



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102732914 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 17

(21) 申请号 201210259099. 8

(22) 申请日 2012. 07. 25

(71) 申请人 深圳市新星轻合金材料股份有限公司

地址 518107 广东省深圳市光明新区光明高新技术产业园新星厂区

(72) 发明人 陈学敏 杨军 李志红 伍卫平
韦世铭

(74) 专利代理机构 深圳市科吉华烽知识产权事务所 44248

代理人 孙伟

(51) Int. Cl.

C25C 3/18(2006. 01)

权利要求书 4 页 说明书 8 页

(54) 发明名称

铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法

(57) 摘要

本发明提供一种铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法,包括以下步骤:步骤A:将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至700-850℃,加入氟锆酸钾、氟硼酸钾、氟锆酸钠和氟硼酸钠中的一种或多种;步骤B:搅拌4-6h后,将上层熔融的液体抽出,得到铝电解过程中的电解质补充体系。本发明的有益效果是:本发明提供的电解质体系用于铝电解工业,可以直接用作铝电解质,也可以作为电解质中的补充体系使用,无需改变现行的电解工艺即可明显降低铝电解过程中的电解温度,从而降低电能消耗,减少氟化物的挥发损失,降低综合生产成本;且本发明提供的制备方法反应条件温和,容易控制,工艺流程简单,反应完全,产物质量好。

1. 一种铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700-850℃,加入氟锆酸钾、氟硼酸钾、氟锆酸钠和氟硼酸钠中的一种或多种;

步骤B: 搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到铝电解过程中的电解质补充体系。

2. 如权利要求 1 所述的铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700-850℃,加入氟锆酸钾;

步骤B: 搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到铝电解过程中的电解质

$\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 。

3. 如权利要求 1 所述的铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700-850℃,加入氟锆酸钠;

步骤B: 搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到铝电解过程中的电解质

$\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 。

4. 如权利要求 1 所述的铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700-850℃,加入摩尔比为 2:1 的氟硼酸钠和氟锆酸钠的混合物;

步骤B: 搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到铝电解过程中的电解质

$\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 。

5. 如权利要求 1 所述的铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700-850℃,加入摩尔比为 2:1 的氟硼酸钾和氟锆酸钾的混合物;

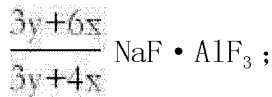
步骤B: 搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到铝电解过程中的电解质

6. 如权利要求 1 至 5 任一项所述的铝电解过程中的电解质补充体系的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700-850℃,加入摩尔比

为 $y : x$ 的氟硼酸钠和氟铝酸钠的混合物；

步骤 B: 搅拌 4-6h 后, 将上层熔融的液体抽出, 得到铝电解过程中的电解质补充体系

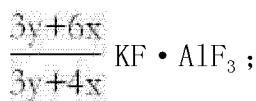


其中, 所述铝过量加入。

7. 如权利要求 1 至 5 任一项所述的铝电解过程中的电解质补充体系的制备方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中, 抽真空后通入惰性气体, 升温至 700-850°C, 加入摩尔比为 $y : x$ 的氟硼酸钾和氟铝酸钾的混合物;

步骤 B: 搅拌 4-6h 后, 将上层熔融的液体抽出, 得到铝电解过程中的电解质补充体系



其中, 所述铝过量加入。

8. 一种铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中, 抽真空后通入惰性气体, 升温至 700-850°C, 再加入氟铝酸钾、氟硼酸钾或其混合物, 搅拌 4-6h 后, 将上层熔融的液体抽出, 得到钾冰晶石; 将铝置于另一反应器中, 抽真空后通入惰性气体, 升温至 700-850°C, 再加入氟铝酸钠、氟硼酸钠或其混合物, 搅拌 4-6h 后, 将上层熔融的液体抽出, 得到钠冰晶石;

步骤 B: 将得到的钾冰晶石与钠冰晶石以 1 : 1-1 : 3 的摩尔比混合。

9. 如权利要求 8 所述的铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中, 抽真空后通入惰性气体, 升温至 700-850°C, 再加入摩尔比为 2 : 1 的氟硼酸钾与氟铝酸钾的混合物, 搅拌 4-6h 后, 将上层熔融的液体抽出, 得到分子

式为 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钾冰晶石, 将铝置于另一反应器中, 抽真空后通入惰性气体, 再加入摩尔

比为 2 : 1 的氟硼酸钠和氟铝酸钠的混合物, 搅拌 4-6h 后, 将上层熔融的液体抽出, 得到分子

式为 $\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钠冰晶石;

