

压铸 JMC 缸体群架泄漏的原因分析及模具优化设计

侯丽彬 程 瑞 朱洪军
(大连科技学院机械工程学院)

摘 要 介绍了缸体群架铸件结构、模具结构及批量生产中产生泄漏的原因。通过采用单点独立水冷却的方式,有效地控制模具局部温度,避免在铸件热节处由于型芯和型腔局部过热造成铸件产生缩孔、缩松等缺陷。同时还介绍了对于 $\phi 5\text{ mm}$ 以下型芯的水冷方法,解决了压铸模设计难题。

关键词 泄漏;缩孔;镶件;点冷却;喷管

中图分类号 TG249.2;TQ330.4⁺1 **文献标志码** A

DOI:10.15980/j.tzzz.2022.10.025 **开放科学(资源服务)标识码(OSID):**



Origination of Bracket Leakage for JMC Cylinder Block and Optimization Design of Die

Hou Libin, Cheng Rui, Zhu Hongjun
(School of Mechanical Engineering, Dalian University of Science and Technology)

Abstract: Casting construction, mould structrue and origination of leakage of engine block frame were introduced, and sinle point water cooling system was adopted to control partial die temperature in order to avoid shrinkage hole, shrinkage porosities at hot spot resulting from part of overheating of core and cavity. In addition, the meth-od of water cooling for the core with less than $\phi 5\text{ mm}$ was described to solve a problem in die casting die design.

Key Words: Leakaging, Shrinkage, Insert Block, Point Cooling, Jet Pipe

图 1 为 JMC 开发的一款汽车发动机缸体群架,铸件材质为 AlSi9Cu3(Fe) 合金,其化学成分见表 1。铸件轮廓尺寸为 485 mm×364 mm×148 mm,结构复杂,壁厚为 4.5 mm,周边有大量的凸台和孔,导致铸件局部壁厚过厚,总质量约为 7.1 kg。铸件内部气孔按照“ASTM E505”Level 2 规范执行,最大孔洞小于 1.5 mm;密封面孔要求小于 0.4 mm。铸件密封要求:在腔体压力为 0.1 MPa 下,泄露量小于 10 mL/min;油道在压力为 0.3 MPa 下,泄漏量小于 10 mL/min。

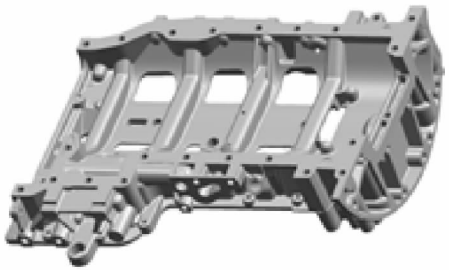


图 1 缸体群架
Fig.1 3D diagram of engine block frame

表 1 AlSi9Cu3(Fe)合金的化学成分
Tab.1 Chemical composition of AlSi9Cu3(Fe) alloy

w_B											其他金属允许含量		Al
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Pb		单个	总计	
8.0~11.0	1.3	2.0~4.0	<0.55	0.05~0.55	<0.15	<0.5	<3.0	<0.15	<0.35		0.05	0.25	余量

1 模具设计方案

根据缸体群架的结构特点,为保证缸体群架周边功能区局部壁厚较厚部位的内部品质,采用 U 形浇注系统,能够快速填充铸件并对两侧局部厚大处实施有效的

补缩,缸体群架 U 形浇注系统见图 2。

模具结构见图 3,由动静模镶块和 4 个滑块及静模斜抽芯组成,属于大型压铸模。为防止模具在生产过程中因热膨胀影响正常的导向精度,采用方导柱、导套结构,布置在模具四角。滑块抽芯采用液压缸抽芯,模具

收稿日期:2022-02-21;修改稿收到日期:2022-04-14
第一作者简介:侯丽彬,女,1968 年出生,高级工程师,辽宁大连(116036),E-mail:houlubin_dalian@163.com
引用格式:侯丽彬,程瑞,朱洪军. 压铸 JMC 缸体群架泄漏的原因分析及模具优化设计[J]. 特种铸造及有色合金,2022,42(10):1 315-1 318.
HOU L B, CHENG R, ZHU H J. Origination of bracket leakage for JMC cylinder block and optimization design of die[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2022, 42(10):1 315-1 318.

