

用于难加工材料高效切削异面涂层刀具的研制

余凌国¹, 蒲春雷², 吴胜斌¹, 刘浏¹, 李孝成¹, 熊刘华¹, 王洋¹, 杨树宝¹, 朱国辉¹

¹安徽工业大学; ²北京科技大学

摘要: 针对切削难加工材料时刀具前后刀面磨损机理不同、刀具寿命较短的问题,提出了在刀具前后刀面分别制备不同性能涂层的新方法,并对制备的异面涂层刀具进行了切削性能试验。首先对切削难加工材料时刀具磨损机理进行了研究,结果表明,刀具前刀面易于发生粘结磨损,后刀面易于发生磨粒磨损;然后,通过多弧离子镀膜方法,在前刀面制备了抗粘结能力强的 AlCrN 多元涂层,在后刀面上制备了抗磨粒磨损能力强的 TiCN 涂层。最后,对制备好的刀具进行了切削性能测试,结果表明,异面涂层能显著提高刀具的综合力学性能。

关键词: 异面涂层刀具; 难加工材料; 高效切削; 粘结磨损; 扩散磨损

中图分类号: TG506; TH16

文献标志码: A

Development of New Tool with Different Coating for High Efficiency Cutting Difficult-machine Material

Yu Lingguo, Pu Chunlei, Wu Shengbin, Liu Liu, Li Xiaocheng, Xiong Liuhua,

Wang Yang, Yang Shubao, Zhu Guohui

Abstract: When machining difficult to machine material, there existing problems such as the difference of wear mechanism between the rake face and the flank face. In order to improve the tool life, a new method was proposed that two different kinds of coating film were deposited on the rake and the flank face of machining tools. The related coating films were deposited by the multi arc ion plating. First, the subject studies the machining of titanium alloy, stainless steel, high-temperature alloy and other difficult to machine material. The results show that the adhesive wear is easy to wear on the rake face, and the abrasive wear of the tool is easy to wear on the flank face. Then, the AlCrN coating film with high resistance to adhesion wear was designed and deposited on the rake face, and what's more, the TiCN film with high resistance to abrasive wear was designed and deposited on the flank face. In the end, a preliminary cutting performance test to prepared cutting tools shows that the mechanical properties of the cutting tool can be improved significantly.

Keywords: cutting tool with different coating; difficult to machine material; high efficiency cutting; adhesion wear; abrasive wear

1 引言

高效切削技术具有高生产效率、加工精度、表面质量和低成本等优点,在航空、航天、兵器、舰船和核工业领域具有越来越广泛的应用,尤其是在高材料去除率的航空薄壁件及桁架机构中,更能体现出其独特优势。但是高效切削技术在应用于难加工材料时,仍面临着切削效率低下、刀具寿命短、加工成本高等问题^[1-3]。

杨树宝、范依航等^[4,5]对切削钛合金过程中刀具磨损特性进行了研究,结果表明,硬质合金刀具前、后刀面的磨损机理主要表现为粘结与扩散,刀具前刀面的切削温度较后刀面的高,导致前刀面具有严重粘结磨损。朱振国^[6]对硬质合金刀具切削不

锈钢 0Cr18Ni9 刀具磨损情况进行了研究,发现刀具前刀面上粘结磨损严重。肖茂华^[7]切削镍基高温合金发现前刀面有非常明显的大范围剥落,并且有月牙洼;前刀面有比较严重的粘结物和大面积的积屑瘤,造成刀具比较严重的粘结磨损;后刀面没有粘结物,磨损形态为磨粒磨损。因此,切削难加工材料时存在刀具前后刀面磨损机理不同的问题。

表面涂层技术是提升刀具切削性能的主要方法之一。目前,涂层刀具大量用于难加工材料的切削加工。但粘结磨损及磨粒磨损产生的机理不同,从而导致耐磨涂层的设计也存在差异,现有的涂层均难以同时满足二者的需求。基于这一现象,预开发一种相对应的新型异面涂层的高效切削刀具,即通过在前、后刀面制备不同类型的涂层,从而达到改善刀具切削性能、提高刀具寿命的目的。

基金项目: 国家自然科学基金(51175003); 国家级大学生创新创业训练计划(201410360031)

