

烧结原料中配加含铁尘泥和石化碱渣实验研究^①

武兵强^{1,2}, 赵亚钊³, 万新宇^{1,2}, 王海风^{1,2}, 王 锋^{1,2}, 齐渊洪^{1,2}

(1.钢铁研究总院 先进钢铁流程及材料国家重点实验室,北京 100081; 2.钢研晟华科技股份有限公司 研发部,北京 100081; 3.中国建筑材料工业规划研究院,北京 100035)

摘要: 为了综合利用含铁尘泥和消纳石化碱渣,开展了烧结原料中配加含铁尘泥和石化碱渣烧结杯实验研究。结果表明,配加含铁尘泥和石化碱渣有利于提高垂直烧结速度、利用系数、成品率和转鼓指数,但烧结矿中碱金属、Zn 含量增加,TFe 含量降低,烧结矿还原性能和低温还原粉化指数有所降低。烧结原料中配加含铁尘泥 0.5%、配加石化碱渣 0.05%,在满足高炉入炉原料要求的情况下,可实现含铁尘泥的资源综合利用和石化碱渣的消纳。

关键词: 含铁尘泥; 石化碱渣; 烧结; 综合利用

中图分类号: TF046

文献标识码: A

doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2023.05.026

文章编号: 0253-6099(2023)05-0113-03

Experimental Study on Sintering with Addition of Iron-Containing Dust and Alkaline Residue from Petrochemical Industry

WU Bingqiang^{1,2}, ZHAO Yazhao³, WAN Xinyu^{1,2}, WANG Haifeng^{1,2}, WANG Feng^{1,2}, QI Yuanhong^{1,2}

(1.State Key Laboratory of Advanced Steel Processes and Products, Central Iron and Steel Research Institute, Beijing 100081, China; 2.Research and Development Department, CISRI Sunward Technology Co Ltd, Beijing 100081, China; 3.China Development Strategy Institute for Building Materials Industry, Beijing 100035, China)

Abstract: In order to comprehensively utilize iron-containing dust and consume alkaline residue from petrochemical industry, a sintering pot test was conducted by adding iron-containing dust and the alkaline residue from petrochemical industry into raw materials for sintering. The results show that an addition of iron-containing dust and the alkaline residue from petrochemical industry can not only improve vertical sintering speed, utilization coefficient, yield rate and tumbler index, but also lead to increased content of alkali metals and Zn, as well as falling in the TFe content in the sintered ores. Thus, the sintered ore presents poor reduction performance, and poor low-temperature reduction pulverization indices. It is found that the raw material with the addition of iron-containing dust at an amount of 0.5% and the addition of alkaline residue from petrochemical industry at an amount of 0.05% can meet the requirement for feed to furnace, and also make it possible for the comprehensive utilization of iron-containing dust and consumption of alkaline residue from petrochemical industry.

Key words: iron-containing dust; alkaline residue from petrochemical industry; sintering; comprehensive utilization

钢铁企业生产过程中会产生大量含铁尘泥,近年来,随着节能减排和碳达峰碳中和战略的实施,含铁尘泥综合利用成为钢铁企业绿色化发展必须解决的问题^[1-2]。目前,很多学者对除尘灰^[3-6]、炼钢污泥^[7-8]单独配加到烧结原料中进行了研究。而钢铁企业含铁尘泥种类多、成分差异大,对不同工序产生的含铁尘泥进行优化配伍,获得含铁尘泥混合料,再配加到烧结原料

中,有利于提高钢铁企业含铁尘泥的利用率。

石油化工企业为了使成品油的抗腐蚀、酸度以及硫化物含量符合标准,在生产过程中采用碱洗精制的方法对汽油、柴油、液化气等油品进行精制处理,由此产生一定量废液。这种废液污染物浓度高、碱性大,与固体污染物性质相似,因此称为石化碱渣。石化碱渣排放量小,但污染严重,目前对石化碱渣的处置主要采

① 收稿日期: 2023-04-11

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC1900605)

