

# 유정압 베어링 안내면의 정밀도 측정장치 설계

## Design of Measuring Device for the Accuracy Measurement of a Hydrostatic Guideway

\*.#오정석<sup>1</sup>, 김경호<sup>1</sup>, 박천홍<sup>1</sup>

\*.#J. S. Oh(ojs6114@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, G. H. Khim<sup>1</sup>, C. H. Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 나노융합·생산시스템연구본부

Key words : Hydrostatic Guideway, Accuracy Measurement,

### 1. 서론

직선운동유니트는 베어링, 이송기구, 모터, 동력전달요소, 변위센서 등이 대상물을 원하는 방향, 위치로 직선 이동시키는 단위 조립체로 정의할 수 있다. 직선운동유니트의 6 자유도 오차는 개념 및 해석방법의 차이에 따라 크게 이송방향으로의 위치결정오차와 나머지 방향으로의 5 자유도 오차(운동정밀도, 수직진직도/수평진직도/요/피치/롤)로 구분할 수 있다. 직선운동유니트에서의 5 자유도 운동오차는 가이드 역할을 하는 레일의 형상오차에 의해 크게 영향을 받으며 이외에도 볼스크류의 조립 동심도, 모터의 코깅 등이 주요한 오차 요인으로 작용한다. 대부분의 베어링은 동일한 치수의 패드(정압베어링) 또는 블록(LM 베어링)이 복수로 배치되어 있는 구조를 가지므로 각 패드 또는 블록의 특성 해석이 가능하고 공간적인 배치를 알고 있는 경우 전달함수법<sup>1,2</sup>을 이용하여 운동오차의 해석이 가능하다. 본 논문에서는 전달함수법 및 유니트의 5 자유도 방향에 대한 힘과 모멘트의 평형방정식을 이용하여 제안된 운동오차 해석모델 및 알고리즘<sup>3</sup>의 실험적 검증을 위하여 유정압 베어링의 안내면 정밀도를 측정할 수 있는 측정장치를 설계하였다

### 2. 측차 2 점법

Fig. 1 에 측차 2 점법을 이용한 유정압 베어링 안내면의 수평방향 정밀도 측정개념을

나타내었다.  $e_h(x)$ 는 센서이송테이블의 수평방향 직선운동오차,  $r_h(x)$ 는 안내면의 수평방향 형상오차를 나타내며  $\theta_y$ 는 요오차를 나타낸다. 또한  $l_x$ 는 두 변위센서 간의 간격을 나타낸다.

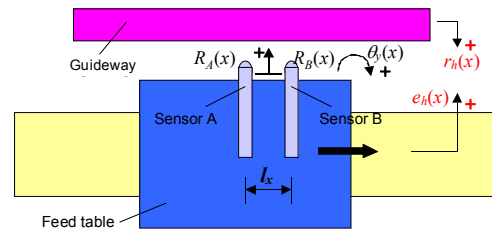


Fig. 1 Concept of measuring the accuracy of hydrostatic guideway by using sequential two-point method

테이블 상에 센서 A, B 를 설치하고 테이블을 센서간격만큼 이동시키는 경우,  $x_i$  및  $x_{i+1}$  위치에서 각운동오차의 영향을 고려한 각 센서의 측정값  $R_A(x_i)$ ,  $R_B(x_i)$  및  $R_A(x_{i+1})$ ,  $R_B(x_{i+1})$ 은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다. 여기서  $N$ 은 측정데이터의 수를 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 R_A(x_i) &= r_h(x_i) + e_h(x_i) \\
 R_B(x_i) &= r_h(x_{i+1}) + e_h(x_i) - l_x \theta_y(x_i) \\
 R_A(x_{i+1}) &= r_h(x_{i+1}) + e_h(x_{i+1}) \\
 R_B(x_{i+1}) &= r_h(x_{i+2}) + e_h(x_{i+1}) - l_x \theta_y(x_{i+1}) \\
 x_i &= i \cdot l_x, r(x_0) = e(x_0) = 0 \\
 i &= 0, \dots, N-1
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

