

含铁尘泥在烧结生产中高效使用技术研究

姜曦¹, 韩宏亮², 段祥光³, 郝志忠³

1. 北京钢铁工业协会, 北京 100711
2. 中国科学院过程工程研究所, 北京 100190
3. 内蒙古包钢钢铁股份有限公司炼铁厂, 内蒙古包头 014010

摘要 为了科学、合理地利用这一资源,在掌握含铁尘泥理化特性的基础上,进行了不同含铁尘泥配比、不同配碳量的烧结试验研究,并进行了工业性试验。试验结果表明,含铁尘泥中的CaO和C等烧结生产所需加入的元素含量较高,有利于降低烧结矿成本,由于其粒度过细,不利于改善烧结透气性;含铁尘泥中碳的含量完全替代烧结燃料的碳含量时,随着含铁尘泥配加量的增加,烧结产质量指标变差;用含铁尘泥(含铁尘泥中碳含量按1/3比例折算成烧结染料)替代烧结燃料时,无论含铁尘泥配比为3.0%还是5.0%,其烧结产质量指标均与基准方案相近,而且有利于改善高炉经济效益指标,能够达到高效使用含铁尘泥的目的。本研究为高效使用含铁尘泥提供了理论基础和技术依据。

关键词 含铁尘泥; 烧结; 高效使用

中图分类号 X757

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.32.008

Technique of High Efficient Use for Ferruginous Mud in Sintering Production

JIANG Xi¹, HAN Hongliang², DUAN Xiangguang³, HAO Zhizhong³

1. China Iron & Steel Association, Beijing 100711, China
2. Process Engineering Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China
3. Ironmaking Plant, Inner Mongolian Baotou Steel Union Co. Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China

Abstract In the iron and steel enterprises, the sintering process and sintering plant are the best paths for waste recycling. Any type of ferruginous waste generated as a byproduct of the different stages of steel production could be used in this way. In order to use the ferruginous mud resources scientifically and rationally, the experimental studies and a pilot industrial test for different ferruginous mud mixture ratios and different carbon proportions are conducted on basis of physical and chemical properties control of ferruginous mud. Test results show that use of ferruginous mud with higher levels of substances requisite in the sintering production, such as CaO and C, helps to reduce the cost of sintering ore, however, its fine granularity is detrimental to the sintering permeability. The indexes of yield and quality of sinter decrease with increasing carbon content of ferruginous mud, when it entirely substitutes carbon from sintering fuel. On the other hand, when 1/3 of the carbon content is provided by ferruginous mud instead of sintering fuel, sintering quality is close to the baseline values. The theoretical foundation and technical basis for higher efficiency of sintering using ferruginous mud are offered.

Keywords ferruginous mud; sintering; high efficient use

0 引言

在钢铁联合企业中,采用烧结工序和烧结厂是废弃物回

收的最佳途径。作为副产品,在钢铁生产不同阶段产生的任何类型的含铁废料都可在此加以利用^[1-3]。随着钢铁产量的迅

收稿日期:2011-04-06;修回日期:2011-09-20

作者简介:姜曦,博士,研究方向为当代中国钢铁工业技术,电子信箱:jiangxi610@163.com

速提高,其冶金渣、尘泥等废弃物的排放量也逐年增多^[3],如何经济、合理、高效地利用这些数量可观的含铁资源,不仅关系到保护环境、减少堆放场地的问题,而且还可以有效利用其中的 Fe、C、Ca 等有用资源,创造新的经济增长点^[4],这对提高钢铁企业的经济效益,实施可持续发展战略具有十分重要的现实意义。因此,各钢铁企业均对如何利用含铁尘泥进行了探索攻关,目前其主要采取磁选法、烧结法、球团法以及利用转底炉的直接还原法,但由于缺乏对含铁尘泥性质的了

解,均没有达到高效使用的目的^[5-7]。

为了科学、合理地利用这一资源,本研究在掌握含铁尘泥理化特性的基础上,进行了不同含铁尘泥配比、不同配碳量的烧结试验研究,并进行了工业性试验,为高效使用含铁尘泥提供了技术依据。

