

球墨铸铁三通阀铸造工艺分析及优化

谭宇函¹, 丁旭¹, 黄启贵², 彭和宜¹, 黄放¹

(1. 贵州大学 机械工程学院, 贵州贵阳 550025; 2. 贵阳百德铸造有限公司, 贵州贵阳 550014)

摘要: 某小型球墨铸铁三通阀铸件浇注时存在飞溅、冲砂现象, 批量生产时, 铸件有铁豆、夹砂等铸造缺陷, 而且铸件出品率低。通过采取降低叠箱串铸高度、修改浇注系统设计的措施加以改进, 并利用AnyCasting软件对改进后的铸造工艺方案进行数值模拟和生产验证。结果表明, 改进后的铸造方案在减少缺陷及提高成品率等方面均有明显改善, 铸件质量达到技术指标要求。

关键词: 球墨铸铁; 叠箱串铸; 铸造工艺; 液压三通阀

某小型液压三通阀球墨铸铁件, 结构简单, 壁厚均匀, 铸件力学性能要求较高。最初批量生产时采用底注式浇注系统, 酚醛覆膜砂叠箱串铸式铸造, 一共七层, 一层三腔, 以求金属液填充速度平缓, 减少液流飞溅现象产生, 并提高生产效率。但实际生产过程中, 因直浇道浇注高度过高, 先流入的金属液直接撞击冲刷直浇道底部, 使底部铸件出现铁豆; 同时金属液源源不断冲刷浇道底部, 导致浇道底部局部冲砂, 使铸件偶尔有夹砂缺陷; 此外浇注系统浪费的金属液较多, 导致铸造出品率低, 材料的浪费情况严重。

针对上述生产问题, 改进了工艺方案, 并利用AnyCasting软件对层叠式砂型铸造工艺方案进行数值模拟及优化。改进之后投入生产实践, 检验模拟结果, 得到的铸件内部缺陷显著降低, 提高了铸件出品率, 降低了生产成本。

1 铸件材料与结构

此三通阀的3D结构如图1所示。铸件材料为QT500-7, 外形尺寸为102 mm × 45 mm × 70 mm, 质量为1.551 8 kg; 铸件结构简单, 各处的壁厚均匀, 无大断面, 平均壁厚为15 mm; 铸件不允许有缩松、缩孔等缺陷。

2 原铸造方案数值模拟

2.1 建立模型

图2a是铸件三维模型与原工艺方案模型。原工艺方案的直浇道直径为36 mm, 高650 mm, 内浇道为16 mm × 13 mm × 11 mm的方形通道, 将三维模型导出为STL格式文件, 分别导入进AnyCasting软件中。在AnyCasting软件中将导入的部件进行模块定义, 设置铸型厚度为20 mm, 将网格划分为100万个, 如图2b所示。再对其材料设置为球墨铸铁, 铸型设置为酚醛覆膜树脂砂, 浇注温度为1 380 ℃。原方案在生产过程中, 浇注时间约为20 s, 在软件中设置时, 根据浇注高度计算出液面上升速度为31 mm/s^[1]。

2.2 原铸造工艺方案充型模拟

原工艺方案为七层叠箱串铸, 采用底注式浇注系统, 其充型过程如图3所示。由图可以看出, 在最开始金属液流入1 s时, 金属液冲击型腔底部, 导致金属液飞溅弹

作者简介:

谭宇函(1996-), 男, 硕士生, 研究方向为材料及成形技术。电话: 13920629971, E-mail: 785598012@qq.com

通讯作者:

丁旭, 男, 教授, 硕士生导师。电话: 18984842193, E-mail: 871363654@qq.com

中图分类号: TG143.5

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2019)10-1168-04

收稿日期:

