

转 K6 摇枕铸造工艺模拟及优化

骆宏文¹, 张文昌¹, 徐道兵¹, 龙 威¹, 何氢玲², 陈祖华², 旷丹锋², 刘 涛²

(1. 湖北工业大学材料与化学工程学院 绿色轻工材料湖北省重点实验室, 湖北武汉 430068;

2. 中车长江铜陵车辆有限公司, 安徽铜陵 244142)

摘要: 为消除或减少以原铸造工艺生产的转K6摇枕铸件存在的缩孔和缩松等缺陷, 利用华铸CAE铸造凝固模拟软件进行工艺优化, 通过实际生产验证, 发现铸件的缩孔和缩松等缺陷已基本消除, 铸件质量明显改善。

关键词: 转K6摇枕; 铸造凝固模拟; 工艺优化

随着计算机模拟仿真技术的不断发展与成熟, 铸造模拟仿真技术已经广泛地应用于各种铸造工艺设计与优化中^[1-3]。转K6摇枕是重要的铁路货车承重元件, 在使用过程中承载着巨大的拉、压、冲击、弯曲等交变载荷作用^[4]。因此, 转K6摇枕铸件的质量对铁路交通安全至关重要。为了生产出质量优良的转K6摇枕铸件, 需结合铸件的结构特点^[5-7], 设计出合理的铸造工艺, 并且通过计算机凝固模拟软件对铸件的铸造工艺不断优化, 尽可能地减少铸件的缩孔和缩松等铸造缺陷。

1 铸件结构特点与原工艺介绍

转K6摇枕外形尺寸为2 429 mm × 503 mm × 432 mm, 净质量为645 kg, 其三维造型如图1所示。为了消除铸件缩孔和缩松等问题, 在铸件热节处设置了冒口和一定数量的冷铁, 原工艺如图2所示。

2 铸造数值模拟的前处理

2.1 模型转换与网格剖分

利用UG三维建模软件构建摇枕实体三维工艺模型, 将铸件、冒口、冷铁、浇注系统等分别导出STL文件, 并将其导入华铸CAE前置处理, 进行网格剖分, 剖分结果如图3所示。本次计算总网格数目为12 799 800个。网格单元基本尺寸为: X方向4.5 mm, Y方向4.5 mm, Z方向4.5 mm。通过铸件凝固计算, 得出铸件缩孔缩松缺陷的分布状况、凝固进程等。

2.2 热物性参数的设置

铸件材质为ZG25MnCrNi, 为B+级钢, 液相线温度1 505 °C, 固相线温度1 415 °C, 浇注温度1 570 °C, 环境温度20 °C, 铸件与砂型的传热系数取为820 W/(m²·K), 砂型与大气的传热系数取为100 W/(m²·K), 浇注时间30 s, 运行参数采用默认值。

3 转K6摇枕原工艺模拟过程及结果分析

3.1 充型过程及分析

图4是摇枕充型过程中不同时刻金属液充填型腔的模拟结果。

作者简介:

骆宏文(1995-), 男, 硕士生, 研究方向为铸造造型材料。电话: 13720117455, E-mail: 1402970017@qq.com

通讯作者:

龙 威, 男, 讲师。E-mail: maillong1982@126.com

中图分类号: TP319;

TG24

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2020)

01-0069-05

收稿日期:

2019-09-18 收到初稿,

2019-11-08 收到修订稿。

从模拟结果可以看出，充型为20%时，两侧钢液开始交汇，此时液面处于不平稳状态；随着充型过程的进行，在重力和粘性力的作用下，充型逐渐趋于稳定；充型接近40%，液面稳定，最终平稳地充满型腔，说明此浇注系统的设置是可行的。

3.2 凝固过程及分析

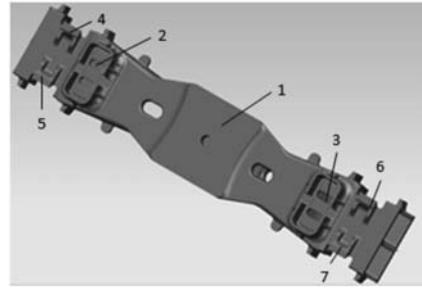
图5为摇枕凝固过程中不同的冷却时间温度场的分布情况。

由图5摇枕凝固过程，可以观察到不同的凝固阶段及铸件各个部位的温度差异。摇枕的心盘部位和旁承部位是最后凝固的区域，该区域存在独立液相区，此区域设置了冒口对缩孔补缩，证明了该工艺的合理性。

