

PZT-5A 탐촉자의 특성 분석

김철수, 김상수, 송준태, 박용관, 이종덕

성균관 대학교 전기.전자.컴퓨터공학부, 서남대학교 전기공학과.

The study on properties of PZT-5A Probe

Cheol-Su Kim, Sang-Su Kim, Jun-Tea Song, Young-Kwan Park, Jong-Duck Lee
Sung Kyun Kwan Univ., Sur Nam Univ.

Abstract - In this study, piezoelectric transducer were designed and manufactured using PZT-5A which have relatively high electromechanical coefficient. A epoxy is a good material as matching and backing layers. The envelope was reduced 60% as using matching layer and 76% as using matching and backing layer. NDT was successfully carried out for aluminum test pieces. Distance error and resolution of PZT-5A probe were improved as increasing frequency. Envelope was effectively reduced by backing layer but sensitiveness was poor.

1. 서 론

초음파를 이용해 구조물의 상태와 특성을 평가하고자 하는 노력은 1929년에 소련의 Sokolov에 의해 금속내의 결함을 찾고자 하는 시도에서 시작되었으며, 요즘에는 이를 여러 분야에 응용하여 보다 정확화, 간단화하기 위하여 많은 연구를 수행하고 있다.

비파괴검사의 방법에는 전자기파, 초음파, 자기 공명등 여러 가지의 방법을 이용하여 수행할 수 있으나 초음파를 이용한 방법은 음파의 기본적 성질인 매질을 통한 전파를 이용하므로 다른 방법에 비하여 그 측정 대상이 광범위하며 또한 압전트랜스듀서의 발명으로 인하여 그 구조가 간단화 되었고, 가격이 저렴하다는 장점을 가지고 있어서 재료 내부의 결함을 검출 및 사용 중에 발생하는 초음파 탐상시험이나 재료의 두께를 측정하는 것 그리고 현대의학에서 진단용으로 각광을 받고 있다. 또한, 다른 장비로는 측정이 곤란한 부분에서도 용이하므로 교량, 선박 등 조업 중이거나 노후된 구조물, 기계류의 연속적인 상태진단을 가능케 하고 급작스러운 기계류의 파괴 및 작업손실을 예방할 수 있다.

본 연구에서는 전기기계결합계수가 0.6~0.7정도로 우수한 PZT-5A를 압전층으로 선정하여 400KHz, 1MHz, 3MHz 변환기를 제작하여, 응답파형의 분석 및 비파괴검사를 통하여 각 주파수대의 탐촉자와 비교 평가 하였다. 또한 압전현상의 이론적 고찰을 토대로 정합층과 후면층에 대하여 검사를 하고 이를 설계 제작하여 평가하였다.

2. PZT-5A 탐촉자의 설계

압전변환기는 전기적인 에너지를 기계적인 에너지, 즉 음향 에너지로 변환 또는 역으로 변환하는 장치로서 변환기는 전기적인 에너지와 기계적인 에너지 사이에 높은 변환효율을 필요로 한다. 따라서 압전체는 전기기계결합계수가 큰 물질일수록 좋은 효율을 보인다. 하지만 측정대상 물질의 음향임피

표 1 PZT-5A 탐촉자의 주파수별 사양
Table 1 Type as frequency of PZT-5A Probe

PZT-5A	두께(mm)	지름(mm)
400KHz	5.44	20
1MHz	2.18	20
3MHz	0.75	20

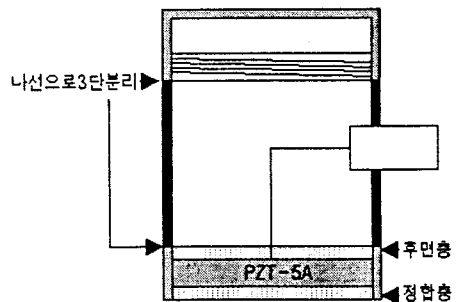


그림 1. 설계한 탐촉자의 구조
Fig. 1. Structure of design transducers

이던스는 대부분 낮기 때문에 음파의 전파에 있어서는 이런 높은 음향임피던스를 가진 압전층은 문제가 되는 경우도 있다. 본 연구에서는 PZT-5A를 압전재료로 선정하였다. 그 사양과 모습은 표 1, 그림 1 과 같다.

