

槽 電 鋁 砌 磚

韋 涵 光 楊 瑞 祥 著



冶 金 工 業 出 版 社

磚砌鋁電解槽

章涵光 楊瑞祥 著

冶金工业出版社

磚砌鋁電解槽

韋涵光 楊瑞祥 著

編輯：王忠義 設計：朱駿英 校對：胡瑞華

1959年2月第一版 1959年3月北京第二次印刷3,010冊共計8,510冊

787×1092·1/32·15,000字·印張26/32·定價0.10元

中央民族印刷廠印

新華書店發行

中圖號1415

冶金工業出版社出版(地址：北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

出版者的話

鋁電解槽的鋼結構槽殼改用磚結構代替，是鋁廠建設中的一項重大革新。磚砌電解槽、土法生產氧化鋁、機械整流器和廠房結構土木化是冶金工業部在1958年10月召開的小鋁廠建設促進會議上着重介紹的北京小鋁廠四大先進經驗之一。電解槽用磚砌，槽底用搗固底糊代替底部炭塊，母綫用摩擦焊接，以鋁代銅等等，不僅可以加快電解槽的建設速度，并可節約鋼材、銅材和大量投資。

有關上述先進經驗，我社已出版“鋁電解槽底的整体搗固法”，“鋁電解槽母綫摩擦焊接法”，“以鋁代銅”，“土法生產氧化鋁”，“小型電解鋁廠的建設與啟動”等書。在磚砌鋁電解槽方面，特將“冶金建設”1958年第22期所載韋涵光與楊瑞祥二同志撰写的兩篇文章輯成專冊出版，以滿足各地鋁廠建設單位的急需。

目 录

- 一、磚砌小型鋁電解槽建設速度快投資小.....楊瑞祥 (1)
 - (一) 磚砌小型鋁電解槽是怎样建成的
 - (二) 磚電解槽施工中应注意的几点
 - (三) 電解槽的焙燒
 - (四) 電解槽生产后的几个問題的討論
- 二、簡化鋁電解槽的試驗.....韋涵光 (12)
 - (一) 試驗的簡短情况
 - (二) 技术經濟效果

一、磚砌小型鋁電解槽

建設速度快投資小

楊瑞祥

生產鋁所用的電解槽，由槽壳（內部以耐火材料作為衬里）、導電的炭素槽底（陰極）及插到熔融電解液中去的炭素陽極等組成。生產時要求陽極能靈活的升降，因此在陽極上并附有相應的升降及減速裝置。

工業鋁電解槽的特點是利用直流電。這不僅為了實現電解氧化鋁，同時也是利用電通過電解液時所發出熱量來加熱電解槽內部，使它維持電解過程的溫度。

強大的直流電使電解液溫度保持在 $930\sim 960$ 度左右。高溫度電解液滲入炭素衬里及耐火材料中，將促使材料膨脹，加以電解液與炭素材料發生的化學作用，都使電解槽的槽壳及內衬遭受很大變形。

過去使用的電解槽都是長方形的。在較長期的生產觀察証明：槽壳的側壁與端壁的上部向外彎出（成弓形），並且其彎度逐漸加大，使槽壳的一個角或幾個角發生斷裂。但下部變形較小。另外電解槽還可能在垂直方向上向上彎曲。

為了防止鋁電解槽的變形，以前總是用大型的鋼板作的槽壳，並且用工字鋼及槽鋼進行補強和加固。這樣製造電流量 $60,000$ 安培的電解槽，包括陽極起重裝置，共需鋼材 29 噸左右。同時，由於大型鋼材的加工異常繁複，施工技術條件要求很高，因此建設速度受到很大影響。

虽然，上述那样电解槽，有它的优越性，諸如生产条件稳定，效率較高等；但它存在着用鋼量大、加工复杂、修建速度慢、投資大、并要求大量的电源的缺点。这对于高速度发展制鋁工业，开展全民炼鋁，使炼鋁工业在全国各地遍地开花，显然是不相适应的。

为了使各地都能利用較小电源，以較少的基建投資，少量鋼材来大办炼鋁工业，在大跃进过程中，不少人都提出了磚砌电解槽代替鋼材建議。党和上級非常重視这一工作。在冶金工业部的直接领导下，鋁鎂設計院初次設計出一种簡化的磚結構电解槽，并在北京小鋁厂进行修建。修建过程中又經過施工人員的逐步改进，目前已有40个电解槽投入生产，并已持續一个多月。实际証明，磚壳电解槽，是可以維持正常生产并能取得相当高的生产效率的。

