

铝合金气缸盖的快速铸造工艺

谢永泽¹ 蒙传朝² 彭昱晨² 汤宏群²

(1.广西玉柴机器股份有限公司;2.广西大学资源环境与材料学院)

摘 要 根据铝合金气缸盖短周期快速成形的要求,结合某铝合金气缸盖的结构特点,提出铝合金气缸盖的快速铸造工艺。采用选择性激光烧结成形及无模精密成形快速制芯技术,以及全砂型与局部冷铁结合的快速重力浇注工艺方案。生产实践表明,快速铸造工艺方案设计合理,能够快速地产气缸盖铸件,满足新产品快速开发需求。

关键词 铝合金;快速铸造;气缸盖

中图分类号 TG146.21;TG249.3 **文献标志码** A

DOI:10.15980/j.tzzz.2023.01.030

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Rapid Casting Process of Aluminum Alloy Cylinder Cover

Xie Yongze¹, Meng Chuanchao², Peng Yuchen², Tang Hongqun²

(1.YUCHAI Machinery Co. Ltd; 2.School of Resources, Environment and Materials, Guangxi University)

Abstract: According to the requirements of short cycle and rapid forming for aluminum alloy cylinder cover, the rapid casting technology for the aluminum alloy cylinder cover was proposed based on the structural characteristics of an aluminum alloy cylinder cover. Selective laser sintering and die-less precision forming for core-making as well as the rapid gravity casting process with the combination of full sand mould and local chillers were utilized. Production indicates that the design of the rapid casting process is reasonable, which can quickly produce cylinder cover castings, meeting the rapid development of new products.

Key Words: Aluminum Alloy, Rapid Casting, Cylinder Cover

根据铝合金气缸盖开发周期短的要求,结合铝合金气缸盖的结构特点和技术要求,分析了铸造工艺的技术难点,提出了用砂型与局部冷铁结合的快速重力浇注工艺方案,生产出合格铸件,以期柴油轿车铝合金气缸盖的快速开发提供借鉴^[1~4]。

缸盖底面燃烧室区域的组织二次枝晶间距 $\leq 25\text{ }\mu\text{m}$ 。铸件采用三维软件UG建模,见图1。

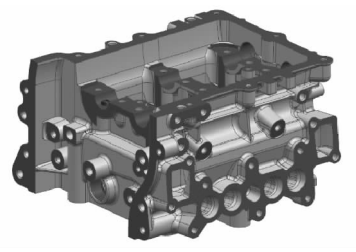


图1 气缸盖UG模型
Fig.1 UG model of cylinder cover

1 气缸盖结构特点及铸造工艺技术难点

1.1 气缸盖结构特点

铝合金气缸盖轮毂尺寸为258 mm×252 mm×149 mm,质量约为5.5 kg,壁厚为3.5~4.0 mm,属于薄壁复杂铸件,要求有较高的尺寸精度和力学性能,生产难度较大。

1.2 铸造工艺技术难点

气缸盖材质为AC4B铝合金,铸造技术难点在于:①要求气密性好,铸件内部不得有缩孔、缩松、裂纹等铸造缺陷;②在气压为0.3 MPa下经3 min无渗漏;③气

2 铸造工艺设计

2.1 铸造工艺方案

采用砂型与局部冷铁结合的快速重力铸造工艺,无砂箱底注侧浇单件造型,其具有充型平稳,利于型腔气体排出,易于得到合格铸件的特点^[5]。浇注位置为气缸

收稿日期:2022-03-01;修改稿收到日期:2022-05-10
基金项目:南宁市科技重大专项资助项目(20211004);工信部高端高精铝材热处理成套装备资助项目(APIC-20210301)
第一作者简介:谢永泽,男,1974年出生,高级工程师,广西玉林(537000),E-mail:chylxyz@163.com
通信作者:汤宏群,女,1972年出生,教授,南宁(530000),E-mail:hqtang@gxu.edu.cn
引用格式:谢永泽,蒙传朝,彭昱晨,等. 铝合金气缸盖的快速铸造工艺[J]. 特种铸造及有色合金, 2023, 43(1): 139-141.
XIE Y Z, MENG C C, PENG Y C, et al. Rapid casting process of aluminum alloy cylinder cover[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2023, 43(1): 139-141.

