

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

SOFC 電池堆結構耐久性研究
與壽命評估

計畫編號：97-2001-INER-037

受委託機關（構）：國立中央大學

計畫主持人：林志光 教授

核研所參與人員：江烈光、邱耀平、李茂傳

聯絡電話：03-4267340

E-mail address：t330014@cc.ncu.edu.tw

報告日期：97.11.20

摘要

固態氧化物燃料電池相對其他燃料電池，擁有固態的電解質以及較高的操作溫度，使得其擁有高能源轉換率並可使用多種燃料。然而，在高溫運作之下，由於電池堆中各元件之間熱膨脹係數的不匹配，將產生相當大的熱應力值，造成元件毀損或結構破壞。為了評估電池堆在運作及停機階段下的結構可靠性與耐久性，本研究使用商用有限元素分析軟體 ABAQUS 建立一個三單元平板式固態氧化物燃料電池堆模型，並帶入相對應的元件材料性質及邊界條件進行應力分析，此模型乃是基於核能研究所開發中的平板式固態氧化物燃料電池堆設計所建構。模型中雙極連接板和金屬框架之間是使用雲母墊圈封裝，雲母封裝擁有方便拆解裝配與允許相鄰元件間有相互滑移的優點，可減少相鄰元件因為受到封裝拘束所產生的應力，然而，此種封裝方式需要在電池堆上方施加一個裝配負載，此裝配負載有可能會對電池堆應力分佈造成影響，所以有必要對其進行分析。本研究的第一個目標為使用有限元素法計算使用雲母封裝的三單元平板式固態氧化物燃料電池堆中各元件在不同運作階段下的應力值，並探討裝配負載對結構應力的影響。分析結果顯示，當裝配負載小於 0.6 MPa 時，電池板以及金屬框架會產生部分彎曲，使得各元件接觸不良；當裝配負載達到 6 MPa 時，玻璃封裝陶瓷以及雲母墊圈有著破壞的可能性。而 0.6 MPa 的裝配負載可使各元件之間有著良好接觸，並使玻璃封裝陶瓷以及雲母墊圈的應力值維持在一個可接受的範圍內，由以上兩點可以推論 0.6 MPa 為最佳裝配負載。當電池堆承受循環溫度負載時，金屬框架的內角落有著應力累積的現象，金屬框架的最大應力值隨著溫度循環次數增加而增加，然而，此應力累積現象並沒有在其他元件中觀察到。

第二個目標為比較完全使用玻璃陶瓷封裝以及部分使用雲母封裝對電池堆應力分佈的影響。兩種不同的封裝方式會對電池板的應力值造成顯著的影響，由於此二種不同封裝方式具有不同電池堆元件間的接觸條件，使得二者的電池板在高低溫的應力值呈現相反的趨勢。

第三個目標為對核能研究所所提供的 Slip-41 及 Slip-48 陽極試片進行可靠度評估，兩種試片分別在高溫及低溫下進行雙軸向抗折測試。兩種試片的抗折強度以及楊氏模數與溫度之間並沒有明顯的相關性。由於兩種試片之間孔隙率的差異，Slip-48 試片的抗折強度明顯高於 Slip-41 試片，SEM 破斷面觀察也得到同樣的佐證；Slip-48 試片擁有較緻密的微結構以及較少的缺陷，所以抗折強度較高。將 Slip-48 陽極材料機械性質帶入應力分析中並比較應力分析結果與其材料強度後，可判斷 Slip-48 材料在電池堆室溫時可承受其最大應力值，但在穩態工作時有著破壞的可能性。