

The Influence Analysis of Quicklime Quality on Output and Quality of Sinter in Bao Steel

Guohang Bao

Products & Technique Management Department, Baoshan Iron & Steel Co., Ltd., Shanghai
Email: 711030@baosteel.com

Received: Aug. 16th, 2018; accepted: Sep. 14th, 2018; published: Sep. 21st, 2018

Abstract

Because of its large dispersion, small density and sticky viscosity, quicklime powder is widely used in sintering production. Experimental research and practice show that quicklime powder is an essential additive in sintering production. And high active quicklime powder can significantly improve the output and quality of sinter. In the condition of the structure of ore blending is basically unchanged, the production practice of two sintering machines at Bao Steel in recent year shows that the quality improvement of quicklime powder has a significant positive effect on the output and quality of sinter.

Keywords

Quicklime Powder, Sinter, Quality, Output

生石灰粉质量对宝钢烧结产质量的影响分析

鲍国杭

上海宝钢股份公司, 制造管理部, 上海
Email: 711030@baosteel.com

收稿日期: 2018年8月16日; 录用日期: 2018年9月14日; 发布日期: 2018年9月21日

摘 要

生石灰粉分散大、密度小、具有粘性, 是烧结中的常用熔剂。试验研究及实践生产表明, 生石灰粉是铁矿烧结中必不可少的添加剂, 而高活性生石灰粉能显著提高烧结矿产质量。通过宝山基地两台烧结机的近一年的生产实践表明, 在烧结匀矿配矿结构基本保持不变的前提条件下, 生石灰粉的质量改善对烧结的产量及烧结矿的重要质量指标都有显著的正面影响。

关键词

生石灰粉, 烧结, 质量, 产量

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 概况

宝钢股份宝山基地烧结区域现有二台鲁奇式烧结机, 面积为 600 m^2 和 660 m^2 , 还有一台 660 m^2 的烧结机计划将于 2018 年底投产。原 1 号烧结机 1985 年 8 月投产, 2005 年 3 月扩容改造, 2017 年 4 月停产拆除; 2 号烧结机 1991 年 6 月投产, 2004 年 9 月扩容改造, 2016 年 12 月停产大修改造; 3 号烧结机 1998 年 4 月投产, 2003 年 10 月扩容改造, 2014 年 6 月停运大修改造, 2016 年 12 月建成投产; 4 号烧结机 2013 年 11 月建成投产。目前烧结矿的生产能力为 1470 万吨/年左右。自 2017 年 4 月份原 1 号烧结机停产拆除开始, 烧结对高炉处于“二对四”生产, 且因萨马科球团仍在停产中, 造成市场上自熔球供不应求。这一方面对采购寻找球团替代资源提出了新的要求, 另一方面也对烧结机如何实现稳产高产提出更高的要求。因此, “二对四”生产期间能否保证两台烧结机实现高利用系数生产就显得尤为重要。

烧结造块为钢铁冶炼提供了优质的炉料, 生石灰粉分散大、密度小、具有粘性, 是烧结中的常用熔剂。越来越多的研究及实践表明, 生石灰粉是铁矿烧结中必不可少的添加剂, 高活性生石灰粉能显著提高烧结矿产质量[1]。其作用主要表现在: 烧结中添加生石灰粉能强化造粒过程, 改善造粒效果, 提高料球的强度, 增强抗过湿能力, 提高烧结混合料的原始透气性。经消化后能预热混合料, 提高混合料的原始温度, 减轻烧结过程的过湿现象。调控烧结矿碱度, 在烧结中参与反应生成液相铁酸钙等, 直接影响烧结矿强度, 矿物组成和内部结构[2]。

2. 生石灰在烧结过程中的重要作用

2.1. 烧结工艺及生石灰的消化过程

烧结工艺是指根据原料特性所选择的加工程序和烧结工艺制度, 它对烧结生产的产量和质量有着直接而重要的影响。按照烧结过程的内在规律由配料、混料、点火、抽风烧结、抽风冷却、破碎筛分, 除尘等环节组成。在烧结工艺的配料、加水、混料、皮带传送、造球、一混、二混等过程中, 从生石灰粉与水接触开始, 或者与其他湿的原料接触开始, 就开始了消化反应, 直到形成料球前, 此段时间内就应该完成生石灰粉的消化, 否则不利, 其主要原因为生石灰粉吸水后体积会膨胀两倍左右, 会对料球的成球性产生一定的影响。而且, 烧结工艺中的加水量要远远小于检测过程中的加水量, 由此导致的是石灰消化时放出的热量能令石灰周围的原料温度有较大的提升, 消化反应放出的热量在将水雾化后, 再传导到其他原料上。由于料温的急剧升高, 还可以促进石灰的加速消化。为此, 合理控制石灰的消化时间和消化温度范围, 与烧结过程相匹配, 从而达到控制烧结前期的工艺效果。

