

喷油泵柱塞螺旋供油边棱磨削新工艺

王建国¹, 郭巨寿², 于 霞², 王惠忠², 王 斌²

(1. 海军驻大同地区军事代表室, 山西大同 037036; 2. 山西柴油机工业有限责任公司, 山西大同 037036)

摘 要: 结合某型号柴油机喷油泵柱塞螺旋供油边棱的特殊结构和性能指标, 阐述了柱塞供油边棱的结构、功能特点, 针对该柴油机喷油泵柱塞复合螺旋供油边棱制定了合理可行的加工工艺, 采取新型砂轮成型修整工具修整砂轮, 完成了柱塞复合螺旋供油边棱的磨削, 为该型号柴油机燃油喷射系统国产化奠定了基础。

关键词: 柱塞; 复合螺旋供油边棱; 成型修整; 磨削工艺

中图分类号: TK423.8⁺4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2010)03-0036-04

New Grinding Technology for Spiral Fuel Supply Edge of Fuel Injection Pump's Plunger

Wang Jianguo¹, Guo Jushou², Yu Xia², Wang Huizhong², Wang Bin²

(1. Naval Deputy Office in Datong Area, Shanxi Datong 037036;

2. Shanxi Diesel Engine Industries Corporation LTD., Shanxi Datong 037036)

Abstract: The spiral fuel supply edge of a diesel engine's fuel injection pump is introduced on its special structure and performance parameters. Thus the construction and function characteristics of plunger's fuel supply edge are expounded. Reasonable and feasible machining technology for the diesel engine's plunger compound spiral fuel supply edge was determined. It adopted new grinding wheel molding and dressing tool to modify the grinding wheel, and accomplished the grinding of fuel supply edge. It laid a foundation for the domestically production of fuel injection system of this engine type.

Keywords: plunger; compound spiral fuel supply edge; molding and dressing; grinding technology

1 前 言

柱塞偶件是柴油机燃油喷射系统最重要的精密偶件之一, 由柱塞和柱塞套组成。其工作原理为: 柱塞在柱塞套内的往复运动, 完成喷油泵吸油、泵油的过程; 基本作用是: 加压燃油、控制供油时间和供油计量。其技术指标和精度指标要求高, 产品结构特殊, 产品质量对燃油喷射系统的供油均匀性、许用泵端喷射压力、系统的可靠性以及柴油机燃油工作过程和性能指标有很大的影响, 直接影响到柴油机的正常工作和可靠性。其中柱塞头部设计

有控制喷油量的斜向直槽或螺旋槽等结构的供油边棱, 由中心孔或纵向直槽实现燃油在柱塞顶部空间流动。喷油泵工作时, 柱塞在齿杆拉动下在柱塞套内转动, 由柱塞上的供油边棱控制柱塞套上的进回油孔的关闭, 进而决定喷油量和喷油终了的时间。因此柱塞供油控制边棱的加工质量对柴油机燃油喷射系统工作过程和性能指标有很大的影响。

柱塞设计中最重要部位就是直槽式、螺旋槽式或各种复合型式的供油控制边棱。常用柱塞螺旋供油边棱的基本形状有两种: 螺旋线形供油控制边棱和直线形供油控制边棱, 其中螺旋结构又分为开

收稿日期: 2010-03-11

作者简介: 王建国(1968-), 男, 工程师, 主要研究方向为动力系统结构优化设计, E-mail: wuxinying202@yahoo.com.cn。

放式和封闭式。本文研究的柴油机喷油泵柱塞采用的是复合螺旋线形螺旋供油边棱, 国内产品无此型式, 该结构对改善喷油泵供油均匀性、预防穴蚀有极大的作用。

2 产品结构特点

该柴油机系德国 MTU 公司引进产品, 其燃油喷射技术为 BOSCH 公司独有, 柱塞螺旋供油边棱设计独特, 结构简图见图 1。该螺旋供油边棱虽然为螺旋形式, 但螺旋槽为 90° 与 30° 复合结构, 其精度要求如下:

- (1) 螺旋供油边棱升角为 $29^\circ 20'$, 旋向为右旋;
- (2) 螺旋供油边棱为柱塞轴线成 90° 垂直面(升角为 $29^\circ 20'$)与径向成 30° 平面(升角为 $29^\circ 20'$)的复合形状;
- (3) 30° 表面为 $Ra0.4$, 90° 表面为 $Ra0.8$;
- (4) 螺旋供油边棱导程 $t=30$;
- (5) 螺旋供油边棱与理论形成线之间的误差为 $\pm 0.02 \text{ mm}$;
- (6) 基准设计尺寸精度 $L \pm 0.02 \text{ mm}$;
- (7) 两螺旋供油边棱在 M-M 平面上母线之差为 $\pm 0.01 \text{ mm}$ 。

