

铸造 CAE 模拟分析低压铸造泵轮缩松缺陷

游寿松^{1,2}, 张吉祥^{1,2}, 张科峰², 杜航^{1,2}, 李煜^{1,2}, 魏智睿³

(1. 济南艾尼凯斯特软件有限公司, 山东济南 2501011; 2. 济南圣泉集团股份有限公司, 山东济南 2502003;
3. 柳工机械股份有限公司, 广西柳州 545007)

摘要: 采用铸造CAE数值模拟软件AnyCasting对低压铸造中金属液的流动、凝固进行模拟仿真, 分析了铸造过程中泵轮出现的铸造缺陷。分别研究了阀体铸造过程中不同的工艺方案对产品质量的影响, 并将模拟结果与实际情况进行对比, 较好地指导了生产。

关键词: 铸造CAE; AnyCasting; 模拟; LPDC

铸造CAE技术是利用计算机技术来优化和改善传统的铸造技术, 对新产品方案的成本管理优化和工艺设计改善、缩短试制周期、提高铸件质量有着重要的作用。

低压铸造过程中材料的成分、浇注温度、铸件结构、保压压力和时间、模具温度等, 均对浇注过程金属液的凝固温度场产生影响。铸造型腔内的金属液凝固速率不同, 凝固过程中容易产生孤立液相区, 每个孤立的液相区在凝固完成后最终产生一个或者多个缩孔。有些工程师在实际生产过程中, 考虑缩松的缺陷, 只考察其中的某一个影响因素。然而通过铸造CAE - AnyCasting软件模拟, 可以直观地看到铸造过程中形成缩松的原因, 以便采取对应的解决措施。

1 试验的参数设计

企业接到一个新产品(图1), 首先进行产品技术标准分析, 找到易产生铸造缺陷的区域, 然后制定初步的工艺方案(图2), 并且制定冷却水管(图3)。

1.1 工艺参数

1.1.1 组织结构材料及初始温度设定

上模、分流锥材料为模具钢(H13), 初始温度320℃; 下模、流道材料为模具钢(H13), 初始温度为350℃; 砂芯为树脂砂, 初始温度100℃; 钢套25号钢, 初始温度100℃; 铸件、浇道材料为ZL104, 初始温度为25℃; 陶瓷套及升液管材料均为陶瓷, 陶瓷套初始温度400℃, 升液管初始温度为500℃; 下模冷却管材料为Q235, 初始温度为25℃。

1.1.2 冷却水管参数的设定

在低压铸造中, 冷却水管起到改变凝固顺序, 避免铸件出现缺陷的作用。本次试验中, 将上模冷却管的通水时间设定为110 s, 持续时间为80 s, 流量3 L/min, 进口温度15℃, 出口温度75℃; 下模冷却管的通水时间设定为120 s, 持续时间70 s, 流量4 L/min, 进口温度15℃, 出口温度78℃。

1.1.3 升液曲线参数的设定

升液阶段时间为8 s, 压力1.213 25 × 10⁵ Pa; 充型阶段时间为7 s, 压力1.253 25 × 10⁵ Pa; 结壳阶段时间为3 s, 压力1.273 25 × 10⁵ Pa; 增压阶段时间为2 s, 压力1.293 25 × 10⁵ Pa; 保压阶段时间为200 s, 压力1.323 25 × 10⁵ Pa; 卸压阶段60 s, 压力1.013 25 × 10⁵ Pa。

作者简介:

游寿松(1984-), 男, 工学学士, 副总经理, 主要从事铸造模拟仿真技术与铸造工艺设计工作。电话: 0531-88259975, E-mail: s.you@anycasting.com.cn

中图分类号: TG249.2
文献标识码: B
文章编号: 1001-4977(2020)02-0183-04

收稿日期:

2019-08-21 收到初稿,
2019-11-12 收到修订稿。

2 试验结果的分析

2.1 孤立液相区

通过AnyCasting软件的模拟仿真,首先通过凝固顺序(图4)的结果,发现孤立的液相区(图5)。孤立液相区在凝固过程中得不到其他区域金属液的补充,最后形成缩松缺陷。对其他未出现孤立液相区的部分也进行了检查,未发现缩松缺陷。

