



# PZT壓電陶瓷纖維 製造技術

Fabrication Technologies  
of the PZT Piezoelectric Ceramic Fiber

## 林家欣

工研院材料與化工研究所  
電子材料及元件研究組  
陶瓷精密工程研究室

## 易崇皓

工研院材料與化工研究所  
電子材料及元件研究組  
陶瓷精密工程研究室

## 張宏宜

工研院材料與化工研究所  
電子材料及元件研究組  
陶瓷精密工程研究室

## 關鍵詞(Keyword)

- PZT 壓電纖維 PZT piezoelectric fiber
- 縮合交聯 condensation-crosslinking
- 平面壓電喇叭 flat piezo-speaker

## 摘要(Abstract)

一維的纖維具有特選方向的優異特性，將 PZT 壓電材料製作成壓電纖維更能展現其機電轉換特質、拓展其應用。要將無機的 PZT 拉製成纖維需仰賴有機添加劑的輔助製作。本研究混合 PZT 起始粉體、PVA 與硼酸，調整其組成經由 PVA 與硼酸的縮合聚合反應，達到可以調成纖維強度與成型、定型的條件，連續擠出得到具有一定強度的

PZT 生坯，最終燒結成 150~400  $\mu\text{m}$  的 PZT 纖維。為了加強纖維的後續可操作性及加工性，進一步將擠出成型的 PZT 纖維通過高分子量的 PVA 與大約 4M 的交聯劑水溶液，30 秒的水浴浸漬時間，可以改善纖維生胚強度與晶粒結構。對單根纖維量測極化前後的介電、壓電與電滯特性，而後將 PZT 壓電纖維與環氧樹脂結合成 1-3 型的壓電複材，比較單根纖維與 PZT 壓電纖維複材的介電、壓電與電滯特性差異。根據縮合聚合製作 PZT 纖維，並以 PZT 纖維與樹脂製成複材薄片做為平面壓電喇叭的致動器，評估寬音域共振的可行性。

This project intended to fabricate PZT ceramic fiber due to the characteristic specific to one dimension, such as electromechanical conversion efficiency. It needs extract organic additive to stretch as a result of filaments. Here we mixed slurry



consisted of PZT powder, PVA and boric acid. By the reaction of condensation and cross-linking of PVA and boric acid, the slurry was extruded and sintered as fiber with diameter of 150~400  $\mu\text{m}$ . The green body of PZT fiber was immersed in a 4 M cross-linking agent for a retention period of 30 sec that enhanced the handling and operation. We evaluated the properties of fiber and composite with epoxy, included dielectric, piezoelectric and hysteresis. According to the systematic analysis, a composite actuator composed of PZT fiber and epoxy resin is suitable for the application of wide-band flat piezoelectric speaker.

---

## 1. 前言

---

壓電纖維的製備是目前工程及應用上一個很有吸引力的方向，比起塊材，壓電纖維與高分子所組成的複合材料中，一維的壓電纖維能夠有更高的變形量，且高分子也能更有效的將壓力轉移到壓電陶瓷棒(纖維)，增強的應力傳遞，加上較低的介電常數的高分子，已導致壓電出力係數  $g_h$  大大提高[1]，這樣的結構更適合應用在感測器及致動器上。

壓電纖維的加工及最佳化都一直不斷的被探討，目前加工的方式的有擠出成型法 (Extrusion)[2-3]、注模法 (Injection Moulding) [4-5]、溶膠凝膠法(sol-gel)[6-7]、黏性懸浮紡紗法 (Viscous Suspension Spinning Process)[8-9]、黏性高分子法(Viscous Plastic Processing)[10]，不同的

加工方式及條件，最終可能影響 PZT 的計量、微觀結構及型態上的差異，進而影響最後的壓電性能[11]。

本研究重點在探討一維纖維的製作及後續的應用，概念上有點結合 VPP 及 VSSP 法，利用 PVA 被硼酸縮合的機制來達到纖維強度的增強。PVA 是一種相當廣泛使用的高分子材料，其具有生物可分解性，可說是對環境相當友善的材料，且其因製造過程中醇化程度的差異性，可以依照我們應用的方面做不同的調整，PVA 最主要的特性有鹼化度及分子量兩大類，其間的差異性，是我們研究中很需要探討的一環。

常見的纖維製程觀念為在 PVA 與 PZT 混合的漿料中即添加硼酸水溶液的混練法，但其擠出成型後，無法立即收集，需等一定的時間乾燥後才可以將其收集，混練法中最容易遇見的問題就是在放置期間需有一定的時間才能達到乾燥，纖維容易在這段時間中因重力變形而有塌陷的狀況，進而影響到纖維的真圓性；若想在其中加入更多的硼酸可能會因過度的縮合造成漿料難以擠出或是水溶液中的水的影響性會大於硼酸的影響反而會造成纖維塌陷而達不到纖維成型的要求。因此，本研究將擠出的 PZT 纖維通過縮合水浴，可以進一步強化纖維機械強度，有利於後續的複材製作操控性。此方法是在纖維擠出成型後再另外將其放入硼酸水溶液，會在纖維表面形成縮合的皮膜以致增加纖維的強度及維持纖維形狀的支撐力。本研究縮合水浴的方法，因擠出成型後即放入硼酸水溶液中，其縮合的程度遠遠大於混練法可以達到的程度，此特性在我們做完水浴後的纖維即可直接收集，不需等待乾燥的時間，進而可

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】350期・101年5月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：[www.automan.tw](http://www.automan.tw)