

バイモルフ圧電アクチュエータにおける PZT き裂伝ば挙動

材料強度学研究室

鎌田英揮

1. 緒言

圧電セラミックスの代表的材料に PZT(チタン酸ジルコン酸鉛)がある。本材料は比較的大きな圧電定数を持っており、アクチュエータやセンサに多く用いられている。アクチュエータには、バイモルフ型と呼ばれるものがあり、弾性板(シム)を挟むように圧電セラミックスを貼り付け、電圧を印加するときの横方向変形によりシムを屈曲させることができる。一方、PZT は脆性材料であり長期間の使用で、き裂の発生、伝ばなどにより圧電アクチュエータが破損することもある。

本研究ではバイモルフ型アクチュエータを模擬した試験片を用いて、引張り荷重、電圧負荷によるき裂伝ばおよび、これに及ぼす環境の影響について調査した。

2. 実験装置および方法

2-1 試験片 本研究で対象としたのは、編み機の選針に使用されるバイモルフ型アクチュエータで、これを模擬した試験片を用いた。図 1 に試験片の形状および寸法を示す。0.18mm の PZT をシムの片面に貼り付けている。

PZT 表面に塗付された厚さ約 $1\mu\text{m}$ の銀電極を軽くバフ研磨した後、初期欠陥として端の部分にビッカース圧子を $60\sim 80\mu\text{m}$ の間隔で打ち込んだ。ただし、圧子打ち込み部の銀はあらかじめ取り除いた。

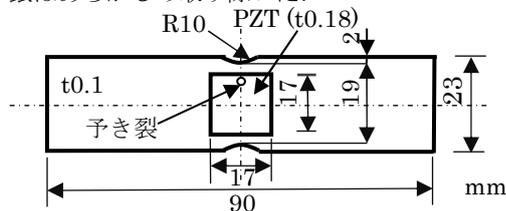


図 1 試験片の形状および寸法

2-2 実験手順

万能試験機を用いて静的負荷下で所定の時間ごとにき裂長さを測定し、き裂伝ば速度を求めた。また、電界負荷のき裂伝ばに及ぼす影響を検討するため、試験片の PZT 表面とシム(正極)の間に 96V の直流電圧を負荷しながらの試験も行った。

高湿度環境下でのき裂伝ば試験は、ロードセルを装着した自作の小型試験機を用いて、恒温高湿度器内で温度 40°C 、相対湿度 80% の条件のもと行った。この試験における引張り荷重は PZT に $1000\mu\epsilon$ のひずみが生じる荷重とした。

3. 実験結果および考察

静的負荷のみおよび電圧負荷が重畳したときのき裂伝ば速度とき裂長さの関係を図 2 に、高湿度環境下でのそれを図 3 にそれぞれ示す。

静的負荷のみの場合、き裂が短いときは $10^{-9}\sim 10^{-8}\text{m/s}$ の伝ば速度となり、約 0.7mm 伝ばした後、停留した。長いき裂の場合、負荷荷重が小さいにもかかわらず伝ば速度に大きな差異はなく、1mm 程度き裂が伝ばした後停留した。

電界負荷が重畳する場合、負荷直後瞬時にき裂が伝ばした。その後、き裂は徐々に伝ば速度を低下させて、100N では 5.7mm、200N では 2.6mm 伝ばした後停留した。静的負荷のみの場合と比較すると伝ば挙動への電界の影響は少ないことがわかった。

高湿度環境下の場合、き裂が PZT の端まで伝ばし、完全に PZT は破断した。図 3 には、2 本の試験片で得られた結果を示したが、試験片中央部では 10^{-7}m/s のほぼ一定の伝ば速度が得られた。き裂伝ばに及ぼす高湿度環境の影響がきわめて大きいことがわかった。

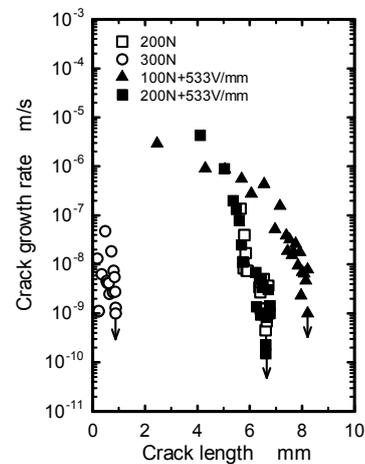


図 2 静的負荷と電圧負荷の伝ば速度

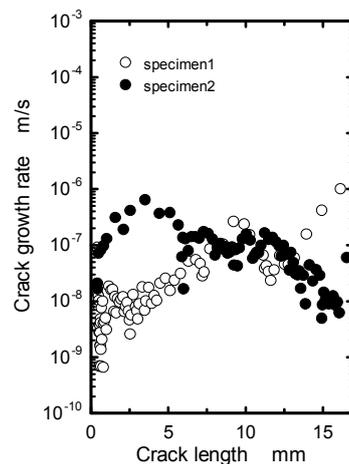


図 3 高湿度環境下での伝ば速度

4. まとめ

今回対象とした PZT バイモルフ型アクチュエータは、高温高湿度環境下でも使用されるもので、その場合、アクチュエータの破損がきわめて生じやすくなることがわかった。(参考文献省略)