• 消失模铸造专栏 Lost Foam Casting Column •
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.04.014

消失模铸造底注包浇注的多级缓冲浇注系统在大型铸钢件的应用

刘立中
(杭州规矩铸造设备有限公司,浙江 杭州 311400)

摘　要:消失模铸造工艺用于大型铸钢件的案例不多,除顾忌泡沫模型产生碳缺陷,底漏浇包钢液流冲击力大会破坏涂层,导致型腔进砂或发生垮箱也是主要原因。因此,消失模铸造做较大铸钢件时通常使用陶瓷管浇道,陶瓷管浇道不仅成本高,埋箱操作也繁琐。泡沫模多级缓冲浇道替代陶瓷管浇道,可以简化浇注系统,方便工人操作,生产应用取得了良好的效果。

关键词:消失模铸造;大型铸钢件;底漏浇包;多级缓冲浇道

中图分类号:TG249　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)04-0361-04

Application of Multi-step Gate and Runner System for Pouring Heavy Steel Castings by Bottom Pouring Ladle in Lost Foam Casting

LIU Lizhong
(Hangzhou Guiju Casting Machinery Co., Ltd., Hangzhou 311400, China)

Abstract: There are few cases in which the EPC process was applied to large steel castings. In addition to the carbon defects caused by foam model, the flow impact force of molten steel in the bottom pouring casting package would destroy the coating, which leaded to the cavity entering sand or the failure of the box was also the main reason. Therefore, the ceramic pipe runner is usually used in EPC for larger steel castings. Ceramic pipe runner is not only expensive, but also tedious to bury. The multistage buffer runner of foam mold can replace the ceramic pipe runner, which can simplify the casting system and make it convenient for workers to operate. Good production and application results have been obtained.

Key words: EPC process; large steel castings; bottom pouring ladle; multistage buffer runner

1　铸件情况

铸件名称:欧版 125 破碎机前墙;材质:ZG35;几何尺寸:2 344 mm×750 mm×1 530 mm;单件重:6 322 kg;前墙铸件呈长方体多箱格结构,主墙面厚 150 mm,支撑框板厚为 40~50 mm,毛坯加工后与其他部件焊接,铸件做无损探伤,不得有碳缺陷和其他铸造缺陷。

2　消失模铸造工艺过程

2.1　泡沫模型制作

选择密度 18 g/L,已彻底干透的聚苯乙烯泡沫大板手工切割、拼接成型;(图 1、图 2)白膜净重 13.2 kg;组装浇注系统和冒口后白膜 15.57 kg。

图 1　手工拼接模型
Fig.1　Manually assembled

2.2　浇注系统设计

遵循消失模铸造模型摆放"能立毋卧"的原则,泡沫模采用侧立姿势;为缓解底注包强大的冲击力保证充型平稳使用多层的缓冲浇注系统;三道折弯可有效缓解金属流冲击力,并合理分配进入型腔的热量;流场、热场都合理(图 3、图 4)。

