

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 018 920**

51 Int. Cl.:

B01D 53/62 (2006.01)

C04B 7/36 (2006.01)

F17C 5/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.01.2024** **PCT/EP2024/050417**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.07.2024** **WO24153500**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.01.2024** **E 24700708 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2025** **EP 4444449**

54 Título: **Sistema modular para la separación, el almacenamiento y el transporte de dióxido de carbono**

30 Prioridad:

19.01.2023 DE 102023101316

19.01.2023 LU 103060

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

19.05.2025

73 Titular/es:

THYSSENKRUPP POLYSIUS GMBH (50.00%)

Graf-Galen-Str. 17

59269 Beckum, DE y

THYSSENKRUPP AG (50.00%)

72 Inventor/es:

LAMPE, KARL;

LOCHER, GEORG;

WILLMS, EIKE;

LEMKE, JOST y

BECKER, DANIEL

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 3 018 920 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

Sistema modular para la separación, el almacenamiento y el transporte de dióxido de carbono

- 5 La invención se refiere a una instalación cementera con un dispositivo de separación de dióxido de carbono para separar el dióxido de carbono del gas de escape.

10 Para contrarrestar el calentamiento global provocado por el hombre, hay que reducir las emisiones de dióxido de carbono. Una posibilidad es separar el dióxido de carbono del gas de escape, para lo que existen diversos procedimientos. Uno de los procedimientos es el ciclo del carbonato cálcico, también conocido como bucle de carbonato o bucle de calcio. Otros procedimientos utilizan soluciones de lavado con aminas, otros funcionan criogénicamente y otros utilizan membranas para la separación selectiva de gases.

15 El procedimiento de bucle de carbonato (proceso CaL) utiliza el hecho de que el dióxido de carbono puede unirse al óxido de calcio, al óxido de magnesio o a otros óxidos minerales resultantes de la calcinación de carbonatos. Esto tiene lugar en un carbonatador a través del cual fluye el gas de escape que se va a limpiar, por ejemplo a aproximadamente 650 °C. A continuación, el carbonato de calcio resultante (generalmente como mezcla con óxido de calcio) se transfiere a un calcinador, donde el dióxido de carbono se elimina de nuevo a 950 °C, por ejemplo. El suministro de calor necesario para el proceso de calcinación se realiza, por ejemplo y preferentemente, mediante la alimentación de combustible y oxígeno puro. Como alternativa, puede realizarse también un suministro de calor indirecto al calcinador. El óxido así generado, por ejemplo óxido de calcio, dado el caso con proporciones residuales de carbonato de calcio, se vuelve a introducir en el carbonatador (y por consiguiente circula). La ventaja es que el flujo de gas de escape del calcinador genera dióxido de carbono prácticamente puro en el procedimiento de bucle de carbonato en condiciones de oxicomustión, por ejemplo, o con calentamiento indirecto. De esta manera, el dióxido de carbono procedente del flujo de gas de escape de la instalación de proceso, que no contiene grandes proporciones de nitrógeno u otros componentes gaseosos interferentes, puede separarse del polvo y del vapor de agua en una alta concentración. Por consiguiente puede prescindirse de una purificación o separación adicional, que seguiría al proceso de bucle de carbonato.

30 El procedimiento de bucle de carbonato es bien conocido. El procedimiento es conocido por el experto en la materia, en donde los conocimientos del experto en la materia están documentados, por ejemplo, por los siguientes documentos: ITMI 20120383 A1, ITMI 20120382 A1, US 2012 175136 A1, WO 2020 193410 A1, US 2009 169452 A1, EP 3594597 A1, US 2018 028967 A1, US 2014 161696 A1, US 2009 101050 A1, WO 2006 113673 A2, FR 2921059 A1, US 2018 320481 A1, US 2012 141354 A1, US 2013 164202 A1 y WO 2013 024339 A1. Sin embargo, esto sólo representa una parte del estado de la técnica.

40 Por Gamborg Filip: "Technology Data Carbon Capture, transport and storage", 1 de noviembre de 2021 (01-11-2021), XP093068547, encontrado en Internet: URL: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/technology_data_for_carbon_capture_transport_and_storage.pdf [encontrado el 28-07-2023], Asco Carbon Dioxide Ltd: "ASCO 20" ISO Tank Containers", 1 de enero de 2021 (01-01-2021), XP093068543, encontrado en Internet: URL: https://www.ascoco2.com/fileadmin/PDF_Download/PDF_Produkte/PDF_CO2_und_Trockeneis_Zubehoer/CO2_Lagerung/en/ASCO_20_ISO_Tank_Containers.pdf [encontrado el 28-07-2023] y Asco Carbon Dioxide Ltd: "ASCO Transportable CO2 Tanks / ASCO CO2 Semi Trailers", 1 de enero de 2021 (01-01-2021), XP093068541, encontrado en Internet: URL: https://www.ascoco2.com/fileadmin/PDF_Download/PDFProducts/PDF_CO2_und_Trockeneis_Zubehoer/CO2_Lagerung/en/ASCO_Transportable_CO2_Tanks.pdf [encontrado el 28-07-2023] se conoce más información sobre la separación o bien el almacenamiento y el transporte de dióxido de carbono.

