DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.02.015

基于 AnyCasting 的铝合金弹底转座压铸工艺参数优化

彭曼绮[1],程　凯[2],李成信[2],曾华成[2],陈　曦[2],陈颖琳[2],朱春明[2],谷成渝[2]

袁　林[2],谢洪权[3],周志明[1,4]

(1. 重庆理工大学 材料科学与工程学院,重庆 400054; 2. 重庆长安工业(集团)有限责任公司,重庆 401120; 3. 重庆渝江压铸有限公司,重庆 404000; 4. 江苏祥和电子科技有限公司,江苏 徐州 221214)

摘　要:结合铸造生产实际,合理设计了铸件的结构。采用 AnyCasting 数值模拟软件,用正交试验方法分析了铝合金弹底转座压铸工艺过程中浇注温度、充型速度以及模具预热温度对铸件质量的影响规律。结果表明,模具预热温度对铸件质量的影响最大,浇注温度次之,充型速度最小,最优的工艺参数是浇注温度为 650 ℃、充型速度为 0.25 m/s 和模具预热温度为 180 ℃。同时,在最优工艺参数的基础上,结合实物验证了模拟的可靠性,并观察了铸造铝合金的微观组织。

关键词:压力铸造;正交试验;AnyCasting;微观组织

中图分类号:TG249.2; TP311　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)02-0153-04

Technological Parameters Optimization of Die Casting of Aluminum Alloy Projectile Base Rotor Based on the AnyCasting

PENG Manqi[1], CHENG Kai[2], LI Chengxin[2], ZENG Huacheng[2], CHEN Xi[2], CHEN Yinglin[2], ZHU Chunming[2], GU Chengyu[2], YUAN Lin[2], XIE Hongquan[3], ZHOU Zhiming[1,4]

(1. School of Material Science and Engineering, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China; 2. Chongqing Changan Industry (Group) Co., Ltd., Chongqing 401120, China; 3. Chongqing Yujiang Die-Casting Co., Ltd., Chongqing 404000, China; 4. Jiangsu Xianghe Electronic Technology Co., Ltd., Xuzhou 221214, China)

Abstract: According to the practice of casting production, the casting structure was designed reasonably. By using AnyCasting numerical simulation software, the influence of casting temperature, filling speed and preheating temperature on casting quality was analyzed by orthogonal test. The results show that the preheating temperature of the mold have the greatest influence on the casting quality, followed by the pouring temperature, and the filling speed is the smallest. The optimal process parameters are the pouring temperature of 650 ℃, the filling speed of 0.25 m/s and the preheating temperature of the mold of 180 ℃. At the same time, on the basis of the optimal process parameters, the reliability of the simulation is verified by combining with the real object, and the microstructure of the cast aluminum alloy is observed.

Key words: die casting; orthogonal experiment; anycasting; microstructure

随着科技的进步和人们对环境的认识,通过增雨弹作为人工降雨工具改变气象环境被广泛应用于民用方面,但是人工增雨防雹弹在工作时常会发生哑弹、炸膛和爆炸后破片过大等问题。为减少人雨作业事故的发生,需设计一款引信作用可靠性极高的人雨防雹弹。由于压铸具有高压高速的特点,被广泛应用于制造业中[1-5]。早前,常通过工作人员长期工作积累的"经验法"和多次试模法来确定产品最优结构和工艺参数,从而保证铸件设计的质量,这样既增加了成本又延长了制造周期。近年来,借助计算机模拟和可视化技术对压铸工艺过程进行模拟仿真得到了广泛的应用[6-9]。采用 AnyCasting 软件可直观研究铸件的充型过程、充型时间、凝固顺序以及可能产生的缺陷尺寸和位置,从而获得合理的工艺参数和铸件结构。本文以 37 mm 口径人工增雨防雹弹的弹底

收稿日期:2019-10-16

基金项目:重庆市技术创新与应用产业类项目 cstc2019jscx-fxyd0196、cstc2019jscx-zdztzx0034、cstc2019jscx-zdztzx0035、cstc2018jszx-cyzdX0058、cstc2018jszx-cyzdX0062),江苏省高层次双创人才计划(2016A359)

作者简介:彭曼绮(1996-),女,四川达州人,硕士生.研究方向:材料精密成形.电话:13452457899,E-mail:1324872221@qq.com

通讯作者:周志明(1976-),湖南双峰人,博士,教授.研究方向:材料精密成形研究.电话:023-62563178,E-mail:zhouzhiming@cqut.edu.cn

引信回转体座压铸件为例，采用正交试验法分析浇注温度、充型时间和模具预热温度3个因素对弹底转座压铸件的充型过程的影响，从而确定最优工艺参数，并进一步分析最佳工艺参数方案。

