

基于 Experto-ViewCast 的高压阀壳 熔模铸造工艺研究

冯 力¹, 安灵敏¹, 王喜玉², 陈可可³, 朱昶胜¹, 路 阳¹, 肖荣振¹

(1. 兰州理工大学 材料科学与工程学院, 甘肃 兰州 730050 2. 陕西宏远航空锻造有限责任公司, 陕西 咸阳 713801 3. 润达铸业有限公司, 浙江 温州 325100)

摘 要:运用 Experto-ViewCast 软件对某 304 不锈钢阀壳的熔模铸造工艺方案进行了设计。通过对凝固过程的模拟计算, 确定该铸件容易出现缺陷的部位; 针对缺陷所在的位置设计铸造工艺, 并通过凝固模拟确定设计的铸造工艺能有效消除铸件中的收缩缺陷; 对铸件应力场与应变场进行模拟计算, 检验设计的方案会不会造成铸件的裂纹缺陷, 完善铸造工艺的设计。经某生产企业生产实践, 证明按照该设计方案生产的阀壳没有缩松、缩孔、裂纹等缺陷, 经水压试验未发现渗漏现象, 能获得理想的铸件。

关键词: 阀壳; 熔模铸造; Experto-ViewCast; 工艺设计

中图分类号: TG249.5

文献标识码: A

文章编号: 1000-8365(2014)09-2151-04

Research on Investment Casting Technology for High-pressure Valve Shell Based on Experto-ViewCast

FENG Li¹, AN Lingmin¹, WANG Xiyu², CHEN Keke³, ZHU Changsheng¹, LU Yang¹, XIAO Rongzhen¹

(1. Institute of Material Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China; 2. Shaanxi Tigers Aerospace Forging Co., Ltd., Xianyang 713801, China; 3. Embellish of Foundry Industry Co., Ltd., Wenzhou 325100, China)

Abstract: The investment casting scheme of a 304 stainless steel valve shell was designed using Experto-ViewCast software. The position producing defects was determined by simulating the solidification process, the casting process was designed according to the defect position to ensure that the designed casting process can effectively eliminate the shrinkage defects in the castings by the solidification simulation. The casting stress field and strain field were simulated and calculated to test whether the design scheme will cause the casting crack defects, and the design of casting process was perfected. The production practice of a production enterprise proves that there aren't many defects such as shrinkage, shrinkage cavity and crack in the valve shell produced by this design scheme, and there isn't leakage phenomenon after water pressure testing, so this scheme can obtain the ideal castings.

Key words: valve shell; investment casting; Experto-ViewCast; process design

不锈钢是现代重要的工程材料之一, 304 (0Cr18Ni9) 不锈钢兼顾了室温力学性能、高温强度、低温韧性和耐蚀性等多方面的优良性能以及经济性, 其产量、用量占不锈钢总产量的 50% 以上, 广泛应用于航空、航天、石油化工、建筑以及食品加工领域^[1]。阀门是流体管路的控制装置, 用于切断和接通管路介质, 调节介质压力和流量, 改变介质流动方向, 保护管路系统或设备安全运行。虽然阀门主体材料是根据使用条件选用的, 但阀门主体零件 (阀

体、阀盖) 的毛坯一般采用铸件、锻件和焊接件, 而铸件应用较广^[2]。由于不锈钢铸件体收缩大, 易产生缩孔、缩松、裂纹等缺陷, 为满足服役要求, 防止缺陷的产生, 其铸造工艺设计希望达到顺序凝固, 最大限度保证铸件致密度^[3]。熔模铸造作为一项材料近净成形技术, 在高精度、复杂结构铸件, 特别是高熔炼温度、高化学活性金属的成形中起着不可替代的作用^[4]。计算机的发展为铸造过程的模拟计算提供了硬件基础。通过数值模拟技术人们不仅可以“看到”铸件的充型及凝固过程, 还能通过各种判据如 Niyama 判据来进行铸件缩孔、缩松缺陷预测, 从而使改进工艺的试验次数大大减少, 缩短试制周期, 降低生产成本^[5]。

某企业采用 304 不锈钢熔模铸造的方法进行高压阀壳零件的生产, 但由于铸造工艺方案不够合理, 铸件出现了缩松、缩孔等缺陷, 造成铸件打压试验渗

收稿日期: 2014-01-03

基金项目: 国家自然科学基金资助(51161011、11364024); 甘肃省自然科学基金资助(1108ZSB096); 兰州理工大学红柳青年人才基金资助(Q201114)

作者简介: 冯 力(1981-), 新疆伊犁人, 副教授。研究方向: 铸造 CAE 的研究。电话: 0931-2976378, E-mail: 14314854@qq.com

