

Research and Application of Methods for Improving the Grading Ratio of Finished Graders

Chao Fan Wentao Wei* Xing Xie

Yunnan Wenshan Aluminum Co., Ltd., Wenshan, Yunnan, 663000, China

Abstract

The grade ratio refers to the ratio of the particle size of aluminum hydroxide in the finished grading machine to the particle size of the bottom flow aluminum hydroxide. The grade ratio directly reflects the particle size of aluminum hydroxide, and the diameter affects the particle size of the product alumina. This paper focuses on the improvement of the grading ratio method in the production process. By analyzing the reasons for the low grading ratio, increasing the feed pressure, reducing the stiffening content of the feed, adopting the reasonable diameter of the sinking sand nozzle, improving the maintenance quality and other measures, the grading ratio of the finished product grader was effectively improved to 2.23, so that the grading ratio reached the leading level of the industry. It not only improves the product quality, but also solves the production bottleneck problem, improves the operation efficiency of the system, and reduces the labor intensity of workers.

Keywords

grading ratio; feed pressure; feed content; sediment tip diameter; grain size

提高成品分级机分级比方法的研究与应用

范超 韦文涛* 谢兴

云南文山铝业有限公司, 中国·云南文山 663000

摘要

分级比是指成品分级机进料氢氧化铝粒度与底流氢氧化铝的粒度的比值。分级比的高低直接体现氢氧化铝粒度粗细, 直接影响产品氧化铝的粒度。论文重点在生产过程中提高成品分级机分级比方法的研究。通过分析分级比低的原因, 提高进料压力, 降低进料固含, 采用合理的直径的沉沙咀, 提高检修质量等措施, 有效提高成品分级机分级比至2.23, 使分级比达到了行业领先水平。不仅改善了产品质量, 同时解决了生产瓶颈问题, 提高了系统运行效率, 降低了工人劳动强度。

关键词

分级比; 进料压力; 进料固含; 沉沙咀直径; 粒度

1 引言

拜耳法氧化铝产品一般为沙状氧化铝与粉状氧化铝, 市场上需求和使用量最大的是沙状氧化铝。某公司采用水力旋流器对分解槽尾槽的料浆进行旋流分级, 把粗颗粒的氢氧化铝送至平盘过滤机, 再通过焙烧炉的煅烧后得到沙状氧化铝。

2 成品分级机的原理及系统工艺简介

成品分级机是由多个水力旋流器组合而成的。结构分为进料箱、水力旋流器、底流箱、溢流箱等。水力旋流器的

上部呈圆筒形, 下部呈圆锥形。料浆在一定压力下沿切线方向送入在内部高速旋转, 因而产生了很大的离心力, 在离心力和重力的作用下, 较粗的颗粒被抛向管壁, 做螺旋向下运动, 最后由沉砂嘴排除。较细的颗粒形成旋转, 沿中心向上升起, 至溢流管排除。

分解1号出料槽的氢氧化铝料浆配上的稀释母液, 通过泵输送到成品分级机进料箱, 再分配到多个同样的旋流器内, 通过旋流分级, 细颗粒氢氧化铝在旋流器内部往上走通过溢流咀进入分级机溢流箱, 溢流至分解槽2号出料槽; 粗颗粒的氢氧化铝受重力作用在旋流器内部往下走通过沉沙咀进入分级机底流箱, 自流输送到平盘过滤机, 加水洗涤过滤后得到合格的氢氧化铝, 在输送至焙烧炉煅烧后得到砂状氧化铝。