50 Habitualmente, el dióxido de carbono separado por el proceso de bucle de carbonato no puede consumirse ni convertirse dentro de la instalación cementera. Por otro lado, sin embargo, es necesario reequipar las instalaciones existentes con tecnología de separación de CO₂ para cumplir el requisito de una producción sostenible y neutra desde el punto de vista climático. Por consiguiente, el reto consiste en almacenar y eliminar por transporte el dióxido de carbono generado inevitablemente, que resulta en particular de la calcinación de la materia prima.

55 El objetivo de la invención es, por tanto, proporcionar dispositivos de almacenamiento intermedios o finales para el dióxido de carbono que permitan reequipar las cementeras existentes con separación de dióxido de carbono y su posterior almacenamiento.

60 Este objetivo se soluciona mediante la instalación cementera con las características indicadas en la reivindicación 1. Perfeccionamientos ventajosos resultan de las reivindicaciones dependientes, de la siguiente descripción así como los dibujos.

65 La instalación cementera de acuerdo con la invención presenta un dispositivo de separación de dióxido de carbono para separar dióxido de carbono del gas de escape. En este sentido, el dispositivo de separación de dióxido de carbono no separa habitualmente el dióxido de carbono por completo, sino que elimina la mayor proporción de forma económica y ecológicamente práctica. El dispositivo de separación de dióxido de carbono presenta habitualmente un dispositivo

para purificar el dióxido de carbono separado o puede estar constituido por éste. En este sentido, la pureza requerida puede depender en gran medida de la utilización posterior del dióxido de carbono. Por lo tanto, el dispositivo para purificar el dióxido de carbono separado debe funcionar preferentemente en diferentes modos de funcionamiento para conseguir diferentes purezas de dióxido de carbono. En particular, en este caso se distingue entre el uso en productos alimenticios (especialmente puros), para fines técnicos y para el almacenamiento final (requisito de pureza más bajo). En cualquier caso, tiene sentido aspirar a una pureza que permita comprimir y licuar el CO₂ separado. La instalación cementera presenta un sistema de almacenamiento de dióxido de carbono. El dispositivo de separación de dióxido de carbono está conectado con el sistema de almacenamiento de dióxido de carbono para la transferencia del dióxido de carbono separado. De acuerdo con la invención, el sistema de almacenamiento de dióxido de carbono tiene una estructura modular de una pluralidad de recipientes de dióxido de carbono transportables. Este diseño tiene ventajas con respecto a una instalación fija de capacidad de almacenamiento equivalente. Por un lado, esto hace que sea relativamente fácil instalar posteriormente la instalación, en particular para aprovechar de forma eficiente espacios que no están directamente conectados. Además, esto también permite dar una respuesta flexible a los requisitos del mercado variables, por ejemplo cuando el dióxido de carbono se produce en diferentes purezas. Mediante el uso de recipientes de dióxido de carbono transportables se permite una adaptación rápida y sencilla a las proporciones de volumen exigidas por el mercado. A diferencia de los dispositivos de almacenamiento fijos, esto significa que no es necesario mantener disponibles dispositivos de almacenamiento innecesariamente grandes. Además, puede realizarse debido a ello la eliminación por transporte de manera sencilla y flexible. Esto se compensa con una inversión comparativamente mayor en los recipientes de dióxido de carbono transportables, así como con el coste de carga y descarga de los recipientes de dióxido de carbono transportables para la eliminación por transporte del dióxido de carbono.

Es esencial que los recipientes de dióxido de carbono transportables se integren temporalmente en cada caso en la instalación global a través de la conexión. Mediante el diseño modular, la capacidad de almacenamiento sigue siendo flexible. El transporte de los recipientes puede adaptarse a las posibilidades logísticas. Al mismo tiempo, el uso de recipientes de dióxido de carbono transportables permite una eliminación por transporte especialmente eficaz. Se evitan los gastos de bombeo o el calor generado a este respecto, que puede conducir, por ejemplo, a la evaporación.

La interconexión de varios recipientes de dióxido de carbono transportables permite ajustar fácilmente la capacidad en distintos lugares. De este modo, se pueden crear capacidades flexibles en el lugar de producción, durante el transporte y en el lugar del cliente. Tampoco es necesario recurrir a infraestructuras especialmente construidas, por ejemplo un oleoducto, para el transporte, de modo que en este caso pueden ahorrarse recursos. Además del volumen de almacenamiento, esto también afecta al flujo de dióxido de carbono. Esto también permite tener en cuenta las cantidades variables en caso de fluctuaciones de las condiciones de producción en la instalación cementera, de modo que las partes de instalación de procesamiento posterior, por ejemplo, la instalación de licuefacción de CO₂, siempre puedan suministrarse con las mismas cantidades.

En otra forma de realización de la invención, todos los recipientes de dióxido de carbono transportables están normalizados de la misma manera.

