

大功率柴油机缸盖冷芯盒铸造工艺研究

刘彦, 卫蓉, 郭敏, 赵悦光, 孙建浪

(陕西柴油机重工有限公司, 陕西兴平 713105)

摘要: 根据某型柴油机缸盖的结构特点, 设计了缸盖的冷芯盒铸造工艺及生产流程。生产表明, 采用冷芯盒制作方法, 从原材料准备、混合料的配制、射芯、吹三乙胺固化、余气净化洗涤等工序, 实现了快速连续生产, 制备了满足技术文件要求的高精度、高质量柴油机缸盖。

关键词: 柴油机; 缸盖; 冷芯盒; 铸造工艺

随着紧凑和高效为代表的柴油机逐渐成为现代船舶动力选择的主流, 这就要求柴油机铸件壁厚越来越薄、空间曲面曲线结构越来越多、形状越来越复杂、尺寸及表面精度要求越来越高。缸盖作为柴油机关键铸件之一, 其油腔、水腔、气腔等功能腔室相互集成, 且壁厚薄, 尺寸精度要求越来越高, 在铸造工艺上砂芯悬臂现象较多, 砂芯支撑定位困难。以手工操作为主的传统生产方法, 受模具精度、芯盒锁紧程度、刮砂面高低、砂芯紧实度等因素的影响, 砂芯变形较大, 铸件尺寸公差很难保证。针对当前船舶柴油机关键零部件铸造需求, 开展柴油机缸盖高精度冷芯盒铸造工艺研究。

1 生产条件及方法

缸盖最大轮廓尺寸为732 mm × 441 mm × 347 mm, 毛重350 kg, 内部布置冷却水腔、进气道、排气道和贯穿螺孔(4个)等。其主要壁厚尺寸为: 上平面壁厚为(30 mm + 10 mm), 进、排气道周围壁厚为12 mm, 燃烧面(底面)壁厚为(45 mm + 7 mm)。缸盖的冷却水腔由下水腔和上水腔组成。排气道由水腔包裹, 周围壁厚12 mm。高压油管上部和喷油孔连在一起, 壁厚较大, 热节比较大, 铸件外形及内部断面见图1、图2。砂芯采用高精度冷芯盒射芯机制作, 铸件材质是QT400-15, 选用3 t中频感应电炉熔炼。

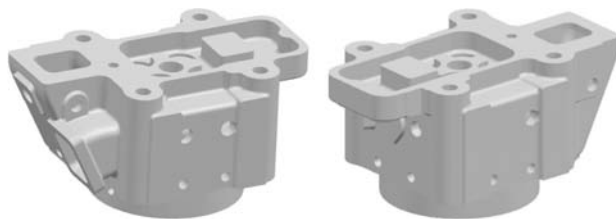


图1 缸盖外形图

Fig. 1 Outline drawing of cylinder head

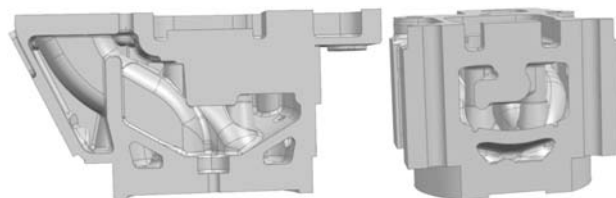


图2 内部结构图

Fig. 2 Internal structure drawing of cylinder head

作者简介:

刘彦(1964-), 男, 高级工程师, 主要从事铸造工艺与设备的相关研究工作。电话: 13991034520, E-mail: liuyan9196@163.com

中图分类号: TG242

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2022)11-1418-04

收稿日期:

2021-12-15 收到初稿,
2022-05-10 收到修订稿。

2 冷芯盒铸造工艺流程

2.1 柴油机缸盖冷芯盒设计

缸盖冷芯盒全部模具均采用三维设计，计算机编程，加工中心联网加工。模具工作表面、分型面、活块配合面全部采用数控加工，表面粗糙度达到 $Ra3.2\ \mu\text{m}$ ，模具分模面平面度 $<0.12\ \text{mm}$ 。

芯盒工作面尺寸偏差按GB/T1800.3—1998公差与配合中IT11级精度制造^[1]。其尺寸偏差一般取负值，

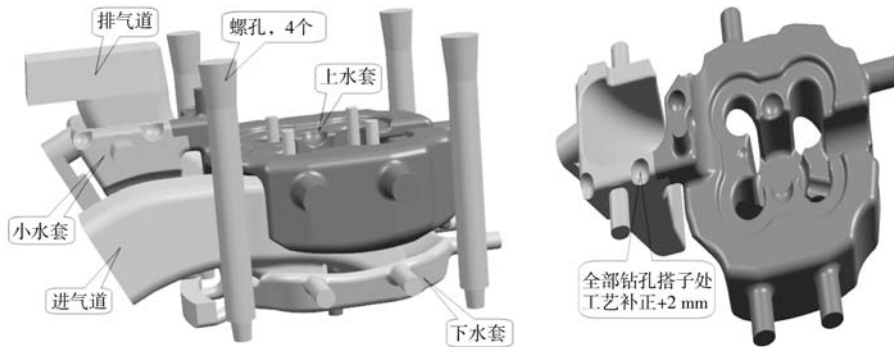


图3 某型柴油机缸盖砂芯图

Fig. 3 Sand core drawing of a diesel engine cylinder head

2.2 制芯工艺

冷芯盒制芯工艺过程控制的总体要求：从原材料（原砂、树脂、三乙胺）的准备、混合料的配制、制芯、涂料、仓储、下芯、浇注等整个工艺过程。以控制水分危害为主要考量，综合控制设备、原材料、温度、压力、时间等要素。具体见冷芯盒制芯工艺流程^[3]，见图4。

