

大家都來办鋁厂

(鋁的生產知識簡介)

冶金工業部沈陽有色冶金設計院 編

冶金工業出版社

大家都来办铝厂

(铝的生产知识简介)

冶金工业部沈阳有色冶金设计院 編

冶金工业出版社

目 录

前言.....	3
一、鋁的性質和用途.....	4
二、氧化鋁生产.....	5
三、电解鋁生产.....	9
四、結束語.....	15

大家都来办鋁厂

沈陽有色冶金設計院 編

1958年7月第一版 1958年10月北京第二次印刷 30,000册(累計36,000册)

787×1092·1/32·6000字·印張 $\frac{16}{32}$ ·插頁 6·定价 0.17 元

国家統計局印刷厂印刷

新华書店發行

書号 1053

冶金工業出版社出版(地址:北京市灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版業營業許可証 093 号

前 言

为了贯彻党中央提出的社会主义建设总路线，让铝工业在全国遍地开花，我们编写了这个介绍铝的生产情况的小册子。

铝工业在我国还是一个新兴工业。铝的生产不像铜那样为我国广大人民所熟悉，加上铝在目前工业中采用的生产方法较为复杂而且又必须用电，这就容易使人们对办铝工业产生一种“神秘”的错觉。其实，铝的生产与其他工业一样并没有什么神秘的。我国拥有极为丰富的铝矿资源及水电资源，只要揭穿了办铝工业的“神秘”观，铝工业就会如雨后春笋般地在全国各地生长起来，而铝工业一经全国人民动手在全国各地建立起来后，铝的生产就会通过广大劳动人民的伟大智慧来加以改造，使之适合于我国各地情况。这就又会反过来更加促进铝工业的发展。在党的领导下，依靠全国人民办工业的冲天干劲，铝工业在全国遍地开花的日子，一定会很快到来。

这个小册子只用几天的时间赶写出来的，无论在内容及文字上一定有不少缺点甚至错误，希望各地同志批评指正。

一、鋁的性質和用途

現在一般採用的煉鋁生產過程是首先從鋁礦石（鋁礬土、明礬石、霞石、粘土、高嶺土等）中提取氧化鋁，然後再將氧化鋁以直流電進行電解，即得金屬鋁。

在介紹鋁的生產過程以前，先來談談鋁的性質及用途。

鋁是一種銀白色金屬，它的特點是質輕而熔化溫度高。鋁的比重為 2.7（比鐵要輕 2.9 倍，比銅要輕 3.3 倍）。鋁約在 660°C 高溫才能熔化成液體。鋁及其合金可以進行各種加工，制成各種品種和類型的管材、棒材、型材和綫材，而且機械強度很大，重量又輕，因此鋁及其合金被廣泛採用於國防工業、機械製造工業、航空工業、電氣工業、汽車工業以及輕工業等等。鋁有較好的導電率，其導電率僅次於銅。由於鋁的成本較銅便宜，所以在電器和電力工業上已廣泛以鋁代銅來製造鋁制電綫、電纜等。在工業發達的國家，鋁已被利用來代替鋼材建築房屋、製造車輛等。

鋁製品在表面經過氧化處理後，可以生成各種鮮艷的色彩（如黃金色、紫色、紅色、藍色等）。加以鋁有很強的抗腐性能，不生銹，因此在輕工業上的用途也很廣，用它可以制各種各樣的小五金和生活用品（如鍋、碗、瓢、盆）一直到包裝糖果、香煙等用的鋁箔。

從以上可以看出鋁的用途是極為廣泛的，它在國民經濟中占着很重要的地位。

最後我們按鋁生產中的主要階段（氧化鋁、鋁電解）分

別介紹其生产过程。

二、氧化鋁生产

氧化鋁（鋁氧）是从鋁矿中提取出来的鋁与氧的化合物，是目前工业上制取电解鋁的唯一原料。由于一般要求鋁的純度很高，故要求氧化鋁中含杂质很少（一級产品中氧化鋁含量大于98.6%）。

