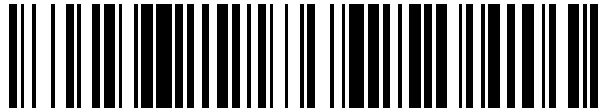


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 739 704**

51 Int. Cl.:

**C21B 13/08** (2006.01)

**C21B 13/10** (2006.01)

**C21B 13/06** (2006.01)

**C21B 13/14** (2006.01)

**F27B 9/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.03.2011 PCT/CA2011/000235**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.09.2011 WO11106883**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2011 E 11750122 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2542706**

54 Título: **Aparato y método para producir hierro de reducción directa**

30 Prioridad:

**02.03.2010 US 309664 P**

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

**03.02.2020**

73 Titular/es:

**GROSSI, GIULIO (100.0%)  
199 Mumford Road  
Lively, Ontario P3Y 1L2, CA**

72 Inventor/es:

**GROSSI, GIULIO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 739 704 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 método para producir hierro de reducción directa

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere al campo de la purificación de hierro y más específicamente se refiere a la producción de hierro de reducción directa.

**Antecedentes**

10 Muchos procesos metalúrgicos comunes, tales como la fabricación de acero y hierro, producen subproductos naturales y materiales de desecho en forma de polvo y lodo. Frecuentemente estos subproductos contienen óxidos de hierro, zinc, plomo y cadmio. En algunos casos, como en el de subproductos procedentes de un alto horno, este material de desecho también puede contener carbón, aceite y grasa. Debido a su alto valor económico, a menudo es deseable recuperar el hierro de este material para reutilizarlo; sin embargo, la presencia de óxidos de zinc y plomo, o en algunos casos, la presencia de aceite y/o grasa, en el material de desecho hacen difícil e impracticable el intento para purificar el hierro.

15 Un método de recuperación de hierro a partir de desechos de óxido de hierro es mediante la reducción de los óxidos de hierro a través de la utilización de altas temperaturas. Tradicionalmente el hierro fue extraído de los óxidos de hierro por medio de reducción indirecta, donde los altos hornos transforman el mineral de hierro, en estado fundido. Tales procesos producen hierro con un alto contenido en carbono, llamado a menudo arrabio.

En otro método el hierro de reducción directa (DRI) se puede producir mediante la reducción en estado sólido de los óxidos de hierro cargados en hierro metálico sin la formación de hierro líquido.

20 En ambos procesos, se utiliza un agente reductor, generalmente en forma de sólido o gaseoso, para calentar el mineral a las altas temperaturas requeridas para la reacción de reducción. Ejemplos de agentes reductores son el carbón y el gas natural. La reducción del mineral de hierro tiene lugar a través de la interacción con el hidrógeno o el monóxido de carbono. Por ejemplo, donde el agente reductor es carbón, el carbón arde en un horno de combustión con dióxido de carbono en el aire para formar monóxido de carbono ( $C + CO_2 = 2CO$  reacción de Boudouard). Este monóxido de carbono reacciona entonces con los minerales de hierro, en presencia de calor, para producir hierro y dióxido de carbono ( $Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$ ).

25 El DRI tiende a ser ventajoso sobre otros tipos de hierro, tales como los de residuos de la fabricación de acero y arrabio, porque tiene una composición conocida, tiene menos impurezas y puede ser cargado de forma continua en los hornos de fabricación de acero. Además, los procesos del DRI requieren temperaturas de menos de 1000 grados centígrados, en comparación con el hierro reducido, producido en los altos hornos, que puede requerir temperaturas de hierro líquido de 1450 grados centígrados.

El proceso de reducción, que requiere mezclar el agente reductor y el óxido de hierro a altas temperaturas, se puede llevar a cabo en el hogar de los hornos. La tecnología del horno de hogar rotativo se ha descrito, por ejemplo, en las patentes de EE. UU. 5.186.741 o 4.701.214.

35 Con la mayor producción actual de DRI, la entrada de material se prepara antes de ser cargada en el hogar del horno rotatorio. Esta preparación del material consta de mezcla, granulación o briquetas y mayormente secado. Durante aproximadamente una vuelta del hogar, los pellets o briquetas reaccionan y se descargan del horno de hogar rotatorio.

40 Debido a la baja conductividad térmica del material utilizado en estos sistemas, la temperatura del horno de hogar rotativo es considerablemente más alta que la temperatura requerida para la reacción con el fin de asegurar que todo el material en el pellet o briqueta alcanza la temperatura requerida para las reacciones metalúrgicas. En estos sistemas, la temperatura en la carcasa del horno de hogar rotativo se controla mediante quemadores instalados en el techo o en las paredes laterales del horno de hogar rotativo y está normalmente entre 1200 y 1400 grados centígrados.

45 Se han descrito asimismo procesos de hogar múltiple para la producción de DRI, por ejemplo, en la patente de EE. UU. 6.395.057 la cual describe un horno cilíndrico forrado con material refractario con varios hogares fijos hechos de material refractario. Tiene un eje de rotación en el centro del horno de hogar múltiple y este eje soporta brazos giratorios con rastrillos. Estos rastrillos transportan el material a través de los diferentes hogares, y el material que se carga en el hogar superior cae desde un hogar al siguiente hasta que sale del horno de hogar múltiple por el hogar inferior.

50 Sin embargo, en este sistema, debido a que el hogar permanece estacionario y los rastrillos y los brazos giran, existe un hueco entre el hogar y las paredes y los rastrillos que se requiere para evitar interferencias mecánicas. Este hueco tiende a llenarse con material durante el proceso, formando una capa muerta de material de entrada que no puede ser procesada por desplazamiento. Con el paso del tiempo el material también puede endurecerse para crear interferencias con los rastrillos giratorios.

55

La patente GB 208.573 se refiere a un aparato para la producción de metales mediante la utilización de un horno de hogar rotativo con una sola cámara de combustión. La patente de EE. UU. 4.702.694 describe un horno de hogar múltiple construido a partir de una pluralidad de cámaras de calentamiento cilíndricas conectadas en una configuración vertical.

- 5 Tiende a ser deseable proporcionar aparatos, procesos, sistemas y métodos para superar problemas que existen en la producción de DRI. Por ejemplo, tiende a ser deseable proporcionar aparatos, procesos, sistemas y/o métodos para tratar finos de óxido de metal para recuperar hierro elemental a partir de materiales de hierro de rodamientos que incluyen, por ejemplo, minerales de hierro de rodamientos, residuos de acería y otros desechos de procesos metalúrgicos. Adicionalmente, puede ser ventajoso proporcionar aparatos, procesos, sistemas y métodos que  
10 proporcionen transferencia de calor mejorada y reduzcan la preparación del material, por ejemplo, aglomeración del material de alimentación en forma de pellets y briquetas. Además, puede ser ventajoso proporcionar aparatos, procesos, sistemas y métodos en los que se puedan evitar acumulaciones de material de alimentación, y donde no se puedan evitar las acumulaciones, el material endurecido entre las partes del sistema se pueda eliminar fácilmente. Adicionalmente puede ser deseable proporcionar aparatos, sistemas y métodos de producir DRI en los  
15 que la eficiencia energética se pueda incrementar por la utilización de calor de la energía química de los gases de proceso y material volátil, para alcanzar las temperaturas requeridas para el proceso de reducción.

#### Resumen de la invención

En un aspecto de la presente invención se proporciona un horno de hogar para producir hierro de reducción directa, un horno de hogar que comprende: una primera cámara de combustión; un primer hogar giratorio dentro de la  
20 primera cámara configurado para recibir sobre su superficie materiales de óxido de hierro procedentes de la entrada de una primera cámara dispuesta encima del primer hogar; y un primer conjunto de rastrillos dispuesto encima del primer hogar giratorio para interactuar con los materiales de óxido de hierro, el primer conjunto de rastrillos configurado para empujar los materiales de óxido de hierro sobre la superficie del hogar giratorio hacia una primera salida de la cámara ubicada hacia una de un borde interior del primer hogar giratorio o una de un borde exterior del  
25 primer hogar giratorio a medida que el hogar y el primer conjunto de rastrillos se desplaza uno respecto del otro, estando configurado el primer conjunto de rastrillos para interactuar con los materiales de óxido de hierro encima de la totalidad de la superficie del hogar giratorio entre el borde interior y exterior del primer hogar giratorio; una segunda cámara de combustión; un segundo hogar giratorio dentro de la segunda cámara, teniendo la segunda cámara una segunda entrada de la cámara conectada a la primera salida de la cámara de la primera cámara de  
30 combustión y configurada para recibir materiales empujados a la primera salida de la cámara y dirigir los materiales sobre el segundo hogar giratorio de la segunda cámara de combustión; un segundo conjunto de rastrillos dispuesto encima del segundo hogar giratorio de la segunda cámara de combustión, configurado el segundo conjunto de rastrillos para empujar los materiales recibidos desde la primera cámara de combustión sobre la superficie del segundo hogar giratorio hacia una segunda salida de la segunda cámara de combustión ubicada hacia una de un  
35 borde interior o un borde exterior del segundo hogar giratorio de la segunda cámara de combustión a medida que el segundo hogar y el segundo conjunto de rastrillos se desplazan uno respecto del otro, estando configurado el segundo conjunto de rastrillos para interactuar con los materiales recibidos encima de la totalidad de la superficie del segundo hogar giratorio de la segunda cámara de combustión entre sus bordes interior y exterior; y uno o más canales de transferencia de gas que conectan la primera y segunda cámaras de combustión, siendo el canal de  
40 transferencia de gas más amplio que la entrada de la cámara de la segunda cámara de combustión y configurado para transferir gases de reducción y calor a partir de una reacción de reducción del material recibido en la segunda cámara de combustión a la primera cámara de combustión.

En algunas realizaciones, el volumen interior de la primera cámara de combustión puede ser mayor que el volumen interior de la segunda cámara de combustión. En otras realizaciones, la primera entrada de la cámara puede estar  
45 próxima al borde interior del primer hogar giratorio, la primera salida de la cámara puede estar próxima al borde exterior del primer hogar giratorio, la segunda entrada de la cámara puede estar próxima al borde exterior del segundo hogar giratorio, y la segunda salida de la cámara puede estar próxima al borde interior del segundo hogar giratorio.

En algunas realizaciones, uno o más canales de transferencia de gas pueden estar próximos a los bordes exteriores del primer y segundo hogares giratorios. En otras realizaciones, la altura interior de la primera cámara de  
50 combustión puede ser más alta próxima a la primera entrada de la cámara que próxima a la primera salida de la cámara.

En algunas realizaciones, la primera y segunda cámaras de combustión pueden tener múltiples quemadores para controlar la temperatura dentro de cada cámara de combustión. En otras realizaciones, la primera cámara de  
55 combustión se puede mantener a diferente temperatura que la segunda cámara de combustión.

En algunas realizaciones, el primer hogar giratorio puede recibir además en su superficie un agente reductor, y el primer conjunto de rastrillos puede estar configurado para mezclar el agente reductor con los materiales de óxido de hierro a medida que el primer hogar giratorio y el primer conjunto de rastrillos se desplazan uno respecto del otro.

En algunas realizaciones, el hogar giratorio de la segunda cámara de combustión puede recibir en su superficie un agente reductor adicional, y el segundo conjunto de rastrillos puede estar configurado para mezclar el agente reductor adicional con los materiales recibidos de la primera cámara de combustión puesto que el segundo hogar giratorio y el segundo conjunto de rastrillos se desplazan uno respecto del otro.

5 En algunas realizaciones, el primer conjunto de rastrillos puede estar unido a uno o más brazos estacionarios encima del primer hogar giratorio, y la rotación del primer hogar puede provocar que el primer hogar giratorio y los rastrillos se desplacen unos respecto del otro. En otras realizaciones, los rastrillos de la segunda cámara de combustión pueden estar unidos a uno o más brazos estacionarios encima del hogar giratorio de la segunda cámara de combustión, y la rotación del hogar giratorio de la segunda cámara de combustión puede provocar que el hogar y los rastrillos de tal cámara se desplacen unos respecto del otro. En algunas realizaciones, los brazos estacionarios de la primera y segunda cámaras de combustión pueden tener cada uno un fluido refrigerante circulando a su través.

10 En otras realizaciones, el horno de hogar puede comprender además una proyección de sólidos extensible hacia la superficie de al menos uno del primer y segundo hogares giratorios, proyección de sólidos que puede ser ajustable para situar la punta de la proyección sobre la capa de material formada sobre la superficie entre el borde interior y el borde exterior de al menos uno del primer y segundo hogares giratorios y puede romper la capa de material y generar un surco a medida que gira el hogar giratorio; y puede comprender adicionalmente un conducto de descarga que puede estar configurado para depositar un material inerte sobre el surco expuesto.

