

시험편을 이용한 기어표면손상에 따른 진동특성 평가 Vibration analysis of gear tooth surface damage using specimen

*#서정원¹, 이동형², 권석진², 함영삼¹

*#J.W.Seo¹(jwseo@krri.re.kr), D. H. Lee², S.J.Kwon², Y.S.Ham¹

¹한국철도기술연구원 시험인증안전센터, ²한국철도기술연구원 고속철도연구본부

Key words : Gear tooth surface damage, Vibration

1. 서론

철도차량의 감속기는 주요 부품으로 감속기의 고장은 차량의 운행에 커다란 지장을 초래하므로 주행 중 손상을 감시하는 것은 중요하다. 감속기의 손상은 크게 기어손상, 베어링 손상, 축손상 등으로 구분 할 수 있으며, 이 중에서 기어손상이 감속기 손상원인 중에서 많은 부분을 차지한다. 기어 고장 유형은 접촉면에서의 표면손상과 기어 이의 파손으로 크게 분류 할 수 있다. 표면손상의 경우에는 마모, 소성변형, 피로손상 등으로 구분 할 수 있으며, 파손은 단독모드나 여러 가지 손상 모드가 복합적으로 나타나는 경우가 많다. 기어의 표면손상은 반복적인 하중에 의하여 표면 또는 표면 밑의 응력이 재료의 피로한도를 넘어서면서 발생하는 피로파괴 현상이다. 하중이 충분히 높고 응력 주기가 크면 표면에서 작은 입자가 피로한도를 넘어 떨어져 나감으로 접촉면에 작은 홈이나 공동이 생성되며, 이를 일반적으로 피팅이라 한다. 이러한 표면손상을 감속기를 분해하지 않고 진단하는 것은 운행시 고장에 따른 차량 지연이나 유지보수 측면에서 중요하다. 이를 위해서는 감속기에 발생하는 진동신호를 이용하여 진단하는 것이 가장 효과적이다.[1,2,3]

감속기의 이상상태에 대한 진동 상태를 조사하기 위해서는 손상된 감속기를 장착하여 실물시험을 통하여 측정하여야 한다. 그러나 실제 운행 차량에 손상된 감속기를 장착하여 운행하는 것은 불가능하기 때문에 시험편 시험기를 이용하여 이를 평가하고자 한다.

2. 시험편 및 시험방법

기어 시험기를 이용하여 시험을 실시하기 위하여 시험편을 제작하였다. Fig. 1은 기어 시험

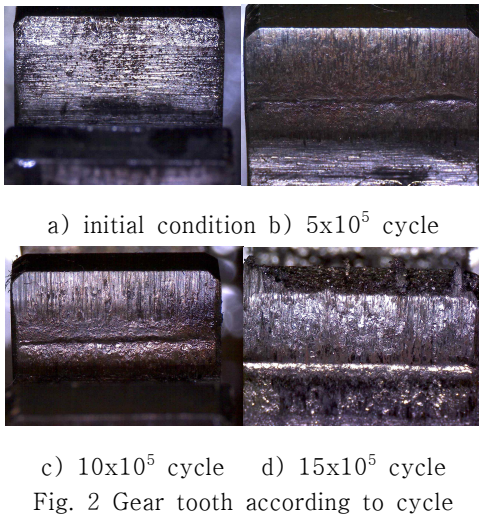
기에 시험편을 장착한 모습을 보여주고 있으며, 기어축 윗면에 진동센서를 각각 1개씩 설치하였다. 피팅 및 스폴딩에 대한 시험방법은 정상적인 시험편을 시험기에 장착 후에 주기적으로 시험편을 관찰하고 기어 이의 상태에 따라서 진동신호를 측정하였다. 이때 시험속도는 500 rpm이고 토크는 5 kg.m 이다. 측정된 진동신호는 주파수 분석 및 진동신호 크기 평가를 위한 RMS 등 방법을 이용하여 분석하여, 각각의 상태에서의 신호를 비교하였다.



