

초음파 트랜스듀서 응용을 위한 세라믹/고분자 복합 압전체의 제작

박 정학^o, 사공 건(동아대학교 전기공학과)

Preparation of piezoceramic/polymer composite for ultrasonic transducer application

J.H. Park^o, G. Sa-gong(Dept. of Electrical Engr., Dong-A Univ.)

<Abstract>

In this study, piezoceramics/polymer composites with 3-3 connectivity were made by BURPS(Burnout Plastic Sphere) technique with PZT ceramics and plastic sphere. And the properties dependent on the Dextrin wt.% were investigated. The density of porous piezoceramic and piezoceramic/polymer composites were decreased almost linearly with increasing the Dextrin wt.%.

1. 서 론

지금까지 압전 재료로 사용되고 있는 PZT(Lead Zirconate Titanate)나 $PbTiO_3$ 가 압전성 및 전기 기계 결합 특성이 우수하여 압전 트랜스듀서 재료로 광범위하게 사용되고 있으나, 단일상 재료가 갖는 한계성으로 응용 및 기능적인 측면에서 어려움이 있다. 따라서 압전 세라믹이 다방면에 사용되기 위해서 공기나 물과의 음향 임피던스 정합(Matching) 및 성능지표(*figure of merit*)를 극대화하기 위해 밀도가 낮고 유연성을 가져야 한다. 이에 부응하기 위하여 화학적 반응을 수반하지 않고 안정한 2성분 이상의 물질을 혼합하여 복합화한 압전체, 즉 압전성이 큰 세라믹과 유연성이 있는 고분자 매질을 혼합한 각종 복합 압전체(Ceramics/Polymer Composites)가 개발되고 있다.^{1),2)}

본 연구에서는 3-3형의 相 接 續 圖(Phase Connectivity)³⁾를 가진 복합체를 제조하기 위하여 Plastic sphere로서 Dextrin을 사용하여 BURPS법(Burn out plastic sphere method)으로 다공질 세라믹을 제작하여 그들에 대한 특성을 조사하였으며, 이들 다공질 세라믹상에 고분자 매질상이 3차원적으로 상호 연결된 3-3형 복합 압전체를 제작한 후 제조 특성에 대하여 연구하였다.

11. 실험 방법

본 실험에서 세라믹 Filler로는 Flux법에 의해 제조된 PZT 분말을 사용하였다⁴⁾. 다공질 세라믹을 제조하기 위해 Plastic Sphere는 Dextrin을 사용하여 압전 세라믹과 Plastic sphere와의 중량비를 적정비로 하여 건식 혼합한 다음 등압 성형하였다. 그 후 20(°C/hr)의 승온률로 승온, 500(°C)에서 2시간 유지시켜 세라믹에 분산, 혼합되어 있는 Plastic sphere를 휘발시킨 다음 1,200(°C)에서 1시간 소결하여 다공질 시편을 얻었다.

3-3형 복합 압전체를 제작하기 위한 제조공정은 그림 1과 같으며, 고분자 매질(Polymer matrix) 재료로 Epoxy 수지계의 Spurr Epoxy(Polysciences, Warrington, PA.)와 Eccogel(Emerson & Cuming co.)을 사용하여 monomer인 Spurr Epoxy 및 Eccogel을 70(°C)의 진공 건조기 중에서 8시간 동안 경화시켜 진공 함침시켰다. 다공질 세라믹의 미세구조는 SEM으로 관찰하였으며, 밀도는 KSL3114 규격으로 측정하였다.

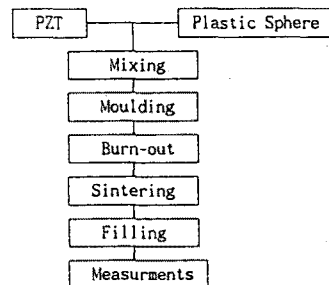


Fig. 1. Flow chart of 3-3 Piezoceramic/polymer composites.

III. 실험 결과

그림 2는 다공질 세라믹 시편을 제작하기 위하여 혼합한 Plastic Sphere의 휘발 온도를 결정하기 위한 Dextrin의 TG분석 결과이다. TG곡선의 변화에서 Dextrin은 250(°C)부근에서 휘발되기 시작하여 450(°C)부근에서 휘발이 거의 완료됨을 볼 수 있다. 따라서 500(°C)에서 2시간 동안 열처리함으로써 완전히 휘발시켰다.

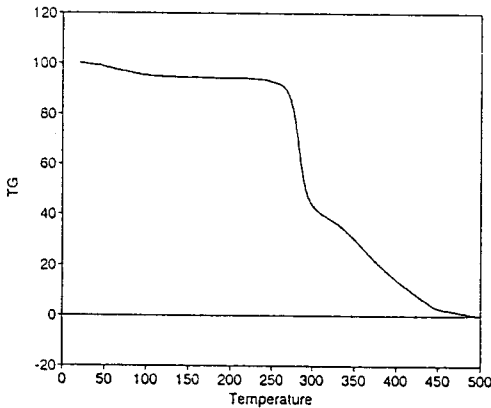


Fig. 2. TG analysis of Plastic spheres

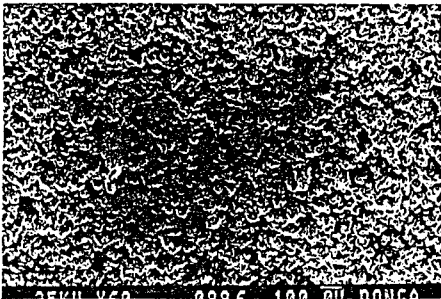


Fig. 3. Microstructure of porous ceramic.

