超硬刀具在汽车零部件生产现场的应用案例

江苏省武进职业教育中心校 （常州 213164） 周丽萍
江苏大学工业中心 （镇江 212013） 沈春根

超硬刀具主要包括金刚石刀具和立方氮化硼刀具，其中以金刚石复合片（PCD）刀具和立方氮化硼复合片（PCBN）刀具占主导地位，近年来刀具类型从先前的超硬车刀和超硬钻头，已经拓展到超硬铣刀、铰刀、镗刀、钻铰复合刀具以及超硬珩磨刀具，从标准系列刀具到定制非标刀具，应用范围和使用行业不断扩展。本文列举以下4例超硬刀具在汽车零部件生产中的应用案例，供同行参考。

1. PCBN刀具硬态车削齿轮坯体

（1）问题提出 工件为汽车变速器同步啮合齿轮，材料为20CrMnTi，表面渗碳淬硬为58HRC，原加工工艺采用涂层硬质合金刀具先对其两侧端面、外圆和内孔进行车削，然后磨削，整个生产过程效率低，单件成本高，需要对现有加工工艺进行革新。

（2）解决方案 在硬态切削机床上，采用PCNB车刀，采用适当的冷却方式，用精车代替磨削，其中：①刀具：前角为－5°～0°，后角为6°～15°，负倒棱宽度为0.1～0.3mm，倒棱角度为10°～20°，刃口磨削后进行钝化和抛光。② 切削用量参数：切削速度为100～150m/min，进给速度为0.1～0.2mm/r，背切刀量为0.25～0.3mm。

（3）加工效果和改进设想 实践说明：采用PCBN硬态车削可以代替磨削，工序时间和加工成本大大降低，加工效率增加了3～5倍，不仅简化了加工过程的工艺路线，也降低了加工设备的投资。

当然，对不同材料牌号、不同硬度的工件，还需要研制不同几何形状和几何参数的PCBN刀具，在不同性能的硬态机床上，采用不同的冷却方式，其切削用量参数还需有所调整。

2. PCBN单刃立铣刀加工空调压缩机动静盘

（1）问题提出 工件为汽车涡旋式空调压缩机动、静盘，材料为HT250，原工艺采用圆柱三刃（直刃）硬质合金焊接式铣刀，铣削工件上宽度为10.8mm的窄槽，表面粗糙度值达到R_a=1.6μm，为进一步提高其表面质量、窄槽侧面和底面的位置精度，需要选用合理的切削刀具。

（2）解决方案 首先采用单刃螺旋槽结构的立铣刀，替换原来的三刃（直刃）圆柱立铣刀，可以减小切削阻力，有效降低铣削振动引起的振纹；硬质合金刀片改为导热性、红硬性和稳定性更加优秀的PCBN刀片，刀杆材料改为硬质合金刀杆，采用特殊装置，可以保证PCBN刀片和硬质合金刀杆的焊接更加可靠。

为了进一步发挥PCBN刀具切削性能的优势，在保证整体刀具动平衡性能的前提下，安装在HSK刀柄上，在高速机床上铣削（主轴转速可以到达15 000r/min），可以实现高质、高效加工。

（3）加工效果和改进设想 实践说明：工件加工表面粗糙度由原来的R_a=1.6μm提高到R_a=0.4μm，实现了以铣代磨的功效，槽侧面、底面和各自基准的平行度由0.01mm提高到0.005mm；由于PCBN刀刃具有良好的耐磨稳定性，宽度尺寸的加工具有较好的一致性，同时1把铣刀加工工件的数量由80件提高到了150件。

当然，对于PCNB焊接式铣刀来讲，进一步提高其钎焊工艺水平和焊接检测能力，是提高这类刀具加工效果和使用寿命的关键环节。

3. PCD铰刀加工发动机导管孔

（1）应用背景 工件为已经装配到发动机缸盖

中的气门导管，材料为粉末冶金或者铸铁，硬度60～250HRB，该孔径加工精度为H7，表面粗糙度值为R_a=0.8μm，座圈锥面对于导管孔基准的跳动值为0.05mm，原加工工艺采用硬质合金涂层铰刀加工导管孔，但刀具使用寿命短，影响了发动机加工的生产节拍，需要寻找更加适合的高效、耐用的新型铰刀。

