DOI：10.16410/j.issn1000-8365.2024.2035

铸件消失模铸造缺陷工艺研究

梁守友

(安徽全柴天和机械有限公司 实型铸造厂，安徽 全椒 239500)

摘　要：近年来，消失模铸造因其他污染小、工艺灵活、劳动强度低、重复性好等优点在国内迅速发展，尤其是在生产箱体、壳体类产品时，消失模工艺具有一定优势。本文针对飞轮壳等产品在消失模工艺铸造过程中出现的黏砂、气孔、冲砂等缺陷进行分析。通过调整模样的组合工艺方式、优化产品浇注系统、布置排气排渣冒口以及确保内浇道进水口布局的合理性，同时结合生产情况，提出了解决相关产品铸造缺陷的措施。

关键词：组合工艺；浇道系统优化；排气排渣冒口；进水口布局

中图分类号：TG249; TG245　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-8365(2024)06-0600-05

Process Research on Lost Foam Casting Defects of Flywheel Housing and Other Castings

LIANG Shouyou

(Real Foundry, Anhui Quanchai Tianhe Machinery Co., Ltd., Quanjiao 239500, China)

Abstract: In recent years, lost foam technology has rapidly developed in China due to its advantages such as low pollution, flexible processing, low labor intensity and good repeatability, showing significant advantages over other casting processes especially in the production of box and shell products. In this paper, defects such as burning-on, porosity and sand wash that are prone to occur in products such as flywheel housing during the lost foam casting process were analysed. By adjusting the combination process method of the pattern, optimizing the product pouring system, arranging the exhaust and slag discharge risers, and ensuring the rationality of the layout of the inner gate inlet, measures to solve the casting defects of related products are proposed based on the production situation. After the production and machining process, the goal of solving casting defects in the product is achieved.

Key words: combination process; optimization of sprue system; exhaust and slag discharge riser; water intake layout

消失模铸造工艺相比传统砂型铸造工艺而言，存在铸件尺寸精确、重复性好、生产灵活、内部质量好等优点。自 1980 年专利失效后，消失模铸造技术在全世界范围内得到了迅速发展。现今，消失模铸造技术在国内外趋于成熟[1]，其应用广，尤其适合复杂壳体件。本文重点分析了消失模铸造技术在壳体铸件上的应用，指出了当前消失模铸造技术在生产壳体类产品的主要问题，并着重介绍了几种铸造缺陷及其原因分析、整改措施。其主要具体表现为模簇在浇注过程中，随着泡沫气化并伴随着金属液流动、凝固，在生产飞轮壳类铸件时会出现黏砂、气孔、冲砂等铸造缺陷[2]。本文以飞轮壳等产品为例介绍消失模铸造相关缺陷形成原因及改善措施。

1　铸件黏砂原因分析

黏砂缺陷是在浇注过程中金属液与型砂相互黏结在铸件表面形成的一种缺陷[3]。飞轮壳铸件放置方式、结构设计或工艺设计不合理，会导致模簇在砂箱内无法振实而造成黏砂缺陷。

目前生产的 9661 飞轮壳，材质为 HT250，质量约 22 kg，轮廓尺寸为 440 mm×440 mm×220 mm，产品壁厚 5 mm。此产品存在面积较大、基础壁厚薄、易变形等问题。现有工艺如图 1 所示，内浇道尺寸为 50 mm(长)×30 mm(高)×6 mm(宽)。铁液出炉温度 1 460~1 470 ℃(熔炼设备为电炉)，浇注温度 1 430~1 440 ℃，真空度 -0.025 MPa，不覆膜、不保压。主要缺陷为飞轮壳内腔顶部夹砂，废品率 20%。

收稿日期：2022-02-11

作者简介：梁守友，1964 年生，学士，工程师. 主要从事发动机缸盖消失模铸造研究. Email: 15855029898@163.com

引用格式：梁守友. 铸件消失模铸造缺陷工艺研究[J]. 铸造技术，2024,45(6): 600-604.

