

# 大型旋回破碎机横梁铸造工艺设计与生产应用

张凯强, 梁 敏, 贾冠飞, 孙万通

(洛阳中重铸锻有限责任公司, 河南洛阳 471003)

**摘要:** 根据大型旋回破碎机横梁铸钢件的结构特点和技术要求, 设计了横梁铸造工艺。采用MAGMA数值模拟软件预测了横梁铸件在凝固过程中可能产生缺陷的位置, 分析了缺陷产生原因并改善了工艺设计。采用优化工艺生产出了合格铸件, 工艺出品率达到72%。

**关键词:** 横梁; 缺陷; 工艺优化

近年来, 大型旋回破碎机已广泛应用于矿山、建材、冶金、煤炭等需要物料初级破碎的领域<sup>[1]</sup>。横梁作为旋回破碎机中的重要部件之一, 在工作中长期承受着自重、矿石冲击和较大的动态负载力。同时, 由于破碎机横梁结构为拱形, 形状复杂, 目前主要通过整体铸造才能确保有较好的强度和刚性效果, 这对横梁的铸件质量也有很高的要求。

本研究运用MAGMA软件对横梁铸造工艺进行模拟验证, 铸件实现了顺序凝固, 铸件的致密性得到提高。结合基于Niyama判据法的Feeding模块, 有效预测出铸件中可能产生缩孔、疏松缺陷的区域, 为工艺改善、获得优质铸件提供技术支持<sup>[2-3]</sup>。通过改进工艺方案消除铸造缺陷对铸件质量的影响, 可有效降低产品的生产成本, 缩短产品生产周期。

## 1 横梁的结构与技术要求

### 1.1 结构分析

该横梁是公司为客户生产的矿山用破碎机备件产品, 其结构如图1所示。轮廓尺寸为5 600 mm × 1 555 mm × 1 500 mm, 重量约29 t, 中间孔壁厚最大处约280 mm, 臂和法兰的厚度为170 mm、410 mm, 壁厚相差较大, 属于特大型厚壁铸件, 需要在地坑中采用组芯造型。

### 1.2 技术要求

#### 1.2.1 化学成分

铸件材质为ASTM A27 Gr70-40, 对应牌号ZG20Mn, 具体化学成分要求见表1。

#### 1.2.2 力学性能

横梁力学性能应符合表2的要求。

#### 1.2.3 铸件质量

铸件表面应光洁平整, 铸件上的粘砂、氧化皮、飞边和毛刺、浇冒口等应清除干净。铸件进行100%磁粉探伤, 表面不允许有裂纹、冷隔、缩孔等缺陷。铸件UT探伤区域(图1标注区域)不允许有气孔、夹渣、缩孔、疏松缺陷。

## 2 铸造工艺设计

分析该横梁铸造工艺性可知: 横梁尺寸较长, 横向补缩距离较大; 在中间孔、

作者简介:

张凯强(1991-), 男, 硕士, 从事铸造工艺研究工作。E-mail: zhangkq949964116@163.com

中图分类号: TG24

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2020)09-0982-04

收稿日期:

2020-03-34 收到初稿,  
2020-05-15 收到修订稿。

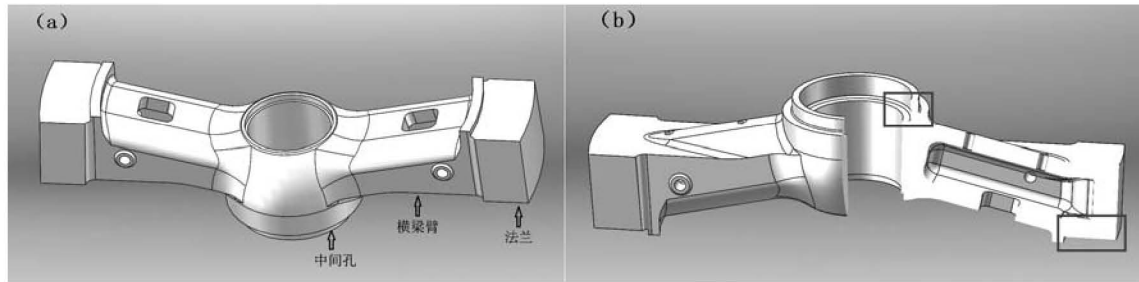


图1 横梁结构图

Fig. 1 3D structural diagram of crossbeam

表1 材质化学成分

Table 1 Chemical composition of crossbeam material

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	V	$w_B/\%$
≤0.25	≤0.80	≤1.20	≤0.03	≤0.03	≤0.40	≤0.30	≤0.25	≤0.15	≤0.05	

