

철도 화물차량 차축용 비접촉식 오일실의 가속내구시험

구병춘*, 김재훈**, 신공순†, 김준호††

Abstract

Rail car axles are very important parts for safety of passengers and structural integrity of vehicles. The axles are supported by bearings. To seal grease lubricating the bearings of freight cars, a non-contact oil seal has been developed. The developed oil seal is composed of inner plate, outer plate and seal rubber. The friction between axle and housing with the developed oil seal is very low. The seals are designed for a minimum life expectancy of 800,000 kilometers service. In this study, an accelerated durability tests according to AAR Specification M-934-82 were carried out. Developed products satisfy the AAR Specifications.

1. 서 론

고 밀폐 오일 실(Seal)은 회전기기의 밀봉장치로 회전부와 고정부가 접촉하여 최소한의 누유를 제한하려는 기계부품으로 밀폐의 안정성과 신뢰도 측면에서 대단히 우수하기 때문에 각종 산업플랜트의 펌프, 교반기 등 각종 기계의 밀봉장치에서 고압, 고속, 고온 또는 저온 환경 하에서 사용된다. 그리고 사용유체도 부식성이 큰 것, 불순물이 들어있는 것, 인화성 또는 유독성이 있는 가혹한 조건 등에서 회전기계장치를 완전히 밀봉시켜 석유정제, 중화학, 발전설비, 식품, 제약, 제지, 건축공업, 자동차, 기타 산업전반에 걸쳐 광범위하고, 다양하게 사용되고 있다. 일반 오일 누유 밀폐방식의 오일 실은 사용내압으로 축을 조여 주게 되므로 동력 소모를 가져오고, 마찰로 인한 마멸현상이 발생한다. 밀폐수명을 연장하기 위해서는 어느 정도의 누설이 발생해야 하는데, 이러한 누설로 인해 제품 성능상의 문제, 환경오염 등이 발생할 수도 있다.

* 한국철도기술연구원, 책임연구원

** 한국철도기술연구원, 주임연구원

† 대성화학공업주식회사, 연구원

†† 대성화학공업주식회사, 대표이사

이러한 오일실의 밀폐기능은 오늘날 중요시되고 있는 자원절약, 에너지 절약, 환경오염 방지 등과 밀접한 관계가 있으며, 산업기계 및 고정도 기계의 구동부의 발전과 함께 기계의 기본적인 요소로 그 중요성이 날로 증대하고 있다. 최근 기계부품의 고성능화가 점차적으로 요구됨에 따라 베어링 성능에 영향을 미치는 오일실부의 밀봉성과 이 물질 혼입방지 및 배출 기능이 향상된 효과적인 오일의 누유 방지와 외부로부터의 혼입된 이 물질을 효과적으로 배출할 수 있는 기능을 갖는 시일 구조가 요구되고 있다.

차축용 비접촉식 오일 실은 특성상 두 개의 단품으로 제작조립 후 비교적 높은 마찰온도 및 고속 회전 하에서 높은 내구성을 유지하여야 하므로 오일 실 구성소재인 고무 및 케이스 재질의 선정과 성형제조 방법이 매우 중요하다. 기존의 오일 실 구조는 고 수명 및 고속 운전 하에서 내구성이 떨어져 장시간 사용이 어렵고 빈번한 교환에 따른 막대한 비용이 소요된다. 그러므로 재래식 오일 실 제조 방식에서 벗어나 신개념의 신기술을 이용한 단순화된 구조의 고 수명 고 신뢰성을 갖는 차축용 고 수명 고 밀폐 오일 실을 제작할 수 있다면, 국내의 철도 차량, 대형 수송기계와 초대형 산업기계에 사용되고 있는 오일실의 설계 및 제작에 획기적인 전환이 이루어질 수 있다고 판단된다.

본 연구에서는 개발 완료된 철도차량 차축용 비접촉식[1, 2] 오일 실의 가속내구시험을 수행하기 위해서 AAR Specification M-934-82[3]을 적용하여 내구성을 평가할 수 있는 시험기를 제작하고 가속내구시험을 수행하였다.

2. 비 접촉 오일 실 개요

고속 · 고하중 회전베어링용 오일 실은 현재 철도 차량, 대형 수송기계와 초대형 산업기계 등과 같은 고하중의 차륜이나 회전축 주로 사용되는 중요 부품으로, 고속 · 고하중용 베어링과 함께 국산화 개발이 시급히 요청되는 부품이다.