盖的工作状态(即气缸盖底面朝下),且在气缸盖底部燃烧室区域采用整体的大板冷铁方案,保证满足气缸盖底部燃烧室区域的组织二次枝晶间距 $\leq 25\text{ }\mu\text{m}$ 的要求^[1],并在铸件的螺钉凸台等厚大部位设置圆柱形冷铁,以保证铸件厚大部位优先冷却,实现无缩松的要求。气缸盖顶部,采用大冒口以实现迅速凝固补缩的效果^[5],见图 2。

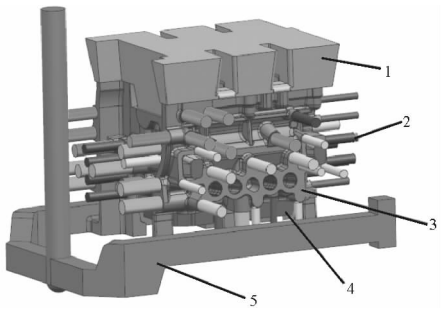


图 2 铸造工艺方案

Fig.2 Scheme for casting process

1.冒口 2.圆柱冷铁 3.铸件 4.底板冷铁 5.浇注系统

根据铝铸件的浇注质量与直浇道总断面积的关系,取直浇道直径为 $\phi 35\text{ mm}$;铝合金铸件浇注系统各单元常用断面面积比取 $A_{\text{直}}:A_{\text{横}}:A_{\text{内}}=1:2.2:1.5$ 设计浇注系统^[6]。

2.2 砂型与局部冷铁结合的快速重力浇注方案

根据铸造工艺方案,为保证砂芯的组芯定位功能与相应的吃砂量,合理设计各砂芯与铸型,其铸型组成包括:0号下外型、1号左下侧面芯、2号右下侧面芯、3号整体水套芯、4号进气道芯、5号排气道芯、6号油池芯、7号左上侧面芯、8号右上侧面芯、9号前侧面芯、10号后侧面芯、11号冒口芯、12号底浇注系统芯、13号和14号浇注系统芯,以及底板冷铁、圆柱形冷铁等,见图 3。

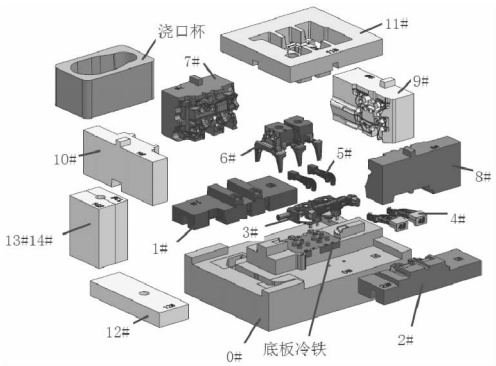
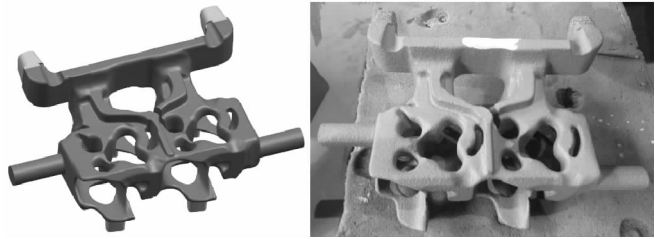


图 3 铸型组成

Fig.3 Components of casting mould

2.3 制芯工艺

铝合金气缸盖水套砂芯见图 4。水套砂芯通过整体式结构集成了上下水套,砂芯复杂,其最小厚度为 3.5 mm ,制造难度很大。根据水套砂芯特点^[7,8],采用选择性激光烧结成形水套砂型。



