

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 969 123**

51 Int. Cl.:

C01B 3/38 (2006.01)

C01B 3/48 (2006.01)

C01B 3/50 (2006.01)

C01B 3/56 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.03.2021** **PCT/EP2021/056859**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.10.2021** **WO21197854**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2021** **E 21711596 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2023** **EP 4126759**

54 Título: **Procedimiento y planta para la producción de gas de síntesis y generación de condensado del proceso**

30 Prioridad:

01.04.2020 IN 202011014544

22.05.2020 EP 20176035

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

16.05.2024

73 Titular/es:

TOPSOE A/S (100.0%)

Haldor Topsøes Allé 1

2800 Kgs. Lyngby, DK

72 Inventor/es:

CHRISTENSEN, STEFFEN SPANGSBERG y

BANSAL, NITESH

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 969 123 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 planta para la producción de gas de síntesis y generación de condensado del proceso

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a una planta para producir un gas de síntesis y/o un producto de hidrógeno bajo la producción de vapor del proceso procedente del condensado del proceso formado durante el procedimiento, y que puede consumirse internamente en el procedimiento o la planta, y vapor puro como vapor de exportación que se genera a partir del agua de alimentación de la caldera mediante el enfriamiento del gas de síntesis.

Antecedentes de la invención

10 En procedimientos y plantas para producir gas de síntesis (sintegás), es decir, un gas rico en hidrógeno y monóxido de carbono, el gas de síntesis se puede utilizar, además, en la producción de valiosos productos intermedios o finales, por ejemplo, hidrógeno. El gas de síntesis se produce normalmente mediante el llamado reformado catalítico de metano con vapor y/o reformado autotérmico. Como resultado del reformado del metano con vapor, el gas de síntesis (sintegás) contiene agua que típicamente debe eliminarse. La eliminación de agua se lleva a cabo normalmente en un separador bajo la generación de una corriente de condensado del proceso (PC, por sus siglas en inglés) y una corriente de gas de síntesis empobrecida en agua. Además, como parte del procedimiento, se utiliza agua de alimentación de la caldera (BFW, por sus siglas en inglés) para enfriar indirectamente el gas de síntesis producido mediante las llamadas unidades de precalentamiento del BFW.

20 De este modo, el BFW se transforma en un vapor saturado, también denominado vapor puro. Este vapor puro está libre normalmente de impurezas, es decir, contaminantes generados durante el procedimiento, tales como dióxido de carbono, metanol, amoníaco y ácido acético, por lo que este vapor puro es adecuado para su uso como vapor de exportación, ya que los clientes suelen exigir una alta calidad del vapor. Por otro lado, dichos contaminantes, aunque en pequeñas cantidades, están presentes en el condensado del proceso, por lo que el vapor generado a partir de esta corriente no es adecuado para su uso como vapor de exportación.

25 Normalmente, el condensado del proceso es arrastrado con vapor en un separador de PC. El condensado del proceso arrastrado se mezcla con el BFW y se utiliza para la producción y exportación de vapor. El condensado del proceso arrastrado contiene todavía pequeñas cantidades de impurezas que pueden contaminar la generación de vapor puro.

30 El documento US 2005/0288381 A1 describe un método para reciclar condensado de la corriente del proceso de un sistema de reformado con vapor. El vapor del proceso se genera en una caldera de PC mediante intercambio de calor con una porción de vapor puro generado en un sistema de producción de vapor separado. El vapor del proceso y la otra porción del vapor puro se combinan luego y se utilizan para formar una corriente de hidrocarburos/vapor como alimentación para el reformado con vapor.

El documento EP 3235785 A1 describe un procedimiento en el que el condensado del proceso se evapora para formar vapor del proceso utilizando una porción del vapor puro generado. Para la generación de vapor puro se utilizan gas de síntesis y gases de combustión del proceso de reformado con vapor.

35 El documento EP 3235784 A1 es similar al documento EP 3235785 A1 y describe un procedimiento en el que el vapor del proceso se genera evaporando el condensado del proceso utilizando vapor puro como medio de intercambio de calor.

El documento GB 2006814 A describe un procedimiento en el que el vapor del proceso se genera mediante un condensado del proceso que pasa a una unidad de calentamiento de circulación utilizando vapor puro como medio de intercambio de calor.

40 El documento US 9556026 describe un procedimiento en el que se genera vapor del proceso mediante intercambio de calor con gas de síntesis de un condensado de agua en unidades intercambiadoras de calor dispuestas en serie, y posteriormente haciendo pasar el condensado de agua así precalentado a un tambor de vapor para producir vapor del proceso utilizando gas de combustión procedente de un reformador de metano de vapor como medio de intercambio de calor.

