

# 转接座压铸数值模拟与工艺优化

李峰珠<sup>1</sup>, 吴倩倩<sup>2</sup>

(1. 新乡职业技术学院 汽车技术系, 河南新乡 453000; 2. 长春理工大学 光电信息学院, 吉林长春 130000)

**摘要:** 根据铸件结构特点设计了两种浇注系统, 并采用ProCAST软件进行数值模拟, 以充型过程产生卷气含量, 凝固过程产生的缩孔缺陷为指标选择一种较优的浇注系统, 分析产生缩孔缺陷的原因, 并在较优的浇注系统基础上通过在缩孔缺陷位置设置点冷却水管进行工艺优化。结果显示, 工艺优化后, 铸件无缩孔缺陷产生, 满足技术要求, 并得到生产验证。

**关键词:** 转接座; 压铸工艺; 数值模拟; 工艺优化

高压铸造具有生产效率高、成本低且其生产的铸件具有良好的力学性能、气密性等特点, 在汽车行业中广泛应用在结构复杂及壁薄的铝合金零部件上<sup>[1-2]</sup>。汽车零部件机油滤清器上的转接座壁薄、结构复杂, 对气密性、力学性能要求较高, 因此选用高压铸造成形。本研究对转接座两种压铸浇注系统进行数值模拟, 选择一种较优的浇注系统并分析产生卷气和缩孔缺陷原因进行工艺优化, 获得满足转接座技术要求的工艺方案。

## 1 转接座结构分析

研究的铸件为汽车机油滤清器转接座, 三维造型如图1所示。轮廓尺寸187 mm × 145 mm × 133 mm, 材料ADC12, 主要壁厚5 mm, 体积 $3.4 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ , 质量0.92 kg。转接座技术要求: ①铸件外圆圆滑过渡; ②去飞边毛刺, 表面喷丸处理, 不允许有任何凸刺金属物、夹杂、针孔等缺陷; ③不含有影响密封及性能加工段差、刀痕; ④需进行水密试验, 使用密封圈装配在密封槽内密封试漏, 在300 kPa压力下, 保持时间30 s, 不能有气泡产生。

## 2 压铸工艺设计

### 2.1 分型面设计

分析铸件结构及选择分型面基本原则: 铸件截面最大处<sup>[3]</sup>, 设计了两种分型方案, 如图2所示。方案a采用平面式分型方式, 如图2a所示, 采用此种分型方式, 模具结构简单, 但此时铸件左端的圆形部件由于分型线未与圆形直径重合, 铸件无法顺利脱模, 方案a不合理。方案b采用阶梯式分型方式, 如图2b所示, 采用此种分型

作者简介:

李峰珠(1981-), 女, 讲师, 主要研究方向为机械工程。电话: 15903081021, E-mail: lihy1976@126.com

中图分类号: TG249.2  
文献标识码: A  
文章编号: 1001-4977(2022)03-0291-05

收稿日期:  
2021-08-09。

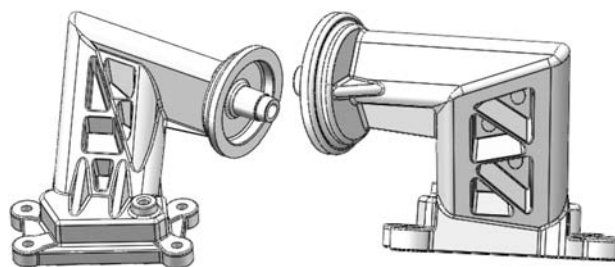
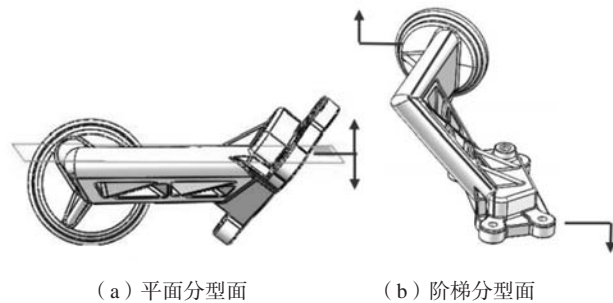


