

나노급 위치결정기구의 변형을 예측과 거동특성 Evaluation of driving characteristics and strain for Nano-Positioning Mechanism

*곽남수¹, #김제일², 박대광¹, 이 건¹

*N. S. Kwak¹, #J. Y. Kim(jykim@chosun.ac.kr)², D. K. Park¹, G. LEE¹

¹조선대학교 첨단부품소재공학과, ²조선대학교 메카트로닉스공학과

Key words : Flexure Hinge, Piezo Electric Actuator, Ultra-Precision Positioning, Simulation, Structure Analysis

1. 서론

초정밀 위치결정기술은 21세기에 접어들면서 산업계에서 nm급의 정밀도를 유지하면서 수백 mm의 긴 스트로크를 갖는 초정밀위치결정 기술을 요구하고 있다. 또한고집적화 추세에 반도체 제작 공정과 AFM, STM 등에 적용되는 초정밀 위치결정기구의 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 탄성힌지(Flexure hinge)타입의 나노미터 분해능을 가지는 초정밀위치결정기구와 고응답성 및 분해능을 가지는 압전구동기(Piezo electric actuator)를 이용한 초정밀 위치결정실험을 위하여 다음과 같은 연구를 수행하였다. 초정밀 위치결정기구의 거동특성을 분석하기 위하여 FEM 기법을 이용하여 재질별에 따른 압전구동기 변형을 예측을 하였다. 또한, 압전구동기의 히스테리시스(Hystersis) 특성을 고려하며 입력전압의변화에 따른 히스테리시스의 비선형 특성을 파악하기 위하여 초정밀 위치결정기구의 실제 구동조건과 비선형 특성에 대해 강인 제어 성능을 확인하기 위해 Matlab/simulink를 통하여 PID제어 알고리즘을 모델링한 후 시물레이션을 통하여 실제 시스템의 제어기 성능과 비교하여 초정밀위치결정기구의 응답성 향상에 기인할 수 있는 방법을 제안하였다.

2. 초정밀위치결정기구의 안정성 및 변위 해석

초정밀 위치결정기구에서 인가하중에 따른 압전구동기의 변형량 분석을 위하여 FEM기법을 이용하여 초정밀 위치결정기구의 재질별로 적용하여 구조해석을 하였다. Table 1은 변형을 해석결과를 정리하였다.

Table 1 Results of Structure Analysis (PZT Displacement)

Aluminium Alloy		
Disp. X-Axis(μm)	Disp. Y-Axis(μm)	Disp. Y-Axis(μm)
-21.237700(100%)	-41.956700(100%)	+0.163368(100%)
Cooper		
Disp. X-Axis(μm)	Disp. Y-Axis(μm)	Disp. Y-Axis(μm)
-15.5298000(73.1%)	-30.6252000(73.0%)	+0.0785229(48.1%)
SPS5(Spring Steel)		
Disp. X-Axis(μm)	Disp. Y-Axis(μm)	Disp. Y-Axis(μm)
-8.31574000(39.2%)	-16.33900000(38.9%)	-0.00316555(1.94%)

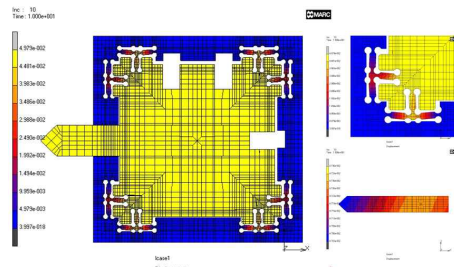


Fig.1 Results of Structure Analysis(Aluminium Alloy)

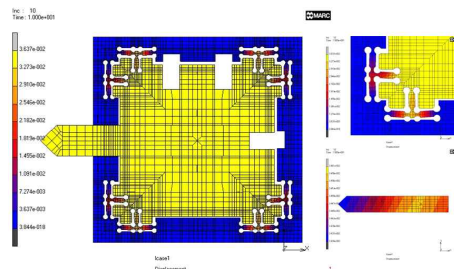


Fig.2 Results of Structure Analysis(Aluminium Alloy)