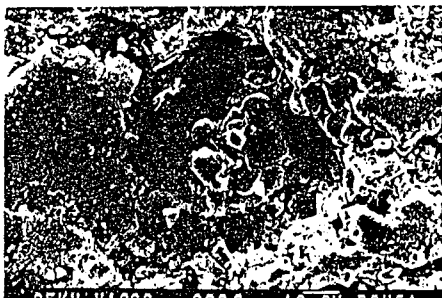


Fig. 4. Porosity and ceramic skeleton.

그림 3은 Dextrin을 혼합하여 제작한 다공질 PZT시편의 기공 분포를 관찰한 전자현미경 사진으로서 소결체내에 Dextrin Sphere의 열분해로 생긴 기공이 균일하게 분포되어 있음을 알 수 있다.

그림 4는 소결한 다공질 시편에서 기공과 세라믹 골격 (Skeleton)과의 자기 결합을 확인하기 위한 전자현미경 사진으로서 소결체내에 Dextrin sphere의 열분해로 생긴 기공과 골격이 각각 자기 결합하고 있음을 알 수 있다.

그림 5는 다공질 세라믹의 기공율 및 밀도를 나타낸 것이다. 다공질 세라믹의 밀도를 KSL3114 규격으로 측정한 후 기공율은 다음의 식(1)을 이용하여 구하였다.

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

여기서 ρ^* 는 다공질 세라믹의 측정 밀도, ρ 는 PZT소결체의 밀도이며, p 는 기공율을 나타낸다. Dextrin Sphere의 wt.%의 증가에 따라 다공질 세라믹의 밀도는 거의 선형적으로 감소하고 있다.

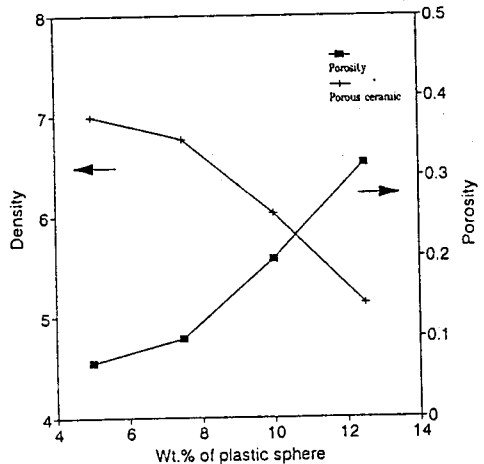


Fig. 5. Porosity and density of porous ceramics.

고분자 종류별 복합 압전체의 밀도($\bar{\rho}$)는 그림 6에 나타내었으며, 세라믹 Filler상과 Polymer Matrix상의 밀도를 각각 ρ_1 , ρ_2 라 하고 각 상의 체적비(v_1 , v_2)를 사용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{\rho} = \rho_1 v_1 + \rho_2 v_2 \quad (2)$$

PZT의 측정 밀도는 7.5(gm/cc)이었으며, Data File에서 얻은 Spurr epoxy 및 Eccogel 1365-80의 밀도 1.1 및 1.02(gm/cc)를 대입하여 계산한 결과는 그림 5에서와 나타난 바와 같이 Dextrin sphere의 wt.%의 증가에 따라 밀도는 거의 선형적으로 감소하였다.

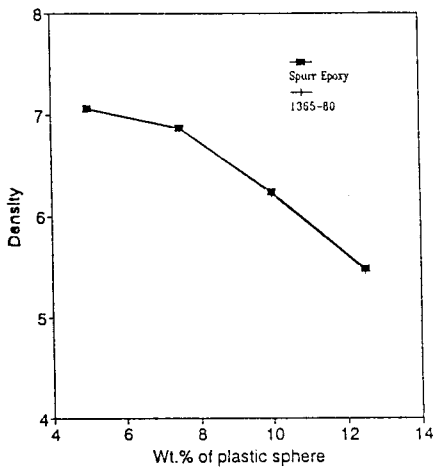


Fig. 6. Density of piezoceramic/polymer composites.

IV. 결론

초음파 트랜스듀서용 압전 세라믹/고분자 3-3형 복합 압전체를 제작하고 그들의 특성을 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Dextrin Sphere는 250(°C) 전후에서 휘발되기 시작하여 450(°C)부근에서 휘발이 거의 완료되었다.
2. 소결체내에 Dextrin Sphere의 열분해로 생긴 기공이 균일하게 분포되어 있으며 다공질 시편에서 기공과 세라믹 골격(Skeleton)과의 자기 결합을 확인하였다.
3. 혼합시의 Dextrin sphere의 wt.%가 증가할 수록 소결된 시편의 밀도는 점차 감소하였다.

참고문헌

1. D.P. Skinner, R.E. Newnham & L.E. Cross, Mat. Res. Bull., 13, p.599(1978)
2. T.R. Shrout, W.A. Schulze & J.V. Biggers, Mat. Res. Bull., 14, p.1553(1979)
3. R.E. Newnham, D.P. Skinner & L.E. Cross: Connectivity and Piezoelectric-Pyroelectric Composite, Mat. Res. Bull., 13, p.525(1978)
4. 이 수호, 박 준범, 사공 건 : Flux에 의해 제조된 압전 세라믹(PZT)의 유전 및 압전특성, 대한전기학회 학술대회논문집, pp. 721-723(1992).