

改善鼓筒零件内腔型面加工表面质量研究

Research on Surface Quality Improvement of Drum Cavity Machining

中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司 赵鹏飞 姜雪梅 陈亚莉 敖强 时旭

[摘要] 鼓筒零件是由五级单盘焊接而成的转动部件,零件结构复杂,精度要求高,尤其是各级盘间内腔型面,属于全封闭深腔,空间狭窄,刀具强度低且干涉现象严重,按原工艺方法加工,切削时刀具振动产生的振纹现象严重,去除困难,影响零件交付工作。通过改进鼓筒零件内腔的刀具结构方案,优化刀具切削轨迹与加工参数,解决刀具在加工时的振动问题,提高内腔表面的加工质量,满足零件图纸需求,提升发动机制造的技术水平,实现了该项技术在生产中的工程化应用,取得了明显的技术效果和经济效益。

关键词: 鼓筒 内腔 振纹 表面质量 板状刀具

[ABSTRACT] Rotating drum part is welded by five-stage single disc. The complex structure parts require highly precision machining, especially in the cavity between the disc-to-disc surface, as the part is fully enclosed deep cavity with narrow machining space left. Using the original method of machining processes, cutting tools chatter vibration and interaction are serious because of its low strength. The problem has affected the deliveries of the parts and hardly to avoid. By improving the structure of the cutting tool, the machining parameters and the cutting tool tracking are optimized which not only solves the vibration problems and improves the quality of cavity surface to meet the design requirements, but also enhances engine manufacturing technologies.

Keywords: Drum Cavity Chatter vibration Surface quality Board shaped cutting tool

鼓筒零件是由五级单盘焊接而成的转动部件,零件结构复杂,精度要求高,尤其是各级盘间内腔型面,属于全封闭深腔,空间狭窄,刀具强度低且干涉现象严重,按原工艺方法加工,切削时刀具震动产生的振纹现象严重,去除困难,影响零件交付工作。

通过改进鼓筒零件内腔的刀具结构方案,优化刀具切削轨迹与加工参数,解决刀具在加工时的震动问题,提高内腔表面的加工质量,满足零件设计需求,提升发动机制造的技术水平。

1 原工艺方法的不足

鼓筒零件由五级单盘通过摩擦焊接工艺组合成的薄壁鼓筒式结构零件,零件壁厚为 1.9mm,腹板较长且间距较小,最小仅为 25mm 左右,盘心直径为 $\phi 203\text{mm}$,深腔型面距离达 106mm,传统的深腔型面加工工艺(图 1),使用长约 400mm 的加长刀体,安装上、中、下三种非标刀板,刀板厚度仅为 10mm,刀板装夹 $\phi 6\text{mm}$ 的标准刀片,进行内腔型面加工。由于零件壁厚较薄,材料为难切削的高温合金材料,且刀具悬伸较长,刀具圆角较大、强度较低易颤动,刀具切削过程中刀片与零件接触面较长,刀具磨损严重,加工时伴有让刀及共振现象,加工后内腔表面产生振纹,为了满足图纸要求,提高零件的使用寿命及安全性,必须在零件加工后,在卧式车床上,通过高速旋转零件用砂轮片手动抛光去除振纹,抛光的时间长、安全风险大,手动抛修的力量不均匀,抛光后的表面一致性较差,极易造成尺寸超差情况发生,成为制约零件生产的瓶颈问题,且腔底直径加工后单边存

