

# 화차용 차축베어링 기술개발 요건 분석

## Analysis of Requirement on Technical Development of Axle Bearing in the Freight Cars

최경진<sup>†</sup>, 유경민\*, 김일호\*\*

Kyung-jin Choi<sup>\*</sup>, Kyung-min You<sup>\*</sup>, Il-ho Kim<sup>\*\*</sup>

**Abstract** The freight car axle bearings should withstand the dynamic load of at least about 9 ton heavy load. It should also be sufficient to respond to the dynamic effect of the rails and freight car axle bearings rely on imports 100%. Maintenance Technology is also the operating company imports and re-use the bearing condition maintenance costs to a minimum. Thus, the failure to prove the design requirements and the maintain life, but to live outside the state inspection, visual inspection, it is difficult to readily find fault with fatigue and strain. This study aims to analyze and review the proposed requirements for were keeping requirements for wagons bearing the development, purchase and technical specifications required for the development and maintenance needs.

**Keywords** : Freight car, Axle bearing, Design requirement, Railway technology, Technical specification

**초 록** 철도차량에서 화물차량 차축용 베어링은 고하중으로서 9 ton이상의 동 하중을 견디도록 하며, 궤도와의 동적인 영향에도 충분하게 대응할 수 있어야 한다. 국내 화차용 베어링은 100 % 수입품에 의존하고 있으며, 유지보수기술도 수입품에 대하여 운영회사에서 매우 열악한 환경에서 최소한의 비용으로 원형상태를 검사하고 정비하여 재사용하고 있다. 따라서, 철도차량의 설계요구사항이나 유지보수상의 사용수명이 실제사용연수와 주행거리에 의한 수명과의 관련성을 충분하게 입증하지 못하여 실시간 베어링 외관상태를 검사하는 데 머물러 있다. 베어링의 상태검사는 육안 또는 정밀측정에 의한 검사로서 판정되는데, 단순 외관검사에만 의존하여서는 내재된 피로손상이나 변형손상 등은 쉽게 발견하기가 어렵다. 따라서, 본 연구는 화차용 베어링의 기술개발에 필요한 요구조건을 면밀히 검토하여 베어링 구입 또는 개발에 필요한 기술사항과 유지보수에 필요한 요구사항을 분석 제안하는 데 그 목적이 있다.

**주요어** : 화차, 차축베어링, 설계 요구사항, 철도기술, 기술기준

### 1. 서 론

철도차량에서 화물차량 차축용 베어링은 고하중으로서 9 ton 이상의 동 하중을 견디도록 해야 하며, 궤도와의 동적인 영향에도 충분하게 대응할 수 있어야 한다. 국내 화차용

† 교신저자: 한국철도기술연구원 철도안전인증연구소(kjchoi@krri.re.kr)

\* 한국철도기술연구원 철도안전인증연구소

\*\* HKT베어링

베어링은 100 % 수입품에 의존하고 있으며, 유지보수기술도 수입품에 대하여 운영회사에서 매우 열악한 환경에서 최소한의 비용으로 원형상태를 검사하고 정비하여 재사용하고 있다. 일반적으로 원형정비는 설계자료와 운행자료를 충분하게 확보하여야 하며, 특히 실제 운행일수와 운행키로미터(Km)의 분석에 따라 철도차량의 설계요구사항이나 유지보수상의 사용수명이 실제사용연수와 주행거리에 의한 수명과의 관련성을 충분하게 입증하여야 한다. 다만, 현실적으로 누적 사용일수와 누적 km에 대하여 자료가 충분하지 못하여 실시간 베어링 외관상태를 검사하는 데 머물러 있다. 베어링의 상태검사는 육안 또는 정밀측정에 의한 검사로서 판정되는데, 단순 외관검사에만 의존하여서는 내재된 피로손상이나 변형손상 등은 쉽게 발견하기가 어렵다. 국내외 베어링 관련 규격에는 철도차량의 엔진계 베어링의 규격으로 2가지가 있으며[5,6], 해외 규격으로는 유럽의 EN(European Standard of National)[1], 미국의 AAR M,S(Association of American Railroads) 규격이 있으며 관련 규격의 인증을 받은 후 철도차량에 사용하게 된다[2].

따라서, 본 연구는 화차용 베어링의 기술개발에 필요한 요구조건을 검토하여 베어링 구입 또는 개발에 필요한 기술사항의 요구사항과 유지보수에 필요한 요구사항을 분석하였으며 효과적인 기술개발 방향을 제시하고자 하였다.

