通过浇注系统改进解决球墨铸铁件夹渣缺陷

张俊勇，周文军

球墨铸铁（Nodular Cast Iron）是一种具有优良力学性能的金属材料，通过在铁液中加入球化剂和孕育剂，让石墨呈球状形核并长大而获得。20世纪40年代，现代球墨铸铁由美国国际锡公司(INCO)青年科研人员K.D.Millis首先研究成功。球墨铸铁在力学性能、物理性能、工艺性能、使用性能上具有独特的优势，生产工艺简单，成本低廉，在机械、冶金、矿山、纺织、汽车及船舶等领域应用广泛。

生产球墨铸铁时夹渣是最常见的缺陷，其多出现在铸件浇注位置的上平面或型芯上表面部位。夹渣缺陷严重影响铸件的力学性能，特别是韧性和屈服强度，导致承压部位发生渗漏。

笔者所在单位生产的一种发电设备铸件前期经常出现铸件夹渣缺陷而报废，针对此缺陷进行了改进。

1. 原工艺及缺陷状况

铸件重量为4500kg，材料为QT400-18，呋喃树脂自硬砂造型。采用15t/h工频电炉熔炼，化学成分为：w_C=3.5%~3.7%，w_S=2.2%~2.7%，w_{Mn}=0.3%~0.47%，w_P≤0.06%，w_S≤0.2%，浇注温度为1350~1380℃。浇注系统采用半封闭式、横浇道在分型面的环形底注工艺，内浇道为4道ϕ35mm的陶瓷管，直浇道为ϕ80mm，横浇道截面为：70/80mm×100mm，截面比为：$F_{直}$：$F_{横}$：$F_{内}$=1：2.99：0.77，工艺方案如图1所示。这样设计出来的铸件缺陷主要为夹渣，位置在法兰背面和轴承上表面，形状不规则，无金属光泽，用渗透液或磁粉检测，有时用肉眼即可发现，如图2所示。

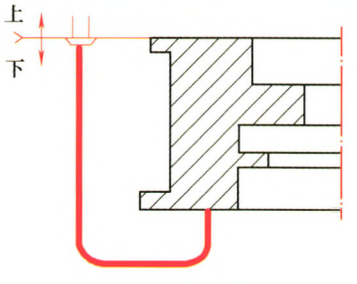


图1 工艺方案

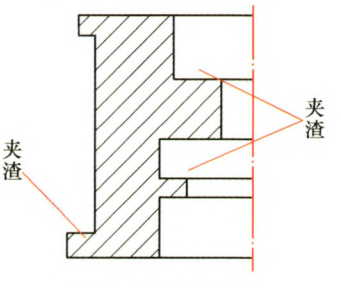


图2 夹渣缺陷分布

（4）变质处理 采用包内1#稀土、铝的复合变质处理工艺，每吨钢液加入量：1#稀土1.5kg、铝锭1kg。

（5）工艺模拟 通过高锰钢凝固模拟，在消失模铸造工艺条件下，轧臼壁内侧8个热节部位应放置外冷铁。

（6）热处理过程的关键参数控制 奥氏体化温度1100~1150℃，保温时间≥6h，淬火槽加高压风搅拌，以增加水的冷却能力。格子板等壁厚不均的铸件需在铸型中缓冷48h以上才能进入热处理工序，并且在铸件加热温度达到760℃以前升温速度≤80℃/h。

（7）合金化处理 轧臼壁、破碎壁等低冲击工况使用的高锰钢铸件，采用Cr进行合金化，含量控制在w_{Cr}=1.5%~2.5%。

作者简介：崔林科，董建军，李志翔，陕西华县金堆城钼业集团有限公司机修厂。

MW 20140208

2. 缺陷原因分析

（1）熔炼或球化处理后，加入的熔剂和形成的熔渣在浇注时随金属液一起注入型腔。

（2）金属液在浇注过程中镁、稀土、硅、锰、铁等二次氧化，产生的金属氧化物和硫化物、游离石墨等上浮到铸件上表面或滞留在铸件内的死角和砂芯下表面等处。

原工艺该铸件的浇注压头为2.5m，铁液从浇口杯进入浇注系统后，直接由内浇道底返进入底法兰，进流速度大，约0.7m/s，进入型腔的铁液紊流严重，且严重卷气，因此铸件表面出现大量的渣，造成该产品的废品率超过10%。

