

卒業論文要旨

中空微粒子を添加した PNN-PZT 圧電セラミックスの特性

Characteristics of PNN-PZT piezoelectric ceramics mixed with micro-balloon

システム工学群

楠川研究室 1210057 岸本 直也

1. 緒言

圧電材料を用いたアクチュエータを大別すると積層型アクチュエータとバイモルフ型アクチュエータに分けられる。バイモルフ型アクチュエータは弾性体のシムの両面を2枚の圧電セラミックスで挟み込む構造を有しており、各圧電体が逆方向に変形することで大きな屈曲変位が出力できる特徴を有する。このため長期にわたる繰返し使用により、接合部の材料に損傷が生じる問題点が指摘されている。この問題の解決策として異種材料接合部を持たない傾斜機能材料を用いたモノモルフ型アクチュエータなどに関する研究が行われている。

この傾斜機能圧電材料の作製方法にいくつかの方法がありその中の一つに微小な空隙を材料内に傾斜的に分布させる方法がある。不活性無機粉体コーティングされたプラスチックマイクロバルーン（以下MB）を圧電セラミックスに添加することで微小空隙の導入を考えた。本研究ではPNN-PZT圧電セラミックスにMBを添加して焼結した材料の特性に及ぼす添加割合の影響について調査を行った。

2. 材料および実験方法

2.1. 材料

本実験では圧電特性に優れるとされるリラクサー型圧電セラミックスの一種であるPNN-PZT圧電セラミックス $0.55\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - $0.45\text{Pb}(\text{Zr}_{0.3}\text{Ti}_{0.7})\text{O}_3$ （以下PNN-PZT）を使用した。原料としてPbO、NiO、Nb₂O₅、ZrO₂、TiO₂を化学量論的割合となるように計量し混合した後、遊星ボールミルによりエタノール中で湿式混合、粉碎を行った。エタノールを蒸発させ、目の開きが250 μmのふるいに通るまで乳鉢で粉碎した後、電気炉で900 °C、4時間仮焼きを行った。バインダーを投入した仮焼粉にMB（MFL製、HD60CA）を所定の重量割合混合して攪拌し、25×4mmの型を用いて90 MPaの圧力で加圧成形した。その後、1270 °C、4時間の条件で焼結した。なお、MBの重量割合は0%、0.1%、0.2%、0.3%とした。以下MB0、MB01、MB02、MB03と記す。

焼結した材料から、ダイヤモンドカッターを用いて、幅5.4 mmの試験片を切り出した。切り出した試験片を横断面が5×1mmとなるように仕上げた。さらに曲げ試験片については引張側となる面を鏡面状にバフ研磨により仕上げた。

2.2. 実験方法

圧電特性を求めるための分極は800 °Cで焼き付けた銀電極を介して、2 kV/mmの電界を90 °Cに保ったシリコンオイル中で30分印加する条件で行った。その後常温まで自然冷却させた。圧電特性および電気的特性を求めるためそれぞれd₃₃メーター及びLCRメーターを用いて分極後エタノール中で一

日以上エイジングをした後行った。

仮焼材の結晶性を確認するため、XRD解析を行った。

機械的性質を求めるため、電磁力サーボ式疲労試験機（容量100N）を用いた。ヤング率Eの測定には四点曲げ負荷（支点間距離20 mm、10 mm）を行い表面でのひずみと荷重の関係よりEを求めた。破壊強度の測定には三点曲げ負荷（支点間距離16 mm）とし、変位速度0.5 mm/minで行った。

またMBの添加割合が異なる仮焼粉を層状に加圧成形した材料について三点曲げ試験を行った。成形時に所定の仮焼き粉の1/2ずつのMB0とMB03の仮焼粉を2層にして加圧し、単層材と同じ条件で焼結した。

3. 実験結果

3.1. XRD

作製した仮焼粉のX線解析を行い結晶構造を調べた。得られた回折プロフィールを図1に示した。(101)に最大ピークが見られ、先行研究との比較よりPNN-PZT材はペロブスカイト構造を有することが確認された。なお、青点で示したピークにパイロクロアの存在を表すピークが見られたが、圧電特性に大きな影響は見られなかった。

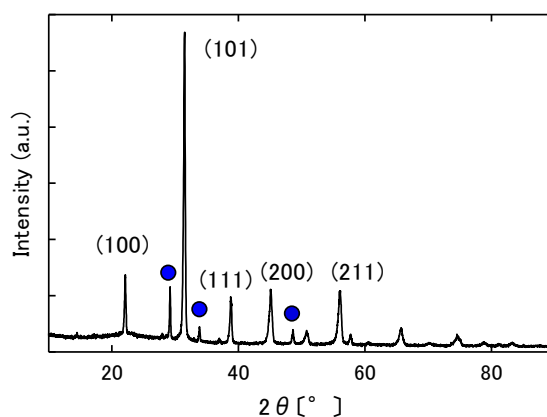


Fig.1 XRD pattern

3.2. 圧電特性

分極後の圧電定数d₃₃とMBの添加割合の関係を示す。測定は各材料とも5本ずつの試料について行いその平均を示している。MBを添加した材料のd₃₃は500 pC/Nであり文献などにみられる値とほぼ同レベルである。d₃₃はMBを添加した場合MB01で約20%向上した。MB添加量を増加させるとd₃₃

