

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 459 317**

51 Int. Cl.:

<b>C22B 4/08</b>	(2006.01)	<b>F27D 13/00</b>	(2006.01)
<b>C22B 21/02</b>	(2006.01)		
<b>F27B 3/08</b>	(2006.01)		
<b>F27B 3/20</b>	(2006.01)		
<b>H05B 3/00</b>	(2006.01)		
<b>H05B 3/60</b>	(2006.01)		
<b>H05B 1/02</b>	(2006.01)		
<b>F27D 11/04</b>	(2006.01)		
<b>F27D 11/10</b>	(2006.01)		
<b>F27B 3/18</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2008** **E 12161298 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2014** **EP 2471961**

54 Título: **Aparato y procedimiento de producción carbotérmica de aluminio**

30 Prioridad:

**04.12.2007 US 950300**

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

**09.05.2014**

73 Titular/es:

**ALCOA INC. (100.0%)**  
**Alcoa Corporate Center, 201 Isabella Street**  
**Pittsburgh, PA 15212-5858, US**

72 Inventor/es:

**LEPISH, JOSEPH A. y**  
**CARKIN, GERALD E.**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 459 317 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**

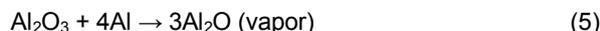
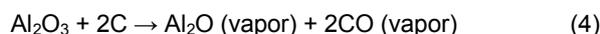
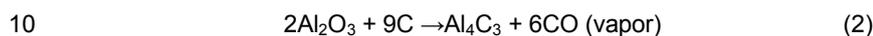
Aparato y procedimiento de producción carbotérmica de aluminio

**Antecedentes**

- 5 El metal de aluminio es fabricado generalmente por dos técnicas: el procedimiento tradicional Hall, en el que se pasa una corriente eléctrica entre dos electrodos para reducir electrolíticamente la alúmina a metal de aluminio, y el procedimiento carbotérmico, en el que el óxido de aluminio se reduce químicamente a aluminio por medio de una reacción química con carbono. La reacción de reducción carbotérmica general de aluminio:



tiene lugar, o se puede hacer que tenga lugar, por medio de una serie de reacciones químicas, tales como:



- 15 La reacción (2), generalmente conocida como la etapa de producción de escoria, se lleva a cabo a menudo a temperaturas comprendidas entre 1875°C y 2000°C. La reacción (3), generalmente conocida como la etapa de producción de aluminio, se lleva a cabo a menudo a temperaturas por encima de aproximadamente 2050°C. Unos derivados de vapor de aluminio se pueden formar durante las reacciones (2) y (3), aunque los derivados de vapor de aluminio se puede formar por medio de las reacciones (4), (5), y (6).

**20 Sumario de la divulgación**

En términos generales, la presente divulgación se refiere a procedimientos para producir carbotérmicamente aluminio. Los procedimientos pueden emplear un electrodo que entra por la parte superior y una pluralidad de electrodos que entran lateralmente. La corriente alterna se puede utilizar en conjunto con los electrodos, lo que puede facilitar la producción eficiente de aluminio.

- 25 De acuerdo con un aspecto de la divulgación, se proporciona un sistema para producir carbotérmicamente aluminio, incluyendo el sistema un reactor carbotérmico y una alimentación eléctrica. El reactor carbotérmico comprende una cámara adaptada para contener un baño de fundido, estando definida la cámara al menos parcialmente por un casco exterior y un suelo del reactor de producción carbotérmica de aluminio. Un conjunto de electrodos que entran lateralmente penetra en el casco exterior y están en comunicación con la cámara. Un electrodo único que entra por la parte superior está en comunicación con la cámara, y el electrodo que entra por la parte superior se puede mover en la dirección hacia arriba - hacia abajo. En una realización, se utiliza una cubierta que cubre sustancialmente la cámara. La cubierta incluye una primera lumbrera para recibir al electrodo único que entra por la parte superior. En una realización, la cubierta incluye al menos una lumbrera adicional para recibir las materias primas que se deben alimentar a la cámara.

- 35 La alimentación eléctrica se encuentra en comunicación eléctrica con el conjunto de electrodos que entran lateralmente. En un enfoque, la alimentación eléctrica incluye un generador eléctrico adaptado para suministrar una fase de voltaje diferente a cada electrodo del conjunto de electrodos que entran lateralmente. En un enfoque, la alimentación eléctrica está adaptada para imponer el cambio de fase con respecto a cada electrodo del conjunto de electrodos. En una realización, la alimentación eléctrica es operable para suministrar una cantidad igual de cada fase de voltaje a cada electrodo. En una realización, la alimentación eléctrica es operable para suministrar una cantidad ajustable de cada fase de voltaje a cada electrodo. En una realización, cuando el electrodo que entra por la parte superior se encuentra en una primera posición, y durante la operación del reactor, por lo menos parte de la corriente de la red eléctrica pasa a través del baño de fundido en una configuración de triángulo. En una realización, cuando el electrodo que entra por la parte superior está en una segunda posición, y durante la operación del reactor, por lo menos parte de la corriente pasa a través del baño de fundido en una configuración de estrella.

- El reactor puede incluir una pared interior interconectada con la cubierta y que se extiende hacia el suelo del reactor. En una realización, la pared interior circunscribe al menos parcialmente una porción del electrodo que entra por la parte superior. En otra realización, la pared interior circunscribe por completo una porción del electrodo que entra por la parte superior. En una realización, la pared interior está interconectada con un sistema de suministro de frío. En una realización, la pared interior incluye al menos un pasaje adaptado para que circule un refrigerante a través de la misma. En una realización, la pared interior comprende al menos una abertura que penetra completamente en la

pared, y la al menos una abertura está en comunicación de fluido con el la menos una lumbrera adicional de la cubierta, facilitando de esta manera el paso de los gases efluentes de la cámara al menos a una lumbrera adicional durante la operación del reactor.

5 En un enfoque, un alimentador está interconectado de forma fluida con la al menos una lumbrera adicional. El alimentador puede ser operable para alimentar materias primas al reactor a través de la al menos una lumbrera adicional, facilitando de este modo la interacción entre los gases efluentes que salen del reactor y las materias primas que entran en el reactor. En una realización, el alimentador comprende un miembro amovible situado proximal a la al menos una lumbrera adicional. El miembro amovible puede ser operable para empujar las materias primas dentro de la al menos una lumbrera adicional. En una realización, el alimentador comprende un calentador para precalentar los materiales de alimentación antes de suministrarlos al reactor. En una realización, el alimentador comprende una tolva.

10 En un enfoque, se utiliza una pluralidad de conjuntos de electrodos. En una realización, el sistema incluye un primer conjunto de electrodos y un segundo conjunto de electrodos. Las alturas y / o la separación relativas de los electrodos pueden ser variadas, entre los conjuntos o dentro de los conjuntos. En una realización, el primer conjunto de electrodos está alineado con un primer plano horizontal, y el segundo conjunto de electrodos está alineado con un segundo plano horizontal. En una realización, el primer plano horizontal es diferente del segundo plano horizontal. En una realización, los electrodos están espaciados equidistantes alrededor del perímetro del casco exterior del reactor. El sistema eléctrico puede estar configurado para operar cada conjunto de electrodos de forma independiente.

15 También se proporcionan procedimientos para operar los reactores de producción carbotérmica de aluminio. En un aspecto, el procedimiento incluye las etapas de generar un baño de fundido y de gases efluentes dentro del reactor carbotérmico, suministrar materias primas al reactor de producción carbotérmica a través de un trayecto de alimentación de las materias primas, hacer fluir los gases efluentes en el trayecto de alimentación de las materias primas, y eliminar al menos una porción de los derivados de aluminio de la fase de gases efluentes por medio de la interacción de los gases efluentes con las materias primas. El baño de fundido puede incluir al menos uno de entre metal de aluminio, carburo de aluminio y escoria. El gas puede incluir derivados de vapor de aluminio y monóxido de carbono. El trayecto de alimentación de las materias primas puede estar definido por una lumbrera en una cubierta del reactor de producción carbotérmica de aluminio, un electrodo que entra por la parte superior que se puede comunicar con el baño de fundido, y una pared interior que circunscribe el electrodo que entra por la parte superior.

20 En un enfoque, el baño de fundido es generado / mantenido haciendo circular una corriente multifase a través del mismo. En una realización, el baño de fundido es generado / mantenido haciendo pasar una corriente multifase entre una pluralidad de electrodos que entran lateralmente en comunicación con el baño de fundido. En una realización, el baño de fundido es generado / mantenido haciendo circular una corriente alterna desde al menos uno de los electrodos que entran lateralmente al electrodo que entra por la parte superior. En una realización, el procedimiento incluye posicionar el electrodo que entra por la parte superior en una primera posición vertical, en la que una primera cantidad de corriente alterna puede circular al electrodo que entra por la parte superior. A su vez, el procedimiento puede incluir mover, de manera concomitante con la etapa de generación, el electrodo que entra por la parte superior a una segunda posición vertical, en la que una segunda cantidad de corriente alterna puede circular al electrodo que entra por la parte superior.

25 En un enfoque, la etapa de alimentación de las materias primas comprende precondicionar las materias primas antes de suministrar las materias primas al baño de fundido. En una realización, la etapa de alimentación incluye precalentar las materias primas en una zona de precalentamiento situada externa al trayecto de alimentación de las materias primas. Por ejemplo, las materias primas se pueden calentar a una temperatura de al menos aproximadamente 100°C antes de entrar en el trayecto de alimentación de las materias primas, tal como por medio del alimentador que se ha descrito más arriba. Las materias primas también se pueden calentar / acondicionar mientras las materias primas se encuentran en el reactor, pero antes de que las materias primas se suministren al baño de fundido (por ejemplo, a través del trayecto de alimentación de las materias primas). En una realización, el procedimiento incluye calentar las materias primas a una temperatura de al menos aproximadamente 600°C, mientras las materias primas se encuentran situadas dentro del trayecto de alimentación de las materias primas. En una realización, el procedimiento incluye calentar las materias primas a una temperatura por debajo del punto de fusión de las materias primas (por ejemplo, no mayor que aproximadamente 1900°C) mientras las materias primas se encuentran situadas dentro del trayecto de alimentación de las materias primas. En una realización, el óxido de aluminio y un material carbonoso de las materias primas pueden reaccionar para crear carburo de aluminio, mientras las materias primas se encuentran situadas en el trayecto de alimentación de las materias primas.

30 Como se ha indicado, el procedimiento puede incluir generar gases efluentes durante la operación del reactor. En una realización, el procedimiento incluye generar una primera porción de los gases efluentes fuera del perímetro de la pared interior que circunscribe una porción del electrodo que entra por la parte superior. A su vez, el procedimiento puede incluir hacer circular al menos algo de la primera porción de los gases efluentes en el trayecto de alimentación de las materias primas por medio de una abertura situada en la pared interior.

