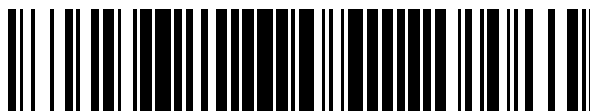


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 877**

51 Int. Cl.:

**C01B 3/34** (2006.01)

**B01J 19/00** (2006.01)

12

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06007840 .9**

96 Fecha de presentación: **13.04.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1712518**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.10.2006**

54 Título: **Proceso y sistema para utilizar calor residual a baja temperatura para la preparación de gas de síntesis**

30 Prioridad:  
**15.04.2005 US 106781**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**02.04.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**02.04.2012**

73 Titular/es:  
**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC.  
7201 HAMILTON BOULEVARD  
ALLENTOWN, PA 18195-1501, US**

72 Inventor/es:  
**Pham, Hoanh Nang;  
Herb, Blaine Edward y  
Achilles, Geoffrey Colling**

74 Agente/Representante:  
**Ungría López, Javier**

**ES 2 377 877 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

Proceso y sistema para utilizar calor residual a baja temperatura para la preparación de gas de síntesis

5 **Antecedentes de la invención**

La presente invención se refiere a procesos y sistemas para la producción de gas de síntesis por reformado de vapor y, en particular, a la integración mejorada en dichos procesos y sistemas, para aumentar la recuperación de calor residual, mejorar la eficacia térmica y eliminar o minimizar la corrosión del precalentador de aire.

10 Un proceso y sistema de reformado con vapor convencional y típico, mostrado en la Figura 1, incluye un pre-tratamiento de alimentación 12, un pre-reformado opcional (no mostrado), un reformado de hidrocarburo con vapor 15, una línea de recuperación de calor residual para la corriente de gas de proceso, y una línea de recuperación de calor residual para la corriente de gas de escape. La línea de recuperación de calor residual para la corriente de gas de proceso incluye una caldera de calor residual 18, una unidad de conversión 21, un precalentador de la alimentación 22, un calentador del agua de alimentación a la caldera 24, un calentador de agua 26, un sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera 32, una línea de refrigeración 29, y un sistema de purificación de hidrógeno por adsorción de presión oscilante (PSA) 35. La línea de recuperación de calor residual para la corriente de gas de escape incluye bobinas calefactoras del proceso 38, un sistema de generación de vapor 39, un precalentador de aire 42 y un ventilador de tiro inducido (ID) 45.

25 El pre-tratamiento de la alimentación 12 normalmente implica precalentar la alimentación de hidrocarburo 11 y retirar azufre, cloro y otros venenos del catalizador de la alimentación de hidrocarburo. La alimentación de hidrocarburo gaseosa tratada 13 se mezcla con la corriente de proceso 14, y se alimenta en el reformador de hidrocarburo con vapor 15, en el que la alimentación mixta se convierte en gas de síntesis o gas de proceso sobre un lecho de catalizador de níquel a temperaturas de 800 °C a 950 °C. El calor se suministra por combustión del gas de purga de PSA 37 y una porción de la alimentación de hidrocarburo 10 a través de múltiples quemadores (no mostrados).

30 El calor del gas de proceso 17 que sale del reformador de hidrocarburo con vapor 15 se usa para generar vapor a alta presión en la caldera de calor residual 18, antes de que el gas de proceso entre en la unidad de conversión 21 de agua-gas adiabática. En la unidad de conversión, el monóxido de carbono reacciona con el agua y se convierte en dióxido de carbono e hidrógeno sobre un lecho catalítico. El calor del gas de proceso 20 que sale de la unidad de conversión se suministra al precalentador de la alimentación de hidrocarburo 22, el calentador de agua de alimentación a la caldera (BFW) 24, y el calentador de agua complementaria 26. El calor residual, normalmente a 35 baja temperatura, del gas de proceso se desecha después al entorno en la línea de refrigeración 29.

40 El condensado 31 del gas de proceso resultante de la recuperación de calor se separa y devuelve al sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera 32, donde el condensado 31 se combina con el agua complementaria 27 del calentador de agua 26. La corriente de líquido combinado 33 se alimenta al calentador de BFW 24. La corriente de BFW calentada 30 que sale del calentador de BFW se envía al sistema de vapor 49.

Finalmente, el producto de hidrógeno 36 se separa del gas de proceso en el sistema PSA 35. La descarga gaseosa PSA 37 se devuelve y quema en el reformador, para suministrar calor al proceso de reformado.

45 Los puntos donde la temperatura de una corriente (fuente de calor) se aproxima a la temperatura de otra corriente (sumidero de calor) de denominan "puntos críticos". Los puntos críticos reducen la diferencia de temperatura de la fuerza impulsora para la transferencia de calor. Por lo tanto, se requiere una cantidad significativa de área superficial para recuperar una pequeña cantidad del calor desde la fuente de calor.

50 Más de la mitad del contenido de energía en el gas de proceso 20 que sale de la unidad de conversión 21 es el calor de condensación de humedad. Desafortunadamente, la condensación presenta un estrechamiento a medida que el gas de proceso se enfría. El estrechamiento limita la capacidad de recuperar el calor del gas de proceso. Como resultado, una cantidad significativa de calor residual del gas de proceso se desecha al entorno, a través de la línea de refrigeración 29. Dependiendo de los requisitos del proceso, el rechazo de calor podría ser de aproximadamente 55 el 20 % al 25 % del calor total contenido en la corriente de gas de proceso que sale de la unidad de conversión.

60 El calor sensible del gas de escape 18 que sale del reformador de hidrocarburo con vapor 15 se recupera por precalentamiento de la alimentación mixta en las bobinas calefactoras del proceso 38, y generando un vapor a alta presión adicional en el sistema de generación de vapor 39. La corriente de gas de escape 41 que sale de la caldera continúa calentando el aire de combustión 48, que se suministra mediante el ventilador de tiro forzado (FD) 47 en el precalentador de aire 42. La temperatura del gas de escape 44 que sale del precalentador de aire normalmente se enfría a aproximadamente 149 °C (300 °F) antes de que el gas de escape 46 se libere a la atmósfera a través del ventilador ID 45. A esta temperatura, el gas de escape aún contiene una gran cantidad de energía que es más de la 65 mitad de la energía total perdida en la planta de reformado.

Es difícil recuperar el calor de baja calidad o a baja temperatura ( $< 149\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $< 300\text{ }^{\circ}\text{F}$ )) del gas de escape porque (1) no hay una cantidad suficiente de aire de combustión para absorber todo el calor disponible, y (2) los problemas de corrosión en el precalentador de aire requieren mantener una temperatura del gas de escape suficientemente alta para evitar la condensación de humedad y/o azufre. En consecuencia, una cantidad significativa de calor se desecha al entorno.

La Patente de Estados Unidos N° 3.071.453 (James) describe un proceso de reformado de hidrocarburo en el que se genera vapor a partir del calor residual del gas de proceso a una presión entre 0,17 MPa (25 psig) y 0,69 MPa (100 psig). El vapor a baja presión se supercalienta después y se expande en una turbina de vapor, para generar energía que impulsa la compresión del producto gaseoso. Como resultado, el proceso de reformado produce una corriente de gas que contiene hidrógeno a alta presión de una manera más eficaz. El proceso utiliza la energía térmica disponible en el gas reformado caliente para eliminar o reducir el requisito de energía externa para la compresión del producto.

El documento EP 0 200 825 A1 se refiere al reformado con vapor de hidrocarburo usando supercalentadores de vapor en serie. En particular, este documento describe un proceso en el que una corriente de alimentación de hidrocarburo gaseoso se reforma parcialmente a temperaturas elevadas en un cambiador de calor indirecto, sin gases de combustión, en un horno de reformado primario de combustión directa provisto de una sección de convección para la recuperación del calor del gas de combustión. La corriente de alimentación parcialmente reformada se reforma después adicionalmente en presencia de un gas que contiene oxígeno y una corriente, en un reformador secundario, para formar un efuente gaseoso del reformador secundario. El proceso de acuerdo con el documento EP 0 200 825 A1 comprende calentar adicionalmente un vapor saturado a alta presión en una primera zona de supercalentamiento de vapor, mediante intercambio de calor indirecto con al menos una porción de dicho gas efuente del reformador secundario, para formar una primera corriente de vapor supercalentado; y calentar adicionalmente dicho vapor supercalentado en una segunda zona de supercalentamiento de vapor, mediante el intercambio de calor indirecto con dichos gases de combustión calientes del reformador primario, para formar una segunda corriente de vapor supercalentado.

