

# 단조기어 측정 시스템 및 역설계기술

테크맥(주)\*,  
한국기계연구원\*

이득우\*, 정우섭\*, 이정환 \*\*



# 단조기어 측정 시스템 및 역설계기술

테크맥(주) 이득우, 정우섭  
한국기계연구원 이정환

## 1. 기어측정방법

기어는 각각의 이에 의하여 원동축의 동력과 운동을 피동축에 전달하는 중요한 기계요소이며, 부정확한 이로 구성된 기어는 진동과 소음의 발생원이 되어 원활한 운동을 기대하기 어렵게 된다. 그러므로 치차는 정밀하게 성형되어야 하며 기어와 기어금형에 대한 측정과 검사는 필수적이 사항이 되고 있다.

기어는 원동축과 피동축의 관계위치에 의하여 스퍼어, 베벨, 헬리컬 기어, 이의 모양을 기준으로 involute 기어와 cycloid gear, 제조방법에 따라 절삭가공에 의한 기어와 단조성형에 의한 기어로 나눌 수 있다.

스퍼어 기어의 경우 높이축 방향으로 동일한 단면 데이터를 가지기 때문에 기존의 측정법외에 화상기법 등의 측정방식이 가능하지만, 베벨기어의 경우에는 높이별로 피치원, 이두께 등이 변화하므로 이에 대한 적절한 측정법이 요구된다.

본 연구에서는 유니버설한 5축 비접촉 측정기를 개발하여 기어측정모듈을 첨가한 형태로 측정시스템을 구성하였다. 즉 5축 측정기는 기어금형을 포함하여 다양한 형태의 부품을 측정할 수 있을 뿐 만 아니라 기어측정 소프트웨어 모듈을 첨가하여 스퍼어 기어, 베벨기어의 형상측정 및 각종오차 도출이 가능한 구조이다.

기본측정방법은 우선 기어를 Scanning한 후 필요높이의 slice data를 추출하여 필요측정항목을 계산하는 방식을 채택하고 있다. scanning된 데이터는 모두 (x,y,z)정보로 저장되며, 지정높이의 slice data는 기어의 설계데이터를 참조하여 측정축 중심의 (x,y) 데이터를 기어중심의 (x,y) 데이터로 translation과 rotation을 수행한 후 설계데이터와의 비교가 수행된다.

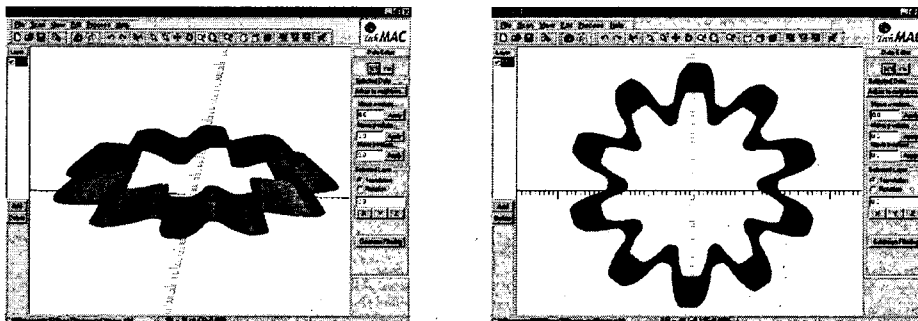
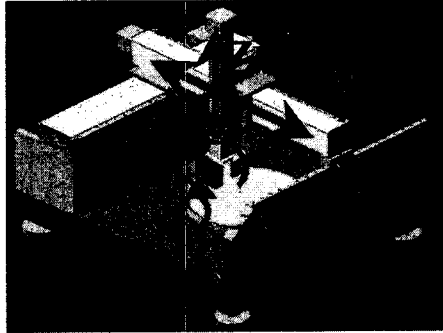


