

文章编号:1673-9981(2018)04-0297-06

汽车壳体零件压铸工艺的优化设计

秦新宇,朱锐祥

合肥工业大学材料与工程学院,安徽 合肥 230009



摘 要:试验试样为汽车发动机外壳,壳体所用材料为 ADC12(AlSi9Cu3),此壳体的铸造方式为压铸.基于铸造工艺设计原理和压铸凝固过程数值分析理论,用 Anycasting 模拟软件对试样铸造浇铸过程进行模拟分析,并对外壳进行铸造仿真.通过仿真数据进行正交试验,研究浇铸温度、压射速度、模具温度对铸件压铸工艺的影响,最终得出的最佳工艺参数为浇铸温度 700 ℃、压射速度 3 m/s 及模具温度 220 ℃.该研究对实际生产具有指导意义,可改善汽车发动机壳体的质量.

关键词:铝合金;压铸工艺;仿真优化

中图分类号: TG249.2 文献标识码: A

由于铝合金汽车零件具有重量轻、硬度高的特点,可以实现汽车的轻量化,越来越多的铝合金压铸件已应用于汽车行业中.在高质量压铸件生产中除了需要先进的设备和压铸材料外,压铸过程中影响因素的控制也十分重要.在压铸生产的整个过程中有许多因素会影响铸件的质量,如浇铸温度、压铸速度、模具温度、填充压力和保持时间、注射压力和保留时间等,其中三个关键因素—浇铸温度、压铸机的注射速度和模具再加热温度对铸件的充型率影响最

大.通过对汽车发动机的壳体零配件的研究,旨在揭示壳体零件的压铸规律.对于类似的壳体压铸成型,具有工业参考价值.

1 铸件浇注系统设计

1.1 铸件结构

用于外壳的材料为铝合金(代号为 ADC12),其组成成分列于表 1.

表 1 ADC12 的化学成分
Table 1 Chemical composition of ADC12

成分	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Pb	Al
含量 w/%	10.516	0.661	1.981	0.145	0.176	0.549	0.078	0.03	余量

外壳的三维模型如图 1 所示.从图 1 可以看出:压铸件的形状相对复杂,壁厚不均匀.从整体分析来看:压铸件的最大长度为 275 mm,最大宽度为 185 mm,最大高度为 105 mm;压铸件的最大厚度为 10 mm,最小厚度为 3 mm,平均壁厚为 5 mm;压铸体积为 586 794 mm³,质量为 1 584 g.从图 1 中还可以看出,压铸件有两个突出部分,突出部分的壁厚在填充过程中可能会出现基底和气孔等缺陷^[1].

1.2 浇注系统的设计

1.2.1 浇口设计

由于铸件的形状复杂,可以选择两个较薄的内浇口.根据内浇口厚度一般不超过连接压铸件壁厚一半的原则,铸件浇口的厚度设计为 2.5 mm.根据铸件的形状,最终确定了两个内浇口,浇口的尺寸分别为 105 mm×2.5 mm 和 30 mm×2.5 mm.浇口

收稿日期:2018-08-17
作者简介:秦新宇(1993-),男,安徽合肥人,硕士研究生,研究方向为数字化精密成型.

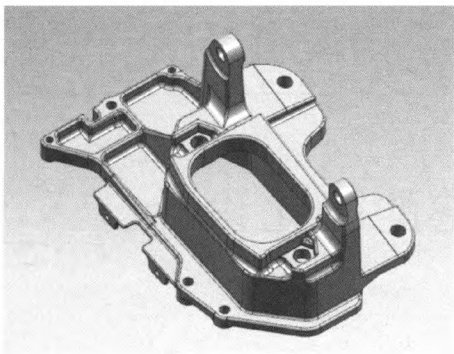


图1 外壳结构示意图
Fig. 1 Schematic diagram of the outer casing

是传动压力的主要部分,浇口结构的设计与选择生产的压铸件类型有关^[2]. 试验所选择的压铸机型号是UBE350,冲头直径为75 mm. 流道直径为28 mm.

