

BNT 系無鉛圧電セラミックスの遅れ破壊

材料強度学研究室 橋田浩之

1. 緒言

圧電セラミックス材料はその結晶中の非対称的イオン配列に起因する圧電効果および圧電逆効果を有し、知能材料として期待が持たれている。これらの中では、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)が一般的に使用されているものの、有害な鉛を多く含むため規制の対象となることもある。このことからチタン酸ビスマスナトリウム(BNT)などの非鉛系の圧電セラミックスに関する研究も活発に行われている⁽¹⁾。

一方セラミックス材料は脆性材料であり微小な欠陥やき裂からの破壊を十分注意しなければならない。また、セラミックスに特徴的な遅れ破壊についても、そのデータの蓄積は重要である。本研究では楠本の開発⁽²⁾によるBNT-BT-ST系セラミックス $85(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3\cdot 12\text{BaTiO}_3\cdot 3\text{SrTiO}_3$ を焼成し、その遅れ破壊について調査した。

2. 材料および実験方法

通常の焼結法により直径 10mm、厚さ 1mm の円板形状の材料を作製した。合成量 40g に対する原材料を表 1 に示す。これらを乳鉢で混合し、仮焼(900℃2hr)、粉碎・混合・成形の工程後 1180℃、3hr で焼成した。本材料は 80℃で 3kV/mm、20min の分極処理により 80pC/N 程度の d_{33} を示す圧電体となる。

Table.1 Amount of primary materials (g)

Bi_2O_3	Na_2CO_3	TiO_2	BaCO_3	SrCO_3
17.26	3.93	13.92	4.13	0.77

遅れ破壊試験には図 1 に示すような RCT 試験片を用いた。試験片表面は 1000 番のエメリー紙研磨の後バフ研磨仕上げをした。スリット底は剃刀を用いて、 $1\mu\text{m}$ のダイヤモンドペーストにより研磨した。

試験機には図 2 に示す自作の試験機を用いた。リニアガイド上にあるエポキシ樹脂製の可動チャックをマイクロメータヘッドで移動させ、固定側チャックとの間に取り付け試験片にピンを介して引張負荷を与える。固定側チャックは荷重測定のためのロードセルを配置している。遅れ破壊

寿命は所定の引張荷重で試験片に負荷し、破断に至るまでの時間と初期の応力拡大係数 K の関係として求めた。48 時間を打ち切り時間とした。

3. 実験結果

3.1 応力拡大係数 本研究で用いた RCT 試験

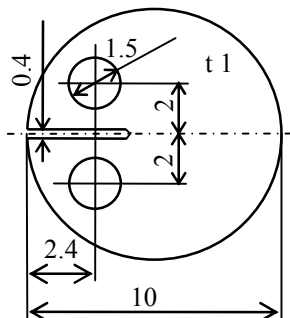


Fig.1 Specimen configurations

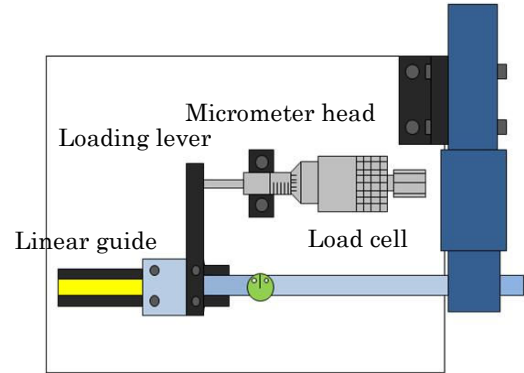


Fig. 2 Testing machine

片の形状における K の値は有限要素解析により求めた。解析対象を対称 1/2 モデルとし、6 節点三角形要素を用いた。き裂先端部には特異要素を配置し、変位外挿法により K を評価した。実験データは、この解析結果に基づいて整理した。

3.2 遅れ破壊 図 3 に K と破壊時間の関係を示す。データにはかなりばらつきが見られ、瞬時に破断した試験片についても、その時の K の値は 0.77 から 0.94 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ の範囲にあった。インデネーション法による本材料の破壊じん性値は 1.15 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ で、この値よりかなり低い値で破壊が生じていた。今回連続的なき裂伝ば速度の測定はできなかったが、0.7 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ においておよそ 2.8×10^{-11} m/s の伝ば速度であった。48 時間に対する強度は 0.66 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ と考えられる。

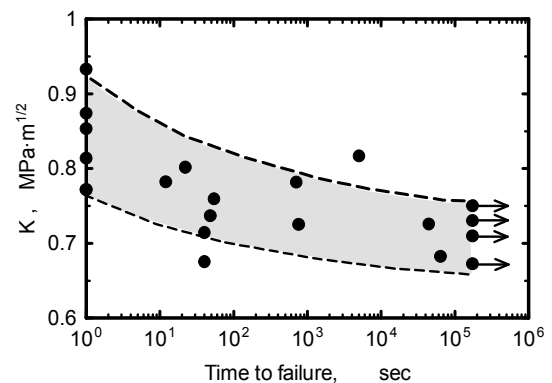


Fig. 3 Relationship between K and fracture lifetime

4. 結言

小型試験片を用いる静荷重負荷試験機を自作し、BNT-BT-ST 系無鉛系圧電セラミックスの遅れ破壊について調査した。応力拡大係数と寿命の関係により、48 時間に対する強さとして 0.66 $\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ が得られた。

(参考文献省略)