

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 052**

51 Int. Cl.:

C01B 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2014** **E 14177309 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2019** **EP 2975000**

54 Título: **Sistema y proceso de producción de hidrógeno**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.07.2019

73 Titular/es:
AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 HAMILTON BOULEVARD
ALLENTOWN, PA 18195-1501, US

72 Inventor/es:
SALOWAY, SIMON CRAIG;
DEMARIA, DAVID GEORGE;
ZAGNOLI, DAVID ANTHONY y
SNYDER III, RUSSELL IRA

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 720 052 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

Sistema y proceso de producción de hidrógeno

5 ANTECEDENTES

Las turbinas de gas a menudo se requieren para generar energía eléctrica para plantas industriales nuevas, o la expansión de plantas operativas industriales existentes. La energía eléctrica generada en el sitio puede usarse para complementar o usarse en lugar de la energía de la red eléctrica operativa local.

10 Se conocen instalaciones integradas de producción de hidrógeno que cogeneran electricidad y algunas veces también vapor. Por ejemplo, Air Products opera una instalación integrada de cogeneración de hidrógeno en Port Arthur, Texas, tal como se describe en el artículo de Robert Peltier, "Port Arthur II Integrated Hydrogen/Cogeneration Facility, Port Arthur, Texas", en la revista POWER, 15/09/2007, disponible en línea en <http://www.powermag.com/port-arthur-ii-integrated-hydrogencogeneration-facility-port-arthur-texas/>

15 En esta instalación, el escape de la turbina de gas se divide, con una parte que va a un generador de vapor de recuperación de calor como oxidante de combustión donde se produce el vapor, y la segunda parte va a un reformador de metano con vapor como oxidante de combustión.

20 En una publicación anterior, Terrible et ál. describen la combinación de una turbina de gas con un reformador de metano con vapor en el artículo "Consider using hydrogen plants to cogenerate power needs", en Hydrocarbon Processing, diciembre de 1999. En este artículo, se describe una realización en la que el escape de una turbina de gas ingresa en la sección radiante del reformador. El artículo indica que, a 538° C, el escape de la turbina de gas todavía contiene un 13 % de oxígeno y sirve como aire de combustión para el reformador y que, como esta corriente está caliente, el consumo de combustible del reformador disminuye.

25 El documento US 2003/110693 A1 describe, con referencia en particular a la Figura 6 de este, un aparato para producir un producto que contiene H₂ que comprende una turbina de gas y un horno reformador que está conectado operativamente a esta. La corriente de escape de la turbina de gas se mezcla con el oxígeno y las corrientes de aire para formar una corriente de oxidante mezclada que se introduce en el horno reformador (102) donde se quema con una corriente de combustible (32) externa a múltiples tubos reformadores que contienen catalizador (106).

La industria desea sistemas y procesos eficientes para producir hidrógeno y coproducir energía eléctrica.

35 La industria desea utilizar el calor del escape de una turbina de gas para mejorar la eficiencia energética.

La industria desea un funcionamiento confiable de los sistemas y procesos de producción de hidrógeno que se integran con las turbinas de gas, particularmente, cuando la turbina de gas se apaga inesperadamente.

BREVE SUMARIO

40 La presente invención se refiere a un aparato y proceso para producir un producto que contiene H₂ según las reivindicaciones 1 a 13. Existen varios aspectos de la descripción tal como se describe a continuación. A continuación, se describen los aspectos específicos de la descripción. Los números de referencia y las expresiones que se indican entre paréntesis se refieren a una realización ilustrativa que se explica más adelante con referencia a las figuras. Sin embargo, los números de referencia y las expresiones son solo ilustrativos y no limitan el aspecto a ningún componente o característica específica de la realización ilustrativa.

Aspecto 1. Un aparato para producir un producto que contiene H₂, el aparato comprende:

50 una turbina de gas (10) con una salida para extraer una corriente de escape (12) de la turbina de gas (10);
 un ventilador de tiro forzado (20) con una salida para descargar una corriente de oxidante (21);
 un montaje de válvula (25) para proporcionar una corriente de aire de tiro (27); y
 un horno reformador (30) conectado operativamente a la turbina de gas (10), el ventilador de tiro forzado (20) y el montaje de válvula (25), y que se dispone operativamente para recibir al menos una parte (19) de la corriente de escape (12) desde la turbina de gas (10), al menos una parte de la corriente de oxidante (21) del ventilador de tiro forzado (20), y la corriente de aire de tiro (27) del montaje de válvula (25);
 55 un intercambiador de calor (22) dispuesto operativamente entre el ventilador de tiro forzado (20) y el horno reformador (30), en donde el intercambiador de calor (22) se dispone operativamente para recibir y calentar al menos una parte de la corriente de oxidante (21) desde el ventilador de tiro forzado (20), y el horno reformador (30) se dispone operativamente para recibir al menos una parte de la corriente de oxidante (21) desde el intercambiador de calor (22);
 60 un conducto (16) dispuesto operativamente para transportar al menos una parte (19) de la corriente de escape (12) desde la turbina de gas (10), la al menos una parte de la corriente de oxidante (21) desde el ventilador de tiro forzado (20) y el intercambiador de calor (22), y la corriente de aire de tiro (27) desde el montaje de válvula (25) hacia el horno reformador (30);
 65

un sensor (24) que responde a una presión en el conducto (16); y
 un controlador (100) conectado operativamente al montaje de válvula (25) para proporcionar la corriente de aire de tiro (27), el controlador (100) se conecta operativamente al sensor (24) y responde a las señales del sensor (24), en donde el controlador (100) está adaptado para indicar al montaje de
 5 válvula (25) que se abra cuando el sensor (24) detecte una presión inferior a la presión objetivo del límite inferior predeterminado para permitir que el aire de tiro pase hacia el horno reformador (30), por lo que al detectar la interrupción de la corriente de gases de escape (12) desde la turbina de gas (10), el montaje de válvula (25) se abre hasta una posición predeterminada en función de la velocidad operativa de la turbina de gas antes del inicio de la interrupción de la corriente de gas de escape (12)
 10 desde la turbina de gas (10).

Aspecto 2. El aparato del aspecto 1, que comprende, además:

un segundo ventilador de tiro forzado (60) con una salida para descargar una segunda corriente de oxidante (61); un segundo montaje de válvula (65) para proporcionar una segunda corriente de aire de tiro (67); y
 15 un segundo horno reformador (70) conectado operativamente a la turbina de gas (10), el segundo ventilador de tiro forzado (60) y el segundo montaje de válvula (65), y que se dispone operativamente para recibir una segunda parte (59) de la corriente de escape (12) desde la turbina de gas (10), al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (61) del segundo ventilador de tiro forzado (60), y la segunda corriente de aire de tiro (67) del segundo montaje de válvula (65);
 20 un segundo intercambiador de calor (62) dispuesto operativamente entre el segundo ventilador de tiro forzado (60) y el segundo horno reformador (70), en donde el segundo intercambiador de calor (62) se dispone operativamente para recibir al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (61) desde el segundo ventilador de tiro forzado (60), y el segundo horno reformador (70) se dispone operativamente para recibir al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (61) desde el segundo intercambiador de calor (62);

Aspecto 3. El aparato del aspecto 1 o el aspecto 2, en donde el horno reformador (30) comprende múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, en donde los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador se disponen operativamente para recibir una corriente de gas de alimentación del reformador (34) y el horno reformador se dispone operativamente para recibir al menos una parte (19) de la corriente de escape (12), la al menos una parte de la corriente de oxidante (21), la corriente de aire de tiro (27) y una corriente de combustible (32) para su combustión en un espacio de combustión externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, en donde
 30 el horno reformador tiene una primera salida para extraer una corriente de reformado (36) formada a partir de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) en los múltiples tubos reformadores, y en donde el horno reformador (30) tiene una segunda salida para extraer una corriente de gas del producto de combustión (38) desde el espacio de combustión, la corriente de gas del producto de combustión (38) formada mediante la combustión de la corriente de combustible (32).

Aspecto 4. El aparato del aspecto 2 o el aspecto 3 en donde el segundo horno reformador (70) comprende múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, en donde los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador (70) se disponen operativamente para recibir una segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) y el segundo horno reformador se dispone operativamente para recibir la segunda parte (59) de la corriente de escape (12), la al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (61), la segunda corriente de aire de tiro (67), y una segunda corriente de combustible (72) para su combustión en un espacio de combustión externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador (70), en donde el segundo horno reformador (70) tiene una primera salida para extraer una segunda corriente de reformado (76) formada a partir de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) en los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador (70), y en donde el segundo horno reformador tiene una segunda salida para extraer una segunda corriente de gas del producto de combustión desde el espacio de combustión del segundo horno reformador (70), la segunda corriente de gas del producto de combustión formada mediante la combustión de la segunda corriente de combustible (72).

Aspecto 5. El aparato de cualquiera de los aspectos 1 a 4, en donde el intercambiador de calor (22) se dispone operativamente para proporcionar transferencia de calor indirecta entre al menos una parte de la corriente de oxidante (21) y al menos una parte o la totalidad de una/la corriente de gas del producto de combustión (38) del horno reformador (30) y una parte o la totalidad de una/la corriente de reformado (36) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador (30).

Aspecto 6. El aparato de cualquiera de los aspectos 2 a 5, en donde el segundo intercambiador de calor (62) se dispone operativamente para proporcionar transferencia de calor indirecta entre al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (61) y al menos una parte o la totalidad de una/la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70) y una parte o la totalidad de una/la segunda corriente de reformado (76) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno

reformador (70).

Aspecto 7. El aparato de cualquiera de los aspectos 1 a 6, que comprende, además:

5 un ventilador de tiro inducido (50) dispuesto operativamente para recibir una/la corriente de gas del producto de combustión (38) desde el horno reformador (30).

Aspecto 8. El aparato de cualquiera de los aspectos 2 a 7, que comprende, además:

10 un segundo ventilador de tiro inducido (90) dispuesto operativamente para recibir una/la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70).

Aspecto 9. El aparato de cualquiera de los aspectos 1 a 8, en donde el montaje de válvula (25) es adecuado para descargar una corriente de oxidante mezclada (26) que comprende al menos una parte de la corriente de oxidante (21) y al menos una parte de la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10).

Aspecto 10. El aparato de cualquiera de los aspectos 2 a 9, en donde el segundo montaje de válvula (65) es adecuado para descargar una segunda corriente de oxidante mezclada (66) que comprende al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (61) y una parte o la totalidad de la segunda parte (59) de la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10).

Aspecto 11. El aparato de cualquiera de los aspectos 1 a 10, que comprende, además:

25 un montaje de válvula (15) para controlar la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10), el montaje de válvula (15) operativo para controlar la velocidad de flujo de al menos una parte (19) de la corriente de escape (12).

Aspecto 12. El aparato del aspecto 11, en donde el montaje de válvula (15) para controlar la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10) es operativo, además, para controlar la velocidad de flujo de una/la segunda parte (59) de la corriente de escape.

Aspecto 13. El aparato del aspecto 11 o el aspecto 12, que comprende, además:

35 una ventilación de escape de la turbina de gas (17) dispuesta operativamente para recibir selectivamente una parte o la totalidad de la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10) a través del montaje de válvula (15) para controlar la corriente de escape (12), en donde el montaje de válvula (15) para controlar la corriente de escape (12) es operativo, además, para desviar selectivamente al menos una parte de la corriente de escape (12) hacia la ventilación de escape de la turbina de gas (17).

Aspecto 14. El aparato de cualquiera de los aspectos 1 a 13:

45 en donde el controlador (100) está conectado operativamente al montaje de válvula (15) para controlar la corriente de escape (12).

Aspecto 15. El aparato de cualquiera de los aspectos 2 a 14, que comprende, además:

50 un segundo conducto (56) dispuesto operativamente para transportar la segunda parte (59) de la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10), la al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (61) del segundo ventilador de tiro forzado (60), y la segunda corriente de aire de tiro (67) desde el segundo montaje de válvula (65) hacia el segundo horno reformador (70); un segundo sensor (64) que responde a una presión en el segundo conducto (56); y un/el controlador (100) conectado operativamente al menos a uno del segundo montaje de válvula (65) para proporcionar la segunda corriente de aire de tiro (67) y el montaje de válvula (15) para controlar la corriente de escape (12), el controlador (100) se conecta operativamente al segundo sensor (64) y responde a las señales del segundo sensor (64).

Aspecto 16. El aparato de cualquiera de los aspectos 1 a 15, que comprende, además:

60 una unidad de procesamiento (40) dispuesta operativamente para recibir una corriente de reformado (36) y una corriente de gas del producto de combustión (38), comprendiendo la unidad de procesamiento al menos uno de un reactor de cambio, un sistema de generación de vapor, un desaireador, una unidad de adsorción por variación de presión, una unidad de Remoción de CO₂, un separador criogénico y un depósito de separación.