LIANG S Y. Process research on lost foam casting defects of flywheel housing and other castings[J]. Foundry Technology, 2024,45(6): 600-604.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



图 1　飞轮壳现有工艺
Fig.1　Existing process of the flywheel housing

现有工艺马达孔在下方(图 2),此产品内腔顶部经常会出现黏砂问题,如图 3 所示。这是因为顶角大于 90°,型砂在震动过程中无法填实模簇,顶部型砂较为松散,在铁液充填过程中局部金属液与型砂相互黏结产生黏砂。

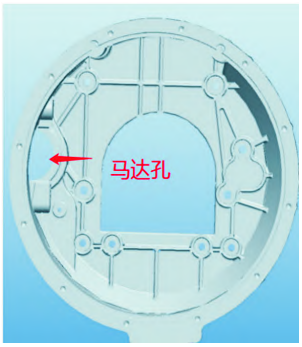


图 2　现有工艺三维图
Fig.2　3D diagram of the existing process



图 3　黏砂缺陷
Fig.3　Sand inclusion defect

1.1　飞轮壳黏砂分析

9661 飞轮壳黏砂表现为壳体表面黏附着砂粒和金属的机械混合物，清理时表面泛金属光泽,为机械黏砂的特有表现,其主要影响因素为造型时型砂紧实度、涂料耐火度、浇注温度和涂层厚度。铸件除顶部黏砂外,飞轮壳其余位置正常,无黏砂痕迹,因此考虑为型砂紧实度问题，分析原因为①飞轮壳顶部无法充填足够型砂或现有状态型砂无法震实;②两只飞轮壳之间间隙过小,导致型砂强度弱。

1.2　控制措施

针对铸件黏砂产生机理,根据其影响因素,主要采取以下措施进行解决。

(1)根据产品结构,调整白模放置方式,将飞轮壳马达孔朝上,便于型砂填充,保证飞轮壳顶部有足够型砂。

(2)增加两件飞轮壳中间距离,由原来 80 mm 更改为 120 mm，保证两只模簇之间有足够的距离,从而保证型砂的紧实性。

1.3　生产验证

针对飞轮壳型砂紧实度问题进行了原因分析,并对现有组合工艺进行了产品放置方式[4]和组合间距等两种措施整改,在其正常生产过程中,保证浸涂工艺、浇注温度、抽真空等变量因素未变的前提下,再次进行了由小批量到大批量的生产验证，黏砂缺陷为 0。通过以上措施,达到了彻底解决飞轮壳顶部黏砂缺陷的目的。

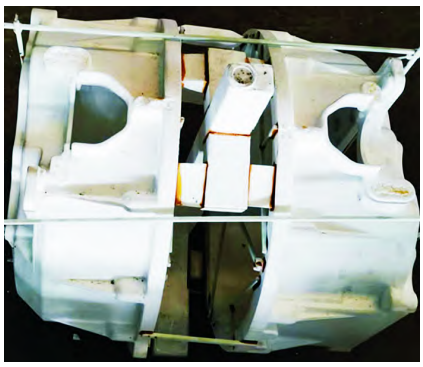


图 4　飞轮壳最终工艺
Fig.4　Final process of the flywheel housing

2　飞轮壳铸件气孔原因分析

当铁液进入模簇后，白模气化分解生成大量的气体及残留物,不能及时排出本体,从而在铸件表面形成气孔。气孔的出现与浇注温度、涂层透气性、浇注速度等有关[5]。

产品为上汽大通飞轮壳,气孔缺陷如图 5 所示,铁液出炉温度 1 460~1 470 ℃(熔炼设备为电炉),浇注温度 1 430~1 440 ℃,真空 -0.025 MPa,不覆膜、不保压,主要缺陷为位于产品顶部的马达孔气孔,废品率为 30%。

2.1　影响因素

该气孔缺陷表现为铸件表面或接近表面处外观检测正常,但加工后表面存在大小不等的光滑孔洞,孔壁还带有氧化色泽，气孔位置主要集中在产品的最顶部,为皮下气孔的特有表现。主要影响因素为:①浇注温度方面，当浇注温度较低，泡沫燃烧不充

