

非線形セラミックコンデンサの内部欠陥評価

Evaluation of Defects in Non-Linear Ceramic Condenser

笹井 泰¹, 青木繁幸¹, 加藤 寛^{2*}

Yasushi Sasai¹, Shigeyuki Aoki¹ and Hiroshi Kato²

1 岩崎電気株式会社

Iwasaki Electric Co., LTD.

2 埼玉大学 工学部機械工学科

Department of Mechanical Engineering, Saitama University

[概要]

チタン酸バリウムを主成分とする非線形セラミックコンデンサの耐電圧性を非破壊的に評価する方法の開発を目的として、耐電圧性と内部欠陥含有量及び各種因子との関係を調べた。このため、製造条件を変えてコンデンサを製作し、その超音波音速測定及び密度測定を行った。その結果、耐電圧性と音速及び密度との間に正の相関のあることが示され、音速あるいは密度の測定を製品検査に取り入れることにより、製品の品質管理を簡素化できる可能性のあることがわかった。

1. 緒言

チタン酸バリウムを主成分とする非線形セラミックコンデンサは使用中に数 kV の高電圧を繰り返し受けることから、その耐電圧性が問題となる。このため、従来からコンデンサ製造過程で耐電圧性を全数検査し、不良品の選別を実施してきた。しかし、この工程を行うために、担当者を配置する必要のあること、検査のための時間を必要とすること、など、工程管理上問題となっていた。さらに、検査時にコンデンサに高電圧を負荷するために、内部に損傷を生じさせたり内部欠陥を拡大させてその寿命を低下させる危険性もあった。

製造工程上、プレス成形体の強度をある程度高くする必要があり、このためにバインダとして

PVA (Poly-Vinyl Alcohol) が数%含有されているが、PVA は焼成中に蒸発し、セラミックス中に空孔を生じさせてしまう。従来の研究によって、空孔量と耐電圧性との間に正の相関のあることが知られており、このため空孔の形成は耐電圧性を低下させることになる。このため、セラミックス中の空孔量が非破壊的に、かつ定量的に評価できれば、コンデンサの耐電圧性を保証するとともに、検査工程が大幅に軽減されることが期待される。

そこで本研究では、PVA 含有量の異なるセラミックス試料を製造し、その特性評価を行った。本研究では、空孔量と直接関係する密度、及び空孔量との関係が知られている超音波音速[1][2]を評価対象とし、それらと耐電圧性との関係を調べた。

2. 実験方法

2.1 試料の製作

実験には PVA を助剤として含有するチタン酸

* 〒338-8570 さいたま市下大久保 255

TEL: 048-858-3444 FAX: 048-856-2577

E-mail: hkato@mech.saitama-u.ac.jp

バリウム粉末を焼成して用いた。PVA 含有率は 0, 0.4, 1, 2 % と変化させ, 焼成時間を 8 h, 焼成温度を 1450 °C とした。試料形状は直径 約 18 mm の円盤状とし, 厚さを 1.2 ~ 2 mm 程度にした。

2.2 密度測定

密度は以下の 2 つの方法で測定し, 比較した。

(1) アルキメデス法

アルキメデス法では, 大気中重量 (m) と水中重量 (m') から, 下記の関係を用いて密度 (ρ) を求める。

$$\rho = \frac{m\rho_w}{m - m'} \quad (1)$$

ここで, ρ_w は測定温度での水の密度である。各 PVA 量に対して試料を 2 個製作し, 測定した。測定は, 各試料ごとに 2 回行った。

(2) γ 線を用いた方法

本方法は, γ 線が物質中を透過する際に, その減衰が物質密度 (ρ) に依存することを利用してゐる。すなわち,

$$I = I_0 \exp(-\mu\rho x) \quad (2)$$

ここで, I は厚さ x の試料を透過した γ 線の強さ, I_0 は試料への入射 γ 線強さ, μ は質量吸収係数である。厚さ 1.7 ~ 1.9 mm の試料を各 PVA 量について 3 個ずつ製作し, 各試料ごとに 3 回測定して平均した。

