



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 325 619**

51 Int. Cl.:
C22B 21/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04711143 .0**

96 Fecha de presentación : **13.02.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1604048**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.12.2005**

54 Título: **Método y reactor para la producción de aluminio por reducción carbotérmica de alúmina.**

30 Prioridad: **06.03.2003 US 382972**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.09.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.09.2009

73 Titular/es: **Alcoa Inc.**
Alcoa Corporate Center, 201 Isabella Street
Pittsburgh, Pennsylvania 15212-5858, US
Elkem AS.

72 Inventor/es: **Aune, Jan, Arthur y**
Johansen, Kai

74 Agente: **Cañadell Isern, Roberto**

ES 2 325 619 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

Método y reactor para la producción de aluminio por reducción carbotérmica de alúmina.

5 La presente invención se refiere a un proceso para la producción de aluminio por reducción carbotérmica de alúmina y a un reactor para la producción de aluminio por reducción carbotérmica de alúmina.

La reducción carbotérmica directa de alúmina se ha descrito en la patente US 2,974,032 (Grunet *et al.*) y se sabe desde hace tiempo que se produce la reacción global: $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{Al} + 3\text{CO}$ (1), o es posible obtenerla en dos etapas: $\text{Al}_4\text{O}_3 + 9\text{C} = \text{Al}_4\text{C}_3 + 6\text{CO}$ (2); y $\text{Al}_4\text{C}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 6\text{Al} + 3\text{CO}$ (3).

15 La reacción (2) se produce a temperaturas inferiores a 2000°C. La reacción (3), que es la reacción que produce el aluminio, se produce a temperaturas considerablemente superiores a 2200°C y más; la velocidad de reacción aumenta al aumentar la temperatura. Además de las especies indicadas en las reacciones (2) y (3), se forman especies volátiles, inclusive Al gaseoso, subóxido de aluminio gaseoso (Al_2O) y CO en las reacciones (2) y (3) que son arrastradas con el gas que sale al exterior. A no ser que se recuperen, estas especies volátiles representarán una pérdida en el rendimiento de aluminio. Ambas reacciones (2) y (3) son endotérmicas.

20 La patente US 6,440,193 se refiere a un proceso de este tipo para la producción carbotérmica de aluminio, en la que se produce carburo de aluminio junto con el óxido de aluminio fundido en un compartimento de baja temperatura. El baño fundido de carburo de aluminio y óxido de aluminio pasa del compartimento de baja temperatura a un compartimento de temperatura elevada, donde el carburo de aluminio (Al_4C_3) reacciona con el óxido de aluminio (Al_2O_3) para producir aluminio. En el compartimento de temperatura elevada, el aluminio forma una capa por encima de una capa fundida de escorias y se extrae del compartimento de temperatura elevada. Los gases que salen del compartimento de baja temperatura y del compartimento de temperatura elevada que contienen vapor de Al y subóxido de aluminio volátil (Al_2O) reaccionan para formar Al_4C_3 . El compartimento de baja temperatura y el compartimento de temperatura elevada están situados en un recipiente de reacción común, donde el compartimento de baja temperatura está separado del compartimento de temperatura elevada por un tabique de corriente de fondo. El baño fundido que contiene carburo de aluminio y óxido de aluminio producido en el compartimento de baja temperatura fluye de forma continua por gravedad por debajo del tabique y hacia el interior del compartimento de alta temperatura, lo cual se regula extrayendo aluminio del compartimento de alta temperatura. La energía necesaria para mantener la temperatura en el compartimento de baja temperatura y en el de temperatura elevada la proporcionan unos sistemas de alimentación de energía separados.

35 En la segunda etapa, reacción (3), se necesita un exceso de carbono para acelerar la producción de aluminio. Para mantener un contenido de carbono suficiente en el compartimento de temperatura elevada, es necesario añadir carbono adicional al compartimento de temperatura elevada. Según la patente US 6,440,193, el carbono adicional se añade a través de un dispositivo de alimentación dispuesto en el techo del compartimento de temperatura elevada, haciendo pasar de este modo el carbono adicional por la capa superior de aluminio fundido en el compartimento de temperatura elevada y por el interior del baño fundido en el compartimento de temperatura elevada.

