

# 카메라 휴대전화기용 자동초점 구동기의 반복충격 해석 Repeated Impact Analysis on auto focusing actuator of a camera cellular phone

\*성연욱<sup>1</sup>, 이원기<sup>1</sup>, #이문구<sup>1</sup>, 박하을<sup>2</sup>, 박규섭<sup>2</sup>, 이혜진<sup>3</sup>  
 \*Yeon-wook Sung<sup>1</sup>, Won Gi Lee<sup>1</sup>, #Moon. G Lee(Moongulee@ajou.ac.kr)<sup>1</sup>, Ha Yool Park<sup>2</sup>, KyuSub Park<sup>2</sup>, Hey-Jin Lee<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>아주대학교 기계공학과, <sup>2</sup>재영솔루텍 나노광학사업부, <sup>3</sup>한국생산기술연구원

Key words : Cellular camera phone, Automatic focusing actuator, Drop test, Finite element method, Leaf spring

## 1. 서론

휴대전화기 분야의 디지털컨버전스 (Digital Convergence) 요구에 따라 휴대 전화기에 카메라 모듈이 채용되기 시작하여 현재 거의 모든 휴대용 전화기에 카메라가 채용되고 있다. 카메라 모듈은 일반적으로 렌즈 (Lens), 영상센서 (Image Sensor), 커넥터 (Connector)로 구성된다. 렌즈는 촬영하려는 영상에 대한 빛을 영상센서에 맺게 한다.

본 연구에서는 카메라 모듈 구동기인 VCM (Voice Coil Motor)와 판 스프링을 사용한 자동초점 구동기를 장착한 휴대전화기가 손에서 미끄러져서 일반인의 귀 높이(1.5m)에서 떨어졌을 때의 충격 특성을 파악하고자 한다. 구체적으로 현재 제조업체에서 시행하고 있는 자동초점 구동기가 탑재된 모형전화 (Dummy Phone)의 반복 낙하시험의 충격을 유한요소해석으로 모사하려고 한다.

자동 초점 구동기의 성능에 가장 큰 영향을 미치는 판 스프링의 요소가 이러한 충격에 의해서 영구 변형을 일으키는 지 판단한다. 이때 해당 스프링의 응력에 대한 변형특성은 마이크로 인장시험기에서 해당 판 스프링을 인장 시험하여 얻은 결과를 기준으로 하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 자동초점 구동기 원리와 구성

자동 초점 구동기의 구성으로 VCM 은 스피커와 같이 영구자석과 코일로 구성된다. 이것은 영구 자석에서 발생하는 자속 (Magnetic Flux)과 코일에 흐르는 전류의 상호 작용에 의해 구동된다. 이때 플레밍의 왼손법칙을 이용해서 코일이 전류의 방향에 따라 상하로 움직인다.

판 스프링 (Leaf Spring)은 가동부인 렌즈어셈블리를 고정부인 자석, 요크 (Yoke) 커버에 연결하고 있다. 판 스프링은 광축을 따라 가동부를 상하방향으로 Tilting 없이 안내한다. 또한 코일에 발생한 힘과 판 스프링의 변형에 의한 힘 사이의 평형이 되는 위치로 렌즈가 움직이도록 가동부를 지지한다.

### 2.2 소성변형률

재료의 소성변형을 구하기 위해서는 Fig. 1 과 같이 스트레스 스트레인 선도가 사용된다.

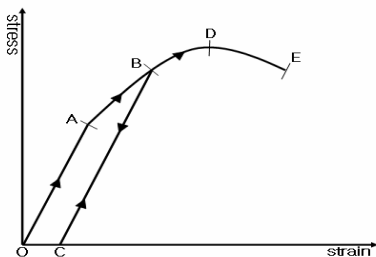


Fig. 1 Stress-Strain Curve

Fig. 1 를 살펴보면 O 점에서 항복점 A까지는 탄성변형이다. 이때는 하중을 제거하면 복원되어 아무런 영구 변형이 생기지 않는다. 그러나 점 B까지 하중을 가했다가 하중을 제

거하면 탄성 기울기 OA와 나란히 내려오며, 하중을 완전히 제거하면 C점에 이르게 되어 영구 변형량이 OC만큼 남게 된다. 이러한 소성변형이 판 스프링에 발생하면 AF 구동기의 오차의 요인이 된다. 이 연구에서는 소성변형을 폰 미세스 기준 (Von Mises Criteria)를 이용하여 판별하였다.

