

文章编号:1637-9981-(2012)04-0271-05

柴油机排气阀盘面断裂的失效分析

肖晓玲, 况 敏, 乐有树

广东省工业技术研究院新材料研究所, 广东 广州 510650

摘 要:利用金相显微镜、扫描电镜、能谱分析仪等对某柴油机排气阀盘面的断口进行了观察和分析。结果表明: 阀盘面的断口出现人字纹、河流花样和韧窝等特征, 为沿晶+穿晶混合型断裂; 断口处有夹杂物, 断裂面上裂纹尖端覆盖有一层氧化皮, 表明断裂过程中有腐蚀氧化过程; 腐蚀氧化、高频率冲击和热应力等共同作用导致了阀盘面的疲劳断裂。

关键词: 柴油机; 排气阀; 断裂; 失效分析

中图分类号: TH142

文献标识码: A

排气阀是柴油机的一个重要零件, 长期工作在高温及腐蚀的恶劣环境下, 且阀杆在落座时将承受由惯性力引起的交变载荷及弹簧所施加的交变载荷。在频繁的起落过程中, 排气阀也是柴油机易损件之一^[1]。排气阀主要的失效形式有气阀头部(阀盘)宏观裂纹、烧蚀掉块破碎和气阀杆身断裂等^[2]。某船用柴油机排气阀的工作温度范围为400~500℃, 工作压力范围为130~135 kg, 排气阀工作3000 h后发生掉块破碎, 远远低于规定的20000 h以上的寿命。本文对发生此事故的排气阀进行了失效分析, 找出了排气阀断裂原因, 可以为船舶管理人员提供维修保养经验, 以保证船舶的安全运营。

1 外观检验

某柴油机排气阀材料为4Cr₁₄Ni₁₄W₂MoV耐热钢, 该合金钢经固溶处理(1170℃, 保温40 min, 水冷)后, 再时效处理(820℃, 保温5 h, 水冷)。阀杆直径为25 mm, 阀盘面的直径为105 mm, 阀盘锥面是堆焊钴基合金。

仔细检查排气阀盘未断处表面, 均为黑褐色并有局部氧化物剥落。图1(a)是柴油机排气阀盘破碎掉块后的宏观形貌, 图1(b)是阀盘掉块的断口经丙酮、酒精溶液超声波清洗后的形貌, 表面氧化严重, 断口较平滑并有较明显的贝壳纹花样, 表明该区为疲劳裂纹扩展区。

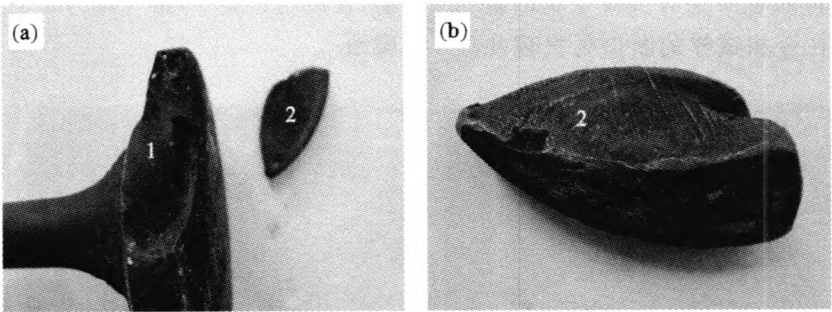


图1 断口宏观形貌

(a) 排气阀盘碎块; (b) 清洗后的阀盘碎块断口形貌

Fig. 1 Images of the exhaust valve after failure

(a) fragments of exhaust valve; (b) one fragment of exhaust valve after cleaning

收稿日期: 2012-10-16

作者简介: 肖晓玲(1966-), 女, 湖南祁东人, 高级工程师, 博士。

2 排气阀盘的化学成分、金相组织与硬度

2.1 化学成分分析

截取阀盘断裂部位的基材进行化学成分分析,结果列于表 1,由表 1 可见,阀盘基材成分含量符合 4Cr₁₄Ni₁₄W₂MoV 耐热钢的化学成分要求^[3].

表 1 排气阀盘的化学成分
Table 1 Chemical composition of the exhaust valve

元素	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	W	Mo	V	Fe
检测值 w/%	0.46	0.48	0.35	0.010	<0.002	13.91	13.80	2.23	0.28	0.0088	余量

2.2 金相组织观察及硬度测试

截取断口附近的基材制备金相试样,观察经浸蚀后的试样发现,断口基材组织为奥氏体及颗粒状

碳化物(图 2a),经评定,晶粒度级别为 7.5 级,显微组织未见异常,但靠近断口边缘附近的晶界上有夹杂物析出(图 2b).

