

# 耐热混凝土鋁電解槽

建築研究院  
冶金工業部 國營鋁廠編  
沈陽鋁鎂設計院

冶金工業出版社

耐热混凝土鋁电解槽

冶金工业部 建筑研究院 国营鋁厂編  
沈阳鋁鎂設計院  
校对: 胡瑞华

編輯: 王忠义

設計: 董照慈

1958 年 10 月第一版 1958 年 10 月北京第一次印刷 25,000 册

787×1092 •  $\frac{1}{32}$  • 6,700 字 • 印张  $\frac{14}{32}$  • 定价 0.04 元

冶金工业出版社印刷厂印

新华書店发行

書号 1300

冶金工业出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第 093 号

# 目 录

|                     |    |
|---------------------|----|
| 前言.....             | 1  |
| 一、耐热混凝土铝电解槽的意义..... | 3  |
| 二、生产試驗情况.....       | 5  |
| 三、經濟效果的簡單分析.....    | 8  |
| 四、施工注意事項.....       | 10 |

## 前 言

我国工农业生产的大跃进，促使各种工业器材的需要量不断增加。摆在我们面前迫切需要解决的问题是多生产、快建设、满足生产要求、尽量节约资金、加速建设社会主义。党中央提出今年要完成 1070 万吨钢的生产任务，我们不仅要一定斤两不缺的生产出来，而且还要想尽办法来节省钢材，把有用的钢材尽量使用到更迫切的地方上去。

由于钢铁生产突飞猛进的发展，铝的生产任务，也要刻不容缓的相应配合上来。铝电解槽是铝生产的主要设备之一，过去无论国内外都是以钢材来制造的，而目前钢材供应尚远不能满足建设上的需求。在党的领导下，我们本着破除迷信、解放思想、敢想敢干的精神，大胆地开展了以混凝土代钢材建铝电解槽的试验研究工作。冶金建筑研究院同某国营铝厂共同试制了一个 62000 安培耐热钢筋混凝土电解槽作为 58 年国庆节献礼，现已正式投入了生产。

在电解槽的试制中有三项技术革新：

- 1) 以耐热混凝土结构代替钢结构，尽量节约钢材；
- 2) 以人工捣固炭素来代替预制炭块，解决目前炭素块供应之不足；
- 3) 以铝母线代替铜母线，利用摩擦焊接法来做铝铜、铝钢直接焊接，尽量以铝代铜。

以上三项都基本上满足了生产上的要求，保证了正常生产。

在冶金工业生产大跃进中，为了完成 1959 年国家对于铜

鋁的要求，有很多大中型鋁廠由于鋼板得不到解決而影響到建設進度，能以鋼筋混凝土電解槽來代替鋼結構的電解槽，不僅能節省鋼材鋼板，而且能直接加速鋁廠建設，從而推進社會主義建設的速度，這是符合多快好省總路線的方針的。雖然混凝土電解槽因為初次試制還存在一些缺點，總的來講還是成功的，有推廣價值。能在这个基礎上發動群眾，群策群力，逐步改進，將會共同為冶金工業生產增加一份力量。

我們的試驗雖然成功了，但限于時間緊迫，並且是初次試制，難免存在着某些缺點，例如將上部框架合理配置，取合理尺寸，將節點再加正確布置後，還可以再節省一些材料。希望讀者不吝指正。

## 一、耐热混凝土鋁电解槽的意义

电解鋁时因通电加热电解质，电解槽槽壳受有較高溫度（900~1000°C左右），在焙烧后初开动时溫度可能更高一些（达到1100°C左右），故必須用耐热混凝土。耐热混凝土的配制并不复杂，我們是使用普通400号水泥，掺入鋁厂廢棄在垃圾堆中的旧耐火砖碎块作填充料（如果没有破旧耐火砖，使用白砂石亦可）。根据試驗結果可以达到1100°C以上的耐热度，能滿足生产要求。

我們設計的槽壳是6.00×4.00公尺、高1.20公尺、厚0.4公尺的整体式耐热混凝土結構。共制成为300#耐热混凝土9.2立方公尺，使用普通鋼筋2.88吨；如用鋼結構，則需用鋼材（包括鋼板）6.94吨，可见鋼材节省很多。

上部框架及梁等也以普通混凝土和耐热混凝土来代替了鋼框架，普通混凝土用了4.13立方公尺，耐热混凝土用了1.16立方公尺，普通鋼筋2.24吨，节省了鋼材9.76吨。一个槽共計可以节省鋼材13.82吨。由上面的节约数字及其能促进鋁厂建設的速度来看，証实了这一技术革新是具有較大的政治意义和經濟价值的。