Se ha descubierto que la adición de material de carbono a la parte superior del aluminio fundido puede causar una contra reacción del aluminio así como una escasa distribución del carbono en la zona de reacción de temperatura elevada. Para superar este problema, se ha descubierto que hay que añadir el material de carbono adicional directamente dentro de la capa de escoria y por debajo de la capa superior de aluminio, manteniendo de este modo más uniforme la composición de la capa de escoria durante la formación de aluminio en el compartimento de temperatura elevada. Se ha descubierto asimismo que el material de carbono adicional debe distribuirse del modo más uniforme posible en la capa de escoria del compartimento de temperatura elevada. Finalmente, se ha descubierto que el material de carbono adicional tiene que añadirse de forma controlable.

50 Con el fin de poder aprovechar estos descubrimientos, se ha inventado un proceso y un reactor. Específicamente, el proceso de la presente invención comprende la adición de material de carbono adicional a la escoria cuando fluye por debajo del tabique del compartimento de baja temperatura al compartimento de temperatura elevada. El reactor de la presente invención comprende un dispositivo para aportar el material de carbono adicional a la escoria cuando fluye por debajo del tabique del compartimento de baja temperatura al compartimento de temperatura elevada.

60 Según la invención, el dispositivo para aportar el material de carbono adicional a la capa de escoria es una abertura en la parte inferior del tabique. Más específicamente, el tabique es hueco, con una abertura en la parte inferior que permite que el material de carbono adicional salga de la parte inferior del tabique y se introduzca en la corriente de fondo de escoria que se mueve del compartimento de baja temperatura al compartimento de temperatura elevada del reactor. Se utiliza un medio de transporte, como un tornillo o gato o una combinación de tornillo y gato para mover el carbono adicional por el tabique. De preferencia, el tabique hueco se puede mover verticalmente con el fin de variar la altura de la abertura en la corriente de fondo de escoria.

65 Añadiendo el material de carbono adicional a la corriente de fondo de escoria en el tabique, el material de carbono adicional se añade directamente al interior de la escoria, por debajo del nivel de la capa superior de aluminio, y la cantidad de material de carbono añadida se puede distribuir de modo uniforme por toda la escoria en el compartimento de temperatura elevada. Como el tabique se puede mover verticalmente, es posible variar el punto en el que se añade el

ES 2 325 619 T3

material de carbono adicional. Normalmente, la posición vertical del tabique sólo se ajusta cuando no está funcionando el horno. Además, la cantidad de carbono añadido a la escoria se puede controlar por la velocidad a la que el medio de transporte va moviendo el material de carbono adicional a través del tabique.

5 De preferencia, la zona hueca y la abertura en el tabique se extienden por todo el tabique. Alternativamente la zona hueca se puede dividir en una serie de canales o conductos orientados verticalmente. Cada conducto tiene una abertura en la base del tabique para conducir hacia abajo material de carbono adicional y alimentar de material de carbono adicional el interior de la corriente de fondo de escoria.

10 A *grosso modo*, la presente invención es un proceso para aportar material de carbono adicional a un reactor para la producción carbotérmica de aluminio, en el que el reactor es dividido en un compartimento de baja temperatura y un compartimento de temperatura elevada por un tabique de corriente de fondo hueco. En el compartimento de baja temperatura se produce un baño fundido o escoria que comprende carburo de aluminio y óxido de aluminio. El baño fundido de carburo de aluminio y óxido de aluminio fluye por debajo del tabique hueco de corriente de fondo
15 hacia el interior del compartimento de temperatura elevada donde el carburo de aluminio reacciona con la alúmina para producir aluminio, que forma una capa por encima de la capa inferior de escoria fundida y donde el aluminio se extrae del compartimento de temperatura elevada. El material de carbono adicional se aporta al baño fundido de carburo de aluminio y óxido de aluminio a través de por lo menos una abertura en el tabique hueco de corriente de fondo, encontrándose dicha abertura a un nivel por debajo de la capa de aluminio fundido en el compartimento de temperatura elevada. En otras palabras, la abertura está situada en el tabique, a nivel de la escoria que fluye por debajo del tabique.

