

氧化铝生产
工人教材

脱砂机

国营氧化铝厂 編

冶金工业出版社

脫 砂 机

国营氧化铝厂 編

編輯: 曹桂芝 設計: 周广 朱駿英 校對: 趙嵐方

—— * ——

冶金工业出版社出版(北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

冶金工业出版社印刷厂印 新华書店发行

—— * ——

1959年6月第一版

1959年6月北京第一次印刷

印数3,720册

開本 787×1092·1/32·29,000字·印銀1 14/32

—— * ——

統一書号15062·1633 定价0.15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、机关干部、学生都掀起了学习技术的高潮。全国各地大量兴办中小型铝厂、要培训大量的技术工人，这些企业的领导干部和业务人员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，我們特請国营氧化铝厂在百忙中組織編写了这套氧化铝生产工人教材。我們希望这套教材能被用做氧化铝厂工人技术学校或訓練班的教材。也可以做为有关企业的一般工作人员的学习参考读物。

这本“脱砂机”是由国营氧化铝厂王宝璽同志整理，刘玉彩同志审訂。書中簡明地介紹了脱砂机的构造、工作原理、操作方法及脱砂机的事故和处理方法等。

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

第一节 概述.....	1
第二节 脱砂原理.....	3
第三节 脱砂机及附属设备的构造及性能.....	4
第四节 脱砂方法的分类及选择.....	6
第五节 脱砂过程中的化学反应.....	19
第六节 决定脱砂深度的几个因素.....	23
第七节 铝酸钠溶液的性质.....	30
第八节 脱砂机最易发生的事故及处理方法.....	36

第一节 概 述

1. 脱砂机在烧结法氧化铝生产中的作用

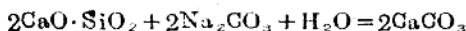
溶出熟料后所得到的铝酸钠溶液，由于烧结块的成份（主要是指二氧化矽含量）和溶出的条件不同，往往含有不同量的二氧化矽，在其相同的条件下，最终溶液（精液）中氧化铝浓度越高，溶液中的二氧化矽的含量也就越高。

溶出后所得到的铝酸钠溶液中的二氧化矽含量，一般，制100克/升的 Al_2O_3 ，铝酸钠溶液中（即粗液）含有二氧化矽3~4克/升左右。含有这样多的二氧化矽的铝酸钠溶液，当碳酸化分解时，在保持正常分解率的条件下，必定会得到极不纯的氢氧化铝。含杂质过多的氢氧化铝，经过焙烧后也不能做为炼铝的原料。因此必须将铝酸钠溶液中的二氧化矽加以脱除，这一过程即谓脱砂。经过脱砂后的二氧化矽的成份大部份生成固相沉淀，经过过滤便可以得到纯净透明的精制铝酸钠溶液，因而脱除铝酸钠溶液中的二氧化矽是脱砂机的主要任务。

2. 什么是粗液？粗液中二氧化矽（ SiO_2 ）的来源和存在

熟料溶出以后，所得到的含有多量的二氧化矽的铝酸钠溶液，由于含有多量对氧化铝有害的杂质，未经过细致的加工处理之前的铝酸钠溶液，在工厂中把它叫做粗液。

经过烧结以后在熟料中的二氧化矽主要呈二矽酸状态存在，其中还有少许可溶性的矽酸钠及不溶性的铝矽酸钠。二矽酸经过溶出溶于氢氧化钠碱液中，溶出液中含有碱矽酸钠的成份，因此它会与碱矽酸钠起下列反应：

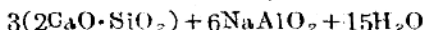


二鈣矽酸 + 碳酸鈉 + 水 = 碳酸鈣

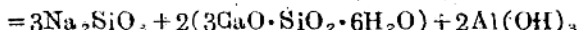


+ 矽酸鈉 + 氫氧化鈉

二鈣矽酸與已溶的鋁酸鈉起作用生成矽酸鈉，其反應如下：



二鈣矽酸 + 鋁酸鈉 + 水



= 矽酸鈉 + 矽酸鈣 + 氫氧化鋁

從上面反應可以看出，進入粗液中的矽的主要來源是在熟料溶出過程中，矽酸鈣與碳酸鈉起反應和矽酸鈣與已溶出的鋁酸鈉起反應所生成的矽酸鈉進入溶液中。另外在燒結過程中少量的矽酸鈉與鋁酸鈉起反應生成微溶性的矽鋁酸鈉。在溶出熟料時，其中的二氧化矽溶于氫氧化鈉鹼液中。

