

首钢高碱度烧结矿试验研究

张劲革 贯增 李伟广 李玉奇
(北京首钢股份有限公司炼铁厂 100041)

摘 要 为适应首钢北京地区高炉炉料结构的变化,烧结矿的碱度亟待提高,碱度将由 1.80 提高到 1.95。为此进行了高碱度烧结矿试验室试验和工业试验。试验结果表明:提高烧结矿碱度,对烧结矿产量影响不大;烧结矿转鼓强度,成品率明显提高;低温还原粉化性能有明显改善,高碱度烧结矿熔滴性能良好,对高炉冶炼是十分有利。

关键词 高碱度烧结矿 烧结试验 高炉冶炼

1 前言

随着首钢迁钢炼铁厂、秦钢炼铁厂的投产,首钢一业三地逐渐形成,造成了北京地区首钢炼铁厂的高炉炉料结构将发生很大的变化。首钢矿山烧结矿将完全供给迁钢炼铁厂,北京地区炼铁厂高炉炉料炉料结构中烧结矿的碱度将要提高,球团矿的需求将由新建的矿山球团二系列来满足,以达到大比例配用球团矿来保证高炉炉料的碱度平衡。为此,探索在北京地区烧结原料结构的基础上生产出具有良好冶金性能的高碱度烧结矿,满足高炉生产要求是非常必要的。

2 试验室试验

2.1 试验方案

北京地区高炉炉料结构的变化趋势是入炉烧结矿比例减少,氧化球团比例增加。根据高炉原料碱度平衡需要,在实验室进行了烧结矿碱度为 1.8、1.9、2.0、2.1 四个碱度水平的烧结杯试验。试验料比按照二烧目前的料比进行配矿:地方粉 15%、澳粉 37%、结末 43%、轧皮 5%、炼钢红泥 3%,白灰 2%,碱度通过石灰石配量来调整,白云石按 3.0% 进行配比,保证烧结矿的含 MgO 量在 2.4% 左右。本次试验配碳量按混合料含碳量 3.5%,试验料为炼铁厂二烧车间生产料,所有原料取自现场。

烧结试验室设备为:烧结杯 250mm×250mm 方型杯,料层高度为 550mm,点火时间 2 分钟,点火温度 1050℃。

2.2 试验结果及分析

四个碱度水平的烧结杯试验于 2004 年 9 月进行,同时进行了试验烧结矿的理化性能和低温还原粉化率的检验,其理化性能、低温还原粉化率和主要技术指标见表 1—表 4。

表 1 试验烧结矿化学成分(%)

试样碱度	TFe	FeO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO
R=1.8	57.25	10.34	9.30	5.14	1.65	2.74
R=1.9	56.90	9.42	9.50	5.95	1.60	2.09
R=2.0	56.55	9.41	10.47	5.19	1.55	2.54
R=2.1	56.25	9.67	10.60	4.97	1.45	2.37

从表 1—表 4 可知,碱度从 1.8 提高到 2.1,烧结矿强度提高,烧结矿转鼓指数增加,转鼓指数由 84% 提高到 86%,提高了 2%。这说明提高碱度后,熔剂配加量增加,在首钢澳矿配加比例较高的情况下,有利于在较低的烧结温度下,生成自身强度较好的铁酸钙粘结相矿物,促进液相生成,改善烧结矿的固结,进而提高烧结矿强度;由于烧结矿自身强度的增加,烧结矿成品率提高,成品率提高了 2.29%。

表 2 烧结杯试验主要技术指标及对比

试样碱度	利用系数/t.m ⁻² .h ⁻¹	垂烧速度/mm.min ⁻¹	能耗/Kg.t ⁻¹	成品率/%	转鼓指数/%
R=1.8	1.614	16.95	50.50	86.83	84.0
R=1.9	1.539	15.30	51.50	89.05	84.5
R=2.0	1.726	18.91	53.50	88.62	85.0
R=2.1	1.636	17.10	55.75	88.82	86.0

注:转鼓指数为>5mm 的比例。

表 3 烧结矿低温还原粉化性能(%)

