

水钢烧结工艺参数优化的试验研究

杨大兵¹,江 剑¹,顾尚军²,敖万忠²,许 光¹

(1. 武汉科技大学冶金矿产资源高效利用与造块湖北省重点实验室,湖北 武汉,430081;
2. 首钢水城钢铁(集团)有限责任公司,贵州 六盘水,553028)

摘要:为改善首钢水城钢铁(集团)有限责任公司烧结矿的质量,实现烧结生产节能降耗,采用单因素试验法研究除尘灰配比、燃料用量、燃料粒度以及原料温度等对烧结矿质量的影响。结果表明,当除尘灰添加量为 2%、燃料用量为 5%、燃料中粒度小于 3 mm 颗粒所占比例为 88%、原料温度为 60 ℃ 时,烧结矿质量较高,所制烧结矿的落下强度为 72.18%、转鼓指数为 76.07%、FeO 含量为 7.23%、成品率为 85.66%。

关键词:烧结矿;原料配比;单因素试验法

中图分类号:TF046.2 文献标志码:A 文章编号:1674-3644(2013)01-0006-04

烧结工序能耗在吨钢综合能耗中约占 10%,是钢铁生产的第二耗能大户,仅次于高炉炼铁,其中固体燃料消耗又占烧结工序能耗的 75%~80%^[1]。原料性质、工艺流程、烧结过程和后续处理的不稳定与不成熟等因素,都会导致烧结生产燃料消耗大、电耗高、烧结成品矿质量低等问题^[2-3]。实际生产中可采取提高配碳和 SiO₂/CaO 比以加速局部还原反应、加强制粒、提高料层透气性等措施来改善烧结矿的质量,降低生产成本^[4]。本溪钢铁(集团)有限责任公司采取厚料层烧结、强化烧结制粒、燃料分加、生石灰加热水消化并增加一道生石灰加水系统、配加高炉灰和炼钢尘泥、热风烧结等一系列措施优化烧结环境,使烧结工序能耗和生产成本不断降低,烧结矿质量得到改善^[5]。济南钢铁集团公司烧结厂进行了配加不同比例的轻烧白云石以替代生石灰的烧结试验,结果表明,与不配加轻烧白云石的烧结矿相

比,配加 40%轻烧白云石所得烧结矿的多项性能指标得到提高^[6]。

首钢水城钢铁(集团)有限责任公司(以下简称水钢)结合现有生产条件与原矿样的特点,拟通过改变生产原料的结构配比以达到合理利用二次资源、改善烧结矿质量、降低生产能耗的目的。本文主要研究除尘灰添加量、燃料用量、燃料粒度组成以及原料温度对水钢烧结矿质量的影响,采用单因素试验法确定各因素的最佳取值,以期在水钢的烧结生产提供参考。

1 试验

1.1 试验原料

主要原料及其化学成分如表 1 所示。所用燃料为煤粉和焦粉,其成分分析结果如表 2 所示。部分原料的粒度组成和堆积密度如表 3 所示。

表 1 原料的化学成分
Table 1 Chemical compositions of raw materials

原料	w _B /%							
	TFe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	H ₂ O	烧损
混匀料	59.15	5.10	6.08	2.99	3.16	0.85	8.10	3.65
高炉返矿	52.77	8.42	6.39	2.44	12.19	2.42	0	3.62
内返矿	53.42	7.65	6.25	2.74	13.10	2.56	0	0.45
除尘灰	46.68	3.83	6.69	2.21	14.78	3.00	0.07	5.75
白云石	—	—	0.88	0.40	29.01	21.29	2.30	45.95
生石灰	—	—	3.05	0.67	78.88	1.73	0	9.36
石灰石	—	—	2.03	0.34	49.92	0.75	3.13	42.17

收稿日期:2012-06-05
作者简介:杨大兵(1965-),男,武汉科技大学副教授, E-mail:dabingyang@sohu.com

表 2 燃料的工业分析结果
Table 2 Proximate analysis of fuels

燃料	$w_B/\%$					发热量/ $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$	
	灰分	挥发分	固定碳	硫	空气干基水分	烧损	水分
煤粉	23.09	9.14	67.12	2.00	0.65	76.91	8.33
焦粉	23.12	2.48	74.17	0.58	0.81	76.88	10.17

