

[文章编号] 1004- 0609(2001) 04- 0721- 05

平果铝厂氢氧化铝洗液最大允许全碱浓度的 计算及流程改造方案^①

王龙章, 甘国耀, 刘保伟
(平果铝业公司, 广西平果 531400)

[摘 要] 指出只有当氢氧化铝洗液中全碱浓度小于或等于赤泥洗液中全碱浓度时, 才有利于赤泥洗涤; 利用 2000 年上半年实际生产数据, 计算出氢氧化铝洗液最大允许全碱质量浓度为 61.56 g/L。分析比较了处理高浓度氢氧化铝洗液的 3 种方案, 结果表明: 将全碱浓度为 95.06 g/L 的氢氧化铝洗液直接送到稀释槽, 可使赤泥一洗槽溢流浓度降低约 6 g/L, 每吨氧化铝赤泥附碱损失减小 0.25 kg 氧化钠, 每年可节省碱耗费约 54.9 万元; 而且还能将氢氧化铝洗液中的浮游物反溶解进入稀释液, 有利于精液 R_p (氧化铝与苛性氧化钠的质量比) 的提高, 同时避免了其进入赤泥而被损失, 每年可减少氧化铝损失费约 35.3 万元。并提出了简单可行的氢氧化铝洗液流程改造的具体方案。

[关键词] 氢氧化铝洗液; 全碱质量浓度; 流程改造

[中图分类号] TF 803.22

[文献标识码] A

在一般的拜耳法生产氧化铝的工厂中, 氢氧化铝洗液被送往赤泥洗涤, 以便回收赤泥附碱^[1, 2], 平果铝厂也不例外。但当氢氧化铝洗液中的碱浓度高于赤泥洗液中的碱浓度时, 不但不能降低赤泥附碱, 反而还会使赤泥附碱损失增大, 根本达不到预期效果。本文作者根据平果铝的工艺流程和当前的生产条件, 通过实际生产数据计算氢氧化铝洗液的最大允许全碱浓度, 并探讨了目前氢氧化铝洗液流程的改造方案。

1 工艺流程简介及存在的问题

图 1 所示为平果氧化铝生产的部分工艺流程图, 其中氢氧化铝产品过滤分离、一次洗涤、二次洗涤都是在平盘过滤机中进行的。表 1 为 2000 年 1~6 月有关溶液浓度。从表 1 可知, 氢氧化铝洗液中的全碱浓度比稀释用洗液的要高出约 30 g/L。这就是目前氢氧化铝洗液所存在的主要问题。显然, 对于赤泥洗涤来说, 氢氧化铝洗液浓度越低越好^[2, 3], 但是由于氢氧化铝产品过滤机(平盘)的限制, 氢氧化铝洗液浓度不可能很低。因为, 对于平盘过滤机来说, 如果不进行改造, 要降低氢氧化铝洗液浓度, 势必要增大洗水量, 从而增大氢氧化铝滤饼含水率, 不利于产品焙烧^[1, 4]。几年来的操作经