El reactor de la presente invención es un reactor para la producción carbotérmica de aluminio, que comprende un recipiente de reacción que presenta un compartimento de reacción de baja temperatura y un compartimento de reac-
25 ción de temperatura elevada. El compartimento de baja temperatura dispone de unos medios para aportar materiales a dicho compartimento y uno o más electrodos para aportar corriente eléctrica de trabajo a dicho compartimento, estando situado dicho electrodo o electrodos para sumergirse en un baño fundido producido en el compartimento de baja temperatura. El compartimento de reacción de temperatura elevada es separado del compartimento de baja temperatura por medio de un tabique hueco. El tabique hueco tiene al menos una abertura hacia el interior de la corriente de fondo del baño fundido, permitiendo de este modo que el baño fundido fluya por debajo, desde el compartimento de reacción de baja temperatura hasta el compartimento de temperatura elevada. En la pared lateral del compartimento de temperatura elevada del recipiente de reacción se ha dispuesto una pluralidad de pares de electrodos dispuestos, prácticamente horizontales, para aportar corriente eléctrica a dicho compartimento. El compartimento de temperatura elevada tiene una Salida para extraer de forma continua aluminio fundido. El baño fundido producido en el compartimento de baja temperatura fluye hacia el interior del compartimento de temperatura elevada por gravedad debido a
35 que se lleva la capa superior de aluminio hacia el interior del compartimento de temperatura elevada. La abertura, por lo menos una, en el tabique está situada en un nivel inferior al de la capa de aluminio fundido en el compartimento de temperatura elevada.

40 Según la presente invención, el material de carbono adicional puede ser coque, carbón, polvo de carbono aglomerado o presentar cualquier otra forma. El material de carbono adicional puede ser también Al_4C_3 , que se prefiere para reducir la cantidad de gas CO producida en el compartimento de temperatura elevada así como para reciclar Al_4C_3 desde unos reactores de gas de salida conectados a los compartimentos de temperatura baja y elevada. Finalmente también se puede utilizar como material de carbono adicional Al_4C_3 filtrado del aluminio producido extraído del reactor.

45 Estos y otros aspectos de la invención se entenderán mejor con referencia a los dibujos adjuntos, donde:

La figura 1 es una sección transversal de una realización preferida de un recipiente reactor según la invención,

50 La figura 2 es una sección transversal de un tabique hueco,

La figura 3 es una vista en planta del tabique hueco de la figura 2 tomada a lo largo de la línea 3-3,

La figura 4 es una vista en planta de un tabique con una pluralidad de conductos en su interior; y

55 La figura 5 es una vista lateral del tabique de la figura 4 tomada a lo largo de la línea 5-5.

La figura 1 muestra un recipiente de reacción 1 estanco a los gases, generalmente de forma rectangular, dividido en un compartimento de baja temperatura 2 y un compartimento de temperatura elevada 3 por un tabique 4 hueco de corriente de fondo que permite que pase un baño fundido del compartimento de baja temperatura 2 al un compartimento de temperatura elevada 3 así como la adición de material de carbono adicional a la corriente de baño fundido, al pasar por debajo del tabique 4. En el extremo final del compartimento de temperatura elevada 3 frente al compartimento de baja temperatura 2, se ha dispuesto una salida 5 para extraer o quitar una capa de aluminio fundido 31. El baño fundido circula por gravedad desde el compartimento de baja temperatura 2 al compartimento de temperatura elevada 3. La circulación se ve afectada y regulada por la extracción de aluminio 31 en la salida 5. Cuando se toma aluminio del compartimento de temperatura elevada, una cantidad correspondiente de baño fundido circula por debajo del tabique del compartimento de baja temperatura al compartimento de temperatura elevada. Los dos compartimentos no están conectados por canalizaciones separadas.