步骤 B: 将得到的钾冰晶石 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 和钠冰晶石 $\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 以 1 : 1-1 : 3 的摩尔比混

合。

10. 如权利要求 8 所述的铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 780-850℃,再加入氟锆酸钾,搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子式为 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钾冰晶石;将铝置于另一反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 780-850℃,再加入氟锆酸钠,搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子式为 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钠冰晶石;

步骤 B: 将得到的钾冰晶石 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 与钠冰晶石 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 以 1 :1-1 :3 的摩尔比混合。

11. 如权利要求 8 所述的铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700-850℃,再加入摩尔比为 2 :1 的氟硼酸钾与氟锆酸钾的混合物,搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子式为 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钾冰晶石;将铝置于另一反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 780-850℃,再加入氟锆酸钠,搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子式为 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钠冰晶石;

步骤 B: 将制得的钾冰晶石 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 和钠冰晶石 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 以 1 :1-1 :3 的摩尔比混合。

12. 如权利要求 8 所述的铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 780-850℃,再加入氟锆酸钾,搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子式为 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钾冰晶石;将铝置于另一反应器中,抽真空后通入惰性气体,往反应器中再加入摩尔比为 2 :1 的氟硼酸钠和氟锆酸钠的混合物,搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子式为 $\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钠冰晶石;

步骤 B: 将制得的钾冰晶石 $\frac{3}{2}$ $\text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 和钠冰晶石 $\frac{6}{5}$ $\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 以 1 : 1-1 : 3 的摩尔比混合。

铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电解质体系的制备方法,尤其涉及铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法。

背景技术

[0002] 目前铝电解工业仍采用传统的 Hall-Heroult 法,电解质一直以冰晶石-氧化铝为基本体系,其中冰晶石往往采用的是六氟铝酸钠。随着铝电解过程的进行,六氟铝酸钠和氧化铝不断地被消耗,因此为保证铝电解的持续进行,需要往电解质基本体系中分别补充电解质和氧化铝。现有的电解质补充体系主要包括氟化铝、六氟铝酸钠,电解温度在整个铝电解过程中需维持在 960℃ 左右,电能消耗高,这主要是因为电解质的初晶温度高,且为使氧化铝保持较好的溶解度,需保持一定温度的过热度。

[0003] 工业上制备冰晶石的方法一般为合成法:将无水氢氟酸与氢氧化铝反应,生成氟铝酸,然后在高温下与氢氧化钠或氢氧化钾反应,再经过滤、烘干、熔融、破碎,制得冰晶石;用此法合成的冰晶石的分子比 $m=3.0$,熔点较高。现有的工业合成法制得的冰晶石其分子比为 $m=2.0-3.0$ 之间,难以获得分子比 $m=1.0-1.5$ 之间较为纯净的低分子比冰晶石。

[0004] 因此,现有技术存在电解能耗高,电解质及其补充体系不够理想的缺点。

发明内容

[0005] 为解决现有技术中存在的技术问题,发明人在电解质体系及其补充体系的选择以及制备方法方面进行了大量的探索,预料不到地发现,以包括低分子比冰晶石的电解质代替现有的电解质用于铝电解,无需改变现行的电解工艺即可明显降低铝电解过程中的电解温度,从而降低电能消耗,减少氟化物的挥发损失,降低综合生产成本。

[0006] 本发明提供了一种铝电解过程中的电解质及其补充体系的制备方法,包括以下步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700-850℃,加入氟铝酸钾、氟硼酸钾、氟铝酸钠和氟硼酸钠中的一种或多种;

步骤 B: 搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到铝电解过程中的电解质。

[0007] 优选的,所述方法包括如下步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700-850℃,加入氟铝酸钾;

步骤 B: 搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到铝电解过程中的电解质



[0008] 所涉及的化学反应方程式： $\text{Al} + \frac{3}{4} \text{K}_2\text{ZrF}_6 = \frac{3}{4} \text{Zr} + \frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$

优选的，所述方法包括如下步骤：

步骤 A：将铝置于反应器中，抽真空后通入惰性气体，升温至 700–850℃，加入氟锆酸钠；

步骤 B：搅拌 4–6h 后，将上层熔融的液体抽出，得到铝电解过程中的电解质 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 。

[0009] 所涉及的化学反应方程式： $\text{Al} + \frac{3}{4} \text{Na}_2\text{ZrF}_6 = \frac{3}{4} \text{Zr} + \frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$

