

● 生产技术 Production Technology ●

DOI: 10.16410/j.issn1000-8365.2020.03.012

制动器钳体铸造工艺及优化

杨 伟,董 鹏,杨志刚,乔新坤

(中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司,江苏常州 213011)

摘要:针对某型号制动器钳体在试制和运用过程中产生的灰斑和缩松渗油问题,分析讨论了上述问题产生的原因及原工艺存在的不足。结果表明,通过调整铸造工艺和优化防渗硫措施,解决了上述问题,为其批量生产质量稳定性打下了基础。

关键词:制动器;灰斑;缩松;铸造工艺

中图分类号: TG255

文献标识码: A

文章编号: 1000-8365(2020)03-0252-05

Casting Process and Optimization of Clamp Casting for Certain Brake

YANG Wei, DONG Peng, YANG Zhigang, QIAO Xinkun

(CRRC Qishuyan Institute Co., Ltd., Changzhou 213011, China)

Abstract: In view of the gray spot and shrinkage and porosity of the brake clamp casting in the process of trial-manufacture and application, the causes of the above problems and the shortcomings of the original technology were analyzed and discussed. The results show that the above problems can be solved by adjusting the casting process and optimizing the measures of anti-seepage sulfur, which lays a foundation for the mass production quality stability.

Key words: brake; grey spot; shrinkage; casting process

制动器作为大型矿用工程车的制动关键部件,其质量可靠性直接关乎着整车的走行安全;而制动器钳体作为制动器的核心零部件,其性能和质量将直接影响着整个制动器的可靠性。长期以来大型矿用制动器一直以进口为主,近年来,笔者所在单位承担了部分型号制动器的国产化开发工作,本文针对某型号制动器上的关键零部件钳体铸件,在工艺试制开发和运用过程中产生的问题及改进过程进行了分析和探讨。

1 铸件结构及技术要求

1.1 铸件结构

制动器钳体铸件结构如图 1,铸件整体上属中厚壁球墨铸铁件,重约 85 kg,铸件最大壁厚达 70 mm,上下法兰连接圆弧背部壁厚约为 40 mm,铸件整体外形尺寸为 470 mm×230 mm×260 mm;铸件上下法兰对称分布 6 个油缸孔及 2 个油槽需要铸出。

1.2 技术要求

要求铸件的材质及力学性能要达到 GB/T 1348 标准中 QT600-3 材料标准要求;金相检验要求:石

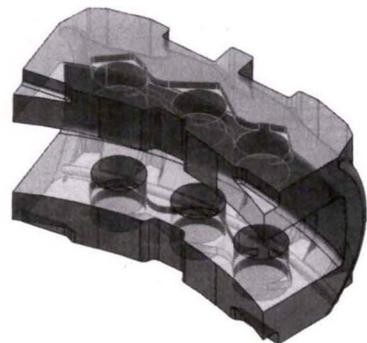


图 1 制动器钳体铸件三维结构图

Fig.1 3D structure drawing of casting for brake clamp

墨球化率 $\geq 80\%$,石墨大小 ≥ 5 级;需要对铸件进行全表面磁粉探伤,缺陷等级不大于 GB/T 9444 标准中规定的质量等级 3 级要求;表面质量尤其是对油槽腔道表面要求不能有明显的铸造氧化皮及粘砂等缺陷。

为确保铸件满足技术要求,化学成分设计时添加较多的合金元素^[1],其化学成分及力学性能控制要求分别见表 1 和表 2。同时,结合铸件结构特点可以看出其铸造工艺的主要难点有:①如何保证铸件表面无夹渣缺陷,从而满足铸件磁粉探伤要求,同时还要保证油槽部位的表面质量;②如何确保铸件厚大部位无缩松、缩孔缺陷,虽然对产品内部质量没有提出技术要求,但要保证铸件加工后无缺陷露头。

收稿日期: 2019-06-13

作者简介: 杨 伟(1983-),吉林永吉人,硕士,高级工程师。主要从事铸件铸造工艺设计及材料工艺研究方面的工作。电话:0519-85965095,E-mail:davidyang_csu@163.com

表1 铸件化学成分控制要求 w(%)

Tab.1 Control Requirements of casting on chemical composition

C	Si	Mn	P	S	Cu
3.5~3.7	2.3~2.6	≤0.6	<0.05	<0.02	0.8~1.0

表2 铸件力学性能控制要求

Tab.2 Control Requirements of casting on mechanical properties

R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A(%)	HB
≥600	≥370	≥3	190~270

