

水轮机下环铸造工艺优化

哈尔滨电机厂有限责任公司 (黑龙江 150040) 刘忠仁

【摘要】 水轮机下环整圆铸造时,容易产生变形、椭圆现象,分体铸造时,虽然不会出现椭圆,但变形问题仍然十分严重,甚至成为下环能否合格的关键指标。下环铸件分四瓣制造,笔者仔细研究了下环铸造和热处理过程变形规律,采用整体冒口和预加变形的办法,有效地保证了下环的型线精度和铸件质量。

岩滩水轮机转轮直径大,工期紧张,并且根据工地的运输条件,下环只能采用分体铸造、工地组焊的方式生产。岩滩水轮机转轮下环直径为8600mm,净重55t,分四瓣制造,以往分瓣生产的下环,加工量大且不均匀,变形严重,后序需要大量的修补,严重影响了产品的生产周期,大大增加了生产成本。

1. 工艺难点及需要解决的问题

此次生产的下环上下壁厚差较大,分为四分之一扇形体,铸造过程中由于散热条件不同和收缩不均匀性,将产生很大变形,改变了下环的原始形状,使分瓣生产的下环组成一个完整的圆并保证加工量均匀变得十分困难,因此如何控制下环的变形问题,是能否生产出合格下环的关键环节。

下环壁薄,并且非常高,冒口垂直补缩距离不足,如何保证下环的内部质量是另一个需要解决的问题。

2. 技术措施及生产过程

(1) 铸造工艺 由于下环在铸造和热处理过程中,铸件要产生变形,为了得到尺寸和形状合格的铸件,要么采取措施阻止铸件的变形,使铸件的变形控制在一个很小的范围内,要么在模样制作时施加一定的反变形量,以抵消铸件在铸造和热处理过程中的变形。岩滩水轮机转轮下环尺寸大,无法控制其变形使其符合图样要求,于是我们采用了在模样制作时施加反变形量的措施来控制下环的变形。由于此前分瓣生产的下环变形控制得很差,只有其

变形的趋势,没有可借鉴的数据。同时由于影响铸件变形的因素很多,如冒口位置、浇道位置、型砂退让性等,反变形量的数据成了控制变形的关键。通过对叶片变形数据的分析和类比,确定了下环反变形量的数据。

下环高且薄,冒口的垂直补缩距离不足,需要增加冒口补贴。如果采用分散的单个冒口,冒口补贴在冒口下,人为地加大了铸件壁厚的不均匀性,不利于变形的控制。加工时要断续切削,影响刀具的使用寿命,而且也不利于保证加工精度。而采用整体冒口和整体补贴,同时在下环的侧下面放置外冷铁,可以很好地解决这个问题,满足了冒口的垂直补缩距离和水平延续度要求,避免铸件内部出现缺陷。

采用阶梯式浇注系统,下层主浇口开设在铸件底部,采取底返式浇注,钢液平稳上升至冒口顶部,这样可以使钢液中的杂质或气体更易于上升至冒口或排至铸件外部,确保铸件内部及表面的质量。中层浇口开设在铸件较厚处,上层补浇浇口开设在冒口处,使之在铸件内部形成温度梯度,以提高冒口的补缩效率和铸件顺序凝固的趋势。

下环铸件制造难度大,如果直接生产,风险大,费用高,因此首先制定了铸造工艺方案(见图1),用铸造工艺模拟软件进行凝固过程温度场数值模拟,以优化工艺参数,减少或消除可能存在的铸造缺陷。图2、图3所示分别为铸造模拟软件模拟凝固结果显示和模拟温度场结果,从中可以看出:温度场分布

良好,表明凝固过程正常,顺序凝固条件建立合理,缩孔倾向是逐渐向冒口的,在冒口处最大有 50% 的缩孔,而下环毛坯上则无缩孔、缩松。从模拟结果看,冒口和浇注系统布置合理,可以得到质量良好的铸件。

