DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.11.016

铸钢件的铁型覆砂铸造工艺与实践

夏小江,潘东杰,应　浩
(浙江省机电设计研究院有限公司,浙江 杭州 310051)

摘　要:从铸钢熔点高、钢液流动性差、缩尺大等方面的特性阐述了铸钢件铁型覆砂铸造工艺特点,介绍了铁型覆砂铸造用覆膜砂及其在生产铸钢件时需要更高耐火度和低发气的要求。以铸钢闸瓦托为例,从产品结构确定分型和取芯方式,采用顺序凝固的方法设计一型六件的浇注工艺。结果表明,通过计算机模拟对工艺的可行性进行验证,最终实现产品批量生产。

关键词:铁型覆砂;铸钢;覆膜砂;数值模拟

中图分类号:TG249　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1000-8365(2020)11-1070-04

Process and Practice of Sand-lined Metal Molding Technology for Steel Casting

XIA Xiaojiang, PAN Dongjie, YING Hao
(Zhejiang Institute of Mechanical & Electrical Engineering Co., Ltd., Hangzhou 310051, China)

Abstract: The characteristics of sand-lined metal mold for steel casting process were described from the aspects of high melting point, poor fluidity of molten steel and large shrink, etc. The film coated sand for sand-lined metal mold sand casting and its requirements for higher refractoriness and lower gas generation in the production of casting steel were introduced. Taking cast steel brake shoe holder as an example, the parting and core-taking methods were determined from the product structure, and the pouring process of one mould and six pieces was designed by sequential solidification method. The results show that the feasibility of the process is verified by computer simulation, and the product mass production is finally realized.

Key words: sand-lined metal mold; steel castings; coated sand; numerical simulation

铁型覆砂铸造工艺是国家重点推广的新技术,适合于批量大的铸件生产,在汽车零部件铸件的生产上得到了很好的应用,具有节能、节材、优质、环保等特点[1]。目前,该工艺的应用主要为铸铁件,在铸钢件上的应用较少,也鲜有报道。本文从理论分析采用铁型覆砂铸造工艺生产铸钢件的工艺特点,并以铸钢闸瓦托的工艺设计及实践证明工艺的可行性。

1　铸钢件铸造工艺特点

与铸铁相比,通常铸钢有较好的力学性能,但其铸造特性较差,容易产生浇不足、冷隔、缩孔和缩松、裂纹及粘砂等缺陷,因此必须采取比铸铁件复杂的工艺措施,其主要工艺特点如下。

(1)铸钢的熔点高　高温下钢液与覆膜砂相互作用,极易产生粘砂、橘皮缺陷,主要形成原因有:①覆膜砂耐火度低。在钢液凝固前覆砂层表面已开始溃散,导致钢液"渗"至砂层内部,钢液凝固时把溃散砂粒包裹在一起形成粘砂;②铸件局部过热,内浇道附近覆砂层受热时间长,或者铸件热节附近,铸件表面粘砂、橘皮现象;③覆砂层射砂不紧实,强度不够使高温钢液更加容易"渗"至砂层内部;④钢液冲刷时间长,特别是直浇道位置,使覆砂层表面溃散形成浮砂,当钢液发生紊流时就在铸件表面形成缺陷;⑤铁型温度过高,过高温度的铁型,在覆砂后可以将原本没有过烧的覆砂层"烧焦",尤其是将过高温度的铁型覆砂后立即合箱,使型腔内的热量不能散发,更容易"烧焦"覆砂层,而且生产中不易察觉。

(2)钢液的流动性差　该特性是铸钢件产生冷隔和浇不足缺陷的重要原因,再加上铁型覆砂工艺冷却速度较快,更加容易产生此类缺陷。为防止此类问题的产生,铸钢件浇注系统截面积要比铸铁的大;浇注系统结构尽量简单,如:流道短,转弯少;适当提高浇注温度。但浇注温度过高,会引起晶粒粗大、热裂、气孔和粘砂等问题,所以在实际生产中要结合产品结构特点,控制浇注温度。一般小型、薄壁及形状复杂的铸件,其浇注温度约为钢的熔点温度+150 ℃;大型、厚壁铸件的浇注温度比其熔点高出100 ℃左右。

