

# 预焙阳极细残分离技术研究与应用

刘奉舰

陕西有色榆林新材料集团有限责任公司

**【摘要】**本文针对预焙阳极生产过程中细残极对阳极质量和铝电解槽运行效率的影响进行了研究,并探讨了细残极的分离技术及其应用效果。通过筛分设备的升级、分离工艺流程的优化和新型分离方法的应用,显著提高了预焙阳极的质量和使用寿命,减少了阳极掉渣和电解槽运行中的杂质问题。此外,细残极分离技术带来了显著的经济效益和环境效益,为铝电解行业的可持续发展提供了有力支持。

**【关键词】**预焙阳极;细残极;分离技术;铝电解槽

Research and application of pre-baked anode fine residue separation technology

Liu Fengjian

Shaanxi Nonferrous Metals Yulin New Material Group Co., LTD

**【Abstract】**This paper studies the influence of the fine residual electrode on the anode mass and the operating efficiency of the aluminum electrolytic cell during the pre-baked anode production process, and discusses the separation technology and its application effect. Through the upgrading of screening equipment, the optimization of separation process and the application of new separation method, the quality and service cycle of pre-baked anode are significantly improved, and the problems of anode slag drop and impurities in the operation of electrolytic cell are reduced. In addition, the fine electrode separation technology has brought significant economic and environmental benefits, which provides strong support for the sustainable development of aluminum electrolysis industry.

**【Key words】**pre-baked anode; fine residual pole; separation technology; aluminum electrolytic cell

残极长期与电解质接触,含有较高的电解质成分,如铝、钠、钾、钙、镁、锂、氟等成分,残极经过破碎、筛分,分成不同的粒度,在阳极炭块生产配料时,作为一种骨料加入。细残极中钠、钙、铁元素含量极高,对阳极和原铝质量影响较大。因此,研究细残极的影响及分离技术并将其有效地应用于预焙阳极的生产中,是提升铝电解生产效率、延长阳极使用寿命、降低生产成本的关键。本文将从细残极的特性、对质量的影响、分离技术及应用效果等方面展开讨论。

## 1 概述

### 1.1 预焙阳极的作用和重要性

预焙阳极是铝电解生产中不可或缺的重要组成部分。它通过碳材料的高温烧结,形成坚固、导电性优良的结构,为铝电解过程提供电流传导的媒介。预焙阳极的质量直接关系到铝电解槽的电解效率和铝水的质量,同时也影响整个电解生产过程的成本和能效。高质量的预焙阳极能够在电解过程中保持较长的使用寿命,减少更换频率,从而降低生产成本。阳极的导电性能、强度和抗氧化能力是确保电解过程稳定性和经济性的关键,因此,预焙阳极的优化和质量控制始终是铝电解行业关注的重点。

### 1.2 残阳极的产生及分类

在铝电解槽中,预焙阳极随着电解过程的进行会逐渐消耗。然而,由于电解反应和阳极自身结构的影响,并非所有

阳极材料都能够完全反应和消耗。未被消耗的部分称为残阳极,通常又可以分为两种类型:硬残极和软残极。硬残极是指经过电解后仍保持较为完整的阳极内部部分,通常结构较为坚固;而软残极则主要是指阳极外层受到电解质渗透影响后,变得疏松、结构不稳定的部分,容易掉渣。这些残阳极的回收和处理成为预焙阳极生产中一个重要的环节,尤其是软残极,它的物理性质和成分较为复杂,回收处理难度较大,影响了后续阳极生产的质量。

### 1.3 研究背景与意义

细残极作为残阳极中的重要部分,在传统的阳极回收利用过程中对预焙阳极生产质量产生了不容忽视的负面影响。细残极通常是通过破碎和筛分后的残阳极,其粒度较小,通常在2毫米或1毫米以下,大部分为软残极。细残极中含有大量的电解质,如钠、氟化物等,这些物质在预焙阳极的再次生产过程中难以去除,会严重影响新阳极的机械强度和导电性能。研究细残极的分离技术,不仅可以有效提升预焙阳极的质量,延长阳极的使用寿命,还能够降低电解槽的掉渣率,提高铝电解的生产效率。因此,细残极分离技术的研究和应用对于铝电解行业具有重要的现实意义和经济价值。

