

초음파 변환기 응용을 위한 PZT/고분자 압전복합재료

김진수^o 김용혁* 김호기** 이덕중***
 인하대^o 경원공전* KAIST** 인하대***

Piezoelectric Composites of PZT/Polymer
 for Ultrasonic Transducer Applications

Jin-Soo Kim^o Yong-Huck Kim* Ho-Gi Kim** Deok-Chool Lee***
 Inha Univ. Kyungwon T. Coll. KAIST Inha Univ.

ABSTRACT

The objective of the present study was to manufacture the piezoelectric composites of Lead Zirconate Titanate (PZT) - polymer for applications such as ultrasonic medical diagnosis and hydrophone. The PZT rod-polymer composites have been prepared with 4.5 to 57 volume percent PZT using 1.5 mm rod, so the connectivity pattern of the two phase is 1-3 type.

The electromechanical coupling factors of radial mode (k_p) and thickness mode (k_t) were nearly independent of the volume percent PZT, which were 0.3 and 0.65, respectively.

The acoustic impedance of the piezoelectric composites was measured by the resonance technique in the frequency range 50 KHz-1.5 MHz, which was in the range of 3.8 - 60 Mrayl.

1. 서론

무기재료인 압전세라믹스는 근래 음향기기, 초음파 기기 및 통신기기 등의 핵심부품소재로 실용화되어 왔으며, 이외 재료는 주로 높은 압전특성을 지닌 PZT 계 세라믹스로서 perovskite 구조를 이루고 있으며 고분자재료에 비하여 매우 큰 전기기계결합계수를 나타내므로 에너지 변환소재로서 폭넓게 이용되어 왔다.

그러나 PZT 계 세라믹스는 가공성, 성형성의 곤란 및 높은 음향임피던스 때문에 수중에서의 의료용 탐촉자로 쓰일 때에는 감도가 저하되는 특성이 있기 때문에 고분자재료와의 복합재료에 관한 연구가 최근에 시도되고 있다.

이러한 연구는 최초로 1973 년에 미국의 Pauer 에 의하여 PZT 분말과 우레탄 고무를 혼합한 압전복합재료가 제작되기 시작한 이후로 연구가 활발히 진행되고 있으며, 외국에서는 이 복합재료에 의한 초음파 변환기의 시제품이 나오기도 하고 있다.

따라서 본 연구에서는 접속도 개념에 의한 1-3 형 압전복합재료를 제조하여 음향임피던스 및 pulse 응답 특성을 관찰하였으며, 또한 유중에서의 압력에 따른 발생전압을 측정하여 이를 초음파 변환기의 시제품으로 사용하고자 한다.

2. 실험

2.1 압전복합재료 제조

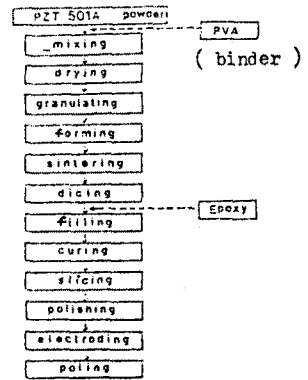


그림 1. 시편 제조 공정도

위의 공정에 의해 제작된 시편을 PZT 적층비에 따라 분류하면 다음과 같다.

표 1. 복합재료의 시편

시편	1	2	3	4	5	6	7
vol % PZT	4.5	10.5	18.1	28.8	38.6	47.2	57.0

2.2 1-3 형 모델 개념도

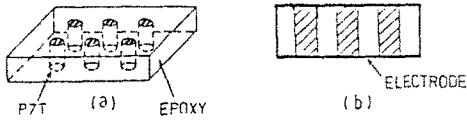


그림2. 복합재료의 1-3 형 병렬모델 개념도

2.3 측정

안전복합재료의 비유전율은 LCR meter (Japan, Ando, AG-4303)로써 측정하였고, 안전계수는 Berlincourt piezo d33 meter (USA, Channel Products Inc. CEDT-3300)로써 측정하였다. 그리고 음향임피던스는 Resonance technique에 의하여 그림 3의 회로를 구성하여 측정하였고, D-E curve는 그림 4의 Sawyer-Tower 회로를 구성하여 측정하였다. 또한 그림 5는 pulse 응답 특성을 관찰하기 위한 구성도이다.

