

435541

14 OCT. 1976

CONCEDIDA

Int. Cl. F 01 D

MEMORIA DESCRIPTIVA

Correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

Solicitante: TEXACO DEVELOPMENT CORPORATION

Residencia: 135 East 42nd Street, NEW YORK, N.Y. 10017.
ESTADOS UNIDOS.

Enunciado: PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCION DE ENERGIA
POR MEDIO DE UNA TURBINA DE GAS.

Prioridades: de las solicitudes de patente estadounidenses
428.981 del 27-12-73 y
428.980 del 27-12-73.

anf.-

El invento se refiere a la producción y a la combustión de un gas combustible limpio en turbinas de gas. Más particularmente, el invento se refiere a la producción de un gas combustible mejorado a partir de combustibles carbonados que contienen cenizas y azufre y a la utilización de dicho gas combustible mejorado en turbinas de gas para producir energía mecánica y eléctrica sin polución sustancial del ambiente asociado.

La secuencia de operaciones en una turbina de gas convencional del tipo más sencillo consiste en comprimir aire por medio de un compresor centrífugo o axial, quemar un combustible con dicho aire comprimido en una cámara de combustión, y hacer pasar los gases calientes producidos a través de una turbina de expansión. Una parte de la energía de la turbina puede ser utilizada para arrastrar un compresor que puede estar montado en el mismo árbol. El resto de la energía de la turbina es transmitido corriente mente a un generador para producir energía eléctrica.

Aunque, según se indica en la técnica anterior, puede ser conveniente desde el punto de vista económico quemar un carbón de baja calidad y combustibles líquidos residuales directamente en la cámara de combustión de una turbina de gas, no ha sido demostrado que era práctico hacer esto cuando los combustibles contienen grandes cantidades de cenizas o de azufre. Dichos combustibles sólidos con elevado contenido de cenizas producen generalmente partículas sólidas abrasivas y corrosivas. Cuando dichas partículas son arrastradas con los gases de combustión que pasan a través de una turbina de expansión, se depositan en las aletas de la turbina y desgastan las superficies de las aletas. En

tal caso, se deteriora la forma de las aletas; y los conduc-
tos de gas de la turbina se obturan. Además, finas partí-
culas pueden depositarse en las superficies de intercambio
térmico situadas río abajo donde el aislamiento resultante
5 reduce el rendimiento térmico. Se presentan problemas si-
milares cuando se queman productos líquidos del tipo de pe-
tróleo que producen cenizas. Dicha ceniza incluye compues-
tos minerales como los que se encuentran en el petróleo
bruto. Estos compuestos se concentran en los residuos pro-
cedentes del proceso de refinación y están acompañados por
10 compuestos de sílice, hierro y sodio, que son captados du-
rante el transporte y la manipulación. Los componentes
principales de la ceniza son el vanadio, el níquel, el so-
dio, el azufre y el oxígeno. Después de la combustión apa-
recen bajo la forma de óxidos metálicos, sulfatos, vanada-
tos y silicatos de sodio. Se ve que estos compuestos des-
gastan las películas de óxido protectoras de las aleacio-
nes de alta temperatura. Por tanto, la oxidación se acele-
ra en particular por encima de 649°C (1.200°F). Además, el
20 SO₂ de los gases de combustión procedentes de la turbina de
expansión contaminan la atmósfera. Los métodos de la téc-
nica anterior en los cuales se limpiaba el gas combustible
antes de introducirlo en la turbina de gas eran bien no
prácticos o bien anormalmente costosos, o bien ambas cosas.

25 Los problemas descritos más arriba se evitan
sustancialmente mediante el presente invento que integra
la turbina de gas y un generador de gas combustible con oxi-
dación parcial en un proceso eficaz para producir energía
sin contaminar la atmósfera.

30 El procedimiento según el invento está relacio

nado con la generación de energía mecánica y eléctrica utilizando una turbina de gas alimentada por un gas combustible mejorado. El gas combustible puede ser producido por oxidación parcial no catalítica de un hidrocarburo de bajo
5 coste y elevado contenido de azufre y cenizas. El gas combustible mejorado producido tiene un calor de combustión incluido entre 75 y 350 BTU/SCF aproximadamente y preferentemente entre 75 y 100 BTU/SCF, y tiene una relación molar (CO/H₂) de por lo menos 0,30. Al ser quemado en la turbina
10 de gas, no da lugar prácticamente a ninguna contaminación del ambiente.

El procedimiento consiste esencialmente en las siguientes fases:

(1) Hacer reaccionar un hidrocarburo combustible con un gas que contiene oxígeno libre mediante oxidación parcial en presencia de un moderador
15 de temperatura en la zona de reacción de un generador de gas de circulación libre no catalítico a una temperatura autógena en la gama de aproximadamente 816 a 1.928°C (1.500 a
20 3.500°F), y una presión incluida entre 10 y 180 atm. abs., para producir una corriente de gas de salida que incluye unas mezclas de H₂, CO, CO₂ y H₂O y uno o varios elementos del grupo N₂, CH₄, COS, H₂S y Ar, y partículas de carbono, y en el cual la corriente de gas efluente tiene una relación
25 molar (CO/H₂) de por lo menos 0,30;

(2) Enfriar el gas efluente procedente de la fase (1) e introducir el gas enfriado en una zona de limpieza y purificación de gas para obtener separadamente a partir de ésta una corriente de gas combustible limpio que incluye mezclas de H₂ y CO, y uno o varios
30

elementos del grupo N_2 , CH_4 , CO_2 y H_2O ; una corriente de gas rica en CO_2 ; una corriente de lodo que incluye partículas de carbono en un vehículo líquido; y una corriente gaseosa rica en H_2S y COS ;

5 (3) Introducir en la cámara de combustión de una turbina de gas y quemar en esta la corriente de gas combustible limpio procedente de la fase (2) con una corriente gaseosa oxidante producida a continuación en el proceso para obtener una corriente de gas de combustión limpio; y

10 (4) Hacer pasar la corriente de gas de combustión limpio procedente de la fase (3) a través de una turbina de expansión como fluido de trabajo para desarrollar energía y producir gases de combustión limpios, y mezclar por lo menos una parte de dichos gases de combustión limpios con aire para producir la corriente gaseosa oxidante de la fase (3).

15 Preferentemente, el calor sensible por lo menos en una parte del gas de combustión limpio procedente de la turbina de expansión en la fase (4) puede ser utilizado para precalentar el gas combustible limpio que penetra en el quemador. Una segunda parte de dicho gas de combustión puede ser utilizado para precalentar una corriente gaseosa de oxidación comprimida que incluye aire y una parte de dicho gas de combustión. Esta corriente de oxidación precalentada se introduce en la cámara de combustión de la turbina de gas. De manera adecuada, una porción de dicha corriente de gas oxidante puede ser introducida en el generador de gas combustible. La corriente de gas de oxidación puede ser comprimida por un compresor conectado con la turbina de expansión.

20

25

30

En variante, la relación molar (CO/H_2) en la corriente de gas combustible puede ser aumentada mezclando una corriente suplementaria de gas rico en CO_2 recuperado en la zona de purificación, con dicha corriente de gas efluente procedente del generador de gas y en una zona de conversión de desplazamiento térmico con libre circulación sometiendo la corriente de gases mezclados resultante a una reacción térmica inversa no catalítica de desplazamiento agua-gas a una temperatura de por lo menos 816°C (1.500°F).

El invento está relacionado con un proceso continuo mejorado para producir energía térmica, eléctrica y mecánica, por medio de una turbina de gas. Unos materiales hidrocarbonados que incluyen combustibles líquido y sólidos conteniendo una cantidad relativamente elevada de cenizas y de azufre, pueden ser empleados para producir un gas combustible en un generador separado de gas por síntesis no catalítica de oxidación parcial exenta de circulación. Eventualmente, mediante desplazamiento térmico inverso, es posible aumentar la relación molar (CO/H_2) del gas combustible.

La composición del gas combustible puede ser mejorada todavía para su combustión en una turbina de gas integrada rio abajo en el proceso, por medio de las fases que consisten en enfriarlo por intercambio térmico indirecto con agua en una caldera de recuperación de calor produciendo así vapor, y limpiando y purificando el gas para eliminar los compuestos sólidos en suspensión y el azufre. El gas combustible mejorado resultante se quema a continuación con un oxidante gaseoso en la cámara de combustión de una turbina de gas para producir gas de combustión limpio. Como se describirá más adelante, el gas de combustión limpio

se hace pasar por una turbina de expansión como fluido de trabajo, y se produce energía. La corriente de gas oxidante mencionada más arriba incluye una mezcla de aire y una parte del gas de combustión que sale de dicha turbina de expansión. La potencia disponible en el árbol de la turbina de expansión puede ser utilizada para hacer funcionar un generador eléctrico, para comprimir dicho gas oxidante para su introducción en la cámara de combustión de dicha turbina de gas y para comprimir el CO_2 para el desplazamiento térmico no catalítico. El calor sensible contenido en el gas de combustión limpio que se escapa de la turbina de gas se utiliza preferentemente para precalentar el gas combustible limpio y la corriente de gas de oxidación antes de su introducción en el quemador. Después del intercambio térmico, el gas de escape procedente de la turbina de gas puede ser descargado en la atmósfera sin que de lugar sustancialmente a ninguna contaminación del ambiente. Esto puede hacerse preferentemente después de la expansión ulterior del gas de escape a través de una turbina que produce energía. De manera adecuada, una parte del gas de combustión que se escapa de la turbina de gas, con o sin mezcla de aire, puede ser introducida en el generador de gas. Manteniendo el valor calorífico del gas combustible mejorado en la gama de aproximadamente 75 a 350 BTU/SCE, la cantidad de óxidos de nitrógeno (NO_x) contenidos en el gas de combustión puede ser mantenido por debajo de 10 partes/millón.

En el procedimiento descrito, se produce en primer lugar una corriente continua de gas combustible en la zona de reacción recubierta de refractario de un generador de gas combustible por oxidación parcial no catalítica con

circulación libre, sin relleno. El generador de gas es preferentemente un recipiente de acero vertical que resiste a la presión tal como el que se representa en el dibujo y se describe en la Patente de los Estados Unidos nº 2.992.906 a nombre de F. E. Guptill, Jr.

Una amplia gama de materiales orgánicos que contienen carbono combustible pueden reaccionar en el generador de gas con un gas que contiene oxígeno libre en presencia de un gas moderador de temperatura para producir el gas combustible.