El documento US 3.441.393 describe un proceso para la producción de un gas rico en hidrógeno a presión elevada, mediante una o una combinación de etapas comprendidas por oxidación parcial, reformado primario, reformado secundario y conversión, a temperaturas elevadas y presiones intermedias, seguido de compresión del gas rico en hidrógeno a una presión elevada. Este proceso proporciona la producción de vapor a presiones sustancialmente mayores que dichas presiones de proceso intermedias, por intercambio de calor indirecto entre el agua y el gas rico en hidrógeno a la presión intermedia, expandiéndose el vapor a alta presión a una presión al menos como la presión del proceso, utilizando la energía obtenida de la expansión para la compresión del gas dentro del proceso, y utilizando al menos una porción del vapor expandido como vapor de proceso.

La Patente de Estados Unidos N° 3.532.467 (Smith, et al.) enseña cómo una turbina de vapor y un reformador de vapor pueden integrarse para maximizar la recuperación de calor mediante el uso de vapor. El proceso utiliza vapor a alta presión (2859 kPa a 11.133 kPa) [(400 psig a 1.600 psi)] para accionar un compresor centrífugo de gas rico en hidrógeno. El vapor agotado de la turbina de vapor de 446 kPa a 2.514 kPa (50 psig a 350 psig) se usa como vapor de proceso para las reacciones de reformado con vapor. El gas de proceso del reformado con vapor se hace pasar a través de la caldera de calor residual, unidad de conversión a alta temperatura y unidad de conversión a baja temperatura para convertir la máxima cantidad de CO en CO<sub>2</sub>. El gas de proceso que contiene principalmente hidrógeno, CO<sub>2</sub> y agua se enfría en una línea de refrigeración que incluye un generador de vapor a baja presión y un refrigerador de agua. El gas se separa del condensado antes de entrar en el compresor centrífugo.

El calor residual del gas de proceso después de la unidad de conversión se recupera generando vapor a baja presión a aproximadamente 377 kPa (40 psig). La Patente (Smith, et al.) sugiere el uso de vapor a baja presión en el sistema de retirada de CO<sub>2</sub>. Si el uso del vapor a baja presión está limitado al requisito del sistema de retirada de CO<sub>2</sub>, un calor residual a baja temperatura significativo aún puede ser desechado al entorno a través de la línea de refrigeración.

La Patente de Estados Unidos N° 4.576.226 (Lipets, et al.) sugiere varias opciones para eliminar el problema de corrosión por aire en el precalentador de aire: (1) recirculación del aire calentado con un ventilador de tiro forzado (FD), (2) desviación del aire y (3) aire frío precalentado con un vapor a baja presión extraído de una turbina de vapor. Aunque estas opciones son factibles para eliminar la corrosión, cada opción tiene una o más desventajas.

Por ejemplo, la opción de recirculación del aire calentado requiere un ventilador FD, energía y equipos asociados. También reduce el rendimiento de transferencia de calor del precalentador de aire. Por lo tanto, para conseguir la misma recuperación de calor del gas de escape, debe añadirse una mayor área de la superficie de transferencia de calor al precalentador de aire.

El uso de vapor a baja presión a partir de una turbina de vapor para precalentar el aire frío sufriría pérdida de energía o pérdida de potencia desde la turbina, y también recuperaría menos calor del gas de escape si no se añade una superficie de transferencia al calor adicional.

La opción de desviación de aire sufre pérdidas de calor debido a una menor recuperación de calor del gas de escape. La Patente de Estados Unidos N° 2.320.911 (Cooper), que controla el caudal de aire frío mediante un amortiguador para mantener la temperatura del metal por encima del punto de rocío del gas de escape, sufre el mismo problema.

5 La Patente de Estados Unidos N° 4.693.233 (Meith, et al.) describe el uso de un precalentador de aire de tipo tubular, en el que el gas de escape caliente fluye en el lado del tubo y el aire frío en el lado de la carcasa. El gas de escape dentro del tubo se mantiene a una velocidad superficial de 3 m/s (10 pies/s) a 30 m/s (100 pies/s). El aire calentado se recircula para mantener la temperatura del metal, de tal manera que las gotas formadas en el interior del tubo sean suficientemente pequeñas y puedan retirarse mediante el gas de escape de alta velocidad. Como resultado, no aparecen gotas grandes o condensación en el tubo. La alta velocidad del gas, sin embargo, requeriría una mayor potencia del ventilador. La re-circulación del aire calentado sufriría las mismas desventajas descritas anteriormente. El control de la temperatura del metal para generar pequeñas gotas es crítico, y complica el diseño del precalentador de aire.

15 Se desea tener un proceso y sistema de reformado con vapor integrado, que maximice el uso de vapor a baja presión y aumente la recuperación de calor residual a partir del gas de escape, para dar como resultado una eficacia térmica global mejorada respecto a la técnica anterior.

20 Se desea también eliminar o minimizar la corrosión del precalentador de aire del proceso y sistema de reformado con vapor.

También se desea tener un proceso y sistema de reformado con vapor que dé mejor rendimiento que el de la técnica anterior, y que también supere muchas de las dificultades y desventajas de la técnica anterior para proporcionar unos resultados ventajosos mejores y mayores.

#### Breve resumen de la invención

30 La invención es un proceso y un sistema para reformar con vapor hidrocarburos en un reformador de hidrocarburo con vapor, que recibe un flujo de una alimentación de hidrocarburo y un flujo de vapor, generando el reformador de hidrocarburo con vapor un flujo de un gas de proceso que contiene una primera cantidad de calor y un flujo de un gas de escape que contiene una segunda cantidad de calor. Hay varias realizaciones y variaciones del proceso y varias realizaciones y variaciones del sistema.

35 En el análisis de la presente invención, se hace referencia a "finalmente alimentar" y "finalmente calentar" una corriente o una porción de una corriente (o términos o expresiones similares). Los expertos en la materia entenderán que, con respecto al proceso, esta terminología significa que otras etapas de procesamiento pueden existir (o no) antes de que la corriente o porción de corriente se caliente o se alimente a una cierta localización (o se transmita, etc.). Con respecto al sistema, esta terminología significa que otros medios para realizar otras etapas de procesamiento pueden existir (o no) antes de que la corriente o porción de corriente se caliente o se alimente a una cierta localización (o se transmita, etc.).

45 Una primera realización del proceso incluye múltiples etapas. La primera etapa es proporcionar un calentador de agua, un sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera, en comunicación fluida con el calentador de agua, una caldera en comunicación fluida con el sistema de preparación del agua de alimentación en la caldera y un primer calentador de agua de alimentación a la caldera, en comunicación fluida con el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera, estando la caldera adaptada para generar una corriente de vapor a una presión entre aproximadamente 136 kPa (5 psig) y aproximadamente 515 kPa (60 psig). La segunda etapa es alimentar un flujo de agua al calentador de agua. La tercera etapa es alimentar finalmente al menos una porción del agua del calentador de agua al sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera. La cuarta etapa es alimentar una primera corriente de agua a la caldera desde el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera. La quinta etapa es alimentar una segunda corriente de agua del sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera al primer calentador de agua de alimentación a la caldera. La sexta etapa es calentar finalmente, al menos, una porción de la segunda corriente del agua alimentada al primer calentador de agua de alimentación a la caldera, con una primera porción de la primera cantidad de calor a una primera temperatura. La séptima etapa es calentar finalmente, al menos, una porción del agua en la caldera con una segunda porción de la primera cantidad de calor. La octava etapa es generar la corriente de vapor a una presión entre aproximadamente 136 kPa (5 psig) y aproximadamente 515 kPa (60 psig) en la caldera. La novena etapa es calentar finalmente con al menos una porción de la corriente de vapor el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera, u otro sistema interno, en comunicación fluida directa o indirecta con el reformador de hidrocarburo con vapor. En una variación de la primera realización, la corriente de vapor generada está a una presión entre aproximadamente 136 kPa (5 psig) y aproximadamente 377 kPa (40 psig).