收稿日期: 2015年10月

2 新型异面涂层刀具的设计原理

以车刀为例,新型异面涂层刀具结构如图1所示。刀具基体材料为高速钢或者硬质合金,根据前后刀面所受磨损机理的不同而制备相对应的涂层。为降低前刀面粘结磨损严重的状况,可以制备低摩擦系数、热稳定性好的氮化铝铬涂层(AlCrN);为降低后刀面磨粒磨损严重的状况,可制备高硬度、抗冲击的氮化钛涂层(TiCN)。涂层的制备方法很多,其中多弧离子镀技术具有镀膜速度快、膜层的致密度大、膜的附着力好等特点^[8],本文采用此方法进行涂层的制备。

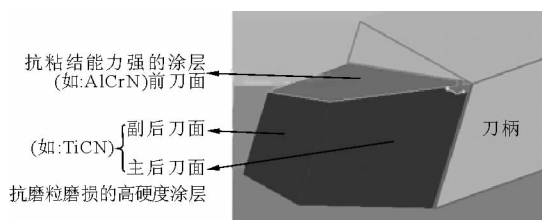
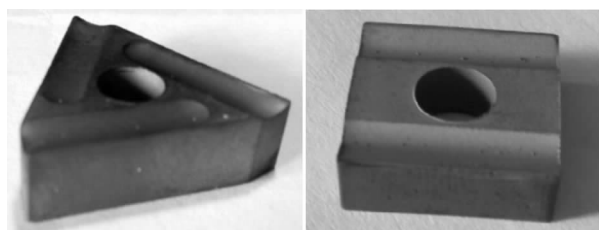


图1 异面涂层刀具设计原理图

3 刀具的制备

根据上述异面涂层刀具的设计原理,拟采用多弧离子镀的方式进行涂层的制备,具体工艺如下:首先,在刀具的前刀面制备抗粘结磨损的 AlCrN ;待前刀面涂层制备完成后,随炉冷却至室温,用锡纸遮住刀具前刀面并将后刀面露出,按照相关涂层工艺进行后刀面 TiCN 涂层的制备,最后完成的新型异面涂层刀具如图2所示。值得注意的是,切削过程中铣刀前后刀面的磨损状况与车刀有差别,因此其涂层的制备也有差异。



(a) 车刀 (b) 铣刀

图2 制备的新型异面涂层刀具

4 刀具切削性能试验分析

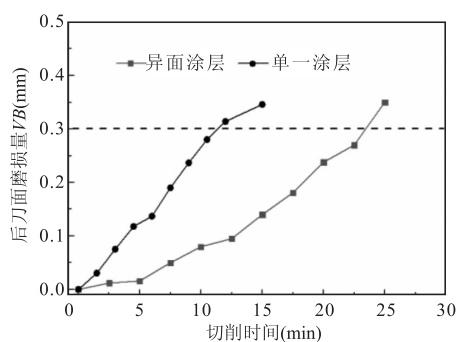
为了测试所制备新型异面涂层的切削性能,选用 TC4 钛合金棒材进行切削试验,棒材直径为 100mm,车削试验在 CA6140 车床上进行,试验装置如图3a所示。刀具基体材料为 YG8,刀具前角 5° ,后角 11° ,刃倾角为 4° 。为了对比其效果,分别制备

AlCrN 单一涂层及异面涂层刀具 (AlCrN 、 TiCN)。切削参数的选择对材料去除量的影响非常大,为实现钛合金的高效加工,结合车床的实际工作条件,最终确定的切削用量为:切削速度 $v = 90\text{m/min}$,进给量 f 固定为 0.1mm/r ,切削深度 $a_p = 1\text{mm}$,干切。

图3b为刀具磨损试验结果,采用后刀面磨损量 VB 作为磨钝标准。由图可知,当达到磨钝标准时,单一涂层刀具 (AlCrN) 刀具寿命仅为 12min,而异面涂层刀具寿命可达 24min,刀具寿命提高了一倍。



(a) 刀具切削试验



(b) 刀具磨损寿命对比

图3 刀具切削性能测试

5 结语

(1) 切削难加工材料时,刀具都不同程度地存在前刀面粘结磨损严重、后刀面磨粒磨损明显的问题。

(2) 根据不同刀面磨损机理存在差异的状况,设计了一种新型异面涂层刀具,并通过多弧离子镀方式进行刀具的制备。

(3) 钛合金切削试验结果表明,异面涂层可显著提高刀具的使用寿命。

参考文献

- [1] 韩荣第. 难加工材料的性能特点决定高效加工的有效途径[J]. 航空制造技术, 2010(11): 41-45.
- [2] 赵秀芬, 李冬梅, 赵明. 飞机发动机叶片机匣的高效加工[J]. 航空制造技术, 2009(13): 92-94.