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

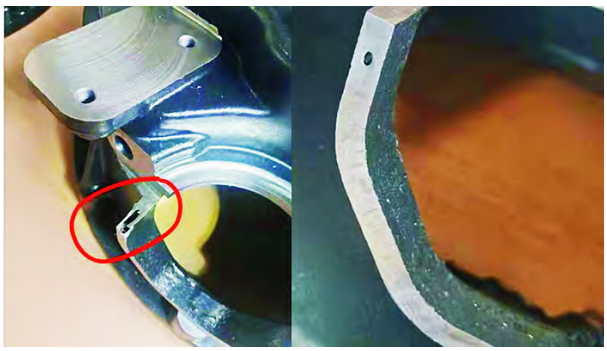


图 5 马达孔气孔
Fig.5 Pore at the motor hole

分,气体未完全排出,在皮下形成气孔;②局部涂层厚度方面,马达孔涂层过厚,泡沫燃烧后气体无法排出,形成气孔;③真空度方面,抽真空偏小,气体无法及时被抽走,形成气孔;④工艺设计不合理,飞轮壳顶部缺乏排气口,气体集中在本体顶部未完全排出,形成气孔。

2.2 控制措施

针对铸件气孔产生机理,根据其影响因素,主要采取以下措施进行解决。

(1)提高浇注温度,由 1 430~1 440 ℃提高至 1 450~1 460 ℃,浇注 10 组。

(2)减少此处涂层厚度,将涂层厚度由 2.0 mm 减少到 0.5 mm,浇注 10 组。

(3)提高真空度,由 -0.025 MPa 提升至 -0.045 MPa,浇注 10 组。

(4)马达孔处增加排气片,尺寸为 50 mm(长)×30 mm(高)×5 mm(宽),浇注 10 组。

2.3 生产验证

针对飞轮壳气孔问题进行了原因分析,并对现有工艺参数进行了产品浇注温度、涂层厚度、浇注抽真空度及增加排气片等 4 种措施整改,在其工艺试验过程中,分别保证其他 3 种工艺参数不变的情况下,即采取控制变量法进行试验,其中:方案 1 为提高浇注温度,生产加工 20 件,气孔 4件,马达孔气孔占比 20%;方案 2 为减少涂层厚度,生产加工 20 件,气孔 5 件,马达孔气孔占比 25%;方案 3 为提高真空度,生产加工 20 件,气孔 3 件,马达孔气孔占比 15%;方案 4 为增加排气片,生产加工 20 件,气孔 0 件,马达孔气孔占比 0%。经试验,方案 4 结果最佳,后续通过小批量转大批量验证均加工正常,即通过以上措施调整,达到了彻底解决马达孔气孔的目的,其最终工艺如图 6 所示。

3 连杆架铸件冲砂原因分析

在浇注过程中,模簇浇注系统中直浇道、横浇道、内浇道未完整封闭,特别是直浇道,容易形成虹吸,导致冲砂缺陷;产品浇注系统设计不合理,充型不顺畅,内浇道局部压力大,铁液冲刷引起的涂层破裂,从而导致型砂随铁液进入模簇型腔内,也会导致冲砂缺陷[6]。

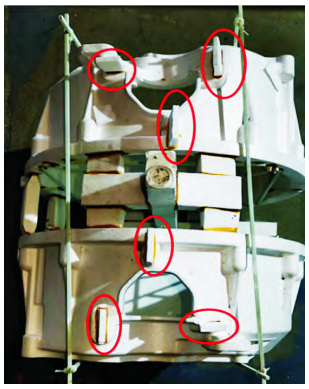


图 6 马达孔位置出气片示意图
Fig.6 Schematic diagram of the air outlet piece at the position of the motor hole

图 7 为连杆架铸件的浇注系统。产品材质为 HT200,质量约 50 kg,轮廓尺寸为 572 mm×380 mm×348 mm,底板厚 12 mm,现有工艺为侧面 3 点内浇道引入铁液,内浇道尺寸为 60 mm×30 mm×6 mm。工艺参数为铁液出炉温度 1 460~1 470 ℃(熔炼设备为电炉),浇注温度 1 430~1 440 ℃,真空 -0.03 MPa,不覆膜、不保压,主要缺陷为冲砂,位置集中在底部内浇道附件(图 8),废品比例占 20%。

