94mm, 저어닐직경에 대한 축방향으로의 저어닐길이의 비는 0.8, 그리고 간극비는 0.004 이다. Fig.3 은 이 실험에서 사용하는 축을 나타낸다. Fig.4 는 Fig.3 에 보이는 저어닐중심단면에 부착된 압력계를 나타내며, Fig.5 는 베어링에 심은 열전대를 나타낸다. 점도가 0.00347[Pa sec] (30°C)인 윤활유를 사용하며 이 윤활유는 베어링의 수직 중앙 상부에서 원형구멍(d=30mm)으로 공급하고, Fig.2 에서 보듯이 베어링의 중앙 하부에 접촉된 두개의 로울러를 통하여 베어링에 하중을 가한다. 급유압력은 0.2±0.05 기압으로, 급유온도는 31°C로 하였다. 일정한 속도에서 편심율의 충분한 변화가 나타나도록 하중을 증가시켰으며 하중은 300N에서 5900N 까지, 축의 회전속도는 300RPM 에서 2500RPM 까지 변화시켜 실험하였다. 저어닐베어링을 운전시킨 뒤 배유온도의 변화가 없는 정상상태에서 측정을 행하였다.

## 3. 결과 및 고찰

Fig.6,7,8,9 는 속도와 하중을 변수로 하여 베어링중앙부에서 원주방향으로의 압력분포의 변화를 나타낸다.  $\theta$  는 급유구 위치에서 시작되는 저어닐회전방향으로의 각도를,  $\phi$  는 최대유막두께에서 시작되는 저어닐회전방향으로의 각도를 나타낸다. Fig.6,7,8,9 를 보면 하중이 증가함에 따라 최대압력과 최소압력의 절대값이 상승한다. Fig.6 에서는 최대압력의 발생위치가 저어닐회전방향으로 이동되나 Fig.7 에서와 같이 급유구에서 저어닐의 회전방향으로 압력분포를 나타내면 최대압력 발생위치의 이동은 Fig.6 과는 반대가 된다. 이는 하중변화에 의한 최대압력의 발생위치가 이동되어 생기는 각도변화량 보다 외상각의 변화량이 크기 때문이다. Fig.6,8,9 에서 보면 하중이 증가함에 따라 최대압

력의 발생위치가 최소유막두께위치로 이동된다. Fig.7,8,9 에서 보면 최소압력의 위치에서 급격한 기울기로 대기압에 가까워져 어떤 임계압력에 도달하면 거의 일정하게 유지됨을 볼 수있다. 이 임계압력의 위치가 Cavitation의 발생점이라 생각된다. [5] 회전수가 작을 때에는 Cavitation 영역의 압력은 거의 대기압 상태이나 회전수가 증가함에 따라 이 영역의 압력은 대기압보다 작아진다. Fig.10은 일정한 하중에서 속도가 변할 때의 압력분포이다. 회전수가 작아질수록 최대압력은 커지고 원주방향으로의 양의 압력 부분의 폭이 줄어든다. 이것은 하중과 유막력이 평형을 이루기 때문이다.

Fig.11,12 는 회전수 2000, 1000RPM 에서의 압력분포와 동시에 측정한 베어링 내면의 온도분포를 보여주고 있다.  $\theta = 0^\circ$  에서  $\theta = 100^\circ$  까지의 온도분포를 보면 하중에 무관하게 베어링중심면보다 가장자리의 온도가 높게 나타나는데 이것은 급유구주변에서 윤활유가 혼합될 때 베어링중심면에서는 가열된 상태의 재순환유보다 새로 급유되는 윤활유의 양이 더 많이 존재하기 때문이고 가장자리부분은 그 반대가되기 때문이다.  $\theta=260^\circ$  부근에서 축방향으로의 온도분포를 보면 하중이 작을 때에는 베어링의 중심단면보다 가장자리부분 단면의 온도가 크게 나타나고 하중이 어떤 값 이상으로 증가하면 거의 균일한 온도분포를 나타낸다.

Fig.13은 회전수 300 RPM, 하중 1100 N 에서의 압력과 온도분포도 온도의 상승이 거의 없다.

속도를 매개변수로하여 Sommerfeld 수와 편심율의 관계를 Fig.14에, 편심율과 외상각의 관계를 Fig.15에, 하중과 배유량의 관계를 Fig.16에, 배유온도와 급유온도의 차이와 하중과의 관계를 Fig.17에 각각 나타내었다. 일정한 회전수에서 하중을 증가시키면 편심율은 증가하고 외상각은 감소하며 배유량과 배유온도에서는 낮은 회전수에서는 증가하나 회전수가 증가함에 따라 임계영역에서는 감소되는 경향이 나타난다.

