

陶瓷涂层活塞杆在往复式压缩机中的应用浅议

关洪浩

沈阳远大压缩机有限公司, 辽宁 沈阳 110178

[摘要]实际往复式压缩机生产中, 相关产品质量会受到内部活塞杆部件质量的影响, 特别是活塞杆在实际应用中的耐腐蚀性以及耐磨性会直接影响往复式压缩机运行质量, 为此需要加强相关技术研究, 不断提升产品性能。文章先分析了活塞杆失效以及陶瓷涂层活塞杆相关工艺, 随后介绍了陶瓷涂层活塞杆在往复式压缩机中的应用案例和应用优势, 希望能给相关人士提供有效参考。

[关键词]陶瓷涂层; 活塞杆; 往复式压缩机; 应用

DOI: 10.33142/aem.v5i7.9294

中图分类号: TH16

文献标识码: A

Application of Ceramic Coated Piston Rod in Reciprocating Compressor

GUAN Honghao

Shenyang Yuanda Compressor Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110178, China

Abstract: In the actual production of reciprocating compressor, the quality of relevant products will be affected by the quality of internal piston rod components, especially the corrosion resistance and wear resistance of piston rod in practical application will directly affect the operation quality of reciprocating compressor, so it is necessary to strengthen relevant technical research and constantly improve product performance. The article first analyzes the failure of piston rod and the related technology of ceramic coated piston rod, then introduces the application cases and advantages of ceramic coated piston rod in reciprocating compressor, hoping to provide effective reference for people.

Keywords: ceramic coating; piston rod; reciprocating compressor; application

引言

往复式压缩机普遍应用于各种柴油、汽油加氢精制或催化重整相关装置设备中, 其中所用压缩气体普遍存在易燃易爆特性, 同时还存在一定腐蚀性, 为此对压缩机生产提出更高质量要求。活塞杆在往复式压缩机中发挥着重要作用, 也是整个压缩机内进行动力传输的核心部件, 在实际运行操作中, 因为各种因素影响, 容易导致部件受损, 威胁设备稳定运行, 为此需要加强相关技术研究, 不断创新。

1 研究背景

压缩机作为相关生产运行的核心设备, 运行维护成本较高、价格昂贵, 甚至会影响加气站运行成本和稳定性。活塞杆作为往复式压缩机内重要配件, 活塞杆性能会对填料寿命、压缩机大修周期以及漏气率产生直接影响。为进一步增加活塞杆整体应用寿命, 改善天然气泄漏问题, 降低气体泄漏损失, 需要加强活塞杆相关陶瓷涂层技术研究。

活塞杆在往复式压缩机中发挥着重要作用, 能够帮助传输功率, 活塞杆运行质量会左右整个压缩机运行效果。往复式压缩机因为需要对各种腐蚀性气体进行压缩处理, 导致活塞杆经常处于高压、高温环境下运行, 活塞杆容易受到压缩交变以及拉伸荷载等条件影响, 和密封环以及填料产生碰撞摩擦, 导致磨损问题。活塞杆表层材料质量以及表面耐腐蚀性属于压缩机生产中的核心问题, 特别是内

含 H_2S 气体所形成的应力腐蚀问题也是其中的关键内容, 需要采取有效解决措施。结合行业标准要求分析 22 的硬度 HRC 为临界值, 假如材料硬度超出这一标准值, 便会丧失克服应力腐蚀的能力。针对活塞杆进行生产制备中, 所用原材料不能同时满足耐磨性和防腐蚀要求, 而结合活塞杆实际运行中所面临的恶劣生产状况, 进一步延长活塞杆应用寿命成为新时期生产气体压缩机的重要内容。

2 往复式压缩机运行操作过程

往复式压缩机对应活塞杆的易磨损特性主要和气缸结构以及活塞杆等部件密切相关。压缩离不开填料应用, 通过填料将活塞杆抱紧。填料作为整个压缩机内的密封元件, 主要通过各种密封环组成, 能够有效防控外部气流顺着活塞杆流入气缸, 同时能够对气缸内部气体进行有效控制, 避免气体沿着活塞杆朝缸外部泄漏, 融入大气。大部分条件下, 活塞杆都会进行往复运行, 实施吸气、压缩以及排气等活动, 从而使填料与活塞杆之间形成摩擦力。往复式压缩机整个运行过程主要经历吸气、压缩以及排气三个环节, 活塞杆处于三种过程中维持高速运动, 同时和填料形成挤压、摩擦, 提升活塞杆表层温度, 容易加剧表面磨损现象。

