

헬륨 상태를 고려한 하드디스크드라이브의 TFC 분석

Helium Filled Thermal Flying Height Control in HDD

최종학* · 박노철* · 박영필* · 박경수† · 이용현** · 홍어진** · 김철순**

Jonghak Choi, No-Cheol Park, Young-Pil Park, Kyoung-Su Park,
Yonghyun Lee, Eo-Kin Hong, and Cheol-Soon Kim

1. 서 론

오늘날 정보저장기기는 예전에 비해 많은 정보를 보다 빠른 속도로 기록해야 한다. 특히 모바일 기기를 비롯한 IT기기의 발전에 따라 고용량과 소형의 정보저장기기의 요구가 커지고 있다. 이러한 요구를 만족시키고 기록밀도를 높이기 위하여 현재 소형 하드디스크 드라이브(HDD)는 TFC(Thermal Flying Height Control) 기술을 적용하고 있다. TFC 시스템은 슬라이더의 부상높이를 기존의 시스템에 비해서 낮게 제어할 수 있어, 하드디스크 드라이브의 높은 정밀도와 면밀도를 갖는 고용량과 소형 하드디스크 드라이브에 유리한 시스템이다. TFC와 관련하여 영향을 미칠 수 있는 공기베어링표면(ABS)형상, 슬라이더의 동적 특성, 열원의 전압, 열원의 위치 등 많은 요소들에 대해 연구가 진행되었다.

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. HDD 내부를 공기가 아닌 헬륨을 채워 넣게 되면 공기분자와 서스펜션 간의 충돌로 인한 Head off-TracAk Vibration을 줄일 수 있다. 이러한 진동에서의 장점은 슬라이더의 기록 정밀도를 높이고, 면밀도를 증가 시키는 장점이 있다. 또한, 헬륨의 물리적, 화학적 성질이 공기와 다르기 때문에 TFC 시스템에서의 차이를 보일 것이다. 본

연구에서는 해석을 통한 공기상태에서의 TFC 시스템과 헬륨상태에서의 TFC 시스템에서의 슬라이더와 디스크 사이의 FH(Flying Height)에 대하여 분석하였다.

2. 해 석

슬라이더 내부의 열원을 통하여 R/W 부분에 열을 가하여, 돌출 시키는 방법으로 해석을 진행하였다. 슬라이더를 193 x 193의 격자로 나누고, 나누어진 각 부분에서 구해진 압력을 이용하여 다음 식을 이용하여 열전도계수를 구하였다.

$$q = -k \frac{T_s(x, y) - T_d}{h(x, y) + 2b\lambda(x, y)} \quad (1)$$

위의 (1)식에서 k 는 열전달계수, T_s 는 슬라이더의 온도, T_d 는 디스크의 온도, h 는 부상높이, λ 는 mean free path를 의미하며, b 는 다음과 같은 기체의 식을 통하여 구하였다.

$$b = \frac{2(2 - \sigma_T)(\gamma + 1)}{\sigma_T} \frac{1}{\gamma Pr} \quad (2)$$

여기서 σ_T 는 Thermal Accommodation, γ 는 Specific Heat Ratio, Pr 은 Prandtl Number를 의미한다.

Table 1. 공기와 헬륨의 물성치

Property	Air	Helium
Thermal Conductivity	0.0264W/mK	0.153W/mK
Mean Free Path	59nm	175nm
Specific Heat Ratio	1.4	1.66
Prandtl Number	0.7	0.261
Dynamic Viscosity	1.719 X 10 ⁻⁵ Ns/m ²	1.865 X 10 ⁻⁵ Ns/m ²
Thermal Accommodation	0.9	0.7