1 试验用原料

试验用原料的化学成分及平均粒度如表 1 所示。

表 1 试验用原料的化学成分含量和平均粒度

Table 1 Chemical composition and average particle size of raw materials test

原料名称	TFe/%	CaO/%	SiO ₂ /%	MgO/%	Al ₂ O ₃ /%	C/%	平均粒度/mm
混匀矿	62.80	0.90	4.08	0.60	0.57	—	1.36
含铁尘泥	48.32	8.96	6.14	1.31	1.78	16.52	0.12
石灰石	—	50.74	2.89	3.44	—	—	1.41
白云石	—	30.16	1.45	19.22	—	—	1.23
生石灰	—	80.90	4.53	5.48	—	—	1.14
焦粉	固定碳:84.94%;灰分:13.66%;挥发分:1.16%;S:0.81%						1.46

从化学成分来看,尽管含铁尘泥的全铁品位 (TFe=48.32%)与混匀矿相比较低,但其 CaO 和 C 含量较高,而这些元素均为烧结生产所需加入的元素,使用含铁尘泥能够减少焦粉和钙质熔剂的使用量,不但能够高效使用含铁尘泥,而且有利于降低烧结矿成本。但从平均粒度来看,含铁尘泥的平均粒度过细,不利于烧结生产。

2 烧结中配加含铁尘泥试验

在掌握含铁尘泥理化特性的基础上,进行了不同含铁尘泥配比、不同烧结配碳量的试验研究,旨在为高效使用含铁尘泥提供理论基础。

2.1 不同含铁尘泥配比试验

本研究进行了含铁尘泥配比分别为 0 (jz 方案),1.0% (wn-1.0%方案),3.0%(wn-3.0%方案)和 5.0%(wn-5.0%方案)

的试验研究,并根据含铁污泥中的 CaO 含量和固定碳的含量替代相应的烧结熔剂和燃料量。试验结果如表 2 所示,烧结矿化学成分如表 3 所示,其中, R 为烧结矿的二元碱度。

从试验结果可以看出,随着含铁尘泥配加量的增加,垂直烧结速度、烧结成品率、烧结利用系数、烧结矿转鼓指数、烧结矿粒度组成均变差,尽管降低了配碳量,但烧结固体燃料显著升高。此外,由于含铁尘泥中的全铁含量较低,使其烧结矿中含铁品位略有降低。分析原因,主要是含铁尘泥中的碳与燃料中的碳之间的差别所造成的。含铁尘泥中的碳粉较细,使得部分碳粉在烧结过程中被抽走,没有起到燃料的作用;此外含铁尘泥中碳的着火点很低,粒度细,在较低的温度下就能燃烧,但其燃烧的持续时间较短,不能为烧结过程中液相的产生提供足够的热量,这也造成了随着含铁尘泥配加量的增加,烧结产质量指标变差幅度越大。故不能含铁尘泥

表 2 不同含铁尘泥配比烧结杯试验结果

Table 2 Results of sinter pot test with different ferruginous mud mixture ratios

方案	混合料水分/%	垂直烧结速度 /(mm·min ⁻¹)	品率/%	利用系数 /(t·m ⁻² ·h ⁻¹)	转鼓指数/%
jz	7.6	21.32	71.28	1.592	67.33
wn-1.0%	7.8	20.46	70.12	1.423	66.00
wn-3.0%	7.7	19.59	66.89	1.271	64.67
wn-5.0%	7.8	18.69	63.58	1.104	63.67
方案	成品矿粒度组成/%			固体燃料/(kg·t ⁻¹)	
	>25mm	25—10mm	10—5mm		
jz	27.38	40.12	32.50	62.12	
wn-1.0%	26.54	43.21	30.25	63.21	
wn-3.0%	24.48	42.02	33.50	64.09	
wn-5.0%	23.52	44.52	31.96	64.98	

表 3 烧结矿化学成分含量(单位:%)

Table 3 Chemical compositions of sinter(unit:%)

方案	TFe	FeO	CaO	SiO ₂	MgO	R
jz	58.1	8.7	9.53	4.88	1.98	1.95
wn-1.0%	57.8	8.6	9.61	4.89	1.96	1.97
wn-3.0%	57.6	9.1	9.54	4.90	2.03	1.95
wn-5.0%	57.5	8.6	9.53	4.87	2.01	1.96

中碳的含量完全替代烧结燃料的碳含量。

2.2 不同烧结配炭量的试验

在以上研究的基础上,含铁尘泥配比为 3.0%和 5.0%的情况下,进行了用含铁尘泥中的 CaO 含量和 C 含量替代烧结用熔剂和部分燃料的烧结杯试验,含铁尘泥中的碳含量分别按照 0,1/3,2/3 和 3/3 的 C 含量进行配料计算。试验结果如表 4 所示,烧结矿化学成分如表 5 所示。

