

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 873 524**

51 Int. Cl.:

C10G 2/00	(2006.01) C01B 3/38	(2006.01)
C10J 3/84	(2006.01) C10J 3/46	(2006.01)
C10K 3/04	(2006.01) C10J 3/50	(2006.01)
C10K 3/02	(2006.01) B01D 53/52	(2006.01)
C10K 1/14	(2006.01) B01D 53/86	(2006.01)
C10K 1/10	(2006.01)	
C10K 1/00	(2006.01)	
C10J 3/72	(2006.01)	
C01B 3/52	(2006.01)	
C01B 3/48	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2008 E 16187479 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.04.2021 EP 3135747**

54 Título: **Procedimiento y aparato para producir producto hidrocarbonoso líquido a partir de biomasa sólida**

30 Prioridad:

20.07.2007 FI 20075557
30.04.2008 FI 20085400

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.11.2021

73 Titular/es:

UPM-KYMMENE OYJ (100.0%)
Alvar Aallon katu 1
00100 Helsinki, FI

72 Inventor/es:

KUKKONEN, PETRI;
KNUUTTILA, PEKKA y
JOKELA, PEKKA

74 Agente/Representante:

BERTRÁN VALLS, Silvia

ES 2 873 524 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

Procedimiento y aparato para producir producto hidrocarbonoso líquido a partir de biomasa sólida

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un procedimiento para producir un producto hidrocarbonoso líquido, tal como biocombustible líquido, a partir de biomasa sólida.

10 La invención también se refiere a un aparato para producir producto hidrocarbonoso líquido, tal como biocombustible líquido, a partir de biomasa sólida.

La invención se refiere a un procedimiento y aparato para producir producto hidrocarbonoso líquido, tal como biocombustible, a partir de biomasa sólida, en otras palabras, en una biomasa de procedimiento líquido (BTL). Varios procedimientos para producir biocombustible líquido a partir de biomasa sólida que incluye un procedimiento de tipo Fischer-Tropsch son conocidos en la técnica. El procedimiento de Fischer-Tropsch se describe, por ejemplo, en el documento US 1.746.464.

20 La publicación US 2005/0250862 A1 se refiere a una instalación y un procedimiento para producir combustibles líquidos a partir de una materia prima sólida que contiene material orgánico. En el procedimiento de la materia prima sólida se piroliza y gasifica con el fin de convertir dicha materia prima en gas de síntesis. El gas de síntesis así formado se gasifica adicionalmente en una zona de gasificación secundaria a una temperatura por encima de 1000 °C después de lo cual se purifica el gas de síntesis. El gas de síntesis purificado se convierte con la síntesis de tipo Fischer Tropsch en un efluente líquido y un efluente gaseoso y el efluente líquido se fracciona para obtener una fracción gaseosa, una fracción de nafta, una fracción de queroseno y una fracción de gasóleo. Al menos una porción de la fracción de nafta se recicla para el paso de gasificación.

30 La publicación WO 2006/043112 presenta un procedimiento y una planta para el tratamiento de la biomasa sólida para generar electricidad y para proporcionar un hidrocarburo líquido que puede ser usado como combustible. La biomasa sólida, tal como virutas de madera, se suministra a un gasificador de lecho fluidizado, mientras que también se alimenta una corriente de gas que comprende aire y vapor caliente por encima de 800 °C al gasificador para fluidizar el lecho de materia sólida. La mezcla de gas caliente producido a partir del gasificador se puede enfriar con el fin de generar vapor de alta presión para accionar una turbina. La mezcla de gas se enfría preferentemente por debajo de 100 °C, comprimido a por lo menos 1,7 MPa, y después se somete a una síntesis de Fischer-Tropsch. Esto genera un producto de hidrocarburo líquido y gases de derivación. La corriente de gas caliente para el gasificador puede proporcionarse mediante el sometimiento de los gases de derivación a combustión en un intercambiador de calor de reactor catalítico compacto.

40 La publicación WO 2008/011000 presenta un procedimiento y un aparato para convertir material carbonoso en una corriente de metano y gas rico en monóxido de carbono mediante el calentamiento del material carbonoso en un reactor de lecho fluidizado usando hidrógeno como medio fluidizante y usando vapor, bajo condiciones reductoras a una temperatura y presión suficientes para generar una corriente de gas rico en metano y monóxido de carbono pero a una temperatura lo suficientemente baja y/o a una presión lo suficientemente alta como para permitir que el material carbonoso sea fluidizado por el hidrógeno. En modos de realización particulares, el material carbonoso se alimenta como alimentación de suspensión, junto con hidrógeno, a un reactor de tipo horno antes de ser alimentado al reactor de lecho fluidizado. El procedimiento puede incluir un paso de sometimiento de la corriente de metano y el gas rico en monóxido de carbono al reformado de metano con vapor en condiciones en las que se genera gas de síntesis que comprende hidrógeno y se genera monóxido de carbono. El gas de síntesis generado por el reformado de metano con vapor se puede alimentar a un reactor de tipo Fischer-Tropsch en las condiciones de producirse un combustible líquido.

50 El documento US 2007/099038 A1 divulga un procedimiento en el que una materia prima carbonosa se convierte en gas de síntesis en un gasificador que se hace funcionar a alta temperatura en ausencia de un catalizador. Una porción del gas de síntesis se hace pasar a una zona de superficie de contacto para eliminar impurezas tales como compuestos de azufre.

55 El documento US 2007/0100003 A1 divulga un procedimiento en el que un material carbonoso se somete a pirólisis rápida a 500 °C para producir aceite biológico y carbón, y estos materiales se gasifican en un gasificador de flujo arrastrado con el vapor y/o el oxígeno.

60 E. Kurkela: Novel ultra-clean gas concepts of biomass gasification for liquid fuels, Synbios: the syngas route to automotive biofuels, conferencia celebrada el 18-20 de mayo de 2005, Estocolmo, Suecia, describe la unidad de desarrollo de procedimientos del proyecto de Gas Ultralimpio del VTT que comprende gasificación de lecho fluidizado de biomasa sólida, filtración de ceniza a partir del gas de síntesis sin refinar, reformado de gas catalítico, enfriamiento de gas y combustión del gas de síntesis limpio en un horno.

65

Objetivo de la invención

El objeto de la invención es dar a conocer un procedimiento nuevo e inventivo y un aparato para producir biocombustibles líquidos a partir de biomasa sólida.

5 Breve descripción de la invención

El procedimiento para producir un producto hidrocarbonoso líquido, tal como biocombustible a partir de biomasa sólida de la invención se caracteriza por las definiciones de la reivindicación independiente 1.

10 Los modos de realización preferentes del procedimiento se definen en las reivindicaciones dependientes 2 a 6.

El aparato para producir producto hidrocarbonoso líquido, tal como biocombustible a partir de biomasa sólida de la invención se caracteriza en consecuencia por las definiciones de la reivindicación independiente 7. Los modos de realización preferentes del aparato se definen en las reivindicaciones dependientes 8 a 13.

15 Como materia prima para el procedimiento y aparato de la invención casi cualquier tipo de biomasa sólida que pueda ser gasificada es adecuada. La biomasa sólida se selecciona típicamente de materiales vírgenes de origen vegetal, animal y/o derivados del pescado, tales como residuos o municipales, residuos o subproductos industriales, residuos o subproductos agrícolas (incluido también estiércol), residuos o subproductos de la industria del procesamiento de
20 madera, residuos o subproductos de la industria alimentaria, plantas marinas (tales como algas) y combinaciones de los mismos. El material de biomasa sólida se selecciona preferentemente de recursos no comestibles, tales como residuos no comestibles y materiales vegetales no comestibles, incluidos aceites, grasas y ceras. Un material de biomasa sólida preferente de acuerdo con la presente invención comprende los residuos y subproductos de la industria del procesamiento de madera, tales como residuos, residuos de madera urbana, residuos de madera, virutas de
25 madera, serrín, paja, leña, materiales de madera, papel, subproductos de los procesos de fabricación de papel o madera, cultivos de rotación corta, etc. El material de biomasa sólida para el procedimiento también puede comprender aceites vegetales, grasas animales, aceites de pescado, ceras naturales y ácidos grasos.