成品分级机工艺流程如图1所示。

【作者简介】范超(1985-), 男, 中国云南昭通人, 本科, 高级工程师, 从事氧化铝生产技术研究。

【通讯作者】韦文涛(1984-), 男, 中国云南文山人, 本科, 工程师, 从事氧化铝生产技术研究。

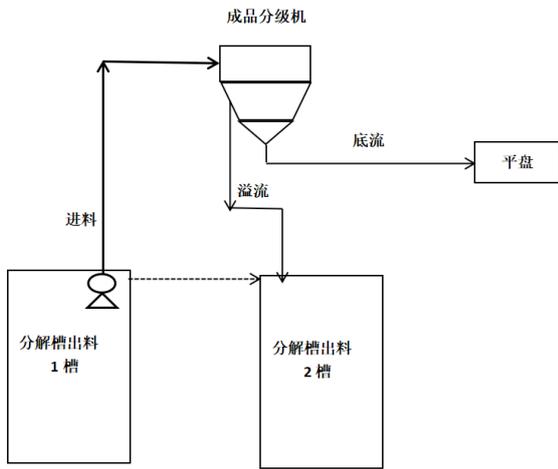


图 1 成品分级机工艺流程图

3 成品分级机分级比低的原因及制定目标

3.1 分级比的概念

生产过程中我们通常使用分解槽中氢氧化铝 -45um 平均粒度除以平盘过滤机过滤后氢氧化铝 -45um 粒度得到分级比，我们称为总分级比。总分级比越高，说明成品分级机分级效果好，产品氢氧化铝粒度较粗，焙烧出来的氧化铝粒度较好；总分级比越低，说明成品分级机分级效果差，产品氢氧化铝粒度较细，焙烧出来的氧化铝粒度较差。

3.2 提高分级比的重要性及目标

氧化铝粒度取决于分解槽内氢氧化铝粒度和总分级比，特别是当分解槽内粒度细化时，总分级比尤为重要，直接关系到氧化铝的产品质量。某公司分解槽有三个系列，每个系列有对应的 2~3 台成品分级机，一般情况下，每个系列需要开 1~2 台成品分级机。总分级机运行台数为 4~5 台。2023 年公司成品分级机总分级比平均为 1.41，产品氧化铝粒度波动大，满足不了外部市场质量需求。对标同行业指标如表 1 所示。

表 1 对标同行业指标

公司名称	分解粒度	平盘粒度	分级比
广西 A 公司	10%~15%	5%~8%	2.0
广西 B 公司	13%	6%	2.16
广西 C 公司	16%	8%	2.0
本公司	22%	15%	1.41

对标同行业指标，发现本公司分级比较同行业落后太

多，因此计划提高成品分级机总分级比 ≥ 2.0 ，优化氧化铝产量粒度。

4 提高成品分级机分级比方法的研究

4.1 分析成品分级机分级比低的原因

目前，运行 4~5 台分级机才能满足产品需求，单台分级机分级比为 1.22~1.48，单台分级机分级效果差，而且波动大，是造成总分级比较低的原因。影响成品分级机分级效果的原因主要分为：进料压力、进料固含、进料温度和粘度、进料粒度、沉沙咀直径、溢流咀直径、椎体角度、底流破损等。其中进料温度和粘度、进料粒度需要长期的调整分解制定来控制，椎体角度一般情况下是成品分级机出厂时就固定的。我们能调控因素有进料压力、进料固含、沉沙咀直径、溢流咀直径、底流破损。

4.2 分析进料固含对分级比的影响

我们使用分级机沉沙咀型号为 $\phi 20$ 的，在保证一定的进料压力 ($\geq 0.12\text{MPa}$) 的情况下对一二组成品分级机进行了实验研究。

从表 2 中我们可以看出，成品稀释母液平均为 $155.8\text{m}^3/\text{h}$ 时，进料固含为 489.4g/L ，分级比平均为 1.6。当稀释母液量为 $177\text{m}^3/\text{h}$ ，进料固含为 422.6g/L ，分级比提高至 1.76。当成品稀释母液平均为 $115.9\text{m}^3/\text{h}$ ，分级机进料固含为 654.3g/L ，分级比平均为 1.3。因此我们得出结论：在固定的沉沙咀尺寸下，保证成品分级机一定的进料压力时，进料固含对分级比的影响很大。进料固含越高分级比越低。进料固含越低，分级比越高。需要得到较高的分级比 (≥ 1.6) 时，需要提高稀释母液流量，降低进料固含至 $\leq 500\text{g/L}$ 。但是考虑分解工序需要控制液量平衡，成品分级机稀释母液不能无限地提高。

4.3 分析沉沙咀直径对分级比的影响

目前成品分级机沉沙咀直径型号有 $\phi 35$ 、 $\phi 30$ 、 $\phi 25$ 、 $\phi 20$ 、 $\phi 18$ 、 $\phi 16$ 共 6 种。我们分别试验了不同型号沉沙咀的分级效果。

