

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 488 133**

51 Int. Cl.:

C10G 2/00 (2006.01)

C01B 3/48 (2006.01)

C01B 3/58 (2006.01)

C07C 1/02 (2006.01)

C10L 3/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2010 E 10748134 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014 EP 2451902**

54 Título: **Aparato y proceso de metanación de gas de síntesis**

30 Prioridad:

08.07.2009 IT MI20091211

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

26.08.2014

73 Titular/es:

FOSTER WHEELER ITALIANA S.R.L. (100.0%)

Via Sebastiano Caboto 1

20094 Corsico, IT

72 Inventor/es:

BRESSAN, LUIGI y

SUDIRO, MARIA

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 488 133 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato y proceso de metanación de gas de síntesis

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un aparato y un proceso de metanación de gas de síntesis.

10 **Técnica anterior**

10 Como se sabe, la expresión "gas de síntesis" indica una mezcla de gases que consiste en monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂), y, en cantidades menores, dióxido de carbono (CO₂), vapor (H₂O) y otros compuestos o impurezas (que también dependen de la fuente usada para su producción); en general, el gas de síntesis se obtiene por medio de procesos apropiados de gasificación oxidativa de diferentes fuentes (tales como carbón, coque de 15 petróleo, biomasa, aceites de refinería, diferentes tipos de residuos, residuos de la industria petroquímica, etc.).

Entre las diferentes aplicaciones del gas de síntesis, se conoce su uso para procesos de metanación, donde se usa sustancialmente gas de síntesis para producir metano.

20 La reacción de metanación implica la reacción de H₂ y CO en una proporción molar de 3:1. Esta reacción se lleva a cabo sobre un catalizador y es muy rápida y exotérmica. Esto es porque se requiere un control preciso de la naturaleza exotérmica de la reacción para tener un proceso global viable y eficaz.

25 Se conocen procesos en los cuales la reacción de metanación se lleva a cabo en un reactor de metanación alimentado con una mezcla que tiene una proporción molar de H₂:CO igual a 3:1 y viene acompañado de un flujo de materia inerte (es decir, materia únicamente implicada de forma marginal en la reacción) para mitigar el efecto 30 térmico del desarrollo de calor de reacción. Se obtiene el flujo de materia inerte en particular por medio de recirculación de parte del producto final de la reacción al reactor de metanación con ayuda de un compresor. La necesidad de emplear un compresor (que generalmente tiene un tamaño considerable y un consumo de energía elevado) afecta de forma negativa a la eficacia total y a la fiabilidad del proceso.

Además, en este tipo de procesos se debe producir el gas de síntesis empleado, o en cualquier caso se debe tratar, para que tenga la composición deseada y específicamente la proporción molar de H₂:CO citada, obtenida por 35 ejemplo por medio de reacción de desplazamiento parcial o completa y retirada de CO₂.

Los procesos de metanación de gas de síntesis y las plantas se divulgan en los documentos: US389113; US 4046523; US 4115075; LIZ y col.: "CO removal by tow-stage methanation for polymer electrolyte fuel cell", Journal of 40 Natutral Gas Chemistry, Elsevier, US, CN, vol. 17, n°. 4, 1 de diciembre de 2008 (2008-12-01), páginas 359-364. Todos estos documentos divulgan procesos donde se alimenta un gas de síntesis en un reactor de desplazamiento junto con vapor; posteriormente se dirige el efluente del reactor de desplazamiento a una unidad de metanación que comprende reactores de metanación en serie; todos los reactores de metanación son alimentados con gas que ha reaccionado que sale del reactor anterior y se hace pasar a través del reactor de desplazamiento.

45 **Divulgación de la invención**

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un proceso de metanación de gas de síntesis y un aparato que no tengan los inconvenientes de la técnica anterior destacados en la presente memoria; en particular, es un objetivo de la invención proporcionar un proceso y un aparato que permitan un control preciso de la reacción de metanación de manera simple y completamente eficaz. 50

Por tanto, la presente invención se refiere a un proceso de metanación de gas síntesis y un aparato como se define en las términos esenciales en las reivindicaciones adjuntas 1 y 8 respectivamente, así como en las reivindicaciones dependientes, con tal de que se consideren las características preferidas adicionales.

