25t轴重控制型转向架摇枕铸造工艺设计与模拟研究

乔义栓，刘敬豪，孙宝金

摘要：1676mm轨距为目前世界上最宽轨距，其转向架摇枕整体长度也为世界最长。通过对摇枕结构及制造难点的分析，确定了合理的浇注系统和冷铁方案等工艺措施；通过运用铸造模拟软件对铸造过程的温度场、流场及缺陷进行模拟分析，优化了铸造工艺，提高了工艺保障水平。

关键词：摇枕；浇注系统；冷铁；仿真模拟

一、结构及工艺难点分析

1. 摇枕结构

转向架是铁路货车的走行部分，其质量直接关系到铁路货车的行车安全，而摇枕是转向架的关键部件，承载着整个车体的重量。1676mm轨距25t轴重控制型转向架摇枕（下文简称摇枕）为一体式心盘和旁承盒结构（见图1），整体结构为箱体形，两端头开放，侧墙每侧各有两个工艺清砂孔，摇枕上下平面均有两个砂芯支撑工艺孔；内腔设置纵向贯通立筋，心盘下方设置加强横向筋，并有一贯通长条孔。摇枕轮廓尺寸为2620mm×518mm×407mm，主壁厚在14～34mm，摇枕净重665kg。

2. 铸造难点分析

通过产品结构分析，该摇枕具有以下铸造难点需要克服。

（1）边A部上方内腔立筋交汇处壁厚加厚(见图2)，形成40mm以上结构性热节，易产生缩孔、缩松缺陷。

（2）摇枕总长高达2620mm，钢液流动距离长，易产生浇不足、冷隔缺陷，对浇注系统的设计要求较高；同时若采用整体芯工艺，由于整体芯呈细长形，整体芯强度不足，有断裂的风险。

（3）摇枕心盘下方部位内腔横筋较多（见图3），对整体芯强度影响较大，同时对制芯填砂、刮砂也造成了一定的不便。

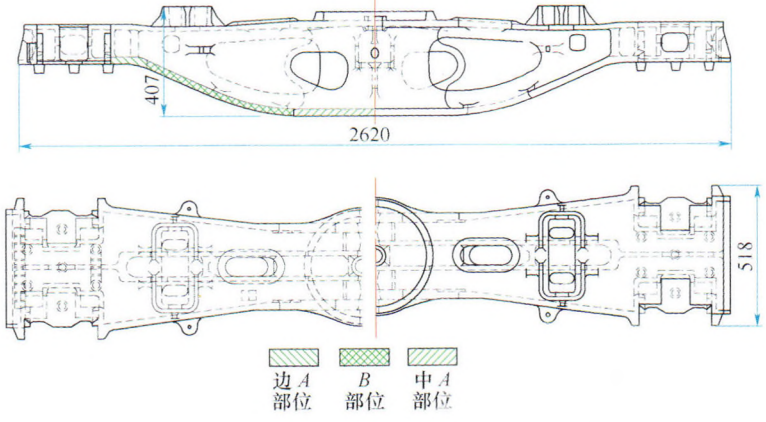

图1 摇枕结构

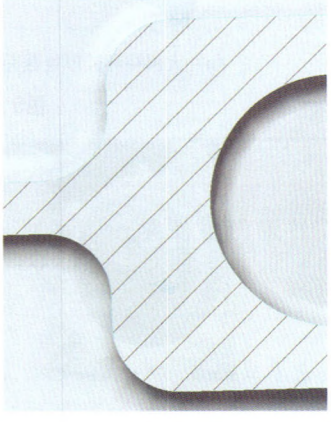

图2 内腔筋交汇处截面

二、铸造工艺设计

1. 造型、制芯材料的选用

采用酯硬化水玻璃砂造型、制芯，所用硅砂为SiO_2含量大于97%的精选砂，粒度为40/70目。固化剂采用有机酯+改性水玻璃，酯硬化水玻璃砂可有效地提高砂型高温退让性，减少铸件裂纹的产生。