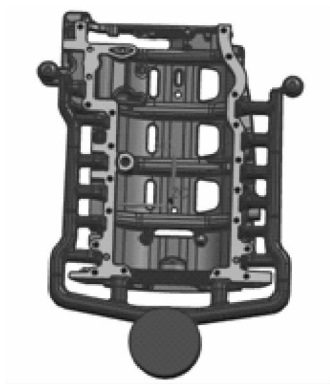


图 2 缸体群架 U 形浇道示意图

Fig.2 U-shaped sprue of cylinder block frame

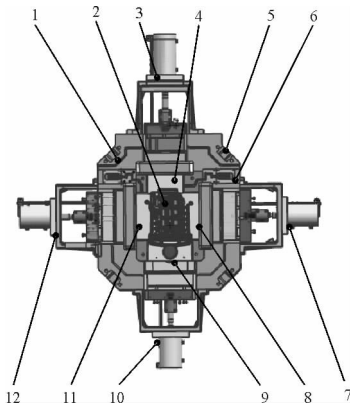


图 3 缸体群架压铸模结构图(动模)

Fig.3 Structure diagram of die casting die

- 1.动模套板 2.动模镶块 3.上抽芯缸总成 4.上滑块 5.方导套 6.真空阀板 7.右抽芯缸总成 8.右滑块 9.下滑块 10.下抽芯缸总成 11.左滑块 12.左抽芯缸总成

设计简单、稳定、可靠。

2 生产中的问题及原因分析

JMC 缸体群架压铸件经加工后密封测试,发现在机滤安装面 M6 螺纹孔出现微泄露,泄漏位置见图 4 圆圈处,废品率达 8.3%。对泄漏零件进行 X 光检验,发现铸件内部有缩孔和缩松^[1~4]。对缺陷部位进行剖切,发现毛坯孔壁有过热粘料。泄漏产生的原因是内部存在缩孔和缩松,机加工后内部细小缩孔将油道孔与螺栓孔贯通,导致油道在加压到 0.3 MPa 时泄漏量大于 10 mL/min。

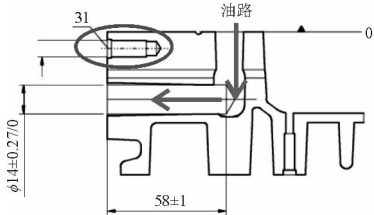


图 4 铸件泄漏位置

Fig.4 Leakage position of the die castings

铸件产生的缩孔存在于机滤安装部位,此区域局部壁厚过厚且有热节,铸件凝固过程中冷却速度慢,导致在此处出现缩孔。因此,必须加大模具局部冷却,提高局部冷却速度,平衡模具整体温度才能有效地减少缩孔产生。

3 模具优化方案

缺陷出现的部位在左滑块,模具滑块采用串联水冷却,冷却水道距离铸件局部热节处较远,无法实现单点独立强制水冷,冷却效果不好。现对铸件机滤器安装面局部产生的热量进行计算,并重新优化和增加局部点冷却,以保证连续生产过程中左滑块处于合理的模具温度范围。

3.1 铸件局部热量计算

(1)传入热量 同一铸件因形状、壁厚不同,热量分布状态不同,所以一般计算铸件在压铸时产生的热量按型腔分不同的区域计算。这里只计算机滤安装部位的局部热量。用 UG 识别此局部的体积为 146 cm³,此部分在滑块成形部分的表面积约为 58 cm²,压铸过程中金属液传入热量计算如下:

$$Q = mqn / 3\ 600 \tag{1}$$

式中, Q 为金属液传入模具的热量,kW; m 为压铸金属的质量,kg; q 为单位质量的压铸合金从压铸温度到铸件顶出温度释放的热量,kJ/kg,Al-Si 合金取 888 kJ/kg; n 为 1 h 压铸的次数。

