마이크로 스피커 진동판 두께변화에 따른 진동특성 분석

Vibration Analysis of Micro-speaker Diaphragm considering Thickness Variation

*김경민1, 황명우2, 문세환2, #박 근2

*K. M. Kim¹, M. W. Hwang ², S. H. Moon², [#]K. Park (kpark@seoultech.ac.kr)² ¹서울과학기술대학교 NID융합기술대학원, ²서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

Key words: Micro-speaker, Diaphragm, Vibration, Thermoforming, Thickness Variation

1. 서론

현재사회는 다양한 개인용 멀티미디어 기기의 보급으로 인해 시공간의 제약 없이 미디어 콘텐츠를 즐길 수 있게 되었다.⁽¹⁾ 이러한 현상으로 멀티미디어 기기들에 높은 사양을 요구하게 되었으며, 특히 소형 스피커의음향 및 음질특성에 대해 여러 가지 연구가진행되었다.⁽²⁾

스피커의 구성 요소 중 소리를 발생시키는 진동판(Diaphragm)은 다양한 분야의 기술이 필요하다.⁽³⁾ 진동판은 여러 분야의 기술 중, 열성형(Thermoforming) 공정을 통해서 생산되 기 때문에 진동판의 균일도 역시 음질에 영 향을 미치는 중요한 요인 중 하나이다.⁽⁴⁾

따라서 본 연구에서는 열성형 공정을 통해 필름의 두께분포에 대해 분석하고, 이것을 이용하여 두께변화에 따라 강성 및 진동특성 의 차이를 고찰하는 것에 목표를 둔다.

2. 열성형 공정을 통한 두께분포 예측

Fig. 1은 해석에 사용된 진동판 단면 형상이다. 진동판의 6.3~6.5㎜부분에 코일이 부착되어있다.

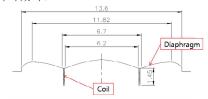


Fig. 1 Sectional shape and dimensions by diaphragm

진동판은 열성형 공정 중, 압공 성형을 통하여 생산되고, 성형시 부분적으로 3~4%의 두께편차를 가지는 두께의 진동판이 생성된

다. 이러한 두께분포를 고려하여 강성 및 진동해석을 수행하기 위해 POLYFLOWTM를 이용하여 성형해석을 수행하였다. 진동판의 재질은 PET, 초기두께는 9/m로 설정하였으며해석은 실제 공정과 같은 조건으로 진행되었다. 해석 조건은 Table 1에 도시하였다.

Fig. 2의 해석결과를 보면, 코일이 부착되는 부분(B)과 가장자리(D)의 두께가 상대적으로 작은 것을 알 수 있다. 이는 진동판의 돔 부분이 가장 먼저 성형이 완료되고 그 후에 성형이 되기 때문인 것으로 판단된다. 계산된 두께의 평균값은 8.84㎞이며, 결과값을 가지고 강성 및 진동해석을 수행하였다.

Table 1 Condition of thermoforming analysis

| Material | PET | | |
|---|---------|--|--|
| Translation Velocity(mm/s) | 0.01 | | |
| Inflation pressure imposed(kPa) | 490 | | |
| Viscosity(Pa·s) | WLF law | | |
| Initial Temperature($^{\circ}\mathbb{C}$) | 80 | | |
| $\text{Maximum Temperature}({}^{\mathbb{C}})$ | 180 | | |
| Initial thickness(µm) | 9 | | |

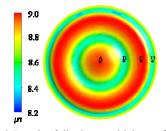
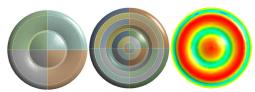


Fig. 2 Result of diaphragm thickness from thermoforming analysis

3. 두께변화를 고려한 진동특성 분석

본 연구에서는 진동판의 두께변화를 고려하여 강성해석 및 진동해석을 수행하기 위하여 ANSYSTM을 사용하였다. 해석 모델은 두께 9/m(Type 1), 성형해석 완료 후 두께 평균(Type 2), 두께분포를 고려한 모델(Type 3), 열성형 해석 결과 모델(Type 4)의 4가지로 해석을 수행하였다. 모델에 대한 그림은 Fig. 3에도시하였다. 진동판의 재질은 PET, 코일의재질은 알루미늄(Al)을 사용하였으며, 코일에작용하는 압력은 2,4,6,8,10kh의 5가지 경우로설정하였다. 각 재료의 물성은 Table 2에 도시하였다.



Type 1, 2 Type 3 Type 4 Fig. 3 Analysis models of diaphragm

Table 2 Physical properties for the FE analysis

| Material | Aluminum | PET | |
|---------------------|----------|------|--|
| Density(kg/m³) | 2744 | 1400 | |
| Young's modulus(@a) | 70 | 2.7 | |
| Poisson's ratio | 0.33 | 0.4 | |

Table 3에 Fig. 2에서의 A와 C지점에서의 강성해석 결과 및 진동해석 결과를 정리했다. 두께가 균일한 경우, Type 1보다 Type 2일 때 강성 및 1차 고유진동수가 약 4% 감소한다. 그리고 두께 분포를 고려한 경우에는 Type 2와 3을 비교하면 크게 차이가 없으나, 열성형 해석을 고려한 Type 4의 경우는 Type 1, 2의 강성보다 10~12%의 증가를 보인다.

Table 3 Comparison of FE analysis results

| | Type 1 | Type 2 | Type 3 | Type 4 |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| Stiffness A (N/m) | 34.62 | 33.08 | 33.57 | 35.67 |
| Stiffness C (N/m) | 190.23 | 182.08 | 182.42 | 213.14 |
| 1st Frequency(Hz) | 308.78 | 302.23 | 304.46 | 314.05 |

마이크로 스피커의 음향특성 향상을 위해 서는 강성과 1차 고유진동수가 작을수록 좋으므로 두께가 균일한 진동판이 두께분포를 고려한 진동판보다 음향특성을 향상시키는데 더 유리하다고 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 마이크로 스피커 진동판의 두께변화에 따른 진동특성 분석에 대해 고찰 하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 진동판의 음향특성 분석을 위해 열성형 공정을 통하여 두께의 균일도를 확인, 성형 해석 완료 후, 코일이 위치하는 부분의 필름 이 더 얇게 성형되는 것을 확인하였다.
- (2) 진동판이 균일할 때, 두께가 얇을수록 강성 및 1차 고유진동수가 감소한다.
- (3) 진동판의 두께분포를 고려한 결과 강성 및 1차 고유진동수가 증가하는 경향을 확인 할 수 있었다.
- (4) 진동판의 음향특성 향상을 위해 강성 및 1차 고유진동수가 감소하는 것이 좋으므 로 진동판이 균일하게 성형되어야 더 유리하 다.

후기

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술재단의 전략기술인력양성사업의 지원으로 수행된연구결과이며, 지원해 주신 (주)다이나믹 모션 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- 1. Kwon, J.H., Kim, K.S., Bang, K.C., and Hwang S.M., "Analysis of Total Harmonic Distortion in Microspeaker Considering Coupling Effect," Trans. Kor. Soc. Noise and Vib. Eng., 18, 473~479, 2008
- 2. Kim, K.m., and Park, K., "Analysis of Vibration Characteristics of Micro-speaker Diaphragm by Considering the Shape," Trans. Kor. Soc. Precision. Eng., 2012
- 3. Lee, T. K., Kim, B. S., and Cho, T. J., "A Study on the Acoustical properties of micro-speaker according to comb teeth shape of the diaphragm," Trans. Kor. Soc. Mach. Tool Eng., 17, 124~131, 2008