图1 转接座三维造型图

Fig. 1 Three-dimension modeling drawing of the adapter



(a) 平面分型面 (b) 阶梯分型面

图2 分型面示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the parting face

方式, 需设置多个抽芯机构, 模具结构复杂, 但铸件可顺利脱模, 满足设计要求, 方案b合理。

## 2.2 浇注系统设计

### 2.2.1 内浇道设计

本研究设置两种浇注系统, 铸件采用阶梯分型面, 需在铸件圆形部分设置抽芯机构, 为了节约成本, 浇注系统a与圆形部分的抽芯机构设置在一体, 内浇道位置设置在铸件圆形部分, 采用半环形内浇道; 浇注系统b设置在铸件底端矩形区域处, 采用长梯形内浇道。内浇道截面积采用公式(1)计算<sup>[4]</sup>。

$$A_g = \frac{V}{vt} \quad (1)$$

式中:  $A_g$ 为内浇道截面积,  $\text{mm}^2$ ;  $V$ 为铸件和溢流槽的体积,  $\text{mm}^3$ ;  $v$ 为金属液流经内浇道速度,  $\text{m/s}$ , 其值参考表1<sup>[3]</sup>;  $t$ 为充填时间,  $\text{s}$ , 其值参考表2<sup>[3]</sup>。取 $v=30 \text{ m/s}$ ;  $t=0.07 \text{ s}$ ,  $V=390\ 061 \text{ mm}^3$ , 计算得 $A_g=186 \text{ mm}^2$ , 取内浇道厚度2.5 mm, 内浇道宽度74 mm。

### 2.2.2 横浇道设计

横浇道的结构形式与内浇道有关, 浇注系统a为环形内浇道, 横浇道结构采用圆弧收缩式; 浇注系统b为长梯形内浇道, 横浇道结构采用扩张式; 两种浇注系统横浇道截面积形状采用易加工、散热少的梯形, 其厚度如公式2<sup>[5]</sup>所示。

表1 常用充填速度

Table 1 Common filling velocity / ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

| 合金种类 | 简单壁厚铸件 | 一般铸件  | 复杂壁厚铸件 |
|------|--------|-------|--------|
| 铝合金  | 10~15  | 10~25 | 25~30  |

表2 压铸件平均壁厚充填时间推荐值

Table 2 Recommend filling time of average wall thickness of the casting

| 平均壁厚/mm | 充填时间/s      |
|---------|-------------|
| 4       | 0.040~0.060 |
| 5       | 0.048~0.072 |
| 6       | 0.056~0.064 |

$$D = (5 \sim 8) T \quad (2)$$

式中:  $D$ 为横浇道厚度,  $\text{mm}$ ;  $T$ 为内浇道厚度,  $\text{mm}$ 。取 $D=15 \text{ mm}$ , 为了便于横浇道顺利脱模, 设置脱模斜度 $10^\circ$ 。

### 2.2.3 直浇道设计

直浇道的尺寸与压铸机压室的直径相关, 选用的压铸机压室直径范围为50~70 mm, 选用压射直径为60 mm, 设置浇注系统a料饼厚度15 mm, 脱模斜度 $10^\circ$ ; 浇注系统b从铸件底端进料, 为了起到更好地保压效果, 浇口垫的高度比铸件的高度多2 mm, 料饼的厚度和脱模斜度不变, 图3所示为两种浇注系统三维示意图。