65 Una segunda realización del proceso es similar a la primera realización, pero incluye etapas adicionales. La primera etapa adicional es proporcionar un segundo calentador de agua de alimentación a la caldera y un tercer calentador de agua de alimentación a la caldera. La segunda etapa adicional es una alimentación de una primera porción de

una tercera corriente del agua desde el primer calentador de agua de alimentación a la caldera al segundo calentador de agua de alimentación a la caldera. La tercera etapa adicional es alimentar una segunda porción de la tercera corriente del agua del primer calentador de agua de alimentación a la caldera al tercer calentador de agua de alimentación a la caldera. La cuarta etapa adicional es calentar finalmente, al menos, una porción de la primera porción de la tercera corriente de la alimentación de agua al segundo calentador de agua de alimentación a la caldera con una tercera porción de la primera cantidad de calor a una segunda temperatura, mayor que la primera temperatura. La quinta etapa adicional es calentar finalmente, al menos, una porción de la segunda porción de la tercera corriente del agua alimentada al tercer calentador de agua de alimentación a la caldera con una primera porción de la segunda cantidad de calor a una temperatura primaria.

Una tercera realización del proceso es similar a la segunda realización del proceso, pero incluye una sexta, séptima y octava etapas adicionales. La sexta etapa adicional es proporcionar un precalentador de combustible. La séptima etapa adicional es alimentar un flujo de un combustible al precalentador de combustible. La octava etapa adicional es calentar finalmente, al menos, una porción del combustible en el precalentador de combustible con una cuarta porción de la primera cantidad de calor a una tercera temperatura, menor que la segunda temperatura.

Una cuarta realización del proceso es similar a la primera realización, pero incluye etapas adicionales. La primera etapa adicional es proporcionar un precalentador de oxidante. La segunda etapa adicional es proporcionar una corriente de un oxidante. La tercera etapa adicional es calentar al menos una porción de la corriente de oxidante con otra porción de la corriente de vapor, o con un flujo de aire caliente desde una línea de refrigeración, o desde una fuente interna en comunicación fluida, directa o indirecta, con el reformador de hidrocarburo con vapor. La cuarta etapa adicional es alimentar la corriente calentada del oxidante al precalentador de oxidante. La quinta etapa adicional es calentar adicionalmente y finalmente la al menos una porción de la corriente calentada del oxidante en el precalentador de oxidante con una segunda porción de la segunda cantidad de calor a una temperatura secundaria. En una variación de la cuarta realización, el oxidante es aire, u otra mezcla gaseosa que tenga una concentración de oxígeno mayor de aproximadamente el 10 %.

Una quinta realización del proceso es similar a la primera realización, pero incluye etapas adicionales. La primera etapa adicional es proporcionar un economizador. La segunda etapa adicional es transmitir una corriente de al menos una porción del agua desde el calentador de agua, a través del economizador, antes de alimentar finalmente la al menos una porción de la porción del agua al sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera. La tercera etapa adicional es calentar finalmente la corriente de la al menos una porción del agua que se transmite a través del economizador con un segunda porción de la segunda cantidad de calor a otra temperatura.

Una sexta realización del proceso es similar a la segunda realización del proceso, pero incluye las etapas adicionales expuestas anteriormente con respecto a la cuarta realización del proceso. En una variación de la sexta realización, el oxidante es una mezcla gaseosa distinta de aire, que tiene una concentración de oxígeno mayor de aproximadamente el 10 %.

Una séptima realización del proceso es similar a la segunda realización del proceso, pero incluye las etapas adicionales expuestas anteriormente con respecto a la quinta realización del proceso.

Una primera realización del sistema incluye múltiples elementos. El primer elemento es un grupo de equipos, incluyendo un calentador de agua, un sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera, en comunicación fluida con el calentador de agua, una caldera en comunicación fluida con el sistema de preparación del agua para alimentación a la caldera, y un primer calentador de agua de alimentación a la caldera, en comunicación fluida con el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera, estando la caldera adaptada para generar una corriente de vapor a una presión entre aproximadamente 136 kPa (5 psig) y aproximadamente 515 kPa (60 psig). El segundo elemento es un medio para alimentar un flujo de agua al calentador de agua. El tercer elemento es un medio para alimentar finalmente, al menos, una porción del agua desde el calentador de agua al sistema de preparación del agua para alimentación a la caldera. El cuarto elemento es un medio para alimentar una primera corriente del agua a la caldera desde el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera. El quinto elemento es un medio para alimentar una segunda corriente del agua desde el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera al primer calentador de agua de alimentación a la caldera. El sexto elemento es un medio para calentar finalmente, al menos, una porción de la segunda corriente del agua alimentada al primer calentador de agua de alimentación a la caldera con una primera porción de la primera cantidad de calor a una primera temperatura. El séptimo elemento es un medio para calentar finalmente, al menos, una porción del agua en la caldera con una segunda porción de la primera cantidad de calor. El octavo elemento es un medio para generar la corriente de vapor a la presión entre aproximadamente 136 kPa (5 psig) y aproximadamente 515 kPa (60 psig) en la caldera. El noveno elemento es un medio para calentar finalmente, con al menos una porción de la corriente de vapor, el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera, u otro sistema interno en comunicación fluida, directa o indirecta, con el reformador de hidrocarburo con vapor. En una variación de la primera realización del sistema, la corriente de vapor generada está a una presión entre aproximadamente 136 kPa (5 psig) y aproximadamente 377 kPa (40 psig).

Una segunda realización del sistema es similar a la primera realización del sistema, pero incluye elementos adicionales. El primer elemento adicional es un grupo de equipos que incluyen un segundo calentador de agua de alimentación a la caldera y un tercer calentador de agua de alimentación a la caldera. El segundo elemento adicional es un medio para alimentar una primera porción de una tercera corriente del agua desde el primer calentador de agua de alimentación a la caldera hasta el segundo calentador de agua de alimentación a la caldera. El tercer elemento adicional es un medio para alimentar una segunda porción de una tercera corriente del agua desde el primer calentador de agua de alimentación a la caldera hasta el tercer calentador de agua de alimentación a la caldera. El cuarto elemento adicional es un medio para calentar finalmente, al menos, una porción de la primera porción de la tercera corriente del agua alimentada al segundo calentador de agua de alimentación a la caldera con una tercera porción de la primera cantidad de calor a una segunda temperatura, mayor que la primera temperatura. El quinto elemento adicional es un medio para calentar finalmente, al menos, una porción de la segunda porción de la tercera corriente del agua alimentada al tercer calentador de agua de alimentación a la caldera con una primera porción de la segunda cantidad de calor a una temperatura primaria.

La tercera realización del sistema es similar a la segunda realización del sistema, pero incluye un sexto, séptimo y octavo elementos adicionales. El sexto elemento adicional es un precalentador de combustible. El séptimo elemento adicional es un medio para alimentar un flujo de combustible al precalentador de combustible. El octavo elemento adicional es un medio para calentar finalmente, al menos, una porción del combustible en el precalentador de combustible con una cuarta porción de la primera cantidad de calor a una tercera temperatura, menor que la segunda temperatura.

Una cuarta realización del sistema es similar a la primera realización, pero incluye elementos adicionales. El primer elemento adicional es un precalentador de oxidante. El segundo elemento adicional es una fuente de una corriente de un oxidante. El tercer elemento adicional es un medio para calentar al menos una porción de la corriente de oxidante con otra porción de la otra corriente de vapor, o con un flujo de aire caliente, desde una línea de refrigeración, o desde otra fuente interna en comunicación fluida, directa o indirecta, con el reformador de hidrocarburo con vapor. El cuarto elemento adicional es un medio para alimentar la corriente calentada del oxidante al precalentador de oxidante. El quinto elemento adicional es un medio para calentar adicionalmente y finalmente, al menos, una porción de la corriente calentada del oxidante en el primer precalentador de oxidante con una segunda porción de la segunda cantidad de calor a una temperatura secundaria. En una variación de la cuarta realización del sistema, el oxidante es aire, u otra mezcla gaseosa que tenga una concentración de oxígeno mayor de aproximadamente el 10%.

