

长板件数控加工技术的探索与研究

The NC Machining Technology Applicable to Long Plate Parts

翟永/中航工业哈飞生产管理部

摘要:结合某型机板件在数控加工中的研制生产状况和存在的问题,论述了实现各种长板件类结构零件装夹定位、刀具及其参数、加工方案及编程策略。通过这些技术措施的实施,在一定程度上解决了在加工长板类零件装夹和定位时出现的零件变形、让刀效率低、质量不稳定等问题。

关键词:长板结构件;定位装夹;高速切削;零件变形;让刀

Keywords: long plate structural part; positioning and clamping; high speed cutting; part deformation; cutter relieving

0 引言

随着航空工业的飞速发展以及CAD技术的广泛应用,使得零件的制造工艺难度加大,大部分零件的加工工艺性不好,零件的薄壁、变形等问题困扰着加工过程。然而加工质量要求在不断地提高,迫切地要求数控加工技术向更高的方向发展。本文主要介绍的是某型机油箱板件的数控加工方案研究及加工方法。

1 技术研究背景

作为某型机项目中的典型零件,长板类结构件的典型特点是弧形带槽截面,长曲面结构,大部分面为理论外形,并且立筋有开角或者闭角。在以往的各种机型生产中,该类零件全部由长缘条和钣金件胶接而成,不涉及到机加工。但是在某型机中,此类零件全部都选用了板材加工,要求利用板材直接加工出长板类。在加工过程中由于去除的材料量大,产生大量的切削热会使零件变形,加工效率低下。同时,每个长板类零件的壁厚都不均匀,壁厚尺寸在2~16mm之间变化,而长度方向的尺寸又相当长,一般在1.5~3.2m之间,这

样零件的变形程度就会更大。具体产品示意图及尺寸见表1。

该类零件的结构特点决定了其装夹定位困难、变形量大,难以进行高效的加工,且质量难以保证,加工后经常

出现由于零件变形而造成的壁厚让刀现象。但如果沿用传统加工方式和技术,也存在很大的弊端。如装夹定位繁琐,可靠性差、质量不稳定、加工效率低、对操作工人要求高、表面质量差,甚至

表1 长板件明细表

尺寸(mm×mm×mm)

上蒙皮1#板件 尺寸: 1757×332×70		下蒙皮1#板件尺寸: 1757×330×70	
上蒙皮3#板件 尺寸: 1757×335×70		下蒙皮2#板件 尺寸: 1757×440×70	
下蒙皮3#板件 尺寸: 1757×330×70		0~10肋上蒙皮1#板件 尺寸: 3072×332×45	
上蒙皮2#板件 尺寸: 1757×476×70		0~10肋上蒙皮口框 尺寸: 3071×480×45	
0~10肋上蒙皮3#板件 尺寸: 3072×356×45		0~10肋下蒙皮1#板件 尺寸: 3083×323×50	
10~18肋上蒙皮口框 尺寸: 2718×392×35		0~10肋下蒙皮2#板件 尺寸: 3083×437×50	
0~10肋下蒙皮3#板件 尺寸: 3083×350×50		0~10肋上蒙皮口框 尺寸: 3071×480×45	
0~10肋上蒙皮1#板件 尺寸: 3072×332×45		0~10肋上蒙皮3#板件 尺寸: 3072×356×45	
10~18肋上蒙皮口框 尺寸: 2718×392×35		0~10肋下蒙皮2#板件 尺寸: 3083×437×50	
0~10肋下蒙皮1#板件 尺寸: 3083×323×50		0~10肋下蒙皮3#板件 尺寸: 3083×350×50	

对于不规则形状的零件还会极大地影响零件的外形检测。因此必须找到适合该类零件加工的工艺方法,保证该类零件保质保量的完成加工,并开创该类零件用铝板加工型材的标准典范。

2 加工技术方案的研究

2.1 加工方案初步制定

所有长板件都是利用铝板料直接加工成形,在以前其他机型中从无类似零件。所有工艺方案都没有可以借鉴的经验。对于加工中的变形、零件的壁厚尺寸精度等可能出现的问题,结合车间加工技术的应用水平,制定了长板件类零件的总体加工方案。

1) 针对上述20种长板件,首先分析其结构,可以分为两大类,即长板口框类件和长板加强筋类。

2) 两大类长板件第一坐标系都是正面粗加工留大量,以铣方后的铝板上表面为基准面定位装夹,为翻面加工做定位面。加工时保证立筋上面和毛坯面在同一平面内,对于长板口框类件,粗加工时将零件上的长圆孔整体做基准,如图1和图2所示。