2.2. 生石灰在烧结过程中的作用机理

在烧结过程中, 碱性熔剂对改善烧结过程的透气性具有较明显的作用。宝钢烧结使用的碱性熔剂主要有生石灰、石灰石、白云石, 其中尤以生石灰最为重要。生石灰主要成分是 CaO , 其遇水即消化成消

石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 后, 在烧结料中起粘结剂的作用, 增加了混合料的成球性, 并提高了混合料成球后的强度, 改善了烧结料的粒度组成, 提高了料层的透气性; 其次, 由于消石灰粒度极细, 比表面积比消化前增大 100 倍左右, 因此与混合料中其他成分能更好的接触, 更快发生固液相反应, 不仅加速烧结过程, 防止游离 CaO 存在, 而且它还可以均匀分布在烧结料中, 有利于烧结过程化学反应的进行。粒度细微的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 颗粒比粒度较粗石灰石颗粒更易生成低熔点化合物, 液相流动好, 凝结成块, 从而降低燃料用量和燃烧带阻力[3]。

生石灰作为烧结生产的主要熔剂, 主要有起到以下作用: 作为黏结剂, 可用于提高混合料的成球性; 改善混合料的原始透气性, 经充分与水消化后提高混合料的原始温度; 调控烧结矿碱度, 铁矿粉与生石灰的反应生成液相铁酸钙, 形成液相的流动性直接关系到黏结相的质量, 从而决定烧结矿的产量和质量。与石灰石粉等含 CaO 的熔剂相比, 生石灰的高分散性和粘附性, 有利于 CaO 与 Fe_2O_3 固相反应的进行, 有利于液相的形成与发展, 保证烧结矿中有足够的铁酸钙生成。故有利于获得烧结矿成品率、转鼓强度、利用系数等良好的烧结指标, 在烧结原料中要配入一定量的生石灰, 生石灰在烧结中的作用无可替代。

2.3. 不同活性的生石灰对烧结产质量的作用

生石灰组成中有游离氧化钙和结合氧化钙, 游离氧化钙中又分活性氧化钙和非活性氧化钙。非活性氧化钙在普通消解条件下, 不能同水发生反应, 但有可能转化为活性氧化钙(如磨细后)。活性氧化钙则是在普通消解条件下, 能同水发生反应的那部分游离氧化钙。石灰的反应能力实际上可以看成是游离氧化钙总量中活性氧化钙的数量。由于活性生石灰 CaO 含量高, 放出的热量多, 因此提高料温也比普通生石灰高。活性生石灰 CaO 含量高, 活性度大, 生成的液相量也较高, 对料层的透气性有一定的影响, 有利于生成铁酸钙黏结相, 对提高烧结矿强度非常有利, 成品率和转鼓强度比普通活性生石灰高。这也跟生成较多铁酸钙黏结相有关, 高活性生石灰生成的铁酸钙多, 有利于改善烧结矿的低温还原粉化指数[4]。活性生石灰活性度比普通生石灰活性度高, 提高料温比普通生石灰高。

低活性生石灰用量或者其总氧化钙含量跟高活性生石灰一致或者更多, 得到的烧结矿成品率和转鼓强度都不如配加高活性生石灰。同时, 配入高活性生石灰的利用系数更高, 固体能耗更少。烧结中配入的生石灰用量或者氧化钙含量一样, 但生石灰活性不同, 其对烧结的作用效果也不同。生石灰性能不是由其用量或总氧化钙含量决定, 而是由活性氧化钙含量决定, 活性氧化钙含量由生石灰活性来体现。生石灰活性越高则活性氧化钙含量越高, 反应性越好, 越易参与烧结过程[4]。

添加活性较高的生石灰所得烧结矿中铁酸钙含量较多且为针状, 针状铁酸钙强度高、还原性好, 是理想的铁酸钙结晶状态。且针状铁酸钙与磁铁矿和赤铁矿均质的紧密交织, 起到良好的固相固结和液相粘结作用, 使得烧结矿结构均质紧密, 烧结矿质量好。添加活性度较低的生石灰所得的烧结矿中铁酸钙含量少且主要为板状, 这种形态铁酸钙强度和还原性都不如针状铁酸钙。另外, 很大一部分赤铁矿和磁铁矿以大颗粒的骸晶状存在, 铁酸钙、赤铁矿和磁铁矿颗粒分散分布, 没有熔融交织在一起, 使得烧结矿结构疏松、不均质, 不利于烧结矿的质量提高。随着高活性生石灰用量增加, 烧结矿中铁酸钙含量增多, 其形态从粒状、条状转变成条状、板状再转变成针状[5]。

