

立方氮化硼

——加工黑色金属及其合金的最佳材料

涂晓伟

在一定外界条件下(如高温高压),具有层状结构的石墨可以转变成金刚石已是一种普通常识。在这一转变过程中,C原子的化学键由 SP^2 杂化态转变为 SP^3 杂化态,使得金刚石成为单位体积内结合能最大的物质,因而成为硬度最高的材料。立方氮化硼也是由具有层状结构的六方氮化硼在一定外界条件下转变而成的。它具有与金刚石相似的结构。差异是金刚石仅由C原子构成,C原子之间以共价键结合,而立方氮化硼由B原子、N原子两种原子构成,B原子和N原子之间的化学键是在共价键的基础上加入离子键成分。立方氮化硼单位体积内的结合能略低于金刚石,是硬度上仅次于金刚石的材料。由于金刚石和立方氮化硼有明显高于其它硬质材料的硬度,被统称为超硬材料。

除超硬特性外,立方氮化硼还具有许多其它优异性能。如它的能隙是已知半导体材料中最大的。它的宽能隙特性,使其在难以使用普通半导体材料的高温领域有广阔的应用前景。它还具有压电性,预计会在超声波增幅以及光的高次谐波方面得到应用。但由于大颗粒立方氮化硼单晶难以制备,所以这些特性还未得到充分利用。

目前,主要是利用立方氮化硼的超硬特性制做磨削工具。其优点是:

1. 高化学稳定性

金刚石尽管在硬度上高于立方氮化硼,但它同黑色金属有亲和性,易于熔化在黑色金属材料中并形成碳化物,不但损坏了金刚石工具本

身,也在加工工件表面上留下损伤,难以加工出高光洁度的表面。而立方氮化硼同黑色金属有很好的化学惰性,磨削干净利落。

2. 高热稳定性

所有硬质材料的硬度都会随着温度升高而降低。金刚石在 $700\sim 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 会发生向其石墨稳定相的转变。而立方氮化硼向其稳定相六方氮化硼的转变温度在 $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。这一温度远高于磨削所产生的温度之上。所以立方氮化硼在高温下表现出最高的硬度,可以实行不用冷却液加工。

3. 高热传导性

立方氮化硼的导热系数为 $13\text{ 瓦/厘米}\cdot\text{开}$ 。导热性略低于金刚石($20\text{ 瓦/厘米}\cdot\text{开}$),远高于其它硬质材料(如碳化硅为 $4.9\text{ 瓦/厘米}\cdot\text{开}$ 、刚玉为 $0.35\text{ 瓦/厘米}\cdot\text{开}$)。由于在磨削过程中,有接近 90% 的输入能量消耗在磨擦上而转化为热,立方氮化硼的高导热性有助于把热量从切削区散走,减少工件的热变形。

正因为立方氮化硼同时具有高硬度,高化学惰性,高热稳定性以及高热传导性等综合特性,使得用立方氮化硼工具加工含有黑色金属的多种难加工材料,如高速工具钢、模具钢、合金钢、耐热钢等时既可以提高劳动生产率,又可以得到准确的形状和严密的公差,显著地提高磨后工件的表面光洁度,因而得到降低成本,增加可靠性,提高零件疲劳强度,延长使用寿命等综合效果。有识之士指出,立方氮化硼的应用将导致磨削上的革命。工业发达国家都把立方氮化

硼作为提高经济效益和实现节能、高效、精密、自动化等的重要工具材料加以开发和利用。日本是立方氮化硼使用量最大的工业化国家,他们用于精密加工的磨削材料已有一半以上使用立方氮化硼。德国的使用量也很大,年消耗量约占其超硬材料总消耗量的 30% 。美国的使用量较低,年消耗量只占其金刚石年消耗量的 10% 左右。但近年来,美国立方氮化硼年消耗量的增长率一直是所有磨削材料中最高的,估计到 2000 年,它的消耗量增长率不低于 15% 。我国 1993 年金刚石年产量已超过 20000 吨(一亿克拉),成为生产金刚石的第三大国。但立方氮化硼年产量不足 200 吨,并且质量较低,难以满足国内需求。近两年来,国内已有几个科研单位研制出质量较好的立方氮化硼单晶,使我国立方氮化硼的总体水平上了一个台阶。

