

铸钢侧架铸造工艺设计及优化

骆宏文¹, 旷丹锋², 张文昌¹, 徐道兵¹, 何氢玲², 陈祖华², 刘涛², 龙威¹

(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: 原铸造工艺生产的侧架铸件存在缩孔和缩松等缺陷。利用华铸CAE模拟软件, 对铸造工艺进行优化。实际生产的验证表明, 优化后铸件的成品率由87%提高到了88%。

关键词: 侧架; 铸造凝固模拟; 工艺优化

铸件凝固过程数值模拟是科学发展的前沿, 越来越多的铸造工程师采用各种计算机凝固模拟软件对铸件凝固缺陷进行预测和工艺优化^[1-3]。侧架是铁路货车转向架的关键部件, 其产品的质量和可靠性直接关系到铁路运输的安全^[4-6]。随着运行速度的提高和载重的增加, 对于侧架的生产制造过程 and 产品质量提出了更高的要求, 从而保证产品的应用可靠性^[7]。因此, 要保证侧架具有足够的强度和抗疲劳性能, 必须结合铸件的结构特点, 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缺陷。

1 铸件结构特点与原工艺介绍

侧架铸件三维几何实体如图1所示。图1中区域A和区域B是铸件关键受力部位, 生产出的铸件这两处是不允许有严重的缩松、缩孔、裂纹等铸造缺陷的产生, 采用的验收标准是TB/T 3012—2016。所以对该铸件进行铸造凝固模拟, 预测缺陷的产生部位很有必要。为了消除铸件区域A和B部位缩孔缩松缺陷, 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。其中6和8是冒口, 5、7、9、14、20、27、28、29是铬铁矿砂砂芯, 其余的是冷铁。

2 铸造数值模拟的前处理

2.1 模型转换与网格剖分

采用UG软件绘制铸件三维实体, 并保存为STL文件, 然后导入到华铸CAE进行前置处理, 利用华铸CAE前置处理模块对侧架铸件进行网格剖分。本次剖分设置的网格数目为9 500 000个, 网格单元基本尺寸为: X方向为2.5 mm, Y方向为2.5 mm, Z方向为2.5 mm。

2.2 初始条件及边界条件参数设置

凝固模拟前还需对初始条件和边界条件参数进行设置, 设置的一些参数包括: 液相线温度1 505 ℃, 固相线温度1 415 ℃, 浇注温度1 570 ℃, 环境温度20 ℃, 铸件与砂型的传热系数取为820 W/(m²·K), 砂型外表面(含冒口顶面与浇口)与大气的传热系数取为10 W/(m²·K), 铸件浇注时间30 s。运行参数采用系统默认值。

作者简介:

骆宏文(1995-), 男, 硕士生, 研究方向为造型材料。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: TG319.9;
TG24

文献标识码: A
文章编号: 1001-4977(2020)
07-0722-05

收稿日期:

2020-03-13 收到初稿,
2020-04-14 收到修订稿。

3 侧架原工艺模拟过程及结果分析

3.1 充型过程及分析

图3是侧架充型过程中不同时刻金属液充填型腔的模拟结果。从图3d中可知,铸件的充型时间为60.61 s,液面上升速度较为合理,且液面在上升过程中并未发现钢液飞溅和旋涡现象,这使得钢液氧化程度大大降低,说明采用底注式的浇注系统是合理的。之前的物性参数设置浇注时间为30 s指的是金属液充满铸件型腔的95%所需要的时间,而实际上金属液充满整个铸件及补缩系统(包含浇冒口)所需要的时间为60.61 s。

3.2 凝固结果及分析

从图4a中可以看出,加了冒口和冷铁以及铬铁矿砂砂芯之后,铸件的缩孔得到了较好地解决,但是缩松缺陷依旧存在,需要通过工艺进一步改进。图4b为铸件原工艺的纯凝固温度分布图,从图中可以了解到,铸件热节部位冷却速度较慢,温度较高,极易容易出现缩孔和缩松等缺陷。由于区域1和区域2(即区域A)是铸件的重要部位,而这两处属于铸件热节部位,温度较高,冷却速度较慢,预测此处会产生大量的缩孔和缩松缺陷,可以通过增设边冒口的方式来解决这两处区域的铸造凝固缺陷。