3. 宝钢烧结用生石灰主要质量要求及检测方法

结合烧结工艺过程, 生石灰的质量是影响烧结生产稳定性、烧结矿品质高低的重要因素, 如何有效的评价烧结用生石灰粉的质量优劣是炼铁工作者必须面对的问题。当前衡量生石灰优劣的主要指标是氧化钙含量、活性度、烧损、生过烧率、杂质含量等, 其中表征生石灰粉质量的主要指标除氧化钙含量(调控碱度)外, 就是生石灰粉活性度, 现阶段生石灰粉活性度的检测主要采用两种方法: 盐酸滴定法和消化

温升法，宝钢检化验对生石灰粉活性度的检测采用的是盐酸滴定法。

生石灰质量的稳定性对烧结矿产质量影响较大。2007年5、6月份由于生石灰质量不稳定，生石灰粒度与化学成份波动大，一定程度上影响了两座烧结机的产量和质量的稳定。同时在“二对四”特殊生产期间，为了避免烧结矿质量波动对高炉炉况和铁水质量的不利影响，自2007年7月份开始提高外购生石灰粉的质量要求，以进一步提高外购生石灰粉的质量。烧结用生石灰粉各项质量指标要求具体见表1。

生石灰粉主要质量指标变化幅度较大的有：氧化钙由原先的80%提高至85%；灼减由原先 $\leq 12\%$ 提高至 $\leq 8\%$ ；跟生石灰粉切出密切相关的-1 mm的粒度指标由原先 $\geq 68\%$ 修改为要求62%~88%；活性度由原先只是跟踪指标加严为要求 ≥ 120 ml/4N-HCl。对生石灰粉主要检测项目的检验方法主要采用国际标准，具体见表2。

4. 生石灰粉质量改善前后的物料切出情况

2007年5、6月份生石灰质量波动期间，生石灰粉的切出波动较大，造成烧结过程负压上升，烧结矿的碱度异常，烧结机被动降低上料量维持生产，严重影响了烧结生产的稳定性。通过波动期间现场立即取样做消化试验和水洗试验得出，生石灰粉切出不稳定主要由大于3 mm的比例超出标准，杂质率含量过高，或者小于1 mm的比例过高，生石灰粉磨得过细下料不畅。发现问题后通过采购部门责令相关供应商立即整改，并且提高外购生石灰粉的质量要求。7月份开始，生石灰粉的质量明显有所改善。由下表3可知，质量指标要求提高后，生石灰粉的实际质量提高较为明显，生石灰的氧化钙提高至91.0%，灼减也降至4.2%，尤其是活性度由原先的108提高至163 ml/4N-HCl。

由图1、图2可以看出两台烧结机生石灰粉的切出曲线在质量改善前后的对比情况，5月份两座烧结机的生石灰粉切出波动频繁，经常发生下料不畅的现象，而生石灰粉质量改善后切出稳定，几乎成为一条直线，这也有效支撑了两座烧结机的稳定生产。

Table 1. Main quality requirements of quicklime powder for sintering (%)

表 1. 烧结用生石灰粉主要质量要求(%)

内容	CaO	灼减	活性度	粒度
原先	≥ 80	≤ 12	跟踪指标	0~3 mm, MS < 1.5 mm, >3 mm $\leq 5\%$, (-1 mm $\geq 68\%$ 作为跟踪指标)
修改后	≥ 85	≤ 8	≥ 120 ml/4N-HCl	0~3 mm, MS < 1.5 mm, >3 mm $\leq 5\%$, -1 mm 比例62%~88%

Table 2. Test methods for main detection project of quicklime powder

表 2. 生石灰粉主要检测项目的检验方法

序号	检测项目	检验方法
1	CaO	JIS R9011或GB/T 3286.1
2	灼减	JIS R9011或GB/T 3286.8
3	活性度	参考YB/T 042-2004《冶金石灰》和GB/T 2007.1-1987《散装矿产品取样、制样通则手工取样方法》，结合实际情况制订。
4	粒度	GB/T 10322.7

Table 3. The quality comparison of quicklime powder before and after quality requirements are revised

