

유한요소모델을 이용한 광주사장치의 구조동특성변경

Structural Dynamic Modification of Laser Scanning Unit using Finite Element Model

박철현* · 임승호* · 박영필* · 박노철* · 박경수† · 김형채** · 유재환**

Chul hyun Park, Seung ho Lim, Young-Pil Park, No-Cheol Park, Kyoung-Su Park,

Hyeong-Chae Kim, Jae-Hwan Yoo

1. 서론

광주사장치(Laser Scanning Unit: LSU)는 레이저 프린터(Laser beam Printer: LBP)에 적용되는 부품으로, 빔(Beam)을 주사하여 이미지를 형성시키는 역할을 한다. LSU는 광원인 레이저다이오드(Laser Diode), 회전하면서 빔을 지정된 위치로 편향시키는 폴리곤모터(Polygon Scanner Motor), 그리고 빔이 화상영역에 초점을 맺도록 사용되는 렌즈들로 구성되어 있다. 그림 1은 LSU의 개략적인 구조를 나타내고 있다.

최근 레이저프린터 시장은 고속, 고화질, 소형화를 키워드로 개발경쟁이 과속화되어 가고 있다. 이 중 고속화를 위해서 사용되는 방법 중 하나가 LSU내 폴리곤모터의 회전속도를 증가시키는 것이다. 폴리곤모터의 회전속도가 증가하면 모터의 회전주파수가 LSU 시스템 고유주파수(≈600Hz, 그림 2)에 근접하게 된다. 이에 따라 진동을 최소화 할 수 있는 LSU의 구조적인 강건설계가 필요하다. 본 연구에서는 프린터 고속화를 위하여 34,000rpm 이상으로 폴리곤모터를 회전속도를 증가시킬 때 발생하는 LSU의 진동해석과 구조동특성변경을 위하여 유한요소해석을 수행하였다.

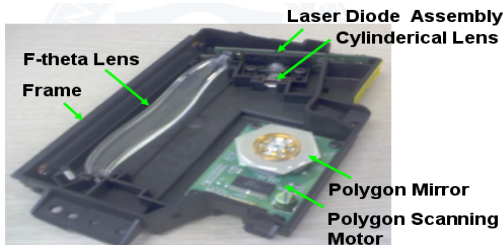


그림 1. LSU 구조

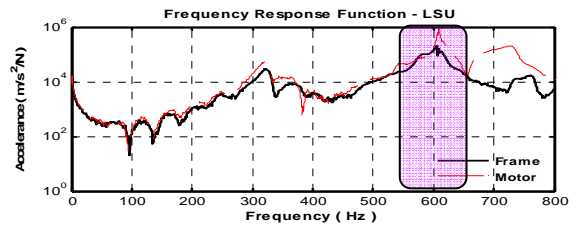


그림 2. LSU 주파수응답 분석

2. 유한요소해석

상용 유한요소해석 프로그램인 엔시스(Ansys)를 이용하여 LSU의 해석모델을 구축하였다. 폴리곤모터를 포함한 광학부품들이 체결되는 프레임(Frame)은 셸(Shell)요소로 모델을 구축하였고, 폴리곤모터, 렌즈 등의 광학부품들은 셸과 집중질량 요소를 이용하여 단순화하였다.

3. 유한요소모델 검증

LSU 구성부품들에 대하여 실험모달해석과 유한요소해석의 결과를 비교, 검증하였다. 그리고 리지드커플링(Rigid Coupling)을 이용해 각 부품들을 순차적으로 결합하여 그림 4와 같이 전체 유한요소모델을 구축하였다. 표 1은 실험모달해석과 유한요소모델의 고유주파수를 비교한 것으로 이를 통해 제안된 해석모델이 고유진동수, 모드를 잘 예측함을 알 수 있다.

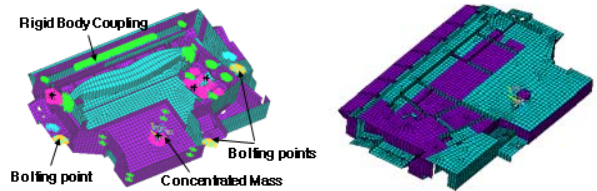


그림 3. LSU의 유한요소모델

| Unit : Hz | EMA | FEM | Error (%) | Mode |
|-----------|--------|--------|-----------|---------|
| 1st Mode | 326.71 | 334.25 | 2.26 | Banding |
| 2nd Mode | 599.88 | 604.92 | 0.83 | Torsion |
| 3rd Mode | 746.18 | 742.72 | -0.47 | Local |

표 1. 모달 파라미터 실험, 해석 비교

† 박경수; 연세대학교 기계공학과
E-mail : pks6348@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460
* 연세대학교 기계공학과
** 삼성전자 디지털프린팅 사업부

4. 구조동특성변경 과정 및 결과

4.1 파라미터 추출

폴리곤모터의 회전속도가 34,000rpm (566Hz) 이상으로 증가하면 LSU 의 두 번째 비틀림모드에 근접하고, 이에 기인한 과도한 진동으로 시스템 성능에 영향을 줄 수 있다. 동특성변경의 목적은 LSU 비틀림모드의 고유주파수를 증가시켜 가진주파수와 분리 시키는 것이다. 설계인자는 모달스트레인에너지(Modal Strain Energy) 분포를 기반으로 추출하였고, 프레임의 보강리브(Rib Stiffeners)형상, 단면형상, 시스템의 볼트 체결위치 및 폴리곤모터의 PCB 형상과 체결위치 등을 선정하였다.

