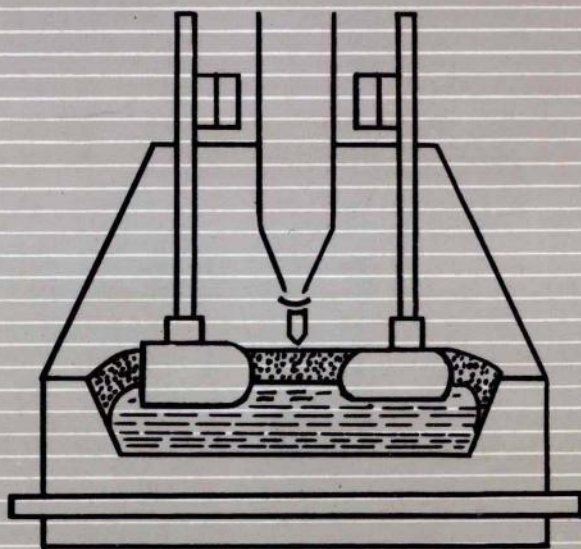


# 铝电解槽寿命研究

何允平 董民杰 编



东北工学院出版社

# 铝电解槽寿命研究

何允平 董民杰 编

东北工学院出版社

## 内 容 简 介

本书较全面地汇总和介绍了近年来我国铝电解行业在铝电解槽寿命研究方面所取得的成果和经验。有对提高槽寿命意义和途径的认识,对铝电解槽早期破损原因的分析,电解槽结构及大修工艺过程演变经验教训的总结,槽内衬破损的检查、判断和修补方法以及在电解槽砌筑、启动和大修过程中新方法新材料应用的介绍等。

本书适合铝电解行业工厂、科研、设计部门的技术、管理和生产人员阅读,也可供采用熔盐电解方法的其他行业和从事氧化铝生产的人员以及大专院校冶金系有关专业师生参考。

### 铝电解槽寿命研究 何允平 董民杰 编

---

|                        |                           |
|------------------------|---------------------------|
| 东北工学院出版社出版<br>(沈阳市·南湖) | 东北工学院出版社发行<br>大连海运学院印刷厂印刷 |
|------------------------|---------------------------|

---

|                  |              |          |
|------------------|--------------|----------|
| 开本:787×1092 1/32 | 印张:7.625     | 字数:174千字 |
| 1991年5月第1版       | 1991年5月第1次印刷 |          |
| 印数:1~1200册       |              |          |

---

|          |          |
|----------|----------|
| 责任编辑:孙铁军 | 责任校对:张德喜 |
| 封面设计:唐敏智 | 插图:冯伟    |

---

ISBN 7-81006-310-3/TG·8

定价:9.80元

# 前 言

中华人民共和国成立后,党和政府十分重视铝工业的发展。建国 40 多年来,我国的铝电解工业从无到有得到迅速发展,不仅铝产量迅速增长,在相当程度上满足了国民经济飞跃发展的需要,而且在技术水平和管理等方面也有长足的进步。在学习和借鉴国外先进经验基础上,依靠自己的力量开展了一系列科研工作,进行了一系列技术革新和改造,依靠技术进步,促进了铝电解工业的不断发展,取得了突出的成果和效益。

铝电解槽是铝电解生产的核心装置,它的使用寿命直接关系到铝的产量、质量和成本等各项指标和生产的经济效益,槽寿命的长短受槽型与结构、筑炉材料和方法以及工艺操作制度等多方面因素的影响。因此,对槽寿命问题的研究一直是铝电解生产、科研、设计各方面普遍关注的重要课题。近 40 年来,我国铝电解行业在槽寿命方面的研究和其它某些主要领域一样也取得了一系列成果。

为交流关于槽寿命方面的研究情况和经验,1989 年中国有色金属工业总公司轻金属情报网曾召开一次铝电解槽寿命专题研讨会。本书是以这次会议交流的部分文章为基础,又广泛搜集了建国以来我国铝电解行业关于槽寿命方面的研究成果和经验,目的是对我国铝电解行业有关槽寿命的研究进行比较系统地总结,以便更好地推动和有助于这方面工作的开

展,为使我国铝电解工业尽快跨入一个新的高度贡献力量。

为使各篇文章和总结更加精炼,节约篇幅达到出版要求,在本书的汇总编写过程中,在尽量保持原意不变基础上,曾对各篇进行了相当地压缩和较多的删改,有的还进行了改写。因时间关系未能再次征求原作者意见。

