

3D 모델러 기반의 기상측정 소프트웨어 개발

김찬우* (CADNET), 신장순(㈜JMP) 윤길상, 조명우 (인하대학교),
박균명(한국생산기술연구원), 유택인(한국산업기술대학교),

Development of Typical On-Machine Measurement S/W based 3D modeler

C.W. Kim(CADNET), J.S. Shin(JMP) G. S. Yoon, M.W. Cho(Mecha. Eng. Dept. INHA),
K. M. Park(KITECH), T. I. Yoo (Mecha. Eng. Korea polytechnic Univ.)

ABSTRACT

This paper proposed efficient manufacturing system using OMM(on-machine measurement) system and OMM operating S/W based 3D modeler. A Developed program connected tool machine with RS232C. It is composed two operating system that touch probe operating and laser displacement sensor operating system. A program for touch probe possible measure considered inspection feature and CAD data. The laser operating program is used inspection for profile, very small hole using installed feature data. This system is applied manufacturing line of mold(cavity, core) also verification of efficiency manufacturing process that production, reduction machining error of each process

Key Words : OMM(기상측정, On-Machine Measurement), Touch Probe, LASER displacement sensor, CAI(Computer aided inspection)

1. 서론

금형을 가공함에 있어 설계(CAD)-가공(CAM, Machining)-측정(CAI, Computer aided inspection)의 공정을 거치게 된다. 이러한 공정은 공정계획(CAPP, Computer aided process planning)을 통한 생산의 효율성을 높이하고자 학계와 산업 현장은 지속적으로 노력해왔으나, 공정통합이나 연계시스템을 구현은 CAD/CAM 에 집중되어 진행되었다. 현재 현장의 요구는 조금씩 CAM/CAI 의 연계시스템을 이용할 수 있는 방법과 CAD/CAM/CAI 을 통합적으로 운용할 수 있는 시스템으로 변화하고 있다.^[1] 일반적으로 기계가공에서 사용하는 접촉식 측정기중 가장 많이 사용되는 장비는 3 차원 측정기(CMM, coordinate measuring machine)이다. 3 차원 좌표측정기는 Off-line 시스템이기 때문에 가공 도중에, 또는 가공이 완료된 공작기계에서 측정을 수행할 수 없다. 본 연구에서는 CAD/CAM/CAI 의 연계 시스템을 구현하기 위해 기상측정(OMM, On-Machine Measurement)을 이용하였다. 현재 접촉식 측정기의 운용방식은 3 차원측정기는 측정변수(측정점의 위치

(location), 수(number), 측정경로(probe path))를 다양한 대상물에 대해 자율적으로 정의할 수 있는 기능은 가지고 있지 못하며, 기상측정의 경우 전산 운용시스템이 개발되지 않고 있는 실정이다. 기상측정의 수요가 증가하고 있는 추세에 맞추어 본 연구에서는 3D 기반의 기상측정 운용시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 공작기계상에서 공구 교환을 통하여 상호 통신모듈(RS232C)을 이용하여 운영할 수 있다. 또한 다양한 대상물에 대응하기 위해, 접촉식 측정장비(Touch probe)와 비접촉식 측정장비(laser displacement sensor)를 3D 기반에서 운영할 수 있으며, CAD/CAM 의 연계를 통한 형상정보와 가공 정보를 측정에 적용할 수 있도록 하였다.

2. 기상측정 S/W

2.1 측정 모드 선택과 측정변수 결정

본 연구에서 개발한 기상측정 전용 프로그램은 공작기계 상에서 효율적으로 운용하기 위해서 가공가공 전, 공정중간, 하나의 기계가공 공정이 완료된 후 측정을 수행할 수 있다. 측정 모드(inspection

mode)는 사용자의 임의 측정점을 고려하여 측정점을 CAD feature 에 직접 측정점을 정하는 수동모드, 3 차원 해석모델(analytical feature)을 고려한 일반모드, 측정형상(inspection feature)을 이용하여 측정변수(측정점의 수, 위치, 경로)를 자율적으로 생성하는 자동모드로 구성되어 있다.^[2] 또한 측정기의 선택은 대상물을 접촉식 측정기로 측정이 불가능한 영역 (small hole, profile)을 고려하여, 레이저 변위센서 (laser displacement sensor)를 운용시스템 개발하였다. 레이저 변위센서는 공작기계의 공구 홀더(tool holder)에 고정가능하게 고정용 지그(zig)를 제작하여 고정하였다. Fig.1 에 개발한 프로그램에 대한 구조를 도시하였으며, 개발 소프트웨어는 Autodesk inventor API(application program interface)를 이용하였다. 측정에 필요한 변수(측정점의 수, 위치, 경로)는 Fuzzy logic, Hemmerley's method, TSP problem 적용하였다.