2019-06-13 收到初稿,
2019-07-11 收到修订稿。

起, 这种液流飞溅现象容易引起铁豆的产生, 并顺着后流入的金属液填充到型腔中去^[2]。在模拟分析中看不出金属液对型砂的冲刷效果, 但是在充型时间3 s时, 可以观察到金属液从直浇道持续流入到横浇道时, 涌的很高, 说明冲刷力很大。在实际生产当中, 由于七层叠箱浇注高度过高, 金属液密度过大, 从浇口持续直接充入底部, 对型砂的冲刷力过大, 导致砂型易遭到破坏, 并被卷入到型腔中而产生夹砂, 后流入的金属液体对砂型的冲刷后果更为显著。所以在改进时, 需要减少层数, 降低浇注高度。

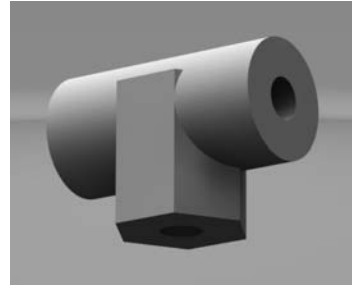
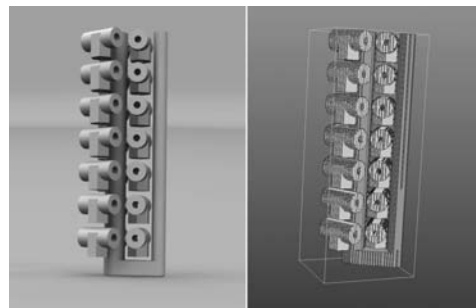


图1 铸件三维建模

Fig. 1 3D modeling of valve casting

2.3 原铸造工艺方案凝固模拟

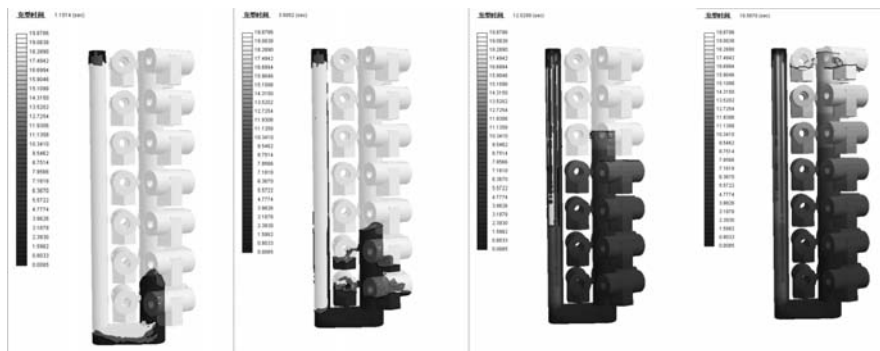
原工艺方案的凝固过程如图4所示。每个型腔里的铸件凝固顺序都是从外表面向内凝固, 最后凝固的为直浇道, 说明原工艺方案是合理的, 不需要冒口的设置, 或者冷铁的设置, 但球墨铸铁凝固过程有自膨胀补缩效应, 原工艺方案的补缩效果不明显, 铸造出品率偏低^[3]。综合考虑之后, 此种叠箱串铸的方案不做修改, 但是现有的缺陷需要通过改进工艺方案进行改善, 为此不采用底注式浇注, 而是采用与铸件相连的中心浇道作为直浇道使用。



(a) 原工艺方案 (b) 数值模拟网格划分

图2 原铸造工艺方案和网格划分

Fig. 2 Original casting process and mesh generation



(a) 充型时间1 s (b) 充型时间3 s (c) 充型时间12 s (d) 充型时间18 s

图3 原铸造方案充型过程模拟

Fig. 3 Mold filling process simulation for original casting process



(a) 凝固时间116 s (b) 凝固时间273 s (c) 凝固时间506 s (d) 凝固时间1 006 s

图4 原铸造方案凝固过程模拟

Fig. 4 Solidification process simulation for original casting process

3 优化方案与数值模拟

3.1 方案优化

针对本次铸件出现的缺陷,进行如下改进:不使用原来的直浇道,而是直接从中心浇道进行浇注,叠箱数由七层改为五层,同样设置浇口杯。在UG建模如图5所示。需要注意的是,直浇道更改之后,直径为55 mm,高度为440 mm,内浇道尺寸不变,采用原设计的16 mm×13 mm×11 mm的方形通道。

