

다양한 외부조건에 따른 열구동기의 열팽창 분석

Pole Tip Protrusion Study of Thermal Actuator in Various Environment Conditions

이상직* · 김석환* · 박영필* · 박경수†

Sangjik Lee, Seokhwan Kim, Young-Pil Park, Kyoung-Su Park

1. 서론

하드디스크 드라이브의 면밀도 증가를 위해 슬라이더와 디스크 사이의 간격이 꾸준히 감소하고 있다. 1Tbit/in²의 면밀도를 가지기 위해서는 슬라이더와 디스크 사이의 간격을 2.5nm 이하로 낮추는 기술이 요구된다.[1] 하지만 슬라이더의 낮은 부상높이는 외부 충격이나 디스크의 흔들림에 의한 디스크와 슬라이더의 충돌 가능성을 증가시킨다. 그래서 슬라이더의 폴팁(Pole-tip) 부분만 부상높이를 국부적으로 감소시킬 수 있는 TFC(Thermal Flying height Control) 기술이 제안되었다. TFC 기술은 히터에 전압을 가해 발생한 열을 이용하여 폴 팁 부분을 국부적으로 팽창시켜 부상높이를 낮추는 기술이다.

현재, 이 기술은 많은 연구가 활발히 진행 중에 있다. J. Y. Juang[1]는 공기 베어링 표면을 설계함으로써 TFC 슬라이더의 효율성을 높이고자 하는 연구를 수행했고, M. Kurita[2]와 K. Aoki[3]는 유한요소기법을 이용하여 TFC 슬라이더의 열 분포와 열팽창에 대한 해석을 수행하였다. 또한, W. D. Zhou[4]는 평균자유행로에 온도 요소를 고려한 열전달 방정식 수립했고, B. D. Strom[5]는 습도가 압력에 미치는 영향과 그에 따른 부상높이 변화를 조사하였다. 하지만 TFC 슬라이더의 외부조건의 변화에 따른 슬라이더 열팽창 분석에 대한 해석을 수행되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 TFC 슬라이더의 효율성을 극대화 시키기 위해 TFC 슬라이더의 다양한 외부조건에 대한 영향을 유한요소기법을 통해 검토한다.

이기 위해 Lower Pole 뒤쪽에 위치시킨다.

정확한 열속 정보를 얻기 위해 필요한 부상높이, 슬라이더의 압력분포에 대한 정보를 구하기 위해 공기 베어링 시뮬레이터인 CML 프로그램을 이용하였다. 그 후 L. Chen 과 S. Zhang[6,7]이 제안한 열전달 방정식을 이용하여 열속을 구했다.

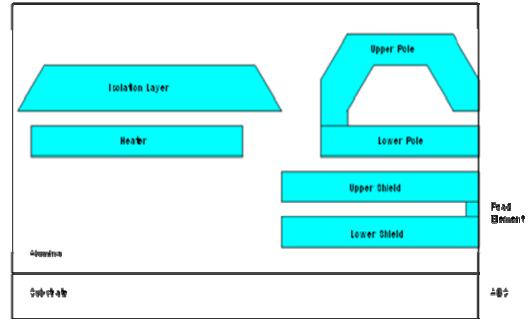


그림 1. TFC 슬라이더의 구조

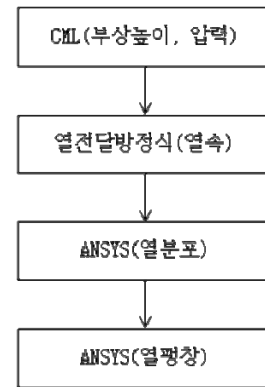


그림 2. 슬라이더 해석 순서도

2. 유한 요소 해석 모델

2.1 유한 요소 모델

TFC 슬라이더는 그림 1 과 같이 Alumina, Upper pole, Substrate, Lower pole, Read element, Heater 등으로 구성되어 있다. 히터는 열효율을 높

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

식(1)을 이용해 얻은 열속을 입력값으로 하는 열-구조 연성해석을 유한요소해석의 시뮬레이터인 ANSYS 를 이용하여 수행하였다. 해석 방법에 대한 간략한 순서도는 그림 2 에 나타나있다.

