

阳极糊生产

工人教材

国营铝厂 編

冶金工业出版社

阳极糊生产工人教材

国营铝厂 编

编辑：王通彬 设计：鲁芝芳、董照雅 校对：王坤一

★

冶金工业出版社出版（北京市灯市口甲45号）

北京市书刊出版业营业登记证出字第012号

冶金工业出版社印刷厂印 新华书店发行

★

1969年6月第一版

1969年6月 北京第一次印刷

印数3,520册

开本 $787 \times 1092 \cdot \frac{1}{32}$ · 25,000字 · 印张 $1 \frac{8}{32}$

★

统一书号 15062·1645 定价 0.12 元

阳极糊生产工人教材

國營鋁厂 編

冶金工业出版社

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伟大号召，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一般工作人员也迫切要求学习和掌握技术知识，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，我们整理了国营铝厂技工学校培训的教材，陆续出版，以供做各有关企业的工人技术学校或训练班之教材。这些企业的一般工作人员也可以用来做自学参考读物。

書中通俗地講述了煉鋁工業中所用陽極糊及其它炭素、電極制品的制造过程、操作方法及各种炭素材料的物理化学性質。

本書因出版時間很倉促，一定會有不少的缺点和錯誤，希讀者指正。

目 录

第一节	阳极糊、底部炭素糊与电极糊的用途与要求	5
1—1	阳极糊的定义与用途	5
1—2	底部炭素糊的定义与用途	6
1—3	电极糊的定义与用途	6
1—4	阳极糊、底糊、电极糊的要求	6
第二节	生产用炭素材料的物理化学性质	8
2—1	无烟煤	8
2—2	石油焦与瀝青焦	9
2—3	頁岩油焦	9
2—4	煤焦	10
2—5	瀝青	10
第三节	原料的破碎	11
3—1	破碎用的机械——顎式破碎机	11
3—2	細度的調整	12
3—3	破碎机操作因素	12
第四节	原料的煅烧	14
4—1	煅烧的目的	14
4—2	煅烧爐的构造	17
4—3	煅烧爐的一般操作	18
4—4	装料与卸料的操作	20
4—5	煅烧爐蒸罐内压力的控制	21
4—6	蒸罐或煅烧爐的优缺点	21
第五节	对滾破碎机	23
5—1	对滾破碎机的构造	23
5—2	細度的調整	23

5-3 对滾破碎机操作因素	24
第六节 粉碎机——球磨	25
6-1 粉碎用的机械	25
6-2 球磨的轉速	25
6-3 球磨內球的装入与其大小	26
6-4 球磨机的操作	27
第七节 篩分操作	28
7-1 筛分	28
7-2 篩分用的机械——迴轉篩	28
7-3 篩分的操作理論	29
第八节 圆盘給料机	30
第九节 配料	31
9-1 配料的目的	31
9-2 配料比的选择方法	31
9-3 瀝青加入量与炭素原料間的	33
9-4 阳极糊与电极糊的配料比	34
第十节 混合	36
10-1 混合的方法与条件	36
10-2 决定混合好坏的因素	36
10-3 混捏料鑄块	37
第十一节 阳极糊、底糊与电极糊的保管	38
第十二节 炭素糊生产所需原料 及其成品的技术要求	39

第一节 阳极糊、底部炭素糊与

电极糊的用途与要求

在工业上用的电极，依其制法区别，分为連續自烧电极与非連續电极（即压型的炭素电极或石墨化电极）。所謂連續自烧电极是将炭素材料与粘合剂（瀝青）相混合而成的炭素糊直接加到用鉄皮或鋁皮制的电极壳內，以电爐或电解槽表面所辐射出的热量，在电极壳內自己焙烧的。由于它本身逐渐消耗，所以連續將炭素糊加入，保持一定的高度，因而这种电极称为連續自烧电极。这种电极的优点很多，如不需要装置很复杂的压型、焙烧与石墨化等设备，而且这种电极在操作时可以連續接长。电极的截面积可以大大增加，同时还可以节省很多的剩头电极。正由于連續自烧电极有这么许多的优点，所以近代工业上都普遍地采用它。

阳极糊、电极糊与成型的炭素电极，石墨化电极，在制造方法上是不相同的，但在采用的原料上却都差不多。其中主要的不同点，在于制造阳极糊电极糊比之成型的炭素电极与石墨化电极，其所使用的瀝青数量要多。

1—1 阳极糊的定义与用途

阳极糊是用一种灰份少的炭素材料与瀝青混合而成的炭素糊。这些灰份少的炭素材料，通常多采用石油焦或頁岩油焦或瀝青油焦。阳极糊的主要用途是在电解制鋁时，做为导入电流的物体，因为电解时导入电流的一端叫阳极，所以叫