En otra forma de realización de la invención, los recipientes de dióxido de carbono transportables cumplen la norma ISO 668. El resultado es un gran número de ventajas. Por un lado, estos contenedores estandarizados son fáciles de conseguir, apilar, cargar y transportar por carretera, ferrocarril y agua. La normalización también se traduce en un nivel extremadamente alto de intercambiabilidad, por lo que la sustitución resulta sencilla. Estos contenedores también están disponibles para el transporte de diversas purezas de dióxido de carbono. En función de las necesidades del mercado, también es posible modificar rápidamente las capacidades de almacenamiento y transporte en función de la demanda. La manipulación también se simplifica gracias a los aparatos auxiliares disponibles para la manipulación, en particular los procesos de transporte, carga y descarga. Además, su fácil disponibilidad en el mercado permite configurar el sistema para implantarlo rápidamente en el marco de un proyecto de modernización. En este sentido, se entiende en el sentido de la norma ISO 668 también cualquier unidad análoga, por ejemplo un contenedor de 10 pies o contenedor ISO 668 con una unidad de refrigeración dispuesta adicionalmente.

De acuerdo con la invención, los recipientes de dióxido de carbono transportables pueden conectarse individualmente o por grupos de manera separable con el dispositivo de separación de dióxido de carbono. En particular, la disposición por grupos permite una adaptación directa a la capacidad de producción del dispositivo de separación de dióxido de carbono. Debido a su tamaño y estandarización, los recipientes de dióxido de carbono transportables tienen habitualmente una velocidad máxima de llenado claramente limitada y, por tanto, sólo pueden alojar un flujo de dióxido de carbono limitado. Mediante la disposición en grupos, el flujo de dióxido de carbono generado por el dispositivo de separación de dióxido de carbono puede dividirse y la velocidad máxima de llenado puede reducirse para cada recipiente de dióxido de carbono transportable individual.

De acuerdo con la invención, los recipientes de dióxido de carbono transportables se combinan en grupos de 3 a 10 recipientes de dióxido de carbono transportables. Estos están interconectados para que el flujo de dióxido de carbono procedente del dispositivo de separación de dióxido de carbono se distribuya a los recipientes de dióxido de carbono transportables. Adicionalmente, varios grupos de recipientes de dióxido de carbono transportables pueden conectarse al mismo tiempo con el dispositivo de separación de dióxido de carbono y llenarse simultáneamente.

En otra forma de realización de la invención, la instalación cementera presenta una primera zona de almacenamiento para recipientes de dióxido de carbono transportables llenos. La instalación cementera presenta además una segunda zona de almacenamiento para recipientes de dióxido de carbono transportables vacíos. Además, la instalación cementera presenta una zona de llenado. En la zona de llenado, los recipientes de dióxido de carbono transportables pueden conectarse con el dispositivo de separación de dióxido de carbono. Mediante esta separación y disposición espacial es fácilmente posible en particular especialmente aprovechar de manera eficiente los espacios en una instalación cementera existente. En particular cuando se utilizan contenedores ISO 668, la buena transportabilidad y la buena disponibilidad de aparatos de transporte adecuados permiten una disposición fácil y distribuida. Además, la primera zona de almacenamiento y la segunda zona de almacenamiento, en particular, también pueden presentar una cierta distancia, de modo que la expansión del espacio también puede ser posible sin una conexión espacial directa.

En otra forma de realización de la invención, el sistema de almacenamiento de dióxido de carbono presenta un recipiente de dióxido de carbono puro como recipiente de dióxido de carbono transportable para un primer grado de pureza de dióxido de carbono y un recipiente para dióxido de carbono técnico como recipiente de dióxido de carbono transportable para un segundo grado de pureza. Cuanto mayor es la pureza, más complejo (y energético) es el proceso de limpieza. Por lo tanto, se distingue entre el dióxido de carbono técnico (menor pureza, suficiente para uso técnico) y en particular el dióxido de carbono para el uso en el sector alimentario (requisitos de pureza especialmente elevados). Por lo tanto, los recipientes de transporte se etiquetan periódicamente para evitar la contaminación del material transportado previamente en el mismo recipiente con menor pureza. Por lo tanto, se distingue entre recipientes para dióxido de carbono técnico y recipientes para dióxido de carbono para su uso en el sector alimentario, y los recipientes presentan correspondientes etiquetas. No obstante, los recipientes pueden ser teóricamente idénticos desde el punto de vista técnico, sólo pueden diferir en cuanto a su uso y al etiquetado que se les aplique para su uso. La mayor demanda suele ser para su uso posterior en la industria alimentaria, que también tiene una gran demanda de dióxido de carbono (ácido carbónico). Por otro lado, actualmente se está debatiendo la introducción de dióxido de carbono en el subsuelo para su almacenamiento a largo plazo. En este caso, el requisito de pureza sirve para determinar la idoneidad para la licuefacción. Por lo tanto, la depuración hasta alcanzar la calidad alimentaria antes de la eliminación final carece de sentido desde el punto de vista económico y ecológico. El uso de diferentes recipientes de dióxido de carbono transportables permite en este caso una adaptación rápida y variable a la situación del mercado, por ejemplo para aumentar o disminuir la proporción de dióxido de carbono para la industria alimentaria y mediante esto conseguir un rápido ajuste a los precios del mercado y a los costes de producción.

En otra forma de realización de la invención, la instalación cementera presenta una estación de carga. La estación de carga está conectada con el sistema de almacenamiento de dióxido de carbono. Además de eliminar por transporte el dióxido de carbono utilizando los recipientes de dióxido de carbono transportables, también puede ser conveniente cargar otros medios de transporte, por ejemplo para cubrir las necesidades locales de una fábrica de cerveza. En este caso puede realizarse en particular la carga en dispositivos de transporte que no están normalizados o cuya norma no corresponde a la de los recipientes de dióxido de carbono transportables. Además, la estación de carga puede ser, por ejemplo, una estación de carga para cargar un camión cisterna.

