

ZGMn13Cr2 衬板铸造工艺优化与质量改进

庞国柱, 刘海滨, 赵东胜, 王太宇

(本钢机械制造有限公司, 辽宁本溪 117000)

摘要: 铁矿球磨机用ZGMn13Cr2高锰钢衬板在生产使用中有缩孔及裂纹等缺陷, 严重影响了使用寿命。分析了缺陷产生的原因, 采取了相应工艺优化和质量改进措施, 较好地消除上述铸造缺陷, 衬板的成品率和使用寿命得到了明显提高, 取得了较好的经济效益。

关键词: 高锰钢; 缩孔; 裂纹; 冷铁

材质为ZGMn13Cr2的高锰钢衬板是本钢铁矿球磨机用重要耐磨部件。由于铸件壁厚不均, 而且成分是在传统高锰钢(ZGMn13)的基础上加入了金属铬, 导致铸件更容易产生缩孔和裂纹等铸造缺陷。我公司在首次生产过程中不但废品率高, 质量不稳定, 而且使用效果不好, 使用寿命一般不足6个月。因此, 通过外购衬板保证生产, 但外购衬板同样存在各类缺陷, 且使用寿命也不能满足要求, 直接对矿山生产造成一定影响。本研究采取了一系列工艺优化和质量改进措施, 最终生产出优质的ZGMn13Cr2高锰钢衬板。装机试验结果显示, 这种衬板不但能满足了矿山生产的实际需要, 而且有良好的经济效益。

1 技术要求和结构特点

1.1 化学成分

ZGMn13Cr2高锰钢衬板的化学成分要求见表1。

1.2 技术要求

高锰钢衬板要求进行水韧处理, 不允许存在裂纹、缩孔和缩松等铸造缺陷, 且外形尺寸要求公差 ± 2 mm, 螺栓孔中心距公差 ± 2 mm, 对铸造精度要求相对较高。

1.3 结构特点

铸件最大壁厚120 mm, 最小壁厚60 mm, 属壁厚不均匀铸件。高锰钢衬板通过中间处直接铸出的两处螺栓孔与球磨机筒体配合安装, 衬板圆弧凸起部分为工作面, 与矿石直接接触, 其结构如图1所示。

2 原生产工艺分析及存在问题

2.1 原生产工艺

由于我厂没有生产ZGMn13Cr2高锰钢衬板的经验, 即按照传统高锰钢衬板生产工艺, 采用水玻璃自硬硅砂实型铸造, 铸件放置在下箱, 上箱放置 $\Phi 40$ 出气冒口6个, 均布6道内浇口; 为防止缩松、缩孔等铸造缺陷, 并保证铸件组织致密, 在上平面放置外冷铁, 在厚大部位放置内冷铁; 钢液冶炼合格后^[1]约1 600 °C出炉, 静置降温, 在1 450 °C左右进行浇注, 清整处理后上窑进行水韧处理。铸造工艺如图2所示。

作者简介:

庞国柱(1970-), 男, 高级工程师, 主要从事铸造企业的技术、生产管理和研发工作。E-mail: pgz1970@163.com

中图分类号: TG24

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2019)

03-0303-04

收稿日期:

2018-06-12 收到初稿,

2018-11-22 收到修订稿。

2.2 存在的质量问题

(1) 铸件外观质量不好, 冷隔现象明显, 而且水口、冒口的清整极为困难, 生产成本增加。

(2) 出气冒口处理后, 下方存在严重的缩孔缺陷, 虽经处理修补, 但表面探伤发现存在不同程度的微裂纹, 尤其上机使用后, 在矿石的撞击下, 很快暴露出内部的孔洞缺陷。

