

고속철도 감속기 윤활유 상태 모니터링 기법에 관한 연구 A study on the oil condition monitoring methodology for the high speed train gear box

*#김형진¹, 이찬우¹, 조덕영², 이동형¹

*#H. J. Kim(hjkim@krii.re.kr)¹, C. W. Lee¹, D. Y. Cho², D. H. Lee¹

¹ 한국철도기술연구원 첨단고속철도연구실, ²(주)솔지

Key words : running gear, relative permittivity

1. 서론

기계류의 원활한 작동을 위해 사용되는 윤활유는 사용 중 장치내부의 상태 변화를 나타낼 수 있으므로 장치의 분해 없이 윤활유의 시료 채취 및 분석만으로도 기계장치의 이상상태 여부를 간접적으로 평가할 수 있다. 윤활유 관리 기법을 통한 기계상태 진단은 현재 관련 업계에서 실시하고는 있으나 오일시료 샘플링 분석은 제한된 공간에서 고가의 분석장비를 이용하여야 하므로 장비 구축에 많은 비용이 들고 윤활유 시료의 대표성도 떨어질 뿐만 아니라 실시간 분석이 어려워 기계상태의 적기 분석이 불가능하다는 단점이 있다. 또한, 점검자의 주관적 판단에 의지하는 경우가 많아 객관성 및 신뢰성이 떨어지고 추적관리가 어렵기 때문에 윤활유의 상태를 지속적으로 추적 관리하고 문제 발생을 사전에 예방할 수 있는 오일상태 모니터링 기법 개발이 필요하다.

2. 윤활유 열화 요인분석 및 상태 모니터링

윤활유는 기계요소 부품의 원활한 작동을 위하여 사용되는데 금속마찰면 사이에 윤활유막을 생성시킴으로써 마찰 감소 및 마찰열을 제거하는 냉각작용을 하며 공기와의 접촉 및 수분 침입을 차단하여 부식을 방지하는 효과가 있다. 윤활유는 사용하는 동안 금속간의 마찰이나 접촉에 의한 열, 금속 마모입자, 공기 중의 산소, 수분 등의 영향을 받아 점차 물리적 화학적 특성이 변하게 된다. 즉, 사용하는 동안 수분 유입이나 금속성 이물질에 의한 산화가 진행되므로 윤활유 내에 포함된 수분 및 마모물질 등이 적정수준을 초과하면 이를 제거하거나 윤활유 자체를 교체해 주어야 하는데 이는 기계장치 내의 오염물질이 윤활유의

열화를 촉진시킬 뿐만 아니라 기계장치의 신뢰성과 수명에 지배적인 영향을 미치기 때문이다. 따라서 윤활유내의 오염물질의 양을 적정 오염도 이하로 유지관리 하는 것은 기계장치의 사용에 있어 대단히 중요한 항목이며 이를 위해 사용유 오염도의 정기적 측정 및 관리기준과의 비교 검토가 필요하고 사용유의 열화 판정을 위해서 사용유의 대표적 시료를 주기적으로 채취하여 분석하여야 한다. 이는 윤활유의 계속사용 여부를 판단하기 위한 조치일 뿐만 아니라 기계장치 손상 유무를 장치의 분해 없이도 간접적으로 파악할 수 있기 때문이다. 윤활유 분석시험에서 고려하여야 할 주요 항목은 점도, 수분 함유량, 전산가 (Total Acid Number), 마모입자 함유량 등이다.

국내에서 운용되고 있는 고속철도 감속기의 경우도 운용 및 유지보수 주체인 한국철도공사의 주행기어검수(Running Gear Inspection) 규정[1]에 따라 기어유의 수분 및 철분의 허용 함유량 기준을 두어 관리하고 있으며 정기적으로 그 상태를 점검하고 있다. 이는 고속철도의 운용 중 감속기 내부에 수분이 유입되기도 하고 기어 접촉면 마모 등으로 인해 감속기 내부에 금속 이물질이 발생하므로 차량의 안전운행을 위한 필수 조치사항으로 간주되고 있기 때문이다. 그러나 이러한 검수는 예방보수 차원에서 실시되는 것이므로 기계상태의 적기 분석이 어렵다는 단점이 있다. 최근 들어 국내에서도 기계상태를 실시간 모니터링하기 위한 기법([2], [3])이 많이 연구되고 있으나 실제 현장에 적용하기 위해서는 추가적 연구가 필요하다.

다음 그림은 신유 상태의 고속철도 감속기 기어유의 상태 비교를 위해 분해 검수 시기가 도래하여 기지에 입고된 차량의 감속기에서 채취한 사용유에서 샘플을 채취하여 윤활유내의 마모 성분을 분석한 값을 나타내고 있는데 Fe 등 금속 마모분이

거의 검출되지 않은 신유와 비교할 때 사용유에서 금속 마모분이 많이 증가하였음을 알 수 있다.