55 De este modo, la invención permite el control de la elevada naturaleza exotérmica de las reacciones de metanación sin recurrir a recirculación pesada u otras soluciones complicadas; como cuestión de hecho, se lleva a cabo el control de la reacción de metanación introduciendo, en los correspondientes reactores de metanación, flujos que tienen un elevado contenido de materias inertes, obtenidas por medio de una etapa de desplazamiento preliminar con adición de vapor; así como también por medio de alimentación de fracciones de gas de síntesis nuevo (que no han pasado a través del reactor de desplazamiento) en los siguientes posibles reactores de metanación. 60

Breve descripción del dibujo

Las características adicionales y las ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente divulgación de un ejemplo no limitante, con referencia a la figura adjunta que es una vista de diagrama de un aparato de metanación de gas de síntesis fabricado de acuerdo con la invención. 65

En la figura adjunta, 1 indica, en su totalidad, un aparato de metanación de gas de síntesis.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

5 El aparato 1 comprende un circuito 2 de alimentación de gas, un reactor de desplazamiento 3 (donde tiene lugar la reacción de desplazamiento), un primer reactor de metanación 4 y uno o más reactores 5 de metanación secundarios posteriores (en los cuales tienen lugar las respectivas reacciones de metanación) un circuito 6 de alimentación de vapor y un sistema 7 de control abierto, conectado de forma operativa con el circuito 2 de alimentación de gas y un circuito 6 de alimentación de vapor.

10 El circuito 2 de alimentación de gas tiene una entrada primaria 8 por medio de la cual se alimenta el gas de síntesis en el aparato 1; la entrada primaria 8 está conectada por ejemplo a un aparato de gasificación de cualquier tipo conocido (no mostrado ni divulgado por cuestiones de simplicidad); el gas de síntesis alimentado en el aparato 1 por medio de la entrada primaria 8 es un gas de síntesis genérico, que consiste por tanto esencialmente en H₂, CO, CO₂, H₂O y obtenido a partir de cualquier proceso de oxidación parcial de carbono, coque de petróleo, biomasa, aceites de refinería y residuos de la industria petroquímica en general, residuos sólidos urbanos, etc.; de manera ventajosa (pero no necesariamente), el gas de síntesis alimentado al aparato 1 se ha limpiado de forma preliminar en una etapa de purificación apropiada (conocida), aunque no se haya sometido a tratamientos para ajustar la proporción molar H₂/CO.

20 En cualquier caso debería entenderse que la etapa de purificación también se puede colocar aguas abajo del reactor de desplazamiento 3 (en particular, entre el reactor de metanación 4 último y primero) dependiendo de las características del catalizador de desplazamiento usado en el reactor desplazamiento 3 para la reacción de desplazamiento y específicamente del hecho de que dicho catalizador pueda resistir las impurezas presentes en el gas de síntesis empleado.

30 La entrada primaria 8 está conectada a una tubería primaria 9 de circuito 2 de alimentación de gas; el reactor de desplazamiento 3 y los reactores de metanación 4, 5 están dispuestos en serie a lo largo de la tubería primaria 9, estando los reactores de metanación 4, 5 dispuestos en serie, uno con respecto al otro, y aguas abajo del reactor de desplazamiento 3 a lo largo de la tubería primaria 9.

35 En general, el aparato 1 comprende al menos un primer reactor de metanación 4 y uno o más segundos reactores de metanación 5 posteriores. En la realización preferida que se muestra en la figura adjunta, el aparato 1 comprende un primer reactor de metanación 4 y dos reactores de metanación 5A, 5B, es decir, tres reactores de metanación totales en serie, a los cuales se refiere la presente divulgación a continuación; debería entenderse que el aparato 1 puede comprender un número diferente de segundos reactores de metanación 5 posteriores (por ejemplo, incluso uno o más de dos).

