

文章编号:1673-9981(2009)03-0200-04

铅黄铜阀体开裂原因分析

张 鸣, 伍超群, 李 扬

(广州有色金属研究院, 广东 广州 510650)

摘 要: HPb59-1 铅黄铜热锻产品在后期加工过程中出现大量开裂现象, 采用金相及电子探针分析方法对 HPb59-1 铅黄铜阀体开裂原因进行分析。结果发现: 铅黄铜阀体材质铅含量较高, 显微组织分布不均匀, 晶粒粗大; 断口表面除含有大量富 Pb 的腐蚀产物外, 还存在明显的高 Pb 和 S 元素的富集区。表明, 热锻造过程中操作不当, 退火不充分及腐蚀介质的存在, 从而造成阀体的应力腐蚀开裂。

关键词: 铅黄铜阀体; 金相组织; 应力腐蚀开裂

中图分类号: U483

文献标识码: A

HPb59-1 铅黄铜具有良好的切削性能及较好的冷热加工性能而得到广泛地应用^[1]。某厂生产的铅黄铜热锻产品在后期加工成阀体的过程中发现多个阀体发生断裂, 开裂的阀体中裂纹大小长短不一, 个别阀体已开裂断开, 该阀体的生产工序为: 原料→锻造→退火→清洗→机械加工。为寻找出造成阀体失效的原因, 提高产品的合格率, 本文对已断开阀体及发现裂纹而未断阀体进行了开裂原因分析。

1 实验部分

1.1 宏观形貌

铅黄铜阀体从内至外可观察到纵横不一的裂纹, 部分裂纹已贯穿整个铜壁, 造成部分脱落, 从裸露的断裂面上可观察到断裂表面呈褐黄色、较平坦, 大部分裂纹横穿管壁, 但未造成铜壁脱落(图 1)。

1.2 实验仪器

用 SPECTROLAB M9 型直读光谱仪对材质进行化学成分分析, 借助于 L-2003A 型正置光学显微镜观察阀体金相组织; 用 JCSA-733 型电子探针分析断口表面形貌及测定腐蚀物成分。



图 1 阀体断裂形貌

Fig. 1 Macrography of crack valve

2 结果与讨论

2.1 材质化学成分分析

对开裂的阀体材质进行化学成分分析, 其结果列于表 1。由表 1 可知, 阀体材质中铅含量与标准值相比比较高, 铁含量略高于标准值, 表明开裂阀体材质的成分不符合标准 HPb59-1 铅黄铜成分的要求。

收稿日期: 2007-06-01

作者简介: 张鸣(1957-), 男, 湖南新田人, 本科, 高级工程师。

表 1 铅黄铜阀体材质的化学成分
Table 1 Chemical composition of the lead brass valve

| 元素 | 含量 w/% | |
|----|--------|--------------------|
| | 实测值 | 标准值 ^[2] |
| Fe | 0.61 | ≤0.50 |
| Cu | 58.26 | 57.0~60.0 |
| Mn | 0.02 | — |
| Pb | 2.37 | 0.80~1.90 |
| Sn | 0.95 | — |
| Al | 0.31 | 0.20 |
| Ni | 0.25 | ≤1.0 |
| Zn | 余量 | 余量 |

2.2 金相组织

首先沿平行裂纹及垂直裂纹方向截取试样,用三氯化铁和盐酸溶液配制成的浸蚀剂对试样进行腐蚀处理,然后进行金相组织分析。图 2~图 4 分别为阀体裂纹附近、基体和外壁的显微组织形貌。从图 2~图 4 可见,裂纹大多沿晶粒边界扩展,亦可见穿过晶粒的裂纹;裂纹由粗到细从内壁向外壁扩展。阀体的显微组织为 $\alpha+\beta$ 双相组织, α 相呈块状或羽毛状沿晶界分布;按 YS/T347-2004 标准判定,晶粒平均直径为 0.13 mm,晶粒度 3 级,晶粒粗大;在阀体外壁附近的部分晶粒发生明显挤压变形拉长, α 相含量明显减少以至消失。这表明,材料在锻造过程中温度过高且退火不完全,造成晶粒粗大,削弱了晶界之间的结合,从而极大地降低了材料的锻造性能^[3]。

