

BNT系圧電セラミックスの遅れ破壊に及ぼす水環境の影響

知能材料学研究室

上田悠平

1. 緒言

圧電効果および圧電逆効果を有する圧電セラミックスはセンサーやアクチュエーターの材料として広く使用されている。中でも圧電特性に優れるチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)を用いたものがその大部分を占めているが、PZTは有害な鉛を多く含むため、これに代わる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。一方、圧電セラミックスは遅れ破壊が生じることが知られており、この特性を把握することは、材料を使用する上で重要である。本研究ではBNT-BT-ST系非鉛圧電セラミックスの遅れ破壊に及ぼす水環境の影響について調査を行った。

2. 材料および実験方法

実験に使用した材料は、 $85(\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5})\text{TiO}_3-12\text{BaTiO}_3-3\text{SrTiO}_3$ の組成を有するセラミックスである。原料粉末40gに対し、酸化ビスマス17.25g、炭酸ナトリウム3.92g、酸化チタン13.94g、炭酸バリウム4.12g、炭酸ストロンチウム0.77gの割合で混合し仮焼き後、 $\phi 12 \times 1.5\text{mm}$ の円板状に成型し、 1180°C 、3時間の条件で焼成した。焼成後、図1に示す形状と寸法に加工し、RCT試験片とした。ノッチ底は鋭利な剃刀を用いてダイヤモンドペーストにより研磨し仕上げた。

試験機は研究室で自作されたものを用いた。ロードセルに取り付けた固定チャックと、マイクロメータヘッドによりリニアガイド上を移動できる移動チャックの間に試験片を配置し、ピンにより負荷をかける機構となっている。試験片に精製水を滴下することで水環境下での実験も行った。遅れ破壊寿命試験では、設定した初期の応力拡大係数 K_{ini} に対応する引張り荷重を保持した状態で、破断までの時間を測定した。打ち切り時間を48時間とした。なお負荷荷重との関係は有限要素解析により求めた。また、破断した試験片の破断面を電子顕微鏡(SEM)で観察した。

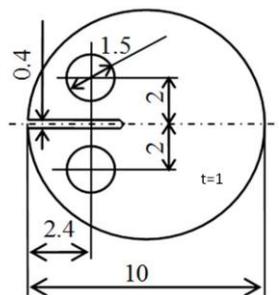


図1 試験片の形状

3. 実験結果および考察

K_{ini} と破断時間の関係を図2に示す。実験室環境下において、即時破壊が生じる K_{ini} は平均で $1.28\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 、破断時間が $T_f=10\text{sec}$ 以上の遅れ破壊が生じた K_{ini} の平均は $1.16\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ であった。実験室環境下と比べて水環境下では、

遅れ破壊が生じる K_{ini} の範囲が広く、強度のばらつきが大きくなることがわかった。遅れ破壊が生じた K_{ini} の平均値は $0.98\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ で実験室環境下のそれに対し、約16%低下した。酸化物系のセラミックスでは水に含まれる水素原子が引張応力下で解離加水分解反応を引き起こし、応力腐食割れが生じることが知られている。同様な機構により本材料も水環境下で遅れ破壊強度が低下したのと考えられる。図3に破面のSEM観察例を示す。実験室環境下 $K_{ini}=0.96\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 、 $T_f=619\text{sec}$ では、破面に凹凸が明瞭に観察されるのに対し水環境下 $K_{ini}=1.12\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 、 $T_f=15.5 \times 10^3\text{sec}$ のそれは、非常に平坦な様相となっていた。微視的には両者に顕著な差異は見られなかった。

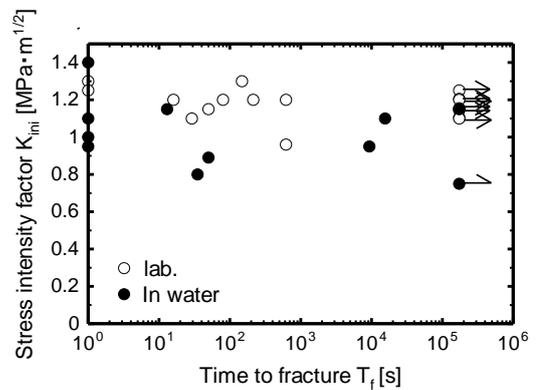
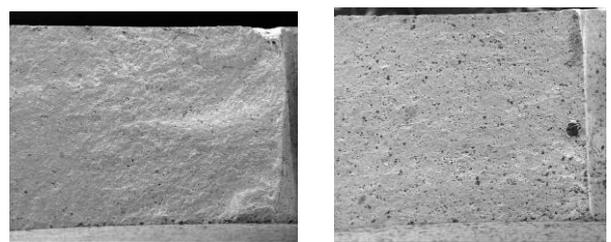


図2 K_{ini} と遅れ破壊との関係



500 μm (a) 実験室環境 (b) 水環境

図3 SEM観察例

4. 結言

BNT-BT-ST系非鉛圧電セラミックスにおける48時間に対する遅れ破壊強度は水環境下では常温と比較すると低下することがわかった。水環境下での破面は実験室環境下でのそれと比べて平坦であった。

(参考文献省略)