

# 球铁后桥壳的铸造工艺设计及数值模拟

陈文珂, 黄韦, 周运海

(合肥工业大学 材料科学与工程学院, 合肥 230009)

**摘要:** 首先对后桥壳进行初步的铸造工艺方案设计, 然后运用铸造数值模拟软件华铸 CAE 对其充型和凝固过程进行模拟, 预测可能产生的铸造缺陷及部位, 分析缺陷产生的主要原因, 从而改进工艺。经多次 CAE 模拟优化获得最优工艺, 可减少铸造缺陷, 保证铸件质量。

**关键词:** 后桥壳; 铸造工艺; 数值模拟; 缩孔

**DOI:** 10.3969/j.issn.1674-6457.2013.04.006

**中图分类号:** TG250.6

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-6457(2013)04-0023-04

## Casting Process Design and Method Optimization of Ductile Iron Rear Axle Housing

CHEN Wen-ke, HUANG Wei, ZHOU Yun-hai

(School of Material Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** The casting process of ductile iron rear axle housing was designed. The mould filling process and solidification process were simulated by numerical simulation software InteCAST to predict the possible casting defects, and the positions of defects, then analyse the causes of the defects, so that the process can be improved. Through repeatedly simulating the process of the casting, the casting defects were significantly reduced, the optimum process was gained, the quality of the casting was ensured.

**Key words:** rear axle housing; casting process; numerical simulation; shrinkage cavity

铸造过程数值模拟技术已进入工程实用化阶段, 通过数值模拟可以较准确地预测铸件可能出现缺陷的大小、部位和发生的时间, 从而在实际生产前进行工艺改进以保证铸件质量, 缩短试制时间, 降低生产成本<sup>[1-2]</sup>。

### 1 桥壳的原始铸造工艺方案

桥壳材质为 QT450-10, 质量为 42 kg, 外形较为规则, 结构基本对称, 但壁厚差较大, 最薄处为 8 mm, 最厚处可达 45 mm, 桥壳全长 1034 mm, 高 203.5 mm。左右两端为 2 个旋转半轴体, 上部为桥壳后盖, 后盖上有 1 个凸台, 下部是桥壳端盖。端盖

壁厚较厚, 在端盖上均匀分布着 10 个螺纹孔, 用于和变速器壳紧固连接, 可以进行后续机加工。

该铸件采用树脂砂造型, 由于尺寸较大, 采用一箱一件, 根据铸件的结构特点, 采用水平浇注, 从铸件的最大截面分型, 即桥壳左右两半轴的中间截面分型。零件横向尺寸较大, 采用对称性浇注系统, 两侧同时浇注, 以增快浇注速度, 在一定程度上减小球墨铸铁浇注时的氧化倾向。在铸件厚壁设置内浇道, 使铁水通过冒口从厚壁处注入, 提高补缩效果。桥壳铸造时的浇口冒口设计方案如图 1 所示。

采用具有良好挡渣效果的半封闭式浇注系统, 保证铁水平稳快速充型。为更好地减少金属液对型腔壁的冲击以及防止夹杂进入型腔, 在横浇道处设计搭

收稿日期: 2012-06-01

作者简介: 陈文珂(1988-), 女, 河南开封人, 硕士研究生, 主要研究方向为铸造工艺设计及铸造过程的 CAE 模拟。

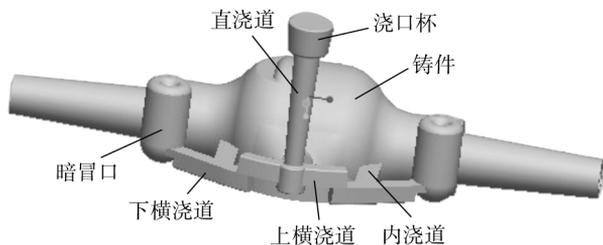


图1 桥壳的铸造工艺方案

Fig. 1 The casting process of axle housing

接<sup>[3]</sup>, 搭接尺寸为 12 mm。横浇道、直浇道、内浇道的截面积记为  $\sum S_{\text{横}}$ 、 $\sum S_{\text{真}}$ 、 $\sum S_{\text{内}}$ , 各组元的截面比取  $\sum S_{\text{横}} : \sum S_{\text{真}} : \sum S_{\text{内}} = 1.5 : 1.2 : 1$ , 由 Osann 公式计算阻流截面积, 根据公式(1)计算出  $\sum S_{\text{内}} = 7.5 \text{ cm}^2$ , 根据比例关系可以得到  $\sum S_{\text{横}} = 11.4 \text{ cm}^2$ 。在铸件两端对称的厚壁处设置 2 个暗冒口。