3.3 原工艺的模拟结果分析

图6为原工艺的模拟结果缺陷分布情况，图中区域1部分为铸件缩松存在的部位，区域2部分为铸件缩孔存在的部位。

由图6可以看出，原工艺冒口起到了一定补缩作用，但是摇枕的心盘和斜楔部位的冒口有冒口颈，对补缩效果有影响。但摇枕心盘下面的侧墙和内腔拉筋的根部、旁承盒下面铸件底部圆弧连接处以及摇枕各个拉筋附近凝固时间相对较长，易产生严重的缩松缺陷，可在这些部位增设冷铁，提高过冷度，有利于铸件的凝固和收缩，提高铸件质量。



1.心盘 2、3.旁承盒 4、5、6.楔形部位

图1 转K6摇枕铸件3D模型

Fig. 1 3D model of ZK6 bolster

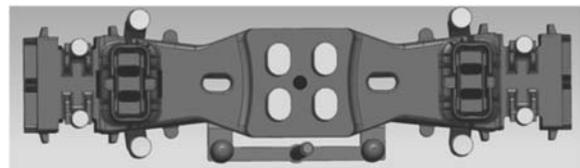


图2 转K6摇枕铸件及原工艺

Fig. 2 Original casting process for ZK6 bolster

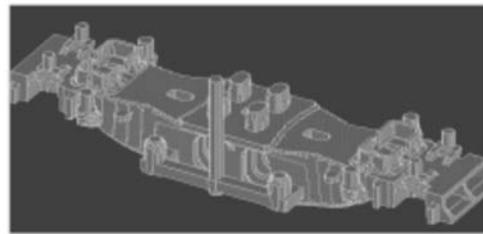


图3 摇枕网格模型

Fig. 3 Mesh model of bolster

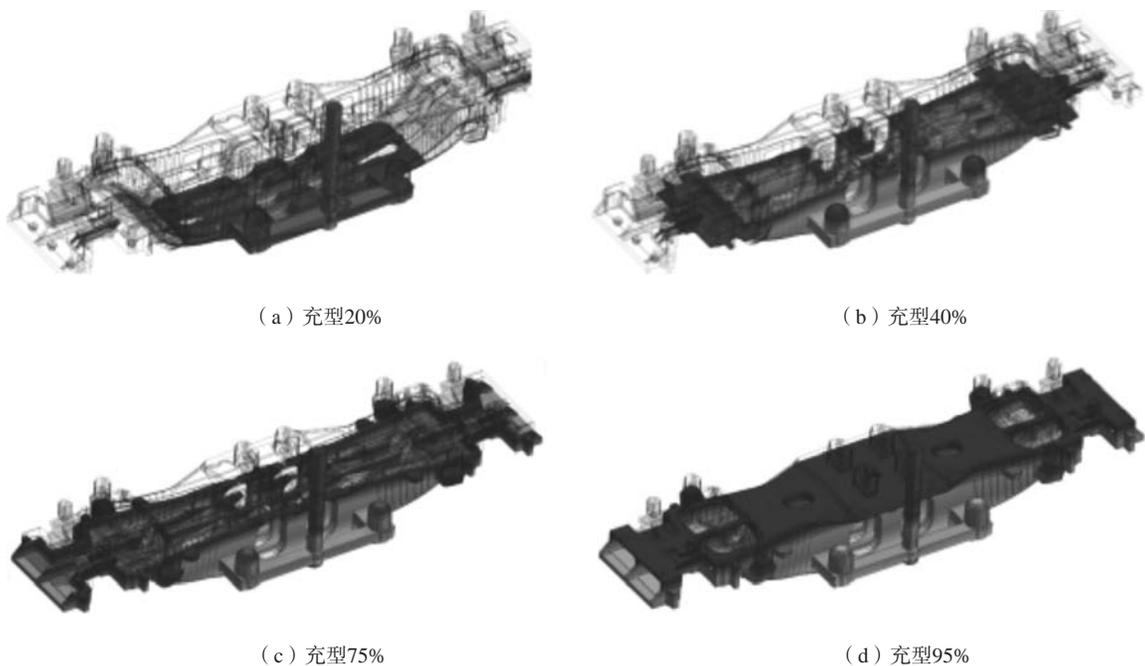


图4 转K6摇枕金属液充型过程

Fig. 4 Filling process of liquid metal into ZK6 bolster mold cavity

4 工艺优化与分析

