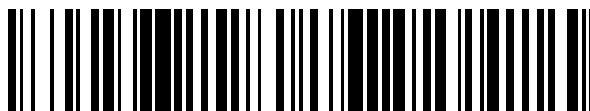


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 774 075**

51 Int. Cl.:

**F27B 14/06** (2006.01)  
**F27B 14/10** (2006.01)  
**C25C 3/06** (2006.01)  
**C25C 3/12** (2006.01)  
**C25C 3/18** (2006.01)  
**C22B 21/02** (2006.01)  
**C22C 1/02** (2006.01)  
**C22C 21/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.04.2016 PCT/RU2016/000226**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.10.2016 WO16171589**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2016 E 16783484 (5)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 3287548**

54 Título: **Procedimiento de producción de una aleación de aluminio y escandio**

30 Prioridad:

**22.04.2015 RU 2015115260**  
**11.12.2015 RU 2015153433**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**16.07.2020**

73 Titular/es:

**OBSHCHESTVO S OGRANICHENNOY OTVETSTVENNOST'YU "OBEDINENNAYA KOMPANIYA RUSAL INZHENERNO-TEKHOLOGICHESKIY TSENTR" (100.0%)**  
**Ul. Pogranichnikov 37 str. 1**  
**G. Krasnoyarsk 660111, RU**

72 Inventor/es:

**MANN, VIKTOR KHRIST'YANOVICH;**  
**PINGIN, VITALIY VALER'EVICH;**  
**VINOGRADOV, DMITRIY ANATOLEVICH y**  
**KHRAMOV, DENIS SERGEEVICH**

74 Agente/Representante:

**GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio**

ES 2 774 075 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de producción de una aleación de aluminio y escandio

5 **Campo técnico**

La invención se refiere a la metalurgia no ferrosa y puede usarse para la producción de una aleación de aluminio y escandio que contiene 0,41-4 % en peso de escandio en el entorno de producción industrial de aluminio. Se sabe que las aleaciones de aluminio y escandio tienen mucha demanda en las industrias automotriz, de construcción de aviones y aeroespacial, con la demanda de tales aleaciones que crecen año tras año.

**Antecedentes de la Invención**

Se conoce un procedimiento de producción de una aleación de aluminio y escandio, dicho procedimiento que comprende preparar dos lotes de aluminio (por ejemplo, en hornos de vacío) y agregar una carga del horno que contiene fluoruro de escandio, fluoruro de magnesio y cloruro de potasio a uno de los lotes. Después de eso, ambos lotes de metal se mezclan entre sí mientras se suministra simultáneamente un gas inerte (Solicitud RU núm. 2009134930, C22C 1/03, 27.03.2011).

Las desventajas de este procedimiento incluyen su complejidad tecnológica, el procesamiento por lotes de aluminio y el uso de vacío o ambiente inerte.

Se conoce un procedimiento de producción de una aleación de aluminio que contiene 0,20-0,50 % en peso de escandio por electrólisis de NaF-AlF<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-LiF fundido con óxido de escandio añadido del mismo (Proc. 3er Simposio internacional sobre procesamiento metalúrgico de alta temperatura, 2012, pp. 243-250). Durante la electrólisis, la deposición catódica de aluminio y escandio sobre aluminio se produce a una densidad de corriente catódica de hasta 1 A/cm<sup>2</sup> y una temperatura de 950 °C.

Una desventaja de este procedimiento incluye el uso de una costosa sal, fluoruro de litio que representa el 5 % del peso total de la masa fundida.

Se conoce un procedimiento de producción de una aleación de aluminio y escandio, dicho procedimiento que comprende fundir una carga que incluye cloruro de potasio, fluoruros de sodio, chiolita de aluminio (Na<sub>5</sub>[Al<sub>3</sub>F<sub>14</sub>]) y óxido de escandio, y mantenerlo en contacto con aluminio líquido de la carga (Degtyar V.A., Polyak E.N., "Reducción de óxido de escandio a partir de KCl-NaF-AlF<sub>3</sub>-Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> fundido", Conferencia científica y técnica rusa "Nuevos materiales y tecnologías", "Materiales metálicos, Procedimientos para procesar los mismos", Sinopsis, M: 1994, p. 102).

Una desventaja del procedimiento conocido es una formación significativa de oxifluoruros (ScOF), compuestos de escandio insolubles que se convierten en escoria, lo que conduce a pérdidas de escandio y un bajo rendimiento de un producto adecuado (aproximadamente 60 %).

