ICS 77.120.10

CCS H 60

中国有色金属工业协会标准

T/CNIA

YS

T/CNIA XXXX—202X

新型碳/碳复合材料整体成型内衬的铝

电解槽燃气焙烧启动技术规范

Technical Code for Baking & Start-up of cell with New

carbon / carbon composite materials for integral-forming lining

(征求意见稿）

|  |  |
| --- | --- |
| **中国有色金属工业协会**  **中国有色金属学会** | 发布 |

20××-××-××实施

20××-××-××发布

目 录

[前  言 IV](#_Toc20097)

[采用新型碳/碳复合材料整体成型内衬 1](#_Toc30300)

[的铝电解槽焙烧启动技术规范 1](#_Toc2920)

[1. 范围 1](#_Toc31836)

[2. 规范性引用文件 1](#_Toc22372)

[3. 术语和定义 1](#_Toc16916)

[3.1. 整体成型 integral-forming 1](#_Toc15964)

[3.2. 铝电解质 aluminium electrolyte 2](#_Toc17774)

[3.3. 分子比 molecular ratio 2](#_Toc27052)

[3.4. 铝水平 liquid aluminum level 2](#_Toc2311)

[3.5. 电解质水平 electrolyte level 2](#_Toc7524)

[4. 焙烧启动方案制定 2](#_Toc1265)

[4.1. 焙烧启动方法选择 2](#_Toc11402)

[4.2. 焙烧启动的基本原则 2](#_Toc30318)

[5. 焙烧启动前的准备工作 3](#_Toc1123)

[5.1. 焙烧启动工序制定 3](#_Toc20114)

[5.2. 焙烧启动准备工作 4](#_Toc12046)

[5.2.1. 物料准备 4](#_Toc16112)

[5.2.2. 工器具准备 5](#_Toc28664)

[5.2.3. 铝电解槽检测 6](#_Toc7361)

[5.2.4. 其他准备工作 7](#_Toc28917)

[6. 挂极装炉工作 7](#_Toc22049)

[6.1. 挂极作业： 7](#_Toc27894)

[6.2. 安装燃气焙烧装置作业 8](#_Toc21080)

[6.3. 装炉作业 8](#_Toc28098)

[6.4. 安装焙烧器作业 9](#_Toc7497)

[7. 燃气焙烧作业 10](#_Toc7189)

[7.1. 焙烧加热制度拟定 10](#_Toc32637)

[8. 通电启动作业 11](#_Toc24080)

[8.1. 清理现场 11](#_Toc28518)

[8.2. 通电准备 12](#_Toc7655)

[8.3. 短路口作业 12](#_Toc28105)

[8.4. 通电作业 12](#_Toc8998)

[8.5. 启动作业 13](#_Toc11892)

[8.6. 联机投产 15](#_Toc31501)

[8.7. 启动后过渡期生产管理 16](#_Toc14250)

[8.8. 整体成型试验槽生产目标管理 17](#_Toc4300)

[1) 试验槽炉别基准拟定： 17](#_Toc13803)

[2) 工艺技术调控标准拟定： 17](#_Toc23722)

[9. 焙烧启动和后期异常槽况处理及安全风险分析 18](#_Toc28421)

[9.1. 异常槽况事故处理 18](#_Toc2397)

[1） 阳极钢爪发红 18](#_Toc22154)

[2） 磷生铁熔化、阳极脱落 18](#_Toc10520)

[3） 阴极钢棒温度过高、发红 18](#_Toc5920)

[4） 槽况侧部温度过高、发红 18](#_Toc8222)

[5） 阴极钢棒窗口渗电解质、渗铝 19](#_Toc16211)

[6） 侧部漏炉 19](#_Toc22746)

[7） 短路口放炮 19](#_Toc30144)

[8） 阳极导杆与母线打火 20](#_Toc13774)

[9） 阳极下降失控 20](#_Toc30679)

[10） 系列电流压负荷 20](#_Toc6098)

[9.2. 主要安全风险分析 21](#_Toc32654)

[1) 火灾、爆炸 21](#_Toc17278)

[2) 灼烫伤害 21](#_Toc20403)

[3) 物体打击、机械伤害 21](#_Toc1716)

[4) 应对安全风险的控制措施 21](#_Toc25535)

前  言

本标准由全国有色金属标准化技术委员会提出并归口。

本标准主编单位：贵阳铝镁设计研究院有限公司。

本标准参编单位：中国铝业股份有限公司贵州分公司、遵义铝业股份有限公司、贵州顺安机电设备有限公司、贵州康格力炭素材料有限公司、武汉大学、云南云铝绿源慧邦工程技术有限公司、中铝智能科技发展有限公司。