Una quinta realización del sistema es similar a la primera realización del sistema, pero incluye elementos adicionales. El primer elemento adicional es un economizador. El segundo elemento adicional es un medio para transmitir una corriente de al menos una porción del agua desde el calentador de agua, a través del economizador, antes de alimentar finalmente la al menos una porción de la porción de agua al sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera. El tercer elemento adicional es un medio para calentar finalmente la corriente de la al menos una porción del agua que se transmite a través del economizador con una segunda porción de la segunda cantidad de calor a otra temperatura.

Una sexta realización del sistema es similar a la segunda realización del sistema, pero incluye los elementos adicionales expuestos anteriormente para la cuarta realización del sistema. En una variación de la sexta realización del sistema, el oxidante es una mezcla gaseosa distinta de aire que tiene una concentración de oxígeno mayor de aproximadamente el 10 %.

Una séptima realización del sistema es similar a la segunda realización del sistema, pero incluye los elementos adicionales expuestos anteriormente para la quinta realización del sistema.

## 50 Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es un diagrama de flujo esquemático de un proceso y sistema de reformado de hidrocarburo con vapor típico de la técnica anterior;

La Figura 2 es un diagrama de flujo esquemático de una realización de la presente invención;

La Figura 3 es un diagrama de flujo esquemático de otra realización de la presente invención;

La Figura 4 es un diagrama de flujo esquemático de otra realización de la presente invención; y

La Figura 5 es un diagrama de flujo esquemático de otra realización de la presente invención.

65

### Descripción detallada de la invención

La presente invención es un proceso de integración que mejora la eficacia global de una planta de reformado con vapor, para producir gas de síntesis o hidrógeno. Se genera un vapor de baja presión (LP) a partir del calor residual del gas de proceso, aguas abajo del precalentador del agua de alimentación a la caldera (BFW). El vapor LP se usa para calentar el aire frío antes de que el aire entre en el precalentador de aire, eliminando de esta manera o minimizando el problema de corrosión en el precalentador de aire. El vapor LP se usa también para reemplazar el vapor de alta presión en el sistema de preparación de BFW. Como una alternativa, el aire caliente de la línea de refrigeración (u otra fuente interna) puede usarse para reemplazar el vapor LP, para eliminar el problema de corrosión del precalentador de aire.

El agua de alimentación a la caldera se precalienta en una primera fase del precalentador de BFW a una temperatura entre 149 °C (300 °F) y 199 °C (390 °F), preferentemente entre 166 °C (330 °F) y 188 °C (370 °F), antes de que se divida en dos corrientes líquidas. Una corriente líquida se devuelve y calienta en una segunda fase del precalentador de BFW, y la segunda corriente líquida se calienta adicionalmente en la corriente de gas de escape. La segunda corriente líquida se usa para abrir un estrechamiento en la curva de refrigeración, en el lado del gas de escape. La eliminación del problema de corrosión y la abertura del estrechamiento de la curva de refrigeración permiten una recuperación adicional del calor sensible del gas de escape antes de que se libere al entorno a través de una chimenea. Además, la división del agua de alimentación a la caldera abre también (o minimiza el efecto de) el estrechamiento de la curva de refrigeración en el gas de proceso, que permite una recuperación adicional del calor de gas de proceso en comparación con las plantas de reformado con vapor convencionales.

En las figuras 2-5 se ilustran diversas realizaciones de la presente invención, en las que los números de referencia en las mismas, comunes a los números de referencia en la Figura 1, se refieren a elementos, flujos y corrientes similares. El análisis de las realizaciones ilustradas en las Figuras 2 y 3 se refiere a "aire" y precalentadores de "aire". Sin embargo, los expertos en la materia reconocerán que pueden usarse oxidantes distintos de aire en esas realizaciones y otras variaciones.

Un oxidante es la fuente de oxígeno necesaria para reaccionar con un combustible y liberar la energía en el combustible. Un oxidante puede ser aire, oxígeno puro, aire enriquecido con oxígeno, aire agotado que tiene menos oxígeno que el nivel de oxígeno atmosférico, tal como el escape de una turbina de gas, una mezcla de cualquiera de estos tipos con un gas de horno, tal como se usa en aplicaciones de recirculación de gas. Los oxidantes indicados en este documento se proporcionan a modo de ejemplo únicamente, y no limitan el alcance de la presente invención, ya que los expertos en la materia reconocerán que la invención puede usarse con otros oxidantes, así como muchas combinaciones y mezclas de diversos oxidantes y corrientes de oxidante.

En una realización de la invención mostrada en la Figura 2, una corriente de agua 110 se extrae del sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (BFW 32) y se bombea a la caldera de baja presión (LP) 111, tal como una caldera de tipo hervidor. El vapor a baja presión 113, entre 136 kPa (5 psig) y 515 kPa (60 psig), preferentemente entre 136 kPa (5 psig) y 377 kPa (40 psig), se genera en la caldera LP usando el calor residual del gas de proceso preferentemente, aunque no necesariamente, desde la salida del calentador de BFW 24. Una porción del vapor LP 114 se usa para calentar indirectamente la corriente fría del aire de combustión 48, antes de que la corriente entre en el precalentador de aire 42. Como resultado, algo del calor residual de la corriente de proceso se usa indirectamente para calentar el aire de combustión antes de que el aire entre en el precalentador de aire.

El aire de combustión calentado 48 mantiene suficientemente la temperatura del metal del precalentador de aire 42 por encima del punto de rocío de la corriente del gas de escape 41. Por lo tanto, el requisito de alta temperatura del gas de escape ya no se requiere más para evitar el problema de corrosión del precalentador de aire de los procesos/sistemas de la técnica anterior. Por tanto, puede recuperarse una mayor cantidad de calor sensible del gas de escape.

Para recuperar el gas sensible a baja temperatura del gas de escape, una corriente de BFW 116 se precalienta a una temperatura entre 149 °C (300 °F) y 198 °C (390 °F), preferentemente entre 166 °C (330 °F) y 188 °C (370 °F), en el calentador de BFW 24, y se divide en dos corrientes. La primera corriente 118 se envía al calentador de BFW 119 en el lado del gas de escape, aguas arriba del precalentador de aire 42, y la segunda corriente 117 se calienta adicionalmente en el calentador de BFW 123. La corriente de BFW calentada 130 que sale del calentador de BFW 123 se envía al sistema de vapor 49. En el calentador de BFW del gas de escape 119, la corriente de BFW extraída 118 se calienta adicionalmente mediante el gas de escape y se envía al sistema de vapor 49.

El precalentador de aire se divide también en dos fases. La primera fase es el precalentador de aire 42, la segunda fase es el precalentador de aire 120. El calentador de BFW 119 está localizado en el medio de los dos precalentadores de aire para completar la integración.

Una porción del vapor LP 115 se usa como una fuente de calor para reemplazar el vapor descendente a alta presión, que se usa en el sistema de preparación de BFW 32, separador del condensado a baja presión (no

mostrado), sistema de evaporación de amoniaco (no mostrado) o cualquier otro sistema interno (no mostrado) que requiera una baja temperatura o calor de baja calidad.

5 En otra realización de la invención mostrada en la Figura 3, el gas de proceso 124 sale del calentador de BFW 123 y se divide en dos corrientes de gas. Una corriente de gas 211 se usa para proporcionar calor para el proceso interno, tal como para el precalentador de alimentación o combustible 213. La segunda corriente 212 se usa para calentar el agua de alimentación a la caldera en el calentador de BFW 24. En esa disposición, la caldera LP 111 puede situarse aguas abajo del calentador de alimentación o combustible 213, o después de que las dos corrientes de gas (211, 212) se recombinen, como se muestra en la Figura 3.