Se entiende que el término hidrocarbonado utilizado aquí para describir varios combustibles adecuados incluye hidrocarburos gaseosos, líquidos y sólidos, materiales carbonados y mezclas de los mismos. De hecho, sustancialmente cualquier carbono combustible que contiene material orgánico o lodos del mismo puede incluirse dentro de la definición del término "hidrocarbonado". A título de ejemplo pueden indicarse: (1) lodos bombeables de combustibles hidrocarbonados sólidos tales como carbón, partículas de carbono, coque de petróleo, lodos concentrados de alcantari^lllado, y mezclas de los mismos; (2) suspensiones de sólidos en gases, tales como combustibles carbonados sólidos finamente molidos, dispersos bien en un gas de moderación de temperatura o en un hidrocarburo gaseoso; y (3) dispersiones de gas-líquido-sólido tales como combustibles hidrocarburos líquidos atomizados o agua y partículas de carbono dispersas en un gas de moderación de temperatura. El combustible hidrocarbonado puede tener un contenido de azufre incluido entre 0 y 10% en peso y un contenido de cenizas incluido entre 0 y 15% en peso.

El término hidrocarburo líquido utilizado aquí para describir materiales líquidos adecuados incluye materiales diversos tales como gas de petróleo licuado, destilados y residuos de petróleo, gasolina, nafta, keroseno, 5 petróleo bruto, asfalto, gas oil, aceite residual, aceite de arenas bituminosas y aceite de esquistos, aceite de carbón, hidrocarburos aromáticos (tales como benceno, tolueno, fracciones de xileno) alquitrán de hulla, aceite de ciclo de gas procedente de operaciones de destilación fraccionada catalítica de fluidos, extracto de furfurool de aceite de gas 10 de coquificación, y mezclas de éstos. Los combustibles hidrocarburos gaseosos, que se utilizan aquí para describir materiales gaseosos adecuados incluyen metano, etano, propano, butano, pentano, gas natural, gas de agua, gas de horno de coquificación, gas de refinería, gas residual de acetileno, gas maloliente de etileno, gas de síntesis y mezclas de 15 los mismos. Ambos materiales gaseosos y líquidos pueden mezclarse y ser utilizados simultáneamente y pueden incluir compuestos parafínicos, olefínicos, nafténicos y aromáticos en cualquier proporción. 20

Se incluyen también en la definición del término hidrocarbonado los materiales orgánicos hidrocarbonados oxigenados que incluyen carbohidratos, materiales celulósicos, aldehidos, ácidos orgánicos, alcoholes, cetonas, 25 fuel oil oxigenado, líquidos de desperdicios y subproductos de procesos químicos que contienen materiales orgánicos hidrocarbonados oxigenados y mezclas de los mismos.

Los materiales hidrocarbonados pueden presentarse a temperatura ambiente o pueden ser precalentados a 30 una temperatura de hasta 316 a 649°C (600 a 1.200°F) pero

preferentemente a una temperatura inferior a su temperatura de destilación fraccionada. Los materiales hidrocarbonados pueden ser introducidos en el quemador en fase líquida o en mezcla vaporizada con un moderador de temperatura. Los moderadores de temperatura adecuados incluyen H_2O , un gas rico en CO_2 , una porción del gas de escape limpio enfriado procedente de una turbina de gas utilizado río abajo en el proceso con o sin mezcla de aire, nitrógeno que consiste en un subproducto de la unidad de separación de aire que se describirá más adelante, y mezcla de los moderadores de temperatura mencionados más arriba.

La utilización de un moderador de temperatura para moderar la temperatura en la zona de reacción depende en general de la relación carbono/hidrógeno del material y del contenido de oxígeno de la corriente oxidante. Un moderador de temperatura puede no ser necesario con algunos combustibles hidrocarburos gaseosos pero sin embargo generalmente se utiliza uno de ellos con combustibles hidrocarburos líquidos y con oxígeno sustancialmente puro. Cuando una corriente de gas que contiene CO_2 , por ejemplo aproximadamente 3 mols % en CO_2 (en seco), se utiliza como moderador de temperatura, la relación molar (CO/H_2) de la corriente de producto efluente puede ser aumentada. Como se ha indicado más arriba, el moderador de temperatura puede ser introducido mezclado con una o ambas corrientes de agente reactivo. En variante, el moderador de temperatura puede ser introducido en la zona de reacción del generador de gas por medio de un conducto separado en el quemador de combustible.

En variante, de acuerdo con el invento, la relación molar (CO/H_2) del gas producido que se utiliza como

combustible en una turbina de gas puede ser aumentada. De esta manera, puede obtenerse una mayor relación de presión en cada etapa de la turbina y se necesitan por tanto menos etapas de turbina. El tamaño de la turbina disminuye y su rendimiento termodinámico aumenta. Cuando se hace el reciclado a partir de la zona de purificación de gas que se describirá más adelante de una corriente de gas de moderación de temperatura que contiene CO_2 , por ejemplo CO_2 sustancialmente puro, (porcentaje molar de CO_2 igual por lo menos a 95 en estado seco) o cuando se hace el reciclado de una porción del gas de combustión limpio que sale de la turbina de gas como se describirá más adelante, se reduce al mínimo la utilización de H_2O suplementario y se omite preferentemente. Por tanto, de manera ventajosa, el CO_2 producido en el sistema puede ser empleado como moderador de temperatura en el generador de gas o puede ser utilizado en el desplazamiento térmico inverso que se describirá más adelante o puede ser utilizada en ambos casos. Como moderador de temperatura, una corriente gaseosa con un porcentaje molar de CO_2 superior a 3, a una temperatura ambiente del orden de 538°C (1.000°F) y con una presión ligeramente superior a la presión del generador puede ser introducida en la zona de reacción con una relación entre el peso de CO_2 y el peso del combustible incluida en la gama de 0,3 a 1,0 aproximadamente.

Cuando se cargan en las zonas de reacción cantidades relativamente pequeñas de H_2O , por ejemplo a través del quemador para enfriar la extremidad del quemador, el H_2O puede mezclarse bien con el material hidrocarbonado, el gas que contiene oxígeno libre, el moderador de tempera-

tura o combinaciones de los mismos. La relación de peso entre agua y material hidrocarbonado puede estar en la gama de aproximadamente 0,0 a 1,0 y preferentemente en la gama de 0,0 a menos de 0,2.

5 El término gas que contiene oxígeno libre que se utiliza aquí, está destinado a incluir aire, aire enriquecido con oxígeno, es decir con un porcentaje molar de oxígeno superior a 21 y oxígeno sustancialmente puro, es decir con porcentaje molar de oxígeno superior a 95, (estando el
10 resto constituido por N_2 y gases raros). El gas que contiene oxígeno libre puede ser introducido en el quemador a una temperatura del orden de aproximadamente $982^{\circ}C$ ($1.800^{\circ}F$). La relación entre oxígeno libre en el oxidante y el carbono en el material (O/C, átomos/átomos) es preferentemente del
15 orden de 0,7 a 1,5.

Los materiales de combustión se introducen en la zona de reacción del generador de gas combustible por medio del quemador de combustible. Adecuadamente, puede utilizarse un quemador de tipo anular tal como el que se describe en la Patente de los Estados Unidos nº 2.928.460 a
20 nombre de DuBois Eastman y Socios.

Los materiales de combustión se hacen reaccionar por oxidación parcial sin catalizador en la zona de reacción de un generador de gas con libre circulación a
25 una temperatura autógena del orden de aproximadamente 816 a $1.928^{\circ}C$ (1.500 a $3.500^{\circ}F$) y con una presión incluida entre 10 y 180 atm. abs. El tiempo de reacción en el generador de gas combustible es de aproximadamente 1 a 10 segundos. La mezcla de gas combustible efluente que sale del generador
30 de gas puede tener la siguiente composición (porcentaje

molar - en seco) si se supone que los gases raros son insignificantes: CO 15-57; H₂ 70-10; CO₂ 1,5-5; CH₄ 0,0-20; N₂ 0-75; H₂S 0 a 2,0 y COS 0 a 0,1. Las partículas de carbono que no han reaccionado (en peso de carbono contenido en el material) representan aproximadamente 0,2 a 20% del material líquido, pero son usualmente insignificantes en los materiales de hidrocarburos gaseosos. La relación molar (CO/H₂) en seco, del gas efluente procedente del generador, es de por lo menos 0,30 y preferentemente incluida entre 0,30 y 1,5.

La corriente de gas combustible efluente caliente que sale del generador de gas se hace pasar a una cámara de acero separada provista de un recubrimiento refractario, preferentemente a una temperatura incluida entre 816 y 1.928°C (1.500 y 3.500°F) que se obtiene en el generador de gas y aproximadamente a la misma presión, es decir de 10 a 180 atm. abs, y preferentemente a una presión de 15 a 60 atm. abs. Por ejemplo, una cámara esférica 12, tal como la que se representa en los dibujos y se describe en la Patente de los Estados Unidos nº 3.565.588 a nombre del mismo Solicitante, puede ser empleada. La cámara esférica está desprovista de relleno y está libre de obstrucciones a la circulación del gas en ella. Una porción de la materia sólida que puede ser arrastrada en la corriente efluente de gas combustible se deposita y puede ser eliminada por medio de un orificio situado en la parte inferior de la cámara esférica que conduce a una tolva de cierre, por ejemplo un orificio de salida 13 provisto de brida en el dibujo.

Cuando se desea aumentar todavía más la rela-

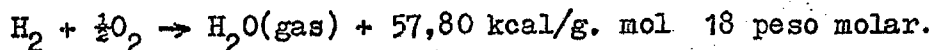
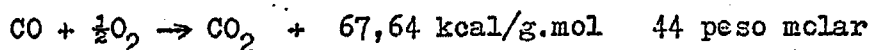
ción molar (CO/H_2) de la corriente de gas efluente, puede utilizarse la siguiente fase de conversión térmica inversa no catalítica de desplazamiento agua-gas. Una corriente de gas suplementario rico en CO_2 , que se obtiene a continuación en el proceso, se introduce simultáneamente en la cámara esférica a una temperatura incluida entre 260 y 816°C (500 y 1.500°F) aproximadamente, y a una presión ligeramente superior a la del generador de gas. En tal caso, en seco, se introducen preferentemente de $0,1$ a $2,5$ mols de CO_2 suplementario en la cámara esférica por cada mol de gas combustible efluente procedente del generador de gas. Los gases se mezclan y por medio de una reacción inversa térmica, no catalítica de desplazamiento agua-gas a una temperatura de por lo menos 816°C (1.500°F) y preferentemente en la gama de 816 a 1.538°C (1.500 a 2.800°F), el CO_2 reacciona con una parte del hidrógeno contenido en la corriente de gas combustible efluente procedente del generador para producir CO y H_2O suplementarios. La relación molar (CO/H_2) en estado seco, de la corriente de gas efluente procedente del generador de gas puede ser aumentada por esta fase de 10 a 200% y adecuadamente de 15 a 50% . Por tanto, la corriente de gas efluente puede salir de la zona de desplazamiento térmico con una relación molar (CO/H_2) en seco, incluida en una gama superior a $0,3 - 6,0$, y preferentemente en la gama de $0,4 - 4,5$ y ventajosamente superior a $1,5$.

