

## 刀具涂层技术知识及超硬涂层技术

一、通过化学或物理的方法在刀具表面形成某种薄膜，使切削刀具获得优良的综合切削性能，从而满足高速切削加工的要求；自 20 世纪 70 年代初硬质涂层刀具问世以来，化学气相沉积 (CVD) 技术和物理气相沉积 (PVD) 技术相继得到发展，为刀具性能的提高开创了历史的新篇章。涂层刀具与未涂层刀具相比，具有显著的优越性：它可大幅度提高切削刀具寿命；有效地提高切削加工效率；提高加工精度并明显提高被加工工件的表面质量；有效地减少刀具材料的消耗，降低加工成本；减少冷却液的使用，降低成本，利于环境保护。

二、刀具涂层的特点：

1. 采用涂层技术可在不降低刀具强度的条件下，大幅度地提高刀具表面硬度，目前所能达到的硬度已接近 100GPa；
2. 随着涂层技术的飞速发展，薄膜的化学稳定性及高温抗氧化性更加突出，从而使高速切削加工成为可能。
3. 润滑薄膜具有良好的固相润滑性能，可有效地改善加工质量，也适合于干式切削加工；
4. 涂层技术作为刀具制造的最终工序，对刀具精度几乎没有影响，并可进行重复涂层工艺。

三、常用的涂层

1. 氮化钛涂层：氮化钛 (TiN) 是一种通用型 PVD 涂层，可以提高刀具硬度并具有较高的氧化温度。该涂层用于高速钢切削刀具或成形工具可获得很不错的加工效果。
2. 氮化铬涂层：CrN 涂层良好的抗粘结性使其在容易产生积屑瘤的加工中成为首选涂层。涂覆了这种几乎无形的涂层后，高速钢刀具或硬质合金刀具和成形工具的加工性能将会大大改善。
3. 金刚石涂层 CVD 金刚石涂层可为非铁金属材料加工刀具提供最佳性能，是加工石墨、金属基复合材料 (MMC)、高硅铝合金及许多其它高磨蚀材料的理想涂层（注意：纯金刚石涂层刀具不能用于加工钢件，因为加工钢件时会产生大量切削热，并导致发生化学反应，使涂层与刀具之间的粘附层遭到破坏）。
4. 氮碳化钛涂层：氮碳化钛 (TiCN) 涂层中添加的碳元素可提高刀具硬度并获得更好的表面润滑性，是高速钢刀具的理想涂层。
5. 氮铝钛或氮钛铝涂层 (TiAlN/AlTiN)：TiAlN/AlTiN 涂层中形成的氧化铝层可以有效提高刀具的高温加工寿命。主要用于干式或半干式切削加工的硬质合金刀具可选用该涂层。根据涂层中所含铝和钛的比例不同，AlTiN 涂层可提供比 TiAlN 涂层更高的表面硬度，因此它是高速加工领域又一个可行的涂层选择。

四：涂层技术及刀具涂层知识

1. 氮碳化钛 (TiCN) 涂层比氮化钛 (TiN) 涂层具有更高的硬度。由于增加了含碳量，使 TiCN 涂层的硬度提高了 33%，其硬度变化范围约为 Hv3000~4000（取决于制造商）。

2. CVD 金刚石涂层: 表面硬度高达 Hv9000 的 CVD 金刚石涂层在刀具上的应用已较为成熟, 与 PVD 涂层刀具相比, CVD 金刚石涂层刀具的寿命提高了  $10^{\sim}20$  倍。金刚石涂层刀具的高硬度, 使得切削速度可比未涂层的刀具提高  $2^{\sim}3$  倍, 使 CVD 金刚石氧化温度是指涂层开始分解时的温度值。氧化温度值越高, 对在高温条件下的切削加工越有利。虽然 TiAlN 涂层的常温硬度也许低于 TiCN 涂层, 但事实证明它在高温加工中要比 TiCN 有效得多。TiAlN 涂层在高温下仍能保持其硬度的原因在于可在刀具与切屑之间形成数层氧化铝, 氧化铝层可将热量从刀具传入工件或切屑。与高速钢刀具相比, 硬质合金刀具的切削速度通常更高, 这就使 TiAlN 成为硬质合金刀具的首选涂层, 硬质合金钻头和立铣刀通常采用这种 PVDTiAlN 涂层。金刚石涂层刀具成为有色金属和非金属材料切削加工不错的选择。

3. 刀具表面的硬质薄膜对材料有如下要求: ①硬度高、耐磨性能好; ②化学性能稳定, 不与工件材料发生化学反应; ③耐热抗氧化, 摩擦系数低, 与基体附着牢固等。单一涂层材料很难全部达到上述技术要求。涂层材料的发展, 已由最初的单一 TiN 涂层、TiC 涂层, 经历了 TiC-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—TiN 复合涂层和 TiCN、TiAlN 等多元复合涂层的发展阶段, 现在最新发展了 TiN/NbN、TiN/CN, 等多元复合薄膜材料, 使刀具涂层的性能有了很大提高。

