

진공용 5축 스테이지의 정강성 해석에 관한 연구

A Study of Static-structure with 5-Axis Stage for Vacuum

*정종규¹, 신동혁², 신승현², 원종진³, #정재일³

*J. K.Jeong¹, D.H.Shin², S.H.Shin², C.J.Won³, J.I.Jeong(jayjeong@kookmin.ac.kr)³

¹국민대학교 기계자동차공학부, ²(주)애니모션텍, ³국민대학교 기계시스템공학부

Key words : 5-axis Stage, Vacuum, Static-structure, FEM

1. 서론

최근 들어 국내에서 고밀도 전자빔 정밀기계에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 이에 따라 여러 가지의 공정에 필수적인 스테이지 연구개발도 이루어지고 있다.

본 연구에서는 전자빔 고속청정 finishing 공정에 이용되는 진공용 5축 스테이지 개념설계에 대한 구조해석을 다루고자 한다. 전자빔 Finishing가공 공정에 이용되는 진공용 스테이지는 전자빔의 산란과 공기와의 충돌을 최소화하고자 진공압력 10^{-6} Torr 챔버 내에서 공정이 이루어진다.

5축 스테이지는 Tilt plate위에 Y-axis, X-axis, Z-axis, theta-axis stage가 순서대로 설계되었다. 제원은 X축 1058.9mm, Y축 892.06mm, Z축 550.02mm 이다.

본 연구에서는 제시된 5축 스테이지가 Finishing 가공 중에 자중에 의하여 어느 정도의 처짐을 가지게 되는지 Simulation을 통하여 밝히는 것을 목적으로 한다.

2. 진공용 5축 스테이지의 구조해석

본 논문에서는 진공용 5축 스테이지의 구조해석을 위해 설계안을 CAD 프로그램으로 모델링 하였으며, 구조해석은 상용 CAE 프로그램 (ANSYS)을 이용하였다.

구속조건은 5축 스테이지의 최하단 밑면을 고정 하였으며, 진공압력 10^{-6} Torr = $1.3332e-10$ MPa과 중력가속도 $9806.6mm/s^2$ 을 적용하였다. 스테이지의 재료 물성치는 AL6061과 SUS304를 이용하였다.

X-Y 스테이지의 중심에 위치하여 있고, Tilt축 각도는 0° 인 조건이다. 자중에 의한 처짐 해석

결과는 X-Y plate와 Tilt plate로 구분하였다.

Fig. 1은 X-Y plate의 변위 해석 결과이다. 해석 결과 최대변위 $10.927\mu m$ 이며, X축 구동 모터 고정부에서 응력집중 현상을 볼 수 있다.

Fig. 2는 Tilt plate의 변위 해석 결과이다. 해석 결과 최대변위 $2.5123\mu m$ 이며, X축 plate와 접촉부분에서 변위의 발생이 크음을 알 수 있다.

Fig. 3은 최대 이송된 스테이지의 자중에 의한 X-Y plate의 변위 해석 결과이다. 제시된 5축 스테이지의하부 3축의 최대 이송 거리는 X축 150mm, Y축 300mm, Tilt축 30° 이다. Fig. 4는 같은 위치의 Tilt plate에 대한 해석이다.

X-Y plate 부분의 처짐 계산 결과에 의하면, 초기 상태와 최대이송상태에서 X-Y plate의 최대 변위 발생지점은 X축 구동모터의 고정부이다. 응력 또한 고정부에 집중될 수 있는 점이 확인되었다. 따라서 X축 모터 고정부의 강성 설계 보완이 필요하다. 그리고 X축 모터 고정부 포함하여 Y축 모터 고정부의 보완도 필요한 것을 알 수 있다.