2.3 音速測定

シングア라운드法により超音波の試料中の伝播時間 (t) を高精度で求め, 以下の関係式より縦波音速 (v) を求めた。なお, 測定には, 周波数 20 MHz の縦波用探触子を用いた。

$$v = \frac{2d}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

ここで, d は試料厚さ, t_2 及び t_1 は, それぞれ表面反射波から第 1 底面反射波及び第 2 底面反射波までの経過時間である。

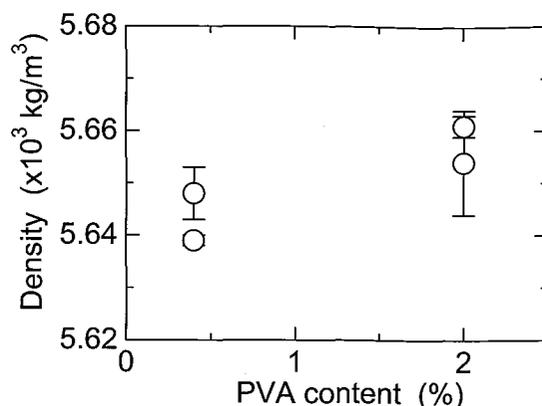


Fig. 1 Relation between density measured by Archimedes' method and PVA content.

2.4 耐電圧測定

試料に高電圧を負荷していき, 試料が破壊する電圧を求めて耐電圧とした。なお, 今回の測定では, 最高 8.5 kV までの電圧を試料に加えたが, 最高電圧で破壊しない場合は耐電圧を 8.5 KV として整理した。

3. 実験結果及び考察

3.1 密度と耐電圧との関係

(1) アルキメデス法による密度測定結果

PVA 量と密度との関係を Fig. 1 に示す。当初は PVA 量の増加とともに欠陥量が増加して密度が低下するものと予想されたが, 本測定では高 PVA 量の試料の密度が高い値を示した。

これは, 水中の重量を測定する際に, 試料表面に存在する微小凹部に気泡が付着して測定結果に誤差を生じさせたためと考えられた。そこで, 表面気泡を除去するために超音波洗浄を行ったが, 水温が変化して測定値が変動してしまった。

また, 水中重量を測定すると, その値は時間経過に従って増加していくことがわたった。これは, 毛管効果により, 表面に露出している微細空隙を通じて水が試料内部に浸入していったためと考えられた。

以上の結果, アルキメデス法による密度測定は, 金属材料などの密な材料では有効な測定法であ

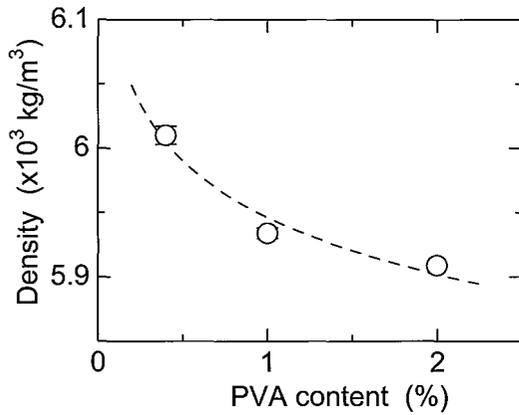


Fig. 2 Relation between density measured by γ -ray radiography and PVA content.

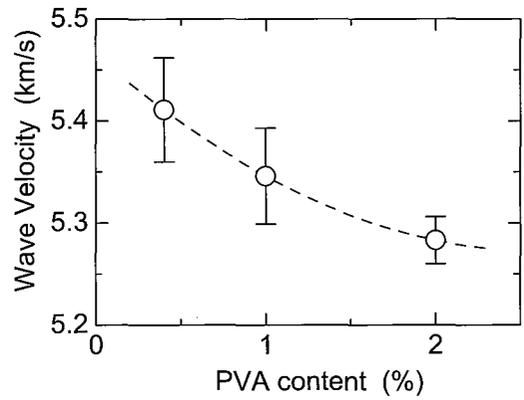


Fig. 4 Relation between wave velocity and PVA content.

