한국소음진동공학회 2008년 추계학술대회논문집, pp.54~55

# CAE를 이용한 Machine Vision System의 Frame형상 최적설계

## Optimal Design for Frame Shape of Machine Vision System using CAE method

김성래†·이지성*·이재우*·정재일**·임홍재**

Sung rae Kim, Ji sung Lee, Jae woo Lee, Jay Il Jeong, Hong Jae Yim

## 1. 서 론

나노 임프린트 리소그라피 기술은 현재의 포토 리소그라피를 획기적으로 대체할 수 있는 공정 중 하나로, 반도체 분야에서 각광을 받는 기술이다. 최근에, 이와 관련한 다른 연구에서는 정밀계측 기구들의 마이크로 진동에 대한 문제가 대두되어 정밀한 설계와 제어에 큰 영향을 받고 있다.(2) 이에 따라, 많은 국내 나노 임프린트 리소그라피 장비기술에서는 이러한 마이크로 진동을 줄이고자, 거대한 부피와 무게를 갖는 설계를 하고 있다.

그러나, 이는 실제적으로 기술이 일반화되어 응용함에 있어서 손실을 보일 수 있다. 본 연구는 이러한 시각에서 나노 임프린트 장비에 접근하여, 나노 임프린트 공정 중 레진의 경화된 패턴을 측정해서 정렬이 적합한지 확인하고, 경화 후에 레진의 두께를 측정하는 머신 비전 시스템을 구축하고, 이를 이루는 프레임에 대한 설계연구에 접근한다.(3)

## 2. 머신 비전 시스템의 구성

### 2.1 머신 비전 시스템의 배경

일반적으로 머신 비전 시스템은 사람의 육안으로 볼 수 없는 아주 미세한 진동에 대해 검사하는데 이용된다. 기존의 머신 비전 시스템 연구로는 마이크로 드릴의 마멸상태 연구나, 차량용 오일실(Oil-seal)(4), 너트 용접 등의 불량품 검사시스템 장비에 보편적으로 사용되는 장비이다. 나노 임프린트 시스템에서는 몇 층의 레이어를 적층시키는 공정에서 각 레이어의 상대 위치를 정렬할 때 사용되기도 하고, 나노 임프린트 전사 후 정렬 정도를 검사하는데 사용된다.

### 2.2 머신 비전 시스템의 구성

나노 임프린팅 공정 중에서, 경화된 레진의 패턴을 측정하고 정렬이 적합한지 확인, 측정하는 머신 비전 시스템을 3D CAD Tool을 이용하여 모델링 하였다. 또한, 상용 다물체 동역학 해석프로그램을 이용한 기구동역학 모델 Fig 1.과 같이 구성하였다. 머신 비전 시스템은 카메라부, 카메라 지지부(프레임), X, Y, Z축 방향 운동을 하는 리니어 가이드부로 나누어지며, X축 리니어 가이드에서는 한 축은 모터부가 구성되며 다른 한 축은 지지만 되는 방식이다.

## 3. 머신 비전 시스템의 고유진동해석

### 3.1 고유진동해석

시스템 내에서 유연특성이 크다고 판단되는 프레임과 카메라 클램프의 동강성 해석은 필수적이다. 프레임과 카메라 클램프에 대하여 Table 1.에 나타난 물성치를 갖는 유한요소모델을 만들었으며, 이 모델은 내부가 모두 폐쇄되게 모델링을 하였다. 먼저, 프레임은 각 모드에 대해 굽힘모드 188.57Hz, 463.58Hz와 비틀림모드인 406.34Hz, 492.44 Hz의 결과 값을 확인하였고, 카메라 클램프는 굽힘 모드 4451.4Hz, 7937.8 Hz, 비틀림 모드인 6129.9Hz, 10964 Hz의 결과 값을 확인하였다.

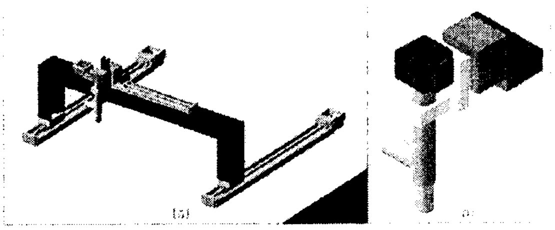

fig 1. Machine vision system: (a) part model, (b) camera

Table 1. Material properties of Frame

| Material | Aluminum |
|---|---|
| Young's modulus | 68900 $N/mm^2$ |
| Poisson's ratio | 0.35 |
| Density | 2.71 x $10^{-6}$ $kg/mm^3$ |

† 교신저자; 국민대학교 자동차전문대학원
E-mail : passrun@google.com
Tel : (02) 914-8812

* 국민대학교 자동차전문대학원

** 국민대학교 기계자동차공학부

## 4. 머신 비전 시스템 프레임의 형상 최적설계

### 4.1 미세진동(Micro-Vibration)

계측장비인 머신 비전 시스템에서의 진동요인들은 정밀한 계측을 어렵게 만들기 때문에, 이를 최소화 할 수 있는 구조의 설계가 필요하다. 따라서, 프레임과 카메라 클램프의 유연체 모델을 적용하여 머신 비전 시스템 내에서 발생 가능한 진동 요인에 대해 연구한다.