† 교신저자; 연세대학교 기계공학과

E-mail : pks6348@yonsei.ac.kr

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

* 연세대학교 기계공학과

** (주) 삼성전자

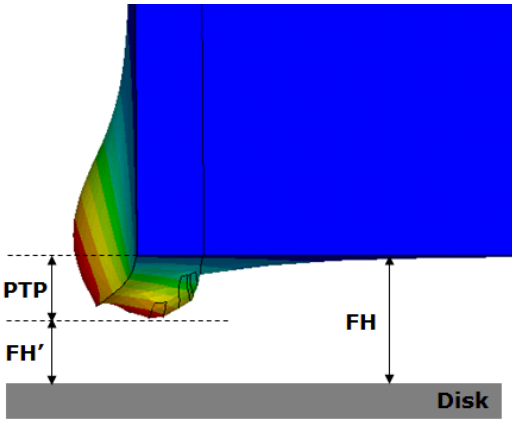


Fig. 1 TFC시스템의 시뮬레이션 모델

식(1)에서 구한 열전도계수에 Table 1과 같이 공기와 헬륨의 물성치를 대입하여 각각의 열전도계수를 구하였다. 공기에 비해 헬륨의 경우 열전도와 같은 열 특성과 물리적 특성을 비교해 보았을 때, 헬륨과 공기 사이의 차이가 있는 것을 볼 수 있다. 이러한 특성이 TFC 시스템에서 영향을 주게 된다. TFC 시스템 해석은 열원을 포함한 슬라이더의 FEM모델을 구축하고 ANSYS를 이용하여 수행하였다. 수행결과 Fig. 1 과 같이 슬라이더의 Head부분이 돌출되는 것을 볼 수 있다. Fig. 1에서 PTP(Pole Tip Protrusion)는 TFC 시스템에서의 돌출부의 길이를 나타내고, FH'는 PTP를 고려한 부상높이를 나타낸다. Table 2는 공기 상태와 헬륨상태에서의 TFC 시스템을 적용하지 않았을 때의 FH와, TFC 시스템을 적용하였을 때의 PTP의 길이를 나타낸 것이다. Fig. 2는 TFC 시스템에서 공기상태와 헬륨상태에서의 슬라이더와 디스크 사이의 FH를 나타내었다.

Table 2. 공기상태와 헬륨상태에서의 PTP와 FH

Radius(μm)	Air (nm)		Helium (nm)	
	FH	PTP	FH	PTP
14.000	9.9230	3.86	5.7737	4.28
14.465	10.0482	3.91	6.0204	4.30
15.868	10.2891	3.92	6.5149	4.32
18.225	10.3706	3.91	6.9387	4.34
21.212	10.0217	3.90	6.9680	4.34
24.177	9.5238	3.87	6.6600	4.33
27.060	9.1940	3.84	6.2668	4.32
29.273	9.1950	3.84	5.9781	4.28
30.572	9.3291	3.84	5.8770	4.28
31.000	9.3786	3.84	5.8431	4.28

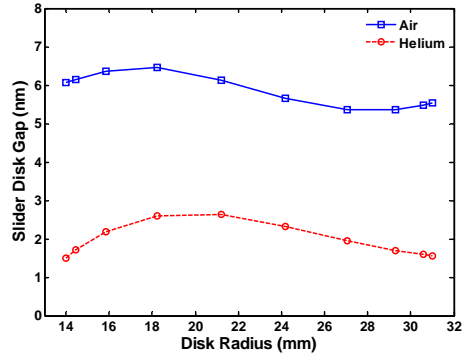


Fig. 2 공기상태와 헬륨상태의 부상높이

Fig. 2에서 보는 바와 같이 디스크를 내주에서 외주까지 총 10부분으로 나누어, 각 부분에서의 TFC 시스템을 적용하였을 때 PTP를 고려한 FH를 나타내었고, 공기상태에 비해 헬륨상태의 경우가 FH가 감소한다는 것을 볼 수 있다.

3. 결 론

기존의 공기상태에서의 TFC 시스템에서의 부상높이를 더 줄일 수 있는 헬륨상태에서의 TFC에 대해 연구하였다. TFC 시스템에서 HDD 내부를 채우고 있는 기체에 따라서 TFC 시스템의 성질이 변하는 것을 볼 수 있었고, 기존의 공기상태 비해 헬륨상태에서의 부상높이가 더 낮아진 것을 확인할 수 있다.

후 기

본 연구는 연세대학교 정보저장기기연구센터의 지원과 삼성전자의 지원을 받아 수행된 연구임.(2010-8-2408).