

铝合金机油盘上体密封面渣气孔缺陷分析及工艺优化

宋翰卿¹, 丛培军¹, 孙畅禹¹, 张守双¹, 宋 来², 金延竹¹

(1. 一汽铸造有限公司, 吉林长春 130000; 2. 沈阳工业大学材料科学与工程学院, 辽宁沈阳 110870)

摘要: 针对重力浇注铝合金机油盘上体密封面渣气孔缺陷, 进行了形成原因以及浇注工艺分析。采用提高浇注速度、增设随型冒口、改变内浇道尺寸以及增加法兰面加工余量等措施, 优化了工艺参数, 并通过铸造工艺模拟以及生产验证确定了最终铸造工艺方法。此方法解决了机油盘上体加工面渣气孔缺陷, 提高了铸件质量, 降低了废品率。

关键词: 铝合金; 发动机机油盘上体; 渣气孔; 铸造工艺优化

铸件质量与铸造工艺的设计密切相关, 铸件的铸造工艺设计对产品开发、控制铸件质量至关重要^[1-2], 采用合理的浇注系统, 合适的冒口大小、形状及位置, 可很大程度上避免缩孔、缩松、渣气孔等缺陷^[4-5]。通过模拟软件对设计好的工艺进行铸造浇注模拟来完善工艺设置也成为铸造工艺员常用的技术手段^[6]。发动机机油盘上体为一汽自主品牌红旗商用车用铸件的核心产品之一(如图1所示, 铸件的长为568.63 mm, 宽为484.548 mm, 高为139.380 mm), 现有产品主要存在密封面处有大量的渣气孔缺陷, 影响密封效果, 使铸件废品率居高不下。本研究旨在通过铸造工艺优化和数值模拟, 消除铸件密封面渣气孔缺陷, 降低废品率和生产成本。

1 铸造工艺简介

该产品采用手工造型、制芯, 铝液使用旋转除气机精炼除气, 人工浇注成形, 砂型浇道放置过滤网。

(1) 造型、制芯工艺条件: 采用冷芯盒树脂砂手工造型、制芯, 树脂粘结剂为酚脲烷自硬树脂, 其中组份I和组份II加入量各为砂量的1%, 组份III(催化剂)用于调节硬化速度, 加入量为组份I的1%~2%。

(2) 铝液成分: AlSi7Mg0.3, 具体成分如表1所示。

(3) 细化、变质及除气: 使用AlTi5B合金棒细化处理, AlSr10合金棒变质处理, 浓度为99.999%氩气除气, 除气时间为15~20 min, 铝液的密度指数要求 ≤ 1.0 。

(4) 浇注温度及浇注速度: 浇注温度为745~750 °C, 浇注时间 ≤ 12 s。

(5) 落砂时间: 为了防止铸件在落砂时发生变形, 铸件浇注完到落砂时间要求 ≥ 1.5 h。

2 缺陷分析与工艺优化

2.1 缺陷产生原因分析

采用上述生产工艺批量生产, 产品加工后, 密封面的部分位置(图2)出现渣气孔, 而且密封槽附近情况非常严重。

对渣气孔缺陷形成原因以及浇注工艺进行分析, 发现渣气孔的主要形成原因为: ①浇注形式为开放式, 内浇道无挡渣效果, 同时由于采用砂型铸造, 铝液在

作者简介:

宋翰卿(1968-), 男, 高工, 从事铝合金重力铸造技术工作。E-mail: 1021075276@qq.com

通讯作者:

宋 来, 男, 博士研究生。E-mail: 1069493138@qq.com

中图分类号: TG292

文献标识码: B

文章编号: 1001-4977(2019)12-1417-05

收稿日期:

2019-06-03 收到初稿,
2019-09-13 收到修订稿。

充型过程中易产生二次渣；②浇注过程中铝液充型紊乱，铸件薄壁处凝固速度快，渣来不及上浮，产生的气不易排出；③法兰密封面加工余量小，仅为4 mm，渣集中在加工量附近而无法加工掉。

基于现有生产工艺，需要对浇注系统进行优化，使浇注形式由开放式变为封闭式，以增加浇注系统的挡渣能力；同时在法兰面薄壁处增设随型冒口以及增加法兰面加工余量，使渣和气得以上浮，最终可通过加工去除，使铸件的渣气孔缺陷得到解决，降低铸件废品率。