在地壳中鋁的含量（約7.45%）占第三位（仅次于氧和硅），比铁还多。含鋁的矿石有鋁矾土、明矾石、霞石、高岭土、粘土、煤灰等。我国山东、河南、貴州、福建、东北等地都拥有大量的鋁矾土。浙江，安徽等地拥有大量明矾石。在大跃进的今天各地又发现大量各种类型的鋁矿，同时随着技术革新的开展，各种新的生产方法不断出现，扩大了制取氧化鋁的原料范围，簡化了生产流程与設備，为我国鋁工业大中小企业相結合，遍地开花，提供了极有利的条件。

从各种鋁矿中制取氧化鋁常采用各种不同的生产方法。从鋁矾土中提取氧化鋁，根据其中含氧化硅量的不同，一般采用拜耳法，燒結法与联合法三种，一般每二吨至三吨鋁矾土可得一吨氧化鋁，鋁矾土中鋁硅比（氧化鋁含量与氧化硅含量的重量比）大于8~10者可采用拜耳法，大于3~4者采用联合法。高硅鋁矿及高岭土、粘土、煤灰等含硅高含鋁低的一般采用燒結法。从明矾石中提取氧化鋁采用氨碱法或还原焙燒法：前一方法約七吨明矾石能制得一吨氧化鋁、二吨硫酸銨与硫酸鉀的混合肥料；后一方法七吨明矾石能制得一吨

氧化鋁、0.5 吨硫酸鉀单体肥料和 1.2 吨硫酸。从霞石中提取氧化鋁采用燒結法，約 4.5 吨霞石能制取一吨氧化鋁、0.8 吨碳酸鈉、0.16 吨碳酸鉀和水泥。各种生产方法的生产流程与說明見附图（图 1，图 2，图 3，图 4）。

一般要求鋁矾土中含氧化硅愈少愈好。鋁硅比大于 2.6 的鋁矾土、明矾石与霞石等适用于大型及中小型企业。而当鋁硅比小于 2.0 的鋁矾土及其他矿石，在目前的技术条件下用于制取氧化鋁其經濟价值較差。

鋁矿中主要含有氧化鋁（鋁矾土中一般含 40~70%，明矾石中含 25~30%，霞石精矿中含 25~30%），二氧化硅（鋁矾土中含 5~20%）等。提取氧化鋁主要是把鋁矿中的氧化鋁提取出来而把杂质氧化硅等作为废渣排出。生产方法虽很多，但目前工业上一般采用碱来处理鋁矿提取氧化鋁故称碱法。鋁矿中的氧化鋁与碱（燒碱溶液或碱粉）化合成为可溶性的鋁酸钠，矿石中的杂质（二氧化硅、氧化鉄等）則生成不溶性固体或与石灰石化合成不溶性固体。用碱溶液溶出可溶性的鋁酸钠后与不溶性固体杂质进行分离。固体杂质（赤泥）經洗滌后排棄或可作水泥原料。鋁酸钠溶液經過精制后进行分解把鋁酸钠溶液中的氢氧化鋁沉淀出来。氢氧化鋁与母液分离后进行洗滌送去焙燒脫水即得产品氧化鋁。母液則根据矿石成分不同进行蒸发及回收其他副产品。

必須說明，根据矿石的不同，在生产鋁氧时，还可以获得各种不同的副产品。如以明矾石为制鋁氧原料时，即可副产鉀肥和硫酸或鉀氮混合肥料等；以霞石为原料时，可副产碳酸鈉，碳酸鉀及水泥等；此外，还可根据原矿成分的不同回收价值很大的稀有金屬，（如鎂、鈳……等等）。

