

泵体压铸工艺设计及参数优化

刘芳¹ 平娟¹ 陈锡渠²

(1.新乡职业技术学院汽车技术系; 2.河南科技学院继续教育学院)

摘要 分析泵体结构,设计泵体压铸工艺,以压射速度、浇注温度、模具预热温度为因素建立正交试验,采用 ProCAST 软件进行数值模拟,分析铸件产生的卷气和缩孔缺陷原因。结果表明,当压射速度为 2.5 m/s、浇注温度为 660 ℃、模具预热温度为 230 ℃时,铸件产生的卷气和缩孔缺陷最少,并采用该优化参数进行试生产,获得了合格的产品。

关键词 泵体;压铸工艺设计;数值模拟;工艺参数优化

中图分类号 TG249.2 **文献标志码** A

DOI:10.15980/j.tzzz.2021.05.026

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Design and Optimized Parameters of Die Casting Process for Pump Body

Liu Fang¹, Ping Juan¹, Chen Xiqu²

(1.Department of Automotive Technology, Xinxiang Institute of Vocational Technology;
2.College of Continuing Education, Henan Institute of Science and Technology)

Abstract: Based on the structure of the pump body, die casting process was designed and simulated by the Pro-CAST software. Taking injection speed, pouring temperature, mold preheating temperature as factors, the orthogonal experiment was designed. Through analyzing the air entrainment and shrinkage defects in the pump body, the results reveal that there exists the least air entrainment and shrinkage defects with 2.5 m/s of injection speed, 660 ℃ of pouring temperature and 230 ℃ of mold preheating temperature. Using the optimized parameters, the qualified pump body was produced successfully, meeting the actual requirement.

Key Words: Pump Body, Die Casting Process Design, Numerical Simulation, Optimized Parameters

压铸生产的铸件形状复杂、致密度高、精度高、力学性能好,成本较低。随着汽车轻量化发展,压铸件越来越多应用在汽车上^[1,2]。泵体是汽车发动机中的重要零部件,形状复杂,要求具有良好的气密性和高耐压性,压铸生产具有一定难度。通过数值模拟压铸生产过程,分析铸件的温度场、流场、应力场及预测可能产生的缺陷及其分布,可以有效地对压铸工艺参数进行优化,节省成本、提高生产效率。采用 ProCAST 软件对压铸工艺参数进行数值模拟,分析充型过程中产生的卷气和缩孔缺陷,优化工艺参数,并进行实际生产,为同类零件的工艺优化提供参考。

1 铸件结构分析

泵体的三维形状见图 1,轮廓尺寸为 180 mm×91 mm×35 mm,质量为 0.28 kg,平均壁厚为 3 mm。铸件有 3 个侧孔,需要设置 3 个抽芯机构,模具结构复杂,采用 1 模 1 件方式,铸件材质为 ADC12 铝合金,其成分

见表 1^[3],泵体要求组织致密、无毛刺、各孔表面不许拉毛、无裂痕、缺料、冷隔、飞边等缺陷;气密性试验是在承受 2.8 MPa 压力下保压 5 min 后不泄露。

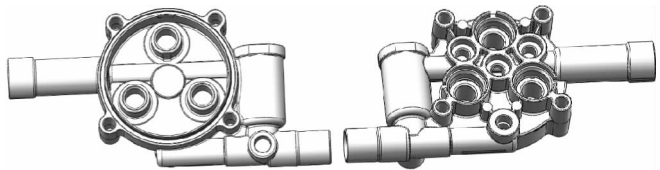


图 1 泵体三维造型图

Fig.1 Three-dimensional modeling diagram of pump body

表 1 ADC12 合金的化学成分
Tab.1 Chemical composition of the ADC12 alloy %

w _B									
Si	Cu	Fe	Mn	Ni	Mg	Zn	Pb	Sn	Al
9.6~12	1.5~3.5	1.2	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤1.0	≤0.1	≤0.1	余量

2 压铸工艺方案设计

2.1 分型面的选择

图 2 为铸件分型面示意图。由铸件分型面的选择

收稿日期:2020-08-12;修改稿收到日期:2020-10-03
第一作者简介:刘芳,女,1986 年出生,讲师,河南新乡(453000),E-mail:937645205@qq.com
引用格式:刘芳,平娟,陈锡渠. 泵体压铸工艺设计及参数优化[J]. 特种铸造及有色合金,2021,41(5):644-648.
LIU F, PING J, CHEN X Q. Design and optimized parameters of die casting process for pump body[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2021, 41(5):644-648.