5 Como se ha indicado, el procedimiento puede incluir retirar al menos algunos derivados de aluminio de los gases efluentes generados. En una realización, la etapa de retirar incluye hacer reaccionar al menos algunos derivados de aluminio con material carbonoso de las materias primas. En una realización relacionada, la etapa de retirada incluye condensar al menos algunos derivados de aluminio sobre una superficie de las materias primas. En un enfoque, el procedimiento incluye enfriar la pared interior por medio de una alimentación externa de refrigerante, tal como haciendo circular el refrigerante a través de al menos un pasaje situado dentro de la pared interior. A su vez, la etapa de retirar vapores que contiene aluminio puede incluir la condensación de derivados de vapor de aluminio que se condensan sobre una superficie de la pared interior.

10 Como se puede apreciar, diferentes aspectos de la invención que se han indicado en la presente memoria descriptiva más arriba se pueden combinar para producir diversos reactores carbotérmicos y sistemas asociados. Estos y otros aspectos, ventajas y características novedosas de la divulgación se expondrán en parte en la descripción que sigue y serán evidentes a los expertos en la técnica tras el examen de la descripción y figuras que siguen, o pueden aprenderse mediante la práctica de la divulgación.

15 El documento US 2974032 A desvela un procedimiento para la producción carbotérmica de aluminio, que comprende:

- generar un baño de fundido y gases efluentes en un reactor eléctrico, en el que el baño de fundido comprende al menos uno de entre metal de aluminio, carburo de aluminio y escoria y en el que los gases efluentes comprende derivados de aluminio;
- 20 – alimentar las materias primas al reactor a través de un trayecto de alimentación de las materias primas que circunscribe a un electrodo superior;
- hacer fluir los gases efluentes dentro del trayecto de alimentación de las materias primas;
- retirar al menos algunos derivados de aluminio de los gases efluentes por medio de la interacción de los gases efluentes con las materias primas.

25 El documento GB 317416 A desvela un procedimiento para cargar hornos eléctricos (por ejemplo, hornos de carburo, compuestos de aluminio) que comprende:

- generar un baño de fundido y gases efluentes en un reactor;
- alimentar las materias primas al reactor a través de un trayecto de alimentación de las materias primas que circunscribe a un electrodo superior;
- hacer fluir los gases efluentes dentro del trayecto de alimentación de las materias primas;
- 30 – precalentar la mezcla de las materias primas frías por medio de la interacción de los gases efluentes con las materias primas.

**Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es una vista en sección de una realización de un reactor carbotérmico.

La figura 2 es una vista superior del reactor carbotérmico de la figura 1.

35 La figura 3 es una vista esquemática de una realización de la circulación de la corriente entre un primer conjunto de electrodos que entran lateralmente de un reactor carbotérmico.

La figura 4 es una vista esquemática de una realización de la circulación de la corriente entre un segundo conjunto de electrodos que entran lateralmente de un reactor carbotérmico.

40 La figura 5 es una vista esquemática de una realización de un reactor carbotérmico y una disposición de alimentación eléctrica.

La figura 6 es una vista en sección de una realización de un reactor carbotérmico que tiene un alimentador interconectado con el mismo.

La figura 7 es una vista lateral del reactor carbotérmico de la figura 6 que tiene una porción recortada que ilustra características interiores.

45 La figura 8a es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un procedimiento para operar un reactor carbotérmico.

La figura 8b es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un procedimiento para operar un reactor carbotérmico.

La figura 8c es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un procedimiento para operar un reactor carbotérmico.

- 5 La figura 8d es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un procedimiento para operar un reactor carbotérmico.

### Descripción detallada

Se hará referencia a continuación en detalle a los dibujos que se acompañan, los cuales al menos ayudan a ilustrar diversas realizaciones pertinentes de la presente divulgación. Las figuras 1 y 2 ilustran una realización de un reactor carbotérmico (también conocido como un horno carbotérmico) para la producción de aluminio carbotérmicamente. En la realización que se ilustra, el reactor 1 comprende un casco exterior 10 y un suelo 15 que define, al menos en parte, una cámara 11 adaptada para contener un baño de fundido 16. El reactor 1 incluye, además, una pluralidad de electrodos 12, 13 que entran lateralmente que penetran en el casco exterior 10 y están en comunicación con el baño de fundido 16. En la realización ilustrada, un primer conjunto de electrodos 12 se encuentra en una primera altura en relación con el suelo 15, y un segundo conjunto de electrodos 13 se encuentra en un segundo nivel de altura mayor con relación al suelo 15. El reactor 1 incluye, además, un electrodo único 14 que entra por la parte superior en comunicación con la cámara 11, siendo amovible el electrodo 14 que entra por la parte superior en las direcciones hacia arriba - hacia abajo, como se indica por la flecha 17. El reactor 1 también incluye una cubierta 18 que cubre sustancialmente la cámara 11. La cubierta 18 incluye al menos una primera lumbrera 20 para recibir el electrodo único 14 que entra por la parte superior. La cubierta 18 también incluye al menos una lumbrera adicional 21 para recibir las materias primas (no ilustradas) que deben ser alimentadas a la cámara 11.

En operación, una corriente multifase de una alimentación eléctrica (no ilustrada) puede ser suministrada a los electrodos 12, 13 y pasa a través del baño de fundido 16 para producir metal de aluminio. En particular, la corriente multifase se puede utilizar para calentar resistivamente el baño de fundido 16 a temperaturas que se encuentran dentro del intervalo de aproximadamente 1875°C a aproximadamente 2200°C para facilitar la producción de metal de aluminio. En una realización, el reactor 1 puede ser operado dentro de la gama de temperaturas de aproximadamente 1875°C a 2000°C para producir aluminio - carburo y una escoria que contiene aluminio - carburo. El reactor 1 puede ser operado dentro de la gama de temperaturas de aproximadamente 2050°C a 2200°C para producir metal de aluminio a partir del aluminio - carburo y de escoria que contiene aluminio - carburo. El reactor 1 puede ser operado dentro de la gama de temperatura de aproximadamente 1900°C a 1950°C para extraer de carbono del metal de aluminio producido. Varios gases efluentes y varios derivados (por ejemplo,  $Al_2O$ , Al, CO) se pueden producir durante la operación del reactor 1.

En un modo de operación, la corriente multifase pasa a través del baño de fundido 16 en una configuración en triángulo. Como se ilustra en la figura 3, la corriente multifase puede ser suministrada a y compartida entre el primer conjunto de electrodos 12, facilitando de este modo el calentamiento del baño de fundido 16, tal como en una parte inferior del baño de fundido 16. Como se ilustra en la figura 4, a su vez, la corriente multifase puede ser suministrada y compartida entre el segundo conjunto de electrodos 13, facilitando de esta manera el calentamiento del baño de fundido 16, tal como en una parte superior del baño de fundido 16. En particular, una primera cantidad de corriente se puede hacer pasar a través del baño de fundido 16 por medio del primer conjunto de electrodos 12 durante una primera secuencia. A su vez, una segunda cantidad de corriente se puede hacer pasar a través del baño de fundido 16 por medio del segundo conjunto de electrodos 13 durante una segunda secuencia. Por lo tanto, se pueden realizar diferentes trayectos de flujos de corriente dentro del baño de fundido. En particular, la corriente que circula entre el primer conjunto de electrodos 12 puede circular a una primera altura en relación con el suelo 15 para calentar una primera parte (por ejemplo, una porción inferior, media - baja, o media) del baño de fundido 16, y la corriente que circula entre el segundo conjunto de electrodos 13 puede circular a una segunda altura con relación al suelo 15 para calentar otra porción (por ejemplo, una porción media, media - alta, o superior) del baño de fundido 16. Por otra parte, diferentes cantidades de corriente pueden ser suministradas a cada conjunto de electrodos. Por lo tanto, se puede conseguir una intensidad eléctrica variable dentro del reactor.

En la realización ilustrada, un tercer conjunto de electrodos 32 y un cuarto conjunto de electrodos 33 están incluidos en el reactor 1, estando alineado horizontalmente el tercer conjunto de electrodos 32 con el primer conjunto de electrodos 12, y estando alineado horizontalmente el cuarto conjunto de electrodos 33 con el segundo conjunto de electrodos 13. Uno o más de estos conjuntos de electrodos 33, 34, y / o conjuntos adicionales de electrodos, se pueden utilizar opcionalmente para facilitar adicionalmente la distribución de la corriente eléctrica en el baño de fundido 16, facilitando de esta manera un calentamiento más uniforme y eficiente del baño de fundido 16. Además, diversos conjuntos de electrodos pueden estar alineados en direcciones horizontales y / o verticales para facilitar la variación de la distribución de la corriente a través del baño de fundido 16.

En las realizaciones ilustradas, se utilizan tres electrodos por conjunto, y los electrodos están espaciados por igual alrededor del perímetro del reactor 1. A su vez, tres fases de tensión diferentes pueden ser suministradas a cada electrodo del conjunto de electrodos. También se puede emplear el cambio de fase. También se pueden utilizar otras configuraciones. Por ejemplo, se pueden utilizar seis electrodos por conjunto y seis fases de tensión diferentes pueden ser suministradas a cada electrodo del conjunto de electrodos. La cantidad de electrodos por conjunto generalmente depende de la aplicación. Cada conjunto de electrodos puede ser operado de forma independiente de los otros conjuntos de electrodos.

En la realización ilustrada, se emplea una pluralidad de conjuntos de electrodos que entran lateralmente. Sin embargo, se puede emplear un único conjunto de electrodos que entran lateralmente.

Como se ha indicado, los electrodos pueden estar dispuestos de cualquier manera adecuada para facilitar la operación del reactor carbotérmico. En la realización que se ilustra en la figura 1, el casco exterior 10 incluye una porción inferior estrechada progresivamente 19 interconectada con el suelo 15. Una porción inferior estrechada progresivamente 19 de este tipo es útil para colocar las puntas de los electrodos 12, 13 más próximas al eje central del reactor 1. A su vez, el calor generado en las puntas de los electrodos fluirá dentro de una parte más central del baño de fundido 16, reduciendo así las pérdidas de calor que se producen en la capa exterior. Por lo tanto, la eficiencia de la operación puede aumentar.

El uso de una corriente multifase en conjunto con los electrodos 12, 13 que entran lateralmente proporciona ventajas con respecto a los diseños de reactores carbotérmicos anteriores. Por ejemplo, el uso de corrientes multifase, en oposición a la corriente continua, permite la utilización de altas cargas de corriente dentro del reactor 1, lo cual facilita intensidades potencia más elevadas. A su vez, puede ser necesario un menor número de electrodos para un tamaño de reactor dado, reduciendo así los costes de capital y la complejidad del reactor.

