

典型钛合金曲面壁板的高效加工

卞伟宇

中航工业沈阳飞机工业(集团)有限公司

摘要: 针对控制钛合金曲面壁板变形及提高零件表面粗糙度的问题,从定位方法、刀具选择、工位安排、余量设置以及编程要点等方面入手展开了工艺方法的研究,有效解决了一系列的加工难题。

关键词: 钛合金;壁板;变形控制;表面粗糙度

中图分类号: TG506;TH164

文献标志码: A

High Performance Machining of Typical Titanium Alloy Curved Panel

Bian Weiyu

Abstract: In order to control the deformation of the titanium alloy curved panel and improve the surface roughness of the parts, the process method is studied in the aspect of the positioning method, the tool selection, the station arrangement, the margin settings, the programming points and so on. The machining problems are solved effectively.

Keywords: Titanium alloy; panel; deformation control; surface roughness

1 引言

曲面壁板类零件作为飞机上常见的结构件,是飞机气动外形的重要组成部分。这类零件多采用钛合金材料,对曲面的表面质量要求很高。控制这类钛合金曲面壁板零件的变形并保证表面质量是面临的加工难题,本文基于典型钛合金壁板零件的工艺方案设计过程,分析了高效加工这类零件的要点。

2 零件结构及加工分析

如图1所示,零件的外廓尺寸为570mm×430mm×42mm,一面有加强筋,另一面是与飞机气动外形一致的双曲面,腹板面到筋顶的实际高度为25mm。设计给定的毛料是55mm厚的钛合金板材。该零件的腹板厚度从4mm-5.5mm,共4种规格,筋条厚2mm,厚度尺寸公差均为±0.2mm,曲面外形容差仅为±0.2mm。

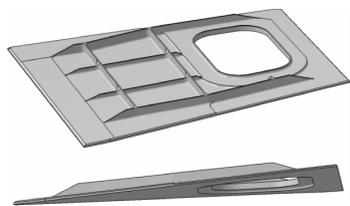


图1 零件结构

该零件的加工难点包括:①由于零件采用厚板加工,材料利用率仅为6.3%,在粗加工过程中要考虑如何减小材料的内应力;②零件的正反面结构不

对称,粗加工后易发生变形;③零件除筋条外没有平面可以作为基准,装夹定位困难;④如果采用传统行切的方式加工双曲面腹板,走刀时间长,刀具损耗高,表面粗糙度差。

3 工艺方案

(1) 机床选择

该零件腹板面为双曲面,筋条的缘条与腹板面不垂直,材料利用率低,因此采用三坐标机床进行粗加工,以去除大部分余量,然后在五轴机床上进行半精加工和精加工。

(2) 装夹定位方式

对于这种自身无定位面的零件,如果采用贴胎工装进行加工,会因零件变形及受工装本身制造精度的影响,造成加工时不能保证所有曲面与工装完全贴合。加工各区域时,腹板面会因压紧位置的更替而发生变形,导致腹板厚度不易保证。相比之下,选择在零件周边设置工艺凸台作为加工基准的定位方式更为适合。凸台的数量及位置排布直接影响加工的难易程度^[1]。

图2所示的凸台形式是综合考虑各方面因素得出的方案。该零件的外廓尺寸为570mm×430mm,根据加工钛合金零件的经验,凸台距离不大于300mm,即可保证足够的支撑强度,那么在短边上只需设置两处工艺凸台。由于短边上的工艺凸台靠近长边外形,对长边两端的支撑较好,在长边中部设置一处工艺凸台即可。考虑到零件口框处有设置凸台的空间,可在口框中心设置一个岛形凸台,并在其上

钻制两孔,用于通过螺栓压紧该凸台,以提高加工时零件中心部位的稳定性。

参考所选机床的T形槽间距,本着便于工人装夹和加工的原则,长度方向的4个凸台都横跨T形槽,压板方向可与T形槽近似平行,压紧力均匀分配到凸台上,以避免斜向压紧时铣伤压板。凸台上的定位孔、螺栓通孔的位置都在T形槽的槽口范围内,不需利用垫板即可直接钻透。钻后进行粗加工时无需重新进行拉直找正,减少了加工前的准备时间。

