

大箱体铸件的工艺设计

齐齐哈尔北方机器有限责任公司 (黑龙江 161000) 黑玉龙 林 俭 李 娟
 新东北电气(沈阳)高压开关有限公司 (辽宁 110025) 冯艳云 单爱峰

【摘要】 针对薄壁箱体零件内部质量要求高、易变形，以及尺寸难以保证的特点，分别采取措施消除气缩孔，采用合适的反变形量等工艺措施，最终获得了尺寸形状、内部质量合格的铸件。通过试制和批生产验证，铸件质量满足设计使用要求。

大箱体铸件是某产品方向机的主要受力件，内外型腔结构紧凑，其主要作用是通过手轮由4根轴传动与座圈啮合实现控制炮塔方向。其特点是尺寸精度要求高，同时设计要求不允许有缩孔、缩松、气孔等铸造缺陷。通过选择合理的工艺措施和试制验证，运用水玻璃砂造型生产出了符合使用要求的合格铸件。

一、铸件的工艺性分析

大箱体铸件属于薄壁铸钢件，结构如图1所示，铸件材质为ZG310—570。最大轮廓尺寸为585mm×392mm×470mm，主要壁厚10mm。在各层面上有螺纹孔和销孔约50个，因内外型腔结构紧凑，尺寸精度要求高，同时要求具有良好的内部质量；主体结构由于壁厚不均匀，容易产生变形，铸造工艺性差。中间型腔结构紧凑且需要铸出，由于型腔四周都有型壁，因而砂型、砂芯制作精度要求很高。

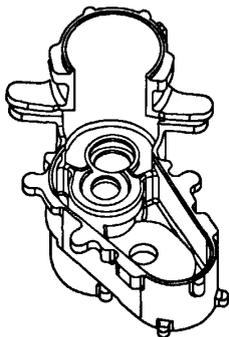


图1 大箱体铸件结构

(1) 选择合适的分型面 工艺设计时选择的分型面要便于实现顺序凝固，又要保证操作简便。

(2) 消除气缩孔 由于铸件结构复杂、壁厚不均匀，不利于实现顺序凝固，热节多而分散，尤其是主壁厚与厚大部位相接位置容易形成气缩孔，因此为了保证内部质量，需要采取必要的工艺措施。

(3) 解决变形问题 由于主要壁厚薄，而有多个热节存在，在模型制作、造型、合箱、凝固收缩、切割冒口、清理及热处理等环节容易发生变形。

二、铸造工艺设计

1. 选择分型面

由于铸件高470mm（加上冒口和底部芯头约750mm），铸件上下面都没有大的平面，为了便于安放冒口，实现顺序凝固，保证上面部分的内部质量，同时避免下箱过高，便于造型、合箱操作，分型面选在如图2所示位置。

2. 气缩孔的消除

由于铸件壁厚不均匀，热节多而分散，尤其是4个支耳和有螺纹孔的局部厚大部位，极易形成气缩孔，需要重点采取必要的工艺措施保证内部质量。铸钢件的气缩孔缺陷是一种较为普遍而严重的铸造缺陷。这种缺陷体积较大，对铸件基体的破坏作用大，直接影响铸件的质量，同时这种缺陷多产生于毛坯内部，往往在零件机加时才能暴露，就更增加了它的严重性。因此，必须采取措加以预防和消除。

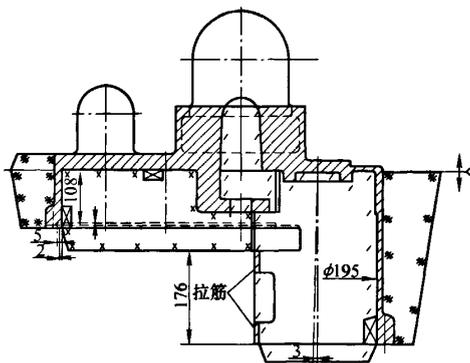


图2 大箱体铸造工艺

下面以φ195mm高筒外侧的4个固定支耳热节为例,分析介绍气缩孔的特点、产生机理和消除的工艺措施。该部位结构及试制方案如图3和表1所示,主体壁厚为10mm,而支耳厚度为31mm。我们先后根据几种方案进行了工艺试制,对重点部位进行了截剖,试制结果见表2。

