● 生产技术 Production Technology ●

DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.12.007

通过工艺设计优化降低 4A 缸体废品率

郭丹丹[1],段素红[1],杨春霞[1],高存贞[1],尹冬雪[2]

(1.第一拖拉机股份有限公司,河南 洛阳 471004; 2. 河南科技大学,河南 洛阳 471004)

摘　要:针对 4A 缸体在生产中出现的砂眼、黏砂、漏水等问题,通过优化工艺设计,采用精益生产理念,将原工艺的上下箱颠倒,对砂芯易黏砂部位剥离出来,选用粒度 140/70 的覆膜砂,并浸涂专用的防黏砂涂料。结果表明,黏砂问题彻底解决,废品率从 24.60%下降至 6.28%。

关键词:缸体;黏砂;砂孔;工艺设计

中图分类号:TG243　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)12-1035-03

Reduce the Scrap Rate of 4A Cylinder by Process Design

GUO Dandan[1], DUAN Suhong[1], YANG Chunxia[1], GAO Cunzhen[1], YIN Dongxue[2]

(1. First Tractor Company Limited, Luoyang 471004, China; 2. College of Agricultural Equipment Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471004, China)

Abstract: In view of the sand inclusion, burn-in sand defect, block leaking and other defects in the production of 4A cylinder block, casting process design of 4A cylinder block was optimized. The upper and bottom molds in the original design were reversed, the sand core easy to cause burn-on was separated and made specially using 140/70 mesh coated sand and dipped by resistant burn-in and burn-on coating. lean production was applied in the production. The results showed that sand burn-in and burn-on defects were completely eliminated, and the casting rejection rate decreased from 24.6% to 6.28%

Key words: cylinder block; burn-in sand defect; sand inclusions; process design

4A 缸体结构复杂,铸造工艺流程多,生产控制难度大,近 20 年间,因产品结构改进及质量改进,芯盒及外模修改多次,焊补位置出现起皮、鼓包、裂纹等,模具精度已不能满足生产要求。另外随着客户产品质量要求的提高,生产过程中出现的砂孔、黏砂、漏水、加工偏等问题,都造成了客户的抱怨。要想满足客户,模具需要重新制作,同时可以进行新的工艺设计,规避出现不良品及废品的风险,提高产品质量。

1　铸件基本情况

材质为 HT275, 铸件重 146.5 kg。铸件尺寸为 559 mm×476 mm×435 mm,最大壁厚 50 mm,最小壁厚 6 mm,铸件结构如图 1。原工艺图 1(a)为上箱,图 1(b)为下箱,上、下型在静压造型线(潮膜砂生产线)上制备,且一型一模;采用中注+顶注的浇注系统[1-2];共 10 个砂芯,分别是 1 个侧板芯和 4 个主体芯为冷芯、2 个挺杆室芯、1 个水道芯和 1 个滤清芯为热芯,还有 1 个自硬砂堵头芯支撑挺杆室芯。浇注温度 1 380~1 410 ℃,浇注速度 21~25 s。

2　原工艺存在的问题

选用的工装设备分散,生产跨区域作业,砂芯需要多次转运。转运造成砂芯损伤等不良品,修补不牢靠,会引起砂孔。

产品重要部位油道、水道、机滤、机油泵集中在上箱部位,一般气孔、砂孔和疏松容易出现在上箱,缺陷修补条件苛刻,修补不良容易使产品报废。

单边侧板,虽然省一些砂芯成本,但为了防止挤型,工艺间隙设计大,披缝毛刺厚,不易清理,即便如此也不能完全避免挤型,砂型不牢靠时,砂子很容易进型腔,造成砂孔,下芯难度大。两侧间隙不同,主体芯容易偏,加工定位点全由主体芯形成,易造成加工偏等问题。

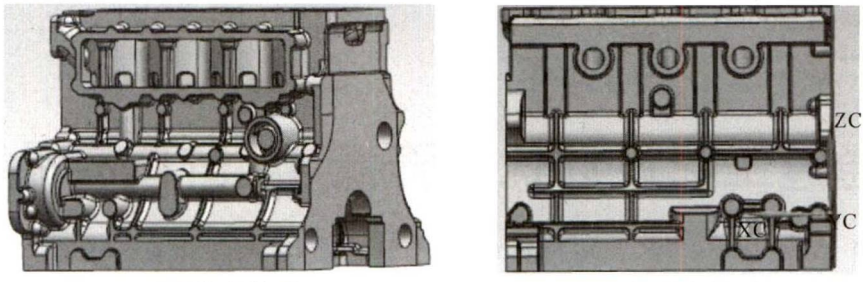
3　新工艺设计

(1)生产线的选择　在经济形势下行期,产品工

收稿日期:2021-05-14

基金项目:国家创新方法工作专项(2020IM020902)

作者简介:郭丹丹(1985—),女,河南洛阳人,高级工程师.主要从事铸造工艺方面的研究工作.电话:15937912690,Email: gd11111@126.com