注：Ni、Cr、Cu、Mo、V为残余元素含量，总含量≤1%。

表2 横梁力学性能要求

Table 2 Mechanical properties requirements of crossbeam

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

法兰上下端面与臂交接区域均存在分散热节；臂与中间孔、法兰的壁厚差较大，凝固过程中易产生疏松缺陷。

根据横梁结构特点，结合该结构类型横梁的铸造工艺方案，利用热节圆法、模数法在中间孔和法兰外圆设置补贴。在热节较大的中间孔和法兰非加工面设置冒口。由于中间孔大端面与两法兰上端非加工面高度差达600 mm，法兰处的冒口为暗冒口；在臂的中间段设置直接外冷铁可实现冒口的分区补缩，在法兰底面、中间孔与臂交接的底面圆角处设置冷铁可有效预防热裂纹的产生，强化末端区激冷效果<sup>[4]</sup>。初始铸造工艺设计方案如图2所示。

根据铸件探伤标准的缺陷等级选取Niyama函数判据值为 $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}^{1/2} \cdot \text{min}^{1/2} \cdot \text{cm}^{-1}$ ，运用建模软件绘制三维铸造工艺并进行数值模拟，模拟结果如图3所示。结合温度场分析凝固模拟结果可知，设置的冷铁实现了冒口的分区补缩，加强了铸件末端区冷却效果，铸件整体实现自下而上的顺序凝固，该方案的工艺出品率约为69.2%。等温凝固线的变化规律表现为在铸件温度最高的区域出现缩孔、疏松缺陷，因此在臂内产生疏松和局部点状缩孔缺陷（图3a标注区域）。由于中间孔区域为分散补贴，该处的温度场显示，未设置补贴的区域有产生缩孔、疏松缺陷的倾向。

### 3 工艺方案优化

由于铸造方案中明、暗冒口高度差为700 mm，凝

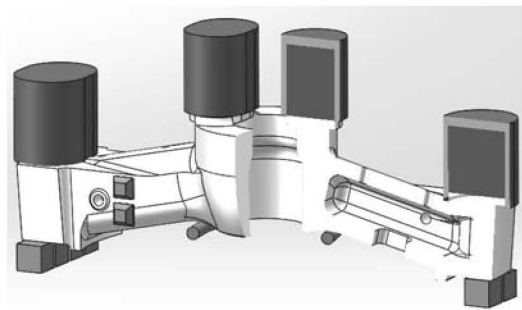


图2 初始铸造工艺设计图

Fig. 2 Original casting process design

固过程中明冒口需要补缩较低区域的铸件和暗冒口，易导致明冒口中的缩松缺陷延伸至铸件本体。法兰底面为加工面，凝固温度场显示局部存在高温液相区，易导致该区域组织粗大和产生缩孔缺陷，影响使用性能。对于单件、小批量生产的铸钢件，采用明顶冒口对砂箱高度无特殊要求，而暗顶冒口要求砂箱高于冒口，实际生产中应经常采用明顶冒口<sup>[5]</sup>。

将铸件倒置重新设计铸造工艺，优化后的铸造工艺方案如图4所示。根据热节圆法在中间孔增加整圈块，在法兰加工面设置明冒口，既能够利用金属液重力和大气压力进行补缩，在浇注过程中向冒口中添加发热和保温覆盖剂，能够进一步提高冒口模数，延长冒口中钢液的凝固时间，提高冒口的补缩效果，也减少了因冒口设置在非加工面的精整工时。

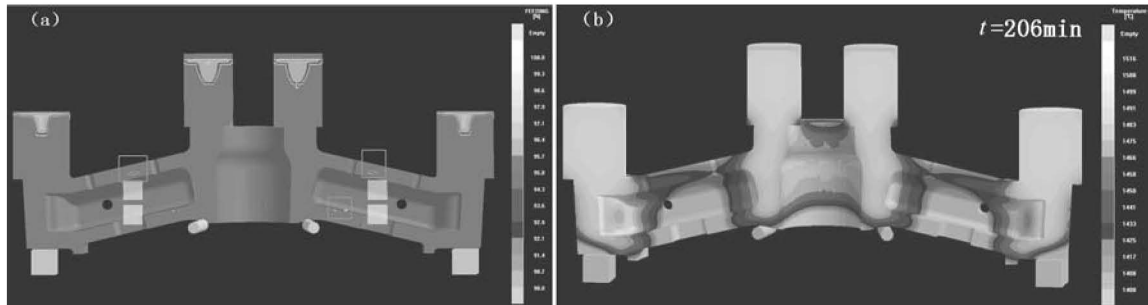


图3 初始铸造工艺的横梁铸件凝固过程温度场数值模拟结果

Fig. 3 Numerical simulation results of temperature field during solidification of crossbeam casting in original casting process