Fig. 1 Gear specimen

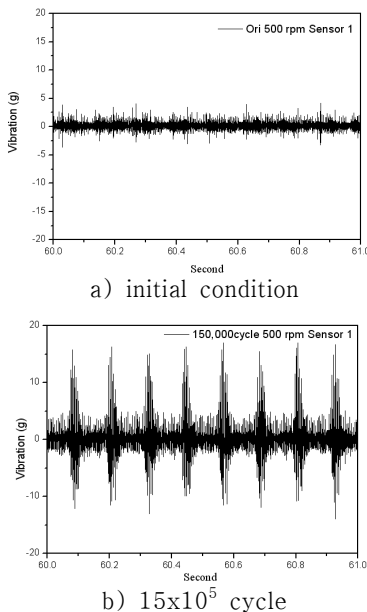
3. 시험결과

기어시험편을 이용하여 시험을 실시하였으며, Fig. 2는 각각의 싸이클에 따른 기어 표면 상태를 나타내고 있다. 초기상태에서 5만 싸이클까지 표면 상태는 기어 치면에서 홈이 발생하고 있으며, 끝단에서 마모가 많이 발생하고 있다. 10 만 싸이클의 표면상태에서도 치면에 홈의 깊이가 더 깊어지고 끝단에서 더 많은 마모가 발생하고 있다. 15 만 싸이클에서는 끝단에서 손상이 발생하여 일부분이 떨어져 나간 형태를 보이고 있다.



a) initial condition b) 5×10^5 cycle
c) 10×10^5 cycle d) 15×10^5 cycle
Fig. 2 Gear tooth according to cycle

Fig. 3은 초기 상태부터 사이클에 따른 진동 파형을 보이고 있다. 초기상태에서는 진동의 크기가 최대 3.5 g 까지 발생하고 있으며, 마모가 발생한 5만 사이클에서는 진동의 크기가 증가하여 10g 까지 발생하고 있다. 15만 사이클에서는 기어 이가 연속적으로 3개가 끝단이 파손된 상태이므로 주기적으로 큰 진동신호가 발생하고 있으며 크기는 최대 16 g 까지 발생하고 있다.



a) initial condition
b) 15×10^5 cycle
Fig. 3 Vibration signal according to cycle

Fig. 4는 진동신호에 대한 RMS 크기를 비교한 것이다. 초기에서 RMS 크기가 0.74g, 5만 사이클에서 1.48 g, 15만 사이클에서 2.89g 이며, 오일을 주입하였을 경우에는 0.75g로써 크기가 급격히 작아짐을 알 수 있다. 그러나 2번째 센서에서는 15만 사이클일 경우에 1.67g로써 1번째 센서와의 차이가 크게 발생하고 있다. 이는 기어이가 손상된 부위의 센서에서 큰 진동신호를 얻음을 알 수 있으며, 진동 측정시에 위치가 중요함을 알 수 있다.

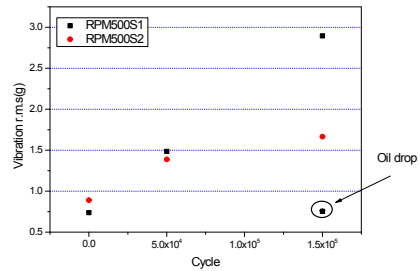


Fig. 4 Vibration RMS according to cycle

4. 결론

감속기의 이상상태에 대한 진동 상태를 조사하기 위하여 시험편 시험을 실시하였고 다음의 결론을 얻었다.

1. 기어 이의 손상에 따라서 진동신호의 크기는 거의 선형적으로 증가하였다.
2. 진동신호의 측정 위치에 따라서 신호의 크기가 변화하므로 정확한 신호를 얻기 위해서는 측정위치가 중요하다.

참고문헌

1. Shipley, R.J. and Becker, W. T., "ASM Handbook volume 11 ; Failure Analysis & Prevention", ASM Int., 2002
2. Darle W. Dudley, Townsend, Dennis P., "DUDLEY'S GEAR HANDBOOK, McGraw-Hill", New York, 1991
3. Chee Keong Tan, Phil Irving and David Mba, "A comparative experimental study on the diagnostic and prognostic capabilities of acoustics emission, vibration and spectometric oil analysis for spur gears", Mechanical systems and signal processing, Vol. 21, 2007