3. 溶液加熱現象

假如，測定蒸汽壓力下的液體不是純水，而是溶解有某種物質的溶液。那末它的蒸汽壓力要比同溫度下純水的蒸汽壓力低些，也就是說要把溶液的蒸汽壓力提高到大氣壓（即溶液開始沸騰）時，所需要達到的溫度要比 100°C 純水的沸點高一些。

但是究竟溶液的沸點比水高多少呢？這主要是要看溶液中溶質的濃度及溶劑的性質，對同一溶劑的溶液來說，大致是溶液愈濃，溶液的蒸汽壓力比純溶劑的愈低，也就是說沸點升高愈大。

鋁酸鈉溶液在各個濃度下沸點升高的數值，在同壓力下

比水的沸点升高的情况，大致为下列数值：

当含 Na_2O_k	125克/升	沸点升高 5°C
当含 Na_2O_k	225克/升	沸点升高 16°C
当含 Na_2O_k	425克/升	沸点升高 27°C

第二节 脱砂原理

水在开口的容器内加热时，温度只能升到 100°C ，以后温度不再上升，水开始沸腾。此时进入水的热已不是用以提高水的温度，而是用以使水变为蒸汽。这样，蒸汽就得到了储热，即所谓汽化潜热。当蒸汽变为液体时（即冷凝时），仍可把这些热放出来，利用蒸汽做为加热的介质，根据这一原理。在脱砂过程中铝酸钠溶液需要提高的温度，比在大气压下的溶液沸腾温度还要高（ 170°C ）。为了要利用该温度下的蒸汽压力（6.3公斤/公分²）的蒸汽来加热。因此，就必须采用封口密闭的高压容器来代替开口容器。在脱砂机内加热溶液过程中，发现溶液温度不断上升，而且随着温度的上升，脱砂机内的压力也逐渐增大。

从上面我们可以看出溶液的沸点是决定于溶剂性质和溶液的浓度。氧化铝生产中低浓度（125克/升 Al_2O_3 ）浸出的铝酸钠溶液的沸腾温度是 106°C 。因铝酸钠溶液在脱砂反应中，是一种吸热化学反应，溶液的温度愈高，脱砂反应的速度随着温度的升高而加快，使粗液中二氧化矽成份很快地生成固相沉淀。

第三节 脱砂机及附属设备的 构造和性能

1. 脱砂机的构造和性能

脱砂机是一个立式圆筒形密闭耐高压的容器，具有球形的上盖和下底，高9.5公尺、直径2.5公尺，在高温下具有充分的机械强度。构造材料都是采用普通的碳素钢板焊接而成。其耐压力一般在13—15个大气压下应仍有充分的机械强度。机壁厚度25公厘，球面形顶部设有进料口、排乏汽口、排不冷凝性气体出口、人孔和检测仪器（压力表、测温、装

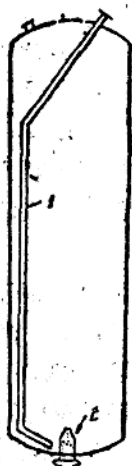


图 1 脱砂机（剖面）

1. 卸料槽；2. 蒸汽喷头

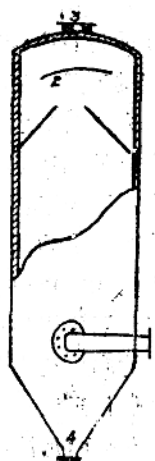


图 2 自蒸发器

1. 进料口；2. 汽水分离挡板；

3. 出汽口；4. 底渣

置)。机内有垂直的出料管道，万一搅拌停止时也不会被沉淀物堵塞。底部装设有喷头，喷头上有很多12公厘直径的小孔，通入的蒸汽由小孔通过而进入溶液中加热或搅拌。球面形的底部上，也设有人孔，准备检修，人进入机内工作。

2. 自蒸发器的构造和性能

自蒸发器是一个圆筒形密闭的低压容器，具有圆球形的上盖和锥形的下底。高10公尺、直径3公尺、器壁厚度6公厘锥形底角度 60° 。器内上部装设有汽水分离专用的隔板，锥形底上有人孔，溶液是从下腰部成切线方向进入进料管，加有铸铁套管，防止进料管磨损。因溶液进入器内速度很大，为防止器壁磨损，装有锰钢襯板。当溶液进入自蒸发器后，由于压力降低，而此时溶液温度还未相应降下，故产生自蒸发现象，大量的蒸汽在这里被排出去加以利用。

