

细长调节杆精密加工

张勇峰

(西安航天发动机厂, 陕西 西安 710100)

摘要: 调节阀中重要零件调节杆的加工精度较以往产品大幅提高, 给机械加工带来很大困难。通过对产品结构特点、加工工具性能等的分析, 采取了调整加工设备、制定合理的工艺方案、对材料进行消除变形热处理等保证加工精度的措施成功地加工出了符合设计精度要求的产品。

关键词: 调节杆; 精密加工; 工艺方法

中图分类号: V46

文献标识码: A

文章编号: (2010) 04-0045-04

Precision finishing of a slender regulating rod

Zhang Yongfeng

(Xi'an Space Engine Factory, Xi'an 710100, China)

Abstract: High machining precision of the regulating rod of a control valve was demanded. In order to solve the machining difficulties, characteristics of the regulating rod and performance of the machining equipments were analyzed. Measures as machining equipment changing, proper processing approach selection and heat treating for distortion eliminating were discussed in this paper. All the efforts result in successful high precision finishing of the product.

Key words: regulating rod; precision finishing; machining technique

0 引言

某调节阀调节杆精度较以往产品有了大幅度的提高, 以往零件的精度一般在 0.01~0.05mm,

角度公差最精也只有 15', 而现在调节杆的精度要求在 0.005mm 左右, 角度公差只有 30"。零件精度的提高给机械加工增加了很多难点, 针对调节杆的加工难点, 通过理论分析和多年的实践经验, 提出了解决这些难点的工艺方案、加工工

收稿日期: 2010-01-09; 修回日期: 2010-03-17。

作者简介: 张勇峰 (1971—), 男, 高级技师, 研究领域为火箭发动机精密零件加工。

艺、测量方法及技巧并成功应用于产品加工中。

1 调节杆加工难点

1.1 零件结构

调节杆(见图1)零件材料为TC4,属于细长轴零件,图中4处尺寸公差或形位公差小于0.01mm,5处尺寸公差或形位公差小于等于0.02mm,最容易出现的是弯曲变形。

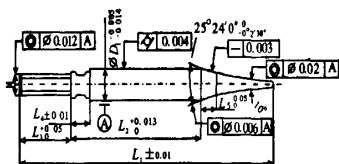


图1 调节杆结构示意图

Fig.1 Schematic of the regulating rod

1.2 难点分析

车加工如图1所示零件 $\Phi D_{1-0.014}^{-0.005}$ 外圆时必然要用到中心钻及活顶尖,它们相对于主轴的同轴度必须小于0.001mm,一般车床无法保证这种精度。

调节杆属于细长轴零件,加工中所受到的径向切削力越小越好,这样就需要既锋利、刀尖圆角又小的刀具,刀尖圆角必须小于R0.03mm。

工艺方面,零件精度要求高,加工中的材料应力释放会使零件产生变形,导致尺寸或形位公差超差;零件加工合格后,放置不当、轻微的震动、受外力以及自身重量都会使零件发生变形;最小直径仅约 $\Phi 1$ mm,加工该处必然会出现让刀及弯曲变形现象,零件10°锥体轴线相对于基准A的同轴度误差不超过 $\Phi 0.02$ mm的公差保证困难;零件多次装夹容易发生变形,同轴度的要求不易保证;零件装夹定位难以保证零件长度公差。零件的长度尺寸 $L_1 \pm 0.01$ 、 $L_4 \pm 0.01$ 公差较小,每次测量时均需要卸下零件,因此零件的重复装夹定位精度就显得非常重要。

测量方面,零件尺寸及形位公差如 $L_2^{+0.013}_0$ 、 $L_3^{+0.05}_0$ 、直线度误差0.003mm、角度25°24'无法直

接在加工中测量,需加工中卸下零件用专用仪器进行计量,且计量存在误差,缩小了加工公差。

另外,普通金属材料都有热胀冷缩的特性,零件尺寸会随周围环境温度的变化而变化,高精度的零件必须在相对恒温的环境里加工及检测,而现有零件加工是在普通的空调厂房里,难以满足高精度零件的加工要求。

2 解决方案

2.1 调整设备

加工 $\Phi D_{1-0.014}^{-0.005}$ 外圆使用一夹一顶的方式进行装夹,夹持零件左端台阶顶住右端预留夹头。为了保证零件加工后不发生弯曲变形,因此选择了主轴精度在0.001mm的肖柏林150精密车床,又对中心钻及活顶尖相对于主轴的同轴度找正调整到小于0.001mm。