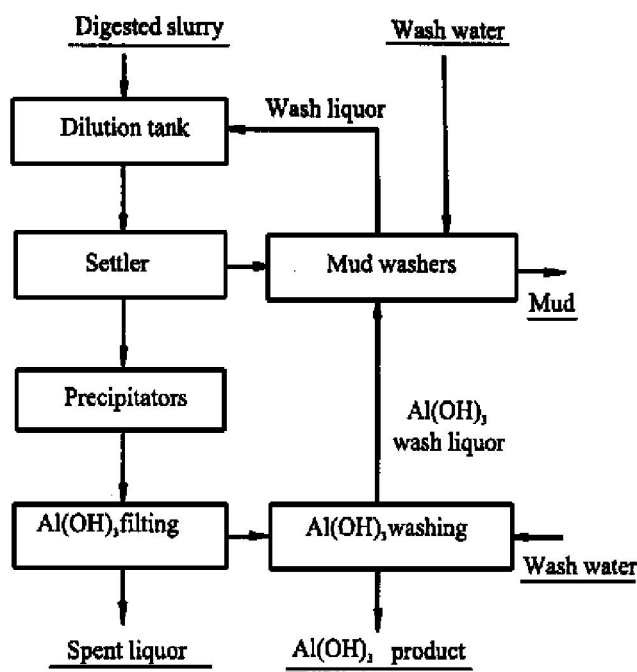


图 1 平果氧化铝生产部分工艺流程图
Fig. 1 Partial process diagram in
Pingguo Alumina Refinery

验表明, 每吨氢氧化铝洗水量控制在 0.5 t 左右, 能较好满足对氢氧化铝产品附水和附碱的要求。

2 氢氧化铝洗液最大允许全碱质量浓度的计算

为了保证种分的顺利进行, 用洗液稀释溶出矿

① [收稿日期] 2000- 09- 18; [修订日期] 2001- 02- 15

[作者简介] 王龙章(1964-), 男, 高级工程师。

表 1 2000 年 1~6 月有关溶液浓度

Table 1 Relative liquor concentration in 1st half year of 2000 (g/L)

Liquor	ρ_k	ρ_c	ρ_l	$\rho(\text{Al}_2\text{O}_3)$
Wash liquor	60.96	5.43	66.39	58.64
$\text{Al}(\text{OH})_3$ wash liquor	87.71	7.35	95.06	53.77
Diluted liquor	175.17	14.67	189.84	199.21
Spent liquor	178.31	13.70	192.01	108.95

浆时, 必须控制好稀释液中苛性氧化钠浓度^[2]。平果铝稀释用洗液主要由赤泥洗液和氢氧化铝洗液组成。在稀释液中苛性氧化钠浓度、赤泥分离固含、氢氧化铝滤饼洗水量等操作条件保持不变时, 氢氧化铝过滤分离时滤饼附液量与赤泥洗涤用水量存在如下关系: 分离滤饼附液量为 0 时, 氢氧化铝洗液量和全碱浓度都最小, 此时, 赤泥洗涤用水量需最大, 赤泥洗液全碱浓度最小, 因而, 此时氢氧化铝洗液加入到赤泥洗液中时, 有利于回收赤泥附碱; 随着分离滤饼附液量的增加, 氢氧化铝洗液量和全碱浓度增大, 而赤泥洗涤用水量减小, 赤泥洗液全碱浓度也增大; 一般情况下, 氢氧化铝洗液量比赤泥洗液量要小得多, 氢氧化铝洗液全碱浓度增大的幅度比赤泥洗液全碱浓度增大的幅度大^[5], 当氢氧化铝洗液全碱浓度增大到等于或大于赤泥洗液全碱浓度时, 此时氢氧化铝洗液加入到赤泥洗液中, 不但不能降低赤泥附碱, 反而还会使赤泥附碱损失增大。因而, 对于赤泥洗涤来说, 氢氧化铝洗液存在一个最大允许全碱浓度, 它与此时的赤泥洗液全碱浓度相等。下面将以 1 000 kg 干铝土矿为基础, 计算氢氧化铝洗液最大允许全碱浓度。

据报导^[6, 7], 平果氧化铝厂 2000 年上半年的生产条件下, 1 000 kg 干铝土矿平均产生 793.12 kg 氢氧化铝, 其它有关溶液平均成分如表 2 所示。若平盘过滤机的洗水量、滤饼含水率及附碱率分别按每吨氢氧化铝 0.50 t, 5.09% 和 0.029% 考虑(实际生产平均值), 可计算出氢氧化铝滤饼附液损失,

