

硅钼球墨材质排气歧管缩松问题解决

李锋, 王慧丽, 符晓, 周兆伦, 袁超林, 李莹

西峡县内燃机进气管有限责任公司 河南西峡 474500

摘要: 通过对一种硅钼球墨铸铁排气歧管铸造工艺的诊断及改进, 将铸件缩松废品从40%降低到2%, 铸件的工艺出品率同时提高5%。描述了解决铸件缩松的过程, 以案例事实证实了冒口尺寸、冒口位置、冒口颈参数及化学成分对铸件缩松缺陷有着十分重要的影响, 正确设计铸件冒口参数是提高硅钼球墨铸铁排气歧管铸件致密性的重要一环, 同时也是影响铸件工艺出品率的重要因素。

关键词: 排气歧管; 缩松; 冒口; 化学成分

Silica molybdenum ductile iron material exhaust manifold shrinkage problem solved

LI Feng, WANG Huili, FU Xiao, ZHOU Zhaolun, YUAN Chaolin, LI Ying

Xixia Internal Combustion Engine Intake Pipe Co., Ltd., Xixia 474500, Henan, China

Abstract: Through the diagnosis analysis and improvement of the casting process of a silicon-molybdenum ductile iron exhaust manifold (the exhaust pipe), the waste of casting shrinkage and porosity was reduced from 40% to 2%, and the technological yield of casting was also increased by 5%. The author described the process of solving the shrinkage and porosity of casting. It is proved that riser size, riser position, riser neck parameters and chemical composition have a very important impact on shrinkage and porosity defects of castings. The correct design of riser parameters is an important link to improve the density of SIMO ductile iron exhaust pipe castings, and it is also an important factor affecting the casting process yield.

Keywords: exhaust manifold; shrinkage; riser; chemical composition

1 序言

排气歧管是汽车发动机上的重要零部件, 使用环境恶劣, 结构复杂, 生产难度较大。图1所示为四缸排气歧管铸件, 外形尺寸为290mm×150mm×110mm, 铸件重量6.75kg, 材质为GJS-SiMo51, 铸件主要壁厚5.5mm, 进气法兰壁厚18mm, 两端车圆位置壁厚为8mm, 因此铸件法兰成为热节, 管身搭子直径为25mm, 构成孤立热节, 在工艺设计时需要对接法兰及搭子热节部位进行补缩。

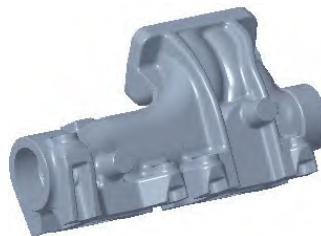


图1 四缸排气歧管铸件

2 工艺设计及试制

该铸件的生产条件是潮模砂造型, 采用149型震实造型机生产线, 4件/型(见图2), 64kg/型,

工艺出品率42.2%，每件3个冒口，2个进气法兰进铁液的冒口，1个排气法兰处的溢流补缩冒口，冒口直径底 $\phi 65.6\text{mm}$ （顶 $\phi 54.3\text{mm}$ ） $\times$ 高120mm（冒口模数为1.31cm，单个冒口重量为2.6kg）^[1]，排气歧管管法兰到冒口颈间距7mm。材质为硅钼球墨铸铁，5t/h中频感应电炉熔炼，1t浇包浇注（球化处理包与浇包二合一），包底冲入法球化处理工艺，球化剂加入量1.1%，出炉温度 $(1560\pm 10)^{\circ}\text{C}$ ，浇注温度 $1400\sim 1480^{\circ}\text{C}$ ，浇注时间 $<10\text{min}$ 。批量生产后，缩松缺陷的比例达到40%，报废情况严重，且工艺出品率只有41.2%。缩松主要出现在冒口颈部位（见图3），缩松深入法兰内部，造成铸件报废，严重影响产品交付，同时生产成品率很低，严重影响公司效益，因此急需改善这一现状。

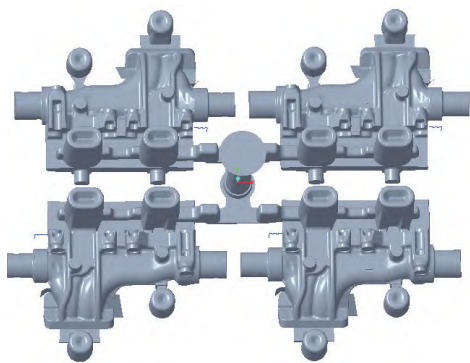


图2 铸造工艺布局



图3 冒口径缩松深入法兰

3 缺陷分析及改善

从图3可看出，在缩松内部夹杂有部分的气孔及其他夹杂物，不是单纯的缩松，因此决定从材质和铸造工艺两个方面来解决问题。

第一次改善试制，从材质方面入手，炉料上严格使用纯净的废钢、优质的生铁及少量的回炉料（比例控制在30%以内）进行熔炼，采用严格控制加料顺序、熔炼温度，过热温度等工艺措施^[2]。熔炼完成后，使用智能光谱仪严格控制化学成分，加

