

首钢高炉含钛炉料结构冶金性能的试验研究

张贺顺 马洪斌

(首钢总公司, 北京 100041)

摘要 本文针对三种含钛炉料, 按照护炉 TiO_2 负荷标准, 对各种含钛炉料结构进行了冶金性能的试验研究, 确定了适合首钢高炉炉料结构特点的含钛炉料。

关键词 高炉 含钛炉料 冶金性能

Experimental Study of Metallurgy Property about Titaniferous Furnace Charge Composition in BF of Shougang Corporation

Zhang Heshun Ma Hongbin

(Shougang Corporation, Beijing, 100041)

Abstract This article studies the metallurgy property about titaniferous furnace charge composition of three titaniferous furnace charges according to the TiO_2 load for protecting blast furnace. So the titaniferous furnace charge that suits blast furnace furnace charge composition in Shougang Corporation is confirmed.

Key words blast furnace, titaniferous furnace charge, metallurgy property

首钢 1 号、3 号高炉容积 2536m^3 , 分别于 1994 年 8 月 9 日、1993 年 6 月 2 日开炉, 炉龄已满 16 年、17 年, 且两座高炉近年来强化程度不断提高, 各项经济技术指标处于开炉之后的最好水平, 炉缸维护与强化冶炼的矛盾日益突出, 利用含钛炉料进行炉缸维护成为高炉生产的重要内容。高炉含钛炉料的选择既要有效实现护炉的目的, 同时要避免炉内软熔带透气性能急剧变差导致炉况波动, 也要避免因护炉导致的燃料消耗大幅上升。因此, 本文针对三种含钛炉料 (钛料 A、钛料 B、钛料 C), 按照高炉炉缸维护要求的 TiO_2 负荷标准: $6\sim 15\text{kg/t}$ 铁, 对各种含钛炉料结构进行了 900°C 还原性能及高温荷重还原软化-熔滴性能的试验研究, 由此确定了适合首钢高炉炉料结构特点的高炉护炉用含钛炉料。

1 试验方案

1.1 物料化学成分

首钢高炉炉料结构包括一烧、矿烧、氧球、澳矿及含钛炉料。炉料的化学成分见表 1。

表 1 炉料的化学成分

(%)

名称	TFe	FeO	Fe_2O_3	CaO	SiO_2	MgO	Al_2O_3	TiO_2	P	S
一烧	56.65	10.23	69.6	10.19	5.02	2.58	2.13	0.12	0.050	0.010
矿烧	56.65	7.15	73.01	10.98	4.73	2.10	1.75	0.13	0.041	0.019
氧球	65.28	0.36	92.93	0.36	4.85	0.49	0.80	0.20	0.009	0.002

首钢高炉含钛炉料结构冶金性能的试验研究

澳矿	60.10	0.22	85.66	0.07	1.61	0.11	1.24	0.15	0.038	0.018
钛料 A	59.45	2.79	81.90	1.72	5.86	1.29	1.83	4.40	0.090	0.003
钛料 B	53.75	2.95	73.54	1.26	6.54	1.74	2.96	10.59	0.100	0.010
钛料 C	52.91	29.81	42.09	0.20	2.66	3.45	6.80	13.10	0.017	0.340

1.2 试验方案

钛料 A、钛料 B、钛料 C 分别按照 6kg/t 铁、8kg/t 铁、10kg/t 铁、12kg/t 铁、15kg/t 铁 TiO₂ 负荷进行炉料结构 900℃还原性能及高温荷重还原软化-熔滴性能的试验研究，并与首钢高炉目前 TiO₂ 负荷下的炉料结构冶金性能进行对比，确定适合首钢高炉炉料结构特点的高炉护炉用含钛炉料。

2 900℃还原性能试验

2.1 试验结果

不同钛料在不同 TiO₂ 负荷下组成的含钛炉料结构在 900℃下的还原性能试验结果见表 2。按照优质铁烧结矿行业标准 YB/T006—1991、铁烧结矿行业标准 YB/T421—1992、铁球团矿行业标准 YB/T005—1991：优质（一级品）的还原度≥65.0%，可知，本试验研究的含钛炉料结构的还原性都是很好的。以钛料 B 作含钛炉料时的还原性能最好；以钛料 A 作含钛炉料时的还原性能次之；以钛料 C 作含钛炉料时的还原性能较差。