表 4 烧结杯试验结果

Table 4 Results of sinter pot test

方案	混合料水分/%	垂直烧结速度 /(mm·min ⁻¹)	成品率/%	利用系数/(t·m ⁻² ·h ⁻¹)	转鼓指数/%
jz	7.6	21.32	71.28	1.592	67.33
wn-3.0%-3/3	7.7	19.59	66.89	1.271	64.67
wn-3.0%-2/3	7.8	20.43	69.56	1.431	65.67
wn-3.0%-1/3	7.6	21.19	71.32	1.583	67.67
wn-3.0%-0	7.5	20.54	69.24	1.423	66.67
wn-5.0%-3/3	7.8	18.69	63.58	1.104	63.67
wn-5.0%-2/3	7.6	20.12	68.89	1.392	65.67
wn-5.0%-1/3	7.9	21.09	71.29	1.576	67.33
wn-5.0%-0	7.6	20.32	69.11	1.413	66.00

方案	成品矿粒度组成/%			固体燃耗/(kg·t ⁻¹)
	>25mm	25—10mm	10—5mm	
jz	27.38	40.12	32.5	62.12
wn-3.0%-3/3	24.48	42.02	33.5	64.09
wn-3.0%-2/3	25.14	41.45	33.41	63.17
wn-3.0%-1/3	27.42	39.87	32.71	62.02
wn-3.0%-0	25.87	41.12	33.01	63.32
wn-5.0%-3/3	23.52	44.52	31.96	64.98
wn-5.0%-2/3	24.87	43.13	32.00	63.54
wn-5.0%-1/3	27.18	42.04	30.78	62.11
wn-5.0%-0	25.01	42.98	32.01	63.36

表 5 烧结矿化学成分(单位:%)

Table 5 Chemical compositions of sinter(unit:%)

方案	TFe	FeO	CaO	SiO ₂	MgO	R
jz	58.1	8.7	9.53	4.88	1.98	1.95
wn-3.0%-3/3	57.6	9.1	9.54	4.90	2.03	1.95
wn-3.0%-2/3	57.7	8.7	9.52	4.92	2.01	1.93
wn-3.0%-1/3	57.6	8.5	9.50	4.88	2.00	1.95
wn-3.0%-0	57.5	8.8	9.51	4.90	1.97	1.94
wn-5.0%-3/3	57.5	8.6	9.53	4.87	2.01	1.96
wn-5.0%-2/3	57.4	8.8	9.54	4.89	1.98	1.95
wn-5.0%-1/3	57.5	8.5	9.52	4.91	2.03	1.94
wn-5.0%-0	57.3	8.6	9.49	4.88	1.97	1.94

从试验结果可以看出,无论含铁尘泥配比为 3.0%还是 5.0%,随着配炭量的增加,垂直烧结速度、烧结成品率、烧结利用系数、烧结矿转鼓指数、烧结固体燃耗以及烧结矿粒度组成等烧结产质量均是先变好后变差,且在含铁尘泥中的碳

含量按照 1/3 碳含量进行配料时效果最好,这说明用含铁尘泥中的 CaO 含量和碳含量替代烧结用熔剂中 CaO 含量和燃料中部分碳含量是可行的,且含铁尘泥中的碳含量按照 1/3 碳含量进行替代较为适宜。

此外,在含铁尘泥中的碳含量按照 1/3 碳含量进行配料时,无论含铁尘泥配比为 3.0%还是 5.0%,其烧结产质量指标均与基准方案相近,这说明在烧结配料中添加 3%或 5%的含铁尘泥完全是可行的,不会对烧结产质量产生影响。

3 烧结中配加含铁尘泥的工业生产实践

在上述研究的基础上,包钢进行了烧结中配加含铁尘泥的工业性试验研究,含铁尘泥的配加比例为 5%,烧结产质量指标的对比如表 6 所示,高炉使用效果的对比如表 7 所示。

从工业试验结果可以看出,烧结中配加 5%的含铁尘泥不但不会影响烧结产质量指标,而且有利于改善高炉经济效益指标,说明在烧结中配加含铁尘泥并替代部分燃料能够达

到高效使用含铁尘泥的目的。

表 6 配加含铁尘泥前后烧结产质量指标的对比

Table 6 Indexes comparison of yield and quality of sinter

时期	利用系数 $/(t \cdot m^{-2} \cdot h^{-1})$	转鼓 指数 /%	TFe /%	FeO /%	CaO /%	SiO ₂ /%	MgO /%	R/%
基准期	1.177	73.02	57.93	9.34	9.52	4.92	2.03	1.93
试验期	1.175	72.91	57.58	9.43	9.49	4.90	2.01	1.94

