

## 이동식 디스크 드라이브의 입자 오염 저감 방안

유신성\*(연세대 대학원), 이정규(엘지전자 디지털 미디어 연구소), 김대은(연세대 기계공학부)

A study on the decrease of particle contamination in removable media disk drive

S. S. Yoo(Graduate School, Yonsei Univ.), J. K. Lee(Digital Media lab, LG electronics Inc.),  
D. E. Kim(Mech. Eng. Dept., Yonsei Univ.)

### ABSTRACT

Particulate contamination is known to be a significant cause of failures of removable storage media. In this work, The effect of particles on the surface damage of removable hard disk media was investigated. The particles of different materials and size were introduced to the head-disk interface using a particle injection system. It was found that the particles of particulate size and property serious damaged the media. This study showed that cleaning pad is effective for reducing particle contamination, except for the particles of specific size and property. As a means to removed the particles of specific size, the concept of using a stepped taper at the leading edge of the slider is proposed.

**Key Words** : Hard disk drive(하드디스크 드라이브), Particle contamination(입자 오염), Cleaning pad (클리닝 패드), Removable media(이동식 미디어)

### 1. 서론

사회의 정보화가 급속하게 진행되면서 운영 체제의 거대화, 응용 소프트웨어의 대용량화, 영상정보의 급격한 증가로 저장해야 할 정보의 양은 나날이 늘고 있다. 이와 함께 MP3, PDA, 디지털 카메라, 디지털 캠코더, 노트북 PC와 같은 휴대용 전자기기의 수요 역시 나날이 증가하고 있으며 필연적으로 고가의 플래쉬 메모리를 대체할 수 있는 착탈 가능한 고밀도 소형 저장장치를 필요로 한다.

이러한 이동식 저장장치의 경우 입자들이 외부로부터 유입에 의해 파손이 발생 할 위험이 높다. 하드디스크 드라이브에서 오염 입자는 디스크와 슬라이더에 쌓이거나 슬라이더의 ABS와 디스크 사이로 유입되면서 직접적인 손상을 일으키거나 간접적으로 슬라이더 ABS의 기능을 상실하게 만들어서

파손을 유발한다. 또한 자기형 정보저장기기 뿐만 아니라 광기록형 정보저장기기에서도 기록밀도가 향상됨에 따라 입자 오염에 의해 디스크나 렌즈가 오염될 경우 데이터 손실이 발생할 가능성이 높아지고 있다. 저장 장치가 고용량화되고 휴대성이 강조될 수록 입자 오염은 저장장치의 내구성에 매우 심각한 위협이 될 수 있다.<sup>(1)</sup>

본 실험에서는 디스크와 슬라이더를 닦아내는 패드가 부착된 상용화된 이동식 하드디스크에 다양한 입자를 주입하면서 디스크와 슬라이더를 닦아내는 패드의 효과를 살펴보았다. 디스크와 드라이브의 파손 여부는 디스크에 미리 기록한 데이터의 재생 여부로 판단하였다.

### 2. 실험 장치 및 실험 방법

#### 2.1 실험 장치

본 실험 장치의 개략도는 Fig. 1과 같다. 압력

계, HEPA 필터, 실리카겔로 구성된 clean air supply는 건조하고 깨끗한 공기를 공급하며 atomizer는 액체를 액적으로 만들어 입자를 발생시킨다. Diffusion dryer는 발생된 입자의 수분을 제거하여 입자만을 주입시키게 된다. 입자 수를 측정하기 위해서 CPC(Condensation Particle Counter)를 사용하였다. 측정 유량 범위는 0.3~0.7 L/min이며 최소 측정 가능 입자 크기는 7 nm 이다.<sup>(2)</sup>

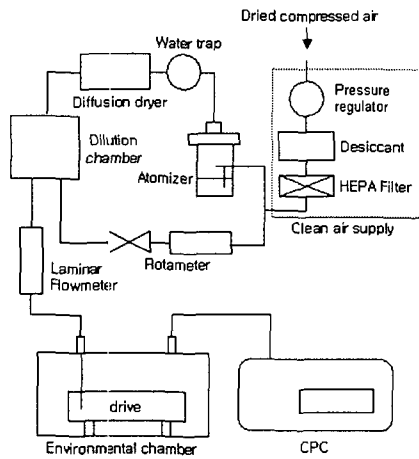


Fig. 1 Schematic of particle injection experimental setup

실험에 사용된 드라이브는 cleaning 패드가 장착된 상용화된 카트리지 타입의 이동식 하드디스크 드라이브이다.