根据以上充型凝固过程模拟结果及分析可见：充型约为20%时，两侧钢液开始交汇，此时液面处于不平稳状态。随着充型过程的进行，在重力和粘性力的作用下充型逐渐趋于稳定；充型接近40%时，液面稳定，金属液进入上型之后整体流速平均，液面平稳，利于杂质上浮，说明浇注系统设置合理。凝固过程中，顺序凝固较为明显，摇枕心盘面，旁承盒与上平面连接处，摇枕内腔拉筋根部等部位所存在的独立液相区冒口都得到了很

好地补缩，但是摇枕的心盘部位和斜楔部位的冒口补缩效果不是很好，因此需要合理地将冷铁重新分布，增大冒口补缩距离，减少铸件缩松缺陷。

4.1 冷铁的设置

要确定冷铁设置是否能够改善缩松缺陷问题，就需要对增设冷铁之前和之后的铸件进行模拟，然后对比模拟结果，分析缺陷分布情况，再判断冷铁设置的合理性。图7所示为增设冷铁之前和之后的铸件模拟结果。

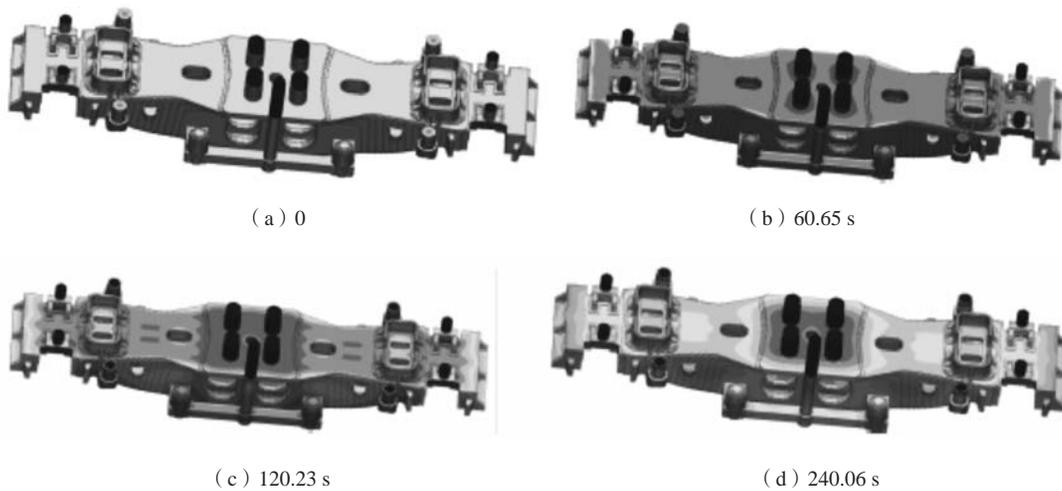


图5 温度场分布

Fig. 5 Temperature field distributions at different solidification times

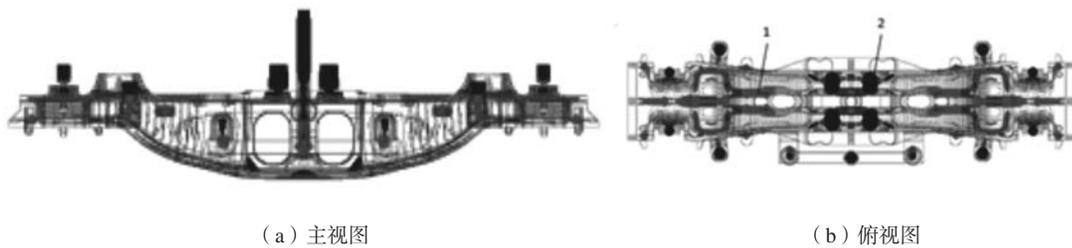


图6 铸件凝固过程缩孔缩松模拟

Fig. 6 Simulation of shrinkage hole and shrinkage porosity defects during solidification process of casting

