

# 林西选煤厂重介系统耐磨材料的改进

张亮亮

(开滦(集团)有限责任公司 林西矿业有限公司选煤厂,河北 唐山 063104)

**摘要:** 针对林西选煤厂重介系统管路和部分集料箱体经常出现磨损的情况,提出采用2种新型耐磨材料——KMTBCr26高铬铸铁耐磨管和陶瓷( $Al_2O_3$ )内衬贴片复合耐磨管,并分析了2种材料的技术参数和性能特点。研究发现陶瓷内衬贴片复合耐磨管的耐磨性比高铬铸铁耐磨管高,但焊接性能差,更换其需法兰连接,工作量大。因此选煤厂采用KMTBCr26高铬铸铁耐磨管替换原管道。对FJC系列喷射式浮选机充气搅拌装置的磨损件、三产品旋流器矸石段底流口管道、煤泥旋流器精煤集料箱底部锰钢板及各种规格耐磨管道进行更换后,降低了磨损,延长了使用寿命,减少了维修量和生产费用,同时提高了精煤产率,降低了药剂消耗。最后采用年费分析法对耐磨材料进行了经济评价,说明使用高铬铸铁耐磨管每年可节约费用19012元,经济效益显著。

**关键词:** 重介系统;耐磨材料;高铬铸铁耐磨管;陶瓷耐磨管;年费分析法

中图分类号:TD94

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2013)01-0027-03

## Improvement of wear-resistant materials used in dense-medium separator in Linxi coal preparation plant

ZHANG Liang-liang

(Linxi Coal Preparation Plant, Kailuan Group Co. Ltd., Tangshan 063104, China)

**Abstract:** The pipes of dense-medium separator and walls of some collecting boxes always be worn out in Linxi coal preparation plant. To resolve these problems, adopt KMTBCr26 high chromium cast iron wear-resistant pipes and  $Al_2O_3$  ceramic-lined composite pipes. Analyse the technical parameters and performance of these two pipes. The results show that the abrasive resistance of the latter is better than that of the former, while the welding property is poorer, its link rely on flanged links, that leads to large amount of maintenance. So adopt the former at last. Replace the worn-out part of aerating agitation device, the pipes of underflow in gangue picking process, manganese steel lining of clean coal collecting box as well as various of damageable pipes with the KMTBCr26 high chromium cast iron, these measures prolong the service life of equipments, decrease the maintenance and cost, increase the clean coal yield, investigate the economic benefits with annualized cost estimates method, the method helps to save cost 19012 yuan per year.

**Key words:** dense-medium system; wear-resistant materials; high chromium cast iron; ceramic-lined composite pipe; annualized cost estimates

林西选煤厂于2011年2月底正式投产,是一座年入选能力180万t的现代化选煤厂。投产2a后,

由于重介管道中含有磁铁矿粉,管道的磨损比其他管道严重。而旋流器入料管、溢流管、底流管以及

收稿日期:2012-09-27 责任编辑:武英刚

作者简介:张亮亮(1986—)男,山西朔州人,2008年毕业于山西大同大学工学院,现任林西矿选煤厂机电技术员。

引用格式:张亮亮.林西选煤厂重介系统耐磨材料的改进[J].洁净煤技术,2013,19(1):27-29,51.

各处弯头、三通等输送流体的组分更加复杂,这些流体是由磁铁矿粉、煤块、矸石块、水组成的液固二相浆体,粒度不同、硬度各异,对管道的局部磨损相当剧烈<sup>[1]</sup>。一般的金属管材使用寿命大约在几个月到1 a<sup>[2]</sup>,跑冒滴漏现象时有发生,影响厂区环境卫生,管路反复也更换加重了检修工人的劳动强度,增加了维修成本和材料消耗,因此延长管路系统的使用寿命成为提高洗选效率、增加选煤效益的重点。随着新型耐磨管路材料的开发与工艺技术的日益成熟,耐磨管路的应用领域越来越广。林西选煤厂重介系统使用了新型耐磨管路材质,延长了管路使用寿命,减少了维修工作量和材料消耗量,降低了选煤成本,增加了经济效益。

