

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 384**

51 Int. Cl.:

C10B 47/44 (2006.01)

C10B 51/00 (2006.01)

C10B 53/02 (2006.01)

C10B 57/12 (2006.01)

C10B 57/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2011 E 11167830 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016 EP 2390301**

54 Título: **Instalación de reactor y procedimiento para generar un producto sólido enriquecido en carbono mediante el aumento del contenido en carbono**

30 Prioridad:

31.05.2010 DE 102010017175

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

31.05.2016

73 Titular/es:

**ENBW ENERGIE BADEN-WÜRTTEMBERG AG
(100.0%)**

**Durlacher Allee 93
76131 Karlsruhe, DE**

72 Inventor/es:

**WALZ, LEONHARD;
BOCKHORN, HENNING;
REICHERT, DIRK;
STEINBRÜCK, JOHANNES;
ROSSBACH, MARTIN y
EYLER, DAVID**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 572 384 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

Instalación de reactor y procedimiento para generar un producto sólido enriquecido en carbono mediante el aumento del contenido en carbono

5 La invención se refiere a una instalación de reactor y a un procedimiento para generar un producto sólido enriquecido en carbono mediante el aumento del contenido en carbono y la disminución del contenido en oxígeno.

10 En el caso de los procedimientos conocidos, para el aumento del contenido en carbono de una fuente de carbono, p. ej., biomasa, se reduce el contenido en oxígeno en el material con contenido en carbono. En el caso de estos procedimientos se generan esencialmente tres corrientes de producto correspondientes a los distintos estados de agregado (sólido, líquido y gaseoso), repartiéndose el carbono esencialmente en todas las fracciones, por ejemplo como CO₂ gaseoso, bio-aceite líquido o un sólido de tipo carbono.

Procedimientos conocidos que se emplean para ello son, por ejemplo, la pirolisis, un tratamiento puramente térmico bajo una presión parcial de oxígeno baja o un tratamiento hidrotérmico, un tratamiento con agua a presión caliente. Ambas técnicas permiten la preferencia de una fracción de producto deseada (sólido, líquido, gaseoso).

15 Con el fin de obtener principalmente un sólido de tipo carbono, en particular carbón vegetal, el material de partida permanece en el caso de la técnica de pirolisis durante varias horas a una temperatura elevada, la mayoría de las veces claramente por encima de 450°C, en un reactor. La energía requerida para ello se aplica, p. ej., de modo autotérmico mediante una dosificación preestablecida de oxígeno. Sin embargo, también es posible quemar el gas producto que se forma en virtud de la pirolisis de un material con contenido en carbono y utilizarlo como fuente de calor. Sin embargo, es desventajoso que en el caso de este procedimiento sólo se obtengan rendimientos medios de aprox. 60% de un sólido de tipo carbono con una elevada proporción de carbono.

20 Con el fin de aumentar el rendimiento en el caso de procedimientos de pirolisis, se desarrolló el proceso de pirolisis rápida, en el que el material con contenido en carbono es calentado bruscamente a más de 500°C bajo la exclusión de oxígeno. En este caso, el material se descompone en componentes predominantemente volátiles. Éstos son transportados a un dispositivo de condensación mediante un gas portador poco reactivo a partir del reactor y se licúan para formar "bio-aceite". Tal como se propone en el documento CA 02639022 A1, el vapor de agua sobrecalentado en este caso puede utilizarse como gas portador a alta presión, pudiendo continuar aumentándose ventajosamente el rendimiento de bio-aceite. La reacción del material con contenido en carbono tiene lugar de forma discontinua, en un denominado proceso en tandas.

Es desventajoso, sin embargo, que este procedimiento no pueda emplearse para generar un sólido de tipo carbono.

30 Otra posibilidad para preparar el producto de tipo carbono lo representa la carbonización hidrotérmica, en la que el contenido en carbono del educto se eleva en un reactor a presión bajo una presión claramente superior a 10 bares y a temperaturas medias entre 150°C y 250°C y en un catalizador (ácido) a lo largo de varias horas. En el caso de las condiciones de reacción, el agua está presente en la fase líquida. El rendimiento en carbono en el caso de esta técnica se encuentra ciertamente más alto que en el caso de la pirolisis, no obstante las elevadas presiones a concebir, la heterogeneidad de la mezcla de reacción y la separación del producto sólido necesaria por lo anterior, requieren una elevada complejidad técnica.

Junto a la elevada complejidad técnica o bien a la elevada complejidad térmica en el caso de estos dos procedimientos conocidos es desventajoso, además, el largo tiempo de permanencia de varias horas.

40 El documento DE 20 2008 012 419 U1 da a conocer una instalación típica para la carbonización hidrotérmica. La carbonización de la biomasa tiene lugar en agua a presión caliente líquida a una presión que corresponde al menos a la presión de vapor de saturación del agua. Valores típicos son 10-30 bares a temperaturas de 160°C-210°C, encontrándose los tiempos de proceso en 5 a 14 horas. La mezcla de reacción es homogénea, es decir, la biomasa es una masa pastosa mezclada con agua. Productos intermedios retirados del reactor pueden ser aportados para un tratamiento ulterior. En este caso, agua todavía contenida puede ser separada con un dispositivo de filtración y puede ser aportada de nuevo al reactor como adición de agua. El tiempo de permanencia mínimo necesario de la biomasa en el reactor es garantizado mediante una longitud correspondiente del reactor. Debido a las elevadas presiones y temperaturas, el transporte hacia dentro de la biomasa y el transporte hacia fuera de productos finales e intermedios por parte de los operarios y del control del proceso es compleja. En virtud de la elevada presión en el reactor, no es posible una realización continua de la reacción, sino que ésta tiene lugar de forma casi continua. En este caso, el reactor presenta segmentos de reactor consecutivos que en cada caso tienen diferentes temperaturas, siendo transportada la biomasa por un dispositivo de transporte de uno al siguiente segmento del reactor en el que permanece durante un espacio de tiempo determinado.

En el documento EP 0 684 116 A1 se da a conocer una instalación de reactor para la obtención de combustible líquido, en el que vapor de agua sobrecalentado es empleado como portador de calor. En este caso, conforme a un

ejemplo de realización, caucho de desecho es sometido en un proceso discontinuo a vapor de agua sobrecalentado con una temperatura de 400°C y una presión de 1 bar y, en este caso, se hace reaccionar principalmente para formar un combustible líquido. Restos sólidos son finamente molidos y mezclados con el líquido.

5 El documento EP 1 170 354 A1 describe un procedimiento similar, en el que un residuo orgánico es tratado con vapor de agua sobrecalentado a, p. ej., 350°C y a una presión baja de 1 a 2 atm. El fluido de reacción gaseoso es conducido durante el arranque en frío de la instalación a través de un intercambiador de calor, es mezclado con vapor de agua sobrecalentado y es devuelto al reactor. Durante el funcionamiento, cuando el residuo se hace reaccionar, el gas caliente "impurificado" es conducido a un dispositivo para la generación de vapor caliente con el fin de calentar el vapor de agua y evitar que las "impurezas" obstruyan las tuberías.

10 También en el documento JP 2002 194362 A) se describe un procedimiento correspondiente en el que pasan a emplearse temperaturas entre 200-400°C y presiones bajas.

Misión de la presente invención es proporcionar una instalación de reactor y un procedimiento que mejoren los inconvenientes del estado de la técnica durante la generación de un producto sólido enriquecido en carbono que presenta una elevada proporción de carbono con respecto a un material con contenido en carbono aportado.

15 El problema se resuelve de acuerdo con la invención mediante las características de las reivindicaciones independientes. Ejecuciones ventajosas y ventajas de la invención resultan de las otras reivindicaciones, los dibujos y la memoria descriptiva.

20 Conforme a la invención, se propone una instalación de reactor y un procedimiento para generar un producto sólido enriquecido en carbono en el que se lleva a cabo un aumento del contenido en carbono y una reducción del contenido en oxígeno de un material de partida con contenido en carbono en un reactor en el que reinan una temperatura entre 100°C y 450°C y una presión entre 1 bar y 5 bares, eligiéndose las condiciones de reacción de modo que el fluido de reacción permanezca siendo gaseoso durante la reacción.

