

1. 緒言

知能材料としての利用が期待されるチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT) は脆性材料であるため、微小な欠陥やき裂を起点として破壊が生じることがあり、その使用には注意を必要とする。静疲労は一定の荷重負荷下でもき裂が進展し、破壊に至ってしまうセラミックス特有の現象であり、この特性を把握しておくことは重要である。また、PZT はその使用上電氣的負荷を受けることも多く、この影響も十分考慮しておく必要がある。

そこで、本研究では 2 種類の PZT 圧電セラミックスについて静荷重下での微小き裂伝ば挙動を調査した。3 点曲げ負荷下において、ビッカース圧痕からの微小き裂の伝ば速度と応力拡大係数の関係を求めた。また、き裂伝ば挙動に及ぼす電界の影響についても検討した。

2. 材料および実験方法

材料は市販の PZT 圧電セラミックス分極材でハード材、とソフト材の 2 種類である。納入材から寸法 $6 \times 13 \times 2 \text{ mm}$ の試験片を試験片長手方向が分極方向と一致するように切り出した。表面研磨後、ビッカース試験機により予き裂を導入した。スパン 10mm の三点曲げ試験機(自作)により静荷重を負荷し、所定の時間ごとにき裂長さを測定することで伝ば速度を求めた。またソフト材については 0.1 kV/mm の電界を負荷した状態で同様の試験を行った。

試験後、破面を電子顕微鏡(SEM)により観察した。

3. 実験結果

3.1 da/dt - K 関係

電界負荷のない条件での微小き裂($2c \leq 1.2 \text{ mm}$)のき裂伝ば速度 da/dt と応力拡大係数 K の関係を Fig. 1 に示す。いずれの材料についても、伝ば速度が大きくばらつき応力拡大

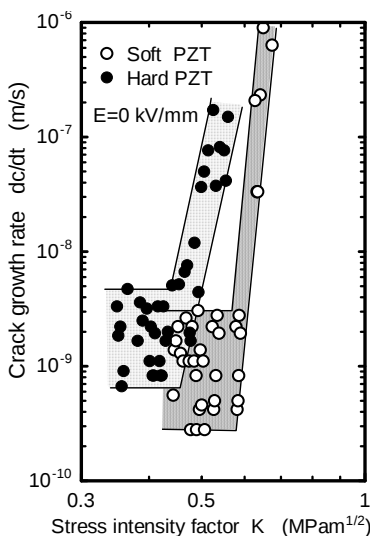


Fig.1 き裂伝ば速度と応力拡大係数の関係

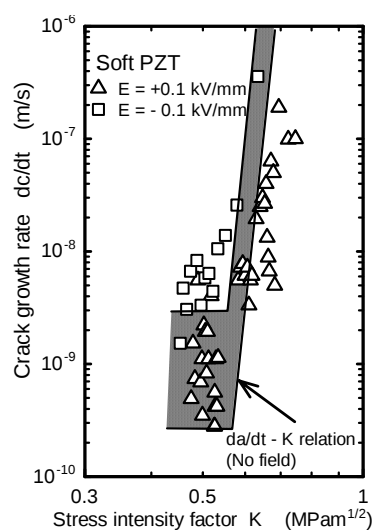


Fig.2 伝ば速度に及ぼす電界負荷の影響

大係数 K に依存しない領域と、 K の増加に伴い伝ば速度が急激に増加する領域が存在することがわかった。

また、材料間で伝ば速度を比較すると、ハード材の伝ば速度がソフト材のそれに比べ大きいことがわかった。

3.2 電界負荷の影響

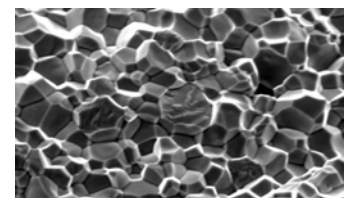
ソフト材に電界を負荷したときの da/dt - K 関係を Fig. 2 に示す。正電界を負荷した場合、 $K \leq 0.6 \text{ MPa m}^{1/2}$ の範囲での伝ば速度が K に依存しない領域では、電界なしの結果と大きな違いは見られなかったが、それより K が大きい領域で若干伝ば速度が低下した。負の電界負荷下ではこの領域の伝ば速度が電界なしの結果に比べ高くなる傾向がみられた。

3.3 破面観察

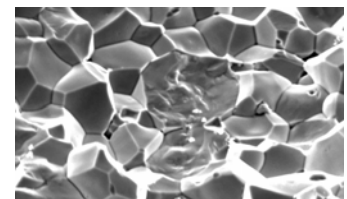
電界を負荷しない条件で試験した試験片破面観察の結果を Fig. 3 に示す。破面は材料にかかわらず粒界割れが支配的であり、粒内割れが観察されたのはごく一部であった。また電界を負荷した場合でも、電界なしの場合と比較して破面には大きな違いは見られなかった。このようにき裂は主に粒界を伝ばしていくため、粒径の大きいハード材の伝ば速度が大きくなったと考えられる。

4. 結論

- 1) 静荷重下における PZT の微小き裂の伝ば速度と K の関係には、伝ば速度が K に依存しない領域と K の増加に伴って増加する領域とが存在した。
- 2) 本研究で用いたハード材の粒径はソフト材の 2 倍以上大きいいため、相対的にハード材の伝ば速度が大きくなった。
- 3) 負の電界負荷時にはき裂伝ば速度を増大させる効果があった。



(a)ソフト PZT



(b)ハード PZT

5 μm

Fig.3 破面の SEM 写真