

## 무연 NKN 세라믹스를 이용한 AE 센서 제작 및 특성

이갑수, 류주현, 홍재일\*  
 세명대학교, 동서울대학\*

### Fabrication and Characteristic of AE sensor using the Lead-free NKN Ceramics

Kabsoo Lee, Juhyun Yoo and Jaeil Hong\*  
 Semyung Univ, Dongseoul Coll.\*

**Abstract :** AE sensor using lead-free ceramics should be developed for prohibiting environment protection. In this study, Langevin type AE sensor was manufactured as air backing structure. Here, the piezoelectric element was used as PZT(EC-65) and NKN, respectively. The resonant frequency of AE sensor using PZT was 143 kHz and the resonant frequency of AE sensor using NKN was 178 kHz. The waveform of AE sensor using NKN was responded more sensitively than that of AE sensor using PZT.

**Key Words :** Langevin type, AE sensor, lead-free NKN ceramics

#### 1. 서 론

오늘날 발전소에는 수많은 밸브가 사용되고 있으며 밸브누설로 인한 유량증가나 밸브 1차측 압력저하, 냉각기능 상실 및 방사선 물질 방출 등은 안전계통에 신뢰성 저하를 가져오게 되어 발전소운전에 막대한 손상 및 사고를 초래하게 된다. 밸브누설검사에는 압력계를 이용한 입출구 압력차, 온도변화 및 습도 측정, 내압시험 등을 이용하여 왔으나 미소 누설상태의 정보에 대한 실시간 측정이 불가능하고 압력계 보정 및 압력측정시의 절차의 복잡성 및 간접적인 측정에 의한 측정값 신뢰도등 많은 문제점이 있어 신속하며 측정 정밀도가 높으며, 미소 누설상태의 실시간 측정 및 평가가 가능한 음향방출법(acoustic emission : AE) 도입에 의한 밸브누설 감시시스템 개발이 시급히 필요하다. AE법에 의한 밸브내부 누설검사법은 밸브내부의 누설에 따라 발생하는 음향을 밸브 외부에서 검출하는 간편한 방법으로 최근 발전소 밸브에 실용화하기 위한 연구가 진행되고 있다.[1-2] AE는 재료내부의 국부적인 에너지원으로부터 급격한 해방에 의해 발생하는 과도 탄성파 현상을 의미하며 AE센서는 이러한 탄성파를 전기적인 신호로 변환하는 감지소자로서 대부분 압전세라믹을 사용한다[3].

따라서 본 연구에서는 환경보호를 위하여 발전소 밸브 누설 감지를 위한 AE센서를 무연 NKN 세라믹을 이용해 제작하고 그 특성을 고찰하고자 한다.

#### 2. 실험

##### 2.1 압전세라믹의 제조

PZT 압전세라믹의 조성은 PZT-5A계 세라믹인 EC-65 (Edo사 제품)의 것으로 1150℃에서 90분간 소성하여 제조하였고, NKN 무연 압전세라믹은 다음의 조성( $[Li_{0.04}(Na_{0.46}K_{0.54})_{0.96}](Nb_{0.86}Ta_{0.1}Sb_{0.04})O_3 + 0.1wt\%K_2CO_3$ )으로 1080℃에서 2시간 소성하여 제조하였다.

##### 2.2 AE센서의 제작

제조된 PZT와 NKN 무연압전세라믹을 그림 1과 같이 공기 후면층(air backing) 구조의 랑주반형(Langevin type) AE센서로 제작하였다.

보호판(알루미늄)은 초음파탐촉자나 초음파센서에서는 피측정재질과 압전세라믹과의 임피던스 정합층(impedance matching layer)에 해당되는 부분으로서 피측정재질로부터 발생하는 신호가 압전세라믹에 잘 전달되도록 하며, 압전세라믹을 기계적으로 보호한다.

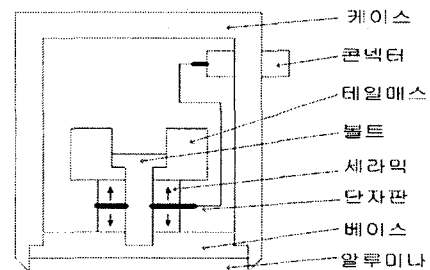


그림 1. AE센서의 구조

##### 2.3 AE 센서의 감도 측정

제작된 AE 센서의 감도특성을 측정하기 위하여 그림 2와 같은 과도 탄성파 측정법(ASTM 1106-86)[4]을 이용한 간이 감도 측정 시스템을 사용하였다. 탄성파원으로는 샤프심을 사용하였고 전달매질로는 감쇄와 분산이 적은 단조강(직경 50cm, 두께 5cm)을 사용하였으며 센서는 탄성파원의 측면 10cm에 글리세린 접촉매질(couplant)로 접촉하였다.

측정방법은 조절장치(Indentor)를 서서히 내려서 연도날로 샤프심을 절단함으로써 탄성파원을 만들고 이때 받는 힘을 로드셀 기록기(load cell indicator)로 기록하여 단위 N 당 센서응답 파형을 디지털 오실로스코프(LeCroy 9354A)로 측정한 후 0.2μs 간격으로 데이터를 저장하였다[5].

