

기하학적 오차를 제외한 가공면의 오차 측정 방법

A method for error measurement of machined components excluding geometric errors

*박성령¹, #양승환¹

*S. R. PARK¹, #S. H. YANG(syang@knu.ac.kr)¹

¹경북대학교 기계공학부

Key words : Machining error, Error synthesis model, Geometric errors

1. 서론

초정밀 가공물의 수요 증가 및 공작기계 관련 요소 기술의 발전과 더불어 공작기계의 성능 또한 큰 발전이 있었다. 이미 서브 마이크론 이하의 정밀도를 가지는 공작기계는 상용화되었으며 기술력의 한계에 직면했다 해도 될 만큼 그 성능은 우수하다. 하지만 여전히 가공물에 대한 정밀도에는 한계가 있고 이를 향상시키기 위해 많은 연구가 이루어졌다. 가공물의 정밀도에 영향을 미치는 요인은 공작기계의 조립에서 발생하는 기하학적 오차, 각 구동축이 움직이면서 발생하는 동적 오차, 그로 인하여 가공시 발생하는 가공오차 및 열에 의한 변형 오차 등으로 분류된다. 이러한 가공물의 오차를 줄이기 위한 방법 중 하나로 공작기계에서 발생하는 오차들을 규명하고 분석하여 이를 제거하는 방법이 있다. 또한 효율적인 측면에서 보면 가공물의 오차에 영향을 주는 요인들 중 더 큰 비중을 차지하는 요소에 대한 제거가 합리적이다. 이렇듯 가공물의 정밀도에 영향을 주는 요인을 제거하기 위해 앞서 언급한 각각의 오차들을 분리하는 것이 필요하다. 하지만 기존 연구에서는 기하학적 오차 및 열변형 오차의 측정과 보정에 대한 연구^{1,4}가 활발하였으며 가공면에서 각각의 오차를 분리하는 연구는 미비하였다. 관련 연구로 Arizmendi 등은 절삭공구의 설치 오차에 의해 가공물의 형상에 미치는 영향을 분석하였다.⁵ 또한 공작물의 정밀도 향상을 위해 공작물을 가공 후 OMM(On Machine Measurement)을 이용하여 공작물의 오차를 측정하고 이를 재가공하여 가공면의 정밀도를 향상시킨 바가 있다. 여기서 OMM은 가공면에서 발생한 오차에 대한 보정을 목적으로 하고 있어 공작기계 자체의 기하학적 오차가 크면 올바른 보정이 이루어지지 못한다.⁶

본 논문에서는 가공된 면에서 기하학적 오차를 제외한 나머지 오차에 대한 측정 방법을 제시한다. 본 시스템은 기하학적 오차를 제외한 가공면의 오차를 측정하는 시스템과 갭센서 위치 보정을 위한 비전 시스템으로 구성된다. 오차 측정 시스템은 갭센서와 갭센서의 위치를 보정하는 압전소자를 이용한 구동 장치로 구성된다.

