

内配碳含锌球团烘干及造球参数探究

蒋武锋, 马腾飞, 郝素菊, 赵朔, 张玉柱

(华北理工大学冶金与能源学院, 现代冶金技术教育部重点实验室, 河北 唐山 063210)

摘要: 为了探讨含锌球团的较佳还原工艺, 本文首先对内配碳含锌球团进行了脱水抗压试验, 得出较佳的球团烘干条件: 烘干温度 200°C, 时间 120 min。并在 1200°C 下进行了球团还原试验得出球团较佳的直径及质量参数: 球团直径 12 mm, 球团质量 20 g。

关键词: 配碳; 含锌球团; 烘干; 还原

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2020.03.031

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2020) 03-0180-05

1 概况

钢铁厂粉尘是整个钢铁行业的副产品, 其数量甚至可以达粗钢产量的 10% 左右。粉尘中含有大量铁、碳等有价值元素, 可以部分代替含铁原料, 降低生产成本; 但粉尘中还含有锌、铅、钾、钠、钡等元素, 这些元素有些是影响高炉冶炼的有害元素, 国内许多钢铁企业将其进行堆积处理^[1], 造成了严重的环境污染。低锌粉尘可直接作为烧结配料使用, 而锌含量高的粉尘需进行脱锌处理后才能返回钢铁生产流程, 若直接将含锌量高的粉尘配入烧结工序或球团工序中, 将使烧结矿、球团矿质量下降, 锌元素在烧结/球团-高炉流程中大量循环富集, 引发高炉炉瘤、炉结, 降低高炉利用系数, 焦比升高, 影响高炉的顺利运行及炉寿^[2-3]。因此, 研究一种低成本, 高效率的脱锌工艺, 具有非常重要的意义。

内配碳含锌球团还原处理工艺是将含锌粉尘

配碳造球后, 利用高温还原脱除粉尘中锌元素的还原工艺, 此种工艺相较于传统的火法^[4-7]和湿法处理工艺^[8-10], 能够高效快速还原含锌量不同的粉尘, 且操作简单, 流程短。本文主要通过脱水抗压试验确定烘干球团的较佳温度及时间, 在 1200°C 下进行球团的还原试验, 采用了对比失重曲线和相对失重曲线并相互佐证的方法得出较佳的球团大小及质量参数, 为钢厂能更加节能高效的应用内配碳造球工艺提供参考。

2 球团脱水抗压试验

2.1 不同条件对球团脱水率的影响

含锌尘泥球团在进行高温还原前需进行充分脱除其中所包含的水分。在高温管式炉中进行还原脱锌试验时, 球团水分的挥发会造成试验结果数值的偏差, 且在造球阶段球团内部含水量过高, 不利于炭粉对锌、铁等氧化物进行完全还原。一部分碳因水分的存在而造成浪费。

收稿日期: 2019-03-20

基金项目: 国家自然科学基金 (NO.51274084); 河北省自然科学基金 (E2018209323; E2017209231), 华北理工大学项目 GP201507

作者简介: 蒋武锋 (1994-), 男, 硕士研究生, 主要从事钢铁冶金及资源利用研究。

通讯作者: 郝素菊 (1966-), 女, 教授, 博士, E-mail:sujuh@sina.com

脱水烘干试验主要目的是选取出强度大，脱水烘干后在进行还原过程时不易破碎的球团。烘干试验时球团配比参数为直径 12 mm、配煤粉量 16%、粘结剂含量 5%。试验用煤粉为无烟煤粉，选用无水淀粉作为造球时的粘结剂。

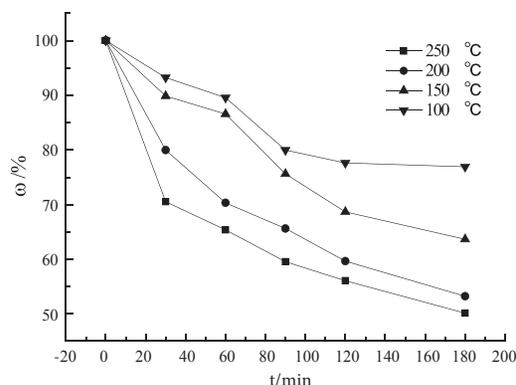


图 1 不同烘干温度下球团脱水与时间关系

Fig. 1 Relationship between water loss rate and drying time of pellets under different drying temperature