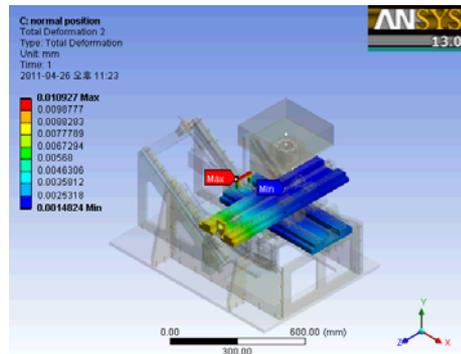


Fig. 1 X-Y plate deformation due to gravity

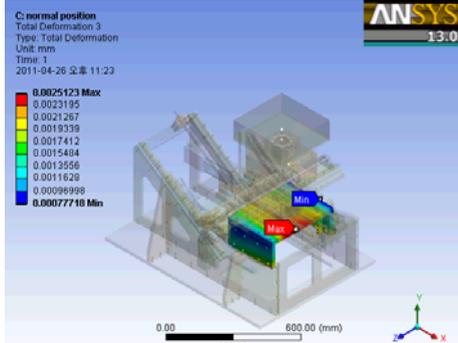


Fig. 2 Tilt plate deformation due to gravity

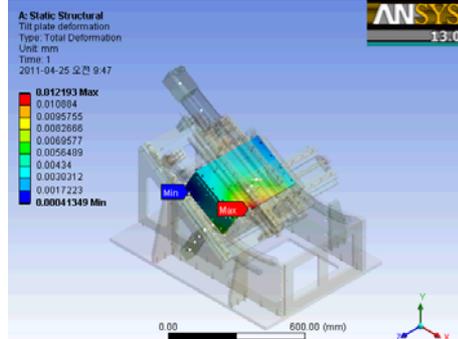


Fig. 4 Tilt plate deformation due to gravity

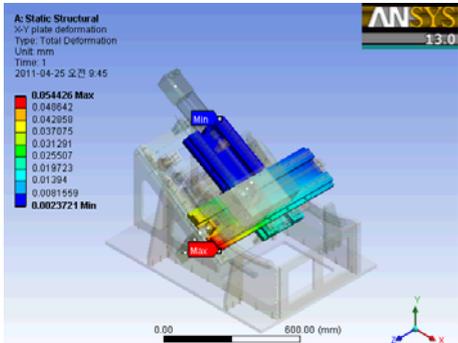


Fig. 3 X-Y plate deformation due to gravity

Table 1 Experiment environment

Temperature:	22°C
Gravity:	9806.6mm/s ²
Pressure:	1.3332e-10 MPa

Table 2 Analysis result of Normal position

	Max / Min. Deformation	Max/Min Stress
X-Y plate	10.9 μm / 1.48e-3 μm	7.529 MPa / 6.1712e-5 MPa
Tilt plate	2.5 μm / 7.77e-4 μm	0.60887 MPa / 1.924e-4 MPa

Table 3 Analysis result of Displacement position

	Max/Min. Deformation	Max/Min Stress
X-Y plate	54.4 μm / 2.37 μm	4.38MPa / 7.0007e-5 MPa
Tilt plate	12.2 μm / 0.41 μm	2.7MPa / 2.267e-3 MPa

Tilt plate 의 경우 원점상태에서 Tilt plate는 비교적 균일하게 중앙부에 하중이 걸려 굽힘 현상이 작게 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 최대 이송상태에서의 Tilt plate는 모서리 부근에서 하중이 집중되는 것을 확인할 수 있었다. Tilt plate의 굽힘 강성을 높이기 위해 plate 하단부에 Rib을 이용하여 보강대가 설계되었으며 Tilt축의 이송으로 인하여 기울어지는 Tilt plate의 모서리 하단부분에 응력이 집중되는 점을 보완해야 한다는 결론을 얻을 수 있었다.

3. 결론

본 연구에서는 전자빔 고속청정 finishing 공정에 이용되는 진공용 5축 스테이지 개념설계에 대한 구조해석을 하였다. 해석을 통해 모터 고정부의 보완이 필요함을 알 수 있었다. 또한 Tilt plate의 처짐에 대해서는 굽힘 강성을 높여야 할 것이다.

본 연구에서 고안해낸 진공용 5축 스테이지는 전자빔 가공을 위한 진공용 스테이지의 기본 구조로서 여러 가지 형태로 응용 개발 되어 다양한 산업분야에 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

후기

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

참고문헌

1. 강은구, 홍원표, 이상무, 남경태, 이석우, “진공용 나노 스테이지의 열 변형 및 진공챔버 해석 기술 연구”, 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, 619~620, 2007
2. Yingjun Guan, Yang Zhao, Deqiang Mu, "Finite Element Analysis of Five-axis Grantry Milling Machine Main Structure.", Proc.2010ICEEE 7-9.Nov