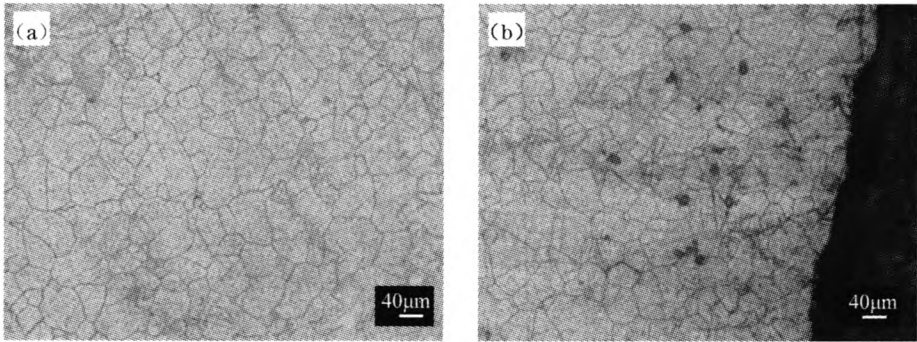


图 2 断口基材金相组织 (a)断口处基材和(b)断口边缘
Fig. 2 Microstructure of (a) matrix near fracture and (b) near fracture edge

图 3 是金相试样的扫描电镜照片. 由图 3 可见,试样的奥氏体晶粒不均匀,晶界和晶粒内均有碳化物析出,呈颗粒状和短棒状,弥散分布,部分碳化物沿晶界作断续的链状分布,与 4Cr₁₄Ni₁₄W₂MoV 耐热钢经固溶处理,再时效处理的金相组织相符^[3],高倍观察发现,在奥氏体晶粒中还有少许条状的硫化锰(见图 3b). 另外,在金相试样的断口处发现几处

沿晶界扩展的裂纹(见图 4). 裂纹从开裂表面至尖端处均存在较为严重的氧化,抛光态观察可以看到裂纹内部充满了灰白色的氧化物;比较裂纹开裂处与基材的能谱曲线(图 5),发现裂纹处的氧和硫的含量高于基材,而 Ni 的含量低于基材,以上特征说明,在使用过程中,排气阀的断裂部位曾发生氧化或腐蚀.

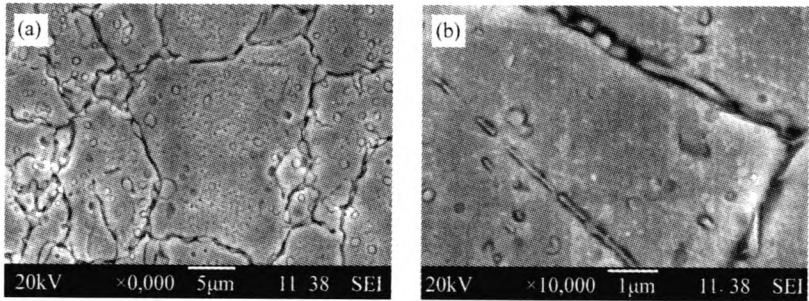


图 3 试样的 SEM 照片
(a) 3000×; (b) 10000×

Fig. 3 SEM images of sample

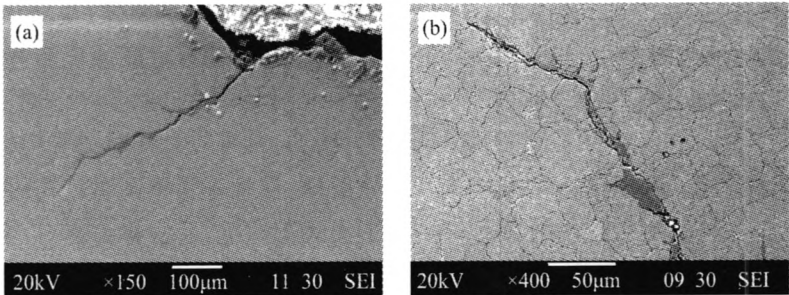


图 4 断面上裂纹的 SEM 照片
(a) 150×; (b) 400×
Fig. 4 Crack extension area of the slot fracture

