

薄壁通壳体类零件加工技术

Processing Technology of Thin-Walled Through Shell Part

中航工业太原航空仪表有限公司 卫毅

[摘要] 以铝合金薄壁通壳体零件为例,对工件的定位、装夹、刀具的选择、切削参数设置、程序的编制等方面进行了探索,从而有效地克服了薄壁通壳体类零件在加工过程中出现的颤振、变形、表面质量差、尺寸精度低等问题,并大幅缩短了加工时间。

关键词: 薄壁通壳体 刀具路径 切削参数 颤振

[ABSTRACT] With a aluminum alloy thin-walled through shell as an example, orientation and clamping of the part, selection of the cutting tools, setting of cutting parameter, programme of the part etc are researched. Upon this detection, problems as vibration, deformation, bad surface quality and dimension precision of these kinds of part during their machining are effectively solved. Besides, the time of this process is largely shortened.

Keywords: Thin-walled through shell Tool path Cutting parameter Vibration

在现代航空工业中,为提高制造精度,飞机航电系统的零部件中越来越多地使用整体结构件,因其具有刚性、总质量轻、抗震性好等特点,逐步取代了过去的部分拼装件。但整体薄壁结构件的加工一直是机械加工中的难点之一。这里所讲的薄壁通壳体类零件只是其中的1种,如图1所示。

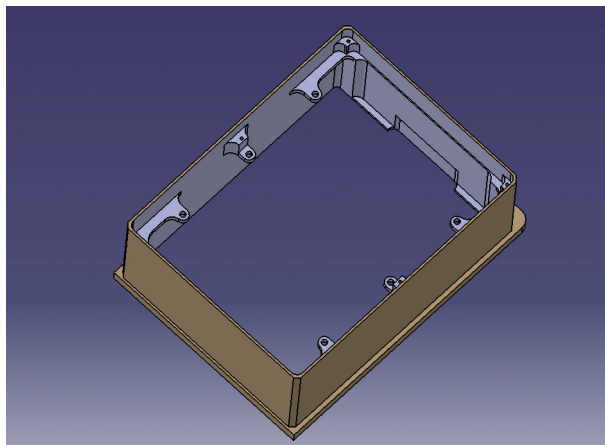


图1 薄壁通壳体零件三维图

Fig.1 Three-dimensional picture of a thin-walled through shell

1 加工难点

(1) 零件的材料为铝合金(5A06H112),四边壁厚均为1.5mm,总厚度100.5mm,外形尺寸280mm×200mm,侧壁薄且深度大的工件在铣削加工中易产生非常大的颤振,轻则刀具啃伤零件表面,表面质量很差,尺寸极易超差;重则刀具折断,零件报废。

(2) 零件内腔、外形均有台阶,需要两面加工,并决定先加工哪面,后加工哪面,如何装夹定位。

(3) 需解决选择何种刀具,悬长多少,如何设置刀具路径、切削参数。

(4) 材料去除余量大,加工效率低。

2 确定零件加工工艺方法

2.1 加工路线

加工路线是决定能否高效加工出一个高质量零件的关键因素,但一般要遵循先主后次、基面先行的原则。此零件首先加工平面大的一面,作为下一工序的装夹定位基准面,再加工四周壁厚均为1.5mm的一面。这样有4个优点:(1)安装面大,压紧固定牢靠;(2)有足够强度,定位准确;(3)能更多地去掉加工余量;(4)下一工序可以内外双重压紧,作为零件辅助支撑,增加强度。

2.2 装夹

工件的装夹工艺是影响薄壁件制造的首要因素,装夹的方式、位置、方向等都是引起薄壁零件变形和出现误差的因素。根据零件中空结构特点,充分利用它的中间窗口,采用螺栓固定,压紧力垂直作用于实心工艺台上,减少了零件的装夹变形。在窗口较长的方向上钻2个 $\phi 12\text{mm}$ 孔,2个 $\phi 22\text{mm}$ 沉孔,通过2个M12的内六角沉头螺钉来压紧工件,将螺钉头沉入零件内部,避免铣削过程中刀具与螺钉发生碰撞干涉,同时也减少刀具悬长,增加刀具刚性。