15 En algunas realizaciones, el horno de hogar puede comprender además una tolva que puede recibir el material inerte, y la tolva puede estar conectada al conducto de descarga que puede suministrar el material inerte al conducto de descarga. En otras realizaciones, el suministro de material inerte desde la tolva al conducto de descarga se puede controlar mediante una válvula. En algunas realizaciones, la proyección de sólidos puede tener un fluido refrigerante que circula a su través y se puede seleccionar de una aguja, un arado o una pala. En otras realizaciones, el horno de hogar puede comprender adicionalmente una zona de garaje que puede recibir la proyección de sólidos cuando la proyección de sólidos no se utiliza.

20 En un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un proceso para producir hierro de reducción directa. El proceso comprende: cargar materiales de óxido de hierro sobre un primer hogar giratorio en una primera cámara de combustión; desplazar los materiales de óxido de hierro mediante la rotación del primer hogar giratorio, interactuando los materiales de óxido de hierro con un primer conjunto de rastrillos dispuesto encima del primer hogar giratorio para dirigir los materiales de óxido de hierro hacia una primera salida de la cámara y cayendo a través de la primera salida de la cámara; recibir los materiales de óxido de hierro caídos desde la primera salida de la cámara sobre un segundo hogar giratorio en una segunda cámara de combustión a través de una entrada de la cámara de la segunda cámara; desplazar los materiales de óxido de hierro mediante la rotación del segundo hogar giratorio, interactuando los materiales de óxido de hierro con un segundo conjunto de rastrillos dispuestos encima del segundo hogar giratorio para dirigir los materiales de óxido de hierro hacia una segunda salida de la cámara; y transferir gases de combustión y calor de una reacción de reducción en la segunda cámara de combustión a la primera cámara de combustión a través de uno o más canales de transferencia de gas que conectan la primera y segunda cámaras de combustión, siendo los canales de transferencia de gas más anchos que la entrada de la cámara de la segunda cámara, en donde los gases de reducción y el calor asisten la reacción de reducción en la primera cámara de combustión, y las reacciones de reducción en la primera y segunda cámaras de combustión producen hierro de reducción directa a partir de los materiales de óxido de hierro.

25 En una realización, el horno de hogar comprende además una proyección de sólidos extensible hacia la superficie del hogar giratorio y ajustable para ubicar la punta de la proyección sobre la capa de material formada en la superficie entre el borde interior y el borde exterior para romper la capa de material y generar un surco a medida que gira el hogar giratorio; y un conducto de descarga configurado para depositar un material inerte sobre el surco expuesto.

30 En algunas realizaciones, la proyección de sólidos puede tener un fluido refrigerante a su través y se puede seleccionar de una aguja, un arado o una pala.

### Breve descripción de los dibujos

35 Para una mejor comprensión de las realizaciones de los aparatos, procesos, sistemas y métodos descritos en el presente documento, y para mostrar más claramente como se pueden poner en práctica, se hará referencia, a modo de ejemplo, a los dibujos adjuntos en los que:

la figura 1A es una vista en perspectiva de una realización de una cámara de combustión y un horno para producir hierro de reducción directa, con un corte seccional para mostrar los componentes interiores de la cámara;

40 la figura 1B es una vista desde arriba hacia abajo de un hogar y otros componentes de una cámara de combustión de la figura 1A;

la figura 2 es una vista en sección transversal de la cámara de combustión de la figura 1A;

la figura 3A es una vista en perspectiva de una realización de un horno multi-cámara que tiene múltiples cámaras de combustión, con cortes seccionales para mostrar componentes interiores del horno;

la figura 3B es una vista en perspectiva alternativa del horno multi-cámara de la figura 3A, con cortes seccionales para mostrar componentes interiores del horno;

5 la figura 3C es una vista adicional en perspectiva alternativa del horno multi-cámara de la figura 3A;

la figura 3D es una vista en sección transversal del horno multi-cámara de la figura 3A;

la figura 4 muestra una vista en sección transversal de una cámara de combustión alternativa que se puede utilizar con el horno de la figura 3A;

la figura 5 muestra una vista en sección transversal de un horno multi-cámara alternativo;

10 la figura 6A muestra una vista frontal de una realización de un aparato de limpieza para utilizar en una cámara de combustión de hogar giratorio de un horno;

la figura 6B muestra una vista lateral del aparato de limpieza de la figura 6A; y

la figura 6C muestra una vista frontal de un aparato de limpieza alternativo del aparato de la figura 6A.

### Descripción detallada

15 Se apreciará que por simplicidad y claridad de ilustración, donde se considera apropiado, las referencias numéricas se pueden repetir entre las figuras para indicar elementos o pasos correspondientes o análogos. Además, se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión completa de las realizaciones descritas en el presente documento. Sin embargo, se entenderá por los expertos en la técnica que las realizaciones descritas en el presente documento se pueden practicar sin estos detalles específicos. En otros casos, métodos bien  
20 conocidos, procedimientos y componentes no se han descrito en detalle para no ensombrecer las realizaciones descritas en el presente documento.

Con referencia a la figura 1A, la figura 1B y la figura 2, se muestra el aparato 100 que proporciona una cámara 102 de combustión que puede ser útil en un sistema para producir hierro de reducción directa. En una realización, tal cámara 102 se puede utilizar, por ejemplo, en un horno de múltiples niveles proporcionando conexiones entre las  
25 cámaras puestas en capas unas encima de la otras, como se describe con mayor detalle en referencia a la figura 3 en adelante. Como se muestra en la figura 1A y en la figura 2, el aparato 100 incluye una cámara 102 de combustión, quemadores 114, entrada (s) de cámara o punto (s) 110 de entrada de material, y salida (s) de cámara o punto (s) 112 de salida de material. Compuestos de óxido de hierro y agentes reductores entran a través de los puntos 110 de entrada de material e interactúan con otros en una reacción de reducción, antes de salir de la cámara  
30 a través de los puntos 112 de salida de material, como hierro de reducción directa y subproductos del gas. En algunas realizaciones, la cámara 102 interior se puede recubrir con un material refractario, y/o las paredes de la cámara pueden incluir un material de aislamiento. Los materiales situados en el hogar 104 se muestran como materiales 103 de entrada en las figuras, y pueden incluir compuestos de óxido de hierro, agentes reductores, aditivos, incluyendo tales materiales la pre, durante o post reacción de reducción.

35 La cámara 102 de combustión está provista de uno o más puntos de entrada de material, para añadir material reductor u otros aditivos en varias etapas del proceso. En una realización, la entrada 110 de la cámara se puede utilizar para cargar material reductor o también otros aditivos.

En la realización en la figura 1A y en la figura 2, la cámara 102 de combustión proporciona un volumen interior en el que los agentes reductores, por ejemplo carbón y gas natural, reaccionan con el aire y el calor de los quemadores  
40 114 para formar gases reductores a base de carbono tales como el monóxido de carbono. La reducción del óxido de hierro se consigue a través de una reacción de materiales 103 de entrada con gases reductores tales como el monóxido de carbono, hidrógeno o carbón sólido. Personas expertas en la técnica, apreciarán, sin embargo, que se pueden utilizar otros procesos químicos para reducir el óxido de hierro a la forma de hierro reducido.

En la realización de la figura 1A y la figura 2, la cámara 102 de combustión también genera el calor requerido para la  
45 reacción de reducción del óxido de hierro con el gas reductor. Los quemadores 114 ubicados dentro de la cámara 102 de combustión se utilizan para crear, controlar y mantener los requerimientos de temperatura elevada de la reacción de reducción. Los quemadores 114 se pueden alimentar con combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, normalmente para generar temperaturas de 800-1400 grados centígrados; sin embargo, las personas expertas en la técnica reconocerán que los requerimientos de temperatura varían de acuerdo con las condiciones ambientales,  
50 materiales utilizados y reacciones deseadas. Aunque los quemadores 114 y las cámaras 102 de combustión son medios comunes para alcanzar altas temperaturas de reacción, las personas expertas entenderán también que en realizaciones alternativas, las cámaras 102 de combustión se pueden calentar con medios alternativos, tales como reacciones eléctricas o químicas.

5 El aparato 100 también incluye un hogar 104 giratorio, que actúa como una base para la cámara 102 de combustión. Adicionalmente, el aparato 100 incluye los brazos 106 dispuestos encima del hogar 104. En la realización mostrada los brazos 106 se extienden a través del interior de la cámara 102, y tienen los rastrillos 108 unidos a lo largo de la longitud de cada brazo 106, extendiéndose los rastrillos 108 hacia el hogar 104. Aunque solamente se muestra un brazo 106 en la figura 1A y en la figura 2, se apreciará que se pueden utilizar uno o más brazos 106 (y los rastrillos 108 unidos a los mismos). El hogar 104 puede, por ejemplo, tener entre 2 y 10 brazos dependiendo del diámetro de la cámara 102 de combustión. En otras realizaciones, un brazo u otro elemento pueden no ser necesarios, y los rastrillos 108 se pueden suspender de soportes internos de la cámara 102.

10 La alimentación del material de óxido de hierro que se puede utilizar en la realización de la figura 1A puede ser típicamente mineral de hierro o residuo de fabricación del hierro y el acero, y otros procesos metalúrgicos. Tales materiales se pueden hacer en forma de pellets o briquetas, o en una realización en forma de polvo y lodo, o una combinación de pellets, briquetas, polvo y/o lodo, y pueden contener óxidos de hierro, así como óxidos de impurezas tales como zinc, plomo y cadmio. Como se muestra en la figura 1A y en la figura 2, el material de óxido de hierro se carga en un lateral del hogar 104 a través de la entrada 110 a la cámara 102, mientras que el agente reductor se puede cargar junto con el óxido de hierro. El agente reductor se puede mezclar con los materiales de óxido de hierro, o puede no ser mezclado en otras realizaciones. El agente reductor también se puede cargar en la cámara a través de una salida separada en otras realizaciones.

20 En la realización mostrada en la figura 1A y en la figura 2, en la parte inferior del hogar 104, se proporcionan una o más ruedas 132 sobre raíles /soporte 130 para soportar el hogar 104 y permitir la rotación del hogar 104. Las ruedas, que a modo de ejemplo, pueden ser en número de 3 a más de 20, dependiendo del diámetro del hogar 104, pueden desplazarse sobre raíles fijos anulares unidos a la parte inferior del hogar 104. La rotación del hogar 104 puede ser por medio de accionamientos conocidos para un experto en la técnica, que pueden incluir un motor eléctrico con un engranaje, o un motor hidráulico o neumático. Un mecanismo, tal como un sistema de sellado dentro de la cámara 102 de combustión, evita fuga de gas del interior de la cámara o entrada de aire del exterior.

25 La cámara de combustión 102, en la realización mostrada, es anular en su forma de manera que una vista en sección transversal de la cámara tiene forma de U. Se entenderá por un experto en la técnica, sin embargo, que pueden utilizarse formas y dimensiones de cámaras alternativas.

30 En la realización mostrada, el hogar 104 gira dentro de la cámara 102 de combustión que consta de una carcasa anular con una pared 128 de circunferencia exterior, una pared 130 de circunferencia interior y un techo 126 anular. Un recubrimiento refractario se puede colocar dentro de la carcasa anular que puede tender a mejorar la eficiencia total de la cámara de combustión. La composición del material puede constar de diferentes capas. Por ejemplo, la capa más cercana del ambiente exterior puede constar de un material aislante, tal como fibra, ladrillos ligeros o material moldeable; y la capa más cercana de la cámara 102 de combustión puede consistir en un material resistente a la alta temperatura. Las personas expertas en la técnica apreciarán que diferentes materiales y/o capas se pueden utilizar para lograr un recubrimiento refractario con aislamiento y propiedades resistentes al calor.

40 En la realización mostrada en las figuras 1A-B y la figura 2, los rastrillos 108 se extienden externamente desde los brazos 106, hacia el hogar 104. El material 103 de entrada, que contiene óxido de hierro, se deposita sobre el hogar 104, y se mezcla con el agente reductor por medio de los rastrillos 108 estacionarios a medida que gira el hogar 104. Los rastrillos 108 transportan el material 103 de entrada desde un extremo del hogar 104 al otro, por ejemplo, empujando el material 103 de entrada en forma de espiral a medida que gira el hogar 104 para mover los materiales 103 a través de la superficie del hogar 104 desde la ubicación de entrada próxima a la entrada 110 de la cámara hacia la salida 112 de la cámara.