图 1 给出了不同温度下脱水率与时间的关系。由图可知，球团烘干时间越长、烘干温度越高，则球团的相对失重越大。烘干温度过低时，团脱水率随时间呈现先降低再平衡不变的趋势，说明在较低烘干温度下，随着烘干时间延长时，烘干情况并不理想，球团脱水率低，不利于球团进行还原时准确判定其质量变化数据。250℃到 100℃不同烘干温度下，120 min 时的剩余球团质量分别为 56.05 g、59.65 g、68.65 g、77.63 g。当烘干温度在 100℃时球团的相对失重为 23.1%，150℃时相对失重为 36.37%，200℃和 250℃时相对失重分别为 46.79% 和 49.88%。由此可知，当烘干时间不变时，烘干温度 200℃与 250℃的相对失重变化幅度仅为 3.09%，差异较小，且伴随着温度的升高，有可能导致球团界面炭粉与氧气发生化学反应，降低实际炭粉配比。故试验时烘干温度采用 200℃为较佳温度。

2.2 不同烘干温度对球团抗压强度的影响

图 2 是在不同烘干温度和时间条件下球团抗压强度的变化。由图可知，伴随着烘干时间的延长，不同烘干温度下的球团抗压强度逐渐升高。

但烘干温度为 250℃时，抗压强度随着烘干时间的延长反而出现了下降趋势。因此，烘干温度为 250℃的球团应摒弃。120 min 时 200℃下，球团抗压强度已经达到试验要求，180 min 时球团抗压强度最大。结合球团失水率关系可知，球团较佳脱水温度应采用 200℃。故适宜的烘干时间和温度为 120 min、200℃。

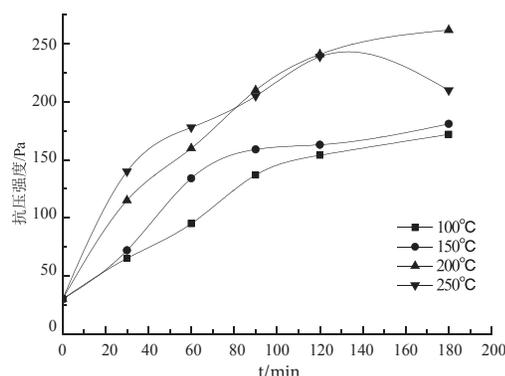


图 2 不同烘干温度下球团抗压强度与时间关系

Fig. 2 Relationship between compressive strength and drying time of pellets under different drying temperature

3 含锌尘泥还原条件

3.1 试验原料

试验采用粒度为 -0.068 mm 的邢钢无烟煤粉（固定碳含量为 82.16%）及高炉含锌粉尘。选取无水淀粉作为粘结剂；还原过程通入氮气作为保护气；采用液氮作为防止球团二次氧化的保护液体。

3.2 试验设计

球团成分均为 16% 的无烟煤粉，5% 的无水淀粉及 79% 的含锌粉尘，试验设定相同直径 12 mm 不同质量（15 g、20 g 及 25 g）的球团（成分均为）及相同质量 20g 不同的小球直径（6 mm、9 mm 及 12 mm）和不同反应时间（5 ~ 30 min）的条件下进行还原试验研究。

3.3 试验步骤

1) 按试验配比称取适量原料，放入研钵中充分研磨，待粉末充分混匀后加入适量的水进行造球。

2) 将含锌尘泥球团放入 200℃的恒温干燥箱中恒温 2 h，直至水分完全蒸发。

3) 用天平分别称量质量为 15 g、20 g、25 g 的含锌尘泥球团，放入钼丝网篮中，将装有小球的网篮放置于高温管式炉的恒温区部位。在氮气的保护下恒温一定时间，观察小球还原过程的失重情况。待质量变化趋于稳定时，将小球迅速取出放于液氮中冷却至室温，以防二次氧化。

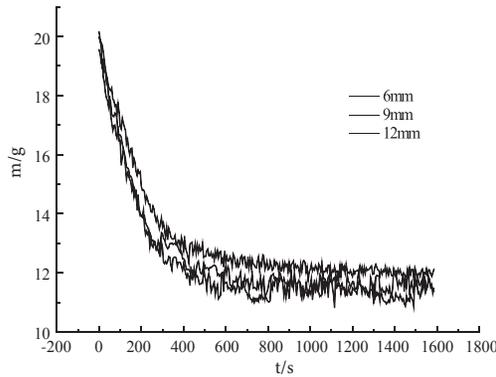


图 3 不同直径的球团失重曲线
Fig.3 Pitch weight loss curves of different diameters

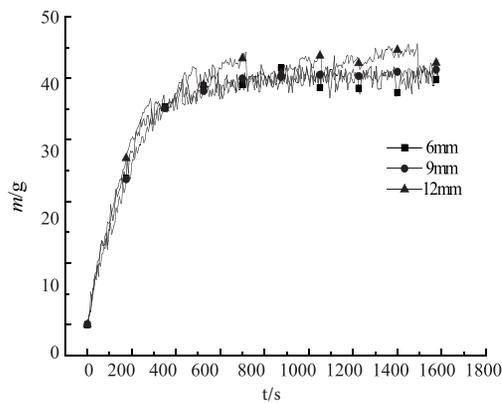


图 4 不同直径时相对失重对比曲线
Fig.4 Comparative curves of relative weight diameters loss at different diameters