Aspecto 17. El aparato del aspecto 16, en donde la unidad de procesamiento (40) comprende una unidad de

adsorción por variación de presión.

Aspecto 18. El aparato de cualquiera de los aspectos 2 a 17, que comprende, además:

5 una unidad de procesamiento (80) dispuesta operativamente para recibir una corriente de reformado (76) y una corriente de gas del producto de combustión (78), la unidad de procesamiento (80) comprende al menos uno de un reactor de cambio, un sistema de generación de vapor, un desaireador, una unidad de adsorción por variación de presión, una unidad de remoción de CO₂, un separador criogénico y un depósito de separación.

10 Aspecto 19. El aparato del aspecto 18, en donde la segunda unidad de procesamiento (80) comprende una unidad de adsorción por variación de presión separada de la unidad de adsorción por variación de presión de la primera unidad de procesamiento (40).

15 Aspecto 20. El aparato según el aspecto 14, que comprende, además:

un sensor (35) que responde a la presión en el espacio de combustión del horno reformador (30), en donde el controlador (100) está conectado operativamente para recibir señales del sensor (35); en donde un/el ventilador de tiro inducido (50) se dispone operativamente para recibir una/la corriente de gas del producto de combustión (38) desde el horno reformador (30), en donde el ventilador de tiro inducido (50) está conectado operativamente para recibir señales del controlador (100) en respuesta a las señales del sensor (35) que responde a la presión en el horno reformador (30). El controlador puede configurarse para cambiar la velocidad del ventilador de tiro inducido.

25 Aspecto 21. El aparato según el aspecto 20, que comprende, además:

un sensor (52) que responde a la concentración de oxígeno en la corriente de gas del producto de combustión (38) del horno reformador (30), en donde el controlador (100) está conectado operativamente para recibir señales del sensor (52) que responde a la concentración de oxígeno en la corriente de gas del producto de combustión (38); en donde el ventilador de tiro inducido está conectado operativamente para recibir señales del controlador (100) en respuesta a las señales del sensor (52) que responde a la concentración de oxígeno en la corriente de gas del producto de combustión (38).

35 Aspecto 22. El aparato según el aspecto 14, que comprende, además:

un sensor (75) que responde a la presión en el segundo horno reformador (70), en donde el controlador (100) está conectado operativamente para recibir señales del sensor (75); en donde un/el segundo ventilador de tiro inducido (90) se dispone operativamente para recibir una/la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) desde el segundo horno reformador (70), en donde el segundo ventilador de tiro inducido (90) está conectado operativamente para recibir señales del controlador (100) en respuesta a las señales del sensor (75) que responde a la presión en el segundo horno reformador (70).

45 Aspecto 23. El aparato según el aspecto 22, que comprende, además:

un sensor (92) que responde a la concentración de oxígeno en la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70), en donde el controlador (100) está conectado operativamente para recibir señales del sensor (92) que responde a la concentración de oxígeno en la segunda corriente de gas del producto de combustión (78); en donde el segundo ventilador de tiro inducido (90) está conectado operativamente para recibir señales del controlador (100) en respuesta a las señales del sensor (92) que responde a la concentración de oxígeno en la segunda corriente de gas del producto de combustión (78).

55 Aspecto 24. El aparato del aspecto 1, que comprende, además:

un segundo ventilador de tiro forzado (160) con una salida para descargar una segunda corriente de oxidante (161); un segundo montaje de válvula (165) para proporcionar una segunda corriente de aire de tiro (167); y un generador de vapor con recuperación de calor (170) conectado operativamente a la turbina de gas (10), el segundo ventilador de tiro forzado (160) y el segundo montaje de válvula (165), y que se dispone operativamente para recibir una segunda parte (159) de la corriente de escape (12) desde la turbina de gas (10), al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (161) del segundo ventilador de tiro forzado (160), y la segunda corriente de aire de tiro (167) del segundo montaje de válvula (165).

Aspecto 25. El aparato del aspecto 24, que comprende, además:

5 un segundo intercambiador de calor (162) dispuesto operativamente entre el segundo ventilador de tiro forzado (160) y el generador de vapor con recuperación de calor (170), en donde el segundo intercambiador de calor (162) se dispone operativamente para recibir al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (161) desde el segundo ventilador de tiro forzado (160), y el generador de vapor con recuperación de calor (170) se dispone operativamente para recibir al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (161) desde el segundo intercambiador de calor (162).

10 Aspecto 26. El aparato del aspecto 25, en donde el segundo intercambiador de calor (162) se dispone operativamente para proporcionar transferencia de calor indirecta entre al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (161) y al menos una parte o la totalidad de una/la corriente de gas del producto de combustión del horno reformador (30) y una parte o la totalidad de una/la corriente de reformado de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador (30).

15 Aspecto 27. El aparato de cualquiera de los aspectos 24 a 26, que comprende, además:

20 un segundo ventilador de tiro inducido (190) dispuesto operativamente para recibir una corriente de gas de escape (178) del generador de vapor con recuperación de calor (170).

Aspecto 28. El aparato de cualquiera de los aspectos 24 a 27, que comprende, además:

25 un segundo conducto dispuesto operativamente para transportar la segunda parte (159) de la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10), la al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (161) del segundo ventilador de tiro forzado (160), y la segunda corriente de aire de tiro (167) desde el segundo montaje de válvula (165) hacia el generador de vapor con recuperación de calor (170); un segundo sensor (164) que responde a una presión en el segundo conducto; y un controlador (100) conectado operativamente al menos a uno del segundo montaje de válvula (165) para proporcionar la segunda corriente de aire de tiro (167) y el montaje de válvula (15) para controlar la corriente de escape (12), el controlador (100) se conecta operativamente al segundo sensor (164) y responde a las señales del segundo sensor (164).

30 Aspecto 29. El aparato según el aspecto 28, que comprende, además:

35 un sensor (175) que responde a la presión en el generador de vapor con recuperación de calor (170), en donde el controlador (100) está conectado operativamente para recibir señales del sensor (175); en donde un/el segundo ventilador de tiro inducido (190) se dispone operativamente para recibir una/la corriente de escape (178) del generador de vapor con recuperación de calor (170), en donde el segundo ventilador de tiro inducido (90) está conectado operativamente para recibir señales del controlador (100) en respuesta a las señales del sensor (75) que responde a la presión en el generador de vapor con recuperación de calor (170).

Aspecto 30. El aparato según el aspecto 29, que comprende, además:

45 un sensor (192) que responde a la concentración de oxígeno en la corriente de escape (178) del generador de vapor con recuperación de calor (170), en donde el controlador (100) está conectado operativamente para recibir señales del sensor (192) que responde a concentración de oxígeno en la corriente de escape (178); en donde el segundo ventilador de tiro inducido (190) está conectado operativamente para recibir señales del controlador (100) en respuesta a las señales del sensor (192) que responde a la concentración de oxígeno en la corriente de escape (178).

50 Aspecto 31. Un proceso de producción de hidrógeno mediante el uso de un aparato según uno de los aspectos 1 a 30, el proceso comprende un modo de funcionamiento primario, y un modo de funcionamiento secundario:

el modo de funcionamiento primario comprende:

60 calentar una primera cantidad de una corriente de oxidante (21) desde un ventilador de tiro forzado (20) en un intercambiador de calor (22); mezclar la primera cantidad de la corriente de oxidante (21) del ventilador de tiro forzado (20), después de calentarse en el intercambiador de calor (22), con una primera cantidad de al menos una parte (19) de una corriente de escape (12) de una turbina de gas (10) para formar una primera cantidad de una corriente de oxidante mezclada (26) que comprende el escape de la turbina de gas; introducir una primera cantidad de una corriente de gas de alimentación del reformador (34) hacia múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en un horno reformador (30), hacer reaccionar

la primera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) en una reacción de reformado en condiciones de reacción eficaces para formar una primera cantidad de una corriente de reformado (36) que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la primera cantidad de la corriente de reformado (36) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador (30); y

quemar una primera cantidad de una corriente de combustible (32) con al menos una parte de la primera cantidad de la corriente de oxidante mezclada (26) que comprende el escape de la turbina de gas en el horno reformador (30) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la primera cantidad de la corriente de combustible (32) para formar una primera cantidad de una corriente de gas del producto de combustión (38) y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la primera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador y extraer la primera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) del horno reformador (30);

el modo de funcionamiento secundario comprende:

calentar una segunda cantidad de la corriente de oxidante (21) desde el ventilador de tiro forzado (20) en el intercambiador de calor (22);

abrir un montaje de válvula (25, y mezclar la segunda cantidad de la corriente de oxidante (21) del ventilador de tiro forzado (20), después de calentarse en el intercambiador de calor (22), con una primera cantidad de una corriente de aire de tiro (27) del montaje de válvula (25) para formar una primera cantidad de una corriente de oxidante mezclada (29) que comprende el aire de tiro;

introducir una segunda cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador (30), hacer reaccionar la segunda cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) en la reacción de reformado en condiciones de reacción eficaces para formar una segunda cantidad de la corriente de reformado (36) que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la segunda cantidad de la corriente de reformado (36) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador (30); y

quemar una segunda cantidad de la corriente de combustible (32) con al menos una parte de la primera cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro (29) en el horno reformador (30) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la segunda cantidad de la corriente de combustible (32) para formar una segunda cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la segunda cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, y extraer la segunda cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) del primer horno reformador (30);

en donde, para una parte del proceso, el proceso funciona en el modo de funcionamiento primario, y para otra parte del proceso, el proceso funciona en el modo de funcionamiento secundario, el modo de funcionamiento secundario comienza cuando la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10) se interrumpe o deja de estar disponible de otro modo; y

en donde al inicio del modo de funcionamiento secundario, el montaje de válvula (25) se abre hasta una posición predeterminada, la posición predeterminada depende de la velocidad operativa de la turbina de gas antes del inicio del modo de funcionamiento secundario.

Aspecto 32. El proceso del aspecto 31, en donde la corriente de oxidante (21) se calienta en el intercambiador de calor (22) mediante transferencia de calor indirecta con al menos una parte o la totalidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) del horno reformador (30) y una parte o la totalidad de la corriente de reformado (36) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador (30).

Aspecto 33. El proceso del aspecto 31 o 32

en donde el horno reformador (30) tiene una presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador;

en donde el modo de funcionamiento primario comprende, además, pasar la primera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) del horno reformador (30) a un ventilador de tiro inducido (50), donde el ventilador de tiro inducido (50) funciona de modo que la presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador (30) varíe de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H₂O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua), o varíe de -1.5 kPag (-6 pulgadas de H₂O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H₂O), o varíe de -1 kPag (-4 pulgadas de H₂O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H₂O); y

en donde el modo de funcionamiento secundario comprende, además, pasar la segunda cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) del horno reformador (30) al ventilador de tiro inducido (50), donde el ventilador de tiro inducido (50) funciona de modo que la presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador (30) varíe de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H₂O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua), o varíe de -1.5 kPag (-6 pulgadas de H₂O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H₂O), o varíe de -1 kPag (-4 pulgadas de H₂O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H₂O).

Aspecto 34. El proceso de cualquiera de los aspectos 31 a 33 que comprende, además:

un modo de funcionamiento terciario, el modo de funcionamiento terciario comienza después del modo de funcionamiento secundario, el modo de funcionamiento terciario se realiza cuando la corriente de escape de la turbina de gas no se encuentra disponible, el modo de funcionamiento terciario comprende;

calentar una tercera cantidad de la corriente de oxidante (21) desde el ventilador de tiro forzado (20) en el intercambiador de calor (22);

cerrar parcialmente el montaje de válvula (25, y mezclar la tercera cantidad de la corriente de oxidante (21) del ventilador de tiro (20), después de calentarse en el intercambiador de calor (22), con una segunda cantidad de la corriente de aire de tiro (27) del montaje de válvula (25) para formar una segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende el aire de tiro (29);

introducir una tercera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador (30), hacer reaccionar la tercera cantidad de la corriente de alimentación del reformador (34) en condiciones de reacción eficaces para formar una tercera cantidad de la corriente de reformado (36) que comprende H_2 , CO, CH_4 y H_2O , y extraer la tercera cantidad de la corriente de reformado (36) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador (30); y

quemar una tercera cantidad de la corriente de combustible (32) con al menos una parte de la segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro (29) en el horno reformador (30) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la tercera cantidad de la corriente de combustible (32) para formar una tercera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la tercera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, y extraer la tercera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) del horno reformador (30);

en donde la primera cantidad de la corriente de oxidante (21) tiene una velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo, F_1 ; en donde la segunda cantidad de la corriente de oxidante (21) tiene una velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo, F_2 ;

en donde la tercera cantidad de la corriente de oxidante (21) tiene una velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo, F_3 ; en donde la primera cantidad de la corriente de aire de tiro (27) tiene una velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo, G_1 ; en donde la segunda cantidad de la corriente de aire de tiro (27) tiene una velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo G_2 ; y

en donde $F_3 > F_1$, $F_3 > F_2$, y $G_1 > G_2$.

