DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.07.012

铝合金高压开关壳体重力铸造水平侧冒口的应用实践

段　民[1],潘祖强[1],陈云祥[2],葛盈华[3]

(1.浙江集思铝业有限公司,浙江 杭州 311400; 2.浙江机电职业技术学院,浙江 杭州 310051; 3.宁波开发区安德鲁精铸有限公司,浙江 宁波 315000)

摘　要:对于铝合金倾转金属型重力铸造而言,由于分型的局限性,在非分型面处易出现厚大热节,得不到有效补缩而出现废品;以高压开关壳体铸件为例,通过模拟分析,探讨了缩松形成原因。结果表明,通过在孤立热节处增加水平侧冒口,解决了缩松缺陷。

关键词:倾转金属型铸造;铝合金;水平侧冒口

中图分类号: TG292　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)07-0603-03

Application Practice of Horizontal Riser in Gravity Cast Aluminum Alloy High Voltage Switch Housing

DUAN Min[1], PAN Zuqaing[1], CHEN Yunxiang[2], GE Yinghua[3]

(1. Zhejiang GIS Aluminum Co., Ltd., Hangzhou 311400, China; 2. Zhejiang Institute of Mechanical &Electrical Engineering, Hangzhou 310051, China; 3. Ningbo Etdz Andrew Precision Cast Co., Ltd., Ningbo 315000, China)

Abstract: Due to the limitation of parting, the thick hot spot was easy to appear at the non-parting surface, and the waste products would appear because of the lack of effective feeding. Taking high voltage switch shell casting as an example, the causes of shrinkage and looseness were discussed through simulation analysis. The results show that the shrinkage defect can be solved by adding horizontal riser at isolated hot joint.

Key words: tilting gravity permanent mould casting; aluminum alloy; horizontal side riser

倾转金属型铸造工艺因其内部组织致密、外表粗糙度低、尺寸精度高、充型平稳易控,便于实现铝合金顺序凝固,铸造工艺出品率高,因而在金属型铝合金铸造中应用广泛[1]。但是由于这种工艺一般开模方向只有左右开模,或上下开模,因此对于一些结构复杂或壁厚差较大的工件,很难做到顶部冒口对所有热节进行补缩,尤其对一些产品质量要求较高的零件,其热节不在分型面上,一般的侧冒口设置位置要比被补缩位置高[2],但这样往往不能满足开模需要,只能采用水平冒口来补缩。本文以高压开关壳体铸件为例,阐述水平侧冒口的补缩设计和应用。

1　铸造工艺方案的确定

1.1　铸件结构、尺寸及技术要求

高压开关壳体三维造型如图 1。铸件重 18 kg,

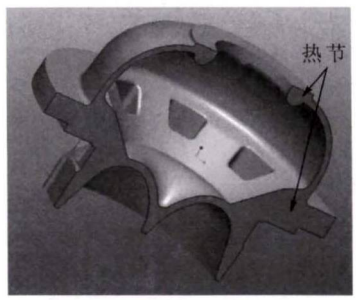

图 1　壳体铸件三维结构图

Fig.1　3D structure of High Voltage Switch Housing casting

最大轮廓尺寸为直径 421 mm,高度 261 mm,最大壁厚 43 mm,最薄壁厚 8 mm,整个零件壁厚差较大。零件材质为 ZL104,设计承受压力为 1 000 kPa,例行压力测试 2 000 kPa,要求 SF6 年泄露率≤0.5%,铸件不允许有裂纹、缩孔、夹渣等缺陷。

1.2　铸造工艺设计

该零件客户要求使用金属型工艺。根据该零件的结构特点,为提高铸件的工艺出品率,优先选用倾转金属型铸造工艺,上下分型起模。由于铸件中间法兰厚大,根据顺序凝固原则,将进料冒口设置在中间

收稿日期:2021-06-22

作者简介:段　民(1984—),河南南阳人,工程师.主要从事铝合金铸造工艺设计方面的工作.电话:0571-87191527,Email:min.duan@gisap.cn