3.2 新工艺方案模拟

在改进原铸造方案之后,再次导入到AnyCasting软件进行分析,这次的浇注温度仍为1 380 ℃。由于新工艺的直浇道比原工艺方案的直浇道直径大,所以叠层高度降低了2层,但浇口杯不变,充型时间约为16 s,其充型分析结果如图6所示。可以发现,金属液的流动平稳,没有液流飞溅现象,预估铁豆缺陷得以改善。新浇注方案金属液从顶部流入,一开始对底部的冲击很大,但持续时间较短;在后续的金属液填充进来时,金属液不再对底部进行冲刷,所以直浇道底部不会一直受到冲刷力,夹砂现象也得以改善。此外,这种加大尺寸的顶注式直浇道的补缩排渣效果更好。

因为金属液在浇道内产生的最大冲刷力为金属液自由落体所产生,所以可以采用耐火砖管并在浇道尾部引流除渣排气,但考虑成本问题,本工艺仅降低了层数。因为降低层数,既不需要重新制作模具,也不需要购进新工艺所需材料,又能解决目前所产生的问题,所以为最优改进方法。新铸造工艺方案理论上不会产生夹砂现象,但还需要在生产实践中进行验证。

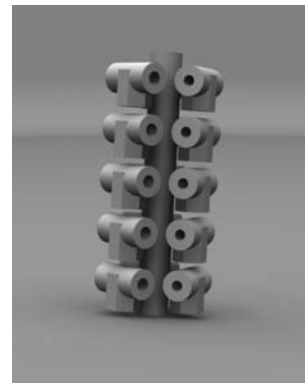
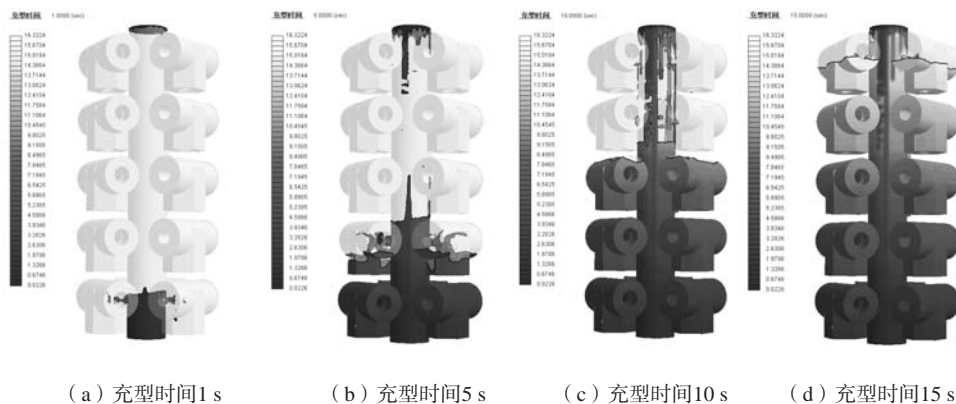