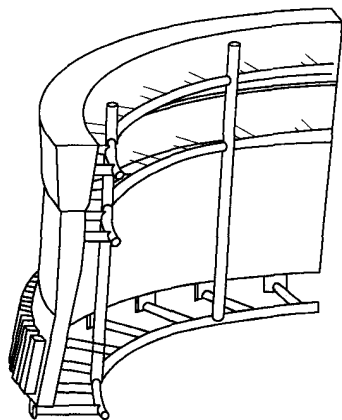


图1 下环铸件分体铸造工艺

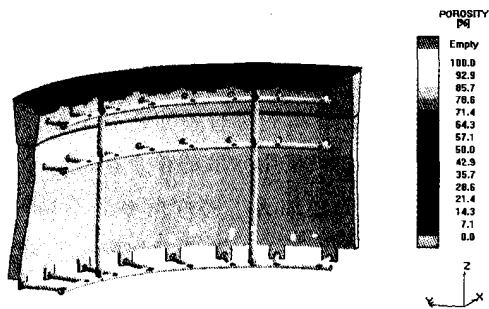


图2 凝固结果

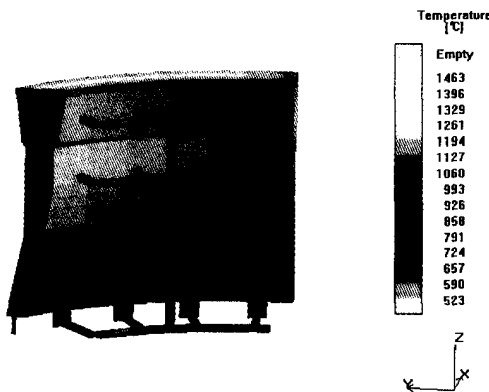


图3 温度场结果

(2) 模样工艺和造型工艺 以前在下环分体铸造时,采用的是传统的内外组芯的造型工艺。内外同时组芯,对组芯的精度要求较高,下环尺寸很大,缺少必要的参考基准,其组芯精度很难控制,不利于下环变形的控制。根据我们制造大型叶片的经验,

决定采用外圆为实样,内圆组芯的工艺。这样能较好地解决下芯精度的问题。由于外圆为实样,其砂型尺寸和形状精度很好,下芯可以有一个很好的测量基准,方便砂芯的准确安装。外圆的实样很大,为 1/4 圆,需要很高的强度和刚度,因此采用木型外贴玻璃钢的模样结构,不但强度和刚度较高,而且表面较光滑,利于起模。又由于模样施加了反变形量,普通的测量方法很难保证模样尺寸是否满足铸造工艺的要求,采用了经纬仪来对模样划线,确保制造的模样符合铸造工艺要求。

(3) 熔炼和浇注工艺 钢液的质量直接决定铸件的质量,优良的钢液是保证铸件质量的重要条件。下环铸件采用牌号 ZG06Cr13Ni5Mo 不锈钢铸造。一般情况下,为了保证不锈钢的耐蚀性和焊接性,钢液中的 C 含量低一点为宜,我们采用 AC + LF + VOD 法熔炼不锈钢,控制 C、P、S 含量,这样既保证钢液的成分,还能提高钢液的质量。浇注采用双包合浇,冒口直接补浇的方式,这样既满足了对上升速度的要求,又方便浇注操作。

(4) 热处理防变形措施 下环铸件薄厚不均,在热处理过程中会产生变形,合适的装炉方式是控制下环变形的重要措施。立式装炉可以使下环处于一种基本自由的状态,没有预应力的施加,在高温时可以自由伸张,在降温收缩时自由回复到原状态。在正火冷却时,下环的正面和背面冷却条件基本相同,收缩的同步性基本趋于一致,因此,在热处理时极大地降低了变形的可能性,有效地防止了变形的产生。

3. 生产效果

通过严密的组织生产,四瓣下环分体铸件相继成功铸造,铸件内部质量和形状精度符合图样要求。

(1) 下环分体制造时,模样施加反变形量,是保证下环型线精度的主要措施。

(2) 采用整体冒口,能有效地预测下环变形趋势,减少分散冒口给下环变形带来的不确定影响,从而保证模样反变量的有效性,同时也利于铸件的补缩,提高铸件的内部质量。

(3) 实样加组芯的造型方法,保证了铸型的装配精度,有利于提高下环型线精度。MW

(20120326)