

# 铝土矿的烧结串联法研究\*

韩颜卿<sup>1</sup>, 邢东升<sup>2</sup>, 胡四春<sup>3</sup>

(1. 中国铝业河南分公司, 郑州, 450041 2. 中国铝业矿业分公司, 郑州, 450041 3. 中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所, 郑州, 450006)

**摘要** 研究了处理铝硅比为4~6的铝土矿烧结串联法工艺。试验表明, 串联法中Ⅰ段烧结最佳条件: 碱比为1.2、烧结温度1100℃、烧结时间40 min; Ⅱ段烧结最佳条件: 钙比2.25、烧结温度1200℃、烧结时间20 min。烧结串联工艺氧化铝溶出率 $\eta_{\text{A标}}$ 可达98.05%, 总的化学碱耗为每吨氧化铝耗碱11.59 kg。

**关键词** 铝土矿 烧结串联法 烧结温度 烧结时间 氧化铝溶出率

中图分类号: TF821 文献标识码: B 文章编号: 1001-0076(2006)05-0039-03

## Research on the Sintering - Sintering Series Process of the Bauxite

HAN Yan - qing, XING Dong - sheng, HU Si - chun

(Zhongzhou Branch of Aluminum Corporation of China Limited, Jiaozuo, He'nan Province 454174, China)

**Abstract** : This paper studies on the sintering - sintering series process of the bauxite ( $A/S = 4 \sim 6$ ). It shows that the optimum condition for the sintering - sintering series process's first stage sintering is when alkali ratio is 1.2, sintering temperature is 1100℃ and sintering time is 40 minutes. While the optimum condition for the sintering - sintering series process's second stage sintering is when calcium ratio is 2.25, sintering temperature is 1200℃ and sintering time is 20 minutes. In this process, the lixiviating rate of the bauxite totals is up to 98.05%, total consumption of alkali in chemical reaction is 11.59 kg per ton alumina.

**Key words** : the sintering - sintering series process ; sintering temperature ; lixiviating rate of bauxite

我国铝土矿的特点是高铝、高硅、低铁、低铝硅比。铝硅比大于7、能够用纯拜耳法生产的铝土矿仅占10%, 60%以上的铝土矿铝硅比在4~6之间<sup>[1]</sup>。故寻求一种较合理的处理中低品位铝土矿的方法, 对我国氧化铝工业的发展有着非常重要的现实意义和战略意义。

## 1 烧结串联法概述

所谓烧结串联法, 也叫两段烧结法, 就是将中低品位铝土矿配入纯碱(不配入石灰)进行纯烧结法(Ⅰ段)烧结, 所得的Ⅰ次熟料经溶出后的赤泥, 再配入石灰进行Ⅱ段烧结<sup>[2]</sup>。这样做最主要的目的

是为了减少熟料溶出时的二次反应, 提高氧化铝和氧化钠的回收率, 降低碱耗。其基本流程见图1。

烧结串联法实质上是纯碱烧结法与碱石灰烧结法的串联流程。在烧结串联法中, 一段只加纯碱与铝土矿进行烧结, 与传统碱石灰烧结法相比, 在一次熟料中二氧化硅是以铝硅酸钠的形式存在, 而不是引起二次反应的原硅酸钙。由于一段熟料中没有引起二次反应的原硅酸钙生成, 因而在进行一段溶出时可以不考虑避免二次反应的种种限制, 溶出条件可适当放宽, 如提高溶出温度、二氧化硅尽量以钠硅渣形式与其余杂质一起进入赤泥, 达到在熟料溶出的同时, 结合进行脱硅工序的目的。得到的铝酸

\* 收稿日期 2006-01-09 修回日期 2006-05-30

作者简介: 韩颜卿(1967-), 男, 河南人, 高级工程师, 大学本科, 从事氧化铝生产管理和科研工作。

钠溶液通入  $\text{CO}_2$  气体,降低其稳定性便析出氢氧化铝。一段溶出得到的一次赤泥配入石灰石进行二段烧结,虽然  $\text{SiO}_2$  以原硅酸钙的形式存在,但 80% 的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  已在一段溶出过程中以铝酸钠形式进入溶液,二段溶出液中的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  浓度大幅度降低,在这样低的溶出浓度下,二次反应在很大程度上是可以避免的。二次反应的基本消除,可以减少二次反应造成的  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  的损失,且一次熟料溶出过程可以在尽可能高的温度下进行,使得在溶出的同时兼顾脱硅。可大大简化工艺流程。二次反应基本消除所带来的另一巨大好处,是能够降低赤泥中的  $\text{Na}_2\text{O}$  的含量,可以更好地利用赤泥来生产水泥。从生产流程上看,烧结串联法比碱石灰烧结法多了一个烧结过程和熟料溶出过程,然而它简化了泥渣的分离洗涤过程和脱硅过程,生料的制备过程也有所简化。综合起来看也不一定会使流程复杂和增加生产费用。与拜耳—烧结法相比,可以看到烧结串联法中单一—纯碱烧结法代替了前者中的拜耳法,可以带来如下好处:(1)可以避免复杂的高压溶出过程和种分母液蒸发过程。(2)可以减少物料流量,提高有用成分的回收率。(3)补碱问题易于解决。(4)对于铝土矿有较大的适应性。