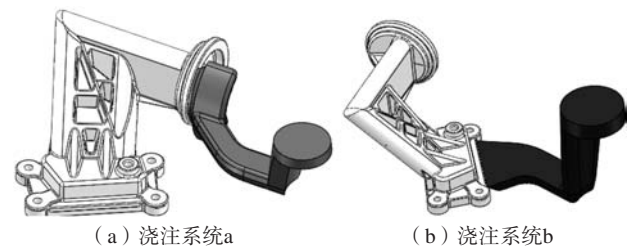
## 2.3 溢流系统设计

根据溢流槽位置设计原则<sup>[4]</sup>: ①金属液最后填充区域, 浇注系统a在铸件底端设置两个溢流槽, 浇注系统b在铸件圆形两侧设置两个溢流槽; ②铸件壁厚区域, 在铸件的斜侧方向设置两个溢流槽; ③内浇道两侧, 浇注系统b在铸件底端设置两个溢流槽。图4所示为两种压铸工艺三维示意图。

## 3 数值模拟分析

### 3.1 网格划分

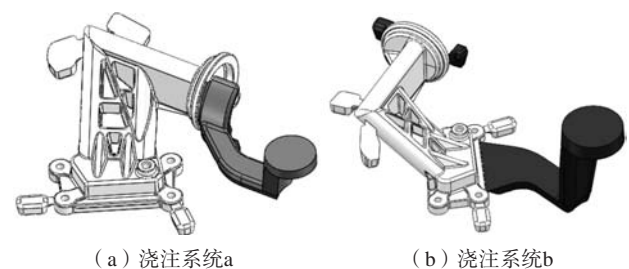
将两种压铸工艺的三维造型导入模拟软件ProCAST中, 采用不均匀网格划分, 内浇道、溢流口网格划分尺寸为0.5 mm, 铸件、横浇道、直浇道、溢流槽网格划分尺寸为2 mm, 模具网格划分尺寸为5 mm, 浇注系统a有1 795 790个节点, 浇注系统b有2 619 861个节点。



(a) 浇注系统a (b) 浇注系统b

图3 浇注系统三维造型图

Fig. 3 Three-dimension modeling drawing of the gating system



(a) 浇注系统a (b) 浇注系统b

图4 压铸工艺三维造型图

Fig. 4 Three-dimension modeling drawing of the die casting process

### 3.2 工艺参数设置

工艺参数设置：①铸件材料ADC12，模具材料H13；②铸件浇注温度620 ℃，模具预热温度180 ℃；③模具与铸件换热系数1 000 W/(m<sup>2</sup>·K)<sup>[6]</sup>；④压射速度2.8 m/s。

### 3.3 充型过程分析

铸件的充型顺序如图5所示，浇注系统a金属液从内浇道流入，先填充铸件的圆形区域、侧壁区域，再流向铸件的底端、加强筋区域、铸件圆形区域附近的侧壁底部，最后流向溢流槽，整个过程，金属液充型平稳，无明显飞溅现象产生；浇注系统b金属液从内浇道流入，先充填铸件的底端，再流向铸件加强筋区域、圆形区域，最后流向溢流槽，整个充型过程，金

属液流动平稳，无飞溅现象。

图6所示铸件卷气分布图。采用浇注系统a，铸件在圆形区域、底端和加强筋区域等处产生了卷气，而在底端和加强筋区域产生的卷气较多，分析其原因是金属液先填充铸件圆形及附近的侧壁区域，此区域内的空气没有及时排除，卷入到了金属液中，流向铸件底端，产生的总卷气含量0.23 g。采用浇注系统b，铸件在壁厚、加强筋区域、圆形部件无卷气产生，分析其原因，此区域的气体在充型过程中及时排除，产生卷气总含量0.09 g。

