

압전 세라믹/Polymer 1-3 Composites의 압전 및 음향 특성

최 현일^o 사공 건 (동아대학교 전기공학과)

Piezoelectric and acoustic properties of piezoceramic/polymer 1-3 composites

H.I. Choi^o G. Sa-Gong (Dong-A University)

< Abstract >

In this study, the piezoelectric composites with 1-3 connectivity have been studied. A piezoelectric ceramics PZT prepared by Flux method is used as a filler in a epoxy Eccogel polymer matrix. The piezoelectric coefficients were increased as PZT volume% increases, and resonance frequency was moved to lower frequency as the sample thickness increases. The acoustic matching impedance with water is lowered than single phase PZT ceramics.

1. 서 론

세라믹의 압전 현상은 BaTiO_3 세라믹이 발견되어 그 실용 가능성이 제시되었으며, 이어서 PZT조성을 갖는 PZT계 압전 세라믹이 B. Jaffe¹⁾ 등에 의해 연구 개발되었다. PZT 압전 세라믹은 높은 큐리온도를 가지며, 압전계수 및 전기 기계 결합계수 등이 높아 초음파 진동자, 초음파 발생장치 및 각종 변환기 등 다방면에 널리 사용되고 있다.²⁾ 그러나 PZT와 같은 압전 세라믹이 수중청음기에 응용될 경우 압전 세라믹 단일상으로는 고유전율, 고밀도로 인하여 음향 임피던스 정합이 어려워 감도를 나타내는 성능지표가 낮을 뿐만 아니라 취약성(brittle)을 갖고 있기 때문에 이를 개선하기 위하여 1973년 미국의 L.A. Pauer³⁾에 의하여 처음으로 PZT 분말과 우레탄 고무를 혼합한 Ceramics/Polymer Composites(복합 압전체)가 개발된 이래 3-1 및 3-2

Composites가 A. Safari⁴⁾ 및 T. Shrout⁵⁾에 의해, 0-3 Composites가 H. Banno⁶⁾에 의해 연구되고 있으며, R.E. Newnham 등은 접속도(Connectivity)⁷⁾ 개념을 도입하여 각종 Composite의 Model을 구체화 하였다.

본 연구에서는 Flux법에 의해 제조된 PZT 압전 세라믹에 Epoxy Resin을 조합하여 1-3 Composites를 제작, 각종 압전 및 음향 특성을 조사하였다.

II. 실험 방법

1. 시편제조

본 실험에 사용된 압전 세라믹 분말은 Flux법에 의해 제조된 분말을 사용하였으며⁸⁾, 1-3 composites의 제작을 위한 공정도는 그림 1과 같다. 먼저 하소된 분말을 Binder로 PVA를 첨가하여 직경 15mm의 크기로 20,000 PSI의 압력을 가하여 disc로 제작한 후, 1,200(°C)에서 1시간 동안 소결 하였다. 소결된 시편을 체적비별로 가공한 다음 Spurr Epoxy(Polysciences Co.)를 조합하여 70(°C)에서 8시간 동안 경화시킨 후 압전 복합체를 만들었다. 다음 diamond saw로서 적정 두께로 자른 후, SiC Paper로서 표면을 잘 연마 하여 초음파 세척기로 세척한 다음 상온 건조용 은 전극을 도포하여 80(°C)의 실리콘 기름 중에서 30(KV/cm)의 전계를 가하여 분극을 시켰다. 그리고 24시간 Aging시킨 후 각종 특성을 측정하였다.

2. 특성치의 측정

제작된 시편의 유전 특성은 LF Impedance Analyzer(HP

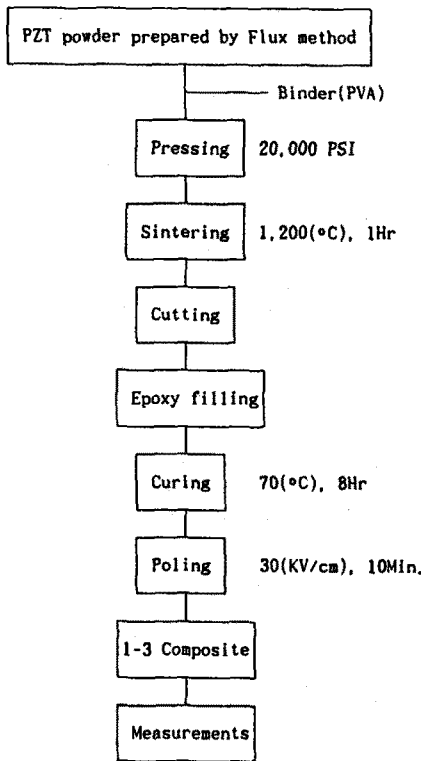


그림 1. 1-3 Composite의 제조 공정

4192A)로 측정하였으며, 압전특성은 Piezo d_{33} -Meter(Berlincourt)로, 그리고 공진특성은 Network Analyzer(HP 4194A)를 이용하여 측정하였다.

