

1-3-0형 복합압전체의 펄스-에코특성

Pulse-echo Response of Piezoceramics PZT-Polymer 1-3-0 Type Composite

양 윤석*, 유 영준*, 최 현일*, 손 무현**, 사공 건*
*동아대학교 전기공학과 **동명대 전기과
Yun-Suk Yang*, Young-Jun Ryu*, Hun-Il Choi*, Mu-Hun Shon**, Geon Sa-Gong*
*Dong-A Univ, **Dong Meung Coll.

Abstract

In this study, the piezoelectric ceramics PZT powder was synthesized by Wet-Dry combination method. The flexible 1-3-0 type composites were fabricated with piezoceramic PZT and Eccogel polymer matrix embedded 3rd phase. This paper represents the acoustic properties with various 3rd phase wt.%. The acoustic impedance of 1-3-0 type composites was lower than that of single phase PZT ceramics. The pulse-echo response of transducer fabricated with 1-3-0 type composites was better than solid PZT transducer.

Key Words(중요용어) : Wet-Dry Combination Method(습식-건식법), Composites(복합압전체), Acoustic Impedance(음향임피던스), Pulse-echo(펄스-에코)

1. 서 론

을 조사하였다.

지금까지 압전세라믹 PZT계는 압전성 및 전기기계결합특성이 우수하여 트랜스듀서 재료로 광범위하게 사용되고 있다. 그러나 PZT 단일상은 밀도가 높아 매질이 공기 및 물인 경우에는 음향임피던스 정합이 어렵고, 감쇠계수가 적어서 좁은 주파수 대역에서 반응할 뿐 아니라 울림(ringing)시간이 길어서 감도를 가늠하는 성능지표가 낮다. 이러한 PZT 단일상의 단점을 개선하기 위하여 낮은 밀도 및 비유전율을 가진 소재의 개발이 요구되고 있다.¹⁻²⁾

이에 부응하기 위해 복합압전체의 제조방법 및 압전특성에 대한 연구가 광범위하게 진행되고 있다.³⁻⁴⁾ 1-3-0형 복합압전체는 큰 압전 전압정수, 낮은 음향임피던스 및 기계적 품질계수 값을 가지므로 고감도 및 광대역을 필요로 하는 트랜스듀서에 응용이 기대된다.⁵⁾

따라서 본 연구에서는 습식건식법(Wet-Dry combination method)에 의해 제조된 PZT 분말을 사용하여 PZT 소결체를 제조한 다음 이를 복합압전체 제조용 충전상(filler phase)으로 사용하고, 고분자 매질상(polymer matrix phase)으로는 에폭시 수지계에 제 3상을 체적비별(5~12.5Vol%)로 복합화하여 R. E. Newnham이 제안한 상접속도 개념을 이용하여 1-3-0형 복합 압전체를 제조하였다. 이들을 사용하여 제작한 트랜스듀서가 거리측정용으로서의 응용가능성을 검토하기 위하여 펄스-에코특성

2. 실험 방법

2.1 1-3-0형 복합압전체의 제조

먼저, 압전세라믹 filler로 사용될 PZT소결체를 제조하기 위해 하소된 분말에 binder로 20(wt.%) PVA(Polyvinyl Alcohol) 수용액을 6.54(wt.%) 첨가하여 80mesh sieve로 선별한 후 19,500(psi)의 압력으로 직경 15(mm)의 disc형태로 시편을 제작한다. 다음 600(°C)에서 2시간 동안 burn-out을 시키고 300(°C/Hr)의 비율로 1,100(°C)까지 승온시켜 1시간 동안 공기중에서 소결하였다.

소결은 기억용 콘트롤러(SHIMADEN FP21, JAPAN)를 사용하여 고온전기로중에서 가열하였으며, 승온률과 같은 비율로 냉각하여 PZT소결체를 제조하였다. 이때 측정된 PZT의 평균밀도는 약 7.65(g/cm³)로 이론밀도 7.9(g/cm³)에 비해 조금 낮은 값을 나타내었다.

