

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

電漿噴塗金屬支撐中溫 SOFC 單片電池之機械性能及熱應力分析
**Analysis of mechanical properties and thermal stress of plasma
sprayed intermediate temperature SOFC**

計畫編號：982001INER053

受委託機關(構)：國立台北科技大學

計畫主持人：楊永欽 副教授

核研所聯絡人員：黃振興 蔡俊煌

聯絡電話：02-27712171 ext. 2762

E-mail address：ycyang@ntut.edu.tw

報告日期：98. 11. 30

中文摘要

電漿熔射噴塗技術是一簡便且快速之製程，廣泛使用於將陶瓷薄膜鍍於金屬基材上，藉由改變電漿熔射的噴塗變數、粉末粒徑、粉末型態等條件，便可獲得不同結構、不同緻密性之鍍層。然而經由電漿熔射噴塗鍍層的製程中，塗層經由急速凝固後，由於本身收縮或因基材與塗層熱膨脹係數之不同，會於塗層中或是塗層與基材界面附近產生殘留應力，對於塗層與基材的結合強度可能都有負面的影響。

電漿熔射噴塗技術製備固態氧化物燃料電池(SOFC)的三層元件(陽極、陰極、電解質)可避免傳統生產 SOFC 組件流程過於繁雜的缺點，同時，只需要經過中低溫結晶化處理的特點更可取代傳統需經過高溫燒結的製程，避免陽極基材因高溫燒結損失孔隙度及燒結過程中因收縮率不一致，造成電解質薄膜出現微裂縫或造成陽極基材彎曲變形。但是，利用電漿熔射噴塗將電解質與陽極及陰極材料結合後，將面臨三層元件當中塗層間彼此因熱膨脹係數差異而造成內應力，影響層間結合力，甚至造成 SOFC 的層間破壞或是結構扭曲。

本計畫為 97 年度計畫之延續性計畫，主要工作重點在探討使用電漿熔射噴塗法製作固態氧化物燃料電池的製程中，如何從噴塗變數的改變、材料本身的改質及後熱處理程序的採用等方面，有效的

降低 SOFC 中各層間的殘留熱應力。從噴塗變數的改變，可以調整噴塗溫度以及基材溫度，透過溫度的調控降低層間熱膨脹係數的差異所引起的熱應力。此外，透過材料的改質，盡量使各層間材料的熱膨脹係數降到最小，當然就可以有效降低熱應力的產生。本研究也將探討適當的後熱處理程序來消除既有之殘留熱應力。

如何避免陽極/電解質層/陰極三者之間在進行電漿熔射噴塗過程中，因為熱膨脹係數差異或是熱應力的作用產生缺陷或是破壞，是本研究計畫的重要目標。藉由上一年度計畫的執行，瞭解電漿熔射噴塗 SOFC 元件中的熱應力狀態，而在本年度計畫中針對熱應力對機械性質的影響進行探討，同時修正電漿熔射噴塗過程之變數，達到降低塗層內及塗層間的殘留應力，希望能提高 SOFC 的妥善度。

本研究中，利用電漿熔射噴塗方式在多孔金屬鎳基板上製備具有奈米結構之 NiO/LDC 陽極塗層。使用金屬支撐之固態氧化物燃料電池可以有效改善電池之機械性質，對於使用電漿熔射噴塗製備大面積 SOFC 有很大的幫助。本研究將探討塗層中不同的殘留應力值對於塗層與基材結合強度的影響。殘留應力以及結合強度的量測分別是使用 XRD “ $\sin^2\psi$ ” 技術及標準的結合強度測試方法(ASTM C-633)。實驗結果顯示，噴塗過程中，基材溫度保持在 600°C 左右之試片表現出最低的壓縮殘留應變(0.36%)，同時具有最高的塗層結合強度(40.1 MPa)。而隨著噴塗過程基材溫度的降低塗層結合強度也

隨之下降伴隨著增加的壓縮殘留應變。從結合強度測試後的破斷面觀察可以發現，在壓縮殘留應力較低時，NiO/LDC 塗層大部分是屬於顆粒狀的破裂型態，但是當殘留應力增加時，則是會出現片狀大面積的破裂型態，同時伴隨著較低的塗層與基材結合強度。本研究結果提出了壓縮應力促進裂縫成長的破壞的機構，很清楚的建立了塗層結合強度(bonding strength)和殘留應力之間的關係。