

大型旋回破碎机架体铸造工艺优化与生产应用

徐恩献^{1, 2, 3}, 魏加赞^{1, 2}, 贾冠飞^{1, 2, 3}, 胡中华^{1, 2}, 张凯强^{1, 2}, 温东旭^{1, 2}

(1. 洛阳中重铸锻有限责任公司, 河南洛阳 471003; 2. 中信重工机械股份有限公司, 河南洛阳 471003;

3. 河南省大型铸锻件工程技术研究中心, 河南洛阳 471003)

摘要: 破碎机架体是破碎机关键部件, 承担破碎和摩擦矿石功能, 其铸造质量直接影响破碎机的服役性能。架体铸件试制过程中出现超声波探伤不合格、返修率较高、切割补贴易产生铸件内壁裂纹等问题。本研究通过调整架体铸件补缩系统设计, 优化了补贴和冒口形状, 强化了易产生缩孔、缩松部位的补缩, 并采用数值模拟方法分析了改进工艺的可行性。工艺实施结果表明, 采用优化工艺生产铸件, 超声波探伤合格率100%, 减少了铸件返修量和清理周期。

关键词: 破碎机架体; 铸造工艺; 数值模拟; 工艺优化

目前, 大型旋回破碎机在矿山、建材、冶金、化工、工程建设等需要初级破碎物料的场合, 受到普遍的重视和推广应用^[1]。架体是旋回破碎机机身的重要组成部分, 形成破碎矿石的腔体。在工作中承担破碎和摩擦矿石的功能, 长期承受矿石冲击和动态载荷。由于破碎机架体结构复杂, 又是破碎机关键部件, 架体质量直接影响破碎机的服役性能^[2]。

架体采用原工艺生产过程中, 铸件常出现UT缺陷超标、粗加工后内圆外露缺陷较多、切割补贴温度控制不当, 易产生铸件内壁裂纹等问题。

本研究通过工艺优化, 调整补贴和冒口形式, 借助MAGMA模拟软件对工艺进行验证, 保证铸件顺序凝固和分区补缩, 使铸件质量得到提升。和原工艺相比, 工艺优化后铸件工艺出品率基本不变, 但优化后的工艺能够保证铸件质量, 降低生产成本, 减少铸件返修和清理周期。

1 架体结构分析与技术要求

1.1 结构分析

架体结构如图1所示。轮廓尺寸为 $\Phi 3\ 546\ \text{mm} \times 1\ 414\ \text{mm}$, 净重约23 t, 中间筒壁厚125 mm, 上、下法兰和筋板厚度分别为160 mm、160 mm和90 mm。采用水玻璃砂组芯造型方法生产。架体铸件筋板与上下法兰、筒体壁之间形成较多的分散交接热节, 高度差较大, 补缩困难, 是铸造难点。

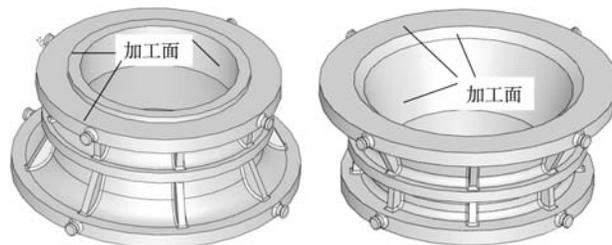


图1 架体结构图

Fig. 1 Schematic diagram of the frame

作者简介:

徐恩献(1979-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为大型铸锻件工艺技术及生产管理。电话: 18638369051, E-mail: xuex@citic-hic.com.cn

通讯作者:

贾冠飞, 男, 高级工程师, 硕士。E-mail: jgf214@163.com

中图分类号: TG24

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2022)

07-0915-04

基金项目:

国家重点研发计划资助(2020YFB2008400)。

收稿日期:

2021-12-06 收到初稿,

2022-01-19 收到修订稿。

1.2 技术要求

1.2.1 化学成分

铸件材质为ASTM A 27Gr70-40, 化学成分见表1。

1.2.2 力学性能要求及内外质量

力学性能应满足表2要求。铸件表面应光洁平整,

铸件上的粘砂、毛刺、飞边和浇冒口等应清理干净。铸件毛坯圆角和冒口面进行磁粉探伤, 相关磁痕显示参照ASTM E125显示照片, 线性缺陷、收缩和冷隔不允许, 夹杂物和气孔允许1级。全部加工面应进行超声波探伤, 按照ASTM A609/A609M-(1991) 2002的2级执行。铸件加工面包含上下法兰面和内表面(图1)。

表1 材料化学成分
Table 1 Chemical composition of the material

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo	Cu	V	$w_B/\%$
≤0.25	≤0.8	≤1.2	≤0.03	≤0.03	≤0.4	≤0.3	≤0.15	≤0.25	≤0.05	

注: Ni、Cr、Cu、Mo、V为残余元素, 总含量不得大于1%。

表2 力学性能要求
Table 2 Requirements of the mechanical performance

热处理状态	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%	收缩率/%
正火+回火	≥275	≥485	≥22	≥30

2 原始工艺方案

架体铸件主要承受与物料的摩擦和挤压的作用, 铸件要求致密度较高, 为防止铸件在远离冒口的中下部产生缺陷, 需要在冒口下设置补贴。冒口下设置补贴, 形成顺序凝固, 冒口使得铸件的末端区作用发挥出来^[3]。

原始工艺如下: ①采用热节圆法和模数法, 在架体的内壁设置分散补贴, 上法兰对应补贴位置设置明冒口; ②下法兰设置整圈隔砂冷铁, 强化末端激冷效果, 消除下法兰处交接热节, 通过上法兰设置的明冒口实现补缩, 保证铸件质量。③浇注系统两层, 下层从架体中间切向引入, 共12道 $\Phi 80$ mm内浇口; 上层从上法兰冒口根部进入, 共6道 $\Phi 100$ mm内浇口。

原始铸造工艺方案如图2所示。上法兰设置6个圆形明冒口, 下法兰上下表面放整圈隔砂冷铁, 挂砂层控制在20 mm左右。

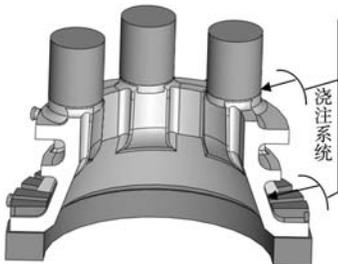


图2 原始工艺方案

Fig. 2 Original process scheme

按原始工艺共生产两件破碎机架体。原始工艺生产的架体, 内圈分散补贴需通过气割去除, 气割前需要预热, 气割后需进行一次去应力退火。加工阶段,

两件架体上下法兰和内圈加工面存在较多气孔、砂眼等外漏缺陷。下法兰冷铁能够提高铸件的激冷效果, 但由于高度较高, 顶面明冒口对下法兰不能有效补缩, 单独靠下法兰冷铁不能完全消除热节, 会存在组织不致密和局部超标缺陷, 两件架体在下法兰圆角位置存在超标缺陷。并且圆角隔砂冷铁容易掉砂, 增加铸件夹砂等风险, 其中一件造型过程中圆角位置存在掉砂问题。优化后的工艺取消圆角冷铁, 且底部冷铁数量减少, 减少工装辅具的投入。优化前后工艺出品率基本保持不变。

3 工艺方案优化

3.1 方案调整

工艺方案调整如下: ①将上层分散冒口改为整圈冒口, 冒口宽度 L 根据最大热节 D 确定, $L=k \times D$; 系数 k 取1.1~1.3, 冒口高 $H \geq 1.4L$ 。分散冒口改为整圈冒口出品率并不会降低, 补缩效果却能得到较大提升^[4]。②下层法兰增加8个暗冒口, 整圈冷铁改为冒口间放隔砂冷铁; 内圈放整圈隔砂冷铁, 将上下冒口隔断, 防止顶层冒口补缩暗冒口。③将分散补贴改为整圈补贴, 补贴通过热节圆法确定。④浇注系统设置两层, 一层对下法兰暗冒口切向引入, 另一层对上层冒口根部切向引入。底注式浇注系统有利于充型平稳, 利于渣子上浮, 避免出现夹渣等缺陷^[5]。⑤冒口间设置200~300 mm的隔断, 避免整圈冒口收缩应力过大, 另一方面节约钢液用量。优化后的工艺如图3所示, 整圈明冒口宽度根据最大热节确定, 暗冒口确保周向补距控制在4倍以内。

