

유한요소해석을 리용한 씬발변환자제작과정에서의 정수분산개선방법

리의환, 박명일

씬발변환자제작에서 중요한 문제는 변환자의 특성변화에 큰 영향을 미치는 금속모자의 기하학적치수를 정확히 보장하도록 형태제작과 모자성형, 복합을 기술적요구에 맞게 정확히 진행하는것이다.[1-5] 적은 수량의 씬발변환자를 제작하는 경우에는 이러한 기술적요구를 만족시키기 위한 손로동과 검사가 가능하지만 많은 수량을 제작하는 경우에는 기술적요구를 균일하게 보장하기 힘든것으로 하여 기본모드의 공진주파수를 중심으로 정수분산이 있게 된다.

우리는 유한요소해석을 리용하여 오목구조형씬발변환자를 제작하는 과정에 발생하는 정수분산의 원인을 해석하고 그 개선대책을 론의하였다.

1. 압전사기와 금속모자사이 에폭시층두께에 따르는 정수분산

그림 1과 같은 기하학적구조를 가진 30여개의 오목구조형씬발변환자를 제작하고 그것의 특성을 검사하였다. 30여개의 변환자에 대한 검사결과 주파수-전도도특성이 정상상태인 변환자는 30%정도밖에 안되였으며 대부분 변환자들(70%)의 주파수-전도도특성은 그림 2에서와 같이 비정상적으로 나타났다.

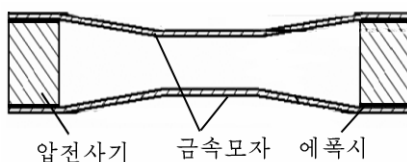


그림 1. 오목구조형씬발변환자의
기하학적구조

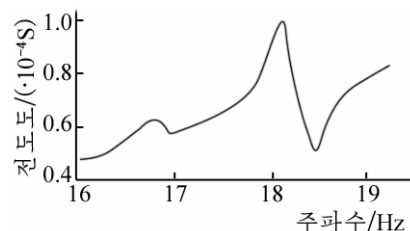


그림 2. 제작된 변환자의 주파수-전도도특성

이러한 정수분산의 원인을 해명하기 위하여 유한요소해석도구를 리용하여 압전사기와 아래우 금속모자사이의 에폭시층의 두께를 서로 각이하게 취하고 그것의 진동모드해석과 주파수-전도도해석을 진행하였다.

진동모드해석결과 에폭시층의 두께가 서로 다를 때 대칭모드와 비대칭모드가 함께 나타났으며 비대칭모드는 보다 낮은 주파수에서, 대칭모드는 높은 주파수에서 나타났다. 이때 비대칭모드에서 아래우의 금속모자들은 둘 다 같은 방향으로 진동하고 대칭모드에서는 서로 반대방향으로 진동하는것으로 하여 비대칭모드에서도 압전사기의 작은 구부림이나 체적변형을 일으키게 된다.

ANSYS해석을 통하여 압전사기에 2개의 금속모자를 접착하는 에폭시층의 두께에 따르는 변환자의 주파수-전도도특성을 고찰하였다.(그림 3)