耐热混凝土結構电解槽的优缺点分述如下：

优点方面：

1) 节省鋼材：鋼筋和水泥虽也比較缺少，但与使用鋼材鋼板相比还是强的多，因而它有节约鋼材的意义；

2) 施工容易：鋼結構施工是比較复杂的，必須有熟練的工人，或者在工厂制造，但也須經過运输安装等过程。而

混凝土結構則普通建筑工人即可施工。亦可在現場就地施工或在附近預制，迅速安裝；

3) 受力情況好：電解槽共有兩種受力情況：一個是溫度應力，一個是外力（例如壓力）。在溫度應力方面來講，鋼結構反倒不如混凝土結構，因為鋼結構受溫度應力後溫度下降時有殘余變形，後期變形也較大，因而會促使槽內襯的開裂，這是造成槽子壽命降低的主要原因之一。耐熱混凝土結構在高溫作用下變形較小，相應的會使槽子壽命延長。而對外力承載，可以根據計算設計成與鋼結構等強的混凝土結構。

缺點方面：

1) 大修時不方便：以後如果施工條件具備，可以改為預制裝配式來克服這一弱點；

2) 整體搗制對溫度應力不利：我們受施工條件和時間所限，是以整體搗制而成，這樣對溫度應力是不利的，而對撓度變形較為有利，特提出供大家討論和改進；

3) 有較微裂縫：混凝土結構在理論上或實際中都尚不能避免輕微裂縫，但在設計時將其控制在允許範圍之內，當可保證生產上的要求。

## 二、生产試驗情况

試用耐热鋼筋混凝土代替鋼材做槽壳的 6000 安培小型电解槽系圓形，槽膛直径 1400 公厘，深 500 公厘；外廓尺寸为直径 2300×1150 公厘。采用自焙連續阳极，阳极直径 800 公厘，阳极电流密度为 1.17 安培/平方公分。

耐热混凝土槽壳厚 200 公厘，所用配合比为：

|            |     |
|------------|-----|
| 400 号矽酸盐水泥 | 20% |
| 耐火砖骨料      | 80% |

骨料中 10~20 公厘的 25%，5~10 公厘 18%，1~5 公厘 22%，<1 公厘 35%。

槽壳配有直径 20 公厘的鋼筋 5 圈，外 3 圈內 2 圈，內外圈各有 12 根直径 16 公厘豎筋。

槽底全系底糊搗固而成。阳极棒两根，其中一根系球墨鑄鐵者。

槽的上部以三根断面为 200×200 公厘、高 1200 公厘的鋼筋混凝土柱支持阳极装置。

通电焙烧后經過一昼夜左右，电流上升到 200 安培，到 400 安培时因搗固底糊的爐底开始軟化，电阻甚大，槽电压上升至 23 伏，經检查当时阳极及爐底电压降如下：

| 电流     | 阳极    | 爐底     |
|--------|-------|--------|
| 200 安培 | 1.5 伏 | 11.5 伏 |
| 400 安培 | 3.3 伏 | 17.7 伏 |

經過数次調整电流上升进度并接短路片，十昼夜后，爐底电压降至 0.8 伏，認為按底糊焦化程度可以投入开动，乃

开动投入生产。

开动数昼夜之后，混凝土壁开始产生很多大小縱裂縫及位于中部的一条橫貫的橫裂縫，最大寬度約1公分。槽壳与砖基础之間有一寬达2.5公分左右的縫，系由混凝土槽壳受应力上移而产生。后用水泥浆堵塞，以防渗入空气。

經過两个多月的生产，目前技术条件大致保持在：电解質水平16~18公分，金屬水平20~28公分，电压平均7伏左右，效应系数——无效应操作，平均每日产鋁可达41公斤，电流效率由于电流不能达到定額，平均維持5600~5700安，故計算其电流效率在86%左右。

唯一缺点是工人感到操作不如方型槽方便，例如捞炭渣，打壳后电解質块貼不住爐帮而向爐底滾，爐膛深，大块不易捞出，結果在底部結成壳。

从现在情况看，槽壳可以維持較久一些。虽搗固的爐底施工質量不够良好，但目前尚未发现問題。

关于阴极导电棒，球墨鑄鉄棒与鋼棒的电压降比較，前者为5.5微伏，后者为3.2微伏，当时电流为5800安培，溫度前者为154°C，后者为148°C，別无其他不良现象。

由建筑研究院同鋁厂协作，根据建筑研究院的設計，又建筑了一台中型62000安容量的混凝土結構电解槽，于国庆节前夕9月30日下午通电焙烧，10月10日投入生产。槽壳尺寸內型5400×3360公厘，外廓6200×4160公厘，高1200公厘，周围有两道角鉄箍。耐热混凝土槽壁厚400公厘，配合比为：400号矽酸盐水泥500公斤，水345公斤，耐火砖粉500公斤，耐火砖砂360公斤(其中2~5公厘70%，2公厘以下30%)，耐火砖块540公斤(其中10~20公厘45%，

5~10 公厘 55%)。

三排鋼筋网，橫筋直径为 16 公厘，双筋 13 排；堅筋直径为 12 公厘，間距 200 公厘。

槽壳上部为耐热混凝土支柱，上面橫梁由 400 号普通混凝土預制成。

底部全系底糊搗固，清爐与灌鋁后（开始生产时）电压降为 1.5 伏，高于炭块爐底的电解槽約 0.5 伏。剛开动后有 0.5 公厘以下的裂紋，現槽壳表面的溫度（露于母綫沟盖板以上部分）約为 56~60°C。經過开动几天情况看，槽壳变形与裂紋情况均不甚大。但仍需进一步观察。根据生产人員的意见，該槽可以生产一个較长的時間。