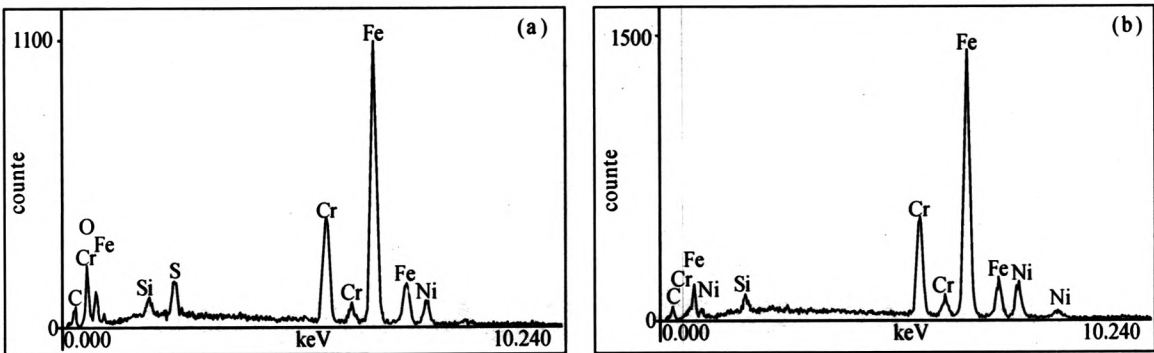


图 5 排气阀的能谱图
(a) 裂纹开裂处; (b) 基材
Fig. 5 EDS spectrum of (a) fracture, (b) matrix

图 6 是阀面堆焊处横截面的形貌,由图 6(a)可见堆焊层、热影响区(即扩散区)和基体的形貌;与基

材的 SEM 图相比,堆焊处的颗粒碳化物已基本熔于基体中,痕迹隐约可见。

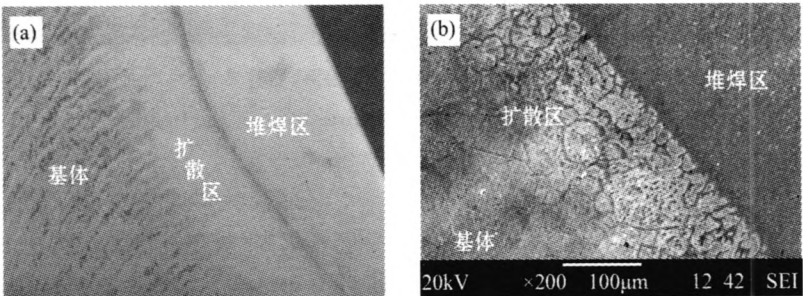


图 6 堆焊处横截面形貌
(a) 12.5×; (b) 200×
Fig. 6 Cross-section image of overlay welding

阀盘断裂处附近的硬度测量值为 143HB,未断裂处的硬度为 160HB,均低于 4Cr₁₄Ni₁₄W₂MoV 耐热钢经固溶处理、再时效处理后的硬度(168HB~244HB),表明阀盘的室温力学性能略低于正常值。

3 断口观察与分析

图 7 为断口的扫描电镜照片,图 7(a)中的断口有空洞和一簇簇连续的逆向人字纹,断口也较为粗

糙,表明该区为疲劳裂纹源区.图 7(b)和图 7(c)为解理断口,具有河流花样特征,图 7(d)的断口为准解理断口,有类似韧窝出现.由此可判断该断裂为沿晶+穿晶混合型断裂.

由于排气阀的服役环境恶劣,燃油中一般含有 0.2%~0.5% 的硫,在燃烧过程中所形成的 SO_2 与润滑油中的碳元素生成煤灰盐类沉积物,沉积于排气阀的表面,另外, SO_2 和高温氧化都会导致阀盘面被腐蚀而形成氧化物和硫化物.当柴油机在运行时,排气阀又会受到机械负荷和热负荷的共同作用,使

其表面的氧化物层破碎,从而加速了氧化和热腐蚀的进程,在表面形成腐蚀坑而造成局部的应力集中,再加上阀盘的硬度略低于正常值,这样容易形成空穴(图 7a 和图 7c).同时排气门在运行中不仅发生摩擦磨损,而且还受到高温燃气的腐蚀作用,阀面上会形成局部凹坑,通常称为麻点,当麻点达到一定的大小和深度时就会造成漏气.这种高温漏气会使排气门很快发生烧蚀,形成裂纹,再由于高温硫化腐蚀加速裂纹沿晶界扩展延伸(图 4),从而引起排气门阀座面破碎掉块^[4].

