

# 3 축 가공장비의 공간오차 예측을 위한 레일형상오차 측정

## Measurement of Rail Profile Errors for Estimating the Volumetric Error in 3-axis Machines

##김경호<sup>1</sup>, 오정석<sup>1</sup>, 오정수<sup>2</sup>, 정지훈<sup>2</sup>, 박천홍<sup>1</sup>

##G. Khim(Gyungho@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, J. S. Oh<sup>1</sup>, J. Oh<sup>2</sup>, J. H. Jeong<sup>2</sup>, C. H. Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 초정밀시스템연구실, <sup>2</sup>과학기술연합대학원 나노메카트로닉스학과

Key words : Volumetric error, Error simulation, Rail profile error, Motion error, HTM

### 1. 서론

공작기계로 대표되는 가공장비는 여러 축이 동시에 구동되어 가공이 이루어지므로 각 축의 진직도 오차 및 각도 오차, 위치결정오차, 축 사이의 직각도 오차 등이 종합적으로 가공정밀도에 영향을 주게 된다. 본 연구팀에서는 이러한 기하학적 오차에 기인하여 발생하는 기계장비의 공간오차를 설계 및 조립단계에서 사전에 시뮬레이션 할 수 있는 기술을 개발하고 있다.<sup>1</sup>

공간오차는 각 축들의 진직도 오차 및 각도오차, 위치결정오차, 이송축 사이의 직각도 오차 등을 입력하여 HTM(Homogeneous Transformation Matrix) 기법을 이용하여 공구와 공작물 사이의 상대적인 오차를 해석함으로써 예측할 수 있다. 또한 각 축들의 6 자유도 운동오차는 개별 유니트의 레일형상오차 및 구동조건을 입력하여 예측할 수 있으므로, 가공장비의 공간오차를 예측하기 위해서는

개별 유니트의 레일형상오차를 알아야 한다. (그림 1). 본 연구에서는 3 축으로 구성된 가공장비에 대해 공간오차를 예측하기 위한 첫 단계로 각 축에 대해 레일형상오차를 측정하는 방법 및 그 결과에 대해 소개하고자 한다.

### 2. 레일형상오차 측정

그림 2 는 공간오차 예측 및 평가에 사용된 3 축 가공기를 보여주고 있다. X, y, z 축 모두 유정압베어링으로 구성되어 있으며, 레일길이는 각각 800 mm, 800 mm, 300 mm 이다. 수직축인 Z 축은 조립된 상태에서는 레일측정이 불가능하므로 분해하여 별도의 정반 위에서 측정하였다.

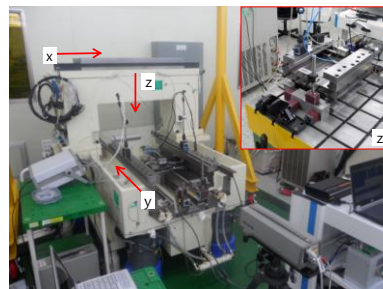


Fig. 2 3-axis machine for estimating volumetric error

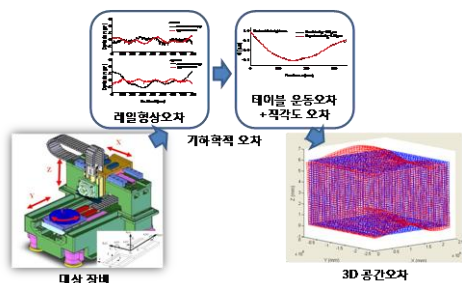


Fig. 1 Simulation process for estimating of volumetric error

그림 3 은 측정할 x 축 가이드 및 이송지그를 보여주고 있으며, 수직과 수평방향 모두 더블패드 방식으로 구성되어 있다. 이와 같은 레일형상오차를 측정하기 위해 레일 내부에서 테이블처럼 움직일 수 있는 전용측정지그를 설계/제작하였다. 측정지그는

리니어모터와 레이저 엔코더를 이용하여 구동되며, 지그 내부에는 변위센서를 설치하여 레일형상을 측정할 수 있도록 하였다. 레일형상오차 측정에는 그림 4 에서 보는 바와 같이 센서 2 개와 센서 사이의 각도오차를 이용한 혼합측차이점법을 이용하였다.<sup>2</sup> 사용된 센서는 0.5 nm 급의 정전용량형 센서(ADE)이며, 각도측정에는 레이저 간섭계(HP5529)를 이용하였다.