En otra forma de realización de la invención, el sistema de almacenamiento de dióxido de carbono está conectado a otros componentes para la producción de clínker de la instalación cementera para la transferencia de dióxido de carbono. Por consiguiente, el dióxido de carbono puede utilizarse de nuevo parcialmente de forma directa en una instalación de producción para la fabricación de aglutinantes cementosos, por ejemplo. Por ejemplo, este puede ser el caso de un dispositivo de reducción en una instalación para la producción de productos de sustitución de cemento similares a la arcilla con el fin de optimizar el color de un material que contenga hierro, por ejemplo, donde también se puede utilizar dióxido de carbono como gas inerte además de compuestos reductores, por ejemplo hidrógeno, monóxido de carbono y/o hidrocarburos.

En otra forma de realización de la invención, la instalación cementera presenta un dispositivo para el procesamiento de hormigón residual. Un dispositivo para el procesamiento de hormigón residual sirve para descomponer hormigón en sus partes constituyentes grava, arena y cemento y producir a partir de esto una materia prima reutilizable. Hasta ahora, el hormigón generalmente sólo se trituraba y se utilizaba como sustituto de la arena, por ejemplo. Sin embargo, también resulta cada vez más interesante llevar a cabo un auténtico reciclado y en la última etapa carbonatar de nuevo la piedra de cemento que se ha separado a partir del hormigón residual. El producto resultante de esto tiene buenas propiedades aglutinantes y mejora el equilibrio de CO₂. El sistema de almacenamiento de dióxido de carbono está conectado para ello con el dispositivo para el procesamiento de hormigón residual para la transferencia de dióxido de carbono. Por consiguiente, el dióxido de carbono puede utilizarse para generar un producto de sustitución del cemento con propiedades aglutinantes a partir de hormigón residual. El material así generado se alimenta preferentemente al proceso de producción de cemento convencional, de modo que, en última instancia, el dióxido de carbono se recicla parcialmente.

En otro aspecto, la invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar una instalación cementera de acuerdo con la invención. El procedimiento presenta las siguientes etapas:

- a) conectar un primer recipiente de dióxido de carbono transportable con el dispositivo de separación de dióxido

de carbono,

b) llenar el primer recipiente de dióxido de carbono transportable con dióxido de carbono,

c) conectar un segundo recipiente de dióxido de carbono transportable con el dispositivo de separación de dióxido de carbono,

5 d) separar la conexión entre el primer recipiente de dióxido de carbono transportable con el dispositivo de separación de dióxido de carbono.

Un punto esencial en un diseño modular de este tipo del sistema de almacenamiento de dióxido de carbono es que precisamente con el diseño modular se garantiza siempre una salida del dióxido de carbono del dispositivo de separación de dióxido de carbono. Por lo tanto, es forzosamente necesario que un segundo recipiente de dióxido de carbono transportable se conecte con el dispositivo de separación de dióxido de carbono para garantizar la salida del dióxido de carbono. Mediante esto se garantiza la continuidad del almacenamiento de dióxido de carbono incluso en un sistema de almacenamiento de dióxido de carbono modular, de pequeño tamaño. Al mismo tiempo, esto es, por supuesto, más caro que un gran tanque de almacenamiento centralizado. Por otro lado, se pueden utilizar componentes estandarizados y por consiguiente fácilmente disponibles, que pueden producirse en mayores cantidades a menor coste, lo que a su vez conlleva ventajas en los costes.

En otra forma de realización de la invención, el primer recipiente de dióxido de carbono transportable está conectado con un tercer recipiente de dióxido de carbono transportable, de modo que en la etapa a) se conecte también el tercer recipiente de dióxido de carbono transportable, en la etapa b) se llene también el tercer recipiente de dióxido de carbono transportable y en la etapa d) se separe también el tercer recipiente de dióxido de carbono transportable. El primer recipiente de dióxido de carbono transportable y el tercer recipiente de dióxido de carbono transportable se asignan por consiguiente a un grupo común. Aunque se trate de recipientes de dióxido de carbono transportables separados, cuando están conectados entre sí se comportan prácticamente como si fueran un único recipiente de dióxido de carbono transportable más grande. La ventaja es que, de este modo, se mantiene la capacidad de transporte, en particular por carretera y ferrocarril, de forma sencilla para la capacidad de absorción de dióxido de carbono necesaria. Al mismo tiempo, el uso de componentes disponibles reduce los costes, incluidos los procedimientos de ensayo y autorización.

En otra forma de realización de la invención, el procedimiento para el funcionamiento de una instalación cementera presenta las etapas siguientes:

e) trasladar un primer recipiente de dióxido de carbono transportable vacío desde la segunda zona de almacenamiento hacia la zona de llenado,

f) conectar un primer recipiente de dióxido de carbono transportable con el dispositivo de separación de dióxido de carbono,

g) llenar el primer recipiente de dióxido de carbono transportable con dióxido de carbono,

h) separar la conexión entre el primer recipiente de dióxido de carbono transportable con el dispositivo de separación de dióxido de carbono,

i) trasladar el primer recipiente de dióxido de carbono transportable lleno desde la zona de llenado hacia la primera zona de almacenamiento.

