韓國精密工學會 2000年度 秋季學術大會論文集 pp.239~242 KSPE 00F055

기상측정 시스템을 위한 일반형상 측정 모듈 개발

조승현*, 이승용(인하대 대학원 기계공학과), 조명우(인하대 기계공학과),
권혁동(한국생산기술연구원), 김문기(한국기술교육대)

Development of an Analytic Surface Measurement Module for OMM System

Seung-Hyun Cho, Seung-Yong Lee(Graduate School, inha Univ.), Myeong-Woo, Cho(Inha Univ),
Hyuk Dong Kwon(Kitech) and Moon-Ki Kim(KUT)

ABSTRACT

The purpose of this paper is to establish an effective inspection system by using OMM(On-Machine Measurement) system. This allows us to reduce the manufacturing lead time by separating the inspection process from manufacturing system. As a first step, the inspection process planning is accomplished by determining the number of measuring points, their locations, measuring path and their sequence. Subsequently, we generate measuring G-codes to be transferred to the machining center through RS232C, and then the inspection process will be performed for each shape. Analysing obtained measuring data, the dimensional tolerance will be validated.

Key Words : OMM(On-Machine Measurement), Geometric Tolerance

1. 서론

일반적인 기계가공은 CAD/CAM 소프트웨어를 사용하여 주어진 형상 데이터로 공구경로를 결정하고, CNC 공작기계에서 공구를 사용하여 황삭, 정삭등의 일련의 과정을 통하여 공작물을 가공하는 순서로 진행된다. CNC 공작기계에서의 가공이 완료된 후, 공작물의 표면에 발생하는 공구이동 흔적을 제거하여 요구되는 형상과 표면조도를 만족시키기 위한 마무리 다듬질 공정이 이어진다. 가공된 공작물의 정밀한 측정을 위하여 컴퓨터로 제어되는 3차원 측정기가 널리 사용되고 있으며, 수동 측정작업에 의한 오차 발생 가능성 배제 및 측정 정밀도의 향상을 위하여 CAD 데이터 베이스로부터 최적의 측정 조건을 도출하기 위한 CAD/CAI 통합에 기초한 측정기술에 관한 연구가 이루어져 왔다.[1][2] 그러나, 일반적인 기계가공에서 가공물 대부분의 기하학적 형상은 CNC 공작기계에서 결정되기 때문에, 이 단계에서 의도하지 않았던 과도한 절삭이 발생하여 요구되는 형상과 공차범위를 벗어나는 오류가 발생하였을 경우에 후속 공정을 계속 진행하는 것은 시간과 경제적인 손실로 이어진다고 할 수 있다. 현재 다양한 CAD/CAM 소프트웨어를 사용하여 가공조건에 대한 시뮬레이션 및 검증과정을 통하여 이러한 가능성을 최소화시키고자 하고 있으나, 실제 가공 시에는 공작기계 자체의 기하학적 오차 및 공구의 변형 또는 검증과정의 오류 등으로 인하여 의도하였던 것과는 다른 형상오차가 발생할 가능성은 항상 존재하고 있다고 할 수 있다. 따라서 기계가공 단계에서 원하는 형상으로 가공이 진행되고 있는지를 판단할 수 있는 측정방법이 필요하다. 그러나, 가공작업의 진행 중에 가공물을 3차원 측정기에 이동시켜 측정하고, 다시 공작기계에서 후속 가공을 진행하는 것은, 공작물의 재고정시 발생하는 좌표계의 변화 및 소요되는 가공시간의 증가 등으로 인하여 현실적이지 못하다. 그러므로 공작기계에서 자체적으로 가공물의 형상을 측정하여 후속작업 진행 여부 및 공구경로 수정 여부를 판단할 수 있는 방법이 필요하다.[5] 이러한 사유로 가공 중에 있는 공작물의 형상오차 측정을 위하여 최근에 OMM에 관한 연구가 이루어지고 있으나, 대부

분 3차원 측정기를 사용하여 가공이 완료된 가공물의 최종 정밀도 측정을 위한 방법을 그대로 적용하고 있기 때문에 가공 중에 있는 공작물의 형상오차 측정에서는 비효율적이고 원하지 않는 측정오차가 발생할 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 OMM의 목적 및 특성에 맞는 측정시스템을 구성하고 측정 소프트웨어를 개발에 목적을 두었다.

