

# 汽车干燥器阀体浇注排溢压铸系统优化

朱 阳<sup>1, 2</sup>

(1. 台州广播电视大学高职学院, 浙江台州 318000;

2. 浙江工业大学特种装备制造与先进加工技术教育部/浙江省重点实验室, 浙江杭州 310023)

**摘要:** 在零件的压铸过程中, 浇注排溢系统起到极为重要的作用。文中以某汽车干燥器阀体为研究对象, 通过专业软件ProCAST对压铸过程进行了数值模拟, 对液态金属在压力下的充型和凝固两个过程进行了研究, 预测了缩松缩孔等缺陷, 然后以此为依据, 有针对性地进行浇注排溢系统优化。最后对优化后的方案进行模拟与生产验证, 认为优化方案可以使得压铸件符合生产要求。

**关键词:** 压力铸造; 浇注排溢系统; 缩松缩孔; 优化

压力铸造简称压铸, 是指熔融金属在一定压力下快速充满整个模具型腔, 同时在某一压力下固化成形<sup>[1]</sup>, 所获得的零件轮廓清晰, 表面粗糙度小, 形位误差小, 精度高<sup>[2]</sup>。

汽车干燥器能够保证压缩空气的干燥和洁净, 从而保证相关制动元件的寿命及整车的制动性能。作为其中的关键零件, 干燥器阀体的质量起到了关键性的作用。目前, 汽车干燥器阀体多用压铸方式生产, 所用材料基本是强度、韧性较好的铝合金材料。由于汽车市场竞争日益激烈, 客户对干燥器阀体的要求也不断提高, 而压铸工艺的不完善所带来的质量问题、效率问题不断突出。为了解决这些问题, 需要针对干燥器阀体, 利用专业压铸模拟软件对压铸凝固过程进行模拟, 研究其过程, 在对阀体的铸造缺陷充分剖析的基础上, 优化设计浇注排溢系统<sup>[3]</sup>。

## 1 阀体仿真模型的构建

如图1所示为汽车干燥器阀体的三维示意图, 阀体外轮廓尺寸是145 mm × 124 mm × 90 mm, 形状比较复杂, 内腔壁厚不均, 厚度最大处为12 mm, 最小处为2 mm, 阀体内部通道转弯较多, 且横截面变化较大, 属于复杂零件的一种。

首先使用Pro/E软件进行三维实体几何建模, 可以解决ProCAST软件前处理模块几何造型难度大的问题, 几何建模完成后用“IGS”格式导入ProCAST软件中完成前处理。由于在ProCAST软件中进行模型装配相对比较复杂, 为了计算方便, 实际的模具可以由ProCAST软件中设置的虚拟模具(Virtual Mold)进行替换, 然后可以在干燥器阀体的三维模型基础上直接进行浇注排溢系统建模, 如图2所示。

## 2 模型前处理

### 2.1 网格划分

用“IGS”格式把Pro/E软件完成的干燥器阀体三维模型直接导到ProCAST软件的Visual-Mesh模块, 该模块作为前处理模块, 能够较好地完成任务<sup>[4]</sup>。

网格划分时必须兼顾效率与精度, 通过多次的网格试划分, 可以最终确定面网格尺寸为1.8 mm。然后可以继续对网格进行优化, 得到网格模型如图3所示, 其中网格节点为108 597, 网格单元为480 384。

作者简介:

朱 阳(1975-), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为铸造工艺。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(2021)03-0323-04

收稿日期:

2020-09-24。

## 2.2 参数设定

干燥器阀体材料选用压铸铝合金ADC12, 模具材料选用热作模具钢H13, 加工的方法设定成高压压铸充型 (HPDC Filling), 压铸材料与模具内表面间的表面换热系数定为常数1 000, 模具外表面和周围介质在常温 (20 ℃) 状况下以空冷形式进行热交换, 因此表面换热系数可以取常数10。在压力作用下, 熔融金属流动速度设定为6.2 m/s, 热作模具钢H13预热温度设定为200 ℃。根据ADC12性质, 浇注温度选择650 ℃, 因此阀体材料初始温度也是650 ℃<sup>[5]</sup>。

