

借助数值模拟设计差速器壳体铸造工艺

李洪应, 李娜

(芜湖市和蓄机械股份有限公司 安徽 芜湖 241206)

摘要 :介绍了差速器壳体铸件的结构、技术要求以及原来采用的铸造工艺。借助 JMatpro 软件设计出铸件的化学成分,并借助 MAGMA 数值模拟软件对原工艺方案的铸件凝固过程进行了模拟,发现多处可能产生缩松缺陷。根据模拟发现的缩松位置,改进了铸造工艺,使缩松缺陷得以消除。

关键词 :球墨铸铁,差速器壳体,缩松,数值模拟

中图分类号 :TG255 文献标识码 :B 文章编号 :1003-8345(2014)01-0087-05

DOI :10.3969/j.issn.1003-8345.2014.01.0016

Casting Method Design of a Differential Case By Help of Numerical Simulation

LI Hong-ying, LI Na

(Wuhu Hexu Machinery Co.,Ltd., Wuhu 241206, China)

Abstract :The configuration, technical requirements and the original casting method of the differential case were introduced. By using software JMatpro, the chemical composition of the casting was designed and by using software MAGMA, the casting solidification process of original casting method was simulated and it was revealed that there would be shrinkage porosities occurring in multiple places. Based on the shrinkage porosities locations found by simulation, the casting method was improved and as the result, the shrinkage porosities were eliminated.

Key words :nodular iron, differential case, shrinkage porosity, numerical simulation

1 铸件结构及技术要求

1.1 铸件结构

2016 右差速器壳体是典型旋转类零件,铸件质量为 8 kg,铸件结构如图 1 所示,铸件轮廓尺寸为 $\phi 220 \text{ mm} \times 138 \text{ mm}$,最薄处壁厚为 10 mm,最厚处为 25 mm,该铸件比较厚的部分被中间支撑部分划分为 2 个独立的区域,图 2 是该铸件的模数分布,从图 2 可以看出,该铸件中间轴孔的模数最大,为 0.8 cm,法兰处模数为 0.63 cm,中间支撑梁部分的模数为 0.41 cm。

1.2 技术要求

铸件材料牌号要求为 QT450-15,抗拉强度高

于 450 MPa、屈服强度高于 300 MPa、伸长率高于 15%、硬度 170~215 HB,铸件的球墨尺寸等级不小于 3 级,球化率 7~8 级,按照 ASTM E446 标准,X 射线探伤检测缩松等级不超过 1 级。

2 铸造工艺设计

2.1 化学成分

采用低 P 低 S 低杂质的高纯生铁,回炉料加入量控制在 35% 以内,生铁加入量为 55%,废钢加入量 10%。根据铸件的结构及客户的要求,并借助于模拟软件 JMatpro,最终设计出该铸件的化学成分为 $w(\text{C})$ 3.6%~3.7%、 $w(\text{Si})$ 2.7%~2.8%、 $w(\text{Mn})$ 0.3%~0.35%、 $w(\text{P})$ <0.04%、 $w(\text{S})$ <0.01%、 $w(\text{Mg})$ 0.03%~0.045%。