### 3.4 凝固过程分析

铸件的凝固温度场如图7所示，采用浇注系统a，铸件在壁厚区域及加强筋附近的温度较高，大约为

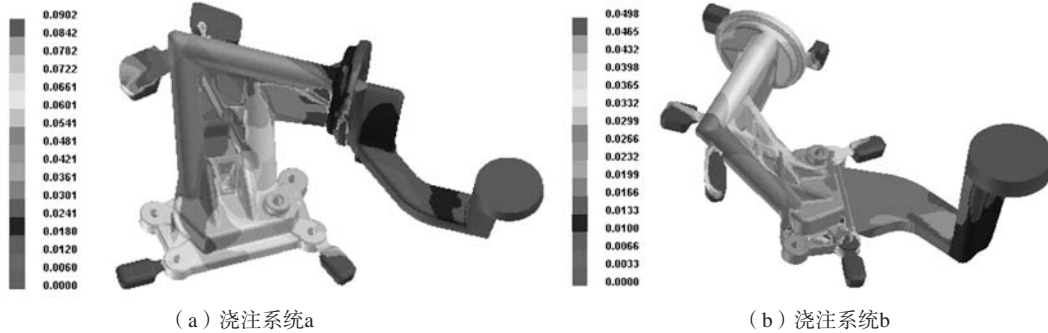


图5 充型时间示意图

Fig. 5 Schematic diagram of the filling time

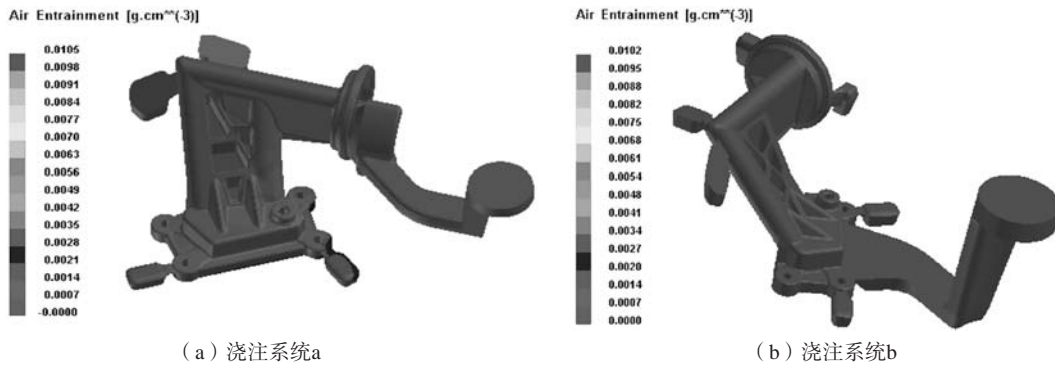


图6 卷气分布图

Fig. 6 Schematic diagram of the air entrainment

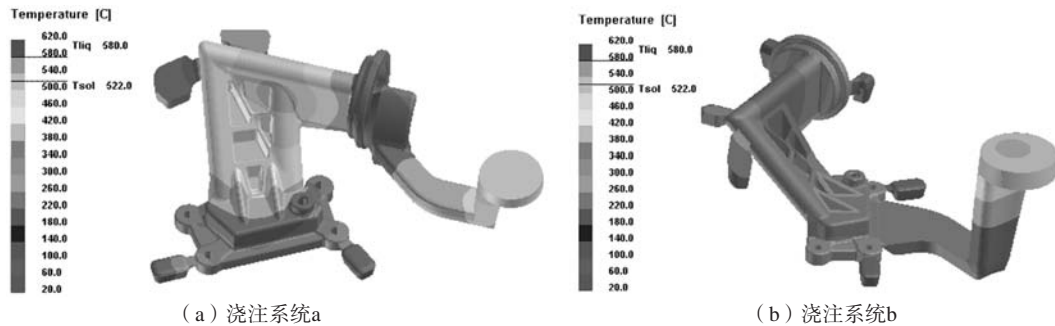


图7 铸件凝固温度场

Fig. 7 Temperature field of the solidification of the initial casting

480 ℃，并产生了热节，预测此区域产生缩孔缺陷。采用浇注系统b优化后，铸件壁厚区域的温度为380 ℃，比浇注系统a壁厚区域的温度低，且没有明显的热节产生。

### 3.5 缺陷分析

铸件产生的缩孔缺陷如图8所示。采用浇注系统a，铸件在壁厚区域及加强筋附近产生了大量的缩孔缺陷，分析其原因是铸件在此区域的壁较厚，铸件凝固速率不均匀，壁厚区域得不到金属液的补缩，产生了孤立的液相，产生孔洞，形成缩孔缺陷，产生的缩孔体积为2.57 cm<sup>3</sup>。采用浇注系统b，铸件在壁厚区域及加强筋附近产生的缩孔缺陷且比浇注系统a的缩孔缺陷

少，产生的缩孔缺陷体积为1.66 cm<sup>3</sup>，其原因是铸件本身结构问题，此区域壁厚较大，凝固速率不均匀。