## 3 数值模拟

### 3.1 充型过程分析

图4为压铸铝合金ADC12充型过程的模拟。如图4b, 当时间 $t=0.009$  1 s时, 熔融的ADC12在压力作用下通过直浇道, 并在横浇道处分成三路, 分别到达三个对应的内浇道区域。横浇道采用了多个分浇道的形式, 使得熔融的ADC12流到各内浇道的时间是不同的<sup>[5]</sup>。处于最中心的浇道由于最靠近直浇道, 熔融的ADC12就会首先通过该浇道流入, 而通过另两侧浇道的ADC12熔液则略有延迟。

如图4c, 当时间 $t=0.010$  4 s时, 熔融的ADC12通过左右两侧内浇道流入型腔, 这两处熔液与通过中心内浇道最初流入的熔液在A、B两处产生冲击, 就会产生涡流与卷气现象, 最终产生气孔等缺陷<sup>[6]</sup>。

如图4d, 当时间 $t=0.017$  1 s时, 熔融的ADC12继续填充模具型腔, 但由于干燥器阀体左右的结构、壁厚不同, 导致熔液流速不同。左侧的结构相对较为复杂, 平均壁厚也比较大, 所以ADC12熔液在左侧的流速明显比右侧区域慢。

如图4e, 当时间 $t=0.022$  0 s时, 模具的大部分型腔已经被熔融的ADC12所填充。因为左右两侧金属熔液流速不同, 右侧流速快, 熔液已经开始流入溢流槽中, 左侧流速慢, 熔液要充满型腔还需要时间, 熔液最后流到的位置为图中C处, 此时ADC12熔液中气体含量上升, 极易产生气孔缺陷。

### 3.2 凝固过程分析

图5为干燥器阀体铸件凝固过程模拟。虽然金属液体的凝固过程与充型过程是同时进行的, 但可以用凝固过程的温度分布情况来描述充型完成后, 液态金属在模具内的冷却凝固过程<sup>[7]</sup>。

如图5a, 时间为0.028 7 s, 此时ADC12熔液刚充满模具型腔, 凝固还没有开始, 铸件各处的温度分布比较均匀, 基本与压力充填时一致。

如图5b, 时间0.361 4 s, 此时的温度还在液相线以上, 约为600 ℃, 干燥器阀体铸件已经开始凝固, 但旁

边的溢流槽中部还没有凝固的迹象, 温度也几乎没有变化。

如图5c, 时间为2.624 1 s, 此时干燥器阀体铸件的温度持续下降到固相线与液相线之间, 约为550 ℃, 铸件处在固液并存区域。

如图5d, 时间为4.028 5 s, 干燥器阀体铸件中间的D区域、浇道及溢流槽温度下降速度慢, 还在固液两相区, 因此这三部分尚未完全凝固。而结构简单且壁厚较薄的阀体右侧降温较快, 首先出现了凝固状态, 同时, 已经凝固的ADC12铝合金将阀体铸件中间的D区域



图1 阀体三维示意图

Fig. 1 Three dimensional model of valve body



图2 阀体浇注排溢系统

Fig. 2 Pouring-venting-overflow system for die casting of valve body



图3 网格模型

Fig. 3 The mesh model

分成几个单独的液相区，这几个液相区在后续的冷却凝固过程中将失去金属补偿而容易出现缩孔等缺陷。

如图5e，时间为5.785 3 s，此时干燥器阀体铸件的整体温度已经降低到固相线以下，阀体已经基本凝固，但从图上可以看到，阀体中间区域的温度低于周围区域，因此会出现较大的温度梯度，从而导致阀体出现缩孔、缩松等问题<sup>[8]</sup>。

### 3.3 实际结果检测

通过以上对干燥器阀体压力铸造过程中充型与凝固过程的分析，可以预见阀体将会在相应区域内产生缩孔、缩松等缺陷。将铸件分别剖开和机加工后，如图6，可以明显观察到缺陷结果，通过大量的结果检测得到实际缺陷与模拟分析的结果是一致的，此类铸件在市场都是属于不合格的产品。

