

적외선 열화상 카메라를 이용한 윤활 상태에 따른 회전요소 볼 베어링의 온도 특성 연구

A study on the temperature characteristic of the rotation element is the Ball bearing by
the lubrication condition using the infrared thermography camera.

홍동표†·김동연*·이재완*·유청환*·김원태**·최만용***

Dongpyo Hong, Dongyeon Kim, Wontae Kim, Manyong Choi, Jaewan Lee and Chunghwan Yu

1. 서 론

모든 물체는 절대온도 제로켈빈 이상에서 적외선복사에너지를 방출한다. 적외선열화상법은 적외선영상장치를 이용하여 물체표면의 열화상을 촬영하고 온도분포나 그 변동 상황을 해석시스템을 이용해 처리하는 방법으로써 물체의 내부 상태를 추정하는 조사방법이다. 적외선영상장치를 이용한 적외선 열화상 방법은 의학·우주·기상·군사 및 공학 분야와 제조분야에서 광범위하게 활용되고 있다. 적외선 영상장치의 발전과 적외선 영상장비를 이용한 검사방법이 다른 방법들에 비하여 비 접촉성으로 인하여 안전하고 고속으로 원거리 측정이 가능한 점 등 여러 장점들로 인하여 베어링 결함감지 방법으로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 예상되어 적외선 영상장치를 이용한 베어링 결함감지에 대한 연구를 진행할 것이다. 이 논문에서는 적외선 열화상 상태 진단을 기반으로 하는 회전기기의 결함 진단에 대한 새로운 접근법을 제안한다.

2. 본 론

2.1 적외선에 의한 온도 측정

적외선은 파장이 약 0.72-1000 μm 에서의 전자파로 가시광선의 장파장에서 마이크로파의 단파장까지의 총칭이다. 이 적외선은 물질의 온도와 밀접한 관계가 있어, 절대영도 (-273°C)이상의 모든 물체는 연속적으로 적외선을 방사하고 있다. Planck 법칙에 의하면 흑체(black body)의 방사 Power(단색 방사 발산도)는 식(1)에 의해 얻어질 수 있다.

$$w_{\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5} (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)^{-1} (W/cm^2 \cdot m \cdot \mu m) \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

여기서, λ : 파장 (μm)

T : 흑체의 절대온도

C_1 : $3.7402 \times 10^{-12} (W \cdot cm^2)$

C_2 : $1.4388 (cm \cdot C)$

여기에서 흑체는 입사한 적외선을 완전히 흡수하는 물체로, 바꾸어 말하면 어느 온도에 있어서 다른 어떤 물체보다 방사하는 에너지가 큰 물체라고 말할 수 있다.

방사율은 흑체에 대한 방사(흡수)의 효율이라고 정의 되므로 흑체의 방사율은 1이 된다. 일반적인 물체는 방사율이 1보다 적으며, 측정물에 대해 그 방사율 보정을 해야만 한다. Emissivity에 의한 방사율 보정은 이를 의미하고 있다. 또한, 식(1)을 전파장으로 적산하면 전방사 발산도가 얻어지고 식(2)과 같이 온도의 4제곱에 비례하는 것을 알 수 있다.

$$W = \int_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} W_{\lambda} d\lambda = \sigma T^4 (W/cm^2) \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

여기서, σ : Stefan-Boltzmann의 정수

$(5.673 \times 10^{-12} (W/cm^2 \cdot ^\circ C))$

여기에 전파장을 검지할 수 있는 검출기가 있다고 한다면 온도의 4제곱에 비례하는 출력을 얻을 수 있다.

3. 실험

3.1 실험장치 및 방법

본 실험에 사용된 시험 장치는 Fig.1에 나타내었다. 동력부와 측정 대상체인 베어링 사이에 지지의 역할을 수행할 지지 베어링과 그에 맞는 하우징을 설치하였다. 측정 베어링은 표준 베어링인 단열 깊은 홈 볼 베어링 중에서 가장 널리 사용되어지는 B60XX 계열 중에서 B6304를 사용하여 실험을 수행하였다. 통상적인 회전 기기에서의 베어링이 사용되어지는 형상에서 통상 회전 상태에서 윤활제의 유·무에 따라 정상상태와 이상상태의 베어링을 가정하고 그에 따른

† 홍동표; 전북대학교 기계시스템공학과
E-mail : hongdp@jbnu.ac.kr
Tel: (063) 270-2374, Fax: (063) 270-2374

* 전북대학교 기계시스템공학과

** 공주대학교

*** 한국표준과학연구원

온도 특성에 대해 실험을 수행하였다. 동력부는 800W에 1HP인 APM-SC08ADK 서보 모터를 사용하여 각각 1000rpm, 2000rpm과 3000rpm에서 실험을 실시하였으며, 모터와 지지 베어링의 소음을 최소화하고자 방탄유리를 커버로 사용하였다. 그리고 측정에 필요한 적외선 카메라는 프랑스 Cedip社의 Silver450M을 사용하였다.



