

고속철도 감속기 내 수분 및 철분 함량 변화에 따른 상태 진단 연구

Driving Gear Unit Internal Moisture and Iron Content Changes according to The State Diagnostic Studies for High-speed Train

*#이찬우¹, 김형진¹, 이동형¹

*#C. W. Lee¹, (cwlee@krri.re.kr), H. J. Kim¹, D. H. Lee¹

¹한국철도기술연구원 첨단고속철도연구실

Key words : KTX, Driving Gear Unit, Running Gear Inspection, Water Content, Fluorescent X-ray Analysis

1. 서론

고속철도차량의 동력전달장치의 핵심 구성품인 감속장치는 모터 블록으로 부터 구동 동력을 윤축장치에 전달하여 그 구동력으로 열차를 추진시키는 장치이다. 감속장치 내부에서는 구동체와 피구동체 간의 상대적인 움직임이 있게 되고 고속주행에 따른 충격 부하가 계속 작용하는 상태에서 고 출력의 동력을 전달시켜 주어야 하는 특성을 가지고 있다. 고속주행용 감속구동장치는 열차 속도의 증가에 따라 관성력에 의한 각부 응력의 증가와 궤도 주행 성능 특성이 영향을 받게 되므로 차축에서 주행 충격력이 모터로 전달되지 않아야 하고, 차축 조립체와 결합된 스프링 하 질량감소 및 관성력에 의해 차축이 궤도 가하는 충격력이 작아야 하는 특성을 가지고 있어야 한다.

본 연구에서는 국내에서 운행 중인 KTX-1 및 KTX-산천 고속차량 감속장치의 주행 중 주요 성능을 유지해 주는 역할을 담당해 주고 있는 감속기 윤활유에 대한 수분 및 철분 함량 변화에 따른 상태 진단 연구를 실시하였다. KTX 고속차량의 경우 감속기의 냉각 방식은 치차에 의한 비산식 순환 유속 윤활 냉각 방식이다. 감속기 장치는 금속 치차가 맞물려 구동하는 방식이므로 감속기 기어 접촉 치면 마모 현상은 필연적인 사항으로, 윤활유의 순환 급유 시 마모 된 철분 성분이 윤활유에 포함되게 된다. 또한 완전 밀폐형 구조가 아닌 KTX 차량의 감속장치 내에는 주행 중 발생하는 내부압력 및 온도 변화에 의해 감속기 외부에 존재하는 공기 또는 수증기가 유입되어 감속장치 냉각 유체인 윤활유에 수증기 혼입이 발생하게 된다. 감속기 윤활유 안에 수증기나 철분 성분이 많아지게 되면 윤활유가 산화 현상으로 인한 변색이 발생하게

되고 윤활유 열화 현상이 발생하게 된다. 윤활유가 열화 현상이 발생하면 감속기 내부 장치에 산성 탄화물이 쌓이게 하는 등 감속장치에 큰 악영향을 끼치게 된다. 또한 감속장치 기어 마모에 의한 철분 성분 증가는 또 다른 치면 결함을 유발하게 되므로 고속차량인 KTX-1 및 KTX-산천 차량 유지보수체계에서 주행기어검수(running gear inspection)를 주행 회기 14일 한도 또는 20,000km 주행 시 윤활유의 색상 변화 검사를 실시토록 되어 있으며, 이 때 감속기 윤활유 내의 수분 함량 검사 및 철분 성분 검사를 실시토록 되어 있다.

2. 감속기 윤활유 내 철분 및 수분 검사

감속기 윤활유 내 수분 및 철분 검사는 시료 채취를 통하여 이루어진다. 채취된 시료가 감속기 윤활유의 전체 상태를 대표할 수 있는 상태에서 채취해야 하므로 현재 KTX 차량 윤활유 채취 시기는 영업운행을 마치고 차량기지로 입고 한 후 2시간 이내에 실시토록 함을 KTX 차량 계약문서번호 「KHRC-94-01/FP ; Rolling Stock Maintenance Guide Running Gear Inspection」에서 제시해 주고 있다. 시료 채취 위치에 대해서도 동 계약문서에서 감속기 유량을 재는 구멍을 통해 200mm 정도 아래에서 주사기를 통해 채취토록 되어 있다. 채취된 감속기 윤활유 시료는 형광 X선 분석(fluorescent X-ray analysis)를 통해 철(Fe) 함유량을 분석한다. Fig 1 은 KTX 차량 감속기 윤활유 성분 분석 절차를 보여주고 있다. 감속기 윤활유에 대한 철분 함량 검사는 형광 X선 분석을 통한 시료 속의 철 함유량에 따른 한국철도공사 측의 오일 교환 판단 기준은 다음과 같다.