结果列入表 2 中。设氢氧化铝固体与母液在过滤机中分离时, 其滤饼附液体积为 V , m^3 , 赤泥洗液中的水量为 m , kg, 则根据氢氧化铝洗涤平衡、铝酸钠溶液密度计算公式^[1, 2]以及表 1, 2 中的有关数据, 可计算出氢氧化铝洗液中的全碱浓度 ρ_l 和赤泥洗液中全碱浓度 ρ_2 分别为:

$$\rho_l = (192.01 V - 0.23) \times (1 674.33 V + 353.19) / (1 293.96 V + 353.63)^2 \times 1 000 \quad (1)$$

$$\rho_2 = 163 810 \times (723.05 + m) / (335.53 + m)^2 \quad (2)$$

根据前面分析, 当 $\rho_l = \rho_2$ 时, 达到氢氧化铝洗液允许的最大全碱浓度, 由此可得:

$$1 000 \times (192.01 V - 0.23) \times (1 674.33 V + 353.19) / (1 293.96 V + 353.63)^2 = 163 810 \times (723.05 + m) / (335.53 + m)^2 \quad (3)$$

若稀释过程中污水进入量为 50 kg, 保持稀释液中的苛性氧化钠浓度 175.17 g/L 不变, 则根据稀释过程的物料平衡和稀释液质量与密度和体积的关系^[1, 2], 可得如下方程:

$$(1 293.96 V + m + 5 890.80)^2 = (178.31 V + 1 115.02) \times 1 000 \times (1 674.33 V + m + 8 835.67) / 175.17 \quad (4)$$

令

$$a = 1 293.96 V + 5 890.80 \quad (5)$$

$$b = (178.31 V + 1 115.02) \times 1 000 / 175.17 \quad (6)$$

$$c = b \times (1 674.33 V + 8 835.67) \quad (7)$$

则式(4)可简化为

$$m^2 + (2a - b)m + a^2 - c = 0 \quad (8)$$

因赤泥洗液中的水量 $m > 0$, 氢氧化铝分离滤饼附液体积 $V > 0$, 则

$$(2a - b) = 1 569.99 V + 5 416.26 > 0 \quad (9)$$

$$m = \{ -2a + b + [(2a - b)^2 - 4(a^2 - c)]^{0.5} \} / 2 \quad (10)$$

将式(10)代入式(3)后, 原则上应可求出附液

表 2 2000 年 1~6 月有关溶液的平均成分(以 1 000 kg 干矿为基础)

Table 2 Average contents of relative liquor based on 1 000 kg dry bauxite in 1st half year of 2000 (kg)

Liquor	Al_2O_3	Na_2O_k	Na_2O_c	CO_2	H_2O	Total
Digested liquor	1 132.63	965.06	79.75	56.60	2 917.60	5 151.64
Wash liquor	192.96	200.60	17.87	12.68	3 304.24	3 728.35
Among: Mud wash liquor	162.04	150.17	13.64	9.68	2 724.63	3 060.13
$\text{Al}(\text{OH})_3$ wash liquor	30.92	50.43	4.23	3.00	579.64	668.22
$\text{Al}(\text{OH})_3$ cake attached liquor	0.13	0.21	0.02	0.01	42.56	42.93

体积 V 。但由于其为一元多次方程,不便于直接求解,可用计算机采取插值法来求解,当式(3)两边相差小于 10^{-5} 时,得其附液体积和赤泥洗液及氢氧化铝洗液中的全碱浓度分别为:

$$V = 0.165\,030\,4\text{ m}^3/\text{t}$$

$$\rho_2 = \rho_1 = 61.56\text{ g/L}$$

值得指出的是,氢氧化铝洗液所允许的最大全碱浓度受赤泥分离底流固含影响较大,若采用高效分离沉降槽,使分离底流固含从现在的约 460 g/L 提高到 750 g/L,氢氧化铝洗液所允许的最大全碱浓度将会明显降低。

3 氢氧化铝洗液流程的比较

由以上计算可知,在平果铝厂当前的工艺流程及生产条件下,氢氧化铝洗液所允许的最大全碱浓度为 61.56 g/L。而从表 1 可知,2000 年上半年,氢氧化铝洗液的平均全碱浓度高达 95.06 g/L。显然,将如此高浓度的洗液仍然送到赤泥洗涤槽是不合适的。处理高浓度的氢氧化铝洗液有两个方案,一个方案是将氢氧化铝洗液直接送往蒸发;另一选择是将氢氧化铝洗液直接送往稀释槽,并不经过赤泥洗涤槽。下面将对这两个方案和现有流程进行分析和比较。