造型用酯硬化水玻璃砂配比为：新硅砂20%～30%，再生硅砂70%～80%[1]；改性水玻璃2.8%～3.3%；有机酯0.35%～0.45%。制芯用酯硬化水玻璃砂配比为：新硅砂100%；改性水玻璃2.8%～3.5%；有机酯0.35%～0.45%。

2. 分型面和浇注方向的确定

通过分析摇枕结构及其受力特点可知，摇枕壁厚最厚的部位为心盘部位和边*A*上方内腔筋交汇处，下方底壁受拉应力为质量控制关键区域。为了保证关键区域的铸造质量和有利于心盘部位补缩，将摇枕心盘部位作为浇注方向的上方，关键区域的底壁置于浇注方向的下方。

为便于造型、下芯操作和模样的制作，将分型摇枕端头上壁的下平面作为分型面，心盘部位做局部曲面分型（见图4、图5）。

3. 浇注系统设计

摇枕总长高达2620mm，钢液在型腔中流动距离长，且摇枕平均壁厚较薄，易出现冷隔、浇不足等缺陷，因此采用过桥浇口箱浇注工艺，钢液经浇口箱从产品两端经浇口杯注入直浇道，过桥跨度（浇口距）为2760mm。采用此浇注工艺，钢液流动平稳，充型速度快。

为保证边*A*部及其上方加厚筋密实度，同时增加旁承盒部位压头，在边*A*部“Y”形筋上方设置明冒口进行补缩。

为保证心盘部位密实度和排气通畅，在心盘上方设置两个明冒口进行补缩、排气。其余冒口补缩不到的热节部位用冷铁进行激冷。在位置最高的旁承盒上方设置排气孔进行排气。

4. 砂芯设计

由图4可以看出，该摇枕共划分8种砂芯，1#、2#为斜楔芯，制出了摇枕斜楔部位形状，3#为斜楔孔芯；4#芯为整体芯，整体芯可显著减少内腔飞翅、毛刺数量，有效提升摇枕内腔质量和使壁厚均匀。为保障整体芯强度，制芯过程使用整体焊接式芯骨在制芯线上生产。5#芯为长条孔芯，制出心盘下方侧墙长条孔。6#芯为端头芯，制出了摇枕端头内腔形状。7#、8#芯为吊耳芯。

5. 其余工艺设计

摇枕材质为B+级钢，钢液采用30t碱性电弧炉+LF精炼炉冶炼，钢液浇注温度控制在1560~1580℃；根据B+级钢的收缩规律及摇枕的结构特点，制造模具收缩量取17‰～20‰。

图3 内腔纵向筋截面

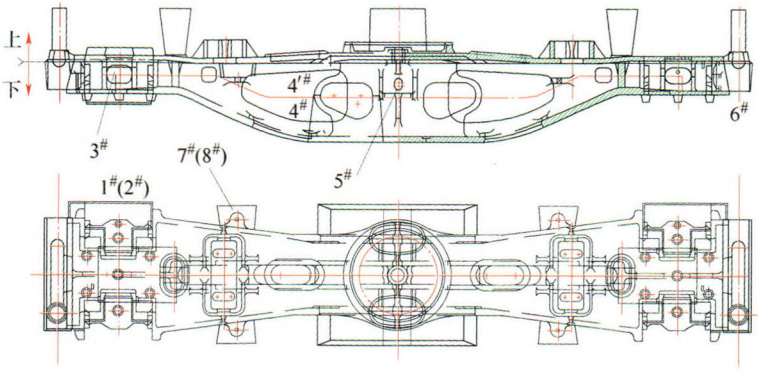

图4 摇枕二维工艺

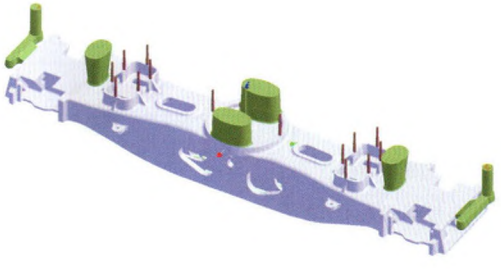

图5 摇枕三维工艺

三、铸造过程数值模拟分析

根据确定的工艺方案，采用Pro/E软件绘制摇枕三维模型，增加浇注系统、加工量等工艺参数构成铸造实体模型。将三维实体模型导入华铸CAE软件，基于有限差分法进行流场、温度场等模拟仿真计算，直至摇枕温度降到500℃时终止。