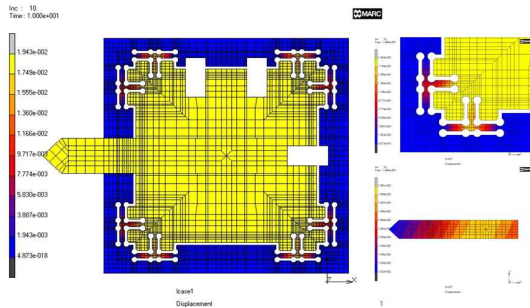


Fig.3 TResults of Structure Analysis(SPS5)

3. 나노급 위치결정 시뮬레이션

압전구동기(Piezo electric actuator) 및 초정밀위치결정기구의 탄성힌지 시스템의 전달함수를 모델링하기 위하여 주파수 응답해석을 위한 시뮬레이션을 수행하였다. 일반적으로 스프링, 댐퍼, 질량 시스템의 극점과 영점의 개수가 2개 차이가 남으로 압전소자의 주파수 특성곡선을 극점의 개수를 3개, 영점의 개수를 1개로 근사화하여 Fig.4 에 주파수 특성곡선을 나타내었다. 이때 PZT 구동용 앰프 출력전류의 한 개에 의한 비선형성의 나타나지 않는 0.1 μ m의 진폭으로 설정하였다. 초정밀위치결정기구의 정적 계인 k_p 도 0.1 μ m 진폭의 경우의 값, 0.078 μ m를 이용하고 있다. 또한 초정밀위치결정기구 공진주파수가 약 1KHz-2KHz인 것을 알 수 있었다.

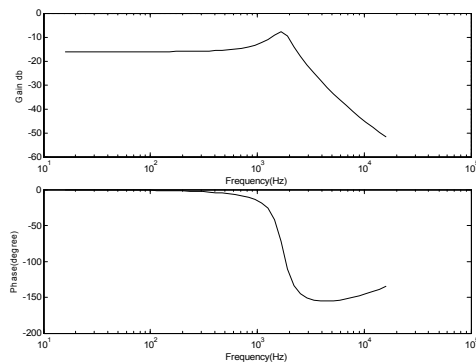


Fig.4 The Bode Diagram of Fine Apparatus by Closed Loop to Perform Simulation

또한 Fig.5에서와 같이 시뮬레이션을 통하여 초정밀위치결정기구의 시간영역 스텝응답과 그 분석을 나타내었다. 분석 결과, 시간영역의 응답에

서도 만족 할 만한 응답을 보여주고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 시뮬레이션 결과를 통하여 초정밀위치결정기구의 PID제어기와 시스템은 안정하다고 판단된다.

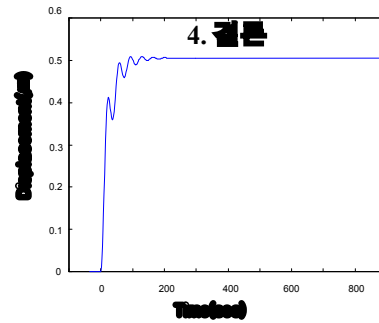


Fig.5 Step response of micro servo for simulation

4. 결론

본 연구에서는 FEM 기법을 이용하여 PZT 인가하중에 따른 탄성힌지의 변위응답성을 검토한 결과 초정밀 위치결정기구의 재질 강성이 높을수록 변형을 및 변위응답성이 좋지 않은 것을 확인하였다. 또한, 탄성힌지를 적용하여 압전구동기와 초정밀 위치결정기구, 피드백 변위측정으로 구성된 초정밀 위치결정 시스템에 대해 스텝 입력 응답 특성을 이용하여 시스템 전달 함수를 모델링하여 이 시스템의 추정오차 성능을 향상시키기 위해 Matlab/simulink를 사용하여 위치결정 시뮬레이션을 통하여 위치결정 분해능 10nm의 성능을 확인하였다.

참고문헌

1. S,T,Smith. And D,G,Chetwynd., 1992, Foundation of Ultra precision mechanism design(Gordon and Breach Science Publishers)
2. H, Nakazawa, 1994, Principles of precision engineering
3. D, Keith Bowen, Development in nanotechnology, 1992
4. S. R. Patterson, E. B. Matgab: JSPE, 1985, 7(3), 123-128.
5. M. Shiraiishi and K. Uehara: Annal of The CIRP, 1979,28,333-337.