

提高钛合金异形框架加工效率的方法

■ 西安北方光电科技防务有限公司 (陕西 710043) 申 伟 张利军

摘要: 分析钛合金异形框架零件结构, 制定工艺流程, 通过线切割工艺流程优化、设备功能的确定、加工程序的对比、工装的设计以及切削参数的确定, 完成零件三个扇面窗口的加工, 大幅提高了生产效率。

随着机械工业的发展, 零件的加工形状趋于小型化、薄壁化和曲线化。这类零件的加工, 尤其是钛合金异形框架零件的形状加工, 受零件结构的限制, 只能采用电脉冲设备加工。由于目前电脉冲设备没有与之匹配的钛合金材料生产加工方式的模块, 致使零件的电脉冲切削缓慢, 生产周期长、成本高。采用新的线切割工艺技术取代电脉冲方法, 通

过选择合适的加工程序、切削参数和工装等, 来提高钛合金异形框架零件加工的生产效率, 达到节约生产成本的目的。

1. 零件结构分析

钛合金异形框架零件如图1所示。该零件材料为钛合金, 属难加工材料。零件外形为喇叭状回转体, 壁厚1.5mm。三个窗口为主次反射镜通光孔, 形状为椭圆曲线。三个窗口由三段1.6mm

宽的筋联接, 刚性极差, 与窗口联接的孔为零件透镜配合孔, 尺寸加工精度及同轴度均要求0.01mm, 三个窗口平行于零件的主轴, 窗口的后部直径大于窗口小端直径。

2. 零件加工分析

若采用机械加工的方法完成零件三个窗口的加工, 受零件刚性差及结构的影响, 在切削力的作用下, 三段1.6mm宽的筋将会

加工, 可以由车体总成加工工序调整到车顶组成加工工序中去完成。

5. 结语

综上所述, 通过对工装工具、刀具和加工工艺路线等方面的优化, 并对后续380BL车顶导流罩锁紧块在高度、宽度方向上位置变化的跟踪检测, 可知工序调整后加工部位的尺寸符合图样要求, 并能够顺利完成安装工作, 故工序调整不会对导流罩安装产生影响。这不仅提高了导流罩的整体加工精度和加工效率, 节省了作业场地, 消除了高空作业的安全隐患, 而且使铝合金车

体生产流程得到优化, 对公司的精益生产具有重要意义。

参考文献:

- [1] 刘雄伟, 张定华, 王增强, 等. 数控加工理论与编程技术[M]. 2版. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [2] 蔡兰, 王霄. 数控加工工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [3] 李正峰. 数控加工工艺[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2004.
- [4] 徐宏海. 数控加工工艺[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.

MW (收稿日期: 20170919)

专家点评

以动车组车顶导流罩加工为例, 通过对工艺路线的改进, 实现了车顶总成的随机加工, 节省了工装运输及反复固定的时间和费用。文章的亮点是整合工序内容, 释放作业空间, 取消了操作者的高空作业。后续的刀具改善和质量检测方法, 使工序调整后的加工尺寸符合图样要求, 不同产品之间可以迅速、准确地转换, 并能够顺利完成安装。

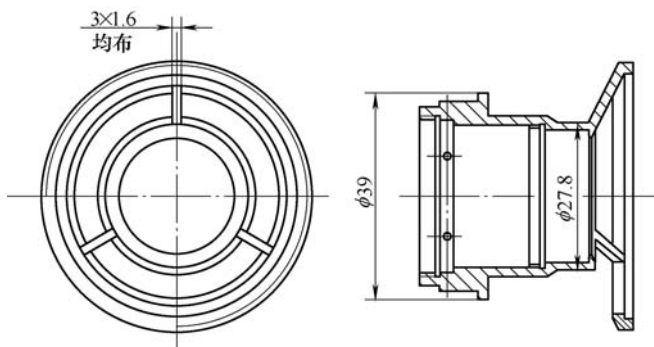


图1 异形框架零件

断裂，造成零件报废。若想采用普通线切割方法加工，由于上、下机头同步同向运动，无法避让零件上端的台阶圆，故无法实现加工。受零件结构形状的限制，只能制作扇形成形电极，用电脉冲完成该窗口的形状加工。

若采用电脉冲进行加工，存在以下问题：①加工效率低。单件加工时间为20多h，加工成本高。②电极损耗大，平均每加工4件就得更换新的电极。③电加工定向螺钉夹紧时，易造成压紧面压伤。④电极的损耗、中心的校正误差，影响零件三个窗口的加工精度。

3. 制定工艺流程

根据零件的加工形状、精度要求及设备工作范围，确定采用四轴联动的线切割设备完成该零件三个窗口尺寸的加工。工艺流程为：下料→车→热处理→数控车→加工中心→钳→数铣（铣三个穿线孔）→四轴联动线切割（加工三个窗口尺寸）。

4. 加工设备

根据零件结构，采用四轴联动线切割设备，实现上下异型的立体加工，同时结合MBD技术，利用设计输出的三维模型直接编制数控线切割程序，完成零件三

个窗口的加工。

5. 加工程序

线切割程序编制时坐标的建立，可以采用以下两种方案实施：

(1) 采用设计的三维模型，即设计基准与加工基准选用相同的坐标系，建立两个辅助平面，且平行于水平面，高度差为定值（高度大于零件高度），采取类似于“上下异型”方式加工。底部的平面绘制扇形投影，投影分为两部分，避让顶端台阶圆部位采用斜投影，偏移角度 15° ，其余部位采用正投影；同理，顶部的平面也绘制扇形投影，投影分为两段，避让顶端台阶圆部位也偏移 15° 。两个扇形分别代表上、下机头的运动轨迹，实现扇形加工。如图2所示。