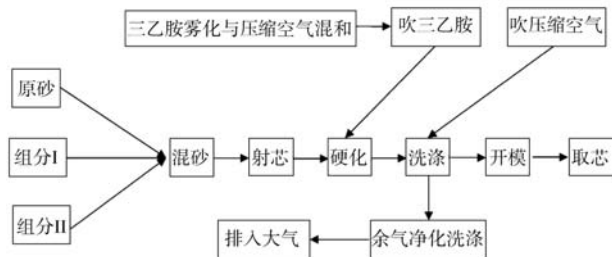


图4 冷芯盒制芯工艺流程

Fig. 4 Cold core box making process

2.2.1 使用设备

设备型号为25 L、40 L冷芯盒射芯机。制芯操作前，应先检查芯盒内是否清洁干净，脱模剂是否喷刷，压缩空气是否干燥，射砂板、上顶芯板（吹氨板）与上芯盒之间及上下芯盒本身是否密封，密封圈是否老化，射砂嘴密封圈有无缺损，尾气处理系统是否正常等。

2.2.2 制芯参数的选择

射芯压力：0.35~0.5 MPa；吹氨及净化压力：

凸出部分取正值，凸台中心距 $\leq 500\ \text{mm}$ ，尺寸偏差为 $\pm 0.15\ \text{mm}$ ；中心距 $> 500\ \text{mm}$ ，尺寸偏差为 $\pm 0.20\ \text{mm}$ 。

芯盒选用铝材ZL107，其硬度约为HB70，抗拉强度 $> 160\ \text{MPa}$ ，框架选用HT250^[2]，强度高，寿命长。砂芯全部采用射芯机制芯，模具表面粗糙度 $Ra1.6\ \mu\text{m}$ ，本体尺寸精度 $\pm 0.1\ \text{mm}$ ，芯盒基准面在1 000 mm范围内不平度 $\leq 0.1\ \text{mm}$ 。缸盖三维砂芯见图3。

0.2~0.3 MPa；吹氨时间：2~10 s；净化时间：10~60 s。

2.2.3 混砂

混砂的目的是使原砂均匀覆上供硬化的树脂和活化剂。将原砂+组分I+组分II+添加剂，组分I、II组成比例为1:1，加入量为原砂重量1.0%~1.1%，在原砂中添加适当的添加剂（根据具体要求进行选用粉状或颗粒状，加入量为原砂重量3%~7%）进行混砂，30~60 s出砂。

2.2.4 射砂

树脂砂吹入芯盒，射芯压力：0.35~0.5 MPa。对于填充难以紧实的砂芯，可适当提高射砂压力，对于容易填充的砂芯，降低射砂压力就会降低模具的损坏程度，延长模具的使用时间。可将射砂时间和排气时间从常规的3~5 s再延长3~5 s，即可获得表面良好的型芯。

2.2.5 吹氨固化

将三乙胺雾化与压缩空气混合后，吹气态氨固化（固化型芯）^[4]，吹氨及净化压力：0.2~0.3 MPa；吹氨时间2~10 s。

2.2.6 吹气净化

吹压缩空气（固化及去除氨气味），洗涤，使余气净化，净化时间：10~60 s。

2.2.7 开模取芯

2.3 涂料

采用醇基涂料，在砂芯硬化后30 min上涂料并立即点燃。

2.4 冷芯存放

在干燥的条件下，制好后的冷芯在一定时间内强度会逐渐提高，在高湿度条件下强度小幅度提高后会逐渐降低^[5]。因此，冷芯砂芯应尽量避免长时间存放，特别是在高温高湿季节不应超过24 h，以避免与水反应造成强度损失，或砂芯水分增加引起铸件气孔缺陷。

2.5 烘干

型芯使用前需进行烘干以去除残留水分，型芯烘干温度（保温温度）：180~220 ℃，烘干时间：40 min（表干炉）；2~3 h（烘窑）。

2.6 铸型吹热风

冷芯盒型芯落入铸型后，会由于铸型、型芯之间的温度差而引起水分迁移，在型芯表面发生水分结露，损伤树脂粘结桥^[6]。因此，配箱后要吹热风烘干铸型，保温温度：60~80 ℃，保温时间：2~3 h。冬季取上限，夏季取下限，浇注前停吹。