漏,铸件质量不合格。本课题基于 Experto-ViewCast 软件,采用 CAE 方法对高压阀壳的熔模铸造工艺方案进行设计,分析铸件的凝固过程与铸件凝固收缩产生的应力应变状态,预测缩孔、缩松等缺陷的位置,调整工艺参数,确定了最佳工艺方案。

1 铸件结构与分析

该高压阀壳材质为 304 不锈钢,采用熔模铸造。该阀壳的结构如图 1 所示,轮廓尺寸:长度 166 mm,宽度 147 mm,高度 120 mm,铸件要求内外表面不得有粘砂、气孔、裂纹等表面缺陷,内部不

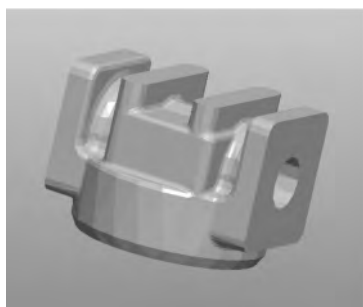


图 1 铸件实体模型

Fig.1 The casting entity model



(a) 缩松、裂纹



(b) 缩孔、裂纹

图 2 实际生产中阀壳缺陷位置

Fig.2 The valve shell defect positions in the actual production

的工艺能有目的的、准确的消除铸件的收缩缺陷。

2.2 补缩工艺的设计

为完全消除铸件的缩松缩孔缺陷,解决高压阀壳的渗漏问题,设计的补缩系统如图 4 所示。法兰口朝下浇注,直接由一个大冒口代替浇注系统来发挥补缩作用,冒口颈作为浇注系统的内浇道,实现铸件由下而上的顺序凝固,利用大冒口的高度提供足够的补缩压力,使铸件最后凝固的部位可以得到冒口的充分补缩,彻底消除铸件的缩松缩孔缺陷。



图 4 铸造工艺模型图

Fig.4 The casting process model diagram

根据设计,对铸件进行了凝固过程模拟,如图 5 所示。可以看出,当凝固时间 $t=1\ 200\text{ s}$ 时,铸件和冒口大概有 $1/3$ 已经凝固,但 3 个冒口颈尚未凝

得有缩孔、缩松等缺陷。

铸件的阀壳口环处是孤立局部热节,易于在此位置产生缩松缩孔,且 304 不锈钢的凝固特点给铸件的补缩设计带来一定难度,致使该铸件的致密性始终没能得到很好地保证,试压时经常出现渗漏现象,更为严重的是产品在使用过程中时常发生泄漏问题,造成事故。按照某生产企业原工艺生产的高压阀壳缺陷如图 2。可以看出,图 2(a)的圈中出现了缩松和裂纹等缺陷,图 2(b)的圈中出现了缩孔、裂纹等缺陷。

2 铸造 CAE 工艺设计

2.1 凝固缺陷位置的确定

将铸件的三维实体模型导入 Experto-ViewCast 软件,铸件的法兰口朝下放置,选用熔模铸造方式,计算铸件容易出现凝固缺陷的位置,如图 3 所示。在铸件的上半部分,壁厚较厚的位置容易出现收缩缺陷,对应图中标尺,颜色较浅的地方凝固较好、致密,没有收缩缺陷,颜色较深的地方存在收缩缺陷,颜色越深代表缩孔缩松越严重。确定了缺陷出现的位置之后,可以针对缺陷位置设计铸造工艺,并保证设计



图 3 铸件容易出现缺陷的部位

Fig.3 The defect positions of the casting

固,冒口仍能对铸件进行补缩,如图 5(a)所示。当 $t=2\ 000\text{ s}$ 时,铸件和冒口已经凝固了 $2/3$,3 个冒口颈仍然畅通,冒口可以继续发挥对铸件的补缩作用,如图 5(b)所示。当 $t=2\ 400\text{ s}$ 时,左右两边的冒口颈已经凝固,且这时的铸件也已经基本凝固完毕,只有与中间冒口颈接口处的一小部分还未完全凝固,而中间冒口颈也未凝固,冒口仍然能对其进行补缩,如图 5(c)所示。综上所述,针对收缩缺陷位置所设计的补缩工艺中,冒口能够源源不断的对铸件进行补缩,彻底消除了铸件的缩松缩孔缺陷,如图 5(d)所示。

2.3 应力应变场分析

Experto-ViewCast 软件应力模块可以模拟铸件凝固过程中由于温度变化、收缩等原因而引起的应力、应变状况。基于铸件高温应力、应变场的模拟,根据牛顿第一强度理论、第二强度理论来判断热裂是否产生,即以铸件在接近固相线温度时的热应力值

