

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 567 038**

51 Int. Cl.:

B01D 53/00 (2006.01)
C10K 1/00 (2006.01)
C10K 1/32 (2006.01)
C10K 3/00 (2006.01)
C10K 3/04 (2006.01)
C01B 3/56 (2006.01)
B01D 53/047 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2011 E 11173689 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.02.2016 EP 2407229**

54 Título: **Un método de tratamiento de una mezcla gaseosa que comprende hidrógeno, dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno**

30 Prioridad:

13.07.2010 US 835063

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

19.04.2016

73 Titular/es:

**AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 HAMILTON BOULEVARD
Allentown, PA 18195-1501, US**

72 Inventor/es:

**KLOOSTERMAN, JEFFREY WILLIAM;
FOGASH, KEVIN BOYLE y
WRIGHT, ANDREW DAVID**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 567 038 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

Un método de tratamiento de una mezcla gaseosa que comprende hidrógeno, dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno

5

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un método para tratar una mezcla gaseosa que comprende dióxido de carbono (CO₂), hidrógeno (H₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S), opcionalmente monóxido de carbono (CO) y opcionalmente uno o más componentes combustibles adicionales, para obtener una corriente de producto H₂/CO y una corriente de producto CO₂. La invención tiene aplicación particular en el tratamiento de una mezcla de gas de síntesis, tal como se obtiene a partir del reformado o de la gasificación de un material de alimentación carbonoso, para obtener: una corriente de producto H₂/CO, por ejemplo una corriente de H₂ o gas de síntesis (H₂ y CO) de la pureza adecuada para utilizar en la producción de productos químicos, en una refinería o en la producción de energía; y una corriente de producto de CO₂ que es de una pureza adecuada para el almacenamiento geológico o el uso en la recuperación mejorada del petróleo (RMP).

10

15

La producción de mezclas de gas de síntesis a través del reformado de material de alimentación gaseoso o líquido o por medio de la gasificación del material de alimentación sólido o líquido es bien conocida, y ha sido un tema de investigación y desarrollo durante décadas. Tales procesos resultan en una corriente de gas de síntesis bruto que, además de H₂ y CO, también contiene CO₂ y otras impurezas. La gasificación de la materia prima sólida y líquida, por ejemplo, resulta típicamente en una mezcla inicial de gas de síntesis que puede incluir una variedad de impurezas, tales como, pero no limitadas a: partículas (que típicamente se eliminan en la escoria del gasificador, y/o se eliminan a partir de la mezcla del gas de síntesis bruto en una etapa de inactivación inicial con agua); CO₂; CO (que puede considerarse una impureza si la intención es obtener un flujo de H₂ de alta pureza, en oposición a un gas de síntesis de alta pureza); CH₄; H₂S; sulfuro de carbonilo (COS); disulfuro de carbono (CS₂); amoníaco (NH₃); nitrógeno (N₂); y argón (Ar).

20

25

El CO₂ y el CO surgen como productos de oxidación de la materia prima durante la gasificación. El H₂S y, en menor medida, otras especies que contienen azufre tales como COS y CS₂, están, por lo general, también presentes en el gas de síntesis crudo obtenido a partir de la gasificación de la alimentación líquida sólida o pesada, y surgen de la reducción del azufre presente en la alimentación durante la gasificación. La mezcla del gas de síntesis crudo también se somete a menudo a una reacción de desplazamiento agua-gas para convertir por reacción con H₂O todo o algo del CO en el gas de síntesis a CO₂ y H₂, especialmente cuando el objetivo es producir una corriente de H₂ de alta pureza en lugar de la corriente de gas de síntesis de alta pureza. Esto puede tener el efecto secundario de que también aumente la concentración de H₂S en la mezcla resultante desplazada del gas de síntesis, debido a una mayor conversión de otras especies de azufre en la corriente de gas de síntesis crudo a H₂S durante la reacción de desplazamiento agua-gas.

30

35

Una matriz de las tecnologías de limpieza del gas de síntesis se puede encontrar en la técnica. Debido a las preocupaciones por las emisiones de gases de efecto invernadero hay un creciente deseo de eliminar el CO₂ del hidrógeno o del gas de síntesis antes de su uso como combustible, y el H₂ o el gas de síntesis para la producción de productos químicos deben cumplir con especificaciones de pureza aún más estrictas. En un proceso de captura de CO₂, el CO₂ eliminado normalmente se comprimiría a fin de ser almacenado bajo tierra o ser utilizado en RMP. El H₂S debe, cuando está presente, también separarse del H₂ o del gas de síntesis, ya que el H₂ o el gas de síntesis van a ser utilizados como combustible, entonces la presencia de H₂S resultará en SO_x (SO₂ y SO₃) en el efluente de combustión (en el que también puede haber límites de emisión de gases), y si el H₂ o el gas de síntesis van a ser utilizados en una planta de productos químicos o en una refinería, entonces, el H₂S podría ser un veneno para los procesos dentro de la planta o la refinería. Puede que no sea práctico o permisible almacenar el H₂S con el CO₂, y del mismo modo puede ser necesario, por tanto, la eliminación de H₂S del CO₂.

40

45

50

El CO₂ y el H₂S a menudo son eliminados mediante un procedimiento de disolvente líquido (por ejemplo, SelexolTM, Rectisol®, u otro procedimiento de eliminación de gas ácido tal como estos). Aquí, un disolvente líquido (por ejemplo, el metanol en el caso del procedimiento Rectisol®) se utiliza para absorber y eliminar el CO₂ y el H₂S del gas de síntesis en bruto, produciendo una corriente de gas de síntesis purificada, un flujo de CO₂ a granel y una corriente cargada de H₂S. La corriente de CO₂ puede purgarse o directamente presurizarse y canalizarse al almacenamiento o utilizarse para la recuperación mejorada del petróleo (RMP), y la corriente cargada de H₂S (típicamente de 10 a 80% en moles, más típicamente > 20% en moles y generalmente preferiblemente > 40% en moles de H₂S) se envía a un proceso de Claus para la producción de azufre elemental. En el proceso de Claus, el H₂S se quema parcialmente para formar una mezcla de H₂S y SO₂ que luego puede someterse a la reacción de Claus para formar azufre elemental y una corriente de gas de cola que contiene CO₂, H₂S sin reaccionar y SO₂, y otros componentes menores. Sin embargo, los procedimientos de disolvente líquido antes mencionados son costosos y tienen un consumo de energía significativo. Esto es especialmente cierto cuando la corriente de H₂S entrante se diluye, por ejemplo, <40%, ya que los tamaños de los equipos se hacen grandes con el fin de acomodar el aumento de gases inertes de la corriente de H₂S.

55

60

65

Un enfoque alternativo que ha sido desarrollado utiliza un procedimiento basado en la adsorción, la adsorción por oscilación de presión, para purificar corrientes de gas de síntesis que contienen CO₂ y al menos un componente combustible adicional, tal como el H₂S. En este procedimiento, una corriente de CO₂ rica con combustibles se forma con materiales combustibles que se queman a continuación para producir una corriente de CO₂ en bruto con productos de combustión, que luego se pueden quitar utilizando las tecnologías existentes para producir una corriente de CO₂ de la pureza adecuada para su almacenamiento o RMP geológica.

En particular, el documento US-A1-2007/0178035 describe un método para tratar una mezcla gaseosa que comprende H₂, CO₂ y al menos un gas combustible seleccionado a partir de H₂S, CO y CH₄, tal como una mezcla gaseosa que surge de la gasificación del combustible carbonoso, combustible hidrocarbonado o combustible de biomasa. El H₂ se separa a partir de la mezcla gaseosa, preferiblemente por un proceso de adsorción por oscilación de presión (AOP), para producir un gas H₂ separado y un gas de CO₂ en bruto que comprende el gas o los gases combustibles. Se quema entonces el gas CO₂ bruto (preferiblemente en un procedimiento de combustión del oxígeno-combustible) en presencia de O₂ para producir calor y un gas producto de CO₂ que comprende productos de combustión del gas o de los gases combustibles, siendo estos productos de la combustión CO₂ en el caso de CO; CO₂ y H₂O en el caso de CH₄; y así, SO_x (SO₂ y SO₃) y H₂O en el caso de H₂S. Algo de H₂ puede estar presente también en el gas de CO₂ crudo, que proporciona H₂O como un producto de la combustión. También se puede quemar un combustible carbonoso adicional, combustible hidrocarbonado o combustible de biomasa en el procedimiento de combustión, siendo dado como ejemplo la combustión de carbón pulverizado. Cuando los productos de combustión incluyen SO₂ y SO₃, el gas producto de CO₂ se puede lavar con agua, para enfriar el gas y eliminar el SO₃ y se mantiene a presión elevada en presencia de O₂, agua y NO_x, (NO y NO₂) para convertir SO₂ y NO_x en ácido sulfúrico y ácido nítrico. Los ácidos y el agua pueden ser entonces separados del producto CO₂.

Del mismo modo, el documento EP-A2-0262894 describe un procedimiento para la co-producción de corrientes enriquecidas en CO₂ separado y los productos de H₂ a partir de, por ejemplo, el efluente desde un reformador de metano por vapor. Se utiliza una unidad de AOP para la separación produciendo una corriente principal de hidrógeno enriquecido que puede ser licuada. La corriente de purga de la unidad AOP, que comprende CO₂ y gases combustibles que incluyen CO, CH₄ y H₂, se quema en presencia de oxígeno puro o enriquecido en un motor de combustión interna, turbinas de gas u otro dispositivo de este tipo de combustión para generar energía y proporcionar una corriente que consiste esencialmente en CO₂ y agua. Esta corriente a continuación se puede enfriar para condensar el vapor de agua, proporcionando CO₂ esencialmente puro que puede ser licuado.

Tales procesos, además de proporcionar corrientes de H₂ y CO₂ de alta pureza, tienen la ventaja de producir concurrentemente calor y/o energía que puede ser objeto de uso. Sin embargo, los presentes inventores han encontrado que, en algunos casos, la separación de una mezcla de gas de síntesis ácida (es decir, que contiene H₂S) por AOP u otros medios dará lugar a una corriente de CO₂ separada que puede estar demasiado diluida en los componentes combustibles para constituir una corriente que, por su propia cuenta y en las condiciones operativas bajo las que la combustión se debe llevar a cabo, se pueda quemar para formar una llama estable. Esto puede, a su vez, comprometer el funcionamiento correcto del procedimiento, ya que la inestabilidad de la llama dará lugar a la falta de combustión de una manera estable de los componentes combustibles de la corriente de CO₂, que pueden resultar en dichos componentes restantes como contaminantes en lo que sería el producto de CO₂ de alta pureza deseada.

Un medio generalmente conocido de la estabilización de la combustión de una corriente de residuos que, de lo contrario, no se quema de forma estable, es quemar también un combustible de apoyo del tipo disponible para su compra en una base de futuros (NYMEX, etc.), tales como gases naturales o petróleo ligero. Sin embargo, el uso de tales combustibles de apoyo tradicionales aumentará el coste del funcionamiento del proceso en el que se emplean.

Por lo tanto, queda una necesidad de un coste eficaz y métodos fiables para tratar una mezcla gaseosa, que comprende dióxido de carbono (CO₂), hidrógeno (H₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S), monóxido de carbono opcionalmente (CO) y opcionalmente uno o más componentes combustibles adicionales.

BREVE SUMARIO DE LA INVENCION

Según la presente invención, en un aspecto se proporciona un método para tratar una mezcla gaseosa que comprende CO₂, H₂, H₂S, opcionalmente CO, y opcionalmente uno o más componentes combustibles adicionales, para obtener una corriente de producto de H₂ o H₂ y CO (corriente de producto H₂/CO) y una corriente de producto de CO₂, comprendiendo el método:

separar la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente de producto H₂/CO y una corriente de CO₂ enriquecida, conteniendo la corriente de CO₂ enriquecida al menos un componente combustible seleccionado a partir de H₂S, H₂, CO y cualquier componente combustible adicional presente en la mezcla gaseosa; obtener una corriente de combustible de apoyo que comprenda uno o más componentes combustibles, en el que dicha corriente de combustible de apoyo es una corriente gaseosa derivada de la producción de la mezcla gaseosa, es una porción de la mezcla gaseosa, se separa de la mezcla gaseosa que, además de la corriente de producto H₂/CO y la corriente de CO₂ enriquecida, es una porción del producto H₂/CO, o se deriva a partir del producto H₂/CO;

quemar la corriente de combustible de apoyo, en presencia de suficiente O_2 para quemar la totalidad o sustancialmente la totalidad del componente o de los componentes combustibles presentes en dicha corriente de combustible de apoyo, para formar una llama estable que actúe como fuente de ignición para la combustión del componente o de los componentes combustibles presentes en la corriente enriquecida de CO_2 ;

poner en contacto la corriente de CO_2 enriquecida, dicha llama y suficiente O_2 para quemar la totalidad o sustancialmente la totalidad del componente o de los componentes combustibles presentes en dicha corriente de CO_2 enriquecida y formar un efluente de combustión que comprende CO_2 y el producto o los productos de combustión del componente o de los componentes combustibles del combustible de apoyo y las corrientes de CO_2 enriquecidas;

y formar la corriente de producto de CO_2 de dicho efluente de combustión.

Según la presente invención, en otro aspecto se proporciona un método para tratar una mezcla gaseosa, que comprende CO_2 , H_2 , H_2S , opcionalmente CO , y opcionalmente uno o más componentes combustibles adicionales, para obtener una corriente de producto de H_2 o H_2 y CO (corriente de producto de H_2/CO) y una corriente de producto de CO_2 , comprendiendo el método:

separar la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente de producto H_2/CO y una corriente de CO_2 enriquecida, conteniendo la corriente de CO_2 enriquecida H_2S y, opcionalmente, uno o más otros componentes combustibles seleccionados a partir de H_2 , CO y cualquier componentes combustibles adicionales presentes en la mezcla gaseosa;

obtener una corriente de combustible de apoyo que comprende H_2S y, opcionalmente, uno o más de otros componentes combustibles, en el que la corriente de combustible de apoyo contiene al menos 50 ppm de H_2S ;

quemar la corriente de combustible de apoyo, en presencia de suficiente O_2 para quemar todo o sustancialmente todo el componente o los componentes combustibles presentes en dicha corriente de combustible de apoyo, para formar una llama estable que actúe como fuente de ignición para la combustión del componente o de los componentes combustibles presentes en la corriente de CO_2 enriquecida;

poner en contacto la corriente de CO_2 enriquecida, dicha llama y suficiente O_2 para quemar todo o sustancialmente todo el componente o los componentes combustibles presentes en dicha corriente de CO_2 enriquecida y formar un efluente de combustión que comprende CO_2 , SO_x , H_2O y cualquier otro producto o productos de la combustión de cualquier otro componente o componentes combustibles adicionales para H_2S presentes en la corrientes de combustible de apoyo y CO_2 enriquecida; y

eliminar el SO_x y H_2O del efluente de combustión con el fin de formar la corriente de producto de CO_2 de dicho efluente de combustión.

BREVE DESCRIPCIÓN DE VARIAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un diagrama de flujo que representa una realización de la presente invención;

La Figura 2 es un diagrama de flujo que representa diversas fuentes in situ de las corrientes de combustible de apoyo para uso en la realización representada en la Figura 1;

La Figura 3 es un diagrama de flujo que representa más fuentes in situ de las corrientes de combustible de apoyo para uso en la realización representada en la Figura 1; y

La Figura 4 es un diagrama de flujo que representa otras fuentes in situ de las corrientes de combustible de apoyo para uso en la realización representada en la Figura 1.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención proporciona métodos para el tratamiento de una mezcla gaseosa, que comprende CO_2 , H_2 , H_2S , opcionalmente CO , y opcionalmente uno o más componentes combustibles adicionales, para obtener una corriente de producto de H_2/CO y una corriente de producto de CO_2 .