氧化铝厂主要技术经济指标

指标名称	小型企业			中型企业			大型企业			
	企业类型		生产方法	烧结法	烧结法	烧结法	烧结法	烧结法	联合法	联合法
	烧结法	烧结法		吨/年	吨/年	吨/年	吨/年	吨/年	吨/年	吨/年
1. 原料与主要原材料										
铝矾土 (吨/年)	2300	4600	9300	2000	4000	10000	20000	60000	30万	60万
石灰石 (吨/年)	23.25	4650	9300	2000	4000	10000	20000	60000	30万	60万
碱粉 (吨/年)	253	515	1030	2000	4000	10000	20000	60000	30万	60万
(或烧碱100%NaOH) ①	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2. 电力负荷 (千瓦)	100	180	320	2000	4000	10000	20000	60000	30万	60万
年消耗量 (百万度)	350千度	700千度	1300千度	6.5	10	19	30	45	75	125
3. 需水量 (立方米/天)	30	155	300	4000	6500	17700	110000	200000	90000	160000
其中可用循环水 (立方米/天)	—	—	—	—	—	—	—	—	85000	170000
4. 厂区占地 (公顷)	0.6	0.7	—	4.54	5.94	10.5	30	40	70	85
5. 需蒸汽量 (吨/时)	—	—	—	5	10	30	200	380	140	270
6. 年需燃料量										
烟煤 (吨/年)	2350	4700	9400	19126	57378	130000	260000	288000	570000	570000
无烟煤 (吨/年)	950	1990	3980	—	—	—	—	—	133000	162000
7. 职工人数 (人)	150	250	400	170	220	450	1600	2800	1400	2500
8. 基建投资 (万元)	34.2	42.9	71.8	292	412	829	6000	10000	5400	9000

① 610克/升液体烧碱含45%NaOH

考虑氧化铝厂规模大小的因素很多（如矿石品位与储量，当地工业协作条件等），但是在技术革新，土洋結合的今天，氧化铝厂的建設尤其是中小型工厂的建厂条件是沒有过高的要求的，只要铝矿的铝硅比在2以上就能建立氧化铝厂。設備也可以采用較為簡便的，如用土窖、鉄鍋代替迴轉窖、蒸发器等，而在燒結法生产中所需的碱，也可以用芒硝等来代替。在今天全党全民办工业的高潮中，定将創造出更符合多快好省方針的建設氧化铝厂的經驗。表中是大、中、小型氧化铝厂的主要技术經濟指标。一般年产15万吨以上者屬大型，年产1万吨以上者屬中型，年产1万吨以下者屬小型。

三、电解铝生产

现代炼铝一般是采用电解法，下面先简单介绍一下电解法的一般原理：

1. 电流

工业或日常生活上所用的电通常叫做电流。电流分为两大类，一类是交流电，另一类是直流电。它们的性质不同，所以用途也不一样，一般工业上开动马达，家里点电灯等差不多都是用交流电，这种电流是由发电站直接供给的。

炼铝所用的电是直流电，从发电站送来的交流电，要通过整流器换成直流电以后，才能供给炼铝使用。

整流所送出的直流电，电流是从正极（阳极）送出再从负极（阴极）送回整流所。

2. 电解

在玻璃罐内，放上一些盐水，在盐水里插入二根炭棒，一根接到直流电的正极上，另一根接到负极上，通电流以后盐水就发生变化，在正极上有氯气析出，同时盐水渐渐的就变成碱水了。这样由于直流电的作用使盐水分解的方法，就叫电解法。它的装置可以像图5上表示的那样。

如果在铁容器里把食盐熔化，然后用上述方法通入直流电，在正极上有氯气析出，在负极上就有金属钠析出。这种方法叫做熔盐电解法。

工业上炼铝就是用熔盐电解法从氧化铝里把纯铝提炼出来。

3. 电解生产过程

电解工作在铝工厂的专门车间内进行，此车间称为电解车间。电解车间内排列着成排的电解槽，这种电解槽即为炼铝的主要设备。电解槽槽体的大部分设于地沟中，在地面上仅露出 20~30 公分。

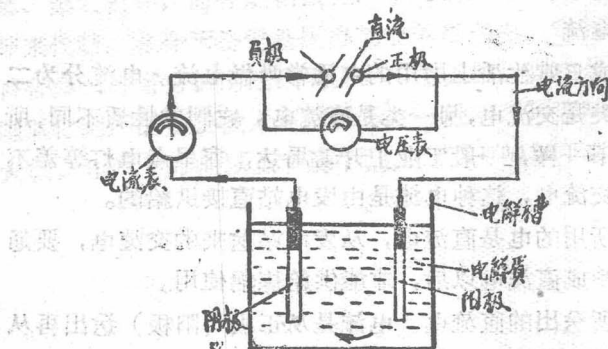


图 5 铝电解示意图

氧化铝是炼铝的主要原料，在电解时氧化铝分解成铝和氧。铝在阴极上析出，而氧在阳极上析出。这一分解过程就需要消耗大量的直流电。

氧化铝是白色粉末，本身不导电，为了使氧化铝能够电解，必须先把它化成熔融状态。但是氧化铝的熔点很高，要在 2050° 以上才能熔化。为此采用冰晶石作为助熔剂，使其熔化温度降低到 1000°C 以下，氧化铝在熔化了冰晶石中可以溶解 10% 左右，这种冰晶石和氧化铝的混合熔融物叫做电解质，它在电解时可以保持 $930\sim 950^{\circ}$ 的温度。

