

硬質鍍膜材料之發展動向

金屬中心 產業研究組 陳仲宜

出版日期：2010.09.06

一、持續擴大中的硬質鍍膜市場

傳統的表面改質法係利用固體、液體、氣體等介質，以控制溫度與時間的方式，在既有的材料表面上賦與其他特性以使材料高機能化的處理方法，包括有鍍覆皮膜的電鍍硬鉻、鍍鎳和噴塗皮膜，以及在金屬的表層滲入其他元素來進行改質的滲碳、氮化、豐田擴散法（Toyota Diffusion；TD）處理等技術。然而，由於近來的景氣低迷，使得高性能化與低成本化受到更加迫切的要求。另一方面，近年來環境管理系統 ISO 14000 及歐盟的 RoHS（電力與電子設備之限用特定危險物質）指令、REACH（化學品之登錄、評估、授權與限制）指令等環境法規已經實施，對環境方面的要求增加，因此過去的電鍍硬鉻已經無法使用。

易言之，隨著加工條件變得益加嚴苛，而同時又必須滿足對環境的調和性，使得應用在機械零組件領域的表面處理技術往無潤滑劑與乾式處理發展。尤其是近幾年來，易於自動化且可以進行嚴密製程控制的利用真空及電漿能量的表面改質法最受歡迎，尤其是 PVD 陶瓷硬質鍍膜技術更是備受注目，被用來作為因應切削工具、模具、機械部品等多樣化需求的手段，其效果已確實獲得認同，而硬質鍍膜的市場隨著加工技術的更高要求更不斷擴大，其在工具上的應用按照市場佔有量的劃分主要為刀具鍍膜 70%、模具鍍膜 25%、零部件鍍膜 5%。

二、硬質鍍膜的技術發展現況

從最早的鍍硬鉻、鎳、鋅或者利用 CVD 等化學反應來蒸鍍的時代進入到 1980 年代之後，利用電漿非平衡反應的 PVD 法所製作的 TiN 鍍膜開始應用於切削工具與模具上。目前 PVD 硬質鍍膜技術主要可分為陰極電弧離子鍍技術與磁控濺鍍技術兩大類，電弧技術與磁控濺鍍技術最大的差別在於：電弧技術可以獲得接近 90% 的離化率與較快的沉積速率，但存在液滴的問題；磁控濺鍍技術可以獲得平整的表面，但離化率與沉積速率都相對較低。

目前國際上最富盛名的鍍膜公司包括有瑞士的 Balzers、Platit、Sulzer，德國的 CemeCon、PVT，以及英國的 Teer 等公司。其中，只有 CemeCon 及 Teer 公司是採用磁控濺射技術，而其它公司都以陰極電弧離子鍍技術為主。

此兩大陣營仍在積極角力中，在陰極電弧離子鍍方面，Balzers 公司採用的是最傳統的小圓弧技術，但是透過提高圓弧靶的直徑的方式，提高了冷卻效率，使得液滴的尺寸相對傳統圓弧更小；PVT 公司採用的是矩形電弧技術，用增大面積及加長電弧運動軌跡的方法提高靶材的冷卻，使得液滴尺寸小於 1 微米；Platit 公司採用的是柱狀電弧技術，在電弧工作的同時，靶管旋轉，使靶材獲得充分的冷卻，其宣稱的液滴尺寸為 0.01 微米量級。磁控濺射技術亦不斷向前進，Teer 公司

提出的閉合磁場非平衡磁控濺鍍技術能夠大幅度提高離化率，成為磁控濺鍍膜層品質提升的關鍵。隨著中頻學生磁控技術及非平衡磁控濺鍍技術的結合，磁控濺鍍技術已經能夠迎頭趕上，獲得與電弧技術相當的優質膜層。

三、未來發展趨勢

除了乾式處理的趨勢持續發酵之外，基於成本削減的觀點所採行更為省時的高速加工，造成工具的負荷（尤其是加工時所發生的熱負荷）加重，加以被加工材多轉向鋁合金或複合材料、高張力高強度鋼材等難加工材，因此提升工具的耐磨耗性及耐熱性成為相當重要的課題。基於上述要求，表面改質處理業者開發了更高性能與高機能的鍍膜，【圖 4-1】所示即為表面硬化鍍膜的發展動向。

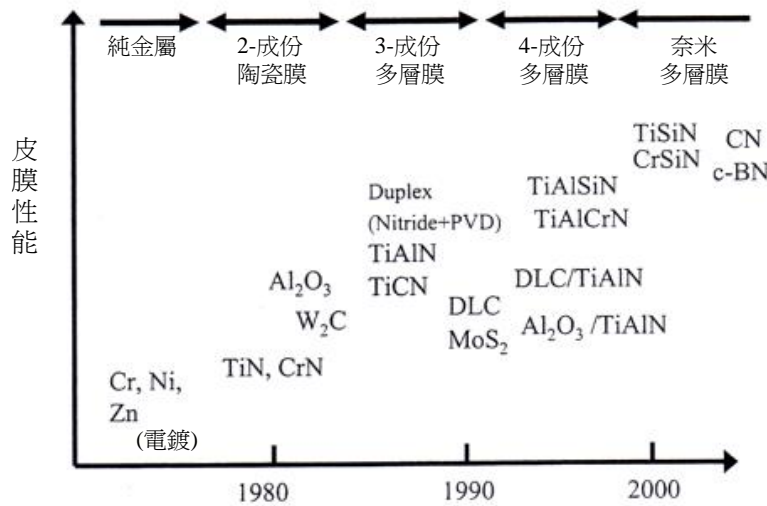


圖 1 表面硬化鍍膜的開發歷程

資料來源：表面技術/金屬中心 MII-ITIS 計畫整理

未來隨著工業需求的不斷增加，對硬質鍍膜的要求將日益嚴苛，未來鍍膜產品將朝兩大趨勢發展：超硬鍍膜及低摩擦係數鍍膜。

1. 超硬鍍膜

超硬鍍膜一般是指維氏硬度在 40GPa 以上的硬質鍍膜。主要有：(1)鑽石鍍膜(硬度為 50~100GPa，與晶體取向有關)；(2)立方氮化硼(e-BN)鍍膜(硬度為 50~80GPa)；(3)類鑽鍍膜(DLC，因工法不同，硬度可在 10~60GPa 的寬廣範圍內變動)；(4)碳氮鍍膜(CN_x，硬度可達 15~50GPa)；(5)奈米複合鍍膜及奈米多層鍍膜(TiN/NbN 奈米多層鍍膜硬度為 51GPa，TiYN/VN 奈米多層鍍膜硬度高達 78GPa)

2. 低摩擦係數鍍膜

低摩擦係數鍍膜主要包括鉬基鍍膜(二硫化鉬)及碳基鍍膜(鑽石、類鑽、碳氮鍍膜等)，摩擦係數均可達到 0.1 以下。