

수직형 저널 베어링의 유량특성에 대한 그루브 형상의 영향

정봉수*

¹전북대학교 융합기술공학부

Effect of Oil Groove Shapes on the Characteristic of the Flow Rate at the Journal Bearing with Vertical Type

Bong-Soo Jeong^{1*}

¹Division of Convergence Technology Engineering, Chonbuk National University

요약 저널 베어링은 샤프트와 베어링이 윤활유를 사이에 두고 서로 미끄러지는 유체윤활 상태에서 운동하고 있으며, 넓은 마찰 면에 하중을 분산하여 받기 때문에 큰 힘을 받을 수 있다. 저널 베어링이 유체 윤활 상태에서 원활한 동작으로 운전되기 위해서는 저널 베어링의 표면에 오일 구멍이나 오일 홈을 더하여 베어링 틈새로 충분한 윤활유가 공급되어야 한다. 이러한 급유 홈의 형상이나 크기 및 급유 위치에 따라 베어링의 성능이 달라진다. 따라서 본 연구에서는 여러 급유 조건 중 저널 베어링의 오일 홈의 형상(삼각형, 사각형, 반원형)에 따른 유량을 측정하여, 어느 형상에서 가장 많은 유량을 토출하는지 알아봄으로써, 저널 베어링을 설계하는데 최적의 성능을 나타내는 홈의 형태를 파악하고자 하였다. 온도가 낮을수록 유량이 많으며, 회전수가 높아질수록 온도의 영향이 작아지고, 삼각형의 오일 홈일 때 유량이 가장 많은 것으로 나타났다.

Abstract As journal bearing has a sliding motion between the shaft and bearing with lubricating oil, it produces a hydrodynamic lubrication condition. Journal bearing can receive a large force because it takes a distributed load at the large friction face. As the oil groove or oil hole is made in the journal bearing surface for the journal bearing smoothly working under a hydrodynamic lubrication condition, sufficient lubricating oil is supplied through the clearance of journal bearing. The performance of the journal bearing is changed according to the shapes, sizes and positions of an oil groove. In this paper, the flow rate according to the oil groove shapes (triangle, semicircle and rectangle) among the various oil supply conditions was measured. The shape that discharges the highest flow rate was observed and the groove shape of optimal performance for the journal bearing was determined. The results showed that the flow rate increases with decreasing operating temperature, the influence of temperature on the flow rate decreased with increasing rotational speed, and flow rate in the triangular groove shape was greater than in other shapes.

Key Words : Journal bearing, Groove shape, Flow rate, Clearance

1. 서론

최근 회전계는 고속화, 소형화 및 우수한 진동 특성 등의 요구 조건들을 만족시키기 위해 볼이나 롤러 베어링을 저널 베어링으로 대체하는 흐름이 증가하고 있다. 볼 베어링이나 롤러 베어링을 사용하지 않는 이유는 베어링

의 크기가 상대적으로 크고, 볼과 롤러의 접촉 부분인 점 또는 선에 하중이 집중되어 응력집중이 발생하기 때문이다. 하지만 저널 베어링은 윤활유를 사이에 두고 넓은 면에 하중을 분산하여 받기 때문에 큰 힘을 받을 수 있다. 저널 베어링은 샤프트와 베어링 사이에 윤활유를 두고 서로 미끄러지는 유체윤활을 하고 있다. 그러나 일반적

*Corresponding Author : Bong-Soo Jeong(Chonbuk National Univ.)

Tel: +82-63-270-4871 email: jbs5511@jbnu.ac.kr

Received October 24, 2014

Revised November 26, 2014

Accepted March 12, 2015

Published March 31, 2015

으로 저널 베어링은 기본 구조상 여러 종류의 진동모드가 발생한다. 저널 베어링이 유체 운환 상태에서 원활한 동작으로 운전되기 위해서는 저널 베어링의 표면에 오일 구멍(oil hole)이나 오일 홈(oil groove)을 더하여 베어링 틈새로 충분한 윤활유가 공급되어야 한다. 이러한 급유 홈의 형상이나 크기 및 급유 위치에 따라 베어링의 성능은 달라진다. 그러므로 베어링의 설계 시 베어링의 성능을 정확하게 파악하기 위해서는 이러한 급유조건을 파악하는 것이 필수적이다.