#### 4. 결 론

- 1) 일정한 회전수에서 하중이 증가할수록 최대압력과 최소압력의 절대값은 증가하고 최대압력발생위치는 최소유막두께위치로 이동된다.
- 2) Cavitation 영역의 압력은 회전수가 증가할수록 낮아진다.
- 3) 회전수가 증가할수록 베어링내면의 온도가 커진다.
- 4) 배유온도와 배유량은 편심율이 증가할수록 증가하며 높은 회전수에서 증가하다가 감소하는 경향이 나타난다.

#### 참고문헌

- 1) J.O.Medwell, E.R.Bowen, "Journal Bearings Operating in the turbulent Regime", Proc. of the 2nd Leeds-Lyon Symposium on Superlaminar Flow in Bearings, 1977, pp.189-193.
- 2) J.B.Robert, R.E.Hinton, " Pressure Distributions in a Superlaminar Journal Bearing", ASME, J. of Lub. Tech., 1982, Vol. 104, pp.187-195.
- 3) J.Tonnesen, P.K.Hansen, " Some Experiments on the Steady State Characteristics of a Cylindrical Fluid-Film Bearing Considering Thermal Effects", ASME, Journal of Lubrication Technology, Vol.103, 1981, pp.107-114.
- 4) D.T.Gethin, J.O.Medwell, " An Experimental Investigation into the Thermhydrodynamic Behavior of a High Speed Cylindrical Bore Journal Bearing", ASME, J. of Tribology, 1985, Vol.107, pp538-543.
- 5) 문 우식, " 가압급유 저어널베어링에서의 캐비테이션에 대한 실험적 연구" 한국과학기술원 석사학위논문, 1984.