Como ya se ha mencionado, mediante la facilitación desacoplada en una segunda zona de almacenamiento y un almacenamiento intermedio antes de la eliminación por transporte en una primera zona de almacenamiento puede conseguirse una buena integración también en una instalación cementera existente donde el espacio es limitado. En particular, mediante la separación espacial de la zona de llenado con respecto a la primera zona de almacenamiento y/o la segunda zona de almacenamiento también puede posibilitarse la expansión espacial de una instalación cementera existente.

Esta forma de realización se prefiere especialmente si los recipientes de dióxido de carbono transportables cumplen la norma ISO 668. En este caso, puede recurrirse a sistemas de eficacia probada para el transporte, el almacenamiento y la logística.

En otra forma de realización de la invención, todos los recipientes de dióxido de carbono transportables presentan las mismas dimensiones exteriores y elementos de conexión normalizados.

La primera zona de almacenamiento y la segunda zona de almacenamiento también pueden solaparse. Es esencial que los recipientes de dióxido de carbono transportables vacíos así como los recipientes de dióxido de carbono transportables llenos puedan extraerse de forma selectiva y fiable. Esto también puede lograrse utilizando un sistema de almacenamiento electrónico en una zona de ajuste común (completamente solapada) para los recipientes de dióxido de carbono transportables.

Este procedimiento puede combinarse, en particular, con las etapas del procedimiento mencionadas anteriormente.

En otra forma de realización de la invención, el procedimiento para el funcionamiento de una instalación cementera presenta las etapas siguientes:

j) conectar un recipiente de dióxido de carbono puro con el dispositivo de separación de dióxido de carbono y hacer funcionar el dispositivo de separación de dióxido de carbono a partir de dióxido de carbono puro, adecuado en particular para la industria alimentaria

o

k) conectar un recipiente para dióxido de carbono técnico con el dispositivo de separación de dióxido de carbono y hacer funcionar el dispositivo de separación de dióxido de carbono a partir de dióxido de carbono técnico.

En este sentido es esencial que en un momento, por ejemplo, se produzca dióxido de carbono puro (en particular en calidad alimentaria, se considera actualmente el mayor grado de pureza requerido con importancia económica) y en otro momento se produzca dióxido de carbono con un menor grado de pureza y, por tanto, se envase. Por ejemplo, el dióxido de carbono técnico puede presentar una pureza entre el 98,5 y el 99,9 %. También son concebibles purezas inferiores, en particular para la inyección final en el subsuelo, siempre que la pureza sea suficiente para la licuefacción y la compactación.

En particular, las etapas j) y k) se seleccionan en función de las cantidades que pueden venderse y de los precios actualmente alcanzables (o de los costes de transporte y vertido), en particular en unión con los costes asociados a la purificación del dióxido de carbono. En el caso de costes energéticos elevados, por ejemplo, los costes para aumentar la pureza pueden superar los costes alcanzables en el mercado hasta tal punto que el vertido con una pureza menor resulta más favorable. Mediante esto se prefiere la etapa k) con respecto a la etapa j). Si los precios de la energía bajan o la demanda aumenta y el precio del dióxido de carbono puro sube, la proporción temporal necesaria para la etapa j) aumentaría en consecuencia.

Este procedimiento puede combinarse, en particular, con las etapas del procedimiento mencionadas anteriormente.

En otra forma de realización de la invención, en el procedimiento para el funcionamiento de una instalación cementera, el dióxido de carbono se transporta desde el dispositivo de separación de dióxido de carbono y/o el sistema de almacenamiento de dióxido de carbono hacia la estación de carga y en la estación de carga en un vehículo. Además de eliminar por transporte el dióxido de carbono utilizando los recipientes de dióxido de carbono transportables, también puede ser conveniente cargar otros medios de transporte, por ejemplo para cubrir las necesidades locales de una fábrica de cerveza. En este caso puede realizarse en particular la carga en dispositivos de transporte que no están normalizados o cuya norma no corresponde a la de los recipientes de dióxido de carbono transportables. Además, la estación de carga puede ser, por ejemplo, una estación de carga para cargar un camión cisterna o el punto de alimentación en una tubería.

Este procedimiento puede combinarse, en particular, con las etapas del procedimiento mencionadas anteriormente.

En otra forma de realización de la invención, los recipientes de dióxido de carbono transportables llenos se cargan en camiones, trenes y/o barcos.

En otra forma de realización de la invención, el dióxido de carbono se utiliza para carbonatar el hormigón residual. Un dispositivo para el procesamiento de hormigón residual sirve para descomponer hormigón en sus partes constituyentes grava, arena y cemento y producir a partir de esto una materia prima reutilizable. En primer lugar, la piedra de cemento se separa del hormigón residual y, a continuación, este componente del hormigón residual se recicla realmente durante la carbonatación. La proporción de calcio del hormigón residual vuelve a ser reactiva por medio de la carbonatación y puede así convertirse de nuevo en clínker que puede fraguar. El sistema de almacenamiento de dióxido de carbono está conectado para ello con el dispositivo para el procesamiento de hormigón residual para la transferencia de dióxido de carbono, de modo que el dióxido de carbono se utiliza en este caso como producto de reacción. Por consiguiente, el dióxido de carbono puede utilizarse para generar de nuevo un clínker que puede fraguar a partir de hormigón residual. El material así generado se alimenta preferentemente al proceso de clínker convencional, de modo que, en última instancia, el dióxido de carbono se recicla.