法兰处。为保证冒口补缩效果,需要在冒口根部增加补贴;由于内部为砂芯,散热较慢,为消除热节,在砂芯上增加两处随型冷铁,如图 2 所示。倾转浇注起点为水平状态,通过旋转浇注机按照程序控制,自动旋转至竖直方向。这样通过设备自动控制,可以减少人为因素的影响,保证铸件成形质量的稳定性。浇注温度 700~720 ℃,模具预热温度 300 ℃,浇注时间 10 s,匀速倾转充型。

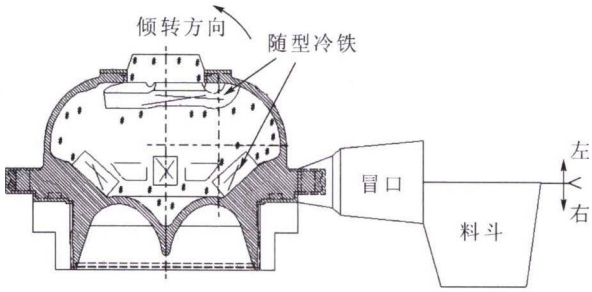

图 2 壳体铸件铸造工艺图
Fig.2 Gating and risering system and chills of the housing casting

2 结果及讨论

2.1 初次生产结果

初次试制 8 件产品,经过 X 射线检测,发现所有铸件在小法兰处,均存在缩松缺陷,如图 3。

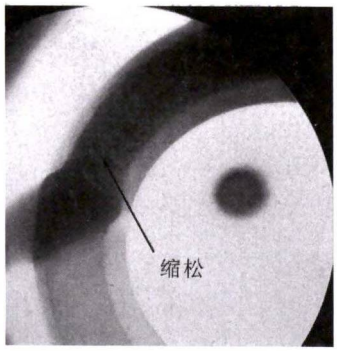

图 3 X 射线探伤铸件缺陷
Fig.3 X-ray inspection of casting defects

2.2 缺陷成因分析

从铸件的结构可以看出,缩松部位厚度为 26 mm,而其周边壁厚为 8 mm,壁厚相差较大,即使在缩松部位有冷铁激冷,但是缩松部位的凝固时间仍然大于铸件薄壁处,因而浇口无法实现对环形热节进行补缩,最终导致小法兰处产生缩松。通过模拟软件对该零件工艺进行模拟,也证明了上述推测。

模拟结果显示,通过概率缺陷缩松判据,小法兰位置缩松与实际试制相吻合(见图 4)。从凝固时间来看,小法兰周边在 12.3 s 时,开始凝固,至 21.5 s 时小法兰周边薄壁完全凝固,而小法兰处在有冷铁的情况下,完全凝固是在 29 s,因此该位置必然会存在铸造缺陷,所以仅通过增加冷铁无法消除该位置收缩缺陷(见图 5)。

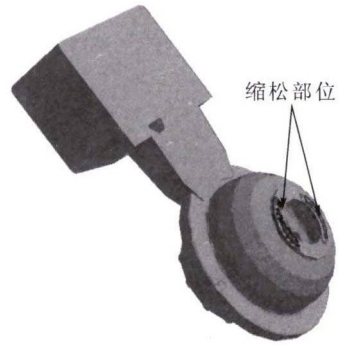

图 4 缩松判据显示缺陷分布
Fig.4 Shrinkage porosity criterion showing defect distribution

3 分析与改善

由上述分析可知,要消除小法兰处的缺陷,需要从两个方面入手:一是延缓铸件薄壁的凝固时间,通过保温涂料和铸型外侧保温等方式,但是由于壁厚差较大,而且小法兰距离冒口补缩距离较远,很难实现完全顺序凝固;二是想办法在该法兰处增加冒口,近距离直接补缩。但是从模拟的凝固时间来看,小法兰完全凝固与薄壁处开始凝固时间差有

(a)凝固12.3 s时固相分布 (b)凝固21.5 s时固相分布 (c)凝固29 s时固相分布

图 5 不同时刻铸件内部固相分布图
Fig.5 Solid phase distribution diagram at different solidification time points