La reacción inversa térmica adiabática no catalítica de desplazamiento agua-gas empieza en la cámara esférica aislada y continúa en la tubería aislada que conecta la salida de la cámara esférica con la entrada inferior dotada de brida de una caldera de recuperación de calor.

Se hará referencia a la Patente de los Estados Unidos número 3.723.344 a nombre del mismo Solicitante. Por tanto, la corriente efluente de gas combustible es desplazada térmicamente sin catalizador entre las fases del proceso. El tiempo de permanencia en la zona de conversión de desplazamiento agua-gas está incluido entre 0,1 y 5 segundos.

La reacción térmica inversa no catalítica de desplazamiento se produce en una zona de reacción adiabática preferentemente exenta de circulación, exenta de relleno, separada del generador de gas combustible. Preferentemente, las condiciones de temperatura y de presión a las cuales se produce la reacción de desplazamiento térmico inversa son sustancialmente las mismas que las del generador de gas combustible, menos la pérdida de carga normal en la tubería y menos cualquier enfriamiento debido al calor sensible del CO₂ suplementario y el calor endotérmico de la reacción. El incremento de la relación CO/H₂ del gas combustible aumentará su calor de combustión molar y aumentará su peso molecular.

Por tanto a 298°K :



Ventajosamente, esto mejora el rendimiento térmico del gas combustible, rio abajo, y permite la utilización de turbinas de gas más pequeñas. Además es preciso utilizar menos de la mitad de la cantidad del aire sobrante necesario para una buena combustión en la cámara de combustión de la turbina de gas, con la turbina de gas de ciclo semicerrado, en comparación con una turbina de gas de ciclo abierto.

La corriente de gas combustible efluente pasa a continuación a través de una caldera de recuperación de calor intercalada que asegura un intercambio térmico sin contacto con el agua. La corriente de gas combustible se

5 enfría así a una temperatura incluida en la gama de 260 á 399°C (500 a 750°F). Es posible obtener vapor como subpro

10 ducto a una temperatura incluida entre 232 y 371°C (450 y 700°F) para ser utilizado en cualquier punto del proceso. Por ejemplo, el vapor mencionado más arriba puede ser em

15 pleado como fluido de trabajo en una turbina de expansión para la producción de energía, por ejemplo para arrastrar el compresor en una unidad de separación de aire convencio-

20 nal. En variante, el vapor puede ser recalentado a una temperatura incluida entre 399 y 649°C (750 y 1.200°F) y el vapor recalentado puede ser empleado como fluido de traba-

jo en una turbina de vapor. El recalentamiento puede hacerse por ejemplo por intercambio térmico indirecto con los gases de combustión limpios que salen de la turbina de gas o en un horno calentado preferentemente por una parte del gas combustible limpio, con el objeto de evitar la contami-

nación del ambiente.

La corriente de gas combustible parcialmente enfriado que sale de la caldera de recuperación de calor atraviesa una zona de limpieza de gas donde pueden separarse de ésta las partículas de carbono y cualesquiera otros

25 sólidos arrastrados. Es posible formar en la zona de limpieza lodos de partículas de carbono en un combustible de hidrocarburo líquido, los cuales pueden ser reciclados al generador de gas combustible para constituir por lo menos

30 una parte del material de alimentación. Cualquier procedi-

miento convencional adecuado para eliminar sólidos en suspensión en una corriente de gas puede ser empleado. En un modo de realización del invento, la corriente de gas combustible se introduce en una zona de depuración de gas-líquido donde es depurado con un fluido de limpieza tal como un hidrocarburo líquido o agua. Una columna adecuada del tipo de bandejas de líquido-gas se describe más completamente en el Perry's Chemical, Engineers' Handbook, Cuarta Edición McGraw-Hill 1963, Páginas 18-3 a 5.

Por tanto, haciendo pasar la corriente de gas combustible del proceso por una columna de depuración en contacto directo y a contracorriente con un fluido de depuración adecuado o con mezclas divididas de partículas de carbono y de fluido de limpieza que bajan por la columna, las partículas de carbono pueden ser eliminadas del gas combustible. Se eliminan del fondo de la columna un lodo de partículas de carbono y de fluido de limpieza, y se manda este lodo a una zona de separación de carbono o zona de concentración. Esto puede hacerse de cualquier manera convencional, por ejemplo utilizando los procedimientos adecuados de filtración, centrifugación, sedimentación por gravedad, o extracción por hidrocarburo líquido, según se describe en la Patente de los Estados Unidos a nombre del mismo concesionario nº 2.992.906 mencionada más arriba. El fluido de depuración limpio o las mezclas diluídas de fluido de depuración y de partículas de carbono se reciclan a la parte superior de la columna para depurar una cantidad suplementaria de gas combustible.

Otros procesos convencionales adecuados de enfriamiento y limpieza de gas pueden ser empleados en com-

binación con dicha columna de depuración o en lugar de la misma. Por ejemplo, la corriente de gas combustible puede ser introducida debajo de la superficie de una extensión de fluido de enfriamiento y de depuración por medio de una
5 unidad de tubo de inmersión. En variante, la corriente de gas combustible puede atravesar una pluralidad de fases de depuración que incluyen un depurador del tipo de orificio o depurador de venturi o de tobera, tal como el que se describe en el Perry's Chemical Engineers' Handbook, Cuarta
10 Edición, McGraw-Hill 1963, páginas 18-54 a 56.

Con los combustibles hidrocarbonados gaseosos tales como gas natural o metano, no se produce sustancialmente ninguna cantidad de partículas de carbono. En tal caso, la fase de depuración de gas descrita más arriba puede no ser necesaria.
15

En una zona de purificación de gas, pueden eliminarse de la corriente de gas enfriada y limpia que sale de la zona de limpieza de gas, CO_2 , H_2S , COS , H_2O , NH_3 y otras impurezas gaseosas. Pueden utilizarse procedimientos convencionales adecuados que incluyen una refrigeración y una absorción física o química con solventes tales como metanol, n-metilpirolidona, trietanolamina, carbonato de propileno, o, en variante, con aminas o carbonato de potasio caliente.
20

En los procesos de absorción por solventes, la mayor parte del CO_2 absorbida en el solvente puede ser liberada por simple vaporización instantánea. El resto puede ser eliminado por separación. Esta operación puede realizarse económicamente con nitrógeno. Es posible obtener nitrógeno a bajo precio como subproducto de una unidad de
30

separación de aire convencional utilizada para producir oxígeno sustancialmente puro (porcentaje molar de O_2 igual o superior a 95), para utilizarlo como gas rico en oxígeno en el generador de gas combustible. A continuación se recicla el solvente regenerado en la columna de absorción para emplearlo de nuevo. En caso de necesidad, la limpieza final puede hacerse haciendo pasar el gas del proceso a través de óxido de hierro, óxido de zinc o carbono activado para eliminar los residuos de H_2S o sulfuro orgánico. Si se desea, puede obtenerse una corriente de gas rico en CO_2 que incluye un porcentaje molar de CO_2 variable entre 25 y 100, y preferentemente superior a 98,5, para su utilización en la fase de desplazamiento térmico inverso no catalítico agua-gas mencionado más arriba. En variante, puede reciclarse una corriente de CO_2 recuperado hasta el generador de gas combustible para constituir la totalidad o una parte del gas moderador de temperatura. En tal caso, la corriente de CO_2 puede contener pequeñas cantidades de H_2S y COS .

De la misma manera, el solvente que contiene H_2S y COS puede ser regenerado por vaporización instantánea y separación con nitrógeno, o en variante mediante calentamiento y reflujo a presión reducida sin utilizar un gas inerte. El H_2S y el COS se transforman a continuación en sulfuro por un procedimiento adecuado. Por ejemplo, puede utilizarse el procedimiento Claus para producir sulfuro elemental a partir de H_2S según se describe en la Enciclopedia de Tecnología Química Kirk-Othmer, Segunda Edición, Volumen 19, por John Wiley, 169, Página 353. El SO_2 sobrante de los gases finales de la instalación Claus pueden ser eliminados y descartados por combinación química con piedra cali-

za o por medio de un proceso de extracción industrial adecuado. En general, la composición del gas combustible limpio en porcentaje molar (en seco) es aproximadamente la siguiente: H₂, 10 a 60; CO, 15 a 60; CH₄, 0,0 a 25; CO₂, 0,0 a 5; N₂ 0,0 a 75. El calor de combustión en BTU/SCF es por lo menos de 70 y adecuadamente incluido entre 75 y 350, y preferentemente entre 75 y 150, por ejemplo, 90.

La corriente de gas combustible limpio procedente de la zona de purificación de gas, tiene una temperatura incluida en la gama de 37,8 a 427°C (100 a 800°F), con una presión incluida entre 10 y 180 atm. abs, y preferentemente entre 15 y 60 atm. abs. De manera más preferida, la presión del gas combustible en este punto es sustancialmente la misma que la que se obtiene en el generador de gas combustible menos la pérdida de carga normal en la tubería. En variante, pero de manera preferida, la corriente de gas combustible se precalienta a una temperatura incluida entre 204 y 427°C aproximadamente (400 y 800°F) mediante intercambio térmico indirecto con una porción de la corriente caliente de gas de combustión que sale de la turbina de expansión principal situada río abajo en el proceso, antes de penetrar en el quemador de la turbina de gas. Aproximadamente, 1,0 a 3,0 volúmenes de gas de oxidación se introducen simultáneamente en el quemador por cada volumen de gas combustible limpio. La corriente gaseosa de oxidación incluye un gas que contiene oxígeno libre (preferentemente aire) mezclado con una parte de los gases de combustión que salen de una turbina de expansión que se describirá más adelante. La relación volumétrica entre el gas conteniendo oxígeno libre y el gas de combustión está incluida entre 0,20 y 2,0 y pre-

ferentemente entre 0,4 y 1,2. La corriente de gas combustible limpio precalentado se quema a continuación con dicha corriente de gas oxidante en la cámara de combustión de una turbina de gas.

