中国科技论文在线 http://www.paper.edu.cn

Series No. 312 金 属 矿 山 总第312期
June 2002 METAL MINE 2002年第6期

攀钢钛精矿制取富钛料新工艺的研究

范晓慧 邱冠周 姜 涛 郭宇峰 朱德庆 黄柱成 杨永斌 徐经沧
(中南大学)

摘 要 针对攀钢钛精矿应用预热球团技术和回转窑直接还原技术,借助于添加剂的催化作用,使钛精矿中铁氧化物充分还原并促使铁晶粒长大,实现了 Fe/ Ti 在选矿过程中高效分离,成功地开发了钛精矿制取富钛料的新工艺。扩大试验结果表明,在添加剂 KS 用量 5 %、粘结剂用量 1 %情况下,球团经 700 ℃预热 15 min 后,在迴转窑中还原。其适应工艺参数为高温还原温度 1 100 ℃,高温还原时间 ≥210 min,C/ Fe 为 2.2 左右,填充率 20 %左右,所得钛精矿金属化球团的金属化率 > 92 %,经破碎、磨矿、磁选,得到磁性产品 TFe > 81 %,回收率 > 86 %,富钛料 TiO_2 > 74 %,回收率 > 90 %。

关键词 钛精矿 富钛料 迴转窑直接还原技术

Study on the New Technology of Making Titanium-rich Materials from Panzhihua Steel's Titanomagnetite Concentrate

Fan Xiaohui Qiu Guanzhou Jiang Tao Guo Yefeng Zhu Deqing Huang Zhuchen Yang Yongbing Xu Jingcang
(Central South University)

Abstract By applying the technologies of preheat agglomeration and direct reduction by rotary kiln and with the help of additive's catalytical function, iron oxides in the titanium concentrate were fully reduced and the growth of iron crystals was promoted so as to realize the efficient separation of Fe/ Ti in mineral processing. A new technology of making titanium-rich materials from titanomagnetite concentrate has thus been successfully developed. Enlarged tests have shown that the pellet reduction is effected in the rotary kiln at a KS additive dosage of 5 % and binder of 1 % and after 15 minutes' preheatment at a temperature of 700 ℃. The appropriate technological parameters include high reduction temperature of 1100 ℃, high-temperature reduction time of ≥210min, C/ Fe ratio of about 2.2 and refilling rate of about 20 %. From the metallized titanium magnetite pellet that has a metallization rate of over 92 % and after their crushing, grinding and magnetic separation, a magnetic product with TFe over 81 % and recovery over 86 % and a titanium-rich material with TiO_2 over 74 % and recovery over 90 % can be obtained.

Keywords Titanium magnetite concentrate, Titanium-rich material, Rotary kiln, Direct reduction technology

我国攀西地区蕴藏着极其丰富的钒钛磁铁矿资源,据统计,其中共生的钛占全国钛储量的 90.54 %,占世界钛储量的 35.17 %。目前,攀钢已建成我国最大的钛铁矿生产基地,综合利用这一宝贵资源对实现我国西部经济大开发具有重要的战略意义。

钛铁矿是生产金属钛和钛白的重要原料。但是,因其品位低,直接用于制取金属钛和钛白时,生产率低,"三废"量大、生产成本高,因而常常将其预先富集成高品位的富钛料。已经研究和提出的钛铁矿富集方法很多,其中应用最广、形成较大工业生产规模的是电炉法冶炼。目前国外电炉法大多采用密闭电炉,而我国则沿用敞口电炉,由于技术装备水平落后,炉况不稳,生产成本高,而且电力资源又有一定限制,电炉法一直处于停滞状态。因此研究开发具有中国特色的钛精矿制取富钛料新工艺,对促进我国钛工业的发展将有着重要的现实意义。

中南大学近年来进行了这方面的研究,成功地开发钛精矿直接还原法制取富钛料新工艺。该工艺采用回转窑直接还原技术,借助于添加剂的催化作用,使钛精矿中铁氧化物充分还原并能使铁晶粒长大到可以机械分选的必要粒度,其特点是以劣质煤

范晓慧,中南大学矿物工程系,副教授,博士,410083 湖南省长沙市岳麓山。

转载

中国科技论文在线 http://www.paper.edu.cn

为能源,电耗少、成本低、投资少,设备均为常规设备,不需引进,易于掌握,从而为攀西钛精矿的综合利用开辟了一条新的可行途径。

在实验室小型试验中,得到适宜的工艺条件为添加剂 KS 用量 5 %,球团预热温度 700 ℃,预热时间 15 min,还原温度为 1 100 ℃,还原时间 ≥210 min。在此条件下,得到富钛料 TiO_2 品位为 74.68 %,回收率为 90.32 %的好指标。为了验证小试结果,优化钛精矿球团的制备、直接还原的工艺操作制度和磨选工艺参数,以生产质量合格的金属化球团和高品位富钛料,并为中试厂的设计和生产提供可靠的科学依据和必要的工艺参数,进行了扩大试验。介绍了回转窑"火力模型"直接还原扩大试验。

