

高炉用水冷钢砖的铸造工艺研究

邓守梁, 万黎明

本溪钢铁(集团)机械制造有限责任公司 辽宁本溪 117000

摘要: 介绍了生产水冷钢砖铸钢件造型、制芯等铸造工艺方面的技术, 阐述生产操作细节及材料使用等。

关键词: 水冷钢砖; 铸造工艺; 生产操作

1 序言

水冷钢砖是高炉重要的部件之一, 其质量的优劣直接影响高炉炉壁的耐用性, 对高炉一代炉龄的长短至关重要。水冷钢砖结构复杂, 技术要求高, 尺寸及表面质量要求严格。由于使用时零件内部要通循环水冷却, 因此要求铸件必须有足够的耐压性(水压0.5MPa保压1h无“冒汗”现象)。针对该铸件结构的特殊性, 结合我厂的实际情况, 制定合理的铸造工艺, 在生产中严格控制工艺参数, 生产出符合技术要求的铸钢件。

2 水冷钢砖材质及结构分析

1) 水冷钢砖材质为ZG270-500^[1], 化学成分见表1。

表1 水冷钢砖化学成分(质量分数) (%)

C	Mn	Si	P	S
0.32~0.40	0.50~0.80	0.25~0.5	≤0.04	≤0.04

2) 水冷钢砖铸件结构复杂(见图1), 且要求进行0.5MPa的水压试验, 保压1h无“冒汗”现象。水冷钢砖轮廓尺寸为1022.7mm×600mm×868mm, 内部是封闭空腔, 外部镶嵌有两根总高度为400mm的φ40mm×6mmA3无缝钢管, 钢管外衬护管。无缝钢管及护管在高温钢液的作用下极易变形, 铸件尺寸精度难以控制。在铸件内部且贯穿整个铸件有两个高860mm的固定用螺栓孔(铸孔), 为钢砖的安装定位孔, 因此孔的位置精度及尺寸精度要求严格, 否则会影响炉壁的固定和组装。铸件壁厚最大

石墨等级提高、石墨球数增多, 有利于铸件利用石墨化膨胀, 获得致密的内在质量, 减少铸件出现缩松类缺陷的倾向。

5 结束语

1) 碳化硅试验的产品理化性能符合要求。金相组织在加入量1.3%时达到最佳状态。球状石墨明显细化, 石墨大小从6级提升为7级, 这有利于提高产品的内部质量(减少内部缺陷)。

2) 采用炉内碳化硅预处理, 碳化硅的吸收率在95%左右, 并可取代硅铁和部分增碳剂使用, 炉内不用加硅铁, 减少增碳剂加入量。

3) 当采用炉内碳化硅预处理后, 球化处理时可

取消高钒预处理剂对铁液预处理, 适度减少包内球化剂和孕育剂的用量, 从而使熔炼的综合成本有所降低。另外, 还可减少球化处理时的铁液温度损失(损失20℃左右, 这点对浇注温度要求高的铸件尤为重要)。

4) 碳化硅的使用操作简单, 操作方法与使用增碳剂相同。

参考文献:

- [1] 万福祥, 何刚, 程维和, 等. 碳化硅在电炉熔炼上的应用[J]. 金属加工(热加工), 2010(5): 63-64.
- [2] 付雷, 侍波, 王永杰, 等. 碳化硅在高强度灰铸铁上的应用[J]. 机械工业标准化与质量, 2016(2): 36-39.

MW 20210326

处150mm、最薄处30mm。对铸钢件来说，壁厚极不均匀，形成缩孔、缩松、裂纹等铸造缺陷的倾向大。铸件表面70%为不加工表面，且需在无冷却水管的弧形表面铸入两个锻爪吊环，以便于高炉安装时吊装。

