초소형 HDD 용 유체동압베어링의 성능평가 시스템
Development of Performance Evaluation System for Hydrodynamic Bearing in Hard Disk Drive

*,#박성준 [1], 이형욱 [2], 김정배 [2], 홍연기 [3], 이혜진 [4], 송정한 [4], 배성민 [5], 이태휘 [6]
*,#S.-J. Park(park@cjnu.ac.kr)[1], H.W. Lee[2] , J.B. Kim[2], Y.K. Hong[3], H.J. Lee[4], J.H.Song[4], S.M. Bae[5], T.H. Lee[6]
[1] 충주대학교 기계공학과, [2] 충주대학교 에너지시스템공학과, [3] 충주대학교 화공생물공학과,
[4] 한국생산기술연구원 융합기술연구부, [5] 한밭대학교 산업경영공학과, [6]㈜싸이로직

Key words : Fluid Hydrodynamic Bearing, Dynamic Behavior, Hard Disk Drive, Non Repeatable Run-Out

1. 서론

저소음, 고속· 고정도의 특성을 가지는 HDD 모터의 최신 핵심 기술 중의 한가지는 유체 동압 베어링이다. 유체 동압 베어링은 모터의 회전축에서 발생하는 원심력과 기체나 유체의 구심력을 이용하여 축을 지지하는 베어링의 한 형태이며 이전에 사용되던 볼 베어링의 단점을 극복할 수 있는 대안으로 초소형 HDD 및 레이저 프린터 등에 주로 사용되고 있다.

최근 휴대용 저장기기 시장의 급속한 성장을 배경으로 HDD 의 크기는 초소형화하고 있으며, 이에 따라 회전부품인 유체 동압 베어링의 크기 역시 초소형화 되어가고 있는 추세이다.

이상적인 하드 디스크 트랙의 궤적은 진원이어야 하지만 스핀들 모터의 진동에 의하여 실제 데이터가 쓰여진 트랙과 헤드간의 위치 차이인 런아웃이 발생하기 때문에 헤드가 트랙의 데이터를 읽을 때 에러를 발생시키는 요인이 된다.

디스크의 런아웃을 TIR(Toral Indicated Runout)이라 하며, TIR 은 회전 주기마다 반복되는 성분인 RRO(Repeatable Runout)와 비주기적 성분인 NRRO(Non Repeatable Runout)으로 구분할 수 있다. 주기적 성분인 RRO 와 달리 NRRO 는 제어 시스템에 의해 보상할 수 없기 때문에 HDD 의 성능과 직결되는 평가지표이다. 하드 디스크에서 허용되는 NRRO 의 크기는 트랙 피치의 약 5%이내로 규제되고 있으며, 현재 사용되고 있는 하드 디스크의 트랙 피치는 대부분의 경우 100nm 이하 이기 때문에 허용 가능한 NRRO 는 수 nm 이내 수준이다.

따라서, 스핀들 모터의 핵심부품인 유체 동압 베어링의 그루브 형상을 설계하거나, 새로운 가공방법을 제안하기 위해서는 베어링의 동적거동에 대한 성능평가가 필수적이다. 본 연구에서는 마이크로 전해가공 및 마이크로 전조 가공방법을 이용하여 제작한 유체 동압 베어링의 특성을 파악하고 동적거동 성능을 향상시키기 위하여 유체동압 베어링 평가 시스템을 개발하였다.

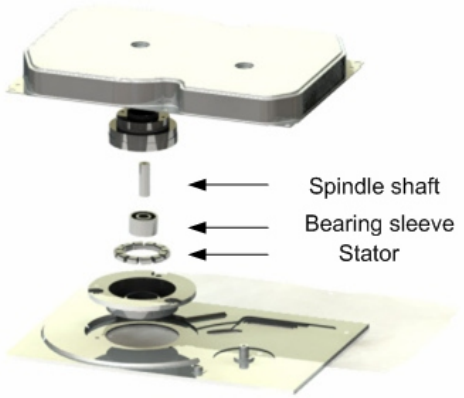


Fig. 1 Schematics of spindle motor assembly

2. 유체동압 베어링

동압 베어링에서 축방향으로 압력을 발생시키면서 축을 부상시키는 동시에 축의 상하진동을 잡아주는 역할을 하는 그루브를 thrust 그루브라 한다. 본 연구를 통해 가공하고자 하는 thrust 그루브의 형상은 Fig. 2 와 같으며 spiral 형태의 그루브이다.