4. 在涂层刀具制造过程中, 一般根据涂层的硬度, 耐磨性, 高温抗氧化性, 润滑性以及抗粘结性等几个方面来选择, 其中涂层氧化性是跟切削温度最直接相关的技术条件。氧化温度是指涂层开始分解时的温度值, 氧化温度值越高, 对在高温条件下的切削加工越有利。虽然 TiAlN 涂层的常温硬度也许低于 TiCN 涂层, 但事实证明它在高温加工中要比 TiCN 有效得多。TiAlN 涂层在高温下仍能保持其硬度的原因在于可在刀具与切屑之间形成一层氧化铝, 氧化铝层可将热量从刀具传入工件或切屑。与高速钢刀具相比, 硬质合金刀具的切削速度通常更高, 这就使 TiAlN 成为硬质合金刀具的首选涂层, 硬质合金钻头和立铣刀通常采用这种 PVDTiAlN 涂层。

5. 从应用技术角度讲: 除了切削温度外, 切削深度、切削速度和冷却液都可能对刀具涂层的应用效果产生影响。

## 五、常用涂层材料进展及超硬涂层技术

硬质涂层材料中, 工艺最成熟、应用最广泛的是 TiN。目前, 工业发达国家 TiN 涂层高速钢刀具的使用率已占高速钢刀具的 50%—70%, 有的不可重磨的复杂刀具的使用率已超过 90%。由于现代金属切削对刀具有很高的技术要求, TiN 涂层日益不能适应。TiN 涂层的抗氧化性较差, 使用温度达 500℃时, 膜层明显氧化而被烧蚀, 而且它的硬度也满足不了需要。TiC 有较高的显微硬度, 因而该材料的耐磨性能较好。同时它与基体的附着牢固, 在制备多层耐磨涂层时, 常将 TiC 作为与基体接触的底层膜, 在涂层刀具中它是十分常用的涂层材料。TiCN 和 TiAlN 的开发, 又使涂层刀具的性能上了一个台阶。TiCN 可降低涂层的内应力, 提高涂层的韧性, 增加涂层的厚度, 阻止裂纹的扩散, 减少刀具崩刃。将 TiCN 设置为涂层刀具的主耐磨层, 可显著提高刀具的寿命。TiAlN 化学稳定性好, 抗氧化磨损, 加工高合金钢、不锈钢、钦合金、镍合金时, 比 TiN 涂层刀具提高寿命 3—4 倍。在 TiAlN 涂层中如果有较高的 Al 浓度, 在切削时涂层表面会生成一层很薄的非晶态 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 形成一层硬质惰性保护膜, 该涂层刀具可更有效地用于高速切削加工。掺氧的氮碳化钛 TiCN<sub>0</sub> 具有很高的显微硬度和化学稳定性, 可以产生相当于 TiC + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 复合涂层的作用。在上述硬质薄膜材料中, 显微硬度 HV 能够超过 50GPa 的有 3 种: 金刚石薄膜、立方氮化硼 CBN、氮化碳。许多沉积金刚石薄膜的温度要求为 600℃—900℃, 因此该技术常用于硬质合金刀具表面沉积金刚石薄膜。金刚石硬质合金刀具的商品化, 是近几年涂层技术的重大成就。



**CO-MAX MACHINERY TOOLS LIMITED**

ADD: HI-TECH ZONE, XIAN CITY, SHAANXI, CHINA  
WEBSITE: [HTTP://WWW.COMAXTOOL.COM](http://WWW.COMAXTOOL.COM)  
TEL: +86-29-87552162 FAX: +86-29-88764957  
E-MAIL: [SALES@COMAXTOOL.COM](mailto:SALES@COMAXTOOL.COM)

CBN 在硬度和导热率方面仅次于金刚石，热稳定性极好，在大气中加热至 1000℃也不发生氧化。CBN 对于铁族金属具有极为稳定的化学性能，与金刚石不宜加工钢材不同，它可以广泛用于钢铁制品的精加工、研磨等。CBN 涂层除具有优良的耐磨损性能外，还可以在相当高的切削速度下加工耐热钢、钛合金、淬火钢，能切削高硬度的冷硬轧辊、掺碳淬火材料和对刀具磨损非常严重的 Si-Al 合金等。低压气相合成 CBN 薄膜的方法主要有

CVD 和 PVD 法。CVD 包括化学输运 PCVD, 热丝辅助加热 PCVD、ECR-CVD 等；PVD 则有反应离子束镀、活性反应蒸镀、激光蒸镀离子束辅助沉积法等。CBN 的合成技术，在基础研究和应用技术方面都还有不少工作要做，包括反应机制和成膜过程、等离子体诊断和质谱分析、最佳工艺条件的确定、高效率设备的开发等。

氮化碳有可能具有达到或超过金刚石的硬度。合成氮化碳的成功，是分子工程学十分杰出的范例。作为超硬材料的氮化碳，预期还有其它许多宝贵的物理化学性质，研究氮化碳成为世界材料科学领域的热门课题。

---

**CO-MAX MACHINERY TOOLS LIMITED**

10 Anson Road #26-04 International Plaza, Singapore (079903). Tel: +65 90255373 Fax: +65 64461885