25 Ventajosamente, el tiempo de permanencia del material con contenido en carbono en el reactor puede regularse mediante el dispositivo transportador de manera que este tiempo sea de minutos a unas pocas horas. En particular, es favorable un intervalo de temperaturas entre 250°C y aproximadamente 400°C a una presión preferida entre 1 y 4 bares, de manera particularmente preferida a lo sumo de 2 bares.

30 Mediante la escasa presión en el dispositivo se simplifica fuertemente tanto la manipulación como también el control del proceso de la instalación de reactor. No es necesaria una formación o instrucción especial del personal tal como en el caso de instalaciones de alta presión con presiones de reacción de 10-20 bares. En virtud del entorno de presión atmosférico o al menos casi atmosférico, eventuales canales de transferencia como entrada y salida son considerablemente más sencillos y requieren un control mucho menos exigente.

35 De manera favorable, la instalación de reactor comprende un dispositivo de regulación de la temperatura con el que se puedan alcanzar y, en particular, mantener constantes las temperaturas de reacción deseadas. De manera ideal, la temperatura puede ajustarse mediante un fluido de reacción, en particular vapor de agua que está "descentralizado" y que puede ser preparado como reserva, de modo que pueden ser necesarias menores densidades de energía en comparación con otros procedimientos.

Por vapor o en forma de vapor no se ha de entender a este respecto un vapor húmedo, sino vapor caliente, es decir, vapor sobrecalentado, que representa un gas real a base de moléculas de agua, y cuya temperatura se encuentra por encima de la temperatura de condensación de la fase líquida a la presión respectiva.

40 Con el fin de preparar un producto sólido enriquecido en carbono bajo estas condiciones, al material de partida con contenido en carbono se le añade un fluido de reacción a través de un orificio de entrada, en donde el fluido de reacción puede ser ventajosamente vapor de agua o una mezcla de vapor de agua. El orificio de entrada puede estar configurado de modo que presente orificios repartidos por una zona de entrada del reactor, de modo que se puede alcanzar una distribución preestablecida, por ejemplo una distribución uniforme del fluido de reacción. Esta ejecución es adecuada para materiales de partida con granos relativamente finos.

45 Como producto de partida con contenido en carbono son imaginables todos los compuestos orgánicos. Sin embargo, son particularmente preferidos productos de partida tal como, por ejemplo, biomasa, tanto materiales lignocelulósicos tales como, p. ej., madera o paja o residuos verdes, pero también otro tipo de fuentes de carbono tales como, por ejemplo, sustancias residuales de la industria de bebidas o alimentaria, la fracción orgánica de la basura doméstica o lodos de clarificación. Junto a la biomasa son imaginables también fuentes de carbono fósiles como productos de partida.

La invención permite también un tratamiento de lodos de clarificación químicamente activos con una elevada proporción mineral en el sentido de que se emplea una inertización del lodo de clarificación y tiene lugar una

eliminación del olor. El lodo de clarificación, tratado de esta manera, puede ser emitido al aire libre entonces, p. ej., de manera inofensiva y sin molestias por malos olores.

5 Como mezcla de vapor de agua pueden utilizarse, tal como muestran ejemplos de realización adicionales, una mezcla de vapor de agua/gas portador y/o una mezcla de vapor de agua/gas de reacción, en particular con componentes orgánicos tales como, por ejemplo, metano, alcanos superiores, alquenos, compuestos aromáticos, derivados, dióxido de carbono y/o monóxido de carbono, y/o uno o varios aerosoles tales como, por ejemplo, anhídridos de ácido y/o sales de metales ligeros como gas de reacción, en el caso de componentes del reactor particularmente resistentes podrían utilizarse eventualmente incluso ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y/o hidróxido de sodio. El gas de reacción puede contener, por ejemplo, también aire de escape de la combustión o gas de escape de la combustión, por ejemplo de una turbina de gas, y/o componerse de estos, los cuales pueden contener ventajosamente componentes gaseosos ácidos. Los ácidos y bases sustentan catalíticamente las reacciones químicas deseadas tales como, p. ej., deshidratación y disociación.

15 A diferencia de un tratamiento puramente térmico del material de partida con contenido en carbono, en el caso de utilizar vapor de agua o una mezcla de vapor de agua pueden concebirse temperaturas bajas en un intervalo de 100°C hasta aproximadamente 450°C, preferiblemente entre 150°C y 400°C, de manera particularmente preferida entre 250°C y 350°C, y/o tiempos de permanencia más cortos en el reactor desde minutos a unas pocas horas. En este caso, puede obtenerse un producto sólido enriquecido en carbono que, ya en el caso de un tiempo de permanencia muy corto, muestre proporciones en masa de carbono similares a las que se obtienen en el caso de los procedimientos conocidos en el estado de la técnica. Preferiblemente, el producto sólido enriquecido en carbono presenta propiedades de tipo lignito. Esto es muy favorable en relación con el empleo de energía en el caso de la transformación y de la obtención del poder calorífico del producto sólido enriquecido en carbono con respecto al material con contenido en carbono aportado en el lado de entrada. El lignito posee aproximadamente dos tercios de la densidad energética de la hulla.

25 Básicamente, sin embargo, es imaginable que en el caso de un tiempo de permanencia correspondientemente incrementado en el reactor también se pueda obtener un producto sólido de tipo carbón vegetal.

30 Motivo de ello es que el vapor de agua ejerce una influencia catalítica que a las bajas temperaturas reduce tanto la barrera energética de la transformación como también posibilita otras vías de reacción que la de la degradación térmica pura. Además, mediante la influencia del vapor de agua puede tener lugar una hidrólisis directa de los distintos componentes de la fuente de carbono y, por consiguiente, combinarse ventajosamente reacciones hidrolíticas y térmicas. Ventajosamente, las condiciones de reacción se eligen de modo que el vapor de agua no se condense o no se condense prácticamente, sino que permanezca siendo gaseoso durante la reacción. En este caso, puede omitirse un complejo tratamiento previo del material con contenido en carbono a aportar. Las condiciones de reacción pueden adaptarse, p. ej., de manera sencilla al contenido de humedad actual o a la temperatura del material con contenido en carbono recién aportado.

35 De acuerdo con la invención, el reactor comprende, además, un primer orificio de entrada para la introducción del material con contenido en carbono, al menos un segundo orificio de entrada para la introducción de un fluido de reacción, un primer orificio de salida para la expulsión del producto sólido enriquecido en carbono y un segundo orificio de salida para la expulsión del fluido de reacción; un dispositivo transportador para el transporte del material desde el primer orificio de entrada al primer orificio de salida, y un dispositivo de regulación de la temperatura para el ajuste de una temperatura de reacción en el reactor, estando el reactor, además, acoplado con un dispositivo de control que está diseñado para ajustar los parámetros de funcionamiento de modo que en el caso de una temperatura entre 100°C y 450°C y una presión entre 1 bar y 5 bares se genere el producto sólido enriquecido en carbono deseado.

45 Ventajosamente, el tiempo de permanencia de la biomasa en la instalación de reactor viene determinado esencialmente por la velocidad de un dispositivo transportador, de modo que se pueda aportar continuamente material con contenido en carbono, p. ej., biomasa, y se pueda retirar producto sólido enriquecido en carbono.

50 En el caso de los parámetros de funcionamiento, particularmente de manera ventajosa la temperatura puede predeterminarse y controlarse o regularse, de lo cual puede resultar una ligera sobrepresión de hasta a lo sumo 5 bares. La presión puede registrarse convenientemente para el control para poder reaccionar al alcanzar una presión límite determinada antes de que se produzcan daños en las instalaciones y similares. Es imaginable regular directamente o controlar alternativa o adicionalmente la presión.

55 El fluido de reacción es hecho recircular, al menos en parte. La recirculación del fluido de reacción se aprovecha para el aumento del contenido de carbono del producto sólido enriquecido en carbono, dado que en el fluido de reacción recirculado están contenidos ventajosamente vapor de agua, componentes orgánicos que pueden ser adsorbidos y/o absorbidos en el reactor por el material de partida con contenido en carbono. En este caso se trata de componentes orgánicos que previamente han sido desprendidos por disolución de la biomasa. Con ello, puede continuar aumentando la proporción de carbono del producto sólido enriquecido en carbono.