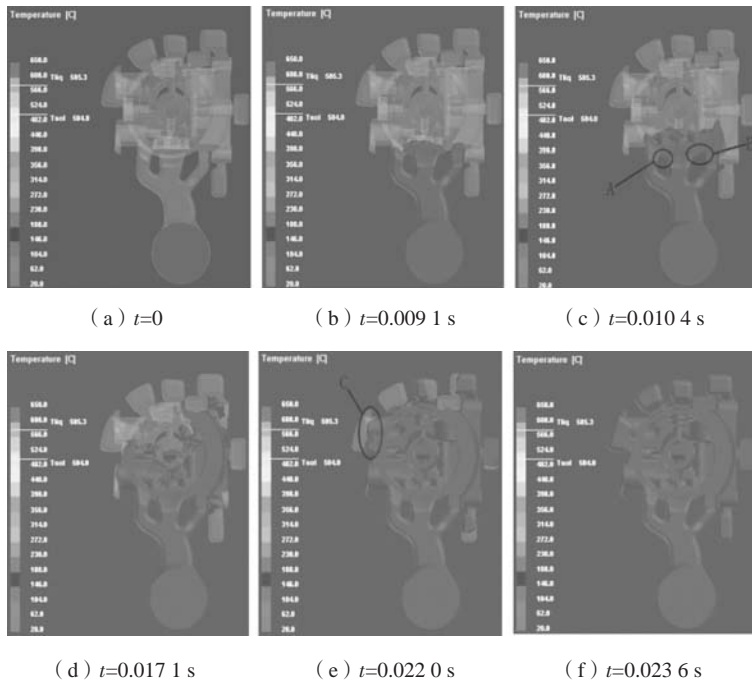


图4 铸件充型过程模拟

Fig. 4 Cavity filling process simulation

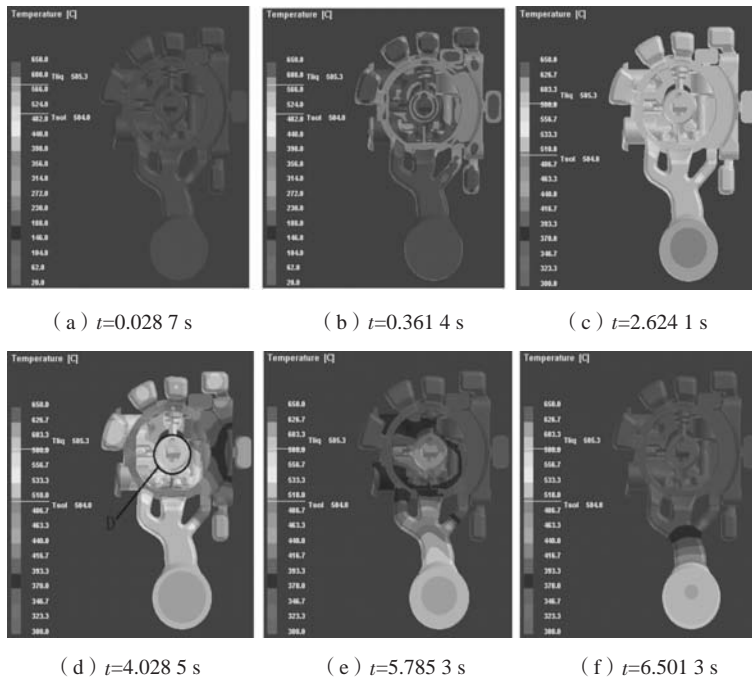


图5 铸件凝固过程模拟

Fig. 5 Solidification process simulation

## 4 工艺优化

针对上述分析以及实际检测中干燥器阀体铸件的典型缺陷,可以考虑对原压铸排溢系统进行优化。优化要遵循两条原则:①能使熔融的ADC12保持良好的填充流态;②集渣位置、排气通道位置要优先考虑。