1 原料性能

(1) 钛精矿。浮选钛精矿的化学成分见表 1,粒度组成见表 2。

表 1 钛精矿的主要化学成份 ω/ %

成份	TFe	TiO_2	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Mg	V_2O_5	MnO	S	P
含量	31.60	47.76	1.45	1.33	0.68	5.60	0.067	0.63	0.22	0.005

表 2 钛精矿的粒度组成

粒度/ mm	+ 0.076	- 0.076 + 0.045	- 0.045
含量/ %	0.5	29.35	70.15

(2) 还原煤。河南义马煤经破碎后筛分出 5～25 mm 粒级部分作为回转窑"火力模型"扩大试验用煤。义马煤的主要物化特征见表 3。

表 3 还原煤的主要物化特征

工业分析/ %				灰渣熔点/ ℃		
W	A	V	C	DT	ST	FT
10.72	11.3	30.48	46.97	1 160	1 200	1 300

反应性 α/ %						
750 ℃	800 ℃	900 ℃	950 ℃	1 000 ℃	1 050 ℃	1 100 ℃
4.07	4.65	22.11	40.92	64.3	83.25	93.11

由表 3 可见,该还原煤具有挥发分高、灰熔点高和反应性好等特点,是一种良好的还原剂。

(3) 粘结剂。试验用粘结剂是中南大学的专利产品"复合粘结剂",由长沙直接还原工程中心宜章粘结剂厂生产,为水溶性固体粉状物料,- 0.15 mm 占 100 %,其主要成分见表 4。

表 4 复合粘结剂的主要成份 ω/ %

成分	粘结	其	它	成	份			
	成分	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Fe_2O_3	P	S	$C_{固}$
含量		42.60	14.19	6.15	4.76	0.20	4.02	0.04	0.03	28.16

(4) 添加剂。试验所用添加剂 KS 是一种无机化合物,它不含 S、P 等有害杂质,在钛精矿球团还原过程中能促进铁氧化物的还原及铁晶粒的长大,试验时需将添加剂磨细至 - 0.15 mm 以下。

2 研究方法

扩大试验工艺流程如图 1 所示。工艺过程主要包括预热球团制备、预热球团直接还原和金属化球团的磨碎及磁选分离。

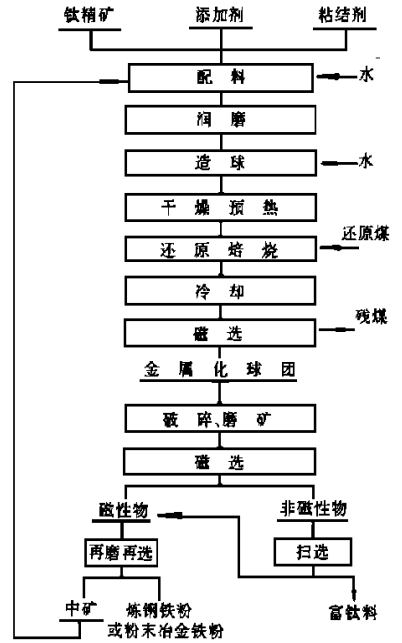


图 1 扩大试验工艺流程

(1) 预热球团制备。混合料经过配料、混匀,经 φ1 000 mm ×600 mm 润磨机润磨后,再造球;造球是在 φ1 000 mm、边高 150 mm 的圆盘造球机上进行;生球干燥预热试验是在 φ200 mm 焙烧杯中进行。根据造球试验和球团干燥预热扩大试验结果可知,润磨能明显提高生球强度,适宜的混合料润磨时间为 10 min,粘结剂用量为 1.0 %,添加剂 KS 为 5 %,适宜的造球工艺参数水分为 8.5 %;适宜的干燥温度为 150 ℃,风速 0.55 m/ s,料高 100 mm,时间 20 min;较佳的预热温度为 700 ℃,料高 100 mm,时间 15 min。

(2) 预热球团直接还原。在 φ1 000 mm ×550 mm 的回转窑"火力模型"中进行。

(3) 磁选分离。金属化球团经颚式破碎机及对辊破碎机破碎至 - 3 mm,然后在 φ600 mm ×1 000 mm 球磨机内湿磨至 - 0.076 mm 占 95 %左右。采用 φ500 mm 筒式磁选机分离,一段磁选磁场强度 159.156 kA/ m,扫选磁场强度 254.650 kA/ m。

中国科技论文在线 http://www.paper.edu.cn

3 回转窑直接还原扩大试验结果

因为钛精矿很难还原,所以对还原气氛、温度和时间的要求较普通铁矿要高,而且回转窑还原钛精矿球团在国内尚无先例。因此在借鉴国内外铁精矿球团回转窑煤基直接还原的基本操作制度的基础上,通过优化还原试验的升温和加煤制度,确定了钛精矿球团回转窑还原升温和加煤制度,见表 5。

表 5 回转窑升温和加煤制度

升温制度			加煤制度		
温度范围 / ℃	升温速度 / (℃·min⁻¹)	升温时间 / min	温度范围 / ℃	加煤量 / %	延续时间 / min
			与球同加入	10	
900～1 050	2.5	60	900～1 050	40	60
1 050～1 100	1	50	1 050～1 100	20	50
1 100	恒温	210	1 100	30	150
合计		320	合计	100	260