试样碱度	RDI _{+6.3}	RDI _{+3.15}	RDI _{-3.15}
R=1.8	43.99	67.84	32.16
R=1.9	45.56	71.87	28.13
R=2.0	46.66	71.89	28.10
R=2.1	53.54	76.08	23.92

表 4 烧结矿粒度组成(%)

试样碱度	>40mm	40-25mm	25-15mm	15-10mm	10-5mm	<5mm
R=1.8	36.35	17.54	10.77	11.12	11.05	13.17
R=1.9	37.85	18.64	11.64	11.20	9.71	10.96
R=2.0	29.30	22.98	14.55	12.26	9.52	11.39
R=2.1	28.65	23.76	14.43	12.47	9.50	11.19

从烧结燃料消耗来看,能耗有所上升,其主要原因一方面是随着碱度的提高,调整碱度的石灰石配量增加,碳酸盐的分解将消耗一定的热量;另一方面从保证烧结矿的质量出发,保持烧结矿 FeO 含量在 9.0%~10.0% 范围,增加了燃料配比,因此导致燃料消耗有所升高,当碱度 1.8 提高到 2.1 时,固体能耗约上升 5kg 左右。

从成品烧结矿的粒度组成来看,碱度由 1.8 提高到 2.1 后,烧结矿>5mm 粒级的数量有所上升,上升了 1.99%,>40mm 粒级的数量下降幅度较大,下降了 7.70%,15~40mm 粒级上升明显,上升了 9.89%,烧结矿粒度的均匀性明显改善,这说明提高烧结矿碱度有自然整粒的作用,有利于改善高炉料柱的透气性。

在烧结矿碱度提高以后,虽然烧结矿品位有所下降,烧结矿品位由 57.3%降低到 56.2%,但烧结矿中的有效熔剂比例增加,使得高炉可以增加高品位酸性炉料配比,从而提高高炉入炉品位。

从烧结矿的低温还原粉化率来看,<3.15mm 粒级含量明显下降,由 32.16%下降到 23.92%。下降了 8.24%;>3.15mm 的比例明显增加,高碱度烧结矿低温还原粉化性能有明显改善,主要原因是碱度的增加,使得增加的 CaO 将与 Fe₂O₃ 结合成铁酸钙,减少低温还原粉化严重的骸晶状菱形赤铁矿生成,有利于降低低温还原粉化。烧结矿的低温还原粉化性能的改善,有利于高炉上部透气性,从而改善高炉冶炼指标。

3 工业试验

实验室试验为工业试验和生产提供一些指导性依据。在实验室试验的基础上,于 2004 年 10 月在二烧进行了提高碱度的工业试验。

3.1 工业试验条件及方案

2004 年 10 月 13 日 8:00 在二烧车间组织变料进行试验,15 日考虑综合因素,将碱度从 1.8 提高到 1.93,只进行这一个碱度水平的工业试验。试验期间为 10 月 13 日~31 日,基准期为 9 月份,试验料比是:地方粉 18%、澳粉 37%、结末 40%、轧皮 5%、白灰 2-2.5%(由于一台烧结机中修,根据情况对白灰的配用量进行了调整)、碱度 1.93,碱度通过石灰石配量来调整。

3.2 工业试验结果及分析

工业试验工艺技术参数、烧结矿理化性能见表 5、表 6。

表 5 工业试验前后主要工艺参数对比

试样碱度	利用系数/t.m ⁻² .h ⁻¹	垂烧速度/mm.min ⁻¹	燃耗/Kg.t ⁻¹	返矿率/%	转鼓指数/%
R=1.80	1.340	1.01	36.70	25.15	86.62
R=1.93	1.349	1.02	39.05	24.27	87.45
比较	0.009	0.01	2.35	-0.88	0.83

表 6 工业试验前后烧结矿理化性能(%)

试样碱度	TFe	FeO	CaO	SiO ₂	S	C	MgO	Mn
R=1.80	57.40	10.08	9.10	5.05	0.016	0.06	2.27	0.18
R=1.93	56.59	9.73	9.94	5.40	0.016	0.05	2.25	0.17