3. 粗液加热器的构造和性能

通常所采用的加热器，是一种简单的圆筒型的直接蒸汽加热设备。器内装置有伞式传热片6层，用一铁柱串连，置立于器内的中心。器壁上装设有反伞式传热片，焊于器壁上。上部有进料口和在器内冷凝不了的多余蒸汽排出口。下部有进蒸汽口和卸料口。

4. 缓冲槽的构造和性能

缓冲槽是一个筒型，顶部装置有汽水分离器。进料方向与自蒸发器相似。缓冲槽主要的作用，是将脱砂机卸出的溶液，经过自蒸发器后再作一次蒸发冷却，使溶液温度降到常温，以利于砂渣与铝酸钠溶液的分离。腰部有进料口，顶部有排汽口，底部为卸料口。

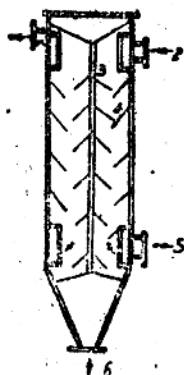


图 3 粗液加热器

1.排汽口; 2.进料口; 3.串联传热
片心子; 4.反传热片; 5.进汽口;
6.出料口

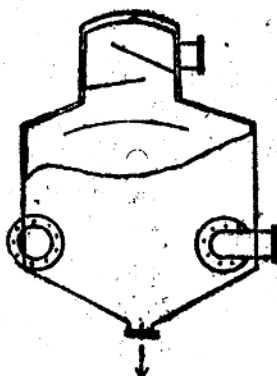


图 4 缓冲槽

第四节 脱砂方法的分类及选择

1. 分 类:

(1) 利用脱砂机(压煮器)脱砂,是将粗液加入脱砂机内,在高于溶液沸点的温度下,进行压煮1.5—3小时,一般所采用的压力为 5—6 大气压,相当于溶液温度 150—170°C。

(2) 在脱砂机脱砂,并加入石灰乳(石灰浆液)或加入一定数量的砂渣,作为脱砂过程中化学反应的种子。操作的控制和技术条件可以与第一种相同。

(3) 在常压下进行脱砂,并加入石灰乳或砂渣。

(4) 在常压下不添加任何添加物脱砂。

2. 选 择

工业上多数采用第一种和第二种。在我国有的氧化铝厂，生产，是采用第二种方法，将粗液加进石灰乳，送进脱砂机脱砂。这种方法适合于大规模的氧化铝生产。上面的四种脱砂方法可以分为两大类：（一）加压加热法（高压脱砂）；（二）常温常压法（常压脱砂），现仅将加压加热法的脱砂操作做一简单的介绍。

加压加热法的脱砂（高压脱砂），根据週期排列和操作方法的的不同，又分为间断脱砂和連續脱砂。下面分别加以叙述：

（1）间断脱砂

间断脱砂时每一台脱砂机的操作是独立进行的，又是按週期运转的。其週期安排可分为：进料、加热（或提温）、脱砂（或搅拌）、出料等四个阶段。按照已经排列好的週期进行操作。

a. 间断脱砂生产流程如图 5 所示：

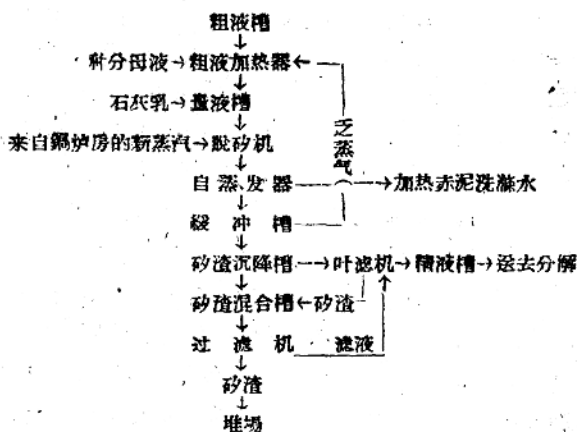


图 5 间断脱砂生产流程

而引起脱砂机机身振动(摇动)。另外,假如在进料时,不通入蒸汽,则因粗液中还含有小量的浮游赤泥和加进的石灰乳浆液,这些固体物质将会沉淀而将通入蒸汽的喷头堵塞。

如系初次开车,在脱砂机进料的同时,必须将脱砂机通向大气中的排气门开启,将脱砂机内不冷凝性的气体(空气)排到大气中去。在正常生产操作中,可以省去这一操作手续。

提温操作:

脱砂机进料完毕后,不终止乏汽的通入。待机内溶液温度提高到与所要求的脱砂(蒸煮)温度相差 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 时,便可停止用乏汽而改用新蒸汽。从此时起,脱砂机内溶液的加热是完全利用新蒸汽。把脱砂机内溶液的温度,加热到所要求的脱砂温度时,提温阶段即告结束。

脱砂(或蒸煮,又称搅拌)操作:

提温阶段结束以后,即将脱砂机排出乏汽门打开,新蒸汽不断通入机内,穿过机内溶液层浮起而产生搅拌作用。这种搅拌现象称为起泡搅拌。通过溶液层的蒸汽,工厂里称为乏汽。乏汽穿过溶液层,通过机内蒸汽空间,由排出乏汽管排出,再进入下一个,供给处于提温第一阶段的脱砂机加热用。此时通入的新蒸汽,不是用来加热溶液,而是利用蒸汽起泡带动溶液搅拌,使加入的种子(或已成的种子)运动速度加快,以使种子充分发挥种分在脱砂反应中的结晶核作用,促使溶液中 SiO_2 迅速生成固相沉淀而与溶液分离。在脱砂过程中通入机内的新蒸汽,已不冷凝(除少量补偿脱砂机壁的热损失外)而是形成泡沫,穿过全部溶液层并起搅拌作用。

出料操作:

粗液在脫矽机內脫矽完畢后，即可出料。依靠机內的6公斤/公分²蒸汽压力，將溶液由專門裝設在机內垂直的出料管压出，沿着管道送进自蒸发器內。在开始出料的同时，停止乏汽的排出，并大大减少通入的新蒸汽量，只要通入微量的蒸汽即可，其目的主要使其保持机內压力不降低，保証出料速度一定和使在脫矽反应中所生成的固体物悬浮于溶液中不沉淀，避免进蒸汽的噴头堵塞。出料过程中，如果指示机內压力的压力表指針下降，則說明机內料漿已出完，或者以察听进汽管或出料管蒸汽和溶液有磨擦管道的声音的办法来判断机內溶液是否出完。机內溶液出完时，应立即停止通入新蒸汽，同时关闭出料門，下一个脫矽机开始出料，將机內的殘余蒸汽經不冷凝性气体的管排掉，准备再次进料。

自蒸发器操作:

溶液从脫矽机內卸出，沿着脫矽机的出料管道噴入自蒸发器內，借助于自蒸发器的作用使蒸汽沸騰。自蒸发器內通常保持着不大的蒸汽压力。一般，自蒸发器內的压力应在0.5~0.8公斤/公分²左右。脫矽后的溶液，在此压力下由自蒸发器送到緩冲槽，再做一次蒸发，以便將溶液冷却到与大气压力相适应的溫度，而后再送去沉降、过滤和分离。

溶液成直綫方向噴入而与器壁撞冲，器內專設有防止器壁磨損的衬板，撞冲之后溶液成切綫方向在自蒸发器內旋轉。溶液因在器內，压力下降、溫度未降，因而便沸騰而迅速蒸发。同时溶液的旋轉产生了离心力作用，促使汽水分离速度加快。此外因溶液在自蒸发器猛烈的蒸发，在排出的蒸汽里夾帶着溶液微粒（此种現象，謂之泡沫夾帶）。蒸汽上升撞

冲于汽水分离的隔板上，使蒸汽中夹带着的溶液微粒结成大的水珠落下，使排出的蒸汽不致将碱液带出去。此后蒸汽被送去加热，赤泥洗涤水溶液则由底流排出。

(2) 連續脫砂

連續脫砂也是在高温高压下用脫砂机（压煮器）脫砂方法中的一种。这种方法的脫砂，在国内外来说，还是一种新的技术，它与間断脫砂相比，在减少汽耗、提高产能和減輕劳动方面，都有很大的优点。但是，随之而来的是技术复杂而不易掌握。在我国，有的氧化铝厂也曾作过数次生产性的試驗。連續脫砂分为頂部进料和底部进料两种。

a. 連續脫砂生产流程

連續脫砂是用7个脫砂机串連成为一組。粗液是用兩台串連（出口压力12公斤/公分²）使用的高压离心泵（ZS—150型泵）連續不断地送进1号脫砂机內。利用1号脫砂机自身压力，將溶液連續送到2号、3号脫砂机。最后由7号脫