그림1 베벨기어의 스캐닝에

## 2. 5축측정시스템 및 기어측정모듈

### 2.1 5축측정시스템

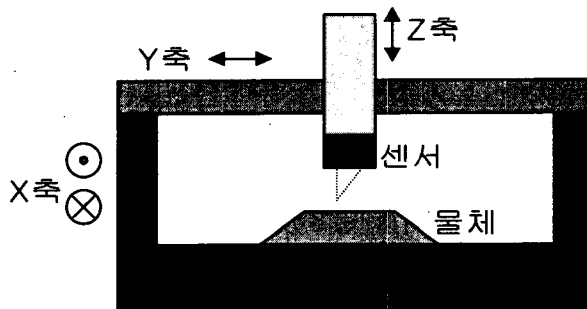
◆ H/W 구조 : 5축 형태의 Gantry type (3축병진 + 2축 회전)



◆ 측정좌표계 : 직교좌표계, 원통좌표계, 구좌표계 측정가능

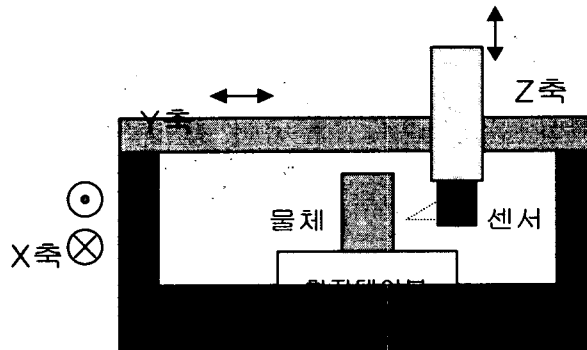
#### 직교좌표계

- : 상부에서 관찰하였을 때 모든 측정면이 보이는 경우에 적합
- : 물체 평면의 정보를 측정해야 하는 경우에 적합
- : X, Y축 mesh          Z축 높이값
- : ex> 금형의 측정



#### 원통좌표계

- : 물체 옆면의 정보를 측정해야 하는 경우에 적합
- : 측정물체 회전 + 레이저 센서의 높이조절
- : ex> 골프헤드, 기어의 측정



◆ 3축병진의 stroke : 300 x 250 x 150

- 각축의 BLU : 0.05 $\mu$ m(micro stepper)
- 스텝위치결정정밀도 : 1 $\mu$ m

◆ 모델 회전축

- table의 직경 : 200
- 최소 해상도 : 0.0036도
- angular contact ball bearing 구조

◆ 센서회전축의 tilting 각 : 360도

◆ 측정센서

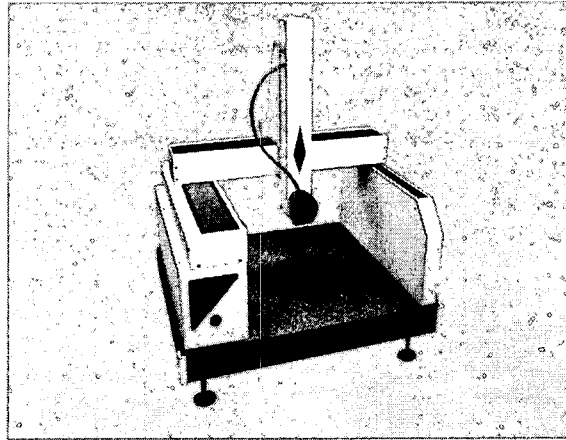
- : LASER Diode (point type, 가시광)
- : 분해능 2 $\mu$ m (1kHz)
- : Spot diameter 50micron
- : Triangular sensing methods

