

DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.08.013

K6 侧架铸造工艺设计与数值模拟

张玉磊¹, 张纯³, 李忠华⁴, 孟少锋², 康锋², 任艳红², 张龚¹, 侯文楷¹, 马国梁¹, 王敏慧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; 4. 中北大学机械工程学院, 山西太原 030051)

摘要:根据 K6 侧架零件的结构特点和技术要求,进行了铸造工艺设计,采用有机酯水玻璃自硬砂铸造生产工艺,底注开放式浇注系统。结果表明,铸件热节处设置冒口、冷铁,砂芯采用整体芯工艺,偏心底电弧炉、LF 精炼炉熔炼合金,悬挂式连续热处理炉对铸件进行热处理,成功获得了合格的侧架铸件。

关键词:侧架铸件; B+ 级钢; 酯硬化水玻璃; 热处理

中图分类号: TG269

文献标志码: A

文章编号: 1000-8365(2021)08-0704-04

Casting Process Design and Numerical Simulation of K6 Side Frame

ZHANG Yulei¹, ZHANG Chun³, LI Zhonghua⁴, MENG Shaofeng², KANG Feng², REN Yanhong²,
ZHANG Gong¹, HOU Wenkai¹, MA Guoliang¹, WANG Minhui¹

(1. Jinxi Equipment Manufacturing Co., Ltd., Taiyuan 030000, China; 2. Jinxi Axle Company Co., Ltd., Taiyuan 030027, China; 3. Shanxi Shuozhou Power Supply Company, Shuozhou 036000, China; 4. School of Mechanical Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: According to the structural characteristics and technical requirements of K6 side frame parts, the casting process was designed, using organic ester sodium silicate self-hardening sand casting process, and the bottom pouring open gating system. The results show that the qualified side frame castings are successfully obtained by setting risers and chiller at the hot joints of the castings, adopting integral core technology for the sand core, smelting the alloy in the arc furnace and LF refining furnace at the bottom of the core, and heat treatment in the hanging continuous heat treatment furnace.

Key words: side frame casting; b + grade steel; ester hardened sodium silicate; heat treatment

K6 侧架作为铁路货车行走部分十分重要的部件,与摇枕配合使用,作为转向架行走装备件。TB/T3012《铁道货车铸钢摇枕、侧架》、TB/T2942.1《机车车辆用铸钢件技术要求及检验》对侧架铸件的力学性能、铸件质量均有很高的要求。K6 侧架铸件结构复杂,呈典型的薄壁箱体结构,轮廓尺寸较大^[1],壁厚不均匀,容易产生裂纹、缩孔、缩松等铸造缺陷。本文作者在充分消化侧架技术条件、产品结构的前提下,进行了铸造工艺设计,并运用铸造工艺数值模拟软件进行了模拟分析,通过试制生产出了合格的铸件,为后续开发其他各型号的侧架提供了技术支持并进行了技术积累。

1 K6 侧架的结构特点

K6 侧架属于箱式结构,如图 1。最大轮廓尺寸 2 374 mm × 625 mm × 440 mm,最大壁厚 30 mm,最

小壁厚 14 mm,重约 480 kg。侧架内腔连接筋较多,各相邻平面壁厚差异较大,承载鞍支撑面处的壁厚由 16 mm 过渡到 25 mm,弹簧承台面处的壁厚由 18 mm 过渡到 25 mm,立柱面处最大壁厚 30 mm,最小壁厚 14 mm,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。

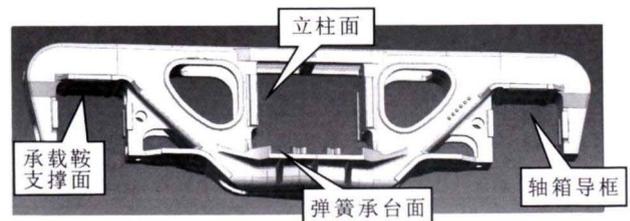


图 1 侧架示意图

Fig. 1 Schematic diagram of side frame

2 技术要求

依据 TB/T3012《铁道货车铸钢摇枕、侧架》、TB/T2942.1《机车车辆用铸钢件技术要求及检验》标准要求,K6 侧架采用 B+ 级钢 (ZG25MnCrNi) 制造,化学成分要求见表 1,力学性能要求见表 2,非金属夹杂物要求见表 3。