본 연구에서 사용한 재료 물성치들은 표 1 과 같고 참고 문헌[5]를 참조했다. 공기 베어링 표면을 제외한 다른 표면에는 100W/m²K의 열전달계수를

† 박경수; 연세대학교 기계공학과

E-mail : pks6348@yonsei.ac.kr

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

* 연세대학교 기계공학과

표. 1 재료 물성치[5]

요 소	재 료	영률 (GPa)	열전도율 (W/mK)	열팽창계수 (*10 ⁻⁶ /°C)	비열 (J/kgK)	프아송비
Substrate	Al ₂ O ₃ -Tic	380	20	7.9	878	0.3
Alumina	Al ₂ O ₃	200	1.5	7.5	760	0.25
Shield, Poles	Ni-Fe	207	35	12.2	470	0.3
Heater	Ni-Fe	207	30	12.2	470	0.3
Isolation Layer	Photo-resist	7	0.19	51	1460	0.2

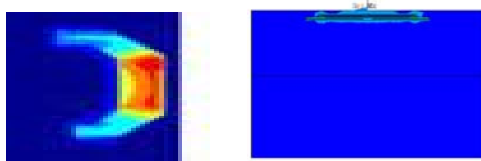
사용했고 13.5 x 14 x 0.12 μm 의 사이즈를 가지는 히터를 사용했다. 그리고 유한요소해석을 위해 사용된 전체 슬라이더의 크기는 1.235 x 0.7 x 0.23 mm 이다.

2.2 해석결과 분석

습도와 외부온도에 따라 부상높이, 비틀림, 피치, 롤의 값(표. 2)과 압력분포가 바뀌기 때문에 이는 곧 열속에 영향을 준다. 그림 3 과 4 는 각각 외부온도 25°C, 습도 0%의 공기 베어링 표면의 열전달계수, 열속 분포와 공기 베어링 표면과 옆면의 온도분포를 보여준다. 본 연구에서는 습도(0, 25, 50, 80%)와 외부온도(-10, 0, 25, 45, 80°C)의 변화에 따른 유한요소 해석을 수행했다.

표. 2 온도와 습도에 따른 부상 요소들의 변화

	FH	Pitch	Roll	skew	Peak Pressure(MPa)
-10°C, 0%	7.29	179.9	-8.21	-2.81	2.62
0°C, 0%	7.30	180.6	-8.19	-2.81	2.61
25°C, 0%	7.28	178.9	-8.53	-2.81	2.64
25°C, 50%	7.18	178.7	-8.49	-2.81	2.64
45°C, 0%	7.27	178.0	-8.70	-2.81	2.65
45°C, 50%	6.95	177.4	-8.57	-2.81	2.67
80°C, 0%	7.26	176.6	-8.59	-2.81	2.73
80°C, 50%	5.67	173.2	-8.14	-2.81	2.79



(a) 열전달계수 분포 (b) 열속 분포

그림. 3 공기 베어링 표면의 열전달계수와 열속 분포

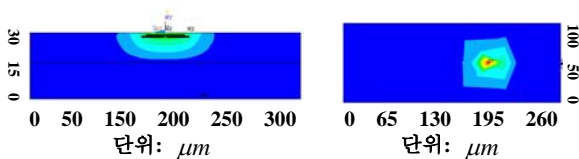


그림. 4 공기 베어링 표면과 옆면의 온도 분포

3. 결 론

하드디스크 드라이브 슬라이더의 유한요소 모델을 수립하고 외부 요인을 바꿔가며 효율성을 검증하였고 이에 따른 슬라이더의 열팽창 변화를 확인하였다.

후 기

이 논문은 2008 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R17-2008-040-01001-0).

참고 문헌

- (1) J. Y. Juang and D. B. Bogy, "Air-Bearing Effects on Actuated Thermal Pole-Tip Protrusion for Hard Disk Drives" ASME., vol. 129
- (2) M. Kurita, J. XU, M. Tokuyama, S. Saegusa, Y. Maruyama and H. Fukui, "Simulation of Thermal Protrusions on Magnetic Head Elements" JSME., vol. 48
- (3) K. Aoki, T. Hoshino, T. Iwase, T. Imamura and K. Aruga "Thermal Pole-Tip Protrusion Analysis of Magnetic Heads for Hard Disk Drives" IEEE., vol. 41
- (4) W. D. Zhou, D. Liu, S. K. Yu, W. Hua, and C. H. Wong, "A generalized heat transfer model for thin film bearings at head-disk interface" APPLIED PHYSICS LETTER ., vol. 92
- (5) B. D. Strom, S. Zhang, S. C. Lee, A. Khurshudov and G. W. Tyndall "Effects of Humid Air on Air-Bearing Flying Height" IEEE Trans. Magn., vol. 43
- (6) L. Chen, D. B. Bogy, and B. Strom, "Thermal dependence of MR signal on slider flying state," IEEE Trans. Magn., vol. 36
- (7) S. Zhang, D.B. Bogy "A heat Transfer model for thermal fluctuations in an thin slider / disk air bearing" Heat and Mass Transfer 42