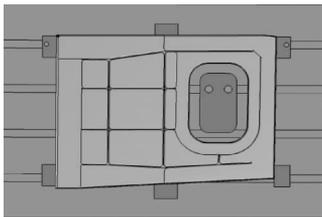


图2 凸台设计方案

(3) 刀具选择

粗加工时,需着重考虑如何减小材料残余应力,并同时兼顾加工效率。一般的立铣刀和玉米铣刀适合重切削方式,残余应力大,因此该零件的粗加工应选用快进刀具。考虑到零件的整体尺寸和内形槽腔大小,选择 $\phi 63$ 快进刀具可以实现较高的加工效率。

半精加工时,刀具直径应在 $\phi 20 - 30$ 之间为宜。零件槽腔的最深处为21mm,如果采用一般整体硬质合金铣刀,加工时只能用到靠近底刃的一小段刀刃,其余的刃部没有充分利用。而快换刀头式刀具由于其刃长较小,刀头的成本比整体刀具低,更适合用于半精加工。因此,该零件选择 $\phi 25R4$ 规格的快换刀头式刀具。

精加工腹板时,因零件曲率较小,采用插补法能显著提高加工效率。可选择 $\phi 25R8$ 快换刀头式刀具,底刃加工腹板时接刀棱相对较小。

精加工缘条、筋条侧壁时,由于零件转角为R8,可以选择 $\phi 16R3$ 整体硬质合金刀具。

(4) 制定总体方案

根据该零件的特点,为充分释放应力,降低变形风险,可以在粗加工后重新校准基准面。因此,加工顺序应为:A-B-B-A(A为有筋条的一面),具体工艺过程如下:

打平面、钻孔→粗加工有筋一面→翻面;粗加工曲面→松开压板释放应力→自然状态下校准基准平面→精加工曲面→翻面;精加工有筋一面→切掉口框中心的凸台→测量零件→去除剩余凸台。

设置粗加工余量时需要考虑两个因素:一是粗加

工后零件余量越小,释放应力后的状态越稳定,最终精加工后变形的程度越小;二是粗加工后的变形量要在余量范围内,以保证校准基准面后零件各处仍有余量。综合考虑,粗加工余量设置为2mm较为适合。

半精加工的目的是使精加工前的余量更为均匀,使精加工时的切削状态相对平稳。给精加工留的切削量越小,精加工越省力,刀具磨损也越小。但同时还要考虑刀具直径、加工变形等因素的影响,避免出现精加工时余量不足的情况。因此,将半精加工后的余量设置为0.5mm。

(5) 编程要点

粗加工时,选择Catia中的Roughing指令,Z轴方向不铣到床面,而是铣到将腹板上表面加工到的高度即止。

如图3所示,底边外形的余量换成刀头刀加工。这是因为如果使用快进刀加工到底时,最后一层材料的厚度只有0.8mm左右,刀片切削这种厚度的材料时极易造成打齿,损坏刀片。而该零件的腹板是第一面加工中的最低表面,低于腹板面的待去除余量,仅是零件外形到毛料外形之间的狭长区域。使用快换刀头式刀具去除比快进刀效率高,而且不存在打齿的风险。

半精加工内形时,由于使用快进刀粗加工后各位置的余量并不均匀,要充分利用Catia软件中保存工步演示结果的功能。这有助于在编程时准确判断加工余量,避免出现扎刀及加工量过大的情况,减少无用轨迹(见图4)。

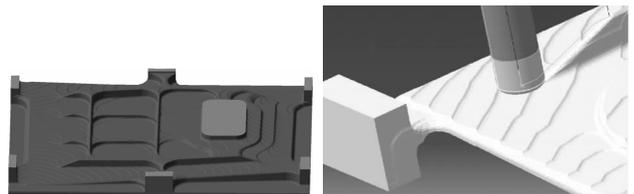


图3 粗加工有筋面

图4 利用演示结果编程

半精加工及精加工腹板面采用Multi-Axis Sweeping指令,与传统行切加工的方式相比,底刃插补^[2]可大大节省走刀轨迹,减少加工时间。

以精加工为例,使用底刃插补法,当Scallop height(残留高度)选择0.003时,由于大部分曲面比较平缓,步距约为9mm,整个曲面的加工时间仅为93min。而该曲面上局部翘起的小曲面,因曲率过大而不适合采用底刃插补的方式加工,残留高度同样选择为0.003;当进给速度是底刃插补方法的两倍时,行切加工的时间约为11min,但该部分的曲面面积仅占整个曲面的0.3%,通过对比计算可以

