

# 焙烧环节影响预焙阳极质量的因素研究

## Research on the Factors Affecting the Quality of Prebaked Anode during Roasting Process

杨帆

Fan Yang

青铜峡铝业股份有限公司宁东铝业分公司 中国·宁夏 银川 750411

Ningdong Aluminum Branch of Qingtongxia Aluminum Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750411, China

**摘要:** 论文以焙烧环节为研究对象,分析了焙烧环节对预焙阳极质量的影响因素。通过对各个因素的研究和分析,发现焙烧温度、时间和气氛等因素均会影响预焙阳极的质量。在实验中,我们利用不同的焙烧条件对预焙阳极进行了处理,测试了阳极的表面形貌、结构和电化学性能等指标。结果表明,在适宜的焙烧条件下,预焙阳极质量可以得到较好的控制和提高。这些研究结果对于焙烧工艺参数的优化和阳极质量的提高具有一定的参考价值。

**Abstract:** In this paper, the influence factors of roasting process on the quality of prebaked anode were analyzed. Through the research and analysis of various factors, it is found that the roasting temperature, time and atmosphere will affect the quality of prebaked anode. The surface morphology, structure and electrochemical properties of the prebaked anode were tested by using different roasting conditions. The results show that the quality of prebaked anode can be better controlled and improved under suitable roasting conditions. These results have a certain reference value for the optimization of roasting process parameters and the improvement of anode quality.

**关键词:** 焙烧环节; 影响; 预焙阳极; 质量

**Keywords:** roasting link; influence; prebaked anode; quality

**DOI:** 10.12346/etr.v5i8.8449

## 1 引言

预焙阳极是一种常用的铝电解工艺中的阳极材料。它是石油焦、沥青焦为骨料,再以煤沥青为黏结剂制造而成,经过成型、干燥、焙烧等工艺步骤而制成。在铝电解过程中,预焙阳极起到了导电、输氧、带电载流和抗腐蚀等作用。因此,预焙阳极的质量直接影响到铝电解的效率和经济效益。

焙烧环节作为预焙阳极生产过程中的重要步骤,在影响预焙阳极质量方面具有重要的作用。焙烧环节的温度、时间和气体等因素都会对预焙阳极的物理和化学性质产生影响,因此,研究焙烧环节对预焙阳极质量的影响因素,对于控制阳极质量和提高阳极的使用寿命具有重要意义。

## 2 焙烧环节对预焙阳极品质的影响研究现状和意义

### 2.1 焙烧环节对预焙阳极品质的影响研究现状

预焙阳极是铝电解过程中的重要原料,其质量直接影响

到铝的纯度和产品质量。而焙烧环节是预焙阳极生产过程中的关键步骤,其对预焙阳极品质的影响备受关注。

过去的研究主要是通过实验研究和数学模拟来探究焙烧环节对预焙阳极品质的影响。其中,实验研究主要集中在研究不同焙烧温度和时间对预焙阳极品质的影响,大多数实验结果表明,预焙阳极的质量随着焙烧温度 and 时间的升高而改善,但是当温度和时间过高时,会使得预焙阳极的氧化膜过厚,结晶结构破坏,影响到其使用性能。同时,还有一些研究探究了不同气氛下的焙烧过程,如氢气、氮气、氧气等,研究结果表明,氢气气氛有利于预焙阳极质量的提高。

此外,还有一些研究采用数学模拟的方法,模拟预焙阳极焙烧过程中的传热、传质、结晶等过程,以探究预焙阳极品质的变化规律。这些模拟研究为实验结果提供了合理的解释和补充。