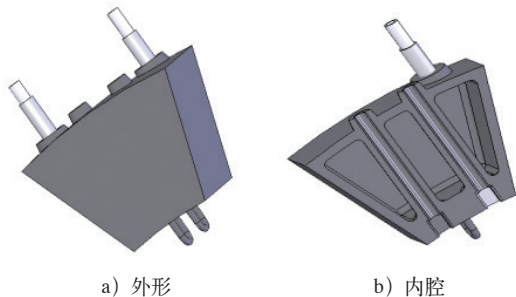


图1 水冷钢砖结构

3 铸造工艺

3.1 铸造工艺方案设计

根据该铸件的结构，采用三箱造型工艺方案，如图2所示。铸件的厚平面朝上，以便于在厚平面处设置明冒口。将镶嵌的无缝钢管及护管朝下，T形结构的护管及加长的上下芯头将无缝钢管固定在砂型中。为保证两个细长螺栓孔的位置和尺寸公差，要求用钢管和方形管焊接制成具有激冷作用的冷铁管，在木模样上做出冷铁管芯头座，先将随形冷铁管固定在木模上中再造型，用100mm高的芯头保证冷铁管位置公差。为保证1#串皮砂芯产生的气体被顺利排除（水分及其他高温复杂化学反应产生的气体），以及便于串皮砂芯的固定和浇注后铸件内部废砂清理，在水冷钢砖的两侧加工面中部各设置两个 $\phi 120$ mm的工艺孔，落砂清理后用丝堵封闭焊

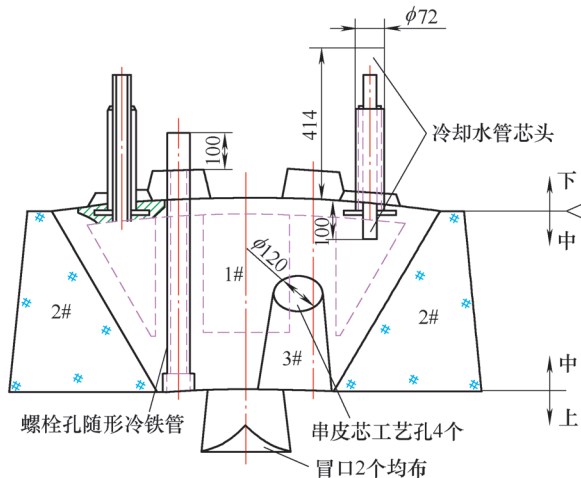


图2 铸造工艺

接。吊装用锻爪事先安装在木模样上，造型后靠型砂强度固定在砂型中^[2]。

3.2 工艺参数的选择

由于此铸钢件材质为ZG270-500的复杂结构厚大件，取线收缩率为2%，加工余量取10mm，为满足圆弧整体组装需要，在弦长尺寸方向上取-3mm的工艺修正参数。

3.3 浇注系统及冒口的设置

为使钢液在较短的时间内充满型腔，设置内浇道两道，采用耐火陶瓷管。考虑铸件壁厚不均，采用顺序凝固的原则，两道内浇道在中箱设置成阶梯状。根据钢液上升速度 $>15\text{mm/s}$ 的要求计算充型时间，同时选用开放式浇注系统，各截面积比为 $\Sigma F_{\text{直}}:\Sigma F_{\text{横}}:\Sigma F_{\text{内}}=1:1.2:1.4$ 。

按照铸钢件冒口模数的计算原则， $M_{\text{冒}}>M_{\text{件}}$ ， $M_{\text{件}}=V/S_{\text{散热}}$ 计算后，选用 $\phi 250\text{mm}$ 圆形冒口2个，冒口高450mm，斜度1:10，均布在上表面壁厚处，这样冒口能对铸件的体收缩进行补缩，浇注后使位于下箱的凸台最先凝固，然后逐渐向上凝固，从而实现自下而上的顺序凝固，最终将缩孔集中在冒口中，从而获得组织致密的铸件。

3.4 铸入无缝钢管的处理

在造型前，对无缝钢管及护管采用喷丸进行除锈处理，为防止无缝钢管及护管在高温钢液的作用下产生变形，用耐火度较高的干镁砂将钢管充满并捣实。

4 型砂的选择及铸型、砂芯的干燥

4.1 型砂的选择

为保证铸件表面质量，针对水冷钢砖的壁厚较大、体积小、重量大（1.7t）、散热表面积小且蓄热大的特点，为防止铸件胀箱，保证尺寸精度，型砂及2#、3#砂芯选择强度高的酯固化水玻璃硅砂。为保证1#串皮芯清砂方便，1#砂芯选用低黏结剂配比的水玻璃砂。具体的型芯砂配比见表2^[3]。

表2 型芯砂配比 (%)

