DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.09.019

铁型覆砂铸造电梯球铁制动轮的生产应用

潘东杰,朱　国,夏小江,汤　瑶
(浙江省机电设计研究院有限公司,浙江 杭州 310051)

摘　要:根据电梯制动轮的结构特征及技术要求,结合铁型覆砂铸造工艺特点,确定了制动轮的铁型覆砂铸造工艺方案,并通过凝固模拟软件对工艺方案进行了优化,最终实现了铸件的批量生产。生产实践表明,该铸件的铁型覆砂铸造工艺方案可行,铸件质量稳定,具有显著的经济效益和竞争优势。

关键词:铁型覆砂铸造;电梯制动轮;铸态;计算机凝固模拟

中图分类号:TG255　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)09-0961-04

Production and Application of Iron Mould Sand-coated Casting in Ductile Iron Brake Wheel of Elevator

PAN Dongjie, ZHU Guo, XIA Xiaojiang, TANG Yao
(Zhejiang Institute of Mechanical & Electrical Engineering Co., Ltd., Hangzhou 310051, China)

Abstract: According to the structural characteristics and technical requirements of elevator brake wheel and the characteristics of iron mold sand-coating casting process, the casting process plan of iron mold sand coating for brake wheel was determined and optimized by solidification simulation software, so as to realize the mass production of casting. The production practice shows that the casting technology is feasible, the casting quality is stable, and it has significant economic benefits and competitive advantages.

Key words: iron mould sand-coated casting; elevator brake wheel; cast condition; computer solidification simulation

制动器是电梯的安全部件,它能使电梯的电动机在没有电源供应的情况下停止转动,并使轿厢有效地制停,电梯能否安全运行与制动器的工作状况密切相关;制动轮是制动器的重要部件,其质量和性能直接影响着电梯运行的安全性和可靠性。制动轮铸件目前大部分采用的是湿型砂或者自硬树脂砂生产工艺,生产中为保证铸件无缩松、缩孔缺陷,在铸件热节处需放置大量的冷铁,存在着劳动强度大生产效率低 、质量不稳定、综合废品率高等不足,导致铸件的生产成本高,综合效益低[1]。随着电梯行业产品技术的不断提升, 对铸件的轻量化的要求、外观的要求、尺寸精度的要求提高,使传统的铸造方法越来越难以满足需求,迫切期待在铸造工艺上有新的突破。

铁型覆砂铸造工艺是一项节能节材、能显著提高铸件质量的铸造新工艺, 是国家重点新技术推广项目,在球铁铸件的生产上优势特别明显,近年来已得到较为广泛的应用[2,3] 。将铁型覆砂铸造技术应用于电梯制动轮铸件的生产, 可充分利用铁型覆砂铸造的工艺优势,弥补砂型铸造的不足,对于提高铸件质量、降低生产成本具有十分重要的作用 。

1　铁型覆砂铸造工艺设计

1.1　铸件的技术要求

德国蒂森克虏伯电梯制动轮铸件三维造型如图1。铸件轮廓最大尺寸 ϕ697 mm,高度为 163.5 mm,外圈壁厚为 34 mm,内圈壁厚为 30 mm,两者相连的大圆平面壁厚为 20 mm, 整个铸件的结构基本为均匀壁厚铸件, 但局部有热节存在。铸件的材质为QT450-10;铸件重约为 145.6 kg,铸件力学性能的试棒需经本体指定位置取样,抗拉强度:σ_b≥450 MPa,伸

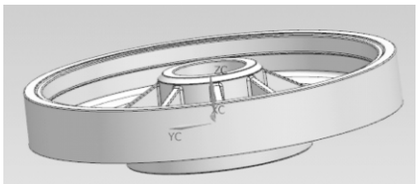


图 1 蒂森克虏伯制动轮铸件三维图
Fig.1 3D drawing of thyssenkrupp brake wheel casting

收稿日期:2019-07-15
基金项目:浙江省重点研发计划项目(2019C01026):高耗能行业节能技术研究及应用示范——电梯配件高效节能铸造生产技术及应用
作者简介:潘东杰(1959-),浙江杭州人,教授级高工. 主要从事铁型覆砂铸造技术的研发和创新方面的工作.
电话:13805799469,E-mail:castpan@zjimee.com.cn

长率:$\delta \geqslant 10\%$,硬度为:160~210 HBW,渗碳体≤3%,不允许存在网状渗碳体,铸件表面光整,不允许有裂纹、气孔、孔砂、缩孔、夹砂等缺陷。