1　浇注系统设计

弹底转座压铸件的三维建模如图1，铸件尺寸为 ϕ20 mm×12 mm，结构简单，尺寸较小，在内部具有U形槽，U形槽一侧还有纵向的凹槽，具有尺寸精度高，壁厚不均匀的特点。为了提高生产效率和降低成本，本文采用如图2所示一模六件结构的生产工艺方案。根据零件的特点，铸件平放，以其顶部为分型面，型芯布置在动模一侧，采用雨淋式浇注系统，可减小液流冲击力，排气方便。铸件材料为ADC12铝合金，具有强度和韧性高的特点。模具材料为H13钢。

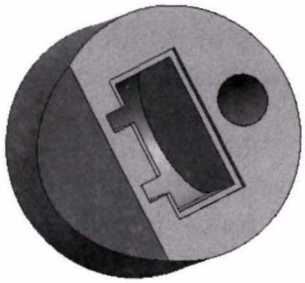


图1　弹底转座三维模型

Fig.1　3D model of projectile base rotor



图2　弹底转座的工艺方案

Fig.2　Process program of projectile base rotor

2　压铸工艺参数正交优化设计

压铸工艺参数对铸件的性能和缺陷起着关键性作用。压力铸造的工艺参数选择包括浇注温度、铸造压力、充型速度、模具预热温度、慢/快压射速度、锁模力、时间等。铸件的质量与以上每个参数都密不可分，本文主要对浇注温度、充型速度以及模具预热温度3因素进行正交试验，并以残余熔体模数为试验指标来获得最佳工艺参数，残余熔体模数是基于铸件凝固时由于温度分布不均匀所形成的孤立熔体预测缩孔缩松，拟定的正交模拟试验三因素三水平如表1。

表1 试验因素水平表

Tab.1 Level table of test factors

水平	因素		
	浇注温度/℃	充型速度/(cm/s)	模具预热温度/℃
1	650	15	180
2	660	20	200
3	670	25	220

正交模拟试验方案及结果如表2。

表2 $L^9(3^3)$正交试验结果

Tab.2 Orthogonal test results of L^9 (3^3)

实验号	浇注温度/℃	充型速度/(cm/s)	模具预热温度/℃	残余熔体模数/cm
1	650	15	180	0.976 9
2	650	20	200	0.978 7
3	650	25	220	0.980 1
4	660	15	200	0.980 8
5	660	20	220	0.981 4
6	660	25	180	0.977 9
7	670	15	220	0.981 5
8	670	20	180	0.980 6
9	670	25	200	0.980 7
K1	2.935 7	2.939 2	2.935 4	
K2	2.940 1	2.940 7	2.940 2	
K3	2.942 8	2.938 7	2.943 0	
k1	0.978 6	0.979 7	0.978 5	
k2	0.980 0	0.980 2	0.980 1	
k3	0.980 9	0.979 6	0.981 0	
极差R	0.002 3	0.000 6	0.002 5	

(1)极差分析　由表2可看出3因素的极差分别为0.002 3、0.000 6、0.002 5。模具预热温度的极差值最大，对铸件质量的影响最大，其次是浇注温度，再是充型速度。

(2)各因素对缺陷的影响　各因素对残余熔体模数的影响的变化曲线如图3。可看出：①浇注温度与残余熔体模数呈正比关系，浇注温度过高，会使得铝合金液吸气性增大，铸件晶粒粗大，同时会导致产生缩松缩孔的概率增大；②随着充型速度的增加，残余熔体模数先增加后降低，充型速度是表征铝合金液充型能力的特征量，对充型过程的影响较大；③随着模具预热温度的增加，残余熔体模数逐渐增加，模具预热温度过高，金属液冷却缓慢，晶粒会粗大，对铸件缩松缩孔的产生概率也有很大的影响，同时会使得开模时间延长，从而降低生产效率。

(3)最佳工艺参数的确定　残余熔体模数可相对客观地表现出铸件在加工工艺条件下的缺陷大小，是衡量铸件质量优劣的试验指标。根据表2，残余熔体模数越小，铸件质量越好，参数设置越为合理，则最优的工艺参数设置为：浇注温度为650 ℃，

