DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.10.008

大中型多级双吸泵泵体铸造工艺设计及优化

徐继坤,张　宇,韩亚斌
(洛阳双瑞特种装备有限公司,河南 洛阳 471000)

摘　要:针对中大型多级双吸泵体的铸造工艺难点,对生产过程中铸件出现的技术问题进行分析,对原有铸造工艺进行了优化,包括浇注位置、分模方式、砂芯组合、冒口设计、冷铁设计等。结果表明,通过三维建模、虚拟软件模拟和生产验证,产品的各项性能满足客户的设计要求,优化后的铸造工艺能实现中大型多级双吸泵的小批量生产。

关键词:多级双吸泵;铸造工艺;整体砂芯

中图分类号:TG269　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)10-0869-04

Casting Process and Optimization of Medium to Large Multistage Double Suction Pump Housing

XU Jikun, ZHANG Yu, HAN Yabin
(Luoyang Sunrui Special Equipment Co., Ltd., Luoyang 471000, China)

Abstract: The technical problems in production of medium to large multistage double suction pump housing were analyzed and the original casting process, including pouring position, parting method, core make and assembling, riser design and chill arrangement, was optimized. With using 3D solidification simulation and production verification, good castings are produced and meet the customers requirements. Small batch production has achieved successfully.

Key words: multistage double suction pump housing; casting technology; core assembling

最近一年公司不断接到双级多级泵体的订单,例如某客户 BBT 系列、某客户的 BB2 系列等,共计 6 种型号,铸件重量 400~2 500 kg。这类产品相较于单级双吸泵结构更为紧凑和复杂,流道多、弯曲挠度大且截面积变化剧烈,一些型号的流道截面直径不到 20 mm,形成典型的两端大中间小的倒八字形结构,给铸造生产带来很大的困难。

为了保证多级双吸泵大规模生产,在传统的工艺基础上[1],针对多级双吸泵流道难清理影响批量生产的问题展开研究,在模具、制芯、合箱过程中对传统工艺进行优化,提高产品的质量。

1　产品结构和工艺现状

公司铸造车间生产多级双吸泵泵体有例可循的经验只有一次,当时泵体采用的 5 开箱 6 分模的立式浇注方式,见图 1。但是 5 开箱的立式浇注方式并不是适用于所有的多级双吸泵体,它有一定的适用范围。

一方面要求铸件大致是中规中矩的,尽量流道中心线水平、过桥流道竖直,这样才能避免尽可能少的下芯干扰;另一方面铸件必须是大尺寸的,要留有足够的分型空间和操作空间。此泵体的铸件尺寸为 1 480 mm×1 320 mm×1 350 mm,在尺寸上是符合这两点要求。

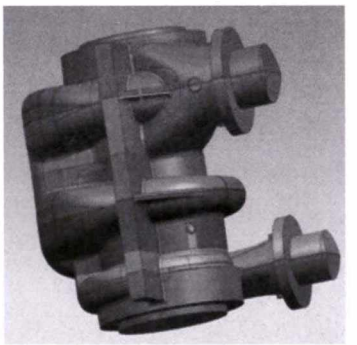


图 1 立式浇注的模具分型三维示图
Fig.1 The 3D diagram of vertical casting mold type

BBT 系列的铸件尺寸为 730 mm×780 mm×681 mm,高度方向只有 681 mm,各级流道中心线仅有 100 mm,分箱空间过小,没有操作空间,见图 2。BB2 系列的尺寸为 1 435 mm×1 295 mm×1 035 mm,高度方向和流道中心线尺寸比较富余,但是中间的过桥结构复杂,不易截断分型,见图 3。所以 5 开箱的立式浇注方式不适用于新产品。

除了工艺上的不适用,立式的浇注方式也有缺

收稿日期:2021-05-11

作者简介:徐继坤(1988—),山东菏泽人,硕士,工程师.主要从事不锈钢精密铸造方面的工作.电话:13383799159,Email:xjkcumtcailiao@163.com

