

气体悬浮焙烧炉的应用和改进^{*}

张洁,冯国政

(中国铝业公司中州分公司,河南焦作,454174)

摘要 通过对气体悬浮焙烧炉工作原理的研究,就气体悬浮焙烧炉在实际生产中存在的问题,提出了改进措施,对影响产量的几个因素进行分析,并对影响因素进行了技术改造。

关键词 气体悬浮焙烧炉;旋风筒;煤气热值;主炉温度;二次进风;技术改造

中图分类号 TF806.11 **文献标识码** B **文章编号** 1001-0076(2002)06-0042-05

Application of Gas Suspension Calciner(GSC) and its Improvement

ZHANG Jie, FENG Guo-zheng

(Zhongzhou Branch of China Aluminium Co. Ltd., Jiaozuo, Henan Province, 454174)

Abstract : Based on work mechanism study of GSC, the improvement measures against problems existing in the production practice are put forward in this paper. Some factors affecting on calciner yield are analyzed, technological transformations based on the analysis of factors are carried out.

Key words : GSC; cyclone collector; heat value of gas; calciner temperature; secondary air; technological transformations

气体悬浮焙烧炉是在细固体颗粒料流态化技术成熟后发展起来的高技术含量焙烧设备。与传统回转焙烧窑相比,该焙烧炉具有运转设备少、能耗低、易于监控、自动化程度高、检修费用低等优点。我厂引进的丹麦 FL-Smith 公司的气体悬浮焙烧炉自 1993 年初投产以来,经过不断的探索和技术上的改造,使焙烧炉产能超过了设计产能的 35%,创造了良好的经济效益。

1 气体悬浮焙烧炉工作原理

气体悬浮焙烧炉的工作流程见图 1:含

水湿氢氧化铝滤饼由螺旋饲料机饲入文丘里管干燥器,经 380℃ 的烟气闪速干燥,并带到旋风筒分离。废气降至 160℃ 经电收尘进一步净化后,由烟囱排空,电收尘收下的粉尘,含有约 5% 的氧化铝,吹送到焙烧炉高温旋风筒下排料管,与高温氧化铝一起进入冷却系统。干燥的氢氧化铝被来自焙烧炉、分离了氧化铝的 1150℃ 的高温烟气预热焙烧到 300~400℃,脱除大部分结合水,经旋风分离器分离,落入焙烧炉中。焙烧温度约在 950~1250℃ 之间,燃料(煤气)由主焙烧炉(PO4)下燃烧站喷入燃烧,下落的物料呈悬

^{*} 收稿日期:2002-09-23

作者简介:张洁(1968-),男,河南商丘人,包头钢铁学院冶金机械专业学士。

浮状态,与高温燃烧的气体相遇。 380°C 的烟气去文丘里管干燥器。氧化铝在焙烧炉停留数秒钟^[1],燃烧产物挟带物料由炉顶进入高温旋风分离器(P03)分离。焙烧氧化铝落入串联四级旋风分离器,与常温空气对流直接换热,冷却到 $125\sim 250^{\circ}\text{C}$,再经一级流态床冷却器,用水间接换热,冷却到 $50\sim 80^{\circ}\text{C}$ 放出,空气被加热到 840°C ,去焙烧炉作为燃烧用空气。整套装置仅风机以及饲料和输送设备为运转设备。由于风机的功率最大,耗电最多,配备了带变速器的绕线电动机,可以变化转速以适应不同产量时的风量要求。