40 El circuito 2 de alimentación de gas también comprende una o más tuberías auxiliares 11 que conectan la entrada primaria 8 a las respectivas entradas de los reactores de metanación 5 posteriores; en el ejemplo mostrado, dos tuberías auxiliares 11A, 11B toman el gas de síntesis nuevo (es decir, el gas de síntesis que ha pasado a través del reactor de desplazamiento 3) de la entrada primaria 8 hasta cada uno de los reactores de metanación 5A, 5B.

45 Se proporcionan tuberías auxiliares 11 con respecto a los grupos 12 de ajuste de caudal, por ejemplo grupos de válvulas, controlados por medio del sistema de control 7.

50 También se provee el circuito 2 de alimentación de gas a lo largo de la tubería primaria 9 con un intercambiador de calor 13 dispuesto aguas arriba del reactor de desplazamiento 3, un intercambiador de calor 14 dispuesto aguas arriba del primer reactor de metanación 4, otro intercambiador de calor 15 dispuesto aguas arriba de cada reactor de metanación 5 posterior, así como, de manera opcional, un intercambiador 16 de calor final aguas abajo del último reactor de metanación 5B.

55 Todos los intercambiadores de calor 13, 14, 15 están dispuestos a lo largo de la tubería 9 aguas arriba de un reactor de desplazamiento 3 respectivo o de un reactor de metanación 4, para enfriar los flujos de gas que entran en cada uno de estos reactores.

Las tuberías auxiliares 11, que caracterizan la presente invención, conectan la tubería primaria 9, en la entrada de los respectivos segundos reactores de metanación 5, aguas abajo de los respectivos intercambiadores de calor 15.

60 El reactor de desplazamiento 13 está configurado para captar la alimentación de gas de síntesis y vapor y llevar a cabo la reacción de desplazamiento agua-gas, es decir, una reacción en la cual el monóxido de carbono reacciona con agua (vapor) para formar dióxido de carbono e hidrógeno;

65
$$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$$

ES 2 488 133 T3

Cada uno de los reactores de metanación 4, 5 está configurado para producir metano por medio de al menos una reacción de metanación donde monóxido de carbono reacciona con hidrógeno para formar metano y agua:



5 A tal fin, se proporcionan catalizadores apropiados a los reactores de metanación 4, 5, que pueden catalizar la reacción de metanación indicada. Los reactores de metanación 4, 5 pueden ser de diferente tipo y pueden contener una o más perlas catalíticas, que pueden tener un perfil adiabático, un perfil isotermo o cualquier combinación de los dos perfiles. El mismo reactor de metanación también puede estar formado por varias perlas catalíticas.

10 En un primer reactor de metanación 4, el desarrollo de la reacción de metanación pasa a través de la descomposición de CO_2 por medio del equilibrio de desplazamiento, favoreciendo el control de la naturaleza exotérmica además de la acción desarrollada por el vapor. En los segundos reactores de metanación 5, la reacción de metanación está controlada por la masa preponderante de las sustancias inertes.

15 El circuito 6 de alimentación de vapor 6 comprende una tubería 18 de entrada de vapor que preferentemente conecta con una tubería primaria 9 aguas arriba del reactor de desplazamiento 3, de manera que se alimenta gas de síntesis al reactor de desplazamiento 3 procedente de la tubería primaria 8 y vapor procedente de la entrada 6 de alimentación de vapor. Se proporciona a la tubería 18 de entrada de vapor un grupo 19 de ajuste de caudal, por ejemplo un grupo de válvulas, controlado por medio de un sistema de control 7.

20 De manera ventajosa, el circuito 6 de alimentación de vapor también conecta los intercambiadores de calor 13-16, de manera que el vapor alimentado al reactor de desplazamiento 3 se produce ventajosamente, de manera total o parcial, por medio de los intercambiadores 13-16.

25 Opcionalmente, el circuito 2 de alimentación de gas y/o el circuito 6 de alimentación de vapor están provistos de medios de circulación, que son conocidos y no se muestran por motivos de simplicidad.

