

局部挤压技术在 MQ200 变速器壳体上的应用

朱洪军, 侯丽彬

(大连科技学院, 辽宁大连 116036)

摘要: 通过对变速器壳体的缺陷模式分析, 阐述了解决压铸零件缩孔问题的一般步骤, 通常为优化浇注系统、改进冷却条件以及改进零件结构等几个方面。当常规手段不能达到理想效果时, 采取挤压压铸工艺手段是一个有效的途径。挤压压铸重点考虑挤压压力、挤压时间、压入体积等, 而且多点联动挤压需要计算压力中心。

关键词: 变速器壳体; 压铸; 模具; 缩孔

汽车变速器壳体是汽车动力传动系统中的关键部件之一, 其工作性能的优劣直接影响到汽车的各项性能指标。随着汽车工业的不断发展, 对变速器载荷、速度及其振动特性等性能提出了更高的要求^[1]。因此, 如何提高变速器壳体的使用寿命和工作性能, 保证变速器的稳定运行是本领域技术人员亟需解决的技术问题^[2]。图1为某变速器公司的变速器壳体, 外形尺寸为350 mm × 300 mm × 320 mm, 结构形状较为复杂, 铸件毛坯重量5.2 kg, 平均壁厚3 mm, 该铸件使用的材料为AlSi9Cu3(Fe), 其企业内控化学成分见表1。由于其必备的复杂工况条件, 对于其内部质量有较高的要求, 其中要求壳体内部孔隙率小于5%, 加工表面不允许有大于1 mm的气孔, 加工后密封检验, 在0.1 MPa的压力下, 泄漏量小于20 mL/min为合格。

设计规划确定采用力劲集团18 000 kN压铸设备, 结合自主研发压铸模具, 该模具的材料为瑞典进口具有高抗热疲劳性的W403, 生产过程中铝液温度(665 ± 15) °C, 模具平均温度(200 ± 20) °C, 辅以水基涂料SL-3188。在供货前期一次合格率仅能达到80%, 主要不合格品都是泄漏这种缺陷, 废品率居高不下, 严重影响主机厂的生产节拍, 质量成本大幅增加。

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

1 铸件泄漏缺陷分析

为解决泄漏问题, 首先需要确定漏点的位置。将泄漏缺陷件在水密实验台上进行泄漏测试, 全部泄漏件在图2中A、B、C、D处有M6螺纹孔位置有气泡连续缓慢均匀的冒出。采用量筒排水方法测量泄漏量, 其结果与气密泄漏量基本一致。铝合金压铸制品缺陷多种多样, 其中缩孔属于内部缺陷且不容易被观察和识别, 其发生率最高, 是引发泄漏和疲劳断裂等严重质量事故的重要原因^[3]。通过对零件结构进行分析得知, 该矩形凸起区域为局部热节聚集区, 局部平均壁厚30 mm, 远远大于铸件平均壁厚3 mm, 通过Anycasting6.0模拟分析以及计算, 该区域为最后凝固区域, 因而铸件在冷却凝固阶段产生缩孔。部分缩孔以及疏松集聚在4-M6深20 mm螺纹孔附近, 在高压条件下导致泄漏发生。

2 常规解决缩孔问题方法及效果

为解决缩孔问题, 通常采用优化浇注系统及压铸工艺参数、合理布局冷却以及

作者简介:

朱洪军(1973-), 男, 工程硕士, 高级工程师, 主要研究方向为压铸工艺及压铸模具领域。
电话 0411-86245040,
E-mail:2410400497@qq.com

中图分类号: TG249.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2020)06-0602-04

收稿日期:

2019-10-12 收到初稿,
2019-12-01 收到修订稿。

改进铸件结构几个方面以求得到致密的压铸件内部组织^[4]。

首先采取的措施为优化浇注系统、优化压铸增压压力、二级压射速度等。对于压铸工艺来说,浇注以及排溢系统的设计是最重要的部分,将影响到铸件质量、生产效率、模具寿命等^[5]。经过多次模拟分析和讨论,确定在局部热节区域单独增加一个分支浇道,参数设置增压压力达到90 MPa,二级压射速度为4 m/s。

其次模具内部优化水冷却系统,加大矩形突起区域的冷却水流量,提高冷却效果,分别在动模部分靠近矩形突起内壁处和滑块靠近铸件矩形突起外表面位置增加点冷却,该处区域单独外接高压水控制,并采用压力表监控。

