Journal of the KSTLE Vol. 25, No. 4, August 2009, pp. 261~264
The Korean Society of Tribologists & Lubrication Engineers

자동차 섀시 시스템에 유입되는 먼지입자에 의한 고무-씨일 부품의 마멸특성 PART II: 먼지유입에 따른 고무-씨일의 마멸특성

정순오 · 원태영 · 김기훈* · 김대성* · 이영제†

성균관대학교 기계공학부
*자동차부품연구원(KATECH)

Wear Characteristics of Rubber-Seal for Inflow of Dust Particles in Automobile Chassis System PART II: The Influence of Dust Particle Inflow on Wear Characteristics of Rubber-Seal

Soon-Oh Chung, Tae-Yeong Won, Gi-Hoon Kim*, Dae-Sung Kim* and Young-Ze Lee†

Dept. of Mechanical Engineering, SungKyunKwan University
**Korea Automotive Technology Institute(KATECH)*
(Received April 10, 2009; Revised May 25, 2009; Accepted June 10, 2009)

Abstract – Environmental factors affect parts of the automobile. When dust particles are embedded, specially, friction and wear of the rubber-seal in automobile chassis system are increased. Increase in friction and wear leads to weakness of component and reduction of mechanical life. In this study, the wear characteristics of rubber-seal for inflow of dust particles are investigated. Silica(SiO_2) and alumina(Al_2O_3) particles are used as a dust particle because these particles are main elements of dust particles. The sliding wear tester are used for investigate the wear characteristics of rubber-seal. If the single dust particle(SiO_2) is embedded in the rubber-seal component, the influence of dust particle size is more than that of inflow rate on the wear characteristics of rubber-seal. If the mixed dust particles are embedded in the rubber-seal component, the wear rate is increased as the rate of alumina that has a bigger hardness is increased. If the mixed dust particles that have different hardness are embedded in the rubber-seal component, the influence of particle size is more than that of particle hardness.

Key words – rubber-seal(고무씨일), wear(마멸), dust particle(먼지입자), silica(SiO_2(실리카), alumina (Al_2O_3, 알루미나)

1. 서 론

온도/습도/먼지 입자 등의 여러 환경적인 요인들은 자동차 부품의 내구 신뢰성에 영향을 끼친다. 특히 주행 중 발생하는 먼지 입자의 유입은 자동차 섀시시스템 중 고무-씨일 부품의 마찰 및 마멸을 증가시킴으로서 부품의 내구성 악화 및 잔고장의 주요원인으로 작용하게 된다. 기존의 섀시 시스템 부품에 대한 평가는 가속 수명 평가 위주로 이루어져 왔으며 이와 같은 환경적인 요인에 따른 평가 기준은 미흡한 실정이다[1-4].

본 연구는 실제 주행 중 유입되는 먼지 입자 중 주요 성분을 차지하고 있는 실리카(SiO_2), 알루미나(Al_2O_3)를 선정하여 각각의 입력량 및 입자크기 성분비

†주저자 · 책임저자 : yzlee@skku.edu

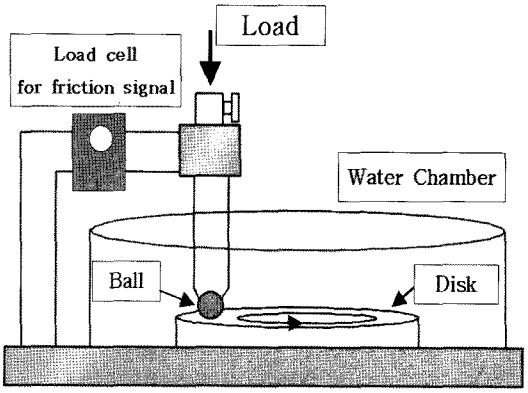

Fig. 1. Schematic diagram of sliding wear tester.

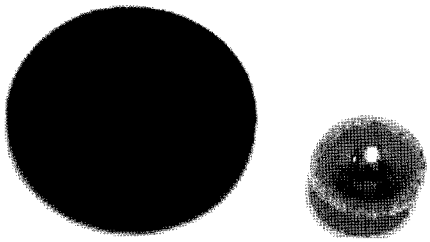

Fig. 2. Specimens of rubber-seal(disk) and steel ball.

에 따른 고무-씨일 부품의 마멸특성을 파악하고자 한다.