## 1 耐磨材料性质分析

### 1.1 KMTBCr26 高铬铸铁耐磨管

复合耐磨管的内壁选用 KMTBCr26 高铬耐磨铸铁,外壁为普通钢管,形成冶金结合,成为双金属复合材料。这样既有很好的抗磨能力,又有很高的韧性<sup>[3]</sup>。KMTBCr26 高铬铸铁耐磨管既能保证管道韧性、可焊性和强度(抗压能力)的要求,又能保证足够的耐磨性。高铬铸铁 KMTBCr26 的硬度可以达到 1500 ~ 1800 HV,是比较理想的物料输送用耐磨管道。双金属复合耐磨管采用消失模真空吸铸工艺。首先,对进行复合的 16Mn 弯管进行严格内壁除锈,然后在钢管内装入预先制作好的 EPS 模型,刷完涂料后在 40 °C 左右下烘干。造型后浇注时,要严格按照慢浇—快浇—慢浇的方式进行,浇后铸件在砂中保温使其缓慢冷却,以免产生裂纹<sup>[4]</sup>。

#### 1.1.1 技术参数

KMTBCr26 高铬铸铁耐磨管化学成分、机械性能分析分别见表 1、表 2。

表 1 KMTBCr26 高铬铸铁耐磨管元素组成及含量

化学成分	含量/%	化学成分	含量/%
C	2.3 ~ 3.0	Ni	0.15
Si	≤1.0	Cu	0 ~ 2.00
Mn	0.5 ~ 1.0	S	≤0.06
Cr	23.0 ~ 28.0	P	≤0.10
Mo	0 ~ 1.0		

表 2 KMTBCr26 高铬铸铁耐磨管机械性能

抗弯强度/ MPa	抗拉强度/ MPa	冲击韧性/ (J · cm <sup>-2</sup> )	洛氏硬度/ HRC
>610	>415	>15	>50

#### 1.1.2 性能特点

1) 良好的耐磨性。超硬度耐磨合金的硬度 HRC > 50,具备很好的耐磨性和热稳定性。

2) 优秀的抗冲击性能、金属结合性能、抗热震性能。KMTBCr26 具有双金属复合耐磨弯头,两种金属的结合面完全是冶金结合,使用安全可靠。两者热膨胀系数相当,不会出现胀缩崩裂现象。弯头的外壁采用钢管,内衬采用超硬度耐磨合金,使其既具有高合金产品的耐磨、耐腐蚀特性,又有较高的机械性能和较高的抗冲击性能。而且其抗弯强度和抗拉强度是 A3 钢和普通砂铸铁强度的 2 倍<sup>[5]</sup>。

3) 良好的耐热、耐腐蚀性能。双金属复合管具有良好的综合性能,既有很高的强度,又有很好的耐腐蚀、耐磨性能以及其他特殊性能<sup>[6]</sup>。

4) 复合成本低、质量好。耐磨管采用国际先进的消失模铸造工艺制造,成品率高,产品致密性好,厚度均匀,质量稳定。双金属复合管具有良好的性价比,因此有很强的市场竞争力<sup>[7]</sup>。

5) 运输、安装、使用方便。双金属复合耐磨管可采用法兰、快速接头、直接焊接等方式连接。由于复合管抗击打性能好,在管道系统检修中发生局部堵塞时,可随意敲击、锤打,也可以随意切割、卸换、焊接、安装,因此检修非常方便。

