

# 패턴미디어에서 트랙추종운동을 고려한 초저 부상 슬라이더의 동적 거동에 대한 수치적 연구

## Numerical Analysis of Dynamic Behavior Ultralow Flying Slider During Track-Seeking over Discrete Track Media

김기훈† · 이용현\* · 김석환\* · 박노철\* · 박영필\* · 박경수\* · 김철순\*\*

Ki-Hoon Kim<sup>†</sup>, Yonghyun Lee<sup>\*</sup>, Seokhwan Kim<sup>\*</sup>, No-Cheol Park<sup>\*</sup>, Young-Pil Park<sup>\*</sup>, Kyoung-Su Park<sup>\*</sup> and Chul Soon Kim<sup>\*\*</sup>

### 1. 서 론

저장용량을 증가시키기 위해 미디어의 자기결정립 (grain) 크기가 줄면서 초상자성 한계가 발생하게 된다. 초상자성 영향으로 인해 미디어의 열적 불안정성과 자기극성의 변화가 발생할 가능성이 커지게 되면서 이러한 영향을 극복하기 위한 방법이 필요하게 된다. 그 방법 중에 하나가 패턴미디어의 사용이다.

트랙추종운동 시에 초저 부상 슬라이더의 부상높이의 변화는 주요한 관심사가 되고 있다. 심각한 부상 높이의 변화는 슬라이더의 진동에 의해 디스크와의 충돌 가능성을 야기시킬 수 있기 때문에 슬라이더 부상높이의 손실을 예측하는 것은 매우 중요하다. 패턴미디어에서는 패턴의 높이, 패턴의 넓이 그리고 패턴의 폭에 따라서 슬라이더 부상높이의 손실이 발생하게 된다. 또한 트랙추종운동 시에도 슬라이더 부상높이의 손실이 발생하게 되는데 이전 연구에서 발표된 패턴미디어에서의 부상높이 손실에 대한 예측 값은 트랙추종운동 시의 부상높이 손실에 대한 예측 값과는 차이를 보이게 된다. 따라서 본 연구에서는 트랙추종운동 시에 준-정적 근사법을 이용하여 부상높이 손실을 예측하고 슬라이더의 비틀림 각에 대한 영향과 패턴 높이에 대한 영향을 고려하여 패턴미디어에서의 트랙추종운동 시에 슬라이더의 부상높이 손실에 대한 예측을 하고 그에 대한 이유 및 결과를 살펴본다.

### 2. 본 론

#### 공기베어링 표면 모델과 시스템 모델

† 교신저자; 김기훈, 연세대학교 기계공학과

E-mail : kkhmllove@yonsei.ac.kr

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

\* 연세대학교 기계공학과

\*\* 삼성전자 스토리지 사업부

#### (1) 공기베어링 표면 모델

미디어의 표면에 패턴을 만드는 대신 슬라이더의 공기베어링 표면에 가상의 패턴형상을 만들고 해석 시간을 줄이기 위해 패턴의 크기를 증가시킨다[1]. 패턴의 폭과 넓이의 비는 0.5 이고 높이는 각각 3nm, 5nm 그리고 10nm 이다.

#### (2) 시스템 모델

트랙추종운동의 해석시간을 줄이기 위해 준-정적 근사법을 이용한다. 기하 비틀림 각과 유효 비틀림 각은 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$\theta_{geo} = \frac{\pi}{2} - \cos^{-1} \left( \frac{R^2 + r^2 - l^2}{2Rr} \right) \quad (1)$$

$$\theta_{eff} = \theta_{geo} + \tan^{-1} \left( \frac{v}{r\omega} \right) \quad (2)$$

여기서  $\theta_{geo}$  와  $\theta_{eff}$  는 각각 기하 비틀림 각과 유효 비틀림 각을 나타낸다.  $R, r, l, v$  그리고  $\omega$  는 각각 액츄에이터 길이, 반지름 위치, 피봇모터 길이, 트랙킹 속도 그리고 디스크 회전속도를 나타낸다. 트랙추종속도가 증가하게 되면 기하 비틀림 각과 유효 비틀림 각 사이의 차이는 증가하게 된다.

### 3. 트랙추종운동

#### 트랙추종운동

그림.1 에서 보는 바와 같이 기하 비틀림 각은 선형적으로 변하지만 유효 비틀림 각은 그렇지 않다. 또한 그림.2 에서 보는 바와 같이 미디어의 내주에서 외주로 트랙추종을 할 때와 외주에서 내주로 트랙추종을 할 때의 부상높이는 다른 현상을 보여준다. 이는 미디어와 슬라이더 사이의 비틀림 각의 영향이 작용하기 때문이다.

