

钛合金自由锻“脊骨”型零件机加变形控制

孙丽敏

中航工业沈阳飞机工业集团有限公司数控加工厂

摘要: 根据“脊骨”型钛合金零件的数字化加工工艺,对该类型零件的结构及工艺性进行了分析,对数控加工该类型零件的走刀方式及切削参数进行了实践探索,并进行了数据记载,可为同类型零件的加工提供参考。

关键词: 脊骨型;数控加工;CATIA;仿真演示

中图分类号: TG115;TG61;TH161.3

文献标志码: B

1 引言

中、外翼下壁板对接带板是飞机的重要受力构件,起三个方向的重要连接作用,其“脊骨”型结构非常特殊。该类型零件的工艺性非常不利于机械加工。

该零件结构复杂,形状特殊,为“脊骨”型,截面为“Y”字形,零件上的下陷较多且小。零件的结构如图1所示,中、外翼下壁板对接带板,材料为TA15M自由锻,零件外廓尺寸2180mm×210mm×135mm。零件所有表面均为变角度曲面,缘条与腹板角度变化较大,最大处为34°。零件壁薄,腹板和缘条的厚度为2~6mm,绝大部分为2mm或3mm,缘条最高处为74mm,加工定位非常困难。

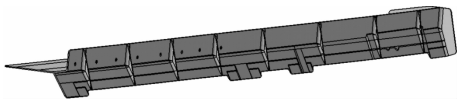


图1 零件的复杂结构

2 零件加工性分析

(1) 材料分析

零件毛料的尺寸规格: $\delta 150\text{mm} \times 250\text{mm} \times 2400\text{mm}$,毛料重量1350kg,零件重量7.37kg,金属去除率达99%。

钛合金属于难加工材料,钛合金导热系数低,仅是钢的1/4、铝的1/13和铜的1/25。钛合金切削区散热慢,不利于热平衡,在切削加工过程中,散热和冷却效果很差,易于在切削区形成高温,加工后零件变形回弹大,造成切削刀具扭矩增大、刃口磨损快,耐用度降低。

(2) 零件工艺性分析

中、外翼下壁板对接带板零件的特殊结构可以概括为以下几条:①“脊骨”型结构,所有表面均为变角度曲面;②缘条和腹板厚度薄。绝大多数为

2mm和3mm,公差为 $+0.3 - 0.2$;③表面质量要求高,所有转角及底角粗糙度为1.6;④缘条较高,角度大,最高处为74mm,最大角度为34°。

根据零件本身的结构特点可知,该零件结构属于工艺性极差的结构类型。加工变形是其加工中存在的普遍问题,分析造成变形的原因有:①零件长且窄,长宽比已达到10.4;②毛料为自由锻件,该种毛料在锻造过程中产生的内应力较大,在加工过程中势必释放应力,造成零件变形;③金属去除率达到99%,零件结构不对称,造成对称方向金属去除率不均匀;④零件壁薄。

零件变形在加工中不可避免,而采取有效的工艺措施是解决零件变形的关键。

3 确定工艺方案

(1) 定位方式

零件的所有表面均为变角度曲面,无平面,在零件上无法找到数控加工定位的基准,只能采用工艺凸台以及在工艺凸台上钻制两基准孔的定位方式。

工艺凸台的定位方式可以有效消除零件变形。首先最大限度地去除零件加工余量,以保证最大限度释放自由锻材料内应力,消除精铣后零件的变形;其次,通过粗加工后对工艺凸台面进行校准,铣除变形量,以保证精铣零件的尺寸精度。

采用工艺凸台的定位方式还可以缩短装夹时间,避免了因多次装夹定位而带来的定位误差所造成的质量风险。图2为“两面”工艺凸台形式。

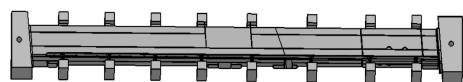


图2 工艺凸台

该零件工艺凸台的厚度137mm,缘条最高处74mm,再加上压板的高度,加工刀具的下刀深度非常大,并且不能使用大直径刀柄,那样会造成刀具或刀柄与工艺凸台或零件发生碰撞。刀具越长,产品

