

氧化铝生产
工人教材

分解槽

国营氧化铝厂 编

冶金工业出版社

理化部生产
工人教材

分解槽

——

中国工业出版社

分 解 槽

国营氧化铝厂编

編輯：曹桂芝 設計：朱英 校對：王坤一

冶金工业出版社出版（北京市灯市口甲43号）

北京市書刊出版業營業許可証出字第092号

冶金出版社印刷厂印 新华书店发行

1959年6月第1版

1959年6月北京第1次印刷

印数3720册

開本787×1092 1/32·35,000字·附圖1 $\frac{2}{3}$

統一書号 15062·1632 定价 0.18 元

出版者的話

自从党中央和毛主席向全党和全国人民提出了技术革命与文化革命的偉大号召，广大工人、农民、机关于部、学生都掀起了学习技术的高潮。全国各地大量兴办中小型鋁厂、要培訓大量的技术工人，这些企业的领导干部和业务人員也迫切要求学习和掌握技术知識，以便在工作中做出更大的貢獻。为了适应这方面的迫切需要，我們特請国营氧化鋁厂在百忙中組織編写了这套氧化鋁生产工人教材。我們希望这套教材能被用做氧化鋁厂工人技术学校或訓練班的教材，有关企业的一般工作人員也可以做为自学参考讀物。

这本“分解槽”是由国营氧化鋁厂张培珂同志整理，刘玉彩同志审訂。書中簡明地介绍了攪拌分解槽与碳酸化分解槽的构造、基本原理、操作方法等。

本書的編写与出版時間都很仓促，一定有不少的缺点和錯誤，希讀者指正。

目 录

第一章 拜尔法种子搅拌分解	1
第一节 分解的定义	1
第二节 种子搅拌分解设备	1
第三节 分解所用的原料及其性质	3
第四节 搅拌分解的基本理论	7
第五节 拜尔法分解产品的质量要求	14
第六节 加少量铝盐的分解方法	15
第七节 分解过程的全部操作	20
第二章 碳酸化分解	24
第一节 碳酸化分解所用的设备——碳酸化分解槽	24
第二节 碳酸化的基本理论	25
第三节 碳酸化分解中溶液的变化情况	27
第四节 怎样掌握分解率	28
第五节 分解率的确定	32
第六节 各种因素对碳酸化分解析出 $Al(OH)_3$ 质量的影响	34
第七节 碳酸化分解过程中的几个主要的计算公式和概念	38
第八节 操作中的注意事项	40
第九节 連續碳酸化分解	42
第十节 分解槽岗位操作法	44

第一章 拜尔法种子搅拌分解

第一节 分解的定义

大家都知道把一种化合物分成两种或两种以上的新物质这个作用就叫分解。

氧化铝生产过程中的分解作业也是一样，就是把铝酸钠 (NaAlO_2) 中的氧化铝拿出来。分解在氧化铝生产过程中是一个极其重要的工序，它不但决定着产量的高低，而且也决定着质量的好坏，因此如果掌握不好，将会引起下一工序的操作困难和造成无法处理的质量损失。

第二节 种子搅拌分解设备

一、机械搅拌分解槽

搅拌分解槽，高为13.7米，直径为7.76米用40匹马力的电动机带动运转，搅拌的转速为6转/分，它的理论容积为640立方米，它的利用效率可达95%，这就是说它的有效容积为 $640 \times 95\% = 608$ 立方米。利用这种设备作搅拌分解槽是不大合算的，因为它的缺点较多，如搅拌不均，消耗电力较大；槽小产能有限；操作比较复杂……等一些問題。这里对它不作详细的介绍，因为现在已不用这种设备进行搅拌分解。

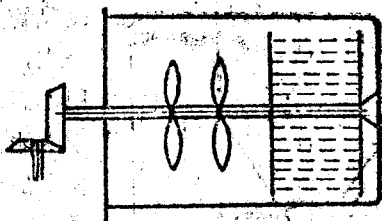


图 1 机械搅拌分解槽

机械搅拌分解槽理论容积的计算公式如下：

$$V = \frac{\pi D^2 \cdot H}{4}$$

式中 V — 表示容积；

π — 圆周率 (3.1416)；

H — 高度 (分解槽高)；

D — 直径 (分解槽直径)。

二、空气搅拌分解槽

这种设备作种子搅拌,在现阶段来说是比较先进的,它的动力是压缩空气,操作上比较方便,高27.5米,直径7.4米,理论容积1000米³,工作效率可以达到85%。这种设备的优点是,操作简单动力消耗较小,搅拌效率较高,产能较大等。