이들 소결된 PZT를 dice-filling법을 사용하여⁶⁾ diamond saw로 일정하게 자른 후 제 3상을 체적비에 따라 혼합한 Epoxy Resin계(Eccogel 136-45:Emerson & Cuming Inc.)에 진공함침시킨

후 90(°C)에서 2시간 동안 경화시켜 1-3-0형 복합압전체를 제조하였다. 그리고 다시 diamond saw로서 적정 두께로 자른 후, 표면을 잘 연마하여 초음파 세척기로 세척한 다음 상온용 은전극(silver paste:Dotite #D-550)을 도포하고 80(°C)의 실리콘 기름중에서 35[kV/cm]의 전계를 10분동안 인가하여 분극을 행하였고, 24시간 aging시킨 후 복합압전체 소자의 특성을 측정하였다.

2.2. 1-3-0형 트랜스듀서의 제작

두께 진동모드로 제조된 1-3-0형 복합압전체소자를 진동자로 사용하여 트랜스듀서를 제작하였다. 이들과 음향특성을 비교하기 위하여 PZT 소결체를 진동자로 한 단일상 트랜스듀서도 자체제작하였다.

트랜스듀서는 음향임피던스가 비교적 큰 내경이 15(mm)인 알루미늄 파이프를 사용하였으며, 파이프의 한쪽은 진동자를 고정하였고, 다른 한쪽은 BNC 콘넥터를 부착하였으며, 진동자 주위는 silicon 고무로 밀폐시킴으로써 수중에서의 각종 초음파 특성을 조사할 수 있는 구조로 제작하였다.⁷⁾ 이때 은전극과 신호선으로 사용된 은선과의 분리를 방지하기 위하여 epoxy를 얇게 덧입혔다.

3. 특성치의 측정

자체 제작한 단일상 PZT 및 1-3-0형 복합압전체 트랜스듀서의 pulse-echo 응답을 관찰하기 위하여 짧은 impulse 신호를 발생시킬 수 있는 초음파 트랜스듀서 분석기(ultrasonic transducer analyzer :Ritec system 10000) 및 반사파를 측정할 수 있는 오실로스코프(LeCroy:9301M)를 사용하였다. 이때 pulse-echo측정을 위한 평면 반사판은 스테인레스 강판으로 평면의 표면 처리는 2(μ m)로 가공하였다. 후면으로부터의 여러 가지 반사파 간섭을 피할 수 있도록 충분한 두께 30(mm)로 하였으며, 반사판의 넓이는 측정할 트랜스듀서 빔(beam)의 최대 지향성을 감안하여 150×130(mm)로 하였다.

4. 결과 및 고찰

그림 1은 1-3-0형 복합압전체의 제 3상의 체적비

에 따른 종속도(V_3^D)를 나타낸 것으로 약 2,400~2,500(m/s)정도의 값이 얻어졌다. 따라서 단일상 PZT의 종속도(약 4,600m/s)에 비해 상당히 낮출 수 있어 물을 매질로 한 종속도(약 1,500m/s)에 근접시킬 수 있었다.

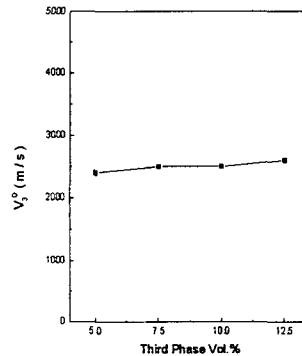


그림 1. 제 3상의 체적비에 따른 종속도

Fig 1. Longitudinal velocity as a function of 3rd phase Vol. %

그림 2는 1-3-0형 복합압전체에 있어서 제 3상의 체적비에 따른 음향임피던스(Z_{ac})를 나타낸 것으로 제 3상의 체적비의 증가에 따라 감소되었다. 이는 음향임피던스가 낮은 고분자와 제 3상을 복합화함으로써 음향임피던스의 값이 약 6.7~5.3(Mrayl)인 복합압전체를 얻을 수 있었으며, 이는 PZT 단일상