2.2 工艺设计

采用粘土砂造型,砂芯采用热芯工艺制作,铸件水平放置浇注,一箱 2 件,为了实现顺序凝

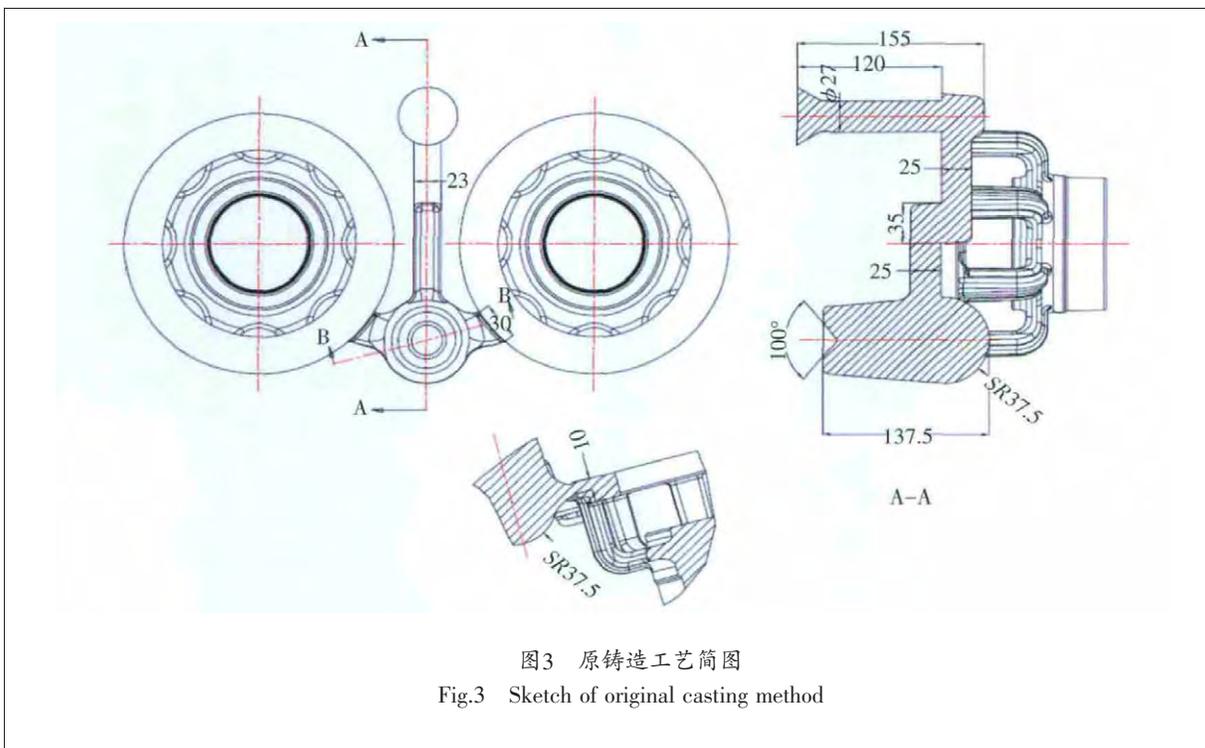
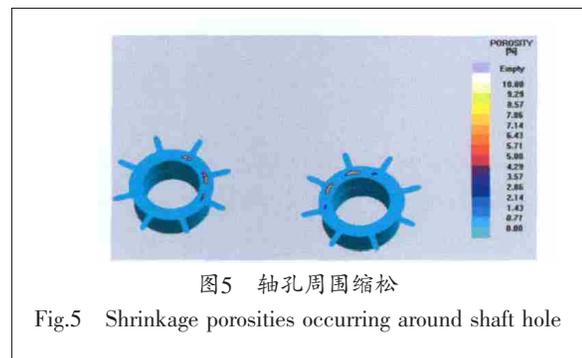
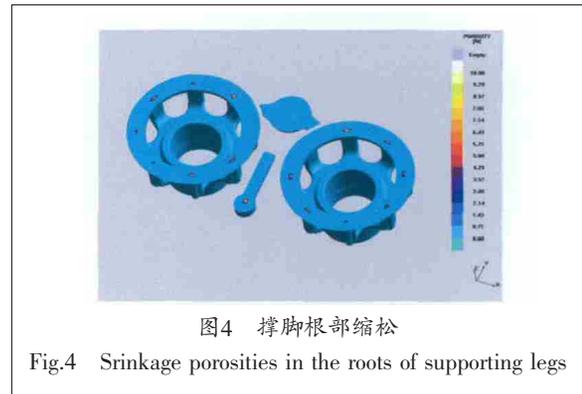
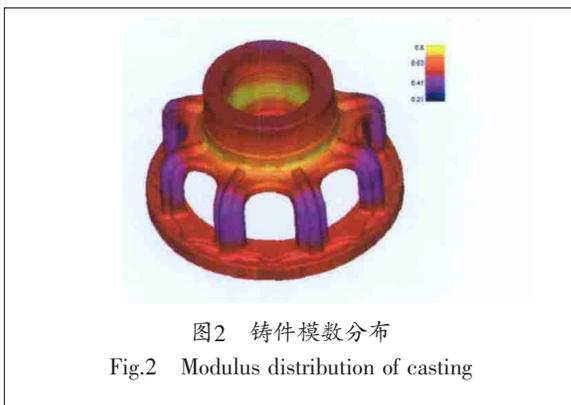
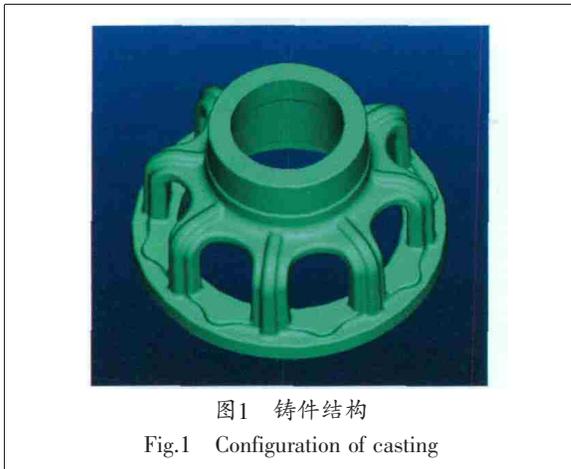
收稿日期 :2013-09-09 修定日期 :2014-01-10

