

# 高炉消化提钒二次尾渣可行性分析

翁庆强, 张 炜

(四川省川威钒钛冶金科技开发有限公司, 四川 成都 610100)

**摘要:**提钒二次尾渣含有铬和钒,露天堆存和直接外排都会对环境造成严重危害。尾渣中含有铁,经烧结球团后进入高炉冶炼,可将 $\text{Cr}^{6+}$ 还原成无毒的 $\text{Cr}^{3+}$ ,解决了铬对环境的影响,同时还回收利用了钒、铁,实现资源综合利用。但是,二次尾渣中的碱金属经烧结或球团后,脱碱效果不明显,基本全部又转移到了高炉作业工序。针对碱金属对高炉的影响,分析了二次尾渣中的碱金属对高炉的碱负荷、入炉品位、焦比、产量等影响,得出提钒二次尾渣经烧结球团后进入高炉冶炼是经济可行的。

**关键词:**提钒;二次尾渣;碱金属;高炉

**中图分类号:**X758 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6535(2012)03-0059-03

川威集团预期将五氧化二钒的产量将增至万吨级,钒渣的产量也相应增加。提钒尾渣经过二次焙烧后产生的二次尾渣将达6万t(按年产8000t $\text{V}_2\text{O}_5$ 计)。提钒二次尾渣中含有铬和钒,对环境危害严重,所以尾渣必须合理存放。如果直接将尾渣外排,在露天堆存时,经长期雨水冲淋后大量的六价铬和五价钒离子随雨水溶渗、流失、渗入地表,从而污染地下水,也污染了江河、湖泊,进而危害农田、水产和人体健康,尤其是六价铬和五价钒离子对人体健康的毒害很大。所以,提钒二次尾渣若不能全被利用和消化掉,存放场地和环境负荷限制将使川威整个钒钛磁铁矿冶炼流程的持续运行受到严重制约。

提钒二次尾渣中含有多种可资源化利用的有价元素,分析结果见表1。由表1可知,提钒二次尾渣中铁和钒两种元素的含量分别为33.9%、0.89%。故可考虑将提钒产生的二次尾渣返到烧结或球团进行配料后进入高炉冶炼。在焦炭和煤气的作用下,高炉冶炼是一个强烈的还原过程,可将提钒二次尾渣中的 $\text{Cr}^{6+}$ 还原成无毒的 $\text{Cr}^{3+}$ ,同时综合回收钒、铁。提钒二次尾渣经烧结球团后进入高炉冶炼,解决了因二次尾渣中六价铬、五价钒露天堆放过程雨水淋溶带来的环境问题;同时经高炉炼铁后所得的高炉渣是一种很稳定的物料,对环境没有影响,可以全部用作水泥生产的原料,从而再次得到利用。

表1 提钒二次尾渣成分表/%

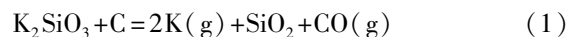
Table 1 Components of vanadium two tailings

TFe	MnO	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	CaO
33.9	7.69	5.95	8.02	15	1.14	4.51	0.066	0.89	6.05	1.32

提钒二次尾渣因含有铬、钠等元素,其堆放和处理存在一定的难度。高炉能否全部消化提钒的二次尾渣关键在于二次尾渣中的碱金属的含量能否对高炉造成较大的影响,现就高炉消化提钒的二次尾渣作简要分析。

## 1 碱金属对高炉钒钛磁铁矿冶炼的影响

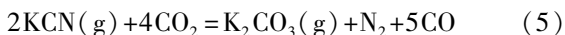
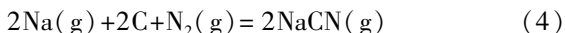
碱金属在冶炼钒钛磁铁矿高炉内的循环富集规律与冶炼普通矿基本一致。碱金属常以复杂硅酸盐的形式存在于各种矿石中,在常规的烧结过程中去除很少<sup>[1]</sup>。在高炉的中、上部,以复杂硅酸盐形式进入高炉的碱金属是很稳定的,当它随炉料下降到高炉下部高温区后,还原生成K、Na。



(1)式还原温度 $>1550^\circ\text{C}$ ; (2)式还原温度 $>1700^\circ\text{C}$ 。

由于煤气的高速运动,达不到碱金属的平衡蒸

气压,因此只有小部分碱金属硅酸盐参加反应,生成的碱蒸气随着煤气流向上运动。而高炉内鼓入热风中  $N_2$  含量较高,所以在高温区产生的碱蒸气离开风口区后,按(3)~(5)式反应生成氰化物蒸气随煤气流上升。



高炉煤气流内夹杂着碱蒸气、碱金属氰化物及碳酸盐,在上升过程中,与高炉料柱和内衬充分接触,其碱金属一部分被焦炭吸收,一部分沉积于耐火材料上,一部分随煤气排出炉外,炉料中大部分未还原的碱金属以硅钛酸盐形式随高炉渣排出。