本标准主要起草人：曹斌、席灿明、杨孟刚、何飞、唐峰、王庆祝、于鸣湛、王怀江、张嘉、吴中鼎、 杨运川、邓翔、闫朝宁、马靓、敖宇、吴志平、周剑等。

本标准主要审查专家：

采用新型碳/碳复合材料整体成型内衬

的铝电解槽焙烧启动技术规范

# 范围

本标准适用于采用新型碳/碳复合材料开展阴极内衬整体成型的铝电解槽。

本标准规范了铝电解槽采用新型碳/碳复合材料进行内衬整体成型的通电焙烧、启动运行和中后期管理等过程的技术规定。本标准涉及的铝电解槽整体成型方法、设备和操作过程等技术要求参考相关的企业或行业技术标准。

# 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，应引用最新版本文件（包括修改文件）。

GB/T 4291-2017 冰晶石

GB/T 24487-2009 氧化铝

GB/T 29741-2013 铝电解安全生产规范

# 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

* 1. 整体成型 integral-forming

采用高效能复合材料对工业炉窑内衬进行一次性固化成型的技术和手段

* 1. 铝电解质 aluminium electrolyte

铝电解时溶解氧化铝并将其电解还原为铝金属的反应介质。

* 1. 分子比 molecular ratio

电解质中NaF与AlF3的摩尔数之比。

* 1. 铝水平 liquid aluminum level

电解槽中铝液的测量高度。

* 1. 电解质水平 electrolyte level

铝电解槽中电解质的测量高度。

# 焙烧启动方案制定

## 焙烧启动方法选择

对于采新型碳/碳复合材料实施阴极内衬整体成型的铝电解槽的焙烧启动方法，结合整体成型内衬的工艺特点，本规范推荐采用燃气焙烧方法。若考虑采用其他焙烧启动方法（如焦粉焙烧、铝液焙烧等），本规范建议在认真研究整体成型内衬工艺特点的基础上，应通过现场试验验证无重大工艺缺陷和安全隐患的条件下，探索开展相关工作。

## 焙烧启动的基本原则

1）铝电解槽整体成型的焙烧方式建议采用燃气焙烧方法；

2）采用燃气焙烧方法的焙烧时间，不应低于96小时后；

3）燃气焙烧完成并具备启动的主要条件为：

* 铝电解槽内衬表面平均温度≥900℃，相邻测温点的温差≤±25℃；
* 内衬表面无明显的裂缝或伸缩缝（宽度≥1cm，长度≥5cm）和坑洞（直径≥2cm）；

4）燃气焙烧的关键点为：必须加强对炉膛的密封，防止高温下阳极及阴极内衬氧化对后期生产造成影响；

5）通电前准备工作必须充实。

# 焙烧启动前的准备工作

## 焙烧启动工序制定

铝电解槽整体成型内衬的焙烧启动工序流程建议如下图：

安装焙烧装置

待启槽准备

挂极装炉小组

挂极作业

材料器具准备

燃气焙烧小组

装炉作业

通电作业

过程检测

领导小组

清理槽内

事故监管

数据监测小组

点火焙烧

通电启动小组

启动后管理

确定加热制度

安全监护小组

现场清理

安装焙烧器置

验证槽降温置

短路口作业置

通电准备

记录分析

联机投产

启动作业

槽况巡检

安全巡检

成立工作组

物资保障组程总结

焙烧启动过程总结

图5-1：铝电解槽整体成型内衬的燃气焙烧启动主要工作流程示意图

## 焙烧启动准备工作

### 物料准备

本规范铝电解槽整体成型内衬的焙烧启动物料用量如下表：

表5.2.1-1：本规范焙烧启动材料用量（以500KA电解槽为例）表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 单位 | 焙烧过程 | 启动过程 | 启动后期 | 合计 | 用途 |
| 1 | 预焙阳极组 | 组 | 48 |  |  | 48 | 启动 |
| 2 | 高分子比冰晶石 | 吨 | 55 | CR≥2.8 | | 55 | 覆盖料 |
| 3 | 破碎电解质块 | 吨 | 10 | 5 |  | 15 | 启动 |
| 4 | 氟化钙 | 吨 | 5 |  |  | 5 | 促进炉帮形成 |
| 5 | 纯碱 | 吨 | 2.5 | 2.5 |  | 5 | 启动 |
| 6 | 氟化铝 | 吨 |  |  | 6 | 6 | 调整分子比 |
| 7 | 灌入铝液 | 吨 |  | 30～40 |  | 30～40 | 启动 |
| 8 | 灌入电解质液 | 吨 |  | 25 |  | 25 | 启动 |
| 9 | 氧化铝 | 吨 |  | 20 |  | 20 | 覆盖料 |
| 备注 | 表中预焙阳极、冰晶石、氟化钙、氟化铝均要求达到一级品，应有检验合格证方可使用。 | | | | | | |