质量越不易保证,表面质量也不好。为了解决这个问题,在工艺凸台侧面开槽,用于压紧零件,可以减短刀具的长度。

(2) 确定加工流程并选择机床

确定以下加工流程:铣基准面—扩孔—一面粗加工—一面精加工—二面粗加工—二面精加工—测量—常规补加工—半检—清洗—荧光检查—吹砂—成检—交付。

根据零件所有表面均为变角度曲面、尺寸精度高等结构特点,需采用五坐标数控机床加工,缩短生产周期,并保证零件的尺寸精度和表面质量。能满足该零件加工的机床的工作台尺寸 3500mm × 1250mm,摆角范围 $A \pm 30^\circ$, $B \pm 30^\circ$,操作系统为 SINUMERIK 840D,机床精度较高,能满足零件的加工要求。

(3) 选择刀具及确定参数

由于钛合金属于难加工材料,对刀具的性能要求很高,一般选用多齿刀具进行机械加工。影响刀具加工效率的主要参数是主轴转数 n 和刀具每齿进给量 f_z 。表 1 为参与加工的主要刀具的规格及加工参数。

表 1 参与加工的主要刀具的规格及加工参数

铣切位置	刀具规格	主轴转数 (r/min)	切削深度 (mm)	切削宽度 (mm)	进给速度 (mm/min)
半精铣腹板	$\phi 50R4$	140	2	15	110
半精铣缘条	$\phi 20R4$	400	5	2	180
精铣腹板	$\phi 20R4$	600	1	1	420
精铣缘条	$\phi 20R4$	400	70	1	130
铣转角	$\phi 16R4$	600	3	4	120

4 编制数控程序

根据零件的材料状态、零件结构、机床特性和刀具特点等编制数控加工程序。在编制程序时,需注意有效避免一些常见的问题:①避免刀具路径冗余,减少不必要的跳刀,提高加工效率;②尽量采取顺铣的走刀方式,有利于零件尺寸精度的保证;③针对余量的不同,采取径向以及轴向的分层加工,保证刀具切削余量均匀,可以降低机床及刀具的损耗,同时能有效保证产品质量;④在钛合金加工中,扎刀是一大禁忌,可能造成刀具折断,导致零件报废,应避免刀具垂直与零件接触;⑤转角降速在加工转角时要降低加工速度,普通转角降速值是正常切削的 60%,如遇到特殊转角加工,如工艺凸台内侧筋条,其转角降速要达到 20%,这样才能保证无人工干预的正常切削;⑥精加工前清转角,保证精铣的铣切量均匀;⑦正确计算 R 退缩值。

该零件毛料为 B 状态,所谓的“B 状态”就是已进行粗加工,零件所有位置均留有一定的余量。模拟 B 状态毛料状态有利于在编制数控加工程序时准确计算余量情况,以保证数控程序的安全可靠性。B 状态毛料的状态最有效的就是获得一个数模,该数模的建立是基于零件数模产生的,所有的结构都完全符合 B 状态毛料。在编制数控加工程序时,将这个数模调入编程系统中进行实时对比,以保证正确的程序路径、分层、选刀以及参数等。在进行程序检查时也要用这个数模进行分析比较,以提前预知扎刀、撞刀等情况。

5 设置防错凸台

中、外翼下壁板对接带板是关键性零件,其尺寸较大,毛料价值约 60 万元左右。为了提前预防发生质量问题,防错是数控加工过程中必不可少的手段。该零件的防错方法是设定防错凸台。在工艺凸台上不影响装夹处铣 30mm × 30mm,深 10mm 的防错凸台,铣切工艺凸台的不同部位以检验刀具的正确性。

工艺凸台的长和宽用以检验刀具的直径,工艺凸台的上表面检验刀具的刀长,工艺凸台的倒角检验刀具的底 R 。图 3 为防错凸台示意图。

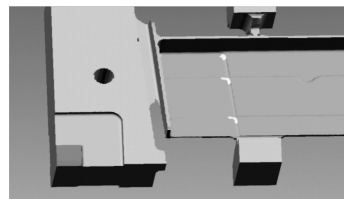


图 3 防错凸台

在加工零件的过程中,每更换一把刀具切削零件前,都要在防错凸台上加工一遍。如果在加工过程中工艺凸台尺寸没有发生改变,即没有产生切屑,那么刀具的规格、底 R 、刀长等就无错误;反之,就是刀具用错了,与程序中刀具的几何参数不符。采用这种方法可以有效预防刀具用错和刀长对错而带来的质量问题。

6 结语

本文制定了适用于“脊骨”型零件的合理工艺方案,通过应力释放、优化切削方式、合理选择刀具参数等方法有效控制了零件的变形,采用四周独立工艺凸台的方式起到了很好的定位效果。防撞刀及防错块的应用为稳定加工过程起到非常好的作用。

作者:孙丽敏,沈阳飞机工业(集团)有限公司,110850
沈阳市