表 2 900℃还原性能试验结果

因素水平		还原度 RI/%
钛负荷/kg/t	钛料种类	
8.6	钛料 A	76.10
6.0		77.72
8.0		76.38
10.0		76.46
12.0		77.21
15.0		77.58
8.6	钛料 B	78.78
6.0		79.43
8.0		79.10
10.0		80.89
12.0		76.16
15.0		76.29
8.6	钛料 C	77.72
6.0		73.66
8.0		75.58
10.0		77.54
12.0		73.33
15.0		76.46

2.2 试验结果分析

采用不同钛料（钛料 A、钛料 B、钛料 C），TiO₂ 负荷对还原性能的影响（见图 1）表现为：采用钛料 A 时 TiO₂ 负荷对还原性能几乎无影响；采用钛料 B 时随 TiO₂ 负荷增大还原性能有降低的趋势；而采用钛料 C 时随 TiO₂ 负荷增大还原性能波动较大。

试验研究的含钛炉料结构,对同一种钛料而言,其TiO₂负荷对还原性能的影响不大,说明在本试验含钛炉料结构下,无论采用哪种含钛炉料(钛料A、钛料B、钛料C),在TiO₂负荷为6.0~15.0kg/t铁范围内,无论选择多大的钛负荷,炉料结构的还原性能均影响不大。

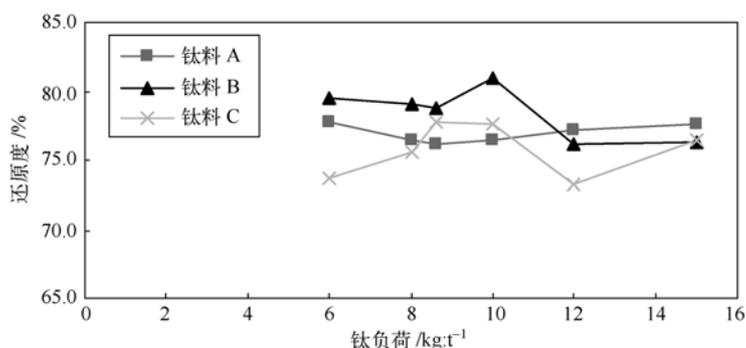


图1 钛料A、钛料B、钛料C炉料结构还原性能比较

3 高温荷重还原软化-熔滴性能试验

3.1 试验结果

不同钛料在不同TiO₂负荷下组成的含钛炉料结构的高温荷重还原软化-熔滴性能试验结果见表3。一般地说,压差开始陡升温度 T_s 、开始滴落温度 T_d ,相当于高炉内软熔带上、下沿温度,应相对高些;软熔滴落温差 ΔT 大小,相当于软熔带厚薄,应越小越好;最大压差值 Δp_{max} 与透气性有关,应越小越好;总特征值 S 意味着透气阻力,应越小越好。

表3 高温荷重还原软化-熔滴性能试验结果

因素水平		$T_s/^\circ\text{C}$	$T_d/^\circ\text{C}$	$\Delta p_{max}/9.8\text{Pa}/\text{Pa}$	$\Delta T/^\circ\text{C}$	$S/\text{kPa}\cdot^\circ\text{C}$
钛负荷 kg/t	钛料种类					
8.6	钛料 A	1398	1453	125	55	40.42
6.0		1437	1466	115	29	18.47
8.0		1406	1452	148	46	44.18
10.0		1419	1454	130	35	27.44
12.0		1417	1464	175	47	57.58
15.0		1394	1444	201	50	73.99
8.6	钛料 B	1346	1434	200	88	129.36
6.0		1349	1426	227	77	133.56
8.0		1414	1479	215	65	105.11
10.0		1367	1449	202	82	122.15
12.0		1398	1462	207	64	98.47
15.0		1392	1473	146	81	76.20
8.6	钛料 C	1390	1479	202	89	132.57
6.0		1401	1499	229	98	171.91
8.0		1362	1489	220	127	211.58
10.0		1368	1499	197	131	188.72
12.0		1371	1477	213	106	169.32
15.0		1364	1488	230	124	218.74