Aspecto 35. El proceso del aspecto 34

en donde el horno reformador (30) tiene una presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador;

en donde el modo de funcionamiento primario comprende, además, pasar la primera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) del horno reformador (30) a un ventilador de tiro inducido (50), donde el ventilador de tiro inducido (50) funciona (es decir, *velocidad del motor para el ventilador*) de modo que la presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador (30) varíe de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H_2O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua), o varíe de -1.5 kPag (-6 pulgadas de H_2O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H_2O), o varíe de -1 kPag (-4 pulgadas de H_2O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H_2O);

en donde el modo de funcionamiento secundario comprende, además pasar, la segunda cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) del horno reformador (30) al ventilador de tiro inducido (50), donde el ventilador de tiro inducido (50) funciona de modo que la presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador (30) varíe de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H_2O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua) o varíe de -1.5 kPag (-6 pulgadas de H_2O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H_2O) o varíe de -1 kPag (-4 pulgadas de H_2O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H_2O); y en donde el modo de funcionamiento terciario comprende, además, pasar la tercera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) del horno reformador (30) al ventilador de tiro inducido (50), donde el ventilador de tiro inducido (50) funciona de modo que el la presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador (30) varíe de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H_2O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua) o varíe de -1.5 kPag (-6 pulgadas de H_2O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H_2O) o varíe de -1 kPag (-4 pulgadas de H_2O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H_2O).

Aspecto 36. El proceso del aspecto 34 o 35 que comprende, además, un modo de ventilación, el modo de ventilación comprende:

calentar una cuarta cantidad de la corriente de oxidante (21) desde el ventilador de tiro forzado (20) en un intercambiador de calor;

mezclar la cuarta cantidad de la corriente de oxidante del ventilador de tiro forzado (20), después de calentarse en el intercambiador de calor, con una segunda cantidad de la al menos una parte (19) de la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10) para formar una segunda cantidad de la corriente de

oxidante mezclada que comprende el escape de la turbina de gas (26);
 abrir el montaje de válvula (25) y descargar una primera parte de la segunda cantidad de la corriente
 de oxidante mezclada (26) a través de una ventilación (18) (tal como la corriente de ventilación (28));
 introducir una cuarta cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) hacia los
 5 múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador (30), hacer reaccionar
 la cuarta cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) en condiciones de
 reacción eficaces para formar una cuarta cantidad de la corriente de reformado (36) que comprende
 H_2 , CO, CH_4 y H_2O , y extraer la cuarta cantidad de la corriente de reformado (36) de los múltiples tubos
 reformadores que contienen catalizador del horno reformador (30); y
 10 quemar una cuarta cantidad de la corriente de combustible (32) con una segunda parte de la segunda
 cantidad de la corriente de oxidante mezclada (26) en el horno reformador (30) externo a los múltiples
 tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la cuarta cantidad
 de la corriente de combustible (32) para formar una cuarta cantidad de la corriente de gas del producto
 de combustión (38) y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la cuarta cantidad
 15 de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) dentro de los múltiples tubos reformadores
 que contienen catalizador del reformador, y extraer la cuarta cantidad de la corriente de gas del
 producto de combustión (38) del horno reformador (30).

20 Aspecto 37. El proceso de cualquiera de los aspectos 31 a 36, que comprende, además, un modo de
 arranque de la turbina de gas, el modo de arranque de la turbina de gas comprende:

25 pasar una cantidad de arranque de la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10) a un montaje
 de válvula (15) para controlar la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10), en donde el montaje
 de válvula (15), para controlar la corriente de escape (12), descarga la cantidad de arranque de la
 corriente de escape a través de una ventilación de escape de la turbina de gas (17) de modo que
 ninguna parte de la cantidad de arranque de la corriente de escape (12) que se descarga a través de la
 ventilación de escape de la turbina de gas (17) se use como oxidante para la combustión en el primer
 horno reformador (30) u otro horno reformador.

30 Aspecto 38. El proceso de cualquiera de los aspectos 31 a 37, en donde el modo de funcionamiento primario
 comprende, además:

35 calentar una primera cantidad de una segunda corriente de oxidante (61) de un segundo ventilador de
 tiro forzado (60) en un segundo intercambiador de calor (62);
 mezclar la primera cantidad de la segunda corriente de oxidante (61) del segundo ventilador de tiro
 forzado (60), después de calentarse en el segundo intercambiador de calor (62), con una primera
 cantidad de una segunda parte (59) de la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10) para
 formar una primera cantidad de una segunda corriente de oxidante mezclada que comprende el
 escape de la turbina de gas (66);
 40 introducir una primera cantidad de una segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74)
 hacia múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en un segundo horno reformador (70),
 hacer reaccionar la primera cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador
 (74) en una reacción de reformado en condiciones de reacción eficaces para formar una primera
 cantidad de una segunda corriente de reformado (76) que comprende H_2 , CO, CH_4 y H_2O , y extraer la
 45 primera cantidad de la segunda corriente de reformado (76) de los múltiples tubos reformadores que
 contienen catalizador del segundo horno reformador (70); y
 quemar una primera cantidad de una segunda corriente de combustible (72) con al menos una parte de
 la primera cantidad de la segunda corriente de oxidante mezclada que comprende el escape de la
 turbina de gas (66) en el segundo horno reformador (70) externo a los múltiples tubos reformadores
 50 que contienen catalizador del segundo horno reformador en condiciones eficaces para quemar la
 primera cantidad de la segunda corriente de combustible (72) para formar una primera cantidad de una
 segunda corriente de gas del producto de combustión (78) y generar calor para suministrar energía
 para hacer reaccionar la primera cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del
 reformador (74) dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo
 55 horno reformador y extraer la primera cantidad de la segunda corriente de gas del producto de
 combustión (78) del segundo horno reformador (70);
 y en donde el modo de funcionamiento secundario comprende, además:
 calentar una segunda cantidad de la segunda corriente de oxidante (61) desde el segundo ventilador
 de tiro forzado (60) en el segundo intercambiador de calor (62);
 60 abrir un segundo montaje de válvula (65) y mezclar la segunda cantidad de la segunda corriente de
 oxidante (61) del segundo ventilador de tiro forzado (60), después de calentarse en el segundo
 intercambiador de calor (62), con una primera cantidad de una segunda corriente de aire de tiro (67)
 del segundo montaje de válvula (65) para formar una primera cantidad de una segunda corriente de
 oxidante mezclada que comprende aire de tiro (69);
 65 introducir una segunda cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74)
 hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el segundo horno reformador (70),

hacer reaccionar la segunda cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) en condiciones de reacción eficaces para formar una segunda cantidad de una segunda corriente de reformado (76) que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la segunda cantidad de la segunda corriente de reformado (76) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador (70); y

quemar una segunda cantidad de la segunda corriente de combustible (72) con al menos una parte de la primera cantidad de la segunda corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro (69) en el segundo horno reformador (70) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo reformador en condiciones eficaces para quemar la segunda cantidad de la segunda corriente de combustible (72) para formar una segunda cantidad de la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la segunda cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador y extraer la segunda cantidad de la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70).

Aspecto 39. El proceso del aspecto 38, en donde al inicio del modo de funcionamiento secundario, el segundo montaje de válvula (65) se abre hasta una posición predeterminada para el segundo montaje de válvula, la posición predeterminada para el segundo montaje de válvula depende de la velocidad operativa de la turbina de gas antes del inicio del modo de funcionamiento secundario.

Aspecto 40. El proceso del aspecto 38 o 39

en donde el segundo horno reformador (70) tiene una presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador;

en donde el modo de funcionamiento primario comprende, además, pasar la primera cantidad de la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70) a un segundo ventilador de tiro inducido (90), donde el segundo ventilador de tiro inducido (90) funciona de modo que la presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el segundo horno reformador (70) varíe de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H₂O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua), o varíe de -1.5 kPag (-6 pulgadas de H₂O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H₂O), o varíe de -1 kPag (-4 pulgadas de H₂O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H₂O); y

en donde el modo de funcionamiento secundario comprende, además, pasar la segunda cantidad de la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70) al segundo ventilador de tiro inducido (90), donde el segundo ventilador de tiro inducido (90) funciona de modo que la presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el segundo horno reformador (70) varíe de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H₂O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua), o varíe de -1.5 kPag (-6 pulgadas de H₂O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H₂O), o varíe de -1 kPag (-4 pulgadas de H₂O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H₂O).

Aspecto 41. El proceso de cualquiera de los aspectos 34 a 40, en donde el modo de funcionamiento terciario comprende, además:

calentar una tercera cantidad de la segunda corriente de oxidante (61) del segundo ventilador de tiro forzado (60) en el segundo intercambiador de calor (62); cerrar parcialmente el segundo montaje de válvula (65) y mezclar la tercera cantidad de la segunda corriente de oxidante (61) del segundo ventilador de tiro forzado (60), luego de calentarse en el segundo intercambiador de calor (62), con una segunda cantidad de la segunda corriente de aire de tiro (67) del segundo montaje de válvula (65) para formar una segunda cantidad de la segunda corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro (69);

introducir una tercera cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el segundo horno reformador (70), hacer reaccionar la tercera cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) en condiciones de reacción eficaces para formar una tercera cantidad de una segunda corriente de reformado (76) que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la tercera cantidad de la segunda corriente de reformado (76) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador (70); y

quemar una tercera cantidad de la segunda corriente de combustible (72) con al menos una parte de la segunda cantidad de la segunda corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro (69) en el segundo horno reformador (70) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la tercera cantidad de la segunda corriente de combustible (72) para formar una tercera cantidad de la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la tercera cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, y extraer la tercera cantidad de la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70);

en donde la primera cantidad de la segunda corriente de oxidante (61) tiene una velocidad de flujo de

masa promedio en el tiempo, F_4 ;
 en donde la segunda cantidad de la segunda corriente de oxidante (61) tiene una velocidad de flujo de
 masa promedio en el tiempo, F_5 ;
 en donde la tercera cantidad de la segunda corriente de oxidante (61) tiene una velocidad de flujo de
 5 masa promedio en el tiempo, F_6 ;
 en donde la primera cantidad de la segunda corriente de aire de tiro (67) tiene una velocidad de flujo de
 masa promedio en el tiempo, G_3 ;
 en donde la segunda cantidad de la segunda corriente de aire de tiro (67) tiene una velocidad de flujo
 de masa promedio en el tiempo G_4 , y
 10 en donde $F_6 > F_4$, $F_6 > F_5$, y $G_3 > G_4$.

Aspecto 42. El proceso del aspecto 41, en donde la segunda corriente de oxidante (61) se calienta en el
 segundo intercambiador de calor (62) mediante transferencia de calor indirecta con al menos una de la
 15 segunda corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70) y la segunda
 corriente de reformado (76) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno
 reformador (80).

Aspecto 43. El proceso del aspecto 41 o 42

en donde el segundo horno reformador (70) tiene una presión externa a los múltiples tubos reformadores que
 20 contienen catalizador;

en donde el modo de funcionamiento primario comprende, además, pasar la primera cantidad de la segunda
 corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70) a un segundo ventilador
 de tiro inducido (90), donde el segundo ventilador de tiro inducido (90) funciona de modo que la presión
 25 externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el segundo horno reformador (70)
 varíe de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H₂O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua), o varíe de -1.5 kPag (-6
 pulgadas de H₂O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H₂O), o varíe de -1 kPag (-4 pulgadas de H₂O) a -0.75 kPag (-3
 pulgadas de H₂O);

en donde el modo de funcionamiento secundario comprende, además, pasar la segunda cantidad de la
 30 segunda corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70) al segundo
 ventilador de tiro inducido (90), donde el segundo ventilador de tiro inducido (90) funciona de modo que la
 presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el segundo horno reformador
 (70) varíe de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H₂O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua), o varíe de -1.5 kPag (-6
 pulgadas de H₂O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H₂O), o varíe de -1 kPag (-4 pulgadas de H₂O) a -0.75 kPag (-3
 35 pulgadas de H₂O); y

en donde el modo de funcionamiento terciario comprende, además, pasar la tercera cantidad de la segunda
 corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70) al segundo ventilador de
 tiro inducido (90), donde el segundo ventilador de tiro inducido (90) funciona de modo que la presión externa a
 los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el segundo horno reformador (70) varíe de -2.5
 40 kPag (-10 pulgadas de H₂O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua), o varíe de -1.5 kPag (-6 pulgadas de H₂O) a
 -0.5 kPag (-2 pulgadas de H₂O), o varíe de -1 kPag (-4 pulgadas de H₂O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H₂O).

