

압전세라믹 PZT-고분자 1-3-0형 복합압전체의 제작 및 특성

* 양윤석*, 박정학**, 손우현***, 최헌일*, 사공 건*

* 동아대학교 전기공학과

** 특허청 전자과

*** 동명대학 전기과

Fabrication and Properties of Piezoceramic PZT-Polymer 1-3-0 Type Composites

* Yun-Suk Yang*, Jung-Hak Park**, Mu-Hun Shon***, Hun-Il Choi*, G. Sa-Gong*

* Dept. of Electrical Eng. Dong-A Univ.

** Electronic. Dept. of Exam. K.I.P.O.

*** Dept. of Electricity, Dong-Myung Coll.

Abstract - In this study, piezoelectric composites with 1-3-0 connectivity have been studied. A piezoelectric ceramic PZT prepared by Wet-Dry Combination method is used as a filler in mixture of Eccogel polymer matrix and third phase. The density and stiffness of 1-3-0 type composites were decreased with increasing the third phase.

며, 이때 세라믹 filler로는 습식-건식법에 의해 제조된 PZT 분말을 사용하였다. 하소된 분말에 PVA를 첨가하여 19,500(Psi) 압력으로 직경 15(mm)의 disc형태로 제작한 다음 600(°C)에서 2시간 동안 burn-out시키고 1,100(°C)에서 1시간 동안 소결하였다. 소결된 시편을 diamond saw로 제적비벨로 가공한 다음 제 3의 상이 혼합된 Eccogel series와 조합하여 90(°C)에서 2시간 경화시킨 후 적정두께로 자른 다음 은전극을 도포하고 100(°C)의 실리콘 기름중에서 35(KV/cm)의 전계를 10분 동안 인가하여 분극을 행함으로써 Flexible한 1-3-0형 복합압전체를 제작하였다. 비유전율은 1(KHz)의 주파수에서 LF Impedance Analyzer(HP4192A)를 사용하여 측정한다

1. 서 론

지금까지 압전재료로 사용되고 있는 PZT(Lead Zirconate Titanate)나 PbTiO₃가 압전성 및 전기 기계결합 특성이 우수하여 압전 트랜스듀서 재료로 광범위하게 사용되고 있으나, 단일상 재료가 갖는 한계성으로 응용 및 기능적 측면에서 어려움이 있다. 따라서 압전 세라믹이 다방면에 사용되기 위해서 공기나 물과의 음향 임피던스 정합(matching) 및 성능지표(Figure of Merit)를 극대화하기 위해 낮은 밀도와 유연성이 요구된다.^{1,2)} 이들 특성을 개선하기 위해 R.E. Newnham 등³⁾에 의해 복합압전체의 상접속도(Phase connectivity)가 제안된 이래 압전 세라믹과 화학적 반응을 수반하지 않는 고분자를 결합한 복합압전체, 즉 압전성이 큰 세라믹과 유연성이 있는 고분자매질(Polymer matrix)을 복합화한 PZT-고분자 복합압전체의 제조 방법 및 압전 특성에 대한 광범위한 연구가 진행되어 오고 있다.^{4,5)}

따라서 본 연구에서는 습식건식법(Wet-Dry Combination method)에 의해 제조된 PZT 분말을 사용하여 PZT 소결체를 제작한 다음⁶⁾ 이를 복합압전체 제조용 충전상(Filler phase)으로 사용하고, 고분자 매질상(Polymer matrix phase)으로는 에폭시 수지계(Eccogel series)를 사용하였다. 그리고 에폭시 수지에 제 3의 상을 혼합하여 상접속도 개념을 이용한 1-3-0형 복합 압전체를 제작한 후, 이들 복합압전체에 대한 유전 및 압전 특성을 측정하였다.