收稿日期:2021-05-22

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

表1 铸件的化学成分 w(%)

Tab.1 Chemical composition of casting

C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Cu
≤0.29	≤0.50	≤0.030	≤0.030	≤1.00	≥0.20	≤0.50	≤0.30

表2 铸件的力学性能

Tab.2 Mechanical properties of 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 铸件的非金属夹杂物

Tab.3 Nonmetallic inclusions in 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 铸造工艺设计及数值模拟

3.1 铸造方法和生产条件

采用有机酯水玻璃自硬砂造型、制芯,造型30%新砂+70%再生砂,制芯100%新砂,20 t EBT偏心底电炉炉+20 t LF精炼炉熔炼合金,矿石、氧气结合法进行氧化,悬挂式连续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

传统的侧架砂芯设计方案通常采用分段砂芯,采用分段砂芯工艺的侧架铸件容易产生披缝、台阶、飞边、裂纹等缺陷,为了提高铸件的质量,采用整体芯工艺方案,如图2,内腔由3#上片整体芯、3#下片整体芯形成,侧架中央方框由1#砂芯形成,导框由4#砂芯形成,挡键部位由5#砂芯形成。

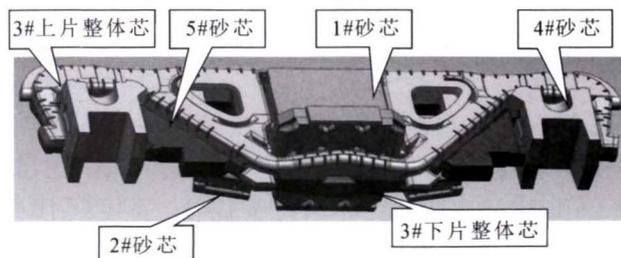


图2 侧架铸件组芯图

Fig.2 Sand core assembling diagram of side frame casting

3.2.2 冒口设计

根据侧架热节的位置设置冒口,在侧架承载鞍支撑面设置2个保温冒口,立柱面处设置2个保温

冒口,弹簧承台面处设置2个保温冒口,如图3。

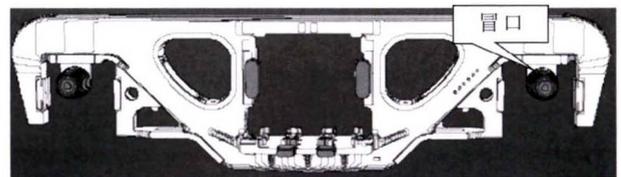


图3 侧架补缩冒口示意图

Fig.3 The feeding risers for the side frame casting

为了加快铸件局部冷却速度,加强铸件顺序凝固条件,根据侧架铸件的结构特点,在侧架的关键部位、筋板相交处设置了12块随形冷铁。

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 $t=16.6$ s。

$$t = \frac{G}{N \cdot n \cdot V_c} \quad (1)$$

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_c 为钢液的质量流率,kg/s。

由式 $V_{液} = H/t$ 计算出液面上升速度为26.3 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,开放式浇注系统浇道截面面积比例取 $A_{直}:A_{横}:A_{内}=1.0:1.4:1.6$,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。

3.3 铸造工艺数值模拟结果及分析

运用AnyCasting模拟软件对K6侧架铸造工艺

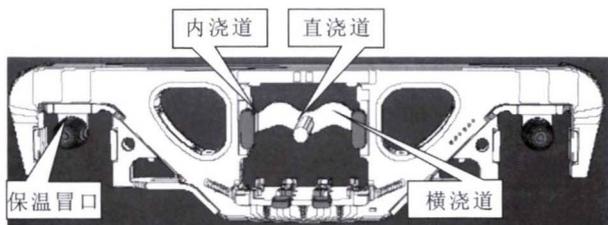


图4 铸件的浇冒口系统

Fig. 4 Gating and risering system of the side frame casting
进行数值模拟和分析,首先运用UG建模软件进行实体建模,并分别导出STL文件,再将导出的STL



