

## 铁水预处理 KR 脱硫渣特点和资源化处理工艺的开发

石枚梅<sup>1</sup> 俞海明<sup>2</sup>

(1 新疆工程学院, 乌鲁木齐 830023; 2 新疆八一钢铁股份公司第二炼钢厂, 乌鲁木齐 830022)

**摘要** 铁水预处理 KR 法脱硫产生的脱硫渣具有污染大, 毒化性明显, 渣处理工艺单一, 可选择的处理工艺有局限性的特点, 资源化利用难度较大。第二炼钢厂开发了加快脱硫渣冷却速度, 促使渣罐内铁液急剧降温, CO 快速析出和燃烧的 KR 脱硫渣去毒化工艺和用转炉液态渣-KR 脱硫渣的改质热闷渣工艺, 明显改善了工作环境, 有效转化回收转炉渣中的氧化铁和实现 KR 脱硫渣的资源化利用。

**关键词** 铁水预处理 KR 法脱硫 有毒气体 资源化利用 改质热闷渣工艺

## Characteristics of Hot Metal Pretreatment KR Desulphurized Sludge and Development of Recycling Technology of Resources

Shi Meimei<sup>1</sup> and Yu Haiming<sup>2</sup>

(1 Xinjiang Institute of Engineering, Wulumuqi 830023;  
2 No2 Steelmaking Plant, Xinjiang Bayi Iron and Steel Co Ltd, Wulumuqi 830022)

**Abstract** The characteristics of desulphurized sludge produced from hot metal pretreatment KR desulphurizing process are high pollution, obvious poisoning, unitary slag treatment process, limitations of selectable treatment process, and difficult recycling of resources. The de-poisoning process of KR desulphurized sludge by quick cooling desulphurized sludge, promoting hot metal in cinder pot quick dropping in temperature and CO fast escaping and burning, and the modified sealed hot slag process of KR desulphurized sludge by using converter liquid slag are developed at No2 steelmaking plant. It is obvious to improve working environment, available to translate and retrieve the iron oxide in converter slag and realize the KR desulphurized sludge recycling and utilizing of resources.

**Material Index** Hot Metal Pretreatment, KR Desulphurization Process, Poisoning Gas, Recycling and Utilizing of Resources, Modified Sealed Hot Slag Process

应用最广泛且最具代表性的铁水脱硫技术主要是喷吹法和 KR 机械搅拌法。其中 KR 法脱硫在深脱硫、成本和脱硫稳定性方面优势突出。

新疆八一钢铁股份公司第二炼钢厂铁水预处理配备 AB 双工位 KR 机械搅拌脱硫站, 日处理铁水近 5 000 t, 日消耗脱硫粉剂 50 ~ 60 t, 产生脱硫渣 150 t 左右, 在脱硫站设计建设过程中, 建设方 BSE 将 KR 脱硫渣的渣池与转炉渣处理的渣场建设在同一跨, 独立用于 KR 脱硫渣的处理。

在投用以后, KR 渣产生的 CO、SO<sub>2</sub> 等毒化物质, 使与之毗邻的 KR 脱硫操作室富集的 CO 浓度达到  $400 \times 10^{-6}$  以上, 职工头痛、恶心症状普遍; 此外也发生了铲运脱硫渣过程中, 脱硫渣中 CO 突然燃烧的情况。在确定煤气的来源以后, 该厂采取了相应工艺措施, 消除了毒化问题, 但是 KR 脱硫渣成为一种没有利用价值的工业垃圾需要外排处理, 无法有效的回收其中的金属铁料。为此该厂又开发出 KR 脱硫渣的改质热闷工艺, 取得了一定的效果。

### 1 工艺技术参数

铁水包公称容量 120 t; 铁水处理温度 1 250 ~ 1 380 °C; 脱硫周期 28 ~ 45 min; 高铝渣粉的加入量 60 ~ 80 kg/炉; 脱硫率 96% ~ 98%; KR 脱硫渣的产生量 30 kg/t<sub>铁</sub>; 脱硫渣渣罐容积 11 m<sup>3</sup>。