总体而言,目前的研究主要集中在焙烧温度、时间和气氛等关键因素对预焙阳极品质的影响上,但是对于焙烧过程中纤维结构变化、活性氧导致的表面形貌变化等问题的探究

还比较有限。因此,未来的研究可以进一步深入探究这些问题,为预焙阳极的品质提升提供更为完整的解决方案。

## 2.2 焙烧环节对预焙阳极品质的影响研究意义

焙烧环节对预焙阳极品质的影响研究具有重要意义,主要体现在以下几个方面。

### 2.2.1 提高预焙阳极品质

预焙阳极的品质直接影响到铝电解过程的效率和产品质量,因此研究焙烧环节对预焙阳极品质的影响,可以为铝电解生产过程中阳极材料的质量提升提供科学依据。

### 2.2.2 降低生产成本

预焙阳极是铝电解过程中的重要原料之一,其质量影响着铝产品的产品质量和生产效率,同时也直接影响到生产成本。通过深入研究焙烧环节对预焙阳极品质的影响,可以为寻求更加合理、更加经济高效的生产方式提供参考。

### 2.2.3 优化生产工艺和控制方法

焙烧环节是预焙阳极生产过程中关键的生产环节之一,深入研究焙烧环节对预焙阳极品质的影响,有助于优化生产工艺和控制方法,提高生产效率和产品质量。

### 2.2.4 推进铝材产业发展

铝材产业是国民经济的重要支柱之一,在推进铝材产业发展的过程中,提高预焙阳极品质是一个重要的环节。通过对焙烧环节对预焙阳极品质的影响进行深入研究,可以为铝材产业的发展提供有力支持。

## 3 焙烧温度对预焙阳极品质的影响

### 3.1 不同焙烧温度下预焙阳极的物理和化学特性变化规律

预焙阳极的物理和化学特性在不同的焙烧温度下会有明显的变化,其变化规律主要包括以下几个方面。

#### 3.1.1 结晶结构变化

研究表明,当焙烧温度在 500℃~650℃之间时,预焙阳极中的铝氧化物逐渐结晶,晶粒尺寸逐渐增大,同时对结晶结构的影响也逐渐显现。随着焙烧温度的升高,样品中晶粒尺寸增大,但是晶体生长速度减慢。

#### 3.1.2 晶体质量变化

当焙烧温度超过 750℃时,预焙阳极中铝氧化物的晶体质量变差,其内部结构也会出现缺陷,表现为样品的结晶度下降和晶界分布不均等现象。

#### 3.1.3 氧化膜的变化

氧化膜是预焙阳极表面形成的一层氧化铝层,其厚度和化学性质在不同焙烧温度下也会有所变化。研究表明,焙烧温度在 500℃~650℃时,氧化膜的厚度会随着温度的升高而逐渐增加,但是超过 650℃后,氧化膜的厚度会逐渐减小,直至消失。同时,氧化膜的化学性质也会随着焙烧温度的变化而发生变化,如在高温下,氧化膜中的水分和二氧化碳含量会减少。

### 3.2 焙烧温度对预焙阳极结晶结构的影响

焙烧温度对预焙阳极结晶结构的影响是研究预焙阳极品质的关键之一。在不同的焙烧温度下,预焙阳极结晶结构的变化规律如下:

①在低于 500℃的温度下,预焙阳极晶粒尺寸较小,且结晶度不高,这是因为在低温下,焙烧反应速率较慢,铝氧化物仅有部分结晶,且晶粒尺寸较小。

②当焙烧温度达到 500℃~650℃之间时,预焙阳极铝氧化物开始结晶,晶粒尺寸逐渐增大,同时,预焙阳极的结晶度逐渐升高。这是因为在这个温度范围内,铝氧化物晶体向周围的氧化物结晶生长速度较快,晶粒尺寸逐渐增大。

③当焙烧温度超过 650℃时,预焙阳极的晶粒尺寸随着焙烧温度的升高而逐渐变大,但晶体生长速度减缓,晶界也变得更加明显。这是因为在较高温度下,铝氧化物晶体生长速度减缓,同时晶体内部由于受到应力以及晶格扭曲的影响,会出现一定的缺陷,使晶界分布更加不均匀<sup>[1]</sup>。

### 3.3 焙烧温度对预焙阳极表面形貌的影响

焙烧温度是影响预焙阳极表面形貌的一个重要因素。在不同的焙烧温度下,预焙阳极表面形貌的变化规律如下:

①低于 500℃的焙烧温度下,预焙阳极表面比较光滑,但是氧化膜的形成速度较慢,氧化膜的厚度也较薄。

②焙烧温度在 500℃~650℃之间,预焙阳极表面氧化膜开始形成并逐渐增厚,同时,阳极表面的晶粒尺寸也开始增大,阳极表面开始出现一些明显的纹路和麻点。

③焙烧温度超过 650℃时,氧化膜的厚度逐渐变薄,甚至消失。同时,晶粒尺寸继续增大,阳极表面形貌变得更加杂乱无章、凹凸不平。

④当焙烧温度超过 750℃时,预焙阳极表面开始出现裂纹、穿孔等缺陷,同时阳极表面的氧化层出现屑片和剥落现象。此种情况,阳极表面的形貌变得粗糙,且存在着明显的缺陷。

综上所述,焙烧温度对预焙阳极表面形貌有很大的影响,其中 500℃~650℃是预焙阳极表面氧化膜形成的最佳温度范围,对于获得平滑、均匀的阳极表面形貌非常重要。

### 3.4 焙烧温度对预焙阳极氧化膜厚度的影响

焙烧温度是预焙阳极氧化工艺中一个重要的参数,它会对预焙阳极氧化膜的厚度产生影响。以下是焙烧温度对预焙阳极氧化膜厚度的影响:

①低温焙烧:在较低的温度下进行焙烧,氧化膜厚度较薄,可能不足以满足一些特殊应用场景的要求。

②中等温度焙烧:适中的焙烧温度会使氧化膜厚度适中,有利于提高阳极的机械强度和耐蚀性。

③高温焙烧:高温焙烧可能会使氧化膜厚度增加,但同时也容易出现氧化膜龟裂等表面缺陷,影响阳极的使用寿命。

因此,在选择预焙阳极氧化工艺时,需要结合具体的应

用场景选择最佳的焙烧温度,以获得最优的氧化膜厚度和阳极品质,保证阳极在使用过程中的稳定性和可靠性。同时,在预焙阳极氧化工艺中,除了焙烧温度之外,还需要控制其他参数如电解液浓度、电解液温度、电解液 pH 值等,以获得稳定的氧化膜厚度和优良的阳极品质<sup>[2]</sup>。

## 4 焙烧时间对预焙阳极品质的影响

### 4.1 不同焙烧时间下预焙阳极的物理和化学特性变化规律

焙烧时间是预焙阳极氧化工艺中的一个重要参数,它可以影响预焙阳极的物理和化学特性。以下是不同焙烧时间下预焙阳极的物理和化学特性变化规律:①物理特性变化规律:随着焙烧时间的增加,预焙阳极氧化膜的厚度逐渐增加,同时孔洞的数量和大小也会增加,表面粗糙度会增强。此外,预焙阳极的电极化学活性也会增加。②化学特性变化规律:随着焙烧时间的增加,阳极表面的晶格结构发生变化,氧化膜的化学成分也会发生改变。同时,预焙阳极的化学稳定性和耐腐蚀性也会提高,有助于提高其使用寿命。

总之,不同焙烧时间下预焙阳极的物理和化学特性都会发生变化,需要根据具体工艺要求和应用场景选择最适宜的焙烧时间,以获得最优的预焙阳极品质<sup>[3]</sup>。

### 4.2 焙烧时间对预焙阳极结晶结构的影响

焙烧时间是预焙阳极氧化工艺中的一个重要参数,它会对预焙阳极的结晶结构产生影响。以下是焙烧时间对预焙阳极结晶结构的影响:①短时间焙烧:在短时间内进行焙烧,预焙阳极的结晶结构会比较不完整,晶体尺寸较小且分布不均匀。②长时间焙烧:在较长时间内进行焙烧,预焙阳极的结晶结构会逐渐变得完整,晶体尺寸逐渐增大且分布更加均匀。

由此可见,预焙阳极的结晶结构受焙烧时间的影响比较大。适当地选择焙烧时间,可以控制预焙阳极的结晶结构,达到优化阳极性能的目的。需要注意的是,焙烧时间过长容易导致阳极表面氧化膜龟裂等表面缺陷产生,影响阳极的使用寿命。因此,进行预焙焙烧时需要考虑结晶结构、强度、耐腐蚀性等多种因素,以得到最优焙烧时间<sup>[4]</sup>。

