

다축 공간오차의 분석 기법

Analysis of multi-axis volumetric errors

*#황주호¹, 부이바친², 심종엽¹, 김양진¹, 이찬홍¹

*#J. Hwang¹(jooho@kimm.re.kr), C. B. Bui², J. Shim¹, Y.J. Kim¹, C.H. Lee¹

¹한국기계연구원 초정밀시스템연구실, ²과학기술연합대학원 나노메카트로닉스학과

Key words : Multi-axes errors; Diagonal Measurement; Volumetric Positioning errors

1. 서론

공작기계는 3 차원 형상의 가공을 위하여 3 축의 직선 테이블이 상대운동을 하면서 가공을 하는 것이 일반적이다. 3 축이 동시 이동을 수행하기 때문에 각축의 위치결정 정밀도 뿐만 아니라, 각운동 오차, 진직도 오차 및 직각도 등이 복합적으로 영향을 주게된다.

3 차원 볼륨 오차의 측정에는 ISO230-6 규격에 의한 공간오차 측정 방법을 많이 사용하고있다. 이 방법은 대상이 되는 3 차원의 공간 체적에 대하여 대각선 방향으로 연결하는 4 개의 대각선을 측정하여 각 목표에 대한 차이로부터 측정값을 구하는 것이다. 이러한 측정 방법은 오차의 수준을 알 수 있지만 각 오차요소의 값을 알지 못하여 기계수정에 관한 데이터를 주지 못하는 단점이 있다.

따라서, 공간오차를 측정가능 하면서 각 축의 오차를 측정 할 수 있는 방법으로 제안된 것이 step-diagonal 방법 등이 있다.¹ 이 측정 방법은 Fig. 1 에 보이는 바와 같이, X,Y, Z 축이 움직이면서 측정을 하기 때문에 각 축이 움직이면서 생기는 각도 변화에 대한 오차를 유발하게 되며, 평면미러를 사용하여 오차를 측정하므로 새로운 장치가 요구되는 단점이 있다. 본 연구에서는 이러한 오차를 줄이면서 기존의 레이저를 사용할 수 있는 이동 대각 오차 측정법을 제안하고자 한다.

2. 이동 대각 측정법

이 측정방법의 원리는 이상적인 대각방향 경로와 기계의 이동경로 오차에 의하여 생기는 x, y, z 축 오차가 포함된 실제 오차인 $R_{x\tau}$, $R_{y\tau}$, $R_{z\tau}$ 을 구하는 것이 기초가 된다. 이를 위하여

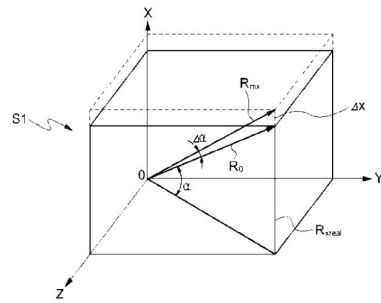


Fig. 1 Shift Diagonal with changing x

Fig. 1 에 보이는 바와 같이 Δx 만큼 이동시킨 새로운 대각 방향에 대하여 측정을 한다.

이 방법으로 부터 식(1)~(3)과 같은 관계를 구할 수 있게 된다.

$$R_{xreal} + \Delta x = R_{mx} \sin(\alpha + \Delta\alpha) \quad (1)$$

$$\Delta\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{R_0^2 + R_{mx}^2 - \Delta x^2}{2R_0 R_{mx}}\right) \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \sin^{-1}\left(\frac{R_{mx} \sin \Delta\alpha}{\Delta x}\right) \quad (3)$$

y 축에 관한 이동 대각 방향의 측정으로 식 (4)와 마찬가지로 구할 수 있게 된다.

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \sin^{-1}\left(\frac{R_{my}^2 \sin \Delta\beta}{\Delta y}\right) \quad (4)$$

이상으로부터 각 방향에 대한 오차 성분을 구할 수 있게 되며 다음 관계식에 의하여 각 오차 성분을 구할 수 있다.

$$e_x(x) = \frac{\Delta R_{xPPP} + \Delta R_{xNPP}}{2}$$

$$e_x(y) = \frac{\Delta R_{xPPP} - \Delta R_{xPNP}}{2} \quad (5)$$

$$e_x(z) = \frac{\Delta R_{xPPP} - \Delta R_{xPPN}}{2}$$

여기서, DR_{xPPP} , DR_{xNPP} , DR_{xPNP} , DR_{xPPN} 는 각각 x 방향에 대한 PPP, NPP, PNP, PPN 방향의 대각 측정을 나타낸다.