2 试制工艺及存在的问题

2.1 试制工艺概述

铸造工艺设计上采用底注式浇注系统以保证铁液充型平稳;为使铸件上下厚大部位得到补缩,采用了下型冷铁配合上型冒口的补缩工艺,确保实现顺序凝固;浇注系统采用半开放半封闭式,根据球墨铸铁件浇注系统设计原则^[2],最终确定浇注系统各部分截面积比为 $A_{直}:A_{横}:A_{内}=1.5:2:1.2$;采用阶梯式挡渣浇道,进一步提升进入铸型的铁液质量;钳体铸件铸造工艺简图如图2所示。

造型工艺采用呋喃树脂砂进行外模造型,主体芯同样采用呋喃树脂砂制芯,油槽处采用覆膜砂制芯以保证该处表面质量,并与主体芯进行粘接;型腔表面依次用醇基锆英粉涂料和石墨涂料各涂刷

一遍。

采用中频感应电炉进行熔炼,原材料主要为低P、S的高纯度生铁,同时加入一定比例的低Mn废钢,Cu元素采用纯度较高的电解铜板加入;采用冲入法进行球化处理,球化剂Mg含量约6%,RE含量约2%,球化剂加入量为熔炼量的1.2%;孕育处理方式为:包内一次孕育+球化后二次孕育,孕育总量为熔炼量的0.8%;控制出炉温度在1490~1510℃,浇注温度在1360~1380℃,总浇注时间在50s以内。

2.2 存在的问题

按上述工艺进行试制,试制结果铸件各项力学性能均满足技术要求,铸件全表面磁粉探伤也满足无损检测要求,但铸件在加工及组装运用过程中先后出现了较多问题。

2.2.1 加工灰斑

钳体铸件精加工过程中发现了不同程度的灰斑,灰斑位置位于上平面发热冒口附近,灰斑颜色暗淡无金属光泽,呈长条状分布,大部分产品有多条,长度20~50mm不等(见图3);毛坯加工余量6mm,继续破坏性加工掉10mm后,灰斑消失。

2.2.2 运用过程中渗油

产品组装后,制动器在矿车上实际运用过程中,钳体表面出现大面积渗油状况,如图4所示。根据产品密封原理,如果是制动器油缸部位出现渗油,渗出

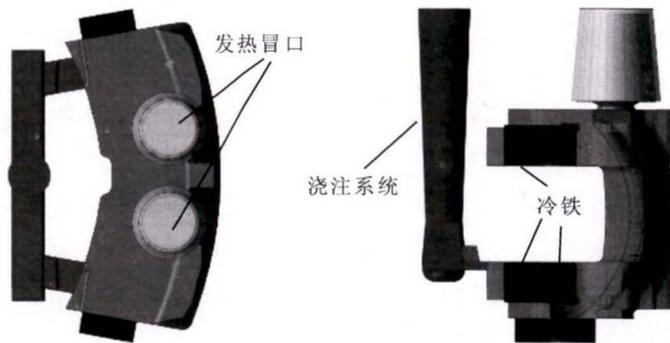


图2 钳体铸件铸造工艺三维简图

Fig.2 3D drawing of casting technology for brake clamp

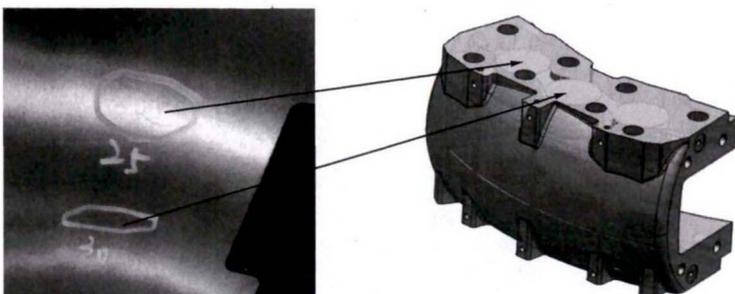


图3 钳体精加工后表面灰斑

Fig.3 Grey spot of clamp surface after finish machining



图4 产品渗油状态

Fig.4 Condition of oil leakage on product

的油液应该不会扩散至整个钳体表面,尤其是钳体圆弧背部,由此推断钳体圆弧背部可能存在较严重的铸造缩松缺陷。

3 原因分析与讨论

3.1 加工灰斑

将产生灰斑的部位单独取样分析,进行拉断试验和金相检验。经拉断试验后试样在灰斑处发生断裂,如图5所示。图6(a)为断口宏观形貌,断面未见明显缩松、夹渣缺陷,根据断口颜色差异,边缘虚线框内颜色深黑,该区域最深处深约2 mm,在光照下存在反光面,具有解理断裂特征。图6(b)为断口截面微观形貌,边缘部位局部存在细小片状石墨;基体石墨为球状石墨,石墨球化级别及大小未见明显异常,基体组织为铁素体+少量珠光体。根据上述检测结果,可以推断加工灰斑是由于该区域存在细小片状石墨,其组织及性能与其它区域存在差异,加工后因光线反射不同而形成色差所致。