2. 형상측정 시스템

2.1 측정형상 분류

본 연구에서는 측정형상을 가공 특징형상에 기반하여 분류하였다. 일반적인 CAD 도면이 형상의 기하정보만을 나타내는데 비하여 특징형상은 기하정보뿐만 아니라 가공전반에 대한 정보 및 형상과 연계된 공차정보를 포함할 수 있기 때문에 CAD/CAM/CAI 통합에 의한 측정계획 수립에 좀 더 유리한 형상분류 방법이다. 형상 분류에 적용하는 가공 특징형상은 3축 CNC 머시닝 센터에서 가공되는 형상을 기반으로 하는 각주형 특징형상을 기본으로 하여 분류하였는데 이는 크게 기본 특징형상과 기본 특징형상이 조합되어 있는 복합 특징형상으로 분류하였다.[9][10] 기본 특징형상의 분류는 밀링을 통한 기계가공의 특징형상을 기반으로 분류하였는데 이는 소재에서 필요없는 부분을 제거함으로써 만들어지는 Depression 특징형상과 돌출된 형상을 가지고 있으며 주변소재를 제거하고 남은 소재로 만들어지는 Protrusion 특징형상으로 분류하였다. 복합 특징형상은 기본 특징형상의 위상관계에 따라 기본 특징형상이 상하로 결합된 Parent/Child형, 전후좌우로 결합된 Brother형, 그리고 Parent/Child형과 Brother형이 동시에 나타나는 Mixed형으로 분류하였다. 이러한 특징형상들은 평면, 구, 원통 등과 같은 일반형상의 조합으로 나타낼 수 있다. 따라서 일반형상에 대한 측정모듈을 특징형상에 따라 조합하면 일반형상의 측정모듈만을 가지고도 자동 측정이 이루어진다. 다음 Fig. 1과 Fig. 2에 형상분류의 계통도와 기본 특징형상의 예를 도시하였다.

2.2 형상 측정 시스템

형상 측정 시스템은 공작물의 장착오차를 측정하는 공작물 원점 측정 모듈, 각각의 일반형상에 대한 측정을 수행하는 측정 프로그램 서브루틴, RS-232C를 이용한 DNC 시스템의 측정 모듈로 구성되어 있다. 일반적인 가공용 공작기계의 정밀도는 일반적으로 3차원 측정기에 비하여 낮기 때문에 OMM에 의한 측정결과는 3차원 측정기에 의한 것보다 정밀도가 좋지 않게 된다. 따라서 공작기계를 구성하고 있는 기계부품의 기구학적 연결장치의 치수나 형태의 오차에 기인하는 기하학적인 오차와 테이블의 이송에 따라 변화하는 공작물 표면의 목표 측정점의 좌표변환 및 프로브 오차가 고려된 통합오차 모델에 따라 측정오차를 보정하며, 보정된 측정데이터를 이용하여 측정된 결과를 해석하는 해석 및 검사 모듈로서 구성되어 있다. Fig. 3은 측정 시스템의 구성도이다.

