

离心铸造大直径复合定径辊的开裂原因分析

顾加峰, 刘楠, 赵伟

(常州宝菱重工机械有限公司, 江苏 常州 213019)

摘要: 从结构设计、生产特点和离心铸造过程等方面, 对离心铸造大直径复合定径辊的开裂原因进行了分析, 同时应用磁测法对离心铸造过程中产生的应力及其分布情况进行检测。根据分析结果, 通过改善结构设计、规范操作过程和控制球化孕育质量, 提高定径辊的内层强度, 降低铸造应力, 以解决该定径辊的开裂问题。

关键词: 定径辊; 离心铸造; 复合辊; 开裂

中图分类号: TG333.17; TG249.4 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-2311(2014)02-0076-03

Analysis of Cracking of Centrifugally-cast Large-sized Composite Sizing Roll

GU Jiafeng, LIU Nan, ZHAO Wei

(Changzhou Baoling Heavy-duty Machinery Co., Ltd., Changzhou 213019, China)

Abstract: The causes for cracking of the large-sized centrifugally-cast composite sizing roll are analyzed, involving such factors as structure design, production characteristics and centrifugal casting process, etc. And the stress as resulting from the centrifugal casting process and the distribution thereof are measured with the magnetic measurement method. Based on the analysis result, it is proposed to solve the cracking problem of the said sizing roll by means of improving structure design of the roll, regulating the roll operation procedure, control quality of spheroidization and inoculation, enhancing the roll inner layer strength, and reducing casting stress.

Key words: sizing roll; centrifugal casting; composite roll; cracking

常州宝菱重工机械有限公司(简称宝菱重工)为国内某大型 PQF 连轧管机组的定径机提供了离心铸造大直径复合轧辊, 定径辊外形尺寸为 $\Phi 750 \text{ mm} \times 420 \text{ mm}$, 内孔直径 190 mm, 结构如图 1 所示。该定径辊采用卧式离心机生产, 两次浇铸成型, 其工作层材质为 Ni-Cr-Mo 合金球墨铸铁, 内层使用普通球墨铸铁, 化学成分见表 1。定径辊在从毛坯到粗加工的制造过程中, 易发生轴向开裂, 一分为二。轧辊的异常开裂不仅影响生产进度, 也给生产带来安全隐患。本文将对离心铸造大直径复合定径辊的开裂原因作全面分析, 找出开裂原因并加以改进, 以提高生产效率, 降低废品损失。

顾加峰(1982-), 男, 工程师, 主要从事轧辊生产技术及材料研究工作。

1 开裂原因分析

1.1 产品结构设计

离心铸造大直径复合定径辊在理论设计时, 要求工作层半径 R_{\max} 为 225 mm, 除去工作层和过渡层(工作层与内层的融合层), 内层厚度仅为 40 mm, 造成工作层厚度与内层厚度比值偏大。由于定径辊工作层和内层为两次浇铸, 在铸造凝固后期先凝固的有效工作层就对内层产生较大拉应力。

1.2 定径辊的生产特点和过程控制

(1) 由于该定径辊采用离心复合法浇铸, 工作层使用 Ni-Cr-Mo 合金球墨铸铁, 内层使用普通球墨铸铁, 在内层浇铸后的冷却过程中, 因材质差异使固态相变及合金收缩系数不同, 内层球墨铸铁在凝固后期的石墨化膨胀对先凝固的外层产生张力, 加大了内层拉应力^[1]。

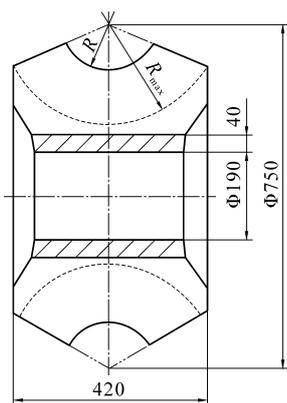


图1 离心铸造大直径复合定径辊结构示意图

表1 离心铸造大直径复合定径辊化学成分(质量分数) %

项目	C	Si	Mn	S	P
外层	3.0~3.5	1.3~1.6	0.4~0.7	≤0.03	≤0.10
内层	3.0~3.6	2.0~2.6	0.3~0.5	≤0.03	≤0.10
项目	Ni	Cr	Mo	Mg	
外层	2.3~2.6	0.5~0.8	0.4~0.8	≥0.04	
内层	余量	余量	余量	≥0.04	

