

각접축 볼베어링의 조합과 배열방식에 따른 스핀들 동특성 해석

Dynamic Analysis of Spindle with the Combination and Arrangement of Angular Contact Ball Bearings Varied

*최춘석¹, 이찬홍², #홍성욱²

*C. S. Choi¹, C. H. Lee², #S. W. Hong(swhong@kumoh.ac.kr)²,

¹금오공과대학교 기전공학과, ²한국기계연구원

Key words : Angular contact ball bearing, Bearing arrangement, Stiffness, Mode shape, Natural frequency

1. 서론

공작기계에 사용되는 스펀들은 생산성과 가공성을 증대시키기 위하여 고속에서의 운전이 요구되고 있다. 각접축 볼베어링은 고속, 정밀성을 유지할 수 있는 장점이 있어 이 같은 고속 스펀들에 널리 사용되고 있다.

각접축 볼베어링은 구조적 특성으로 인하여 2 개 이상이 조합되어 사용되는데, 베어링의 조합과 배열이 스펀들의 동특성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.^[1] 본 논문에서는 정예하중 조건에서 베어링의 조합과 배열에 따른 스펀들의 동특성의 변화 및 그 원인을 분석하였다.

2. 단순 스펀들의 동특성 해석

베어링의 조합 및 배열에 따른 특성을 검토하기 위해 Fig. 1 과 같은 단순화된 스펀들 모델에 2 개의 각접축 볼베어링이 대칭적으로 결합된 단순 모델을 고려하였다. 시뮬레이션 모델의 회전체는 보 요소를 이용한 유한요소모델로 구성되며 베어링은 de Mul 의 모델을 이용하였다.^[2]

베어링은 7014C 이며 정예하중을 주었으며, 축의 양끝단으로부터 20mm 에서 120mm 까지 20mm 간격으로 이동하며 계산하였고, 베어링의 조합은 O, X 의 형태를 고려하였다.

Fig. 2 는 750N 의 예하중을 주고 베어링의 위치를 바꾸며 O, X 조합에 따른 3 차모드까지의 고유진동수를 비교하였다. 1 차 고유진동수는 X 조합이 높게 나타나고, 베어링이 축 내측

으로 배열됨에 따라 O 조합의 고유진동수가 증가하고 있다. 그러나 2 차 모드의 고유진동수는 O 조합이 높게 나타나고 있다. 3 차 모드에서는 베어링이 내측으로 이동함에 따라 O 조합과 X 조합이 교차해서 높은 고유진동수를 보이고 있다.

Fig. 3 에는 베어링 배열에 따른 스펀들의 고유진동수 변화원인을 분석하기 위한 스펀들의 모드형상을 보여주고 있다.

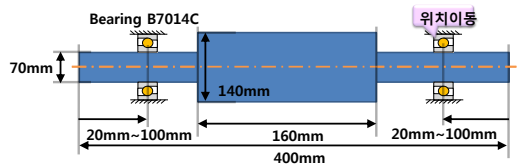


Fig. 1 Simple spindle model

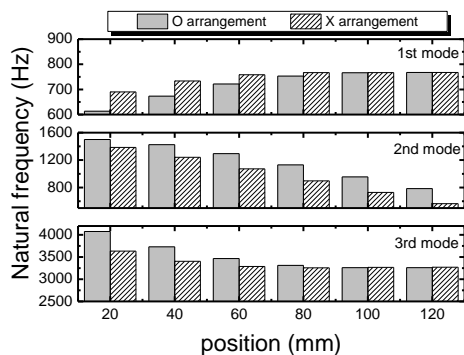
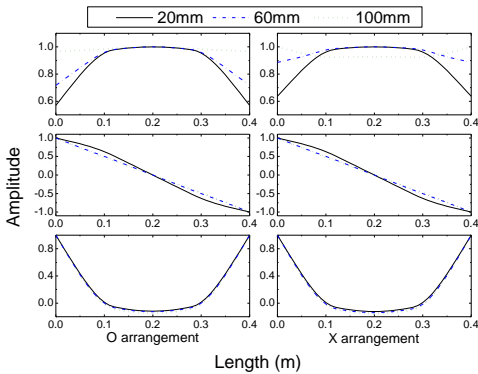


Fig. 2 Comparison of first three nature frequencies as a function of bearing position with the bearing combination changed.