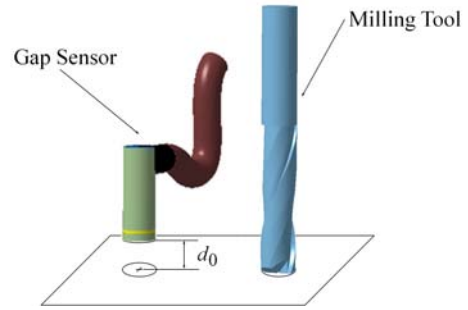


Fig. 2 Definition of d_0

2. 측정 원리

공작기계로 가공한 공작물은 CAD상에서 설계한 형상과는 다르다. 이러한 가공면의 오차는 기하학적 오차, 동적인 거동에 의한 오차, 가공시 발생하는 열 혹은 외부 온도에 의한 오차 및 공구 형상 등에 의한 요인으로 발생한다. 여기서 기하학적 오차는 준정적 오차로 크게 각 구동축의 위치에 독립적인 오차(축간 관계 및 오프셋 오차)와 종속적인 오차(위치 및 각 오차)로 구분된다. 이러한 기하학적 오차를 이용하여 각 구동축의 위치에 대한 함수 형태인 오차합성모델로 모델링된다. 이렇게 유도된 오차합성모델을 이용하면 기하학적 오차를 기반으로 한 가공면의 오차가 예측 가능하다.⁷ 또한 예측된 가공면의 오차는 기하학적 오차의 정의에 의해 일정한 값이 된다.

따라서 공작물을 가공한 후 같은 공구 경로를 따라 움직이면서 가공 표면에 대한 오차를 측정하게 되면 기하학적 오차를 제외한 가공면의 오차가 측정 가능한 것이다. 그림1은 측정 시스템의 원리를 나타내는 것으로 공작기계를 이용하여 공작물을 가공한 후 공구 대신 갭센서를 부착하여 같은 공구 경로로 움직이면서 측정을 하면 기하학적 오차를 제외한 가공면의 오차를 측정하게 된다. 관련 수식은 식(1)과 같다.