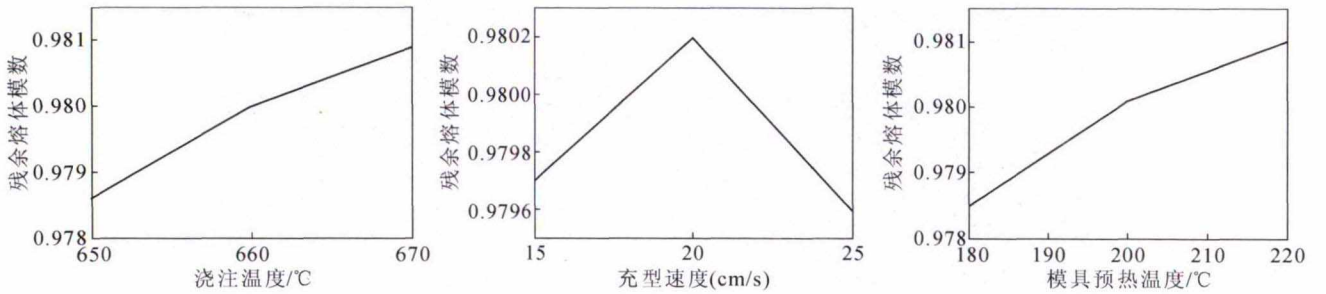


图 3 浇注温度、充型速度、模具预热温度与残余熔体模数关系

Fig.3 Relationship between pouring temperature, filling speed, mold temperature and retained melt modulus

充型速度为 0.25 m/s 和模具预热温度为 180 ℃。

3 最佳压铸工艺参数的数值模拟

根据正交试验所确定的最优工艺参数进行充型及凝固过程仿真模拟，来提高实际生产的铸件质量。图 4 为最优工艺参数下铸件充型过程的模拟仿真结果，图 4(a)显示整个充型时间为 0.135 6 s。从充型过程的流动状态可看出，整个充填过程总体来讲较为平稳，无明显飞溅现象。在充填过程中金属液沿型壁流动到达对面型腔然后折回呈现反向充填，在速度方向上出现了一定的紊乱，但由于铸件的结构特点，由紊流所造成的卷气现象可通过型芯与铸件的空隙来减小，从而减少了缩松缩孔等缺陷。从整个充型过程中可观察出，溢流槽能够起到很好的排气作用，铸件的分型面也有利于排气。

从图 4(b)可观察看到铸件的残余熔体模数为 0.76 cm，相较于正交试验下的结果，该工艺参数下模拟的铸件所出现缩松缩孔等缺陷的位置变少。图 4(c)是通过最优工艺参数设置下模拟仿真后铸件预测缩松缩孔等缺陷的位置，从图中可观察出，在铸件的厚壁处容易出现缩松缩孔，但缩松缩孔的数量在一定程度上有所减少，满足了铸件对孔隙率的要求。

4 生产验证

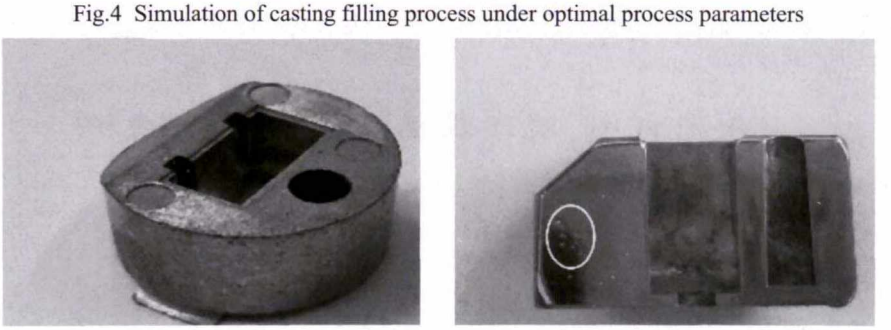
对采用最优工艺参数生产的压铸件如图 5，可以看到铸件外观光滑无明星缺陷。将产品剖开以后的截面图可以看到圆圈标记处出现了缩松缩孔缺陷，与所模拟缺陷的位置一致，主要集中在该弹底底座的厚大部位，从而验证了模拟的准确性。对所取试样进行研磨、抛光、腐蚀、清洗后，分别采用光学显微镜和扫描电子显微镜分别观察试样的显微组织如图 6 所示，铝合金的铸造组织主要由初晶树枝状 Al 相结晶及共晶 Al+Si 相结构组成，金相显观组织较为均匀。



(a)充型时间　　(b)残余熔体模数　　(c)缺陷位置

图 4 最佳工艺参数下铸件充型过程的模拟仿真

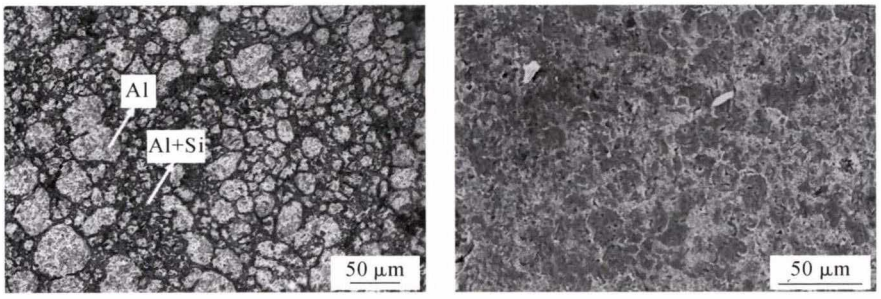
Fig.4 Simulation of casting filling process under optimal process parameters