2. 실 험

먼지입자로는 실리카와 알루미나를 선정하였고, 단일 먼지 입자에 따른 마멸 실험 및 복합 먼지 입자에 따른 마멸 실험을 각각 수행하였다.

2-1. 실험 장치 및 시편

고무-씨일 시편의 마멸 특성을 알아보기 위해 Fig. 1의 ball-on-disk 형식의 마멸 시험기를 사용하였다. 본 시험기는 0~6 kgf의 하중 부여가 가능하며 0~500 rpm의 속도 조절이 가능하다. 다음의 시험기에 챔버를 설치하여 물과 먼지 입자를 혼합하여 실제 주행환경을 구현하였다. 고무-씨일 시편은 Fig. 2와 같이 디스크 형태로 가공하여 사용하였고, 볼 시편은 지름 10 mm의 AISI52100 베어링 볼을 사용하였다. 디스크 시편의 표면조도는 Ra 0.6903 μm이며 직경 66 mm, 두께는 3 mm이다.

3. 결과 및 고찰

먼지 입자 분석 결과 먼지 입자의 주요 성분인 실리카와 알루미나를 사용하여 마멸 실험을 수행하였다. 단일 먼지 입자 실험에서는 실리카의 유입량과 크기에 따라, 복합 먼지 입자 실험에서는 실리카와 알루미나의 성분비(wt.%)를 바탕으로 혼합하여 실험을 수행하였다.

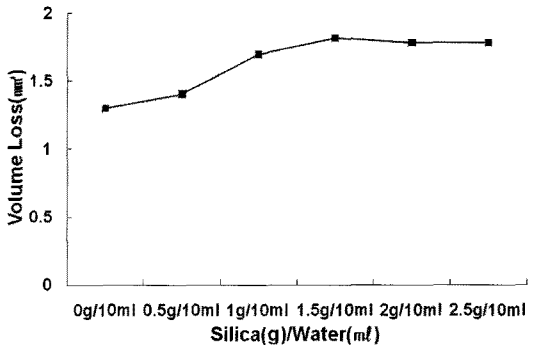

Fig. 3. Wear volume of rubber-seal according to increasing amount of SiO_2 particles.

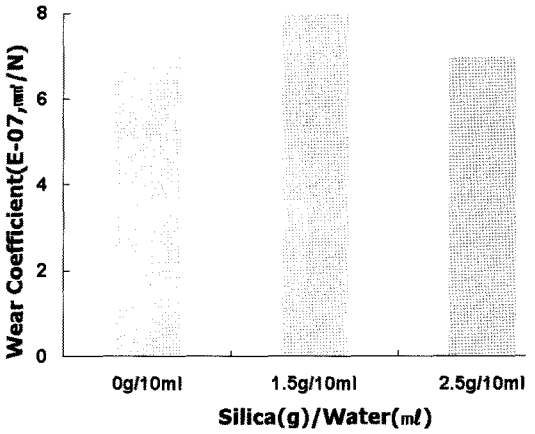

Fig. 4. Wear coefficient of rubber-seal in 0 g/10 ml, 1.5 g/10 ml, 2.5 g/10 ml.

3-1. 단일입자(실리카) 유입량에 따른 마멸 실험

실리카 입자 유입량에 따른 고무 씨일 부품의 마멸 실험을 하중 2 kgf, 30 rpm으로 25분동안 수행하였다. 실리카 입자의 유입량은 증류수 10 ml당 0 g, 0.5 g, 1 g, 1.5 g, 2 g, 2.5 g의 실리카를 유입하였다. Fig. 3은 실리카 입자 유입량에 따른 고무 씨일 디스크의 마멸량을 나타낸 그래프이다. 실험 결과 실리카 입자의 유입량이 증가함에 따라 1.5 g/10 ml까지 마멸이 증가하지만, 그 이상의 유입량에서는 더 이상 마멸량이 증가하지 않는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 4는 증류수 10 ml당 실리카 0 g, 1.5 g, 2.5 g

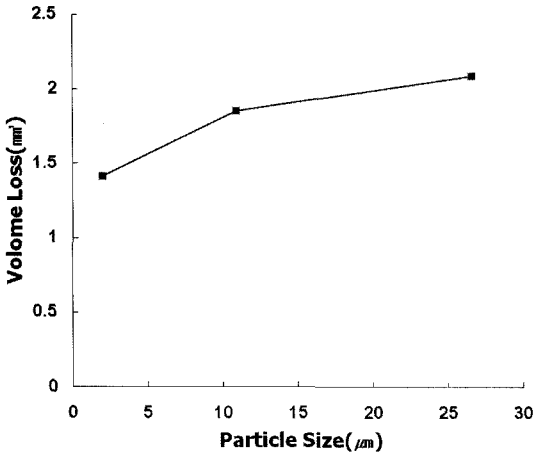

Fig. 5. Wear volume of rubber-seal according to increasing size of SiO_2 Particles.

