

# 刀具分类及应用

先进的加工设备与高性能的数控刀具相配合，才能充分发挥其应有的效能，取得良好的经济效益。随着刀具材料迅速发展，各种新型刀具材料，其物理、力学性能和切削加工性能都有了很大的提高，应用范围也不断扩大。

## 刀具材料应具备基本性能

刀具材料的选择对刀具寿命、加工效率、加工质量和加工成本等的影响很大。刀具切削时要承受高压、高温、摩擦、冲击和振动等作用。因此，刀具材料应具备如下一些基本性能。

(1) 硬度和耐磨性。刀具材料的硬度必须高于工件材料的硬度，一般要求在60HRC以上。刀具材料的硬度越高，耐磨性就越好。

(2) 强度和韧性。刀具材料应具备较高的强度和韧性，以便承受切削力、冲击和振动，防止刀具脆性断裂和崩刃。

(3) 耐热性。刀具材料的耐热性要好，能承受高的切削温度，具备良好的抗氧化能力。

(4) 工艺性能和经济性。刀具材料应具备好的锻造性能、热处理性能、焊接性能；磨削加工性能等，而且要追求高的性能价格比。

## 刀具材料的种类、性能、特点、应用

### 1. 金刚石刀具材料的种类、性能和特点及刀具应用

金刚石是碳的同素异构体，它是自然界已经发现的最硬的一种材料。金刚石刀具具有高硬度、高耐磨性和高导热性能，在有色金属和非金属材料加工中得到广泛的应用。尤其在铝和硅铝合金高速切削加工中，金刚石刀具是难以替代的主要切削刀具品种。可实现高效率、高稳定性、长寿命加工的金刚石刀具是现代数控加工中不可缺少的重要工具。(1) 金刚石刀具的种类

① 天然金刚石刀具：天然金刚石作为切削刀具已有上百年的历史了，天然单晶金刚石刀具经过精细研磨，刃口能磨得极其锋利，刃口半径可达  $0.002\mu\text{m}$ ，能够实现超薄切削，可以加工出极高的工件精度和极低的表面粗糙度，是公认的、理想的和不能代替的超精密加工刀具。

② PCD 金刚石刀具：天然金刚石价格昂贵，金刚石广泛应用于切削加工的还是聚晶金刚石(PCD)，自 20 世纪 70 年代初，采用高温高压合成技术制备的聚晶金刚石(Polycrystalline diamond，简称 PCD 刀片研制成功以后，在很多场合下天然金刚石刀具已经被人造聚晶金刚石所代替。PCD 原料来源丰富，其价格只有天然金刚石的几十分之一至十几分之一。

PCD 刀具无法磨出极其锋利的刃口，加工的工件表面质量也不如天然金刚石，现在工业中还不能方便地制造带有断屑槽的 PCD 刀片。因此，PCD 只能用于有色金属和非金属的精切，很难达到超精密镜面切削。③ CVD 金刚石刀具：自从 20 世纪 70 年代末至 80 年代初，CVD 金刚石技术在日本出现。CVD 金刚石是指用化学气相沉积法(CVD)在异质基体(如硬质合金、陶瓷等)上合成金刚石膜，CVD 金刚石具有与天然金刚石完全相同的结构和特性。

CVD 金刚石的性能与天然金刚石相比十分接近，兼有天然单晶金刚石和聚晶金刚石(PCD)的优点，在一定程度上又克服了它们的不足。

## (2) 金刚石刀具的性能特点

① 极高的硬度和耐磨性：天然金刚石是自然界已经发现的最硬的物质。金刚石具有极高的耐磨性，加工高硬度材料时，金刚石刀具的寿命为硬质合金刀具的 10 ~ 100 倍，甚至高达几百倍。