球墨铸铁件中产生片状石墨的原因较多,一般与残余Mg量偏低、型砂质量、铸件壁厚等因素有关^[3]。残余Mg量偏低是由于球化剂加入量过低或球化过程中Mg吸收率不足导致的,根据对灰斑钳体化学成分的分析,其残余Mg量基本都在0.04%左右,属球墨铸铁件生产正常的残余Mg量控制范围。

型砂质量即型砂中硫含量对片状石墨的影响是树脂砂生产球墨铸铁件常见的问题。型砂中固化剂在高温铁液作用下,受热分解产生含硫气体,该气体经涂料层渗入与铸型表面铁液中的镁或稀土发生反应,从而降低了铁液中有效镁或有效稀土含量,导致出现片状石墨。根据文献[4]介绍,当型砂中硫含量较高时,铸件表面会出现片状石墨层,当型砂中硫含量很高时(超过0.2%),会增加片状石墨层的厚度。根据对现场采集的型砂含硫量测定分析得知,再生砂的含硫量为0.3%,混合砂的含硫量达到了0.45%,生产钳体所使用的型砂含硫量大大超出了合理的含硫量范围。因此,可以判定钳体中产生的片状石墨是由于树脂砂中含硫量过高而导致的。

那为什么灰斑出现部位均在上型冒口附近,且呈长条状分布?笔者认为应从铸造工艺角度进行分析:一般采用呋喃树脂砂生产的球墨铸铁件,片状石墨层不会超过3 mm^[3];即使是钳体壁厚较厚,片状石墨层厚度会增加,但6 mm的加工余量也足以将片状石墨层加工掉,下型平面均未出现灰斑也证明了这一点。而上型平面由于钳体铸件结构关系,两个发热冒口之间距离较近,造型过程中冒口附近极易出现型砂不紧实的问题,高温受热后极易出现涂料开裂现象,造成铁液与型砂直接接触;同时发热冒口部位在凝固过程中又是过热部位,也是最后凝固的部位,过热部位型腔最易先开裂,另外铁液与型砂之间反应时间也会延长,会增加片状石墨形成的几率。

3.2 运用过程中渗油

对渗油制动器钳体进行X射线探伤检验,发现钳体上下法兰连接部位的圆弧处存在严重的缩松缺陷(见图7),同时缺陷也靠近油道孔,按ASTM标准评级,达到了4~5级。因此可以推断制动器钳体表面的油迹很可能是钳体本身存在缩松缺陷,液压油通过缺陷慢慢扩散至钳体表面所致。

采用MAGMA凝固模拟软件对原铸造工艺进行模拟,模拟结果显示:整个铸件在浇注过程中,铁液上升平稳,无任何飞溅、卷气等现象,底注式浇注系统起到了较好的作用。

图8(a)为凝固模拟结果中porosity判据结果,可以看出porosity判据显示的缺陷分布情况与实物射线探伤结果基本吻合。进一步分析铸件在固液转变时的液相分布情况,发现上下法兰连接处在凝固后期出现了“甩尾巴”现象(见图8(b)),上方的冒口补缩通道会提前关闭,“尾巴处”后凝固而得不到补缩,从而产生缩松缺陷。

