

汽车涡轮增压器中心架铸造工艺的优化

朱 征¹, 石晓菊²

(1. 天津科技大学机械工程学院, 天津 300222; 2. 天津新伟祥工业有限公司, 天津 301701)

摘 要: 在汽车涡轮增压器中心架铸件生产中主要产生缩孔缺陷. 根据失效模式与影响分析 (FEMA) 以及正交实验, 找出产生缺陷原因, 并得出结论: 在严格控制工艺的情况下, 应采用大气压冒口, 浇注温度控制在 1 410~1 360 °C, 并使浇注流速小于 12 m/s.

关键词: 缩孔缺陷; 冒口; 正交实验

中图分类号: TG245 文献标识码: A 文章编号: 1672-6510 (2007) 04-0049-03

Casting Craft Optimization of the Center Housing Cast in the Automobile Turbocharger

ZHU Zheng¹, SHI Xiao-ju²

(1. Collage of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China;
2. Tianjin Xin Wei Xiang Industrial Limited Company, Tianjin 301701, China)

Abstract: The main deformity of the center housing cast in the automobile turbocharger is shrinkage cavity. Based on the FEMA and orthogonal experiments, the factor of producing the shrinkage cavity was founded out. The results show that the feeder head under the condition of the atmospheric pressure need to be adopted. The moulding techniques is that the temperature is about between 1410°C to 1360°C, and the moulding velocity is less than 12 m/s.

Keywords: shrinkage cavity; feeder head; orthogonal experiments

中心架铸件主要用于连接汽车中的涡轮增压器进气与排气部分, 某企业月产量一般在 2 万件左右, 并且随着汽车行业的发展还有增长的趋势. 由于中心架铸件材质为铸铁, 该企业沿用砂型铸造方法, 采用水平自动造型线进行造型 (水平分型); 为防止缩孔缺陷的产生, 在中心架铸件铸造工艺设计及生产中采用了冒口, 并进行了封顶, 所谓冒口封顶是指在浇注完毕后, 用型砂覆盖冒口处, 以增加内部型腔压力, 增强冒口补缩作用; 为提高生产效率, 还采用了“一箱多注”的生产工艺, 即一箱同时完成两个铸件的浇注. 浇注时, 采用以下浇注条件: 浇注温度 1 360 °C, 浇注速度 12 m/s. 其中浇注温度和浇注速度分别由红外温度测试仪和浇注速度测量系统测得, 在生产中可根据实际要求, 随时调整浇注温度和浇注速度. 根据从生产数据抽查情况, 2005 年 9 月至 2006 年 4 月半年时间内, 每月出现缩孔缺陷的铸件数量占各月生产总数的

2.06%~2.14%, 缩孔缺陷如图 1 所示, 其特征: 在铸件的厚断面, 热节处或轴心等最后凝固的地方形成表面粗糙的孔洞, 并且或多或少带有树枝状结晶^[1]. 这种缺陷造成铸件报废, 严重影响铸件的生产. 可见, 在生产过程中缩孔缺陷是造成产品不良的重要原因之一.

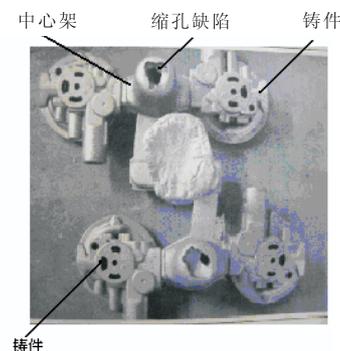


图 1 铸件照片

Fig. 1 Cast photo

收稿日期: 2007-04-09; 修回日期: 2007-05-22

基金项目: 天津科技大学自然科学基金资助项目 (20070203)

作者简介: 朱 征 (1973—), 女, 广西博白人, 讲师, 硕士.