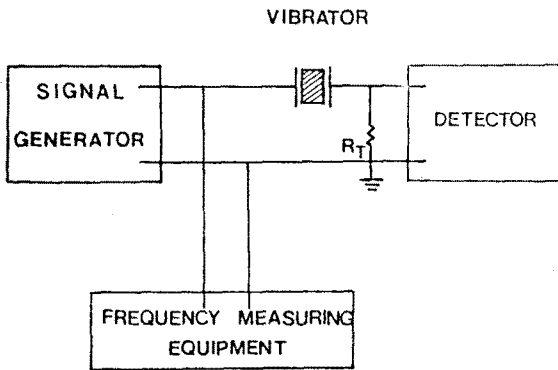


그림3. 공진·반공진주파수 측정 회로도

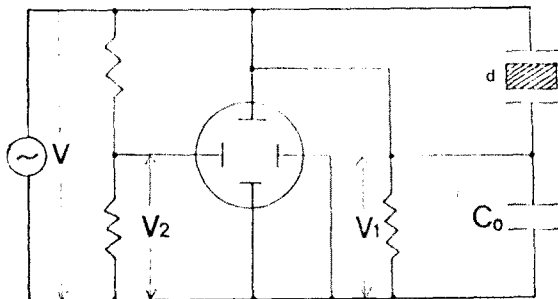


그림4. Sawyer - Tower 회로도

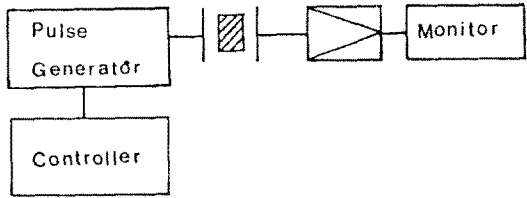


그림5. Pulse 응답 측정 회로도

3. 실험결과 및 고찰

본 실험에서 제조된 PZT/Epoxy 안전복합재료의 시편 사진을 그림6에 나타내며, 이는 표1에서 PZT 체적비에 따라 분류된 시편을 나타낸 것이다.

그림7은 PZT 상과 Epoxy 상의 계면상태를 나타낸 전자현미경 사진으로 두 상간에 결합이 잘 이루어져 있음을 보이고 있다.

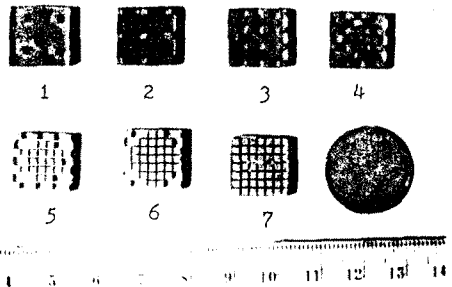


그림6. 1-3형 안전복합재료의 시편 사진

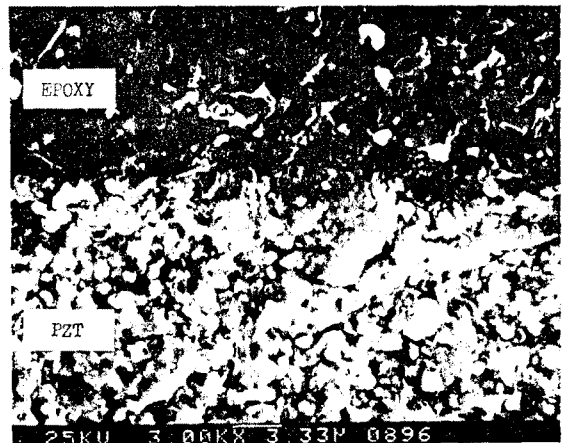


그림7. PZT/Epoxy 계면의 전자현미경 사진

그림8은 PZT 체적비에 따른 전기기계결합계수 특성을 나타낸 것이다. 이는 그림3의 측정회로도에서 IEEE Standard 방법에 의하여 공진 및 반공진주파수를 측정하여 구한 값이며, k_p, k_t 모두 PZT 체적비의 영향에 거의 받지 않고 있다.

그림9는 Resonance technique에 의해 측정된 음속을 사용하여 PZT 체적비에 대한 음향임피던스 특성을 나타낸 것이다.