1960년대부터 저널 베어링의 표면에 구멍이나 로브(lobes), 빗살무늬(herringbone-groove)를 더하여 저널 베어링의 안정성을 향상시키려는 노력이 계속되어 왔다 [1-3].

저널 베어링의 성능을 향상시키기 위한 새로운 방법으로 베어링의 안쪽에 물결무늬(wave)를 주는 웨이브 저널 베어링이 개발되었다[4].

Jeong[5]은 축방향, 대각선 방향 및 X자 형상의 급유 홈과 급유 위치가 저널 베어링의 정특성에 미치는 영향에 대하여 연구를 수행하였으며, Vijayaraghavan[6]은 축방향과 원주 방향 급유 홈의 위치, 개수 및 크기를 변화시키면서 저널 베어링의 정특성 해석을 수행하였으며, 급유 위치에 따라서 공동영역의 분포가 변하며, 급유 위치가 공동영역이나 유막두께가 최대가 되는 지점인 경우에 베어링의 부하용량이 가장 크다고 보고하였다.

Kim[7]은 엔진 베어링에서 크랭크샤프트의 경사도를 고려한 유막 동적거동을 해석하였으며, 크랭크샤프트 경사도 증가는 최소유막두께의 감소를 유발한다고 분석하였고, Shin[8]은 그루브 형상을 고려하여 빗살무늬 저널 베어링의 유한요소해석 연구를 수행하였으며, 비대칭적인 형상을 갖는 빗살무늬 저널 베어링에 대해 해석한 결과 대칭적인 형상을 갖는 베어링이 낮은 자세각과 불안정한 시작 속도를 나타내었고 비대칭비가 커질수록 그리고 홈폭비와 홈깊이비가 커질수록 축 방향 유량이 증가한다고 보고하였다.

Lee[9]는 터보냉동기 회전체의 동역학적 해석을 수행하고, 고속에서 회전체의 안정성을 위하여 offset 베어링을 적용하여 설계하였으며, Baek[10]은 빗살무늬 홈 형상을 가지는 공기동압베어링의 성능에 대한 수치해석을 수행하고, 마이크로 그루브 가공법을 이용한 비접촉식 초정밀 가공을 통하여 베어링을 제작하였다.

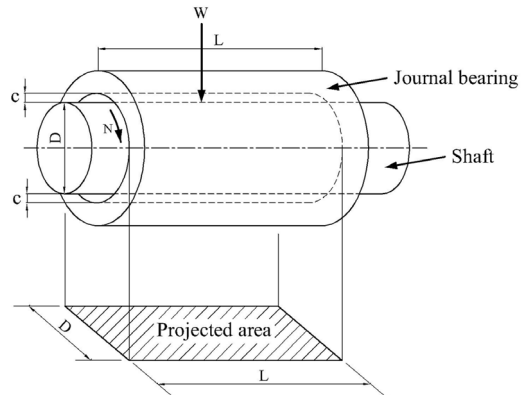
이와 같이 여러 연구자들이 저널 베어링의 성능을 파

악하고 향상시키기 위해 오일 홈의 형태나 위치 등에 대한 연구를 수행하였으며, 저널 베어링의 정특성 및 동특성에 대한 연구가 진행되어왔다. 그러나 오일 홈의 단면 형상에 따른 급유량의 변화를 명확히 파악한 연구는 없었다.

따라서 본 연구에서는 여러 급유 조건 중 저널 베어링의 오일 홈(oil groove)의 형상에 따른 유량의 변화를 실험을 통하여 살펴봄으로써, 저널 베어링을 설계하는데 최적의 성능을 나타내는 홈의 형태를 파악하고자 하였다.

2. 이론적 고찰

서로 상대운동을 하는 두 물체의 슬라이딩 면을 교체 마찰 상태에서 사용하는 것은 슬라이딩 면의 마찰, 마모 등에 의한 에너지 손실이 증가하여 부품의 수명단축은 물론이고 기기의 효율저감 및 소음증대 등을 야기하기 때문에 가능하면 마찰면을 기름으로 분리시켜 마찰이 윤활막 내부에서 이루어지도록 해야만 한다.