被焦炭吸收和粘附在炉料上的碱金属及其化合物,随炉料下降到高炉高温区后又将挥发而重新进入煤气流中,这样导致碱金属的循环往复,最终出现碱金属的富集,进而影响高炉冶炼的正常进行。

根据攀钢生产实践,在钒钛磁铁矿高炉冶炼过程中,碱金属对焦炭的破坏程度较冶炼普通矿要严重,但高炉炉况事故只是偶尔发生,主要原因是钒钛磁铁矿冶炼时炉渣中的  $TiO_2$  在一定程度上对焦炭起到了保护作用。炉渣中  $TiO_2$  呈弱酸性,为  $SiO_2$  酸性的 0.61 倍<sup>[2]</sup>,排碱作用显著。高  $TiO_2$  炉渣中低熔点矿物以含钛的透辉石为主,高熔点矿物以钙钛矿为主,这些矿物质固溶有较多的  $Na_2O$  和  $K_2O$ 。而钙钛矿中的  $SiO_2$  不能同  $Na_2O$ 、 $K_2O$  反应完全,剩余的碱金属会形成钛酸盐(这是高炉  $TiO_2$  炉渣排碱不同于普通炉渣之处),从而排出炉外。因此,钒钛磁铁矿高炉冶炼,其炉渣中的  $TiO_2$  有助于炉渣中碱金属的排出。据攀钢的生产实践来看,当高炉碱负荷为  $10kg/t$ 、渣量为  $881.1kg/t$  时,炉渣的排碱率达  $97\%$ <sup>[3]</sup>;当高炉碱负荷为  $6 \sim 7kg/t$ 、渣量为  $717.3kg/t$  时,炉渣的排碱率达  $90\%$ <sup>[4]</sup>,这充分显示了炉渣中的  $TiO_2$  有助于炉渣中碱金属的排出。

## 2 二次尾渣加入对高炉碱负荷、入炉品位的影响

二次尾渣中的碱金属经烧结或球团后,脱碱效果不明显,基本全部又转移到了高炉工序,故二次尾渣能否被全部消化,主要是考察二次尾渣中的碱金属对高炉的碱负荷、入炉品位影响等来分析。

按照两台  $360m^2$  的烧结机的年产量(747 万  $t/y$ )来测算,若烧结矿的配比按 70% 计,则每年的高炉入炉矿石量为:

$$747 \div 70\% = 1067 \text{ 万 } t (\text{产铁约 } 541 \text{ 万 } t)$$

将提钒尾渣每年产生的二次尾渣 57600t(按每年产 8000 $tV_2O_5$  计)全部加入到高炉的入炉矿石中,则其对高炉入炉的碱负荷、入炉品位影响如下:

(1) 对高炉入炉的碱负荷影响

$$57600 \times 1000 \times 5.95\% \div 5410000 = 0.63kg/t$$

提钒二次尾渣全部被高炉消化掉,将使高炉的碱负荷较原来的基础上增加 0.63  $kg/t$ ,这对高炉碱负荷的影响较大。

(2) 对高炉入炉综合铁品位影响

假设以提钒的二次尾渣代替部分含铁 55% 左右的国内粉矿,则二次尾渣对高炉入炉铁品位的影响为:

$$(33.9\% - 55\%) \times (57600 \div 10670000) = -0.12\%$$

以提钒的二次尾渣代替部分含铁 55% 左右的国内粉矿,使高炉综合入炉铁品位在原来的基础上降低 0.12%。

(3) 添加二次尾渣后对焦比的影响

$600 \times 0.12 \times 1.5\% = +1.08kg/t$  (高炉的综合焦比按  $600kg/t$  计)

以提钒的二次尾渣代替部分含铁 55% 左右的国内粉矿,将使高炉综合焦比上升  $1.08kg/t$ 。

## 3 二次尾渣进高炉后的效益影响分析

提钒二次尾渣进高炉后效益的影响分析主要是以二次尾渣代替国内部分含铁 55% 左右的粉矿来进行评判的。提钒生产的二次尾渣代替国内部分粉矿后,由于自身的铁品位降低(约 33% 左右),将降低高炉的综合入炉品位,使高炉综合焦比上升、高炉产铁量降低。但二次尾渣是川威提钒的副产物,其价格采用内部价,价格相对国内粉矿低。同时,二次尾渣中还含有近 1% 的残钒,将二次尾渣返到烧结或球团参与配料,然后进高炉冶炼,钒进入铁水中,从而重新参与到提钒流程中,尾渣中的残钒得到了回收和利用,增钒效益凸显。另外,二次尾渣进高炉后,将减少二次尾渣尾矿库的建设,减少了环境的污染,同时还为企业节约了资金。二次尾渣进高炉后,利弊都十分明显,其产生的效益是否为正,需要作如下进一步分析。

(1) 计算依据

二次尾渣因内部作价,暂按 50 元/ $t$  的单价计;含铁 55% 左右的国内粉矿的价格按 750 元/ $t$  计;生铁销售价格按目前的市场价 3000 元/ $t$  计;焦炭价格按目前的市场价 1333 元/ $t$  计;二次尾渣经烧结、球团后入高炉,到最终的提钒,其二次尾渣中的钒按