ES 2 325 619 T3

En el compartimento de baja temperatura 2, se ha dispuesto una pluralidad de electrodos 6, por lo general de dos a cuatro, que se extienden por el techo del recipiente de reacción 1. Se pretende que, durante el funcionamiento del recipiente de reacción, los electrodos 6 pasen a través del baño y se sumerjan en el baño fundido, en el compartimento de baja temperatura 2 para aportar energía por calentamiento por resistencia. Los electrodos 6 pueden tener unos medios convencionales (no mostrados) para aportar corriente eléctrica y unos medios convencionales (no mostrados) para regular los electros 6. Los electrodos 6 son de preferencia de grafito fusibles, aunque se puede utilizar también cualquier otro material adecuado para dicho uso.

En el compartimento de temperatura elevada 3, se ha dispuesto una pluralidad de pares de electrodos 7 a lo largo de las paredes laterales del recipiente de reacción 1. En la figura 1, los electrodos laterales se describen como círculos ya que sobresalen de una pared y sólo se muestra por lo tanto un electrodo de cada conjunto. Los electrodos 7 pueden ser electrodos de grafito fusibles o electrodos inertes no fusibles. Se aporta individualmente corriente eléctrica a cada par de electrodos 7. Utilizando una pluralidad de pares de electrodos 7 en la pared lateral del recipiente de reacción 1, se alcanza una temperatura uniforme en el baño fundido en el compartimento de temperatura elevada 3. Como se puede ver, los electrodos 7 no pasan por la parte superior del baño y están dispuestos por debajo del nivel de la capa de aluminio 31, proporcionando de este modo las ventajas descritas anteriormente. En el techo del compartimento de baja temperatura 2 se han dispuesto unos medios de alimentación 9 para alimentar la alúmina 32 desde el depósito alimentador 34 y el material de reducción carbonoso 36 al compartimento de baja temperatura 2. Los medios de suministro 8 son de preferencia estancos a los gases, por lo que se pueden suministrar materiales brutos sin el escape de gases de salida del reactor a través de los medios de alimentación 8.

Por encima del techo del compartimento de baja temperatura 2 se ha dispuesto además una primera salida de gas 9. La salida de gas 9 puede pasar al reactor 10 para recuperar Al_4C_3 .

Por encima del techo del compartimento de temperatura elevada 3, se ha dispuesto una segunda salida de gas 19, idéntica a la salida de gas 9 dispuesta sobre el tejado por encima del compartimento de baja temperatura 2. Los gases de escape del compartimento de temperatura elevada 3 pueden pasar a otro reactor 10 para recuperar Al_4C_3 . Los gases que circulan por las salidas 9 y 19 también pueden pasar por el mismo reactor 10.

El tabique hueco 4 tiene un dispositivo de alimentación 30 situado en la parte superior para guardar material de carbono adicional y alimentar con material de carbono adicional hacia abajo a través del tabique hueco 4, el interior del baño fundido de la corriente de fondo. El Al_4C_3 recuperado del reactor 10 se recicla de preferencia en el dispositivo de alimentación 30 para utilizarlo como material de carbono adicional. El dispositivo de alimentación 30 y el tabique hueco son de preferencia estancos a los gases, de forma que se puede suministrar material bruto adicional al reactor sin el escape de los gases del reactor.

La figura 2 ilustra una sección transversal de una realización preferida de tabique hueco 4', mientras que la figura 3 muestra una vista en planta del tabique, tomada a lo largo de la línea III-III de la figura 2. El tabique 4' comprende unos laterales 4'a y 4'b y un espacio 4'c en el que se guarda material de carbono y se aloja un tornillo 4'd para transportar hacia abajo el material de carbono adicional a través del espacio 4'c y una abertura de salida 4'e en la parte inferior del tabique 4'. De preferencia, se dispone el sistema de refrigeración 4'f en el lado exterior del tabique 4'. El sistema de refrigeración 4'f es un sistema de refrigeración convencional, que funciona de modo convencional. Se utiliza un sistema de engranaje de cremallera 4'g para mover verticalmente el tabique 4'. Al mover el tabique 4' el nivel de la abertura 4'e varía, permitiendo de este modo controlar la altura de adición del material de carbono adicional en la escoria de la corriente de fondo. La velocidad a la que funciona el tornillo 4'b controla la cantidad de material de carbono adicional alimentado a través de la abertura 4'e.