16.7 s，时间差太大，因此通过在模具外侧做保温层，或增加涂层厚度，延缓侧壁凝固时间十分有限，无法实现完全顺序凝固。因此只能考虑在小法兰处增设冒口进行补缩。

但是铸件的分型方向决定了只能做水平侧冒口。根据董秀琦教授建立的数学模型[3]，在温度梯度较大的情况下，重力顶冒口与旋转倒置冒口补缩效果相差不大，那么可以推出，在温度梯度较大情况下，水平冒口也是能够起到补缩作用的。因此根据铸件小法兰结构，可以在法兰端面做一个环状冒口，冒口高度设计为 30 mm。考虑到水平冒口在重力作用下的收缩，可能会造成与冒口顶部连接处铸件外形轮廓不完整，环状冒口外型尺寸设计要小于法兰尺寸最大外轮廓尺寸 5 mm，同时有利于冒口切割。另外为保证较大的温度梯度，法兰内侧（砂芯一侧）需要用冷铁激冷，而冒口端面需要在贴保温棉。另一方面，需要延长芯头长度，这样可以让冒口一个侧面与砂芯接触，也能减少冒口散热。这些措施最终的目的都是为了实现顺序凝固，确保冒口要晚于铸件凝固[4]。

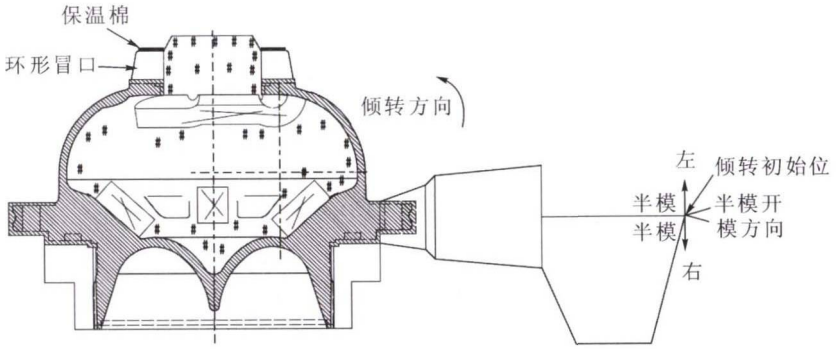

图 6 优化后的工艺方案
Fig.6 Optimized casting process plan

4 新方案技术效果

对新的工艺方案做了模拟分析。从缩松判据显示的缺陷分布来看，原来小法兰处的缩松缺陷，已经完全转移到了环状冒口内，见图 7 所示。按照优化后的方案修改模具，生产两个批次，经过 X 射线检测，均未发现小法兰处有缩松缺陷。

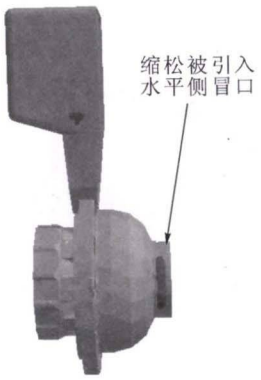

图 7 优化后方案凝固模拟显示缩松缺陷都在环状冒口内
Fig.7 Optimized casting simulation shows shrinkage porosity defects all located in ring shaped riser.

5 结论

（1）在壁厚差较大的情况下，即使采用冷铁激冷，也无法消除远离冒口的孤立缺陷，必须要进行必要的补缩。

（2）在铝合金金属型铸造工艺中，可以采用水平侧冒口对一些特殊位置的孤立热节进行有效补缩。

参考文献：

[1] 崔永瑞.垂直分型 90°倾斜铸造机[J].中国铸造装备与技术，2000（4）：15-16.
[2] 罗其全编.铝合金熔炼与铸造[M].广州：广东科技出版社，2002.
[3] 董秀琦主编.低压及差压铸造理论与实践[M]. 北京：机械工业出版社，2003.
[4] 魏兵主编. 铸件均衡凝固技术及应用实例[M]. 西安：西安理工大学，2013.

欢迎到当地邮政局(所)订阅 2021 年《铸造技术》杂志
国内邮发代号：52-64　国外发行号：M855　国内定价：25 元/本　海外定价：25 美元/本