

박 정 학* 사 공 건 (동아대학교 전기공학과)

Dielectric and Piezoelectric Properties of Piezoceramics/Polymer
3-3 Composites for Hydrophone Applications

J.H. Park* & G. Sa-Gong(Dong-A University)

Abstract

In this study, piezoceramics/polymer composites with 3-3 connectivity were made by BURPS(Burnout Plastic Sphere) technique with PZT ceramics and PMMA sphere(50 - 80 μ m). And the dielectric and piezoelectric properties dependent on the PZT vol.% were investigated. The dielectric constant(K_{33}) of 3-3 composites is increased almost linearly with increasing the PZT vol.%, while piezoelectric coefficient(d_{33}) is slightly increased.

I. 서 론

PZT계 압전 세라믹은 압전성과 전기기계 결합특성이 우수하여 에너지 변환소자로 널리 이용되어 왔다. 그러나 압전 세라믹의 단일상이 갖는 한계성으로 인하여 압전 세라믹 단일상만으로는 부품 개발 및 그 응용성과 성능 향상의 측면에서 어려움을 지니고 있다. 따라서 이들을 개선하기 위해서 세라믹과 고분자를 조합한 압전 Ceramics/Polymer Composites(複合 壓電體)가 개발되었다. 복합 압전체의 제작과 특성에 대해서는 Newnham 등에 의해 세라믹과 제 2 상에 대해 접속도(connectivity)¹⁾의 개념이 도입된 이후 많은 연구가 진행되어 오고 있으며, 3-3형 복합 압전체에 대해서는 Skinner가 lost-wax법을 사용하여 처음으로 제작한 이후 이에 대한 연구가 계속 진행되어 오고 있다.²⁻³⁾

본 연구에서는 PZT 세라믹과 기공이 3차원적으로 상호 연결된 다공성 세라믹을 BURPS(Burnout Plastic Sphere)법⁴⁾으로 제조한 후, Epoxy수지를 함침시켜 3-3형 복합 압전체를 제조하고 복합체를 제조하는 과정에서 PZT세라믹의 체적비가 복합 압전체의 유전 및 압전 특성에 미치는 영향에 대하여 연구하였다.

II. 실험 방법

본 실험에서는 세라믹 Filler로는 PZT를, Plastic Sphere로는 직경 50-80(μ m)인 PMMA(polymethylmethacrylate)를 출발 원료로 하여 압전 세라믹과 Sphere와의 wt%를 변화시켜가며 건식 혼합한 다음 동압, 성형하였다. 성형을 마친 시편은 450($^{\circ}$ C)의 온도에서 Plastic Sphere를 휘발시킨후 1250($^{\circ}$ C)의 온도에서 1시간 소결하여 다공질 시편을 얻었다. 다공질 시편에 액상 고분자인 epoxy수지를 진공 함침시킨 후 상온 건조용 은전극을 도포하여 세라믹/고분자 3-3형의 복합 압전체를 제조하였다. 분극은 70($^{\circ}$ C)의 실리콘 기름 중에서 20-25(KV/cm)의 전계하에서 시행하였고, 유전율 및 유전손율은 LF-Impedance Analyzer(HP4192A)를 사용하여 구하였으며, d_{33} -meter를 사용하여 압전 정수를 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

그림 2는 다공질 세라믹 시편의 밀도를 나타내고 있는

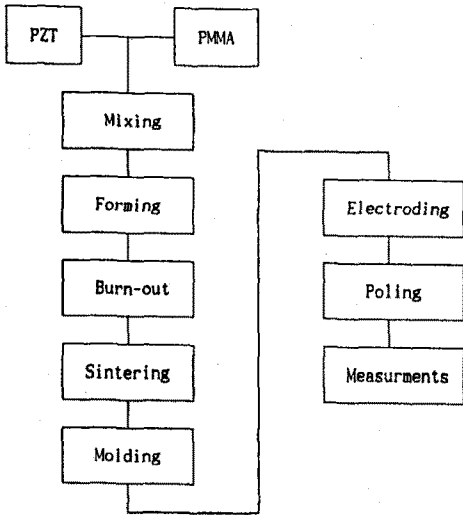


그림 1. 3-3복합 압전체의 제조공정

데, 측정된 밀도로 부터 아래의 식(1)을 이용하여 기공율을 계산하였다.

$$\rho^* = \rho^*(p) = \rho(1-p) \quad (1)$$

여기서 ρ^* 는 측정된 밀도, ρ 는 PZT 단일상의 밀도이며, p 는 기공율이다. 압전 세라믹 분말과 혼합시 PMMA Sphere의 혼합량이 증가함에 따라 소결된 시편의 밀도의 값은 5.8-4.7(g/cm³)로 본 연구에서 소결한 단일상 PZT의 밀도(7.7(g/cm³))에 비하여 다소 낮은 값을 나타내었다. 또한 기공율은 24.7(%)에서 39(%)까지 증가하였다.

