

• 烧结球团 •

钛磁铁矿直接还原试验研究

董 原 徐 沈

(中冶北方工程技术有限公司, 辽宁 鞍山 114051)

摘要: 通过对某钛磁铁矿直接还原的试验, 研究了还原温度、还原气氛对直接还原金属化率的影响, 以及还原后磨矿细度对磁选直接还原铁产品质量的影响。结果表明, 还原温度和气氛对金属化率以及磨矿细度对磁选直接还原铁产品质量均有明显影响。

关键词: 钛磁铁矿; 直接还原; 金属化率; 磨矿细度; 综合利用

中图分类号: TF 046 文献标识码: A 文章编号: 1671-8550 (2013) 01-0021-03

0 引言

直接还原是钢铁行业的前沿技术, 其产品直接还原铁具有化学成分稳定, 杂质含量少等优点, 主要用作电炉炼钢的原料。据国外报道, 电炉冶炼时, 炉料搭配 30%~50% 直接还原铁, 生产率提高 10%~25%, 作业率提高 25%~30%。1996 年鹿泉轧钢厂 3 t 电炉试验表明, 在炉料中搭配 30%~50% 直接还原铁, 每吨炉料平均节约电能 27%, 节约炼钢时间 28%, 耗氧量降低 22%, 钢材物理性能明显提高。因此, 在电炉钢炉料中搭配一定量直接还原铁, 不仅可以提高电炉的生产能力, 而且还能降低电耗和生产成本。然而直接还原铁对原料含铁品位要求高: 赤铁矿应大于 66.5%, 磁铁矿大于 67.5%, 脉石 ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) 量 < 3%~5%。虽然我国铁资源丰富, 但多为贫矿, 并且随

着高品位铁矿石的不断开采, 开始出现枯竭, 而且近年来国际铁矿石大幅涨价, 使得直接还原铁成本大幅攀升, 对我国冶金行业影响较大。因此, 减少原生资源的开采, 增加循环资源的利用, 实现资源合理配置, 对于钢铁行业可持续发展具有重大意义^[1~5]。

本试验以某铁矿生产铁精粉中所排废丢弃的中矿为原料制备直接还原铁。研究不同还原气氛、还原温度对还原后金属化率的影响及磨矿细度对磁选直接还原铁产品质量的影响, 探索其制备直接还原铁的可行性。

1 原料性质

本次试验的原料为某钛磁铁矿及镁粉、膨润土、煤粉等辅助原料。各原料化学成分见表 1。

表 1 原料的化学成分 (%)

项 目	TFe	FeO	Ti O ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P	烧减
某钛磁铁矿	45.32	22.77	18.45	6.15	2.72	5.28	1.65	0.013	0.014	-0.70
镁粉	0.602	—	—	0.65	0.38	5.46	87.18	0.118	0.070	4.44
膨润土	8.72	—	—	49.06	13.82	4.89	4.13	0.035	0.160	13.58
煤粉	固定碳: 36.42%; 挥发份: 31.42%; 灰分: 32.16%; S: 2.38%									

2 试验方法与装置

试验中选取还原温度、气氛两个因素考察在 3 种不同配料即基准试样、配煤试样和配镁试样情况

下, 对金属化率的影响及不同磨矿细度对磁选直接还原铁产品质量的影响。

还原试验在熔滴炉中进行, 将 3 种不同配料分别制成球团, 进行干燥、预热, 然后进入熔滴炉进行还原。试验每次用预热球约 200 g, 在熔滴炉达到 900℃ 时开始通入还原气体, 弱还原气氛下, $\text{CO} : \text{N}_2 = 30 : 70$, 还原气氛下 $\text{CO} : \text{N}_2 = 70 : 30$,

