转轮下环的铸造工艺研究

哈尔滨电机厂有限责任公司 （黑龙江 150040） 李祖良 张 浩 李 鹏

【摘要】下环是转轮的关键部件之一，该类铸件具有轮廓尺寸大、断面不均匀等特点，铸造时容易产生缩孔、缩松、变形等缺陷。针对下环铸件，利用计算机仿真模拟软件进行模拟，预知缺陷的位置，从而优化铸造工艺。实际产品与计算机模拟基本一致，且质量满足图样要求。

枫树坝机组转轮直径为 4.17m，单机容量为 8.8 万 kW，其中下环件材质为 ZG00Cr13Ni4Mo，净重 7.6t，最大直径为 ϕ4560mm，高 1005mm。截面较小，平均壁厚约 70mm。

转轮是水轮机的关键部件，由上冠、下环和叶片构成的，其直接将水流能量转换为旋转体的机械能，同时直接决定着水轮机的过流能力、水力效率、空蚀性能及工况稳定性等工作性能。

下环是水轮机上转轮的关键部件之一，该类铸件一般具有轮廓尺寸大、断面不均匀等特点，铸造时容易产生缩孔、缩松、变形等缺陷，尤其易出现椭圆尺寸问题，导致内外圆加工量均不够，需焊补才能满足加工要求，质量不易保证。

1. 铸造工艺设计

铸件在凝固过程中，由于铸件各部分之间的冷却速度不同，会引起各部分的收缩不一致，同一时刻铸件内温度分布不均匀，进而会在铸件内部产生热应力。同时铸型对铸件收缩形成的阻碍以及铸型受热膨胀等也会对铸件产生作用力。这些力有可能在铸件中引起热裂，或由于存在残留应力致使铸件变形，从而影响铸件的使用性能和精度，甚至会使铸件报废。

下环变形的原因有很多，如由于其截面厚薄变化较大，凝固收缩不一致产生的收缩应力容易引起铸件变形；由于下环组芯造型，每一块砂芯的强度不一致，导致下环凝固收缩受到的阻力也不一致，最终可能变形，发生尺寸偏差。因此，在制订工艺时要充分考虑以上因素对铸件质量的影响。

铸造工艺如图 1 所示。

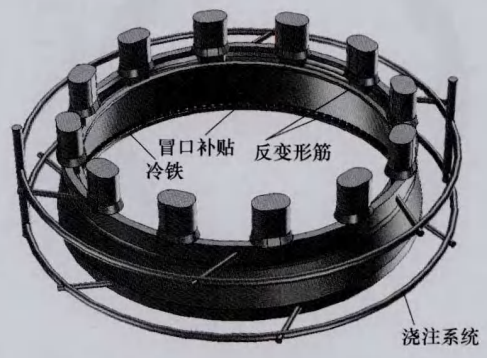

图 1 下环工艺简图

（1）冒口的设计。为了能够实现顺序凝固，使铸件在冷却凝固过程中始终保持冒口补缩通道的畅通，充分发挥冒口的作用，为此在下环上端过流面加冒口补贴，冒口采用环形保温套冒口，以满足冒口的垂直补缩距离和水平延续度，防止下环产生缩孔、缩松等缺陷。

（2）浇注系统的设计及浇注温度的确定。浇注采用低温快速的浇注方案。浇注系统采用上下两层环形浇道整圆交错摆放，这样可以使钢液中的杂质或气体更易于上升至冒口并排出铸件外，确保铸件内部及表面质量。浇注温度为 1550～1560℃。

（3）反变形措施。由于下环截面厚薄不一，在下环上端和截面较薄的下端各加一圈反变形环筋，使下环上下端的截面厚度大致相同，形成“工字形”的稳定结构，避免在收缩过程中产生挠曲变

