

使用维修

某型柴油机缸盖气阀座面异常磨损故障原因分析

李焕英, 张晓红, 窦振寰, 邱宏君

(陕西柴油机重工有限公司, 陕西 兴平 713105)

摘 要: 针对某型柴油机缸盖排气阀座异常磨损故障, 从缸盖排气阀座面微观形貌特征、气阀弹簧刚度、转阀机构灵活性、气阀与缸盖硬度匹配、燃油品质等方面进行了分析和排查, 并进行试验验证。结果表明: 燃油油品不满足技术要求, 含硫量太低且没有添加抗磨剂是缸盖排气阀座面异常磨损的原因。

关键词: 柴油机; 缸盖; 阀座; 磨损

中图分类号: TK423.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-4357(2017)04-0052-03

0 引言

某型柴油机是从德国引进的高速大功率推进用柴油机, 被广泛用作船舶推进、机车牵引和陆用发电。自2002年成功交付并经过多年使用, 运行情况总体良好, 但也暴露出一些问题。本文针对该型柴油机缸盖排气阀座异常磨损故障, 从缸盖排气阀座面微观形貌特征、气阀弹簧刚度、转阀机构灵活性、气阀与缸盖硬度匹配等方面进行排查, 明确了缸盖排气阀座面异常磨损的原因, 并采取了相应的解决措施。

1 故障描述

2015年7月, 某型柴油机台架交货试验时, 各项技术参数均满足技术规格书要求。试验结束后, 检查发现: 12件国产缸盖排气阀间隙出现异常, 个别间隙变为0 mm (冷态时气阀间隙正常值为0.50 mm)。对气阀间隙出现异常的缸盖分解检测, 发现缸盖气阀座面磨损量为0.10~1.18 mm。更换12件进口缸盖再次进行试验验证, 检查发现15件缸盖排气阀间隙出现异常, 其中包括11件进口缸盖。分解检测发现: 缸盖气阀座面磨损量为0.10~0.30 mm。随后3台机相继出现阀座异常磨损问题。

2 缸盖磨损面微观形貌特征分析

为查找缸盖气阀座面异常磨损原因, 委托专业厂家对1件磨损的缸盖及对应气阀进行电镜扫描(SEM)和能谱(EDS)分析, 并根据缸盖磨损面微观形貌特征分析阀座面磨损机理。

2.1 取样

取样部位见图1。

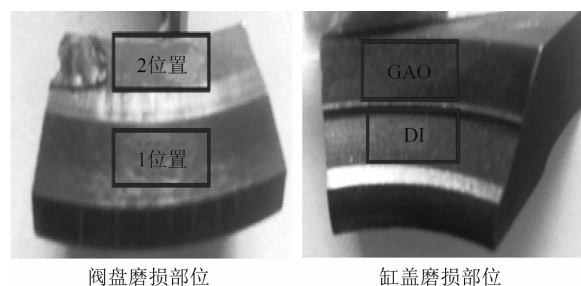
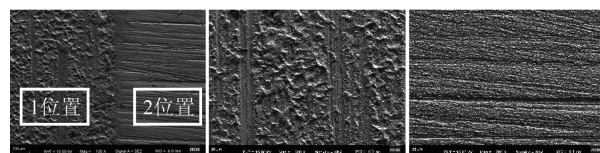


图1 进口缸盖和阀盘的磨损部位

2.2 检测结果分析

(1) 阀盘

对阀盘磨损部位进行SEM观察。图2(a)为磨损阀盘整体形貌, 可以看出阀盘磨损表面呈现两种不同磨损特征, 图2(b)和图2(c)分别为1位置和2位置的局部放大图。图2(b)所示区域磨损形貌呈较为明显的凹凸不平, 局部有少量犁沟形貌, 图2(c)所示区域磨损形貌以微犁沟为主。



(a) 阀盘整体磨损形貌 (b) 1位置局部放大图 (c) 2位置局部放大图

图2 阀盘磨损面SEM

对阀盘磨损部位区域1、2进行EDS分析, 分析表明: 阀盘磨损表面区域1、2的成分除Ni元素外 (源自其自身成分), 主要由C、Fe等氧化物组成 (源自缸盖材料)。这主要是由于阀盘和缸盖相对运动过程中, 其相对运动的摩擦表面间由于粘着

