DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.08.014

仿真计算在GIS产品铸件工艺设计中的应用

夏永喜,尹珍珍,阴瑜娟,刘　楠
(西安西电开关电气有限公司,陕西 西安 710077)

摘　要:针对GIS产品用铸铝壳体,采用仿真模拟软件进行铸造工艺方案的仿真模拟计算,优化工艺方案设计及工艺参数,结合生产过程对工艺的不断完善,能够生产出合格率高,质量一致性好的铸件。

关键词:仿真模拟;补缩;凝固;预测缺陷

中图分类号:TG292　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)08-0764-03

Application of Simulation Calculation in Process Design of GIS Castings

XIA Yongxi, YIN Zhenzhen, YIN Yujuan, LIU Nan
(Xian XD Switchgear Electric Co., Ltd., Xi'an 710077, China)

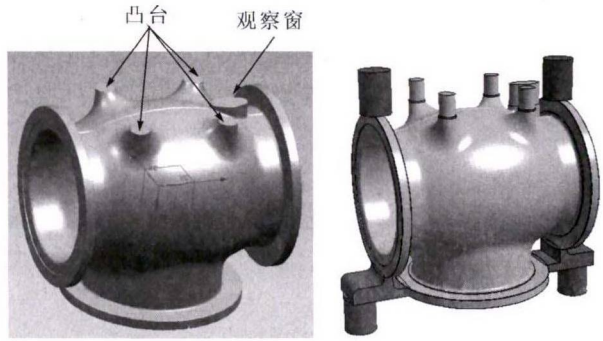
Abstract: According to the casting aluminum shell used for GIS products, the simulation calculation of casting process scheme was carried out by using simulation software, and the design of process scheme and process parameters were optimized. The results show that the casting with high pass rate and good quality consistency can be produced with the continuous improvement of the process.

Key words: simulation; feeding; solidification; defects prediction

我公司某型号GIS产品母线分支用三通壳体铸件,原采用砂型铸造工艺生产,生产工序较长,对铸件合格率影响的因素较多,铸件合格率不足70%、工艺出品率较低。采用金砂型低压铸造工艺方法可有效缩短铸件的生产工序,铸造过程自动化浇注,铸造全过程可实时监控模具温度、压力参数、铝液温度等,生产的铸件质量高、铸件一致性好[1]。金砂型低压铸造成型作为一种高效低耗的精确成形工艺方法,在铝合金罐体的生产还相对较少,并且工艺设计的经验较少,设计成功率较低。仿真计算技术可对低压铸造成型生产工艺的凝固进行模拟,从而摆脱低压铸造成型目前主要基于经验、试制周期长等问题,使低压铸造成型能够预测缺陷、优化工艺、指导生产,实现对铸件质量进行有效的控制[2]。

1　铸件结构

如图1所示铝合金耐压铸件示意图及浇注系统,铸件重量约37 kg,铸件所用铸造铝合金牌号为ZL101A合金,高压开关产品运行过程中铸件长期



(a)铸件示意图　　(b)浇注系统

图1 铝合金铸件示意图及浇注系统
Fig.1 Schematic drawing and gating system of aluminium alloy castings

铸件长期经受超过0.6 MPa的压力,水压破坏试验压力超过3.25 MPa,气体年泄漏率≤0.5%。该铸件顶部的4个凸台、1个观察窗内部不允许有铸造缺陷。

通过采用铸造仿真模拟软件,设置模拟参数和边界条件对铸造工艺方案进行仿真模拟和分析。

2　模拟结果与分析

2.1　初始方案模拟结果与分析

铸件初始方案的充型过程见图2所示。铝合金液充满模样型腔过程共持续4.17 s,铝液通过双升液管由浇口向铸件顶部充型,充型过程平稳,无紊流现象发生,未出现卷气等现象,且能有效排出型腔内部的气体。

收稿日期:2019-11-11

作者简介:夏永喜(1981-),陕西西安人,高级工程师.主要从事高压电气产品铸件结构设计、制造工艺及仿真模拟应用方面的工作.电话:029-84224825,
E-mail:rat-2008@163.com