表 3 原料的粒度组成和堆积密度
Table 3 Grain composition and bulk density of raw materials

原料	粒度/mm				堆积密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
	<3	3~5	5~8	>8	
混匀料	54.56	14.73	18.90	9.89	1.92
高炉返矿	60.18	20.08	17.26	2.48	2.09
内返矿	70.33	21.22	7.07	1.38	1.90
煤粉	78.92	16.40	4.08	0.60	0.71
焦粉	80.61	15.23	3.45	0.71	0.74

1.2 试验方法

将原料按一定比例经过人工和混合机两次混合后,测其水分和粒度。然后将混合料装入烧结杯中,在 1050 ℃ 下点火 2 min,控制点火负压和烧结负压分别为 6.6 kPa 和 9 kPa。达到烧结终点的烧结矿依次经过单辊破碎、4 次落下和多层筛分。采用 ISO 转鼓指数、成品率、落下强度和 FeO 含量等指标来评价烧结矿的质量。

2 结果与讨论

2.1 除尘灰添加量对烧结矿质量的影响

原料中混匀料占 56%、高炉返矿占 7%、内返矿占 21%、煤粉和焦粉各占 2.5%、石灰石占 4%、生石灰占 3%、白云石占 4%。除尘灰添加量分别为原料总量的 0、1%、2% 和 3% 时所制烧结矿的各项指标如图 1 和图 2 所示。

由图 1 和图 2 可见,随着除尘灰添加量的增加,烧结矿的转鼓指数、成品率和落下强度均先增后减,FeO 含量则比较稳定。当除尘灰添加量为 2% 时,烧结矿转鼓指数、成品率和落下强度均达到极大值,分别为 70.83%、86.88% 和 67.68%,

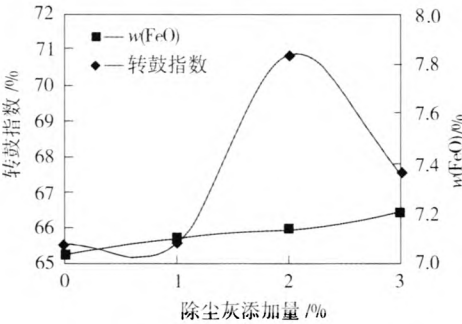


图 1 除尘灰添加量对烧结矿转鼓指数和 FeO 含量的影响
Fig.1 Effect of dust content on drum index and FeO content of sinter

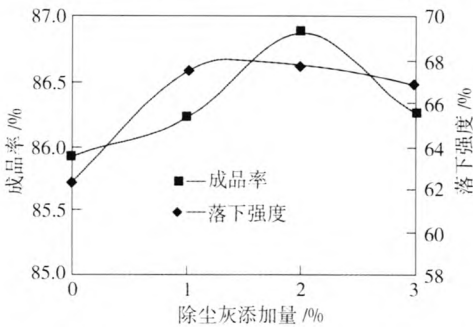


图 2 除尘灰添加量对烧结矿成品率和落下强度的影响
Fig.2 Effect of dust content on yield and shatter strength of sinter

FeO 含量为 7.13%。

这是因为除尘灰粒度小、比表面积大,能增强原料的制粒效果,改善烧结料的粒度组成,从而增加烧结料的透气性,强化烧结过程,提高烧结矿的产量和质量。但除尘灰添加过量,混合料中造好的小球在烧结过程中会发生爆裂,产生较多的碎料,反而会影响料层的透气性,进而恶化烧结过程和烧结矿的质量。除尘灰少量添加有利于资源再利用,过量添加则会严重影响烧结矿质量,故选择除尘灰添加量为 2%。

2.2 燃料用量对烧结矿质量的影响

原料中混匀料占 58%、除尘灰占 2%、高炉返矿占 7%、内返矿占 22%、石灰石占 4%、生石灰占 3%、白云石占 4%。燃料配加量分别为原料总量的 6%、5%、4.5%、4.2% 和 4% 时所制烧结矿的各项指标如图 3 和图 4 所示。

由图 3 和图 4 可见,随着燃料用量的增加,烧结矿的转鼓指数、成品率和落下强度均先增后减,

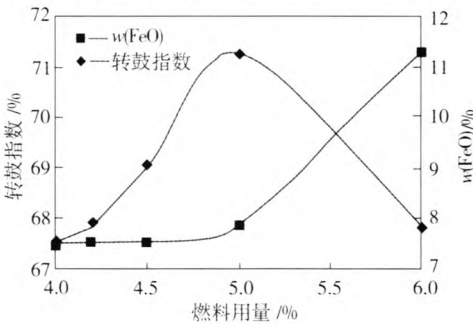


图 3 燃料用量对烧结矿转鼓指数和 FeO 含量的影响
Fig.3 Effect of fuel consumption on drum index and FeO content of sinter

