

SCT110T 侧架铸造工艺设计与试制

张玉磊¹, 张 纬¹, 孟少峰², 张文魁¹, 康 锋², 张 纯³, 任艳红², 史旭东¹, 李志勇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: 根据侧架零件的结构特点和技术要求, 进行了铸造工艺设计。采用底注开放式浇注系统, 在铸件热节处设置冒口进行补缩, 并利用数值模拟软件对铸造工艺进行了模拟优化。采用优化的铸造工艺试制侧架铸件, 成功获得合格的铸件产品。

关键词: 侧架铸件; 铸造工艺设计; 冒口设计; 数值模拟

SCT110T侧架是北美铁路联运货车车辆转向架的重要组成部分, 其作用是把转向架的各个零部件联系在一起构成一个整体。侧架铸件需进行荧光磁粉探伤、超声波测厚、致密度、动静载荷等检测, 检测结果应符合AAR M201《AAR铸钢件技术要求》和AAR M210《联运货车侧架摇枕供货技术条件》的要求。

1 SCT110T侧架的结构特点

SCT110T侧架属于薄壁箱体结构件, 如图1所示, 轮廓尺寸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。其弹簧承台面位于侧架中心部位, 最大壁厚32 mm, 最小壁厚19 mm; 轴箱导框位于侧架的两侧端头, 由斜弦杆与弹簧承台面连接; 侧架承载鞍支撑面处的壁厚由19 mm过渡到32 mm; 立柱面处最大壁厚35 mm, 最小壁厚16 mm。整个铸件壁厚不均匀, 热节多且分散, 易产生缩孔、缩松等铸造缺陷。

2 技术要求

2.1 主要技术指标

SCT110T侧架材质为B+级钢, 其化学成分、力学性能及非金属夹杂物要求分别如表1、表2和表3所示。

表1 侧架铸件的化学成分要求
Table 1 Chemical composition requirements of side frame casting $w_B / \%$

C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Cu	Al
0.24 ~ 0.31	0.30 ~ 0.50	≤0.030	≤0.030	0.70 ~ 0.90	≤0.40	0.30 ~ 0.50	≤0.30	0.02 ~ 0.08

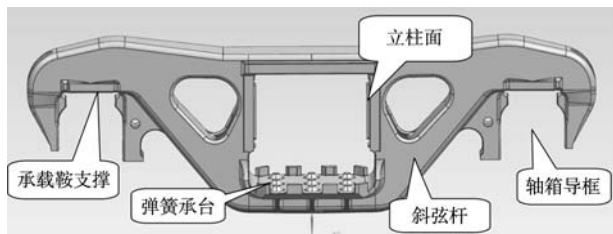


图1 侧架示意图

Fig. 1 Schematic diagram of side frame

作者简介:

张玉磊 (1983-), 男, 高级工程师, 主要从事铸造工艺设计和铸钢件生产工作。
E-mail: zhangyuleifd@163.com

中图分类号: TG24
文献标识码: B
文章编号: 1001-4977 (2021) 09-1110-05

收稿日期:

2021-03-12 收到初稿,
2021-04-20 收到修订稿。

2.2 相关的检测及试验

依据AAR M201《AAR铸钢件技术要求》标准，SCT110T侧架关键部位需进行解剖检查，致密度应符合标准要求；侧架应采用整体磁化湿法连续法荧光磁粉探伤；每50件侧架应抽取1件进行超声波测厚检查；侧架还应通过动静载荷试验。

3 工艺设计

3.1 铸造方法和生产条件

SCT110T侧架采用两箱造型，一箱两件。采用HSJ75型连续式混砂机 and 有机酯硬化水玻璃砂造型和制芯；采用20 t EBT偏心底电弧炉+20 t LF精炼炉熔炼合金，LF炉白渣保持时间 ≥ 30 min，钢液出炉温度1 590~1 610 ℃；采用GBHF-30-001型台车式热处理炉对铸件进行正火处理。