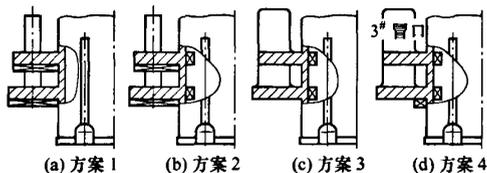


图3 支耳部位工艺方案

表1 两侧支耳部位的工艺方案

内容	措施			
	底部放冷铁	在内壁加冷铁	做通气棒	设置冒口
方案1	√		√ (φ30mm)	
方案2	√	√	√ (φ30mm)	
方案3		√		√
方案4	√ (根部)	√		√

注:√代表实施此项措施。

表2 几种方案试验结果

试制方案	试验结果	备注
1	在支耳根部有分散的多处气缩孔,上面有成片的气缩孔	
2	在支耳根部有2~3处分散的气缩孔,上面有较集中的气缩孔	
3	在支耳根部有分散的小气缩孔	
4	无缺陷	用于批量生产

在试制方案1和方案2中,由于此处型腔小,与主体筒较近,所以热节部位的正上方没有设置冒口,工艺上采取了底部放冷铁,上面做通气棒,结果都出现了气缩孔;方案3虽然加了冒口,但在底层支耳接近上面仍有轻微的气缩孔;方案4中放置了冒口并在底层放了转角冷铁,经解剖无缺陷。

3. 形成气缩孔的主要因素

对照解剖结果进行分析,气缩孔的形成主要有如下因素:

- (1) 有局部热节区存在。
- (2) 存在气缩孔的热节区,保证铸件收缩的补缩能力不够充分,存在着形成缩孔的不利因素。
- (3) 气缩孔靠近有气体来源的部位,即转角处。
- (4) 由于型、芯截面窄小,内腔尺寸小,通气不良,而又被热节区的高温液态金属所包围,容易产生气体。

4. 气缩孔的形成机理

(1) 在方案1和方案2中,由于热节部位的正上方没有设置冒口,工艺上所采取的保证铸件顺序凝固的补缩通道不畅通,在正常冷却条件下,主体部位的钢液先于热节部位凝固,补缩通道被封闭,因此,在钢液凝固收缩过程中,该热节部位内部就会因无钢液来源而产生缩孔(或缩松)。此时,如果已经产生的缩孔内进入或充满气体,一方面使缩孔产生负压,降低了补缩能力;另一方面,在气体压力的作用下,缩孔体积就会明显增大,而缩孔表面就呈现出接近气孔的外表特征,形成气缩孔。

(2) 方案3中放置冒口后,由于热节周围窄小砂型的存在,圆角型腔被高温钢液所包围,较长时间处于高温钢液的热作用下,型砂中的水分、有机物等,在高温作用下发生气化、分解、燃烧,产生大量的气体。随着气体量的增加和气体温度的升高,钢液和砂型截面上的气体压力急剧增加。由于砂型具有一定的透气性,在一般情况下,钢液和砂型界面上的气体可以不断穿过砂型排到空气中,而使砂型界面上的剩余气体的压力有某种程度的降低。但如果砂型发气快而多,型砂透气性不好,砂型界面上的剩余气体压力就比较高。

当 $P_{气} > P_{液} + P_{固} + P_{阻}$ 时(如图4所示),一部分气体会侵入液态金属内部。

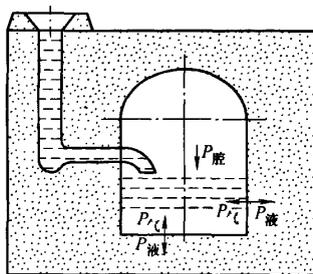


图4 钢水和砂型界面上气体侵入示意

式中, $P_{气}$ 为金属和砂型界面的气体压力; $P_{液}$ 为金属液体的静压力, $P_{液} = \gamma \cdot h$, (γ 表示液体金属的密度, h 表示金属的高度); $P_{气(液)}$ 为型腔中金属液体表面上的气体压力; $P_{液(气)}$ 为形成气泡时所要克服的因金属液体表面张力而引起的毛细压力, $P_{液(气)} = 2\delta/r$ (δ 表示金属液体的表面张力, r 表示气泡半径)。

