

钛合金车削加工的利器

Advanced Cutting Technology Drives High-Efficiency Turning on Titanium Alloy

中航工业西安航空动力控制科技有限公司 杜改梅 刘凌云 张静

钛合金材料由于密度小、比强度高、耐高温、抗氧化性能好等特点,成为飞机及发动机理想的制造材料。近年来,随着加工工艺技术的发展,钛合金广泛应用于航空航天等领域。随着产品的更新换代,钛合金类零部件在各种结构件中的比重也随之增加,在航空发动机燃油控制系统中,钛合金已逐步取代耐热钢、不锈钢等成为各类连接件、紧固件等的首选材料。但钛合金材料硬度较高、切削性能较差、易产生加工硬化现象,给切削加工带来了困难。因此,针对钛合金中TC4这类材料的零件,尤其是车削加工工艺进行了较为深入的研究,并取得了一些经验。

钛合金切削加工性能分析

钛的各种属性使之成为具有强大吸引力的零件材料,但其中许多属性同时也影响着它的可加工性。工业中常用钛合金为两相钛合金,即($\alpha + \beta$)钛合金,在航空发动机燃油附件中常用TC4、TC6,其中TC4是这类合金的典型代表。

(1) 钛合金的弹性模数小,其中TC4的弹性模量 $E=110\text{GPa}$,约为钢的一半,且导热性低,因而由切削力所引起的被加工件弹性变形大,同时

在加工过程中会产生较高和较集中的切削力,容易产生振动而导致切削时出现振颤,降低工件精度,为此要改善加工系统的刚性。

(2) 钛合金在切削加工中所产生的局部高温使钛很容易吸收大气中的氧和氮形成又硬又脆的外皮而造成工件加工表面的加工硬化现象,加工硬化速度快,使得刀具表面产生严重的划痕,容易在切削过程中产生崩刃现象。

(3) 钛合金材料本身的物理和化学性能使其切削加工时与工件亲和力和大,切削加工时刀具与工件接触时易产生黏刀现象,增大了刀具与工件间的摩擦,产生大量的切削热,由此产生的大量切削热无法及时通过切屑散发出去,大大降低了刀具的使用寿命。因此,加工钛合金的刀具必须具备高热硬度。

钛合金车削加工原则

在航空发动机燃油控制系统中,钛合金类零件以小型轴类零件为主,车削加工为其主要加工手段。

(1) 加工设备。钛合金加工时需要机床加工性能好、冷却充分,所以加工设备选择加工精度较高的数控车床,加工时主轴振动极小、加工稳定性好。

(2) 切削刀具。用于钛合金加工的刀具材料的硬度及耐磨性要好,具有极好的耐热性,在高温下能保持较高的强度及韧性,以及一定的抗冲击性和抗破坏性。

满足以上要求的刀具有:陶瓷刀具、涂层硬质合金刀具、立方氮化硼刀具(CBN)及类金刚石刀具(PCD)等。其中涂层硬质合金刀具价格低廉、导热性良好、硬度较高、红硬性和韧性较高,虽然比陶瓷刀具、立方氮化硼刀具(CBN)、类金刚石刀具耐热性和化学稳定性要差,但与陶瓷刀具和类金刚石刀具相比,具有较高的抗冲击性和抗破坏性。因此,已成为加工钛合金的首选刀具。

(3) 车削参数。主要有以下几个方面。

切削速度:过高的切削速度会导致切削热升高,刀具切削刃过热,黏结现象严重,刀具磨损加重,会缩短刀具使用寿命;同时导致钛合金工件表层开裂或氧化,影响工件的力学性能,所以,应在保证较大的刀具耐用度条件下,选择适当较低的切削速度,降低加工成本并保证加工质量。

切削深度:因为钛合金工件加工前须进行预备热处理,使得工件表面有一层氧化层,为提高刀具的耐用度应采用相对较大的切削深度,可以直

接切入钛合金机体未氧化的金属层,提高刀具使用寿命。

进给量:进给量的大小对切削温度的影响不是很大,在保证加工效率的前提下,减小切削速度,增大进给量是合理的切削方式。

冷却液:为保证加工质量及提高刀具的耐用度,应充分对加工区域进行冷却,冷却液不仅可以有效降低切削温度,还可以减少切削时对刀具的黏结现象,提高效率,延长刀具使用寿命。

车削加工实例

某螺塞零件如图1所示,材料为TC4,原材料选用 $\phi 30$ 棒材。

零件采用一次车削加工完成。为了保证零件加工精度,加工设备选用了进口数控车床,其主轴转速最高6000r/min,主轴跳动小于 $2\mu\text{m}$,加工时主轴振动极小,加工稳定性好,冷却液可由3个方向喷出,冷却充分。

外圆车削时,初期选用了某知名品牌硬质合金涂层刀具,按照厂家推荐的切削参数进行加工。由于零件来料状态为圆棒料,表面有热处理氧化层,加工时刀具的边界磨损严重,致使加工10~15件零件刀具就产生不同程度的磨损及崩刃现象,无法满足批量生产的加工需求。

后期经过试验验证,最终选用了瓦尔特公司同等价格下的硬质合金涂层刀具:外圆粗加工选用WNMG080404-NM4 材质WSM30;外圆精加工选用CCMT09T304-PF4 材质WSM30,此刀片同时用于镗孔加工。

由于TC4的加工特性及刀具材质WSM30的特性,使切削时产生大量的热量,加工区温度可达 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,而刀具切削区的高温可对工件的切削层产生退火和软化效应,可以很大程度上消除零件的加工硬化现象;同时硬质合金涂层刀具耐高温且红硬性好,使工件粗车加工时

较易切削;粗加工用WNMG080404-NM4刀片为凸三角形刀片,是负型刀片,可以正反使用,共6个刃,可使用6次,大大降低了粗加工时的刀具费用。

粗加工选择低转速大进给量,切削参数选择:切削深度 $a_p=0.8\sim 1.2\text{ mm}$,进给量 $F=0.18\sim 0.4\text{ mm/n}$,主轴转速 $S=600\sim 1000\text{ r/min}$ 。粗车刀片一个刀刃可加工25~30件零件;精加工及镗孔加工切削参数选择:切削深度 $a_p=0.2\text{ mm}$,进给量 $F=0.1\text{ mm/n}$,主轴转速 $S=2000\text{ r/min}$ 左右,精车刀片一个刀刃可加工45~50件零件,镗孔加工时一个刀刃可加工35~45件,加工后零件的表面粗糙度可达 $R_a 0.8\mu\text{m}$,尺寸精度可控制 0.005 mm 以内,不但满足了零件的设计要求,而且车削零件时的加工硬化现象基本消除,大大提高了加工效率及刀具使用寿命。加工现场如图2所示。

结语

钛合金以其优良的性能在国内航空、航天工业领域的使用率逐年提升,但受加工成本高、加工效率低、刀具耐用度低等问题的影响,应用受到较大的阻碍,通过以上对钛合金切



图1 产品零件图



图2 加工现场图

削性能分析、合理选择刀具及加工参数,有效地解决了钛合金零件车削时刀具耐用度低等问题。实践证明,数控车床、硬质合金涂层刀具不失为加工钛合金的利器,在车削刀具选择上瓦尔特公司的产品是一种比较经济的选择。(责编 叶枫)