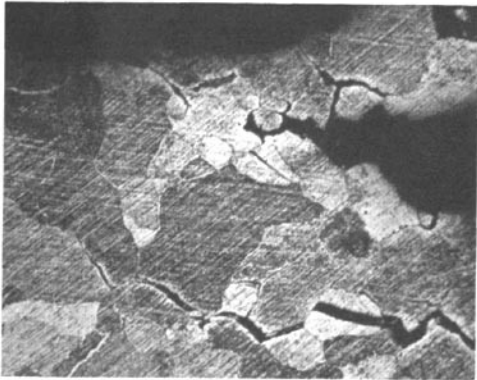


图 2 显微组织中裂纹的形貌,100×
Fig.2 cracks in the microstructure of valve



图 3 阀体基体显微组织形貌,400×
Fig.3 Micro-structure of valve's substrate

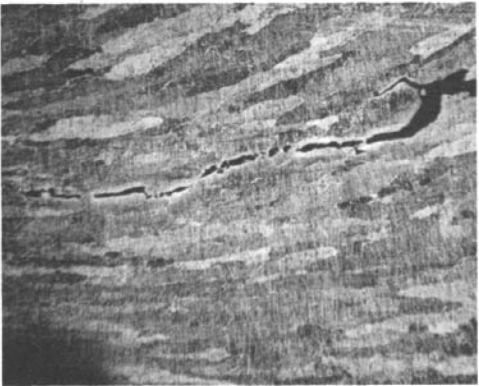


图 4 阀体外壁显微组织形貌,400×
Fig.4 Micro-structure of outside valve

2.3 电镜观察

用电子探针对阀体(图 5 和图 6)进行分析发现,已脱落断开的阀体断裂表面可见明显的沿晶断裂和二次裂纹,断口表面晶粒被大量腐蚀物覆盖,但它仍然保持了铜晶粒的形状,同时表面存在大量细小的颗粒,元素 X 特征射线扫描结果表明,这些小颗粒为富铅颗粒。

为进一步研究裂纹形成原因,将存在裂纹而未发生断裂的阀体沿裂纹处打开,发现新鲜断口表面大多呈浅黄色,部分区域呈铅灰色,电镜下观察亦可见明显的沿晶断裂和二次裂纹,存在明显的解理花纹,表面附有大量疏松的絮状腐蚀产物(图 7 和图 8)。