2.3　涂料涂挂

大型泡沫模无法浸涂,可采用喷涂或淋涂;由于泡沫模涂挂涂料后重量大,翻转困难且易伤及泡沫模,所以涂料涂挂工作分两步进行,先涂挂入箱时的

收稿日期:2020-03-15

作者简介:刘立中(1945-),吉林长春人,高工.主要从事消失模铸造基础理论、铸造工艺及消失模铸造专用设备方面的工作.电话:13504412613

图 2 手工拼接模型
Fig.2 Manually assembled foam pattern

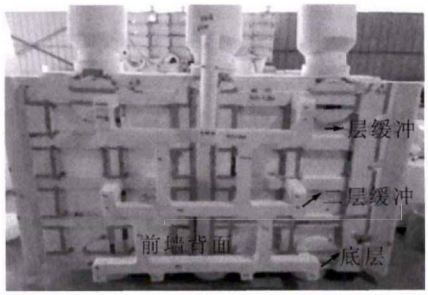

图 3 折弯缓冲浇道
Fig.3 Step gate and runner system

图 4 折弯缓冲浇道
Fig.4 Step gate and runner system

底面，同时用树脂砂填塞盲孔；填塞盲孔时要加芯骨；再进行全部涂料涂挂(图 5~ 图 8)。

图 5 先刷底面涂料
Fig.5 First, brush the bottom side is brushed with coating

2.4 埋箱

挂好涂料的泡沫模大又重，要用软布带平稳吊装入箱(图 9、图 12)。

2.5 浇注前准备

底漏包浇注冲击力大，操作稍有不慎就可能发生较严重飞溅，因此，保护砂层显得尤为重要。我们

图 6 树脂砂填塞盲孔
Fig.6 Resin sand core for making blind hole

图 7 盲孔芯骨
Fig.7 Blind hole core with reinforced rods

图 8 涂料涂挂完成
Fig.8 A form pattern covered with coating completely

图 9 软布带吊装泡沫模
Fig.9 Lifting foam pattern with a soft cloth belt

图 10 软布带吊装泡沫模
Fig.10 Lifting foam pattern with a soft cloth belt

的经验是在保护砂层上适当的喷洒一层水，一旦有飞溅钢液会迅速降温结痂，不至于烫破塑料薄膜导致严重泄压，使浇注失败(图 13)。

图 11 泡沫模入箱
Fig.11 Foam mold into the box

图 12 手工填砂固定泡沫模
Fig.12 Sand is compacted manually to fix foam pattern

图 13 保护砂层晒水
Fig.13 Bask in water for protection sand

2.6 底漏包浇注

铸件较大，浇注时泡沫模气化迅速，涂层瞬间大面积暴露，负压会急剧下降，浇注前静态压力设置为 0.08 MPa，(浇注过程中负压值只能维持在 0.04 MPa)；浇注温度要求保证：1 630 ℃(图 14)。

图 14 底漏包浇注钢液
Fig.14 Pouring molten steel with bottom pouring ladle

2.7 铸件保温 12 h 后开箱出件(图 15)

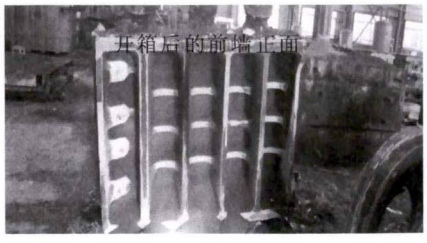

图 15 开箱出件
Fig.15 Open the box and take out the casting

2.8 随铸件降温涂层自爆脱落，浇注系统完整，未出现铁包砂、铁瘤等涂层破损缺陷；(图 16、图 17)冒口补缩充分(图 18)。

图 16 浇注系统完整
Fig.16 Casting with complete gate and runner system

图 17 涂层剥脱良好
Fig.17 Good appearance of front-wall of the castings after coating peeled off

图 18 冒口补缩充分
Fig.18 Full shrinkage of riser

3 讨论

(1)本案例对推广消失模铸造工艺生产大型铸钢件有示范作用。传统砂型铸钢都采用底漏包浇注，底漏浇包钢液相对洁净的优势是普通浇包无法相比的。但底漏浇包强大的冲击力对于消失模铸造没有粘结剂的干砂又是致命的。使用陶瓷管浇道麻烦又增加成本，为缓解底注包强大的冲击力，保证充型平稳，使用多层的缓冲浇注系统是值得探讨的选择。金属液通过一层二层的缓冲，流到底部时冲击力已经很小了，再通过 4 道内浇道大大缓解浇注系统的压力，4 道内浇道可以均匀分配进入型腔后金属液的热量。遵循了消失模铸造工艺浇注系统设计“必须通过流场的调节，使热场合理分布”的基本原则。

(下转第 374 页)