1.2.2 浇道及排溢系统的设计

铸件的直浇道、横浇道及内浇道如图2所示. 在各浇道设计完成后对铸件进行溢流槽的设计,溢流槽尺寸为长40 mm、宽25 mm和厚12 mm. 另外,由

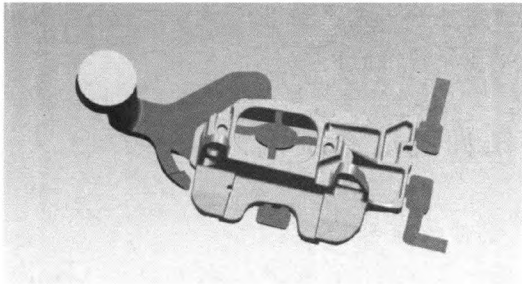


图2 浇注系统示意图
Fig. 2 Schematic diagram of the pouring system

于铸件的特殊结构,在中间设置椭圆形溢流槽,其长轴为55 mm、短轴为35 mm、厚度为12 mm. 图3为溢流槽的二维图.

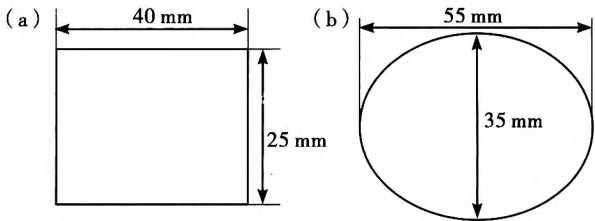


图3 溢流槽的二维图
(a)侧面;(b)顶部
Fig. 3 2D view of the overflow trough
(a) side;(b) top

2 铸造仿真及优化

在确定浇铸系统及排溢系统后,使用 Anycasting 模拟软件对铸造浇铸过程进行软件模拟分析.

2.1 分析模拟

将后缀 igs 格式的文件导入 Anycasting 模拟软件中,同时对零件进行网格划分. 网格的大小设置为1,所画出的体网格数在六万左右. 将铸造工艺参数中铸件材料设置为 AlSi9Cu3,模具材料设置为 45 号钢,浇铸温度选择 640 ℃,注射速度设置为2 m/s,模具温度选择 220 ℃. 设置基本参数后,启动模拟过程^[3]. 填充结果如图4所示. 从图4可以发现,铸件充型过程平稳,未出现紊流等现象.

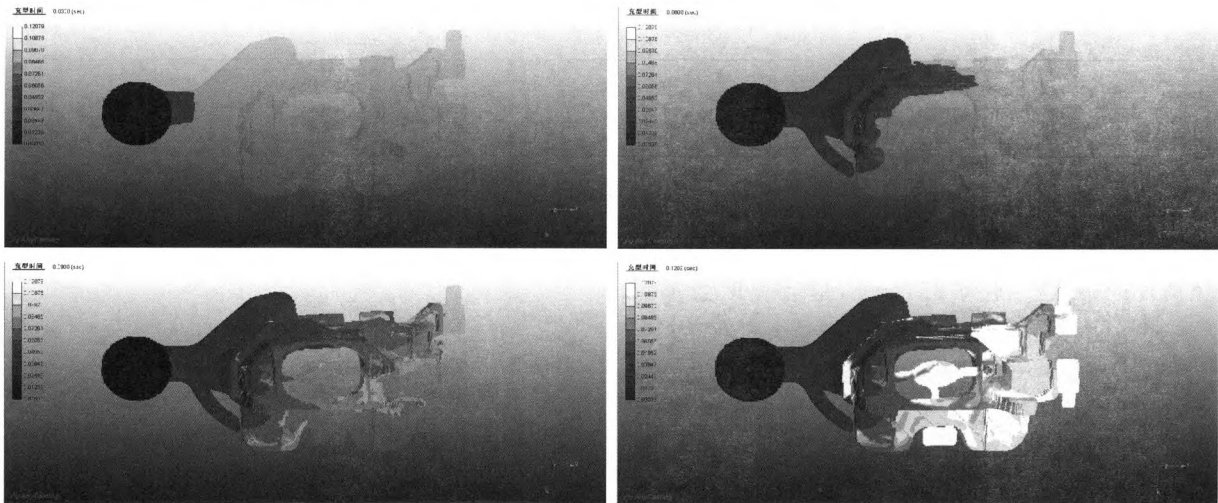


图4 铸造过程示意图
Fig. 4 Schematic diagram of the casting process

图 5 为铸件收缩量.从图 5 可以看出,铸件整体收缩体积不大,但下部凸边处仍有一定的缩孔(图中圆圈部分).因此,可以在此处加入溢流槽,以达到改善收缩腔的目的^[4].