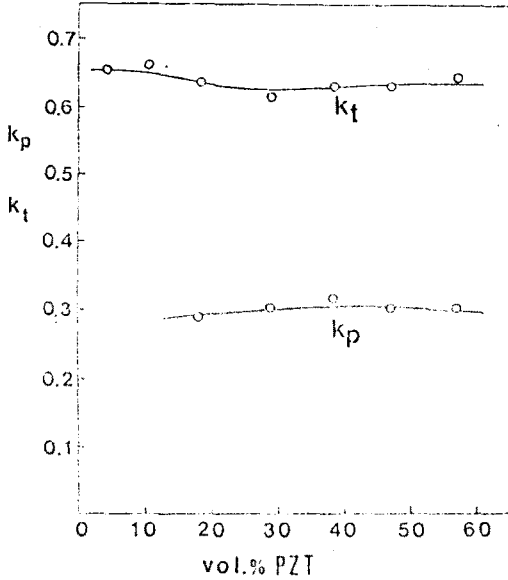


그림8. PZT 체적비에 따른 전기기계결합계수 특성

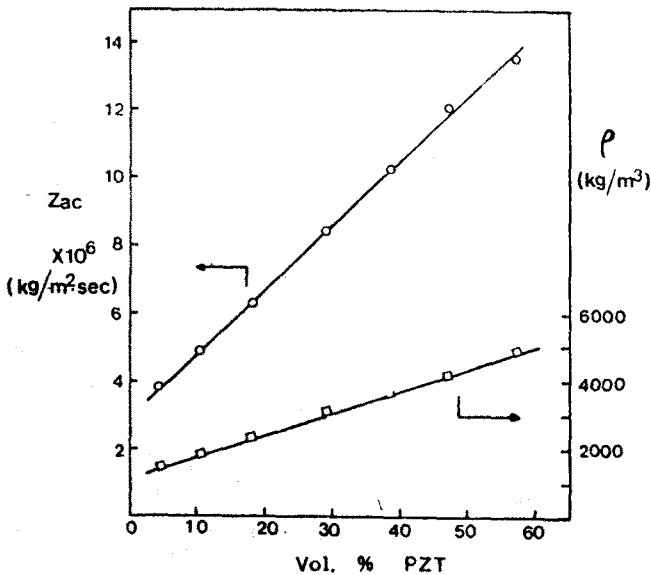
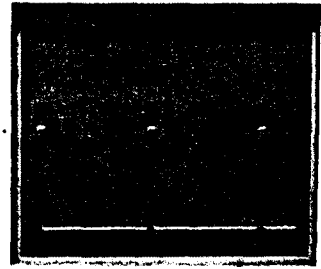


그림9. PZT 체적비에 따른 음향임피던스 특성

X : 0.1ms/div.

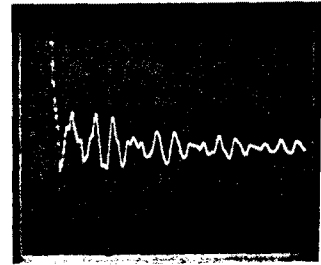
Y : 2v/div.



(a) Applied Pulse form

X : 10μs/div.

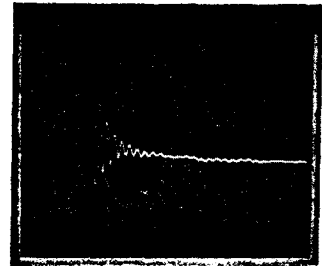
Y : 50mv/div.



(b) Single phase PZT

X : 1μs/div.

Y : 50mv/div.



(c) 1-3 Composites

그림 10. 펄스 응답특성의 비교

그림 10은 pulse 응답특성을 나타낸 사진으로 그림 5의 측정회로도에 의하여 구한 것이다. 여기서 (a)와 같은 펄스를 가했을 때 단일상 PZT의 펄스응답특성은 (b)와 같이 나타나는데 반해서, 압전복합재료의 펄스응답특성은 (c)에서와 같이 좋은 특성을 나타내고 있다.

그림 11은 PZT 체적비에 따른 D-E curve를 나타낸 사진으로 그림4의 Sawyer - Tower 측정회로도에 의하여 구한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 PZT 체적비가 증가할수록 같은 전계하에서 분극량이 증가하는 것을 알 수 있다.