La cantidad de corriente proporcionada al reactor 1 también puede ser adaptada a medida con relación a la etapa de procesamiento en particular. Por ejemplo, una pluralidad de conjuntos de electrodos que entran lateralmente (por ejemplo, 12, 13, 32, y / o 33) se puede utilizar durante el arranque del reactor 1. Si el reactor se hace funcionar en un modo de lotes (por ejemplo, producción de aluminio - carburo y de escoria, seguido por producción de metal, seguido opcionalmente por la extracción de carbono del metal de aluminio, seguido por la retirada del metal de aluminio del reactor), durante la producción de la escoria, múltiples conjuntos de electrodos que entran lateralmente pueden ser utilizados para facilitar aún más la producción uniforme de carburo de aluminio en el baño de fundido 16. Alternativamente, los conjuntos orientado inferior y / o medio de electrodos que entran lateralmente pueden ser utilizados predominantemente durante las operaciones con el fin de reducir la cantidad de corriente que pasa a su través, y por lo tanto reducir la temperatura de la parte superior del baño de fundido 16. A su vez, se pueden conseguir tasas de producción de vapor inferiores. Del mismo modo, varios conjuntos de electrodos que entran lateralmente pueden ser utilizados durante la producción de metal para facilitar las temperaturas adecuadas para la reducción del carburo de aluminio a metal y a carbono de aluminio, pero, al igual que con la producción de escoria, los conjuntos orientados inferior y / o medio de electrodos que entran lateralmente pueden ser utilizados predominantemente con el fin de controlar el calentamiento de la parte superior del baño de fundido 16. Asimismo, múltiples conjuntos de electrodos que entran lateralmente pueden ser utilizados durante la extracción de carbono para facilitar las temperaturas adecuadas para la extracción de carbono de la fase de metal a la fase de escoria, pero, como en la producción de la escoria y del metal, los conjuntos orientados inferior y / o medio de electrodos que entran lateralmente pueden ser utilizados predominantemente con el fin de controlar el calentamiento de la parte superior del baño de fundido 16. Los electrodos que entran lateralmente medios y / o superiores se pueden utilizar de forma intermitente durante estas etapas para alcanzar las temperaturas y / o los gradientes de temperatura deseados dentro del baño de fundido 16. Si el reactor 1 está funcionando en un modo continuo, como se explica en más detalle a continuación, uno o más conjuntos de los electrodos que entran lateralmente pueden ser operados según sea apropiado para lograr las condiciones deseadas dentro del reactor. Por lo tanto, el uso de una pluralidad de conjuntos de electrodos que entran lateralmente y de la corriente multifase adaptada a medida facilita la operación del reactor con el fin de crear la temperatura y / o los gradientes de temperatura deseados dentro del baño de fundido.

La agitación electromagnética del baño de fundido 16 también puede ser facilitada. En un enfoque, un primer conjunto de electrodos puede hacer circular corriente a través del baño en un primer trayecto (por ejemplo, en el sentido horario). A su vez, un segundo conjunto de electrodos puede hacer circular corriente a través del baño en coincidencia con el primer trayecto (por ejemplo, de manera similar en sentido horario) o por un trayecto diferente (por ejemplo, en sentido antihorario). Debido a los efectos electromagnéticos de suministrar corriente alterna a través de diferentes electrodos, la agitación adaptada a medida del baño de fundido puede ser facilitada. En un enfoque, la agitación del baño de fundido se efectúa por medio de trayectos de circulación de corriente cooperantes. En un enfoque relacionado, el movimiento del baño de fundido (por ejemplo, agitación, removido) se puede reducir por medio de trayectos de circulación de corriente no cooperativos que son en contracorriente con respecto a la dirección de la circulación del baño de fundido por medio de uno o más de de los conjuntos de electrodos que entran lateralmente. Por lo tanto, se pueden conseguir las intensidades de mezcla del baño de fundido y las direcciones de la corriente a medida.

La corriente multifase se puede suministrar a los electrodos 12, 13 que entran lateralmente y / o al electrodo 14 que entra por la parte superior para facilitar la producción del baño de fundido 16, tal como calentar el baño de fundido 16 a las temperaturas apropiadas. La corriente eléctrica en general, circula a través del baño de fundido 16 en las configuraciones de triángulo de las figuras 1, 3 y 4 cuando el electrodo 14 que entra por la parte superior está en una primera posición, tal como cuando el electrodo 14 que entra por la parte superior está elevado en relación con el baño de fundido 16. Sin embargo, cuando el electrodo 14 que entra por la parte superior está en una segunda posición (por ejemplo, una posición más baja que la primera posición, tal como cuando una porción del electrodo 14 que entra por la parte superior está sumergida en el baño de fundido 16), al menos parte de la corriente puede circular desde uno o más de los electrodos 12, 13 que entran lateralmente al electrodo 14 que entra por la parte superior para facilitar los trayectos de distribución de corriente alterna en el baño de fundido 16. En particular, el electrodo 14 que entra por la parte superior se puede bajar en el baño de fundido 16 durante la operación de uno o más de los conjuntos de electrodos 12, 13 que entran lateralmente. A su vez, al menos algo de la corriente proporcionada a los electrodos 12, 13 que entran lateralmente puede circular al electrodo 14 que entra por la parte superior (por ejemplo, una configuración en estrella de la circulación de la corriente). Por lo tanto, el electrodo 14 que entra por la parte superior puede ser utilizado para facilitar la distribución de la corriente dentro del baño de fundido 16. En una realización, la corriente suministrada a los electrodos 12, 13 que entran lateralmente puede circular al electrodo 14 que entra por la parte superior cuando el electrodo 14 que entra por la parte superior se encuentra lo suficiente próximo a los electrodos 12, 13 que entran lateralmente, permitiendo de este modo que la intensidad de la potencia dentro del baño de fundido 16 pueda variarse fácilmente, tal como con diferentes altura del electrodo 14 que entra por la parte superior. La intensidad de la potencia puede variarse para lograr diferentes condiciones del reactor o en respuesta a diversas condiciones del reactor. Por ejemplo, la intensidad de la energía se puede variar como consecuencia de las variaciones de resistencia de la fase de escoria o de la fase de metal de aluminio fundido, o debido a cambios en la cantidad de carbono contenido en el baño de fundido.

El electrodo 14 que entra por la parte superior se puede utilizar para facilitar el arranque del reactor 1. En particular, el electrodo que entra por la parte superior se puede mover en la dirección hacia arriba - hacia abajo para facilitar el masaje mecánico de la carga. El electrodo que entra por la parte superior también puede estar posicionado para recibir la corriente eléctrica desde de uno o más electrodos que entran lateralmente, permitiendo de esta manera que la corriente circule a través de la carga de arranque (por ejemplo, alúmina y / o materiales de partida de carbono) del reactor 1 en diversas direcciones y proporcionar un calentamiento más uniforme. En una realización, el flujo eléctrico resultante puede pasar de una carga resistiva en triángulo a una combinación de estrella / triángulo. Cuanto más cerca se encuentre la punta del electrodo que entra por la parte superior al suelo 15, más se desplazará la carga hacia una carga resistiva en estrella, que genera más calor en el electrodo que entra por la parte superior. Además, las corrientes de fase se pueden ajustar para facilitar el flujo de corriente adicional a través del electrodo que entra por la parte superior. En una realización, la punta del electrodo que entra por la parte superior puede ser calentada resistivamente por medio de la recepción de la corriente, lo que puede ayudar aún más en el calentamiento de la carga de arranque. Cuando la carga alcanza una temperatura adecuada, el electrodo que entra por la parte superior puede ser movido a otra posición (por ejemplo, más alta en relación con el baño, o retirado del baño). La funcionalidad de movimiento hacia arriba - hacia abajo del electrodo 14 que entra por la parte superior puede ser utilizada concomitante con la funcionalidad de recepción eléctrica del electrodo 14 que entra por la parte superior. Por lo tanto, el electrodo 14 que entra por la parte superior puede masajear físicamente la carga / baño de fundido inicial 16 al mismo tiempo que facilita el flujo de corriente a su través.

Una realización de una alimentación eléctrica para facilitar la corriente de alimentación / distribución se ilustra en la figura 5. En la realización ilustrada, la alimentación eléctrica 30 está interconectada eléctricamente a un primer conjunto de electrodos 12 por medio de cables  $W_1 - W_3$ . La alimentación eléctrica 30 está interconectada eléctricamente adicionalmente al electrodo único 14 que entra por la parte superior por medio del cable  $W_4$ . La alimentación eléctrica 30 comprende varios componentes para facilitar la distribución y la alimentación de corriente eléctrica a los electrodos que entran lateralmente 12 y / o al electrodo 14 que entra por la parte superior del reactor 1. En particular, la alimentación de energía eléctrica 30 comprende una fuente de alimentación 31, un conmutador 34, un cambiador de tomas múltiples 35, un transformador de potencia 36, un interruptor de corriente de alta 37, y un bus de enlace 38. Esta configuración facilita la alimentación de corriente a los electrodos que entran lateralmente 12 y a la recepción de la corriente del electrodo único 14 que entra por la parte superior. Configuraciones similares se pueden utilizar para suministrar energía a los electrodos 13, 32 y / o 33, y para la recepción de la corriente en el electrodo único 14 que entra por la parte superior. La presente configuración de la alimentación eléctrica 30 también facilita la alimentación de corriente al electrodo 14 que entra por la parte superior, en ciertos casos. Más en particular, la disposición del interruptor 37 y del bus de enlace 38 permite que la corriente pueda ser conmutada desde los electrodos 12 que entran lateralmente al electrodo 14 que entra por la parte superior. La alimentación de corriente al electrodo 14 que entra por la parte superior puede ser utilizada, por ejemplo, durante el arranque del reactor 1, como se ha señalado más arriba. El cambio de fase del transformador, u otras técnicas de aislamiento o de control, se pueden utilizar si se utiliza más de un conjunto de electrodos durante la alimentación de corriente al electrodo 14 que entra por la parte superior.

