基于Magmasoft模拟的中间牌坊本体铸造工艺设计

李长福

摘要：中间牌坊本体是轧机的重要部件，零件尺寸较大、结构复杂。目前中间牌坊本体大多采用砂型铸造成形，结合铸件结构特点，并基于Magmasoft的模拟分析，对零件的铸造工艺进行设计，减少零件的内部缺陷，使零件力学性能达到要求。

关键词：中间牌坊本体；Magma模拟；工艺设计；性能检验

中间牌坊本体是轧机的重要组成部分，在轧机工作中需要承受轧辊全部压力和倾翻力矩，因此要求铸件内部组织致密，不允许有裂纹、夹渣、缩孔及缩松等缺陷，并保证具有良好的力学性能。此外，中间牌坊本体配合面上不能有铸造缺陷，并保证精确尺寸。

1. 中间牌坊本体特点

中间牌坊本体壁厚较均匀，轮廓尺寸3960mm×1880mm×1228mm，最大壁厚500mm，最小壁厚140mm，铸件结构如图1所示。铸件净重14300kg，材质为ZG270-500，化学成分见表1，需要达到的力学性能见表2。

2. 工艺方案确定

（1）冒口选定　根据铸件结构和我公司的生产实际情况，该铸件采用砂坑组芯造型，分型面如图2所示。该铸件采用独立冒口，设置在铸件热节处；6个冒口均为明冒口，浇注完成后向冒口撒碳化稻壳保温剂，厚度≥200mm。冒口位置如图3所示。

（2）砂芯设计　该铸件采用砂坑组芯造型，共三层砂芯，总计14个芯盒号、38块砂芯。芯盒木制，砂芯材料选用呋喃树脂砂，面砂选用铬铁矿砂，背砂选用硅砂，砂芯表面刷醇基锆石粉涂料，涂料层厚度3~5mm。

（3）冷铁选用　冷铁选用公司常备冷铁。冷铁放置在铸件壁厚过渡区、冒口补缩末端区和两冒口中间，有利于加快热节处的冷却速度，使冷铁放置区域趋于同时凝固，有利于防止产生裂纹，还会减少偏析和缩松产生的概率，同时会细化晶粒组织，提高铸件的力学性能[1]。冷铁位置

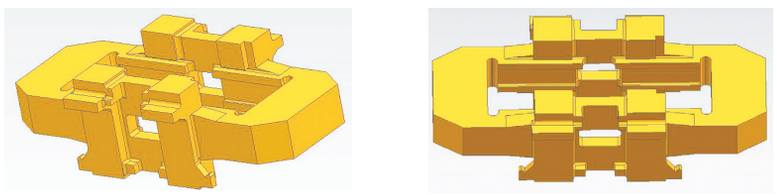


图　1

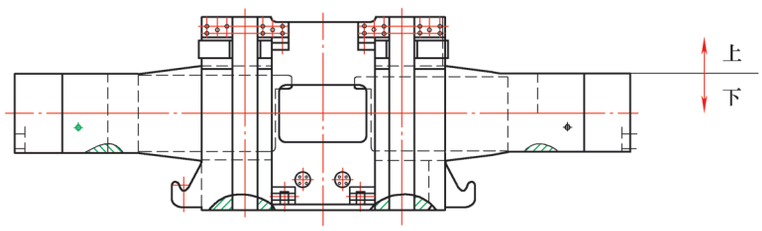


图　2

表1　中间牌坊本体材质化学成分（质量分数）　（%）

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	V
0.30~0.35	≤0.5	0.8~0.9	≤0.04	≤0.04	0.2~0.3	≤0.35	≤0.30	≤0.20	≤0.05

如图4所示。

（4）浇注系统设计　钢液在浇注过程中流动性差，易氧化，因而选用开放式浇注系统；同时，根据铸件自身的结构特点，浇注系统采用侧面底注式，使钢液快速、均匀、平稳地充满型腔。选用一个ϕ90mm包孔单包浇注，浇包为柱塞式，浇注温度1540~1555℃。根据公式：$\Sigma F_{包孔}:\Sigma F_{直浇道}:\Sigma F_{横浇道}:\Sigma F_{内浇道}$=1：(1.8~2)：(1.8~2)：(2.0~2.5)[2]，确定内浇道、横浇道和直浇道的总横截面积。