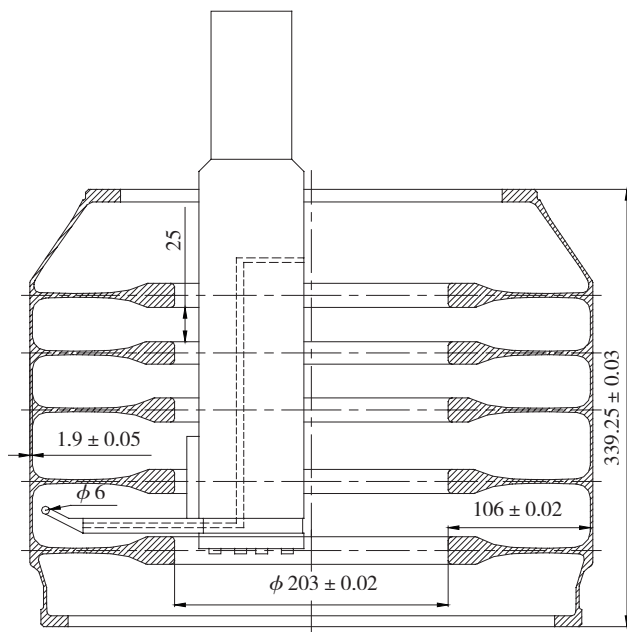


图1 传统工艺内腔加工方案示意图

Fig.1 Diagram of cavity upper surface by traditional machining process

在 0.02mm 左右的锥稍,增大了零件加工难度,深腔型面加工技术成为一个急需解决的关键技术难题。

随着航空技术的发展,对转子部件表面质量的指标要求越来越高,原有工艺方案已经无法满足发动机质量及生产进度的需求,必须改进加工的刀具与切削过程,彻底解决内腔加工表面振纹的问题,提高零件切削质量,对发动机的工作安全具有重要的现实意义。

2 加工难点分析

(1) 零件材料为镍基高温合金 GH4169,材料的硬度与强度较高,加工时切削负荷较大,表面加工硬化现象严重,刀具磨损剧烈,刀具寿命明显下降,零件加工较为困难。

(2) 刀具厚度较薄,悬伸较长,刀具刚性差、强度较低,刀具切削面积及抗力较大,让刀与振动现象严重,加剧了刀具磨损,零件尺寸精度及表面粗糙度不宜保证。

(3) 零件型面复杂,封闭型腔较多,干涉现象严重,刀具切削时在盲视状态下加工,无法观察切削情况,风险大。

3 难点解决方案

根据零件精度要求较高、型面复杂、空间狭小、刀具强度低等特点,进行工艺性分析,制定相应的措施,满足零件加工需求。

(1) 零件材料难加工,切削刀片时要选取带有适用于高温合金涂层的机夹刀片,增加刀片的耐磨性,并通过试验确定刀具磨损寿命,根据刀具寿命规划换刀点,固化切削参数,保证切削的性能。刀杆中设计内部冷却系统,通过浇注冷却液降低切削热量,保持良好的切削环境,提高切削效率。

(2) 由于零件结构限制,非标刀具结构形式基本保持原有工艺方案状态,对于切削刀片规格进行重新选择,选取切削半径较小的菱形刀片进行加工,减少切削抗力,减小让刀,控制刀具振动,提高零件的加工质量。

(3) 对于刀具与零件切削干涉情况,在尽量保证刚性的情况下,设计非标刀具时尽可能的减小刀板厚度,增加走刀空间,并在计算机中进行刀具模拟验证,保证切削的安全。

4 新工艺刀具方案的设计

为了解决原有工艺存在的问题,提高鼓筒零件内腔型面的加工精度与表面质量,新工艺方案中加长刀体仍然采用原有刀体,转接刀板分为上、中、下 3 种(刀板结构见图 2),分别用于加工内腔的上部转接、中部直径、下部转接型面,刀具采用 R0.4 的菱形刀片进行切削,由