3.1 方案 A: 氢氧化铝洗液加入到赤泥洗涤槽

根据 2000 年上半年的生产统计数据,赤泥一洗槽溢流即稀释用洗液的全碱浓度为 66.39 g/L,每 1 000 kg 干矿的赤泥附碱损失为 1.42 kg 氧化钠^[5],折合为每吨氧化铝的附碱损失为 2.77 kg 氧化钠,按年产 40 万 t 氧化铝计算,则每年赤泥附碱损失量 1 108 t 氧化钠,相当于 608.4 万元。

另据报道^[7],每吨干矿所产生的氢氧化铝洗液中有 0.25 kg 的氢氧化铝浮游物。这些浮游物随氢氧化铝洗液进入赤泥一洗槽后,由于沉降面积大时间长而沉淀进入赤泥,从而造成氧化铝的损失^[8,9]。按年产 40 万 t 氧化铝,这种浮游物损失每年为 126 t 氧化铝,相当于 35.3 万元。

综合赤泥附碱损失和氢氧化铝洗液中浮游物损失,本方案每年损失费为 643.7 万元。

3.2 方案 B: 氢氧化铝洗液直接送往蒸发

当氢氧化铝洗液直接送往蒸发时,由于稀释用洗液中未加入氢氧化铝洗液,稀释用洗液成分即为赤泥洗液成分。若仍保持稀释液苛性氧化钠浓度

175.17 g/L 不变,以 1 000 kg 干矿为基础,根据此时的物料平衡可计算出赤泥洗液即稀释用洗液中全碱浓度为 54.53 g/L。根据赤泥反向洗涤原理,弃赤泥附碱损失与赤泥洗液中的全碱浓度成正比^[1,10],由此可计算出每吨氧化铝弃赤泥附碱损失量为 2.28 kg。仍按年产 40 万 t 氧化铝计算,则每年赤泥附碱损失费为 500.8 万元。

另外,当氢氧化铝洗液直接送往蒸发时,根据物料平衡计算可知,赤泥洗液中比现有流程需多加入的洗水量为每吨氧化铝 636.46 kg,这也就是需多蒸发的水量^[2,11]。若每蒸发 1 t 水消耗蒸汽 0.38 t,则本方案每年多消耗蒸汽费用约为 580.5 万元。

综上所述,本方案碱耗加汽耗费用每年为 1081.3 万元。显然,本方案年消耗费要高于现有流程(方案 A),而且,氢氧化铝洗液中的浮游物,在蒸发过程中由于温度升高而被反溶解进入循环母液,从而导致循环母液中 R_p 升高,降低循环效率^[9,11]。不仅如此,本方案使蒸发负担每小时增加约 28 t 水,在目前平果铝厂实际情况下几乎是不可能的。因为,平果铝厂现有生产能力比设计产能提高了约 35%,而又未对蒸发器组进行大的改进,蒸发的能力已经显得非常紧张。因此,尽管本方案有利于精液 R_p 的提高及种分过程^[2,3],但对我厂是不现实的。

3.3 方案 C: 氢氧化铝洗液直接送往稀释槽

当氢氧化铝洗液直接送往稀释槽时,由表 2 可计算出赤泥洗液即稀释用洗液中的全碱浓度为 60.31 g/L,每吨氧化铝的赤泥附碱损失为 2.52 kg 氧化钠,每年赤泥附碱损失费仅为 553.5 万元,而且,氢氧化铝洗液中的浮游物,在稀释过程中可被高温高浓度的溶出液反溶解进入稀释液^[3],既有利于精液 R_p 的提高及种分过程,又避免了现有流程中浮游物进入赤泥而被损失的现象。

根据以上分析,本方案将高浓度的氢氧化铝洗液直接加入到稀释槽,比现有流程每年减少损失费用共 90.2 万元,而又未对其它相关流程产生不利影响,且有利于精液 R_p 的提高及种分过程,适合平果铝厂实际情况。表 3 列出了 3 种方案在经济上的比较。