原则^[4]:铸件轮廓尺寸最大截面处,铸件选择上下分型。有 3 个侧孔,为了便于铸件能顺利脱模,将分型面设置在侧孔直径位置。

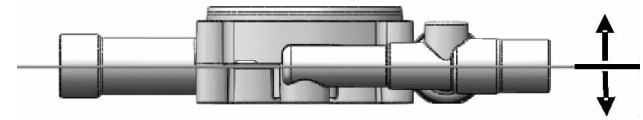


图 2 分型面示意图

Fig.2 Schematic diagram of parting surface scheme

2.2 浇注系统的设计

2.2.1 内浇口的设计

为了便于型腔排气,将内浇口设置在泵体无侧孔方向,设置两个内浇口,内浇口截面积为^[5]:

$$A_g = \frac{V}{vt} \tag{1}$$

式中, A_g 为内浇口的截面积, mm^2 ; V 为通过内浇口金属液的体积, mm^3 ; v 为内浇口的充填速度, m/s ; t 为充型时间, s 。 $V=142\,170\,\text{mm}^3$,平均壁厚为 3 mm 时,充填时间为 0.028~0.040 s, t 取 0.04 s^[3],计算得 $A_g=71\,\text{mm}^2$;取内浇口厚度为 2.2 mm,内浇口总宽度为 32 mm,单个内浇口宽度为 16 mm。

2.2.2 横浇道的设计

为了减轻金属液冲击型芯,横浇道采用圆弧式结构。为了便于模具加工,横浇道截面采用梯形,其厚度可按下式^[5]计算:

$$D = (5 \sim 8) T \tag{2}$$

式中, D 为横浇道厚度,mm; T 为内浇口厚度,mm。取 $D=12\,\text{mm}$,设置横浇道起模斜度为 10°。

2.2.3 直浇道的设计

直浇道的尺寸与压铸机的压室内径有关,压室直径有 60、70、80 mm 3 种规格,铸件的体积较小,选择压室直径为 60 mm,设置直浇道起模斜度为 5°。

2.3 溢流系统的设计

图 3 为铸件浇注系统示意图。为了便于溢流槽加

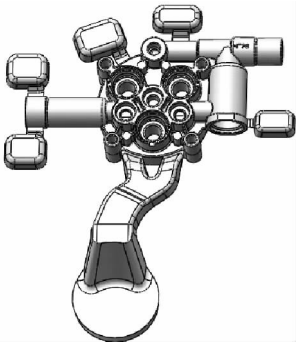


图 3 浇注系统示意图

Fig.3 Schematic diagram of the gating system

工,将其设置在动模上^[3],在 3 个侧孔区域设置 4 个溢流槽,以便于排气,在泵体底端设置 1 个溢流槽,以便于收集冷污铝液。

3 正交试验及数值模拟分析

3.1 压铸工艺参数的选择

铸件的压射速度见下式^[5],选取压射速度为 2~3 m/s;铸件浇注温度和模具预热温度的参考值分别见表 2 和表 3^[5],选取浇注温度为 650~670 °C,模具预热温度为 210~230 °C。

$$v_1 = \frac{4A_g v_2}{\pi d_2} \tag{3}$$

式中, v_1 为铸件压射速度, m/s ; v_2 为填充速度, m/s ; d 为压铸机压室直径, m 。

表 2 铝合金浇注温度推荐值

合金种类	壁厚≤3 mm	
	简单件	复杂件
Al-Si 类	610~630	640~680
Al-Cu 类	620~650	640~670

表 3 铝合金模具预热温度推荐值

temperature of alloy °C		
壁厚/mm	简单件	复杂件
≤3	150~280	200~230
>3	120~150	150~180

3.2 正交试验的确定

以压射速度、浇注温度、模具预热温度为因素,建立正交试验表,见表 4。

表 4 正交试验表

Tab.4 Orthogonal test table			
试验号	压射速度/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	浇注温度/°C	模具预热温度/°C
1	2.0	650	210
2	2.0	660	220
3	2.0	670	230
4	2.5	650	220
5	2.5	660	230
6	2.5	670	210
7	3.0	650	230
8	3.0	660	210
9	3.0	670	230