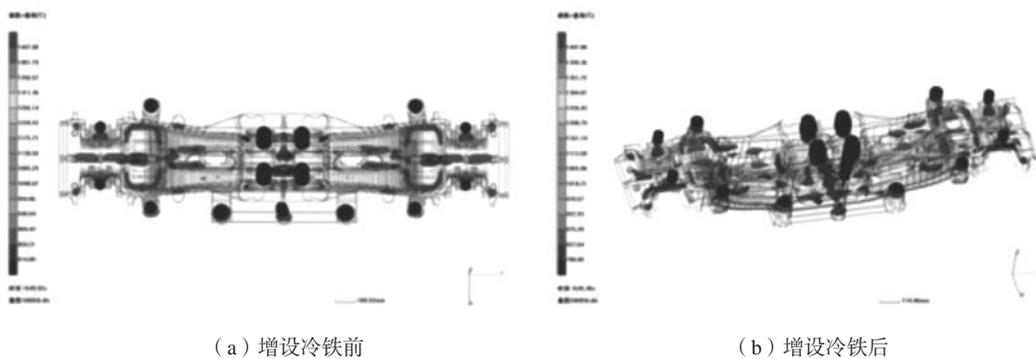


图7 铸件凝固模拟结果

Fig. 7 Simulation results of casting solidification process before and after placing chills

对比结果可以发现：①增设冷铁之后，局部缺陷确实得到了改善，但是过多的冷铁也导致局部补缩通道受阻，产生新的缺陷或使局部缺陷移动。②冷铁基本是在热节及壁厚不均匀的地方放置的，但是部分冷铁是多余的，可以适当减少冷铁，并且改变部分冷铁位置。③部分冷铁放置位置正确，但是尺寸大小不合适导致冷却效果不佳，所以应适当改变冷铁尺寸以达到最佳效果。

4.2 冷铁工艺初步改进

去掉冷铁2[#]、3[#]、4[#]、10[#]、16[#]及17[#]，然后将冷铁分布设置改为如图8所示，然后再进行凝固模拟，模拟结果如图9所示。

从图9中可看出，去掉部分冷铁后对铸件缺陷无影响，可以确定初步工艺改进基本合理。

4.3 最终优化工艺

初次改进时将多余冷铁去掉，接下来就需要对其他部位的冷铁进行改进，有的需要改变尺寸，有的则需要改变放置位置，经过反复改进模拟，确定了最终的冷铁冒口数量和摆放位置，如图10所示。

将优化方案导出STL文件之后进行耦合计算，得到最终的模拟结果如图11所示。从图11中可以看出缩松部分已被去除，缩孔部分全部停留在冒口之中，说明最终工艺方案可行。

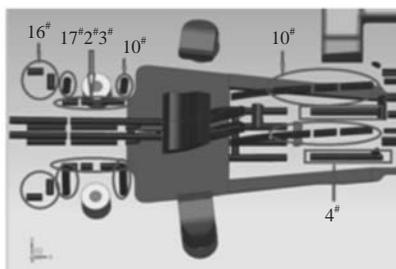


图8 冷铁分布情况
Fig. 8 Distribution of chills

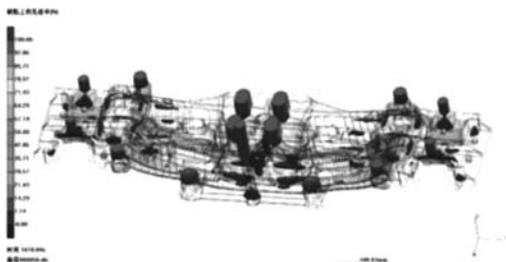
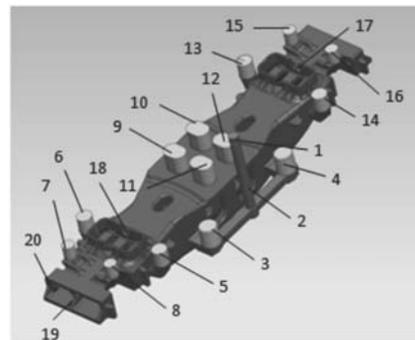


图9 改进冷铁工艺后凝固模拟结果
Fig. 9 Simulation results of casting solidification process after chill placing improved

5 生产验证

按照改进后的工艺进行浇注生产，然后将铸件进行剖分（图12），从中可以看出铸件并无严重的缩孔缩松缺陷，表面质量较好，从而验证了改良后的最终工艺，提高了铸件成品率。



1.浇口 2.浇注系统 3-16.冒口 17-20.冷铁
图10 最终优化的铸造工艺
Fig. 10 Final optimized casting process