45 Con referencia a la figura 1B, se muestra una vista superior del hogar 104 (y de los brazos 106 y rastrillos 108). El aparato 100 mostrado tiene ocho brazos 106 separados por ángulos de aproximadamente 45 grados entre unos y otros, aunque se entenderá por un experto en la técnica, que el número de brazos y la separación se puede cambiar dependiendo de la frecuencia deseada de contacto entre los rastrillos 108 con el material 103 de entrada y la velocidad de movimiento deseada a través de la superficie del hogar 104. En la realización, los rastrillos 108 están posicionados formando ángulos entre sí, para desplazar el material en una dirección lateral a lo largo del hogar 104. En esta realización, los rastrillos 108 están espaciados en incrementos, el uno del otro, tendiendo a aumentar el contacto con el material 103 de entrada e incrementar la mezcla con el agente reductor. Las personas expertas en la técnica apreciarán que dicho espacio se puede variar para acomodar factores tales como el tamaño de partícula del material de entrada, frecuencia de mezcla deseada y otros requerimientos dependientes del espaciado.

55 Con referencia a la figura 1B, los rastrillos 108 están dispuestos para transferir material desde la entrada 110 a la salida 112. El material tiende a fluir a través del hogar 104 en un movimiento espiral teórico mostrado como 140. El material de entrada cae sobre el hogar 104 a través de la entrada 110. Por ejemplo, en operación material de mineral de hierro se carga en la cámara 102 de combustión a través de la entrada 110 de la cámara y un agente reductor, tal como carbón, se añade a la cámara 102 de combustión, también normalmente a través de la entrada 110 de la cámara. Los quemadores calientan los materiales de mineral de hierro y adicionalmente calientan el carbón, para producir que el agente reductor tal como el monóxido de carbono reaccione con el material de mineral de hierro. El hogar 104 gira de manera que los materiales de mineral de hierro interactúen con los rastrillos 108

montados en los brazos 106, provocando que el material de mineral de hierro se desplace a lo largo de la superficie del hogar 104, en una dirección en espiral y se mezcle con el agente reductor, y empujando el material de mineral de hierro a reaccionar/reaccionado hacia la salida 112 de la cámara. Una vez que los materiales de hierro se desplazan desde la entrada 110 hasta el lado opuesto del hogar 104, la guía 142 dirige el material fuera de la cámara a través de la salida 112.

En una realización, los rastrillos 108 son desmontables para facilitar la limpieza y el reemplazo. Los rastrillos 108 también se pueden limpiar durante la operación del sistema, bien sea manualmente o, en realizaciones alternativas, con lanzas de limpieza automática de alta presión de gas o líquido que corren a lo largo de los brazos, que pueden ser fijas o retráctiles. Los rastrillos 108 pueden ser ajustables en altura que pueden tender a regular el espesor del material que permanece sobre el hogar 104 y asegurar que los rastrillos no interfieran con la rotación del hogar 104. Las personas expertas en la técnica reconocerán que este ajuste se puede lograr a través de palancas u otros mecanismos de ajuste.

Los rastrillos 108 y brazos 106 se pueden cubrir con forros rellenos de refrigerante. Se puede utilizar un mecanismo para circular refrigerante a través de esos forros para reducir daños a los rastrillos 108 y brazos 106 que resultan de la continua exposición a altas temperaturas durante la operación del aparato 100. Las personas expertas en la técnica reconocerán que este mecanismo de circulación puede incluir una bomba mecánica u otro componente circulatorio. El refrigerante puede estar en forma de gas o líquido. Generalmente, sería preferible un refrigerante que tenga una alta capacidad térmica, baja viscosidad y que sea inerte químicamente, para que no cause o promueva la corrosión del forro, brazos 106 y rastrillos 108. Ejemplos de tales refrigerantes son el agua, aire y nitrógeno, sin embargo, será reconocido por un experto en la técnica que refrigerantes alternativos son adecuados. En realizaciones alternativas, un refrigerante puede estar circulando internamente dentro de los rastrillos 108 y de los brazos 106 también.

El material 103 de entrada puede constar de polvo o lodo que contiene óxidos de hierro así como óxidos de impurezas tales como zinc, plomo y cadmio. En realizaciones alternativas el material 103 de entrada puede estar en forma de partículas más grandes o micro-pellets, que pueden ser mezclados en continuo por los rastrillos 108 a medida que el hogar 104 gira.

Con referencia de nuevo a la figura 1A, la figura 1B y la figura 2, en operación, la rotación del hogar 104 tenderá a provocar que el material 103 de entrada haya dado la vuelta y mezclado por cada rastrillo 108 en todo el proceso de movimiento desde la entrada 110 de la cámara hacia la salida 112 de la cámara. El material sobre el hogar 104 tenderá a ser mezclado de forma continua lo que puede tender a mejorar la transferencia de calor en la capa del material 103 de entrada. Una persona experta en la técnica reconocerá que el nivel de mezcla alcanzado por el aparato 100 puede depender del número y espaciado de los rastrillos 108 y brazos 106, y que mezclas más vigorosas pueden dar como resultado mejoras en la transferencia de calor a medida que las moléculas del material 103 de entrada y los gases de reducción toman contacto adicional unas con las otras.

Puede haber tubos de escape (no mostrados en la figura 1A, figura 1B y figura 2) conectados con la cámara que permite a los gases de escape abandonar la cámara después de la reacción de reducción. El gas de escape puede ser tratado antes de liberarlo a la atmósfera, y a través de dichos tubos de escape puede haber un dispositivo tal como un regulador de presión utilizado para mantener la presión interna de la cámara 102 de combustión en un intervalo por debajo de la atmosférica para evitar que gases tóxicos, como los que se pueden producir en los procesos de combustión y reducción, tales como el monóxido de carbono, escapen al ambiente exterior. Las personas expertas en la técnica reconocerán que tal dispositivo puede constar de ventiladores, válvulas, pistones u otros dispositivos utilizados para controlar y mantener y/o regular la presión deseada dentro de la cámara.

Puede tenderse a obtener mayores eficiencias teniendo mayor tiempo de reacción y área para un gas de reducción atravesar sobre los materiales de óxido de hierro en el hogar, y se puede obtener mediante la utilización de cámaras de combustión múltiples dispuestas en serie. Con referencia a las figuras 3A - 3D, se muestra el horno 300 multi-cámara para producir hierro de reducción directa. El aparato 300 tiene tres cámaras 302 de combustión dispuestas verticalmente. Las cámaras 302 son similares a la cámara 102, con modificaciones de las mismas para disponer en forma de chimenea el horno 300 como se muestra, y los componentes internos similares de la cámara 102 en la cámara 302 están etiquetados con el mismo número de referencia que en la cámara 102. Cada cámara 302 tiene un hogar 104 giratorio correspondiente que actúa como la base de la cámara, y embudos, o canales, 306 que conectan una cámara 102 de combustión a la siguiente. Tal conexión de canal 306 de transferencia de gas entre cámaras tenderá a ser más amplio que las entrada/salida 110/112 de la cámara, y se podría configurar para transferir gases de reducción y calor desde una cámara a la otra. Como estaba previsto, la salida 112 de la cámara de una cámara 302 superior está conectada a la entrada 110 de la cámara de la cámara inferior, y los rastrillos 108 de cada cámara 302 se pueden disponer para dirigir los materiales 103 desde el borde 116 interior al borde 120 exterior del hogar 104, o viceversa, para dirigir los materiales de cerca de la entrada 110 a la salida 112 de cada cámara. Como se muestra en la figura 3, para proporcionar una caída más directa del material 103 desde cada cámara 302 a la siguiente, cada par de salidas 112 y de entradas 110 inferiores se dispone cerca del mismo borde de los hogares 104 en cada cámara.

En la realización de la figura 3, cada cámara de combustión se puede mantener en condiciones de operación diferentes de la otra. Por ejemplo, cada cámara se puede calentar a diferentes temperaturas, mientras que el agente reductor se puede añadir en diferente(s) nivel(es) o diferentes cantidades. Por ejemplo, el agente reductor se puede añadir en el nivel más alto de la cámara 302 en un punto en donde el óxido ya está precalentado o sobre un nivel de cámara debajo. Como se muestra, los tubos 330 de escape también están proporcionados y unidos al nivel más alto de la cámara 302 para permitir que el gas de escape salga del horno 300, para tratamiento adicional u otra alternativa. Como se apuntó anteriormente, un ventilador u otro dispositivo regulador de presión se puede proporcionar asociado a los tubos 330 para proporcionar una presión generalmente por debajo de la atmosférica dentro del horno 300 para evitar gases tóxicos, tales como los que se pueden producir en los procesos de reducción y combustión, como el monóxido de carbono, al escapar hacia el ambiente exterior.

Las personas expertas entenderán que puede utilizarse cualquier número de cámaras de combustión en un sistema de cámara de combustión múltiple. El material de alimentación se carga en el hogar 104 superior, y se transporta en un movimiento de espiral teórico mostrado como 140 por los rastrillos 108 estacionarios, a medida que el hogar 104 superior gira. Cuando el material llega al borde pertinente del hogar 104 superior, cae a través de la salida 112 de la cámara sobre la mitad del hogar 104 a través de su entrada 110 de la cámara, y el proceso se repite hasta que el material se ha desplazado a través de todos los hogares 104 y a través de todas las cámaras 302 de combustión, y los materiales de reacción posterior se descargan del horno 300 a través de la salida 112 de la cámara de la cámara 302 más baja. En aplicaciones típicas, pueden haber de dos a ocho cámaras.

En la realización mostrada en la figura 3 el uso de cámaras de combustión múltiple puede proporcionar un proceso que se subdivide en múltiples zonas, de tal manera que a cada zona le corresponde una cámara 302 de combustión particular. En dichos sistemas, cada zona se puede controlar y/o medir de forma independiente lo cual puede permitir medios adicionales de optimización del proceso medido.

En la realización mostrada, los quemadores 114 calibrados de forma individual con puntos de inyección para gas que contiene oxígeno están incluidos lo que puede permitir el control de temperatura en cada cámara de forma independiente. En tales realizaciones cada cámara 302 de combustión se puede calibrar de forma separada para satisfacer requerimientos de la reacción para diferentes procesos, que se pueden utilizar para separar y filtrar los componentes de residuos en cada nivel de los hogares 104. Por ejemplo, materiales con puntos de vaporización más bajos se pueden separar de los materiales de residuos en las primeras cámaras de combustión mediante incremento de temperatura de una cámara de combustión a la siguiente, a lo largo del camino del flujo del material.

En la realización mostrada, se representa un horno 300 de tres cámaras. En aplicaciones típicas, cada hogar 104 puede tener de 6 a 10 brazos 106 con 8 a 12 rastrillos 108 en cada brazo 106. El hogar superior puede tender a operar a temperaturas aproximadas de 1000 grados centígrados, mientras que los hogares más bajos permanecen operando a temperaturas de 1100 grados centígrados. El agente reductor puede ser carbón, que se puede cargar junto con la entrada de óxido de hierro a través de la entrada 110 de la más alta cámara 302, y la velocidad de rotación de los hogares 104 se pueden ajustar de tal manera que cada hogar gire ligeramente más rápido que el de abajo. Un ejemplo de dimensiones de un hogar puede constar de un diámetro exterior de 9 metros y un diámetro interior de 4 metros. El tamaño del espesor de la carcasa puede tender hacia medio metro.

Con referencia a la figura 4, se muestra una alternativa a una primera (o más alta) cámara de combustión en un aparato 300 de horno multi-cámara. La más alta cámara 302 en el aparato 300 se puede sustituir por una cámara 402 mostrada en la figura 4. Con la cámara 402, se muestra el hogar 404 giratorio, la entrada 410 de la cámara, la salida 412 de la cámara, el brazo 406 con los rastrillos 408 unidos al mismo, y la canalización 406 (todos son similares al hogar 104, entrada 110 de la cámara, salida 112 de la cámara, brazo 106 con rastrillos 108 unidos al mismo, y la canalización 306 mostrados en las figuras 3A-D). La cámara 402 difiere de la cámara 102 en que la altura del techo interior de la cámara se ha incrementado comparada con la cámara 302, para proporcionar una cámara mayor en volumen interior que las otras cámaras en el horno multi-nivel. Tener tal primera cámara 402 de combustión más grande puede tender a mejorar la transferencia de calor para mejorar la velocidad a la que los requerimientos de reducción de la temperatura se cumplan, que en algunas realizaciones puede ser por encima de los 1000 grados centígrados.