## 2 细残极的特性分析

### 2.1 细残极的定义与来源

细残极是指在预焙阳极使用过程中未被完全消耗且通

过破碎和筛分处理后,粒度在2毫米或1毫米以下的残余部分。根据物理结构,细残极分为硬残极和软残极,其中大部分为软残极。软残极是残极表面的疏松部分,其来源主要是预焙阳极使用后未燃尽的碳质材料。由于预焙阳极在铝电解槽中的长期高温操作,阳极的外层受到电解质的渗透和化学反应,形成疏松、低强度的软残极。这些细小的残极粒度小,易于与其他物质混合,尤其是在生产回收过程中,很难有效地将其从预焙阳极的生产流程中分离出去。这种细残极不仅影响预焙阳极的生产质量,还会在铝电解过程中产生负面影响,因此有效的分离和处理技术对提高预焙阳极的质量至关重要。

## 2.2 细残极的组成及物理性质(粒度、疏松度)

细残极的物理性质主要包括粒度和疏松度,这两项特性直接影响它在预焙阳极生产过程中的行为和质量。细残极的粒度通常在2毫米或1毫米以下,粒径越小,其比表面积越大,导致与其他物质反应的几率增大。此外,细残极的疏松度较高,尤其是软残极,其结构疏松、孔隙率大,这使得它的强度较低,易碎且容易被破坏。细残极的疏松度还使其在电解质中的浸透性更强,钠等电解质残留物更容易渗透到残极中,这进一步降低了它的机械强度,增加了它在电解过程中的消耗率。此外,细残极中的物质组成复杂,除了碳外,还含有较多的电解质残留,如钠、氟化物等,这些杂质会影响后续预焙阳极的生产和使用性能。

## 2.3 细残极中钠等电解质残留对阳极质量的影响

细残极中的钠、氟化物等电解质残留是影响预焙阳极质量的关键因素之一。在铝电解过程中,电解质中的钠会逐渐渗透进预焙阳极,使得阳极中的钠含量增加。钠的存在会加速阳极的氧化反应,导致阳极的消耗速率增加,缩短阳极的使用寿命。此外,钠等杂质会降低预焙阳极的机械强度,导致阳极在高温下容易破碎,形成掉渣现象,严重影响铝电解槽的正常运行。细残极中钠含量较高的部分若未能有效分离,将会直接影响新阳极的质量,造成电解槽运行周期缩短、阳极消耗量增加,甚至影响最终铝产品的质量。因此,控制细残极中的钠等电解质残留至关重要。

# 3 预焙阳极细残极分离技术的研究

## 3.1 现有预焙阳极生产工艺中的细残极问题

在现有的预焙阳极生产工艺中,细残极是一个长期困扰的难题。在预焙阳极的生产流程中,细残极通常是与其他回收材料一起重新投入生产,但由于细残极中钠等电解质含量高,且其结构疏松,无法像普通的原料那样发挥良好的性能。细残极在高温电解环境下,容易导致阳极的快速消耗,造成阳极掉渣,影响电解槽的正常运行。此外,细残极的高钠含量会使阳极的使用寿命缩短,从而增加了生产成本和维护费用。虽然现有的生产工艺中采取了一些措施来减少细残极的影响,但其效果并不理想。随着生产效率和质量要求的提升,细残极问题的影响变得更加突出,亟需开发新的分离技术来