정합층의 역할은 측정하고자 하는 대상과 압전층의 음향임피던스의 큰 차이로 인한 음파의 반사를 줄이기 위한 층으로서 두 음향임피던스의 기하학적 평균치 $\sqrt{Z_1 Z_2}$ 를 가지는 물질을 사용하거나 multi-layer를 사용하고 그 두께는 경계면에서의 반사와 투과를 고려하여 $\lambda/4$ 로 설계하는 것이 이상적이다. 하지만 본 연구에서는 구입이 용이하고 또한 음향방사임피던스가 $3.26 \times 10^6 \text{ kg/ms}$ 인 에폭시(모델명 : DS1000)를 사용하여 정합층을 설계하였다. 또한 후면층의 초음파의 방사를 억제하는 후면층의 재료 역시 음향손실이 높은 에폭시를 사용하였다.

3. 탐촉자의 주파수별 특성

3.1 임펄스 응답

본 실험은 각 탐촉자에 있어서의 임펄스에 대한 진동형태 및 실제 진동주파수를 관찰하고, 그 결과 파형으로부터 실제 인식가능한 최소 깊이를 대략

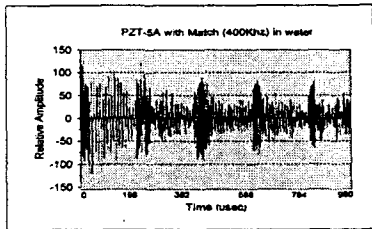


그림 2.1. 정합층을 가진 PZT-5A(400KHz) 탐촉자의 임펄스 응답
Fig. 2.1. Impulse response of PZT-5A (400KHz) Transducer with matching layer

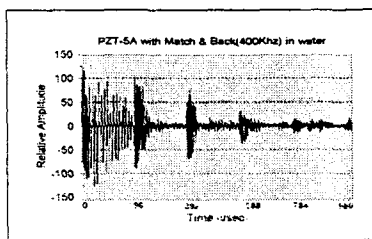


그림 2.2. 정합층과 후면층을 가진 PZT-5A (400KHz) 탐촉자의 임펄스 응답
Fig 2.2. Impulse response of PZT-5A (400KHz) transducer with matching and backing layers.

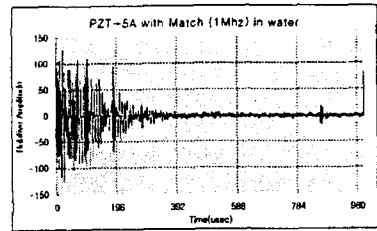


그림 3.1. 정합층을 가진 PZT-5A(1MKHz) 탐촉자의 임펄스 응답
Fig. 3.1. Impulse response of PZT-5A (1MHz) Transducer with matching layer

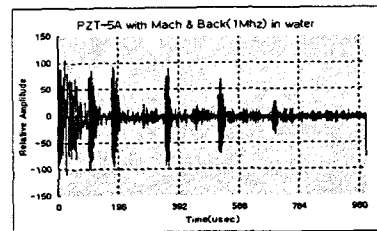


그림 3.2. 정합층과 후면층을 가진 PZT-5A (1MHz) 탐촉자의 임펄스 응답
Fig 3.2. Impulse response of PZT-5A (1MHz) Transducer with matching and backing layers.

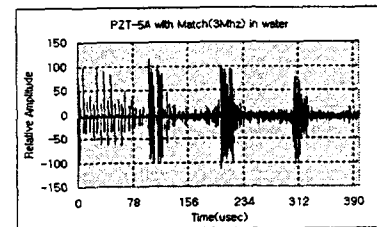


그림 4.1. 정합층을 가진 PZT-5A(3MHz) 탐촉자의 임펄스 응답
Fig. 4.1. Impulse response of PZT-5A (3MHz) Transducer with matching layer

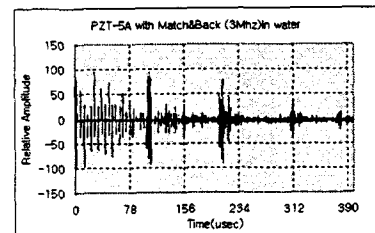


그림 4.2. 정합층과 후면층을 가진 PZT-5A (3MHz) 탐촉자의 임펄스 응답
Fig 4.2. Impulse response of PZT-5A (3MHz) transducer with matching and backing layers

유추할 수 있는 가장 손쉬운 방법이다. 각 탐촉자의 임펄스 응답은 그림 2, 3, 4를 비교해 볼 때 정합층과 후면층을 설계함으로써 펄스의 폭이 크게 감소되었는데 이는 설계한 정합층과 후면층이 음향임피던스가 다른 매질사이에 초음파의 감쇄가 비교적 적게 나타나며 동시에 펄스폭을 감소시키므로써 비교적 우수하게 작용함을 확인할 수 있었다.