2.3 定位

定位是保证零件相对位置尺寸一致性的关键因素。加工第一面,零件是毛坯,四周均留有余量,不涉及精确定位。在加工第二面时,定位的精确性、可靠性、易操作性显得尤为重要。在机床工作台上压紧一个铝制工作

台,再在铝制工作台上铣削一个与零件外形尺寸相吻合的凹槽,并钻孔、攻2个M12螺纹,将加工过一面的零件嵌入凹槽内,用2个M12内六角沉头螺钉压紧零件在铝制工作台上,加工2个 $\phi 22\text{mm}$ 沉孔将螺钉头沉入零件内部,如图2所示。此方法装夹简便,固定牢靠,定位精确,还大幅提高零件在铣削过程中的强度,减小加工产生的颤振和变形。

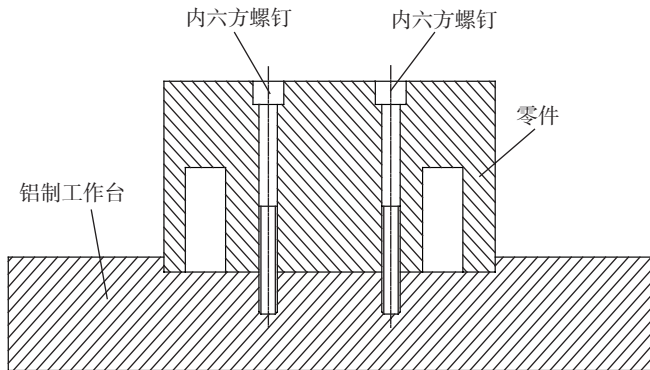


图2 零件装夹定位图

Fig.2 Diagram of clamping and orientation of part

3 刀具的选择

选择的刀具包括: $\phi 18\text{mm}$ 合金波刃粗铣刀、 $\phi 14\text{mm}$ 硬质合金波刃粗铣刀、 $\phi 12\text{mm}$ 钻头、 $\phi 22\text{mm}$ 钻头、 $\phi 20\text{mm}$ 刃口加长型硬质合金铣刀、 $\phi 12\text{mm}$ 硬质合金铣刀、 $\phi 10\text{mm}$ 硬质合金铣刀等。在使用刀具切削材料的过程中,刀具和切削工件之间进行摩擦,会产生切削力和切削热,在切削力和切削热的共同作用下,易造成材料的回弹变形、塑性变形,产生切削颤振,且变形趋势很难把握。采用合金波刃粗铣刀进行粗加工,切削力小,效率高,可减少零件震动和变形;用 $\phi 12\text{mm}$ 钻头去除零件R6内圆角余量,可避免圆角处过切、欠切痕迹或振纹。

4 设置刀具路径及切削参数

零件的残余应力包括:毛胚初始残余应力及材料加工过程中的切削应力。去除材料较多,产生的残余应力也较多。针对目前薄壁壳体零件的加工要有效采用数控高速加工的工艺,原则是小切深,快走刀,合理计算精加工余量,选择合理的刀具,减少零件大余量的切除,减少应力变形。

加工第一面,用Mastercam软件进行程序的编制,创建刀具路径。选择 $\phi 18\text{mm}$ 合金波刃粗铣刀先加工零件外形,此种粗铣刀有高强度,低切削负荷,分屑好等特点。使用轮廓加工,转速 4000r/min ,进给速度 800mm/min (转速与进给速度可根据机床主轴、刀具装夹长度、刀具锋利等实际情况进行调整),吃刀深度 10mm ,为精铣预留 0.2mm 余量。精铣采用 $\phi 14\text{mm}$ 合金铣刀。

加工内腔时,薄壁深壳体件圆角加工的质量控制一直是不易解决的难题。在圆角的走刀过程中,常常发生欠切、过切、振动等现象,一般要通过手工打磨来消除过切、欠切痕迹或振纹。这不仅降低了刀具的寿命,还严重影响了工件的加工精度和加工效率。一般在圆角处采用铣前钻削加工的方法,使用钻孔循环,选择 $\phi 12\text{mm}$ 钻头去除余量,应用步进式钻孔循环,步进 4mm ,防止钻头折断。再选择 $\phi 12\text{mm}$ 平底钻头,一次将钻尖部分残料去除干净。使用挖槽加工,选择 $\phi 14\text{mm}$ 合金波刃粗铣刀,转速 5000r/min ,进给速度 1000mm/min 。串联区域为内壁与内壁向里 22mm 范围,不能将螺钉部分串联在内,为精铣预留 0.2mm 余量。应用由内向外加工选项,有利于排屑。深度方向采用分层铣削,吃刀深度 8mm ,精加工完一层,再加工下一层。每一个深度粗精加工往复进行,始终保持薄壁部分有足够的强度。壁厚尺寸与表面粗糙度都控制的很好,如图3、4所示。