解决这一问题。

## 3.2 细残极分离技术的原理与方法

细残极分离技术的核心是如何在预焙阳极生产的不同阶段,将影响阳极质量的细残极有效分离出去。目前,细残极的分离技术主要有物理分离、化学分离和其他新型分离方法。每种方法都有其独特的原理和适用性,根据具体的生产需求,选择合适的分离方法能够大幅提升阳极的质量。

### 3.2.1 物理分离方法

物理分离方法主要依靠粒度、密度等物理特性进行分离。在预焙阳极生产过程中,通过筛分设备将粒度较小的细残极与其他较大颗粒的材料分离。这种方法具有操作简单、成本低廉的优点,但由于细残极中部分软残极的粒度较接近正常阳极材料,分离效率可能不高。振动筛分和气流分离是常用的物理分离手段,通过提高筛分精度或气流速度,可以增强分离效果,但对于微细颗粒的分离仍然具有一定的技术难度。

### 3.2.2 化学分离方法

化学分离方法通过化学反应将细残极中的电解质成分(如钠、氟化物)去除,避免这些成分在后续生产过程中对阳极质量的影响。这种方法的核心在于选择合适的化学试剂或添加剂,使其与细残极中的杂质发生反应,从而达到净化的目的。化学分离方法能够有效去除细残极中的杂质,但其缺点是操作复杂,成本较高,同时需要处理化学反应中产生的废弃物。

## 3.3 细残极分离的工艺流程优化

### 1. 破碎与筛分阶段的优化

在细残极的分离流程中,破碎和筛分是基础且重要的步骤。在传统工艺中,破碎设备通常无法精确区分不同粒度的材料,导致部分细残极无法彻底分离。为了改进这一环节,首先需要对破碎设备进行升级,引入高精度的破碎设备,使细残极颗粒的粒径分布更加均匀,确保后续筛分工作的高效进行。

筛分阶段的优化则应侧重于细颗粒的分离。在这一过程中,可以引入多层振动筛、气流分离等高精度筛分设备。这些设备能够通过不同的筛网密度和气流速度,进一步控制粒度分布,确保粒度较小的细残极能够被精确分离和去除。

### 2. 多阶段分离技术的应用

单一的分离技术难以完全去除细残极中的所有杂质,因此在优化流程中,需要引入多阶段分离技术,将物理分离、化学分离与新型分离方法相结合。在物理分离阶段,通过筛分、气流或静电分离等手段,首先去除细残极中的大部分碳质颗粒。对于剩余的较细颗粒,进入化学分离阶段处理。化学分离主要通过引入化学试剂来去除细残极中的电解质残留,如钠、氟化物等。为了进一步提高分离效果,还可采用新型分离方法,如超声波分离、电磁分离等。超声波分离通过高频振动破坏细残极中疏松的结构,使其更容易与其他成分分离;电磁分离则利用细残极中某些成分的电磁特性,在电磁场的作用下将其分离出去。这些新型方法能够补充传统的物理和化学分离手段,提高分离效率。

### 3. 在线检测与实时监控系统的應用

为了确保整个分离流程的稳定性和高效性,需要引入先进的在线检测和实时监控技术。在每个分离阶段,安装在线监测设备,实时检测细残极的分离效果,包括粒度、杂质含量、电解质残留量等关键参数。通过这些数据,操作人员可以随时调整工艺参数,确保分离过程处于最佳状态。

在线监控系统的引入能够大大提高分离流程的自动化程度。通过数据反馈,系统能够自动调整设备的运转速度、筛分精度、化学药剂的用量等,确保分离工艺始终保持在高效运行状态。同时,监控系统还可以提前预警异常情况,减少生产波动和分离效率的降低,从而提高整体工艺的稳定性。

## 4 细残极分离后的应用效果分析

某铝电解企业长期受到细残极影响,导致其预焙阳极生产效率低下,阳极使用周期短且阳极掉渣问题严重,进而影响铝电解槽的运行效率和最终铝水的质量。为解决这一问题,该企业决定引入先进的细残极分离技术,并对预焙阳极的生产流程进行优化改造。

