

氧化铝生产
工人教材

氧化铝生产基本知识

国营氧化铝厂 编



冶金工业出版社



氧化鋁生产工人教材

氧化鋁生产基本知識

国营氧化鋁厂 編

冶金工业出版社

氧化铝生产工人教材——氧化铝生产基本知识

国营氧化铝厂 编

编辑：王通彬

设计：周广、韩品石

校对：佟尚洁

— * —

冶金工业出版社出版 (北京市灯市口里45号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第093号

冶金工业出版社印刷厂印 新华书店发行

— * —

1959年5月第一版

1959年5月 北京第一次印刷

印数 17,520 册

成本 $78.7 \times 1092 \cdot 1/2 \cdot 103,000$ 字 • 印张 $5 \frac{8}{32}$ 插页2

— * —

统一书号15032 • 1556 定价 0.48 元

出版者的話

自从党中央提出技术革命与文化革命的偉大号召后，在广大工人、农民、机关干部、学生中間很快就掀起了学习技术的高潮。全国各地在大量兴办中小型鋁厂，为此，須要培训大批的技术工人，而且这些企业的领导干部和管理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贡献。为了适应这方面的迫切需要，我們特請国营氧化鋁厂組織編写了这套氧化鋁生产工人教材。

書中介紹了有关氧化鋁生产的基本知識、各种生产方法、並以目前在我国采用得比較广泛的碱石灰燒結法为中心簡明地叙述了它的生产工艺流程、各种工艺設備的構造及其操作原理等。

本書可作为氧化鋁厂工人技术学校或訓練班的教材，並可供鋁厂一般干部及工作人員自学之用。

这本“氧化鋁生产基本知識”是由国营氧化鋁厂邱紀文和苏义先兩位同志整理，由尹耕科同志审訂的。

本書由于編写与出版時間倉促，一定会有不少的缺点和錯誤，希讀者指正。

前 言

自从党中央發出关于大力發展銅鋁工業的指示后，在全国立即出現了大搞銅鋁的高潮，小型、土法遍地开花，大中小厂矿紛紛筹建，並正在以飞躍的速度进行建設。在这样的新形势下，成千上万的新工人不断地投入到鋁工業战线上来。为了使这些新工人能够在較短的时间內掌握氧化鋁生产的基本知識和操作；担負起生产任务，尽快地編写出一套适合于培訓新工人的工人教材，便是目前極為迫切的一項工作。

我們根据几年来在生产、管理和工人培訓工作方面所积累的一些心得和点滴經驗，分別加以整理，写成了这一套氧化鋁生产工人教材，全書共包括以下三个方面：

1. 氧化鋁生产的基本知識；
2. 生产过程中的主要机械設備、輔助設備及其操作方法；
3. 生产实践中的各种經驗和心得。

为了編写方便、加速出版和便利讀者，我們把整个教材按生产流程分成十几輯，編写中注意了上下工序間的联系，因此全套教材仍然保持着一定的系統性和完整性。

为了更好地貫徹理論联系实际，服务于生产的精神，在整个教材及每一輯中不但簡明地敘述了生产中主要机械設備的規格、構造、效能、原理、維護知識以及主要的物理化学变化，而且詳尽地說明了操作方法，安全技术和今后的改进方向，这样不但便于讀者了解必要的理論知識，而且更重要

的是能掌握实际操作。

本書編者大部分是老工人，他們有丰富的實踐經驗，而且在編写时力求文字淺近易懂。具有三、四級技工水平的工人都能看懂，因此本書适合于做新工人的培訓教材和自学以及中級老工人學習做多面手的參考讀物，亦可做各氧化鋁廠制訂操作規程时的參考。

这十几本小冊子所以能在很短的時間內和讀者見面，是由于躍進形勢的鼓舞，並与冶金工業出版社的协作、我厂执筆者的努力分不开的。但是由于我們写作能力有限，缺乏經驗，時間倉促，因此难免有些粗糙、故希讀者对于書中所存在的問題提出糾正並給以批評，以便今后改正。