加工第二面,在夹具上铣削一个与零件外形尺寸相吻合的凹坑,以加工过的外形作定位基准用M12螺钉进行固定。首先加工外形,此时零件已变成半空心状态,强度低,选择 $\phi 14\text{mm}$ 合金波刃粗铣刀去除余量,切削力相对小,转速 3500r/min ,进给速度 600mm/min ,吃

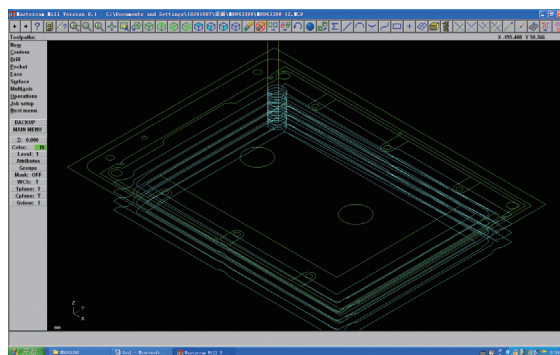


图3 第一面加工刀具路径

Fig.3 Cutting route of the first surface

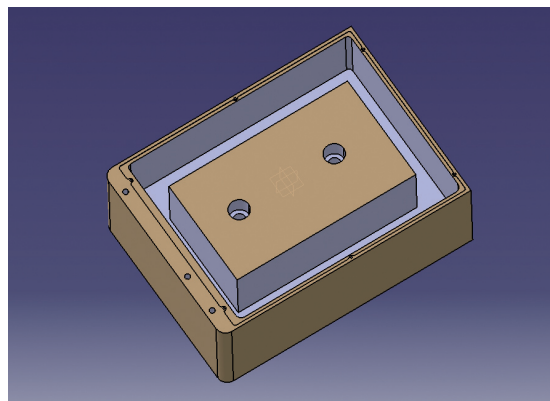


图4 第一面加工完成后三维图

Fig.4 Three-dimensional picture after the first surface machining

刀深度 8mm,粗加工完成后使用 $\phi 20\text{mm}$ 刃口加长型硬质合金铣刀精加工外形,1.5mm 壁厚强度很低,刀具要足够锋利,一次切深可达 50mm,每一层精加工两遍,转速 3500r/min,进给速度 500mm/min。外形加工完成,用压板压紧外形台阶部分,将零件内外双重固定。铣内腔时同样用 $\phi 14\text{mm}$ 合金波刃粗铣刀去除残料,转速与进给要慢一些,转速 4000r/min,进给速度 600mm/min,吃刀深度 7mm。且一定要精铣完一层深度再铣下一层深度,每一个深度粗精加工往复进行,精铣刀采用 $\phi 10\text{mm}$ 硬质合金铣刀,转速 4000r/min,进给速度 500mm/min,吃刀深度 7.5mm。但是在进行最后一层的深度铣削时,需要特别注意,不能在粗铣时将零件与中心固定台进行铣通分离,因为分离后,零件没有了强度,精铣就无法进行,整个零件就有可能在最后精铣阶段报废,所以留下 0.5mm 厚连接残料,开始进行精铣,这样就保证了精铣时工件有足够的强度,加工得以继续进行(图 5)。最后的 0.5mm 深度决不能使用粗铣刀,要在最后精铣时,在刀具强度允许情况下选择尽量小的精铣刀,下到深度精铣两遍即可,采用 $\phi 8\text{mm}$ 精铣刀将零件的中心固定台与零件进行铣通分离,但走刀和转速不能太快,以防刀具与工件发生共振,转速 3000r/min,进给速度 300mm/min。至此,零件数控加工全部完成,如图 6 所示。