한편 직각도 오차에 대하여는 다음 식(6)에 의하여 구할 수 있다.

$$\gamma_{xy} = \cos^{-1} \left(\frac{R_{PPP}^2 + R_{PPN}^2 - 2R_{ideal}^2}{4XY} \right)$$

$$\gamma_{yz} = \cos^{-1} \left(\frac{R_{PPP}^2 + R_{NPP}^2 - 2R_{ideal}^2}{4YZ} \right) \quad (6)$$

$$\gamma_{zx} = \cos^{-1} \left(\frac{R_{PPP}^2 + R_{PNP}^2 - 2R_{ideal}^2}{4ZX} \right)$$

3. 2D 평면오차 예측 및 보정

이로부터 구한 오차를 공작기계의 X, Y 2 차원 오차에 적용하여 Fig. 2 에 보이는 바와 같이 평면상의 대각에 대하여 실험을 수행하였으며, 결과를 Fig. 3 에 나타내었다. Fig. 4 및 5 는 제시한 방법을 이용하여 구한 오차와 직접측정한 오차를 비교한 결과이다. 그림에 보이는 바와 같이 직접측정한 결과와 이동 대각 방법을 통하여 구한 결과가 매우 유사함을 알 수 있으며, 이로부터 구한 오차로부터 보정을 수행하였을 때의 결과를 Fig 6 에 나타내었다. 보정이 잘 되었음을 알 수 있다.

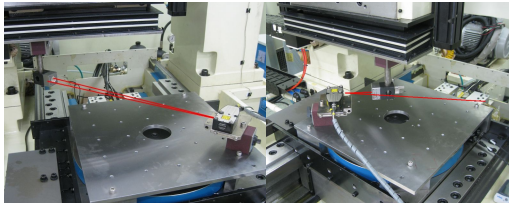


Fig. 2 Diagonal Measurement of PP and NP directions

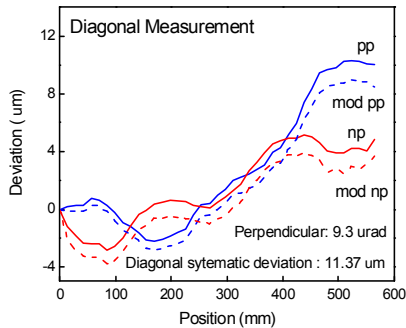


Fig. 3 Diagonal measurement errors

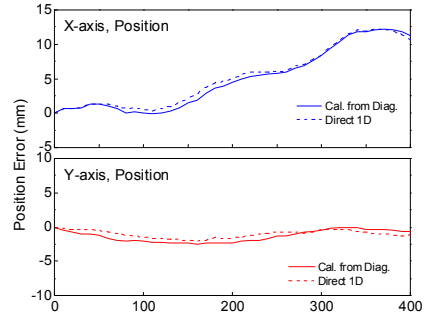


Fig. 4 Comparisons between estimated and measured linear position errors of x and y axis

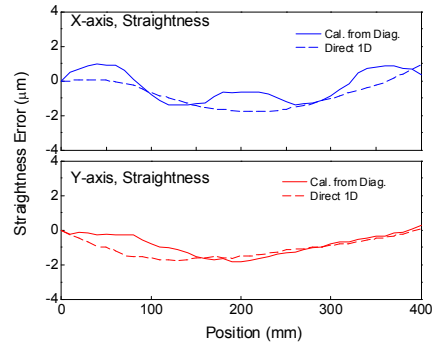


Fig. 5 Comparisons between estimated and measured straightness of x and y axis

참고문헌

1. Wang, C., "Laser Vector measurement Technique for the determination and compensation of volumetric positioning errors. Part I: Basic theory," Review of Scientific Instruments, 71, pp. 3933-3937, 2000.

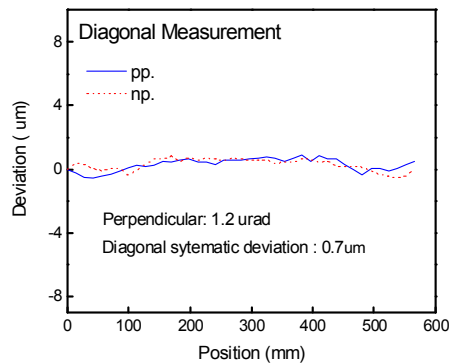


Fig. 6 Diagonal errors after compensation