国营氧化鋁厂

1959年3月

目 录

前言	8
第一章 鋁和氧化鋁的性質及其用途	1
第一节 鋁和鋁合金的性質及其用途	1
第二节 氧化鋁的性質及其用途	5
第三节 我国鋁工業發展概況	8
第二章 氧化鋁生产所用的原材料及要求	11
第一节 鋁矿石	11
§1 鋁矾土	11
§2 霞石	13
§3 明矾石	13
§4 粘土、高嶺土与煤灰	13
§5 氧化鋁生产的各种原料的比較	14
第二节 碱粉与石灰石	14
§1 碱粉及其要求	15
§2 石灰石及其要求	15
第三章 鋁酸鹽溶液	16
第一节 鈉和鉀的鋁酸鹽	16
§1 鋁酸鹽溶液的性質	16
§2 鋁酸鈉溶液的性質	17
§3 $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系	18
第二节 矽酸鈉, 鋁矽酸鈉	20
第三节 鉄酸鈉	20
第四节 矽酸二鈣	21
第四章 氧化鋁生产方法的一般概念	22

第一节	电解法生产金属铝对氧化铝质量的要求	22
第二节	氧化铝生产的主要方法	24
第三节	碱法生产氧化铝各种流程的简单介绍	26
§1	碱石灰煅烧法氧化铝生产流程	27
§2	拜尔法氧化铝生产	32
§3	联合法生产流程	35
§4	用明矾石生产氧化铝	37
第五章	破石灰法的原料与燃料的准备	39
第一节	固体物料的破碎与粉磨	39
§1	作业的目的	39
§2	破碎比的概念	39
§3	颚式破碎机	40
§4	圆锥破碎机	42
§5	链式破碎机	43
§6	对辊破碎机	43
§7	原料磨	43
§8	中央排矿带有多仓筛板的湿式球磨机的构造	44
§9	磨细作业中各种指标的控制	48
第二节	煤粉制备	52
§1	燃料的组成	53
§2	燃料的发热量	54
§3	对煤的要求	55
§4	煤烘干机	56
§5	气体筒式间接加热烘干机	56
§6	煤粉的磨制	57
第三节	石灰制备	57
§1	竖式石灰窑	58
§2	竖窑的构造	60

§3 竖爐的技术操作	61
第四节 生料的配制	63
§1 配料的概念	63
§2 石灰饱和配料与非饱和配料的比较	63
§3 石灰配料与石灰石配料的比较	64
§4 石灰配料的料漿調配与校正	65
§5 料漿調整槽的構造	66
第六章 碱石灰燒結法的熟料煨成	68
第一节 概說	68
第二节 燒結生料所用的設備及其構造	72
§1 迴轉窯的構造	72
§2 迴轉窯的傳動裝置	74
§3 冷却机	74
第三节 燒結过程的技术操作	75
§1 迴轉窯溫度帶的划分	75
§2 燒結过程的技术操作	76
§3 燒結过程的控制	77
§4 迴轉窯的进料	77
§5 煤粉的燃燒	79
§6 窑灰沉降室及电收塵器	80
第四节 熟料质量和决定熟料质量的重要因素	82
§1 生料成分的影响	83
§2 燒結溫度的影响	83
§3 顆粒粒度和混合程度的影响	84
第五节 提高迴轉窯生产率及热效率的途径	85
§1 向料中添加煤粉的影响	85
§2 矿化剂的影响	85
§3 迴轉窯的双端喂料	86