Aparte de los beneficios de la distribución de corriente utilizando un electrodo que entra por la parte superior, también se pueden realizar otras ventajas. Por ejemplo, puesto que el electrodo 14 que entra por la parte superior es amovible en las direcciones hacia arriba - hacia abajo (por ejemplo, por medio de medios mecánicos exteriores), el electrodo 14 que entra por la parte superior puede ser utilizado para facilitar aún más la mezcla del baño de fundido 16 debido a su interacción física con el baño de fundido 16. En una realización, el electrodo 14 que entra por la parte superior puede estar sumergido en el baño de fundido 16, desplazando y elevando de este modo el nivel del baño de fundido 16 dentro del reactor 1, como por ejemplo durante las operaciones de extracción. En esta realización, una salida de metal (no ilustrada) puede estar dispuesta dentro de una porción superior del casco exterior 10. Cuando el nivel del baño de fundido 16 se eleva (por ejemplo, por medio de la inmersión del electrodo 14 que entra por la parte superior), el metal fundido dispuesto cerca de la parte superior del baño de fundido 16 puede fluir saliendo del reactor 1 a través de la salida de metal.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 1 y como se ha indicado más arriba, la cubierta 18 puede incluir una o más lumbreras 21 para la recepción de materiales de alimentación que se alimentan al reactor 1. Varios dispositivos y procedimientos pueden ser utilizados para la alimentación de las materias primas al reactor 1, a través de las lumbreras 21, tales como a través de una sencilla tolva. Sin embargo, a menudo es útil precondicionar las materias primas antes de alimentar las materias primas al reactor 1. Por lo tanto, en una realización, un alimentador precondicionador está interconectado al reactor 1 para la alimentación de las materias primas precondicionadas al reactor. Una realización de una disposición de alimentador / reactor precondicionador se ilustra en la figura 6. En la realización que se ilustra, un alimentador precondicionador 24 está interconectado con la cubierta 18 del reactor 1, e incluye uno o más pasajes 23 ("pasajes") interconectados con las lumbreras 21 de la cubierta 18. Las materias primas 22 se alimentan al reactor 1 a través del o de los pasajes 23 y de las lumbreras 21. Las materias primas 22 pueden comprender, por ejemplo, alúmina y materiales carbonosos. El alimentador 24 puede comprender un calentador (no ilustrado) para calentar las materias primas 22 para precondicionar las materias primas a una temperatura apropiada, tal como una temperatura en el intervalo de 100°C a aproximadamente 1900°C (por ejemplo, justamente por debajo de su punto de fusión). Por lo tanto, el o los pasajes 23 pueden actuar como zonas de precalentamiento. El alimentador 24 también puede comprender uno o más miembros amovibles 25 ("miembros amovibles") para facilitar la alimentación de las materias primas 22 a las lumbreras 21. En particular, el o los miembros amovibles 25 pueden estar contenidos al menos parcialmente dentro del o de los pasajes 23 y son operables para empujar las materias primas 22 dentro de las lumbreras 21. El o los miembros amovibles 25 pueden incluir una cara estrechada progresivamente para facilitar la distribución de las materias primas 22 dentro del o de los pasajes 23.

El reactor 1 también puede incluir una pared interior 26 que circunscribe al menos parcialmente, y a menudo circunscribe completamente, una porción del electrodo 14 que entra por la parte superior, proporcionando de este modo un espacio anular entre una superficie exterior del electrodo 14 que entra por la parte superior y la pared interior 26. La pared interior 26 puede estar interconectada con la cubierta 18 y se puede extender hacia el suelo 15 del reactor 1. La pared interior se puede extender en una distancia tal que una porción inferior de la pared interior 26 se sumerja en el baño de fundido 16. Por lo tanto, la pared interior 26 puede segregar al menos parcialmente el electrodo 14 que entra por la parte superior, de la fase de metal de aluminio fundido 2 producida durante la operación del reactor 1. A su vez, el flujo de corriente reducido a la fase de metal de aluminio 2 se puede realizar, restringiendo de este modo la producción de gases efluentes G durante la operación del reactor 1. Más metal de aluminio puede ser producido de esta manera durante operaciones sin cortocircuitos. En una realización, la producción continua de metal es facilitada por medio de una metodología de desbordamiento, en la que las materias primas 22 se suministran continuamente al reactor 1, el carburo de aluminio y la fase de escoria 3 y el aluminio en fase metálica 2 se producen continuamente por medio de las reacciones que se han descrito más arriba, y el metal de aluminio producido fluye fuera del reactor 1 a través de una salida de metal (no ilustrada) situada en una porción superior del casco exterior 10. A este respecto, los electrodos inferiores / medios pueden ser operados a una primera potencia para calentar las porciones más bajas / medias de carburo de aluminio - escoria 3 a las temperaturas apropiadas de producción de escoria, mientras que los electrodos intermedios / superiores pueden hacerse funcionar a una segunda potencia para calentar las porciones medias / superiores del carburo de aluminio - escoria a las temperaturas apropiadas de producción del metal.

En una realización, un sistema de refrigeración (no ilustrado) puede estar interconectado de forma fluida con la pared interior 26 para enfriar la pared interior 26 con el fin de restringir aún más la producción de gases efluentes G en contacto con la misma. En particular, pasajes, u otro aparato adecuado (no ilustrado) se pueden incluir dentro de la pared interior 26 para facilitar el flujo de refrigerante a través de los mismos. Tales pasajes u otros aparatos pueden estar dispuestos proximales al perímetro exterior OP de la pared interior 26 (por ejemplo, lejos del perímetro interior IP) con el fin de facilitar el enfriamiento de la fase de metal de aluminio fundido con enfriamiento restringido de las materias primas 22 situadas proximales al perímetro interior IP de la pared interior 26.

La pared interior 26, la lumbrera 21 y la superficie exterior del electrodo 14 que entra por la parte superior pueden definir un trayecto de alimentación de las materias primas para la alimentación de las materias primas 22 al baño de fundido 16 del reactor 1. Por lo tanto, el trayecto de alimentación de las materias primas puede ser variable (por ejemplo, por medio del movimiento del electrodo 14 que entra por la parte superior), y su longitud puede ser ajustada

a su aplicación. El trayecto de alimentación de las materias primas puede ser segregado de al menos una porción del metal de aluminio fundido por medio de la pared interior 26. A su vez, la interacción restringida entre las materias primas 22 y la fase de metal de aluminio 2 se puede realizar, disminuyendo de ese modo la cantidad de metal de aluminio que, debido a los efectos termodinámicos, se convierte de nuevo a carburo de aluminio. Por lo tanto, se puede conseguir el aumento de la eficiencia de producción de metal. El electrodo 14 que entra por la parte superior puede ser movido en las direcciones hacia arriba - hacia abajo para proporcionar un masaje a las materias primas 22 en el trayecto de alimentación de las materias primas para restringir la aglomeración de las materias primas 22 y puentear las materias primas 22. El uso del trayecto de alimentación de las materias primas también es útil porque las materias primas 22 en el trayecto de alimentación de las materias primas ofrece un lugar para la calefacción in situ de las materias primas 22 y puede reducir las pérdidas de calor radiante a la cubierta 18, proporcionando de este modo una mayor eficiencia de operación del reactor.

Como se ilustra en las figuras 1, 6 y 7, una o más aberturas 27 ("aberturas") están provistas en la pared interior 26. En particular, la o las aberturas 27 pueden estar en comunicación de fluido con la lumbrera 21. Por lo tanto, la acumulación de presión dentro del reactor 1 se puede reducir puesto que los gases efluentes G puede salir del reactor 1 a través de las lumbreras 21.

Los gases efluentes G puede estar en comunicación de fluido con al menos una porción del trayecto de alimentación de las materias primas. Por lo tanto, los gases efluentes G generados durante la operación del reactor 1 pueden circular dentro del trayecto de alimentación de las materias primas y pueden interactuar con las materias primas 22 contenidas en el mismo. En particular, derivados de aluminio (por ejemplo,  $Al_2O_3$ , Al) de los gases efluentes pueden interactuar físicamente con las materias primas 22, tal como por medio de la condensación en la superficie de las materias primas 22, eliminando de este modo al menos una parte de los derivados de aluminio de los gases efluentes G. Los derivados de aluminio puede interactuar químicamente también con las materias primas 22, tales como con la reacción con materiales carbonosos para producir carburo de aluminio / escoria, eliminando de este modo al menos una parte de los derivados de aluminio de los gases efluentes G. Los derivados de aluminio de los gases efluentes G también se pueden condensar en el perímetro exterior OP de la pared interior 26. A su vez, las ineficiencias debidas a las pérdidas de vapor de aluminio pueden ser reducidas.

Como se ilustra, el electrodo 14 que entra por la parte superior es de una construcción cilíndrica. En otras realizaciones, otras configuraciones pueden ser utilizadas (por ejemplo, sólido rectangular). En una realización particular (no ilustrada), el electrodo que entra por la parte superior es tubular. En esta realización, la corriente eléctrica puede pasar a través de la porción sólida del electrodo tubular que entra por la parte superior y las materias primas 22 pueden pasar al interior del reactor 1 a través de la porción interior hueca del electrodo tubular que entra por la parte superior. En esta realización, el diámetro del tubo podría ser adaptado a medida con el fin de lograr una velocidad de alimentación deseada de las materias primas 22 al reactor 1. Las materias primas que salen por la punta del electrodo tubular que entra por la parte superior pueden ser precalentadas de esta manera y pueden ser licuadas fácilmente cuando entran en el baño de fundido 16.

También se proporcionan procedimientos de operación de un reactor de producción carbotérmica de aluminio, una realización de los cuales se ilustra en la figura 8a. En esta realización, el procedimiento generalmente incluye las etapas de generar un baño de fundido en un reactor de producción carbotérmica de aluminio (810), alimentar las materias primas al reactor carbotérmico a través de un trayecto de alimentación de las materias primas (820), hacer fluir gases efluentes en el trayecto de alimentación de las materias primas (830), y retirar los derivados de aluminio de los gases efluentes (840). El procedimiento puede incluir también opcionalmente la etapa de suministrar refrigerante a una pared interior del reactor carbotérmico (850). Estas etapas se pueden realizar en serie o en paralelo. Por lo tanto, una o más de estas etapas se puede realizar concomitante a una o más de otras etapas.

Como se ilustra en la figura 8b, la etapa de generar un baño de fundido (810) puede comprender la etapa de hacer pasar la corriente multifase entre una pluralidad de electrodos que entran lateralmente (812), estando los electrodos que entran lateralmente en comunicación con el baño de fundido. El baño de fundido puede incluir al menos uno de entre metal de aluminio, carburo de aluminio y escoria. Los gases efluentes se puede producir durante la etapa de generación de baño de fundido (810). El gas puede incluir derivados de aluminio y monóxido de carbono. La etapa de generación de baño de fundido (810) puede incluir la etapa de hacer circular corriente alterna desde al menos uno de los electrodos que entran lateralmente al electrodo que entra por la parte superior (814). Por ejemplo, durante la etapa de hacer circular la corriente alterna (814), el electrodo que entra por la parte superior puede estar situado en una primera posición vertical (816), con lo cual circula de esta manera una primera cantidad de corriente alterna al electrodo que entra por la parte superior (por ejemplo, nada o algo de la corriente alterna). A su vez, el electrodo que entra por la parte superior puede ser movido a una segunda posición vertical (818), en la que una segunda cantidad de corriente alterna (por ejemplo, algo o la mayor parte de la corriente alterna) puede circular al electrodo que entra por la parte superior. Por lo tanto, se puede facilitar la distribución de corriente que varía dentro del baño de fundido.