4 氢氧化铝洗液流程的改造方案

经以上讨论可知,将高浓度的氢氧化铝洗液直

表 3 氢氧化铝洗液处理方案的比较

Table 3 Comparison for three different $\text{Al}(\text{OH})_3$ wash liquor processes (Million RMB/a)

Process	Soda loss cost in mud attached liquor	Suspension loss cost in $\text{Al}(\text{OH})_3$ wash liquor	Extra steam cost	Total
A	6.084	0.353		6.437
B	5.008		5.805	10.813
C	5.535			5.535

接送到稀释槽最适合我厂的实际情况。而且流程改造也很简单,只要在原有流程中加装两个阀门和一根从氢氧化铝洗液管到洗液泵进口管的连通管即可,如图 2 所示。当氢氧化铝洗液中全碱浓度高于 61.56 g/L 时,打开阀门 D,关闭阀门 C,使氢氧化铝洗液经洗液泵直接送到稀释槽;当氢氧化铝洗液全碱浓度小于 61.56 g/L 时,打开阀门 C,关闭阀门 D,使氢氧化铝洗液按原流程进入一洗沉降槽。

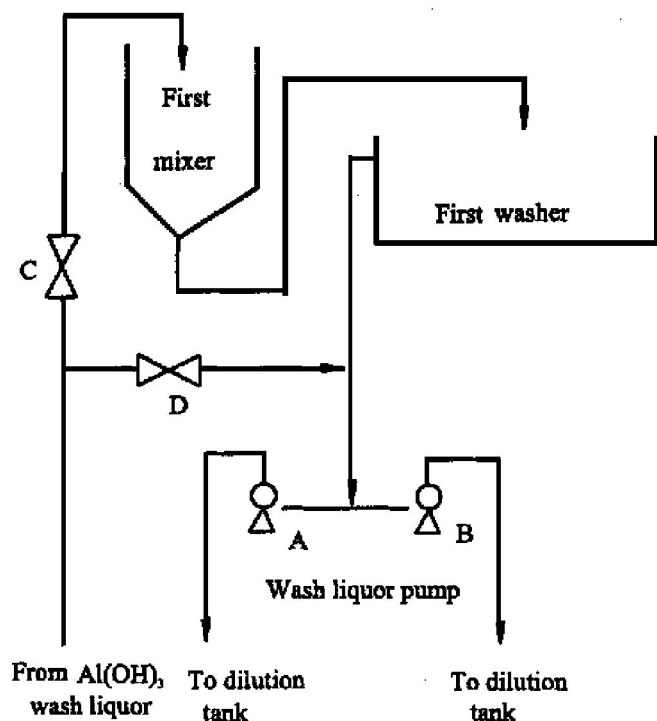


图 2 氢氧化铝洗液流程改造示意图

Fig. 2 Sketch map for $\text{Al}(\text{OH})_3$ wash liquor process change in Pingguo Alumina Refinery

值得指出的是,这种洗液流程改造后,并不要求实时控制。因为在实际生产中,在相当一段时间内,生产过程基本保持稳定,只要不对平盘过滤机进行改造,氢氧化铝洗液全碱浓度定会远远高出其最大允许浓度。因此,在当前情况下,氢氧化铝洗液都应该直接送往稀释槽。本文所得出的氢氧化铝洗液最大允许全碱质量浓度,为平盘过滤机的改造

提出了具体要求。若平盘过滤机进行改造后^[6, 9],氢氧化铝洗液全碱浓度降低到允许值,就让它走原流程进入赤泥一洗槽。但平盘过滤机是从法国引进的,要对其进行改造,需要进行广泛的研究。