在这种温度下，电解槽内不仅有液体的电解质，而且也

有液体的金屬鋁。純鋁的熔点是 660°C ，因此槽內的金屬鋁过热大約 300°C 左右，这种过热的鋁取出后直接送到鑄造部去鑄成鋁錠。

电解槽內获得适当的溫度，是依靠直流电供給的。直流电通过电解槽要完成兩項任务：（1）把氧化鋁分解成为鋁和氧，（2）使电解槽內的溫度保持在 $930^{\circ}\sim 960^{\circ}\text{C}$ 。如果把电源切断（停电），槽內的电解質和鋁就要凝固。固体的电解質是不传电的，因此凝固后就不能再通电了，所以保証电源的連續供应是鋁厂的重要問題。偶而停电 5—10 分鐘或半小时以內，电解槽尙不致完全凝固。如繼續停电数小时，则电解槽內的电解質将完全凝固，在恢复生产时，即需将其加溫熔化后，才能繼續进行电解。

电解槽內有两层熔融体，較輕的电解質浮在上面，而較重的鋁液沉在下层。在电解时鋁在阴极上析出，而氧則在阳极上析出，阳极是炭的，发生的氧气与炭阳极起作用，因而使阳极被燒着而逐漸消耗。阳极位于爐面上，一部分浸入电解質中。电解槽的阳极可以是一个或十几个。

电解槽的槽底是炭块砌成的，炭块里埋进鋼棒，鋼棒接到直流电的負极上，这样槽底本身就成为阴极了。

当我们走到电解槽旁边，并看不见液体的电解質，因为电解槽內的电解質与空气接触，表面上結成一层很厚的硬壳，这层硬壳很密实地盖在爐面上，通常在硬壳上打四个小洞，爐內发生的气体便从这些小洞中連續不断的噴出，同时燃烧成火焰。从火焰的外形和顏色，电解工人可以判断槽內电解的情况是正常还是不正常。火焰是兰紫色清明而有力是好的。渾濁軟弱发黄是不好的。

在槽上工作要經常进行检查，硬壳上的火眼不允許被塞住，火焰不能熄灭。如果被塞住，气体便不能出来，这样会有很大的压力把电解质噴出槽外。

电解槽的工作是日日夜夜連續工作的。鋁不断的析出，所以槽內氧化鋁的量也必須充足，以維持正常的电解，如果氧化鋁的含量低于1—1.5%，則正常的电解过程即被破坏，电解槽立即自动发出信号提醒电解工人注意。

正常工作的电解槽电压为4.5~5伏。当氧化鋁不足时电压便突然上升到30伏以上，同时，与电压表并联的电灯立即发亮，这种现象叫做阳极效应。

消灭阳极效应是不难的，仅須往电解槽中加入新的氧化鋁。首先把表面上的硬壳打碎，使它溶解于液体的电解质中。硬壳溶解以后，阳极效应即可熄灭，电解工作又趋正常，每次阳极效应延續時間至多不超过6分鐘。

析出的金屬鋁积聚在槽底，每3昼夜取出一次。现在都用真空鍋出鋁，取出的鋁倒入鉄拾包中，拾包內部用耐火材料砌好，装满鋁的拾包用天車送往鑄造部去鑄錠。

电解槽內发生的气体除了一氧化碳，二氧化碳以外，还含有氟，同时車間內电解槽很多，室內溫度也高。所以在車間內应很好的排气和通风。但在小电解厂里，由于槽子較少，所以排气装置事实上是可以省略的。