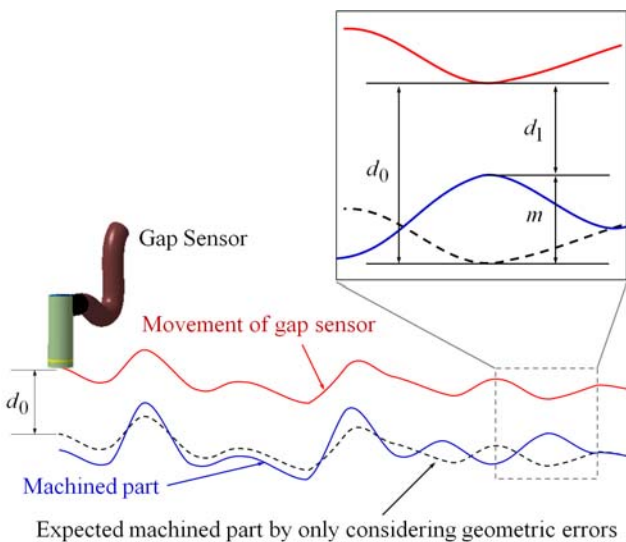


Fig. 1 Principle of measurement system

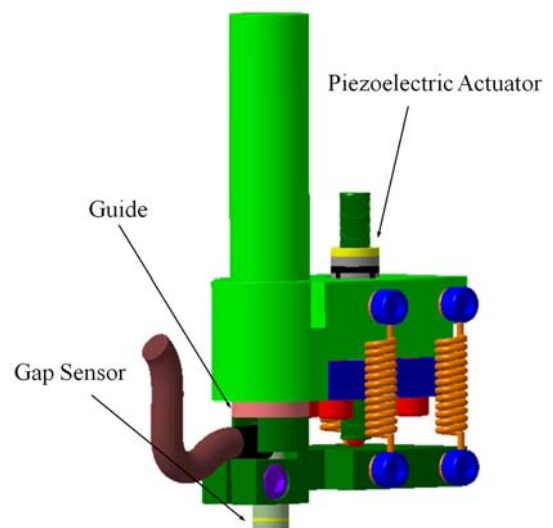


Fig. 3 Error measurement system

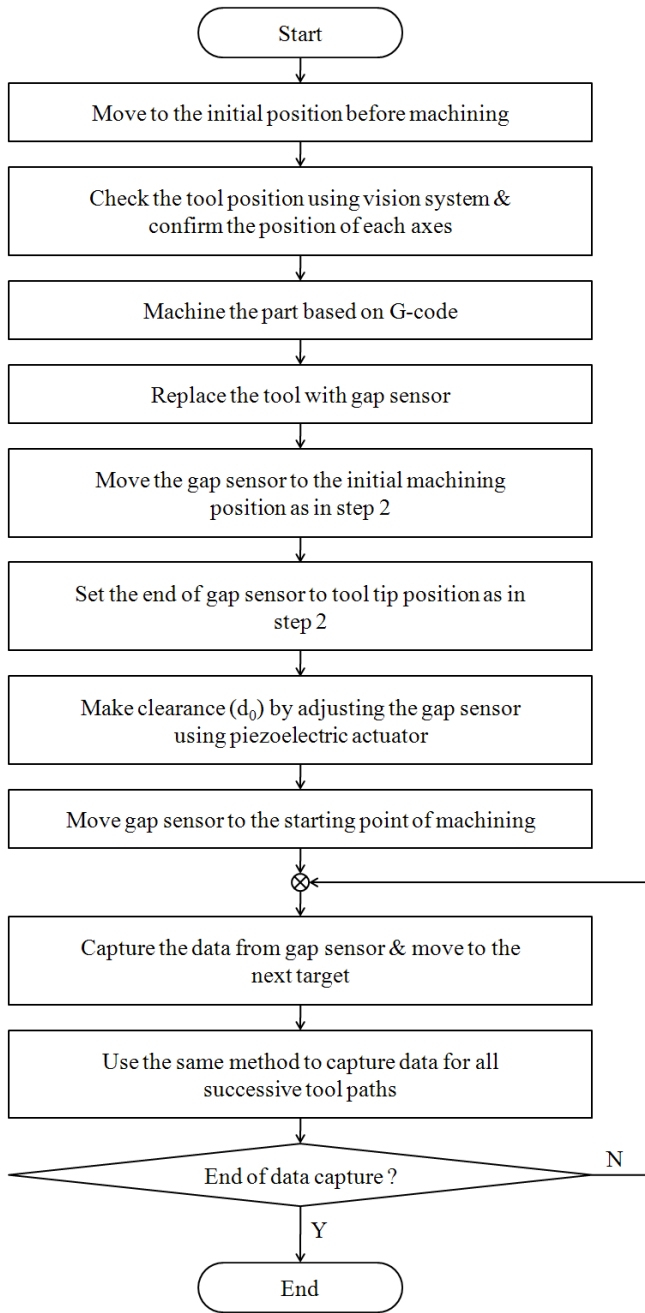


Fig. 4 Procedure of error measurement

$$m = d_1 - d_0 \quad (1)$$

여기서 m 은 가공면에서 공작기계의 기하학적 오차의 영향을 제외한 오차, d_0 는 기하학적 오차만 고려했을 때 갭센서와 오차합성모델에 의해 예측되는 가공 표면까지의 거리 및 d_1 은 갭센서의 출력 값이다. d_0 는 공구 대신 갭센서로 교체 시 가공 과정에서 설치된 공구의 끝단과 갭센서의 끝부분에 대한 차이로 공구보다는 갭센서의 끝단이 짧아야 한다. 그림2는 d_0 의 정의에 대해 나타낸다.

3. 측정 장치 및 방법

본 시스템은 크게 오차 측정 시스템과 비전 시스템으로 구성된다. 그림3은 오차 측정 시스템에 대한 3D 모델로 갭센서와 압전소자를 이용한 구동 장치로 구성되어 있다. 기하학적 오차를 제외한 가공면의 오차를 측정하기 위하여 가공 후 공구 대신 갭센서로 교체하게 되는데, 스핀들과 공구 끝단의 상대적인 위치만큼 갭센서의 끝단도 같은 거리로 설치해야 한다. 그래서 갭센서 끝단의 위치를 정밀하게 조절하기 위해서 압전소자를 이용한 구동 장치를

