

注塑机射台前板铸件一体化铸造工艺设计与实践

宋贤发¹, 李继强², 贾志欣², 项铮宇¹, 吴超¹, 周宁¹, 张鑫^{2, 3}

(1. 宁波拓铁机械有限公司, 浙江宁波 315100; 2. 浙大宁波理工学院, 浙江宁波 315100;

3. 浙江大学, 浙江杭州 310058)

摘要: 介绍了注塑机射台前板的铸件结构及技术要求, 阐述了该铸件的铸造工艺设计及熔炼工艺控制要点。通过设计复合砂芯结构、采用底注开放式浇注系统和严格控制熔炼过程, 获得了高质量铸件, 实现了浇注过程中铁液快速平稳充型。生产结果显示铸件工艺出品率为83%、成品率达100%, 无损检测未发现内部缺陷, 金相组织和力学性能均符合技术要求。

关键词: 球墨铸铁; 一体化铸造; 铸造工艺; 力学性能

高精度大型二板式注塑机作为精密注塑机的发展方向, 受到注塑机制造企业高度重视。注塑机前模板、射台前板、压盖等作为保证注塑模具合模精度及注射过程中可靠锁紧的关键部件, 在工作状态中直接影响塑料制品的成形质量^[1-2]。传统注塑机前模板、射台前板、压盖等油压部件一般是由油缸本体和油缸载体二个零件组装而成, 其中油缸本体多采用35钢和45钢无缝钢管, 而油缸载体一般用灰口铸铁或球墨铸铁, 二者分开制作、分开加工, 然后组装使用, 其制作工艺复杂, 成本高、周期长。目前在欧美等发达国家, 利用先进铸造技术和先进加工技术将两个原本分开制作的零件整合成一个油压铸件, 或者把二种不同材料的零件使用一种材料来制作, 从而使结构更合理、更紧凑, 成本也更低, 效率更高。本文以注塑机射台前板为研究对象, 进行铸造工艺方案设计和浇注实践, 实现射台前板的一体化成形。

1 射台前板结构和要求

图1所示的为注塑机注射部位的射台前板, 材料QT400-15, 外形尺寸455 mm × 410 mm × 300 mm, 铸件质量130 kg, 最大壁厚175 mm, 最小壁厚30 mm, 壁厚差别较大。产品本体设有2个油缸孔, 厚壁部位后续需加工通油孔。铸件整体成形后不允

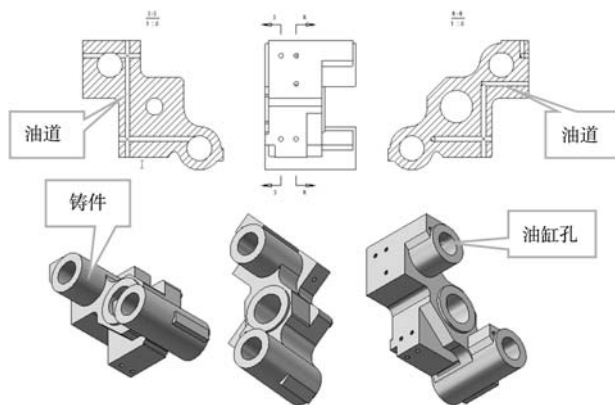


图1 射台前板铸件示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the front plate casting

作者简介:

宋贤发(1966-), 男, 教授级高工, 研究方向为大型球墨铸铁件的铸造工艺及模具结构制作设计。电话: 13586531211, E-mail: sxf@nbtuotie.com

中图分类号: TG24

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2023)11-1482-04

基金项目:

2022 宁波市重点研发项目 (2022Z044, 2022Z046)。

收稿日期:

2023-01-10 收到初稿,

2023-03-27 收到修订稿。

许有缩孔、缩松等铸造缺陷,铸件油缸孔表面机加工后需满足 Ra 0.4~0.8 μm 粗糙要求和耐20 MPa的油压要求,承压通油孔也需要经过耐压试验,试验压力为额定压力的1.5倍,保压时间为3 min,无漏油和渗油现象,铸件铸造难度较大。