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, el método comprende:

separar la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente de producto de H_2/CO y una corriente de CO_2 enriquecida, conteniendo la corriente de CO_2 enriquecida al menos un componente combustible seleccionado a partir de H_2S , H_2 , CO y cualquier componentes combustibles adicionales presentes en la mezcla gaseosa;

obtener una corriente de combustible de apoyo que comprende uno o más componentes combustibles, en el que dicha corriente de combustible de apoyo es una corriente gaseosa derivada de la producción de la mezcla gaseosa, es una porción de la mezcla gaseosa, se separa de la mezcla gaseosa que, además de la corriente de producto de H_2/CO y la corriente de CO_2 enriquecida, es una parte del producto de H_2/CO , o se deriva del producto H_2/CO ;

quemar la corriente de combustible de apoyo, en presencia de suficiente O_2 para quemar todo o sustancialmente todo el componente o los componentes combustibles presentes en dicha corriente de combustible de apoyo, para formar una llama estable que actúe como fuente de ignición para la combustión del componente o los componentes combustibles presentes en la corriente enriquecida con CO_2 ;

poner en contacto la corriente de CO_2 enriquecida, dicha llama y suficiente O_2 para quemar la totalidad o sustancialmente la totalidad del componente o los componentes combustibles presentes en dicha corriente enriquecida en CO_2 y formar un efluente de combustión que comprende CO_2 y el producto o los productos de

combustión del componente o de los componentes combustibles de las corrientes de combustible de apoyo y de CO₂ enriquecida; y formar la corriente de producto CO₂ de dicho efluente de combustión.

5 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, el método comprende:

10 separar la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente del producto H₂/CO y una corriente de CO₂ enriquecida, conteniendo la corriente de CO₂ enriquecida H₂S y, opcionalmente, uno o más de otros componentes combustibles seleccionados de H₂, CO y cualquier componentes combustibles adicionales presentes en la mezcla gaseosa;
15 obtener una corriente de combustible de apoyo que comprende H₂S y, opcionalmente, uno o más de otros componentes combustibles, en el que la corriente de combustible de apoyo contiene al menos 50 ppm de H₂S;
20 quemar la corriente de combustible de apoyo, en presencia de suficiente O₂ para quemar todo o sustancialmente todo el componente o los componentes combustibles presentes en dicha corriente de combustible de apoyo, para formar una llama estable que actúe como fuente de ignición para la combustión del componente o los componentes combustibles presentes en la corriente enriquecida con CO₂;
25 poner en contacto la corriente de CO₂ enriquecida, dicha llama y suficiente O₂ para quemar la totalidad o sustancialmente la totalidad del componente o los componentes combustibles presentes en dicha corriente de CO₂ enriquecida y formar un efluente de combustión que comprende CO₂, SO_x, H₂O y cualquier otro producto o productos de combustión de cualquier otro componente o componentes combustibles adicionales para H₂S presentes en las corrientes del combustible de apoyo y de CO₂ enriquecida; y eliminar el SO₂ y el H₂O a partir del efluente de combustión con el fin de formar la corriente de producto CO₂ a partir de dicho efluente de combustión.

Los métodos de acuerdo con la invención proporcionan, por lo tanto, la combustión estable de la totalidad o sustancialmente la totalidad de los componentes combustibles contenidos en la corriente de CO₂ enriquecida, por combustión de una corriente de combustible de apoyo para proporcionar una llama estable, que actúa entonces como una fuente de ignición estable para la combustión de dichos componentes combustibles en la corriente enriquecida con CO₂. Sin embargo, los métodos de acuerdo con la invención no utilizan como corriente combustible de apoyo un combustible de apoyo tradicional (es decir, un combustible de apoyo del tipo disponible para su compra en una base de futuro, tales como gas natural o aceites ligeros) comprado u obtenido en otros sitios.

Por el contrario, de acuerdo con el primer aspecto de la invención, se utiliza una corriente de combustible de apoyo, que es una corriente gaseosa derivada de la producción de la mezcla gaseosa, es una porción de la mezcla gaseosa, se separa de la mezcla gaseosa que, además de la corriente de producto H₂/CO y la corriente de CO₂ enriquecida, es una porción del producto de H₂/CO, o se deriva a partir del producto H₂/CO, y por lo tanto, que se obtiene en el mismo lugar. De acuerdo con el segundo aspecto de la invención, se utiliza una corriente de combustible de apoyo lo que (a diferencia de los combustibles de apoyo tradicionales) tiene un contenido de H₂S de 50 ppm o superior, cuyo H₂S normalmente sería indeseable en un combustible de apoyo, pero que en el método de acuerdo con la segundo aspecto se puede eliminar junto con y de la misma manera que el H₂S ya presente en la corriente de CO₂ enriquecida.

Como tal, los métodos de acuerdo con la presente invención abordan la necesidad de un coste eficaz y métodos fiables de tratamiento de mezclas de gas de síntesis ácidas y otras mezclas gaseosas, que comprenden al menos H₂, CO₂ y H₂S, proporcionando una combustión estable de los componentes combustibles de la corriente de CO₂ enriquecida separada a través de la combustión de una corriente de combustible de apoyo que se obtiene en el mismo lugar o que se puede obtener fuera de este emplazamiento, pero que (debido a su contenido de H₂S) es, sin embargo, de un coste más bajo que el combustible de apoyo tradicional. Cuando la corriente de combustible de apoyo es una corriente que contiene CO₂ o una corriente que contiene componentes combustibles carbonosos (por ejemplo, CO, hidrocarburos) y que, de otro modo, habrían sido purgados, la combustión de la corriente del combustible de apoyo de acuerdo con la presente invención tiene el beneficio adicional de aumentar la captura del CO₂ global del proceso, mediante la incorporación del CO₂ (tanto originalmente presente como el obtenido como producto de la combustión de los componentes combustibles) con el CO₂ de la corriente enriquecida en CO₂ en una corriente de producto de CO₂ que es adecuada para el almacenamiento geológico o RPM, o que puede ser purificada para obtener una corriente adecuada para el almacenamiento geológico o RMP.

La mezcla gaseosa es preferiblemente una mezcla gaseosa obtenida a partir de la gasificación o el reformado de un material de alimentación carbonoso. La mezcla puede ser un gas de síntesis bruto obtenido directamente a partir del gasificador/reformador, o puede haber sido sometida a un tratamiento adicional. Por ejemplo, el gas de síntesis bruto puede haber sido: procesado para eliminar las partículas (por ejemplo, en un enfriamiento rápido o en una etapa de enfriamiento radiante); sometido a una reacción de desplazamiento agua-gas para convertir parte o la totalidad del CO presente en el gas de síntesis crudo a CO₂ y H₂O; y/o procesado para eliminar algunos o todos de cualquier agua presente.

65

La mezcla gaseosa comprende preferiblemente (en una base seca): de aproximadamente 10 a aproximadamente 60% en moles, más preferiblemente de aproximadamente 15 a aproximadamente 45% en moles de CO₂; de aproximadamente 500 ppm (0,05% en moles) a aproximadamente 5% en moles, más preferiblemente de aproximadamente 2.000 ppm (0,2% en moles) a aproximadamente de 2% en moles de H₂S (o H₂S y cualquier otros componentes que contienen azufre); y de aproximadamente 35% en moles hasta el resto, más preferiblemente de aproximadamente 50% en moles hasta el resto de H₂ o, si está presente CO, de una mezcla de H₂ y CO. La mezcla puede, por ejemplo, ser un gas de síntesis crudo o ácido procesado (es decir, que contiene H₂S). Otros componentes de la mezcla gaseosa que pueden, por ejemplo, estar presentes incluyen CH₄, N₂, Ar, y componentes que contienen azufre (por ejemplo, COS, CS₂) adicionales al H₂S.

La corriente de producto de H₂/CO está enriquecida en H₂ con respecto a la mezcla gaseosa, y se agota en CO₂ y H₂S (y, preferiblemente, otros componentes que contienen azufre) con respecto a la mezcla gaseosa. Cuando el CO está presente en la mezcla gaseosa, la corriente de producto de H₂/CO puede enriquecerse en H₂ y CO en relación con la mezcla gaseosa (por ejemplo, cuando el deseo es obtener una corriente de gas de síntesis purificada) o puede ser enriquecida en H₂ solamente (por ejemplo, cuando el deseo es obtener una corriente de H₂ purificada). Preferiblemente, la corriente de producto de H₂/CO tiene al menos aproximadamente 90% en moles de H₂ o una mezcla de H₂ y CO, y contiene menos de aproximadamente 50 ppm, más preferiblemente menos de aproximadamente 10 ppm, y lo más preferiblemente menos de 3 ppm de H₂S. Cuando el uso deseado de la corriente de producto de H₂/CO es como combustible para la producción de energía, el producto tiene preferiblemente al menos 90% en moles de H₂. Cuando la corriente de producto de H₂/CO deseada es un producto de H₂ de alta pureza para el uso en una planta de productos químicos o de refinería, el producto tiene preferiblemente al menos 99,9% en moles de H₂. Cuando la corriente de producto de H₂/CO deseada es un gas de síntesis (mezcla H₂/CO) para su uso en una planta de productos químicos (por ejemplo, en una planta Fischer-Tropsch), el producto tiene preferiblemente al menos 90% en moles, y más preferiblemente 95% en moles de una mezcla de H₂ y CO, con una relación de CO:H₂ preferiblemente entre aproximadamente 1:3 y aproximadamente 3:1, y más preferiblemente de aproximadamente 1:1 a aproximadamente 1:2,5.

La corriente de CO₂ enriquecida contiene al menos un componente combustible seleccionado de H₂S, H₂, CO y cualquier componentes adicionales combustibles presentes en la mezcla gaseosa (por ejemplo, CH₄, CS₂ y/o COS, como y cuando están presentes). La corriente de CO₂ enriquecida está enriquecida en CO₂ y agotada en H₂ en relación con la mezcla gaseosa. Sin embargo, típicamente (y en particular cuando la corriente de CO₂ enriquecida se ha obtenido utilizando adsorción por oscilación a presión, a través de la cual la separación completa de todo el H₂ de todo el CO₂ presente en una mezcla no es normalmente económicamente viable) la corriente enriquecida de CO₂ contendrá algo de H₂. La corriente de CO₂ enriquecida normalmente también estará enriquecida con H₂S (y, preferiblemente, cualquier otros componentes que contienen azufre) con relación a la mezcla gaseosa, a menos que la corriente de combustible de apoyo se obtenga mediante la separación de la mezcla gaseosa, además de la corriente del producto H₂/CO y de la corriente de CO₂ enriquecida, en cuyo caso la corriente de combustible de apoyo puede recuperar algo o todo el H₂S (y, opcionalmente, cualquier otros componentes que contienen azufre) a partir de la mezcla gaseosa, tal que la mezcla enriquecida de CO₂ puede o no puede entonces estar enriquecida o empobrecida en H₂S (y, opcionalmente, otros componentes que contienen azufre) con respecto a la mezcla gaseosa. Cuando el CO está presente en la mezcla gaseosa, la corriente de CO₂ enriquecida normalmente contiene algo de CO, pero puede o no estar enriquecida en CO en relación con la mezcla gaseosa (en función, al menos en parte, de si el proceso de separación se hace funcionar para proporcionar una corriente de producto H₂/CO enriquecida en CO y H₂ o enriquecida en H₂ solamente). Preferiblemente, la corriente de CO₂ enriquecida tiene al menos aproximadamente 70% en moles, preferiblemente al menos aproximadamente 80% en moles, y más preferiblemente al menos aproximadamente 85% en moles de CO₂.

El efluente de combustión (obtenido a partir de la cámara de combustión, es decir, del recinto dentro del cual se queman las corrientes del combustible de apoyo y de CO₂ enriquecida) contiene, como se ha señalado, el producto o los productos de combustión del componente o las corrientes de los componentes combustibles del combustible de apoyo y de CO₂ enriquecida. En el caso de H₂, el producto de combustión es H₂O. En el caso de CO, el producto de combustión es el CO₂. En el caso de CH₄ y otros hidrocarburos ligeros, los productos de combustión son CO₂ y H₂O. En el caso de H₂S, los productos de la combustión son SO_x (SO₂ y SO₃) y H₂O. En el caso de otros componentes que contienen combustibles de azufre tales como COS y CS₂ los productos de combustión son CO₂ y SO_x.

Como se señaló anteriormente, todos o sustancialmente todos los componentes combustibles presentes en la corriente de combustible de apoyo y la corriente de CO₂ enriquecida se queman para formar sus productos de combustión. Más específicamente, preferiblemente al menos el 99% del componente o de los componentes combustibles (en total) presentes en cada una de la corriente de combustible de apoyo y la corriente enriquecida de CO₂ se quema para formar sus productos de combustión. Como tal, preferentemente como máximo el 1% del componente o de los componentes combustibles (en total) presentes en las corrientes de combustible de apoyo y de CO₂ enriquecida permanecen en el efluente de combustión como componentes combustibles no quemados (combustibles residuales). El porcentaje de componentes combustibles que se queman y el porcentaje que permanecen como combustibles residuales en el efluente de combustión se pueden calcular a partir de los moles totales de los componentes combustibles de las corrientes de CO₂ enriquecida y combustible de apoyo frente al

efluente de combustión (es decir, si por ejemplo la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible apoyo, en combinación, contuvieran 100 kmol/h de componentes combustibles (de todo tipo) y el efluente de combustión contuviera 1 kmol/h de componentes combustibles (de todo tipo), entonces, en este caso, el 99% de los componentes combustibles se quemaría y el 1% permanecería como combustible residual). Los dispositivos adecuados para el seguimiento y la medición de las composiciones de las corrientes y, por lo tanto, adecuados para medir el contenido de los componentes combustibles en la corriente de CO₂ enriquecida y de la corriente de apoyo y del efluente de combustión serán conocidos por los expertos ordinarios en la técnica.

La corriente de producto de CO₂ tiene una concentración de CO₂ de preferiblemente al menos aproximadamente 90% en moles, más preferiblemente al menos aproximadamente 95% en moles, más preferiblemente al menos aproximadamente 98% en moles. La corriente de producto de CO₂ esta, preferiblemente y sustancialmente, y puede estar totalmente libre de H₂, CO, H₂S y cualquier otros componentes combustibles presentes en la mezcla gaseosa. La corriente de producto de CO₂ puede ser CO₂ puro o esencialmente puro. Cuando los productos de combustión presentes en el efluente de combustión constan de CO₂, o de CO₂ y sólo cantidades menores de otros productos (en los niveles que son aceptables en el producto de CO₂ deseado), el efluente de combustión puede formar el producto de CO₂ sin ningún procesamiento adicional del efluente de combustión para cambiar la composición de los mismos (el efluente de combustión puede, por ejemplo, ser enfriado todavía para extraer calor útil y/o trabajo del mismo, y o ser comprimido o expandido en función de la presión a la que se obtiene y el uso final deseado del producto CO₂). Típicamente, sin embargo, el efluente de combustión contendrá H₂O y/o SO_x (como resultado de la combustión del H₂S presente en una o ambas de las corrientes del combustible de apoyo y de CO₂ enriquecida) en cantidades mayores de lo deseado en el producto de CO₂. Cuando los productos de combustión incluyen H₂O, el efluente de combustión se puede enfriar para condensar el agua y/o puede secarse de otro modo para formar la corriente de producto de CO₂. Cuando los productos de combustión incluyen SO_x, el efluente de combustión puede procesarse adicionalmente para eliminar el SO_x a través de cualquier medio adecuado (por ejemplo, a través de los medios que serán discutidos con más detalle a continuación).