存在少量缩孔和缩松,采用增设边冒口的方式来消除铸件区域A仍然存在的缺陷。采用的边冒口均为发热冒口,冒口直径为100 mm,高为130 mm。改进工艺三维模型如图5所示。为了表示清楚铸件的工艺,因此将铸件的上半部分隐藏。图5中1和2为边冒口,3至8为铬铁矿砂砂芯。将其全部导出为STL文件,然后将STL文件导入到华铸CAE前置处理中,通过剖分网格,物性参数设置和计算分析,得到的凝固模拟缺陷分布如图6a所示。图中区域1部分为铸件缩孔存在的部位,区域2

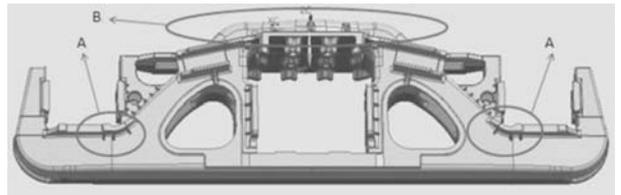


图1 侧架铸件

Fig. 1 Side frame casting

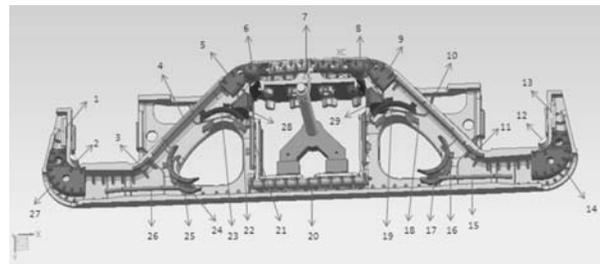


图2 侧架铸件原工艺

Fig. 2 Original casting process of side frame

4 工艺优化与分析

4.1 冒口的合理增设

通过对原工艺的模拟结果分析,发现区域A还是

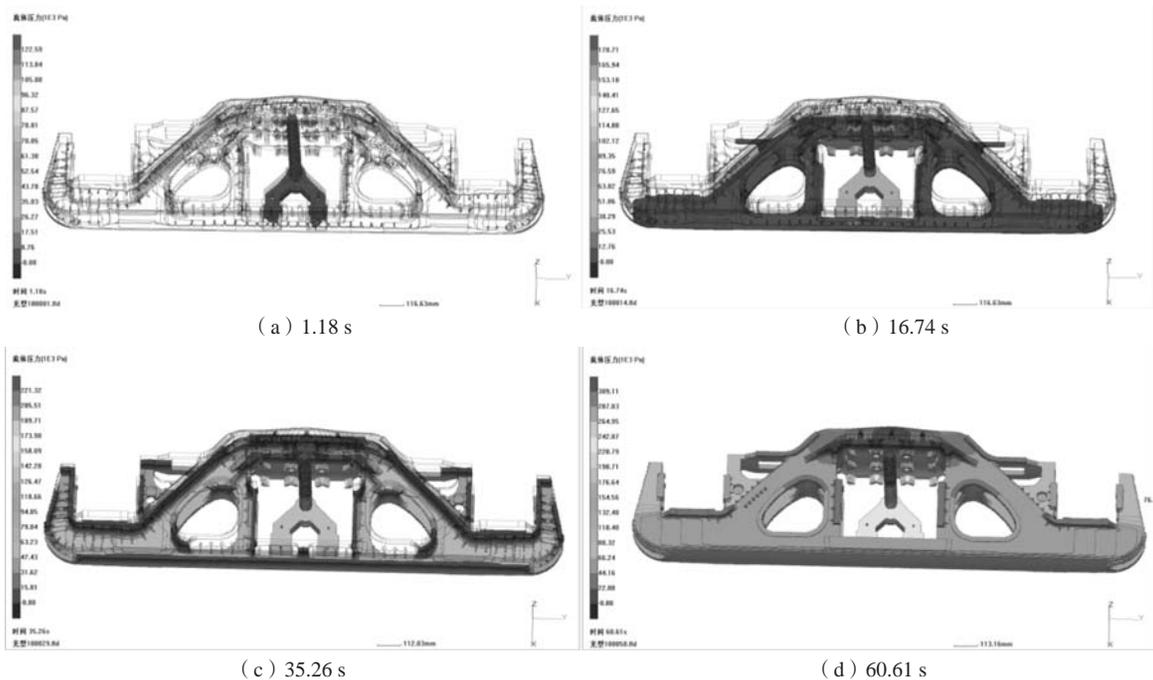


图3 金属液充型过程

Fig. 3 Filling process of metal liquid