Como se ha indicado, el procedimiento puede incluir la etapa de alimentar las materias primas al reactor carbotérmico a través de un trayecto de alimentación de las materias primas. El trayecto de alimentación de las materias pri-

5 mas puede estar definido al menos parcialmente por una lumbrera de una tapa del reactor carbotérmico, un electrodo que entra por la parte superior que se puede comunicar con el baño de fundido, y una pared interior que circunscribe al electrodo que entra por la parte superior. Como se ilustra en la figura 8c, la etapa de alimentar las materias primas (820) puede incluir la etapa de precalentar las materias primas en una zona de precalentamiento situada exterior al reactor (822), tal como por medio del alimentador 24, como se ha señalado más arriba. En este sentido, las materias primas se pueden calentar a una temperatura en el intervalo de 100°C a 600°C en la zona de precalentamiento. La etapa de alimentación de las materias primas (820) puede incluir la etapa de calentar las materias primas, mientras que las materias primas se encuentran en el trayecto de alimentación de las materias primas (824). En este sentido, las materias primas se pueden calentar a una temperatura de aproximadamente 600°C a aproximadamente 1900°C en el trayecto de alimentación de las materias primas. A su vez, el óxido de alúmina de las materias primas puede reaccionar con el material carbonoso de las materias primas (826) para crear diversos materiales de alimentación al reactor carbotérmico, tales como carburo de aluminio, escorias y materiales relacionados.

10 Como se ilustra en la figura 8d, la etapa de generar el baño de fundido (810) puede incluir la etapa de generar una primera porción de gases efluentes fuera del perímetro de la pared interior (860). A su vez, la circulación de los gases efluentes en la etapa de trayecto de alimentación de las materias primas (830) puede incluir el flujo de al menos algo de la primera porción de los gases efluentes en el trayecto de alimentación de las materias primas por medio de una o más aberturas localizadas en la pared interior (832).

15 La etapa de retirar los derivados de aluminio de los gases efluentes (840) se puede realizar de diversas maneras. En una realización, al menos algunos de los derivados de aluminio se hacen reaccionar con el material carbonoso en las materias primas (842), produciendo de este modo un material reciclable (por ejemplo, carburo de aluminio, escoria) para reabastecer al reactor carbotérmico. En otra realización, al menos algunos de los derivados de aluminio se pueden condensar sobre una superficie de las materias primas (844). Por lo tanto, las pérdidas de vapor de aluminio pueden ser restringidas.

20 Aunque diversas realizaciones de la presente descripción se han descrito en detalle, es evidente que modificaciones y adaptaciones de esas realizaciones se les ocurrirán a los expertos en la técnica. Sin embargo, debe ser entendido expresamente que tales modificaciones y adaptaciones se encuentran dentro del espíritu y alcance de la presente divulgación.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de producción carbotérmica de aluminio que comprende:
 

5                   generar un baño de fundido (810) y de gases efluentes (840) en un reactor de producción carbotérmica de aluminio (1), en el que el baño de fundido (810) comprende al menos uno de entre metal de aluminio, carburo de aluminio y escoria, y en el que

                      los gases efluentes (840) comprenden derivados de aluminio;

                      alimentar las materias primas (22) al reactor de producción carbotérmica (1) a través de un trayecto de alimentación (820) de las materias primas, en el que el trayecto de alimentación (820) de las materias primas está definido por una lumbrera en una cubierta del reactor de producción carbotérmica de aluminio (1), un electrodo (14) que entra por la parte superior que se comunica con el baño de fundido (810), y una pared interior (26) que circunscribe, al menos parcialmente, al electrodo (14) que entra por la parte superior;

10                   hacer fluir los gases efluentes (840) en el interior del trayecto de alimentación (820) de las materias primas;

                      retirar al menos algunos derivados de aluminio de los gases efluentes (840) por medio de la interacción de los gases efluentes (840) con las materias primas (22),

15                   **que se caracteriza** porque

                      la etapa de generar comprende generar una primera porción de los gases efluentes (840) fuera del perímetro de la pared interior (26), y porque la etapa de hacer fluir comprende hacer fluir al menos algo de la primera porción de los gases efluentes (840) en el interior del trayecto de alimentación (820) de las materias primas a través de una abertura situada en la pared interior (26).
  
2. El procedimiento de la reivindicación 1,
 

                      en el que la etapa de alimentación comprende:

25                   precalentar las materias primas (22) en una zona de precalentamiento situada externa al trayecto de alimentación (820) de las materias primas.
  
3. El procedimiento de la reivindicación 2,
 

                      en el que la etapa de precalentar comprende calentar las materias primas (22) a una temperatura de al menos aproximadamente 100°C antes de entrar en el trayecto de alimentación (820) de las materias primas.
  
4. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además:
 

30                   calentar las materias primas (22) a una temperatura de al menos aproximadamente 600°C, mientras las materias primas (22) están situadas dentro del trayecto de alimentación (820) de las materias primas.
  
5. El procedimiento de la reivindicación 4,
 

                      en el que las materias primas (22) comprenden óxido de aluminio y un material carbonoso, y en el que la etapa de calentar comprende:

35                   hacer reaccionar el óxido de aluminio con el material carbonoso para crear carburo de aluminio, mientras las materias primas (22) se encuentran situadas dentro del trayecto de alimentación (820) de las materias primas.
  
6. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,
 

40                   en el que la etapa de retirar comprende al menos una de entre hacer reaccionar al menos algunos derivados de aluminio con material carbonoso de las materias primas (22) y condensar al menos algunos derivados de aluminio sobre una superficie de las materias primas (22).
  
7. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,
 

                      en el que la etapa de generar comprende:

hacer pasar una corriente multifase entre una pluralidad de electrodos que entran lateralmente en comunicación con el baño de fundido (810).

8. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7,  
en el que la etapa de generar comprende:

5 hacer circular una corriente alterna desde al menos uno de los electrodos que entran lateralmente al electrodo que entra por la parte superior.

9. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además:

10 posicionar el electrodo que entra por la parte superior en una primera posición vertical, haciendo pasar de este modo una primera cantidad de corriente alterna al electrodo que entra por la parte superior ;

y

mover, de manera concomitante con la etapa de generar, el electrodo que entra por la parte superior a una segunda posición vertical, con lo cual circula una segunda cantidad de corriente alterna al electrodo que entra por la parte superior.

- 15 10. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende además:

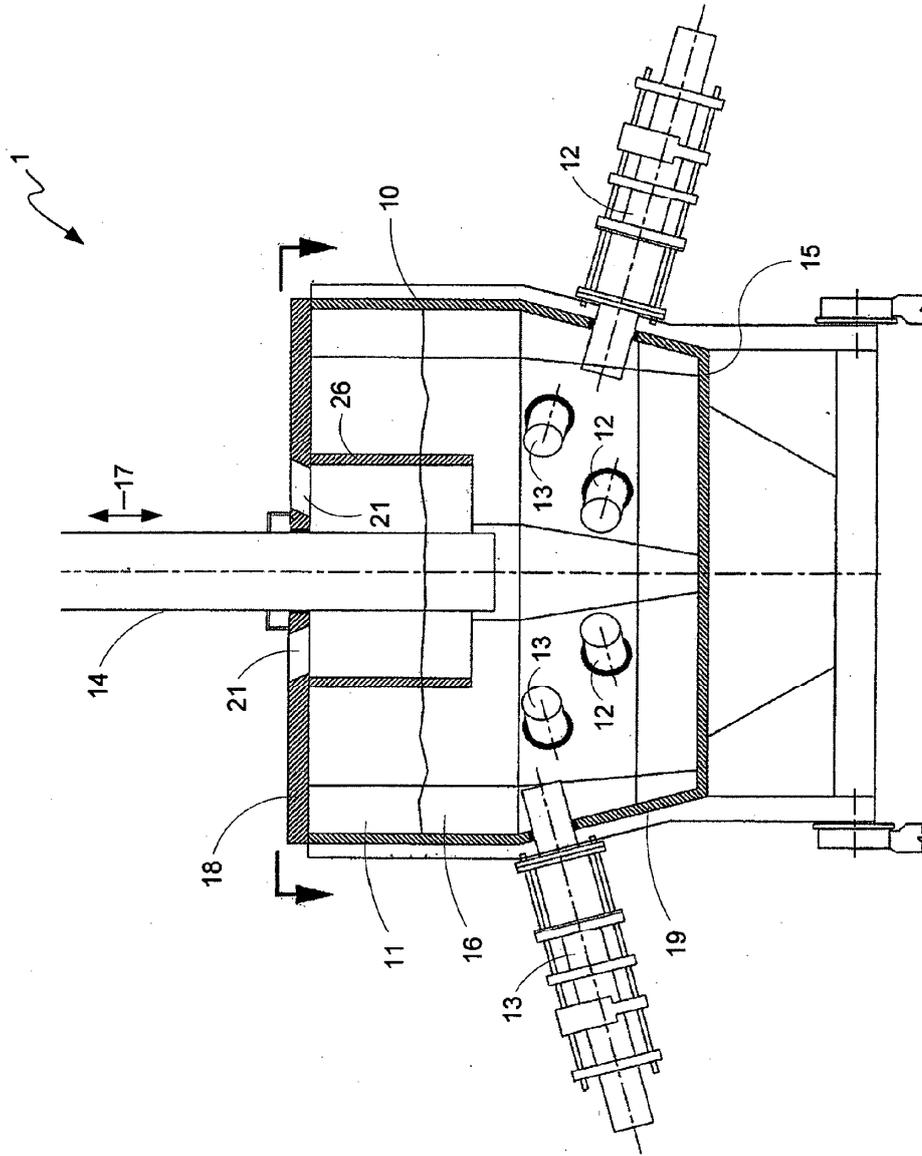
enfriar la pared interior por medio de una alimentación externa de refrigerante.

11. El procedimiento de la reivindicación 10,

en el que la etapa de enfriar comprende:

hacer circular el refrigerante por medio de al menos un pasaje situado dentro de la pared interior.