La corriente de combustible de apoyo comprende, como se ha señalado, uno o más componentes combustibles y se quema para formar una llama estable que actúa como la fuente de ignición para la combustión del componente o de los componentes combustibles presentes en la corriente de CO₂ enriquecida. Aunque la corriente enriquecida en CO₂ contiene uno o más componentes combustibles, la composición (es decir, la concentración de los componentes combustibles y el valor calorífico general) de las corrientes de CO₂ enriquecidas es o puede ser tal que, en las condiciones previstas en virtud de las cuales la combustión se debe llevar a cabo (es decir, el caudal previsto y la composición de oxidante, la temperatura de funcionamiento prevista dentro de la cámara de combustión, y así sucesivamente), no puede ser quemada para formar y mantener una llama estable (es decir, una llama que no se apaga sin una fuente de ignición externa constante tal como otra llama proporcionada por combustión de una corriente de combustible por separado). En consecuencia, se quema una corriente de combustible de apoyo que tiene una composición que, en las condiciones previstas en virtud de las cuales la combustión se debe llevar a cabo, se quema realmente para formar y mantener una llama estable. Esta llama actúa entonces como una fuente de ignición constante necesaria para la combustión también del componente o de los componentes combustibles presentes en la corriente de CO₂ enriquecida (satisfiriendo así el triángulo de combustión, es decir, oxidante-combustible-fuente de ignición, que siempre se requiere para que se produzca cualquier combustión).

La composición necesaria de la corriente del combustible de apoyo, necesaria para formar y mantener una llama estable en vista de las condiciones de funcionamiento en las que la combustión va a tener lugar, la pueden determinar experimentalmente los expertos normales en la técnica, sin una complicación excesiva. La formación de una llama estable puede, por ejemplo, determinarse visualmente a través de una o más mirillas y/o por medio de uno o más detectores automatizados de llama, por ejemplo, uno o más ojos de fuego, adecuadamente situados dentro de la cámara de combustión. La formación de una llama estable puede, por ejemplo, también monitorizarse indirectamente a través de la vigilancia de la composición de la corriente de CO₂ enriquecida y del efluente de combustión ya que, como se señaló anteriormente, en el caso de que la llama salga entonces la proporción de componentes combustibles que no se queman (y que así permanecen como combustibles residuales en el efluente de combustión) se elevará.

A pesar de que la capacidad de que una corriente forme una llama estable no está dictada únicamente por su HHV, las corrientes con HHV más altos tienden a ser combustibles más estables, y el HHV de la corriente de combustible de apoyo por lo tanto es típicamente más alto que el de la corriente de CO₂ enriquecida. En realizaciones preferidas de la invención, la corriente de CO₂ enriquecida tiene un HHV por debajo de 100 Btu/pié cúbico (3750 kJ/m³), tales como desde menos de 100 Btu/pié cúbico (3750 kJ/m³) a aproximadamente 30 Btu/pié cúbico (1150 kJ/m³), en los que "pié cúbico" se refiere a un pie cúbico estándar, es decir 1 pie cúbico a 60 grados Fahrenheit (15,6 grados centígrados) y 14.696 psi (101.325 kPa), y "m³" se refiere a un metro cúbico estándar, es decir 1 metro cúbico en las condiciones antes mencionadas. La corriente de combustible de apoyo tiene preferiblemente un HHV de por encima de 100 Btu/pié cúbico (3750 kJ/m³), más preferiblemente por encima de aproximadamente 120 Btu/pié cúbico (4500 kJ/m³), más preferiblemente por encima de aproximadamente 150 Btu/pié cúbico, y típicamente hasta aproximadamente 1300 Btu/pié cúbico (50.000 kJ/m³).

La corriente de combustible de apoyo se puede quemar en cualquier diseño adecuado del quemador. Por ejemplo, la corriente de combustible de apoyo se puede quemar utilizando quemadores piloto de un tipo comercialmente disponible y se venden para la combustión de gas natural o aceite ligero N° 2, tales como quemadores John Zink Mark I o II (disponibles de John Zink Company, LLC, 11920 East Apache, Tulsa, OK 74116, EE.UU.) o un número de quemadores disponibles de Hamworthy (Hamworthy Combustion Engineering Ltd, Fleets Corner, Poole, Dorset, BH17 0LA, Reino Unido).

El calor proporcionado por la combustión de la corriente de combustible de apoyo se puede ajustar, si se desea, mediante el ajuste de la cantidad de calor eliminado en la zona de combustión proporcionando un revestimiento refractario o proporcionando refrigeración, por ejemplo, con un encamisado de agua. La combustión de la corriente de combustible de apoyo suministra el calor suficiente para que la llama resultante actúe como fuente de ignición para la combustión de la totalidad o sustancialmente la totalidad de los componentes combustibles presentes en la corriente de CO₂ enriquecida. La cantidad de calor requerida dependerá de una serie de factores (tales como la composición de la corriente de CO₂ enriquecida, la composición de la(s) corriente(s) oxidante(s) suministrando el oxígeno para la combustión, la eliminación del calor de la zona de combustión, y así sucesivamente), y podrá volver a ser determinada experimentalmente por la persona experta sin una complicación excesiva (siendo posible la determinación de si todos o no, o sustancialmente todos los componentes combustibles se han quemado, como se señaló anteriormente, midiendo la composición de la corriente de CO₂ enriquecida y el efluente de combustión). Típicamente, sin embargo, la combustión de la corriente de combustible de apoyo necesaria suministra solamente desde aproximadamente 1% a aproximadamente 20%, y más típicamente de 5% a 10%, de la entrada total del calor de combustión de las corrientes del combustible de apoyo y de CO₂ enriquecida.

Como se ha indicado anteriormente, tanto la corriente de combustible de apoyo como la corriente de CO₂ enriquecida se queman en presencia de suficiente O₂ para quemar la totalidad o sustancialmente la totalidad del componente o de los componentes combustibles presentes en dichas corrientes. La cantidad de O₂ suministrado para la combustión es por lo tanto preferiblemente al menos igual a, y más preferiblemente en exceso de, la cantidad estequiométrica (es decir, la cantidad teóricamente requerida para la combustión completa de todo el componente de combustible o de los combustibles de dichas corrientes). La corriente o corrientes de oxidante mezcladas con las corrientes del combustible de apoyo y de CO₂ enriquecida pueden ser, por ejemplo, oxígeno puro, aire, aire enriquecido con oxígeno, o una corriente previamente agotada de oxígeno en la que se ha inyectado más oxígeno (por ejemplo, una porción reciclada del efluente de combustión u otro gas de combustión que se haya enriquecido con más oxígeno). Sin embargo, se prefiere que la(s) corriente(s) oxidante(s) tenga(n) una concentración de oxígeno mayor del 21% en moles, es decir, estén enriquecidas en oxígeno en comparación con el aire (a presión atmosférica), y más preferido que la(s) corriente(s) oxidante(s) tenga(n) una concentración de oxígeno de al menos aproximadamente 90 moles. Más preferentemente, la(s) corriente(s) oxidante(s) son oxígeno puro o sustancialmente puro. Además de ayudar a estabilizar la combustión (mediante la reducción del HHV mínimo requerido de la corriente de combustible de apoyo para la formación de una llama estable y la reducción de la cantidad mínima de calor, suministrado por la combustión de la corriente de combustible de apoyo, es decir, requerido para la combustión de la totalidad o sustancialmente la totalidad del componente o de los componentes combustibles de la corriente de CO₂ enriquecida), los grados de pureza de oxígeno más altos reducen la cantidad de nitrógeno en el efluente de combustión, lo que puede: reducir o eliminar la necesidad del procesamiento del efluente de combustión para eliminar el nitrógeno con el fin de formar el producto de CO₂; reducir el volumen del efluente de combustión, reduciendo así el volumen de gas que necesita ser procesado de cualquier manera para formar el producto de CO₂; y/o aumentar la temperatura del efluente de combustión, lo que aumenta la cantidad de calor que se puede extraer con fines útiles, tales como la subida y/o el supercalentamiento de vapor.

Cuando la corriente de combustible de apoyo comprende, y/o la corriente de CO₂ enriquecida contiene, H₂S, de manera que los productos de combustión en el efluente de combustión comprenden SO_x y H₂O, y el SO_x y el H₂O se eliminan del efluente de combustión con el fin de formar la corriente de producto CO₂, el SO_x y el H₂O pueden (como se señaló anteriormente) eliminarse por cualquier medio adecuado conocido en la técnica. Sin embargo, en realizaciones preferidas se eliminan al:

enfriar el efluente de combustión para condensar el agua y convertir SO₃ en ácido sulfúrico;
mantener dicho efluente de combustión enfriado a presión o presiones elevadas en presencia de O₂, agua y NO_x, durante un tiempo suficiente para convertir SO₂ en ácido sulfúrico y NO_x en ácido nítrico; y
separar el agua, el ácido sulfúrico y el ácido nítrico a partir de dicho efluente de combustión enfriado.

Este procedimiento por el cual el SO_x se elimina puede, en particular, ser un procedimiento como se describe en el documento US-A1-2007/0178035, siendo las características preferidas de este procedimiento, por lo tanto, como se describen en este documento. En particular, sustancialmente la totalidad (o la totalidad) de SO_x y el grueso, por lo general, al menos aproximadamente 90%, de cualquier NO_x se elimina preferiblemente. El efluente de combustión se produce por lo general a una presión de aproximadamente 0,1 MPa (1 bar) a aproximadamente 0,7 MPa (7 bar), y más típicamente de aproximadamente 0,1 MPa (1 bar) a aproximadamente 0,2 MPa (2 bar), dependiendo al menos en parte de la presión a la que se obtiene la corriente enriquecida en CO₂ y se quema, y puede ser comprimida a presión elevada, si y cuando sea necesario. La presión elevada es por lo general al menos aproximadamente 0,3 MPa (3 bar) y preferiblemente de aproximadamente 1 MPa (10 bar) a aproximadamente 5

MPa (50 bar). El tiempo de contacto (o "de retención") entre los componentes gaseosos y el agua líquida después de la elevación de la presión afecta al grado de conversión de SO_2 en H_2SO_4 y de NO_x en HNO_3 , un tiempo total "de retención" de no más de 60 segundos por lo general es suficiente para la conversión máxima de SO_2/NO_x . Los dispositivos de contacto gas/líquido contracorriente, tales como columnas o torres depuradoras permiten la mezcla íntima de agua con los componentes gaseosos para la eliminación continua de SO_2 y NO_x y, por lo tanto, constituyen los dispositivos adecuados para proporcionar el tiempo de contacto requerido para la conversión o conversiones. El O_2 requerido para las conversiones puede añadirse a pesar de que una cantidad de O_2 pueda estar presente en el efluente de combustión, por ejemplo, cuando se utilizaba un exceso estequiométrico de O_2 durante la combustión. El agua está típicamente presente en el efluente de combustión como uno de los productos de la combustión, pero se puede añadir más agua si fuera necesario. Del mismo modo, el NO_x puede estar ya presente en el efluente de combustión, y/o puede ser añadido cuando sea necesario.

Preferiblemente, la mezcla gaseosa se separa para proporcionar la corriente de producto de H_2/CO y la corriente de CO_2 enriquecida utilizando adsorción con oscilación de presión (AOP). La mezcla gaseosa se puede separar en un único sistema AOP para proporcionar la corriente de producto y la corriente de CO_2 enriquecida en H_2/CO (y, en el primer aspecto de la invención, opcionalmente, también la corriente de combustible de apoyo, como se discutirá más adelante). Alternativamente, la mezcla gaseosa puede separarse para proporcionar la corriente de producto de H_2/CO y la corriente enriquecida en CO_2 (y, en el primer aspecto de la invención, opcionalmente, también la corriente de combustible de apoyo) utilizando dos o más sistemas AOP en serie y/o en paralelo. La separación de la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente de producto y la corriente de CO_2 enriquecida en H_2/CO (y, en el primer aspecto de la invención, opcionalmente, también la corriente de combustible de apoyo) también podría implicar el uso de uno o más sistemas AOP y uno o más de otros tipos de sistema de separación.

El sistema o cada sistema AOP pueden comprender una pluralidad de lechos adsorbentes, como se conoce en la técnica. Por ejemplo, el sistema o cada sistema puede comprender una pluralidad de lechos, estando los ciclos de AOP de los lechos individuales adecuadamente escalonados de modo que en cualquier punto en el tiempo siempre hay al menos un lecho que sufre adsorción y al menos un lecho que sufre regeneración, tales que el sistema puede separar continuamente la corriente alimentada a éste. El sistema o cada sistema podrían también, por ejemplo, alternativa o adicionalmente, comprender más de un lecho dispuesto en serie y que sufra la adsorción al mismo tiempo, estando el gas pasando a través de un lecho que se pasa al siguiente lecho en serie, y los gases desorbidos a partir de los lechos durante la regeneración estando adecuadamente combinados.

El sistema o cada sistema AOP comprende el adsorbente selectivo para uno o más componentes de más de uno o más de otros componentes de la corriente de la que el sistema AOP se va a separar (es decir, el sistema AOP comprende el adsorbente que adsorbe uno o más componentes de dicha corriente preferiblemente a uno o más de otros componentes de dicha corriente, o, dicho de otra manera, que adsorbe uno o más componentes de dicha corriente con mayor afinidad que uno o más de otros componentes de dicha corriente). El sistema puede comprender un único tipo de adsorbente, selectivo para todos los componentes que han de ser adsorbidos selectivamente, o más de un tipo de adsorbente que en combinación proporcionan la adsorción selectiva deseada. Cuando más de un tipo de adsorbente está presente, estos pueden ser mezclados y/o dispuestos en capas/zonas separadas de un lecho, o estar presentes en lechos separados dispuestos en serie, o dispuestos de cualquier otra forma según sea apropiado y conocido en la técnica.

Por ejemplo, cuando la mezcla gaseosa se ha de separar en un solo sistema AOP, el sistema AOP comprenderá típicamente el adsorbente selectivo para al menos el H_2S y el CO_2 respecto al H_2 . Si el producto H_2/CO se empobrece también en CO entonces el adsorbente sería selectivo para CO respecto al H_2 también. Los adsorbentes ejemplares incluyen carbonos, alúminas, geles de sílice y tamices moleculares. Una sola capa de gel de sílice se puede usar para obtener un producto de H_2/CO que es un gas de H_2 y CO enriquecido, una sola capa de gel de sílice o una fracción de gel de sílice/carbono puede ser utilizada para obtener el producto de H_2/CO que es H_2 gas de grado turbina, o un gel de sílice/carbono/fracción de zeolita 5A puede ser utilizado para obtener el producto H_2/CO que es H_2 de alta pureza. Un tipo adecuado de gel de sílice para su uso como adsorbente es, por ejemplo, el gel de sílice de alta pureza (mayor de 99% de SiO_2) descrito en el documento US-A1-2010/0011955.

El sistema o cada sistema AOP pueden, por ejemplo, ser operados de la misma manera que los procedimientos AOP conocidos para la separación de H_2 a partir de una corriente de alimentación; con todas las opciones de ciclo conocidas adecuadas para esta área de tecnología (por ejemplo, los ciclos y los tiempos de paso, el uso, el orden y la operación de adsorción, igualación, represurización, despresurización y etapas de purga, y así sucesivamente). El ciclo AOP empleado incluirá, por supuesto, típicamente al menos una etapa de adsorción y etapas de drenaje/despresurización y purga. Durante la etapa de adsorción de la corriente que se separa, se alimenta a presión superior a la atmosférica al lecho o a los lechos que sufren la etapa de adsorción y los componentes de la corriente son adsorbidos selectivamente, estando el gas empujado a través de los lechos durante esta etapa, por tanto, enriquecido en los componentes para el que el adsorbente no es selectivo. Durante la etapa o las etapas de drenaje/despresurización y la etapa de purga, la presión en el lecho o los lechos se reduce y un gas de purga se pasa a través del lecho o de los lechos para desorber los componentes adsorbidos durante la etapa de adsorción anterior, proporcionando de ese modo gas enriquecido en los componentes adsorbidos selectivamente y regenerando el lecho o los lechos en preparación para la siguiente etapa de adsorción. Cuando la mezcla gaseosa

se va a separar en un único sistema AOP, la corriente de producto H₂/CO por lo tanto típicamente estará formada, al menos en parte, de al menos una parte del gas empujado a través de los lechos del sistema de AOP durante la etapa de adsorción, y la corriente de CO₂ enriquecida típicamente estará formada, al menos en parte, de al menos una parte del gas obtenido a partir de las etapas de drenaje y purga.