5 Cuando se introduce la corriente de gas oxidante en la cámara de combustión de la turbina de gas a una temperatura incluida en la gama de 204 a 427°C (400 a 800°F), aproximadamente, y sustancialmente a la misma presión que el gas combustible, el gas de combustión limpio que sale de la cámara de combustión a una temperatura incluida entre 760 y 1.649°C (1.400 y 3.000°F) y usualmente entre 871 y 1.149°C (1.600 y 2.100°F) y con una presión de 3,5 a 70,30 Kg/cm² o más (50 a 1.000 Libras/pulgada²) y preferentemente entre 7,03 y 28,12 Kg/cm² o más (100 y 400 Libras/pulgada²) tiene el análisis típico que sigue, en porcentaje molar: CO₂ 4-10; H₂O 3-6; N₂ 75-85; y O₂ 5-10. Se encuentran en el gas de combustión tan solo concentraciones muy pequeñas de óxidos de nitrógeno (NO_x). Esto se debe a la temperatura relativamente baja en la cámara de combustión que resulta principalmente de la temperatura adiabática de la llama de gas combustible mejorado relativamente baja. Además, el contenido de SO₂ del gas de combustión es nulo, y las partículas arrastradas son insignificantes.

20 El gas de combustión limpio que sale de la cámara de combustión atraviesa por lo menos una turbina de expansión que produce energía, constituyendo el fluido de trabajo. Por lo menos un generador eléctrico y por lo menos un turbocompresor pueden ser accoplados por medio de una transmisión de velocidad variable, por ejemplo con el eje de la turbina para ser accionado por ésta. La corriente de

gas de oxidación, antes de ser introducida en la cámara de combustión de la turbina de gas y el dióxido de carbono procedente de la zona de purificación de gas antes de su reciclado al generador de gas combustible o a la cámara de mezclado esférica descrita más arriba, pueden ser comprimidos por medio de dichos turbocompresores a la presión adecuada por ejemplo superior a 10-190 atm. abs.

El gas de combustión limpio sale de la turbina de expansión principal a una temperatura incluida en la gama de 427 a 649°C (800 a 1.200°F) y con una presión incluida en la gama de 1,0 a 7,0 atm. abs. Aproximadamente 0 a 50% en volumen de esta corriente puede ser separada en variante y puede hacerse pasar a través de un intercambiador térmico para intercambio térmico indirecto (sin contacto) con el gas combustible limpio mientras se dirige hacia la cámara de combustión (quemador) de la turbina de gas, según se ha descrito más arriba. Después del intercambio térmico, el gas de combustión limpio y enfriado que sale de la turbina puede ser descargado en la atmósfera a través de una chimenea. No se produce sustancialmente ninguna contaminación atmosférica ya que las impurezas gaseosas han sido eliminadas previamente. Preferentemente, se evacua la corriente de gas de combustión sometida al intercambio térmico después de una expansión suplementaria en una turbina de producción de energía.

El resto de la corriente de gas de combustión limpios que salen de la turbina de expansión principal atraviesa un intercambiador térmico para realizar un intercambio térmico indirecto con dicha corriente de gas de oxidación comprimido. De este modo, dicha corriente de gas oxi

dante puede ser precalentada a una temperatura incluida entre 149 y 427°C (300 y 800°F), aproximadamente, antes de su introducción en la cámara de combustión de la turbina de gas. Aproximadamente 20 a 70% del volumen de la corriente de gas de combustión enfriado por el intercambio térmico indirecto mencionado más arriba a una temperatura incluida en la gama de 37,8 a 149°C (100 a 300°F) pueden ser evacuados en la atmósfera sin producir contaminación, preferentemente después de una expansión suplementaria en una turbina productora de energía. El resto de la corriente de gas de combustión enfriado se mezcla con gas que contiene oxígeno libre para producir dicha corriente de gas de oxidación. El gas que contiene oxígeno libre puede ser elegido en el grupo que consiste en aire, aire enriquecido con oxígeno (con porcentaje molar de O₂ superior a 21), y oxígeno sustancialmente puro (porcentaje molar de O₂ superior a 95).

Por tanto, se introduce preferentemente en el sistema aire en condiciones ambientales de temperatura y presión por medio de un compresor de carga conectado al árbol de la turbina de expansión principal. La mezcla de aire y de gas de combustión se ha llamado más arriba corriente de gas oxidante. Esta mezcla presenta el análisis típico siguiente en porcentaje molar: CO₂ 3,0 a 5,0; H₂O 1,0 a 4,0; N₂ 75 a 85; O₂ 10 a 20; y A_r 0,9 a 1,5.

La corriente de gas oxidante se comprime a la presión deseada incluida en la gama de 5 a 65 atm. abs, por lo menos en un compresor conectado preferentemente con el árbol de la turbina de expansión principal. Usualmente, se enfría la corriente de gas antes de los compresores y entre éstos. La corriente de gas de oxidación se precalienta a

continuación y se introduce en el quemador de la manera descrita más arriba. En variante, puede introducirse aproximadamente de 0 a 20% en volumen de la corriente de gas oxidante en el generador de gas, para constituir por lo menos una parte de dicho gas moderador de temperatura.

En variante, el gas combustible del proceso producido en el generador de gas y enfriado en la caldera de recuperación de calor puede ser utilizado como fluido de trabajo en una turbina de expansión productora de energía intercalada, situada por ejemplo después de la caldera de recuperación de calor, y adecuadamente después de la zona de limpieza de gas, o después de la zona de purificación.

En variante, la recuperación del calor sensible en el gas de combustión limpio que sale de la turbina de expansión a una temperatura incluida en la gama de 427 a 649°C (800 a 1.200°F) aproximadamente, y con una presión incluida entre 1 y 7 atm. abs, puede hacerse por intercambio térmico con el vapor que ha sido producido en la caldera de recuperación de calor río abajo del generador de gas. Puede producirse así vapor recalentado con una temperatura de 399 a 649°C aproximadamente (750 a 1.200°F). El vapor recalentado puede emplearse como fluido de trabajo en una turbina de expansión. El árbol axial de la turbina de vapor por ejemplo puede conectarse por medio de una transmisión variable con el árbol de un turbocompresor, de un generador eléctrico, o con ambas máquinas. A continuación el gas de combustión limpio puede ser comprimido en dicho turbocompresor hasta una presión incluida en la gama de 10 a 180 atm. abs. y preferentemente con una temperatura

incluida entre 204 y 316°C (400 y 600°F). A continuación el gas puede ser reciclado a dicho generador de gas combustible constituyendo la totalidad o una porción del gas moderador de temperatura. En variante, el gas de combustión limpio puede ser descargado en la atmósfera sin producir contaminación. En variante, el calor sensible del gas de combustión que sale de la turbina de expansión puede ser recuperado por precalentamiento del aire introducido en la cámara de combustión de la turbina de gas, por generación de una cantidad suplementaria de vapor a alta presión o por precalentamiento del agua de alimentación de la caldera.

El invento podrá entenderse más claramente haciendo referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos que representan detalladamente el proceso descrito más arriba. Aunque los dibujos ilustran un modo de realización preferido del proceso según el invento, no limitan el proceso continuo que se ilustra al aparato particular o a los materiales que se describen aquí.

Con referencia a los dibujos, el generador de gas combustible 1 de tipo de circulación libre no catalítico con revestimiento refractario, según se ha descrito más arriba, está equipado de un orificio de entrada 2 provisto de brida axialmente alineado y situado río arriba y de un orificio de salida 3 provisto de brida situado río abajo. Un quemador 4 del tipo de anillo, tal y como se ha descrito más arriba, con un conducto central 5 alineado con el eje del generador de gas 1, está montado en el orificio de entrada 2. El conducto 5 tiene una extremidad río arriba 6 y una extremidad río abajo 7 de forma cónica.

Se han previsto igualmente un conducto anular concéntrico coaxial 8 con un orificio de entrada río arriba 9 y un orificio de salida río abajo 10 de forma cónica.

5 Conectado al orificio de salida 3 del generador de gas 1 se halla un orificio de entrada 11 provisto de una brida, de una cámara 12 de forma esférica recubierta de refractario que permite la circulación libre. La cámara 12 tiene un orificio de salida 13 provisto de brida, situado río abajo y normalmente cerrado que permite la eliminación de las cenizas, un orificio de entrada lateral 10 provisto de brida 14 y un conducto de descarga lateral 15 recubierto de refractario cuya extremidad río abajo 16 está conectada a la caldera de recuperación de calor 17. Por ejemplo, el agua de la tubería 18 atraviesa los tubos 15 19 situados en el interior de la caldera 17, en posición de intercambio térmico indirecto con los gases calientes que pasan en el exterior de los tubos. El agua se vaporiza y sale bajo la forma de vapor por la tubería 20. Otras calderas adecuadas pueden ser utilizadas.

20 El material hidrocarbonado en forma líquida o en forma de vapor, según se ha descrito más arriba, puede ser introducido en el sistema por medio de la tubería 25, de la válvula 26 y de las tuberías 27 y 34. Además, por medio de la bomba 28, unos lodos concentrados de partículas de carbono en agua o en combustibles líquidos hidrocarbonados pueden ser bombeados a partir de la zona de separación de carbono 29 a través de las tuberías 30, 31, de la válvula 32, de la tubería 33 y de la tubería 34 donde puede hacerse la mezcla de las corrientes de material de 25 alimentación. La mezcla de alimentación se calienta entonces 30

ces preferentemente en el intercambiador térmico 220 y se introduce en la zona de reacción 35 del generador de gas 1 por medio de la tubería 221, del orificio de entrada 9 y del conducto anular 8 del quemador 4.