(3) 使用2个月后, 部分衬板断裂, 断口内发现有未完全熔融的内冷铁。

2.3 缺陷原因分析

(1) 因原工艺冒口多, 去除难度又较大, 所以采用了火焰切割处理冒口的方式, 但该材质容易产生裂纹, 火焰切割导致衬板冒口根部产生了裂纹缺陷。

(2) 原工艺采用 $\phi 40$ 出气冒口, 因冒口小而无法实现顺序凝固, 实际上冒口并没有起到补缩作用, 导致衬板内部产生严重的缩孔缺陷。

(3) 工艺采用内冷铁的目的是消除热节, 但由于钢液浇注温度相对较低, 内冷铁与钢液没有完全熔融, 内冷铁未熔融部位成为衬板内的铸造缺陷, 在受到矿石的强烈撞击后, 衬板发生断裂。

3 工艺优化及质量改进

根据衬板出现的铸造缺陷及使用情况, 项目组结合ZGMn13Cr2高锰钢衬板的化学成分及铸造特性^[2], 对原工艺进行了如下有针对性的改进。

3.1 安放定型外冷铁

为解决内冷铁与钢液无法完全熔融的问题, 并同时获得组织致密的铸件, 一方面, 取消了原工艺的内冷铁设置, 以保证衬板的内在质量; 另一方面, 为消除热节, 避免衬板内缩孔缺陷, 并保证衬板工作面晶粒细化, 提高使用寿命, 在衬板厚大部位设计、制作和安放了随型外冷铁, 以便缩小冒口尺寸。

3.2 采用浇口与冒口相联相通的设计

为有效消除衬板内的缩孔、缩松缺陷, 需要强化冒口补缩, 而冒口增大会导致工艺出品率降低, 经济效益下降; 同时, 大的冒口设置在铸件上, 处理又比较困难。所以, 经反复试验分析, 采用了浇口与冒口相联相通的设计方式, 浇口的余温为冒口补缩创造条件, 冒口又起到了集渣作用; 同时, 减小了冒口尺寸, 使浇口与冒口的作用相辅相成, 既避免了铸件缺陷, 又提高了出品率。改进后的工艺如图3所示。

3.3 采用易割片

由于ZGMn13Cr2衬板材质热导率相对较低, 火焰

表1 ZGMn13Cr2高锰钢衬板的化学成分
Table 1 Chemical composition requirements of
ZGMn13Cr2 high manganese steel liner $w_B/\%$