#### 새로운 근사

이전 연구에서 발표된 패턴미디어에서의 부상높이 손실에 대한 식을 살펴보면 다음과 같다.

$$\Delta FH_{estimate} = d \frac{w}{p} \quad (3)$$

여기서  $\Delta FH_{estimate}$ ,  $d$ ,  $w$  그리고  $p$  는 각각 부상높이 손실, 패턴 깊이, 패턴 넓이 그리고 패턴 넓이와 폭을 합친 피치를 말한다. 하지만 트랙추중운동 시에는 식(3)과 같은 결과는 얻지 못한다. 왜냐하면 트랙추중운동 시에는 비틀림 각의 영향으로 인해 부상높이 손실이 변하기 때문이다. 따라서 비틀림 각을 고려한 새로운 근사식을 살펴보면 다음과 같다.

$$\Delta FH_{skew} = 0.95 \times \Delta FH_{estimate} + f(skew^2) \quad (4)$$

여기서  $\Delta FH_{skew}$  와  $skew$  는 각각 비틀림 각에 대한 부상높이 손실과 비틀림 각을 말한다. 식(4)를 고려한 트랙추중운동 시의 부상높이 손실을 살펴보면 그림.3 과 같다. 그림.3 에서 보는 바와 같이 이전 연구에서의 부상높이의 손실은 발생하지만 트랙추중운동 시에 외주 쪽에서의 부상 높이가 손실에 차이가 발생한다. 이와 같은 결과가 발생하는 이유는 패턴의 높이가 증가할수록 슬라이더 밀면에 공기유동의 와류가 생기면서 그 와류가 슬라이더의 헤드방향으로 이동하기 때문이다. 따라서 식(4)를 이용하여 부상높이를 근사화하면 부상높이 손실에 대한 예측을 정확하게 할 수 있다.

#### 4. 결 론

패턴미디어에서 트랙추중운동 시에는 비틀림 각의 영향으로 패턴의 깊이에 따라 부상높이 손실에 대한 결과를 예측하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 비틀림 각을 고려한 부상높이 손실에 대한 새로운 근사식을 유도하였고 근사화된 관계식은 부상높이 손실에 대해 매우 일치하는 결론을 얻었다.

#### 후 기

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

#### 참고논문

- [1] J. Li, J. Xu, and Y. Shimizu, "Performance of Slider Flying Over Discrete-Track Media" *Transactions of the ASME*, vol. 129, Oct. 2007.
- [2] M. Duwensee. And F. E. Talke, "Simulation of the head disk interface for discrete track media" *IEEE Trans Magn* 13:1023-1030, Oct. 2006.

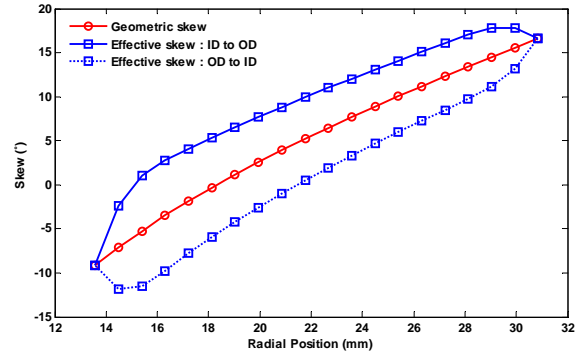


그림.1 트랙추중운동 시의 기하 비틀림 각과 유효 비틀림 각의 변화

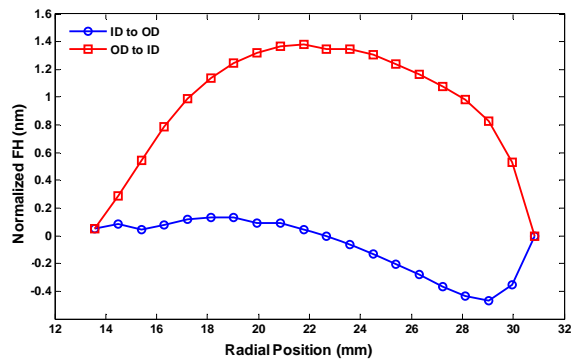
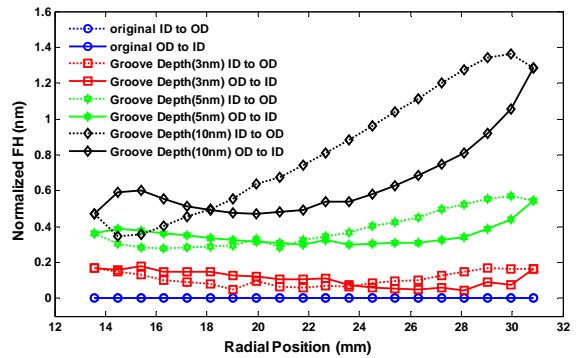
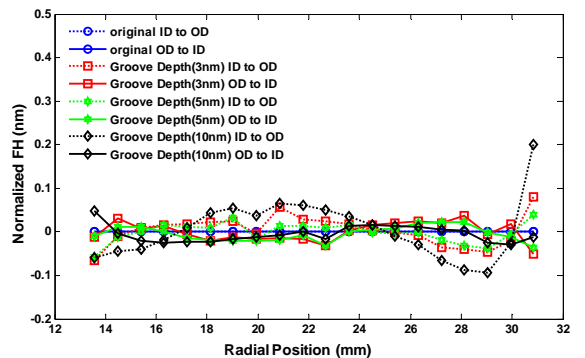


그림.2 트랙추중운동 시의 정규화된 슬라이더 부상 높이의 변화



(a) 부상높이 손실을 고려한 정규화된 부상높이



(b) 새로운 근사식을 이용한 정규화된 부상높이 그림.3 패턴높이에 따른 부상높이