

ZG10Cr14Ni5Mo2 合金喷油嘴壳体的精铸工艺

杨曼利, 王燕坡, 韩伟, 刘浩然, 吴亚夫, 孔胜国, 李俊涛

(钢铁研究总院高温材料研究所, 北京 100081)

摘要: 研究了不锈钢合金 ZG10Cr14Ni5Mo2 喷油嘴壳体的铸造工艺, 结果发现采用顶注式浇注系统, 在浇口和铸件上加上通气棒, 涂料时在圆孔内加铁棒, 造型时在空腔圆柱外加铁砂, 在脖颈处加保温棉的工艺方案来保证铸件的冶金质量, 可将铸件合格率提高到 90%以上。

关键词: 不锈钢合金; 喷油嘴壳体; 精密铸造; 工艺

Investment Casting of ZG10Cr14Ni5Mo2 Alloy Oil

Injection Nozzle Shell

YANG Man-li, WANG Yan-po, HAN Wei, LIU Hao-ran, WU Ya-fu, KONG Sheng-guo, LI Jun-tao

(Central Iron and Steel Research Institute, Beijing 100081, China)

Abstract: The investment casting technology of ZG10Cr14Ni5Mo2 oil injection nozzle shell has been studied. The results show that using top gating system, adding venting pins when combining wax pattern, putting a gavelock in the round hole when coating, adding iron sand around outside of the round hole, and adding heat insulating material around the neck when molding for guaranteeing the metallurgy quality. The casting yield will be more than 90%.

Key words: ZG10Cr14Ni5Mo2; oil Injection nozzle shell; investment casting; technology

喷油嘴壳体铸件是船舶上的一个配件, 属于重要用途铸件, 采用 ZG10Cr14Ni5Mo2 不锈钢合金精密铸造而成。喷油嘴壳体铸件由高度为 43mm 的腰子形搭子、两个圆柱、法兰、厚度为 14mm 的脖颈、外径为 $\Phi 38\text{mm}$, 内径为 $\Phi 15\text{mm}$ 的空腔圆柱五部分组成 (见图 1)。该铸件的特点是两端厚大, 中间脖颈细小, 壁厚相差悬殊, 并且技术条件要求不允许存在直径大于 $\Phi 0.5\text{mm}$ 的铸造缺陷, 技术条件要求高, 铸造难度大。同时, 一般情况下, 不锈钢铸件是采用非真空设备冶炼, 但是本文中不锈钢铸件是采用真空冶炼的方法, 不锈钢合金在真空冶炼时容易产生气孔的缺陷, 因此, 冶炼过程中操作难度大。本文研究了不锈钢合金喷油嘴壳体铸件在真空冶炼条件下的精密铸造过程。

1 试制方法

试制采用 ZG0.5 型真空感应炉熔炼母合金, 母合金化学成分如表 1 所示。在 MPI55 型压蜡机上进行压制, 获得整体熔模铸造用蜡模。组合好的蜡模进行涂料、撒砂, 加固层涂料采用硅溶胶粘结剂+煤矸石粉, 型壳干燥后脱蜡、焙烧。采用 ZG0.01 真空感应炉重熔合金并浇注成型, 铸件经切割、打磨、热处理后, 经表面检验及无损探伤检测是否存在疏松、夹杂、裂纹、气孔等铸造缺陷。

作者简介: 杨曼利(1983-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事高温合金材料研发及熔模精密铸造工艺研究, Email: yangmanli-007@163.com。

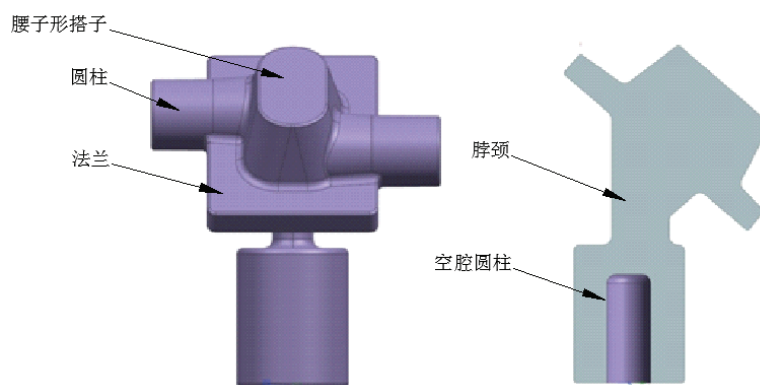


图1 喷油嘴壳体结构图

Fig.1 The structure of oil injection nozzle shell

表1 ZG10Cr14Ni5Mo2 合金的化学成分

Table 1 Chemical composition of ZG10Cr14Ni5Mo2 alloy

(wB/%)