对干燥器阀体铸件的排溢系统进行优化后的方案如图7所示:①将A处的两个分流道合并为一个流道,既可以改善该处ADC12熔液的流速,可以控制熔液的流向;②于B处增加了排气槽,这些排气槽均设在熔液最后流入的溢流槽位置,可以大大改善在压铸过程的排气状况;③C处增加了溢流槽,可以使C处在充型时保持平稳<sup>[9]</sup>,从而保证后续机加工质量。

## 5 结论

对优化后的方案再次用ProCAST进行数值模拟分析。根据模拟显示,在阀体铸件相应区域,缩孔、疏松等缺陷明显降低。同时经相关生产证明,优化后生产的铸件合格率得到了提升,质量满足要求。两方面证明:本次优化方案可以有效降低压铸缺陷,缩短工期,减少成本,在生产上具有一定的指导作用。

### 参考文献:

- [1] 黄勇. 压铸模具简明设计手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [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] 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.
- [4] 邓曦. 浅析节点有限元分析中网格划分合理性的控制方法 [J]. 建材与装饰, 2016, 424 (20): 118-119.
- [5] 于彦东, 蒋海燕, 雷黎, 等. 镁合金压铸工艺的数值模拟 [J]. 中南大学学报 (自然科学版), 2006, 37 (5): 867-873.
- [6] 徐义武, 詹凤伟. 铸件气孔缺陷分析及解决方案 [J]. 特种铸造及有色合金, 2013, 33 (2): 151-154.
- [7] SMITH R L, PHENICIE D E. Optimizing production of a die casting by numerical simulation of die filling and solidification[J]. Issue of Die Casting Engineer, 1993: 7-8; 118-119.
- [8] 沈其文. 材料成形工艺基础 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.
- [9] 李涛. 基于数值模拟的发动机缸体浇注系统优化设计 [D]. 济南: 山东大学, 2019.

# Optimization of Pouring-Venting-Overflow System for Die Casting of Automobile Dryer Valve Body

ZHU Yang<sup>1,2</sup>

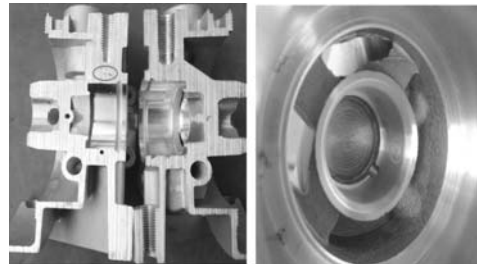
(1.Higher Vocational College, Taizhou Radio and Television University, Taizhou 318000, Zhejiang, China; 2.Key Laboratory of Special Purpose Equipment and Advanced Manufacturing Technology, Ministry of Education & Zhejiang Province, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

### Abstract:

In the die-casting process of parts, the pouring-venting-overflow system plays an extremely important role. The paper takes the automobile dryer valve body for a certain automobile as the research object, and the professional software ProCAST is used to study the two processes of filling and solidification of liquid metal under pressure and such defects as the shrinkage porosity are predicted. Based on the simulation results, the pouring-venting-overflow system is optimized in a targeted manner. Finally, the optimized die casting process is simulated and the production verification is carried out. It is believed that the optimized system can make the die castings meet the production requirements.

### Key words:

die casting; pouring-venting-overflow system; shrinkage porosity; optimization



(a) 剖开后缺陷位置 (b) 机加工后缺陷位置

图6 铸件缺陷检测

Fig. 6 Position of valve body defects

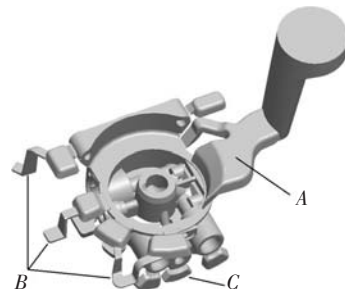


图7 优化后的铸件浇注排溢系统

Fig. 7 Pouring-venting-overflow system after optimization