

基于 AnyCasting 缸盖罩盖压铸工艺研究

朱洪军

(大连科技学院, 辽宁大连 116041)

摘要: 通过对缸盖罩盖零件结构特点分析, 提出双面侧浇道和单侧梳状浇道两种浇注系统方案, 并以AnyCasting铸造模拟软件为基础模拟分析了两种浇注系统。结果显示, 单侧梳状浇道能够满足铸件质量需求, 双侧浇道填充过程中存在卷气情况, 无法满足铸件质量需求。结果还显示, 双侧浇道各个内浇道高速填充速度由下而上依次增大, 且每个内浇道速度受其他浇道影响, 上下波动范围较大, 铸件填充过程不稳定。生产结果显示, 单侧梳状浇道铸件满足VW500 97-D5的孔隙度要求。

关键词: 缸盖罩盖; 压铸型; 浇道; AnyCasting

缸盖罩盖是位于发动机顶部的一个重要零件, 其基本的功能是同时将污垢和湿气等污染物隔绝于发动机外, 遮盖并密封气缸盖, 将机油保持在内部^[1]。本课题研究的缸盖罩盖(图1)还承担凸轮轴支撑的责任, 且在该零件上装配进气端盖、排气端盖、火花塞、机油尺以及相位传感器、高压油泵等多个零部件。因而, 该款发动机罩盖同时承担密封、承重、通气、连接等多重工作, 是该型号发动机设计的核心零件之一。

本课题研究的缸盖罩盖为国产化零件, 外形尺寸432 mm×266 mm×160 mm, 铸件毛坯质量3.3 kg, 投影面积770 cm², 平均壁厚2.5 mm, 局部厚度22 mm。由于其工况条件复杂, 其内部质量有较高的要求, 铸件孔隙率需达到VW500 97-D5标准, 即剖切检验或者CT检验条件下, 剖面孔隙度小于5%, 且加工表面不允许存在一个大于2 mm的气孔, 多处密封部位单个气孔要求小于0.5 mm, 加工后密封检验, 罩盖整体0.5 bar压力条件下泄漏量小于5 cm³/min, 高压区油道区域2.5 bar压力条件下泄漏量小于3 cm³/min。

该铸件使用的材料为铸造铝合金, 执行的标准为DIN EN AC1706-ALSi9Cu3(Fe)。该材料具有良好的力学性能、耐腐蚀性能、加工性能, 并具备液态的流动性好, 热裂倾向小, 收缩率小和熔点低等优点^[2]。企业内控化学成分如表1。

原材料力学性能方面要求抗拉强度大于240 MPa, 屈服极限大于140 MPa, 伸长率大于1%。

1 压铸工艺设计

由于零件结构复杂且有孔隙度要求, 所以为确保铸件既要承受循环载荷, 又要达到一定的密封要求, 初步选择铸造压力为80 MPa。根据铸件投影面积以及预估的浇道、渣包投影面积, 选择使用力劲集团DCC900或者DCC1250压铸机, 锁模力分别为9 000 kN和12 500 kN。

铸件的内浇道设计是非常重要的环节^[3], 根据零件的复杂程度和平均壁厚, 确定该铸件的内浇道厚度为3 mm, 初始设计内浇道平均速度为40 m/s, 由填充流量计算公式, 可得内浇道的截面积为900 mm², 浇道设计长度为300 mm。

然而在浇道的布局上技术开发部门产生两个不同的意见, 一组认为由于该铸件

作者简介:

朱洪军(1973-), 男, 高级工程师, 主要从事铝合金压铸工艺与模具开发。
电话: 13898620715,
E-mail: 2410400497@qq.com

中图分类号: TG249.2
文献标识码: B
文章编号: 1001-4977(2021)02-0248-05

收稿日期:

2020-04-27 收到初稿,
2020-07-07 收到修订稿。

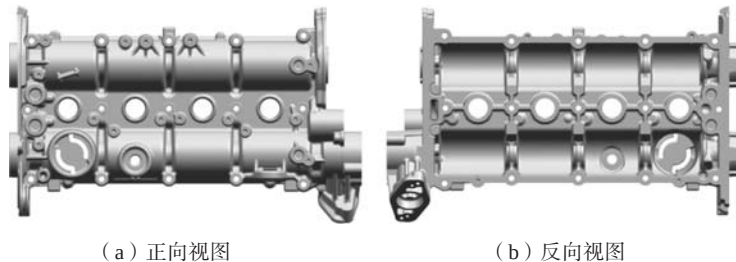


图1 缸盖罩盖
Fig. 1 Cylinder head cover

表1 DIN EN AC1706- AlSi9Cu3 (Fe) 铝合金的成分
Table1 Chemical composition of DIN EN AC1706- AlSi9Cu3 (Fe) alloy

										$w_B / \%$
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Ti	Al
9.6 ~ 11	≤ 1.3	2.0 ~ 3.5	0.50 ~ 0.80	0.05 ~ 0.30	≤ 0.15	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 0.1	0.04 ~ 0.15	余量

的传感器孔与高压油泵面（图2）等多处位置局部厚大，为了确保增压压力在有限的时间内达到增压的效果，内浇道应最大限度的布置在零件的两侧，这种理念产生的一个结果是浇道的结构为纵向双侧结构（图2），内浇道分布在铸件的两侧，该结构满足铸件的两侧同时填充，铝液流动的距离最短，达到在最短的时间内完成高速压射，同时在增压压力作用下，铸件通过双侧浇道同时施力，期望在浇道完全凝固前内部组织达到致密的需求。

另一组则认为该缸盖罩盖首先要避免产生卷气，溶杯内部、模具型腔的空气需要按照顺序填充的形式将空气依次通过模具的排气道（或者抽真空）排除；为防止局部热节产生缩孔，可在高压油泵面和传感器孔部位合理布置冷却水、增加分支浇道、增设局部挤压的手段解决。依据这个设计理念产生的一个结果是浇道为单侧梳状浇注系统，内浇道分布在铸件有高压泵面的一侧（图3），设计分支侧浇道解决高压泵面缩孔，设计缝隙浇道解决传感器孔的缩孔缺陷。

2 基于AnyCasting软件模拟分析

为分析两种浇道结构的合理性，借助AnyCasting 6.0模拟分析软件针对两种浇道结构进行分析，充型求解采用SOR迭代方法，充型结束的判据为0.995，收敛判据0.001，迭代的目标为压力^[4]。分析的目标对象为铸件、浇道、渣包和溶杯，材质为铝合金 AlSi9Cu3 ，液相线温度 $595\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，固相线温度 $540\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，凝固收缩率7.14%，边界条件设置溶杯直径100 mm，溶杯长度680 mm，料饼厚度30 mm，浇注温度 $665\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

双侧浇注系统结构划分网格1 066万，溶杯充满度50.8%，每模铝液质量5.95 kg，二级压射速度4 m/s。填充分析结果（图4）显示，在填充0.683 s，通过内浇道的铝液已经将铸件分割两部分封闭区域，分割线下方