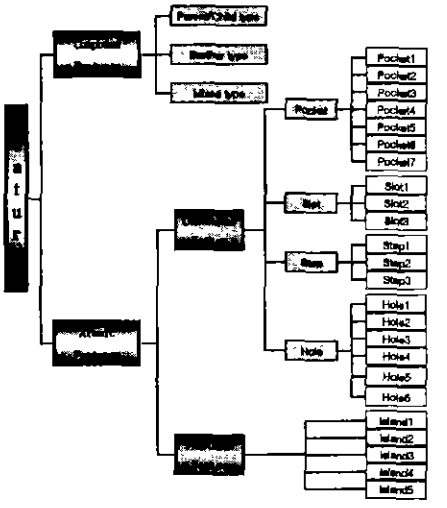

Fig. 1 Features Hierarchy

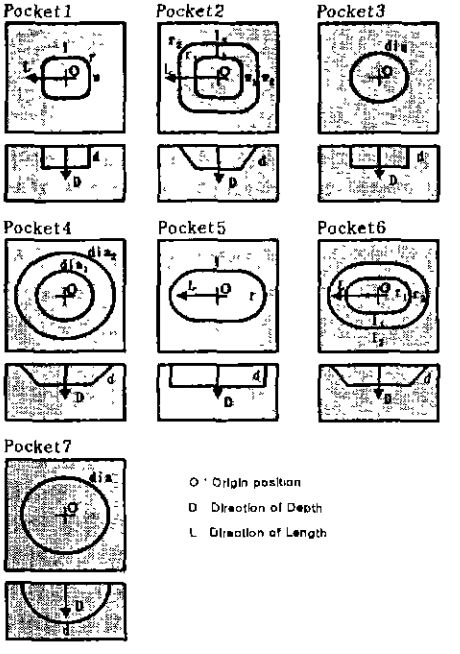

Fig. 2 Atomic features of pocket

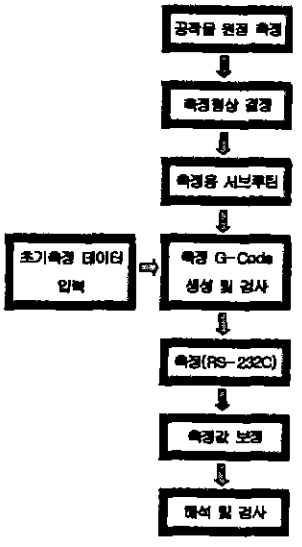

Fig. 3 Schematic diagram for inspection plan of analytic feacture

2.2.1 측정 모듈

특정형상을 이루고 있는 일반형상에 대한 측정대상으로 점, 직선, 평면, 원, 구, 원통형상을 선택하였다. 형상을 측정하기 위해서는 사용자나 CAD 데이터로부터 형상에 대한 입력정보를 받아들여 원점 측정모듈에 의해 공작물의 원점좌표를 정하고 측정서브루틴에 의해서 측정에 필요한 측정위치, 측정경로, 측정순서 등의 기능적 특성들을 측정용 G-Code 형식으로 생성한 후 자동측정을 수행하며, 측정된 측정 데이터를 이용하여 일반형상에 대한 해석 및 검사 모듈에 의하여 형상공차를 평가하게 된다. 측정경로의 경우는 측정오차를 최소화하기 위하여 측정점에 수직인 법선벡터 방향으로 측정을 수행하도록 계획되었으며, 프로브의 반경보정을 통하여 측정오차를 최소화하도록 하였다.

2.2.2 OMM 측정 오차 보정

CNC 머시닝 센터상에서의 측정에 사용되는 OMM시스템의 측정 정확도는 일반적으로 공작기계에서 발생하는 기계의 진동, 채터 등에 의한 동적오차(dynamic error)와 공작기계의 구성요소인 안내면(guide way), 칼럼, 볼 스크류 등 구조계의 조립상에서 발생하는 기하학적 오차(geometric error), 가공중에 발생하는 열원 및 온도변화에 의해서 발생하는 열변형 오차(thermal error)등에 의하여 영향을 받으므로 측정값에 대한 보정이 필요하다. 여기에서는 3축 머시닝 센터에서 발생하는 오차중에서 공작물 정밀도에 직접적인 영향을 미치는 기하학적오차와, 접촉식 프로브의 변환기에 의하여 접촉방향에 따라 발생하는 프로브 오차(pre-travel variation)를 결합시킨 폐회로 구조에 의하여 측정오차를 보정함으로써 측정값의 신뢰도를 높였다.

2.3 형상 공차 평가

일반적인 기하학적 형상들은 수식으로 정의될 수 있는 이상적인 형태가 있으며, 이러한 이상적인 형태와 비교하여 측정된 형상의 표면이 벗어난 정도를 규정하는 공차가 형상공차이다. 따라서 형상공차는 각각의 형상에 대하여 정의되며, 그 종류로는 진직도, 진원도, 평면도, 원통도, 진구도 등이 있다.[11] 본 연구에서는 CAD프로그램에 의하여 설계된 형상을 공작기계에서 가공 후 OMM시스템에 의하여 측정된 점군으로부터 형상추출 알고리즘에 의하여 형상에 대한 수식을 추출하여 형상공차를 평가하는 방법에 대하여 적용하였다. 이러한 형상추출로는 최소자승법을 사용하여 직선, 평면, 원, 구, 원통 등에 대하여 적용하였다.

3. 실험

3.1 측정대상선정

일반적으로 금형에 사용되는 일반형상에 대한 측정대상으로 점(point), 직선(line), 평면(plane), 원(circle), 구(sphere), 실린더(cylinder)를 선택하였다. Fig. 4는 측정을 수행하기 위한 금형의 형상을 보여주고 있다.

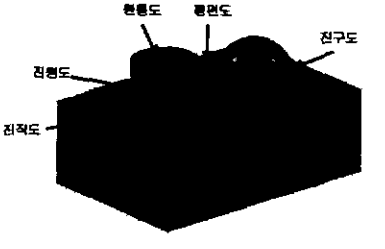

Fig. 4 Compound feature model

3.2 실험결과

Fig. 4에서 설계된 형상을 CNC 머시닝 센터에서 가공하고 개발된 프로그램을 사용하여 각각의 요소에 대한 형상공차를 평가하는 실험을 수행하였다. 다음 Fig. 5는 전체 실험 시스템을 나타내며 Fig. 6과 Fig. 7은 원통도 측정에 대한 실험과정과 결과를 나타낸다.