2.2 工艺方案

对零件右端预留6mm长工艺夹头,用来精加工 $\Phi D_{1-0.014}^{-0.005}$ 外圆时加工中心孔;粗加工两端外形,周边预留0.5mm余量;半精加工两端外形,周边预留0.15mm余量,线切割 $L_4 \pm 0.01$ 范围内的两处凹槽;精加工 $\Phi D_{1-0.014}^{-0.005}$ 外圆;精加工左端外形,控制 $L_3^{+0.05}_0$ 为 $L_3 \pm 0.01$;精加工右端角度25°24'及10°;精加工左端,修整 $L_2^{+0.013}_0$,修整 $L_3^{+0.05}_0$,修整 $L_4 \pm 0.01$ 。

2.3 解决零件变形

为了解决材料应力变形问题,在零件粗加工后半精加工后对其分两次进行了消除变形热处理,确保了精加工时材料的稳定性。

为了解决零件加工合格后,因放置不当、轻微的震动、受外力以及自身重量而发生变形,制做了专用运输箱,并制定了以下技术措施:

a) 零件所有工序过程中,只能停放在专用工装调节杆巢(图2)内,保持竖直放置,禁止水平、倾斜放置。计量检测时,允许水平放置,检测后应立即将零件竖直停放在专用工装调节杆巢内。

b) 零件的周转、运输, 必须使用专用工装调节杆巢, 禁止将装有零件的调节杆巢直接放在运输工具上运输, 应放置在 20mm 厚海绵上或人工周转, 并保持零件直立。

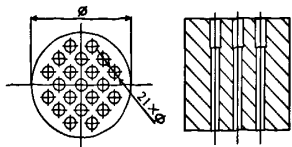


图2 调节杆巢

Fig.2 Regulating rod nest

c) 所有工序操作者, 应轻拿轻放零件, 禁止对零件进行冲击, 无关人员禁止接触零件。

为了防止零件在热处理过程中产生较大的变形, 为热处理工序设计了不锈钢调节杆巢, 使零件在热处理时仍能保持竖直放置。

为了保证零件在多次装夹后不变形, 又要保持 0.001mm 的重复定位精度, 同时保证同轴度要求, 采用铜材直变径套 (图 3a) 来装夹零件。为了使变径套与零件配合间隙良好, 在直径公差 0.005mm 的范围内加工了 3 种规格。

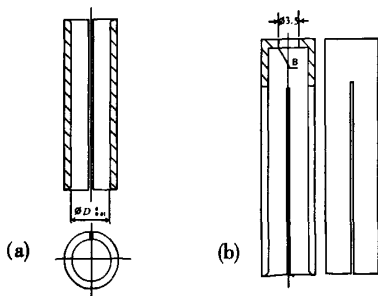


图3 直变径套和增强变径套

Fig.3 Straight and reinforced reducing sleeve

针对右端直径太小, 加工过程中必然会出现让刀及弯曲变形现象, 零件右端 10° 锥体轴线相对于基准 A 的同轴度误差不超过 $\Phi 0.02\text{mm}$ 的公差也就成了一个难点。为了解决这个难点, 设计了增强变径套 (图 3b)。加工零件 10° 锥体时, 先用变径套夹持 $\Phi D_{-0.005}^{-0.014}$ 外圆加工 $\Phi 3.5$ 以左的部位, 再用增强变径套夹持 $\Phi D_{-0.005}^{-0.014}$ 外圆, 使已加工好的锥面顶在图示 B 处, 加工 $\Phi 3.5$ 以右的部

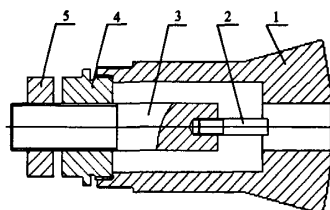
位, 这样 $\Phi 0.02\text{mm}$ 的同轴度公差就可以保证了。

2.4 精修刀具

若要在加工中使零件受到小的径向切削力, 需要锋利且刀尖圆角又小的刀具, 刀尖圆角必须小于 $R0.03\text{mm}$ 。购买的成品机加刀具, 刀尖圆角小于 $R0.03\text{mm}$, 但是前角小于等于 3° , 不够锋利, 不能满足零件的加工要求。选用 YW2A 牌号的硬质合金刀具, 将前角磨为 $10^\circ\sim 12^\circ$, 刀尖圆角约为 $R0.02\text{mm}$, 由于无法直接检测, 采用在 50 倍放大镜下与 0.02mm 厚塞尺比较的方法将刀尖圆角刃磨合格。

2.5 长度定位

零件的几处长度公差较小, 每次测量时均需要卸下零件, 装夹时又无法在夹罐中准确定位。因此, 设计了主轴后定位的定位装置 (图 4), 将零件的重复装夹定位精度控制在 0.002mm 之内。