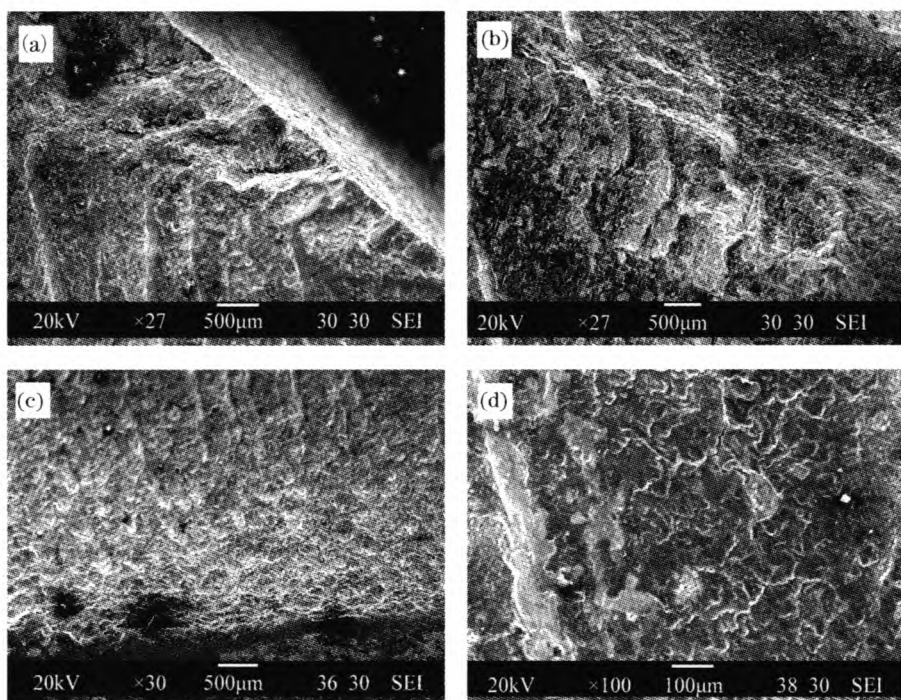


图 7 断面不同部位的 SEM 照片

Fig. 7 SEM images of different failure areas in the fracture

4 结论

(1) 阀体的材料符合 $4\text{Cr}_{14}\text{Ni}_{14}\text{W}_2\text{MoV}$ 耐热钢化学成分的要求,断口的金相组织与 $4\text{Cr}_{14}\text{Ni}_{14}\text{W}_2\text{MoV}$ 耐热钢经固溶+时效处理后的组织基本相符;堆焊处组织未见异常.

(2) 阀盘的硬度低于本材料的标准硬度,表明原材料的热加工工艺欠妥或排气阀在运行过程中温度超标.

(3) 断口形貌具有人字纹、河流花样和韧窝等特征,为沿晶+穿晶混合型断裂.

(4) 断口处有夹杂物,断裂面上裂纹尖端覆盖有一层氧化皮,断裂过程中有腐蚀氧化作用.腐蚀氧化、机械力和热应力等共同作用使阀盘面产生疲劳断裂.

参考文献:

- [1] 戴乐阳,林少芬,陈清林,等. 排气阀杆早期断裂失效分析[J]. 材料热处理技术,2010,39(22):188-190.
- [2] 张守俊. 柴油机排气阀阀杆频繁断裂的分析与处理[J]. 舰船科学与技术,2010,32(9):44-46.
- [3] 任颂赞,张静江,陈质如,等. 钢铁金相图谱[M]. 上海:上海科学技术文献出版社,2003.
- [4] 毛兆杰,汪荣生. 机车柴油机气门的失效分析及对策[J]. 内燃机车,2008(5):15-18.

Failure analysis of exhaust valve in diesel engine

XIAO Xiaoling, KUANG Min, LE Youshu

Dept. of New Material, Guangdong General Research Institute of Industrial Technology, Guangzhou 510650, China

Abstract: The failure of the exhaust valve was investigated using the optical microscope, SEM and EDS. The result showed that the fracture of valve was mixture of inter-granular and trans-granular fracture with characteristic of herringbones, river patterns and dimples. Corrupt oxidation action happened with the inclusion and oxide during the fracture. Corrupt oxidation and the interaction of high frequency impact stress and heat stress resulted in fatigue fracture in the valve.

Key words: diesel engine; exhaust valve; fracture; failure analysis

=====

(上接第 239 页)

Protective performance of coatings prepared by plasma spraying using the powder of both micro and nano Al₂O₃-13 wt%TiO₂

DENG Chunming¹, ZHANG Xiaoshui², MAO Jie¹, ZHANG Jifu¹, LIU Min¹, DENG Changguang¹

1. Guangdong General Research Institute of Industry Technology (Guangzhou research institute of non-ferrous metals), Guangzhou 510650, China; 2. AVIC South Aviation Industry Limited Corporation, Zhuzhou 412002, China

Abstract: Al₂O₃-13wt%TiO₂ coatings were deposited on Q235 steel by air plasma spraying (APS) using both micro and nano Al₂O₃-13wt%TiO₂ powder as feedstock. The microstructure, phase compositions and micro-hardness for as-sprayed coatings were examined. The protective properties of both micro and nano Al₂O₃-13wt%TiO₂ coatings were investigated and compared including resistance to sand abrasion and electrochemical corrosion. The results showed that relatively denser coating with a mixture of micro and nano-structure by nano Al₂O₃-13wt%TiO₂ powder was fabricated by far higher plasma power than that applied in coating prepared by micro Al₂O₃-13wt%TiO₂ powder. The as sprayed nano Al₂O₃-13wt%TiO₂ coating exhibited better resistance to sand abrasion and electrochemical corrosion, indicating that nanostructured Al₂O₃-13wt%TiO₂ coating showed better protective performances.

Key words: air plasma spraying; nanostructured Al₂O₃-13wt%TiO₂ coating; protective performance