收稿日期:2020-08-06

作者简介:夏小江(1982-),浙江兰溪人,硕士,高级工程师.主要从事铸造工艺与装备的研究及应用工作.
电话:18667138850,E-mail:18667138850@163.com

(3)铸钢在凝固冷却过程中收缩大　主要表现为两个方面:①铸件容易产生缩孔、缩松缺陷。为防止此类缺陷，在铸造工艺设计时，通过采用冒口、冷铁、补贴、调整覆砂层厚度等方法，同时避免铸件壁厚不均匀、尖角、直角的结构，使铸件整个凝固过程实现顺序凝固，并得到充分的补缩；②铸件线收缩大，铸钢的收缩率一般为 1.8%~2.2%，而铁型覆砂工艺铸型刚性好，几乎没有退让性，高温铸件在收缩遇到受阻时会产生裂纹缺陷。这也是阻碍铁型覆砂工艺广泛应用于铸钢件生产的重要原因之一。为防止此类缺陷，需要通过增加覆砂层厚度，或者采用空心砂芯来增加铸型的退让性。

2　铸钢件用覆膜砂

铁型覆砂铸造工艺用砂为覆膜砂，因其具有以下特点：①流动性好，满足铁型与模型间的复杂形状缝隙的充填；②溃散性好，方便浇注后铁型清理；③有适宜的强度性能，在铁型上覆着 2 mm 以上厚度砂层就不易掉砂。普通覆膜砂由石英砂、热塑性酚醛树脂、乌洛托品和硬脂酸钙经混制而成，不加有关“添加剂”，适用于生产一般铸铁件。通过加入相关“添加剂”及采用不同的配置工艺，使覆膜砂具有高强度、耐高温、低膨胀、或者低发气等特性，以满足不同产品及工艺的要求。

在原砂质量和树脂质量一定的前提下，覆膜砂强度的关键因素主要取决于酚醛树脂的加入量。酚醛树脂加入量多，则强度就提高，发气量增加，溃散性降低。铁型覆砂铸造工艺的铁型具有高强度和不透气的特性，对覆膜砂强度要求不高，而发气量要低，同时溃散性要好，便于生产中铁型的清理，因此在生产应用中要控制覆膜砂的强度来减少发气量，提高溃散性，在根据产品特征确定强度标准时找到一个平衡点。铸钢件的浇注温度要比铸铁件高，所以两者所用覆膜砂也有所不同，铸钢用覆膜砂要求有更高的耐火度和低发气。覆膜砂耐火度的高度取决于原砂的 SiO_2 含量，含量越高则耐火度越高。通常铸铁用覆膜砂原砂的 SiO_2 含量需要大于 90%，而铸钢用覆膜砂原砂的 SiO_2 含量需要大于 97%。

3　闸瓦托铁型覆砂铸造

闸瓦托是铁路货车制动系统的关键配件，其主要功能是在单侧踏面制动方式下传递制动力，带动闸瓦与车轮摩擦，实现货车减速、制动[2]。闸瓦托结构复杂，如图 1，组装部位精度要求高，通常采用熔模铸造方法制出。轮廓尺寸(长×宽×高)约为：320 mm×150 mm×160 mm，单件重 8 kg，材质为 B 级钢，成分如表 1。