### 工器具准备

本规范铝电解槽整体成型内衬的焙烧启动用（不限于）工器具参考表：

表5.2.2-1：本规范焙烧启动工器具（不限于）准备工作拟定表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 单位 | 规格 | 数量 | 用途 |
| 1 | 高温烟气焙烧器 | 套 | JW-6011 | 2 | 焙烧（1用1备） |
| 2 | 压缩空气分配器 | 套 |  | 2 | 覆盖大小面和阳极 |
| 3 | 不停电开停槽装置 | 套 |  | 1 | 启动 |
| 4 | 手持测温仪 | 个 |  | 4 | 调整分子比 |
| 5 | 红外测温仪 | 个 | 8 | 8 | 启动 |
| 6 | 启动用溜槽 | 吨 |  | 14 | 启动 |
| 7 | 铝耙 | 吨 |  | 8 | 启动 |
| 8 | 风动扳手 | 把 |  | 2 |  |
| 9 | 风管及快速接头 | 套 |  | 2 |  |
| 10 | 绝缘板 | 块 |  | 16 | 母线断路 |
| 11 | 绝缘套管 | 根 |  | 16 |
| 12 | 手电筒 | 支 |  | 若干 | 现场人员每人一支 |
| 13 | 大扳手 | 把 |  | 4 |  |
| 14 | 撬棍 |  |  |  |  |
| 15 | 效应棒 |  |  |  |  |
| 16 | 天车 |  |  |  |  |
| 17 | 敞口铝液抬包 | 台 |  | 4 | 使用前必须预热烘干 |
| 18 | 电解质抬包 | 台 |  | 4 |
| 19 | 铁锹 |  |  |  |  |
| 20 | 阳极炭块测量工具 | 套 |  | 2 | 装炉 |
| 21 | 安全劳保用品 | 套 |  | ～ | 每个现场人员必须装备 |
| 备注 | 表中所有测试工器具，使用前应校正合格方可使用。 | | | | |

### 铝电解槽检测

1. 槽外观

炉膛及槽周围、槽壳及槽上部、槽下地坪等无灰尘和其他杂物。

1. 炉膛

炉底水平高度偏差±10mm，炉膛纵向和横向尺寸偏差±1.5mm，阴极炭块无缺陷。

1. 阳极母线安装

阳极母线与阳极导杆压接面光洁，焊接面无夹渣、气孔。

1. 供风系统

* 供风系统通畅、无漏风现象，各处连接牢固、齐全。
* 关闭并固定钟罩阀，固定打壳锤头，切断槽上部气控管网气源。
* 排烟管风量转换阀运转灵活。

1. 供料系统

槽上部溜槽供料正常，料箱密封良好，打料过程无漏料、冒料现象。

1. 绝缘系统

电解槽上部结构之间、上部结构与阴极结构之间、单台电解槽与地面之间电阻值不得小于设计值。

1. 槽控机

槽控机联机动作及效应灯应工作良好，控制面板功能、预警功能、预警功能、状态功能、手动功能等动作执行顺畅，指示灯正确。

1. 打壳下料系统

打壳锥头动作正常，上升或下降过程中无过慢或磕碰现象，定容下料量符合设计要求。检查合格后，打壳锤头升至最高处并固定，下料器钟罩阀应关闭并固定。

1. 阳极升降机构

在阳极母线上挂满阳极后应进行负载升降实验，操作阳极升降按钮使阳极母线往返两个满行程，升降过程中无震动和异响，传动轴无摆动、母线焊口无炸裂现象。各运转部件灵活到位，各部件连接紧固。

### 其他准备工作

1. 焙烧启动用的原辅材料按要求运至试验槽旁；
2. 清扫干净槽内卫生。

# 挂极装炉工作

## 挂极作业：

1. 预焙阳极准备：合格预焙阳极应清扫底掌，用压缩空气吹净阳极表面杂物；
2. 在安装阳极之前，复紧所有挂钩螺栓，为阳极卡具清洗加油，预先把阳极大母线调回到回转计为“375“的位置；
3. 把48块预焙阳极放到炉底，用多功能天车挂极，挂极顺序为每次安装4块，在A、B侧对角交替进行，安装时注意导杆不能贴住挂钩。安放完阳极后，拧紧卡具；
4. 挂极时，上抬阳极，使回转计上升250，抬至“125”，要求阳极底掌距离阴极表面约25cm，以保证燃烧器的喷嘴口处于阴、阳极之间；
5. 全部阳极安装完毕后，用不锈钢扳手复紧卡具，并用粉笔在卡具下部的铝导杆上画线，标明槽号、极号及其初始位置，以便检查阳极下滑现象。