[Fig. 1] Schematic of the journal bearing

Fig. 1은 저널 베어링의 개략도를 보여주고 있으며, 길이가 L인 저널 베어링에 의해서 지지되고 있는 직경 D의 축이 간극 c를 가지고 N rpm으로 회전할 때, 간극 내의 기름에서 발생하는 압력에 의하여 축에 가해지는 하중 w를 지지한다. 기름 내부에서 발생하는 전단응력 τ 는 뉴턴의 점성법칙에 의해 다음과 같이 된다.

$$\tau = \eta \frac{du}{dy} = \eta \frac{U}{c} = \eta \frac{\pi DN}{c} \quad (1)$$

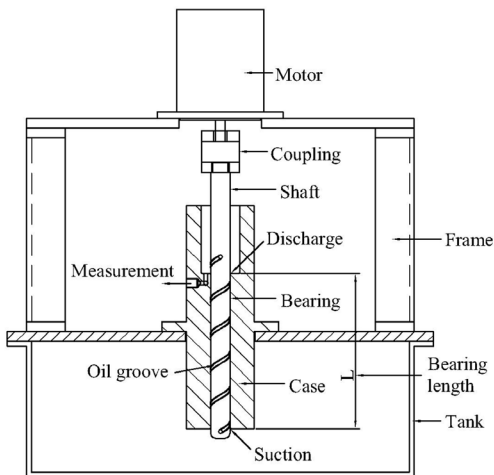
여기서, η 는 기름의 점도, U 는 축 외경의 회전 선속도이다. 이때 마찰면적을 A 라 할 때, 베어링 간극 내에서 발생하는 점성 마찰 토크 T_f 는 다음과 같이 표현된다.

$$T_f = \tau A \frac{D}{2} = \frac{\eta \pi^2 D^3 NL}{2c} \quad (2)$$

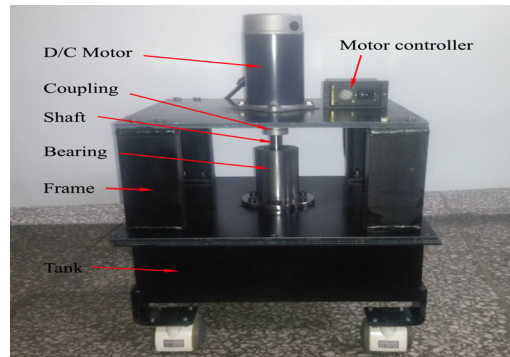
상기의 식은 저널 베어링 간극에 충분한 윤활유가 공급되어 완전 유체윤활 상태이고, 축과 베어링이 동심 상태일 경우의 마찰 토크이며, 만약 하중이 크게 작용하거나 급유량이 부족하면 윤활막이 파괴되는 상황을 초래하여 금속 접촉이 발생할 수 있으며, 이러한 경우에는 마찰 토크가 상당히 증가하게 된다. 따라서 베어링 간극 내에 충분한 윤활유의 공급은 완전 유체윤활 상태를 유지하는데 대단히 중요한 요소가 된다.

3. 실험 장치의 구성 및 방법

Fig. 2는 본 연구에서 사용된 수직형 저널 베어링 실험 장치의 구조를 보여주고 있다. 실험 장치는 오일을 저장하는 탱크, 케이스와 그루브가 포함된 축으로 이루어진 베어링 부, 축을 회전시켜주는 모터, 모터와 축을 연결시켜주는 커플링, 이들을 지지해주는 프레임으로 크게 나누어 볼 수 있다.



[Fig. 2] Schematic of the test apparatus



[Fig. 3] Photograph of the test apparatus

Fig. 3은 실험장치의 전체 사진을 보여주고 있으며, 작동은 DC 모터를 통하여 축을 회전시키면 축에 가공된 오일 그루브를 통하여 탱크내의 오일이 베어링 부 내로 흡입되어 그루브를 따라 유동하여 베어링 부가 끝나는 지점에서 토출이 된다. 이 토출된 오일의 유량은 케이스 내의 베어링 부가 끝나는 지점에 있는 구멍을 통하여 외부에서 측정할 수 있도록 구성하였다.

실험을 위한 기본 설계값과 운전 조건은 Table 1과 같다.