A continuación se explica con más detalle la instalación cementera de acuerdo con la invención por medio de un ejemplo de realización representado en los dibujos.

Figura 1 primer estado
Figura 2 segundo estado

En la figura 1 está representada de manera muy esquemática una instalación cementera a modo de ejemplo. La instalación cementera presenta un dispositivo de combustión de clínker 10. El dispositivo de combustión de clínker 10 está constituido habitualmente por un precalentador (generalmente en cascada de varias etapas), un calcinador, un horno y un enfriador de material. En este sentido, por una parte se produce dióxido de carbono a partir de la combustión del combustible, por otra parte esencial se libera dióxido de carbono por ejemplo de piedra caliza, durante el proceso de calcinación para formar óxido de calcio. El gas de escape allí generado se alimenta a un dispositivo de separación de dióxido de carbono 20. Esto se realiza por ejemplo de manera correspondiente al procedimiento de bucle de carbonato. Como alternativa, el dispositivo de separación de dióxido de carbono 20 también puede presentar un lavado

con aminas como absorbedor de dióxido de carbono, puede estar realizado criogénicamente o puede funcionar según el procedimiento de separación por membranas. El dióxido de carbono generado por el dispositivo de separación de dióxido de carbono 20 se alimenta al sistema de almacenamiento de dióxido de carbono 30.

5 El sistema de almacenamiento de dióxido de carbono 30 presenta tres zonas, una primera zona de almacenamiento 51, una segunda zona de almacenamiento 52 y una zona de llenado 53. El sistema de almacenamiento de dióxido de carbono 30 presenta una pluralidad de recipientes de dióxido de carbono 41, 42, 43 transportables. En este sentido, hay recipientes de dióxido de carbono 41 transportables vacíos, recipientes de dióxido de carbono 42 transportables medio llenos y recipientes de dióxido de carbono 43 transportables llenos. Los recipientes de dióxido de carbono 41, 42, 43 transportables están diseñados, por ejemplo, como contenedores de 40 pies según la norma ISO 668. La zona de llenado 53 presenta tres grupos de recipientes de dióxido de carbono 41, 42, 43 transportables. Un primer grupo a la izquierda presenta recipientes de dióxido de carbono 41 transportables vacíos y está a la espera. Un grupo del centro presenta recipientes de dióxido de carbono 42 transportables medio llenos, que se están llenando actualmente. El tercer grupo de la derecha presenta recipientes de dióxido de carbono 43 transportables llenos. Éstos pueden transportarse hacia la primera zona de almacenamiento 51 y sustituirse por recipientes de dióxido de carbono 41 transportables vacíos de la segunda zona de almacenamiento 52. Los grupos presentan en cada caso a modo de ejemplo tres recipientes de dióxido de carbono 41, 42, 43 transportables. Mediante esto se distribuye el flujo procedente del dispositivo de separación de dióxido de carbono 20. Los grupos pueden separarse y conectarse conjuntamente con el dispositivo de separación de dióxido de carbono 20 mediante las válvulas 61, 62. Las válvulas 61 exteriores están cerradas, la válvula 42 central está abierta.

La figura 2 muestra la misma instalación cementera en un segundo estado. Los tres recipientes de dióxido de carbono 43 transportables llenos del grupo mostrado a la derecha se han trasladado a la primera zona de almacenamiento 51 y se han sustituido por tres recipientes de dióxido de carbono 41 transportables vacíos de la segunda zona de almacenamiento 52. Se ha completado el llenado de los recipientes de dióxido de carbono 43 transportables del grupo central, de modo que ahora están llenos. En consecuencia, el grupo que se muestra a la izquierda, que anteriormente se mantenía en espera, se llena ahora de modo que hay recipientes de dióxido de carbono 42 transportables medio llenos. En consecuencia, la válvula 62 izquierda está abierta y las válvulas 61 central y derecha están cerradas.

30 Símbolos de referencia

10	Dispositivo de combustión de clínker
20	Dispositivo de separación de dióxido de carbono
30	Sistema de almacenamiento de dióxido de carbono
35	41 Recipiente de dióxido de carbono transportable vacío
	42 Recipiente de dióxido de carbono transportable medio lleno
	43 Recipiente de dióxido de carbono transportable lleno
	51 Primera zona de almacenamiento
	52 Segunda zona de almacenamiento
40	53 Zona de llenado
	61 Válvula cerrada
	62 Válvula abierta

