● 特种铸造 Special Casting ●
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.10.010

基于 MAGMASOFT 的节气门铝壳体压铸方案的优化与应用

侯小华
(广东文灿模具有限公司,广东 佛山 528241)

摘　要:借助 MAGMASOFT 的 DOE 功能,在 ETC 节气门铝壳体铸件开发前期,进行不同浇注方案和多种工艺参数模拟分析对比与优化,以此选择最优方案。结果表明,减少了开发周期,保证了该零件一次试模成功性,并顺利实现量产。

关键词:ETC 节气门铝壳体铸件;压铸工艺;数值模拟;分析对比与优化

中图分类号:TG249　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)10-0877-04

Optimum and Application of Die Cast ETC Aluminum Housing Based on MAGMASOFT

HOU Xiaohua
(Guangdong Wencan Mould Co., Ltd., Foshan 528241, China)

Abstract: With the aid of MAGMASOFT's DOE function, different injection pouring schemes and various process parameters were compared and optimized at the early stage of ETC throttle aluminum shell casting, so as to select the optimal scheme. The successful production of the first trial die cast ETC aluminum throttle housing casting was guaranteed, the success of the mold test is guaranteed, and the mass production is realized smoothly.

Key words: ETC throttle housing casting; die casting process; numerical simulation; analysis and comparison and optimization

汽车行业随着节能减排与智能化的不断发展;因此设计了电子节气门系统 (Electronic Throttle Control System 简称 ETC),已是当前汽车发动机系统中不可或缺的重要组成部分,它通过控制发动机的进气流量,决定着发动机的运行工况,保证车辆最佳的动力性和燃油经济性,以此进一步控制排放要求。可以预见,电子节气门作为先进车辆控制与安全系统的关键技术之一,必将与其他先进汽车控制技术一样具有良好的应用前景。

ETC 节气门铝壳体铸件作为电子节气门系统中极其重要的组件之一,影响其系统的可行性和工作的稳定性。本文作者通过借助 MAGMASOFT 的 DOE(Design of Experiment 实验设计)功能,在 ETC 节气门铝壳体铸件前期,进行不同浇注方案和多种工艺参数模拟分析对比与优化,以此选择最优方案,从而减少开发周期,并保证此产品一次试模成功性和顺利量产与交付。

收稿日期:2021-04-14

作者简介:侯小华(1976—),陕西勉县人,工程师.主要从事汽车压铸模具设计、加工、压铸生产工艺方面的工作.
电话:13690157285

1　产品结构分析与技术要求

ETC 节气门铝壳体的压铸材料牌号为 AlSi12Cu1Fe,其最大外形轮廓尺寸为 111 mm×109 mm×84 mm,此铸件平均厚度为 4 mm,最大壁厚处的厚度为 13 mm,产品总体结构较为复杂,孤立高筋位较多,不利于铝液的有序充填;部分位置壁厚相差较大,薄壁区域就会出现先凝固成固相状态的现象,这就相当于将合金液分割成许多小的封闭区域,从而在厚壁处形成孤立液相区,当这些孤立液相区内的金属液凝固收缩过程得不到补充时,内部就会出现缩孔缩松缺陷问题[4]。

由于 ETC 节气门铝壳体铸件工作环境较为复杂,需做抛丸处理,以强化铸件的表面质量,提高其抗腐蚀能力;产品的配合安装位置有较高的形位公差与尺寸公差要求;需保证在测漏压力 3×10^5 Pa 时的泄漏量小于等于 3 mL/min,且产品局部区域的气缩孔直径不允许超过 0.7 mm,总数不超过 5 个,间距不小于 10 mm,同时不超过总面积的 10%;因此,对于此压铸件,需要有很高的铸造工艺设计要求,以保证铸件内部质量能达到客户的验收标准;其产品

图 1 铝合金 ETC 节气门壳体铸件三维结构图
Fig.1 3D Structure of ETC aluminum housing

结构示意如图 1。

2 产品压铸方案与工艺参数设计

2.1 产品压铸方案设计

压铸生产技术中极为重要的压铸浇道设计环节，是决定压铸件质量、压铸生产效率、模具寿命、压铸件的切边和清理、压铸合金的重熔率、压铸机功率效能等方面都有着深远的影响；因此，设计合理的浇道位置、浇口厚度与大小、浇口数量是保证压铸质量合格的关键[1]；从产品结构特点与工艺设计经验分析来看，该 ETC 节气门铝壳体铸件适合设计进料口的位置有 3 处；因此，将设计 3 种不同的压射方案方案，从理论的填充路径和流动距离来看，不同的浇注方案会产生不同的填充效果，所以需基于 MAGMA 模拟软件的结果进行对比分析验证。