## 3. 마이크로 인장시험

### 3.1 마이크로 인장시험 시험편

자동 초점 구동기에 적용하고 있는 두 종류의 판 스프링 소재의 기계적 물성 데이터를 얻기 위해 마이크로 인장시험을 실시하였다. 일반적으로 금속 소재의 소성 특성은 입자 (Grain)의 크기에 의존한다. 그러므로 소재의 입자 크기와 소재의 치수 사이의 상관관계에 의해 그 기계적 물성은 많은 차이를 보이게 된다. 본 논문을 통해 연구하고 있는 자동초점 구동기 부품 중 판 스프링은 그 치수가 두께방향으로 수십  $\mu\text{m}$  이고 길이 방향으로 수 mm 이므로 일반적인 Bulk material property와는 다른 특성을 갖게 된다. 그러므로 본 논문에서는 마이크로 정도를 가지는 시편과 시험 방법을 적용하여 이러한 크기효과(Size Effect)를 고려한 기계적 물성 데이터를 취득하고자 한다. 대상 소재는 SUS304와 BeCu 두 종류를 선정하였다. 마이크로 인장 시험 시 사용된 시편 규격 및 제작된 시편의 사진은 Fig. 2와 같다.

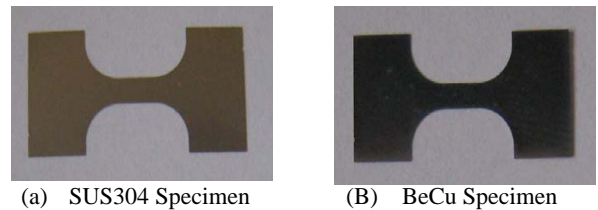


Fig. 2 Specimen shape

### 3.2 마이크로 인장시험

제작된 마이크로 인장 시험편을 인장 시험을 수행한 결과 Fig. 3, 4와 같은 응력-변형률 선도 (Stress-Strain curve)를 얻을 수 있었으며, 각 소재별 시험 데이터의 평균 결과는 Table. 2와 같다.

Table 2 Micro Tensile Testing Result

| Material Properties   | SUS-304 | Be-Cu  |
|-----------------------|---------|--------|
| Elastic Modulus (GPa) | 178.6   | 116.94 |
| Yield Strength (GPa)  | 1.21    | 0.99   |
| Yield Strength (GPa)  | 0.9     | 1      |

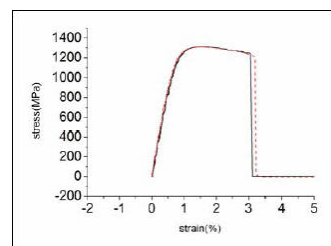


Fig. 3 SUS-304 Thin foil (t=30  $\mu\text{m}$ )

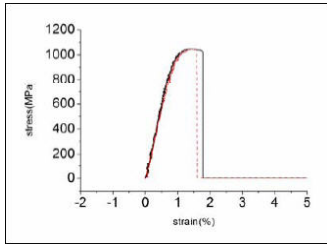


Fig. 4 Be-Cu Thin foil (t=30 μm)

4. 유한요소해석

충격해석을 하기 위한 전처리 단계 Pre-Process 로 상용소프트웨어인 HyperMesh 를 사용하여 요소를 hexa 요소 (C3D6R)로 모델링 한 후 ABAQUS 를 사용하여 1.5m 에서 자유 낙하하는 것을 모사하고 후처리(Post-Process)하였다. 불필요한 낙하시간을 줄이기 위하여 낙하 높이와 중력가속도에서 충격 속도 5.42 m/s 을 초기조건으로 주고 요소간의 접촉부위는 General Contact 조건을 사용하였다. 특히, 자동초점 구동기에 많은 충격이 가해질 것으로 예상되는 방향 (자동초점 구동기가 바닥 면으로 떨어지는 방향)으로 낙하 방향을 설정하여 Fig. 5 와 같이 모사를 진행하였다.