(a)整体图　　(b)截面图

图 5 铸件和样品抛光后的实物图

Fig.5 Castings and sample after polishing



(a)光学金相显微组织　(b)扫描电镜显微组织

图 6 压铸铝合金的显微组织

Fig.6 Microstructure of die casting aluminum alloy

5 结论

(1)本文以铝合金弹底转座为例，采用 AnyCasting 模拟软件分析了铸件的充型过程，并以残余熔体模数为研究指标，利用正交试验研究出最佳工艺参数为浇注温度为 650 ℃，充型速度为 0.25 m/s 和模具预热温度为 180 ℃。

(2)对最佳工艺参数进行模拟仿真可发现，残余熔体模数在一定程度上减小，并预测了缺陷的位置。结合实际生产的铸件观察了缺陷的位置，得到与数值模拟分析预测的缺陷位置一致，证明了数值模拟的可靠性。

参考文献：

[1] 朱锐祥，秦新宇，胡南，等. ADC12 压铸铝合金成分优化的研究[J]. 材料研究与应用，2018，12(4):267-273.

[2] 侯文伟，郑宝堂. 基于 Anycasting 软件的砂型铸造模拟分析[J]. 金属加工(热加工)，2017(5):47-49.

[3] 赵嵩郢，史一凡. 不同热处理对 ADC12 压铸铝合金组织和力学性能的影响[J]. 热加工工艺，2017，46(6):230-233.

[4] 郑赐荣，丁旭，杨家财，等. 基于 AnyCasting 的铝合金壳体件铸造工艺模拟分析及优化[J]. 热加工工艺，2016，45(23):111-114.

[5] 田建立，朱晓洁，吴蕙. 基于 CAE 技术的铸钢件熔模铸造工艺优化[J]. 铸造技术，2016，37(9):2036-2038.

[6] 葛继龙，赵海东，胡启耀，等. 压铸铝合金的表层组织特征及其影响因素分析 [J]. 特种铸造及有色合金，2015，35 (11):1174-1177.

[7] 孔德佳，代兵，胡晓涛. 基于数值模拟的车用空调头盖浇注系统优化设计[J]. 模具工业，2015，41(11):12-18.

[8] 张文，张绪平，朱洪睿，等. YZ108 气缸套压力铸造工艺参数优化[J]. 热加工工艺，2012，41(3):41-43.

[9] 黄裕飞，李晓棠，陈流，等. 基于 AnyCasting 的镁合金缸盖结构设计与工艺参数优化[J]. 铸造，2012，61(5):489-493.

2020 年《铸造技术》杂志征订启事

《铸造技术》杂志，月刊，1979 年创刊，中国铸造协会会刊，国内外公开发行，国内邮发代号：52-64，国外发行号：M855，中国标准刊号：ISSN1000-8365/CN61-1134/TG.

报道范围：报道国内外铸造领域的先进科技成果、应用技术、生产管理经验及信息和铸造设备，覆盖铸铁、铸钢和有色合金等铸造领域，包括砂型铸造、熔模铸造、金属型铸造、消失模铸造和压铸等特种铸造技术。

主要栏目：试验研究、工艺技术、生产技术、特种铸造、装备技术、实用成型技术、材料改性、材料开发、材料保护及表面工程、材料失效分析、应力控制与理化测试技术、今日铸造等。

发行对象：国内外铸造企业，科研院所，高等学校，铸造原辅材料厂商，设备、仪器厂商，铸件采购商等。

广告范围：刊登铸造原辅材料、铸造设备、熔炼设备、热处理设备、环保设备、检测仪器以及铸件生产、科研成果转让、企业形象宣传等相关广告。

订阅方式：请从当地邮局订阅，也可以直接从铸造技术杂志社订阅。全年 12 期，每期定价 25 元，平寄全年 300 元(含邮费)，挂号全年 336 元，快递全年 420 元。

欢迎订阅、欢迎投稿、欢迎刊登广告

地址：西安市金花南路 5 号西安理工大学 608 信箱　**邮编：**710048

联系人：李巧凤　029-83222071

电话/传真：029-82312140　**网址：**www.zhuzaojishu.net　**E-mail：**zzjs@263.net.cn

银行汇款：户　名：陕西铸造技术杂志社有限责任公司

账　号：3700 0235 0920 0091 309

开户行：中国工商银行西安市互助路支行