

铝合金气缸体表面气泡修复技术研究

刘春柏, 宋春来, 戴俊良, 周丽宫, 杨今, 刘雷

中国第一汽车集团有限公司 吉林长春 130011

摘要: 总结了低压铸造铝合金缸体缺陷产生的原因分析及解决措施, 介绍了摩擦焊技术对铝合金缸体气孔修复的原理及试验过程, 通过试验可有效修复缸体表面气泡缺陷, 从而提高产品的合格率, 减少废品损失。

关键词: 铝合金缸体; 摩擦焊; 表面气泡; 修复

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.10.013

发动机是汽车的动力装置, 主要由缸体和缸盖两大部分组成并通过螺栓相互连接起来的, 是汽车最核心的部分。低压铸造技术因其工艺出品率高, 充型平稳, 自动化程度高, 在压力作用下充型凝固的铸件组织致密, 被广泛应用于铝合金缸体铸件的生产中。但缸体生产过程中不可避免会产生缩孔、缩松、气孔等缺陷, 导致铸件成品率及性能降低, 因此缸体的缺陷修复对实际工程有重要意义。本文主要对缸体表面气孔缺陷修复进行试验研究。

铝合金缸体缺陷产生的原因分析

低压铸造工艺的金属液体的充型速度能够进行快速且方便的调节, 其铸件的质量更为优良, 并且其不单可以采用砂芯, 还能够适用于更加繁复的结构, 其还可以通过更低的压力来进行铸造^[1,2]。在铝合金缸体铸造生产过程中, 由于受到砂型质量、浇注温度、金属液质量、铸件结构、浇冒口位置与大小及铸造工艺方案等因素的影响, 会使铸件产生各种类型的缺陷, 如

缩孔、缩松、冷隔及气孔等^[3,4]。

1) 因无机砂芯受潮发气未排出型腔导致的气孔, 可以通过降低砂芯湿度和设置排气塞来控制。

2) 对贴近铸件表面的缩松、缩孔类缺陷, 可以通过减小保温涂料的厚度, 加强冷却或降低模具局部加热温度的方式加快热节处的凝固, 从而减小缺陷。

3) 铸件内腔的缩孔、缩松缺陷可通过提高冒口芯的温度, 增加补缩效率消除。

4) 浇口附近的缩孔、缩松, 需要减少因敞开模具时间过长导致浇口降温, 同时加强浇口、升液管和升液盆的清理, 以免浇口过早凝固或者被氧化物堵塞。

5) 铸件内部远离浇口和冒口的缩松, 可利用加工量的调整, 拓宽补缩通道, 加强对孤立液相区的补缩。

6) 因升液管产生裂纹, 使压缩空气侵入铝液导致的气孔, 应减少升液管的振动, 避免骤冷骤热, 并加强现场检查和对升液盆口的清理。

气泡缺陷的解决方案

生产出来的铸件中不可避免地会出现一些不良品，其中一些不良品缺陷可以通过适当的方法得到补救。高性能、高功率内腔复杂V形发动机缸体的开发制造，气泡缺陷问题成为不可忽视的技术性难题，将直接影响铝合金缸体的成品率和性能。

以往的修复方法是將缺陷部位热熔，再将铝焊丝热熔后填入缺陷部位，为达到焊接目的在缸体缺陷部位热熔时，焊接区域热影响区面积大、温度高，会改变缸体的原有性能，需要进行二次热处理来提升缸体本体性能，增加工序，修复成本较高。

气泡修复实验

对于气孔缺陷的修复，本试验利用摩擦焊接技术对铝合金缸体表面气泡缺陷进行补偿修复，从而达到提高铝合金缸体产品质量、降低产品复杂程度以及降低制造成本的目的。

摩擦焊接方法本质上是一种固相焊接，利用本体与填料的高速旋转摩擦，使结合表面在固相状态下结合，之后快速停止旋转，使填料焊接在缸体本体上，优点是焊接温度低，热影响区小，不会改变缸体本体性能等优点。

1.修复原理

本试验针对V8铝合金缸体的表面气孔采用摩擦焊接技术进行补偿修复，缸体表面气孔缺陷如图1所示。其原理是提前预制一批不同尺寸的焊料，其尺寸分别为直径12mm，长度9mm，其中一端形状为球头SR6mm、总长度为9mm，另一端加工出宽2mm、深3mm的十字槽，其作用是填补气泡产生的缺料，通过如图2所示刀柄的中心安装孔将焊接夹具（见图3）安装在刀柄中，用侧面2个M10螺钉紧固，再将刀柄安装在机床主轴中，焊接时先将待焊工件刚性固定在机床上，机床主轴夹持D12mm的球头铣刀，将气泡位置预加工出R6mm的半球圆凹坑，接着将图4所示焊接填料放入半球圆凹坑中，调整2mm×3mm的十字槽角度与机床焊接夹具的十字凸起部分对正，降低主轴高度使上下十字槽镶嵌达到传动旋转动力目的，之后开动机床主轴，高速旋转的焊接夹具带动填料高速旋转。同时主轴向下施加一定的压力，使工件与填料产生摩