[Table 1] Design parameters and operating conditions

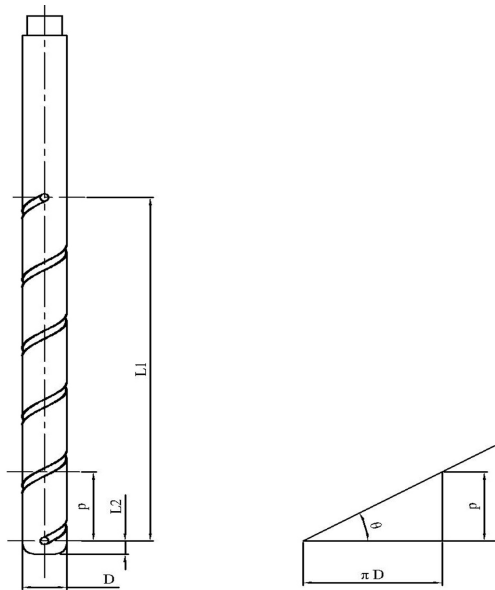
| Items | Values | Unit |
|--------------------------------------|----------|-------------|
| Clearance of journal bearing (c) | 20 | μm |
| Bearing length (L) | 160 | mm |
| Oil kinematic viscosity(at 40°C) | 46 | cm^2/s |
| Operating temperature | 20-80 | $^{\circ}C$ |
| Rotation speed of shaft | 500-2000 | rpm |

상기의 조건에서 샤프트의 회전속도와 그루브의 형상에 변화를 주면서 저널 베어링의 축방향 유량 특성을 살펴해보았다.

Fig. 4는 실험에 사용한 축의 형상을 보여주고 있으며, D 는 샤프트의 직경, p 는 그루브의 피치길이, θ 는 그루브 각도, L_1 은 그루브 전체길이, L_2 는 그루브의 시작 지점의 위치를 표시하였으며, 자세한 수치는 Table 2와 같다.

[Table 2] Design parameters of the shaft

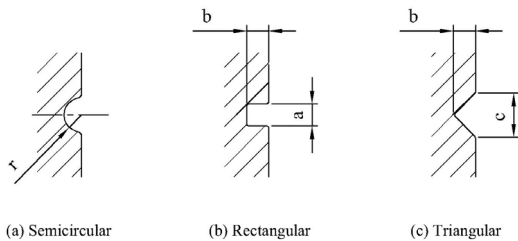
| Items | Values | Unit |
|--------------------------------------------------------------|--------|------|
| Diameter of the shaft (D) | 20 | mm |
| Pitch length of the groove (p) | 36 | mm |
| Total length of the groove (L_1) | 180 | mm |
| Position of the groove start point from the bottom (L_2) | 7 | mm |
| Inclined angle of the groove (θ) | 30 | deg. |



[Fig. 4] Shape of the shaft for the test

이때 그루브의 형상은 Fig. 5와 같이 3가지 형상(반원, 사각형, 삼각형)으로 제작하여 실험하였으며, 이때 3가지 그루브의 단면적은 동일하게 설정하고 형상만 변화를 주었다.

Fig. 5에서 (a) 원형 그루브에서 $r=2mm$, (b) 사각 그루브에서 $a=b=2.5mm$, (c) 삼각 그루브에서 $a=5mm$, $b=2.5mm$ 값을 주었고, 다양한 회전속도와 온도조건에서 세 가지 형상에 따른 유량을 측정하였다.



[Fig. 5] Shapes of the groove

4. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서는 위와 같은 실험 장치를 이용하여 그루브의 형상이나 회전 속도 및 오일의 온도에 따른 유량의 변화를 측정·비교하였다. 이때 그루브 형상, 샤프트의 회

전속도, 오일 온도의 범위는 Table 3과 같이 설정하였다.