A modo de ejemplo, en algunas realizaciones, el material 103 de entrada, en forma de material de residuos de otros procesos, contiene con frecuencia materia volátil del carbón que vaporiza a temperaturas más bajas que las temperaturas requeridas por el proceso de reducción metalúrgica. Esta materia volátil puede evaporar en el inicio del proceso de reducción, en algunos casos a temperaturas que alcanzan 400 grados centígrados. Mediante el incremento de volumen de la primera cámara 402 de combustión, la materia volátil, que tiende a escapar durante la primera fase del proceso, puede estar contenida en la primera cámara 402 de combustión durante períodos más largos de tiempo y puede ser quemada por los quemadores 114, para la salida de energía química adicional.

Como se muestra en la figura 4, para la realización mostrada, el volumen incrementado de la cámara 402 se consigue por tener incrementada la altura del techo próximo a la entrada 410 de la cámara, mientras que se mantiene la altura del techo próximo a la salida 412 de la cámara aproximadamente la misma que la altura del techo en otras cámaras del horno. Como se ha descrito anteriormente, el material de entrada puede tender a evaporarse rápidamente al entrar en la primera cámara del horno, y entonces haber incrementado el volumen cerca de la



entrada de la cámara tiende a ser más efectivo. Sin embargo, se apreciará que en otras realizaciones se pueden utilizar otras geometrías de una primera cámara de combustión.

En las realizaciones mostradas, aire de combustión adicional u otros gases que contiene oxígeno, se pueden inyectar a través de los quemadores 114 o a través de orificios de inyección adyacentes a los quemadores, con el fin de quemar gas de proceso procedente de la evaporación de materiales. La energía producida por la combustión de esta materia volátil, que en algunas realizaciones es alta en valor calorífico, se puede utilizar para incrementar la temperatura en la cámara a un ritmo más rápido. Además, la energía a partir de la combustión de la materia volátil, se puede utilizar para reducir las fuentes de energía adicionales requeridas para alcanzar los requerimientos de temperatura de la reducción.

10 En referencia a la figura 3D, en el horno 300 el flujo del material 103 se desplaza en contracorriente al flujo del gas reductor, que tiende a fluir desde la cámara más baja a las cámaras más altas del horno a través de las canalizaciones 306 en una dirección opuesta. En las cámaras 302 anulares de la realización y su disposición de las canalizaciones 306 y entrada/salidas 110/112, la dirección se refiere ya sea desde el lado de la cámara 302 próximo al borde 116 interior hacia el borde 120 exterior del hogar 104, o viceversa.

15 En las realizaciones mostradas, el agente reductor, típicamente un gas calentado, se desplaza en una dirección hacia arriba mostrada con las flechas 322, mientras que el material de alimentación de óxido de hierro se desplaza en una dirección hacia abajo, mostrada con las flechas 324. El flujo contrario de las dos sustancias puede tender a mejorar el contacto molecular, y dar como resultado un tiempo de reacción incrementado para el proceso de reducción.

20 En las realizaciones del aparato 300, las personas expertas entenderán que cuando el gas calentado del agente reductor tiene una densidad más baja tenderá a moverse hacia arriba a través de las canalizaciones 306. El material 103, en la realización mostrada estando en forma de óxido de hierro sólido, atravesará cada cámara 302 y caerá desde una cámara 302 de combustión hacia la cámara 302 siguiente (a través de una salida 112 hacia una entrada 110) por efecto de la gravedad. El flujo direccional del material 103 de óxido de hierro (mostrado con las flechas 324) y el flujo del gas reductor (mostrado con las flechas 322) tenderán a estar en dirección opuesta por el gas de reducción que se mueve hacia arriba por el canal 306, y el material de entrada que se mueve hacia abajo por otro canal 310 (que conecta la salida 112 de la cámara de una cámara 302 superior con la entrada 110 de la cámara de una cámara 302 inferior).

30 El embudo, o canal de transferencia de gas, 306 puede tener un área de sección transversal más grande que la canalización 310. El agente reductor y el material 103 de óxido de hierro, ya sea en forma de sólido, polvo o líquido, tiende a desplazarse a través del canal 310 más pequeño por la disposición del hogar 104 y entrada/salidas 110/112. El sólido o líquido a base de sustancia de óxido de hierro se dirige a través de los canales 310 más pequeños por la dirección de rotación del hogar 104, así como por la gravedad. El gas reductor tenderá a desplazarse a través del canal 306 más grande, que, normalmente, no será obstruido por los materiales 103 como ocurriría en el caso del canal 310. Tales realizaciones tienden a producir sistemas en los que el material óxido de hierro fluye en una dirección mientras el agente reductor fluye en la dirección opuesta a través del horno 300. El material tenderá a fluir a través de entrada/salidas 110/112, mientras los agentes reductores tenderán a fluir a través del canal 306.

40 En ciertas realizaciones, se pueden instalar compuertas (no mostradas) en y/o cerca de los canales 306, que se pueden configurar para dirigir el gas reductor en la dirección 322. Durante la operación, el flujo de los materiales desde una cámara a la siguiente (es decir, desde la salida 112 de la cámara de una cámara, a la entrada 110 de la cámara de la siguiente cámara inferior) tenderá a ser bastante constante, y con los canales 306 más grandes no obstruidos por los materiales que fluyen en dirección opuesta, los gases tenderán a fluir hacia arriba a través de los canales 306. En algunas realizaciones, este flujo puede mejorar aún más por el uso de compuertas (no mostradas) que pueden instalarse cerca de las entradas 110 de la cámara, las cuales tienden a evitar que los agentes reductores gaseosos que entran desde el canal 310, y que pueden tender a mejorar el flujo gaseoso contrario en la dirección de 322. Las personas expertas en la técnica apreciarán que tales compuertas, pueden incluir, por ejemplo, puertas de resortes o puertas que estén abiertas por el óxido material más pesado pero no enganchadas por los gases de reducción más ligeros. Como se muestra en las figuras 3A-D los canales 306 y 310 se disponen próximos a las paredes de la circunferencia exterior entre los dos niveles superiores de las cámaras 302, mientras se aproxima a las paredes de la circunferencia interior entre el inferior de los dos niveles de las cámaras 302. En realizaciones con más niveles de cámaras 302, este zig-zag de canalizaciones 306 y 310 por encima de las paredes circunferenciales interiores y exteriores puede continuar. Se apreciará que se puede proporcionar más de un canal 306 entre los niveles de las cámaras 302, que otras disposiciones y posicionamientos de tales canales se pueden proporcionar en otras realizaciones. Adicionalmente, el hogar 104 más bajo en la cámara 302 más baja puede incluir un rastrillo extra ajustable (no mostrado) que se puede usar para descargar el material en una ubicación diferente de la salida 112, a través de un conducto secundario. Este conducto secundario se puede utilizar si la descarga de material normal se interrumpe y se necesita recogerlo en una emergencia o reponerlo de vuelta a la tolva.

60 La figura 5 muestra el aparato 500, un horno multi-cámara modificado del aparato 300, en el que se añadió el orificio 508. Como se muestra en la figura 5, se puede introducir un gas reductor adicional desde el punto 508 en el nivel

más bajo del horno, de manera que el gas suba a los niveles superiores del sistema a través de los canales. En ciertas realizaciones, el gas reductor se puede forzar inyectado y empujado dentro de la cámara a través del orificio 508. En tales realizaciones, el orificio 508 se puede conectar a un horno de fundición que proporciona gas reductor adicional al horno 500.

5 Como se muestra en la figura 5, el gas reductor caliente que entra por el orificio 508 en un nivel inferior del sistema, se transfiere a los niveles superiores a través de una serie de canales. En algunas realizaciones el gas procedente de los niveles inferiores, no exhaustado en la reacción de reducción, se puede quemar en los niveles más altos mediante los quemadores y los puntos de inyección de aire correspondientes, lo cual puede tender a generar calor adicional para hacer los procesos en general más eficientes energéticamente. A modo de ejemplo, en ciertas realizaciones, solamente se requiere monóxido de carbono en el horno para el proceso de reducción metalúrgica, y el dióxido de carbono restante se quema para regular la temperatura en el nivel requerido.

10 Los hornos de hogar y las cámaras de combustión descritos en el presente documento pueden incluir opcionalmente un dispositivo de limpieza para el hogar. Con referencia por ejemplo a la figura 1A, la figura 3B y las figuras 6A-C, el aparato 600 con el dispositivo 601 de limpieza se muestra operando en una cámara de combustión. La cámara es similar a las cámaras 102 y 302 anteriormente descritas, y modificadas como se muestra en las figuras 6A-C. Ciertos elementos, tales como los brazos 106 y los rastrillos 108, no se muestran en las figuras 6A-C por claridad, pero una persona experta apreciaría, con referencia a las figuras 1A y 3B, que el dispositivo 601 de limpieza se puede usar en las cámaras 102 y 302, ya que dichas cámaras se pueden modificar para acomodar las diferentes características del dispositivo 601, y que el dispositivo 601 se puede usar también en otros hornos de hogar giratorio.

20 El dispositivo 601 tiene la proyección 602 que se extiende desde la parte superior de la cámara 102 de combustión hacia la superficie del hogar 104 giratorio. El dispositivo 601 incluye además el dispositivo 604 de guía para desplazar la proyección 602 en incrementos a lo largo de la superficie del hogar 104 de entre su borde 116 interior y su borde 120 exterior. En la realización mostrada, el dispositivo 604 de guía se mueve a través de la anchura de la superficie del hogar mediante un accionamiento electro-mecánico, neumático o hidráulico, sin embargo, personas expertas en la técnica apreciarán que pueden ser adecuados otros mecanismos de accionamiento a utilizar. En las realizaciones mostradas, el dispositivo 604 de guía se desplaza sobre los railes 610 instalados encima del techo de la cámara 102 de combustión.

25 En la operación de un ejemplo de realización, antes de cargar el hogar 104 con los materiales de entrada, se forma una capa de material 642 inerte sobre la superficie del hogar 104. En ciertas realizaciones, el espacio entre el hogar 104 giratorio y la proyección 602 se puede llenar con dicha capa de material 642 inerte para reducir la cantidad de acumulación de productos químicos del proceso de reducción en el horno. El material inerte puede ser un material inerte granular, tal como dolomita, y se puede cargar primero en el hogar 104 y puede llenar el vacío debajo de los rastrillos 108 en la superficie del hogar 104.

30 En algunas realizaciones, antes de cargar el hogar 104 con el material de entrada, se puede rotar el hogar 104 mientras el dispositivo 601 se desplaza en incrementos a lo largo de la superficie del hogar 104 entre su borde 116 interior y su borde 120 exterior suministrando una capa de material 642 inerte almacenado en el dispositivo 606 dispensador a través del conducto 620. En otras realizaciones, se puede añadir una capa de material 642 inerte manualmente o a través de un mecanismo automatizado alternativo. En un ejemplo de realización, la capa de material 642 inerte puede ser de una pulgada de espesor; sin embargo, personas expertas apreciarán que la capa de material 642 inerte puede ser de espesores alternativos.

35 Una vez está el hogar 104 en operación, a medida que se añaden los materiales de entrada en el aparato 600 y se desplazan alrededor a través de los rastrillos (no mostrados en la figura 6) operando con el hogar 104, los materiales de entrada pueden tender a interactuar con la capa de material 642 inerte para reemplazar una parte de la capa de material 642 inerte con una capa 640 muerta de materiales, siendo dicha capa 640 muerta una capa de material de entrada que se forma encima de la parte superior de y parcialmente reemplazando la capa de material 642 inerte, al menos una parte de la cual no entra en contacto con los rastrillos 108. En algunas realizaciones, la capa 640 muerta puede reemplazar el 25% de la capa de material 642 inerte durante la operación normal; sin embargo, personas expertas apreciarán que en otras realizaciones la capa 640 muerta puede reemplazar una mayor o menor cantidad de la capa de material 642 inerte, dependiendo en algunas de tales realizaciones del material inerte utilizado y la configuración del hogar y los rastrillos.