作者简介 :李洪应(1977.09-),男,江苏泰州人,毕业于南通工学院(现南通大学)机械工程及自动化专业,主要从事铸造工艺设计及新产品研发管理工作。

固^[1-2],将整个铸件放在下型,利用一个边冒口对2个铸件进行补缩,具体铸造工艺如图3所示。

利用 MAGMA 软件对上述工艺进行了凝固模拟^[3-4]结果如图4、图5所示。可以看出,在撑脚根部和轴孔周围有缩松存在。

图3所示工艺的目的在于通过冒口来实现顺序凝固,但由于铸件中间支撑梁把两段壁厚部分隔



离开来,在凝固过程中形成了孤立液相区,而且铸件下法兰壁厚只有 14.5 mm,限制了冒口颈的尺寸和补缩作用。因此,需要进行工艺改进,将整个铸件置于上箱,在铸件轴孔位置上方设置 1 个暗冒口,使其在凝固过程中对轴孔始终有压力和液态补缩作用^[5],具体工艺如图 6 所示。

3 数值模拟

从图 7 所示的充型 5.6 s 时的温度场可见,铸件下部温度高上部温度低,支撑梁位置温度更低,铁液充型相当平稳,没有发生卷气和涡流现象。

图 8 是整个充型过程中内浇道流量变化图,可以看出,内浇道在整个充型过程中的流量变化:第 1 s 时浇道有铁液流入,此时流量为 $200 \text{ cm}^3/\text{s}$,随后流速不断降低,当到达第 10 s 时流速为 $180 \text{ cm}^3/\text{s}$ 左右,整个充型过程流速平缓,没有发生很大的波动。

图 9 是第 7.6 s 时的温度场,此时铸件已充型 76%,后面的铁液不断的替换前面的铁液,支撑梁处铁液不断更换,低温铁液不断向冒口方向流动。

图 10 是充型 10 s 时的温度场切片图,可以看出,当浇注温度为 $1380 \text{ }^\circ\text{C}$ 时,充型结束后冒口温度为 $1280\sim 1330 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右,温度降低 $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右。

