

用户在选择和使用金刚石涂层刀具之前，必须了解有关金刚石涂层刀具的以下几点常识：☞

## 涂层的区别☞

非晶金刚石(也称为类金刚石碳——译注)涂层是采用 PVD 工艺沉积的一种碳膜。它既具有一部分金刚石的 SP<sup>3</sup> 键，又具有一部分碳的 SP<sup>2</sup> 键；其成膜硬度很高，但又低于金刚石膜的硬度；其厚度也比我们通常沉积的金刚石膜要薄一些。加工石墨时，非晶金刚石涂层刀具的寿命是未涂层硬质合金刀具的 2-3 倍。与之相比，CVD 金刚石则是采用 CVD 工艺沉积的纯金刚石涂层，加工石墨时的刀具寿命是硬质合金刀具的 12-20 倍，从而可减少换刀次数，提高加工的可靠性和精度一致性。☞

## 加工淬硬钢☞

金刚石由碳原子构成。某些材料受热时，会从金刚石中吸出碳原子并在工件中形成碳化物。铁就是此类材料之一。用金刚石刀具加工铁族材料时，摩擦产生的热量会使金刚石中的碳原子扩散到铁中，从而造成金刚石涂层因化学磨损而提前失效。☞

## 刀具的限制☞

重磨和(或)重涂层的金刚石涂层刀具质量难以保证由于刀具表面生成的涂层为纯金刚石，因此用金刚石磨轮对刀具进行重磨需要耗费很长时间。此外，为使金刚石生长而采用的刀具。制备工艺会改变刀具表面的化学特性，由于涂层时要求对这种化学特性进行非常精确的控制，因此刀具重新涂层的效果难以得到保证。☞

## 刀具的寿命☞

与任何其他刀具一样，金刚石涂层刀具的寿命也各不相同，主要取决于被切削材料、选用的进给率和切削速度，以及工件的几何形状等。一般来说，加工石墨的金刚石涂层刀具的寿命是未涂层硬质合金刀具的 10-20 倍，在某些情况下甚至可能更长。这样，就能用一把刀具完成几乎任何加工任务，无需因刀具磨损而换刀，避免了加工中断和重新校准，从而有可能实现无人值守加工。在复合材料的加工中，也完全可能获得较长的刀具寿命。↵

据报道，在加工高密度玻璃纤维、碳纤维和 G10-FR4 等难加工复合材料时，金刚石涂层刀具的寿命可高达未涂层硬质合金刀具的 70 倍。↵

## 存在的问题↵

金刚石涂层的剥落可以预防涂层剥落是金刚石涂层刀具的一个严重问题，也是一个常见问题(尤其在加工碳纤维之类材料时)，会导致刀具寿命难以预测。上世纪 90 年代后期，界面化学特性被确定为是影响金刚石涂层粘附性能的重要因素。通过选择兼容性好的硬质合金化学特性、采用适当的预处理技术和合理的沉积反应条件，就有可能减轻或消除金刚石涂层的剥落，稳定地实现平稳的磨损模式。在显微镜下观察正常磨损的金刚石涂层刀具，可以发现，金刚石被稳定磨损直至硬质合金基体，而没有发生崩刃或剥落。↵

## 刀具类型 ↵

- 1、天然金刚石 Natural Diamond (ND)； ↵
- 2、人造聚晶金刚石 Artificial Polycrystalline Diamond (PCD)； ↵
- 3、人造聚晶金刚石复合片 Polycrystalline Diamond Compact (PDC)； 化学气相沉积涂层金刚石刀具 Chemical Vapor Deposition Diamond Coated Tools (CVD)。 ↵

4、沉积厚度达  $100\mu\text{m}$  的无衬底纯金刚石厚膜 Thick Diamond Film(CD); ←

5、在刀具基体表面直接上沉积厚度小于  $30\mu\text{m}$  的金刚石薄膜涂层 Coated Thin Diamond Film(CD)。←

### 天然 ND 刀具←

为天然金刚石拉曼峰谱，具有以下特征：←

(1) 1332 尖峰处显示存在金刚石。←

(2) 波型幅度 (FWHM) 为  $4.1\text{cm}^{-1}$ ←

显示为纯金刚石。ND 是目前已知矿物中最硬的物质，主要用于制备刀具车刀。天然金刚石刀具精细研磨后刃口半径可达  $0.01\sim 0.002\mu\text{m}$ 。其中天然单晶金刚石 (Single Crystalline Diamond, SCD) 刀具切削刃部位经高倍放大 1500 倍仍然观察到刀刃光滑。SCD 车削铝制活塞时  $R_a$  可达到  $4\mu\text{m}$ ，而在同样切削条件下用 PCD 刀具加工时的表面粗糙时的  $R_a$  为  $15\sim 50\mu\text{m}$ 。故采用 SCD 刀具配合精密车床进行精密和超精密加工，可获得镜面表面。←