5

Una parte del vapor producida en la caldera de recuperación de calor 17 puede hacerse pasar por la zona de reacción 35 para servir de fluido de moderación de temperatura por medio de la tubería 20, de las tuberías 36-38, de la válvula 39, de las tuberías 40, 41 y del conducto central 5 del quemador 4. Una segunda porción del vapor procedente de la caldera 17 puede ser empleado como fluido de trabajo en una turbina de vapor. Por ejemplo, el vapor puede hacerse pasar a través de las tuberías 20, 36, 37, 45, 46, la válvula 47 y la tubería 48 a la turbina de expansión 49. El vapor de escape sale por la tubería 50. La turbina de expansión 49 arrastra el turbocompresor 51 que comprime el aire que penetra por medio de la tubería 52 y que sale del compresor por medio de la tubería 53. El aire comprimido puede ser introducido a continuación en la zona de reacción 35 del generador de gas 1 por medio de la tubería 53, de la válvula 55, de las tuberías 56, 57, de la válvula 58 y de las tuberías 59, 41 y del conducto central 5 del quemador 4.

10

15

20

25

30

En variante, la totalidad o una parte del aire procedente del turbocompresor 51 puede ser sustituida en el generador de gas 1 por oxígeno sustancialmente puro. El oxígeno y el nitrógeno pueden ser producidos en una unidad de separación de aire convencional asociada ASU 42 a partir de la cual el oxígeno sustancialmente puro sale por la turbina 63 y el nitrógeno sale por medio de la tubería

64. El nitrógeno puede ser utilizado a continuación en el proceso, dentro de la zona de purificación de gas 65. Una parte del vapor producida en la caldera de recuperación de calor 17 puede ser empleado para accionar la turbina de vapor 69. En tal caso, el vapor pasa por las tuberías 20, 36, 37, 45, 66, la válvula 67, la tubería 68, y a través de la turbina de vapor 69 como fluido de trabajo, saliendo por la tubería 70. El aire penetra en el turbocompresor 71 conectado por medio de la tubería 72. El aire es comprimido y a continuación penetra en la unidad de separación de aire 42 por medio de la tubería 73. El oxígeno de la tubería 63 es comprimido por el compresor centrífugo o alterno 74 accionado por el vapor y a continuación atraviesa la tubería 75, la válvula 76, las tuberías 77, 78, la válvula 79, las tuberías 80, 41 y penetra en el conducto central 5 del quemador 4. El vapor necesario para arrastrar el compresor 74 puede ser obtenido a partir de la caldera 17 por medio de la tubería 20, 36, 85, de la válvula 86 y de la tubería 87. La potencia necesaria para la unidad de separación de aire puede ser reducida al mínimo produciendo gas conteniendo oxígeno libre con un contenido molar de O_2 de 60-80%.

Adecuadamente, en lugar de, o en combinación con el vapor, el gas de moderación de temperatura introducido en la zona de reacción 35 puede ser un gas que contiene CO_2 , por ejemplo una mezcla de aire y de gases de escape de la turbina que se obtiene a continuación en el proceso a partir de la tubería 187 o una corriente rica en CO_2 con o sin una pequeña cantidad de H_2S , de COS procedente de la tubería 91, o una mezcla de ambos. La corriente

rica en CO_2 puede ser obtenida a continuación en el proceso a partir de la zona de purificación de gas 65 durante la purificación de la corriente de gas de combustión efluente producida en el generador de gas 1. De este modo, la corriente rica en CO_2 que sale de la zona de purificación de gas 65 por medio de la tubería 91 puede ser comprimida en el turbocompresor 92 y a continuación puede pasar por la zona de reacción del generador de gas 1 por medio de las tuberías 93, 94, de la válvula 95, de las tuberías 96, 57, de la válvula 58, de las tuberías 59, 41 y del conducto central 5 del quemador 4. Preferentemente, una parte de dicha corriente rica en CO_2 puede ser introducida en la cámara de mezclado esférica 12 por medio de la tubería 97, de la válvula 98, de la tubería 99 y del orificio de entrada provisto de brida 14, donde se produce un desplazamiento térmico inverso no catalítico agua-gas con una parte de hidrógeno en el gas combustible efluente que sale del generador de gas 1, aumentando así la relación molar (CO/H_2) de la corriente de gas combustible del proceso.

De este modo, en variante, una corriente de gas oxidante comprimido producido a continuación en el proceso en la tubería 187 puede ser introducida en la zona de reacción 35 del generador de gas 1 como moderador de temperatura. Por ejemplo, esta corriente de gas puede ser introducida por medio de la tubería 101, de la válvula 102, de las tuberías 103, 78, de la válvula 79, de las tuberías 80, 41, y del conducto central 5 del quemador 4. Oxígeno sustancialmente puro procedente de la tubería 77 puede mezclarse con la corriente de gas oxidante en la tubería 78.

En variante, una porción de la corriente de gas oxidante

puede ser introducida en la zona de reacción en mezcla con el material de alimentación hidrocarbonado.

El gas combustible efluente producido en la zona de reacción 35 del generador de gas 1 se mezcla en variante con CO_2 en la cámara esférica 12, es desplazado 5 térmicamente en ésta e igualmente en el conducto 15 y enfriado en la caldera de recuperación de calor 17. La corriente de gas del proceso enfriado pasa por una zona convencional de limpieza de gas 110 por medio de las tuberías 10 111, 112, de la válvula 113, de las tuberías 114, 115 y del orificio de entrada provisto de brida 116. En variante, la totalidad o una parte de la corriente de gas efluente, parcialmente enfriado, puede ser empleada como fluido de trabajo en una o varias turbinas de expansión dispuestas 15 en diferentes puntos del sistema, por ejemplo antes o después de la zona de limpieza de gas 110 o de la zona de purificación de gas 65. Por ejemplo, la corriente de gas efluente de gas combustible bruto en la tubería 111 puede hacerse pasar por la tubería 117, la válvula 118, y por la tubería 20 119 hasta la turbina de expansión 120. El gas combustible que sale de la turbina 120 pasa a través de la turbina 121, de la válvula 122, de las tuberías 123, 115 y del orificio de entrada 116 provisto de brida. Los turbocompresores 25 124 y 125 son accionados por la turbina de expansión 120 y pueden utilizarse para comprimir otros fluidos en el sistema. Por ejemplo, es posible introducir nitrógeno en el compresor 124 por medio de la tubería 126 y este nitrógeno puede salir por medio de la tubería 127. El aire puede ser introducido en el compresor 125 por medio de la tubería 28 y puede salir por medio de la tubería 129. 30

El gas combustible bruto efluente procedente del generador de gas combustible 1 que ha sido parcialmente enfriado en la caldera de recuperación de calor 17 es enfriado y limpiado todavía más en la zona de limpieza de gas 110 ya que entra en contacto directo con el fluido de limpieza limpio o con un lodo reciclado y diluido de partículas de carbono y de fluido de lavado. El fluido de lavado limpio puede ser introducido en la zona de limpieza de gas por medio de la tubería 134, de la válvula 135 y de las tuberías 136 y 137. Por ejemplo, la zona de limpieza de gas puede ser una columna de lavado vertical con una pluralidad de bandejas horizontales. En tal caso, cuando el gas asciende a través de la torre, entra en contacto en cada bandeja con un fluido de lavado, por ejemplo agua o hidrocarburo líquido que fluye por gravedad hacia la parte inferior de la torre. De este modo, las partículas de carbono son separadas del gas combustible. El gas combustible se limpia progresivamente conforme va pasando hacia la parte superior de la columna de lavado mientras que la concentración de las partículas de carbono en el fluido de lavado aumenta progresivamente conforme va bajando por la columna. El lodo de partículas de carbono y de fluido de lavado sale de la parte inferior de la columna de lavado 110 y penetra en una zona de separación de carbono 29 por medio de la tubería 138.

En la zona de separación de carbono 29, el lodo de partículas de carbono y de fluido de lavado puede ser tratado de manera convencional según se ha descrito más arriba, para producir una corriente de fluido de lavado limpio, y una corriente separada de lodo de partículas de

carbono en un vehículo líquido. De este modo, a partir de la tubería 138 de la zona de limpieza de gas 110, un lodo que incluye aproximadamente 2% en peso de partículas de carbono en agua se mezcla con nafta y se introduce en un decantador (no representado) situado en la zona de separación de carbono 29. Se forma una dispersión de partículas de carbono y de nafta y el agua limpia es extraída del decantador y reciclada bajo la forma de por lo menos una parte del fluido de lavado hasta la zona de limpieza de gas 110 por medio de la tubería 140, de la bomba 139 y de las tuberías 141 y 137. El aceite combustible hidrocarbonado líquido pesado fresco procedente de la tubería 43 se introduce en una columna de destilación (no representada) en la zona de separación de carbono 29 conjuntamente con la dispersión de partículas de carbono-nafta procedente del decantador. El nafta es retirado de la parte superior de la columna de destilación y es reciclado para extraer más agua del lodo de partículas de carbono. Por medio de la bomba 28, es posible bombear un lodo precalentado de partículas de carbón y de aceite combustible hidrocarbonado líquido pesado a partir de la zona inferior de la columna de destilación a través de las tuberías 30, 31, de la válvula 32, de las tuberías 33, 34, del precalentador 220, de la tubería 221, del orificio de entrada 9 y del conducto anular 8 en la zona de reacción 35 del generador de gas 1 según se ha descrito más arriba.

La corriente de gas combustible limpio que sale de la zona de limpieza de gas 110 se introduce en una zona de purificación de gas convencional 65 por medio de la tubería 142. El H_2S y el COS se retiran del gas combus-

tible y salen de la zona de separación 65 por medio de la tubería 143. En la unidad Claus 144, el H_2S se quema con aire a partir de la tubería 145 para producir azufre sólido que sale por la tubería 146 y agua que sale por la tubería 147. El exceso de nitrógeno y de otras impurezas gaseosas no contaminantes puede ser evacuado hacia la atmósfera por medio de la tubería 148.

La corriente de gas combustible limpio que pasa por la tubería 149 es precalentado en el intercambiador térmico 150 y es introducido en la cámara de combustión 152 de la turbina de gas por medio de la tubería 151. La temperatura del gas combustible limpio puede ser aumentada en el intercambiador térmico 150 mediante intercambio térmico indirecto con una parte del gas de escape procedente de la turbina principal 153 antes de ser descargado en la atmósfera. Por ejemplo, una parte del gas de escape pasa por la tubería 155, la válvula 156, la tubería 157, el intercambiador térmico 150, la tubería 158, la turbina 159, y la tubería 160 hasta la chimenea.

