

# 진공용 5축 스테이지의 설계에 관한 연구

## A Study of Design 5-axis Stage for Vacuum

\*정종규<sup>1</sup>, 김경훈<sup>1</sup>, 원종진<sup>2</sup>, #정재일<sup>2</sup>

\*J. K. Jeong<sup>1</sup>, K. H. Kim<sup>1</sup>, C. J. Won<sup>2</sup>, #J. I. Jeong(jayjeong@kookmin.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국민대학교 기계설계학과, <sup>2</sup>국민대학교 기계시스템공학부

Key words : 5-axis Stage, Vacuum, Mechanical Design, FEM

### 1. 연구 목적 및 배경

최근 들어 국내에서도 고밀도 전자빔 Finishing 공정에 이용되는 진공용 5축 스테이지에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그 중에서도 진공용 5축 스테이지는 조인트부 강성 연구와 전자기장 영향력에 관한 연구가 이루어지고 있다. 그러므로 본 논문에서는 고밀도 전자빔 Finishing 공정에 이용되는 진공용 5축 스테이지 설계에 있어서 고려되어야 할 스테이지 정/동강성과 구동모터로 인한 자기장에 영향력을 밝히고자 한다.

### 2. 진공용 5축 스테이지 설계 및 해석

진공용 5축 스테이지는 1차, 2차 초안 모델링을 통해 개선 및 보완으로 최종 5축 스테이지 모델을 설계하였다. Fig. 1, Fig. 2와 같이 CAD 모델링된 스테이지 모델의 컨셉을 CAE해석 결과 분석으로 최종 모델 Fig. 3과 같이 선정되었다.

1차 컨셉 스테이지는 Tilt축 구동을 위해 R가이드 사용으로 Tilt각 구동시 모터로 인한 진동 문제점이 고려되어야 한다. 2차 컨셉 스테이지는 Tilt축 구동모터의 구동토크가 약 350N.m의 해석결과를 보였으며, Tilt 기어의 응력 집중현상 및 분진 해결 문제로 인하여 설계를 보완하였다. 최종 모델인 3차 컨셉 스테이지는 Z축-Y축-X축-Tilt축-Theta축 순서로 설계되었으며, 이전 스테이지 모델에 비해 강성이 높게 예측되었다. 스테이지 모터 및 외부 진동에 대한 문제점 역시 이전 모델에 비해 예측하기가 용이할 것이라 판단되었다.

### 3. 진공용 5축 스테이지 조인트부 예측 연구

진공용 5축 스테이지의 조인트부로는 THK사의 LM Guide를 사용하였다. LM Guide는 볼베어링으로 이송에는 유리하지만, 강성을 예측하는데 어려

움이 존재한다. 그러므로 LM Guide의 등가 강성 모델을 이용하여 정/동강성 특성을 예측하고 Eucentric Height Error를 보정하고자 한다.

단축 스테이지는 THK사 SSR25XW모델을 이용하여 제작하였고, 등가모델의 검증을 위해 Fig. 4와 같이 동특성 실험 및 해석을 통해 오차 8% 이내의 결과로 검증되었다. 또한 등가모델의 정적 처짐 예측을 위해 Fig. 5와 같이 실험 셋업을 하였으며, 결과와 해석을 비교 분석하여 약 20% 미만의 오차 결과를 보였다.