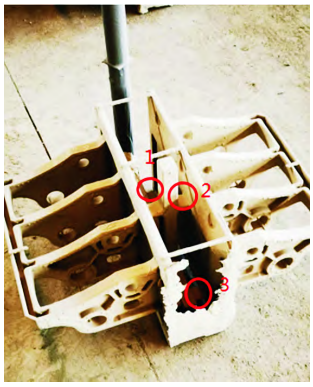


图 7 连杆架现有工艺
Fig.7 Existing process of the connecting rod rest

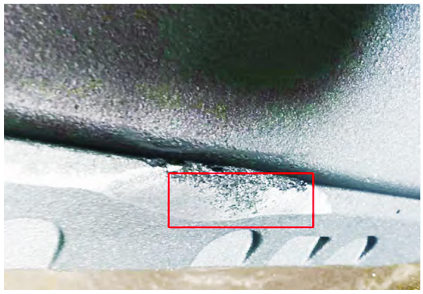


图 8 铸件冲砂缺陷
Fig.8 Sand wash in the castings

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.1 影响因素

冲砂缺陷位于浇口直线的型腔底部和内浇口铁液流入的型腔部位，此部位出现的砂粒与金属混合的瘤状物[7]，为冲砂的特有表现，主要影响因素有①内浇道涂层强度低，铁液冲刷导致涂层破裂[8]；②内浇道压力大，导致涂层破裂；③浇注过程中，铁液反喷严重，导致涂层破裂[9]。但此产品在浇注过程中铁液浇注平稳，无反喷现象，因此着重考虑前两种因素。

3.2 控制措施

针对铸件冲砂产生机理[10]，根据其影响因素，主要采取以下措施进行解决。

(1)现有工艺为涂层浸 2 遍，涂层厚度为 1.5 mm，内浇道增加一遍浸涂工艺，涂层厚度为 2.2 mm[11]。

(2)增加内浇道数量，底部两点再增加一个同尺寸内浇道。

3.3 生产验证

针对连杆架冲砂问题进行了原因分析，并对现有工艺参数进行了进水口涂层厚度、进水口数量等两种措施整改[12]，在其工艺试验过程中，保证浇注温度、真空度等影响参数不变的情况下，进行了由小批量到大批量的生产验证。其中方案 1 为内浇道增涂一遍涂层，生产 50 件，其中冲砂 6 件，占比12%；方案 2 为底部增加 1 个内浇道，生产 50 件，冲砂 0件。经验证，方案 2 最佳，后续通过小批量转大批量验证均加工正常[13]。本次工艺优化采取底部 3 个内浇道，可以起到分流降压的作用。顶部 1 个内浇道，单个内浇道截面尺寸为 60 mm×8 mm；直浇道面积(直径 50 mm 圆管)：横浇道面积(50 mm×40 mm)：内浇道面积为 1 960 mm²：2 000 mm²：1 920 mm²，基本满足 1:1:1 的条件，达到彻底解决连杆架冲砂缺陷的目的，其最终工艺如图 9 所示[14]。

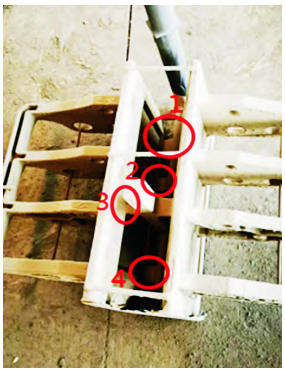


图 9 连杆架最终工艺(侧面 4 点进液)
Fig.9 Final process of the connecting rod rest (four points of water entry on the side)

4 结语

在开发新产品过程中，应根据铸造缺陷产生的原因，通过工艺设计巧妙避免。在推进工艺验证的过程中，产品推进数量因由少到多，由小批量到大批量，从而避免因过程考虑不足造成较大损失。在工艺验证过程中，从把握现状、原因解析、制定计划、对策实施、效果确认等五大方面逐条逐步推进，最终达到彻底解决问题的目的。

参考文献：

[1] 阎夏南. 消失模铸造技术现状及发展趋势[J]. 中国高新区，2017(10): 120.
YAN X N. Development trend and status of lost foam casting technology[J]. Science & Technology Industry Parks, 2017(10): 120.

[2] 吴启军，张光胜. 消失模铸件粘砂缺陷的防治[A]. 第十三届 21 省(市、区)4 市铸造会议暨第七届安徽省铸造技术大会论文集[C]. 合肥：安徽省机械工程学会，2012. 291-292.
WU Q J, ZHANG G S. Prevention of burning-on defects in lost foam casting[A]. Proceedings of the 13th Foundry Conference of 21 Provinces (Cities, Districts) and 4 Cities and the 7th Foundry Technology Conference of Anhui Province [C]. Hefei: Anhui Mechnical Engineering Society, 2012. 291-292.