由于时间和编者水平有限,对书中错误和不妥之处,请广大读者批评指正。

**编 者**

# 目 录

|                                         |          |
|-----------------------------------------|----------|
| 提高铝电解槽寿命的意义和途径 .....                    | 关光磊(1)   |
| 郑铝预焙槽结构及大修工艺演变的<br>经验教训初探 .....         | 阮显培等(11) |
| 铝电解槽内衬中发生的化学反应 .....                    | 姚广春等(20) |
| 对铝电解槽的综合分析 .....                        | 朱宝章等(30) |
| 160kA 大型预焙槽内衬的破损原因与<br>改进措施 .....       | 于宗耀(41)  |
| 工业铝电解槽阴极破损问题探讨 .....                    | 邱竹贤等(56) |
| 135kA 中间下料预焙槽焙烧启动的<br>新技术措施 .....       | 傅开诚(66)  |
| 浅谈 160kA 中间下料预焙槽焙烧启动<br>作业对槽边部的影响 ..... | 田应甫等(71) |
| 135kA 中间下料预焙槽侧部炭块<br>破损原因与预防措施 .....    | 孙喜喜(76)  |
| 影响中间下料预焙槽炉帮生成因素<br>的分析 .....            | 宋垣温等(85) |
| 改进焙烧启动热工制度延长<br>铝电解槽寿命 .....            | 王醒钟(96)  |
| 106kA 上插自焙槽的焙烧与启动 .....                 | 牛庆仁(102) |
| 铝电解槽平均寿命延长的价值和<br>可能性 .....             | 高祀胜(112) |

## 改进工艺提高槽大修质量延长

槽寿命 ..... 唐善阳等(117)

## 关于提高 60kA 摇篮式侧插自焙槽

寿命的初步探讨 ..... 刘继承(123)

## 铝电解槽槽底早期破损的机理及

修补维护 ..... 朱端正(132)

影响铝电解槽寿命诸因素浅析 ..... 朱伯良(136)

防止电解槽壳变形的探讨 ..... 王炼成(142)

影响铝电解槽寿命的因素分析 ..... 肖定恩(145)

## 影响铝电解槽寿命问题的分析和

增加槽寿命应采取的措施和方法 ..... 王信田等(148)

## 关于延长早期破损电解槽寿命

的尝试 ..... 重庆铝厂电解车间(155)

## 降低热负载是延长铝电解槽寿命

的有效途径 ..... 圣书林(158)

## 60kA 侧插自焙槽阴极早期破损

原因分析及预防措施探讨 ..... 黄英科等(162)

## 关于 60kA 铝电解槽焙烧过程中

阴极棒红棒化棒问题的探讨 ..... 张宝元等(168)

炭块质量与电解槽寿命的关系 ..... 施广鑫(173)

## 有关铝电解槽砌筑施工中几个

问题的探讨 ..... 黄升勋(178)

铝电解槽的冷炭捣施工工艺 ..... 王国斌(183)

槽内衬破损的检查判断和补救措施 ..... 王立若(188)

## 数理统计分析在铝电解槽砌筑

检测中的应用 ..... 张银年等(198)

阴极炭块的磷生铁浇铸工艺 ..... 二冶筑炉公司(205)

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| 各种炭粒高温比电导的测定 ..... | 张明杰等(212) |
| 我厂的铝电解槽寿命和几项新材     |           |
| 料新技术的应用 .....      | 张时华等(220) |
| 铝电解槽侧部内衬采用高铝碳化硅    |           |
| 制品的探讨 .....        | 顾  涛(225) |
| 关于上插槽大修后阳极的再次使用    |           |
| 及新阳极的并联焙烧问题 .....  | 张义厚等(231) |

# 提高铝电解槽寿命的意义和途径

抚顺铝厂 关光磊

## 一、提高铝电解槽寿命的意义

多年的生产实践证明,延长铝电解槽的使用年限,对提高铝电解生产的各项经济技术指标,增加产量以及降低大修理费用等有重要作用。

### 1. 铝产量

根据电解槽大修理周期,每台电解槽在停槽大修期间大约少产 10~15t 铝,对年产 2.5 万吨铝的系列电解槽来说,若使用年限延长 1.12 年每年可增产原铝 280t。

### 2. 铝质量

新槽启动后约在 60 天左右方能产出优质铝锭,加上停槽前所产的次等铝,总计有半年以上生产次等铝。

### 3. 电流效率

为加热槽内衬和建立热平衡,需保持较高的电压和温度。据统计大修槽启动初期的电流效率比正常时期降低 4%~5%。

### 4. 电能消耗

大修后的电解槽由于焙烧、启动和停槽期间的母线电压降损失,将消耗大量电能,对年产 2.5 万吨铝的系列,若使用

年限延长 1.12 年,每年将节省电能  $166 \times 10^4 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

