

基于华铸 CAE 的 R3 球阀阀体铸造工艺优化

于秋华, 臧传明, 许乐乐, 殷昌尖

(江苏智能特种阀门有限公司, 江苏海门 226100)

摘要: R3球阀阀体在铸造生产中, 在两边法兰下部夹窝处发现大量缩松, 导致阀体在试压时产生泄露。使用华铸CAE软件对R3球阀阀体熔模铸造过程进行了模拟, 模拟结果与实际产品相符。基于上述结果, 对原工艺尺寸、结构更改设计进行了优化, 并进行数值模拟验证与生产验证, 结果显示, 优化后的方案有效遏制缩松产生, 提高了铸件的合格率。

关键词: R3球阀阀体; 工艺优化; 铸造

球阀被广泛应用在化工、石油、电力、纺织等工业生产行业, 其主要作用为调节介质的流量、压力和液位^[1]。江苏智能特种阀门有限公司生产的R3球阀试压泄露较为突出, 占有泄露产品的90.5%, 因此提高R3球阀阀体质量显得尤为重要。

1 R3球阀阀体铸件介绍

图1a为R3球阀阀体三维模型。该球阀包含了两边法兰、上部凸台、下部凸台。图1b所示为R3球阀阀体半剖三维模型, 该阀体内腔左右为非对称结构。R3球阀阀体口径3英寸, 公称压力300 LB, 最大轮廓尺寸165 mm × 210 mm × 285 mm, 铸件重量23.56 kg, 材质为ASTM A351 CF8, 低温蜡复合熔模铸造工艺生产。

1.1 R3球阀阀体铸造后加工情况

在实际铸造生产中, 在法兰背部夹窝处出现缩松频次较高。图2所示为R3球阀阀体背部夹窝位置示意图及法兰夹窝处缩松实物图。

1.2 R3球阀阀体原铸造工艺及数值模拟分析

图3为R3球阀阀体浇注原铸造工艺方案。钢液重量52.36 kg, 工艺出品率45%。该方案在两侧法兰设置冒口补贴, 顶部凸台上设置冒口杯(兼具冒口作用)和横向模头。下部凸台设置冷铁, 采用顶注的方式, 有利于形成顺序凝固条件。

1.3 原有铸造工艺模拟凝固过程及结果

图4为不同时间缩松缩孔及液相温度分布模拟结果。根据缩孔缩松和液相温度分布分析, 图4a在 $t=346.91$ s时, 两端法兰液相线存在从中间断开的趋势, 液相线由底部慢慢往上移动, 两端法兰在凝固过程中补缩通道不畅, 形成缩松。图4b在 $t=572.31$ s时, 法兰下方夹窝处出现了缩松, 由于球阀阀体内腔为非对称结构, 两处出现了不相等的缩松体积, 其中两处缩松体积分别为 4.024 cm^3 、 7.512 cm^3 , 孔松率分别为1.21%、1.22%。在铸件单元中, 孔隙的体积与单元总体积之比为孔松率。在铸件完全凝固后, 孔松率等于1, 认定为缩孔; 孔松率为0, 认定为致密无孔松; 孔松率在0和1之间, 认定为缩松^[2]。整个铸件凝固过程时间持续约982.92 s。

R3球阀阀体毛坯铸件在凝固过程中, 两边法兰补缩通道不畅, 在凝固结束后背部夹窝处出现缩松。针对该现象提出两种原因分析: ①R3球阀阀体两边法兰补贴圆

作者简介:

于秋华(1989-), 女, 工程师, 硕士, 专业方向为材料加工。电话: 18818236882, E-mail: tangcuyu1907@163.com

中图分类号: TG249.5

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2019)07-0782-04

收稿日期:

2019-02-25 收到初稿,
2019-05-20 收到修订稿。

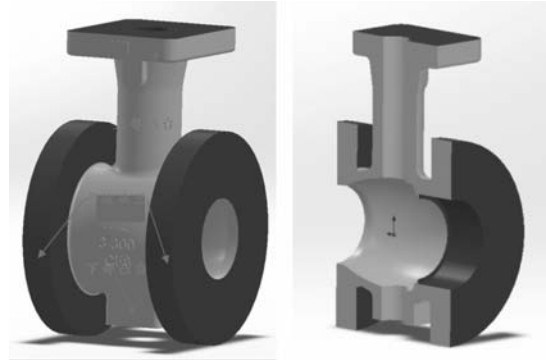
心角过大；②R3球阀阀体浇注和补缩系统结构设计不合理。

2 铸造工艺优化

针对上面的原因分析，提出两种方案进行模拟验证^[3]。①保持原浇注和补缩系统整体结构不变，减小R3球阀阀体两边法兰补贴心角；②改变浇注和补缩系统的结构，从侧面分流浇注。