따라서 본 연구에서는 기계부품의 고성능화가 점차적으로 요구됨에 따라 그림 1과 같은 구조의 윤축베어링에 대해 성능에 영향을 미치는 오일실부의 밀봉성과 이물질 혼입방지 및 배출 기능을 향상시켜 베어링의 수명향상과 베어링의 보수기간을 연장시킬 수 있는 제품 설계기술 개발과 시일의 성형공정 기술개발을 통해서 오일실의 국산화와 참여기업의 기술개발 능력 향상 및 시일 제조라인 구축을 하고자 하였다.

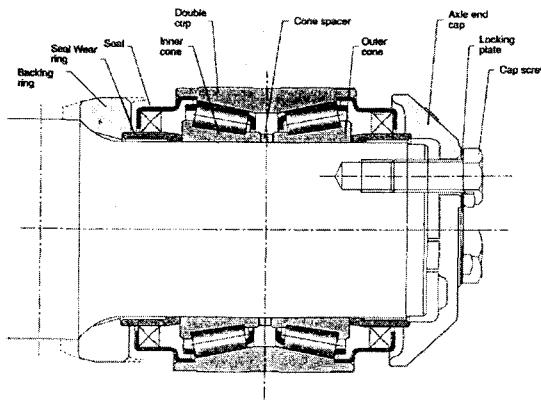


Fig. 1. 철도차량의 윤축 베어링 구조

고속·고하중 회전베어링용 오일 실의 제품개발은 그림 2와 같이 베어링의 외륜부에 장착되는 외철과 내륜부에 밀착되는 내철이 있고 외철에 부착되어 내철과 접촉하면서 시일 링 역할을 하는 시일 고무로 구성된다. 시일 고무는 베어링 내부의 윤활유 누유를 방지하기 위한 차단부와 실 립이 구성되고 외부로부터의 이물질 혼입방지를 위한 실 립과 차단부가 구성되어 있으며 차단부와 실 립 사이의 공간부분은 윤활유로 채워져 윤활유에 의한 차단과 실 립의 미끄럼 작용을 윤활하도록 하였다.

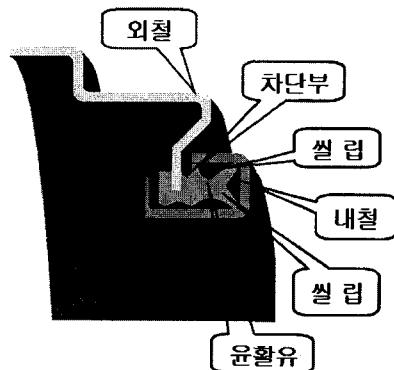


Fig. 2. 개발 오일실의 구조도

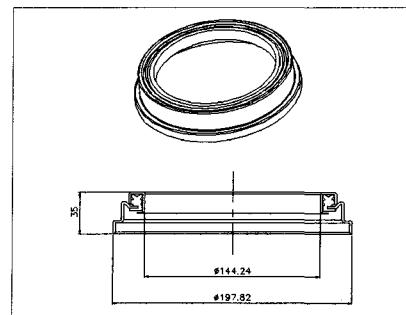


Fig. 3. 오일 실의 치수

또한 철도차량의 운행 중에 외부의 이물질로부터 베어링 시일 링을 보호하기 위해 그림 2와 같이 외철을 안쪽으로 구부려 내철이 안쪽에 설치되도록 하였다. 그림 3에서는 오일실의 설계도를 보여주고 있으며, 제조된 오일실의 사진을 그림 4에서 보여주고 베어링에 조립된 상태를 그림 5에서 보여주고 있다.

