

一种多孤立热节排气歧管的铸造工艺设计

李莹, 陈伟

西峡县内燃机进排气管有限责任公司 河南西峡 474500

摘要: 通过对一种多孤立热节铸铁排气歧管铸造工艺的诊断及改进, 将铸件疏松、冷隔以及起皮废品率从26%降到2%, 铸件的工艺出品率同时也提高3%。描述这一解决铸件缺陷的过程, 以案例事实证实了进铁液位置、冒口位置、冷铁放置等工艺措施对铸件缺陷有着十分重要的影响, 正确设计进铁液位置、冷铁设置并结合冒口使用等工艺, 是提高多孤立热节铸铁排气歧管铸件成品率的重要一环, 同时也是影响铸件工艺出品率的重要因素。

关键词: 球墨铸铁; 热节; 疏松; 冷隔; 起皮; 冒口配合冷铁

A casting process design of multiple isolated hot joint exhaust manifold

LI Ying, CHEN Wei

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

Abstract: By analyzing and improving the casting process of a multi-isolated hot-joint cast iron exhaust manifold, the waste rate of loose casting, cold isolation and peeling was reduced from 26% to 2%, and the technological yield of casting was also increased by 3%. The author describes the process of solving casting defects. It is proved by the case that the position of molten iron, riser position and placement of cold iron have a very important impact on casting defects. The correct design of molten iron position and the use of cold iron combined with riser is an important link to improve the yield of multi-isolated hot joint cast iron exhaust pipe casting, and it is also an important factor affecting the casting process yield.

Keywords: ductile iron; hot festival; loose; cold isolation; peeling; the riser fits the cold iron

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、生产难度大。我公司为某主机厂生产的八缸发动机排气歧管(见图1)。其铸件外形尺寸为506mm×113mm×108mm, 材质为QTRS4Mo1(化学成分见表1), 壁厚(4.5±0.8)mm, 重量为5.68kg。

材质QTRS4Mo1的流动性差, 属于糊状凝固, 补缩困难, 铸造工艺性较差^[1], 且进气法兰由多个

孤立热节组成(见图2), 在热节区可能会出现疏

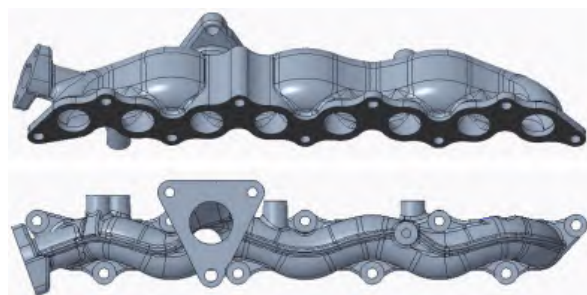


图1 八缸发动机排气歧管结构

表1 QTRSi4Mo1铁液化学成分（质量分数）（%）

元素	C	Si	Mn	P	S	Mo	Mg
球化处理前	3.42	3.22	0.28	0.041	0.012	1.12	—
球化处理后的	3.36	4.12	0.22	0.038	0.01	1.1	0.042

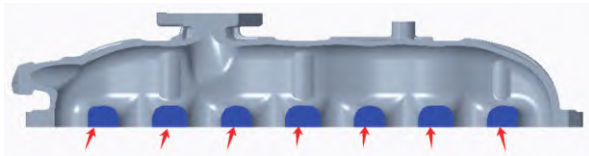
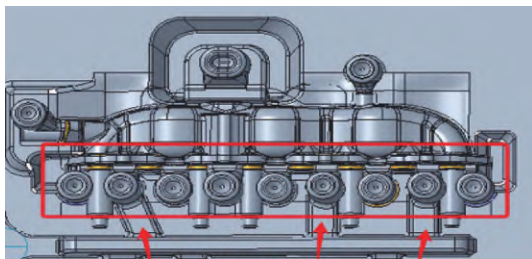


