

# 钛合金薄壁件加工变形控制工艺基础研究

王嘉阳 闻雅 刘俊宝 董泽宁

航天海鹰(哈尔滨)钛业有限公司 黑龙江 哈尔滨 150029

**摘要:** 钛合金薄壁零件的车削是车削加工中的重点也是难点,因为如果大量薄壁的零部件变形时,对刀具的形状精度、形位精度以及表面粗糙度等均会造成影响,而大量使用薄壁零部件的变形大多是在夹紧应力的影响下,由于受力和受热等的共同作用所造成的。薄壁零部件的强度、刚度等特性方面相对偏低,在产品加工过程中也易发生扭曲的现象,因此导致的产品机械性能很差。

**关键词:** 钛合金;薄壁零件;车削加工

引言:钛合金材料是指以钛为基础加入其他金属材料制成的合金金属,广泛运用于航空航天发动机的制造上。由于钛合金材料的应用性质特殊,致使其加工程序复杂、加工难度系数大。但随着科技技术的迅速发展和进步,钛合金的部分加工局限性被逐渐攻克,被更加广泛地运用到工业制造领域中,促进多个领域的创新与发展。

## 1 钛合金薄壁零件加工难点

### 1.1 材料组织切削加工性差

铝镁合金材料组成复杂,亲和力大,晶格分子不易脱离平衡位置,切割时使切削温度提高,刀具容易损坏。

### 1.2 材料加工切削温度高、刀具磨损快

钛合金材质的汽车零部件生产中,由于切割区域环境温度远高于其他材质的高温,金属材料的导热系数远低于不锈钢等高温合金的导热系数,因此散热环境较差,导致切割区域高温急剧增加,水积在切割刀刃附近无法扩散,从而导致金属在刀刃附近应力聚集、与刀具摩擦崩刃,进而损伤汽车零部件的表面质量。

### 1.3 材料加工切削用量要素难以控制

在切削速度、走刀量、切割力度以及机械震动等各种因素的作用下,生产薄壁钛合金零部件时,切割运动中发生震荡,引起零部件变形<sup>[1]</sup>。

### 1.4 零件尺寸精度及形位公差不易保证

钛合金材料价格较昂贵,大多用作生产中的精密结构零部件,钛合金薄壁加工零部件的尺寸精度、形位精度要求高等,受工艺、生产过程的划分等各种因素的限制无法确定。

### 1.5 零件加工易变形

零件壁薄、刚度较差,每一个切削工序由于应力释放,引起零部件变形,影响壳体零件尺寸精度和形位公差。

### 1.6 夹紧易变形

薄壁零部件在装夹后,在径向夹紧的情况下产生变

形,但在设计结束时零件又恢复了弹性变形,最后产生的椭圆变形导致尺寸越过公差而报废。经过上述对钛合金薄壁零部件加工过程的探讨,解决问题的关键措施总结一下是:选用正确的工件材质、刃磨方式、机械加工条件、生产流程、热加工方法以及适当的上经方法等<sup>[2]</sup>。

## 2 薄壁零件的特点

薄壁零部件,从字面含义即可知道其最大特征就在于壁薄,而一般情况下,当零部件壁厚在3mm以内的,人们就会习惯性的叫做薄壁零部件。薄壁零部件重量轻、体型较小、构造相对紧凑,不同零部件类型的尺寸造型又多种多样,所以在零部件实际加工制造过程中,会出现不同的问题,比如薄壁加工零部件的刚度、夹持时的夹紧应力、切割振动和切割热等各种因素,都会对铝镁合金薄壁零部件的品质产生影响,所以作业技术人员应该全面掌握分析影响零部件品质的各种因素,按照铝镁合金薄壁零部件需要的尺寸和造型,进一步优化机械加工零件和刀具间定位距离的准确性,减少偏差范围,提高零部件加工的准确性。钛合金薄壁部件发生体积膨胀或收缩的情况,以及在零部件加工过程中出现的错位、扭转等现象,均属零件变形<sup>[3]</sup>。

## 3 影响薄壁零件加工精度的因素

在钛合金薄壁零部件的加工过程中,许多因素都能改变零件精度,特别是对工具、机械、磨削热、切削力、工件质量等的影响作用十分重要。首先,在对工件方面,刀具的磨损状态及其质量也对薄壁零部件的加工精度有直接作用。其次,机床热主要与薄壁零部件的几何精度范围以及控制精度之间有密切联系。再者,磨削热主要是在零件加工过程中刀具和工件,由于受热而产生的变形。最后,工件控制因素主要关系到零部件的构造特征以及装夹方法等<sup>[4]</sup>。各作业队伍要提高自身技术素质,最大程度的避免上述各种因素对零部件质量的影