La invención permite mediante la unidad de recirculación también un modo de funcionamiento en el que no se añada fluido de reacción adicional alguno y en el que el fluido de reacción (gaseoso), predominantemente vapor de agua, proceda del material de partida con contenido en carbono empleado, con lo que aumenta la concentración de carbono en la fase de vapor (o bien fase gaseosa) y, con ello, aumenta la probabilidad de absorción de los componentes orgánicos sobre el producto de partida con contenido en carbono.

Preferiblemente, el proceso de reacción puede llevarse a cabo de forma heterogénea, en el sentido de que un material con contenido en carbono sólido es hecho reaccionar en una fase de vapor y no se haga reaccionar, como en el estado de la técnica, en un proceso casi homogéneo con una pasta de biomasa en agua a presión líquida.

A diferencia del estado de la técnica, el funcionamiento de la instalación de reactor está considerablemente simplificado. En el caso de una elevada presión y reacción en la fase líquida, tal como en la carbonización hidrotérmica típica conocida, los requisitos de regulación y/o control son elevados, dado que se ha de regular la presión en los canales de transferencia para la realización casi-continua de la reacción. Ventajosamente, en la instalación de reactor de acuerdo con la invención se regula, por el contrario, esencialmente sólo la temperatura y eventualmente, en función de la concentración de carbono en el fluido de reacción gaseoso recirculado, la relación de retorno, es decir, la corriente de circulación.

Ventajosamente, el dispositivo de control puede controlar la temperatura de funcionamiento de manera que en el reactor se pueda ajustar una temperatura entre aproximadamente 250°C y aproximadamente 400°C, con una presión preferida entre 1 y 4 bares y un tiempo de permanencia en el reactor entre 2 y 120 min, siendo la temperatura de reacción ajustable particularmente de modo que la temperatura pueda ser ajustada por debajo de una temperatura límite por encima de la cual tenga lugar una formación incrementada de óxidos de carbono, p. ej., ácidos orgánicos, CO₂ o CO. En particular, por encima de la temperatura límite se inicia un fuerte aumento de la formación de CO₂. Por lo tanto, mediante una temperatura de reacción baja adecuada se puede evitar ventajosamente una formación elevada de este tipo de óxidos de carbono, de modo que el producto sólido enriquecido en carbono sigue conservando esta proporción de carbono. Otro intervalo de reacción favorable se encuentra en una temperatura de reacción en el intervalo entre 250°C y 350°C y una presión entre 1 y 2 bares, así como un tiempo de permanencia de aproximadamente 15 hasta aproximadamente 120 min.

Conforme a una ejecución favorable y económica, el dispositivo de control puede estar diseñado para controlar el dispositivo de transporte de modo que el material con contenido en carbono se pueda aportar de forma continua y el producto sólido enriquecido en carbono se pueda extraer de forma continua, de modo que el material con contenido en carbono puede ser movido de forma continua a través del reactor durante la reacción para formar producto sólido enriquecido en carbono.

Conforme a una ejecución conveniente, el dispositivo de control puede estar diseñado para controlar al dispositivo transportador de modo que el material con contenido en carbono a reaccionar permanezca en el reactor como máximo unas pocas horas, en particular permanezca en el reactor una a dos horas, pudiendo ser el dispositivo transportador, p. ej., un tornillo sinfín transportador, una cinta transportadora, un dispositivo transportador por gravitación o similares. Una aportación continua del material con contenido en carbono y una retirada continua del producto sólido enriquecido en carbono se pueden realizar de una manera sencilla. En este caso, el tiempo de permanencia viene predeterminado esencialmente por la velocidad del dispositivo transportador. Entre el orificio de entrada y el orificio de salida, el material con contenido en carbono a reaccionar puede estar continuamente en movimiento. En este caso, el reactor puede estar configurado convenientemente como reactor de tubos, en el que el material de partida con contenido en carbono es solicitado con una porción en masa de carbono relativamente baja dentro de la tubería con vapor de agua a temperaturas de reacción y presión de reacción. Con ello, tienen lugar la reacción de hidrólisis y, además, las reacciones de deshidratación y fragmentación que conducen a la reducción de la proporción de oxígeno. De manera ventajosa, la temperatura y la presión pueden mantenerse en este caso esencialmente constantes. Ventajosamente, el material de partida con contenido en carbono es desplazado mediante un dispositivo preferiblemente gobernable tal como, por ejemplo, un tornillo sin fin de transporte o una cinta transportadora o también mediante gravitación. Con ello, es posible un aporte continuo de eductos con contenido en carbono y una evacuación de productos sólidos enriquecidos en carbono.

El fluido de reacción se hace recircular al menos en parte. La recirculación del fluido de reacción conduce a un aumento del contenido en carbono del producto sólido enriquecido en carbono, dado que en el fluido de reacción gaseoso recirculado están contenidos preferiblemente vapor de agua, componentes orgánicos que pueden ser adsorbidos en el reactor por el material de partida con contenido en carbono. Con ello, la proporción de carbono del producto sólido enriquecido en carbono puede continuar aumentándose.

Conforme a una ejecución adicional, el dispositivo de regulación de la temperatura puede estar configurado como intercambiador de calor el cual entrega el calor de la reacción del reactor a un medio portador de calor y/o lo recoge de un medio portador de calor, pudiendo ser ventajosamente el medio portador de calor el fluido de reacción. Así, el fluido de reacción puede ser aspirado del reactor, por ejemplo en el extremo del reactor, a través de una tubería por una bomba preferiblemente gobernable y puede ser llevado ventajosamente, ya sea antes o bien a continuación, por

medio de un intercambiador de calor regulable, de nuevo a la temperatura de reacción. La bomba puede estar dispuesta aguas arriba de una unidad de análisis con la que se puede analizar el fluido de reacción extraído.

En este intercambiador de calor, además el calor liberado por la deshidratación del material de partida con contenido en carbono puede ser evacuado o bien se puede aportar calor a la instalación de reactor.

- 5 De acuerdo con otro ejemplo de realización favorable, puede estar previsto un dispositivo de desacoplamiento de fluido preferiblemente controlable, por ejemplo en forma de una válvula, en la que se puede desacoplar el fluido de reacción, p. ej., fluido de reacción cargado orgánicamente.

10 Ventajosamente, aguas abajo del dispositivo de desacoplamiento de fluido puede estar previsto un dispositivo de separación con el que se pueda llevar a cabo una separación de los componentes del fluido de reacción condensables y los componentes del fluido de reacción gaseosos que seguidamente y de manera opcional pueden ser separados y captados en sus componentes condensables y en sus componentes gaseosos.

Además de ello, ventajosamente, puede estar previsto un dispositivo de acoplamiento del fluido, en particular en forma de una válvula gobernable, mediante la cual pueda aportarse a la instalación de reactor vapor de agua no cargado orgánicamente y/o gas portador y/o una sustancia de reacción.

- 15 Ventajosamente, conforme a otra ejecución favorable, la carga orgánica del vapor de agua se puede establecer mediante una o varias unidades de análisis adecuadas, pudiendo estar dispuestas las unidades de análisis delante de la entrada de fluido de reacción (aguas arriba) y/o detrás de la salida del fluido de reacción. Por medio de las unidades de análisis pueden determinarse convenientemente la presión del fluido de reacción y/o la temperatura del fluido de reacción y/o llevarse a cabo una determinación cualitativa y/o cuantitativa de los componentes del fluido de reacción separado del segundo orificio de salida, en particular mediante detección por ionización de llama o mediante espectroscopía tal como, por ejemplo, espectroscopía infrarroja.
- 20

25 Ventajosamente, los valores determinados pueden ser aportados a la unidad de control que, de nuevo, puede controlar de manera correspondiente los parámetros de funcionamiento tales como, p. ej., tiempo de permanencia, presión y temperatura en el reactor o bien presión y temperatura del vapor de agua y/o una frecuencia de intercambio de vapor de agua reciente.