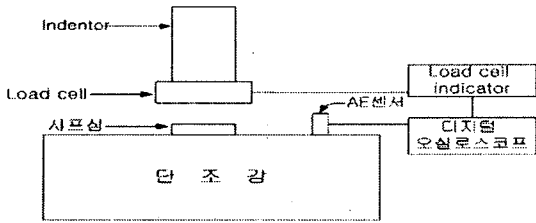


그림 2. AE 센서의 감도측정 시스템

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 AE 센서의 전기적 특성

표 1은 AE 센서의 핵심 부품인 각 압전세라믹 시편의 압전특성을 나타낸 것이다.

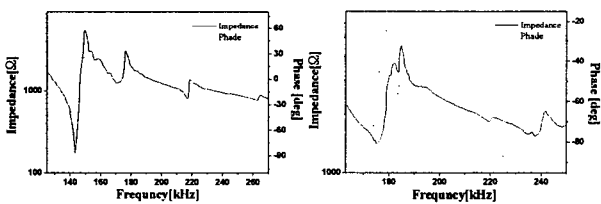
표 2는 완성된 AE 센서의 압전특성을 나타낸 것이다.

표 1. 시편의 압전특성

조성	Density [g/cm <sup>3</sup> ]	kp	Qm	d <sub>33</sub> [pC/N]
PZT	7.49	0.663	58.67	493
NKN	4.60	0.490	54.76	300

표 2. AE센서의 압전특성

조성	Fr[KHz]	Fa[KHz]	C[nF]	k <sub>eff</sub>
PZT	143.38	149.75	1.01	0.301
NKN	178.10	185.00	0.49	0.281



(a) PZT

(b) NKN

그림 3. AE센서의 임피던스 특성

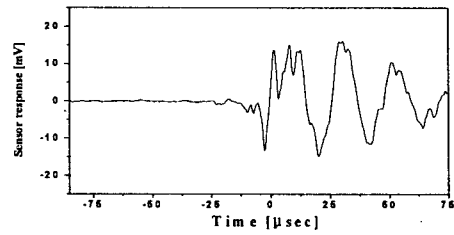
그림 3은 각각의 압전세라믹을 사용하여 AE 센서를 완성한 후에 전기 임피던스 특성곡선을 나타낸 것이다. PZT 세라믹을 이용한 AE 센서의 공진주파수는 143[kHz]에서 나타났고, NKN 세라믹을 이용한 AE 센서의 공진주파수는 178[kHz]에서 나타났다.

#### 3.2 AE 센서의 감도특성

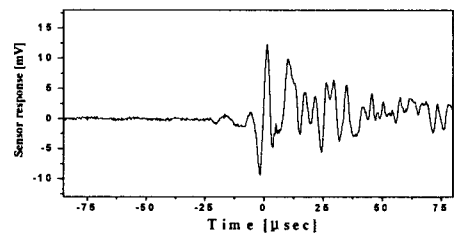
그림 4는 AE센서 파형을 나타낸 것이다. 센서응답의 주된 피크를 나타내는 것은 종파나 횡파보다는 표면파(Rayleigh Wave)에 의한 것이다.

NKN 세라믹을 사용한 AE센서의 파형이 PZT 세라믹을 사용한 AE 센서의 파형보다 더 많이 나타난 것은 한 번의 탄성파원 외에 단조강의 경계면에서 반사되어 되돌아오는

여러 개의 파를 더 많이 감지했기 때문이며 더 예민하게 반응한 것을 알 수 있다.



(a) PZT



(b) NKN

그림 4. AE센서 파형

### 4. 결론

PZT 세라믹과 NKN 무연 세라믹을 제조하여 air backing 으로 란주반형 AE센서를 제작하여 특성을 측정한 결과는 다음과 같다.

1. PZT 세라믹을 사용한 AE 센서의 공진주파수는 143[kHz]이고 NKN 세라믹을 사용한 AE 센서의 공진주파수 178[kHz]부근에서 나타났다.
2. NKN 세라믹을 사용한 AE센서의 파형이 PZT 세라믹을 사용한 AE 센서의 파형보다 더 예민하게 나타났다.

### 감사의 글

본 연구는 전력산업 연구개발사업 (과제번호 : R-2005-7-097)으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

- [1] Allen, J. W, Hartman, W. F. and Robinson, J. C., "Acoustic Monitoring of Power Plant Valves", EPRI NP-2444, pp. 22-30, 1988,
- [2] Kumagai, H. and Suzuki, A, "The Evaluation for Application of the Detection Method of Internal Valve Leak Using Acoustic Method", CTEIPI Report NO. T89011, pp. 1-12, 1990
- [3] ASTM E610-89a, "Standard Terminology Relating to Acoustic Emission"
- [4] ASTM E1106-86, "Standard Method for Primary Calibration of AE sensors"
- [5] 정영호, 홍재일, 류주현, "부분방전검출용 결합진동모드 음향방출센서의 특성", 전기전자재료학회 논문지, 제12권 제12호, pp.1119-1125, 1999.12