

铝电解阳极防氧化技术研究进展

王 刚

内蒙古霍煤鸿骏铝电有限责任公司 内蒙古 霍林郭勒 029200

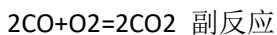
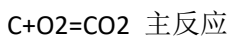
【摘 要】炭样机成本占据电解铝实际生产成本超过百分之十五，具体铝电解全过程中，阳极的理论炭耗约是 334kg/t-Al，但在实际过程中，产生炭耗多是在 460~500kg/t-Al 左右。因此如何有效降低炭阳极氧化消耗是当前对铝电解成本进行降低的关键内容，并且也是达成铝电解行业中“碳达峰与碳中和”政策设定能耗指标的关键措施之一。本文主要探寻有效铝电解阳极防氧化措施，促使其抗氧化性能够得到提升。

【关键词】铝电解；炭阳极；阳极防氧化

铝电解炭阳极中产生的消耗主要是由电解消耗以及额外消耗（包含化学消耗与机械消耗）与残极炭耗构成，电解消耗还有残极炭耗都是炭阳极无法避免产生的消耗，但通过利用一些措施可以对额外消耗进行一定程度的降低。铝电解炭阳极产生的额外消耗基本都是由实际生产中出现的化学氧化以及机械脱落等引发的，并且机械脱落也是率先选择氧化后的结果。

1. 炭阳极氧化机理分析

炭阳极产生的氧化反应如下：



炭阳极氧化的相应过程：①产生的反应气体不断朝着炭材料表面传递；②炭材料表面吸附氧化中产生的气体；③在炭材料的表面产生一定程度的氧化反应；④产生氧化反应时出现生成气体脱附；⑤氧化过程中生成气体朝着相反的方向不断传递。从炭阳极实际氧化过程能够看出，对炭阳极抗氧化性进行提升的方式主要有两种，分别是对炭阳极氧化速率进行降低，提升炭阳极本身防氧化性能；以涂层的方式对炭阳极表面作出处理，借此对氧气进行隔绝。

当前针对上述两个途径进行阳极防氧化探究：主要有强化炭阳极的生产原料以及生产工艺和使用过程等方面的管理；应用高质量阳极原料确保有效减少相应微量元素产生的不良影响；优化相应阳极实际生产配方；在有关阳极原料中加入一些抗氧化的添加剂；对炭阳极的表面进行处理等。

2. 炭阳极生产工艺防氧化技术

在炭阳极生产工艺中，许多因素都会对阳极和空气或是 CO₂ 的产生的反应活性造成不同程度影响，关键影响因素包括：阳极中硫和金属杂质、阳极焙烧温度，还

有阳极添加剂等。

2.1. 炭阳极焙烧温度控制

在八百五十度到一千三百度范围内，提升炭阳极实际焙烧温度对于炭阳极消耗存在积极作用，并且两者间近似呈现出线性关系。不过当炭阳极的焙烧温度达到一定范围的，实际阳极反应活性会出现明显伴随温度增加减少情况。在超出一定温度值以后，阳极 CO₂ 的反应活性又会出现提升。将温度保持在九百五十度到一千零五十度之间时，阳极防氧化性能比较好，最好的焙烧温度是一千零五十度。

2.2. 炭阳极中硫和金属杂质控制

炭阳极内硫和金属杂质主要是源自生产原料和生产过程中的污染，在炭阳极的氧化反应中该部分杂质会产生极大的不良影响，尤其是铁、硅、镍等金属元素。在硫含量达到并持续保持在一定范围时，铝电解中炭阳极消耗会伴随硫含量提升出现降低，产生这种现象的原因是硫可以在一定程度上对 CO₂ 的反应性进行抑制，提升沥青的实际结焦率，对于沥青孔隙度可以有效降低，并且硫还可以和金属元素进行结合，对金属元素产生催化作用进行抑制。

