

基于均衡凝固理论的 DISA 线生产卡箍类铸件 工艺设计

回春华

(大连冰山金属技术有限公司, 辽宁大连 116000)

摘要: 采用原有的浇注工艺生产的球墨铸铁卡箍铸件, 在远离浇口端的热节处产生缩孔、缩松缺陷, 废品率达30%。在均衡凝固理论的指导下, 重新进行了均衡凝固浇注系统工艺设计, 在DISA垂直造型线上生产出了无冒口的质量优良的卡箍铸件, 缩孔、缩松缺陷得以消除。

关键词: 球墨铸铁; 缩孔; 缩松; 均衡凝固; 工艺设计; DISA线

随着近年来建筑行业的发展, 建筑、消防用管道连接件的用量也逐年增多。DISA垂直造型线生产效率高, 生产的铸件表面质量好, 组织致密, 尺寸精度高, 与传统的砂型相比, 具有显著的节能、节材、生产效率高等优点, 特别适合生产大产量、高精度的铸件^[1]。笔者公司从2005年以来一直致力于DISA垂直造型线管道系统连接件的生产, 在管道系统连接件的生产方面积累了大量经验。本研究以一种管道系统连接件的常用规格4寸卡箍为例, 探讨了基于均衡凝固理论的卡箍类球墨铸铁件在DISA垂直造型线上的浇注系统工艺设计。

1 铸件技术要求及工艺分析

铸件最大轮廓尺寸为216 mm × 57.5 mm × 80 mm, 铸件单重1.4 kg, 壁厚不均, 最大壁厚15.5 mm, 最小壁厚5 mm, 材质ASTM A536 65-45-12, 结构如图1所示。

铸件质量按照客户内部文件验收, 要求铸件内部和表面无缩孔、缩松、缩沉、裂纹、夹杂、冷隔等缺陷, 材质按照ASTM A536 65-45-12标准, 球化率等级按照GB/T 9441—2009《球墨铸铁金相检验》达到2级以上。

图2为铸件优化前的浇注工艺, 采用顶注式浇注工艺, 各层的竖浇道和内浇口尺寸一致, 铁液逐层向上凝固, 上部型腔充型速度慢, 经常在上部铸件浇口远端的热节处, 产生缩孔、缩松缺陷, 缩孔位置见图3箭头处所示。受型板布局空间所限, 无法安放冒口对其进行有效补缩, 导致铸件废品率较高, 达到30%左右。铸件在凝固过程中有液态收缩和固态收缩, 由于铸件本身的几何热节在同样的凝固条件下, 将晚于其他部位凝固, 且该部位散热条件较差, 在凝固过程中发生的液态收缩和固态收缩没有得到充分补缩而产生了缩孔。

均衡凝固理论是利用收缩和石墨膨胀的动态叠加采取的工艺。铸件在凝固过程中同时存在大量石墨析出, 产生体积膨胀, 宏观上铸件体积的变化就是凝固收缩和体积膨胀叠加的结果^[2]。对于整体铸件, 由于壁厚不均, 所以各个区域进入收缩、膨胀的时间也是不同的, 有先有后, 收缩、膨胀交叉进行。铸件在液态凝固过程中, 一定要保证其铁液补缩通道畅通, 铸件接近凝固时通道应封闭, 使自身石墨化膨胀进行补缩从而形成致密铸件^[3]。在垂直分型的浇注系统中, 铸件如果采用逐层充满所有型腔, 底部型腔充型速度快, 易造成粘砂、砂眼缺陷, 上部型腔充型速度慢, 热节部位凝固过程中得不到有效的铁液补缩而造成缩孔、缩松、浇不足等缺陷。

作者简介:

回春华(1982-), 女, 工程师, 硕士, 主要从事球墨铸铁铸造工艺设计工作。
E-mail: huichunhua@163.com

中图分类号: TG24
文献标识码: B
文章编号: 1001-4977(2020)11-1228-04

收稿日期:

2020-05-09 收到初稿,
2020-07-15 收到修订稿。

重新设计浇注系统,运用均衡凝固“顶注优先”的原则,采用薄、短、小的内浇口,在铸件膨胀凝固开始时,内浇口能迅速凝固封闭,以充分利用铁液本身的石墨化膨胀进行补缩。同时采用垂直分型等流速浇注系统,在浇注过程中,使各内浇口的压头保持不变,流经各内浇口的流速相同,所有型腔同时充满,以期获得质量基本一致的合格铸件。

2 铸造工艺设计

2.1 型板布局设计

采用的DISA线生产模板为600 mm×480 mm,如图4所示。 a 、 b 、 c 分别为模型距离型板顶边、侧边和底边的安全距离,根据铸件壁厚或凝固模数以及总模型高度确定^[4],铸件的最小壁厚为5 mm, $a=70$ mm, $b=35\sim 45$ mm, $c=35\sim 45$ mm。在保证安全距离和各型腔及其浇注系统之间最小距离的前提下,型板布局应尽可能增大型板利用率,型板布局型腔数量多,既可以提高生产效率,同时又增大产品出品率。型板布局见图5,每型10腔,顶部侧边浇注。

2.2 浇注时间

在不同的文献资料中,都有许多关于浇注时间 t 的公式,根据常用的经验计算公式^[5]:

$$t=B\sqrt{G} \quad (1)$$

式中: t 表示铁液进入铸件型腔的浇注时间, t_{\max} 为允许的最大的浇注时间; G 为铸件单重; B 取决于最薄壁的厚度或相应的凝固模数。对于一型多件的球墨铸铁小件,根据现场经验, B 的取值范围在2~4,这里取3,计算得到的浇注时间为3.6 s,取 $t=3.5$ s。

2.3 内浇道截面积设计

根据DISA线垂直造型浇注系统计算公式,内浇道的最小截面积为:

$$F=\frac{1036\times G}{A\times t\times\sqrt{H}} \quad (2)$$

式中:1 036是常数,包含了铁液的密度; A 是摩擦系数(0.2~0.6),这里取0.5; H 是静压高度,mm; t 为浇注时间,s; G 是铸件单重,kg。计算得到的内浇道截面积从上到下分别约为 $F_1=93$ mm²、 $F_2=66$ mm²、 $F_3=54$ mm²、 $F_4=47$ mm²、 $F_5=42$ mm²。

内浇道的厚度可以在最大铸件模数的25%至100%之间变化,小于25%将影响液体收缩。因为内浇口在铸件冷却到凝固温度前就凝固了,大于100%将造成铸件在内浇口前部产生局部热节,导致局部收缩。按照均衡凝固理论,内浇口应该宽、薄、短,结合DISA垂直造型线生产卡箍的实践经验,初步选取内浇口厚度为5 mm。

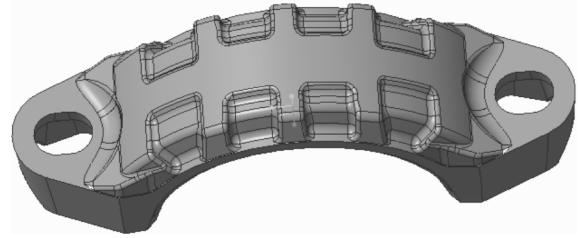


图1 卡箍结构图

Fig. 1 3D structure diagram of clamping casting

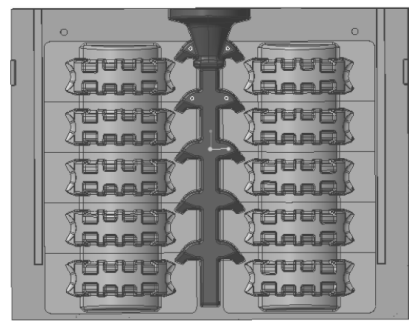


图2 原浇注工艺

Fig. 2 Original casting process

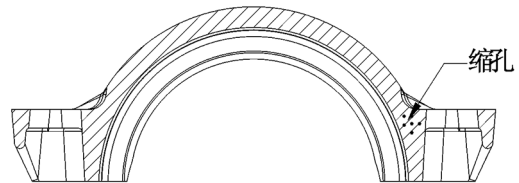


图3 原浇注工艺铸件缩孔

Fig. 3 Shrinkage hole position of casting produced using original casting process