图2 进气法兰各个缸口间的热节区剖视图

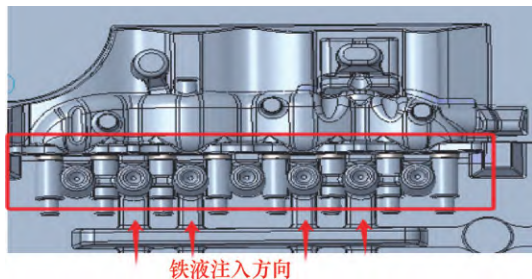
松，而主机厂要求铸件内部不允许有疏松缺陷，因此在工艺设计时要充分考虑法兰热节部位的补缩。

2 工艺设计及试制

自2010年以来，对于类似结构的产品，我公司采用的工艺方案都是从进气法兰（八缸缸口）位置进铁液，热铁液强补缩工艺，进气法兰的冒口逐渐演化成了“缺一不可”状态，即在实际生产过程中，8个缸口位置均设有冒口补缩，若一个缸口的热节区未放置冒口补缩，其对应的热节位置就会有疏松缺陷产生，因此形成了“一遇8缸件，法兰冒口排队站”的现象。工艺方案如图3所示。



a) 某型A产品冒口设计



b) 某型B产品冒口设计

图3 类似结构的八缸发动机排气歧管工艺方案

此方案的工艺出品率只有31%；另外，虽然传统的工艺方案选择从多热节的位置放置冒口进热铁液进行补缩，保证补缩热量充足，但在实际生产和

加工过程中，仍然会有疏松、冷隔和起皮等缺陷出现（整体废品比例达到26%），如图4、图5所示。严重制约工艺出品率和综合成品率的提升。

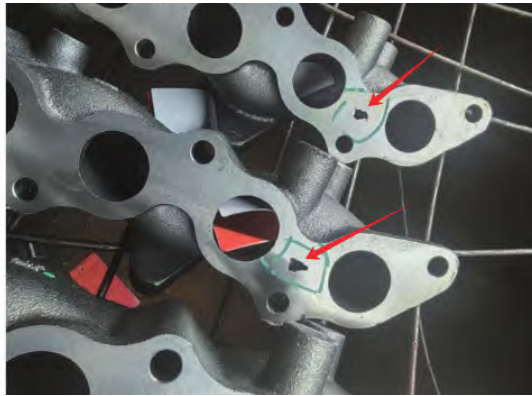


图4 加工后铸件进气法兰口面疏松缺陷



图5 管身冷隔起皮缺陷

3 原因分析及改善

1) 第一口面冷隔、起皮缺陷的分析：原有工艺从法兰口进铁液，形成3~4股热铁液交汇，产生紊流，在交汇处易出现冷隔缺陷；加之横浇道流经砂芯射砂口，在铸件浇注过程中，射砂口被封住，气道芯的气体无法顺利从射砂口排出，在管壁位置形成起皮缺陷，产生不合格铸件。

2) 第二口面疏松缺陷的分析：因铸件结构原因，口面法兰补缩冒口只能放置在正对铸件热节的位置，冒口颈尺寸、冒口大小，以及冒口颈与补缩铸件的间隙设置稍出现偏差，就会构成接触热节，冒口颈就出现疏松缺陷。

结合以上的原因分析，将工艺改善的重点放在避免铁液进入法兰位置形成接触热节^[2]，以解决疏松问题；避免多流道进铁液以解决冷隔问题；避免横浇道堵塞排气口，以解决起皮问题^[3]；同时尽可能地提升工艺出品率。确定改善方案后，决定采用从管身背侧出气法兰和管身螺栓位置进铁液，减少铁液交汇，消除紊流现象，使芯头射砂口完全朝外，便于浇注时气道芯射砂口排气通畅。在整个多

热节点的整体法兰口面上设置3个 $\phi 45\text{mm} \times 75\text{mm}$ 的冷冒口，与 $25\text{mm} \times 25\text{mm} \times 30\text{mm}$ 的冷铁相结合，以此消除口面厚大位置的疏松问题，优化后的铸造工艺方案如图6所示。结合ProCAST 模拟软件进行模拟分析，从模拟分析的结果看（见图7），管身及法兰部位均没有出现疏松，工艺评审可行。