## 安装燃气焙烧装置作业

1. 在电解槽四周和阳极顶部铺设盖板，燃烧器位置铺设燃烧器专用盖板。普通盖板与燃烧器盖板交叉布置；
2. 把燃烧器放置在燃烧器盖板中，根据电解槽高度，调整燃烧器固定板至合适的位置后，确保喷嘴离阴极表面50mm，拧紧固定螺丝固定好燃烧器。并用石棉板把燃烧器喷嘴孔堵上，把燃烧器固定牢靠；
3. 燃烧器安装完毕后，对侧布置燃烧架，使用天车吊装燃烧架置于槽沿板上；
4. 燃烧架布置好后，用软管直接连接燃烧架和燃烧器；
5. 软管连接好后，对整个槽子做密封。有缝隙的地方用耐火纤维棉和石棉板密封好；阳极中缝和边缝用石棉板或者薄铁皮封好，下层用石棉板，上层用钢板盖好；电解槽四个角部用石棉板或者钢板密封好。

## 装炉作业

1. 预埋测温套管：预埋测温套管可按下图位置进行预埋：

图6.3-1：装炉作业中预埋测温套管位置示意图

注意事项：①预埋的测温套管不得与阳极炭块接触；②热电偶不能埋设在燃烧器喷嘴口位置；③测温前后，预埋测温套管顶端用软塞堵住，防止物料进入套管；

1. 阳极中缝用钢板盖住，钢板上覆盖冰晶石作为保温；极间缝可用废编织袋或电解质块挡住，出铝口、烟道口中缝用石棉板挡住；
2. 阳极四周可用石棉板挡住，装入破碎电解质块，再其上装入冰晶石及纯碱；
3. 焙烧前阴极表面可预先撒10mm防高温氧化层（可用铝电解生产原料如高分子冰晶石粉为保护体，启动后可以作为原料使用）；
4. 槽四周大面、阳极、阳极极间缝上先用冰晶石覆盖，再用电解质粉覆盖，保温料厚度不低于18cm。并做好槽表面密封，盖板上全部采用冰晶石。

## 安装焙烧器作业

1. 连接燃烧架、燃料小车管路。
2. 连接空气和燃气管路。
3. 连接燃烧架、燃料小车、控制柜电气快接连线。
4. 电源线连接：380VAC±10、50HZ、2相，功率2000W；
5. 控制柜通电试机，同时输入升温策略。

# 燃气焙烧作业

## 焙烧加热制度拟定

1. 基本原则：
2. 焙烧周期：拟定为120小时，焙烧终点温度为阴极表面平均温度达到：～950℃，同时·，阴极底部平均温度达到700℃以上；；
3. 燃气焙烧升温曲线拟定：

保温8h

减供气

自然降温72～96hr

停供气

加强保温

预热区（除水）

焦化区（结焦）

0 15 30 45 60 75 90 96 120 135 小时h

保温8h

防碳氧化

分解区（挥发）

温控3区

温控2区

温控1区

注意事项

升温特征

焙烧周期

排气顺畅

120hr（8℃/hr）

温度℃

1050

900

750

600

450

300

150

0

拆除保温

图7.1-1：“一段三区”气体焙烧法的升温特征曲线示意图

1. 焙烧升（降）温时间及温控时序表：

表7.1-1: 230kA预焙槽“一段三区”燃气焙烧升（降）温时间、温度调控表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| （贵铝方案）  升温时间，h | 0 | 3 | | 3 | | 3 | | 3 | | 9 | | 9 | | 27 | 15 | | 72 | |
| 0 | 3 | | 6 | | 9 | | 12 | | 21 | | 30 | | 57 | 72 | |
| 调整方案，h | 0 | 8 | | 8 | | 8 | | 24 | | 8 | | 8 | | 24 | 24 | | ＋48 | |
| 升温总时，h | 0 | 8 | | 16 | | 24 | | 48 | | 56 | | 72 | | 96 | 120 | | 120 | |
| 表面温度，℃ | 22 | 250 | | 300 | | 500 | | **750** | | 828 | | 906 | | 915 | 930 | | ≤**950** | |
| 糊底温度，℃ | 20 | 150 | | 200 | | 250 | | 400 | | 500 | | 600 | | 643 | 730 | | ≥700 | |
| 备注 | 根据重庆大学试验研究表明：①阴极底部温度达到750℃的燃气焙烧时间应＞33h；②阴极表面温度达915℃时，糊料底部温度可达650℃（上下层最大温差可达265℃）；③在300～400℃应考虑一定保温期，升温过快会使阴极材料的水蒸发和挥发分溢出不完全，易导致启动初期表层热冲击的“剥皮”现象。   * 阴极表面温度≥950℃时，碳素材料高温氧化速率为0.0079mol/m2·s * 阴极表面温度≥900℃时，碳素材料高温氧化速率为0.00245mol/m2·s * 阴极表面温度≥750℃时，碳素材料高温氧化速率为0.00135mol/m2·s | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 降温时间，h | —— | | 12 | | 20 | | 24 | | 32 | | 40 | | 56 | 72 | | 88 | | 96 |
| 表面温度，℃ | 950 | | 900 | | 800 | | 750 | | 650 | | 550 | | 450 | 350 | | 200 | | 20 |