Simultáneamente, otra parte del gas de escape procedente de la turbina 153 pasa a través de la tubería 165, del intercambiador térmico 166, de las tuberías 167, 168 y 169 donde es mezclada con aire el cual penetra en el sistema por la tubería 170, el turbocompresor 171 y la tubería 172. La mezcla de aire y de gas de combustión limpio que se escapa por la tubería 169, que se llamará a continuación corriente gaseosa oxidante, se enfría en el intercambiador térmico 173 y pasa por la tubería 174, el turbocompresor 175, el interenfriador 176, el turbocompresor 177, la tubería 178, el intercambiador térmico 166, las tuberías 179, 180 y penetra en la cámara de combustión 152. Adecua-

damente, una parte de la corriente de gas de oxidación precalentado que pasa por la tubería 179 puede ser introducida en el generador de gas combustible 1 por medio de las tuberías 185, de la válvula 186 y de las tuberías 187 y 101.

5 El gas combustible limpio se quema en la cámara de combustión 152 produciendo un gas de combustión limpio que sale por medio de la tubería 188. A continuación, el gas de combustión pasa a través de la turbina de expansión principal 153 como fluido de trabajo. Los turbo-
10 compresores 92, 175, 177, 171, así como el generador eléctrico 189 son accionados por las turbinas de expansión 153 y 159. Estas unidades pueden estar acopladas con el mismo árbol o estar conectadas por ejemplo por medio de un acoplamiento del tipo de fluido, tal como 190.

15 Como se ha mencionado anteriormente, el gas de combustión caliente limpio sale de la turbina de expansión principal 153 por medio de la tubería 154 y se divide adecuadamente en dos corrientes que pasan por las tuberías 155 y 165. El volumen de gas en cada corriente puede ser
20 determinado por balances convencionales de calor y peso. En variante, una parte del gas de escape procedente de la turbina 153 puede ser aspirado antes o después del intercambiador térmico 166 y ser evacuado a la atmósfera. Por ejemplo, el gas de escape puede hacerse pasar por la tubería
25 195, la válvula 196, la tubería 197, la turbina 159, y la tubería 160. El gas de combustión limpio que pasa por la tubería 160 puede ser descargado en la atmósfera por medio de una chimenea sin producir contaminación, preferentemente a través de la turbina de expansión 159 donde produce un
30 trabajo. En variante, una porción del gas de escape limpio

que pasa por la tubería 160 puede ser introducido en el generador de gas en la extremidad delantera del sistema por medio de la tubería 101.

5 En variante, el calor a temperatura relativamente baja que puede ser recuperado del ciclo de turbina de gas por ejemplo la corriente de gas de escape por la tubería 154, puede ser empleado como fuente de energía para la refrigeración por absorción. Esta refrigeración podría ser utilizada para la separación del aire y para la eliminación del CO_2 por condensación o mediante absorción en un solvente a baja temperatura. El gas de escape mencionado más arriba puede ser también empleado para precalentar las corrientes de alimentación del generador de gas, precalentar el fluido de lavado penetrando en la zona de limpieza de gas o para producir vapor. El calor a baja temperatura podría ser también empleado para regenerar los absorbentes líquidos del CO_2 , tales como solución de MEA y de K_2CO_3 .

20 El generador eléctrico accionado por turbina 189 puede suministrar energía eléctrica para accionar equipos e instrumentos mecánicos y eléctricos esenciales para el proceso, que incluyen los sistemas de generación de gas y de separación de aire. El resto de la energía eléctrica es distribuída para su consumo. Este diseño presenta una ventaja práctica más importante ya que hace que el funcionamiento de la instalación sea independiente de las fuentes de energía eléctrica externas. En variante, puede utilizarse energía mecánica disponible en el acoplamiento 190.

E J E M P L O

30 El ejemplo que sigue ilustra los modos de rea-

lización preferidos del proceso según el invento relacionado con la producción de un gas combustible mejorado y la combustión de dicho gas combustible en una turbina de gas que está integrada en el sistema. Aunque se ilustren modos de realización preferidos, el ejemplo no debe ser considerado como limitativo del alcance del invento. El proceso es continuo y los caudales de circulación se indican sobre una base horaria para todas las corrientes de materiales. 421.579 m³ de gas combustible (15.056.000 pies³ standard) son producidos mediante oxidación parcial de un combustible hidrocarbonado que se describirá más adelante, con aire, en un generador de gas combustible de circulación libre no catalítica de libre circulación de tipo convencional recubierto de refractario. Una parte del gas de combustión que sale de una turbina de gas situada rio abajo en el proceso, mezclada con aire, se introduce en la zona de reacción para moderar la temperatura de la misma. El gas combustible es producido en el generador a una temperatura autógena de aproximadamente 1.193°C (2.180°F) y con una presión de aproximadamente 27 atm. abs. El tiempo de permanencia medio en el generador de gas es de aproximadamente 2 segundos. El gas combustible que sale del generador tiene la composición siguiente en porcentaje molar: CO 15,51; H₂ 10,17; CO₂ 4,55; H₂O 5,12; N₂ 63,71; CH₄ 0,00; Ar 0,80; H₂S 0,15; COS 0,01. Aproximadamente 2.176 Kg (4.800 Libras) de partículas de carbono no transformadas son arrastradas en la corriente efluente de gas combustible. El peso molecular del gas combustible seco después de retirar las partículas de H₂O, CO₂ y H₂S en una zona de purificación de gas rio abajo, es de 25,17 y el

calor de combustión neto o más bajo es de 82,6 BTU/SCF.

El gas combustible mencionado más arriba es producido mediante la introducción continua en un generador de gas combustible de oxidación parcial por medio de un quemador de tipo de anillo, de la carga siguiente: un combustible hidrocarbonado que consiste en 47.476 Kg (104.804 Libras) de un lodo bombeable producido a continuación en el proceso. El lodo es precalentado a una temperatura de aproximadamente 260°C (500°F) e incluye 2.177,8 kg (4.804 Libras) de partículas de carbono y 45.300 Kg (100.000 Libras) de aceite bruto reducido que tiene el análisis final siguiente (porcentaje en peso) C 86,1%; H₂ 11,0%; S 2,0%; N₂ 0,8% y ceniza 0,01%. Además, el aceite bruto reducido tiene una densidad API de 10,9, un calor de combustión de 18,278 BTU/Libra, y una viscosidad de 822 Saybolt Seconds Furol a 50°C (122°F). Igualmente, aproximadamente 191.100 m³ de aire (6.825.000 pies³ standard) y 139.580 m³ (4.985.000 pies³ standard) de dicho gas de combustión mezclados a una temperatura de 260°C (500°F) se introducen en la zona de reacción del generador de gas por medio de dicho quemador.

Todo el gas combustible caliente efluente que sale del generador de gas pasa a través de una cámara esférica de libre circulación recubierta de refractario dispuesta en la salida río abajo del generador de gas combustible. Una parte de los sólidos arrastrados se separan de la corriente de gas combustible y pueden ser eliminados por medio de un orificio situado en el fondo de la cámara esférica. Por medio de una caldera de recuperación de calor y de un intercambio térmico indirecto con agua como re-

frigerante, se enfría la corriente de gas combustible hasta una temperatura de aproximadamente 427°C (800°F). Simultáneamente, se produce vapor a una temperatura de aproximadamente 427°C (800°F) en la caldera de recuperación de calor. En variante, una parte del vapor puede ser utilizado para accionar compresores en una unidad de separación de aire convencional con el objeto de producir oxígeno sustancialmente puro y nitrógeno. En variante, el oxígeno producido puede ser introducido en el generador de gas, y el nitrógeno puede ser introducido en una zona de purificación de gas situada río abajo en el proceso para efectuar la separación de las impurezas gaseosas.

Sustancialmente todas las partículas de carbono y cualquier sólido restante son eliminados de la corriente de gas combustible en una columna de lavado convencional gas-líquido. Un lodo de partículas de carbono y de aceite bruto es producido y se introduce en el generador de gas como material de alimentación de la manera descrita más arriba. Se eliminan el CO₂, H₂S, COS, y eventualmente H₂O de la corriente de gas combustible en una zona de purificación de gas, y se produce una corriente de gas combustible limpio mejorado que tiene sustancialmente la siguiente composición (en seco) y el porcentaje molar: H₂ 11,37; CO 17,34; N₂ 70,39 y Ar 0,90. La corriente de aproximadamente 376.964 m³ (13.463.000 pies³ standard) de gas combustible limpio se introduce en la cámara de combustión en una turbina de gas a una temperatura de aproximadamente 427°C (800°F) y con una presión de aproximadamente 20 atm. abs. Simultáneamente, aproximadamente 11.466 Kg. (25.313 Libras) de una corriente de gas oxidante que incluye

una mezcla de aire con porcentaje de volumen de 57,79 y de gas de combustión de escape de 42,21 procedente de una turbina de expansión que se describirá más adelante sustancialmente a la misma temperatura y a la misma presión que dicho gas combustible limpio, y eventualmente H_2O , se hacen pasar a la cámara de combustión donde se quema el gas combustible. Se producen $1.248.212 m^3$ de gas combustible limpio ($44.579.000$ pies³ standard) a una temperatura de aproximadamente $1.093^{\circ}C$ ($2.000^{\circ}F$) a una presión de aproximadamente 15 atm, que incluye un porcentaje molar de N_2 de 79,17; CO_2 7,79; H_2O 4,99; Ar 1,015 y O_2 6,784. El gas combustible limpio se hace pasar a través de una turbina de expansión que produce una potencia de aproximadamente 338.900 HP. Conectado al árbol de la turbina y accionado por éste se halla un generador eléctrico e igualmente por lo menos un compresor para comprimir dicha corriente de gas de oxidación y para suministrar por lo menos una parte del mismo a la cámara de combustión de la turbina de gas.

El gas combustible que sale de la turbina de expansión a una temperatura de aproximadamente $507,2^{\circ}C$ ($945^{\circ}F$) y con una presión de aproximadamente 1,5 atm. abs. se divide ventajosamente en dos corrientes. Se hace pasar $724.276 m^3$ de dicho gas combustible ($25.867.000$ pies³ standard) a través de un intercambiador térmico 150 en posición de intercambio térmico indirecto (sin contacto) con dicho gas de combustión limpio en su camino hacia dicha cámara de combustión. Después de dicho intercambio térmico, el gas combustible que sale a una temperatura de $316^{\circ}C$ ($600^{\circ}F$) pasa a través de una turbina y sale a la atmósfera sin producir contaminación. Esta turbina proporcionará

una potencia de aproximadamente 15.600 HP.

