

# FTS개발을 위한 Leaf-Spring설계 연구

## A Study on Leaf-Spring Design for FTS

\*이승준<sup>1</sup>, #이득우<sup>2</sup>, Lu-Hong<sup>2</sup>, 이상민<sup>2</sup>, 김미루<sup>2</sup>

\*S. J. Lee<sup>1</sup>, #D. W. Lee(dwoolee@pusan.ac.kr)<sup>2</sup>, Lu Hong<sup>3</sup>, S.M.Lee<sup>3</sup>, M.R.Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 첨단정밀공학, <sup>2</sup>부산대학교 나노메카트로닉스공학과, <sup>3</sup>부산대학교 나노융합기술학과

Key words : FTS, fast tool servo, leaf spring, PZT

### 1. 서론

Smart Surface Texturing 기술 분야는 Energy Saving 기술과 소형화 부품 생산의 일반화와 맞물려 전 세계 산업으로 확산 및 확대되고 있는 추세이다. 이에 따라 에너지 기술(Energy-Technology)과 나노 기술(Nano-Technology)의 발달과 함께 자연 모사기술을 바탕으로 한 친수성, 소수성 표면의 재현과 미세 광학제품의 가공에 대한 수요가 증가하고 있다. 친수성, 소수성 표면의 제품과 미세광학제품의 가공을 위해서는 수십~수 μm급의 패턴형상을 유지하며 nm급의 정밀도가 요구된다.

이러한 시대적 흐름으로 미세가공 시스템을 개발이 중요한 기술 중 하나로 자리매김 하고 있으며 생산성 향상을 위해 높은 가공속도에서 표면작업을 할 수 있는 FTS(Fast Tool Servo)가 개발되었다. FTS는 빠른 주파수 응답특성을 가지면서 정밀 이송이 가능한 피에조 액추에이터(Piezo Actuator)를 이용해 소재의 특성을 활용한 Leaf-Spring 형태로 그 메카니즘이 형성된다. 본 연구는 FTS개발에 앞서 기구적 핵심이 되는 Leaf-Spring에 관해 진행되었다.

### 2. Leaf-Spring 설계 및 해석

Fig. 1은 PZT actuator를 이용하여 개발될 FTS의 Leaf-Spring의 개념도이다. PZT actuator는 PZT housing과 Tool holder와 일체형으로 설계될 Leaf-spring부품에 조립되어 고정된다. 개념도에서 보여주듯이 고정된 PZT actuator는 전압의 크기에 따라 압축과 팽창을 반복하며 전,후로 가공 행정거리를 가지게 된다. PZT actuator의 전, 후 움직임에 따라 Tool holder는 Leaf-spring의 소재 복원력에 의해 Feedback되게 된다.

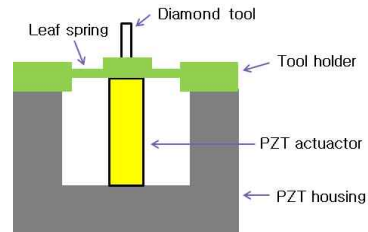


Fig. 1 Leaf-Spring concept with PZT actuator

FTS에 있어서 중요한 메카니즘적 역할을 하는 Leaf-Spring은 소재의 물리적 특성을 효과적으로 적용시킴 과 동시에 내구성 또한 뛰어나야 한다. 내구성은 High Frequency로 동작하는 FTS가 제품으로서 가져야 할 중요한 요소이다. 이러한 내구성을 위하여는 강성이 높아야 하며 같은 소재로 Leaf-Spring을 설계하였을 시 설계적 변수에 따라 그 강성도 달라진다. 그러므로 동일한 소재를 이용하여 설계될 Tool holder부품의 Leaf-Spring을 지지점을 달리하여 3가지로 구분하고 이에 따른 고유진동수를 알아 보았다.

Fig. 2는 Leaf-Spring의 설계적 변수를 보여준다. 변수는 지지방식의 차이에 따라 설계요소를 구분하였으며, 지지점의 차이로 2 point지지, 3 point지지 그리고 Total지지로 나누어 설계하였다. Total지지 point로 설계된 Leaf-Spring은 Disc-Spring으로 명명하였다.