4. 炼鋁电解槽的构造

电解槽的草图如下图（图6）。

它是用炭块砌成的长方形的槽子，炭块的外边是耐火砖，最外层用鋼板包好并用工字鋼或槽鋼等加固，以防止炭块被破坏及变形。

5. 鋁電解槽的生產量

鋁電解槽的生產量依通過電流的大小而定，電流越大產量越高。其計算方法如下：

如通過的電流為 60,000 安

電流效率為 88%

$$\text{則每晝夜生產量} = \frac{60000 \times 0.88 \times 0.335 \times 24}{1000}$$

$$= 425 \text{ 公斤。}$$

為了大量生產，每一個電解車間大都安裝有几十甚至一

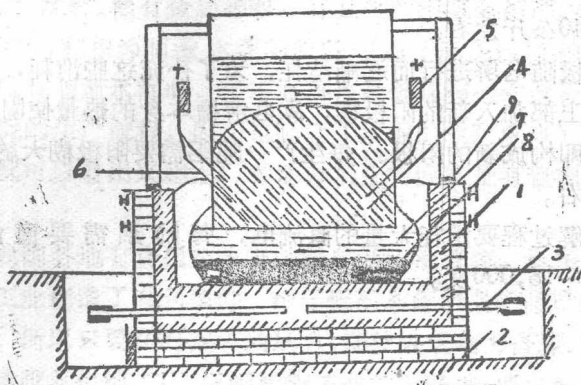


圖 6 鋁電解槽示意圖

1—炭塊；2—耐火磚；3—陰極棒；4—陽極；5—陽極母綫；

6—陽極棒；7—電解質；8—鋁液；9—絕緣

百多台电解槽。

6. 电解制铝所用的原材料和电的消耗量

主要原料是氧化铝，每生产一吨铝要消耗氧化铝1399公斤，但由于使用及运输时的损耗，所以实际消耗大约是1935~1950公斤。

冰晶石是炼铝的辅助材料，一般情况下消耗很少，但如果加入的原料中含有水分和很多杂质，冰晶石的消耗量就显著增加。所以加料时应该特别注意。现代每产一吨铝需要消耗冰晶石大约35~45公斤。

在生产中，电解质里还要加入过量的氟化铝以提高电解槽的产量。氟化铝是白色的微细粉末，非常容易飞散，且价格很贵，所以应该极力防止它飞散损失。生产每吨铝要消耗氟化铝40公斤左右。

阳极随电解进行而逐渐消耗，为了补充这些消耗，要在阳极的上部加入新的阳极糊，靠电解槽本身的热量使阳极糊烧结，即构成新的阳极。每生产一吨铝需要阳极糊大约550公斤左右。

电解过程要消耗大量的直流电，每吨铝需要直流电16,000~18,000度。

四、結 束 語

电解鋁生产虽然存在着消耗大量电能的缺点，但是由于鋁矿石中含鋁的成份較高（一般含鋁氧在40~50%以上，而銅矿中含銅一般只有1%左右，两者相差悬殊），所以每炼一吨鋁的成本要比銅便宜很多，尤其在目前生产技术日益发展的情况下，并且在找到土法炼鋁的途径后，鋁的冶炼方法将会进一步簡化，基建投資和生产成本更能降低。虽然要消耗很多电，但鋁可以代銅，用途广泛，所以大力发展鋁工业是有着广闊的前途的。此外在生产过程中还可回收很多副产品，如鉀肥、硫酸、稀有金屬等等。并且生产鋁氧时副产的赤泥废渣，还可利用为制造水泥的原料（由于赤泥已为很細的固体，故在制造水泥时，可不必再經過破碎等操作过程，簡化了水泥的生产流程，因而也降低了水泥的生产成本）。从这些情况可以看出兴建鋁厂对地方工业的发展是有着积极作用的。

我国各地有着极为丰富的鋁矿及水电資源，这为我们发展鋁工业創造了有利条件。由于鋁矿和鋁氧是鋁生产的主要前提，所以只要有鋁矿的地方，即使缺乏电力資源，亦应积极的建設氧化鋁工厂，以促使鋁工业的大跃进。所以如果能充分利用各地不同条件，大力发展各种不同类型的中小型鋁厂，就会使鋁工业迅速的在全国范围内遍地开花，使我国鋁的生产水平迅速提高，并能与鋼鉄工业的发展相适应。

統一書号 15062·1053

定价 0.17 元