3.2 铸造工艺

3.2.1 砂芯设计

如图2所示，侧架铸件工艺共设计7块砂芯，其中侧架滑槽部位由1#砂芯形成，在其芯盒中做出随型冷铁定位，便于安放冷铁；中央方框由2#砂芯形成，芯盒采用全脱落式结构，便于取芯，形成关键尺寸的部位采用镶块结构，便于调整；3#砂芯与2#砂芯相搭配，采用嵌入结构，便于砂芯定位；4#砂芯采用上、下片结构，充分利用工艺孔设置芯头，使砂芯定位准确，支撑牢固，减少芯撑的使用，避免芯撑造成的芯撑移位、芯撑融合不良、芯撑处裂纹等缺陷；5#砂芯设计减轻块结构；6#砂芯利用产品结构，上、下均设计芯头，确保砂芯定位准确；7#砂芯与4#砂芯采用搭接结构，减少芯撑的使用。

表2 侧架铸件的力学性能要求
Table 2 Mechanical properties requirements of side frame casting

抗拉强度 /MPa	屈服强度 /MPa	伸长率 /%	断面收缩 率/%	冲击吸收功 (-7 ℃)/J
≥ 550	≥ 345	≥ 24	≥ 36	≥ 20

表3 侧架铸件的非金属夹杂物要求
Table 3 Nonmetallic inclusions requirements of side frame casting

夹杂物类别	合格级别
I型(球状)夹杂物	细系1级~3级、粗系1级
II型(点网状)夹杂物	1级~2级
III型(点状)夹杂物	细系1级~3级、粗系1级
IV型(群状三氧化二铝)夹杂物	1级

3.2.2 补缩系统设计

依据侧架热节的位置设置冒口，在承载鞍支撑面处设置2个 $\Phi 87$ mm \times 120 mm的发热冒口，在弹簧承台面处设置2个保温冒口，如图3a所示。为了加快铸件局部冷却速度，根据侧架铸件的结构特点，在侧架的关键部位、筋板相交处设置12块冷铁，如图3b所示。

3.2.3 浇注系统设计

采用20 t底漏包浇注侧架铸件，包孔直径 $\Phi 45$ mm，由式(1)计算出浇注时间 $t=14.3$ s。

$$t = \frac{G}{N \times n \times V_G} \quad (1)$$

式中： G 为钢液重量，kg； N 为同时浇注的浇包个数，一般 $N=1$ ； n 为一个浇包内的包孔数； V_G 为钢液的质量流率，kg/s。

由公式 $V_{液}=H/t$ 计算出液面上升速度为23.6 mm/s，大于20 mm/s，符合设计要求，由此取包孔直径为 $\Phi 45$ mm，直浇道选取为 $\Phi 60$ mm；采用开放式浇注系统，各浇道的截面积比例取 $A_{直}:A_{横}:A_{内}=1:1.35:1.5$ ，设计横浇道1个，内浇道2个，开设在铸件底面立柱旋转止挡处，如图4所示。

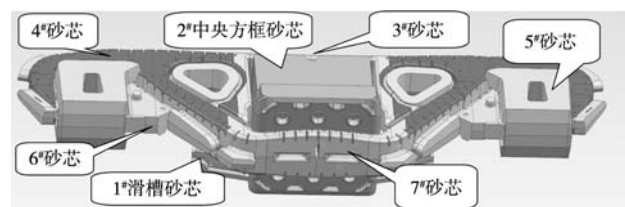
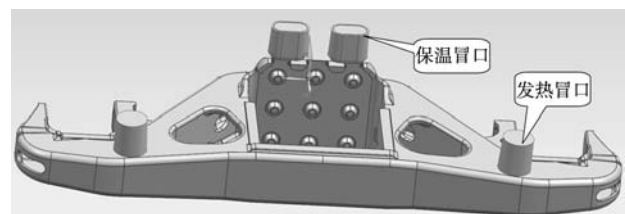
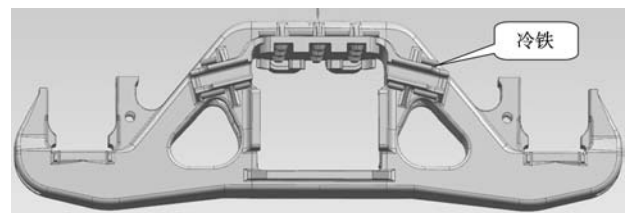