模具压铸节拍为 90 s,每小时压铸 40 件,代入式(1)得 $Q = 3.817$ kW。

(2)喷涂外冷却带走的热量计算

$$Q_1 = Q_w Ac / 3\ 600 \tag{2}$$

式中, Q_1 为水基脱模剂挥发时从模具中带走的热量,kW; Q_w 为每次喷涂脱模剂从型腔单位面积吸收的热量,kJ/m²,铝合金 $Q_w \approx 0.8 \times 10^3 \sim 4.9 \times 10^3$ kJ/m²; A 为型腔表面积,m²; c 为每小时喷涂的次数。代入相关参数计算得 $Q_1 = 0.193$ kW。

(3)模具(左滑块局部)冷却水道应带走的热量(Q_2)

$$Q_2 = Q - Q_1 = 3.624 \text{ kW} \tag{3}$$

3.2 优化后的冷却方案

通过改变滑块成形部位的结构及冷却方式对模具进行优化,方案见图 5。异型部位采用镶件结构,内部加设 $\phi 7$ mm 冷却水道。采用喷管式独立水冷却,内置 $\phi 4$ mm 不锈钢喷管,内孔进水,外壁回水,见图 6。

小细型芯加设冷却水,对型芯进行强制冷却。型芯采用螺纹与后端的型芯喷管总成连接,采用耐高温 O

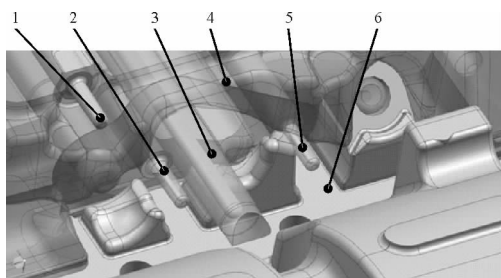
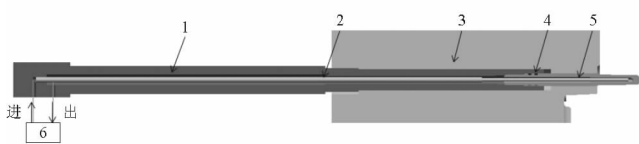


图 5 左滑块优化方案结构图

Fig.5 Structure diagram of left slider optimization

- 1.点冷型芯 A 2.点冷型芯 B 3.异型镶件 4.右滑块前端
5.点冷型芯 C 6.动模镶块



(a) 小型芯的冷却结构

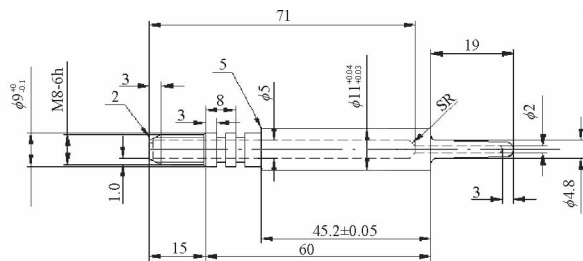


图 6 左滑块异型镶件

Fig.6 Left slider shaped insert

型密封圈进行密封,可以实现不拆模具进行快速更换。型芯前端用电火花打孔机打直径为 $\phi 2\text{ mm}$ 的水道孔。型芯采用喷管式独立水冷却,内置 $\phi 1.2\text{ mm}$ 不锈钢喷管,内孔进水,外壁回水,冷却方案设计见图 7。

