

文章编号:1000-582X(2001)06-0082-03

# 电解铝阳极炭块溶液浸渍优化处理

蒋汉祥,朱子宗,陈鹏辉

(重庆大学材料科学与工程学院,重庆 400044)

**摘要:**阳极炭块优化处理的目的是降低炭块孔隙率,提高其抗氧化性能,降低阳极消耗;提高阳极炭块的导电率,降低电耗,提高经济效益和改善环境质量。溶液浸渍处理法:阳极炭块先用  $AlCl_3$  溶液浸渍,再用氨水浸渍,然后在  $950\text{ }^\circ\text{C}$  进行焙烧处理。研究表明:影响阳极炭块优化处理质量的主要因素是焙烧时间、溶液浓度和浸渍时间。采用  $A_{II}B_{II}C_{III}$  条件优化处理的阳极炭块与空白阳极炭块相比,填充率达到  $19.06\%$ ,电阻率降低幅度高达  $34.24\%$ 。

**关键词:**阳极炭块;浸渍处理;填充率;电阻率

**中图分类号:**TF 802.4<sup>+</sup>2

**文献标识码:**A

电解铝用预焙阳极炭块浸渍处理的目的是降低孔隙率,提高抗氧化性能,降低吨铝阳极消耗,提高阳极炭块导电率,降低吨铝电耗,两者均可降低生产成本,提高经济效益。另外,还能减少  $CO_2$  的排放量,改善环境质量。目前,国内对阳极炭块的优化处理是在炭素中添加少量的锂盐。笔者对炭块溶液浸渍处理进行了研究。

## 1 阳极炭块的处理现状<sup>[1-3]</sup>

氧化铝电解在阴极生成铝,在阳极析出  $CO_2$ ,其反应式为:  $Al_2O_3 + \frac{3}{2}C = 2Al + \frac{3}{2}CO_2$ 。当反应产生的气体中  $CO_2$  浓度为  $100\%$  时,吨铝理论阳极炭块消耗为  $344\text{ kg}$ ,由于还有少量的  $CO$  生成,以及空气中的氧在高温下与炭块发生反应生成  $CO_2$ ,故吨铝实际阳极炭块消耗为  $450\text{ kg}$  左右。

炭素材料具有良好的耐高温腐蚀性能,但炭素材料孔隙度高,在高温下易氧化烧损。为了提高炭素材料的抗氧化性能,可向炭素中加入添加剂,对阳极炭块进行涂层以及熔盐浸渍和溶液浸渍处理。浸渍处理比其他方法工艺简单,操作方便,能大批量处理,投资较少。

目前,国内对电炉炼钢用的炭阳极棒采用硼酸、硼砂溶液、磷酸、硼酸盐溶液浸渍处理,但对电解铝预焙阳极炭块进行浸渍处理国内尚未见报导。

## 2 阳极炭块溶液浸渍优化处理

### 2.1 对浸渍剂要求

阳极炭块浸渍处理要求浸渍剂符合下列条件:

- 1) 对阳极炭块的渗透性强,粘附性好;
- 2) 在一定条件下易于固化,提高炭块密度和强度;
- 3) 不影响电解铝的质量。

### 2.2 浸渍处理原理<sup>[2,3]</sup>

预焙阳极炭块先用  $AlCl_3$  溶液浸渍,再用氨水浸渍。用  $AlCl_3$  溶液浸渍炭块,使  $Al^{3+}$  进入阳极炭块孔隙中,用氨水浸渍使  $NH_3 \cdot H_2O$  与  $Al^{3+}$  作用生成白色胶状的氢氧化铝沉淀:  $AlCl_3 + 3NH_4OH = Al(OH)_3 \downarrow + 3NH_4Cl$ ,生成的  $Al(OH)_3$  微溶于氨水,即  $Al(OH)_3 + OH^- = AlO_2^- + 2H_2O$ ,不溶于加有铵盐的稀溶液中。因为铵盐中的铵离子会因同离子效应作用抑制  $NH_3 \cdot H_2O$  的电离,铵盐能分解偏铝酸盐而生成氢氧化铝沉淀:  $AlO_2^- + NH_4^+ + H_2O = Al(OH)_3 + NH_3$ ,将溶液煮沸可促进其反应,并将  $NH_3$  驱出。