图 11 是 244 s 时的凝固场,可以看出,在凝固过程中冒口颈一直敞开着,始终对轴孔位置进行补缩。



图7 充型 5.6 s 时的温度场

Fig.7 Temperature field at moment of mold filling duration of 5.6 s

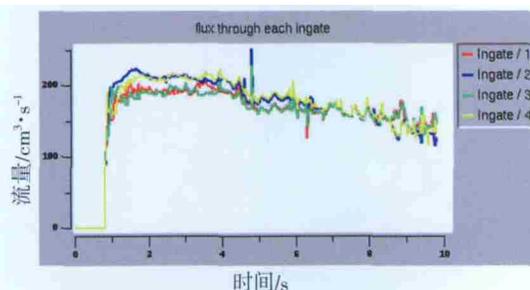


图8 充型过程中流量变化

Fig.8 Iron melt flux variation during mold filling process

利用模拟软件自带的缩松判据,在铸件上找到与右侧云图对应的颜色,颜色对应的值就是缩松出现的几率,一般探伤 1 级为 5%~10% 2 级为 10%~15%。从图 12 所示的缩松判据可见,该铸件的轴孔位置还存在 2% 的缩松,实际生产来看缩松

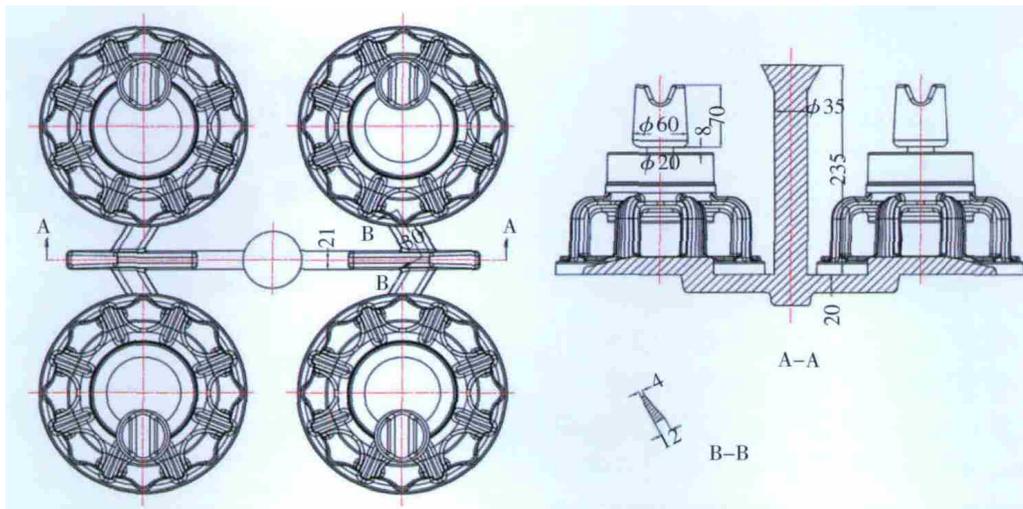


图6 改进后的铸造工艺简图

Fig.6 Sketch of improved casting method



图9 充型 7.6 s 时的温度场
Fig.9 Temperature field at moment of mold filling duration of 7.6 s

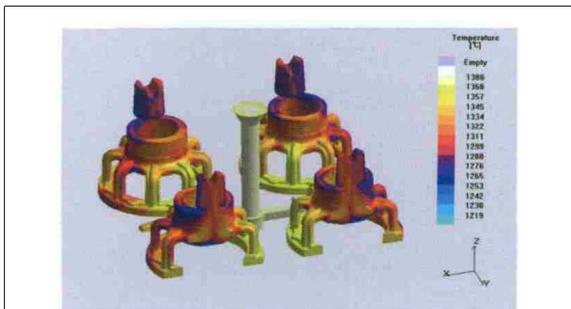


图10 充型 10 s 时的温度场
Fig.10 Temperature field at moment of mold filling duration of 10 s



图11 244 s 时的凝固场
Fig.11 Solidifying field at 244 s

在 1 级范围内 能够满足客户要求。

4 生产结果

按照上述生产工艺生产的铸件如图 13 所示, 轴孔处的金相组织如图 14 所示, 由图 14 可见, 石墨尺寸等级为 1 级, 球化等级为 6 级, 铁素体体积分数为 47.5%, 珠光体体积分数为 43.39%, 石墨的体积分数为 9.09%。铸件本体抗拉强度为 480 MPa、伸长率为 20%、屈服强度 320 MPa、硬度 180~190 HB, 满足客户要求, 现已批量生产。