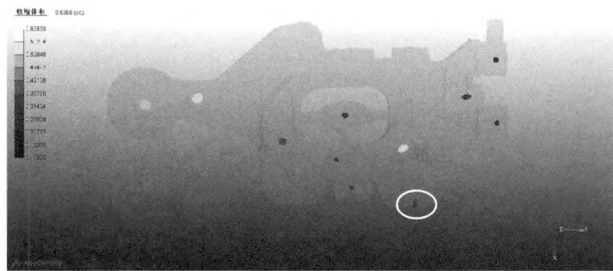


图 5 铸件收缩量
Fig. 5 Casting shrinkage

2.2 浇注系统的优化设计

对于图 5 圆圈中的收缩孔缺陷,可以在原始铸造系统中添加两个溢流槽,通过该方法对铸造浇

注系统进行改进.优化后的铸造工艺浇注系统如图 6 所示.

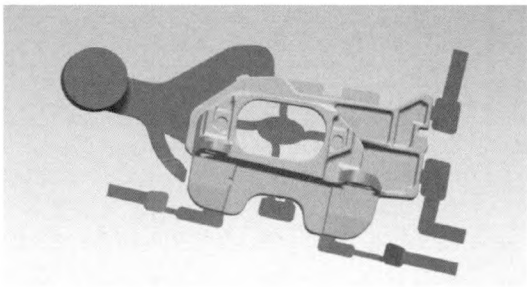


图 6 优化后的浇注系统示意图
Fig. 6 Schematic diagram of the optimized pouring system

在优化铸造系统之后,再次进行模拟.优化前后铸件的最终收缩率如图 7 所示.从图 7 可以看出,优化后原始圆圈中的缺陷基本消除,上面圆圈内铸件的最大缺陷也从原来的 0.635 cm³减小到 0.478 cm³.

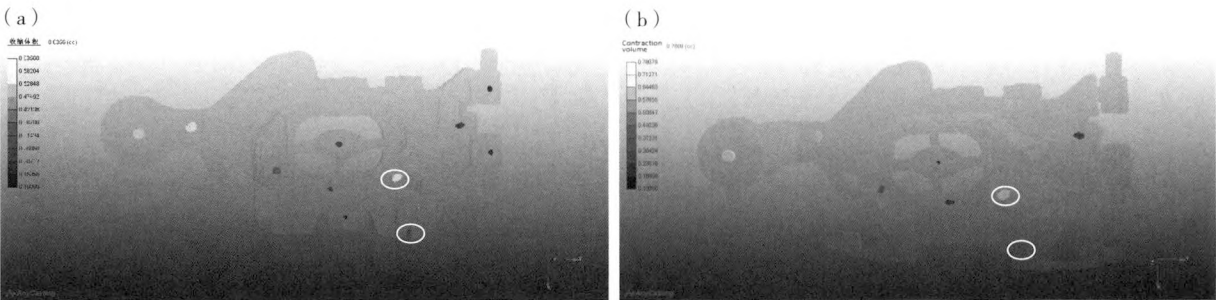


图 7 优化前后铸件的最终收缩示意图
(a)优化前;(b)优化后
Fig. 7 Schematic diagram of the final shrinkage of the casting before and after optimization
(a)before optimization;(b) after optimization

3 壳体压铸工艺参数的正交试验

3.1 确定正交试验的水平因素

用铸件的收缩体积作为正交试验的指标.在众多因素中选择关键的影响因素,铸造温度、注射速度和模具温度作为模拟研究对象.各因子水平列于表 2,表 3 为实验设计所选择的 L9 正交实验表.

3.2 测试结果和数据分析

重点研究每组仿真结果中的铸造缺陷量,并将其作为主要测试指标.检查指数的值越小,铸件的质量越好.通过分析每组的试验结果并选择缺陷体积,每组在同一位置选择 8 个节点,如表 4 所示.