III. 실험 결과 및 고찰

본 실험에 사용된 체적비별 PZT Ceramics/Polymer 1-3 Composite 시편을 그림 2에 나타내었다.



그림 2. PZT/Polymer 1-3 Composites의 사진

그림 3은 복합 압전체의 체적비에 따른 압전정수 d_{33} 의 값을 나타낸 것으로 시편의 두께는 2(mm)로 하였다. 단일상 PZT의 d_{33} 값이 $400[C/N \times 10^{-12}]$ 인 것에 비하여 본 연구에서 제작한 복합 압전체 시편의 d_{33} 값은 $280 \sim 350[C/N \times 10^{-12}]$ 으로 PZT 단일상의 d_{33} 값에 거의 접근하였다.

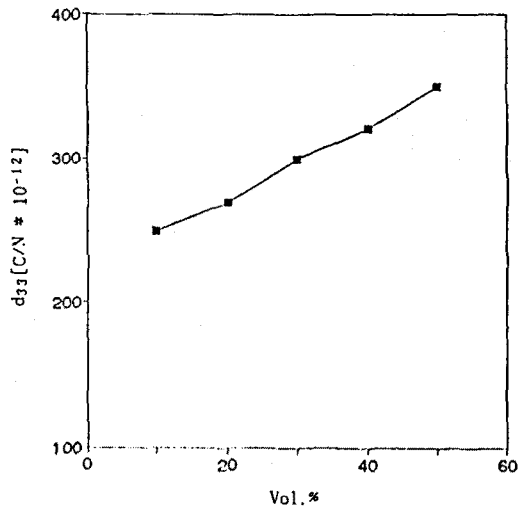


그림 3. 체적비에 따른 압전정수 d_{33} 의 변화

그림 4는 PZT 체적비가 20%일 경우의 시편 두께에 따른 공진 주파수의 변화를 나타낸 것이다. 경방향 Mode는 나타나지 않고 두께 방향의 공진 특성만 나타났는데 이는 polymer상이 경방향으로의 진동을 모두 흡수하기 때문으로 생각된다. 그리고 시편의 두께가 증가함에 따라 공진주파수가 낮아짐을 알 수 있었다.

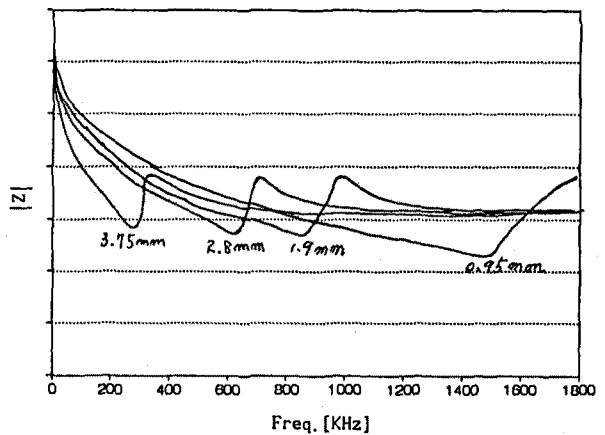


그림 4. 시편 두께에 따른 공진 spectrum

그림 5는 체적비가 20%일때 시편의 두께에 따른 음향 임피던스를 나타낸 것으로 시편의 두께가 증가함에 따라 음향 임피던스도 증가하다가 2.8(mm)부근에서 일정하게 되었는데, 이때 음향 임피던스값은 $3 \sim 4[Mrayl]$ 로 바닷물의 음향 임피던스값인 $1.5[Mrayl]$ 에 상당히 접근하였다.

