

文章编号: 1005- 271X(2002)04- 0023- 02

# 电流密度对稀土熔盐电解影响的探讨

赖华生, 王林生

(江西南方稀土高技术股份有限公司, 江西 赣州 341000)

**摘要:** 分析探讨了阳极电流密度、阴极电流密度以及体电流密度对稀土氟化物体系熔盐电解槽运行效果的影响, 确定了合理的电解槽电流密度参数范围。

**关键词:** 稀土; 熔盐电解; 电流密度; 氟化物体系

**中图分类号:** TF111. 52<sup>+</sup> 2      **文献标识码:** A

## 0 前言

轻稀土金属的生产目前基本采用氟化物体系熔盐电解工艺, 石墨电解槽是主要的生产设备<sup>[1]</sup>。电流密度是电解槽的重要技术参数之一, 阳极电流密度(D<sub>a</sub>)、阴极电流密度(D<sub>c</sub>)以及体电流密度(D<sub>p</sub>)的选择是否合理, 直接关系到电解槽能否稳定运行以及运行是否经济合理。为此进行了三大电流密度对电解运行状况影响的试验研究, 以确定合理的稀土熔盐电解电流密度。

## 1 试验

### 1.1 试验材料

主要材料: 氧化钽、氟化钽、氟化锂, 均为 99% 以上的工业品。

### 1.2 试验设备及相关仪器

2000A、2500A、3000A 稀土熔盐电解槽各一台;

40kW 电炉变压器一台; 2000A、2500A、3000A/ 0~ 12V 整流柜各一台; 定碳仪等稀土金属检测仪器一套; 温度测定仪一套。

### 1.3 试验方法

采用电炉变压器起弧升温启动电解槽, 加入电解质继续升温至正常电解所需温度后, 按试验要求采用不同整流柜输出电流进行电解, 如果电解运行良好, 则进行正常生产并考察阴极电流效率及电耗指标, 否则就及时中断电解或电解运行两天并记录数据后, 再调整电解电流, 进行正常生产。

## 2 试验结果及讨论

### 2.1 试验结果

通过整流柜与电解炉的不同搭配, 控制电解电压为 8.0~ 10.0V, 实现电解电流的变化, 从而改变电流密度, 观察电解运行状况, 记录有关数据。试验结果如表 1、图 1 所示。

表 1 试验条件与结果

序号	电解槽规格 A	输出电压 V	输出电流 A	极距 mm	D <sub>a</sub> A/cm <sup>2</sup>	D <sub>c</sub> A/cm <sup>2</sup>	D <sub>p</sub> A/cm <sup>3</sup>	电解温度	电流效率 %	电解电耗 kW·h/kg	碳含量 ≤5 × 10 <sup>-4</sup> 比率 %
1	2000	8~10	1800	60	1.14	5.73	0.090	正常	75.62	9.86	95.8
2	2000	8~10	2300	75	1.45	7.32	0.115	温度稍高	68.37	10.68	90.1
3	2000	8~10	2800	90	1.77	8.11	0.140	温度很高	59.53	11.54	69.4
4	2500	8~10	1800	75	0.84	4.58	0.074	温度很低			
5	2500	8~10	2300	90	1.13	5.85	0.094	正常	77.41	9.65	96.8
6	2500	8~10	2800	60	1.38	7.12	0.115	温度稍高	69.17	10.57	89.9
7	3000	8~10	1800	90	0.71	4.41	0.060	温度很低			
8	3000	8~10	2300	60	0.91	5.23	0.077	温度稍低	70.79	10.43	100
9	3000	8~10	2800	75	1.10	6.36	0.093	正常	75.56	9.88	95.5