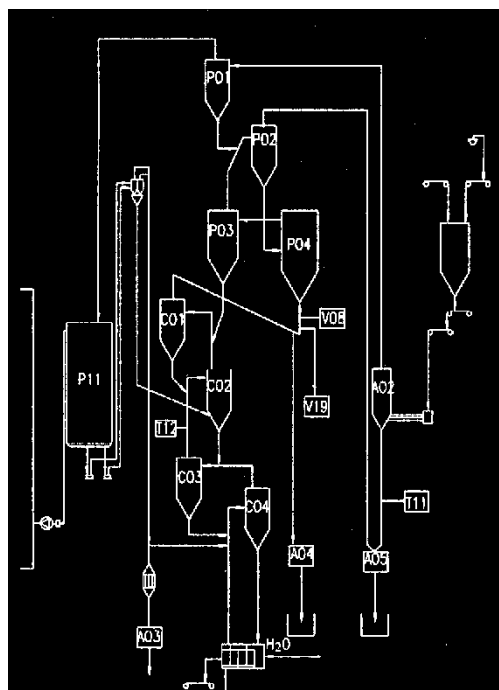


图1 焙烧炉流程图

气体悬浮焙烧炉(G.S.C)的工作原理如图2所示。气体悬浮焙烧炉和热旋风分离器组成了一个反应-分离联合体。焙烧炉是内衬耐火材料的圆筒形容容器,底部是锥体。约 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ 被预热和部分焙烧过的氢氧化铝进入反应器中,物料入口的方向与锥底平行。焙烧炉的燃烧空气来自氧化铝冷却部分,已

被预热到 $850\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。燃烧空气从炉子底部进入焙烧炉。焙烧过的氧化铝在热旋风分离器中分离出来,进入冷却系统。

焙烧炉采用低热煤气作为燃料,燃料进口放在锥体部分下边的燃烧空气进口管道中。设计上给出了空气和煤气的三个混合段。第一段是每一个喷咀周围的环境;第二段是放置燃烧器位置与焙烧炉锥部进口之间的垂直管道;第三段是焙烧炉的锥底部分,这里的混合是由炉径的变化和预焙烧氧化铝的加入而引起的。

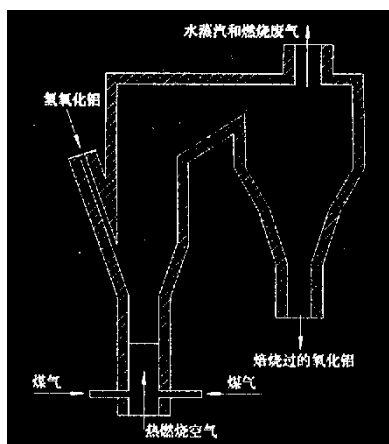


图2 气体悬浮焙烧炉工作原理

炉内没有安装气体分配栅,只靠底部锥形部分形成的旋涡区的隆起来支承物料。焙烧炉中固体-流体在焙烧炉底部的旋涡区进行返混,在旋涡区以上的部分是柱塞-流动或连续空气输送。这样比较大的颗粒由于极限速度比较高,它的停留时间要比小颗粒的停留时间长,所以不论颗粒大小如何,都可以得到均匀的焙烧。

由于炉内物料、燃料和来自旋涡区上部的燃烧产物相混合,炉子从下到上整个部分的燃烧均匀而没有火焰,热物料被燃烧气体所包围。由于颗粒与气体之间的热传递速度高,气体的温度只比物料的温度稍微高一点。

2 气体悬浮焙烧炉应用与改进

2.1 影响焙烧炉产能的原因

在保证焙烧氧化铝高质量的前提下,经过技术改造,我厂焙烧炉实现了 1998 年 3 月份连续超千吨的记录,且连续稳产在 1150t/d,成功地实现了引进设备再改进。

影响焙烧炉产能的因素很多,经过多年的实践,总结其主要因素有以下几个方面:

2.1.1 煤气热值、水分等对产量的影响

焙烧炉的台时产能和氧化铝质量和主炉

(PO4)的焙烧温度有直接关系,确保主炉的出口温度在 1140~1160℃ 是保证质量和稳定高产的关键,其次煤气热值、煤气流量、冷风入炉量(风门开度)等影响因素保持量的平衡是重要的,而氢氧化铝的水分也不可忽视。1997 年 12 月份与 1998 年 3 月份氧化铝产量及影响因素见表 1。