(a)充型22%



(b)充型50%

图5 侧架铸件充型过程数值模拟结果

Fig. 5 Numerical simulation result of mold filling process of side frame casting

3.3.2 凝固过程模拟及分析

3.3.2.1 凝固模拟结果

通过对侧架铸件凝固过程的模拟,可以观察到侧架承载鞍支撑面、弹簧承台面、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,上述部位均设置了冒口进行补缩,模拟结果显示,承载鞍支撑面、中央方框立柱面处未见缩孔、缩松缺陷,侧架斜拉杆与弹簧承台面的交接处出现了较为明显的缩孔缺陷,侧架其它关键区域、受力部位均未出现明显的缩孔、缩松缺陷,如图6。

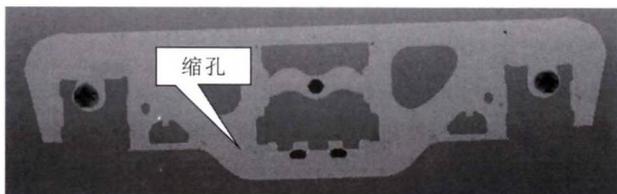


图6 侧架缩孔缺陷示意图

Fig. 6 Shrinkage cavity defects of side frame casting

3.3.2.2 工艺优化改进

根据铸件凝固过程数值模拟结果对铸造工艺进行优化,在侧架弹簧承台面处增设两个保温冒口,如图7,再次对改进后的侧架铸造工艺进行凝固过程数值模拟分析,侧架斜拉杆与弹簧承台面的交接处未见缩孔,其它关键区域、受力部位未见明显的缩孔、缩松缺陷。

3.4 熔炼工艺

采用20tEBT偏心底电弧炉+20tLF精炼炉熔炼合金。矿石、氧气结合法进行氧化,氧化期温度控制在1580~1600℃,加矿温度≥1560℃,矿石应分

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,设置材料热物性参数和边界条件等,液相线温度设置为1505℃^[2],固相线温度设置为1415℃,砂型温度30℃^[3],模拟结果和分析如下。

3.3.1 充型过程模拟及分析

充型过程模拟如图5所示,金属液由直浇道流入,经内浇道由铸件立柱旋转止挡处进入型腔,并向两侧流动,充型约22%时,液流到达侧架外弯钩处,随后逐步充满型腔,整个过程液流均平稳充型。

批加入,均匀加入到熔池中心,保持熔池均匀沸腾,严禁大沸腾;精炼过程中保证精炼熔渣为脱氧良好的白渣,精炼过程中总渣量约为钢水量的2%~3%。

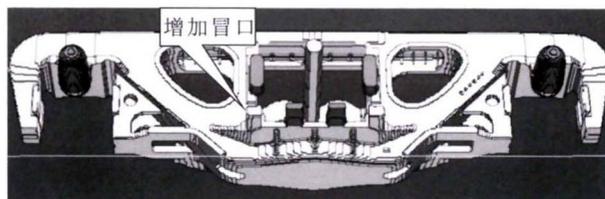


图7 优化的浇注系统,增加了量保温冒口
Fig. 7 Optimized gating and risering system added two more insulating risers

3.5 热处理工艺

采用悬挂式连续热处理炉对铸件进行热处理。各升温段、保温段温度设置:一段520℃,二段640℃,三段730℃,四段820℃,五段按比保温段设定值低10℃设定,六段至九段按规定保温温度设定。

4 生产验证

组织进行了小批量试制,经检测,试制侧架铸件的化学成分、力学性能、金相组织、非金属夹杂物均符合TB/T3012《铁道货车铸钢摇枕、侧架》、TB/T2942.1《机车车辆用铸钢件技术要求及检验》的标准要求。

根据TB/T3012《铁道货车铸钢摇枕、侧架》标准规定的解剖位置,如图8,对试制件进行解剖,经过对解剖面的检查,如图9,解剖面均未发现明显的缩孔、缩松缺陷,符合标准要求。