30 Favorablemente, la instalación de reactor puede presentar un dispositivo de desacoplamiento de fluido, en particular en forma de una válvula, con la que se puede desacoplar el fluido de reacción en exceso de la instalación de reactor. Opcionalmente, aguas abajo del dispositivo de desacoplamiento de fluido puede estar previsto un dispositivo de separación, con el que se pueda llevar a cabo una separación de los componentes del fluido de reacción condensables y de los componentes del fluido de reacción gaseosos. Además, el dispositivo de separación puede presentar un intercambiador de calor que enfríe el fluido de reacción desacoplado a aproximadamente la temperatura ambiente, pudiendo estar unido preferiblemente el intercambiador de calor con un primer recipiente colector para componentes condensados y un segundo recipiente colector para componentes gaseosos. Como medio portador de calor puede emplearse, por ejemplo (pero no exclusivamente) agua fresca para la preparación de vapor. Puede estar presente una bomba para el transporte y/o la compresión de los componentes gaseosos del fluido de reacción desacoplado aguas abajo del tercer intercambiador de calor.

35

40 Además, puede estar previsto un dispositivo de acoplamiento de fluido, en particular en forma de una válvula, con el que se pueda añadir al dispositivo de recirculación vapor de agua no solicitado y/o gas portador y/o sustancia de reacción. En este caso, la sustancia de reacción puede definirse como sustancia que apoya positivamente una reacción química deseada.

45 Mediante las ejecuciones ventajosas de la invención pueden combinarse, por consiguiente, las ventajas de la reacción puramente térmica para formar un producto sólido enriquecido en carbono, en particular un producto sólido del tipo lignito tal como, p. ej., la simple separación de producto con la secuencia de reacción química más ventajosa de la carbonización hidrotérmica, sin combinar las presiones elevadas allí necesarias. En particular, esencialmente puede obtenerse un producto sólido que presente una porción de carbono incrementada con respecto a un material de entrada con contenido en carbono aportado, con un empleo económico de energía. Pueden reducirse corrientes de producto líquidas o gaseosas indeseadas.

Los componentes gaseosos o líquidos, valiosos, retirados del material con contenido en carbono pueden recogerse y utilizarse de otro modo.

- 50 La invención se describe a continuación con mayor detalle a modo de ejemplo, sin limitación de las generalidades, con ayuda de ejemplos de realización representados en los dibujos.

Muestran en representación esquemática:

- La Fig. 1 una ejecución a modo de ejemplo de un reactor de acuerdo con la invención como representación parcial de un ejemplo de realización preferido de la instalación de reactor de acuerdo con la invención;
- 5 la Fig. 2 un dispositivo de recirculación como representación parcial de un ejemplo de realización favorable de la instalación de reactor de acuerdo con la invención;
- la Fig. 3 un dispositivo de separación como representación parcial de un ejemplo de realización favorable de la instalación de reactor de acuerdo con la invención;
- la Fig. 4 una representación gráfica del contenido de carbono en función del tiempo de permanencia; y
- la Fig. 5 una representación gráfica del contenido de carbono en función de la temperatura.

10 En las figuras siguientes se designan con los mismos símbolos de referencia en cada caso elementos de acción funcionalmente igual.

Las Figuras 1 a 3 muestran en cada caso zonas parciales T1, T2, T3 de un ejemplo de realización favorable de la instalación de reactor 10 de acuerdo con la invención, representando la Fig. 1 la zona parcial T1 del reactor 100, la Fig. 2 la zona parcial T2 de un dispositivo de recirculación 200 y la Fig. 3 la zona parcial T3 de un dispositivo de separación 300. Con flechas gruesas se caracterizan las respectivas corrientes de fluido de reacción en las distintas zonas parciales T1, T2, T3.

La Fig. 1 muestra esquemáticamente una representación de un espacio de reacción configurado como reactor de tubos 100 para el tratamiento de acuerdo con la invención de un material con contenido en carbono (también designado como educto) para el enriquecimiento en carbono. El material con contenido en carbono es introducido en el reactor 100 mediante al menos un primer orificio de entrada 102 gobernable. El material puede ser, p. ej., biomasa. En este caso, puede suprimirse un tratamiento previo particular del material antes de la introducción en el reactor 100, con el fin de ajustar un contenido en humedad definido o similar. Los parámetros de reacción del reactor 100 pueden ajustarse ventajosamente al estado actual del material.

En este caso, cuando el reactor 100 se ha de hacer funcionar de un modo automático, puede estar previsto un recipiente de reserva (no representado) que presenta material con contenido en carbono en una cantidad suficiente. La dosificación del material al reactor 100 puede tener lugar entonces por medio de un control de alimentación, por ejemplo con una válvula de compuerta a abrir por medio de un motor de ajuste, pudiendo tener lugar el control del motor, al igual que también el de los demás componentes de la instalación, por al menos un dispositivo de control 150 electrónico, con el que se pueden controlar o regular uno o varios de los componentes de la instalación del reactor. Las uniones de los distintos componentes de la instalación de reactor están representadas o indicadas con líneas discontinuas hacia el dispositivo de control. En este caso, la aportación del material con contenido en carbono puede tener lugar preferiblemente de forma continua.

Por medio de un motor 103 gobernable se hace funcionar un dispositivo transportador 104 tal como, por ejemplo, un tornillo sin fin de transporte o también una cinta transportadora que regula el avance del educto y, con ello, el tiempo de permanencia del material en el reactor 100. Este avance puede alcanzarse y/o sustentarse o ralentizarse también mediante gravitación.

A través de un segundo orificio de entrada 105 gobernable se incorpora en el reactor 100 un fluido de reacción que se compone preferiblemente de vapor de agua o de una mezcla de vapor de agua. En este caso, la mezcla de vapor de agua puede estar compuesta por vapor de agua y/o un gas portador y/o una sustancia de reacción tal como, por ejemplo, un aerosol de un anhídrido de ácido y/o de una sal de metal ligero. Con el fin de evitar una condensación del vapor de agua en el reactor 100, la presión parcial del vapor de agua del fluido de reacción se ajusta a un valor menor que la presión de saturación. Ventajosamente, la aportación del fluido de reacción no se limita a un lugar individual, sino que el fluido de reacción es introducido en varios puntos mediante orificios correspondientemente distribuidos en la zona del frontal del reactor del lado de entrada o también en la zona del reactor 100.

El reactor 100 presenta, además, un intercambiador de calor 106 gobernable que puede estar configurado ventajosamente como revestimiento del reactor 100 y que, p. ej., caldea al reactor 100 en varios tramos individualmente gobernables. Además, el intercambiador de calor 106 puede estar configurado para proporcionar una refrigeración en los casos en los que el calor de reacción que se desprende sobrepase una temperatura máxima predeterminada. Un desprendimiento de calor de la reacción muy elevado es posible, por ejemplo, en el caso de utilizar un precursor muy seco.

Con el fin de vigilar la temperatura en el reactor 100, puede estar previsto un sensor de temperatura 107 o varios sensores de temperatura en el reactor 100, que determinan la temperatura en el interior del reactor, preferiblemente distribuidos a lo largo de su longitud. Con ello se puede también garantizar que el contenido en vapor de agua y la temperatura se mantengan constantes. Se ajusta, por ejemplo, una temperatura entre aproximadamente 100°C

5 hasta aproximadamente 450°C, y se mantiene convenientemente lo más constante posible, con lo que resulta una presión entre aproximadamente 1 bar y aproximadamente 5 bares. En algunos casos, puede ser ventajosa una regulación dinámica, por ejemplo en el caso de una composición heterogénea del educto, en particular con diferentes contenidos en lignina y/o celulosa cuando tengan que hacerse reaccionar diferentes componentes en común.

10 El material con contenido en carbono es transportado mediante el dispositivo transportador 104, preferiblemente de forma continua a través del reactor 100 y alcanza, después de un tiempo de permanencia deseado como producto de reacción sólido, un recipiente colector de producto 108. Éste presenta un volumen adaptado a las dimensiones del reactor, acumulándose primeramente una determinada cantidad de producto sólido enriquecido en carbono en el recipiente colector de producto 108 que luego es vaciado a intervalos de tiempo mediante la apertura de un primer orificio de salida 109 gobernable, p. ej., en forma de una válvula de compuerta. En este caso, el producto sólido - en el caso de una aportación continua de educto - es transferido de forma continua del reactor 100 al recipiente colector de producto 108. El cierre del volumen de reactor en el lugar del orificio de salida 109 es conveniente para mantener una eventual ligera sobrepresión del sistema con respecto a la presión atmosférica.