表 1 1997 年 12 月份与 1998 年 3 月份焙烧炉氧化铝(AO)产量及相关因素焙烧炉对比

日 期	1998 年 3 月												
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
AO 日产量(t)	900	920	910	912	913	977	1022	1001	954	876	924	883	865
煤气热值(MJ/Nm ³)	5.65	6.69	5.67	5.8	5.61	5.76	5.76	5.75	5.82	5.77	5.61	5.65	
煤气耗量(Nm ³ /h)	376	377	373	376	390	394	409	409	384	376	397	389	396
AH 水分(%)	12.08	11.92	12.25	12	12.06	12.17	10.38	12.08	12.25	12	12.5	11.83	12.67
风门开度(%)	47.34	49.02	48.07	49	49.41	53.97	60.55	64.65	66.48	66.92	74.17	71.67	63.27

日 期	1997 年 12 月												
	5	6	7	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19
AO 日产量(t)	872	855	880.6	856	845.5	854.5	852.9	836.9	885.1	876.1	851.9	848	878.8
煤气热值(MJ/Nm ³)	5.27	5.35	5.45	5.3	5.3	5.41	5.41	5.51	5.58	5.49	5.35	5.46	5.59
煤气耗量(Nm ³ /h)	403	404	411	404	412	414	522	423	431	428	427	438	431
AH 水分(%)	11.67	11.98	11.5	11	10.92	10.92		11.67	12.25	11.83	11.83	10.43	12
风门开度(%)	43.45	41.43	48.23	41	40.47	42.56	43.66	42.86	44.68	47.52	43.51	43.44	44.98

从表 1 中可以看出,煤气热值和氢氧化铝水分是影响焙烧炉高产的两个因素。在这两个主要因素稳定的情况下,煤气量和进风量则是焙烧炉进一步提产的关键。

(1)Al(OH)₃ 水分对焙烧炉产量的影响。煤气热值相同其它因素可比的情况下,可以看出,随着水分降低,氧化铝日产量提高。

(2)煤气热值对焙烧炉产量的影响。煤气质量的好坏,对焙烧炉产量的影响较为明显。从列出的数字看,1997 年 12 月平均水分为 11.52%,1998 年 3 月平均水分为 11.94%。1998 年 3 月份水分平均值高出 1997 年 12 月份 0.4%,1998 年 3 月份平均氧化铝日产量高出 1997 年 12 月份 71.62t, 万方数据

煤气平均日消耗减少了 39.2m³,风门开度增大了 15.1%。从上述数据可看出,煤气热值的提高既大大提高了焙烧炉的日产量,也降低了氧化铝生产成本。

(3)风门开度的影响。风门开度的大小,决定着二次进风的大小,煤气与进风最佳配比是高产低耗的有效途径。从 1998 年 3 月 23、24、25 三天的数据来看,焙烧炉的高产与风门的开度增加有极大关系。

2.1.2 进风对产量的影响

在整个氧化铝焙烧过程中,正常冷风是由一级流化床冷却器和冷风入口摄入的,冷风在参与燃烧前,空气和高温氧化铝在每个旋风冷却器进口管道是以同流方式进行。从

整体效果来看,高温氧化铝和冷风之间进行逆流换热,冷空气被预热到 $600\sim 800^{\circ}\text{C}$,在主炉参与燃烧创造了条件。由于人孔门、各膨胀节密封不严,造成漏风的。非正常进风严重影响了高温氧化铝与冷空气之间的热交换过程,使得出料温度升高,参与燃烧的空气温度达不到需要的温度,主炉以上的漏风带走了部分热量,增加热量损失。为保持主炉的温度,煤气耗量增加。