1. 调整点火风量；打开燃烧架空气管路常明火手阀、在触摸屏手动调整空气电动阀门开度，控制风量在300～600Nm3/h（空气过氧系数控制在1.0～1.1）；
2. 燃烧架燃气逐个排空：关闭每个燃烧架所有燃气阀门、打开排空阀，排空时间：2～5分钟；
3. 点火：把点火杆插入点火孔、启动点火器、缓慢打开燃烧器相对应的燃气常明火手阀，点火成功后，关闭点火器、拔出点火杆、手动调节燃烧器火焰至稳定状态（注意：点火时面部不得正对点火孔）；
4. 点火全部完成后，在触摸屏画面上点击“开始计时”按钮；
5. 安排专人巡检焙烧过程，每隔一小时巡检一次燃烧器燃烧情况和燃气压力等关键数据，遇有燃烧器熄火情况，迅速关闭相应燃烧器和空气阀门，重新点火，遇有热电偶损坏要及时更换，遇有管道漏气应及时关掉相关阀门，组织检修人员进行维修；

# 通电启动作业

## 清理现场

1. 无关人员撤离到警戒线以外；
2. 警戒线内不得有可燃、助燃、易燃易爆等杂物；
3. 检查消防器材是否齐全有效；
4. 检查必备工具是否齐全；
5. 准备好通电用工具及原料。

## 通电准备

1. 检查待通电槽绝缘是否完好，并将检查情况上报现场负责人；
2. 事先烘干预热灌铝溜槽，将溜槽和灌铝工作平台搬运到通电槽前安置好；
3. 按要求安装不停电开停槽装置；
4. 与生产调度、计算机及浓相的联系通电槽号、时间。

## 短路口作业

1. 确认准备工作完成后，调度联系停电，操作不停电开停槽装置，实施短路口操作；
2. 操作人员用风动扳手松开短路片紧固螺栓，用撬棍将短路片撬开，在母线和短路片之间插入绝缘板，取出短路口下端两根紧固螺栓，用手电筒检查绝缘套筒是否破损。如绝缘套筒破损将进行更换，并重新装好螺栓，再取出短路口下端两根紧固螺栓，将上端螺栓上面螺帽拧紧；
3. 用手电筒检查短路口情况，短路片之间不能有导电物体搭接；

## 通电作业

1. 确认准备工作无误后，下降阳极，灌入电解质液，操作不停电开停槽装置，通知整流所给电解槽送电（全电流送电）；
2. 通电后4小时测量一次阴极电流分布。阴极电流分布修正值大于10mv时，结合对应处阳极电流分布的情况进行分析，调整阳极电流分布，保证阴极后续焙烧温度均匀上升；
3. 全电流后槽电压保持8.0V，保持2小时左右，若有效应，电压保持约12V，效应持续约30分钟；
4. 效应达到目的后，用木棒插入阳极底掌的方法熄灭效应，若效应不易熄灭，可投入一定量的氧化铝、增加插入木棒帮助熄灭，效应熄灭后，电压保持7.5V；

## 启动作业

1. 灌铝前电压保持5.5V；
2. 效应熄灭24小时内，采用手动调整电压，每30分钟调整一次电压，缓慢降至5.5V；
3. 测量槽内电解质水平，当电解质水平小于30cm时，视具体情况适当补充冰晶石；
4. 根据灌入电解质量及分子比情况，往槽内适当补充部分碱；
5. 效应熄灭后24小时，采用溜槽灌入第一包铝液6吨，视槽温情况确定灌入第二包铝的时间，当槽温≤970℃，严禁灌第二包铝；
6. 灌铝时，要有专人抬阳极，在灌铝的过程中电压的控制相应比灌铝前高0.4V；
7. 灌第一包铝前，槽电压保持5.5v；灌完第一包铝后，槽电压保持5.0V；灌完第二包铝后，槽电压保持4.8V，灌铝量14吨。
8. 灌铝后一周内，每24小时取样分析一次电解质成分，根据分子比及氟化钙含量决定碱和氟化钙的补充量。
9. 灌铝后每24小时取样分析一次原铝质量，若铁含量≤0.20%、硅含量≤0.08%时为正常分析。
10. 灌铝后的电压调整：

