

내연 저압터빈 베어링 개선 사례 연구

A Case Study on Improvement of Bearing for Low Pressure Turbine

조영천† · 하현천* · 최성필*

Young-Cheon Jo, Hyun-Cheon Ha and Seong-Phil Choi

1. 서 론

최근 국내 발전설비는 전력 이용률 증가로 인해 발전기 최대 출력을 상향 조정하여 운전하고 있으며, 전력예비율이 위험수위까지 도달하는 경우가 빈번하게 발생하고 있다. 따라서 증기터빈의 핵심 부품인 베어링에 대한 운전 조건도 한층 가혹해 지고 있기 때문에 터빈, 발전기의 안정적인 운전을 위해서는 베어링의 성능 개선이 절실히 요구되는 상황이다. 국내의 많은 발전소는 저압터빈 베어링으로 타원형 저널베어링을 많이 사용하고 있으나 과대 온도나 열적피로(thermal fatigue)손상으로 인해 안정적인 운전에 어려움을 겪고 있다(Fig.1).

본 연구에서는 기존에 사용 중인 저압터빈 베어링의 과대온도 및 열적피로손상으로 인한 문제점을 해결하기 위해 개선된 베어링을 설계, 제작하여 현장에 적용, 평가하였다.



Fig 1. Thermal fatigue damage of bearing

2. 베어링 개선 설계 및 현장적용

2.1 베어링 사양 및 특성 해석

국내의 500 MW 표준화력 발전소에서 저압터빈 용으로 사용 중인 타원형 저널베어링의 과대 온도, 열적피로손상 등의 문제점을 해소하기 위해 베어링 간극비 조정, non-dovetail 적용, 화이트 메탈 두께 축소 및 overshoot groove 형상 변경 등을 설계에 반영하여 베어링 개선 작업을 수행하였다.

Table 1은 기존에 사용 중이던 표준화력 발전소의 기존 베어링(OLD)과 개선 베어링(NEW)의 설계 특징과 운전조건을 나타내었다.

Table 1 Comparison of OLD & NEW Bearing

Geometry	OLD	NEW
Type	Elliptical (Dovetail)	Elliptical (Non-dovetail)
No. of pad	2	2
Journal Dia. (mm)	457.20	457.20
Journal length (mm)	228.60	228.60
Vertical clearance (mm)	0.230	0.270
Horizontal clearance (mm)	0.575	0.600
Preload	0.60	0.55
Bearing load (kN)	219.8	219.8
Rotating speed (rpm)	3,600	3,600
Oil supply temp. (°C)	46	46
Oil flow rate (ℓ/min)	251.2	251.2

Table 2는 베어링 설계 변경에 따른 OLD 베어링과 NEW 베어링에 대해 베어링 정특성 해석을 수행한 결과를 비교하여 나타내었다. 표에서 NEW 베어링은 최소유막두께가 OLD 베어링에 비해 작게 나왔지만 온도와 동력손실 면에서 더 양호한 결과가 나오는 것을 확인할 수 있었다.

† 교신저자; (주)터보링크
 E-mail : yc.jo@turbolink.co.kr
 Tel : 055-267-3715, Fax : 055-267-3765
 * (주)터보링크

Table 2 Characteristic Analysis

Description	OLD	NEW
Min. film thickness (mm)	0.085	0.076
Max. metal temp. (°C)	93.2	90.0
Power loss (kW)	142.5	136.2

2.2 베어링 개선

(1) 간극비 조정

베어링의 간극비 조정을 통해 베어링의 온도 저감 및 동력손실의 효과가 나타남을 특성해석을 통해 확인하고 이를 적용하였다(Table 2).

(2) Non-dovetail 적용

국내의 많은 발전소에서 사용되고 있는 타원형 베어링은 dovetail type의 타원형 베어링으로 이는 1970년대 베어링 메탈 특성과 주조 기술이 부족할 당시의 베어링 설계 및 제작 방법으로 피로 손상이 발생하는 단점이 있어 근래에는 non-dovetail type의 얇은 메탈 두께의 베어링을 사용하는 추세이다.

따라서 베어링의 열적 피로에 의한 국부손상을 방지하기 위해 화이트 메탈 접합시에 non-dovetail 형상으로 back metal을 가공하여 화이트 메탈 접합을 수행하였다(Fig 2).

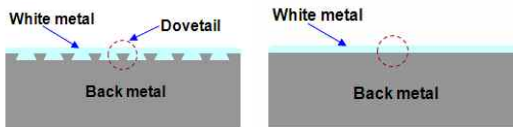


Fig 2. Comparison of Dovetail & Non-dovetail

(3) 화이트메탈 두께 축소

화이트 메탈의 두께를 얇게 할수록 항복강도는 증가하며, 항복 강도가 증가되면 열적피로손상을 방지하는 효과를 낼 수 있다. OLD 베어링의 dovetail 부와 non-dovetail 부의 화이트 메탈 두께는 6.5~12.5 mm였으나 NEW 베어링의 화이트 메탈 두께는 베어링 전부위에 대해 4.5 mm 로 축소하여 설계하여 열적피로손상을 방지하였다.

(4) Overshoot groove 형상 변경

타원형 베어링의 상부에 있는 overshoot 부분의 가공을 더 깊게 하여 하부 패드에 오일 공급을 더 원활하게 하는 효과를 내도록 하여 베어링의 최대온도를 감소시켰다(Fig 3).

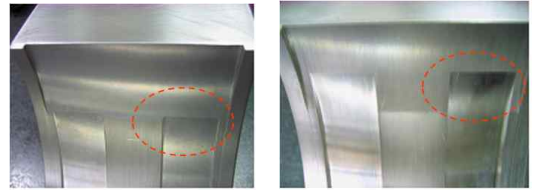


Fig 3. Comparison of Overshoot groove Shape

2.3 현장 적용 결과

개선 베어링(NEW)을 500 MW 표준화력 발전소 저압터빈 T4, T5, T6 베어링에 적용하여 베어링의 온도 특성을 확인하였다. T5 베어링의 온도는 OLD 베어링과 유사하게 나왔으나, T4, T6 베어링은 4°C 이상의 온도저감 효과가 나타났다(Table 3).

Table 3 Result of Application

Description	Bearing Temp. (°C)		
	T4	T5	T6
OLD Bearing	94.0	91.0	85.0
NEW Bearing	89.1	91.9	81.4

3. 결 론

저압 터빈용 타원형 저널베어링의 열적피로손상 및 과대 온도 문제를 해결하기 위해 개선 베어링의 설계, 제작 및 현장적용을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 간극비 조정, overshoot groove 형상 변경을 통해 베어링의 온도 저감 효과를 얻을 수 있었다.

(2) Non-dovetail 형상 적용과 화이트 메탈 두께 축소를 통해 열적피로손상에 대한 근본 원인을 제거할 수 있었다. 이는 터빈 overhaul 기간에 베어링 분해, 점검을 통해 확인하였다.

후 기

본 연구는 5개 발전사가 지원하는 중소기업지원 협력연구개발지원사업의 “표준화력 저압터빈 타원형 베어링 개발” 연구의 일환으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.