

편심질량을 이용한 가변예압장치의 형상 개선 방안 Shape improvement method of a variable preload device using eccentric mass

*김동현¹, #이춘만¹

*D. H. Kim¹, #C. M. Lee(cmlee@changwon.ac.kr)²

¹창원대학교 기계설계공학과

Key words : Machine tool, Spindle, Bearing variable preload

1. 서론

공작기계 주축용 베어링의 강성과 정밀도를 증가시키기 위해서는 전동체와 레도면 사이에 음의 값의 운전 틈새를 유지해야 한다. 예압은 이를 위해 가하는 내부 하중이다. 베어링에 예압을 가함으로써 얻을 수 있는 효과로는 강성증대, 소음 감소, 정밀도 향상, 운전 중 자리잡기와 마모 보정, 전동체 공전 및 자전 미끄럼 방지 등이 있다. 하지만 예압이 과도할 경우 베어링 내 마찰 모멘트의 증가로 인해 발열 증대, 수명 저하 등을 초래할 수 있다. 따라서 주축 사용 조건에 맞는 적절한 예압을 가해주는 것이 중요하다.¹

최근의 공작기계용 주축은 큰 강성과 고속회전을 동시에 요구한다. 이를 위해 주축 회전속도가 저속일 경우에는 강성 증대를 위해 베어링에 큰 예압을 가하고, 고속일 경우에는 발열 저하 등을 위해 베어링에 작은 예압을 가하는 가변 예압기술이 필요하다.^{2,4}

가변 예압기술은 베어링에 가하는 예압을 주축 사용조건에 따라 변화시켜 주축 구동 시 앞서 언급한 여러 장점을 취할 수 있는 방법이다.

현재 주축용 베어링의 가변 예압장치로는 유압과 공압을 이용한 구조가 상용화 단계까지 개발되었고, 연구단계에서는 압전 구동기를 적용하는 구조가 활발히 연구되고 있는 것으로 조사되었다.^{2,3}

본 연구자는 선행연구^{5,6}에서 편심질량을 이용한 공작기계 주축용 베어링의 가변 예압장치를 개발하였다. 본 연구에서는 선행연구에서 개발된 편심질량을 이용한 가변 예압장치의 형상을 개선하여 예압 효율 향상 방안에 대한 연구를 수행하였다.

2. 편심질량을 이용한 가변예압장치

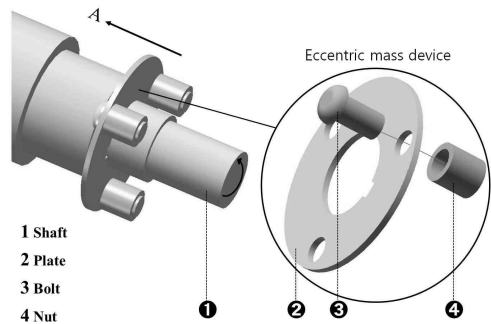


Fig. 1 Detailed structure of the eccentric mass device

Fig. 1 에 선행연구에서 개발한 편심질량을 이용한 가변예압장치의 분해도를 나타내었다.^{5,6}

편심질량체는 부품 2, 3, 4 가 일체형으로 결합된 구조이다. 기구장치의 백래쉬(backlash)를 줄이기 위해 일체형으로 구성하였다.

작동원리는 다음과 같다. 부품 2 는 축(shaft)이 회전할 때 원심력을 받는데 여기에 편심효과를 내기 위해 부품 3, 4 와 같은 질량체를 등간격으로 3개를 조립하였다. 주축이 회전하게 되면 원심력에 의해 반경방향의 힘을 받고 있던 부품 2 는 3개의 질량체에 의해 A 방향으로 변위가 생기고, 이와 동시에 힘을 가하게 된다.