30 Como materia prima líquida para el procedimiento y aparato de la invención se puede usar casi cualquier tipo de biomasa líquida que pueda ser gasificada. El material de biomasa líquida para el procedimiento puede seleccionarse a partir de aceites vegetales (por ejemplo, aceite de palma), aceite de sebo, grasas animales, aceites de pescado, ceras naturales, ácidos grasos, biometanol, licor negro, linguine, aceite de pirólisis y glicerol.

35 La invención comprende un paso de gasificación para gasificar biomasa sólida en un gasificador para producir gas de síntesis sin refinar que comprende monóxido de carbono e hidrógeno. Gas de síntesis sin refinar en este contexto significa que el gas de síntesis además de monóxido de carbono e hidrógeno también puede comprender "impurezas", tales como CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano), H₂O (agua), N₂, (nitrógeno), H₂S (sulfuro de hidrógeno), NH₃ (amoníaco), HCl (cloruro de hidrógeno), alquitrán, y pequeñas partículas, tales como ceniza y hollín. El gas de síntesis sin refinar está condicionado para purificar el gas de síntesis sin refinar para obtener gas de síntesis purificado
40 adecuado para una síntesis de tipo Fischer-Tropsch. Acondicionado del gas de síntesis sin refinar significa que el gas de síntesis purificado tiene una relación molar de hidrógeno a monóxido de carbono entre 2,5 a 1 y 0,5 a 1, preferentemente entre 2,1 a 1 y 1,8 a 1, más preferentemente a aproximadamente 2 a 1. El gas de síntesis purificado se somete a una síntesis de tipo Fischer-Tropsch en un reactor Fischer-Tropsch para producir producto hidrocarbonoso líquido hidráulica del gas de síntesis purificado.

45 En un modo de realización preferente de la invención se utiliza un gasificador que comprende un reactor de lecho fluidizado, por ejemplo un reactor de lecho fluidizado circulante o reactor de lecho fluidizado burbujeante para gasificar la biomasa sólida. En este modo de realización preferente, el oxígeno y el vapor y, posiblemente también, el gas de cola del reactor Fischer-Tropsch se usa como medio de gasificación y de fluidización en el reactor de lecho fluidizado.
50 Cuando el oxígeno se usa como medio de gasificación y de fluidización, la síntesis de Fischer-Tropsch es más eficaz que si el aire se usara como medio de fluidización. En procedimientos de técnica anterior que usan aire como medio de fluidización, como en el procedimiento del documento WO 2006/043112, el aire de fluidización contiene componentes inertes, como nitrógeno, que deben eliminarse antes de la síntesis de Fischer-Tropsch.

55 Se usa una tolva de bloqueo para alimentar la biomasa sólida al gasificador.

El acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar para producir gas de síntesis purificado comprende una secuencia de pasos de acondicionamiento en la que se llevan a cabo diversos tipos de acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar para purificar el gas de síntesis sin refinar para obtener gas de síntesis purificado adecuado para una síntesis
60 de tipo Fischer-Tropsch. Acondicionado del gas de síntesis sin refinar significa que el gas de síntesis purificado tiene una relación molar de hidrógeno a monóxido de carbono entre 2,5 a 1 y 0,5 a 1, preferentemente entre 2,1 a 1 y 1,8 a 1, más preferentemente a aproximadamente 2 a 1. El acondicionamiento se lleva a cabo por medios para el acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar que se forma por una secuencia de aparatos de acondicionamiento para la realización de diversos tipos de pasos de acondicionamiento. En otras palabras, una secuencia de aparatos de acondicionamiento que forman los medios para el acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar se dispone
65 entre el gasificador y el reactor Fischer-Tropsch y el aparato comprende medios de conducto para dirigir el gas de

síntesis sin refinar del gasificador secuencialmente a través de la secuencia de los aparatos de acondicionamiento para obtener gas de síntesis purificado, que finalmente se alimenta al reactor Fischer-Tropsch.

5 Un paso de separación de partículas se realiza en un primer separador de partículas que comprende un primer ciclón para la separación de partículas tales como cenizas, carbón y material de lecho del gas de síntesis sin refinar. Las partículas separadas del gas de síntesis sin refinar por el primer separador de partículas son preferentemente, pero no necesariamente, recirculadas a la parte inferior del gasificador. En otro modo de realización preferente de la invención, además del paso de separación de partículas realizado en el primer separador de partículas, se realiza un paso de separación de polvo en un segundo separador de partículas que preferentemente, pero no necesariamente, comprende un segundo ciclón para reducir el contenido de polvo del gas de síntesis sin refinar.

15 Uno de los pasos de acondicionamiento es un tratamiento catalítico del gas de síntesis sin refinar que se realiza en un convertidor para la conversión de alquitrán y metano presentes en el gas de síntesis sin refinar en monóxido de carbono e hidrógeno. Preferentemente, pero no necesariamente, los catalizadores que comprenden níquel se usan en el convertidor. El reformado de metano y alquitrán son reacciones químicas endotérmicas. Por lo tanto, en este modo de realización preferente de la invención, el oxígeno y el vapor y posiblemente también el gas de cola de la síntesis de Fischer-Tropsch son preferentemente, pero no necesariamente, alimentados a la corriente de gas de síntesis sin refinar que fluye al convertidor para elevar la temperatura del gas de síntesis sin refinar preferentemente a aproximadamente 900 °C antes de que el gas de síntesis sin refinar fluya al convertidor.

20 El convertidor se dispone como el primer aparato de acondicionamiento en una secuencia de aparatos de acondicionamiento para purificar el gas de síntesis sin refinar, cuya secuencia de aparatos de acondicionamiento se dispone corriente abajo del gasificador y aguas arriba del reactor Fischer-Tropsch. Disponiendo el convertidor como primer aparato de acondicionamiento en una secuencia de aparatos de acondicionamiento, es fácil establecer la temperatura en el intervalo de temperaturas relativamente alto de aproximadamente 900 °C para el tratamiento catalítico, porque la temperatura del gas de síntesis sin refinar procedente del gasificador y la entrada de la secuencia de los aparatos de acondicionamiento es de 750-850 °C. Además, al comparar los procesos en los que el convertidor se dispone más lejos del gasificador, después de otros pasos de acondicionamiento, la temperatura del gas de síntesis sin refinar que por lo tanto tiene una temperatura más baja, se logran ahorros de energía. En un modo de realización preferente de la invención, el gas de síntesis sin refinar, después de un tratamiento catalítico realizado en un convertidor, se enfría en un enfriador para reducir la temperatura del gas de síntesis sin refinar por debajo de 250 °C.

35 En un modo de realización preferente de la invención, uno de los pasos de acondicionamiento es un paso de filtrado para filtrar el gas de síntesis sin refinar con un filtro para la eliminación de partículas tales como cenizas y hollín del gas de síntesis sin refinar. El filtro es preferentemente, pero no necesariamente, un filtro de vela o metálico sinterizado. El filtro está dispuesto preferentemente corriente abajo de un enfriador en una secuencia de aparatos de acondicionamiento, ya que si los gases de síntesis sin refinar fueran alimentados sin enfriar del gasificador al filtro, la temperatura del gas de síntesis sin refinar podría hacer que las partículas eliminadas del gas de síntesis sin refinar sintericen u obstruyan el filtro.

40 En un modo de realización preferente de la invención, uno de los pasos de acondicionamiento es un paso de reacción de desplazamiento agua a gas realizado en un reactor de desplazamiento agua a gas para ajustar la relación molar de hidrógeno y monóxido de carbono a entre 2,5 a 1 y 0,5 a 1, preferentemente a entre 2,1 a 1 y 1,8 a 1, más preferentemente a aproximadamente 2 a 1. El reactor de desplazamiento agua a gas se dispone preferentemente corriente abajo de un filtro en una secuencia de aparatos de acondicionamiento.

50 En un modo de realización preferente del procedimiento de la invención uno de los pasos de acondicionamiento es un paso de lavado para el lavado, preferentemente lavado con agua, del gas de síntesis sin refinar para eliminar sólidos restantes y componentes de alquitrán residual, pero también HCl (cloruro de hidrógeno), NH₃ (amoníaco) y otros componentes del gas de síntesis sin refinar. El lavado se lleva a cabo en un lavador. El lavador se dispone preferentemente corriente abajo de un reactor de desplazamiento agua a gas en una secuencia de aparatos de acondicionamiento.

