

内浇道工艺设计对灰铸铁汽缸体铸件质量的影响

万修根

(江铃汽车股份有限公司铸造厂, 江西南昌 330001)

摘要: 采用中注式浇注系统、卧浇、一箱两件的铸造工艺方案, 并根据大孔流出及金属凝固学理论设计布置内浇道, 解决了中小型灰铸铁汽缸体气孔、砂眼缺陷及本体抗拉强度分散度大的问题。实践表明: 在每个轴承座部位开设双层内浇道的工艺, 生产出的缸体质量和性能最佳。

关键词: 灰铸铁; 汽缸体; 内浇道; 气孔; 砂眼; 抗拉强度

随着载重汽车柴油机功率的加大, 排放要求不断提高, 对缸体铸件的产品质量提出了更高的要求, 如缸体的尺寸精度及材料的力学性能要求都越来越高^[1-3]。我公司为主机厂新开发的汽车发动机JX4D30缸体(图1)排量是3.0L, 执行国六排放标准, 具有内腔形状复杂, 最小壁厚4.0 mm, 并要进行水压、气压渗漏检查, 要求铸件的力学性能好, 组织致密, 尺寸精度高, 该铸件属于典型的薄壁复杂铸件, 对缺陷限制、金相组织及力学性能要求较高, 具体要求有: ①铸件不允许有冷隔缺陷, 不允许有裂纹和影响强度及性能的破裂; 内腔部分不允许有任何铸造缺陷; 加工面、曲轴箱内及水套出砂孔等不允许有粘砂、残余铁块等异物; 非加工面允许存在直径 $< \Phi 3$ mm, 深度 < 2 mm, 且距加工边缘 > 5 mm、间距不小于20 mm的孔眼, 每面数量不大于5个; ②所有轴承座左右部位本体抗拉强度 ≥ 240 MPa, 单铸试棒抗拉强度 ≥ 300 MPa, 铸件缸盖面本体心部硬度HB 190~248, 缸筒间本体金相组织要求珠光体量 $P \geq 98\%$ 。

1 铸造工艺

采用湿型工艺, KW静压造型线, 水平分型, 每型两件, 卧浇, 每型由16个砂芯组成(见图2)。其中曲轴箱砂芯、前后端砂芯、冒芯、工艺芯为冷芯, 油道和水套砂芯因其结构复杂且较薄采用耐高温覆膜砂芯。冒芯与工艺芯、水套砂芯预组合后用螺钉紧固, 整体上涂料; 油道砂芯采用手工浸涂, 曲轴箱砂芯、前后端砂芯采用KC锁芯后, 整芯浸涂; 箱芯与预组后冒芯进行烘干, 然后由机器人用卡钉进行组芯下线。浇注系统工艺是沿用原4JB1缸体的形式, 即半封闭半开放, 内浇口设在1, 2, 4, 5轴承座的上部(见图3), 浇注速度为17 s左右(该工艺在我厂生产4JB1缸体多年, 质量相对稳定, 综合废品率控制在3.0%左右)。

2 存在的问题及原因分析

在生产过程中发现, 铸件存在严重质量问题, 具体分以下三大类。

2.1 气孔缺陷及原因

在缸体的左侧面螺栓凸台(见图4)及箱芯与水套型芯形成的缸筒部位(见图

作者简介:

万修根(1969-), 男, 总工艺师, 主要从事汽车铸件工艺技术及铸件质量管理工作。电话13979160468, E-mail: xwan1@jmc.com.cn

中图分类号: TG24

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2019)03-0295-04

收稿日期:

2018-12-14 收到初稿,
2019-01-11 收到修订稿。

5) 产生大量气孔及渗铁豆缺陷, 单项废品率为3%左右。利用MAGMA铸造模拟仿真软件对整个铁液浇注过程进行模拟, 发现每个内浇道的瞬间流速与流量有较大的差距, 在浇注过程中铁液流动极不平稳。另外, 因内浇道设置在第1、2、4、5轴承座的上端, 型腔内又较复杂, 造成初期铁液飞溅进入型腔, 容易形成铁豆; 特别是第3轴承座部位没有设置内浇道, 使得整个缸体中间部位的铁液均由两边相对较冷的铁液汇合而成, 形成紊流, 极易导致气体卷入铁液, 最终造成气孔与渗铁豆等缺陷。