2.2 工艺优化

(1) 优化浇注系统。浇注系统的作用为控制金属液充型速度，使金属液平稳地进入铸型，避免紊流和对铸型的冲刷，阻止熔渣和其他夹杂物进入型腔，根据浇道的各自总截面积的比例不同，浇注系统分为开放式和封闭式两种。封闭式浇注系统在浇注开始后整个浇注系统很快就充满金属液，有利于阻止熔渣及夹杂物进入型腔，一般优先被采用。而开放式浇注系统在浇注过程中金属液不会完全充满浇注系统，仅在特殊工艺采用。

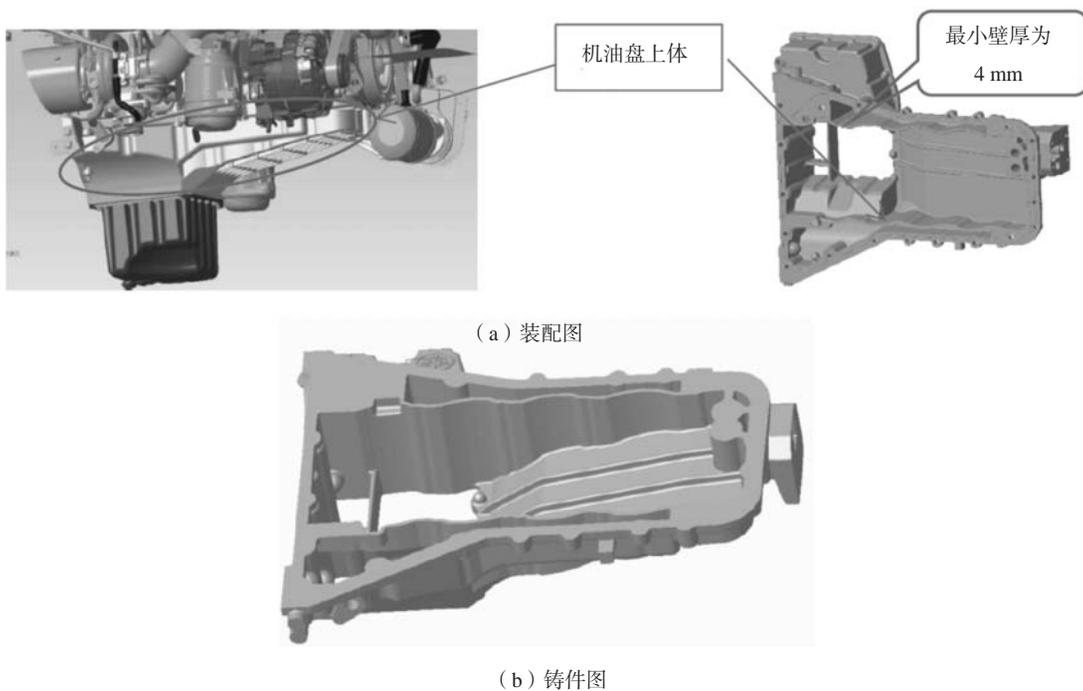


图1 机油盘上体的装配图和铸件图

Fig. 1 Assembly and casting drawings of engine oil disc upper body

表1 铝液化学成分

Table 1 Chemical composition requirements of AlSi7Mg0.3 alloy

Si	Mg	Ti	Mn	Fe	Zn	Cu	其他单个	其他合计	Al
6.5 ~ 7.5	0.25 ~ 0.45	0.08 ~ 0.25	≤0.1%	≤0.19%	≤0.3%	≤0.05%	< 0.03%	< 0.1%	余量