阳极糊。

1—2 底部炭素糊的定义与用途

底部炭素糊（底糊）或称阴极糊，它也是一种很纯的炭素材料与瀝青混合的炭素糊。它主要是作为填充电解槽阴极炭块或电弧爐爐底炭块間的隙縫之用，亦做粘結炭块之用，因为电解时爐底是导出电流的一端，所以又称为阴极，用在阴极上的炭素糊也称为阴极糊。

1—3 电极糊的定义与用途

电极糊是由块状与粉末状的炭素材料和瀝青混合而成的炭素糊。电极糊中所用的块状炭素材料主要是无烟煤，粉末状炭素材料是油焦与无烟煤按一定比例的混合物，亦可以全部采用无烟煤来生产。它主要的用途是做导电用。

1—4 阳极糊、底糊、电极糊的要求

不論电极糊、阳极糊与底炭糊都是用以导电的，因之，在要求上，一般的都从下面几个方面来要求。当然由于电极本身用途的不同亦各有其特殊的要求。

（1）灰份少：即电极中的不純物质要求愈少愈好，特别是电解制铝用的阳极糊，假如有許多鉄或矽的氧化物存在，結果会使得到的铝中含有較多的鉄与矽而影响铝的产品质量，所以要求的阳极糊，灰份一般应在0.5%以下。

（2）要具有优良的导电性：上面我們已經說过，电极本身是导电的工具（亦参加变化的），因之要求它的电阻要小。电阻的大小，一般是用电极的比电阻的数值来表示，所謂电阻小就是指电极传导电流时阻力小，它的导电能力就

大，而电阻小的电极的电能损失亦显著减少。

(3) 要在高温时具有耐高温的性质，因为在电解铝或在其他电弧炉中，炉温很高（在 $1000^{\circ}\text{C}\sim 2000^{\circ}\text{C}$ 之间），如果在电解这个过程中，电极体本身熔化了，那么整个的生产过程将亦停顿，所以耐高温的性质是很重要的一种要求。

(4) 要具有化学反应的稳定性；假如电极很容易跟其他东西起化学变化，不稳定，那末，电极在操作过程中就会很快地消耗，这样会使生产不能连续进行，因之要求电极不容易与其他东西起化学变化，而在炉内或电解槽内导电时应很稳定地慢慢消耗。

(5) 要具有一定的机械强度：机械强度就是指电极坚实的强度。一般是用抗压力与抗拆力的数值来表示的。在铝电解槽内的阳极，它本身体积很大而且重量也很大，同时在操作过程中，由于操作或装料时的震动，假如电极不具有- 定的强度，是会断裂的，这样就会影响生产。

(6) 空隙度要愈小愈好；电极是由炭素材料与沥青混合而成的。如果焙烧以后（即烧结以后）的电极含有很多的孔隙时，这些孔隙不仅会使电极的机械强度减小，而且导电能力也减弱，同时由于存在很多孔隙，很容易与空气接触氧化，而增加损失，对底炭糊来说，要求孔隙度小是具有很重大意义的；因为在电解时，如果底炭糊的空隙很大，会大量的吸收电解质，以至胀裂开而漏炉，是值得注意的。

由于以上的要求，恰好在工业上找到了炭素材料可以满足上面这些要求。因为炭素材料的特性是具有很好的导电能力、较纯的与较稳定的化学性能，并且能耐高温（在 3500°C 时才熔化），所以工业上大多数是采用炭素材料来制造电极。

第二节 生产用炭素材料的

物理化学性質

一般在电极制造上所常用的炭素材料分为天然的与人造两种：

1. 天然的：有天然石墨（黑鉛）和无烟煤。
2. 人造的：有石油焦、瀝青焦、煉焦、頁岩油焦、煅烧无烟煤。

我們常采用的是无烟煤（煅烧无烟煤）和頁岩油焦两种。另外还有作粘結材料用的瀝青。现按其性質分說如下：

2—1 无 烟 煤

无烟煤是一种天然的固体炭素材料，它的外表是黑色帶金屬光澤，并且結構很緊密，是一种孔隙度小而且强度很大的材料，如果按它的种类来区分，其强度亦比油焦大3—7倍（大約在150~350吨/厘米²），打碎后的断面是粗糙而且不平的。

好的无烟煤所含灰份为4%左右、揮发份亦只5—7%，所以是一种較純的炭素材料。在电极工业上很广泛的采用它，特别是电解槽的槽底炭块与衬里用的边砖及电弧爐用的电极与爐壁用的炭砖。无烟煤是併入其中是主要部份，但不論如何純粹的无烟煤，在阳极糊的制造上是不允許掺入的，因为鋁生产对灰份的要求很严格。对无烟煤一般的要求，一种是硬度，應該是用手捏时不碎，这样才能保証混合