El procedimiento más cercano al procedimiento propuesto es el de obtener aleaciones de aluminio y escandio y aleaciones maestras con un contenido de escandio de 0,4 % en peso (Moskvitin V., y otros., "Acerca de la posibilidad de obtener ligadura de aluminio y escandio en electrólisis de aluminio", Tsvetnye Metally -Metales no ferrosos, 1998, núm. 7, pp. 43-46) por electrólisis de una fusión de criolita y alúmina (NaF-AlF<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) con adición de óxido de escandio. El proceso se ejecuta por encima de la temperatura de 950 °C. El contenido de escandio en la aleación depende solo de la concentración de óxido de escandio en el electrolito, pero permanece en el nivel bajo ya que en el caso del contenido de óxido de escandio en la sal fundida 2, 5 y 8 %, el contenido de escandio en la aleación alcanza 0,2, 0,5 y 0,8 %, respectivamente. De acuerdo con pruebas industriales, la densidad de corriente del cátodo (haciendo 1 A/cm<sup>2</sup>) y el bajo contenido de óxido de escandio en el electrolito (hasta un 2,5 %) no son suficientes para aumentar el contenido de escandio en la aleación. La descomposición electrolítica efectiva del óxido de escandio solo es posible a valores de alta densidad de corriente (más de 2 A/cm<sup>2</sup>) y alto contenido de óxido de escandio (aproximadamente 8 %) en el electrolito. La producción de semiproductos de aluminio y escandio con el contenido de escandio requerido puede ejecutarse continuamente en las condiciones tecnológicas de electrólisis de fundidos de criolita-alúmina.

Las características comunes para los procedimientos conocidos y reivindicados son llevar a cabo la electrólisis de una masa fundida que contiene fluoruro de sodio, fluoruro de aluminio y óxido de escandio, y llevar a cabo la reducción aluminotérmica de escandio.

Las desventajas del procedimiento conocido incluyen una temperatura de proceso relativamente alta (aproximadamente 1.000 °C), consumo de electricidad adicional para la deposición del cátodo de escandio, pérdidas relativamente grandes del componente de aleación, imposibilidad de establecer un proceso continuo de producción de una aleación porque el óxido de aluminio formado durante la reacción aluminotérmica se acumulará en el lodo fundido del mismo la propia masa fundida y el aluminio. El artículo de Shtefanyuk Y. y otros., "Producción de aleación Al-Sc por electrólisis de fundidos de óxido de escandio y criolita", Light Metals 2015, 16 de febrero de 2015, pp. 589-593 divulga pruebas primarias de producción de aleaciones de aluminio y escandio mediante electrólisis de óxido de escandio disuelto en un

baño de criolita que contiene aluminio fundido. La electrólisis en el fundido  $\text{KF-AlF}_3$ ,  $\text{KF-NaF-AlF}_3$  y  $\text{NaF-AlF}_3$  que contiene 1 % en peso de óxido de escandio realizado a una temperatura de 750-980 °C conduce a la formación de aleaciones con una concentración de escandio de 0,1-0,5 % en peso.

5 La publicación internacional WO 2006/079353 A1 se refiere a un procedimiento de producción de una aleación maestra de aluminio y escandio. El aluminio y el escandio se aíslan conjuntamente de manera catódica mediante el uso de los parámetros del proceso válidos para la producción de aluminio por electrolización de óxido de aluminio y óxido de escandio disuelto en una fundición de criolita en una celda electrolítica adecuada de producción de aluminio por electrolización de óxido de aluminio en una fundición de criolita. El proceso se realiza a 1.000 °C y conduce a la  
10 preparación de una aleación de Al-Sc que contiene 0,8-0,91 % en peso o 0,45 % en peso de escandio (para la concentración inicial de óxido de escandio en el baño 10 % en peso o 4 % en peso, respectivamente).

Manual de aluminio: Metalurgia física y procesos, en parte titulada "Introducción al aluminio" de Sverdlin, A. (01 de enero de 2007, Marcel Dekker, Nueva York, pp. 20-23) divulga una celda electrolítica estándar para la producción de aluminio. Tal celda comprende un bloque de acero rectangular revestido de ladrillo. El cátodo está construido con bloques de carbón cocido y grafito de tal forma que contienen el baño de electrolito fundido. El ánodo consiste en un número de bloques de carbón precocidos que se sumergen en el electrolito fundido o en un único electrodo Saderberg masivo.  
15

20 Se conoce en la técnica un aparato de producción de una aleación maestra de aluminio y estroncio, que comprende un baño con un fondo, un ánodo, un cátodo, un cable de corriente, un medio de mezcla y electrodos adicionales revestidos con un material que no interactúa con el electrolito, en el que el cátodo se fabrica de aluminio líquido, el cable de corriente del cátodo está revestido con un material que no interactúa con la aleación maestra, el ánodo se proporciona con canales para la descarga de gases anódicos y el baño en la parte inferior se proporciona con un orificio para  
25 descargar la aleación maestra (Patente RU núm. 2010893, C25C3/36, 15.04.1994).