4.2 프레임의 구조동특성변경

LSU 의 고유 주파수 및 강성을 증가 시키기 위한 방안으로 프레임의 보강리브 형상을 최적화 하였다. 우선 유한요소모델을 통해 모달 스트레인 에너지 분포를 확인함으로써 고유주파수의 감도가 높은 부분을 보강리브가 구성 될 영역으로 선정하였고 상용 최적화프로그램인 모델센터(Model Center) 내의 디자인익스플로어(Design Explore)를 이용하여 강성을 높이기 위한 리브위치, 형상을 결정하였다.(그림 5)

두번째 단계로 프레임 단면형상을 변경하였다. 비틀림모드에 민감한 부분은 3mm 내의 범위에서 두께를 보강하고, 강성에 비해 질량의 효과가 큰 부분은 최소화하거나 제거하였다.(그림 6)

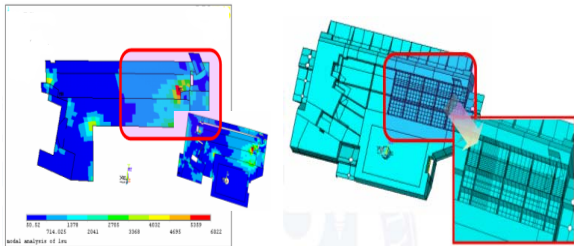


그림 5. 프레임 보강리브 위치 최적화

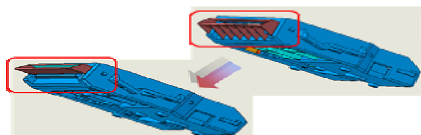


그림 6. 프레임 단면 형상 변경

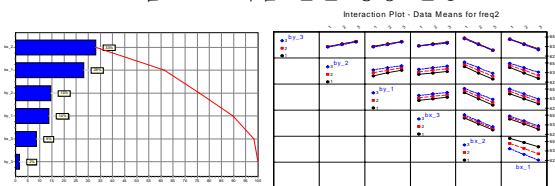


그림 7. 체결위치 설계인자들의 주효과 및 교호작용

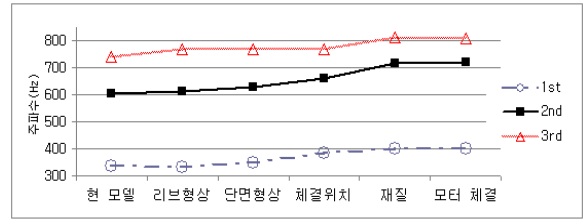


그림 8. 동특성 변경에 따른 고유진동수 변화

또한 프레임 재질을 검토 한 결과, 현 적용 중인 PC-GF20%과 비교해 mPPE-GF35%를 적용하면 동일 질량 안에서 5% 강성개선효과를 확인하였다.

4.3 LSU 체결 위치 변경

프린터 본체에 LSU 를 고정할 볼트 체결위치를 검토하였다. 검토방향은 엔시스와 모델센터 연계를 통한 실험계획법(DOE)을 이용하였다.(그림 7)

4.4 폴리곤 모터 구조 동특성 변경

LSU 내 폴리곤모터의 체결위치를 실험계획법으로 검토 한 결과 영향이 미비하였다. 향 후 위상 최적화 기법을 이용 하여 모터 PCB 에 대한 구조 동특성 개선을 진행하고자 한다.

4.5 개선 모델 성능 확인

지금까지 진동성능 개선을 위해 유한요소해석을 기반으로 구조 변경을 진행하였고, 비틀림모드의 고유진동수를 최대 16% 증가 시킬 수 있었다. 그림 8은 각 단계에 따른 효과를 나타낸다.

5. 결 론

본 연구에서는 LSU 의 진동해석 및 구조동특성변경을 위해 유한요소모델을 기반으로 해석을 수행하였다. 실험모달해석을 통해 해석모델을 검증하였고, 모달스트레인에너지 분포, 실험계획법 및 디자인익스플로어를 이용한 최적화 단계를 거쳐 LSU 의 구조동특성 개선을 확인하였다.

6. 후 기

본 연구는 삼성전자 프린팅사업부 지원을 받아 이루어졌습니다.

7. 참고 문헌

- [1] Kyungmoon Jung,2007,"Finite Element Analysis of Unbalnce Response of a High Speed Flexible Polygon Mirror Scanner Motor Considering the Flexibility of Supporting Structure" KSNVE, Vol.24,No.6
- [2]Jun-Hyeon Jo,2008,"Qualitative Noise Characteristics of Rotating Polygonal Disk Applied to Digital Printer Systems ", KSNVE, Vol.18,No.6, pp606-611