表1 AlSi9Cu3 (Fe) 合金的化学成分
Table 1 Chemical composition of AlSi9Cu3 (Fe) alloy

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	其余

最后改进铸件毛坯状态,初始设计模具4-M6深20 mm毛坯没有预铸孔,增加预铸孔为大端 $\Phi 4.2$ mm深15 mm,孔起模斜度 1.5° ,但是由于该铸孔的模具型芯细小,最小端直径仅3.4 mm。在生产中该处模具型芯频繁断裂,无法保证连续生产,而且由于有该预铸孔加工余量小,加工过程中时常出现黑皮、断刀以及孔位超差现象,最终取消预铸孔,毛坯保持盲孔状态。

通过上述的多次模拟分析及实践验证,产品的孔隙率达到6%~12%(图3),不能达到规定的检测标准小于5%,一次合格率达到92%,距离目标值99%还存在很大的差距。基于此,课题组决定采取多点联动的区域局部挤压压铸。

3 多点联动局部挤压设计

挤压铸造的原理是对进入挤压铸型腔内的液态(或半固态)金属施加较高的机械压力,使其凝固成形,从而获得铸件或铸锭的一种工艺方法^[6]。在压铸模具实现局部挤压系统中,设计需要考虑挤压作用点、挤压力、压入体积以及挤压延时和挤压持续时间^[7]。除此以外,多点联动局部挤压系统还需要考虑挤压力的中心布置位置,挤压系统在滑块上布置的结构以及分析挤压力对模具和机床的损伤。

该铸件的局部加压的实现是在模具的滑块内直接设计增压油缸,通过对产生缩孔的部位直接进行加压,当金属液在型腔中处于半固态时,在最后凝固的厚壁处通过挤压杆施加压力以强制补缩来减少或消除该处的缩孔、气孔缺陷,提高压铸件加压渗漏检测的通过率。局部挤压机构的结构见图4。

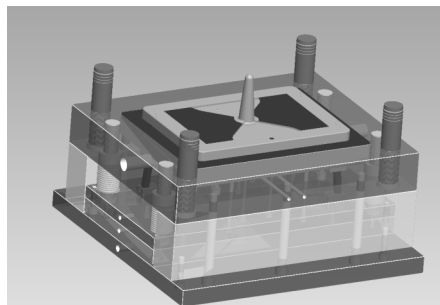


图1 变速器壳体
Fig. 1 Transmission case

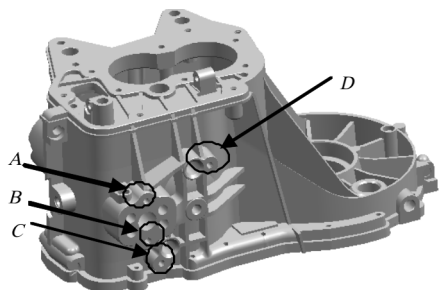
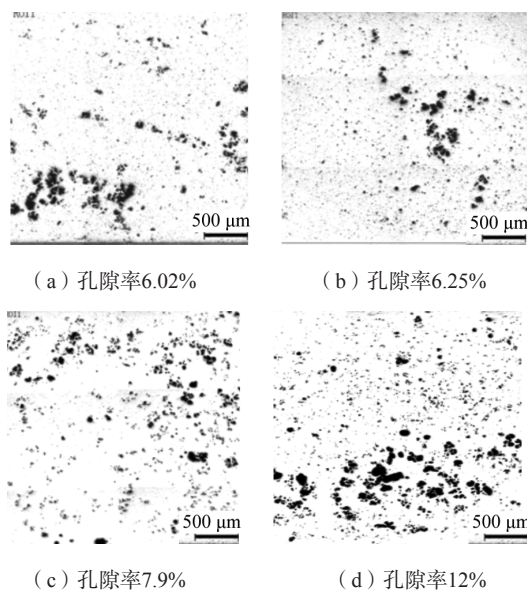


图2 泄漏点位置
Fig. 2 Positions of leakage points



(a) 孔隙率6.02% (b) 孔隙率6.25% (c) 孔隙率7.9% (d) 孔隙率12%

图3 AlSi9Cu3 (Fe) 合金无局部挤压金相图
Fig. 3 Metallographic structure of AlSi9Cu3 (Fe) alloy without local extrusion