Por lo tanto, está claro que varios enfoques para producir una aleación de aluminio y escandio no carecen de inconvenientes. Por lo tanto, sigue existiendo la necesidad de un procedimiento mejorado de producción de una aleación de aluminio y escandio que resuelva uno o más de los problemas de la técnica anterior.  
30

Es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento continuo sin desperdicio de producción de una aleación de aluminio y escandio que proporcione una alta pureza del producto final con un alto nivel de extracción de escandio.

### 35 **Sumario de la invención**

La presente invención proporciona un proceso para preparar una aleación de aluminio y escandio que contiene 0,41-4 % en peso de escandio, que comprende las siguientes etapas:

- 40 a) fundir aluminio y una mezcla de sales que contienen fluoruros de sodio, potasio y aluminio, en la que la relación de criolita de la mezcla de fluoruros de potasio, sodio y aluminio se mantiene dentro del intervalo de 1,3 a 1,7 y el contenido de fluoruro de sodio en 1-15 % en peso;
- 45 b) llevar a cabo, mientras se suministra continuamente óxido de escandio a la mezcla fundida de sales, la reducción aluminotérmica simultánea de escandio de su óxido y la descomposición electrolítica de la alúmina formada, en la que la concentración de óxido de escandio en la mezcla fundida de sales se mantiene en 1 a 8 % en peso;
- c) recuperar al menos una porción de la aleación de aluminio y escandio obtenida;
- d) agregar aluminio y repetir las etapas b)-c);

50 en el que, con el uso de dicha mezcla fundida de sales, la etapa d) se realiza repetidamente en al menos cuatro ciclos de producción de aleación de aluminio y escandio.

El procedimiento reivindicado proporciona la regeneración de la masa fundida de óxido-haluro que comprende una mezcla de fluoruros y óxido de escandio por descomposición electrolítica de la alúmina formada durante la reacción de alúmina.  
55

El procedimiento propuesto permite lograr un efecto técnico que consiste en reducir la temperatura y el consumo de energía de todo el proceso al tiempo que permite la posibilidad de obtener una aleación de alta pureza con una composición dada y lograr un alto nivel de extracción de escandio.

60 El contenido de escandio en la aleación de aluminio y escandio obtenido por el procedimiento propuesto es de 0,41 a 4 % en peso de escandio, preferentemente de 0,5 a 3,5 % en peso de escandio, preferentemente de 1 a 3 % en peso de escandio, preferentemente de 1,5 a 2,5 % en peso de escandio.

65 De acuerdo con el procedimiento de la invención, la concentración de óxido de escandio en la mezcla fundida de sales se mantiene entre 1 y 8 % en peso preferentemente de 2 a 7 % en peso, preferentemente de 3 a 6 % en peso, preferentemente de 4 a 5 % en peso.

El proceso de producción de la aleación se realiza preferentemente a una temperatura de 800-950 °C,

De acuerdo con la presente invención, la descomposición electrolítica de alúmina se lleva a cabo a una temperatura mantenida a 800-950 °C, con densidades de corriente anódica y catódica de 0,3-2 A/cm<sup>2</sup> y 0,4-1,8 A/cm<sup>2</sup>, respectivamente. La duración del proceso para obtener una aleación de aluminio y escandio (desde la carga y el inicio de la fusión del aluminio puro y una mezcla de sales hasta la descarga de la aleación obtenida) puede variar de 0,5 a 5 horas.

A continuación, la presente invención explicará por medio de realizaciones ejemplares específicas de la misma con referencia a los dibujos.

La Figura 1 es una vista esquemática del reactor de producción de una aleación de aluminio y escandio.

