

华铸CAE在风电轮毂 球墨铸铁件上的应用

酒钢西部重工 (甘肃嘉峪关 735100) 张 平 刘建彪

【摘要】通过实行优化造型、浇冒口设计、利用华铸CAE铸造模拟,低温石墨化退火工艺,合理选择化学成分,控制熔炼铁液的球化与孕育,可以生产出性能指标合格的大型风力发电用的铸铁件。

1. 零件技术要求

轮廓尺寸为 $SR1470\text{mm}$ (结构见图1),主要壁厚为 $48\sim 80\text{ mm}$,材料牌号为QT400—18AL,毛重为 6600kg ,铁液重 9500kg 。



图1 轮毂零件

的孕育剂,孕育效果不太理想。在改用其他的孕育剂后,虽然效果比75SiFe孕育效果要好些,但铸铁件的布氏硬度没有明显的提高,而且无形中又增加了生产成本。经多次试验,我公司最终选用75SiFe和高钙钡孕育剂(Ba、Ca元素的含量配比根据用户实际情况决定),取得了较好的结果。

(2) 我公司对随流孕育和瞬时孕育特别重视,改变了传统的孕育方式,对孕育装置进行了优化改进,并已经申报市级科技发明。

5. 熔炼方式

熔炼方式不同,对铸铁件的布氏硬度有较大的

(1) 化学成分为 $w_C=3.4\%\sim 3.8\%$, $w_{Si}=1.8\%\sim 2.3\%$, $w_{Mn}<0.4\%$, $w_P<0.04\%$, $w_S<0.01\%$, $w_{Ni}=0.5\%\sim 1.0\%$, $w_{Mg}=0.02\%\sim 0.06\%$, $w_{Cu}<0.2\%$ 。

(2) 要求附铸试块抗拉强度 $\geq 372\text{MPa}$,室温伸长率 $\geq 12\%$,低温冲击韧度($-20\text{ }^\circ\text{C}$) $>12\text{ J/cm}^2$ 。

(3) 不允许有缩松、裂纹、夹渣、缺角等缺陷,用树脂砂型铸造。

(4) 铸件应进行局部着色检测,在各对接孔宽度为 200mm 的区域做X射线检测,并提供检测报告。

(5) 铸件尺寸及加工余量应按标准符合图样尺寸要求,壁厚应均匀。

2. 铸造工艺设计

(1) 浇注系统 最优方案如图2所示,采用底注浇注系统,两个直浇道。

影响,尤其冲天炉与电炉有较大的差别。以前我公司采用中频感应电炉熔炼,对于提高铸件的硬度非常不利。进行反复研究后决定采用冲天炉-电炉双联熔炼方式,取得了令人满意的效果。

6. 结语

通过对炉料配比、化学成分的控制,以及复合孕育和造型工艺改进,大幅提高了铸铁件的布氏硬度,延长了铸铁件的使用寿命,为我公司和用户都带来了很大的经济效益。MW

(20120117)

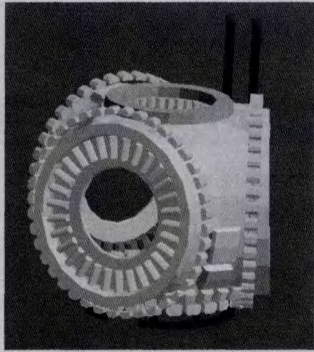


图2 铸造工艺立体图

铁液分两横浇道、10个内浇道进入型腔；顶部直接加高一圈150mm作为冒口，侧面顶部设随形压边冒口。浇注系统尺寸为：直浇道2- $\phi 90$ mm，横浇道110 mm $\times$ 130 mm $\times$ 90mm，内浇道 $\phi 60$ mm共8个。

(2) 冷铁设计 由于此铸件壁厚不均匀，为了实现顺序凝固，故设置了8种冷铁来实现顺序凝固，以减少缩松、缩孔缺陷。

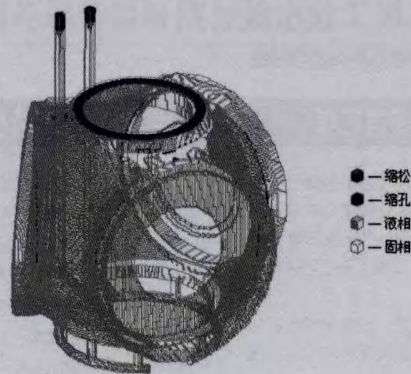
(3) 壁厚偏差和表面质量控制 采用树脂自硬砂和相应的醇基涂料，保证尺寸精度和表面质量；采用定位芯头和整体芯盒，下芯时配检查样板，以保证尺寸精度。

3. 铸造模拟

应用有限差分法求解方程进行数值模拟，模拟软件选用华铸CAE，先用三维造型软件Pro/E进行三维图的造型并生成STL文件，用商品化模拟软件前置处理实现网格的自动剖分。对铸件铸造过程的流动场和温度场进行了模拟。通过分析其凝固液相的孤立区和重力补缩方法预测可能产生的缩孔、缩松缺陷。

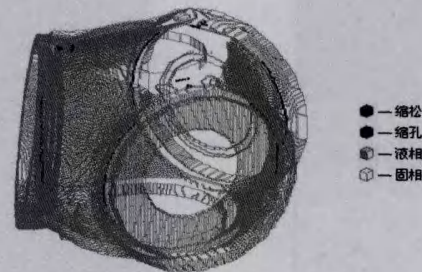
为了准确掌握缩孔、缩松的形成过程，采用“华铸CAE软件”对该铸件凝固过程进行了数值模拟，结果如图3、图4所示。

从图3、图4凝固过程液相分布结果可以看出：缩松、缩孔主要集中在三个法兰侧面，由于中间薄壁处先于热节部位凝固，从而导致在三个法兰侧面位置热节处出现了液相孤岛，热节最后凝固处将得不到补缩，从而产生缩孔、缩松缺陷。原来的工艺方案模拟所产生的缩松、缩孔缺陷比目前的数量多、体积大。而此模拟结果已经能够满足技术要求。



缩孔总体积 8040cm³，缩松总体积 1511.54 cm³
本铸件此时共 173 个缩孔、138 块缩松
临界孔隙率 1.00 % 孔隙分界点 60.00 %
临界体积：缩孔1.00 cm³，缩松1.00 cm³
凝固经历时间 5470.20 s

图3 凝固完毕之后铸造缺陷（包括浇注系统）



缩孔总体积 204.32 cm³，缩松总体积 1138.05 cm³
本铸件此时共 74 个缩孔、115 块缩松
临界孔隙率 1.00 % 孔隙分界点 60.00 %
临界体积：缩孔1.00 cm³，缩松1.00 cm³
凝固经历时间 5470.20 s

图4 凝固完毕之后铸件铸造缺陷

4. 结语

利用华铸CAE 软件模拟QT400—18轮毂铸件的铸造过程，可以预测铸件中产生缩孔、缩松缺陷危险区域。为铸造工艺设计提供科学的依据。应用通过计算机模拟的方法优化出的工艺方案生产轮毂铸件，很好地解决了缩孔、缩松缺陷的问题，为企业带来了显著的经济效益。

通过对-20℃低温冲击球墨铸铁材料的研发，在确保力学性能 $R_m \geq 400$ MPa 的同时，使-20℃低温冲击韧度平均值大于10J/cm²。该材料的开发成功，将有力地推进我公司在球墨铸铁材料研发方面的能力，同时其市场开发前景及未来的经济效益将非常广阔，并能为公司带来很好的社会效益。

MW (20111221)