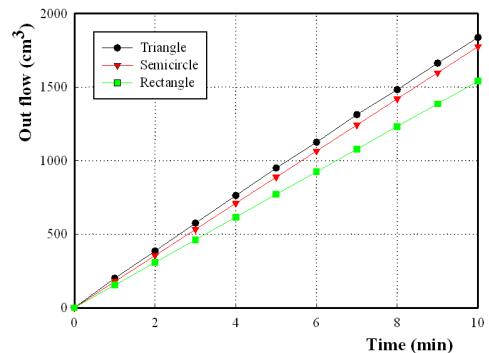
[Table 3] Variables in the experiment

| Items | Values | Unit |
|-----------------------------|---------------------------------|------|
| Shape of the groove | Semicircle, Rectangle, Triangle | - |
| Rotation speed of the shaft | 500, 1000, 1500, 2000 | rpm |
| Temperature of the oil | 20, 40, 60, 80 | ℃ |

4.1 측정 시간의 영향

실험은 10동안 측정하여 각각의 조건에서 얻은 실험 데이터들을 정리하였다. Table 3의 실험 변수에 따라 축의 회전수에 따른 효과, 오일의 온도에 따른 효과, 그루브 형상에 따른 효과를 각각 살펴보았다.

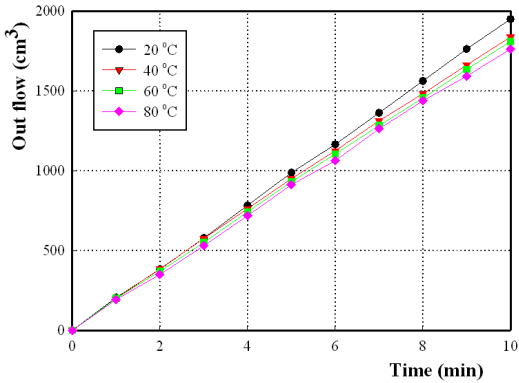
Fig. 6은 축의 회전수 1500rpm, 기름의 작동온도 40℃에서 그루브 형상에 따라 토출되는 유량을 측정 시간에 따라서 보여주고 있다. 각각의 그래프는 측정 시간에 대해 거의 선형적으로 증가하고 있으며, 이것의 기울기가 1분당 토출되는 토출유량이 된다. 그림에서, 그루브의 형상에 따라서 토출되는 기름의 양이 달라지고 있음을 확인할 수 있으며, 삼각형>반원>사각형 순으로 토출량이 많은 것으로 나타나고 있다.



[Fig. 6] Effect of the shape of groove(1500 rpm, 40℃)

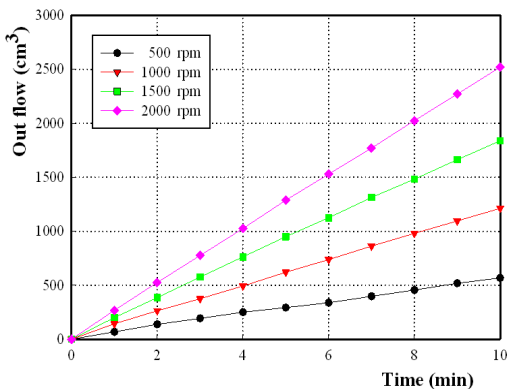
삼각형, 반원형, 사각형의 경우 기울기는 각각 183.8, 177.5, 154cm³/min를 나타내고 있으며, 이 기울기 값이 각각의 경우에 있어서 1분당 토출하는 평균토출유량을 표시한다. 삼각형 그루브일 때 유량이 단면적의 크기가 같은 사각형 그루브에 비하여 약 19.4% 증가하는 것으로 나타났다. 이는 사각형과 삼각형의 회전 중심점의 위치가 다르고(삼각형이 사각형보다 회전 중심점의 반경이 크다.), 이로 인하여 유체의 그루브 방향 속도에 차이가

발생하기 때문이며, 또한 그루브의 형상의 차이 때문에 축의 회전방향에 대해서 그루브 내의 입구와 출구의 단면적 변화에 따른 유체 유동의 불균형에 의한 에너지 손실 때문으로 판단된다.



