

低速柴油机活塞杆细长轴超高精度磨削工艺研究及验证

齐 勇

(安庆中船柴油机有限公司, 安徽 安庆 246005)

摘 要: 针对某型低速船用柴油机活塞杆杆身细长轴结构且加工精度要求高的特点, 开展磨削工艺研究, 制定了多套磨削工艺方法, 并在多轮次工艺试验验证的基础总结出切实可行的加工工艺, 解决了该类活塞杆的加工难点。该工艺方法的研究可为类似零部件的加工提供参考。

关键词: 低速柴油机; 活塞杆; 细长轴; 加工工艺

中图分类号: TK426 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2018)02-0049-04

Research and Verification of High-Accuracy Grinding of Low Speed Diesel Engine Piston Rod Slender Axles

Qi Yong

(Anqing CSSC Diesel Engine Co., Ltd., Anhui Anqing 246005)

Abstract: Aiming at the high precision requirements of the structure and processing of the piston rod slender axles of a low speed marine diesel engine, the grinding process was studied and several grinding methods were developed. On the basis of many times of test verification, the process difficulties were solved. The research of this process method provides references for the machining of similar components.

Key words: low speed engine; piston rod; slender axles; process method

0 引 言

某型低速船用柴油机活塞杆结构细长, 两端带连接法兰, 杆身为中空圆柱体(图1), 杆身外圆表面淬火硬化处理, 具有较高的抗拉强度和刚度。柴油机工作时活塞杆承受周期多变的气体力和惯性力的作用, 其加工质量将直接影响柴油机的性能和寿命。而该型活塞杆杆身淬硬外圆部位的各项精度要求极高, 对其开展磨削加工工艺方法的研究和确认意义重大。

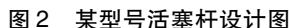
1 工艺难点分析

从该型号活塞杆设计结构和精度要求分析, 最主要的加工难度集中在: (1) 该活塞杆杆身外圆

直径 $\Phi 150h6$, 有效圆柱长度 1 963.8 mm, 且要求圆度 0.01 mm, 圆柱度 0.02 mm, 表面粗糙度 Ra0.4, 这样超高的精度要求对于磨削是个极大的挑战; (2) 两端顶尖用基准孔在淬火回火前后及深孔加工前后作转换处理。该型号活塞杆设计图见图2。

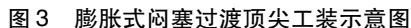


图1 某型号活塞杆实物



(5) 同一进刀坐标切入磨法光出杆身两侧外圆, 反复测量、调整、验证工件床身两顶尖轴线与砂轮纵向走刀是否平行一致;

(2) 设计闷塞式过渡顶尖工装, 用于满足现有普通活络顶尖的使用要求。进一步分析: 深孔专机钻深孔的孔径公差保证精度不高; 实测表明: 单配过盈式闷塞顶尖工装通用性不强, 不能满足量产需求。因此设计了膨胀式闷塞过渡顶尖工装, 如图 3 所示。



依据上述工艺分析及工艺方案,精磨前一道精车工序由于反镗深油孔底部 R15 的加工需要,小

端 $\Phi 48$ 孔必须钻、扩、镗孔加工, 即精磨工序工件两端无工艺顶尖孔。对此, 制定了两套定位装夹解决方案。

(1) 两端都采用大规格的高精度伞形回转顶尖, 直接顶住两端孔口。

(2) 在前一道精车工序时将两端孔口加工成工艺基准孔, 按照 0.02 mm 的过盈量设计过盈闷塞式过渡顶尖工装, 用于保证基准的工艺转换。同时, 为了方便工装使用完毕后轻松取出, 同步设计了拔销式拆卸工装。考虑到工装的拔出极有可能会造成孔壁的拉痕, 在最后一道两端的镗铣工序中将两端孔径按上公差要求进行精镗光刀处理。经实物验证, 该方案能满足精磨工序加工要求。具体工装如图 4 所示。

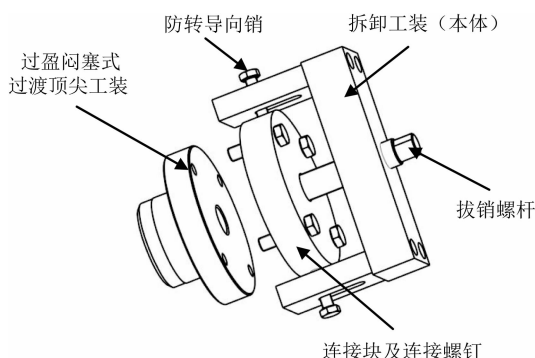


图4 过盈闷塞式过渡顶尖工装及拆卸工装示意图

上述两种方案都能很好地解决工件精磨定位装夹问题。方案(2)采用的是过盈配合的定位连接方式, 不仅能保证精磨工序连接稳定可靠, 还较好地排除了工艺基准的转换误差, 保证了前一道精车工序各成形表面与精磨工序各成形表面之间的相对位置要求。该方案经实物验证, 满足精磨工序要求。