### 2 KR 法脱硫渣的来源特点和毒化物质的产生

#### 2.1 KR 脱硫渣的来源和特点

KR 法脱硫就是将耐火材料制成的搅拌器插入铁水包液面下一定深处, 并使之旋转。当搅拌器旋转时, 铁水液面形成“V”形旋涡(中心低, 四周高), 使加入的脱硫剂微粒在浆叶端部区域内由于湍动而分散, 并沿着半径方向“吐出”, 然后悬浮, 绕轴心旋转和上浮于铁水中, 借这种机械搅拌作用使脱硫剂卷入铁水中并与其接触, 混合、搅动, 从而进行脱硫反应<sup>[1-2]</sup>。脱硫反应结束以后, 所生成的干稠状渣浮到铁水面上, 和铁水包内存在的少量高炉渣混合在一起。将这些渣子扒渣后即达到脱硫的目的, 扒出的脱硫渣进入渣罐, 成为 KR 脱硫渣的主体部分。

表 1 高铝渣粉的成分和粒度

Table 1 Ingredient and size of high aluminium slag powder

成分 / %						粒度 / mm
Al	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	C	P	S	
45.40	41.30	4.65	1.17	0.12	0.33	5~15

表 2 混合脱硫剂的成分 / %

Table 2 Ingredient of mixing desulphurizer / %

CaO	CaF <sub>2</sub>	S + P
80.19	6.20	0.030

表 3 KR 脱硫渣的成分组成和碱度

Table 3 Ingredient and basicity of KR desulphurizing slag

成分 / %						CaO/SiO <sub>2</sub>
CaO	SiO <sub>2</sub>	TFe	S	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	
17.06	26.5	46.1	2.1	4.6	1.1	0.64

此外在扒渣过程中,或多或少的铁液或者铁珠,随着扒渣一起进入渣罐,沉积在罐底,成为脱硫渣一部分。该厂使用的脱硫剂成分见表 1、表 2。

该厂的 KR 脱硫渣的成分见表 3。从表 3 可以看出,脱硫渣的碱度较低,渣中的含铁量较高,生产中,将这种脱硫渣倾倒在 KR 渣池以后, KR 脱硫渣上部为粉末状,下部含铁物质粘结成为大块状,在刮风、铲运过程中造成粉末状部分漫天飞舞,严重污染现场环境。

## 2.2 KR 脱硫渣的毒化机理

炼钢铁水中的碳含量在 4% 左右,在扒渣过程中有部分进入脱硫渣以后,随着温度的降低,铁中的碳的析出,与空气中的氧发生反应,产生 CO,这是 KR 脱硫渣产生 CO 的基本机理。

## 3 KR 脱硫渣诱变反应去毒化的工艺

为了解决以上的难题,该厂开发出了 KR 脱硫渣的去毒化工艺(图 1),其核心就是加快脱硫渣的冷却速度,促使渣罐内的铁液急剧的降温,快速的析出 CO 燃烧,实现 KR 脱硫渣无毒化的工艺目的。具体技术步骤为:

(1) 渣罐内的 KR 脱硫渣装满渣罐容积的 2/3 以后,将渣罐摆放于渣场通风良好的区域。

(2) 向渣罐内注水。开始注水量为 1~3 t/h,以水喷入渣罐以后,渣罐内有火焰升起为原则。

(3) 渣罐内火焰燃烧平稳时,保持均衡持续注水,总耗水量 0.8 t/t<sub>渣</sub>,直至渣罐内的火焰熄灭。

工艺实施以后,顺利解决了脱硫渣的毒化问题,但是随之而来的是罐底的含铁物质与脱硫渣凝固成为一个整体,铁渣混合,硬度较大,难以回收利用,并



图 1 KR 脱硫渣的注水去毒化工艺

Fig. 1 De-poisoning technology for KR desulphurized sludge by injection of water

表 4 转炉渣的典型成分 / %

Table 4 Typical ingredient of converter slag / %

CaO	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TFe	S	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	MnO	CaF <sub>2</sub>
42.30	13.37	1.36	18.71	0.16	2.43	8.93	2.18	0.59