C	Si	Mn	Cr	P	S
1.05 ~ 1.35	0.30 ~ 1.00	11.00 ~ 14.00	1.50 ~ 2.50	<0.070	<0.050

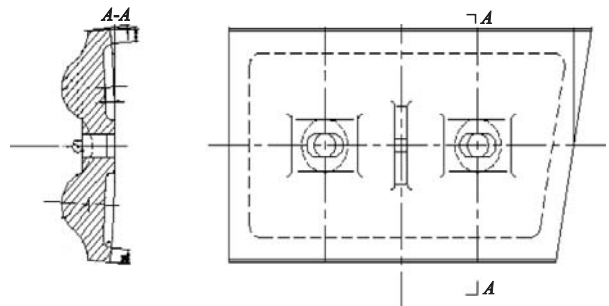


图1 衬板结构图

Fig. 1 Structural sketch of lining plate

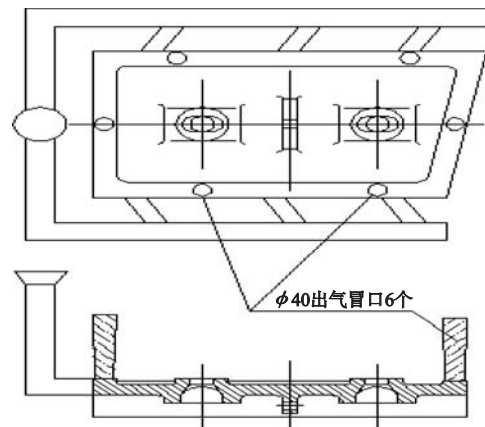


图2 原工艺方案

Fig. 2 Original casting process of liner

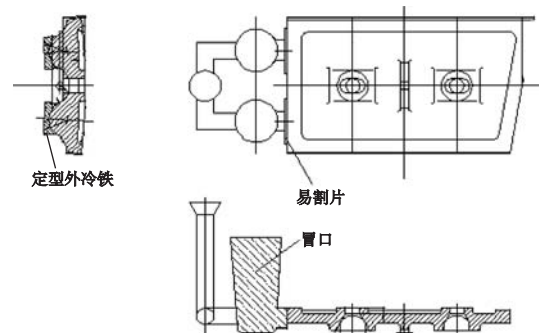


图3 工艺优化方案

Fig. 3 Improved casting process

切割特别容易产生裂纹,因此在冒口和衬板之间放置 $\Phi 50$ 的易割片2片,在水韧处理前用锤击的方式即可去除水冒口,杜绝了因切割处理导致裂纹缺陷的产生;同时去除冒口的工作效率大幅度提高,更降低了生产成本。

3.4 严控浇注温度和改进浇注方式

一方面,参照计算浇注温度公式 $T=1538-[70w(C)+8w(Si)+5w(Mn)+30w(P)+25w(S)+4w(Ni)+1.5w(Cr)]^{[3]}$ 推算浇注温度,并结合本单位实际情况及经验反复分析,将钢液浇注温度在计算基础上适当提高 $20\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 进行快速浇注^[4],最终确定实际浇注温度为 $1480\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$,既增加了补缩效果,又防止了铸件冷隔缺陷的产生;另一方面在浇注前,将铸型冒口侧垫高 200 mm 左右,利用倾斜浇注创造向冒口侧顺序凝固的条件,使边冒口的补缩效果更好(图4)。

3.5 改进水韧处理操作控制

为了保证水韧处理效果^[5],专门设计制作了专用吊装具,将衬板在专用吊装具中安放好后,一并进、出窑,以保证高锰钢衬板出窑后迅速入水;同时保证衬板均匀升温 and 快速冷却,装窑摆放时要求保证衬板和衬板之间 50 mm 左右的间隔距离^[6]。其工艺图如图5所示。

4 改进效果

4.1 消除了缩孔、缩松缺陷

采用浇口与冒口相联相通的设计方式,并与定型外冷铁配合,提高了冒口的补缩效率;有效消除了缩孔、缩松等铸造缺陷,显著提高了生产效率。

4.2 杜绝了裂纹缺陷

采用易割片,以锤击的方式去除冒口,彻底消除了高锰钢衬板裂纹缺陷。

4.3 改进工艺前后金相对比

在消除高锰钢衬板缺陷的同时,采用定型外冷铁,提高了工作面的组织性能,采用专用吊装具,既保证了衬板均匀升温,又保证水韧处理时,衬板在 1 min 之内快速入水,提高了衬板水韧处理效果。工艺改进前后铸态和水韧处理后金相对比如图6和图7所示。

在图6a中,由于铬的加入,铸态组织中碳化物粗大且数量较多,在晶界形成连续网状碳化物;在图6b改进后的组织中,网状碳化物相对析出减少且更为分散。

对比图7中工艺改进前后水韧处理的微观组织,可明显看到,工艺改进后碳化物(黑色)析出减少,且仅沿晶界少量分布。

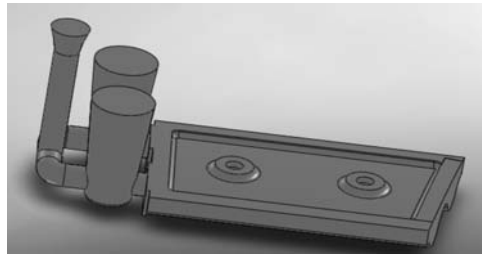


图4 浇注铸件示意图

Fig. 4 Schematic diagram of lining plate casting with gating system

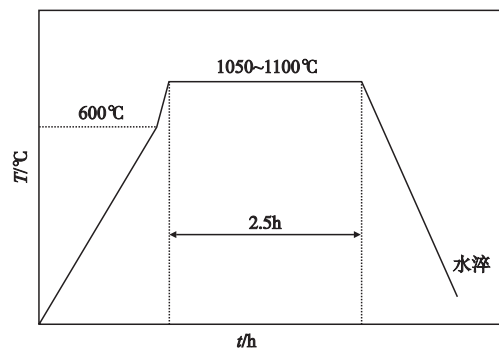
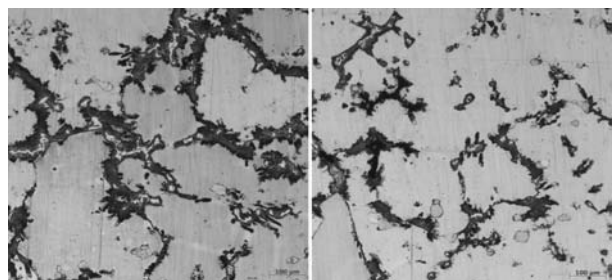