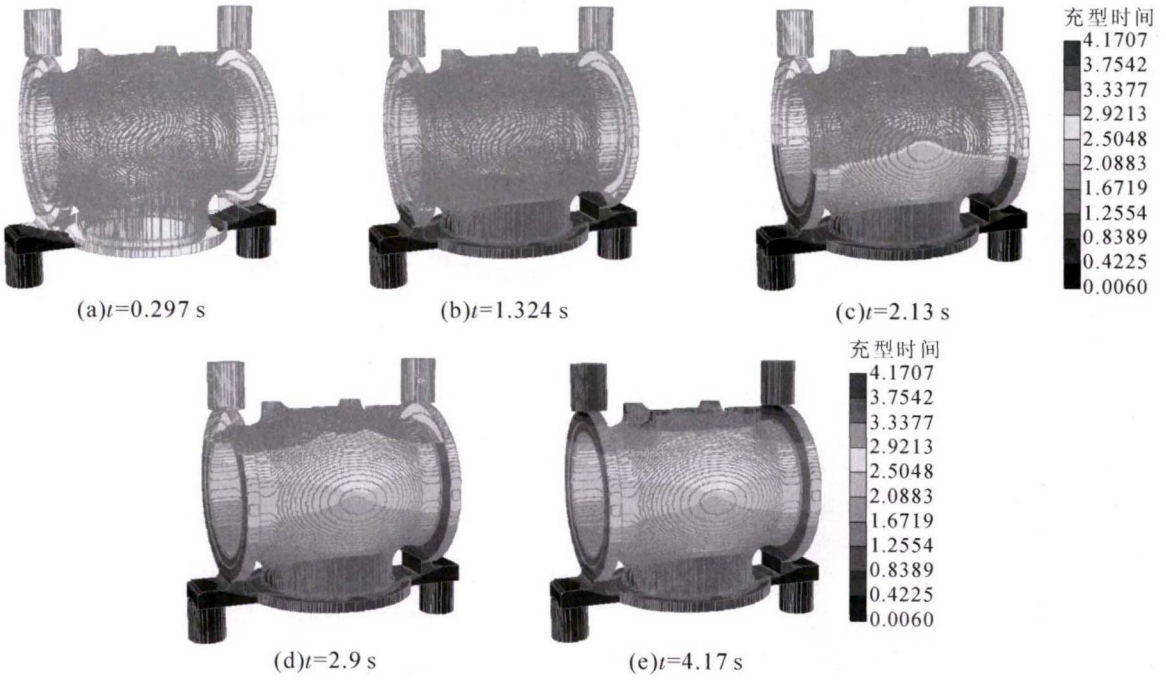


图 2 初始方案的充型过程

Fig.2 Filling process of initial Scheme

铸件初始方案的凝固过程见图 3 所示。铸件凝固到 t=18.409 s，在 4 处凸台、1 个观察窗的部位已开始凝固，由于工艺方案设置有激冷块，以加快铸件厚大部位的冷却速度，因此符合工艺设计的思路。待铸件凝固至 43.602 s，凸台及观察窗部位附近出现孤立液相区，说明在此时刻该部位凝固速度因激冷块温度上升而出现降低，且铝液的补缩压力无法有效传递到凸台及观察窗部位，最终将导致内部产生缩孔、缩松缺陷，无法满足产品对铸件的质量要求。仅凭激冷块对铸件厚大部位进行激冷，无法有效降低铸件产生缺陷的几率，通过铸件壁厚实现有效补缩的方法，在该铸件的生产中不可行。