② 具有很低的摩擦系数：金刚石与一些有色金属之间的摩擦系数比其他刀具都低，摩擦系数低，加工时变形小，可减小切削力。

③ 切削刃非常锋利：金刚石刀具的切削刃可以磨得非常锋利，天然单晶金刚石刀具可高达 0.002 ~ 0.008 $\mu\text{m}$ ，能进行超薄切削和超精密加工。

④ 具有很高的导热性能：金刚石的导热系数及热扩散率高，切削热容易散出，刀具切削部分温度低。⑤ 具有较低的热膨胀系数：金刚石的热膨胀系数比硬质合金小几倍，由切削热引起的刀具尺寸的变化很小，这对尺寸精度要求很高的精密和超精密加工来说尤为重要。

## (3) 金刚石刀具的应用

金刚石刀具多用于在高速下对有色金属及非金属材料进行精细切削及镗孔。适合加工各种耐磨非金属，如玻璃钢粉末冶金毛坯，陶瓷材料等；各种耐磨有色金属，如各种硅铝合金；各种有色金属光整加工。

金刚石刀具的不足之处是热稳定性较差，切削温度超过 700°C ~ 800°C 时，就会完全失去其硬度；此外，它不适于切削黑色金属，因为金刚石(碳)在高温下容易与铁原子作用，使碳原子转化为石墨结构，刀具极易损坏。

## 立方氮化硼刀具材料的种类、性能和特点及刀具应用

用与金刚石制造方法相似的方法合成的第二种超硬材料—立方氮化硼(CBN)，在硬度和热导率方面仅次于金刚石，热稳定性极好，在大气中加热至 10000°C 也不发生氧化。CBN 对于黑色金属具有极为稳定的化学性能，可以广泛用于钢铁制品的加工。(1) 立方氮化硼刀具的种类

立方氮化硼(CBN)是自然界中不存在的物质，有单晶体和多晶体之分，即 CBN 单晶和聚晶立方氮化硼(Polycrystalline cubic boron nitride，简称 PCBN)。CBN 是氮化硼(BN)的同素异构体之一，结构与金刚石相似。

PCBN (聚晶立方氮化硼)是在高温高压下将微细的 CBN 材料通过结合相(TiC、TiN、Al、Ti 等)烧结在一起的多晶材料，是目前利用人工合成的硬度仅次于金刚石的刀具材料，它与金刚石统称为超硬刀具材料。PCBN 主要用于制作刀具或其他工具。

PCBN 刀具可分为整体 PCBN 刀片和与硬质合金复合烧结的 PCBN 复合刀片。PCBN 复合刀片是在强度和韧性较好的硬质合金上烧结一层 0.5 ~ 1.0mm 厚的 PCBN 而成的，其性能兼有较好的韧性和较高的硬度及耐磨性，它解决了 CBN 刀片抗弯强度低和焊接困难等问题。

(2) 立方氮化硼的主要性能、特点立方氮化硼的硬度虽略次于金刚石，但却远远高于其他高硬度材料。CBN 的突出优点是热稳定性比金刚石高得多，可达

1200°C以上(金刚石为 700~800°C), 另一个突出优点是化学惰性大, 与铁元素在 1200~1300°C下也不起化学反应。立方氮化硼的主要性能特点如下。

① 高的硬度和耐磨性: CBN 晶体结构与金刚石相似, 具有与金刚石相近的硬度和强度。PCBN 特别适合于加工从前只能磨削的高硬度材料, 能获得较好的工件表面质量。

② 具有很高的热稳定性: CBN 的耐热性可达 1400~1500°C, 比金刚石的耐热性(700~800°C)几乎高 1 倍。PCBN 刀具可用比硬质合金刀具高 3~5 倍的速度高速切削高温合金和淬硬钢。

③ 优良的化学稳定性: 与铁系材料到 1200—1300°C时也不起化学作用, 不会像金刚石那样急剧磨损, 这时它仍能保持硬质合金的硬度; PCBN 刀具适合于切削淬火钢零件和冷硬铸铁, 可广泛应用于铸铁的高速切削。

