DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.11.015

HXD3D 机车下盖板铸造工艺研究及改进

张文磊,徐盛春,焦金明
(中车大同电力机车有限公司 工艺开发部,山西 大同 037038)

摘　要:为实现 HXD3D 机车铸钢下盖板结构工艺性最优,降低废品率的目标,采用 CATIA 三维建模软件对下盖板铸造实体建模,并利用 Procast 铸造模拟软件对其凝固过程进行仿真。结果表明,在下盖板壁厚较大处会产生缩松和缩孔缺陷。根据数值模拟结果对铸造工艺进行改进,采用改进后工艺试生产了 32 件铸件,废品率为 6%。新工艺最大程度消除了铸造缺陷,大大降低了废品率。

关键词:下盖板;数值模拟;铸造工艺;Procast

中图分类号:TG269　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)11-1194-04

Research and Improvement on the Technology of Locomotive Undercover Plate of HXD3D

ZHANG Wenlei, XU Shengchun, JIAO Jinming
(Department of Technology Development, CRRC DATONG Co., Ltd., Datong 037038, China)

Abstract: In order to realize the optimal process of HXD3D locomotive cast steel lower cover structure and reduce the scrap rate, the CATIA three-dimensional modeling software was used to model the casting body of the lower cover, and the solidification process was simulated by Procast casting simulation software. The results show that shrinkage cavity and shrinkage porosity defects will be produced in the lower cover wall. According to the result of numerical simulation, 32 pieces of castings are produced, and the rejection rate is only 6%. The new process eliminate the casting defects to the greatest extent and greatly reduce the rejection rate.

Key words: the lower cover board; numerical simulation; casting process; Procast

下盖板是铁路 HXD3D 机车转向架中关键的铸钢件之一,其铸件质量对转向架的运行品质和行车安全起着重要作用[1]。大同中车益达铸造有限公司采用传统的试错法[2]设计铸造工艺,在生产中出现严重的缺陷问题,如图 1 造成很高的废品率(50%~60%),本文采用 Procast 铸造模拟软件,对下盖板进行流场,速度场和温度场的计算,分析铸件的凝固过程[3-6]。依据模拟结果提出改进措施,优化铸件工艺。采用改进后工艺生产,废品率降低到 6%,有效保证了下盖板铸件的产品质量。

1　下盖板的结构特点和铸造工艺方法

下盖板零件的三维实体见图 2,材质为 ZG230-450,最大轮廓尺寸为 607.5 mm 。根据结构特点对铸件进行工艺性分析,该铸件为壁厚不太均匀的小型铸件,平板与凸台相交处形成热节,根据车间现有生产条件,选择机械造型平作平浇的工艺方案,采用两箱造型,一箱 4 件,砂型选择 CO_2 硬化水玻璃砂,选用中频炉熔炼钢液,3T 底注式钢包浇注。

2　下盖板实体建模及模拟分析

2.1　实体建模及网格划分

应用 CATIA 软件对下盖板进行实体建模,铸造工艺实体模型如图 2,铸件及浇冒口系统采用相同的网格尺寸,网格尺寸取 5 mm×5 mm×5 mm,最终铸件划分网格总数为 4 320 140,其中本体网格数 159 732,合金总网格数为 354 558。

2.2　模拟参数的选择

在模拟过程中,热物理参数的选择合理与否,对模拟计算的准确性有着决定性影响。模拟时,采用 Procast 模拟软件数据库中 ZG230-450 钢种,该钢种液相线温度、固相线温度、热辐射系数、液相收缩率,各种物性参数齐全,有效保证了模拟的精度。浇注工艺参数:浇注温度设为 1 580 ℃,铸型初始温度 20 ℃,下盖板浇注时间 30 s。

收稿日期:2017-03-07
作者简介:张文磊(1988-),安徽阜阳人,硕士,工程师.主要从事铸造材料及工艺方面的工作.电话:15364818379,E-mail:ahlqzwl2008@163.com