表 3. 质量要求提高前后生石灰粉质量对比

项目	CaO	活性度	灼减	S3	S-1
提高后要求	$\geq 85\%$	≥ 120 ml/4N-HCl	$\leq 8\%$	>3 mm $\leq 5\%$	62% \leq -1 mm $\leq 88\%$
2017年1~7月	88.6	108	6.8	1.0	75.9
2017年8月~2018年5月	91.0	163	4.2	0.9	73.9

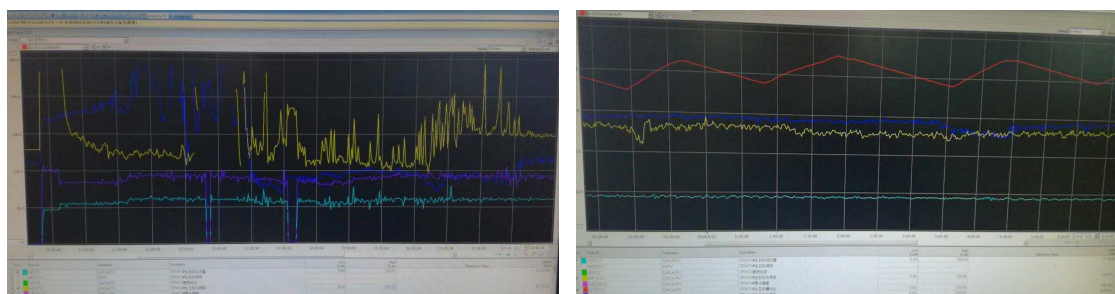


Figure 1. (a) Trend curve before improvement of No.3 sintering machine in May 2017; (b) Trend curve after improvement of No.3 sintering machine in August 2017

图 1. (a) 2017 年 5 月份三烧结改进前的切出曲线; (b) 2017 年 8 月份三烧结改进后的切出曲线

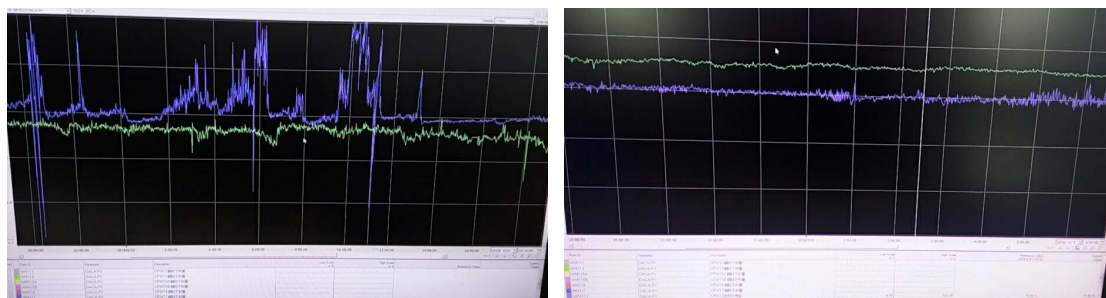


Figure 2. (a) Trend curve before improvement of No.4 sintering machine in May 2017; (b) Trend curve after improvement of No.4 sintering machine in August 2017

图 2. (a) 2017 年 5 月份四烧结改进前的切出曲线; (b) 2017 年 8 月份四烧结改进后的切出曲线

5. 生石灰粉质量改善前后的烧结生产指标对比

烧结匀矿的配比结构基本保持不变。烧结配料实绩配比及各品种主要成分如表 4 所示, 其中烧结匀矿基本在 75%~80%, 烧结粉配比 6%~10%, 生石灰粉 5%~6%, 固体燃料单耗为 45~50 kg/t 左右, 石灰石粉和白云石粉随着高炉炉料结构的变化、对烧结矿的碱度和氧化镁含量要求变化而做出相应调整。

根据表 5 可知, 除了两台烧结机设备本身保持稳定, 运转率略有提高的因素之外, 生石灰粉的质量提高后, 对烧结的产质量等整体生产指标影响非常明显。其中对三烧结的产量影响尤为明显, 平均日产上升高达 1029 吨。两座烧结机的成品率也上升 1% 左右, 料层厚度上升 10~13 mm, 烧结矿的转鼓强度提高 2% 左右, 小于 5 mm 的粉率下降 1% 以上, 平均粒度也提高 1 mm 左右。且四烧结的固体燃料单耗下降近 2.5 kg/t。

6. 结论

1) 生石灰粉分散大、密度小、具有粘性, 是铁矿烧结中必不可少的添加剂, 烧结中添加生石灰粉能强化造粒过程, 改善造粒效果, 提高料球的强度, 增强抗过湿能力, 提高烧结混合料的原始透气性。在烧结中参与反应生成液相铁酸钙等, 直接影响烧结矿强度, 矿物组成和内部结构。