3.2 磨削工艺研究与验证

杆身的精度要求: 外圆直径 $\Phi 150\text{ h}6\text{ mm}$, 有效圆柱长度 $1\,963.8\text{ mm}$, 且要求圆度 0.01 mm , 圆柱度 0.02 mm , 如图 5 所示。对于这样超高精度的要求除须将机床性能调整到最佳, 还必须进行多次试磨试验, 以掌握与之匹配的磨削方法和技能。

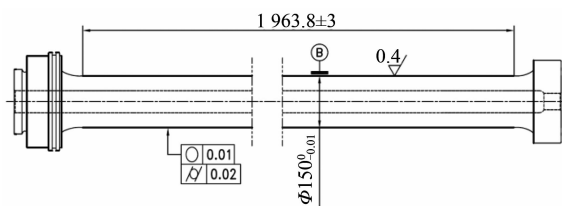


图5 磨削工艺难点工序示意图

从安全考虑, 选用 $\Phi 160 \times 2\,300\text{ mm}$ 长的圆钢作为等效磨削试样进行磨削试验。按照以下既定的精磨工艺方案进行试磨。

(1) 两端活络顶尖装夹, 顶尖顶紧压力调整至 1.5 MPa (根据工件大小依经验初步选定, 待工件光出后进行检验, 验证匹配情况, 视情况调整再验证, 直至满足加工要求)。

(2) 等距离选定 4 个支撑档位置, 布置支撑托架。支撑档选定不宜过多, 满足要求即可, 过多支撑点增加了磨削过程中人为干扰调节的频次, 风险也会随之加大。

(3) 按同一进刀坐标切入磨法光出杆身头尾两侧外圆, 根据实测值调整工件床身两顶尖轴线与砂轮轴向走刀平行一致, 修正磨削锥度, 反复切磨光出、测量、调整、验证, 确保两侧尺寸误差控制在 0.01 mm 以内。

(4) 按照先依次切磨光出两侧支撑档, 再切磨光出中间两档支撑外圆的顺序光出支撑档外圆, 同时, 依次调整支撑托架, 打表监控支撑档外圆跳动情况, 如此反复, 逐步修正, 确保支撑档外圆与工件两端顶尖在同一轴向上。

(5) 依然采用磨削效率较高的切入磨法进行粗磨削, 多次进砂轮切入接磨杆身外圆至同一尺寸, 注意: 长时间磨削, 受磨削热的持续影响, 必然会造成工件变形拉长, 顶尖顶紧压力增大, 切记要重新回调顶尖顶紧压力, 避免发生弯曲变形。

(6) 采用纵向法进行半精磨、精磨杆身外圆, 按照磨削余量 $0.02 \sim 0.03\text{ mm}$ 进行纵向走刀磨削加工, 中心托架调整跟进, 打表监测各档外圆跳动允差 $\leq 0.01\text{ mm}$, 同时监控顶尖顶紧压力情况。

经过几轮上述磨削试验, 验证情况如下:

(1) 基于工件转速 $14\text{ (r} \cdot \text{min}^{-1})$, 砂轮 (砂轮直径 $\Phi 900\text{ mm}$) 转速 $370\text{ (r} \cdot \text{min}^{-1})$, 进给量 $0.02 \sim 0.03\text{ (mm} \cdot \text{r}^{-1})$ 的条件, 连续磨削 4 h , 顶尖顶紧压力增加 $0.15 \sim 0.25\text{ MPa}$ 。长时间连续磨削加工时须时刻监测顶尖顶紧压力变化情况, 必要时重新调整顶尖压力, 确保最终磨削要求。

(2) 采用切入磨法进行磨削, 因砂轮宽度有限, 而杆身长, 因此须分多刀切入。每档切入外圆直径的保证都须经切入光出、测量、再切入磨削、再测量的过程, 操作过程繁琐; 多次进砂轮切入接磨杆身外圆至同一尺寸所需时间较长, 容易出现操作疲劳, 各切入档尺寸误差难以保证, 易造成接刀痕现象。因此, 该磨削方法不太适合该类零件杆身外圆的精磨成型加工; 但相比纵向走刀的磨削方法

