

台车凝固过程的数值模拟和工艺优化

朱育兵,张希俊

(昆明理工大学机电工程学院,云南昆明 650093)

摘要: 针对具体台车铸件进行了凝固过程温度场的数值模拟.简述了计算过程的原理方法,根据模拟结果,对原铸件的生产工艺进行了优化,并按优化后的工艺过程组织实际生产,获得了较为满意的结果.

关键词: 铸件;凝固模拟;工艺优化

中图分类号: TG245 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2003)01-0061-03

Solidification Simulation and Technological Optimum of Dolly Casting

ZHU Yu-bing, ZHANG Xi-jun

(Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: The paper is concerned with the solidification simulation of a certain dolly casting's temperature field. The principles of calculation are given in brief. According to the simulation results, the old casting technology is optimized and used for real manufacture to reach satisfactory quality.

Key words: casting; solidification simulation; technological optimum

0 引言

在铸造生产中,小件由于生产成本低、周期短、工艺简单,一般可以通过实验来确定较佳的工艺方案,从而能够节约大量的试生产费用.而对于大型铸件来讲,由于工艺复杂,试生产周期长,做实验会耗费大量的人力和物力,给工厂造成很大的负担,故在实际生产中,一般靠经验来确定生产工艺,难以获得理想的工艺方案.在计算机技术飞速发展的今天,利用计算机来模拟铸件的凝固过程,可以进行铸件凝固温度场和凝固过程的分析和对比,比传统的实物剖切、多点测温方法更为精确、更为全面^[1].它可以分析铸件中可能出现的缺陷的原因,进而采取相应工艺措施,最大限度地降低缺陷产生的可能性.据国外统计,凝固模拟可以提高材料利用率25%,降低成产成本30%,缩短试制周期40%^[2],极大地提高产品在市场的竞争力.

1 问题的提出

模拟对象是某厂生产的烧结矿石的支承台车(见图1),铸件净重1330 kg.因工作条件恶劣,在承受重载的同时又要承受高温,故而对质量要求较高.特别是对两端面,由于要在端面上开槽加装栏板,而且栏板与车体结合处需要满足密封性要求,因此,此处不允许出现缩孔和缩松.由于台车端面局部厚薄差异较大,补缩困难,原工艺条件下,栏板槽与支承筋之间出现大量的缩孔,严重影响了产品的质量,几乎90%的铸件均需要焊补,平均每辆台车进行焊补时需消耗2 kg纯镍焊条,价值大约三百多元,费工费时,部分台车由于缺陷严重无法焊补而报废,使产品成本升高.该厂虽然在生产中几次调整工艺,但却一直未能获得满意的工艺方案,缩孔问题一直得不到妥善的解决.我们运用计算机,对此铸件的凝固过程进行了模拟,以求优化工艺方案,解决大量出现缩孔的问题.

收稿日期:2002-05-28.

第一作者简介:朱育兵(1978~),男,研究生;主要研究方向:金属凝固过程数值模拟.

2 模拟过程

凝固模拟的过程如下:

(1) 预处理:选用 AUTOCAD 作为工作平台,进行三维实体造型;

(2) 单元剖分:将铸件实体剖分为 10mm × 10mm × 10 mm 的单元格,以便进行传热计算;

(3) 材料热物性参数准备:根据手册和相关计算公式^[3]确定计算中需要的各种热物性参数,包括金属、铸型、冷铁等材料的热物性数据及其不同材料之间的热交换系数.计算中使用的材料热物性参数见表 1;

(4) 计算过程:用 FDM 法对铸件三维传热过程进行计算.铸件凝固过程中的温度传导是一个非稳态的过程.要描述这个导热过程,需要借助于傅立叶导热微分方程,考虑凝固潜热情况下,该方程形式如下^[3]:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \rho L \frac{\partial g_s}{\partial t}$$

式中: ρ 为材料密度, c_p 为比热, k 为材料导热系数, T 为温度, t 为时间, x, y, z 分别为直角坐标, L 为凝固潜热, g_s 为体积固相率.

上面的方程差分化后并加上足够的单值条件联合求解,就能计算出确定的物体在某种工艺条件下的温度场.

表 1 计算中用到的材料热物性参数

材料	导热系数 /J·cm ⁻¹ ·K ⁻¹ ·s ⁻¹	比热 /J·g ⁻¹ ·K ⁻¹	密度 /g·cm ⁻³	潜热 /J·g ⁻¹	液相线 /°C	固相线 /°C
铸件 耐热球铁	0.3349	1.0465	7.00	209.30	1242.00	1153.00
砂型 粘土干型砂	1.0456 × 10 ⁻²	1.0758	1.43	0.00	—	—
空气	4.186 × 10 ⁻⁴	1.0884	1.5 × 10 ⁻³	—	—	—
浇注温度	1420°C	环境温度	20°C	收缩系数	0.030	

(5) 后处理:将计算数据转化为直观的三维图形显示出来,可观察不同时刻铸件的温度场和凝固结束后铸件中的缩孔等缺陷,并修正工艺.若不满意,修改工艺后,再进行计算,直到满意为止.

3 具体铸件的模拟

根据以上步骤,我们对该铸件的原工艺方案和修改后的多种不同工艺方案进行了模拟,对原工艺方案模拟的结果和原生产情况相吻合,即在端面平板与支承筋的结合处有大量的缩孔产生.修改后的工艺方案模拟结果见表 2.