2) 生石灰性能不是由其用量或总氧化钙含量决定, 而是由活性氧化钙含量决定, 活性氧化钙含量由生石灰活性来体现。生石灰活性越高则活性氧化钙含量越高, 反应性越好, 越易参与烧结过程。高活性生石灰粉能显著提高烧结矿产质量。

3) 根据宝钢烧结工艺的生产特点, 制定以氧化钙含量、活性度、烧损、粒度大于 3 mm 和小于 1 mm 的比例为衡量生石灰质量优劣的主要指标。质量改善后生石灰粉料切出稳定、下料顺畅, 有效支撑两座烧结机的稳产高产和烧结矿的质量稳定。

Table 4. The main components of sintering performance ratio and different materials (%)

表 4. 烧结实绩配比及各品种主要成分(%)

品名	配比	单耗	水分	TFe	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	MnO	S	FeO	Na ₂ O	K ₂ O	Zn	Pb	LOI
混匀矿	77.5		7.54	60.9	0.67	4.4	1.45	0.19	0.131	0.17	0.025	2.68	0.015	0.014	0.007	0.005	5.67
烧结粉	8.5		1.8	57.22	9.98	5	1.68	1.62	0.123	0.17	0.012	8.04			0.003		
生石灰粉	5.5				91	1.5		1.4			0.072				0.010		4.2
白云石粉	3.9		4.77	0.18	31.35	1.83	0.31	20.02	0.011		0.011		0.015	0.045	0.002	0.002	45.22
石灰石粉	3.6		3.73	0.23	53.84	1.29	0.53	0.78	0.007		0.014		0.004	0.052	0.003	0.003	42.62
蛇纹石粉	0.9		4.4	4.9	1.42	38.81	0.78	39.03	0.012	0.04	0.063		0.028	0.057	0.004	0.001	12.92
焦粉	0	47.0		0.51	0.39	6.15	4.38	0.12	0.096		0.621		0.042	0.065	0.002		

Table 5. Comparison of sintering production indexes before and after quality improvement of quicklime powder

表 5. 生石灰粉质量改善前后烧结生产指标对比

时间段	项目	平均日产	台时产量	利用系数	运转率	成品率	固体燃料单耗	料层厚度	FFS	TI	RDI	<5 mm	MS
	单位	t/d	t/台时	t/m ³ ·d	%	%	kg/t-s	mm	mm/min	%	%	%	mm
2017 年~7 月	3DL	20320	888	32.29	95.35	78.35	48.22	850.57	21.61	76.92	32.46	6.02	19
	4DL	19136	825	32.98	96.68	79.29	49.03	810.14	25.23	77.14	33.05	7.47	18
2017 年 8 月 ~2018 年 5 月	3DL	21349	915	33.27	97.24	79.31	48.38	859.90	21.71	79.05	33.08	4.99	20
	4DL	19252	824	32.97	97.33	80.37	46.55	823.00	25.49	78.99	31.11	6.19	18
差异	3DL	1029	27	0.98	1.89	0.96	0.16	9.33	0.10	2.13	0.63	-1.03	1.1
	4DL	117	0	-0.02	0.65	1.08	-2.48	12.86	0.26	1.85	-1.94	-1.28	0.6

4) 通过宝钢宝山基地两台烧结机近一年的生产实践表明, 生石灰粉的质量改善对烧结的产量及成品率、烧结矿的转鼓强度、粉率等其他各项质量指标都有显著的正面影响。尤其是在烧结对高炉“二对四”生产期间实现烧结机的高利用系数生产就显得尤为重要。

参考文献

- [1] 陈卫强. 烧结矿添加活性度石灰工艺浅议[J]. 海南矿冶, 1994(3): 14-16.
- [2] 陈杰初, 迟洪. 关于生石灰强化烧结过程若干问题的探讨[J]. 烧结球团. 1990(5): 62-66.
- [3] 钟健. 石灰石及生石灰对烧结的影响[C]//中国金属学会. 2010 年全国炼铁新技术应用及节能减排研讨会会议论文集. 2010: 78-81.
- [4] 袁晓丽, 唐斐斐, 李凡, 等. 生石灰活性度对烧结性能的影响[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2012, 14(4): 107-108.
- [5] 杨永斌, 等. 高活性生石灰在烧结中的应用及机理分析[J]. 矿冶工程, 2015, 35(1): 88-91.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2373-1478，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：meng@hanspub.org