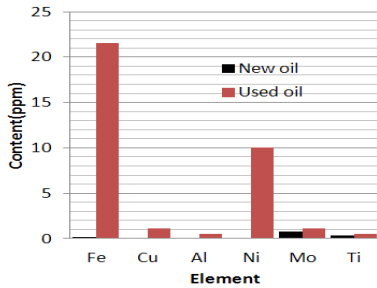


Fig. 1 Element content

윤활유의 사용한계는 열화정도에 따라 결정되는데 기존의 연구[4]에 의하면 오일이 열화될수록 유전율이나 전기전도도가 증가하는 것으로 나타났으며 열화 진행속도는 온도, 금속마모분, 수분 유입, 윤활유의 종류 및 산화방지제의 종류 등에 따라 다르다. 본 연구에서는 고속철도용 감속기 기어유 주요 검토사항인 기어유 철분 및 수분함유량과 상대유전율과의 관계를 분석하기 위하여 윤활유 온도와 상대유전율(Relative Permittivity), 상대습도(Relative Humidity) 등 오일상태를 모니터링 할 수 있는 Argo-Hytos사의 LubCos H₂Oplus II 센서를 사용하여 예비 실험을 수행하였다. 실험방법은 온도를 조절할 수 있는 열판위에 위치한 비이커에 1,000ml의 감속기유 신유(동점도 233cSt@40°C, 20.7cSt@100°C)를 채우고 유중에 센싱부가 완전히 잠기도록 한 후 철분 및 수분량을 변화시켜가면서 상대 유전율을 측정하였다.

수분 함유량 실험[Fig. 2(a)]은 고속철도 감속기의 운행 중 유 온도와 유사한 60°C 내외로 유지하면서 수분을 1분에서 1분 30초 간격으로 100ppm 씩 증가시켜 가면서 상대 유전율을 측정하였는데 약 1,200~1,300ppm 정도까지는 상대유전율의 큰 변화가 없었으나 그 후 급격히 증가하다가 2,000ppm 이후로는 변화폭이 작았으며 상대습도[Fig. 2(b)]는 수분함유량 증가에 따라 지속적으로 증가하다가 수분함유량 약 1200ppm 부근에서 100%에 도달하였다. 약 40°C에서 75°C 범위 내에서 측정된 온도와 상대유전율의 관계는 온도가 높아질수록 상대 유전율이 낮아지는 경향[Fig. 2(c)]을 나타내고 있다. 철분 실험은 유 온도를 약 60°C 내외로 유지하면서 철분을 50ppm 씩 증가시키면서 1000ppm에 도달할 때까지 상대 유전율을 측정[Fig. 2(d)]하였는데

기어유 내에 포함된 철분량 증가에 따라 상대 유전율이 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

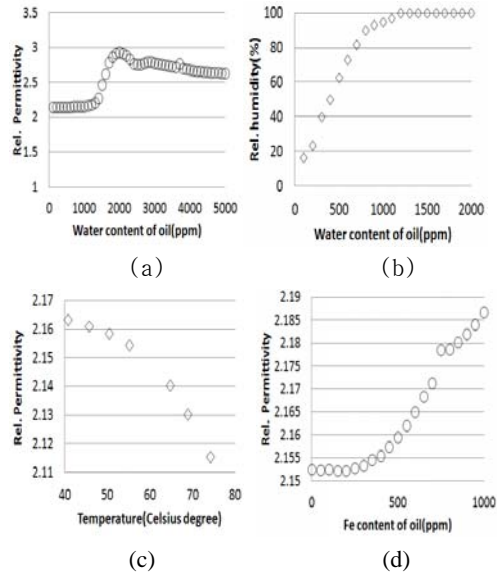


Fig. 2 Oil analysis results

3. 결론

고속철도 차량의 감속기는 모터의 동력을 차륜에 전달하는 주요 부품으로 최근에 부각되고 있는 이상상태 모니터링 기법을 향후 실제 감속기에 적용하기 위한 목적으로 상용으로 제작된 오일 상태 모니터링 센서를 이용하여 고속철도용 감속기 윤활유의 이상 상태를 추정하기위한 기초 연구를 수행하였다.

참고문헌

1. 검수지침서-기계장치 검수, 한국철도공사, 2011
2. 공호성 외, "통합 기계상태 모니터링 기반기술" 연구보고서, KIST, 2001
3. 정석규, 광양양, 송창규, 홍준혁, "광섬유센서를 이용한 오일내 수분량 모니터링 시스템에 대한 연구", 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, 2008
4. Jangannathan, S, "Remaining useful life prediction of automotive engine oils using MEMS technologies, American Control Conference 2000, 2000