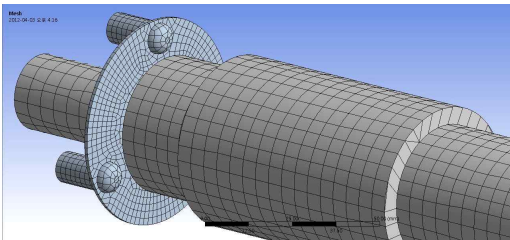
본 연구에서는 Fig. 1 의 편심체에서 3개의 질량체를 원주방향으로 형상을 변화시켰다. 그리고 유한요소해석을 통해 변위를 비교하였다.

3. 유한요소해석

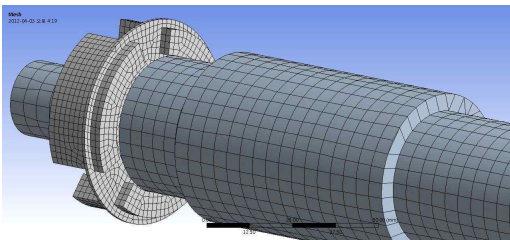
제안된 장치의 작동원리를 검증하고, 선행연구에서 개발된 편심질량체와 형상을 개선한 후의 편심질량체를 비교하기 위해 상용프로그램

ANSYS를 이용하여 유한요소해석을 수행하였다. 작동원리 검증을 위한 해석 모델은 Fig. 2 와 같다. 편심질량체의 변위를 비교·검증하는 것이 목적이므로 축에 편심질량체가 체결된 형상만을 모델링하였다. 편심질량체는 일체형이고, 변형이 가능하므로 주축과 Flexible 접촉 경계조건을 적용하였다. 하중조건은 회전축에 대한 일정한 회전속도를 정의하였다. 축의 회전속도는 최대 6,000rpm 으로 설정하였다. 이는 시제품 제작 후에 실험에 사용될 실험장치의 최대 회전속도이다.

Table 1 에 해석결과를 비교하여 나타내었다. 형상개선 전 편심질량체의 최대변위는 6,000 rpm 에서 17.41 μm 이고, 형상개선 후 편심질량체의 최대변위는 같은 속도에서 19.98 μm 로 나타났다. 원주방향으로 질량체의 형상을 변화시킨 결과, 변위가 더 커짐으로서 베어링에 가해지는 예압도 크게 작용할 수 있을 것으로 판단된다.



(a) before shape improvement



(b) after shape improvement

Fig. 2 Finite element analysis model

Table 1 Comparison of analysis results

	Before	After
Maximum displacement (at 6,000 rpm)	17.41 μm	19.98 μm

4. 결론

본 연구에서는 선행연구에서 개발한 편심질량을 이용한 가변 예압장치의 형상 개선 방안에 대하여 연구하였다. 질량체의 형상을 변화하여 개선된 편심질량체를 기존 편심질량체와 비교·분석하였다.

유한요소해석을 통해 형상 개선 전과 후의 편심질량체를 비교한 결과, 개선 후의 편심질량체의 변위가 약 15 % 증가한 것으로 나타났다. 따라서 베어링에 가해지는 예압도 크게 작용할 것으로 판단된다.

향후 편심질량을 이용한 가변 예압장치를 고속 주축에 적용하여 성능평가를 수행할 예정이며, 본 연구의 결과를 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0027035).

참고문헌

1. Hamoy, A., "Bearing Design in Machinery," Marcel Dekker, 418-436, 2003.
2. <http://www.ibag.ch>
3. <http://www.gmn.de>
4. Hwang, Y. K. and Lee, C. M., "Development of automatic variable preload device for spindle bearing by using centrifugal force," International Journal of Machine Tools & Manufacture, **49**, 781-787, 2009.
5. Kim, D. H. and Lee, C. M., "Effects of automatic variable preload device on performance of spindle," J. Cent. South Univ., **19**, 150-154, 2012.
6. Kim, D. H. and Lee, C. M., "Pre-load control device of bearing for machine tool," Korea Patent, No. 2010-0125502.