表 2 实验因子表
Table 2 Experimental factor table

序号	因素		
	浇注温度/℃	注射速度/(m·s ⁻¹)	模具温度/℃
	A	B	C
1	640	2	220
2	670	3	240
3	700	4	260

表 3 正交实验表
Table 3 Orthogonal test table

测试组	水平		
	A	B	C
L1	1	1	1
L2	1	2	2
L3	1	3	3
L4	2	1	2
L5	2	2	3
L6	2	3	1
L7	3	1	3
L8	3	2	1
L9	3	3	2

表 4 各节点收缩量
Table 4 Shrinkage of each node cm³

节点	测试组								
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9
1	0.384	0.475	0.550	0.410	0.421	0.343	0.418	0.303	0.354
2	0.064	0.079	0.091	0.082	0.073	0.052	0.104	0.089	0.088
3	0.027	0.038	0.183	0.031	0.097	0.013	0.053	0.043	0.102
4	0.128	0.158	0.201	0.171	0.194	0.149	0.208	0.177	0.179
5	0.104	0.083	0.043	0.012	0.010	0.009	0.003	0.005	0.004
6	0.448	0.792	0.917	0.821	0.678	0.748	0.627	0.709	0.713
7	0.256	0.237	0.275	0.162	0.213	0.183	0.198	0.163	0.177
8	0.192	0.204	0.153	0.041	0.031	0.075	0.113	0.074	0.097
总计	1.603	2.066	2.413	1.730	1.717	1.572	1.724	1.563	1.714

通过正交试验模拟的结果(表 4)发现,第八组的模拟结果最小,第八组试验模拟参数为铸造温度 700 ℃、注射速度 3 m/s、模具温度 220 ℃.

为了得到最优参数方案,有必要进行范围计算分析和每组仿真结果的每个因子水平的平均值计算. 计算结果列于表 5.

通过对铸件模拟结果的统计分析和极差的分析结果(表 5)可以发现,在三个选定的影响因素中,模具温度对压铸过程中铸件质量的影响最大. 基于上述实验数据和所有分析结果可以发现,A3B2C1 方案是最佳的工艺方案. 从 Mean3 中发现,模具温度对浇铸温度和注射速度也有影响^[6]. 对于水平因子

表 5 正交试验分析结果和范围
Table 5 Orthogonal test analysis results and range

测试组	水平			测试 结果/cm ³
	A	B	C	
L1	1	1	1	1.603
L2	1	2	2	2.066
L3	1	3	3	2.413
L4	2	1	2	1.730
L5	2	2	3	1.717
L6	2	3	1	1.572

续表 5				
测试组	水平			测试 结果/cm ³
	A	B	C	
L7	3	1	3	1.724
L8	3	2	1	1.563
L9	3	3	2	1.714
Mean1	2.027	1.686	1.579	—
Mean2	1.673	1.782	1.837	—
Mean3	1.667	1.900	1.951	—
极差	0.360	0.214	0.372	—

C 来说,有必要考虑继续降低模具温度是否可以使铸造缺陷体积得到进一步改善. 因此选择铸造温度 700 ℃、注射速度 3 m/s 和模具温度 200 ℃条件下进行模拟,最后计算出 8 个节点的缺陷总体积为 1.728 cm³. 由此可知,继续降低模具温度无法起到减小缺陷的作用. 因此,可以确定铸造温度 700 ℃、注射速度 3 m/s 和模具温度 220 ℃的方案是最佳的处理方案.

按最佳方案进行模拟填充,铸造浇注过程如图 8 所示. 从图 8 可以看出,在铸造温度 720 ℃、注射速度 3 m/s 和模具温度 220 ℃条件下,铸件的充型过程平稳、冷却过程温度场的分布合理.