30 El sistema de control 7 comprende controladores de temperaturas 21, 22 asociados a los respectivos grupos de ajuste 19, 12 y configurados para detectar (por medio de sensores de temperatura apropiados) la temperatura del flujo de gas que circula dentro del circuito 2 de alimentación de gas en posiciones predeterminadas, en particular a lo largo de la tubería primaria 9 en la salida de cada reactor de metanación 4, 5, y por consiguiente para controlar los grupos de ajuste 19, 12 asociados.

35 En particular, el primer controlador 21 detecta la temperatura del flujo de gas en la salida del primer reactor de metanación 4 y controla el grupo de ajuste 19 de la tubería 18 de entrada de vapor para ajustar el caudal de vapor que se alimenta al reactor de desplazamiento 3.

40 Otros controladores 22 detectan la temperatura de flujo de gas en la salida de cada reactor de metanación 5 y los grupos 12 de ajuste y control de las tuberías auxiliares 11 para ajustar el caudal de gas de síntesis nuevo (que no se ha hecho pasar a través del reactor de desplazamiento 3) que se alimenta en el respectivo reactor de metanación 5.

45 La operación del aparato 1 para llevar a cabo el proceso de metanación de gas de síntesis de acuerdo con la invención es la siguiente.

50 Una vez que ha pasado por el intercambiador de calor 13, se alimenta una primera fracción de gas de síntesis a tratar (procedente por ejemplo de un aparato genérico de gasificación a partir del cual se han retirado de forma simple las impurezas principales), en el reactor de desplazamiento 3 por medio de la tubería primaria 9, junto con un caudal de vapor alimentado a través de la tubería 18 de entrada de vapor.

En lugar de ello, se extraen otras fracciones de gas de síntesis a través de las tuberías auxiliares 11.

55 Se ajusta la cantidad de vapor alimentado al reactor de desplazamiento 3 por medio de un controlador 21, sobre la base de la temperatura del flujo de gas detectado en la salida del primer reactor de metanación 4. La cantidad de vapor alimentada al reactor de desplazamiento 3 depende por un lado de la composición del gas de síntesis a tratar y por otro, del número de segundos reactores de metanación 5 del aparato 1. En general, cuanto menor es este número, mayor es la cantidad de vapor que hay que añadir.

60 El controlador 21 ajusta el caudal de alimentación de vapor al reactor de desplazamiento 3, que opera sobre el grupo de ajuste 19, sobre la base de la temperatura del flujo de gas detectada en la salida del primer reactor de metanación 4. En particular, el controlador 21 opera para mantener la temperatura T_1 en la salida del primer reactor de metanación 4 en un valor compatible con el equilibrio deseado y con las características del catalizador empleado en el primer reactor de metanación 4; por consiguiente, el controlador 21 ajusta el flujo de vapor al reactor de desplazamiento 3 para garantizar que el reactor de desplazamiento 3 sea alimentado con una cantidad de vapor necesaria para la reacción de desplazamiento y con una cantidad adicional de vapor necesaria para controlar la naturaleza exotérmica de la reacción de metanación en el primer reactor de metanación 4 (donde el vapor actúa

como sustancia inerte y mitiga la naturaleza exotérmica de la reacción de metanación).

5 La reacción de desplazamiento entre monóxido de carbono presente en el gas de síntesis y el vapor presente en el gas de síntesis y alimentado desde fuera, tiene lugar en el reactor de desplazamiento 3. La reacción de desplazamiento reduce el contenido de CO del flujo de gas que posteriormente se alimenta al primer reactor de metanación 4, y también produce una cantidad de CO₂ que actúa, en las siguientes reacciones de metanación, por un lado como sustancia inerte (es decir, un material que no toma parte en la reacción de metanación) y por otro, como reactivo secundario en la reacción de metanación, con el fin del limitar la naturaleza exotérmica de la reacción de metanación; también el residuo de H₂O de la reacción de desplazamiento (llevada a cabo en exceso de H₂O) que permanece en el flujo de gas alimentado al primer reactor de metanación 4 aumenta la cantidad de sustancias inertes y contribuye a mitigar la reacción de metanación en este reactor.