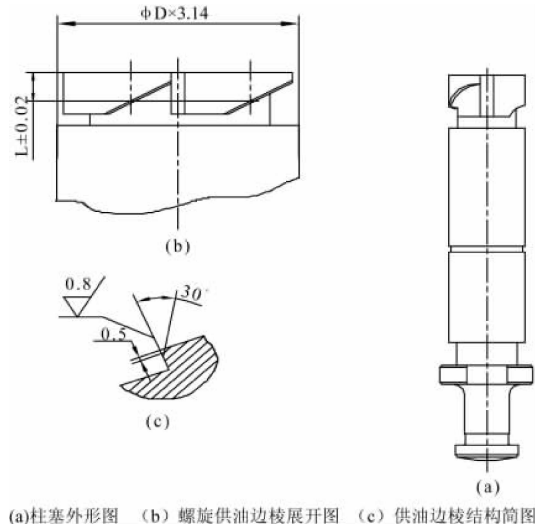


图 1 柱塞结构示意图

3 加工工艺现状分析

目前国内柱塞螺旋供油边棱加工方案为: 柱塞螺旋供油边棱铣削加工(专用立式铣床)——淬火——柱塞螺旋供油边棱粗磨(柱塞螺旋供油边棱磨床)——柱塞螺旋供油边棱精磨(柱塞螺旋供油边棱磨床)。工艺装备只能适用于直槽式或单一形状

的螺旋槽结构。公司现有柱塞供油控制线磨床为前苏联生产的设备, 建厂初期投入使用。该机床采用专用靠模、曲柄摇杆机构控制柱塞的往复和旋转运动, 砂轮主轴控制轴向和径向磨削深度, 系为早期产品单一的供油控制边棱结构柱塞配备, 磨床不具备磨削与柱塞径向成 30° 带升角的斜面结构。而引进型号柴油机燃油喷射系统配套柱塞的特殊螺旋供油边棱, 决定着柴油机的性能指标和可靠性, 对燃油喷射系统供油的一致性和可靠性有很大的影响。国内厂家所加工的柱塞供油控制边棱多为斜槽结构, 没有螺旋槽为 90° 与 30° 的复合结构, 所以此结构设计在国内没有加工先例, 无合适的加工方案及加工设备, 成为加工研制该项目的一大难题。柱塞螺旋供油边棱结构对比见图 2。

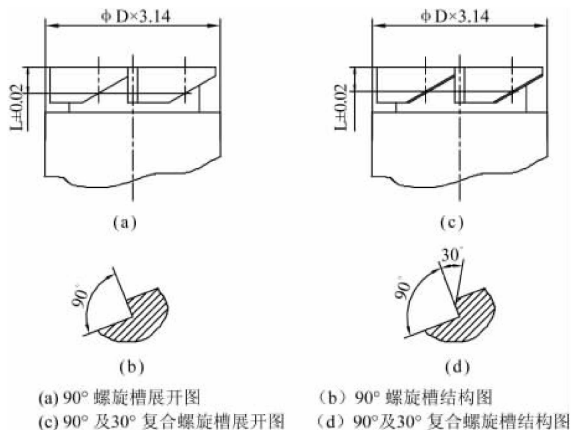


图 2 柱塞表面双螺旋槽展开对比图

在前期国产化研制过程中柱塞供油边棱采用常规单一螺旋结构替代, 试验表明, 单一螺旋结构对柴油机及喷油泵的性能指标和可靠性有较大的影响, 特别是存在穴蚀问题, 因此解决柱塞复合螺旋供油边棱的磨削问题是实现国产化的关键环节和技术难题。

4 技术措施

4.1 技术方案和修整装置设计思路

结构特殊性决定了柱塞供油控制边棱加工工艺的复杂性, 加工时, 工件需要做径向及轴向运动, 砂轮做旋转运动实现对工件的磨削, 砂轮上下移动控制供油边棱的磨削深度, 工作台旋转一特定角度保证柱塞供油控制线的导程。而实现柱塞 90° 与 30° 复合结构供油控制线的磨削方案将更加复杂, 一般有两种方案: 1) 砂轮主轴本身与工件成 30° 装夹关系, 可通过砂轮旋转直接磨成 30° , 当砂轮主轴恢复到 90° 位置时再磨削 90° , 这种方案只有在