3.2 数值模拟分析

针对架体工艺优化前后的工艺方案, 通过数值模拟软件MAGMA分别对两种方案进行了模拟对比分析。

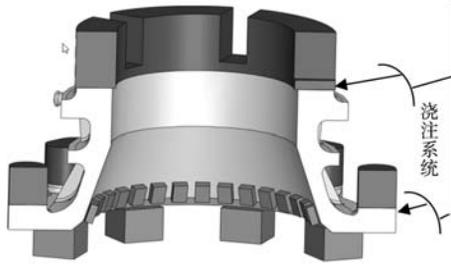


图3 工艺优化后浇注系统

Fig. 3 Gating system scheme after process optimization

3.2.1 原始工艺方案数值模拟分析

通过模拟分析发现，原工艺方案下法兰通过冷铁并不能完全消除热节，FEEDING判据显示原工艺方案下法兰圆角位置存在缺陷（图4），缺陷主要集中在法兰与内壁的交接圆角处，该处也是铸件的最大热节处。通过温度场也可以看出（图5），在下法兰圆角位置的热节通过冷铁消除不掉，中间温度最高，周边温度降下来后无法补缩，不能形成有效的补缩通道，会导致在该位置出现缩松、缩孔类缺陷。

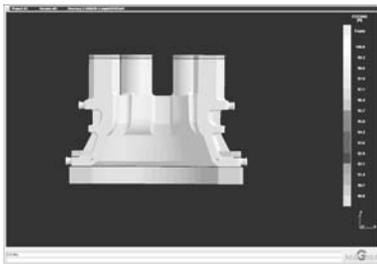


图4 FEEDING判据下原工艺方案模拟结果

Fig. 4 Simulation results of the original process scheme under the FEEDING criterion

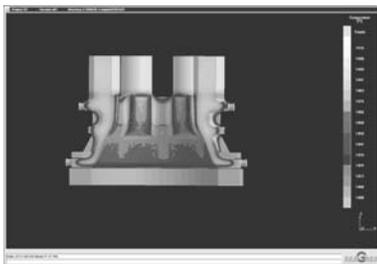


图5 原工艺方案温度场

Fig. 5 The temperature field of the original process scheme

3.2.2 工艺优化后模拟分析

结合前期质量问题及模拟分析，对优化后的方案进行模拟分析。图6为工艺优化后的模拟结果，从结果可以看出，通过下法兰设置暗冒口有效避免了FEEDING判据下缺陷显示，温度场也更加合理（图7），从冒口到热节位置能够形成正的温度梯度，顶部整圈明冒口对架体高度方向上进行补缩，侧暗冒口钢液能够对下法兰进行补缩，保证铸件补缩效果。