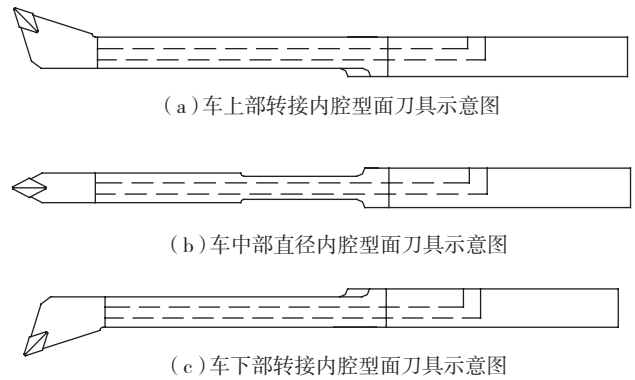


图2 刀板结构示意图

Fig.2 Diagram of cutting tool plate structure

于优化后的刀片切削半径变小,加工时刀片承受切削力减少,所以刀板的厚度相对于原有方案可以减薄,刀具的运行空间相对增加,能够改善干涉情况。

5 新工艺方案加工过程

在数控立式车床上进行鼓筒零件内腔型面加工工序,使用优化后的刀具由上至下逐级进行内腔型面的加工,加工前先将加长结构转接刀体与设备刀夹进行连接,打表拉直刀体侧面与设备主轴方向平行,紧固夹紧螺钉。

首先将中部直径刀板连接到转接刀体上,安装 R0.4mm 的小圆角菱形标准刀片,由于刀具的切削刃处于刀板中部无法对刀,所以将刀具对刀点设定在刀尖与刀板下沿交点上,将刀具信息输入刀具地址后,调用数控程序,按照设定的刀具轨迹,分为两刀加工深腔型面中部型面,切深第一刀 0.4~0.8mm、第二刀 0.2mm,切削参数设定为:转速 42r/mm;进给速度 0.15mm/r,加工第一刀后使用直径测具测量腔底尺寸,根据实际余量修改刀具磨耗值,再进行第二刀的切削,将内腔直径加工至图纸规定尺寸,加工一级内腔直径后,更换新刀片重新对刀,再向下加工下一级内腔直径型面,顺次将剩余四级内腔加工完成。

然后更换上部板状刀具,安装 R0.4mm 刀片后进行对刀,刀具原点设定在刀片切削圆弧的中心上,按照图 3(左侧)图形中刀具轨迹,调用程序切削深腔上部型面,切削参数:转速 42r/mm;进给速度 0.15mm/r;切深 0.3~0.6mm,直径方向与加工后的内腔接平,轴向上与零件原有腹板下面型面接平,加工一级后依次向下加工下一级。

最后更换下部板状刀具,安装 R0.4mm 刀片后进行对刀,刀具原点设定在刀片切削圆弧的中心上,按照

(下转第 129 页)

4.4.4 文档类 CHXP2Doc

文档类 CPkpa702Doc 是由 MFC 类库的文档类 CDocument 派生而来,它主要完成文档的建立、打开和保存。定义了 ResultArray[7][2]、ResultArrayCK[48][6] 等七个二维数组用来保存各项测试结果的。作为试验必须记录的产品号、设备号、参加人、日期、时间等信息也在这里用菜单响应函数 OnTestDevice() 和 OnTestTime() 来完成。

4.4.5 文档显示子窗口框架类 CTreeListFrm

文档显示子窗口框架类 CTreeListFrm 是由多文档子窗口类 CMDIChildWnd 派生而来。它定义了一个带有分格器的子窗口。

通过重写 OnCreateClient,用分割器窗口变量 m_wndSplitter 来创建一个一行两列的分格器窗口,两个区域分别与 TreePane 和 ListPane 建立联系。在 PreCreateWindow 通过修改结构 cs 对子窗口的大小进行了定义。

4.4.6 结果显示列表视类 CListPane

列表视类 CListPane 是由 MFC 类库的 CListView 派生而来,它以 ListView (列表)的形式对测试结果进行显示。每一项测试有多个参数,每个参数有名称、代号、允许上限、允许下限、实测值等多个字段,用 ListView 的方式可以把结果直观地显示出来。另外文档的打印和打印预览、打印所需的准备工作都在这里进行。测试完成后的休息定时器设置和显示也在这里进行。