1-夹罐; 2-定位块; 3-螺杆; 4-调节螺母; 5-固定螺母

图4 定位装置

Fig.4 Positioning device

2.6 测量方案

为了验证设备加工的精度, 计量的准确性, 加工了六种模拟试件, 车成不同及相同精度等级的零件进行计量。 $L_2^{+0.013}_0$ 加工及计量误差小于 0.002mm , $L_5^{+0.05}_0$ 误差小于 0.005mm , 直线度 0.003mm 误差小于 0.0005mm , 角度 $25^\circ 24'$ 误差小于 $20''$ 。结果表明, 计量方法精确、可行。

2.7 环境问题的解决

据有关资料, 材料 TC4 长度为 100mm 时, 常温下温度每变化 1°C , 长度会发生 0.0008mm 的变化。精加工设备原本在温度变化约 10°C 的厂房中, 这显然不能保证零件的精度要求。将该设备环境改造后, 室温达到 $20^\circ\text{C}\pm 1^\circ\text{C}$ 的要求, 为精密加工提供了条件。

3 结论

对于细长调节杆零件精密加工, 保证加工质量的关键是减小和控制加工过程和加工后的变形, 为了控制加工过程变形, 可采用增加工序热处理、减少径向切削力以及辅助装夹工装等措施。

提高细长调节杆零件的工艺刚度, 合理进行工艺规划, 选择合适的刀刃形状、切削方法和切削参数, 可以保证零件的加工精度。

参考文献:

[1] 梁炳文. 机械加工工艺与窍门精选[M]. 北京: 机械工业

出版社, 1997.

[2] 郑文虎主编. 机械加工实用经验[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.

[3] 马忠文. 某型号液体火箭发动机启动阀门锁位可靠性试验方法[J]. 火箭推进, 2003, 29(3): 25-31.

[4] 朱张校主编. 工程材料 (3 版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.

[5] 马丽珍. 阀门台座加工工艺[J]. 火箭推进, 2005, 31(3): 44-47.

[6] 吴敏镜. 超精密加工技术的现状和展望[J]. 航空精密制造技术, 2002, (3): 1-6.

[7] 张国栋, 周海, 范旭迁. 高同轴度精密零件的加工方法[J]. 沈阳航空工业学院学报, 2002, (2): 20-22.

(编辑: 陈红霞)

(上接第 44 页)

3.3 综合分析 with 误差分析

用同一批 PCTFE 压制的试片与制品的结晶度和力学性能均有较大差别, 试片的力学性能不能直接反映制品的力学性能; 试片工艺、结晶度与力学性能的对对应关系和制品工艺、结晶度与力学性能的对对应关系均较强, 调节工艺可以提高力学性能。

试验中测试结果散差较大, 可能与以下几个因素有关: 1) 制品压制在开放式环境下, 受环境因素影响较大; 2) 结晶度测试带来的测量误差; 3) 力学性能测试误差。

4 结论

试片的力学性能不能直接反映制品的力学性能, PCTFE 制品的结晶度与常温、低温力学性能对应关系较强, 通过控制 PCTFE 制品压制工艺参数和工艺方法, 改变结晶度能够提高制品的力学性能, 稳定制品的质量, 但此对应关系并非简单的线性关系, 需进一步严格控制生产环境, 缩小测量误差, 通过大量实验, 建立压制工艺、结

晶度、力学性能之间的函数关系指导生产实践。

参考文献:

[1] 龚云表, 石安富. 合成树脂与塑料手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1994.

[2] 黄锐. 塑料成型工艺学 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.

[3] 刘振海, 富山立子. 分析化学手册第八分册热分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.

[4] 何曼君, 陈维孝, 董西侠, 等. 高分子物理[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1993.

[5] Hoffman D M, Matthews F M, Pruneda C O. Dynamic Mechanical and Thermal Analysis of Crystallinity Development in Kel-F800 and TATB/ Kel-F800 Plastic Bonded Explosives: Part I, Kel-F800[R]. UCRL 98560 Pt.1

[6] 姜潮, 贾宝新. 充气阀阀芯直接模压成型工艺研究[J]. 火箭推进, 2006, 32(1): 49-51.

[7] 陈风波, 王立峰. 运载火箭用典型低温密封材料[J]. 宇航材料工艺, 2009, (3): 15-18.

[8] 舒远杰, 王新锋, 谢惠民, 等. 结晶特性与制造工艺对炸药件力学性能的影响[J]. 实验力学, 2006, (2): 57-62.

(编辑: 陈红霞)