

框体类钛合金零件加工技术

四川省宜宾普什驱动有限公司总经理助理 郑万全



结合钛合金的特性以及框体类钛合金的结构特点,本文从工艺方案规划、加工设备选择、工装设计思路、常用刀具类型以及加工注意事项等方面进行简要地介绍。

框体类钛合金零件加工工艺方案

框体类钛合金零件,常见的是钛合金机匣(见图1)。根据产品使用的不同要求以及它的加工特点,目前主要有4种工艺:①分段精加工,再焊接,再补充加工焊接接头部位。②分段粗加工,再焊接,再

整体数控精加工。③整体锻造,再粗精机加工。④整体铸造,再粗精机加工。

框体类钛合金零件机械加工设备的选择

如采用分段精加工、再焊接、再补充加工焊接接头部位的方案,加工设备可根据焊接接头的情况,根据零件轮廓尺寸选择合适的五面龙门加工中心、大型五轴联动加工中心或数控车床等。

如果采用分段粗加工,再焊接,再整体数控精加工的工艺,由于采用这类工艺方案的框体类钛合金零件一般尺寸大,结构复杂,焊缝多,焊接易变形,故在焊接前一般端面、表面均都留有较多的余量。在精加工工艺规划时,务必尽可能少转工序,因为一旦工序太多,累计误差以及产品的变形因素就很难控制。一般来讲,优先推荐选用大型龙门车铣复合中心(见图2、图3);其次推荐选用数控车床与五轴联动加工中心(见图4)联合加工。

如是采用整体锻造(铸造)、再粗精机械加工的方案。这种工艺方案准备的零件毛坯,其加工余量比较均匀,去除余量相对较少,可缩短机械加工的时间。机械加工过程中,考虑框体类零件的内壁、外壁以及四周窗口需要粗精加工,为此在选择加工设备时要选择适当的数控车床(车削粗精加工)、大型龙门五轴加工中心(内外壁壁粗去余量以及加工四周窗口)、大型龙门车铣复合中心等来进行精加工。

框体类钛合金零件机械加工工装设计思路

考虑框体类钛合金零件一般薄壁、易变形、结构复杂,根据其结

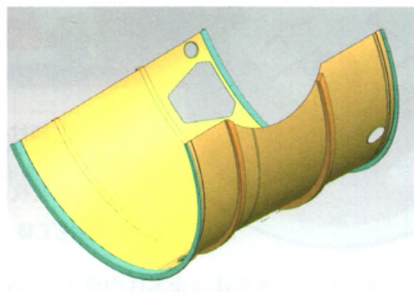


图1 框体类钛合金零件



图2 五轴联动大型龙门车铣复合加工中心

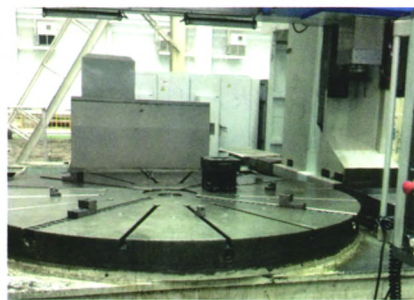


图3 四轴联动大型龙门车铣复合加工中心

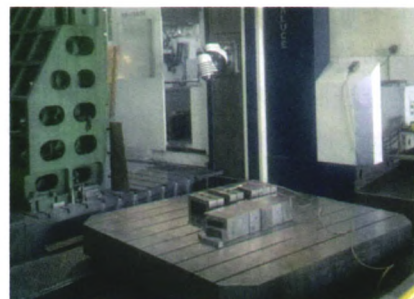


图4 五轴联动大型加工中心(工作台回转)

构分析，在工装辅助设计时务必遵循以下的基本原则。

(1) 满足工装使用过程中工件定位的稳定性和可靠性，有足够的承载或夹持力，有适合零件的刚性结构。

粗加工时，装夹夹紧力可大，以防止在切削宽度、深度较大的大切削过程中零件的松动；精加工时，考虑零件易变形，工装夹紧力要稍小，但要可防止工件松动。对于薄壁结构的特易变形零件，务必适当增加辅助支撑工装结构。