2.1.1 压射方案一

方案一浇道数量设计为双股，分别设计在电机安装位与阀板安装位的侧壁区域，选用直径为 60 mm 的压射冲头，压射速度比为 1:14；此浇注方案的优点在于金属液的流程相对较短，对充填过程中的温度降低值影响较小[2]；设计 3 股流道，有利于压力的传递与金属液的补缩，对减少后期生产过程中出现缩孔缺陷风险有一定的正面作用；其缺点是由于产品分型与结构原因，浇道必须设计有一定的台阶位与薄壁区域，这些位置在后期的充填过程中容易出现包卷气体的现象，并将气体带入型腔，后期残留在产品中的可能性较大；另外，此产品电机安装位不加工，浇口设计在此处，容易直接冲刷内壁型芯，且浇口位置温度较高，容易导致电机安装位置出现拉模、冲蚀的缺陷；且浇口位置不加工，对于后期压铸件的切边与清理都有一定的负面影响；

2.1.2 浇注方案二

方案二浇道数量设计为一股，位置设计在阀板安装位的侧面圆孔区域，选用直径为 60 mm 的压射冲头，压射速度比为 1:30；此浇注方案的优点是浇道可以设计的比较圆滑过渡，有利于金属液的充填与减少充填过程中包卷气体的现象，减少浇道带入的气体导致的缺陷；浇口设计在加工面位置，可以减少压铸件切边和清理的工作量，降低生产成本；单股浇道，可以防止多股金属液进入型腔后相互冲击造成涡流、卷气、氧化的现象；其缺点是对于浇道远端的热节位置的补缩作用基本缺失，需考虑其他的辅助补缩方案；且金属液的流程相对较长，对充填过程中的金属液温度有一定的负面影响，局部位置可能出现冷料缺陷。

2.1.3 浇注方案三

方案三浇道数量设计为一股，位置在阀板安装位的侧面圆孔区域，选用直径为 60 mm 的压射冲头，压射速度比为 1:30；此浇道的优点是浇道设计在加工面位置，可以减少压铸机切边与清理的工作量，降低生产成本，浇道设计为直线充填的样式，可以使铝液充填行程减少，铝液的温度损失量减少；冲头与

(a)方案一　(b)方案二　(c)方案三

图 2 压射方案
Fig.2 Injection scheme

浇道距离短,可以保证冲头压力的有效传递;其缺点是后期生产调节参数的灵活性较差,无法通过调整压铸参数改善产品质量。

2.2　产品工艺参数方案设计

根据对 ETC 节气门铝壳体铸件的结构分析与质量要求，此产品选用 350T 压铸机，一模一腔设计,铸造压力设置为 100 MPa,保证有足够的补缩效率，减少后期缩孔缺陷的出现；浇注温度设计为 660~680 ℃,动定模芯预热至 180~200 ℃;充填时低速设置为 0.25 m/s,高速速度设置为 3 m/s,高速切换点分别测试 340 mm 与 350 mm 两个位置，以此确定出金属液最平稳的充填状态和最少涡流与卷气的现象[3];同时采用线冷加点冷的温控系统,保证模具的热平衡状态良好。

3　一键式导入的数值模拟与对比分析

铸件的充填与凝固过程控制对压铸件的质量有着决定性影响,但由于这两个过程在生产过程中都是在密闭不可见的型腔中完成,无法直接或间接观测与分析，因此前期的数值模拟就尤为重要;通过使用迈格码 DOE 功能，一键式导入上述 3 种压射方案与 2 个测试高速切换位置,一次性计算出多种方案,最快速预测出缺陷位置,找出最佳方案,提升产品内部质量,减少开发周期,降低生产成本。

3.1　充填过程模拟与分析

如图 3 所示,(a) 第一排模拟结果为充型时间,前 3 个方案的高速切换位置为 340 mm，充型时间短,后 3 个方案的高速切换位置为 350 mm,充型时间长，同时亮色位置为 3 种压射方案最后充型的位置;(b)第二排结果为最大气压结果,模拟结果亮色处为高气压位置,气孔风险大[7]。通过对比发现,方案二与方案二第 5 图气压值相对较低，气孔风险相对较小;(c)第三排结果为充型卷气结果,模拟结果亮色位置含气量高，泄露风险性大。通过对比发现,方案二与方案二第 5 图卷气值相对较低,泄露风险相对较小。

综合充型过程模拟结果分析，方案二与方案五的气压与卷气相对较低，而方案二高速切换位置靠前,充型时间短,所以整体成型性良好。

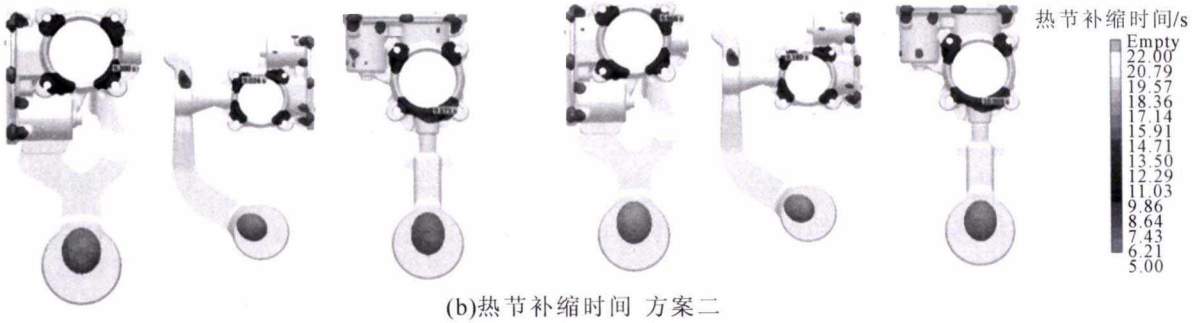
3.2　凝固过程模拟与分析

如图 4 所示,(a)第一排结果为凝固温度场。模拟结果显示，方案三与方案三第 6 图的内浇道凝固时间最长,压力补缩时间最长;方案一与方案一第 4 图次之,压力补缩时间居中;方案二与方案二第 5 图的内浇道凝固时间最短,压力补缩时间也是最短的;(b)第二排结果为热节有效补缩时间,模拟结果亮色

