

矿山机械球墨铸铁厚壁大件的工艺设计

■ 宋亮, 苏少静, 刘利平, 王瑞

摘要: 通过对矿山机械类球墨铸铁厚壁大件的研究, 介绍了矿山机械类球墨铸铁厚壁大件的铸造工艺设计, 也为此类铸件的批量化生产奠定了技术基础和生产经验。

关键词: 矿山机械; 球墨铸铁; 厚壁大件; 液态补缩; 仿真模拟

球墨铸铁金属液的凝固呈粥状, 其凝固温度范围宽, 对于厚大球墨铸铁件由于壁厚大, 凝固时间长, 石墨球大且少, 故其产生缩孔、缩松的倾向比相同结构的灰铸铁件大得多。在球墨铸铁件浇注工艺设计上有两种不同的看法: 一是遵循顺序凝固的原则; 二是在满足一定条件下, 需采用小冒口或无冒口也能生产出结构完整的铸件。

本文所述产品是矿山机械球磨机和悬磨机的零部件, 其作为传动轴的连接部位用于矿石的破碎作业, 需要承受高载荷、高力矩, 因此对铸件的组织性能要求高, 在铸件内部不允许有纵向延伸裂纹。

一、产品技术要求

铸件结构如图1所示, 其中除绿色部位外, 其余均为加工面。

轮廓尺寸: $\phi 8980\text{mm} \times 2220\text{mm}$, 最小壁厚103mm, 最大壁厚392mm。

浇注重量: 70t。

材质要求: 材料为EN-GJS-500 - 7U, $w_{Ti} < 0.02\%$, 球化率85%以上, 不允许出现Ⅲ型以下石墨, 且石墨球尺寸为5~7级。

检测标准: 铸件所有表面进行UT无损检测 (声速5500m/s), 应达到12680-3 II级标准。

二、铸件工艺设计

1. 铸造方法的确定

铸造方法主要有两种: 一是实体模样对春造型, 如图2所示, 其优点是砂芯少, 合型尺寸易控制, 缺点是对工装设备要求非常高; 二是地坑组芯造型, 如图3所示, 其特点是砂芯多, 对工装设备要求低, 模样费用低, 但是多块砂芯组合, 合型控制尺寸多, 容易出现蹭砂和尺寸问题。矿机件属于厚壁大件, 缩松倾向大, 为了保证无缩松缺陷, 需要砂型具有较高的强度, 且砂芯多会导致披缝多, 对补缩不利。因此, 从保证产品质量、避免夹砂和缩松缺陷的角度分析,

最终选择实体模样对春造型。

2. 浇注方案的确定

本文所述的铸件结构大体分为两部分, 即 $\phi 8980\text{mm}$ 的大盘面和 $\phi 2220\text{mm}$ 圆筒段。现通过软件模拟大盘面在下和大盘面在上两种状态下金属液的凝固, 以确定合理的浇注方案。

(1) 大盘面在下时的凝固

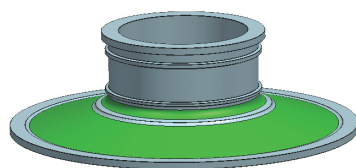


图1 铸件结构示意图

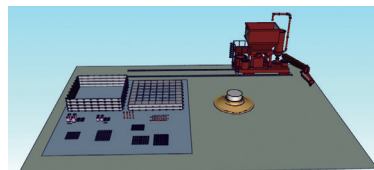


图2 实体模样对春造型

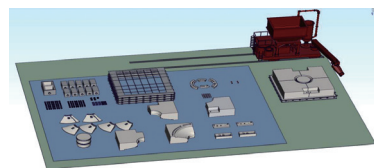


图3 组芯造型流程示意

模拟 使用模拟软件对未放置任何冷铁、冒口或浇注系统的产品进行凝固模拟，通过研究模拟结果可知，铸件大盘部分壁厚比较薄，圆筒直段壁厚相对比较均匀，放置发热冒口，顺序凝固补缩。但是存在的问题是圆筒处壁厚为整个铸件最厚处，其厚度达到392mm，放置大冒口在圆筒法兰处补缩，会增大圆筒的热节，易导致铸件冒口根部石墨变形、金相粗大、石墨漂浮等缺陷，且冒口放置难度大，操作复杂，补缩效果较差，如图4所示。