### 4.1 分离后对预焙阳极生产流程的改进

在应用细残极分离技术后,企业对预焙阳极生产流程进行了以下关键改进:

1. 筛分设备的升级: 新增了高精度的振动筛和气流分离装置,有效去除了粒度在1毫米以下的细残极颗粒。

2. 多阶段分离流程: 将传统的单一筛分流程升级为多阶段筛分和化学分离相结合的流程,确保细残极中的电解质残留物被最大限度地去除。

3. 在线监控系统: 通过安装在线监控设备,实时监控分离效果,确保细残极的分离质量达到预期标准。

数据表明,经过流程优化后,细残极的含量从原来的20%将至5%以下,使得进入阳极生产系统的细残极大幅减少,从而提升了预焙阳极的整体质量。

### 4.2 细残极分离对预焙阳极质量的提升

#### 4.2.1 预焙阳极使用周期的延长:

在分离细残极之后,预焙阳极的使用周期显著延长。原先预焙阳极的使用周期为31天,而应用分离技术后,阳极的使用周期延长至34天以上。这不仅提高了阳极的

使用效率,还减少了阳极的更换频率,节约了相关的材料成本和工时。

#### 4.2.2 阳极掉渣问题的减少:

细残极中的电解质残留特别是钠的含量高,容易导致阳极掉渣现象。通过分离技术的应用,阳极的掉渣率从原来10-15Kg/吨铝将至5Kg/吨铝以下,这种显著的改善减少了阳极在电解槽中的掉渣量,确保了电解过程的稳定性,并降低了对铝水质量的负面影响。

### 4.3 对铝电解槽运行效率和铝水质量的影响

细残极分离技术的应用直接提升了铝电解槽的运行效率。分离细残极后,铝电解槽的电流效率从原来的93%提高至95%,每吨铝的电力消耗减少了大约2%。同时,由于阳极掉渣问题的减少,电解槽中的铝水纯度也得到了改善,铝水中的杂质含量降低了15%,使得最终铝产品的质量稳定性提升。经过测试,铝产品的纯度由99.5%提高到99.7%。

## 5 细残极分离技术的经济效益与环境效益

### 5.1 经济效益

通过细残极的有效分离,减少了细残大约15%的配入量,导致企业原材料投入量每年增加了约20%,但由于阳极使用周期延长了3天,使用量降低了10%左右,所以按照某企业的生产规模测算,每年节约成本至少3000万元以上。

### 5.2 环境效益

细残极分离技术不仅提升了生产效益,还对环境产生了积极的影响。阳极质量在细残分离后有了明显的提升,在电解槽使用过程中,掉渣量明显减少了约10Kg左右。根据某企业测算,危废(炭渣)产生量每年减少约6000吨。

## 6 结论与展望

通过细残极分离技术的应用,该企业实现了预焙阳极生产的全方位优化,不仅延长了阳极的使用寿命,减少了生产过程中的掉渣问题,还提升了铝电解槽的运行效率和铝水质量。此外,分离技术带来的经济效益和环境改善效果也为企业创造了可观的价值。

## 参考文献

- [1] 聂绍红, 徐端端, 田素兰, 等. 铝电解用预焙阳极煅后石油焦真密度测定精度的影响因素分析 [J]. 云南冶金, 2023, 52(06): 122-126.
- [2] 李春焕, 曹阿林. 铝用炭素工业碳排放核算方法 [J]. 有色金属(冶炼部分), 2023, (07): 28-34.
- [3] 肖述兵. 铝用预焙阳极组浇铸高碳无磷生铁配方研究与试验 [J]. 世界有色金属, 2023, (08): 11-13.
- [4] 关文斌, 郭玉龙, 赵云飞, 等. 铝用阳极焙烧炉节能工艺技术与实践 [J]. 轻金属, 2021, (12): 32-36. DOI: 10.13662/j.cnki.qjs.2021.12.007.