REIVINDICACIONES

1. Instalación cementera, en donde la instalación cementera presenta un dispositivo de separación de dióxido de carbono (20) para separar dióxido de carbono del gas de escape, en donde la instalación cementera presenta un sistema de almacenamiento de dióxido de carbono (30), en donde el dispositivo de separación de dióxido de carbono (20) está conectado con el sistema de almacenamiento de dióxido de carbono (30) para la transferencia del dióxido de carbono separado, en donde el sistema de almacenamiento de dióxido de carbono (30) está construido modularmente a partir de una pluralidad de recipientes de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportables, **caracterizada por que** los recipientes de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportables pueden conectarse individualmente o por grupos de manera separable con el dispositivo de separación de dióxido de carbono (20), en donde los recipientes de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportables están combinados en grupos de 3 a 10 recipientes de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportables que están interconectados.
2. Instalación cementera según la reivindicación 1, **caracterizada por que** los recipientes de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportables cumplen la norma ISO 668.
3. Instalación cementera según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** todos los recipientes de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportables presentan las mismas dimensiones exteriores y elementos de conexión normalizados.
4. Instalación cementera según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la instalación cementera presenta una primera zona de almacenamiento (51) para recipientes de dióxido de carbono (43) transportables llenos, en donde la instalación cementera presenta una segunda zona de almacenamiento (52) para recipientes de dióxido de carbono (41) transportables vacíos, en donde la instalación cementera presenta una zona de llenado (53), en donde los recipientes de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportables pueden conectarse en la zona de llenado (52) con el dispositivo de separación de dióxido de carbono (20).
5. Instalación cementera según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el sistema de almacenamiento de dióxido de carbono (30) presenta un recipiente de dióxido de carbono puro como recipiente de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportable para un primer grado de pureza de dióxido de carbono y un recipiente para dióxido de carbono técnico como recipiente de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportable para un segundo grado de pureza de dióxido de carbono.
6. Instalación cementera según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la instalación cementera presenta una estación de carga, en donde la estación de carga está conectada con el sistema de almacenamiento de dióxido de carbono (30).
7. Instalación cementera según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el sistema de almacenamiento de dióxido de carbono (30) está conectado con otras partes constituyentes para la producción de clínker de la instalación cementera para la transferencia de dióxido de carbono.
8. Instalación cementera según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la instalación cementera presenta un dispositivo para el procesamiento de hormigón residual, en donde el sistema de almacenamiento de dióxido de carbono (30) está conectado con el dispositivo para el procesamiento de hormigón residual para la transferencia de dióxido de carbono.
9. Procedimiento para el funcionamiento de una instalación cementera según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el procedimiento presenta las etapas siguientes:
 - a) conectar un primer recipiente de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportable con el dispositivo de separación de dióxido de carbono (20),
 - b) llenar el primer recipiente de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportable con dióxido de carbono,
 - c) conectar un segundo recipiente de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportable con el dispositivo de separación de dióxido de carbono (20),
 - d) separar la conexión entre el primer recipiente de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportable con el dispositivo de separación de dióxido de carbono (20).
10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado por que** el primer recipiente de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportable está conectado con un tercer recipiente de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportable, de modo que en la etapa a) el tercer recipiente de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportable también se conecta, en la etapa b) el tercer recipiente de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportable también se llena y en la etapa d) el tercer recipiente de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportable también se separa.
11. Procedimiento para el funcionamiento de una instalación cementera según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 y 5 a 8 en relación con la reivindicación 4, en donde el procedimiento presenta las etapas siguientes:

- e) trasladar un primer recipiente de dióxido de carbono (41) transportable vacío desde la segunda zona de almacenamiento (52) hacia la zona de llenado (53),
f) conectar un primer recipiente de dióxido de carbono (41) transportable con el dispositivo de separación de dióxido de carbono (20),
5 g) llenar el primer recipiente de dióxido de carbono (42) transportable con dióxido de carbono,
h) separar la conexión entre el primer recipiente de dióxido de carbono (43) transportable con el dispositivo de separación de dióxido de carbono (20),
i) trasladar el primer recipiente de dióxido de carbono (43) transportable lleno desde la zona de llenado (53) hacia la primera zona de almacenamiento (51).
- 10 12. Procedimiento para el funcionamiento de una instalación cementera según una de las reivindicaciones 1 a 4 y 6 a 8 en relación con la reivindicación 5, en donde el procedimiento presenta las etapas siguientes:
- 15 j) conectar un recipiente de dióxido de carbono puro con el dispositivo de separación de dióxido de carbono (20) y hacer funcionar el dispositivo de separación de dióxido de carbono (20) a partir de dióxido de carbono puro
o
k) conectar un recipiente para dióxido de carbono técnico con el dispositivo de separación de dióxido de carbono (20) y hacer funcionar el dispositivo de separación de dióxido de carbono (20) a partir de dióxido de carbono técnico.
- 20 13. Procedimiento para el funcionamiento de una instalación cementera según una de las reivindicaciones 1 a 5 y 7 a 8 en relación con la reivindicación 6, en donde el dióxido de carbono se transporta desde el dispositivo de separación de dióxido de carbono (20) y/o el sistema de almacenamiento de dióxido de carbono (30) hasta la estación de carga y en la estación de carga en un vehículo.
- 25 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 13, **caracterizado por que** los recipientes de dióxido de carbono (41, 42, 43) transportables llenos se cargan en camiones, trenes y/o barcos.
- 30 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 14 en relación con la reivindicación 8, **caracterizado por que** el dióxido de carbono se utiliza para carbonatar hormigón residual.