吸气环节, 压缩机对应活塞推动活塞顺着气缸盖朝右运动, 活塞杆处于填料内滑动, 活塞杆和填料间形成滑动摩擦, 气缸溶剂扩大, 气体通过吸气阀流入气缸, 达到最

高容积, 对应活塞分布位置即下止点, 关闭吸气阀, 整个活塞杆完成一次吸气活动, 在整个吸气活动中伴随填料与活塞杆摩擦活动。压缩环节, 活塞杆推动活塞将下止点为起点朝左运动, 活塞杆于填料中滑动, 此次, 排气阀和吸气阀为关闭状态, 整个密闭气缸内的气体不断压缩, 随着气缸溶剂持续降低, 对应温度以及气体压力相继提升, 到气缸内部气体压力和排气压力一致, 整个压缩过程也是等熵过程。排气环节, 活塞杆推动活塞持续朝左运动, 导致气缸中的气压超出排气压力, 开启排气阀, 基于活塞推动下使气体从气缸排出, 流入排气管道, 全面排除气体后, 关闭排气阀, 结束排气。到此为止, 压缩机结束吸气、压缩以及排气组成的循环, 随后活塞杆继续重复上述操作, 不断反复循环。

3 活塞杆失效研究

往复式压缩机内部活塞杆产生腐蚀问题总结原因如下, 因为水、氧元素的共同存在, 导致活塞杆产生锈蚀问题。通常情况下, 其中小部分能够快速挥发, 但因为机油影响, 对水的挥发过程形成一定影响与阻碍, 导致设备锈蚀问题不断加剧, 随着存放、运行时间的持续延长, 设备锈蚀问题不断恶化。此外, 因为 H_2S 气体影响导致活塞杆表层产生硫化现象, 出现裂纹。

活塞杆产生磨损问题主要成因如下, 往复式压缩机内部相关活塞杆组件普遍处于往复循环运行状态之下, 因为曲轴回转运动进一步转换成往复运动, 从而导致活塞杆受拉压交变应力, 除此之外, 因为活塞杆组件自身重量影响, 容易引发摩擦力和惯性力作用, 从而造成活塞杆磨损。往复式压缩机内存在多种因素会导致摩擦问题。活塞杆在实际运动中所形成惯性力进一步形成动载荷, 因为动载荷形成动应力。基于动载荷对应循环应力条件下, 导致活塞杆出现断裂的具体成因如下, 第一是断裂部位对应材料不良, 存在一定杂质, 第二是加工生产中对应螺纹根部残留刀尖的小刀痕, 第三是热处理中产生细微裂纹, 第四是螺纹根部相关应力集中区域存在循环载荷不对称问题, 基于疲劳损伤影响下进一步产生细小裂纹。活塞杆和填料处于相对滑动阶段, 因为某些部位润滑油膜相对不足, 无法有效隔离两摩擦表面微凸起体, 导致两个摩擦表面处于相对滑动状态下形成表面磨损、擦伤。随着压缩机运行压力持续扩大, 则活塞杆往复运动频率相继提高, 处于高频、高压条件下, 进一步增加活塞杆磨损问题。

活塞杆断裂问题成因如下, 第一是活塞杆设计问题, 即存在应力集中部位, 第二是基材组织和热处理原因, 普遍存在热处理组织强度较差以及组织粗大等问题缺陷。第三是活塞杆表层硬度不足形成刮伤, 实际操作中, 活塞杆处于高速交变拉应力影响下, 活塞杆表层刮伤点构成各种细微裂纹, 产生疲劳裂纹源。第四是表面处理问题, 热喷涂、电镀等容易使表层形成拉应力, 在拉应力影响下削弱