3.2 반사파 측정

본 실험은 깊이 140mm 정도의 물 (왕복시간 193μsec 정도)에 중간 40mm지점에 10mm의 구멍이 뚫려있는 70mm의 Al덩어리를 사용하여 각 탐촉자의 인식가능한 최소 깊이를 평가하고자 하는 실험이다. 그림 2, 3, 4.는 반사파를 측정된 그림이다.

위 그림에서 볼수 있듯이 정합층만 붙인 경우는 무부하시보다 펄스의 폭이 60%정도 감소하였고, 정합층과 후면층을 모두 붙인 경우는 펄스의 폭이 70%정도 감소 하였다. 400KHz 탐촉자의 경우 펄스의 폭이 크기 때문에 Al내부보다 표면을 검사하는데 더 효과적인 것으로 나타났다.

1MHz의 경우는 400KHz 보다는 70%정도 펄스의 폭이 줄었고, 3MHz의 경우는 80%정도 줄어들었다. Al내부의 크랙의 검출에 있어서는 3MHz의 정합층만 붙였을 때 검출 가능했다.[그림 4.1] 그리고 주파수를 높일수록 해상도가 좋아짐을 볼수 있었다. 그러나 주파수에 따라 매질의 손실이 커지므로 음향 손실이 큰 물체의 영상을 얻기 위해서는 깊이의 제한이 있다. 그리고 한편 후면층은 펄스의 길이를 효과적으로 짧게 하지만, 감도가 저하되는 단점을 가지고 있다. 따라서 감도가 중요할 때는 후면층이 없이 정합층을 multi-layer로 사용하면 좋다. 그러나 실제 영상 system에서는, 펄스가 짧아야 좋은 영상을 얻을수 있다. 손실이 큰 매질에서는 깊이에 따라 펄스의 중심 주파수를 저주파로 해야한다.

각각의 탐촉자로 얻을수 있는 최소 인식가능 거리는 표 2. 와 같다.

표 2. 각 주파수별 최소 인식 가능 거리
Table 2. minimum distance as frequency of each probe

물속에서의 음속: 1.45km/sec

알루미늄속에서의 음속: 6.16km/sec

PZT-5A	인식가능한 최소왕복 시간(μsec)	Al내의 최소 인식 거리(mm)	물속의 최소 인식 거리(mm)
400KHz	120	379	90
1MHz	20	61.5	15
3MHz	12	22.7	9

4. 결 론

본 연구에서는 전기기계결합계수가 큰 PZT-5A를 이용하여 탐촉자를 제작하여 각 주파수별 (400KHz, 1MHz, 3MHz)특성을 비교 고찰하고 알루미늄의 내부를 검사하였다.

1) 제작된 PZT-5A 변환기는 비파괴 검사를 통한 비교시 거리 오차의 면에서 주파수가 높을수록 양호한 것으로 판명되었다.

2) 해상도는 펄스의 폭과 관계가 깊으며, 정합층을 붙인 경우는 무부하일때의 60%로 펄스의 폭이 감소하였고, 정합층과 후면층이 있는 경우는 70%로 펄스의 폭을 감소시키므로써 비교적 우수하게 작용함을 확인할수 있었다.

3) 감도의 문제에서는 후면층을 붙인 경우보다 정합층만 붙인 경우가 감도 면에서 더 우수함을 확인하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] Sokolov, W. S "Testing of Materials. Mosecow" Gozenergizdat 1957.
- [2] Josef Krautkramer, Herbert Krautkramer "Ultrasonic Testing of Materials" Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 1977.
- [3] Gordon S. Kino "Acoustic waves, Devices, imaging, and analog signal processing" prentice-hall, INC. 1987
- [4] B. S. Kim, "A P/S Mode Transducer with a Piezoelectric Ceramic of PZT Type : Theory and Fabrication" , Material Evaluation, 40, pp186~190, Feb. 1982.
- [5] D. A. L. Collie, M. A. Player, "Extended computer method for predicting the transient response of ultrasonic NDT probes", Ultrasonic Vol. 27, pp141~149, 1989