两种浇注系统相比，浇注系统b产生的卷气含量、缩孔缺陷比浇注系统a少，浇注系统b更优。

### 3.6 工艺优化

铸件产生缩孔缺陷的主要原因是铸件在加强筋区域附近壁厚较大，凝固速率不均匀。为了提高铸件壁厚区域的凝固速率，在铸件产生缩孔缺陷的区域设置冷却系统，采用直冷冷却水管，铸件在设置冷却水管的区域凝固速率都得到提高，但是壁厚相对壁薄区域凝固速率没有明显提高，为了提高铸件局部区域凝固速率，在铸件壁厚区域设置点冷却管。

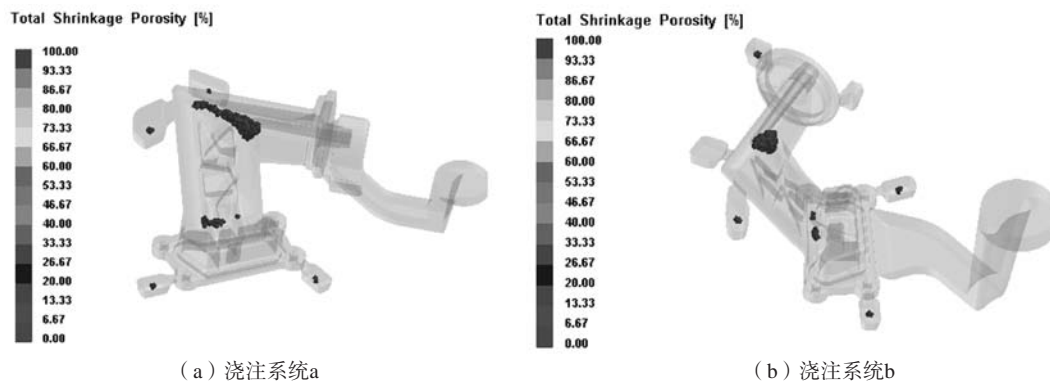


图8 缩孔缺陷示意图

Fig. 8 Schematic diagram of the shrinkage defect of the initial casting process

将工艺优化后三维造型导入模拟软件ProCAST中，增加压铸工艺参数模具-点冷却水管换热系数2 000 W/(m<sup>2</sup>·K)<sup>[5]</sup>，其他工艺参数不变，并进行再次数值模拟。图9为增加点冷却水管缩孔缺陷示意图，增加点冷却水管后铸件无缩孔缺陷，铸件壁厚处凝固速率提高<sup>[7]</sup>，铸件凝固速率均匀，无孤立液相产生，可采用在优化工艺基础上增加点冷却方案进行实际生产。

### 3.7 生产验证

图10为采用工艺优化方案并增加点冷却水管生产转接座实物图。可见，铸件表面光滑，无凸刺金属物、刀痕、夹杂等缺陷；在300 kPa压力下，使用密封圈进行水密试验，保持30 s后，无气泡产生，满足转基座的技术要求，可进行批量生产。