高硅铝合金电火花加工的工艺参数优化设计

王璟,祝锡晶,王建青,邢秀琴

中北大学山西省先进制造技术重点实验室

摘要: 高硅铝电火花加工受到多个工艺参数的影响,而且各个工艺参数之间还存在着相互制约的关系。本文通过对高硅铝合金电火花加工,重点分析了间隙电压、峰值电流、脉冲宽度和加工时间对工件加工速度的影响,并对实验数据采用正交试验的方法进行处理并综合分析,得到3组最优组:直接分析最优组、极差分析最优组、曲线分析最优组,通过验证得到更优参数组。研究结果为实现高硅铝合金高效高精度的电火花加工提供了参考。

关键词: 高硅铝合金;电火花加工;正交试验;优化

中图分类号: TG661;TH142.2

文献标志码: A

Design on Parameter Optimization of EDM Process for High Si – Al Alloy

Wang Jing, Zhu Xijing, Wang Jianqing, Xing Xiuqin

Abstract: The technological effect of high Si – Al alloy EDM is affected by multiple processing parameters, and there is the interdependent relationship between the various processing parameters. In this paper, though processing High Si – Al alloy by EDM, the influence of gap voltage, peak current, pulse width, processing time on the workpiece speed is analyzed, and the experimental data are processed and analyzed by orthogonal test. , getting 3 optimal groups, which are the optimal group by direct analysis, the optimal group by range analysis, the optimal group by curve analysis, through the verification, finding the best parameter. The results provide a reference for the High Si – Al alloy EDM which is high efficiency and high – precision.

Keywords: high Si – Al alloy; electrical discharge machining; ortho gonal test; optimization

1 引言

高硅铝合金材料具有密度低、热膨胀系数小、热传导性能好、比强度和比刚度高的特点,因此被广泛应用于航空、航天、半导体、军工等诸多领域。但由于它对刀具的磨损非常严重,还很容易粘结刀屑,划伤工作表面,用一些普通的方法很难对其加工,因此高硅铝合金是一种难加工材料^[1]。

电火花加工是一种特种加工方法,又被称为电加工或电蚀加工,通过工具电极和工件电极之间的

脉冲放电产生的电蚀作用来去除材料^[2]。在电火花加工过程中,工具电极与工件电极并没有接触,只存在微观作用力,因此对工具电极材料硬度要求不高。由于不存在接触,所以加工时在材料表面不会形成划痕,材料的加工精度得到提高^[3,4]。因此,对于高硅铝合金来说,电火花加工已成为一种重要方法。

高铝硅合金电火花加工加工工艺效果受多种工艺参数的影响,而且各个工艺参数之间还存在着相互制约的关系,加工工艺效果很难控制。为了探寻最优电参数组,本文运用了正交试验的方法对实验数据进行处理和分析,通过采用这种方法为实际高硅铝合金的高效高精度加工提供了一些参考。

基金项目: 国家自然科学基金(51275490;50975265)

收稿日期: 2015年11月

- [3] 郑敏利,范依航. 高速切削典型难加工材料刀具摩擦与磨损机理研究现状[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2011, 16(6): 22 – 30.
- [4] 杨树宝. 置氢钛合金高效切削仿真及刀具磨损预测研究[D]. 南京: 南京航空航天大学博士学位论文, 2012.
- [5] 范依航. 高效切削钛合金 Ti6Al4V 刀具磨损特性及切削性能研究[D]. 黑龙江: 哈尔滨理工大学博士学位论文, 2011.
- [6] 朱振国. 涂层刀具切削奥氏体不锈钢的磨损机理研究

- [D]. 合肥: 合肥工业大学硕士学位论文, 2012.
- [7] 肖茂华. 镍基高温合金高效切削刀具磨损机理研究[D]. 南京: 南京航空航天大学博士学位论文, 2010.
- [8] 姜雪峰, 刘清才, 王海波. 多弧离子镀技术及其应用[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2006, 29(10): 55 – 57.
- 第一作者: 余凌国, 安徽工业大学机械工程学院, 243032 安徽省马鞍山市
- First Author: Yu Lingguo, School of Mechanical Engineering, Anhui University of Technology, Maanshan, Anhui 243032, China