5 La etapa de adsorción puede, por ejemplo, llevarse a cabo a una presión de aproximadamente 0,5 a 10 MPa (de 5 a 100 bar) absolutos y a una temperatura en el intervalo de aproximadamente 10-60°C. Durante las etapas de despresurización y purga del ciclo, la presión en el lecho se reduce al nivel de base utilizado durante el ciclo. Típicamente, esto será a presiones iguales, o ligeramente por encima, a la atmosférica (es decir, iguales o ligeramente por encima de 0,1 MPa), o por debajo de presiones sub-atmosféricas en el caso de un proceso de adsorción por cambio de presión al vacío (PACV). Sin embargo, pueden también emplearse presiones más altas para las etapas de drenaje y purga, si se desea (aunque el rendimiento del sistema AOP se reducirá cuando la presión base de la AOP sea mayor, debido a la capacidad dinámica de que el sistema AOP sea disminuía, el gas obtenido a partir de las etapas de drenaje y purga se obtendrá a mayor presión, lo que puede ser beneficioso cuando se requiera la compresión de estos gases para su uso posterior). El gas utilizado para la purga se puede precalentar al menos en parte antes de su uso. Si se utiliza calentamiento, entonces, una temperatura típica del gas de purga se eleva para estar en el intervalo de aproximadamente 150°C a aproximadamente 300°C.

20 De acuerdo con el primer aspecto de la invención, la corriente de combustible de apoyo, como se señaló anteriormente, se genera en el sitio en una de un número de maneras.

25 En una realización, la corriente de combustible de apoyo es una corriente gaseosa derivada de la producción de la mezcla gaseosa. La mezcla gaseosa puede ser, por ejemplo, una mezcla de gas de síntesis crudo formado por gasificación o el reformado de un material de alimentación carbonoso y, opcionalmente: enfriamiento rápido de la mezcla de gas de síntesis producido inicialmente para eliminar las partículas; y/o someter la mezcla producida inicialmente o la mezcla inactivada a una reacción de desplazamiento de agua-gas; y/o la eliminación de agua de la mezcla inicialmente producida, inactivada y/o desplazada (por ejemplo, por enfriamiento y condensación de al menos parte del agua presente en dicha mezcla). En tales circunstancias, la corriente de combustible de apoyo puede estar formada a partir de: un vapor obtenido a partir de una corriente de agua residual a partir de la inactivación y/o eliminación de agua de la mezcla del gas de síntesis; y/o de una porción de la mezcla del gas de síntesis antes de la inactivación, desplazamiento agua-gas, y/o eliminación de agua. Cuando se obtiene la corriente de combustible de apoyo de esta manera, por lo general, se obtendrá a temperatura y presión relativamente altas (superior a la necesaria para soportar la combustión de la corriente enriquecida en CO₂). Por lo tanto, antes de la combustión para formar una llama estable que actúe como fuente de ignición para la combustión del componente o de los componentes combustibles presentes en la corriente de CO₂ enriquecida, la corriente de combustible de apoyo puede ser expandida para generar trabajo útil.

40 En otra realización, la corriente de combustible de apoyo puede ser simplemente una parte de la mezcla gaseosa que se toma para formar la corriente de combustible de apoyo en lugar de ser separada para proporcionar la corriente de producto H₂/CO y la corriente de CO₂ enriquecida.

45 En otra realización, la corriente de combustible de apoyo es una corriente separada de la mezcla gaseosa además de la corriente de producto H₂/CO y la corriente enriquecida en CO₂. Como se señaló anteriormente, la mezcla gaseosa está, preferiblemente, separada para proporcionar la corriente de producto H₂/CO y CO₂ enriquecida utilizando uno o más sistemas de adsorción por oscilación de presión (AOP), en cuyo caso la mezcla gaseosa se puede separar para proporcionar también la corriente del combustible de apoyo utilizando dicho uno o más sistemas AOP.

50 Cuando la mezcla gaseosa se separa en un único sistema AOP para proporcionar la corriente de producto H₂/CO, la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible de apoyo, la corriente de CO₂ enriquecida puede estar formada a partir del gas retirado durante la etapa de drenaje, y la corriente de combustible de apoyo puede estar formada a partir del gas retirado durante la etapa de purga. En la etapa de purga, se purgan el lecho o los lechos con un gas de CO₂ y H₂S agotado (en relación con la mezcla gaseosa), tal como por ejemplo una porción del gas empujado a través del lecho o de los lechos durante la etapa de adsorción, para ayudar a la desorción de las especies adsorbidas, con el resultado de que los gases obtenidos durante la etapa de purga típicamente tendrán una mayor concentración de los componentes combustibles (en particular, de H₂), y un mayor HHV, que los gases obtenidos durante la etapa de drenaje. Los gases obtenidos durante la etapa de purga pueden ser, por tanto, adecuados para su uso como una corriente de combustible de apoyo, a pesar de que la combinación de los gases obtenidos a partir de las etapas de drenaje y purga no lo serían.

60 Alternativamente, cuando se separa la mezcla gaseosa en un único sistema AOP para proporcionar la corriente del producto H₂/CO, la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible de apoyo, la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible de apoyo pueden estar formadas a partir de los gases retirados en diferentes puntos en el tiempo durante la misma o las mismas etapas de purga y/o drenaje. Por ejemplo, cuando se emplean etapas de drenaje contracorriente y purga (es decir, los gases del drenaje y de la purga se eliminan desde el extremo opuesto del lecho desde el que se retira el gas durante la etapa de adsorción), el gas eliminado

65

inicialmente contendrá típicamente una mayor concentración de las especies más fuertemente adsorbidas (por ejemplo, CO_2 y H_2S), mientras que el gas en el final de la etapa contendrá normalmente una mayor concentración de las especies menos fuertemente adsorbidas (por ejemplo, H_2 o CO y H_2). Dependiendo de la composición de las condiciones de mezcla y de reacción gaseosas durante la etapa de adsorción, el gas eliminado en el comienzo de la etapa de drenaje o purga, por lo tanto, puede tener una mayor concentración de los componentes combustibles y un HHV mayor que el gas retirado en el extremo de esa etapa, o viceversa. En consecuencia, la corriente de combustible de apoyo puede estar formada a partir de cualquiera de los gases retirados al principio o al final de la etapa y tiene la mayor concentración de los componentes combustibles y un mayor HHV, y la corriente de CO_2 enriquecida puede estar formada a partir de los otros de dichos gases.

En otra disposición, la mezcla gaseosa se puede separar utilizando dos procesos de sistemas AOP operados en paralelo (los adsorbentes preferidos para el uso en cada uno de dichos sistemas es el mismo que el descrito anteriormente para el uso en un único sistema AOP para la separación de la mezcla gaseosa). Un sistema AOP puede ser operado bajo un conjunto de condiciones de operación a parte separado de la mezcla gaseosa para proporcionar una corriente de H_2 enriquecida (típicamente formada, al menos en parte, a partir del gas empujado a través durante la etapa de adsorción) y la corriente de CO_2 enriquecida (típicamente formada, al menos en parte, a partir de al menos una parte de la de gas obtenido durante el drenaje y/o la purga), y otro sistema AOP puede funcionar bajo un conjunto diferente de condiciones de funcionamiento para separar aparte la mezcla gaseosa para proporcionar una corriente de H_2 enriquecida (típicamente formada, al menos en parte, a partir del gas empujado a través durante la etapa de adsorción) y la corriente de combustible de apoyo (típicamente formada, al menos en parte, a partir de al menos una parte de la del gas obtenido durante el drenaje y/o la purga), la corriente de producto H_2/CO se forma a partir de una o ambas de dichas corrientes de H_2 enriquecidas.

Por ejemplo, accionando uno de los sistemas AOP usando una etapa de adsorción a una presión mayor que la óptima (para la separación de CO_2 y H_2S de H_2 o H_2 y CO), una mayor concentración de H_2 y/o CO puede ser adsorbida y/o retenida en los vacíos del lecho, con el resultado de que una mayor concentración de H_2 o H_2 y CO puede ser obtenida en los gases obtenidos durante el drenaje y/o la purga. La corriente de combustible de apoyo puede entonces formarse a partir de los gases procedentes del drenaje y/o la purga de este sistema AOP, mientras que la corriente enriquecida en CO_2 se forma a partir los gases de drenaje y/o purga desde el otro sistema AOP que se hace funcionar usando una etapa de adsorción a una presión más baja (lo que es más óptimo para la separación de CO_2 y H_2S a partir de H_2 o H_2 y CO).

En otra disposición, la mezcla gaseosa se puede separar usando dos sistemas AOP en serie, en los que la mezcla gaseosa se separa por un primer sistema AOP para proporcionar una corriente enriquecida de H_2 o H_2 y CO y una corriente que comprende H_2S y CO_2 , y la corriente enriquecida de H_2 o H_2 y CO se separa en el segundo sistema AOP para proporcionar la corriente de producto H_2/CO y una corriente que contiene CO_2 , en la que: la corriente enriquecida en CO_2 se forma a partir de una que comprende dicha corriente H_2S y CO_2 y dicha corriente que contiene CO_2 , y la corriente de combustible de apoyo está formada a partir de la otra de dichas corrientes; o la corriente enriquecida en CO_2 se forma a partir de una o ambas de dicha corriente que comprende H_2S y CO_2 y dicha corriente que contiene CO_2 , y la corriente de combustible de apoyo está formada a partir de otra corriente de H_2 o H_2 y CO enriquecida separada de la mezcla gaseosa por el primer sistema AOP.

La corriente o las corrientes enriquecidas en H_2 formadas a partir de esta disposición están enriquecidas en H_2 y (si está presente en la mezcla gaseosa) opcionalmente CO con respecto a la mezcla gaseosa, pero no están tan enriquecidas en H_2 (u, opcionalmente, H_2 y CO) como la corriente de producto H_2/CO . El primer y segundo sistemas AOP pueden, por ejemplo, cada uno utilizar un adsorbente como se describió anteriormente para su uso en un único sistema AOP para la separación de la mezcla gaseosa. Alternativamente, cuando la corriente de H_2 enriquecida obtenida a partir del primer sistema AOP está libre o sustancialmente libre de H_2S , entonces, el segundo proceso AOP puede no necesitar adsorber H_2S , en el que los adsorbentes basados en el caso de carbono y zeolita pueden ser preferibles. Igualmente, cuando el primer sistema AOP es para recuperar la totalidad o sustancialmente la totalidad de H_2S en la corriente que contiene CO_2 obtenida a partir del mismo, y la separación mayor de CO_2 a partir de H_2 (o H_2 y CO) debe ser llevada a cabo en el segundo sistema AOP, el primer sistema AOP puede utilizar un adsorbente que maximice la selectividad del sistema de H_2S para incluso CO_2 , tal como una superficie modificada o carbón activado impregnado.

En una realización, la separación de la mezcla gaseosa que proporciona la corriente de producto H_2/CO , la corriente de CO_2 enriquecida y la corriente del combustible de apoyo pueden comprender la separación de la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente de combustible de apoyo, que comprende H_2S y CO_2 , y una corriente agotada en H_2S y enriquecida en H_2 o H_2 y CO , y separar dicha corriente empobrecida en H_2S para proporcionar la corriente de producto H_2/CO y la corriente de CO_2 enriquecida. En esta realización, la corriente de combustible de apoyo tiene preferiblemente una concentración de H_2S de al menos aproximadamente 4% en moles, y más preferiblemente de aproximadamente 20% en moles a aproximadamente 80% en moles, la corriente empobrecida en H_2S está preferiblemente libre o sustancialmente libre de H_2S (y, por lo tanto, la corriente de CO_2 enriquecida está también preferiblemente libre o sustancialmente libre de H_2S).

Preferiblemente, el método de acuerdo con esta realización se lleva a cabo utilizando dos sistemas AOP en serie, como se describe anteriormente. Alternativamente, la separación de la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente de combustible de apoyo, que comprende H₂S y CO₂, y una corriente agotada en H₂S y enriquecida en H₂ o H₂ y CO, podría llevarse a cabo en otro tipo de sistema de separación (tal como, por ejemplo, un sistema de disolvente líquido, tal como SelexolTM, Rectisol®, u otro sistema de eliminación de gases ácidos) en lugar del primer sistema AOP.

En otra realización, la separación de la mezcla gaseosa que proporciona la corriente de producto de H₂/CO, la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible de apoyo puede comprender la separación de la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente de CO₂ enriquecida, que comprende H₂S y CO₂, y una corriente agotada en H₂S y enriquecida en H₂ o H₂ y CO, y separar dicha corriente agotada en H₂S para proporcionar la corriente de combustible de apoyo, que comprende CO₂ y H₂ o H₂ y CO, y la corriente de producto de H₂/CO.

Preferiblemente, el método de acuerdo con esta realización se lleva a cabo utilizando dos sistemas de AOP en serie, como se describe anteriormente. La corriente de producto de H₂/CO puede ser preferiblemente un producto de H₂ de alta pureza para su uso en una planta de productos químicos o de refinería, que tiene una concentración de H₂ de por ejemplo al menos aproximadamente 99,9% en moles, y la corriente agotada en H₂S y enriquecida en H₂ o H₂ y CO puede tener preferiblemente una concentración de H₂, por ejemplo, de al menos aproximadamente 90% en moles, que, por lo tanto, sería adecuada como combustible para la producción de energía. En este caso, el primer sistema AOP puede proporcionar preferiblemente al menos dos corrientes empobrecidas en H₂S y enriquecidas en H₂ o H₂ y CO, siendo una de las corrientes enviada al segundo sistema AOP para una separación adicional y siendo la otra utilizada como combustible para la producción de energía.

En otra realización, la separación de la mezcla gaseosa que proporciona la corriente de producto de H₂/CO, la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible de apoyo puede comprender la separación de la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente de producto de H₂/CO y una corriente que luego es más separada para proporcionar la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible de apoyo.

Por ejemplo, la mezcla gaseosa se puede separar por un primer sistema AOP en la corriente de producto de H₂/CO y una corriente que comprende CO₂ y H₂S (y, por lo general al menos alguno de H₂ o H₂ y CO), y la segunda corriente puede entonces separarse por un segundo sistema AOP en la corriente enriquecida en CO₂ (que está preferiblemente libre o sustancialmente libre de H₂S) y la corriente de combustible de apoyo que comprende H₂S y CO₂ (que comprende preferiblemente al menos aproximadamente 4% en moles de H₂S, y más preferiblemente de aproximadamente 20 a aproximadamente 80% en moles de H₂S).

En otra realización, la corriente de combustible apoyo puede ser una porción del producto de H₂/CO que se toma y se utiliza como la corriente de combustible de apoyo.