장착한 것이다. 또한 스핀들과 공구 끝단의 상대적인 위치를 정확히 기록하기 위한 시스템이 필요한데 본 연구에서는 비전 시스템을 이용하였다. 여기서 획득한 데이터를 기준으로 오차 측정 시스템을 설치하게 되고 미세한 조정은 구동 장치가 하게 된다. 그림4는 측정 순서를 나타낸 것으로 구체적으로 설명을 하면, (1) CAM을 이용하여 생성한 G코드에 의해 설정되는 가공하기 전 공구의 초기 위치에서 비전 시스템을 이용하여 공구의 위치를 측정하고 각 구동축의 위치를 기록한다, (2) 공구 경로에 따라 가공을 시작한다, (3) 가공을 마친 후 공구 대신 갭센서로 교체한다, (4) 1번에서 기록한 각 구동축의 위치에서 비전 시스템을 이용하여 측정된 공구 위치에 압전소자를 이용한 구동 장치를 이용하여 갭센서의 위치를 정밀하게 설치한다, (5) 그림3에서와 같이 갭센서를 일정 위치만큼 이동시킨다, 마지막으로 (6) 앞서 설정한 공구 경로를 따라 일정 간격씩 움직이면서 갭센서를 이용하여 측정한다. 여기서 갭센서를 일정 간격으로 움직이면서 측정하는 이유는 기하학적 오차가 준정적 오차이기 때문이다. 즉 갭센서를 연속적으로 움직이면서 측정을 하게 되면 각 구동축이 동적으로 거동을 하게 되고 이는 측정 데이터에 왜곡을 일으키게 된다.

4. 결론

본 연구는 가공면의 형상 오차에서 기하학적 오차를 제외한 나머지 오차에 대한 측정 방법을 제시하였다. 구체적으로 정밀한 측정을 위하여 갭센서의 위치를 조절할 수 있는 압전소자형 구동 장치를 장착한 오차 측정 시스템과 공구 끝단에 대한 기준을 측정하는 비전 시스템으로 구성된다. 또한 그 측정 방법에 대해 설명하였다. 본 논문에서는 기하학적 오차를 제외한 가공면의 오차 측정 방법을 제시하였으나 향후 본 시스템의 개념을 확장하게 되면 다른 오차에 대한 분리도 가능하다.

후기

이 논문은 정부의 재원으로 한국과학재단의 지원(2009년도 국가 지정연구실사업)을 받아 수행된 연구임 (No. R0A-2007-000-10045-0).

참고문헌

1. Lee, J.H., Liu, Y., and Yang, S.H., "Accuracy improvement of miniaturized machine tool: geometric error modeling and compensation," *International Journal of Machine tools & Manufacture*, **46**, 1508-1516, 2006.
2. Yang, S.H., Kim, K.H., Park, Y.K., and Lee, S.G., "Error analysis and compensation for the volumetric errors of a vertical machining centre using a hemispherical helix ball bar test," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **23**(7/8), 495-500, 2004.
3. Lee, J.H. and Yang, S.H., "Measurement of geometric errors in a miniaturized machine tool using capacitance sensors," *Journal of Materials Processing Technology*, **164-165**, 1403-1409, 2005.
4. 황석현, 이진현, 양승환, "CNC 공작기계에서 열변형 오차 보정 시스템의 고장진단 및 복구," *한국정밀공학회지*, **17**(4), 135-141, 2000.
5. Arizmendi, M., Fernandez, J., Gil, A., and Veiga, F., "Effect of tool setting error on the topography of surfaces machine peripheral milling," *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, **49**, 36-52, 2009.
6. 김성청, 김옥현, 이웅석, 오창진, 이찬호, "머시닝센터의 체적오차 보상을 통한 구면 가공형상 측정 OMM 시스템 연구," *한국정밀공학회지*, **18**(7), 98-105, 2001.
7. 박성령, 양승환, 김태형, "초정밀 미세 형상 가공기의 체적 오차 맵 생성 알고리즘 구현," *한국정밀공학회 2009년도 춘계 학술대회논문집*, 1037-1038, 2009.