### 1.2 陶瓷(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)内衬贴片复合耐磨管

陶瓷内衬贴片复合耐磨管加工工艺简单,使用高温强力黏胶将 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 陶瓷片黏贴在管道内壁,在钢管黏贴陶瓷片前需要清除干净钢管内部的浮锈、油污等杂质,陶瓷砖使用前要进行预先制定,以便于和铠装钢管紧密结合,瓷砖之间应交错黏贴,以免物料冲刷接缝时造成过早磨损<sup>[8]</sup>。目前 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 陶瓷被广泛应用于选煤厂的旋流器、溜槽及管道中,是保持选煤厂各类设备可靠性的重要手段<sup>[9]</sup>。

#### 1.2.1 技术参数

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 陶瓷的主要性能指标见表 3。

表 3 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 陶瓷主要性能指标

抗压强度/ MPa	抗拉强度/ MPa	冲击韧性/ (J · cm <sup>-2</sup> )	洛氏硬度/ HRC
≥850	≥290	≥20	≥90

#### 1.2.2 性能特点

1) 耐磨性好。陶瓷内衬贴片复合耐磨管与传统的钢管、耐磨合金铸钢管、铸石管等有本质区别。

陶瓷钢管外层是钢管,内层是刚玉。刚玉的洛氏硬度为 90~98 HRC 相当于钨钴硬金,耐磨性比碳钢管高 20 倍以上。陶瓷复合钢管具有优异的耐磨、耐腐蚀、耐机械冲击和耐热冲击的综合性能,作为耐磨管道用于电力、矿山、冶金和煤炭等部门,寿命提高了 3~20 倍,取得了明显经济效益<sup>[10]</sup>。

2) 耐腐蚀、防结垢。由于钢管陶瓷层为  $Al_2O_3$ ,陶瓷属中性材料,化学性能稳定,并且具有很好的耐腐蚀性和耐酸性,可抗各种无机酸、有机酸、有机溶剂等,抗蚀程度是不锈钢的 10 倍以上。

3) 工程造价低、安装方便。与同种规格的其他管材相比,刚玉陶瓷贴片耐磨管的质量比铸石管低 50%,比耐磨钢管低 20%~30%,可节省钢材 20%~30%<sup>[11]</sup>。由于刚玉陶瓷贴片耐磨管密度小,可采用焊接、法兰、快速连接等方式,施工安装方便。

## 2 耐磨材料的选择和改进

林西选煤厂重介管路系统连接方式多为直接焊接。虽然陶瓷内衬贴片复合耐磨管的耐磨性比高铬铸铁耐磨管高,但是陶瓷内衬贴片复合耐磨管的焊接性能差,在切割、焊接时,容易造成局部复合层脱落,焊接部位不耐磨,影响使用寿命<sup>[12]</sup>。更换刚玉陶瓷耐磨管需法兰连接,工作量大。因此采用 KMTBCr26 高铬铸铁耐磨管替换原管道。

1) FJC 系列喷射式浮选机充气搅拌装置的磨损件有分配室、喷嘴、喉管和伞形分散器。重介选煤厂的铁粉不可能全部回收,浮选机入料中的铁粉必然会加剧磨损件的磨损。林西洗煤厂不到 1 a 就要更换磨损件,既增加了维修费用,又影响了生产指标。分配室、喷嘴、喉管和伞形分散器采用高铬铸铁材料后,降低了磨损、维修量和生产费用,同时提高了精煤产率,降低了药剂消耗。

2) 三产品旋流器矸石段底流口(旋流器出口到集料箱)原来采用普通耐磨管,使用不到半年磨损极为严重,但使用  $Al_2O_3$  陶瓷内衬贴片复合耐磨管后,至今磨损量仅为 1.5 mm。

3) 煤泥旋流器精煤集料箱原来在箱体内部铺设 8 mm 厚的锰钢板,使用 1 a 后出现磨漏。在箱体内部铺设刚玉( $Al_2O_3$ ) 陶瓷砖后,使用寿命延长,效果显著。

4) 林西选煤厂现有各种规格耐磨管道 500 m,其中弯头 40 个,各种同心、偏心异径管 30 个,使用 1 a 后,个别弯头、异径管磨损严重,选用 KMTBCr26