2. 실험방법

1-3-0형 복합압전체 제조공정을 그림1에 나타내었으

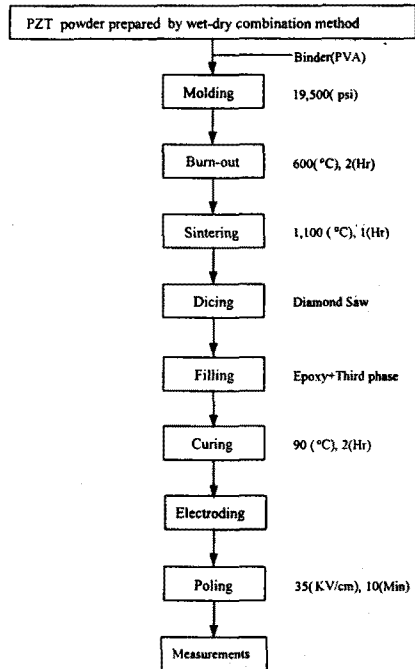


그림1. 1-3-0형 복합압전체의 제조공정
Fig.1. Flow chart for 1-3-0 type composites

정전용량 값으로부터 계산하였으며, 압전정수 d_{33} 는 Berlincourt Piezo d_{33} -meter(Model CPDT 33CO, Channel Products, Inc., OH44022)로 측정하였다.

3. 실험결과

1-3-0형 복합압전체의 밀도는 그림 2에 나타내져 있으며, 공기중에서의 무게와 물속에서의 현수무게를 측정 한 후 아래식에 의해 계산하였다.

$$\rho = \frac{W_d}{W_d - W_s}$$

(W_d :시편의 건조시 무게, W_s :현수무게)

제작된 PZT 소결체의 밀도는 $7.65(\text{g}/\text{cm}^3)$ 로 이론밀도($7.9 \text{ g}/\text{cm}^3$)의 약 96(%)이었으며, PZT/polymer 1-3-0형 복합압전체(PZT/polymer=25:75)의 밀도는 $2.8 \sim 2.2(\text{g}/\text{cm}^3)$ 로 감소되었으며 제 3의 상의 체적비 증가에 따라 감소하였다.

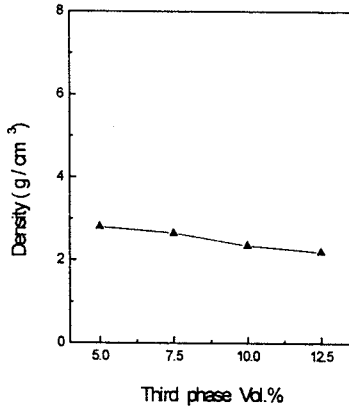


그림 2. 제 3의 상의 체적비에 따른 밀도
Fig. 2. Density as a function of third phase Vol. %

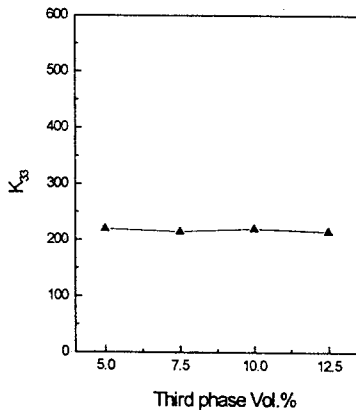


그림 3. 제 3의 상의 체적비에 따른 비유전율의 변화
Fig. 3. Dielectric constant K_{33} as a function of third phase Vol. %

그림 3은 1-3-0형 복합압전체의 제 3의 상의 체적비에 따른 비유전율을 나타낸 것으로 약 210으로 상당히 감소되었음을 알 수 있었다.

그림 4는 제 3 상의 체적비에 따른 강성도를 나타낸 것으로 체적비의 증가에 따라 강성도는 감소하였다. 제 3상의 체적비에 따른 1-3-0형 복합압전체를 제조함으로써 단일상 PZT(약 $11.1 \times 10^{10} \text{ N}/\text{m}^2$)에 비해 강성도가 $1.4 \sim 1.72(\times 10^{10} \text{ N}/\text{m}^2)$ 이었다. 이 결과는 물을 매체로 한 수중청음기에서 요구되는 기계적 충격에 대한 저항 및 제동효과가 개선될 것이다.

