

1. 緒言

圧電式のセンサーやアクチュエータの材料として PZT (チタン酸ジルコン酸鉛) が多く使用されている。これら PZT アクチュエータを駆動させるためには、電極を介して材料に電界を負荷させることが必要である。しかし、電極が不連続である場合、電極縁付近で電界や応力の集中が生じ、機械的損傷が発生することがある。本研究では、PZT 圧電セラミックスの部分電極縁に予き裂を付けた試験片に、正弦波状交流電圧を負荷し、き裂進展挙動を調査した。またこれに及ぼす平均電圧および環境の影響についても調査した。

2. 実験装置および方法

本研究では、板厚方向に分極された $5 \times 5 \times 1$ [mm] の PZT 板を用いた。図 1 に示すように、正極側片面に部分電極をスパッタリングにより作製し、その縁に沿ってビッカース圧痕を付して予き裂とした。この試験片の部分電極と負極側全面電極間に電圧幅 $\Delta V=800$ V、周波数 400 Hz の交流電圧をかけ、顕微鏡で測定したき裂長さの単位時間当り増分をき裂進展速度として求めた。また平均電圧 $V_{\text{mean}} = 0, +400, -400$ V と変化させて実験を行った。さらに $V_{\text{mean}} = 0$ V については温度 40°C および 20°C、相対湿度 60% および 80% と環境を変えての実験も行った。

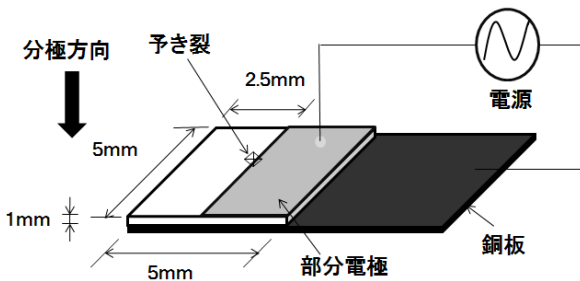


Fig.1 Specimen configurations

3. 実験結果および考察

通常の実験室環境下で得られたき裂伝ば速度とき裂長さの関係を図 2 に示す。負荷条件 $\Delta V = \pm 400$ V、正および負のバイアスを与えた $\Delta V = 0 \sim +800$ V, $\Delta V = -800 \sim 0$ V の結果を併せて示した。いずれの条件下でも、き裂はその進展速度を低下させながら進展し、その後停留した。しかし、正の範囲で繰返し電圧負荷させた場合、両振りの場合よりもき裂進展速度が大きくなり、停留き裂長さは長くなった。しかし、負の範囲で負荷した場合、き裂進展速度および停留き裂長さともに大きくばらついた。これは材料内部の分極反転によるものだと考えられる。

予き裂のない全面および部分電極試験片を用いて、 $\Delta V = 800$ V を負荷した時の板厚方向変位振幅をレーザードップラ変位計で測定し、 V_{mean} との関係性を求め図 3 に示した。 V_{mean} が 0 以下になると、変位振幅は急激に減少する。全面電極の場合 $V_{\text{mean}} = -300$ V でほぼ振幅が 0 となり、分極反転により圧電効果がほぼ消失した。このような反転挙動により、き裂進展速

度が大きくばらつく結果になったと考えられる。

環境を変化させた時の実験結果を図 4 に示す。実験室環境下での結果 (実線) に対し、温度、湿度ともに高くした場合 (40°C, 80%)、き裂進展速度は増加し、停留き裂長さも著しく増加することが分かった。

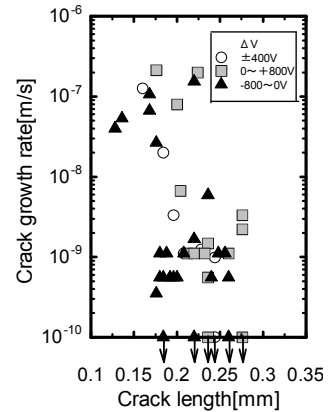


Fig.2 Relationship between crack rate and crack length

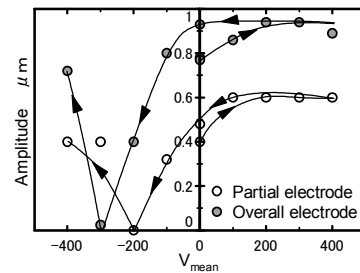


Fig.3 Effect of bias on displacement amplitude

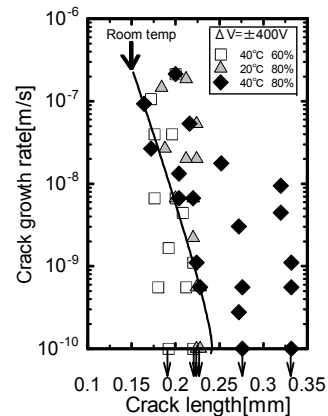


Fig.4 Effect of environment on crack rate

4. 結言

部分電極縁に予き裂を導入した PZT 試験片に繰返し電圧を負荷した場合、き裂はその進展速度を低下させながら進展し、最終的に停留に至る。分極反転が生じるような負荷条件下では、その挙動に著しいばらつきが生じる。また実験室環境下に比べ 40°C, 80% と環境を変えた場合、停留する時のき裂長さは長くなる。(参考文献省略)