

하드디스크드라이브의 TFC 시스템에서의 슬라이더의 충돌면적을 고려한 마찰열 발생에 관한 연구

Friction heating effect considering contact area in TFC system

최종학* · 임건엽* · 윤주영* · 박노철† · 박영필* · 박경수**

Jonghak Choi, Gunyeop Lim, Joo Young Yoon, No-Cheol Park Young-Pil Park and Kyoung-Su Park

1. 서 론

모바일 기기의 발전과 맞물려, 정보의 생산량이 크게 증가하고 있다. 또한, 이렇게 생산된 정보의 양은, 인터넷의 발전과 함께 이중, 삼중으로 재생산 되고 있기 때문에, 저장되어야 할 정보의 양은 기하 급수적으로 증가되고 있는 실정이다. 이러한 추세에 따르기 위하여, 기록밀도를 높이기 위한 정보저장매체의 기술도 급속도로 발전하고 있다. 가장 대표적인 정보저장 매체인 하드디스크드라이브(HDD)의 경우 기록밀도를 높이기 위한 많은 기술이 적용되고 있다. 그러한 기술 중 하나가 Thermal Flying-height Control (TFC) 기술이다. TFC 시스템은 슬라이더의 부상높이를 기존의 시스템에 비해 더 낮게 제어할 수 있어, 높은 정밀도와 면밀도를 가질 수 있다.

TFC 시스템에서 슬라이더가 디스크 위를 부상하면서 데이터를 기록하고 읽을 때, 국부적으로 슬라이더의 Reader/Writer(R/W) 부분을 돌출시켜 디스크로부터의 부상높이를 줄이게 된다. 이러한 슬라이더의 부상높이 변화로 인하여 디스크로부터의 거리가 작아져 기록에 있어서의 높은 정밀도와 면밀도를 얻을 수 있다.

슬라이더와 디스크의 충돌 시, TFC 시스템의 메커니즘과 비슷한 현상이 발생한다. 그림 1 과 같이, TFC 시스템에 의하여 국부적으로 돌출된 슬라이더와 디스크가 충돌할 때, 충돌부분에서 마찰열이

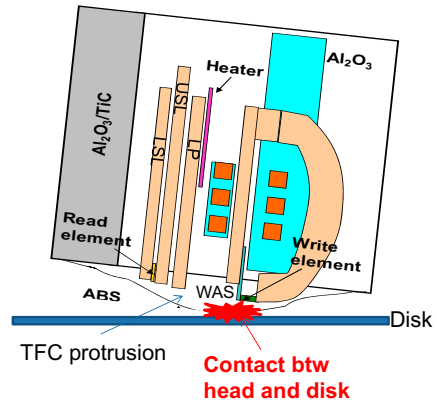


Fig.1 Friction heating mechanism

발생하게 되고, 이로 인하여 추가적인 변형이 발생하게 된다⁽¹⁾. 이와 유사한 연구는 TFC 슬라이더의 충돌감지센서와 관련된 연구에서 진행되었다. 이러한 추가적인 변형의 경우, 디스크 뿐만 아니라 슬라이더에도 영향을 줄 수 있기 때문에 매우 중요하다.

본 연구에서는, TFC 슬라이더와 디스크의 충돌 시 발생하는 추가적인 열변형에 관하여 분석하였다.

2. 시뮬레이션

TFC 슬라이더와 디스크의 충돌에 의한 열변형을 분석하기에 앞서, TFC 시스템에서의 변형량이 필요하다. 그림 2의 경우, 공기, 질소 그리고 헬륨에 대한 슬라이더의 변형량을 나타내고 있다. 또한, TFC 슬라이더와 디스크의 충돌에 따라 발생하는 열을 계산하기 위하여 그림 1에서와 같이 침투 깊이를 1.5 nm로 설정하였다. 이를 바탕으로 다음과 같은 contact force를 계산하였다⁽²⁾.