作者简介: 武兵强(1987—),男,河北邢台人,博士,工程师,主要研究方向为资源综合利用。

用湿式空气氧化法和生物法,但存在反应条件苛刻、设备投资高、能耗高、处理量小等问题^[9-10]。华中地区某石化公司年产石化碱渣 600 t,此地某年产 120 万吨的钢铁原料烧结厂,考虑将少量石化碱渣配加到烧结原料中,从而消纳石化厂全年产生的石化碱渣。但是将石化碱渣配加到烧结原料中,目前鲜见相关报道。本文将含铁尘泥混合料和石化碱渣配加到铁矿石烧结工艺中,开展含铁尘泥混合料和石化碱渣的烧结协同处置研究,以期通过烧结工艺实现含铁尘泥资源回收利用和石化碱渣的无害化处置,为工业园区内钢铁企业和石化企业的废弃物处理提供参考。

1 实验原料与方法

1.1 实验原料

烧结杯实验所用铁矿粉原料和含铁尘泥均来自某钢铁企业现场,其主要化学成分分别见表 1 和表 2。

表 1 烧结原料化学成分(质量分数) %

原料名称	TFe	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅	P
A 矿	60.80	0.05	5.00	4.80	2.80	0.00	0.00	0.12
B 矿	51.00	38.27	6.50	9.10	2.68	0.90	1.00	1.00
C 矿	53.50	10.30	2.50	4.90	1.73	1.60	0.28	0.040
D 矿	38.68	2.24	1.50	14.38	1.55	10.61	1.07	0.09
E 矿	60.00	2.09	1.62	5.80	1.62	1.90	0.42	0.02
F 矿	64.00	1.62	1.03	4.00	1.23	2.53	0.49	0.05
白灰	—	81.00	4.50	3.50	2.00	—	—	—
白云石粉	—	30.65	20.60	3.00	0.00	—	—	—

表 2 含铁尘泥化学成分(质量分数) %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Zn	烧损
6.83	3.20	40.55	11.00	2.69	1.08	0.31	1.26	33.08

石化碱渣主要成分见表 3。

表 3 石化碱渣主要成分(质量分数) %

NaOH	Na ₂ CO ₃	甲硫醇钠	Na ₂ S ₂ O ₃	Na ₂ S
0.1	0.2	3.6	0.5	0.2

1.2 实验方法

不同含铁尘泥和石化碱渣配加量的烧结杯实验原料配比如表 4 所示。烧结杯实验固体燃料配比为 4% (相对配合料的质量分数);通过调整白灰和 F 矿加入量控制烧结矿碱度为 1.85。

烧结杯实验具体步骤为:按照配矿方案称取原料后混匀,然后置于圆筒制粒机内制粒,制粒过程中喷入适量水,混合料水分控制为 7.5%~8.5%,制粒时间为

7 min。先向烧结杯内加入 1 kg 成品烧结矿(高度 10~16 mm)作为铺底料,然后将圆筒内制粒后的试样布料在烧结杯内,烧结料层高度为 700 mm。烧结杯尺寸为 $\Phi 220 \text{ mm} \times 700 \text{ mm}$,点火温度 1 150 °C,点火时间 2 min,点火负压 6 kPa。点火后将负压调至 12 kPa,水分控制在 7.5%~8.5%。烧结废气达到最高温度后开始下降时对应的时间点作为烧结终点。

烧结杯实验结束后,采用单辊破碎机对烧结矿进行破碎,然后经过落下和筛分,粒度大于 5 mm 的烧结矿为成品烧结矿。对成品烧结矿进行化学成分分析、转鼓强度测试以及冶金性能测试研究。成品烧结矿的转鼓指数、低温还原粉化指数以及还原性能分别参照标准 ISO 3271-1995、GB/T 13242—2015 以及 GB/T 13241—2017 进行。

表 4 烧结杯实验原料配比(质量分数) %

方案	含铁尘泥	石化碱渣	A 矿	B 矿	C 矿	D 矿	E 矿	F 矿	石灰	白云石粉
1	0	0	20	0.8	30	2	17	21	4.2	5
2	0.5	0.05	20	0.8	30	2	17	20.5	4.2	5
3	1.0	0.1	20	0.8	30	2	17	20	4.2	5
4	1.5	0.15	20	0.8	30	2	17	19.6	4.1	5
5	2.0	0.2	20	0.8	30	2	17	19.10	4.1	5