Fig. 1 Bearing test rig

3.2 실험 결과

실험은 10분을 주기로 실시하였으며, 시작 후 3초 이내에 목표치인 1000rpm, 2000rpm과 3000rpm에 도달할 수 있도록 셋업을 하여 실험하였고 그에 따라서 10분간 온도 특성의 변화를 관찰하였다. 초기 온도는 28~29℃에 맞추어서 실시하였다. Fig. 2, 3과 4는 초기 온도와 10분이 경과한 후 베어링의 정중앙을 중심으로 가로축에 관해서 온도 특성의 변화를 측정된 그래프이다.

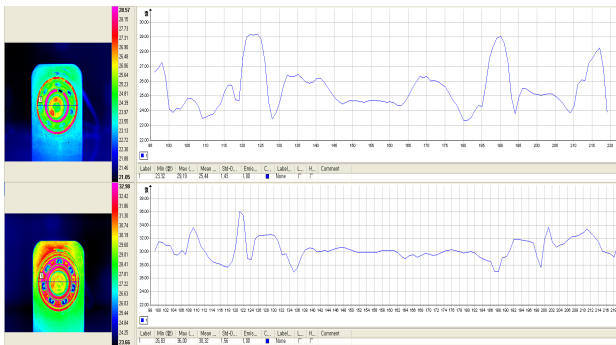


Fig. 2 Temperature characteristic of the bearing on 1000rpm

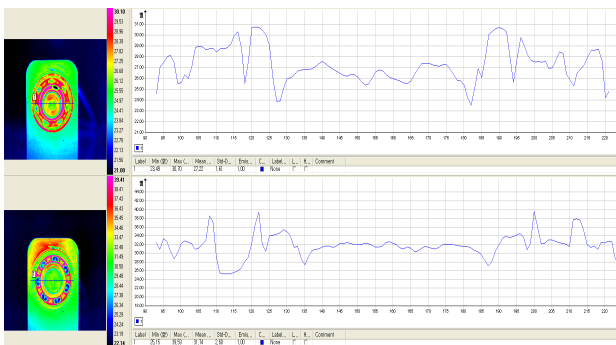


Fig. 3 Temperature characteristic of the bearing on 2000rpm

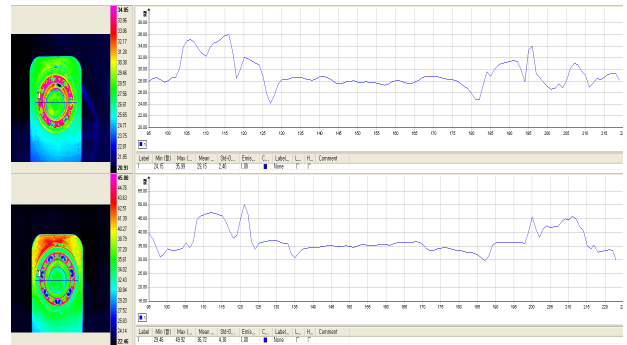


Fig. 4 Temperature characteristic of the bearing on 3000rpm

4. 결 론

아래의 표에서 보듯이 윤활유가 포함이 되어있지 않은 상태의 베어링에서는 윤활유의 보호막이 없어서 그에 따른 내·외륜과 볼 사이에 고체 마찰이 발생하여 급격한 온도의 상승이 일어나는 것을 확인할 수 있었다. Table. 1은 내륜과 외륜, 그리고 볼에서 윤활유의 유·무에 따른 최고치의 온도 변화에 대한 표이다.

Lubricant \ Rpm	Rpm		
	1000	2000	3000
Contain	28.57	30.10	34.85
No-contain	32.98	39.41	45.88

Table. 1 The temperature characteristic of the bearing by 1000, 2000 and 3000rpm

이번 실험을 통하여 적외선 열화상 기법으로 윤활유의 이상 유·무에 따른 온도 특성을 측정해 본 결과 측정이 상당히 용이하며 실시간으로 확인이 가능하여 비접촉, 비파괴 측정 방법으로서 향후 기계 상태 감시 및 이상진단의 실시간 모니터링의 적용에 용이할 것이다.

후 기

이번 실험을 바탕으로 베어링 및 기타 회전체에서 크랙을 적용한 실험이 추후에 진행되어야 하며, 이에 따른 방대한 Data의 확보를 통하여 국가 표준 기반에 주력하여 정확한 측정 표준을 제시하여야 할 것이다.