进行，有时候突然出现一批不合格，按照常规对化学成分、浇注温度、热处理工艺进行检查发现不了问题，是否就是出现了钢的遗传性所造成的问题？

钢的加热转变以“原子扩散理论”建立在 $Fe\text{-}Fe_3C$ 相图的平衡组织基础上，而钢的冷却转变建立在过冷奥氏体等温分解 C 曲线基础上。如果平衡组织共析钢是珠光体，当加热至临界点 AC1 以上生核长大，再结晶转变为奥氏体。亚共析组织是珠光体＋铁素体，珠光体转变成奥氏体后铁素体溶入，升温至临界点 AC3 以上则完全溶解。过共析组织是珠光体＋碳化物，珠光体转变成奥氏体后，碳化物溶入，升温至临界点 ACm 以上则碳化物完全溶解。奥氏体经历生核、长大，珠光体内残余碳化物的溶解以及奥氏体均匀化四个阶段。奥氏体由形核、长大和再结晶过程，最终晶粒比原始晶粒要细小。奥氏体均匀化后的冷却过程形成的过冷度，按 C 曲线生成了冷却转变产物，按冷却速度增加顺序依次可获得珠光体、奥氏体、屈氏体、贝氏体及马氏体。而非平衡组织的加热转变不能用“原子扩散理论”解释，而是用一种“原子无扩散理论”解释，是原子有序化结构转变。非平衡组织马氏体、回火马氏体或贝氏体转变为奥氏体时，在晶内具有非常小的有序化 α-Fe 畸变晶格原子团，大量的有序化畸变晶格原子团改组为 γ-Fe 原子团，它们移动不超过原子间距，许多的 γ-Fe 原子团形成晶内织构，保留了原始晶粒的尺寸、形状以及原始晶粒取向而转变成奥氏体，奥氏体晶粒大小与原始晶粒一致。这就是原子无扩散转变的机制。而在奥氏体化后冷却转变组织仍决定于冷却速度及其产生的过冷度。冷却转变过程不改变晶粒大小，只是决定冷却转变产物及细密度。晶粒大小是在加热转变过程中获得。因此，非平衡组织在加热到奥氏体化后冷却获得的晶粒度仍与原始晶粒度一致。

对于防止钢的遗传性的最好办法就是在耐磨合金钢件淬火之前，如果没有退火可以加一次完全退火。耐磨合金钢件在淬火之前进行一次完全退火，这是防止钢的组织遗传性的最佳措施，而且可以提高淬火回火后钢的力学性能，特别是冲击韧性可以提高 30%以上。如果耐磨合金钢件在淬火回火后没有达到预期要求，需要重新处理，此时就要考虑钢的组织遗传性的影响。通过检验淬火、回火组织材料的晶粒比较细小，再进行一次淬火回火是可行的；如果晶粒粗大，应避免钢的组织遗传性影响，再加一次完全退火，然后再淬火、回火，以获得细晶粒组织。

参考文献：

[1] 李松瑞，周善初·金属热处理[M]. 长沙：中南大学出版社，2003.
[2] 陈华辉，邢建东，李卫·耐磨材料应用手册[M]. 北京：机械工业出版社，2012.

（上接第 363 页）

（2）一层二层的内浇道和横浇道联接增加了提升段在浇注过程中使金属液不会提前进入型腔，当金属液上升到和第二层水口平行时，经过缓冲的金属液失去了惯性的冲击力会很好的走最短路程。此时第三层内浇道已经停止注入钢液，静止的金属液此时开始降温、收缩、凝固；继续浇注的高温金属液顺第二层内浇道平稳进入型腔，形成了第二个高温区；第一层内浇道开始进入钢液后，第二层内浇道注入的钢液开始镇静、降温、收缩；这种设计在浇注充型过程即防止了金属液紊流，保证金属液平稳充型，又在型腔内形成高温金属液始终处于顶部位置，有效保证顺序凝固自下而上进行。

（3）铸钢明冒口的使用，可以使泡沫燃烧产生的游离碳迅速排出型腔，从而有效避免发生碳缺陷。（这种工艺称作：消失模铸造排碳法）明冒口接受大气压力，大大提高冒口钢液的利用率。另外，冒口设计在主墙面的顶端可利用厚大部位钢液凝固时间长，提高补缩效果。

（4）为保证埋型加砂时不出现填砂死角，模型摆放略有倾斜。设计倾斜的冒口是为保证埋型时泡沫模倾斜而冒口保持垂直，垂直的冒口静压力大，补缩效果会更好。前墙铸件毛坯重：6 322 kg，净重 5 650 kg。钢液利用率高达 89.22%，经济效益明显。

参考文献：

[1] 刘立中，刘宁. 消失模铸造工艺学[M]. 北京：化学工业出版社，2019.
[2] 史昆，鲁玲玲，赵军，等. 复杂曲面钛合金叶轮消失模铸造工艺研究[J]. 铸造，2019，68(4)：344-345.
[3] 毛正石，周霄，姜作砚. 壶式防飞溅孕育浇注箱的设计及应用[J]. 铸造，2019，68(8)：602-604.
[4] 将辉，綦宗超，宋学恩，等. 中速机灰铁飞轮缩陷原因分析及防治[J]. 中国铸造装备与技术，2018,53(4):62-64.