10 Otra realización de la invención se muestra en la Figura 4, en la que la planta de reformado con vapor no tiene un precalentador de aire. El agua complementaria 27, o agua desmineralizada, se precalienta en el calentador de agua complementaria 26. El agua caliente 311 de la salida del calentador de agua complementaria se calienta adicionalmente en el economizador 312, en el lado del gas de escape, antes de que el agua caliente se envíe al sistema de preparación de BFW 32.

20 Otra realización de la invención se muestra en la Figura 5, en la que la planta de reformado con vapor no tiene un precalentador de aire. El gas de proceso 124, aguas abajo del calentador de BFW 123, se divide en dos corrientes de gas. Una corriente de gas 211 se usa para proporcionar calor para el proceso interno, tal como alimentación o combustible, y la segunda corriente 212 se usa para calentar el agua de alimentación a la caldera en el calentador de BFW 24. En esta disposición, la caldera LP 111 puede estar situada aguas abajo del calentador de alimentación o combustible 213, o en una localización después de que las dos corrientes de gas (211, 212) se hayan recombinado, como se muestra en la Figura 5. El agua complementaria o agua desmineralizada 27 se precalienta en el calentador de agua complementaria 26, y se calienta adicionalmente en el economizador 312 en el lado del gas de escape, antes de que el agua caliente se envíe al sistema de preparación de BFW 32.

30 En otra variación del proceso integrado, se usa el aire caliente de la línea de refrigeración 29 (u otra fuente interna) en lugar del vapor a baja presión de la caldera LP 111 para precalentar el aire de combustión 18 antes de que entre en el precalentador de aire 42, para eliminar o minimizar los problemas de corrosión en el precalentador de aire.

35 Hay varios beneficios a partir de la integración del proceso de la presente invención. En primer lugar, el calor del vapor LP se utiliza para calentar el aire de combustión frío, antes de que el aire entre en el precalentador de aire. El aire de combustión frío comúnmente provoca problemas de corrosión en el precalentador de aire, especialmente durante las estaciones frías. Por lo tanto, la temperatura de diseño del gas de escape que sale del precalentador de aire normalmente es suficientemente alta en las plantas de reformado con vapor convencionales para evitar este problema. La temperatura del gas de escape alta que sale del precalentador de aire da como resultado una pérdida de energía, a través de la chimenea, hacia el entorno. El uso del vapor LP elimina el problema de corrosión y permite que el gas de escape salga del precalentador a una temperatura mucho menor.

40 En segundo lugar, hay un estrechamiento de la curva de refrigeración en el precalentador de BFW debido a la condensación de agua en el gas de proceso. El estrechamiento del gas de proceso limita la capacidad de recuperar más calor del gas de proceso que sale de la unidad de conversión. La división de BFW, o la división del gas de proceso sugerida en la presente invención, abre (o minimiza el efecto de) el estrechamiento, y permite una mayor recuperación de calor desde el gas de proceso.

45 En tercer lugar, la corrosión en el precalentador de aire se resuelve mediante el uso del vapor LP. Sin embargo, la recuperación del calor sensible del gas de escape en el precalentador de aire está limitada, debido a un estrechamiento en la curva de refrigeración en el precalentador de aire. La corriente de BFW del lado del gas de proceso se calienta adicionalmente en el lado de gas de escape, aguas arriba del precalentador de aire, para abrir el estrechamiento del precalentador de aire, lo que hace posible una recuperación de calor adicional desde el gas de escape.

50 En cuarto lugar, el vapor LP reemplaza al vapor descendente a alta presión, lo que permite que la planta exporte vapor a alta presión adicional.

55 Finalmente, la caldera LP recupera calor del gas de proceso, calor que normalmente se desearía en la línea de refrigeración. Por lo tanto, el equipo requerido para la línea de refrigeración se reduce significativamente, al igual que la actividad de ese equipo.

60 La reducción del calor residual del gas de proceso en la línea de refrigeración, y la recuperación de calor adicional desde el gas de escape, mejoran significativamente la eficacia global del proceso integrado en la presente invención respecto a los procesos SMR convencionales. Recuperando cantidades sustanciales de calor residual, que de lo contrario sería desechado al entorno a través de la línea de refrigeración y el ventilador ID por los procesos/sistemas convencionales, la presente invención mejora la eficacia global de una planta de reformado con vapor.

65



**Ejemplo**

5 Para demostrar la mejora de eficacia del proceso integrado de la presente invención respecto a los procesos de la técnica anterior, la Tabla 1 proporciona los resultados simultáneos de los procesos mostrados en la Figura 1 (técnica anterior) y Figura 2 (presente invención). En ambos procesos, la velocidad de producción de hidrógeno es 4.781.241 moles por hora (4.000.000 de pies cúbicos normales por hora). Ambos procesos consumen la misma cantidad de energía como alimentación al proceso de reformado y combustible complementario al horno de reformado.

<b>Proceso de Reformado de Metano con Vapor (SMR)</b>		<b>Figura 1. Proceso de la Técnica anterior</b>	<b>Figura 2. Presente Invención</b>
Capacidad de producción de hidrógeno	moles por hora	4,78 x 10 <sup>6</sup>	4,78 x 10 <sup>6</sup>
	(MM scfh)	(4,00)	(4,00)
Velocidad de producción de vapor neta (4.447 kPa/ 399 °C) [(645 psi / 750 °F)]	kg / h	72.575	84.368
Consumo de gas natural total	(lb / h)	(160.000)	(186.000)
	MJ / h	1.822 x 10 <sup>3</sup>	1.822 x 10 <sup>3</sup>
	(MM Btu / h)	(1.727)	(1.728)
Caudal másico de BFW en el lado del gas de escape a 177 °C (a 350 °F)	kg / h	0	70.307
	(lb / h)	(0)	(155.000)
Caudal del gas de escape	kg / h	333.844	334.751
	(lb / h)	(736.000)	(738.000)
Temperatura de entrada del gas de escape en el ventilador ID	°C	149	129
	(°F)	(300)	(265)
Caudal del gas de proceso	kg / h	130.861	131.338
	(lb / h)	(288.500)	(289.550)
Temperatura del gas de proceso en la línea de refrigeración	°C	127	92.
	(°F)	(260)	(197)
Caudal de vapor a baja presión (310 kPa / 135 °C) [(45 psi / 275 °F)]	kg / h	0	9.979
Recuperación de energía adicional del gas de escape	(lb / h)	(0)	(22.000)
	MJ / h	0	7,34 x 10 <sup>3</sup>
	(MM Btu / h)	(0)	(6,96)
Recuperación de energía adicional del gas de proceso	MJ / h	0	31,73 x 10 <sup>3</sup>
	(MM Btu / h)	(0)	(30,07)

10 En la realización de la presente invención mostrada en la Figura 2, la corriente 118 del calentador de BFW 24 se extrae a una temperatura de 177 °C (350 F) y un caudal de 70.307 kg/h (155.000 lb/h). La caldera de vapor LP 111, aguas abajo del calentador de BFW 24, genera 9.979 kg (22.000 lb) por hora de vapor a 135 °C (275 °F) y 310 kPa (45 psi). La mitad del vapor a baja presión se utiliza en el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera 32 y la otra mitad se usa para precalentar el aire de combustión frío 48.

15 Los resultados de la simulación muestran que el proceso integrado de la presente invención recupera aproximadamente 31,65 x 10<sup>3</sup> MJ (30 MM Btu) por hora de la línea de refrigeración del gas de proceso 29, lo que da como resultado una caída de 35 °C (63 °F) en la temperatura de la corriente de gas de proceso que va a la línea de refrigeración. Al mismo tiempo, este proceso recupera aproximadamente 7,39 x 10<sup>3</sup> MJ (7 MM Btu) por hora del gas de escape, lo que da como resultado una caída de 19 °C (35 °F) en la temperatura de la corriente de gas de escape 46 que va a la columna de la chimenea. Como resultado, se ha recuperado un total de 39,04 x 10<sup>3</sup> MJ (37 MM Btu) por hora de energía adicional del calor residual del gas de proceso y el calor residual del gas de escape. El uso eficaz del vapor a baja presión en el proceso interno de la presente invención da como resultado una adición de 11.793 kg (26.000 lb) por hora de vapor a alta presión (a 399 °C (750 °F) y 4.447 kPa (645 psi)), por encima de la producción de vapor del proceso de la técnica anterior. En consecuencia, la eficacia térmica global del proceso de reformado de hidrocarburos con vapor se mejora significativamente y se desecha menos calor al entorno.

