

圆锥轴承滚子发热后的组织变化分析

张玲, 曾朝凡, 王婵, 陈文君, 李付伟, 李德田

摘要: 分析了使用过程中发热轴承, 其高碳铬轴承钢轴承滚子的化学成分、异常部位的组织及其基体金相组织。结果表明: 由于摩擦的作用, 导致不平衡热的发生, 使得滚子的组织产生了一系列的不同变化, 同时排除了因热处理缺陷所致的影响因素。

关键词: 圆锥滚子轴承; 发热; 回火烧伤; 二次淬火烧伤; 划伤

众所周知, 轴承在实际使用中, 由于种种原因, 诸如结构不合理、材质差、热处理不当、存在表面缺陷、安装不当和润滑不良而导致失效。滚动轴承的失效机理受轴承自身材料、加工、应用等多因素的影响^[1]。某型号的圆锥滚子轴承使用于轮轴部位, 跑合后轴承产生发热现象, 这是应用过程中经常会出现的一种失效模式。针对这种常发的失效模式, 按有关部门要求, 对其圆锥滚子轴承使用中发热的高碳铬轴承钢滚子的内在质量进行分析。

选择了几种典型形貌特征的滚子, 对其滚子的化学成分、酸洗后颜色异常部位的组织及其基体组织进行了分析和归类。此类失效模式因滚动面使用过程中由于接触不良, 所导致的滚动面微热、强热, 而导致滚动体的表层组织产生变化, 探讨其组织形貌特征, 从而为全面准确分析轴承失效的原因提供基础数据, 具有一定的意义。

1. 材料成分分析与牌号

采用手持合金分析仪器, 对发热轴承滚子其主要化学成分进行检测及确定所用材料牌号, 检验结果见表1, 依据JB18254—2014 高碳铬轴承钢技术条件, 其主要化学成分符合该标准要求, 确定滚子用材料为GCr15。

2. 滚子发热后外观形貌

对使用中异常升温的轴承, 拆套并清洗轴承滚子。肉眼观察工件表面颜色无明显变化, 可以看到其表面无裂纹、无破碎、无剥落痕迹, 但滚子滚动面上存在环形条纹, 滚子滚道表面有划伤, 手感这些划伤部位未有凹凸感, 滚动体基面似有变色现象, 但不明显。但由于摩擦作用产生

的热能, 增加了发生热损伤的可能性。

3. 滚子酸洗后形貌及分析

对外观颜色无明显变化的圆锥滚子轴承的滚子, 冷酸洗检查其表面存在的缺陷, 其外观形貌见图1。

第一类是冷酸洗后的滚子高温回火烧伤部位均呈现黑色, 条形状烧伤, 而无烧伤部位呈现灰色, 如图1a、1b、1c所示。这是由于使用过程中, 当温度超过工件热处理时的回火温度而产生的回火烧伤, 相当于工件高温回火引起的表面热软化。

第二类是冷酸洗检查可见烧伤部位也有滚子存在局部白色条纹, 属于二次淬火烧伤, 见

表1 化学成分 (质量分数) (%)

类型	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu
标准	0.25~0.45	1.40~1.65	≤0.10	≤0.25	≤0.25
试样1	0.38	1.56	0.05	0.13	0.08
试样2	0.41	1.42	0.05	0.10	0.12
试样3	0.38	1.37	0.07	0.12	0.11

图1 b。由于使用过程中产生摩擦热，当温度超过奥氏体化温度时，摩擦时产生应力而诱发相变，导致金属表层磨削热急剧升温至淬火加热温度，随之冷却，造成磨削表层二次淬火。总之，产生工件的表面变质层；严重者，会导致表面开裂。

第三类属于划伤类缺陷，属于规律性的线性划伤（见图1c），形态特征呈线状，有手感的光亮沟纹，且呈规则形的环形条纹。当滚动轴承油脂含有灰尘、金属碎屑等杂质或在运行中由于金属之间摩擦及材质缺陷等原因，使摩擦下来的金属微粒在滚道和滚子之间摩擦，硬性颗粒或物体尖刃部与之接触并有相对移动而产生的表面线状机械性损伤，造成零件表面划伤或压痕。