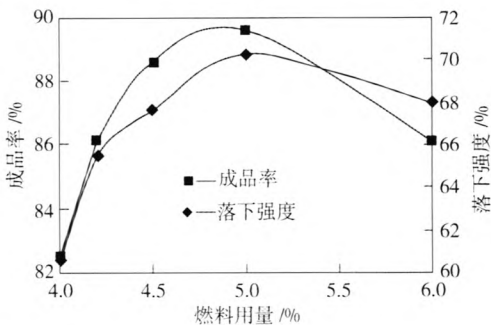


图 4 燃料用量对烧结矿成品率和落下强度的影响
Fig. 4 Effect of fuel consumption on yield and shatter strength of sinter

FeO 含量则开始比较稳定,燃料含量超过 5% 时其迅速增大。当燃料用量为 5% 时,烧结矿转鼓指数、成品率和落下强度均达到极大值,分别为 71.23%、88.83% 和 70.04%,FeO 含量为 7.91%。

燃料用量会影响垂直烧结速度,从而影响烧结矿的产量。燃料用量过少,达不到必要的烧结温度,烧结过程进行不完全,反应不充分,烧结矿强度下降;燃料用量过多,燃烧层温度高,液相过多,当料层较厚时,透气性差,料层下部烧不透。综合考虑烧结能耗降低和烧结矿质量提高,确定合适的燃料用量为 5%。优化后的燃料用量小于原有燃料用量(5.6%)。

2.3 原料温度对烧结矿质量的影响

原料配比与 2.2 节中的相同,燃料用量为 5%。混匀后分别加热到 20、40、50、60、70 ℃,然后进行烧结试验。所制烧结矿的各项指标如图 5 和图 6 所示。

由图 5 和图 6 可见,随着原料温度的升高,烧结矿的转鼓指数、成品率和落下强度均先增后减,FeO 含量则略微增加。当原料温度为 60 ℃ 时,烧结矿转鼓指数、成品率和落下强度均达到极大值,分别为 69.18%、85.66% 和 69.16%,FeO 含量为 7.5%。

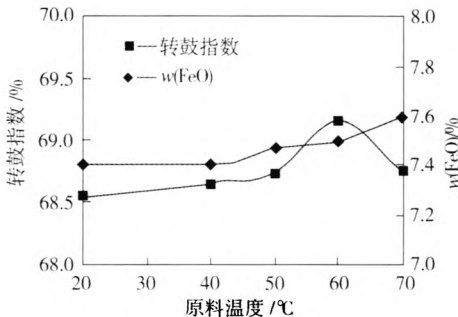


图 5 原料温度对烧结矿转鼓指数和 FeO 含量的影响
Fig.5 Effect of raw material temperature on drum index and FeO content of sinter

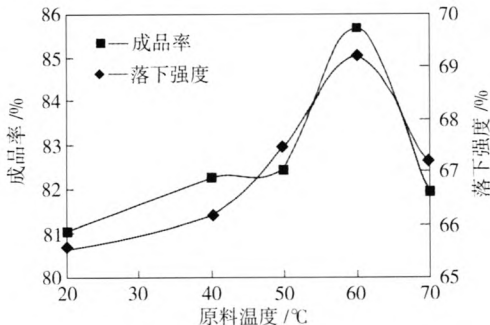


图 6 原料温度对烧结矿成品率和落下强度的影响
Fig. 6 Effect of raw material temperature on yield and shatter strength of sinter

进入烧结的原料起始温度在一定程度上影响干燥速度。起始温度高,干燥速度快,对烧结有利,不仅可以提高烧结矿的质量,还可以节省碳耗。但起点温度过高时,水分蒸发速度快于其扩散速度,会导致部分球粒碎裂,造成料层透气性下降。根据试验结果,选择原料温度为 60 ℃ 较为合适。

2.4 燃料粒度对烧结矿质量的影响

原料配比与 2.2 节中的相同,燃料用量为 5%。将燃料中粒度小于 3 mm 的颗粒所占比例 p 分别控制在 80%、83%、88%、92%、95%,原料混匀加热到 60 ℃ 后进行烧结试验。所制烧结矿的各项指标如图 7 和图 8 所示。