通过剖分铸件,发现图5b中的孤立液相区有8处。图5c中显示泵轮底部法兰处有4处孤立液相区。通过图6的残余熔体分析,在孤立液相区区域都出现了缩松缺陷,其他区域未发现缩松缺陷。

2.2 残余熔体模数

残余熔体模数是当金属液达到临界固相率时残余熔体体积与表面积之比。利用残余熔体模数预测铸件容易产生收缩缺陷的位置,由图6可见,图示剖面的4处缩松与孤立液相区位置一致。

3 优化设计方案

3.1 试验结果的原因分析

图7所示,砂芯和铸件在此处形成了较厚的区域,由于砂芯处于铸件内腔区域,散热较慢,在金属液冷却过程中成为了“热源”;图8显示此处的铸件温度场较高,形成了热节。通过模拟软件的分析,砂芯散热较慢,局部温度高达548℃,超过了材料固相温度,使得铸件在此区域最后凝固。

3.2 解决铸件缺陷的优化方案

图9原方案A处铸件壁较厚,易形成大热节,产生缩松。在图10新方案中,铸件结构和芯头结构都得到优化,改善了传热;其次减少铸件加工余量,减小热节,所以产生缩松的概率降低了。

图9b原方案的内浇道的补缩能力不足,导致铸件此处有缩松缺陷;图10b在原方案基础上,增加了内浇道的厚度,所以提高了补缩能力。图9c原方案冷却管较少,导致铸件散热较慢,铸件厚大部位形成热节;图10c在铸件厚大部位(A处)采取强制冷却措施如风冷、水冷,在泵轮上模增加了风冷,在泵轮外模增加了水冷。

4 优化方案的试验结果

4.1 孤立液相区和残余熔体模数

通过AnyCasting软件的模拟仿真,使用优化方案的三维模型进行仿真分析。在凝固的过程中,铸件实现了顺序凝固。图11显示在铸件内部没有形成孤立的液相区,在铸件关键区域,消除了缩松缺陷(图12)。