过去，用磚作电解槽的槽壳对于設計人員來說，是不敢作，甚至也是不敢想的。因为总是迷信文献上的記載，認為只有鋼結構槽才能維持正常生产。对于敢想、敢干、大胆提出以磚砌电解槽代替鋼电解槽的同志反而被認為是“不懂”結構。

在偉大的技术革命运动中，党提出了解放思想、破除迷信、敢想敢干的口号。在这个偉大的口号鼓舞下，大胆的打破陈規，修建了新的小型电解槽。这种电解槽不仅可以节省大量鋼材及投資，同时施工技术簡單，修建容易，可以大大提高建厂速度，有利炼鋁工业的遍地开花。为此，在这里介紹出小型电解槽結構的改进过程及其修建时注意事項供作参考。

(一) 砖制小型铝电解槽是怎样建成的

槽壳是用青砖砌成的，其结构如图 11。

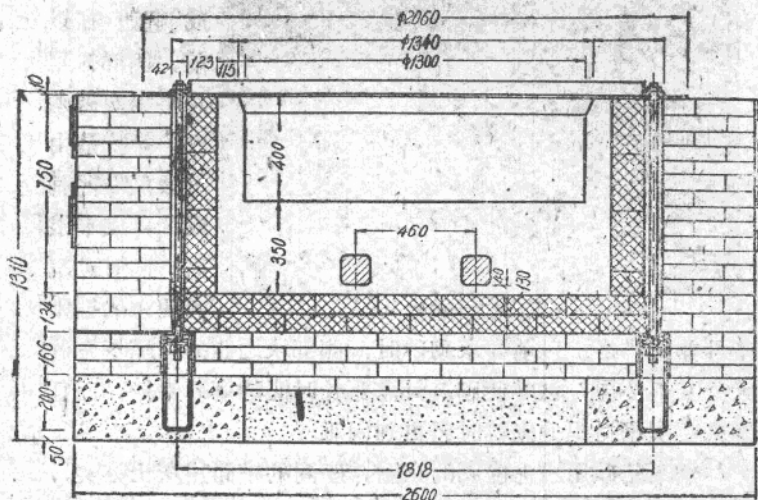


图1 砖砌电解槽壳

电解槽的设计电流是 5,000 安培，为了使生产时内部施加于槽壳的压力均匀的分布于全槽，把槽改成圆形。内径为 1.3 公尺，在槽外缘用二个半圆形的扁钢焊接成的钢箍箍住，以防砖壳受热膨胀时产生裂缝。

在砖壳内部砌一层耐火砖，耐火砖与槽壳之间留一层伸缩缝。伸缩缝用耐火填料填塞，耐火填料是 1 公厘的耐火粘土，5 公厘的耐火砖粉各 50% 所组成的。伸缩缝的作用是由于内部材料膨胀，不致直接施压力于槽壳，而只是将缝内的填充料挤扁，这可以减少裂缝程度，同时可以防止耐火砖遭受

氧化。所以伸縮縫必須大小適合，尤其不能過小。



圖2 槽基的砌筑

条件非常严格。以前要求砌磚时，側部块之間的縫隙不允許大于 0.5 公厘，这就使砌筑时需要長時間的磨磚对縫，而且圓形电解槽衬里的砌筑时将更加困难。

槽底基础用水泥灌成的座圈，座圈的中間用灰土夯实，这是因为考虑到电解槽中部受压力很小，故中部下层不用混凝土。座圈内固定着 8 个地脚螺絲，地脚螺絲的螺杆和压于槽壳上部的盖板相联结，以防压板向上張开。压板在上部和电解槽的阴极相接，因此它和阴极是同电位。为了使阴极和大地絕緣，地脚螺絲的下部是帶有絕緣裝置的（如图 3）。