其效率高, 适合于类似细长光杆外圆部位的高效去除磨削余量的粗、半精磨加工。

(3) 根据试验确认与之匹配的顶紧压力, 以及工件床身轴线与砂轮纵向走刀调整一致的前提下, 采用纵向走刀法精磨杆身外圆, 按照磨削余量 $0.02 \sim 0.03 \text{ mm}$ 进行纵向走刀磨削加工, 中心托架调整跟进, 打表监测各档外圆跳动允差 $\leq 0.01 \text{ mm}$, 同时监控顶尖顶紧压力变化情况的磨削工艺方法, 能满足该类细长轴工件超高精度磨削加工的要求, 并在实际零件的加工中得到验证。

3.3 光整加工技术研究及验证

活塞杆杆身外圆表面质量要求很高, 为了进一步提高杆身外圆表面质量, 采用工件与抛光带双旋转的抛光形式, 即通过车床带动工件低速旋转, 选用宽度 30 mm , 圆周长 $1\,800 \text{ mm}$ 的 $240 \sim 280$ 目抛光带, 设计并采用如图 6 所示的气动外圆抛光工具, 经实物抛光验证, 操作简便, 满足光整加工要求。

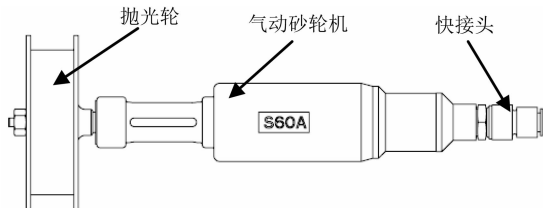


图 6 气动外圆抛光工具示意图

活塞杆深油孔孔壁表面粗糙度要求 $Ra6.3$, 由于孔径较小, 深度约达 $2\,000 \text{ mm}$, 深孔钻削过程时间较长, 受刀具磨损、铁屑排除不畅等不利因素

的影响, 孔壁表面质量不是很理想, 须通过抛光提高深孔内壁表面质量。对此设计了如图 7 所示的深孔抛光工具, 效果良好。

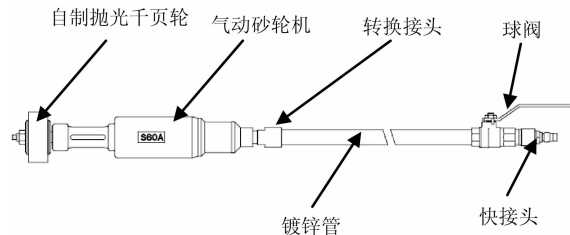


图 7 深孔抛光工具示意图

4 结 论

通过开展低速柴油机活塞杆细长轴超高精度磨削工艺研究及验证工作, 较好地解决了活塞杆杆身外圆直径尺寸公差 $h6$, 有效圆柱长度近 2 m , 且整体圆度 0.01 mm , 圆柱度 0.02 mm , 表面粗糙度 $Ra0.4$ 高精度加工要求的技术难题; 同时解决了深孔抛光问题。该方法对同类产品的工艺开发具有一定的借鉴和指导价值。

参考文献

- [1] 浦艳敏. 金属切削刀具 - 几何参数设计 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [2] 黄健求. 机械制造技术基础 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [3] 王先逵. 机械加工工艺手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

(上接第 40 页)

参考文献

- [1] 中国国家标准化管理委员会. 船用柴油发电机组: GB/T 13032-2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [2] 中国国家标准化管理委员会. 强复式内燃机驱动的交流发电机组: GB/T 2820-1997 [S]. 中国标准出版社, 1997.
- [3] Nuclear power engine committee of the IEEE power engineering society. IEEE standard criteria for diesel-generator icnits applied as standby power supplies for unclear power generating stations; IEEE 387-1995 [S]. USA: The In-

stitute of electrical and electronics engineers, Inc, 1995.

- [4] 国家技术监督局. 电能质量 公用电网谐波: GB/T 14549-1993 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1994.
- [5] 孙斌, 张全成, 陈苏生, 等. 能量自循环电力电子负载在低压开关测试中的应用研究 [J]. 机械制造, 2013 (3): 82-84.
- [6] 付青, 陈淑华, 李湘峰, 等. 新型电池检测馈电节能系统的研究与设计 [J]. 电力电子技术, 2011, 45 (4): 103-105.
- [7] 姚远. 船舶发电机组电子模拟负载的研究 [D]. 大连: 大连海事大学, 2014.