

國立成功大學／ 星陶科技股份有限公司

以膠體鑄型法改善氧化鋯陶瓷元件乾壓生胚之裂化

❖ 公司小檔案

- ★ 成立日期：民國 88 年 10 月
- ★ 負責人：黃建南
- ★ 資本額：新台幣 70,000 千元
- ★ 員工人數：30 人
- ★ 經營理念：

星陶公司自創業以來秉持著「品質精良，生產效率」的理念，以合理的價格、穩定的製程、嚴格的品管、不斷研究改良產品，我們深信顧客的滿意是我們最大的榮耀。



❖ 計畫緣起

根據行政院環保署的調查顯示，都會區空氣污染物 80% 都是來自於移動車輛中汽機車所排放的廢氣，而採用電子噴射燃油系統 (Electronic Fuel Injection System) 為目前防制汽機車內燃機引擎空氣污染最有效的方法。國內環保署已明確宣佈從 2009 年起，市面上不得販售的機車必須符合第五期汙染排放標準的機車。因此，高污染的傳統化油器機車也將被採用電子噴射燃油系統的“電噴”機車所取代。事實上電子噴射燃油功能是由引擎管理系統 (Engine Management System, EMS) 所控制。引擎管理系統主要包括電子燃油噴射控制單元、噴油系統、氧氣感測器、觸媒轉換器。利用電子控制單元來控制引擎噴油與點火的裝置，使引擎在最佳的狀況下運轉，而能有效降低排氣汙染及改善油耗。氧氣感測器 (O₂ sensor) 則為 EMS 最重要的組件，也是廢氣控制重要關鍵。其功能在於提供燃料在引擎燃燒是否達到完全燃燒之訊號。將所產生之電壓訊號傳送至電子控制單元，藉以調整理想空氣/燃油 (Air/Fuel) 之比值，使汽油得以完全氧化燃燒，進而使觸媒轉換器 (catalytic converter) 有效地發揮其清除空氣汙染之功能。

量測氧含量或氧分壓最簡單直接的方法就是利用所謂“氧氣感測器”。氧氣感測器的外觀如圖 1 (a) 與 (b) 所示，事實上，除去氧氣感測器的金屬外殼，圖 2 所示的內部的錐形管狀陶瓷芯才是真正具有氧氣感測功能的元件。

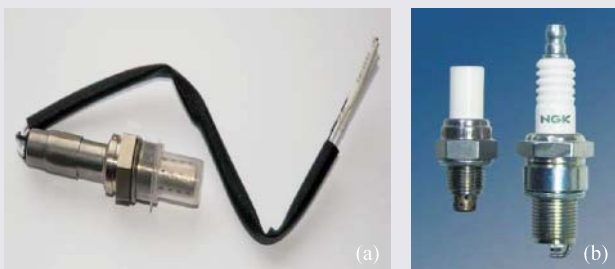


圖 1 (a) Volvo 240 所使用氧氣感測器

圖 1 (b) NGK 於 2008 年發表適合機車使用的小型氧氣感測器



圖 2 氧氣感測器內部的錐形管狀陶瓷芯

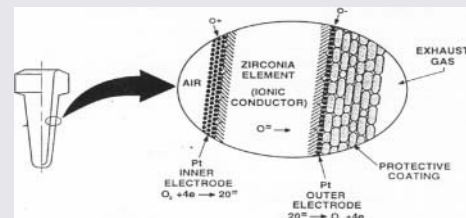


圖 3 氧化鋯氧氣感測器結構示意圖

要符合環保，經濟效益，及量產化要求之製程，乾壓成型法屬最可行也最長見之方法。然而，對一形狀複雜的錐形中空管狀陶瓷芯，模具設計不易，最嚴重的問題在於粉料受模具加壓時，由於底部密封端幾近 90 度的曲度，造成極大的應力集中現象，往往就在底端產生微細的裂痕，這些裂痕不易由肉眼所察覺，但是經高溫燒結後，如圖 4 的龜裂情形更為嚴重，造成產品不良率高居不下。

隨著環保法規日趨嚴格及能源效率提升的雙重要求下，氧氣感測器與錐形管狀陶瓷芯的薄型化與小型化已成為重要趨勢。而管壁厚度也由 2mm 縮小至 1mm 左右。以乾壓成型法製備此類元件，不良率更高達 50% 以上。目前，業者對於複雜或小型化產品，只有委請國外廠商代工，價格昂貴，反而失去產品競爭優勢。