El resto de la corriente de gas de combustión que sale de la turbina de expansión principal pasa a través de un intercambiador térmico 166 en posición de intercambio térmico indirecto con la corriente de gas oxidante que incluye 731.660 m³ (26.131.000 pies³ standard) de aire y 541.912 m³ de dicho gas combustible de escape (19.354.000 pies³ standard). Antes de dicho intercambio térmico, la corriente de gas oxidante es comprimida por medio de un compresor por lo menos, el cual es accionado preferentemente por la turbina de expansión principal hasta una presión ligeramente superior a la que reina en el generador de gas combustible. Como se ha mencionado más arriba, por lo menos una parte de gas de oxidación precalentado a una temperatura de aproximadamente 427°C (800°F) aproximadamente, se introduce en la cámara de combustión de la turbina de gas.

Para hacer la demostración de un modo de realización del invento en el cual una parte del CO₂ recuperado en la zona de purificación de gas se utiliza para mejorar la combustión del gas combustible incrementando su peso molecular y su calor de combustión, se comprimen aproximadamente 53.144 m³ (1.898.000 pies³ standard) de un gas rico en CO₂ que contiene un porcentaje molar de CO₂ superior a 95, procedente de la zona de purificación de gas utilizando un turbocompresor arrastrado por la turbina de gas principal, hasta una presión ligeramente superior a la del generador de gas combustible. A una temperatura de aproximadamente 427°C (800°F) la corriente comprimida de CO₂ se introduce en un recipiente de libre circulación recubierto de refractario tal como un recipiente esférico 12 que se representa

en el dibujo, y se mezcla en este con aproximadamente 421.344 m³ (15.048.000 pies³ standard) de gas combustible efluente que sale del generador de gas a una temperatura de aproximadamente 1.193°C (2.180°F). A una temperatura superior a 816°C (1.500°F) se produce una reacción de desplazamiento inversa térmica adiabática no catalítica agua-gas entre el CO₂ y H₂ en la cámara de libre circulación recubierta de refractario 12 y en la tubería 15 para aumentar la relación molar (CO/H₂) de la corriente de gas del proceso que fluye por ella. Se obtiene un gas combustible mejorado que tiene la siguiente composición en porcentaje molar: CO 16,61; H₂ 6,23; CO₂ 13,25; H₂O 7,05; N₂ 56,00; CH₄ 0,00; Ar 0,72; H₂S 0,13; COS 0,01.

El peso molecular del gas combustible seco desplazado térmicamente después de eliminar CO₂ y H₂S aumenta hasta 26,09 y el calor neto o calor inferior de combustión por mol aumenta hasta 88,3 BTU/SCF. Cuando este gas combustible se quema en el quemador, la salida de expansión aumenta en comparación con la del gas combustible producido en el modo de realización anterior. Además, en comparación con un proceso de ciclo abierto donde la totalidad del gas combustible de escape procedente de la turbina de expansión sale directamente a la atmósfera, por medio del invento, se necesita menos de 1/10 a 1/2 de admisión de aire sobrante para una combustión eficaz.

El proceso según el invento ha sido descrito de manera general y por medio de unos ejemplos con referencia a materiales de alimentación hidrocarbonados y fluidos de lavado de composiciones particulares solamente para facilitar la descripción y su ilustración. En lo que antecede,

los peritos en la materia verán claramente que pueden realizarse varias modificaciones en el proceso y en las materias descritas aquí sin alejarse del espíritu del invento.

En resumen: La Patente de Invención que se solicita deberá recaer sobre las siguientes

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción de energía por medio de una turbina de gas dotada de una cámara de combustión y de una turbina de expansión, que consiste en:

(1) hacer reaccionar un combustible hidrocarbonado con un gas que contiene oxígeno libre mediante oxidación parcial en presencia de un moderador de temperatura en la zona de reacción de un generador de gas de circulación libre no catalítico a una temperatura autógena incluida en la gama de 816 a 1.928°C (1.500 a 3.500°F) y con una presión incluida entre 10 y 180 atmósferas absolutas aproximadamente para producir una corriente de gas efluente constituida por mezclas de H₂, CO, CO₂, y H₂O y uno o varios elementos del grupo N₂, CH₄, COS, H₂S, y Ar, y partículas de carbono, siendo la relación molar (CO/H₂), en seco, del gas efluente procedente del generador, de 0,30 por lo menos;

(2) enfriar el gas efluente procedente de (1) e introducir el gas enfriado en una zona de limpieza y purificación de gas y obtener separadamente partiendo de ésta, una corriente de gas combustible limpio, constituido por mezclas de H₂ y CO y uno o varios elementos del grupo que incluye N₂, CH₄, CO₂ y H₂O; y una corriente de gas rico en CO₂; una corriente de lodo constituido por partículas de carbono en un vehículo líquido; y una corriente de gas rico en H₂S y COS;

(3) introducir en la cámara de combustión de una

turbina de gas y quemar en ésta la corriente de gas combustible limpio procedente de la fase (2) con una corriente de gas oxidante producido más adelante en el proceso para obtener una corriente de gas combustible limpio; y

5

(4) hacer pasar la corriente de gas combustible limpio procedente de la fase (3) a través de una turbina de expansión como fluido de trabajo para desarrollar energía y producir un gas combustible limpio que se escapa de la turbina, y mezclar por lo menos una parte de dicho gas combustible limpio de escape con un gas que contiene oxígeno libre para obtener la corriente de oxidación de la fase (3).

10

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el moderador de temperatura está constituido por lo menos por una parte de la corriente de gas rico en CO_2 procedente de la fase (2), por lo menos una parte del gas combustible de escape procedente de la fase (4), agua, o mezclas de estos elementos.

15

3.- Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el enfriamiento del gas efluente procedente de la fase (1) se hace por intercambio térmico indirecto con agua, generando así vapor.

20

4.- Procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque el gas que contiene oxígeno libre que se introduce de acuerdo con la fase (3) en la cámara de combustión de la turbina de gas conjuntamente con el gas combustible limpio procedente de la fase (2) y el gas que contiene oxígeno libre que se introduce en el generador de gas de acuerdo con la fase (1) se comprimen a una presión incluida entre 10 y 190 atmósferas absolutas por medio de un compresor arrastrado por la turbina

25

30

de expansión según la fase (4).

5
5.- Procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque incluye la fase que consiste en precalentar dicha corriente de gas oxidante por intercambio térmico indirecto por lo menos con una parte del gas de combustión de escape que sale de la turbina de expansión en la fase (4) antes de introducir por lo menos una parte de dicha corriente de gas oxidante en la cámara de combustión de acuerdo con la fase (3).

10
6.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque incluye la fase que consiste en introducir una parte de dicha corriente de gas oxidante precalentado en el generador de gas para constituir por lo menos una parte de dicho moderador de temperatura.

15
7.- Procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque incluye la fase que consiste en precalentar el gas combustible limpio antes de quemarlo de acuerdo con la fase (3) por medio de intercambio térmico indirecto con una parte del gas de combustión limpio procedente de la fase (4) con el objeto de enfriarlo.

20
8.- Procedimiento según la reivindicación 5 ó 7, caracterizado porque después de dichas fases de intercambio térmico, el gas de combustión limpio enfriado es descargado en la atmósfera por medio de una turbina de expansión productora de energía.

25
9.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque las fases (1), (2) y (3) se realizan sustancialmente a la misma presión menos la pérdida de carga corriente en la tubería.

30

10.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la corriente de gas efluente procedente de la fase (1) después de su enfriamiento, se hace pasar con una presión sustancialmente igual a la de dicho generador de gas menos la pérdida de carga normal en la tubería, a través de una turbina de expansión dispuesta río arriba con relación a dicho quemador de la turbina de gas.

11.- Procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque el gas que contiene oxígeno libre de las fases (1) y (4) se elige en el grupo que consiste en aire, aire enriquecido con oxígeno (porcentaje molar de O_2 superior a 21) y oxígeno sustancialmente puro (porcentaje molar de O_2 superior a 95).

12.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye la fase que consiste en mezclar una parte de la corriente de gas rico en CO_2 procedente de la fase (2) con la corriente de gas efluente procedente de la fase (1) y someter la mezcla a una reacción de desplazamiento agua-gas térmica inversa no catalítica para incrementar la relación molar (CO/H_2) de la corriente de gas del proceso hasta un valor superior a 0,3.

13.- Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque la parte de la corriente de gas rico en CO_2 procedente de la fase (2) se comprime a una presión superior a la del generador de gas en la fase (1) por medio de un compresor arrastrado por la turbina de expansión de acuerdo con la fase (4), y la temperatura de dicha reacción de desplazamiento agua-gas es por lo menos de $816^{\circ}C$ ($1500^{\circ}F$) con lo cual la relación molar CO/H_2 aumenta (en seco) hasta un valor igual o superior a 0,3-6,0.

5 14.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque incluye las fases que consisten en recalentar una parte del vapor por intercambio térmico indirecto con el gas de combustión procedente de la turbina de expansión de acuerdo con la fase (4), hacer pasar por lo menos una parte de dicho vapor recalentado a través de una turbina de gas como fluido de trabajo, y accionar un compresor o un generador eléctrico por medio de dicha turbina de vapor.

10 15.- Procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque dicho combustible hidrocarbonado es un hidrocarburo líquido elegido en el grupo que consiste en gas de petróleo licuado; destilados y residuos de petróleo, gasolina, nafta, keroseno, petróleo bruto, asfalto, gas-oil, aceite residual, aceite
15 de arenas bituminosas, aceite de esquistos, aceite de carbón; hidrocarburos aromáticos tales como benceno, tolueno, fracciones de xileno, alquitrán de hulla, aceite de ciclo de gas procedente de operaciones de destilación fraccionada catalítica fluida; extracto de furfural de aceite de gas de coquificación; y mezclas de estos elementos.

20 16.- Procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque dicho combustible hidrocarbonado es un hidrocarburo gaseoso.

25 17.- Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado porque dicho hidrocarburo gaseoso se elige en el grupo que consiste en metano, etano, propano, butano, pentano, gas natural, gas de agua, gas de horno de coquificación, gas de refinería, gas residual de acetileno, gas maoliante de etileno, y mezclas de estos gases.

30 18.- Procedimiento según una cualquiera de las an

5 teriores reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque dicho combustible hidrocarbonado es un material orgánico hidrocarbonado líquido que contiene oxígeno elegido en el grupo que consiste en carbohidratos, materiales celulósicos, aldehidos, ácidos orgánicos, alcoholes, cetonas, fuel-oil oxigenado, líquidos de desperdicio y subproductos de procesos químicos que contienen materiales orgánicos hidrocarbonados oxigenados y mezclas de los mismos.