### 4.2 프레임의 형상 최적설계

머신 비전 시스템을 구성하는 프레임 모델은 내부가 가득 채워진 모델이다. 실제적으로 프레임에는 Y축과 Z축에 리니어 가이드의 모터와 같은 전장부를 연결하게 하는 공간확보가 불가피하다. 하지만, 이러한 공간을 임의로 만들 경우에는 프레임의 강성변화를 초래하게 되며, 이는 머신 비전 시스템의 마이크로진동에 직접적인 영향을 미칠 수 있다.

상용 위상 최적설계 프로그램을 이용하면, 강성을 유지하면서도 원하는 목적함수를 만족시킬 수 있는 형상 최적설계가 가능하다. 형상 최적설계 결과는 Fig 2.와 같이 나타난다. 형상 최적설계의 결과는 새로운 모델을 직접 제시하는 방식이 아니기 때문에, 이러한 결과를 참조하여 Fig 3.과 같은 새로운 형상의 프레임을 만들어야 한다.

### 4.3 새로운 프레임의 고유진동해석

새로 제시된 프레임은 형상 최적결과를 반영하여, 3D CAD Tool을 이용하여 모델링 하였다.

Table 4. Setup optimal design condition

| | |
|---|---|
| Objective to | Minimize to mass |
| Constraints to | 180 < 1st bending frequency |
| Design Variables | the Density of each element in the design space |

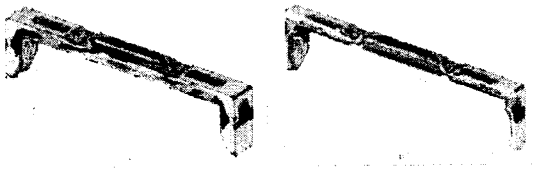

fig 2. The result of optimization for frame; (a) total, (b) section

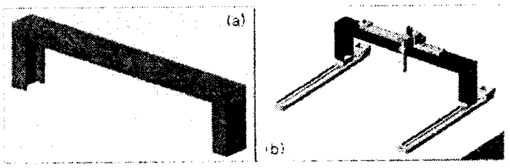


fig 3. (a) New frame, (b) dynamic analysis for system

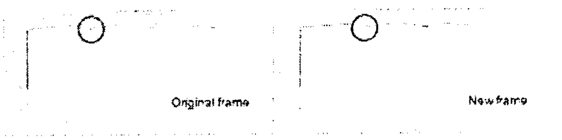


fig 4. Comparative result to displacement

새로운 프레임에 대한 고유진동 해석결과는 굽힘 모드 206.86Hz, 423.77Hz, 비틀림 모드 423.77Hz, 542.6Hz이며, 이는 원래 프레임 모델의 고유진동 해석결과보다 평균 7.04%의 증가를 보이고, 질량은 17.18kg에서 12.00kg으로, 30% 감소되었다.

### 4.4 프레임의 형상 최적설계

이렇게 제시된 새로운 프레임을 원래의 프레임처럼 유연체 모델로 적용하여 카메라 끝단의 Z축 변위를 Fig 4.와 같이 비교하여 검토하였다. Z축의 변위는 0.5㎛정도의 낮은 수준이며, 무시할 수 있을 정도의 아주 작은 변위차이를 보이는 것을 확인할 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 머신 비전 시스템의 구조물 최적설계를 위해 고려해야 될 사항에 대한 검토하였다. 먼저, 머신 비전 시스템에서 발생 가능한 마이크로진동을 줄이기 위해 다물체 동역학 해석 프로그램을 이용, 해석하였다. 시스템 내에서 유연특성이 크다고 판단되는 프레임과 카메라 클램프에 대해서는 유한요소모델을 생성하고 고유진동해석을 수행하였으며, 형상 최적설계 프로그램을 통해 프레임 최적 설계를 검토하였다.

하지만, 머신 비전 시스템은 앞서 고려된 내용의 진동 외에도, 프레임에 연결되는 리니어 가이드 내의 구동 모터의 진동 등의 다른 진동발생요인을 가지고 있다. 이러한 진동은 전체 장비에도 영향을 미치므로, 비전 시스템 같은 소단위 시스템 내에서의 진동을 정밀하게 다룰 수 있어야 한다.

이 연구를 통해 나노 임프린트 리소그라피 장비를 개발하는데 있어서 반드시 풀어야 할 진동문제에 대해 단편적으로 접근하였으나, 아직 완전한 원인 해석이나 해결 가능한 대안을 직접적으로 제시하지는 못하였다. 하지만, 문제의 해답은 추후에 진행될 연구를 통해 풀어나갈 수 있으며, 이 연구가 문제 해결에 가이드라인으로 활용될 수 있다.

## 후 기

본 논문은 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 작성되었음(과제번호 10583).