在混凝土座圈上部砌四层青磚作为电解槽基座，槽基上部再砌两层耐火磚，然后用炭糊打固成槽底。在打固槽底之前，預先

耐火磚內部用炭糊打固成側壁。在以前，側部衬里总是用炭磚砌成，炭块是由电极厂專門制成的，成本很高，同时砌筑时要求的技术

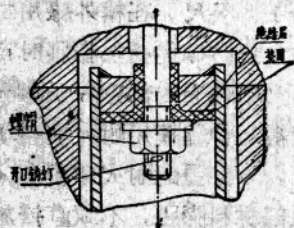


圖3 地脚螺絲的絕緣裝置

放进两根鋼棒，然后把鋼棒严密的打固在炭糊爐底之內，此鋼棒即作为导电棒。当它接通于电路上的負极时，則整个槽底即成电解槽的阴极。

电解槽的阳极是采用焙燒的炭素电极。阳极直徑 350 公厘，共用 4 个，这主要是因为这种阳极的升降机簡單，容易簡化，并且由于瀝青揮发減少，使操作条件較好。

阳极起重机构是用木支架及木橫梁，在木梁上吊一根絲杠作支承阳极并升降阳极之用。采用木支架，对于高温的电解槽是否适用，我們也曾发生过怀疑。但实践証明，在生产一个月以后，木支架上溫度并没有显著升高，也沒有变形撓曲以及焦化等異常現象。因此，可以說在小型电解槽上木支架是可以应用的。

(二) 砖电解槽施工中应注意的幾点

1. 磚砌槽壳时对施工质量应严格注意。首先是磚不能在水中浸泡時間太长，一般不应超过 50 秒。如果長時間浸水，使槽壳潮湿，当焙燒或开动初期，会发生严重的漏电現象。

其次，在砌磚时磚縫不能过大，并且要求灰浆飽滿，磚壳砌完后，在灰浆完全干凝之前，不能撼动以免灰浆不牢。

2. 地脚螺絲的絕緣應該完全可靠，不应小于 1,000 歐姆，絕緣套筒及絕緣垫應該用石棉橡胶板（干燥的）。当安装完毕后，应以歐姆表測量之。在澆灌地脚螺絲时，应注意，不能把水泥砂浆澆在絕緣套筒上，以免影响其絕緣。

3. 耐火磚可用普通規格的，用耐火胶泥作为砂浆，这里是保护炭素边壁的屏障，砂浆要求飽滿。并且砌磚时應該是錯縫的。

对于耐火磚質量的要求，当然是越高越好。但是，当耐火材料缺乏时，可以用次級品（等外規格）的耐火磚代替。事实上耐火磚并不直接接触电解質，因此过分苛刻的要求是不应该的。

4. 底糊的打固。打固槽底及側壁是修建电解槽中最重要的工序，因为，槽底的坚固与否直接关系电解槽的寿命。为此对于打固槽底时的技术条件应该严格要求。

首先是底糊成分。底糊成分有很多不同的种类，我們使用的是无烟煤底糊。一般应该要求底糊在焙烧时收缩不大，焙烧后机械强度大，孔隙度小，高温下被电解質侵蚀的程度小等条件。同时要求瀝青的百分含量应适当。因为瀝青太多时则加热后容易发軟，打固的槽底焙烧后孔隙度大，收缩太多；而瀝青少时，其粘結力量很差，很难打成一个整体。

其次是打底糊前对底糊的加热。加热可以在大鍋内进行，加热温度应在130~140度之間，不能过高或过低。过高时打固发軟，影响底糊的强度；过低时，则很难粘結在一起，将发生麻面，减少了底部的机械强度。加热时最初生火不应过急，以免瀝青成分减少。

打底糊时的工具也应该加热到与糊温接近，以免錘头部分过冷而发生麻面。

打糊的操作应该是連續进行，不应该

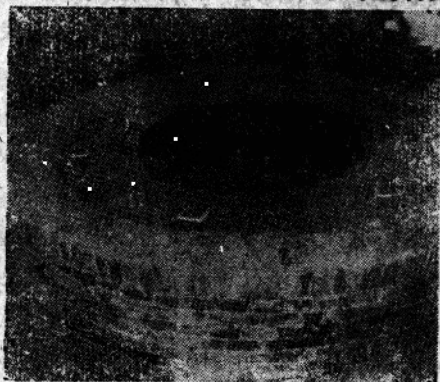


图4 已打好底糊的磚电解槽

在中途停止下来。因为停止下来以后，爐底冷却，即不易与新打的一层糊相接合。

每次打糊时，鋪糊厚度不应过高，一般鋪10公分即可。

5. 边部糊的打固。用底部代替边部碳块必須使糊坚固的靠住耐火磚壁，同时要求其内部平滑。我們采用了木制模板，模板外徑为1.3公尺。打糊时要求与打底糊一样，打完后六小时才允許拆掉模板，如过早边墙可能与耐火磚壁离縫。