3.3 数值模拟分析

3.3.1 网格划分

将三维造型以.stp 格式导入 ProCAST 软件中,对其进行面缺陷修复。由于铸件和浇注系统的壁厚不同,采用不均匀网格划分,铸件采用 1.5 mm 网格划分,浇注系统、溢流槽采用 1 mm 网格划分,溢流口采用 0.5

mm 网格划分,模具采用 5 mm 网格划分,划分后单元格数为 1 071 895。

3.3.2 边界条件设置

铸件材质为 ADC12 合金,模具材质为 H13 钢。模具与铸件的传热系数为 $1\,500\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^{[6]}$;铸件和模具的温度,按正交结果分别对每组设置;压射速度按

照正交结果设置,铸件采用空冷方式。

3.3.3 充型过程分析

在充型过程中,产生的卷气越少,铸件的品质越好,9 组不同工艺参数下产生的卷气示意图见图 4。由图 4 可知,速度为 2 m/s(1~3 组)时,铸件产生的卷气较多;速度为 2.5 m/s(4~6 组)时,卷气也较多,因为浇注温度

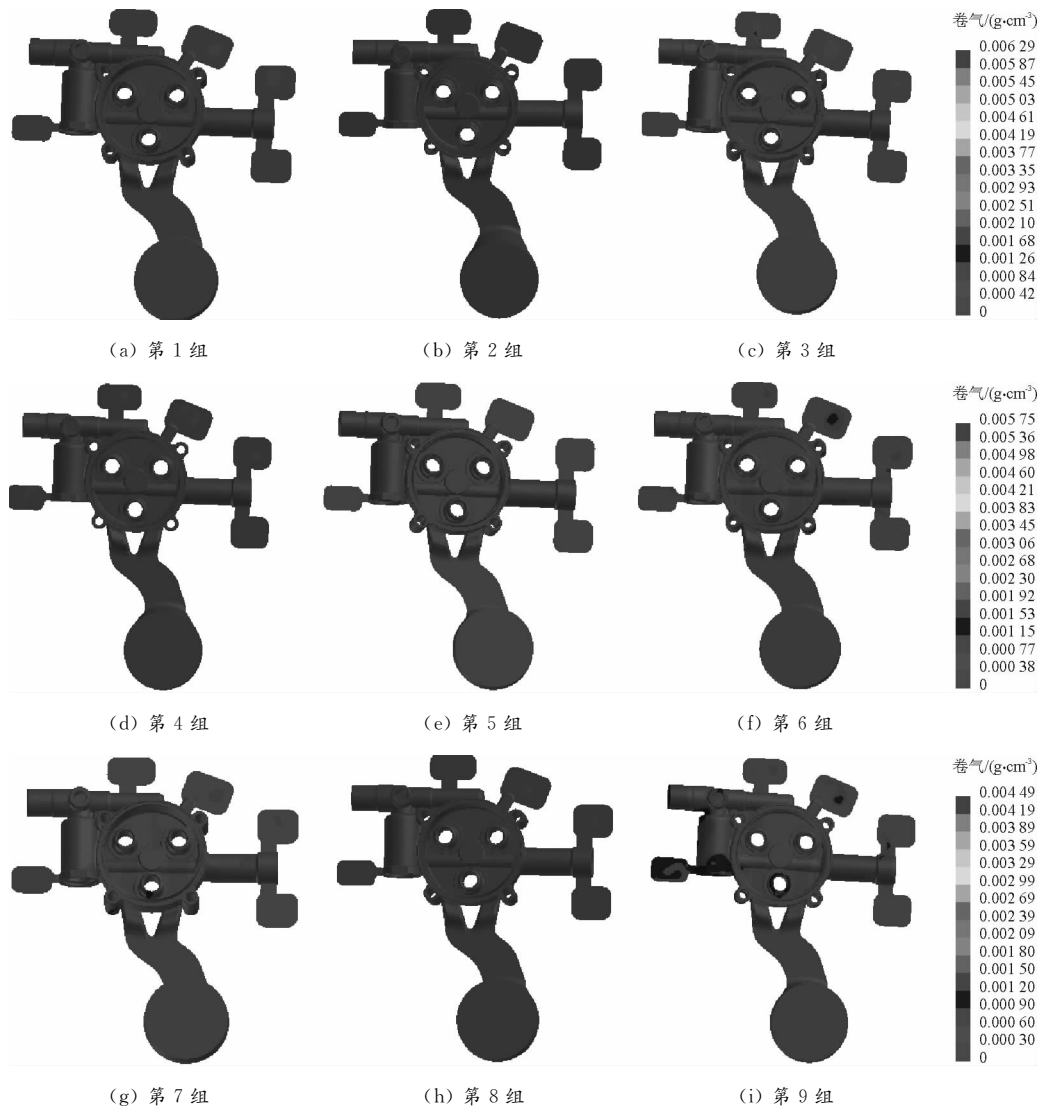


图 4 卷气分布图

Fig.4 Schematic diagram of air entrainment

都为 670 ℃,金属液中卷入了大量的气体。速度为 3 m/s 时(7~9 组),铸件产生的卷气较多,其原因是充填速度较大,型腔内的气体在充填过程中没有及时排除所致。

9 组的卷气含量分别为 0.031、0.029、0.034、0.032、0.027、0.045、0.048、0.040、0.060 g。可以看出,速度对卷气的影响最大,浇注温度对卷气的影响次之,模具预热温度对卷气影响较少。第 2 组和第 5 组产生的卷气量较少,是较优的工艺参数。

3.3.4 凝固过程分析

铸件在 9 组参数条件下产生的缩孔缺陷分布见图

5。由图 5 可知,在 9 组工艺参数条件下,泵体都在中间壁厚的区域产生了缩孔缺陷,在凝固过程中,壁厚区域的凝固速度较慢,得不到金属液的补缩,产生了孤立的液相,最后形成了缩孔。

图 6 为 9 组工艺参数产生的缩孔体积。可以看出,压射速度为 2 m/s 时,第 1 组产生的缩孔缺陷最少,随着浇注温度和模具预热温度升高,铸件产生缩孔体积增大,这是因为铸件在凝固过程中,随着温度升高,凝固速率变慢,孤立液相区域变大,产生的缩孔缺陷变多;压射速度为 2.5 m/s 时,第 5 组产生的缩孔缺陷最少,在此压