表8.5-1: 230kA预焙槽整体成型示范应用启动罐铝后的电压调整表

|  |  |
| --- | --- |
| 时间点 | 设定电压 |
| 灌铝后 | 4.8v |
| 灌铝后第二天（封过阳极后） | 4.6v（电解槽稳定的情况下，逐步调整） |
| 第三天 | 4.5v |
| 第四天 | 4.4v |
| 第五天 | 4.3v |
| 第六天 | 4.2v |
| 第七天 | 4.15v |
| 第八天 | 4.10v |
| 第九天 | 4.08v |
| 第十天 | 4.06v |
| 第十一天 | 4.04v |
| 第十二天 | 4.03v |
| 第十三天 | 4.02v |
| 第十四天 | 4.01v |
| 第十五天 | 4.00v |

降电压注意事项：

* 1. 本设定电压调整表可根据现场情况适当调整，并保持分子比在2.85以上，防止电解质过热和炭渣分离不清。如电解质温度过高，则加快调整电压，过低则减缓调整速度，电解质温度保持不高于1100℃；
  2. 电解质高度达到30～35cm后，电解质温度接近1000℃时，适当添加纯碱，代熔化后，电压保持约4V，整个启动过程完毕。此时，应及时组织人员清洁阴极底掌，打捞炭渣。
  3. 降电压过程中需保持电解槽的稳定，噪声通常不宜超过20，如噪声过大需减缓降电压速度，待稳定后再降电压；
  4. 降电压过程中需保持炉底清洁，当炉底压降有上升趋势或电解槽沉淀数量大幅度增加时，需减缓降电压的幅度；
  5. 当电解槽技术条件（如温度、电解质水平等）异常大幅度波动时，需及时分析问题并解决问题后再调整电压。

1. 记录
2. 记录通电、启动时间，原材料添加量。
3. 记录阴、阳极电流分布测量值、炉底钢板温度、焙烧温度测量值、槽电压、效应电压、效应持续时间。
   1. 记录焙烧、启动过程中的异常情况和处理措施。

## 联机投产

1. 启动过程中第一个效应熄灭后，联系计算机接通NB、AEB，确定NB、AEB间隔，并将电解槽运行状态变更为运行。
2. 灌铝后AE间隔设置为13h，第一个效应后设置为24h，10天后设置为48h，20天后设置为72h，30天后设置为120h。
3. 灌铝结束，槽电压降至4.5伏以下时，接通RC和氧化铝浓度控制。……
4. 罐铝后8小时，NB间隔设为4min，16小时为3.16min，48小时为3.12min，72小时为3.10min。
5. 电解质表面结成薄壳后，由当班操炉人员指挥天车向阳极上添加氧化铝作保温料，并进行整形和盖好槽盖板；
6. 罐铝后36～72小时，根据槽内铝水平高度，可考虑进行出铝。

## 启动后过渡期生产管理

1. 启动后过渡期工艺参数的控制范围

启动后期工艺参数的控制范围如下表所示：

表8.7-1: 230kA预焙槽整体成型示范应用启动后期工艺参数控制表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 时期  工艺参数 | 启动后第1周 | 第2周 | 第3周 | 第4周 | 一个月 | 两个月后 |
| 电解质水平，cm | 30~32 | 26~30 | 24~26 | 20~23 | 20~22 | 18~22 |
| 铝水平，cm | 18~20 | 19~20 | 20~21 | 21~22 | 22~23 | 22~24 |
| 分子比（质量比） | 1.40~1.50 | 1.30~1.40 | 1.30~1.40 | 1.25~1.30 | 1.25~1.30 | 1.20~1.25 |
| 电解质温度，℃ | 960～980 | 950～970 | 950～960 | 940～950 | 940～950 | 930～940 |

1. 启动后当天应取一次电解质试样进行分析，以后每周取一次电解质试样，一个月内发现分子比CR﹤1.3时，应适当添加纯碱，以保证形成的炉帮坚固难溶；
2. 边部管理：启动后，从更换第一块阳极开始，可进行相应的边部作业，扎需更换的阳极及相邻两极的边部，出铝端及烟道端每10～15天扎一次边部；
3. 添加剂管理：启动半个月后开始在换极时沿边部适当添加氟化钙（或氟化镁）以保证形成稳定炉帮，单槽每次添加量一般不超过3～5kg，总添加量以铝中氟化钙＋氟化镁含量≤0.012%为宜，三个月后可适当增加氟化钙添加量，总量以铝中氟化钙＋氟化镁含量≤0.02%为宜。
4. 阳极更换管理：从启动后第五天开始换极，从第18天开始使用15～18天换下的4块高位残极，将4天所压的高位残极换下。采用此方法进行阳极更换，可延长残极使用天数，减少换极次数。

