

# 基于 ProCAST 的汽车挂车阀压铸工艺优化

朱 阳

(台州广播电视大学工程系, 浙江台州 318000)

**摘要:** 某汽车挂车阀由压力铸造工艺制造生产, 铸件的合格率较低。通过对阀体结构进行充分剖析, 并利用专业模拟分析软件ProCAST, 对其压铸充型过程和凝固过程进行仿真模拟。根据模拟结果, 对铸件模具工艺进行优化和生产验证。结果表明, 优化后的压铸工艺能够改善产品的缺陷, 提高产品的合格率。

**关键词:** 压力铸造; ProCAST; 工艺模拟; 挂车阀

金属零件的加工方法很多, 压力铸造可以实现少切削甚至无切削加工, 属于比较先进的成形方法。其工作原理是在一定压力作用下, 融化的液态金属可以快速充满模具型腔, 同时在保温保压状态下凝固成形, 最终得到的压铸件无论轮廓尺寸参数、形位误差或粗糙度等, 均接近或达到成品要求<sup>[1-2]</sup>。

随着汽车行业竞争的加剧, 市场对于决定安全性能的制动系统的要求也越来越高。作为制动系统核心构件的挂车阀阀体, 其质量的好坏起到了极大的作用。目前, 挂车阀阀体多用压力铸造方式生产, 由于受生产技术条件、压铸工艺及设备等因素的影响, 缩孔、缩松、气孔等问题在铸件不合格率中占据了较大比重。为了提高汽车挂车阀阀体生产的合格率, 需要对压铸工艺进行优化。

## 1 铸件及结构特征

图1是汽车挂车阀阀体的三维实体造型图, 其轮廓尺寸为137 mm × 130 mm × 152 mm, 基本轮廓呈长圆筒形, 最大壁厚处9.2 mm, 最小处2.5 mm。阀体两侧螺纹孔较多(螺纹加工是后续工艺), 阀体内腔横截面积变化比较频繁, 且弯折面较多。

从A、B看出, 螺纹预铸孔处的壁厚超过了零件的主体壁厚, 因此铸件的厚薄过渡处就在预铸孔处。C处在使用中由于是气体经过的通道, 在后续工艺中需要加工出一个细长孔, 因此对C处附近的铸件质量有较高的要求, 不能有太多的疏松, 否则会造成漏气现象。图2为阀体浇注排溢系统, 将横浇道、料柄等设置在铸件下方, 因为阀体的两侧附有多处外伸螺纹孔, 易形成金属液过分集中、回流、涡流等不稳定的流态; 加之此处为薄厚过渡区域, 易形成压铸缺陷, 如缩孔、缩松等; 可以在螺纹孔处设置溢流槽, 并在溢流槽后端设计一个排气槽。

### 1.1 网格划分

将压铸件模型以“Parasolid”格式导出到ProCAST的Visual-Mesh模块, 然后进行多次划分网格, 在综合考虑效率与计算精度前提下进行比较, 最后压铸件整体面网格的大小设置为2.0 mm, 小于其壁厚最小值。在得到的压铸件网格划分模型与网格信息中, 单元数是240 330, 节点数是56 869。

### 1.2 参数的设定

该汽车挂车阀的铸件材料为ADC12, 表1为ADC铝合金的化学成分, 表2为模拟

作者简介:

朱 阳(1975-), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为现代先进制造学。电话: 15205860233, E-mail: zhuyang033@163.com

中图分类号: TG249.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2019)10-1155-04

收稿日期:

2019-05-08 收到初稿,  
2019-06-19 收到修订稿。

参数, 根据生产实际, 设定模具材料为H13钢。

### 1.3 充型过程分析

图3是液态金属充型的过程模拟情况。可以看到, 当 $t=0.006\ 3\ \text{s}$ 时, 液态金属在压力作用下开始高速充填型腔并流入两条靠近主横浇道的呈斜向上布局的支路, 同时, 由于支路的结构原因, 使液态金属向两边扩散(图3a)。当 $t=0.098\ \text{s}$ 的时候, 液态金属在一定压力作用下通过过渡横浇道继续流入型腔, 在圆形区域内, 型腔内的液态金属与内浇道喷出的金属流发生冲击后, 容易形成紊流并使杂质气体进入(图3b)。当 $t=0.011\ 9\ \text{s}$ 的时候, 各分流道已经充满液态金属, 但是从模拟充型图中可以看到, 液态金属除了多处发生冲击而形成涡流外, 其在型腔内扩散的同时, 也在慢慢围拢, 与远离横浇道的分支内浇道充型而出的液态金属逐渐形成闭合区域, 从而造成裹气现象(图3c)。当 $t=0.013\ 8\ \text{s}$ 时, 继续充填型腔的就是刚刚形成的裹气紊流金属液了, 这不仅使铸件质量整体下滑, 也导致后续机加工的质量受到严重影响。在圆形区域内可以看到, 液态金属迅速流向左侧螺纹孔进行充型, 容易在转向处产生缩孔、裂纹等缺陷(图3d), 而且对模具损耗也较大。当 $t=0.015\ 8\ \text{s}$ 的时候, 液态金属开始流入螺纹孔处的溢流槽内。如果溢流槽布局合理, 有利于排气并疏通液态金属, 螺纹孔处形成的缩孔等缺陷也可以被转移(图3e)。当 $t=0.017\ 7\ \text{s}$ 的时候, 可以看到液态金属的充型速度在左侧螺纹孔处小于右侧型腔。由于左侧螺纹孔离补缩源较远, 补缩效果较差, 因此右侧圆形区域的液态金属对它会进行补缩, 使得圆形区域内容易发生缩孔等缺陷。由于铸件圆形区域处在后续工艺中需要加工出一个细长孔, 有较高的质量要求(图3f)。图4中, 浇注系统虽然仍处于固液两相状态, 但铸件的主体已经基本凝固, 椭圆部分(即铸件厚壁处)容易产生局部热节而导致缩松、缩孔等缺陷<sup>[3-5]</sup>。

## 2 模具工艺优化

根据压铸充型过程模拟结果, 对零件型腔排溢系统进行了优化<sup>[6-8]</sup>, 铸件两侧优化后的浇注系统结构形式如图5所示。首先把离主横浇道较远的两条分流道改为溢流槽, 同时把原环形横浇道切断(如A), 冷污金属液将被容纳在内浇口两侧的溢流槽中, 极大地改善了液态金属的填充条件; 其次, 为了减少多处进液导致的冲击问题, 可以将离主横浇道较近的两条分流道合并(如B), 同时也可以提高液态金属的补缩能力; 最后, 可在铸件溢流槽上设计一定的起模斜度, 有利于压铸件的顺利脱模。

## 3 模拟及实验验证

对改进后的浇注排溢系统再次进行ProCAST模拟并观察, 可以看出关键部位无明显缩松、缩孔缺陷(图6a)。液态金属在型腔的主体部分逐层推挤, 基本达到按顺序充填, 能够实现压铸过程中的有效补缩。虽然液态金属在型腔下端充填时仍有一定的冲击, 同时也有涡流卷气等情况发生的可能, 但由于溢流槽的改进, 改变了缺陷所在的部位, 并能够合理容纳冷污金属液, 进而防止了气泡、缩孔、缩松等缺陷(图6b)。图7是优化前后铸件对比图。