2 铸造工艺设计要点

2.1 砂芯设计

为了获得的铸件油压工作面内部组织无铸造缺陷和白口,设计了一种能够满足高油压条件下的砂芯结构^[3-4](如图2),该油压铸件砂芯包括钢管砂芯骨架、普通硅砂和铬铁矿砂,其中砂芯骨架设有若干排气小孔,便于挂砂和通气。

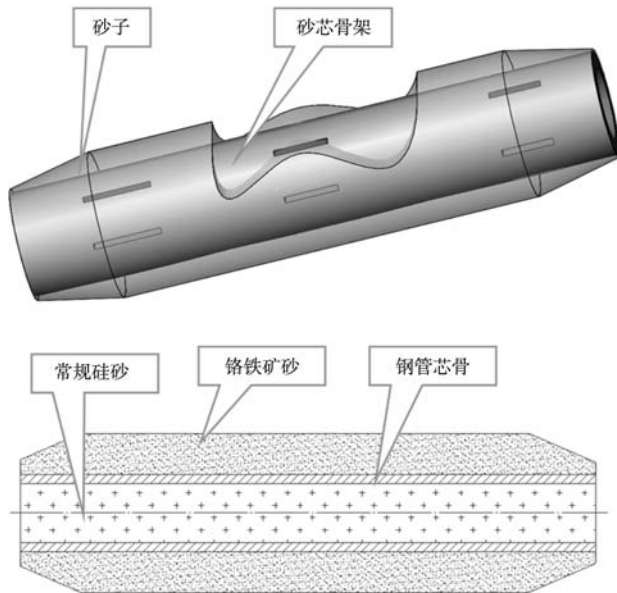


图2 砂芯结构图示

Fig. 2 Sand core combination diagram

包覆填充在芯骨外层的型砂由30%铬铁矿砂+70%普通硅砂混合构成型砂(质量分数);芯骨材料为铸铁管或钢管,提供砂芯支撑作用,同时兼有加速铸件在浇注过程中的冷却作用。这种混合型砂相比传统单一的铬铁矿砂,一方面使得油缸工作面的铁液冷却速度适中,有效地防止了凝固过程中的疏松、粗大石墨缺陷产生,从而确保了油缸孔不漏油、渗油,并使油压工作面加工粗糙度 Ra 达到0.4~0.8 μm 的要求,另一方面也减少了铬铁矿砂的用量,降低了生产成本。

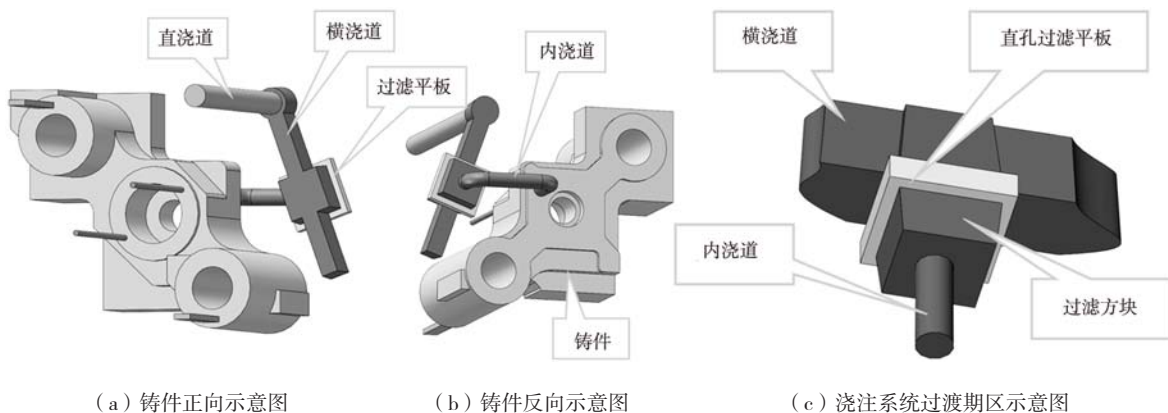
2.2 浇注系统设计

根据铸件结构并结合油缸面性能要求,采用半开放、底注式浇注系统^[5-8](如图3所示),浇注系统各组元截面积比为 $\Sigma A_{直} : \Sigma A_{横} : \Sigma A_{内} = 1.78 : 2.50 : 1$ 。在横浇道和内浇口之间加设100 mm × 100 mm × 20 mm的陶瓷耐火过滤平板,其中横浇道同直孔过滤平板连接尺寸80 mm × 80 mm,内浇口通过80 mm × 80 mm × 30 mm(高)的过渡方块与直孔过滤平板相连接,高温铁液从铸件底部壁厚较大的凸块处进入型腔,即可以实现铁液快速平稳充型,也有利于熔渣的上浮,有效避免了卷气、夹渣缺陷的出现。此外,直浇口、内浇口全部采用陶瓷管,减少了冲砂缺陷。