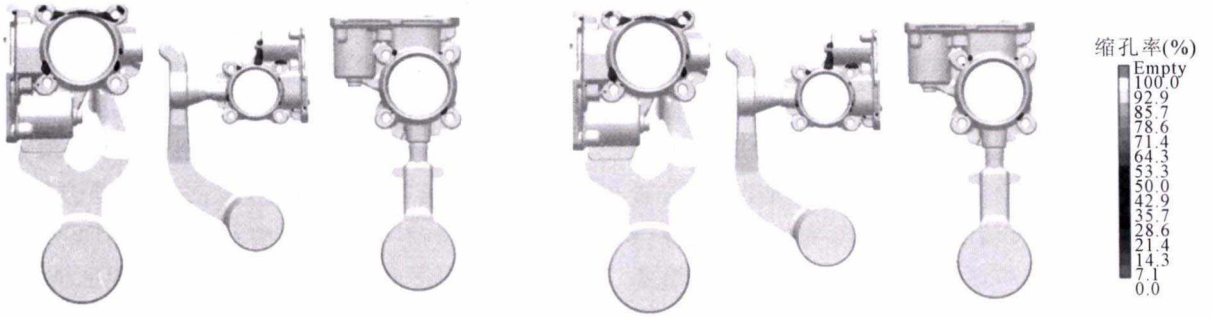
图 3　模拟的充型结果及分析

Fig.3　Analysis and comparison of simulated filling results

(a)凝固温度场 方案三



(b)热节补缩时间 方案二



(c)缩孔情况 方案一

图 4 模拟的凝固结果及分析

Fig.4 Analysis and comparison of simulated solidification results

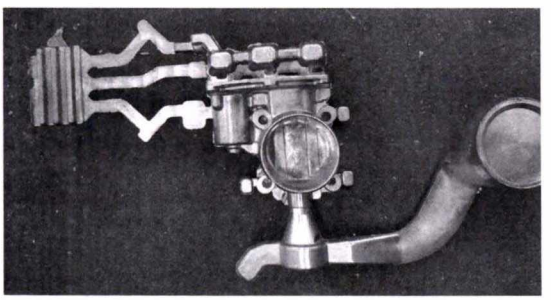


图 5 带压射系统的铝合金 ETC 节气门铝壳体铸件实物图

Fig.5 The ETC aluminum housing casting with injection system taken from the die

处为产品热节位置，也就是产品结构相对厚大，最后凝固的位置。方案一第 4 图，方案二第 5 图热节位置基本相同。方案三与方案三第 6 图内浇道相对较厚，所以将内浇口处两个热节连接一起，热节增大；(c)第三排结果为缩孔结果，因为压力补缩的原因，方案三与方案三第 6 图的缩孔状态最小，其余 4个方案的缩孔基本相差不大，比较下来，方案二与方案二第 5 图相对较小些。

综合凝固过程模拟结果分析，方案三与方案六的缩孔最小，但其内浇道处热节最大，方案二与方案五的热节与缩孔结果相对更优。

4 生产验证

综合模拟分析，采用浇注方案二进行生产，图 5 为完成压铸循环从压铸模取出的带压射系统的铝合金 ETC 节气门壳体铸件；通过对产品的检测与 X 光探伤，铸件未出现超出客户质量要求的气孔与缩孔缺陷；也通过了侧漏要求，未出现泄漏情况；铸件表面光亮，无明显的冷料、浇不足的缺陷出现，整体效果完全满足客户的质量检测要求，顺利量产。

参考文献：

[1] 北京无线电工具设备厂，群英铸造厂，压铸浇口技术[M]. 北京：国防工业出版社，1976.

[2] 潘宪曾，黄乃瑜. 压力铸造与金属型铸造模具设计[M]. 北京：电子工业出版社，2007.

[3] 卢宏远. 压铸技术与生产[M]. 北京：机械工业出版社，2008.

[4] 李清利. 压铸新工艺新技术及其模具创新设计实用手册 [M].北京：世界知识音像出版社，2005.

[5] 陶永亮. 模具制造新理念[J]. 模具制造，2012(3)：1-4.

[6] 吴春苗. 压铸实用技术[M]. 广州：广东科技出版社，2003.

[7] 吴雄喜. 汽车变速箱壳体压铸缺陷的仿真分析 [J]. 特种铸造及有色金属，2013，36(11)：1029-1031.