En otra realización, la corriente de combustible el apoyo se puede derivar a partir del producto H₂/CO, tal como cuando la corriente de combustible de apoyo es una corriente que resulta de un procesamiento adicional de la totalidad o una porción de la corriente de producto H₂/CO. Por ejemplo, cuando la corriente de producto de H₂/CO es un gas de síntesis puro o sustancialmente puro, puede ser utilizada para productos sintetizados tales como el gas natural sustituto, metanol o productos de Fischer-Tropsch (F-T). En este caso, la corriente de combustible de apoyo podría ser tomada a partir de una parte de estos otros productos, o podría obtenerse como un subproducto a partir de un procesamiento posterior del producto H₂/CO, por ejemplo, tal como una corriente de purga de una caja fría para separaciones de H₂/CO, o una corriente de reciclado de un reactor de metanización o FT.

De acuerdo con el segundo aspecto de la invención, la corriente de combustible de apoyo contiene, como se ha señalado anteriormente, al menos 50 ppm de H₂S. Más preferiblemente, la corriente de combustible de apoyo contiene al menos 1% en moles de H₂S. Ejemplos de corrientes de combustible de apoyo adecuadas que se pueden obtener a partir de otros procedimientos (ya sea localizados dentro o fuera de las instalaciones) incluyen: gas residual de refinería; gas combustible de refinería; gas pobre; gas de escape de hornos de coque; gas Claus (gas de alimentación para un proceso Claus).

El gas Claus, por ejemplo, puede comprender típicamente de aproximadamente 40% en moles o más de H₂S, siendo el resto CO₂ (una mezcla de 40% de H₂S y la mezcla de CO₂ de 60% tienen un HHV nominal de 240 Btu/pié cúbico) y por lo tanto constituyen una corriente de combustible de apoyo adecuada. Los H₂S en el gas de Claus utilizado como corriente de combustible de apoyo se convertirían en SO_x, que luego se pueden quitar junto el SO_x generado a partir de la corriente de CO₂ enriquecida en las maneras descritas anteriormente, y el CO₂ del gas de Claus se puede combinar con el CO₂ de la corriente enriquecida en CO₂. El uso del gas Claus, en su totalidad o en parte, podría reducir la carga en la unidad de tratamiento de azufre existente del proceso de Claus a la que, de otro modo, ha sido enviada, lo que permite la potencial descongestión de la unidad de recuperación de azufre (URA).

Del mismo modo, en lugar de una corriente de gas que comprende al menos aproximadamente el 40% de H₂S, podría ser utilizada una corriente que tiene un contenido de H₂S algo más bajo, cuya corriente podría no ser adecuada o al menos no recomendada para su transformación en una planta Claus en vista de su inferior contenido

en H₂S. En este caso, el uso de la corriente como una corriente de combustible de apoyo en el presente procedimiento proporcionaría un medio alternativo de manejo de la corriente, en lugar de tener que tratar adicionalmente la corriente para aumentar su contenido de H₂S a un nivel adecuado para la planta de Claus.

5 También se podrían obtener beneficios similares (a los obtenidos del uso de un gas Claus), por ejemplo, mediante el uso como combustible de la corriente de apoyo de un gas combustible de refinería (típicamente de 600 a 1250 Btu/pié cúbico). El gas combustible de refinería como, por ejemplo, el producido a partir de una etapa flash intermedia, así mismo, contiene cantidades significativas de CO₂. La combustión de dicho gas en el método de la presente invención como una corriente de combustible de apoyo permite de nuevo que el CO₂ del gas combustible de refinería sea capturado junto con el CO₂ de la corriente de CO₂ enriquecida.

10 En ambos primero y segundo aspectos de la invención, el método puede también emplear más de una corriente de combustible de apoyo. El método puede, por ejemplo, emplear más de una corriente de combustible de apoyo obtenida (en la misma o diferentes maneras) en el lugar de acuerdo con el primer aspecto de la invención, o más de una corriente de combustible de apoyo de acuerdo con el segundo aspecto de la invención (siendo de la misma o diferente composición y/u origen), o una o más corrientes de combustible de apoyo de acuerdo con el primer aspecto de la invención y una o más corrientes de combustible de apoyo de acuerdo con el segundo aspecto de la invención. Igualmente, el método puede emplear una o más corrientes de combustible de apoyo de acuerdo con los aspectos primero y/o segundo de la invención, así como una o más corrientes de combustible de apoyo tradicionales, en cuyo caso la sustitución de al menos algo de combustible de apoyo tradicional (que de otro modo habría sido necesario para mantener la combustión) con una corriente de combustible de apoyo como se define arriba, todavía reduciría la dependencia de una fuente importada y costosa de combustible de apoyo. Cuando se utiliza más de una corriente de combustible de apoyo, además de la combustión al menos una corriente de combustible de apoyo forma una llama estable que actúa como fuente de ignición para la combustión del componente o de los componentes combustibles en la corriente de CO₂ enriquecida, una o más otras corrientes de combustible de apoyo se pueden mezclar con la corriente de CO₂ enriquecida, antes de poner en contacto esta última con la llama estable y oxígeno, con el fin de aumentar la concentración de componentes combustibles dentro y/o HHV de la corriente de CO₂ enriquecida.

30 Los aspectos de la invención incluyen:

#1. Un método para tratar una mezcla gaseosa, que comprende CO₂, H₂, H₂S, opcionalmente CO, y opcionalmente uno o más componentes combustibles adicionales, para obtener una corriente de producto H₂ o H₂ y CO (corriente de producto de H₂/CO) y una corriente de producto de CO₂, comprendiendo el procedimiento:

35 separar la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente de producto H₂/CO y una corriente de CO₂ enriquecida, la corriente de CO₂ enriquecida contiene al menos un combustible componente seleccionado del H₂S, H₂, CO y cualquier componentes combustibles adicionales presentes en la mezcla gaseosa;

40 obtener una corriente de combustible de apoyo que comprende uno o más componentes combustibles, en el que dicha corriente de combustible de apoyo es una corriente gaseosa derivada de la producción de la mezcla gaseosa, es una porción de la mezcla gaseosa, se separa de la mezcla gaseosa que, además de la corriente de producto H₂/CO y la corriente de CO₂ enriquecida, es una porción del producto H₂/CO, o se deriva a partir del producto H₂/CO;

45 quemar la corriente de combustible de apoyo, en presencia de suficiente O₂ para quemar todo o sustancialmente todo el componente o los componentes combustibles presentes en dicha corriente de combustible de apoyo, para formar una llama estable que actúe como fuente de ignición para la combustión del componente o de los componentes combustibles presentes en la corriente enriquecida con CO₂;

50 poner en contacto la corriente de CO₂ enriquecida, dicha llama y suficiente O₂ para quemar la totalidad o sustancialmente la totalidad del componente o de los componentes combustibles presentes en dicha corriente de CO₂ enriquecida y formar un efluente de combustión que comprende CO₂ y el producto o los productos de combustión del componente o de los componentes combustibles de las corrientes de combustible apoyo y CO₂ enriquecida; y

formar la corriente del producto CO₂ de dicho efluente de combustión.

55 #2. Un método de acuerdo con N^o. 1, en el que la mezcla gaseosa es una mezcla de gas de síntesis crudo formada por gasificación o reformado de un material de alimentación carbonoso y, opcionalmente: inactivar la mezcla de gas de síntesis producida inicialmente para eliminar las partículas; y/o someter la mezcla producida inicialmente o la mezcla inactivada a una reacción de desplazamiento agua-gas; y/o eliminar el agua de la mezcla inicialmente producida, inactivada y/o desplazada.

60 #3. Un método de acuerdo con N^o. 2, en el que dicha corriente de combustible de apoyo es una corriente gaseosa derivada de la producción de la mezcla gaseosa, y se forma a partir de: un vapor obtenido a partir de una corriente de agua residual a partir de la inactivación y/o eliminación de agua de la mezcla del gas de síntesis; y/o de una porción de la mezcla del gas de síntesis antes de la inactivación, del desplazamiento agua-gas, y/o de la eliminación de agua.

65

#4. Un método de acuerdo con N°. 1, en el que dicha corriente de combustible de apoyo es una parte de la mezcla gaseosa tomada para formar dicha corriente de combustible de apoyo en vez de ser separada para proporcionar el producto H₂/CO y la corriente de CO₂ enriquecida.

5 #5. Un método de acuerdo con N°. 1, en el que dicha corriente de combustible es una corriente de apoyo separada de la mezcla gaseosa además de la corriente de producto H₂/CO y la corriente de CO₂ enriquecida.

10 #6. Un método de acuerdo con N°. 5, en el que la mezcla gaseosa se separa para proporcionar la corriente de producto H₂/CO, la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible de apoyo utilizando uno o más sistemas de adsorción por oscilación de presión (AOP).

15 #7. Un método de acuerdo con N°. 6, en el que la mezcla gaseosa se separa en un sistema AOP para proporcionar la corriente del producto H₂/CO, la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente del combustible de apoyo, por lo que la corriente enriquecida en CO₂ se forma a partir del gas retirado durante una etapa de drenaje y la corriente de combustible de apoyo está formada a partir del gas retirado durante una etapa de purga.

20 #8. Un método de acuerdo con N°. 6, en el que la mezcla gaseosa se separa en un sistema AOP para proporcionar la corriente de producto H₂/CO, la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible de apoyo, por lo que la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible de apoyo están formadas a partir de los gases retirados en diferentes puntos en el tiempo durante la misma o las mismas etapas de drenaje y/o de purga.

25 #9. Un método de acuerdo con N°. 6, en el que la mezcla gaseosa se separa usando dos sistemas AOP operados en paralelo, en el que un sistema AOP se hace funcionar bajo un conjunto de condiciones de operación separado aparte de la mezcla gaseosa para proporcionar una corriente de H₂ enriquecida y la corriente de CO₂ enriquecida, y otro sistema AOP se hace funcionar bajo un conjunto diferente de condiciones de funcionamiento para separar aparte la mezcla gaseosa para proporcionar una corriente enriquecida en H₂ y la corriente de combustible de apoyo, siendo la corriente de producto CO /H₂ formada a partir de una o ambas de dichas corrientes de H₂ enriquecidas.

30 #10. Un método de acuerdo con N°. 6, en el que la mezcla gaseosa se separa usando dos sistemas de AOP operados en serie, en el que la mezcla gaseosa se separa por un primer sistema AOP para proporcionar una corriente de H₂ o H₂ y CO enriquecida y una corriente que comprende H₂S y CO₂, y la corriente de H₂ o H₂ y CO enriquecida se separa en el segundo sistema AOP para proporcionar la corriente del producto H₂/CO y una corriente que contiene CO₂, en el que: la corriente enriquecida en CO₂ se forma a partir de una de dicha corriente que comprende H₂S y CO₂ y dicha corriente que contiene CO₂, y la corriente de combustible de apoyo está formada a partir de la otra de dichas corrientes; o la corriente enriquecida en CO₂ se forma a partir de una o ambas de dicha corriente que comprende H₂S y CO₂ y dicha corriente que contiene CO₂, y la corriente de combustible de apoyo está formada a partir de otra corriente de H₂ o H₂ y CO enriquecida separada de la mezcla gaseosa por el primer sistema AOP.

45 #11. Un método de acuerdo con N°. 5, en el que la mezcla gaseosa se separa para proporcionar la corriente de producto H₂/CO, la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible el apoyo separando la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente de combustible de apoyo, que comprende H₂S y CO₂, y una corriente agotada en H₂S y enriquecida en H₂ o H₂ y CO, y separando dicha corriente agotada en H₂S para proporcionar la corriente del producto H₂/CO y la corriente de CO₂ enriquecida.

50 #12. Un método de acuerdo con N°. 5, en el que la mezcla gaseosa se separa para proporcionar la corriente del producto H₂/CO, la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible de apoyo mediante la separación de la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente de CO₂ enriquecida, que comprende H₂S y CO₂, y una corriente empobrecida en H₂S y enriquecida en H₂ o H₂ y CO, y separando dicha corriente agotada en H₂S para proporcionar la corriente de combustible de apoyo, que comprende CO₂, H₂ y, opcionalmente, CO, y la corriente del producto H₂/CO.

55 #13. Un método de acuerdo con cualquiera de N°. 1 a N°. 12, en el que la corriente de combustible de apoyo y/o la corriente que comprende CO₂ enriquecida contiene H₂S, de manera que los productos de combustión en el efluente de combustión comprenden SO₂ y H₂O, y el SO₂ y el H₂O se eliminan a partir del efluente de combustión con el fin de formar la corriente de producto de CO₂.

60 #14. Un método para tratar una mezcla gaseosa, que comprende CO₂, H₂, H₂S, opcionalmente CO, opcionalmente uno o más componentes adicionales y combustibles, para obtener una corriente de producto de H₂ o H₂ y CO (corriente de producto de H₂/CO) y una corriente de producto de CO₂, comprendiendo el método:

65

separar la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente del producto H₂/CO y una corriente de CO₂ enriquecida, conteniendo la corriente de CO₂ enriquecida H₂S y, opcionalmente, uno o más de otros componentes combustibles seleccionados de H₂, CO y cualquier componentes combustibles adicionales presentes en la mezcla gaseosa;

5 obtener una corriente de combustible de apoyo que comprende H₂S y, opcionalmente, uno o más de otros componentes combustibles, en el que la corriente de combustible de apoyo contiene al menos 50 ppm de H₂S;

quemar la corriente de combustible de apoyo, en presencia de suficiente O₂ para quemar todo o sustancialmente todo el componente o los componentes combustibles presentes en dicha corriente de combustible de apoyo, para formar una llama estable que actúe como fuente de ignición para la combustión del componente o de los componentes combustibles presentes en la corriente enriquecida con CO₂;

10 poner en contacto la corriente de CO₂ enriquecida, dicha llama y suficiente O₂ para quemar la totalidad o sustancialmente la totalidad del componente o de los componentes combustibles presentes en dicha corriente de CO₂ enriquecida y formar un efluente de combustión que comprende CO₂, SO_x, H₂O y cualquier otro producto o productos combustión de cualquier otro componente o componentes combustibles adicionales para H₂S presentes en las corrientes de combustible de apoyo y de CO₂ enriquecida; y

20 eliminar el SO_x y el H₂O a partir del efluente de combustión a fin de formar la corriente de producto de CO₂ a partir de dicho efluente de la combustión.

Nº.15. Un método de acuerdo con Nº. 13 o Nº. 14, en el que el SO_x y el H₂O se eliminan del efluente de combustión al:

25 refrigerar el efluente de combustión para condensar el agua y convertir el SO₃ en ácido sulfúrico; mantener dicho efluente de combustión enfriado a presión o presiones elevadas en presencia de O₂, agua y NO_x, durante un tiempo suficiente para convertir el SO₂ en ácido sulfúrico y el NO_x en ácido nítrico; y

30 separar el agua, el ácido sulfúrico y el ácido nítrico a partir de dicho efluente de combustión enfriado.

Nº.16. Un método de acuerdo con cualquiera de Nº. 1 a Nº. 15, en el que la mezcla gaseosa que comprende de aproximadamente 10 a aproximadamente 60% en moles de CO₂, de aproximadamente 500 ppm a aproximadamente 5% en moles de H₂S y de aproximadamente 35 moles del resto de H₂ o, si el CO está presente, de una mezcla de H₂ y CO.

35 Nº. 17. Un método de acuerdo con cualquiera de Nº. 1 a Nº. 16, en el que la corriente del producto H₂/CO tiene al menos aproximadamente 90% en moles de H₂ o una mezcla de H₂ y CO, y contiene menos de aproximadamente 50 ppm de H₂S.

40 Nº. 18. Un método de acuerdo con cualquiera de Nº. 1 a Nº. 17, en el que la corriente de CO₂ enriquecida tiene al menos aproximadamente 70% en moles de CO₂.