La técnica anterior no describe la combinación en una sola etapa del uso de gas de síntesis formado mediante reformado con vapor, opcionalmente junto con vapor puro y/o gases de combustión procedentes del reformado con vapor, para evaporar el condensado del proceso.

45

Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención es evitar la contaminación de un vapor puro generado a partir del agua de alimentación de la caldera con impurezas de una corriente de condensado del proceso formada durante el procedimiento.

50 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento y una planta más simples y flexibles para la generación de vapor puro y vapor del proceso.

Estos y otros objetos se resuelven mediante la presente invención.

Por consiguiente, en un primer aspecto, como se indica en la reivindicación 1 adjunta, la invención es un procedimiento para producir un gas de síntesis mediante reformado catalítico con vapor de una materia prima hidrocarbonada en una unidad de reformado con vapor, generando opcionalmente dicha unidad de reformado un gas de combustión, en donde el agua es eliminada del gas de síntesis como un condensado del proceso, en el que el agua de alimentación de la caldera se introduce en el procedimiento, y en el que dicho procedimiento produce al menos dos corrientes de vapor separadas: i) una corriente de vapor puro que se genera a partir de al menos una porción de dicho agua de alimentación de la caldera (BFW) mediante el enfriamiento del gas de síntesis, y ii) una corriente de vapor del proceso que se genera evaporando al menos una porción del condensado del proceso mediante el enfriamiento del gas de síntesis; y en el que la etapa ii) se lleva a cabo en una caldera de condensado del proceso (caldera de PC); y en el que la etapa ii) también comprende el enfriamiento de al menos una parte de dicha corriente de vapor puro y/o el enfriamiento de dichos gases de combustión.

Se entenderá que el enfriamiento del gas de síntesis comprende el enfriamiento de una porción del gas de síntesis. También se entenderá que el enfriamiento de dichos gases de combustión comprende el enfriamiento de una porción de dichos gases de combustión.

Por lo tanto, la invención proporciona dos líneas o sistemas de procedimiento separados, uno para la generación de vapor puro adecuado para su uso como vapor de exportación y otro separado para la generación de vapor del proceso, en donde, por ejemplo, se usa vapor puro. Preferiblemente, el vapor puro y el vapor del proceso no se combinan.

El vapor del proceso puede generarse mediante el uso de vapor puro y gas de síntesis o, por ejemplo, también mediante el uso de gas de síntesis, vapor puro y gases de combustión o, por ejemplo, también mediante el uso de gas de síntesis y gases de combustión, como intercambio de calor. medio/medios para la evaporación del condensado del proceso y, con ello, la producción del vapor del proceso.

La invención permite la generación del vapor del proceso en una sola etapa, es decir, la etapa ii).

La etapa ii) se lleva a cabo en una caldera de condensado del proceso (caldera de PC), preferiblemente teniendo dispuestas en ella una o más unidades intercambiadoras de calor para el enfriamiento del gas de síntesis, vapor puro y/o gases de combustión. Por consiguiente, se utiliza una única caldera de PC que combina en ella la refrigeración del gas de síntesis con la refrigeración del vapor puro y/o los gases de combustión. Este es un enfoque más simple y mucho más eficiente que, por ejemplo, usar unidades separadas para proporcionar calor o evaporar el condensado del proceso usando gas de síntesis, y aguas abajo usar unidad(es) adicional(es) para finalmente evaporar el condensado del proceso y generar de ese modo el vapor del proceso.

El uso de vapor puro o gas de combustión y gas de síntesis se realiza preferentemente mediante intercambio de calor indirecto, es decir, sin contacto directo, como por ejemplo mezcladura, con el condensado del proceso.

En particular, al combinar el uso de vapor puro y gas de síntesis en la generación de vapor del proceso, es decir, en una sola caldera de PC, se logra un uso más eficiente de la caldera de PC, ya que tanto el vapor puro como el gas de síntesis se pueden utilizar como medio de intercambio de calor con la caldera de PC. De este modo se consigue también un tamaño más pequeño de la caldera de PC.

La caldera de PC está dedicada a generar vapor del proceso a partir de la corriente de condensado del proceso y representa una solución más simple y económica que el uso de un separador de condensado del proceso típico. Preferiblemente también, el enfriamiento del gas de síntesis para la generación del vapor del proceso se realiza siendo conducido el gas de síntesis directamente a dicha caldera de PC. La expresión "conducido directamente" significa que no hay etapas intermedias en donde el gas de síntesis se enfríe o se trate de otra manera antes de ingresar en la caldera de PC.

En una realización de acuerdo con el primer aspecto de la invención, la unidad de reformado con vapor es un reformador de metano con vapor (SMR, por sus siglas en inglés) convencional, p. ej., un reformador tubular.