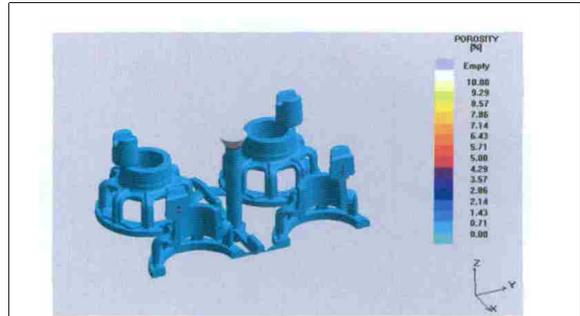
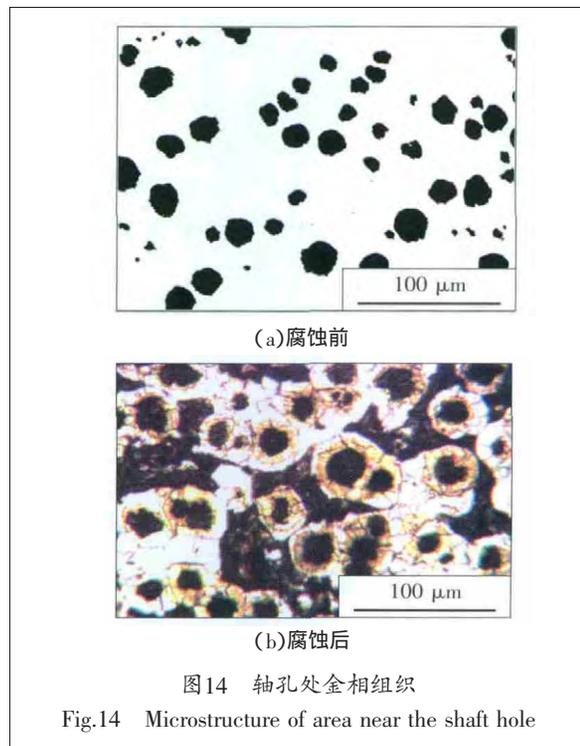


图12 缩松判据
Fig.12 Shrinkage porosity criterion



图13 实际生产的铸件
Fig.13 Casting practically produced



(a) 腐蚀前
(b) 腐蚀后
图14 轴孔处金相组织
Fig.14 Microstructure of area near the shaft hole

5 结束语

(1) 借助化学成分设计软件 JMatpro 方便地设计出合理的材料化学成分, 降低了过程试验风险,

第九届全国铸铁及熔炼学术会议征文通知

为新产品开发赢得宝贵时间。

(2)借助 MAGMA 数值模拟软件 找到了缩松出现的位置,并分析其产生原因,通过工艺的改进,控制了缩松缺陷,并使铸件的工艺出品率和合格率有所提高,满足了客户探伤等级不超过一级的要求。

参 考 文 献

- [1]李弘英 赵志成.铸造工艺设计[M].北京 机械工业出版社 2005.
- [2]Karsay S I.球墨铸铁的浇口和冒口[M].北京 清华大学出版社, 1983.
- [3]陈秀明,李明,彭飞飞,等.数值模拟在柴油机缸盖铸件上的应用[J].现代铸铁 2013 (01) 85-88.
- [4]沈华,包新益.大型柴油机缸体铸造过程模拟[J].现代铸铁, 2012, (03) 78-81.
- [5]周启明.防止球墨铸铁件缩孔、缩松方法的新进展[J].现代铸铁, 2012 (05) 79-84. 