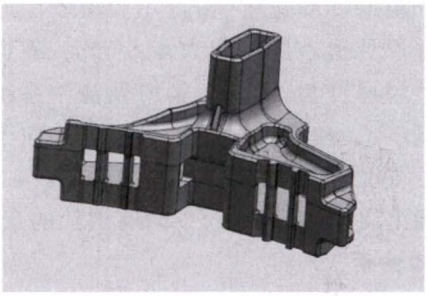

图 1　闸瓦托三维示图
Fig.1　Three dimensional diagram of brake shoe bracket

表1 化学成分 w(%)
Tab.1 Chemical composition

牌号	C	P	S	Mn	Si
B 级钢	≤0.32	≤0.04	≤0.04	≤0.90	≤1.50

3.1　铸造工艺设计

根据闸瓦托的结构设置分型方式，同时为实现铸件凝固过程为顺序凝固，将内浇道设置在铸件壁厚最厚的位置，且位于铸件的上部，使其能更好的起到补缩效果。闸瓦托内部结构必须由砂芯形成，砂芯由一个大芯和一个小芯组合而成(如图 2)。再根据整体结构及材质特性，设置其缩尺为 2.0%。

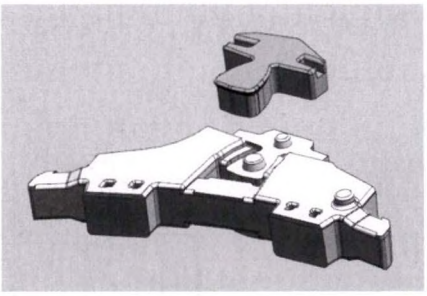

图 2　砂芯
Fig.2　Sand core

铁型覆砂造型机最大的型板尺寸为 860 mm×580 mm，可以布置 6 件，每 3 件共用一个大冒口，工艺平面布置如图 3。浇注系统示意图如图 4，由图 4 可见，钢液从直浇道经横浇道直接进入两侧冒口，再由冒口进入铸件。为使能更好的起到排气效果，冒口设计为明冒口，同时在铸件顶部及各个端部设置出

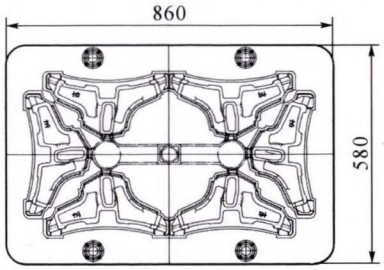

图 3　工艺平面布置图
Fig.3　Layout of pattern, riser and gate

气针。该浇注系统重约 25 kg,工艺出品率达到65.7%。

通过调整覆砂层厚度在一定层度上改善了铸件各个部位的冷却速度,铸件主要覆砂层厚 8 mm,在铸件壁厚处覆砂层厚度为 4~6 mm,靠近内浇道部位覆砂层厚度为 10 mm,冒口及浇注系统覆砂层厚 12~15 mm,使铸件的凝固过程更趋向于顺序凝固。在铸件收缩受阻的部位覆砂层厚 10~12 mm,同时加大倒角尺寸,使铸件收缩时有退让的余地。

3.2 模拟分析

充型过程模拟是模拟金属液在铸型中的流动过程对铸件成形的影响,金属液平稳的流动和合理的充型顺序是保证铸件质量的重要条件,也是合理的凝固顺序的前提条件。闸瓦托工艺的充型过程模拟见图 5。可以看出,浇注系统内的钢液在整个充型过程中始终处于充满的状态,防止了气体和夹杂物的卷入。从充型 25%、50%可见,钢液由横浇道底注式进入冒口,再由冒口进入铸件型腔,期间,内浇道始终是敞开的,因此型腔内的气体可以通过内浇道而跑出型腔,整个过程钢液没有出现飞溅、喷射现象;随着铸件型腔内钢液面的上升直至与冒口基本齐平,从充型 75%、96%可见,整个铸型内的钢液面整体一起上升,内浇道逐渐封闭,直至充满整个型腔。整个浇注过程充型平稳,未出现钢液对型腔部位的冲刷;温度分部均匀,未出现冷隔现象。

凝固过程是金属液充满型腔后,由液态向固态转变的过程。通过凝固模拟可以分析金属液在铸型中的凝固顺序,并可对凝固过程中出现的缺陷进行预测。从闸瓦托工艺的凝固过程模拟(如图 6)可见,钢液由离内浇口最远端开始凝固,补缩通道畅通,冒口是最后凝固的部位,而且在整个过程中未出现孤立液面,完全实现了顺序凝固,保证了铸件的质量。