1. 模拟分析网格的划分

采用5mm的网格尺寸，对铸件、浇注系统等实体进行剖分，以保证计算的精度。划分的网格总数为7403375，剖分结果如图6所示。

2. 铸件物性参数的确定

在软件中选取化学成分为：w_C=0.28%～0.32%，w_{Mn}=0.7%～0.9%，w_{Si}=0.2%～0.35%，w_P、w_S均为＜0.04%，其余为Fe[2]。该钢种的各项热物性参数齐全且与B+级钢材质极为相近，有利于保证模拟精度。砂型设置酯硬化水玻璃砂（夏季）；冷铁设置为25钢；铸型初始温度设置为20℃，浇注温度设置为1580℃[3]，浇注时间设置为30s。

3. 充型过程模拟分析

充型液体流动场分析见图7～图10。

从模拟结果可以看出，金属液开始充型时流动不稳定，充型约30%时两端钢液交汇。此后金属液在重力和黏性力的作用下[4]，流动逐渐平稳，充型约70%时液面稳定。经过模拟分析可以看出，该浇注系统工艺设计合理，有利于减少浇不足、冷隔、卷气等铸造缺陷，保证铸件的最终质量。

4. 凝固过程温度及缩孔缺陷模拟分析

从图11可以看出，由于摇枕壁厚不均，且在内腔存在错综复杂的拉筋，所以各部位温度分布不均匀。在摇枕心盘部位及旁承部位设置冒口，可以起到补缩作用。从图12可以看出，铸件本体无缩孔产生，只有心盘较厚的部位有较小的缩松出现。