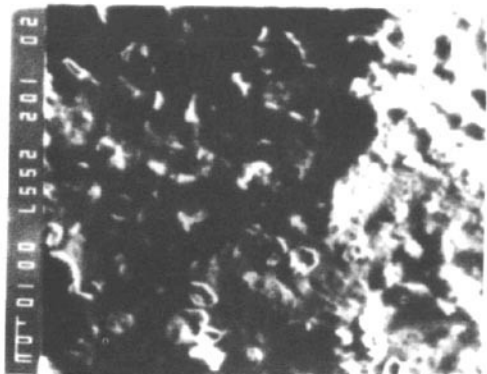


图5 富铅颗粒放大图,1000×
Fig.5 Enlargement figure of lead-rich particals

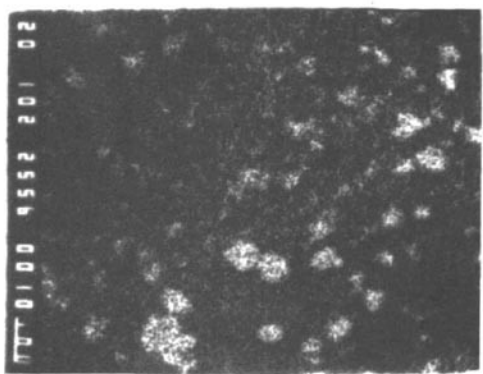


图6 富铅颗粒的 Lα 特征 X 射线图,1000×
Fig.6 Lα-ray of lead-riched particals

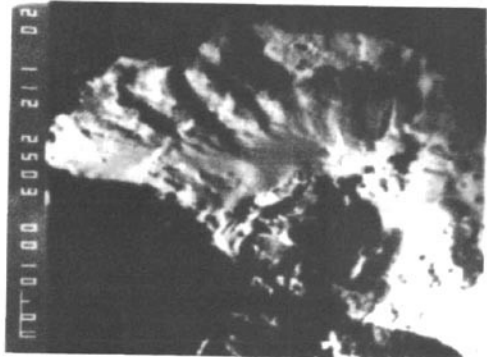


图7 解理花样,1100×
Fig.7 Cleavage pattern

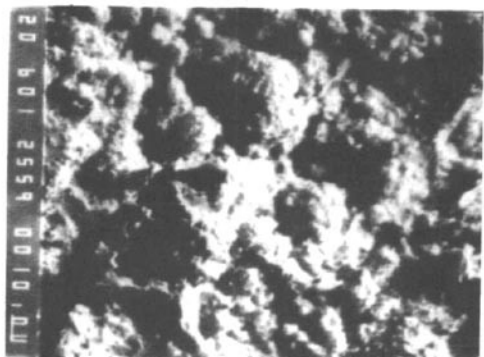


图8 絮状疏松的腐蚀物,600×
Fig.8 Loose flocculating corrosion materials

表 2 断裂面表面腐蚀物化学成分分析结果

Table 2 Chemical composition of corrosion materials on the crack surface

| 元素 | 含量 ¹⁾ w/ % | | 元素 | 含量 ¹⁾ w/ % | |
|----|-----------------------|-------|----|-----------------------|-------|
| | 铅灰色区 | 浅黄色区 | | 铅灰色区 | 浅黄色区 |
| Si | 0.17 | 0.04 | Sn | 0.35 | 0.52 |
| Ni | 0.13 | 0.15 | Pb | 29.07 | 10.88 |
| Cu | 26.43 | 32.29 | S | 3.21 | 0.01 |
| Zn | 18.28 | 24.18 | Cl | 0.17 | 0.02 |
| Fe | 0.30 | 0.59 | Al | 0.04 | 0.02 |

注:1)样品未检测 C,O,N 及 H 等元素,上述结果未进行归一化处理。

对腐蚀产物进行电子探针波谱(WDS)分析,结果列于表 2.由表 2 可知,腐蚀物中除含有大量的铅外,还含有 S 元素.

断裂面电子探针分析表明,断口表面除含有大

量富 Pb 的腐蚀产物外,还存在 Pb 及 S 元素的富集区,依据腐蚀物成分分析结果及断裂面表面颜色可知,腐蚀区物质为 PbS,PbO 及 Pb₃O₄ 等.

根据金相组织及电镜分析结果,HPb59-1 铅黄

铜热锻产品阀体产生断裂的主要原因:材质中 Pb 的含量偏高,其在高温下呈液态分布在晶粒间,在形变拉应力的作用下,易产生应力集中,使铅黄铜的强度及塑性降低;在热锻造过程中由于温度过高,造成晶粒粗大, α 相沿晶界分布,晶界结合削弱,加之退火不充分,未能消除锻件内应力;后期清洗过程中残留液体的存在,造成大量富 Pb 的腐蚀物生成,从而引起阀体的应力腐蚀开裂。

3 结 论

HPb59-1 铅黄铜阀体发生开裂的主要原因是

由于材料中铅的含量超标,在热锻造工艺过程中操作不当,且退火不充分,未能完全消除锻件的内应力,加上腐蚀介质的存在,从而引起阀体的应力腐蚀开裂。

参考文献:

- [1] 朱达仁. HPb59-1 黄铜阀门接头的挤压成行[J]. 机械科学与技术,1996 (4):23-25.
- [2] 李震夏. 世界有色金属材料成分与性能手册[M]. 北京:冶金工业出版社,1992.
- [3] 高强. 最新有色金属金相图谱大全[M]. 北京:中国冶金工业出版社,2005.

The fracture analysis on lead brass valve

ZHANG Ming, WU Chao-qun, LI Yang

(Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals, Guangzhou 510650, China)

Abstract: Many cracks appeared during the post-processing of the heat production of HPb59-1 lead brass valve. The fracture mechanism of HPb59-1 lead brass valve was investigated by metallography and electron probe. It was found that the content of lead was higher than that as required in lead brass valve. The microstructure of lead brass valve is inhomogeneous and the crystal grain size was big. Much corrosion products which were rich in lead element were found at the surface of cracks, and the enrichment region of Pb and S elements also occurred, indicating that the forging-process was improper, the annealing was insufficient and corrosion products appearing, thus leading to stress corrosion crack in lead brass valve.

Key words: lead brass valve; metallographic structure; stress corrosion crack