水下装置用双相不锈钢导叶体铸造

高峰，曾文玲

摘要：通过从材质和结构方面对双相不锈钢导叶体铸件的铸造工艺性能分析，制订出针对性的铸造工艺方案，从而顺利完成导叶体的铸造生产。

关键词：水下装置；双相不锈钢；工艺方案；措施

我公司承接某研究所试验用水下装置关键部件导叶体，之前该类型导叶体由导叶和外筒两部分组成，导叶采用铸造成形，而外筒薄壁部分采用薄板卷轧成形，再将导叶体和外筒整体焊接，然后进行加工。这种导叶体成形工艺不仅加工工序繁多，还有进行焊接产生的叶片变形风险，而且生产周期长，成本高。

基于我们在双相不锈钢喷水推进装置铸件的生产经验，该结构类似于喷水推进装置关键部件导叶体，我们提出采用整体铸造工艺方案，该方案无需焊接，一体式成形，生产周期短，成本低，铸件整体结构强度优于焊接件。

一、主要技术指标

（1）铸件材质　技术图样要求采用超低碳双相不锈钢，牌号为ZG022Cr22Ni5Mo3N。

（2）化学成分　见附表。

（3）力学性能　σ_b≥620MPa、σ_s≥450MPa、δ_5≥25%。

（4）无损检测　按GB/T5677—2007，X射线检测符合2级标准要求；按GB/T9443—2007，渗透检测符合2级标准要求。

（5）铸件尺寸尺寸公差　按GB/T6414—1999，铸件尺寸公差符合CT12级要求。

导叶体结构如图1所示。

二、铸造工艺性分析

（1）导叶体属回转体结构性铸件，单件毛坯重量约680kg。外筒内壁和叶片流道表面质量要求高，由于叶片是由砂芯拼合成形的，因此制作叶片砂芯的模样精度直接决定了叶片的精度。

（2）导叶体结构较为复杂，铸件从结构上看径向和轴向均收缩受阻，因此要得到满足图样要求的尺寸精度，需采用合适的收缩率制作模样。

（3）导叶体在铸造过程中由于叶片处收缩受阻容易产生较大应力，同时导叶体浇注后在砂型中缓慢冷却过程中容易析出σ脆性相，导致在导叶体叶片与外筒相接处产生裂纹缺陷，因此适时的打箱时间有助于消除裂纹缺陷。

三、铸造工艺方案

1. 造型方法的选择

为了便于叶片砂芯的放置，

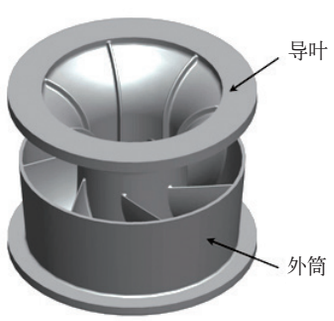

图1　导叶体铸件

铸件化学成分（质量分数）　（%）

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N
≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.03	≤0.02	21.0~23.0	4.50~6.50	2.50~3.50	0.08~0.20

选择造型时外筒朝上的方案，采用三箱造型。叶片芯盒采用铝合金金属模具，叶片成形由多块叶片砂芯拼合组装，采取组芯底板组芯后整体下芯，将叶片砂芯利用内置芯骨焊接加固，确保砂芯的稳定性，另外为了利于型内气体的快速排出，在叶片砂芯中内置通气管与上箱排气孔相连，加强排气。

造型采用派普树脂自硬砂，该树脂操作可控性好，方便调节自硬速度，砂型采用30～50目优质硅砂透气性好，浇注后砂型溃散性好。为避免内浇道处法兰部位型砂烧结，局部采用高温强度和溃散性较好的派普树脂铬铁矿砂，涂料采用醇基锆石粉快干涂料，防止化学粘砂。

2. 冒口和浇注系统的设计

铸钢件冒口设计是最主要的工艺参数之一，合理的冒口设计才能有效地防止铸件内部产生缩孔、缩松缺陷，确保产品的致密度，同时兼有排气和集渣的作用，防止产生砂眼、气孔、夹渣等缺陷。设计冒口时需要考虑铸件的结构、技术要求。根据铸件结构，导叶体底部法兰采用8个保温侧边暗冒口进行补缩，上部法兰采用6个腰圆冒口进行补缩，中间厚大部位采用3个腰圆冒口进行补缩，为防止2#砂芯烧结，局部采用铬铁矿砂，同时也提高该处冒口的补缩效率。导叶体铸造工艺如图2所示。

3. 铸件清理

（1）该种双相不锈钢在砂型中自高温浇注冷却至970℃以下有害相σ相开始析出，这种形态的σ相割裂了基体的连续性，因而极大地增加了大型复杂铸件的裂纹敏感性。为抑制钢中σ相过量析出而脆化，避免铸件的变形开裂倾向，这种薄厚不均结构异形的铸件浇注后冷却至950～1100℃应提前打箱空冷，以实现快冷。这种高温开箱的方式同时也使铸件产生自由收缩以减少热应力，有助于消除裂纹。利用凝固模拟软件进行温度场模拟得到该铸件冷却至1000℃时需要时间约4716s，实际在浇注后1.3h进行打箱，打箱操作不易剧烈，以防铸件变形严重。

（2）外筒内壁及叶片表面进行抛光处理，提高导叶体流体效率。先用砂轮进行内壁及叶片表面的打磨，后改用千叶片进行抛光。

四、采取的工艺措施

导叶体模样采用木模和铝合金金属模相结合的方式，提高叶片精度，根据铸件结构设置合适的模样收缩率，径向外圆尺寸采取2.2%、内圆尺寸采取1.8%，整体轴向尺寸采取1.8%。造型充填过程严格按照砂型作业指导书生产，工艺员现场进行技术指导和监督。所有砂芯内部均放置通气管，砂型外部均扎出排气孔，以提高砂型、砂芯的排气性，降低铸件的气孔率。

合型时按照工艺图进行尺寸检验和记录，对关键尺寸严格控制。合型前用液化气喷灯进行烘烤，合型后通过工业热风机从铸型的浇冒口部位送入热风，保证整体铸型干燥，浇注前撤离热风机。

浇注采用慢浇-快浇-慢浇的浇注方式，有利于充型过程中的排气和排渣，使钢液在型腔内平稳上升，减少因紊流引起的卷气造成皮下气孔。图3为导叶体铸件毛坯。

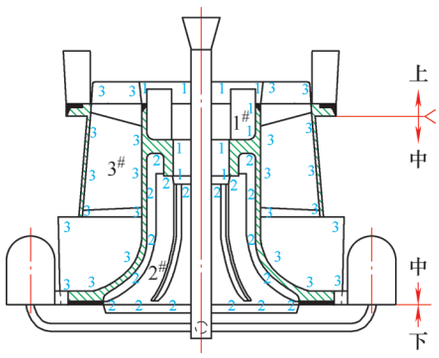

图2　导叶体铸造工艺

图3　导叶体铸件毛坯

五、结语

我公司按上述工艺已成功浇铸导叶体，尺寸精度和内部质量均满足图样技术要求，无损检测结果均符合验收标准。模样采用木模和金属模相结合，外模采用整体模样，叶片砂芯采用铝合金金属模样，保证了叶片的精度和表面质量。采用整体式铸造工艺大幅缩短了导叶体的制造周期，降低了生产成本。

作者简介：高峰、曾文玲，湖北省天门泵业有限公司。

MW 20161023