2.2 焙烧炉提产措施与技术改造

2.2.1 降低氢氧化铝水分

氢氧化铝的焙烧过程即为高温下脱去附着水和结晶水的过程。在整个焙烧过程中,在基点为 0°C 热平衡为:(1)附着水蒸发 427kJ/kg ;(2)反应热 1970kJ/kg ;(3)灰尘带走热 8.4kJ/kg ;(4)散热损失 189kJ/kg ;(5)物料带走热 184kJ/kg ;(6)废气带走热 448kJ/kg ;(7)附着水带进热 -37.7kJ/kg ;(8)干物料带进热 -96.4kJ/kg ;(9)空气带进热 -17kJ/kg ;(10)煤气带进热 -25kJ/kg ;(11)从流态化冷却器带进热 -12.6kJ/kg ;(12)煤气燃烧释放热 3038kJ/kg 。

从以上热平衡给出的数据可以看出,含水氢氧化铝在高温下脱水生成氧化铝过程中,所消耗热量占煤气燃烧释放热的80%以上。因此,降低入炉氢氧化铝含水率不仅能够提高产量,而且降低消耗,节约成本。为降低氢氧化铝附着水,在氢氧化铝储仓,采取了分区堆放、分层取料、均衡供料等措施。对于氢氧化铝平盘过滤机,进行了降低氢氧化铝水分的改造。在铈气盘上,对真空区、弱滤液区、强滤液区和烘干区进行了重新分配,扩大了真空区和烘干区。经改造后,在不增加能耗的前提下,使氢氧化铝大仓和平盘过滤机供料附着水由原来的12%降到了8%。焙烧炉的无用能耗大大降低,提高了焙烧炉产量,降低了消耗。

万方数据

2.2.2 通过技术改造,减少漏风量

焙烧炉主要漏风点在检修用人孔,焙烧炉共有人孔38个,原设计为高温水泥平面密封如图3(a)所示。由于人孔门浇注料护铁和人孔门护铁之间有较大的间隙,人孔门的间隙通常是在人孔门和人孔门框间用高温水泥密封,高温气体在间隙中造成涡旋,使人孔门护铁和人孔护铁磨损,高温水泥易脱落,使密封失效。根据电收尘测定的报告,其漏风系数平均达到1.15。经过如图3(b)所示的结构改造,在密封面间用镶嵌式石棉盘根代替平面高温水泥进行密封,以保证两结合面的严密,取得了良好的效果。

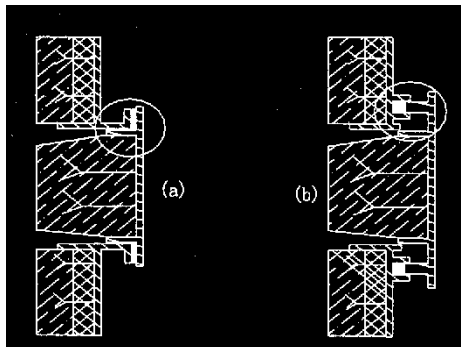


图3 人孔门改造图

2.2.3 燃烧系统的改造

通过杜绝漏风、降低氢氧化铝入炉水分和进行强化操作管理,焙烧炉在1997年11月首次实现达产达标。随着我厂生产能力进一步提高,焙烧炉达产达标的产能已不能满足生产发展的要求,进一步提产已迫在眉睫。由于保证主炉温度在 $950\sim 1250^{\circ}\text{C}$ 是获得合格氧化铝的首要因素,因此,提产首先要有足够的燃气提供热量。焙烧炉所用煤气是由燃烧站一个V08喷咀和八个V19喷咀来提供的。在煤气压力不变的情况下,通过喷咀的煤气量是一定的。为了加大煤气燃烧量,我们在燃烧站原有九个喷咀的基础上,增加了两个V19喷咀。煤气燃烧是一个平衡过程,

在增加煤气摄入量后,空气摄入量也相应增加。我厂焙烧炉是负压操作,负压是由炉后 ID 风机产生。风机风门全开后风量不能满足焙烧炉平衡燃烧的要求,根据风机流量与转速的关系,对风机减速机进行了减小速比的改造。

