

# 人造金刚石刀具加工有色金属的研究

北京理工大学(100081) 张鹏飞 于启勋 庞思勤 林景 刘向东

**【摘要】** 对人造金刚石刀具加工有色金属的切削性能进行了试验研究。结果表明,目前国产PCD金刚石刀具在加工铝硅合金时的切削性能与国外同类刀具相差不大,符合使用要求;并且得出了CVD金刚石刀具在加工某些有色金属时的切削性能优于硬质合金刀具的结论。

**关键词** 人造金刚石 有色金属 切削性能

## Study on Cutting Performance of Poly-crystal Diamond for Machining Nonferrous Metal

**Abstract** The cutting performance of poly-crystal diamond (PCD) machining nonferrous metal is experimentally investigated. It is shown that the cutting performance of indigenous PCD tool is almost the same to import tool for machining aluminum-silicon alloy, and the indigenous PCD tool can fulfill the requirement of manufacturers. The experiment has also verified that the cutting performance of CVD tool is much better than that of cemented carbide tool.

**Keywords** poly-crystal diamond, nonferrous metal, cutting performance

中图分类号: TG501.2; TG506.7 文献标识码: A

高速钢、硬质合金和陶瓷等刀具材料的主要硬质成分是碳化物、氮化物以及氧化物。这些化合物的硬度最高达HV 3 000,但是加上制作刀具材料时的粘结剂后,其总体硬度在HV 2 000以下。对于现代某些硬质材料的加工,上述刀具材料的硬度已不敷使用。于是超硬刀具材料的研制与应用有了较大发展。超硬材料的化学成分以及形成硬度的规律与其他刀具材料不同,立方氮化硼是非金属硼化物,而金刚石由碳元素转化而成,它们的硬度都大大高于其他物质。本文以人造金刚石为重点,研究其加工有色金属的切削性能。

金刚石分为天然金刚石和人造金刚石。在几千年前,人类就已经发现和使用天然金刚石,而人造金刚石的制造和应用则仅经历了半个世纪的时间。人造金刚石又可根据制造方法的不同分为热压金刚石与气相沉积金刚石等。

人造金刚石的研究始于1940年,最早的制造方法是在高温高压条件下转化形成的,称之为热压法。所用设备是六面顶或二面顶压机;原料是石墨片,与触媒剂Ni-Mn片叠置于腔体中,在高温高压下,石墨片转化为金刚石单晶体。这种方法制成的金刚石单晶体很细小,可制成单晶粉。

金刚石单晶粉可用于制作磨具和聚晶金刚石(PCD)及其复合片,用PCD及其复合片可制作刀具以及其他工具。

随着技术的进步,目前已能制作大颗粒人造单晶粒金刚石,可用于制作单晶金刚石刀具。

20世纪晚期,采用气相沉积法(CVD)在基体上

制作金刚石膜,其中“热丝CVD法”最为常用。其所用原料是乙醇、氢气和甲烷。热丝用Ta丝或W丝,加热到2 000~2 500℃,在热丝和基体间施加电压形成等离子体,使氢分子与含碳气体分子离解,形成原子态氢和碳氢基团,该基团在原子氢的作用下,在适当温度的基体表面经历吸附、去氢等化学过程,形成金刚石碳结构膜。

控制CVD中的各项工艺参数,能有效地控制镀膜生长的速率和成膜质量,制成厚膜或薄膜金刚石。厚膜金刚石可用来制作切削加工用刀具和其他工具,如地质钻机上的探钻。

### 1 PCD金刚石刀具加工铝硅合金

铝硅合金是工业上用于制造汽车活塞的主要材料,因此在汽车行业有着广泛的应用。但铝硅合金中的硬质点使其难以用硬质合金类刀具加工,PCD金刚石刀具是目前已被证明用于加工该材料的理想刀具,我们用国产PCD刀具与国外生产的PCD刀具进行切削对比试验,简介如下。

对比试验用的铝硅合金经固溶热处理且进行时效处理,硬度约为HBS100。其主要成分为: $w(\text{Si})=11\%\sim 13\%$ , $w(\text{Cu})=0.5\%\sim 1.5\%$ , $w(\text{Mg})=0.8\%\sim 1.5\%$ , $w(\text{Mn})=0.6\%$ , $w(\text{Ni})=0.5\%\sim 1.5\%$ ,余为Al。

本文选取的国产PCD刀具为冶金部超硬材料研究所研制,国外PCD为韩国的产品。采用的加工参数如下:切削深度 $a_p=0.1\text{ mm}$ ,进给量 $f=0.05\text{ mm/r}$ ,切削速度 $v=82\text{ m/min}$ ,干切削;PCD车刀

几何参数均为:前角  $\gamma_0=0^\circ$ ,后角  $\alpha_0=8^\circ$ ,主偏角  $\kappa_r=80^\circ$ ,刃倾角  $\lambda_s=-4^\circ$ ,刀尖圆弧半径  $r_e=1\text{ mm}$ 。车削加工试验用的机床为德制 VDF 车床。获得的 PCD 刀具磨损试验曲线如图 1 所示。虽然铝硅合金的硬度不是很高,但在切削过程中常伴随较严重的磨粒磨损,但用 PCD 刀具加工,刀具后刀面的磨损很慢,使用寿命以 h 计。被加工工件的加工表面质量很好,国产 PCD 刀具加工工件表面的粗糙度  $R_a=0.24\text{ }\mu\text{m}$ ,韩国 PCD 刀具  $R_a=0.23\text{ }\mu\text{m}$ 。