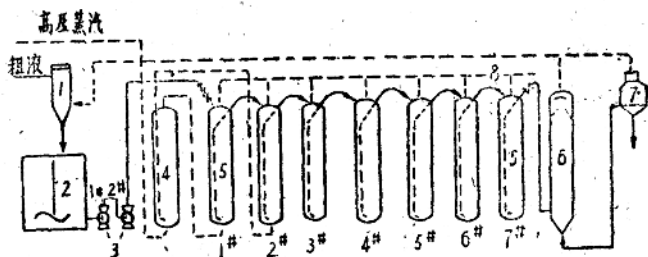


图 7 連續脫砂流程图

1—粗液加热器；2—量液槽；3—进料泵；4—蒸汽閥；5—脫砂机；6—自蒸发器；7—缓冲槽；8—3"排汽管

矽机卸出，利用自蒸发器冷却，再送去沉降、过滤。高压蒸汽經儲汽筒，而后分別排至1号和2号脫矽机用以加热粗液。

b. 連續脫矽操作方法

檢查工作：

開車前，首先檢查脫矽机及所有的附屬設備的管道和人孔等上的螺絲，看是否已上緊。應加插板的地方，是否加好。檢查儀器是否裝好等等，做好一切開車前的准备工作。必須要週密地做好檢查，因連續脫矽與間斷脫矽週期操作不同。間斷脫矽机組如果有一台脫矽机在生产中發生了故障，當時就可停下進行修理，不致影響整個脫矽机組按週期排列的正常操作。連續脫矽机組則不同，如果全組任何一台脫矽机在生产中發生了故障，全組就都要被迫停車。

連續脫矽机組預熱操作：

檢查工作做好後，所有脫矽机都開始普遍預熱。1号脫矽机的進料門和7号脫矽机的出料門關閉。將高压蒸汽徐徐地由儲汽筒的底部引入，由儲汽筒頂部排出，由1号脫矽机底部通入。同時將2号脫矽机進蒸汽門打開，將儲汽筒內的冷凝水排至1号脫矽机。待全組脫矽机內壓力普遍升至所要求的工作壓力時，等2~3小時沒有問題（脫矽机組預熱後的檢查工作是開車前檢查工作的第二階段，對於能否保證連續脫矽机組的進料和以後的正常運轉是一個主要工作。這裡所說的沒有問題，是通過實踐檢查而証實沒有問題），將7号的出料門微開一點，使最後幾個脫矽机內壓力稍稍降下，聯系進料泵開始進料。

進料操作：

量液槽得到了1号脫矽机要進料的信號後，將2号和1号泵先後（或同時）開起來，再將泵浦的進、出口門徐徐的開開

(因兩台高压泵串聯出口压力很大，使溶液慢慢的充滿管道，避免管道發生意外事故)，同時通知1號脫矽機開始進料。泵浦出口管上的压力，是由泵浦的進口門控制，利用進口門調節，掌握出口管压力平穩，不使泵浦格爾漏料。待進料管压力大于1號脫矽機压力時，及時將1號脫矽機進料門開開，轉入正常進料。此時1號脫矽機內必須通入大量蒸汽，保持機內压力不降，使溶液能按機號順序流往7號。待進入的溶液總量（立方公尺）比全組的總容量相差30~50立方公尺時，即將7號機出料門開大。

控制压差、保證連續作業：

進料泵至1號脫矽機內的压力差，一般控制在1.8—2.0公斤/公分²。泵浦出口管上的压力為1號脫矽機內要求的工作压力，加上進料泵至1號脫矽機液柱压力和溶液在管道中流動所損耗的压力，再加上1.8—2.0公斤/公分²。如果1號脫矽機內压力大于進料泵出口管上压力，會造成蒸汽倒壓，不能連續進料。為了確保進料泵連續不斷的將溶液送進脫矽機，主要應控制住如下兩點：泵浦不抽空和儲汽筒內压力要控制在8公斤/公分²。須要換槽操作時，槽內液面不要抽空，待槽內剩3~5立方公尺的時候，即要換槽。如果不須要換槽計量時，槽內經常保持一定的液面，保證不斷地供應進料泵以溶液。

1號至7號脫矽機压差一般控制在0.7—1.0公斤/公分²，控制压差主要是控制進出液量的平衡，在操作控制方面，應該掌握7號脫矽機出去的液量，等於1號脫矽機進去的液量。1號至7號的压力差太大，會造成7號機內溶液的供不應求，造成空罐現象，使溶液在脫矽機內停留時間縮短，影響SiO₂轉向固相狀態的過程的進行。如果压力差太小，會造成1號脫矽機的