从理论上讲, 缩孔缺陷产生的基本原因是金属合金在冷却凝固时所产生的液态收缩值和凝固值大于固态收缩值, 并在铸件最后凝固的地方得不到金属液的补偿. 铸造生产工艺过程很复杂, 影响铸件质量因素很多. 通常采用以下措施防止铸件产生缩孔缺陷: 根据铸件壁厚选择恰当的化学成分; 合理设计冒口和浇注系统; 炉前孕育不宜过量; 防止铁液氧化; 尽量提高铸型刚度^[1]. 如果能够确定产生缺陷的原因, 并有针对性地采取相应措施, 则可以更有效地预防缩孔缺陷的发生, 本文采用失效模式与影响分析(Fault Mode & Effect Analysis, 简称 FMEA)以及正交实验原理分析了中心架铸件产生缩孔缺陷的原因, 给出了解决方法, 得到了最佳生产工艺.

1 实验原理与方法

在设计和制造产品时, 通常有三道控制缺陷的防线: 避免或消除故障起因、预先确定或检测故障、减少故障的影响和后果.

根据失效模式与影响分析及铸造缺陷的故障树分析^[2-4], 在铸件生产过程中, 主要有两个环节: 配料、浇注. 其中, 在配料环节中, 若配料的配比不符合要求, 其潜在的失效模式为配料错误, 产生潜在的失效后果为铸件产生缺陷; 在浇注环节中, 如果人员操作失误、设备发生故障或金属液出炉温度偏低, 冒口形式不合理, 将产生冒口或直浇道未浇满, 流速不符合要求的潜在失效模式, 也将产生同样的潜在失效后果, 即铸件产生缺陷. 因此, 引起缩孔缺陷的因素可能有冒口的形式、浇注温度、流速、配料、设备的状态等. 在保证设备正常运转, 人员操作正常, 包括相关浇注条件(液态合金成分、金属液出炉温度均达到要求)的前提下, 经过对现场生产的追踪及对各生产环节的严格控制, 发现铸件缩孔缺陷的产生主要与冒口形式、浇注温度、流速有关, 但起主导作用的因素还有待研究.

为了更好地体现三者在不同情况下对产品质量的影响, 按 DOE 2^K 析因设计的原理, 根据两水平三因素位级表, 如表 1 所示, 进行相关正交实验, 用数理统计方法对铸件缩孔缺陷产生原因进行研究.

表 1 两水平三因素位级表

Tab. 1 Position level table with two level and three factor

位级	因素		
	冒口形式 (A)	浇注温度 (B)	浇注流速 (C)
1	-1	-1	-1
2	+1	+1	+1
备注	-1 为冒口封顶, +1 为大气压冒口 -1 为 1 360~1 340 °C, +1 为 1 410~1 360 °C -1 为大于 12 m/s, +1 为小于 12 m/s		

表 3 级差分析表

Tab. 3 Grading analytical table

级差值	因素			
	A	B	C	A×B
K ₁	3.375	3.000	2.500	1.375
K ₂	0.500	0.875	1.375	2.500
R	2.875	2.125	1.125	-1.125

2 实验分析

以废品率作为铸件质量的衡量标准, 对表 2 的正交表测试数据采取级差分析法计算, 做出级差分析表如表 3 所示, 并根据 R 值反映因素显著性, 再结合各因素的重要性, 找出最佳浇注条件.

表 2 正交实验性能数据表

Tab. 2 Data sheet of capability in the orthogonal experiments

实验号	列号				生产数量	缺陷数量	废品率 / %
	A	B	C	A×B			
1	-1	-1	-1	+1	50	3	6.0
2	+1	-1	-1	-1	50	1	2.0
3	-1	+1	-1	-1	150	3	2.0
4	+1	+1	-1	+1	150	0	0.0
5	-1	-1	+1	+1	50	2	4.0
6	+1	-1	+1	-1	50	0	0.0
7	-1	+1	+1	-1	200	3	1.5
8	+1	+1	+1	+1	200	0	0.0

由级差分析表中 R 值得出各影响因素重要顺序为 A > B > C, 也就是说, 冒口形式是产生缩孔缺陷的重要原因之一. 从 K 值情况看, 采用冒口封顶形式的 K 值最大, 所带来最直观的衡量产品质量指标(废品率)很高, 各因素之间的二价交互作用效应不十分明显. 因此, 在降低废品率的情况下最佳冒口形式是大气压冒口. 考虑各影响因素, 从正交级差分析表中得出最佳浇注条件是 A₂B₂C₂.