### 5. 原材料消耗

大修槽启动时,要消耗大量原料,若使槽寿命延长 1.12 年,则每年可节省氧化铝 30t,冰晶石 110t,氟化钠 22t,氟化钙 14.3t。

### 6. 铝的产品成本

槽大修理折旧费占铝生产成本的 8.6%,占车间经费的 63.8%,占车间折旧费的 86%。所以提高槽寿命对降低铝生产成本起着一定的作用。

### 7. 电解槽大修费用

在技术条件和操作条件相等情况下,对年产 2.5 万吨铝的系列来说,如若把槽寿命延长 1.12 年,每年可节省大修费近百万元。

大修一台电解槽需要使用大量的材料和较高的费用。由于价格上升较快,大修电解槽的成本正在逐年增加。表 1 列出 1986 年和 1989 年两次电解槽大修的费用构成。

表 1 电解槽大修费用的构成\*

| 时<br>间     | 大修材料费,元 |      | 车间经费,元  |      | 大修成本比较  |     |
|------------|---------|------|---------|------|---------|-----|
|            | 金额      | %    | 金额      | %    | 大修成本,元  | %   |
| 1984 年 3 月 | 16463.0 | 74.0 | 6162.0  | 26.0 | 22625.0 | 100 |
| 1989 年 2 月 | 63695.1 | 84.7 | 14447.0 | 15.3 | 75142.4 | 230 |

\* 不含焙烧启动费

表 1 表明,成本上升幅度之大是惊人的,还可看出,材料费比车间经费上升的更快,这表明原材料的涨价给企业带来了很大压力。它迫使我们必须依靠先进技术,寻找更好的办法,来提高电解槽寿命。

综上所述,提高槽寿命,对增加产量,节省电能,提高优质

铝锭数量,提高电流效率以及降低铝锭成本和大修理费用等都起着重要作用。所以如何提高铝电解寿命是铝电解行业的一个十分重要的任务和课题。

## 二、铝电解槽寿命的差别

### 1. 铝电解槽大修的依据

铝电解槽是否大修取决于槽底破损程度,其特征是金属铝中铁含量增加。正常生产时期,金属铝中铁含量比较稳定,也可能由于出现熔化阳极棒、吊环、钢制工具等,使金属铝中铁含量升高。但经过几次出铝后,又可以恢复到正常标准。如果铁含量经过多次出铝后仍继续上升,那么可以初步确定是阴极棒被熔化,槽底破损了。确定槽破损之后,如果铝中铁含量变化不大,可维持在较低标准上,可不必停槽大修,还可继续生产一段时间。

有下述情况之一者,可考虑大修:

- (1)从确定槽底破损之日起,已继续生产半年以上;
- (2)破损槽铝中铁含量已超过1%;
- (3)破损期不足半年,但生产期已超过2.5年以上,根据铁含量上升趋势,可以考虑停槽大修。
- (4)槽壳发生严重变形,影响正常生产或有事故出现的可能,可考虑停槽大修。

### 2. 有关电解槽寿命的统计结果

实践证明,铝电解槽的寿命差距是很悬殊的,有的使用不到半年,有的可达8~9年,平均使用年限可在4年以上。

#### (1)国外中型电解槽寿命情况

苏联 A. И. 罗曼纽克等介绍,新系列投产的电解槽寿命

为 1233 天(3.5 年)。而大修后投入生产的电解槽其寿命为 723 天(1.9 年)。其差距是由新系列焙烧慢,时间长,槽底加热较好,而大修槽焙烧快,时间短,破坏了炉底焙烧条件造成的。

匈牙利的日诺德铝厂电解槽寿命为 871 天(2.36 年),采取改进措施可使电解槽寿命提高到 3.5~4.0 年。

抚顺铝厂三期铝电解槽 1981~1983 年的槽寿命列于表 2。

表 2 抚顺铝厂三期铝电解槽的使用寿命

| 槽 寿 命<br>时 间 | 最高,天 | 最低,天 | 平均值,天 |
|--------------|------|------|-------|
| 1981 年       | 2248 | 1553 | 2085  |
| 1982 年       | 2430 | 1812 | 2250  |
| 1983 年       | 2764 | 1613 | 2346  |

抚顺铝厂一期铝电解槽 1954 年投产,二期 1957 年投产,到 1961 年为止,这段时间的电解槽寿命平均值列于表 3。

表 3 抚顺铝厂 1954~1969 年的平均槽寿命(天)

| 时 期<br>时 间<br>别 | 1954 | 1960 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 一期              | 52   | 1063 | 1278 | 1723 | 1796 | 1883 | 1900 |
| 二期              |      | 1131 | 1586 | 1926 | 1880 | 2078 | 2125 |