### 聚晶 PCD 刀具←

PCD 是高温超高压条件下通过钴等金属结合剂将金刚石微粉聚集烧结合成的多晶体材料，又称烧结金刚石。聚晶金刚石刀具整体烧结成铣刀，用于铣削加工，PCD 晶粒呈无序排列状态，属各向同性，硬度均匀，石墨化温度为  $550^\circ\text{C}$ 。刀具具有高硬度、高导热性、低热胀系数、高弹性模量和低摩擦系数。刀刃非常锋利等特点。←

### 人造 PDC 刀具←

为提高 PCD 刀片的韧性和可焊性，常将 PCD 与硬质合金刀体做成人造聚晶金刚石复合刀片 (PDC)。即在硬质合金基底其表面压制一层 0.5~1mm 厚的 PCD 烧结而成。复合刀片的抗弯强度与硬质合金基本一致，硬度接近 PCD，故可以替代 PCD 使用。PCD 及人造聚晶金刚石复合片 (PDC) 刀具的刃口锋利性和加工的工件表面质量低于 ND。同时其可加工性很差，磨削比小，难以根据刀头的几何形状任意成形。利用人造聚晶金刚石复合片只能制备车刀，还不能制造带断屑槽的可转位刀片和复杂三维曲面几何形状的铣刀。<sup>[2]</sup>

### TDF 焊接刀具

金刚石厚膜焊接刀具是把激光切割好 CVD 金刚石厚膜一次焊接至基体 (通常为 K 类硬质合金) 上，形成复合片，然后抛光复合片，二次焊接至刀体上，刃磨成需要的形状和刃口。如图 3(a) 所示，为 CVD 金刚石厚膜 (金刚石膜厚度达 30 $\mu\text{m}$ )，具有硬度高、耐磨损、摩擦系数小等特点，是制造切削有色金属和非金属材料刀具的理想材料。由于金刚石焊接过程工艺复杂，CVD 金刚石厚膜 (TDF) 焊接刀具尚未大批量应用。

### 涂层刀具

金刚石涂层刀具是用 CVD 法直接在硬质合金 (K 类硬质合金) 或陶瓷等基体上沉积一层 1~25 $\mu\text{m}$  金刚石薄膜，无解理面各向同性。如图 3(b)。薄膜涂层刀具硬度达 9800~10000HV。热导率高，室温下导热系数高达 2000W $\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ，而硬质合金刀具导热系数仅为 80~100W $\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 。CVD 方法金刚石可以涂层到任何复杂形状的刀具上，这是聚晶金刚石无法拥有的最显著的优势。

### 立方氮化硼刀具

立方氮化硼 (PCBN) 是继人工合成金刚石之后出现的第二种无机超硬材料，其硬度略次于金刚石，热稳定性好，耐热性可达到 1400~1500 度，比金刚石的耐热性 (700~800 度) 几乎高一倍。立方氮化硼 (PCBN) 刀具主要适合加工各种黑色金

属及其合金材料;最适合于各种淬硬钢(碳素工具钢 轴承钢 模具钢 高速钢)珠光体灰口铸铁(钒钛铸铁)冷硬铸铁高温合金(镍基合金钴基合金)及表面喷涂堆焊的加工.具有使用寿命长,减少换刀次数,补偿停机所花的时间,使数控机床和自动化生产线的高效能得到更充分的发挥,可以改变传统的机械加工方式(即淬火前用刀具粗加工和淬火后用砂轮精加工的方法),从而能在一台数控机床进行淬火前淬火后的车削加工(以车代磨),具有很好的经济效益. ←

天然钻石四方拉丝模 ←

## 5 刀具修磨 ←

陶瓷结合剂金刚石砂轮具有金刚石和陶瓷结合剂的共同特点,与普通刚玉、碳化硅磨具相比,它的磨削力强,磨削时温度比较低,磨具磨损比较小;可以适应各种冷却液的作用;磨削时磨具的形状保持性好,磨出工件的精度高;磨具内有较多的气孔,磨削时有利于排屑和散热,不易堵塞、不易烧伤工件;磨具的自锐性比较好,修整间隔的时间长,修整比较容易。因此陶瓷结合剂金刚石砂轮在国外一些发达国家的使用日益增多。 ←

选择合理的工艺参数,陶瓷结合剂金刚石砂轮研磨单晶金刚石,研磨效率比金属结合剂砂轮高,磨耗比非常小,加工成本低,因此采用陶瓷结合剂砂轮研磨单晶金刚石,可极大的提高破天研磨效率。在磨削 PCD 刀具方面,由于树脂结合剂较软,磨削时容易变形,不能有效地磨削 PCD 刀具;金属结合剂由于对磨粒的结合能力太强而使磨具自锐性差,磨削效率低,而且金属结合剂砂轮会造成 PCD 刀具边缘产生最严重的破坏;综合磨削效率、磨具耐用度及工件表面的加工质量,陶瓷结合剂金刚石砂轮是磨削 PCD 刀具最合适选择。 ←