40 La capa 640 muerta tiende a constar de material de entrada que puede comenzar a endurecerse con el tiempo. A medida que el aparato 600 continúa operando, la capa 640 muerta puede tender a incrementar en espesor y puede eventualmente comenzar a contactar con los rastrillos 108. A medida que la capa 640 muerta contacta con los rastrillos 108, esto puede tender a incrementar la fricción y provocar un incremento de la potencia requerida para girar el hogar 104. En algunas realizaciones, el aparato 600 puede proporcionar a un usuario una alerta para informar al usuario que se requiere un ciclo de limpieza; sin embargo, en otras realizaciones, el usuario puede monitorear medidores y otros datos de retroalimentación del aparato 600 para determinar que se requiere un ciclo de limpieza.

Para evitar la acumulación de la capa 640 muerta que puede interferir con la operación de los rastrillos fijos, el dispositivo 601 puede estar activo en forma continua en proyección 602 de posicionamiento para limpiar, raspar y/o eliminar la capa 640 muerta. Se apreciará que un único dispositivo 601 puede ser capaz de limpiar la totalidad de la superficie del hogar 104, a medida que radios de limpieza diferentes pueden ser alcanzados por el movimiento del dispositivo 601 a lo largo de los raíles 610 para posicionar la proyección 602 en diferentes ubicaciones a lo largo de la superficie del hogar 104 entre el borde 116 interior y el borde 120 exterior. En realizaciones alternativas, la proyección 602 solamente se puede operar de forma periódica y se puede desplazar en otras ocasiones a una posición de garaje en la zona 608 fuera del área caliente principal del horno para minimizar daños por calor al dispositivo 601 (por ejemplo, la zona 608 mostrada en la figura 6C, pero que no aparece en la realización mostrada en la figura 1). Aún en otras realizaciones, más que un dispositivo de limpieza se puede emplear el aumento de la velocidad de limpieza para un hogar en una cámara e combustión.

Al inicio del ciclo de limpieza, para evitar que el ciclo de limpieza interfiera con la producción de hierro de reducción directa, la introducción de materiales de entrada se detiene; sin embargo, en otras realizaciones, el ciclo de limpieza puede operar en concurrencia con la introducción de material de entrada. En realizaciones en las que la introducción de material de entrada se detiene, después de un tiempo predeterminado, el dispositivo 601 se puede desplazar a lo largo de la pista in la cámara 102 de combustión del hogar 104. En la realización mostrada en las figuras 6A y 6B, en la operación del ciclo de limpieza, el hogar 104 gira y la proyección 602 toma contacto con la capa 640 muerta que ha reemplazado a la capa de material 642 inerte, rompiendo la capa 640 muerta y moviéndola para exponer la capa restante del material 642 inerte. Dicha capa 640 muerta que se rompe y se echa a un lado mediante la proyección 602 puede entonces retirarse del hogar 104 mediante los rastrillos 108 a medida que el hogar 104 continúa girando en el ciclo de limpieza. En algunas realizaciones, la proyección 602 puede tener forma de pala, raspador o arado, para retirar residuo y empujarlo a un lado durante la rotación del hogar 104. Un experto en la técnica reconocerá que se puede utilizar otra proyección de sólidos para eliminar la acumulación de material y facilitar la limpieza, por ejemplo en la realización mostrada en la figura 6C la aguja 650 se utiliza para eliminar material acumulado. Las personas expertas apreciarán que en algunas realizaciones la proyección 602 puede retirar toda o parte de la capa 640 muerta, y una parte de la capa de material 642 inerte, y crear un surco.

En algunas realizaciones, la proyección 602 y otras partes del sistema 600 puede estar refrigeradas al tener un refrigerante. Se puede utilizar un mecanismo para circular refrigerante a través de la proyección 602 y otras partes para reducir daños por la exposición continuada a altas temperaturas durante la operación del aparato 600. Las personas expertas en la técnica reconocerán que este mecanismo de circulación puede incluir una bomba mecánica u otro componente circulatorio. El refrigerante puede estar en forma de gas o de líquido. Generalmente, se puede utilizar un refrigerante que tenga una alta capacidad térmica, baja viscosidad y que sea inerte químicamente, así como que no cause o promueva corrosión de la proyección 602 u otras partes del aparato 600. Ejemplos de tales refrigerantes son el agua, el aire y el nitrógeno, sin embargo, se reconocerá por los expertos en la técnica que son adecuadas alternativas de refrigerantes. En realizaciones alternativas, también se puede hacer circular un refrigerante.

Las figuras 6A-6C muestran también un dispositivo dispensador 606 que descarga nuevo material inerte sobre el surco formado a medida que la proyección 602 elimina la capa 640 muerta, y en algunas realizaciones una parte de la capa de material 642 inerte. Las personas expertas en la técnica reconocerán que el dispositivo 606 dispensador puede tomar la forma de una tolva que contiene material inerte granular u otro mecanismo capaz de reponer material inerte encima de la superficie del hogar 104, así como en los surcos creados por la proyección 602.

La parte de capa 642 muerta, y en algunas realizaciones una parte de la capa 640 de material inerte, que han sido raspadas por la proyección 602 se pueden transportar por el hogar 104 en un recorrido espiral a medida que el hogar 104 gira para desplazar los materiales 103 a través de la superficie del hogar 104 hacia la salida 112 de la cámara por donde puede salir de la cámara 102.

Se entenderá por una persona experta en la técnica que el dispositivo 601 de limpieza se puede utilizar con alternativas y que existen hogares giratorios y tecnología de reducción directa de hogares múltiples fuera del alcance de los sistemas descritos en el presente documento.

Con referencia a la figura 6B, se muestra una vista lateral del dispositivo 601. En la realización, el dispositivo 604 guiado tiene las ruedas 612. El dispositivo 604 guiado soporta y desplaza la proyección 602. Unido al extremo inferior de la proyección 602 está el arado/rompedor 611. La proyección 602 está unida al dispositivo 604 guiado mediante el mecanismo 616 que tiende a permitir la elevación y el descenso de la proyección 602 y el arado/rompedor 611. En la realización, el movimiento arriba y abajo se puede lograr mediante un actuador 618 electromecánico. Alternativamente, en otras realizaciones, el actuador puede estar accionado hidráulicamente o reumáticamente. El dispositivo 606 dispensador mostrado incluye un canal 620 que distribuye nuevo material 622 inerte sobre el surco formado a medida que la proyección 602 elimina la capa 640 muerta, y en algunas realizaciones una parte de la capa 642 inerte. El borde posterior inferior del canal 620 también puede estar equipado con el raspador 624. El raspador 624 tiende a nivelar el material 622 inerte que se deposita desde el canal 620 sobre el surco formado a medida que la proyección 602 elimina la capa 640 muerta, y en algunas realizaciones una parte de la capa de material 642 inerte. El canal 620 se puede soportar mediante el mecanismo 626 que puede ajustar el nivel del canal 620. El ajuste de la altura se puede lograr con un actuador 628 electromecánico o hidráulico o

neumático. En el canal 620 mostrado, se puede proporcionar una compuerta 630 que retiene el material inerte hasta que el canal 620 en una posición deseada para liberar el material 622 inerte. La compuerta 630 se puede operar para abrir y cerrar mediante el mecanismo 632 que puede ser, por ejemplo, actuado electromecánicamente, hidráulicamente o neumáticamente. En el extremo superior del canal 620 se acopla la tolva 636 que contiene el material inerte para ser aplicado al hogar 104.

5

**REIVINDICACIONES**

1. Un horno de hogar para producir hierro de reducción directa, que comprende:

una primera cámara (102) de combustión;

5 un primer hogar (104) giratorio dentro de la primera cámara (102) configurado para recibir en su superficie materiales (103) desde una entrada (110) de la primera cámara dispuesta encima del primer hogar (104) giratorio; y

10 un primer conjunto de rastrillos (108) dispuesto encima del primer hogar (104) giratorio para interactuar con los materiales (103) de óxido de hierro, configurado el primer conjunto de rastrillos (108) para empujar los materiales (103) de óxido de hierro sobre la superficie del primer hogar (104) giratorio hacia la primera salida (112) de la cámara ubicada hacia el borde (116) interior del primer hogar (104) giratorio o el borde (120) exterior del primer hogar (104) giratorio a medida que el hogar y el primer conjunto de rastrillos (108) se desplazan uno respecto del otro, estando configurado el primer conjunto de rastrillos (108) para interactuar con los materiales (103) de óxido de hierro encima de la totalidad de la superficie del hogar giratorio entre los bordes interior (116) y exterior (120) del primer hogar (104) giratorio;

una segunda cámara (302) de combustión;

15 un segundo hogar (104) giratorio dentro de la segunda cámara (302), teniendo la segunda cámara una segunda entrada (110) de la cámara conectada a la primera salida (112) de la cámara de la primera cámara (102) de combustión y configurado para recibir materiales empujados a la primera salida (112) de la cámara y dirigir los materiales al segundo hogar (104) giratorio de la segunda cámara (302) de combustión;

20 un segundo conjunto de rastrillos (108) dispuestos encima del segundo hogar (104) giratorio de la segunda cámara de combustión (302), configurado el segundo conjunto de rastrillos (108) para empujar los materiales recibidos de la primera cámara (102) de combustión sobre la superficie del segundo hogar (104) giratorio hacia una segunda salida (112) de la cámara de la segunda cámara (302) de combustión ubicada hacia un borde (116) interior o un borde (120) exterior del segundo hogar (104) giratorio de la segunda cámara (302) de combustión a medida que el segundo hogar (104) y el segundo conjunto de rastrillos (108) se desplazan uno respecto del otro, estando configurado el segundo conjunto de rastrillos (108) para interactuar con los materiales recibidos encima de la totalidad de la superficie del segundo hogar (104) giratorio de la segunda cámara (302) de combustión entre sus bordes interior (116) y exterior (120); y

25 uno o más canales (306) de transferencia que conectan la primera (102) y la segunda cámaras (302) de combustión, siendo el canal (306) de transferencia de gas más amplio que la entrada (110) de la cámara de la segunda cámara (302) de combustión y configurado para transferir los gases de combustión y el calor de una reacción de reducción del material (103) recibido en la segunda cámara (302) de combustión a la primera cámara (102) de combustión.

2. El horno de hogar de la reivindicación 1, en el que el volumen interior de la primera cámara (102) de combustión es mayor que el volumen interior de la segunda cámara (302) de combustión.

35 3. El horno de hogar de la reivindicación 2, en el que la primera entrada (110) de la cámara está próxima al borde interior del primer hogar (104) giratorio, la primera salida (112) de la cámara está próxima al borde (120) exterior del primer hogar (104) giratorio, la segunda entrada (110) de la cámara está próxima al borde (120) exterior del segundo hogar (104) giratorio, y la segunda salida (112) de la cámara está próxima al borde (116) interior del segundo hogar (104) giratorio.

40 4. El horno de hogar de la reivindicación 3, en el que el uno o más canales (306) de transferencia de gas están se disponen próximos a los bordes de salida del primer y segundo hogares (104).

5. El horno de hogar de la reivindicación 4, en el que la altura interior de la primera cámara (102) de combustión es más alta próxima a la primera entrada (110) de la cámara que próxima a la primera salida (112) de la cámara.

6. El horno de hogar de la reivindicación 5, en el que cada una de la primera (102) y segunda cámaras (302) de combustión tienen múltiples quemadores (114) para controlar la temperatura interior de cada cámara de combustión.

45 7. El horno de hogar de la reivindicación 6, en el que los múltiples quemadores (114) en la primera (102) y segunda cámaras (302) de combustión tienen medios de calibración separados, de tal manera que la primera cámara (102) de combustión se puede mantener a una temperatura diferente a la de la segunda cámara (302) de combustión.

8. El horno de hogar de la reivindicación 7, en el que el primer conjunto de rastrillos (108) está configurado para mezclar, cuando está presente, un agente reductor con materiales de óxido de hierro a medida que el primer hogar (104) giratorio y el primer conjunto (108) de rastrillos se desplazan uno respecto del otro.

50 9. El horno de hogar de la reivindicación 8, en el que el segundo conjunto de rastrillos (108) está configurado para mezclar, cuando está presente, un agente reductor adicional con los materiales recibidos de la primera cámara (102) de combustión a medida que el segundo hogar (104) giratorio y el segundo conjunto de rastrillos (108) se desplazan

uno respecto del otro.

10. El horno de hogar de la reivindicación 9, en el que:

5 el primer conjunto de rastrillos (108) está unido a uno o más brazos (106) estacionarios por encima del primer hogar (104) giratorio, y la rotación del primer hogar provoca que el primer hogar (104) giratorio y los rastrillos (108) se desplacen uno respecto del otro, y

los rastrillos (108) de la segunda cámara (302) de combustión están unidos a uno o más brazos (106) estacionarios por encima del hogar giratorio de la segunda cámara (302) de combustión, y la rotación del hogar (104) giratorio de la segunda cámara (302) de combustión provoca que los conjuntos de rastrillos (108) de tales cámaras se desplacen unos respecto de los otros,

10 preferiblemente teniendo donde los brazos (106) estacionarios de la primera (102) y segunda cámaras (302) de combustión cada uno un fluido refrigerante que circula a través de ellos.