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

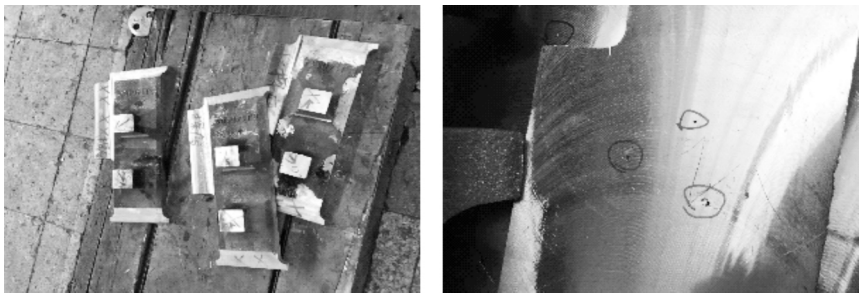
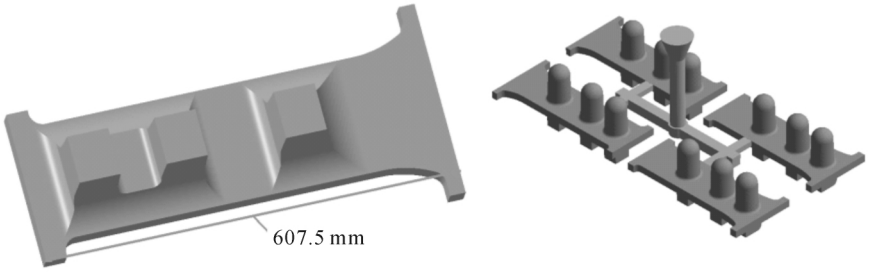


图 1　铸件缺陷照片

Fig.1　Defecting casting



(a)三维实体　　(b)铸造工艺实体

图 2　下盖板三维图及铸造工艺实体模型

Fig.2　3D model and casting process of the lower cover board

2.3　下盖板铸造模拟计算结果

2.3.1　流动过程计算结果

流动过程温度场反映金属液在铸造型腔中流动时的温度变化过程，根据流动过程温度场可以发现铸件充型过程中可能产生的缺陷[7]。从计算结果可以看出，由于下盖板浇注时间较短，因此在浇注过程中并未发生较大的温度变化，充型过程中总体温度保持在 1 570 ℃左右。但是，由图 3(b、c)看出，当浇注时间到达 6.80 s 时，液态金属前沿温度有着明显的降低，当时间达到 7.13 s 时，金属液前沿温度已降低至 1 530 ℃左右。因此，由于液态金属前沿温度降低较快，金属液的粘度将增大，卷进的气体及渣滓不易排出，在充型结束凝固过程中容易形成气孔夹杂缺陷。在实际生产中，对下盖板两端做 X 射线探伤，发现大量下盖板铸件两端内部存在气孔及夹杂类缺陷，与该模拟结果相符。因此，根据流动过程温度场模拟结果，可以对铸造工艺进行改进，避免下盖板两端液体金属温度降低较快而产生气孔及夹杂类缺陷。

2.3.2　凝固过程模拟计算结果

凝固过程的温度场反映凝固过程中铸件各部位的温度变化，据此可以发现铸件凝固过程可能形成的铸造缺陷[8,9]。从凝固过程温度场计算结果可以看出，由于下盖板整体结构较为简单，存在的热节部位较少。由图 4(a、b)凝固过程温度场可以看出，当铸件开始凝固到 310.11 s 之前，液态金属基本能够实

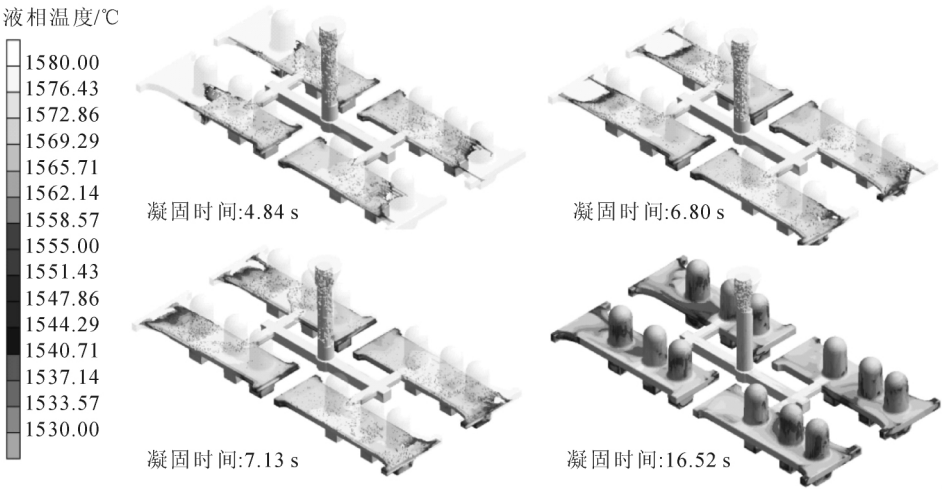
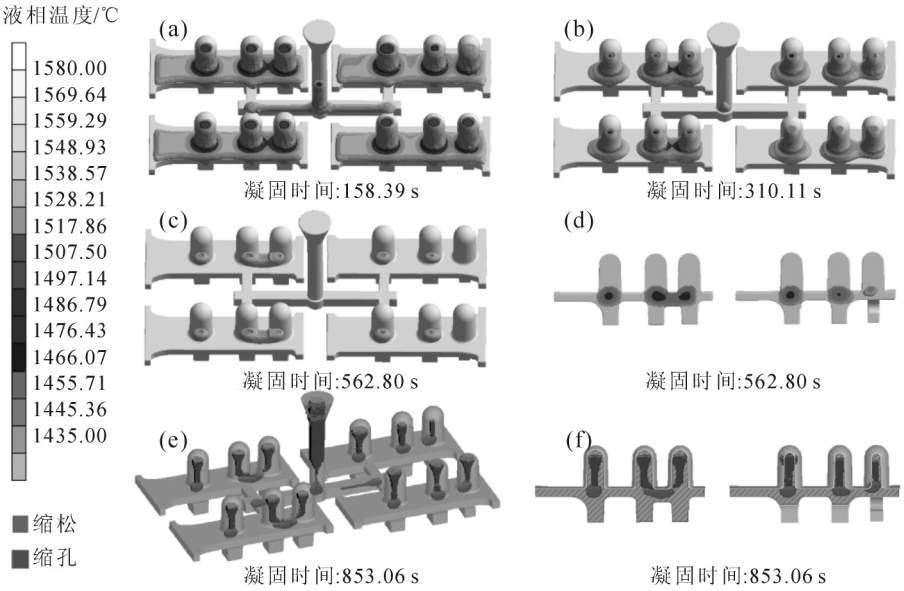


