

特大型轴承内圈断裂原因分析及预防措施

王婵, 仵永刚, 曾朝凡

洛阳轴承集团股份有限公司航空精密轴承国家重点实验室 河南洛阳 471039

摘要: 轴承在安装过程中出现内圈贯穿断裂, 通过宏观检查、断口分析、化学成分分析、金相检测、材料及热处理质量检测, 对其断裂原因进行了分析。结果表明: 该套轴承内圈心部存在局部锻造过烧缺陷, 该轴承在安装受力时, 沿缺陷部位贯穿断裂。

关键词: 特大型轴承; 早期失效; 贯穿断裂; 断口分析; 锻造过烧

Cause analysis and preventive measures of fracture of oversize bearing inner ring

WANG Chan, WU Yonggang, ZENG Chaofan

State Key Laboratory of Aviation Precision Bearing, Luoyang LYC bearing Co., Ltd., Luoyang 471039, Henan, China

Abstract: The fracture of inner ring occurs in the process of bearing installation, the cause of the failure was analyzed by means of macro-examination, fracture analysis, chemical composition analysis, metallographic examination, material and heat treatment quality testing. The results show that the inner ring of the bearing has a partial forging overburn defect, and the bearing breaks along the defect during installation.

Keywords: oversize bearing; early failure; through fracture; fracture analysis; forging overburning

1 序言

在大型机械设备中, 滚动轴承是最为关键的核心零件之一, 若轴承出现故障, 不仅会影响机械设备的正常工作, 而且会带来极为严重的安全隐患^[1]。特大型轴承一般工作环境特殊, 极度恶劣的工作状况易导致轴承发生故障, 如果轴承零件存在加工缺陷, 则会严重影响轴承的使用寿命。我公司承接一套外委的特大型双列调心滚子轴承, 在安装过程中, 出现内圈贯穿断裂。笔者通过对轴承内圈进行断口分析、理化检测, 以找出断裂失效原因。

该型号内圈材料为GCr15SiMn钢, 其加工工艺过程为: 下料→锻造成形→球化退火→车削加工→

热处理→磨削加工→装配入库。

2 理化检测

2.1 宏观检测

失效轴承整体形貌如图1所示, 轴承内圈贯穿断



图1 轴承整体宏观形貌

第一作者: 王婵, 硕士, 工程师, 主要研究方向为轴承的失效分析, E-mail: 15518183858@qq.com。

裂，断口整体形貌如图2所示。

观察断裂断口面，判定断口为一次性断口，断裂源位于套圈最大壁厚中部位置（套圈心部），如图3所示。在放大镜下观察，断裂源部位断口晶粒粗



图2 内圈断口整体形貌



图3 断裂源位置形貌

大，有细小孔洞分布，孔洞深不见底，俗称“豆腐渣”断口，断裂源处缺陷形貌如图4所示。



图4 断裂源处缺陷形貌

2.2 化学成分分析

对轴承内圈进行取样、制样，试样尺寸为10mm×10mm×10mm，采用ARL4460型直读光谱仪对内圈进行化学成分分析，结果见表1。从表1可看出，GCr15SiMn钢内圈化学成分符合GB/T 18254—2016《高碳铬轴承钢》的相关要求。

表1 GCr15SiMn钢内圈化学成分（质量分数）

(%)

元素	C	Si	Cr	Mn	Mo	Ni	Cu	P	S
实测值	0.99	0.46	1.56	1.13	0.08	0.12	0.13	0.012	0.015
标准值	0.95~1.05	0.45~0.75	1.40~1.65	0.95~1.25	≤0.10	≤0.25	≤0.25	≤0.025	≤0.020

2.3 金相检测

制取套圈缺陷处的金相试样并在显微镜下观察，可见缺陷处有大量大小不一的孔洞分布，孔洞多呈尖角状，个别深不见底，其金相形貌如图5所示。用4%的硝酸酒精溶液腐蚀后观察，可见孔洞多集中于碳化物聚集区域。制取内圈断口断裂源处试样进行扫描电镜观察，可见孔洞内部烧损严重，局



图5 缺陷处金相形貌

部有熔融形貌，如图6所示。

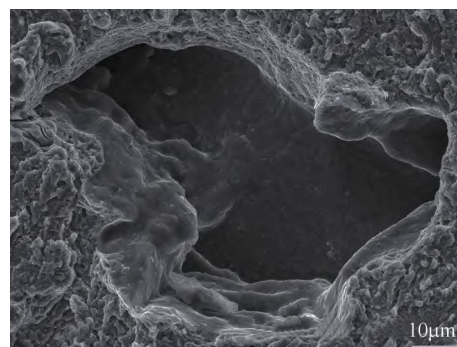


图6 缺陷处熔融形貌

2.4 材料及热处理质量检测

制取内圈纵、横截面金相试样在显微镜下观察，内圈材料质量检测结果见表2。从表2可看出，该内圈材料质量符合GB/T 18254—2016的相关规定。内圈热处理质量检测结果见表3。从表3可看