4 工艺改进及验证

4.1 铸造工艺优化

根据上述模拟结果分析,综合考虑铸件自身结构及加工面产生的片状石墨缺陷,由于出现缩松缺陷的部位外形呈圆弧形,采用放置冷铁的措施不仅

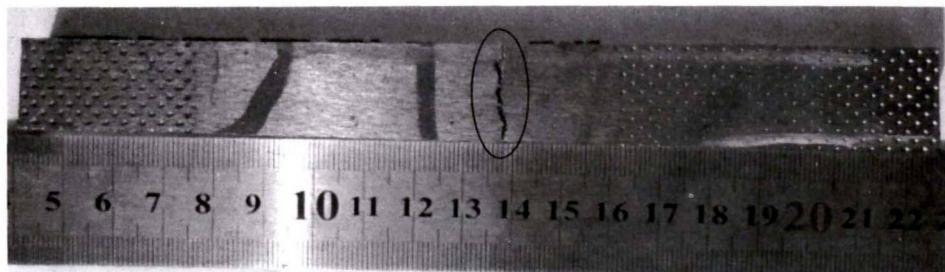


图5 钳体灰斑处拉断试样

Fig.5 Tensile specimen of clamp grey spot

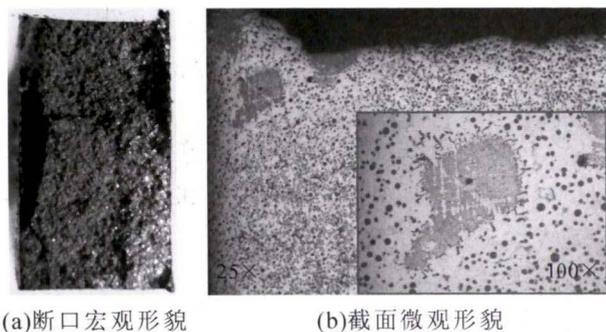


图 6 灰斑处断口形貌
Fig.6 Fracture sample of clamp grey spot

造型难度大,影响铸件外观质量,而且法兰厚度较圆弧部位厚 30 mm,很可能在下法兰部位形成新的缩松缺陷。因此,对原铸造工艺方案进行了较大幅度的调整:将铸件浇注方式由原平躺式底注改为

垂直式浇注,浇注系统各截面积比不变;横浇道增加陶瓷过滤网以保证铁液质量,用以弥补底注式浇注方式的改变对铸件表面磁探质量的影响;原产生缩松的圆弧背部放置最大号(10/13)发热冒口 1 个进行补缩,同时原上下法兰平面厚大部位放置冷铁加强激冷作用形成顺序凝固过程。此外,法兰面放置冷铁也能有效降低片状石墨出现的几率。

对优化后的工艺进行 MAGMA 凝固模拟,其 porosity 判据显示无明显缺陷,圆弧背部原有的“尾巴”也消除了(图 9),铸造工艺的优化效果十分明显。

4.2 防渗油措施改进

针对树脂砂中含 S 量过高的问题,采取了如下改进措施:在不影响造型效率的前提下,混砂时适当降低了固化剂的加入量,以减少树脂砂中的含硫量;