2.1 方案一

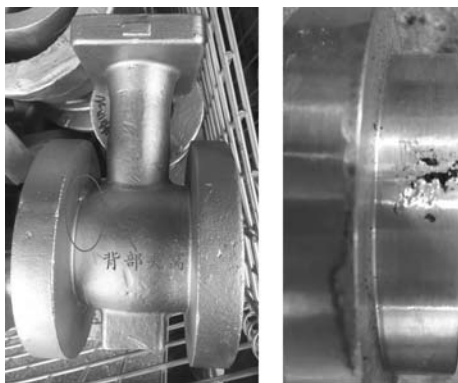
图5所示为R3球阀阀体优化浇注工艺方案一。与原工艺相比，保持浇注和补缩系统整体结构不变，减小两端法兰补贴的圆心角，在冒口之下设置补贴可造成向冒口方向的顺序凝固，增加冒口的补缩距离^[4-5]。利用模数法对内浇口、冒口校核计算。钢液重量59.46 kg，工艺出品率39.62%。



(a) 三维模型 (b) 半剖三维模型

图1 R3球阀阀体三维模型

Fig. 1 The 3D model of R3 ball valve body



(a) R3球阀阀体背部夹窝处 (b) 法兰夹窝处缩松

图2 R3球阀阀体背部夹窝处及该位置缩松缺陷

Fig. 2 Both side flange corners of R3 valve body and shrinkage porosity in the position

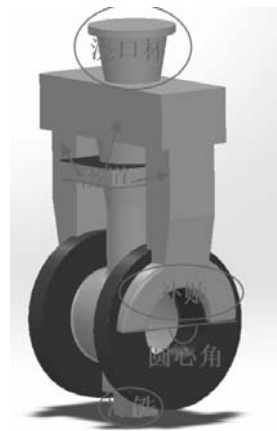
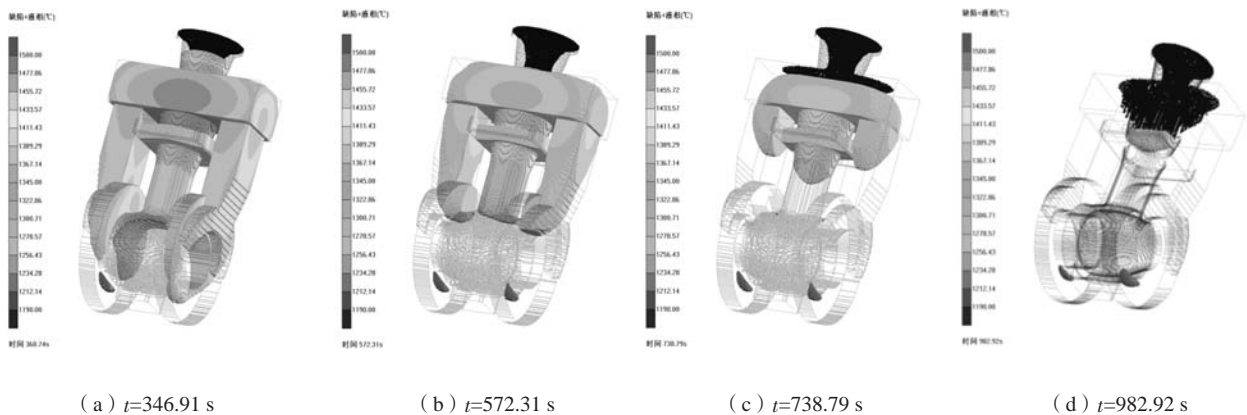


图3 原R3球阀阀体铸造工艺

Fig. 3 Initial casting process design of R3 ball valve bod



(a) $t=346.91$ s

(b) $t=572.31$ s

(c) $t=738.79$ s

(d) $t=982.92$ s

图4 采用原工艺，不同时刻的温度场与缩孔缩松分布模拟结果

Fig. 4 Temperature field and shrinkage porosity distribution in original casting process