En una realización de acuerdo con el primer aspecto de la invención, como se indica en la reivindicación 2 adjunta, la unidad de reformado con vapor es una unidad de reformado autotérmico (ATR, por sus siglas en inglés), o una combinación de un reformador de metano con vapor (SMR) convencional, p. ej., un reformador tubular, y una unidad ATR, a partir de la cual se produce un gas de síntesis bruto, y dicho gas de síntesis es un gas del proceso producido haciendo pasar dicho gas de síntesis bruto a través de una etapa de conversión catalítica de desplazamiento de agua-gas (WGS, por sus siglas en inglés) que comprende el uso de una o más unidades de conversión de desplazamiento de agua-gas.

El uso de una unidad de reformado con vapor, que es una combinación de un reformador de metano con vapor (SMR) convencional, p. ej., un reformador tubular y una unidad ATR, es particularmente adecuado para la producción de hidrógeno a gran escala.

También puede ser ventajoso hacer funcionar el procedimiento en donde la unidad de reformado con vapor sea una unidad ATR, ya que, a diferencia del SMR, el ATR no genera gases de combustión. Además, el ATR permite el funcionamiento con

relaciones molares de vapor a carbono mucho más bajas, con lo cual se transporta menos agua en el procedimiento y, por lo tanto, reduce, entre otras cosas, el tamaño del equipo aguas abajo.

Para obtener más información sobre estos reformadores, los detalles se proporcionan en el presente documento mediante referencia directa a las patentes y/o bibliografía de la Solicitante. Por ejemplo, para el reformado tubular y autotérmico se presenta una descripción general en "Tubular reforming and autothermal reforming of natural gas – an overview of available processes", Ib Dybkjaer, Fuel Processing Technology 42 (1995) 85-107.

En una realización particular, como se indica en la reivindicación 3 adjunta, dichas una o más unidades de conversión por desplazamiento de agua-gas comprenden el uso de una primera unidad de conversión de cambio tal como una unidad de conversión por desplazamiento de temperatura alta o media (unidad de desplazamiento HT o MT, por sus siglas en inglés) y posteriormente una segunda unidad de conversión por desplazamiento tal como una unidad de conversión por desplazamiento de temperatura media o baja (unidad de desplazamiento MT o LT, por sus siglas en inglés), y opcionalmente una tercera unidad de conversión por desplazamiento tal como una unidad de conversión por desplazamiento de temperatura baja (unidad de desplazamiento LT), y en donde dicha refrigeración del gas de síntesis en la etapa ii) es el enfriamiento de una corriente de gas de síntesis que sale de dicha primera o segunda unidad de conversión por desplazamiento, p. ej., dicha unidad de desplazamiento HT o MT. Para el reformado catalítico con vapor, en donde la unidad de reformado con vapor es ATR, la conversión por desplazamiento es preferiblemente una unidad de desplazamiento HT seguida de una unidad de desplazamiento MT o LT. Para el reformado catalítico con vapor en el que la unidad de reformado con vapor es un SMR convencional, la conversión por desplazamiento es preferiblemente un desplazamiento MT.

El desplazamiento de gas-agua permite el enriquecimiento del gas de síntesis en hidrógeno, como es bien conocido en la técnica. La temperatura del gas de síntesis que sale de la primera unidad de conversión por desplazamiento, p. ej., la unidad de desplazamiento MT, está en el intervalo de 330-350 °C, mientras que el gas de síntesis que sale de la segunda unidad de conversión por desplazamiento posterior está en el intervalo de 200-250 °C, por lo que la primera es más adecuada para su uso como medio de intercambio de calor para la evaporación del condensado del procedimiento. En particular para ATR, la temperatura de salida del desplazamiento HT es de 430-460 °C y la temperatura de salida del desplazamiento MT aguas abajo es de 320-340 °C. Aquí la caldera de PC se puede colocar detrás del convertidor de desplazamiento HT y MT.

En una realización de acuerdo con el primer aspecto de la invención, como se indica en la reivindicación 4 adjunta, el condensado del proceso se precalienta, preferiblemente mediante intercambio de calor indirecto, con:

- vapor puro utilizado en dicha etapa ii), o un condensado del mismo;

y/o

- una porción del gas de síntesis retirada después de dicha fase de conversión WGS, preferiblemente después de la segunda o tercera unidad de conversión por desplazamiento, y preferiblemente también antes del enfriamiento adicional del gas de síntesis en uno o más intercambiadores de calor, es decir, unidades de precalentamiento de BFW, utilizadas para la generación de la corriente de vapor puro.