45 Nº. 19. Un método de acuerdo con cualquiera de Nº. 1 a Nº. 18, en el que la corriente enriquecida en CO₂ tiene un HHV por debajo de 3800 kJ/m³ (100 Btu/pié cúbico), y la corriente de combustible de apoyo tiene un HHV por encima de 4.500 kJ/m³ (120 Btu/pié cúbico).

50 Nº. 20. Un método de acuerdo con cualquiera de Nº. 1 a Nº. 19, en el que la corriente de oxidante o las corrientes de mezclado con la corriente de combustible el apoyo y la corriente de CO₂ enriquecida que abastece de O₂ para la combustión comprenden más del 21% de oxígeno.

55 Nº. 21. Un método de acuerdo con cualquiera de Nº. 1 a Nº. 20, en el que la corriente de oxidante o las corrientes de mezclado con la corriente de combustible de apoyo y la corriente de CO₂ enriquecida que abastece de O₂ para la combustión comprenden al menos 90% de oxígeno.

Únicamente a modo de ejemplo, ciertas realizaciones de la invención se describirán ahora con referencia a los dibujos adjuntos.

60 En referencia a la figura 1, la corriente 101 es una corriente de gas de síntesis en bruto, que comprende H₂, CO, CO₂ y H₂S, producidos a partir de la gasificación de una alimentación que contiene azufre y que ha sido inactivada y procesada en un reactor de desplazamiento agua-gas (como se describirá más adelante, con referencia a las figuras de 2 a 4). La corriente de gas de síntesis bruto 101 se separa en el sistema 102 (que puede comprender por ejemplo uno o más sistemas AOP, como también se describirá adicionalmente con referencia a las figuras de 2 a 4) en una corriente de producto H₂/CO 103 y una corriente de CO₂ enriquecida 104 que contiene uno o más componentes combustibles. La corriente de CO₂ enriquecida se envía a la cámara de combustión 105 donde se quema en presencia de oxígeno, proporcionado por la corriente de oxidante 106, para producir un efluente de combustión 107. La corriente de oxidante 106 tiene preferiblemente oxígeno o aire enriquecido con oxígeno de alta pureza.

65

La composición de la corriente de CO₂ enriquecida 104 producida por el sistema 102 varía significativamente dependiendo de si se hace funcionar para producir una corriente de producto H₂/CO 103 que es una corriente de alta pureza de H₂ destinada a la producción de productos químicos, o una mezcla de H₂/CO de alta pureza pretendida para la producción de energía (por ejemplo al ser quemada en una turbina de gas). A modo de ejemplo, la Tabla 1 muestra la composición de las corrientes de CO₂ enriquecida de muestra producida por un sistema AOP cuando se hace funcionar para producir una corriente H₂ de alta pureza, o una corriente de H₂/CO para la producción de energía, mediante la separación de una corriente de gas de síntesis obtenida a partir de la gasificación de coque de petróleo que contiene 6% en peso de azufre.

El contenido de azufre del material de alimentación también puede tener un efecto importante en el valor del calentamiento de la corriente enriquecida en CO₂ resultante producida por un sistema AOP, ya que una mayor cantidad de azufre en la materia prima se traducirá en mayores cantidades de H₂S en la alimentación del gas de síntesis al sistema AOP ácido, y el H₂S (600 Btu/pié cúbico para una corriente de H₂S pura) tiene el doble de VHH de H₂ o CO (~300 Btu/pié cúbico para una mezcla de H₂/CO pura). Como se ha indicado, los valores de la Tabla 1 se basan en coque de petróleo que contiene 6% en peso de azufre, que es un medio a alto nivel de azufre del coque del petróleo. Los carbones tienden a tener contenidos de azufre inferiores, con un nivel más bajo de 0,1% en peso de azufre o por debajo en lignitos chinos. Por consiguiente, el HHV de las corrientes de CO₂ enriquecidas producidas a partir de muchos materiales de alimentación de bajo contenido de azufre se puede esperar que tengan un HHV más bajo que los valores dados en la Tabla 1 (cuando se produce mediante un sistema AOP que opera en las mismas condiciones).

Tabla 1: Fracciones en moles para las corrientes de CO₂ enriquecidas de AOP de muestra

	Corriente de CO ₂ de AOP cuando la corriente de H ₂ para:			Unidades
	Productos Químicos	Alimentación		
H ₂	0,176	0,060		fracción molar
N ₂	0,006	0,001		fracción molar
CO	0,023	0,005		fracción molar
CO ₂	0,767	0,900		fracción molar
CH ₄	827	154		ppmv
Ar	0,0018	0,0012		fracción molar
HS ₂	0,022	0,028		fracción molar
COS/CS ₂	35,9	45,4		ppmv
H ₂ O	0,003	0,004		fracción molar
HHV	80 (3020)	39 (1470)		Btu/pié cúbico (kJ/SMC)
LHV	70 (2640)	35 (1320)		Btu/pié cúbico (kJ/m ³)

Por lo tanto, los inventores han encontrado que en algunos casos, en particular, tales como (pero no limitados a) los que un sistema AOP sea para ser operado para producir una corriente de producto H₂/CO destinada a la producción de energía o para producir una corriente del producto H₂/CO que es un gas de síntesis de alta pureza para uso en una planta de productos químicos, y/o es para ser operado para separar una corriente de gas de síntesis producida a partir de la gasificación de un contenido de materia prima de bajo contenido en azufre, la simple separación del gas de síntesis en una corriente de producto H₂/CO y una corriente de CO₂ enriquecida puede resultar en una corriente enriquecida en CO₂ que tiene una composición (es decir, una concentración de componentes combustibles y valor calorífico general) que es tal que, en las condiciones de funcionamiento previstas dentro de la cámara de combustión, no se puede quemar para formar y mantener una llama estable, y por lo tanto no se puede quemar de forma estable sin una fuente de ignición externa constante (tal como lo dispuesto por la combustión de una corriente de combustible por separado).

Con referencia de nuevo a la Figura 1, una corriente de combustible de apoyo 109 se quema por lo tanto en la cámara de combustión 105 para formar una llama estable que actúe como fuente de ignición para la combustión del componente o de los componentes combustibles presentes en la corriente enriquecida en CO₂. La corriente de combustible de apoyo 109 comprende al menos un componente de combustible, y típicamente tiene un HHV mayor que el de la corriente de CO₂ enriquecida 104, siendo la composición y HHV de la corriente de combustible de apoyo (evidentemente) de modo que esta corriente se pueda quemar en la cámara de combustión 105 para formar y mantener una llama estable sin una fuente de ignición externa constante. Como se describirá con más detalle con referencia a las figuras de 2 a 4, la corriente de combustible de apoyo 109 puede ser: una corriente gaseosa derivada de la producción de mezcla gaseosa; una porción de la mezcla gaseosa; separada de la mezcla gaseosa además de la corriente del producto H₂/CO y la corriente enriquecida en CO₂; una porción del producto de H₂/CO; o derivada del producto de H₂/CO. Como alternativa, la corriente de combustible de apoyo, que comprende al menos 50 ppm de H₂S, puede obtenerse en otro proceso. Opcionalmente, también puede ser usada una corriente de combustible apoyo 108 más, cuya corriente se mezcla con la corriente de CO₂ enriquecida 104, para aumentar el HHV de dicha corriente antes de la combustión en la cámara de combustión 105.

La corriente oxidante 106 puede ser adecuadamente situada y puede comprender una velocidad de corriente suficiente de oxígeno para permitir la combustión de la totalidad o por lo menos sustancialmente todo el componente

o los componentes combustibles tanto de las corrientes de CO₂ enriquecida como de apoyo. Alternativamente, puede emplearse una corriente de oxidante 110 adicional, suministrando la corriente de oxidante 106 oxígeno suficiente para permitir la combustión de la totalidad o por lo menos sustancialmente todo el componente o los componentes combustibles de la corriente de CO₂ enriquecida y suministrando la corriente oxidante 110 oxígeno suficiente para permitir la combustión de la totalidad o al menos sustancialmente todo el componente o los componentes combustibles de las corrientes de apoyo. La corriente de oxidante 110 es también preferiblemente aire enriquecido con oxígeno o, más preferiblemente, oxígeno de alta pureza.

La corriente del producto CO₂ 107 contiene los productos de la combustión del componente o de los componentes combustibles de ambas corrientes de combustible de CO₂ enriquecida y de apoyo (todo, o al menos sustancialmente todos, habiendo sido dichos componentes combustibles convertidos en sus productos de combustión en la cámara de combustión 105). Una o ambas de la corriente de producto de CO₂ enriquecida y la corriente de apoyo contienen H₂S, como resultado de lo cual el efluente de combustión 107 contiene los productos de combustión de H₂S, a saber SO_x y H₂O. El efluente de combustión 107, por tanto, se envía, a continuación, al sistema 111 donde se enfría el producto de CO₂, se comprime, y se mantiene a presión elevada en presencia de O₂ y NO_x (que pueden estar presentes en el efluente combustión o ser introducidos cuando sea necesario) y agua (que, como se señaló anteriormente, ya está presente en el efluente de combustión) durante un tiempo suficiente para convertir el SO_x en ácido sulfúrico y el NO_x en ácido nítrico (siendo el sistema 111, por ejemplo, un sistema como se describe en el documento US-A1-2007/0178035). Los ácidos y el agua se retiran como la corriente 112 para proporcionar una corriente de producto CO₂ 113 que es adecuada para el almacenamiento y/o el uso geológico en RMP.

Como se señaló anteriormente, la corriente de combustible de apoyo 108/109 se puede obtener a partir de un número de diferentes fuentes. Una opción es utilizar como corriente de combustible de apoyo cualquier corriente obtenida a partir de otro proceso y que comprenda al menos 50 ppm de H₂S. Ejemplos de tales corrientes incluyen un gas combustible de refinería (que tendrá típicamente un HHV de entre aproximadamente 600 y 1.250 Btu/pié cúbico (22.500 y 47.000 kJ/m³)), o una corriente de alto contenido de H₂S tal como un gas Claus (que típicamente tiene un VHH de 200 Btu/pié cúbico (7500 kJ/m³) o más alto). Como se ha descrito anteriormente, el uso de tales corrientes como combustible de apoyo proporciona un medio económico de la estabilización de la combustión de la corriente de CO₂ enriquecida y al mismo tiempo captura el contenido de CO₂ y/o H₂S del combustible de apoyo junto con el CO₂ y H₂S de la corriente de CO₂ enriquecida.

Otra opción es utilizar como una corriente de combustible de apoyo: una corriente gaseosa derivada de la producción de la mezcla gaseosa; una porción de la mezcla gaseosa; una corriente separada de la mezcla gaseosa además de la corriente del producto H₂/CO y la corriente de CO₂ enriquecida; una porción del producto de H₂/CO; o una corriente derivada del producto de H₂/CO. El uso de tales corrientes proporciona un sistema integrado y, de nuevo, medios más económicos.

Haciendo referencia a la Figura 2, se muestra un método general para la producción de la alimentación del gas de síntesis 101. El material de alimentación que contiene azufre 201 se gasifica y después se inactiva en la unidad 202 (normalmente, la unidad de gasificación e inactivación serían unidades separadas, pero en la Figura 2 se representan como una sola unidad, por simplicidad) para producir una corriente de gas de síntesis bruto 203, que como se describe anteriormente, separa la alimentación para proporcionar la corriente del producto H₂/CO 103 y la corriente de CO₂ enriquecida 104.

En esta disposición, la corriente o las corrientes de combustible de apoyo se pueden obtener a partir de la producción de la alimentación del gas de síntesis 101 en un número de diferentes lugares. Podría ser un corriente de gas de síntesis 205 crudo producido en la unidad 202, la cual se toma antes de la etapa de inactivación. Podría ser una corriente de vapor 212 del gas de síntesis inactivado tomado antes de la etapa de desplazamiento de agua-gas. También podría ser una corriente 213 de la corriente de gas de síntesis desplazada, cuya porción, por lo tanto, se tomaría como la corriente de combustible de apoyo en lugar de ser alimentada al sistema AOP 102.

Del mismo modo, la corriente de combustible de apoyo podría ser una corriente 214 obtenida a partir del sistema 102, o podría ser una corriente 215 obtenida a partir de una porción del producto de H₂/CO. La corriente de combustible de apoyo 214 tomada del sistema 102 también podría estar formada de un número de diferentes maneras.

Una opción sería la de generar el producto H₂/CO, y las corrientes de CO₂ enriquecida y de combustible de apoyo en un único sistema AOP 206, mediante el cual la corriente de CO₂ enriquecida 104 se forma a partir de gases obtenidos durante la etapa de drenaje del sistema AOP y la corriente de combustible de apoyo 214 es formada a partir de los gases obtenidos durante la etapa de purga del sistema AOP, o en la que los gases retirados en diferentes puntos en el tiempo durante la misma o las mismas etapas de drenaje y/o purga del sistema AOP se utilizan para producir la corriente enriquecida en CO₂ 104 y la corriente de combustible de apoyo 214.

Otra opción (no ilustrada) sería el uso de un sistema 102 que comprende dos sistemas AOP que son operados en paralelo y en diferentes condiciones de proceso, siendo el gas de síntesis 101 alimentado dividido entre los dos sistemas AOP. Parte de la alimentación se separa en un sistema AOP, que emplea una etapa de adsorción de

presión más alta con el fin de aumentar la concentración de H_2 o H_2 y CO en los gases desorbidos del sistema durante el drenaje/la purga, siendo la corriente de combustible de apoyo formada a partir de estos gases obtenidos durante las etapas de drenaje y/o purga de este sistema. Otra parte de la alimentación se separa en el otro sistema AOP, que utiliza una etapa de adsorción a presión más baja que proporciona una separación más óptima de CO_2 y H_2S de H_2 (o H_2 y CO), estando la corriente enriquecida en CO_2 formada a partir de los gases obtenidos durante las etapas de drenaje y/o purga de este sistema. Las corrientes de H_2 (o H_2 y CO) enriquecidas formadas a partir del gas empujado a través de los lechos de los dos sistemas durante sus etapas de adsorción se recombina a continuación para formar la corriente de producto H_2/CO 103. Por ejemplo, el sistema 102 puede comprender cinco unidades AOP operadas en paralelo, siendo la alimentación del gas de síntesis 101 dividida en partes iguales entre ellas, y en el que una unidad (que constituye el primero de los sistemas AOP descrito anteriormente) se opera para producir la corriente de combustible de apoyo y las otras cuatro unidades (juntas constituyen el segundo de los sistemas AOP descrito anteriormente) son operadas para producir en combinación la corriente de CO_2 104 enriquecida.

Otra opción sería utilizar un sistema AOP 102 que comprende dos sistemas AOP operados en serie, en el que la alimentación del gas de síntesis 101 se introduce en el primer sistema AOP en serie, que separa la alimentación para producir una corriente enriquecida de H_2 (o H_2 y CO) y una corriente que comprende H_2S y CO_2 , la corriente de H_2 (o H_2 y CO) enriquecida se pasa al segundo sistema AOP en serie para una separación adicional en una corriente de producto de H_2/CO 103 y una corriente que contiene CO_2 . En esta disposición, la corriente de CO_2 enriquecida puede entonces consistir en una de dichas corrientes que comprende H_2S y CO_2 y dicha corriente que contiene CO_2 , y la corriente de combustible de apoyo puede consistir en la otra de dichas corrientes. Alternativamente, la corriente de CO_2 enriquecida podría formarse a partir de una o ambas de dicha corriente que comprende H_2S y CO_2 y dicha corriente que contiene CO_2 , y la corriente de combustible de apoyo formada a partir de la otra corriente de H_2 o H_2 y CO enriquecida separada de la mezcla gaseosa por el primer sistema AOP.