15 El fluido de reacción, que se compone principalmente de vapor de agua cargado con compuestos orgánicos, puede desprenderse a través de un orificio de salida 110 gobernable, incorporado en el lado superior del reactor. Para ello, puede ser también ventajosa una ligera inclinación positiva del reactor 100 con el fin de poder retirar más fácilmente el vapor o bien posibles adiciones gaseosas.

20 Conforme a una ejecución particularmente ventajosa de la instalación de reactor 10 de acuerdo con la invención, ésta presenta un dispositivo de recirculación 200 que está representado en la Fig. 2. Este dispositivo de recirculación 200 posibilita una recirculación de vapor de agua junto con la carga orgánica que es generada en la reacción del material con contenido en carbono en el reactor 100, que puede contener, p. ej., CH₄ y alcanos superiores, alquenos, compuestos aromáticos y/o derivados sustituidos, pero también los productos de reacción CO₂ y CO. Las dos sustancias mencionadas en último lugar se reúnen para el intervalo de validez de esta invención bajo el concepto de los componentes orgánicos. En el caso de las condiciones de reacción elegidas puede formarse CO₂ en determinadas cantidades, pero sólo a temperaturas superiores a las temperaturas de reacción utilizadas se inicia un desprendimiento de CO₂ significativo y fuertemente creciente. Prácticamente no resulta una porción líquida digna de mención en el sentido de bio-aceite en el caso de una elección adecuada de los parámetros de funcionamiento.

25 Mediante recirculación del fluido de reacción y, con ello, de los componentes orgánicos disueltos en el vapor de agua, los componentes orgánicos pueden ser adsorbidos por el material con contenido en carbono en el reactor 100, con lo cual se puede obtener un rendimiento en carbono superior en el producto sólido enriquecido con carbono. Para la realización técnica, por ejemplo en la figura 1 el fluido de reacción gaseoso que se desprende a través del orificio de salida 110 gobernable con carga orgánica es conducido a través de una tubería térmicamente aislada a una unidad de análisis 210 que lleva a cabo una determinación cualitativa y cuantitativa de los componentes orgánicos en el fluido de reacción y una medición de la presión y de la temperatura del fluido de reacción. A los métodos de análisis habituales de las sustancias constitutivas del fluido de reacción pertenecen, por ejemplo, métodos espectroscópicos tal como la espectroscopía infrarroja, pero también otros procedimientos de medición cualitativos y cuantitativos para el análisis de sustancias con contenido en carbono tales como, por ejemplo, la detección por ionización a la llama.

30 En el transcurso ulterior, el fluido de reacción es aspirado por una bomba 214 y es eventualmente comprimido antes de ser conducido a través de un segundo intercambiador de calor 215 que se utiliza para el ajuste de la temperatura de reacción deseada. En éste, mediante una aportación externa de calor, se compensa la pérdida de calor o bien el calor en exceso, que es transferido mediante reacciones exotérmicas al fluido, se desacopla a través de la evacuación de calor. En función del sector de aplicación, la bomba 214 puede estar dispuesta convenientemente aguas arriba o aguas abajo del segundo intercambiador de calor 215.

35 El control de la bomba 214 y del intercambiador de calor 215 es asumido ventajosamente en este caso por el dispositivo de control 150 (Fig. 1) al que también la unidad de análisis 210 transmite los valores detectados, p. ej., para presión y temperatura del fluido de reacción.

40 En el caso del tratamiento hidrotermolítico arriba descrito del material de partida con contenido en carbono puede liberarse, además, agua la cual se acumula subsiguientemente en el fluido de reacción recirculado. Con el fin de mantener constante la producción de vapor de agua y las otras condiciones de reacción, puede ser por lo tanto ventajoso prever un dispositivo de desacoplamiento de fluido 216, por ejemplo en forma de una válvula gobernable, con lo cual se da la posibilidad de desacoplar de forma continua o también discontinua fluido en exceso del sistema.

45 Con el fin de proporcionar, en el caso de un desacoplamiento de fluido de reacción, de nuevo el fluido de reacción, o con el fin de proporcionar una composición preferida del fluido de reacción, puede estar previsto, además, un dispositivo de acoplamiento del fluido de reacción 217 en particular gobernable a través de una válvula en particular

governable, dispositivo con el que se puede aportar al circuito vapor de agua no cargado y/o un gas portador no cargado o sustancia de reacción no cargada.

5 En este caso, el vapor de agua puede ser dispuesto a disposición externamente mediante un preparador de vapor 218 gobernable. Adicionalmente, a través de una válvula 219 gobernable puede aportarse al vapor de agua reciente gas portador o gas de reacción o una mezcla de ambos. Por gas de reacción se entiende también, p. ej., aire de escape de la combustión.

10 Normalmente, el material de partida con contenido en carbono, incluso en el caso de un material de partida seco tal como madera, contiene agua unida o disuelta o bien vapor de agua que es liberado al espacio de reacción. Independientemente de posibles estados de desequilibrio iniciales, en la reacción del material de partida con contenido en carbono para dar el producto sólido enriquecido en carbono, el material de partida con contenido en carbono en estado de equilibrio de la reacción puede ser abastecido por sí mismo con fluido de reacción, de modo que, a diferencia del estado de la técnica, para el mantenimiento de la reacción no se ha de aportar desde el exterior fluido de reacción alguno.

15 Ventajosamente, las partes 216 a 219 de la instalación son controladas asimismo por el al menos el dispositivo de mando 150 (Fig. 1), de modo que las condiciones de reacción se mantienen constantes o al menos esencialmente constantes en el reactor 100 o se alcanzan los parámetros de funcionamiento deseados en el reactor 100, por ejemplo relaciones de temperatura y/o presión constantes o dinámicas.

20 En otra unidad de análisis 220 pueden examinarse de nuevo la temperatura, la presión, así como la composición cualitativa y/o cuantitativa del fluido de reacción mediante métodos de análisis adecuados. Opcionalmente, se puede renunciar a la presencia de un dispositivo de análisis 220 adicional de este tipo para la determinación de los componentes orgánicos cuando ya está presente un dispositivo de este tipo en forma del dispositivo de análisis 210 y es aplicable la suposición de que los componentes orgánicos se distribuyen de igual manera en el fluido de reacción recirculado, el fluido expulsado o el fluido de reacción aportado de nuevo.

25 Dado que el fluido de reacción contiene, junto a vapor de agua y gas portador, también componentes orgánicos, tal como se describe en la Fig. 3, puede ser conveniente una separación de los componentes orgánicamente aprovechables de los componentes no aprovechables, al menos para una parte de la corriente del vapor de agua. Para ello, puede estar previsto un dispositivo de separación 300 que está representado esquemáticamente en la Fig. 3.

30 Alternativamente, también una etapa de condensación adicional análoga a la Figura 3 puede recoger los componentes orgánicos del fluido de reacción expulsado a temperaturas mayores que la temperatura de condensación del vapor de agua, que luego pueden ser aprovechados de forma energética o material, o también pueden ser devueltos al orificio de entrada 102 para el enriquecimiento adicional en carbono del producto deseado.

35 El fluido de reacción expulsado a través del dispositivo de desacoplamiento de fluido 216 gobernable puede contener, junto a vapor de agua y eventualmente gas de portador y/o sustancia de reacción, también componentes orgánicos a base del material con contenido en carbono. En función de la sollicitación orgánica, este fluido puede ser desechado o bien puede ser conducido a través de un intercambiador de calor 310 en el que es enfriado, y el vapor de agua y la mayor parte de los componentes orgánicos son condensados y, a continuación, son recogidos en un recipiente 320 que puede ser vaciado hacia abajo a través de una válvula 323 gobernable.