(2) 该定径辊工作层为金属型冷却, 浇铸前金属型温度偏低, 铁水过冷度较大, 铁水通过冷型激冷形成较深的冷硬层, 脆性较大, 增加了定径辊脆性断裂倾向^[2]。

(3) 定径辊浇铸完成停机后, 未及时采取保护措施, 使定径辊未能缓慢均匀冷却, 造成其外围与芯部温差过大, 形成热应力。

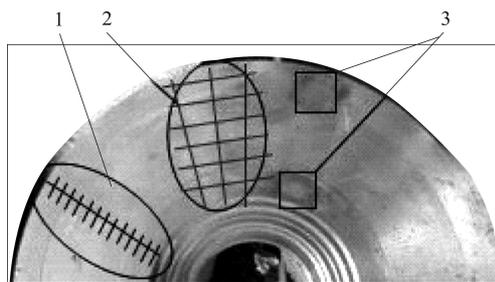
1.3 球化孕育效果分析

对开裂定径辊端面工作层和内层部位分别作金相检测, 检测取样位置如图2所示, 按 GB/T 9441—2009《球墨铸铁金相检验》评定, 其工作层球化级别为3级, 球径级别为6级(图3a); 内层球化级别为4级, 球径级别为5级(图3b)。检测结果表明: 开裂定径辊内层铁水环境温度较高, 凝固速度较慢, 存在球化孕育衰退现象, 在一定程度上降低了定径辊内层强度。

采用 HBS-3000 布氏硬度计对开裂定径辊端面作硬度梯度检测, 检测位置如图2所示, 由端面工作层至内层, 每间隔 10 mm 检测一点, 检测结果如图4所示, 其硬度符合设计要求。

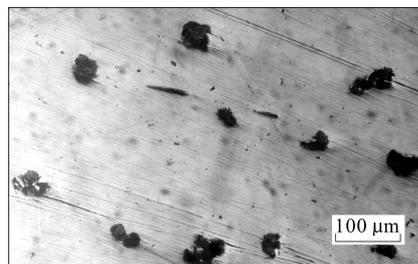
1.4 铸造应力检测分析

选取开裂定径辊中心区域通过磁测法检测定径

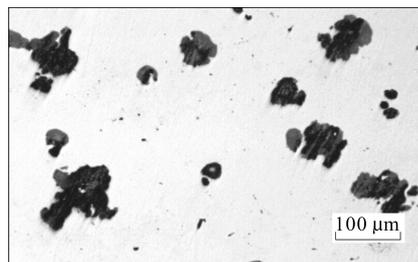


1—硬度梯度检测位置 2—应力分布检测位置
3—金相检测取样位置

图2 开裂定径辊检测取样位置示意



(a) 工作层



(b) 内层

图3 开裂定径辊的球化等级

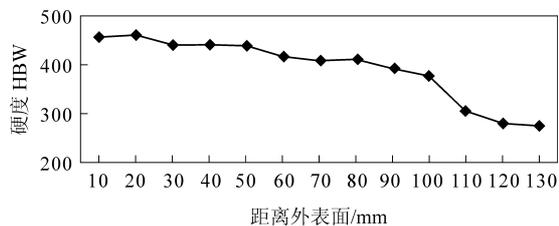
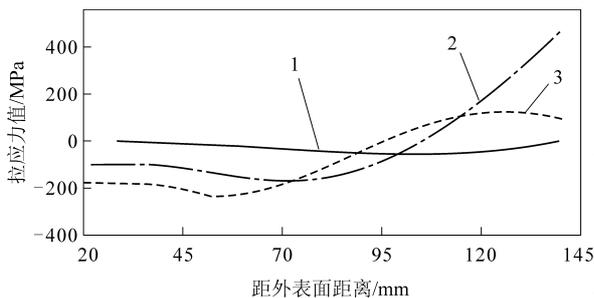


图4 开裂定径辊的端面硬度梯度

辊铸造应力, 即通过测定铁磁材料在内应力的作用下, 磁导率发生的变化来确定应力的大小和方向, 通过传感器和一定的电路将磁导率变化转变为电流量的变化, 建立应力和电流的函数关系, 通过电量测量来确定内应力^[3]。