图 3　充型过程不同时刻温度场分布

Fig.3　Distribution of temperature field at different times during filling process

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



(a-d)凝固过程温度场;(e、f)缩孔缩松分布

图 4 凝固过程温度场及缩孔缩松分布

Fig.4 Distribution of temperature field and shrinkage during the solidification process

现由下至上，由型壁到铸件内部的顺序凝固过程，首先凝固的部位能够得到上部为凝固金属液的有效补缩，有效地避免该阶段凝固过程中出现缩孔缩松类缺陷；由图 4(c、d)看出，当液态金属凝固接近结束时，最后凝固部位却发生在冒口根部的铸件本体内，而且左边下盖板接近内浇道的两个冒口根部由于内浇道附近温度较高，散热较慢，在凝固结束时产生较大的孤立液相，孤立液相在最终凝固时发生凝固收缩，而得不到金属液的补缩，最终在下盖板大平面部位产生缩孔缩松类缺陷。由图 4(e、f)可以看出，铸件完全凝固后，在冒口根部铸件内存在严重的缩松，缩孔缺陷。在实际生产中，下盖板铸件在对大平面加工时发现，大量下盖板在冒口根部存在严重的缩孔及缩松缺陷，与该模拟过程相符。根据模拟计算结果可以对铸造工艺进行改进，由于下盖板大平面为重要加工面，为了避免在该部位产生缺陷，可将浇注位置颠倒，使大平面朝下放置。

3 工艺方案的优化及模拟

3.1 工艺方案的优化

优化方案针对原始工艺中存在的不足，对其进行改进，首先是改进浇注位置，为避免下盖板大平面处产生缺陷，将大平面朝下放置进行浇注，其次改变冒口尺寸，实现液态金属液由铸件到冒口的顺序凝固，使铸件在凝固收缩中得到金属液的有效补缩。优化工艺后铸件三维图如图 5。

3.2 工艺优化后的模拟计算结果

使用改进后的工艺进行模拟，模拟计算结果如图 6 所示。由图 6(a、b)看出，液态金属在大平面两端较早充型，金属液内部气体及夹杂能够顺利的上浮，避免了下盖板两端出现密集型气孔及夹杂类缺陷。由图 6(c、d)看出，铸件实现了由下至上的顺序凝固，最终凝固位置处在冒口内部，冒口补缩效果较好，缩松与缩孔集中在冒口内部，避免了铸件内部产生缺陷。

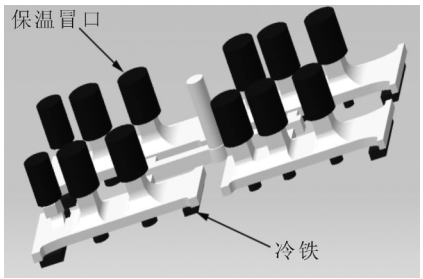


图 5 优化工艺后铸件三维图

Fig.5 3D model of the optimized casting process

3.3 实验验证

通过模拟结果对结构和工艺设计进行改进后，进行下盖板的试验验证工作。采用改进后工艺试生产了 32 件下盖板，铸件表面光洁，未发现肉眼可见的缩孔和夹杂等铸造缺陷，凸台进行超声波探伤未发现缺陷，对下盖板两端进行 X 射线探伤仅有一件存在轻微气孔缺陷。