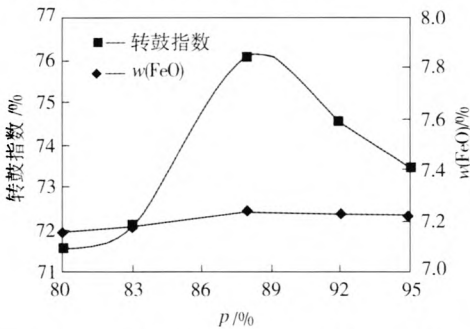


图 7 燃料粒度对烧结矿转鼓指数和 FeO 含量的影响
Fig.7 Effect of fuel particle size on drum index and FeO content of sinter

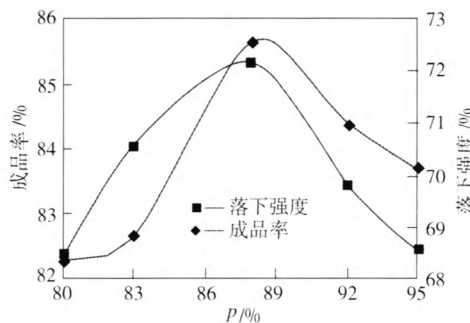


图 8 燃料粒度对烧结矿成品率和落下强度的影响
Fig. 8 Effect of fuel particle size on yield and shatter strength of sinter

由图 7 和图 8 可见,随着燃料中粒度小于 3 mm 颗粒所占比例的增加,烧结矿的转鼓指数、成品率和落下强度均先增后减,FeO 含量变化不大。当燃料中粒度小于 3 mm 的颗粒所占比例为 88%时,烧结矿转鼓指数、成品率和落下强度均达到极大值,分别为 76.07%、85.66%和 72.18%,FeO 含量为 7.23%。

燃料粒度过小时,燃烧速度快,高温时间短,烧结矿强度差。燃料粒度过小还会使料层透气性变差,烧结矿产量低。燃料粒度较大(>3 mm)时,燃烧时间延长,燃烧速度降低,燃烧层变厚,也会使料层透气性变差。根据试验结果,燃料中粒度小于 3 mm 颗粒所占比例为 88%时较为合适。

3 结论

(1)通过单因素试验法得出的最佳工艺参数是:除尘灰添加量为 2%,燃料用量为 5%、燃料中粒度小于 3 mm 的颗粒所占比例为 88%,原料温度为 60℃。

(2)在优化工艺条件下,所制烧结矿质量较好,其落下强度为 72.18%,转鼓指数为 76.07%,FeO 含量为 7.23%,成品率为 85.66%。

参 考 文 献

- [1] 毛艳丽,陈妍,曲余玲. 烧结工序节能降耗的技术措施[J]. 冶金能源,2010,29(5):9-11.
- [2] 陈平,李荣波,王常秋. 东烧厂 360 m² 烧结机设计特点与生产实践[C]//2003 年全国烧结球团技术交流会论文集. 长沙:《烧结球团》编辑部,2003:109-113.
- [3] 唐贤容. 烧结理论与工艺[M]. 长沙:中南工业大学出版社,1996.
- [4] 邢宏伟,李东亮,张玉柱,等. 配加高磷铁矿的烧结杯实验[J]. 河北冶金,2012(3):3-8.
- [5] 孙秀丽. 本钢三烧新建工程的节能降耗措施[J]. 金属世界,2009(6):15-17.
- [6] 李荣,郭江,张胜利. 烧结添加轻烧白云石的试验研究[J]. 济源职业技术学院学报,2010,9(4):36-38.

Optimizing sintering parameters in a certain company: an experimental study

Yang Dabing¹, Jiang Jian¹, Gu Shangjun², Ao Wanzhong², Xu Guang¹

(1. Hubei Key Laboratory for Efficient Utilization and Agglomeration of Metallurgic Mineral Resources,
Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, China;

2. Shougang Shuicheng Iron and Steel (Group) Co., Ltd., Liupanshui 553000, China)

Abstract: To improve the quality of sinter in a certain company and save energy, single factor experiment was carried out to study the effect of precipitator dust content, fuel consumption, fuel particle size and temperature of raw material on the quality of sinter. The results show that, when the precipitator dust content is 2%, the fuel consumed is 5%, the fuel with a particle size smaller than 3 mm accounts for 88%, and the raw material temperature is 60℃, the sinter boasts comparatively higher quality with falling strength at 72.18%, drum index at 76.07%, FeO content at 7.23%, and yield at 85.66%.

Key words: sinter; material ratio; single factor experiment

[责任编辑 尚 晶]