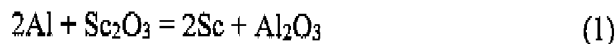
### Divulgación detallada de la invención

La Figura 1 muestra una vista general del reactor de producción de una aleación de aluminio y escandio. El dispositivo comprende una carcasa de acero 1 revestida en el interior con un material refractario 2, un crisol de grafito 3 montado en un bloque de grafito inferior 4 con palancones 5 dispuestos en el mismo, que sirve como un conductor de corriente al cátodo metálico 6. Un ánodo de grafito 8 se monta dentro del reactor a través de la cubierta 7, que también se proporciona con un puerto 9 para cargar aluminio y descargar la aleación. Para mantener la temperatura de proceso requerida, el reactor se proporciona además con elementos de calentamiento 10. El reactor contiene un dispensador 11 para una alimentación continua de óxido de escandio en la masa fundida. El reactor también tiene un orificio de drenaje de emergencia 12 para la extracción segura de la masa fundida en caso de ruptura del crisol 3.

La esencia del procedimiento propuesto es la siguiente. Tras el contacto de una masa fundida de óxido-haluro que contiene fluoruros de potasio, sodio y aluminio, así como óxido de escandio en una cantidad de 1-8 % en peso, se produce una reducción aluminotérmica del óxido de escandio, lo que resulta en la formación de una aleación de aluminio y escandio con un contenido de escandio de 0,41 a 4 % en peso. Al mismo tiempo, la concentración de óxido de escandio disminuye en la masa fundida y aumenta la concentración de alúmina (alúmina).

La limitación del contenido de óxido de escandio en la masa fundida de óxido-haluro se debe al hecho de que la solubilidad de Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en las mezclas fundidas KF-NaF-AlF<sub>3</sub> tiene valores cercanos a 8 % en peso.

La reacción química total (aluminotérmica) del proceso tiene la siguiente forma:

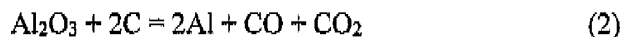


La cantidad de escandio formado en aluminio se determina por la cantidad de óxido de escandio (Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) en la masa fundida de óxido-haluro, el tiempo de contacto de la masa fundida de aluminio con la masa fundida de óxido-haluro y la velocidad de reacción constante (1).

Para establecer un proceso continuo de producción de una aleación de aluminio y escandio, una porción de la aleación de aluminio y escandio obtenida se descarga periódicamente después de lo cual se agrega aluminio a la masa fundida, en particular, una porción de aluminio fundido se vierte en la mayor parte de la aleación de aluminio y escandio descargada. Para obtener una aleación de aluminio y escandio, el óxido de escandio se alimenta continuamente mientras se mantiene la concentración de óxido de escandio en la masa fundida de haluro de óxido en un nivel de 1 a 8 % y la alúmina formada en la masa fundida se somete a descomposición electrolítica (electrólisis). La electrólisis se lleva a cabo a una temperatura de 800-950 °C y las densidades de corriente anódica y catódica de 0,3-2 A/cm<sup>2</sup> y 0,4-1,8 A/cm<sup>2</sup>, respectivamente. La duración del proceso para obtener una aleación de aluminio y escandio (desde el inicio de la fusión del aluminio puro cargado y la mezcla de sales hasta la descarga de la aleación obtenida) puede variar de 0,5 a 5 horas, en dependencia del requisito de contenido de escandio en la aleación de aluminio y escandio obtenida.

La intensidad de corriente requerida en el reactor se determina en función de la cantidad de alúmina formada como resultado de la reacción aluminotérmica. La cantidad de alúmina formada depende a su vez de la velocidad de alimentación seleccionada de óxido de escandio y de la velocidad de descarga de la aleación obtenida.

La reacción total de descomposición electrolítica del óxido de aluminio usando un ánodo de grafito y un cátodo de aluminio es la siguiente:



El procedimiento permite obtener una aleación de aluminio y escandio a bajas temperaturas (800-950 °C), en el que la aleación se puede obtener repetidamente de la misma masa fundida reemplazando periódicamente el aluminio, lo que lleva a simplificar el proceso y reducir el consumo de energía para mantener la temperatura del proceso. La reducción de la temperatura del proceso en el procedimiento reivindicado también conduce a un aumento en la relación de extracción de escandio.