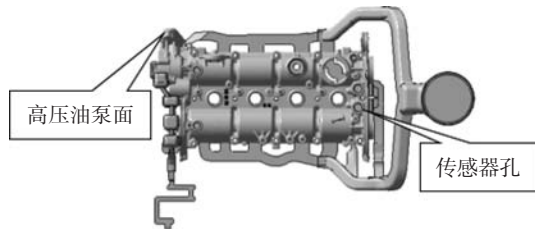


图2 纵向双面浇道
Fig. 2 Longitudinal double faced runners

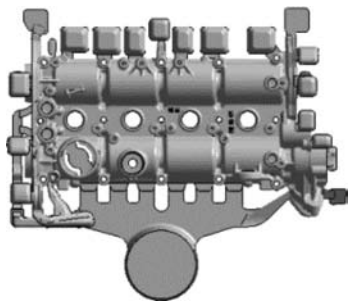


图3 横向梳状浇道
Fig. 3 Transverse comb gates

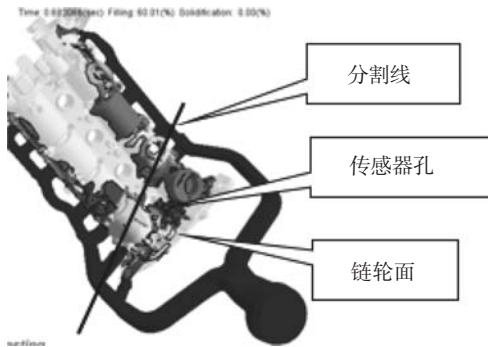


图4 填充0.683 s
Fig. 4 Filling 0.683 s

有凸轮轴孔、传感器孔和机油口盖，最下方为很重要的传感器安装孔和链轮面，这两个重要的部位被孤立并积气，加工后气孔将暴露，产生废品^[5]。料液跟踪模拟分析（图5）显示，在填充0.683 s，传感器孔位置有多股铝液汇集，该位置铝液相互冲击并改变流动矢量方向，导致传感器孔附近产生氧化夹渣。链轮面是该产品的重要控制部位之一，而传感器孔区域平均壁厚大于10 mm，容易产生缩孔，同时该位置承担2.5 bar的高压密封测试。基于此，该浇道布局结构不能保证项目有良好的合格率需求。

单侧梳状浇道的结构共划分网格924万，溶杯充度44%，每模铝液质量5.1 kg，二级压射速度4 m/s。填充结果（图6）显示，在填充0.524 s，铝液实现顺序填充，依次通过机油口盖、两个传感器孔，左侧链轮面同样依据顺序填充的原则自下而上完成填充，但在吊装孔位置有卷气现象，该位置不加工，且可以通过孔改进模具渣包以及加厚附近的进料口进行改善。另外，通过料液跟踪（图7）显示，在填充第0.524 s，各个分支浇道的铝液基本各自沿着铸件型壁抵达末端，在两股铝液交汇处有较好的融合，无湍流及卷气发生。

压射过程中内浇道速度受压射速度影响，与铸造压力共同对铸件内部质量、表面质量和轮廓清晰程度起着重要的作用^[6]。为方便分析内浇道填充速度，在双侧浇注系统浇道位置上中下分别设置3个模拟传感器，模拟分析速度和时间结果显示如图8a；在单侧梳状浇道的左右两侧设置2个传感器，模拟分析速度和时间结果显示如图8b。

结果显示，双侧浇道的浇道速度分别极为不均匀，靠近溶杯的下浇道最先进入高速，平均速度10 m/s左右，填充时间46 ms；中间浇道平均速度32 m/s左右，填充时间40 ms；上部浇道在第0.68 s最后进入高速，速度波动范围在30~60 m/s。各个浇道相互牵制和影响，速度大幅度上下跳跃，浇道铝液流速极不稳定，不利于铸件的填充。