Por lo tanto, una corriente de gas de síntesis procedente preferentemente de la segunda (y última) unidad de conversión por desplazamiento (desplazamiento LT) se divide en una corriente de gas de síntesis de la que se elimina agua para generar dicha corriente de condensado del proceso, y una corriente de derivación que se dedica para precalentar el condensado del proceso, preferiblemente mediante intercambio de calor indirecto, p. ej., en un precalentador de condensado del proceso. El condensado del proceso así precalentado pasa luego a través de dicha caldera de PC para generar el vapor del proceso. Esta realización es particularmente adecuada cuando se realiza la etapa ii) en donde se genera vapor del proceso mediante el enfriamiento del gas de síntesis y vapor puro.

Estas realizaciones ofrecen la ventaja de reducir de una manera sencilla y eficiente la carga térmica de la caldera de PC, reduciendo así su tamaño.

En una realización de acuerdo con el primer aspecto de la invención, como se indica en la reivindicación 5 adjunta, una parte de la corriente de vapor puro se utiliza como vapor de exportación. Así, una parte del vapor puro se utiliza para la generación de vapor del proceso, mientras que otra parte se utiliza para la exportación, ya que no está contaminada.

En una realización de acuerdo con el primer aspecto de la invención, como se indica en la reivindicación 6 adjunta, la corriente de vapor del proceso se mezcla con la materia prima hidrocarbonada antes de entrar en la unidad de reformado con vapor. Preferiblemente, el vapor del proceso no se combina con vapor puro al mezclarlo con la materia prima hidrocarbonada. De este modo, hay más vapor puro disponible para exportar.

En una realización según el primer aspecto de la invención, como se indica en la reivindicación 7 adjunta, el gas de síntesis se convierte en una corriente de producto de hidrógeno, generándose el condensado del proceso en un separador de condensado del proceso, en donde el separador de condensado del proceso también genera una corriente de gas de síntesis empobrecida en agua de la cual al menos una parte pasa a través de una etapa de purificación de hidrógeno, preferiblemente en una unidad de adsorción por oscilación de presión (unidad PSA, por sus siglas en inglés), bajo la formación de dicha corriente de producto de hidrógeno y una corriente de gas de escape.

En una realización de acuerdo con el primer aspecto de la invención, como se indica en la reivindicación 8 adjunta, la corriente de vapor puro después de utilizarse para generar la corriente de vapor del proceso, preferiblemente en una caldera de PC, se condensa y se mezcla con el agua de alimentación de la caldera (BFW) introducida en el proceso. De este modo, se obtiene una alta eficiencia térmica del procedimiento/planta, ya que la corriente BFW se repone con agua condensada de la corriente de vapor puro.

En un segundo aspecto, la invención abarca también una planta, es decir, una planta de proceso, para producir un gas de síntesis. En consecuencia, como se indica en la reivindicación adjunta 9, se proporciona una planta para producir un gas de síntesis que comprende:

- una unidad de reformado con vapor para convertir una materia prima hidrocarbonada en dicho gas de síntesis y, opcionalmente, generar un gas de combustión;

- un separador de condensado del proceso para eliminar agua de dicho gas de síntesis, formando con ello una corriente de gas de síntesis empobrecida en agua y una corriente de condensado del proceso;

- un sistema de agua de alimentación de la caldera (BFW) que comprende uno o más intercambiadores de calor de BFW para generar una corriente de vapor puro, mediante enfriamiento indirecto en uno o más intercambiadores de calor (precalentadores de BFW, es decir, unidades de precalentamiento de BFW) de dicho gas de síntesis;

- un sistema de condensado del proceso (PC) que comprende una caldera de condensado del proceso (caldera de PC) para generar una corriente de vapor del proceso, comprendiendo dicha caldera de PC:

una unidad de intercambio de calor para evaporar al menos una parte de dicha corriente de condensado del proceso mediante el enfriamiento del gas de síntesis; y:

una unidad de intercambio de calor para evaporar al menos una parte de dicha corriente de condensado del proceso enfriando al menos una parte de dicha corriente de vapor puro como medio de intercambio de calor, y/o una unidad de intercambio de calor para evaporar al menos una parte de dicha corriente de condensado del proceso mediante el enfriamiento de los gases de combustión.

En consecuencia, se utiliza una única caldera de PC, que utiliza gas de síntesis junto con vapor puro y/o gas de combustión, para evaporar el condensado del proceso y generar así dicha corriente de vapor del proceso.

En una realización de acuerdo con el segundo aspecto de la invención, como se indica en la reivindicación 10 adjunta, dicho gas de síntesis se convierte en un producto de hidrógeno, comprendiendo además la planta: una o más unidades de conversión por desplazamiento de agua-gas para enriquecer dicho gas de síntesis en hidrógeno; una unidad de purificación de hidrógeno, preferiblemente una unidad de PSA, para producir dicho producto de hidrógeno a partir de al menos una parte de dicha corriente de sintegás empobrecida en agua, y una corriente de gas de escape, p. ej., una corriente de gas de escape de PSA.