图5 常规水韧处理工艺图

Fig. 5 Conventional water toughening treatment process

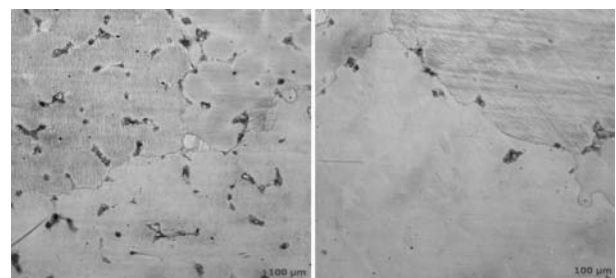


(a) 改进前

(b) 改进后

图6 改进工艺前后铸态显微组织对比

Fig. 6 As-cast microstructures before and after improved casting process



(a) 改进前

(b) 改进后

图7 改进工艺前后水韧处理后金相图对比

Fig. 7 Microstructures of samples treated by water toughening before and after improved casting process

4.4 使用寿命大幅提升

经本钢铁矿使用跟踪鉴定,衬板寿命由原来的不足6个月延长至近13个月,远远超过原生产衬板和本钢外购衬板的使用寿命,每年可直接降低衬板费用约172万元;另外,因减少了临时停机,提高了矿山作业效率,其间接收益更为可观。

5 结论

(1) 采用浇口与冒口相联相通的设计和易割片等能有效消除高锰钢衬板的缩孔缺陷,降低了产生表面微裂纹的概率。

(2) 采用提高浇注温度及倾斜浇注等措施,有效解决了衬板的缩孔缺陷。

(3) 工作面采用定型外冷铁及合理装窑摆放等水韧处理工艺,细化了金相组织、防止了裂纹等缺陷的产生,提高了衬板使用寿命。

参考文献:

- [1] 徐帮学. 耐磨钢熔炼铸造及加工应用新技术工艺与质量检验标准手册 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007.
- [2] 高升吉, 沈保罗. 影响ZGMn13Cr2拉伸性能的因素 [J]. 铸造, 1998 (1): 38-39.
- [3] 路大章, 普靖中, 梁光顺, 等. 钢水浇注温度与氮后温度的相关性研究 [J]. 云南冶金, 2010, 39 (4): 37-39.
- [4] 陈军利. 铸钢件浇注温度计算与控制 [J]. 铸造, 2015, 64 (1): 80-82.
- [5] 丁建生, 曹瑜强, 刘润勋. 高锰钢耐磨件铸态余热水韧处理工艺研究 [J]. 铸造技术, 2009 (2): 151-153.
- [6] 张燕平, 李东南. 不同壁厚高锰钢铸件水韧处理与耐磨性的研究 [J]. 热加工工艺, 2013 (8): 173-176.

Casting Process Optimization and Quality Improvement of ZGMn13Cr2 Lining Plates

PANG Guo-zhu, LIU Hai-bin, ZHAO Dong-sheng, WANG Tai-yu
(Benxi Iron and Steel Machinery Manufacturing Co., Ltd., Benxi 117000, Liaoning, China)

Abstract:

Defects such as shrinkage and cracks often occurred in ZGMn13Cr2 high manganese steel lining plates for iron ore ball mill, which severely shortened the service life of lining plates. Through analyzing the causes and taking the prevention measures in casting process design, these casting defects were well removed. The finished product rate and service life have been significantly improved and the better economic benefits is also obtained.

Key words:

high-manganese steel; shrinkage; crack; chill