### 三、經濟效果的簡單分析

由于缺乏充分的資料，尤其是在試驗工作中为修砌电解槽，利用了很多废料，很难于精确的核算成本，故很难算出绝对价格，在这一分析中价格大部是按材料数量計算的。至于所花的工时管理费用等均未計算，仅将同类型的槽子不同部分加以比較。

6000 安混凝土結構同鋼結構电解槽比較

| 型<br>式                          | 材<br>料                    | 槽 壳   |        | 支 柱   |        | 底部炭素 |     | 总 計     |
|---------------------------------|---------------------------|-------|--------|-------|--------|------|-----|---------|
|                                 |                           | 数量,吨  | 元      | 数量,吨  | 元      | 数量,吨 | 元   |         |
| 耐<br>热<br>混<br>凝<br>土<br>結<br>构 | 水泥                        | 0.64  | 27.52  | 0.058 | 2.49   |      |     |         |
|                                 | 耐火砖骨料                     | 2.56  | 153.60 | 0.23  | 13.80  |      |     |         |
|                                 | 鋼筋,直径 20 公厘               | 0.089 | 58.50  | 0     | 20.70  |      |     |         |
|                                 |                           | 0.041 |        | 0.027 |        |      |     |         |
|                                 | 角鋼, $\angle 65 \times 65$ |       |        | 0.018 |        |      |     |         |
|                                 | 底糊                        |       |        |       |        | 1    | 170 |         |
|                                 | 总 計                       |       | 239.62 |       | 33.99  |      | 170 | 446.61元 |
| 同<br>型<br>鋼<br>結<br>构           | 鋼材                        | 2.15  | 967.50 | 0.25  | 112.50 |      |     |         |
|                                 | 炭块                        |       |        |       |        | 0.6  | 540 |         |
|                                 | 底糊                        |       |        |       |        | 0.4  | 68  |         |
|                                 | 总 計                       |       | 967.50 |       | 112.50 |      | 608 | 1633元   |

仅上表三項不同处，采用耐热混凝土在材料一項上即节约 1242 元，鋼材节约 2.2 吨。年产 1000 吨的鋁厂将减少投資近 10 万元，节省鋼材 176 吨。

62000 安混凝土結構同鋼結構電解槽比較

| 型<br>式                          | 材<br>料 | 槽 壳   |        | 支 柱                |         | 底部炭素  |      | 總 計<br>(元) |
|---------------------------------|--------|-------|--------|--------------------|---------|-------|------|------------|
|                                 |        | 數量, 吨 | 元      | 數量, 吨              | 元       | 數量, 吨 | 元    |            |
| 耐<br>熱<br>混<br>凝<br>土<br>結<br>構 | 水泥     | 4.6   | 197.8  | 0.48               | 20.64   |       |      |            |
|                                 | 耐火磚骨料  | 13.8  | 828.0  | 1.88               | 112.80  |       |      |            |
|                                 | 鋼筋     | 2.94  | 1323.0 | 0.206              | 91.80   |       |      |            |
|                                 | 鋼箍     | 0.24  | 108.0  |                    |         |       |      |            |
|                                 | 綠板     | 0.83  | 396.0  |                    |         |       |      |            |
|                                 | 角鉄     |       |        | 0.084              | 37.80   |       |      |            |
|                                 | 普通混凝土  |       |        | 2.75米 <sup>3</sup> | 137.20  |       |      |            |
|                                 | 鋼件     |       |        | 1.80               | 810.00  |       |      |            |
|                                 | 底糊     |       |        |                    |         | 10.5  | 1785 |            |
|                                 | 總 計    |       | 2852.8 |                    | 1210.24 |       | 1785 | 5848.04    |
| 同<br>型<br>鋼<br>結<br>構           | 鋼材     | 7.7   | 7100   | 5.3                | 2385    |       |      |            |
|                                 | 底塊     |       |        |                    |         | 7     | 6300 |            |
|                                 | 底糊     |       |        |                    |         | 3.5   | 595  |            |
|                                 | 總 計    |       | 7100   |                    | 2385    |       | 6895 | 16380      |

上表僅列三項，材料節約即 1 萬元，節約鋼材 6.85 噸。年產 5 萬噸的鋁廠可節約 320 萬元左右，鋼材節約 2200 噸。粗算一台中型混凝土電解槽需費用 63000 元，鋼結構則為 10 萬元。每台節約近 4 萬元，5 萬噸鋁廠可節約 1280 萬元。如再進一步簡化現在的混凝土槽，投資可省到一半。

#### 四、施工注意事項

須嚴格掌握配合比和粒度，尤其以人力攪拌時，應拌合均勻，水份嚴加控制，不得為了攪拌容易多加水份。如不能以蒸汽養生或電氣養生，在天然氣溫下最低氣溫不應低於 $5^{\circ}\text{C}$ 。其它與一般混凝土施工相同，不另加敘述。