Luego, el producto de hidrógeno se proporciona a los usuarios finales, mientras que el gas de escape de PSA se puede utilizar para ayudar, p. ej., a la(s) unidad(es) de reformado con vapor, tales como calentadores encendidos, utilizados en las mismas para producir gas de síntesis.

Preferiblemente, dicho enfriamiento indirecto de dicho gas de síntesis con dicho BFW en uno o más intercambiadores de calor, es decir, unidades de precalentamiento de BFW, se realiza aguas arriba y/o aguas abajo de dicha una o más unidades de conversión por desplazamiento de agua-gas.

En una realización de acuerdo con el segundo aspecto de la invención, como se indica en la reivindicación 11 adjunta, la unidad de reformado con vapor es una unidad de reformado autotérmico (unidad ATR), o una combinación de un reformador de metano con vapor (SMR) convencional, p. ej., un reformador tubular y una unidad ATR. Esta combinación en particular resulta adecuada para la producción de hidrógeno a gran escala.

En una realización de acuerdo con el segundo aspecto de la invención, como se indica en la reivindicación 12 adjunta, la planta comprende, además:

- medios de presión de condensado del proceso tales como una bomba para conducir dicha corriente de condensado del proceso a dicha caldera de condensado del proceso;

- un recipiente de condensado y/o tambor de condensado para recoger un producto de condensado de dicha corriente de vapor puro utilizado durante la generación de dicha corriente de vapor del proceso (utilizando una porción de dicha corriente de vapor puro que sale de la caldera de PC), y opcionalmente medios de presurización tales como una bomba para transportar y mezclar dicho producto condensado (vapor puro condensado) con BFW introducido en la planta, es decir, BFW importado.

En una realización de acuerdo con el segundo aspecto de la invención, como se indica en la reivindicación 13 adjunta, la planta comprende, además:

un intercambiador de calor para el calentamiento indirecto del condensado del proceso aguas arriba de dicha caldera de condensado del proceso, siendo dicho calentamiento indirecto preferiblemente con una parte del gas de síntesis retirado aguas abajo de dichas una o más unidades de conversión por desplazamiento de agua-gas, comprendiendo la planta preferiblemente también medios para dividir dicha porción del gas de síntesis.

- 5 Cualquiera de las realizaciones del primer aspecto de la invención se puede utilizar con el segundo aspecto de la invención, y viceversa. Se entendería que cualquiera de los beneficios asociados de las realizaciones del primer aspecto de la invención se puede utilizar con el segundo aspecto de la invención, y viceversa.

Breve descripción de los dibujos

- 10 La FIG. 1 muestra un diseño de planta del procedimiento, no de acuerdo con la presente invención, y en la que solo se usa vapor puro para la generación de vapor del proceso en una caldera de PC. El vapor del proceso generado, sin mezclarse con vapor puro, se añade a la materia prima hidrocarbonada para el reformado con vapor.

La FIG. 2 muestra otro diseño del procedimiento de acuerdo con una realización de la invención, en la que se utilizan vapor puro y gas de síntesis para la generación de vapor del proceso en una caldera de PC.

Descripción detallada

- 15 Con referencia a la Fig. 1, se muestra una planta de proceso 100, en donde una materia prima hidrocarbonada (no mostrada) se reforma catalíticamente en una unidad de reformado con vapor tal como una unidad SMR convencional (no mostrada) para producir un gas de síntesis crudo 12 que pasa a través de un primer precalentador de agua de alimentación de la caldera (BFW) (unidad de intercambio de calor) 110, generando con ello una corriente de gas de síntesis precalentada 14 que se hace pasar a través de una etapa de conversión por desplazamiento catalítica que comprende en este diseño una unidad de conversión por desplazamiento de medio 120. Desde esta unidad de conversión por desplazamiento, se produce una corriente de gas de síntesis 16 enriquecida en hidrógeno que luego se enfría en un segundo precalentador de BFW 110', creando así una corriente de gas de síntesis enfriada 18, que se enfría adicionalmente en un tercer precalentador de BFW 110", generando así una corriente de gas de síntesis enfriada 20. El agua del gas de síntesis 20 se elimina en el separador 130 de condensado del proceso (PC). El condensado del proceso se separa como corriente 28, mientras que la corriente de gas de síntesis empobrecida en agua se retira como una corriente 22 y posteriormente se hace pasar a través de una unidad de purificación de hidrógeno, tal como una unidad de PSA 140, bajo formación de un producto de hidrógeno 24 y gas de escape de PSA 26.

