

特大型轴承中挡圈端面裂纹成因分析

■ 李贵方, 张玲, 曾朝凡, 王婵

摘要: 轴承中挡圈荧光磁粉检测发现裂纹, 通过对其进行宏观检验、化学成分分析、非金属夹杂物检验以及金相检验, 对裂纹产生原因进行分析。结果表明: 该裂纹性质属于淬火裂纹, 主要原因是车刀刀痕较深、非金属夹杂物超标及存在大块状碳化物液析的综合作用引起的。

关键词: 轴承中挡圈; 非金属夹杂物; 淬火裂纹; 车刀刀痕; 碳化物液析

某厂有一批特大型四列圆柱滚子轴承中挡圈磨加工后, 在无损检测工序发现批量性裂纹, 该中挡圈材料为GCr15SiMn钢, 尺寸为: 700mm×90mm, 其加工工艺过程为: ϕ 300mm棒料入厂→超声波检测→锯切→锻造成形→球化退火→车削加工→热处理→磨削加工→荧光检测→装配。产品追溯过程中, 在热处理工序及磨削加工工序检查时均发现端面有裂纹。笔者通过对该中挡圈进行检验与分析, 讨论了裂纹产生的原因及改进措施。

1. 理化检验

(1) 宏观检验 中挡圈在荧光检测工序发现裂纹, 观察裂纹位于中挡圈端面, 呈线状并多沿圆周方向分布, 裂纹长短不一, 最长约20cm, 其宏观形貌如图1

所示; 且在端面发现有明显的车刀刀痕, 制成金相试样, 检测其深度约0.05mm, 如图2所示。

(2) 化学成分分析 在中挡圈裂纹处进行取样, 大小为15mm×15mm×15mm。采用直读光谱仪检验化学成分, 其结果见表1。该材料的化学成分除Ti元素超出标准外, 其余元素均符合GB/T 182454—2002标准要求。

(3) 非金属夹杂物检验 在裂纹部位制取金相试样后, 在光学显微镜下观察, 其非金属夹杂物级别依据材料标准GB/T 18254—2002评定, 结果如表2所示。

(4) 金相检验 制取金相试样后在光学显微镜下观察, 可见裂纹呈撕裂状, 大致垂直于挡圈表面, 尾部尖细, 其内未发现氧化皮, 裂纹内部及其附近局部

有非金属夹杂物, 裂纹深浅不一, 深度最深约11mm, 其局部形貌如图3所示。

采用4% (体积分数) 硝酸酒精溶液侵蚀试样后在显微镜下观察, 裂纹两侧未发现脱贫碳及烧伤现象。观察金相组织发现裂纹附近有明显大块状液析碳



图1 裂纹形貌



图2 车刀花深度

表1 中挡圈的主要化学成分 (质量分数)

(%)

项目	C	Mn	Si	Cr	Mo	P	S	Ni	Cu	Ti
实测值	0.94	1.11	0.45	1.43	0.08	0.017	0.001	0.14	0.10	0.015
标准值	0.95~1.05	0.95~1.03	0.45~0.75	1.40~1.65	≤0.10	≤0.025	≤0.025	≤0.230	≤0.25	≤0.005

表2 中挡圈非金属夹杂物评定 (级)

项目	A		B		C		D		Ds	
	粗细	细系	粗细	细系	粗细	细系	粗细	细系	粗细	细系
中挡圈	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	1.5
标准值	≤2.5	≤1.5	≤2.0	≤1.0	≤0.5	≤0.5	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0

化物,依据JB/T18254—2002标准第九级别图评定,液析级别为2.5级(标准规定≤2.5级),其形貌如图4中箭头所示。而金相组织为马氏体,级别为2级,不存在过热现象,产品硬度检验为58~59HRC,符合技术要求。

(5) 断口观察 沿裂纹方向砸制断口,其断口形貌如图5所示,低倍观察,断口表现为脆性断口,裂纹由刀痕底部向心部扩展,并在后续扩展中大致与车刀痕方向一致。

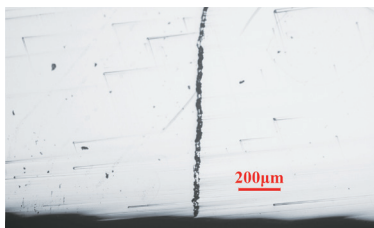


图3 裂纹局部形貌

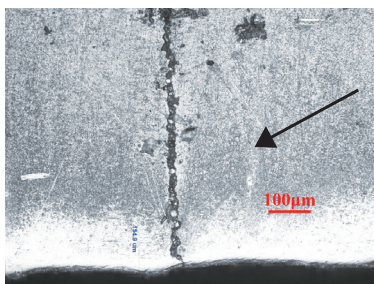


图4 大块状碳化物液析



图5 裂纹断口形貌

2. 分析讨论

由于车刀刀痕过深,会引起套圈热处理过程中应力分布不均,在淬火冷却过程中,极易沿车刀刀痕应力集中部位开裂。

由检测可知,虽然中挡圈材料的化学成分满足相关标准要求,但其非金属夹杂物超标,且裂纹周围存在着非金属夹杂物Ds的颗粒偏大;由于该类夹杂物属于脆性夹杂物,与基体的膨胀系数相差较大,易造成应力集中,若该类夹杂物处于中挡圈次表层,热处理过程中可能成为裂纹萌生源^[1-4]。而金相检验组织也接近工件的次表面。因碳化物液析的存在与脆性夹杂物对基体的影响相似,在很大程度上隔离了基体的连续性,造成应力集中,极易成为裂纹萌生源^[5, 6]。因此,该批量裂纹的产生主要原因与原材料的超标有很大关系。

由于原材料非金属夹杂物D类超标,且裂纹区域存在偏大的颗粒非金属夹杂物D类,加上裂纹附近有大块状液析,破坏了基体的连续性,以上因素的共同作用,致使套圈在热处理淬火冷却过程中,于材料缺陷区域产生较大的淬火应力超过材料的抗拉强度而导致开裂。

3. 建议

建议在原材料进厂时,严格按照标准加强进厂检验;车加工过程严格按照工艺规程操作,控

制车工件的表面质量,降低套圈表面应力集中,避免此类非热处理原因导致的淬火裂纹发生。

参考文献

- [1] 曹景伟,李涛,马永强,等.GCr15SiMn钢轴承套圈缺陷成因分析[J].理化检验-物理分册,2015,51(12):905-907.
- [2] 戎玲华,魏家顺.滚轮体表面裂纹成因分析[J].理化检验-物理分册,2015,51(2):126-128.
- [3] 刘瑞堂,刘文博,刘锦云,等.工程材料力学性能[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2002.
- [4] 燕翔,李娜.自制螺栓表面裂纹成因分析[J].失效分析与预防,2010,5(4):243-247.
- [5] 孙智,江利,应鹏展.失效分析:基础与应用[M].北京:机械工业出版社,2010.
- [6] Zhu Mingliang, Xuan. Fuzhen. Fatigue Crack Initiation Potential from Defects in terms of Local Stress Analysis[J].Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2014(3).

作者简介:李贵方、张玲、曾朝凡、王婵,洛阳LYC轴承有限公司、航空精密轴承国家重点实验室。

MW 20170415