2.2 기상측정 전용 프로그램(OMM S/W)

기상측정 프로그램은 외부 CAD file 와 CAM (G-code)file 을 위한 CAD/CAM interface 모듈을 자체적으로 개발하였다. CAM file 연계 기능의 경우, 개발된 프로그램을 적용하면, G-code 를 이용하여 가공 simulation 기능과 공구경로, 공작기계에 가공데이터를 전송할 수 있다. 기능은 크게 터치 프로브 운용, 레이저 운용, 공차관리, 가공/측정 모드, 해석결과에 대한 사용자 인터페이스를 개발하였다. 센서 운용 기능(터치 프로브, 레이저 운용)은 대상물에 대한 측정변수(측정 위치, 경로)를 형상을 이용하여 결정할 수 있는 기능이며, 공차관리 기능은 설계에서 제시하고 있는 가공 공차를 관리 운용할 수 있는 기능을 가지고 있다. 가공/측정모드는 공작기계의 인터페이스 모듈과 공작기계 운용에 관한 정보를 나타내고 있고, 해석결과는 위치 정도를 비롯한 길이 정보, 단일 형상(single geometry) 평가 정보와 두 개 이상의 형상(integrated features)이 비교 평가 되는 정보를 사용자에게 제시한다. 또한 제시한 공차와의 측정결과와 비교 분석 결과 데이터를 제시한다. Fig.2(a)에 개발된 프로그램을 도시하였으며, (b)는 대상물에 대해 측정점 변수를 결정한 것이다. 측정변수에 대한 정보는 데이터와 경로는 뷰(view window)에 나타나게 된다. 자동모드의 경우 측정형상을 사용자가 선택하였을 경우, 자율적으로 측정변수가 결정되기 때문에 측정을 보다 효율적으로 활용 운용할 수 있다. Fig.3 은 센서의 운용과 센서의 경로를 확인할 수 있는 모의 측정 기능을 도시한 것이며, 작동중인 위치 및 대상물과의 위치 충돌을 확인할 수 있다.

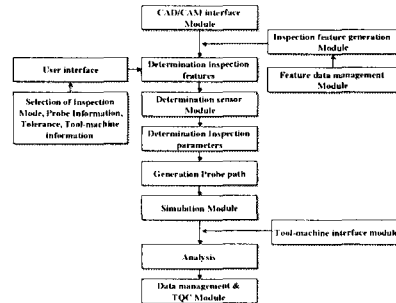


Fig.1 The developed OMM S/W structure

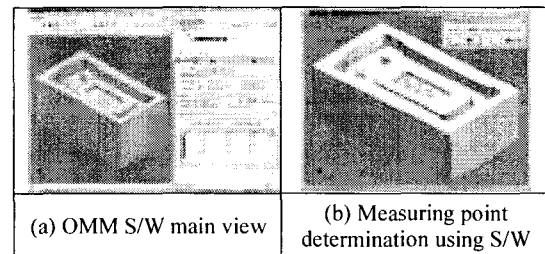


Fig.2 The developed OMM S/W

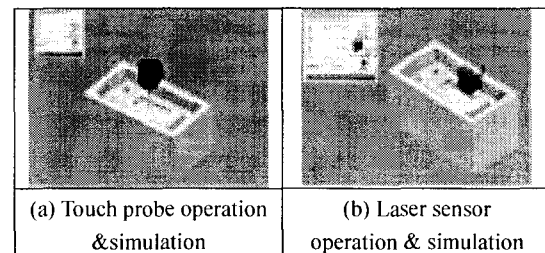


Fig.3 Simulation function of sensor operation

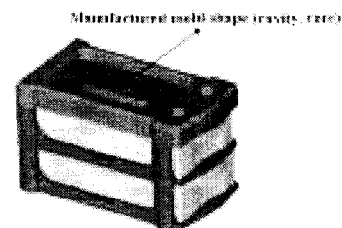


Fig.4 Manufactured and designed workpiece

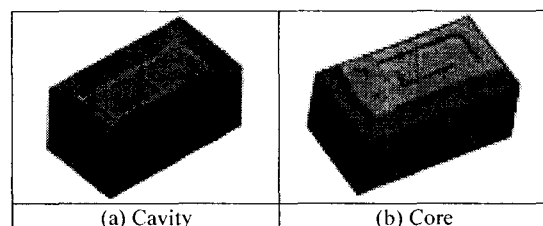


Fig.4 Mold type (cavity and core)