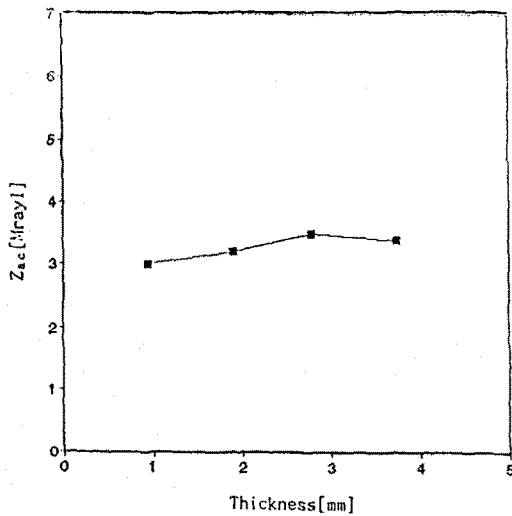


그림 5. 시편 두께에 따른 음향임피던스

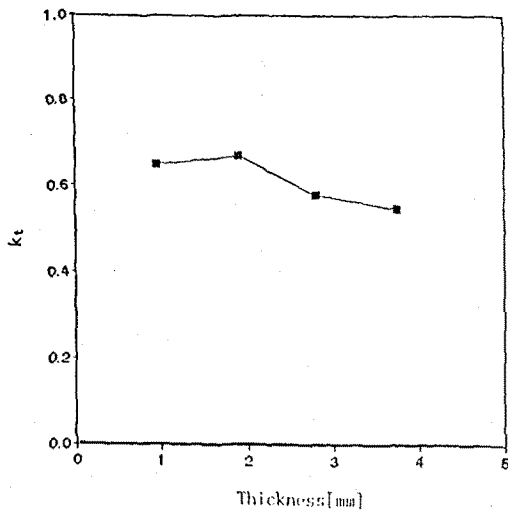


그림 6. 시편 두께에 따른 k_t의 변화

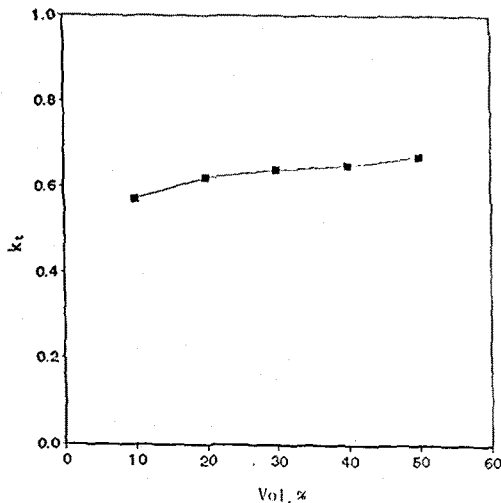


그림 7. 체적비에 따른 k_t의 변화

그림 6, 7은 시편의 두께 및 체적비에 따른 두께 방향 전기기계결합계수를 나타낸 것으로 순수 PZT($K_t = 0.72$)에 비하여 조금 낮으나 비교적 높은 값($K_t = 0.6$)을 나타내었다.

IV. 결 론

Flux법에 의해 제조된 PZT 세라믹 분말과 Epoxy Resin을 조합한 1 - 3 composite를 제작하여 측정된 압전 및 음향 특성은 다음과 같다.

1. 압전 정수 d_{33} 는 PZT 체적비 및 두께에 따라 증가하였으며 비교적 높은 값($350 \text{ C/N} \times 10^{-12}$)이 얻어졌다.
2. 시편의 두께가 증가함에 따라 공진주파수가 저주파쪽으로 이동하였다.
3. 음향 임피던스는 약 3~4[Mrayl]로 순수 PZT(약 33 Mrayl)에 비해 낮힐 수 있어 수중에서의 응용 가능성이 더 한층 높아졌다.
4. 전기 기계 결합계수는 0.6가량으로 비교적 높은 값을 나타내었다.

참 고 문 헌

1. B. Jaffe et al : J. Appl. Phys., 25, pp.809-810 (1954)
2. L.A. Pauer : IEEE Int'l Conv. Rec.1973, pp.1-5(1973)
3. B. Jaffe, W.R. Cook, Jr & H. Jaffe : Piezoelectric Ceramic, Academic Press, London & New York, p.135(1971)
4. A. Safari, A. Halliyal, R.E. Newnham & I.M. Lachman : Transverse Honeycomb Composite Transducers, Mat. Res. Bull., Vol.,17, 90, p.301(1982)
5. T. R. Shrout, W. A. Schulze & J. V. Biggers : Simplified Fabrication of PZT/polymer Composite, Mat. Res. Bull., Vol.14, pp.1553-1559(1979)
6. H. Banno : Recent Development of Piezoelectric Ceramic Products and Composite of Synthetic Rubber and Piezoelectric Ceramic Particles, Ferroelectrics, Vol.50, p.3(1983)
7. R.E. Newnham, L.J. Bowen, K.A. Klicker & L.E. Cross : Composite Piezoelectric Transducer, Mat. Engr., Vol.2, p.93(1980)
8. 이 수호, 박 준범, 사공 건 : 압전세라믹(PZT)의 B-Site 치환에 따른 전기 및 압전 특성, 한국 전기전자 재료학회, 춘계학술대회 논문집, pp.133-136(1992.5)