从表 3 中可以看出，当运行压力稳定在 $0.12\sim 0.13\text{mpa}$ 时，使用 $\phi 25$ 的沉沙咀，当进料固含控制在 403g/L ，分级比为 1.28。使用 $\phi 20$ 的沉沙咀，当进料固含控制在 411g/L ，分级比为 1.57。使用 $\phi 18$ 的沉沙咀，当进料固含控制在 458g/L ，分级比为 1.69。使用 $\phi 16$ 的沉沙咀，当进料固含控制 446g/L ，分级比为 1.79。

表 2 进料固含实验数据表

日期	分级机	进料压力 (MPa)	配母液量 (m^3/h)	沉沙咀型号	进料固含 (g/L)	进料粒度	底流粒度	分级比
9.26—10.24	I -3#	0.14	155.8	$\Phi 20$	489.4	22.2	14.2	1.6
9.26—10.24	I -3#	0.14	177	$\Phi 20$	422.6	22.5	12.8	1.76
9.26—10.18	II -3#	0.15	115.9	$\Phi 20$	654.3	23.6	18.5	1.3

表 3 沉沙咀直径实验数据表

日期	分级机名称	进料压力 (MPa)	沉沙咀型号	进料固含 (g/L)	底流固含 (g/L)	进料粒度	底流粒度	分级比
1.7—1.24	I -3#、II -3#	0.13	Φ25	403	776	34.7	27.5	1.28
1.3—1.27	II -2#	0.12	Φ20	411	809	35.4	22.7	1.57
1.7—1.25	I -2#	0.13	Φ18	458	766	34.3	20.3	1.69
1.26—2.7	I -1#	0.14	Φ16	446	858	31.1	17.4	1.79

因此,我们得出沉沙咀的直径对分级比的影响较大,在其他条件一致的情况下,沉沙咀直径越大,分级比越低;沉沙咀直径越小,分级比越高。但沉沙咀越小,运行过程中越容易堵沉沙咀,导致分级机产能降低。因此成品分级机沉沙咀直径常用的为 $\phi 16$ 、 $\phi 20$ 和 $\phi 25$ 。结合投产前期使用的 $\phi 35$ 和 $\phi 30$ 的沉沙咀材质是塑料的磨损严重,导致沉沙咀直径波动大。因此采购了陶瓷耐磨的沉沙咀,消除了因沉沙咀磨损导致的分级效果降低的现象。

4.4 分析进料压力对分级比的影响

为了研究和分析进料压力对分级机分级效果的影响,我们从 1 月至 3 月份分别试验了不同运行进料压力情况下的分级比情况。

当进料固含稳定在 350~450g/L 之间时,分级机运行压力对分级比有正相关,成品分级机分级比随着压力的升高而升高。在运行压力低于 0.06MPa 时,分级机溢流量很小,大部分氢氧化铝料浆在旋流器内部直流而下,分级效果很差。当分级比要求 ≥ 1.6 时,分级机运行压力需 ≥ 0.12 MPa。但分级机运行压力越高,料浆对成品分级机旋流器内部磨损越严重,当分级机运行压力 ≥ 0.18 时,分级机旋流器经常出现磨通漏料或者刺料现象,导致现场操作的安全风险增大。

4.5 分析溢流咀及底流粒度破损情况

分级机溢流咀是安装在旋流器溢流管上,主要作用是保证旋流分级后细颗粒的通过。当分解槽内氢氧化铝的粒度较粗时,细颗粒少,我们选用较小的溢流咀。当分解槽内氢氧化铝粒度较细时,需要选用较大的溢流咀,保证细颗粒的大量通过,稳定分级效果。

成品分级机底流,通过管道直流输送至平盘料浆槽,再通过料浆泵输送至平盘过滤机进行洗涤过滤,产出氢氧化铝产品。在输送过程中会产生一定的氢氧化铝粒度破损。

影响成品分级机分级比最主要的因素有沉沙咀直径、进料固含、进料压力。采用较小直径的沉沙咀,降低成品分级机进料固含 ≤ 450 g/L,提高成品分级机进料压力 ≥ 0.12 MPa,可以得到较高的分级比。反之分级比降低。