$$F = \frac{G}{0.31\mu t \sqrt{H_p}} \quad (1)$$

式中:  $G$  为流经阻流的金属总质量;  $t$  为充填型腔的时间;  $\mu$  为流量系数;  $H_p$  为充填型腔时的平均压力头。

## 2 充型及凝固过程数值模拟

### 2.1 铸件模拟的前置处理

利用三维造型软件对以上铸造工艺实体造型, 将他们转化成 STL 文件格式导入华铸 CAE 模拟软件中, 作为网格划分的基础, 划分网格数越多计算越精确, 但网格数太多会降低计算速度。铸件顶部壁厚较薄, 对温度场的计算要保证最薄处有 2 个或 2 个以上网格。考虑剖分单元的连通性和计算的效率与精度, 凝固计算采用尺寸为 3 mm 的均匀网格, 充型计算采用 5 mm 的均匀网格。

### 2.2 模拟结果及分析

后桥壳在此工艺方案的色温填充模拟结果如图 2 所示, 色温填充读取流动数据 FLD 和温度数据 TEM 两种文件, 以色温方式显示浇注过程中液流充型流动和温度变化, 表现了流动与换热的实时耦合效果<sup>[4]</sup>, 图 2 中左下角的温度色标显示温度的高低

(从高温到低温颜色逐渐加深), 图 2a 和 b 分别为浇注时间为 3.678 s 和 12.488 s 时的色温分布。由此模拟结果可以得到金属液充型到铸件不同位置所需要的大致时间和充型过程中的温度变化, 金属液从冒口和内浇道进入铸模型腔, 在底部平面两股液流交汇处铁液温度较低, 靠近浇道的地方比远离浇道的交汇处的温度高。原因是高温铁液流经温度较低的型腔时, 由于对流、传热的作用, 铁液温度有所降低。靠近浇道的交汇处由于铁液流径短以及受到浇道的烘烤作用温度相对较高。

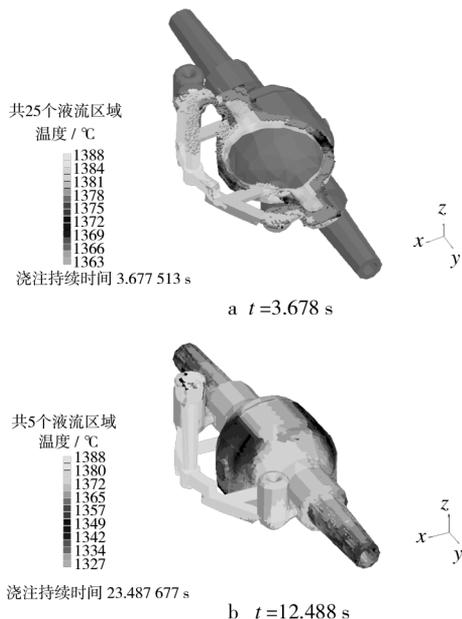


图2 铸件充型过程中的色温分布

Fig. 2 The color temperature diagram in filling process of casting

铸件的凝固次序和 Niyama 缩松分布如图 3 所示, 凝固次序图显示了铸件各单元在凝固过程中的凝固时间, 计时从浇注结束时时刻起计算。从图 3a 可以看出, 桥壳后盖顶部薄壁部分先凝固, 左侧凸台厚壁部分后凝固, 可能出现缩孔、气孔缺陷。下部端盖整个圆周壁厚较厚, 而且在端盖附近有凸台, 凝固较晚, 冒口补缩部位温度最高, 最后凝固。图 3b 显示了铸件的缩松分布, 在端盖厚壁部分存在一圈缩松, 冒口处存在缩松, 是由于冒口补缩不充分造成的。铸件上的缩松体积为  $26.86 \text{ cm}^3$ 。

铸件在凝固过程中的缩孔分布如图 4 所示, 图 4a 是凝固到 139.72 s 时铸件上的缩孔分布。可以看出后盖凸台部位开始产生缩孔, 体积为  $0.03 \text{ cm}^3$ , 端盖厚壁部分开始出现孤立液相区(箭头所指部

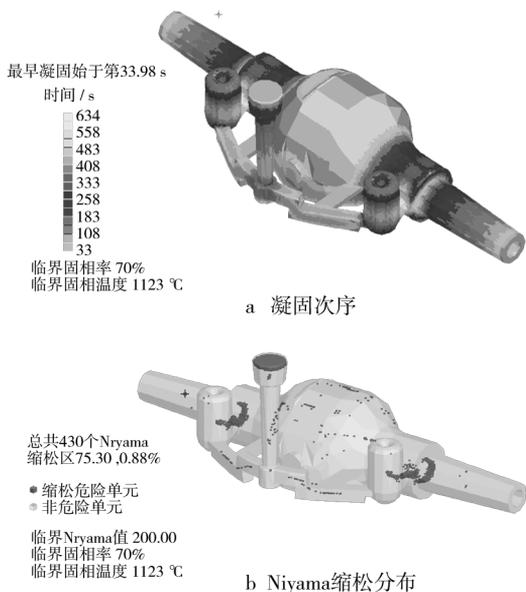


图3 铸件凝固次序及缩松分布

Fig. 3 The solidification sequence and shrinkage porosity distribution of the casting