3) 长板件翻面后加工,两大类加工方案基本一致,粗加工、半精加工、精加工整个理论型面如图3和图4所示。

4) 反面加工完后再加工零件正面,两类板件的加工方案不同,长板口框类零件仍然不用专用工装,直接用毛坯周边和长圆体做支撑定位装夹,半精加工和精加工各面和立筋,长板立筋类零件的正面半精和精加工必须提取专用真空夹具吸附装夹,如图5和图6所示。

5) 切断,长板立筋类零件的切断只需将零件牢牢的吸附在工装表面就可以直接切断;长板口框类零件则需

要先周边切断,再切长圆体。

2.2 加工方案补充

加工方案经过讨论,发现仍存在问题:

1) 定位孔在零件加工时处理问题,需要在加工时将定位销取出,防止因加工时的零件内应力将零件和定位销嵌在一起,取不出来。

2) 粗加工时考虑零件体大,去量多,粗加工时应采用如 $\Phi 40R3$ 等直径大的R刀,以提高零件加工效率,在反面粗精加工时同样选用直径大的R刀,在提高零件加工效率的同时零件理论型面表面光度也能得到大幅提高。

3) 正面半精加工和精加工时,对长板立筋类零件加工前,找正零件Z0面相对工装水平面,由于加工工装后变形,在加工正面前将工装表面精加工一遍,确保零件Z0面相对工装水平面平行。

4) 零件切断后,其所有面大部分为理论型面,既无定位孔,又无基准面,到三坐标后其所有理论型面无法检测,这就要求在切断时周边留工艺台,为三坐标测量留出基准。

5) 零件立筋上面的长圆孔在加工中心无法加工,后经过与设计及机加



图1 长板口框类零件正面加工示意图

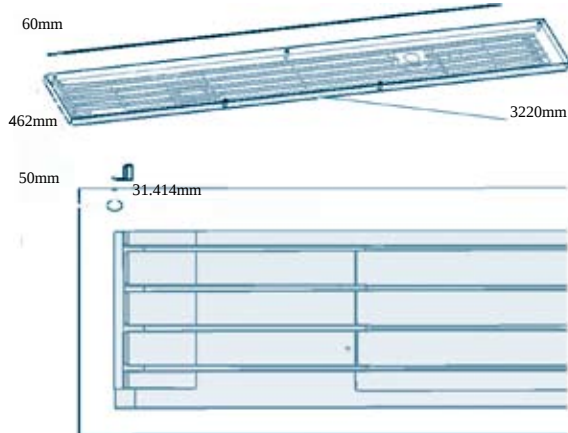


图2 长板立筋类零件正面加工示意图

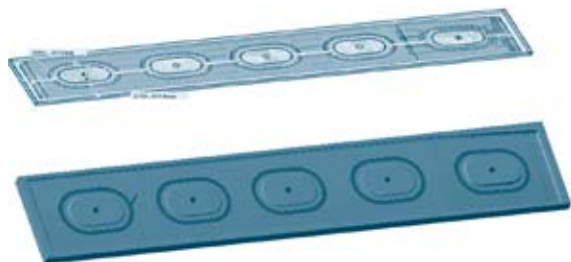


图3 长板口框类零件反面加工示意图

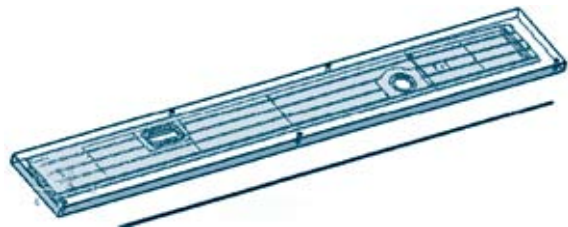


图4 长板立筋类零件反面加工示意图



图5 长板口框类零件正面加工示意图



图6 长板立筋类零件正面加工示意图



图7 长板立筋类零件立筋孔加工示意图

科协调, 此类孔用划线、钻孔、钳工三道工序来实现, 如图7所示。

2.3 加工方案的试加工验证及修正

在确定了加工方案后, 对加工方案进行了首件试切验证。

通过试切验证, 发现对于长板件采用的正反面加工利用专用夹具吸附加工效果不理想。在加工过程中, 加工完第二面后, 由于大量的切削去除大量余量, 产生了大量的切削热, 使零件发生了变形, 在正面半精和精加工时由于真空夹具的吸附以及周边压板的装夹, 使得零件的变形没有显现出来, 但当零件从真空夹具拿下后, 由于失去了真空力的吸附使得零件的变形完全释放出来, 使得零件的翘曲量最大变形达到了十几毫米。为了削弱变形, 采取了两个措施: 一是在每翻面加工前留足够时间使得零件自然失效; 二是周边工艺台的连接抑制零件变形。此外, 长板件关键尺寸的质量不是很好, 还需优化程序。而且加工后的零件腹板壁厚尺寸不够精确。究其原因, 是由于零件的正反面都是理论型面, 都是运用R刀行切的方式加工, 是线与线的接触, 因此在装夹定位时需反复调整。