4.2 实际生产的铸件

在图13铸件解剖图中,没有发现缩松缺陷,加工的批量铸件合格(图14)。

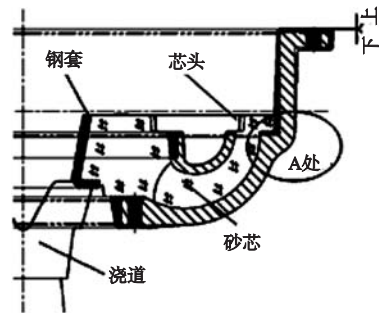


图1 铸件工艺方案图

Fig. 1 Design drawing of casting process

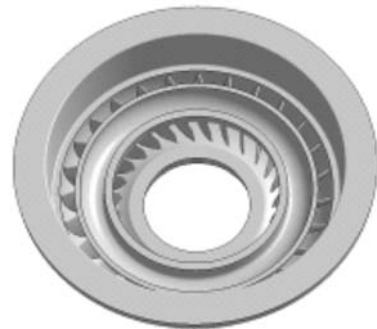


图2 铸件三维图

Fig. 2 3D drawing of casting

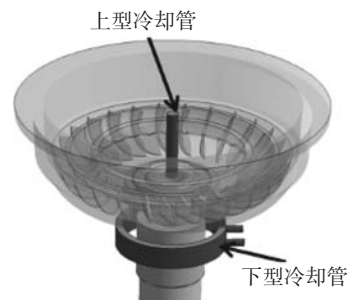


图3 冷却水管设计三维图

Fig. 3 3D drawing of cooling channel

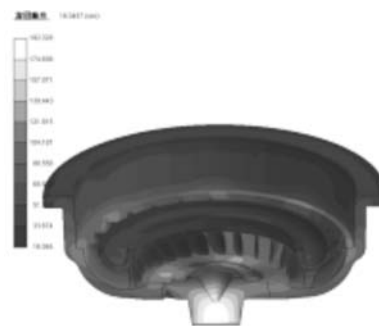


图4 凝固顺序

Fig. 4 Solidification sequence

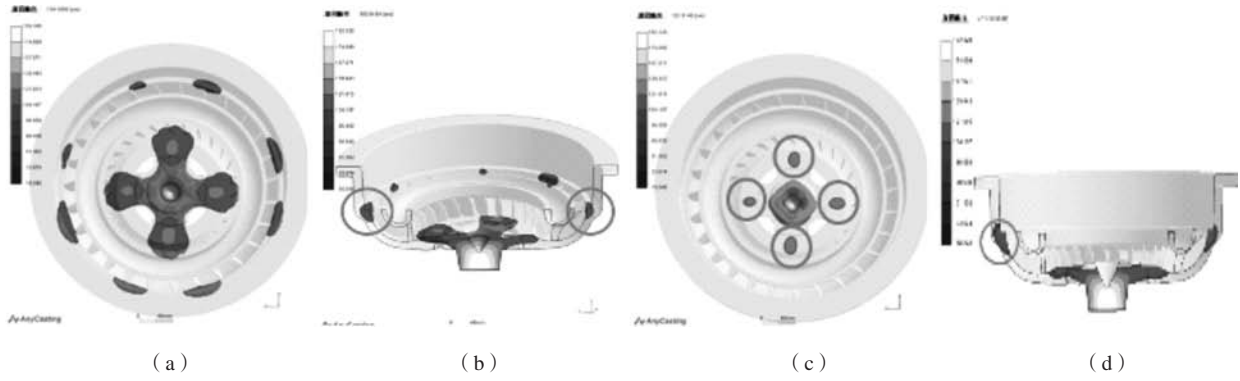


图5 孤立液相区
Fig. 5 Isolated liquid regions

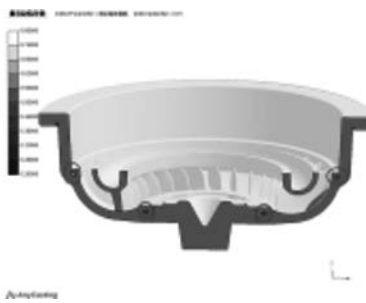


图6 残余熔体模数
Fig. 6 Modulus of retained melt

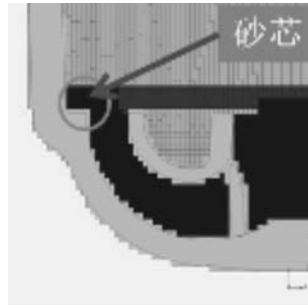


图7 砂芯与铸件剖视图
Fig. 7 Sectional view of sand core and casting

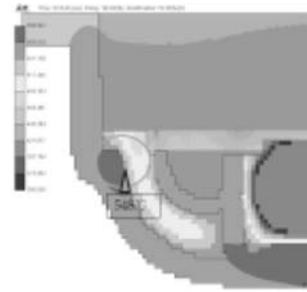


图8 铸件温度场
Fig. 8 Temperature field of casting

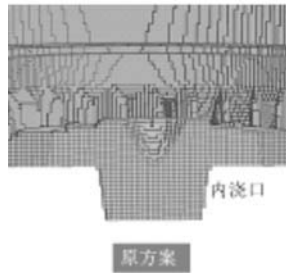
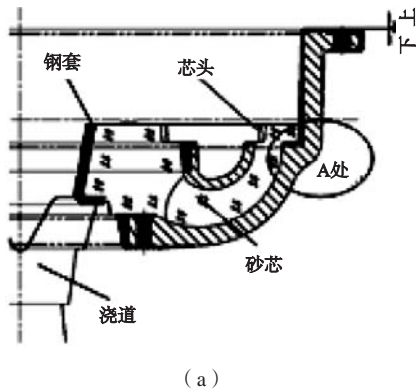