Aspecto 44. El proceso de cualquiera de los aspectos 41 a 43, que comprende, además, un segundo modo
 de ventilación, el segundo modo de ventilación comprende:

45 calentar una cuarta cantidad de la segunda corriente de oxidante (61) desde el segundo ventilador de
 tiro forzado (60) en el segundo intercambiador de calor (62);

mezclar la cuarta cantidad de la segunda corriente de oxidante, después de calentarse en el segundo
 intercambiador de calor (62), con una segunda cantidad de la segunda parte (59) de la corriente de
 50 escape (12) de la turbina de gas (10) para formar una segunda cantidad de la segunda corriente de
 oxidante mezclada que comprende el escape de la turbina de gas (66);

abrir el segundo montaje de válvula (65) y descargar una primera parte de la segunda cantidad de la
 segunda corriente de oxidante mezclada (66) a través de una segunda ventilación (58);

introducir una cuarta cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74)
 hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el segundo horno reformador (70),
 55 hacer reaccionar la cuarta cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74)
 en condiciones de reacción eficaces para formar una cuarta cantidad de una segunda corriente de
 reformado (76) que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la cuarta cantidad de la segunda corriente
 de reformado (76) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno
 reformador (70); y

60 quemar una cuarta cantidad de la segunda corriente de combustible (72) con una segunda parte de la
 segunda cantidad de la segunda corriente de oxidante mezclada (66) en el segundo horno reformador
 (70) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para
 quemar la cuarta cantidad de la segunda corriente de combustible (72) para formar una cuarta cantidad
 de la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) y generar calor para suministrar
 65 energía para hacer reaccionar la cuarta cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del
 reformador (74) dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo

reformador, y extraer la cuarta cantidad de la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70).

5 Aspecto 45. El proceso de cualquiera de los aspectos 31 a 44, en donde al menos una de la primera cantidad de la corriente de reformado (36), la segunda cantidad de la corriente de reformado (36), y la tercera cantidad de la corriente de reformado (36) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador (30) se separa mediante adsorción por variación de presión en un adsorbente por variación de presión (40) para producir un producto que contiene H₂ (45) y un gas de subproducto (33), y en donde la primera corriente de combustible (32) comprende al menos una parte del gas de subproducto (33).

10 Aspecto 46. El proceso de cualquiera de los aspectos 31 a 45, en donde al menos una de la primera cantidad de la corriente de reformado (76), la segunda cantidad de la corriente de reformado (76), y la tercera cantidad de la corriente de reformado (76) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador (70) se separa mediante adsorción por variación de presión en un adsorbente por variación de presión (80) para producir un producto que contiene H₂ (85) y un gas de subproducto (73), y en donde la segunda corriente de combustible (72) comprende al menos una parte del gas de subproducto (73).

15 Aspecto 47. El proceso de cualquiera de los aspectos 31 a 46 que comprende, además:

20 adquirir primeros datos de presión de la corriente de oxidante mezclada que comprende el escape de la turbina de gas durante el modo de funcionamiento primario;
 adquirir segundos datos de presión en respuesta a la presión en el horno reformador externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador durante el modo de funcionamiento primario;
 25 adquirir datos de concentración de oxígeno para la corriente de gas del producto de combustión (38) durante el modo de funcionamiento primario;
 abrir y cerrar el montaje de válvula (25) en respuesta a los primeros datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, los segundos datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, y los datos de concentración de oxígeno adquiridos durante el modo de funcionamiento primario; ajustar la velocidad del ventilador de tiro forzado (20) en respuesta a los primeros datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, los segundos datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, y los datos de concentración de oxígeno adquiridos durante el modo de funcionamiento primario; y
 30 ajustar la velocidad del ventilador de tiro inducido (50) en respuesta a los primeros datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, los segundos datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, y los datos de concentración de oxígeno adquiridos durante el modo de funcionamiento primario.

35 Aspecto 48. El proceso de cualquiera de los aspectos 31 a 47 que comprende, además:

40 adquirir primeros datos de presión de la corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro durante el modo de funcionamiento secundario;
 adquirir segundos datos de presión en respuesta a la presión en el horno reformador externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador durante el modo de funcionamiento secundario;
 45 adquirir datos de concentración de oxígeno para la corriente de gas del producto de combustión (38) durante el modo de funcionamiento secundario;
 abrir y cerrar el montaje de válvula (25) en respuesta a los primeros datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, los segundos datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, y los datos de concentración de oxígeno adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario;
 50 ajustar la velocidad del ventilador de tiro forzado (20) en respuesta a los primeros datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, los segundos datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, y los datos de concentración de oxígeno adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario; y
 55 ajustar la velocidad del ventilador de tiro inducido (50) en respuesta a los primeros datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, los segundos datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, y los datos de concentración de oxígeno adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario.

60 Aspecto 49. El proceso de cualquiera de los aspectos 31 a 48 que comprende, además:

65 adquirir primeros datos de presión de la corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro durante el modo de funcionamiento terciario;
 adquirir segundos datos de presión en respuesta a la presión en el horno reformador externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador durante el modo de funcionamiento terciario;
 adquirir datos de concentración de oxígeno para la corriente de gas del producto de combustión (38)

durante el modo de funcionamiento terciario;
 abrir y cerrar el montaje de válvula (25) en respuesta a los primeros datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento terciario, los segundos datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento terciario y los datos de concentración de oxígeno adquiridos durante el modo de funcionamiento terciario;

5
 ajustar la velocidad del ventilador de tiro forzado (20) en respuesta a los primeros datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento terciario, los segundos datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento terciario y los datos de concentración de oxígeno adquiridos durante el modo de funcionamiento terciario; y

10
 ajustar la velocidad del ventilador de tiro inducido (50) en respuesta a los primeros datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento terciario, los segundos datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento terciario y los datos de concentración de oxígeno adquiridos durante el modo de funcionamiento terciario.

15 Aspecto 50. El proceso de cualquiera de los aspectos 38 a 49 que comprende, además:

adquirir primeros datos de presión de la segunda corriente de oxidante mezclada (66) que comprende el escape de la turbina de gas durante el modo de funcionamiento primario;

20
 adquirir segundos datos de presión en respuesta a la presión en el segundo horno reformador (70) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador durante el modo de funcionamiento primario; adquirir datos de concentración de oxígeno para la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) durante el modo de funcionamiento primario;

25
 abrir y cerrar el segundo montaje de válvula (65) en respuesta a los primeros datos de presión de la segunda corriente de oxidante mezclada (66) adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, los segundos datos de presión en respuesta a la presión en el segundo horno reformador (70) adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, y los datos de concentración de oxígeno para la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) adquiridos durante el modo de funcionamiento primario;

30
 ajustar la velocidad del ventilador de tiro forzado (20) en respuesta a los primeros datos de presión de la segunda corriente de oxidante mezclada (66) adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, los segundos datos de presión en respuesta a la presión en el segundo horno reformador (70) adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, y los datos de concentración de oxígeno para la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) adquiridos durante el modo de funcionamiento primario; y

35
 ajustar la velocidad del ventilador de tiro inducido (50) en respuesta a los primeros datos de presión de la segunda corriente de oxidante mezclada (66) adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, los segundos datos de presión en respuesta a la presión en el segundo horno reformador (70) adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, y los datos de concentración de oxígeno para la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) adquiridos durante el modo de funcionamiento primario.

40

Aspecto 51. El proceso de cualquiera de los aspectos 38 a 50 que comprende, además:

adquirir primeros datos de presión de la segunda corriente de oxidante mezclada (66) que comprende aire de tiro durante el modo de funcionamiento secundario;

45
 adquirir segundos datos de presión en respuesta a la presión en el segundo horno reformador (70) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador durante el modo de funcionamiento secundario;

50
 adquirir datos de concentración de oxígeno para la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) durante el modo de funcionamiento secundario;

55
 abrir y cerrar el segundo montaje de válvula (65) en respuesta a los primeros datos de presión de la segunda corriente de oxidante mezclada (66) adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, los segundos datos de presión en respuesta a la presión en el segundo horno reformador (70) adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, y los datos de concentración de oxígeno para la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario; ajustar la velocidad del ventilador de tiro forzado (20) en respuesta a los primeros datos de presión de la segunda corriente de oxidante mezclada (66) adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, los segundos datos de presión en respuesta a la presión en el segundo horno reformador (70) adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, y los datos de concentración de oxígeno para la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario; y

60
 ajustar la velocidad del ventilador de tiro inducido (50) en respuesta a los primeros datos de presión de la segunda corriente de oxidante mezclada (66) adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, los segundos datos de presión en respuesta a la presión en el segundo horno reformador (70) adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, y los datos de concentración de oxígeno para la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario; y

65
 ajustar la velocidad del ventilador de tiro inducido (50) en respuesta a los primeros datos de presión de la segunda corriente de oxidante mezclada (66) adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, los segundos datos de presión en respuesta a la presión en el segundo horno reformador (70) adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario, y los datos de concentración de oxígeno para la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) adquiridos durante el modo de funcionamiento secundario.

de funcionamiento secundario.

Aspecto 52. El proceso de cualquiera de los aspectos 41 a 51 que comprende, además:

5 adquirir primeros datos de presión de la segunda corriente de oxidante mezclada (66) que comprende
 aire de tiro durante el modo de funcionamiento terciario;
 adquirir segundos datos de presión en respuesta a la presión en el segundo horno reformador (70)
 externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador durante el modo de
 funcionamiento terciario; adquirir datos de concentración de oxígeno para la segunda corriente de gas
 10 del producto de combustión (78) durante el modo de funcionamiento terciario;
 abrir y cerrar el segundo montaje de válvula (65) en respuesta a los primeros datos de presión de la
 segunda corriente de oxidante mezclada (66) adquiridos durante el modo de funcionamiento terciario,
 los segundos datos de presión en respuesta a la presión en el segundo horno reformador (70)
 adquiridos durante el modo de funcionamiento terciario, y los datos de concentración de oxígeno para
 15 la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) adquiridos durante el modo de
 funcionamiento terciario;
 ajustar la velocidad del ventilador de tiro forzado (20) en respuesta a los primeros datos de presión de
 la segunda corriente de oxidante mezclada (66) adquiridos durante el modo de funcionamiento
 terciario, los segundos datos de presión en respuesta a la presión en el segundo horno reformador (70)
 20 adquiridos durante el modo de funcionamiento terciario, y los datos de concentración de oxígeno para
 la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) adquiridos durante el modo de
 funcionamiento terciario; y
 ajustar la velocidad del ventilador de tiro inducido (50) en respuesta a los primeros datos de presión de
 la segunda corriente de oxidante mezclada (66) adquiridos durante el modo de funcionamiento
 terciario, los segundos datos de presión en respuesta a la presión en el segundo horno reformador (70)
 25 adquiridos durante el modo de funcionamiento terciario, y los datos de concentración de oxígeno para
 la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) adquiridos durante el modo de
 funcionamiento terciario.

30 **BREVE DESCRIPCIÓN DE DISTINTAS VISTAS DE LOS DIBUJOS**

La Figura 1 es un diagrama de flujo de proceso que ilustra una realización de la presente invención con un
 segundo horno reformador opcional.

La Figura 2 es un diagrama de flujo de proceso que ilustra una realización de la presente invención con un
 generador de vapor con recuperación de calor opcional.

35 **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS**

La siguiente descripción detallada solamente proporciona las realizaciones ilustrativas preferidas y no se pretende
 que limite el alcance, la aplicabilidad o la configuración de la invención. En cambio, la siguiente descripción detallada
 de las realizaciones ilustrativas preferidas proporcionará a los expertos en la técnica una descripción propicia para
 40 implementar las realizaciones ilustrativas preferidas de la invención, entendiéndose que es posible realizar diversos
 cambios en cuanto a la función y disposición de los elementos sin apartarse del alcance de la invención, tal como se
 define en las reivindicaciones.

Los artículos «un» y «una», tal como se usan en la presente memoria significan uno/a o más cuando se aplican a
 45 cualquier elemento en las realizaciones de la presente invención descritas en la memoria descriptiva y las
 reivindicaciones.

El uso de «un» y «una» no limita el significado a un solo elemento a menos que se establezca específicamente
 dicho límite. El artículo «el/la» que precede a los sustantivos o frases nominales singulares o plurales denota un
 50 elemento específico o elementos particulares específicos y puede tener una connotación singular o plural
 dependiendo del contexto en el que se utiliza.