11. El horno de hogar de la reivindicación 1, que comprende además:

15 una proyección (602) de sólidos extensible hacia la superficie de al menos uno del primer y segundo hogares (104) giratorios, proyección de sólidos (602) ajustable para situar la punta de la proyección sobre la capa de material formada en la superficie entre el borde (116) interno y el borde (120) externo de al menos uno del primer y segundo hogares (104) para romper la capa de material y generar un surco a medida que el hogar giratorio gira; y

un canal (620) de descarga configurado para depositar un material (642) inerte sobre el surco generado.

20 12. El horno de hogar de la reivindicación 11, que comprende además una tolva (636) para recibir material (642) inerte, la tolva (636) conectada al canal (620) de descarga para aportar el material (642) inerte al canal (620) de descarga, preferiblemente en el que el suministro de material (642) inerte de la tolva (636) al canal (620) de descarga se controla mediante una válvula, preferiblemente en el que la proyección (602) de sólidos tiene un fluido que circula a su través, y/o preferiblemente comprende además un zona de garaje para recibir la proyección (602) de sólidos cuando la proyección (602) de sólidos no se utiliza.

13. Un proceso para producir hierro de reducción directa, que comprende:

25 cargar materiales de óxido de hierro en el hogar (104) giratorio en una primera cámara (102) de combustión;

desplazar los materiales (103) de óxido de hierro mediante la rotación del primer hogar (104) giratorio, interactuando los materiales (103) de óxido de hierro con un primer conjunto de rastrillos (108) dispuestos sobre el hogar (104) giratorio para dirigir los materiales (103) de óxido de hierro hacia la primera salida (112) de la cámara y caer a través de la primera salida (112) de la cámara;

30 recibir los materiales (103) de óxido de hierro caídos desde la primera salida (112) de la cámara en un segundo hogar (104) giratorio en una segunda cámara (302) de combustión a través de una entrada (110) de la cámara de la segunda cámara (302);

35 desplazar los materiales (103) de óxido de hierro mediante la rotación del segundo hogar (104) giratorio, interactuando los materiales (103) de óxido de hierro con un segundo conjunto de rastrillos (108) dispuestos encima del segundo hogar (104) giratorio para dirigir los materiales (103) de óxido de hierro hacia una segunda salida (112) de la cámara; y

40 transferir los gases de la reducción y el calor de la reacción de reducción en la segunda cámara (302) de combustión a la primera cámara (102) de combustión a través de uno o más canales (306) de transferencia de gas que conectan la primera (102) y segunda cámaras (302) de combustión, siendo los canales (306) de transferencia de gas más amplios que la entrada (110) de la cámara de la segunda cámara (302),

en donde el flujo de los gases de la reducción es contrario al flujo de los materiales (103) de óxido de hierro, y

por lo que los gases de reducción y el calor ayudan a la reacción de reducción en la primera cámara (102) de combustión, y las reacciones de reducción en la primera (102) y segunda cámara (302) de combustión producen hierro de reducción directa a partir de los materiales (103) de óxido de hierro.

45

FIG. 1A

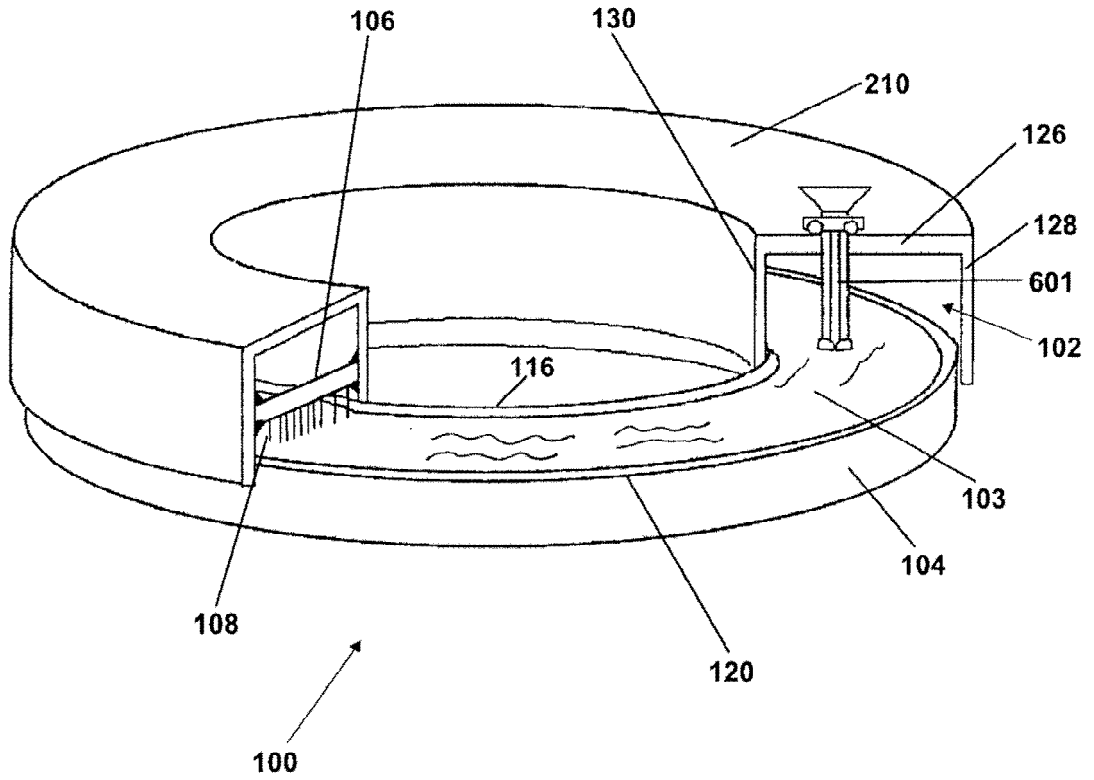


FIG. 1B

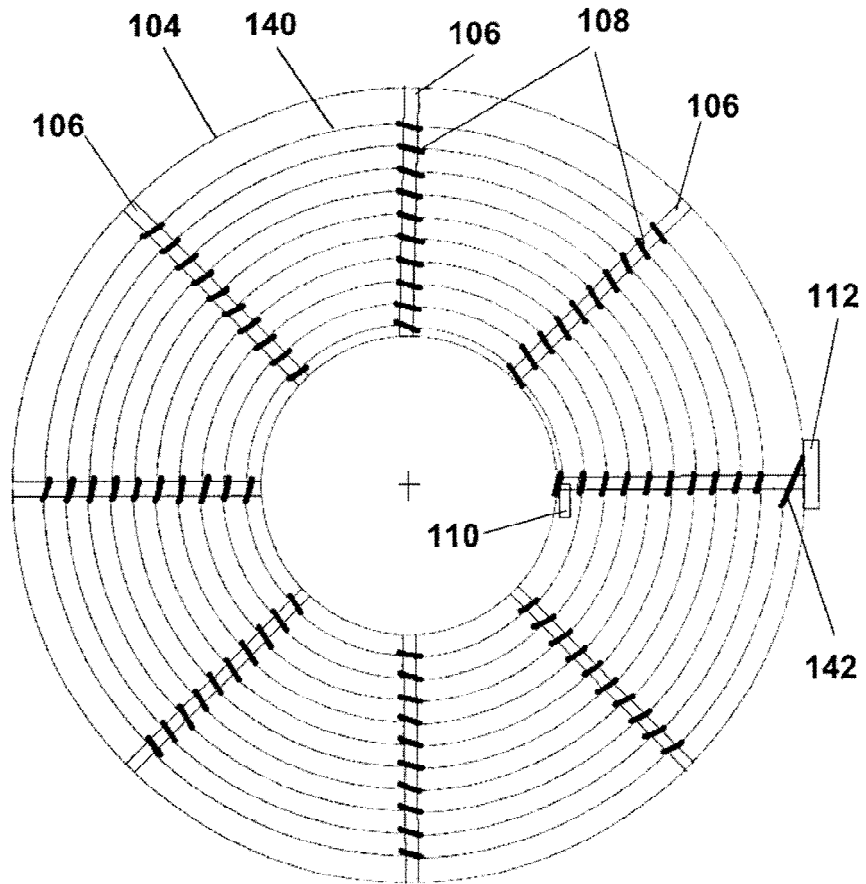
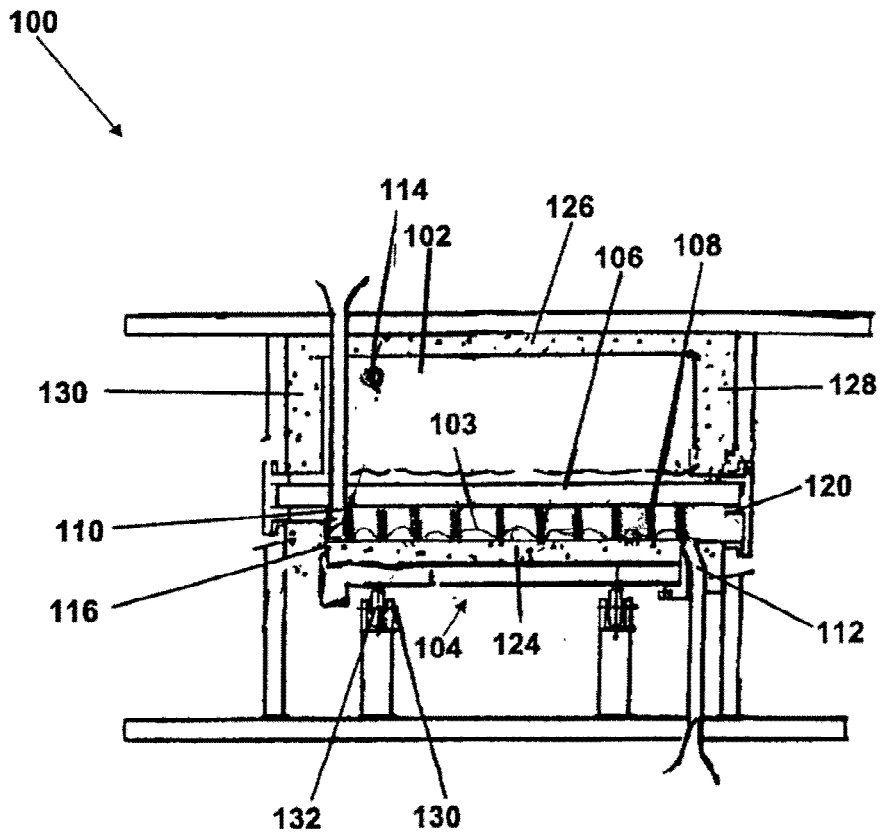