El sistema de engranaje de cremallera 4'g es un sistema convencional que funciona de modo convencional para mover el tabique 4' y ajustar la altura a la que se aporta a la escoria material de carbono adicional.

El sistema de refrigeración 4'f también contribuye a guiar el movimiento del tabique 4'.

Las figuras 4 y 5 ilustran otra realización, en la que zona hueca se ha dividido en una pluralidad de conductos. Dichos conductos también se pueden ver como espacios circulares o huecos. El tabique 4'' tiene espacios 4''c y tornillos 4''d situados en su interior para alimentar el material de carbono hacia abajo, a través del espacio 4''c hasta la escoria de la corriente de fondo. La cantidad de material de carbono adicional añadida a la escoria de la corriente de fondo se controla mediante la velocidad a la que giran los tornillos 4''d en el espacio 4''c. Cuanto mayor es la velocidad, más material de carbono se añade a la escoria de la corriente de fondo. El material de carbono adicional sale del tabique 4'' a través de las aberturas 4''e. También se dispone en el tabique 4'' de una capa de refrigeración/protectora 4''f.

Los tornillos 4'c y 4''c son dispositivos convencionales que funcionan de forma convencional para mover hacia abajo el material de carbono adicional en partículas a través de los espacios 4'c, 4''c y los orificios de salidos 4'e, 4''e, respectivamente. De preferencia, los motores utilizados para hacer girar los tornillos 4'c, 4''c son variables para ofrecer un cambio de velocidad y controlar la cantidad de material de carbono adicional añadida a la escoria de la corriente de fondo.

A continuación se describirá, sobre la base de la figura 1, una realización preferida que ofrece un ejemplo de funcionamiento del proceso según la invención. Se aporta una carga de alúmina y carbono a través de los medios de

ES 2 325 619 T3

alimentación 8 al compartimento de baja temperatura 2. Se suministra energía eléctrica a través de los electrodos 6 para obtener y mantener un baño de escoria fundida de alúmina y Al_4C_3 a una temperatura de 2.000°C aprox. Los electrodos 6 se sumergen en el baño de escoria fundida, donde se transmite la energía al baño de escoria fundida por calefacción por resistencia. El gas que sale por el compartimento de baja temperatura 2, que suele contener CO , Al_2O y algo de vapor de Al , se extrae a través de un conducto de gas y se lleva a la parte inferior de la salida de gas 9. El Al_4C_3 se recicla de preferencia hacia el reactor 10 a través del dispositivo de alimentación 30 y el tabique hueco 4.

La escoria fundida que consta de carburo y de aluminio y alúmina, producida en el compartimento de baja temperatura 2 fluirá de forma continua por debajo del tabique hueco 4, hacia el interior del compartimento de temperatura elevada 3. El material de carbono adicional procedente del dispositivo de alimentación 30 fluirá hacia abajo, a través del tabique hueco 4, hacia el interior de la escoria fundida que circula por debajo del tabique 4.

Como puede verse en las figuras 2-5, se hace girar unos tornillos 4'd, 4''d para transportar material de carbono adicional a través de los tabiques 4', 4'' y los orificios de salida 4'e, 4''e, respectivamente. Se usa un sistema de engranaje de cremallera 4'g para elevar y bajar el tabique 4', variando de este modo la altura de la abertura 4'e en la escoria. La velocidad en los tornillos 4'd, 4''d se hace variar para controlar la cantidad de material de carbono adicional que fluye hacia abajo desde el dispositivo de alimentación 30 hacia el interior de la escoria de fondo.