且脱硫渣也没有了潜在的利用价值。

## 4 KR 脱硫渣的改质热闷工艺

### 4.1 KR 脱硫渣的改质原理

转炉吹炼终点渣属于氧化性较强的炉渣,其温度在 1 560~1 650 °C<sup>[3]</sup>,使用热闷渣处理工艺是一种较为经济有效的方法<sup>[4]</sup>,其中该厂转炉炉渣的典型成分(400 炉的平均值)如表 4 所示。

KR 脱硫渣中含有较高的游离氧化钙,以及硅酸二钙、铝酸三钙等水泥熟料的成分,这些特点决定了 KR 脱硫渣在水淬工艺过程中会与水发生水化反应,加上含有较多的含铁物质,脱硫渣采用水淬工艺,会造成水淬循环水管路的淤积堵塞。热闷过程中,打水打不透,影响热闷效果,故 KR 脱硫渣在国内很少有水淬处理的工艺介绍。

研究发现,在脱硫过程中,脱硫剂中的部分铝粉没有充分的反应,就进入了渣中,故 KR 脱硫渣中含有部分没有反应的强还原剂 Al,加上脱硫结束以后的扒渣,会有部分的铁液扒入渣罐,铁液中含有的 Si、Mn、C、P 也属于一种还原性的物质,它们能够与转炉渣中的 FeO 反应,将氧化铁还原为铁珠沉降到渣罐的底部。

KR 法铁水脱硫是活性 CaO 与铁液中的 [S]、[Si]、[Al] 之间的多元多相反应<sup>[3]</sup>。脱硫产物是一个以 CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaF<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>-CaS 为主的多元渣系,比二元渣系具有更低的初熔温度。而转炉的碳钢液态渣的渣温在 1 550~1 680 °C。由于炉渣之间成分的扩散影响,氧在钢渣间存在以下平衡分配关系<sup>[5]</sup>:

$$\alpha_{\text{FeO}} = \frac{100(\text{FeO})}{1.3(\text{CaO}) + (\text{FeO}) + (\text{MnO}) - 1.8(\text{SiO}_2 + \text{P}_2\text{O}_5 - \text{MgO}) - 0.3(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3)}$$

可以认为,转炉碳钢液态炉渣在搅拌和具有反应时间的条件下,与 KR 脱硫渣接触,两种渣能够发生化学反应,起到 KR 渣的改质目的。改质后 KR 渣中增加了渣中的氧化物(FeO + MnO),渣中主成分是硅酸三钙、硅酸二钙以及 RO 相为主,满足炉渣热闷工艺的条件,并且转炉液态渣中的(FeO + MnO)减少,成为铁珠或者渣铁,在热闷渣等炉渣处理工艺过程中更加容易被磁选回收利用。

据此实施了以下的工艺:

(1)KR 脱硫渣选择使用转炉接渣的渣罐,即使用统一的 11 m<sup>3</sup> 渣罐;(2)KR 脱硫扒渣结束以后,渣罐装满,将渣罐拉运到转炉渣场;(3)将一罐 KR 脱硫渣向 2~5 个空渣罐内均匀兑加;(4)将兑加了 KR 脱硫渣的渣罐放置于转炉出渣车上,准备接受转炉倒炉液态炉渣;(5)转炉吹炼结束测温取样倒渣,将液态的转炉渣倒入兑有 KR 脱硫渣的渣罐;(6)将渣罐拉运到渣场,按照转炉碳钢炉渣的常规处理工艺,进行滚筒渣处理,热闷渣处理。

#### 4.2 工艺实践结果

采用以上工艺过程中,出现脱硫渣在渣罐内结块,难以均匀地向几个渣罐兑加的情况,随后进行了改质的方法,将 KR 脱硫渣扒渣一炉次以后,将渣罐直接用于接受转炉的炉渣,效果显著:

(1)转炉出渣过程中,渣罐内反应活跃,有大量的烟气产生,转炉出渣以后,渣罐内渣温低于传统的渣罐内的渣温,这与还原反应吸热的关系较为密切。

(2)钢渣改质以后,倒入热闷渣渣池,底部有明显的还原性铁珠弥散分布,使用挖机搅拌以后,按照常规的热闷渣工艺进行热闷,对于热闷渣的工艺无任何明显的影响。

(3)钢渣热闷以后,在磁选线的选铁量同比增加了 15%。

(4)热闷磁选后的炉渣,进入棒磨线以后,效率同比提高 10%。还原改质反应以后,转炉渣中间的氧化铁含量降低,相应降低了炉渣中间耐磨相<sup>[6]</sup>部分,故棒磨效率有所提高。

#### 4.3 存在问题和解决方法

实施过程中存在的问题有:

(1)渣罐接受转炉的溅渣护炉渣时,有 1/3 的炉次改质不充分,罐底部脱硫渣保持了原有脱硫渣特征,进入热闷渣池以后, KR 渣中间的铝酸钙、游离

氧化钙、硅酸二钙等物质,与水泥熟料的成分一致,发生水化反应,影响热闷渣喷水热闷效果。

(2)部分的渣罐改质时,炉渣倒入渣池后,底部的含铁物质凝固成为一个大块渣铁,影响热闷渣的效果。

因此该厂在工艺上作了如下调整:

(1)工艺调整为 KR 渣的改质,仅限于转炉吹炼终点的倒炉渣进行改质,溅渣护炉的低温渣最后倒入改质后的渣罐内处理。采用此措施以后, KR 脱硫渣的改质基本上顺利进行。

(2)在热闷渣工艺出现大块含铁物质以后,将其作为大块渣铁,使用挖机从热闷渣渣池内挖出,打水降温,使用落锤击打,剥离表面的脱硫渣以后,加工成为尺寸合适的渣钢,供炼钢使用。

在改进工艺以后,该厂的 KR 脱硫渣实现了全量的热闷处理,热闷处理的尾渣,作为水泥原料出售,实现了 KR 脱硫渣的资源化利用,尤其是 KR 脱硫渣中间含有的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,作为铝质校正剂,为水泥的生产也提供了便利。

## 5 结论

(1)KR 脱硫渣具有污染大,含铁量较高,容易产生毒化物质的特点,采用渣罐内的注水强冷工艺,能够有效的解决其毒化问题,但是丧失了其资源化利用的价值。

(2)KR 脱硫渣的改质工艺,能够有效的转化回收转炉渣中间的氧化铁,效果显著。

(3)KR 脱硫渣的改质热闷处理,是实现 KR 脱硫渣资源化利用的有效方法。

#### 参考文献

- [1] 徐峰,徐安军,张茂林,等. KR 法铁水脱硫的物理化学. 第十四届全国炼钢学术会议文集: A 集[C]. 重庆:中国金属学会炼钢分会,2006:25-29.
- [2] 姜晓东,徐安军,田乃媛,等. 喷吹法和搅拌法铁水脱硫工艺成本的综合评估[J]. 炼钢,2006,22(4):55-58.
- [3] 杨文远,郑丛杰,崔健,等. 大型转炉吹炼过程中熔池温度的变化状态[J]. 钢铁研究学报,2003,15(4):5-9.
- [4] 柴铁凡,彭军,安胜利. 钢渣综合利用及钢渣热闷技术概述[J]. 内蒙古科技大学学报,2012,31(3):251-256.
- [5] 俞海明. 转炉钢水的炉外精炼技术[M]. 北京:冶金工业出版社,2011:248-251.
- [6] 侯贵华,王占红,朱祥. 钢渣的难磨相组成及其胶凝性的研究[J]. 盐城工学院学报(自然科学版),2010,23(1):1-5.

石枚梅(1968-),女,冶金高级讲师,1990年毕业于西安建筑科技大学,钢铁冶金及渣处理工艺研究。

E-mail:1136128217@qq.com

收稿日期:2013-06-19