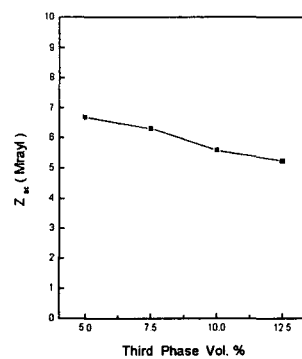


그림 2. 제 3상의 체적비에 따른 음향 임피던스

Fig 2. Acoustic impedance as a function of 3rd phase Vol. %

(약 31Mrayl)에 비해 상당히 작은 값으로 물(1.5Mrayl)의 음향임피던스에 보다 접근함으로써 수중청음기로서의 응용가능성이 더욱 높아짐을 알 수

있다.

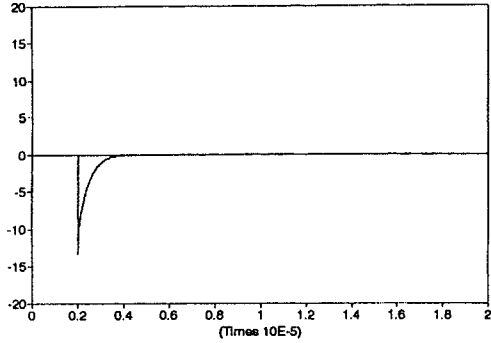
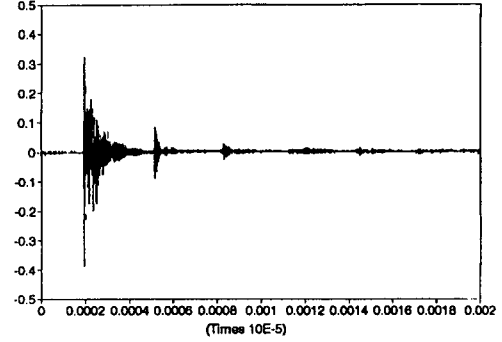


그림 3. 트랜스듀서 분석기로부터 인가된 임펄스
Fig 3. Impulse from transducer analyzer

그림 3은 1-3-0형 복합압전체가 트랜스듀서로 사용될 경우의 초음파 특성을 조사하기 위하여 측정 시스템에 가해지는 임펄스(impulse)를 나타내고 있다.

그림 4의 (a) 및 (b)는 단일상 PZT를 진동자로 사용하여 자체 제작한 초음파 트랜스듀서의 펄스-에코 응답특성을 나타낸 것이다. 그림(a)의 파형군(波形群)은 인가된 임펄스에 의해 진동자 자체의 진동에 의하여 나타난 파형이며, 그림(b)에서 2번째에 나타나는 파형군은 수중에서의 펄스-에코응답특성을 나타낸 것이다.

그림(a)에서 출력파형은 진동의 울림(ringing)이 여러 주기동안 계속되어 수신감도가 떨어질 것으로 예측된다. 이는 압전 PZT 세라믹스의 정수압 전압정수 g_h 값이 작기 때문이라 생각된다.

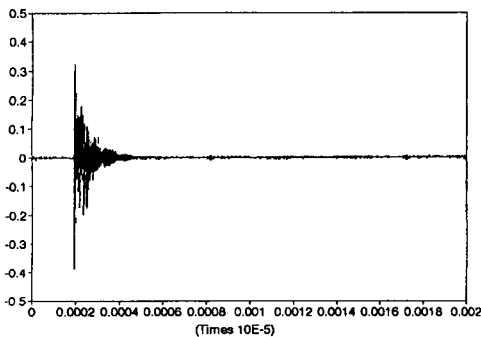


(b)
Fig. 4. Pulse-echo reponse of solid PZT transducer

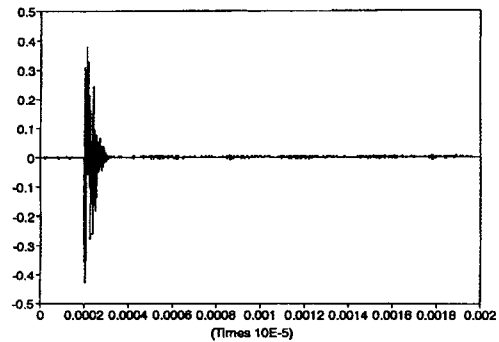
(a) Vibration waveform between electrodes.
(b) Waveform of echo signal.