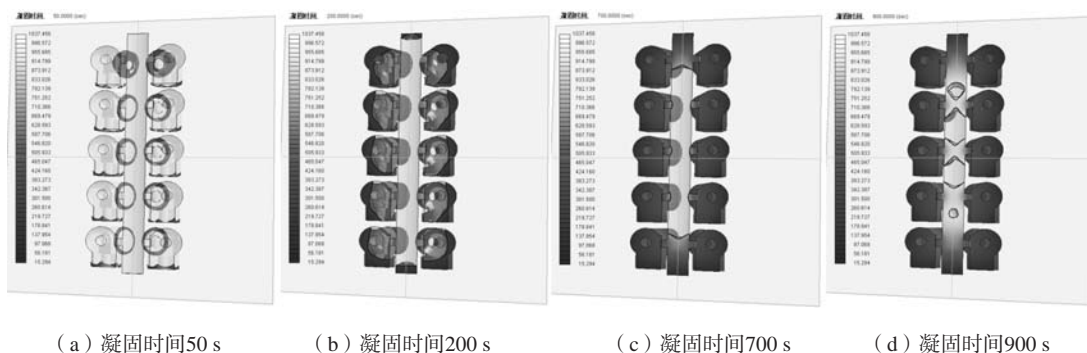
图5 改进后的铸造方案
Fig. 5 Improved casting process



(a) 充型时间1 s (b) 充型时间5 s (c) 充型时间10 s (d) 充型时间15 s

图6 改进铸造方案充型过程模拟

Fig. 6 Mold filling process simulation for improved casting process



(a) 凝固时间50 s (b) 凝固时间200 s (c) 凝固时间700 s (d) 凝固时间900 s

图7 改进铸造方案凝固过程模拟

Fig. 7 Solidification process simulation for improved casting process

4 生产验证

生产现场采用工艺改进方案之后, 经过多批次的生产, 并进行后续的机加工, 铸件未出现缩孔缩松、铁豆及夹砂等缺陷, 内部组织均匀, 质量稳定, 一致性好, 完全达到客户所需技术要求, 而且铸件的出品率提高了20%。验证产品如图8所示。

5 结论

(1) 对于球铁三通阀叠箱串铸出现的缺陷, 通过

调整浇注工艺方案, 去掉原有的底注式直浇道, 采用中间的浇道进行顶注式浇注, 适当降低叠层高度, 使铸件的充型过程更加平稳, 更有利于顺序凝固, 解决了铁豆、夹砂等缺陷问题。

(2) 通过适当增大中间浇道直径, 比原底注式浇注系统补缩效果更好, 更加适合无冒口的球铁三通阀叠箱式组芯串铸。

(3) 采用优化之后的浇注系统方案后, 铸件的出品率提高了20%, 减少了大量的生产成本。



(a) 新方案砂型

(b) 试制品

(c) 投入生产

图8 生产验证

Fig. 8 Production verification

参考文献:

- [1] 郑翠华, 徐治新, 轩世成, 等. 采用串铸工艺提高末端传动壳体的质量和生产效率[J]. 铸造, 2019, 68(1): 45-48.
- [2] 田迎新, 曾维和, 曾小勤, 等. 基于AnyCasting球墨铸铁曲轴铸造工艺数值模拟及试验研究[J]. 铸造, 2015, 64(11): 1102-1107.
- [3] 唐玉龙, 廖敦明, 陈涛, 等. 考虑石墨化膨胀自补缩的铸铁件凝固过程模拟[J]. 现代铸铁, 2018(3): 48-51.

Casting Process Analysis and Optimization of Ductile Iron Hydraulic Tee Valves

TAN Yu-han¹, DING Xu¹, HUANG Qi-gui², PENG He-yi¹, HUANG Fang¹

(1. School of Mechanical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, Guizhou, China; 2. Guiyang Best Casting Co., Ltd., GuiYang 550014, Guizhou, China)

Abstract:

A certain small-sized ductile iron hydraulic tee valve castings had sand inclusions and scab defects as they were mass produced, and casting yield was low. These defects were caused by sand washing and iron liquid splashing that occurred when molten metal was poured into gating system. After the improvements of gating system design and the reduction of stack cluster casting height, the improved casting process was simulated utilizing AnyCasting software and then the production verification was carried out. The results show that the filling, slag discharge, material saving and yield of the new scheme are all improved, and the quality of the castings meets the technical requirements.

Key words:

ductile iron; stack cluster casting; casting process; hydraulic tee valve