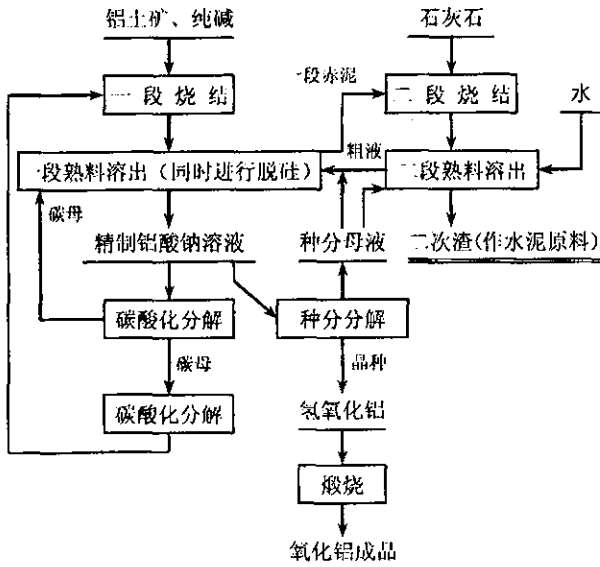


图1 烧结串联法基本流程图

2 烧结串联法中 I 段烧结试验

2.1 试验原料

纯碱为化学纯。铝土矿成分见表 1。

表 1 铝土矿原料矿石成分(%)

| 成分 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | A/S |
|----|--------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|------|-----|
| 含量 | 66.81                          | 12.18            | 3.28             | 1.20                           | 0.70 | 5.5 |

2.2 试验主要设备及试验方案

试验主要仪器设备:马弗炉(SX-4-13)、增力电动搅拌机、超级恒温水浴锅、分析天平。

试验方案 将铝土矿和纯碱按一定碱比配料、混匀、制团后置于刚玉坩埚中经马弗炉烧结后,在标准条件下溶出。考察碱比、烧结温度、烧结时间对氧化铝溶出率的影响,从而得出烧结工艺的最佳条件。

2.3 试验结果与结果分析

试验结果见表 2。

表 2 烧结串联法中 I 段烧结正交试验结果

| 序号   | 碱比(A) | 烧结温度(B,℃) | 烧结时间(C,min) | 氧化铝溶出率(D,%) |
|------|-------|-----------|-------------|-------------|
| 1    | 1.0   | 1000      | 20          | 75.98       |
| 2    | 1.0   | 1100      | 40          | 82.25       |
| 3    | 1.0   | 1200      | 60          | 78.95       |
| 4    | 1.1   | 1000      | 40          | 81.72       |
| 5    | 1.1   | 1100      | 60          | 84.25       |
| 6    | 1.1   | 1200      | 20          | 84.30       |
| 7    | 1.2   | 1000      | 60          | 85.16       |
| 8    | 1.2   | 1100      | 20          | 86.24       |
| 9    | 1.2   | 1200      | 40          | 85.68       |
| 均值 1 | 79.06 | 80.95     | 82.17       | 81.97       |
| 均值 2 | 83.42 | 84.25     | 83.22       | 83.90       |
| 均值 3 | 85.69 | 82.98     | 82.79       | 82.30       |
| 极差   | 6.63  | 3.29      | 1.04        | 1.93        |

分析可知碱比 1.2、温度 1100℃、时间 40 min 时为最佳条件,此时氧化铝溶出率最高。在此条件下氧化铝溶出率可达 86% 以上。

3 烧结串联法中 II 段烧结试验

3.1 试验原料

石灰为化学纯。I 段赤泥成分见表 3。

表 3 I 段赤泥成分(%)

| 成分 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | Na <sub>2</sub> O |
|----|--------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|-------|-------------------|
| 含量 | 24.35                          | 28.40            | 7.82             | 3.15                           | 0.740 | 18.25             |

3.2 试验主要设备及试验方案

试验主要仪器设备 马弗炉(SX-4-13)、增力电动搅拌机、超级恒温水浴锅、分析天平。

试验方案 将Ⅰ段赤泥和石灰按一定钙比配料、混匀、制团后置于刚玉坩埚中经马弗炉烧结后,在标准条件下溶出。考察钙比、烧结温度、烧结时间对氧化铝溶出率的影响,从而得出烧结工艺的最佳条件。