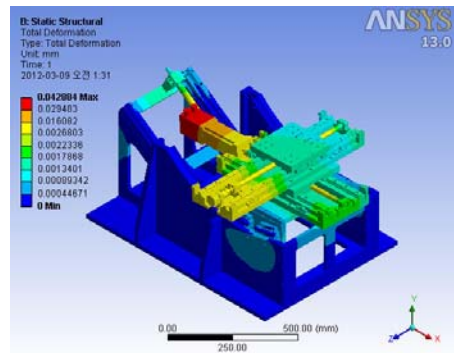


Fig. 1 Simulation of 5-axis Stage for 1st concept

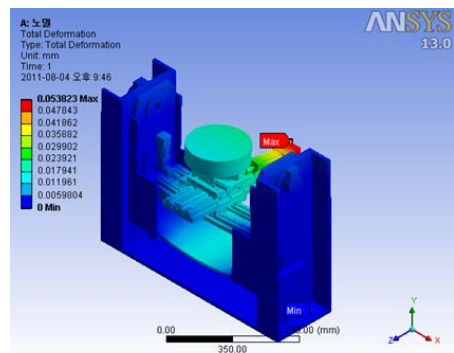


Fig. 2 Simulation of 5-axis Stage for 2nd concept

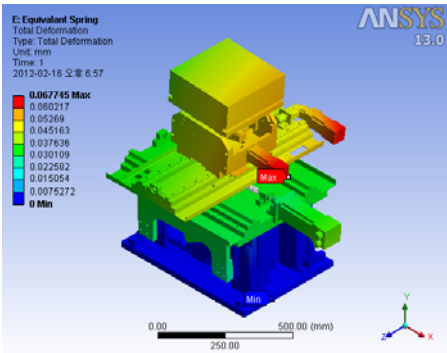


Fig. 3 Simulation of 5-axis Stage for Final concept

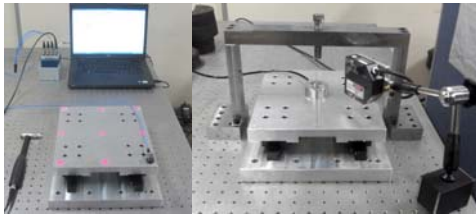


Fig. 4 Evaluation of Static/Dynamic Stiffness

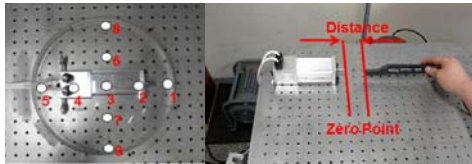


Fig. 5 Experiment of Magnetic field for BLDC motor

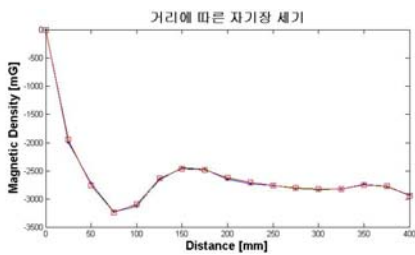


Fig. 6 Plot of Magnetic Density for Axial Distance

#### 4. 진공용 5축 스테이지 구동부 자기장 영향력

전자빔을 이용한 고속청정 Finishing공정에 이용되는 진공용 5축 스테이지에 대한 설계이기에 구동모터로부터의 전자기장 영향력을 고려해야 한다. 그렇기에 전자기장의 영향력을 CAE해석으

로 접근하기엔 실제 모터의 내부 모델링과 관련하여 모든 조건을 적용해야 한다. 그리고 모터 구동으로 인하여 전압 위상이 변함에 따른 CAE해석이 용이하지 않기에 실험적인 접근을 고려하였다. 실험적인 접근을 통해서 구동모터의 거리별, 방향성에 따라서 외부 자기장의 변화를 파악하였다.

구동모터에서 축방향에 대한 자기장의 세기가 가장 큰 결과를 보이며, Fig. 5와 같이 거리 변화에 따라 자기장의 크기 변화를 가우스미터 (Gaussmeter)로 측정하였다. Fig. 6은 거리에 따른 자기장의 변화를 그래프로 확인할 수 있다.

#### 5. 결론

본 논문에서 진공용 5축 스테이지 설계에 관해서 연구를 진행하였다. 실험 및 CAE해석을 통해 등가강성 모델을 검증하였고, 자기장 실험을 통해 E-beam, SEM에 끼치는 자기장 영향력 기초 연구를 진행하였다. 조인트부의 연구를 통해 가공물의 위치 정밀도가 향상되기 위한 연구는 계속해서 진행될 것이며, 향후 연구 계획으로는 구동모터의 전자기장 시뮬레이션을 통해 가공물에 끼치는 자기장의 영향력을 파악할 계획이다.

#### 후기

본 연구는 한국생산기술연구원의 “정밀기계부품 가공용 고밀도 전자빔의 고속 청정 Finishing 공정 기술개발” 과제 연구비를 지원받아 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. 최재석, 유정훈, 이용섭, 김윤영, 이동진, 이성진, “볼 베어링을 이용하는 직선 운동 가이드의 진동 해석 및 응용“, 대한기계학회논문집 A권, 제29권 제7호, pp. 955-963, 2005