

圧電体-純チタン複合材の界面密着強さ

材料強度学研究室 瀧 勇史

1. 緒言

近年、センサー機能やアクチュエータ機能を有する材料を一体化して外部情報に対して自ら応答するような「スマート構造」に関する研究が盛んに行われるようになってきた。圧電体材料は、その圧電効果によりセンサーおよびアクチュエータの両方の機能を有することから、このようなスマート構造の基本材料として有望である。特にチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)は圧電特性が優れているため一般的に使用されている。

金属基板表面に PZT を成膜させる方法の一つに水熱合成法があり、これはいくつかの優れた特徴を有する。またこれにより作製された圧電体-金属複合材料は種々応用可能である。しかし実用に向けてはその圧電特性に加え機械的信頼性、特に膜-基板間の界面での強度特性を十分に把握しておくことが重要となる。そこで純チタン基板上に水熱合成法を用いて作製した PZT-純チタン複合材について、引張り試験、スクラッチ試験を行い、膜のはく離挙動を観察し膜-基板間の密着強さについて調べた。

2. 実験方法

所定の形状に加工した板厚 1mm の純チタン基板に、水熱合成法により PZT を成膜した材料を実験に用いた。成膜条件を表 1 に示す。この条件により厚さ約 4nm の PZT が成膜された。成膜された PZT の電子顕微鏡写真を図 1 に示す。

表 1 成膜条件(160°C、24h)

ZrCl ₂ O	0.507g を水 2ml
Pb(NO ₃) ₂	1.204g を水 7ml
TiO ₂	0.045g
KOH	2.693g を水 11ml

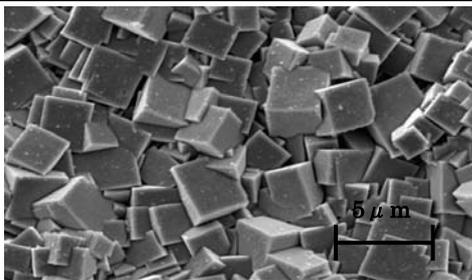


図 1 PZT 薄膜の表面観察

純チタン基板に引張り荷重を負荷したときの、基板の変形量と膜のはく離挙動の関係を調べるために引張り試験を行った。一定のひずみごとに試験片表面をレーザー顕微鏡で観察し、膜のはく離状態を調べた。観察視野に対し、はく離の部分の面積の割合をはく離率と定義しこのはく離率とひずみの関係を求めた。

基板が変形したとき、そのひずみとはく離強さの関係を調べるため、1.5、1.6、1.7、および 1.8%のひずみを与えた 2 本ずつの試験片についてスクラッチ試験を行った。スクラッチ試験では先端半径 0.2mm のダイヤモンド圧子を用い、垂

直荷重 20N まで徐々に負荷させながらスクラッチし、摩擦力と AE 出力を測定した。

3. 実験結果および考察

レーザー顕微鏡で所定のひずみ量ごとに試験片を観察した結果、ひずみが 1.3%からはく離が開始し始めた。図 2 に基板のひずみとはく離率の関係を示す。ひずみが 1.6%を超えるとはく離率の増加割合が増すことがわかった。

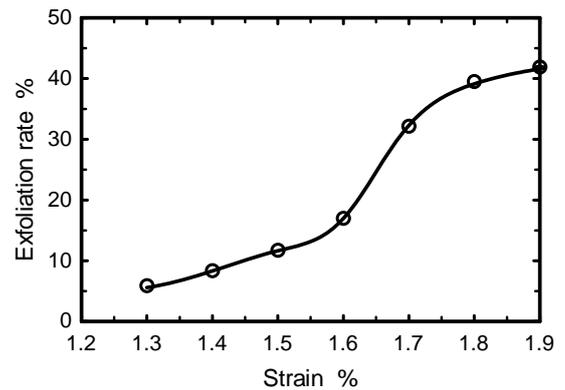


図 2 はく離率-ひずみ

スクラッチ試験において得られた臨界荷重 L_c と、試験片に与えたひずみの関係を図 3 に示す。はく離率は 1.6% ひずみ付近で増加したが、平均的な L_c は 1.7% ひずみまで大きな変化が見られず、1.8%において急激に低下した。すなわち 30%程度はく離が生じる場合でも、未はく離部での密着強さは顕著に低下しないことがわかった。

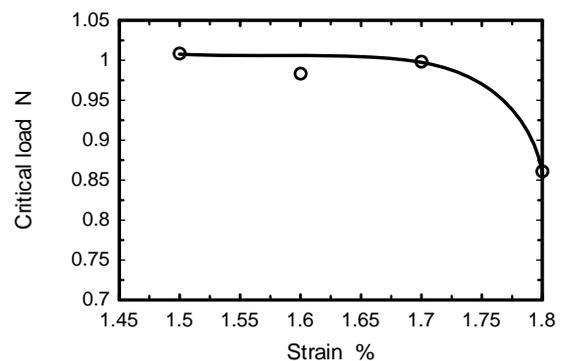


図 3 臨界荷重-ひずみ

4. 結言

- (1) 水熱合成法により純チタン基板上に成膜した PZT は基板ひずみが 1.3%に達するとはく離が生じ、その増加割合は 1.6%程度までひずみが増加すると急激に増加する。
- (2) スクラッチ試験における臨界荷重は基板ひずみが 1.8%程度になると著しく低下する。