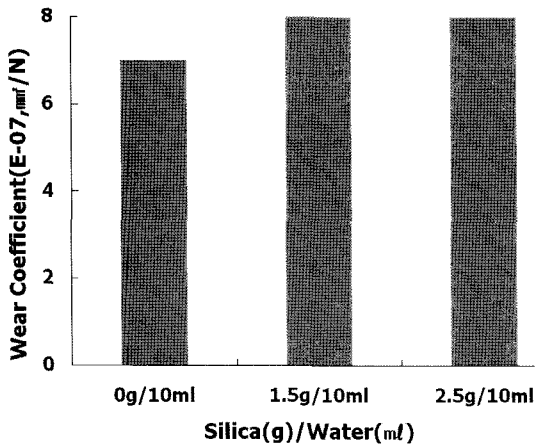

Fig. 6. Wear coefficient of rubber-seal.

유입에 따른 고무 씨일 부품의 마멸계수(Wear coefficient)를 산출한 결과이다. 실리카 0 g에서의 마멸계수는 $7\times10^{-7}mm^2/N$, 실리카 1.5 g의 마멸계수는 $8\times10^{-7}mm^2/N$, 실리카 2.5 g의 마멸계수는$7\times10^{-7}mm^2/N$으로 실리카 유입량에 따른 고무 씨일 부품의 마멸계수는 큰 변화가 없다.

3-2. 단일 입자(실리카) 크기에 따른 마멸 실험

실리카 입자 크기에 따른 고무 씨일 부품의 마멸 실험을 하중 2 kgf, 30 rpm, 증류수 10 ml당 실리카 1.5 g으로 25분 동안 수행하였다. 실리카 입자의 크기는 평균입자크기 2.0 μm, 10.9 μm, 26.6 μm를 사용하였다. Fig. 5는 실리카 입자 크기에 따른 마멸량이다. 실험 결과, 실리카 입자의 크기가 증가함에 따라 고무 씨일 시편의 마멸량이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

Table 1. The mixed dust particle ratio

Area	Actual ratio (SiO_2:Al_2O_3)	Experimental ratio (SiO_2:Al_2O_3)
Rural - Paved	51.85:0.92	Only silica
Rural - unpaved	11.86:1.25 / 32:4.76	Only slilca / 8:1
Urban - paved	8.46:4.51 / 6.82:1.96	2:1 / 4:1
Highway - paved	16.29:2.04 / 7.46:13.7	8:1 / 1:2

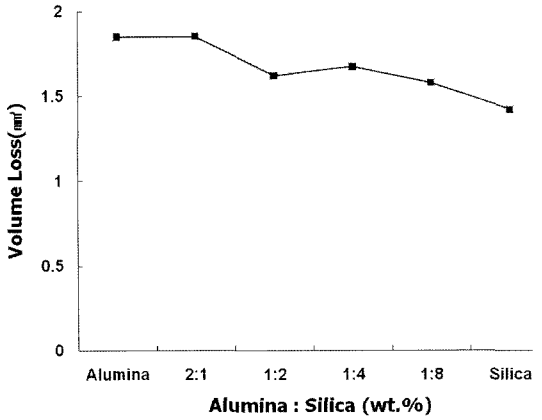

Fig. 7. Wear volume of rubber-seal in mixed dust particles(SiO_2 0.8 μm, Al_2O_3 1 μm).

Fig. 6은 실리카 입자 크기 2.0 μm, 10.9 μm, 26.6 μm 따른 고무 씨일 부품의 마멸계수를 산출한 결과이다. 실리카 2.0 μm에서의 마멸계수는 $7\times10^{-7}mm^2/N$실리카 10.9 μm의 마멸계수는 $8\times10^{-7}mm^2/N$, 실리카 26.6 μm의 마멸계수는 $9\times10^{-7}mm^2/N$으로 실리카 입자 크기가 증가함에 따라 마멸계수가 증가하는 것을 확인할 수 있다.

