

PZT 圧電セラミックスの遅れ破壊強度におよぼす環境の影響

知能材料学研究室

藤原康博

1. 緒言

PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)は、圧電特性に優れるため、センサー、アクチュエータに多く使用されている。しかし本材料は脆性材料であるため、強度信頼性が低いという欠点がある。またセラミックスに特有の遅れ破壊の問題もあり、実際にアクチュエータ等に使用されているPZTが、長期稼働中に破壊する現象も多く見受けられる。本研究ではPZT分極材の4点曲げ静荷重負荷試験を、温度ならびに湿度を変えた環境下で行い、遅れ破壊挙動におよぼす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

実験に用いた材料は38×38×1[mm]のPZT分極材で、その材料特性を表1に示す。この材料より38×5×1[mm]の寸法にダイヤモンドカッターで切り出した後、片面の電極を除去・研磨し、曲げ試験片とした。上記試験片に4点曲げ負荷(外側スパン30mm,内側スパン10mm)をかけるための試験機を自作した。その概略を図1に示す。試験機は、てこ(てこ比1:5)を介して静荷重をかけるもので、荷重測定に小型圧縮荷重用ロードセル(容量50N)を用いた。試験機を恒温恒湿器内に挿入し、温度20℃,相対湿度40%および40℃,80%環境下での破断寿命試験を行った。後者の環境は本材料が実際のアクチュエータ材料として使用される時の最も過酷な条件を想定したものである。

Table.1 Properties of material

Elastic constants [N/m ²]	$Y_{33} = 54 \times 10^9$ $Y_{11} = 65 \times 10^9$
Piezoelectric constants [pC/N]	$d_{33} = 660$ $d_{31} = -360$ $d_{15} = 1010$
Dielectric constants	$\epsilon_{33} = 4500$ $\epsilon_{11} = 4700$

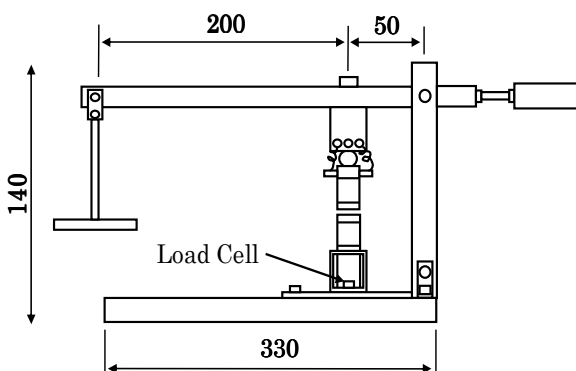


Fig.1 Four-points bending testing machine

3. 実験結果, 考察

破断寿命試験の結果を図2に示す。縦軸に最大曲げ応力、横軸に破断時間を取り破断寿命を両環境下で比較した。負荷応力と破断寿命の関係は非常にばらついているため、破断限界荷重を決定できないが、環境の影響は明らかに生じており、20℃,40%での結果に対して、40℃,80%では強度の低下が著しいことがわかる。

図3は、試験片中央にビッカース圧痕による予き裂を導入した試験片について、20℃,40%で4点曲げ静荷重を荷重したときのき裂の伝ば挙動を、き裂長さとき裂時間の関係で示したものである。破断に至るまでの平均的き裂伝ば速度は負荷応力に依存し、64MPaでは 0.67×10^{-6} mm/s,61MPaでは 0.93×10^{-8} mm/sであった。しかしながら、き裂伝ば速度とき裂長さとの相関はあまり見られなかった。破断時の応力拡大係数Kを求めると、それぞれ0.94,0.97 MPa・m^{1/2}とほぼ同じ値で破壊が生じた。

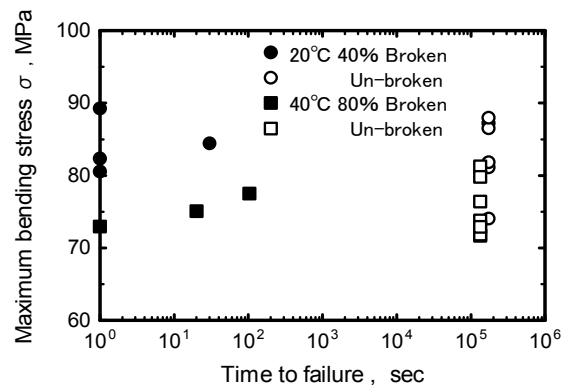


Fig.2 Fracture lifetime

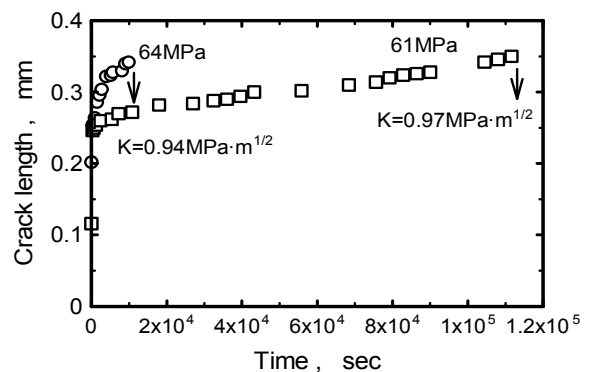


Fig.3 Crack growth behavior

4. 結言

PZT分極材の4点曲げ破壊試験の結果、高湿高温の環境下で遅れ破壊強度が低下することがわかった。き裂の伝ば速度は、負荷応力に依存するが、き裂長さとの相関はあまり見られなかった。(参考文献省略)。