(2) 尽量充分考虑零件设计基准（使用基准）、工装定位基准及零件检验基准间的统一或关联。

(3) 满足装夹过程中的方法简单与操作快捷。

(4) 满足工装在调整、一并转序或更换过程中具有可靠的重复定位性。

(5) 尽可能地回避结构复杂、成本昂贵，严格遵循手动、气动、液压、伺服的依次优先设计采用原则。

(6) 周向需要设计限位防转装置，防止二次装夹没周向基准。

如批量较大，可以设计气动、液压的自动化夹具，实现加工时压紧块自动让位以及自动回复压紧。如是侧面开槽（孔）以及其他涉及到可能在加工零件时会切削到工装的情况，一般来讲在设计时应考虑适当让位，更优的方案是推荐该工装匹配部位选用与零件相同的材质，以避免刀具的损坏而带来的质量事

故。

对于薄壁类框体钛合金零件精度要求高的部位，工装的装夹可能会导致零件的新变形。因为在切削过程中，切削力、夹紧力之间的波动效应会产生耦合作用，导致夹紧不当的附加应力、切削后的残余应力、工件内部的残余应力再次分布，当工装卸力后就产生加工后新的变形。为此针对特殊的部位，推荐运用“过渡外形可调支撑”或“过渡外形柔性工装”的办法（见图5），即根据自由状态下零件过渡外形的形状设计与之完全贴合的可调（柔性）支撑并夹紧。

如是加工大型薄壁钛合金零件内壁时，更多从节约成本的角度，一般通常采用碗状包托与芯部衬托（见图5、图6）相结合的工装结构方式，这种方式可更有效地实现工装的装夹可靠。

框体类钛合金零件机械加工常用刀具类型选择

从提高效率、提升质量、降低成本等3个综合因素出发，加工框体类钛合金的刀具既希望具有较高的热硬性，又希望具有良好的耐磨性；既希望具有良好的抗冲击性，

又希望具有较好的韧性；既希望具有较高的导热系数，又希望具有较低的化学活性。从这些希望出发，加工钛合金常选用的刀具材料主要有硬质合金、聚晶金刚石（PCD）和聚晶立方氮化硼（PCBN）等。经过生产实际验证，硬质合金和PCD刀具被认为是加工钛合金比较理想的刀具材料。

目前加工钛合金选用刀具材料最优先考虑、最广泛推崇的是硬质合金刀具。因为硬质合金具有相对成本低廉、导热性较好、硬度较高、韧性和红硬性较好的特点。依其化学成分可分为钨钴类（YG）、钨钴钛类（YT）和添加稀有碳化物类（YW），目前在工业生产实际中获得广泛应用的仍然是钨钴类硬质合金YG8、YG6、YG3等。如通常在粗车和断续车削时采用YG8刀片，精车和连续车削时选用YG3刀片，一般加工则选用YG6刀片。如果使用添加的稀有金属的细晶粒硬质合金YA6、YD15、YG10H、YS2等，可提高刀具的寿命和加工效率。实践中不选用钨钴钛（YT）类硬质合金刀具的原因是YT类刀片中含有钛，它与被加工的钛合金之间会发生很强烈的亲和力，很快粘掉刀尖。

工装外形是根据钛合金零件的内壁形状设计的，其采用多块的结构，是考虑零件的变形后不好装夹，为此故意分段且设计可调小、可调至合适位置定位的装置，以促进工装的适用、方便、快捷、成本低。

简易、方便的可调装置将分段的各块先向内缩小外圆，待装上钛合金零件且轴向、周向定位后，拧转螺钉将各块调至设计好的位置，插上定位销。



图5 薄壁特易变形的框体类钛合金零件的内衬工装示意（芯部衬托式）

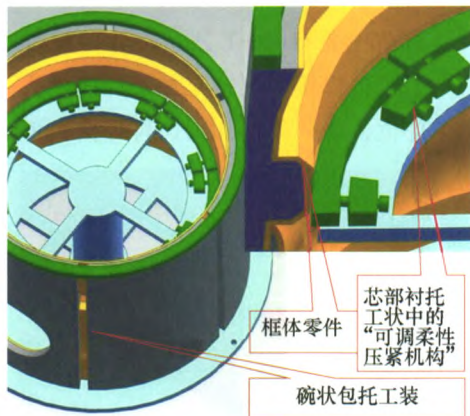


图6 加工框体类钛合金零件内壁工装示意（碗状包托+芯部衬托、可调柔性压紧）

硬质合金加工钛合金速度可以达到45 m/min以上,但当切削速度继续增加时,刀具和工件接触面的温度迅速升高,同时由于Co的熔点较低,在高的切削温度及元素扩散作用下,造成了刀具材料中W和Co元素的扩散和流失,降低了刀具的硬度和韧性,使硬质合金刀具发生严重的塑性变形、粘结磨损和扩散磨损,导致刀具失效。因此,硬质合金刀具只适合切削速度小于75 m/min的钛合金。