식(1)로부터  $x_{i+1}$ 에서의 직선운동오차

$e_h(x_{i+1})$  및 안내면 형상오차  $r_h(x_{i+1})$ 은 식(2)와 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} r_h(x_{i+1}) &= r_h(x_i) + R_B(x_i) - R_A(x_i) + l_x \theta_y(x_i) \\ e_h(x_{i+1}) &= e_h(x_i) + R_A(x_{i+1}) - R_B(x_i) - l_x \theta_y(x_{i+1}) \end{aligned} \quad (2)$$

한편, 연속 측정으로부터 센서간격  $l_k$  당 M 개의 데이터를 얻는 경우에는  $j=0, \dots, M-1$  개의 데이터군에 대해 각각 식 (2)를 적용하여 직선운동오차 및 안내면 형상오차를 구한 후,  $j=1, \dots, M-1$ 의 오차 프로파일이 각각  $j=0$ 의 경우의 오차 프로파일과 최소의 오차를 갖도록 초기값을 설정함으로써 연속적인 프로파일을 구성할 수 있다.

### 3. 유정압 베어링 안내면 정밀도 측정장치

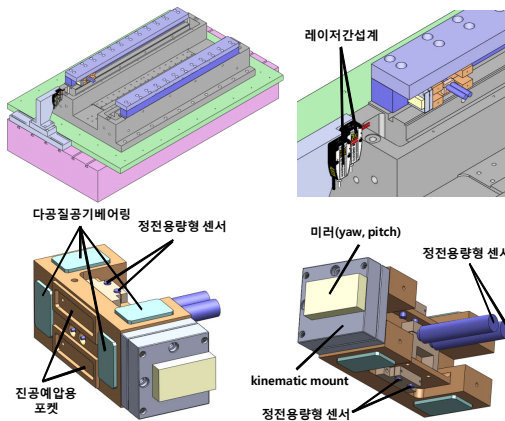


Fig. 2 Design of measuring device for hydrostatic guideway

Fig. 2는 축차 2 점법을 이용하여 유정압 베어링 안내면의 수평 및 수직방향 형상오차를 측정할 수 있도록 설계된 정밀도 측정장치를 보여 준다. 측정장치는 상하방향으로 총 4 개의 다공질 패드, 수평방향으로 총 2 개의 다공질 패드를 사용한 공기베어링으로 움직이며 이때 수평방향은 진공에압을 사용하여 공기베어링에 예압을 가하였다. 수평방향으로는 15 mm 간격으로 배치된 두 개의 정전용량형 센서를 사용하여 수평방향 형상오차를 측정하며 수직방향은 아래 위 각각 2 개의 정전용량형

센서를 사용하여 각 레일의 형상오차와 함께 평행도도 동시에 측정할 수 있도록 구성하였다. 이 때 측정장치의 요 및 피치오차를 측정하기 위하여 2 개의 광섬유형 레이저 간섭계를 평행하게 설치하여 두 간섭계에서 측정된 변위의 차이로 각도오차를 측정하는 방식을 취하였으며 변위도 동시에 측정할 수 있도록 하였다. 측정장치에 장착된 간섭계용 미러를 정렬하기 위해서는 kinematic mount 를 이용한 각도조정장치를 사용하였다.

### 4. 결론

본 연구에서는 유정압 베어링의 안내면 정밀도를 측정하기 위하여 축차 2 점법을 적용한 측정장치를 설계하였다. 이 측정장치를 이용하여 측정된 안내면의 정밀도는 전달함수법을 이용한 직선운동유니트의 운동오차 해석모델 및 알고리즘을 실험적으로 검증하는데 사용될 예정이다

### 후기

본 연구는 지식경제부의 산업원천기술개발사업 “직선운동유니트 정밀도 예측 및 통합 시뮬레이터 개발” 과제의 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Park, C. H., Oh, Y. J., Lee, C. H., Hong, J. H., “Theoretical Verification on the Motion Error Analysis Method of Hydrostatic Bearing Tables Using a Transfer Function,” Int. J. of KSPE, 4, 64-70, 2003.
2. 김경호, 박천홍, 이후상, 김승우, “전달함수를 이용한 직선베어링 안내면의 운동정밀도 향상,” 한국정밀공학회지, 19, 77-85, 2002.
3. 박천홍, 오정석, 김경호, “정밀 이송테이블의 오차 모델링에 관한 연구,” 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, 129-130, 2010