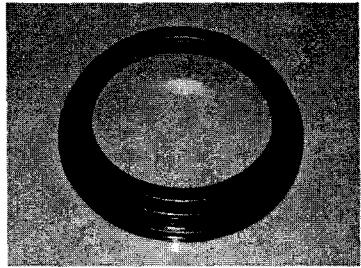


Fig. 4. 성형 완료된 오일 시일

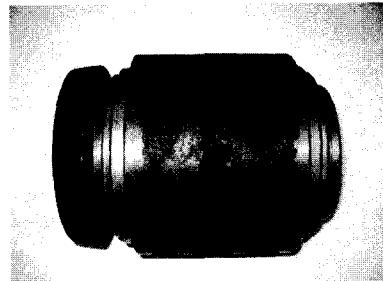


Fig. 5. 차축용 베어링에 조립된 상태

3. 가속내구시험

3.1 시험기준

AAR Specification M-934-82[3]에 의하면 철도차량 차축용 베어링 및 오일 실은 800,000만 km의 긴 수명 동안 이상 없이 작동할 수 있는 내구성을 지녀야 한다. 이 때 수명이란 10%의 부품이 고장 나는 수명을 기준으로 한다. 가속내구시험 절차는 다음과 같다.

- 1) 오일 실의 듀로미터경도(Type A)를 측정한다.
- 2) "Association of American Railroads Mechanical Division Manual of Standards and Recommended Practices (M-934) - Appendix C"에 따라 시험장치에 조립된 완제품을 장착 시킨다.
- 3) 시험장치의 속도를 80mph로 설정한다.
- 4) 오일 실과 시험장치 내부온도를 측정하는 센서를 장착한다.
- 5) $24 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 의 분위기 온도를 맞추고 8,240 mileage에 해당하는 시간동안 작동시킨다.
(약 103시간)
- 6) 시험이 종료 후 약 2일간 작동을 멈춘 후 $-43 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 분위기 온도를 맞추고 2,480 mileage에 해당하는 시간동안 작동시킨다. (약 31시간)
- 7) 6)의 시험이 끝난 후 즉시 $54 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 온도로 분위기 온도를 맞춘 후 1,880 mileage에 해당하는 시간동안 작동시킨다. (약 22시간)
- 8) 위 시험을 통하여 전부 12,600 mileage에 해당하는 시간동안 작동을 하여 오일 실에 누유가 생겼는가를 측정하고 발열온도를 측정한다.
- 9) 오일 실을 완제품에서 해체하여 시험 후 듀로미터경도(Type A)를 측정한다.

3.2 내구성 시험장비

Fig. 6, 7과 같이 시험장치를 구성하였다. 차륜 회전 시 베어링의 발열온도를 측정하기 위하여 3개소에 온도 Sensor를 부착하였다.

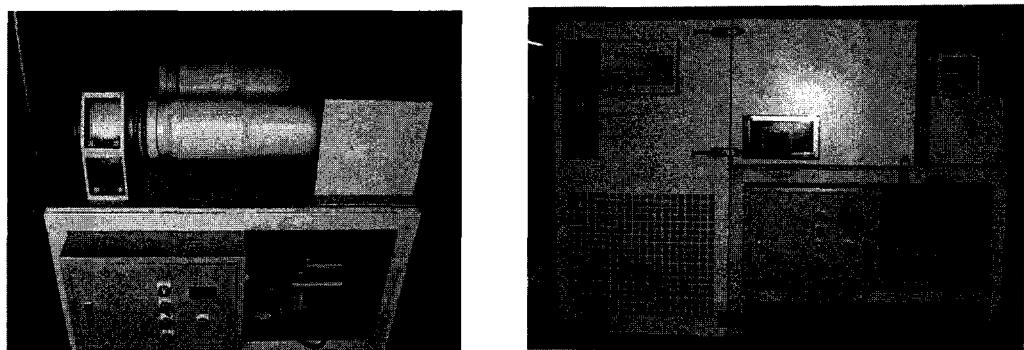


Fig. 6. 오일-씰 내구성 시험장치

오일 실 내구성 시험장치는 실제 차륜과 동일한 조건을 갖도록 한 차륜을 분리하여 실제 차륜과 동일한 조건으로 장착하였다. 이 시험장치는 "Association of American Railroads Mechanical Division Manual of Standards and Recommended Practices (M-934) ~ Appendix C"의 시험을 하는데 목적을 두어 제작하였다.