§4 迴轉窑尺寸	87
§5 加快迴轉窑轉速	87
第六节 熟料的破碎	87
第七章 熟料溶出	89
第一节 概說	89
§1 熟料溶出的生产过程和设备流程的配置	89
§2 熟料溶出与赤泥分离的目的	89
§3 熟料溶出的方法	91
第二节 熟料溶出作业的基本原理	92
§1 溶出时鈉、鉀鋁酸鹽和鉄酸鈉的行为	92
§2 溶出时氧化矽进入溶液中的根本原因	93
§3 熟料溶出时氧化铝和氧化鈉的一次損失与二次損失	94
§4 熟料溶出时影响二次損失增大的因素	95
第三节 熟料溶出与赤泥分离的主要设备	97
§1 圓錐球磨机和螺旋分級机	97
§2 多層沉降槽	100
§3 沉降真空过滤机	101
第八章 粗液脫矽	104
第一节 概說	104
第二节 脫矽的方法	105
§1 脫矽方法的分类	105
§2 粗液压煮脫矽的生产过程和设备流程	105
§3 各种脫矽方法的實質	106
第三节 矽量指数和鋁酸鹽溶液中的氯化矽平衡濃度曲线	109
§1 矽量指数的概念	109
§2 鋁酸鈉溶液中的氧化矽平衡濃度曲线	110

第四节 影响脱砂过程的主要因素	110
§1 温度（压力）的影响	110
§2 铝酸钠溶液浓度的影响	111
§3 原始溶液（粗液）中氧化砂浓度的影响	111
§4 脱砂时添加石灰的影响	112
§5 脱砂时间的影响	113
§6 砂渣的影响	114
第五节 脱砂与砂渣分离所用的主要设备	114
§1 压煮器（脱砂机）	114
§2 自蒸发器	116
§3 砂渣沉降槽	117
§4 叶滤机	118
第九章 精液分解、母液蒸发及苏打溶液的苛化	121
第一节 概说	121
§1 铝酸钠溶液的分解方法	121
§2 精液分解的生产过程及设备配置	121
第二节 铝酸钠溶液的碳酸化分解	123
§1 影响碳酸化分解产品质量的因素	126
§2 氧化铝生产时所采用的两种碳酸化方法	131
§3 碳酸化分解时二氧化碳气体的来源	132
第三节 铝酸钠溶液的种子搅拌分解	133
§1 种子搅拌分解作业的目的	133
§2 种子搅拌分解的过程和氢氧化铝种子的作用	134
§3 影响铝酸钠搅拌分解速度和所得氢氧化铝粒度的因素	134
§4 连续种子搅拌分解的特点	138
§5 种子搅拌分解的设备	138
§6 种子搅拌分解率的计算	139

第四节 氫氧化鋁与母液的分离及其洗涤	140
§1 氫氧化鋁分离和洗涤作業的目的	140
§2 分离所用的設備	140
第五节 母液的蒸發	143
§1 蒸發的目的	143
§2 真空蒸發的原理	144
§3 單效和多效的蒸發量	147
第六节 苏打溶液的苛化	150
§1 苛化的目的	150
§2 苛化的方法	150
§3 苛化效率	152
第十章 氫氧化鋁焙燒	153
第一节 概說	153
§1 焙燒的目的	153
§2 氫氧化鋁焙燒的基本原理	153
§3 氧化鋁焙燒所用的主要設備	154
§4 焙燒窑溫度帶的划分	155
§5 焙燒氧化鋁所用燃料的選擇	156
第二节 氧化鋁焙燒設備流程的配置	157

第一章 鋁和氧化鋁的性質及其用途

第一节 鋁和鋁合金的性質及其用途

§1 鋁和鋁合金的性質

鋁是地壳內蘊藏最普遍的金屬之一，它佔地壳重量的 7.45%，多于鉄含量 4.2% 而居第三位（仅次于氧和矽）。鋁在自然界中是与其他元素成化合物状态存在。其中最普遍的是鋁矽酸鹽，例如長石（ $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ）、高嶺石（ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ）等，游离状态的鋁在自然界中是不存在的。

鋁是銀灰色的金屬。由于其表面有氧化薄膜，所以它是無光澤的。

含鋁 99.5% 的工業鋁的熔点为 $658^{\circ}C$ 。熔化潛热是 77 卡/克，这远高于其他許多种金屬。鋁的沸点为 $2056^{\circ}C$ 。