从表 5、表 6 可知,烧结矿碱度提高到 1.93 后,从烧结矿产量来看,利用系数有所提高,但变化不大,上升了 0.009 t/m².h⁻¹;从烧结矿质量来看,转鼓指数试验期间和基础期比较,转鼓指数由 86.62% 提高到 87.45%,提高了 0.83%,烧结矿强度改善。从燃料消耗来看,固体燃耗上升了 2.35kg/t,上升幅度不大;但随着碱度的提高,对烧结矿的品位有一定影响,虽然计算每提高 0.1 碱度,烧结矿品位降低约 0.4%。但从工业试验结果来看,一方面碱度有所增加,另一方面烧结矿的 SiO₂ 增加了 0.35%,使得烧结矿品位从 57.40% 下降到 56.59%,下降了 0.81%。

表 7 工业试验前后烧结矿低温还原粉化、还原度对比(%)

3.3 试验烧结矿冶金性能分析

同时对工业试验的烧结矿进行了低温还原粉化性能、还原性及熔滴性能等冶金性能测定,其结果见表 7、表 8。

碱度	RDI _{+6.3}	RDI _{+3.15}	RDI _{-3.15}	RI
R=1.80	29.64	60.96	39.04	83.62
R=1.93	34.66	66.31	33.69	80.78
比较	5.02	5.35	-5.35	-2.84

表 8 工业试验前后烧结矿熔滴性能对比

碱度	T10℃	T40℃	ΔT1℃	Ts℃	ΔHs mm	ΔPmPa	Td℃	ΔT2℃	ΔHmm	S
R=1.8	1188	1350	162	1435	42	2793	1469	34	13	78.302
R=1.93	1215	1365	150	1450	44	2156	1488	38	12	63.308
比较	27	15	-12	15	2	-637	19	4	-1	-14.99

从烧结矿冶金性能检测结果来看,烧结矿碱度提高以后,烧结矿冶金性能明显改善。低温还原粉化率<3.15mm 粒级有明显下降,和基准期 9 月份比较,下降了 5.35%;

烧结矿的还原性下降了 2.84%,其原因是一方面随着烧结碱度的提高,为保持烧结矿 FeO 含量不变,增加了燃料配比,烧结过程氧化性气氛有所降低,还原性较好的赤铁矿、铁酸钙含量减少,另一方面烧结矿的 SiO₂ 含量的增加也不利于烧结矿还原性的改善。导致烧结矿还原度略有下降;

从模拟高炉的烧结矿软化熔融的熔滴性能来看,碱度提高,软化温度上升,软化区间变窄,熔化滴落温度有所上升,熔滴区间增加了 4℃,增幅不大。最高压差有明显下降,下降了 637Pa,熔滴总特性值下降,熔滴性能改善。说明烧结矿提高碱度后,烧结矿的高温性能性能呈良性改变,有利于降低软熔带位置,发展间接还原,降低焦比;同时下部透气性的改善,也有利于高炉生产。

4 高碱度烧结矿高炉使用情况

进行提高烧结矿碱度的工业试验后,2004 年 10 中旬至今烧结车间一直进行碱度 1.93 的烧结矿生产,不仅满足了高炉用料的碱度平衡,而且烧结矿的冶金性能改善,为高炉强化冶炼创造了有利条件。烧结矿碱度提高前后,炼铁厂 2 高炉的主要技术经济指标见表 9。

从表 9 看出,碱度提高后,2 号高炉顺行良好,无悬料事故。高炉利用系数 12 月份比 9 月份提高了
(下转第 116 页)