◆ 측정방법

- : Non-Contacting, mesh-point displacement-sensing

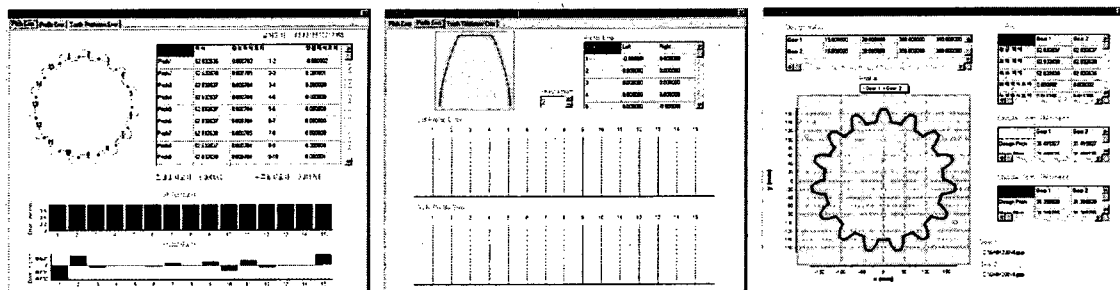
◆ Software

- 3D CAD system + Scanner control Module
- Use an exclusive library of 3D(Open-GL)
- Point, Wire-frame, Surface display
- Transformation → rotation, translation, scaling
- Edit → modify value at graphic mode
- move, offset,,,,,
- correct error data by neighbor points
- layer별 작업가능
- Measure → point 간의 거리측정
- Processing → 3D Gaussian Filtering
- Bezier 곡선
- B-spline 곡선
- NURBS 곡선
- Slice Data sampling
- Exportable file formats DXF, IGES (IGES Version 5.3)



## 2.2 기어측정모듈

- ◆ Scanning slice로부터 필요측정항목을 계산하는 방식
- ◆ 측정대상 : 기어제품, 음각의 금형
- ◆ 대상크기 : max.  $\Phi 200$
- ◆ 측정항목 : 누적피치오차, 인접피치오차, 각 치형에 대한 involute profile 곡선  
금형과 기어간의 측정상의 차이



(a) pitch error analysis

(b) profile error analysis

(c) 기어의 비교

그림 6 기어측정모듈 분석항목의 예

## 3. 각종부품의 Reverse Engineering

Reverse Engineering이란 CAD 데이터가 존재하지 않는 기존의 형상에 대하여 3차원 디지털저를 이용하여 3차원 좌표를 측정하여 CAM 데이터를 생성하는 기법이다. 이는 어떤 물체의 도면이 없는 경우 외에도 동일한 물건이 더욱 필요할 때, 주어진 물체로부터 더 향상된 새로운 부품을 제조하려는 경우에도 필요하다.

Reverse Engineering을 위한 3차원 데이터 획득기구로서 CMM, 레이저 스캐너 등

이 대표적이며 레이저 스캐너의 경우 빠른 측정속도, 고정도측정 외에 측정대상물에 외력을 가하지 않고 측정할 수 있다는 특징이 있다.

측정된 데이터를 RP에서 활용하려면 삼각형으로 구성된 STL 데이터를 생성하여야 하고, CNC가공시는 면데이터 생성이 요구되며 조각기 관련 공작기계에서는 polyline 형태의 정보가 요구되기도 한다. 현재 대부분의 상업용 소프트웨어에서는 작업자의 수작업에 의한 면 생성을 통해서 중립파일 형태로 export 시킨다. 그러나 숙련된 작업자가 아닌 경우에는 면생성 과정에서 오차가 발생하며 중립파일에 그대로 적용되어 가공오차의 원인이 된다.

본 5축측정기에서는 STL file 외에 IGES file의 point, polyline Entity, DXF file의 polyline, 3D face entity를 Export 시킬 수 있으므로 이를 조각기 등에서는 바로 활용할 수 있으며 다른 상용s/w를 경유해서 데이터가공 후 사용할 수 있다.

Reverse Engineering은 제품의 잦은 수정에 있어서도 빠르게 대처할 수 있기 때문에 생산 공정을 단축시켜주며 생산에 이르기까지의 비용도 절감하는 효과가 있다.