$Al(OH)_3$  存在于炭块孔隙中,经焙烧生成  $Al_2O_3$  和水蒸汽即  $2Al(OH)_3 \xrightarrow{\Delta} Al_2O_3 + 3H_2O$ , $Al_2O_3$  留在炭块孔隙中,提高了炭块密度和机械强度,降低了阳极炭块的氧化烧损,故减少了阳极消耗。同时,提高了炭块

收稿日期:2001-07-04

作者简介:蒋汉祥(1943-),男,江苏丹阳人,重庆大学副教授,从事有色金属和合金钢的研究。

的导电率,降低了电耗。

### 2.3 条件试验与结果分析

试验步骤如下:

1) 称出阳极炭块重量(70 mm × 30 mm × 25 mm)并放入盛有 AlCl<sub>3</sub> 溶液的容器中。

2) 在常温下浸渍,浸渍液浓度为 A<sub>I</sub>、A<sub>II</sub> 和 A<sub>III</sub>,浸渍时间为 B<sub>I</sub>、B<sub>II</sub> 和 B<sub>III</sub>。

3) 浸渍试样与空白试样(称量后)一道放入炭质方盘中,用炭粉覆盖,在 950 °C 条件下焙烧,焙烧时间为 C<sub>I</sub>、C<sub>II</sub> 和 C<sub>III</sub>。升温、恒温和降温制度模拟生产实际,但时间短得多。

4) 计算出各试样的烧损率、填充率和电阻率降低率。

#### 2.3.1 主要技术参数对阳极炭块烧损率及填充率的影响

影响阳极炭块浸渍处理效果的主要因素是浸渍剂的浓度 A、浸渍时间 B 和焙烧时间 C。浸渍温度为常温,焙烧温度为 950 °C(生产中的实际焙烧温度)。按三因素三水平(I、II、III)设计正交试验表如表 1 所示。

表 1 条件试验与结果分析正交表之一

样号	因素与结果				
	A	B	C	η <sub>f</sub> / %	η <sub>p</sub> / %
1	I	I	I	11.4	7.1
2	I	II	II	9.3	7.3
3	I	III	III	12.0	7.5
4	II	I	II	17.5	6.7
5	II	II	III	18.4	6.9
6	II	III	I	13.2	6.9
7	III	I	III	5.9	8.0
8	III	II	I	13.1	7.0
9	III	III	II	13.7	6.9
I	32.7	34.8	37.70		
II	49.1	40.8	40.5		
III	32.7	38.9	36.3		
I/3	10.9	11.6	12.6		
II/3	16.4	13.6	13.5		
III/3	10.9	13.0	12.10		
极差	5.5	2.0	1.4		

注:1. I < II < III; 2. A 指 AlCl<sub>3</sub> 与 H<sub>2</sub>O 的质量之比值; 3. B、C 以小时计; 4. η<sub>f</sub> - 阳极炭块填充率; η<sub>p</sub> - 阳极炭块烧损率。

由表 1 可以看出影响填充率的主要因素是浸出剂浓度,其次是浸出时间和焙烧时间。最佳工艺技术条件应为 A<sub>II</sub>B<sub>II</sub>C<sub>II</sub> 组合,可获得优化处理后的最高填充率。5 # 试样达到 18.4% 烧损率为 6.9%。

10 #、11 # 和 12 # 三个空白试样(未浸渍处理),焙烧温度 950 °C,焙烧时间分别为 C<sub>I</sub>、C<sub>II</sub> 和 C<sub>III</sub>,其试样烧

损率如表 2 所示。

表 2 空白试样焙烧时间与烧损率

样号	因素与结果	
	t <sub>c</sub> / h	η / %
10	1.0	7.96
11	1.5	8.10
12	2.0	8.50
平均		8.22

由表 1 知,9 个浸渍焙烧后的阳极炭块试样平均烧损率为 7.15%,与 3 个空白试样的平均烧损率 8.22% 相比,烧损率降低 13.07%。

#### 2.3.2 主要技术参数对阳极炭块电阻率的影响

空白样和浸渍样焙烧后的阳极炭块电阻率测定结果如表 3 所示。

表 3 阳极炭块浸渍试样与空白试样电阻率

样号	1	2	3	4	5	6
ρ / Ω·mm	0.273	0.279	0.263	0.252	0.227	0.267
样号	7	8	9	10	11	12
ρ / Ω·mm	0.269	0.238	0.275	0.320	0.309	0.340