Thrust 그루브가 축방향의 베어링이라면 raidal 그루브는 반경방향의 움직임을 잡아주는 베어링이다. 축이 회전하기 시작하면 동압 그루브 면을 따라 유체가 회전하게 되고 높은 압력이 그루브 센터 영역에 형성된다. Fig. 3 은 radial 그루브에 의한 동압 형성의 기본 원리를 보여주고 있다

Radial 그루브는 thrust 그루브에 비하여 강성 및 댐핑의 값이 축의 운동에 크게 영향을 미치며, 상부와 하부측 그루브 형상을 달리하여 최적화된 동적 거동을 발생시킬 수 있도록 해야 한다.

number of groove : 20 ea.,
angle : 20°, depth : 15μm

Fig. 2 Thrust groove shape and specification

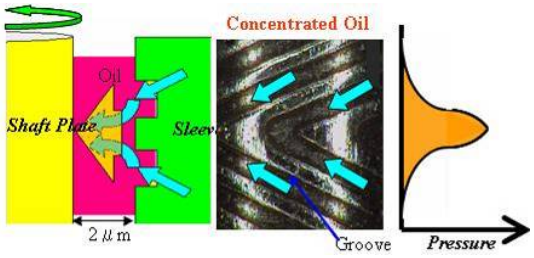
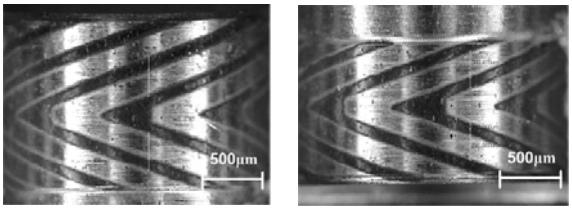


Fig. 3 Radial groove shape and pressure generating mechanism



(a) Upper groove (b) Lower groove

Fig. 4 Radial groove shape and specification
(number of grooves : 8ea, angle : 20°, depth : 15μm)

3. 측정평가 시스템

스핀들 주축에 가공된 유체 동압베어링 그루브는 베어링 슬리브에 오일과 함께 밀봉되며, 모터 정류자와 회전 허브와 함께 조립되어 모터부를 완성하게 된다. 모터 완제품의 동적거동을 측정하기 위해서는 우선, 조립공차와 회전 허브의 가공오차에 의해 발생하는 회전 불균형(imbalance)양을 측정하여 보상해야만 한다. 왜냐하면, 회전 불균형이 존재할 경우에는 편심에 의한 런아웃이 발생하여 규제기준 이내의 NRRO 사양을 만족시키지 못할뿐만 아니라 유체동압베어링의 동적 거동 특성을 파악할 수 없다. 대부분의 HDD 용 스핀들 모터 조립라인에서는 이러한 불균형을 측정한 후 허브 상면에 적정한 무게의 스크류를 추가하여 편심을 보정한다.

본 연구에서 개발된 유체 동압 베어링의 동적거동 측정 및 성능평가 시스템을 Fig. 5 에 나타내었다. 우선 2 축 가속도계를 이용하여 회전 불균형을 측정하여 보정한 후, 3 개의 정전용량 센서를 사용하여 NRRO 및 thrust 베어링에 의한 부상높이를 측정하도록 설계되었다. 최근 대부분의 HDD 용 스핀들 모터의 NRRO 허용기준은 수 nm 이므로 정전용량 센서의 분해능은 0.5nm 이다.

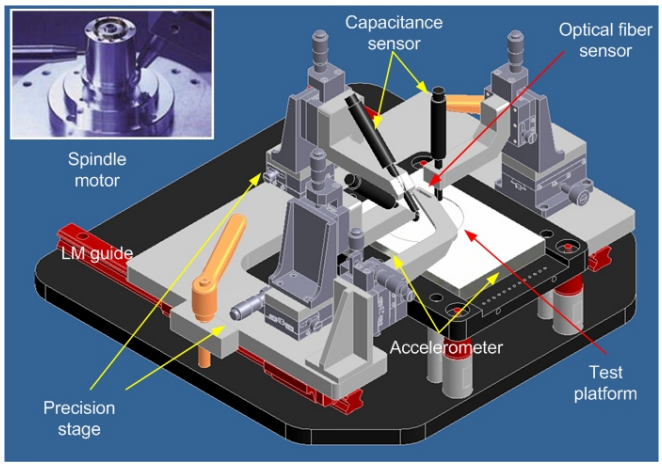


Fig. 5 Developed system for measuring dynamic characteristics of spindle motor assembly

4. 결론

초정밀 HDD 용 스핀들 모터에 사용되는 유체 동압 베어링의 동적 거동 특성, 즉 수 μm 수준의 RRO 및 부상높이, 그리고 수 nm 수준의 NRRO 를 성공적으로 측정 및 평가할 수 있는 시스템을 제작하여 유체 동압 베어링의 성능 향상 및 설계변수 도출에 기여할 수 있는 기초를 마련하였다.

후기

본 연구는 2009 년도 지식경제부 전략기술개발사업 “마이크로 금속소재 기능성 핵심요소부품 점진성형기술 개발”의 일환으로 연구비를 지원받아 수행되었음.

참고문헌

1. Jang, G., Kim, K., Kim, H., Lee, H., and Kim, C., “Analysis of Hydrodynamic Bearing of a HDD Spindle Motor Due to Elevated Temperature,” Proceedings of KSME, **29**, 762-769, 2005.
2. Asada, T., Saito, H., Asida, Y., Itoh, K., “Design of Hydrodynamics Bearings for High-Speed HDD,” Microsystem Technologies, **8**, 220-236, 2002.