形，增大的截面厚度也减小了浇注系统对铸件收缩的影响。

（4）为了保证铸件表面质量和尺寸精度，面砂采用酯硬化铬铁矿砂，背砂采用酯硬化石英砂，填充砂为石灰石砂，同时控制型砂紧实度，以减小下环在收缩过程中的阻力。

（5）热处理时利用铸件的反变形筋控制下环在高温下变形。

2. 计算机模拟

利用计算机模拟软件对下环的工艺进行模拟，预知可能出现的铸造缺陷及变形情况，从而实现铸造工艺优化，提高铸件质量，保证工艺的可靠性。图2、图3所示为下环在 X、Y 方向上的位移。

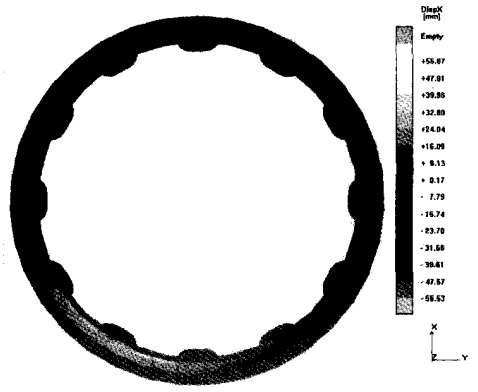

图2 X 方向位移

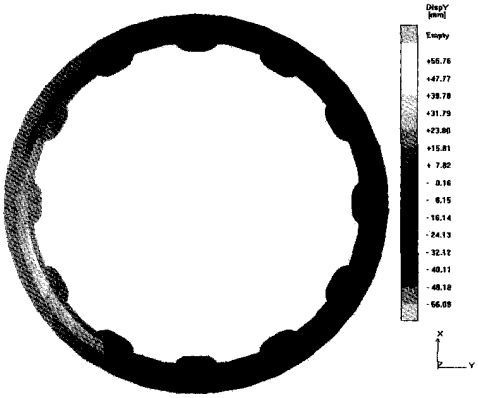

图3 Y 方向位移

3. 过程控制

在下环的实际生产中，我们对影响下环尺寸精度的重要环节尤其是合箱过程加以严格控制，利用样板对型腔尺寸进行检查。铸件在热处理前后均进行了毛坯测量，结果显示，铸件的尺寸基本不变，说明下环的反变形筋起到了对变形的控制作用。

4. 结语

（1）实际生产结果与计算机模拟结果基本一致，说明计算机仿真模拟软件对工艺的可行性提供了有力的依据。

（2）改善浇注系统后，保证了下环内部质量。

（3）采取反变形工艺措施后，与传统的工艺进行对比不难发现，在设置了环形反变形筋及浇注系统整圆浇道上下交错摆放后，下环的变形得到了有效控制，铸件在浇注系统方向的收缩发生了很大的变化，铸件的椭圆问题得到了解决，满足了图样要求。

（4）通过转轮下环的工艺攻关，使我们掌握了大直径、变截面内环不锈钢铸件的铸造工艺方法，显著提高了铸件质量，缩短了生产周期，降低了生产成本，为公司保证转轮质量提供了强有力的技术支持。 **MW** （20120220）

（上接第70页）

球墨铸铁方面通过热分析仪测量共晶回升温度 ΔT_E 是分析球化率的依据之一。回升温度越大，球化级别越低，根据这一原理并结合我厂生产球墨铸铁和铸造条件，通过热分析仪得出表4数据。

表 4

ΔT_E/℃	1～3	4～8
球化率（%）	≥90	80～90
炉前三角试块	尖角有3 mm左右的白口断口，中心有缩松三角，两边有缩凹	完全无白口且断口为银灰色，无缩凹，无缩松
QT400－18	抗拉强度420MPa，硬度150～180HBW	铸件抗拉强度380MPa，硬度130～150HBW
QT450－10	抗拉强度470MPa，硬度160～210HBW	铸件抗拉强度，420MPa硬度140～180HBW
QT500－7	抗拉强度520MPa，硬度180～220HBW	铸件抗拉强度480MPa，硬度160～200HBW

以上是笔者对热分析仪在我厂铸造生产应用中总结出来的经验和数据，并在近几年的实践中得到了验证，供业界同仁参考。**MW** （20120320）