55 En un modo de realización preferente de la invención, después del paso de lavado, el gas de síntesis sin refinar se purifica mediante ultrapurificación para eliminar los componentes de azufre, CO₂ (dióxido de carbono), H₂O (agua), HCN (cianuro de hidrógeno), CH₃Cl (cloruro de metilo), carbonilos, Cl (cloruro) y NO_x (óxido de nitrógeno) del gas de síntesis sin refinar para mejorar la calidad del gas de síntesis purificado para el procedimiento de Fischer-Tropsch. La purificación se realiza en un medio de ultrapurificación. En un modo de realización preferente del aparato de la invención, los medios de ultrapurificación se adaptan para someter el gas de síntesis sin refinar a metanol o dimetil éter a una presión elevada, por ejemplo a aproximadamente 30 a 40 bar, por ejemplo a aproximadamente 35 bar, y a una temperatura baja, por ejemplo -25 °C a -60 °C. La alta presión y la baja temperatura aumentan la solubilidad de los componentes de azufre y dióxido de carbono en el disolvente líquido usado para retirarlos del gas de síntesis sin refinar. Ejemplos de procedimientos utilizables para este paso son el procedimiento Rectisol de Lurgi AG o el procedimiento Selexol™ de UOP LLP. En un modo de realización preferente del aparato de la invención la ultrapurificación significa que se adapta para someter al gas de síntesis sin refinar a una limpieza física, tal como lavado de amina. En el lavado de amina el gas de síntesis sin refinar se alimenta a la parte inferior de un absorbedor.

En el flujo contracorriente del absorbedor se puede calentar contra la solución regenerada, ya sea directamente o después del proceso rápido. La solución regenerada caliente se usa como fuente de calor. Corriente abajo, la solución se regenera completamente mediante la reebullición mientras que los gases ácidos se exportan a un incinerador. La solución regenerada enfriada se envía de nuevo a la parte superior de la columna de absorción. En el concepto de lavado de amina los compuestos COS en el gas de síntesis sin refinar pueden ser hidrolizados a H₂S antes del lavado de amina. En un modo de realización preferente de la invención, se dispone un compresor para elevar la presión del gas de síntesis sin refinar a alrededor de 30 a 40 bar, por ejemplo a alrededor de 35 bar de presión, antes de llevar el gas de síntesis sin refinar a los medios de ultrapurificación. El medio de ultrapurificación se dispone preferentemente corriente abajo de un lavador en una secuencia de aparatos de acondicionamiento.

Un reactor de lecho de protección que comprende preferentemente, pero no necesariamente, catalizadores de óxido de cinc y/o carbón activo se usa para la eliminación de especies de azufre del gas de síntesis antes de alimentar el gas de síntesis purificado al reactor Fischer-Tropsch.

En un modo de realización preferente de la invención se usan varios gasificadores para producir gas de síntesis sin refinar. En este modo de realización preferente del procedimiento de la invención al menos uno de los diversos gasificadores es un gasificador para producir gas de síntesis sin refinar a partir de biomasa sólida y al menos uno de los diversos gasificadores es un gasificador para producir gas de síntesis sin refinar a partir de biomasa líquida. El uso de varios gasificadores aumenta el tiempo de actividad del procedimiento porque esto hace posible una síntesis de Fischer-Tropsch continua, incluso si uno de los gasificadores no produce gas de síntesis sin refinar. El uso de varios gasificadores también aumenta la capacidad del procedimiento. También la combinación de los gasificadores de gasificación de biomasa líquida y sólida ayuda a controlar el flujo de material de biomasa entrante.

En un modo de realización preferente de la invención, se realiza un paso de mejora del producto que utiliza medios de mejora de productos para el fraccionamiento del biocombustible hidrocarbonoso líquido producido por el reactor Fischer-Tropsch para obtener al menos una fracción diésel y una fracción de nafta.

Lista de figuras

A continuación, la invención se describirá en más detalle con referencia a las figuras, de las cuales la Fig. 1 presenta en vista esquemática de un aparato para producir biocombustible líquido a partir de biomasa sólida,

la Fig. 2 presenta en vista esquemática otro aparato para producir biocombustible líquido a partir de biomasa sólida,

la Fig. 3 presenta en vista esquemática un tercer aparato para producir biocombustible líquido a partir de biomasa sólida y

la Fig. 4 presenta en vista esquemática un aparato para producir biocombustible líquido a partir de biomasa sólida y líquida.

En las Figuras 1 a 4 los mismos números se refieren a partes correspondientes y no se explicarán por separado más adelante, a menos que se requiera por la ilustración de la materia objeto.

Descripción detallada de la invención

Las figuras muestran modos de realización preferentes del procedimiento de acuerdo con la invención para producir un producto hidrocarbonoso líquido 1, tal como biocombustible líquido a partir de biomasa sólida 2 y modos de realización preferentes del aparato para producir un producto hidrocarbonoso líquido 1, tal como biocombustible líquido a partir de biomasa sólida 2.

La Fig. 1 presenta un modo de realización de la invención para producir un producto hidrocarbonoso líquido 1 a partir de biomasa sólida 2.

En el modo de realización de la Fig. 1 la biomasa sólida 2 se gasifica en un paso de gasificación para producir gas de síntesis sin refinar 3 que comprende monóxido de carbono e hidrógeno. Gas de síntesis sin refinar 3 en este contexto significa que el gas de síntesis puede, además del monóxido de carbono y el hidrógeno contener "impurezas", tales como dióxido de carbono, metano, alquitrán y/o pequeñas partículas, tales como cenizas y/u hollín.

El gas de síntesis sin refinar 3 formado en el paso de gasificación está condicionado en pasos de acondicionamiento consecutivos para purificar el gas de síntesis sin refinar 3 usando medios 26 para el acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar para eliminar al menos en parte "impurezas" del gas de síntesis sin refinar 3 y para obtener gas de síntesis purificado 4 que tiene una relación molar de hidrógeno a monóxido de carbono entre 2,5 a 1 y 0,5 a 1, preferentemente entre 2,1 a 1 y 1,8 a 1, más preferentemente a aproximadamente 2 a 1. En el modo de realización de la Fig. 1 los pasos de acondicionamiento comprenden tratamiento catalítico, enfriamiento, filtrado, reacción agua a gas, lavado, ultrapurificación y un tratamiento de lecho de protección.

El gas de síntesis purificado 4 se somete a una síntesis de tipo Fischer-Tropsch en un reactor Fischer-Tropsch 5 para producir un producto hidrocarbonoso líquido 1 del gas de síntesis purificado 4.

5 El paso de gasificación incluye al menos la combustión parcial de biomasa sólida 2 en un gasificador 6 para producir dicho gas de síntesis sin refinar 3 que comprende monóxido de carbono e hidrógeno.

10 El gasificador 6 que se usa comprende un gasificador de lecho fluidizado (por ejemplo, un reactor de lecho fluidizado circulante o un reactor de lecho fluidizado burbujeante) durante al menos la combustión parcial de la biomasa sólida 2. El gasificador de lecho fluidizado comprende un material de lecho que preferentemente, pero no necesariamente, comprende una mezcla de dolomita y arena. La fluidización de lecho se lleva a cabo mediante los agentes de fluidización que son alimentados a través de una rejilla (no se muestra en las figuras). El combustible, en este caso biomasa sólida 2, se alimenta a la parte inferior del lecho fluidizado. La interacción entre la biomasa sólida 2, arena y dolomita, disminuye la cantidad de alquitrán en el gas de síntesis sin refinar 3 producido por el gasificador de lecho fluidizado. La dolomita disminuye la cantidad de compuestos de azufre en el gas de síntesis sin refinar 3 producido por el gasificador de lecho fluidizado. El oxígeno 7 y el vapor 8 con una temperatura de aproximadamente 200 °C y, además, posiblemente también gas de cola reciclado 9 del procedimiento de Fischer-Tropsch se utilizan como agentes de fluidificación en el gasificador. Al menos el oxígeno y el vapor son preferentemente, pero no necesariamente, mezclados entre sí antes de introducirlos en el gasificador. El oxígeno puro podría fundir la ceniza de combustible y producir conjuntos sinterizados y aglomerados que bloquearían el gasificador. Los compuestos de la biomasa sólida 2 reaccionarán con el vapor generando endotérmicamente monóxido de carbono e hidrógeno y los compuestos de la biomasa sólida 2 reaccionarán con el oxígeno generando exotérmicamente monóxido de carbono, dióxido de carbono y vapor adicional. El resultado de esto es un gas de síntesis sin refinar 3.