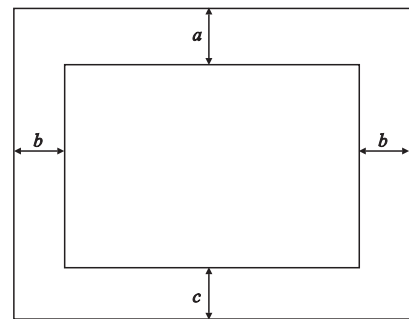


图4 铸件至型板边缘的安全距离

Fig. 4 Safe distance from casting to edge of pattern plate

2.4 竖浇道截面设计

垂直流道的截面积应该比连接到它的所有内浇口的总截面积大10%~20%，这里取15%，即 $F_{\text{竖}}=1.15F_{\text{内}}$ ，由于简单梯形流道在相同截面积的情况下的模数最高，温度损失最小，所以竖浇道做成简单的梯形，拔模角度为 10° ，如图6所示。

计算得到， $F_{1\text{竖}}=1.15 \times 2 \times (F_1+F_2+F_3+F_4+F_5) \approx 695 \text{ mm}^2$ ， $F_{2\text{竖}}=1.15 \times 2 \times (F_2+F_3+F_4+F_5) \approx 480 \text{ mm}^2$ ， $F_{3\text{竖}}=1.15 \times 2 \times (F_3+F_4+F_5) \approx 330 \text{ mm}^2$ ， $F_{4\text{竖}}=1.15 \times 2 \times (F_4+F_5) \approx 205 \text{ mm}^2$ ， $F_{5\text{竖}}=1.15 \times 2 \times F_5 \approx 97 \text{ mm}^2$ ，设计的竖浇道截面尺寸如图6所示。

2.5 水平流道设计

本着“快、稳、顺”的原则，采用大截面的横浇道，设计的横浇道截面积为 $25 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ ，既可以保证铁液流动平稳，兼有较强的挡渣能力，同时也可以充当铸件的冒口，用于补缩铸件液体收缩。

2.6 排气道

在浇注过程中产生的气体除了从垂直分型面排除，通常还要设置排气道，在加压的情况下，排气道的截面积至少为内浇口的15%，通常与铸件相连的排气口厚度选择为 0.5 mm ，从砂型上方排气。

3 熔炼工艺

采用中频感应电炉熔炼，化学成分见表1所示。浇注温度控制在 $1380 \sim 1420 \text{ }^\circ\text{C}$ ，浇注过程中采用随流二次孕育，砂型厚度 210 mm ，射砂压力 0.35 MPa ，挤压压力 3.5 MPa ，造型速度为 340 型/h 。