20

25

## REIVINDICACIONES

1. Un proceso para reformar hidrocarburos con vapor en un reformador hidrocarburos con vapor (15) que recibe un flujo de alimentación de hidrocarburo (11) y un flujo de vapor (14), generando el reformador de hidrocarburos con vapor (15) un flujo de gas de proceso (20) que contiene una primera cantidad de calor, y un flujo de gas de escape (41) que contiene una segunda cantidad de calor, comprendiendo las etapas de:
- proporcionar un calentador de agua (28), un sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32), en comunicación fluida con el calentador de agua (26), una caldera (111), en comunicación fluida con un sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32), y un primer calentador de agua de alimentación a la caldera (24), en comunicación fluida con el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32), estando adaptada la caldera (111) para generar una corriente de vapor (113) a una presión entre 136 kPa (5 psig) y 515 kPa (60 psig);  
 alimentar un flujo de agua (27) al calentador de agua (26);  
 alimentar finalmente, al menos, una porción del agua del calentador de agua (26) al sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32);  
 alimentar una primera corriente (110) de agua a la caldera (111) desde el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32);  
 alimentar una segunda corriente del agua del sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32) al primer calentador de agua de alimentación a la caldera (24);  
 calentar finalmente, al menos, una porción de la segunda corriente del agua alimentada al primer calentador de agua de alimentación a la caldera (24) con una primera porción de la primera cantidad de calor a una primera temperatura;  
 calentar finalmente, al menos, una porción del agua en la caldera (111) con una segunda porción de la primera cantidad de calor;  
 generar la corriente de vapor (113) a una presión entre 136 kPa (5 psig) y 515 kPa (60 psig) en la caldera (111);  
 calentar finalmente con al menos una porción de la corriente de vapor (113) el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32), u otro sistema interno en comunicación fluida, directa o indirecta, con el reformador de hidrocarburo con vapor;  
 proporcionar un segundo calentador de agua de alimentación a la caldera (123) en un tercer calentador de agua de alimentación a la caldera (119);  
 alimentar una primera porción (117) de una tercera corriente (116) del agua desde el primer calentador de agua de alimentación a la caldera (24) al segundo calentador de agua de alimentación a la caldera (123);  
 alimentar una segunda porción (118) de la tercera corriente (116) del agua desde el primer calentador de agua de alimentación a la caldera (24) al tercer calentador de agua de alimentación a la caldera (119);  
 calentar finalmente, al menos, una porción de la primera porción (117) de la tercera corriente (116) del agua alimentada al segundo calentador de agua de alimentación a la caldera (123) con una tercera porción de la primera cantidad de calor, a una segunda temperatura mayor que la primera temperatura; y  
 calentar finalmente, al menos, una porción de la segunda porción (118) de la tercera corriente (116) del agua alimentada al tercer calentador de agua de alimentación a la caldera (119) con una primera porción de la segunda cantidad de calor a una temperatura primaria.
2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende las etapas adicionales de:
- proporcionar un precalentador de combustible  
 alimentar un flujo de un combustible al precalentador de combustible; y  
 calentar finalmente, al menos, una porción del combustible en el precalentador de combustible con una cuarta porción de esa cantidad de calor a una tercera temperatura menor que la segunda temperatura.
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende las etapas adicionales de:
- proporcionar un precalentador de oxidante (42);  
 proporcionar una corriente de un oxidante (48);  
 calentar al menos una porción de la corriente de oxidante (48) con otra porción (114) de la corriente de vapor (113) o con un flujo de aire caliente desde una línea de refrigeración (29), o desde otra fuente interna en comunicación fluida, directa o indirecta, con el reformador de hidrocarburo con vapor (15);  
 alimentar la corriente calentada del oxidante al precalentador de oxidante (42); y  
 calentar adicionalmente y finalmente la al menos una porción de la corriente calentada del oxidante (48) en el precalentador de oxidante (42) con una segunda porción de la segunda cantidad de calor a una temperatura secundaria.
4. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende las etapas adicionales de:
- proporcionar un economizador (312);  
 transmitir una corriente de al menos una porción del agua del calentador de agua (28), a través del

economizador (312), antes de alimentar finalmente la al menos una porción de la porción de agua al sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32); y calentar finalmente la corriente de la al menos una porción del agua transmitida a través del economizador (312) con una segunda porción de la segunda cantidad de calor a otra temperatura.

5 5. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el oxidante es aire u otra mezcla gaseosa que tenga una concentración de oxígeno mayor de aproximadamente el 10%.

10 6. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la corriente de vapor (113) generada está a una presión entre 136 kPa (5 psig) y 377 kPa (40 psig).

7. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la corriente de vapor (113) generada está a una presión entre 138 kPa (5 psig) y 377 kPa (40 psig), que comprende la etapa adicional de:

15 proporcionar un precalentador de oxidante (42);  
proporcionar una corriente de un oxidante (48);  
calentar al menos una porción de la corriente de oxidante (48) con otra porción (114) de la corriente de vapor (113), o con un flujo de aire caliente de una línea de refrigeración, o desde otra fuente interna en comunicación fluida, directa o indirecta, con el reformador de hidrocarburo con vapor (15);  
20 alimentar la corriente calentada del oxidante al precalentador de oxidante (42); y  
calentar adicionalmente y finalmente la al menos una porción de la corriente calentada del oxidante (48) en el precalentador de oxidante (42) con una segunda porción de la segunda cantidad de calor a una segunda temperatura, menor que la temperatura primaria.

25 8. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la corriente de vapor (113) generada está a una presión entre 136 kPa (5 psig) y 377 kPa (40 psig), que comprende las etapas adicionales de:

proporcionar un economizador (312);  
30 transmitir una corriente de al menos una porción del agua desde el calentador de agua (26), a través del economizador (312), antes de alimentar finalmente la al menos una porción de la porción del agua al sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32); y  
calentar finalmente la corriente de la al menos una porción del agua que es transmitida a través del economizador (312) con una segunda porción de la segunda cantidad de calor a otra temperatura, menor que la temperatura primaria.

35 9. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el oxidante es una mezcla gaseosa distinta de aire, que tiene una concentración de oxígeno mayor de aproximadamente el 10%

40 10. Un sistema para reformar hidrocarburos con vapor en un reformador de hidrocarburo con vapor (15) que recibe un flujo de alimentación de hidrocarburo (11) y un flujo de vapor (14), generando el reformador de hidrocarburo con vapor (15) un flujo de un gas de proceso (20), que contiene una primera cantidad de calor, y un flujo de un gas de escape (41), que contiene una segunda cantidad de calor, que comprende:

45 un calentador de agua (26), un sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32), en comunicación fluida con el calentador de agua (26), una caldera (111), en comunicación fluida con el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32), y un primer calentador de agua de alimentación a la caldera (24), en comunicación fluida con el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32), estando la caldera (111) adaptada para generar una corriente de vapor a una presión entre 136 kPa (5 psig) y 515 kPa (60 psig);

50 un medio para alimentar un flujo de agua (27) al calentador de agua (28);  
un medio para alimentar finalmente, al menos, una porción del agua desde el calentador de agua (26) hasta el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32);  
un medio para alimentar una primera corriente (110) del agua a la caldera (111) desde el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32);

55 un medio para alimentar una segunda corriente de agua desde el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32) al primer calentador de agua de alimentación a la caldera (24);  
un medio para calentar finalmente, al menos, una porción de la segunda corriente del agua alimentada al primer calentador de agua de alimentación a la caldera (24) con una primera porción de la primera cantidad de calor a una primera temperatura;