高铬铸铁耐磨管进行替换后,延长了重介系统管路的使用寿命。

## 3 效果分析

以林西选煤厂精煤脱介筛一段合格介质段管路为例进行分析。普通耐磨管使用周期为 1.2 a,高铬铸铁耐磨管使用周期为 3 a 左右,后者约是前者的 2.5 倍。单纯从使用周期(不考虑工程造价)比较两者的经济性,经济评价采用年费用分析法,即把工程造价折合到每年后再进行比较<sup>[13]</sup>。两者的技术费用对比见表 4。

表 4 普通耐磨管与高铬铸铁耐磨管技术费用对比

名称	普通耐磨管	高铬铸铁耐磨管
规格	DN350	DN350
线密度/( $kg \cdot m^{-1}$ )	160	170
长度/m	20	20
总质量/t	3.2	3.4
单价/( $元 \cdot t^{-1}$ )	13000	20000
总投资/元	41600	68000

依据《设备安装工程概预算及经济评价》中的年费用分析法,年费用  $\Delta C = K \times \{ i(1+i)^t / [(1+i)^t - 1] \} + C - C_1$ , 利率  $i$  为 10%, 则

普通耐磨管年费用:  $\Delta C_1 = 41600 \times \{ 0.1 \times (1 + 0.1)^{1.2} / [(1 + 0.1)^{1.2} - 1] \} + 10000 - 8000 \approx 19160$  元。

高铬铸铁耐磨管年费用:  $\Delta C_2 = 8000 \times \{ 0.1 \times (1 + 0.1)^3 / [(1 + 0.1)^3 - 1] \} + 3000 - 4000 \approx 148$  元。

经济效益:  $\Delta C_1 - \Delta C_2 = 19160 - 148 = 19012$  元。

由此可见,使用高铬铸铁耐磨管每年可节约费用 19012 元。林西选煤厂重介管道系统全长共 500 m,再加上各处弯头、三通等,可推测后续管路材质更换成高铬铸铁耐磨管后经济效益明显提高。

## 4 结 语

KMTBCr26 高铬铸铁耐磨管和陶瓷( $Al_2O_3$ ) 内衬贴片复合耐磨管的应用,延长了林西选煤厂的重介系统管道和集料箱的使用寿命,减少了因跑冒滴漏而引起的停车事故,不仅保证了选煤生产的正常运行,在降低工人劳动强度同时,减少维修材料及介质消耗,改善工作环境,节约生产成本,提高了洗选效益。

(下转第 51 页)

214% ,甚至优于 1 号活性焦的由上向下进气方式。这是由于由下向上进气方式使得活性焦重力的方向与气流流动方向相反,活性焦粉末能够更好地与汞蒸气接触,增大活性焦与汞蒸气的接触面积,如减小活性焦的粒径可有效增加活性焦的脱汞性能。

### 3 结 语

样本活性焦吸附率随吸附时间的增加而减少,直至接近吸附饱和为止;在汞浓度一定的条件下,增加活性焦质量可以提高活性焦最大吸附率和汞吸附量,延长饱和吸附时间;活性焦活化方法的差异会导致活性焦物理吸附性能的差异,最终导致以物理吸附为主的未改性活性焦脱汞性能的不同;活性焦粉末喷射方向与汞蒸气流动方向相反,可以提高活性焦吸附性能;增加活性焦与汞蒸气的接触面积可以提高脱汞效率。