En el compartimento de temperatura elevada 3, la temperatura de la escoria fundida se incrementa hasta 2100°C o más, aportando corriente eléctrica a la pluralidad de los electrodos 7 de las paredes laterales que calientan el baño de escoria por calefacción por resistencia. Utilizando una pluralidad de pares de electrodos 7 dispuestos a lo largo de las paredes laterales del compartimento de temperatura elevada 3, por debajo y no a través de la capa de aluminio fundido 31, muy importante, la temperatura se puede controlar en el baño de escoria por toda la longitud del compartimento de temperatura elevada 3, reduciéndose o evitándose un sobrecalentamiento localizado. Este proceso supone un flujo prácticamente horizontal de la escoria fundida hacia el interior del compartimento de temperatura elevada 3, como muestran las flechas 38 en el compartimento 2, sin necesidad de un conducto de calefacción separado o de utilizar gases para que fluya la escoria.

Manteniendo la temperatura en el baño de escoria en el compartimento de temperatura elevada 3 a una temperatura por encima de aproximadamente 2100°C, el carbono de aluminio reaccionará con la alúmina para producir Al y gas CO . El carbono adicional sustituirá el carbono consumido durante la reacción de producción de Al . Debido a la elevada temperatura, una cantidad apreciable de Al producido se vaporizará junto con Al_2O y saldrá del horno con el gas de escape. El Al líquido producido en el compartimento de temperatura elevada 3 formará, debido a su baja densidad, una capa fundida 31 por encima de la capa inferior de escoria fundida y se extraerá del horno a través de la salida de rebose 5. No se necesita recircular la escoria restante hacia el interior del compartimento de baja temperatura 2 por medio de canalizaciones separadas, con lo cual se ahorran gastos considerables y se simplifica el proceso. Durante la reacción del carburo de aluminio y de la alúmina, se agotará el carbono del baño de escoria fundida en el compartimento de temperatura elevada 3. Por tanto, se aportará material adicional de carbono al compartimento de temperatura elevada 3 a través del tabique hueco 4. Además de material de carbono, se puede cargar alúmina sólida en el compartimento de temperatura elevada 3 a través del mismo tabique.

El aluminio producido en el compartimento de temperatura elevada 3 estará saturado de carburo de aluminio fundido. El aluminio recalentado en el compartimento de temperatura elevada 3 se extrae de forma continua a través de la salida de rebose/corriente de fondo 5 y puede pasar a operaciones corriente abajo. Se enfría luego el aluminio para formar una corriente 40, de preferencia añadiendo recortes de aluminio 42 en el recipiente de refrigeración 44, hasta una temperatura por encima del punto de fusión del aluminio. Una vez enfriado el aluminio, gran parte del carburo de aluminio disuelto en el aluminio se precipitará en forma de carburo de aluminio sólido 46 y se podrá desescoriar del aluminio fundido enfriado en un recipiente de purificación 48. Se pueden combinar los recipientes 44 y 48. El carburo de aluminio restante 50 se puede quitar utilizando medios convencionales, como p. ej. haciendo pasar una corriente 49 a través del filtro 52. El carburo de aluminio eliminado del aluminio después de la sangría/colada se recicla de preferencia hacia el compartimento de baja temperatura 2 y/o hacia el tabique hueco 4. El recipiente de refrigeración, el recipiente de purificación y el filtro pueden ser de cualquier tipo útil para realizar esta función.

La corriente de aluminio purificada 54 se puede hacer pasar entonces por cualquier número de dispositivos, como un dispositivo de desgasificación 50 para eliminar p. ej. el H_2 , un dispositivo de escorificación 58 para expulsar los óxidos de la masa fundida y eventualmente por un dispositivo de colada 60 para proporcionar cuerpos primarios no aleados, como lingotes 62 o similares de aprox. 50 lb. (22,7 kg.) hasta aprox. 750 lb. (341 kg.). Estos lingotes se pueden volver a colar para la aleación final en un horno de depósito o mezcla o se puede hacer pasar directamente la colada del dispositivo de escorificación a un horno para la aleación final y la colada como cuerpos de aluminio aleados. Se pueden añadir elementos como Cu , Fe , Si , Mg , Ni , Cr , etc. al horno de mezcla, en forma de lingotes de aleación rica como 8296 $\text{Al}/18\% \text{Cu}$, ya que puede no resultar factible la adición en forma pura. Estas operaciones son reconocidas y se describen por ejemplo en Aluminum, Vol. III, Ed. Kent R. Van Horn, Amer. Soc. of Metals (1967), pp 1836, que se incorpora aquí a modo de referencia.