2.7 熔炼与浇注

（1）熔炼设备：采用3 t中频感应电炉熔炼合金；原材料采用特级生铁、优质废钢、回炉料。

（2）原铁液化学成分控制范围为3.65%~3.85% C，1.5%~1.8% Si，0.15%~0.30% Mn，≤0.03% S，≤0.05% P。

（3）球化孕育处理：球化剂加入量1.2%。孕育剂加入量0.7%，其中浇包内覆盖0.3%，出炉时在出铁槽随流加入浇包0.3%，浇注时加入瞬时孕育0.1%。覆盖、随流、瞬时孕育剂均采用硅钡孕育剂YFY-150（表1）。

表1 硅钡孕育剂YFY-150的主要化学成分
Table 1 Main chemical composition of silicon barium
inoculant YFY-150 w_B /%

Si	Ba	Ca	Al	Fe
70~75	2.0~3.0	1.0~2.0	≤1.5	余量

（4）控制铁液进入型腔温度为1 360~1 390 ℃。

采用枪式测温仪多次测量，保证铁液入型温度满足工艺要求。

2.8 打箱

浇注12 h后进行打箱。

2.9 热处理

铸件还需进行去应力退火热处理，具体工艺如图5。

2.10 检验

铸件浇注后，对附铸试样进行理化检测，力学性能、金相组织检验，结果合格。同时根据技术文件要求，对缸盖进行着色探伤、超声波检测，并进行水压试验，检测结果均满足技术要求。

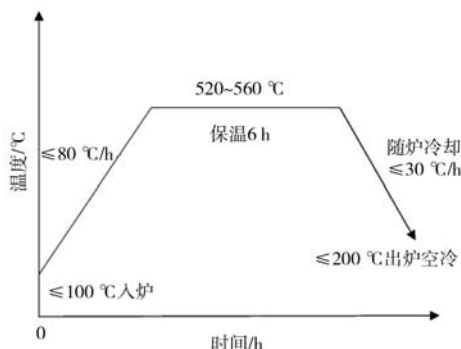


图5 热处理工艺简图

Fig. 5 Heat treatment process diagram

3 工艺的合理性

由于此缸盖的结构复杂，表面精度及铸件质量要求高，应用传统的手工操作生产方法，受模具精度、芯盒锁紧程度、刮砂面高低、砂芯紧实度等因素的影响，砂芯变形较大，铸件尺寸公差很难保证，采用高效、低耗、尺寸控制精度高的冷芯盒制芯，使铸件制芯工艺及生产效率大幅度提高，且芯盒不易变形，有效保证了高精度的砂芯尺寸；简化了造型工序，还可避免型芯尺寸误差、位置误差等因素所引起的铸件缺陷和导致的铸件废品率。生产的铸件，几乎无飞边毛刺，尺寸精度很高，清理的工作量小。

4 结束语

使用冷芯技术进行缸盖砂芯的制作，型芯的尺寸精度和表面质量、型芯与型芯、型芯与外模相互配合的准确定位和生产效率大大提高；应用较低的射砂压力不仅可以减少压缩空气用量，减少芯盒磨损，延长芯盒使用寿命，而且能减少芯盒排气塞的数量，降低芯盒制造费用和维护费用。同时成功解决了传统手工操作方法造成铸造劳动强度大、环境污染严重、生产过程复杂等问题，整体提高了铸件的尺寸精度和内外表面质量。

参考文献:

- [1] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册: 第5卷[M]. 2版. 北京: 机械工业出版社, 2013.
- [2] 张美琴. 冷芯盒设计经验介绍[J]. 现代铸铁, 2014(6): 81-84.
- [3] 王鑫羽, 杜蓉, 黄天龙, 等. 三乙胺法冷芯盒废弃治理措施分析[J]. 甘肃冶金, 2021, 43(1): 38-43.
- [4] 张伟光, 赵永征, 韦民, 等. 浅谈缸体水套冷芯盒结构的优化设计[J]. 铸造工程, 2021(6): 71-75.
- [5] 田海永, 张坤, 赵群宪, 等. 发动机缸体油道芯的冷芯盒工艺[J]. 现代铸铁, 2017(5): 87-90.
- [6] 陈丽, 李剑光, 赵文斌, 等. 硅砂界面预处理对三乙胺冷芯盒树脂砂性能影响的研究[J]. 铸造, 2021, 70(1): 58-61.

Research on Cold Core Box Casting Process for a High-Power Diesel Engine Cylinder Head

LIU Yan, WEI Rong, GUO Min, ZHAO Yue-guang, SUN Jian-lang
(Shaanxi Diesel Engine Heavy Industry Co., Ltd., Xingping 713105, Shaanxi, China)

Abstract:

According to the structural characteristics of diesel engine cylinder head, cold core box casting process and production flow of cylinder head were designed. The production practice shows that by using the cold core box manufacturing method, the rapid and continuous production is realized from the processes of raw material preparation, mixture preparation, core shooting, blowing triethylamine curing, residual gas cleaning and washing, and the high-precision and high-quality diesel engine cylinder head meeting the requirements of technical documents is prepared.

Key words: diesel; cylinder head; cold core box; casting process