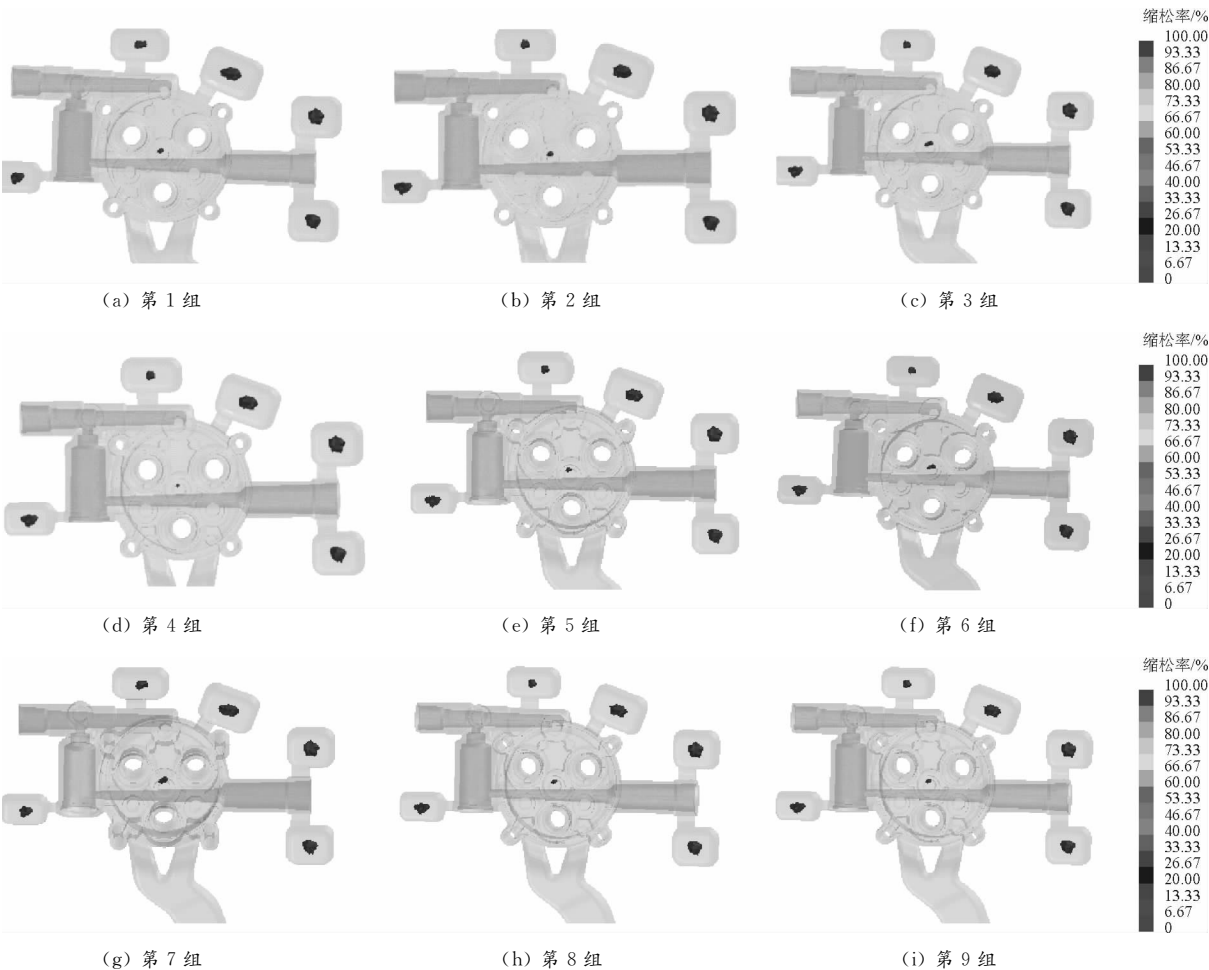


图 5 缩孔缺陷分布图

Fig.5 Schematic diagram of shrinkage holes defect

射速度下,浇注温度和模具预热温度之间通过热传递使金属液充填型腔的温度降低,铸件在凝固时温度比第 4 组温度低、凝固速率快,产生的缩孔体积小;压射速度为 3 m/s 时,第 9 组产生的缩孔体积最小,在此压射速度下,浇注温度、模具预热温度和压射速度之间产生了相互作用,导致第 9 组的凝固速率更快。

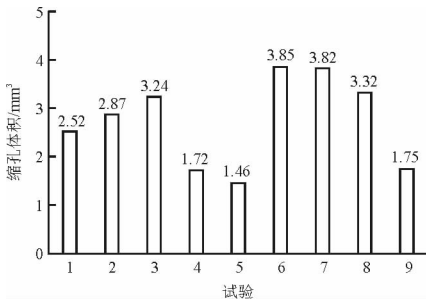


图 6 9 组工艺参数缩孔缺陷体积

Fig.6 Shrinkage defect volume of 9 groups of parameters

综上,浇注温度对铸件缩孔缺陷的影响最大,压射速度和模具预热温度影响较小,产生缩孔体积较小的是第 4 组、第 5 组、第 9 组。由产生的卷气和缩孔缺陷综合考虑,压射速度为 2.5 m/s,浇注温度为 660 ℃,模具