15 Sustancialmente, se prepara una mezcla de gas compatible con una reacción de metanación controlada en el primer reactor de metanación 4, en el reactor de metanación 3.

20 El flujo de gas procedente del reactor de desplazamiento 3, por tanto, se enfría en el intercambiador de calor 14 y se envía completamente al primer reactor de metanación 4, donde tiene lugar la reacción de metanación. La naturaleza exotérmica de la reacción de metanación se mitiga por medio de la presencia de cantidades considerables de CO₂ y H₂O.

El flujo de gas que sale del primer reactor de metanación 4 se alimenta por completo en los reactores de metanación 5 posteriores en serie.

25 Una vez que se ha enfriado en el intercambiador de calor 15, el flujo de gas procedente del primer reactor de metanación 4 se envía al reactor de metanación 5A siguiente, junto con una fracción del gas de síntesis nuevo extraído a través de la tubería auxiliar 11A. El caudal de gas de síntesis nuevo añadido al flujo de gas procedente del primer reactor de metanación 4 y alimentado en el reactor de metanación 5A se ajusta por medio del controlador 22A, sobre la base de la temperatura del flujo de gas detectado en la salida del reactor de metanación 5A. El controlador 22A opera para mantener esta temperatura en un valor T2 compatible con el equilibrio deseado y con las características del catalizador empleado en el reactor de metanación 5A.

35 Similarmente, el flujo de gas procedente del reactor de metanación 5A pasa a través del intercambiador de calor 1 y posteriormente al reactor de metanación 5B posterior, con o sin la adición de otra fracción de gas de síntesis nuevo extraído a través de la tubería auxiliar 12A. Se ajusta el caudal de gas de síntesis nuevo alimentado al reactor de metanación 5B por medio del controlador 22B, sobre la base de la temperatura del flujo de gas detectado en la salida del reactor de metanación 5B. El controlador 22B opera para mantener esta temperatura en un valor predeterminado T3 que es el valor de equilibrio del sistema completo.

40 La reacción de metanación que ocurre en los reactores de metanación 5 también se lleva a cabo en exceso de hidrógeno para consumir sustancialmente el monóxido de carbono disponible y en presencia de cantidades apropiadas de sustancias inertes (CO₂ y H₂O) que tienen el efecto de controlar la naturaleza exotérmica de las reacciones de metanación.

45 El flujo de gas procedente del reactor de metanación 5B es un flujo con un contenido elevado de metano que, enfriado de manera apropiada en el intercambiador de calor 16, está disponible para diferentes aplicaciones.