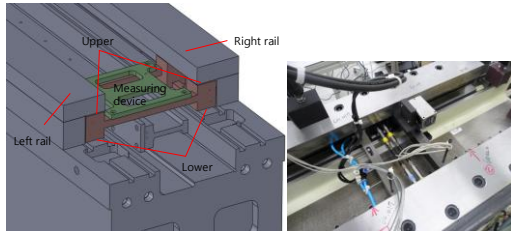


Fig. 3 X-axis guide and measurement device

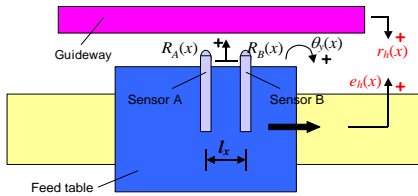


Fig. 4 Measurement principle of rail profile error

그림 5 는 x 축 가이드레일 측정결과이다. 좌우레일 수직방향에 대해 상면과 하면 레일형상오차를 각각 보여주고 있다. 고주파 성분이 측정된 레일은 처음 조립시에 표면 수정가공을 하면서 발생한 스크래핑(scraping) 마크가 측정된 결과이다. 측차이점법의 원리상 레일형상오차뿐만 아니라 이송지그의 운동오차까지도 계산되므로, 측정된 레일형상의 검증은 상, 하면 레일형상으로부터 각각 계산된 이송지그의 운동오차를 서로 비교함으로써 검증하였다.

X 축 레일의 수평방향 및 y, z 축의 수직, 수평방향 레일형상오차도 각각의 형상에 맞게 측정지그를 제작하고 같은 원리를 이용하여 측정하였으며, 여기서는 지면관계상 그 결과를 생략한다.

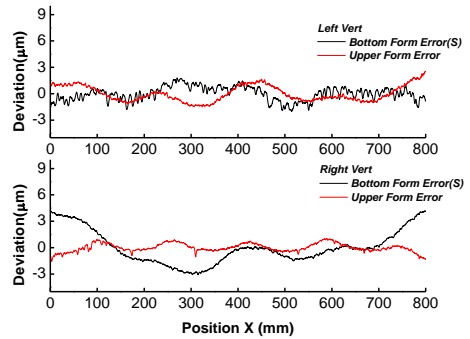


Fig. 5 Vertical rail profile in the x-axis

### 3. 요약

본 논문에서는 3 축 기계장비의 공간오차를 예측하기 위한 사전 단계로 각 축에 대하여 레일형상오차를 측정하였다. 전용 측정지그를 설계/제작하여 이 지그가 이동함에 따라 혼합측차이점법을 이용하여 레일형상오차를 측정하였다. 레일형상오차로부터 테이블 운동오차를 예측하고, 이와 더불어 각 축 사이의 직각도 오차를 측정한 후 이로부터 최종적으로 3 축 장비에 대한 공간오차를 평가할 예정이다. 예측된 공간오차는 실제 레이저를 이용한 공간오차 측정방법을 이용하여 검증할 예정이다.

### 참고문헌

1. 박천홍, 황주호, 이찬홍, 송창규, “기계장비 정밀도 시뮬레이션 기술 개발,” 한국정밀공학회지, Vol. 28, No. 3, pp. 259-264, 2011
2. Oh, J. S, Oh, J, Khim, G. and Park, C. H, “A study on the measurement of the profile errors of guide rails in hydrostatic feed tables,” Int. Symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments (ISMTII), 2011