入1.0%~1.05%的Mg6RE2球化剂、75SiFe孕育剂，最终化学成分见表1。另外，严格控制残余镁量在0.035%~0.045%，当残余镁量过低时，会导致球化效果不良；当残余镁量过高时，会导致缩松倾向增大，影响铸件质量。碳当量控制在4.7%~4.75%，以便于充分补缩，减少缩松。由于铸件壁薄，所以必须高温出炉，快速浇注，铁液出炉温度控制在 $(1560\pm 10)^{\circ}\text{C}$ ，使用0.5t浇包浇注，缩小首末箱温差，浇注时间控制在 $\leq 8\text{min}$ ，最后一箱浇注温度控制在 1410°C 以上。其余工艺不变，调试生产铸件15箱共60件，其中缩孔、缩松废品16件，废品率26.6%，与改进前相比，废品率降低，说明从材质调整虽然有效果，但效果有限，还有26.6%的废品比例，需继续改善。

表1 GJS-SiMo51铁液化学成分（质量分数）（%）

元素	C	Si	Mn	P	S	Mo	Mg
球化处理前	3.45	3.25	0.30	0.041	0.012	0.86	—
球化处理后的	3.38	4.10	0.25	0.038	0.01	0.85	0.042

第二次改善，在第一次材质改善的基础上，从铸造工艺方面改善，项目组分析认为，现有工艺法兰位置的冒口距离法兰只有7mm（见图4），距离太近，形成接触热节^[3]，这样就形成了冒口越大，距离越近，接触热节也越大，缩松就越严重的恶性循环，因此只能从冒口体积以及冒口距离铸件的间隙来更改工艺。分析原因后，确定了如下工艺改进方案。

1) 将冒口与法兰部位的距离拉长，避免形成接触热节，同时在冒口完成对铸件的补缩后冒口径能够快速凝固，避免出现冒口径缩松。确定改善方向后，还对模具进行改造，将冒口与法兰之间的距离拉长到14mm。

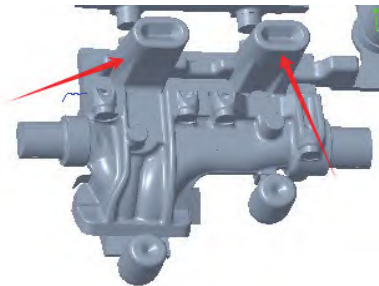


图4 冒口体积大且距离近

2) 同时减小冒口的体积,以减小冒口热量,减小接触热节。将冒口高度降低到85mm,直径减小到 $\phi 55\text{mm}$ (冒口模数减小到1.06cm,冒口重量减少1.38kg),高出分型面75mm(见图5)。

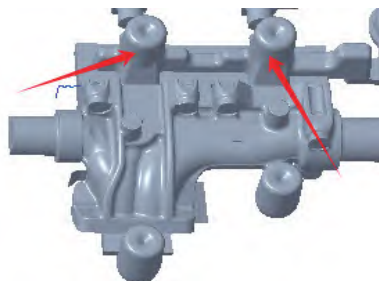


图5 冒口体积减小且距离拉长

4 生产验证

工艺改进后,再次进行生产验证,生产15箱共60件,铸件清理后(见图6)检验,有1件在冒口径



图6 排气歧管铸件清理后实物

位置出现轻微缩松,其余59件没有缩松缺陷,缩松比例1.6%,取得了较好的效果,整箱重量降低到58.4kg,工艺出品率达到46.2%,提升5%。后续经过2000件的生产验证,缩松比例控制在1.5%以内,保证了交付,降低了成本。

5 结束语

在排气歧管铸件工艺设计中,冒口尺寸并不是越大越好,而是要与冒口径的尺寸相匹配,同时冒口径的放置位置要合适,与铸件被补缩部位的距离要合适,不能形成接触热节,这样就有利于解决缩松问题,才能达到降低废品率和成本的良好效果。

参考文献:

- [1] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册(第5卷): 铸造工艺[M]. 2版. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [2] 中国机械工程学会铸造分会. 铸造手册(第1卷): 铸铁[M]. 2版. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [3] 魏兵, 袁森, 张卫华. 铸件均衡凝固技术及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.

MW 20241010

(上接第106页)

50%~80%,减少了零件的加工余量,可产生可观的经济效益。

目前,客户已经实现量产,没有不良反馈。

4 零件变形影响因素分析

由表4可发现,影响零件变形的因素有如下几方面。

(1) 零件调质 零件调质之后,得到均匀的回火索氏体,组织转变均匀,使组织应力较小,从而可以减小变形。

(2) 零件装夹方式 装夹方式可以起到一定的限变形作用。

(3) 零件结构 如果零件结构薄弱,容易导致变形,在使用条件允许的情况下,可对零件结构进行优化。

(4) 加工工序 对于容易引起变形的薄壁或孔,热处理前不加工,热处理后再加工,可以大大降低热处理变形,上述实例就是最好的证明。

5 结束语

生产中经常遇到从业者抱怨热处理工件变形不易解决,其实大家往往有个认识误区,即认为淬火变形是热处理的事情,与机械加工、设计关系不大。根据本文零件的淬火调试情况可知,变形不仅与机械加工有关,与结构设计也有很大关系,因此热处理变形需要与机械加工、设计相互配合,才能很好地解决变形的问题,如果仅依靠热处理,则很难解决淬火变形超差问题。

参考文献:

- [1] 谢文, 陆鹏. 牙嵌强制锁住式差速器壳端面齿感应淬火[J]. 金属加工(热加工), 2020(9): 100-102.
- [2] 黄志, 梁文林. 现代感应热处理技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [3] 沈庆通, 黄志. 感应热处理技术300问[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.

MW 20240628