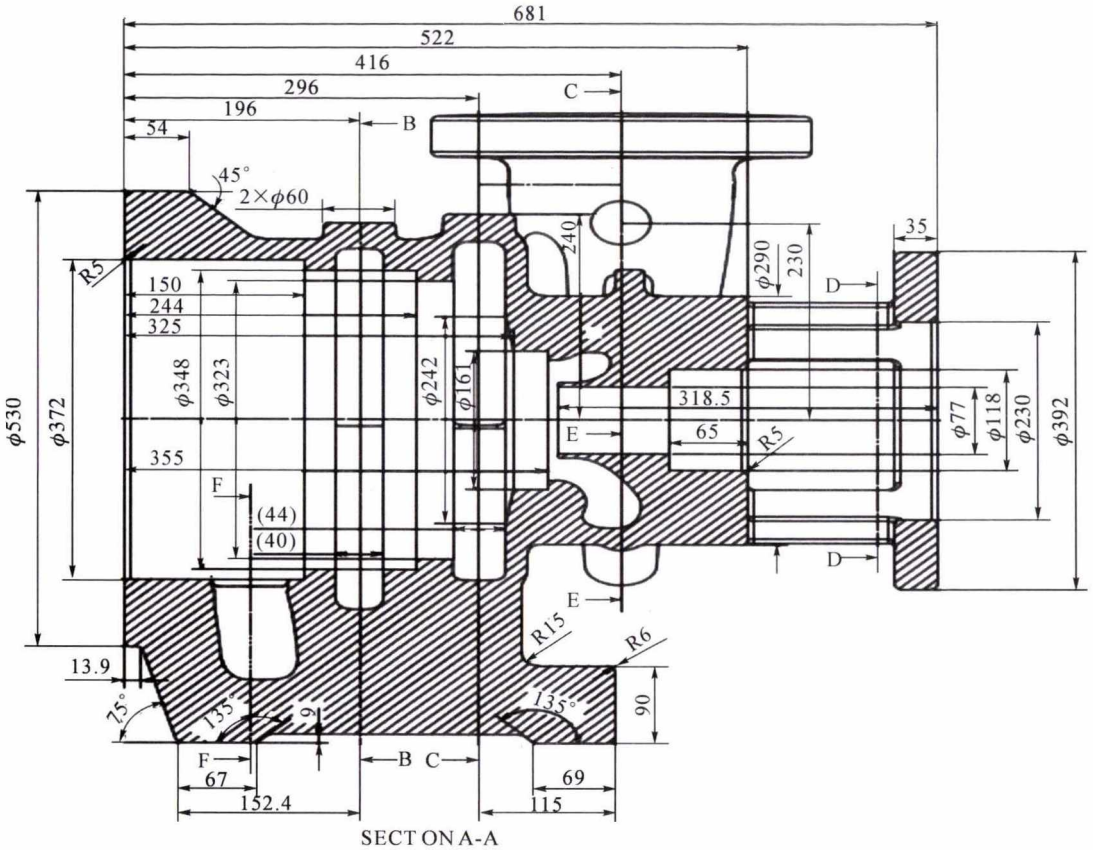


图 2 BBT 系列铸件结构尺寸

Fig.2 Structural dimensions of BBT series castings

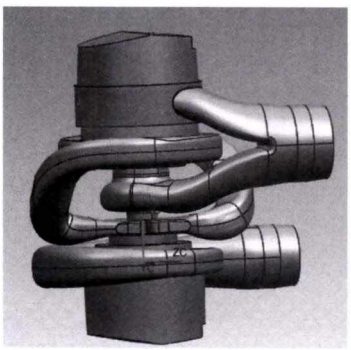


图 3 BB2 系列泵体铸件流道三维示意图

Fig.3 Schematic internal flow channel of BB2 pump housing

点。它不可避免的要把过桥芯人为的分割开，后期处理黏结不好容易出现环状劈缝；铸件开箱数量增加使得浇道拼接多、落差大，清理浮砂困难，容易造成黏砂，后期难清理。为了保证多级双吸泵大规模生产，产业部必须解决上述问题，需要工艺创新。

2 泵体铸造工艺分析

2.1 浇注位置和分型面的选择

原来的立式浇注分箱复杂，需要 5 开箱 6 分模，模具制作和合箱难度都很大，而且受铸件尺寸的影响分箱空间容易受限。通过转变思路设计，立式分型浇注改为水平分型，这样分型，只需要上下两箱和 3 个模样造型，大大降低了合箱难度，而且只有上下两箱，分箱空间不受限，如图 4。

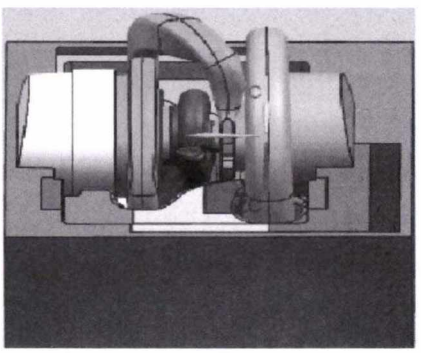


图 4 横式浇注模具分型三维示图

Fig.4 The 3D diagram of horizontal casting mold type

2.2 砂芯设计

立式(垂直)分型合箱顺序比较明确，外型砂箱和砂芯可以一层层按顺序放置到位即可。水平分型中砂箱只分为上下两箱，不能在砂箱中组装流道芯，流道芯必须整体下到下箱，见图 4。