型芯及镶件采用独立点冷却方式,可单点通过调节



(b) 小型芯

图 7 左滑块小型芯的冷却方案

Fig.7 Cooling scheme of left slider small core

- 1.型芯噴管总成 2.冷却水管 3.滑块前端 4.O型密封圈 5.型芯 6.高压冷却水系统

冷却水的流量控制模具温度。由于内置喷管直径过小,冷却水采用纯净水,在 1~1.5 MPa 压力下进行冷却,对小型芯实施强制冷却。

3.3 优化后的局部冷却能力校核

模具冷却水应从模具中带走的热量 Q_2 为:

$$Q_2 = \alpha A_w (T_d - T_w) = \alpha \pi DL (T_d - T_w) \quad (4)$$

式中, A_w 为冷却水道的表面积, m^2 ; T_d 为距型腔表面 d 处冷却水道周围的温度, $^{\circ}\text{C}$; T_w 为水道内冷却水平均温度(即出入水口的平均值), $^{\circ}\text{C}$; D 为冷却水道直径, mm ; L 为冷却水道长度, mm ; α 为水的传热系数, $\text{kW}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$; 水道直径小于 10 mm , 流量按 0.1 L/s 计算, $\alpha > 2.5 \text{ kW}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ 。

模具局部冷却优化后,异型芯 $\phi 7$ mm 冷却水道和小芯 $\phi 2$ mm 冷却水道带走热量的计算如下:

$$Q_{\text{晶芯}} = 3.0 \text{ kW}; Q_{\text{小晶}} = 0.86 \text{ kW}$$

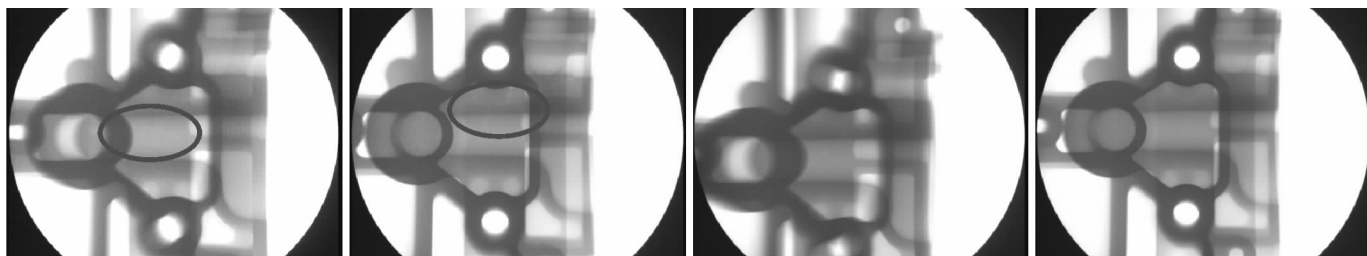
所以优化后模具(左滑块局部)冷却水道带走的热量计算如下:

$$Q_2' = Q_{\text{鼻芯}} + 3Q_{\text{小芯}} = 5.58 \text{ kW}$$

经计算,优化后铸件热节处模具冷却能力 Q_2' 大于水道应带走的热量,使用过程中,可以通过调整冷却水的流量达到模具热平衡状态。

4 优化工艺效果

通过对模具优化改进,有效地控制模具局部温度,避免在铸件热节处由于型芯和型腔局部过热造成铸件缩孔、粘模、拉伤等缺陷。机加工后密封测试废品率由8.3%降低至0.9%。图8为改善前后机滤安装面附近的X检验对比图片。可以看出,改进后,模具品质得到



(a) 位置 1 改善前

(b) 位置 2 改善前

(c) 位置 1 改善后

(d) 位置 2 改善后

图 8 化化前后机滤安装面附近 X 检验对比

Fig.8 Comparison of X-ray detection for near assembled face of fitter before and after improvement

高压开关铝合金端盖缩孔缺陷分析及工艺优化

金华军¹ 罗平辉²

(1.无锡职业技术学院机械技术学院; 2.无锡阿路米铸造有限公司)