[3] 袁东洲，王林慧，袁森，王国平. 消失模铸件粘砂缺陷成因及预防措施[J]. 铸造设备与艺，2011(2): 26-27, 30.
YUAN D Z, WANG L H, YUAN S, WANG G P. Causes and preventive measures of burning-on defects in lost foam castings [J]. Foundry Equipment & Technology, 2011(2): 26-27, 30.

[4] 梁福祥，周天飞，武炳焕. 消失模铸造飞轮壳变形的原因分析及解决措施[J]. 现代铸铁，2017, 37(6): 65-68.
LIANG F X, ZHOU T F, WU B H. Cause analysis and solution of deformation of flywheel shell in lost foam casting [J]. Modernn Cast Iron, 2017, 37(6): 65-68.

[5] 胡志君，孙萍，张燕瑰，吴进，程和法，余金元. 消失模铸件常见缺陷及控制[J]. 中国铸造装备与技术，2011(3): 30-32.
HU Z J, SUN P, ZHANG Y G, WU J, CHENG H F, YU J Y. Commom defects and control of lost foam castings[J]. China Foundry Machinery & Technology, 2011(3): 30-32.

[6] 欧夏天，莫国先. 消失模铸造常见问题分析[A]. 2016 重庆市铸造年会论文集[C]. 重庆：重庆市机械工程学会，2016. 101-102.
OU X T, MO G X. Analysis of common problems in lost foam casting [A]. Proceedings of 2016 Chongqing Foundry Annual Conference[C]. Chongqing: Chongqing Society of Mechanical Engineering, 2016. 101-102.

[7] 聂家洪. 消失模中粘砂原因及解决方案[A]. 2022 重庆市铸造年会论文集[C]. 重庆：重庆市机械工程学会铸造分会，2022. 115-118.
NIE J H. Causes and solutions of burning-on in lost foam [A]. Proceedings of 2022 Chongqing Foundry Annual Conference [C]. Chongqing: Foundry Institution of Chongqing Society of Mechanical Engineering, 2022. 115-118.

[8] 辛建宁，周辉，袁东洲. 消失模铸件的质量控制技术[A]. 2020 中国铸造活动周论文集[C]. 沈阳：中国机械工程学会铸造分会，2020. 257-264.
XIN J N, ZHOU H, YUAN D Z. Quality control technology of lost

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

foam casting [A]. Proceedings of 2022 China Foundry Congress [C]. Shenyang: Foundry Institution of Chinese Mechanical Engineering Society, 2020. 257-264.

[9] 袁东洲. 消失模铸造夹渣缺陷成因及预防[A]. 2020 中国铸造活动周论文集[C]. 沈阳:中国机械工程学会铸造分会,2020. 265-270.
YUAN D Z. Causes and prevention of slag inclusion defect in lost foam casting [A]. Proceedings of 2020 China Foundry Congress [C]. Shenyang: Foundry Institution of Chinese Mechanical Engineering Society, 2020. 265-270.

[10] 高勇宏. 消失模铸造工艺技术探讨[J]. 内燃机与配件,2020(19): 110-111.
GAO Y H. Discussion on lost foam casting technology[J]. Internal Combustion Engine & Parts, 2020(19): 110-111.

[11] 张之卫. 消失模铸铁件夹杂缺陷分析及预防措施[J]. 金属加工(热加工),2018(7): 88-90.
ZHANG Z W. Analysis and preventive measures of inclusion defects in lost foam cast iron[J]. MW Metal Forming, 2018(7): 88-90.

[12] 范家建,李杨. 消失模铸造浇注系统的设计原则[J]. 现代铸铁,2018, 38(2): 71-75.
FAN J J, LI Y. Gating system design principle of EPC castings[J]. Modern Cast Iron, 2018, 38(2): 71-75.

[13] 李静生,张凯,高菲,李强,周颖. 浅析消失模铸造技术质量控制要点[J]. 中国战略新兴产业,2017(32): 207.
LI J S, ZHANG K, GAO F, LI Q, ZHOU Y. Quality control points of lost foam casting technology [J]. China Strategic Emerging Industry, 2017(32): 207.

[14] 白钰枝,崔亚辉. 消失模铸件的常见缺陷及对策[J]. 价值工程,2011, 30(21): 37-38.
BAI Y Z, CUI Y H. Defects and countermeasures of lost foam casting[J]. Value Engineering, 2011, 30(21): 37-38.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net