聚晶金刚石刀具具有极高的硬度,也具有超高的耐磨性,还具有高弹性模量、高导热系数、刃口锋利、低摩擦系数以及与非铁金属亲和力小等优点。该类刀具适用于钛合金的精加工和超精加工。

聚晶立方氮化硼(PCBN)刀具,其硬度虽然略低于金刚石,但它具有比金刚石更好的特点是热稳定性高得多,可达到1 200℃以上(金刚石的耐热温度只有

700~800℃),化学惰性大,与钛合金在1 200℃时都不起化学反应。PCBN刀具相比硬质合金刀具,有着切削速度高、表面粗糙度质量好和刀具寿命长等特点,为此PCBN刀具更适合用作钛合金的精加工。但由于PCBN刀具脆性很大,在切削加工中务必忌讳断续切削或突变余量切削。

框体类钛合金零件加工的其他注意事项

不求高的切削速度,唯求可靠增大切削走刀量。过高的切削速度会导致刀刃过热、刀刃粘结和扩散磨损严重。走刀量的变化对温度的变化不明显,所以降低切削速度增大切削走刀量是合理、适宜的切削方式。

当车削时为了改善散热条件和增强切削刃,前角一般取5°~9°;为了克服因回弹而造成的摩擦,刀体的后刀面一般取10°~

15°;当钻孔时,缩短钻头长度、增加钻心的厚度和导锥量,钻头的耐用度可提高好几倍。

不可缺少切削液,且水溶性切削液较为合适。但不能使用含有氯或其他卤元素和含硫的切削液,这类切削液会对钛合金的力学性能产生不良影响。

针对易变形的钛合金框体类零件,在数控精加工之前,原则推荐要进行详细的测量,要根据测量的结果仔细分析再分配加工余量以及再核定加工坐标。

铣削加工先三轴加工后五轴加工,先面加工后孔加工。维持数控编程加工坐标系的统一,尽量合并工序减少翻面。与钛合金接触的所有工具、夹具等装置都要事先侧地洁净。经清洗过的钛合金零件,要防止油脂污染,要避免手直接触摸,操作人员或检验人员应当戴干净的手套进行操作或检验。**MW**

(收稿日期:20140710)

(上接第5页)

制要求严格,对不同类型的航空零件结构、尺寸、材料,难以掌握准确的变形规律,是数控加工中最大的变数之一。所以我们希望国产加工的数控设备,能够配套研发通用的、采用液压或真空吸盘定位和夹紧的夹具,这类夹具的主要优势是夹紧力可调,实现夹紧力与零件的全面着力,能够很好地保证薄壁零件的质量;另一个明显的优势在于夹紧力在定位和夹紧过程中保持恒定不变,从而确保了同一道工序下加工质量的一致性。

(2) 高精度航空零件对飞边毛刺有严格的要求,整个零件的所

有棱边按要求制钝(有特殊要求的除外),数控加工在生产中不能完全满足制钝要求,例如:复杂凸台的小圆角、内孔孔口及台阶孔斜倒角等,这些细小处的倒角加工目前多采用钳工手工修制,工作量相当大,工作效率低,是加工零件的瓶颈之一。希望国产加工的数控设备能够从细小处研发,从加工、刀具的配备及程序的开发各方面系列解决用户的实际问题。

国内外机床工具的差距

国产机床在使用中最明显的缺点在于刚性差。同样的进刀量和转速,国内机床加工的零件振刀纹明

显。为保证质量,加工时进给量不能大,所以加工效率低于国外设备。另外,小的问题较多,例如漏油及电器小元件故障等,这些细小问题往往制约了国有机床的发展。

在刀具方面,国产刀具与国外明显的差距在于:国内刀具的使用寿命短。同样加工阀体零件上的孔,用国产刀具只能加工10~15个孔,而进口刀具可以加工30多个孔,特别是在加工小孔时,国产刀具的折断率会更高。通过分析,我们认为国产刀具不仅仅是加工和涂层技术需要提高,更基础的是材质问题。**MW**

(收稿日期:20140626)