(2) 大盘面在上时的凝固模拟 大盘面向上时，在铸件最大热节附近（避开最大热节处）放置顶冒口，保证冒口既能够补缩最大热节处，又不增加最大热节处的有效模数，可保证厚壁处的组织结构。同时，上箱面为全加工面，通过加大加工余量的办法，解决顶面夹渣、夹砂缺陷，达到满足用户产品技术要求。图5为大盘面在上时的凝固模拟。

综上，本文所述铸件采用大盘面在上的浇注方案。

3. 加工量和浇注系统设计

根据工艺设计手册与相关标准，确定此产品主体加工量在10~30mm，为防止铸件上表面夹渣、夹砂缺陷导致铸件报废，在上表面适当加大加工量。此铸件尺寸长、重量大、浇注时间长，为此将浇注系统设计为全陶瓷浇注系统，如图6所示。陶瓷浇注系统提高了浇注系统抵抗高温铁液冲刷的能力，降低了浇注速度，减小了紊流，减轻了氧化夹渣，阻挡了渣子和减少了冲砂的危险。

4. 冷铁和冒口设计

一般说来，球墨铸铁件产生缩孔、缩松的倾向比灰铸铁件大得多，解决此问题的一种方法是遵循顺序凝固原则，在最后凝固的部位放置冒口，以补充铸件在凝固过程中产生的体积收缩；另一种是在球墨铸铁件模数大于2.5cm时，只需采用小冒口或无冒口也能生产出合格的铸件。但是需要满足型砂强度、孕育球化效果。

模拟之前先对铸件进行分区计算模数，具体分区情况如图7所示，根据计算结果设计冒口和

冷铁，此产品选择的是类似于铸钢件顺序凝固补缩的方法，将冒口放置在靠近铸件热节的部位，保证冒口晚于铸件凝固，实现补偿液态收缩。此顺序凝固补缩的方法可以消除铸件的缩松，但是降低了工艺出品率，容易导致石墨漂浮和冒口颈铸件组织粗大。

我们在生产此类产品时，选择的是冒口补缩铸件工艺，放置6个 $\phi 350\text{mm}$ 的保温发热冒口。附表所示为与图7铸件模数分区相对应的铸件模数，图8是按照图7的模数分区采用MAGMA模拟铸件浇注凝固的效果图，从图中可