这种设备的搅拌原理就是在一容器内造成两种不同比重的溶液,利用其因比重不同而造成的压力差来进行搅拌循环(如图3所示)。这种分解槽构造很简单(见图2、图3),槽体用钢板焊接内有两条风管,即主风管和辅助风管。当槽内体积小时用辅助风管通气搅拌,主风管通气小一点,目的不是要它起搅拌作用,而是防止主风管的堵塞;当槽内体积达到一定高度时,主风管才是有用的,关于操作法以后再谈。

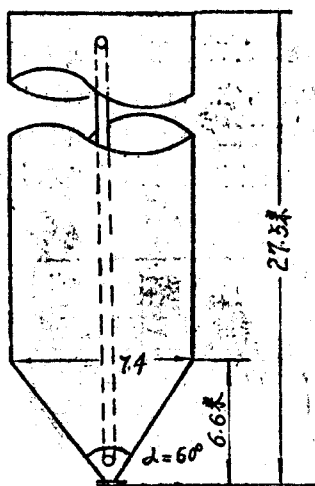


图2 空气搅拌分解槽构造图

空气搅拌分解槽理论容积的

計算公式为:

$$V = V_1 + V_2;$$

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H_1}{4};$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H_2}{4 \times 3}。$$

式中 V —总的容积;

V_1 —圆柱体的容积;

V_2 —錐形体的体积;

H_1 —圆柱体的高;

H_2 —錐形体的高。

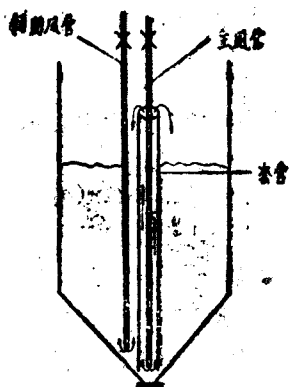


图3 空气搅拌分解槽原理图

第三节 分解所用的原料及其性質

一、精制液

即经过脱砂以后的鋁酸钠溶液，組成这种溶液的成份有： Al_2O_3 、 Na_2O_K 、 Na_2CO_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 及微量的稀有金属和砂渣悬浮物。以上这些物質在鋁酸钠溶液里面存在量的多少都会影响分解作业的进行，也就是說这些物質存在的多少將决定此溶液的性質。这里提出下列两个問題，加以討論：

1. 鋁酸钠溶液濃度的概念

鋁酸钠溶液的濃度通常是以每一公升含多少克 Al_2O_3 和多少克硷的絕對数字来表示。

在实际操作上我們是拿 Na_2O_r (全硷) 来作为 $NaOH$ 及 Na_2CO_3 的通式，这是为了在工业生产上計算方便。 $NaOH$ 在

鋁酸鈉溶液里面又有兩種存在形式。一種是和 Al_2O_3 結合在一起的 $NaOH$ ，即結合成鋁酸鈉($Na_2O \cdot Al_2O_3$)，另一種是存在溶液里面的自由 $NaOH$ 。這兩種礆的總和我們叫苛性礆，

用 Na_2O_K 這個通式來表示，即 $Na_2O_T - Na_2CO_3 = Na_2O_K$ 。
全礆 碳酸鈉 苛性氧化鈉

2. 苛性化比值 (a_K)

苛性化比值就是在鋁酸鈉溶液中苛性氧化鈉的分子數和氧化鋁的分子數之比，即 Na_2O_K 分子 / Al_2O_3 分子 = a_K 。

假定，溶液中含 Na_2O_K 200 克/立升，含 Al_2O_3 180 克/立升。

則：該溶液的苛性化比值

$$\begin{aligned} a_K &= \frac{200}{62} \div \frac{180}{102} \\ &= \frac{200}{180} \times \frac{102}{62} \\ &= \frac{200}{180} \times 1.645 \\ &= 1.83 \end{aligned}$$

式中的 62 是 Na_2O 的分子量，102 是 Al_2O_3 的分子量。注意 1.645 在今後的計算中是一個不變的值 (Al_2O_3 和 Na_2O 分子量之比值)，我們可以把計算公式化簡為

$$a_K = \frac{Na_2O_T \text{ 克/立升} - Na_2CO_3 \text{ 克/立升}}{Al_2O_3 \text{ 克/立升}} \times 1.645$$

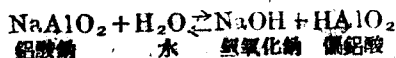
a_K 是決定鋁酸鈉溶液性質的一個重要因素。

3. 鋁酸鈉溶液的性質

(1) 自然性

由多次的實驗證明，鋁酸鈉溶液能夠不受任何外力的作用自行分解，而析出 $Al(OH)_3$ 沉淀。這是因為這種鋁酸鹽（鋁酸鈉）是由一種強礆（ $NaOH$ ）和一種弱酸（ $HAlO_2$ ）