预热温度为 230 ℃时较好。

3.4 生产验证

采用优化的工艺参数生产的泵体铸件见图 7,铸件各孔中间无毛刺,表面光洁,无裂痕、缺料、冷隔、飞边等缺陷,对铸件进行高压性能测试,发现铸件无爆破、无泄漏,满足技术要求。

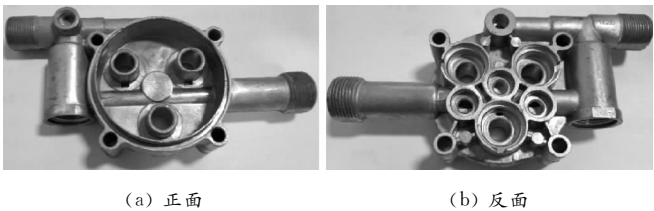


图 7 泵体铸件

Fig.7 Produced pump body by die casting with the optimized parameters

4 结 论

(1)压射速度对卷气的影响最大,浇注温度对缩孔缺陷的影响最大,当压射速度达到一定程度后,浇注温度、压射速度、模具预热温度之间会发生交互作用,缩孔

铝合金差速器壳体压铸缺陷分析及改善

廖建强¹ 管胜敏¹ 管维健¹ 黄志垣² 安肇勇²

(1.广东鸿图武汉压铸有限公司; 2.广东鸿图科技股份有限公司)