工艺方案优化后的数值模拟结果如图5所示。采用新方案不仅可消除横梁厚大区域可能产生的缩孔、疏松缺陷，而且中间孔的温度场变化显示出该区域顺序凝固效果较好，中间孔探伤区域铸件凝固时间更短，两端的明冒口可加强对法兰区域的补缩效果，提高铸件组织的致密性。该方案的钢液总重几乎没有变化，但工艺出品率达到72%。通过对比工艺优化前后的模拟结果，铸件的凝固模拟结果相似，但工艺优化后的铸件温度场变化更易实现顺序凝固条件，避免产生缩孔、疏松缺陷。

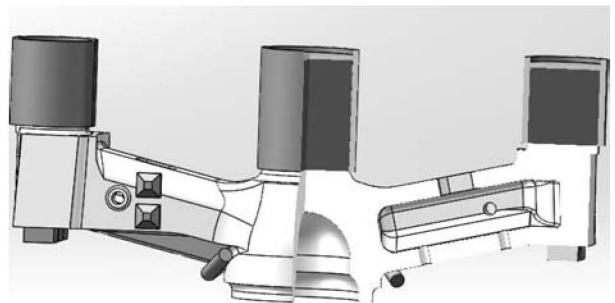


图4 优化后的铸造工艺设计图

Fig. 4 Optimized casting process design

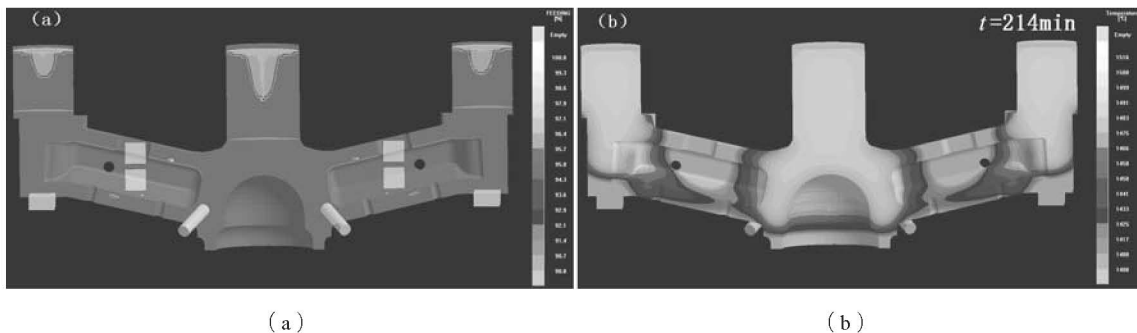


图5 铸造工艺优化后的横梁铸件凝固过程温度场数值模拟结果

Fig. 5 Numerical simulation results of temperature field during solidification of crossbeam casting after optimization of casting process

#### 4 生产应用及质量检测

采用优化后的工艺方案实际生产出的铸件如图6所示。对毛坯表面清理打磨后，外观及轮廓尺寸的检测结果均满足图纸技术要求，未发现表面裂纹、夹砂等缺陷。对铸件本体试块的化学成分、力学性能进行检测，均满足图纸规范要求。根据图纸规范要求的探伤区域进行超声波检测，未发现缩孔、疏松缺陷。该横梁一次铸造成功，且已交付使用。



图6 实际生产的横梁

Fig. 6 Crossbeam casting produced using the optimized process

## 5 结束语

采用MAGMA数值模拟软件辅助大型旋回破碎机横梁铸造工艺设计, 预测了横梁铸件凝固过程中可能出现缩孔、疏松缺陷的位置。铸造工艺优化后的数值模拟结果显示出更好的顺序凝固效果, 且工艺出品率达到72%, 产品一次铸造成功, 内外质量满足技术要求, 降低了生产周期和成本。

### 参考文献:

- [1] 邱静雯, 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, 张子慧, 向青春, 等. Niyama判据预测大型铸钢件旋回破碎机横梁缩孔疏松缺陷 [J]. 铸造技术, 2015, 36 (5), 1196-1200.
- [3] 李荣德, 唐萌, 向青春, 等. 旋回破碎机上架架厚大部位缩孔与疏松的模拟 [J]. 铸造, 2015, 64 (1): 33-36.
- [4] 王文清, 李魁盛. 铸造工艺学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002: 322-324.
- [5] 李晨希. 铸造工艺设计及铸件缺陷控制 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 135-137.

---

## Casting Process Design and Production Application of Crossbeam for Large-Scale Gyrotory Crusher

ZHANG Kai-qiang, LIANG Min, JIA Guan-fei, SUN Wan-tong  
(Luoyang CITIC Casting and Forging Co., Ltd., Luoyang 471003, Henan, China)

### Abstract:

Based on the structural characteristics and technical requirements of the crossbeam steel casting for large-scale gyrotory crusher, the crossbeam casting process was designed. The MAGMA numerical simulation software was used to predict the position of defects that may occur during the solidification process of the beam casting. The causes of the defects were analyzed and the casting process design was improved. The qualified castings were produced by using the optimized process, and the overall yield of casting reached 72%.

### Key words:

crossbeam; defects; process optimization

---