位),如孤立液相区在后期的凝固过程中得不到补缩,可能出现缩孔。由图4b可以看出,铸件凝固结束时在端盖厚壁部位和后盖凸台部位都有缩孔(标圆圈出部位),缩孔总体积为0.05 cm<sup>3</sup>。

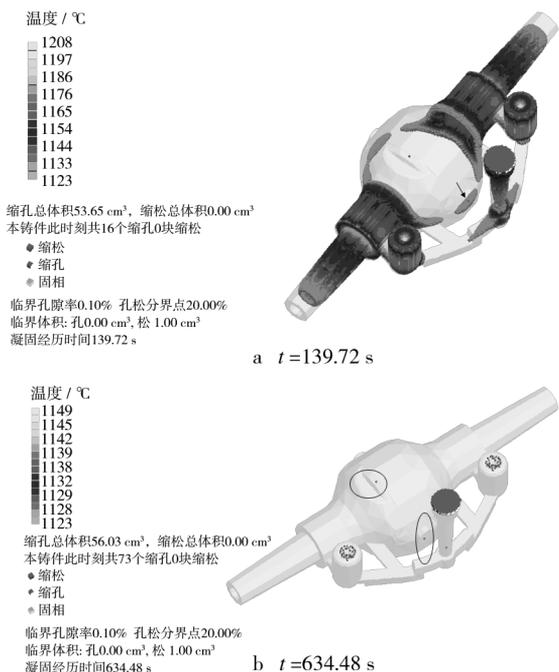


图4 铸件在凝固过程中的缩孔分布

Fig. 4 The shrinkage cavity distribution in solidification process of casting

### 3 工艺方案的优化及模拟

#### 3.1 桥壳的工艺改进方案

通过上述分析可知,克服缩孔、缩松的关键是避免厚壁处凝固时出现孤立液相区。端盖部位的工艺改进方案是:利用顺序凝固原理,在原始铸造工艺的基础上,在铸件下部端盖厚壁处增加2块冷铁,冷铁的材料选用与铸件材质相同的球铁,从而加快厚壁部位的冷却速度<sup>[5]</sup>,使此处由以前的后凝固转向与其相连部位同时凝固,使同时凝固和顺序凝固相结合。由于后盖顶部处于铸件的最高处,灼热的金属液较长时间烘烤顶部型壁,因此型、砂芯产生的气体侵入金属液。又由于铸件顶部较薄,凝固较快,侵入的气体不能及时排除,因此在铸件顶部安放出气孔、出气片,消除缩孔、气孔。改进后的工艺方案如图5所示。

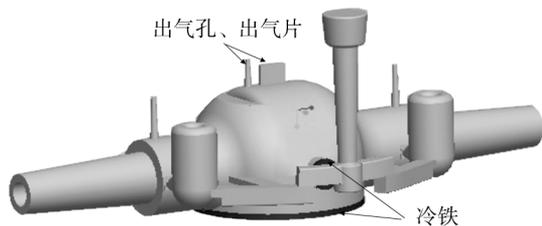


图5 改进后的工艺方案

Fig. 5 The improved casting process

#### 3.2 改进工艺方案的模拟

铸件改进工艺方案下的固液相分布如图6所示。当铸件凝固到80.778 s时,只有1个液相区,铸件各部分连通良好,端盖部位没有出现如图4a中的孤立液相区。由于冷铁的激冷作用,铸件从端盖厚壁处向两边凝固,冒口部位最后凝固,充分发挥了冒口的补缩作用。当铸件凝固到139.313 s时,端盖部位完全凝固,与原始工艺方案相比凝固时间较早,不存在孤立液相区,减少了缩孔、缩松缺陷。

改进工艺方案下的缩孔、缩松分布如图7所示,由图7a可以看出,凝固结束后铸件中没有出现缩孔缺陷,缩孔全部集中在浇冒口系统中,铸件的质量得到了保证。图7b中的缩松缺陷明显减少,端盖厚壁处存在的缩松缺陷得到减轻,缩松总体积由原来的26.86 cm<sup>3</sup>减小到20.30 cm<sup>3</sup>。

