

# 船用柴油机活塞杆的砂带振动抛光 工艺改进

大连万德厚船舶工程有限公司 (辽宁 116600)  
秦皇岛长白机械有限责任公司 (河北 066311)

陈楠  
王继红

活塞杆是船用柴油机的主要运动部件之一, 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。活塞杆属于长轴类零件, 两端都是平面法兰, 杆身为圆柱空心体, 外表面淬火硬化处理, 具有较高的抗拉强度和刚度, 如图1所示。为保证船舶航行时柴油机的性能, 活塞杆表面的形位公差和表面粗糙度要求都较高。传统的砂轮磨削加工方式已难以同时满足活塞杆质量和生产效率的要求, 还有船东对船用产品外观日益严格的要求。因此, 我们将表面精加工作为提高活塞杆加工质量和效率, 以及不断满足船东要求的工艺改进研究方向。根据活塞杆长轴类零件的特点, 并结合我厂多年加工活塞杆的实践经验, 我们发现砂带振动抛光辅助砂轮粗磨的工艺方案是行之有效的。

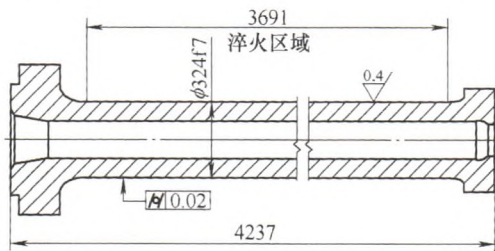


图1 船用柴油机活塞杆

## 1. 问题分析

活塞杆表面淬火后硬度较高, 按相关规范要求一般达到维氏硬度420~620HV20。磨削是最常用的加工方法, 但磨削效率较低, 物料成本和机床维护成本都较高。以我厂加工的瓦锡兰7RT—flex82T机型活塞杆为例(见图1), 其重量2 590kg, 总长4 237mm, 淬火区域长度3 691mm, 直径324f7mm, 圆柱度在0.02mm之内, 表面粗糙

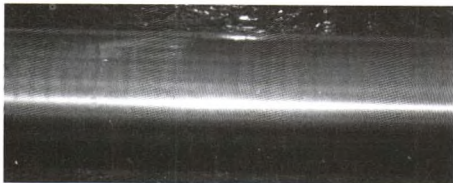
度值要求 $R_a=0.4\mu\text{m}$ , 淬火前表面余量一般在 $\phi 0.6\sim\phi 0.8\text{mm}$ 。为满足要求, 国产M1380B×50外圆磨床砂轮粗磨加精磨方式加工单件活塞杆需要工时约20h, 但成品后的表面外观很难让船东满意。采取砂带振动抛光辅助砂轮粗磨的工艺方案, 最终成品不仅可以满足图样要求, 而且表面不再有砂轮磨削留下的环状条纹和振纹, 总计需要工时约为18h, 其中砂轮粗磨需要工时约15h, 砂带振动抛光需要工时约3h。利用公司现有的国产HT125×50重型卧式车床即可实现砂带振动抛光, 而车床的综合工时费只是外圆磨床的一半。

这样, 通过工艺改进, 虽然增加了一道加工工序, 但我们同时实现了活塞杆加工质量和效率的提高, 而且节省了成本, 尤其重要的是能够满足船东对于船用产品外观的严格要求。

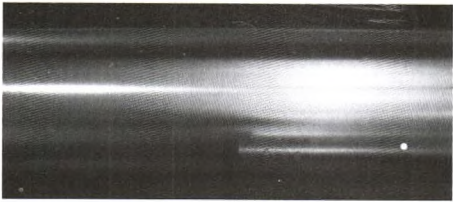
## 2. 工艺改进

砂带振动抛光系统安装在卧式车床上即可使用, 一次性投入较少, 柔性较大。工作时, 砂带以恒速单向输送配合抛光头的高速宽幅振动进行抛光, 砂带不会重复使用, 避免了一般精抛时所出现之工件首尾抛光效果不一致的弊病, 能够有效去除砂轮磨削造成的振动条纹和摆动条纹, 加工后的工件表面一致性较佳, 对比效果如图2所示。相比较于传统的砂轮精磨提高表面粗糙度的方式, 砂带振动抛光工艺的加工效率高, 质量容易控制。采用砂带振动抛光替代砂轮精磨, 辅助砂轮粗磨的工艺方案, 非常适合我公司活塞杆表面精加工的生产现状。

