

自潤滑鍍膜刀具產品發展現況及趨勢

金屬中心 產業研究組 陳仲宜

出版日期：2010.11.25

一、前言

在金屬切削加工過程中，切削液的使用不僅能夠產生冷卻、潤滑及排屑的作用，而且還能提高加工工件表面品質，延長刀具使用壽命。然而，隨著社會環境保護、可持續發展意識的提高及研究的不斷深入。切削液使用所帶來的負面效應越來越明顯，切削液的處理增加企業的生產成本。同時切削液的供應及冷卻裝置使得製程系統十分繁瑣複雜。隨著環境保護法規要求越來越嚴格，歐美日等先進國家已經把切削工法研發的重點轉向乾式切削加工，同時在產業界推廣應用。

爲了克服完全乾式切削加工存在的不利影響，近年來出現了很多新型乾式切削加工法，如低溫冷風乾切削技術、靜電冷卻乾切削技術、液氮冷卻乾切削技術、最小潤滑亞乾切削技術等。這些新型乾式切削加工法緩解了完全乾切削加工存在的加工惡化問題，但其輔助冷卻技術較繁瑣，同時增加了工件的切削加工成本。

二、應用固體自潤滑膜解決乾切削加工之難題

固體自潤滑材料的出現及發展爲解決前述之技術難題提供新的對策，開發及應用自潤滑切削刀具無疑是解決此一問題之最佳途徑之一。自潤滑刀具是指刀具材料本身具有減摩、抗磨、潤滑功能，可在無外加潤滑液或潤滑劑的條件下實現自潤滑切削加工。由於自潤滑刀具的應用可減小摩擦與磨損，省去冷卻潤滑系統，減少設備投資，避免切削液造成的環境污染，實現清潔化生產，降低生產成本，因此自潤滑刀具是一種高效、潔淨的綠色刀具，在現代切削加工中具有廣闊的應用前景。

根據物理、化學、結構與機械性能，固體潤滑膜有許多分類方法。簡單來說，可以將其分爲兩大類，分別是軟質(<10 GPa)及硬質 (>10 GPa)固體潤滑膜，如【表1】所示。一般來說，硬質固體潤滑膜的主要特點是硬度高、耐磨性能好；軟質固體潤滑膜的主要特點是表面摩擦係數小，不易沾黏，可有效降低切削力及切削溫度。其與普通鍍膜刀具不同，自潤滑鍍膜刀具是透過採用適當的硬、軟質材料成分與特殊工法，在刀具表面獲得適當的組織、微觀結構及膜層形態，從而可在切削高溫、高壓下實現減摩、抗磨功能。易言之，如何合理搭配兩者之間的比例，來設計合適的固體潤滑膜層是目前開發的重點。

表1 固體潤滑膜依鍍膜硬度分類

硬質類鍍膜	軟質類鍍膜
氮化物：TiN、CrN、ZrN、BN 碳化物：TiC、WC、CrC 氧化物：Al ₂ O ₃ 、Cr ₂ O ₃ 、TiO ₂ 、ZnO、CdO、Cs ₂ O、PbO、Re ₂ O ₇ 硼化物：TiB ₂ 類鑽及鑽石：a-C、ta-C、a-C:H、ta-C:H、CN _x 、a-C:X(H)、(nc-)diamond	軟金屬：Ag、Pb、Au、In、Sn、Cr、Ni、Cu 層狀固體：MoS ₂ 、WS ₂ 、Graphite、H ₃ BO ₃ 、HBN、GaS、GaSe 氟化物、硫化物：CaF ₂ 、BaF ₂ 、PbS、CaSO ₄ 、BaSO ₄ 高分子聚合物：PTFE、PE、Polyimide Polymerlike DLC

注：DLC：Diamond-like Carbon；a=amorphous ta=tetrahedral amorphous；X=a metal；nc=Nanocrystalline；PTFE：Polytetrafluorethylene；PE=Polyethylene

資料來源：新技術新工藝/金屬中心 MII-ITIS 計畫整理

除此之外，奈米鍍膜刀具由於具有優異的性能而受廣泛關注。奈米膜層可採用多種鍍膜材料的不同組合，如金屬/金屬組合、金屬/陶瓷組合、陶瓷/陶瓷組合等，以滿足不同的功能及性能要求。設計合理的奈米鍍膜可使刀具的硬度及韌性顯著增加，使其具有優異的減摩及抗磨性能，非常適合乾式切削加工。

三、未來發展趨勢

開發與應用具有低摩擦係數及自潤滑功能的新型刀具材料，可節省冷卻潤滑設備投資、降低加工成本、減少資源消耗、防止切削液污染環境、實現綠色加工。因此，對相關課題的研究已引起切削加工業界及學者的廣泛關注及高度重視。未來，對自潤滑刀具材料的主要研究方向包括有：新型自潤滑刀具材料的研製、自潤滑膜的形成機理及其在磨損過程中的變化規律、影響自潤滑膜形成及特性的主要因素、自潤滑膜的組織與性能對自潤滑刀具耐磨性能的影響、自潤滑刀具的切削性能等。