设计专用刀具加工整体式轴承座深窄型腔

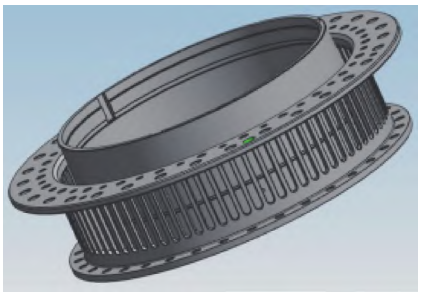
唐兰剑，王福东，吴广，徐知方，王涛
中国航发四川燃气涡轮研究院　四川绵阳　621000

摘要：某轴承座与鼠笼零件装配成了一种整体式轴承座，针对其结构特点及加工难点，设计了带加强筋瓦块式专用刀具，利用模拟件进行试制，对刀具方案及切削用量进行了验证，解决了整体式轴承座深窄型腔加工难题，试制出了合格零件。

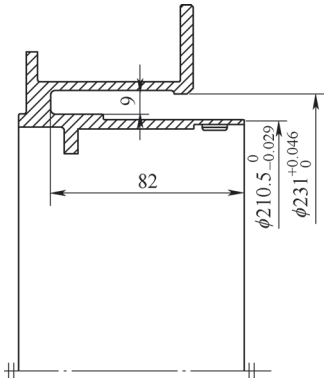
关键词：整体式；轴承座；深窄型腔；加工工艺

1　序言

在航空发动机中央传动单元体中，轴承座是重要的承力零部件之一，为发动机转子轴承安全稳定运转提供刚性支撑[1]。为了实现减振效果，通常在轴承座上装配具有弹性支承作用的鼠笼零件[2-4]。随着发动机性能的不断提升，轻量化设计已成为迫切的研究方向，因此某发动机采用了整体式轴承座，将轴承座与鼠笼设计为一体，如图1所示。目前，很多学者对单一的轴承座或鼠笼的加工工艺进行了大量研究，但对于轴承座与鼠笼组合为一体的整体式轴承座的加工，未见相关报道。鉴于此，本文针对整体式轴承座的结构特点，提出一种深窄型腔的加工工艺方法。



a）三维示意



b）设计图样

图1　整体式轴承座

2　零件结构分析

整体式轴承座的结构特点及加工难点如下。

1）零件材料为马氏体不锈钢，硬度较高，抗拉强度较大，热导率较低，属于较难切削材料。

2）这是一种全新结构的薄壁零件，鼠笼条和轴承座之间形成深窄型腔，且在薄壁的圆周上均匀分布80处鼠笼槽，要求表面粗糙度值Ra=0.8μm。

3）深窄型腔最窄处宽度仅为9mm，深度达82mm，且深窄型腔出口处还存在“倒扣”结构，即口边小里面大。导致刀具可达性差，普通的切槽刀具无法满足该深窄型腔的车削加工。

4）深窄型腔内存在多个公差等级为IT6级与IT7级的配合表面，尺寸精度要求高，对车削稳定性及测量提出了苛刻的要求。

3　试制工艺方案

针对整体式轴承座深窄型腔刀具可达性差、尺寸测量困难等加工难点，提出了设计专用刀具，再利用模拟件验证刀具及测量方式可行性的工艺方案。

3.1　专用刀具设计

对于深窄型腔的加工，不论是粗车工序还是半

精车和精车工序，解决车刀的可达性及刚性问题是关键，为此，车刀的结构设计是研究重点。车刀的结构设计主要包括刀杆悬伸长度、刀杆截面型式、刀片连接方式、前刀面的形状、几何角度、刀尖形状及断屑槽型等[5]。本文从刀具可达性、制造成本、切削性、刚性及刀具寿命等方面考虑，设计了两种专用刀具。