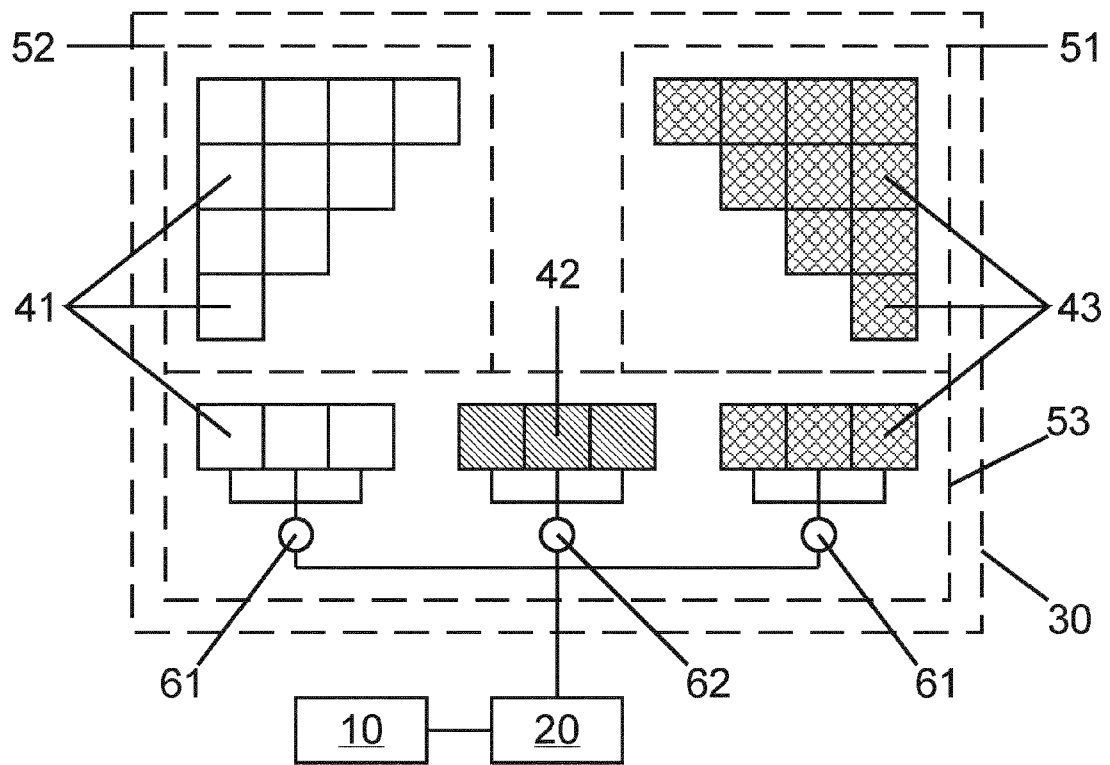


Fig. 1

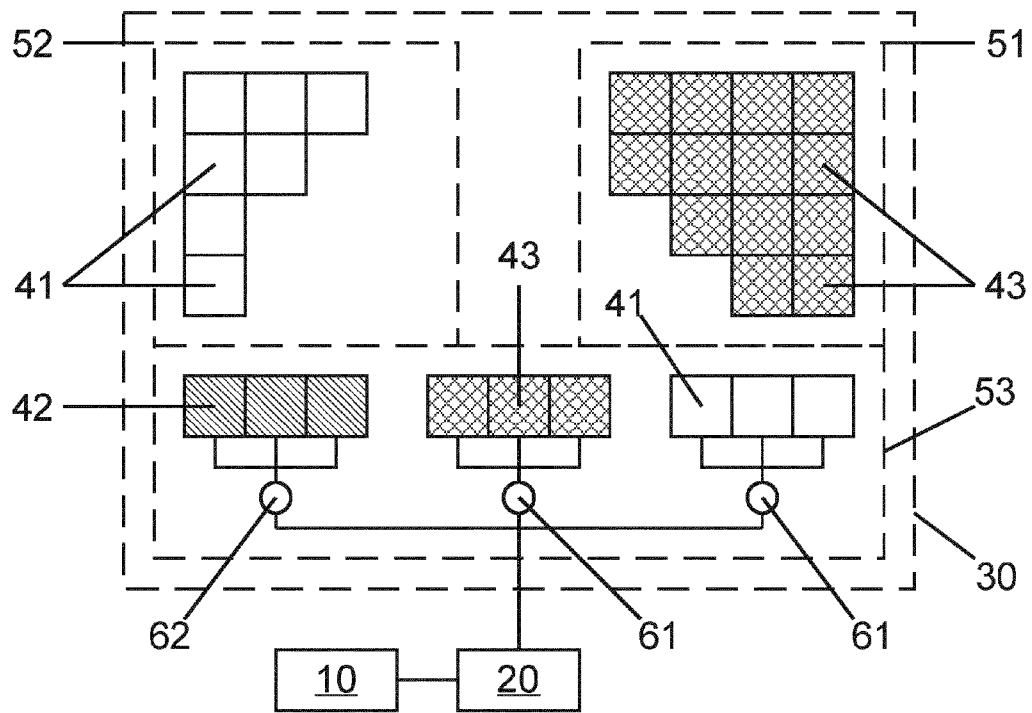


Fig. 2