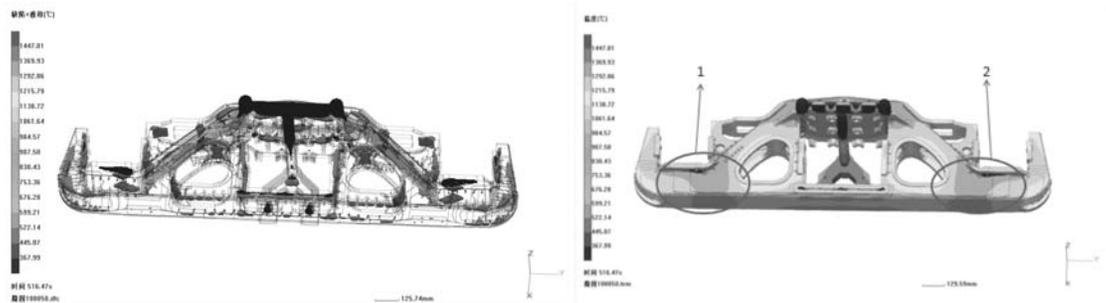
部分为铸件缩松存在的部位。温度分布如图6b所示。

从图6a中可以看出,加了边冒口之后对铸件A区域的缺陷有了明显的改善。由于加的边冒口是保温冒口,能够持续发热,所以边冒口附近的区域温度较高,能够持续地对铸件进行补缩,消除了铸件的缩孔和缩松缺陷,但是对于区域B,由于铸件的结构复杂性,此处热节完全由冷铁和铬铁矿砂砂型进行激冷是不够的,所以在后续的工艺改进中,需要考虑增加外冷铁或改变外冷铁位置的方式来减少区域B的缩松缺陷。从图6b中可以看出,铸件两端冷得较快,而铸件冒口附近的区域温度较高,因此预测温度较高的区域会依然存在缩孔和缩松缺陷。

4.2 冷铁的第一次改进

通过增加边冒口来减少铸件缩孔缩松缺陷是很好的办法,但是仅仅通过增加边冒口的方式来减少铸件的缩孔和缩松缺陷是不够的,所以还需要通过增加一些外冷铁来延长冒口补缩距离,对铸件产生激冷作用,使得铸件的缺陷更进一步减少。冷铁的第一次改进如图7所示。

图7a中1, 2, 3, 4是在原来的基础之上新增加的冷铁。由于在加了边冒口之后这几处还是存在缩松缺陷,所以可以通过新增冷铁1[#]、2[#]、3[#]、4[#]来解决这几处的缺陷。新增冷铁后的凝固模拟缺陷预测结果如图7b所示。