## 整体成型试验槽生产目标管理

1. 试验槽炉别基准拟定：

表8.8-1： 本项目试验槽工艺技术条件炉别基准拟定表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 炉别基准 | 设定电压 | 铝水平 | 电解质水平 | 电解温度 | 效应系数 | 覆盖料厚 | 炉底压降 |
| A组/3台 | 3.85～3.95 | 24±1 | 18.5±1 | 940～950 | 0.06 | 18±1 | ≤260mV |
| B组/2台 | 3.95～4.05 | 23±1 | 18±1 | 930～950 | 0.08 | 17±1 | ≤320mV |
| C组/2台 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2012年 | 4.10～4.20 | 19～28 | 15～20 | 917～945 | 0.21～1.68 | 18.5～19 | 356.04mV |
| 备注 | * 1. A组槽为优化试验槽，B组槽为正常管理槽，C组槽为系列对比槽；   2. 参数中的±1取值为：冬季与夏季的气候变化调整范围值。 | | | | | | |

1. 工艺技术调控标准拟定：

表8.8-2：本项目试验槽工艺技术条件调控标准拟定表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 调控参数 | | 作业标准1 | | 作业标准2 | | 作业标准3 | |
| 卡具压降 | | ≤10～15mV | |  | |  | |
| 设定电压 | | ≤±10mV/次 | | ≤±50mV/月 | | V设定－V工作≤10mV | |
| 覆盖料 | | 粒度≤6mm | | 厚度≤±1cm | | 覆盖料高度18±1cm | |
| 电解温度 | | ≤±5℃ | | 过热度10±2℃ | | 过热度15±2℃ | |
| 铝水平 | | ≤±1cm（三点测定） | | ≤±1cm（三点测定） | | ≤±1cm（五点测定） | |
| 电解质水平 | | ≤±1cm（一点测定） | | 烟道端≥15cm | |  | |
| 日出铝量 | | ≤±20kg | |  | |  | |
| 阳极效应 | | ≤2分钟 | | 15～30V（正常） | | 0.05次/槽·日 | |
| 炉帮厚度、炉膛形状 | | 8～15cm | | 伸腿长度≤5cm，炉底洁净 | | | |
| A、B侧阴极电流分布偏差 | | ≤2% | | ≤5% | |  | |
| 电压摆 | | ≤10mV（稳定） | | ＞30mV（针振） | | ＞70mV（摆动） | |
| 基准NB间隔  （235kA）  （4×1.8kg） | 电流效率 | CE＝90% | CE＝91% | | CE＝92% | | CE＝93% |
| 加料速率 | 2.282kg/min | 2.308kg/min | | 2.333kg/min | | 2.358kg/min |
| 基准NB0 | 3.155min | 3.120min | | 3.086min | | 3.053min |

# 焙烧启动和后期异常槽况处理及安全风险分析

## 异常槽况事故处理

1. **阳极钢爪发红**

* 主要原因：电流分布不均；
* 处理措施：可扒开相应的阳极极上保温料，使磷生铁环外露，进行散热或用风管强制吹风冷却，或用铁工具搭接到相邻的阳极钢梁上进行再次分流。对于长时间偏流或偏流过大、钢爪温度过高的阳极，可松开卡具，对该组阳极实施断电，1小时后再拧紧卡具（单槽采取断电措施的阳极数量不能超过3组），具体酌情处理。

1. **磷生铁熔化、阳极脱落**

* 主要原因：严重偏流或机械故障；
* 处理措施：如是因磷生铁熔化而导致的阳极脱落，可先将阳极导杆吊走，留在才槽内的炭块在启动后再捞出，更换高位 热残极。

1. **阴极钢棒温度过高、发红**

* 主要原因：阴极电流分布不均；
* 处理措施：若发现个别阴极钢棒温度过高，可采用风管吹风冷却降温；若效果不好，则可用调整对应的阳极电流分布的方法解决；若阴极钢棒出现发红情况，可采取对相应的阳极实施断电的办法，并用吹风甚至水冷却阴极钢棒（单槽采取断电措施的阳极数量不能超过3组）。

1. **槽况侧部温度过高、发红**

* 主要原因：槽内炉帮薄或不均；
* 处理措施：若发现槽壳侧部温度高达350℃以上，应及时采取吹风冷却降温；对于槽壳侧部发红的若要采取用水冷却，须注意用水量不应过大。

1. **阴极钢棒窗口渗电解质、渗铝**

* 主要原因：槽内衬出现裂纹或渗透通道；
* 处理措施：若在焙烧启动过程中，发现阴极钢棒口渗电解质现象，要及时用水进行冷却；若罐铝后发现阴极钢棒窗口渗铝，可采用吹风或用水冷却降温，直至其凝固，同时要查找渗漏原因，并消除隐患。

