

# 대면적 미세 가공 시스템을 위한 피드백이 가능한 FTS 개발 Development of FTS with Feedback System for High Precision Machining System

\*최수창<sup>1</sup>, 김용우<sup>1</sup>, 김진근<sup>1</sup>, 여광<sup>1</sup>, #이득우<sup>2</sup>

\*S. C. Choi<sup>1</sup>, Y. W. Kim<sup>1</sup>, J. G. Kim<sup>1</sup>, H. Lu<sup>1</sup>, #D. W. Lee<sup>2</sup> (dwoolee@pusan.ac.kr)

<sup>1</sup> 부산대학교 나노융합기술학과, <sup>2</sup> 부산대학교 나노시스템공학과

Key words : FTS, Fast Tool Servo, Feedback system

## 1. 서론

최근에 들어 에너지 기술(Energy-Technology)과 나노 기술(Nano-Technology)의 발달과 함께 초정밀 마이크로 소자와 미세 광학제품의 가공에 대한 수요가 증가하고 있다. 마이크로 소자와 미세 광학제품의 가공을 위해서는 수십~수  $\mu\text{m}$ 급의 패턴형상을 유지하며 nm급의 정밀도가 요구된다. 제품의 수요증가는 높은 생산성을 요구하게 되었으며, 이러한 이유로 마이크로소자나 미세 광학제품의 대량생산을 위하여 대면적 롤 금형을 사용하는 방법이 개발되었다. 대면적 롤 금형을 가공하기 위해서는 초정밀 대면적을 미세하게 가공할 수 있는 가공기가 필요하게 되었으며, 이에 대면적 미세가공 시스템을 개발하게 되었다. 이러한 대면적 미세가공 시스템은 롤 금형의 재료를 회전시키고 가공용 툴을 접근시켜서 가공을 진행하게 된다. 롤 금형가공기의 생산성을 높이기 위해서 금형가공기의 회전수가 빨라지게 되고 이러한 회전수에 맞추어 가공을 하기 위하여 공구를 빠르게 움직여 주기 위한 FTS(Fast Tool Servo)가 개발되었다. FTS는 빠른 주파수 응답특성을 가지면서 정밀 이송이 가능한 피에조 액추에이터(Piezo Actuator) 혹은 장거리 이송이 가능한 VCM(Voice Coil Motor)를 이용하여 만들어진다. 이와 함께 nm급의 정밀도를 유지하기 위해서는 Feedback Sensor를 이용한 Closed-loop 방식의 FTS가 개발이 선행되어야 된다.

이에 본 논문에서는 피에조 액추에이터를 이용하여 FTS를 제작하고 정밀 제어를 위하여 FTS에 Feedback Sensor를 설치하여 Closed-loop 방식의 FTS를 개발하였다.

## 2. 피드백이 가능한 FTS 최적설계 및 해석

Fig. 1은 피드백이 가능한 FTS 설계를 위한 설계 개념을 설명한 그림이다. Fig.1에서 알 수 있듯이 FTS에 Tool holder를 설치하고 Tool holder에서 발생하는 변위를 Feedback Sensor를 사용하는 측정 방식을 사용하고자 하였다. Fig. 2는 FTS의 최대 이송 변위 및 고유진동수를 파악하여 최대변위 발생을 위한 설계변수를 선정하기 위한 설계요소를 나타내고 있다. Fig. 3은 Fig.2에서 선정된 설계요소의 변화에 따른 해석결과를 보여주고 있다. 이와 같은 해석을 통하여 최적설계를 진행하였으며 최대변위 50 $\mu\text{m}$ 에 고유진동수는 5000Hz영역에서 발생하였다. Fig. 4는 최종 설계된 FTS의 모습과 해석결과를 나타낸 그림이다.