采用 JH-50C 三维应力分布磁测仪, 对已开裂

的定径辊作应力分布检测,检测区域如图2所示,检测结果如图5所示。结果表明:应力分布趋缓,开裂后定径辊的应力得到释放。同时,对同类型未开裂的定径辊也进行了回火前后的应力分布检测,结果如图5所示。检测结果表明:该定径辊粗加工后未进行除应力回火前,工作层至内层方向,所受拉应力呈增大趋势,通过热处理除应力回火改变了定径辊内应力分布,内层部位所受拉应力趋缓,同时应力值大幅下降。



1—开裂定径辊 2—未开裂定径辊回火前
3—未开裂定径辊回火后

图5 定径辊的应力分布

2 应对措施

分析后认为:离心铸造大直径复合定径辊开裂的原因主要是产品结构、过程控制、操作不规范等3方面,为此采取了以下应对措施。

2.1 改善结构设计

在与客户沟通后,确定该定径辊实际使用时的最大工作层 R_{\max} 为213 mm。故此,在设计制造时,适当增加了定径辊的内层厚度,由40 mm增加为50 mm,从而提高定径辊的内层强度,降低由内层拉应力大于内层强度导致开裂的风险。

2.2 规范定径辊铸造操作过程

(1) 在浇铸前确保金属型模温均匀(150℃左右),可保证工作层铁水凝固初期厚度均匀,并具有足够强度,而不至于在离心力作用下形成裂纹^[4]。

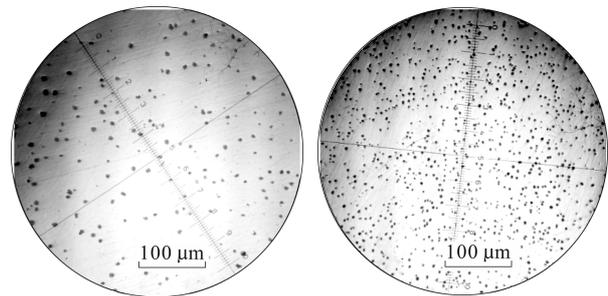
(2) 浇铸完停机后,定径辊内孔两端必须塞好保温棉,并吊装入炉,使定径辊缓慢均匀冷却。

2.3 控制球化孕育质量

铁液出炉温度为1420~1450℃;采用Ni-Mg合金球化剂,包底冲入法进行球化孕育处理,加入量为0.9%~1.3%;孕育剂采用75SiFe,在炉前采用二次孕育,用量为0.5%~0.7%。为防止球化孕育衰退,须注意以下几点:①严格控制球化剂粒度,

要求球化剂粒度为10~30 mm,粉状物小于10%,避免粉末过多、球化剂氧化或粒度过大导致球化剂上浮至铁液表面烧损^[5];②严格控制球化剂、孕育剂加料顺序,并按要求铺平捣实,提高球化剂吸收率;③严格控制铁液中S、P元素含量,降低S对球化剂Mg的消耗;④加强覆盖与扒渣,采取多次扒渣,带出硫化物等夹杂,可减少回硫现象。

球化孕育工艺改善前、后的炉前试块球化效果对比如图6所示,工艺改善后单位面积内的石墨球数量明显增多,球化效果得到显著提高。



(a) 改善前

(b) 改善后

图6 球化孕育工艺改善前、后的炉前试块球化效果

3 结语

通过对出现开裂的离心铸造大直径复合定径辊的整体分析研究,依据分析结果采取相应措施后,有效降低了离心铸造过程中产生的铸造应力,改善了定径辊球化孕育效果,提高了定径辊内层强度,使定径辊综合性能得到显著提升,解决了定径辊在毛坯阶段就发生开裂的问题。

4 参考文献

- [1] 贾艳明,龙靖宇,高英民.离心复合铸造球铁轧辊辊身裂纹缺陷与应对措施[J].热加工工艺,2004(9):66.
- [2] 黄建民.低合金冷硬铸铁轧辊生产[J].铸造设备研究,2002(2):46-48.
- [3] 刘小渝.磁测法测试钢结构桥梁的焊接残余应力[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2010(2):38-41.
- [4] 李体丰,池乾勇.离心铸造铸件裂纹缺陷的预防措施[J].现代铸铁,2007(5):26-28.
- [5] 吴德海.球墨铸铁[M].北京:中国水利水电出版社,2006:83.

(收稿日期:2013-06-18;修定日期:2014-01-20)