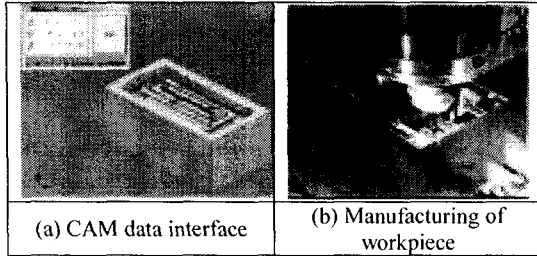


Fig.5 CAM Simulation & Machining

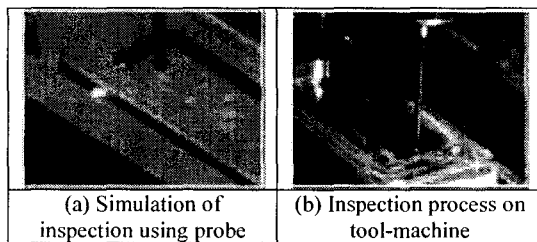


Fig.6 CAI Simulation & OMM inspection

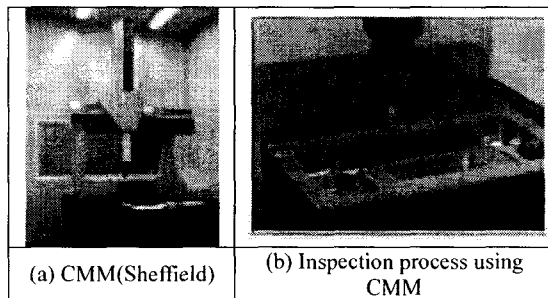


Fig.7 CMM inspection of workpiece

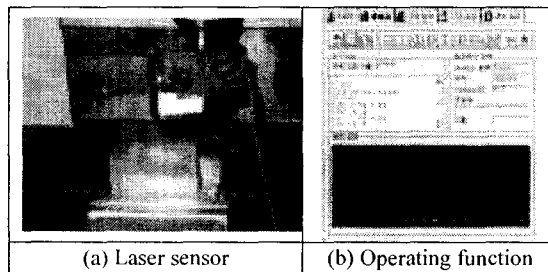


Fig.8 laser sensor & operation mode

3. Simulation & 실험

본 연구에서는 개발된 프로그램을 적용하고자

Fig.4 에 나타난 것과 같은 대상물을 선정하여 금형을 제작 하였다. 제작한 사출용 금형(400×225×190mm)은 Fig.5 와 같으며, cavity 와 core 한 쌍으로 이루어져 있다. 사용한 3 축 공작기계는 SIRIUS-3(FANUC 18-MC, 화천기공)이며, 기상측정의 정밀도를 보완하기 위해 공작기계의 각 축(x,y,z)에 linear scale(FUTABA)를 설치 운용하였다. 운용에 사용된 측정기로 터치 프로브(touch probe)는 MP700(RENISHAW), 레이저 변위센서(laser displacement sensor)는 LK2100(KEYENCE)를 사용하였다. 측정오차를 줄이기 위해 초기의 공작기계의 정밀도에 대한 정보(공작기계 오차)를 프로그램에 입력하여 공작기계의 오차를 보정하였다. Fig.5 는 개발된 기상측정 프로그램을 이용하여 공구경로를 확인하여, 대상물을 가공하였다. 가공은 황삭, 중삭, 잔삭, 정삭 단계로 가공하였으며, 측정은 중삭, 잔삭, 정삭 단계 이후에서 각각 수행하여 가공여유에 따른 가공오차가 허용오차를 넘지 않아 후 공정을 수행하였다. Fig.6 과 같이 측정변수를 결정한 후 측정위치와 충돌여부를 검사하기 위한 모의 측정을 수행한 후, 공작기계의 상에서 측정을 수행하였다. 측정 프로브와 대상물과의 안전거리는 3mm 로 적용하였다. Fig.7 은 기상측정을 수행한 후 본 시스템의 정밀도를 비교 판정하기 위해 3 차원 좌표 측정기를 이용하여 측정을 수행하여, 개발된 기상측정 시스템과의 측정오차를 비교 분석 하였다. Fig.8 은 레이저를 이용한 기상측정과 운용프로그램을 도시하였으며, 결과 데이터는 레이저의 초기 Calibration(측정오차)을 위해 결과를 신호(voltage, displacement)의 형태로 나타냈으며, 사용자가 접촉식 방식과 같이 측정 경로를 사용자가 대상물의 형상에 따라 결정이 가능하며, 또한 사용자 임의 경로(laser moving path) 생성도 할 수 있다. 본 연구에서 제작한 대상물에 대해서는 -z 방향의 profile 이나 미세 구멍이 존재 하지 않아 사용하지 않았다. Fig.9(a)는 측정결과를 분석하는 해석 창(user interface view)을 도시한 것으로, 현재의 측정모델을 등록하면 가공에 다른 오차와 공차의 관리도 가능하게 설계되려 있다.(b) 이는 공차를 고려한 측정결과를 형상(inspection feature)에 대해 여러 단계의 가공 공정 단계에서 발생하는 오차를 효율적으로 관리할 수 있으며, 다음 기계가공 대한 가공여부를 사용자가 결정할 수 있도록 오차 정보를 제공한다. 본 시스템을 이용하여 대상물을 측정된 결과는 Table 1 과 같다. 설계된 데이터와 기상측정 시스템과 최대오차는 0.059mm 이며, 최소 오차는 0.001mm 의 결과를 얻을 수 있었으며, 3 차원 측정기와 기상측정과 측정기에 따른 비교오차는 최대 0.013mm, 최소 0.001mm 의 오차를 보였다. 개발된