(1) 砂带振动抛光系统 系统由振动抛光机(见图3)、联接底座、卧式车床、冷却装置和过



(a) 砂轮粗磨+精磨后活塞杆表面



(b) 砂轮粗磨+砂带振动抛光后活塞杆表面

图2 砂轮粗精磨削与粗磨后振动抛光效果对比

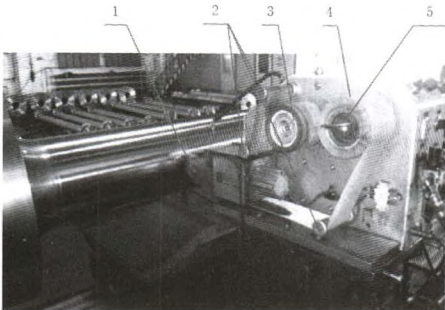


图3 振动抛光机

1.接触轮 2.导带轮 3.卷带轮 4.砂带 5.输出轮

滤装置组成。振动抛光机经联接底座安装在卧式车床溜板箱上，确保接触轮与车床中心高一致。冷却装置采用车床本身的冷却系统，过滤装置采用外圆磨床使用的工业纤维过滤布结合冷却系统即可。

(2) 振动抛光机 公司选用某S4-Ⅲ型振动抛光机用于活塞杆的抛光。如图3所示，砂带安装在抛光机的输出轮上，经导带轮和接触轮连接在卷带轮上。砂带的收放速度在0~100mm/min可调，由抛光位上的接触轮通过气缸中压缩空气的压力紧贴在活塞杆表面，接触压力在0~1MPa可调，接触轮选用一定硬度的橡胶制成，其振动频率为0~30Hz可调，振幅5mm。抛光开始时活塞杆与砂带相向转动，接触轮在自转的同时也按一定频率振动，并在一定的压力下使砂带接触活塞杆表面开始抛光。

(3) 砂带 根据活塞杆的45钢材质和表面粗糙度值要求 $R_a=0.4\mu\text{m}$ ，振动抛光时选用3M公司开式型IMFF系列362L精磨带。这是一种采用精选氧化铝磨料经结合剂均匀涂附于高平整度高强韧性聚酯薄膜背基的开式砂带，广泛应用于轴类零件抛光。

开式砂带工作面容屑空间较大，表面不重复使用，细小磨屑可随时带走，不会造成抛光面堵塞，因而温度低，不易造成活塞杆表面积热烧伤。

活塞杆经淬火粗磨后，表面粗糙度值达到 $R_a=0.6\sim 1.0\mu\text{m}$ 之间即可，据此我们分别选用粒度为 $60\mu\text{m}$ 和 $30\mu\text{m}$ 的两种精磨带作为抛光用砂带。经两台份7RT—flex82T机型16件活塞杆的振动抛光试验，我们得到活塞杆表面粗糙度与砂带粒度关系如表1所示。由表1可得，活塞杆粗磨至表面粗糙度值 $R_a=0.8\mu\text{m}$ 时配合粒度 $30\mu\text{m}$ 的砂带振动抛光工艺实施，能够在尽可能节省综合成本前提下，保证表面粗糙度值 $R_a\leq 0.4\mu\text{m}$ 的实现。试验中还发现，当活塞杆粗磨后表面磨削痕迹相对较重时，需要粒度 $60\mu\text{m}$ 和 $30\mu\text{m}$ 的两种砂带配合使用才能实现较理想的外观效果。

表1 活塞杆表面粗糙度与砂带粒度

| 活塞杆<br>试验件数 | 抛光前表面<br>粗糙度值 $R_a/\mu\text{m}$ | 抛光后表面<br>粗糙度值 $R_a/\mu\text{m}$ | 砂带粒度<br>$/\mu\text{m}$ |
|-------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| 4           | 0.9~1.0                         | 0.40~0.50                       | 60                     |
| 5           | 0.8~0.9                         | 0.35~0.45                       | 60                     |
| 5           | 0.7~0.8                         | 0.30~0.40                       | 30                     |
| 2           | 0.6~0.7                         | 0.20~0.35                       | 30                     |

(4) 工艺参数 影响砂带振动抛光效果的工艺参数较多，主要有活塞杆转速、抛光机移动速度（车床进给量）、接触轮的振动频率和接触压力、收带速度以及砂带张紧力等。根据活塞杆的重量和尺寸情况，以及多次振动抛光试验的数据分析，我们确定了工艺参数的选择，如表2所示。

表2 活塞杆砂带振动抛光主要工艺参数

| 活塞杆<br>转速<br>$/\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$ | 抛光机<br>移动速度<br>$/\text{mm}\cdot\text{r}^{-1}$ | 振动<br>频率<br>$/\text{Hz}$ | 接触<br>压力<br>$/\text{MPa}$ | 收带速度<br>$/\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$ | 砂带张<br>紧力   |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------------------|-------------|
| 120~160                                      | 0.15~0.25                                     | 2~5                      | 0.2~0.4                   | 20~25                                    | 7~9<br>旋钮刻度 |