3.1 工艺参数优化试验

影响直接还原效果的因素很多,这里仅选择其主要因素进行了优化试验。在还原温度 1 100 ℃,窑体转速 1 r/ min,球团入窑温度 1 050 ℃的条件下,进行碳铁比(C/ Fe)、高温还原时间和炉料填充率试验,结果见表 6。

表 6 直接还原工艺参数优化试验

工艺条件				金属化球团			富钛料
填充率 / %	C/ Fe	高温还原时间 / min	窑内停留时间 / min	η_m / %	TFe / %	MFe / %	TiO_2 / %
16	1.7	210	320	74.15	33.96	25.18	60.01
16	2.2	210	320	90.97	35.21	32.03	73.30
16	2.7	210	320	90.20	35.20	31.75	72.67
20	2.2	180	290	91.60	35.15	32.20	73.89
20	2.2	210	320	92.10	35.05	32.28	74.33 *
20	2.2	240	350	91.99	35.20	32.38	74.05

注:*富钛料 TFe 7.16 %,TiO_2 74.33 %,TiO_2 回收率 90.12 %;磁性物 TFe 81.17 %,TiO_2 13.71 %,Fe 回收率 86.35 %。

由表 6 可见,在填充率、还原温度和还原时间一定的情况下,当 C/ Fe 由 1.7 增至 2.2 时,还原产品的金属化率 η_m 和富钛料的 TiO_2 品位大幅度提高;而当 C/ Fe 由 2.2 增至 2.7 时,则效果不明显,而生产成本却会较大幅度增加,必然导致“得不偿失”的结果。所以,C/ Fe 选取 2.2。

当填充率为 20 %,C/ Fe 为 2.2 时,高温时间由 180 min 延长至 210 min 时,产品金属化率 η_m 和富钛料的 TiO_2 品位明显提高。但当延长至 240 min 时,变化不明显;而且在高温还原时间 210 min 时,产品可满足富钛料 TiO_2 的品位要求(TiO_2 ≥74 %)。因此认为高温还原时间选择 210 min 合适。

在 C/ Fe 2.2,高温还原时间 210 min 的条件下,填充率由 16 %提高至 20 %时,产品金属化率和富钛料的 TiO_2 品位都明显提高,且在填充率 20 %时,可使富钛料品位满足要求。因此,填充率以 20 %为宜。

3.2 球团对比试验

为了对比预热球团和冷固结球团的还原效果,并验证小试结果,进行了这两种球团的对比试验,试验结果见表 7。

表 7 不同球团对还原效果的影响

球团种类	工艺条件			金属化球团			富钛料
	C/ Fe	高温还原时间 / min	填充率 / %	η_m / %	TFe / %	MFe / %	TiO_2 / %
预热球团	2.7	210	16	90.20	35.20	31.75	72.67
冷固结球团	2.7	210	16	72.52	33.73	24.46	59.97
预热球团	2.2	180	20	91.60	35.15	32.20	74.89
	2.2	210	20	92.10	35.05	32.28	74.33
	2.2	240	20	91.99	35.20	32.38	74.05
冷固结球团	2.2	360	20	91.08	35.10	31.97	73.10
	2.2	390	20	91.28	35.20	32.13	73.19
	2.2	420	20	91.52	35.25	32.26	73.77

由表 7 可见,在 C/ Fe、高温还原时间、还原温度和填充率都相同的条件下,两种球团的还原效果差别很大。预热球团的金属化率 η_m 和富钛料的 TiO_2 要比冷固结球团高得多。当冷固结球团高温时间达 420 min 时,才与预热球团还原 180 min 的还原效果相接近,但富钛料 TiO_2 品位却未达到 74 %。因此钛精矿冷固结球团的还原效果比预热球团效果差得多,而且达同一还原效果所需还原时间长得多。故选取预热球团为宜,这进一步验证了小试结果。

4 结 论

(1) 新工艺的关键在于采用新开发的添加剂 KS 和预热球团技术。该添加剂大大降低了还原温度,并能促进钛铁矿的还原,强化 Fe/ Ti 在磨选过程中的分离,采用预热球团技术更有利于强化添加剂的这种作用。与电炉法比较,新工艺将以劣质煤为能耗,电耗少、成本低、投资省,不存在还原剂污染成品问题,所采用的设备均为常规设备,工艺可靠,易于推广。

(2) 在添加剂 KS 用量 5 %,粘结剂用量 1 %,球团经 700 ℃预热 15 min 后在 1 100 ℃还原,其适宜的 C/ Fe 为 2.2 左右,高温还原时间 ≥210 min,填充率 20 %左右,所得钛精矿金属化球团的金属化率 η_m > 92 %,金属化球团经破碎磨矿磁选,得到富钛料 TiO_2 > 74 %,回收率 > 90 %,磁性物 TFe > 81 %,回收率 > 86 %,可供炼钢及粉末冶金用。

(收稿日期 2002-01-15)