摘要 高压开关端盖铝合金铸件尺寸较大、形状复杂、综合性能要求高,铸造工艺难度大。铸件壁厚不均匀,存在多处孤立热节,在凝固时形成隔绝的熔池,补缩困难,因缩孔缺陷而导致的铸件废品率很高。使用 ProCAST 软件模拟铸造工艺,预测铸造缺陷并优化工艺参数。生产表明,提高浇注温度不能有效解决铸件的缩孔缺陷;增大冒口及冒口颈的直径可以保持补缩通道畅通且延缓了冒口的凝固时间,使缩孔导致的废品率从 18% 下降到 0.3%,极大地改善了产品的品质。

关键词 铝合金;工艺优化;缩孔;冒口

中图分类号 TG292;TG245

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2022.10.026

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Process Optimization and Shrinkage Cavity Defects Analysis for Aluminum Alloy Head Cover of High Voltage Switch

Jin Huajun¹, Luo Pinghui²

(1.School of Mechanical Technology, Wuxi Institute of Technology; 2.Wuxi Aluminum Casting Co., Ltd.)

Abstract: Al alloy head cover of high voltage switch with high comprehensive performance has large dimensions and complex shapes, which is difficult to casting. Homogeneous wall thickness of the aluminum alloy cover can result in some isolated hot spot to form isolated molten pool due to difficult feeding, so shrinkage cavity is formed during solidification process to lead to high scrap rate. The solidification process was simulated by the ProCAST software to predict defects and optimize process parameters. The practical production indicates that shrinkage cavity can not be eliminated effectively by increasing pouring temperature. Through enlarging feeding riser and diameters of riser neck as well as delaying solidification time, the unadequated rate resulting from shrinkage cavity is decreased from 18% to 0.3%, improving greatly the quality of aluminum alloy cover.

Key Words: Aluminum Alloy, Process Optimization, Shrinkage Cavity, Riser

随着输变电设备需求的增长,大型铝合金壳体类铸件用量日益增多。高压开关端盖尺寸较大、结构复杂,需承受较大的负荷,铸件加工后需进行一系列的气密性和液压测试,对其内在品质及综合性能要求较高,生

产难度较大^[1]。采用 ProCAST 软件对铸造工艺进行模拟计算,预测可能的铸造缺陷的位置及概率,并进行工艺参数优化,能有效缩短开发周期,降低开发成本^[2,3]。

收稿日期:2022-03-12;修改稿收到日期:2022-04-23

基金项目:江苏高等学校优秀科技创新团队资助项目(苏教科函[2019]7号)

第一作者简介:金华军,男,1978年出生,讲师,江苏无锡(214121),E-mail:jhj7801@163.com

引用格式:金华军,罗平辉. 高压开关铝合金端盖缩孔缺陷分析及工艺优化[J]. 特种铸造及有色合金,2022,42(10):1 318-1 320.

JIN H J, LUO P H. Process optimization and shrinkage cavity defects analysis for aluminum alloy head cover of high voltage switch[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2022, 42(10):1 318-1 320.

显著改善。

参考文献

5 结 语

对铸件局部厚大处增大冷却速度,采用单点独立水冷却可以达到很好的冷却效果,能够有效地减少缩孔和缩松缺陷。对直径为 $\phi 5$ mm 以下的细小型芯也能够实现单点独立水冷却,使用时要配合高压的纯净水进行冷却。

- [1] 江昌勇.压铸成型工艺与模具设计[M].北京:北京大学出版社,2019.
- [2] 潘宏曾.压铸模设计手册[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [3] 简世劲,黄志华. B15B 节流阀体压铸件的模具改进及效果评价[J]. 特种铸造及有色合金,2018,38(2):176-177.
- [4] 万晓萌,张笑,王晔,等.大型复杂铝合金变速箱壳体压铸模具设计[J].特种铸造及有色合金,2020,40(8):854-856.

(编辑:张正贺)