轮毂的五轴高速加工及工艺分析

侯文峰^{1,2}, 詹欣荣^{1,2}

¹广州番禺职业技术学院; ²广州番禺职业技术学院精密装备与现代检测技术研究所

摘要: 根据五轴高速加工技术及加工工艺要求,研究和制定了轮毂零件的加工方法、装夹方案、工艺方案及加工参数。通过设计专用夹具对加工工艺进行了改进和优化,提高产品的表面质量、加工精度和加工效率。

关键词: 轮毂;专用夹具;五轴;加工工艺

中图分类号: TG659;TH162

文献标志码: A

Analysis on Five-axis High-speed Machining and Process of Hub

Hou Wenfeng, Zhan Xinrong

Abstract: Based on the five-axis high speed machining technology and machining process requirements, the research and development of the machining method, the clamping scheme, the process plan and the processing parameters are focused on this paper. By designing the special fixture, improving and optimizing the processing technology, the product processing accuracy, surface quality and processing efficiency are greatly improved. By selecting the five-axis high-speed processing technology, this type of products has a certain reference value in improving and optimizing the processing technology.

Keywords: hub; special fixture design; five-axis; machining process

1 引言

轮毂作为功能完善的整体式组件,不仅具有传递动力、支撑轮胎、承载车重等功能,而且符合轻质、

耐疲劳、符合动平衡等技术条件。轮毂是固定轮胎及连接轮胎与车轴的中间部件,尺寸公差和形位公差要求很高,属于复杂精密零部件。

轮毂加工要求形状尺寸精确,表面质量要求高。轮毂特征属于均布的异形接合面,采用三轴数控加工工艺无法直接加工至型面位置,需要采用高速五轴加工中心进行加工才能满足产品生产技术要求。

基金项目: 2016年度广东省自然科学基金(2016A030313405);2015年度广东省高等学校优秀青年教师培养计划项目(YQ2015205);2014年度广州市属高校科技计划项目(1201421033);2013年度广州市番禺区珠江科技新星专项资助(2013-专15-6.03)
收稿日期: 2017年4月

看出两者效率相差39倍。从加工后的表面质量上看,由于残留高度选择较小,表面粗糙度非常低,效果优于球头刀的行切方式,对比情况见表1。

表1 行切与底刃插补效率对比

铣切方式	对比项	刀具规格	进给速度 (mm/min)	残留高度 (mm)	加工面积 (m ²)	加工时间 (min)
三坐标	底R行切	φ25R8	600	0.003	0.000559	11
五坐标	底刃插补		300		0.178984	93

精加工内形前要注意转角的处理,由于上一步半精加工余量为0.5mm,刀具直径φ25;精加工刀具直径为φ16,可优选插铣方式加工转角,每个转角仅需插铣一刀即可。插铣转角进一步均匀了精加工时的余量,使精加工过程更平稳,进给速度也可以维持在很高的水平,有利于提高精加工效率,降低刀具损耗。

4 结语

按照本文所述的加工方案对该壁板零件进行了

加工。在加工过程中,切削状态平稳,刀具损耗较低。加工完毕后,测量曲面,完全符合±0.2的容差要求,表面粗糙度在R_a3.2以下,成功地控制了零件变形,保证了表面质量。

参考文献

- [1]林勇,汤立民,李迎光,等.基于特征的飞机结构件装夹方案设计方法[J].航空制造技术,2014,455(11):80-83.
- [2]孙国雁,王金海.某框间尾梁上壁加工技术[J].工具技术,2015,49(7):55-57.

作者:卞伟宇,工程师,中航工业沈阳飞机工业(集团)有限公司,110850 沈阳市

Author: Bian Weiyu, Engineer, AVIC Shenyang Aircraft Industry (Group) Co., Ltd., Shenyang 110850, China