Las figuras 3 y 4 representan dos disposiciones específicas para el uso de dos sistemas AOP en serie para separar la alimentación del gas de síntesis 101 en una corriente del producto H_2/CO 103, la corriente de CO_2 104 enriquecida, y la corriente de combustible de apoyo 303/404. La alimentación del gas de síntesis 101 está en cada caso formada en la misma manera que en el proceso representado en la Figura 2 descrito anteriormente, y los mismos números de referencia se han utilizado en las figuras 3 y 4 como en la Figura 2 para denotar las características comunes.

Haciendo referencia a la figura 3, el sistema 102 en este caso comprende dos sistemas AOP, 301 y 302. El primer sistema AOP 301 separa la alimentación del gas de síntesis 101 en una corriente de H_2S enriquecida 303 y una corriente 304 empobrecida en H_2S y enriquecida en H_2 o H_2 y CO. La unidad AOP 301 comprende un adsorbente selectivo para H_2S respecto a CO_2 , H_2 y CO (y, a una medida de CO_2 menor respecto a H_2 y CO), y se hace funcionar preferiblemente de manera que la corriente de H_2S enriquecida 303 recupera todos o al menos sustancialmente todos los H_2S presentes en la alimentación, la corriente enriquecida de H_2S 303 comprende típicamente de 20 a 80% en moles de H_2S (siendo el resto, predominantemente, CO_2). La corriente de H_2S agotada 304, por consiguiente, normalmente no contiene o sustancialmente no contiene H_2S . La corriente de H_2S 304 agotada luego se separa aún más en el segundo sistema AOP 302 para proporcionar la corriente de producto H_2/CO 103 y la corriente de CO_2 enriquecida 104 (que en este caso, no contiene o no contiene sustancialmente ningún H_2S). La corriente de H_2S 303 enriquecida entonces se toma como la corriente de combustible de apoyo 109. En una disposición alternativa, otro tipo de sistema de separación (tal como, por ejemplo, un sistema de disolvente líquido, tal como SelexolTM, Rectisol[®]) podría también ser utilizado en lugar de la unidad AOP 301 para separar la alimentación 101 en la corriente de H_2S enriquecida 303 y la corriente de H_2S empobrecida 304.

Haciendo referencia a la Figura 4, el sistema 102 comprende de nuevo dos sistemas de AOP, 401 y 402. El primer sistema AOP 401 separa la alimentación del gas de síntesis 101 en la corriente de CO_2 enriquecida 104 (que, en este caso, contiene también a H_2S) y una corriente de H_2 o H_2 y CO 403 enriquecida. La corriente enriquecida en H_2 403 es una corriente de H_2 de relativamente alta pureza, con una concentración de H_2 de al menos aproximadamente 90% en moles, y que por lo tanto constituye un combustible adecuado para la combustión en una turbina de gas o similar para generar energía. El primer sistema AOP 401 puede, por lo tanto, si se desea, producir una segunda corriente de H_2 enriquecida 405 de la misma composición que la corriente 403 (corrientes 403 y 405 que se dividen a partir de una sola corriente como se muestra en la Figura 4 o producida por separado desde el sistema AOP 401, como se desee) que se toma como una corriente de combustible para generar energía. La corriente de H_2 enriquecida 403 se separa entonces aún más en el segundo sistema AOP 402 para proporcionar la corriente de producto H_2/CO 103 y una corriente 404 que comprende CO_2 , H_2 (y, opcionalmente, CO). La corriente del producto H_2/CO 103 es en este caso una corriente de H_2 de alta pureza (por ejemplo, 99,9% en moles de H_2 o superior) de calidad adecuada para la producción de productos químicos. La corriente 404 en esta disposición contendrá cantidades significativas de H_2 o H_2 y CO, y por lo tanto se toma como la corriente de combustible de apoyo 109.

EJEMPLO

Para este ejemplo, la separación de una mezcla de gas de síntesis cruda ácida (que contiene H_2S) en una corriente de producto de H_2/CO , la corriente de CO_2 enriquecida, y la de corriente de combustible de apoyo, a través de la

disposición representada en la figura 4, y la posterior combustión del combustible de apoyo y de las corrientes de CO₂ enriquecidas, se simularon utilizando un software de modelado de procesos Aspen. El primer sistema AOP 401 en este ejemplo consta de 3 unidades de AOP idénticas, dispuestas en paralelo. La corriente de gas de síntesis en bruto 203 derivada de la gasificación del coque de petróleo, aproximadamente el 6% en peso de azufre, en el gasificador 202 se desplaza en el reactor de conversión catalítica de gas de agua 204 para producir la alimentación del gas de síntesis crudo 101 al sistema AOP 401, que comprende tres unidades AOP. La composición de la alimentación del gas de síntesis para cada una de las tres unidades del sistema AOP 401 se especifica a continuación, en la Tabla 2. El gas empujado a través de la primera y segunda unidades del sistema AOP 401 durante la etapa de adsorción produce una corriente enriquecida en H₂ que se toma como una corriente de combustible (corriente 405) para una turbina de gas y se quema para generar energía limpia. Las composiciones de la corriente de producto (el gas empujado a través durante la etapa de adsorción) y las corrientes del gas de cola (los gases obtenidos durante el drenaje y la purga) para la primera y segunda unidades se muestran en la Tabla 2. La tercera unidad del sistema AOP 401 contiene el mismo adsorbente y se opera de la misma manera que la primera y segunda unidades. La corriente de producto (el gas enriquecido con H₂ obtenido a partir de la etapa de adsorción) y la corriente de gas de cola (el gas obtenido durante el drenaje y la purga) de esta tercera unidad son, por tanto, de la misma composición que los productos y las corrientes de gas de cola de la primera y segunda unidades (como, de nuevo, se muestra en la Tabla 2). Sin embargo, la corriente de producto de la tercera unidad se envía (corriente 403) al segundo sistema AOP 402 (compuesto por una única unidad de AOP), donde es más separada para producir una corriente de alta pureza del producto H₂ (corriente 103) y una segunda corriente de gas de cola. Las composiciones de los productos y de las corrientes de gas de cola desde el segundo sistema AOP se muestran asimismo en la Tabla 2. El gas producto obtenido de la primera y segunda unidades del primer sistema AOP se quema, como se ha indicado anteriormente, en una turbina de gas para generar energía. Más específicamente, se utiliza un ciclo combinado para producir 814 MWe a partir del gas producto a partir de estas unidades. Aproximadamente 250 millones de pié cúbico (millones de pies cúbicos estándar por día; correspondiente a aproximadamente 708.000 metros cúbicos estándar) de alta pureza de H₂ se produce como producto desde el segundo sistema AOP.

Tabla 2

Cantidad	Unidades	Alimentación de AOP*	1ª, 2ª y 3ª unidades del 1 ^{er} sistema AOP		2º sistema AOP	
			Corriente de producto*	Corriente de gas de cola*	Corriente de producto	Corriente de gas de cola
Flujo total	lbmol/h (kgmol/h)	63404 (28760)	33392 (15146)	30011 (13613)	27504 (12476)	5888 (2671)
Composición	Fracción molar					
H ₂		0,535	0,946	0,079	0,9999	0,698
N ₂		0,008	0,002	0,002	-	0,069
CO		0,012	0,017	0,007	-	0,099
CO ₂		0,422	0,012	0,879	-	0,069
CH ₄		0,001	0,001	0,001	-	0,003
Ar		0,007	0,011	0,002	10 ppmv	0,061
H ₂ S		0,012	3 ppm	0,026	-	18 ppmv
COS		20 ppmv	-	42 ppmv	-	-
H ₂ O		0,002	56 ppmv	0,004	-	32 ppmv
Valor de calefacción Superior (HHV)	Btu/pié cúbico (kJ/smc)	186 (7010)	313 (11800)	45 (1700)	324 (12210)	261 (9840)
Producto			Potencia	Unidades	H ₂	Unidades
			814	MW	250	Millones de pié cúbico

*La corriente se lista por unidad de AOP

Las corrientes gas de cola de los cuatro AOP se queman en una cámara de combustión para generar calor para el trabajo útil y también una corriente de CO₂ de materia prima que puede ser más purificada para su almacenamiento. El valor del calentamiento de las corrientes de gas de cola de la primera, segunda y tercera unidades del primer sistema AOP es de ~45 Btu/pié cúbico, y como tal no puede estar basada para ser el combustible que forma una llama estable. La corriente de gas de cola a partir del segundo sistema AOP es mayor en la calidad de HHV que las corrientes de gas de cola mencionadas y es similar en composición a los gases de cola, producidos a partir de los sistemas de AOP operados en una planta de vapor de metano reformador (VMR), que se sabe que es combustible en aire utilizando una gran variedad de tecnologías de los quemadores convencionales para formar una llama estable. Por tanto, el gas de cola a partir del segundo sistema AOP se toma como corriente de combustible de apoyo 404 y se quema, por separado a partir del gas de cola a partir del primer sistema AOP, para formar una llama

5 estable que proporciona una fuente de encendido estable para la combustión de los componentes combustibles del gas de cola del primer sistema AOP (formado a partir de la combinación de los gases de cola de la primera, segunda y tercera unidades de dicho sistema). El gas de cola del primer sistema AOP, que constituye la corriente de CO₂ enriquecida en 104, se pone entonces en contacto con dicha llama para quemar todos o sustancialmente todos los componentes combustibles en esa corriente. El oxígeno sustancialmente puro se usa como oxidante para la combustión de las corrientes del gas de cola. La Tabla 3 describe el flujo de calor desde el proceso de combustión.

Tabla 3

Fuente del gas de cola		1ª AOP	2ª AOP	Mezcla
Unidad		1, 2, 3 (gas de cola combinado)		
Flujo	lbmol/h (kgmol/h)	90,0331(40,838)	5,888 (2,671)	95,921 (43,509)
HHV	Btu/pié cúbico (kJ/SMC)	45 (1700)	261 (9840)	58 (2190)
Entrada de calor	MMBtu/h (MMkJ/h)	1529 (1613)	584 (616)	2113 (2229)
	%	72,4%	27,6%	100,0%

10 El gas de cola del segundo sistema AOP (es decir, la corriente de combustible de apoyo) cumple con los requisitos de las directrices de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) para un encendedor Clase 1 para aplicaciones de encendido por aire. El calor proporcionado por la combustión del combustible de apoyo en el oxígeno sustancialmente puro es suficiente para elevar la temperatura de llama adiabática a 5300°F (2927°C). El calor liberado por la combustión de la corriente de combustible de apoyo proporciona suficiente calor para quemar componentes combustibles del gas de cola a partir de los gases de cola del primer sistema AOP (es decir, la corriente enriquecida en CO₂). El calor total liberado a partir de la combustión de ambas corrientes es suficiente para elevar la temperatura de los productos de combustión por encima de la temperatura de encendido automático de todos los componentes combustibles. Suponiendo una pérdida de calor del 5% o 100 millones de Btu/h (105.500.000 kJ/h) a partir del sistema de combustión, la temperatura de la mezcla de gases de combustión (efluente de combustión) que sale de la cámara de combustión se calculó que era 1,637°F (892°C), varios cientos de grados por encima de la temperatura de ignición de CH₄, que es la temperatura más alta de encendido automático de los componentes enumerados en este ejemplo a 1274°F (690°C). La fuga de calor asumido sería típica de un recipiente forrado refractario.

25

REIVINDICACIONES

1. Un método para tratar una mezcla gaseosa, que comprende CO_2 , H_2 y H_2S , opcionalmente CO , y opcionalmente uno o más componentes combustibles para obtener una corriente de producto H_2 o H_2 y CO (corriente del producto H_2/CO) y una corriente del producto de CO_2 , comprendiendo el método:
- 5
- separar la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente del producto de H_2/CO (103) y una corriente de CO_2 enriquecida (104), conteniendo la corriente de CO_2 enriquecida al menos un componente combustible seleccionado de H_2S , H_2 , CO y cualquier componentes combustibles adicionales presentes en la mezcla gaseosa;
- 10
- obtener una corriente de combustible de apoyo (103) que comprende uno o más componentes combustibles, en la que dicha corriente de combustible de apoyo es una corriente gaseosa derivada de la producción de la mezcla gaseosa, es una porción de la mezcla gaseosa, se separa de la mezcla gaseosa además de la corriente de producto H_2/CO y la corriente enriquecida en CO_2 , es una parte del producto de H_2/CO , o se deriva del producto de H_2/CO ;
- 15
- quemar la corriente de combustible de apoyo, en presencia de suficiente O_2 para quemar todo o sustancialmente todo el componente o los componentes combustibles presentes en dicha corriente de combustible de apoyo, para formar una llama estable que actúe como fuente de ignición para la combustión del componente o de los componentes combustibles presentes en la corriente enriquecida con CO_2 ;
- 20
- poner en contacto la corriente de CO_2 enriquecida, dicha llama y suficiente O_2 para quemar la totalidad o sustancialmente la totalidad del componente o de los componentes combustibles presentes en dicha corriente de CO_2 enriquecida y forman un efluente de combustión que comprende CO_2 y el producto o los productos de combustión del componente o de los componentes combustibles de las corrientes de combustible de apoyo y CO_2 enriquecidas; y
- 25
- formar la corriente de producto CO_2 de dicho efluente de combustión.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la mezcla gaseosa es una corriente de gas de síntesis bruto formada mediante desgasificación o reformado de la alimentación carbonosa y opcionalmente: inactivar la mezcla de gas de síntesis producida inicialmente para eliminar las partículas; y/o someter la mezcla producida inicialmente o la mezcla inactivada a una reacción de desplazamiento agua-gas; y/o eliminar el agua de la mezcla inicialmente producida, inactivada o desplazada.
- 30
3. El método de la reivindicación 2, en el que dicha corriente de combustible de apoyo es una corriente gaseosa derivada a partir de la producción de la mezcla gaseosa, y se forma a partir de: un vapor obtenido a partir de una corriente de agua residual a partir de la inactivación o la eliminación de agua de la mezcla de gas de síntesis; y/o a partir de una porción de la mezcla de gas de síntesis antes de la inactivación, del desplazamiento agua-gas y/o de la eliminación de agua.
- 35
4. El método de la reivindicación 1, en el que dicha corriente de combustible de apoyo es una parte de la mezcla gaseosa tomada para formar dicha corriente de combustible de apoyo en vez de ser separada para proporcionar el producto H_2/CO y una corriente de CO_2 enriquecida.
- 40
5. El método de la reivindicación 1, en el que dicha corriente de combustible es una corriente separada a partir de la mezcla gaseosa además de la corriente de producto H_2/CO y la corriente de CO_2 enriquecida.
- 45
6. El método de la reivindicación 5, en el que la mezcla gaseosa se separa para proporcionar la corriente del producto de H_2/CO , la corriente de CO_2 enriquecida y la corriente de combustible de apoyo utilizando uno o más sistemas de adsorción por oscilación de presión (AOP).
- 50
7. El método de la reivindicación 6, en el que la mezcla gaseosa se separa en un sistema AOP para proporcionar la corriente del producto de H_2/CO , la corriente de CO_2 enriquecida y la corriente de combustible de apoyo, mediante la cual la corriente enriquecida en CO_2 se forma a partir del gas retirado durante una etapa de drenaje y la corriente de combustible de apoyo se forma a partir del gas retirado durante una etapa de purga.
- 55
8. El método de la reivindicación 6, en el que la mezcla gaseosa se separa en un sistema AOP para proporcionar la corriente del producto de H_2/CO , la corriente de CO_2 enriquecida y la corriente de combustible de apoyo, mediante la cual la corriente de CO_2 enriquecida y la corriente de combustible de apoyo están formadas a partir de los gases retirados en diferentes momentos durante la misma o las mismas etapas de drenaje y purga.
- 60
9. El método de la reivindicación 6, en el que la mezcla gaseosa se separa usando dos sistemas AOP operados en paralelo, en los que un sistema AOP se hace funcionar bajo un conjunto de condiciones de operación separadas aparte de la mezcla gaseosa para proporcionar una corriente de H_2 enriquecida y la corriente de CO_2 enriquecida, y otro sistema AOP se hace funcionar bajo un conjunto diferente de condiciones de funcionamiento para separar otra parte de la mezcla gaseosa para proporcionar una corriente de H_2 enriquecida y la corriente de combustible de apoyo, siendo la corriente de producto de H_2/CO formada a partir de una o ambas de dichas corrientes de H_2 enriquecidas.
- 65

10. El método de la reivindicación 6, en el que la mezcla gaseosa se separa usando dos sistemas AOP operados en serie, en los que la mezcla gaseosa se separa por un primer sistema AOP para proporcionar una corriente enriquecida de H₂ o H₂ y CO y una corriente que comprende H₂S y CO₂ y la corriente enriquecida de H₂ o H₂ y CO se separa en un segundo sistema AOP para proporcionar la corriente de producto de H₂/CO y una corriente que contiene CO₂, en la que: la corriente enriquecida en CO₂ se forma a partir de una de dicha corriente que comprende H₂S y CO₂ y dicha corriente que contiene CO₂, y la corriente de combustible de apoyo está formada a partir de la otra de dichas corrientes; o la corriente enriquecida en CO₂ se forma a partir de una o ambas de dicha corriente que comprende H₂S y CO₂ y dicha corriente que contiene CO₂, y la corriente de combustible de apoyo está formada a partir de otra corriente de H₂ o H₂ y CO enriquecida separada de la mezcla gaseosa por el primer sistema AOP.

