

垂直分型线厚大铸件浇注系统的优化

张思泽¹, 陈丽阳¹, 郑科泽¹, 赖青华¹, 卢德宏²

(1. 云南云内动力机械制造有限公司, 云南昆明 651701; 2. 昆明理工大学材料科学与工程学院, 云南昆明 650093)

摘要: 采用垂直分型造型线生产厚大件时, 缩孔、气孔、砂眼、渣眼等缺陷突出, 废品率高。以四缸机发动机HT250飞轮为例, 对浇注系统中浇道、冒口、排气道等结构进行了重点分析和优化。经过生产验证, 基本消除了铸造缺陷, 大大提高了成品率, 对该类铸件浇注系统的设计有借鉴作用。

关键词: 垂直分型造型线; 飞轮; 厚大件

垂直分型无箱射压造型线是适用于铸铁、铸钢及有色金属铸造行业有芯、无芯中小铸件的高效、大批量生产的湿型砂造型线, 具有生产效率高、占地小、投资少、见效快、省人工、节能环保等优点。但是为保证连续造型时不垮箱, 浇注时不“跑火”, 分型面周边吃砂量比水平分型的吃砂量大; 加之浇冒系统及排气道也分布在分型面上, 所以型面利用系数较低, 工艺出品率较低^[1]。对厚大铸件而言, 垂直分型造型容易发生涨箱, 对铸型强度要求高, 还容易出现缩孔、气孔、砂眼、渣眼等缺陷。这在国内外都是一个技术难题。

本研究通过合理设计和优化垂直分型铸型的浇注系统, 得出垂直分型造型中厚大件浇注系统的设计思路与设计特点, 可以明显减少垂直分型铸造厚大铸件的各种缺陷, 对该类型铸件的生产具有重要参考价值。

1 产品简介

四缸柴油机飞轮材质为HT250, 单重约23.4 kg, 最大直径394 mm, 最大壁厚58 mm, 外圈有四个台阶。其结构如图1所示。

选用的造型设备为417垂直分型无箱射压造型机, 其尺寸是750 mm × 600 mm × (160~400) mm, 造型速度是480 型/h。

作者简介:

张思泽(1976-), 男, 高工, 硕士, 研究方向为铸造工艺及设备。E-mail: 893036109@qq.com

通讯作者:

郑科泽, 男, 助理工程师。E-mail: 1464628750@qq.com

中图分类号: TG245

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2022)

04-0476-04

收稿日期:

2021-11-12 收到初稿,

2022-02-11 收到修订稿。

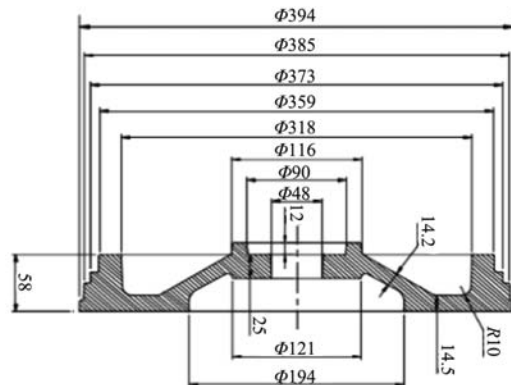


图1 飞轮零件图

Fig. 1 Drawing of the flywheel casting

2 初始模具结构及铸件缺陷分析

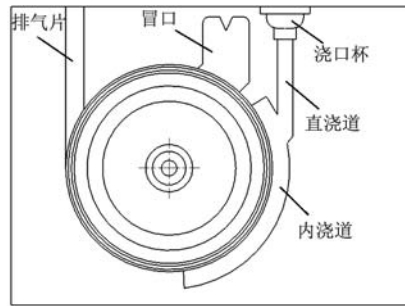
2.1 初始模具结构

图2为初始的飞轮模具结构。采用底注式浇注系统，浇口杯为普通“漏斗形”浇口杯，消耗铁液量少，上口较大，方便承接铁液，下接梯形直浇道^[2]，铁液为“充满式流态”，不会吸收和带走气体；直浇道下接扇形内浇道，内浇道占飞轮外圆1/3，与飞轮本体间采用斜坡过渡，使铁液平稳流入型腔，降低铁液对