† 교신저자; 연세대학교 기계공학과

E-mail : pnch@yonsei.ac.kr

Tel : 02-2123-4677, Fax : 02-365-8460

* 연세대학교 기계공학과

** 가천대학교 기계공학과

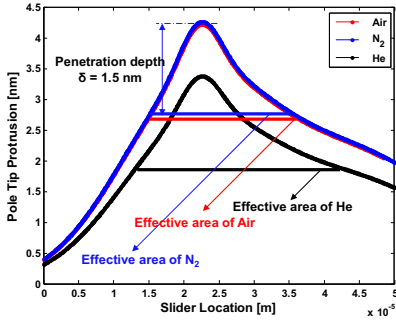


Fig. 2 Shape of TFC slider and contact area

$$F = \frac{4E^* a^3}{3R} - (8\pi\Delta\gamma E^* a^3)^{1/2} + k_a \frac{a^2}{2R} \quad (1)$$

충돌에 의한 열 발생을 계산하기 위하여 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다⁽³⁾.

$$T = \frac{\mu V}{\pi k c \rho l} * IH * F_r = \frac{\mu V}{\pi k l} * IH * F_r \quad (2)$$

수식에 사용된 값은 표1 같다. 충격력과 발생한 열의 경우 내부 기체에 대하여 큰 차이가 없기에, 본 연구에서는 공기의 경우에 대해서만 분석하였다. 발생한 열과 변형사이의 관계를 분석하기 위하여, 열-구조 연성해석을 이용하였다. 발생한 열로부터, 야기된 구조적 변형을 분석하기 위하여 다음과 같은 열전달계수를 사용하였다.

$$q = k \cdot A \cdot \Delta T / h \quad (3)$$

TFC 슬라이더와 디스크 사이의 충돌에 의한 추가적인 열변형은 그림 3과 같다. TFC 슬라이더와 디스크가 충돌하기 전까지는, 슬라이더의 부상높이와 TFC 시스템에 의한 국부적인 돌출에 의하여 슬라이더와 디스크 사이의 간격이 감소하게 된다. 이때 부상높이의 감소로 인하여 TFC 슬라이더의 돌출량은 감소한다. 하지만, 충돌이 발생하게 되면, 충돌에 의한 추가적인 변형이 발생하기 때문에 슬라이더의 변형은 증가하게 된다. 침투 깊이가 증가함에 따라, 발생되는 변형의 양은 증가한다. 이렇게 발생하는 변형의 경우 디스크의 lubricant층 뿐만 아니라 carbon 층에도 영향을 줄 수 있다. 침투 깊이가 약 1.4 nm 이상인 경우, 슬라이더가 디스크의 carbon 층까지 충돌하므로 슬라이더와 디스크 모두 손상을 입을 수 있다. 단순히 TFC 슬라이더와 디스크의 충돌을 분석할 경우, 추가적인 열변형에 의한 슬라이더와 디스크의 손상을 분석할 수 없기 때문에, 이러한 충돌에 의한 추가적인 변형을 분석하는 것은 매우 중요하다.

Table 1 Put table title put table title

T	Temperature rise
k	Thermal conductivity (24 W/mK)
μ	Friction coefficient (0.2)
l	The half effective length
Fr	Normal load
V	Sliding velocity (14 m/s)
F_r	Contact force per FH
IH	Interference height between the head and disk

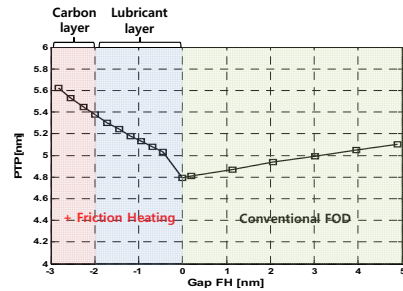


Fig. 3 Additional deformation due to the contact between TFC slider and disk

3. 결론

TFC 슬라이더와 디스크의 충돌해석에 있어서, 충돌에 의한 추가적인 열변형에 관한 연구를 수행하였다. TFC 슬라이더의 변형된 형태를 고려하여, 충돌이 발생했을 때의 추가적인 열변형을 분석하였다. 이러한 연구를 바탕으로, 침투 깊이에 따른 디스크와 슬라이더의 손상을 예측할 수 있다.

4. 참고문헌

1. J. Li, "Frictional Heating Effect on Thermal Protrusion in Head Disk Interface", 2013 ISPS proceeding
2. K. Ono, "Design theory and vibration characteristics of a contact head slider", Microsyst Technol (2013) 19:1275-12873.
3. J. Li, "Thermal mechanics of a contact sensor used in hard disk drives", Microsyst Technol (2013) 19:1607-1614