（5）Magma模拟铸件凝固过程　Magmasoft软件是德国MAGMA公司专门为铸造开发的过程仿真分析软件，针对铸造过程进行流动-传热-应力耦合分析，采用基于有限元（FDM）的数值计算方法，适用于模拟复杂铸件成形过程中的各种物理现象[3]。

根据图3中间牌坊本体最终的铸造工艺，利用Magmasoft软件对工艺进行模拟，使用自动划分网格功能将铸件网格划分为800万个。对铸件的Porosity和Niyama判据进行模拟。图5a为ϕ2mm缩孔产生的判断依据，模拟结果整体很好，未发现缺陷；图5b为缩松产生的判据，公式为$G/\sqrt{R}<C$，G为温度梯度，R为冷却速度，C为判据临界值，依据经验将C值定为0.7。从图中可以看出，可能出现缩松的位置为冷铁区域，由于冷铁的激冷作用，使该区域先于铸件其他部位凝固，该部位不能得到钢液补充，因此可能出现缩松缺陷。

3. 中间牌坊本体性能检验

铸件在切割完冒口后并没有出现裂纹、夹砂等问题，冒口下也未出现缩孔，铸件整体表面质量良好。对粗加工后的中间牌坊本体进行UT检测，并未发现超标缺陷，内部质量良好。表3是中间牌坊本体力学性能检验情况，全部合格，具有足够的强度和韧性，满足用户的技术要求。

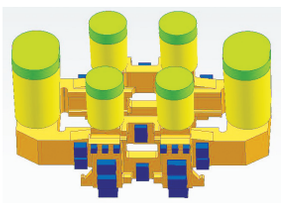


图3　冒口示意

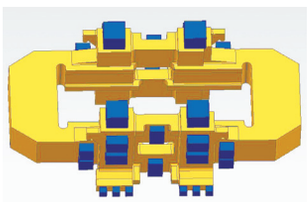
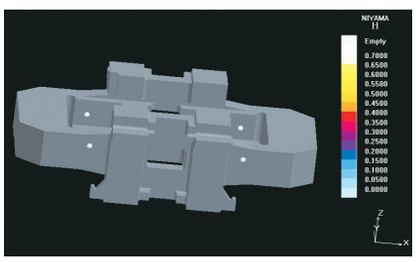
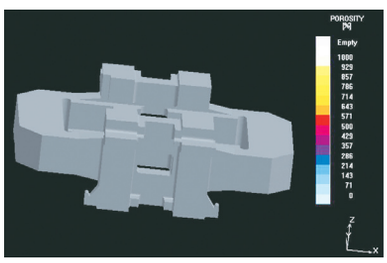


图4　冷铁位置



(a)



(b)

图 5

表2　中间牌坊本体力学性能要求

σ_b/MPa	σ_s/MPa	δ_5（%）	A_{KU}/J
≥500	≥270	18	27

表3　中间牌坊本体检验力学性能

σ_s/MPa	σ_b//MPa	δ_5（%）	Ψ（%）	A_{KU}/J			HBW
278、276	508、509	28、28	57、45	146、83	139、100	146、101	150、149

4. 结语

运用Magmasoft软件对铸件的铸造工艺进行模拟，能够预测可能出现缺陷的位置。根据模拟结果对铸造工艺进行优化，调整冒口位置、尺寸，设计冷铁位置、尺寸，确定补贴位置、尺寸等，使铸件内部缺陷全部消除或大部分消除，表面质量和力学性能达到用户的要求。采用计算机模拟技术辅助工艺设计，在极大地提高工作效率的同时，降低了生产成本，保证了产品质量。

参考文献

[1] 李新亚，等.铸造手册[M].北京：机械工业出版社，2011:379.

[2] 李新亚，等.铸造手册[M].北京：机械工业出版社，2011:210-211.

[3] 王延露.基于MAGMASOFT的铸造充型凝固过程分析与研究[D].兰州：兰州理工大学，2006，4.

作者简介：李长福，中国第一重型机械集团有限公司，从事大型铸钢件工艺编制。

MW 20170320