3.1 确定多点挤压受力中心及缸径

本例中,局部挤压的作用点是产生缩孔的螺纹孔上表面。通过分析铸件缺陷发现,4个螺纹孔位置发生泄漏的数量基本相同,故针对这4个部位分别设置结构相同的挤压单元,采取通过一个油缸带动4点挤压的基本结构。为节省空间,以模具滑块后端的空间设计制造挤压油缸,根据铸件4个挤压点投影到模具滑块出模平面,建立平面直角坐标系内,可计算挤压点的几何中心,将该几何中心确定为油缸的几何中心,并计算油缸的直径。该结构使得4点联动挤压具有相同的挤压行程和相同的挤压时间。

依据经验选取作用于铸件的挤压应力一般为铸造应力的3倍左右,本例中优化后的铸造应力为90 MPa,选取该挤压机构的挤压应力为300 MPa,同时针对该铸件挤压部位的几何特点,选取挤压杆前端直径为11 mm。由此,根据公式 $F_{油缸}=F_{挤压}$ 可得:

$$P_{油缸} \times \pi (D_{油缸}/4)^2 = n \times P_{挤压} \times \pi (D_{挤压杆}/4)^2 \quad (1)$$

式中: $P_{油缸}$ 为设备系统压力 (16 MPa); $P_{挤压}$ 为需要达到的挤压应力 (300 MPa); n 为挤压杆数量 (4), $D_{挤压杆}$ 为挤压杆直径 (11 mm); $D_{油缸}$ 为所求挤压油缸活塞直径。

经过带入计算可得所求挤压油缸活塞直径 $D_{油缸}=95$ mm,圆整取标准油缸活塞100 mm。

在实践中,铸件被加压的部位比螺纹上平面高出1 mm以上,以免把铸件表面层冷料挤入铸件内部,高出部分则直接通过后续机加工去除。

3.2 挤压时间

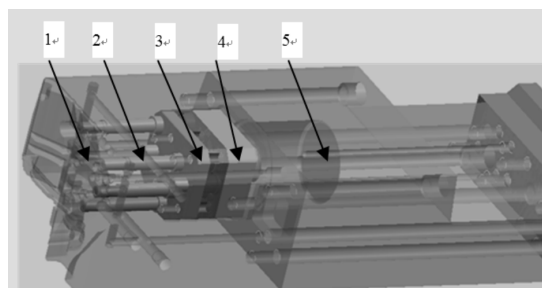
挤压时间分为挤压延迟时间以及挤压持续时间,挤压延迟时间是指金属液充填结束至局部挤压工艺开始实施的时间间隔^[8]。当金属液处于半固态状态时开始施加挤压压力可获得最佳的挤压效果。挤压延迟时间太短时,金属液还处于流动状态,厚大部位并没有凝固结晶,导致挤压销变为型芯,无挤压效果;挤压延迟时间太长时,金属液凝固,在模具壁上形成坚硬的硬壳,导致挤压销受阻,无法补缩而不能实现增压效果。挤压销插入的最佳时机与被挤压部位的凝固状态和浇道补缩通道有关。借助CAE分析以及现场多次调试和X光检验,确定挤压延时有效参数范围为1.5~2.5 s。

挤压持续时间是指挤压销开始挤压直到回退时所持续的时间。挤压持续时间短,挤压杆过早的回退,铸件没有得到完全的凝固,挤压区域将有裂纹缺陷发生;挤压持续时间过长,则会导致完全冷凝后的铸件与挤压杆之间抱紧力过大,导致挤压杆的寿命降低。在实际生产中,依据多次X光检测以及剖切检验,该零件的挤压持续时间为6 s左右。