优选的，包括如下步骤：

步骤 A：将铝置于反应器中，抽真空后通入惰性气体，升温至 700–850℃，加入摩尔比为 2 : 1 的氟硼酸钠和氟锆酸钠的混合物；

步骤 B：搅拌 4–6h 后，将上层熔融的液体抽出，得到铝电解过程中的电解质 $\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 。

[0010] 所涉及的化学反应方程式： $\frac{10}{3} \text{Al} + \text{Na}_2\text{ZrF}_6 + 2\text{NaBF}_4 = \text{ZrB}_2 + \frac{10}{3} \left(\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3 \right)$

优选的，所述方法包括如下步骤：

步骤 A：将铝置于反应器中，抽真空后通入惰性气体，升温至 700–850℃，加入摩尔比为 2 : 1 的氟硼酸钾和氟锆酸钾的混合物；

步骤 B：搅拌 4–6h 后，将上层熔融的液体抽出，得到铝电解过程中的电解质 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 。

[0011] 所涉及的化学反应方程式： $\frac{10}{3} \text{Al} + \text{K}_2\text{ZrF}_6 + 2\text{KBF}_4 = \text{ZrB}_2 + \frac{10}{3} \left(\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3 \right)$

优选的，所述方法包括如下步骤：

步骤 A：将铝置于反应器中，抽真空后通入惰性气体，升温至 700–850℃，加入摩尔比为 y : x 的氟硼酸钠和氟锆酸钠的混合物；

步骤 B：搅拌 4–6h 后，将上层熔融的液体抽出，得到铝电解过程中的电解质补充体系

$\frac{3y+6x}{3y+4x} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ ；

其中，所述铝过量加入。

[0012] 所涉及的化学反应方程式： $\text{Al (过量)} + x \text{ Na}_2\text{ZrF}_6 + y \text{ Na BF}_4 \rightarrow \text{Al} \cdot \text{Zr} \cdot \text{B (合金)}$



优选的,所述方法包括如下步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700–850℃,加入摩尔比为 $y : x$ 的氟硼酸钾和氟锆酸钾的混合物;

步骤 B: 搅拌 4–6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到铝电解过程中的电解质补充体系



其中,所述铝过量加入。

[0013] 所涉及的化学反应方程式： $\text{Al (过量)} + x \text{ K}_2\text{ZrF}_6 + y \text{ KBF}_4 \rightarrow \text{Al} \cdot \text{Zr} \cdot \text{B (合金)} + \frac{3y+6x}{3y+4x}$

$\text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 。

[0014] 本发明还提供了一种钠冰晶石和钾冰晶石直接混合后用作电解质,或者混合后用作电解质补充体系的方法,包括如下步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700–850℃,再加入氟锆酸钾、氟硼酸钾或其混合物,搅拌 4–6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到钾冰晶石;将铝置于另一反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700–850℃,再加入氟锆酸钠、氟硼酸钠或其混合物,搅拌 4–6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到钠冰晶石;

步骤 B: 将得到的钾冰晶石与钠冰晶石以 1 : 1–1 : 3 的摩尔比混合。

[0015] 优选的,包括如下步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700–850℃,再加入摩尔比为 2 : 1 的氟硼酸钾与氟锆酸钾的混合物,搅拌 4–6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子

式为 $\frac{6}{5} \text{ KF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钾冰晶石,往反应器中再加入摩尔比为 2 : 1 的氟硼酸钠和氟锆酸钠的混

合物,搅拌 4–6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子式为 $\frac{6}{5} \text{ NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钠冰晶石;

步骤 B: 将得到的钾冰晶石 $\frac{6}{5} \text{ KF} \cdot \text{AlF}_3$ 和钠冰晶石 $\frac{6}{5} \text{ NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 以 1 : 1–1 : 3 的摩尔比混

合。

[0016] 优选的,包括如下步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 780–850℃,再加入氟锆

酸钾,搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子式为 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钾冰晶石;将铝置于另一反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 780-850°C,再加入氟锆酸钠,搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子式为 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钠冰晶石;

步骤 B: 将得到的钾冰晶石 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 与钠冰晶石 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 以 1 : 1-1 : 3 的摩尔比混合。

[0017] 优选的,包括如下步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 700-850°C,再加入摩尔比为 2 : 1 的氟硼酸钾与氟锆酸钾的混合物,搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子式为 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钾冰晶石;将铝置于另一反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 780-850°C,再加入氟锆酸钠,搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子式为 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钠冰晶石;

步骤 B: 将制得的钾冰晶石 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 和钠冰晶石 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 以 1 : 1-1 : 3 的摩尔比混合。