(三) 电解槽的焙燒

用底糊代替底部炭块和边部炭块之后，最主要的是如何焙燒能使槽壁和槽底都成为一个坚固的整体。这里應該注意两个問題，即：1. 焙燒过程中，应控制溫度使槽底与側壁不因剧烈过热而产生裂紋。2. 焙燒过程中，应控制槽壁炭糊，不致当受热軟化时塌落下去。为此，首先應該注意槽底鋪焦炭的厚度問題。因为，在底糊扎固的槽底上电阻相当大，所以当鋪槽底时应力求电阻減少，但为了考虑到焙燒过程中要依靠焦炭的热量加热槽底及槽壁，所以應該多鋪一些焦粉，同时适当的鋪一些焦炭块。一般可以鋪5公厘焦粉以及10公分焦炭，最好是以殘极块代替焦块使用。則在最初通电时不致在槽上造成很高的电压。

其次，應該注意到电流的上升速度。底糊的焦化是从400度左右开始的，所以在上升到400度以前，要求溫度上升應該非常緩慢，这就要求电流上升非常緩慢。400~800度的溫度上升时可以稍稍加快，800度加热到1,200度可以更快的进行。据此，我們上升电流的速度是每2小时上升100安培，

通电中間并观察爐底情况，如果发现有过热現象时，即适当的停止上升电流，以控制其溫度。

为了防止边部炭糊軟化塌落，我們分別采取了两种措施。一种是把槽子用焦炭培滿，并且在边部捣实；另一种是在边部排砌一层磚，里边再用焦炭培好。实际上第一种办法简单易行而且效果很好，焙燒后并未发现塌落現象；在用第二种方法焙燒时，有的磚面上粘附一些底糊，以致使边壁上发生大麻面。

总之用上述办法焙燒40个底糊打固的爐底只发现一个是有裂紋的。其他都是正常的。当然寿命如何，尚待实际生产的考驗。

(四) 电解槽生产後的几个問題的討論

1. 槽壳的变形：在生产之后，槽壳的主要变形是向外膨胀。致使鋼箍的接縫处，当焊接不好时，可使焊口裂开，并且同时在磚壁上出現縱深的裂縫。如果鋼箍全部焊紧，則在两层橫縫上裂开，縫寬約1~2公分，以后其裂开現象即无繼續发展的迹象。

我們是把这些裂縫用耐火泥堵住，以防空气进入氧化內衬。致于正常生产并不受裂縫的影响。

从裂縫的情况分析，應該認為：如果預留一个薄弱的环节，則开动后期，一定会产生繼續的裂縫，这个裂縫只在一处張开，容易堵塞，当裂縫不再发展时，再把薄弱环节加固。这样将对磚槽寿命有良好的影响。所以我們的初步意見是，應該在槽壁上留几个伸縮縫，以使变形集中在伸縮縫处，便于堵塞及加固。其次是把鋼箍接头处改成可收可放的

螺旋連接。當加熱以後，根據膨脹情況逐漸放鬆螺栓，而使在接口處有些垂直方向的裂紋張開，然後再收緊螺栓。集中在接头處的垂直裂縫可用填料堵塞。

致于水平裂縫，我們的處理是：在兩條鋼帶之間焊以小扁鐵，使三條鋼帶聯結成一個整體，这样就制止裂紋的伸張。

總之，磚槽變形的情况是必然存在的。但如果適當處理，非但不会影响正常生產，还可能維持較長的槽子壽命的。

2. 圓形槽膛的操作問題：生產開始時，操作工人對圓形膛是感到不方便的。因為打下的結壳不容易扒到邊上來，以致對於結槽幫沒有幫助。但時間長了，逐步的習慣了，現在在許多槽上已建立了槽幫，而在操作上也可以採用局部加工。我們相信，在工人羣眾的創造下，將會有更好的加工方法出現，以適應圓形電解槽的要求。