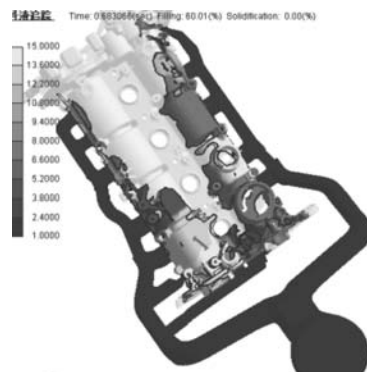


图5 料液跟踪0.683 s

Fig. 5 Aluminum liquid tracking 0.683 s

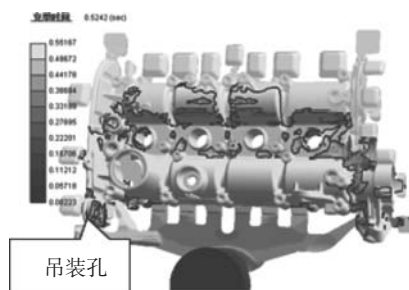


图6 填充0.524 s

Fig. 6 Filling 0.524 s

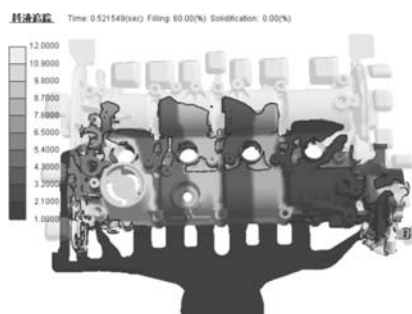


图7 料液跟踪0.524 s

Fig. 7 Aluminum liquid tracking 0.524 s

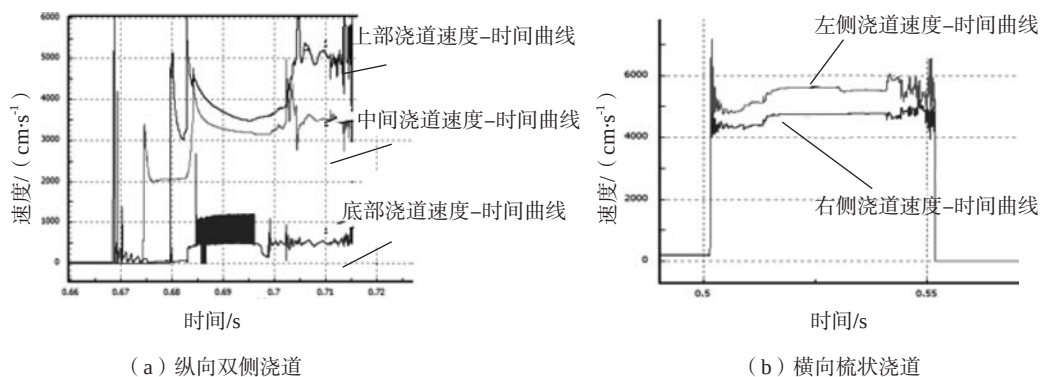


图8 浇口处速度-时间曲线图

Fig. 8 Velocity-time curves in gate positions

横向梳状浇道的2个浇道速度基本维持在42~46 m/s, 填充速度较为平稳, 填充时间50 ms, 符合工艺推荐填充时间40~90 ms。

综上所述, 对于该缸盖罩盖制品, 采用单侧梳状浇道较双侧浇道会有更好的质量。

3 铸件生产与结果验证

结合分析结果与企业实际条件, 采用力劲集团的DCC1250压铸机试模, 局部使用高压水点冷却, 模具温度 $(200 \pm 20) ^\circ\text{C}$, 并增加两处局部增压, 压铸工艺参数如表2, 铸件实物如图9, 实际测量铸件毛坯质量3.3 kg, 含有浇注系统和渣包的铸件5.18 kg。

将铸件几个关键部位剖切, 在金相显微镜下观测, 其部位及孔隙率如图10所示。结果显示, 零件质量满足图纸规定要求。

表2 缸盖罩盖压铸工艺参数

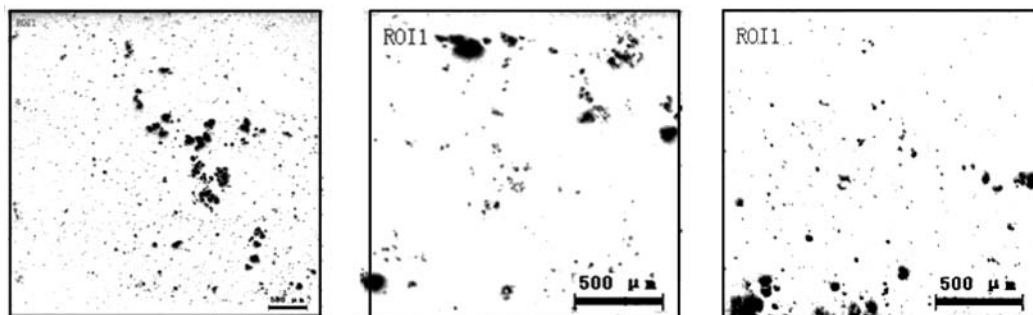
Table 2 Die casting process parameters for cylinder head cover production