从表 3 可以看到,二期电解槽寿命比一期要长些,这说明电解槽在设计上更为完善和合理,电解技术条件较为合适,操作水平更为熟练,电解槽大修质量明显提高。

实践表明,中型电解槽平均寿命达到 1600 天以上是可以做到的。

### 三、提高铝电解槽寿命的途径

影响铝电解槽寿命的因素很复杂。如何提高电解槽寿命，就我们多年来参加电解槽大修的体会及我们在大修施工中所做的技术改造、采取的措施作如下介绍。

#### 1. 把铝电解槽阴极炭块由小改大

20 世纪 50 年代从苏联引进的电解槽，其阴极结构，即每一组底部炭块是由两个尺寸为  $550 \times 400 \times 400\text{mm}$  的小炭块组成。小块与小块之间保留 40mm 的炭块缝，并用炭糊捣固。这样在沿电解槽纵向中心线方向又增加了两条平行的炭块缝，造成在整个阴极面积中，炭块缝所占面积增加 8%~10%。炭块缝是槽底薄弱处，阴极底部的破损大部分是从这些位置开始的。所以应尽力减少炭块缝的面积和长度。为此，从 1958 年起我们将不合理配置形式进行了改革。即把两个小炭块改为一个大炭块，长块和短块互相搭配，呈犬牙交错型排列在槽底上。由于减少炭块缝的面积和长度，延长了电解槽寿命。

#### 2. 扎糊施工的改进

(1) 向炭垫与炭块组下口的缝中灌注沥青，以驱赶缝隙中的空气。实际上扎糊时注入的液体流向低凹处，原缝隙仍然存在。特别是沥青液反浆达到 5 层，严重影响扎缝质量。为此，从 1956 年取消这项作业。

(2) 在扎缝过程中，每扎完一层用钎子扎直径 20mm，深 10~20mm 的孔眼，因缝窄，经常打偏，碰坏炭块棱角，孔眼又易被冷糊填满，用风清除冷糊还会加速槽温下降，为此取消这项作业。

(3)扎缝时向炭块表面涂沥青,理由是加强底糊与炭块的粘合力。但沥青在焙烧过程中大量挥发,刨炉时发现这一层全部是碳化铝,证明此层对电解槽害多于利,为此取消这项作业。

#### (4)进行不打炭糊垫的试验

(5)阴极炭块侧面,燕尾槽内各面,用凿岩机钻直径25mm,深10~15mm的孔百余个。凿岩机的冲击力造成炭块内部损伤,此隐伤给槽寿命带来不好影响,为此从1962年起取消这项作业。

#### 3. 阴极棒断面由115mm×115mm改为130mm×130mm

阴极棒断面增大可降低槽底电压降,使吨铝电能消耗下降。同时通过阴极棒向外传出的热损失增加,对调节槽底热平衡起到一定的作用。

#### 4. 侧部边缘加工耐火砖改为耐热混凝土

加工砖的成品率为60%,质量不好,施工时间长,加工四层砖需6个班次才能完成。1963年改用400号矾土水泥配料的耐热混凝土捣固,经12小时后即可进行下一道工序施工。

#### 5. 无底槽改为有底槽

50年代从苏联引进的都是无底钢结构的铝电解槽。由于无底槽槽壳上抬很严重,导致铝液和电解质从槽底漏出,电解槽被迫停产大修。因此改为有底钢结构电解槽,这对消除以上缺点,提高电解槽寿命是大有好处的。

#### 6. 水平浇注改为竖式灌注

水平浇注是应用最早的一种制作阴极炭块组的方法。将底块放在浇注台上,而后把阴极棒放入燕尾槽内,作型完成后,对炭块加热并用磷生铁予以浇注。它的缺点是操作环境污染严重,劳动条件恶劣、强度大、效率低。阴极炭块组的不合格

率达 20%~25%。因此,1962 年改为在坑式电阻加热炉内进行竖式浇注。其特点是将炭块直立在坑式加热炉内,经作型、加热,分段浇注熔化的磷生铁而完成生产过程。作业环境明显改善,劳动强度降低,同时加热均匀,易于控制,废品率降到 10%以下,阴极炭块组的质量提高,对延长槽寿命起到有益作用。