La cantidad y ubicación del carbono en la capa de escoria del compartimento de temperatura elevada 3 se puede medir mediante el sensor 70 o bien midiendo la resistencia eléctrica de la escoria. Esto ayuda a determinar la cantidad de carbono presente y si el carbono está distribuido de un modo uniforme en la capa de escoria. El sensor 70 es un sensor convencional que funciona de modo convencional.

ES 2 325 619 T3

El sensor 70 comunica con el motor de tornillo 72 y con el sistema de engranaje de cremallera 4'g para controlar la cantidad de material carbono añadido así como la altura en la capa de escoria a la que se tiene que añadir el material de carbono. Los motores individuales de cada transportador sin fin 4'd, 4''d son controlados independientemente con el fin de controlar la adición de material de carbono en una tercera dimensión. En particular, si se necesita material de carbono adicional a lo largo de los laterales del horno, únicamente se hacen funcionar los tornillos 4'd, 4''d en los extremos de los tabiques 4', 4'' mientras que los tornillos 4'd, 4''d en el centro del tabique 4', 4'' se detienen. Como se podrá apreciar, un control independiente de cada uno de los tornillos 4'd, 4''d junto con un sistema de engranaje de cremallera 4'g permite un control tridimensional de la adición de material de carbono a través de los tabiques 4', 4''.

Es evidente que las reivindicaciones pretenden abarcar todo tipo de cambios y modificaciones de las realizaciones preferidas de la invención que se eligen aquí con fines ilustrativos y no suponen apartarse de su ámbito.