## 2. 차축베어링 인증 규격 및 시험항목

### 2.1 차축 베어링 인증 규격 검토

철도차량용 베어링과 관련한 규격은 국내 표준규격(KS)이 일반 베어링용으로 산업분야에서 공통 적용되는 규격이 있으며, 철도차량에 관하여 적용하기 위한 특수 내용이 언급되지 않고 있다. 운영기관인 한국철도공사는 모터와 엔진 계통의 슬라이딩 베어링 관련 규격이 있으나 차축 베어링과는 직접 관련이 없다. 해외 관련규격으로 유럽표준규격 EN 12080(Rolling bearing), EN 12081(Lubricating grease), 12082(Performance testing)이 있으며 유럽을 중심으로 세계 각국에서 국제 인증 규격으로 사용되고 있다. 미국철도협회의 표준규격으로 AAR M,S 가 있으며 북미를 중심으로 전세계에 인증 규격으로 사용되고 있다. AAR 인증은

**Table 1** Applicable specifications for interchangeable components

Component	Specification	Section	Remarks
Seals	M-959	H	Non Interchangeable : 500,000miles minimum of 500,000miles
Grease	M-942	H	
Adapter	M-924	H	
Spacers	M-934A	H	
Seal Wear Rings	M-934B	H	
End Caps	M-934C	H	
Backing Rings	M-934D	H	
Universal Fitted Backing Ring	M-934E	H	
Cap Screws	S-702	H	
Locking Plate	S-701	H	
Axles	M-101	G	

자율인증으로 전반적인 관련 인증 업무는 TTCI(Transportation Technology Center, Inc.)에서 실시하고 있으며, 관할기관의 요구에 따라 만족한다는 것을 반드시 입증해야 하므로 관련 규격의 인증 획득은 필수적이라고 볼 수 있다. AAR M 934는 화차 저널 로울러 베어링(Fright car journal roller bearing)의 표준규격으로서 하중조건은 D~M급(21.0~38 kips), 베어링의 크기로 최소 내경은 D~G급(7.745~10.270 in)으로 분류하고 있다. Table 1은 베어링 부품 호환을 위한 적용 규격을 보여주고 있다.

## 2.2 베어링 시험 항목

철도차량용 차축 베어링에 적용하기 위한 해외 규격을 검토하면 Table 2와 같이 요구사항, 검사와 실험실 성능시험, 실차 운행시험으로 구분할 수 있다. AAR 규격은 요구사항에서 하중조건, 부품호환과 온도, 부하조건, 수명계산을 포함하고 있으며, 하중조건에 의하여 D급에서 M급까지 세밀하게 구분하고 있으며, EN 규격은 재료와 열처리 및 소급성에 대하여

**Table 2** Applicable specifications for interchangeable components

Division	AAR M-934	EN 12080	Remarks
Requirements Specification	Interchangeable Components Thermal Detection Design Criteria -Load Condition -Life Cycle Calculation (L10 = 1,000,000 miles) -Class Bearing D~G, K~M Fretting Index calculation	Steel Heat treatment Reproducibility	
Inspection	Dimensions -Cup Counterbore : M-959 (D~G : 7.745~10.270 inches) Bearing System -Component Criteria -Lubrication Seals -Lubrication Marking -AAR Approved : "AAR-(XX)" -Rings : XYZ-A125-11 70-12345 Material and Application	Axlebox and Box Housing Cartridge Bearing Grease(EN12081) Sealing Nominal Test Speed -Increased 10 % Main Line Network Watertightness Test Magnetic Particle Inspection Eddy Current Inspection	
Performance Test(Rig)	Metrology Rollers Hardness -Rollers -Bearing Rings Temperature/Rolling Resistance Durability Test -at 65 ° F ± 15 ° F, 50~70mph -Equivalent of 100,000 miles -Load 125% of the static load Shock Test	Two Axleboxes Operation -Vertical Loads -Varying Transversal Loads Calculation Force -Radial and Axial force Test Parameters -Ref. Vertical and Axle Loads Vehicle Speed(kph) Test Cycle and Distance(km) Rotation Speed During Test	Appendix C
Field Test	Application Procedure and Requirements for Approval	Carrying out the test -Limit up to 200kph : 600,000km -2years	Appendix B

언급하고 있다. 검사에서는 AAR 규격은 치수와 베어링시스템의 요소와 윤활관계를 상세하게 언급하고 있다. AAR 인증에 따라 베어링 카바에 “AAR-(XX)” 로 (XX)는 AAR에서 발급한 인증번호를 표기하며 내륜과 외륜에 제작자가 제작 일련번호를 표기하도록 명시하고 있다. EN 규격은 외관검사는 필수적이며, 운행 검사와 자분탐상, 와전류탐상, 수밀시험을 실시하고 있다.

베어링 성능시험으로 AAR 규격은 경도시험(로울러/링)과 전용 시험장치를 통하여 온도시험과 내구성시험을 실시하고 있으며, 충격시험도 시행하도록 한다. EN 규격은 2개의 베어링을 조립하여 수직하중과 다양한 축방향 하중을 가하면서 설계 값과 검증을 하며 실차운용조건외 차량 속도 및 시험주기와 주행거리 등을 계측하도록 다양한 인자를 통하여 성능을 검증하고 있다. 최종적으로 실차시험은 모든 규격에서 실시하며 인증절차와 차량의 속도 조건 등을 정하여 시행하고 있다.