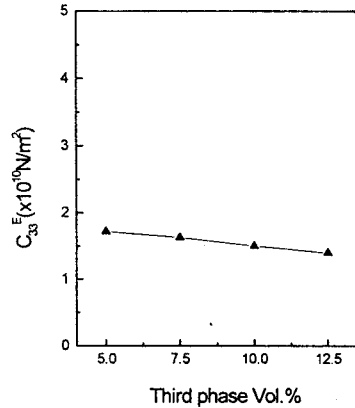


그림 4. 제 3의 상의 체적비에 따른 강성도의 변화
Fig. 4. Stiffness C_{33}^E as a function of third phase Vol. %

그림 5는 1-3-0형 복합압전체에서 제 3의 상의 체적비에 따른 압전정수 d_{33} 의 값을 나타낸 것으로 약 $350 \sim 360(\times 10^{-12} \text{ C}/\text{N})$ 의 값을 나타내어 PZT 단일상의 값에 거의 접근하였다.

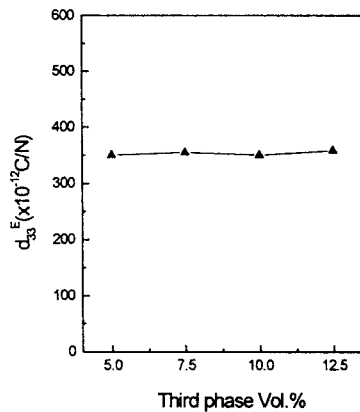


그림 5. 제 3의 상의 체적비에 따른 압전정수 d_{33} 의 변화
Fig. 5. Piezoelectric coefficient d_{33} as a function of third phase Vol. %

4. 결 론

습식-건식법에 의해 제조된 PZT filler상에 대해 제 3의 상을 체적비(5.0~12.5 Vol.%)에 따라 Eccogel series(1365-80)와 복합하여 제조한 1-3-0형 복합압전체 시편에서 얻은 특성은 다음과 같다.

1. 제 3상의 체적비에 따라 밀도는 $2.2\sim 2.8(\text{g}/\text{cm}^3)$ 로 감소하였다.
2. 체적비의 변화에도 비유전율은 약 210 정도이었다.
3. 제 3의 상의 체적비에 따라 강성도는 감소하였다.
4. 압전정수 d_{33} 는 약 $350\sim 360(\times 10^{-12} \text{ C/N})$ 으로 높은 값을 나타내었다.

(참 고 문 헌)

1. R.E. Newnham, A. Safari, G. Sa-Gong & I. Giniewicz, "Flexible Composites Piezoelectric Sensors", IEEE Proc., Int'l Ultrason. Sympo., p.501, 1984.
2. G. Sa-Gong, A. Safari, S.J. Jang & R.E. Newnham, "Poling Flexible Piezoelectric Composites", Ferroel. Lett., 5(5), p.131, 1985.
3. R.E. Newnham, D.P. Skinner & L.E. Cross, "Connectivity and Piezoelectric-Pyroelectric Composite", Mat. Res. Bull., 13, p.525, 1978.
4. D.P. Skinner, R.E. Newnham & L.E. Cross, "Flexible Composites Transducer", Mat. Res. Bull., 13, p.599, 1978.
5. T.R. Shrout, W.A. Schulze & J.V. Biggers, "Simplified Fabrication of PZT/Polymer Composites", Mat. Res. Bull., 14, p.1553, 1979.
6. 최현일, 사공건, "사전분극처리된(Prepoled) 유연한 1-3 세라믹/고분자 복합압전체의 PZT 체적비에 따른 전기적 특성", 대한전기학회 논문지, 42권 11호, pp.100~106, 1993.