3 机床设备配置

根据产品的结构特点、精度及加工特性, 配置加工设备非常重要, 否则不能使机床发挥更高的效率和特长。

针对零件结构的特点, 以及高速高效、大批量生产的需求, 在该项目的研制中, 要求机床设备是数控机床、床面尺寸够大、转速够高、尽量

高速高精加工、且机床结构具有高的动态和静态刚度、主轴伺服和进给伺服系统响应快、加速度大, 同时要求移动部件轻巧。大角度变化范围, 满足长板件结构零件加工, 能够实现自动化连续加工。针对大部分具有理论型面和开角闭角的零件, 需要机床主轴能够有足够的摆动范围。故配备了JOBS-146五坐标加工中心(如图8所示)、JOBS-245五坐标加工中心、FIDIA双头五坐标加工中心等三种机床。

4 高速加工刀具应用技术

4.1 刀具的选用

高速加工中刀具的选择非常重要, 数控加工刀具一般包括通用刀具、通用连接刀柄及专用刀柄等。

在选择时, 主要考虑以下两方面: 一是高速旋转下刀具的动平衡状态, 二是刀具的使用寿命。为保证高速旋转状态下的刀具能够稳定旋转, 目前采用两种办法: 一是采用带有动平衡装置的刀具; 另一种是刀套与刀体合为一体的整体刀具, 其目的是保证刀体与刀套安装过程中减小间隙。但整体刀具的问题是一旦刀体报废, 刀套也就报废了, 因此费用较高。采用热胀冷缩的办法装夹刀具, 也可以得到很好的效果, 即将刀套通过加热后, 再装入刀体, 待冷却后即可夹紧刀具。

高速加工过程中, 刀具的磨损很大, 因此刀具的寿命是影响高速加工的一个因素, 使用高速加工时, 应根据实际情况找到一个最佳成本效益点。刀具的选择应根据机床的加工能力、工件材料性能、加工工序、切削用量以及其他相关因素正确选用刀具

及刀柄。刀具选择总的原则是安装调试方便、刚性好、耐用度和精度高。在满足加工要求的前提下, 尽量选择较短的刀柄, 以提高刀具加工的刚性。选取刀具时, 刀具的尺寸与被加工工件的表面尺寸相适应。

4.2 刀具的准备和应用

在高速加工状态下, 对刀具的要求十分严格, 直接关系到机床安全、加工质量和效率。

首先所有刀具事先需经过动平衡检测, 满足高速加工要求(一般为G2.5级)。刀具精度必须经过严格的检测, 保证在加工过程中通过刀具精度保证零件加工尺寸, 避免人工偏置或设置刀补等干预措施。

在加工机床上, 各种刀具分别装在刀库上, 按程序随时进行选刀和换刀动作, 因此必须采用标准刀柄。在数控机床加工中, 由于刀具的刃磨、测量和更换占用辅助时间较长, 因此必须合理安排刀具的排列顺序。一般遵循以下原则:

- 尽量减少刀具数量;
- 一把刀具装夹后, 应完成其所能进行的所有加工部位;
- 粗、精加工的刀具应分开使用, 即使是相同尺寸规格的刀具;
- 先进行曲面精加工, 后进行二维轮廓精加工;
- 充分利用机床自动换刀功能, 提高生产效率。

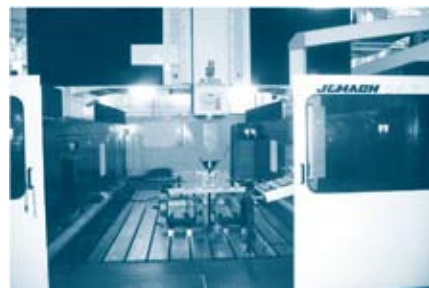


图8 五坐标加工中心JOBS-146

在高速加工状态下,特别是采用机夹刀具切削时,下刀方式对刀具寿命、表面质量、机床安全都有着直接影响。垂直下刀方式对刀具和主轴的冲击较大,容易造成刀具的崩刃和对主轴的损坏;斜下刀方式切削力是逐渐加大的,对刀具和主轴的冲击比较小。对机夹刀具,必须小于规定的下刀角度。根据加工部位的结构,尽量采用螺旋线下刀方式。

