

# 공기정압 저널 베어링의 설계인자와 회전정밀도의 관계에 관한 연구

## Parametric Investigations on Radial Error Motion for Aerostatic Bearing Table

\*#심종엽, 황주호, 박천홍

\*# J.Y. Shim, J.H. Hwang, C.H. Park

한국기계연구원 초정밀시스템 연구실

Key words : Aerostatic Bearing, Radial Error Motion, Design Parameters

### 1. 서론

공기정압 베어링을 이용한 회전 테이블 및 스피ن들은 무마찰 특성, 낮은 열발생 및 높은 수준의 회전정밀도의 특성으로 초정밀 가공기, 초정밀 측정기 및 초정밀 인덱싱 테이블 등에 널리 사용되고 있다. 공기정압 베어링 테이블/스핀들의 주요 성능은 정강성, 동강성 및 부하능력 등이 있으나 초정밀 가공분야에서는 회전운동 정밀도의 성능도 중요한 지표가 된다.

본 논문에서는 공기정압 베어링 테이블/스핀들의 회전운동 정밀도와 베어링 주요설계 인자와의 관계에 관하여 논하고자 한다.

### 2. 공기정압 저널 베어링

공기정압 저널 베어링은 보상요소의 종류에 따라 자성보상형, 표면보상형, 슬롯보상형 및 포켓보상형 등으로 나뉘어진다. 자성보상형의 경우 Fig. 1에서 보이듯이 보상요소의 구성은 회전하는 저널 축 외경에 원주방향으로 보상요소 급기공을 배치시킨다. 급기공으로 가압된 공기가 유입되면 저널 축과 베어링 면 사이에 압축공기를 형성시켜 축을 지지하게 되며 외란 및 부하가 존재할 때 보상기의 압력변화에 의하여 기계적 강성을 발생시켜 베어링의 역할을 수행하게 된다.

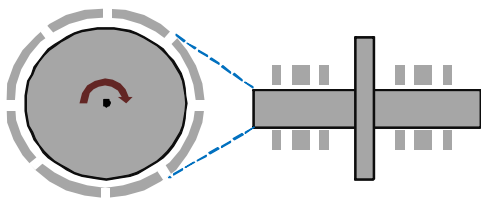


Fig. 1 Schematic view of aerostatic journal bearing

### 3. 회전운동 정밀도 시뮬레이션

베어링 간극에서의 유동 및 보상기 관계식을 동시에 해석하기 위하여 레이놀즈 방정식을 계산해야 한다. 본 논문에서는 FDM 방법을 이용하여 보상기 관계식과 연립하여 계산하게 되는데 무차원화된 레이놀즈 방정식과 급기부 연속방정식을 이용한다. ADI (Alternating-Direction Implicit) 방법을 이용하여 FDM 방정식을 계산하였으며 시간항을 추가하여 시간에 따른 압력분포의 변화를 계산할 수 있다.

저널/쓰러스트/베어링 면에 진원도, 평탄도 및 직각도 등의 가공오차가 있을 경우 간극이 회전각도에 따라 영향을 받음으로써 공기베어링 회전테이블이 회전하는 경우 회전운동 오차의 발생 원인이 된다. 따라서, 가공 형상오차가 있을 경우 각각의 테이블 각도 위치에 따른 압력분포를 구하여 테이블에 가해지는 외력이 구해지면 회전테이블의 가공오차에 의한 반경방향 회전오차를 구할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 전달함수법을 제안하여 공기베어링 회전테이블에서의 회전운동오차를 빠르게 계산하고자 한다. 전달함수법은 형상 오차를 공간주파수 성분으로 나누어 각각의 공간주파수에 대한 회전오차 계산 전달함수를 구하는 것이다. 전달함수는 형상오차 단위에 대하여 진폭과 위상의 값을 가지게 된다.

Figure 2는 전달함수법을 검증하기 위하여 전체 회전에 대하여 FDM으로 해석한 결과와 전달함수를 이용하여 회전운동 오차를 계산한 결과를 보이고 있고 각 FDM 해석 점이 전달함수 이용 결과에 잘 일치함을 알 수 있다.

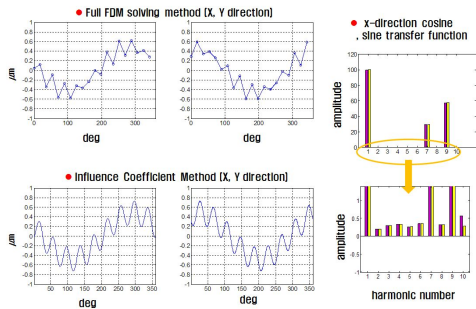


Fig. 2 Comparison between full FDM calculation and influence coefficient method for simulating radial rotational error

Fig 3에서는 베어링 설계 인자 중에서 급기공의 개수와 회전운동 정밀도와와의 관계를 보이고 있다. 급기공의 개수가 8개의 경우와 18개의 경우를 보이고 있다. 스핀들/테이블 저널 축의 외경 가공정도는 일반적으로 원주방향의 공간주파수 입장에서 고주파의 가공오차일수록 가공오차 크기는 작아지는 경향을 보이므로 급기공의 개수가 많아질수록 회전운동 오차의 크기가 작아짐을 전달함수의 입장에서 예측할 수 있다. 그러나, 급기공의 개수가 너무 많아지게 되면 베어링의 강성을 감소시킬 수 있으므로 시뮬레이션에 의하여 스핀들/테이블에서 요구되는 성능에 부합되는 최적의 급기공 개수를 선정해야함을 알 수 있다.

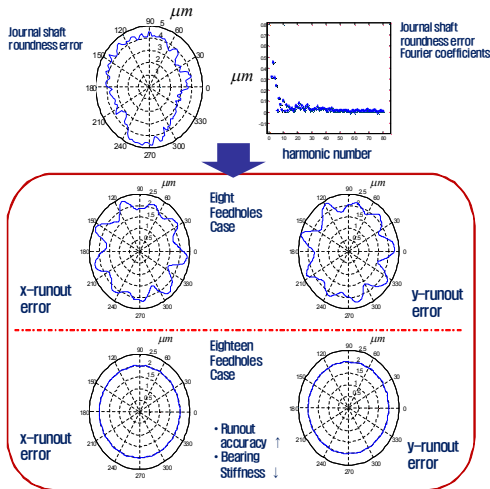


Fig. 3 Bearing parameter effect on radial error motion (effect of number of feedholes)

#### 4. 결론

공기정압 베어링을 이용한 회전 스핀들/테이블에 대하여 회전운동 정밀도와 설계 파라미터와의 관계를 전달함수법을 이용하여 분석하였다. 특히 요구되는 성능에 부합되는 최적의 급기공 개수의 선정이 요구됨을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Shamoto, E., Park, C.H., Moriwaki, T., "Analysis and Improvement of Motion Accuracy of Hydrostatic Feed Table," CIRP Annals - Manufacturing Technology, 50, 285-290, 2001.
2. Czolczynski, K., "Rotordynamics of Gas-Lubricated Journal Bearing Systems," Springer Press, 1999.