擦，在摩擦热和塑性变形热的作用下，焊缝结合面的金属在旋转填料的牵引下进行塑性流动，在搅拌夹具施加的压力共同作用下，摩擦至填料与工件接触面相互融入对方，成为新的半固相结合面时，此区域即为焊接区域，此时关闭主轴旋转，当主轴停转旋转时向上抬起焊接夹具，达到焊接的目的，表面气泡修复完成。



图1 缸体表面气泡缺陷

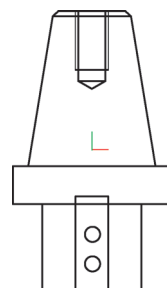


图2 刀柄（机床主轴连接用）

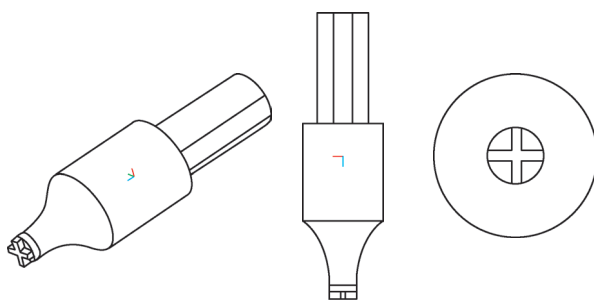


图3 焊接夹具示意

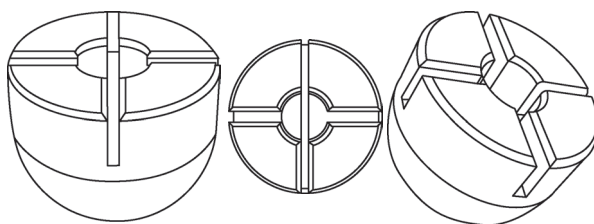


图4 焊接填料示意

（下转第53页）

区域,使用砂轮机反复打磨高点区域,直至凸模与铸铁棒全部均匀粘有红丹粉为止,使用600#细油石推光,恢复原模具的表面光洁度,这时凸模型面方才恢复平顺,模具型面完全得到恢复,再次上线生产验证零件表面质量,经过质保部门检测,质量状态与型面受损前无明显变化,符合公司冲压件表面质量标准。

2.嵌入式实例方法的优点和使用范围

此方法主要用于型面受损深度大,受损面积大的缺陷,如模具没有镀铬,无需再次修复,可直接进行镀铬处理。也适用于镀铬后拉延凹凸模受损的维修,维修后只破坏受损部位的镀铬层,与烧焊修复相比减少了模具凸模型面烧焊过程中的热变形影响,较少烧焊修复时对镀铬层的破坏,降低了镀铬层与烧焊部位修复后光顺不好产生的接不顺现象。

目前公司镀铬后的拉延模具型面受损均采用此种

方案修复,一般修复周期为1~2天,修复效果好,风险小,适用于大批量生产的冲压模具修复。本方案不是唯一解决镀铬后凸模损坏的方案,还需继续探究更多种解决方案供模具从业者探讨和使用。

参考文献:

- [1] 代明材.汽车覆盖件拉延模型面修复方法[J].锻造与冲压,2021(22):64-66.
- [2] 李葆,徐卉,杨逢春,等.汽车模具镀铬表面处理前的工艺技术[J].模具技术,2017(1):61-63.
- [3] 寇兆阳,万红武,张文波,等.大型拉延模应用镶块镀铬技术[J].汽车工艺与材料,2022(3):28-31.
- [4] 边超,王延慧,王磊,等.冲压模具表面电镀铬工艺研究及其应用[J].中国设备工程,2019(16):165-167. **AUTO1950**

(上接第50页)

2.试验结果分析

修复后的铝合金缸体表面情况如图5所示,其表面气泡缺陷已不可见,填料与缸体气孔缺陷处结合良好,缸体合格率提高。



图5 修复后图片

结语

汽车铝合金缸体可以达到汽车轻量化的目的,常用的铸造工艺是金属型铸造和低压铸造,并且铸件质

量要求极高。本试验通过利用摩擦焊技术对铝合金缸体表面气孔缺陷进行修复的相关研究,对于修复后的表面状况达到指标要求,极大提高了铝合金缸体的成品率和性能,降低生产成本,可以推动汽车铸件铸造工艺的发展。

参考文献:

- [1] 孙洪强.论汽车铝合金缸体缸盖铸造工艺研究现状[J].时代汽车,2018(6):118-119.
- [2] 廖仲杰.汽车发动机铝合金缸体压铸工艺的改进[J].科学技术创新,2019(22):150-151.
- [3] 刘吉东,邹晓华,邹晓东,等.低压铸造铝合金缸体常见缺陷与应对措施[J].铸造工程,2022,46(6):6-11.
- [4] 刘广超,王英杰,许世龙.汽车铝合金缸体缸盖铸造工艺研究现状[J].黑龙江科技信息,2017(3):18. **AUTO1950**