利用三维软件剖析发现，所有型号下箱都存在多处负起模斜度和下芯阻碍的情况，见图 5。结合生产经验到拔模采用外皮芯解决，下芯阻碍采用退让芯解决，这样整体流道芯下到下箱是可行的。

受限手工造型，整体的流道芯不能独立完成，但是可以组装。各级流道芯制作时，串联组装然后多人协作翻转成整体的流道芯，操作流程见图 6。

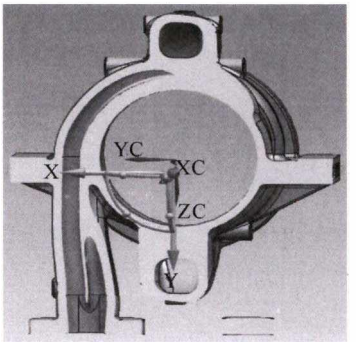


图 5 下芯阻碍三维剖面示意图

Fig.5 The 3D section diagram of sand core placement blocked

流道芯组装翻转，然后整体下到下箱，但是实际操作中砂芯承受相当大的压紧和扭转，尤其中间细小的砂芯容易断裂，为此我们采取如下多种保护措施：增强砂型强度，设置砂型加强筋，组装翻转过程中利用辅助工具对易断裂部位进行加强紧固。

2.3 浇冒系统和激冷系统设计

分型面位置和砂芯设计确认后，模具工艺基本确定。浇注系统的设计应符合铸件的顺序凝固原则和补缩方式，使金属液充型平稳，避免出现紊流，防止卷入气体。根据铸件的结构特点及合金的力学性能，

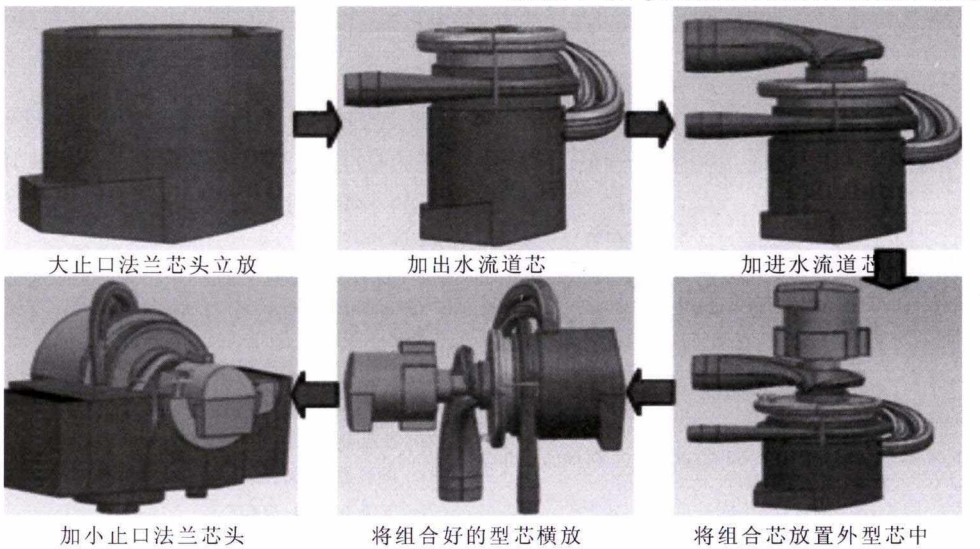


图 6 型芯组装示意图

Fig.6 Core assembly diagram

确认浇注系统为底注式浇注系统，ϕ80 mm 直浇道转接 ϕ60 mm 内浇道(5 道)，下箱出入法兰各进一道，中开面止口法兰进一道，中开面筋板处一道。这样可以有效分散金属液的热量，使金属液均匀、平稳的进入铸型型腔，避免铸件产生粘砂，保证铸件质量。

金属液从液态转变为固态，体积缩小而得不到钢液补缩时，铸件内模数较大的部位会产生缩孔和缩松。要达到理想的补缩效果，基本条件是实现顺序凝固，根据模数及补缩距离，计算确定冒口的数量及尺寸，确定铸件凝固收缩时能不断从冒口获得钢液进行补充，缩孔和缩松转移到冒口之中[2]。为了获得致密的铸件，冷铁设计是一项非常重要的工艺措施。由于冷铁具有激冷作用，在铸件表面贴放冷铁的部分的凝固速度要比相邻的截面快，所以在冒口和冒口之间设置冷铁，可以使几乎没有温度差的中间区，变为有较大温差的激冷区，减少冒口的数量和提高铸件的工艺出品率。另外在热节和筋板的交接部位放置随形冷铁还可以避免裂纹的产生。