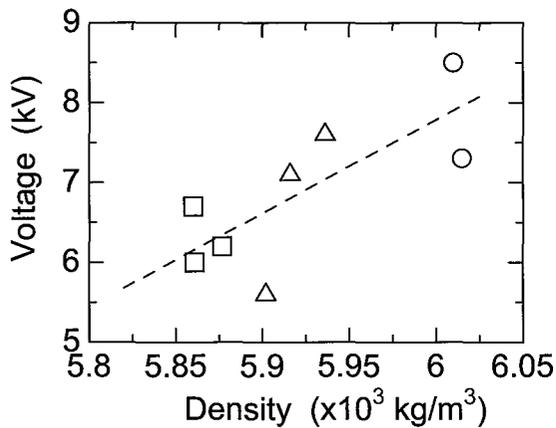


Fig. 3 Relation between voltage at fracture and density.

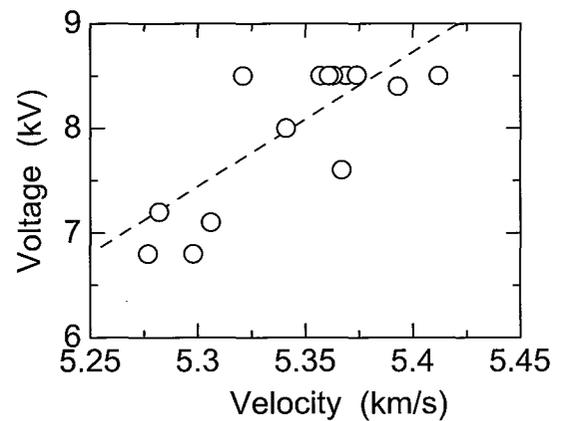


Fig. 5 Relation between voltage at fracture and wave velocity.

るが、今回用いた試料では微細空隙を多く含むため、大きな測定誤差を生じることが分かった。そこで、試料を水などの液体に浸さない、乾湿測定法を採用することとした。

(2) γ 線を用いた密度測定結果

γ 線を用いて測定した密度と PVA 量との関係を Fig. 2 に示す。図より、アルキメデス法で求めた結果とは逆に、密度は PVA 量の増加に従って低下していった。

次に、試料の耐電圧測定を行い、密度との関係を求めた。Fig. 3 に示すように、良好な線形関係が得られ、密度の増加に従って耐電圧が増加していった。この結果より、密度を精度よく測定することによって耐電圧が評価可能であることが分

かった。

3.2 音速と耐電圧との関係

音速と PVA 量との関係を Fig. 4 に示すが、 γ 線を用いて測定した密度と同様に、PVA 値の増加に従って音速は低下する傾向を示した。これは、PVA 量の増加に伴う試料内の空隙増加に対応するものと考えられる。

試料の耐電圧と音速との関係を Fig. 5 に示すが、両者には良好な線形関係が得られた。この結果、密度測定結果と同様に音速の測定結果からも、耐電圧が評価可能であることが分かった。

4. 結 言

チタン酸バリウムを主成分とするコンデンサ

用セラミックスの密度及び超音波音速を測定し、耐電圧との関係を調べた結果、以下の結論を得た。

(1) γ 線を用いて測定した密度はバインダーとして含有させた PVA 量の増加に従って低下していった。また、耐電圧との間に良好な線形関係を示した。

(2) シングア라운드法によって求めた縦波超音波音速は、PVA 量の増加に従って低下していき、空孔量との関係を示唆した。また、耐電圧との間に良好な線形関係を示した。

(3) 以上の実験結果より、セラミックスの耐電圧

性は、密度あるいは音速を精度よく測定することにより、評価可能であることが分かった。

参考文献

- [1] 蔣 国新, 加藤 寛, 吉田雄次, 駒井 正 : 「後方散乱波に及ぼす Al 合金鋳物表面におけるリメルト層の厚さ及び組織の影響」, 鋳造工学, 第 72 卷 (2000), 第 11 号, 720-724.
- [2] G. Jiang, H. Kato, Y. Yoshida and T. Komai: "Change in Ultrasonic Backscattering Wave with Thickness and Microstructures of Remelted Zone Formed on Aluminum Alloy Castings", NDT & E Int., vol. 35 (2002), 221-225.