④ 具有较好的热导性: CBN 的热导性虽然赶不上金刚石, 但是在各类刀具材料中 PCBN 的热导性仅次于金刚石, 大大高于高速钢和硬质合金

⑤ 具有较低的摩擦系数: 低的摩擦系数可导致切削时切削力减小, 切削温度降低, 加工表面质量提高。

(3) 立方氮化硼刀具应用立方氮化硼适于用来精加工各种淬火钢、硬铸铁、高温合金、硬质合金、表面喷涂材料等难切削材料。加工精度可达 IT5(孔为 IT6), 表面粗糙度值可小至 Ra1.25~0.20 $\mu$ m。

立方氮化硼刀具材料韧性和抗弯强度较差。因此, 立方氮化硼车刀不宜用于低速、冲击载荷大的粗加工; 同时不适合切削塑性大的材料(如铝合金、铜合金、

镍基合金、塑性大的钢等), 因为切削这些金属时会产生严重的积屑瘤, 而使加工表面恶化。

## 陶瓷刀具材料的种类、性能和特点及刀具应用

陶瓷刀具具有硬度高、耐磨性能好、耐热性和化学稳定性优良等特点, 且不易与金属产生粘接。陶瓷刀具在数控加工中占有十分重要的地位, 陶瓷刀具已成为高速切削及难加工材料加工的主要刀具之一。陶瓷刀具广泛应用于高速切削、干切削、硬切削以及难加工材料的切削加工。陶瓷刀具可以高效加工传统刀具根本不能加工的高硬材料, 实现“以车代磨”; 陶瓷刀具的最佳切削速度可以比硬质合金刀具高 2~10 倍, 从而大大提高了切削加工生产效率; 陶瓷刀具材料使用的主要原料是地壳中最丰富的元素, 因此, 陶瓷刀具的推广应用对提高生产率、降低加工成本、节省战略性贵重金属具有十分重要的意义, 也将极大促进切削技术的进步。(1) 陶瓷刀具材料的种类

陶瓷刀具材料种类一般可分为氧化铝基陶瓷、氮化硅基陶瓷、复合氮化硅—氧化铝基陶瓷三大类。其中以氧化铝基和氮化硅基陶瓷刀具材料应用最为广泛。氮化硅基陶瓷的性能更优越于氧化铝基陶瓷

### (2) 陶瓷刀具的性能、特点

陶瓷刀具的性能特点如下。

① 硬度高、耐磨性能好: 陶瓷刀具的硬度虽然不及 PCD 和 PCBN 高, 但大大高于硬质合金和高速钢刀具, 达到 93-95HRA。陶瓷刀具可以加工传统刀具难以加工的高硬材料, 适合于高速切削和硬切削。

② 耐高温、耐热性好：陶瓷刀具在 1200°C 以上的高温下仍能进行切削。陶瓷刀具具有很好的高温力学性能， $Al_2O_3$  陶瓷刀具的抗氧化性能特别好，切削刃即使处于赤热状态，也能连续使用。因此，陶瓷刀具可以实现干切削，从而可省去切削液。

③ 化学稳定性好：陶瓷刀具不易与金属产生粘接，且耐腐蚀、化学稳定性好，可减小刀具的粘接磨损。④ 摩擦系数低：陶瓷刀具与金属的亲合力小，摩擦系数低，可降低切削力和切削温度。

### (3) 陶瓷刀具应用

陶瓷是主要用于高速精加工和半精加工的刀具材料之一。陶瓷刀具适用于切削加工各种铸铁(灰铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁、冷硬铸铁、高合金耐磨铸铁)和钢材(碳素结构钢、合金结构钢、高强度钢、高锰钢、淬火钢等)，也可用来切削铜合金、石墨、工程塑料和复合材料。

陶瓷刀具材料性能上存在着抗弯强度低、冲击韧性差问题，不适于在低速、冲击负荷下切削。