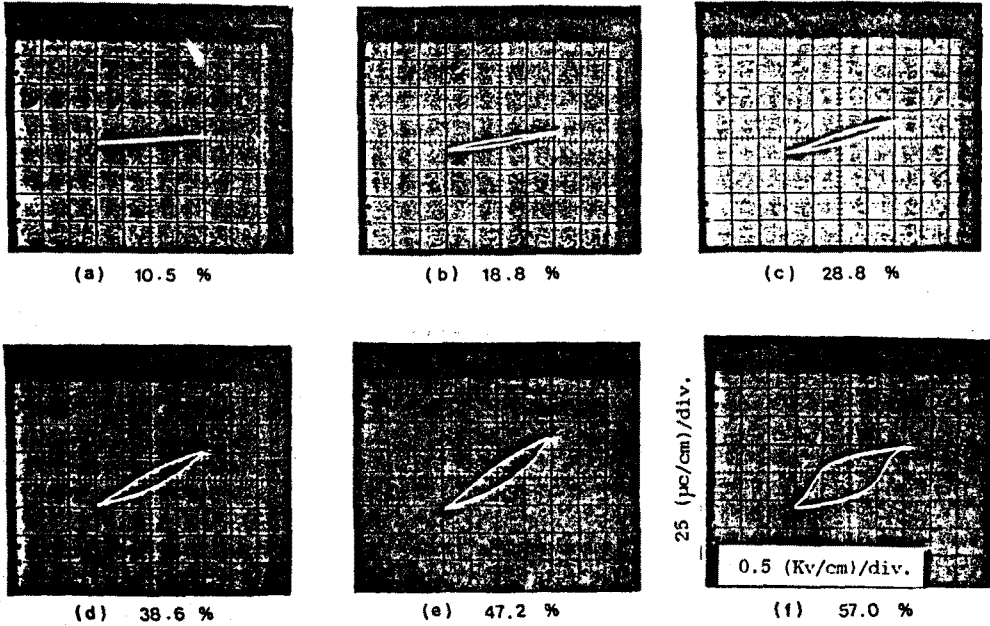


그림 11. PZT 제적비 변화에 따른 D - E curve

4. 결론

본 연구에서는 초음파 변환기 소자 개발을 위한 PZT/Epoxy 압전복합재료를 제조하였다. 종래에는 단일상 PZT 세라믹스나 PVDF 고분자만을 독립적으로 사용하였으나 각각의 장단점을 보완하기 위하여 본 연구에서는 복합재료를 제조하게 된 것이다.

그 결과로서 복합재료의 음향임피던스는 단일상 PZT (53.7 Mrayl) 에 비하여 매우 낮은 값 (5Mrayl) 으로써 개선될 수 있었으며, 피스응 단축성도 아주 양호하게 나타남을 알수 있었다.

따라서 이러한 복합재료를 이용한 초음파 변환기 제작의 가능성을 충분히 제시할 수 있다.

REFERENCES

1. L.A.Pauer: IEEE Int'l Conv. Rec. 1973, pp 1-5 (1973)
 2. W.G.Cady: Piezoelectricity, McGraw-Hill, New York, (1946)
 3. R.E.Newham et al : "Connectivity and piezoelectric-pyroelectric composites", Mat. Res. Bull., vol.13, pp. 525-536 (1978)

4. D.P.Skinner et al : "Flexible composite transducers", Mat. Res. Bull., vol. 13, pp.599-607(1978)
 5. 塩崎忠外; 圧電材料の製造と応用, CMC社, 東京, (1984)
 6. H.Takeuchi et al : "Medical Ultrasonic Probe using PZT/Polymer composite", IEEE 1984 Ultrasonic Symposium, pp. 507-510 (1984)
 7. T.R.Gururaja et al : " Piezoelectric Composite Materials for Ultrasonic Transducer Applications", IEEE Trans. on Sonics and Ultrasonics, vol. su-32, No 4, p. 499-513 (1985)
 8. 田中哲郎外; 圧電セラミックスとその応用, 電波新聞社, 東京 (1974)
 9. V.M.Ristic : Principles of Acoustic Devices, John Wiley & Sons, USA, (1983)
 10. B.A.Auld : Acoustic Fields and Waves in Solids, John Wiley & Sons, USA, (1973)
 11. H.P.Savakus et al : "PZT-Epoxy piezoelectric transducers", Mat. Res. Bull., vol. 16, pp. 677-680 (1981)