El adjetivo «cualquiera» significa uno, algunos o todos de forma indiscriminada de cualquier cantidad.

55 El término «y/o» ubicado entre una primera entidad y una segunda entidad significa uno de (1) la primera entidad, (2)
 la segunda entidad, y (3) la primera entidad y la segunda entidad. El término «y/o» ubicado entre las dos últimas
 entidades de una lista de 3 o más entidades significa que al menos una de las entidades en la lista incluye cualquier
 combinación específica de las entidades en esta lista.

60 El término «múltiples» significa «dos o más».
 La expresión «al menos una parte» significa «una parte o la totalidad». La al menos una parte de una corriente
 puede tener la misma composición con la misma concentración de cada una de las especies que la corriente de la
 cual se deriva. La al menos una parte de un flujo puede tener una composición diferente a la del flujo del cual se
 deriva. La al menos una parte de un flujo puede incluir componentes específicos del flujo del cual se deriva.

65 Tal como se usa en la presente memoria, una «parte dividida» de una corriente es una parte que tiene la misma

composición química y concentraciones de especies que la corriente de la cual se tomó.

Tal como se usa en la presente memoria, una «parte separada» de una corriente es una parte que tiene una composición química diferente y concentraciones de especies diferentes con respecto a la corriente de la cual se tomó.

Tal como se usan en la presente memoria, «primero/a», «segundo/a», «tercero/a», etc. se utilizan para distinguir entre múltiples etapas y/o elementos, y no indican la cantidad total, o posición relativa en el tiempo y/o espacio a menos que se indique expresamente como tal.

El término «agotado/a» significa que tiene una menor concentración de % molar del gas indicado que la corriente a partir de la cual se formó. «Agotada» no significa que la corriente carece completamente del gas indicado.

Los términos «rico» o «enriquecido» significa que tiene una mayor concentración de % molar del gas indicado que la corriente a partir de la cual se formó.

A efectos de simplicidad y claridad, se omiten descripciones detalladas de dispositivos, circuitos y métodos bien conocidos para no dificultar la descripción de la presente invención con detalles innecesarios.

La presente invención se refiere a un aparato y proceso para producir un producto que contiene H₂. El aparato puede ser una instalación de producción de hidrógeno y/o gas de síntesis. En una instalación de producción de hidrógeno, tal como se usa en la presente memoria, se puede producir un producto de hidrógeno purificado y/o se puede producir un gas de síntesis que comprende hidrógeno.

Con referencia a los dibujos, en donde los números de referencia similares se refieren a elementos similares en todos los dibujos, la Figura 1 es un diagrama de flujo de proceso que muestra los componentes del aparato para producir un producto que contiene hidrógeno.

El aparato comprende una turbina de gas 10 con una salida para extraer una corriente de escape 12 de la turbina de gas 10. Las turbinas de gas son conocidas en la técnica y están disponibles comercialmente, por ejemplo, en General Electric Company. Un experto en la técnica puede seleccionar fácilmente una turbina de gas adecuada. Aire y un combustible, típicamente gas natural, se introducen en una turbina de gas. La turbina de gas produce una corriente de escape caliente 12 y electricidad. La electricidad producida por la turbina de gas puede utilizarse en las instalaciones de producción de hidrógeno y/o exportarse.

El aparato puede comprender un montaje de válvula 15 para controlar la corriente de escape 12 de la turbina de gas 10. El montaje de válvula 15 incluye una parte móvil que abre, cierra u obstruye parcialmente uno o más puertos o pasajes en el montaje de válvula 15. Dado que el artículo «un/una» significa «uno/a o más», el montaje de válvula 15 puede comprender más de una válvula, tal como se muestra. El montaje de válvula 15 puede comprender una válvula de tres vías, y/o una válvula de cuatro vías. El montaje de válvula 15 puede funcionar para controlar la velocidad de flujo de al menos una parte 19 de la corriente de escape 12.

El aparato puede comprender una ventilación de escape de la turbina de gas 17 (es decir, una chimenea de escape local). La ventilación de escape de la turbina de gas 17 puede disponerse operativamente para recibir selectivamente una parte o la totalidad de la corriente de escape 12 de la turbina de gas 10 a través del montaje de válvula 15 para controlar la corriente de escape 12. El montaje de válvula 15 puede ser un montaje de amortiguadores de desviación y puede incluir un amortiguador de desviación en la salida de la turbina de gas para dirigir el gas de escape hacia uno o más hornos reformadores o hacia la ventilación de escape de la turbina de gas 17.

El aparato comprende un controlador 100. El controlador 100 puede ser una computadora, un controlador lógico programable (PLC), o similares. Se puede utilizar cualquier controlador adecuado conocido en la técnica. Dado que el artículo «un/una» significa «uno/a o más», el controlador 100 puede comprender más de una computadora y/o PLC. Se pueden conectar varios dispositivos controladores en una relación de control maestro/esclavo o en cascada.

El aparato puede comprender un sensor 14 conectado operativamente al controlador 100. El sensor 14 puede detectar una característica de la corriente de escape 12. El sensor 14 puede ser un sensor de presión. El sensor 14 puede ser un sensor de velocidad de flujo.

El controlador 100 puede conectarse operativamente al montaje de válvula 15 para controlar la apertura y el cierre del montaje de válvula 15 en respuesta a las señales del sensor 14.

El sensor 14 puede ser un sensor de presión y, junto con el controlador 100, puede funcionar como un controlador de presión automático que monitorea la presión del conducto y abre el amortiguador de desviación hacia la ventilación de escape de la turbina 17 si la presión en el conducto supera una presión máxima predeterminada.

El sensor 14 puede ser un sensor de velocidad de flujo y, junto con el controlador 100, puede funcionar como un controlador de velocidad de flujo automático que monitorea la velocidad de flujo y abre el amortiguador de desviación hacia la ventilación de escape de la turbina 17 si la velocidad de flujo en el conducto supera una velocidad de flujo máxima predeterminada.

5 El aparato comprende un ventilador de tiro forzado 20 con una salida para descargar una corriente de oxidante 21. Los ventiladores de tiro forzado son conocidos en la técnica y están disponibles comercialmente, por ejemplo, en Robinson Fans o TLT-Babcock. Un experto en la técnica puede seleccionar fácilmente un ventilador de tiro forzado adecuado.

10 La al menos una parte 19 de la corriente de escape 12 y la corriente de oxidante 21 se pueden mezclar en la unión 23.

15 El aparato comprende un montaje de válvula 25 para proporcionar una corriente de aire de tiro 27. El montaje de válvula 25 puede ser un montaje de amortiguadores. El montaje de válvula 25 incluye una parte móvil que abre, cierra u obstruye parcialmente uno o más puertos o pasajes en el montaje de válvula. El montaje de válvula 25 puede estar conectado operativamente a un conducto que tiene una abertura que puede servir como una entrada y una salida para el flujo. La abertura puede tener una tapa de ventilación para impedir el pasaje de la lluvia y otros materiales no deseados a través de la abertura hacia el montaje de válvula 25.

20 El montaje de válvula 25 también puede ser adecuado para descargar una corriente de oxidante mezclada 26 que comprende al menos una parte de la corriente de oxidante 21 y al menos una parte de la corriente de escape 12 de la turbina de gas 10.

25 En condiciones normales de funcionamiento, el montaje de válvula 25 está cerrado y se proporciona oxidante de combustión al horno reformador 30 mediante la corriente de escape de la turbina de gas y la corriente de oxidante 21 del ventilador de tiro forzado 20 con el fin de utilizar el intercambiador de calor 22 para calentar la corriente de oxidante 21 para mejorar la eficiencia energética. El aire de tiro del montaje de válvula 25, que no se calienta previamente, generalmente está destinado a suministrar oxidante de combustión durante condiciones de funcionamiento anormales (es decir, cuando se apaga la turbina de gas).

30 El aparato comprende un horno reformador 30. El horno reformador está conectado operativamente a la turbina de gas 10, al ventilador de tiro forzado 20 y al montaje de válvula 25. El horno reformador 30 se dispone operativamente para recibir al menos una parte 19 de la corriente de escape 12 de la turbina de gas 10, al menos una parte de la corriente de oxidante 21 del ventilador de tiro forzado 20, y la corriente de aire de tiro 27 del montaje de válvula 25. La parte 19 de la corriente de escape 12 puede ser una parte dividida.

35 El horno reformador 30 puede ser un reformador de vapor catalítico para producir hidrógeno y/o gas de síntesis. Un reformador de vapor catalítico, también denominado reformador de metano con vapor, se define en la presente memoria como cualquier horno de combustión utilizado para convertir la alimentación del reformador que contiene hidrógeno elemental y carbono en gas de síntesis mediante una reacción con vapor sobre un catalizador con calor proporcionado mediante la combustión de un combustible. La materia prima para la alimentación del reformador puede ser gas natural, metano, nafta, propano, gas combustible de refinería, gas de escape de refinería u otra materia prima para el reformador adecuada conocida en la técnica. La alimentación del reformador puede realizarse previamente en un prerreformador (no se muestra). El prerreformador puede ser un prerreformador adiabático. Las condiciones de funcionamiento adecuadas para un prerreformador y un reformador de vapor catalítico son conocidas en la técnica.

40 Los hornos reformadores con múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, es decir, reformadores tubulares, son conocidos en la técnica. Se conocen los materiales y métodos de construcción adecuados. El catalizador en los tubos reformadores que contienen catalizador puede ser cualquier catalizador adecuado conocido en la técnica, por ejemplo, un catalizador admitido que comprende níquel.

45 El horno reformador 30 puede comprender múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, en donde los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador se disponen operativamente para recibir una corriente de gas de alimentación del reformador 34 que comprende una materia prima de hidrocarburo y vapor para su reacción sobre un catalizador de reformado para formar una corriente de reformado. Tal como se usa en la presente memoria, una corriente de reformado es cualquier corriente que comprende hidrógeno y monóxido de carbono formada a partir de la reacción de reformado de un hidrocarburo y vapor. El horno reformador 30 tiene una salida para extraer una corriente de reformado 36 formada mediante la reacción de la corriente de gas de alimentación del reformador 34 en los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador. Las temperaturas operativas en los tubos reformadores que contienen catalizador pueden variar de 350° C a 650° C en la entrada y de 750° C a 950° C en la salida. Las presiones operativas en los tubos reformadores que contienen catalizadores pueden variar de 1 a 50 atm.

