《論文》 Journal of the KSLE Vol. 4, No. 1, 1988
Printed in the Republic of Korea

저어널베어링의 압력 및 온도분포에 관한 실험적 연구

신 영 재* · 김 경 웅**

* 한국기계연구소 공작기계실
** 한국과학기술원 생산공학과

An Experimental Study on the Pressure and Temperature Distribution in a Plain Journal Bearing

Young-Jae Shin* · Kyung-Woong Kim**

* *Machine Tool Research Lab., Korea Institute of Machinery & Metals*
** *Dept. of Prod. Eng., Korea Advanced Institute of Science and Technology*

ABSTRACT

The effects of journal speed and bearing load on pressure distribution and the temperature distribution of bearing surface are investigated experimentally. The journal bearing which has 219.94mm diameter, length-to-diameter ratio of L/D=0.8 and clearance ratio of 0.004 is used.

Journal has a built-in pressure transducer for the measurement of pressure distribution in the mid plane of bearing. Bearing surface temperatures are measured at 60 points. The bearing load is varied from 300 N to 5900 N and journal speed from 300 rpm to 2500 rpm.

As the load is increased under constant speed, the location of maximum pressure moves to the site of minimum film thickness, and maximum pressure and absolute value of minimum pressure are increased. The temperature distribution in vicinity of oil inlet shows that heated lubricant's carry-over exists around the oil inlet.

1. 서 론

저어널베어링은 오랜 세월 동안 회전기계에 있어서 주요한 부분을 이루어 왔다. 저어널베어링의 성능은 19세기 Reynolds에 의해 비롯되어 현재까지 발전되어온 윤활이론을 적용하여 비교적 잘 예측할 수 있다. 근래에 들어 유막내에서 발생하는 윤활유의 마찰열에 의하여 윤활유의 점도가 변화하는 것을 고려한 저어널베어링의 열유체윤활(Thermohydrodynamic lubrication)에 대한 이론적 연구가 행하여져 저어널베어링의 성능을 보다 정확히 예측할 수 있게 되었으나, 실험적 연구로 발표된 자료를 보면 Robert와 Hinton [1]은 저어널베어링에서 축방향과 원주방향으로 국부적인 압력분포를 측정하여 이론과 비교하였고, 서태설 [2]은 저어널베어링의 속도에 따른 베어링의 온도와 급유구주변에서의 윤활유혼합현상에 대하여 실험하였으며 Tennesen과 Hansen[3]은 두개의 급유구를 가지는 저어널베어링에서 저어널에 압력센서를 부착하여 연속적인 압력분포와 베어링 중

심 단면에서의 베어링내면의 온도를 측정하였다.

이와같이 저어널베어링에 대한 실험적 연구는 소수이며 대부분 부분적으로 행하여지고 있다. 본 연구에서는 저어널에 압력센서를 부착하여 유막내에서 발생하는 압력을 저어널회전방향으로 연속적으로 측정을 하고 베어링내면에서 온도를 측정하여 저어널베어링의 압력과 온도분포에 관한 특성을 알아보며 편심율, 위상각, 배유량을 측정하여 실험자료를 제시하고자 한다.

2. 실 험

Fig. 1과 Fig. 2는 실험장치의 개략도이다. 사용된 저어널직경은 219.94mm, 저어널직경에 대한 축방향으로의 저어널길이의 비는 0.8, 저어널반경에 대한 저어널베어링의 반경방향틈새의 비는 0.004이다. Fig. 3에서 사용한 저어널을 나타내