收稿日期: 2012-07-25

作者简介: 董 原 (1978-), 男 (汉族), 陕西三原人, 中冶北方工程技术有限公司研发中心工程师。

整个还原过程都有氮气进行保护。还原后对还原球进行磨矿、磁选分离等步骤，磁选磁场强度固定在 2 000 Oe，试验流程见图 1。

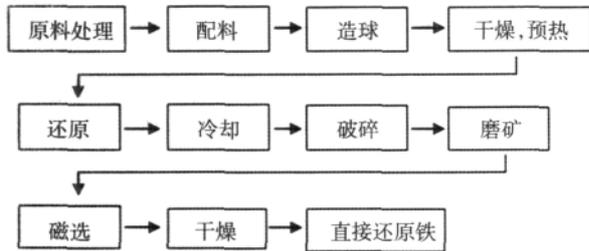


图 1 试验流程示意图

3 试验结果

还原试验结果由表 2 可以看出，只要配料条件、还原温度和气氛选择好，球团金属化率最高达到 95.13%，磁选后 TFe 达到 80% 以上。

还原后磨矿、磁选对直接还原铁质量的影响见表 3。因基准试样、配煤试样在还原温度达到 1 450℃ 之前已经熔融，并且金属化率最高不到 81%，因此，以下分析仅针对配镁球团，表 3 仅给出配镁试样在还原温度 1 450℃，两种还原气氛条件下，磨矿细度对磁选直接还原铁产品质量的影响数据。

表 2 直接还原试验结果

项目	温度/℃	气氛	金属化率 (%)
基准试样	1 100	弱还原性	49.25
	1 100	还原性	76.11
	1 200	弱还原性	49.88
	1 200	还原性	80.61
	1 450	弱还原性	熔融
	1 450	还原性	熔融
配煤试样	1 100	弱还原性	46.98
	1 100	还原性	70.47
	1 200	弱还原性	48.00
	1 200	还原性	80.94
	1 450	弱还原性	熔融
	1 450	还原性	熔融
配镁试样	1 100	弱还原性	42.71
	1 100	还原性	64.07
	1 200	弱还原性	56.24
	1 200	还原性	80.99
	1 450	弱还原性	61.25
	1 450	还原性	95.13

4 分析与讨论

4.1 还原温度及还原气氛对不同配料球团金属化率的影响

从表 2 可以看出，不管是在还原气氛还是弱还原气氛下，还原温度对不同配料球团金属化率的影响均有共同特征：随着温度的提高，球团金属化率随之升高。不同还原温度对配镁球团金属化率的影响，见图 2。可以看出，配镁球团在还原温度从 1 100℃ 上升到 1 450℃，金属化率也从 64.07% 上升到 80.99%、95.13%，但还原温度从 1 200℃ 上升到 1 450℃，金属化率增幅变缓。

表 3 不同磨矿细度下的磁选效果 (%)

项目	磨矿细度 -0.076 mm	产品名称	品位 (TFe)	回收率 (TFe)
弱还原气氛	74	精矿	78.71	78.54
	84	精矿	82.45	78.40
	92	精矿	85.14	75.04
还原气氛	72	精矿	83.66	95.70
	84	精矿	83.53	94.87
	94	精矿	83.63	94.65

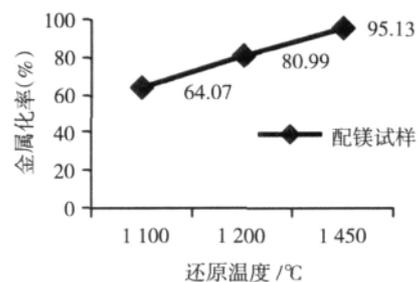


图 2 不同还原温度对球团金属化率的影响

还原试验中通过吹入氮气与一氧化碳的混合气体来保持炉内还原性与弱还原性气氛，控制不同还原气氛对不同配料球团金属化率的影响，从表 2 可以看出，当还原温度一定时，不同还原气氛对不同配料球团金属化率的影响具有共同特征：随着还原气体浓度的增大，球团金属化率随之增大，而且增幅相对较大。温度在 1 450℃ 情况下，不同还原气氛对配镁球团金属化率的影响，见图 3。在两种还原气氛下，金属化率从 61.25% 增加到 95.13%，增幅较大。

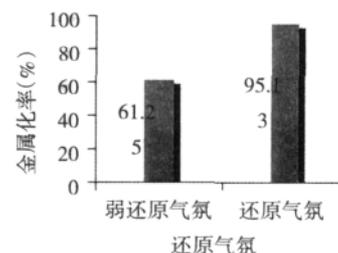


图 3 不同还原气氛对球团金属化率的影响

在还原温度1450℃、还原性气氛下，球团金属化率最高达到95.13%，说明球团还原充分，铁晶粒长大完全。因此，还原温度以1450℃左右为宜，还原气氛以一氧化碳浓度≥70%为宜。