50 El horno reformador 30 se dispone operativamente para recibir al menos una parte 19 de la corriente de escape 12,

- al menos una parte de la corriente de oxidante 21, la corriente de aire de tiro 27, y una corriente de combustible 32 para su combustión en un espacio de combustión externo los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador. En cualquier momento durante el funcionamiento, no toda la corriente de oxidante debe suministrarse al horno reformador al mismo tiempo. Por ejemplo, el combustible puede quemarse con al menos una parte de la corriente de gas de escape y la al menos una parte de la corriente de oxidante 21 sin aire de tiro. O el combustible puede quemarse con la al menos una parte de la corriente de oxidante 21 y la corriente de aire de tiro sin ningún gas de escape. O el combustible puede quemarse con la al menos una parte de la corriente de gas de escape y la corriente de aire de tiro sin ninguna corriente de oxidante 21.
- El horno reformador 30 tiene una salida para extraer una corriente de gas del producto de combustión 38 del espacio de combustión. La corriente de gas del producto de combustión 38 se forma mediante la combustión de la corriente de combustible 32 con cualquier combinación de las diversas corrientes de oxidante.
- La corriente de reformado 36 y la corriente de gas del producto de combustión 38 pueden procesarse adicionalmente en la unidad de procesamiento 40. La corriente de reformado puede procesarse adicionalmente para convertir más de la corriente de reformado en H₂, para generar un oxo-gas, y/o generar un producto de hidrógeno. Un oxo-gas puede procesarse para elaborar productos de gas de síntesis. La corriente de gas del producto de combustión 38 puede procesarse adicionalmente para recuperar el calor residual, por ejemplo, para producir vapor. La unidad de procesamiento 40 se dispone operativamente para recibir la corriente de reformado 36 y la corriente de gas del producto de combustión 38. La unidad de procesamiento 40 puede comprender cualquier dispositivo conocido para procesar gases de reformado y/o productos de combustión en una instalación de producción de hidrógeno. Por ejemplo, la unidad de procesamiento 40 puede comprender uno o más reactores de cambio, un sistema de generación de vapor que incluye depósito de vapor, varios intercambiadores de calor, un desaireador, una unidad de adsorción por variación de presión, una unidad de extracción de CO₂, un separador criogénico (por ejemplo, una caja fría de oxo-gas) y un depósito de separación.
- El aparato comprende, además, un intercambiador de calor 22 dispuesto operativamente entre el ventilador de tiro forzado 20 y el horno reformador 30. El intercambiador de calor 22 se dispone operativamente para recibir al menos una parte de la corriente de oxidante 21 desde el ventilador de tiro forzado 20, y el horno reformador 30 se dispone operativamente para recibir al menos una parte de la corriente de oxidante 21 desde el intercambiador de calor 22.
- La corriente de oxidante 21 se calienta en el intercambiador de calor 22. La corriente de oxidante puede calentarse por transferencia de calor indirecta con cualquier corriente caliente adecuada. La corriente de oxidante 21 puede calentarse por transferencia de calor indirecta con una parte o la totalidad de la corriente de gas del producto de combustión 38 del horno reformador 30. Tanto la corriente de oxidante 21 como una parte o la totalidad de la corriente de gas del producto de combustión pueden pasar hacia el intercambiador de calor 22 para la transferencia de calor indirecta entre las corrientes. Alternativamente, la corriente de oxidante 21 puede calentarse por transferencia de calor indirecta con una parte o la totalidad de la corriente de gas del producto de combustión 38 a través de un fluido de trabajo (es decir, vapor). Por ejemplo, la corriente de gas del producto de combustión 38 puede usarse para generar vapor y una parte o la totalidad del vapor pasa hacia el intercambiador de calor 22 para calentar la corriente de oxidante 21.
- La corriente de oxidante 21 puede calentarse por transferencia de calor indirecta con una parte o la totalidad de la corriente de reformado 36 del horno reformador 30. Tanto la corriente de oxidante 21 como una parte o la totalidad de la corriente de reformado pueden pasar hacia el intercambiador de calor 22 para la transferencia de calor indirecta entre las corrientes. Alternativamente, la corriente de oxidante 21 puede calentarse por transferencia de calor indirecta con una parte o la totalidad la corriente de reformado a través de un fluido de trabajo (es decir, vapor). Por ejemplo, la corriente de reformado 36 puede usarse para generar vapor y una parte o la totalidad del vapor pasa hacia el intercambiador de calor 22 para calentar la corriente de oxidante 21.
- Dado que el artículo «un/una» significa «uno/a o más», se puede usar más de un intercambiador de calor 22 para calentar la corriente de oxidante 21.
- El aparato comprende un conducto 16 dispuesto operativamente para transportar al menos una parte 19 de la corriente de escape 12 desde la turbina de gas 10, la al menos una parte de la corriente de oxidante 21 desde el ventilador de tiro forzado 20, y la corriente de aire de tiro 27 desde el montaje de válvula 25 hacia el horno reformador 30.
- El aparato comprende un sensor 24 que responde a la presión en el conducto 16. El controlador 100 está conectado operativamente al montaje de válvula 25 para proporcionar la corriente de aire de tiro 27. El controlador 100 está conectado operativamente al sensor 24 y responde a las señales del sensor 24. El sensor 24 puede combinarse con una subunidad del controlador para formar una unidad de control de presión que recibe instrucciones de control de un controlador maestro. El controlador ordena al montaje de válvula 25 que se abra cuando el sensor 24 detecta una presión inferior a una presión objetivo límite inferior predeterminada para permitir que el aire de tiro pase hacia el horno reformador 30. El controlador puede ordenar al montaje de válvula 25 que se abra cuando el sensor 24 detecta una presión superior a una presión objetivo límite superior predeterminada para permitir que una corriente de

ventilación 28 pase a través del montaje de válvula 25 para que se ventile 18. El controlador puede ordenar al montaje de válvula 25 que se cierre o permanezca cerrado cuando el sensor 24 detecte una presión dentro del intervalo objetivo.

5 La unidad de control de presión que comprende el sensor 24 puede actuar como un controlador de presión y estar conectada operativamente para variar la velocidad del ventilador de tiro forzado 20 con el fin de mantener la presión del aire de combustión hacia el horno reformador 30 a presión atmosférica o ligeramente inferior a esta. Se puede usar un acoplamiento viscoso de velocidad variable para cambiar la velocidad y la capacidad de flujo del ventilador de tiro forzado 20. Los acoplamientos viscosos de velocidad variable tienen un tiempo de respuesta relativamente
10 lento a los cambios en el comando de velocidad del controlador y, por lo tanto, no pueden responder a las condiciones de cambio rápido durante un contratiempo, tal como un disparo de la turbina de gas.

15 Cuando la presión detectada por el sensor 24 disminuye por debajo de la presión deseada, la unidad de control de presión puede hacer que aumente la velocidad del ventilador de tiro forzado 20 y se abra más el montaje de válvula 25. Si la presión detectada por el sensor 24 aumenta demasiado (es decir, presión positiva), la unidad de control de presión también puede hacer que se abra el montaje de válvula 25.

20 En el caso de un disparo de la turbina de gas, el aire de tiro 27 del montaje de válvula 25 se utiliza para mantener el suministro de aire de combustión hacia el horno reformador 30. Al detectar el disparo de la turbina, el montaje de válvula 25 se abre hasta una posición predeterminada en función de la velocidad operativa de la turbina de gas en el momento del disparo. El montaje de válvula 25/controlador 100 puede volver a colocarse en el control de presión automático con un punto de ajuste de presión más alto en el controlador de presión mínima (límite inferior) para restablecer el flujo de aire de combustión hacia el horno reformador y minimizar el impacto de la presión. El objetivo inicial para este punto de ajuste puede ser de alrededor de 0.25 kPa (1 pulgada de H₂O) por debajo del punto de
25 ajuste del controlador de presión del ventilador de tiro forzado, además de estar por debajo de la presión atmosférica. Al establecer un punto de ajuste de presión más alto para el ventilador de tiro forzado, la velocidad del ventilador de tiro forzado aumentará para intentar que la presión del aire de combustión vuelva a su punto de ajuste normal y disminuirá el aire de tiro del montaje de válvula 25. El ventilador de tiro forzado puede aumentar hasta la capacidad máxima del ventilador de tiro forzado 20.

30 El montaje de válvula 25 puede responder de una manera similar para suministrar un oxidante de combustión complementario al horno reformador 30 en caso de que se interrumpa el oxidante del ventilador de tiro forzado 20.

35 El aparato puede comprender, además, un ventilador de tiro inducido 50 dispuesto operativamente para recibir la corriente de gas del producto de combustión 38 desde el horno reformador 30. Los ventiladores de tiro inducidos son conocidos en la técnica y están disponibles comercialmente, por ejemplo, en Robinson Fans o TLT-Babcock. Un experto en la técnica puede seleccionar fácilmente un ventilador de tiro inducido adecuado.

40 El aparato puede comprender, además, un sensor 35 que responde a la presión en el espacio de combustión del horno reformador 30. El controlador 100 puede estar conectado operativamente para recibir señales del sensor 35. El ventilador de tiro inducido 50 y/o el ventilador de tiro forzado 20 pueden conectarse operativamente al controlador 100 para recibir señales desde el controlador 100 en respuesta a las señales del sensor 35. El controlador 100 puede configurarse para cambiar la velocidad del ventilador de tiro inducido 50 y/o la velocidad del ventilador de tiro forzado 20 en respuesta a los cambios de presión en el espacio de combustión del horno reformador 30.
45

50 Al igual que en un horno reformador de tiro balanceado convencional, la presión en el espacio de combustión del horno reformador puede ser controlada por un ventilador de tiro inducido 50. El ventilador de tiro inducido 50 puede operarse a través de un acoplamiento viscoso de velocidad variable que se manipula mediante la combinación del sensor 35 y el controlador 100 para cambiar la velocidad del ventilador y la capacidad del ventilador de tiro inducido para mantener la presión deseada en el espacio de combustión del horno reformador 30. Cuando la presión en el espacio de combustión del horno reformador aumenta por encima de la presión superior objetivo, medida por el sensor 35, el controlador puede hacer que aumente la velocidad del ventilador de tiro inducido 50. Cuando la presión en el espacio de combustión del horno reformador disminuye por debajo de la presión inferior objetivo, medida por el sensor 35, el controlador puede hacer que disminuya la velocidad del ventilador de tiro inducido 50.
55

60 El aparato puede comprender, además, un sensor 52 que responde a la concentración de oxígeno en la corriente de gas del producto de combustión 38 del horno reformador 30. El controlador 100 puede estar conectado operativamente para recibir señales del sensor 52. El ventilador de tiro inducido 50 y/o el ventilador de tiro forzado 20 pueden conectarse operativamente al controlador 100 para recibir señales desde el controlador 100 en respuesta a las señales del sensor 52. El controlador 100 puede configurarse para cambiar la velocidad del ventilador de tiro inducido 50 y/o la velocidad del ventilador de tiro forzado 20 en respuesta a los cambios en la concentración de oxígeno de la corriente de gas del producto de combustión 38 del horno reformador 30.

65 La concentración de oxígeno en la corriente de gas del producto de combustión 38 puede controlarse para garantizar que se suministre suficiente oxidante al horno reformador para soportar la combustión completa del combustible. Dado que el ventilador de tiro forzado mantiene una presión de suministro de oxidante de combustión

constante corriente arriba de los quemadores, es posible cambiar el flujo del aire de combustión mediante la manipulación de la presión del horno reformador corriente abajo de los quemadores. El control del exceso de oxígeno se logra luego mediante la manipulación del punto de ajuste del control de presión del horno reformador en una disposición de control en cascada.

5 Por ejemplo, cuando la concentración de oxígeno medida por el sensor 52 disminuye por debajo de una concentración de oxígeno inferior objetivo, el controlador reduce el punto de ajuste para la presión en el horno reformador para aumentar el exceso de oxígeno en la corriente de gas del producto de combustión. El controlador puede hacer que aumente la velocidad del ventilador de tiro inducido 50. Esto produce una mayor presión diferencial a través de los quemadores, lo que produce un flujo adicional de gas oxidante de combustión. Este aumento del flujo de oxidante de combustión provoca una reducción de la presión en el conducto de suministro de oxidante corriente arriba de los quemadores. El sensor 24, que detecta la reducción de presión en los conductos corriente arriba de los quemadores, envía señales al controlador 100, que le indican que aumente la velocidad del ventilador de tiro forzado 20, lo que aumenta el flujo de la corriente de oxidante 21.

15 En consecuencia, cuando la concentración de oxígeno medida por el sensor 52 aumenta por encima de la concentración de oxígeno superior objetivo, el controlador aumenta el punto de ajuste de la presión en el horno reformador para disminuir el exceso de oxígeno en la corriente de gas del producto de combustión. El controlador puede hacer que disminuya la velocidad del ventilador de tiro inducido 50. Esto produce una menor presión diferencial a través de los quemadores, lo que reduce el flujo de gas oxidante de combustión. Esta disminución del flujo de oxidante de combustión provoca un aumento de la presión en el conducto de suministro de oxidante corriente arriba de los quemadores. El sensor 24, que detecta el aumento de presión en los conductos corriente arriba de los quemadores, envía señales al controlador 100, que le indican que disminuya la velocidad del ventilador de tiro forzado 20, lo que disminuye el flujo de la corriente de oxidante 21.

25 Para evitar un disparo por alta presión o por baja presión del horno reformador 30, se pueden aplicar límites superiores e inferiores para el punto de ajuste de la presión del horno reformador 30 para evitar que el control de oxígeno conduzca al control de presión a una condición de disparo a través de acción de control en cascada. Esto puede ser importante, porque al igual que el ventilador de tiro forzado 20, el ventilador de tiro inducido puede utilizar un acoplamiento viscoso de velocidad variable para cambiar la velocidad y la capacidad de flujo del ventilador de tiro inducido 50. Como se mencionó anteriormente, los acoplamientos viscosos de velocidad variable tienen un tiempo de respuesta relativamente lento a los cambios en el comando de velocidad del controlador, y el control de oxígeno tiene el potencial de conducir al horno reformador a una condición de disparo.

30 Para mejorar la confiabilidad y la eficiencia, el aparato puede comprender, además, un segundo horno reformador 70 con equipo asociado en el que el segundo horno reformador también recibe una parte de la corriente de gas de escape 12 de la turbina de gas 10.

35 Al igual que el horno reformador 30, el segundo horno reformador 70 también puede ser un reformador de vapor catalítico para producir hidrógeno y/o gas de síntesis.

40 Un segundo horno reformador proporciona redundancia en el sistema y, por lo tanto, puede mejorar la confiabilidad al menos al proporcionar producto de hidrógeno de uno de los hornos reformadores en caso de que el otro horno reformador se apague.

45 Los hornos reformadores múltiples también pueden proporcionar flexibilidad adicional para los requisitos de velocidad de producción de hidrógeno variables. Al apagar y/o detener el funcionamiento de uno de los hornos reformadores, se puede facilitar más fácilmente la reducción de la velocidad de producción de hidrógeno.