El proceso propuesto se puede llevar a cabo en el reactor propuesto de la siguiente manera. El aluminio y una premezcla de sales que contienen fluoruros de potasio, sodio y aluminio se cargan en un crisol de grafito 3 del reactor, los elementos de calentamiento 10 se encienden y el aluminio y la mezcla de sales se funden, en el que debido a una diferencia en las densidades de líquido aluminio y la mezcla fundida de sales, el aluminio se recoge en el fondo del crisol, cuando la temperatura de fusión alcanza los 800-950 °C, se enciende un dispensador 11 por medio del cual el óxido de escandio se alimenta automáticamente de forma continua al material fundido, la corriente eléctrica se aplica simultáneamente para regenerar la masa fundida de óxido-haluro por descomposición electrolítica del óxido de aluminio formado durante la reacción aluminotérmica. Una porción de la aleación de aluminio y escandio obtenida se extrae del crisol 3 a través de la carga de aluminio y el puerto de descarga de la aleación 9, luego se agrega aluminio, preferentemente se agrega aluminio fundido, y el proceso de producción de la aleación continúa mientras se alimenta continuamente el óxido de escandio y se aplica la corriente eléctrica.

La implementación del procedimiento propuesto se ilustra con los siguientes ejemplos.

### 15 Ejemplo 1

Una mezcla de sales de  $\text{KF-NaF-AlF}_3$  que tienen  $\text{KR} = 1,43$  y un peso de 4.100 g y aluminio de grado A99 que tienen un peso de 4.670 g se colocaron en un crisol de grafito y se calentaron. Después de fundir la mezcla de sales y aluminio y alcanzar la temperatura deseada de 850 °C, se añadió óxido de escandio a la masa fundida. La concentración de óxido de escandio en la masa fundida de sales se mantuvo al 4,2 % en peso, basado en el peso total de óxido de escandio y la masa fundida de sales (peso de la masa fundida de óxido-haluro). La electrólisis se realizó a densidades de corriente anódica y catódica de 1,6 A/cm<sup>2</sup> y 1,4 A/cm<sup>2</sup>, respectivamente. El tiempo de electrólisis fue de 4 horas. La temperatura en el reactor se mantuvo adicionalmente por medio de elementos de calentamiento.

Después de 4 horas de electrólisis, la corriente se apagó y una porción de la aleación obtenida se retiró del crisol del reactor. La aleación obtenida se analizó para determinar el contenido de escandio e impurezas. La aleación obtenida contenía 2,1 % en peso de escandio con un contenido total de impurezas que no excede de 0,18 % en peso.

Para establecer un proceso continuo, se cargó aluminio puro al crisol del reactor, la temperatura de fusión se ajustó a 850 °C, y el proceso de producción de la aleación se continuó manteniendo la concentración de óxido de escandio en la masa fundida de sales al 4,2 % en peso y aplicando la corriente eléctrica para descomponer el óxido de aluminio (alúmina) que se está formando.

### 35 Ejemplo 2

Una mezcla de sales de  $\text{KF-NaF-AlF}_3$  que tienen  $\text{KR} = 1,33$  y un peso de 4.100 g y aluminio de grado A99 que tienen un peso de 4.670 g se colocaron en un crisol de grafito y se calentaron. Después de fundir la mezcla de sales y aluminio y alcanzar la temperatura deseada de 810 °C, se añadió óxido de escandio a la masa fundida. La concentración de óxido de escandio en la sal fundida se mantuvo a 6 % en peso % (basado en el peso total de óxido de escandio y la fusión de sales). La electrólisis se realizó con una densidad de corriente anódica y catódica de 2 A/cm<sup>2</sup> y 1,8 A/cm<sup>2</sup>, respectivamente. El tiempo de electrólisis fue de 5 horas. La temperatura en el reactor se mantuvo adicionalmente por medio de elementos de calentamiento.

Después de 5 horas de electrólisis, la corriente se apagó y una porción de la aleación de aluminio y escandio obtenida se retiró del crisol del reactor. La aleación obtenida se analizó para determinar el contenido de escandio e impurezas. La aleación obtenida contenía 3 % en peso de escandio con un contenido total de impurezas que no superaba el 0,21 % en peso.

Para establecer un proceso continuo, se cargó aluminio puro en el crisol del reactor, la temperatura de fusión se ajustó a 810 °C, y el proceso de producción de la aleación se continuó alimentando de óxido de escandio y manteniendo su concentración en la masa fundida de sales a 6 % en peso y aplicando la corriente eléctrica para descomponer el óxido de aluminio (alúmina) que se está formando.