3.3 试验结果分析

试验结果见表 4。

| 表 4 烧结串联法中Ⅱ段烧结正交试验结果 |       |         |           |           |
|----------------------|-------|---------|-----------|-----------|
| 序号                   | 钙比    | 烧结温度(℃) | 烧结时间(min) | 氧化铝溶出率(%) |
| 1                    | 2.05  | 1100    | 20        | 62.12     |
| 2                    | 2.05  | 1150    | 40        | 62.15     |
| 3                    | 2.05  | 1200    | 60        | 61.50     |
| 4                    | 2.25  | 1100    | 40        | 80.26     |
| 5                    | 2.25  | 1150    | 60        | 83.15     |
| 6                    | 2.25  | 1200    | 20        | 85.62     |
| 7                    | 2.45  | 1100    | 60        | 63.56     |
| 8                    | 2.45  | 1150    | 20        | 68.05     |
| 9                    | 2.45  | 1200    | 40        | 72.43     |
| 均值 1                 | 61.92 | 68.65   | 71.93     |           |
| 均值 2                 | 83.01 | 71.12   | 71.61     |           |
| 均值 3                 | 68.01 | 73.18   | 69.40     |           |
| 极差                   | 21.09 | 4.54    | 2.53      |           |

分析可知钙比 2.25、温度 1 200℃、时间 20 min 时为最佳条件,此时氧化铝溶出率最高。在此条件下氧化铝溶出率可达 85% 以上,其赤泥成分表如表 5 所示。

| 表 5 Ⅱ段赤泥成分(%) |                                |                  |                  |                                |       |                   |
|---------------|--------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|-------|-------------------|
| 成分            | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | Na <sub>2</sub> O |
| 含量            | 2.70                           | 25.21            | 7.68             | 3.08                           | 51.40 | 0.92              |

4 烧结串联法工艺氧化铝总溶出率和碱耗的计算

4.1 氧化铝总溶出率计算

经推导,氧化铝的总标准溶出率为:

$$\eta_A = \frac{C_{A\text{矿}}/C_{S\text{矿}} - C_{A\text{泥}}/C_{S\text{泥}}}{C_{A\text{矿}}/C_{S\text{矿}}} \times 100\%$$

万方数据

式中:  $\eta_A$ —氧化铝的总溶出率,  $C_{A\text{矿}}/C_{S\text{矿}}$ —表示矿石中的铝硅比,  $C_{A\text{泥}}/C_{S\text{泥}}$ —表示赤泥中的铝硅比。

故Ⅰ段烧结和Ⅱ段烧结均在最佳条件下:

$$\eta_A = (5.5 - 2.70/25.21)/5.5 \times 100\% = 98.05\%$$

4.2 碱耗量计算

经推导,碱耗量(X)计算公式为:

$$X = \frac{N_{\text{泥}} \times 10^3 / (1 - \eta_A)}{\eta_A \times A_{\text{泥}}} (kg - Na_2O/T - Al_2O_3)$$

式中:  $A_{\text{泥}}$ 、 $N_{\text{泥}}$  分别表示赤泥中  $Al_2O_3$ 、 $Na_2O$  的含量;  $\eta_A$ —氧化铝的总溶出率。

$$X = 0.92(1 - 0.9805)103/0.98052.70 = 6.78(kg - Na_2O/t - Al_2O_3), \text{折合成纯 } Na_2CO_3 \text{ 为 } 11.59kg - Na_2O/t - Al_2O_3。$$

5 结论

(1) 烧结串联法中Ⅰ段烧结最佳条件为:碱比 1.2、烧结温度 1 100℃、烧结时间 40 min;Ⅱ段烧结最佳条件为:钙比 2.25、烧结温度 1 200℃、烧结时间 20 min。

(2) 烧结串联法工艺氧化铝总溶出率  $\eta_{A\text{标}}$  可达 98.05%,总化学碱耗为 11.59 kg。氧化铝总溶出率高而化学碱耗能少,这充分说明烧结串联工艺基本上消除了二次反应,它与我们前面的理论分析的结论是一致的。

(3) 烧结串联法工艺处理铝硅比为 4~6 的铝土矿具有减少熟料溶出时的二次反应、提高氧化铝和氧化钠的回收率、降低碱耗、溶出时可以同时脱硅、最终赤泥碱含量低可以作制水泥的原料等优点,是一种很有潜力的生产氧化铝的新工艺,具有重大的研究价值。但是,它毕竟是一种没有经过实际生产应用的工艺方法,很多问题都要进一步深入研究才能有所答案。

参考文献:

[1] 王秋霞,等.我国铝土矿资源开发与保护对策[J].矿产保护与利用,2000,(3) 49-54.

[2] 杨重愚.试论应用两段烧结法处理我国铝土矿的合理性[J].轻金属,1978,(4) 1-4.

[3] 杨重愚.轻金属冶金学[M].北京:冶金工业出版社,1991.

[4] 杨重愚.氧化铝生产工艺学[M].北京:冶金工业出版社,1993.