### 7. 试验用碳化硅砖做内衬材料

1966 年在一台槽内衬上做了以碳化硅砖代替炭砖的试验。由于碳化硅砖是自制的,质量较差,施工时砖缝较大,砌体不规整。所以此槽开动 8 个月后即漏炉停槽。国外资料也报道过用碳化硅砖做内衬,也有的试用过镁砖,但都没应用到工业生产上去。

### 8. 铝电解槽阴极炭块缝的粘接试验

铝电解槽底摆满阴极炭块,而炭块之间保留 40mm 的炭缝。这一密封技术,过去一直采用炭糊捣固法。由于加热时炭糊在焦化过程中产生气孔裂缝,给铝液和电解质的渗漏造成条件。捣糊时还产生大量有害气体、噪声、振动。采用粘接技术的目的是要克服上述不足,从而保证得到一个近似于整体的阴极结构。

为了顺利进行试验,从 1982 年起我们对粘结剂进行试制,并对阴极炭块进行了长条式、长短搭配式的试验。最近进行侧部炭块粘接试验。同时在不同容量的电解槽上进行。经过反复试验取得良好效果:

(1) 粘接施工质量可靠,工艺简单易于掌握,为整体砌筑铝电解槽阴极内衬提供了依据和经验。

(2) 试验槽平均寿命达 3.6 年,最高达 5.3 年。

(3) 炉底电压降降低 30mV 以上。

(4)改善环境、减少污染、节约能源。

(5)首先在 135kA 大型预焙槽上进行长条式炭块的粘接试验,槽寿命达到 3.8 年。

### 9. 热糊冷捣试验

对电解槽炭缝间不加热,进行热糊冷捣。从 1975 年开始在 95 台大修槽上进行(其中包括 23 台大型预焙槽)。主要技术要点是沥青软化点要在 50℃ 左右。冷捣固层数由 8 层改为 9 层,保证压缩比在 1.68 以上,其他技术条件不变。电解槽寿命平均为 4.3 年,最高为 6.2 年,最低 2.9 年。使用年限超过 4 年的达 75%。这说明与热糊捣固槽相比,其寿命相等或略高。但劳动条件、工作环境有较大改善。

### 10. 阴极炭块组装采用炭糊捣固

该法于 1958 年首先在抚顺铝厂试验成功。1970 年以后该法在生产工艺上更加完善,制造了专门用于捣固炭糊的设备——70 式风动扎糊车,以及附属的配套设施。机械化水平大大提高。

该法的优点是:

(1)电解槽寿命平均延长 12 个月左右。

(2)原材料减少 7 个品种,成本降低约 35%。

(3)成品率高。

(4)工艺过程简单,操作方便,劳动效率高,便于推广。

### 11. 槽壳结构

(1)采用工字钢代替槽钢,减缓槽壳的变形,这样内衬变形也变慢,可延长槽子使用寿命。

(2)槽壳角部以圆角代替 45°角。

(3)进行用铸铁槽沿板代替普通钢制槽沿板的试验。

### 12. 泡沫混凝土和单列炭砖试验

此试验在两台槽上进行,以泡沫混凝土代替耐热混凝土加强侧部保温,以减少经阴极棒的热损失。与此同时配合进行把双列炭砖改为单列炭砖,目的是增加侧部热损失,使其有利于在短时间内建立规整炉膛,达到“槽底保温要好,侧部散热要快”的设想。

### 13. 氧化铝安全层

在槽底耐火砖与保温砖之间加一层 80~100mm 厚的氧化铝安全层,取消耐火颗粒料垫层以防止和阻止铝液和电解质对槽底的渗透。

### 14. 有色焊接

主要是大型预焙槽的铝母线焊接,解决关键技术问题。

(1)预焙阳极铝导棒与钢爪的接触采用爆炸焊接。

(2)大断面铝母线采用电渣焊接法可解决母线厚 165~220mm,宽 400~500mm 的母线焊接问题。

### 15. 矩形阴极钢棒

对阴极导电棒断面由 130×130mm 改为 120×180mm 进行了试验,由于国产底部炭块断面尺寸所限,此钢棒断面尺寸已达到极限。

改造后的阴极钢棒接触面积增加 30%,在小型电解槽和大型预焙槽上应用,槽底压降分别降低 60mV 和 80~100mV。

### 16. 采用微孔硅钙绝热板

硅钙板是近几年新兴的绝热保温材料,导热系数比硅藻土保温砖低 3~4 倍,保温效果非常好。据测槽壳表面温度可降低 10℃~12℃。

### 17. 电解槽小修

第一系列大型预焙槽投产不久出现大批破损槽,用热补法已不能补好,因此停槽。清理阴极表面,找准主漏部位,用钻