4 铸件质量检测

按照上述优化后的工艺进行生产线实践验证，随机抽取一炉产品，目视铸件外观良好，表面无裂纹、缩松、缩孔、冷隔缺陷；对铸件进行X光检测，无缩松

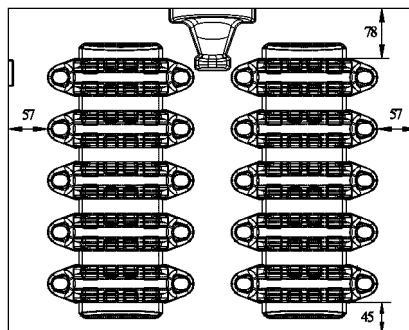


图5 型板布局图

Fig. 5 Pattern layout

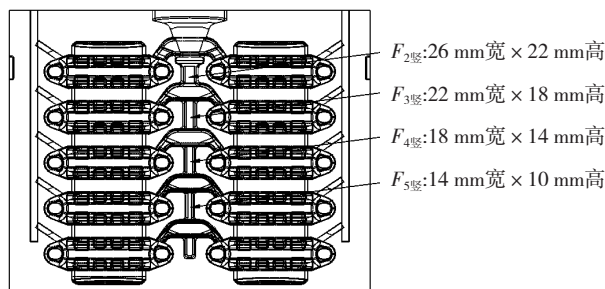


图6 改进后的工艺方案

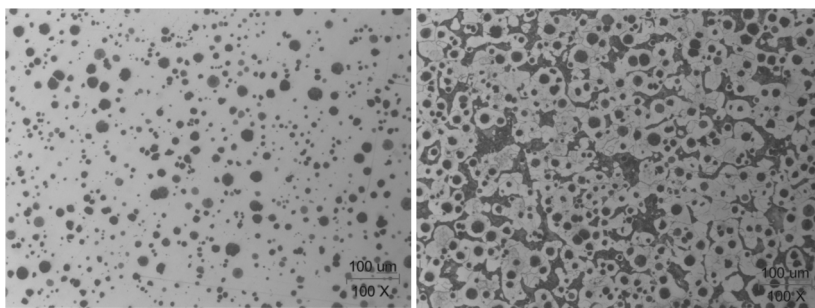
Fig. 6 The improved casting process

表1 卡箍的化学成分要求

Table 1 Chemical composition requirements of clamping casting

Table 1 Chemical composition requirements of clamping casting						$w_B/\%$
C	Si	Mn	S	P	Mg	
3.6~3.8	2.5~2.7	<0.40	<0.02	<0.07	0.03~0.06	

缩孔产生。对该铸件客户规定位置进行金相取样，按照GB/T 9441—2009标准，球化级别达到了2级标准，球化率91.64%，如图7a所示；组织中的珠光体含量在15%左右，如图7b所示，满足了客户对金相珠光体含量70%以下的要求。从附铸的试样上取样，进行力学性能检测，结果见表2所示，完全满足技术要求。



(a) 金相图（腐蚀前）

(b) 金相图（腐蚀后）

图7 卡箍试块金相组织

Fig. 7 Microstructure of cast-on sample

表2 卡箍试块力学性能
Table 2 Mechanical properties of cast-on sample

项目	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	伸长率/%	硬度HBW	备注
目标值	> 310	> 448	> 12	156 ~ 217	附铸
实测值	345	490	19	187	附铸

5 结束语

对于一型多件浇注系统,应用均衡凝固理论设计合理的铸造工艺,实现了在DISA垂直造型线上4寸球铁卡箍的无冒口化生产,解决热节部位的缩孔、缩松问题,稳定地实现了大批量的铸造生产。长期跟踪统计,铸件的废品率控制在1%以下,有效降低了废品率,经济效益显著。

参考文献:

- [1] 任现伟. DISA线生产优质铸件的工艺技术与应用 [J]. 铸造, 2019, 68 (7): 777-781.
- [2] 张帆. 球墨铸铁实用冒口与均衡凝固技术设计冒口的对比 [J]. 铸造设备与工艺, 2017 (6): 16-18.
- [3] 黄党怀. DISA造型线生产带盘的轴类零件均衡凝固铸造工艺优化设计 [J]. 铸造技术, 2012, 33 (3): 351-354.
- [4] DISA Industries. DISA造型应用手册 [M]. 丹麦, 2004.
- [5] 魏兵. 铸件浇注时间的确定 [J]. 西安铸造, 1980 (1): 7-16.

Process Design of Clamp-Type Castings Produced on DISA Line Based on Proportional Solidification Theory

HUI Chun-hua

(Dalian Bingshan Metal Technology Co., Ltd., Dalian 116000, Liaoning, China)

Abstract:

Ductile iron clamp-type castings produced on DISA line with the original casting process had the shrinkage and dispersed shrinkage defects in the hot spot far away from the gate end, and the reject rate was 30%. Under the guidance of proportional solidification theory, the casting process with the proportional solidification pouring system was redesigned, and the high quality clamp castings without riser was produced on the DISA vertical molding line, and the shrinkage and dispersed shrinkage defects were eliminated.

Key words:

ductile iron; shrinkage; dispersed shrinkage; proportional solidification; process design; DISA line