2 结果与讨论

2.1 烧结工艺参数

为了研究不同含铁尘泥和石化碱渣配加量对烧结工艺参数的影响,对不同配加量条件下烧结杯实验的垂直烧结速度、废气最高温度、烧损率和烧结利用系数进行了分析研究,结果如表 5 所示。由表 5 可知,随着含铁尘泥和石化碱渣配加量增加,烧结时间逐渐缩短,垂直烧结速度整体呈增大趋势,废气最高温度逐渐升高,烧损率逐渐增大,烧结利用系数逐渐增大。

表 5 烧结实验技术指标

方案	烧结时间/min	垂直烧结速度/(mm·min ⁻¹)	废气最高温度/°C	烧损率/%	烧结利用系数/(t·h ⁻¹ ·m ⁻²)
1	38.95	17.97	414.5	19.76	0.75
2	38.70	18.09	455.5	20.36	0.86
3	38.33	18.26	465.5	20.91	0.83
4	34.58	20.24	472.2	21.04	0.94
5	32.75	18.75	479.4	21.36	1.01

配加含铁尘泥和石化碱渣后,垂直烧结速度提高,可能是由于配加含铁尘泥和石化碱渣后,提高了烧结混合料的制粒性,改善了烧结混合料的制粒效果,提高

了料层透气性。

2.2 烧结矿粒度组成和成品率

配加不同比例的含铁尘泥和石化碱渣进行烧结杯实验获得的烧结矿粒度组成和成品率如表6所示。由表6可知,随着含铁尘泥和石化碱渣配加量增加,+5 mm 粒级分布率逐步增加,烧结矿成品率提高,成品烧结矿粒度较大且粒度分布更均匀。

表6 烧结矿粒度组成和成品率

方案	粒级含量/%						成品率/%
	+40 mm	25~40 mm	16~25 mm	10~16 mm	5~10 mm	-5 mm	
1	17.15	23.09	13.63	9.69	13.84	22.60	77.40
2	22.34	23.98	12.95	9.72	14.64	16.36	83.64
3	17.29	26.47	14.49	9.74	16.00	16.00	84.00
4	19.53	26.47	13.42	10.27	15.81	14.49	85.51
5	18.87	18.09	16.40	12.82	19.67	14.14	85.86

2.3 烧结矿化学成分和冶金性能

不同比例含铁尘泥和石化碱渣配加量对成品烧结矿化学成分和冶金性能的影响如表7所示。由表7可知,随着含铁尘泥和石化碱渣配加量增加,成品烧结矿中 TFe 含量逐渐降低,Zn 含量逐渐升高,K₂O 含量不变,Na₂O 含量逐渐升高。以钢铁企业烧结矿中 Zn 含量控制至 0.025% 以下、碱金属含量控制至 0.22% 以下为标准,含铁尘泥配加量应低于 1.0%。

表7 成品烧结矿化学成分和冶金性能

方案	化学成分/%				转鼓 指数/%	RI/%	RDI _{+3.15} /%
	TFe	Zn	K ₂ O	Na ₂ O			
1	55.76	0.016 4	0.11	0.019	52.33	80.23	57.85
2	55.59	0.020 5	0.11	0.025	52.63	79.56	57.61
3	55.44	0.024 6	0.11	0.032	52.89	78.97	56.68
4	55.28	0.029 6	0.11	0.038	53.23	78.58	56.39
5	55.09	0.036 2	0.11	0.044	53.67	77.78	55.66

随着含铁尘泥和石化碱渣配加量增加,成品烧结矿转鼓指数逐渐提高,还原性能逐渐降低,低温还原粉化指数 RDI_{+3.15} 逐渐降低。这是因为随着含铁尘泥和石化碱渣配加量增加,其带入的碱金属含量和 Zn 含量也会增加,导致成品烧结矿中碱金属含量和 Zn 含量增加,恶化了烧结矿低温还原粉化性能和还原性能^[11-14]。