3.2 试验结果分析

TiO₂ 负荷的变化对压差开始陡升温度 T_s 和开始滴落温度 T_d 的影响趋势是一致的,且随 TiO₂ 负荷的增加 T_s 和 T_d 呈现波动变化,三种钛料(钛料 A、钛料 B、钛料 C)在 TiO₂ 负荷 6.0~15.0kg/t 铁范围内, TiO₂ 负荷的变化对综合炉料的 T_s 和 T_d 影响不大,见图 2 和图 3。

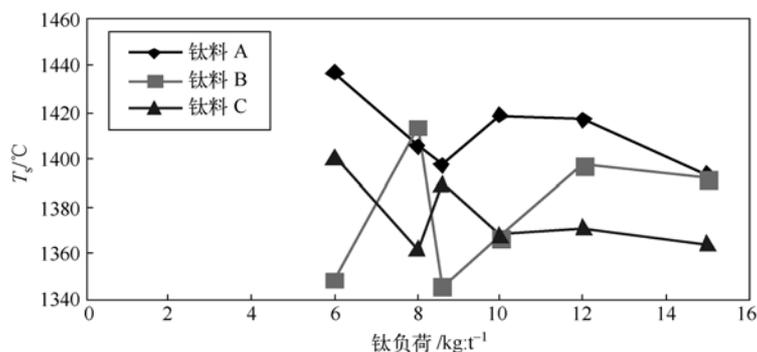


图 2 钛料 A、钛料 B、钛料 C 炉料结构压差开始陡升温度比较

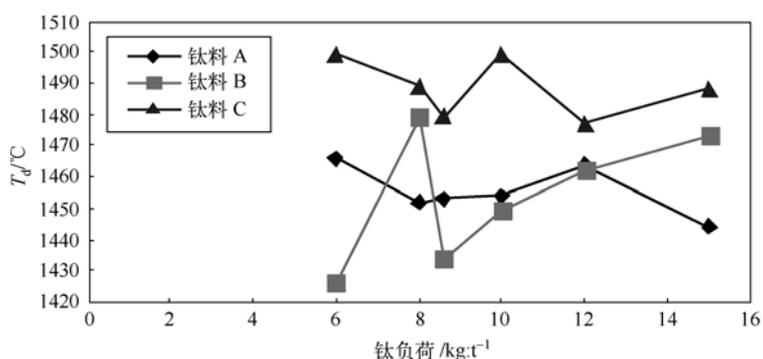


图 3 钛料 A、钛料 B、钛料 C 炉料结构开始滴落温度比较

TiO₂ 负荷的变化对软熔滴落温差 ΔT 的影响不显著,但在 TiO₂ 负荷 6.0~15.0kg/t 铁范围内,三种含钛炉料组成的综合炉料的软熔滴落温差 ΔT 以钛料 A 最低,钛料 B 次之,钛料 C 最高,见图 4。

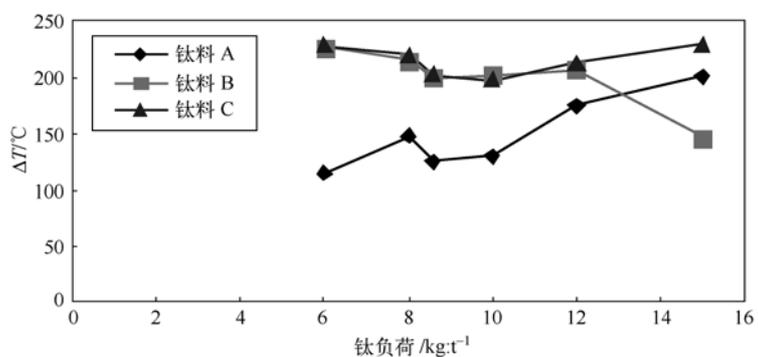


图 4 钛料 A、钛料 B、钛料 C 炉料结构软熔滴落温差比较

对钛料 A 和钛料 B 而言, TiO₂ 负荷的变化对最大压差值 Δp_{max} 的影响较显著,而钛料 C 的影响则不显著;在 TiO₂ 负荷 6.0~15.0kg/t 铁范围内,三种钛料组成的炉料结构的最大压差值 Δp_{max} 以钛料 A 最低,钛料 B 和钛料 C 则较高;对钛料 A 来讲,随 TiO₂ 负荷增大, Δp_{max} 急剧增加。