(a) 水套芯 UG 模型

(b) 水套砂芯

图 4 水套芯

Fig.4 Water jacket core

其余砂芯形状相对较为简单,故采用无模精密成型机^[9]。把砂芯装到成型机工作台上,加工程序载入机床内,驱动刀具进行加工,得到所需的砂芯形状见图 5 和图 6。

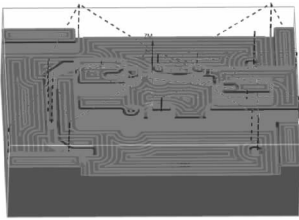


图 5 加工路径

Fig.5 Processing path

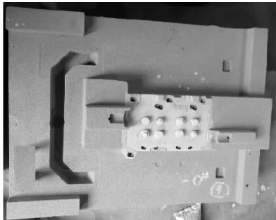


图 6 砂芯

Fig.6 Sand core

2.4 砂芯组装

经选择性激光烧结成形或无模精密成形加工后获得所需要的砂芯。砂芯经检测合格后,进行铸型砂芯的组装,并对进排气道等相关重要尺寸进行组芯检测,砂芯形成铸件表面刷涂涂料。

2.5 合金熔炼浇注

由于铝合金缸盖是单件生产,配料采用质量分数 99.7% 的纯铝锭及其他中间合金按成分配比进行熔炼,确保铝液成分符合要求。熔炼过程严格做好除渣除气变质处理,炉内控制铝液的温度在 $(740\pm 10)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为宜,浇注温度为 $(710\pm 10)\text{ }^{\circ}\text{C}$,浇注时的砂型温度为常温。气缸盖铸件见图 7。

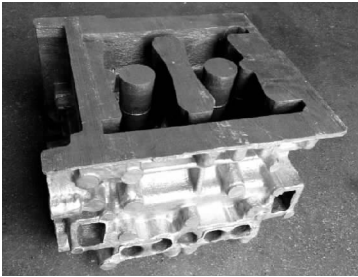
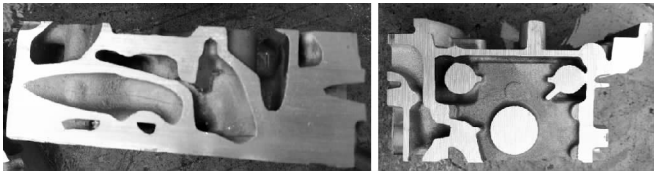


图 7 气缸盖铸件

Fig.7 Cylinder cover casting

3 铸件检测

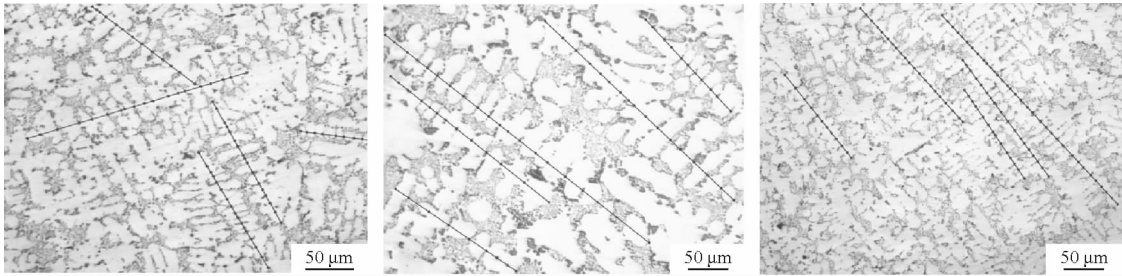
沿着铸件长度和高度方向分别剖开气缸盖铸件,发现铸件内部结构完整,与UG模型一致,见图8。分别在燃烧室区域取3个样,进行组织分析与力学性能测试,取样位置见图9。