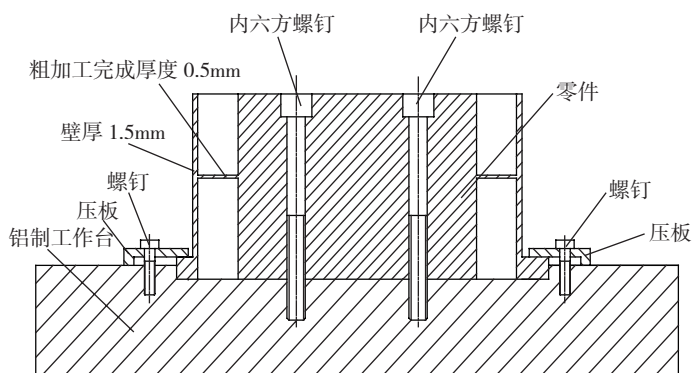


图5 工序2完成后零件二维示意图

Fig.5 Part two-dimension picture after the second procedure

5 结束语

加工整体薄壁通壳体类零件关键技术点是要控制加工过程中零件变形:(1)加工顺序要遵循先主后次、基面先行的原则;(2)综合考虑装夹的方式、位置、方向等,利用零件中间窗口,采用螺栓压紧固定,压紧力垂直于工作台,减少了零件装夹变形;(3)凹槽定位,阴阳相配定位精确,减小加工过程中薄壁颤振;(4)刀具选择上采用合金波刃粗铣刀进行粗加工,降低切削应力,减小零件变形;(5)合理设置切削参数及刀具路径,最后的粗加工完要留有 0.5mm 厚连接残料,使用精铣刀将零件的中心固定台铣通分离;(6)减少零件大余量的切除,

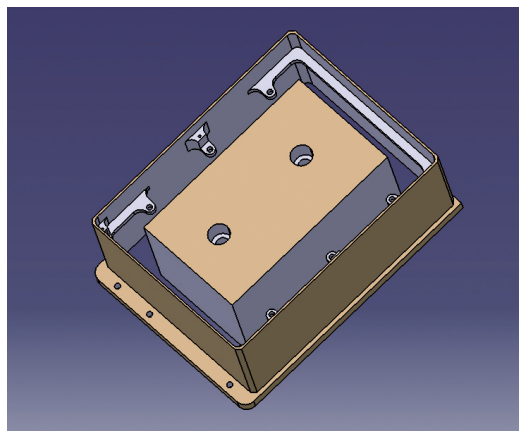


图6 工序2加工完成后零件三维图

Fig.6 Part three-dimension picture after the second procedure

减少应力变形。

此加工方法装夹简便,固定牢靠,定位精确,还大大增强了零件在铣削过程中的强度,有效防止了在加工中产生的颤振和变形,零件的尺寸、外观质量都得到了很好的保证;材料去除量减少,提高了工作效率,中间剩余的一整块残料可以另做他用,节约了成本。以上是在工作中积累的经验并加以总结,仅供参考。(责编 小城)

(上接第 64 页)

此时系统自动记录当前加工的零件和加工的工步程序,复查状态正确后,仅启动当前主程序,由系统自动搜索程序加工的位置,系统自动从中断处开始加工零件;当每个矩阵式加工中的每个零件工步设置与每个工步刀具相同时,矩阵式数控加工方案就可以按照工步优先的原则,将所有零件的同一个工步加工完成后,再加工下一个工步,以便减少刀具的更换次数。

5 结束语

通过多件相同(或不同)零件的集中装夹,系统自动对原点坐标值进行设置,以及自动调用零件加工程序,完成相同(或不同)多个零件的自动加工。在充分利用机床工作台面的同时,节约大量的装夹、找原点、换刀以及调用程序时间,达到降低劳动强度、提高生产效率、增加设备效能的目的。

参考文献

- [1] 林胜. 柔性制造技术及其发展. 航空制造技术, 1999(5):11-24.
- [2] 王世鹏,解艳彩,闫雪峰. 柔性制造单元上下料机构的改进设计. 组合机床与自动化加工技术, 2011(6):85-90.
- [3] 陈小明. 航空大型数控机床的设计特点. 航空制造技术, 2006(6):50-53.
- [4] 曹运红. 柔性制造系统、柔性制造单元和成组技术的发展和应. 飞航导弹, 2004(5):59-63.

(责编 叶枫)