在浇注过程中, 各种压力值随着时间的变化而不断变化。 $P_{液}$ 随着金属液体浇入量的增加而增高, $P_{气}$ 也随着浇注时间的延长和发气量的增加而增大。更重要的是, $P_{气}$ 还与发气温度、温度范围和发气速度有关。 $P_{气}$ 最大值出现的时间不同, 数值不同, 后果也就不同, 发气速度越大, 气体越容易侵入液体金属中去 (见图5)。

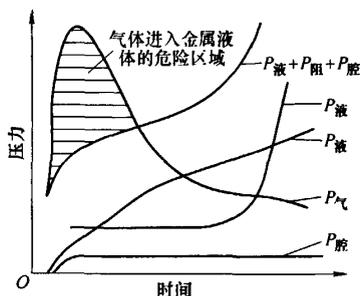


图5 型砂发气速度较大时对气体侵入金属液的影响

掌握型砂中发气物质的发气特性, 并设法进行控制, 是避免气体侵入金属液体的重要手段。对于水玻璃砂来说, 型砂成分中含有水分、重油、粘结剂和其他附加物。其中水分在 100℃ 时汽化, 体积突然发生剧烈膨胀, 瞬间加热到接近钢液的温度时, 体积膨胀程度更严重。其他附加物也 不同时间、不同程度地产生一定量的气体, 不断地改变 $P_{气}$ 的数值。

总之, 以上发气物质的温度越低, 发气温度范围越窄, 发气时间越长, 总发气量就越多, $P_{气}$ 的数值就越大, 气体侵入金属液的危险性也就越大。

可以看出, 方案3中由于热节四周圆角的存在, 圆角内窄小砂型四周被高温钢液所包围, 散热条件不利, 较长时间处于接近钢液温度的范围内。砂型和钢液互为热作用的结果, 一方面发气物质产生气体的条件最有利, 而该处砂型的透气性能最差, 瞬间产生的大量气体很难从砂型中顺利排出, 促使 $P_{气}$ 迅速达到最大值; 另一方面, 此处散热条件较差, 钢液冷却缓慢, 钢液表面凝固生成坚硬外壳的速度最慢。因此, 已经达到最大值的 $P_{气}$ 只能将气体压入热节内部。

经过以上分析, 砂型被烧结产生的气体进入热节, 是形成气缩孔的外因; 热节内部的液态金属在凝固过程中没有足够的金属液体补偿收缩, 热节内部存在缩孔, 进入热节的气体不能顺利地沿冒口颈进入冒口, 而积聚在缩孔内, 从而使缩孔产生负压, 降低了冒口的补缩能力, 扩大了缩孔的体积, 并改变了缩孔的形态和性质, 是形成气缩孔的内因。

5. 消除气缩孔的措施

在方案3的基础上, 方案4在底层增加一块转角冷铁, 增强冒口补缩作用; 同时在转角部位要求增加紧实度, 并涂刷锆英粉涂料, 防止气体进入钢液。

6. 防止变形的措施

(1) 拉筋的设置 为了防止底部开口圆筒在凝固收缩及热处理过程中产生开口变形, 设置了上下两条宽 40mm、壁厚与筒体相同的两道拉筋, 上面的一道在热处理后去掉。

(2) 反变形量 试制后通过划线发现, $\phi 195\text{mm}$ 圆筒与分型平面不垂直, 分析其原因, 是由于底部圆筒在凝固收缩中产生拉应力引起的。根据划线数据, 通过修型将圆筒和两侧的支耳沿轴线最底部向内侧旋转移动 3mm, 即借助反变形量实现铸件尺寸合格。

对于 $R152^{+0.2}_{-0.1}\text{mm}$ 尺寸内壁, 在端面上要加工出宽 5mm、深 5mm 的止口, 所以要求尺寸要精确。在试制中, 采用了端口增加 2mm 的补正值, 用以抵消开口变形, 经划线检查, 铸件尺寸合格。