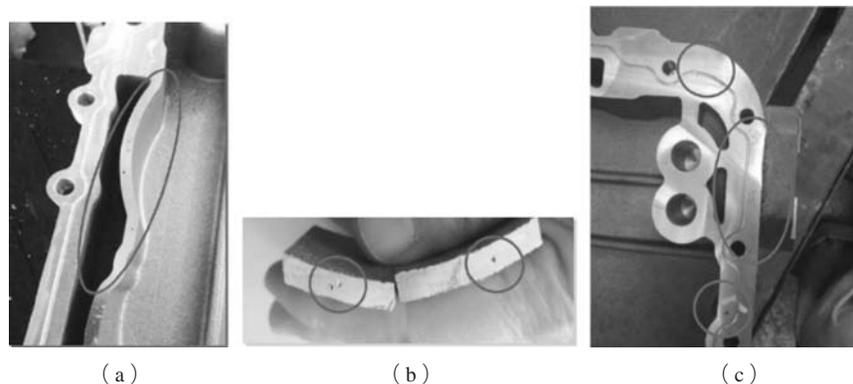


图2 密封面渣气孔缺陷

Fig. 2 Slag blowhole defects on the sealing surface

本文所述机油盘上体铸件浇注工艺采用顶注式，浇注系统（工艺更改前）设计如图3所示。

浇注系统更改前，直浇道最小横截面积为 $1\ 808\ \text{mm}^2$ ，横浇道最小截面积总和为 $2\ 120\ \text{mm}^2$ ，内浇道最小横截面积总和为 $1\ 927\ \text{mm}^2$ 。可知各浇道最小横截面积总和之比为：直浇道：横浇道：内浇道 $\approx 1 : 1.17 : 1.07$ ，此浇注系统为开放式，挡渣效果差，使铝液中的渣大量进入型腔，并与充型过程中形成的二次渣一起凝固于铸件中。

浇注系统更改后，直浇道和横浇道尺寸不变，内浇道最小横截面积总和减小为 $1\ 391\ \text{mm}^2$ 。可知各浇道最小横截面积总和之比变为：直浇道：横浇道：内浇道 $\approx 1 : 1.17 : 0.77$ ，此浇注系统为封闭式，可以具有一定的挡渣能力。同时密封面处增加排渣高度，大密封面上涨至 $10\ \text{mm}$ 加工余量，小密封面设置随型冒口，使渣和气尽可能地上浮。具体设计为：靠油槽一侧随型上涨，无起模角度，另一侧在原有尺寸的基础上增加 $2\ \text{mm}$ ，并设置 1° 起模角。模具更改如图4所示。

对更改前后的工艺进行浇注和凝固过程模拟（采用MAGMA模拟软件），模拟结果图5所示。

由模拟结果发现，工艺更改前铝液邻近浇注结束仍未充满横浇道，无很好的挡渣效果，而工艺更改后，铝液在很短时间内即可充满横浇道，使进入浇道的渣得以上浮，起到憋渣、挡渣的效果。另外，工艺更改前后充型的薄壁部位易产生冷隔缺陷，趋势相同，且工艺更改后的冷隔区域面积明显减少，而在实际生产中此部位也未曾出现过冷隔缺陷，所以此趋势可以不予考虑。从模拟结果还可以发现，铝液很好地充满随型冒口，降低了薄壁处铝液凝固速度，使渣、

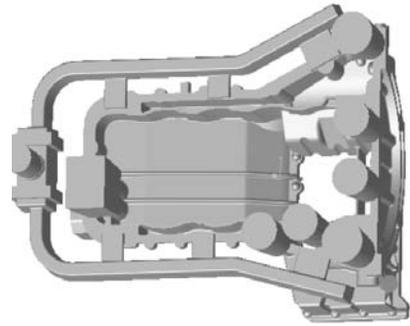


图3 铸件浇注系统
Fig. 3 Gating system of casting

气容易上浮。

(2) 在优化浇注系统尺寸的同时，还通过降低树脂的加入量来减少型、芯的发气量，降低高温铝液和树脂的反应程度，减少二次渣的生成，具体如下：由树脂总加入量的2%降低至1.6%，同时调节组份I与组份II加入比例为6：4。