4 试验结果分析

4.1 直径对球团还原影响

图 3、图 4 分别为在还原温度 1200°C，球团质量为 20 g，还原时间为 30 min 时不同球团直径（6 mm、9 mm 及 12 mm）的还原失重曲线和相对失重曲线。不同直径的球团在恒温还原过程中，质量一直呈现减小的变化。还原初期，失重曲线降低明显，质量变化较快，说明此时含锌球团反应剧烈，球团的主要反应也集中于反应初始阶段。

伴随着时间的延长，曲线逐渐趋于平缓表明还原反应速度降低，球团内反应基本完成。反应开始 5 min 时，三种不同直径下的球团还原率已经分别达到 66.49%、66.8% 及 66.96%。由此看出，反应在前 5 min 时还原率已经达到很大值。还原反应速率随着球团直径的增大而变快。

通过图 3 可以看出，在还原反应初期，三种不同直径的含锌球团相对失重均随着时间的延长而增大，且直径越大相对失重越严重，当还原反应时间超过 10 min 时，相对失重曲线逐渐趋于平缓，表明还原反应基本完成，由图可知 12 mm 直径的球团还原效果最好。

4.2 质量对球团还原影响

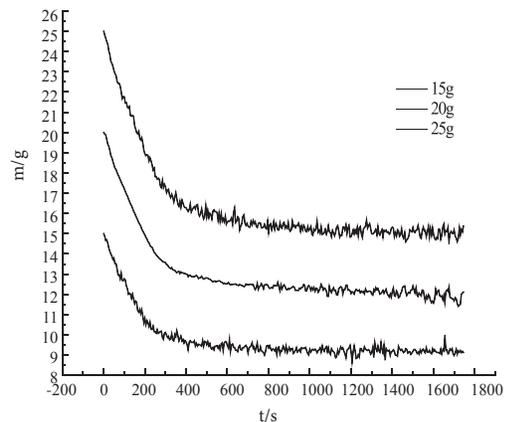


图 5 不同质量球团的失重曲线
Fig.5 Weight loss curve of pellets of different masses

图 5 为温度为 1200°C，还原时间为 30 min，球团直径为 12 mm，球团质量分别为 15 g、20 g 及 25 g 时的还原失重曲线。图 6 为不同质量时的相对失重对比曲线。

由 5 可以看出，伴随着时间的延长，不同质量的含锌球团曲线呈现先下降再趋于平缓的趋势。反应时间达到 5 min 时，三种不同质量的球团还原率分别为 32.57%、32.16% 和 30.68%。可以看出，反应进行到 5 min 时，含锌球团的还原过程已超过 30%。随着反应时间的延长，反应进行到 10 min 时，失重曲线趋于平缓，此时不同质量的球团还原率分别为 36.9%、37.3% 及 37.67%。

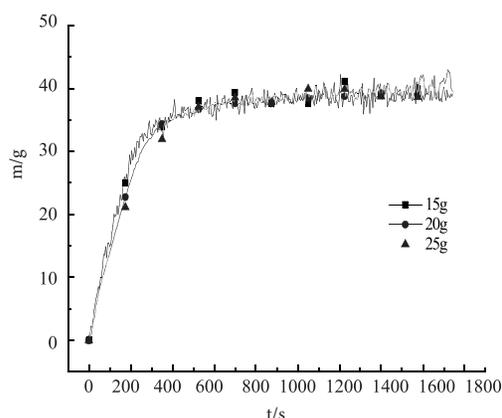


图6 不同质量球团的相对失重曲线

Fig. 6 Relative weight loss curves of different mass pellets

通过图6可以看出,随着时间的延长,还原初期各质量下的球团相对失重均呈现升高的趋势,反应进行到5 min时相对失重分别32.57%、32.16%、30.68%,反应进行到10 min时分别为36.90%、37.35%和37.67%。

通过失重和相对失重曲线可以得出,随着质量的增加,球团的还原率并没有得到大幅度的提升,且在反应初期,质量小的球团还原率要略高于大质量的含锌球团,且低质量的球团相对失重要大于高质量的球团。这是因为在相同直径的条件下,低质量的含锌球团具有更高的孔隙度,反映初期球团发生碳的气化反应,孔隙度高有利于球团内部CO的扩散,从而加快还原反应的进行。但随着时间的延长,高质量的含锌球团还原率和相对失重均得到稳步提高。所以试验过程中适合选用质量为20 g的含锌球团作为标准称量质量进行研究。

5 结论

(1) 试验时烘干温度采用200℃为较佳温度,时间超过两个小时以后,随着烘干时间无限延长时,烘干脱水情况并不理想,脱水率呈现出先降低再平衡不变的趋势。对比不同温度下的强度可知随着时间的延长,120 min时200℃下球团抗压强度达到试验所需的强度。