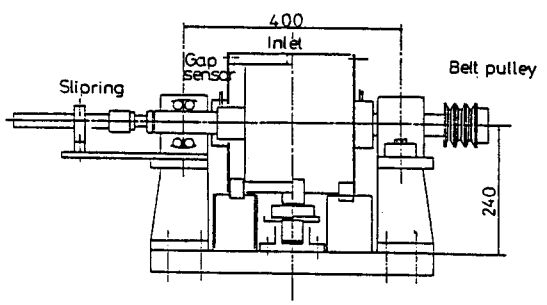

Fig. 1 Front view of test rig

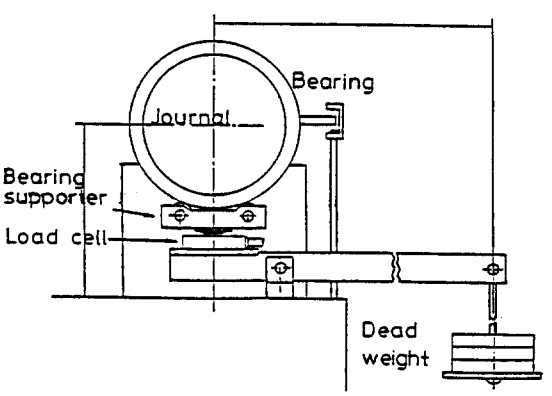

Fig. 2 Side view of test rig

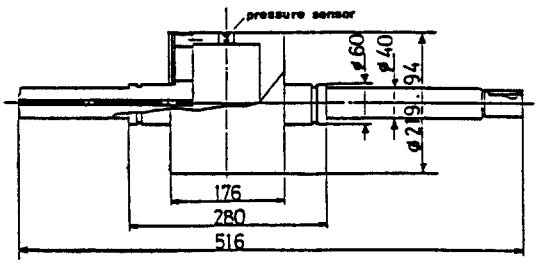

Fig. 3 Detail view of shaft

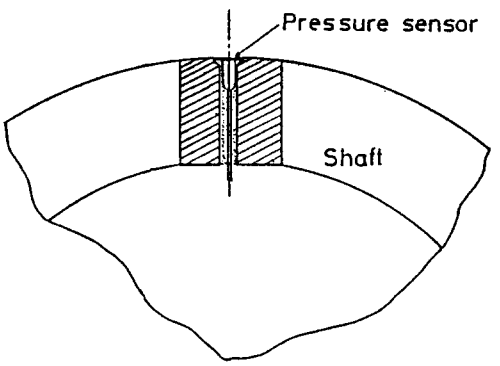

Fig. 4 Configuration of pressure sensor embedded in shaft

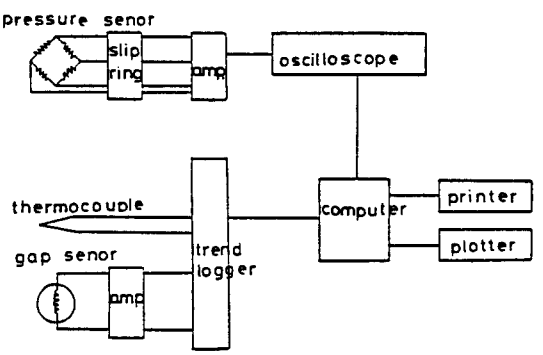

Fig. 5 Measurement system

며 여기서 압력센서가 부착된 위치를 알수 있고 Fig. 4에서 압력센서의 부착형태를 알수 있다.

이와같이 회전하는 축에 압력센서가 부착되어 있으므로 압력신호는 Fig. 2에 나타난 축중심선

에 마련된 구멍을 통하여 슬립링에 연결된다. 윤활유는 30℃에서 점도가 0.00347 [Pasec]이며 이것은 중앙 상부에서 원형구멍(d =30 mm)을 통하여 베어링틈새로 공급된다. Fig. 2에서 보듯이 지렛대와 추를 사용하여 하중을 가하도록 되어 있는데 로드셀(Load cell) 위에 베어링의 밑면이 두개의 로울러에 의하여 지지되도록 받침대를 설치하여 저어널베어링 운전시 하중과 유막력이 평형을 이루기 위하여 발생되는 편심변화에 대한 구속력을 배제하였다. 편심율을 측정하기 위하여 베어링의 양측에 수직, 수평으로 변위센서를 설치하였다. Fig. 5은 측정계를 나타낸다. 급유압력은 0.2±0.05 기압으로, 급유온도는 30.5±0.5℃로 하였다. 일정한 회전수에서 하중을 300 N에서 5900 N 까지 변화시켰으며, 회전수는 300 RPM에서 2500 RPM 까지 변화 시켰다. 주어진 하중과 회전수에 대하여 배유온도의 변화가 없는 정상상태에서 측정을 행하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 6, 7, 8, 9는 속도와 하중을 변수로 하여 베어링 중앙단면의 최대유막두께위치에서 원주방향으로의 압력 변화를 나타낸 것으로 하중이 증가할수록 최대압력과 최소압력의 절대값은 증가하고 최소압력의 위치에서 급격한 기울기로 대기압 상태에 가까와져 어떤 임계점에 도달하면 거의 일정하게 유지됨을 볼 수 있다. 이 임계점의 위치가 공동(Cavitation)의 발생점이라 생각된다.[4] 회전수가 작을 때에는 공동영역의 압력은 거의 대기압 상태이나 회전수가 증가함에 따라 이 영역의 압력은 대기압 보다 작아진다. 최대압력발생점은 하중이 증가 할수록 최소유막두께위치(Φ=180°)로 이동된다.