4.2 磨矿细度对磁选直接还原铁产品质量的影响

球团矿在经过高温直接还原后，大部分铁以金属铁的形态存在，因此在弱磁场中就可以很好选别。磨矿细度对磁选直接还原铁产品的影响见图4、5。

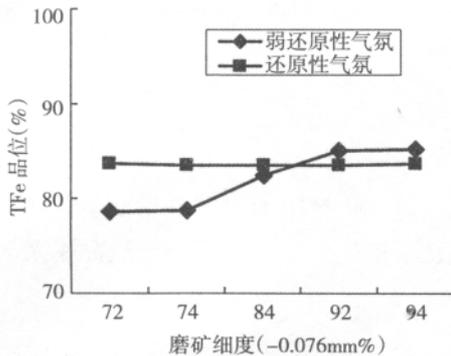


图4 不同磨矿细度下对直接还原铁品位的影响

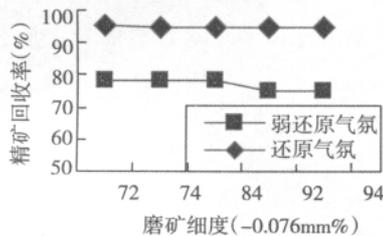


图5 不同磨矿细度下对直接还原铁回收率的影响

在弱还原气氛下，随着磨矿细度的增加，直接还原铁产品的品位随之增加，但是增幅有限，说明目标矿物单体解离较好；在还原气氛下随着磨矿细度的增加，直接还原铁产品的品位都稳定在83%~84%，说明目标矿物单体解离非常好。但是两种气氛下，直接还原铁产品的回收率却随着磨矿细度的增加而减小。这是因为矿物中一些细小颗粒被磁选水流带入尾矿中。

5 结语

——通过控制不同还原温度、气氛对目标铁矿直接还原金属化率的影响研究，结果表明，随着还原温度的升高、还原气氛由弱还原性向还原性气氛的改变，球团金属化率呈逐渐升高的趋势。

——在整个还原过程试验中，只有在1450℃时，某钛磁铁矿直接还原铁金属化率达到90%以上，与普通矿在竖炉还原和回转窑还原工艺下还原温度1050℃时金属化率可达到90%以上相比，还原温度在提高400℃时，金属化率才达到90%以上，说明某钛磁铁矿的直接还原非常困难。

——通过研究不同磨矿粒度对磁选直接还原铁产品质量的影响，结果表明，磨矿粒度对直接还原铁产品有显著的影响，但是在磨矿粒度达到一定细度时，其影响幅度变小；在还原温度达到1450℃，还原时间130分钟，还原性气氛下，配镁球团的直接还原铁产品品位稳定在83%~84%。

——对于直接还原铁来说，要求金属化率>90%，含铁品位>90%；而本试验的直接还原铁指标：金属化率达到95.13%，还原磨矿后含铁品位为83.66%，回收率达到95%。虽然含铁品位未达到90%以上，但也可说明本次试验取得了不错的结果。

参考文献：

- [1] 杨春来. AMR-CBI 隧道窑直接还原铁生产新工艺[A]. 2006年中国非高炉炼铁会议论文集[C], 2006.
- [2] 李晓, 彭峰. 电炉炼钢生产现状与发展趋势[A]. 第十五届全国炼钢学术会议论文集[C]. 2008.
- [3] 洪流, 丁跃华, 谢洪恩. 钒钛磁铁矿转底炉直接还原综合利用前景[J]. 《金属矿山》, 2007(5): 10~13.
- [4] 高文星, 董凌燕, 陈登福等. 煤基直接还原及转底炉工艺的发展现状[J]. 《矿冶》, 2008(2): 69~73.
- [5] 张大江, 陈登福, 徐楚韶等. 低品位铁矿石煤基回转窑直接还原研究[J]. 《过程工程学报》, 2009(Z1): 153~155.
- [6] 薛逊. 钒钛磁铁矿直接还原试验研究[J]. 《钢铁钒钛》, 2007(3): 38~41.

Research and test of direct reduction of titanium-magnetite ore

DONG Yuan, XU Shen

(Northern Engineering & Technology Corporation, MCC, Anshan 114051, China)

Abstract: The direct reduction test is done to a kind of titanium-magnetite ore. The influence of reduction atmosphere on metallization rate and the influence of grinding fineness of ore (after direct reduction) on quality of magnetic separation product are studied. The test shows both influences are remarkable.

Key words: titanium-magnetite ore; direct reduction; metallization rate; ore grinding fineness; comprehensive utilization