铸型的冲刷，减少碎砂进入型腔^[3]。飞轮厚大部位壁厚较均匀，只设置一个暗冒口，位于飞轮顶部本体第一个台阶处，冒口顶部留一定吃砂量，避免与大气直接接触，增强补缩效果^[4]，同时冒口方便清理。为了排气，在飞轮型腔的排气死角粘贴薄排气片，厚度设为2~3 mm，与铸件接触部分设计为斜坡，最薄处为1 mm。排气片太厚，浪费铁液，降低工艺出品率；排气片太薄则排气效果不佳。



(a) 模具图



(b) 工艺简图

图2 飞轮垂直造型线模具原结构

Fig. 2 Original structure of the flywheel casting mold

2.2 初始方案结果及铸造缺陷分析

利用初始方案的模具，试浇出的飞轮铸件工艺出品率72.2%，废品率高达85%，存在以下缺陷。

(1) 在首浇温度为1 350~1 360 ℃下，飞轮本体与冒口衔接处产生缩孔，即前段浇注飞轮缩孔严重，后段浇注飞轮缩孔较小，飞轮缩孔倾向大，分析原因是由于冒口凝固过快，补缩效果不理想，缩孔缺陷如图3所示。

(2) 图2左上角-排气片与冒口之间的圆弧段铸件上产生气孔，外观圆润，如图4所示。分析原因是由浇注卷入型腔的气体来不及排出形成的气泡，说明型腔的排气依旧不佳^[5]。

(3) 外观有砂眼集中分布在飞轮下半部分靠内浇道一侧，表面与心部都存在砂眼，加工后存在弥散分布的砂眼。如图5所示。分析原因是由于内浇道过长，铁液冲刷面积大，较多碎砂进入型腔。

(4) 渣眼弥散分布在铸件本体上，加工后呈白色“蛛网”状，如图6所示。分析来源：①熔炼的炉渣没有去除干净；②吊包包壁上的熔渣被裹挟浇入型腔，分析原因是由于浇口杯与直浇道连成的长直流道截面