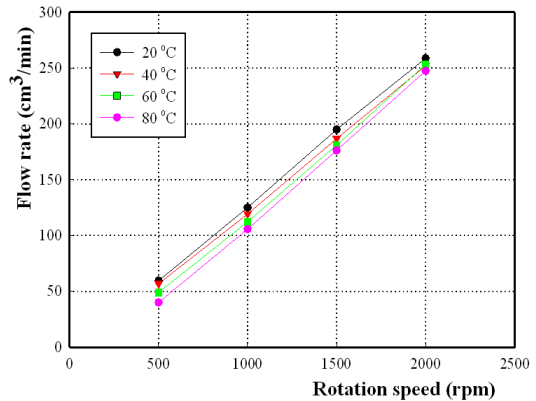
[Fig. 7] Effect of the oil temperature(1500 rpm, triangle)

Fig. 7은 축의 회전수 1500rpm, 그루브의 형상이 삼각형일 때 기름의 작동온도에 따라 토출되는 유량을 보여 주고 있다. Fig. 6에서와 같이 각각의 그래프는 측정 시간에 대해 거의 선형적으로 증가하고 있으며, 20, 40, 60, 80°C일 때, 분당 토출유량은 각각 195, 183.8, 181, 176.3 cm³/min 이었다. 80°C일 때 유량이 20°C보다 약 9.6% 감소하는 것으로 나타났으며, 온도가 증가할수록 토출되는 유량이 작아지고 있음을 확인할 수 있다. 이는 축과 베어링사이의 틈새를 통하여 누설이 발생하는데 온도가 높아질수록 기름의 점도가 낮아져 틈새를 통하여 발생하는 누설이 증가하기 때문이다.



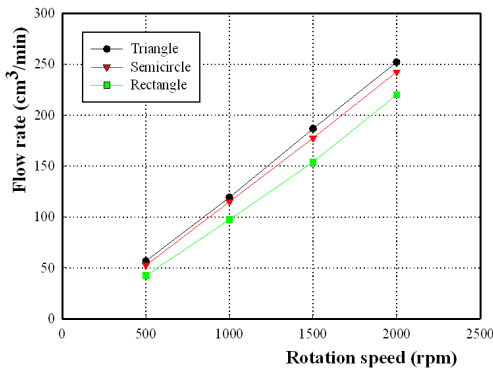
[Fig. 8] Effect of the rotation speed(triangle, 40°C)

Fig. 8은 그루브의 형상이 삼각형이고, 기름의 작동온도가 40°C일 때, 축의 회전수에 따라 토출되는 유량을 보여주고 있다. Fig. 6에서와 같이 각각의 그래프는 측정 시간에 대해 거의 선형적으로 증가하고 있으며, 500, 1000, 1500, 2000rpm에서, 분당 토출유량은 각각 56.8, 121.3, 183.8, 252cm³/min 이었다. 2000rpm일 때 유량이 500rpm보다 약 344% 증가하는 것으로 나타났으며, 축의 회전수가 증가할수록 토출되는 유량이 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 이는 축의 회전수가 증가하면 그루브 방향의 유체 유동속도가 증가하기 때문이다.



[Fig. 9] Flow rate versus rotation speed for various oil temperatures(triangular groove)

Fig. 9는 그루브의 형상이 삼각형일 때, 회전수와 온도에 따른 유량변화를 보여준다. 회전수가 증가할수록 유량은 선형적으로 증가하고 있으며, 회전수가 낮은 500rpm의 경우에는 20°C일 경우가 59.5cm³/min으로 유량이 가장 많았으며 80°C일 경우는 40cm³/min으로 유량이 가장 적었다. 19.5cm³/min의 유량 차이를 나타내고 있으며, 회전수가 높은 2000rpm의 경우에는 20°C에서의 유량이 258.8cm³/min으로 가장 많았으며, 80°C에서의 유량은 247.5cm³/min로 가장 적게 나타났다. 유량의 차이는 11.3cm³/min으로 온도차에 의한 유량의 차이는 축의 회전수가 증가할수록 점차 줄어드는 것으로 확인되었으며, 높은 회전수에서는 온도의 영향이 줄어드는 것으로 파악되었다. 이는 온도가 증가하여 누설되는 유량의 비율에 비해 회전수가 증가하여 증가하는 유량의 비율이 더 크기 때문이다.