4. 滚子的组织变化及分析

对上述滚子颜色异常的不同部位以及环形条纹，进行线切割加工取样，制取金相试样，采用4%硝酸酒精腐蚀，采用OLYMPUS GX51 光学显微镜对试样进行不同部位的组织形貌观察，归为四大类，如图2所示。而对正常区域的组织检验和分析表明，其组织均符合JB/T1255—2014标准要求；对正常区域的滚动面硬度检验均满足60~64HRC的要求，颜色异常区域的硬度为56~58HRC，低于标准要求。

(1) 二次淬火烧伤组织 对滚动面的二次淬火烧伤条纹处制取截面试样，其组织形貌见图2a、2b，白色区域为二次淬火组织，呈现月牙形，黑色月牙形区域也为高温回火烧伤组织区^[2]。



图1 滚子酸洗后的外观形貌

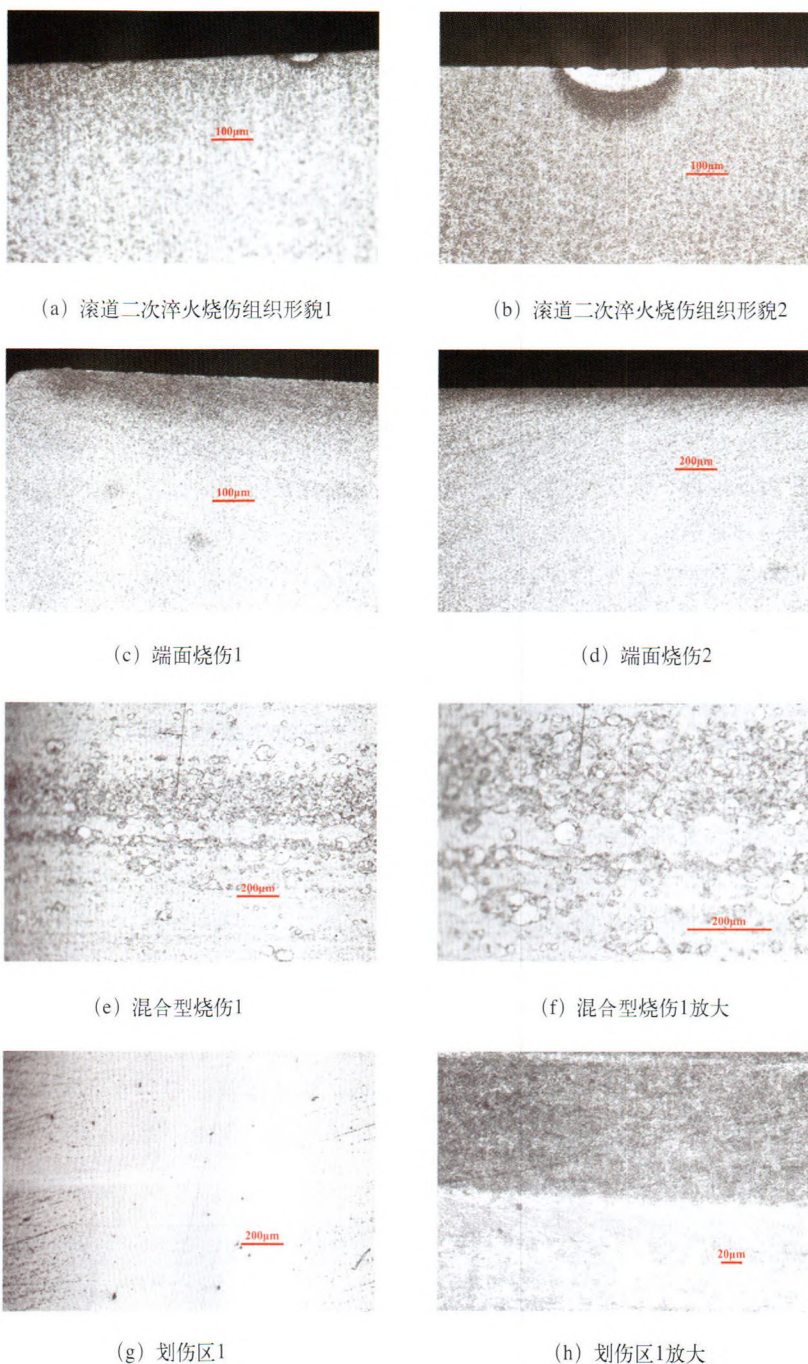


图2 典型烧伤的组织形貌

当温度超过奥氏体化温度,原来的马氏体组织被重新加热转变成奥氏体,随后快冷被淬火,形成了一层薄、硬而脆的没有经过回火的马氏体,在白亮区边缘被暗黑色带所包围,这层暗黑色区属高温回火烧伤区。当多种应力综合,超过该材料抗拉强度,严重者会引起表层二次裂纹。