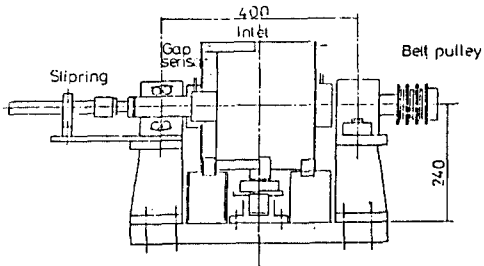


Fig. 1 Front view of test rig

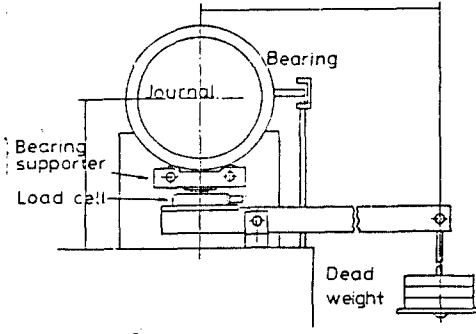


Fig. 2 Side view of test rig

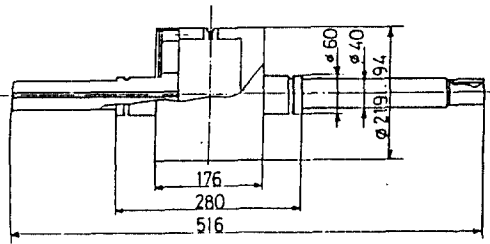


Fig. 3 Detail view of shaft

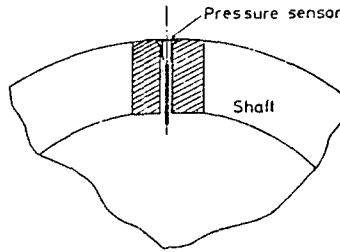


Fig. 4 Configuration of pressure sensor embedded in shaft

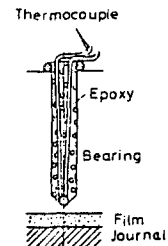


Fig. 5 Configuration of thermocouple

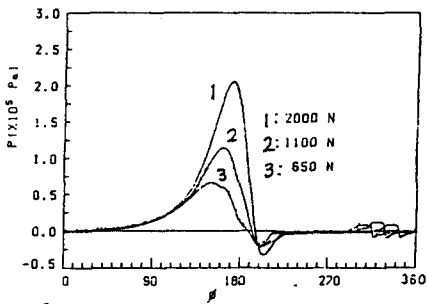


Fig. 6 Pressure distributions. 500 RPM

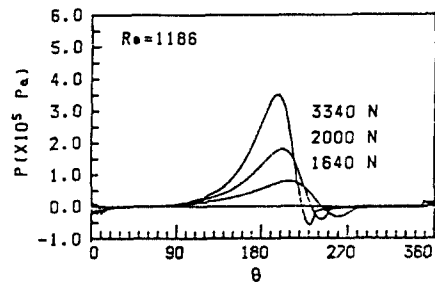


Fig. 7 Pressure distributions. 1000 RPM

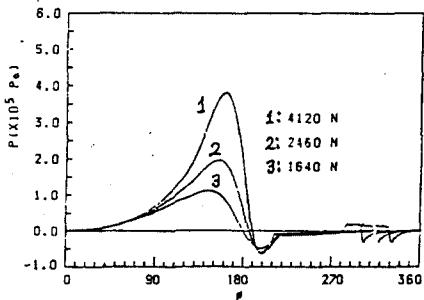


Fig. 8 Pressure distributions. 1500 RPM

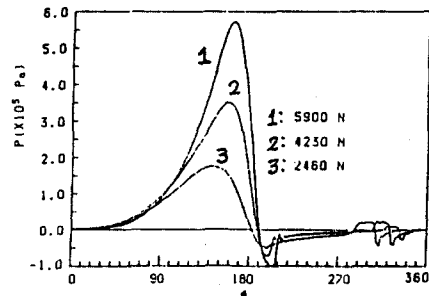


Fig. 9 Pressure distributions. 2000 RPM

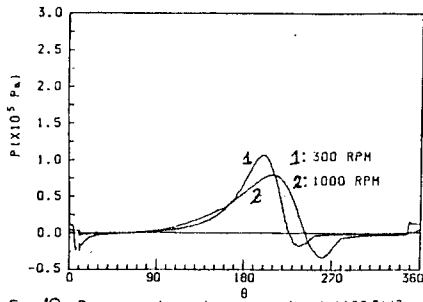


Fig. 10 Pressure distributions. Load=1100(N)

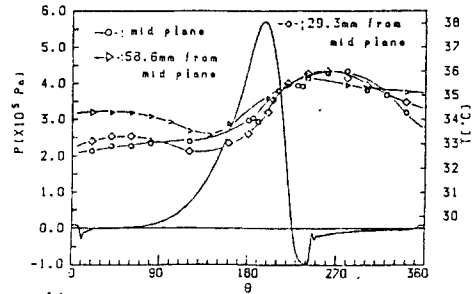


Fig. 11 Pressure & temperature distributions. 2000 RPM. Load=5300(N)

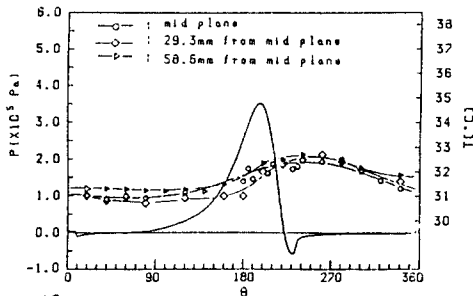


Fig. 12 Pressure & temperature distributions. 1000 RPM. Load=3340(N)

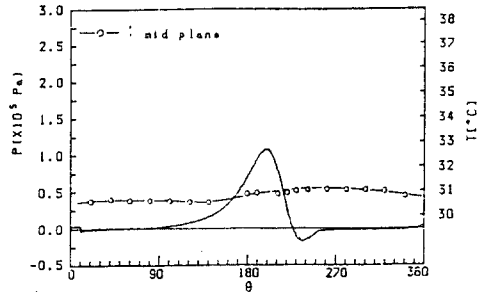


Fig. 13 Pressure & temperature distributions. 300 RPM. Load=1100(N)

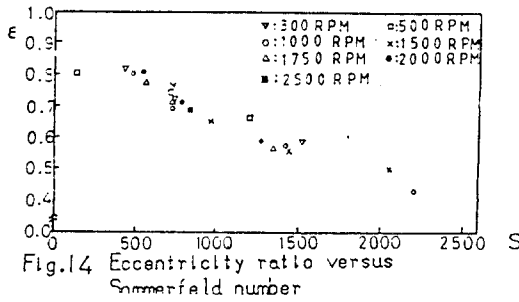


Fig. 14 Eccentricity ratio versus Sommerfeld number

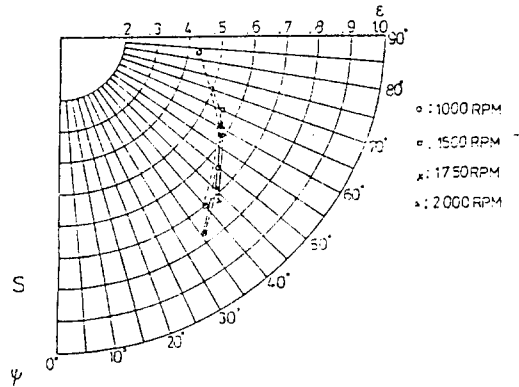


Fig. 15 Locus curve as a function of speed

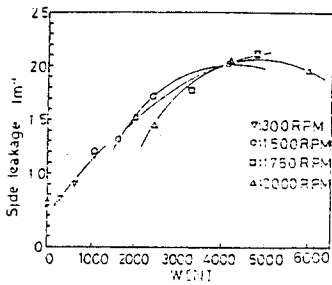


Fig. 16 Side leakage

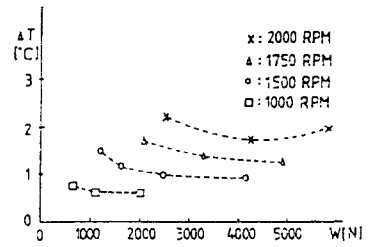


Fig. 17 Oil discharge temperature raise