4.3 优化零件切削参数,实现高效无人干预加工

数控加工切削参数优化对实现高速高效加工至关重要,同时也是实现加工过程无人干预的必要条件。切削参数的合理选择通过以下途径进行。结合刀具供应商提供的切削参数和实际机床进行刀具切削参数试验,建立主要刀具切削参数库。基于仿真的切削参数优化技术是实现切削参数细化,合理应用切削参数并实现切削过程高速无人干预加工的有效手段。

仿真切削优化技术是基于切削条件和切削材料量自动计算和调整进给率,切削大量材料时,刀具进给率降低;切削少量材料时,进给率相应地提高。根据每部分需要切削的材料量的不同,自动计算并在需要的地方插入改进后的进给率。其优势主要体现在以下三方面。

1) 适应高速加工过程,使得切削更加平稳,尤其是在切削余量变化、刀具切入、切出时尽可能减少负载突变,对刀具、机床寿命以及零件表面质量都十分重要。

2) 提高加工效率,实现无干预加工,降低工人工作强度。

3) 能够通过建立典型切削参数库,实现同类零件切削参数标准化。

5 工艺编程技术

5.1 高速编程策略

高速编程策略主要包括五方面内容。

1) 深入研究应用系统功能,简化数控编程,提高程序质量。例如,通过子程序循环调用,缩减程序数据量,同时便于反复试验阶段的参数调整;通过固定循环,简化钻孔编程等。

2) 采用等高线加工模式进行高速切削加工,进行零件粗加工阶段大余量均匀去除材料。即按照Z向等高逐层递减的模式均匀去除材料,并且按照等余量切削模式进行切削。

3) 选择零件最薄弱的部位优先加工,避免加工颤动;在最容易产生应力集中的部位设置应力释放缺口,调整加工顺序,达到减小变形的目的;粗加工大余量去除后松弛装夹,释放应力。

4) 尽量采用螺旋进退刀,高速加工模式,保证刀具轨迹的光滑,避免突变;减少刀具退出和重新进入材料的次数,维持刀具稳定的切削状态,保持切削厚度的均匀,尤其是在拐角等曲率变化和切深变化较大部分要预先处理。

5) 进行严格的仿真检查,尤其是过程检查和细节控制,控制实时切削量和细小残余等,考虑防差错技术的应用,减少人为出错的可能性。

5.2 高精度全过程加工模拟、确保高速加工安全

由于零件要在全封闭环境下高速切削,相关设备极为昂贵,其对加工过程正确性、安全性的要求不言而喻。因此,确保加工过程中不能出现过大余量切削、碰撞干涉、超程等意外错误。

在传统的G—CODE代码仿真模拟中,着重进行切削过程仿真模拟和切削结果的检查,忽略了加工过程中如刀柄组件、装夹系统、主轴结构、机床行程

等一些其他因素,简化了模拟加工过程,但也存在一些问题,如机床撞击、刀具撞击、机床超程等。这些都是在全封闭高速切削环境下要极力避免的。

因此,在一些结构复杂、风险较大的零件研制时,要尽可能建立准确、完整的仿真加工环境,要构建机床主要运动结构和参数、刀具组件、装夹机构、控制系统等关键要素,忽略一些次要结构。

通过Vericut机床仿真技术在数控加工中的成功应用,保证了100%的加工程序正确率,有效地避免了碰撞事件的发生,保护了机床和刀具,缩短了制造周期。

6 结束语

通过某型机长板类零件利用铝板加工项目的研究,在保证长板类件加工的同时,还使零件的加工效率有了大幅提高,为今后大批量长板类零件的顺利生产进行了一些初步探索。

AST

参考文献

[1] 艾兴,刘镇昌,赵军,等.高速切削技术研究和应用[C]//全国生产工程第8届学术大会暨第3届青年学术会议论文集.北京:机械工业出版社,1999:146-149.

[2] 艾兴.高效加工技术及其应用研究[J].中国工程科学.2000(11):40-51.

[3] 张伯霖,杨庆东,陈长年.高速切削技术及应用[M].北京:机械工业出版社.2002.

作者简介

翟永,工程师,主要从事生产管理研究工作。