(3) 另外，提高了浇注速度，浇注时间由原来的 $12\ \text{s}$ 缩短为 $10\ \text{s}$ ，使铝液迅速充满浇道，促进憋渣和挡渣的作用。

3 生产验证

对更改后的工艺进行实际生产验证（图6），并通过随机抽取4件产品进行CT检测，验证工艺改进效果，工艺更改后的效果如图7（CT检测）所示。

由实际生产铸件加工后的结果，以及对产品进行CT抽检检测结果发现，加工面以及铸件内部无渣气孔

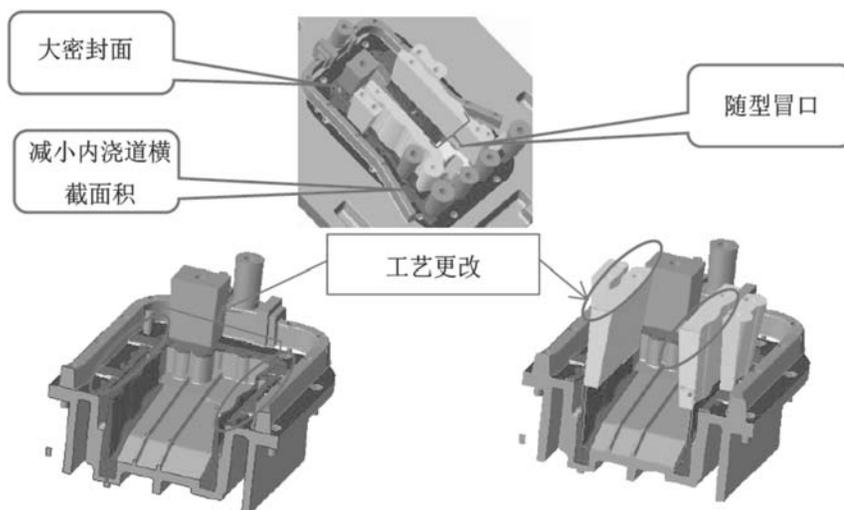


图4 更改后的铸造工艺
Fig. 4 Improved casting process

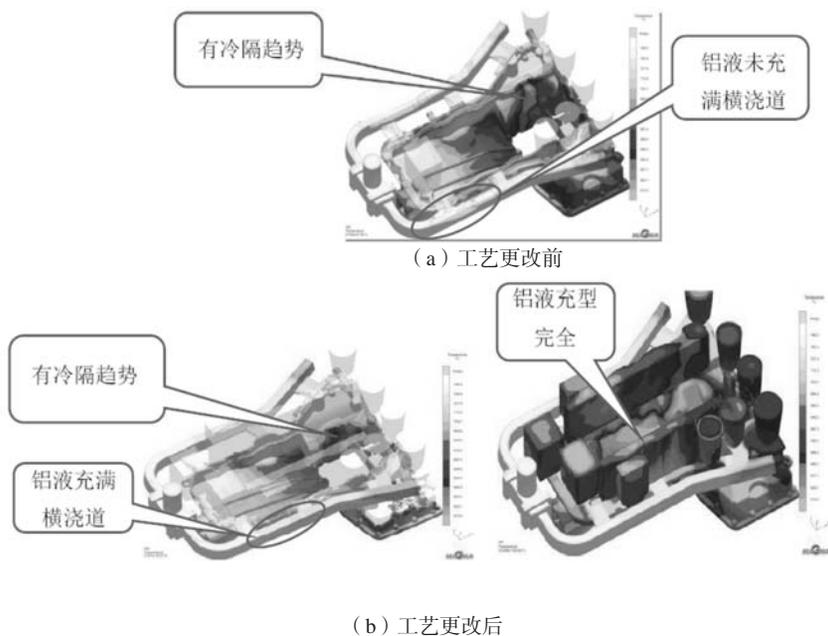


图5 工艺更改前后的模拟结果

Fig. 5 Simulation results before and after improving casting process

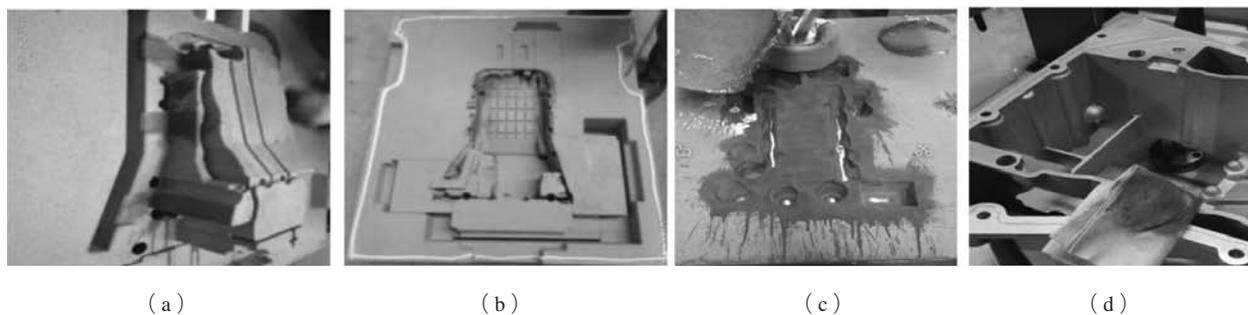


图6 生产验证

Fig. 6 Production verification using improved casting process

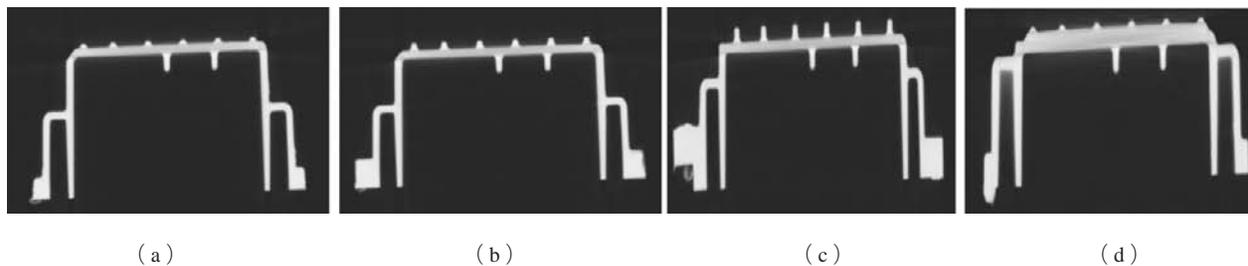


图7 CT检测结果

Fig. 7 Results of CT detection

出现, 可以确定渣气孔缺陷已被去除。对于模拟结果中出现的冷隔缺陷预测, 在实际获得的铸件未产生相应缺陷, 所以, 工艺更改后在消除渣孔缺陷的同时未出现浇不足和冷隔等铸造缺陷。

4 结束语

(1) 通过工艺优化、浇注工艺模拟以及生产验证, 确定了合理的浇注系统以及生产工艺。选择了封

闭式浇注形式, 各浇道最小横截面总和之比为直浇道: 横浇道: 内浇道 $\approx 1:1.17:0.77$ 。

(2) 密封面加工余量设置为10 mm, 密封面薄壁处设置随型冒口, 浇注时间控制在10 s, 树脂加入量为砂重量的1.6%。

(3) 成功地去除了机油盘上体加工面渣气孔缺陷, 渣气孔废品率得到很好的控制, 提高了铸件质量, 降低了生产成本。

参考文献:

- [1] 李巨文, 于春田. 大型铝合金曲面铸件的铸造工艺设计 [J]. 铸造, 1998 (12): 36-38.
- [2] 刘小华. ZL204铝合金半圆环铸件铸造工艺设计 [J]. 铸造, 2012 (3): 326-328.
- [3] 冯超, 茹菊红, 唐帧. 铝合金涡壳金属型重力铸造工艺设计及优化 [J]. 铸造, 2015, 64 (7): 653-656.
- [4] 李新亚. 铸造手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [5] 王晓明, 王超. 基于MAGMA数值模拟的发动机缸盖铸造工艺优化设计 [J]. 铸造设备与工艺, 2019 (1): 11-14.