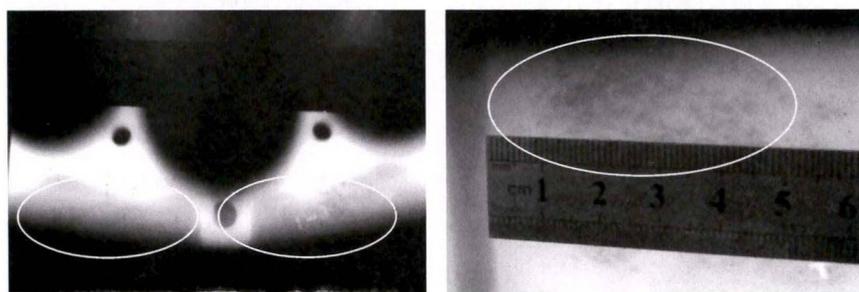


图 7 钳体上下法兰连接部位圆弧处缩松
Fig.7 Shrinkage porosity of clamp arc for flanged joint

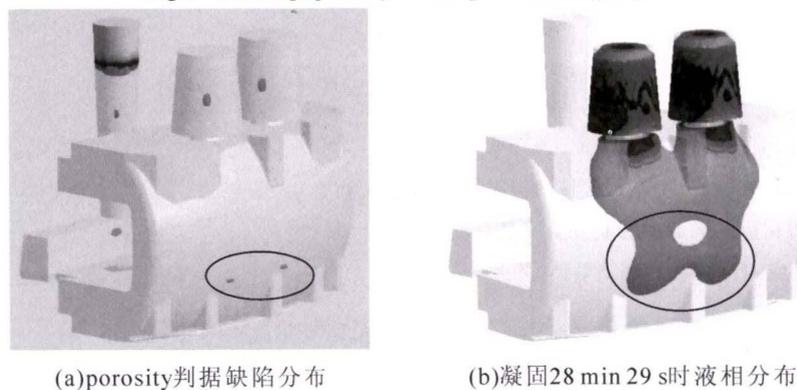


图 8 原铸造工艺模拟结果
Fig.8 Numerical simulation results of original casting process

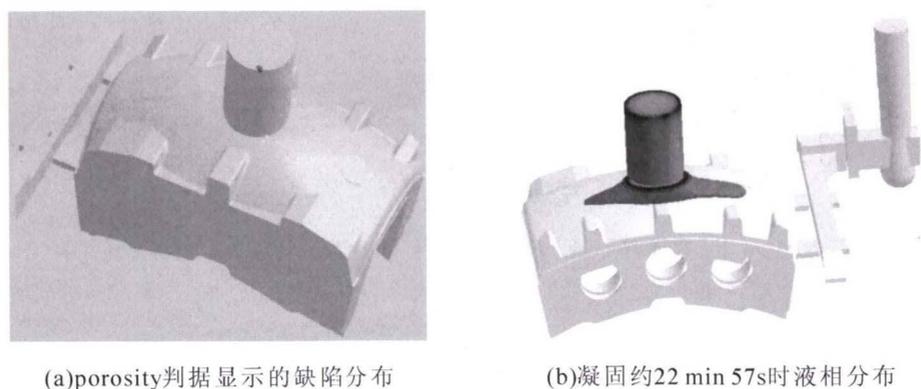


图 9 铸造工艺调整后模拟结果
Fig.9 Numerical simulation results after casting process adjusted

同时造型过程中加大新砂加入量,新砂加入比例提高至 50%以上;此外,在铁液最后凝固、型腔高温受热时间长的上型发热冒口附近采用含 CaO、MgO 的防渗 S 涂料,进一步降低含硫气体对铁液的不良作用。

通过上述工艺调整后,再次进行产品生产试制,钳体铸件力学性能及表面磁探质量均满足技术要求;加工验证后原工艺存在的加工灰斑问题彻底解决;产品组装后发往用户进行现车应用,再未出现制动器钳体渗油问题,为后续批量生产打下了基础。

5 结论

(1)球墨铸铁件为了保证组织致密,往往采用发热冒口工艺,但厚大球墨铸铁件要充分考虑型砂渗硫对铸件的影响,以免出现较深的片状石墨。

(2)针对制动器钳体等有密封性要求的铸件,工艺设计和生产时要充分考虑油路部位的组织致密性,以免产生泄漏等质量问题。

(3)通过有针对性的改进铸造工艺和型砂质量,有效解决了制动器钳体的灰斑和缩松渗油问题,为后续生产打下了基础。

参考文献:

- [1] 徐慧民. 合金化元素对铸态球墨铸铁性能的影响 [J]. 热加工工艺,2008,37(21):47-49.
- [2] 柳百成,黄天佑. 中国材料工程大典 第 18 卷:材料铸造成型工程(上)[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [3] 赵彦辉,周继扬. 球墨铸铁件的表层片状石墨组织缺陷 [J]. 铸造,1999,48(2):47-50.
- [4] 史鉴开,史小雨. 浅析球墨铸铁件表面片状石墨层 [J]. 压力加工,2007(2):69.



大风起兮“梦”飞扬,安得猛“士”兮守四方!

只要你有梦想,有才华,有担当,尊龙就能给你翱翔的广阔天空!

青岛尊龙耐火材料有限公司是专业服务于铸造业的知名生产厂商。是中国铸造协会授予的“中国铸造用耐火材料生产基地”和“全国铸造材料金鼎奖(酸性炉衬料)”荣誉称号的唯一获得者。根据业务发展需要,面向全国范围诚聘以下销售管理人材:

大区经理 5 名

岗位简述:

1.省际范围的业务开发、维护及本区域销售团队的建设和管理

2.对本区域销售指标的完成和利润情况负总责

薪资:底薪+提成+区域总利润绩效(含职务补贴)

服务中心经理 4 名(男女不限)

岗位简述:

1.服务中心人、财、物全面管理和调配

2.负责开发、服务、维护中心所辖区域内的所有客户

3.对公司下达的销售和利润指标负总责

区域范围:以服务中心为圆心,半径 100 公里的圆形范围

薪资:准承包制(底薪+提成+中心利润分红)

任职资格

诚信正直、公正担当,事业心和责任心强。28-45 岁,本科以上学历;六年以上销售工作经验,三年以上销售团队管理经验;同时具备营销策划、渠道拓展、领导团队等能力;能够创建并培育一支向心力强、骁勇善战的销售、服务队伍。

联系方式

王女士:15165227137 吕 总:15215326137

公司地址:青岛胶州市北关工业园山东道 50 号