[0018] 优选的,包括以下几个步骤:

步骤 A: 将铝置于反应器中,抽真空后通入惰性气体,升温至 780-850°C,再加入氟锆酸钾,搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子式为 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钾冰晶石;将铝置于另一反应器中,抽真空后通入惰性气体,往该反应器中再加入摩尔比为 2 : 1 的氟硼酸钠和氟锆酸钠的混合物,搅拌 4-6h 后,将上层熔融的液体抽出,得到分子式为 $\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 的钠冰晶石;

步骤 B: 将制得的钾冰晶石 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 和钠冰晶石 $\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 以 1 : 1-1 : 3 的摩尔比混合。

[0019] 采用上述技术方案,本发明提供的电解质用于铝电解工业,氧化铝的溶解性能得

到改善,从而降低了电解温度,降低了电能消耗,减少了氟化物的挥发损失,提高了电解效率,降低了综合生产成本。

[0020] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:本发明提供的电解质体系用于铝电解工业,可以直接用作铝电解质,也可以作为电解质中的补充体系使用,无需改变现行的电解工艺即可明显降低铝电解过程中的电解温度,从而降低电能消耗,减少氟化物的挥发损失,降低综合生产成本;且本发明提供的制备方法反应条件温和,容易控制,工艺流程简单,反应完全,产物质量好。

具体实施方式

[0021] 下面通过具体实施例对本发明做进一步详细说明。

[0022] 实施例 1

称取 1 吨铝置于反应器中,抽真空后通入氩气保护,升温至 800℃,按反应比例往反应器中缓慢加入干燥的氟铝酸钾,快速搅拌 5h 后,生成海绵铝和钾冰晶石 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$,打开反应器盖,用虹吸泵抽出上层熔融的液态钾冰晶石 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 。

[0023] 将铝电解过程中加入电解质 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$,加入不断消耗的电解质基本体系中,可使电解温度明显下降,最终降低至 820-850℃。由于钾冰晶石 $\text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 的腐蚀性比六氟铝酸钠的腐蚀性更强,为延长电解槽的使用寿命,电解槽需采用惰性阳极或经惰性表面处理的阳极。

[0024] 实施例 2

称取 1 吨铝置于反应器中,抽真空后通入氩气保护,升温至 800℃,按反应比例往反应器中缓慢加入干燥的氟铝酸钠,快速搅拌 5h 后,生成海绵铝和钠冰晶石 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$,打开反应器盖,用虹吸泵抽出上层熔融的液态钠冰晶石 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 。

[0025] 将铝电解过程中的电解质 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$,加入不断消耗的电解质基本体系中,可使电解温度明显下降,最终降低至 820-850℃。由于钠冰晶石 $\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 的腐蚀性比六氟铝酸钠的腐蚀性更强,为延长电解槽的使用寿命,电解槽需采用惰性阳极或经惰性表面处理的阳极。

[0026] 实施例 3

称取 1 吨铝置于反应器中,抽真空后通入氩气保护,升温至 750℃,按反应比例往反应

器中缓慢加入干燥的氟硼酸钾与氟锆酸钾混合物,氟硼酸钾与氟锆酸钾的摩尔比为 2:1,快速搅拌 5h 后,生成硼化锆和钾冰晶石 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$,打开反应器盖,用虹吸泵抽出上层熔融的液态钾冰晶石 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 。

[0027] 将铝电解过程中的电解质 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$,加入不断消耗的电解质基本体系中,可使电解温度下降,最终降低至 900-930℃。

[0028] 实施例 3

称取 1 吨铝置于反应器中,抽真空后通入氩气保护,升温至 750℃,按反应比例往反应器中缓慢加入干燥的氟硼酸钠与氟锆酸钠混合物,氟硼酸钠与氟锆酸钠的摩尔比为 2:1,快速搅拌 5h 后,生成硼化锆和钠冰晶石 $\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$,打开反应器盖,用虹吸泵抽出上层熔融的液态钠冰晶石 $\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 。

[0029] 将铝电解过程中的电解质补充体系 $\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$,加入不断消耗的电解质基本体系中,可使电解温度下降,最终降低至 900-930℃。