3-3. 복합 먼지 입자에 따른 마멸 실험

복합 먼지 입자 크기에 따른 고무 씨일 부품의 마멸 실험을 하중 2 kgf, 30 rpm, 증류수 10 ml당 먼지입자 1.5 g으로 25분 동안 수행하였다. 실리카 입자의 크기는 0.8 μm, 알루미나 입자의 크기는 1 μm를 사용하였고, 실리카와 알루미나의 혼합비는 Table 1과 같이 혼합하여 실험을 수행하였다. Fig. 7은 복합 먼지 입자에 따른 마멸량을 나타낸 그래프이다. 실험 결과, 비슷한 크기의 혼합 먼지 입자에서 알루미나의 비율이 증가함에 따라 마멸량이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

위와 동일한 실험 조건에서 실리카 입자의 크기는 26.6 μm, 알루미나 입자의 크기는 1 μm를 사용하여 실험

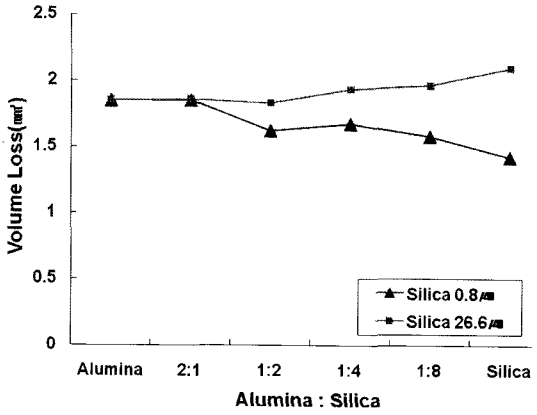

Fig. 8. Wear volume of rubber-seal in mixed dust particles (SiO_2 26.6 μm, Al_2O_3 1 μm).

을 수행하였다. 실리카와 알루미나의 혼합비는 Table 1과 같다. Fig. 8은 복합 먼지 입자 에 따른 마멸량이다. 실험 결과 상대적으로 경도는 작지만 크기가 큰 실리카 입자의 비율이 증가함에 따라 마멸량이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 고무 씨일 부품의 마멸에 입자의 경도차에 비해 입자의 크기가 보다 많은 영향을 미치는 것으로 사료된다.

4. 결 론

자동차 새시시스템에 유입되는 먼지 입자의 크기와 성분에 따라 고무 씨일 부품의 마멸 실험을 수행하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 단일 먼지 입자(SiO_2)에 따른 고무 씨일 부품의 마멸 실험 결과, 먼지 입자의 입력량이 증가할수록 1.5 g/10 ml까지는 마멸량이 증가하지만 그 이상의 입력량에서는 증가하지 않는 것이 확인되었다. 또한 먼지 입자 입력량에 따른 고무 씨일 부품의 마멸계수는 큰 변화가 없는 것이 확인되었다. 이에 반해 단일 먼지 입자의 크기에 따른 마멸 실험 결과, 먼지 입자의 크기가 증가함에 따라 마멸량이 선형적으로 증가하며 입자 크기에 따른 고무 씨일 부품의 마멸계수도 증가하는 것이 확인되었다.

2. 혼합 먼지 입자에 따른 고무 씨일 부품의 마멸의 경우 비슷한 크기의 혼합 먼지 입자에서는 먼지 입자의 경도가 큰 알루미나의 비율이 증가할수록 마멸이 증가한다. 입자 크기가 다른 혼합 먼지 입자의 경우 상대적으로 경도는 작지만 크기가 큰 입자의 비율이 증가할수록 마멸이 증가한다.

후 기

본 연구는 산업자원부의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

1. 김경규, 이종규, 장천수, "자동차 부품 피로, 내구해석", 자동차부품연구원, 2003.
2. W.W. Sefert and V.C. Westcott, "A Method of the Study of Wear Particles in Lubricating, Oil", *Wear*, 21, pp. 27-42, 1972.
3. A.D.H. Thomas, T. Gravies and A.R. Luxmoore, "Computer Image Analysis for Identification of Wear Particles", *Wear*, Vol. 142, pp. 213-226, 1991.
4. W.Uedelhoven, M. Franzl and J. Guttenberger "The use of Automated Image Analysis for the Study of Wear Particles in Oil Lubricated Tribological Systems", *Wear*, Vol. 142, pp. 107-113, 1991.