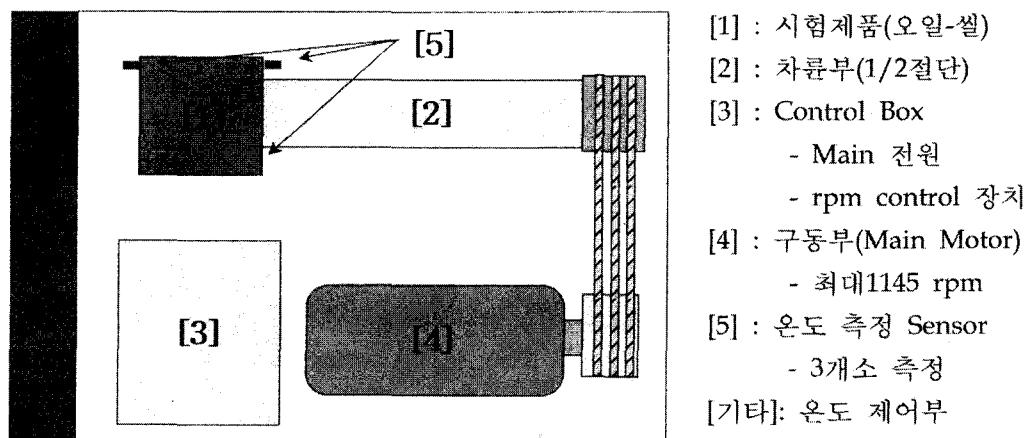


Fig. 7. 시험장치 구성도

3.3 시험결과

3.3.1 시험시간별 온도측정

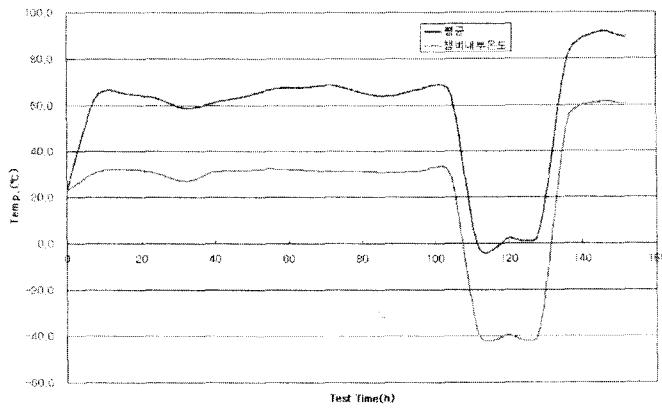


Fig. 8. 챔버와 오일 실의 온도

내구성 시험 동안 윤축용 베어링의 온도 변화는 그림 8에서 보는 바와 같다. 분위기 온도가 -43°C 가 되었을 때 베어링의 온도도 약 -2°C 까지 떨어지다가 2°C 로 약간 상승되는 것으로 측정되었다. 즉시 고온으로(54°C) 분위기 온도를 올렸을 때 발열되는 온도가 약 90°C 까지 상승되는 것으로 측정되었다.

한편 개발품의 오일 실의 성능을 평가하기 위해서 현재 사용 중인 수입품과 비교시험을 하였다. 이 시험에서는 내구성 절차에 따르지 않고 상온에서 계속 회전을 시키면서 온도를 측정하였다(그림 9).

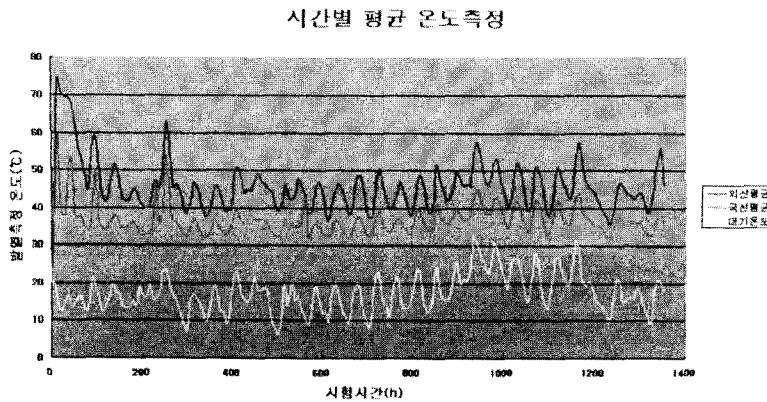


Fig. 9. 개발품과 수입품의 발열 온도 비교

시간별 평균 발열온도 측정 데이터를 보면 외국제품의 발열온도 분포가 개발품의 발열온도보다 약 10°C 정도 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