表 7 工业性烧结试验期间的生产指标

日期 内 容	2003 12 月	2004 1 月	2004 2 月	2004 3 月	2004 4 月	2004 5 月	2004 6 月	2004 7 月	2004 8 月	2004 9 月	2004 10 月	2004 11 月	2004 12 月
生石灰用量,kg/t	65 消	45	43	51	50	63	62	64	55	63	68	55	65
FeO, %	9.1	8.33	8.61	8.55	8.49	8.27	8.41	8.46	7.92	8.15	7.95	7.91	7.81
料层, mm	550	550	550	550	550	550	600	600	600	600	600	600	600
机速, m/min	3.6	3.7	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.4	3.5	3.5	3.2	3.5	3.5
利用系数,t/m ² ·h	1.13	1.18	1.23	1.19	1.19	1.17	1.21	1.21	1.21	1.29	1.32	1.33	1.28
转鼓指数, %	78.3	78.2	78.3	78.1	78.2	78.3	78.5	78.3	78.3	78.3	78.3	78.2	78.3
筛分指数, %	7.3	7.3	7.0	6.6	7.0	7.2	6.6	6.5	6.5	6.8	5.8	7.0	7.7
能耗 kg 标煤/t	50.3	50.4	48.2	44.7	46.6	46.4	44.9	42.7	45.6	45.7	50.4	45.2	50.1
电耗, kw·h/t	40.9	39.2	37.6	39.1	38.3	39.2	39.1	37.0	36.7	34.9	34.8	34.7	36

注:筛分指数系炼铁沟下筛分数据

5 结论

- 5.1 实验室烧结杯试验及工业性试验表明:生石灰对自产精矿烧结过程影响显著,强化烧结生产效果好于消石灰,生石灰对提高料层及其他指标的作用明显。
- 5.2 在实验室条件下,烧结 1.95~2.05 碱度的烧结矿时,生石灰用量为 4%~5%,混合料水分控制在 7.6%~7.8%时,燃料配比 2.0%,烧结机利用系数高,烧结矿转鼓强度好。
- 5.3 生石灰的消化好坏,严重影响其使用效果,容易导致混合料中水分波动变化。随着生石灰用量的增加,更要加强生产操作,主要是防止棚矿槽和各部堵漏子,严格控制水分,基本经验是掌握偏上限水分。

(上接第 110 页)

0.036 t/(m³·d),综合冶炼强度提高了 0.12 t/(m³·d),高炉透气性指数提高。因此高炉使用高碱度烧结矿对高炉顺行是十分有利的。

表 9 2 号高炉主要技术经济指标

时间	利用系数/t·m ⁻³ ·d ⁻¹	焦比/kg·t ⁻¹	综合冶强/t·m ⁻³ ·d ⁻¹	悬料次数	透气性指数	入炉烧结矿碱度
2004.9	2.646	347.8	1.154	0	25193	1.80
2004.11	2.648	360.9	1.178	0	25230	1.93
2004.12	2.682	350.6	1.180	0	25822	1.93
差值	+0.036	+2.8	+0.026	0	+629	

12 月份比 9 月份焦比增加了 2.8kg/t,焦比增加的原因一方面是质量较好的自产干熄焦焦炭使用比例减少,从 50%降到 30%,质量较差的外购焦炭增加;另一方面冬季燃料水分较大,原燃料筛分效果差,造成高炉焦比升高。

5 结论

通过实验室实验、工业实验和高炉实际冶炼效果的分析讨论,对于首钢北京地区炼铁厂使用高碱度烧结矿可以得到以下几点结论:

- 1) 烧结矿碱度从 1.80 提高到 1.93 后,对烧结矿产量影响不大;有利于烧结矿质量的改善,转鼓指数明显提高,返矿率降低。
- 2) 烧结矿碱度 1.80 提高到 1.93 后,采用石灰石为调节熔剂,造成烧结固体燃料消耗有所增加,但增幅不大。建议用提高生石灰配比的方式来提高碱度,从而强化烧结生产,进一步提高烧结矿产量,避免固体燃料消耗的增加。
- 3) 烧结矿碱度 1.80 提高到 1.93 后,烧结矿低温还原粉化性能明显改善。软化温度、熔化滴落温度升高,软化区间变窄,最高压差明显下降,熔滴性能良好,对高炉生产十分有利,炼铁生产技术指标得到改善。