

基于喷雾干燥塔的氧化铝熟料回转窑 烧结新工艺

张红亮¹, 丁凤其¹, 陈湘涛², 邹 忠¹

(1. 中南大学冶金科学与工程学院, 湖南 长沙 410083;

2. 中南大学信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘要:提出了一种氧化铝熟料回转窑烧结新工艺——喷雾干燥烧结。该工艺流程为:氧化铝生料浆不直接喷入回转窑中,而是在干燥塔中和窑尾热空气进行热交换,蒸发水分,并干燥成粉状颗粒,最后颗粒状生料经加料装置进入回转窑进行烧结。实际工业应用表明,该工艺不但能降低建筑成本,也能够节约回转窑能耗,有较大的应用价值。

关键词:氧化铝;回转窑;喷雾干燥;烧结

中图分类号:TF821;TQ028.67

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2008)02-0066-03

Novel sintering process for alumina in rotary kiln based on spray drying tower

ZHANG Hong-liang¹, DING Feng-qi¹, CHEN Xiang-tao², ZOU Zhong¹

(1. School of Metallurgical Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. School of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: A novel process for alumina sintering in rotary kiln, namely the spray drying sintering process, is presented. The process flow of the technology is like this: the raw slurries are ejected into the dryer tower, where they are heated and dehydrated by exhaust gases from the end of rotary kiln or by the hot air from hot furnace, and then they are transformed into dry solid particles, which are finally fed into the rotary kiln. Industrial application shows that this technology can reduce the building investment and the energy consumption (more than 6%) of rotary kiln, and it is very valuable for sintering alumina plant.

Key words: alumina; rotary kiln; spray drying; sintering

由于国内铝土矿的缺陷,我国大部分氧化铝厂生产采用的都是烧结法或混联法,回转窑是这些工艺中最重要的设备。而在传统回转窑工艺中,都是将液态料浆通过喷嘴喷入回转窑中,再通过回转窑进行烘干与烧结。在非正常运行情况下,往往会存在一些问题:当回转窑内热交换不完全时,处理湿生料的热效率低,物料在窑内停留时间会变长,从而导致窑身要变长,窑的单位生产能力较低^[1]。

在水泥行业,窑外干燥技术在国外早有研究,20世纪50年代西德 Humboldt 公司创造所谓“窑外”旋涡热交换器,利用窑废气和悬浮态细粉进行热交换,许多前苏联公司和国外其他公司创造了一些用于水泥工业的旋涡热交换器,并取得了一定效果。我国在水泥回转窑外干燥技术上也取得了一定成果并获得一些推广^[2]。然而,在氧化铝熟料烧结回转窑中窑外干燥技术却鲜有报道。近年来,喷雾干燥技术

由于其干燥速度快、工艺流程简单、热效率较高等优点,已广泛应用于化学、食品和医药等领域,成为料浆造粒的最优方法之一^[3-8]。

1 窑外喷雾干燥烧结生产工艺

传统回转窑烧结工艺是将生料浆以雾状液滴喷入回转窑中,在回转窑中经过烘干带、预热带,再进入烧结带进行烧结。其流程如图1所示。

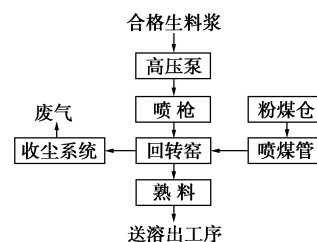


图1 回转窑烧结生产流程工艺简图

收稿日期:2007-09-24

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60634020)

作者简介:张红亮(1979-),男,博士生;丁凤其(1962-),男,高级工程师,主要从事铝电解过程控制、氧化铝生产与智能控制及电化学等方面的研究,通讯联系人,net_hotang@163.com。

然而,该工艺还存在一定的缺陷,如:在传统回转窑中,当热交换不完全时,处理湿生料的热效率较低;气流与物料间的热交换会不完全,物料在窑内停留时间变长,从而导致窑身变长,窑的单位产能较低,会损失更多的热量。本文采用了一种窑外干燥的回转窑烧结流程,如图2所示。

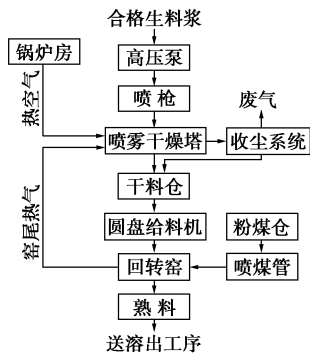
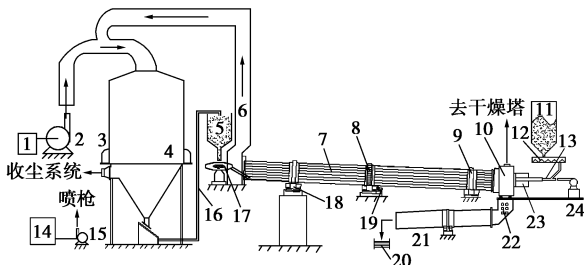