（3）由于含硫量过高，使金属液含有大量硫化物，浇注后在铸件内部形成渣。

（4）金属液中各组元（碳、锰、硫、硅、铝、钛）之间或这些组元与氮、氧之间发生化学反应，其氧化物与炉衬、包衬、砂型壁或涂料之间发生界面反应形成夹渣。

3. 改进方案

（1）熔炼时对原材料进行分拣，保证干燥、清洁、无锈蚀。

（2）提高铁液出炉温度和球化处理温度，对浇包进行充分烘烤。

（3）金属液在浇包内应静置一段时间，以利于渣上浮。

（4）降低原铁液含硫量，在保证球化前提下，尽可能减少球墨铸铁的残留镁含量。

（5）浇注系统改进。

为保证铁液在充填型腔的过程中平稳、流畅，按大孔出流理论对浇注系统进行了改进，如图3所示。采用开放式浇注系统，通过增大进流截面降低进流速度。铸件整体分散进流，快速充型，保证浇口杯、直浇道及时充满。

该铸件重4500kg，浇注重量6000kg，根据相关公式计算的浇注时间为60s，阻流截面积为52cm^2，即设计的开放式浇注系统的直浇道截面积为52cm^2。按照标准的陶瓷管，则选择ϕ80mm的陶瓷管，截面积是50.24cm^2，按照推荐的浇注系统比例，设计的横浇道截面形状是矩形（9cm×6cm），则面积是108cm^2，内浇道是13道ϕ35mm的陶瓷管，截面积是125cm^2，则最终的截面比是$F_{直}$：$F_{横}$：$F_{内}$=1：2.15：2.49。

根据上面计算的参数计算得进流速度为0.28m/s，进流速度降低很多，是原工艺进流速度的40%。充型平稳，避免紊流，大大降低了铁液二次氧化的机会，从而可以减少夹渣缺陷。

4. 改进后验证

采用以上措施连续生产15件，铸件没有再出现法兰和轴承上表面部位夹渣缺陷，改进有效。类似的方法在其他产品上运用，也有明显效果。

5. 结语

大型球墨铸铁件易于在浇注位置上表面以及铁液流动的一些死角区域产生夹渣缺陷，这些缺陷可以通过熔炼控制和浇注系统的改进来解决。浇注系统形式以及参数选择应能保证铁液平稳充型，为此浇注系统各组成部分面积、浇注时间需按照内浇道低速进流、铸件整体快速充满的原则来计算。

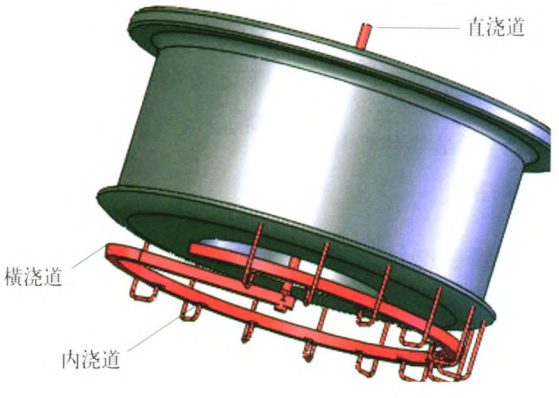


图3 改进后的浇注系统

作者简介：张俊勇，宁夏共享集团有限公司，高级工程师，长期从事铸件质量控制和技术管理、研究工作。

周文军，宁夏共享集团有限公司。

MW 20140416