当 $20^{\circ}C$ 时鋁的比重为 2.7。在熔点时固体鋁的比重 2.55。在熔化时它的比重降低到 2.328。由于鋁的比重很小，所以它是一种輕金屬。

良好的导电率是鋁非常重要的性質。在这方面，鋁仅次于金、白金、銀、銅等，而远远超过其他金屬。

根据純度不同，鋁的导电率为銅的 62~65%，如果考虑到銅的比重是鋁的 3.3 倍，則很容易計算出鋁的导电率是等重量銅导电率的二倍以上，因此，制造具有相同导电率的導綫或母綫，若按重量計算，則鋁的消耗量只是銅的一半。此外，鋁比銅賤，故鋁在电器工業中获得了广泛的应用。在目

前的条件下，我国若以鋁代替銅去制造電纜，則電纜的成本可降低40~50%。

鋁有很高的導熱率，故用它来制造用以加熱或冷卻的器具。

鋁很容易鑄成各种各样的形狀，亦很易进行鍛造、壓延和拉絲。並可以制成很薄的鋁箔（厚度为0.00008毫米）和很細的鋁絲（每米重0.027克）。

純鋁是一种極軟和不大堅固的金屬。它比軟鋼和純銅軟。可是，当在鋁中加入百分之九的其他金屬时，則所得合金的強度和硬度与軟鋼相近，而其比重却只为軟鋼的三分之一（2.6~3.0克/立方厘米），而軟鋼为7.8~8.0克/立方厘米）。

鋁除不能和鋁組成合金之外，它能与其他的許多金屬組成具有高度機械性能合金。这一寶貴的特性，使它成了应用得最廣泛的工業材料。

工業上采用的鋁合金大致分为鑄造合金和變形合金兩大类。

變形合金中应用最廣的是杜拉鋁和鋁鎂合金。这些合金比重較小，機械性能大，近似于某些級別的軟鋼，特別是鋁鎂合金还具有耐蝕性和焊接性能。

鑄造鋁合金的比重小（为2.55~3.0克/立方厘米）流动性好，導電率大，並且有高度的耐蝕性和較高的機械性能。然而这种合金的种类很多，鑄造合金有矽鋁合金，銅鋁合金，鋁鎂合金，鋁鋅合金及复合成份合金等五种。

由于現代鋁合金的制造技术已获得高度的發展，所以鋁不仅能和游离的氧劇烈地互相作用，同时还放出大量的热。鋁还与氟、氯、溴、碘以及其他各种物質劇烈地作用。鋁粉

磨得愈細，溫度愈高，反應也進行得越快，越劇烈。

但是鋁在常溫和通常的大氣壓下耐腐蝕性很好；這是因為它的表面總有一層非常堅固而致密的氧化薄膜，這種金屬氧化薄膜能防止金屬繼續氧化。假如空氣中有能夠破壞鋁表面氧化薄膜的物質時（如硝酸和其他酸的蒸汽、海水水滴等），鋁所受的腐蝕則表現得非常明顯。

鋁很易被鹼、氨溶液以及石灰乳所腐蝕，因為這些溶液很容易破壞保護鋁的氧化薄膜。

工業上所用的鋁在鹽酸中很容易溶解。但隨著鋁的純度增大，則鋁在鹽酸中的溶解性劇烈下降。硫酸對鋁的作用很慢，濃硝酸不能溶解鋁，因為鋁表面層致密的氧化薄膜不與液硝酸起反應。但當加熱時，在這薄膜中出現裂紋，于是在這些裂紋中形成比較疏松的氧化薄膜，不能防止鋁的溶解。在稀的硝酸溶液中，鋁能很好地溶解。鋁對蠟酸、醋酸等有機酸是安定的。

