● 材料失效分析 Material Failure Analysis ●
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.09.032

BM15LC 型发动机曲轴拉瓦分析

马冬威,张元好,胡志华,赵 齐
(湖北汽车工业学院 材料科学与工程学院,湖北 十堰 442002)

摘 要:通过宏观分析、扫描电镜、能谱分析、组织分析等方法对 BM15LC 型发动机曲轴拉瓦进行分析。结果表明:发动机曲轴及轴瓦呈现明显磨粒磨损特征,曲轴表面磨痕较浅,无块状剥落现象。轴瓦内表面合金层部分剥落,并嵌入许多铁质硬质颗粒,合金层无发黑变色现象。最初进入曲轴和轴瓦间隙的硬质颗粒很可能来源于机加工后未清理干净的缸体,是造成发动机曲轴拉瓦的根源。

关键词:曲轴;轴瓦;硬质颗粒;拉瓦

中图分类号:TG115; TG143 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-8365(2019)09-1005-03

Bearing Score Analysis of BM15LC Engine Crankshaft

MA Dongwei, ZHANG Yuanhao, HU Zhihua, ZHAO Qi
(School of Materials and Engineering, Hubei University of Automotive Technology, Shiyan 442002, China))

Abstract: The crankshaft bearings in BM15LC engine was analyzed by means of macroscopic analysis, scanning electron microscopy (SEM), energy spectrum analysis (EDS) and microstructure analysis. The results show that the engine crankshaft and bearing shells show obvious abrasive wear characteristics, the surface wear marks of crankshaft is shallow and no blocky exfoliation. The alloy layer on the inner surface of the bearing shells is partially exfoliated, and many hard iron particles are embedded. The hard particles that initially entered the gap between the crankshaft and the bearing bush are likely to come from the uncleaned cylinder block after machining, which is the source of the engine crankshaft pull bush.

Key words: crankshaft; bearing bush; hard particle; bearing score

发动机作为汽车的心脏为汽车提供动力,它的质量决定着汽车的安全性和稳定性。汽车发动机由许多零部件组成,这些零部件的质量对发动机至关重要[1,2]。某厂生产的 BM15LC 型发动机在台架试验过程中发生曲轴拉瓦现象。经过拆检发现,发动机曲轴连杆颈部位有明显磨痕,轴瓦磨损更为严重。为分析发动机曲轴拉瓦失效的原因,本文通过宏观分析、扫描电镜、能谱分析、组织分析等方法对曲轴和轴瓦磨损部位进行了分析。

1 宏观分析

1.1 曲轴宏观形貌分析

发动机曲轴生产工艺为铁型覆砂,材料为球墨铸铁,拉瓦失效发动机曲轴宏观形貌如图 1 所示。

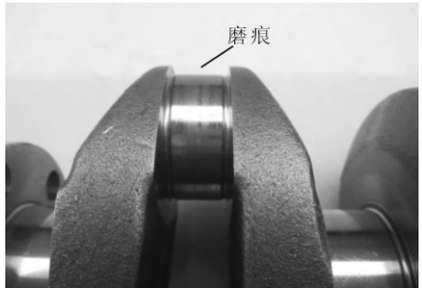

图 1 曲轴宏观形貌
Fig.1 Macrograph of crankshaft

从图 1 中可以看出曲轴连杆颈上面有许多磨痕,磨痕较浅,方向与连杆运动方向一致,表明曲轴运动过程中没有受到来自横向的载荷。

1.2 轴瓦宏观形貌分析

轴瓦是由铝合金-钢双金属带材采用特殊工艺压制而成,轴瓦的内表面合金层包在曲轴连杆颈的外表面。失效轴瓦的宏观形貌如图 2 所示,可以看出,轴瓦内表面因材质较软,因此磨损严重,内表面有部分合金层脱落,但是颜色没有发黑变色,表明轴瓦磨损过程中不缺少润滑。

收稿日期:2019-03-14
基金项目:湖北汽车工业学院研究生教育创新计划项目(Y2018201),湖北省自然科学基金(2018CFB77)
作者简介:马冬威(1983-),河南商丘人,硕士,实验师. 研究方向:金属材料及其失效分析. 电话:13636159480,E-mail:madongwei107@163.com