根据 Niyama 判据和 Porosity 判据对铸件的缩松缩孔进行预判。图 7 为 Niyama(补缩能力)判据所显示的结果,它代表着铸件各部位的补缩能力。设定的临界值为 0.7(一级探伤),从图中看出浇注系统中存在补缩不足部位,但铸件内部不存在补缩不足。图 8 为 Porosity(缩孔缩松)判据所显示的模拟结果,缩孔率在凝固模拟结束后展示,使用该判据可以显示出铸件内部的所有孔洞,从图中可见,在浇注系统中存在缩孔缺陷,但铸件内部不存在缩孔。结合两种判据结果,预测该工艺所生产的铸件不会出现缩孔缩松缺陷。

3.3 生产实践

生产中,采用耐高温(类)覆膜砂(ND 型) 覆膜砂,该覆膜砂具有优异高温性能:高温下强度高、耐

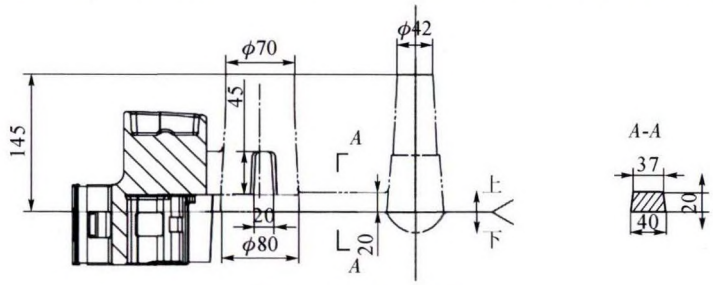

图 4 浇注系统示意图
Fig.4 Schematic diagram of gating system

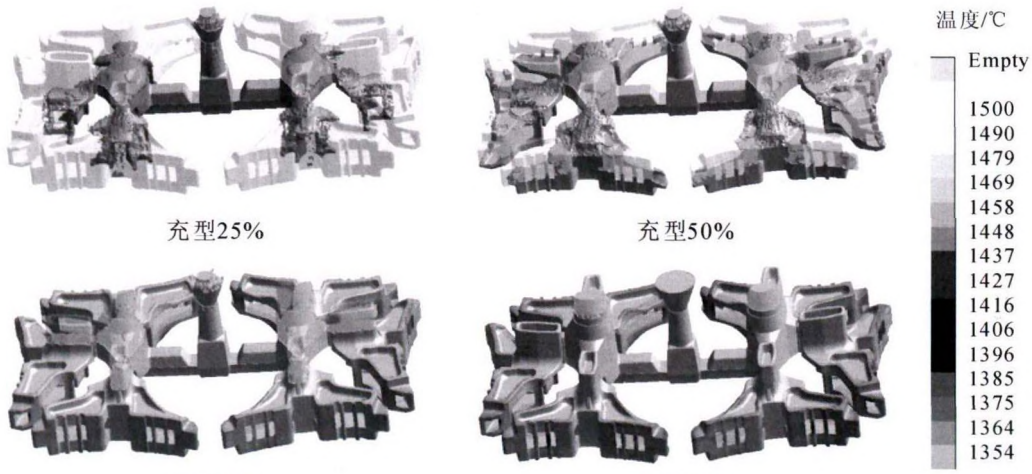

图 5 充型过程模拟
Fig.5 Simulated filling process

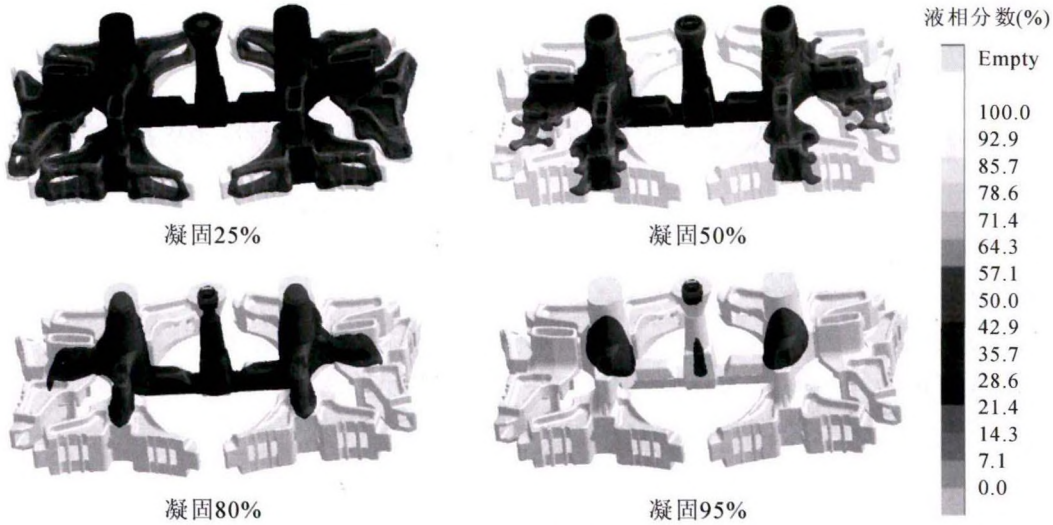

图 6 凝固过程模拟
Fig.6 Solidification process

图 7 Niyama(补缩能力分析)判据
Fig.7 Niyama criterion

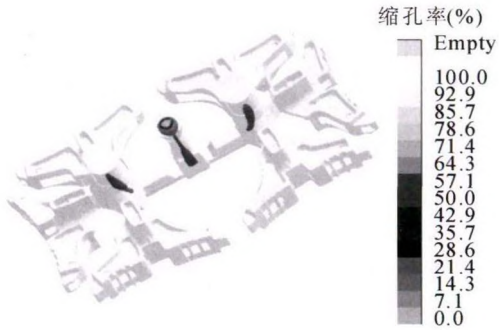

图 8 Porosity(缩孔分析率)判据