FIG. 2



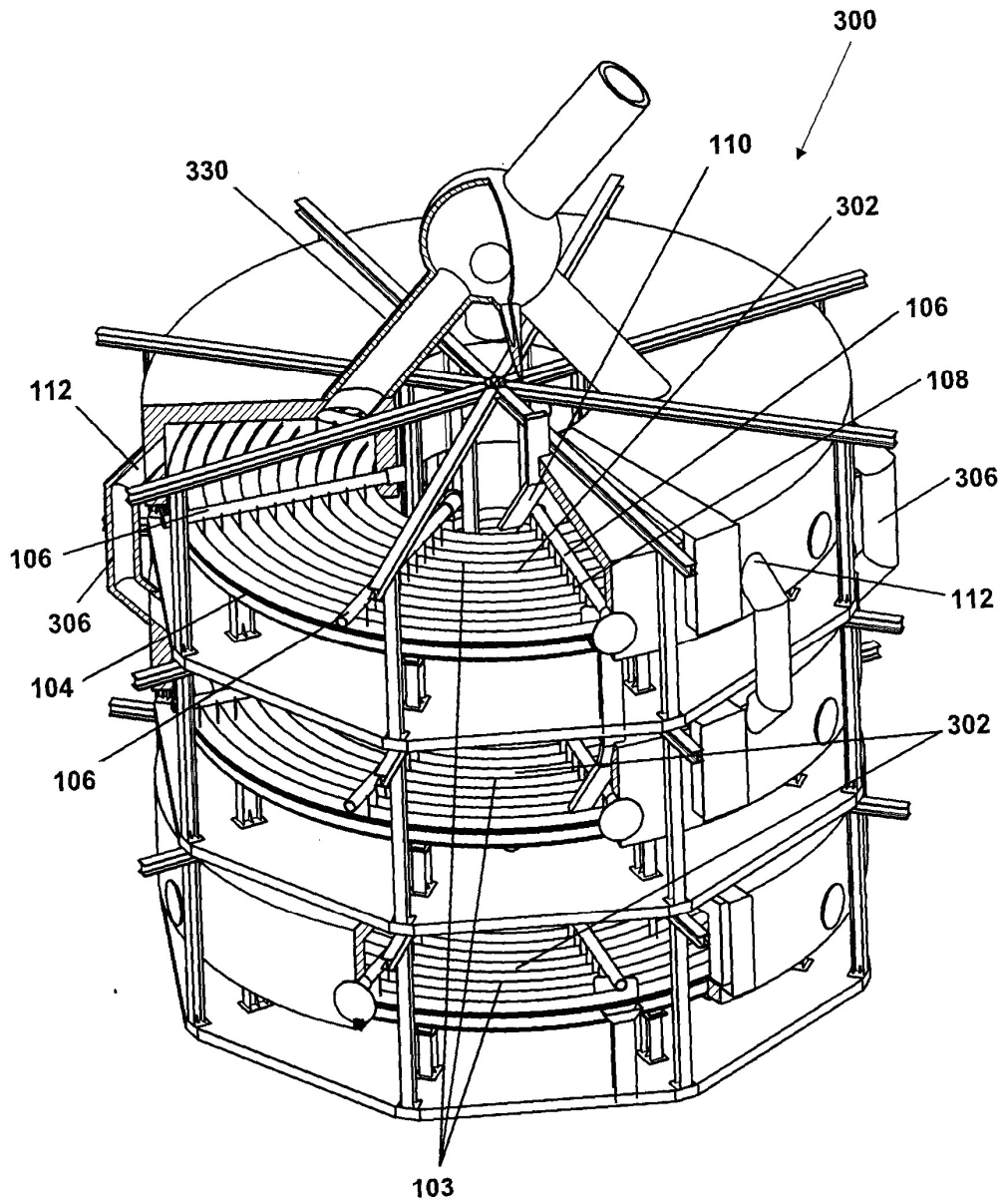


FIGURA 3A

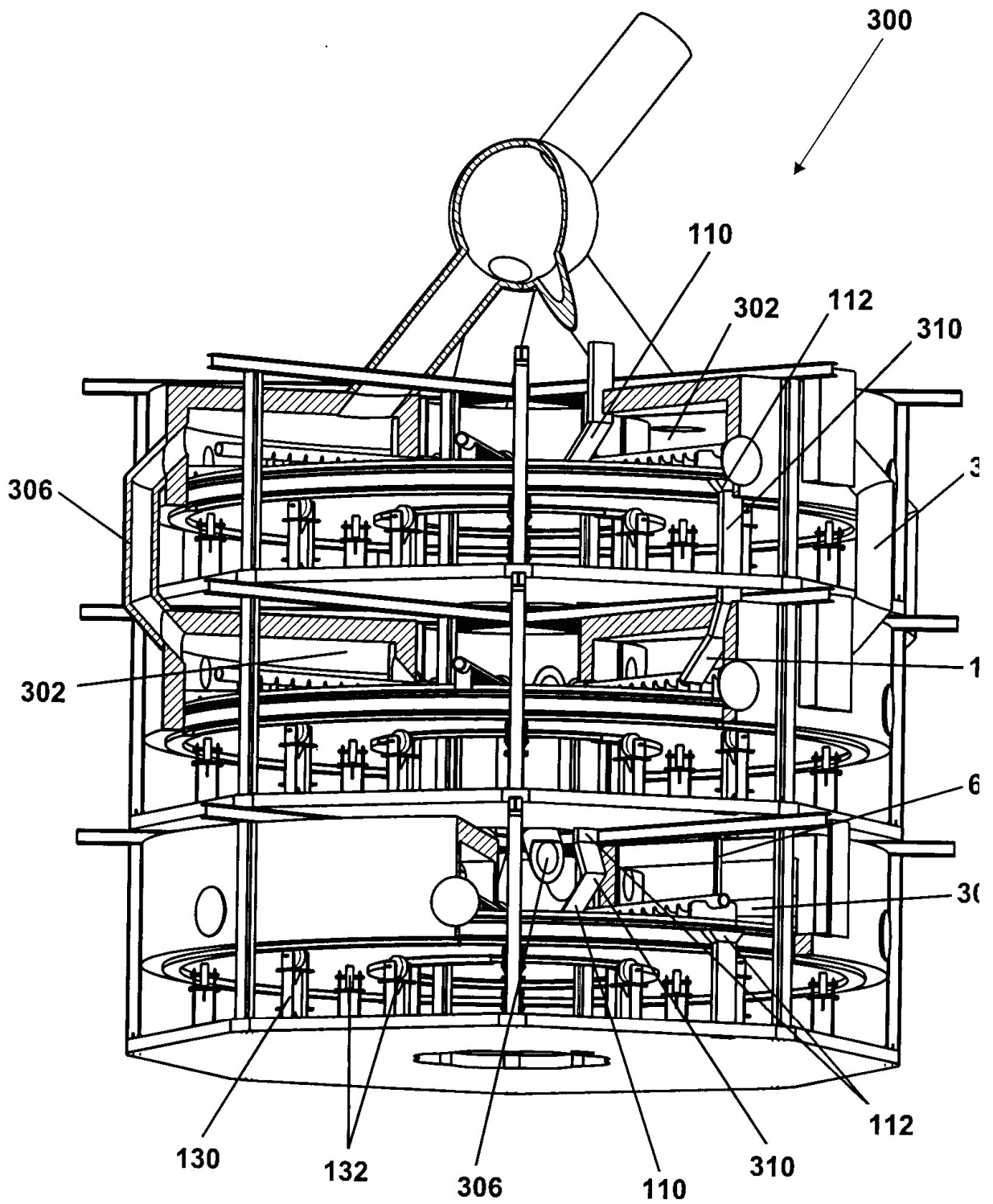


FIGURA 3B

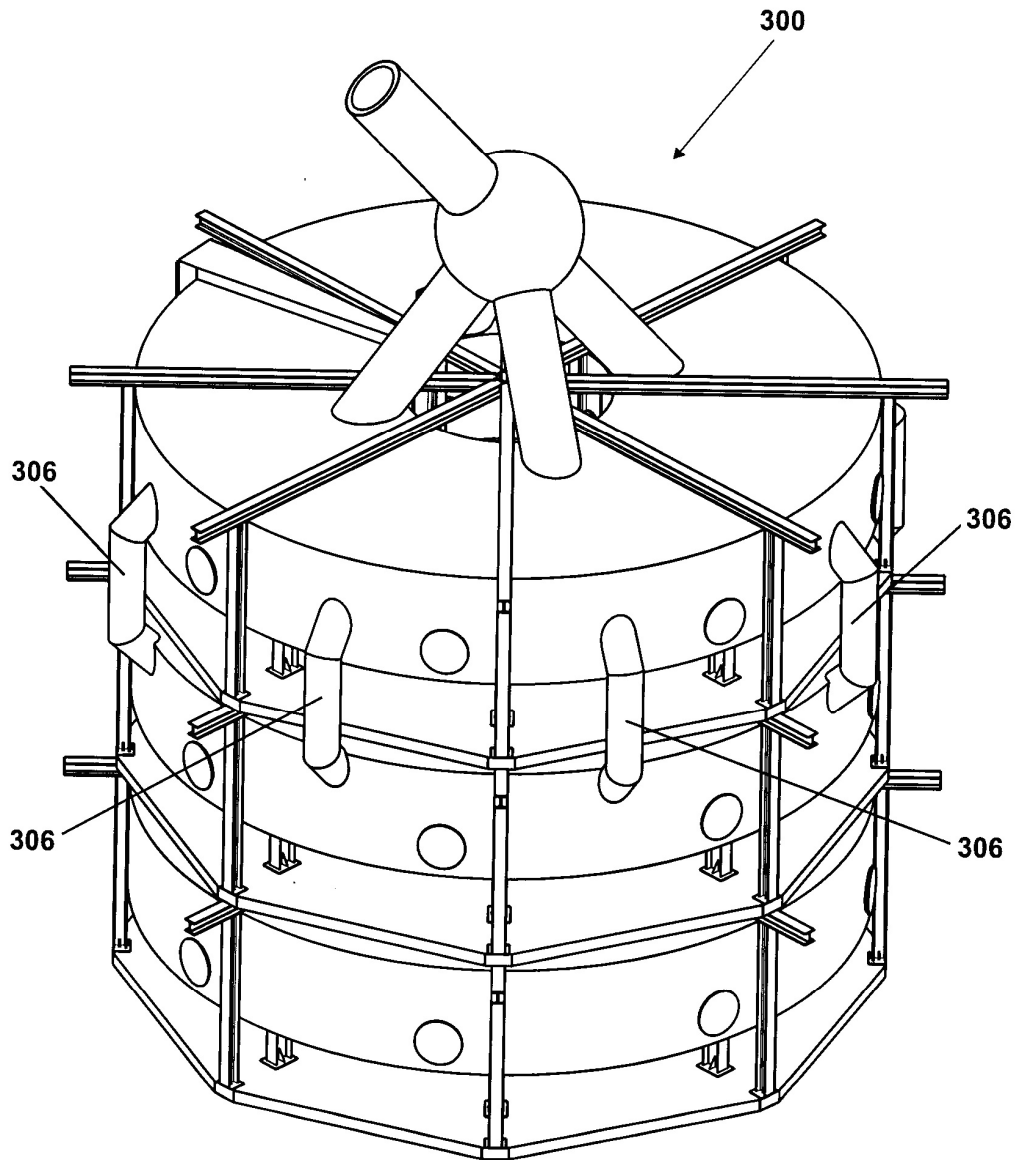


FIGURA 3C

FIG. 3D

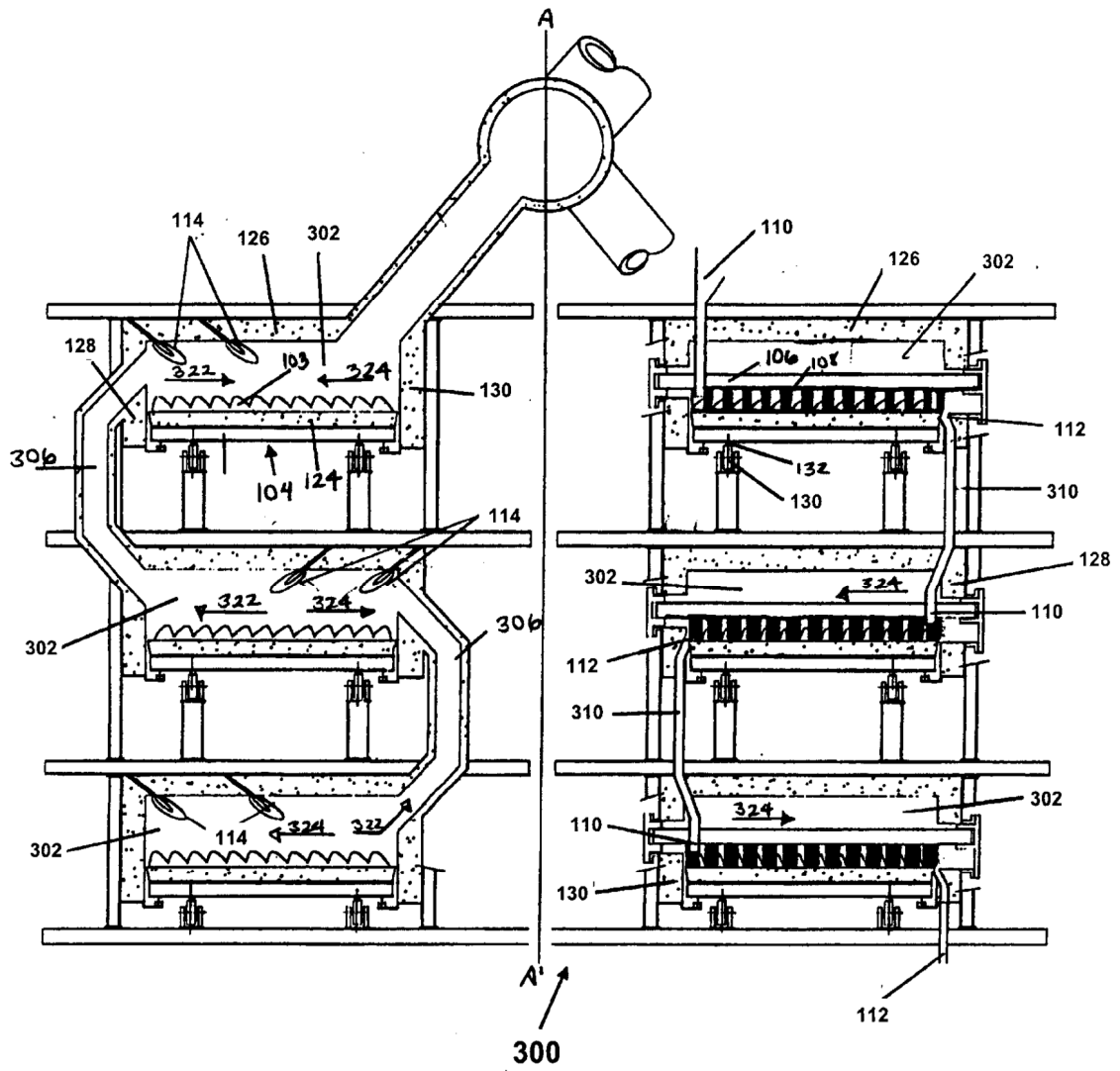