(编辑:吕姗姗,E-mail:xdzt_lss@126.com;

审核:周 亘,E-mail:zhougen_embx@163.com)

第十届铸铁科学与加工国际研讨会(SPCI 10)

会议时间 2014 年 11 月 10~13 日

会议地点 阿根廷 MAR DEL PLATA 市(位于布宜诺斯艾利斯以南 400 km 大西洋海滨的阿根廷最著名度假胜地)Hotel COSTA GALANA (www.hotelcostagalana.com)

主办单位:阿根廷材料科学与技术研究所 (INTEMA)

主要内容:会议将研讨下述领域的近期发展:

(1)铸铁凝固和固态相变的基础研究 (2)熔炼、铸造、热处理和过程控制的新技术 (3)铸铁相变和加工的计算机模拟 (4)铸铁的新发展和应用 (5)铸铁的力学性能。

会议语言 英语

重要日程:

1 号通知 2013 年 4 月 19 日

2 号通知及注册告知 2013 年 9 月 15 日

摘要截止日 2013 年 11 月 15 日,限 300 字以内 格式见 www.intema.gob.ar/spci

录用通知 2013 年 12 月 15 日

全文提交(供科学委员会审阅) 2014 年 5 月 5 日前 格式见 www.intema.gob.ar/spci

全文最终稿提交 2014 年 9 月 11 日前

第九届全国铸铁及熔炼学术会议暨机床铸件技术研讨会拟于 2014 年举行,这是我国铸造学术界和企业界的又一次盛会。近年来我国铸件发展较快,但受到国内外经济波动影响,国家又不断出台淘汰落后产能政策和实施铸造行业准入条件,一些铸铁生产企业受到冲击,要求我们适应市场需求,改变产品结构,提高铸件质量,积极采用节能、降耗、减排的铸铁新材料、新工艺和新技术。会议将为广大的铸造工作者提供一个学术交流、相互学习、获取最新信息的机会和平台,欢迎大家踊跃投稿和参加会议。现将征文有关事项通知如下:

会议主办单位:中国机械工程学会铸造分会铸铁及熔炼技术委员会

会议时间 2014 年 7~8 月

会议地点 (待定)

会议主题 提高铸件质量及其稳定性,扩大铸铁应用范围
征文内容:

1. 铸铁材料方面 (1)球墨铸铁(低温铁素体球铁、硅强化球铁、大型球铁件、轨道交通用球铁件、风电球铁件、铸态球铁、薄壁球铁、精铸球铁件)的研究开发与应用 (2)等温淬火球铁(ADI、CADI)的研究开发与应用 (3)蠕墨铸铁件的研究开发与应用及最新进展 (4) 高强度薄壁灰铸铁件的研究开发与应用及最新进展 (5)特种性能铸铁件(抗磨、耐磨、耐热、耐蚀等)的研究开发与应用;

2. 铸铁生产技术的发展与进步方面(包括合金熔炼、大型长炉龄热风冲天炉熔炼、高炉短流程熔炼、除尘、环保、节能、降耗,铁液预处理、铁液净化,造型材料与砂处理,铸型工艺,热处理,设备,质量管理,铸件修复,表面激光处理,人工智能技术在铸铁中的应用等);

3. 铸件生产过程的质量控制技术;

4. 高强度、高弹性模量、低应力机床铸件的研究与生产应用及技术新进展。

征文要求:

1. 未在国内外刊物或论文集上发表过,全文原则上不超过 6 000 字(包括文字、图表);

2. 照片应附原件或采用扫描文件;

3. 论文用 Microsoft word 软件或文本方式编辑,以附件的形式通过电子邮件寄至指定的信箱;

4. 论文需说明:第一作者姓名、出生年月、民族、籍贯、毕业学校及专业、职称,目前从事的主要工作以及工作单位、通讯地址、邮编、电话、传真、电子信箱等。

5. 征文题目和摘要预报日期 2014 年 3 月 30 日

6. 征文截止日期 2014 年 5 月 15 日

论文发表:论文经专家评审录取后将编入论文集,部分作为大会宣读论文,其余为交流论文,由学会发给论文证书。优秀论文推荐在有关铸造刊物上发表。

联系单位及联系人:

张忠仇(13937158625)、吴现龙(13803716535)

通讯地址 (450052)郑州市嵩山南路 81 号

电话 0371-67983208

传真 0371-67991701

电子信箱 zhangzhongchou@126.com

wuxianlong2@sina.com 2014 / 1 现代铸铁