1.2 铁型覆砂铸造

铁型覆砂铸造是在粗成形的金属型(俗称铁型)内腔覆上一薄层型砂而形成铸型,通过对铁型的型重、壁厚与覆砂层厚度的合理控制,使铸件的充型、凝固和冷却过程在一个比较理想的条件下完成,并可利用铁液凝固过程中的石墨化膨胀来抵消铁液冷却凝固产生的收缩,最大限度地消除产生铸造缺陷的因素,从而可大大提高铸件的品质,废品率大大降低[3];且铸件的金相组织结构稳定、一致性好。另外,铁型覆砂铸造采用覆膜砂压缩空气射砂造型,覆砂层致密紧实,生产的铸件尺寸精度高,表面质量好。

1.3 铁型覆砂铸造工艺设计

电梯制动轮铸件结构如图 1 所示,根据其形状特点,为方便铸件在生产过程中起模,同时使铸件铸型可直接上、下分型起模并保证铸件的精度,该铸件的分型面选择在铸件最大平面处,水平分型如图 2 所示。

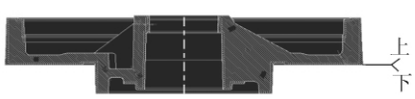


图 2 制动轮分型面的选择
Fig.2 Selection of brake wheel parting surface

制动轮的铁型覆砂铸造工艺设计方案为一模一件,水平分型,水平浇注。铸件凝固冷却方式采用均衡凝固的原则。为保证铁液的平稳浇注、以及经济性的原则,其浇注系统设计采取从铸件中心内圆部位进铁液,在铸件内圆壁分型面上开设 2 个内浇口,两个内浇口位置呈一定角度布置,便于铸件凝固后,浇注系统的去除。浇注系统中,直浇道直接与两个内浇口相连,其工艺布置如图 3 所示,浇注系统各组元的断面比为:$F_{直}$:$F_{内}$=8:1。浇注系统结构紧凑,铸件工艺出品率>90%,但相对而言,为提高浇注系统的挡渣能力,防止铁液中的夹杂物在浇注过程中进入铸型,在浇口处设置铁液过滤装置。



图 3 电梯制动轮工艺布置图
Fig.3 Elevator brake wheel process layout

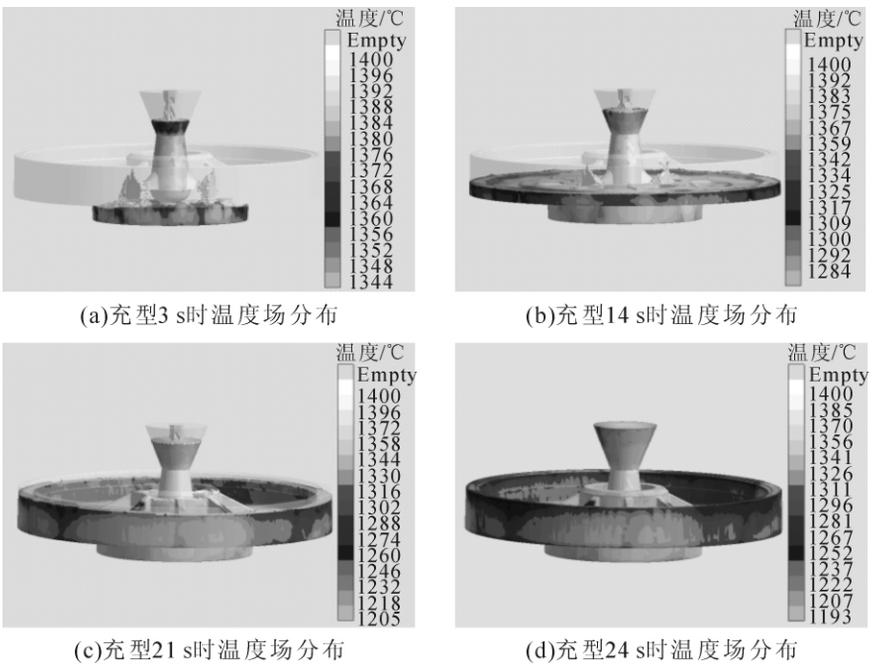
在铁型覆砂铸造中,铁型厚度越大,铸件冷却速度越快;覆砂层厚度愈大,铸件冷却速度越慢;两种因素相较而言,覆砂层厚度对铸件冷却速度影响更大。在铁型覆覆砂铸造生产中,一般应根据生产线的生产节拍、铸件的组织要求、铁型余热利用的要求、工装模具的使用寿命、以及铸件重和壁厚等因素来选择合适的铁型壁厚,然后再通过调节覆砂层厚度的方式来控制铸件各部分的冷却速度,使铸件获得所期望的凝固冷却条件,使铸件在凝固冷却过程中能够充分利用球铁石墨化膨胀的特点,获得组织致密的铸件,同时得到铸件所需要的金相组织。对于本制动轮铸件,铸型型腔中存在较大的平面结构,覆砂层厚度设计时,除了考虑上述凝固冷却所需条件之外,还须考虑覆砂造型、铁液浇注等过程中,覆砂层大平面不能因受热而出现破损、起翘开裂、溃散等现象。铁型设计:铁型材质为 HT200,铁型型腔壁厚选择为 25 mm,铸型中的大部分位置的覆砂层厚度选择为 10 mm,局部热节位置的铸型覆砂层选择为 4~5 mm,浇注系统覆砂层为 16~18 mm。