25 La biomasa sólida 2 se alimenta al gasificador 6 por medio de una tolva de bloqueo 10. El gasificador 6 se presuriza, por ejemplo a 10 a 20 bar, por ejemplo aproximadamente 15 bar y, por lo tanto, la biomasa sólida 2 debe presurizarse a esta presión antes de que pueda alimentarse al gasificador 6. La tolva de bloqueo 10 se utiliza para presurizar la biomasa sólida 2, al menos a la presión que prevalece en el gasificador 6. La tolva de bloqueo comprende básicamente dos silos de combustible (un primer silo de alimentación de combustible 11 y un segundo silo 12) uno sobre otro y una configuración de válvula 13 dispuesta entre el primer silo de combustible 12 y el segundo silo de alimentación de combustible 11. El segundo silo de alimentación de combustible 11 funciona de forma permanente a la presión del gasificador 6 y la presión del primer silo de combustible 12 oscila entre la presión atmosférica, durante la carga con biomasa 2, y la presión en el gasificador 6 durante la descarga al segundo silo de alimentación de combustible 11 cuando la configuración de válvula 13 entre el primer silo de combustible 12 y el segundo silo de alimentación de combustible 11 se abre para alimentar la biomasa presurizada al gasificador 6. El gas de presurización usado en la tolva de bloqueo 11 es preferentemente, pero no necesariamente, dióxido de carbono. Dado que el segundo silo de alimentación de combustible 11 tiene que estar a una presión ligeramente más alta que el gasificador 6, pueden producirse fugas del gas de presurización al gasificador 6. Con la utilización de dióxido de carbono, las fugas a la corriente de procedimiento pueden retraerse del gas de síntesis sin refinar 3, a diferencia de si se utiliza nitrógeno. El nitrógeno no es un veneno de catalizador, pero actuará como gas inerte consumiendo la capacidad de los equipos de corriente abajo.

45 Desde el segundo silo de alimentación de combustible 11 la biomasa sólida presurizada 2 se alimenta al gasificador por medio de una configuración de alimentación 27 para biomasa sólida, tal como un transportador helicoidal dispuesto entre el segundo silo de alimentación de combustible 11 de la tolva de bloqueo 10 y el gasificador 6.

50 Antes de alimentar la biomasa sólida al primer silo de alimentación de combustible 12 de la tolva de bloqueo 10, la biomasa sólida 2 se trata previamente mediante trituración o cualquier otro procedimiento adecuado dividiéndose en partículas que preferentemente, pero no necesariamente, tienen un tamaño inferior a 50 mm. En un modo de realización preferente del procedimiento de la invención, la biomasa sólida 2 se trata previamente mediante trituración o cualquier otro procedimiento adecuado dividiéndose en partículas que preferentemente, pero no necesariamente, tienen un tamaño inferior a 50 mm antes de alimentar la biomasa sólida 2 al silo de combustible superior 12 de la tolva de bloqueo 10.

55 La biomasa sólida 2 también puede tratarse previamente mediante secado térmico. El secado se lleva a cabo antes de alimentar la biomasa sólida 2 al silo de combustible superior 12 de la tolva de bloqueo 10. En un modo de realización preferente del procedimiento de la invención, la biomasa sólida 2 se trata previamente mediante secado térmico hasta lograr un contenido de humedad inferior a aproximadamente un 20%.

60 En los modos de realización de las figuras 1 a 4, el tratamiento previo de la biomasa sólida 2 se realiza con un medio de tratamiento previo de biomasa 31 que comprende una trituradora 14 y/o secadora 15 dispuesta como parte del aparato para producir biocombustible líquido a partir de biomasa sólida 2 como se muestra en las figuras. Como alternativa, el tratamiento previo de la biomasa sólida 2 puede llevarse a cabo, al menos en parte, en otro lugar.

65 El gas de síntesis sin refinar 3 producido en el gasificador 6 se trata en un primer separador de partículas 16 que comprende un primer ciclón dispuesto corriente abajo del gasificador 6. En el primer separador de partículas 16,

partículas tales como ceniza, carbón y partículas de material de lecho se separan en un paso de separación de partículas del gas de síntesis sin refinar 3 y las partículas separadas se alimentan de nuevo al gasificador 6.

Además del tratamiento en un primer separador de partículas 16, el gas de síntesis sin refinar se trata en un segundo separador de partículas preferentemente, pero no necesariamente, que comprende un segundo ciclón 17, que está dispuesto corriente abajo del primer separador de partículas 16. El segundo separador de partículas 17 se utiliza en un paso de separación de polvo para reducir el contenido de polvo del gas de síntesis sin refinar 3. El propósito del paso de separación de partículas en el primer separador de partículas 16 y el paso de separación de polvo en el segundo separador de partículas 17 es preparar el gas de síntesis sin refinar 3 para los siguientes pasos de acondicionamiento corriente abajo entre el paso de gasificación y la síntesis de tipo Fischer-Tropsch.

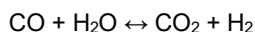
El acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar se realiza en pasos de acondicionamiento consecutivos a través de medios 26 para acondicionar el gas de síntesis sin refinar. Los medios 26 para el acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar comprenden varios medios de acondicionamiento consecutivos. En los modos de realización mostrados en las Fig. 1 a 4, los medios 26 para el acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar comprenden un convertidor 18, un enfriador 19, un filtro 20, un reactor de agua a gas 21, un lavador 22, un medio de ultra acondicionado 23 y un lecho de protección 25. Los medios 26 para acondicionar el gas sin refinar pueden comprender también otros dispositivos que no afectan a la composición del gas de síntesis sin refinar, sino que solo lo acondicionan para el siguiente dispositivo de acondicionamiento. En los modos de realización de las figuras 1 a 4, un compresor 24 para elevar la presión del gas de síntesis sin refinar que está dispuesto corriente abajo del lavador 22 es un ejemplo de un dispositivo de acondicionamiento de este tipo.

El acondicionamiento incluye un paso de acondicionamiento en forma de tratamiento catalítico del gas de síntesis sin refinar 3 en un convertidor 18 para la conversión de alquitrán y metano presentes en el gas de síntesis sin refinar 3 en monóxido de carbono e hidrógeno. Este procedimiento catalítico hace funcionar preferentemente a aproximadamente 900 C y los catalizadores son preferentemente basados en níquel y/o metal noble. Debido a que los reformados de metano y alquitrán son reacciones químicas endotérmicas, es decir, reacciones químicas que consumen energía térmica y reducen la temperatura del gas de síntesis 3, el gas de síntesis sin refinar 3 se calienta preferentemente antes de la alimentación al convertidor 18. En un modo de realización preferente de la invención, la temperatura del gas de síntesis sin refinar 3 se eleva mediante la alimentación de oxígeno a la corriente de gas de síntesis sin refinar 3 antes de alimentar el gas de síntesis sin refinar 3 al convertidor 18. Para evitar fusión de ceniza y puntos críticos, vapor y posiblemente también gas de cola de la síntesis de tipo Fischer-Tropsch se alimentan junto con oxígeno a la corriente de gas de síntesis sin refinar 3.

El acondicionamiento también incluye el enfriamiento del gas de síntesis sin refinar 3 a aproximadamente 250 °C en un enfriador 19 después del tratamiento catalítico en el convertidor 18.

Después de que el gas de síntesis sin refinar se enfríe en el enfriador 19, se lleva a un paso de acondicionamiento en forma de paso de filtrado para filtrar el gas de síntesis sin refinar 3 a un filtro 20 para la eliminación de partículas tales como ceniza, hollín, carbón y material de lecho arrastrado del gas de síntesis sin refinar 3.