时不会压碎。其次是純度，灰份多了一般不仅会影响使电阻增大，而且会使无烟煤变脆。

无烟煤一般不能直接来制造电极产品，需要经过一次煅烧。经过煅烧后的无烟煤称为煅烧无烟煤。

2—2 石油焦与瀝青焦

石油焦与瀝青焦都是一种很純的炭素材料，含固定炭达90%以上。在物理性質上它們都具有脆性，呈蜂窝式多孔状，并有黑色的金屬光澤，不过瀝青焦的机械强度要大一些。

这二种材料的灰份一般都在0.5%左右，所以都是制造阳极糊的主要原料，但是这二种原料的来源是不同的。石油焦是制造石油时所留下来的残存焦炭，因之，名为石油焦，而瀝青焦則是蒸餾煤焦油后残存的焦炭，称为瀝青焦炭。

在实际应用上，瀝青焦的质量要比石油焦好，因为瀝青焦的挥发份比石油焦少得多，所以有的地方做电极用的瀝青焦并不经过煅烧，只是干燥一下，但是石油焦亦有它的好处，一般地说它是比较容易石墨化的材料，所以做石墨化电极非常适合。

2—3 頁岩油焦

我們做阳极糊及电极用的主要原料是頁岩油焦。它亦是石油焦的一种，不过来源不是从地下汲出来的石油得来的，而是从油母頁岩中，经过提炼原油，蒸餾焦化后所获得的，它的特性都与石油焦相同。

2—4 煤 焦

煤焦又称冶金焦炭，这种焦炭都是用烟煤所炼制的。一般說来它是具有孔隙的黑褐色的物体，因为它的灰份很大，所以很少用在电极工业方面，但是质量較好的焦炭，还是有用在电极糊中的。

2—5 瀝 青

瀝青是做为粘結剂用的材料，它是黑色有光澤的物体，有些像煤，但是它的比重小，而且經冲击后，很容易粉碎。一般在它的軟化点以下，它是一种脆性的黑色固体，但經加热到軟化温度的时候，就逐渐开始变为液体，慢慢的随温度的加高，而变得很稀，并且有揮发物开始逸出。

瀝青是煤焦油蒸餾后得到的产品，因为蒸餾温度不同，所以瀝青内含有的揮发份亦不同，而且軟化点亦不一样。一般瀝青因軟化点不同来分，有以下几种：

1. 軟瀝青軟化点 $40\sim 60^{\circ}\text{C}$ 。
2. 中硬瀝青（或称电极瀝青）軟化点 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。
3. 硬瀝青軟化点 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。

其中，我們在电极生产上，一般采用中硬瀝青（电极瀝青），有的阳极糊与电极糊是用軟瀝青来制作的，一般硬瀝青都可以加煤焦油或蒺油混合成所謂合成瀝青使用。

第三节 原料的破碎

原料（无烟煤、油焦等）从仓库取来，因为块粒很大，需要经过一次粗碎（即破碎）。破碎的目的，就是将大块的焦子或无烟煤破碎到 30~50 毫米的粒度，然后进行煅烧，因为大块的焦不容易受热，热量只能慢慢地由表面向内部传过去，所以煅烧效率很低，但是破碎得太小了损失亦大，而且在煅烧炉中的透气性亦不好，因之实际上所采用的块粒是 30~50 毫米。

3—1 破碎用的机械——颚式破碎机

颚式破碎机的主要部份是两个牙板。其中一个牙板是固

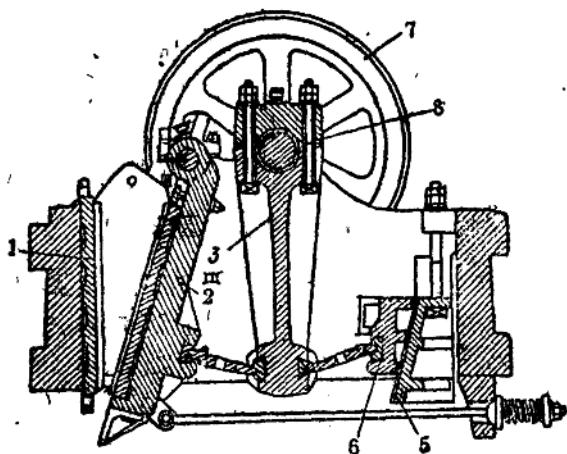


图 1 颚式破碎机

定的，另一个牙板是活动的。我們加料就加在两牙板之間，随着牙板的运动而軋碎原料。

顎式破碎机的构造：它的一般构造如图 1 所示。由馬达传动三角皮带，再由皮带带动皮带輪 7 轉动；由于皮带輪上装有偏心輪 8，当偏心輪轉一周，搖杆 3 就上下一次，搖杆两端連着二块頂板，就上下推动活动牙板 2、当牙板 2 向牙板 1 推进时，原料就受到压力，当牙板 2 后退时，被破碎的原料就往下掉落，操作就是这样不断进行。