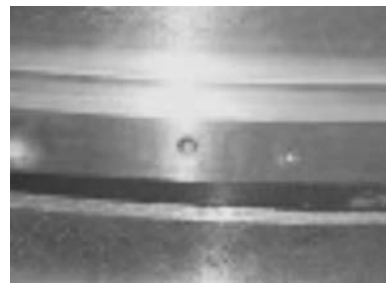


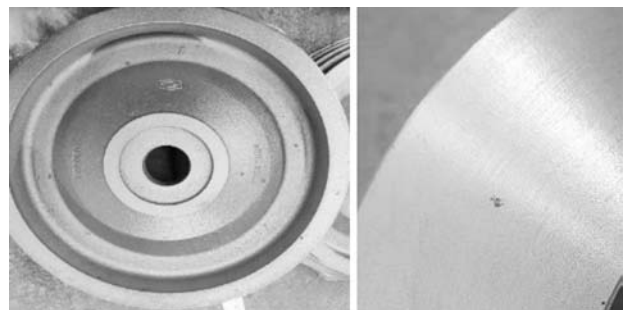
图4 铸件表面的气孔

Fig. 4 Blowhole defect on the casting surface



图3 飞轮的缩孔缺陷

Fig. 3 Shrinkage defects of the flywheel casting



(a) 铸件表面砂眼

(b) 铸件内部砂眼

图5 砂眼缺陷

Fig. 5 Sand inclusion defects

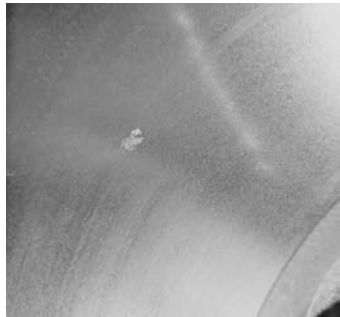


图6 渣眼缺陷

Fig. 6 Slag hole defect

尺寸设计为开放式，避渣能力差，铁液裹挟熔渣直接冲入型腔。

3 改进方案及效果

根据以上分析，结合车间实际情况，参考其他型号铸件浇注系统的设计情况，采取相应改进措施，并分析可操作性，在生产中进行验证。

(1) 针对飞轮出现缩孔的问题，决定由直浇道上部引出一条横浇道连接在冒口上，此横浇道搭接位置位于飞轮2/3的高度处，与直浇道呈“Y”形，浇注液面充型至此高度开始铁液经由横浇道进入冒口，热铁液提高冒口铁液温度的同时快速充满型腔，“暗热冒口”保温时间增长，使补缩效果更好^[6]。对应地，在冒口顶端设一条带转折的排气片^[7]，方便将铁液交汇的气体排至型外。采取措施后，飞轮顶部的缩孔缺陷全部消除。此冒口在足够补缩的同时可进一步缩减，以提高工艺出品率。铸件清理时，出现了冒口清理带肉，铸件破损的问题，因此在冒口根部开V槽，从而解决了冒口根部清理带肉问题^[8]。

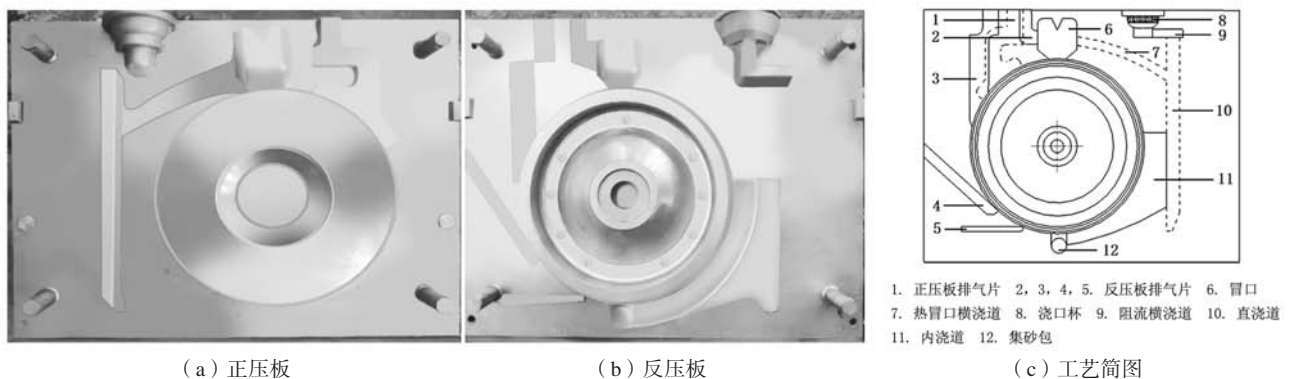
(2) 针对气孔缺陷，决定在初始模具结构基础上，沿铁液充型的切线方向增设排气片，且专门在飞轮排气不畅的圆弧段增设一块特制的排气片^[9]。同时，为防止散碎砂掉落型腔，将通往型腔顶部的排气片进行转折。如图7所示。适当提高浇注温度，首浇控制在 $1\ 360\sim 1\ 375\ ^\circ\text{C}$ ^[10]。采取措施后，型腔排气能力大幅提升，绝大部分气孔已经解决，存在少部分细小气孔，加工余量可以覆盖，飞轮加工后，无气孔缺陷。

(3) 针对砂眼缺陷，决定采用搭接阻流式浇注系统，在浇口杯下设置一条50~100 mm横浇道，再连接直浇道，通过搭接阻流，减少铁液对型腔的冲刷力，降低紊流度，铁液充型平稳^[11]，减少或避免冲刷碎砂进入型腔形成砂眼。搭接阻流式的浇注系统也能将铁液中熔渣挡在浇注系统里，对减少渣眼缺陷也有极大作用^[12]。缩减内浇道尺寸，内浇道占飞轮外圆的1/4，同时飞轮底部设有集砂包，收纳型腔里的碎砂，最后清理敲除。采取措施后，砂眼缺陷大幅降低。

(4) 针对渣眼缺陷，决定在浇口杯中放置一块 $\Phi 75\ \text{mm} \times 20\ \text{mm}$ 的陶瓷纤维过滤片，阻挡熔炼未清除干净的浮渣和包壁上裹挟冲入的熔渣。采取措施后，过滤片和搭接阻流式浇注系统同时生效，渣眼缺陷得到解决。