11. El método de la reivindicación 5, en el que la mezcla gaseosa se separa para proporcionar la corriente de producto de H₂/CO, la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible de apoyo mediante la separación de la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente de combustible de apoyo, que comprende H₂S y CO₂, y una corriente agotada en H₂S y enriquecida en H₂ o H₂ y CO, y la separación de dicha corriente agotada en H₂S para proporcionar la corriente de producto H₂/CO y la corriente enriquecida en CO₂.

12. El método de la reivindicación 5, en el que la mezcla gaseosa se separa para proporcionar la corriente de producto de H₂/CO, la corriente de CO₂ enriquecida y la corriente de combustible de apoyo mediante la separación de la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente enriquecida en CO₂, que comprende H₂S y CO₂, y una corriente empobrecida en H₂S y enriquecida en H₂ o H₂ y CO, y separar dicha corriente empobrecida en H₂S para proporcionar la corriente de combustible de apoyo, que comprende CO₂, H₂, y la corriente de producto de H₂/CO.

13. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la mezcla de combustible comprende y/o la corriente de CO₂ enriquecida contiene H₂S, tal que los productos de combustión en el efluente de combustión comprenden SO_x y H₂O, y el SO_x y el H₂O se eliminan del efluente de combustión con el fin de formar la corriente de producto de CO₂.

14. Un método para tratar una mezcla gaseosa, que comprende CO₂, H₂ y H₂S, opcionalmente CO, y opcionalmente uno o más componentes combustibles adicionales para obtener una corriente de producto H₂ o H₂ y CO (corriente del producto H₂/CO) y una corriente del producto de CO₂, comprendiendo el método:

separar la mezcla gaseosa para proporcionar la corriente del producto de H₂/CO (103) y una corriente de CO₂ enriquecida (104), conteniendo la corriente de CO₂ enriquecida y, opcionalmente, uno o más componentes combustibles seleccionados a partir de H₂, CO y cualquier componentes combustibles adicionales presentes en la mezcla gaseosa;

obtener una corriente de combustible de apoyo (103) que comprende H₂S y, opcionalmente, uno o más otros componentes combustibles, en los que la corriente de combustible de apoyo contiene al menos 50 ppm de H₂S;

quemar la corriente de combustible de apoyo, en presencia de suficiente O₂ para quemar todo o sustancialmente todo el componente o los componentes combustibles presentes en dicha corriente de combustible de apoyo, para formar una llama estable que actúe como la fuente de ignición para la combustión del componente o de los componentes combustibles presentes en la corriente enriquecida con CO₂;

poner en contacto la corriente de CO₂ enriquecida, dicha llama y suficiente O₂ para quemar la totalidad o sustancialmente la totalidad del componente o de los componentes combustibles presentes en dicha corriente de CO₂ enriquecida y formar un efluente de combustión que comprende CO₂, SO_x, H₂O y cualquier otro producto o productos de combustión de cualquier otro componente o componentes combustibles adicionales del H₂S presentes en las corrientes de combustible de apoyo y de CO₂ enriquecidas; y

eliminar el SO_x y el H₂O del efluente de combustión a fin de formar la corriente de producto de CO₂ a partir de dicho efluente de la combustión.

15. El método de la reivindicación 13 ó 14, en el que el SO_x y el H₂O se eliminan del efluente de la combustión al:

enfriar el efluente de combustión para condensar el agua y convertir el SO₃ en ácido sulfúrico; mantener dicho efluente de combustión enfriado a presión o presiones elevadas en presencia de O₂, agua y NO_x, durante un tiempo suficiente para convertir el SO₂ en ácido sulfúrico y el NO_x en ácido nítrico; y separar el agua, el ácido sulfúrico y el ácido nítrico a partir de dicho efluente de combustión enfriado.

16. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la corriente enriquecida en CO₂ tiene un HHV por debajo de 3750 kJ/m³ (100 Btu/pié cúbico), y la corriente de combustible de apoyo tiene un HHV por encima de 4.500 kJ/m³ (120 Btu/pié cúbico).

17. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la corriente de oxidante o las corrientes de mezclado con la corriente de combustible de apoyo y la corriente de CO₂ enriquecida que suministra el O₂ para la combustión comprenden más del 21% en moles de oxígeno.

18. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, en el que la corriente de oxidante o corrientes de mezclado con la corriente de combustible de apoyo y la corriente de CO₂ enriquecida que suministra el O₂ para la combustión comprenden al menos 90% en moles de oxígeno.

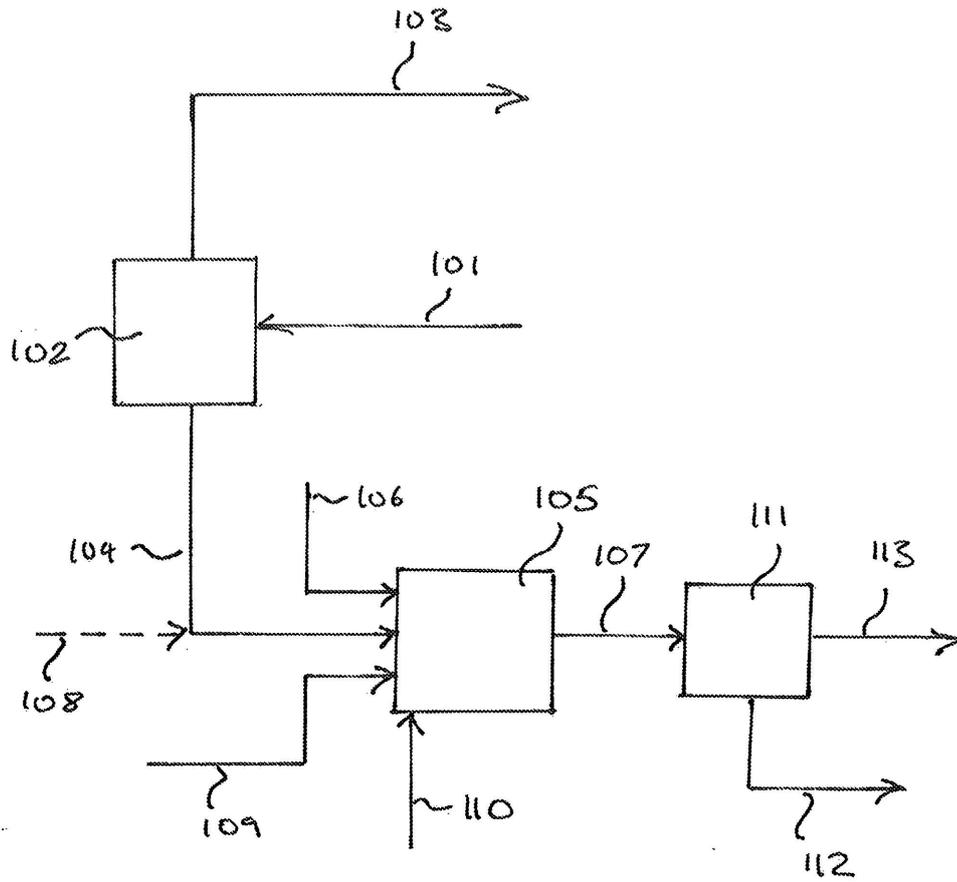


FIG. 1

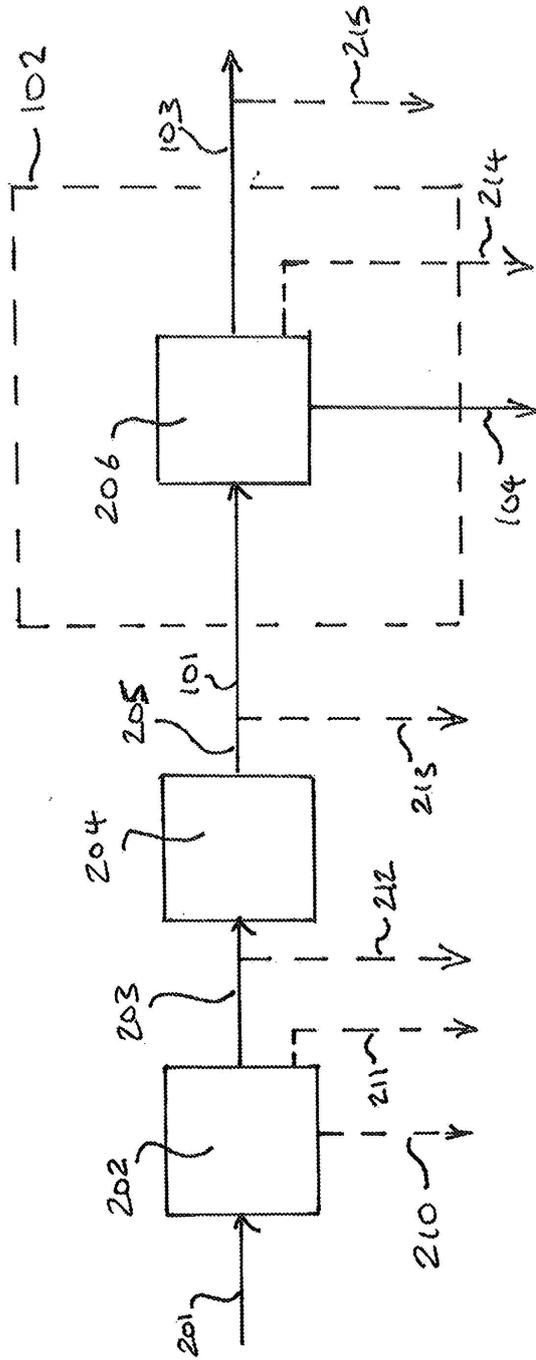


FIG. 2

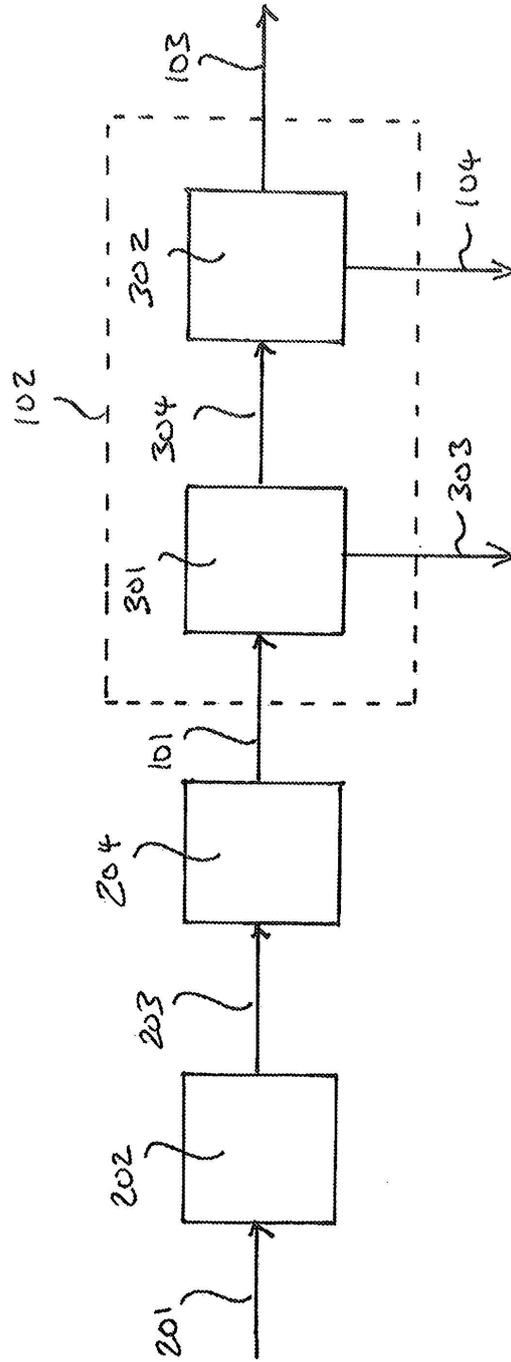


FIG. 3

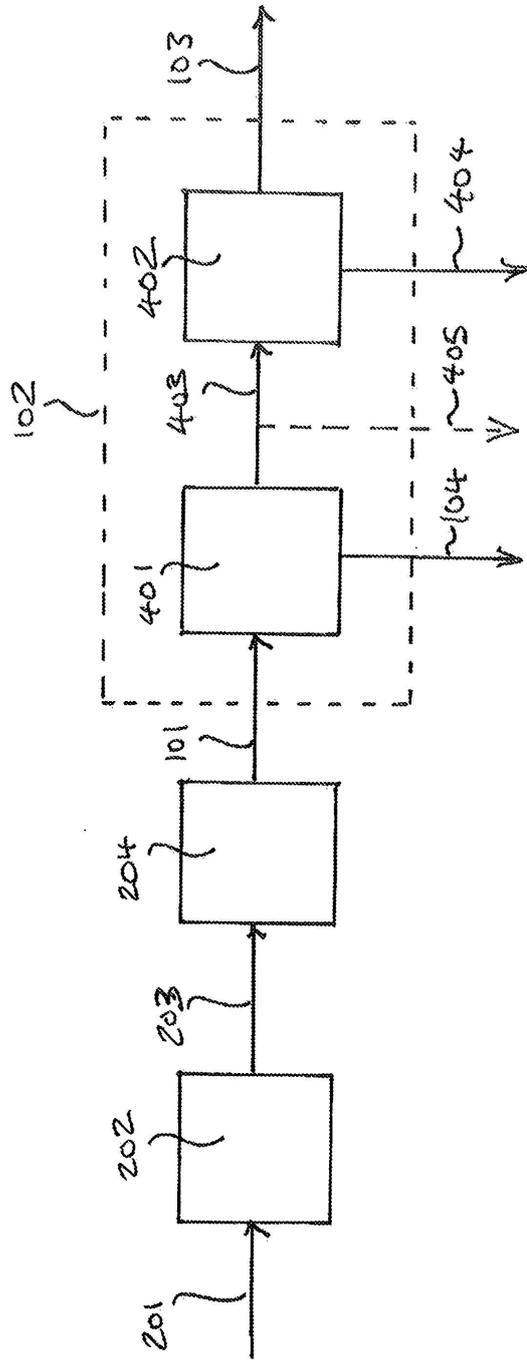


Fig. 4