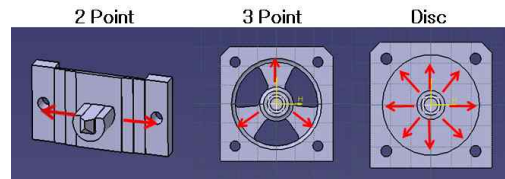


Fig. 2 Three type Designs of Leaf-Spring

이렇게 각각의 설계적 변수를 둔 Leaf-Spring은 Ansys workbench를 통하여 고유진동수 해석을 수행하였으며, 물성치는 SUS304소재를 이용하였다.

Fig. 3은 해석된 결과를 보여주는 결과이며, 2차 모드까지 도출하였다.

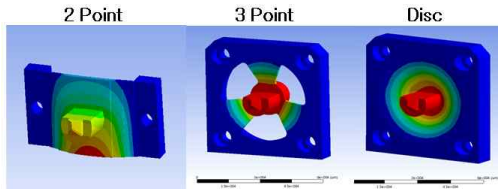


Fig. 3 Analysis results of Leaf-Springs

모드별로 그 결과값을 살펴보면 1차 모드에서 3가지타입 모두 전,후 방향으로 진동하며, 2차 모드에서는 좌,우로 진동함을 알 수 있었다. 이는 Spring 타입으로 설계된 얇은 판과 지지점에 Tool holder와 Tool의 무게로 인한 현상으로 사료된다.

Table 1 Natural Frequency results of three type designs

Design type	2 Point	3 Point	Disc
1st mode (kHz)	2.9	1.8	3.3
2nd mode (kHz)	3.2	2.6	4.8

각각의 고유진동수를 해석한 값은 모드별로 Table 1에 정리하였다. 결과를 살펴보면, 고유진동수에서 3point Leaf-Spring이 가장 낮은 것으로 나타났다. 이는 고유진동수에 있어 중요한 매개변수인 불균일한 질량에 의한 것으로 예측된다. 설계 변수를 검토하면, 2point Leaf-Spring과 Disc-Spring type의 경우는 3point Leaf-Spring에 비해 소재의 질량이 Tool holder주위로 상대적으로 넓게 분포되어 있음을 알 수 있다.

### 3. 결론

이와 같이 지지점을 기준으로 설계적 변수를 고려한 Leaf-Spring을 각각 설계하여 해석한 고유진동수를 Fig. 4에 그래프로 도식화 하였다. 그래프를 보면 쉽게 알 수 있듯이 고유진동수 부분에서는 Disc-Spring이 높게 나타난다. 이는 진동에 가장 민감한 부분인 Tool holder부분의 설계요소를 전체 지지로 힘의 분산이 이루어지기 때문으로 사료된다. 각각의 지지점을 바탕으로 해석을 수행한 결과, Disc-Spring의 효과가 높음을 예측할 수 있었다.

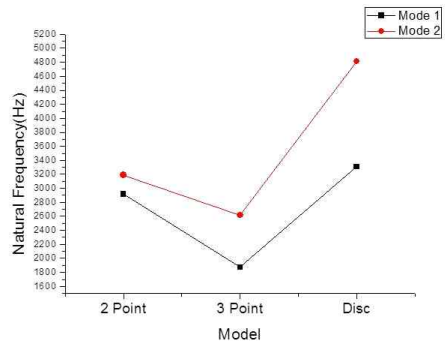


Fig. 4 Natural frequency graph of leap-springs

### 후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발 사업인 “Eco/Bio 산업의 기능성 부품 생산용 차세대 융복합 가공시스템 개발”사업과 과학기술부/한국연구재단 국가핵심연구센터사업(NCRC)의 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. S. Patterson, E. Magrab, “The design and testing of a fast tool servo for diamond turning,” Precision 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.
3. Hong Lu, S.C.Choi, S.M.Lee, C.H.Park, D.W.Lee, “Development of a Magnified Mechanism for Fast Tool Servo System”, ASPEN 2011. 2011.