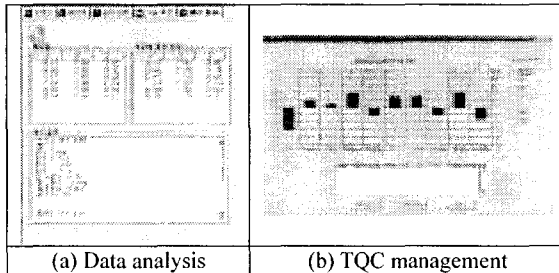







Fig. 9 Analysis of inspection result & data management function

Table I. Inspection result using OMM/CMM(mm)

Feature	CAD data	OMM	CMM	Error
	-40.000	-39.997	-40.009	0.003 (0.012)
	-50.000	-50.008	-50.021	0.008 (0.013)
	77.908	77.849	77.850	0.059 (0.001)
	-77.908	-77.953	-77.944	0.045 (0.009)
	175.487	175.486	175.484	0.001 (0.002)

프로그램을 이용하여 본 금형을 측정을 수행하여 얻는 데이터는 본 제품이 3 차원 측정기와 비교해 0.020mm 오차를 공차로 정의한 것을 고려할 때 비교적 신뢰성 있는 데이터를 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 공작기계를 이용하여 측정을 수행할 수 있는 기상측정 위한 전용 프로그램을 개발하여 설계 데이터를 이용하여 모의 측정과 실험을 통하여 이를 검증하였다. 기상측정 프로그램은 공작기계에 운용에 있어 매우 효율적이며, 기존의 수

행했던 수동식 측정은 물론 형상을 고려한 측정도 가능하기 때문에 기존의 운용시스템이 존재하지 않은 것을 비교해볼 때 매우 효과적이다. 또한 본 시스템을 현장에서 적용할 경우 전체 생산공정에 불태 생산성 향상과 공정 중간에 오차를 판단할 수 있어 가공자가 각 공정의 기계가공에서 발생하는 오차를 판단할 수 있다. 본 연구의 결론을 다음과 같이 요약 할 수 있다.

- (1) 기상측정을 위한 전용 소프트웨어를 개발하였다.
- (2) 개발한 시스템을 대상물에 적용하여 측정 공정을 생산공정에 On-line 시켰다.
- (3) 형상을 고려한 측정시스템을 구현하였다.
- (4) CAD/CAM/CAI 통합 공정의 시스템을 구현하였고, 기반 기술을 제공하였다.
- (5) 본 시스템을 적용하여 금형의 생산공정을 생산성을 높일 수 있었다.
- (6) 가공중인 대상물에 대해 각 공정마다 가공 오차를 사용자에게 제시할 수 있는 시스템을 제안하였다.

참고문헌

1. 조명우,이세희, 서태일, "CAD/CAM/CAI 통합에 기초한 자유곡면의 On-Machine Measurement : I. 측정오차 모델링", 한국정밀공학회지 제 16 권 제 10 호, pp 109-118. 1999
2. 정석우, 윤길상, 조명우, "특징형상 기반의 측정 계획 시스템 개발에 관한 연구", 한국정밀공학회 추계학술대회, pp 654-658, 2002.
3. 조명우,김진섭, 서태일, 조재형, "CAD/CAM/CAI 통합에 기초한 자유곡면의 On-Machine Measurement : II. 측정계획 수립", 한국정밀공학회지 제 16 권 제 12 호, pp 109-118. 1999
4. 이석원, 박희재, 주중남,"CNC 공작기계 선형피치 오차의 최적 보정 알고리즘을 구현하는 측정 및 보정 시스템 개발",한국정밀공학회지 제 15 권, 제 1 호,1998
5. S.C. Chung, CAD/CAM Integration of On-The-Machine Measuring and Inspection System for Free-formed Surfaces, Proceedings of American Society for Precision Engineering, 20, pp.267-270, 1999.
6. Shah. J.J., Mäntylä, M., and Nau. D.D., "Advances in Feature - Based Manufacturing", Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science B.V. 1994