配加含铁尘泥和石化碱渣后,垂直烧结速度、利用系数、成品率和烧结矿转鼓强度均得到提高,烧结矿中碱金属含量和 Zn 含量增加,TFe 含量有所降低,烧结矿低温还原粉化性能和还原性能有所下降。含铁尘泥配加量 0.5%、石化碱渣配加量 0.05% 时,获得的烧结

矿满足高炉入炉原料的要求,同时实现含铁尘泥的资源综合利用和石化碱渣的消纳,实现工业园区钢铁企业和石化企业废弃物的协同处置,具有一定社会效益。

3 结 语

1) 烧结杯实验结果表明,配加含铁尘泥和石化碱渣有利于提高垂直烧结速度、利用系数、成品率和转鼓指数,但烧结矿中碱金属含量和 Zn 含量增加,烧结矿还原性和低温还原粉化性能有所降低。

2) 含铁尘泥配加量 0.5%、石化碱渣配加量 0.05% 时,烧结矿中 TFe 含量 55.59%、Zn 含量 0.020 5%、K₂O 含量 0.11%、Na₂O 含量 0.025%,满足高炉入炉原料化学成分要求;转鼓指数 52.63%,还原指数 79.56%,低温还原粉化指数 57.61%,与不配加含铁尘泥和石化碱渣的烧结矿相比略有降低。

3) 烧结原料中配加含铁尘泥 0.5%、配加石化碱渣 0.05%,在满足高炉入炉原料要求情况下,可实现含铁尘泥的资源综合利用和石化碱渣的消纳。

参考文献:

- [1] 田 玮,岳昌盛,彭 犇. 钢铁冶金尘泥的产生及处置利用技术分析[J]. 矿产保护与利用, 2019(3):105-110.
- [2] 张建良,李 洋,袁 襄,等. 中国钢铁企业尘泥处理现状及展望[J]. 钢铁, 2018,53(6):1-10.
- [3] 王雪超,秦 斌. 八钢烧结配加除尘灰的影响及分析[J]. 新疆钢铁, 2019(4):12-14.
- [4] 张树华,冯红云,史先菊. 除尘灰配矿烧结性能研究[J]. 武钢技术, 2015,53(1):4-6.
- [5] 孟祥福. 除尘灰在烧结过程中的综合利用[J]. 黑龙江冶金, 2016,36(5):59-62.
- [6] 华绪钦,黄 刚,程 杰,等. 武钢 435 m² 烧结机配用除尘灰的生产实践[J]. 武钢技术, 2016,54(4):11-13.
- [7] 承 强,张建良,邵久刚,等. 炼钢污泥对烧结矿矿相结构及冶金性能的影响[J]. 烧结球团, 2020,45(2):61-66.
- [8] 徐 利,徐 胜,刘荣泉. 烧结系统配加炼钢污泥对制粒性及指标的影响[J]. 现代冶金, 2020,48(3):10-13.
- [9] 李 俊,龚德伟,刘晓晶,等. 生物强化技术处理废碱液的应用研究[J]. 化学工程, 2021,49(11):11-14.
- [10] 邓德刚,李瑞宾,秦丽姣,等. 碱渣废水处理工艺概述与选择优化[J]. 石油石化绿色低碳, 2017,3(2):39-43.
- [11] 朱 斌,周进东,赵龚池,等. 高炉内锌的赋存形式及对烧结矿性能的影响[J]. 钢铁, 2020,55(8):130-139.
- [12] 王 冲,谢 冬,冯 帅,等. 碱金属对高炉原料冶金性能的影响[J]. 钢铁研究, 2017,45(1):6-10.
- [13] 张朝晖,徐凯强,邢相栋,等. 烧结矿低温还原粉化影响因素研究进展[J]. 钢铁研究学报, 2021,33(6):453-460.
- [14] 张 茂. 某高锌含铁尘泥综合利用试验研究[J]. 矿冶工程, 2021,41(1):98-100.

引用本文: 武昌强,赵亚钊,万新宇,等. 烧结原料中配加含铁尘泥和石化碱渣实验研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(5):113-115.