- El agua de alimentación de la caldera (BFW) se introduce en el procedimiento/planta como corriente de importación de BFW 34 y luego se utiliza como medio de intercambio de calor en el tercer precalentador de BFW 110", formando así una primera corriente de BFW precalentada 36. Esta corriente se puede combinar con corriente de condensado 56 (véase la descripción más adelante) para formar la corriente de BFW precalentada 38. Parte de esta corriente de BFW precalentada 38 se utiliza luego como corriente 40 en el segundo precalentador de BFW 110' y como corriente 44 en el primer precalentador de BFW 110, generando así corrientes de BFW precalentadas 42, 46 que luego se combinan en la corriente de BFW 48.

- La corriente de BFW 48 (vapor saturado) se utiliza luego como corriente de vapor puro 48' y como medio de intercambio de calor en una caldera de PC 180. En la caldera de PC 180, el vapor del proceso 32 se genera mediante la evaporación de la corriente de condensado del proceso 28, que es presurizada mediante la bomba 150 y primero es precalentada en el precalentador (unidad de intercambio de calor) 160 para formar una corriente de condensado del proceso precalentada 30. El precalentador 160 utiliza un condensado 52 del vapor puro 48', 50 que se utilizó en la caldera de PC 180, como medio intercambiador de calor. La corriente de condensado 52 se extrae del recipiente de condensado 170. Desde el colector de condensado (tambor) 190, el condensado 56 antes mencionado (generado a partir del vapor puro) se presuriza y se mezcla con la corriente de BFW 36.

- El procedimiento/planta muestra, por lo tanto, dos sistemas separados: un sistema BFW que comprende intercambiadores de calor de BFW (110, 110', 110") para generar una corriente de vapor puro 48, 48' a partir del BFW 34 introducida en el procedimiento/planta, y un sistema PC. que comprende una caldera de PC 180 para generar una corriente de vapor del proceso separada 32, mediante la evaporación del condensado del proceso 28 obtenido del gas de síntesis. La caldera de PC 180 utiliza la corriente de vapor puro 48' como medio de intercambio de calor en ella. El vapor del proceso 32, sin mezclarse con vapor puro, se añade luego adecuadamente a la materia prima hidrocarbonada, p. ej., gas natural, utilizado en la unidad de reformado con vapor, p. ej., unidad SMR convencional, no mostrada.

- Ahora con referencia a la Fig. 2, se muestra una planta de proceso 200, en donde la caldera de PC 280 incluye: una unidad de intercambio de calor 280' para evaporar la corriente de condensado del proceso utilizando vapor puro como medio de intercambio de calor, así como una unidad de intercambio de calor separada. 280" para evaporar el condensado del proceso mediante el enfriamiento del gas de síntesis.

- Como en la Fig. 1, la materia prima hidrocarbonada (no mostrada) se reforma catalíticamente en una unidad de reformado con vapor tal como una unidad ATR (no mostrada) para producir un gas de síntesis crudo 212 que pasa a través de un primer precalentador de agua de alimentación de la caldera (BFW) (unidad de intercambio de calor) 210, generando con ello una corriente de gas de síntesis precalentada 214 que se hace pasar a través de una etapa de conversión por desplazamiento catalítico que comprende una primera unidad en forma de una unidad de desplazamiento MT 220, y una segunda unidad en forma de unidad de desplazamiento LT 220'.

De la primera unidad 220 se retira un gas de síntesis 216 que luego se utiliza como medio de intercambio de calor y, con ello, se enfría en la unidad de intercambio de calor 280" dispuesta dentro de la caldera de PC 280. El gas de síntesis enfriado se enfría adicionalmente en el precalentador 210' antes de ingresar en la unidad de desplazamiento LT 220', produciendo con ello un gas de síntesis enriquecido en hidrógeno 216'. Parte de esta corriente 216' se divide y se utiliza para precalentar, a
5 través del precalentador o unidad de intercambio de calor 260, la corriente de condensado del proceso 228, que es presurizada por la bomba 250 para la caldera de PC 280.