2 铁型覆砂工艺凝固过程数值模拟

铁型覆砂铸造的工装模具投入成本高,一旦工艺设计失误,模具很难修改,将造成很大的经济上、时间上损失。计算机凝固模拟技术可以优化铁型覆砂铸造工艺、工装设计,预测缩孔、缩松缺陷,从而缩短设计周期,提高设计质量,减少工装模具因设计失误造成的损失[4-6]。通过采用浙江省机电设计研究院有限公司的开发的铁型覆砂铸造计算机凝固模拟软件对铸件的上述工艺设计方案进行了凝固模拟,预测铸件缩孔、缩松存在位置及大小,并对设计工艺进行了优化。

首先建立电梯制动轮铸件、浇注系统、覆砂层及铁型的三维模型,并导入到铁型覆砂铸造计算机凝固模拟软件软件中。设置输入各类参数,包括:选择自由网格划分,网格总单元数设置为 5000,000;铸件材质设置为 QT450-10;浇注温度设置为 1 420 ℃,充型时间设置为 25 s;以及各类热物性参数。计算求解后通过后处理输出铸件整个凝固过程的模拟结果。图 4~ 图 6 是经多次优化后的制动轮凝固模拟结果。

(1)充型过程模拟分析 图 4 所示分别为充型 3、14、21、25 s 时的温度分布及充型状态,从整个充型过程来看,铁液首先通过内浇口进入大圆平面后流入内、外圈圆环底部,然后从铸件底部逐步上升



(a)充型3 s时温度场分布　(b)充型14 s时温度场分布

(c)充型21 s时温度场分布　(d)充型24 s时温度场分布

图 4 凝固模拟充型过程温度场分布

Fig.4 Temperature field distribution during solidification simulation

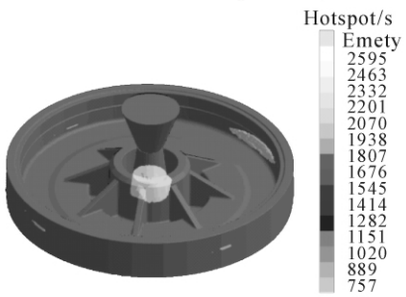


图 5 凝固模拟铸件热节

Fig.5 Solidification simulates casting hot spot

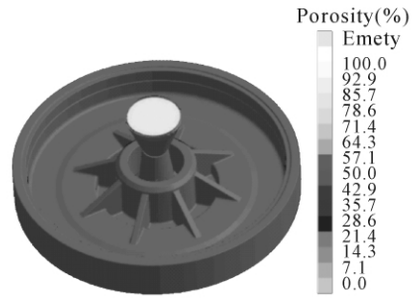


图 6 缩孔缩松预测

Fig.6 Prediction of shrinkage cavity and porosity

直至充满整个型腔,流动较为平稳,未有铁液飞溅等不良现象，铸件不易产生由充型引起的卷气、夹渣等铸造缺陷。从温度分布来看,内圆环、外圆环各部位的温度基本呈一致,整体分布基本均匀,两个内浇口流出的铁液最后对接处温度度相对低一些。从模拟情况来看,不存在形成冷隔的条件。

(2)热节模拟分析　如图 5 所示,从图中可以看出制动轮铸件凝固过程的热节分布。制动轮铸件由于其外径较大，外圆环部位的凝固时间较长,有部分热节存在,凝固时此处易产生缩孔、缩松等铸造缺陷。在浇注系统中也有热节存在,这说明在凝固过程中可以给铸件提供必要的液态补缩,或者减少这些部位的覆砂层厚度、或增加这些部位的铁型厚度来提高这些部位的冷却速度,减轻这些部位的热节程度。在此分析的基础上,在铁型的设计时,我们采取了减少这些部位的覆砂层至 4~5 mm，获得了满意的效果。

(3)缩孔缩松分析　图 6 为在缩孔率取值在 0~95%时,凝固模拟缩孔缩松率判据分析。从图中可看出,铸件凝固后整体上没有出现缩孔、缩松,热节处也未发现铸造缺陷，浇注系统中也无出现明显的缩孔、缩松现象。说明制动轮的铁型覆砂铸造工艺设计是合适的。