5 提高成品分级机分级比的措施

5.1 进料流程改为卧室泵供料,稳定进料压力

成品分级机进料由安装在分解槽出料槽顶部的成品沉没式泵提供,但由于氧化铝生产中矿石带入的有机物在分解槽会产生大量的泡沫漂浮在分解槽顶部。所以当沉没泵工作时吸入大量的泡沫导致沉没泵供料流量波动大,造成成品

分级机进料压力波动大,导致成品分级机分级比波动大。

因此,把沉没式泵供料流程改为了卧室式泵供料流程。即在分解槽下安装一台卧室泵,在分解槽出料槽顶液面往下 5m 的位置安装一个出料阀,通过管道输送至卧室泵,再由管道输送至成品分级机。此流程改为后,彻底解决了成品分级机供料不稳定或者进料不够的问题。保证了成品分级机的进料流量和进料压力。进料流程改造后如图 2 所示。

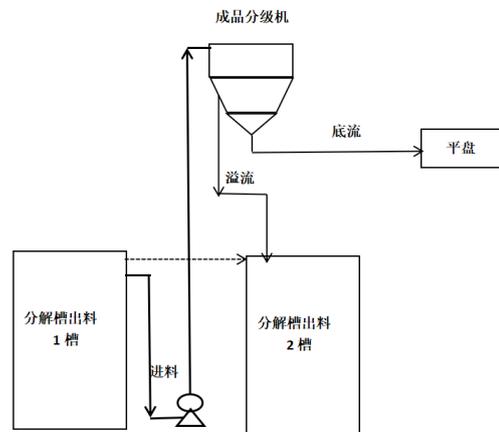


图 2 进料流程改造后

5.2 稀释母液流程改造,提高稀释母液量,降低进料固含

分解槽内固含控制为 900~950g/L 范围内,为了提高成品分级机的分级效果,我们需要把固含降至 450g/L 以下。假设需要添加的母液量为 V_1 ,分级机进料 900~950g/L 固含的流量为 V_2 ,成品分级机设计进料流量为 500m³/h。

经计算公式 (1): $900 \times V_2 / (V_1 + V_2) = 450$, $V_1 + V_2 = 500$ m³/h 得出: $V_1 = 250$ m³/h, $V_2 = 250$ m³/h。经计算公式 (2): $950 \times V_2 / (V_1 + V_2) = 450$, $V_1 + V_2 = 500$ m³/h 得出: $V_1 = 236.8$ m³/h, $V_2 = 263.2$ m³/h。所以当分解槽固含为 900~950g/L 固含时,成品分级机进料固含降至 450g/L 以下时,我们的稀释母液需要 250~263.2m³/h。而成品分级机稀释母液流程为分级母液泵供料,分级母液泵设计流量为 240m³/h,而且还负责供给中间降温及分解槽下管道流程的冲刷所使用的母液。因此,导致成品分级机进料稀释母液流量为 0~230m³/h 波动较大,导致成品分级机分级比波动大,满足不了生产需求。为了保证成品分级机进料稀释母液量且稳定,需要对成品稀释母液流程进行了流程改造。一是增加了 2 台母液泵单独给一、三组成品分级机供应稀释母液。二是利用二三组分解槽比二组成品分级机水平高 10m 的高度差,把三组过滤机产的母液通过自

压引流至二组成品分级机做稀释母液。

通过对稀释母液流程改造后,稀释母液流程和成品分级机是一一对应流程,不受其他任何设备及流程的影响。一、二、三组成品分级机稀释母液流量能够稳定在 250~380m³/h 之间,分级机进料固含能降低至 228g/L。有效保证了成品分级机的稀释母液量及低进料固含稳定运行。

5.3 统一成品分级机沉沙咀直径。

从上面论述中得出,成品分级机沉沙咀直径越小,分级效果越好,但当沉沙咀直径减小,成品分级机的底流产量随着降低。经过统计计算得出,沉沙咀单产量:直径 $\phi 25$ 为 4.5m³/h,直径 $\phi 20$ 为 3m³/h,直径 $\phi 18$ 为 2m³/h,直径为 $\phi 16$ 为 1.5m³/h。当全部安装小直径沉沙咀运行时,底流