60 un medio para calentar finalmente, al menos, una porción del agua en la caldera (111) con una segunda porción de la primera cantidad de calor;

un medio para generar la corriente de vapor (113) a una presión entre 136 kPa (5 psig) y 515 kPa (60 psig) en la caldera (111);

65 un medio para calentar finalmente con al menos una porción de la corriente de vapor (113) el sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32), u otro sistema interno en comunicación fluida, directa o indirecta, con el reformador de hidrocarburo con vapor (15);

- un segundo calentador de agua de alimentación a la caldera (123) y un tercer calentador de agua de alimentación a la caldera (119);  
 un medio para alimentar una primera porción (117) de una tercera corriente (116) del agua desde el primer calentador de agua de alimentación a la caldera (24) hasta el segundo calentador de agua de alimentación a la caldera (123);  
 un medio para alimentar una segunda porción (118) de la tercera corriente (116) del agua desde el primer calentador de agua de alimentación a la caldera (24) hasta el tercer calentador de agua de alimentación a la caldera (119);  
 un medio para calentar finalmente, al menos, una porción de la primera porción (117) de la tercera corriente (116) del agua alimentada al segundo calentador de agua de alimentación a la caldera (123) con una tercera porción de la primera cantidad de calor a una segunda temperatura, mayor que la primera temperatura; y  
 un medio para calentar finalmente, al menos, una porción de la segunda porción (118) de la tercera corriente (116) del agua alimentada al tercer calentador de agua de alimentación de la caldera (119) con una primera porción de la segunda cantidad de calor, a una temperatura primaria.
11. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende adicionalmente:
- un precalentador de combustible;  
 un medio para alimentar un flujo de un combustible al precalentador de combustible; y  
 un medio para calentar finalmente, al menos, una porción del combustible en el precalentador de combustible con una cuarta porción de la primera cantidad de calor a una tercera temperatura, menor que la segunda temperatura.
12. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende adicionalmente:
- un precalentador de oxidante (42);  
 una fuente de una corriente de un oxidante (48);  
 un medio para calentar al menos una porción de la corriente de oxidante (48) con otra porción (114) de la corriente de vapor (113), o con un flujo de aire caliente desde una línea de refrigeración (29), o desde otra fuente interna en comunicación fluida, directa o indirecta, con el reformador de hidrocarburo con vapor (15);  
 un medio para alimentar la corriente calentada del oxidante al precalentador de oxidante (42); y  
 un medio para calentar adicionalmente y finalmente la al menos una porción de la corriente calentada del oxidante (48) en el precalentador de oxidante (42) con una segunda porción de la segunda cantidad de calor a una temperatura secundaria.
13. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende adicionalmente:
- un economizador (312);  
 un medio para transmitir una corriente de al menos una porción del agua desde el calentador de agua (26), a través del economizador (312), antes de alimentar finalmente la al menos una porción de la porción de agua al sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32);  
 un medio para calentar finalmente la corriente de la al menos una porción del agua que es transmitida a través del economizador (312) con una segunda porción de la segunda cantidad de calor a otra temperatura.
14. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el oxidante es aire, u otra mezcla gaseosa que tenga una concentración de oxígeno mayor de aproximadamente el 10%.
15. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la corriente de vapor generada está a una presión entre 136 kPa (5 psig) y 377 kPa (40 psig).
16. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la caldera (111) está adaptada para generar una corriente de vapor a una presión entre 138 kPa (5 psig) y 377 kPa (40 psig), comprendiendo adicionalmente el sistema:
- un precalentador de oxidante (42);  
 una fuente de una corriente de un oxidante (48);  
 un medio para calentar al menos una porción de la corriente de oxidante (48) con otra porción (114) de la corriente de vapor (113), o con un flujo de aire caliente, a partir de una línea de refrigeración (29) o de otra fuente interna en comunicación fluida, directa o indirecta, con el reformador de hidrocarburo con vapor (15);  
 un medio para alimentar la corriente calentada del oxidante al precalentador de oxidante (42); y  
 un medio para calentar adicionalmente y finalmente la al menos una porción de la corriente calentada del oxidante (48) en el precalentador de oxidante (42) con una segunda porción de la segunda cantidad de calor a una temperatura secundaria, menor que la temperatura primaria.
17. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la caldera (111) está adaptada para generar una corriente de vapor a una presión entre 136 kPa (5 psig) y 377 kPa (40 psig), comprendiendo adicionalmente el

sistema:

un economizador (312);

5 un medio para transmitir una corriente de la al menos una porción del agua desde el calentador de agua (26), a través del economizador (312), antes de alimentar finalmente la al menos una porción de la porción del agua al sistema de preparación del agua de alimentación a la caldera (32); y

un medio para calentar finalmente la corriente de la al menos una porción del agua que es transmitida a través del economizador (312) con una segunda porción de la segunda cantidad de calor a otra temperatura menor que la temperatura secundaria.

10

18. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 18, en el que el oxidante es una mezcla gaseosa, distinta de aire que tiene una concentración de oxígeno mayor de aproximadamente el 10%.