### 3. 기술 분석 및 베어링 개발 요건

화차용 차축 베어링은 복열 테이퍼 로울러 베어링(DRTRB : Double Row Tapered Roller Bearing)이며 Fig. 1 은 3D 모델링한 결과를 보여주고 있다. AAR 및 EN 규격을 검토한 결과와 같이 다양한 요구사항과 검사 및 성능시험을 통하여 기술개발의 요건을 분석하고자 하였다. 국내기술은 제조관련 기술은 외국제품을 모방단계에 있으나, 기본설계와 제작 이후에 검증하기 위한 성능시험 기술이 경험한 바가 없어 실내에서 정지 성능시험을 시행하기 위한 베어링 전용시험기가 없는 실정이다. 따라서, 해외 규격에 대응하는 원천기술을 확보하기 위하여는 국내에서 성능시험기를 독자 개발하거나 베어링의 인증을 해외에서 받는 방안이 요구되고 있다. Table 3 은 현재 국내의 베어링 기술을 분석하여 필요한 기술을 분류하여 정리한 결과로서 향후 계속 검토 보완되어야 할 것으로 판단된다. 현재 국산화 과정에서 설계 및 분석기술의 일부를 독자적으로 확보하고 있지만, 해외 인증에는 기본설계와 상세설계 기술이 더욱 고도화할 필요가 있으며, 아울러, 윤활제인 그리이스의 특성을 포함한 원천기술의 확보가 더욱 요구된다.



**Fig. 1** The 3D modeling of the axle bearing (DRTRB)

Table 3 Technologies for bearing of axle shaft

	Classification	Keyword
A. Technologies of Design and Analysis	AA. Bearing 3D modeling	CAD/3D/Design/Interface
	AB. Bearing FEM(finite element modeling)	CAE/FEM/Simulation
	AC. Bearing structural strength analysis	CAE/Analysis/Structural/Strength/Stress
	AD. Bearing 2D part drawing	CAD/2D/Parts/Drawing/Dimension
	AE. Bearing life cycle analysis	Load/Cycle/Dimension
B. Technologies of Production Process	BA. Bearing contact surface modification	Hardness/Roughness/Heat treatment
	BB. Bearing precision machining technology	Micro Cold Forging/Shot Peening
	BC. Bearing assembly & tolerance	Tolerance
	BD. Bearing lubrication & wear	Lubrication/Wear
C. Technologies of Test and Evaluation	CA. Bearing balance test	Test/Unbalance/Proto type
	CB. Bearing fatigue & life cycle test	Test/Lab./Proto type
	CC. Bearing surface test	Test/Lab./Proto type
	CD. Field test	Test/Field/Real car

특히, 제조공정 기술은 내륜과 외륜의 표면경도를 높이기 위하여 MCF(Micro Cold Forging) 가공조건을 최적화하는 타구치디자인 회귀분석을 심도있게 연구할 필요가 있으며, 최종적으로 부하조건에 실물 베어링 성능시험 기술을 도입 또는 개발하여 설계와 제조기술을 검증하면서 동시에 해외 AAR 및 EN 규격 인증을 획득하는 방안을 모색할 필요가 있다. 현재는 철도차량 차축용 베어링은 국가표준규격(KS)과 한국철도규격(KRS)에 해당하지 않으며, 철도안전법의 철도안전인증품목에도 선정되지 않아 수입품을 지속적으로 사용해야 하는 상황으로 장단기적인 대책을 수립할 필요가 있다. 수입품을 사용하고 있는 운영기관은 유지보수에 필요한 원천기술과 고도의 성능시험기술 확보에도 많은 어려움이 예상되고 있다.

### 3. 결론

화차용 차축베어링의 기술개발에 필요한 다양한 요구사항과 검사 및 성능시험을 분석하였으며, 현재 수입품을 사용하고 있는 화차의 차축 베어링의 운영기관의 유지보수를 원활하게 수행하기 위하여 본 연구는 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

설계기술 도입과 실차에서의 사용수명을 실시간으로 파악하고 다양한 검사 및 성능시험 기법과 상태진단 검사기술을 확보할 필요가 있다. 특히, 기술개발 요구조건은 독자적인 설계 및 제조기술을 확보해야 하며 해외 규격인 AAR 및 EN 규격의 요구사항과 성능시험기술을 확보하기 위한 원천기술을 개발하여야 한다.

## 후 기

본 연구는 한국철도기술연구원 주요사업 중소기업 수요기반 철도원천 기술 개발 연구(화차용 차축베어링 국산화 및 시험평가 기술개발)의 일환으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] AAR M-934, Freight Car Journal Bearings (2011) AAR Manual of Standards and Recommended Practices Journal Bearings and Lubrication, pp. H [M234] 59-67.
- [2] EN 12082, Railway application – Axleboxes – Performance testing.
- [3] 최경진, 김일호 외 (2015) 화차용 차축베어링의 국산화 및 시험평가 기술개발, 한국철도기술연구원.
- [4] 차량/궤도/환경분야 철도용품 인증을 위한 실내/현장/ 시험규격 정비 및 인증체계 개선방안 연구, 최종보고서(본문8장 1절~3절)(2014), 국토교통부/국토교통과학기술진흥원.