图 2 轴瓦宏观形貌
Fig.2 Macrograph of bearing bush

2 微观分析

2.1 曲轴表面微观形貌分析

曲轴表面微观形貌如图 3 所示。可以看出,曲轴表面有许多较浅的犁沟,这是磨粒磨损的典型特征;磨损过程中曲轴表面会产生小的磨屑,但是曲轴表面没有块状剥落现象, 也没有硬质颗粒嵌入,亦没有发现明显的铸造或机加工缺陷。

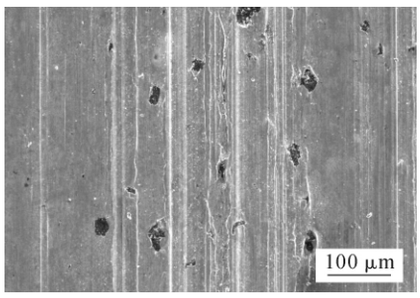

图 3 曲轴表面微观形貌
Fig.3 Micrograph of crankshaft surface

2.2 轴瓦内表面微观形貌分析

轴瓦内表面微观形貌如图 4 所示。从图 4(a)中可以看出,轴瓦内表面合金层已经出现裂纹。随着磨损的进行,裂纹会进一步扩展交汇,进而造成合金层脱落,脱落的合金层也可以作为磨粒,加剧磨损,而硬质的颗粒会嵌入较软的合金层,如图 4(a)中亮点所示。从图 4(b)中可以看出,轴瓦内表面有许多较深的犁沟,并且有硬质颗粒镶嵌其中,说明轴瓦和曲轴之间的硬质颗粒在发动机运转下不断造成磨损,这是引起发动机曲轴拉瓦的主要原因。因此,对硬质颗粒的来源进行分析, 是找到曲轴拉瓦失效原因的关键因素。

3 能谱分析

对嵌入失效轴瓦内表面合金层的硬质颗粒进行能谱分析,能谱分析取样部位如图 5 所示,化学成分分析结果见表 1。从分析结果来看,硬质颗粒的主要化学元素为 Fe。已有研究表明[3,4],在发动机里面容易成为铁质硬质颗粒来源的零部件主要是曲轴和缸体。

表1 硬质颗粒的化学成分 *w*(%)
Tab.1 Chemical composition of core particles

元素	C	O	Al	Si	Fe
谱图 1	1.98	2.32	3.12	1.26	91.32
谱图 2	2.69	2.78	5.26	2.80	86.47

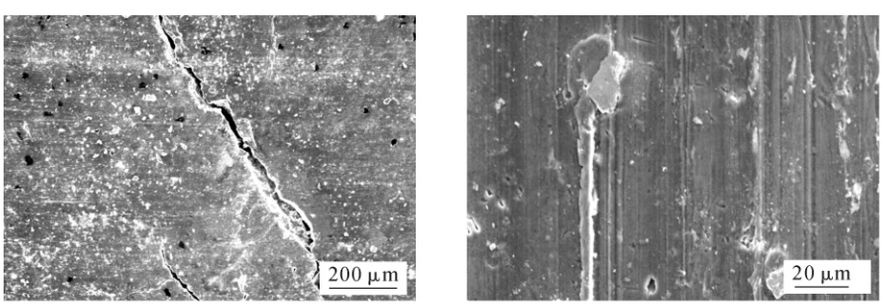

图 4 轴瓦内表面微观形貌
Fig.4 Micrograph of inner surface of bearing bush

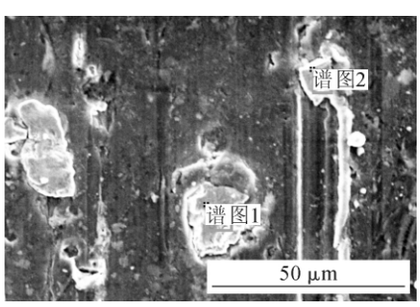

图 5 硬质颗粒能谱分析取样部位
Fig.5 Sampling location of hard particles by EDS results

4 组织分析

为进一步对铁质硬质颗粒进行分析, 将轴瓦内表面用 4%硝酸酒精腐蚀。由于轴瓦内表面不平整,试样更适合放在扫描电镜下观察,结果如图 6 所示。嵌入合金层的铁质硬质颗粒内部看不到片状或球状石墨,也没有出现珠光体组织或其它组织特征,原因有待进一步研究。