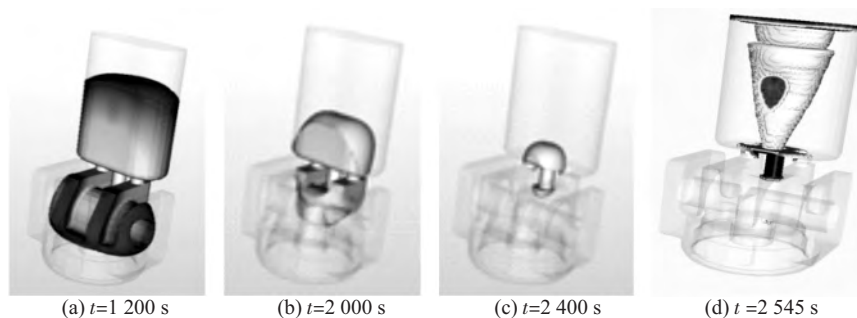


图 5 凝固过程模拟结果

Fig.5 The simulation results of the solidification process

是否达到或超过对应温度下材料的抗拉强度极限为形成裂纹的判据^[6,7]。目前热应力数值模拟主要采用热弹塑性模型,该模型不直接计入黏性效应,它认为材料屈服前为弹性,屈服后为塑性,弹性模量与屈服应力是温度的函数,且当材料接近熔点时,弹性模量与屈服应力均变为零^[8]。

图 6 所示为应力、应变的计算结果。图 6(a)为应力计算结果,图片显示铸件的最大有效应力出现在冒口颈部位,且其应力大小没有超过对应温度下材料的抗拉强度极限,说明这个部位无热裂缺陷出现。图 6(b)为应变计算结果,图片显示铸件出现最大应变的部位是冒口和铸件口环处,应变绝对值非常小,

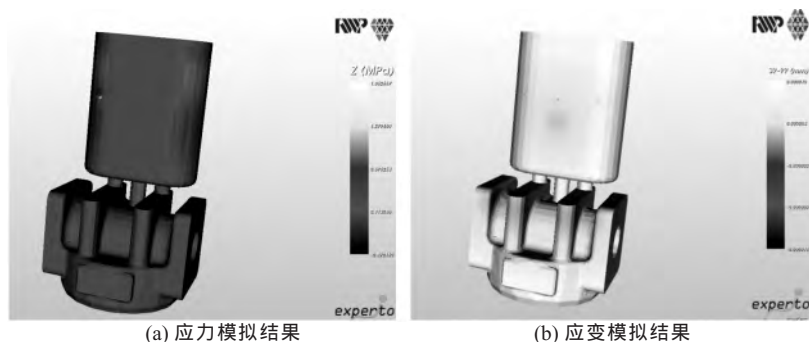


图 6 凝固过程应力、应变模拟结果

Fig.6 The stress and strain simulation results of the solidification process

对铸件质量的影响可以忽略。

3 生产应用结果

将模拟计算的结果与某生产企业进行交流,确定该铸件的生产工艺参数。

蜡模制造采用商业蜡料。蜡料在 110~150 °C 下保温并搅拌,在 54~70 °C 下保持 24 h 之后用于压制

蜡模^[9]。采用硅溶胶和上淀粉配制涂料,莫来砂制作型壳。型壳焙烧温度 1 050~1 100 °C,保温 2 h。浇注温度控制 1 500~1 550 °C。

图 7 为实际生产中按照本文设计的工艺所浇注成的铸件和补缩系统。可以看出,铸件表面致密,没有粘砂、裂纹等缺陷,内部结构致密,没有收缩缺陷,经水压试验后未发现渗漏现象,试压一次合格。此工

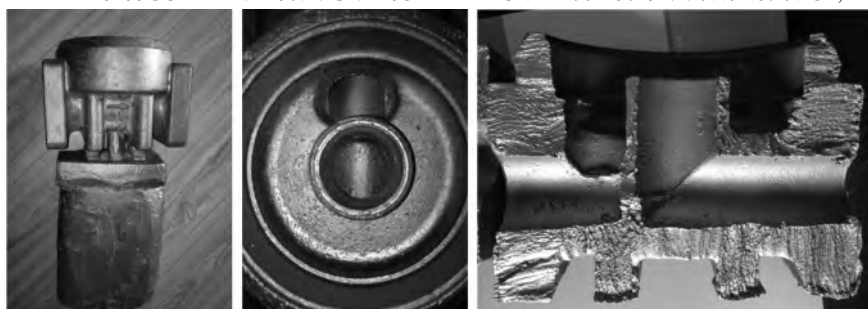


图 7 实际生产中采用的工艺和生产的铸件

Fig.7 The production scheme and the produced casting in the actual production process