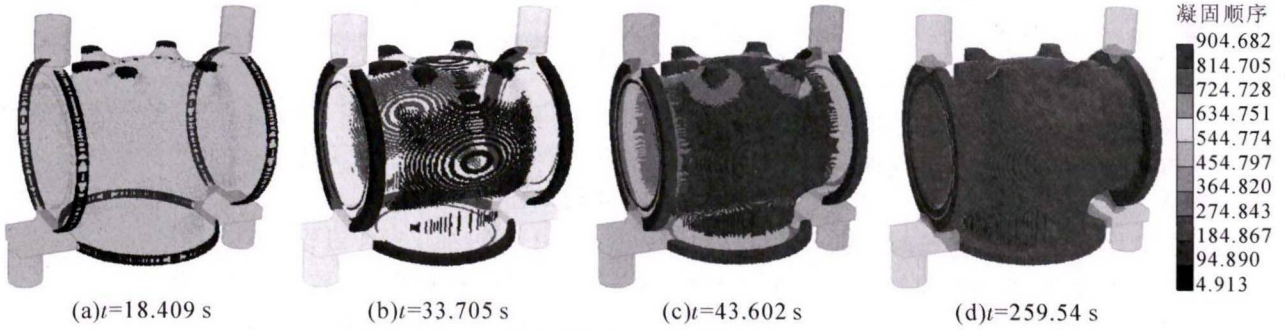


图 3 初始方案的凝固过程

Fig.3 Solidification process of initial Scheme

2.2 工艺优化方案模拟结果与分析

针对初步工艺方案仿真模拟结果存在的问题，采取阶梯型内浇注系统，浇注通道直接对产生铸造缺陷的部位进行有效补缩。新设计的浇注工艺见图 4 所示。

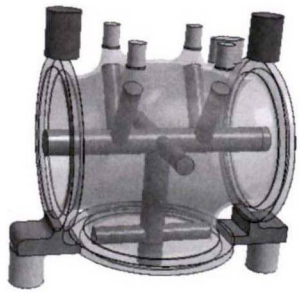


图 4 新的浇注系统

Fig.4 New gating system

图 5 为新设计的工艺方案的凝固过程仿真模拟。通过在铸件砂芯中增加浇道对缺陷部位进行补缩，防止因铸件壳体部位凝固而补缩效果减弱直至消失的问题，消除铸件内部的缩孔、缩松缺陷，保证零件质量符合技术要求。

综上所述，仿真模拟能够对铸造工艺方案进行模拟和完善，但实际生产过程中由于设备、人员、环境等因素影响，铸件质量仍会出现一定的波动，为确保铸件质量的一致性，在实际生产过程中需要对以



(a)t=12.721 s (b)t=30.53 s (c)t=46.54 s (d)t=136.203 s

图 5 新工艺方案凝固过程

Fig.5 Solidification process of new process scheme



图 6 合格零件照片

Fig.6 Photographs of qualified parts

下几方面的工艺操作进行细化：

(1)模具、砂芯涂料涂刷　针对模具不同部位的冷却要求，分别采用绝热涂料、激冷涂料。绝热涂料用于金属型模具升液口部位、暗冒口内腔表面的喷涂，确保铝液在流经该部位时无温度损失、提高补缩效果；激冷涂料用于铸型内腔及激冷块工作面的喷涂，加快厚大部位的冷却速度，调整型腔内铝液的凝固顺序。砂芯表面涂刷激冷涂料，达到铸件内、外表面同时凝固，确保铸件内腔耐电压面要求的高质量，消除内腔表面的缩松现象。

(2)模具温度预热　模具温度的均匀性直接影响铸件的内在质量，为确保模具受热均匀，需根据模具结构设计合适的烘烤工装，缩短模具的烘烤时间、减少天然气的浪费，消除每班次的首件铸件因模具温度不均匀而产生报废的问题，降低铸件生产成本。

(3)保温套的使用　金属型模具中的暗冒口在铸件生产过程中要求喷绝热涂料，但在生产批量化过程中，要求操作者每次浇注前在高温环境下(300~400 ℃)检查绝热涂料的涂层状态并进行及时补喷，实际难以做到。因此采用石棉材质的暗冒口实现并确保铝液的补缩性能，虽使铸件生产成本有所增加，但在提高铸件质量方面效果很好，经济效益提升明显，在我公司内部已大面积推广。

3　生产验证

采用通过仿真模拟优化的铸造工艺方案，结合生产过程对质量控制点的细化措施，投入金属型低压铸造模具，进行铸件的生产，通过对 3 个批次共计 19 件铸件的质量跟踪，仅有 1 件观察窗内孔加工后发现存在少量的缩松现象存在，其余 18 件均合格，经过氦气 0.65 MPa 压力气密性检测试验，均无泄漏，现已投入批量生产。

4　结论

(1)采用仿真模拟对铸造工艺过程进行模拟和计算，能够有效指导工艺方案的设计，优选出最合理的工艺方案。

(2)通过细化操作过程的工艺要求，结合优选的工艺方案能够生产出一致性高的合格铸件。

(3)研究表明，针对铸件厚大部位，通过强制激冷+有效补缩的方法能够有效提升铸件的内在质量。

参考文献：

[1]　王文清, 李魁盛. 铸造工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.

[2]　李魁盛. 铸造工艺设计基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 1981.

欢迎到当地邮政局(所)订阅 2020 年《铸造技术》杂志

国内邮发代号:52-64　国外发行号:M855　国内定价:25 元/本　海外定价:25 美元/本