Fig.8 Porosity criterion

热时间长、热膨胀量小、发气量低。采用 1 t 的中频电炉，500 kg 钢包每包浇注 7 型。浇注温度越高，金属的总收缩量增加，钢液吸气、氧化问题层度增加，铸件缩孔缩松、气孔、夹渣、粘砂、组织晶粒粗大等缺陷问题增多，浇注温度过低，钢液的流动性降低，铸件容易产生浇不足、冷隔等缺陷，因此在保证足够流动性的前提下尽量降低浇注温度，将浇注温度控制在 1 540~1 490 ℃。

闸瓦托铸件实现批量生产，图 9 为铸件连同浇注系统实物图，铸件菱角分明、表面光洁度好，经检查，铸件总体尺寸精度达到 CT9 级，特殊部位尺寸达到 CT4 级要求；内部组织致密，无缩孔缩松、裂纹等缺陷。

图 9 铸件带浇注系统实物图
Fig.9 Castings and riser and gate system

4 结论

(1)铁型覆砂工艺不但适合于球铁、灰铁类铸件的生产，也适合部分铸钢件的生产，要根据铸件结构确定其工艺的可行性，并需要采取比铸铁件复杂的工艺措施。

(2)铸钢件铁型覆砂铸造用覆膜砂要求耐高温，而且发气量要低，覆膜砂原砂的 SiO_2 含量需要大于 97%。

(3)铸钢闸瓦托采用铁型覆砂铸造工艺实现批量生产，工艺出品率达到 65.7%，产品质量好。

参考文献：

[1] 夏小江，潘东杰，刘同帮. 汽车桥壳铁型覆砂铸造[J]. 铸造技术，2017，38(11)：2781-2784.

[2] 修磊. 基于数值模拟打印的铁路货车闸 3D 瓦托工艺技术研究[J]. 黑龙江冶金，2017，37(2)：13-17.