### 55 Ejemplo 3

Una mezcla de sales de  $\text{KF-NaF-AlF}_3$  que tienen  $\text{KR} = 1,6$  y un peso de 4.100 g y aluminio de grado A99 que tienen un peso de 4.670 g se colocaron en un crisol de grafito y se calentaron. Después de fundir la mezcla de sales y aluminio y alcanzar la temperatura deseada de 880 °C, se añadió óxido de escandio a la masa fundida. La concentración de óxido de escandio en la sal fundida se mantuvo a 2,8 % en peso % (basado en el peso total de óxido de escandio y la fusión de sales). La electrólisis se realizó con una densidad de corriente anódica y catódica de 1,6 A/cm<sup>2</sup> y 1,4 A/cm<sup>2</sup>, respectivamente. El tiempo de electrólisis fue de 1,5 horas. La temperatura en el reactor se mantuvo adicionalmente por medio de elementos de calentamiento.

Después de 1,5 horas de electrólisis, la corriente se apagó y una porción de la aleación de aluminio y escandio obtenida se retiró del crisol del reactor. La aleación obtenida se analizó para determinar el contenido de escandio e impurezas. La

aleación obtenida contenía 1,13 % en peso de escandio con un contenido total de impurezas que no excede de 0,17 % en peso.

5 Para establecer un proceso continuo, se cargó aluminio puro al crisol del reactor, la temperatura de fusión se ajustó a 880 °C, y el proceso de producción de la aleación se continuó alimentando de óxido de escandio y manteniendo su concentración en la masa fundida de sales a 2,8 % en peso y aplicando la corriente eléctrica para descomponer el óxido de aluminio (alúmina) que se está formando.

#### 10 Ejemplo 4

15 Una mezcla de sales de  $\text{KF-NaF-AlF}_3$  que tienen  $\text{KR} = 1,48$  y un peso de 4.100 g y aluminio de grado A99 que tienen un peso de 4.670 g se colocaron en un crisol de grafito y se calentaron. Después de fundir la mezcla de sales y aluminio y alcanzar la temperatura deseada de 860 °C, se añadió óxido de escandio a la masa fundida. La concentración de óxido de escandio en la sal fundida se mantuvo a 5 % en peso % (basado en el peso total de óxido de escandio y la fusión de sales). La electrólisis se realizó con una densidad de corriente anódica y catódica de 1,8 A/cm<sup>2</sup> y 1,6 A/cm<sup>2</sup>, respectivamente. El tiempo de electrólisis fue de 5 horas. La temperatura en el reactor se mantuvo adicionalmente por medio de elementos de calentamiento.

20 Después de 5 horas de electrólisis, la corriente se apagó y una porción de la aleación de aluminio y escandio obtenida se retiró del crisol del reactor. La aleación obtenida se analizó para determinar el contenido de escandio e impurezas. La aleación obtenida contenía 2 % en peso de escandio con un contenido total de impurezas que no excede de 0,21 % en peso.

25 Para establecer un proceso continuo, se cargó aluminio puro en el crisol del reactor, la temperatura de fusión se ajustó a 860 °C, y el proceso de producción de la aleación se continuó alimentando óxido de escandio y manteniendo su concentración en la masa fundida de sales a 5 % en peso y aplicando la corriente eléctrica para descomponer el óxido de aluminio (alúmina) que se está formando.

#### 30 Ejemplo 5

35 Una mezcla de sales de  $\text{KF-NaF-AlF}_3$  que tienen  $\text{KR} = 1,68$  y un peso de 4.100 g y aluminio de grado A99 que tienen un peso de 4.670 g se colocaron en un crisol de grafito y se calentaron. Después de fundir la mezcla de sales y aluminio y alcanzar la temperatura deseada de 920 °C, se añadió óxido de escandio a la masa fundida. La concentración de óxido de escandio en la sal fundida se mantuvo a 3 % en peso % (basado en el peso total de óxido de escandio y la fusión de sales). La electrólisis se realizó con una densidad de corriente anódica y catódica de 1,8 A/cm<sup>2</sup> y 1,6 A/cm<sup>2</sup>, respectivamente. El tiempo de electrólisis fue de 4,4 horas. La temperatura en el reactor se mantuvo adicionalmente por medio de elementos de calentamiento.

40 Después de 4,4 horas de electrólisis, la corriente se apagó y una parte de la aleación de aluminio y escandio obtenida se retiró del crisol del reactor. La aleación obtenida se analizó para determinar el contenido de escandio e impurezas. La aleación obtenida contenía 1,6 % en peso de escandio con un contenido total de impurezas que no excede de 0,15 % en peso.

45 Para establecer un proceso continuo, se cargó aluminio puro al crisol del reactor, la temperatura de fusión se ajustó a 920 °C, y el proceso de producción de la aleación se continuó alimentando de óxido de escandio y manteniendo su concentración en la masa fundida de sales a 3 % en peso y aplicando la corriente eléctrica para descomponer el óxido de aluminio (alúmina) que se está formando.