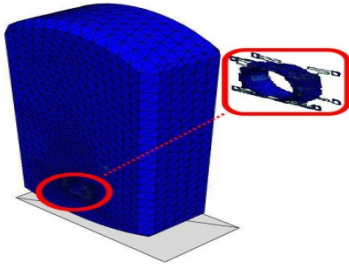


Fig. 5 Impact analysis: Upside-down Case

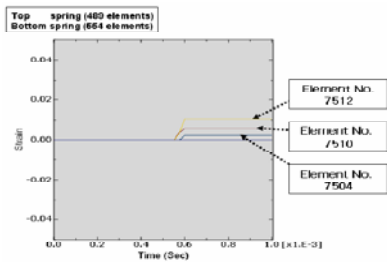


Fig. 6 Equivalent Plastic strain of for Upside-down case impact

1 회 낙하실험에서 Fig. 6 과 같이 관 스프링의 굴곡 부분에 큰 충격을 받아 변형을 일으키는 것을 확인할 수 있었다. 이 해석결과를 가지고 6 번의 낙하실험을 진행하여 Fig. 7 의 시간에 따른 가속도 그래프를 얻을 수 있었다.

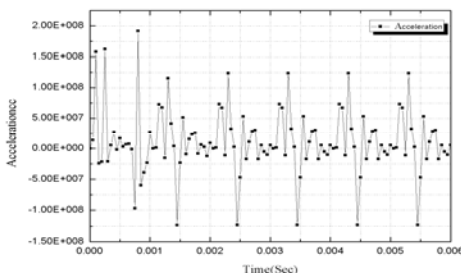


Fig. 7 Multi impact Analysis of Leaf Spring

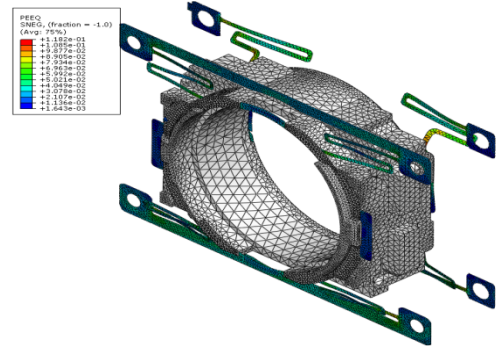


Fig. 8 Deformed Leaf Spring after 6times multi impact Analysis

이를 이용하여 Fig. 8 과 같이 굴곡부분의 요소의 최종소성 변형량을 구할 수 있고 취약부분의 변형형태, 타 부품간의 간섭, 스프링에 가해지는 힘의 량을 얻을 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 모형전화기 안에 삽입된 VCM 을 이용한 자동초점 구동기를 유한요소 해석을 통하여 실제 낙하 테스트를 모사해 보았다. 이를 이용하여 충격에 따른 소성변형량을 파악할 수 있으므로 문제가 있는 스프링에 대한 설계수정안을 마련할 수 있을 것이다.

기존의 설계 프로세스는 제작/시험 후 시행착오법에 의해서 문제를 해결하는 방법이다. 하지만 본 방법의 경우 비용/시간적 손실을 줄일 수 있고 내부 시스템의 변화를 시간에 따라 확인할 수 있기 때문에 초기 설계 시 유용성 있게 문제를 확인할 수 있다.

후기

본 연구는 지식경제부 주관 전략기술개발사업 "마이크로 기능성 초정밀 핵심요소부품 제조기반기술개발"의 제 3 세 부 "마이크로 액추에이터용 초소형 부품 제조 및 모듈화 기술"과 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업으로 수행된 연구결과로써 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Korea Electronics Technology Institute, "[Market analysis of promising electronic components] General situation of mobile communication parts and camera-phone modules," (2005).
2. Shon, Poong-Ok and Kim, Byungsun, Electronic Components Research Center, "[Strategy report] AF/Zoom Lens Unit market forecast, " (2005).
3. Shin, Youngchul, 2005, "A study on linear motion VCM actuator for mobile devices," Master Thesis, Dept. of Mech. Eng. Seogang University, 2005, pp.25~28.
4. Richard G. Budynas, "Advanced strength and applied stress analysis," McGraw-Hill, 1977, Chap. 3.
5. A. Gilchrist and N.J. Mills, "Modeling of the impact response of motorcycle helmets," International Journal of Impact Engineering, 15(3), 1994, 201~218.
6. ABAQUS Version 6.7 Documentation