## 2.2 실험 방법

이동식 하드디스크 드라이브에 주입하는 입자의 종류에 따라 다음과 같이 3가지 Case로 실험을 실시하였다.

Case I. 지름 330 nm PSL(polystyrene latex)입자를 초당 5 cc 유속으로  $1.5 \times 10^4 \sim 2.5 \times 10^4$  개씩 주입하였다.

Case II. 지름 35  $\mu\text{m}$  SiO<sub>2</sub> 입자를 초당 5 cc 유속으로  $1.5 \times 10^4 \sim 1.5 \times 10^5$  개씩 주입하였다.

Case III. 지름 1  $\mu\text{m}$  Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자를 초당 5 cc 유속으로  $1.5 \times 10^4 \sim 1.5 \times 10^5$  개씩 주입하였다.

데이터 재생 여부는 디스크에 MP3 음악 파일을 디스크에 복사하여 음악 파일의 재생 여부로 판단하였다. 디스크와 드라이브의 데이터 재생과 기록이 불가능해질 때까지 실험을 실시하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3.1 실험 결과

실험 결과를 표로 정리해 보면 Table. 1 과 같다.

Table. 1 Experiment result

Case	주입 입자	주입속도 (개/초)	주입시간 (시간)	실험후 결과
I	지름 330 nm PSL 입자	$1.5 \times 10^4$	72/101/94	데이터 재생가능
II	지름 35 $\mu\text{m}$ SiO <sub>2</sub> 입자	~	69	데이터 재생가능
III	지름 1 $\mu\text{m}$ Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 입자	$1.5 \times 10^5$	1	데이터 재생불가

보다 가혹한 입자오염 환경을 만들기 위해 입자 주입 위치를 Case I의 경우 드라이브 외부, 드라이브 내부, 디스크 내부 순으로 바꾸면서 실험을 실시하였으며 Case II와 III는 디스크 내부에 주입하였다. Case I과 II의 경우 지속적인 실험 중간에 음악 파일 재생이 정지되는 경우가 발생했으나 다시 시작하면 원활하게 재생이 이루어 졌다. Case III의 경우 주입 후 1시간 이내에 슬라이더와 디스크 모두 파손이 발생하였다.

### 3.2 입자 오염 저감

실험에 사용한 이동식 하드디스크 드라이브에서 Fig. 2에서와 같이 디스크 cleaning 패드와 슬라이더 ABS cleaning 패드, 2가지 종류의 cleaning 패드가 입자 오염을 저감시킨다. 디스크 cleaning 패드는 서스펜션에 부착되어 loading시 슬라이더 ABS 앞쪽 디스크 표면에 위치하게 된다. 디스크 cleaning 패드는 디스크와 접촉하면서 슬라이더의 ABS와 디스크 사이에 입자가 들어가기 전에 미리 디스크 위의 오염 입자를 제거하는 기능을 한다. 슬라이더 ABS cleaning 패드는 슬라이더가 loading되는 구간에 위치한다. 슬라이더가 loading되기 전에 이 구간에서 서스펜션의 왕복운동을 통해 슬라이더 ABS를 cleaning 패드에 접촉시켜 오염 입자를 닦아 낸다.



Fig. 2 Disk cleaning pad and ABS cleaning pad

실험 후 디스크, 슬라이더, cleaning 패드의 오염 양상을 살펴본 결과는 다음과 같다. Fig. 3 은 디스크 안쪽에 디스크 cleaning 패드가 닦아내지 못한 부분과 닦아낸 부분의 디스크 오염의 차이를 확연하게 보여준다.

