

轴承钢球开裂原因分析

■ 梁华, 程彬, 马爽

摘要: 钢球是球轴承中承载载荷的滚动体, 是球轴承中最重要的零件之一, 其制造质量会直接影响到轴承的使用寿命。采用金相、硬度检测、宏观及微观观察分析的方法对钢球产生开裂的原因进行了分析。结果表明, 钢球内部存在冶金缺陷—缩孔残余, 是导致钢球在运转过程中发生开裂的主要原因。

关键词: 钢球; 开裂; 缩孔残余; 过热

钢球是球轴承中承载载荷的滚动体, 是球轴承中最重要的零件之一, 其加工过程相当复杂, 从冷镦(或热轧、锻)球坯到最后的清洗包装, 涉及到诸多的加工工序, 而每道加工工序都会对钢球的内在质量和表面质量产生较大的影响。钢球的制造质量会直接影响到轴承的使用寿命, 因而是极其重要的。钢球因材料冶金缺陷导致轴承失效的案例屡见不鲜, 分析难度也不大, 但对于小尺寸钢球开裂, 尤其是内在冶金缺陷导致的开裂, 由于难于通过热酸洗定位材料轧制方向, 故分析难度就会增大。本文采用金相、硬度检测、宏观及微观观察分析的方法, 广开思路, 对钢球产生开裂的原因进行了分析。

某公司送检成品钢球5粒(断裂成半粒的钢球), 材料为GCr15轴承钢, 加工工艺过程如下: $\phi 6.0\text{mm}$ 热轧盘圆(连铸)→球化退火后冷拔成 $\phi 4.5\text{mm}$ →去应力退火后冷拔成 $\phi 3.2\text{mm}$ →去应力退火后冷拔成 $\phi 2.5\text{mm}$ →

冷镦成钢球→冷、热加工成 $\phi 2.36\text{mm}$ 成品钢球。该批次钢球共300万粒, 用户在使用过程中发现约60粒开裂成两半, 要求对钢球发生开裂的原因进行分析。

1. 观察与分析

(1) 宏观形貌 送检的5个半粒钢球断口的中心部位材料均呈线状分布, 边缘光亮且凹凸不平, 具有明显的挤压、磨损痕迹, 其形貌见图1。

(2) 断口的微观形貌观察与分析 为了更详细地观察缺陷形貌, 任取半粒钢球放置在JSM-6380LV扫描电子显微镜下变倍观察断口形貌, 结果表明: 钢球中心部位约3/5断口呈深浅不一平行的条带状, 形貌自然、疏松, 其余部位主要呈挤压、磨损状态, 局部为瓷状断裂面, 断口的微观形貌见图2~图5。采用EDS7582能谱仪对条带的多处部位进行微区成分分析, 发现材料内存在异常元素, 主要为氧、钙、镁及微量的钠。



图1 送检钢球宏观形貌

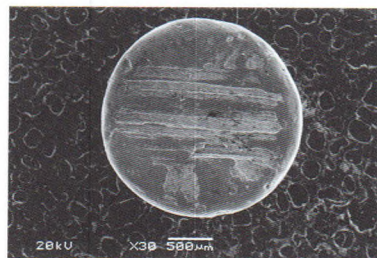


图2 钢球断口低倍形貌

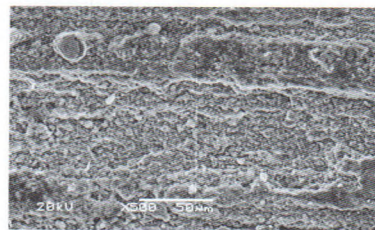


图3 钢球断口中心部位放大

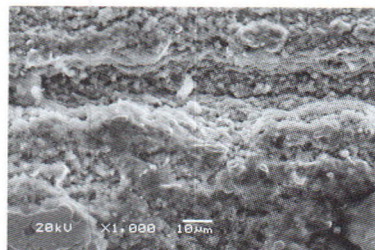


图4 钢球断口局部高倍形貌

(3) 金相检验 取一粒钢球从心部条带处横向解剖, 经磨制后观察发现: ①条带剖面深度约0.25mm, 条带周围还存在一些小孔隙(见图6、图7)。②将钢球沿条带磨制, 并采用4%硝酸酒精溶液腐蚀后发现, 条带主要位于带状碳化物上并与其方

向一致(见图8)。③钢球的带状碳化物按GB/T18254—2002标准评为2.5级(见图9、图10), 不符合标准要求。④钢球的淬回火组织过热且极不均匀, 按JB/T1255—2014标准评定为大于4级, 网状碳化物为2级, 不符合标准要求(见图11)。

2. 结果分析

根据宏观、微观观察分析及金相检验的结果可以确定:

(1) 钢球是在安装到轴承内部后使用过程中开裂的, 开裂方向均为材料轧制方向。

(2) 钢球心部存在明显的疏松条带, 带状碳化物超标且表面含有氧、钙、镁等异常元素。另外, 条带深度约0.25mm, 由此确定钢球心部存在缩孔残余, 属于冶金缺陷, 这也是导致钢球在使用过程中发生开裂的主要原因。

(3) 钢球的淬回火组织过热使其脆性增大, 降低了抗压强度, 使钢球更容易发生开裂。

3. 结语

当钢球尺寸较小或断口挤压、磨损较严重时, 无法确定材料轧制方向, 也难以进行常规的断口分析, 此时可以通过金相法, 通过观察缺陷形貌与金相组织的关系找到开裂的主要原因。

参考文献

- [1] 梁华, 刘传铭, 等. 轴承钢球的失效分析[J]. 金属加工, 2015 (11): 46~47.
- [2] 梁华. 滚动轴承的失效分析[J]. 理化检验-物理分册, 2005 (增刊): 99-103.
- [3] 梁华, 赵学军, 等. 轴承钢球在生产过程中表面剥落原因分析[J]. 轴承, 2008 (8): 26-27.

作者简介: 梁华、程彬、马爽, 洛阳轴研科技股份有限公司。

MW 20170426

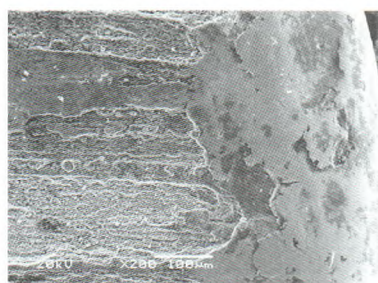


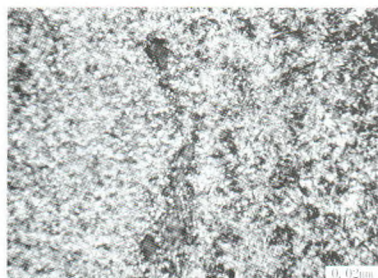
图5 钢球断口局部放大形貌



图6 钢球心部条带的剖面形貌



图7 图6局部放大形貌



(a) 心部条带状处

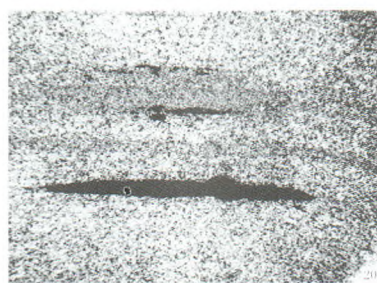


图8 钢球心部条带与带状碳化物形貌



图9 图8局部放大形貌



图10 图9局部高倍形貌



(b) 正常部位

图11 钢球的淬回火组织