열성형 공정의 수치해석을 통한 마이크로 스피커 진동판의 두께분포예측

Numerical Simulation for the Thermoforming Process of Micro-speaker Diaphragms

*문세환 [1], 황명우 [1], 김경민 [2], #박 근 [1]

*S. H. Moon[1], M. W. Hwang, K. M. Kim[2], #K. Park(kpark@seoultech.ac.kr)[1]

[1] 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과, [2] 서울과학기술대학교 NID 융합기술대학원

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

1. 서론

현재 생활에서 멀티미디어 기기가 삶의 비중을 크게 차지하고 있다. 기술발전과 함께 시간, 공간의 제약이 없어지고 있으며 한 번에 많은 일을 소화할 수 있게 되었다. 이러한 현상으로 멀티미디어 기기들은 더 많은 기능과 사양을 요구하게 되었다.(1)

멀티미디어 기기가 요구되는 사항 중 하나가 음향이다. 더 좋은 음질의 소리를 얻기 위해서 스피커의 사양이 중요한 평가요소가 되었다. 그 중 소리 발생 부분인 진동판(Diaphragm)의 진동 및 음질특성이 주요 연구분야로 주목 받고 있으며, 진동판의 특성을 분석하기 위해서 구조 및 강성, 진동해석이 진행되고 있다.(2)

본 연구에서는 진동판 특성 분석에 있어 더 정확한 분석을 위해 두께 인자를 포함하려고 한다. 따라서 진동판의 열성형(Thermoforming) 공정에 따른 두께분포를 분석하는데 목표를 둔다.

2. 스피커 진동판의 두께 측정

스피커 진동판은 일반적으로 열성형 공정으로 제작된다. 본 연구에서는 스피커 진동판의 열성형 후, 두께분포를 측정하였다. Fig. 1은 연구에 사용된 진동판으로 24개의 빗살무늬가 있는 진동판을 사용하였으며, 재료의 물성은 Table 1에 도시하였다.

Fig. 2 는 실제 진동판의 두께분포를 나타낸 그래프이다. Fig. 1에 표시한 A-A' 단면에 대해 영상현미경을 이용하여 두께분포를 측정하였다. 일정한 구간의 두께를 측정하고 보간법을 이용하여 최종두께분포를 도출하였다. 두께분포의 특성으로 빗살무늬 구간에서 큰 두께변화를 보이는데 최대 3.76㎛의 차이를 보인다.

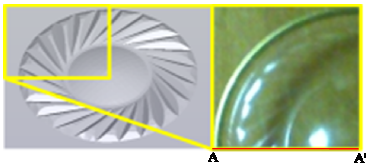

Fig. 1 Diaphragm model and prototype

Table 1 Physical properties for the PET film

Material	PET
Density(kg/m^3)	1400
Young's modulus(GPa)	2.7
Poisson's ratio	0.4

이후 연구로는 두께측정값을 열성형 해석의 두께분포와 비교함으로써 측정값에 신뢰성을 부여하는 것을 목적으로 한다.

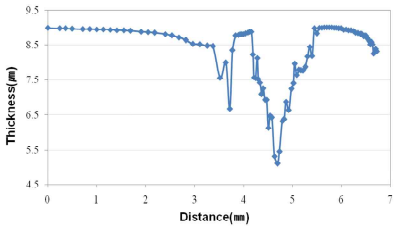

Fig. 2 Thickness profile of speaker diaphragm

3. CAE 해석을 통한 진동판 두께분포 예측

열성형으로 생산된 스피커 진동판이 수치해석을 통하여 어떠한 두께분포를 갖는지 고찰하

기 위해 POLYFLOW™를 사용하여 실제 공정과 같은 조건을 설정, 성형 해석을 진행하였다.

진동판의 재질은 PET이며, 초기두께 9㎛로 설정하였다. 해석의 단순화와 대칭성을 고려하여 원래 모델의 4분의 1의 크기로 해석을 진행하였다. 해석에 대한 각 조건과 물성을 Table 2에 도시하였다.

Table 2 Thermoforming analysis conditions

Material	PET
Translation Velocity(㎜/s)	0.01
Inflation pressure imposed(㎪)	490
Viscosity(㎩·s)	WLF law
Initial Temperature(℃)	80
Maximum Temperature(℃)	180
Initial thickness(㎛)	9

성형조건 중 Viscosity에 사용된 WLF law는 유리전이 온도에서의 물질 점도를 가장 잘 나타내는 식으로서 고온에서의 고분자 필름의 점도를 표현하기 위해 사용하였다.

식 (1)에서 η_0 는 유리전이 온도에서의 점도, C_1, C_2 는 물질특성상수, T_g 는 유리전이온도를 의미한다.

$$\eta(T) = \eta_0 \exp[\frac{-c_1(T - T_g)}{c_2 + T - T_g}] \qquad (1)$$

Fig. 3에 CAE해석을 통해 예측된 진동판의 두께분포를 도시하였으며, 빗살무늬 주변에서 두께감소가 큼을 알 수 있다.

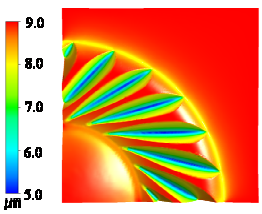

Fig. 3 Diaphragm Thickness distribution

Fig. 4에 도시한 그래프는 실험과 해석값을 동시에 비교한 결과이다. 빗살무늬부분에서의 두께감소가 실험과 해석이 유사한 경향을 보이는 것을 확인 할 수 있다. 이는 금형 형상에서 빗살무늬 부분이 다른 부분보다 깊게 파여있기 때문에 성형시 필름이 인장력을 받게 되는 것으로 분석된다. 이로 인해 빗살무늬에서 큰 두께변화를 보이는 것으로 판단된다.

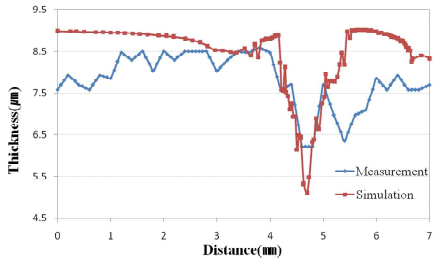

Fig. 4 Comparison of the diaphragm thickness profile

4. 결론

본 연구에서 마이크로 스피커 진동판 형상에 따른 두께분포에 대해 분석하였다. 결과는 다음과 같다.

(1) 빗살무늬 부분에서의 두께값의 변화가 큰 것으로 예상되고 측정되었다.

(2) 실험과 해석이 유사한 경향성을 보여 차후 진동판의 연구에 두께라는 인자를 추가하여 신뢰성이 높은 연구를 진행 할 수 있을 것으로 판단된다.

후기

본 연구는 한국산업기술재단의 I-ACE 사업의 지원으로 수행된 연구결과이며, 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
2. Kim, K.m., and Park, K., "Analysis of Vibration Characteristics of Micro-speaker Diaphram by Considering the Shape," Trans. Kor. Soc. Precision. Eng.