#### 50 Ejemplo 6

55 Una mezcla de sales de  $\text{KF-NaF-AlF}_3$  que tienen  $\text{KR} = 1,5$  y un peso de 4.100 g y aluminio de grado A99 que tienen un peso de 4.670 g se colocaron en un crisol de grafito y se calentaron. Después de fundir la mezcla de sales y aluminio y alcanzar la temperatura deseada de 870 °C, se añadió óxido de escandio a la masa fundida. La concentración de óxido de escandio en la sal fundida se mantuvo a 8 % en peso % (basado en el peso total de óxido de escandio y la fusión de sales). La electrólisis se realizó con una densidad de corriente anódica y catódica de 1,8 A/cm<sup>2</sup> y 1,6 A/cm<sup>2</sup>, respectivamente. El tiempo de electrólisis fue de 4,4 horas. La temperatura en el reactor se mantuvo adicionalmente por medio de elementos de calentamiento.

60 Después de 4,4 horas de electrólisis, la corriente se apagó y una parte de la aleación de aluminio y escandio obtenida se retiró del crisol del reactor. La aleación obtenida se analizó para determinar el contenido de escandio e impurezas. La aleación obtenida contenía 4 % en peso de escandio con un contenido total de impurezas que no excede de 0,24 % en peso.

65 Para establecer un proceso continuo, se cargó aluminio puro al crisol del reactor, la temperatura de fusión se ajustó a 920 °C, y el proceso de producción de la aleación se continuó alimentando óxido de escandio y manteniendo su

concentración en la masa fundida de sales a 8 % en peso y aplicando la corriente eléctrica para descomponer el óxido de aluminio (alúmina) que se está formando.

**Ejemplo 7**

5

Una mezcla de sales de KF-NaF-AlF<sub>3</sub> que tienen KR = 1,48 y un peso de 4.100 g y aluminio de grado A99 que tienen un peso de 4.670 g se colocaron en un crisol de grafito y se calentaron. Después de fundir la mezcla de sales y aluminio y alcanzar la temperatura deseada de 850 °C, se añadió óxido de escandio a la masa fundida. La concentración de óxido de escandio en la sal fundida se mantuvo a 1% en peso % (basado en el peso total de óxido de escandio y la fusión de sales). La electrólisis se realizó con una densidad de corriente anódica y catódica de 1,8 A/cm<sup>2</sup> y 1,6 A/cm<sup>2</sup>, respectivamente. El tiempo de electrólisis fue de 1 hora. La temperatura en el reactor se mantuvo adicionalmente por medio de elementos de calentamiento.

10

15

Después de 1 hora de electrólisis, la corriente se apagó y una porción de la aleación de aluminio y escandio obtenida se retiró del crisol del reactor. La aleación obtenida se analizó para determinar el contenido de escandio e impurezas. La aleación obtenida contenía 0,41 % en peso de escandio con un contenido total de impurezas que no excede de 0,20 % en peso.

20

Para establecer un proceso continuo, se cargó aluminio puro en el crisol del reactor, la temperatura de fusión se ajustó a 850 °C, y el proceso de producción de la aleación continuó alimentando óxido de escandio y manteniendo su concentración en la masa fundida de sales a 1 % en peso y aplicando la corriente eléctrica para descomponer el óxido de aluminio (alúmina) que se está formando.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un procedimiento de producción de una aleación de aluminio y escandio que tiene un contenido de escandio de 0,41-4 % en peso que comprende las siguientes etapas de:
  - a) fundir aluminio y una mezcla de sales que contienen fluoruros de sodio, potasio y aluminio, en la que la relación de criolita de la mezcla de fluoruros de potasio, sodio y aluminio se mantiene dentro del intervalo de 1,3 a 1,7 y el contenido de fluoruro de sodio en 1-15 % en peso;
  - 10 b) llevar a cabo, mientras se suministra continuamente óxido de escandio a la mezcla fundida de sales, la reducción aluminotérmica simultánea de escandio de su óxido y la descomposición electrolítica de la alúmina formada, en la que la concentración de óxido de escandio en la mezcla fundida de sales se mantiene en 1 a 8 % en peso;
  - c) recuperar al menos una porción de la aleación de aluminio y escandio obtenida;
  - 15 d) agregar aluminio y repetir las etapas b) - c);  
en el que, con el uso de dicha mezcla fundida de sales, la etapa d) se realiza repetidamente en al menos cuatro ciclos de producción de aleación de aluminio y escandio.
- 20 2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el procedimiento se lleva a cabo a una temperatura de 800-950 °C.
- 25 3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la descomposición electrolítica de la alúmina se lleva a cabo a una densidad de corriente anódica de 0,3-2 A/cm<sup>2</sup>.
- 30 4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la descomposición electrolítica de la alúmina se lleva a cabo a una densidad de corriente catódica de 0,4-1,8 A/cm<sup>2</sup>.
- 35 5. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** su duración es de 30 minutos a 5 horas desde el inicio de la fusión del aluminio y una mezcla de sales hasta la recuperación de al menos una parte de la aleación de aluminio y escandio obtenida.
- 40 6. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el contenido de escandio en la aleación obtenida es de 0,5 a 3,5 % en peso.
- 45 7. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el contenido de escandio en la aleación obtenida es de 1 a 3 % en peso.
8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el contenido de escandio de la aleación obtenida es de 1,5 % a 2,5 % en peso.
9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la concentración de óxido de escandio en la mezcla fundida de sales se mantiene de 2 a 7 % en peso.
10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la concentración de óxido de escandio en la mezcla fundida de sales se mantiene entre 3 y 6 % en peso.
11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la concentración de óxido de escandio en la mezcla fundida de sales se mantiene entre 4 y 5 % en peso.