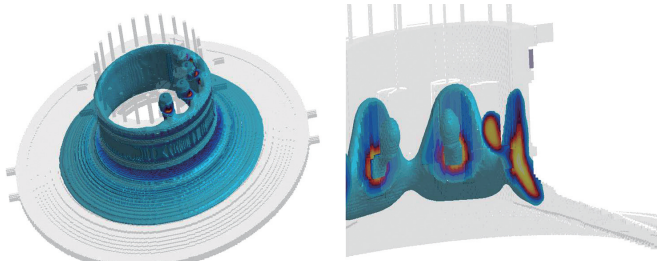


图4 大盘面在下时的凝固模拟

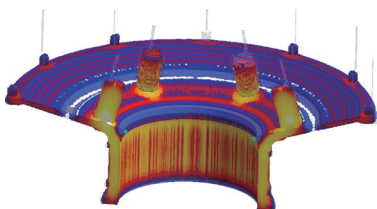


图5 大盘面在上时的凝固模拟

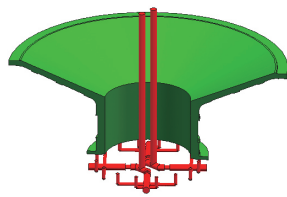


图6 浇注系统设计

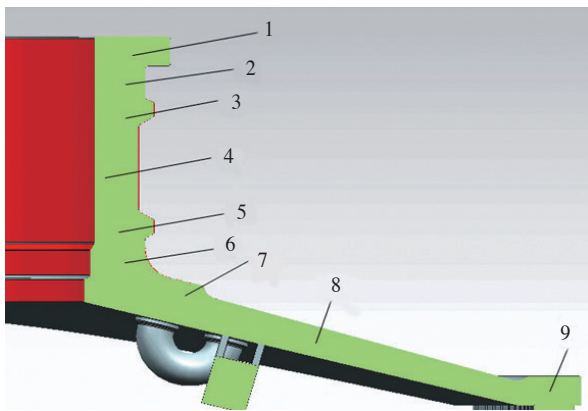


图7 铸件模数分区

以看出，采用此模数分区方案，铸件无缩松缺陷。

5. 产品工装设计

在生产厚壁铸铁件时，为了提高铸件质量，降低砂铁比，节约成本，专门设计了宝塔形砂箱，采用中空的下箱，且下箱的

纵截面为方形，上箱的纵截面为倒梯形，整体呈倒“八”字结构的砂箱体（见图9），在宝塔形砂箱的4个连接处设有箱口板，每个箱口板上均设有内置卡箱口，将两层相配合的砂箱紧固牢固，保证强度，最大程度地降低砂铁比。

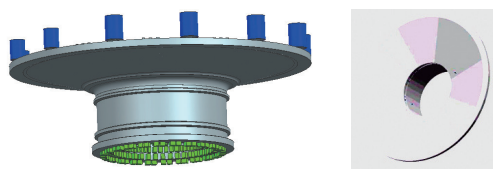


图8 MAGMA模拟缩松效果

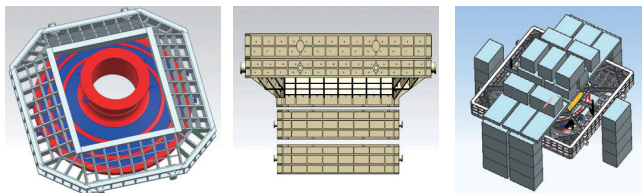


图9 宝塔砂箱结构示意图



图10 试制件实物

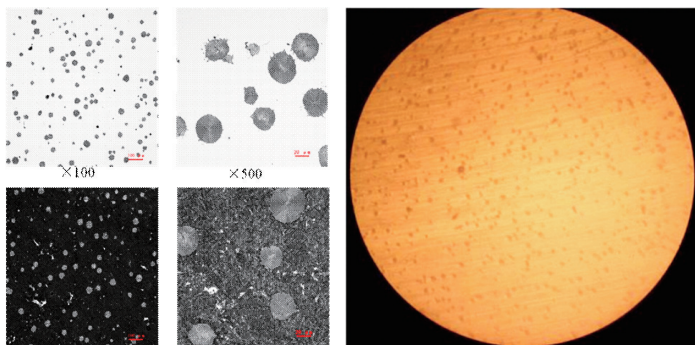


图11 试制件的实体金相组织

铸件模数表

分区号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
体积/mm ³	40015	28054	28843	67143	28843	91258	26044	172876	34304
表面积/mm ²	668.6	276.4	327.8	754	327.8	819	265	3175	646
模数/cm	5.98	10.15	8.79	8.9	8.79	11.14	9.82	5.44	5.31

三、生产结果

按照以上确定的铸造工艺进行铸件的试制，并对试制件按照既定的检测方法进行检测，具体检测情况为：铸件实体金相球化率95%，石墨球尺寸5~6级，珠光体含量45%~50%，力学性能达到材料EN-GJS-500 - 7U的要求。铸件大型冒口下的石墨尺寸最低为5级，无超要求级别缩松，表面无夹渣、夹砂或石墨漂浮的质量问题，符合用户的技术和质量要求。

图10为试制件实物、图11为试制件的实体金相组织。

四、结语

矿山机械类球墨铸铁厚壁大件，需要承受高载荷、高力矩，要最大限度地提高产品质量和工艺出品率。按照本文研究的方法，在了解球墨铸铁凝固特性的基础上，切实控制铸铁熔炼、球化处理、孕育处理和浇注作业等全过程，设计高效的挡渣缓流浇注系统，且要有效地控制铸型的刚度，可顺利生产出符合用户技术和质量要求的铸件。

作者简介：宋亮，共享装备股份有限公司，主要从事铸造技术的研究工作。苏少静、刘利平、王瑞，共享装备股份有限公司。

MW 20160918