Cr	Ni	Mo	C	Si	Mn	S	P
13.0~15.0	4.5~5.5	2.3~2.8	0.12~0.16	≤0.75	≤0.9	≤0.025	≤0.025

2 结果及讨论

2.1 浇注系统设计

浇注系统是金属液充型的通道，同时还要保证铸型中金属液凝固发生体积收缩后能进行有效的补缩，因而良好的浇注系统设计是获得优质铸件的先决条件^[1]。针对喷油嘴壳体两端厚大，脖颈细小，壁厚相差悬殊的结构特点，设计了三种浇注系统（见图2）。采用常规的涂料和造型方式进行浇注。结果发现，采用方案A浇注的喷油嘴壳体在腰子形搭子上严重缩孔（见图3），脖颈与空腔圆柱连接的区域有疏松缺陷；采用方案B浇注的喷油嘴壳体脖颈与空腔圆柱连接的区域有疏松缺陷，同时，空腔圆柱因为型壳强度有限，在浇注过程中空腔圆柱 $\Phi 15\text{mm}$ 的型壳圆棒断裂，导致空腔圆柱内部漏钢；采用方案C浇注的喷油嘴壳体在脖颈与空腔圆柱连接的区域有疏松缺陷，同时在铸件法兰和两个圆柱上有大量的气孔缺陷，空腔圆柱内部漏钢。比较这三种浇注系统的试制结果，因为方案C避免了腰子形搭子缩孔的缺陷，而且浇注系统设计一组两件，可以节省生产周期，降低生产成本，工艺结果相对比较好。

2.2 工艺优化

分析以上出现的铸造缺陷，在腰子形搭子上出现的严重缩孔，这可能是因为采用侧注的浇注系统，液态金属在流动方向上所受的压力相对较小，金属液静压头较小，从而导致了金属液的充型能力不足，造成金属液在凝固过程中液态收缩和凝固收缩值大于固态收缩值，造成铸件由表及里逐层凝固^[2]，导致腰子形搭子上产生缩孔。而采用顶注式的浇注系统既有利于金属液充填型腔和充分补缩，又有利于形成定向凝固而获得致密组织^[3]，所以方案C避免了腰子形搭子缩孔的问题。铸件在脖颈与空腔圆柱连接区域产生疏松缺陷，这是因为铸件脖颈与两个厚大部分相连接，壁厚薄厚相差悬殊，在金属液凝固过程中脖颈部分先厚大部位凝固，而厚大部位在凝固过程中金属液收缩，一方面浇口补缩不足，另一方面脖颈金属液先凝固阻断了金属液流动的通道，导致薄厚相接的区域产生疏松。铸件有气孔生成是因为不锈钢合金在真空冶炼过程中钢液沸腾，为了解决在铸件浇注过程中钢液沸腾的问题，在真空设备中一般采用的是加氩气的方法来控制钢液沸腾，在浇注时卷入的氩气未能排除金属液导致铸件出现气孔缺陷^[4]。

