

마이크로/나노 스케일에서의 마멸현상

김대은(연세대학교 기계공학부), *정구현(연세대학원 기계학과)

주제어 : 레이저 범프, 슬라이더/디스크 인터페이스, 실리콘 탐침, 원자현미경

마이크로/나노 스케일에서의 파손 및 마멸현상에 관한 연구는 기존 매크로 스케일 마모현상의 근원을 파악하려는 시도에서 더욱 발전하여, 전세계적으로 대두되고 있는 각종 마이크로/나노 시스템의 실용화를 위하여 필수적인 연구로 제시되고 있다. 실제로 Micro-Electro-Mechanical-Systems (MEMS) 부품을 비롯하여 상대운동을 경험하는 많은 마이크로 시스템들이 신뢰성 및 내구성 문제로 인하여 그 실용성이 제한되고 있으며, probe-based recording 기술, Scanning Probe Lithography (SPL) 기술과 같은 나노 분야에서도 마찬가지로 나타나고 있다. 그러므로 마이크로/나노 스케일에서의 파손 및 마멸현상을 규명하고 신뢰성 및 내구성을 향상시키기 위한 많은 연구가 요구된다. 이에 본 연구에서는 대표적인 마이크로 시스템인 hard disk drive (HDD)의 슬라이더와 디스크 범프의 파손현상과 나노 기술 연구를 위하여 많이 사용되는 Atomic Force Microscope (AFM)의 탐침 및 상대표면에서 발생하는 파손현상을 정량적으로 평가하고 비교함으로써, 마이크로/나노 스케일에서 발생할 수 있는 마멸기구와 그 신뢰성에 대하여 논하고자 하였다.

HDD의 슬라이더/디스크 인터페이스 시스템은 공기베어링과 나노 윤활제를 통하여 내구성이 이상적으로 구현된 대표적인 마이크로 시스템으로써, 슬라이더 이착륙시 발생하는 stiction을 저감하기 위하여 슬라이더 표면이나 디스크의 랜딩 존에 기계적 요철, 또는 레이저 범프를 형성하고 있다. 이와 같이 표면력이 보다 지배적으로 작용하는 마이크로/나노 시스템에서는 기능적 표면을 적용하여 원하는 내구성을 얻고 있다. Fig. 1은 15,000회의 Contact-Start-Stop (CSS) 실험후 AFM을 이용하여 레이저 범프를 측정된 결과로써, 끝단이 마멸되어 평평해진 것을 나타낸다. 레이저 범프의 마멸 정도를 Archard's wear law를 이용하여 정량적으로 구한 결과 10^{-9} 의 마멸계수를 나타냈으며, 이는 레이저 범프가 서서히 버니싱되는 우수한 마멸특성을 가짐을 의미한다.

나노 수준에서 발생하는 마멸현상에 대하여 고찰하기 위해서는 AFM의 탐침과 상대표면간의 파손에 대하여 평가하였다. AFM 탐침으로 가장 많이 사용되는 실리콘 탐침과 내구성을 향상시키기 위하여 제안된 다이아몬드 코팅 탐침의 마멸 정도를 비교하고, 상대표면의 마멸현상에 대하여 파악하였다. Fig. 2는 마멸 실험전후 실리콘 탐침의 형상을 Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM)으로 관찰한 것으로써, 상대적으로 높은 접촉압력을 경험하는 실리콘 탐침의 마멸계수는 $10^{-1} \sim 10^{-3}$ 정도로 나타났다. 이는 매우 가혹한 마멸에 해당하므로 실리콘 탐침을 이용한 AFM 분석시 탐침의 파손을 반드시 고려해야 함을 의미한다. 또한 다이아몬드 코팅된 탐침의 경우 표면과의 반복적인 상호작용으로 인하여 코팅시 형성된 그래인이 떨어져나가는 현상이 나타났으며, 상대표면은 날카로운 탐침과의 상호작용에 의한 abrasive wear가 관찰되었다. 이와 같은 연구를 통하여 마이크로/나노 스케일에서 발생하는 마멸 및 파손 현상을 이해하고 이를 저감시키기 위한 기초적인 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

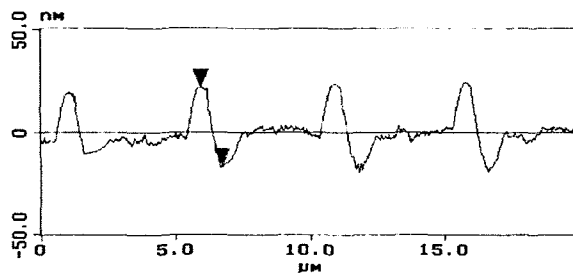


Fig. 1 2-D profile of HDD laser bump measured by AFM after 15,000 cycles of CSS test

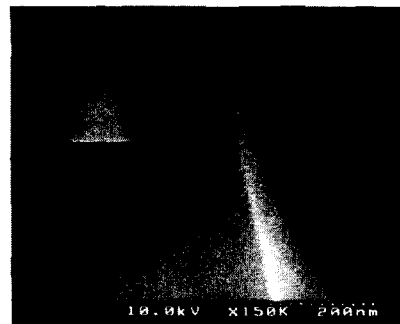


Fig. 2 SEM images of AFM tip before (top left) and after wear test