圖5 工人在圓形磚電解槽邊操作

3. 關於改用自焙連續陽極的討論：採用連續自焙陽極是有利的，這主要在於下列幾項原因：

① 連續自焙陽極不用專門的壓型焙燒設備，因而成本低廉。

② 沒有殘極消耗，因而每噸鋁消耗的炭素材料也相對的少。

③槽上热效率高。

但他比焙烧阳极来说，也有一定的缺点，这表现在以下几个方面：

- (1) 阳极机构相对的复杂一些，用钢材也较多。
- (2) 铜铝母线也比同类型焙烧阳极槽子要多。
- (3) 制造较麻烦，因而建设速度可能慢些。
- (4) 厂房内有沥青烟尘，劳动条件较坏些。
- (5) 总投资较焙烧阳极槽子多。

下边根据实际制作材料估算了它们的价格，以资比较：

电解槽材料及价格表

	自焙阳极	焙烧阳极
铸 铁	16.4公斤	14.6公斤
铜	658	527
阳极棒	72.32	—
阴极棒	392	392
铝母线	91.2	67.2
铜母线	48	23.92
铝壳铁板	11.86	—
木 杠	—	35
阳极糊	832	—
混凝土座	1m ³	1m ³
耐火砖	1m ³	1m ³
红 砖	3.4m ³	3.4m ³
炭素底棚	1120公斤	1120公斤
耐火粘土	0.2m ³	0.2m ³
耐火混凝土	6.18m ³	—
炭素阳极	—	308公斤
电压表	1个	1个
综合价格	3941元	3333元

小型磚電解槽的生產指標

經過一個多月的實際生產，初步統計一下電解槽的技術經濟指標如下：

	焙燒陽極（實際）	自焙陽極（估計）
電流效率	86.5%	86.5
電能效率	48.5克	48.5
單位電能消耗	20600電字/每噸鋁	20600
氧化鋁消耗	1960公斤/每噸鋁	1960
冰晶石消耗	50公斤/每噸鋁	50
氟化鋁消耗	10公斤/每噸鋁	10
炭素陽極消耗	750公斤/每噸鋁	600

從炭素陽極消耗指標來看，在生產一噸鋁時焙燒陽極消耗較自焙陽極中的陽極糊消耗大約150公斤，同時由於焙燒電極較陽極糊要昂貴得多，因此，在使用焙燒陽極電解槽時生產成本是要增加的。

由於生產時間不長，我們對磚殼結構的電解槽變化情況的觀察還不夠，有許多問題還需要進一步探討才能得出結論，但我們可以初步肯定下來，即用磚代替鋼材修建電解槽，並將陽極機構進一步簡化是完全可以保持正常生產的。至於一些不方便以及不合理之處，當然尚須不斷改進，所以希望各方面不斷提出改進意見，以幫助我們把電解槽修得更好。使制鋁工業更快地發展起來。

二、簡化鋁電解槽的試驗

韋 涵 光

簡化鋁電解槽結構的試驗，是根據冶金部的指示，在黨委直接領導下進行的。試驗的目的，在於簡化鋁電解槽的結構和施工：使之盡量少用鋼材和貴重的金屬，代之以廉價的、可以就地取得的材料；同時改變施工方法，使之盡量簡化。電解是目前制鋁工業的主要方法，而電解槽則是主要的設備。目前，國內外用的鋁電解槽，一般都是結構相當複雜，施工條件要求很高的。一個中型的鋁電解槽，投資約需十萬元。因此，簡化鋁電解槽，大大降低建設投資和縮短施工工期，對高速度發展制鋁工業，有很重要的意義。

試驗的主要內容是：

1. 用紅磚結構和耐熱混凝土結構代替鋼結構槽殼；
 2. 用搗固底糊槽底代替底部炭塊槽底；
 3. 採用冶金建築研究院研究成功的尖端技術——摩擦焊接，以鋁代銅；
 4. 用球墨鑄鐵代替鋼做陰極棒；
 5. 採用手推門，省去製作技術要求很高的卷簾設備。
- 經過一系列試驗工作，已經取得初步成果。

（一）試驗的簡短情況

整個試驗過程，是不斷解放思想，破除迷信，從懷疑到肯定的過程。不少技術人員，過去只知道書本上說的“必須有堅固的鋼結構槽殼，才足以保證鋁電解的正常生產”。對