(2) 通过试验分析得知,含锌球团最适宜的还原条件为:直径12 mm,球团质量20 g,此时含锌球团还原效果最好。

参考文献:

- [1] 潘聪超, 邸久海, 庞建明, 等. 冶金窑炉内实现固体废弃物协同处理的工艺 [J]. 中国冶金, 2018, 28(3): 80-82.
- [2] 张伟, 王再义, 张立国, 等. 高炉中碱金属和锌的循环及危害控制 [J]. 鞍钢技术, 2016(6): 9-14.
- [3] 杨冬伟, 郭键柄, 张琪, 等. 钢铁厂含锌粉尘的危害与处理技术 [J]. 甘肃冶金, 2017, 39(4): 82-85+95.
- [4] 谭宇佳, 郭宇峰, 姜涛, 等. 含锌电炉粉尘处理工艺现状及发展 [J]. 矿产综合利用, 2017(3): 44-50.
- [5] 王冬斌, 梁精龙, 李慧, 等. 冶金含锌粉尘中回收氧化锌的工艺综述 [J]. 中国有色冶金, 2018, 47(6): 39-43.
- [6] 房金乐, 张朝晖, 王建鹏. 钢铁企业粉尘综合利用技术研究 [J]. 山西冶金, 2016, 39(5): 53-55.
- [7] 王亚运. 基于直接还原法回收铁矾渣中铅锌铁及同步固硫基础研究 [D]. 北京: 北京科技大学, 2018.
- [8] 林琳, 马黎阳, 李春林, 等. 碱性高浓度含盐废水中重金属

属镉的去除工艺研究 [J]. 世界有色金属, 2018(20):175-177.
 Lin L, Ma L Y, Li C L, et al. Study on the Removal Process of Heavy Metal Cadmium from Alkaline High-concentration Saline Wastewater [J]. World Nonferrous Metals, 2018 (20) : 175-177.
 [9] 刘诗诚, 岳昌盛, 吴龙, 等. 钢铁冶金粉尘的特点及处置技术分析 [J]. 工业安全与环保, 2018,44(12):67-70.
 Liu S C, Yue C S, Wu L, et al. Characteristics of Metallurgical

Dust in Iron and Steel and Technical Analysis of its Disposal [J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2008,44 (12) : 67-70.
 [10] 马爱元, 郑雪梅, 张利波, 等. 乙酸铵浸出高炉瓦斯灰中的锌 [J]. 环境工程学报, 2018,12(5):1547-1556.
 Ma A Y, Zheng X M, Zhang L B, et al. Leaching of Zinc from Blast Furnace Ash by Ammonium Acetate [J]. Journal of Environmental Engineering, 2008,12 (5) : 1547-1556.

Study on Drying and Pelletizing Parameters of Carbon-containing Zinc Pellets

Jiang Wufeng, Ma Tengfei, Hao Suju, Zhao Shuo, Zhang Yuzhu

(College of Metallurgy and Energy, North China University of Science and Technology, Key Laboratory of Modern Metallurgy Technology, Ministry of Education, Tangshan, Hebei, China)

Abstract: In order to investigate the reduction behavior and optimum reduction process of zinc-containing pellets, the kinetic analysis of the reduction of zinc-containing pellets in the inner carbon is firstly carried out. It is concluded that the main limiting factors in the middle and late stages of the reaction are carbon gasification rate. The reaction rate at the interface of the zinc-containing pellets and the later diffusion. Then through the pellet compression test and pellet reduction experiment, the best pellet drying conditions and reduction conditions are obtained: drying temperature 200 ℃ , time 120min, reduction temperature 1200 ℃ , time 25min, pellet diameter 12 mm, pellet quality 20 g.

Keywords: Carbonation; Kinetics; Zinc-containing pellets; Reduction



(上接 168 页)

Application of SLon Vertical Ring and Pulsating HGMS Separators for Comprehensive Utilization of Tailings

Chen Jian, Zhang Chunhao

(SLon Magnetic Separator Ltd., Ganzhou, Jiangxi, China)

Abstract: The mineral tailings as important secondary resources have very important value and its effective utilization is a key task in the mining circular economy of China. In this paper, the mechanical structure and working principle of SLon vertical ring and pulsating high gradient magnetic separator and its advantages for separating tailings were introduced, and its industrial applications in separating iron tailings, ilmenite tailings, red mud, cyanide leaching gold tailings and gold flotation tailings in recent years were also explicated; moreover, the application characteristics and separation flowsheets of such tailings with SLon magnetic separators were pointed out. The successful applications of SLon magnetic separators in the utilization of these tailings would provide important reference value in China.

Keywords: SLon magnetic separator; Tailings; Comprehensive utilization; Application