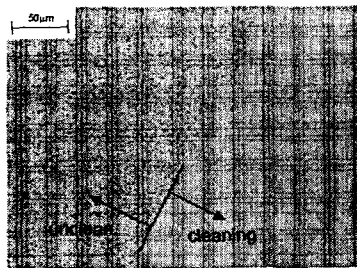


Fig. 3 Disk surface

슬라이더 ABS cleaning 패드와 슬라이더 ABS를 살펴보면 Fig. 4 에서 Fig. 7 까지 사진처럼 입자가 관찰된다. Down-slider의 경우 leading edge 부분이 닦이는 부분에 많은 양의 입자가 관찰되고 슬라이더 ABS에는 거의 입자가 관찰되지 않았으며 상대적으로 up-slider의 경우 down-slider와 비교할 때 패드에 입자가 적게 관찰되었지만 슬라이더 ABS에 많은 입자가 남아 있었다. 이는 닦여진 입자가 down-slider의 경우 중력에 의해 패드 쪽으로 떨어지지만 up-slider의 경우 슬라이더 ABS 쪽으로 떨어진 것으로 생각된다. 두 경우를 비교해 보면 슬라이더 ABS cleaning 패드가 없을 경우 패드의 붙어 있는 입자가 모두 슬라이더 ABS에 남아 있었을 것임을 예상할 수 있고 이는 ABS cleaning 패드의 효과를 증명한다.

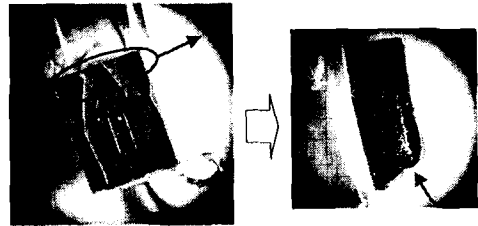


Fig. 4 Down-slider ABS and cleaning pad

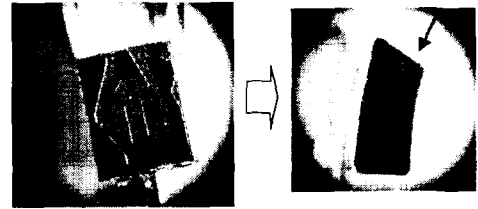


Fig. 5 Up-slider ABS and cleaning pad

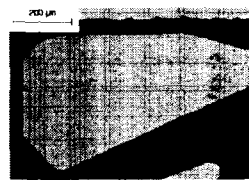


Fig. 6 Down-slider ABS



Fig. 7 Up-slider ABS

디스크 cleaning 패드의 섬유 표면을 찍은 SEM 사진 Fig. 8 을 살펴보면 구형의 330 nm PSL과 각진 형태의 1 μm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자들이 패드 섬유 표면에 붙으면서 디스크에서 제거되었음을 알 수 있다.

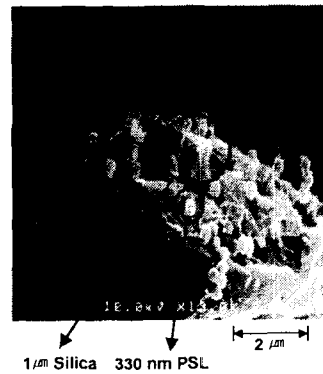


Fig. 8 SEM image of disk cleaning pad

Case I 과 II의 경우 실험 중간에 작동이 정지되더라도 다시 드라이브를 작동시키면 데이터가 원활하게 읽혔던 이유는 슬라이더 ABS cleaning 패드가 입자오염에 의한 부상특성 혹은 데이터 재생의 문제를 해결한 것으로 보인다.