图9 原方案的工艺图
Fig. 9 Design drawing of original casting process

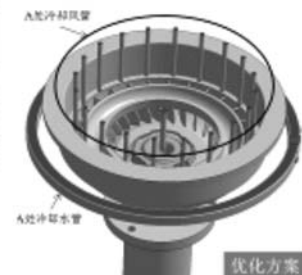
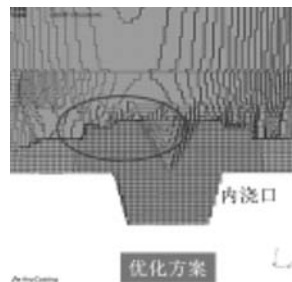
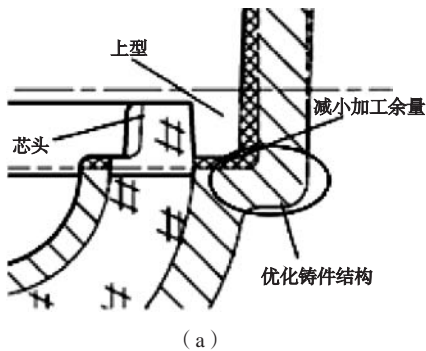
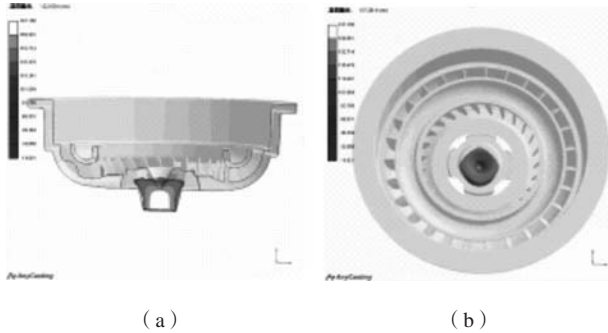


图10 新方案的工艺图
Fig. 10 Design drawing of improved casting process



(a) (b)

图11 新方案的孤立液相区

Fig. 11 Isolated liquid region in improved casting process



图12 新方案的残余熔体模数

Fig. 12 Modulus of retained melt in improved casting process



图13 铸件解剖图

Fig. 13 Sectional view of casting



图14 机加工后铸件

Fig. 14 Machined castings

5 结论

(1) 通过AnyCasting模拟分析, 能预先得到铸件缺陷的有效数据, 从而指导模具设计, 有利于在模具设计阶段把铸件缺陷发生率降到最低, 避免反复不增值的模具修改, 提高试模的一次成功率, 大大缩短新

品开发周期, 降低试模费用。

(2) 将优化后的模具系统与工艺方案应用到实际的生产中, 经过多次的试模验证, 将低压铸造的理论与实践结合起来, 摸索出一套较为完善的低压铸造铝合金泵轮的制造工艺方案, 对其他类似产品的开发具有借鉴和指导意义。

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, 1998.
- [2] 宋金虎, 胡凤菊. 材料成型基础 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.

Analysis of Dispersed Shrinkage of Pump Impeller in Low Pressure Die Casting by CAE Simulation

YOU Shou-song^{1,2}, ZHANG Ji-xiang^{1,2}, ZHANG Ke-feng², DU Hang^{1,2}, LI Yu^{1,2}, WEI Zhi-rui³

(1. Jinan AnyCasting Software Co., Ltd., Jinan 250101, Shandong, China; 2. Jinan Shengquan Group Co., Ltd., Jinan 250200, Shandong, China; 3. Liugong Machinery Co., Ltd., Liuzhou 545007, Guangxi, China)

Abstract:

In the study, the flow and the solidification of molten metal in low pressure die casting (LPDC) were simulated by using the foundry CAE software AnyCasting, and the dispersed shrinkage defect in pump impeller during the casting process was analyzed. Furthermore, the study also investigated the effects of original and improved casting processes on the quality of valve body castings, and the simulation results were compared with the practical situation, which will give some good guidance in the practical production.

Key words:

foundry CAE; AnyCasting; simulation; low pressure die casting