其他方面, 在上端放置了两个冒口, 以便有足够的钢液实现后期补缩, 保证铸件的内部质量; 为了保证中间 25mm 厚的圆板的内部质量, 将该部位的补衬与上面的冒口相连, 实现对圆板的补缩, 保证内部质量; 在两个冒口中间放置了一块 25mm 厚的冷铁, 其作用一是保

铁素体-奥氏体型双相钢 CD4MCu 的熔炼研究

哈尔滨电机厂有限责任公司 (黑龙江 150040) 蒋东兵 闫春泉

铁素体-奥氏体型双相不锈钢得益于其独特的双相组织结构, 将奥氏体不锈钢的优良塑韧性与铁素体不锈钢的高屈服强度有机地结合起来。此外, 材料的高屈服强度及双相相界的机械屏障作用, 使双相钢材料的抗应力腐蚀性能大大优于普通奥氏体不锈钢。由于双相不锈钢具有奥氏体不锈钢和铁素体不锈钢的优点, 具有优良的韧性、焊接性、耐氯化物应力腐蚀性能和较高的强度, 已广泛用于造纸、石油、化工、建筑、制药及食品等领域。

双相钢 CD4MCu 是我公司为韩国现代重工生产的导流室铸件的材质, 为保证铸件的整体质量和综合性能, 浇注出质量合格的铸件, 应控制钢液的熔炼过程, 以提高钢液的冶金质量。

一、导流室铸件的结构特点

导流室是韩国现代重工的主导产品, 其结构如图 1 所示, 由 7 片叶片将内外两圈结合起来, 外圈有一个加强圈来加强叶片的强度。由于铸件很薄, 加之钢液流动性差, 控制合适的出钢和浇注温度对铸件的成形十分关键。

在高温状态下, 这种双相不锈钢仍为奥氏体和铁素体双相组织, 其热加工特性比奥氏体不锈钢差, 铸造生产难度大。导流室铸件采用双相钢 CD4MCu, 薄壁, 结构上多为 T 形相接, 钢液流动性不好, 不利于铸造。

双相钢的熔炼比奥氏体或铁素体钢难度大, 控制要求高, 凝固温度范围大 (125 ~ 140℃), 凝固枝晶间存在收缩问题; 钢液吸气能力强, 铸件易产生针孔和皮证该部位 3 个孔的加工, 二是使高度不同的两个冒口分别发挥作用。另外, 由于主要结构尺寸都是用砂芯组合而成, 特制作两个合箱样板。

三、结语

通过选择合理的工艺措施和试制验证, 采用水玻璃

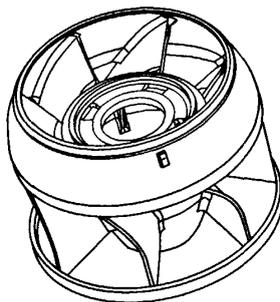


图 1 导流室实体模型

下气孔等缺陷; 钢液的流动性欠佳, 容易形成冷隔等缺陷。

二、化学成分的控制

双相钢 CD4MCu 技术要求化学成分和内控化学成分见表 1、表 2。

表 1 技术要求化学成分 (质量分数) (%)

C	Si	Mn	P	S
≤0.04	≤1.0	≤1.0	≤0.04	≤0.04
Cr	Ni	Mo	Cu	
24.5 ~ 26.5	4.75 ~ 6.0	1.75 ~ 2.25	2.75 ~ 3.25	

表 2 内控化学成分 (质量分数) (%)

C	Si	Mn	P	S
≤0.03	0.4 ~ 0.6	0.4 ~ 0.6	≤0.035	≤0.01
Cr	Ni	Mo	Cu	
24.5 ~ 25.5	5.5 ~ 6.0	1.9 ~ 2.2	3.0 ~ 3.2	

砂造型生产出了符合使用要求的合格铸件, 经批量生产验证, 满足设计要求。实践证明, 对于薄壁箱体类铸钢件, 采用合适的补缩方式消除气缩孔, 以及选择合适的反变量是箱体铸件工艺设计的关键。MW

(20100320)