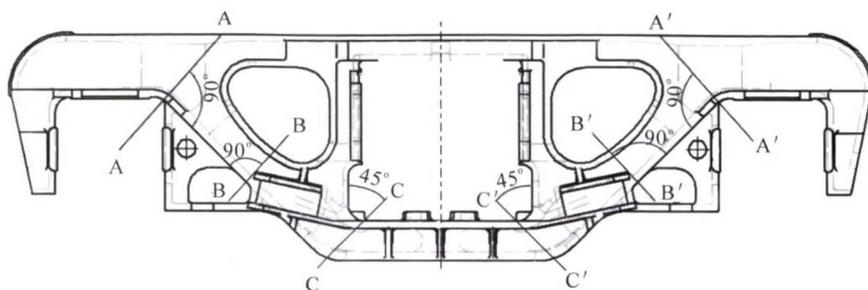


图8 侧架铸件解剖位置

Fig. 8 Section locations of the side frame casting

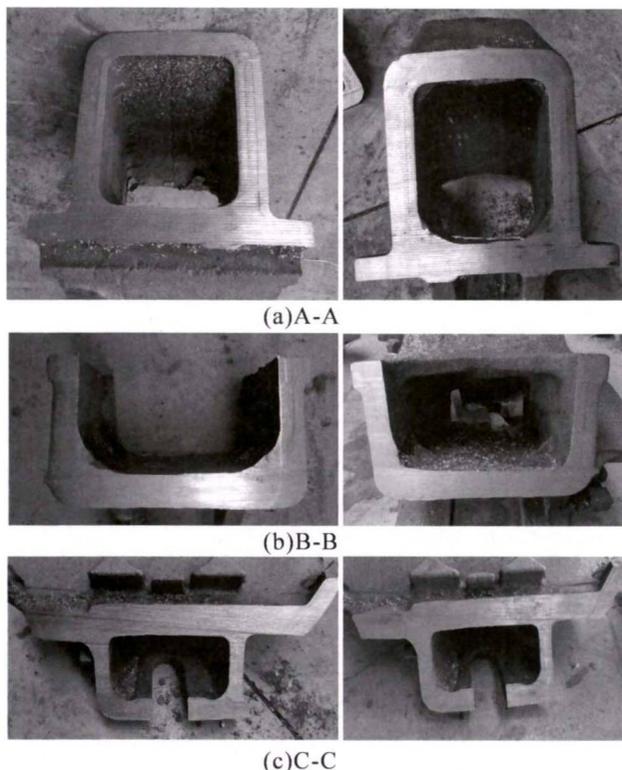


图9 侧架剖面未见明显缩孔缩松缺陷

Fig. 9 Sectioned surfaces show no obvious shrinkage defects in the side frame casting

采用 CTS-9006Plus 超声波探伤仪对侧架进行超声波探伤检查,超探结果符合标准要求;采用 DC-2030B 数字直读式超声波测厚仪对侧架进行测厚检查,壁厚符合产品图的要求。

随机抽取了3件侧架进行静载荷、疲劳试验,试验结果合格。

5 结束语

(1)侧架采用底注式浇注系统,充型平稳,砂眼、缩孔等铸造缺陷明显减少。

(2)侧架采用整体芯工艺可有效防止铸件产生披缝、台阶、飞边、裂纹缺陷。

(3)铸件热节处设置冒口进行补缩,补缩效果好。

参考文献:

- [1] 刘胜田,凌云飞,赵庚宁. V法造型生产铸钢摇枕和侧架[J]. 铸造,2008,57(10):1081.
- [2] 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.
- [3] 刘艳明,于静,毛红奎. 摇枕铸造工艺 CAE 模拟与分析[J]. 铸造技术,2016,37(1):161.

技术资料邮购

《铸造抗磨产品实用生产技术集》

《铸造抗磨产品实用生产技术集》本书由李德臣教授级高工编著。共8章: 1 关于锰钢生产技术; 2 球墨铸铁与蠕墨铸铁生产技术; 3 抗磨产品生产技术; 4 锤头生产技术; 5 消失模、V法生产技术; 6 典型铸件的生产技术; 7 还原罐生产技术; 8 关于企业管理。全书22万字。特快专递邮购价: 98元。

邮购咨询: 李巧凤 电话/传真: 029-83222071