20



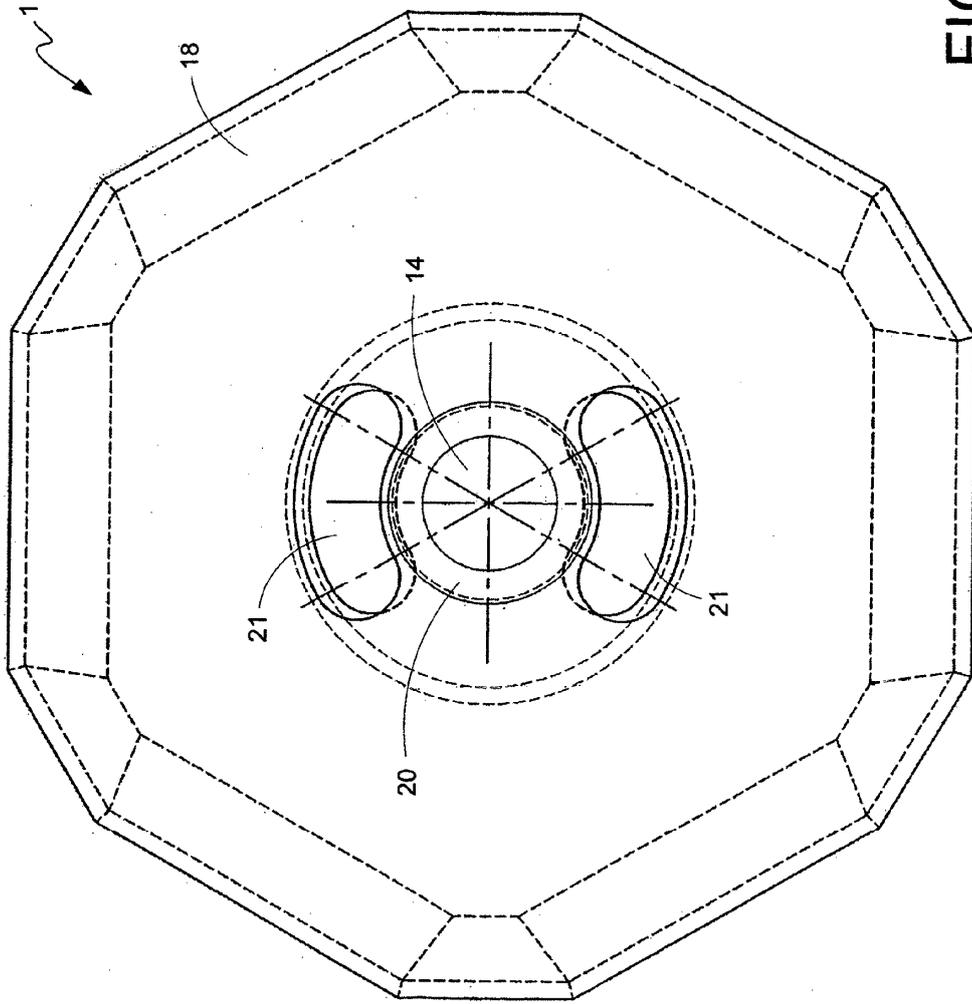


FIG. 2

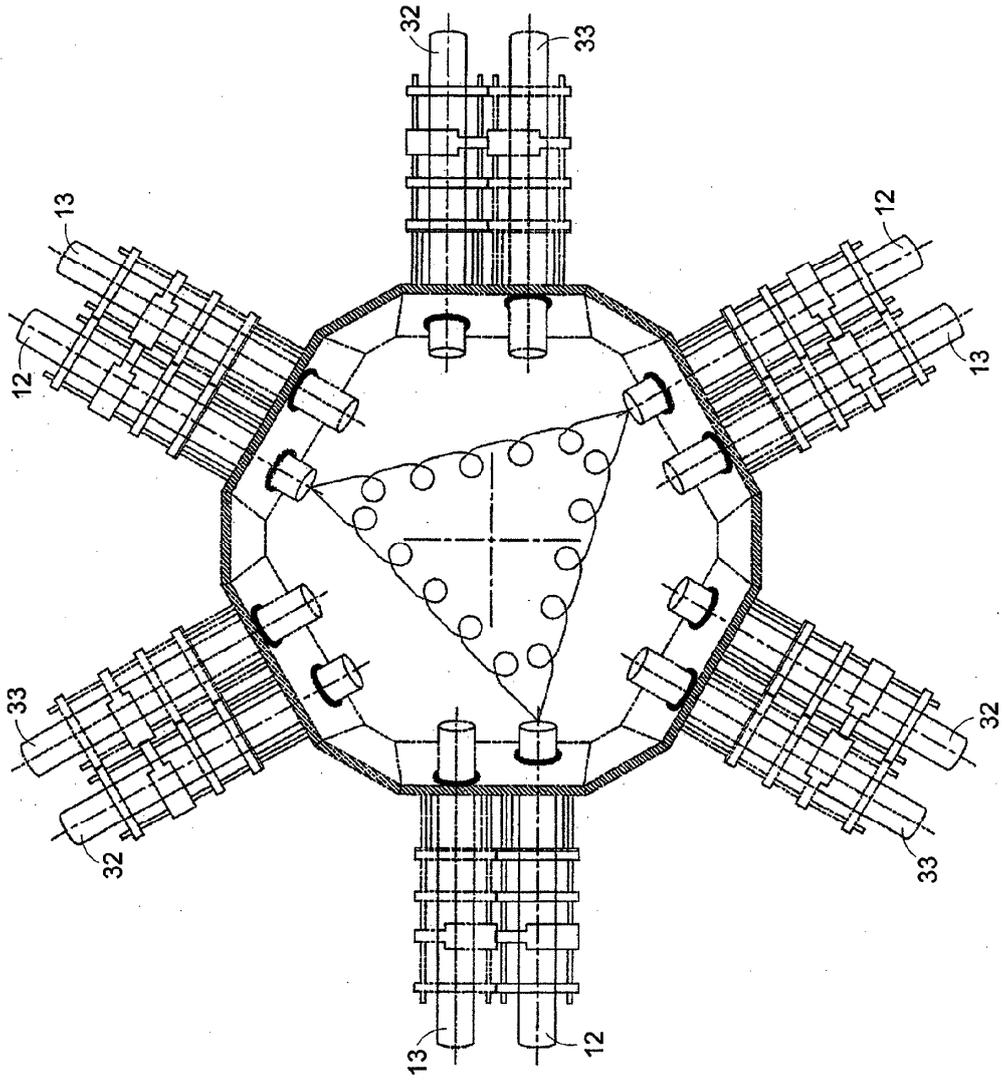


FIG. 3

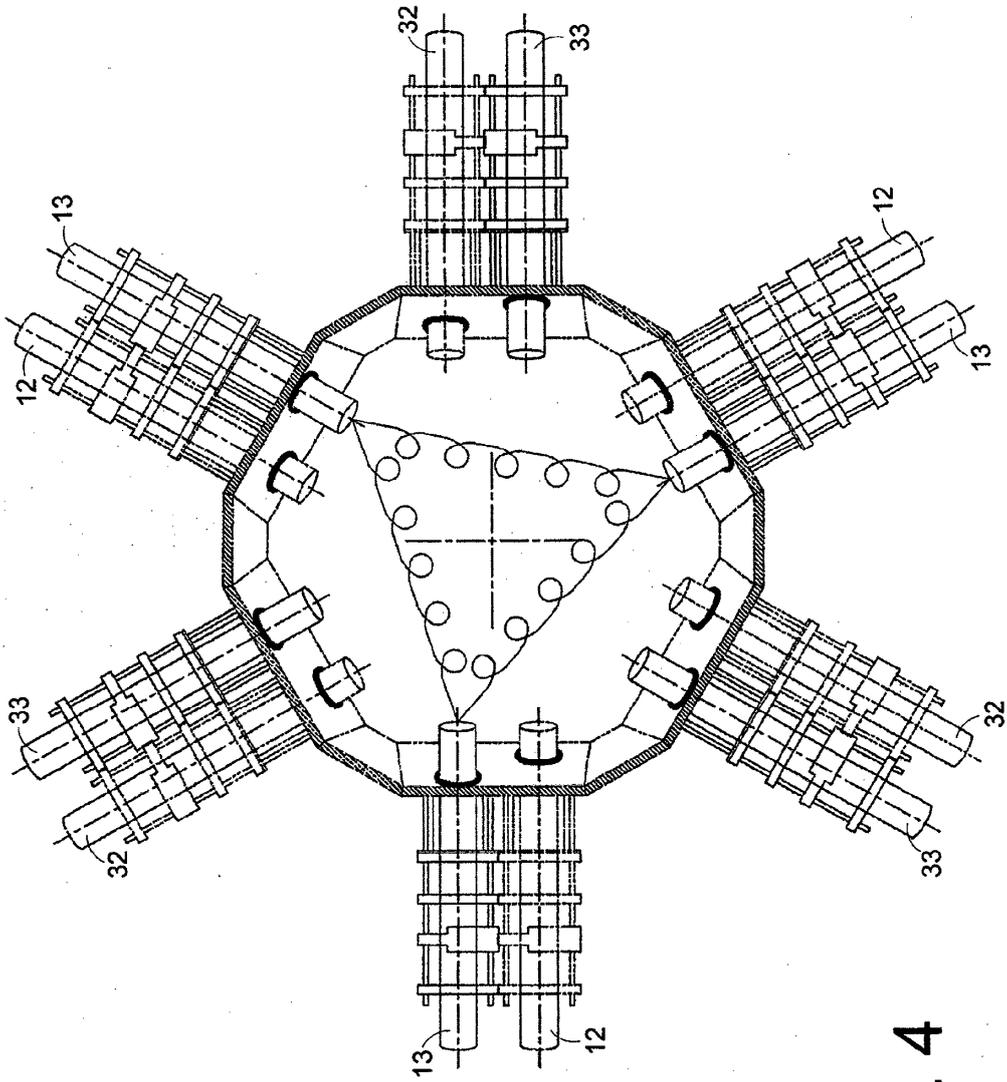


FIG. 4

