低成本的铝合金油底壳压铸工艺开发及应用

汪学阳 黄志垣 陈国恩 朱 宇 谭永明
（广东鸿图科技股份有限公司）

摘 要 在保证压铸件品质的前提下，降低了铸造压力以及压射速度，使生产油底壳的压铸机由12 000 kN降至8 000 kN，达到了降成本的目标。通过使用高真空压铸工艺，应用真空阀、真空设备，减少了铝液填充过程的背压。借助模拟分析软件，分析了压铸机变化后缺陷产生的原因。通过调整浇排系统，实现了缺陷部位的气压降低，压铸件品质满足技术要求。

关键词 压铸；铝合金；成本；降吨位
中图分类号 TG146.21；TG249.2 **文献标志码** A DOI：10.15980/j.tzzz.2018.09.012

Application and Development of Low Cost HPDC Technology for Aluminum Alloy Oil Pan

Wang Xueyang, Huang Zhiyuan, Chen Guoen, Zhu Yu, Tan Yongming
[Guangdong Hongtu Technology (holdings) Co., Ltd.]

Abstract: Based on ensuring the quality of the products, the pressure and injection speed was decreased, so the die casting machine was selected from 12 000 kN to 8 000 kN, realizing the target of low cost. Through adopting the high vacuum technology, the vacuum valve and vacuum machine, the back pressure during the filling process was decreased effectively. The origination of defect was analyzed after changing the die casting machine tonnage by means of numerical simulation. By optimizing the gating and overflow system, the air pressure was reduced, meeting the requirement of customer.

Key Words: Die Casting, Aluminum Alloy, Cost, Reduce Tonnage

随着汽车轻量化的发展，压铸企业面临诸多的挑战。在产品压铸过程中，压铸工序的加工费包含了设备折旧、生产效率、生产辅料、水电气等。对成本构成进行分析，发现降低压铸机台吨位，用小吨位机台做大产品，实现“小马拉大车”是降低压铸加工费用最快捷有效的方法。

通常根据全铸件的投影面积、铸造比压可计算出锁模力，再根据锁模力选择压铸机吨位[1,2]。如果选择的压铸机吨位偏小，容易导致因锁模力不足所引起的飞料、气孔、缩孔（松）等缺陷。在降低压铸机吨位的时候，如何通过方案的优化保证压铸件品质需要进一步的研究。

以某汽车发动机油底壳降低压铸机吨位为案例，结合压铸辅助工艺及压铸机降吨位过程中出现的质量问题，运用CAE分析对方案进行模拟，分析降低压铸机台吨位生产的铸件存在缺陷的原因，提出优化方案，有效地解决了问题。

1 铸件的基本介绍

图1为某汽车发动机油底壳的结构图，其质量为3.2 kg，材质为ADC12。铸件轮廓尺寸为380 mm×320 mm×200 mm，平均壁厚为2.5 mm。油底壳因功

收稿日期：2018-05-27；修改稿收到日期：2018-06-10
第一作者简介：汪学阳，男，1984年出生，工程师，广东鸿图科技股份有限公司，广东肇庆（526108），电话：13827526170，E-mail：xueyangfly@ght-china.com

压力损失最小，因而不开设溢流槽仍使铸件获得良好的致密度。

4 结 语

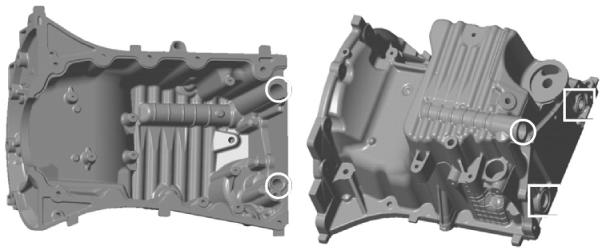
便捷式压铸模是压铸工艺中较易被忽略的一种表现形式，但其铸件质量并不亚于用标准模架制作的压铸模铸件。用廉价的便捷式压铸替代昂贵的硬铝机械加工，有效地降低了生产周期和成本。

参 考 文 献

[1] 赵如福.金属机械加工工艺人员手册[M].上海：上海科学技术出版社，1983.
[2] 北京机床研究所修订组.非标准工模设计[M].上海：上海科学技术出版社，1983.
[3] 潘宪曾.压铸模设计手册[M].北京：机械工业出版社，1984.
[4] 刘彩英.模具制造手册[M].北京：机械工业出版社，1996.
[5] 潘宪曾.压铸工艺与模具[M].北京：电子工业出版社，2006.