响, 进而提高薄壁零部件的品质。

#### 4 钛合金加工

##### 4.1 加工变形的原因

加热是一个局部升温的过程, 由于在加热中接受了不均衡、不充分的升温会导致加热间隙的邻近区域的升温增加, 但是此时离间隙较远距离的区域由于得到的升温不足或者未得到加热的升温很少, 这都会导致大量使用的加工中在热胀冷缩的原理下, 在加热中产生各种横向或者纵向的纹理收缩, 导致各个横向的纹理收缩叠加在一起导致铝镁合金的变形。这一过程是不可避免的, 但由于在升温过程中产生的受热面积不易控制, 所以在钛合金生产中就会频频出现。

##### 4.2 减少变形的措施

通过以往的分析与实践经验, 以及通过有关知识的累积, 有关人员需要对不同的大量使用加工技术方法加以讨论, 从而制定了大量使用加工供技术方法, 以实现大量使用技术的无损检测业务顺利开展<sup>[5]</sup>。另外, 一定要选用正确恰当、科学的钛合金处理方法, 要遵照生产程序来完成大量的生产任务, 并且, 要注意增强铝镁合金使用的约束力, 由此可有效降低大量生产加工过程的风险。

#### 5 钛合金加工工艺技术

##### 5.1 绿色的钛合金工艺技术

近年来国家极力倡导绿色制造、绿色营销, 这种思想也意味着中国大多数工业和主要设备制造商已经在向节能减排的绿色制造产品的目标迈进。所以, 中国现在在铝镁合金工艺技术方面也在实施了绿色检测, 这也将表明中国使用的工艺技术将会是对环境友好的方式, 并逐渐淘汰一些传统落后而且不利于环保的工艺方式<sup>[6]</sup>。比如铝镁合金工艺中的着色渗透测试技术, 因为过多使用对环境可持续发展无益的磁粉检测, 现已逐渐被有关人员淘汰, 改为采用漏磁无损监测技术, 这一技术有很大的灵敏度, 能够在钛合金工艺中实现智能和可视化工艺。同时, 在大量使用生产中应用的数码荧光和数字荧光工艺技术也能够和常规的胶片相提并论, 不过它相比于传统胶片工艺而言却更为的绿色环保, 因为它们更便于长期贮存、可以长距离传递信息, 并且还能够实现循环使用。所以, 绿色环保型的大量使用工艺技术将会被更广泛的应用。

##### 5.2 钛合金加工的信息化和智能化工艺技术

随着我国科学和计算机技术的发展, 工业领域的信息化与智能产品的运用将日益广泛。这样, 大量使用加工的技术, 也就采用了信息化和智能化的检测技术, 利用这一技术可以利用晶片传感技术, 通过整合计算机系

统的技术, 将大量使用技术的各组成部分数据进行系统化的获取与记录, 同时通过利用成熟的网络系统技术和现代化的先进监测仪器对大量使用工艺的技术结果进行检测, 真正让大量使用的工艺技术得到更加便捷<sup>[1]</sup>。而且, 这一技术也可以降低有关人员的工作量, 最大程度的保证工作人员的工作效率和工作效果。

##### 5.3 钛合金磨削加工技术

钛合金材料的良好稳定性与耐高温特点促使其能够较好地进行热压力加工。同时钛合金的高强度与强大的抗腐蚀性又为多次锻打加工提供了条件, 是理想的航空航天、航海、医疗器械等领域零件制造的材料, 钛合金的广泛应用离不开机械的精加工过程, 尤其是磨削加工。钛合金在加工过程中尤为注意温度的控制, 若磨削的温度升高速度过快, 会出现钛合金零件开裂和损伤现象, 因此在钛合金磨削加工的过程中, 要使用具有良好冷却能力的磨削液, 将磨削过程中的温度降低, 避免砂轮粘附在钛合金上, 这样才能使钛合金材料制成的构件质量更好、性能更佳。为了使得磨削过程中的温度尽量降低, 在磨削材料的使用中也要选择粘附力小、低磨损的砂轮, 保证钛合金加工的效率和质量, 以及磨削后制件的完整度与外表光洁度<sup>[1]</sup>。因此, 磨削加工一般会采用较硬度的大气孔砂轮和碳化硅的砂轮。

##### 5.4 钛合金切削加工技术

切削加工技术是钛合金材料加工中最为常用的加工技术之一。在开始制造时, 由于所采用的弹性模量较小, 所以必须提高加工设备的刚度, 如采用对构件进行可靠的定位、把刀具对准结构支撑点的刀具调至最小的方法提高加工设备的刚度。大量应用新生产的机床应选用刚度较高和易于改变机床参数的方法, 在开始启用时严格调整机床的各种特性, 尽量提高机床在加工过程中的可靠性。卡具也要选用刚度、稳定性高的类型, 另外对加热后进行切割的工件也要考虑的原因, 选用更加锐利、刚度高的工件来大量的生产。保障钛合金零件在加工过程中的质量和精准度

##### 5.5 钛合金加工的射线工艺技术

在钛合金加工中也应用到了射线工艺技术, 最常见的方法是在X射线的条件下进行生产的方法, 这一方法可以对大量产品中存在瑕疵的地方加以彻底检查, 可以保证大量使用生产的工艺技术的安全性。这一方法的操作原则是, 大量使用在生产中容易产生厚薄偏差, 不同的厚度在同样时期内接受的辐射是不同的, 利用深入分析铝镁合金加工面所接受的辐射类型, 然后进行比较研究就能够判断大面积生产加工的缺陷情况, 并且能够确定