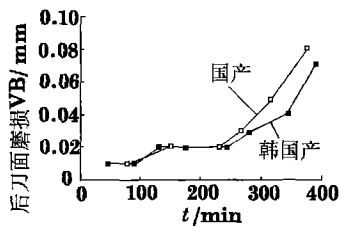


图 1 2 种 PCD 刀具加工铝硅合金的磨损曲线

从图 1 可见,2 种 PCD 车刀的切削性能在 250 min 内相差不大,证明国产 PCD 刀具已经能很好地满足了加工汽车活塞材料的要求。

## 2 CVD 厚膜金刚石刀具加工有色金属

CVD 厚膜金刚石(TFD)作为人造金刚石的一种,最初在电子工业中用于加工有色金属。本文以无氧铜、锆铜、镍铜和工业纯钛为被加工材料,将 TFD 刀具(北京天地公司产品)与硬质合金 H19(相当于 M10)刀具进行比较切削试验,得出 2 种刀具加工有色金属的表面粗糙度数据,将 TFD 刀具与硬质合金 H19 刀具进行加工锆铜的切削磨损对比试验,得出 2 种刀具的耐磨损数据。

### 2.1 切削有色金属的表面粗糙度对比试验

试验用刀具几何参数:TFD<sub>1</sub> 车刀( $\gamma_0=5^\circ$ , $\kappa_r=45^\circ$ , $r_e=0.5\text{ mm}$ ),TFD<sub>2</sub> 车刀( $\gamma_0=-5^\circ$ , $\kappa_r=75^\circ$ , $r_e=0.5\text{ mm}$ ),硬质合金 H19 车刀( $\gamma_0=15^\circ$ , $\kappa_r=90^\circ$ , $r_e=0.3\text{ mm}$ )。

切削参数: $a_p=0.05\text{ mm}$ (锆铜  $a_p=0.1\text{ mm}$ ),无氧铜  $v=68\text{ m/min}$ ,锆铜  $v=84.8\text{ m/min}$ ,镍铜  $v=72.7\text{ m/min}$ ,工业纯钛  $v=60.6\text{ m/min}$ 。

车削加工试验用的机床为德制 VDF 车床。对比切削试验获得的表面粗糙度试验曲线见图 2。

从图 2 可以看出,对于几种不同的有色金属,TFD 刀具在不同的进给量条件下所加工出来的工件表面粗糙度值均小于硬质合金,其原因主要在于 TFD 刀具具有很高的硬度并且能够磨出很锋利的切削刃,且金刚石刀具与工件和切屑之间摩擦因数小,

因此,加工出来的工件表面粗糙度值较小。

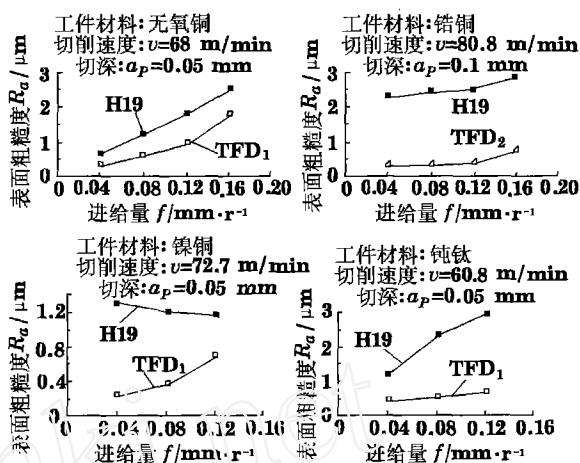


图 2 2 种刀具加工有色金属的表面粗糙度试验曲线

### 2.2 CVD 厚膜金刚石加工锆铜的磨损试验

试验用刀具几何参数:TFD 车刀( $\gamma_0=-5^\circ$ , $\kappa_r=75^\circ$ , $r_e=0.5\text{ mm}$ ),硬质合金 H19 车刀( $\gamma_0=15^\circ$ , $\kappa_r=90^\circ$ , $r_e=0.3\text{ mm}$ )。车削加工试验用的机床为德制 VDF 车床。对比切削试验获得的磨损试验曲线如图 3 所示。锆铜是一种比较难以切削加工的材料,但从图 3 可见,TFD 加工锆铜的效果很好,远优于硬质合金 H19。

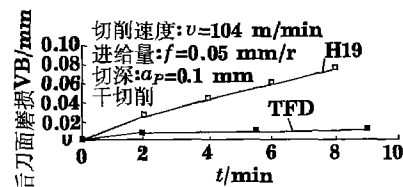


图 3 2 种刀具加工锆铜的磨损曲线

## 3 结语

从上述对比切削试验结果可见,首先是国产 PCD 刀具的质量已相当稳定,完全能胜任对铝硅合金制造的汽车活塞进行切削加工,可以在实际生产中付诸应用。

PCD 刀具加工各种有色金属时,加工表面质量均优于硬质合金刀具;在对较难切削的锆铜进行加工时,使用寿命很长。

### 〔参考文献〕

- [1] 于启勋.现代工具材料系列讲座(九):超硬刀具材料—金刚石与立方氮化硼.机械工程师,2001(9):60-63.
- [2] 庞思勤,于启勋.Ti(C,N)基硬质合金刀具切削性能的研究.北京理工大学学报,1995(2):168-173.
- [3] 方啸虎.超硬材料科学与技术.北京:中国建材工业出版社,1998.
- [4] 林景.超硬材料刀具切削性能实验研究:[硕士学位论文].北京:北京理工大学,2002.
- [5] 刘向东.金刚石涂层刀具切削性能及机理研究:[硕士学位论文].北京:北京理工大学,1998.

责任编辑 周守清