因此，開發一良率高，符合環保，經濟效益，及量產化要求之新製程，對相關產業將有很大助益。



圖 4 乾壓成型造成陶瓷芯龜裂情形：左側為生胚，右側為燒結後陶瓷芯

❖ 新產品簡介

本開發研究案重點產品在於氧氣感測器內之氧化鋯陶瓷芯，如下圖所示：為一端開孔之管狀試片，本計劃中藉由膠體鑄型法製造小型感測器，預期可有效增加反應所需時間，並可避免現今所使用乾壓製程易龜裂，量率低的現象。



❖ 小型感測器示意圖

❖ 計畫創新重點

計畫目標－計畫執行後之重要技術指標及產業變化

目標項目	計畫前狀況	完成後狀況
1. 技術狀況	以乾壓成型錐形中空管狀陶瓷芯易產生裂化現象	以膠體鑄型技術取代乾壓成型法，可改善裂化現象，提升製備複雜外形或小型陶瓷芯之能力。
2. 產業狀況	以乾壓成型法製作小型錐形陶瓷芯不良率高；須委託國外廠代工，價格失去競爭力	有效降低小型錐形陶瓷芯不良率；達到完全產品自製，提升價格競爭優勢

創新性說明

在氧氣感測器之錐形中空管狀陶瓷芯的成型技術中傳統以乾壓成型及射出成型居多，但為了維持足夠的生胚強度，所以錐狀生胚的厚度至少要 1~2mm 以上，原因在於粉料受模具加壓時，由於底部密封端幾近 90 度的曲度，造成極大的應力集中現象，產生微細的裂痕，再經高溫燒結後，龜裂情形更為嚴重。特別是薄型化或小型化陶瓷芯，不良率高達 50% 以上。

本計畫針對以膠體鑄型法 (Gelcasting) 作為氧化鋯陶瓷芯成型法，以解決生胚裂化之問題，具高度創新性。膠體鑄型法是相當獨特的成型方法。膠體鑄型法屬於近淨形 (near-net shape) 的成型方法，適合用在外形複雜的結構陶瓷或功能陶瓷元件上。主要是利用高分子材料中水溶性單體 (monomer) 聚合過程中，先混合微細陶瓷粉體，再利用預備好的模具，澆鑄及聚合成具有適當強度的膠體。膠體鑄型法的最大特點在於：

1. 高環保性：此製程以水為溶劑，不會造成環境負荷。
2. 可製製作複雜外型產品：以澆鑄方式容易製作複雜外型產品，成功率高，非常適合作為本計畫形狀複雜的錐形中空管狀陶瓷芯之成型方法。

❖ 技術應用範圍

本項產品技術可運用於燃油噴射引擎之汽車及機車空氣污染防制。

產品應用範圍

1. 燃油噴射引擎之汽車：提供引擎廢氣中氧含量回饋訊號至引擎管理系統。
2. 燃油噴射引擎之機車：提供引擎廢氣中氧含量回饋訊號至引擎管理系統。

❖ 產學研各界之技術移轉及合作效益說明

本研究開發案透過產業與學術界緊密的結合，加速產品的開發速度與質量，對於產業而言，透別是中小型企业，可以有效的節省研發所需的人力與投資，借重學術界研究的能量，迅速且有效的開發新產品，相對的對於學校而言，不僅是一個學術的研究與開發，更是一個培育人才的机会，透過一個真實的產品開發案，將學術研究帶到現實生活產品的應用，達到學以致用，貢獻、回饋社會的目的。

❖ 新聘人力與效益

本計畫不論在製程技術及所應用的標的產品都具高度重要性與尖端性，參與人員將學習尖端成型技術及瞭解汽車噴射引擎重要零組件與空氣污染防制系統，經由人員跨領域的技術訓練及瞭解國際競爭的激烈，對參與人員競爭力的提升有很大幫助。

❖ 研發成果及衍生效益

本次研究所開發之產品，可有效的增加感測器之感測性能，並預期可節省 20% 生產之成本，如以每月 4,800pcs 產能計算，每 pcs 生產成本 100 元計算，應可有效節省 96,000/月之成本支出，每年約為 1 謔 160,000 元。此外本研究開發之技術，亦可應用於其他，如煉鋼時氧含量的偵測、各式鍋爐、玻璃熔爐、陶瓷窯、石化工業、半導體業製程加熱器的燃料與空氣的混合比例控制等等，亦可製備長達 8cm 直徑 1cm 管型陶瓷燃料電池，為具高附加價值的應用。

❖ 專案執行重要心得

本次的專案執行中，除了研究的内容外，亦多方著力於如何量產化的設計，對於一個新的模具開發，亦從中獲得許多設計概念，與創新思考的能力，也對於合作廠商於計劃執行中的配合與相互學習，受益良多，此外也特別對查訪的委員與承辦人員的辛勞與用心，特別感謝。