疲劳抗力。氮化、淬火、中频淬火以及陶瓷涂层等处理技术能够于产品表面形成压应力, 基于压应力影响下, 可以进一步提升疲劳抗力。

4 陶瓷涂层活塞杆相关喷涂工艺分析

4.1 涂层材料选择

陶瓷涂层不但拥有陶瓷材料的耐腐蚀、耐高温以及耐磨特性, 同时还具有金属材料的导电性、易加工性以及韧性, 能够激发出两种类型材料优势特征。陶瓷涂层选择中, 通过研究发现和单一的氧化铝陶瓷材料比起来, 氧化锶和氧化铝的复合涂层在铝、钛、钢等金属基体中拥有更好润湿性, 因此也拥有更强黏结性, 在复合粉末涂层内, 随着氧化锶容量持续扩大, 则涂层对应孔隙率相继下降, 提升涂层致密性, 涂层内不同氧化铝颗粒彼此黏结度相继提高, 提升整个涂层力学性能, 改善了材料抗冲击载荷强度以及材料韧性。在氧化锶整体含量超出 13% 条件下, 相关复合材料便会产生黑色面层, 拥有较高热辐射率特征, 为进一步优化材料性能, 减少成本, 需要对涂层材料整体沉积效率、有效喷面积系数以及涂层材料数量等基础参数进行准确核算, 明确最终使用材料。经过成本分析, 最终喷涂材料中所用氧化锶和氧化铝含量为 40%。但在具体实践中发现, 仅利用氧化锶、氧化铝材料进行喷涂中, 和整个基体的结合强度不满足标准要求, 为此需要率先对底层材料进行合理喷涂, 但对应铝涂层和整个基体拥有较大的结合强度, 同时和基体界面之间含有微区扩散层, 拥有某种冶金融合性能, 因为涂层表层相对粗糙, 进而为面层涂层提供有效粗化表面, 将腐蚀保护层附着于基体表面, 实现强化表面以及提升金属表层材料抗腐蚀特性等功能。为此, 最终选择 4.5% 的铝金属层喷涂底层, 40% 的氧化铝、氧化锶复合陶瓷层喷涂。

4.2 涂层喷涂工艺选择

在活塞杆表层利用等离子喷涂工艺方法进行陶瓷涂层的喷涂处理, 基础操作原理是利用电能来融化处理陶瓷粉末, 并将其转变成高温等离子体, 在工件表层进行均匀喷涂。主要操作过程是在等离子喷涂枪内填充气体, 利用高频点火设备针对陶瓷材料进行处理, 使其电离为温度超出 1000 摄氏度的离子气体, 随后利用喷枪对应阳极喷嘴进行高速喷射, 粉末流经载气通道于火焰内飞速熔化, 同时在工件表层进行均匀喷涂。该类陶瓷涂层活塞杆的喷涂工艺技术拥有多种优势, 比如气压可调控、喷涂速度快以及焰流温度高等。喷涂技术中所用设备为等离子喷涂系统, 同时配置热交换器、喷枪、送粉器、控制柜以及电源等。陶瓷涂层活塞杆主要工艺流程如下, 分别是下料、车、磨、去油污、陶瓷层喷涂、底层喷涂、吹沙、保护夹具、金刚石砂轮进行粗磨、车以及 SC 砂轮精磨等^[1]。

4.3 涂层质量检测

涂层厚度作为整个陶瓷涂层的质量评价指标, 会对材

料消耗、涂层质量、涂层寿命、涂层黏结强度、材料成本以及涂层应力等产生直接影响。具体实践操作中借助千分尺针对工件喷涂厚度以及预处理工件厚度进行准确测量,将所有测量点控制在3处以上,通过平均值来显示涂层厚度^[2]。

4.4 陶瓷活塞杆物理性能

从微观物理性能层面分析,结合涂层材料对应金相组织结构可以发现,铈铝金属层对应喷涂底层拥有较强的黏结度,组织细腻,喷涂陶瓷层不存在裂纹和孔洞问题。从宏观物理性能角度分析,结合相关实验检测,发现陶瓷层对应宏观物理指标如下,拥有35MPa的结合强度,HRC为60,涂层厚度是300um,Ra涂层粗糙度为0.4到0.6,涂层气孔率低于2%^[3]。