项目	硅砂	水玻璃	固化剂
型砂	100	2.6	0.52
1#芯砂	100	2.2	0.44

注：硅砂粒度为40/70目（0.212~0.425mm）。

4.2 铸型、砂芯的干燥

为防止浇注过程中型芯砂中的气体对铸件质量的影响,将铸型和砂芯入烘干窑进行干燥处理,干燥温度曲线如3所示。干燥后铸型要及时合型浇注,防止铸型放置时间过长而吸潮。

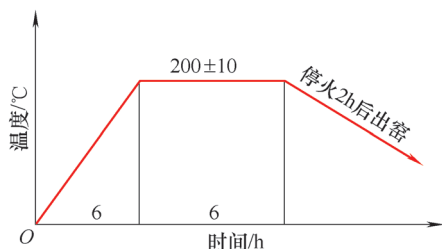


图3 型芯干燥温度曲线

5 熔炼、浇注工艺要点

采用电弧炉熔炼,入炉料必须是低磷、少锈、干燥的废钢料,再配一定量的铸造生铁。配料时必须保证熔炼过程脱碳量在0.2%~0.4%。在熔化期,当炉料熔化60%后,加入适量的小块矿石、萤石及石灰进行造渣^[4]。钢液熔清后温度在1580℃时加入矿石氧化。在氧化期,保证脱碳量在0.2%~0.4%,以便有效地去除钢液中的气体和夹杂物; w_P 必须控制在0.025%以下,氧化末期终碳含量(质量分数)一般在0.25%以下开始净沸腾,10min后加入锰铁进行预脱氧。为保证脱氧效果,还原期作为造渣材料的电石,加入量在1~1.5kg/t钢液,才能保证在白渣下脱氧。30min后调整钢液成分及温度,出炉温度控制在 $(1590 \pm 10)^\circ\text{C}$,浇注温度控制在1550~1560℃。浇注前必须镇静3~10min,保证低温、快浇。浇注后冒口加盖覆盖剂并捣30min左右,以提高冒口的补缩效率(也可以采用保温冒口或加冒口发热剂)。

6 铸件的终处理

- 1) 水冷钢砖铸件浇注后,要及时松箱,以减少收缩阻力。
- 2) 根据水冷钢砖铸件壁厚、重量大、体积小特点,为防止开箱过早引起铸件产生裂纹,根据计算选择型内保温时间 $>20\text{h}^{[1]}$ 。
- 3) 铸件的热处理:为消除铸件内的铸造应力,改善铸件切削加工性能,提高其综合力学性能,必

须进行铸件的热处理。我们采用完全退火方法,退火曲线如图4所示。完全退火可以有效地改善铸件内部组织的不均匀性,消除过热组织及魏氏体组织,细化晶粒。

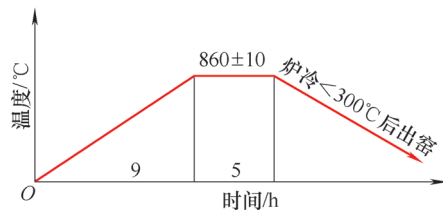


图4 退火处理曲线

7 生产结果

1) 按上述铸造工艺方案试生产了一套水冷钢砖,用检查样板检测外形尺寸及螺栓孔位置等,均符合图样和相关技术协议要求。

2) 用水压0.5MPa进行泄漏试验,保压1h后均无“冒汗”现象。

8 结束语

1) 通过生产实践,我们掌握了采用水玻璃硅砂进行此类复杂铸钢件的铸造技术,所铸造的水冷钢砖已在高炉上使用,能保证高炉的正常生产,减少了由于该产品质量问题而造成的停工时间,受到了用户的好评。

2) 通过对铸件进行详细的结构分析,利用现有的生产条件,制定科学合理的工艺方案,在生产中选择合理工艺参数,控制熔炼过程各环节操作质量,可以生产出高标准要求的水冷钢砖铸件。

参考文献:

- [1] 中国机械工程学会铸造分会.铸造手册:铸钢[M].2版.北京:机械工业出版社,2010.
- [2] 曹文龙.铸造工艺学[M].北京:机械工业出版社,1989.
- [3] 昆明工学院.造型材料[M].昆明:云南人民出版社,1978.
- [4] 李隆胜.铸造合金及熔炼[M].北京:机械工业出版社,1989.

MW 20210109