（编辑：张正贺）

能需求，结构设计比较复杂，结构图见图 1。可以看出，压铸件有 3 条长油道需要预铸，见图 1a 圆圈区域；侧面有 2 个密封槽，见图 1b 方框区域。压铸件机加工后需要进行气密性测试，要求在 0.6 MPa 的压力下，泄漏量小于 4 mL/min。铸件内部品质要求满足 ASTM E505 2 级及以上标准。



(a)凹模 (b)凸模

图 1 油底壳结构图

压铸件所需锁模力为：

$$p_{锁}=K\cdot p\cdot S$$

式中，$p_{锁}$为锁模力，kN；K 为安全系数，取 1.2；p 为压射比压，约为 60 MPa；S 为投影面积，为 1 572 cm^2。

计算得锁模力为 11 318 kN，确定选用的压铸机吨位为 12 000 kN。

按照以上的工艺设计，产品可以实现顺利压铸，且质量符合技术要求，实物图见图 2。

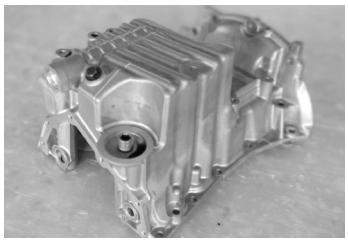
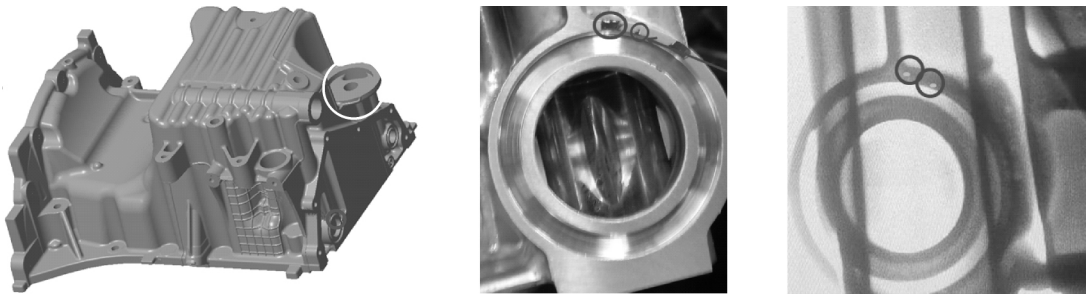


图 2 油底壳实物图

2 降低压铸机吨位的铸件缺陷分析

采用降低压铸机吨位的方法来实现降成本的目标，把该油底壳从原来的 12 000 kN 压铸机转到 8 000 kN 压铸机生产。生产后发现铸件尾部的密封槽在机加工后加工面存在外露气孔，气孔直径为 0.5～1.5 mm，分布在密封槽的不同部位，见图3a。经过X射线无损检测发现，该位置内部分布着气孔，见图 3c。该位置的气孔缺陷造成的铸件废品率达 23.6%，严重影响交付及生产效率，不能达到降低成本的目的，需要进行改善。



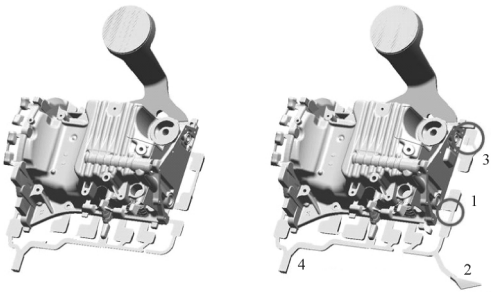
(a) 气孔缺陷位置 (b) 缺陷部位放大 (c) X 射线气孔缺陷图

图 3 铸件缺陷图

2.1 缺陷原因分析及对策

(1) 浇排系统优化 借助 Magma 模拟分析软件，按照降吨位后的压铸工艺方案进行数值分析。从铸件气压的分析中发现缺陷位置的填充气压为 0.487 5 MPa，气压数值过高。因设备的变动，引起了流态变化，导致压铸机变化后铸件的品质波动比较大，需要针对原浇注和排溢方案进行优化。

为了使缺陷位置排气更加充分，缺陷位置的渣包 1 通过排气通道直接与新增的真空排气通道 2 连接。为了加强拐角处的排渣效果新增渣包 3，优化前后的浇注排溢方案见图 4。



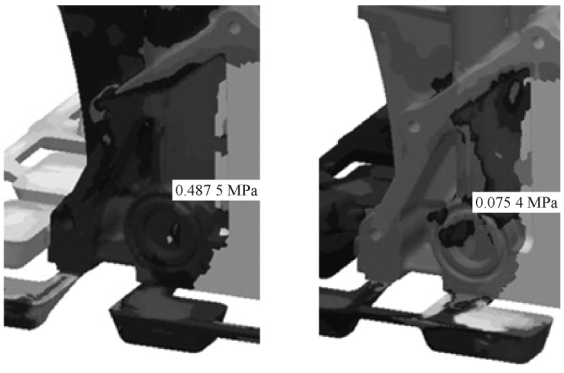
(a) 原方案 (b) 优化方案

图 4 方案对比图

将原始方案和优化后方案进行 CAE 对比分析，重点观察缺陷部位即密封槽部位的模拟结果，对比结果见图 5。结果发现，改善方案缺陷位置的气压值由原来的 0.487 5 MPa 降到 0.075 4 MPa，证明通过优化排溢系统使该位置卷气情况明显改善，可以预判该位置气孔缺陷将会有明显改善。

(2) 高真空工艺的开发 原方案中采用普通的排气方案，因铸件壁薄，压铸机吨位降低，充型能力下降。为了减少型腔填充过程中的背压，采用高真空工艺。在排气通道 4 增加真空阀，使用真空机对模具型腔进行抽真空。