3.3.2 누유여부 측정

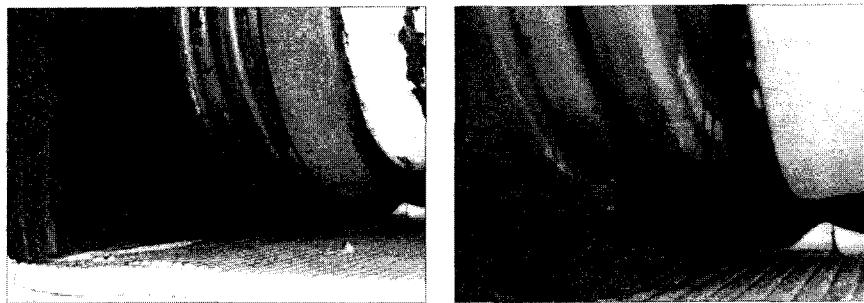
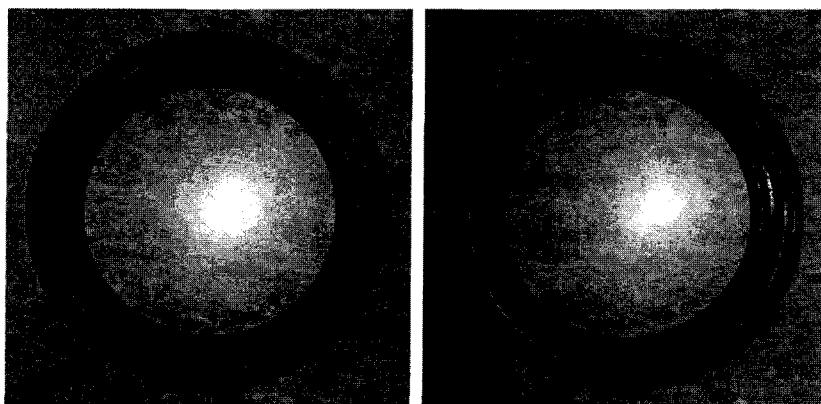


Fig. 10. 시험 전후의 베어링 상태

오일의 누유는 내구성 시험을 하는 동안 초기에 약간의 누유가 발생되는 것으로 관찰되었으나 이것은 외부에 있던 오일이 발열에 의해 녹는 것으로 나타나 누유는 아니라고 추정된다.

3.3.3 듀로미터경도(Type A) 측정

경도는 오일 실의 실 립 부분을 측정하였다. 초기 제품과 시험 후 제품의 경도를 비교하였다. 시험 후 쇼아 경도가 95 이하로 AAR 규정을 만족한다.



[초기 제품 사진]

[시험 후 제품 사진]

Fig. 11. 시험 전후 오일 실 상태

Table 1. 내구시험 전후 경도 변화

시료 구분	초기 제품		시험 후 제품	
	1번	2번	1번	2번
1	82	82	83	83
2	83	82	82	83
3	82	82	83	84
4	82	81	83	82
5	82	82	82	83
평균	82.20	81.80	82.60	83.00
전체 평균	82		83	

4. 결론

본 연구에서는 철도차량 화차용으로 개발된 오일 실의 내구성을 평가하기 위해 AAR 기준에 따라 시험이 가능한 시험장치를 개발하고 AAR 시험절차에 따라 내구성을 평가하였다. 개발 오일 실은 AAR의 기준을 만족하며, 현재 수입되어 사용 중인 오일 실과 상대 비교 시험 결과에서도 발열온도가 10°C 정도 낮아 성능이 우수함을 알 수 있었다. 발열 온도가 낮다는 것은 간접적으로 오일 실의 저항이 작다는 것을 의미하므로 에너지 소비 측면에서도 우수함을 알 수 있다. 따라서 개발 오일 실의 실용화가 가능할 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 산업자원부의 부품·소재신뢰성기반기술화산사업의 지원으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- 윤덕재, 최석우, 임성주, 고속 고하중 윤축 베어링용 오일 실 국산화 기술 지원, 산업자원부, 2004. 11.
- 구병준, 신공순, 엄재인, 김준호, 윤덕재, “고속고하중용 비접촉식 철도차축용 베어링 오일 실 개발,” 한국정밀공학회 설계 및 재료부문 추계학술대회논문집, 2005. 12
- AAR Specification M-934-82, Freight Car Journal Roller Bearings.