- [6] 牟俊东, 邢小兵, 朱宝新. 大直径铝合金活塞的模具设计和铸造工艺优化 [J]. 铸造, 2012, 61 (7): 747-749.

Slag-Blowhole Defects, Causes and Their Remedies in Casting Process of Aluminum Alloy Engine Oil Disc Upper Body

SONG Han-qing¹, CONG Pei-jun¹, SUN Chang-yu¹, ZHANG Shou-shuang¹, SONG Lai², JIN Yan-zhu¹

(1. FAW foundry Co., Ltd., Jilin, Changchun130000, Jilin, China; 2. Shenyang University of Technology, Shenyang 110870 Liaoning, China)

Abstract:

Aiming at the slag-blowhole defects occurring on the sealing surface of aluminum alloy engine oil disc upper body; the forming causes of defects and the pouring process of castings were analyzed. A series of measures such as increasing the pouring speed, adding the riser with mold form, changing the size of the inner runner and increasing the machining allowance of the flange surface, were taken to optimize the casting process. The final casting process method was determined by casting process simulation and production verification. Since the slag-blowhole defects on the sealing surface of the upper body were eliminated; the casting quality was improved, and the scrap rate was reduced.

Key words:

aluminum alloy; engine oil disc; slag-blowhole; casting process optimization