1. **侧部漏炉**

* 主要原因：槽内衬出现裂纹或渗透通道；
* 处理措施：电解槽发生侧部漏炉后，应立即组织人员进行抢救，首先要判定漏炉性质和状态，用专用工器具保护阴极母线，专人看管电压，用面壳块、氟化钙堵砸漏炉处，直至堵住为主。

1. **短路口放炮**

* 主要原因：槽启动或人工拉阳极效应时，抬电压过快或槽控机故障。使阳极与电解质脱离发生断路，引发电弧放电，使得断路口两侧钢板，螺栓绝缘套管与螺栓错位短路过流，以致熔断螺栓，螺栓熔断瞬间带负荷切断电流，造成短路口绝缘板击穿引起放炮。
* 处理措施：当发现短路口出现弧光时，应立即降低电压，使效应熄灭，若出现起火，应用冰晶石粉扑灭火焰，并松开短路口螺丝增加一层绝缘板；当短路口发生放炮，并严重烧坏时，应立即联系动力调度系列停电。迅速组织人员处理短路口，用绝缘板将两压接面紧急分离后再通电；若两压接面严重烧坏，则需停电对压接面进行补焊，挫平或更换。处理完毕后，人员撤离现场后方可通知供电送电。

1. **阳极导杆与母线打火**

* 主要原因：阳极导杆压接面不平不净、导杆弯曲，使导杆与母线不能完全接触及卡具不能拧紧等，来效应时阳极发生震动，引起导杆与母线结合面相对滑动，造成打火现象；
* 处理措施：要迅速想法拧紧卡具；点降电压适当，迅速熄灭效应；效应熄灭后，重新校正导杆与母线使之完全接触，卡具上紧；若打火严重，烧伤母线及导杆的要重新修补处理。

1. **阳极下降失控**

* 主要原因：采用计算机自动控制的电解槽常因电气元件质量问题或安装问题，出现电路串线或继电器接点粘连，电动机抱闸失灵引起控制失灵或误操作，出现恶性事故。阳极自动无限量下降，将电解质、铝水压出槽外，造成大跑电解质；
* 处理措施：当发现阳极自动无限量下降时，应立即断开操控葙的动力总电源，切断控制；通知检修部门立即检修，清除设备故障，并将溢出的电解质块及时清理干净，并适当抬高阳极，以增加电解槽的热收入，尽量不加过量的固体电解质块，可以灌入电解质或冰晶石，以补充电解质的损失量。

1. **系列电流压负荷**

* 主要原因：供电紧张或供电事故；
* 处理措施：短时间压负荷时，电流强度降幅不大，可以采取加强阳极保温；若系列电流降幅较大，可以尽量少加料或不加料，发生阳极效应时，应及时熄灭；当系列电流逐渐恢复时，不能采取个别槽拉效应来提高槽温的方法，这样会影响整个系列电流的平稳上升，应有计划地降低部分槽电压，以利于送电，待系列电流正常后，再分批提高效应系数，逐步恢复正常电解温度。

## 主要安全风险分析

1. **火灾、爆炸**

* 燃气焙烧装置零部件泄漏，造成天然气泄漏引发火灾事故；
* 供电紧张或供电事故；燃气焙烧期间天然气泄漏引发爆炸事故；
* 通电启动期间电解槽内衬开裂导致电解质泄漏引发火灾事故；
* 电解槽通电启动过程中短路口爆炸；
* 电解槽漏炉造成软母线冲断或阳极脱离电解质引发短路爆炸。

1. **灼烫伤害**

* 燃气焙烧期间调整燃烧器火焰、添加覆盖保温料的作业时火焰灼烫或高温物质灼烫；
* 通电启动期间灌注电解质作业过程中，电解质飞溅导致灼烫伤害；
* 通电启动及后期管理中，电解质飞溅、铝液飞溅、打捞碳渣等作业过程中，高温物质飞溅导致灼烫伤害；

1. **物体打击、机械伤害**

* 作业过程中使用工器具不当，操作不规范，导致物体打击或机械伤害；
* 作业过程中搬运、添加保温料，安装、拆卸燃烧装置、不停电装置等配合失误导致物体打击或机械伤害。

1. **应对安全风险的控制措施**

* 制定并执行《230KA电解槽整体成型技术研发项目燃气焙烧启动安全技术措施》；（详见附件）
* 严格执行《电解铝厂工艺技术操作规程》相关技术标准；
* 严格执行《电解铝厂安全操作规程》相关技术标准。
* 严格按照《230KA电解槽整体成型技术研发项目燃气焙烧启动作业危险源辨识及风险评价基础调查表》确定的控制措施进行作业。