2.2 抗拉强度分散度大及原因

在力学性能检测过程中发现, 单铸试样的力学性能均能满足技术要求, 但是本体试样即使金相组织合格, 有时在同一个铸件中有的轴承座部位性能能满足技术要求, 有的部位却不能满足要求, 而且同一个铸件不同的轴承座部位抗拉强度分散度比较大, 具体检测数据见表1。

通过用MAGMA铸造模拟仿真软件对铸件整个冷却过程进行观察, 发现各个轴承座部位的温度场差异较大。对抗拉试样断口分析发现, 抗拉强度偏低的试样断口多数存在显微疏松现象, 而且设置了内浇道的轴承座部位比未设置内浇道的轴承座部位的抗拉强度普遍相对偏低。

2.3 密集性砂眼缺陷及原因

在生产过程中出现了多次缸体的右侧面(下箱)密集性砂眼缺陷(见图6), 其单项废品率高时达到10%左右。

从铸件外观表象上看, 除密集性砂眼外, 外观质量也较差, 一些凹深处、尖角部位出现多肉现象, 而且缺陷基本都集中在内浇口的位置。为了查找原因, 首先对型砂、造型工艺参数进行统计分析, 发现以下情况: 当型砂紧实率控制在工艺要求的下限时, 该缺陷产生较多, 但同样紧实率控制在工艺要求下限生产其他产品时, 又没有出现此类缺陷。因此认为型砂紧实率不是上述缺陷产生的主要原因。通过对内浇道尺寸进行测量计算发现: $F_{内阻} : F_{内}$ 的比例为1 : 1.05(见图7), 两者基本相等。根据以上推测, 认为内浇道尺寸设计可能不合理, 导致对型砂的适应性比较差; 当紧实率控制在工艺要求的下限时, 容易造成铁液冲砂现象, 从而使铸件产生右侧面密集性砂眼缺陷。