图2 侧架铸件组芯图

Fig. 2 Sand core assembling diagram of side frame casting



(a) 侧架补缩冒口示意图



(b) 侧架冷铁示意图

图3 侧架铸件补缩系统设计

Fig. 3 Design of feeding system for side frame casting

3.2.4 铸造工艺数值模拟及工艺优化

采用AnyCasting软件对侧架的铸造工艺进行数值模拟和分析。首先采用UG建模软件分别对侧架的砂型、砂芯、浇冒系统、冷铁等进行实体建模，并分别导出STL文件^[1]，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。然后对模型进行网格划分，设置材料热物性参数和边界条件等^[2]，其中B+级钢的液相线温度为1 505 ℃，固相线温度1 415 ℃^[3]，设置浇注温度为1 565 ℃，充型速度16 cm/s，铸型初始温度20 ℃。计算结果和分析如下。

充型过程计算结果如图5所示。从图中可以看出，金属液由直浇道流入，从侧架中央方框处向两侧流动，液流平稳。当充型约33%时，液流到达侧架端头外的弯钩处，随后钢液逐步充满型腔。整个充型过程液流平稳。

侧架铸件凝固过程数值模拟结果如图6所示。从

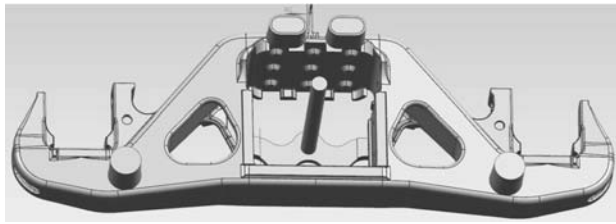


图4 侧架铸件的铸造工艺简图

Fig. 4 Casting process diagram of side frame casting



图5 侧架铸件充型过程数值模拟结果（充型33%）

Fig. 5 Numerical simulation result of mold filling process for side frame casting (with the filling ratio of 33%)

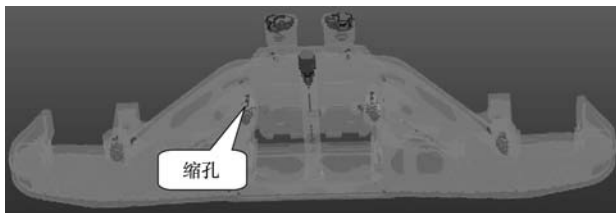


图6 侧架铸件凝固过程数值模拟结果

Fig. 6 Numerical simulating result of solidification process for side frame casting

图中可以看出，承载鞍支撑面、弹簧承台面处、中央方框立柱面处为铸件最后凝固的区域。铸造工艺设计时，侧架承载鞍支撑面、弹簧承台面处设置了冒口进行补缩，因此该两处区域均未见缩孔、缩松缺陷，但侧架中央方框立柱面处未设置冒口进行补缩，而此部位出现了较为明显的缩孔缺陷。侧架其他关键区域和受力部位均未出现明显的缩孔、缩松缺陷。

根据铸件凝固过程数值模拟结果对铸造工艺进行优化，在侧架中央方框立柱面处增设保温冒口，如图7所示，再次对改进后的侧架铸造工艺进行模拟分析，结果表明，中央方框立柱面处未见缩孔和缩松缺陷，其他关键区域和受力部位也未见明显的缩孔、缩松缺陷。由此确定侧架铸件的最终补缩方案为：在承载鞍支撑面处设置发热冒口，在弹簧承台面处和中央方框立柱面处设置保温冒口。