40 Los componentes más fácilmente volátiles de la parte expulsada del fluido de reacción tales como, por ejemplo, el gas de soporte eventualmente utilizado y/o la sustancia de reacción y productos gaseosos a temperatura ambiente tales como, p. ej., CO, CO₂, CH₄ y alcanos y alquenos superiores o también compuestos cíclicos pueden ser recogidos y/o comprimidos por una bomba 324 sustentada en un recipiente colector 325, por ejemplo un recipiente de presión. En función de la composición o bien del valor calorífico del gas presente en el recipiente 325, éste puede ser utilizado como gas de combustión para la preparación de vapor de agua. Alternativamente, esta corriente de
45 producto también se puede desechar.

50 En lugar de un rechazo de los productos recogidos en los recipientes 320 y 325, puede ser también posible un aprovechamiento material. Por ejemplo, tal como se ha descrito arriba, el gas producto acumulado en el recipiente 325 puede ser utilizado para la generación de vapor de agua. En el caso del condensado que es recogido en el recipiente 320 y que contiene compuestos orgánicos, por ejemplo los componentes orgánicos pueden ser hechos accesibles de manera adecuada, en particular mediante cristalización o también decantación de la fase oleosa y pueden ser utilizados ulteriormente.

55 Sin embargo, también pueden aportarse componentes disueltos en agua de otros procesos conocidos para el aprovechamiento de reacciones de biomasa, p. ej., procesos de fermentación. Mediante las posibilidades de aprovechamiento propuestas en este caso pueden hacerse accesibles, por lo tanto, valiosos productos secundarios en la hidrotermólisis de materiales con contenido en carbono tal como, por ejemplo, una mezcla sólida a base de

sustancias aromáticas y alifáticas o una mezcla compleja y líquida de sustancias orgánicas de agregación media y elevada. Estas sustancias pueden luego aprovecharse térmicamente o eventualmente también materialmente.

5 Tal como se menciona arriba, la composición del producto sólido enriquecido en carbono depende de los parámetros del proceso, en particular del tiempo de permanencia y de la temperatura de reacción. Esta dependencia está representada gráficamente en las Figuras 4 y 5, representando la Fig. 4 la dependencia del tiempo de permanencia y la Fig. 5 la dependencia de la temperatura de reacción. En este caso, en el eje x se representa el tiempo de permanencia en la Fig. 4 y la temperatura en la Fig. 5, mientras que en el respectivo eje y se representan el contenido en carbono y el poder calorífico.

10 Como se puede deducir de la Fig. 4, a partir de un tiempo de permanencia de aprox. 60 min (aproximadamente a una temperatura dada de, p. ej., 300°C) aumenta tanto el contenido en carbono (representación C) como también el poder calorífico (representación HW) del producto sólido enriquecido en carbono. No obstante, se demuestra también que en un intervalo de aprox. 15 a 45 min, el contenido en carbono C y también el poder calorífico HW se mantienen relativamente constantes, y sólo cerca y a partir de aproximadamente 60 min tiene lugar un claro aumento ulterior. De la Fig. 4 se puede deducir, además, que incluso ya a tiempos de permanencia bajos de este tipo tales como, por ejemplo, de sólo 30 min, en la instalación del reactor 10 de acuerdo con la invención se puede alcanzar un aumento notorio del poder calorífico HW y del contenido en carbono C del producto sólido enriquecido en carbono.

20 También en el gráfico representado en la Fig. 5 se puede reconocer que con la instalación del reactor 10 de acuerdo con la invención, ya en el caso de temperaturas relativamente bajas inferiores a 450°C, se ve un claro aumento del contenido en carbono (representación C) y del poder calorífico (representación HW). En este caso tiene lugar (aproximadamente en el caso de un tiempo de permanencia dado de, p. ej., 30 min) a partir de aprox. 350°C una buena carbonización del sólido que aumenta todavía en dirección a 400°C. Un inconveniente a ponderar es, sin embargo, que a partir de una temperatura de aprox. 350°C se inicia una fuerte formación de óxido de carbono, cuya porción en carbono reduciría de nuevo la porción en carbono del producto sólido. Sin embargo, si la temperatura se mantiene por debajo o en la zona de 350°C, se da tanto una buena carbonización como también una formación de CO₂ lo suficientemente baja.

REIVINDICACIONES

1. Instalación de reactor (10) para generar un producto sólido enriquecido en carbono mediante el aumento de un contenido en carbono y/o la disminución de un contenido en oxígeno de un material con contenido en carbono, con un dispositivo de control (150) y un reactor (100), que comprende
- 5 (a) un primer orificio de entrada (102) para la incorporación del material con contenido en carbono,
 (b) al menos un segundo orificio de entrada (105) para la incorporación de un fluido de reacción,
 (c) un primer orificio de salida (109) para la expulsión del producto sólido enriquecido en carbono,
 (d) un segundo orificio de salida (110) para la expulsión del fluido de reacción,
 10 (e) un dispositivo transportador (104) para el transporte del material con contenido en carbono desde el primer orificio de entrada (102) al primer orificio de salida (109), y
 (f) un dispositivo de regulación de la temperatura (106) para al menos ajustar o mantener una temperatura de reacción en el reactor (100),
- estando el reactor (100), además, acoplado con un dispositivo de control (150) que está diseñado para controlar los orificios de entrada y/o de salida (102, 105, 109, 110) y/o el dispositivo de regulación de la temperatura (106) de manera que en el reactor (100) reine una temperatura entre 100°C y 450°C y una presión entre 1 bar y 5 bares, eligiéndose las condiciones de reacción de manera que el fluido de reacción permanezca siendo gaseoso durante la reacción, siendo el dispositivo transportador (104) gobernable para aportar continuamente el material con contenido en carbono y evacuar de forma continua producto sólido enriquecido en carbono, de modo que el material con contenido en carbono durante la conversión en producto sólido enriquecido en carbono pueda ser movido continuamente a través del reactor (100), y estando previsto, además, un dispositivo de recirculación (200) que une el segundo orificio de entrada (105) y el segundo orificio de salida (110), con el que se puede hacer recircular, al menos en parte, el fluido de reacción, con el fin de aumentar adicionalmente la porción de carbono del producto sólido enriquecido en carbono mediante componentes orgánicos desprendidos por disolución de la biomasa en el fluido de reacción hecho recircular.
- 15 2. Instalación de reactor según la reivindicación 1, en donde el dispositivo de control (150) está diseñado para controlar los orificios de entrada y/o salida (102, 105, 109, 110) y/o el dispositivo de regulación de la temperatura (106) de modo que en el reactor (100) se pueda ajustar una temperatura por debajo de 400°C, siendo la temperatura ajustable particularmente de modo que la temperatura sea ajustable por debajo de una temperatura límite, por encima de la cual tenga lugar una formación incrementada de óxido de carbono.
- 20 3. Instalación de reactor según la reivindicación 1 ó 2, en donde el dispositivo de control (150) está diseñado para controlar el dispositivo transportador (104) de modo que el material permanezca en el reactor (100) como máximo unas pocas horas, en particular a lo sumo tres horas, comprendiendo el dispositivo transportador (104) un tornillo sin fin o una cinta transportadora, accionables en particular por un motor (103) gobernable, y/o un dispositivo transportador por gravitación.
- 25 4. Instalación de reactor según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el segundo orificio de entrada (105) para la incorporación del fluido de reacción presenta varios orificios repartidos por una zona de entrada del reactor (100).
- 30 5. Instalación de reactor según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo de regulación de la temperatura (106) está configurado como intercambiador de calor que entrega el calor de la reacción del reactor a un medio portador de calor y/o lo recoge de un medio portador de calor, siendo ventajosamente el medio portador de calor el fluido de reacción.
- 35 6. Instalación de reactor según una de las reivindicaciones precedentes, que comprende una primera unidad de análisis (210) dispuesta aguas debajo del segundo orificio de salida (110), que proporciona una determinación de la presión del fluido de reacción y/o de la temperatura del fluido de reacción y/o una determinación cualitativa y/o cuantitativa de los componentes del fluido de reacción separados del segundo orificio de salida (110), en particular mediante detección de ionización de llama o bien espectroscopía tal como, por ejemplo, espectroscopía infrarroja.
- 40 y/o por que aguas arriba del segundo orificio de entrada (105) gobernable está prevista una segunda unidad de análisis (220) que proporciona una determinación de la presión del fluido de reacción y/o de la temperatura del fluido de reacción y/o una determinación cualitativa y/o cuantitativa de los componentes del fluido de reacción que penetra en el segundo orificio de entrada (105), en particular mediante detección de ionización de llama o bien espectroscopía tal como, por ejemplo, espectroscopía infrarroja.
- 45 50