### 3. 3 고찰

본 실험에 사용된 슬라이더의 최소 부상높이, taper, pitch 각을 고려하면 슬라이더와 디스크 사이에 파고들어 갈 수 있는 위험입자의 크기는 Fig. 9에서 보듯이 50 nm에서 수  $\mu\text{m}$ 가 된다. Case III에서 처럼 이 크기 범위의 단단한 입자가 유입되면 슬라이더와 디스크에 파손이 발생한다.<sup>(3)</sup>

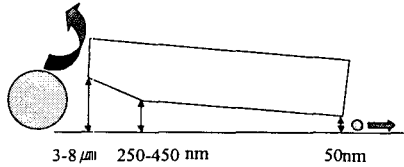


Fig. 9 Schematic of particle / slider interaction

이동식 하드디스크 드라이브의 디스크와 슬라이더를 닦아주는 패드가 효과를 발휘할 수 있는 입자의 경우를 표로 정리해 보면 Table. 2 와 같다.

Table. 2 Effectiveness of the pad in particle removal

		Size	
		Small	Large
Hardness	Soft	○	○
	Hard	Failure	○

Table. 2 에서 연삭 입자로 사용되는  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 의 경도는  $2100 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\text{SiO}_2$ 는  $800 \text{ kg/mm}^2$ 로 두 입자 모두 디스크와 슬라이더에 파손을 일으킬 수 있을 만큼 단단하므로<sup>(4)</sup> 경한 입자로 분류하였으며, leading edge에 들어 갈 수 없는 크기의 입자를 Large로, leading edge의 부상 높이와 최소 부상 높이 사이의 크기로 슬라이더 ABS와 디스크 사이로 유입될 수 있는 입자를 Small로 분류하였다. 더 작은 입자는 HDI(Head Disk Interface)에 영향이 없는 것으로 간주했다.

또한 슬라이더 ABS를 taper가 아닌 step으로 설계한다면 Fig. 10 처럼 위험입자 범위를 줄일 수 있다.<sup>(5)</sup>

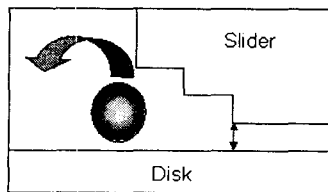


Fig. 10 Proposed leading edge step design of slider for removal for particles

### 4. 결론

상용화된 이동식 하드디스크 드라이브에 다양한 입자를 주입하며 오염 양상과 cleaning 패드의 효과를 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 디스크 cleaning 패드는 슬라이더가 지나갈 디스크면을 닦아줌으로서 HDI에 입자가 유입되는 것을 저감하는 효과를 나타낸다.

(2) 슬라이더 ABS 패드는 슬라이더 ABS에 입자가 쌓일 경우 이를 제거하여 슬라이더 부상특성을 악화시키는 것을 방지하는 효과를 나타낸다.

(3) 슬라이더 ABS leading 부분에 taper 대신 step을 이용하면 슬라이더 ABS와 디스크 사이로 유입되는 입자 범위를 줄일 수 있다.

### 후기

본 연구는 엘지전자 디지털 미디어 연구소, 한국과학기술원 지정 연세대학교 정보저장기기 연구센터(과제번호:R11-1997-042-100001-0)의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

- (1) 이대영, 황정호, 좌성운, "정보저장기기 Nano-Contamination," 한국정밀공학회지 제19권, 제8호, pp. 26-27, 2002.
- (2) 이정규 "광학용 헤드/슬라이더의 Tribology 기술 개발," 연세대학교 대학원 기계공학과 석사학위 논문, 2001.
- (3) Zhang, L., Koka, R., Yuen, Y. and Lam, E., "Partile Induced Damage on Heads and Disks Due to fine Particles of Different Materials," IEEE Trans. Vol. 35, No. 2, pp. 927-932, 1999.
- (4) Yoon, E. S. and Bhushan, B., "Effect of particulate concentration, materials and size on the friction and wear of a negative-pressure picoslider flying on a laser-textured disk," Wear, Vol. 247, pp. 180-190, 2000.
- (5) Hamorck, B. J., "Fundamentals of Fluid Film Lubrication," McGRAW-HILL, 1994.