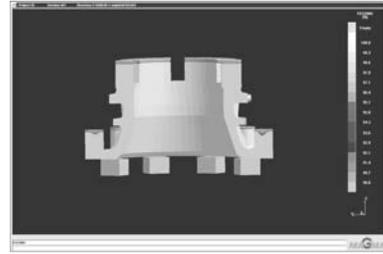


图6 FEEDING判据下优化后方案模拟结果

Fig. 6 Simulation results of the optimized scheme under the FEEDING criterion

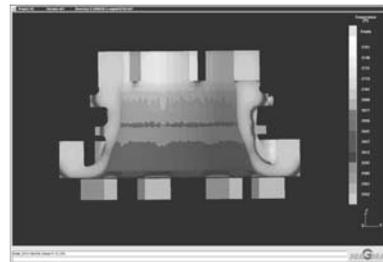


图7 工艺优化后温度场

Fig. 7 Temperature field after process optimization

工艺优化后，采用整圈冒口、整圈补贴和下法兰侧暗冒口的工艺方案，整圈冒口在圆周方向补缩保持了更好的连续性，补缩效果较分散冒口好，冒口补缩效率得到提高。整圈冒口有利于钢液中杂质上浮和排气，减少夹渣缺陷。整圈补贴相对于分散补贴厚度减小，毛坯阶段不再气割去除，粗车时可以加工去除，减少了气割补贴的预热及后续重新进炉去应力热处理的工序，提高了毛坯精整效率，同时也降低割除补贴开裂风险，节约了生产成本。并且通过加工去除可以降低其产生的烟尘等有害气体，减轻环保压力。

4 生产验证

后续该结构破碎机架体，全部按照优化后的方案生产，产品如图8所示。采用整圈冒口和整圈补贴，架体加工面整体质量得到改善，粗车返修量较少，加快了生产流程。添加暗冒口后，下法兰全部一次超声波探伤检验合格，未出现质量问题。



图8 产品照片

Fig. 8 Product photos

5 结束语

通过大型旋回破碎机架体工艺优化,采用整圈冒口+整圈补贴代替分散冒口+分散补贴,同时在底部法兰设置侧暗冒口。解决了架体铸件因太高补缩不到下法兰的问题,提高了冒口补缩效率,保证了铸件质量。整圈补贴加工去处,避免毛坯精整阶段由于割除

分散补贴引起的裂纹问题,提高精整效率,降低环保压力和节约人工成本。只在冒口间设置隔砂冷铁,减少冷铁用量,降低操作难度。通过该方案生产的铸件全部一次超声波探伤合格,且通过优化补贴和冒口,出品率基本不变,验证了工艺方案的合理性。

参考文献:

- [1] 邱静文,郭文哲,付晓蓉.国内外大型液压旋回破碎机的发展现状[J].金属矿山,2013(7):126-134.
- [2] 李荣德,唐萌,向青春,等.旋回破碎机上架架厚大部位缩孔与缩松的模拟[J].铸造,2015(1):33-36.
- [3] 高小勇,岳宗格,徐恩献,等.消除ZG15Mn磨辊铸钢件缩松缺陷的措施[J].铸造,2012(2):227-229.
- [4] 贾冠飞,田磊,梁敏,等.矿用磨机大型铸钢齿轮制造技术[J].铸造,2020(9):986-990.
- [5] 中国机械工程学会铸造分会.铸造手册:第5卷 铸造工艺[M].北京:机械工业出版社,2011.

Casting Process Optimization and Production Application of Large-Scale Gyratory Crushing Frame

XU En-xian^{1,2,3}, WEI Jia-zan^{1,2}, JIA Guan-fei^{1,2,3}, HU Zhong-hua^{1,2}, ZHANG Kai-Qiang^{1,2}, WEN Dong-xu^{1,2}

(1. Luoyang CITIC HIC Casting and Forging Co., Ltd., Luoyang 471003, Henan, China; 2. CITIC Heavy Industries Co., Ltd., Luoyang 471003, Henan, China; 3. Henan Province Heavy Casting & Forging Technology Center, Luoyang 471003, Henan, China)

Abstract:

The crusher frame is the key component of the crusher, which undertakes the functions of crushing and rubbing ore, and its casting quality directly affects the service performance of the crusher. During the trial production of frame castings, there are problems such as unqualified ultrasonic flaw detection, high repair rate, and easy generation of cracks on the inner wall of castings by cutting subsidies. In this study, by adjusting the design of the frame casting feeding system, the subsidy and the shape of the riser were optimized, and the feeding of the parts that was prone to shrinkage and porosity was strengthened, and the feasibility of improving the process was analyzed by numerical simulation method. The results of process implementation showed that the optimized process was used to produce castings, and the qualified rate of ultrasonic flaw detection was 100%, which reduced the amount of casting repairs and cleaning cycles.

Key words:

crusher frame; casting process; numerical simulation; process optimization