

# 분극처리 전후의 $Pb(Zr,Ti)O_3$ 세라믹스의 파괴인성의 변화

## (Change in the Fracture Toughness of $Pb(Zr,Ti)O_3$ Ceramics before and after Poling Treatment)

강원대학교 재료공학과 태원필 김승희

### 1. 서론

압전체는 기계적 에너지를 전기적 에너지로, 또는 그 역으로 변환이 가능한 소자로서의 기능을 갖고 있는 것으로 Jaffe등에 의해 PZT세라믹스에서 우수한 압전성을 발견한 이래, 압전특성의 향상과 다양한 목적의 압전체를 제조하기 위하여 제조기술의 발달과 소량 첨가물의 영향으로 많은 진보가 있었다. 그러나 압전재료로서 널리 응용되어지고 있는 PZT세라믹스는 압전특성 못지않게 재료의 수명과 연관이 있는 기계적 특성 및 안정성에 관한 연구 또한 중요함에도 불구하고 이러한 압전재료에 관한 연구는 주로 우수한 전기적 특성을 갖는 압전재료의 제조과정 및 압전특성에만 중점을 두었다. 세라믹스의 기계적 특성에 관한 연구는 구조용 세라믹스를 중심으로 활발하게 진행되어 왔으며 최근 강유전 세라믹스의 기계적 성질에 관한 연구가 확대되어지고 있다. 강유전 세라믹스의 파괴인성시험은 시험방법이 간단하고, 손쉽게 측정할수 있는 Indentation방법, Indentation strength방법에 의해 거의 파괴인성시험을 행하고 있으나 이와같은 방법은 시편에 압입함으로서 발생하는 변형에 수반되는 잔류응력이 파괴인성에 심각한 영향을 미치므로 파괴인성치의 큰 차이를 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 능면체정상과 정방정상의 공존영역인 MPB조성영역, 능면체정 조성영역, 정방정 조성영역의 PZT압전체를 제조하여 분극처리전후에 SENB방법에 의해 파괴인성의 변화를 조사하고, indentation strength방법과의 차이를 modelling하고자 한다.

### 2. 실험방법

고순도의  $PbO$ ,  $ZrO_2$ ,  $TiO_2$  등의 원료분말을 사용하여 고상반응법에 의해 MPB, Tetragonal, Rhombohedral조성영역의 sample을  $PbZrO_3+5wt\%ZrO_2$  분위기 분말을 사용하여  $1280^\circ C$ 에서 1시간 소결하여 제조하였다. 압전성을 부여하기 위하여  $130^\circ C$  silicon oil속에서  $20kV/cm$ 의 직류전계를 9분간 인가하였다. 파괴인성 시험은  $3.5mm \times 5mm \times 24mm$ 의 bar형태의 시편을 MTS Dynamic Testing Machine을 이용하여 Stroke Control하에서  $0.5mm/min.$ 의 Cross head speed로 가하여 수행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

각조성에 대해 분극처리를 하지 않은 시편과 notch면에 평행하게  $20kV/cm$ 로 분극처리한 PZT시편을 이용하여 SENB(Single Edge Notched Beam)방법에 의해  $0.5mm/min.$ 의 cross head speed로 파괴인성을 측정된 결과, 분극처리를 행하지 않았을때 정방정 조성의 경우는 MPB, 능면체정 조성에 비해 더 낮은 파괴인성치를 나타내었으며, notch면에 평행하게 분극처리한 후 파괴인성의 변화는 각조성에서 분극처리전과 비교하여 감소하였다. 특히 정방정 조성에서 큰 감소를 나타내었다.

분극처리를 행하지 않은 강유전 세라믹스의 경우 SENB방법과 Indentation strength 방법으로  $K_{Ic}$ 를 측정하여 비교해 보면 SENB방법을 이용하였을때(본연구) 정방정 조성에서  $K_{Ic}$ 값은 가장 낮고 능면체정 조성에서 가장 높다. Indentation strength방법을 이용하였을때 정방정 조성에서  $K_{Ic}$ 값은 가장 높고 능면체 조성에서 낮다. Indentation

strength방법을 이용하였을때 정방정 조성의 경우 tetragonality로 인한 내부응력으로 압입시 Indent mark주위에 microcracking을 발생하므로 K의 감소(응력확대계수의 감소), 즉 응력집중완화현상이 발생하므로 응력집중완화량 만큼 파괴를 위하여 더 많은 응력이 필요하게 된다. 따라서 파괴인성값이 과대평가되는 경향이 있다. 그러나 SENB 방법은 단일 notch로 응력은 분산되지 않고 한지점에 응력이 집중되기 때문에 정확한 응력확대계수값을 얻을 수 있으며 Indentation strength방법과 비교하여 한지점에 응력이 집중되기 때문에 측정되는 파괴인성값은 보다 작다.

분극처리후 정방정 조성에서 파괴인성의 큰 감소는 crack tip근방에서 grain boundary facet의 microcracking발생과 큰 tetragonality로 인해 분극방향의 수직방향으로 인장응력이 함께 작용하게 되어 균열전파를 조장한 것으로 사료된다.

#### 4. 참고문헌

1. S.Takahashi, "Effects of Impurity Doping in Lead Zirconate-Titanate Ceramics", *Ferroelectrics*, 41,143-156(1982).
2. C.S.Yu and D.K.Shetty, "Transformation Zone Shape, Size, and Crack-Growth-Resistance(R-Curve) Behavior of Ceria-Partially-Stabilized Zirconia Polycrystals", *J. Am. Ceram. Soc.*, 72(6),921-928(1989).
3. K.Okazaki, "Mechanical Behavior of Ferroelectric Ceramics", *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 63(9),1150-1152(1984).
4. S.W.Freiman, L.Chuck, J.J.Mecholsky, D.L.Shelleman and L.J.Storz, Fracture Mechanisms in PZT Ceramics, P.175 in "Fracture Mechanics of Ceramics", Vol.8, R.C.Bradt, A.G.Evans, D.P.H.Hasselmann and F.F.Lange, ed., Plenum Press, New York(1986).

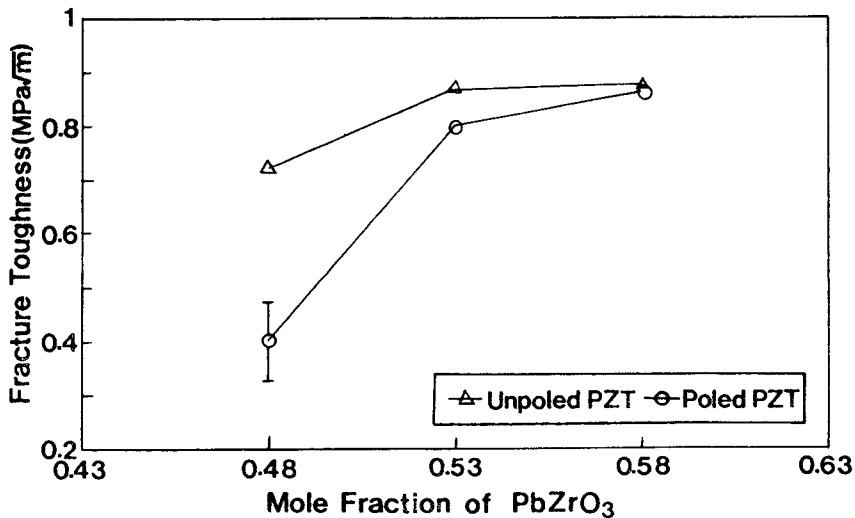


Fig. Fracture toughness of PZT resulting from SENB test with different compositions before and after poling treatment.