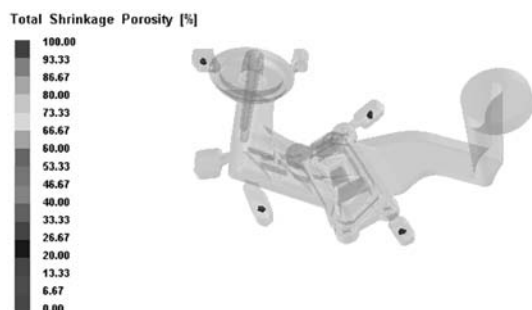


图9 增加点冷却缩孔缺陷示意图

Fig. 9 Schematic diagram of the shrinkage defect after added point cooling water pipe during the casting

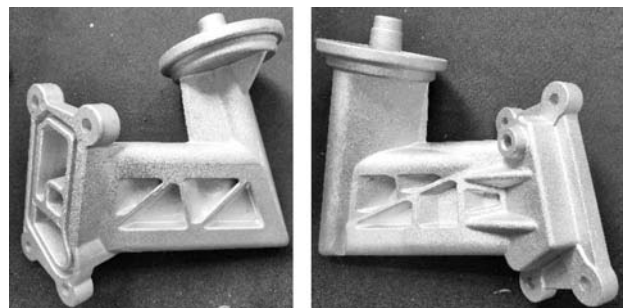


图10 转基座实物图

Fig. 10 Production photos of the adapter

## 4 结论

(1) 使用ProCAST软件对转接座的两种压铸浇注系统进行数值模拟, 通过对比铸件充型过程产生卷气含量、凝固过程产生的缩孔缺陷, 浇注系统b更优。在浇注系统b产生缩孔缺陷位置设置点冷却水管进行工艺

优化, 结果显示铸件无缩孔缺陷。

(2) 采用优化工艺方案进行试生产, 获得转基座表面光滑, 无凸刺金属物, 针孔、夹杂等缺陷, 进行水密试验, 无气泡产生, 可批量生产。

### 参考文献:

- [1] ZHANG Y, LORDAN E, DOU K, et al. Influence of porosity characteristics on the variability in mechanical properties of high pressure die casting (HPDC) AlSi7MgMn alloys [J]. Journal of Manufacturing Processes, 2020, 56: 500-509.
- [2] 宋政骏, 米国发, 周志杰, 等. 铝合金散热片压铸工艺设计与数值模拟优化 [J]. 特种铸造及有色合金, 2018, 38(1): 45-48.
- [3] 江昌勇. 压铸成形工艺与模具设计 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2012.
- [4] 王鹏驹, 殷国富. 压铸模具设计师手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [5] 张国强, 赵占西, 勾健, 等. 壳体压铸工艺设计及优化 [J]. 铸造, 2020, 69(5): 501-505.
- [6] 徐秋湘, 赵占西. 工艺参数对铝合金梯级铸件压铸过程的影响 [J]. 特种铸造及有色合金, 2018, 38(5): 518-521.
- [7] 刘红娟, 刘海. 汽车发动机铝合金前盖的压铸工艺优化 [J]. 特种铸造及有色合金, 2019, 39(12): 1305-1308.

---

## Process Optimization and Numerical Simulation for Die Casting of Adapter

LI Feng-zhu<sup>1</sup>, WU Qian-qian<sup>2</sup>

(1. Department of Automobile Technology, Xinxiang Vocational and Technical College, Xinxiang 453000, Henan, China;

2. School of Optical and Electronic Information, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130000, Jilin, China)

### Abstract:

Based on the characteristic of casting structure, two gating systems were designed and simulated by ProCAST software. Taking the air entrainment and shrinkage as indicators, a better gating system was chosen. The formation reason of the shrinkage was analyzed and then the die casting process was optimized by adding point cooling system on the location of the shrinkage defect of the better gating system. The results showed that after the process optimization, the casting had no shrinkage defects, met the technical requirements, and has been verified in production.

### Key words:

adapter; die casting process; numerical simulation; process optimization