（2）解决方案　按照传统切削理念，PCBN刀具相比PCD刀具，具有更高的热稳定性和化学惰性，即PCBN刀具更加适合加工黑色金属，但PCBN刀具不适合加工硬度低的工件，而且如果要发挥其热稳定性和红硬性的优点，就必须选择较高的线速度，而导管孔的内径比较小（一般在ϕ4.5～ϕ12mm）铰削时无法提高切削线速度，因此本方案更适合选用PCD铰刀。

虽然PCD刀刃切削时会和铁系材料产生亲和，但金刚石的导热性好，如果创造良好的冷却条件（铰刀设计成内冷却结构），切削温度不高于700℃，就不会发生石墨化现象。其中：① PCD刀片材质粒度：兼顾刀刃的寿命和加工表面质量的要求，粒度取15～25μm，考虑到加工的孔径小，采用单刃切削刃结构。② 铰刀几何参数：刀刃前角为3°～6°，后角为10°～15°，圆弧型刃口形状。③ 加工铸铁材质时的切削用量参数：切削速度为60～80m/min，进给量为0.1mm/z，背切刀量为0.05～0.2mm。

（3）加工效果和改进设想　实践说明：在保证导管孔加工尺寸精度和形位精度要求的前提下，加工效率提高了1.5倍，刀具寿命提高了2倍以上，用PCD刀具可以高效加工黑色金属，颠覆了业界PCD刀具不能加工黑色金属的传统理念。

PCD刀具加工铝合金、铜合金等有色金属工件的应用已经普及，如果设计的刀刃结构和冷却方式更加合理，完全可以拓展PCD刀具加工不同材料的应用范围。

4. 超硬金刚石珩磨工具

（1）问题提出　工件为发动机缸体，材料为HT250，硬度180～240HBW，要求精加工缸体内孔直径为76mm，表面粗糙度值为R_z=3.5μm以下，圆柱度为6μm以下，要求珩磨后的网纹清晰均匀，表面无划痕，原工艺在德国格林珩磨机上，采用非均布、中心对称结构的珩磨头和绿碳化硅珩磨条进行平顶珩磨加工，但加工表面粗糙度值波动大，尺寸一致性不够稳定；缸孔网纹均匀性发生波动，出现孔壁划伤现象，需要选用结构合理、珩磨条（珩磨油石）材质和性能更加优良的珩磨工具。

（2）解决方案　首先设计双膨胀半精、精磨复合工艺的珩磨头工具，导向条和珩磨条均采用金刚石材料（粒度和浓度适当，采用金属粘结剂），对导向条和珩磨条的两侧以及端面进行倒圆、钝化、抛光等细节处理，采用精细的胶贴工艺将它们联接在底座上，再对珩磨头结构进行合理调整和缸孔珩磨工艺（调整珩磨余量和珩磨工艺参数）进一步改进。

（3）加工效果和改进设想　实践说明：采用超硬珩磨条后，缸体的内孔表面质量、圆度和圆柱度精度以及网纹均匀性不仅得到了提高，由于金刚石珩磨条的寿命大大提高，减少了珩磨头更换次数，缩短调整、试切、首检等加工辅助时间，加快了珩磨工序的生产节拍。

如果珩磨头能够将铰珩和珩磨工艺复合在一起，可以应用于细长深孔的精密加工；如果能够进一步提高珩磨油石的制作水平，超硬珩磨技术及其工艺不仅可以在车辆制造行业，还可以在机床、航空、船舶和军工等行业中得到应用和普及。**MW**

（收稿日期：20130322）

“机床自动化”栏目征稿启事

根据我刊发展需要，“机床自动化”栏目特征稿方向如下：

（1）机床控制系统的技术应用及新技术发展趋势。

（2）智能化、网络化的机床控制电器、先进控制部件及传感器、系统集成技术在机床、设备、生产线上的应用。

（3）高端、先进数控系统的介绍及应用（包括特点、功能的优越性）

（4）PLC编程在机床零组件中的应用。

（5）运动控制器、伺服系统、变频器的应用技术及发展探讨。　（本刊编辑部）