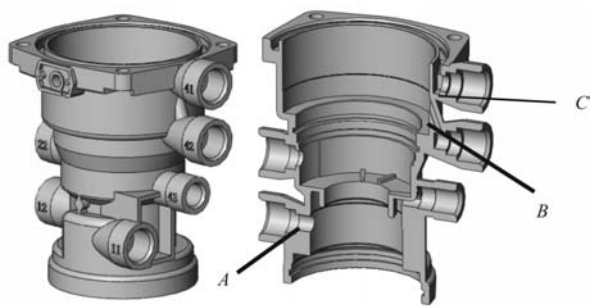


图1 阀体三维实体造型图

Fig. 1 Three-dimensional solid modeling of valve body

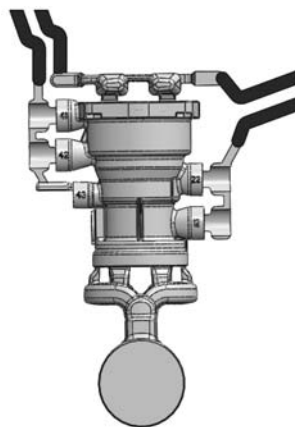


图2 阀体浇注排溢系统

Fig. 2 Pouring-overflow-exhaust system

表1 ADC12铝合金的化学成分  
Table 1 Chemical composition of ADC12

Si	Cu	Zn	Fe	Mn	Mg	Pb	Al
9.6	3.0	1.0	0.9	0.2	0.1	0.1	余量

表2 模拟参数  
Table 2 Parameters for simulation

铸件与模具传热系数 $/(W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1})$	模具与空气传热系数 $/(W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1})$	压射速度 $/(m \cdot s^{-1})$	模具预热 温度/ $^{\circ}C$
1 000	10	7	220