3 改进措施

通过以上分析, 发现几个问题均与内浇道的设计有关。通过对大孔流出、金属凝固学理论及形成渗铁

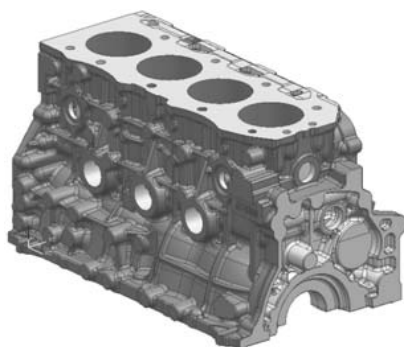


图1 JX4D30缸体

Fig. 1 JX4D30 cylinder block

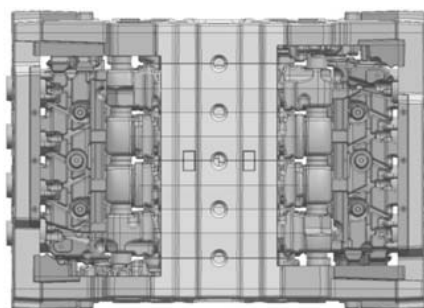


图2 缸体型芯

Fig. 2 Core for cylinder block

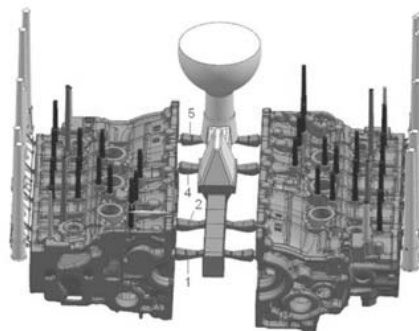


图3 原4JB1浇注系统

Fig. 3 Original gating system of 4JB1 cylinder block

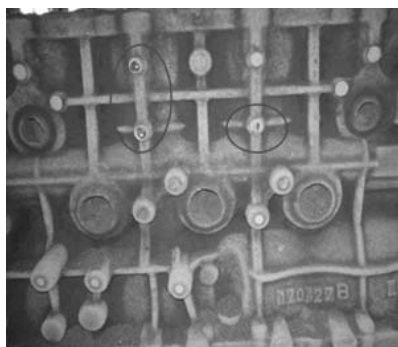


图4 螺栓凸台气孔

Fig. 4 Blowholes at the bolt convex platforms

豆、气孔和砂眼缺陷机理进行研究, 提出对浇注系统改进的具体措施。

3.1 浇注系统的设计

要保证铁液在充型过程保持平稳, 必须避免浇注时的冲砂现象和对砂芯的浮力, 否则生产出的铸件易产生气孔、夹渣及缩松(孔)、渗漏等缺陷。因此, 提出采用中注半封闭半开放式、最小阻流面积在内浇道前端的浇注系统。在轴承座3的部位增设内浇口, 并在上下两层轴承座处设置内浇道, 而且使 $F_{\text{上阻}}$ 大于 $F_{\text{下阻}}$; $F_{\text{内阻}}$ 小于 $F_{\text{内}}$, 使铸件凝固冷却过程时的温度场更加均匀, 铁液流入型腔更加平稳, 从而达到铸件材质一致性良好(力学性能分散度小)且气孔砂眼缺陷少的目的。具体内浇道设计比例为: $F_{\text{上阻}}: F_{\text{下阻}}=1.2: 1$; $F_1: F_2: F_3: F_4: F_5=1: 1.2: 1.2: 1.2: 1$; $F_{\text{内阻}}: F_{\text{内}}=1: 1.35$ 。

3.2 采用“大孔出流”工艺

为了使型腔内铁液呈现理想的温度场分布, 放弃了原来采用的传统“水力学公式”工艺, 改采用“大孔出流”工艺来实现铁液快浇并避免缸体铸件产生气孔及渗铁豆等缺陷。具体工艺为: 有效浇注时间^[4] $t = \sqrt{m} + \sqrt[3]{m} = \sqrt{76.5} + \sqrt[3]{76.5} = 8.75 + 4.25 = 13 \text{ s}$, 单个铸件浇注阻流截面积 $\Sigma F_{\text{内阻}} = K\sqrt{m} = 1.2 \times 8.75 = 10.5 \text{ cm}^2$, 其中 m 为铸件质量, 该铸件为76.5 kg, K 为经验常数, 取值范围为1.1~2.0; 本文中的缸体属于中小型复杂薄壁件, 所以 K 取下限1.2; 因工艺设计为一型两件, 故此浇注系统的总阻流截面积 $F_{\text{内阻总}} = 2 \Sigma F_{\text{内阻}} = 2 \times 10.5 = 2100 \text{ mm}^2$ 。改进后的浇注系统如图8所示。

4 生产验证

采取改进后的工艺共生产64批次, 23 430件JX4D30缸体。数据统计显示: ①缸体左侧面螺栓凸台及缸筒部位的气孔单项废品率在0.3%~0.5%; 缸体右侧面密集性砂眼单项废品率为<0.1%; 综合废品率在

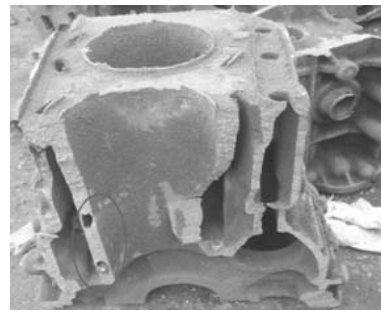


图5 缸筒气孔

Fig. 5 Blowholes at the cylinder barrel

表1 各个轴承座部位抗拉强度数据
Table 1 Tensile strength data at each bearing

| 批次号 | block zone /MPa | | | | | | | | | |
|--------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 第一档 | | 第二档 | | 第三档 | | 第四档 | | 第五档 | |
| | 左 | 右 | 左 | 右 | 左 | 右 | 左 | 右 | 左 | 右 |
| 171101 | 255 | 263 | 250 | 255 | 241 | 262 | 259 | 254 | 252 | 279 |
| 171204 | 245 | 246 | 238 | 258 | 227 | 255 | 209 | 249 | 249 | 276 |
| 180115 | 244 | 260 | 244 | 265 | 210 | 227 | 241 | 254 | 218 | 250 |