(a)缸体左侧面　(b)缸体右侧面

图 1 4A 缸体三维示意图

Fig.1 Schematic 3D structure of 4A cylinder block

艺设计也要求精益，减少不必要的物流浪费，同时也减少了转运过程中砂芯的损伤，和不确定性因素对产品质量的影响。首先要避免跨区域生产，制芯和造型线要选择同一区域。在 KW 线生产，制出前、后侧板和主体芯只需一套芯盒就可以实现，但需要另外制作 KW 线上、下模。再加上配套芯盒，总投资需要 40 万左右，如果在静压线生产，制作一整套制芯中心模具需要 80 万左右。选择在 KW 线制作工装更经济一些；其次将主体芯和侧板芯布置在一个芯盒中，同时制出。由静压线转至 KW 线生产，KW 线砂箱 1 500 mm×1 200 mm×500/450 mm，可以一箱布置 2 件。新工艺图见图 3。转至 KW 线生产后，避免了跨区域作业，减少了砂芯的转运，转运造成砂芯损伤等不良品比例下降 50%。

(2)上下箱的选择　原工艺上下箱的选择，利于排气，但气孔、砂眼还是集中在上箱部位，上箱又是产品重要部位油道、水道、机滤、机油泵集中区域，容易出现砂眼和疏松，造成漏水和漏气，一直是难以解决的问题，如果放在下箱，利于油道补缩，减少气孔和砂眼倾向，但也引起其他问题。黏砂倾向增加，对于黏砂问题，根据我公司经验，可以通过芯砂粒度和涂料来解决。限压阀孔易黏砂，因为是盲孔，砂芯一旦黏砂无法清掉，只能报废。原工艺在上箱，出过批量质量事故，经过攻关，水道芯采用 50/100 粒度的覆膜砂，再浸涂专门的防黏砂涂料，黏砂问题已解决，转到下箱后，黏砂倾向再次提高，芯砂粒度需要更细，水道芯在下箱排气不好[3]，容易引起气孔，存在矛盾。通过工艺创新，将局部易黏砂部位与水道芯割离出来，制成一个小芯子，如图 3 所示，采用 140/70 的覆膜砂，与水道芯组装，整体浸水基涂料，局部再浸放黏砂涂料，水道芯选用 40/70 特种树脂砂（常温抗拉强度＞3.6 MPa，发气量＜10 mL/g），后期生产验证黏砂问题彻底解决了，气孔比例还有所下降。上下箱翻转，滤清芯受力不均造成偏的问题解决了，生产验证容易黏砂，通过浸 2 遍水基防黏砂的涂料，也成功解决了。

(3)配套芯的设计　另外原上箱的水道芯、机滤芯翻至下箱，为了放置平稳、下芯准确，芯头长度都需加长 30 mm，但下箱又不利于排气，防止出气孔，将芯砂选用我公司开发的低发气湿态砂，芯头部位挖空留壁厚 30 mm，既减少发气又减重，减轻人工下芯劳动量。挺杆室芯由于产品结构原因，原工艺必须分成左右挺杆室芯两个，后期结构更改，中间多出一个芯头，具备合并为一个挺杆室芯的条件，但芯盒局限，无法更改，新工艺可以取消堵头芯，设计成一个挺杆室芯。原挺杆室芯在下箱，防止漂芯需要 4 个芯撑支撑在主体芯上，翻至上箱就可以取消芯撑，由砂型压住芯头即可。水道芯示意图见图 2。

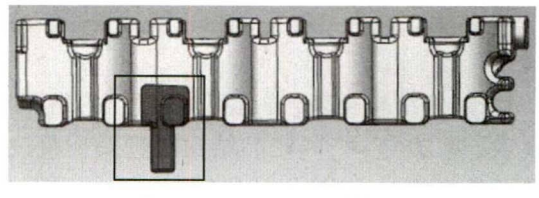


图 2 4A 缸体水道芯示意图

Fig.2 Schematic water jacket core of 4A cylinder block

(4)浇注系统的设计　浇口杯位于型板中心线上，两个铸件对称分布。过滤网位于分直浇道窝上部，阻流位于过滤网后面，横浇道一部分由曲轴箱砂芯形成，另一部分由下型砂胎形成。浇注系统采用中注加底注，内浇道分散布置在 1、4 缸上箱裙部和 2、4 轴瓦瓦口，浇口面积比 1.0:1.2:1.4，最小截面 960 mm^2，浇口杯位置按每型两个铸件布置，采用半封闭半开放阶梯式浇注系统[4-5]（见图 3）。内浇道分