4 结论

(1)使用铸造模拟软件对初始工艺进行了优化，重新确定浇注位置，使下盖板大平面朝下放置，改变冒口位置及尺寸，从而实现了铸件的顺序凝固，使下

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

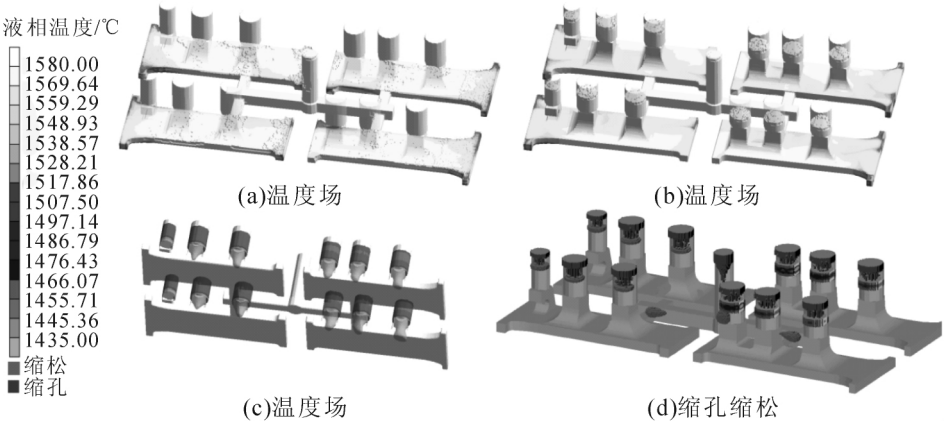


图 6 优化工艺后模拟结果

Fig.6 he simulation results of the optimized casting process

盖板的废品率由 50%~60%降低至 6%，大大降低了生产成本。

（2）实践表明，铸造模拟软件在预测铸件缩孔缩松缺陷的倾向、改进和优化工艺，提高产品质量，降低废品率、减少浇冒口消耗，缩短产品试制周期，降低生产成本、减少工艺设计对经验对人员的依赖，保持工艺设计水平稳定等诸多方面都有明显的效果。

参考文献：

[1] TB/T 2942-1999 铁道用铸钢件采购与验收技术条件[S].

[2] 郑喜平，米国发，南红艳，等. 铸钢受力端盖的铸造工艺模拟及改进[J]. 金属铸锻焊技术，2011，40(7):60-62.

[3] Xiong Shoumei, Liu Baicheng. Study on numerical simulationof solidification process of shaped casting [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering,1999,(1):4-10.

[4] 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.

[5] 周建新，刘瑞祥，陈立亮，等. 华铸 CAE 软件在特种铸造中的应用[J].铸造技术，2003，24(3)：174- 175.

[6] 周丹晨，蒋玉明，杨屹. 国外铸件充型凝固过程数值模拟软件介绍[J]. 热加工工艺，2001，39(5)：45- 62.

[7] 荆涛. 凝固过程数值模拟 [M]. 北京： 电子工业出版社，2002：66-67.

[8] 赵鑫， 温泽峰， 金学松. 铸件凝固过程中温度场的数值模拟[J]. 西南交通大学学报. 2006，41(1)：15-19.

[9] 郭庆. 铸件凝固过程的温度场模拟及缩孔、变形和热裂缺陷预测[D]. 天津：河北工业大学，2002.

RX 榕霞®

福建省榕霞石英砂有限责任公司
漳浦县榕霞矿业开发有限公司

公司简介
Company

我公司创办于1976年，是国内较早从事石英砂系列产品生产、销售一体化经营的综合性企业。公司拥有丰富的优质石英砂矿产资源，矿区面积1000多亩，年开采量可达40万吨。公司生产的石英砂产品具有SiO2含量高，含泥量低、角形系数小等特点，是高品位的天然石英砂。

“榕霞”天然石英砂系列产品现广泛应用于国内铸造行业、机械制造行业、全国各水处理行业及玻璃制造、钢铁冶金行业等，质量达到国际先进水平。公司已通过ISO9001、ISO14001管理体系认证，先进的生产工艺及完善的品质保障体系确保了产品质量的长期稳定，专业的销售团队为客户提供优质完善的售后服务。

产品主要理化性能

Sio2 > 98%	角形系数 < 1.3
灼烧减量 < 0.5%	含泥量 < 0.3%
含水量(干砂) < 0.2%	耐温 > 1700℃

地址:福建省晋江市金井　电话:0595-85332410 85332410　传真:0595-85331410　www.rxsgy.com　E-mail:rxsgy@163.com

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net