图6为不同时间缩松缩孔分布及液相温度分布的模拟结果。根据缩松缩孔和液相温度分布分析,图6a在 $t=399.72$ s时,两端法兰温度梯度明显,补缩效果较好。铸件凝固过程持续约989.45 s,凝固结束时在铸件顶部存在缩松缩孔倾向。

2.2 方案二

图7为R3球阀阀体优化浇注工艺方案二。改变了浇注系统的整体结构,从浇注口分流进入铸件本体,减小了钢液对铸件本体的冲击,而原工艺浇注和补缩系统钢液由浇口杯直接进入铸件本体,对本体的冲击较大。钢液重量57.75 kg,工艺出品率40.80%。

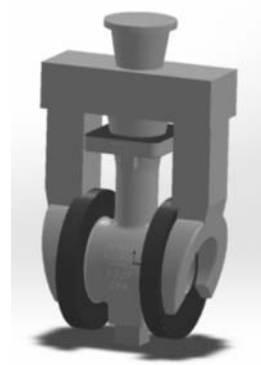


图5 优化工艺方案一
Fig. 5 Optimized process plan 1

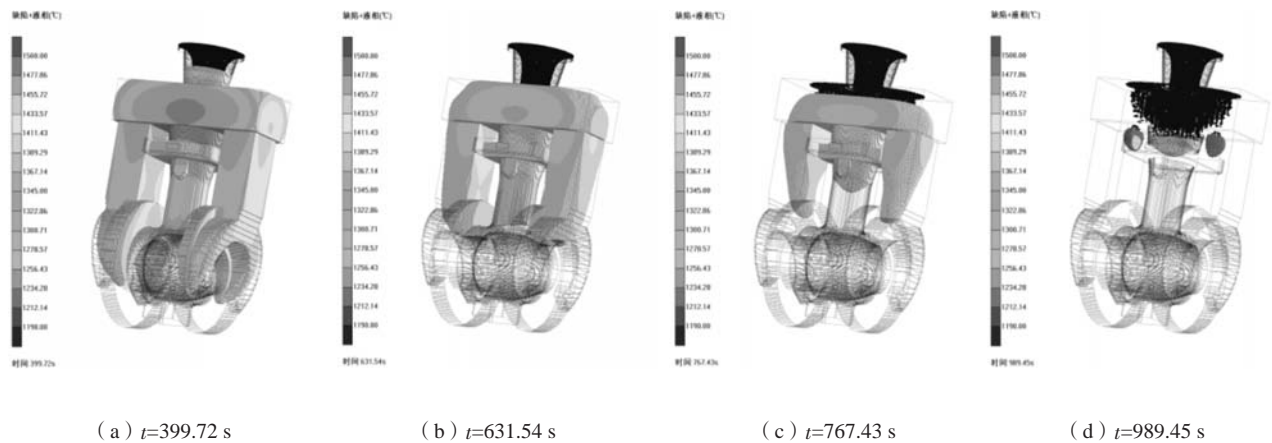


图6 采用方案一,不同时刻的温度场与缩松缩孔分布模拟结果
Fig. 6 Temperature field and shrinkage porosity distribution in process plan 1

图8为R3球阀阀体采用优化浇注工艺方案二在不同时刻温度场与缩松缩孔分布,整个凝固过程持续约868.30 s,凝固结束时无缩孔缩松。相对于方案一,本方案不仅消除了铸件内部缺陷,而且还提高了工艺出品率。

3 生产验证

采用优化后的工艺方案二,重新开模、制蜡、制模、修模、制壳、焙烧、熔铸、清壳和后处理等,熔模铸造后的R3调节阀阀体如图9a所示。对其进行压力试验,保压5 min,气压表示数如图9b所示,阀体无渗漏、无裂纹。阀体铸件合格率明显提高。