#### 参考文献:

- [1] 杨刚. 煤中汞的脱除技术研究进展[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(3): 82-85.
- [2] 姜英, 连进京, 苏庆平, 等. 酸雨对煤中砷、汞的淋滤特征及分布规律的影响[J]. 洁净煤技术, 2010, 16(5): 92-95, 52.
- [3] 傅丛, 连进京, 姜英, 等. 高汞煤燃烧过程中汞的析出规律试验研究[J]. 洁净煤技术, 2007, 13(6): 62-65.
- [4] U. S. Environmental Protection Agency. Office of air Quality Planning and Standards and Office of Research and Development [R]. Washington D C: U. S. Government Printing Office, 1997.
- [5] 王建英, 贺克雕, 马丽萍. 燃煤烟气中单质汞的净化脱除[J]. 能源环境保护, 2007, 21(3): 5-7, 18.
- [6] Laudal, Brown, Nott. Effects of flue gas constituents on mercury speciation [J]. Fuel Processing Technology, 2000, 65-66: 157-165.
- [7] R Chang, G Roffen. Effects of moisture on properties of epoxy molding compounds [J]. Power Engineering, 1995 (51): 51-57.
- [8] Olson, Miller, Sharma. Catalytic effects of carbon sorbents for mercury capture [J]. Journal of hazardous materials, 2000, 74(1-2): 61-79.
- [9] Yang Hongqun, Xu Zhenghe, Fan Maohong, et al. Adsorbents for capturing mercury in coal-fired boiler flue gas [J]. Journal of Hazardous Materials, 2007, 146(1-2): 1-11.
- [10] Uranowski L J, Tessmer C H, Vidic R D. Effects of metals and surface functional groups on adsorptive properties of GAC [A]. Innovative Technologies for Site Remediation and Hazardous Waste Management [C]. Pittsburgh PA, 1995: 26-30.
- [11] 李毅鹏. 活性炭的表面化学与表面改性[J]. 西北煤炭, 2004, 2(4): 9-10, 20.
- [12] 叶群峰, 王成云, 徐新华, 等. 高锰酸钾吸收气态汞的传质-反应研究[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2007, 41(5): 831-835, 870.
- [13] 左海滨, 张涛, 张建良, 等. 活性炭脱硫技术在烧结烟气脱硫中的应用[J]. 冶金能源, 2012, 31(3): 56-59.
- [14] 步学朋, 徐振刚, 李文华, 等. 中国活性焦烟气净化研究分析[J]. 洁净煤技术, 2010, 16(2): 67-71.

(上接第 29 页)

#### 参考文献:

- [1] 张同军. 全重介选煤厂管道抗磨损技术研究[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(3): 16-18.
- [2] 康素芬. 浅谈重介质选煤系统中常用的耐磨管道[J]. 科技情报开发与经济, 2009, 19(10): 224-225.
- [3] 许云华, 王发展, 付永宏, 等. 双金属复合弯管的研制和应用[J]. 铸造技术, 1999(1): 3-5.
- [4] 王家藩, 侯锡亮. 实型真空铸造[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1995.
- [5] 樊奕山. 高铬耐磨铸铁复合管在选煤介质管路中的应用研究[J]. 新技术新工艺, 1999(4): 26-27.
- [6] 谷霞, 张安义, 秦建平. 双金属复合管塑性复合成形工艺及应用[J]. 精密成形工程, 2011, 3(3): 46-50.
- [7] 陈明微. 双金属复合管制造和加工的关键技术及其用途[J]. 钢铁工艺, 1996(1): 11-16.
- [8] 王盟, 唐琳琳. 选煤厂重介管路耐磨材料简介及选用[J]. 煤质技术, 2011(1): 69-72.
- [9] 张力强. 矿用耐磨氧化铝陶瓷材料的研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2011(S1): 293-296.
- [10] 殷声, 郭志猛, 林涛, 等. 陶瓷复合钢管的研究和工业应用[J]. 材料导报, 2000, 14(12): 44-46.
- [11] 王跃, 顾志宝, 赵兰香. 耐磨管道的一次革命[J]. 选煤技术, 2002(4): 52-53.
- [12] 闫宏亮. 超耐磨复合管在重介系统中的开发与应用[J]. 山西焦煤技术, 2004(10): 11-12.
- [13] 闫宏亮, 田歆, 王建明. 重介系统使用耐磨陶瓷复合管的经济评价[J]. 选煤技术, 2001(2): 53-54.