Otra parte de la corriente de gas de síntesis 216' se enfría adicionalmente en el precalentador de BFW 210" utilizando la corriente de importación de BFW 234 que se introduce en el procedimiento. El gas de síntesis enfriado adicionalmente de este modo se combina luego con el gas de síntesis enfriado del precalentador 260 y se hace pasar al separador de PC. 230. Del
10 separador de PC 230 se retira una corriente de gas de síntesis empobrecida 220 que finalmente se hace pasar a la unidad de purificación de hidrógeno 240, tal como la unidad de PSA, bajo la formación de una corriente de producto de hidrógeno 224 y una corriente de gas de escape de PSA 226. El agua eliminada en el separador de PC 230 se retira como dicha corriente de condensado de PC 228, que resulta después de pasar a través de la caldera de PC 280 en vapor del proceso 232. Este vapor
15 del proceso 232, sin mezclarse con vapor puro, se añade luego a la materia prima hidrocarbonada utilizada en la unidad de reformado con vapor.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para producir un gas de síntesis mediante reformado catalítico con vapor de una materia prima hidrocarbonada en una unidad de reformado con vapor, generando opcionalmente dicha unidad de reformado un gas de combustión, en el que se elimina agua del gas de síntesis como un condensado del proceso, en donde el agua de alimentación de la caldera se introduce en el proceso y en el que dicho procedimiento produce al menos dos corrientes de vapor separadas:
5 i) una corriente de vapor puro que se genera a partir de al menos una parte de dicho agua de alimentación de la caldera (BFW) mediante el enfriamiento del gas de síntesis, y ii) una corriente de vapor del proceso que se genera evaporando al menos una parte del condensado del proceso mediante el enfriamiento del gas de síntesis; y en el que la etapa ii) se lleva a cabo en una caldera de condensado del proceso (caldera de PC); y en el que la etapa ii) también comprende el enfriamiento de al menos
10 una parte de dicha corriente de vapor puro y/o el enfriamiento de dicho gas de combustión.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de reformado con vapor es una unidad de reformado autotérmico (ATR), o una combinación de un reformador de metano con vapor (SMR) convencional, p. ej., un reformador tubular, y una unidad de ATR, a partir de la cual se produce un gas de síntesis bruto, y dicho gas de síntesis es un gas de proceso producido haciendo pasar dicho gas de síntesis bruto a través de una fase de conversión catalítica por desplazamiento de agua-gas (WGS) que comprende el uso de una o más unidades de conversión por desplazamiento de agua-gas.
15
3. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que dicha una o más unidades de conversión por desplazamiento de agua-gas comprende el uso de una primera unidad de conversión por desplazamiento tal como una unidad de conversión por desplazamiento de temperatura alta o media (unidad de desplazamiento HT o MT) y posteriormente una segunda unidad de conversión por desplazamiento tal como una unidad de conversión por desplazamiento de temperatura media o baja (unidad de desplazamiento MT o LT) y, opcionalmente, una tercera unidad de conversión por desplazamiento tal como una unidad de conversión por desplazamiento de baja temperatura (unidad de desplazamiento LT), y en el que dicho enfriamiento del gas de síntesis en la etapa ii) es el enfriamiento de una corriente de gas de síntesis que sale de dicha primera o segunda unidad de conversión por desplazamiento, p. ej., dicha unidad de desplazamiento HT o MT.
20
4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el condensado del proceso se precalienta, preferiblemente mediante intercambio de calor indirecto, con:
25
 - vapor puro utilizado en dicha etapa ii), o un condensado del mismo;
 - y/o
 - una porción del gas de síntesis retirada después de dicha fase de conversión WGS, preferiblemente después de la segunda o tercera unidad de conversión por desplazamiento, y preferiblemente también antes del enfriamiento adicional del gas de síntesis en uno o más intercambiadores de calor, es decir, unidades de precalentamiento de BFW, utilizadas para la generación de la corriente de vapor puro.
30
5. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que una parte de la corriente de vapor puro se utiliza como vapor de exportación.
6. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que la corriente de vapor del proceso se mezcla con la materia prima hidrocarbonada antes de entrar en la unidad de reformado con vapor; y en el que el vapor del proceso no se combina preferiblemente con vapor puro al mezclarlo con la materia prima hidrocarbonada.
35
7. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el gas de síntesis se convierte en una corriente de producto de hidrógeno, generándose el condensado del proceso en un separador de condensado del proceso, en donde el separador de condensado del proceso también genera una corriente de gas de síntesis empobrecida en agua de la cual al menos una parte se hace pasar a través de una fase de purificación de hidrógeno, preferiblemente en una unidad de adsorción por oscilación de presión (unidad PSA), bajo la formación de dicha corriente de producto de hidrógeno y una corriente de gas de escape.
40
8. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que la corriente de vapor puro, después de utilizarse para generar la corriente de vapor del proceso, se condensa y se mezcla con el agua de alimentación de la caldera (BFW) introducida en el procedimiento.
45
9. Planta para producir un gas de síntesis, que comprende:
 - una unidad de reformado con vapor para convertir una materia prima hidrocarbonada en dicho gas de síntesis y, opcionalmente, generar un gas de combustión;
 - un separador de condensado del proceso para eliminar agua de dicho gas de síntesis, formando con ello una corriente de gas de síntesis empobrecida en agua y una corriente de condensado del proceso;
 - un sistema de agua de alimentación de la caldera (BFW) que comprende uno o más intercambiadores de calor de BFW para generar una corriente de vapor puro, mediante enfriamiento indirecto en uno o más intercambiadores de calor, es decir, unidades de precalentamiento de BFW, de dicho gas de síntesis;
50