(2) 根据机床本身自带的“开形状”功能，即直接利用三维模型进行扇形边界投影，选取一个扇形投影，靠近圆心的边采取“开形状”功能，偏差角为 -15° ，其余三条边采用正投影加工，生成一个扇形的加工程序，再利用坐标系旋转及子程序

调用功能实现三个扇形窗口的加工，如图3所示。

经过对图2与图3所示两种方案进行对比，采用图3所示方案较为简便、快捷，加工时间较图2方案缩短1/3，因此该零件的扇形加工程序选用图3所示方案。

6. 电极参数

零件为薄壁，因此选择工作张力较大的直径0.1mm金属铜丝，提高峰值电流，使加工尺寸稳定，加大脉冲间隙，使排屑流畅。选择蒸馏水做工作液。选择合适的电介质参数，预防断丝。

7. 切削参数

加工过程中，经过一系列工艺试验，总结出加工该零件的最佳线切割参数，如附表所示。

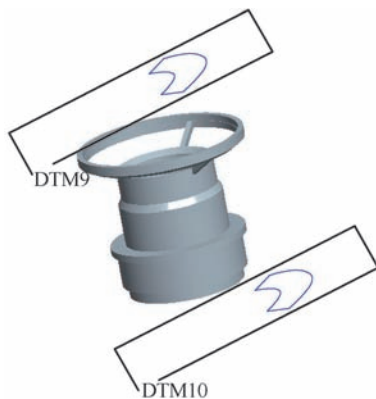


图2 线切割投影图

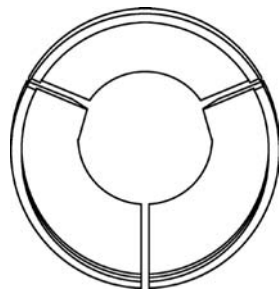


图3 线切割投影图

线切割参数表

脉冲宽度 (ON) s	脉冲间隔 (OFF) s	伺服速度 (SF) (r·min ⁻¹)	电极丝速度 (WS) (m·min ⁻¹)	背吃刀量 a_p mm
0.008	0.016	1 048	120	0.15

8. 工装设计

为了保证零件的扇形面加工每次装夹到位，不需要重新找正，设计专用线切割工装，工装通过压紧槽由螺钉固定在线切割设备工作台上，零件在工装定位孔中定位，端面压紧，以定向销定制零件加工方向，布丝通过夹具对刀孔确定加工尺寸程序的零点，完成零件的扇形加工。为了防止定向销丢失，零件每一批次加工完成后，将定向销防丢螺纹通过工装螺纹固定，以备下次再使用。工装如图4所示。

9. 实施优点

通过上述方案的实施，采用具备四轴联动线切割设备，解决了钛合金异形框架零件加工效率低的加工瓶颈问题，其优点如下：

(1) 通过建立高精度的四轴联动线切割参数，形成高精度慢走丝切割工艺规范，并具有指导意义。

(2) 建立锥度切割的相关标准编程文件，通过对相关变量的控制，实现立体切割的工艺技术能力。

(3) 掌握包括线切割的脉冲参数、加工轨迹补偿量和电极丝的移动速度等的优化选取。掌握走丝速度、电极丝张力、切割丝的材料和粗细以及工作液对切割的不同影响等内容，形成线切割作业指导书。

(4) 用数值模拟技术来模拟线切割加工过程，掌握切割变形规律，制定异形尺寸零件的切割工艺方法。

10. 结语

通过线切割的工艺流程优化、设备功能的确定、加工程序的对比、工装的设计以及切削参数的确定，零件加工效率由原来的单件20多h的电脉冲加工，缩减至现在的2h线切割加工，拓宽工艺思路，转变单一生产模式，在保证产品质量稳定的前提下，以提高生产效率和控制生产成本为目标，研究成形方式和加工方法的优劣性和适用性，在生产加工中选择最佳工艺方案，满足异形框架零件大批量生产需求，实现产品生产的经济高效目标。

参考文献：

[1] 霍孟友，张建华，艾兴. 新型阀

值比较法实现电火花放电状态检测[J]. 新技术新工艺，2000(3)：2-3.

[2] 朱延年. 数控线切割技术实训教学改革与实践[J]. 陕西国防工业职业技术学院学报，2007(12)：9-11.

[3] 陈宏钧. 实用机械加工工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，2009.

[4] 孟少农. 机械工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，2007.

MW (收稿日期：20170908)

专家点评



文章内容充实、构思新颖，根据钛合金异形框架零件的加工特征，拓宽工艺思路，对原有的电加工方法进行综合分析，转变单一生产模式，采用四轴联动的线切割工艺技术取代传统的电脉冲加工方法，完成该零件三个扇面窗口的加工，并大幅提高了生产效率。为实现上下异型的立体线切割技术提供了参考依据。

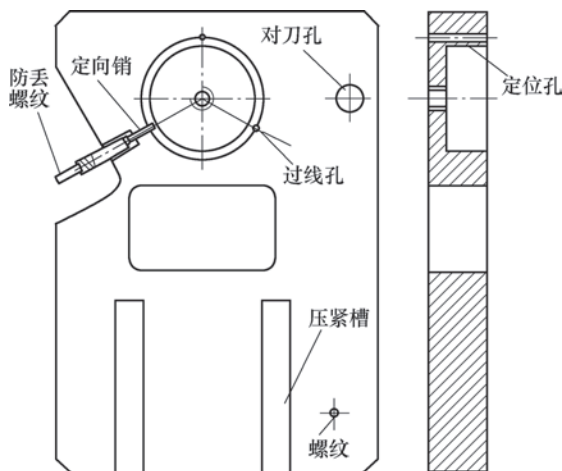


图4 线切割工装