（1）整体式高速钢车刀　刀片与刀柄为同种材料整体制造而成，如图2所示，特点如下。

1）刀柄由刀方与悬伸部分构成，悬伸部分厚度为8mm，长度约为85mm，刀方部分截面尺寸为25mm×25mm。

2）刀柄悬伸部分长度l约为刀方高度H的3.4倍，大于一般车削时的1～1.5倍[5]，即刀柄悬伸过长，需要对其刚性进行必要的验算或仿真。

3）刀具的前刀面为平面带倒棱形，前角5°～9°，后角10°～15°，断屑槽为直线圆弧型。

4）刀具采用高速钢材料通过电火花线切割及磨削等工艺整体制造。

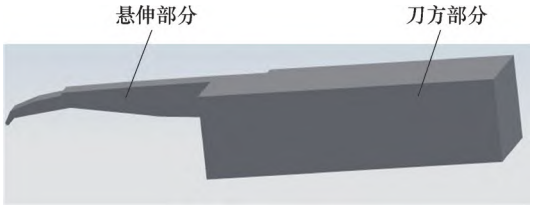


图2　整体式高速钢车刀示意

（2）焊接式硬质合金车刀　将硬质合金刀片钎焊在带加强筋的瓦块式刀柄上，如图3所示，主要特点如下。

1）刀柄由刀方与瓦块部分构成，瓦块部分截面为圆弧形，刀方部分截面尺寸为25mm×25mm。

2）瓦块部分的圆弧半径尺寸与零件深窄型腔本身结构相适应，即弧形在圆周上不受空间限制，有足够的弧长空间来满足刀具刚性需求。

3）在瓦块部分后端设计加强筋，进一步增加刀具刚性，可有效抑制刀具颤振。

4）瓦块部分下方设计有圆弧形排屑槽，便于排屑，可避免因切屑积压而划伤零件已加工面。

5）刀柄上设计出水孔，将切削液直接送达切削刃部位，强化冷却效果。

6）刀片选用YW类硬质合金，设计前刀面为平面带倒棱形，前角5°～9°，后角10°～15°，断屑槽为直线圆弧型。

7）刀片通过钎焊焊接在刀柄上，可多次更换刀片以适应不同的切削状态。

8）刀柄采用45钢，并调质处理，具有良好的切削加工性，成本较低。

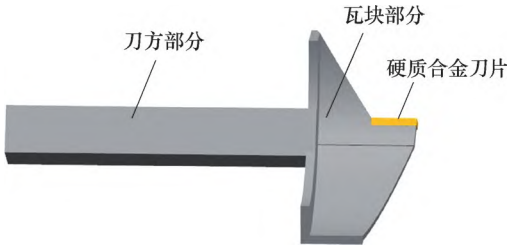
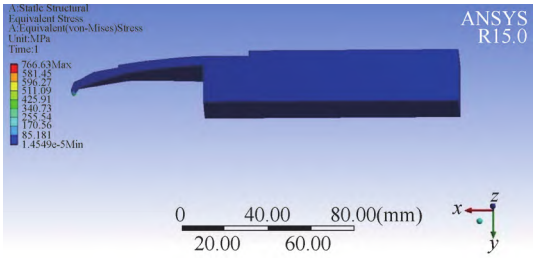


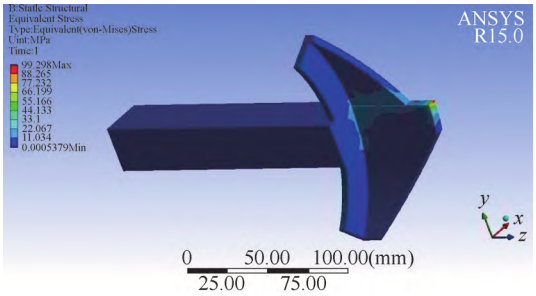
图3　焊接式硬质合金车刀示意

3.2　刀具受力仿真

为减少刀具试制次数，降低刀具试制成本，利用三维数值仿真软件ANSYS对刀具所受应力应变情况进行仿真分析。通过对两种刀具方案施加相同的切削力，模拟出刀具的应力应变情况，如图4所示。仿真分析结构表明，焊接式硬质合金车刀所受最大应变比传统刀具减少约88%，即此刀具有较高的刚性和稳定性，此刀具实物如图5所示。