相对于普通真空工艺，高真空模具的密封更为严格，其分型面采用耐高温的胶条来实现密封。此外，模



(a) 原方案　　(b) 改善方案

图 5　气压分析对比图

具推杆系统、镶块拼接、模具型芯以及模具与压室的配合位等也都用涂胶或密封圈来实现密封。

在真空阀结构上，采用液压真空阀作为型腔中气体排出的通道，其工作原理是将压射冲头行走的距离，转换为真空通道关闭电磁阀的脉冲信号，依据冲头行进的距离来开启和关闭真空通道。该过程的关键是要在金属液到达真空阀之前关闭阀芯，防止金属液通过真空阀进入抽气管道形成堵塞。真空阀为液压真空阀，其结构示意图见图 6[3]。同时，为了保证能快速将型腔内的气体抽出，采用双向抽真空设计，即一方面在铝液填充末端使用真空阀抽气，另一方面在压室或者浇道处布置真空阀，形成抽气通道进行抽真空。为了保证抽真空后型腔内部形成负压时，外界气体不再进入型腔。除了模具分型面、镶块以及顶针的配合面之间进行密封以外，冲头与压室之间的密封也尤为重要，使用密封冲头进行冲头与压室之间的密封。密封冲头的结构见图 7。

根据油底壳的大小及要求，该套模具应用 1 个真空阀。为了保证真空效果，在料槽上设置排气口进行抽真空。通过以上设计，可以保证型腔内的真空度达到 90 kPa 以上的高真空状态[4,5]。选用的真空设备见图 8[6]。

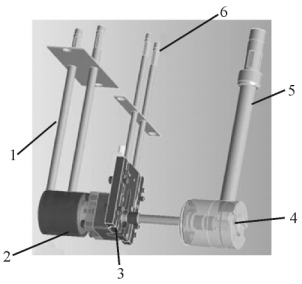


图 6　真空阀结构示意图

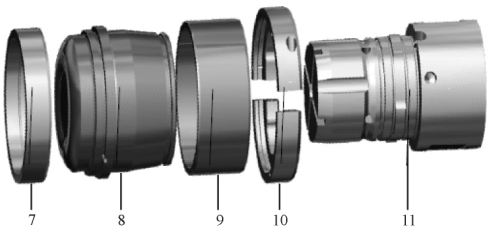


图 7　密封冲头结构示意图



图 8　真空机实物图

1.油管　2.油缸　3.冷却板　4.真空阀芯　5.真空通道　6.冷却管　7.钢环　8.钢冲头　9.铜套　10.衬环　11.支撑体

2.2　改善效果验证

通过修改排溢系统，提高模具排气排渣的能力，采用高真空工艺减少模具型腔及铝液的气体等一系列工艺改善后，油底壳品质符合要求。在机加工后密封槽没有气孔，实物图见图 9。该位置由于气孔造成的废品率由原来的 23.6% 降至 0.6%。通过试制后，主要的压铸工艺参数，如铸造压力由原方案的 60 MPa 降低为 45 MPa，高速速度由 4.3 m/s 降低为 2.8 m/s。压铸参数的降低对模具寿命提升、故障率降低有益。经过批量生产后，铸件压铸生产过程以及品质稳定，符合技术要求。

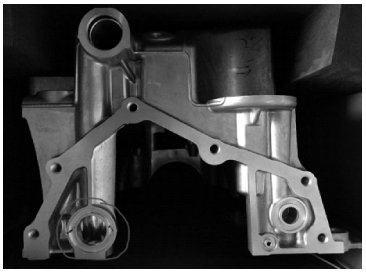


图 9　改善后的铸件图

3　结　论

(1)通过应用高真空工艺以及浇排系统的改进，使生产油底壳的压铸机吨位由 12 000 kN 降低至 8 000 kN，达到了降低压铸机吨位的目的。

(2)采用新的辅助工艺后，压铸工艺参数如铸造压力、高速速度可以降低，对模具寿命提高及故障率降低有益。

(3)降低压铸吨位是以保证压铸件品质为前提，降低压铸机吨位后，压铸件需要进行全方位的检测及验证。

参　考　文　献

[1] 吴春苗.压铸技术手册[M].广州：广东科技出版社，2007.

[2] 黄勇.压铸模具简明设计手册[M].北京：机械工业出版社，2009.

[3] 万里，刘学强，马超.一种真空截止阀、液压驱动装置及其构成的抽真空装置：中国专利，201210435736.2[P]，2012-11-05.

[4] 万里，赵芸芸，潘欢，等. 铝合金高真空压铸技术的开发及应用[J]. 特种铸造及有色合金，2008，28(11)：858-861.

[5] 万里，潘欢，罗吉荣.高真空压铸技术及高强韧压铸铝合金开发和应用的现状及前景[J].特种铸造及有色合金，2007，27(12)：939-942.

[6] 马超，万里，卢新友，等. 基于工控机的多向抽气高真空压铸技术的开发[J]. 特种铸造及有色合金，2014，34(1)：42-45.

(编辑：张正贺)