5 结论

1) 对赤泥洗涤而言,氢氧化铝洗液全碱浓度应小于等于赤泥洗液全碱浓度。

2) 在平果铝 2000 年上半年的生产条件下,加入到赤泥洗涤槽中的氢氧化铝洗液的最大允许全碱浓度平均为 61.56 g/L 。

3) 将高于最大允许全碱浓度的氢氧化铝洗液直接送到稀释槽最适合平果铝实际情况。该流程比现有流程每年可节省碱耗费约 54.9 万元,减少氢氧化铝洗液浮游物损失费约 35.3 万元,且有利于精液 R_p 的提高及种分过程。

4) 为平盘过滤机的改造提出了具体要求,即改造后氢氧化铝洗液全碱浓度应小于 61.56 g/L 。

[REFERENCES]

- [1] WANG Yan-ming(王延明). Alumina Process and Equipments(氧化铝生产过程与设备) [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1987. 98.
- [2] YANG Zhong-yu(杨重愚). Process Technology of Alumina Production(氧化铝生产工艺学) [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1993. 77.
- [3] ZHAO Qing-jie(赵清杰). 提高拜尔法种分分解率的研究 [J]. Light Metals(轻金属), 2000, 7: 20.
- [4] HUANG Ang(黄昂). 降低氢氧化铝附碱的实践 [J]. Light Metals(轻金属), 2000, 3: 17.
- [5] WANG Long-zhang(王龙章). 平果铝溶出液 R_p 与精液 R_p 差值分析及减小该差值的途径 [J]. Pingguo Aluminum Technology(平果铝科技), 2000(3): 1.
- [6] WANG Long-zhang(王龙章), GAN Guo-yao(甘国耀), LIU Meng-duan(刘孟端). 平果铝溶出液真实 R_p 的计算及数学模型 [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals(中国有色金属学报), (to be published).
- [7] LIU Meng-duan(刘孟端), WANG Long-zhang(王龙章), LOU Zhan-huang(娄战荒). 平果铝平盘过滤机存在的问题及改造方案 [J]. Light Metals(轻金属), 2000(11): 20.
- [8] DONG Hong-jun(董宏军). 利用计算机搞好拜尔法生产氧化铝物料平衡的实践 [J]. Light Metals(轻金属), 2000(3): 10.
- [9] HAN Yan-jun(韩艳君). 提高过滤机产能的探讨 [J].

- Aluminum and Magnesium Communication(铝镁通讯), 2000, 2: 26.
- [10] L Ü Sheng-li(吕胜利). 赤泥分离洗涤及堆存的生产工艺和设备探讨 [J]. Aluminum and Magnesium Communication(铝镁通讯), 2000, 3: 5.
- [11] PAN Min(潘 敏). 氧化铝生产中降低蒸发热耗的途径 [J]. Light Metals(轻金属), 2000(5): 14.

Calculation of permitted maximum total soda mass concentration in aluminate hydrate wash liquor and process change scheme

WANG Long-zhang, GAN Guo-yao, LIU Bao-wei
(Pingguo Aluminum Company, Pingguo, Guangxi 531400, P. R. China)

[Abstract] It was pointed out that aluminate hydrate(AH) wash liquor was favor to red mud washing only if its total soda concentration was less than that of red mud wash liquor. The permitted maximum total soda concentration in AH wash liquor was 61. 56 g/L according to actual production data of Pingguo Alumina Refinery in the 1st half year of 2000. Three schemes of dealing with AH wash liquor of high soda concentration were analyzed and compared. The results show that when the AH wash liquor of total soda concentration 95. 06 g/L is transferred directly to dilution tank, soda concentration in overflow of the 1st mud washer could be lowered by about 6 g/L and soda loss in red mud attached liquor could be lowered by 0. 25 kg Na_2O per ton of alumina and therefore saving cost of about 549 000 RMB per year; moreover, suspension in AH wash liquor could be re-dissolved into diluted liquor and it is far vor not only to rise pregnant liquor R_p and improve precipitation process, but also to avoid alumina loss cost of about 353 000 RMB per year by the suspension settling into red mud. The simple and available scheme for AH wash liquor process change was also proposed.

[Key words] aluminate hydrate wash liquor; total soda mass concentration; process change

(编辑 龙怀中)