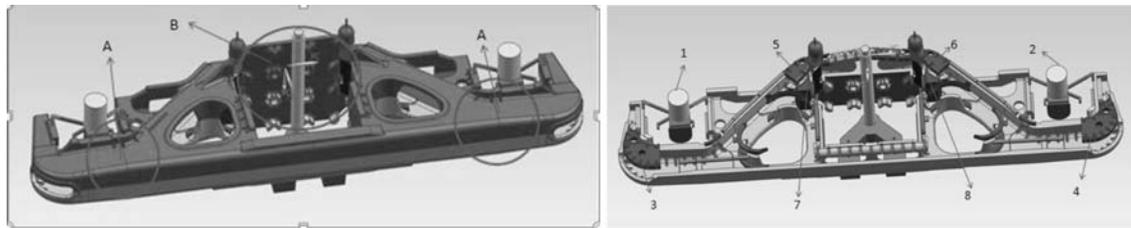


(a) 缺陷分布

(b) 温度分布

图4 铸件原工艺模拟

Fig. 4 Simulation results of original casting process

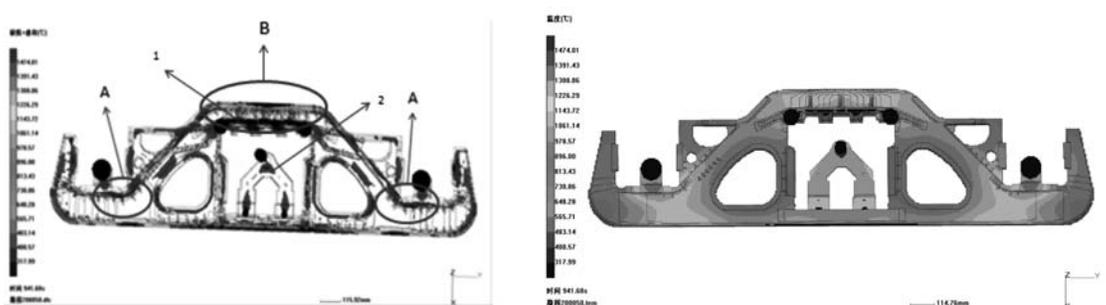


(a) 隐藏前

(b) 隐藏后

图5 第一次改进铸造工艺图

Fig. 5 First improvement on casting process



(a) 缺陷分布

(b) 温度分布

图6 第一次工艺改进后凝固模拟的缺陷分布与温度分布

Fig. 6 Simulated solidification defects and temperature distribution after the first process improvement

4.3 最终优化工艺

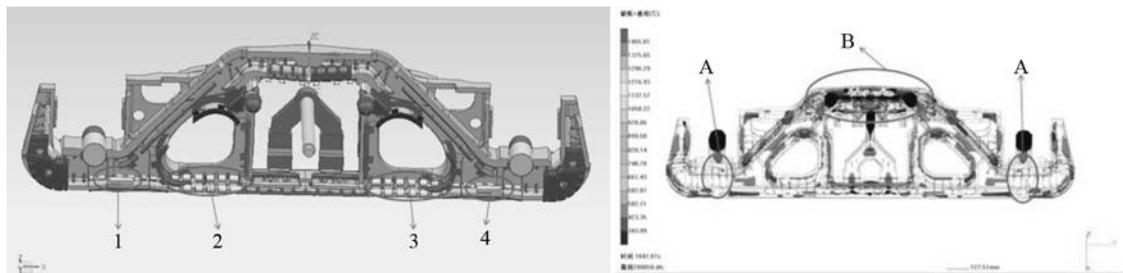
第二次新增的冷铁如图8a所示。新增冷铁5[#]、6[#]、7[#]、8[#]，将二次冷铁改进后的工艺进行凝固模拟，其模拟结果缺陷预测如图8b所示，温度场分布如图8c所示。

将图8b与图7b对比，从中可以看出区域B部分的缩松得到了明显的改善，说明此次工艺改进中冷铁的位置摆放是合理的。至此铸件区域A和区域B的缩孔和缩松缺陷得到了较好地改善。从图8c中可以看出，铸件

接近冒口的位置和区域B温度较高，内腔壁厚较薄处温度较低，与图8b中预测的铸件缺陷分布相吻合。

5 生产验证

公司按照改进后的工艺进行铸件生产，然后将铸件进行剖分。剖分的结果如图9所示，其中A-A 对应的是图1中的区域A，B-B 对应的是图1中的区域B。从中可以看出铸件并无严重的缩孔缺陷，表面质量较好，