50 Pero al agregar un horno reformador se producen algunos problemas de estabilidad inesperados. Las variaciones de presión y velocidad de flujo en un horno reformador pueden afectar el funcionamiento del otro horno reformador. La técnica previa no ha proporcionado hasta ahora elementos de aparatos o métodos de control de flujo adecuados para tratar la estabilidad de flujo para hornos reformadores múltiples en los que se proporciona oxidante para combustión desde una turbina de gas común.

55 Con el segundo horno reformador 70, el aparato puede comprender un segundo ventilador de tiro forzado 60 con una salida para descargar una segunda corriente de oxidante 61; y un segundo montaje de válvula 65 para proporcionar una segunda corriente de aire de tiro 67. El segundo horno reformador 70 puede estar conectado operativamente a la turbina de gas 10, al segundo ventilador de tiro forzado 60 y al segundo montaje de válvula 65. El segundo horno reformador puede disponerse operativamente para recibir una segunda parte 59 de la corriente de escape 12 de la turbina de gas 10, al menos una parte de la segunda corriente de oxidante 61 del segundo ventilador de tiro forzado 60, y la segunda corriente de aire de tiro 67 del segundo montaje de válvula 65. La segunda parte 59 de la corriente de escape 12 puede ser una parte dividida. En cualquier momento durante el funcionamiento del segundo horno reformador 70, el segundo horno reformador 70 puede recibir cualquier combinación de una o más de la segunda parte 59 de la corriente de escape 12 de la turbina de gas 10, al menos una parte de la segunda corriente de oxidante 61 desde el segundo ventilador de tiro forzado 60, y la corriente de

aire de tiro 67 desde el segundo montaje de válvula 65.

La segunda parte 59 de la corriente de escape 12 y la corriente de oxidante 61 se pueden mezclar en la unión 63.

5 En el caso de hornos reformadores múltiples, el conducto de escape de la turbina de gas y el montaje de válvula 15 pueden diseñarse para proporcionar una división equitativa del flujo de gas de escape de la turbina de gas a cada uno de los hornos reformadores, lo que es conveniente cuando cada uno de los hornos reformadores funciona a la misma velocidad de producción. También se puede lograr una división asimétrica del flujo de gas de escape de la turbina de gas cuando los hornos reformadores funcionan a la misma velocidad de producción o a una velocidad diferente.

10 El montaje de válvula 15 puede funcionar para controlar la velocidad de flujo de la segunda parte 59 de la corriente de escape 12.

15 El segundo ventilador de tiro forzado 60 es un dispositivo independiente del ventilador de tiro forzado 20. El segundo ventilador de tiro forzado 60 puede ser de la misma marca y modelo que el ventilador de tiro forzado 20 o puede ser de una marca y/o modelo diferente.

20 El segundo montaje de válvula 65 puede ser un montaje de amortiguadores. El segundo montaje de válvula 65 incluye una parte móvil que abre, cierra u obstruye parcialmente uno o más puertos o pasajes en el segundo montaje de válvula 65. El segundo montaje de válvula 65 puede estar conectado operativamente a un conducto que tiene una abertura que puede servir como una entrada y una salida para el flujo. La abertura puede tener una tapa de ventilación para impedir el pasaje de la lluvia y otros materiales no deseados a través de la abertura hacia el montaje de válvula 65.

25 El segundo montaje de válvula 65 también puede ser adecuado para descargar una corriente de oxidante mezclada 66 que comprende al menos una parte de la segunda corriente de oxidante 61 y la segunda parte 59 de la corriente de escape 12 de la turbina de gas 10.

30 Los inventores han descubierto que el control del flujo de las corrientes de oxidante hacia los hornos reformadores múltiples mejora con el montaje de válvula 25 y el segundo montaje de válvula 65.

La discusión anterior con respecto al funcionamiento del montaje de válvula 25 se aplica de manera similar al montaje de válvula 65.

35 El segundo horno reformador 70 puede comprender múltiples tubos reformadores que contienen catalizador. Los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador 70 pueden disponerse operativamente para recibir una segunda corriente de gas de alimentación del reformador 74. El segundo horno reformador puede disponerse operativamente para recibir la segunda parte 59 de la corriente de escape 12, al menos una parte de la segunda corriente de oxidante 61, la segunda corriente de aire de tiro 67, y una segunda corriente de combustible 72 para su combustión en un espacio de combustión externo los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador 70.

45 En cualquier momento durante el funcionamiento, no toda la corriente de oxidante debe suministrarse al segundo horno reformador 70 al mismo tiempo. Por ejemplo, el combustible puede quemarse con la segunda parte de la corriente de gas de escape 59 y al menos una parte de la corriente de oxidante 61 sin aire de tiro. O el combustible puede quemarse con al menos una parte de la corriente de oxidante 61 y la corriente de aire de tiro sin ningún gas de escape. O el combustible puede quemarse con la segunda parte de la corriente de gas de escape y la corriente de aire de tiro sin ninguna corriente de oxidante 61.

50 El segundo horno reformador 70 puede tener una primera salida para extraer una segunda corriente de reformado 76 formada a partir de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador 74 en los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador 70. Las temperaturas operativas en los tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador 70 pueden variar de 350° C a 650° C en la entrada y de 750° C a 950° C en la salida. Las presiones operativas en los tubos reformadores que contienen catalizadores pueden variar de 1 a 50 atm.

55 El segundo horno reformador puede tener una segunda salida para extraer una segunda corriente de gas del producto de combustión 78 del espacio de combustión del segundo horno reformador 70 donde la segunda corriente de gas del producto de combustión se forma mediante la combustión de la segunda corriente de combustible 72. La corriente de gas del producto de combustión 78 se forma mediante la combustión de la corriente de combustible 72 con cualquier combinación de las diversas corrientes de oxidante.

60 La segunda corriente de reformado 76 y la segunda corriente de gas del producto de combustión 78 pueden procesarse adicionalmente en la segunda unidad de procesamiento 80. La segunda corriente de reformado puede procesarse adicionalmente para convertir más de la corriente de reformado en H₂, para generar un oxo-gas, y/o

generar un producto de hidrógeno. Un oxo-gas puede procesarse para elaborar productos de gas de síntesis. La segunda corriente de gas del producto de combustión 78 puede procesarse adicionalmente para recuperar el calor residual. La segunda unidad de procesamiento 80 se dispone operativamente para recibir la segunda corriente de reformado 76 y la segunda corriente de gas del producto de combustión 78. La segunda unidad de procesamiento 80 puede comprender cualquier dispositivo conocido para procesar gases de reformado y/o productos de combustión en una instalación de producción de hidrógeno. Por ejemplo, la segunda unidad de procesamiento 80 puede comprender uno o más reactores de cambio, un sistema de generación de vapor que incluye depósito de vapor, varios intercambiadores de calor, un desaireador, una unidad de adsorción por variación de presión, una unidad de extracción de CO₂, una caja fría de oxo-gas y un depósito de separación.

El aparato puede comprender, además, un segundo intercambiador de calor 62 dispuesto operativamente entre el segundo ventilador de tiro forzado 60 y el segundo horno reformador 70. El segundo intercambiador de calor 62, si se encuentra presente, se dispone operativamente para recibir al menos una parte de la segunda corriente de oxidante 61 del segundo ventilador de tiro forzado 60, y el segundo horno reformador 70, si se encuentra presente, se dispone operativamente para recibir al menos una parte de la segunda corriente de oxidante 61 del segundo intercambiador de calor 62.

La segunda corriente de oxidante 61 puede calentarse en el segundo intercambiador de calor 62. La segunda corriente de oxidante puede calentarse por transferencia de calor indirecta con cualquier corriente caliente adecuada. La segunda corriente de oxidante 61 puede calentarse por transferencia de calor indirecta con una parte o la totalidad de la segunda corriente de gas del producto de combustión 78 del segundo horno reformador 70. Tanto la segunda corriente de oxidante 61 como una parte o la totalidad de la segunda corriente de gas del producto de combustión 78 pueden pasar hacia el segundo intercambiador de calor 62 para la transferencia de calor indirecta entre las corrientes. Alternativamente, la segunda corriente de oxidante 61 puede calentarse por transferencia de calor indirecta con una parte o la totalidad de la segunda corriente de gas del producto de combustión 78 a través de un fluido de trabajo (es decir, vapor). Por ejemplo, la segunda corriente de gas del producto de combustión 78 puede usarse para generar vapor y una parte o la totalidad del vapor pasa hacia el segundo intercambiador de calor 62 para calentar la segunda corriente de oxidante 61.

La segunda corriente de oxidante 61 puede calentarse por transferencia de calor indirecta con una parte o la totalidad de la segunda corriente de reformado 76 del segundo horno reformador 70. Tanto la segunda corriente de oxidante 61 como una parte o la totalidad de la corriente de reformado pueden pasar hacia el segundo intercambiador de calor 62 para la transferencia de calor indirecta entre las corrientes. Alternativamente, la segunda corriente de oxidante 61 puede calentarse por transferencia de calor indirecta con una parte o la totalidad la segunda corriente de reformado a través de un fluido de trabajo (es decir, vapor). Por ejemplo, la segunda corriente de reformado 76 puede usarse para generar vapor y una parte o la totalidad del vapor pasa hacia el segundo intercambiador de calor 62 para calentar la segunda corriente de oxidante 61.

Dado que el artículo «un/una» significa «uno/a o más», se puede usar más de un intercambiador de calor para calentar la corriente de oxidante 61.

El aparato puede comprender un segundo conducto 56 dispuesto operativamente para transportar una segunda parte 59 de la corriente de escape 12 desde la turbina de gas 10, la al menos una parte de la segunda corriente de oxidante 61 desde el segundo ventilador de tiro forzado 60, y la segunda corriente de aire de tiro 67 desde el segundo montaje de válvula 65 hacia el segundo horno reformador 70.

El aparato puede comprender un sensor 64 que responde a la presión en el segundo conducto 56. El controlador 100 puede conectarse operativamente al menos a uno del segundo montaje de válvula 65 para proporcionar la segunda corriente de aire de tiro 67 y el montaje de válvula 15 para controlar la corriente de escape 12. El controlador 100 puede conectarse operativamente al sensor 64 y responder a las señales del sensor 64. El sensor 64 puede combinarse con una subunidad del controlador para formar una unidad de control de presión que recibe instrucciones de control de un controlador maestro. La unidad de control de presión que comprende el sensor 64 también puede conectarse operativamente para variar la velocidad del ventilador de tiro forzado 60. La discusión anterior con respecto al funcionamiento de la unidad de control de presión que comprende el sensor 24 se aplica de manera similar a la unidad de control de presión que comprende el sensor 64.

El aparato puede comprender, además, un segundo ventilador de tiro inducido 90 dispuesto operativamente para recibir la segunda corriente de gas del producto de combustión 78 desde el segundo horno reformador 70. El segundo ventilador de tiro inducido 90 puede ser de la misma marca y modelo que el ventilador de tiro inducido 50 o puede ser de una marca y/o modelo diferente.

El aparato puede comprender, además, un sensor 75 que responde a la presión en el espacio de combustión del segundo horno reformador 70. El controlador 100 puede estar conectado operativamente para recibir señales del sensor 75. El segundo ventilador de tiro inducido 90 y/o el segundo ventilador de tiro forzado 60 pueden conectarse operativamente al controlador 100 para recibir señales desde el controlador 100 en respuesta a las señales del sensor 75. El controlador 100 puede configurarse para cambiar la velocidad del segundo ventilador de tiro inducido

90 y/o la velocidad del segundo ventilador de tiro forzado 60 en respuesta a los cambios de presión en el espacio de combustión del segundo horno reformador 70.

5 El aparato puede comprender, además, un sensor 92 que responde a la concentración de oxígeno en la segunda corriente de gas del producto de combustión 78 del segundo horno reformador 70. El controlador 100 puede estar conectado operativamente para recibir señales del sensor 92. El segundo ventilador de tiro inducido 90 y/o el segundo ventilador de tiro forzado 60 pueden conectarse operativamente al controlador 100 para recibir señales desde el controlador 100 en respuesta a las señales del sensor 92. El controlador 100 puede configurarse para cambiar la velocidad del segundo ventilador de tiro inducido 90 y/o la velocidad del segundo ventilador de tiro forzado 60 en respuesta a los cambios en la concentración de oxígeno de la segunda corriente de gas del producto de combustión 78 del segundo horno reformador 70.

15 El control del ventilador de tiro forzado 60 y del ventilador inducido 90 mediante el controlador 100 que responde a los sensores 75 y 92 es como el que se describe para el ventilador de tiro forzado 20, el ventilador de tiro inducido 50 y los sensores 35 y 52 correspondientes.