5 陶瓷涂层活塞杆在往复压缩机中的应用分析

5.1 典型应用

陶瓷涂层技术基于物理过程实施物质转移,将分子以及原子转移至基材表层,能够进一步提升金属表层耐磨性和综合强度,提升材料耐腐蚀性以及散热性。涂层处理能够提升整个工件抗磨力以及硬度,减少摩擦系数,增加工件寿命。活塞杆中应用陶瓷涂层技术拥有良好自润滑性,提升涂层硬度,扩大活塞杆表层抗疲劳能力,改善表层裂纹问题。结合前面所介绍陶瓷喷涂工艺,曾经相继帮助某企业修复了美国德莱赛兰制备的14-2HHE-VL-2型往复压缩机内部四个磨损活塞杆,这种机型内的综合活塞杆基础载荷是816.48kn,活塞杆对应摩擦面的公称直径是Φ127mm,其中磨损最大部位圆柱度超出2.2mm。根据原生产厂商要求需要进行及时报废。在缺少应急备件条件下,进一步应用陶瓷喷涂措施进行修复,这一处理方案如下,率先进行加工磨削,使整个摩擦面见圆,将圆柱度控制在七级精度公差值以下,随后喷涂厚度为2毫米的铈铝金属底层,确保满足结合强度要求,提升整体导热性,随后继续喷涂厚度为0.3mm的氧化铝、氧化锶复合陶瓷层,针对摩擦部位进行有效处理,使摩擦部位对应直径合理修复至Φ127mm的最初公称尺寸,同时确保涂层表层硬度满足HRC≥60的基础要求。成功修复后,正式投入运行最长时间达到3年,结合实际运行操作状况分析,采取陶瓷喷涂技术进行修复处理后的活塞杆能够满足特定生产运行环境下的长期运行要求^[4]。

5.2 应用优势

结合往期生产实践经验分析,活塞杆组件对应摩擦面在采取等离子喷涂技术实施陶瓷涂层处理后,相关硬化工

艺主要包括以下优势,第一是针对活塞杆整个加工生产流程和制造程序进行有效简化,能够预防传统模式下高频淬火处理技术所导致的活塞杆表面裂纹以及较大弯曲问题。第二是活塞杆实际生产制造中无须利用高频感应器,能够有效改善因为感应器放电导致活塞杆出现局部融化的问题,降低废品率。第三是拥有更好的抗腐蚀性和耐磨性,适合那些内含颗粒杂质以及腐蚀性介质的组件。第四是处于相同工作条件下,陶瓷喷涂硬化处理技术和一般镀铬技术生产的活塞杆组件比起来拥有更长的应用寿命,大概超出两倍左右,和表面氮化以及高频淬火等施工技术比起来,整个活塞杆应用寿命进一步延长3倍左右,同时拥有更高可靠性,能够有效预防各种热处理工艺,进一步减少生产周期,还可以减少废品率,节约资金。第五是为那些磨损量较大的活塞杆组件的顺利修复提供了有效处理方案,在活塞杆对应摩擦面直径磨损量低于2.5毫米条件下,能够利用有效喷涂处理技术进行顺利修复,使其成功修复至原始直径尺寸,提升整个活塞杆组件应用性能^[5]。

6 结语

综上所述,随着陶瓷涂层活塞杆在往复压缩机中的实践应用,发现陶瓷涂层活塞杆拥有较长的应用寿命,能够进一步延长设备应用周期,减少设备更换次数,降低部件替换频率,延长设备应用时长。压缩机活塞杆处于一定腐蚀环境下合理应用陶瓷涂层全新工艺技术能够帮助延长设备产品综合应用寿命,有助于设备推广应用。

[参考文献]

- [1]曾健,杨鸣峰.往复活塞压缩机长周期运行模式试验与分析[J].设备管理与维修,2023(7):27-31.
 - [2]李海龙,高岗.往复压缩机组联轴器对中找正技术要点[J].石化技术,2023,30(3):114-116.
 - [3]姚登荣,周燕.往复天然气压缩机常见故障及维修处理措施研究[J].石化技术,2023,30(2):106-108.
 - [4]杨毅帆,祝钟青.基于p-V图特征的往复压缩机缸内易损件故障诊断技术研究—模拟实验[J].压缩机技术,2023(1):11-18.
 - [5]程强,刘洪佳.往复压缩机管道振动跨度以及支架刚度设计分析[J].化工设计,2023,33(1):16-20.
- 作者简介:关洪浩(1982.6—),毕业院校:大连理工大学,所学专业:材料成型及控制工程,当前就职单位:沈阳远大压缩机有限公司,职务:质保部部长,职称级别:中级。