7. Instalación de reactor según la reivindicación 6, en donde el dispositivo de control (150) está diseñado para adaptar la presión y/o la temperatura y/o el tiempo de permanencia y/o la relación de recirculación en el reactor (100) en función de los valores detectados por la al menos una unidad de análisis (210, 220).
- 5 8. Instalación de reactor según una de las reivindicaciones precedentes, en donde está prevista, además, una bomba (214) para aspirar y/o comprimir el fluido de reacción separado del reactor (100) a través del segundo orificio de salida (110), estando dispuesta ventajosamente la bomba (214) aguas abajo de la unidad de análisis (210).
- 10 9. Instalación de reactor según una de las reivindicaciones precedentes, en donde está previsto, además, un segundo intercambiador de calor (215), a través del cual se puede ajustar la temperatura del fluido de reacción separado a través del segundo orificio de salida (110), siendo ajustable preferiblemente una temperatura de reacción por debajo de 450°C.
10. Instalación de reactor según una de las reivindicaciones precedentes, en donde está previsto, además, un dispositivo de desacoplamiento de fluido (216), en particular en forma de una válvula, con la que se puede desacoplar del reactor (100) fluido de reacción en exceso.
- 15 11. Instalación de reactor según la reivindicación 10, en donde está previsto, aguas abajo del dispositivo de desacoplamiento de fluido (216), un dispositivo de separación (300) con el que se puede llevar a cabo una separación de componentes del fluido de reacción condensable y componentes del fluido de reacción gaseosos.
- 20 12. Instalación de reactor según la reivindicación 11, en donde el dispositivo de separación (300) presenta un tercer intercambiador de calor (310) que enfría hasta aproximadamente la temperatura ambiente el fluido de reacción desacoplado, estando unido preferiblemente el intercambiador de calor (310) con un primer recipiente colector (320) para componentes condensados y un segundo recipiente colector (325), estando presente preferiblemente, además, una bomba (324) para el transporte y/o la compresión de los componentes gaseosos del fluido de reacción desacoplado, aguas abajo del tercer intercambiador de calor (310).
- 25 13. Instalación de reactor según la reivindicación 11 ó 12, en donde un recipiente colector recoge, a una temperatura por encima de la temperatura de condensación del vapor de agua, componentes orgánicos de elevado punto de ebullición y los devuelve al orificio de entrada (102) y/o los aporta para un aprovechamiento material y/o energético.
14. Instalación de reactor según una de las reivindicaciones 1 a 13, en donde está previsto, además, un dispositivo de acoplamiento de fluido (217), en particular en forma de una válvula, mediante la cual puede ser entregado vapor de agua no solicitado y/o gas portador y/o sustancia de reacción al dispositivo de recirculación (200) y/o a la parte del reactor (100).
- 30 15. Procedimiento para aumentar una porción de carbono en materiales con contenido en carbono, en particular con una instalación de reactor (10) según una de las reivindicaciones precedentes, que comprende las etapas siguientes:
- (a) incorporar el material con contenido en carbono en un reactor (100);
 - (b) solicitar el material con un fluido de reacción que contiene, al menos en parte, vapor de agua;
 - 35 (c) transformar el material, bajo agotamiento de oxígeno, en un producto sólido enriquecido en carbono;
 - (d) retirar el producto sólido enriquecido en carbono del reactor (100), y
 - (e) retirar el fluido de reacción del reactor (100),
- en el que en el reactor (100), para la conversión del material con contenido en carbono en un producto sólido enriquecido en carbono, reina una temperatura entre 100°C y 450°C y una presión entre 1 bar y 5 bares, y en el que las condiciones de reacción se eligen de manera que el fluido de reacción permanece gaseoso durante la reacción, aportándose continuamente el material con contenido en carbono y evacuándose continuamente el producto sólido enriquecido en carbono, de manera que el material con contenido en carbono, durante la conversión en el producto sólido enriquecido en carbono, es movido continuamente a través del reactor (100) y en el que, además, un dispositivo de recirculación (200) une un segundo orificio de entrada (105) del reactor (100) y un segundo orificio de salida (110) del reactor (100), dispositivo con el que se hace recircular, al menos en parte, el fluido de reacción, con el fin de continuar aumentando en el fluido de reacción recirculado la porción de carbono del producto sólido enriquecido en carbono mediante componentes orgánicos desprendidos de la biomasa.
- 40 16. Procedimiento según la reivindicación 15, en el que el fluido de reacción es vapor de agua, evitándose durante la reacción en el reactor (100) una condensación de vapor de agua.
- 45

- 5 17. Procedimiento según la reivindicación 15, en el que el fluido de reacción es vapor de agua o una mezcla de vapor de agua, comprendiendo ventajosamente la mezcla de vapor de agua una mezcla de vapor de agua/gas portador y/o una mezcla de vapor de agua/gas de reacción, en particular con componentes orgánicos tales como, por ejemplo, metano, alcanos superiores, alquenos, compuestos aromáticos, derivados, dióxido de carbono y/o monóxido de carbono, y/o uno o varios aerosoles tales como, por ejemplo, anhídridos de ácido y/o sales de metales ligeros y/o gas de escape de combustión como gas de reacción.