50 Finalmente, debería entenderse que se pueden llevar a cabo modificaciones y variantes del aparato y del proceso divulgados y mostrados en la presente memoria, de manera que no se aparten del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso de metanación de gas de síntesis, que comprende: una etapa de reacción de desplazamiento, donde se alimenta al menos una primera fracción de gas de síntesis a tratar, junto con vapor, en un reactor de desplazamiento (3) donde tiene lugar la reacción de desplazamiento; una primera etapa de metanación, donde se alimenta el flujo de gas producido en el reactor de desplazamiento (3) en el menos un primer reactor de metanación (4), donde tiene lugar una reacción de metanación; una o más etapas de metanación adicionales llevadas a cabo de forma secuencial en segundos reactores de metanación (5) respectivos, en serie; donde las etapas de metanación adicionales se llevan a cabo por medio de adición de gas de síntesis nuevo, que no se ha sometido a la reacción de desplazamiento; y donde se ajusta el caudal de gas de síntesis nuevo alimentado a cada uno de los segundos reactores de metanación (5) como función de la temperatura del flujo de gas detectado en la salida del mismo reactor de metanación (5), y se ajusta la cantidad de vapor alimentada al reactor de desplazamiento (3) como función de la temperatura del flujo de gas detectada en la salida del primer reactor de metanación (4).
2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, donde el flujo de gas procedente del primer reactor de metanación (4) se alimenta por completo en los segundos reactores de metanación (5) en serie.
3. El proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde se alimenta una cantidad necesaria de vapor en el reactor de desplazamiento (3) para que tenga lugar la reacción de desplazamiento y se alimenta una cantidad adicional de vapor necesaria para controlar la naturaleza exotérmica de la reacción de metanación en el primer reactor de metanación (4).
4. El proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde se lleva a cabo la reacción de desplazamiento para reducir el contenido de CO del flujo de gas que se alimenta en el primer reactor de metanación (4), y además para producir una cantidad de CO₂ que actúa, en las reacciones de metanación posteriores, como reactivo y como una sustancia inerte para controlar la naturaleza exotérmica de las reacciones de metanación, junto con H₂O residual de la reacción de desplazamiento.
5. El proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, donde la reacción de desplazamiento se lleva a cabo en exceso de H₂O.
6. El proceso de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas de enfriamiento del flujo de gas que penetra en el reactor de desplazamiento (3) y/o uno o más de los reactores de metanación (4, 5).
7. El proceso de acuerdo con la reivindicación 6, donde las etapas de enfriamiento producen al menos parte del vapor alimentado al reactor de desplazamiento (3).
8. Un aparato (1) de metanación de gas de síntesis, que comprende: un reactor de desplazamiento (3), conectado a una tubería primaria (9) de un circuito (2) de alimentación de gas y un circuito (6) de alimentación de vapor, para la alimentación con el gas de síntesis por medio de la tubería primaria (9) y con vapor por medio del circuito (6) de alimentación de vapor para llevar a cabo una reacción de desplazamiento; al menos un primer reactor de metanación (4) donde tiene lugar la reacción de metanación y dispuesto aguas abajo del reactor de desplazamiento (3) a lo largo de la tubería primaria (9); uno o más segundos reactores de metanación (5) adicionales, dispuestos en serie aguas abajo del primer reactor de metanación (4) a lo largo de la tubería primaria (9); estando el aparato **caracterizado por que:**
- el circuito (2) de alimentación de gas comprende una o más tuberías auxiliares (11) que alimentan los respectivos segundos reactores de metanación (5) con flujos de gas de síntesis nuevo que no pasan a través del reactor de desplazamiento (3);
 - el aparato además comprende un sistema de control (7) conectado de forma operativa con el circuito (2) de alimentación de gas y con el circuito (6) de alimentación de vapor y que comprende controladores de temperatura (21, 22) asociados a los respectivos grupos de ajuste (19, 12) y configurados para detectar la temperatura del flujo de gas que circula en el circuito (2) de alimentación de gas en la salida de cada reactor de metanación (4, 5), y por consiguiente controlar los grupos de ajuste (19, 12) asociados;
 - un primer controlador (21) detecta la temperatura del flujo de gas en la salida del primer reactor de metanación (4) y controla el grupo de ajuste (19) de una tubería (18) de entrada de vapor para ajustar el caudal de vapor que se alimenta en el reactor de desplazamiento (3), sobre la base de la temperatura del flujo de gas detectada en la salida del primer reactor de metanación (4);
 - los segundos controladores (22) detectan la temperatura del flujo de gas en la salida de cada reactor de metanación (5) y controlan los respectivos grupos (12) de ajuste de caudal de las tuberías auxiliares (11) para ajustar el caudal de gas de síntesis nuevo que se alimenta en el respectivo reactor de metanación (5) como función de los valores de temperatura detectados en la salida de cada uno de los segundos reactores de metanación (5).

9. El aparato de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende intercambiadores de calor (13, 14, 15) dispuestos a lo largo de la tubería primaria (9) aguas arriba del reactor de desplazamiento (3) y/o un respectivo reactor de metanación (4, 5) para enfriar los flujos de gas que entran en cada uno de los citados reactores.
- 5 10. El aparato de acuerdo con la reivindicación 9, donde los intercambiadores de calor (13, 14, 15) están conectados al circuito (6) de alimentación de vapor y producen al menos parte de la alimentación de vapor al reactor de desplazamiento (3).