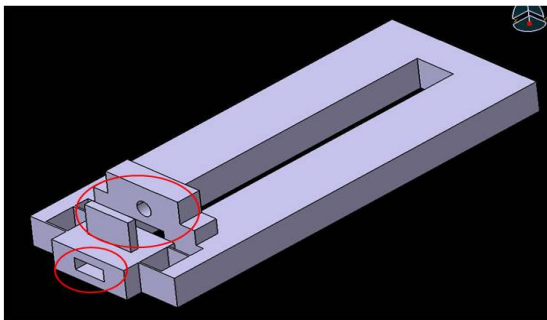


Fig. 1 Concept of FTS with Feedback system

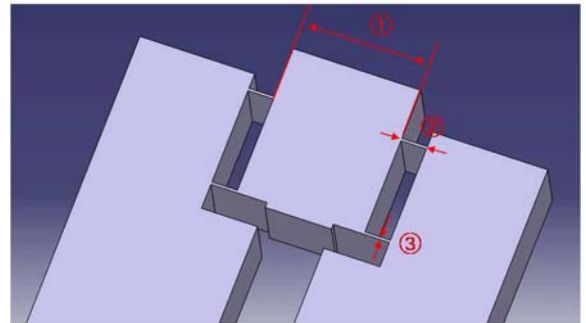
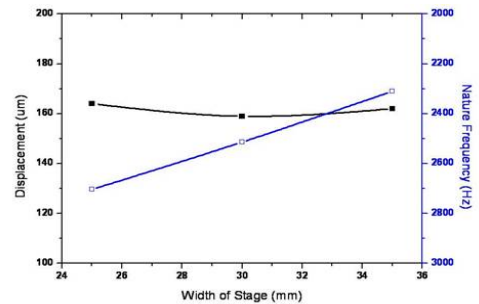
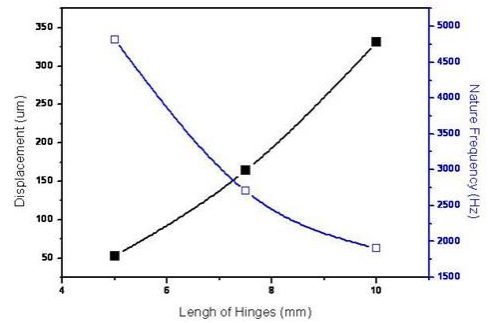


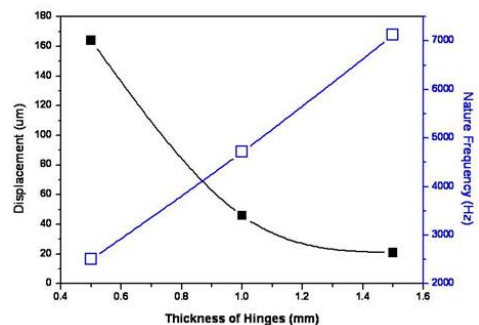
Fig.2. Design of FTS with Feedback System