摘 要 铝合金差速器壳体是汽车传动系统的关键部件之一,其结构相对复杂,且内部品质要求较高。生产过程中,需大面积加工,因而暴露出来的内部缺陷大大增加,尤其是夹渣、气孔。为了解决缺陷带来的废品率偏高问题,通过采用数值模拟,将铝合金液充型状态与实际铸件缺陷分布位置进行对比,再对铸件结构进行剖解分析,从而优化浇注系统。通过设计合理的浇注系统从而减少缺陷,降低废品率。

关键词 差速器壳体;数值模拟;浇注系统;成形缺陷;废品率

中图分类号 TG249.2;TG146.21

文献标志码 A

DOI:10.15980/j.tzzz.2021.05.027

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Forming Defect Analysis and Improvement of a Die-casting Aluminum Alloy Differential Case

Liao Jianqiang¹, Guan Shengmin¹, Guan Weijian¹, Huang Zhiyuan², An Zhaoyong²

(1.Guangdong Hongtu Wuhan Die-casting Co., Ltd.; 2.Guangdong Hongtu Technology Co., Ltd.)

Abstract: Aluminum alloy differential case is one of the key components of automobile transmission system, which has relatively complex structure and high internal quality requirements. In the process of production and manufacture, the product was processed on a large area, taking the internal defects of the product exposed to increase greatly, such as inclusion and gas hole. In order to solve the problem of high reject rate caused by molding defects, the filling process of aluminum alloy was compared with the actual casting defect location by numerical simulation method, and then the product structure was dissected and analyzed to optimize the gating system. It is concluded that more reasonable pouring can improve the risk of process exposure and reduce the reject rate.

Key Words: Differential Housing, Numerical Simulation, Gating System, Forming Defects, Reject Rate

因铝合金密度小、强度高、耐腐蚀,在汽车零部件生产中得到广泛应用^[1]。铝合金通过合金强化,其强度明显提高,满足了离合器壳体、油底壳、差速器壳体在恶劣环境下工作的要求。同时,在节能减排的需求下,扩大铝

合金应用可以明显地减轻汽车自重^[2~4]。差速器壳体作为汽车转动系统重要的组成部分,对于汽车制造的需求量越来越多,品质要求越来越高,因此在保证产品高品质的条件下,如何降低废品率是需要解决的课题。

收稿日期:2020-09-24;修改稿收到日期:2020-10-30

第一作者简介:廖建强,男,1993 年出生,工程师,武汉(430200),E-mail:jianqiang.liao@ght-china.com

通信作者:安肇勇,男,1981 年出生,高级工程师,广东高要(526108),E-mail:anzhaoyong@163.com

引用格式:廖建强,管胜敏,管维健,等. 铝合金差速器壳体压铸缺陷分析及改善[J]. 特种铸造及有色合金, 2021, 41(5):648-652.

LIAO J Q, GUAN S M, GUAN W J, et al. Forming defect analysis and improvement of a die-casting aluminum alloy differential case[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2021, 41(5):648-652.

缺陷会随着浇注温度的升高而变少。

(2)压射速度为 2.5 m/s、浇注温度为 660 ℃、模具预热温度为 230 ℃时,生产的 ADC12 泵体铸件表面光洁,无裂痕、缺料、冷隔、飞边等缺陷,对铸件进行高压性能测试,发现铸件无爆破、无泄漏,满足技术要求。

参 考 文 献

[1] KWON H J, KWON H K. Computer aided engineering (CAE) simulation for the design optimization of gate system on high pressure die casting (HPDC) process[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2018: S0736584517300650.

[2] 宋政懿,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] 王鹏翔,殷国富. 压铸模具设计师手册[M]. 北京:机械工业出版社, 2008.

[4] 张国强,赵占西. 壳体压铸工艺设计及优化[J].铸造, 2020, 69(5): 501-505.

[5] 黄勇,黄尧. 压铸模具设计实用教程[M]. 北京:机械工业出版社, 2011.

[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.

(编辑:张正贺)