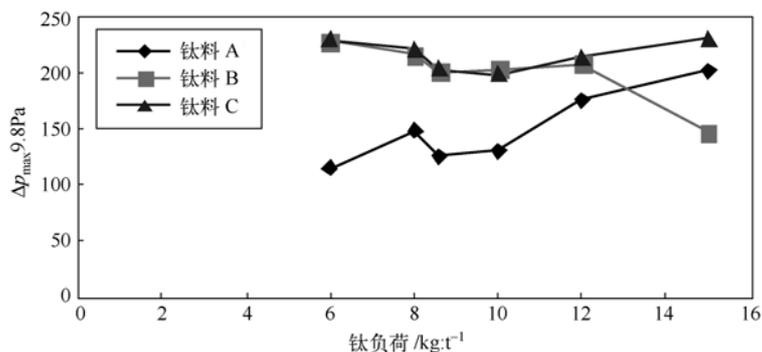


图5 钛料 A、钛料 B、钛料 C 炉料结构最大压差值比较

对钛料 A 和钛料 B 而言, TiO₂ 负荷的变化对总特征值 S 的影响较显著, 而钛料 C 的影响则不显著; 在 TiO₂ 负荷 6.0~15.0kg/t 铁范围内, 三种钛料组成的炉料结构的总特征值 S 以钛料 A 最低, 钛料 B 次之, 钛料 C 最高; 对钛料 A 来讲, 随 TiO₂ 负荷增大总特征值 S 增大。

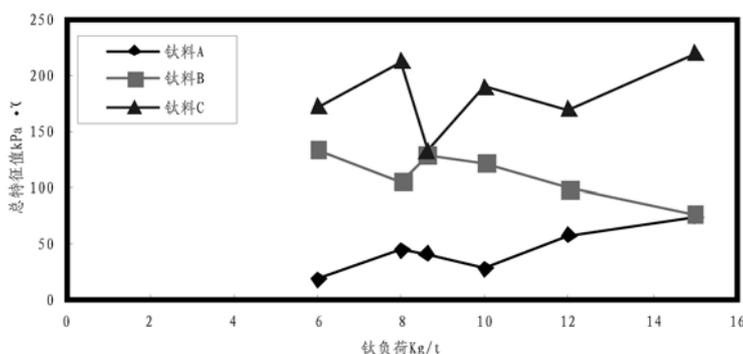


图6 钛料 A、钛料 B、钛料 C 炉料结构总特征值比较

4 结语

(1) 试验研究的含钛炉料结构的还原性能都是很好的, 其中, 以钛料 B 作含钛炉料时的还原性能最好; 以钛料 A 作含钛炉料时的还原性能次之; 以钛料 C 作含钛炉料时的还原性能较差。因此, 单从还原性来看, 应优先选用钛料 B 作含钛炉料, 选用钛料 A 作备选含钛炉料。

(2) 钛料 A 和钛料 B 的 TiO₂ 负荷变化对总特征值 S 的影响较显著, 而钛料 C 的影响则不显著; 在 TiO₂ 负荷 6.0~15.0kg/t 铁范围内, 三种钛料组成的炉料结构的总特征值 S 以钛料 A 最低, 钛料 B 次之, 钛料 C 最高; 对钛料 A 来讲, 随 TiO₂ 负荷增大总特征值 S 增大。因此, 根据 ΔT 小软熔带薄、最大压差值 Δp_{\max} 小透气性好、总特征值 S 小透气阻力小的原则, 并结合含钛炉料结构的还原性能, 首钢高炉的含钛炉料结构应选用钛料 A 为宜。