2.3. 炭阳极添加剂控制

在炭阳极配料内加入一些添加剂的核心目的是为了降低原料中包含的微量元素在铝电解炭阳极氧化中产生的催化作用，同时在其中加入特定添加剂还可以对沥青乳化作用进行提高，对于沥青对煅后焦颗粒的实际亲润性能进行加强，确保充分减少空气渗透性，减少氧化过程中出现的颗粒脱落。通常添加剂会选择使用硼化合物以及磷化合物和碱金属盐类，或者是电解质和稀土化合物等，比如氟化锂和碳酸锂以及氟化钠与氟化铝等，也能够是其中的复配物。不过在整体阳极反应性中，碱金属盐类产生一定程度的负面影响。进行电解时，稀土化合物则是会逐渐进入原铝液，进而对阳极的质量造成一定影响，加入过量电解质会导致阳极灰分提高。因此

通过加入添加剂方式改善铝电解炭阳极防氧化性能,需要对添加剂的具体用量进行平衡。

3.炭阳极表面处理防氧化技术

3.1.溶液浸渍法

溶液浸渍法是把溶液或是熔盐浸渍、充填炭阳极中的空隙内,减少炭块的孔隙率,从而在阳极的表面形成相应保护层,提高其防氧化性能。使用的主要浸渍液包括 AlCl_3 溶液以及氨水浸渍液,还有 H_3BO_3 或是含有 B 化合物的浸渍液,此外也能使用电解质熔盐浸渍阳极,不过这些方法在操作上存在一定复杂性,还有可能会将杂质带入原铝,造成污染。

溶液浸渍法相比熔盐浸渍法,其工艺操作比较简单,可以常温操作,并且浸渍剂的价格存在优势,腐蚀性也相对较小,生产成本更低。而熔盐浸渍法相比之下则是进行处理的时间比较短,实际填充率比较高,产生的烧损率也比较低。在浸渍之后,炭阳极都需要进行焙烧或是进行高温处理,这对于该种方式规模化应用会产生一定不良影响。

3.2.涂层法

因为电解体系具有的特殊工况条件,对于炭阳极抗氧化涂层也存在特殊要求,需要其做到耐氟化物高温蒸气、HF 气体腐蚀;和炭素膨胀系数解决,不容易开裂;和炭素材料有较强结合力,不容易脱落;在高温下具备一定自愈能力;高温之下蒸气压低,并且涂层的挥发损失比较小;可以在相对较低的温度中烧结致密化;对于电解质成分没有影响;无污染和毒害,有机挥发分 $\text{VOC}=0$ 。

当前开发和应用的涂层工艺方法有很多,总结归纳后可分成:电解质涂层法和炭基涂层法,还有纳米陶瓷涂层法与溶胶-凝胶涂层法等。

4.结束语

总而言之,电解铝的核心内容便是炭阳极,而炭阳极实际抗氧化性能则是会对现代电解铝领域的生产成本造成直接影响,不论是对于炭阳极应用生产工艺抗氧化,还是表面处理这方面的抗氧化,目前必须要解决的关键问题就是如何对抗氧化性能进行提高和如何对抗氧化成本进行降低。而在炭阳极生产中应用的生产工艺进行新复合型添加剂的研发,有效减少炭阳极自身产生的氧化反应性;对于铝电解炭阳极的相应表面处理工艺上,要进行新型污染涂层材料的研发,切实提升抗氧化材料的性能,减少涂层材料实际生产中的制备成本,还有吨铝用量与施工成本;对现行预焙阳极组装工艺开展有效优化,对阳极表面处理材料实际应用和推广进行强化,减少阳极炭耗等依旧是现代化发展中炭阳极防氧化研究的关键。

【参考文献】

- [1]张玉平.改善铝电解用预焙阳极抗氧化性能的生产实践[J].轻金属,2020(2):36-40.
- [2]黄国荣.改善预焙阳极抗氧化性的分析及措施[J].中国金属通报,2017(11):74-75.
- [3]蒋汉祥,朱子宗,等.电解铝阳极炭块溶液浸渍优化处理[J].重庆大学学报(自然科学版),2001(24):82-84.