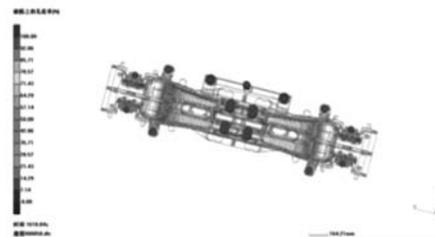


图11 最终模拟缺陷分布结果
Fig. 11 Final simulation of defect distribution

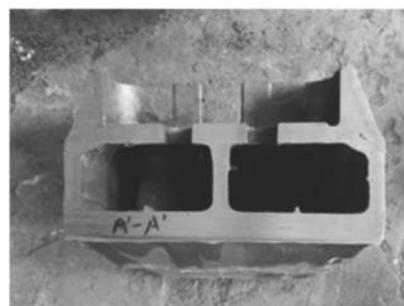
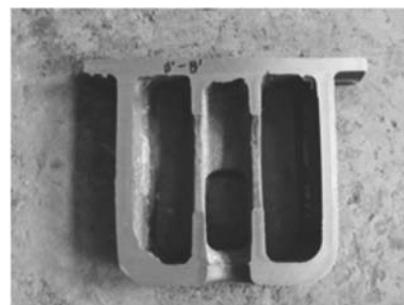


图12 工艺优化后生产的铸件
Fig. 12 Castings produced using optimized casting process

6 结束语

由于转K6摇枕铸件结构十分复杂，热节部位繁多，极易产生缩孔和缩松，所以需要增设大量的冒口和冷铁。通过使用华铸CAE数值模拟软件对原工艺

方案反复模拟预测，减少了不必要的冷铁以及调整冷铁，并调整了冷铁的位置和尺寸。通过实际生产验证，发现铸件的缩孔和缩松缺陷基本消除，铸件质量得到了很好的改善。

参考文献:

- [1] 黄进, 张勇佳, 殷亚军, 等. 基于华铸CAE的航空发动机铝合金传动件铸造数值模拟与工艺优化 [J]. 特种铸造及有色合金, 2019, 39(8): 846-849.
- [2] 冉棚水, 杨高峰, 张婷婷, 等. 基于华铸CAE减速器箱体的铸造仿真分析 [J]. 科学咨询(科技·管理), 2014(7): 58-59.
- [3] 李德胜, 周建强, 梅建春, 等. 基于ProCAST球铁支架铸造过程数值模拟 [J]. 热加工工艺, 2010, 39(5): 54-56.
- [4] 付顺利, 赵军杰. 转K6摇枕侧架V法与整体芯工艺 [C] // 铁路货车制造工艺学术研讨会论文集, 2007: 200-208.
- [5] 申恩强, 樊自田, 龙威, 等. 车钩钩舌的铸造工艺模拟与优化 [J]. 铸造, 2011, 60(8): 765-768.
- [6] 李平, 魏建华, 李锋军, 等. 基于CAE分析的铝合金基座压铸工艺优化设计 [J]. 铸造, 2018, 67(5): 420-423.
- [7] 胡瑞生, 张励忠, 覃彦龙, 等. CCDZ50型转向架轴箱铸造工艺模拟 [J]. 铸造, 2008(2): 154-156.

Simulation and Optimization of Casting Process for ZK6 Bolster

LUO Hong-wen¹, ZHANG Wen-chang¹, XU Dao-bing¹, LONG Wei¹, HE Qing-ling², CHEN Zu-hua², KUANG Dan-feng², LIU Tao²

(1. College of Materials and Chemical Engineering, Hubei University of Technology Key Laboratory of Green Light Industrial Materials in Hubei Province, Wuhan 430068, Hubei, China; 2. Zhongche Changjiang Tongling Vehicle Co., Ltd., Tongling 244142, Anhui, China)

Abstract:

In order to eliminate or decrease the shrinkage hole and shrinkage porosity in ZK6 bolster castings produced by the original casting process, the casting process was optimized by using InteCAST software. The actual production verification demonstrates that the shrinkage hole and shrinkage porosity in the castings were significantly reduced.

Key words:

ZK6 bolster; casting solidification simulation; process optimization