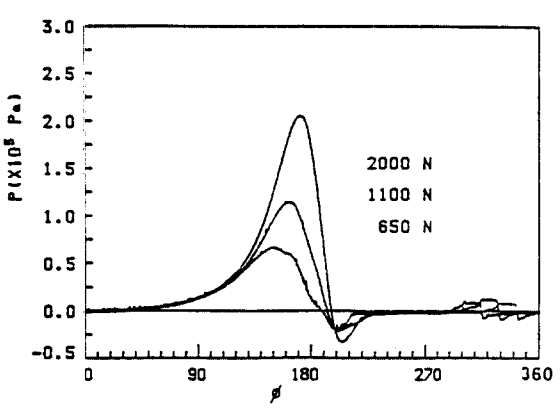

Fig. 6 Pressure distributions. 500 RPM

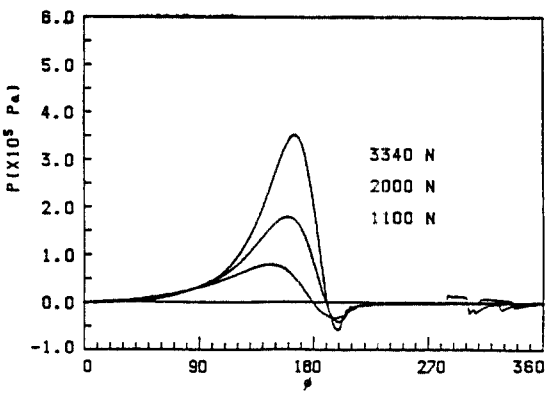

Fig. 7 Pressure distributions. 1000 RPM

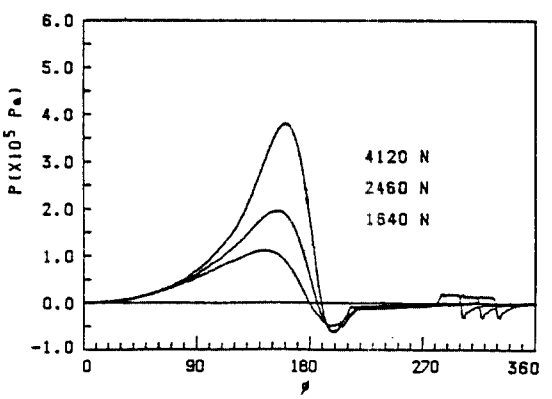

Fig. 8 Pressure distributions. 1500 RPM

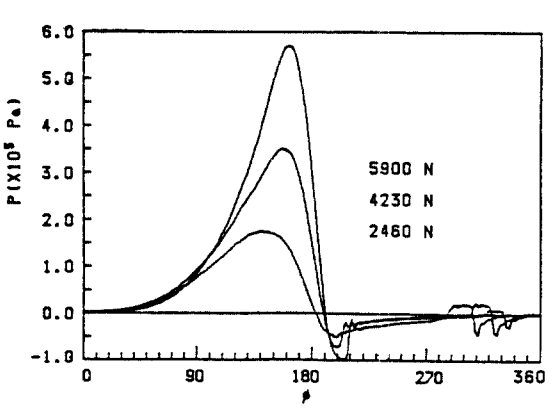

Fig. 9 Pressure distributions. 2000 RPM

Fig. 10은 1000RPM, Fig. 11은 2000RPM 에서의 급유구 위치에서 원주 방향으로의 압력 분포와 베어링 내면의 온도 분포를 나타낸 것으로 급유구주변에서는 베어링의 중앙부보다 가장자리의 온도가 높게 나타나는데 이것은 가열된 윤활유의 재순환현상 때문이다. [2] 그리고 