



# 雷射披覆碳膜於質子交換膜 燃料電池金屬雙極板之應用

The Applications of Laser Cladding Carbon Film  
for PEMFC Metal Bipolar Plate

## 李鈞函

工研院南分院  
積層製造與雷射應用中心  
雷射應用系統部

## 黃建融

工研院南分院  
積層製造與雷射應用中心  
雷射應用系統部

## 關鍵詞(Keywords)

- 雷射披覆      Laser Cladding
- 碳膜            Carbon Film
- 金屬雙極板    Metal Bipolar Plate
- 燃料電池      Fuel Cell

## 摘要(Abstract)

金屬雙極板具有低成本與高機械強度的特性，但是質子交換膜燃料電池的金屬雙極板因為操作在溫度較高的硫酸環境中，所以金屬板會遇到腐蝕的問題。透過雷射披覆碳膜於金屬雙極板上可提供抗腐蝕之保護。

Metal bipolar plates have low cost and high

mechanical strength properties. Because the PEMFC works at a high temperature and sulfuric acid environment, the metal plate encounters corrosion issues. The metal plates can be protected from corrosion by laser carbon film cladding.

## 1. 前言

雷射具有快速、低溫及綠色製程的特色，雷射披覆是一項極重要的雷射應用技術，相較於傳統真空鍍膜技術，雷射披覆可瞬間使材料結晶提升特性，此外運用雷射披覆技術針對材料進行局部、快速結晶與改質，屬於低溫製程，並可在大氣環境下進行，節省儀器設備成本，雷射披覆碳膜技術應用在燃料電池金屬雙極板，能夠有效解決金屬板會遇到腐蝕的問題。



燃料電池的種類很多，一般常用的分類是依燃料電池所使用的電解質材料不同來加以分類，分類如下：鹼性燃料電池(alkaline fuel cell, AFC)、磷酸燃料電池(phosphoric acid fuel cell, PAFC)、熔融碳酸鹽燃料電池(molten carbonate fuel cell, MCFC)、固態氧化物燃料電池(solid oxide fuel cell, SOFC)、質子交換膜燃料電池(proton exchange membrane fuel cell, PEMFC)、直接甲醇燃料電池(direct methanol fuel cell, DMFC)。而目前比較常見的燃料電池為操作溫度較高的固態氧化物燃料電池(操作溫度約為 800 °C -1000 °C)與操作溫度較低的質子交換膜燃料電池，由於質子交換膜燃料電池操作溫度相對較低(操作溫度約為 60 °C -80 °C)，因此很適合應用於可攜式電源、定置型電源、運輸電源。然而成本太高依然是燃料電池廣泛應用的最大阻礙[1]。

在質子交換膜燃料電池組件中，石墨雙極板因為石墨具有高化學性質穩定、導電率高且有較低的接觸電阻等優點，所以是目前最廣泛利用之雙極板材料。但是使用石墨雙極板目前卻面臨體積太大、成本太高與脆性材料等問題，而金屬雙極板有好的機械穩定性、耐沖擊和震動與無透氣性之優點，並且流道還可以使用沖壓技術大量生產，而且能夠使用板厚 < 0.1 mm 沖壓成金屬雙極板，因此使用金屬雙極板具有高的潛力能降低質子交換膜燃料電池雙極板的體積與成本[2]。

然而金屬雙極板與石墨雙極板相比，金屬板會面臨腐蝕的問題，雖然使用貴金屬，例如金、白金等，當成金屬板材料有高的耐腐蝕性和導電率，但由於成本太高，所以不適合量產，不銹鋼 316L 是目前被認為成本較低的金屬雙極板材料，

但是由於在質子交換膜燃料電池的運作過程中，電池內部會含有  $F^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $SO_3^{2-}$ 、 $HSO_4^-$ 、 $CO_3^{2-}$  及  $HCO_3^-$  等離子，使不銹鋼暴露在酸性 pH 約 2~3 的環境下，同時燃料電池的電池溫度還可能達到 80 °C，因此不銹鋼表面若未經處理，容易在此環境中溶解出部分金屬離子，進一步毒化膜電極組，而對燃料電池的性能與壽命造成嚴重的影響。此外燃料電池經過一段時間的運作後，不銹鋼的表面會生成一層氧化物層，使電池的接觸電阻增加，而降低不銹鋼雙極板的導電率[3]。

因此為了解決這些問題，研究顯示直接在不銹鋼表面進行 Au、TiN、CrN 鍍膜，能夠增加不銹鋼的耐腐蝕性[4]。另一個有前途的方法是在不銹鋼表面進行碳的鍍膜，此方法能同時結合石墨和不銹鋼的優勢[5]。使用化學氣相沉積進行鍍膜，通常需要在長時間的高溫下才會有較好的碳膜品質，而當雙極板的厚度越薄，在這樣的操作環境容易會有變形的問題。另外使用物理氣相沉積進行鍍膜，還需要在真空的環境下進行碳的鍍膜，而這可能會造成鍍膜的時間和成本的增加。

---

## 2. 雷射披覆碳膜之關鍵技術

---

本技術是一種新的碳膜製造方法，利用雷射短時間高溫與大氣環境操作的特性，而能夠使用雷射披覆碳膜技術將碳膜披覆在 316L 不銹鋼板上，透過雷射照射能夠將原本不導電的樹脂高溫碳化成玻璃碳。由於若只有碳粉塗佈在不銹鋼時，碳粉附著性並不好，而若添加不導電的樹脂增加碳粉的附著性卻又會導致雙極板的導電率降

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】383期・104年2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)