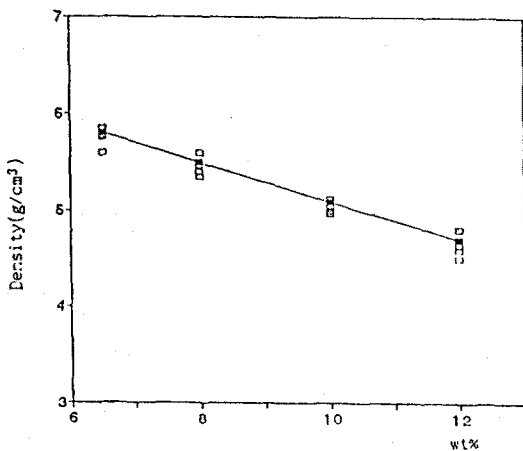
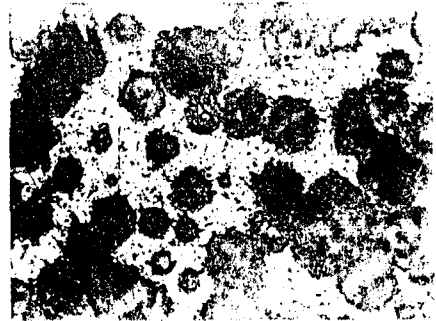


그림 2. 다공질 세라믹의 밀도

그림 3(a)는 다공질 시편의 광학현미경 사진으로서 소결

체는 PZT Matrix에 50-80(μm)의 기공의 존재가 균일하게 분포되어 있음을 알 수 있으며, 이는 구형 PMMA입자가 열분해에 의해 사라졌기 때문이다. 그림 3(b)는 소결된 시편에 Epoxy수지를 진공 함침시킨 3-3 복합 압전체의 광학 사진으로서 각 상이 비교적 양호하게 연결되고 있다.



(a)



(b)

그림 3. 광학 현미경 사진

(a) 다공질 세라믹

(b) 3-3형 PZT/Epoxy 복합 압전체

그림 4는 분극한 시편의 PZT의 wt%의 변화에 따른 유전율을 LF Impedance Analyzer(HP4192A)를 사용하여 1(KHz)의 주파수에서 측정된 값을 나타낸 것으로 PZT의 wt%가 감소함에 따라 유전상수는 선형적으로 감소하였다. 이는 유전율이 높은 압전 세라믹의 체적 감소에 기인한 것으로 생각된다.

그림 5는 PZT의 wt%의 변화에 따른 압전정수 d₃₃값을 나타내고 있으며 PZT의 wt% 증가에 따라 선형적으로 증가하였으며, 이들 측정값으로부터 분극의 정도를 추정할 수 있다.

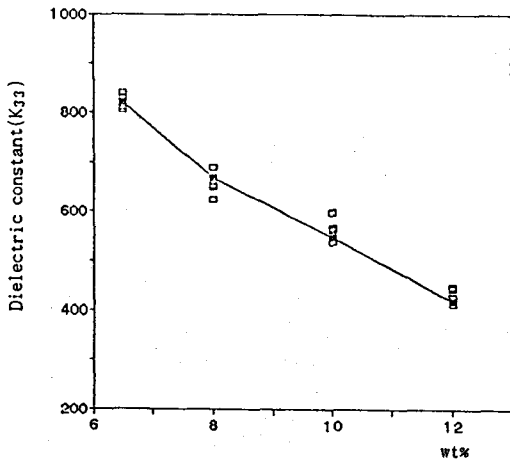


그림 4. 복합 압전체의 유전율

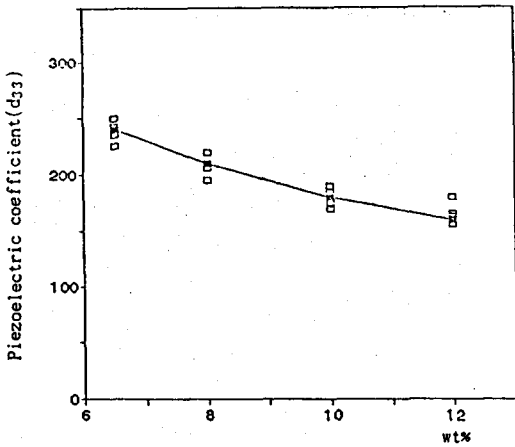


그림 5. 복합 압전체의 압전정수 d₃₃

2. D.P. Skinner, R.E. Newnham & L.E. Cross, Mat. Res. Bull., 13, p.599(1978)
3. T.R. Shrout, W.A. Schulze & J.V. Biggers, Mat.Res. Bull., 14, p.1553(1979)
4. K. Rittenmyer, T.Shrout, W.A.Schulze & R.E. Newnham, Ferroelectrics, 41, p.189-195(1982)

IV. 결 론

수중청음기용 압전 세라믹/고분자 3-3형 복합 압전체를 제작하고 이의 유전 및 압전 특성에 대하여 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 혼합시의 PMMA Sphere의 wt%가 증가할수록 소결된 시편의 밀도는 5.8 - 4.7(g/cm³)의 값을 가지며 감소하였다.
2. PZT의 wt%가 증가할수록 유전율 및 압전정수 d₃₃의 값은 선형적으로 증가하였다.

<참고문헌>

1. R.E. Newnham, D.P.Skinner & L.E. Cross: Connectivity and Piezoelectric-Pyroelectric Composite, Mat.Res. Bull., 13, p.525(1978)