表 2 不同工艺方案的模拟结果

编号	修改措施	结果
1	去掉 4 #、5 # 冷铁,冒口外移	平板和筋板上的缩孔没有了,但却在支承筋与端壁交点处出现了缩孔.
2	去掉 5 # 冷铁,冒口外移	在远离冒口的筋板上方出现了缩孔,不过,缩孔很小,不影响使用.
3	4 # 冷铁高度减小四分之一	平板上仍然有大量的缩孔
4	5 # 冷铁竖放	平板和平板下方的壁上有缩孔
5	在平板下放置冷铁,激冷平板	由于冷铁隔断了冒口对筋板等处的补缩作用,导致平板下方的车壁上有分散的缩孔
6	在平板与支承筋结合处的平板上放置两个冒口	平板上不再有缩孔,但在筋板上出现大量分散的缩孔,严重削弱了车体与车轮轴结合处的强度
7	无冒口工艺	多处出现缩孔

根据计算结果,优选出了效果较好的以下两个方案,提供工厂技术人员进一步讨论:

方案 1:去掉 4 #、5 # 冷铁,同时将冒口移动到支承筋的尽头.去掉 4 #、5 # 冷铁的目的是使冒口对平板及其以下的筋板的补缩通道保持畅通,而将冒口移到端头则是为了减小补缩通道的长度.改善补缩条件.模拟结果见图 2.可见,平板和筋板上的缩孔没有了,但却在支承筋与端壁交接处出现了缩孔,降低了强度.

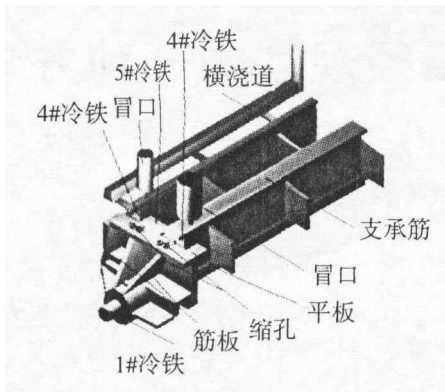


图1 四分之一铸件模型

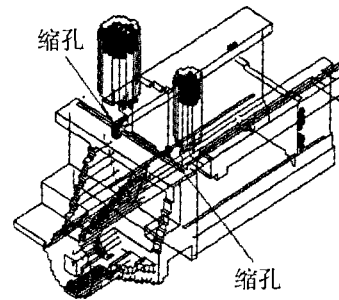


图2 方案1的模拟结果

方案2:只去除5#冷铁而保留4#冷铁,来消除交接处的缩孔,为了不切断补缩通道,将冷铁尽量下靠.计算结果如图3所示,缩孔位置移动到远离交接处的平板上,不过,缩孔很小,且避开了铸件加工和使用的重要部位,不影响使用效果.该方案得到了工厂技术人员的一致认同,并按该方案组织生产,经加工验证,其效果和模拟结果基本一致.

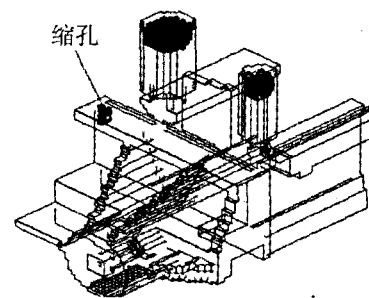


图3 方案2的模拟结果

4 结论

(1) 通过计算机凝固模拟,可以对铸造工艺的多种不同方案进行对比,找出产生铸造缺陷的原因,通过分析并进行工艺优化;

(2) 凝固过程的计算机数值模拟,能比较真实地模拟铸件的凝固过程.缩短了铸造工艺的设计过程,降低了试生产的费用,并能获得较为优化的可行工艺方案;

(3) 针对台车铸件的模拟结果获得的优化工艺方案,基本解决了工厂按原工艺生产时存在的问题.改进工艺后,每辆台车可节约材料费300多元和大量的工时开销.

参考文献:

- [1] 伏广瑞,等.利用凝固模拟辅助铸造工艺设计[J].铸造,1999(2):22~25.
- [2] 柳百成,等.铸造工程的模拟仿真与质量控制[M].北京:机械工业出版社,2001.7.
- [3] 杨全,等.金属凝固与铸造过程数值模拟[M].杭州:浙江大学出版社,1996.39.

(上接第60页)

5 结束语

本系统所采用的锅炉效率测算方法适合在线应用.锅炉效率在线监测系统能迅速反映锅炉燃烧调整的情况,对评价锅炉运行的经济性和指导运行人员操作具有重要意义.

参考文献:

- [1] 师建斌,严道一.锅炉燃烧优化指导系统在发电厂的应用[J].中国电力,1997,30(7):31~35.
- [2] 李雪亮,武国栋等.电站锅炉燃烧分析专家系统[J].中国电力,1997,30(3):29~32.
- [3] 谢文国.工业锅炉热工实验[M].大连:大连工学院出版社,1987.58~69.
- [4] 李舰.Windows2000环境下C++ builder编程工具硬件端口的读写实现与实例[J].电脑编程与维护,2000,(2):26~28.