产量供应不够焙烧炉的产能,就需要增开 1~2 台成品分级机,增开的成品分级机也需要添加稀释母液,分解液量平衡无法控制。综合考虑底流氢氧化铝产量和分级效果,采用沉沙咀直径为 $\phi 20$ 的成品分级机为主运行设备用作主要供料,另外每组再安装一台沉沙咀直径为 $\phi 16$ 的成品分级机为辅助设备用作补料。这样运行,在保证成品分级机底流氢氧化铝产量的同时,最大限度地提高了分级效果,得到较高的分级比。

6 提高成品分级机分级比方法的效果及应用。

通过以上措施的实施,成品分级机分级比得到了大幅度提升,优化了产品氢氧化铝的质量。具体数据如表 4 所示。

表 4 优化后单台分级机分级比统计表

日期	分级机	进料 -45 μ m	底流 -45 μ m	进料流量	进料压力	稀释母液	分级比
5.16—5.25	1 组 2#	19.2	6.93	445	0.15	316	2.79
5.25—6.03	2 组 2#	19.5	8.61	569	0.15	325	2.3
5.21—5.30	3 组 2#	12.8	6.19	589	0.14	340	2.1

从表 4 中可以看出,一组 2# 成品分级机当运行压力为 0.15MPa,稀释母液添加量充足时,分级比可以提高至 2.79。二组 2# 成品分级机当运行压力为 0.15MPa,稀释母液添加量充足时,分级比为 2.30。三组 2# 成品分级机当运行压力为 0.14MPa,稀释母液添加量充足时,分级比为 2.10。比我们实验初期得到的分级比升高,查找原因是成品分级机在高效的运行条件下保持稳定运行。当分级机频繁开停或者稀释母液波动时,分级比也会随着大幅波动。因此在保证成品分级机高效运行的条件下,如何保证成品分级机不频繁开停

机,也成为稳定分级比的关键因素。因此利用好平盘氢氧化铝大仓的存储量作为缓冲,分级机底流产量大时可以进仓,底流产量小时可以出仓。从而保证了成品分级机的稳定运行,保证了分级比,有助于优化氢氧化铝产品质量。

通过以上对策及措施的实施,2024 年 1—6 月份成品分级机分级取得了大幅稳定提升,数据如表 5 所示。

从表 5 中可以看出,1—6 月成品分级机分级比平均达到了 2.23,指标处于同行业领先水平,超额完成了成品分级比 ≥ 2.0 的目标值。

表 5 2024 年 1—6 月份分级比统计表

2024 年成品分级机分级比统计					
月份	1 组分解槽粒度	2 组分解槽粒度	3 组分解槽粒度	平盘粒度	分级比
1	16.71	17.13	9.5	7.41	1.95
2	14.76	14.04	11.89	6.60	2.06
3	13.01	12.14	11.61	5.21	2.35
4	14.07	16.47	12.71	5.85	2.47
5	18.59	20.21	13.58	7.28	2.40
6	19.28	18.93	11	7.51	2.18
平均	16.07	16.49	11.72	6.64	2.23

7 结语

①总分级比低因单台分级机分级效果差且波动大造成。分级比低因进料压力低、进料固含量高、沉沙咀直径使用不合理、分级机频繁开停等因素造成。通过沉没泵改为卧室泵供料,提高和稳定分级机进料压力,优化分级机稀释母液流程,由一对多改为一对一稀释母液流程,采用合理直径的沉沙咀等措施,有效提高成品分级机分级比至 2.23。

②通过分级比指标的优化,氢氧化铝的粒度得到大幅度改善,产品氧化铝质量得到了显著提高。

③通过提高成品分级机分级比方法的研究与应用,减少了设备频繁开停机,稳定了设备运行,有效降低了员工劳动强度。

参考文献

- [1] 郭万里.氧化铝制取工(上册)[M].太原:山西人民出版社,2006.
- [2] 郭万里.氧化铝制取工(下册)[M].太原:山西人民出版社,2006.
- [3] 毕诗文.氧化铝生产工艺[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [4] 杨守志.液固分离[M].北京:冶金出版社,2003.
- [5] 赵庆国.旋流器分离技术[M].北京:冶金出版社,2003.