감속기어 Fe > 150 ppm

모터 축 Fe > 200 ppm

만일 형광 X선 분석상기 기준을 통해 시료 속의 철 함유량이 기준치 이하가 되면 해당 감속기에 윤활유(SHELL 3470)를 보충하여 사용하면 된다. 이와 반대로 윤활유 교환에 해당하는 철 함유량이 있는 것으로 형광 X선 분석 결과가 나오면, 해당 감속기의 윤활유를 전부 배출 한 후 새로운 윤활유로 교체 한 후 시료 채취를 다시 하여 형광 X선 분석 검사를 실시해야 한다. 이 경우에도 철 함유량이 기준치를 초과하게 되면 해당 감속기 장치를 분리하여 정밀 검사를 실시해야 한다. 실제 한국철도공사가 관리하는 철분 함유량 기준은 차량제작사인 Alstom사의 추천 매뉴얼인 감속기 300ppm이하 모터 축 400ppm 보다 훨씬 엄격하게 관리하고 있는 실정이다. 이 기준은 프랑스에서 운영하고 있는 SNCF 기준에 대한 것이므로 현재 국내에서 적용하고 있는 감속구동장치 내 윤활유의 철분 함량 기준은 잦은 윤활유 교체가 이루어지고 자원 낭비 요소가 있으므로 보다 정확한 연구가 이루어져서 국내 실정에 적합한 기준이 필요한 것으로 나타나고 있다.

것은 감속기가 구동됨에 따라 여러 가지 요인으로 감속기 윤활유 속에 축적된 수분의 양을 측정하는 것이다. 이 분석으로 감속기 윤활유 속에 실제 감속기가 구동되는 동안 수분이 얼마나 침투 했는가를 알 수 있다. 분석 방법은 시료와 용제를 플라스크 속에 넣고 트랩에 용제를 충분히 넣어서 가열 상태에서 수분이 없어질 때까지 열을 가해 증류를 계속 한다. 시료의 최종 수분함유량은 시료 부피에서 트랩 속의 물의 부피를 계산하여 계산한다. 이에 대한 계산식이 아래와 같다.

$$\text{수분(\%)} = \frac{\text{트랩 속의 물의 부피}}{\text{시료의 부피}} \times 100$$

KTX 및 KTX-산천의 수분의 함유량 기준은 0.26% 이하로 관리하고 있다. 이 기준도 차량제작사 계약 문서 기준인 수분 함유량 기준이 1% 미만으로 되어 있어서 실제 한국철도공사에서 관리하는 기준이 매우 엄격함을 알 수 있다. 이 경우도 철분 함유량 분석과 같이 감속장치 성능에 영향을 주지 않는 수분 함량 연구가 추가적으로 이루어져야 함을 알 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 KTX-1 및 KTX-산천 차량의 감속기 내 수분 및 철분 함유량에 따른 기준을 고속차량 운영기관인 한국철도공사 기준과 KTX 차량 초기 제작사인 Alstom 사의 기준을 비교 하였다. 현재 한국철도공사에서 시행하고 있는 RGI 검사 시 감속기 내 수분 및 철분 함유량에 대한 기준은 동일 성능을 가진 차량을 운행하는 프랑스 SNCF 보다 너무 과도하게 설정되어 있음을 알 수 있다. 향후 국내 실정에 적합한 기준 도출이 이루어져 감속장치의 건전성과 안전성을 확보할 수 있는 기준이 새롭게 제정되어야 함을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 국토해양부의 고속열차용 감속기 모니터링 기술개발과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김용기 외, "주요부품 실용기술개발: 감속구동장치 기술개발보고서", 16~36, 2004.
2. 이동형, 이찬우 외, "고속열차용 감속기 모니터링시스템개발 보고서", 2012.

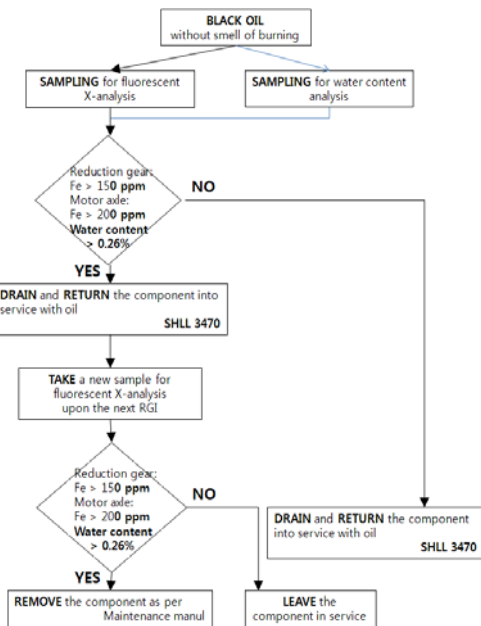


Fig. 1 Lubricating oil composition analysis procedures

두 번째로 감속기 윤활유 시료 분석 중 중요한 것 중의 하나는 수분함유량(water content)이다. 이