

가공정밀도 향상을 위한 공작기계 주축 열변형 오차보정에 관한 연구

이찬호(충북대)*, 박병규(주성대), 이방희, 김일규(NC공작기계연구조합), 김성청(충북대)

주제어 : CNC Machine Tools(CNC 공작기계), Volumetric Error(기하학적 오차), Thermal Error (열변형 오차), Machining Accuracy(가공 정밀도), Capacity Probe (정전용량형 센서)

최근 CNC 공작기계의 활용성 및 산업전반에 차지하는 중요성이 날로 증가하고, IT기술을 접목한 네트워크 솔루션의 비약적인 발달에 힘입어 대부분의 공정들이 자동화됨에 따라 최종 부품의 가공정밀도는 전적으로 CNC 공작기계에 의존한다고 할 수 있다. 그러나 공작기계 각 구성 부품들의 가공오차와 조립 시 발생하는 기하학적 오차, 장시간 사용으로 인한 마모, 구조물의 온도 상승에 따른 열팽창 등으로 인하여 공구와 공작물간에 상대적인 공칭거리와 실제로 운동하는 거리와의 차이가 발생한다.

일반적으로 공작기계는 다양한 원인에 의하여 많은 오차가 발생할 수 있는데, 그 중 대표적인 오차가 구조물의 기하학적 오차, 열변형 오차, NC시스템 및 구동부에 기인한 오차로 알려져 있다. 이 중 이송계 및 주축부의 열변형에 의한 오차가 가공물에 발생할 수 있는 전체 오차의 상당 부분을 차지하는 것으로 알려져 있다.

열변형 오차의 중요성이 대두되면서 설계 변경을 통하여 열팽창 계수가 낮은 재료를 사용하거나, 온도변화에 안정된 구조로 개선을 하고, 소프트웨어적인 오차 보상법을 이용하여 기계 각 부의 온도로부터 오차량을 측정 및 분석하여 실시간으로 보정하는 등, 직·간접적으로 열변형 오차를 보정하기 위한 연구가 국내·외적으로 활발하게 진행되고 있는 실정이다.

공작기계 열변형 오차 중에서 이송계의 열변형 오차는 일반적인 모델링 및 상용 시스템으로의 적용이 곤란한 이유로 아직 연구수준에서 행해지고 있는 실정이고, 오차 비중에서 볼 때 이송계 보다는 주축부의 열변형 오차가 주를 이루는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 ASME/ANSI 규격 등에서 정의하는 스핀들 회전정밀도 측정 및 장기간/단기간 열적안정성 시험, 틸팅오차 운동 등을 모두 측정하기 위하여 정밀 마스터 볼을 스핀들에 장착하여 회전시키고, 5개의 정전용량형 미소변위 측정센서(capacitance type gap sensor)를 이용하여 스핀들 회전시 X, Y, Z 방향의 마스터 볼의 미소변위를 측정함으로써, 스핀들 가동에 따른 회전정밀도 및 열변형 오차를 측정하였고, 또한 가공정밀도 향상을 위하여 공작기계의 스핀들 열팽창 오차를 모델링하고 보정하고자 하였다.

열변형 오차 보정은 시스템이 여러 지점에서 취득한 온도로부터 예측된 열변형 오차 값을 디지털 I/O를 통하여 PMC로 입력하고, 수정된 PMC 프로그램은 입력된 값을 제어기의 원점이동 값으로 보내는 제어기 원점이동(Origin shift) 기능을 사용하였다.

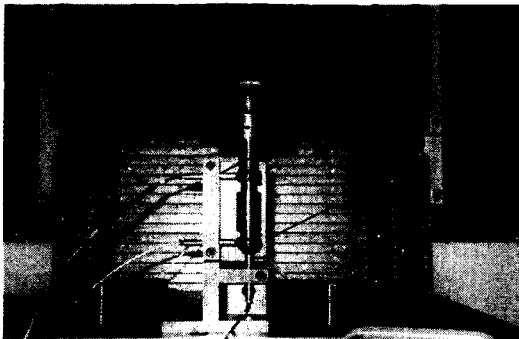


Fig. 1 Installation of a master ball and five sensor mountings in the spindle

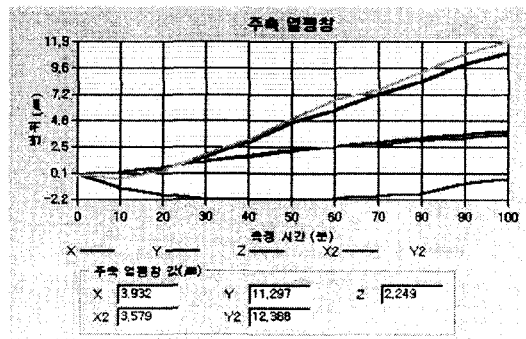


Fig. 2 The Result of thermal expansion in 2000rpm for 100 minutes.