3 熔炼工艺控制

(1) 材料选用:主要原材料选用45%优质生铁+35%废钢+20%回炉料,增碳剂选用低S、低N的石墨型来调节碳量^[9],加入量为原料总量的1.0%。

(2) 熔炼:将上述配置好原料放入熔炼炉内加热使其熔化,待炉料熔清后加入约为原料总质量0.8%的FeSi75-C硅铁调节铁液中Si元素含量,然后继续过热到1 490 $^{\circ}\text{C}$,并静置30 min以降低铁液中的氧化夹渣,获得表1所示的原铁液成分。



(a) 铸件正向示意图

(b) 铸件反向示意图

(c) 浇注系统过渡期区示意图

图3 浇注系统图示

Fig. 3 Gating system schematic diagram

表1 原铁液化学成分

Table 1 Chemical composition of original liquid iron $w_B/\%$

| C | Si | Mn | P | S | Fe |
|------|------|-----|--------|--------|----|
| 3.58 | 1.45 | 0.2 | ≤0.025 | ≤0.019 | 余量 |

(3) 球化处理: 采用冲入法进行球化, 球化包一侧的球化堤坝内先加1.0%的球化剂并紧实, 成分如表2所示, 再加入原铁液质量0.9%且粒径为3~8 mm的硅钡铝孕育剂并紧实, 成分如表3所示; 控制球化反应起爆时间和球化反应持续时间^[10], 出铁量达到球化处理铁液量的75%时开始起爆反应, 球化反应持续时间150 s, 提高了镁和稀土的吸收率, 增强了脱硫效果, 同时降低了球化剂的加入量, 球化后铁液成分如表4所示, 碳当量CE=4.30。

表2 球化剂化学成分

Table 2 Chemical composition of spheroidizing agent $w_B/\%$

| Mg | RE | Si | Ca | Al | MgO | Fe |
|-----|-----|----|-----|------|-----|----|
| 6.5 | 1.2 | 41 | 2.0 | 0.65 | 0.4 | 余量 |

表3 孕育剂化学成分

Table 3 Chemical composition of inoculant $w_B/\%$

| Si | Ba | Al | Ca | S | Fe |
|----|-----|-----|-----|--------|----|
| 72 | 2.3 | 1.3 | 1.2 | ≤0.015 | 余量 |

表4 铁液化学成分

Table 4 Chemical composition of liquid iron $w_B/\%$

| C | Si | Mn | P | S | Mg | RE | Fe |
|------|------|-----|-------|---------|-------|-------|----|
| 3.47 | 2.45 | 0.2 | 0.028 | 0.009 8 | 0.035 | 0.009 | 余量 |

(4) 浇注: 将铁液扒渣、静置, 温度降至1 370 ℃时将铁液浇注至铸型凝固形成铸件。浇注过程中使用粒径0.2~0.7 mm硅钡铝孕育粉(成分同表3)进行二次随流孕育^[11], 其加入量为浇注铁液总量的0.10%。