Tras haber descrito las realizaciones preferidas actualmente, queda entendido que la invención se puede realizar de otro modo dentro del ámbito de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para la producción carbotérmica de aluminio, en el que se produce un baño fundido que comprende carburo de aluminio en un compartimento de baja temperatura (2), baño fundido que pasa al interior de un compartimento de temperatura elevada (3), donde el carburo de aluminio reacciona con alúmina para producir aluminio, que forma una capa por encima de una escoria fundida; donde el compartimento de baja temperatura (2) y el de temperatura elevada (3) están situados en un recipiente de reacción común (1) y el compartimento de baja temperatura (2) está separado del compartimento de temperatura elevada (3) por un tabique de corriente de fondo (4, 4', 4''), que tiene una abertura (4'e, 4''e) en la pared; el baño fundido producido en el compartimento de baja temperatura (2) circula de forma continua por debajo del tabique hacia el interior del compartimento de temperatura elevada (3), **caracterizado** porque el tabique es hueco y se aporta material de carbono adicional a la corriente por debajo del tabique (4, 4', 4'').
2. El proceso según la reivindicación 1, en el que el tabique hueco (4, 4', 4'') se puede mover verticalmente.
3. El proceso según la reivindicación 1, en el que la cantidad de material de carbono adicional añadido a la escoria se modifica controlando la velocidad del movimiento de un medio de transporte (4'd, 4''d) que aporta material de carbono a la corriente por debajo del tabique (4, 4', 4'').
4. El proceso según la reivindicación 1, en el que los gases de escape del compartimento de baja temperatura (2) y del compartimento de temperatura elevada (3) reaccionan para formar Al_4C_3 y se aporta Al_4C_3 a la corriente debajo del tabique (4, 4', 4'').
5. El proceso según la reivindicación 3, en el que el contenido de carbono de la escoria en el compartimento de temperatura elevada (3) se mide y se vuelve a llevar al medio de transporte (4'd, 4''d).
6. El proceso según la reivindicación 1, que comprende además la detección de la cantidad de carbono en la escoria del compartimento de temperatura elevada (3) y la variación de la cantidad de material de carbono añadido a través del tabique, en consonancia.
7. El proceso según la reivindicación 1, en el que el aluminio extraído contiene carburo de aluminio y en el que éste se precipita y el aluminio purificado se alea y luego se vierte en cuerpos de aluminio aleados, aportándose dicho carburo de aluminio como material de carbono adicional a la corriente por debajo del tabique (4, 4', 4'').
8. El proceso según la reivindicación 1, en el que el aluminio extraído contiene carburo de aluminio, y en el que dicho aluminio extraído se enfría para presentar el carburo de aluminio, seguido de filtrado, desgasificación y luego colada en una máquina para colar lingotes, con el objeto de formar cuerpos de aluminio, aportándose dicho carburo de aluminio precipitado como material de carbono adicional a la corriente por debajo del tabique (4, 4', 4'').
9. Un reactor para la producción carbotérmica de aluminio, que comprende un recipiente de reacción (1) que consta de un compartimento de reacción de baja temperatura (2) y tiene unos medios para aportar materiales a dicho compartimento (2) y uno o más electrodos (6) para suministrar corriente eléctrica a dicho compartimento (2), estando situados dicho electrodo o electrodos (6) para sumergirse en un baño fundido en el compartimento de baja temperatura (2);
un compartimento de temperatura elevada (2) separado del de baja temperatura por medio de un tabique (4, 4', 4'') que permite que circule por debajo un baño fundido desde el compartimento de reacción de baja temperatura (2) hasta el interior del compartimento de temperatura elevada;
- unos electrodos (7) dispuestos en una pared lateral del compartimento de temperatura elevada (3) del recipiente de reacción (1) para suministrar corriente eléctrica a dicho compartimento (3);
y una salida (5) para la extracción continua de aluminio fundido (31) del compartimento de temperatura elevada (3); **caracterizado** porque dicho tabique (4, 4', 4'') es hueco y tiene por lo menos una abertura (4'e, 4''e) donde la abertura constituye un medio para aportar material de carbono adicional al compartimento de temperatura elevada (3).
10. El reactor según la reivindicación 9, en el que el recipiente de reacción (1) tiene una forma prácticamente rectangular, y donde el tabique (4, 4', 4'') se puede mover verticalmente.
11. El reactor según la reivindicación 9, que comprende además unos medios de transporte (4'd, 4''d) para aportar el material de carbono adicional a través de la abertura (4'e, 4''e) en el tabique hueco, donde los medios de transporte son variables para controlar la velocidad de alimentación del material de carbono adicional al compartimento de temperatura elevada (3).
12. El reactor según la reivindicación 9, que comprende además un sensor (70) para detectar el contenido de carbono en el compartimento de temperatura elevada (3).

ES 2 325 619 T3

13. El reactor según la reivindicación 9, en el que uno o más reactores de gas de escape (10) están conectados con los compartimentos del reactor (2), (3) para producir Al_4C_3 y se utiliza un dispositivo de alimentación (30) para aportar material de carbono al tabique hueco (4, 4', 4'').

5 14. El reactor según la reivindicación 13, que comprende además unos medios para aportar al dispositivo de alimentación (30) el Al_4C_3 producido en dichos reactores de gas de escape (10).

15. El reactor de la reivindicación 11, en que los medios de transporte comprenden al menos un tornillo (4'd, 4''d).

10 16. El reactor según la reivindicación 9, en el que el tabique hueco (4, 4', 4'') define una pluralidad de espacios (4'c, 42''c), cada uno de los cuales con un medio de transporte separado (4'd, 4''d).

15 17. El reactor de la reivindicación 11, en el que la abertura o cada una de ellas (4'e, 4''e) se dispone en la parte inferior de dicho tabique para conectar la mencionada zona hueca con la corriente indicada.

18. El reactor de la reivindicación 9, que comprende además uno o más conductos situados en dicho tabique (4, 4', 4''), donde cada uno de estos conductos tiene una abertura (4'e, 4''e) en la parte inferior de dicho tabique.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65





