

1세대 휠베어링 신뢰성 향상을 위한 가속수명시험법 개발 및 평가

김민재¹⁾, 송민수¹⁾

현대모비스¹⁾

Development of Accelerated Life Testing Methods and Evaluation for Improving the Reliability of 1st Wheel Bearing

Minjae Kim¹⁾ · Minsoo Song¹⁾ ·

Hyundai MOBIS¹⁾

Key words : Accelerated Life Test(가속수명시험), Reliability Life(신뢰성 수명), Failure Mode(고장모드), Wheel Bearing(휠베어링), Fatigue Life(피로수명),

교신저자, E-mail: 김민재, 1624108@mobis.com

휠베어링(Wheel Bearing)은 휠(Wheel)에 장착되어 하중을 지지하고 회전저항을 저감하여 동력 전달 효율을 높이는 역할을 한다. 휠베어링은 차량의 많은 부분의 하중을 지지하면서 고속으로 회전하기 때문에 내부 결함이 발생할 수 있으며, 여러 복합적인 요인으로 인해 베어링의 기능을 상실할 수 있다. 베어링이 기능을 상실하면 소음이나 이음으로 고객에게 불편을 주거나, 심각한 경우 고객의 안전에 문제가 생길 수 있다. 따라서 휠베어링은 높은 신뢰성을 확보해야 한다. 또한 휠베어링의 주요 기능 상실은 내부에서 발생하기에 외부에서 이상 유무를 판단하기는 어려워 사용환경을 반영한 적합한 내구수명시험 수립을 통하여, 휠베어링의 내구수명을 높은 신뢰도로 예측하는 것이 필요하다.

주요 베어링 업체에서는 베어링의 내구 성능을 예측하기 위해 주로 사용조건의 연속성이나(사용률 가속) 물리적 인자의 스트레스(스트레스 가속)를 높여 가속수명시험(Accelerated Life Test, ALT)을 구성한다. 그러나 최근 베어링 설계의 기술적 발전과 품질 향상으로 인해 현재의 가속수명시험조건에서 시험을 완료하기까지 상당한 시간이 소요되어, 특정 베어링의 정확한 수명을 예측하기가 매우 어렵다. 따라서 대상 베어링의 정확한 수명 확인을 위해 가속조건을 추가하여 시험시간을 단축하고, 가속조건이 추가된 가속수명시험법과 실제 필드와의 정합성을 확인하는 과정이 필요하다.

베어링의 품질공정능력(Quality Process Capability)은 최근까지 매우 높아져 왔고, 디자인에 따른 베어링의 기대수명(Expected Life)이 있으나 1세대 휠베어링의 경우 상대파트인 너클(Knuckle)과의 조립과 같은 외부적 요인으로 인해 케도부(Raceway)의 진원도(Roundness)가 악화되어 기대수명 대비 내구 성능이 낮아지는 경향이 있다. 여러 연구에서 이러한 현상을 최소화하기 위해 너클의 베어링 압입부 주위의 형상을 개선해 왔으며, 실제 휠베어링의 신뢰성 개선에 효과가 있는지 개선품의 가속 시험을 통해 확인할 필요가 있다.

본 논문에서는 휠베어링의 주요 필드 내구 고장인 케도부의 박리현상을 고장모드(Failure Mode)로 선정하고, 필드 클레임(Field Claim)을 조사, 분석하여 신뢰성 목표(Reliability Target)를 수립하였다. 고장 메커니즘(Failure Mechanism)을 수립하여 고장모드를 발생시키는 영향 인자와 주요 스트레스를 검출하고, 추가 가속 인자들을 선정하였다. 인자별 가속 조건을 추가하여 시험을 실시하였고, 해당 인자의 가속성 및 고장모드와 시험조건 간의 매칭성을 검토하여 적합한 가속 인자를 도출하였다. 이를 통해 기존의 내구 시험에 사용률 가속, 스트레스 가속 조건에 그리스 열화(Grease Degradation) 조건을 가속인자로 추가하였다. 고장 메커니즘 분석 시 여러 고장 고품에서 박리 시 그리스 열화가 동반됨을 확인하였고, 열화 된 그리스 조건을 추가함으로써 복합환경 내구조건(Combined Environmental Durability Condition)을 구축하였다. 가속수명시험을 통해 도출한 수명의 분포로 실제 필드와의 정합성을 확인하는 과정에서 고객의 사용환경에서의 수명을 추정하고 신뢰성 수준을 확인하였다. 또한 무고장시험법에 적용하여 사용조건에서 신뢰성 목표를 충족시키는 시험시간을 산출하였다.

개선품의 신뢰성 개선 효과를 확인하기 위해 도출된 가속수명시험법으로 수명 분포를 확인하였으며, 개선전의 수명 분포와 비교를 통하여 개선 효과(Photo 1.) 및 보증기간 내 품질 비용 등을 정량적으로 산출하여 개선안의

적용 여부를 확인할 수 있었다.

본 연구를 통하여, 베어링의 수명을 예측할 수 있는 가속수명시험법을 개발하였고 이를 통하여 개선안의 개선 효과를 정량적으로 확인할 수 있었다. 이를 통하여 본 연구의 개선안이 보다 많은 양산품에 적용되기를 기대하며, 기타 여러 개선안에 대하여 개선 효과를 확인하여 제품의 경쟁력을 높일 수 있기를 기대한다.

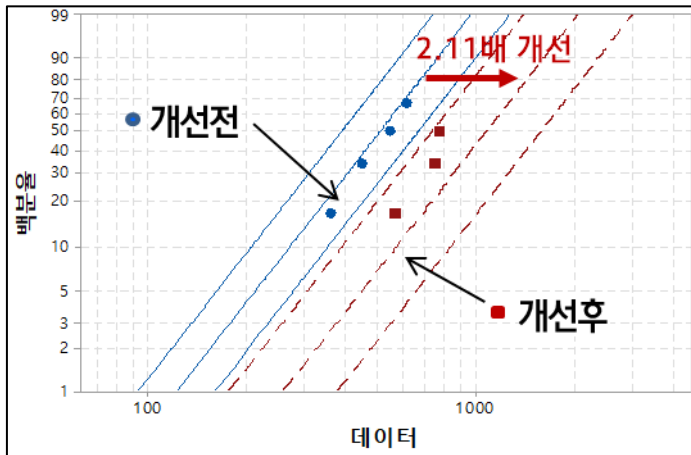


Photo. 1 Improvement Plan Effects of Accelerated Life Testing Method for Wheel Bearings