El acondicionamiento también incluye un paso de acondicionamiento en forma de ajuste de la relación molar de hidrógeno y monóxido de carbono mediante una reacción de desplazamiento agua a gas en un reactor de agua a gas 21 a entre 2,5 a 1 y 0,5 a 1, preferentemente a entre 2,1 a 1 y 1,8 a 1, más preferentemente a aproximadamente 2 a 1 de acuerdo con la siguiente fórmula química:



El valor objetivo de H₂ a CO es, como se ha indicado, aproximadamente 2 a 1.

Para lograr la relación necesaria de hidrógeno a monóxido de carbono y en función del contenido de humedad del gas de síntesis sin refinar 3, el vapor 36 preferentemente, pero no necesariamente, se alimenta al gas de síntesis sin refinar 3. El paso de acondicionamiento que se realiza en el reactor de agua a gas 21 está situado corriente abajo del filtro 20.

Desde el reactor de agua a gas 21 el gas de síntesis sin refinar se lleva a un paso de lavado para lavado de agua del gas de síntesis sin refinar 3 en un lavador 22 para retirar sólidos restantes y componentes de alquitrán residual, además de HCl (cloruro de hidrógeno), NH₃ (amoníaco) y otros componentes del gas de síntesis sin refinar 3.

El acondicionamiento incluye también un paso de acondicionamiento en forma de paso de ultrapurificación realizado en medios de ultrapurificación 23 para la eliminación de al menos componentes de azufre y dióxido de carbono del gas de síntesis sin refinar 3. El valor objetivo para componentes de azufre es preferentemente inferior a 20 ppb, más preferentemente inferior a 10 ppb y para dióxido de carbono preferentemente inferior a 5 w-por ciento. El gas de síntesis sin refinar se lleva a los medios de ultrapurificación desde el lavador 22.

El paso de ultrapurificación para la eliminación de componentes de azufre, CO₂ (dióxido de carbono), H₂O (agua), HCN (cianuro de hidrógeno), CH₃Cl (cloruro de metilo), carbonilos, Cl (cloruro) y NO (óxido de nitrógeno) del gas de síntesis sin refinar 3 puede realizarse mediante un procedimiento de limpieza física. Un procedimiento de limpieza física adecuado hace uso de metanol o dimetil éter como disolvente y funciona con 30 a 40 bar, por ejemplo a aproximadamente 35 bar, y temperaturas criogénicas, por ejemplo de -25 °C a -60 °C. La alta presión y la baja temperatura aumentan la solubilidad de las especies que se han de capturar en el disolvente líquido usado para sacarlas del procedimiento. Un ejemplo de procedimiento adecuado es el procedimiento Rectisol® de Lurgi AG.

De forma alternativa, el paso de ultrapurificación para la eliminación de componentes de azufre, CO₂ (dióxido de carbono), H₂O (agua), HCN (cianuro de hidrógeno), CH₃Cl (cloruro de metilo), carbonilos, Cl (cloruro) y NO (óxido de nitrógeno) del gas de síntesis sin refinar 3 puede realizarse mediante un procedimiento de limpieza química. El procedimiento de limpieza química puede ser, por ejemplo, el lavado de amina del gas de síntesis sin refinar 3.

En un modo de realización preferente del procedimiento de la invención, la presión del gas de síntesis sin refinar se eleva en un compresor 24 a aproximadamente 30 a 40 bar, por ejemplo a aproximadamente 35 bar, antes del paso de ultrapurificación.

El último paso del acondicionamiento comprende un reactor de lecho de protección 25, en el que el gas de producto sin procesar se dirige después de la ultrapurificación. El lecho de protección comprende catalizadores de ZnO y carbón activo. El propósito del paso de acondicionamiento realizado en el reactor de lecho de protección 25 es eliminar posibles componentes de azufre a partir de gas de síntesis sin refinar 3/gas de síntesis purificado 4. En el reactor de lecho de protección 25 el gas de síntesis purificado 4 se dirige al reactor Fischer-Tropsch 5.

Desde el reactor Fisher-Tropsch 5 el biocombustible hidrocarbonoso líquido se lleva a un paso de mejora de producto para la mejora del producto para obtener al menos una fracción de diésel 34 y una fracción de nafta 35.

En un modo de realización preferente del procedimiento de la invención, el procedimiento comprende un paso de mejora de producto realizado en un medio para la mejora de productos 32 para la mejora del biocombustible hidrocarbonoso líquido obtenido del reactor Fischer-Tropsch para obtener al menos una fracción diésel 34 y una fracción de nafta 35. El término "fracción de nafta" se refiere a una fracción de hidrocarburo destilada, en la que los hidrocarburos consisten esencialmente en hidrocarburos que tienen una longitud de cadena de carbono de 5 a 10 (C₅-C₁₀ designado). Los hidrocarburos de fracción de nafta son los utilizados típicamente como combustibles ligeros, disolventes o materias primas, por ejemplo, para procesos adicionales basado en craqueo con vapor.

El término "fracción de diésel" se refiere a una fracción de hidrocarburo, en la que los hidrocarburos consisten esencialmente en hidrocarburos que tienen típicamente una longitud de cadena de carbono de 11 a 20 (C_n-C₂₀ designado). La fracción de destilado diésel tiene típicamente un punto de ebullición en el intervalo de 150 a 400 °C y preferentemente de 175 a 350 °C. Los hidrocarburos destilados diésel son los que se usan típicamente como combustibles diésel. Cabe señalar que, puesto que la destilación no proporciona un corte absoluto en una longitud de cadena específica, las diferentes fracciones de destilado pueden contener cantidades insignificantes de hidrocarburos que tienen unas longitudes de cadena de carbono ligeramente inferiores o ligeramente superiores. El punto de corte en la destilación varía ligeramente en función del uso previsto y de las propiedades deseadas del destilado diésel. Por lo tanto, una fracción de destilado que comprende un intervalo más amplio de hidrocarburos, como C₉ a C₂₂ o un intervalo más estrecho de hidrocarburos, como C₁₄ a C₁₈ también debe entenderse como una fracción de destilado diésel.

En otros modos de realización de la invención se usan varios gasificadores 6 para producir gas de síntesis sin refinar 3. En las figuras de 2 a 4 se muestran dichos modos de realización de la invención.

En el modo de realización presentado en la Fig. 2 el gas de síntesis sin refinar 3 se produce mediante dos gasificadores 3 que gasifican biomasa sólida 2. El gas de síntesis sin refinar producido por ambos gasificadores se alimenta a los mismos medios 26 para el acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar. Esto significa que solo es necesario un medio de acondicionamiento 26 para ambos gasificadores de biomasa sólida 6. En la realización presentada en la Fig. 2, ambos gasificadores 6 tienen medios de alimentación de combustible 10, 11, 12, 27 y de tratamiento previo de biomasa 31 propios. La alimentación de combustible y los dispositivos de tratamiento previo también se pueden combinar, de modo que el combustible se trate en un dispositivo de tratamiento previo y alimentación de combustible, y ambos gasificadores reciban su combustible de este único dispositivo.

En el modo de realización presentado en la Fig. 3 también se usan dos gasificadores 6 que gasifican biomasa sólida 2. Los gasificadores 6 producen una corriente de gas de síntesis sin refinar 3 propia que se trata en parte por separado en un medio 26 para el acondicionamiento de gas de síntesis sin refinar. Las dos corrientes separadas e independientes de gas de síntesis sin refinar 3 se combinan antes de alimentar la corriente combinada de gas de síntesis sin refinar 3a a un compresor común 24 aguas arriba de un medio de ultrapurificación común 23 y un lecho de protección común 25.