최소유막두께를 지나 공동영역이 발생되는 임계점 근처에서 베어링내면의 온도가 최대로 되는데 이는 윤활유에 작용하는 전단력이 임계점까지 계속 작용하기 때문이라고 생각된다.

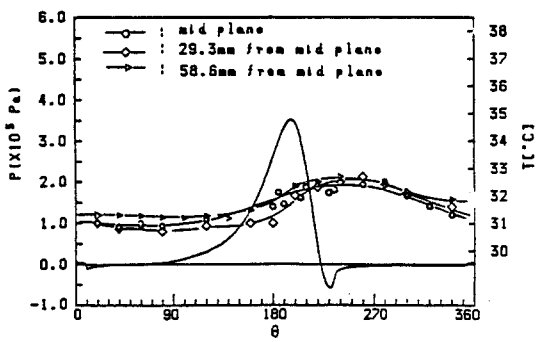

Fig. 10 Pressure & tempreature distributions. 1000 RPM. Load =3340 [N]

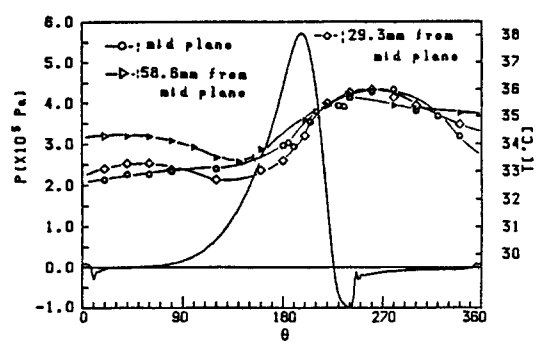

Fig. 11 Pressure & temperature distributions. 2000 RPM. Load =5900 [N]

Fig. 12를 보면 배유온도는 일정한 속도하에서 하중이 증가할수록 감소하지만 회전수가 어떤 값 이상일 때는 감소하다가 증가하는 경향을 나타낸다. 그러나 그 양이 회전수의 변화에 의한 것보다는 적으므로 배유온도는 하중보다는 회전수의 영향을 많이 받음을 알수있다. 이것은 Gethin[5]의 실험결과와 유사하다.