4 生产结果

按照上述工艺生产了6件射台前板, 铸件如图4所示, 工艺出品率为83%, 成品率达100%。按照图纸技术要求的标准进行了尺寸检测及无损检测, 未发现任

何缺陷。附铸试块检测结果如图5和表6所示, 技术要求金相组织中球化率≥85%、石墨大小5~7级, 实测球化率90%、石墨等级6级, 力学性能均符合技术要求。



图4 铸件实物

Fig. 4 Produced casting

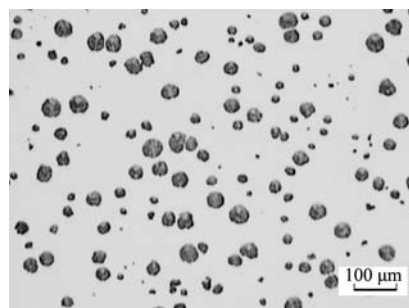


图5 单铸试块金相组织

Fig. 5 Microstructures of test block

表6 附铸试块的力学性能

Table 6 Mechanical properties of attached specimen

| 项目 | 抗拉 | 屈服 | 伸长 | 硬度 | 客户 |
|-----|--------|--------|------|---------|------|
| | 强度/MPa | 强度/MPa | 率/% | HB | |
| 标准值 | ≥400 | ≥250 | ≥15 | 130~180 | 客户标准 |
| 实测值 | 411 | 290 | 18.0 | 146 | 产品测试 |

5 结论

(1) 对于耐油压铸件, 工艺设计的关键是油缸部位的砂芯结构、浇注系统结构以及引入位置的设计, 确保浇注过程中铁液快速平稳充满型腔和排气顺畅。

(2) 通过设计复合砂芯、严格控制熔炼工艺过程, 可以确保铸件油缸孔表面机加工质量以及耐油压要求, 实现射台前板的一体化铸造成形。

参考文献:

- [1] 王佳赞, 李国平, 柳丽, 等. 二板式注塑机锁模状态下动模板应力与疲劳分析 [J]. 机械制造, 2021, 59 (3): 28-31.
- [2] 何和智, 高琦, 张涛. 国内外大型注塑机技术发展动态综述 [J]. 中国塑料, 2022, 36 (11): 140-149.
- [3] 项铮宇, 张亚敏, 周宁, 等. 大平面注塑机模板球墨铸铁件的铸造工艺设计 [J]. 现代铸铁, 2020, 40 (3): 46-49.
- [4] 裴志勇, 郑永杰, 钱红武. 球墨铸铁大型火电低压内缸铸件的研制 [J]. 铸造工程, 2022, 46 (6): 31-35.
- [5] 耿笑笑, 张巨成, 王浩. 注塑机后模板铸造工艺设计 [J]. 铸造技术, 2019, 40 (9): 922-925.
- [6] 宋贤发, 傅明康, 李继强, 等. 大型耐油压球墨铸铁件的开发 [J]. 现代铸铁, 2014, 34 (6): 21-24.
- [7] 回春华. 基于均衡凝固理论的DISA线生产卡箍类铸件工艺设计 [J]. 铸造, 2020, 69 (11): 1128-1131.
- [8] 秦大鹏, 张琛, 刘升阳. 大断面球墨铸铁注塑机头板铸造工艺 [J]. 铸造, 2019, 68 (5): 492-494.
- [9] 白佳鑫. 高品质球墨铸铁生产的原材料选择和微量元素控制 [J]. 铸造, 2020, 69 (6): 563-571.
- [10] 陆文华, 李隆盛, 黄良余, 等. 铸铁及其熔炼 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1996.
- [11] 倪钧, 马寒坤, 狄崇祥, 等. 两种大断面球墨铸铁用孕育剂的效果分析 [J]. 铸造, 2022, 71 (9): 1127-1132.

Design and Practice of Integrated Casting Process for Front Plate of Injection Molding Machine

SONG Xian-fa¹, LI Ji-qiang², JIA Zhi-xin², XIANG Zheng-yu¹, WU Chao¹, ZHOU Ning¹, ZHANG Xin^{2,3}

(1. Ningbo Tuotie Machinery Co., Ltd., Ningbo 315100, Zhejiang, China; 2. Ningbo Tech University, Ningbo 315100, Zhejiang, China; 3. Zhejiang University, Hangzhou 310058, Zhejiang, China)

Abstract:

The casting structure and technical requirements of the front plate of the injection molding machine were described, and the casting process design and smelting process control points of the casting were described. By designing a composite sand core structure, adopting an open bottom pouring system, and strictly controlling the melting process, high-quality castings were obtained, achieving rapid and stable mold filling of molten iron during the pouring process. The production results show that the yield rate of the casting process is 83%, and the yield rate is 100%. No internal defects are found through non-destructive testing. The metallographic structure and mechanical properties meet the technical requirements.

Key words:

ductile iron; integrated casting; casting process; mechanical properties