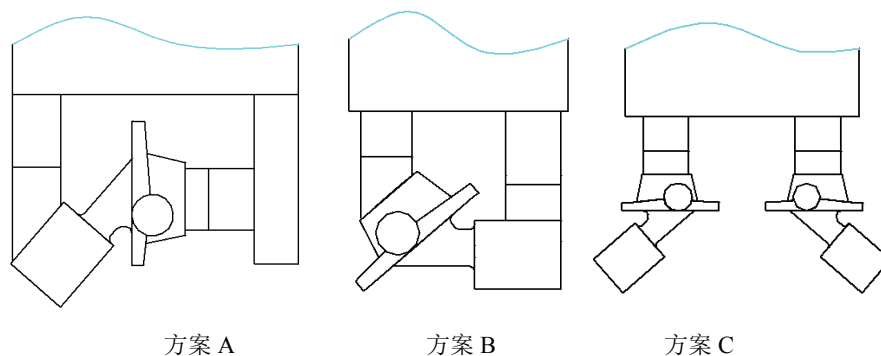


图2 浇注系统设计方案

Fig.2 Designation program of pouring system

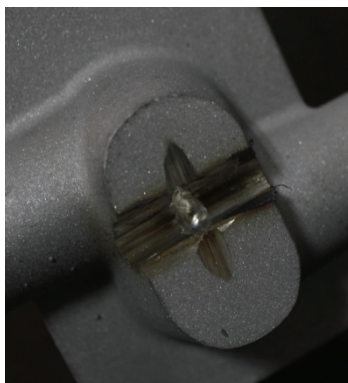


图3 铸造缩孔

Fig.3 Casting shrinkage cavity

根据以上分析，在接下来的试制中采用了方案 C，并针对方案 C 在铸造过程中出现的问题，对试制工艺进行了优化。首先针对脖颈与空腔圆柱连接的区域疏松缺陷，在造型过程中，更改造型工艺。一方面，在造型过程中，在型壳脖颈处加上一层保温棉，来避免脖颈处金属液凝固速度较快的问题；另一方面，在造型过程中，在空腔圆柱型壳外部加上冷铁，来加速空腔圆柱厚大部位的凝固速度，尽量保证脖颈和空腔圆柱凝固时间一致。针对空腔圆柱内的 $\Phi 15\text{mm}$ 的型壳因为干燥速度慢，强度不高，容易断裂导致的漏钢问题，一方面在涂料过程中，为了型壳彻底干燥，采用了增加涂料周期的工艺方案；另一方面，设计了涂料到四层，并且彻底干燥后，在空腔圆柱内加上 $\Phi 5\text{mm}$ 的铁棒。铁棒在工艺上一方面起到了加固型壳强度的作用，另一方面，铁棒与冷铁的作用一样，起到加快金属液凝固的作用。针对铸件在铸造过程中产生气孔缺陷，设计在浇注系统蜡模组合时加上通气棒，起到排气的作用（见图 4）。

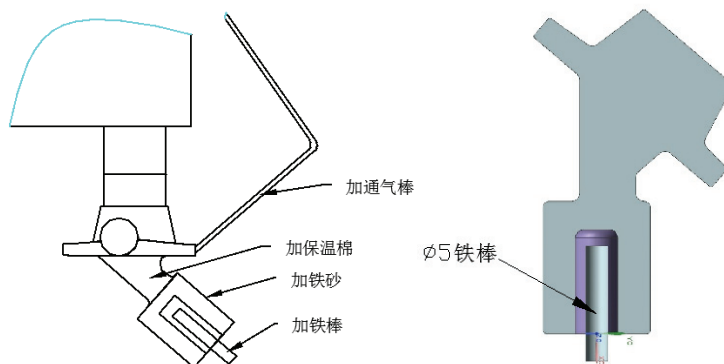


图4 工艺优化方案

Fig.4 Optimizing technology program

采用优化后的铸造工艺进行浇注，经过荧光检验和 X 光探伤，结果发现，采用优化后的工艺，一方面很大程度上解决了铸件脖颈与空腔圆环连接处疏松的问题，同时解决了铸件气孔缺陷，铸件的冶金合格率基本可以保持在 90% 以上。但是对于空腔圆柱漏钢的问题，采用该工艺并没有得到彻底解决，这可能是因为空腔圆柱内的空腔在涂料时，料浆干燥速度比铸件其他部分干燥速度慢但是生产安排的工期都比较紧张，为了满足生产工期要求，所以空腔圆柱内的料浆干燥不彻底，导致的型壳强度得不到保证。但是试制结果表明，空腔圆柱漏钢并未影响铸件的冶金质量，因此为了既能保证铸件生产周期，又能满足客户图纸要求，设计将浇注成形的漏钢铸件，采用了对空腔圆柱机械加工的方法来加工出 $\Phi 15\text{mm}$ 的圆孔来解决这一问题。

3 结论

采用本文描述的优化工艺生产的 ZG10Cr14Ni5Mo2 不锈钢喷油嘴壳体铸件，经过经荧光检验、X 光探伤、尺寸检验，铸件达到了技术条件的要求。具体结论如下：

(1) 采用顶注式浇注系统，蜡模组合时，在浇口和铸件上加上通气棒；涂料时在空腔圆柱内加铁棒；造型时在空腔圆柱外加铁砂，在脖颈处加保温棉，解决了铸件的冶金质量问题。

(2) 采用以上工艺能够生产出合格在铸件，并且能够保证铸件合格率在 90% 以上。

(3) 采用加工的方法解决空腔圆柱内漏钢的问题，但是从成本角度考虑，漏钢问题还有待进一步解决。

参考文献：

- [1] 苏羽平.熔模精密铸造小铸件生产用新型板状浇注系统（一）[J]. 铸造,2005.10: 54-56.
- [2] 李庆春 等.铸件形成理论基础[M].北京:机械工业出版社.1982.
- [3] 邵抗振,李桐,赵竞翔.喷嘴的熔模铸造生产工艺研究[J].铸造,2008.51(1):23-24.
- [4] 陈国桢,肖柯则,姜不居.铸件缺陷和对策手册[M].北京:机械工业出版社 1996.