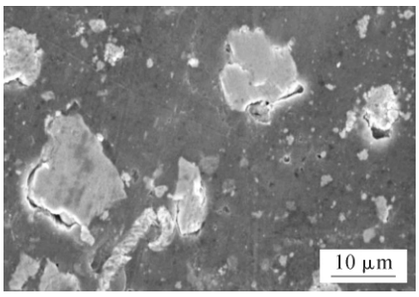

图 6 硬质颗粒腐蚀后的 SEM 照片
Fig.6 SEM image of hard?particles after corrosion

5 综合分析

综合以上分析可知,曲轴和轴瓦之间润滑良好,球墨铸铁曲轴在磨损过程中磨痕较浅，并且无块状剥落,也没有明显的铸造或机加工缺陷。在这种情况下，最初进入曲轴和轴瓦之间并形成磨粒的铁质硬质颗粒很可能来自于发动机缸体，或许是发动机缸体机加工后没有清理干净，在装配时将一些铁屑带入轴颈;这些铁屑在发动机运转过程中转变为磨粒,造成曲轴和轴瓦磨损。曲轴表面磨损时由于挤压和微切削作用也会产生磨屑，这些铁质硬质颗粒在磨损过程中都可能嵌入较软的轴瓦合金层，并造成轴瓦合金层磨损剥落。

6 结论

(1)拉瓦失效发动机内曲轴及轴瓦呈现明显磨粒磨损特征，曲轴表面磨痕较浅，无块状剥落现象,轴瓦内表面合金层部分剥落,并嵌入许多铁质硬质颗粒,无发黑变色现象。

(2)最初进入曲轴和轴瓦之间的铁质硬质颗粒很可能来源于发动机缸体，或许是由于发动机缸体清洗不干净，在装配时带入轴颈和轴瓦之间的间隙,是造成发动机曲轴拉瓦的根源。

参考文献:

[1] 李栋，丁传广. 发动机连杆上轴瓦磨损形态在曲轴上的分布分析 [J]. 现代制造技术与装备, 2017(12): 10-11.
[2] 赵娅. 发动机曲轴铸造缺陷的原因分析与优化 [J]. 热加工工艺, 2016 ,45(8): 247-252.
[3] 李学鹏. WD615 发动机曲轴拉瓦原因分析[J]. 内燃机与动力装置 ,2010(2): 53-56.
[4] 张莉. 柴油机曲轴磨损原因分析与检查修理 [J]. 化学工程与装备 ,2016(7): 185-186.

2019年《铸造技术》杂志征订启事

《铸造技术》杂志，月刊，1979年创刊，中国铸造协会会刊，国内外公开发行，国内邮发代号：52-64，国外发行号：M855，中国标准刊号：ISSN1000-8365/CN61-1134/TG。

报道范围：报道国内外铸造领域的先进科技成果、应用技术、生产管理经验及信息和铸造设备，覆盖铸铁、铸钢和有色合金等铸造领域，包括砂型铸造以及熔模铸造、金属型铸造、消失模铸造和压铸等特种铸造技术。

主要栏目：试验研究、工艺技术、生产技术、特种铸造、装备技术、实用成型技术、材料改性、材料开发、材料保护及表面工程、材料失效分析、应力控制与理化测试技术、今日铸造等。

发行对象：国内外铸造企业，科研院所，高等学校，铸造原辅材料厂商，设备、仪器厂商，铸件采购商等。

广告范围：刊登铸造原辅材料、铸造设备、熔炼设备、热处理设备、环保设备、检测仪器以及铸件生产、科研成果转让、企业形象宣传等相关广告。

订阅方式及价格：

请从当地邮局订阅，也可以直接从铸造技术杂志社订阅。全年12期，每期定价18元，平寄全年216元（含邮费），挂号全年252元，快递全年336元。中国香港、澳门：每期定价36HKD，全年432HKD。

海外：每期定价18美元，全年216美元。

银行汇款：

户　名：陕西铸造技术杂志社有限责任公司
账　号：3700 0235 0920 0091 309
开户行：中国工商银行西安市互助路支行

微信扫一扫 信息快知道

邮购地址：西安市金花南路5号西安理工大学608信箱（710048）
联系人：李巧凤　　电话/传真：029-83222071
网址：www.zhuzaojishu.net　　E-mail：zzjsyz@vip.163.com