(2) 高温回火烧伤组织 在滚子球基面穴内及穴边缘酸洗后外观有明显的黑色区域,制成截面金相试样,其组织形貌见图2c、2d,观察表面有1~2mm的高温回火组织表层,其余心部组织为正常的淬回火马氏体组织。当回火温度达到300℃时,由于碳原子的扩散能力增强,碳化物与马氏体间的共格关系遭到破坏,逐渐转变为渗碳体型碳化物(Fe_3C),残留奥氏体完全分解。随着温度的不断升高,在固溶体分解的同时碳化物聚集长大的作用越来越大,速度也越来越快,出现的回火屈氏体,其耐腐蚀能力比正常的低温马氏体要小。因此,滚子高温回火区更容易腐蚀。不同回火温度所得到的不同组织,会产生不同的组织变化,因而其抗腐蚀能力不同,酸洗也呈现不同的色差。由于马氏体的分解,残留奥氏体的分解,碳化物的析出与聚集长大的结果,使组织转变为回火马氏体和回火屈氏体,导致其抗腐蚀能力大大降低。

(3) 混合型烧伤组织 在滚动面上既有二次淬火烧伤,也有高温回火烧伤,其组织形貌见图2e、2f。在滚动面沿径向的黑色条纹(酸洗后呈现)区域,可

观察到有数个大小不一、圆形或接近圆形的白色二次淬火烧伤微区,长度 $\leq 50\mu\text{m}$;还有部分的高温回火区以及正常区域同时共存的组织形貌。

(4) 划伤型的组织 在滚动面上沿周向分布,在此该规则性的环形条纹处,直接磨制金相试样,其形貌见图2g、2h。显微镜下低倍观察图2g有一白色环形条纹,周围有许多细小的窄条划痕,呈现不同的角度趋向,但也有许多一致的去向,这些窄条划痕应是制样中留下的小划痕所致,而这条环形条纹是在该区域产生了塑性变形区,从而具有较高的耐蚀性。这些区域的金相组织既没有发生高温回火,也没有发生二次淬火烧伤。

5. 结语

(1) 划伤型的环形条纹为摩擦产生的塑性变形区痕迹,但金相组织未发生变化;无论是细小条纹还是比较明显的白色条纹均为摩擦所产生的,且具有明显的耐蚀性。

(2) 酸洗颜色异常的区域系发生严重摩擦的塑性变形,由于摩擦热导致高温回火,发生了组织变化;严重者产生了二次淬火烧伤层,但也有介于这两种之间的混合型组织形貌,而正常区域的马氏体组织均为3级,属于合格控制级别。

(3) 排除了热处理工序所产生的组织类型缺陷。

参考文献

- [1] 赵培,薛河,严周民.滚动轴承失效的机理及故障诊断分析[J].湖南农机,2013,40(3):141-142.
- [2] 田秋梅,田殿军,王世民.轴承零件磨削烧伤和磨削裂纹鉴别[J].哈尔滨轴承,2009,30(2):15.

作者简介:张玲、曾朝凡、王婵、陈文君、李德田,洛阳LYC轴承有限公司,航空精密轴承国家重点实验室;李付伟,洛阳LYC轴承有限公司。

MW 20170419

《感应热处理技术与装备专刊》征稿

金属加工杂志社主办的“2017年高端感应热处理技术交流会(第三届)”将于11月在北京举办,特出版《2017感应热处理技术与装备专刊》,欢迎行业作者踊跃撰稿。

论文内容:以感应热处理先进技术与装备为主线,内容涉及国外先进技术、生产经营管理、技术创新、技术改造、节能环保、信息化技术、行业形势、典型工艺和设备等内容。

论文要求:字数不超过5000字,发送word附件至电子邮箱rb1950@126.com。

论文提交截止日期:2017年10月10日。

联系人:金属加工(热加工)编辑部

田文华 电话:010-88379790转607

手机:13671067737