Fig. 5 OMM System

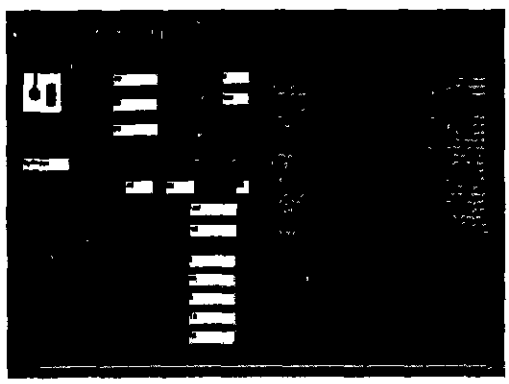

Fig. 6 Inspection plan of cylindricity

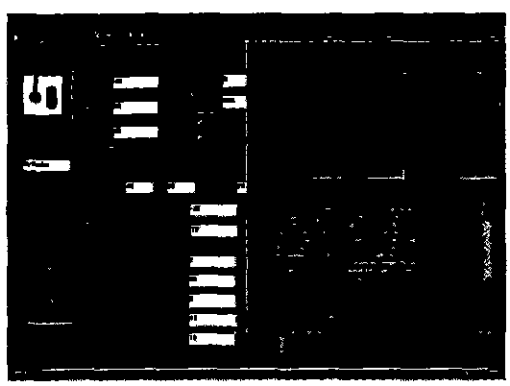

Fig. 7 Inspection result of cylindricity

4. 결론

수직형 머시닝 센터에서 측정프로브를 장착한 OMM장치에서의 일반형상 측정프로그램을 개발하였으며, 공작기계의 상대적으로 낮은 정밀도에 의하여 발생하는 측정된 데이터의 기하학적 오차 및 프로빙 오차를 보정하는 방법을 제시하였으며, 공작기계상에서 공작물 정밀도의 신속한 평가 및 검사를 통하여 기계가공 단계에서 원하는 형상으로 가공이 진행되고 있는지를 판단할 수 있는 측정방법에 대한 기초기술을 제공하였다.

참고문헌

1. Cho M.W. and Kim, K., "New Inspection Planning Strategy for Sculptured Surfaces Using Coordinate Measuring Machine.", International Journal of Production Research, Vol. 33, No. 2, pp. 427-444, 1995
2. Chia-Hsiang Menq, Hong-Tzont Yau and Ching-Li Wong,"An Intelligent Planning Environment for Automated Dimensional Inspection Using Coordinate Measuring Machines", ASME Trans. Vol. 114, pp.222-230, May 1992
3. Duffie, N., Bollinger, J., Piper, R. and Kroneberg, M., "CAD Directed Inspection and Error Analysis Using Patch Databases," Annals of the CIRP, Vol. 33/1 pp.347-350, 1984
4. Menq, C.H., Yau, H.T. and Lai, G.Y., "Automated Precision Measurement of Surface Profile in CAD Directed Inspection," IEEE Transaction on Robotics and Automation, Vol. 8, No. 2, 1992
5. 조명우, 김진섭, 서태일, 조재형"CAD/CAM/CAI 통합에 기초한 자유곡면의 On-Machine Measureme nt : II. 측정계획 수립", 한국정밀공학회지 제 16권 제 12호, pp 109-118, 1999.12
6. 박희재, 황상욱, "기하학적 공차의 정밀측정을 위한 컴퓨터 모듈개발", 한국정밀공학회지제 10권 제3호, pp 205-219, 1993.9
7. Ferreira, P.M. and Richard Liu, C., "A Method for Estimating and Compensating Quasi-static Errors of Machine Tools," Journal of Engineering for Industry, Vol.115, Feb., 1993
8. G. LEE, J. MOU and Y. SHEN, "Sampling Strategy Design For Dimensional Measurement of Geometric Features Using Coordinate Measuring Machine" Mach. Tols Manufact. Vol. 37, No. 7, pp.917-934, 1997
9. 김경돈, 정성종, "NC 공작기계상에서의 측정 및 검사모듈의 설계와 구현" 한국정밀공학회지 제15권 제4호 pp. 91-97. 1998
10. 이충수, 노형민, "밀링 공정설계의 특징형상 데이터 모델" 대한기계학회논문집 제21권 제2호 pp.209-216, 1997