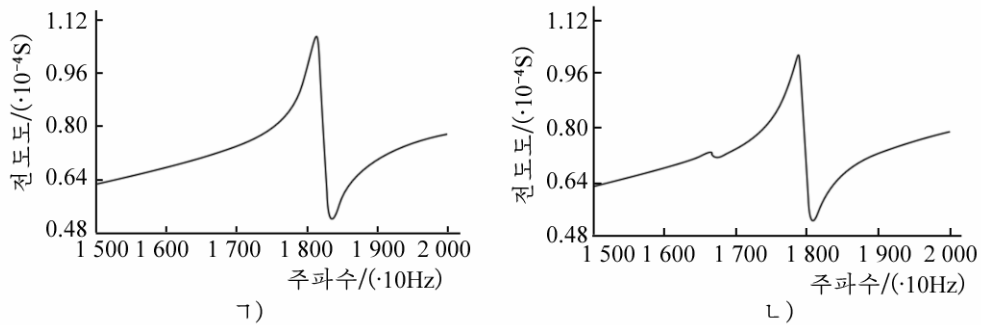


그림 3. 에폭시층의 두께에 따르는 변환자의 주파수-전도도특성
 1) 에폭시층의 두께가 같은 경우, 2) 에폭시층의 두께가 서로 다른 경우

그림 3에서 보는바와 같이 에폭시층의 두께가 같은 경우에는 대칭모드에 해당하는 전도도특성만이 나타났으며 에폭시층의 두께가 서로 다른 경우에는 대칭모드앞에 기하학적 구조의 비대칭으로 인한 비대칭모드가 또 나타났다.

다음 에폭시층의 두께차가 변환자의 공진주파수와 전기력학결합결수에 미치는 영향을 고찰하였다.(그림 4)

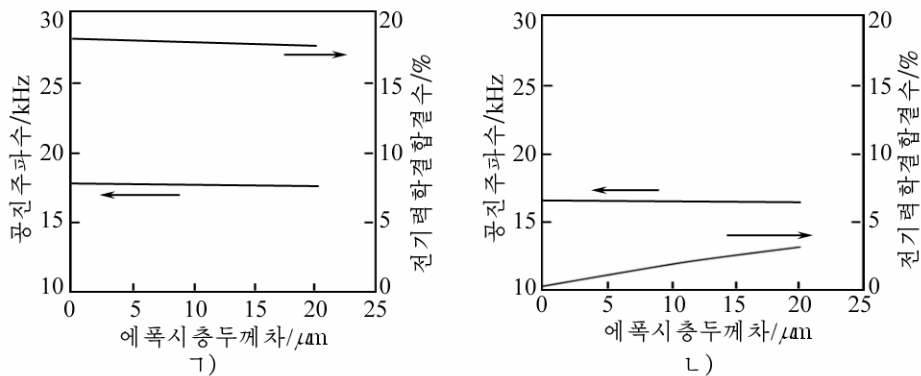


그림 4. 에폭시층의 두께차에 따르는 공진주파수와 전기력학결합결수의 변화
 1) 대칭모드, 2) 비대칭모드

그림 4에서 보는바와 같이 에폭시층의 두께차가 0~20 μm 에서 변할 때 변환자의 대칭모드에 해당하는 공진주파수는 기본적으로 일정하고 전기력학결합결수는 약 0.9%정도 감소하였으며 비대칭모드에 해당하는 공진주파수는 대칭모드에 해당하는 공진주파수보다는 작고 전기력학결합결수는 3%로 증가하였다. 이로부터 에폭시층의 두께차로 인한 비대칭 구조가 변환자의 기본모드(대칭모드)에 직접적인 영향을 준다는것을 알수 있다.

2. 금속모자의 홈깊이에 따르는 정수분산

앞에서 고찰한바와 같이 에폭시층의 두께차로 인한 비대칭구조가 변환자의 기본모드(대칭모드)에 직접적인 영향을 준다면 압전사기의 아래우 금속모자홈깊이나 모자두께차로 인한 비대칭구조 역시 변환자의 기본모드에 영향을 준다고 가정할수 있다.

모자홈깊이의 차(0~20 μm)가 있는 경우 주파수-전도도특성을 그림 5에 보여주었다.

그림 5에서 보는바와 같이 모자홈깊이가 차이날 때 비대칭모드에 해당하는 전도도곡선은

에폭시층의 두께가 차이날 때의 비대칭모드의 경우(그림 3의 ㄴ))보다 현저히 나타났다.

홈깊이의 차에 따르는 비대칭모드에 해당하는 공진주파수와 전기력학결합결수의 변화를 그림 6에 보여주었다.