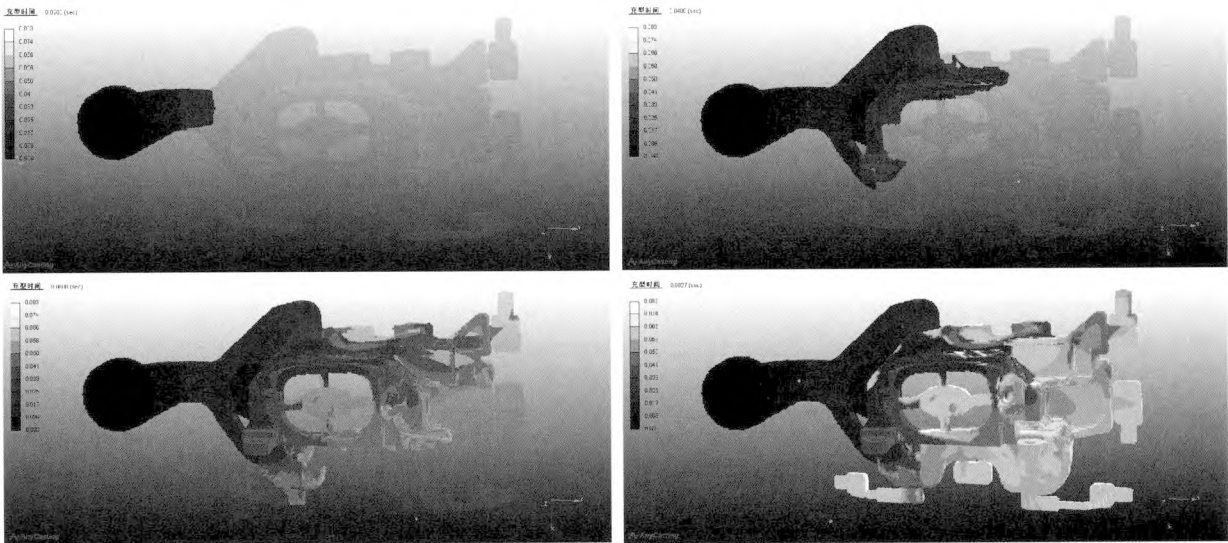


图 8 铸造过程
Fig. 8 Casting process

图 9 为缺陷结果分布图. 从图 9 可看出,在最佳工艺条件下铸件出现缺陷的面积有所缩小,缺陷主要集中在直浇道的白色部位. 由此可知,在最终确定的最优工艺参数组合的条件下,铸件壳体的质量得到改善.



图 9 铸造缺陷的分布
Fig. 9 Distribution of casting defects

4 结 论

- (1)用 Anycasting 模拟仿真技术,对壳体结构进行了分析. 结合设计准则及经验设计出一种浇注系统,再对浇注系统进行模拟并就模拟结果进行优化,以铸件缺陷情况确定选择最适合该壳体生产的浇注系统.
- (2)确定所选取的壳体压铸工艺主要影响因素的浇铸温度、压射速度及模具温度,最终确定最优的参数组合为浇铸温度 700 ℃、压射速度 3 m/s、模具温度 220 ℃,并在该工艺条件下进行模拟,统计缺陷体积为 1.563 cm³,表明铸件质量得到明显改善.

参考文献:

- [1] MEENA A, MANSORI M E. Correlative thermal methodology for castability simulation of ductile iron in ADI production [J]. Journal of Materials Processing Tech, 2012, 212(11): 2484-2495.
- [2] HU M Y, CAI J J, SUN W L, et al. Die casting simulation and process optimization of an A356 aluminum alloy polishing plate [J]. International Journal of Metalcasting, 2016, 10(3): 315-321.
- [3] QIN Xinyu, SU Yong, ZHU Ruixiang. Optimal design for the casting process of the lower case of gearbox [J]. Advances in Intelligent Systems Research, 2017, 154(6): 472-476.
- [4] JEONG S I, JIN C K, SEO H Y, et al. Mold structure design and casting simulation of the high-pressure die casting for aluminum automotive clutch housing manufacturing [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2016, 84(5-8): 1561-1572.
- [5] PARK J Y, KIM E S, PARK Y H, et al. Optimization of casting design for automobile transmission gear housing by 3D filling and solidification simulation in local squeeze diecasting process [J]. Korean Journal of Materials Research, 2006, 16 (11): 668-675.
- [6] HU B H, TONG K K, NIU X P, et al. Design and optimisation of runner and gating systems for the die casting of thin-walled magnesium telecommunication parts through numerical simulation [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2000, 105 (1): 128-133.

Optimization design of die casting process for automotive housing parts

QIN Xinyu, ZHU Ruixiang

School of Materials Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China

Abstract: The test specimen is an automobile engine casing, and the material used for the casing is ADC12 (AlSi9Cu3). The casting method of this casing is die casting. Based on the design principle of casting process and the numerical analysis theory of die-casting solidification process, the casting simulation software Anycasting was used to simulate the sample and simulate the casting of the shell. Through the orthogonal test of the simulation data, the effects of casting temperature, injection speed and mold temperature on the die casting process of the casting were studied. The optimal process parameters were the casting temperature of 700 °C, the injection speed of 3 m/s and the mold temperature of 220 °C. The study is instructive to actual production and can improve the quality of automobile engine casing.

Key words: aluminum alloy; die casting process; simulation optimization