表 7 高炉使用效果对比

Table 7 Usage effect of blast furnace

时期	利用系数/ $(t \cdot m^{-3} \cdot d^{-1})$	冶炼强度/ $(t \cdot d^{-1} \cdot m^{-3})$	焦比/ $(kg \cdot t^{-1})$	煤比/ $(kg \cdot t^{-1})$
基准期	2.556	1.074	405.2	132.6
试验期	2.587	1.077	403.6	122.4

4 结论

本文在掌握含铁尘泥理化特性的基础上,进行了不同含铁尘泥配比、不同配碳量的烧结试验研究,并进行了工业性试验,得到结论如下。

(1) 含铁尘泥中的 CaO 和 C 等烧结生产所需加入的元素含量较高,故使用含铁尘泥有利于降低烧结矿成本,但其平均粒度过细,不利于改善烧结透气性。

(2) 含铁尘泥中碳的含量完全替代烧结燃料的碳含量时,随着含铁尘泥配加量的增加,烧结产质量指标变差。

(3) 含铁尘泥中碳的含量按照 1/3 的碳含量替代烧结燃

料的碳含量时,无论含铁尘泥配比为 3.0% 还是 5.0%,其烧结产质量指标均与基准方案相近。

(4) 工业试验表明,烧结中配加 5% 的含铁尘泥不会影响烧结产质量指标,而且有利于改善高炉经济效益指标,说明在烧结中配加含铁尘泥并替代部分燃料能够达到高效使用含铁尘泥的目的。

参考文献 (references)

- 王筱留. 钢铁冶金学: 炼铁部分[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2000. Wang Xiaoliu. Iron and steel metallurgy: Iron making part [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2000.
- 甘勤. 攀钢含铁尘泥的利用现状及发展方向 [J]. 金属矿山, 2003(2): 62-65. Gan Qin. Metal Mine, 2003(2): 62-65.
- 田昊, 马晓春. 烧结除尘灰混合炼钢污泥喷浆的工艺设计与应用[J]. 烧结球团, 2005(4): 56-58. Tian Hao, Ma Xiaochun. Sintering and Pelletizing, 2005(4): 56-58.
- 于留春. 梅山高炉瓦斯泥综合利用的研究[J]. 宝钢技术, 2003(6): 22-25. Yu Liuchun. Baosteel Technology, 2003(6): 22-25.
- 石磊, 陈荣欢, 王如意. 钢铁工业含铁尘泥的资源化利用现状与发展方向[J]. 中国资源综合利用, 2008, 26(2): 12-15. Shi Lei, Chen Ronghuan, Wang Ruyi. China Resources Comprehensive Utilization, 2008, 26(2): 12-15.
- 潘旭方. 冶金行业含铁尘泥合理循环利用技术 [J]. 现代矿业, 2010(5): 57-59. Pan Xufang. Modern Mining, 2010(5): 57-59.
- 娄绍军. 含铁尘泥高效循环利用的有效途径[J]. 包钢科技, 2009, 35(1): 75-76. Lou Shaojun. Science & Technology of Baotou Steel (Group) Corporation, 2009, 35(1): 75-76.

(责任编辑 代丽)

· 学术动态 ·



“岩土工程建设中关键技术问题研讨会”征文

“岩土工程建设中关键技术问题研讨会”计划于 2012 年 7 月 20—22 日在北京市举办。会议由中国岩石力学与工程学会工程实例专业委员会, 中国岩石力学与工程学会岩石破碎工程专业委员会, 湖南省岩石力学与工程学会安徽省岩石力学与工程学会主办。

征文范围: 岩土工程的理论研究与进展; 岩土工程数值模拟; 实例分析; 岩石洞、基、坡稳定性分析; 岩石爆破与技术; 岩爆与冲击地压机理研究; 岩土工程的加固与防护; 岩土工程的监测新技术新方法; 其他与岩石力学与岩土工程相关的研究。

全文截止日期: 2012 年 3 月 28 日。

联系电话: 010-51901772。

电子邮箱: dengye@mail.csu.edu.cn。

通信地址: 北京市西城区西直门南大街 2 号成铭大厦 C 座 28 层。

会议网站: <http://www.csme.com>。