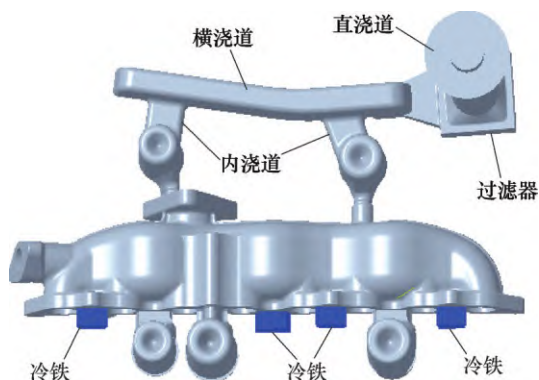


图6 优化后的铸造工艺方案

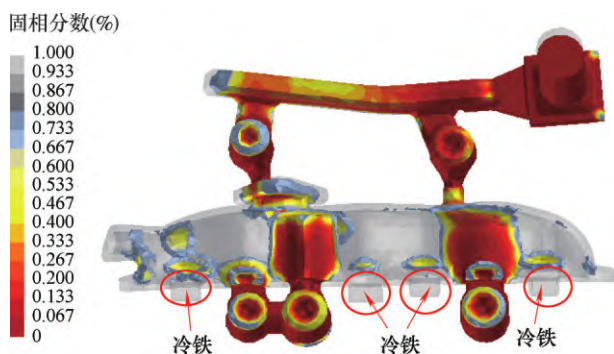
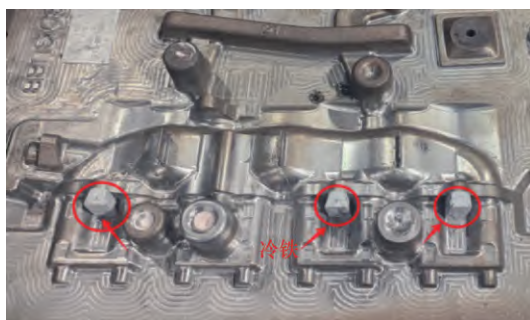


图7 模拟凝固状态

4 生产验证

按照上述评审的工艺制作模具，并进行生产验证（见图8），第一次生产5箱，共10件，有3件在法兰冒口径位置出现疏松（见图9），没有冷隔及起皮缺陷，效果显著。分析认为，此处冒口为溢流冒口， $\phi 45\text{mm} \times 75\text{mm}$ 的尺寸偏小，热量不足，后将该处的冒口尺寸增大至 $\phi 55\text{mm} \times 85\text{mm}$ ^[4]。第二次生产60箱，共120件，清理后废品统计，1件产生起皮缺陷，1件产生冷隔缺陷，没有外观可见的疏松缺陷。经X射线检测和解剖，内部无疏松、气孔及夹渣等铸造缺陷（见图10、图11），后续经加工，也未发现在加工面及加工孔内有铸造缺陷，废品率从26%降低到1.6%，工艺出品率提升到34.2%，取得了良好的效果（见图12）。



a) 上型板冒口配合冷铁工艺



b) 下型板冒口配合冷铁工艺

图8 上下型板改变进铁液方向冒口结合冷铁的实物

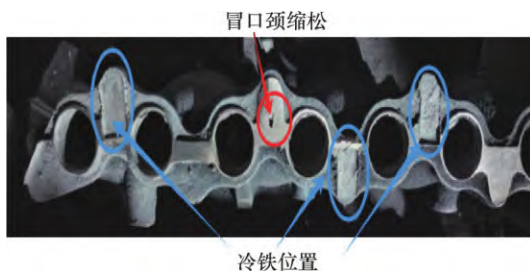


图9 冒口颈缩松

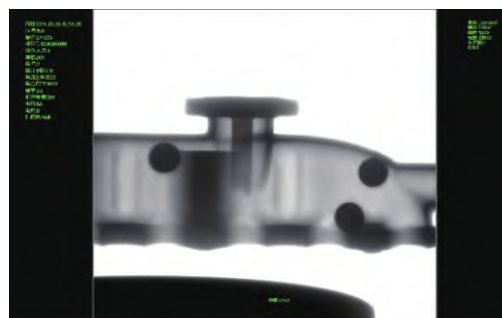


图10 X射线检测结果



图11 解剖后热节区无缩松

（下转第152页）

查管料内壁、工模具、润滑剂及场地的清洁状况，防止氧化铁皮和杂物附着在钢管表面。

5 结束语

1) 钢管内壁凹坑缺陷既非冶炼铸造等钢质缺陷导致，也非热成形过程中产生，而是产生于冷拔过程。

2) 应严格把控冷拔前的准备工作，包括现场环境、工模具检查及钢管内壁质量检查，防止氧化铁皮和质硬杂物附着在钢管表面而造成凹坑缺陷。

参考文献:

- [1] 王洪海, 陈冬, 许胜. 大容积气瓶用高强韧材料 4130DX 的开发[J]. 中国特种设备安全, 2023, 39 (12): 90-94.
- [2] 彭朝辉. 大容积钢质无缝气瓶标准简述[J]. 冶金标准化与质量, 2018, 56 (1): 28-31.
- [3] 李丹, 敬加强, 白林, 等. 天然气储运技术研究[J]. 管道技术与设备, 2009 (1): 4-5, 21.
- [4] 陈冬, 桑伟, 吴宜樞. 大口径薄壁气瓶用无缝钢管的制造工艺[J]. 理化检验 (物理分册), 2017, 53 (7): 487-490, 503.
- [5] 王洪海, 陈俊德, 陈冬, 等. 强力旋压工艺在大直径气瓶钢管制造中的应用[J]. 钢管, 2019, 48

(6): 14-18.

- [6] 王洪海, 桑伟, 陈俊德, 等. 国内大容积气瓶用无缝钢管发展概述[J]. 钢管, 2019, 48 (2): 7-13.
- [7] 王丽娜. 压缩天然气运输和长管拖车制造及检验[J]. 河北工业科技, 2011, 28 (1): 52-54.
- [8] ISO/TC58 技术委员会 (SC3 气瓶设计分委员会). 气瓶-水容积 150~3 000 L 的可重复使用的无缝钢制气瓶的设计、结构和试验: ISO 11120: 2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [9] 栗红民, 龙金花. 4130X 大容积气瓶用无缝钢管的轧制工艺实践[J]. 现代冶金, 2019, 47 (1): 27-28.
- [10] 王勇, 宋光鑫, 彭先明. 大容积气瓶用 4130X 钢管横向裂纹原因分析[J]. 钢管, 2020, 49 (6): 41-44.
- [11] 尹人洁, 马欢鱼, 刘云涛, 等. 采用周期式轧管-拉拔式热扩径工艺开发长管拖车气瓶用无缝钢管: “2011 年中南·泛珠三角地区第七届轧钢学术交流会”论文集[C]. 成都: 四川省金属学会等, 2011.
- [12] 张新文, 施嘉凯, 张春香, 等. 4130X 连铸开浇炉钢管探伤不合格原因分析[J]. 物理测试, 2023, 41 (1): 40-45.

(收稿日期: 20240806)

(上接第145页)



图12 加工面无缺陷

5 结束语

我公司生产的铸件, 有十几种类似结构产品, 通过优化工艺借鉴, 在开发另外一种类似结构产品时, 经过工艺验证, 解决了疏松、起皮及冷隔缺陷。改变了八缸发动机排气歧管法兰冒口设置密集的现象, 从多缸口多孤立热节排气歧管进气法兰口面设计7~9个“热冒口”的传统工艺, 到改进后仅需设计3~4个“冷冒口”的工艺, 提高了工艺出品率, 节约了生产成本, 获得了较好的经济效益。

通过对硅钼耐热球墨铸铁流动性差的性能特

点和此类型铸件的特殊结构特点进行分析, 以提高铸件出品率和综合成品率为目的, 采用合理的浇注工艺系统, 最终采用均衡凝固技术, 利用接触热节和靠近热节, 不仅解决了长久困扰排气歧管易产生铸造疏松的难题, 成功生产出合格铸件, 满足了客户需求, 也为此系列产品开辟了新的铸造工艺设计思路。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 靳宝, 袁彬, 袁超林, 等. 排气芯骨在水冷排气歧管生产中的应用[J]. 金属加工 (热加工), 2024 (1): 102-103.
- [4] 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.

(收稿日期: 20241207)