ID 风机的设计性能:风压 $P = 6530 \text{ Pa}$, 流量 $Q = 34.29 \text{ m}^3/\text{s}$; 风机转速 $n_2 = 1362 \text{ r/min}$ 减速机速比 $i = 1.087$; 电动机:功率 $N = 560 \text{ kW}$, 电压 6 kV , 转速 $n_1 = 1480 \text{ r/min}$ 。

根据计算公式:

$$\text{轴功率} = Q \times \Delta P_t / 1000 \eta \quad (\text{kW})$$

式中: Q ——风机入口的气体流量, m^3/s ; ΔP_t ——风机的全风压, Pa ; η ——风机的空气效率。

ID 风机在气体平均温度为 145°C 的情况下,风机的性能达到了设计性能,风机的轴功率为 506.12 kW ,未达到电机的额定功率,根据关系式 $Q_1/Q_2 = n_1/n_2$; $N_1/N_2 = (n_1/n_2)^3$ 。将大齿轮的齿数变为 49,小齿轮的齿数变为 47,保证其中心距不变,速比变为 1.043。改造前后的风机转数比 n_1/n_2 为 0.959,所需的轴功率为 572.91 kW ,不需改变电机的配置。通过改造,提高了 ID 风机风量,使焙烧炉产能得到很大提高。

2.2.4 设备改造,提高设备运转率

在投料试车阶段,由于设备配置缺陷,故障停车率较高,特别是电收尘返灰系统,由于故障频繁,使得焙烧炉每半月有时每 5d 就要停炉一次对返灰系统进行检修。原设计返灰系统由返灰螺旋、星形出灰机(即分格轮)、罗茨鼓风机组成,运转设备多,泄漏点多。星形出灰机在设计中同时起着下料均匀和防止返风的密封作用,因此,星形出灰机中的星形轮与机壳的间隙很小,高温收尘料造成星形轮与星形轮支承轴承膨胀而卡死。电收尘返灰螺旋设计长度为 16.1 m ,为防止下弯产生刮帮,中间用吊瓦支承,支承吊瓦在电收尘内

部,其内部温度高达 150°C 以上,无法实现润滑,造成支承瓦与轴的干摩擦,检修频繁。针对原设计中存在的问题,我们做了如图 4 的改造。将星形出灰机和罗茨鼓风机改为双翻板阀和吹灰器结构,用高压风为输送动力。由于上下翻板阀动作有时间差,使得下料管始终处于封闭状态,避免了吹料风的上返。螺旋吊瓦由原来的内置改为外置,增加了润滑,并对螺旋轴做填料密封,经过改造,由原来的每 5d 进行检修一次延长到 2~3 年检修一次,取得了良好的经济效益。

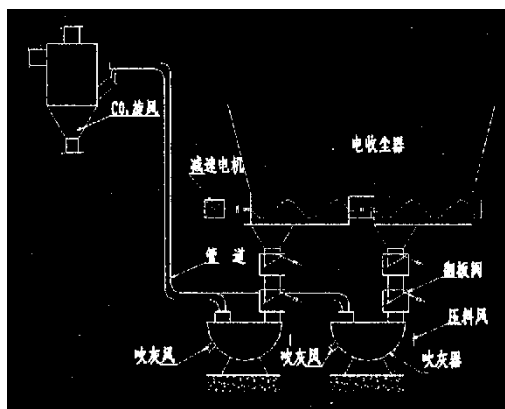


图4 改造后返灰系统

3 结束语

设备管理就是一个不断挖掘设备潜力、以较小的投入获得高产的过程。气体悬浮焙烧炉通过大胆探索,从技术改造和严格管理入手,取得了良好的经济效益,对引进设备的使用和改进提供了良好的借鉴。

参考文献:

- [1] 阎鼎欧. 氧化铝生产[M]. 长沙:中南工业大学出版社.