20%回收转换成五氧化二钒产品;五氧化二钒单价按目前的市场价70000元/t计。

(2)二次尾渣代替粉矿后,原料成本降低产生效益

$$57600 \times (750 - 50) = 4032 \text{ 万元}$$

(3)二次尾渣代替粉矿后少产铁的负效益

$$57600 \times (33.9\% - 55\%) \times 0.95 \div 0.945 \times 3000 = 3665 \text{ 万元}$$

(4)二次尾渣代替粉矿后焦炭上升的负效益

$$1.08 \times 5410000 \div 1000 \times 1333 = 779 \text{ 万元}$$

(5)二次尾渣增钒的正效益

$$57600 \times 0.89\% \times 20\% \times 70000 = 718 \text{ 万元}$$

(6)减少二次尾渣尾矿库的建设节约资金

每年6万t的二次尾渣矿库的投资暂按50万元计,假定无残值,按10年来计提折旧,则每年应分摊5万元。

(7)二次尾渣代替粉矿的最终效益

二次尾渣代替粉矿的最终效益=原料成本降低产生的正效益+增钒的正效益+减少二次尾渣矿库建设节约投资企业每年分摊的费用-少产铁的负效益-焦炭上升的负效益,即

$$4032 + 718 + 5 - 3665 - 779 = 311 \text{ 万元} > 0, \text{ 效益为正效益}$$

## 4 结 论

1. 二次尾渣代替部分含铁55%左右的国内粉矿后,其产生的是正效益。故二次尾渣能否全部在被高炉消化,关键在于其对烧结、球团、高炉的生产顺行等影响是否过大来定。

2. 从目前提钒尾渣的处理来看,大部分均是被

高炉消化的,诸如承德钢铁厂、承德建龙钢铁厂等。其中承德钢铁厂是将提钒尾渣返回烧结参与烧结配料的,而承德建龙钢铁厂则是将提钒尾渣返回到球团参与球团配料的。从两个钢铁厂的生产实际来看,提钒尾渣因添加的量少(添加约10~20kg/t矿石),故对烧结、球团的工艺基本无什么大的影响,对高炉也基本无影响。

3. 川威集团的高炉碱负荷目前为4.5kg/tFe,若二次尾渣全部被内部的高炉消化,则高炉的碱负荷较现有的基础上将上升至5.13kg/tFe,根据川威的冶炼实践可知,碱负荷较高,对高炉顺行等有一定的影响;若烧结或球团每年消化3万t的提钒二次尾渣,则高炉的碱负荷仅在现有基础上上升0.315kg/tFe,对高炉基本没有影响,即高炉每年完全能够消化提钒车间所产的3~4万t的二次尾渣。若从高炉的铁矿石采购制定严格的碱金属含量要求,并严格把关,使得高炉铁矿石中的碱金属含量控制在一定的范围内,则高炉完全能够把每年提钒所产的5.76万t的二次尾渣全部消化掉,从而消除了提钒厂二次尾渣难堆放、难处理等环保难题,同时还实现了铁、钒等资源的内部循环利用。

## 参 考 文 献:

- [1] 蒋胜,杨冬梅. 碱金属对钒钛磁铁矿高炉冶炼的影响及对策[J]. 钢铁钒钛, 2007, 28(1): 56-60.
- [2] 王喜庆. 论高钛型高炉冶炼中TiO<sub>2</sub>的属性[J]. 钢铁钒钛, 1989, 10(2): 1-7.
- [3] 彭凤翔,王晶,宋国才. 攀钢高炉碱金属状态的调查研究[J]. 钢铁钒钛, 1992, 13(1): 16-24.
- [4] 付卫国,程千华,饶家庭,等. 攀钢高炉碱金属行为研究[J]. 攀钢技术, 2002, 25(6): 1-5.

## Feasibility Analysis of Vanadium Two Tailings by the Blast Furnace Digestion

WENG Qing-qiang, ZHANG Wei

(Sichuan Tranvic Prestige Vanadium Titanium Metallurgy Science and Technology Development Limited Company, Chengdu, Sichuan, China)

**Abstract:** Since the vanadium two tailings contains chromium and vanadium, it will do harm to the environment if it is stored in the open-air and discharged directly. The iron in the tailings smelted in the blast furnace after pellet sintering can reduce Cr<sup>6+</sup> to Cr<sup>3+</sup>, eliminating the harm of chromium to environment and recovering vanadium and iron. However, the alkali metal in the two tailings after pellet sintering doesn't be dealkalized obviously and it is almost transferred to the blast furnace operation activity. Directed at the effect of blast furnace on alkali metal, the effect of alkali metal in two tailings on the alkali load, grade, coke ratio and yield of blast furnace was analyzed, obtaining that vanadium two tailings after pellet sintering by blast furnace smelting is economical and feasible.

**Key words:** Vanadium extraction; Two tailings; Alkali metal; Blast furnace