艺即为某企业目前实际生产中所采用的工艺。

4 结论

(1) 针对不锈钢 304 熔模铸造高压阀壳渗漏问题

,借助铸造 CAE 技术对其原铸造工艺进行了凝固过程数值模拟,分析了可能存在的缺陷,并预测了其缺陷出现的位置。

(2) 针对铸件凝固模拟显示的缺陷位置设计铸

造工艺,将阀壳法兰口朝下放置,浇注系统直接由一个大冒口代替,冒口颈作为浇注系统的内浇道。对新设计的工艺方案进行了凝固过程模拟,结果显示其液态金属实现了顺序凝固,且冒口对铸件产生了较好的补缩。

(3) 对此工艺方案进行应力、应变场模拟,结果显示铸件凝固产生的最大有效应力出现在冒口颈部位,其应力大小并没有超过对应温度下材料的抗拉强度极限,不会造成热裂缺陷;最大应变部位出现在冒口和铸件口环处,应变绝对值非常小,对铸件质量的影响可以忽略。

(4) 某企业按照本文设计的铸造工艺进行阀壳生产,产品没有缩松、缩孔、裂纹等缺陷,经水压试验未发现渗漏现象,获得了理想的铸件。

参考文献:

- [1] 严彪. 不锈钢手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [2] 张彦, 周力群, 张红伟, 等. 阀门常用铸钢件热处理 [J]. 阀门, 2011, 55(3): 14-17.
- [3] 郑繁华. 高压阀门铸件的工艺设计与应用[J]. 机械研究与应用, 2013, 26(4): 106-112.
- [4] 吕志刚. 我国熔模精密铸造的历史回顾与发展展望 [J]. 铸造, 2012, 61(4): 347-356.
- [5] 孙长波, 唐宁, 史凤岭, 等. 机匣件真空熔模铸造的数值模拟[J]. 铸造, 2010, 59(2): 169-173.
- [6] 杨屹, 蒋玉明, 刘力菱, 等. 铸件凝固过程中热应力场及热裂的数值模拟研究分析[J]. 铸造技术, 2000, 21(2): 36-38.
- [7] 张洁, 王刚, 郑福生, 等. 基于 ProCast 的高压水泵壳熔模铸造工艺研究[J]. 铸造, 2012, 61(11): 1324-1326.
- [8] 洪耀武, 王铁军, 韩大平, 等. 调节片熔模铸造过程的应力数值模拟[J]. 中国有色金属学报, 2012, 22(7): 1897-1903.
- [9] 傅骏, 胡茶根, 殷国富. 壁厚不均铸铝件的熔模铸造生产[J]. 铸造技术, 2012, 33(8): 993-994.

科技成果资料邮购

国家科技成果重点推广计划项目 (编号 I3-1-5-2)
铸造工艺科技成果汇编集

铸件均衡凝固技术及应用实例

国家科技成果重点推广计划项目, 机械工业出版社高水平著作出版基金资助项目《铸件均衡凝固技术及其应用》, 魏兵, 袁森, 张卫华著, 1998年10月由机械工业出版社出版。这次印刷均衡凝固技术科技成果汇编集, 收集了《铸件均衡凝固技术及其应用》专著的主要内容, 又增加了1998年以后的科研新成果及均衡凝固技术生产中的创新技术, 有理论, 有方法, 有技术, 有实例。理论结合实际, 内容深入浅出, 实用性强, 自成体系, 易于应用。内容包括: 铸铁件均衡凝固与有限补缩, 铸铁件冒口定量设计及应用, 压边冒口系统充填与补缩设计, 浇注系统大孔出流理论与设计, 铸件均衡凝固工艺设计, 铸钢、白口铸铁、铝、铜合金铸件动态顺序凝固工艺, 浇注系统当冒口补缩设计方法, 铸件充填与补缩工艺定量设计实例等, 定名《铸件均衡凝固技术及应用实例》。2013年9月由西安理工大学铸造技术杂志社编印出版, 全书八章共321页。可供铸造工程技术人员, 铸造工人学习应用, 也可作为高等学校材料成型(铸造)专业本科生、研究生参考, 特别适用于生产第一线从学校毕业从事铸造工艺设计及防止铸件缺陷的技术人员学习和参考。特快专递邮购价226元。可向购书单位及个人提供网上和电话技术咨询。可以到企业进行技术培训与技术服务。

邮局汇款地址: 710048西安理工大学608信箱铸造技术杂志社

银行汇款: 户名: 西安市铸造学会

账号: 3700 0235 0908 9312 711

开户行: 中国工商银行西安市互助路支行

联系人: 刘晓辉 18729237741 QQ: 994432149 电话/传真: 029-82312140

Email: liuxiaohuiyn@163.com

技术咨询: 魏兵 手机: 13609155628 固定电话: 029-82312421