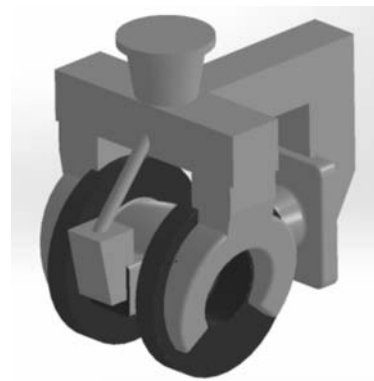


图7 优化工艺方案二
Fig. 7 Optimized process plan 2

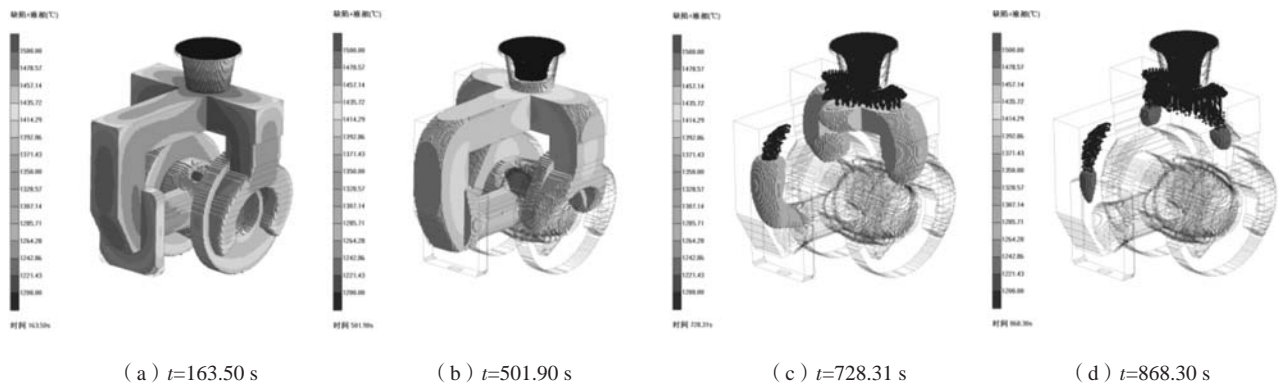
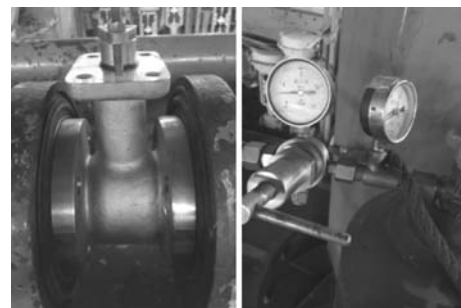


图8 采用方案二, 不同时刻的温度场与缩松缩孔分布模拟结果

Fig. 8 Temperature field and shrinkage porosity distribution in process plan 2

4 结束语

针对R3球阀阀体铸钢件压力试验泄露问题, 通过解剖铸件发现了导致铸件渗漏的缩孔缩松缺陷。采用调整铸造工艺设计方案、数值模拟和工艺试验等技术手段, 改进和优化铸造工艺, 显著减少了铸件内部缩孔缩松缺陷, 提高了铸件内部质量, 使R3球阀阀体泄露铸件在所有泄露产品占比由原有的90.5%下降至20.2%。



(a) 压力试验现场 (b) 压力试验气压表

图9 压力试验现场及气压表参数

Fig. 9 The condition and parameter of pressure experiment

参考文献:

- [1] 姚晓春. V型调节球阀的数值模拟及结构优化 [D]. 兰州: 兰州理工大学, 2009.
- [2] 李贺, 汪东红, 陈凯, 等. 长流程薄壁输送连接管精铸工艺的数值模拟与优化 [J]. 热加工工艺, 2017, 46 (19): 85-88.
- [3] 黄宏军, 曹阳, 王好强, 等. 马氏体不锈钢叶轮铸造工艺设计与优化 [J]. 铸造, 2015, 64 (4): 317-320.
- [4] 李新亚. 铸造手册铸造工艺 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [5] 刘涛, 董中友, 武永亮, 等. 铁路货车钩舌铸造工艺优化 [J]. 铸造, 2016, 65 (12): 1234-1237.

Optimization of R3 Ball Valve Body Casting Process Based on InteCAST

YU Qiu-hua, ZANG Chuan-ming, XU Le-le, YIN Chang-jian
(Jiangsu Smart Special Valve Co., Ltd., Haimen 226100, Jiangsu, China)

Abstract:

In the casting production of R3 ball valve body, a lot of shrinkage porosity defect were found in the lower jacket of flanges on both sides, resulting in leakage of valve body during the pressure test. In the present study, the InteCAST software was employed to simulate the investment casting process of R3 ball valve body. Based on the simulation results which was consistent with the actual produced casting, the original gating and feeding system and casting structure were improved, and the numerical simulation and production verification were carried out. The results indicate that the optimized design can effectively eliminate or reduce shrinkage porosity and increase the qualified rate of castings.

Key words:

R3 ball valve body; process optimization; casting