所構成的。我們從普通化學上知道，這樣的鹽是能水解的，其反應方程如下：



由上式看到此反應是可逆的，是左右進行的。當右邊的 NaOH 多時反應即向左進行，這也就指明了自由苛性鹼在溶液裡面的作用。它存在的多少能直接決定鋁酸鈉溶液的安定與不安定（即水解與不水解的程度），這也就說明了 α_K 在該溶液裡面的作用。 $\alpha_K = 1$ 的鋁酸鈉溶液在任何條件下都是不安定的，但是隨 α_K 的逐漸提高鋁酸鈉溶液的安定性也隨而提高，可以長時間地保持不水解。

（2）鋁酸鈉溶液的安定性

在討論這個問題的時候，我們首先須找出影響該溶液安定性的幾個因素。

①苛性化比值：假若不受其他條件的影響，苛性化比值提高，則溶液的安定性也隨之提高，苛性化比值降低，則該溶液的安定性也隨之降低。這在前一節已講過， $\alpha_K = 1$ 的鋁酸鈉溶液在任何情況下都會水解。但當 α_K 提高到 1.10~1.25 時，鋁酸鈉溶液安定性可以達到在 24 小時內不水解，如果 α_K 提高到 1.4~1.8 時，其溶液的安定性可達到工業生產上所要求的程度，如果 α_K 提高到 3—4 或更高，該溶液可以保持長時間不水解。由此可以看出 α_K 對於鋁酸鈉溶液的重要意義。

②溶液的濃度：濃度對溶液的安定性的影響，可用某些實驗資料來說明（表 1）：

我們仔細觀察上表（表 1）可以發現，濃度對鋁酸鈉溶液的影響是很複雜的。很稀和很濃的溶液都有較大的安定

表 1

濃度对安定性的影响

溶液的浓度克/立升		α_k	安 定 性
Al_2O_3	Na_2O_k		
7.99	8.03	1.65	15天不分解
25.80	25.2	1.62	同上
42.4	42.5	1.65	24小时
70.4	61.0	1.43	12—10小时
92.1	78.4	1.40	6 小时
115.3	97.6	1.39	6 小时
150.3	122.9	1.40	同上
202.7	161.2	1.35	12小时
247.1	196.8	1.31	24小时
288.5	233.0	1.32	安定時間很长

性，中間濃度的溶液穩定性較差。在这里只能告訴大家一些实际現象。如果想了解得徹底些，可參看馬澤里著的“氧化鋁生产”一書中（69頁） $Na_2O-Al_2O_3-H_2O$ 系。

③溫度：当其他条件都不变时，降低溫度会使鋁酸鈉溶液的安定性降低。但如果把溫度降得过低（ $30^{\circ}C$ 以下）鋁酸鈉的安定性又会重新升高，这可能是因溶液的稠化作用，即粘度增高所引起的。

④通入 CO_2 、机械攪拌和溶液本身雜質含量的多少都会影响到溶液的安定性。

二、种 子

1. 对种子粒度的要求

拿来作种子的氢氧化鋁，一般是不應該过粗的。加入同数量的种子，則粗的氢氧化鋁(种子)起的作用就較小，細的种子对分解的速度起的作用就大一些。这与其說是种子对分

解过程的加速现象倒不如说是种子的表面积和在溶液里面的扩散程度对分解速度的影响。种子愈小其总的表面愈大，扩散力量也愈强，因此和从铝酸钠溶液中刚分解出来的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 相接触的机会也愈多，因此加速了解。

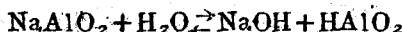
2. 对种子纯度的要求

这里主要指的是含杂质 SiO_2 和 Na_2O_K 的多少而言。含 SiO_2 高的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 种子会影响到后面一连几次产品 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的质量，这是因为在氧化铝生产的搅拌分解中是把前次所产出的氢氧化铝作为后次分解的种子的缘故。其次，如果种子的 Na_2O_K 含量高，那么把它加入到铝酸钠溶液里面后，它会提高溶液的苛性化比值而使分解的速度降低。

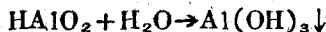
第四节 搅拌分解的基本理论

前面我们讨论了铝酸钠溶液的某些性质，和影响稳定的各种因素，那么我们就要利用它本身的性质和影响它稳定的这些条件，来找出比较适当的分解方法。

种子搅拌分解是拜尔法生产中的分解法，其化学反应如下：



铝酸钠溶液在加水分解过程中是分两个阶段进行的， NaAlO_2 刚开始水解时，其所水解出来的 Al_2O_3 是呈偏铝酸（ HAIO_2 ）状态，第二步偏铝酸再加水分解而析出胶质的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ，其反应如下：