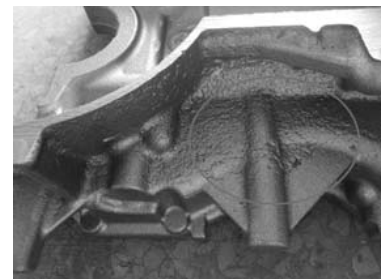


图6 密集性砂眼缺陷

Fig. 6 Dense sand inclusions

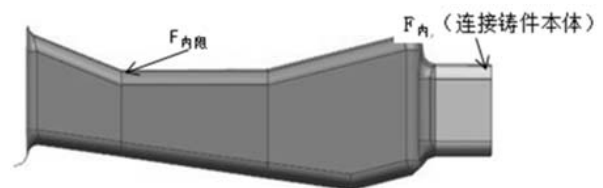


图7 内浇道示意图

Fig. 7 Position of ingate

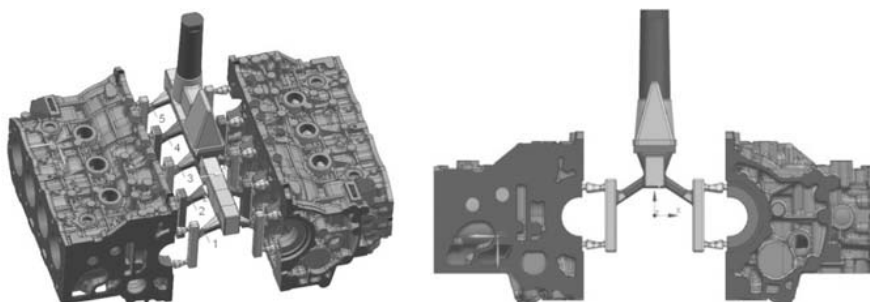


图8 改进后的浇注系统

Fig. 8 Improved gating system

2.0%左右；②各个轴承座部位的本体抗拉强度为245~268 MPa，分散度小、均匀性良好。

5 结论

(1) 应用“大孔出流”理论，优化了内浇道阻流面积工艺，减短了铸型有效浇注时间，使铁液平稳流入型腔，缸体气孔、渗铁豆等缺陷降低到0.3%~0.5%。

(2) 通过优化内浇道的位置工艺设计，使缸体轴承座部位的铁液有相对均匀的凝固温度场，减少了缩松缺陷，解决了缸体轴承座部位抗拉强度偏低及均匀性差的问题。

(3) 通过调整浇注系统中内浇道 $F_{内阻}$ ： $F_{内}$ 的比例，提高了产品对型砂的适应性，有效地防止了缸体冲砂现象，使缸体砂眼缺陷降低到<0.1%。

参考文献：

- [1] 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, 2008.
- [2] 黄政. 汽车发动机缸体的铸造工艺 [J]. 铸造, 2008 (10): 1078-1080.
- [3] 魏兵. 铸件浇注系统阻流截面积的确定 [J]. 铸造技术, 1981 (1): 27-33.
- [4] 王怀林. 汽车典型零部件的铸造工艺 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2003: 184.

Effect of Ingate Layout on Casting Quality of Gray Iron Cylinder Blocks

WAN Xiu-gen

(Casting Plant, Jiangling Motors Co., Ltd., Nanchang 330001, Jiangxi, China)

Abstract:

The casting process design of gray iron cylinder blocks was carried out by adopting the parting-line gating system, horizontal pouring and one box with two parts, and laying out bilayer ingate at each bearing seat based on the theory of large orifice discharge and metal solidification. The problems of blowhole, sand inclusion defects and large dispersion for tensile strength of small and medium sized gray cast iron cylinder blocks were solved. Practice shows that the casting process of laying out bilayer ingate at each bearing seat makes the quality and performance of the produced cylinder blocks optimal.

Key words:

gray iron; cylinder block; ingate; blowhole; sand inclusion; tensile strength