图2 回转窑窑外喷雾干燥烧结生产工艺简图

图2所示工艺中,调配好的合格生料浆经回转筛后用高压泵经设在干燥塔上的喷枪进入干燥塔。生料浆在干燥塔中采用喷雾干燥,热风由回转窑的尾气或热风炉提供,本文介绍的系统采用1窑2塔、1炉1塔的方案。其中热风炉热能和所有干燥塔中相并连,每条回转窑只与2个塔相连。生料浆经干燥后得到干生料,采用输送机、提升机经回转窑喂料系统进入回转窑,或者用输送机、提升机进入干生料库。干生料库中的干生料用输送机和提升机经圆盘喂料系统进入回转窑。从干燥塔出来的废气经过旋风收尘、电收尘或湿法除尘后经引风机进入烟囱。旋风收集的粉尘也进入上述干生料的输送机,经提升机进入干生料库或入窑饲料系统,其主要设备及设备流程图如图3所示。



1—热风炉;2—热风机;3—喷枪;4—料浆干燥塔;5—干料仓;6—窑尾罩;7—窑体;8—大齿轮;9—滚圈;10—窑头;11—粉煤仓;12—粉煤螺旋机;13—喷煤管;14—料浆槽;15—料浆高压泵;16—干料提升机;17—圆盘下料机;18—托轮;19—电机;20—裙式运输机;21—冷却机;22—下料口;23—看火室;24—鼓风机

图3 窑外干燥回转窑烧结设备简图

窑外喷雾干燥烧结工艺改变了回转窑的加料方

式,将生料浆在干燥塔中进行喷雾干燥,形成固态颗粒状生料,再使用圆盘给料机来实现回转窑的加料,取代了传统回转窑的生料浆喷雾加料方式。其最大特征在于将生料浆利用喷雾干燥进行烘干,并存储于生料仓中,因此回转窑中的物料喷雾干燥带将可以省去,只需将干燥颗粒经过预热便可以进行烧结,故可以避免在回转窑中进行喷雾干燥所带来的一些弊端,缩短回转窑的长度,减少回转窑辐射散热,并可以充分利用尾气中的热量。

在窑外喷雾烧结法中,干燥塔的作用是将料浆干燥成细小颗粒。氧化铝料浆在27℃条件下,以1.5~2.0 MPa的压力经过喷嘴并雾化成细小液滴,液滴再以高速进入干燥塔中,在干燥塔顶部,热空气(约400℃)以16 m/s左右的速度进入干燥塔,二者在干燥过程中相遇,液滴经过高温气体的加入,达到沸点,里面的水分不断被蒸发,最终被干燥成固态颗粒,由干燥塔底部排出。

本文所介绍的干燥塔的物理模型基本参数为:干燥塔整体高度为16.60 m;干燥塔中部圆柱体直径为8.00 m;热空气设备入口直径为2.00 m;废气出口设备直径为1.25 m;固体出口直径为0.50 m。

2 工业应用结果讨论

自2005年以来,该工艺已在2个氧化铝厂成功应用,目前生产稳定。任选其中的1个作为分析对象,现场的生产数据和烧结过程的主要工艺数据以及主要的物流量如表1和表2所示,任取2天干燥塔的工艺检测数据列于表3。

表1 窑外干燥烧成系统主要工艺条件

| 项目 | 工艺条件 |
|-------------------------------|-----------|
| 干生料水分(质量分数)/% | ≤5 |
| 煤粉水分(质量分数)/% | <2 |
| 熟料碱比(摩尔比) | 0.92~0.97 |
| 熟料钙比(摩尔比) | 1.5~1.8 |
| 出口烟气含尘质量浓度/mg·m ⁻³ | ≤150 |
| 烧成煤耗/kg·t ⁻¹ | 150.02 |

表2 烧成过程主要物料流量表

| 物料 | 吨氧化铝单耗量/t | 流量/t·h ⁻¹ | |
|-----|-----------|----------------------|-------|
| | | 平均流量 | 最大流量 |
| 干生料 | 4.95 | 28.23 | 37.17 |
| 熟料量 | 3.67 | 20.95 | 27.11 |
| 烧成煤 | 0.55 | 3.14 | 4.07 |
| 生料煤 | 0.22 | 1.26 | 1.63 |

注:生产1 t氧化铝生料浆耗量5 m³,氧化铝平均流量为28.52 m³/h。

表3 干燥塔的2天生产数据

| 班次 | 水分(质量分数)/% | 体积密度/ g·cm ⁻³ ① | 废气温度/℃ |
|-----|------------|-------------------------------|--------|
| 甲 | 4.11 | 0.81 | 105 |
| 乙 | 3.81 | 0.79 | 106 |
| 丙 | 1.03 | 0.87 | 127 |
| 甲 | 4.05 | 0.80 | 112 |
| 乙 | 3.91 | 0.80 | 111 |
| 丙 | 1.77 | 0.76 | 132 |
| 平均值 | 3.11 | 0.81 | 116 |

