DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.07.013

侧架铸造工艺数值模拟及优化研究

张玉磊[1],张　纬[1],孟少峰[2],张　纯[3],康　锋[2],任艳红[2],史旭东[1],
张光胜[1],赵红乐[1],弓盛文[1],张　龚[1]

(1.晋西装备制造有限责任公司,山西 太原 030000;2.晋西车轴股份有限公司,山西 太原 030027;3.山西朔州供电分公司,山西 朔州 036000)

摘　要:侧架铸件结构较为复杂,在生产中易出现缩孔、缩松缺陷。通过 AnyCasting 铸造模拟软件对侧架铸造工艺进行了数值模拟,根据模拟结果对铸造工艺进行了优化,按照优化后的铸造工艺进行了生产验证。结果表明,对试生产的侧架铸件进行超声波探伤检测、解剖检查,铸件符合标准要求。

关键词:侧架;数值模拟;缩孔缩松

中图分类号:TG269　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)07-0606-03

Numerical Simulation and Optimization of Side Frame Casting Process

ZHANG Yulei[1], ZHANG Wei[1], MENG Shaofeng[2], ZHANG Chun[3], KANG Feng[2], REN Yanhong[2], SHI Xudong[1], ZHANG Guangsheng[1], ZHAO Hongle[1], GONG Shengwen[1], ZHANG Gong[1]

(1. Jinxi Equipment Manufacturing Co., Ltd., Taiyuan 030000, China; 2. Jinxi Axle Company Limited, Taiyuan 030027, China;3.Shanxi Shuozhou Power Supply Company, Shuozhou 036000, China)

Abstract: The structure of side frame casting is complex, and shrinkage cavity and porosity are easy to appear in production. The casting process of the side frame was numerically simulated by AnyCasting simulation software. The casting process was optimized according to the simulation results, and the production verification was carried out according to the optimized casting process. The results show that the side frame castings in trial production meet the standard requirements by ultrasonic inspection and anatomical examination.

Key words: side frame; numerical simulation; shrinkage cavity and porosity

Anycasting 铸造模拟软件可针对各种铸造工艺进行仿真模拟,在铸造工艺设计中得到了广泛的应用。SCT110T 侧架是铁路货车用转向架的关键零部件之一,其产品质量的优劣直接关系到行车的安全与否。作者通过 Anycasting 铸造模拟软件对铸件充型过程、凝固过程进行了数值模拟计算,根据模拟结果对侧架铸造工艺进行了优化改进,并再次对改进后的铸造工艺进行数值模拟计算[1]。采用优化后的铸造工艺进行试制生产,获得了符合 AAR M201《AAR 铸钢件技术要求》标准要求的合格铸件。

1　SCT110T 侧架的结构特点

SCT110T 侧架采用 B+ 钢铸造,最大轮廓尺寸为 2 286 mm×427 mm×644 mm,产品净重 438 kg,最大壁厚 35 mm,最小壁厚 14 mm,其三维造型如图 1,内腔筋板较多,结构复杂,铸件壁厚不均匀,热节多且分散,易产生缩孔、缩松等铸造缺陷。

图 1　侧架三维示意图
Fig.1　Schematic diagram of side frame

2　铸造工艺简介

SCT110T 侧架的浇注系统为底注、开放式浇注系统,$A_{直}:A_{横}:A_{内}=1:1.4:1.5$,直浇道直径为 ϕ60 mm,弹簧承台面处设置两个保温冒口,轴箱导框侧面设置两个发热冒口,如图 2。

3　铸造工艺数值模拟

3.1　实体建模与网格划分

首先运用 UG 建模软件分别对 SCT110T 侧架

收稿日期:2021-04-07

作者简介:张玉磊(1983—),山西太原人,学士,高级工程师.主要从事铸造产品工艺设计方面的工作.
电话:13934168391,Email:zhangyuleifd@163.com

图 2　浇冒口布置简图

Fig.2 Schematic of gating and risering system

的砂型、砂芯、浇冒系统、冷铁等进行实体建模，并分别导出 STL 文件[2]，再将导出的 STL 文件导入到 Anycasting 中的 anyPRE 模块，设置实体格式，确定各个实体在模拟过程中的名称和作用，进行网格划分[3]，总网格数目为 10 941 700 个，划分参数如表 1。

表1 网格划分参数

Tab.1 Grid partitioning parameters

单元长度 /mm	X 向	Y 向	Z 向
	5.510 20	5.519 48	5.517 24
求解域 /mm	Lx	Ly	Lz
	2 700	850	800

3.2　材料设置与热传导模型的构建

选择铸造工艺为砂型铸造，分析类型选择为“充型分析及充型前后的热 / 凝固分析”。

3.3　充型过程模拟及分析

分析充型过程可得出，钢液由 SCT110T 侧架底部注入，充型约 13%时，钢液分别在侧架上弦杆、下弦杆处交汇，充型约 36%时，钢液到达侧架外弯钩处，整个充型过程较为平稳，充型过程如图 3。