根据以上仿真模拟分析结果，可以判断该摇枕铸造工艺设计基本合理；可在摇枕心盘较厚部位放置铬铁矿砂进行局部激冷，以消除缩松缺陷。

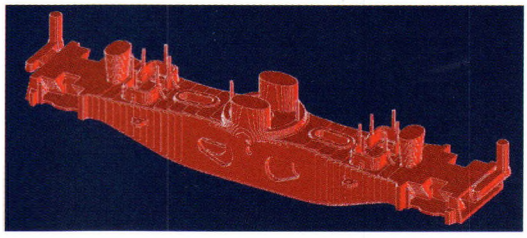

图6 摇枕计算网格剖分

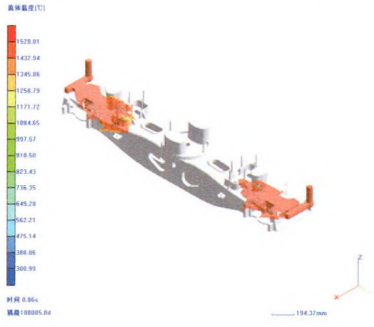

图7 充型10%

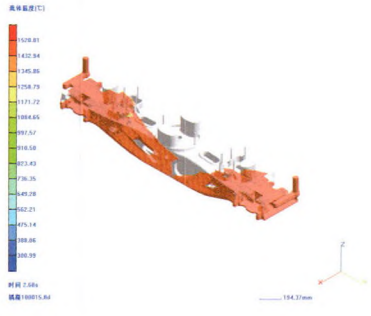

图8 充型30%

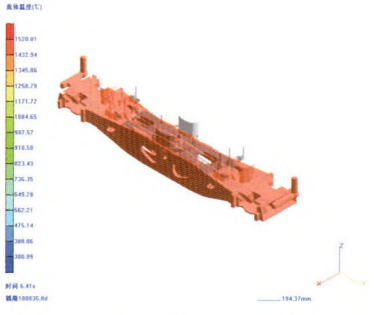

图9 充型70%

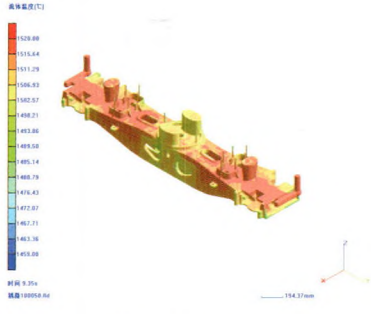

图10 充型100%

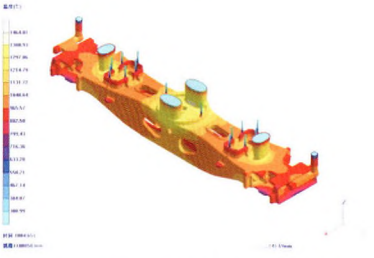

图11 凝固时间1000s时温度分布

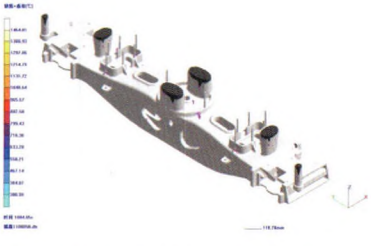

图12 凝固时间1000s时缩孔、缩松分布

四、工艺验证

根据模拟分析结果，对摇枕铸造工艺方案进行了生产试制和小批量生产，产品经过划线检测（见图13），显示产品尺寸准确、轮廓清晰；经密实度解剖检查（见图14、图15），显示密实度良好，满足产品图样要求，可进行批量生产[5]。

图13 摇枕铸造毛坯

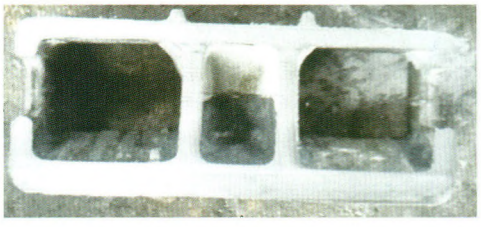

图14 摇枕边*A*部密实度

图15 摇枕中*A*部密实度

五、结语

（1）对于大型薄壁箱形铸件，在浇注系统设计时需充分考虑钢液的充型能力。

（2）使用铸造CAE仿真模拟软件，对摇枕铸造工艺过程进行仿真模拟分析，可以优化铸造工艺，节约试制成本，缩短试制周期。

参考文献

[1] 刘敬豪，凌云飞.支撑座一体侧架铸造工艺研究及实践[J].中国铸造装备与技术，2013（2）：16-20.

[2] 刘胜田，杨军，艾秀兰. 数值模拟技术在铁路货车铸钢侧架上的应用[J]. 铸造，2009（2）：137-140.

[3] 张东伟. 酯硬化砂制造冲击座类铸钢件工艺研究[J]. 铸造设备与工艺,2012(2):21-25.

[4] 刘峻岭，凌云飞，田季林，等. 基于华铸CAE的重载铁路货车摇枕工艺研究[J]. 特种铸造及有色合金，2016(2):368-370.

[5] TB/T3012-2006.铁道货车摇枕、侧架技术条件[S].

作者简介：乔义栓、刘敬豪、孙宝金，中车齐齐哈尔车辆有限公司。

MW 20170416

《金属加工（冷加工）》2017年第15期要目

滚珠直线导轨副产品互换性技术优化研究
DH17型推土机连接盘同轴度精度提升
高速转镜机械加工工艺研究
利用镜像功能提高数控立车加工柔性
三工位文氏管孔车削夹具设计
胀胎铸铝轴提升电机无轴转子加工精度
50MW汽轮发动机转子线圈冲孔模优化设计
微型径跳仪设计
高速不停车连续车削活塞销钉加工方法
刨刀折刃原因分析与预防措施
巧用小滑板和辅助刀架加工大直径工件
Triz理论在接合齿去毛刺工艺中的应用
配油轴深孔加工表面硬化的解决办法
MAZATROL数控系统倾斜轴功能开发
海德汉数控系统断电提升功能应用
巧用K参数快除FANUC机床故障
提升打标机效率的技术改造
专用冷却水泵锥面密封工艺性分析