### 3. 可能产生的问题及解决办法

砂带振动抛光是弹性抛光，虽然能够有效地降低高活塞杆的表面粗糙度值，但无法实现其形位和尺寸公差提高。所以，采取砂带振动抛光之前，要求外圆磨床砂轮粗磨时必须保证活塞杆的形位和尺寸公差。必要时，可以选用邵氏硬度90HS的硬塑性橡胶作为抛光接触轮，但至多只能磨削掉 $\phi 0.005\sim\phi 0.01\text{mm}$ 。

# 轿车制动盘的精加工工艺

河南万向系统制动器有限公司（新乡 453500） 唐 娟 张晓东

诸城市义和车桥有限公司（山东 262200） 关炳奇

轿车制动盘在制动器零部件中属精密零件，尺寸精度要求较高，特别是两制动面的圆周厚薄差通常要求0.009mm，平行度要求0.04 mm，跳动要求0.025 mm。这些形位公差都靠精加工保证。同行都使用数控车床并采用双刀同步车削工艺来保证，也有的会根据顾客要求采用两制动面同时磨削工艺。加工示意如图1、图2所示。

我公司是专业生产汽车制动器的公司，生产各种制动器总成及相关零部件，对制动盘的生产已有十几年的经验，以往我们是采用双端面同步磨削工艺来保证制动盘的形位公差。2012年我们为客户开发了一种新品制动盘，材料为HT250+6种微量合金，如图3所示。在试生产期间，客户取消了磨削要求，以上形位公差必须用车削完成，而此时我们设备上的双刀装置也出现了故障。为此，必须改变

思路，思考另一种加工方法迫在眉睫。

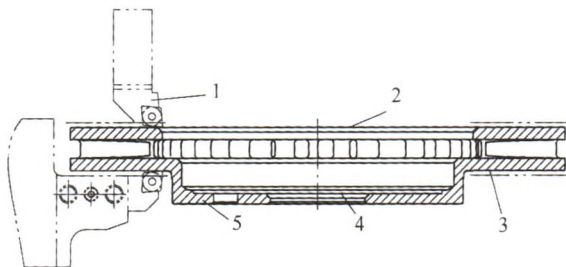


图1 双刀同步车削示意

1.加工刀具（两把） 2.上制动面 3.下制动面  
4.测量基准面 5.制动盘

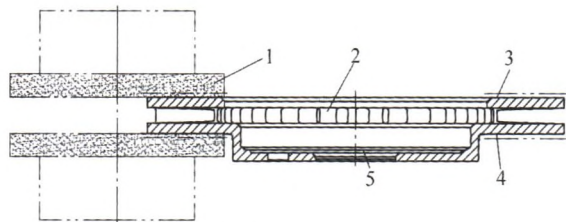


图2 同步磨削示意

1.砂轮（两个） 2.制动盘 3.上制动面 4.下制动面 5.测量基准面

砂带振动抛光是在重型卧式车床上实施的，如果装夹活塞杆的方式和尾座顶尖压力不合适，极易造成活塞杆弯曲变形。为避免这种状况发生，卡盘四爪装夹活塞杆法兰外圆时须垫紫铜片，而顶尖压力按照尾座铭牌规定执行。

## 4. 结语

经过前期试验及后续批量化生产的实践证明，砂带振动抛光辅助砂轮粗磨的工艺对船用柴油机活塞杆进行精加工是稳定可靠的，解决了传统磨削工艺造成的活塞杆表面环状条纹和振纹问题，满足了船东对于船用产品日益严格的外观要求，而且节省了时间，降低了成本。推广使用砂带振动抛光工艺，对高硬度大型长轴类工件表面精加工具有非常现实的意义。MW（收稿日期：20130718）

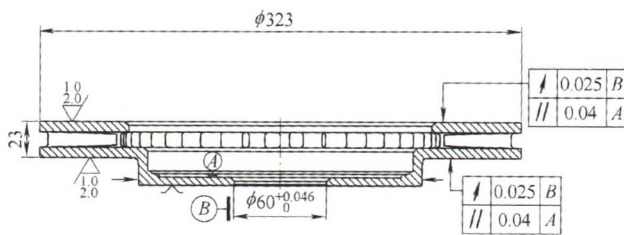


图3 制动盘

## 1. 分析

既然两面不能同时加工，那么一次加工一个面是否可行呢？首先分析设备是否可行。设备除了有一套双刀装置外，还有独立的刀塔，刀塔的端面及