En la Fig. 4, se usa un gasificador 6 para producir gas de síntesis sin refinar 3 de biomasa sólida 2 y se usa un gasificador 6a para producir gas de síntesis sin refinar 3a de biomasa líquida 33. La biomasa líquida 33 puede, por ejemplo, contener al menos uno de los siguientes: bioetanol, aceite de resina, licor negro, linguine, aceite de pirólisis y glicerol. El gas de síntesis sin refinar 3a producido por el gasificador 6a para producir gas de síntesis sin refinar 3a de biomasa líquida 33 preferentemente, pero no necesariamente, conectado para la alimentación de una corriente de gas de síntesis sin refinar 3a a la corriente de gas de síntesis sin refinar 3 originada por el gasificador 6 para producir gas de síntesis sin refinar 3 de biomasa sólida 2 en un punto situado después del convertidor 18, el enfriador 19, el filtro 20, reactor de desplazamiento de agua a gas 21 y el lavador 22. Esto es posible porque el gas de síntesis sin refinar 3a producido por el gasificador 6a para producir gas de síntesis sin refinar 3a de biomasa líquida-sólida 33 contiene menos impurezas, tales como alquitrán y ceniza. En un modo de realización preferente de la invención el gasificador 6a para producir gas de síntesis sin refinar 3a de biomasa líquida-sólida 33 comprende un gasificador de flujo arrastrado.

Si se usa un gasificador 6a para producir gas de síntesis sin refinar 3a de biomasa líquida 33, el gasificador 6a es preferentemente, pero no necesariamente, un gasificador de flujo arrastrado en el que la temperatura se encuentra entre 900 y 1200 °C, preferentemente unos 1000 °C. Debido a la alta temperatura del gas de síntesis sin refinar 3a producido por el gasificador 6a no contiene alquitrán ni metano, lo que significa que no se necesita la reforma del gas de síntesis sin refinar 3a producido por el gasificador 6a. El gas de síntesis sin refinar 3a no contiene partículas sólidas, lo que significa que el filtrado se puede considerar innecesario. Este gas de síntesis sin refinar 3a contiene principalmente CO₂ (dióxido de carbono), CO (monóxido de carbono) y H₂ (hidrógeno).

El gas de síntesis sin refinar 3a producido por el gasificador 6a preferentemente, pero no necesariamente, se somete a un paso de reacción de desplazamiento de agua a gas en un reactor de desplazamiento de agua a gas 21 para ajustar la relación molar de hidrógeno y monóxido de carbono a entre 2,5 a 1 y 0,5 a 1, preferentemente a entre 2,1 a 1 y 1,8 a 1, más preferentemente a aproximadamente 2 a 1. El gas de síntesis sin refinar 3a producido por el gasificador 6a preferentemente, pero no necesariamente, se enfría a aproximadamente 250 °C antes de alimentar el gas de síntesis sin refinar al reactor de desplazamiento de agua a gas 21.

En un modo de realización preferente de la invención se usan tres gasificadores 6 para producir gas de síntesis sin refinar 3 de biomasa sólida 2 y se usa un gasificador 6a para producir gas de síntesis sin refinar 3a de biomasa líquida 33.

Para una persona experta en la materia es evidente que a medida que avanza la tecnología, la idea básica de la invención se puede implementar de varias maneras. Por lo tanto, la invención y sus modos de realización no se limitan a los ejemplos anteriores, sino que pueden variar dentro del alcance de las reivindicaciones.

Lista de números de referencia

1. Producto hidrocarbonoso líquido
2. Biomasa sólida
3. Gas de síntesis sin refinar
4. Gas de síntesis purificado
5. Reactor Fischer-Tropsch
6. Gasificador
7. Oxígeno
8. Corriente
9. Gas de cola
10. Tolva de bloqueo
11. Silo de alimentación de combustible inferior
12. Silo de combustible superior
13. Configuración de válvula
14. Trituradora

- 15. Secadora
- 16. Primer separador de partículas
- 5 17. Segundo separador de partículas
- 18. Convertidor
- 19. Enfriador
- 10 20. Filtro
- 21. Reactor de desplazamiento de agua a gas
- 15 22. Lavador
- 23. Procedimientos de ultrapurificación
- 24. Compresor
- 20 25. Reactor de lecho de protección
- 26. Medios para el acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar
- 25 27. Configuración de alimentación para biomasa sólida
- 28. Medios de alimentación de oxígeno
- 29. Oxígeno
- 30 30. Medios de alimentación de vapor
- 31. Medios de tratamiento previo de biomasa sólida
- 35 32. Medios para la mejora de productos
- 33. Biomasa líquida
- 34. Fracción de diésel
- 40 35. Fracción de nafta
- 36. Vapor

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir producto hidrocarbonoso líquido (1), tal como biocombustible a partir de biomasa sólida (2), comprendiendo el procedimiento:
- 5 la gasificación de la biomasa sólida (2) en un gasificador (6) para producir gas de síntesis sin refinar (3);
- la alimentación de gas de síntesis sin refinar (3) a un primer separador de partículas (16) para separar partículas, tales como ceniza, carbón y material de lecho del gas de síntesis sin refinar (3), en el que el primer separador de partículas comprende un ciclón;
- 10 opcionalmente la alimentación de gas de síntesis sin refinar (3) del primer separador de partículas (16) a un segundo separador de partículas (17) para realizar un paso de separación de polvo que reduce el contenido de polvo del gas de síntesis sin refinar (3);
- 15 el acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar (3) corriente abajo del primer separador de partículas y, cuando está presente, del segundo separador de partículas, para purificar el gas de síntesis sin refinar (3) para obtener gas de síntesis purificado (4) con una relación molar de hidrógeno a monóxido de carbono entre 2,5 a 1 y 0,5 a 1, preferentemente entre 2,1 a 1 y 1,8 a 1, más preferentemente a aproximadamente 2 a 1, comprendiendo el acondicionamiento eliminar especies de azufre del gas de síntesis usando un reactor de lecho de protección (25); y
- 20 el sometimiento del gas de síntesis purificado (4) a una síntesis de Fischer-Tropsch en un reactor Fischer-Tropsch (5) para producir producto hidrocarbonoso líquido (1);
- 25 caracterizado porque la biomasa sólida (2) se alimenta al gasificador (6) usando una tolva de bloqueo (10), y el acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar (3) comprende el tratamiento catalítico del gas de síntesis sin refinar (3) en un convertidor (18) para convertir el alquitrán y el metano presentes en el gas de síntesis sin refinar (3) en monóxido de carbono e hidrógeno, en el que el tratamiento catalítico en un convertidor (18) es el primer paso de acondicionamiento.
- 30
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el paso de gasificación incluye la gasificación de biomasa sólida (2) en un gasificador (6) que comprende un reactor de lecho fluidizado, en el que se usan oxígeno (7) y vapor (8) como medios de fluidización en el reactor de lecho fluidizado, y en el que también se usan preferentemente gas de cola (9) del reactor Fischer-Tropsch (5) como medio de gasificación y fluidización en el reactor de lecho fluidizado.
- 35
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por la alimentación de gas de síntesis sin refinar (3) del primer separador de partículas (16) a un segundo separador de partículas (17) para realizar un paso de separación de polvo que reduce el contenido de polvo del gas de síntesis sin refinar (3).
- 40
4. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por el acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar (3) que incluye uno o más de lo siguiente:
- 45 la reducción de la temperatura del gas de síntesis sin refinar (3) a aproximadamente 250 °C en un enfriador (19);
- el filtrado del gas de síntesis sin refinar (3) en un filtro (20) para eliminar partículas tales como cenizas, material de lecho arrastrado y hollín del gas de síntesis sin refinar (3);
- 50 el sometimiento del gas de síntesis sin refinar (3) a una reacción de desplazamiento de agua a gas en un reactor de desplazamiento de agua a gas (20) para ajustar la relación molar de hidrógeno a monóxido de carbono a entre 2,5 a 1 y 0,5 a 1, preferentemente entre 2,1 a 1 y 1,8 a 1, más preferentemente a aproximadamente 2 a 1;
- 55 el lavado del gas de síntesis sin refinar (3) para eliminar los sólidos y los componentes de alquitrán del gas de síntesis sin refinar (3); y
- un paso de ultrapurificación para la eliminación de componentes de azufre, CO₂ (dióxido de carbono), H₂O (agua), HCN (cianuro de hidrógeno), CH₃Cl (cloruro de metilo), carbonilos, Cl (cloruro) y NO_x (óxido de nitrógeno) del gas de síntesis sin refinar (3).
- 60
5. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque el paso de ultrapurificación incluye un procedimiento de limpieza física en la que se utiliza metanol o dimetil éter como disolvente a una presión de aproximadamente 30 a 40 bar y a una temperatura de aproximadamente -25°C a -60 °C, o el paso de ultrapurificación incluye un proceso de limpieza química en el que se usa amina.
- 65

6. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el reactor de lecho de protección (25) comprende catalizadores de óxido de cinc y carbón activo.
- 5 7. Un aparato para producir producto hidrocarbonoso líquido (1), tal como biocombustible a partir de biomasa sólida (2), comprendiendo el aparato:
- un gasificador (6) para gasificar biomasa sólida (2) para producir gas de síntesis sin refinar (3);
- 10 un primer separador de partículas (16) para separar partículas, tales como ceniza, carbón y material de lecho del gas de síntesis sin refinar (3), en el que el primer separador de partículas comprende un ciclón;
- opcionalmente un segundo separador de partículas (17) corriente abajo del primer separador de partículas (16) para la separación de polvo del gas de síntesis sin refinar (3);
- 15 medios para el acondicionamiento del gas de síntesis sin refinar (3) corriente abajo del primer separador de partículas y, cuando está presente, del segundo separador de partículas, para obtener gas de síntesis purificado (4) que tiene una relación molar de hidrógeno a monóxido de carbono entre 2,5 a 1 y 0,5 a 1, preferentemente entre 2,1 a 1 y 1,8 a 1, más preferentemente de aproximadamente 2 a 1, comprendiendo los medios de acondicionamiento un reactor de lecho de protección (25) para eliminar especies de azufre del gas de síntesis; y
- 20 un reactor Fischer-Tropsch (5) para someter el gas de síntesis purificado (4) a una síntesis de Fischer-Tropsch para producir producto hidrocarbonoso líquido (1);
- 25 caracterizado porque el aparato comprende una tolva de bloqueo (10) para la alimentación de biomasa sólida (2) al gasificador (6), y los medios de acondicionamiento comprenden un convertidor (18) para el tratamiento catalítico del gas de síntesis sin refinar (3) para convertir el alquitrán y el metano presentes en el gas de síntesis sin refinar (3) en monóxido de carbono e hidrógeno, en el que el convertidor (18) es el primer medio de acondicionamiento.
- 30
8. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado porque el gasificador (6) incluye un reactor de lecho fluidizado y medios para la alimentación de oxígeno (7) y vapor (8) al gasificador (6) para su uso como medio de fluidización en el reactor de lecho fluidizado, y el aparato incluye preferentemente medios para alimentar gas de cola del reactor Fischer-Tropsch (5) al gasificador (6) para su uso como medio de fluidización en el reactor de lecho fluidizado.
- 35
9. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 7 o la reivindicación 8, caracterizado por comprender medios de tratamiento previo de biomasa sólida (31) para secar la biomasa sólida (2) hasta un contenido de humedad inferior al 20% y/o para la división fina de la biomasa sólida (2) a materias primas con un tamaño de partículas inferior a 50 mm.
- 40
10. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por comprender un segundo separador de partículas (17) corriente abajo del primer separador de partículas (16) para separar el polvo del gas de síntesis sin refinar (3).
- 45
11. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado por comprender uno o más de los siguientes medios de acondicionamiento:
- 50 un enfriador (19) para bajar la temperatura del gas de síntesis sin refinar (3) a aproximadamente 250 °C;
- un filtro (20) para la eliminación de ceniza, material de lecho arrastrado y/u hollín del gas de síntesis sin refinar (3);
- 55 un reactor de desplazamiento de agua a gas (21) para ajustar la relación molar de hidrógeno y monóxido de carbono en el gas de síntesis sin refinar (3) a entre 2,5 a 1 y 0,5 a 1, preferentemente entre 2,1 a 1 y 1,8 a 1, más preferentemente a aproximadamente 2 a 1;
- un lavador (22) para eliminar sólidos y componentes de alquitrán del gas de síntesis sin refinar (3); y
- 60 medios de ultrapurificación (23) para la eliminación de componentes de azufre, CO₂ (dióxido de carbono), H₂O (agua), HCN (cianuro de hidrógeno), CH₃Cl (cloruro de metilo), carbonilos, Cl (cloruro) y NO_x (óxido de nitrógeno) del gas de síntesis sin refinar (3).

12. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado por comprender medios de ultrapurificación (23) y un compresor (24) para elevar la presión del gas de síntesis sin refinar (3) a aproximadamente 30 a 40 bar de presión, antes de llevar el gas de síntesis sin refinar (3) a los medios de ultrapurificación (23).
- 5 13. Un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 12, caracterizado porque el reactor de lecho de protección (25) comprende catalizadores de óxido de cinc y carbón activo.