3.4　凝固过程模拟分析及工艺优化

3.4.1　不加冒口、不加冷铁冷铁铸件模拟

首次模拟时，不加冒口、冷铁对铸件进行凝固过程模拟，通过分析凝固过程，可以观察到侧架的承载鞍支承面部位、立柱面部位、下弦杆、斜拉杆、部位为最后凝固的区域，如图 4，铸件在此区域容易形成缩孔缺陷，图 5 为铸件凝固后缩孔缺陷分布示意图。

3.4.2　加冒口、加冷铁铸件模拟

对侧架铸件加冒口、冷铁进行凝固过程模拟，结果如图 6，冒口起到了很好的补缩作用，侧架下弦

(a)充型15%

(b)充型35%

(c)充型55%

(d)充型75%

(e)充型95%

图 3　侧架充型过程示意图

Fig.3 Mold filling process of side frame casting

图 4　侧架最后凝固区域

Fig.4 The final solidification area of the side frame

图 5　无冒口、冷铁铸件凝固过程数值模拟结果

Fig.5 Numerical simulation results of solidification process without riser and chills

杆、承载鞍支承面部位未出现缩孔、缩松缺陷，侧架立柱面、斜拉杆部位形成了明显的缩孔、缩松缺陷。

3.5　工艺优化

根据数值模拟结果对侧架铸造工艺进行优化，在侧架立柱面部位增加冒口，对该区域进行补缩，如图 7 所示，在侧架滑槽部位增加冷铁，加速铸件热节处的冷却，如图 8 所示。对优化后的侧架铸造工艺进行数值模拟，模拟结果如图 9 所示，铸件内部未发现

图 6 加冒口、冷铁铸件凝固过程数值模拟结果
Fig.6 Numerical simulation results of solidification process with risers and chills

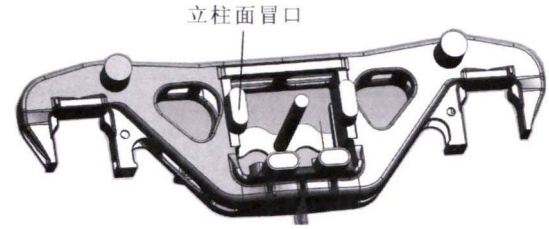

图 7 立柱面增加冒口示意图
Fig.7 Schematic added risers on vertical column face

图 8 滑槽部位增加冷铁示意图
Fig.8 Schematic added chills on the chute area

图 9 工艺优化铸件凝固过程数值模拟结果
Fig.9 Numerical simulation results after solidification process optimization

缩孔、缩松类缺陷。

4 生产验证

采用经 Anycasting 模拟计算得出的侧架铸造工艺进行试生产，熔炼工艺采用矿石、氧气结合法进行氧化，氧化期温度控制在 1 580～1 600 ℃，加矿温度≥1 560 ℃，分批加入；浇注温度 1 560～1 585 ℃。

对试制件进行超声波探伤检测，符合 AAR M201《AAR 铸钢件技术要求》标准要求；依据标准要求对试制件进行解剖，经过对解剖面的检查，剖切面均未发现明显的缩孔、缩松缺陷，如图 10，符合标准要求。

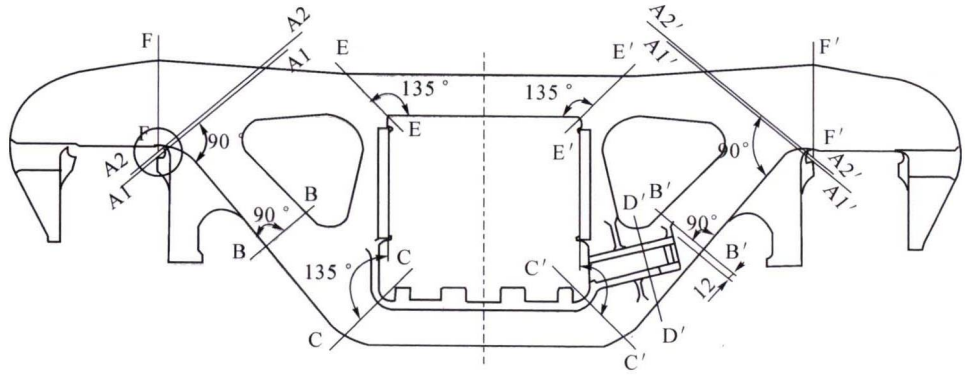

图 10 侧架铸件解剖位置
Fig.10 Section position of side frame casting

5 结束语

(1)侧架采用底注开放式浇注系统，可以实现平稳充型。

(2)冒口加冷铁的补缩工艺可有效消除铸件热节处的缩孔、缩松缺陷。

(3)Anycasting 铸造模拟软件在铸造工艺设计和优化方面非常有效，可提前、准确预判铸件缺陷，提供充型、凝固过程的有效数据，从而指导铸造工艺设计和优化。

参考文献：

[1] 杨小建，巩红涛，张威，等. 基于 ProCAST 的摇臂铸造工艺数值模拟及优化[J]. 热加工工艺，2019, 48(19)：83.

[2] 邢小颖，汤彬，马运，等. Anycasting 虚拟仿真在砂型铸造中的应用及缺陷分析[J]. 铸造，2019, 68(5)：508.

[3] 何若虚.铝硅合金减速器壳体砂型铸造工艺设计[J]. 铸造，2020, 69(7):761.