(a) Width of Stage



(b) Length of Hinges



(c) Thickness of hinge

Fig.3. Result of Analysis

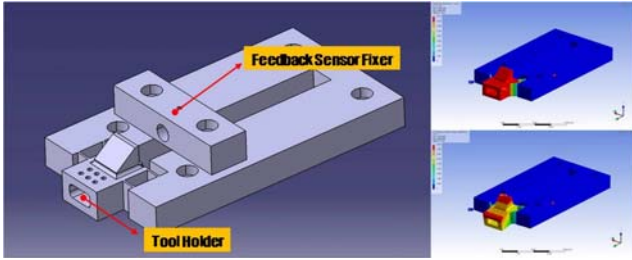


Fig.4 Final Design of FTS with Feedback System

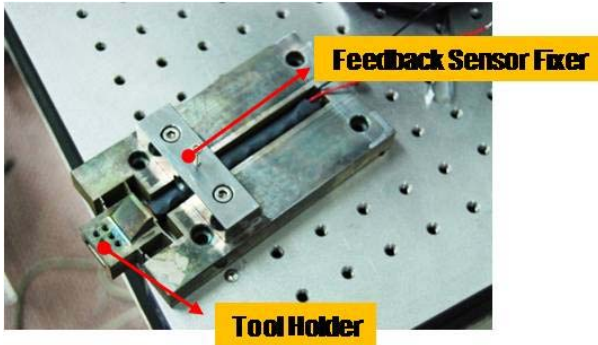


Fig.5 FTS with Feedback System

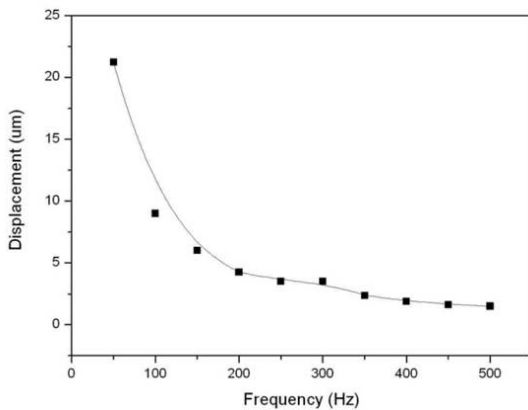


Fig.6. Frequency Property of FTS with Feedback System

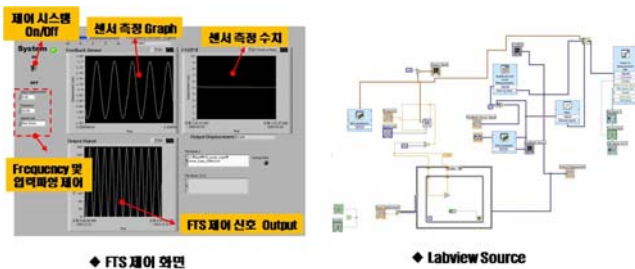


Fig.7 Control Program of FTS with Feedback System

### 3. 피드백이 가능한 FTS 성능 평가

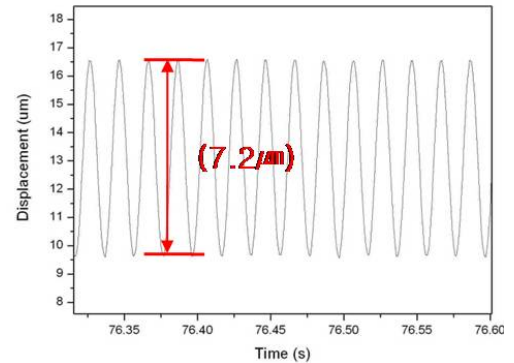
Fig. 5는 실험을 위하여 제작되어진 FTS의 모습이다. 각 FTS에 이동전압을 인가하여 주파수 특성을 파악하였다. Fig. 6은 주파수 인가에 따른 변위를 나타낸 그림으로써 이와 같이 진행된 변위를 500Hz까지 측정하여 각 변위를 나타내었다. 정상상태에서 200Hz 영역까지는 변위가 급속도로 감소함을 알 수 있었으며, 200Hz 이상의 영역에서는 변위가 크게 감소하지 않음을 알 수 있다. Fig. 7은 본 시스템을 위하여 Labview를 사용하여 제작한 제어 프로그램을 나타내고 있다. Fig. 8은 일정한 주파수로 진동하고 있는 Tool에 일정한 압력을 가하였을 때 변화된 변위를 Feedback system에 의하여 원래의 변위량으로 변화되는 것을 보여주고 있다.

### 4. 결론

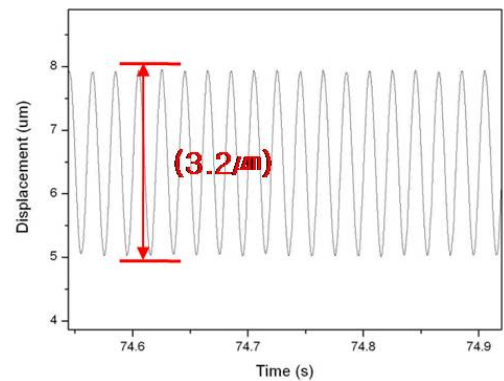
본 논문에서는 초정밀 미세 가공을 위하여 피드백이 가능한 FTS를 제작하여 그 특성을 평가하고 향후 적용가능성에 관하여 연구하였다. 특성 파악을 통하여 변동된 변위값으로 복귀됨을 알 수 있었다.

### 후기

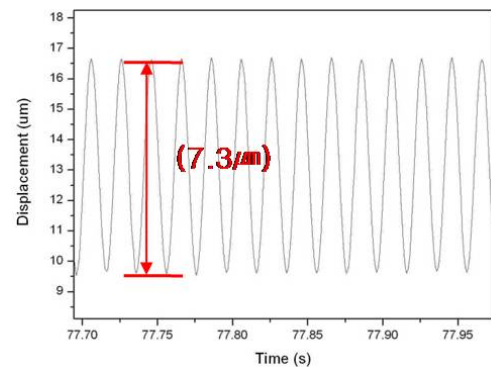
본 연구는 과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터사업 (R15-2006-022-세부과제번호-0)과 지식경제부의 전략기술개발 사업인 “대면적 미세 가공시스템 기술개발” 사업의 지원으로 수행되었습니다.



(a) Non-loaded



(b) Loaded



(c) Returned by Feedback System

Fig.8 Displacement Control by Feedback System

### 참고문헌

1. S. Patterson, E. Magrab, “The design and testing of a fast tool servo for diamond turning,” *Precession Eng.*, Vol 7, No. 3, 1985
2. H. Gutierrez, P. Ro, “Parametric Modeling and control of a long-range actuator using magnetic servo-levitation”, *IEEE Tran. On Magnetics*, Vol 34, No. 5, 1998.