- un sistema de condensado del proceso (PC) que comprende una caldera de condensado del proceso (caldera de PC) para generar una corriente de vapor del proceso, comprendiendo dicha caldera del PC:

una unidad de intercambio de calor para evaporar al menos una parte de dicha corriente de condensado del proceso mediante el enfriamiento del gas de síntesis; y

5 una unidad de intercambio de calor para evaporar al menos una parte de dicha corriente de condensado del proceso mediante el enfriamiento de al menos una parte de dicha corriente de vapor puro como medio de intercambio de calor, y/o una unidad de intercambio de calor para evaporar al menos una parte de dicha corriente de condensado del proceso mediante el enfriamiento de los gases de combustión.

10 10. Planta de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende convertir dicho gas de síntesis en un producto de hidrógeno, comprendiendo además la planta: una o más unidades de conversión por desplazamiento de agua-gas para enriquecer dicho gas de síntesis en hidrógeno; una unidad de purificación de hidrógeno para producir dicho producto de hidrógeno a partir de al menos una parte de dicha corriente de gas de síntesis empobrecida en agua, y una corriente de gas de escape.

15 11. Planta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en donde la unidad de reformado con vapor es una unidad de reformado autotérmico (ATR), o una combinación de un reformador de metano con vapor (SMR) convencional, p. ej., un reformador tubular y una unidad ATR.

12. Planta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-11, que comprende, además:

- medios de presión de condensado del proceso tales como una bomba para conducir dicha corriente de condensado del proceso a dicha caldera de condensado del proceso;

20 - un recipiente de condensado y/o tambor de condensado para recoger un producto de condensado de dicha corriente de vapor puro utilizado durante la generación de dicha corriente de vapor del proceso y, opcionalmente, medios de presurización tales como una bomba para transportar y mezclar dicho producto de condensado con BFW introducido en la planta.

25 13. Planta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-12, que comprende, además, un intercambiador de calor para el calentamiento indirecto del condensado del proceso aguas arriba de dicha caldera de condensado del proceso, siendo dicho calentamiento indirecto preferentemente con una porción del gas de síntesis retirada aguas abajo de dicho una o más unidades de conversión por desplazamiento de agua-gas, comprendiendo la planta preferiblemente también medios para dividir dicha porción del gas de síntesis.

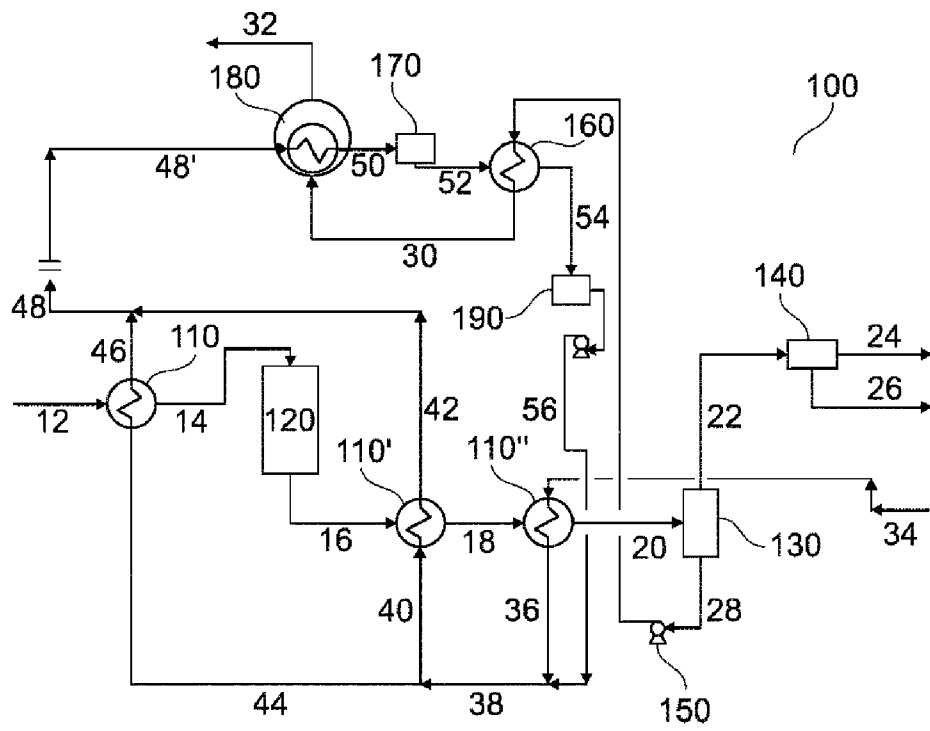


Fig. 1