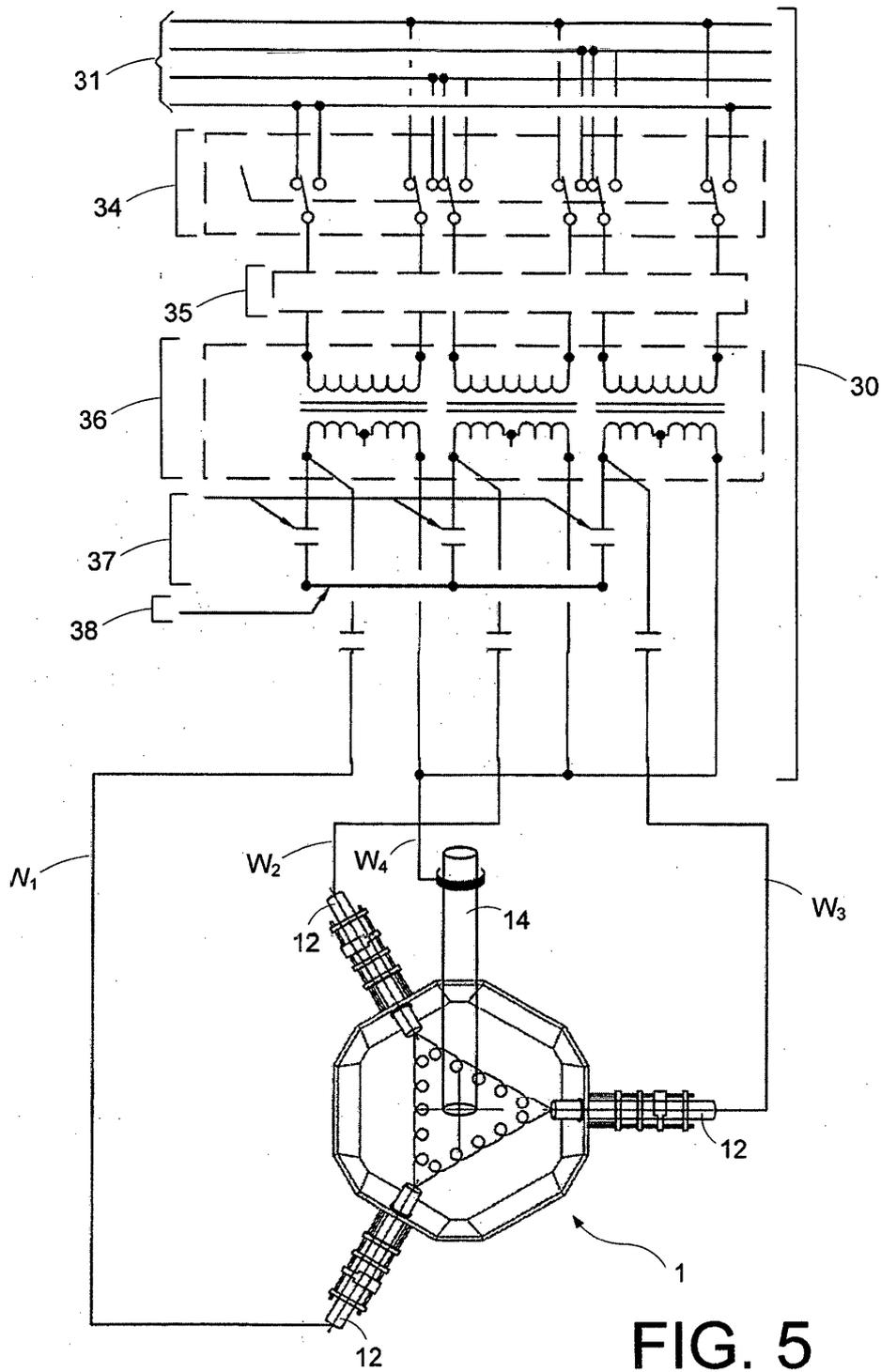


FIG. 5

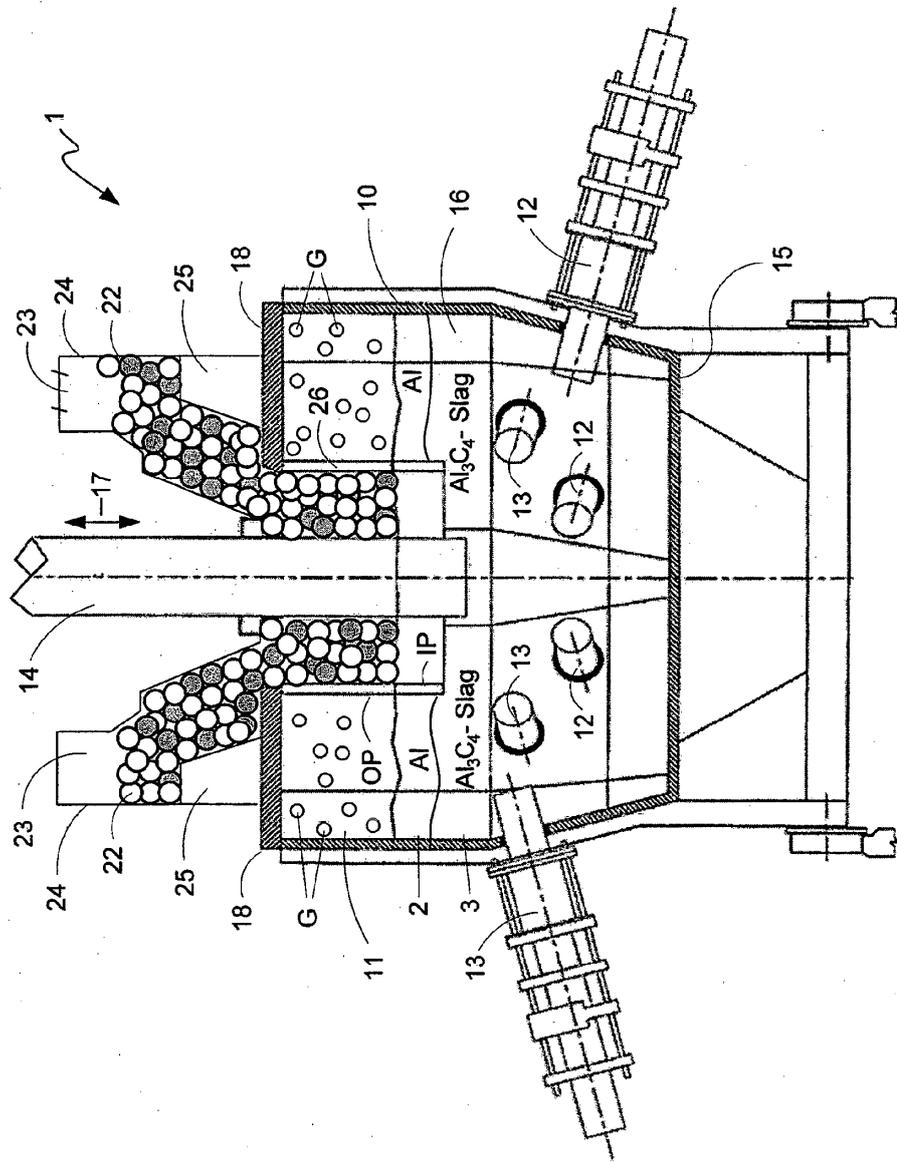


FIG. 6

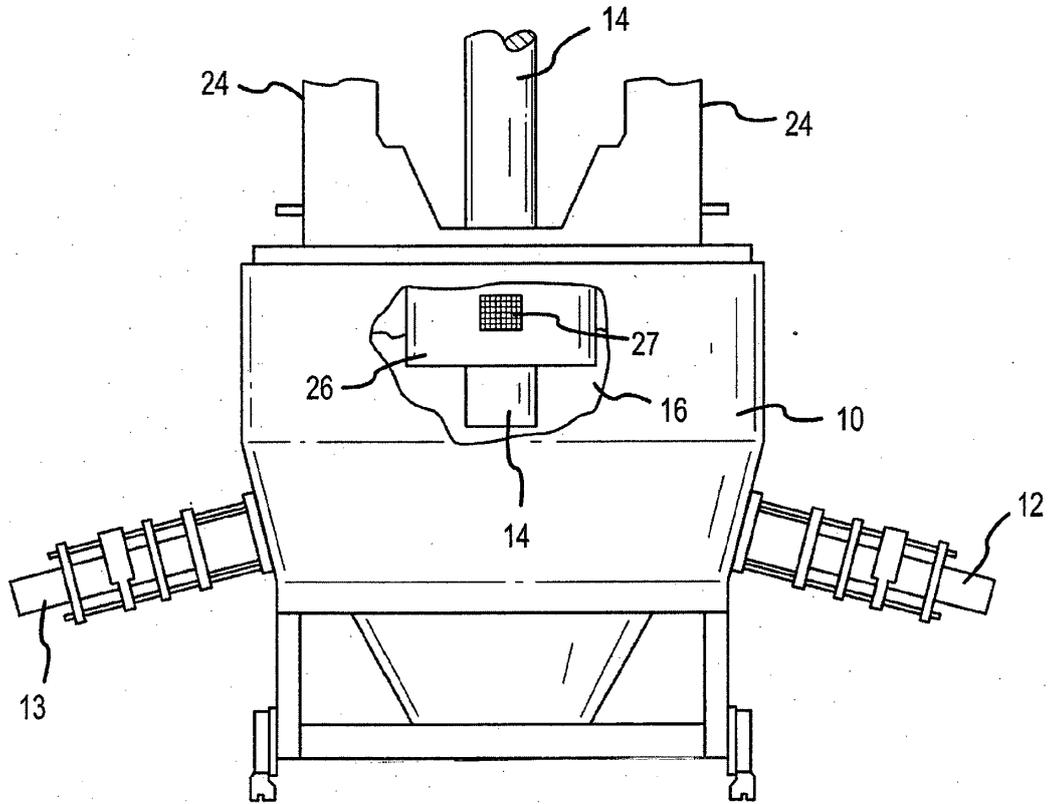


FIG.7

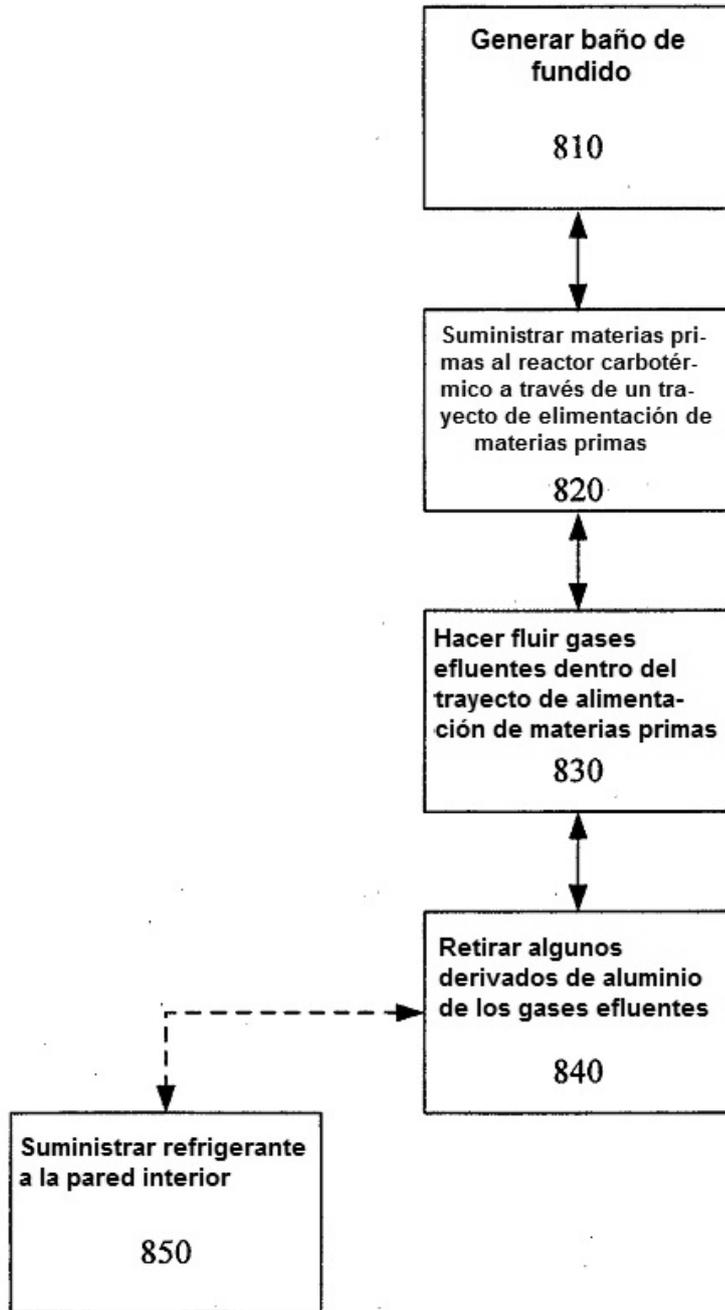