采用三维软件对铸件系统的铸件和其他辅助系统的建模，要保证模型的大小、位置与实际生产的情况一致。应用模拟软件进行网格划分、计算分析和后置处理，为保证模拟结果更接近实际凝固情况，浇注温度和模拟参数尽可能接近实际生产工艺参数设定[3]。图 7(a)是优化前铸件缺陷分布照片，可以看出内部仍存在大量热节，补缩液量不够，缺陷严重。通过工艺优化，更改冒口和激冷系统，铸件的补缩情况较之前的结果相比有了很大改观，内部缺陷减少，铸件的致密性提高，铸件质量能够满足客户需求，如图 7(b)。

3 铸件生产验证及检测

按照既定的思路对 BBT 系列和 BB2 系列多级双吸泵进行模具设计制造、造型和制芯以及合箱熔炼，当铸件冷却后，开箱、落砂、去除冒口，打磨后进行检测。经检验，铸件的化学成分、力学性能、无损检验、压力试验完全满足客户的设计要求，铸件实体见图 8。

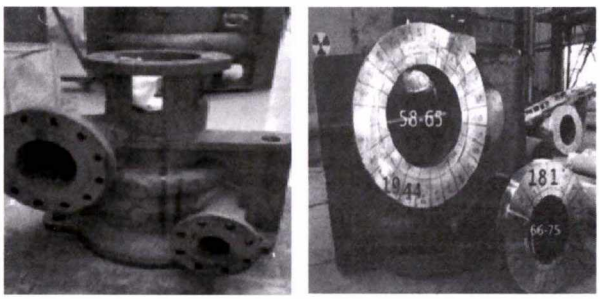
4 结论

(1)结合多级双吸泵的生产经验，分析不同类型泵体结构的制造难点，对多级双吸泵的铸造工艺进

(a)优化前　　(b)优化后

图 7 模拟的缺陷分布图

Fig.7 Simulate defect distribution diagrams before optimization



(a)水压测试　　(b)射线测试的铸件实物照片

图 8 水压检测中和 X- 射线检测中的 BBT 系列铸件

Fig.8 BBT series of pump housing in water pressure testing and X-ray inspection

行优化设计，改变分型拆模方式，保证流道芯整体完整。

(2)经检验产品的各项性能均符合客户的要求，该铸造工艺已形成规范工艺，实现中大型多级双吸泵的小批量生产，为类似产品的生产提供了宝贵的经验。

参考文献：

[1] 汪勇. 单级双吸整体式铸钢泵体铸件的铸造工艺设计[J]. 铸造，2019，68(4)：396-399.

[2] 李弘英. 铸造工艺设计[M]. 北京，机械工业出版社，2005.

[3] 柳百成，荆涛. 铸造工程的模拟仿真与质量控制[M]. 北京：机械工业出版社，2001.

2022 年《铸造技术》杂志征订启事

《铸造技术》杂志，月刊，1979 年创刊，中国铸造协会会刊，被 20 余家数据库收录。中国标准连续出版物号：ISSN1000-8365/CN 61-1134/TG，国内外公开发行，国内邮发代号：52-64，国外发行号：M855。

报道范围：报道国内外铸造领域的先进科技成果、实用工艺技术、生产管理经验以及铸造行业发展动态。内容涵盖铸造成型工艺和铸造材料研究，并兼顾其他金属材料成型方法。

主要栏目：试验研究、工艺技术、生产技术、装备技术、特种铸造、实用成型技术、材料改性、应力控制与理化测试技术、今日铸造、企业精英人物专访等。

发行对象：国内外铸造企业，科研院所，高等学校，铸造原辅材料厂商，设备、仪器厂商，铸件采购商等。

广告范围：刊登铸造设备、熔炼设备、环保设备、铸造原辅材料、检测仪器以及铸件生产、热处理设备、科研成果转让等相关信息。

订阅方式及价格：请从当地邮局订阅，也可以直接从铸造技术杂志社订阅。全年 12 期，每期定价 25 元，平寄全年 300 元(含邮费)，挂号全年 336 元，快递全年 420 元。

欢迎订阅、欢迎投稿、欢迎刊登广告

邮购地址：陕西省西安市碑林区友谊西路 127 号西北工业大学凝固楼三层

联系人：李巧凤　029-88491681/88491682　13991824906　**电话/传真：**029-88491681

网　址：www.zhuzaojishu.net　**E-mail：**zzjs@263.net.cn

银行汇款：户　名：陕西铸造技术杂志社有限责任公司

账　号：3700 0235 0920 0091 309

开户行：中国工商银行西安市互助路支行