FIG. 4

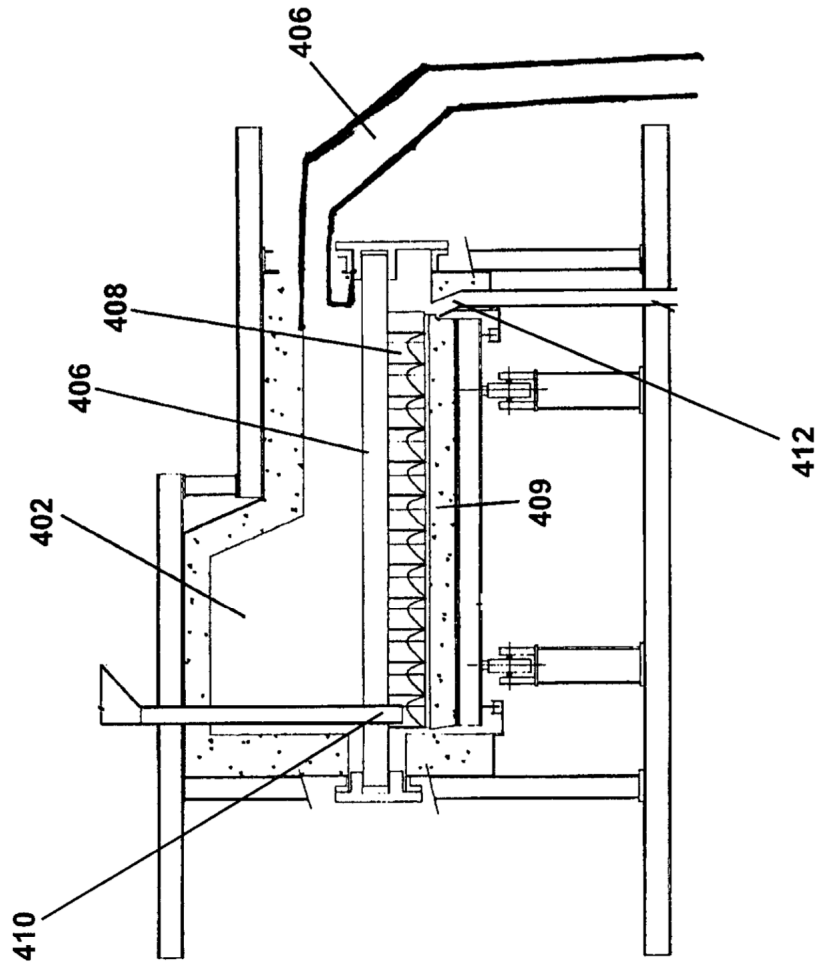


FIG. 5

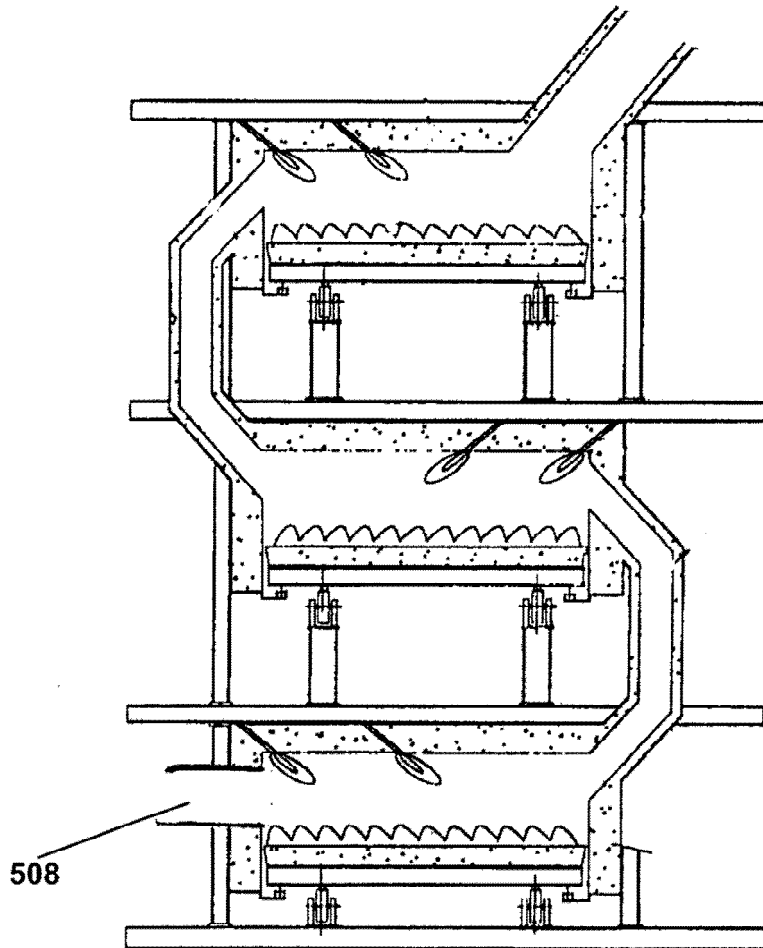


FIG. 6A

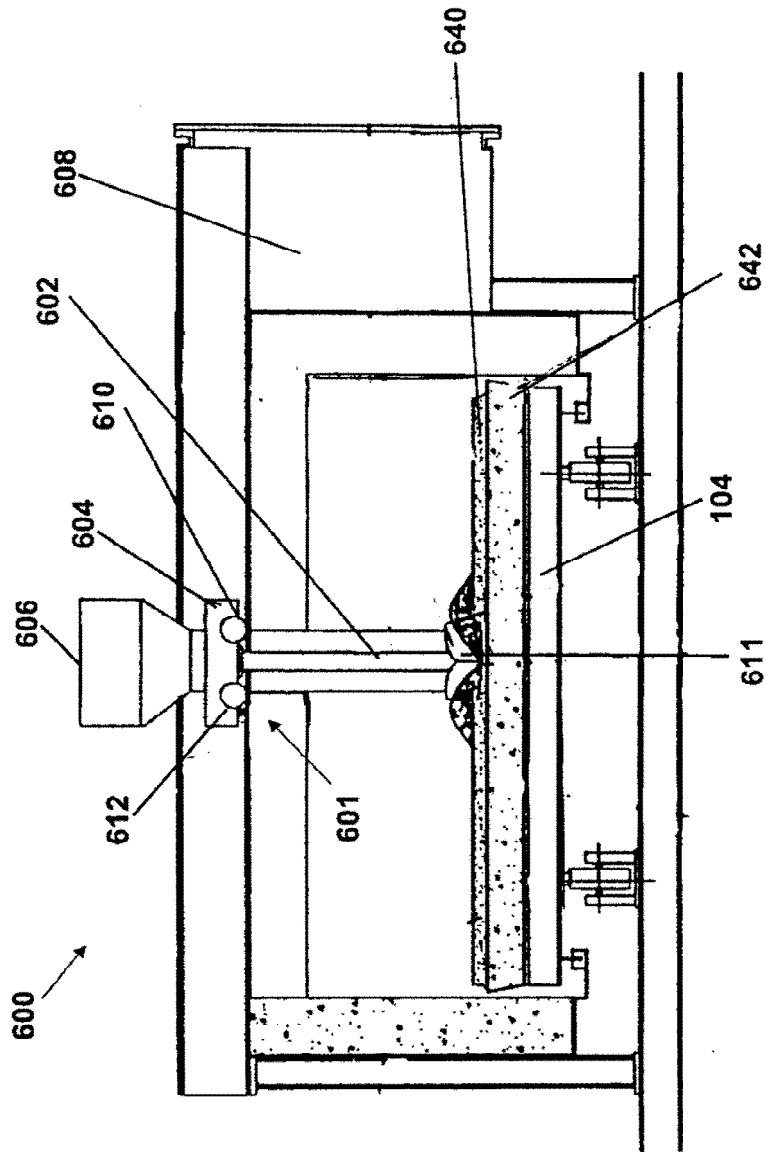




FIG. 6B

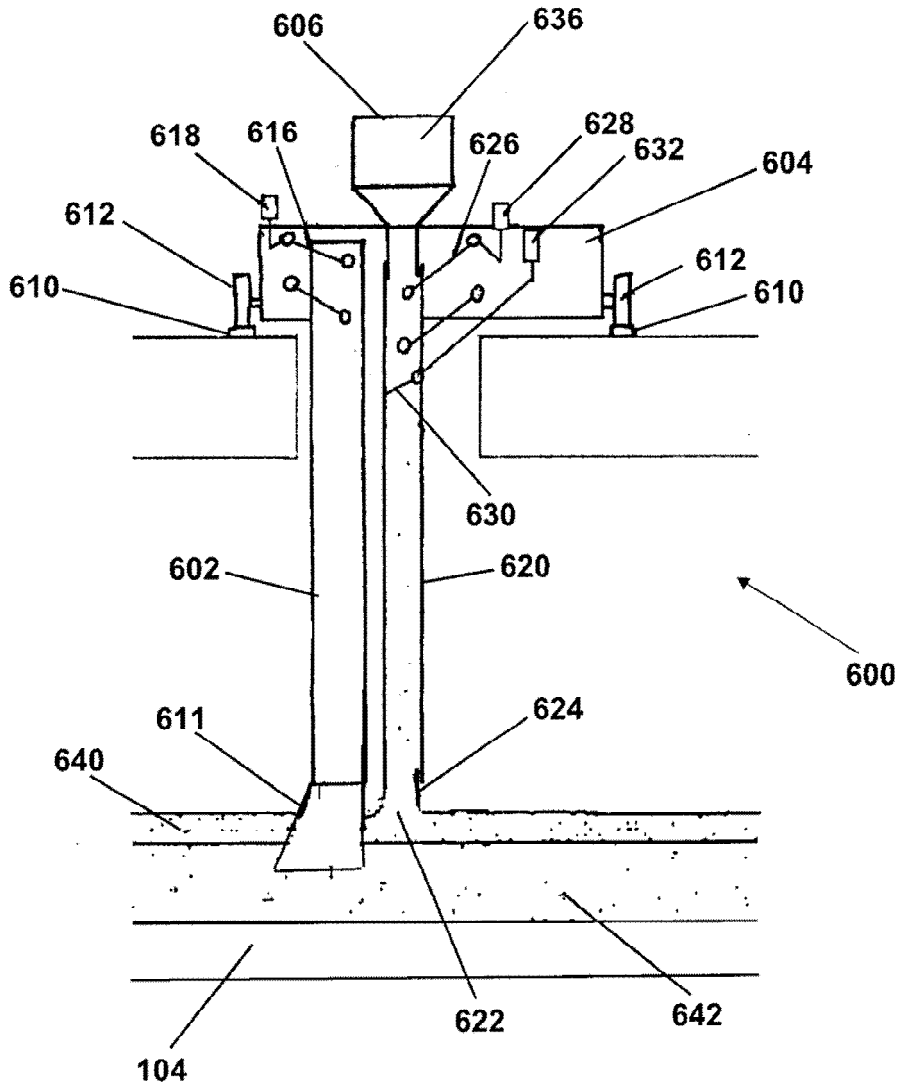


FIG. 6C