从上面的反应我们可以判断 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的沉淀析出是分两个阶段进行的，即

1. NaAlO_2 水解成膠狀的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 微粒；

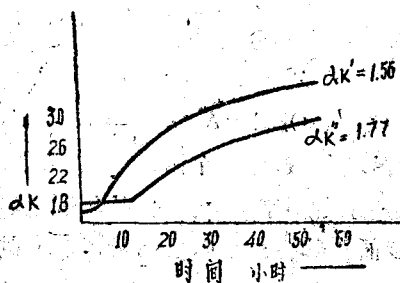
2. 微粒聚結增大变为顆粒而沉淀析出。

每一个影响分解的因素如苛性化比值、溫度等都会影响这两个阶段的正常进行。下面我們就談一談影响分解的各种因素。

一、苛性化比值对分解的影响

鋁酸鈉溶液中的苛性化比值是結晶質 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 在該溶液中的过飽和程度的指标。分解前的溶液的苛性化比值比其平衡溶液的苛性比小，則其溶液的过飽和程度就大，分解作业进行得就快。这是因为 $a_K = \frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ ，如果 Na_2O 濃度不变，即 a_K 小，則 Al_2O_3 的濃就高，就是說溶液的过飽和程度大（見圖 4）。

圖 4 所示为 $a_K' = 1.56$ 的溶液和 $a_K'' = 1.77$ 的兩種溶液的分解速度曲綫。我們从圖 4 中可以看到，在同样的分解時間內， $a_K' = 1.56$ 的溶液要比 $a_K'' = 1.77$ 的溶液分解得快，这



是說要想縮短分解的時間，在其他条件不变的情况下，降低 a_K 是必要的。但是必須指出，对分解來說 a_K 是愈低愈好，而这对前几个工序來說是不利的。过度地降低 a_K ，会使溶液的安定性降低，鋁酸鈉溶液会

在未进入分解槽以前便发生水解，使 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 随赤泥一起沉淀而造成損失。

在这里附带談一下，攪拌分解的 Al_2O_3 产出率的問題，所謂的攪拌分解的 Al_2O_3 产出率，是指沉淀析出的 Al_2O_3 与溶液原含有的 Al_2O_3 的比值（以百分法表示）而言。例如：原液里含 Al_2O_3 120克/升，經分解后尚含有 40克/升，則其分解率为 $(120-40) \div 120 \times 100\% = 66.7\%$ 。

用攪拌分解法时，鋁酸鈉溶液的分解程度，可用分解前后两种溶液的不同的 a_K 变化程度来表示。分解后的溶液的 a_K 愈高表示鋁酸鈉溶液的分解度愈高，沉淀析出的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 愈多。因此用公式表示 Al_2O_3 的分解率，即得：

$$a = \left(1 - \frac{a_a}{a_K}\right) \times 100\%$$

a — 为鋁酸鈉溶液 Al_2O_3 分解率。

a_a 为分解前溶液的 a_K 。

a_K 为分解后溶液的 a_K 。

例如 a_a 为1.8 a_K 为4.5时

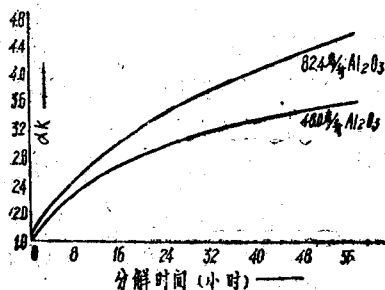
$$\begin{aligned} \text{則} \quad a &= \left(1 - \frac{1.8}{4.5}\right) \times 100\% \\ &= 60\% \end{aligned}$$

这就是說同溶液 a_K 的变化情况表示着 Al_2O_3 的产出率。

二、溶液濃度对分解的影响

在保持一定的苛性化比值和一定溫度的条件下，增加溶液的濃度就会使鋁酸鈉溶液的过饱和程度降低。因此溶液的濃度愈大，分解的速度就相应地减小（见图 5）。图 5 中所示者为两种不同 Al_2O_3 濃度的鋁酸鈉溶液的分解情况。我們可以从图上看出来，在一定范围内 Al_2O_3 較低的溶液的分解速度較快， Al_2O_3 較高的溶液的分解速度則較慢。但必須指