4.4.7 试验条件对话框类 CDevice

CDevice 对话框类由 MFC 的 CDialog 派生而来,它是以对话框的形式,由操作人员输入试验条件。在对话框构造函数中,用定制串行化的方式从一个固定的文件取上次试验时的参数,这样可以避免重复输入,节省时间。在对话框的 OK 响应函数中,再把本次试验的新数据输入到文件。

5 结论

本测试软件各模块相互独立,可扩展性强,具有友好的界面,良好的可维护性,方便用户操作,另外对产品的软硬件测试相结合,检测程度深,虚警率低;目前已成功应用于某型号飞控组件产品的测试和各种试验中,为产品的研制节省了大量时间。

参考文献

- [1] 《MIL-STD-1553 DESIGNER'S GUIDE》, DDC 公司。
- [2] 洪锡军,陈彩锁,李从心. Windows 下高精度定时的实现. 计算机应用研究, 2000, 17(3): 96-97.
- [3] 武安河,周利莉. Windows 设备驱动程序开发实务. 北京: 电子工业出版社, 2001.

(责编 小城)

(上接第 124 页)

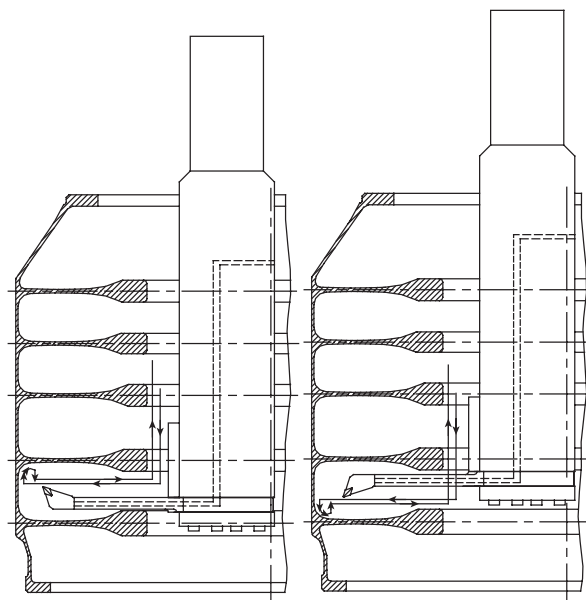


图3 加工上、下部内腔型面走刀轨迹示意图

Fig.3 Diagram of machining trace on upper and lower surface of cavity

图3(右侧)图形中刀具轨迹,调用程序切削深腔下部型面,切削参数:转速 42r/mm;进给速度 0.15mm/r;切深 0.3 ~ 0.6mm,直径方向与加工后的内腔接平,轴向上与零件原有腹板上表面型面接平,加工一级后依次向下加工下一级,完成整个零件内腔型面的加工。

按照改进后的加工方案,进行鼓筒零件内腔型面的加工工作,加工过程中刀具与零件没有出现震动现象,加工后的内腔表面达到了图纸要求的 $1.6\mu\text{m}$ 表面质量,避免了原有工艺中加工后的抛光环节,内腔表面的一致性较好,而且内腔直径让刀现象基本消除,测量同一级内腔上下部位的直径尺寸,较改进前的加工后直径相差 0.04mm 左右的情况大为改善,上下部位仅相差不到 0.01mm,加工的精度水平得到了提高,加工的效率较改进前提高了 15% 以上,刀具消耗的成本下降近 40%,改进工作取得了成功。

6 结束语

应用改进的刀具方案加工鼓筒零件腹板间内腔型面,改变了传统的加工工艺,满足了全封闭深腔结构鼓筒零件内腔加工的需要,解决了让刀及零件表面振纹现象的技术瓶颈,消除了传统加工方法中需人工抛光的工步,保证了内腔型面表面质量与尺寸要求,提高了鼓筒的加工效率与安全性,节约了加工成本,实现了该项技术在生产中的工程化应用,取得了明显的技术效果和经济效益。

(责编 亿霖)