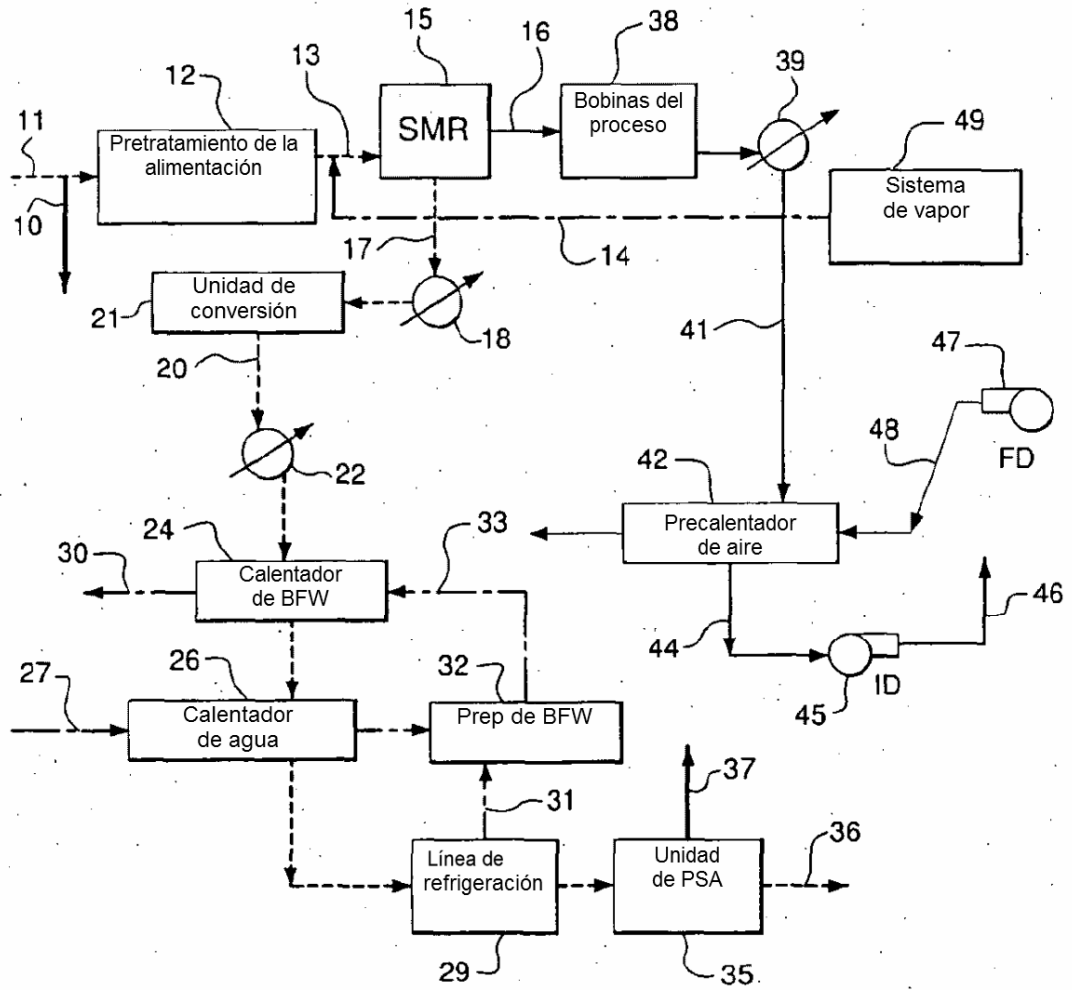


Figura 1

Técnica Anterior

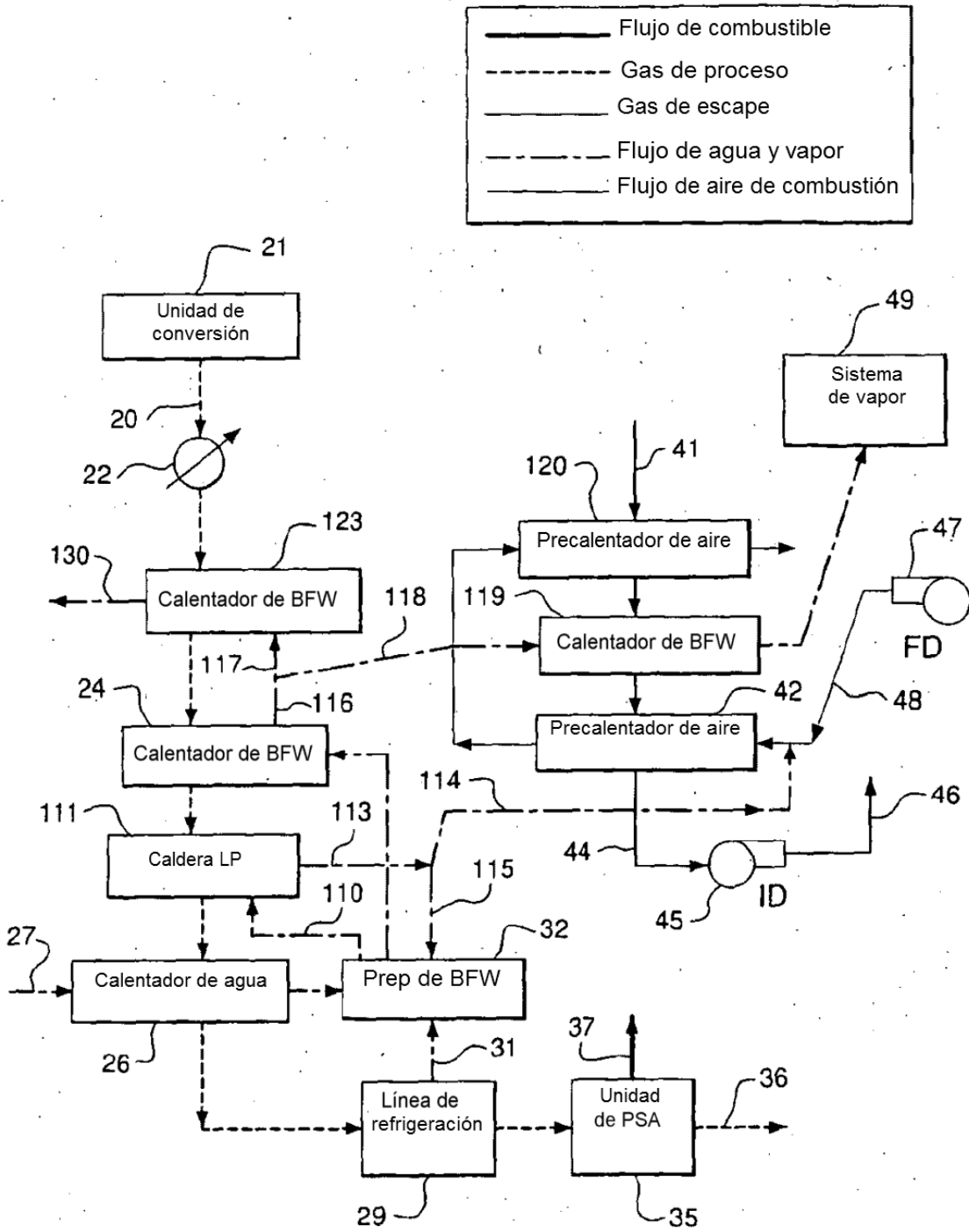


Figura 2





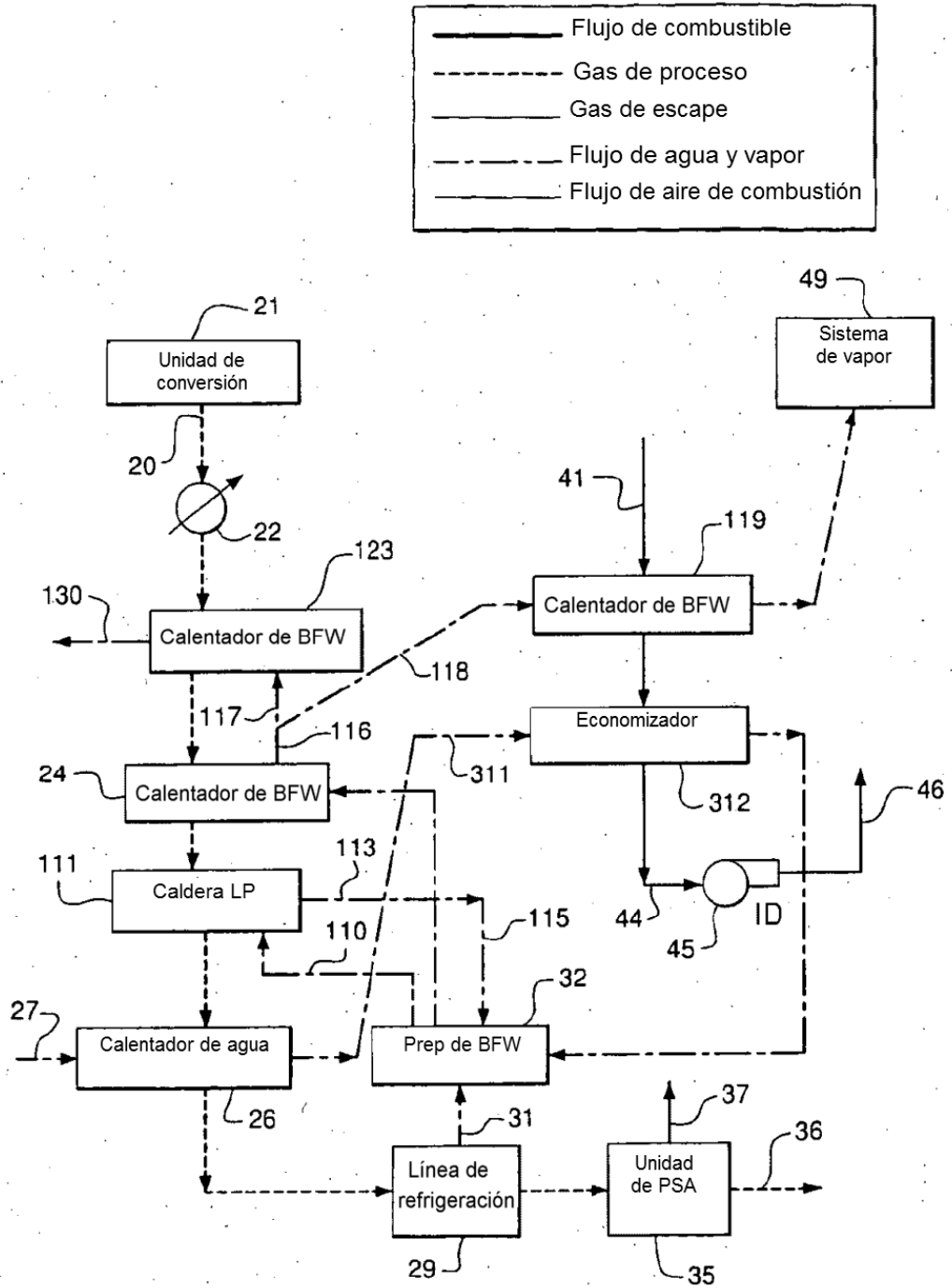


Figura 4