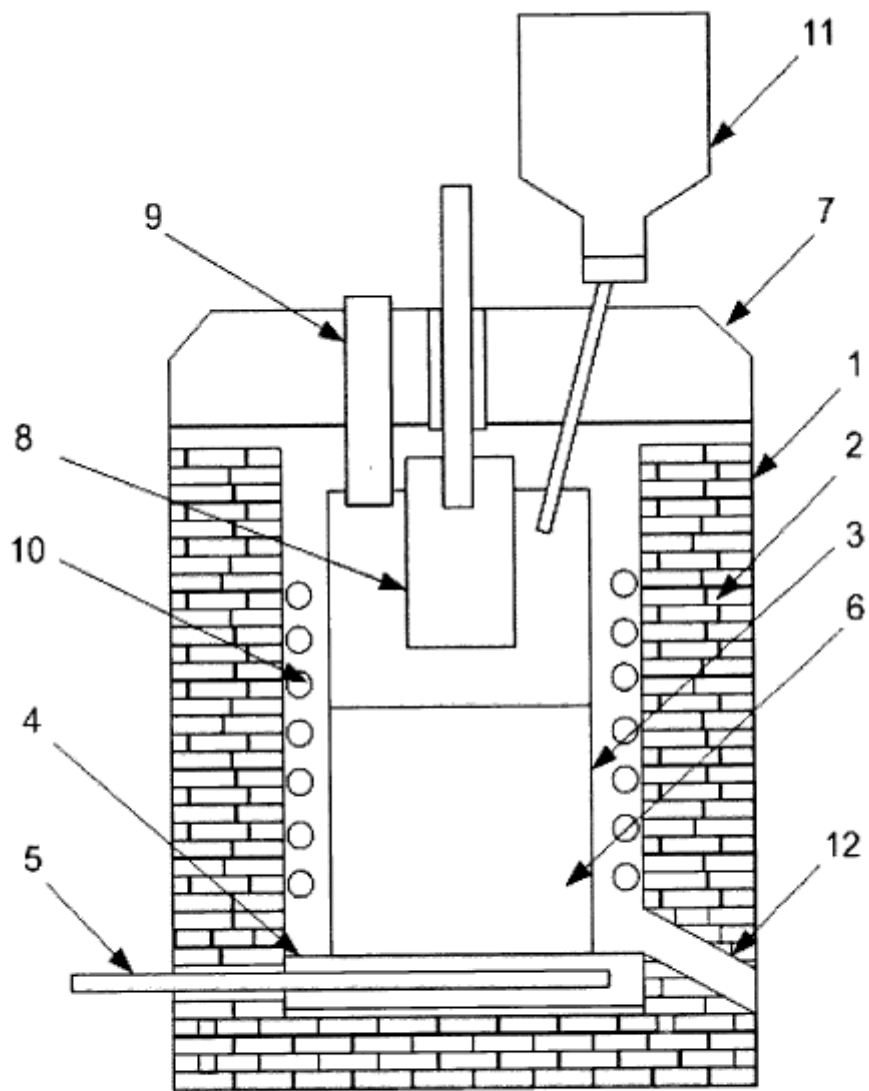


Figura 1