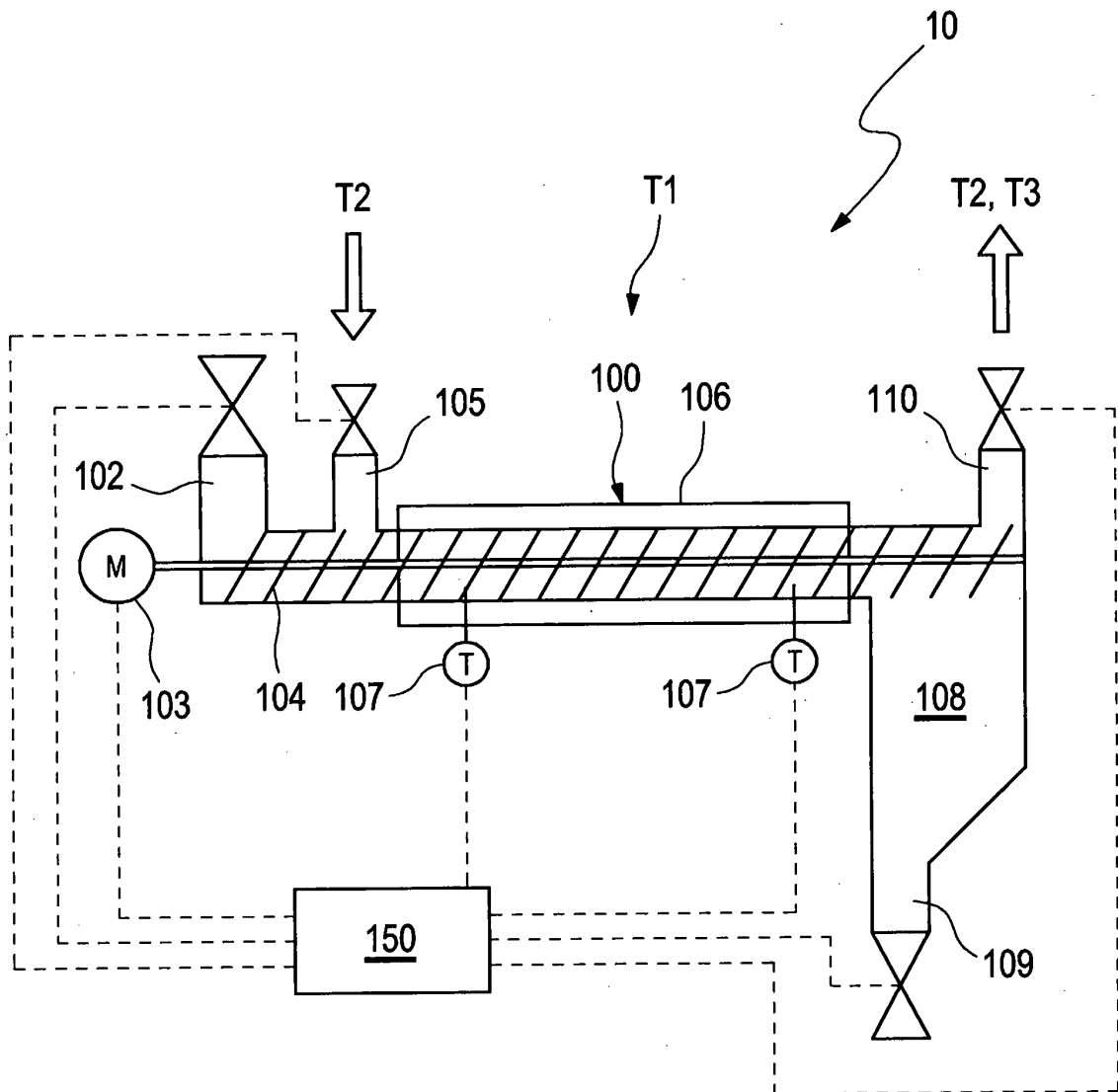


Fig. 1

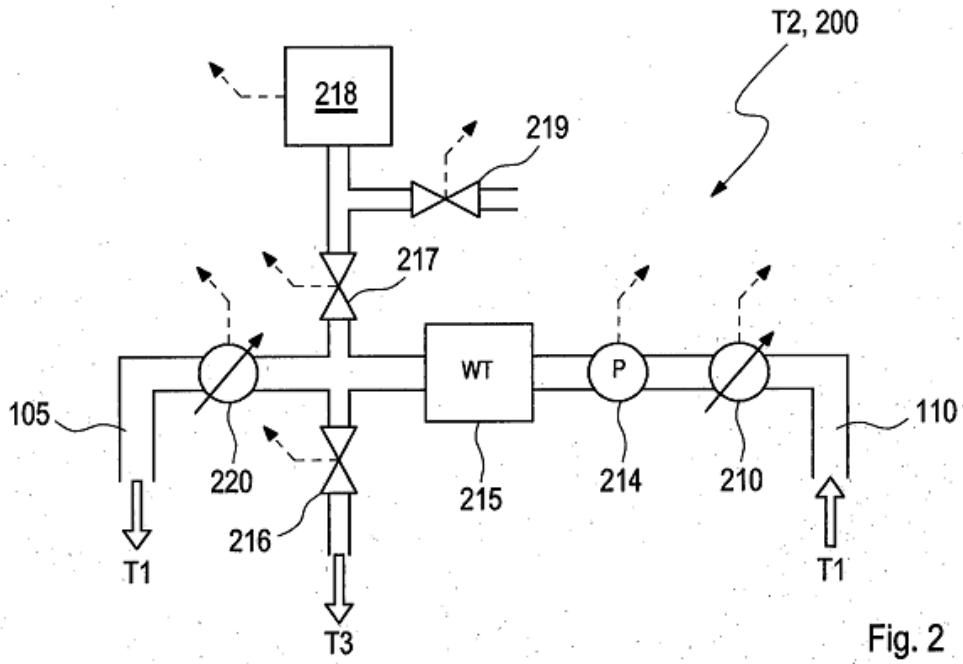


Fig. 2

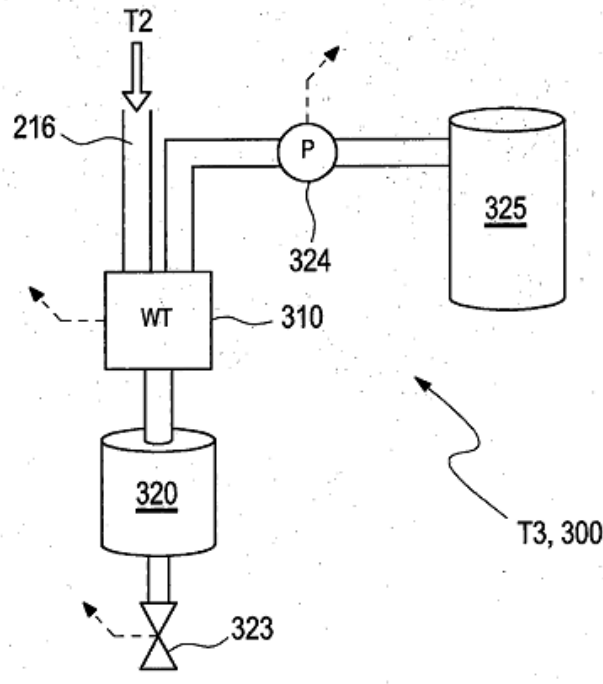


Fig. 3

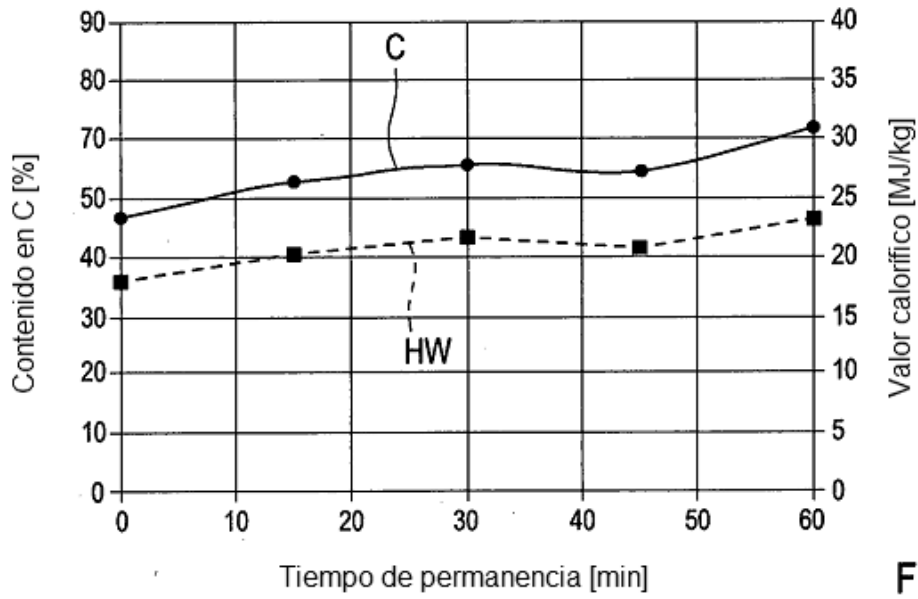


Fig. 4

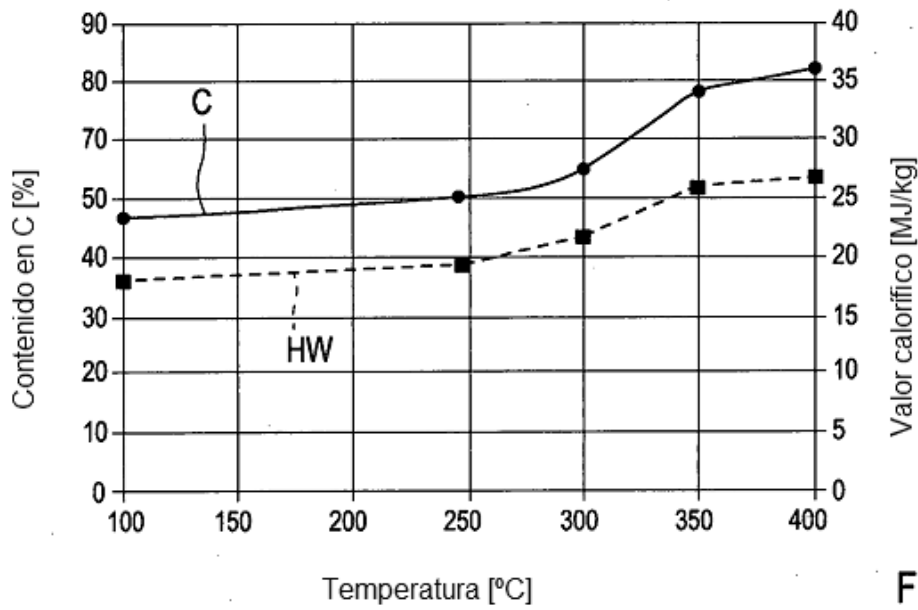


Fig. 5