(a) 纵剖 (b) 横剖

图8 缸盖铸件局部剖开图

Fig.8 Local section of cylinder cover casting



(a) 试样A (b) 试样B (c) 试样C

图10 缸盖毛坯不同位置金相图

Fig.10 Metallographic structures of cylinder cover blank at different position

测量其二次枝晶间距均 $\leq 25\text{ }\mu\text{m}$,符合技术要求。

3.2 缸盖气密性及力学性能分析

使用金相试验法检测其孔隙率,见表1,试样A、B、C的孔隙率均小于一级,证明采用此快速重力浇注工艺生产的铝合金气缸盖气密性良好,符合技术要求。此外,对其力学性能进行测试,发现其硬度、抗拉强度、伸长率均满足要求,结果见表1。

表1 气缸盖毛坯金相力学性能检测

Tab.1 Mechanical performance testing of cylinder cover blanks							
试样	基体相	二次枝晶间距/ μm	孔隙等级	硬度(HB)	抗拉强度/MPa	伸长率/%	结论
A	α 相	24	<1级	99	320	6.2	合格
B	α 相	25	<1级	98.6	320	6.2	合格
C	α 相	23	<1级	99.6	330	7.4	合格
标准	α 相	≤ 25	<1级	90~110	≥ 240	≥ 1	—

3.3 生产验证

与传统的砂型铸造相比,快速铸造工艺具有以下优点:①生产周期短,产品从设计交付到实体成形仅需20天左右,而传统铸造工艺需3个月以上;②生产成本低,无需复杂昂贵的模具;③可以生产复杂零件。

4 结 语

根据铝合金气缸盖短周期快速制造的要求,结合铝

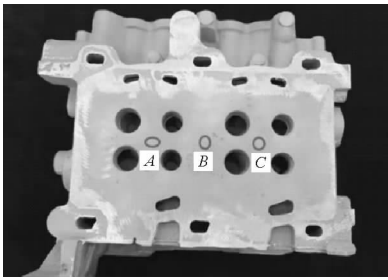


图9 缸盖毛坯取样位置示意图

Fig.9 Sampling position of cylinder cover blank

3.1 缸盖组织形貌分析

将试样抛光、腐蚀后,在金相显微镜下观察其组织形貌,见图10,可见 α -Al相均为粗大的枝晶形状,分布相对均匀,试样B相对于试样A和C组织较为粗大,但

合金气缸盖的结构特点,提出了铝合金气缸盖的快速铸造工艺设计方案,采用3D打印及无模精密成形全包砂型与局部冷铁结合的重力铸造工艺。生产实践表明,缸盖铸件的气密性良好且二次枝晶间距达到要求,快速铸造工艺方案设计合理,能够快速铸造生产气缸盖铸件,满足新产品快速开发需求。

参 考 文 献

[1] 杨涛.铝合金缸盖铸造中常见缺陷及铸造技术分析[J].热加工工艺, 2014, 43(19): 66-68.

[2] 杨帆,夏承睿,吴勤,等.重力倾转铸造汽油机铝合金气缸盖缩松缺陷改进方案[J].特种铸造及有色合金, 2020, 40(11): 1 283-1 285.

[3] 赵葵,何德道.冷铁在铝合金缸盖铸造工艺中的应用[J].特种铸造及有色合金, 2017, 37(3): 338-339.

[4] 项大伟,张炳荣,田身军,等.金属型重力铸造铝合金缸盖关键部位二次枝晶间距研究[J].铸造设备与工艺, 2010(4): 35-38.

[5] 黄朝慧,郭春洁.汽车缸盖用新型铝合金的重力铸造工艺优化[J].热加工工艺, 2019, 48(7): 94-97.

[6] 廉振文,郭全领.V型气缸体铸造浇注系统设计分析及改善[J].铸造工程, 2021, 45(6): 28-33.

[7] 张海荣,陈森昌.选择性激光烧结用覆膜砂的研究和发展现状[J].热加工工艺, 2019, 48(5): 17-21.

[8] 杨帆,亓洋洋,刘聪灵,等.增材制造技术及其在发动机关键零部件上的应用[J].农业装备与车辆工程, 2021, 59(4): 97-100, 105.

[9] 李建国,许明恒.基于选择性激光烧结成型的无模具快速精铸工艺[J].机械制造与自动化, 2003(5): 12-13, 16.

(编辑:栗万仲)