[0030] 实施例 4

称取 1 吨铝置于反应器中,抽真空后通入氩气保护,升温至 750℃,按反应比例往反应器中缓慢加入干燥的氟硼酸钾与氟锆酸钾混合物,氟硼酸钾与氟锆酸钾的摩尔比为 2:1,快速搅拌 5h 后,生成硼化锆和钾冰晶石 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$,打开反应器盖,用虹吸泵抽出上层熔融的液态钾冰晶石。称取 1 吨铝置于另外一个反应器中,抽真空后通入氩气保护,升温至 750℃,按反应比例往该反应器中缓慢加入干燥的氟硼酸钠与氟锆酸钠混合物,氟硼酸钠与氟锆酸钠的摩尔比为 2:1,快速搅拌 5h 后,生成硼化锆和钠冰晶石 $\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$,打开反应器盖,用虹吸泵抽出上层熔融的液态钠冰晶石。

[0031] 将制得的钾冰晶石 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 和钠冰晶石 $\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 以 1:1 的摩尔比混合后得到的冰晶石混合物直接加入电解槽内,电解温度的工作范围可控制在 825-900℃之间,使用

惰性电极材料或使用碳素电极材料或者使用混合(碳素与惰性联合使用)电极材料展开电解均可得到原铝。

[0032] 实施例 5

称取 1 吨铝置于反应器中,抽真空后通入氩气保护,升温至 800℃,按反应比例往反应器中缓慢加入干燥的氟铝酸钾,快速搅拌 5h 后,生成海绵铝和钾冰晶石 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$, 打开反应器盖,用虹吸泵抽出上层熔融的液态钾冰晶石。称取 1 吨铝置于另一反应器中,抽真空后通入氩气保护,升温至 800℃,按反应比例往该反应器中缓慢加入干燥的氟铝酸钠,快速搅拌 5h 后,生成海绵铝和钠冰晶石 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$, 打开反应器盖,用虹吸泵抽出上层熔融的液态钠冰晶石。

[0033] 将制得的钾冰晶石 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 和钠冰晶石 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 以 1 : 2 的摩尔比混合后得到的冰晶石混合物作为电解质中的补充体系,电解温度的工作范围可控制在 850-900℃之间,使用惰性电极材料或使用碳素电极材料或者使用混合(碳素与惰性联合使用)电极材料展开电解均可得到原铝。

[0034] 实施例 6

称取 1 吨铝置于反应器中,抽真空后通入氩气保护,升温至 750℃,按反应比例往反应器中缓慢加入干燥的氟硼酸钾与氟铝酸钾混合物,氟硼酸钾与氟铝酸钾的摩尔比为 2 : 1,快速搅拌 5h 后,生成硼化铝和钾冰晶石 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$, 打开反应器盖,用虹吸泵抽出上层熔融的液态钾冰晶石。称取 1 吨铝置于另一反应器中,抽真空后通入氩气保护,升温至 800℃,按反应比例往该反应器中缓慢加入干燥的氟铝酸钠,快速搅拌 5h 后,生成海绵铝和钠冰晶石 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$, 打开反应器盖,用虹吸泵抽出上层熔融的液态钠冰晶石。

[0035] 将制得的钾冰晶石 $\frac{6}{5} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 和钠冰晶石 $\frac{3}{2} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 以 1 : 3 的摩尔比混合后得到的冰晶石混合物作为电解质体系,电解温度的工作范围可控制在 850-900℃之间,使用惰性电极材料或使用碳素电极材料或者使用混合(碳素与惰性联合使用)电极材料展开电解均可得到原铝。

[0036] 实施例 7

称取 1 吨铝置于反应器中,抽真空后通入氩气保护,升温至 800℃,按反应比例往反应

器中缓慢加入干燥的氟锆酸钾,快速搅拌 5h 后,生成海绵锆和钾冰晶石 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$,打开反应器盖,用虹吸泵抽出上层熔融的液态钾冰晶石。称取 1 吨铝置于另一反应器中,抽真空后通入氩气保护,升温至 750℃,按反应比例往该反应器中缓慢加入干燥的氟硼酸钠与氟锆酸钠混合物,氟硼酸钠与氟锆酸钠的摩尔比为 2:1,快速搅拌 5h 后,生成硼化锆和钠冰晶石 $\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$,打开反应器盖,用虹吸泵抽出上层熔融的液态钠冰晶石。

[0037] 将制得的钾冰晶石 $\frac{3}{2} \text{KF} \cdot \text{AlF}_3$ 和钠冰晶石 $\frac{6}{5} \text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 以 1:1 的摩尔比混合后得到的冰晶石混合物作为电解质中的补充体系,电解温度的工作范围可控制在 850-900℃之间,使用惰性电极材料或使用碳素电极材料或者使用混合(碳素与惰性联合使用)电极材料展开电解均可得到原铝。

[0038] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本发明的保护范围。