3—2 細度的調整

欲調整破碎細度，可以变更牙板 1 与牙板 2，即下部出口間的距离，它的方法有三种：

(1) 松紧牙板下端的拉杆螺絲，来調整出口間的大小。

(2) 将斜块 5 或斜块 6 上的螺絲向上或向下擰，来放宽或拉紧頂板而調整出口間的距离。

(3) 在固定牙板后部与机架之間填鉄板（加厚或減薄），以調整出口間的大小。

3—3 破碎机操作因素

顎式破碎机的产量是比較不容易精确計算出来，因为它与原料的軟硬干湿，加料大小与加料方式（机械，手动加料）等有关。不过一般說来它的产量与破碎机的大小（即加料口的大小）是成比例的，这是固定的因素。其次是与出料口的大小有关系，出料口大产量就大，但又不能太大，太大了原料压不好，太小了产量就小；与皮带輪的轉速也有关系，轉

速愈大，产量愈多，但是轉速太大了，就会使已經破碎的料无法漏下去而发生堵塞现象，一般加料口为 200×380 毫米的破碎机，轉速是不超过一分鐘 270 轉的；加料的方法对产量亦有很大关系，尽量地减少空运转的次数，效率就能提高。

第四节 原料的煅烧

4—1 煅烧的目的

炭素材料的煅烧是很重要的操作。所谓煅烧是将原料在高温下加热，而且不接触空气。这个操作是决定成品质量的主要关键之一。原料煅烧的目的在于：

(1) 将炭素材料内的挥发物烘跑，因为挥发份留在原料里边是有害的，特别是当焙烧电极糊时，原料内挥发份跑出，会留下很多的空隙而影响其机械强度。有时由于内部挥发份急剧逸出而产生裂缝，为了避免这种情况，可以在制造之前就将它的挥发份赶掉。

(2) 炭素材料经煅烧后，一般都收缩而变得更为紧密，这样获得的焦子有一定的密度，强度也好一些，而且可以避免将来焙烧成品时，再因收缩，失去粘性而形成断裂。所以一般煅烧温度不应比焙烧温度低。

(3) 原料经过煅烧以后它的化学稳定性增加，也就是与空气接触而氧化的温度要高一些，换句话说就是不容易点着火。一般油焦在煅烧前着火点是 235°C ，而煅烧后的着火点是 275°C 。这样它的化学稳定性提高了，会使得成品耐用，在制铝时不会很快氧化而消耗。

(4) 把原料中的挥发份排除以后，它的导电能力提高，就是说煅烧后的原料比煅烧前的原料的电阻要小，因为挥发份本身导电不良，原料中挥发份愈多，那么它的电阻就亦愈大。电阻愈小，表示煅烧的温度愈高，残留的挥发份亦愈

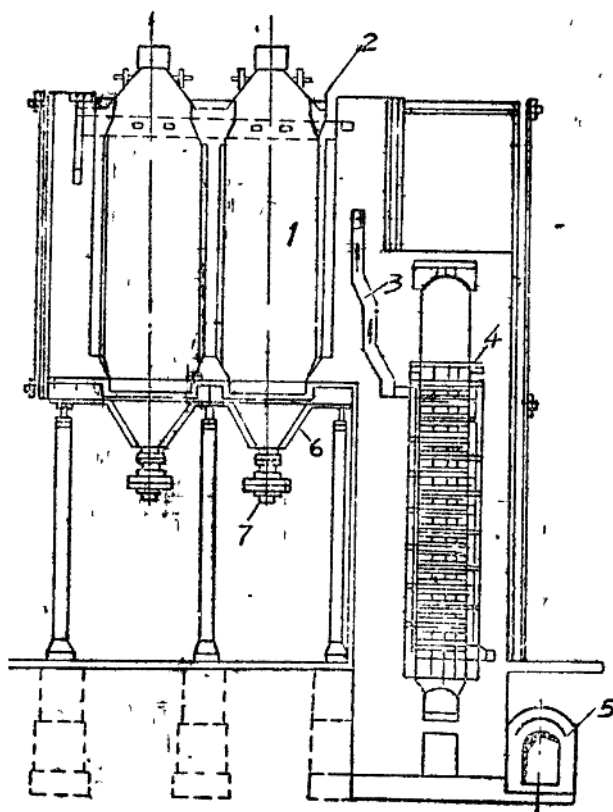


图 2 煅烧爐与热交换器简图

- 1—煅烧室（蒸罐）；2—蒸发分通道；3—空气道；4—空气预热器；
5—烟道；6—冷却水套；7—卸料装置