现象产生材料转移。而微犁沟的形成主要是由于铸铁中硬质碳化物对其切削所导致。

由此可见，阀盘磨损机制为显微切削，粘着磨损及少量的氧化磨损。

(2) 缸盖

对缸盖磨损部位进行 SEM 观察和 EDS 分析。图 3 为缸盖磨损表面的 SEM 及 EDS 分析，可以看出磨损表面存在明显的裂纹及较多片状粘附物。由图 3 (c) 的 EDS 分析可知，磨损缸盖表面的成分主要由 Fe、C、O 组成，为合金铸铁缸盖自身物质，没有阀盘物质转移。

从对以上检测结果的分析可得出：缸盖受到气阀的间歇异常冲击作用，摩擦表面的微观接触点产生塑性变形，形成残余应力，应力集中处出现微观裂纹，裂纹随磨损过程的延续而长大，并交织在一起，当裂纹达到某一临界长度时，裂纹围成一定的面积而剥落，就产生了片状的磨屑。表明：缸盖磨损部位的磨损机理主要是疲劳磨损及少量氧化磨损。可能的原因有：受到异常冲击力、局部异常高温、不正常燃烧。

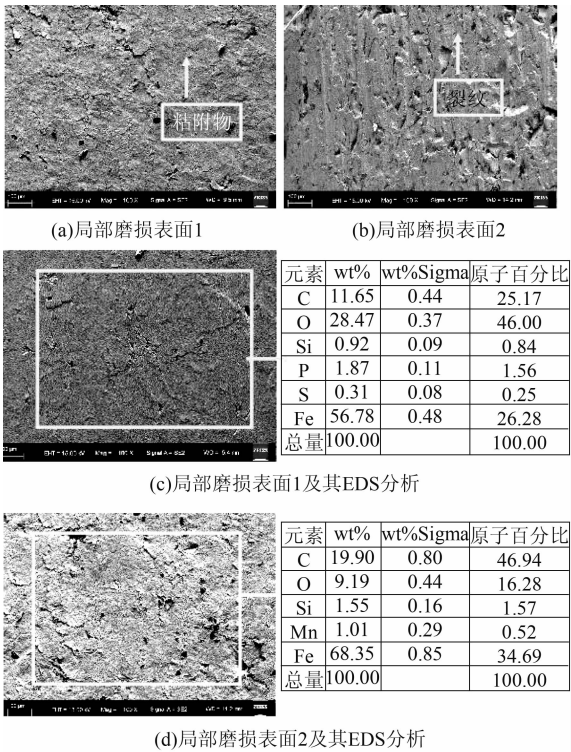


图3 缸盖磨损表面的 SEM 及 EDS 分析

3 故障分析

3.1 故障可能原因

根据上述分析结果和阀座工作条件，导致某型柴油机缸盖磨损的可能原因有：

- (1) 缸盖硬度和强度不满足要求；
- (2) 气阀硬度过高，与阀座硬度不匹配；
- (3) 气阀弹簧刚度不满足要求，使排气阀落阀速度过大，或气阀落阀后再次起跳，导致气阀与阀座拍击力增加；
- (4) 转阀机构不灵活，使排气阀局部高温；
- (5) 柴油、润滑油油品不满足要求。

3.2 故障排查

3.2.1 缸盖硬度和强度检查

解剖检查磨损的 11 件国产缸盖和 3 件进口缸盖的强度和硬度，均满足技术文件要求，可以排除缸盖硬度和强度因素。

3.2.2 气阀硬度与缸盖硬度匹配性检查

(1) 气阀硬度检查

检查磨损缸盖对应的 12 件、未磨损缸盖对应的 4 件、进口未装机的 3 件排气阀的硬度，均满足图纸要求。

(2) 气阀硬度与缸盖硬度匹配关系

缸盖硬度与气阀硬度间的对应情况见表 1。

从表 1 可以看出，气阀硬度与缸盖硬度匹配同阀座磨损间无明显规律可循，可以排除气阀硬度与缸盖硬度匹配性问题是导致缸盖气阀座面异常磨损的原因。

3.2.3 气阀弹簧刚度检查

检查磨损缸盖对应的 8 套、未磨损缸盖对应的 2 套、进口未装机的 4 套气阀内外弹簧的刚度，均满足图纸要求，可以排除气阀弹簧刚度因素。

3.2.4 转阀机构灵活性检查

委托专业厂家对磨损缸盖对应的 4 件、未磨损缸盖对应的 2 件转阀机构进行检测。试验过程中转阀机构均旋转均匀，无卡滞、不旋转等异常现象，可以排除转阀机构灵活性因素。