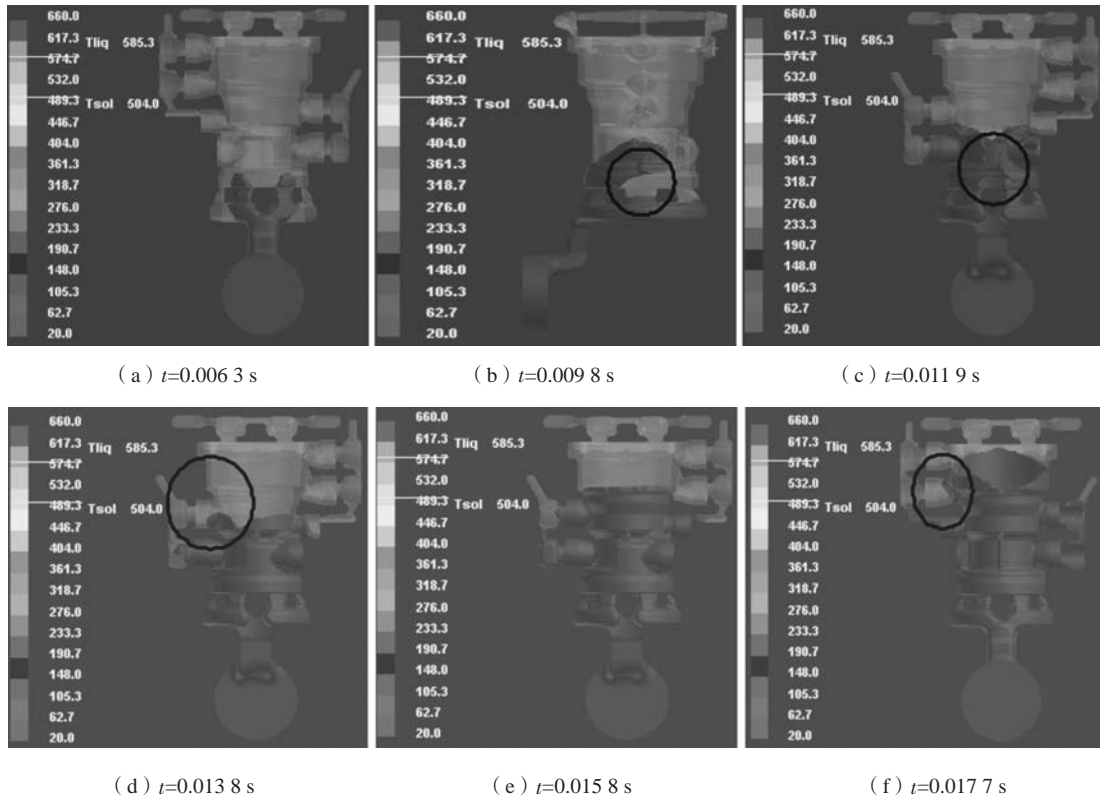


图3 模具充型过程模拟

Fig. 3 Filling process simulation

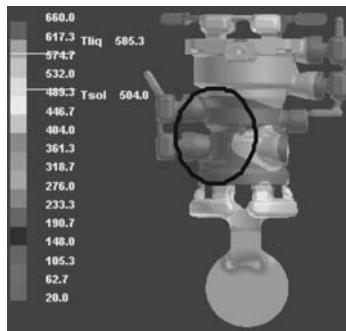


图4 局部热节

Fig. 4 Local hot spot

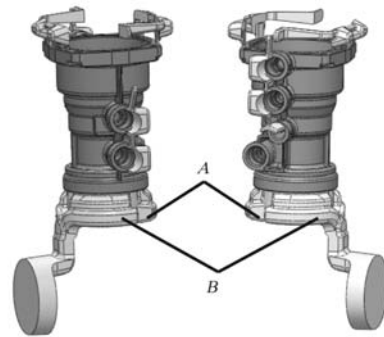


图5 浇注排溢系统优化

Fig. 5 Optimized pouring-overflow-exhaust system

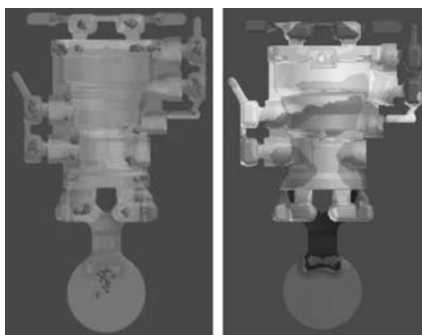


图6 改进后的浇注排溢系统模拟结果

Fig. 6 Simulation results of improved die casting process

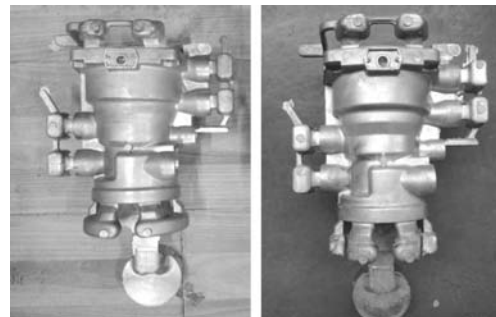


图7 优化前后铸件对比图

Fig. 7 Comparison of valve castings before and after die casting process optimization

## 4 结语

使用专业铸造模拟软件分析了汽车挂车阀的压铸过程,预测了容易出现缺陷的区域,并结合实际生产中发生缩孔和气孔的位置,对压铸工艺进行了优化,对优化之后的方案进行了数值模拟分析。经验证铸件的合格率得到了明显提高。

### 参考文献:

- [1] 潘宪曾. 压铸模设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [2] 马晓录, 李海平. 压铸工艺与模具设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [3] WANG Yingchun, LI Dayong, PEN Yinghong, et al. Numerical simulation of low pressure die casting of magnesium wheel [J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2007, 32 ( 3 ) : 257-264
- [4] ZHAO Haidong, BAI Yanfei, OUYANG Xiaoxian, et al. Simulation of mold filling and prediction of gas entrapment on practical high pressure die castings [J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2010, 20 ( 11 ) : 2064-2070.
- [5] 胡清明, 刘斌, 余煜焯, 等. 基于数值模拟技术镁合金压铸模浇注系统优化设计 [J]. 模具工业, 2009, 35 ( 7 ) : 11-15.
- [6] 李仁峰, 压铸模具浇注排溢系统优化设计技术研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
- [7] 崔黎明, 铝合金压铸件缺陷分析及成型工艺优化 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2007.
- [8] Smith, Phenicie D E. Optimizing production of a die casting by numerical simulation of die filling and solidification [J]. Issue of Die Casting Engineer, 1997, 42 ( 8 ) : 118-119.

---

## Optimization of Die Casting Process for Automobile Trailer Valve Based on ProCAST

ZHU Yang

( Taizhou Radio and Television University, Engineering Department, Taizhou 318000, Zhejiang, China )

### Abstract:

A certain valve body for automobile trailer was made by pressure die casting technology with low qualification rate due to its complex structure. In this study, a professional casting simulation analysis software ProCAST was utilized to simulate the filling and solidification processes of valves. Based on the simulation results and the structural characteristics of valve, the die casting process of valve was optimized and verification test was carried out. Results showed a significant reduction of defects and improved qualification rate.

### Key words:

pressure die casting; ProCAST; process simulation; valve body for automobile trailer

---