



# 網球拍射出模具 表面抗沾黏處理

Study on the Anti-Sticking Characteristics  
of Tennis Racket Injection Mold

黃家宏

金屬中心  
精微成形研發處  
處理組

朱繼文

金屬中心  
精微成形研發處  
處理組  
副組長

邱松茂

金屬中心  
精微成形研發處  
處理組  
專案經理

張凱傑

金屬中心  
精微成形研發處  
處理組  
組長

王俊傑

金屬中心  
金屬製程研發處  
副處長

魏嘉民

金屬中心  
副執行長

## 關鍵詞(Keywords)

- 物理氣相層積 Physical Vapor Deposition (PVD)
- 磁控濺鍍 Magnetron Sputtering
- 抗沾粘 Anti-Sticking

## 摘要(Abstract)

台灣的網球拍產業，從民國 50 年代開始替國外代工木製的羽毛球拍開始，經歷鐵拍、鋁拍的階段，1978 年由從國外引進碳纖維複合材料，開始製造碳拍之後，短短的幾年間，不但淘汰了木製球拍，改變了世界網球拍的產銷結構，成為網球拍王國，而且奠定了台灣在全球複合材料加工

技術上重要的地位。在這個打造網球拍王國的過程中，從一開始因緣際會引進一些簡單的複合材料的加工概念，接著在一群技術英雄幾近土法煉鋼的努力開發下，發展出一套最具競爭力的滾筒纏繞法(filament drum winding)用以製造預浸布，再用獨創的吹氣熱壓成型(inner bladder pressure molding)的方式量產球拍，吹氣熱壓成型時膠體會因高溫與模具沾黏，因而影響射出品質。

本研究利用直流磁控濺鍍法在 SKD61 熱作工具鋼上沉積 Ti 基鍍膜並加入耐高溫如鎢、鈹、鋁等原子並通入反應性氮等氣體，利用 SEM、GID-XRD 以及 TEM 對薄膜的表面形貌、晶體結構及化學鍵結進行分析，最後再以熱反覆實驗測試鍍膜的熱穩定性。結果顯示，Ti 基高溫鍍膜能有效提升 SKD61 基板之耐熱穩定性，經過線上實測在 500 °C 溫度下，熱反覆實驗達 500 次不需使



用離形劑可提升稼動率及產品品質。

The tennis racket industry of Taiwan originates from the original equipment manufacturing of wooden badminton rackets in the 1960s, then technologies of Taiwan became matured and began to manufacture iron and aluminum rackets. In 1978, Taiwan imported carbon fiber composite material to manufacture carbon tennis rackets. Not only eliminating the wooden tennis racket within a few years, Taiwan also changed the global production-sale infrastructure of the tennis racket, and became the “tennis racket kingdom” and established the key position of machining technology of global composite materials.

In establishing the tennis racket kingdom of Taiwan, the machining concept of simple composite materials and use of native technologies led to the development of the most competitive filament drum winding method to manufacture the pre-immersion cloth and the innovative inner bladder pressure molding method to quantitative production of the tennis racket. The inner bladder pressure molding method has disadvantages which affect the quality of the injection products due to high temperature mold sticking of the plastic materials.

This project uses the dc magnetron sputtering method to deposit Ti coating film on the SKD61 hot working tool steel and adds some high temperature resistant atoms such as W, Ta and Al as well as reactive nitrogen gas. Surface morphology, crystalline structure and chemical bonding of the

coating could be analyzed by using SEM, GID-XRD and TEM. Finally, thermal repetition testing was used to test the thermal stability of the coating. Experimental results show that Ti-based coating film could effectively promote the 500 °C resistance thermal stability of the SKD61 substrate. After 500 °C in-line testing, thermal repetition life could reach 500 times without using releasing agents and promoted the production time ratio and product quality.

---

## 1. 前言

---

網球拍成形模具材質為 SKD61，在高溫(≥ 500 °C)射出成形時，膠體在模具的流道會與模具產生沾黏，造成膠體流動速度變慢甚至阻塞，造成成品良率下降，當模具有沾黏情形，生產線須停工將模具下架清除沾黏處，會造成稼動率降低，提高廠商生產成本。為克服射出模具沾粘問題。在製造射出模具時，除了適當的模具方案設計外，尚有兩個選項：模具材料的選用及模具表面的鍍膜。但無論何種選項皆會影響尺寸和表面精度，及模具的使用壽命。在反覆開模/關模成型過程，模具亦受到高/低溫度熱衝擊，會造成模具尺寸變形及表面鍍膜剝落。因此如何選擇適當的模具材料及鍍膜是非常重要的。由於射出模具在膠體射出過程中處於高溫環境，膠體的黏性增加，流動性降低，容易與鍍膜或模具材料產生反應，產生沾黏及阻塞，不僅影響網球拍的表面品質，亦是降低射出模具壽命的重要影響因素。而

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】381期・103年12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)