は減少し、MB03 では添加していないMB0 より低い値となった。

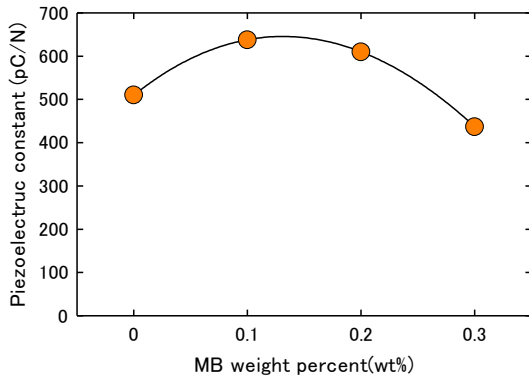


Fig.2 Effect of MB on piezoelectric constant

3.3. ヤング率

非分極材の四点曲げ負荷で測定したヤング率 E と MB の添加割合の関係を図 3 に示す。MB 非添加材の E は 71.2 GPa で MB を添加することで 9 %程度減少する。

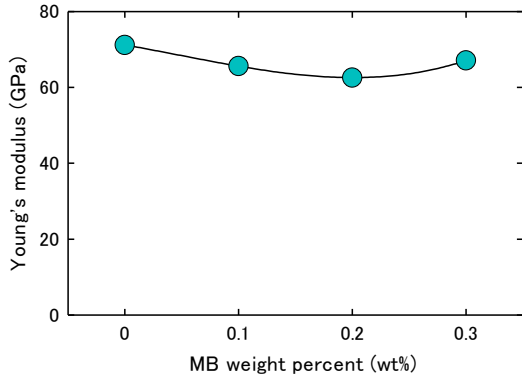


Fig.3 Effect of MB elastic constant

3.4. 三点曲げ強度

各材料について 8 本ずつの試験片で得られた破断応力の平均の曲げ強さを σ_s として MB 添加量との関係を図 4 に示す。平均の曲げ強さ σ_s は MB0, MB01, MB02 及び MB03 に対しそれぞれ 69.8, 67.8, 59.4, 及び 54.2 MPa となり MB の添加量が大きくなるに従い強度が低下することが分かった。

また、曲げ破断応力 σ_f をワイブルプロットとして図 5 に示した。ワイブルプロットにおける形状母数 m の値を図中に示したが、MB の添加により m の値が小さくなり、強度のばらつきが大きくなることがわかる。

MB を含まない仮焼粉と MB を 0.3%添加した仮焼粉の二層構造として焼結した材料の曲げ試験結果を図 6 に示した。図中 0.3/0 は MB03 が引張側に、0/0.3 は MB0 が引張側になるように曲げて試験したデータを示している。実線で示した単一材料における σ_f よりもいずれも低い σ_f を示しており、二種類の仮焼粉を層状に焼結させた材料では強度が低下することがわかった。

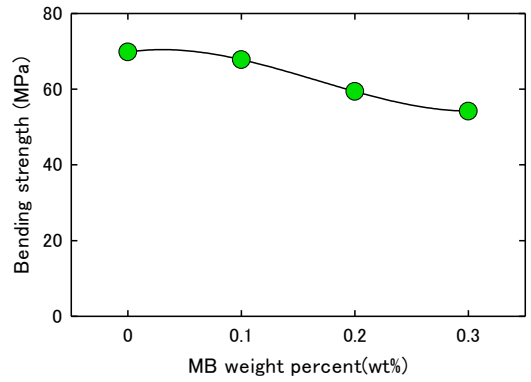


Fig.4 Effect of MB on bending strength

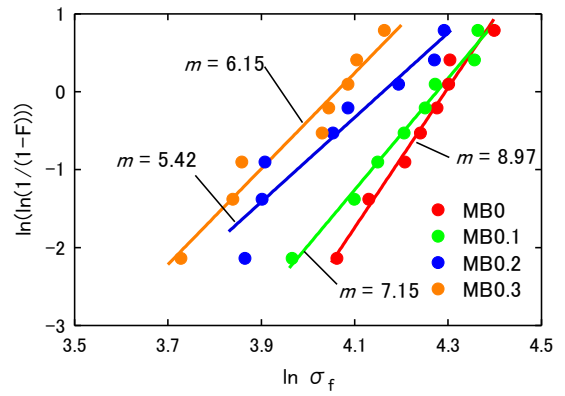


Fig.5 Result of Weibull distribution

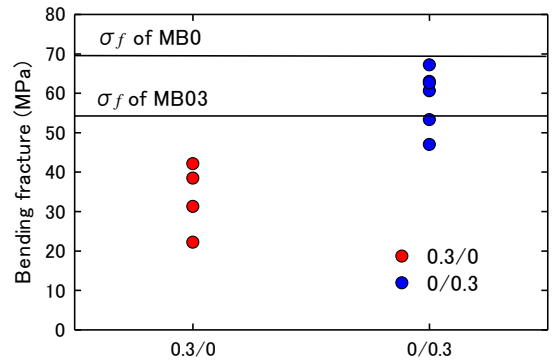


Fig.6 Comparison of single layer material and single layer

4. 結言

本研究ではプラスチックマイクロバルーンを種々の割合、圧電セラミックスに添加し焼結した材料の各種特性を調査した。得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 圧電定数 d_{33} は MB0.1%添加した材料が最も高くなった。しかし、0.3%添加すると添加しない材料より d_{33} は低くなった。
- (2) ヤング率は MB 非添加材が 71.2GPa であり MB の添加により 9%程度減少することが分かった。
- (3) 曲げ強度は MB の添加量が増加するに従い低下し、そのばらつきが大きくなることが分かった。
- (4) 積層して焼結すると行うと単一材の曲げ強さと比べて強度が低下することが分かった。