4 生产验证

根据优化后的工艺，组织进行了小批量侧架铸件试制。经过质量检测，铸件的化学成分、力学性能、金相组织、非金属夹杂物均符合AAR M201标准的相关要求。依据AAR M201标准规定的解剖位置，如图8所示，对试制件进行解剖，经过对解剖面的检查，如图9所示，均未在解剖面上发现明显的缩孔、缩松缺陷，符合标准要求。

采用DC-2030B数字直读式超声波测厚仪对侧架进行壁厚检查，测厚之前铸件表面应无妨碍超声波检测的粘砂、氧化皮等附着层。检测探头采用频率为2 MHz、晶片直径为13 mm的平面探头和弧面探头，声速设置为5 930 m/s，在同一测量点上作3次厚度测量，取其平均值作为测量结果。经检测，侧架的壁厚符合产品要求。

试制件通过了标准转向架公司（Standard Car Truck Co.）的产品质量鉴定和北美铁路协会的认证；随机抽取了7件侧架由北美铁路协会进行静载荷以及疲劳试验，试验结果均合格。

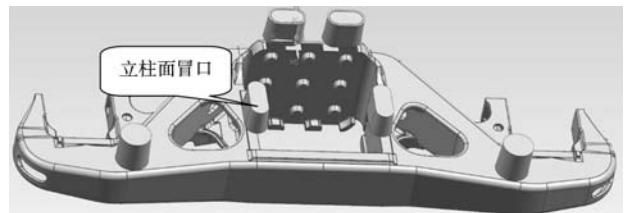


图7 立柱面冒口

Fig. 7 Risers at the positions of vertical columns in side frame casting

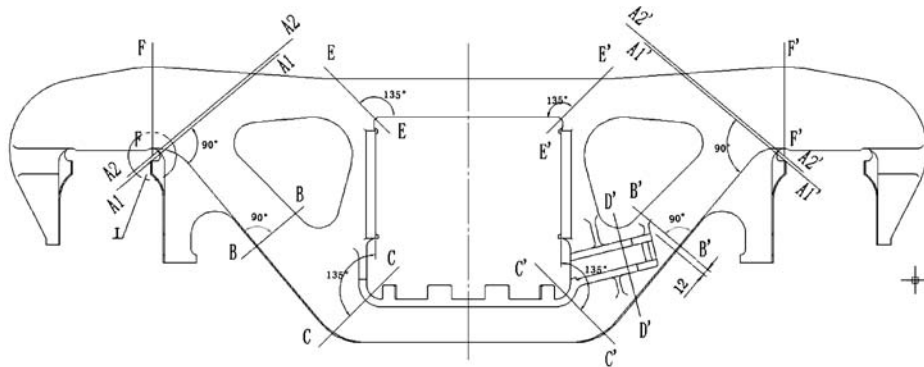


图8 侧架铸件的解剖位置

Fig. 8 Section positions of side frame casting

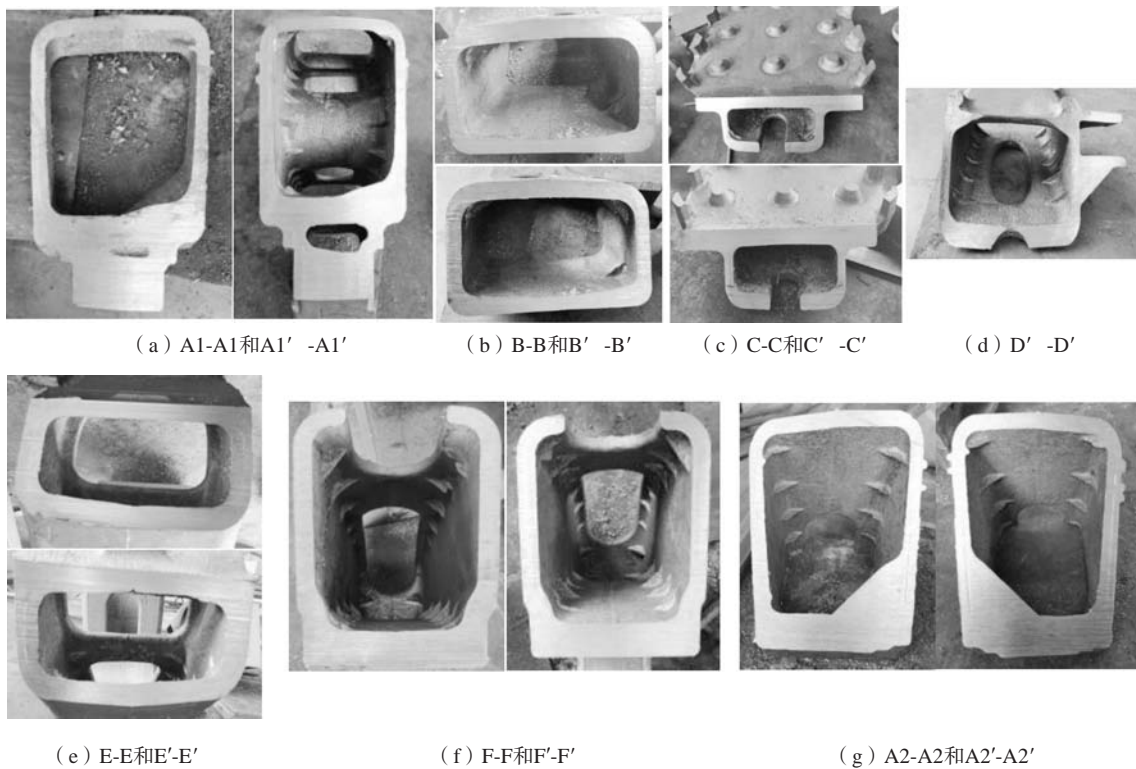


图9 侧架铸件剖面图

Fig. 9 Sectional views of side frame casting

5 结束语

设计并优化了B+级钢SCT110T侧架的铸造工艺，采用酯硬化水玻璃砂造型和制芯，采用EBT偏心底电弧炉+LF精炼炉熔炼合金液，成功试制出合格的侧架铸

件。在其铸造工艺设计和实施过程中，采用底注开放式浇注系统，铸件充型平稳，显著减少了砂眼等铸造缺陷；砂芯之间采用搭接结构，减少了芯撑的使用，保证了铸件的内部质量。

参考文献:

- [1] 骆宏文, 张文昌, 徐道兵, 等. 转K6摇枕铸造工艺模拟及优化 [J]. 铸造, 2020, 69 (1): 69-73.
- [2] 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): 761-763.
- [3] 骆宏文, 旷丹锋, 张文昌, 等. 铸钢侧架铸造工艺设计及优化 [J]. 铸造, 2020, 69 (7): 722-726.

Casting Process Design and Trial Manufacturing of SCT110T Side Frame

ZHANG Yu-lei¹, ZHANG Wei¹, MENG Shao-feng², ZHANG Wen-kui¹, KANG Feng², ZHANG Chun³, REN Yan-hong², SHI Xu-dong¹, LI Zhi-yong¹, ZHANG Gong¹

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

Abstract:

The casting process of the side frame part was designed according to its structural characteristics and technical requirements. The unchoked bottom gating system was adopted, and the risers were set at the hot spots of the casting to compensate the metal shrinkage. Taking advantage of the numerical simulation software, the casting process was optimized, and adopting the optimized casting process, the side frame castings were trial manufactured. The qualified products of side frame castings were manufactured successfully.

Key words:

side frame casting; casting process design; riser design; numerical simulation