出， Al_2O_3 濃度过低的溶液的分解速度也是不快的。



提高鋁酸鈉的濃度，虽会使攪拌分解的速度降低，但另一方面却可使攪拌机械單位有效容积的絕對氧化鋁的产出量提高，因此某一苛性化比值的鋁酸鈉溶液有其一定的最适

图 5 鋁酸鈉溶液濃度对分解速度的影响 合的 Al_2O_3 和 Na_2O 的濃度。采用这种濃度可使其一方面有較快的分解速度，另一方面又可以得到較高的絕對的氧化鋁产出量。所以过濃和过稀的鋁酸鈉溶液均不合乎我們的要求。根据某些經驗証明，最适合要求的濃度为120~125克/升， $\alpha_K=1.75\sim1.8$ ，比重为1.24—1.27。

三、溫度对分解的影响

在苛性化比值以及溶液浓度不变条件下，提高或降低鋁酸鈉溶液的溫度对分解速度有直接关系。溫度愈高，則溶解度愈大，也就是說此溶液的过飽和程度愈小。在鋁酸鈉溶液分解的过程中也是一样，溫度提高，則鋁酸鈉溶液的过飽和程度降低，就难于分解。为了說明溫度对分解的影响，我們可以用图 6 來說明。

图中所示溶液的 Al_2O_3 濃度为125克/升；在 α_K 为1.8的条件下进行分解，我們从坐标上可以看到降低溫度即加速了分解速度，但是必須注意到，溫度以不低于 30°C 为限。

在这里附的談一下怎样去掌握溫度的問題。

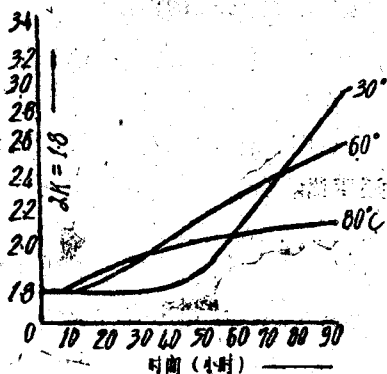


图 6 温度对分解速度的影响

图 7 的曲线 II 表示分解过程中溫度的变化。曲线 III 表示分解过程中苛性化比值的变化。根据这两条曲线的变化情况可以看出曲线 I 是分解过程中最好的条件。这一曲线的特点是在分解开始时鋁酸鈉

的溫度比較迅速地下降，終結时溫度則是緩緩下降。在这一点上完全符合攪拌分解时溶液的自然冷却的条件，历年来的

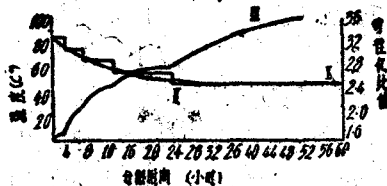


图 7 鋁酸鈉溶液分解的温度标准曲线

实际操作也証明了此点，开始降的猛一些，即 $3^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ 左右，逐渐变为 $2^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ ，随后再变为 $1.5^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ ，直到自然降温。但是必須指出，人工控制降温的时间（即停冷却水的时间）要根据季节的不同而决定。

四、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 种子数量和質量分解的影响

使鋁酸鈉溶液自行分解，是要很長時間的，但如果加入一部份預先制成的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 作种子，那么分解就会进行得快一些。如果只說这是由于 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 种子在溶液中起了核心作用的緣故，是不完全的。还应当看到，种子的数量和質量对分解的速度起着重要的作用和决定性的作用这一点。

那么怎样确定种子的数量和質量呢？一般說来种子的数量是以种子比来衡量的，也就是說，用加进去的新种子（以 Al_2O_3 的重量計算）。

占分解前鋁酸鈉溶液里所含 Al_2O_3 总重量的百分之多少来計算的。一般应在1~1.5倍。种子的質量是指种子的細度和种子里面所含的雜質而言。作种子的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 粒度不应当太粗，但也不应当过細。一般应在1~2 μ 之間。种子在溶液里面的作用：①是核心作用；②是表面作用。种子所占的表面愈大，則鋁酸鈉溶液的分解速度也愈快。但同样数量的种子如果粒度大，則表面小；粒度小，則表面大。因此我們还是加較細的种子为最适合。

但必須指出，用过細的种子作核心对产出的成品粒度是有影响的。因为种子的粒度过小，在分解过程中成品的粒度也会較細，这样对以后工序（過濾及焙燒）都是不利的。如果加的数量不够，則鋁酸鈉溶液在分解过程中会产生新的結晶作核心，那么就会造成产品的粗細不均匀。所以加种子要考虑到种子的数量和粒度的关系。

种子里面所含的雜質对分解成品的質量也有影响。往往由于某一次加进去的种子的質量不純，而影响到下面一連几