3　生产实践

本制动轮铸件实际生产中，采用生产企业原有的铁型覆覆砂铸造生产线组织生产，该生产线的生产效率为:20 箱 /h,铁液采用一台 1 t 中频感应电炉熔炼,铁液每次可浇注 6~7 箱。生产线配备铁型的数量为:15 型,2 h 循环使用一次。制动轮铸件的化学成分见表 1，选择较高的碳当量主要是为了提高铁液的流动性、以及在凝固过程中的自补缩能力;较低的含锰量是为了获得制动轮铸件的铸态铁素体基体组织。

铁液出炉温度控制在 1 550 ℃左右，球化处理采用冲入法,经过炉前球化、孕育处理后进行浇注,

表1 制动轮铸件的化学成分 w(%)
Tab.1 Chemical composition of brake wheel casting

元素	C	Si	Mn	P	S
含量	3.80~3.90	2.50 ~2.70	0.10 ~0.20	≤0.04	≤0.03

采用 1 t 球化处理浇包直接浇注，浇注温度控制在 1 390～1 430 ℃，每箱的浇注时间实际控制在 23～28 s。针对铁型覆砂铸造冷却速度快的特点，为了获得铸态铁素体基体球铁制动轮铸件，球化剂选用低稀土的铁素体基体球化剂，加入量为铁液量的 1.1%～1.2%；孕育处理采取多次孕育处理的方式，孕育剂选用复合孕育剂，并适当加入微量元素，孕育剂总量为铁液量的 1.2%～1.4%。在浇注时需进行随流孕育，进行瞬时孕育处理，选用 Si-Ba 长效孕育剂，加入量为：0.10%~0.15%，粒度 0.2~0.8 mm，以保证铸件的铸态基体组织为铁素体基体，使铸件的力学性能满足 QT450-10 牌号的要求。为验证凝固模拟结果，在实际生产中对铸件各部位进行了解剖，并同步观察了铸件各加工部位，均未发现气孔、缩孔、缩松、冷隔等缺陷，内在组织致密。铸件的金相组织、力学性能测试结果均符合图纸技术要求。投入批量生产后，铸件产品质量稳定，铸件合格率在 95%以上。图 7 为用铁型覆砂铸造工艺生产出的蒂森克虏伯制动轮铸件，铸件表面粗糙度达到了 Ra:12.5~25.0 μm、尺寸精度达到了 CT7 级，机械加工工余量与砂型铸造相比，减少 30%以上，产品质量得到了显著的提升，经济效益显著。



图 7 制动轮铸件正反面实样
Fig.7 Positive and negative samples of brake wheel casting

4 结论

(1)铁型覆砂铸造工艺可应用于铸态铁素体基体球铁 QT450-10 电梯制动轮铸件的生产，铸件内在、外在质量与砂型铸造相比，均有很大的提升。

(2)计算机凝固模拟技术应用于铁型覆砂铸造工艺设计，可以指导和优化工艺设计，减少铸件缺陷，并大大缩短铸件产品的开发周期和开发成本。

(3)铁型覆砂铸造制动轮铸件，产品质量稳定、废品率低、生产效率高。与砂型铸造相比，铁型覆砂铸造可节约生产成本约 20%，节约能源 25%左右，具有良好的经济效益和市场竞争优势。

参考文献：

[1] 韩建普，邓自清，刘军晖，等. 电梯制动轮的铸造工艺优化[J]. 铸造技术，2016，37(4)：813-815.
[2] 何芝梅，潘东杰，黄列群. 轮毂类铸件覆砂铁型铸造工艺及设备[J]. 现代铸铁，2009(5)46-49.
[3] 潘东杰，黄列群. 铁型覆砂铸造工艺及其应用[J]. 新技术新工艺，2000(7):25-26.
[4] 潘东杰. 铁型覆砂铸造工艺凝固模拟及应用 [J]. 机电工程，2000，17(3)：1-4
[5] 黄列群，潘东杰，何芝梅，等. 铁型覆砂铸造及其发展[J]. 现代铸铁，2006(3)：12-14.
[6] 潘东杰，夏小江，汤瑶. 铁型覆砂铸造技术在泵阀铸件生产上的应用[J]. 铸造技术，2015，36(3)：701-705.

《铸件均衡凝固技术及应用实例》

《铸件均衡凝固技术及应用实例》由西安理工大学魏兵教授编著。共 8 章：1、铸铁件均衡凝固与有限补缩；2、铸铁件冒口补缩设计及应用；3、压边浇冒口系统；4、浇注系统大孔出流理论与设计；5、铸件均衡凝固工艺；6、铸钢、白口铸铁、铝、铜合金铸件的均衡凝固工艺；7、浇注系统当冒口补缩设计方法；8、铸件填充与补缩工艺定量设计实例。全书 320 页，特快专递邮购价 226 元。

邮购咨询：李巧凤 029-83222071，技术咨询：13609155628