10 19.- Procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque dicho combustible hidrocarbonado es un lodo bombeable de combustible carbonado sólido elegido en el grupo que consiste en carbón, partículas de carbono, coque de petróleo y lodos de alcantarillado concentrados en un vehículo vaporizado tal como agua, combustible hidrocarburo líquido y mezclas de estos elementos.

15 20.- Procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado además porque incluye la fase que consiste en precalentar el combustible hidrocarbonado a una temperatura de hasta 649°C (1.200°F) pero inferior a su temperatura de destilación fraccionada antes de introducir dicho combustible en el generador de gas de acuerdo con la fase (1).

20 21.- Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado además porque incluye la fase que consiste en introducir por lo menos una parte de dicho vapor en una turbina de vapor que arrastra un turbocompresor, comprimir aire en dicho turbocompresor, introducir dicho aire comprimido en una unidad de separación de aire donde el oxígeno y el nitrógeno se separan del aire, y comprimir por lo menos una

25

30

parte de dicho oxígeno e introducirlo en dicho generador de gas para que constituya por lo menos una parte de dicho gas que contiene oxígeno libre.

5 22.- Procedimiento según la reivindicación 21, caracterizado además porque incluye la fase que consiste en introducir por lo menos una parte de dicho nitrógeno separado en la zona de purificación de gas para facilitar la separación de las impurezas de gas respecto a la corriente de gas combustible.

10 23.- Procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque la energía que se desarrolla en la fase (4) se utiliza para accionar un generador eléctrico, un compresor de gas o una bomba.

15 24.- Procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque la corriente de gas combustible mejorado separada en la fase (2) presenta un calor de combustión incluido en la gama de 75 a 350 BTU/SCF.

20 25.- Procedimiento según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque incluye la fase suplementaria que consiste en introducir vapor en la cámara de combustión de la turbina de gas en la fase (3).

25 26.- Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la patente de invención que se solicita:
PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCION DE ENERGIA POR MEDIO DE UNA TURBINA DE GAS.

1 Todo conforme queda descrito y reivindicado en
la presente memoria descriptiva que consta de cuarenta y
nueve páginas mecanografiadas y dibujos que se acompañan.

Madrid, 26 diciembre 1.974

5 BERNARDO UNGRIA

p.p. 

10

15

20

25

TEXACO DEVELOPMENT CORPORATION
 Houston, Texas, U.S.A.
 1-274

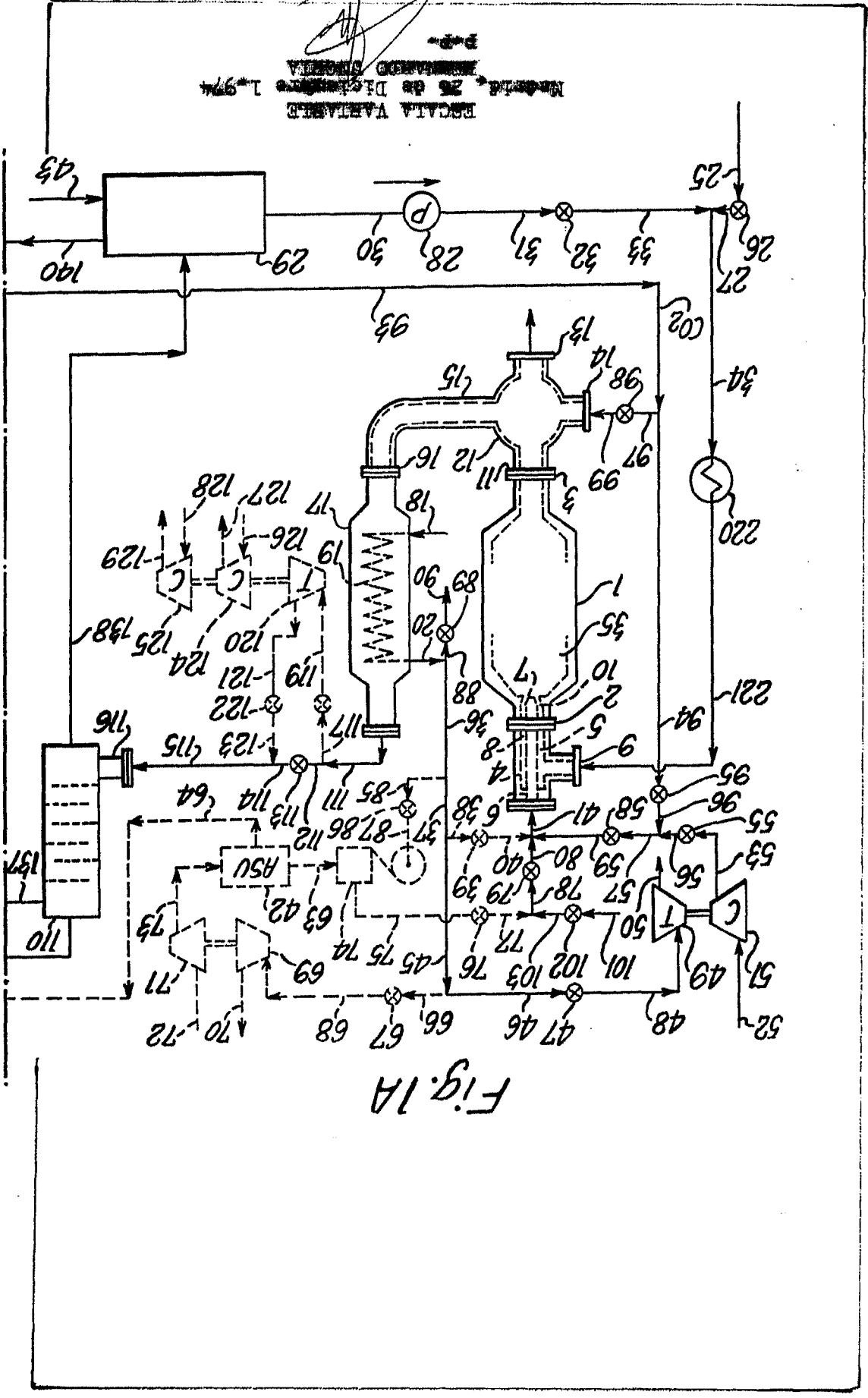
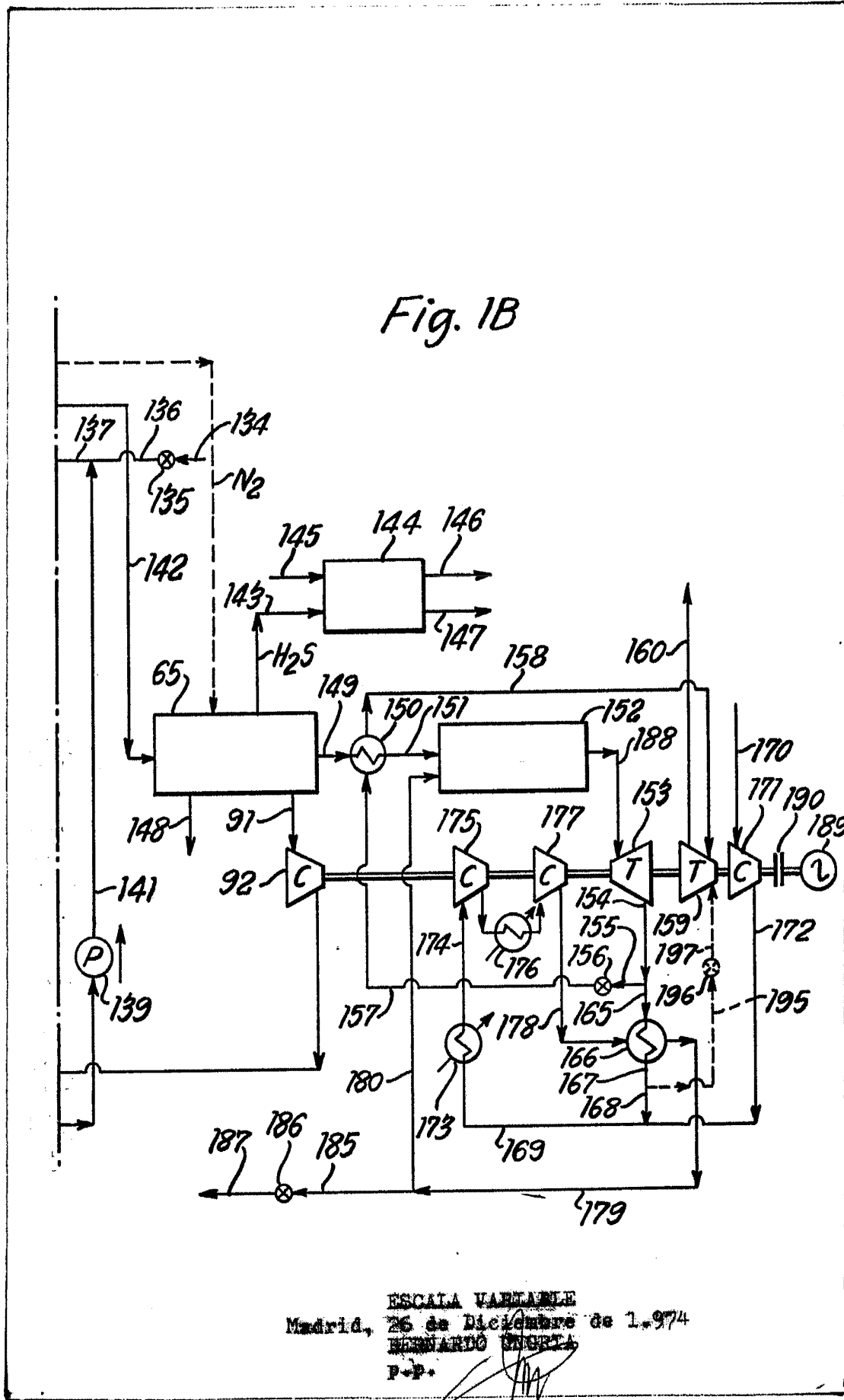


Fig. 1A

Fig. 1B



ESCALA VARIABLE
 Madrid, 26 de Diciembre de 1.974
 BERNARDO IGORRA
 P-P.