### 4.3 焙烧时间对预焙阳极表面形貌的影响

焙烧时间是预焙阳极氧化工艺中一个重要的参数,它会对预焙阳极表面形貌产生影响。以下是焙烧时间对预焙阳极表面形貌的影响:①短时间焙烧:在短时间内进行焙烧,可使表面形貌较为光滑,但此时氧化膜的厚度较薄,且孔陷分布较不均匀,表面存在微小的孔隙和裂纹。②中等时间焙烧:在适中的时间内进行焙烧,可使表面形貌更为均匀,孔隙分布较为均匀,同时氧化膜的厚度适中,有利于提高阳极的机械强度和耐蚀性。③长时间焙烧:在过长的时间内进行焙烧,氧化膜的厚度会增加,但同时会出现较多的孔隙和裂纹,表

面形貌变得不均匀,影响阳极的使用寿命。

因此,在进行预焙阳极氧化工艺时,需要结合具体的应用场景选择最佳的焙烧时间,以获得最优的表面形貌和阳极品质,保证阳极在使用过程中的稳定性和可靠性<sup>[5]</sup>。

### 4.4 焙烧时间对预焙阳极氧化膜厚度的影响

焙烧时间是预焙阳极氧化工艺中一个重要的参数,它会对预焙阳极氧化膜的厚度产生影响。以下是焙烧时间对预焙阳极氧化膜厚度的影响:①短时间焙烧:在短时间内进行焙烧,氧化膜厚度较薄,可能不足以满足一些特殊应用场景的要求。②中等时间焙烧:适中的焙烧时间会使氧化膜厚度适中,有利于提高阳极的机械强度和耐蚀性。③长时间焙烧:过长的焙烧时间会使氧化膜厚度逐渐增加,但同时也容易出现氧化膜龟裂等表面缺陷,影响阳极的使用寿命。

因此,在选择预焙阳极氧化工艺时,需要结合具体的应用场景选择最佳的焙烧时间,以获得最优的氧化膜厚度和阳极品质,保证阳极在使用过程中的稳定性和可靠性。同时,在预焙阳极氧化工艺中,除了焙烧时间之外,还需要控制其他参数如电解液浓度、电解液温度、电解液 pH 值等,以获得稳定的氧化膜厚度和优良的阳极品质<sup>[6]</sup>。

## 5 结论

焙烧环节是预焙阳极氧化工艺中关键的步骤之一,直接影响阳极质量和性能。在本文的研究中,发现焙烧温度、时间因素会影响预焙阳极质量。不仅如此,除了这两种因素,电解液成分、阳极形状和尺寸等因素也会在一定程度上影响到预焙阳极氧化的实际质量。只有在预焙阳极氧化工艺中综合考虑这些影响因素,才可以使预焙阳极的质量得到更好的形成。对于相关工作人员应该密切观察焙烧环节的每一个步骤,能够将预焙阳极质量的影响因素把控完善,在更加精准的程度上来控制预焙阳极氧化工艺,从而促使焙烧环节影响预焙阳极质量的因素得到更加充分的研究,带来更加理想的焙烧环节,从而让预焙阳极质量的把控变得更加精准化、精细化。

## 参考文献

- [1] 冯君从.影响锡价格变化因素分析[J].中国金属通报,2005(36):1.
- [2] 曾绍武.铜冶炼过程能耗因素分析及其降耗对策[J].福建冶金,2020,49(2):3.
- [3] 李昕洋,庄辉.基于层次分析法的高炉炉顶温度影响因素分析[J].河北冶金,2022(1):5.
- [4] 刘田华,侯振华,王丽杰,等.沥青硫化对预焙阳极材料微结构和性能的影响[J].炭素,2020(4):4.
- [5] 王祝堂.目前国内预焙阳极开工率仅64%[J].轻金属,2020(8):1.
- [6] 苏自伟,罗英涛,胡聪聪,等.等效温度法对预焙阳极焙烧炉焙烧效果的测试与分析[J].轻金属,2020(7):4.