(a) O combination (b) X combination
 Fig. 3 Comparison of modeshapes

고유진동수의 변화가 큰 1 차 모드의 경우 배열위치에 따라 모드형상이 급격하게 변화하는 것을 확인할 수 있다. 베어링의 배열위치 내측으로 이동함에 따라 O 조합과 X 조합의 모드형상에 모두 큰 변화가 생기는 것을 볼 수 있다. 반면 2,3 차 모드의 경우 베어링 배열위치에 따른 모드형상에 큰 차이가 없었다.

3. 스피들 동특성 해석

Fig. 4 은 실제의 스피들을 모델로서 앞의 모델과 동일한 7014C 베어링을 사용하였으며 베어링의 조합을 변경하며 계산을 수행하였다. 대상 스피들은 양쪽에 2 열로 지지되는 tandem O 조합과 tandem X 조합을 고려하였고, 0 에서 40,000RPM 까지 회전속도를 변경하였다. 단순 스피들과 달리 베어링 배열위치가 확정되어 있어 베어링 조합만을 변경시키며 그 특성을 분석하였다.

Fig. 5 는 속도에 따른 3 차 모드까지 O 와 X 조합의 고유진동수를 보여주고 있다. 스피들의 속도 변화가 없는 경우 1 차와 2 차모드는 O 조합이 높으며 3 차모드는 X 조합이 높다. 단순 스피들 모델에서 베어링이 내측에 배열된 경우와 유사한 특성을 보이고 있다. 스피들의 속도변화가 있는 경우에도 회전 효과에 의하여 고유진동수가 바뀌지만 전반적인 경향에 영향을 주지는 않는 것을 확인할 수 있다.

4. 요약 및 토의

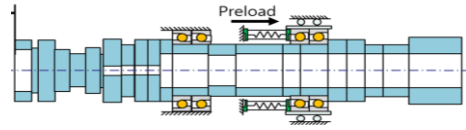


Fig. 4 Spindle-bearing model

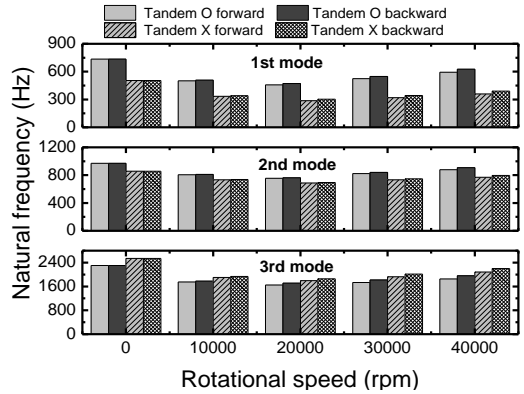


Fig. 5 Comparison of first three natural frequencies for tandem O and tandem X combinations

본 논문은 정예하중 조건에서 베어링의 조합 및 배열에 따른 스피들계의 동특성을 분석 하였다. 베어링의 조합 및 배열위치가 복합적으로 스피들 동특성에 영향을 미치므로 조합방식과 배열위치에 대한 사전 분석이 중요함을 확인할 수 있다.

후기

본 연구는 기계장비 정밀도 시물레이션 플랫폼 기술 개발 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Choi, C.S., Lee, C.H., and Hong, S.W., "Effects of angular contact ball bearing arrangement on the rotor-bearing dynamics," Proc. of the 2011 KSPE Spring Conf., Jeju Ramada Hotel, Jeju, Korea.
- de Mul, J.M., et. al, "Equilibrium and associated load distribution in ball and roller bearings loaded in five degrees of freedom while neglecting friction-Part I," ASME J. of Tribology, Vol. 111, No. 1, pp.142-148, 1989.