通过以上的实验, 在生产过程中采用大气压冒口、冒口封顶两种截然不同的形式所造成的结果一目了然. 从铸件结构来分析, 由于整个铸件的材料是铸铁,

出现缩孔缺陷处恰好处于中心架铸件顶部.若采用冒口封顶,铸件内部存在压差,在中心架铸件顶部结构液态合金容易流失.由于冒口颈很薄,当其通道内没有金属液流动时,会很快凝结,使冒口失去补缩作用^[5-7],最终在这一部位,产生缩孔缺陷.若冒口不封顶,在大气压的作用下,液态合金流速均匀,在凝固过程中没有压差,冒口起到很好的补缩作用,保证铸件不出现缩孔缺陷.

因此,可以得出这样的结论:大气压式冒口形式是影响缩孔缺陷的主要因素,当采用大气压式冒口、浇注温度控制在1 410~1 360℃,并且浇注流速小于12 m/s时效果最好,即废品率最低.

采用以上改进工艺后,从2006年6月的生产跟踪情况来看,每天铸件缩孔缺陷率在整个生产总数的0.59%之内,大大降低了废品率,完全满足生产的要求,提高了企业生产效益.

3 结 论

(1)明确了最佳工艺参数,即采用大气压式冒口,

浇注温度控制在1 410~1 360℃,并且浇注流速小于12 m/s;

(2)其他产品如有冒口封顶情况,可以尝试采用大气压式冒口,一方面可以改善补缩效果,另一方面也可以节约铁水,提高经济效益.

参 考 文 献:

- [1] 蒋智慧,韩振中. 铸铁件常见铸造缺陷的防止方法[J]. 现代铸铁, 2005(6): 59—63.
- [2] 陈金水,蔡慧民,孙永芳,等. 铸造缺陷的故障树分析法[J]. 天津大学学报, 1998, 31(4): 526—532.
- [3] 胡云昌,陈金水,顾成中. 系统失效树定量分析的新方法[J]. 天津大学学报, 1989(4): 45—56.
- [4] 陈金水,阎详安. 液压件铸件缺陷的失效树分析[J]. 天津大学学报, 1993(3): 112—119.
- [5] 范宏训,赖华清. 铸铁件缺陷分析及对策[J]. 机械工人. 热加工, 2003(6): 70—71.
- [6] 美国铸造师协会. 铸件缺陷分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 1981.
- [7] 叶荣茂,吴维冈,高景艳. 铸造工艺课程设计手册[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1995.

(上接第26页)

参 考 文 献:

- [1] 高培基,许平. 资源环境微生物技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [2] 杭志喜. 植物纤维原料纤维素酶水解的研究[J]. 化学世界, 2005(4): 80—84.
- [3] Daljit Singh Arora, Mukesh Chander, Paramjit Kaur Gill. Involvement of lignin peroxidase, manganese peroxidase, and laccase in degradation and selective ligninolysis of wheat straw[J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2002, 68: 115—120.
- [4] 王宏勋,杜甫佑. 白腐菌选择性降解秸秆木质纤维素研究[J]. 华中科技大学学报, 2006, 34(3): 97—100.
- [5] Tien M, Kirk T K. Lignin peroxidase of phanerochaete chrysosporium methods [J]. Methods Enzymol, 1988, 161: 238—249.
- [6] Galliano H, Gas G, Seris J L. Lignin degradation by Rigidoporus Lignosus involves synergistic action of two enzyme: MnP and Laccase[J]. Enzyme Microb Technol, 1991, 13: 478—482.
- [7] 尤纪雪,叶汉林. 白腐菌预处理对杨木化学制浆性能的影响[J]. 中国造纸, 2004(3): 81—85.
- [8] Montane D, Farriol X, Salvado J, et al. Application of stream explosion to the fractionation and rapid vapour-phase alkaline pulping of wheat straw[J]. Biomass Bioenergy, 1998, 14: 261—276.
- [9] 陈佩蓉,屈维均,何福望. 制浆造纸实验[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1990.