缺陷位置的具体性质和表面积。通过应用钛合金加工的射线工艺技术,能够提高铝镁合金加工机构的使用性功能,不但可以快速正确的判断出缺陷的具体位置,而且可以维护铝镁合金加工机构的使用寿命,有效减少在应用铝镁合金加工机构时所产生的重大安全隐患,提高铝镁合金加工机构的应用效果<sup>[2]</sup>。

## 6 提升钛合金薄壁零件车削加工工艺的措施

### 6.1 选择较合适的刀具

由于钛合金材料的特点,所以刀具选用时也必须小心。一般来说,在刀具选型的时候,就必须考虑到工件材质以及几何结构上的情况。一般来说,在工具选用的同时,必须考虑到其材质和几何结构的影响。一般来说,对不锈钢耐酸钢质的钢材而言,最适合于选择硬质合金的刀片,才能确保在切割的过程中,没有发生磨损严重的现象,从而减少了黏附力的问题。当然在选用刀具的同时,也必须做到对具体问题具体分析,并按照一定的技术要求和标准进行正确选用,从而确保切削的准确度和效率都没有受工件的限制。

### 6.2 科学合理的选择机床

相关工作在对零部件材质,零件造型,零部件精度要求等信息进行分析以后,判断需要选用怎样的机械,这是薄壁零部件数字控制车削用量加工前必须进行的事情。由于不同的数控机床在制造各种零部件方面的特性是不相同的,保证合理的选用机床,这是工艺发展的第一步,也是比较关键的一步。当然还必须考虑到制造企业本身的技术设备水平,确保在企业设备体系的基础上去妥善合理的选用机床<sup>[3]</sup>。

### 6.3 选择合理切削用量

切削用量的选择,也是评判工艺优劣的关键因素之一。针对钛合金薄壁零部件来说,切削用量过大还是过小,都会产生表面应力,导致工件表面质量不断降低,也会对切削力,切削热产生不良影响,变形程度会越来越大。想要有效规避这样的问题,作业技术人员还需要在薄壁零部件数控切削工艺的流程中,选用适当的切削用量<sup>[4]</sup>。因此,必须关注的内容主要包括到:确定最适宜的为直线运动效率的粗加工频率;进行对精加工效率的管理;确定粗加工背刀量和精加工背吃刀量。

### 6.4 切削过程控制

在切削加工的过程中,一个突出问题便是温度升高

的速度过快会导致钛合金材料的变形和磨损,因此要将切削的速度减慢,创建适宜钛合金材料的加工条件;同时也要在加工中使用冷却液进行充分冷却,降低加工时的温度。切削时保证机器设备有足够的刚度,切削夹紧力不能过大,避免构件的变形和精度失衡。

### 6.5 合理安排加工工序

加工过程的正确设计,也是控制数字控制车削用量生产过程效率的关键原因之一。首先,用三爪夹持工件后,由左边开始进行车,以确保车的圆长控制在规定的范围内进行;然后,再以粗车的形式进行处理,并留出相应的精加工余量,以进行对精车内孔长度的合理调整,以确保其达到所要求的位置,并且在法兰内孔螺纹长度控制环节,要格外小心。最后一步也是最为关键的就是就是将法兰工件切断,从而使得零件的长度符合实际的要求。

## 结语

钛合金的高性能使得其能够改善大多工业制品的质量问题,但是现阶段的某些不可控因素导致铝镁合金产品的使用范围只局限于少数行业。在通过对铝镁合金材料加工关键技术的研究后,寻找限制铝镁合金材料大量应用的制约因素,根据有关问题开展学术研究和试验,进而解决铝镁合金材料应用过程中的突出问题,使铝镁合金材料得以更好的使用于工业领域,为中国的工业社会发展创造更大的经济利益产生空间,推动中国工业制造业的发展壮大。

## 参考文献

- [1]张少丹,代春,冯红超,吴宏刚,谢林均.钛合金挤压型材制备工艺技术研究[J].科技创新与应用,2021,11(21):134-136.
- [2]葛海娅,庞鹏飞,牛奔,陈川,郑迪,钱德隆.钛合金材料的机械加工[J].世界有色金属,2021(08):42-43.
- [3]壳体加工工艺技术研究与应用[J].贾丽,王浩.航空精密制造技术.2018(01)
- [4]镍基合金堆焊管板深孔加工工艺技术优化[J].关庆鹤,廉松松,杜鑫.锅炉制造,2017(05)
- [5]方科喜.钛合金薄壁零件加工工艺研究[J].机电元件,2018,v.38;No.163(01):21-24.
- [6]张群威,陈桂华.薄壁件加工的切削力分析及参数优化[J].军民两用技术与产品,2018,000(020):156-156.