一级速度 / $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	二级速度 / $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	射出力 /t	料柄厚度 /mm	增压 时间/s	冷却 时间/s	推料距离 /mm
0.15	4	80	30	8	13	50



图9 铸件

Fig. 9 Cylinder head cover casting



(a) 链轮面2.88%

(b) 高压油泵3.89%

(c) 传感器孔4.28%

图10 关键部位孔隙率

Fig. 10 Porosity at critical locations

4 结论

(1) 通过AnyCasting软件模拟分析, 可以有效地分析比较不同浇注系统的填充顺序、卷气情况, 并通过铝液追踪判断分支浇道的汇合区域, 借此确定模具浇注系统结构形式, 优化浇道具体尺寸, 确定渣包和排气的位置。

(2) 借助AnyCasting软件的模拟分析, 可以确定铸件的浇道填充速度, 明确各个分支浇道填充的时间以及速率随时间的波动状态, 对压铸工艺参数的调整予以指导。

(3) 横向梳型浇道与纵向双侧浇道结构相比, 横向梳型浇道具有更好的顺序填充效果, 提高了产品合格率; 同时由于横向梳型浇道具有较小的浇道投影面积, 可降低压铸能耗, 减少浇道铝合金质量, 提高贵重金属的利用率。

参考文献:

- [1] 朱先勇, 刘耀辉, 刘子辉. 基于ProCAST的汽车发动机镁合金罩盖压铸过程模拟 [J]. 新技术新工艺, 2012 (3) : 63-66.
- [2] 李平, 王祝堂. 汽车压铸及铸造铝合金 [J]. 轻合金加工技术, 2011, 39 (12) : 1-19.
- [3] 张国强, 赵占西, 勾健, 等. 壳体压铸工艺设计及优化 [J]. 铸造, 2020, 69 (5) : 501-505.
- [4] 杨杰, 袁焱, 熊守美. 压室压射对压铸充型流场影响的研究 [J]. 铸造, 2007 (6) : 622-625.
- [5] 袁静, 赵炳华. 油泵座本体压铸模具设计及品质改善 [J]. 特种铸造及有色合金, 2018, 38 (7) : 731-733.
- [6] 张玉玺. 基于PQ~2图理论验证模具设计和优化压铸工艺 [J]. 铸造, 2010, 59 (5) : 470-474.
- [7] 田迎新, 曾维和, 曾小勤, 等. 基于AnyCasting球墨铸铁曲轴铸造工艺数值模拟及试验研究 [J]. 铸造, 2015, 64 (11) : 1102-1107.

Die Casting Technology of Cylinder Head Cover Based on AnyCasting

ZHU Hong-jun

(Dalian Institute of Science and Technology, Dalian116041, Liaoning, China)

Abstract:

The two kinds of gating system, double side gates and single side comb gates, for die casting of the cylinder head cover, were designed and simulated with the AnyCasting simulation software. The results show that the single side comb gate pouring system can meet the casting quality requirements, while the double side runner system cannot meet it because of air entrainment in the filling process. The results also show that in the filling process of double side gates, the filling speed increases from the bottom to the top, and they interacts with each other. Therefore, the filling process is unstable. Practical results verified that the the cylinder head cove die castings produced by the pouring system with the single side comb gates can meet the porosity requirements of VW500 97-D5.

Key words:

cylinder head cover; die casting die; gate; AnyCasting