改进模具结构如图7所示。试浇了20件飞轮，只有1件因为砂眼报废，废品率下降到5%，已经达到量产要求；但工艺出品率由72.2%进一步下降到68.5%，这是由于新增的横浇道和排气片再次降低了出品率，需要今后进一步加以优化。

试验验证表明，结合垂直分型造型合模特点，通过对模具结构的浇冒口系统进行优化，厚大铸件的缩孔、气孔等问题得到完全解决，砂眼缺陷也大幅降低，废品率能够达到稳定生产的要求。



(a) 正压板

(b) 反压板

(c) 工艺简图

图7 模具改进结构

Fig. 7 Modified structure of the mold

4 结论

(1) 垂直线厚大件的冒口应设为暗热冒口, 补缩效果好。

(2) 垂直线厚大件的模具在排气死角, 要多设置

阶梯状排气片。充分排气的同时, 防止散碎砂掉落型腔。

(3) 垂直线厚大件的浇注系统, 应该设为搭接阻流式, 并设置过滤网, 充分避渣、挡砂。

参考文献:

- [1] 袁福安, 涂欣达, 向光耀, 等. 对垂直分型线在铸造厂应用的思考 [J]. 金属加工 (热加工), 2014 (12): 9-11.
- [2] 胡忠, 高庚坤, 谭丕财. 铝合金铸件的浇注系统 [J]. 铸造, 1966 (3): 7-10.
- [3] 李洪应, 骆正伟, 俞保平, 等. 飞轮铸造工艺的数值模拟 [J]. 现代铸铁, 2013 (2): 62-68.
- [4] 向新强, 马丽飞, 董秀芳. 厚大断面铸件小冒口铸造工艺 [J]. 金属加工 (热加工), 2014 (11): 79-80.
- [5] 陈翠凤, 王文青, 何佳, 等. 厚大灰铁件析出性气孔原因分析及预防措施 [J]. 铸造技术, 2011 (8): 1051-1053.
- [6] 王峰, 班云峰, 徐林清. 浇注系统的设计 [J]. 现代铸铁, 2017 (2): 60-65.
- [7] 黄党怀, 吴照勇, 张勇权, 等. DISA造型线生产带盘的轴类零件均衡凝固铸造工艺优化设计 [J]. 铸造技术, 2012 (3): 351-354.
- [8] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造工艺手册 [M]. 4版. 北京: 机械工业出版社, 2021.
- [9] 程红普, 王金根, 张付. 球墨铸铁双质量飞轮薄壁铸件铸造工艺优化 [J]. 铸造, 2013 (7): 679-684.
- [10] 时晓, 许景峰, 李锋, 等. 灰铸铁飞轮件缩陷缺陷的分析防止 [J]. 铸造设备与工艺, 2018 (5): 31-33.
- [11] 王泽华, 张欣, 周泽华, 等. 关于砂型铸造浇注系统设计的一点体会 [J]. 铸造, 2013 (7): 699-702.
- [12] 刘增林. 铸铁件浇注系统撇渣能力的探讨 [J]. 现代铸铁, 2014 (6): 58-61.

Optimization of Gating System for Heavy Castings with Vertical Parting Mold Line

ZHANG Si-ze¹, CHEN Li-yang¹, ZHENG Ke-ze¹, LAI Qing-hua¹, LU De-hong²

(1. Yunnei Power Machinery Manufacturing Co., Ltd., Kunming 651701, Yunnan, China; 2. Faculty of Materials Science and Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, Yunnan, China)

Abstract:

When using the vertical parting mold lines to produce heavy castings, the defects such as shrinkage, blowholes, sand holes, slag inclusion, and low casting yield rate are serious. Taking HT250 flywheel of four cylinder engine as an example, the structures of sprue, riser and exhaust duct in gating system were analyzed and optimized. After production verification, the casting defects were basically eliminated and the yield was greatly improved, which can be used as a reference for the design of gating system of this kind of castings.

Key words:

vertical-parting mold line; flywheel; heavy casting