收稿日期: 2002- 09- 28

作者简介: 赖华生(1968- ), 男, 江西宁都人, 工程师, 主要从事稀土冶金及材料的研究开发。

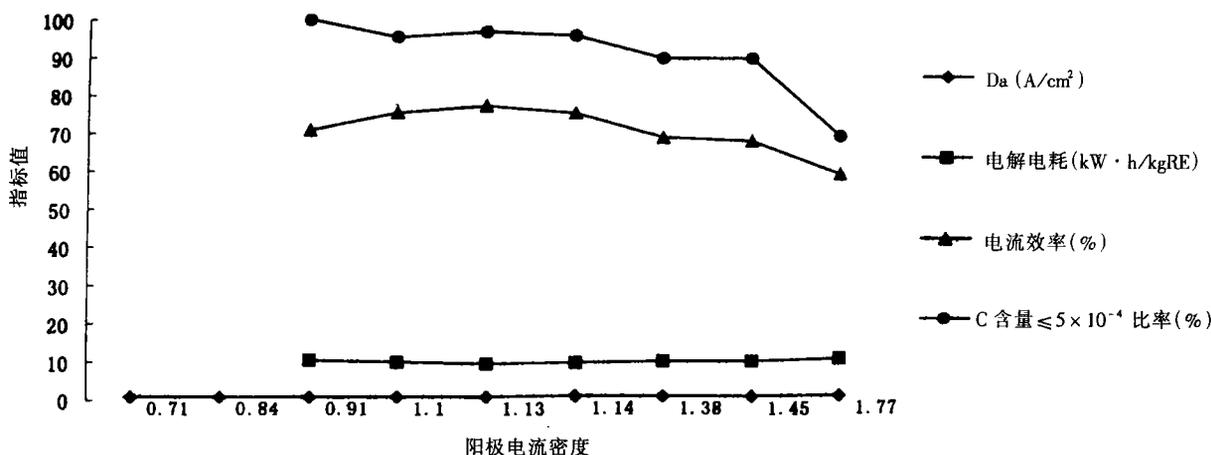


图 1 阳极电流密度与电解指标关系图

试验过程中发现: 4<sup>#</sup>、7<sup>#</sup> 试验尽管电解前已将电解质加热至规定要求, 但一旦进入电解状态, 电解质温度急剧下降(4<sup>#</sup> 试验情况比 7<sup>#</sup> 试验稍好), 电解质逐渐变稠并在槽底四周结壳, 结壳面随着电解时间的推移逐渐上升, 最终导致电解无法进行。

其余试验组合均能使电解槽运转。其中 1<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>、9<sup>#</sup> 组合的电流效率高 (> 75%), 相应电解电耗明显较低即 < 9.90 kW·h/kgRE, 金属含碳量  $\leq 5 \times 10^{-4}$  的比率均超过 95%; 2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、6<sup>#</sup> 组合的电解质温度偏高, 电效、电耗及合格率指标相应较差, 尤其 3<sup>#</sup> 组合电解质温度非常高, 挥发损失严重(可观察到明显的挥发现象), 电效仅 59.53%, 电耗高达 11.54 kW·h/kgRE, 金属含碳量  $\leq 5 \times 10^{-4}$  的比率低于 70%; 8<sup>#</sup> 组合电解质温度偏低, 金属含碳量低, 但金属浇铸困难, 渣金分离效果差, 金属易夹杂电解质。

## 2.2 结果讨论

稀土熔盐电解为自热过程, 要维持电解正常运行, 则必须维持电解槽的热平衡<sup>[2]</sup>。电解电流用于提供电化学和维持电解槽热平衡所需的能量, 电能转变成热能存在以下关系:

$$Q \propto IR^2 \propto I^2 L_{\text{极}}$$

$$Q \propto Da^2 R \propto Dc^2 R$$

$$Q \propto D_p^2 R$$

$$\text{而 } Da, Dc, D_p \propto I$$

要使电解槽达到热平衡, 则必须使 Q 达到一定值, 换句话说即是: 电流密度 D 必须超过一定值, 只有这样才可提供足够热量。

4<sup>#</sup>、7<sup>#</sup> 试验电流密度明显偏小致使电解槽无法正常运转。其余试验中提供的电流密度足以提供电

解槽运行所需的热量, 使电解能够进行。由于一方面阴极电流密度增大, 电化学反应使阴极逐渐出现表面过热; 另一方面体电流密度增大, 电阻发热使电解质温度逐渐升高; 同时阳极电流密度增大, 电解质的循环加剧。因此当电流密度过大时, 电解体系内的二次反应剧烈进行, 导致电流效率降低, 电解电耗相应增加, 金属的碳含量增高如图 1 所示。

此外, 阴、阳极极间距在合适范围内增大, 将有利于电解槽在较低电流密度条件下运行, 从而获得较高的电效(如 5<sup>#</sup> 试验)。

对于现行工业化的 2000~3000A 电解槽, 阴极电流密度取值范围为 5.5~6.5 A/cm<sup>2</sup>、阳极电流密度取值范围为 1.0~1.25 A/cm<sup>2</sup>、体电流密度取值范围为 0.08~0.10 A/cm<sup>3</sup> 较为适宜, 可获得较好的经济效益。

