직선 이송축의 기하학적 오차 측정 및 성능 평가

The Measurement of Geometric Errors of a Linear axis and Performance Evaluation

*이광일 [1], 이재창 [1], #양승한 [1]

*K. I. Lee[1], J. C. Lee[1], #S. H. Yang(syang@knu.ac.kr)[1]

[1] 경북대학교 기계공학부

Key words : Geometric error, Performance evaluation, Reference coordinate system, Capacitive sensor

1. 서론

제품의 소형화와 반도체의 고집적화에 따라 초정밀 가공을 이루기 위한 공작기계의 정밀 위치 결정이 요구된다. 그러나 이송축을 구성하는 부품과 조립과정의 불완전은 이송축의 자세를 공칭자세와는 다른 왜곡된 자세로 야기한다. 이는 공작기계의 위치 결정에 악영향을 끼치며 결과적으로 제품의 품질을 하락시킨다.[1] 즉, 품질 향상을 위해서는 왜곡된 자세를 야기한 기하학적 오차의 정확한 측정과 이송축의 성능 평가가 필수적이다.

본 논문에서는 선형 오차를 제외한 직선 이송축의 기하학적 오차를 정확하게 측정하기 위해 측정 시스템을 최적화한다. 또한 직선 이송축의 다자유도 성능을 평가하기 위해 ISO 230-2 기반으로한 평가 방법을 제안한다. 이를 활용하여 직선 이송축의 기하학적 오차를 측정 및 성능을 평가한다.

2. 측정 시스템의 최적 설계

직선 이송축의 기하학적 오차를 측정하기 위한 측정 시스템은 Straightedge 와 5 개의 정전용량 센서로 구성한다. 측정된 기하학적 오차의 표준 불확실도를 최소화하기 위해 기준 좌표계와 정전용량 센서의 위치를 최적화한다. 기하학적 오차는 센서의 측정값에 의해 결정되기 때문에 측정된 기하학적 오차의 표준 불확실도는 기준 좌표계와 센서간의 위치에 종속적이다. 표준 불확실도를 최소화하기 위해 최적의 기준 좌표계 위치는 Fig. 1 과 같이 결정된다.[2]

3. 오차 측정 및 성능 평가

제안된 측정 방법을 활용하여 직선 이송축(ABL1000, Aerotech Co. Ltd)의 기하학적 오차를 측정하며 실험은 Fig. 2 와 같다. 이송축의 이송 거리에 따른 아베 오차(Abbe's error)의 영향을 제거하기 위해 정전용량 센서는 이송축을 따라 이송한다. 측정은 100mm 범위에서 10mm 간격으로 양방향에 대해 5 회 반복적으로 진행된다. 센서의 평균 측정값은 Fig. 3 과 같다.

직선 이송축의 성능 평가는 ISO 230-2 기반으로한 평가 방법을 활용한다. ISO 230-2 는 수치제어 이송축의 정확도 및 반복 정밀도를 평가하기 위한 규정으로 직선 이송축의 선형 위치 오차를 대상으로 한다.[3] 측정된 오차를 이용하여 직선 이송축의 5 자유도 성능을 평가한다. 성능 평가항목으로 단일 방향에서의 정확도와 반복 정밀도를 평가한다. 예로, 측정된 수직 진직도 오차 δ_{zx} 와 각도 오차 ε_{zx} 는 Fig. 4 와 같이 평가한다. 각 자유도에 대한 성능 평가 결과는 Table 1 과 같다.

4. 결론

본 논문에서는 5 개의 정전용량 센서와 Straightedge 를 이용하여 직선 이송축의 기하학적 오차를 측정하는 시스템을 최적 설계하고 직선 이송축의 성능을 평가하는 ISO 230-2 기반의 평가 방법을 제안한다. 단일 셋업으로 기하학적 오차를 측정하고 제안된 평가 방법에 의해 이송축의 정확도를 정확하게 평가했다.

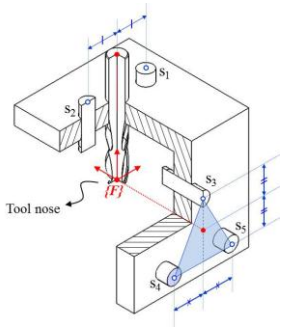


Fig. 1 Optimal position of reference coordinate system and sensors

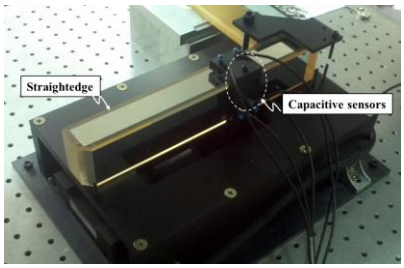


Fig. 2 Setup of proposed measurement system

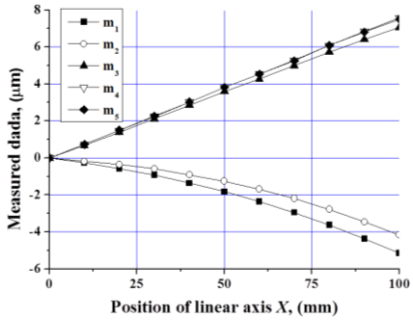
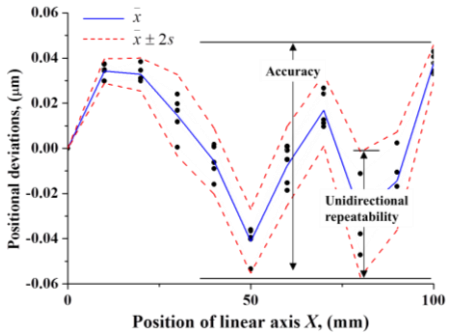
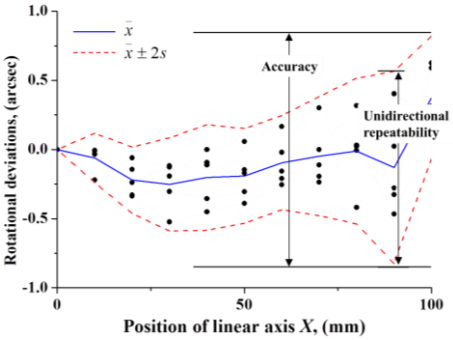


Fig. 3 Measured data



(a) Evaluation of position error, δ_{zx}



(b) Evaluation of rotation error, ε_{zx}

Fig. 4 Performance evaluation of linear axis

Table 1 Experiment results for evaluation

	Accuracy	Repeatability
δ_{yx}	0.10μm	0.06μm
δ_{zx}	1.15μm	0.06μm
ε_{xx}	6.23arcsec	1.15arcsec
ε_{yx}	11.20arcsec	1.50arcsec
ε_{zx}	1.64arcsec	1.39arcsec

후기

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소지원 사업으로 수행된 연구임(212-005856).

참고문헌

1. Yang, S. H., Yuan, J. and Ni. J., "Accuracy Enhancement of a Horizontal Machining Center by Real-time Error Compensation" Journal of Manufacturing Systems, 15, 2, pp. 113-124, 1996.
2. Lee, K. I., Lee, J. C., and Yang, S. H., "The Optimal Design of a Measurement System to Measure the Geometric Errors of Linear Axes," Int. J. Adv. Manuf. Technol, **DOI 10.1007/s00170-012-4312-z**.
3. ISO, "Test Code for Machine Tools – Part 2: Determination of Accuracy and Repeatability of Positioning Numerically Controlled Axes," International Organization for Standardization, 1996.