

基于 JSCAST 的高镍铬钢核级蝶阀铸造工艺的研究

沈捷美, 张其飞, 陈绍庆

(江苏神通阀门股份有限公司, 江苏启东 226232)

摘要: 采用砂型铸造的方法生产高镍铬钢蝶阀铸件时, 发现铸件出现较严重的气孔缺陷。对铸件进行三维实体造型后, 借助 JSCAST 软件对改进后的铸造工艺进行数值模拟。结果表明: 铸件能够按照合理的顺序进行凝固, 实际生产出的铸件经无损检测探伤检查内部组织致密无缺陷。

关键词: 铸造工艺; 高镍铬钢; 数值模拟

Study on Casting Process of Nuclear Grade Butterfly Valve Disc Based on JSCAST

SHEN Jie-mei, ZHANG Qi-fei, CHEN Shao-qing

(Jiangsu Shentong Valve Co.Ltd, Qidong 226232, Jiangsu)

Abstract: When using sand casting method to produce high nickel chromium steel butterfly valve disc castings, serious blowhole shrinkage defects were found in the castings. After a 3D solid model of the casting was created, a numerical simulation for an improved casting process was implemented by JSCAST software. The results show that the casting can be solidified in a reasonable sequence, and the castings in actual production have dense internal microstructure and no casting defect is found after NDE testing.

Key words: casting; high nickel chromium steel; numerical simulation

高合金耐热钢铸件广泛应用于工作温度超过650℃的场合。尤其是以高镍铬钢为代表的一类高合金化、复合合金化的耐热钢, 主要合金元素是Ni, $\omega(\text{Ni}) > 23\%$ 、 $\omega(\text{Cr}) > 10\%$, 且含Ni量高于含Cr量, 其组织为单一的奥氏体, 并有较好的抗热冲击和热疲劳的性能^[1]。核级蝶阀为核电站阀门的关键零件, 其质量的好坏直接关系到阀门是否能安全可靠地运行。笔者公司铸造车间近日生产了一批高镍铬钢核级蝶阀铸件, 发现在冒口根部边缘处普遍存在较严重的气孔, 影响到了这批产品的交货期。本文借助JSCAST铸造模拟软件对此铸件改进后的工艺进行凝固模拟, 结合模拟分析的结果进行实际验证, 为解决铸件的气孔问题提供了依据。

1 铸件结构及原工艺的分析

此蝶阀铸件牌号为CN-3MN, 是ASTM A297/A297M-2010规定的一种高温用耐腐蚀奥氏体铸钢, 从其规定的化学成分(见表1)可看出它亦属于高镍铬钢。

表1 CN-3MN的化学成分

($\omega_B/\%$)

C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo	Cu	N
≤0.03	≤2.00	≤1.00	≤0.010	≤0.040	23.5~25.5	20.0~22.0	6.0~7.0	≤0.75	0.18~0.26

图1为蝶阀铸件的示意图, 其主体结构较为简单, 最大轮廓尺寸为490mm, 最小壁厚为24mm, 但是表面质量和尺寸精度要求高, 蝶阀的一侧对称分布两个140mm×115mm×75mm的方搭子, 不利于形成顺序凝固的条件。原工艺将两个方搭子中的通孔铸实, 仅在另一侧对称放置两个腰形冒口, 冒口间距50mm(冒口中心与热节圆中心基本重合), 切割冒口后发现冒口根部约 $\Phi 50\text{mm} \times 5\text{mm}$ 深的气孔, 由于高合金钢铸件的焊接性差, 在挖除气孔时发现孔壁大多出现裂纹, 使得孔洞还在扩大、延伸, 最后有些甚至挖

作者简介: 沈捷美(1976-), 女, 高级工程师, E-mail: stfmsjm@126.com。

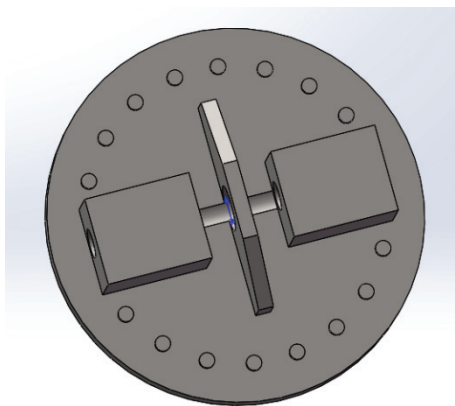


图2 铸件中的气孔缺陷

鉴于上述分析,笔者认为在加强钢液熔炼时的脱氧除气、严格控制出钢温度和浇注温度的同时,应从以下两个方面对工艺设计进行改进:

(2) 原工艺冒口与铸件的接触热节过大, 导致铸件凝固顺序的不合理。袁森^[5]等认为: 对于铸钢件, 当冒口离开热节距离为热节圆直径一倍时, 热节处健全致密, 可以提高冒口补缩效率和工艺出品率。经计算, 限于铸件结构, 无法将冒口离开热节一倍的热节圆直径, 故拟将原工艺中的冒口间距拉大到偏离热节圆直径的0.6倍处, 并在冒口之间放置一块适宜的外冷铁进行强制冷却, 以进一步消除热节。另外, 造型时在两方搭子间的型腔表面铺一层铬铁矿砂, 加速此部位铸件的凝固速度。

先对铸件进行三维实体造型,然后依据车间造型、熔炼等环节的实际环境参数,借助JSCAST软件进行相关的参数设置,模拟得到的结果如图3所示,可以看出铸件的固相率分布情况随着凝固时间的变化而变化。当凝固时间为568s时,型腔的四周边缘、铸件的薄壁部位及浇注系统在此阶段内先发生凝固,在外冷铁的作用下,两冒口之间的部位也已基本凝固,两方搭子、筋板与铸件相交的部位以及冒口根部冷铁激冷作用相对较弱的部位还未凝固完全;图3b中显示,当凝固时间为1240s时,冒口根部冷铁激冷作用相对较弱的部位在进一步的凝固,此时铸件其他部位的凝固已经完成,可见此部位是铸件最后凝固的部位,也是气孔缺陷最容易形成的部位;从图3c中看出,当凝固时间为2936s时,铸件已完全凝固,之前一直在补缩冒口根部的液体最终以缩孔的形式留在了冒口中,并与铸件有足够的安全高度。点击软件“缩孔缩松预测判据”模块没发现有缩孔、缩松现象标示在模拟的铸件上。这说明改进后的工艺所形成的凝固顺序是合理。

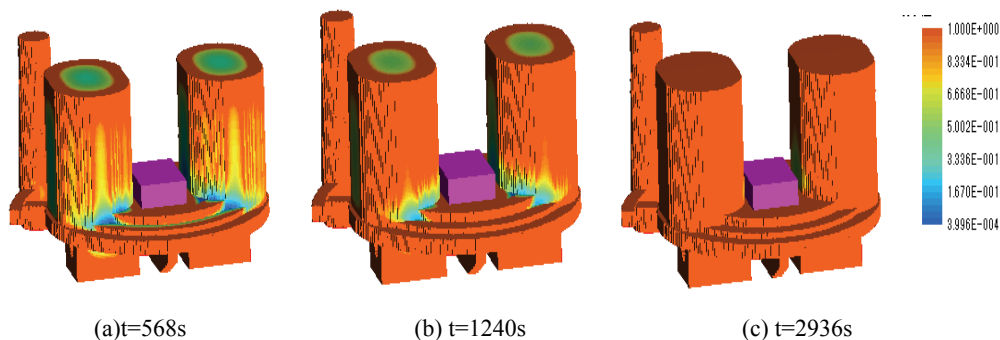


图3 凝固过程中固相率的分布

4 实际验证

将改进后的工艺进行生产实际验证,铸件经无损检测探伤检查内部组织致密无缺陷,这与模拟所得到的结果相一致,图4所示为改进工艺后生产出的铸件。



图4 工艺改进后的铸件

5 结语

(1) 对于高合金钢铸件来讲,在设计铸造工艺时一定要考虑砂型和砂芯的排气,避免浇注后排气不畅,造成气孔等缺陷。

(2) 在工艺改进时,借助前人的思路并结合铸件实际结构做出了一些创新,减小了接触热节,加强了型芯、型腔的排气,最后得到了内部组织致密的铸件。另外,在考虑铸件的凝固顺序时不能忽略铸件的结构所带来的影响,而单凭经验想当然地随意摆放浇冒口和冷铁。

(3) 铸造工艺设计人员应积极响应国家对于“绿色铸造”的号召,在生产铸件的过程中加强节能减排的意识。我们相信:随着铸造CAE的进步与发展,借助CAE软件设计、模拟和改进铸造工艺,一定能得到更科学、更合理、更经济的工艺来直接指导实际生产。

参考文献:

- [1] 柳百成, 黄天佑. 铸造成型手册(上)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [2] 中国机械工程学会铸造分会编. 铸造手册(铸钢)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [3] 李弘英, 赵成志. 铸造工艺设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [4] 李远才. 铸造涂料及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [5] 袁森, 费保平, 魏兵等. 铸钢件冒口离开热节动态顺序凝固的补缩特性的研究[J]. 铸造技术, 1996(05): 11-12.