a）整体式高速钢车刀仿真



b）焊接式硬质合金车刀仿真

图4　刀具产生的等效应变对比云图

3.3　模拟件设计

为验证专用刀具方案的可行性、合理性，探索出合理的切削用量，在零件正式加工之前，设计制造模拟件进行试制加工是非常必要与重要的。

根据整体式轴承座的结构特点，将深窄型腔



图5　焊接式硬质合金车刀实物

“打开”，分离为鼠笼部分与轴承座部分，即将模拟件设计为由鼠笼部分与轴承座部分组成的分体结构，分别完成两部分粗加工及半精加工，留合适的加工余量，再通过小间隙配合，装配为包含深窄型腔的组合整体结构，如图6所示。分体结构的主要优点如下。

1）分离深窄型腔为单个零件，极大地降低了加工难度；单独粗加工、半精加工分体的鼠笼部分与轴承座部分的难度远小于整体加工深窄型腔。

2）可有效验证加工策略、刀具可达性及切削效果；组合的整体结构可分解，便于测量内型腔各精度要求高的尺寸，能有效验证自制测具的准确性。

3）相较于利用整体锻件进行试制加工，分体模拟件的加工周期大幅缩短，加工成本大幅降低。

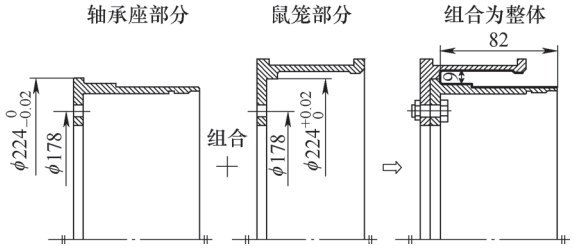


图6　分体结构模拟件示意

4　加工实例

通过上述工艺研究，首先利用分体模拟件对专用刀具的可行性与合理性进行了验证，并探索出了合理的切削用量，试制的模拟件如图7所示。最终加工的成品整体式轴承座如图8所示，经检测所有表面粗糙度、尺寸及几何公差均符合图样要求。



图7　模拟件实物

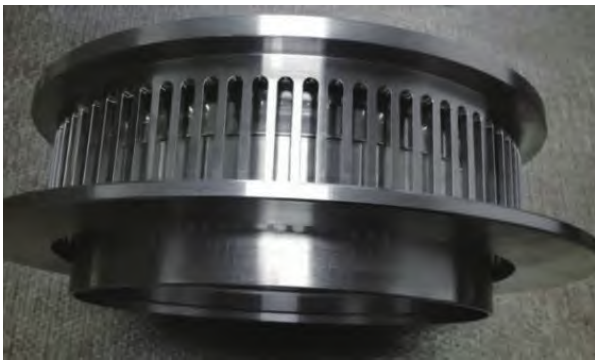


图8　整体式轴承座实物

5　结束语

1）针对整体式轴承座的结构特点及加工难点，制定了合理的工艺方案，解决了深窄型腔加工难题，成功试制了合格成品零件。

2）通过利用ANSYS仿真软件及分体模拟件对刀具、切削用量进行验证与摸索，减少了刀具试制次数，缩短了试制周期，节约了试制成本。

3）带加强筋瓦块式焊接式硬质合金车刀对解决深窄型腔的加工具有良好效果，也为类似结构零件的加工提供了一种工艺方案。

参考文献：

[1] 王天一，梁伟，马增祥. 钛合金锻制涡轮轴承座在航空发动机上的应用[J]. 锻压装备与制造技术，2022，57（3）：71-73.

[2] 陈庆华. 航空发动机鼠笼零件的加工工艺研究[D]. 大连：大连理工大学，2018.

[3] 李明明，王东强，陈坤旭，等. 鼠笼弹性支承结构优化设计方法[J]. 科学技术与工程，2021，21（9）：3834-3839.

[4] 李贵林，李晓明，赵行明，等. 组合弹性支承结构的设计与试验研究[J]. 燃气涡轮试验与研究，2006（3）：53-57.

[5] 袁哲俊，刘献礼. 金属切削刀具设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2018.

MW 20250202