进口数控万能工具磨床上才能实现,但此设备价格很昂贵,一般为 500~600 万人民币;2)用成型砂轮直接磨削柱塞供油控制线,这种方法虽然可行,但对砂轮修整装置精度要求极高,柱塞供油控制线 30°完全靠修整装置精度保证,这就对修整装置的设计提出了更高的要求。

根据实际情况,经过分析研究,决定设计新型砂轮修整装置。先把砂轮修整为 90°形状,进行柱塞供油边棱 90°磨削工步,然后将修整装置锁紧机构打开,将修整工具修整杆部位旋转 30°并再次锁紧,实现对柱塞 30°供油控制螺旋边棱的磨削。通过修整装置对机床砂轮部分的成型修整,实现了特殊柱塞 90°与 30°复合供油控制边棱的一次性装夹磨削,既保证了供油控制线与理论形成线之间的误差为 ± 0.02 mm,又保证了合格的设计尺寸。也可以根据产品批量的大小,采取一次修整砂轮成型、二次磨削工步实现。

4.2 修整装置的设计

为了确保产品质量,结合现有机床情况,采用成型砂轮磨削方案。为了实现柱塞 90°与 30°复合螺旋供油边棱的装夹磨削,新型修整装置必须同时满足此两种功能,即在现有螺旋控制线磨床上装一横轴,在横轴上安装砂轮修整装置,这种角度可直接通过修整器在修整装置上的往复运动修整砂轮的侧面,实现了供油控制线的 90°磨削;同时为了实现供油控制边棱的 30°磨削,在设计时将与横轴联接的轴座加长,通过键槽将修整器滑动到轴座另外一端,并将修整器转动 30°,用定位销将其固定,保证 30°的准确座标位置,此时往复运动修整器,将砂轮修整为 30°,成型磨削柱塞供油控制线。设计时要求轴座与横轴配合间隙合理,30°座标位置及尺寸满足操作位置的要求。修整装置简图见图 3、图 4。

5 磨削工艺过程

(1) 根据要加工的柱塞品种,选择并更换合适的靠模、砂轮、柱塞夹紧和定位元件,调节夹紧尾座距离和夹紧力,调整工件回转角度范围。

(2) 将砂轮修整成型工具与机床连接并紧固,检查各运动部件的灵活性,安装金刚笔。

(3) 先调整磨削柱塞 90°螺旋供油边棱面,按图 3a 确定修整器的位置并紧固,修形时砂轮转速 12 000 r/min,修整器移动速度 30 次/min,修整量 0.1 mm/次;检查修形后砂轮的表面质量和形状。

(4) 试加工柱塞 90°螺旋供油边棱,砂轮转速

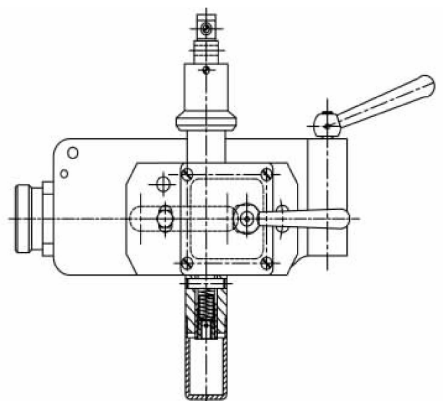
12 000 r/min,柱塞往复回转速度 60 次/min,粗磨时磨削进给量 0.05 mm/次,半精磨时磨削进给量 0.01 mm/次,光磨时间 5 s;在工具显微镜上检查供油边棱的直线度、表面粗糙度、直线尺寸等参数,根据检查结果调整工件回转角度、回转行程等,直至满足图样要求为止。

(5) 通过修整器导向定位槽和定位插销移动调整修整工具,将修整器偏转 30°紧固;修形时砂轮转速 12 000 r/min,修整器移动速度 30 次/min,修整量 0.1 mm/次;检查修形后砂轮的表面质量和形状。