注:①旧称容重(容积重量),计算公式为 $D_b = m_1 D_1 / (m_3 - m_2)$, 式中 m_1 、 m_3 分别表示干燥试样的质量和饱和试样在空气中的质量; m_2 表示饱和试样的质量(g); D_1 指实验温度下浸渍液体的密度(g/cm³)。

根据现场数据,每吨熟料生料加煤 60.01 kg,发热值为 28.00 MJ/kg,熟料烧成煤 150.02 kg,发热值为 27.82 MJ/kg,则其能耗为 5 853.8 MJ/t(熟料)。以某传统铝厂 $\Phi 4.5 \text{ m} \times 110 \text{ m}$ 的回转窑作为比较对象^[9],主要的技术指标对比见表4。

表4 喷雾干燥烧结法与传统工艺的主要技术指标对比

| 名称 | 传统回转窑工艺 | 喷雾干燥烧结工艺 |
|-------------------------|-----------------------|-----------------|
| 窑规格/m | $\Phi 4.5 \times 110$ | 3.2×72 |
| 窑产能/t·h ⁻¹ | 50.3 | 22.0 |
| 单位热耗/MJ·t ⁻¹ | 6235.7 | 5853.8 |
| 单位煤耗/kg·t ⁻¹ | 240.0 | 220 |
| 废气温度/℃ | 200 | 153 |

从表3可以看出,经过干燥后的物料的水分质量分数平均值约为3%,水分质量分数的最高值也小于5%,这说明干燥塔能起到较好的干燥效果;干料的密度平均值为0.808 g/cm³,且密度的波动在0.8 g/cm³左右,说明干料的内部颗粒结构较合理;干燥塔的尾气温度平均为115.5℃,说明了干燥塔能较好地利用热空气的热量,其热效应较高。

表4中的数据则表明:与传统回转窑烧结工艺相比,本文所提出的新工艺节约能耗381.9 MJ/t,能耗降幅达6.124%。按每年工程正常运行300天计算,则对于1个传统的氧化铝回转窑,可节约煤约4 975 t/a,减少煤耗费用约250万元/a。

实际应用效果表明:由于窑长度缩短,干燥塔的造价较低,回转窑总体建设成本相对于同等产能的传统回转窑有了下降;由于去掉了干燥段,回转窑的运行故障率得到大幅降低;回转窑的热效率得到提高,这一点可以从窑尾废气温度得到体现(所提出方法的废气温度为153℃,低于传统工艺的200℃)。由此可见,本文所提出的短窑干法烧结法能克服湿法大窑的一些缺陷,具有较大的推广应用价值。

然而,由于现场各种因素的影响,雾滴在干燥过程中易聚集成团,造成出料口堵塞,或颗粒未完全干燥而附在塔壁上形成“结疤”现象,影响干燥塔正常运行。这些方面需从设计和操作条件等进行改进,这将是下一步工作的重点。

3 结论

介绍了一种氧化铝熟料回转窑窑外干燥的新工艺及其工艺流程。实际工业应用结果表明,氧化铝熟料回转窑窑外干燥工艺能较好的应用于氧化铝生产过程中;干燥塔能很好地满足生料的干燥要求(平均含水质量分数<5%),该工艺可以缩短回转窑的长度,从而降低回转窑造价,并减少氧化铝的生产能耗(节省能耗6.124%),值得推广。

参考文献

- [1] 毕诗文. 氧化铝生产工艺[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 242-250.
- [2] 陈全德. 新型干法水泥技术原理与应用[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 2004: 153-180.
- [3] 潘朝群. 喷雾干燥法烟气脱硫工艺评述[J]. 重庆环境科学, 2003, 25(8): 43-46.
- [4] 王春维, 胡奇伟. 喷雾干燥血浆蛋白粉生产工艺研究进展[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(3): 396-399.
- [5] 刘建学. 全藕粉喷雾干燥工艺试验研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(9): 229-231.
- [6] Straatsma J, van Houwelingen G, Steenbergen A E, et al. Spray drying of food products: 1. Simulation model[J]. Journal of Food Engineering, 1999 (42): 67.
- [7] Erdöl Aydın N, Nasün G Saygılı. Modelling of trona based spray dry scrubbing of SO₂[J]. Chemical Engineering Journal, 2007(126): 45.
- [8] Parti M, Palancz B. Mathematical model for spray drying[J]. Chem Eng Sci. 1974, 29(2): 355-362.
- [9] 冯文洁, 赵志英, 卜天梅, 等. 氧化铝熟料窑节能途径分析[J]. 有色冶金节能, 2004, 21(1): 14-17. ■