FIG. 8a

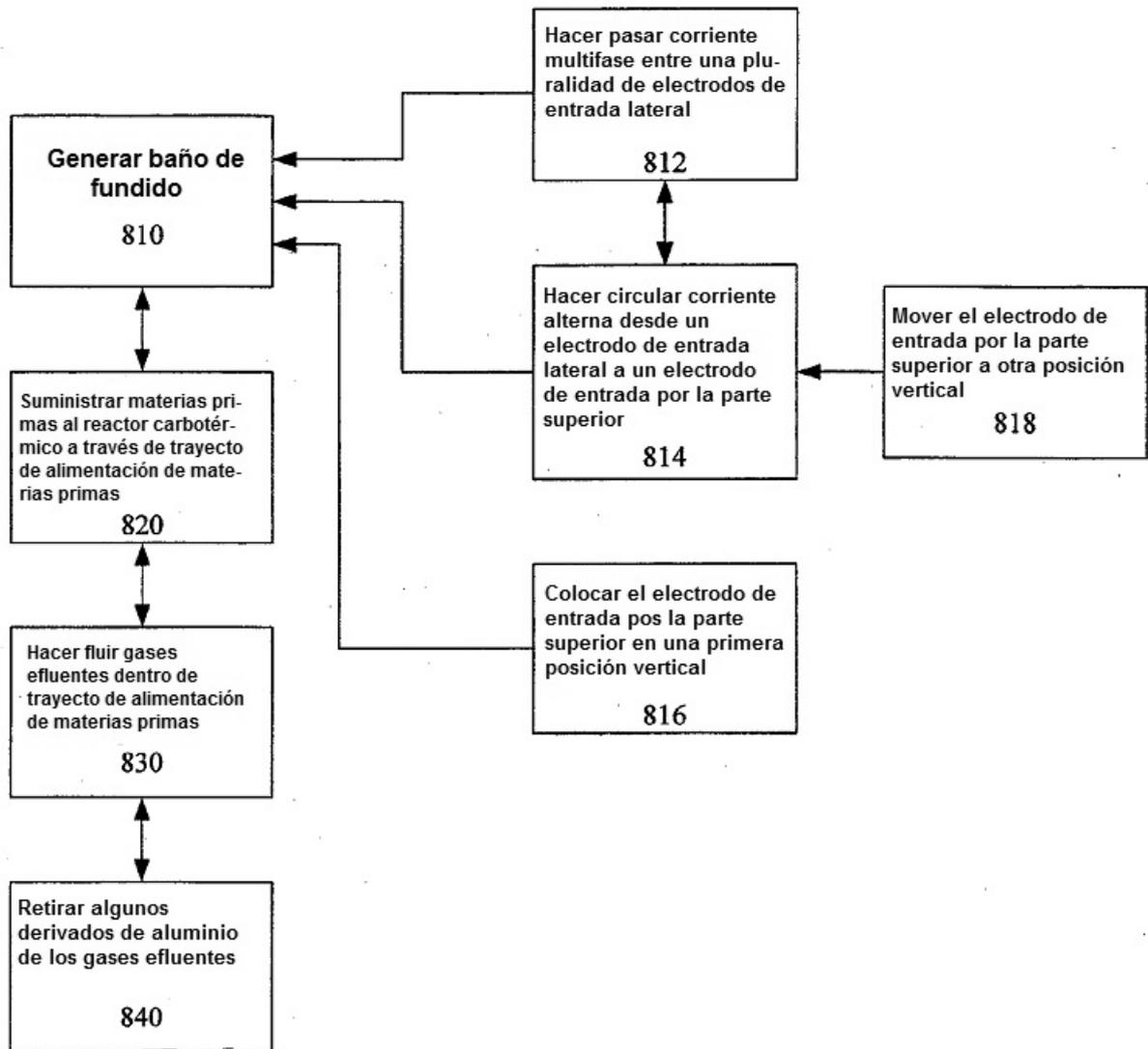


FIG. 8b

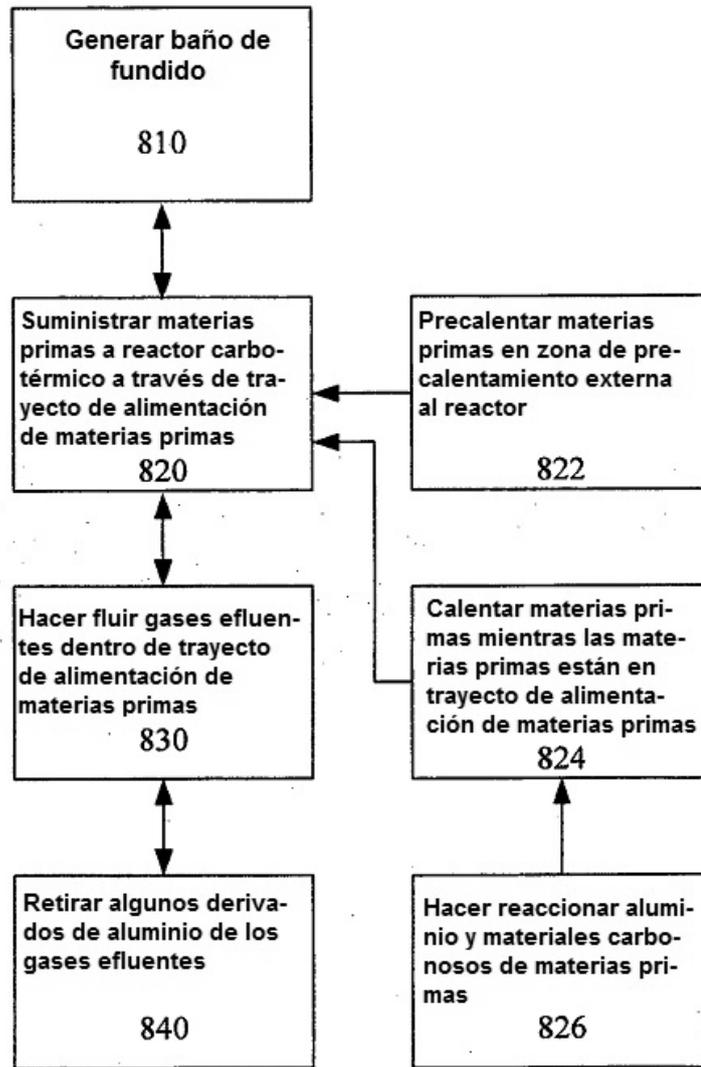


FIG. 8c

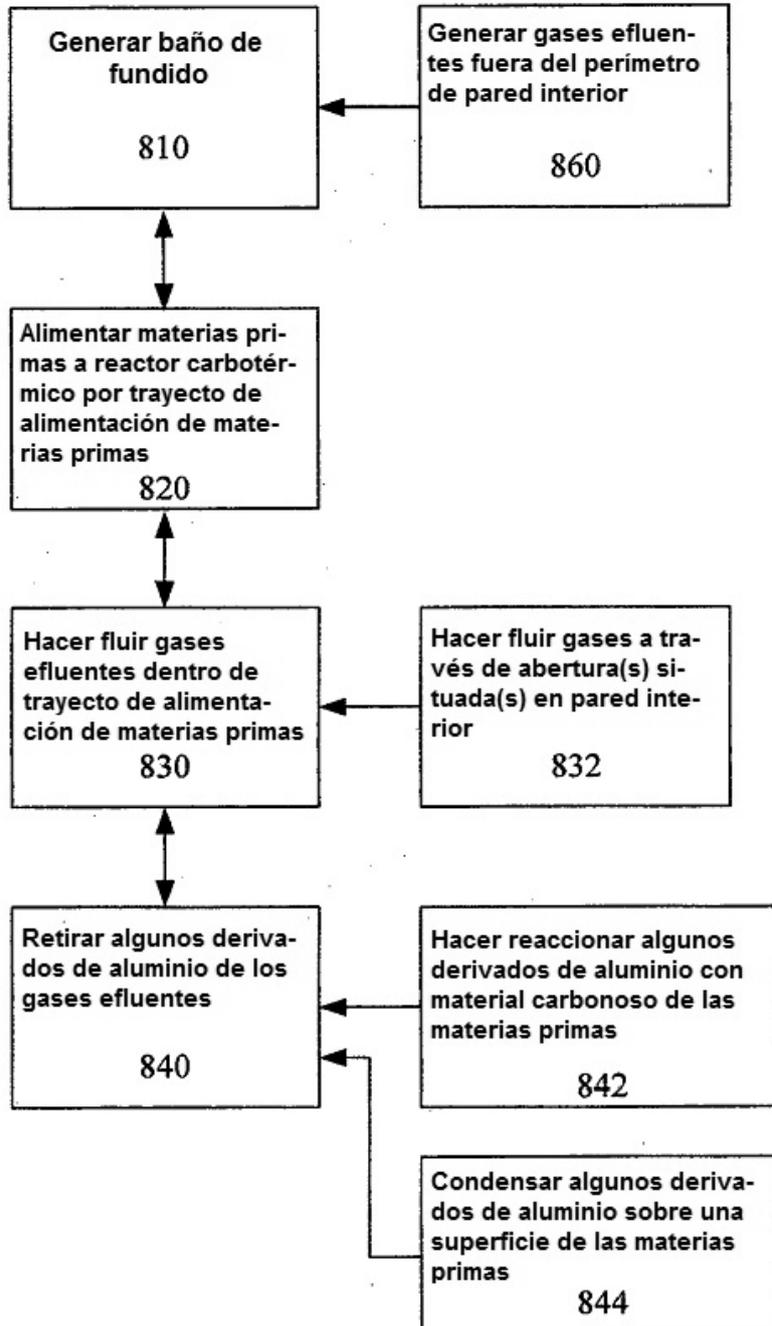


FIG. 8d