4 局部挤压实施后的改善效果

经多次试模生产及优化改进,采用局部挤压压铸,得到如图5的铸件。

剖切并对样件的泄漏部位金相检验,改善前



1. 挤压杆 2. 挤压套 3. 挤压套固定板
4. 挤压杆连接板 5. 挤压缸

图4 滑块内多点挤压

Fig. 4 Multi-point extrusion in slider

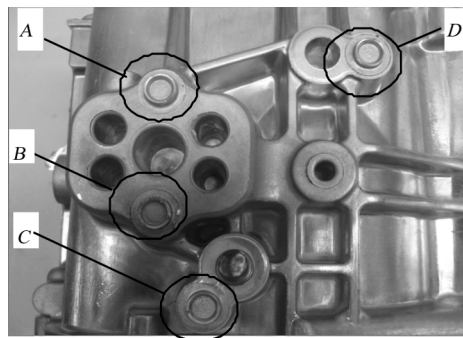
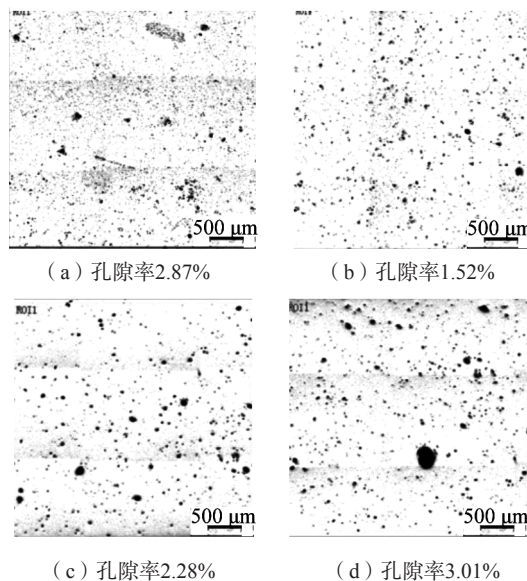


图5 挤压点位置

Fig. 5 Positions of extrusion points



(a) 孔隙率2.87% (b) 孔隙率1.52%
(c) 孔隙率2.28% (d) 孔隙率3.01%

图6 AlSi9Cu3 (Fe) 有局部挤压金相图

Fig. 6 Metallographic structure of AlSi9Cu3 (Fe)

lloy with local extrusion

A、B、C、D（图5）共4处M6螺纹底孔毛坯状态孔隙率6%~12%，改善后A、B、C、D共4处M6螺纹底孔孔隙率1.5%~3.5%（如图6），满足图纸规定孔隙度小于5%的质量要求。

批量生产后零件密封测试统计结果显示，压铸毛坯的一次合格率为99.2%，达到了预期的目标99%，批量生产得以保证。

5 结束语

对于压铸件制品，解决缩孔导致的泄漏问题首先需要通过密封检验查找泄漏点，采用常规手段如优化浇道、改进水冷却条件、改变铸件结构工艺性解决缩孔问题。在上述手段不能满足要求时，采用合理的挤压系统能够对改进铸件内部孔隙度和泄漏问题具有积极的作用。

参考文献：

- [1] 李立平. 汽车变速器壳体加工工艺研究 [D]. 天津：天津大学，2004.
- [2] 徐挺，庄舰，周金荣，等. 一款汽车变速器壳体压铸模具的关键结构设计 [J]. 铸造，2015，64（5）：415-418.
- [3] 朱洪军. 铝合金压铸制品缩孔缺陷影响因素分析及控制 [D]. 大连：大连理工大学，2016
- [4] 倪利勇，刘鹏. 铝合金变速箱壳体压铸工艺的数值模拟及生产 [J]. 特种铸造及有色合金，2015，35（7）：702-704.
- [5] 朱洪军，程瑞. 发动机悬挂支架压铸件的开发 [J]. 特种铸造及有色合金，2019，39（1）：35-37.
- [6] 罗继相，赵利华，谢少庆，等. 挤压铸造实用技术研究 [J]. 特种铸造及有色合金，2005，25（3）：150-152.
- [7] 邓建新，邵明，游东东. 挤压铸造设备现状及发展分析 [J]. 铸造，2008，57（7）：643-646.
- [8] 贾志欣，毛杰杰，李继强，等. 局部挤压辅助提高压铸件质量的研究和应用 [J]. 特种铸造及有色合金，2018（7）：728-730.

Application of Local Extrusion Technology to MQ200 Transmission Case

ZHU Hong-jun, HOU Li-bin

(Dalian university of science and technology, Dalian 116036, Liaoning, China)

Abstract:

By analyzing the defect mode of transmission case, the general steps to solve the shrinkage problem of die casting parts are expounded, which are usually to optimize gating system, improve cooling conditions and the structure of parts. When conventional means can not achieve the desired effect, adopting extrusion die casting technology is an effective way. Extrusion die casting focuses on extrusion pressure and extrusion time, pressure volume and so on, and multi-point linkage extrusion needs to calculate the pressure center.

Key words:

transmission case; die casting; die; shrinkage