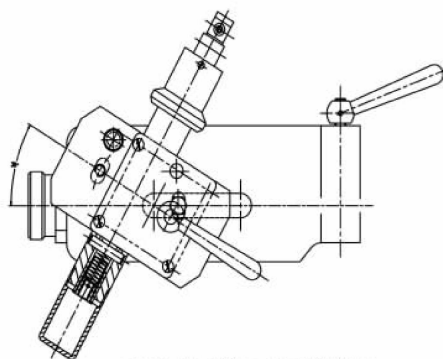
(6) 试加工柱塞 90°螺旋供油边棱,砂轮转速 12 000 r/min,柱塞往复回转速度 60 次/min,粗磨时磨削进给量 0.05 mm/次,半精磨时磨削进给量 0.01 mm/次,光磨时间 5 s;在工具显微镜上检查供油边棱的直线度、表面粗糙度、直线尺寸等参数,根据检查结果调整工件回转角度、回转行程等,直至满足图样要求为止。

(7) 清除毛刺飞边,注意保持产品要求的锐边部位。

(8) 使用专用检查工具检查工件尺寸,检查磨削表面质量、锐边保持效果等。



(a)修整砂轮 90°时工作位置



(b)修整砂轮 30°时工作位置

图 3 修整装置工作图

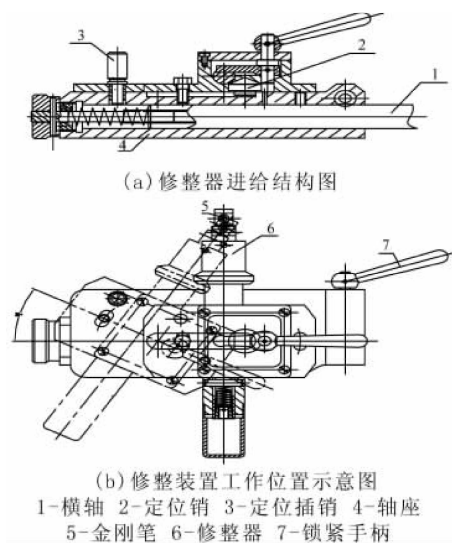


图4 修整装置示意图

6 效果分析

通过采用新的磨削工艺和砂轮成型修整装置, 不仅实现了产品国产化的需求, 满足了产品性能和

可靠性指标, 为最终实现该型号柴油机燃油喷射系统的国产化奠定了基础; 而且摸索出复合柱塞螺旋供油边棱磨削加工的新方法和新工艺, 研制出可以实现多种螺旋结构砂轮成型修整装置, 工艺方法和修整装置操作方便, 效果显著。

参考文献

- [1] 邓东密, 邓杰. 柴油机喷油系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- [2] 朱国玺等. 汽车柴油机燃油系[M]. 北京: 人民交通出版社, 1984.
- [3] 陈宏钧. 机械加工工艺手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [4] 蒋德明. 内燃机原理[M]. 北京: 中国农业机械出版社, 1988.
- [5] 龚定安, 蔡建国. 机床夹具设计原理[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1984.
- [6] 王信义, 计志学等. 机械制造工艺学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1990.

(上接第 19 页)

4 结 论

(1) 采用涡轮增压柴油机的平均参数模型, 开发了车用柴油机涡轮增压系统匹配软件, 能够实现增压系统类型的选择; 增压参数的计算以及增压器型号的选取等工作。

(2) D6114 增压柴油机的匹配计算结果与试验结果吻合良好, 误差较小, 各工况点增压压力和压比的误差都小于 4%, 流量误差小于 2%, 中冷后进气温度误差也在 2% 以内, 进一步验证了系统模型的正确性。

(3) 匹配计算结果表明 D6114 原机所配 TBP4 涡轮增压器满足喘振裕度与超速裕度大于 15% 的指标要求, 发动机主要工况运行在增压器高效率区

域, 配合良好。

参考文献

- [1] Hermann Hiereth. Charging the internal combustion engine [M]. SpringerWienNewYork, 2007.
- [2] 毕小平等. 一个车用柴油机的平均值模型[J]. 汽车工程, 1999(3).
- [3] 陈策, 毕小平等. 涡轮增压柴油机平均参数模型及其仿真[J]. 车用发动机, 2000(5).
- [4] (英) 本森(Benson, R.S.)等. 内燃机[M]. 北京: 中国农业出版社 1982.
- [5] 顾宏中. 涡轮增压柴油机性能研究[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1998.
- [6] 朱仿君. 内燃机工作过程数值计算及其优化[M]. 北京: 国防工业出版社, 1997.