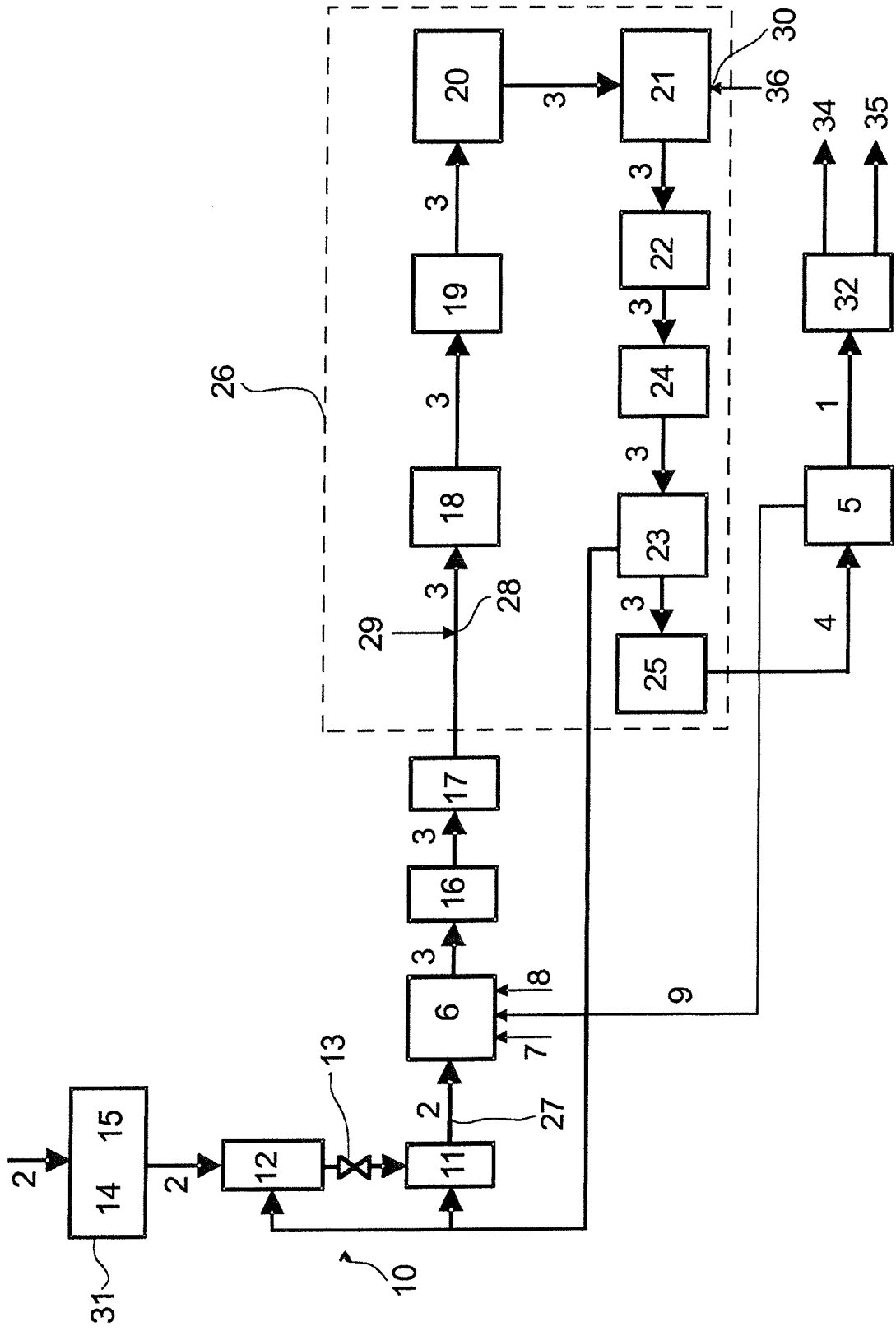


FIG. 1

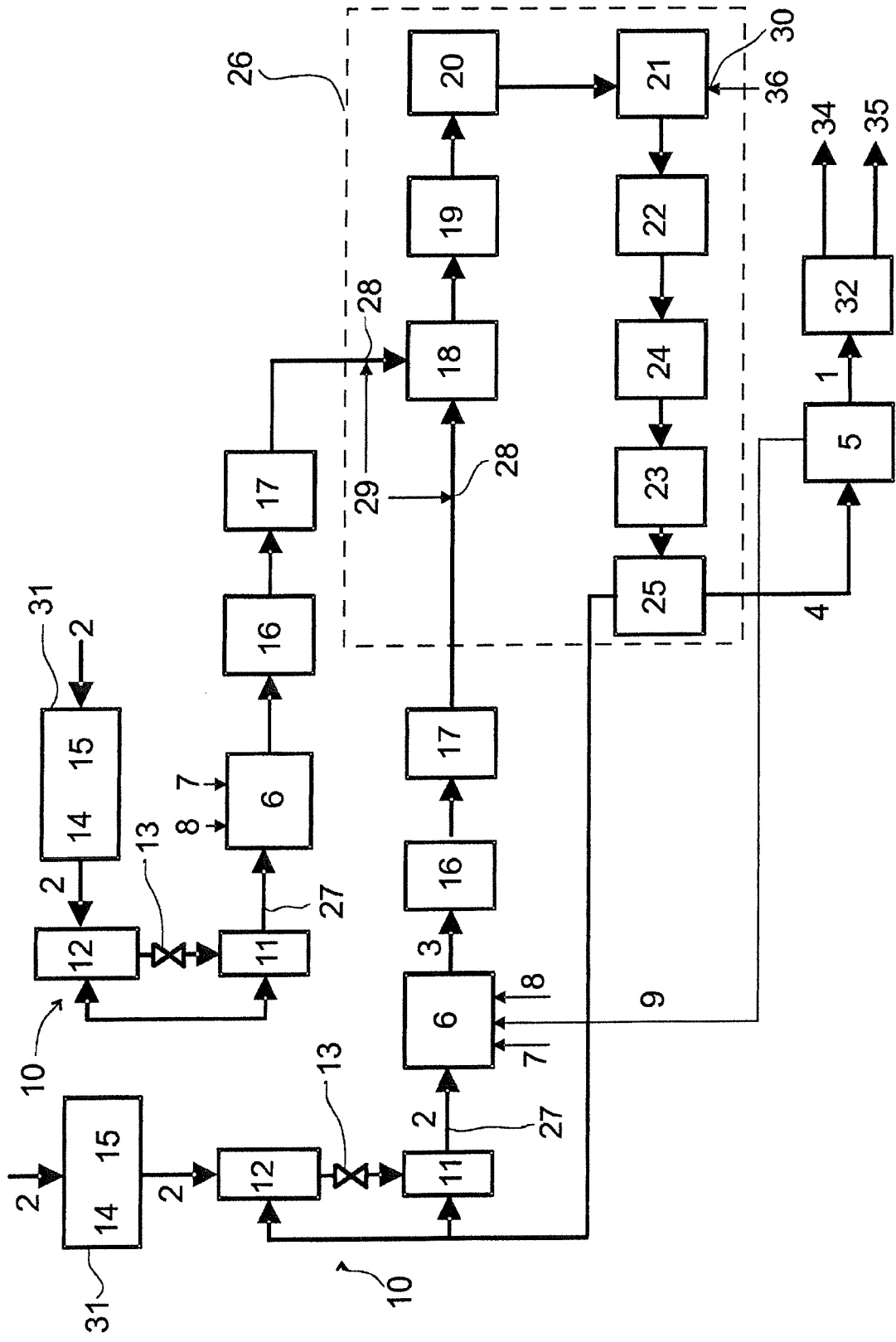


FIG. 2

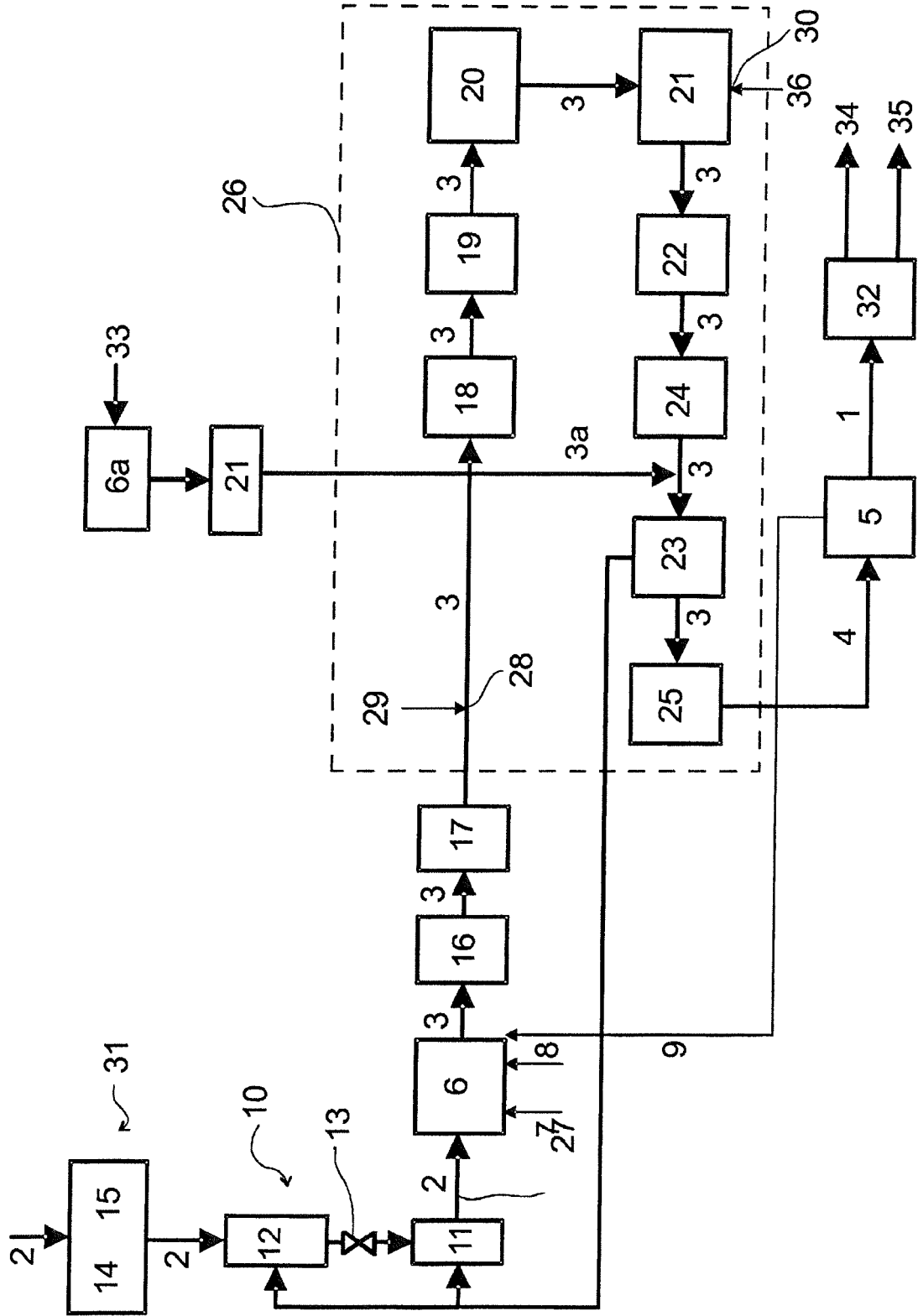


FIG. 4