表2 内圈材料质量检测 (级)

项目	硫化物		氧化铝		硅酸盐		点状不变形		碳化物	
	粗细	细系	粗细	细系	粗细	细系	粗细	细系	液析	带状
检测值	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3.0
标准值	≤2.5	≤1.5	≤2.0	≤1.0	≤0.5	≤0.5	≤1.0	≤1.0	≤2.0	≤3.0

表3 内圈热处理质量检测

项目	屈氏体组织 /级	马氏体组织 /级	网状碳化物 /级	硬度HRC
检测值	2	3	2.0	59、60、60
标准值	≤2	1~4	≤2.5	58~63

出, 该内圈热处理质量符合GB/T 34891—2017《滚动轴承 高碳铬轴承钢零件热处理技术条件》的相关规定。

3 分析讨论

通过该失效轴承内圈的宏观形貌、化学成分、金相组织等分析与检测结果可知, 该内圈心部存在过烧孔洞; 由于该批次套圈棒料原材料进厂时进行100%超声波检测, 结果合格, 且孔洞主要集中于碳化物聚集区域上, 因此判定内圈心部缺陷为锻造过烧, 与原材料局部碳化物偏析有关。

套圈心部存在局部过烧缺陷, 导致该位置为套圈最薄弱的部位。结合断口断裂源的形貌特征, 断口为脆性断口, 断裂源初始位置指向套圈心部, 说明轴承在后续安装过程中, 套圈受力后沿心部缺陷位置产生贯穿断裂。

一般情况下, 轴承套圈产生锻造过烧的主要原因有两个: 一是原材料问题, 原材料存在成分偏析或有低熔点夹杂物等因素, 在后续锻造工序中, 该区域更容易产生缺陷; 二是锻造工艺问题, 若锻造时的加热温度超过工艺规定的上限, 同时保温时间过长, 锻件很容易过热, 严重时产生过烧缺陷^[2]。轴承套圈过烧不但造成晶界氧化开裂, 而且对于材料内部成分偏析严重或有低熔点夹杂物的区域, 晶界熔化现象更明显, 并形成尖角状孔洞^[3]。如果材料在这种状态下再经受锻打, 则会产生撕裂, 形成

更大的孔洞。

锻造过烧多位于套圈倒角端面 and 内径上, 但也有些位于次表层或心部, 且套圈锻面覆盖有氧化皮, 一般很难从外观及时发现, 经过车削加工、磨削加工后才能暴露出来^[4]。如果轴承套圈中存在过烧缺陷, 会破坏晶界和基体的连续性, 导致套圈的韧性和强度降低, 严重影响轴承的使用性能和寿命, 容易发生早期失效^[5]。

4 结束语

1) 该轴承内圈心部存在局部锻造过烧缺陷, 结合断口形貌可知, 轴承在安装受力时, 内圈沿孔洞缺陷部位产生贯穿断裂。

2) 在套圈锻造过程中, 正确制定加热规范, 严格按照工艺执行, 控制锻件的加热温度和高温下的保温时间; 同时保证测温和控温仪表的可靠准确, 操作者要勤调、勤看并认真记录。

3) 发现存在过烧缺陷的套圈应立刻报废, 同时对同批次套圈加强检查, 尤其是对重要产品, 建议采用超声波探伤仪逐个检测。

参考文献:

- [1] 赖华友. 矿山设备轴承故障诊断与异常分析[J]. 采矿技术, 2021, 21 (4) : 183-186.
- [2] 孙钦贺. 轴承套圈锻造过程缺陷分析[J]. 金属加工 (热加工), 2015 (9) : 77-78.
- [3] 许冬冬, 王红霞, 李荣德. 套圈锻造过烧导致轴承早期失效[J]. 洛阳工业高等专科学校学报, 2005 (1) : 14-15.
- [4] 李贵方, 杨争, 曾朝凡. 特大型轴承外圈早期失效原因分析[J]. 金属加工 (热加工), 2019 (2) : 50-52.
- [5] 汪英志. 轴承零件锻造常见的加热缺陷及解决方法[J]. 内燃机与配件, 2020 (23) : 116-117.