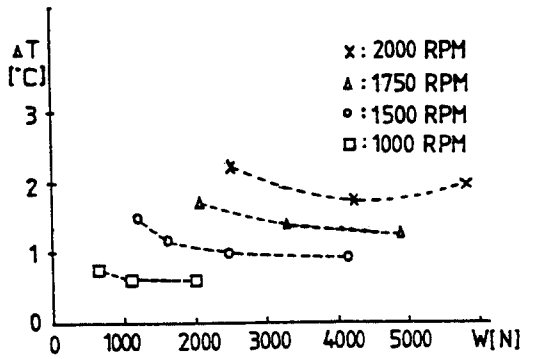

Fig. 12 Oil discharge temperature raise

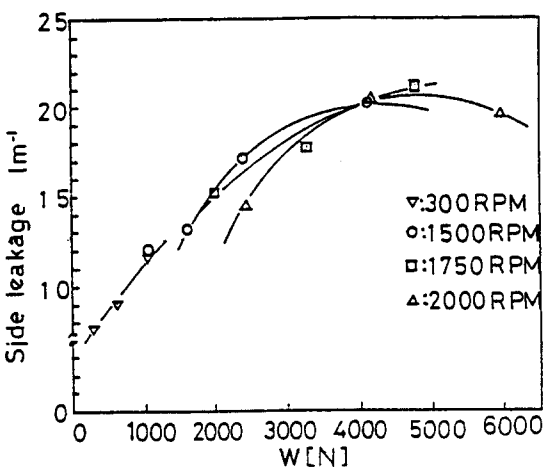

Fig. 13 Side leakage

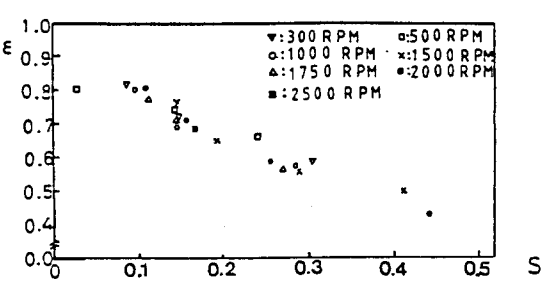

Fig. 14 Eccentricity ratli versus Sommerfeld number

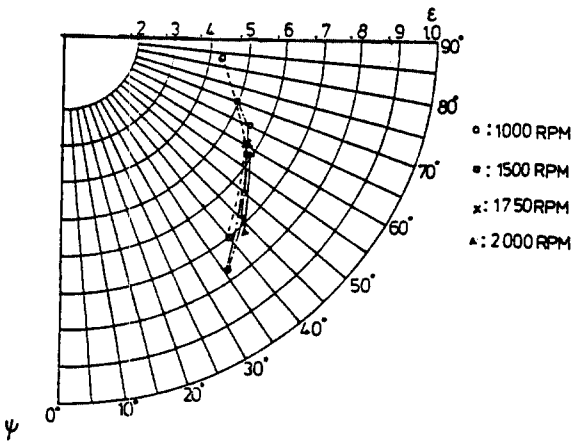

Fig. 15 Locus curve as a function of speed

Fig. 13을 보면 배유량은 일정한 속도하에서 하중이 증가할수록 증가하지만 회전수가 어떤 값 이상에서는 증가하다가 감소하는 경향을 나타낸다. Fig. 14은 속도를 매개변수로하여 편심율과 좀머펠트수(Sommerfeld number)의 관계를 나타낸 것으로 이들의 관계가 거의 하나의 곡선을 형성하므로 이 곡선에서 임의의 회전수에 대하여 각 편심율에 대응하는 하중을 추정할수있다. Fig. 15은 위상각과 편심율의 관계를 나타낸 것이다.

4. 결 론

단일 원형구멍으로 급유되는 저어널베어링에 대한 온도분포, 연속적인 압력분포, 편심율, 배유량을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 일정한 속도하에서 하중이 증가할수록 최대압력과 최소압력의 절대값은 증가하고 최대압력위치는 최소유막두께위치로 이동된다.

2. 공동영역의 압력은 하중에 관계없이 대기압과 거의 같지만 회전수가 증가할수록 대기압보다 작아진다.

3. 회전수와 하중이 증가할수록 베어링내면의 온도상승량이 커지고, 급유구주변에서 가열되어 재순환되는 윤활유의 영향이 크게 나타난다.

4. 배유온도는 하중보다는 회전수의 영향을 많이 받는다.

5. 배유량은 일정한 속도하에서 하중이 증가할수록 증가하지만 회전수가 어떤 값 이상에서는 증가하다가 감소한다.

참 고 문 헌

1) J. B. Robert, R. E. Hinton "Pressure Distribution in a Superlaminar Jounal Bearing" ASME J. of Lub. Tech., 1982, Vol. 104, pp. 187 - 195.

2) 서태설, 김경웅 "저어널베어링의 온도특성에 관한 연구", 윤활학회지, Vol. 3, No. 2, 1987

3) J. T"nnesen, P. X. Hansen, "Some Experiments on the Steady State Characteristics of a Cylind rical Fluid-Film Bearing Considering Thermal Effects", ASME J. of Lub. Tech., Vol. 103, 1981, pp. 107 - 114.

4) 김경웅, 문우식, "가압급유 저어널베어링에서의 유막파단에 관한 연구", 윤활학회지, Vol. 2, No. 2, 1986

5) D. T. Gethin, J. O. Medwell, "An Experimental Investigation into the Thermo-hydrodynamic Behavior of a High Speed Cylindrical Bore Jornal Bearing", ASME J. Tribologu, 1985, Vol. 107, pp. 538-543.