3.2.5 柴油、润滑油油品检查

(1) 柴油油品检查

试验用燃油为 -10# (GJB3075-1997)，按照 GJB3075-1997 检测燃油理化指标，各项指标均满足标准要求，其中含 S 量为 39.5 (mg · kg⁻¹)，但专利方技术文件规定：对于气缸盖未安装气门座密封圈的 956-02 和 03 系列发动机，使用低硫燃料 (含硫量 <500 (mg · kg⁻¹)) 可能导致气门座磨损加重。必须向燃料中添加规定浓度的、认可的辅助添加剂。因此，柴油油品不符合专利方技术文件要求，可能是导致缸盖气阀座面异常磨损的原因。添加剂应在每次加油前注入。

(2) 润滑油油品检查

表 1 缸盖硬度与气阀硬度对应情况

缸号及缸盖号	阀	缸盖是否磨损	缸盖阀面硬度/HB	阀面硬度平均值/HB	磨损量/mm	阀与缸盖阀面硬度差/HB
14008#A3 (1501062)	国产阀	未磨损	235.5	354.6	0	119
14008#A3 (1501062)	国产阀	磨损	231.5	367.1	1.4	136
14008#A4 (进口缸盖)	国产阀	磨损	203.3	371.3	1.2	168
15002#A3 (1412084)	进口阀	磨损	204	359.5	0.34	156
15002#B6 (1501040)	进口阀	磨损	239	360	0.36	121
15002# B6 (1503071)	进口阀	磨损	239	351.5	0.10	113

试验用滑油为 CD30 (GB11122-2006), 按照 GB/T11122-2006 检测润滑油理化指标及 Na 含量, 并检测磨损金属的含量, 各项指标均满足标准要求。可以排除滑油油品问题是导致缸盖气阀座面异常磨损的原因。

3.3 试验验证

2015 年 10 月, 开始使用 MTU 公司指定的燃油添加剂, 按要求浓度加入燃油中, 经 5 台柴油机试验, 拆检气阀间隙均正常, 阀座异常磨损故障消除。

3.4 磨损机理及添加剂作用

在磨损开始阶段, 摩擦系数是主要因素。高摩擦系数使缸盖阀座与气阀接触面温度升高, 导致缸盖阀座表面磨损和舌状变形, 局部材料转移, 形成粘性磨损。

燃油中的 S 与添加剂在阀座表面形成‘摩擦突变层’, 燃烧时还会形成燃烧残余物, ‘摩擦突变层’和形成的燃烧残余物均能减小摩擦系数, 简称‘低摩擦系数的吸附层’, 其能隔离金属磨损

助剂, 并能避免材料转移, 可有效避免缸盖排气阀座的磨损。

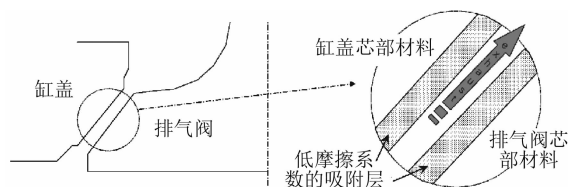


图 4 磨损机理示意图

4 结 论

综合分析, 燃油中硫含量过低, 尤其是对无硬化处理的该型柴油机阀座, 气阀反复拍击并伴随局部高温高压, 阀座与阀盘表面存在的微凸点从金属表面剥落, 并氧化形成更硬更耐磨的微颗粒, 这些微颗粒嵌入阀座表面, 进一步增加接触面的粗糙度, 加剧排气阀座磨损。

因此, 所用燃油不满足要求, 含硫量较低, 未添加抗磨剂是造成该型柴油机缸盖磨损的原因。

(上接第 46 页)

6 结 论

通过采用基于频谱谐波的振动时效技术, 不仅解决了柴油机机体微量变形的难题, 使产品质量得到了有效控制, 而且在保证生产周期的前提下节约了大量的人力和物力。目前该振动时效技术在公司所有型号柴油机的大型壳体件制造中得到了推广应用, 为企业创造了较大的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] 覃敬, 闫普选, 黄天环, 等. 振动时效技术的应用与研究 [J]. 热加工工艺, 2013 (22): 9-12.
- [2] 陈具足. 振动时效工艺及应用 [J]. 金属热处理, 1992 (4): 52-53.
- [3] 赵新, 李斌. 振动时效技术在石油机械制造中的应用 [J]. 西南石油大学学报 (自然科学版), 2007, 29 (3): 111-114.
- [4] 赵长喜. 频谱谐波振动时效消除应力技术的应用研究 [J]. 铸造技术, 2010, 31 (4): 511-514.