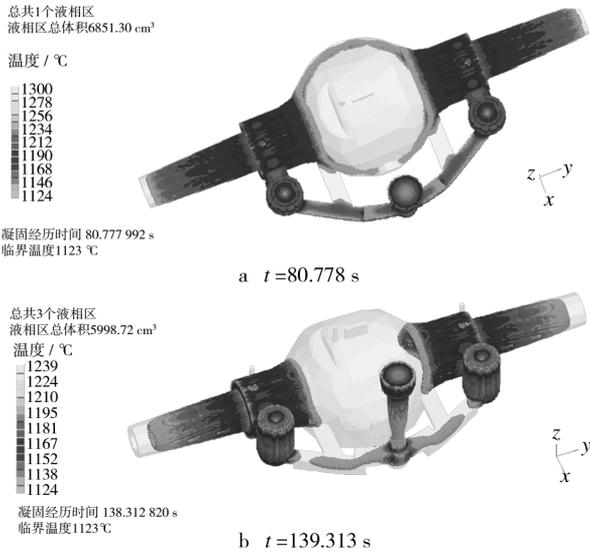


图6 铸件改进工艺方案下的固液相分布

Fig.6 The liquid phase distribution of the improved casting process

## 4 结语

利用华铸 CAE 软件模拟球铁后桥壳的充型及凝固过程,可以预测铸件中产生缩孔、缩松缺陷的危险区域。通过工艺改进,能有效地消除缩孔、缩松缺陷,为铸造工艺设计者提供有效的参考依据。

### 参考文献:

[1] 柳百成. 铸件凝固过程的宏观及微观模拟仿真研究进

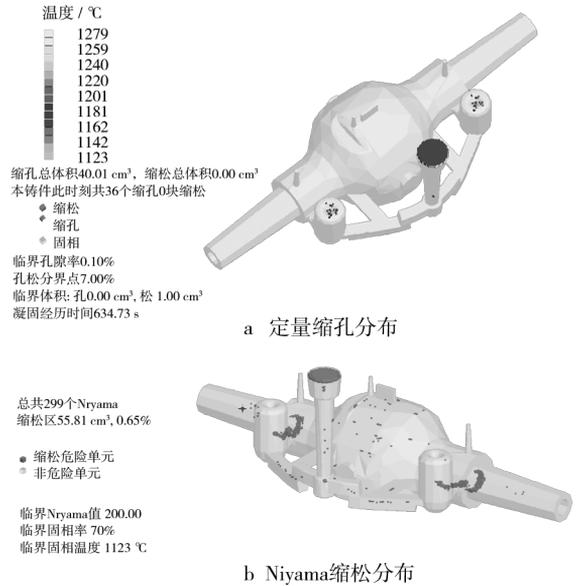


图7 铸件改进工艺方案下的缩孔、缩松分布

Fig.7 The shrinkage cavity and shrinkage porosity distribution of the improved process

展[J]. 中国工程科学,2000,2(9):29-37.

- [2] 熊守美,许庆彦,康进武. 铸造过程模拟仿真技术[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [3] 王文清,李魁盛. 铸造工艺学[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [4] 陈立亮,刘瑞祥. 华铸 CAE/InteCAST 集成系统使用手册[M]. 武汉:华中科技大学华铸软件中心,2006.
- [5] 钱怡君. CAE 技术在改善球墨铸铁轮毂缩孔中的应用[J]. 铸造技术,2011,32(11):1505-1508.

(上接第22页)

### 参考文献:

- [1] 陈强. 合金加工流变学及其应用[M]. 北京:冶金工业出版社,2012.
- [2] 王开,刘昌明,翟彦博. AZ91D 镁合金触变铸造件热处理前后的组织与性能[J]. 特种铸造及有色合金,2008,28(1):28-30.
- [3] 马颖,潘振峰,张洪锋,等. 热处理对 AZ91D 镁合金组织及力学性能的影响[J]. 兰州理工大学学报,2009,35(5):9-12.
- [4] 时惠英,陈梓山,张菊梅,等. 时效处理 AZ61 铸态镁合金中孪晶的形成机理[J]. 特种铸造及有色合金,2009,29(9):867-870.

- [5] 许娟,李鹏飞,郭锋. 热处理对 AZ91D 镁合金相结构的影响[J]. 材料热处理学报,2011,32(4):30-33.
- [6] SONG Guang-ling, XU Zhen-qing. Effect of Microstructure Evolution on Corrosion of Different Crystal Surfaces of AZ31 Mg Alloy in a Chloride Containing Solution[J]. Corrosion Science,2012,54:97-105.
- [7] WANG Y, XIA M, FAN Z, et al. The Effect of Al8Mn5 Intermetallic Particles on Grain Size of As-cast Mg-Al-Zn AZ91D Alloy[J]. Intermetallics,2010,18:1683-1689.
- [8] 田学锋,樊自田,黄乃瑜. 热处理对消失模铸造 AZ91-0.6MM-0.5Cd 合金组织及力学性能的影响[J]. 铸造,2008,57(3):226-229.