§2 鋁和鋁合金的用途

由於鋁本身具有比重小，強度大（合金），良好的導電率、導熱率和良好的耐腐蝕性等非常可貴的性能，所以鋁及鋁合金在現在工業的各方面均應用得非常廣泛。

鋁及其合金在機械製造業中應用最廣。用鋁及鋁合金製造快速運轉零件（例如 輪子，滑車，滑輪，离心机，通風機及泵等）活塞，發動機，汽缸的部件，樑材，樑柱，桁架，起重機械，軸承，軸套等。

用鋁及鋁合金製造機構和機器的運轉部件，能使它的重量減輕，因此也就降低了機械在運轉中的電能消耗，提高運

轉速度，減少整個機器和機械的重量和尺寸。此外由于減少重量和尺寸，就使其容易制造、運轉、安裝和操作。

鋁合金的比重小和有高度的機械性能，就可以使交通工具的重量大大減少並加快運轉速度，這對飛機的製造業更為重要。飛機中所用的鋁合金可能佔到總重量的90%，平均也不少于50%。

使用鋁合金制造鐵路車輛，可以降低其重量50%以上，鋁合金更被廣泛應用在汽車製造業中。在制船工業中，鋁及鋁合金亦佔着很重要的地位。

在電器和無線電工業中，極廣泛地應用鋁及其合金來制造電纜，電纜，電容器，交流整流器，電器配件，電報，電話和無線電器材等。

由于本身具有耐腐蝕能力，良好的導熱性能和容易加工等性質，所以鋁及其合金在化工機械製造業中，獲得了廣泛的應用。例如鋁鍋、結晶器、凝結器、蒸發器、貯槽、圓桶、鼓形筒等。

鋁在食品工業和日常生活中已經獲得了多種多樣的用途。例如用鋁及其合金制造生產食品用的各種器皿，容器，樂器和照像機的部件等。

把鋁用磨碎的方法或在熔融狀態霧化的方法制造出來的鋁粉用途更為廣泛。例如鋁粉用于鋼的脫氧和在所謂鋁熱還原法中用鋁粉來制取鉻，錳，鎢，鋇，鈣，鈉，鎂及其他金屬。鋁粉在顏料，加氣混凝土，泡沫混凝土等的生產方面均得到了廣泛的應用。

此外，鋁是最重要的戰略金屬。鋁及其合金廣泛應用于制造飛機，軍艦，坦克，自動武器及裝甲車，以及工兵工作，

生产行軍裝備等方面。鋁粉還用以制造照明彈，信號彈和爆炸物等。

由以上所列举的事實證明，鋁無論在國民經濟和國防工業的建設上或日常的生活中，都已經佔據了很重要的地位。在現代生活中，沒有鋁就如同沒有鋼鐵一樣地困難。通常在國民經濟中，銅鋁生產必須與鋼鐵生產保持一定的比例，才能滿足各方面的需要。在全國工農業大躍進的形勢下，鋼鐵元帥已經昇帳，因而煉鋁工業的發展也必須迅速跟上去。

第二节 氧化鋁的性質及其用途

§1 氧化鋁的性質

氧化鋁（又叫做鋁氧）是由兩個鋁原子和三個氧原子所組成的化合物。在蘇聯教授馬澤里所著的氧化鋁生產一書中，把氧化鋁分為無水氧化鋁和含水氧化鋁兩大類。其實該書所指的無水氧化鋁也就是氧化鋁工廠中所希望制得的产品氧化鋁。含水氧化鋁即是將鋁酸鹽溶液經過分解而得到的氫氧化鋁 $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ ，也就是氧化鋁生產過程的中間產品。為了對鋁的氧化物做進一步的了解，現將氧化鋁和氫氧化鋁的性質分別加以介紹。

（一）氧化鋁的性質

氧化鋁有存在於自然界中的氧化鋁和人造氧化鋁，前者是剛玉，後者是我們從鋁礦石中經過許多複雜的工藝過程所生產出來的氧化鋁。

我們所生產出來的氧化鋁是一種顆粒很細而本身並不導電的白色粉末。它的熔點是 2050°C ，在實際生產中制出的是