空白试样(未浸渍)焙烧后的平均电阻率为 0.323 Ω·mm。浸渍试样焙烧后的电阻率降低率如表 4 所示。

表 4 条件试验与结果分析正交表之二

样号	因素与结果			
	A	B	C	η <sub>p</sub> / %
1	I	I	I	15.5
2	I	II	II	13.6
3	I	III	III	18.6
4	II	I	II	22.0
5	II	II	III	29.7
6	II	III	I	17.3
7	III	I	III	16.7
8	III	II	I	26.3
9	III	III	II	14.7
I	47.7	54.2	59.1	
II	69.0	69.6	50.3	
III	57.0	50.6	65.0	
I/3	15.9	18.1	19.7	
II/3	23.0	23.2	16.8	
III/3	19.2	16.9	21.7	
极差	7.1	6.3	4.9	

表中: η<sub>p</sub> - 电阻率降低率:  $\eta_p = \frac{\rho_{空} - \rho_{浸}}{\rho_{空}} \times 100\%$ 。式中: ρ<sub>空</sub> - 3 个空白试样平均电阻率; ρ<sub>浸</sub> - 浸渍试样电阻率。

由表 4 可知,影响阳极炭块电阻率降低率的主要因素是浸渍 AlCl<sub>3</sub> 浓度,其次是浸渍时间和焙烧温度。最优化处理工艺技术条件为 A<sub>II</sub>B<sub>II</sub>C<sub>III</sub>。

## 2.4 稳定试验与结果分析

从主要参数对阳极炭块填充率和烧损率数据分析,填充率越高烧损率越小,最佳工艺技术条件为  $A_{II}B_{II}C_{III}$ 。

从阳极炭块电阻率降低率来分析,最佳工艺技术条件为  $A_{II}B_{II}C_{III}$ 。作稳定试验,其结果如表 5 所示。

表 5 稳定试验及结果

样号	因素与结果				
	技术条件	$\eta_1 / \%$	$\eta_2 / \%$	$\rho / \Omega \cdot \text{mm}$	$\eta_p / \%$
13	$A_{II}B_{II}C_{II}$	18.40	7.0	0.236	26.94
14	$A_{II}B_{II}C_{III}$	19.06	6.8	0.225	30.34

由表 5 可知,就阳极炭块填充率,烧损率和电阻率降低率三项指标而言,14 # 试样比 13 # 试样好。

## 3 结论

1) 先用  $AlCl_3$  溶液常温浸渍,再用氨水浸渍处理,最后在  $950^\circ\text{C}$  条件下焙烧处理所得阳极炭块与未经浸渍处理的焙烧炭块相比,填充率高达 19.06%,烧损率

降低 17.28%,电阻率降低率 30.34%。

2) 优化处理技术条件为  $A_{II}B_{II}C_{III}$ 。

3) 溶液浸渍处理法与熔盐浸渍处理法比较,具有工艺操作简单、常温操作节省能源,浸渍剂价廉,腐蚀性小,生产成本低,环保条件好,可以大规模生产。熔盐浸渍处理则处理时间短,填充率高,烧损率低,但需高温处理,故能耗高,熔盐价格昂贵,因此生产成本较高,且环保条件较差。

4) 就经济效益,环境效益而言,优化处理阳极炭块以溶液浸渍法为最好。

## 参考文献:

- [1] 李士贤. 石墨 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1991.
- [2] 王增品. 腐蚀与防护工程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1990.
- [3] 刘春. 抗氧化浸渍石墨材料的研制及其性能考察[J]. 炭素, 1999, (1): 28-30.

# Optimization and Treatment on Electrolyze Aluminum Anode Carbon Lump

JIANG Han-xiang, ZHU Zi-zong, CHEN Peng-ju

(College of Material Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** How to reduce to small opening ratio and to increase resist oxidation capability and to reduce consume of anode carbon lump, as well as how to improve to electric conductivity ratio and to reduce electric power consumption of anode carbon lump and to increase economy benefit is main purpose on optimization and treatment on electrolyze aluminum anode carbon lump. Immersion method is introduced. Electrolyze aluminum anode carbon lump is soaked by  $AlCl_3$  solution at first, then it is soaked by ammonia, it is treated by roasting at  $950^\circ\text{C}$ . The results show: The main factors affecting the quality of electrolyze aluminum anode carbon lump are roasting time, solution concentration and immersion time. It's fill ratio is 19.06%, the range of resistance ratio descending is 34.24% under  $A_{II}B_{II}C_{III}$  condition comparing to without treatment.

**Key words:** anode carbon lump; immersion treatment; fill ratio; resistance ratio

(责任编辑 李胜春)