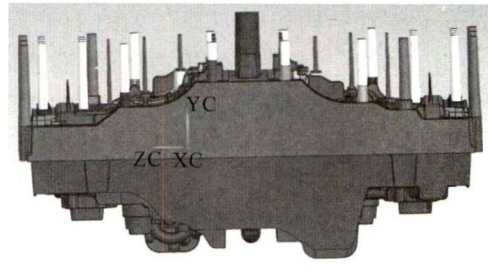


图 3 4A 缸体新工艺图

Fig.3 New casting process scheme of 4A cylinder block

上、中、下 3 层，下层内浇道位于横浇道上，与铸件油底壳面相连；上、中两层内浇道由分浇道与横浇道相连，通向瓦座两侧。该浇注系统有利于撇渣、控制铁液流量，铁液温度在型腔内分布也较为均匀[6]。

4　调试过程中的问题

调试过程中仍存在一些问题，上箱靠近两端头有气孔和冷隔，主体芯局部黏砂。分析原因，主体芯局部小芯头疏松不容易射实，从主体芯的生产、芯砂种类及涂料等方面入手，进行攻关。

针对冷隔和气孔，提高浇注温度，加大顶端溢流。①对主体芯射不实的部位增加射嘴，增加排气，减短油孔芯头，解决砂芯疏松问题；②浇注温度提高 10 ℃，由 1 380~1 410 ℃提高为 1 390~1 420 ℃；③优化浇注系统，增大内浇道，对横浇道末端增加溢流块，排冷铁，减少气孔；④加长上箱法兰面靠近端面的排气片，解决法兰气孔；⑤底法兰侧增加排气销，加大排气面积由 480 mm^2 增到 840 mm^2；⑥对主体芯油孔芯头组芯后刷南华涂料，炉后刷防黏砂涂料，解决油孔黏砂问题。

5　生产结果

新工装 2018 年 6 月开始调试，8 月投入批量使用，2018 年 12 月加工 500 件，综合废品率 6.28%，与 2017 年综合废品率 24.6%相比，废品率下降 74.5%。对废品率进行统计分析：①砂眼缺陷废品率由 10.77%下降为 3.98%；②气孔缺陷废品率由 3.62%下降至 1.5%；③渗漏率由 4.5%下降为 0.8%；④黏砂问题彻底解决。

参考文献：

[1] 李传新，齐培花，高存贞. MK554 前箱铸造工艺设计[J]. 铸造，2018(1)：79-81.

[2] 康宽滋. 缸体铸造工艺—车用小型发动机灰铸铁缸体缸盖铸件生产工艺(2) [J]. 现代铸铁，2007(5)：8-12.

[3] 赵群宪，王光见，孙志瑞，等. 灰铸铁发动机缸体常见铸造缺陷及解决措施[J]. 现代铸铁，2014(1):44-50.

[4] 李魁盛. 铸造工艺设计基础[M]. 北京：机械工业出版社，1981.[5] 程俊伟. 柴油机缸体气孔缺陷成因分析及对策 [J]. 铸造技术，2009, 30(10):1347-1349.

[6] 中国铸造协会. 铸造工程师手册 [M]. 北京：机械工业出版社，2010.

(上接第 1029 页)

由于 3D 打印砂芯的表面粗糙度与采用工装制芯相比，其粗糙度等级较差，需要采用浸涂涂料才能达到铸件的质量要求。在工艺设计时，需要考虑到涂料对铸件尺寸的影响。

铸件的浇注工艺为：浇注温度 1 440~1 460 ℃，浇注时间 16~18 s，浇注铁水量(参考)：200 kg。

铸件清理后，进行铸件的扫描检测及解剖检查。铸件的尺寸、材质等均达到了设计要求。由于减少了砂芯的数量，提高了装配精度，铸件的尺寸精度达到了 CT8 级水平。

4　结论

(1)采用 3D 打印成型设计自由度大，砂芯可以集成设计，减少了砂芯的装配误差，有利于保证铸件的尺寸精度。

(2)采用砂芯 3D 打印替代传统的砂芯生产方式，不需要生产试制工装，节约了成本，加快了开发进度。

(3)铸件产品结构的更改，采用 3D 打印成型仅更改 3D 数据即可实现新砂芯的生产，不需要更改工装。

(4)充分发挥 3D 砂芯打印的特点，可简化工艺，实现铸件的快速开发。

参考文献：

[1] 卢秉恒，李涤尘. 增材制造(3D 打印)技术发展[J]. 机械制造与自动化，2013，42(4)：1-4.

[2] 张雨明，吴锐. 我国 3D 打印技术研究及产业化发展现状[J]. 中国材料进展，2018，37：237-240.

[3] 何志明. 3D 打印技术对产品的影响[J].包装工程，2018，39(10)：188-193.

[4] 姚清. 3D 打印技术对机械制造业的影响分析[J]. 中国新技术新产品，2018，(18)：13-14.

[5] 扈恩同. 3D 打印技术在机械制造中的应用研究[J]. 世界有色金属，2018(1)：42-43.

欢迎到当地邮政局(所)订阅 2022 年《铸造技术》杂志

国内邮发代号：52-64　国外发行号：M855　国内定价：25 元/本　海外定价：25 美元/本