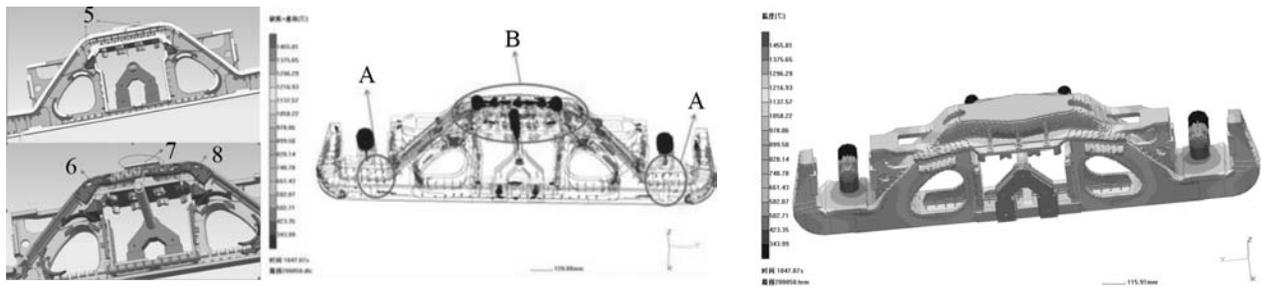


(a) 冷铁第一次改进工艺

(b) 缺陷分布

图7 冷铁第一次改进工艺及凝固模拟缺陷分布

Fig. 7 The first improvement on chills placement and numerical simulation for solidification defect distribution



(a) 二次冷铁改进工艺

(b) 缺陷分布

(c) 温度分布

图8 二次冷铁改进工艺及凝固模拟缺陷分布与温度分布

Fig. 8 Secondary improvement on chills placement and numerical simulations for solidification defect and temperature distribution

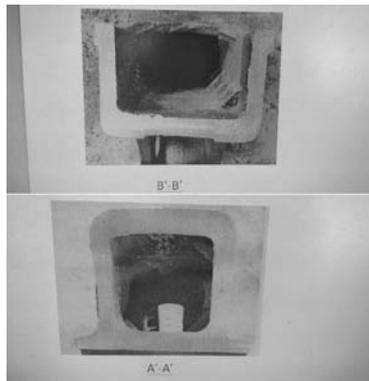


图9 工艺优化后生产的铸件

Fig. 9 Casting produced using optimized process

从切口处可以看出,铸件无严重缩松缺陷,从而验证了改良后的最终工艺,为公司较好地解决了铸件缩孔缩松等缺陷问题,将铸件的成品率由87%提高到了88%。

6 结束语

由于侧架铸件结构十分复杂,热节部位繁多,生产过程中容易产生缩孔和缩松,因此可以通过华铸CAE凝固模拟软件对铸件工艺进行数值模拟。在原铸造工艺中增加了2个边冒口和8块冷铁,从而确定较佳优化工艺方案。并且通过实际生产验证,发现铸件质量得到了改善,成品率从87%提高到了88%。

参考文献:

- [1] 夏鹤翔,段文科,王琳,等.基于华铸CAE铝合金铸造充型氧化夹杂数值模拟[J].特种铸造及有色合金,2018,38(9):956-959.
- [2] 郭兆东,仲学军.华铸CAE软件在铸件生产中的工艺验证[J].中国铸造装备与技术,2015(3):60-62.
- [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] 傅骏,严磊,彭显平.焊接结构用铸钢件的铸造工艺CAE优化设计[J].热加工工艺,2009,38(23):97-98.
- [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.

Design and Optimization of Casting Process for Cast Steel Side Frame

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

(1. Hubei Provincial Key Laboratory of Green Materials for Light Industry, School of Materials and Chemical Engineering, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, Hubei, China; 2. CRRC Yangtze Tongling Vehicle Co., Ltd., Tongling 244142, Anhui, China)

Abstract:

The side frame casting produced by the original casting process has shrinkage defects. CAE simulation software was used to optimize the casting process. The practical production shows that the finished product ratio of the casting is increased from 87% to 88% by using the optimized casting process.

Key words:

side frame; casting solidification simulation; process optimization