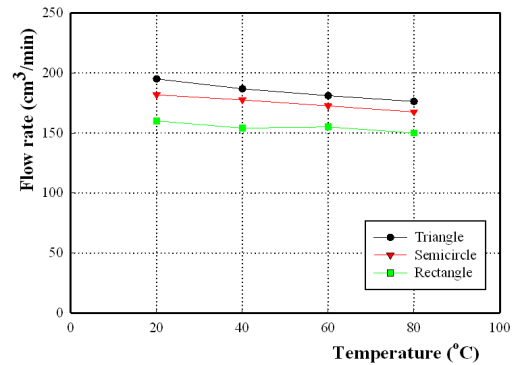


[Fig. 10] Flow rate versus rotation speed for various oil groove shapes(at 40°C)

Fig. 10는 기름의 작동온도가 40°C일 때, 회전수와 그루브의 형상에 따른 유량변화를 보여준다. 회전수가 증가할수록 유량은 선형적으로 증가하고 있으며, 회전수가 낮은 500rpm의 경우에는 삼각형 그루브의 경우가 56.8cm³/min, 반원형은 52.5cm³/min으로 큰 차이를 보이지 않았지만 사각형의 경우에는 42.5cm³/min으로 상대적으로 낮은 값을 보였으며, 삼각형과 사각형은 14.3 cm³/min의 유량 차이를 보였다. 2000rpm에서는 삼각형이 252cm³/min, 반원형이 242.5cm³/min, 사각형이 222.5cm³/min을 보여 삼각형의 유량이 가장 높았으며, 사각형의 경우 가장 낮은 유량을 보였다. 삼각형과 사각형은 29.5cm³/min의 유량 차이를 보였다. 사각형의 경우가 삼각형보다 500rpm에서는 약 25.2%, 2000rpm에서는 약 11.7% 감소하는 것으로 나타났다.

낮은 회전수에서는 그루브 형상에 따른 유량의 차이가 크지 않고, 회전수가 높아질수록 유량 감소량은 증가하였지만, 유량 감소율은 오히려 감소하는 것으로 나타났다. 이는 누설유량이 차지하는 비율이 회전수가 증가할수록 감소하기 때문이다.

Fig. 11은 축의 회전수가 1500rpm일 때, 오일의 온도와 그루브 형상에 따른 유량변화를 보여준다. 오일의 온도가 증가할수록 유량은 거의 선형적으로 감소하고 있으며, 오일의 온도가 낮은 20°C의 경우에는 삼각형, 반원형, 사각형의 유량은 각각 195, 181.8, 160cm³/min을 나타내었으며, 삼각형과 사각형은 35cm³/min의 유량 차이를 보였다. 상대적으로 온도가 높은 80°C에서는 삼각형, 반원형, 사각형의 경우 유량이 각각 176.3, 167.5, 150cm³/min을 나타내었으며, 삼각형과 사각형은 26.3cm³/min의 유량 차이를 보였다.



[Fig. 11] Flow rate versus oil temperature for various oil groove shapes(at 1500rpm)

사각형의 경우가 삼각형보다 20°C에서는 약 18%, 80°C에서는 약 15% 감소하는 것으로 나타났다. 모든 형상에서 유량은 오일의 온도에 크게 영향을 받는 것을 확인하였으며, 특히 삼각형 그루브가 온도에 더 민감하다는 것을 확인하였다. 세 형상 모두 20°C에서 가장 많은 유량을 토출하였고 온도가 높아질수록 유량이 감소하는 형태를 나타내었으며, 이는 온도가 증가할수록 기름의 점도가 감소하여 누설유량이 증가하기 때문이며, 점도가 어느 정도 존재하는 것이 오일을 토출하는 데 있어서 더 많은 토출유량을 나타냄을 의미한다. 온도에 대한 민감도에 있어서는 삼각형>반원형>사각형 순으로 나타났다.

5. 결론

본 논문에서는 그루브가 있는 저널 베어링에서 그루브의 형상에 따른 유량 변화를 측정하여 비교함으로써 최적의 성능을 나타내는 홈의 형태를 파악하고자 하였다. 또한 오일의 온도, 베어링의 회전 속도에 따른 유량 변화를 측정함으로써 최적 유량을 나타내는 조건을 파악하고자 하였으며, 실험 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 낮은 회전수에서는 온도의 영향을 상대적으로 많이 받지만 회전수가 높아짐에 따라 온도의 영향은 크지 않은 것을 확인하였다. 이는 회전수가 낮아질수록 점도가 어느 정도 존재하는 편이 유량을 토출하는데 있어 더 좋은 효과를 갖는다고 할 수 있다.
2. 낮은 회전수에서는 그루브 형상에 따른 유량의 차이가 크지 않았지만, 회전수가 높아질수록 유량 차

이는 더 커졌다. 특히 사각형의 경우는 두 형상과 큰 차이를 보이며 토출유량이 작다는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 유량 감소율은 오히려 회전수가 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다.