그림 5는 제 3상의 중량비가 10(wt.%)인 1-3-0형 복합압전체소자를 진동자로 사용하여 제작한 초음파 트랜스듀서의 펄스-에코응답특성을 나타낸 것이다. 그림 (a)의 파형군은 인가된 임펄스에 의해 진동자 자체의 진동에 의하여 나타난 파형이며, 그림 (b)에서 2번째에 나타나는 파형군은 수중에서의 펄스-에코응답특성을 나타낸 것이다.

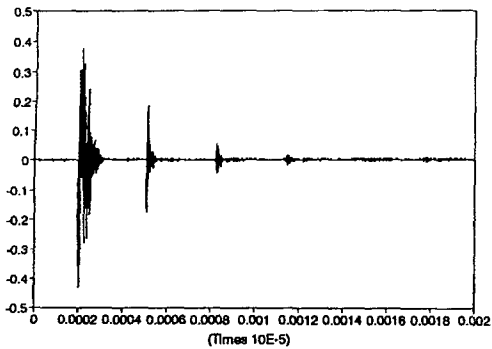
1-3-0형 복합압전체는 단일상 PZT 세라믹의 응답파형에 비하여 지속적인 진동의 울림(ringing)은 나타나지 않고 시간에 따라 급격한 울림감쇠(ringdown) 현상이 일어나 송신 및 수신특성이 단일상 세라믹에 비하여 양호하게 나타났다. 이는 정수압 전하정수 d_h 와 정수압 전압정수 g_h 값이 높아지



(a)



(a)



(b)

Fig. 5. Pulse-echo response of PZT/Polymer 1-3-0 Type transducer.

- (a) Vibrating waveform between electrodes.
 (b) Waveform of echo signal.

고, 제 3상의 첨가효과에 의해 횡파의 간섭을 줄일 수 있어서 송신 및 수신특성이 개선된 것으로 생각된다. 또한, 1-3-0형 복합압전체 트랜스듀서의 경우 단일상 PZT세라믹만으로 제작된 탐촉자에서와 같이 트랜스듀서에 수신된 시간과 음속에 의해 구한 거리는 실제 탐촉자와 반사판과의 거리(22cm)와 잘 일치하였다.

4. 결 론

- 1-3-0형 복합압전체의 제 3상의 체적비에 따른 종속도는 약 2,400~2,500(m/s)정도이었다.
- 음향임피던스는 6.7~5.3(Mrayl)정도의 낮은 값을 얻을 수 있었다.
- 자체제작한 단일상 PZT 트랜스듀서는 낮은 g_h 정수로 인하여 진동의 울림이 여러주기 계속되었다.
- 1-3-0형 복합압전체소자로 제작한 초음파 탐촉자의 펄스-에코응답에서는 단일상 PZT에 비해 진동의 계속적인 울림은 나타나지 않고 급격한 울림감쇠 현상이 일어나 양호한 송신 및 수신특성을 얻을 수 있었다.

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, 19851.
3. D.P.Skinner, R.E.Newnham & L.E.Cross, "Flexible Composites Transducer", Mat.Res. Bull., 13, p599, 1978.
4. T.R. Shrout, W.A. Schulze & J.V. Biggers, "Simplified Fabrication of PZT/Polymer Composites", Mat. Res. Bull., 14, p.1553, 1979.
5. K.Mizumura, Y.Kurihara & H.Ohashi, "Porous Piezoelectric Ceramic Transducer", Jpn.J.Appl. Phys., 30(9B), p.2271, 1991.
6. 사공 건, 최헌일, "압전세라믹/Polymer 1-3 Composites의 압전 및 음향특성", 대한전기학회 학술대회 논문집, 1992.7, pp.727~729.
7. 사공건의 3, "1-3형 복합압전체로 제작한 초음파 트랜스듀서와 신경회로망을 이용한 3차원 수중물체 복원", 대한전기학회지, 48(6), pp.456~461, 1999.6