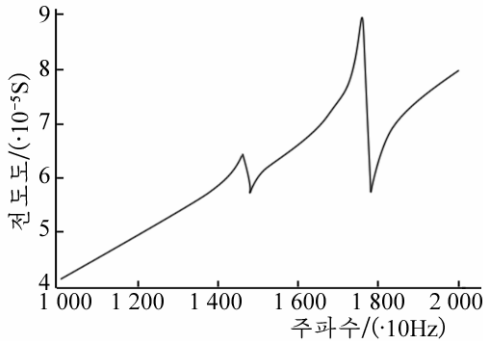


그림 5. 모자홈깊이의 차이가 있는 경우 주파수-전도도특성

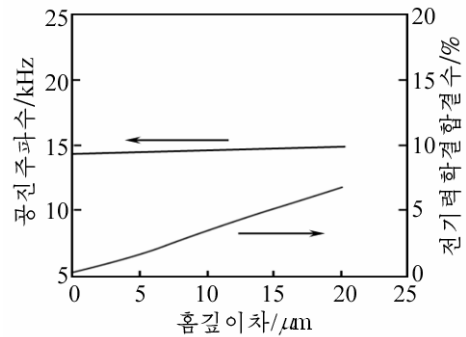


그림 6. 홈깊이의 차에 따르는 비대칭모드에 해당하는 공진주파수와 전기력학결합결수변화

그림 6에서 보는바와 같이 홈깊이차가 증가함에 따라비대칭모드에 해당하는 기본공진 점은 약간 증가하며 홈깊이차가 $20\mu\text{m}$ 정도일 때 전기력학결합결수는 7% 더 증가한다.

이와 같이 오목구조형씬발변환자제작과정에 에폭시층의 두께와 금속모자의 홈깊이의 편차는 변환자에서 비대칭공진모드가 일어나는 원인으로 된다. 변환자에서 비대칭진동모드의 영향으로 요구하는 대칭진동모드의 에너지효율을 얻을수 없으며 주어진 주파수대역에서의 감도를 저하시키거나 변환자내부에 이상응력을 발생시킨다.

이 문제를 해결하기 위하여 금속모자의 후란지부분과 고리형압전사기의 고리접착부분에 에폭시층을 균일하게 입히기 위한 지구를 특별히 제작하여 압전사기와 금속모자와의 복합을 진행하였다. 또한 금속모자홈깊이의 비대칭성을 줄이기 위하여 $1\mu\text{m}$ 의 정확도를 가진 두께측정기를 리용하여 금속모자들의 선별검사를 진행하였다. 그리하여 30여개의 변환자를 복합하여 정상상태의 변환자를 제작하기 위한 실수율을 30%로부터 86.6%까지 높였다.

맺 는 말

유한요소해석도구인 Ansys15.0을 리용하여 많은 량의 오목구조형씬발변환자를 제작하는 과정에 발생하는 정수분산의 원인이 금속모자의 홈깊이가 서로 다르고 압전사기와 아래우 금속모자들사이의 에폭시층두께가 서로 다르게 복합되는데 있다는것을 밝혔다.

참 고 문 헌

- [1] C. Chen; Materials Research Innovations, 18, 2, 136, 2014.
- [2] F. H. Tian; Torpedo Technology, 15, 3, 51, 2007.
- [3] A. Christine et al.; J. Electroceram, 20, 139, 2008.
- [4] Y. Q. Du; Torpedo Technoldgy, 17, 6, 49, 2009.
- [5] H. Zhao; Journal of the Ceramic Society of Japan, 118, 10, 909, 2010.

Ways of Improving Straggling Parameter in Fabrication of Cymbal Transducer Using Finite Element Analysis

Ri Ui Hwan, Pak Myong Il

We verified that the main reason of straggling parameter existence in fabrication of the concave cymbal transducer is because that the metal endcaps were different in the cavity depths and the thickness of epoxy bonding layers between piezoelectric ceramic and metal endcaps varied in upper and lower parts. After taking a measure, the manufacturing yield of the transducer increased from 30% to 86.6%.

Keywords: cymbal transducer, straggling parameter, symmetric mode, unsymmetric mode