## 3 结论

电流密度过低时, 由于无法提供足够的热量维持电解槽热平衡, 电解槽难于运行; 电流密度足够大时, 可维持电解槽正常运转, 但随电流密度增大, 阴极表面发热量增加, 电解质温度升高, 电解质循环加剧, 促进了二次反应的进行, 致使电效、电耗及金属碳含量指标逐渐变差; 实验证明 2000~3000A 工业电解槽电流密度适宜取值范围为:  $Da$  1.0~1.25 A/cm<sup>2</sup>,  $Dc$  5.5~6.5 A/cm<sup>2</sup>,  $D_p$  0.08~0.10 A/cm<sup>3</sup>。

### 参考文献:

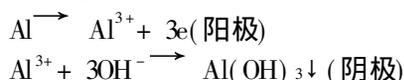
- [1] 徐光宪. 稀土(中册)[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1995. 256-270.
- [2] 王林生. 轻稀土元素共电积研究(J). 江西有色金属, 1999, 13(4): 19-21.

(下转第 40 页)

分带有残留物的腐蚀坑和部分无残留物的腐蚀坑,由二者构成了前面所述的斑点腐蚀。

## 2.2 斑点腐蚀的机理分析

6063 是 Al-Mg-Si 系合金,  $Mg_2Si$  是唯一的时效强化相, 为提高合金强度, 生产中常使 Si 元素含量过剩, 由过剩 Si 便形成了游离 Si、 $FeSiAl$  相粒子, 这些粒子在挤压工艺不当及热处理不规范的情况下, 可能导致与  $FeAl_3$ 、 $Mg_2Si$  粒子一起在晶界处偏聚(或偏析), 这就构成了点蚀源<sup>[5]</sup>。根据腐蚀学理论, 阴极质点周围的阳极铝会优先腐蚀, 生成的  $Al^{3+}$  向阴极扩散, 而溶液中的  $OH^-$  向阳极扩散, 最终在阴阳极的界面沉淀出白色絮状的  $Al(OH)_3$ , 干燥后在铝材的表面构成白色斑点, 即所谓的斑点腐蚀。相应的化学方程式如下:



## 3 预防措施

(1) 适当调整合金中的镁硅元素的质量比, 使其在 1.3~1.5 之间, 不宜使硅元素含量过低, 以免影

响铝型材的腐蚀性能。

(2) 合金中的微量元素 Zn 含量一般应低于 0.05%, 最好低于 0.03%, 因为 Zn 元素会加快合金表面的斑点腐蚀

(3) 合理安排时效制度, 控制停放时间在 2~6h 以内, 减轻停放效应, 以防止粗大  $Mg_2Si$  粒子的偏聚。

(4) 严格控制预处理过程中碱洗液质量, 以保证溶液的  $Cl^-$  浓度小于 0.1g/L, 从而减轻活性元素的负面影响。

## 参考文献:

- [1] 刘伟强, 张建新. 合金元素对 6063 型铝合金耐蚀性的影响[J]. 电镀与涂饰, 2002, (3): 12-13.
- [2] 李书球. 铝合金型材表面腐蚀斑点的微区研究[J]. 轻金属, 1985, (11): 43-46.
- [3] 科瓦索夫. 工业铝合金[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1981.
- [4] E C Franz. Metallurgical and Factors Affecting Finishing Characteristics of 6063 Alloy Extrusions[J]. Light Met. Age, 1982, 40(7): 7-9.
- [5] 倪红兵. 铝型材阳极氧化过程中硫酸或硝酸的除灰效果[J]. 腐蚀与防护, 1991, (5): 230.

## Analysis for Mechanics on Speckle Corrosion of 6063 Aluminum Extruded Section

YANG Ying\_xin, ZHANG Le\_ping

(Faculty of Nanchang of Southem Institute of Metallurgy, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** With the speckle corrosion of 6063 aluminum extruded section as an object of study, the essentials, causation and corrosion mechanism is analysed carefully, and some preventive measures are put forward as well.

**Key words:** 6063 aluminum extrusion; speckle corrosion; essentials; mechanics

(上接第 24 页)

## Study of the Effect of Current on RE in Molten\_salt Electrolysis

LAI Hua\_sheng, WANG Lin\_sheng

(Jiangxi South RE High-Tech. Co., Ltd., Ganzhou 341000, Jiangxi, China)

**Abstract:** The effect of the current density of anode, cathode and volume on running effectiveness of RE electrolysis tank of fluoride is analysed in the paper, and some rational extent of current density parameters are provided.

**Key words:** RE; molten\_salt electrolysis; current density; fluoride system