3. 세 가지 형상의 그루브에서 모두 오일의 온도가 낮을수록 많은 유량을 보였으며 사각형의 그루브 형상보다는 삼각형이나 반원형의 형상이 유량이 많았음을 확인할 수 있었으며, 삼각형 그루브가 온도에 더 민감하다는 것을 확인하였다.

이상의 결과로부터 그루브가 있는 저널 베어링에서, 그루브 형상, 오일의 온도, 회전속도 등에 따른 영향을 확인할 수 있었으며, 이러한 결과들은 최적의 저널 베어링을 설계하는데 활용이 가능할 것으로 여겨진다.

References

- [1] B. Sternliet and L. W. Winn, "On the Load Capacity and Stability of Rotors in Self-Acting Gas Lubricated Plain Cylindrical Journal Bearings", *Trans. of ASME, Journal of Basic Eng., Series D*, Vol. 86, No. 2, pp. 505-512, 1963
DOI: <http://dx.doi.org/10.1115/1.3656892>
- [2] R. E. Cunningham, D. P. Fleming and W. J. Anderson, "Experimental Stability Studies of the Herringbone-Grooved Gas-Lubricated Journal Bearing", *ASME, J. Lubrication Technology, ser. F*, Vol. 91, pp. 52-59, 1969
DOI: <http://dx.doi.org/10.1115/1.3554896>
- [3] S. M. Oh and Y. C. Rhim, "The Numerical Analysis of Spindle Motor Bearing Composed of Herringbone Groove Journal and Spiral Groove Thrust Bearing", *KSTLE international journal*, Vol. 2, No. 2, pp. 93-102, 2001
- [4] F. Dimofte, "Wave Journal Bearing with Compressible Lubricant-Part I: The Wave Bearing Concept and a Comparison to the Plain Circular Bearing", *STLE Tribology Trans.*, Vol. 38, No. 1, pp. 153-160, 1995
- [5] K. M. Jeong and K. W. Kim, "The Effect of Oil Supply Conditions on the Static Characteristics of Plain Journal Bearings", *Journal of the KSTLE*, Vol. 6, No. 2, pp. 76-87, 1990
- [6] D. Vijayaraghavan and T. G. Keith, JR., "Effect of Type and Location of Oil Groove on the Performance of Journal Bearings," *STLE Tribology Transactions*, Vol. 35, No. 1, pp. 98-106, 1992
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10402009208982095>

- [7] H. G. Kim, "On the Oil Film Behaviors of Engine Bearing Considering Crankshaft Misalignment", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 11, No. 9, pp. 3119-3124, 2010
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.9.3119>
- [8] D. W. Shin and Y. C. Rhim, "An Analysis of Herringbone Groove Journal Bearing Considering Groove Shape", *Journal of the KSTLE*, Vol. 16, No. 6, pp. 425-431, 2000
- [9] J. K. Lee and Y. S. Park, "Rotor Dynamic Analysis of the High Speed Centrifugal Chiller", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 4, No. 3, pp. 193-198, 2003
- [10] S. Y. Baek and K. L. Kim, "Evaluation of Machining Characteristics and Performance Analysis of Air-Lubricated Dynamic Bearing", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 12, No. 12, pp. 5412- 5419, 2011
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.12.5412>

정 봉 수(Bong-Soo Jeong)

[정회원]



- 1978년 10월 ~ 1980년 2월 : 대우 자동차 제품설계부 근무
- 1980년 3월 ~ 1984년 2월 : 호원대학교 기계공학과 조교수
- 1984년 8월 : 단국대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 1990년 3월 : 일본 동북대학교 공학연구과 (공학박사)
- 1992년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 융합기술공학부 교수

<관심분야>

파괴역학, 응력해석, Tribology