20 Tal como se indicó anteriormente, el gas de escape de la turbina y el conducto de aire de combustión pueden diseñarse para proporcionar inherentemente una división uniforme del gas de escape de la turbina hacia múltiples reformadores. Sin embargo, cuando los reformadores funcionan a diferentes velocidades de producción, es conveniente dividir el flujo de gas de escape para cada reformador en proporción a las velocidades operativas de las plantas. Esto se logra mediante el uso de un factor de desviación, calculado a partir del punto de ajuste del flujo de alimentación relativo para cada reformador, para compensar el punto de ajuste del controlador de presión del ventilador de tiro forzado. El factor de desviación reducirá el punto de ajuste de la presión del ventilador de tiro forzado del reformador con mayor velocidad operativa para disminuir la presión relativa en su trayectoria de flujo de aire de combustión. Como resultado, una mayor proporción de los gases de escape de la turbina fluirá hacia el reformador con mayor velocidad operativa. Se limitará la velocidad de cambio del factor de desviación para garantizar que el control del ventilador de tiro inducido pueda mantener una presión estable y un contenido de oxígeno en exceso en cada reformador.

30 Con respecto a la Figura 2, el aparato puede comprender un ventilador de tiro forzado 160 con una salida para descargar una corriente de oxidante 161, un montaje de válvula 165 para proporcionar una corriente de aire de tiro 167, y un generador de vapor con recuperación de calor (HRSG) 170 conectado operativamente a la turbina de gas 10, el ventilador de tiro forzado 160, y el montaje de válvula 165. El generador de vapor con recuperación de calor 170, si se encuentra presente, se dispone operativamente para recibir una parte 159 de la corriente de escape 12 de la turbina de gas 10, al menos una parte de la corriente de oxidante 161 del ventilador de tiro forzado 160, y la corriente de aire de tiro 167 del montaje de válvula 165. La parte 159 de la corriente de escape 12 puede ser una parte dividida.

40 La corriente de oxidante 161 puede mezclarse con la parte 159 de la corriente de escape 12 en la unión 163 para formar una corriente de oxidante mezclada que comprende el escape de la turbina de gas 166. La corriente de oxidante 161 puede mezclarse con la corriente de aire de tiro 167 para formar una corriente de oxidante mezclada que comprende el aire de tiro 169.

45 Los generadores de vapor con recuperación de calor y su funcionamiento son conocidos en la técnica. El combustible 172 puede quemarse con al menos una de la corriente de oxidante mezclada que comprende el escape de la turbina de gas 166 y la corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro 169 en el generador de vapor con recuperación de calor 170. El agua 177 puede calentarse en el generador de vapor con recuperación de calor 170 y el agua y/o el vapor 174 calentado pueden pasar hacia un depósito de vapor para separar el producto de vapor del agua. Es posible hacer recircular el agua del depósito de vapor hacia el generador de vapor con recuperación de calor 170 para generar más vapor.

55 En realizaciones con el HRSG, el aparato puede comprender un intercambiador de calor 162 dispuesto operativamente entre el ventilador de tiro forzado 160 y el generador de vapor con recuperación de calor 170. Tal como se muestra en la Figura 2, el intercambiador de calor 162 se dispone operativamente para recibir la al menos una parte de la corriente de oxidante 161 desde el ventilador de tiro forzado 160, y el generador de vapor con recuperación de calor 170 se dispone operativamente para recibir al menos una parte de la corriente de oxidante 161 desde el intercambiador de calor 162.

60 La corriente de oxidante 161 puede calentarse en el intercambiador de calor 162 mediante transferencia de calor indirecta entre la corriente de oxidante 161 y cualquier corriente de proceso adecuada con una temperatura superior con respecto a la corriente de oxidante 161. El intercambiador de calor 162 puede disponerse operativamente para proporcionar transferencia de calor indirecta entre al menos una parte de la corriente de oxidante 161 y al menos una parte o la totalidad de la corriente de gas del producto de combustión del horno reformador (30) y una parte o la totalidad de la corriente de reformado de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador (30).

65

El aparato puede comprender, además, un conducto 156 dispuesto operativamente para transportar la parte 159 de la corriente de escape 12 desde la turbina de gas 10, la al menos una parte de la corriente de oxidante 161 desde el ventilador de tiro forzado 160, y la corriente de aire de tiro 167 desde el montaje de válvula 165 hacia el generador de vapor con recuperación de calor 170.

5 El aparato puede comprender un sensor 164 que responde a una presión en el conducto 156. El controlador 100 puede conectarse operativamente al menos a uno del montaje de válvula 165 para proporcionar la corriente de aire de tiro 167 y el montaje de válvula 15 para controlar la corriente de escape 12. El controlador 100 puede conectarse operativamente al sensor 164 y responder a las señales del sensor 164. El sensor 164 puede combinarse con una subunidad del controlador para formar una unidad de control de presión que recibe instrucciones de control de un controlador maestro. La unidad de control de presión que comprende el sensor 164 también puede conectarse operativamente para variar la velocidad del ventilador de tiro forzado 60. La discusión anterior con respecto al funcionamiento del montaje de válvula 25 y de la unidad de control de presión que comprende el sensor 24 se aplica de manera similar al montaje de válvula 165 y a la unidad de control de presión que comprende el sensor 164.

15 El aparato puede comprender, además, un ventilador de tiro inducido 190 dispuesto operativamente para recibir una corriente de escape 178 del generador de vapor con recuperación de calor 170.

20 El aparato puede comprender, además, un sensor 175 que responde a la presión en el generador de vapor con recuperación de calor 170. El controlador 100 puede estar conectado operativamente para recibir señales del sensor 175. El ventilador de tiro inducido 190 y/o el ventilador de tiro forzado 160 pueden conectarse operativamente al controlador 100 para recibir señales desde el controlador 100 en respuesta a las señales del sensor 175. El controlador 100 puede configurarse para cambiar la velocidad del ventilador de tiro inducido 190 y/o la velocidad del ventilador de tiro forzado 160 en respuesta a los cambios de presión en el generador de vapor con recuperación de calor 170. El ventilador de tiro inducido 190 y/o el ventilador de tiro forzado 160 pueden funcionar para controlar la presión en el HRSG 170 de manera similar a la manera en que el ventilador de tiro inducido 50 y/o el ventilador de tiro forzado 20 pueden funcionar para controlar la presión en el horno reformador 30.

30 El aparato puede comprender, además, un sensor 192 que responde a la concentración de oxígeno en la corriente de escape 178 del generador de vapor con recuperación de calor 170. El controlador 100 puede estar conectado operativamente para recibir señales del sensor 192 en respuesta a la concentración de oxígeno en la corriente de escape 178. El ventilador de tiro inducido 190 y/o el ventilador de tiro forzado 160 pueden conectarse operativamente al controlador 100 para recibir señales desde el controlador 100 en respuesta a las señales del sensor 192. El controlador 100 puede configurarse para cambiar la velocidad del ventilador de tiro inducido 190 y/o la velocidad del ventilador de tiro forzado 160 en respuesta a los cambios en la concentración de oxígeno de la corriente de gas del producto de combustión 178 del generador de vapor con recuperación de calor 170. El ventilador de tiro inducido 190 y/o el ventilador de tiro forzado 160 pueden funcionar para controlar el suministro de oxidante al HRSG 170 de manera similar a la manera en que el ventilador de tiro inducido 50 y/o el ventilador de tiro forzado 20 pueden funcionar para controlar el suministro de oxidante al horno reformador 30.

40 La presente invención también se refiere a un proceso para producir un producto que contiene H₂. En el proceso, se puede producir un producto de hidrógeno purificado (por ejemplo, mediante el uso de un H₂ PSA) y/o se puede producir un producto de gas de síntesis, que comprende H₂ y CO. El proceso puede implementarse mediante el uso del aparato para producir un producto que contiene H₂ descrito anteriormente.

45 El proceso comprende un modo de funcionamiento primario y un modo de funcionamiento secundario. El modo de funcionamiento secundario comienza cuando se interrumpe la corriente de escape 12 de la turbina de gas 10, o deja de estar disponible de otro modo. La detección o identificación de la interrupción de la corriente de escape puede ser por cualquier medio, por ejemplo, medición de presión, medición de flujo y/o caída en la generación de energía eléctrica.

50 El proceso se describe con referencia a las figuras.

55 El modo de funcionamiento primario comprende mezclar una primera cantidad de una corriente de oxidante 21 del ventilador de tiro forzado 20 con una primera cantidad de al menos una parte 19 de la corriente de escape 12 de una turbina de gas 10 para formar una primera cantidad de una corriente de oxidante mezclada 26 que comprende el escape de la turbina de gas. La primera cantidad de corriente de oxidante 21 pasa del ventilador de tiro forzado 20 al intercambiador de calor 22 antes de mezclar la primera cantidad de la corriente de oxidante 21 del ventilador de tiro forzado 20 con la primera cantidad de al menos una parte 19 de la corriente de escape 12 calentando de ese modo la primera cantidad de la corriente de oxidante 21. La primera cantidad de corriente de oxidante mezclada 26 puede comprender algo de aire de tiro del montaje de válvula 25, pero puede contener principalmente el escape de la turbina de gas y el oxidante del ventilador de tiro forzado.

65 El modo de funcionamiento primario comprende introducir una primera cantidad de una corriente de gas de alimentación del reformador 34 hacia múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 30, hacer reaccionar la primera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 34 en una reacción

de reformado en condiciones de reacción eficaces para formar una primera cantidad de una corriente de reformado 36 que comprende H_2 , CO , CH_4 y H_2O , y extraer la primera cantidad de la corriente de reformado 36 de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador 30.

5 Los expertos en la técnica conocen las condiciones de reacción adecuadas para el reformado. Las condiciones de reacción eficaces para formar una corriente de reformado a partir de una corriente de gas de alimentación del reformador pueden incluir temperaturas operativas en los tubos reformadores que contienen catalizadores que varían de $350^\circ C$ a $650^\circ C$ en la entrada y de $750^\circ C$ a $950^\circ C$ en la salida, y presiones operativas en los tubos reformadores que contienen catalizador que varían de 1 a 50 atm. Estas condiciones de reacción para formar una corriente de reformado a partir de una corriente de gas de alimentación del reformador se aplican a todos los modos de funcionamiento descritos en la presente memoria.

15 La corriente de gas de alimentación del reformador puede formarse a partir de cualquier materia prima del reformador adecuada conocida en la técnica y puede prerreformarse en un prerreformador (no se muestra). El catalizador en los tubos reformadores que contienen catalizador puede ser cualquier catalizador de reformado adecuado conocido en la técnica, por ejemplo, un catalizador a base de níquel.

20 El modo de funcionamiento primario comprende quemar una primera cantidad de la corriente de combustible 32 con al menos una parte de la primera cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende el escape de la turbina de gas 26 en el horno reformador 30 externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la primera cantidad de la corriente de combustible 32 para formar una primera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 38 y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la primera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 34 dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador y extraer la primera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 38 del horno reformador 30. Las condiciones eficaces para quemar la primera cantidad de la corriente de combustible pueden incluir cualquier intervalo de temperatura e intervalo de presión adecuados, por ejemplo, una temperatura que varía de $600^\circ C$ a $1500^\circ C$ y una presión que varía de 98 kPa a 102 kPa (absoluta).

30 El combustible en la corriente de combustible 32 puede ser cualquier combustible conocido en la técnica. El combustible puede comprender gas residual de un adsorbente por variación de presión en el que se utiliza el adsorbente por variación de presión para separar la corriente de reformado 36 en una corriente del producto de hidrógeno 45 y una corriente de gas residual 33. La corriente de combustible 32 también puede comprender combustible de reajuste 31, que puede ser gas natural.

35 El modo de funcionamiento primario puede comprender pasar la primera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 38 del horno reformador 30 al ventilador de tiro inducido 50. El ventilador de tiro inducido 50 puede operarse de modo que la presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 30 (es decir, el espacio de combustión) durante el modo de funcionamiento primario esté dentro de cualquier intervalo de presión adecuado conocido para los hornos reformadores. La presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 30 (es decir, el espacio de combustión) durante el modo de funcionamiento primario puede variar de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H_2O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua) o puede variar de -1.5 kPag (-6 pulgadas de H_2O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas H_2O) o puede variar de -1 kPag (-4 pulgadas de H_2O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H_2O).

45 El modo de funcionamiento secundario comprende abrir el montaje de válvula 25 y mezclar una primera cantidad de corriente de aire de tiro 27 con una segunda cantidad de corriente de oxidante 21 para formar una primera cantidad de una corriente de oxidante mezclada 29 que comprende aire de tiro.

50 El modo de funcionamiento secundario comprende introducir una segunda cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 34 hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 30, hacer reaccionar la segunda cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 34 en una reacción de reformado en condiciones de reacción eficaces para formar una segunda cantidad de la corriente de reformado 36 que comprende H_2 , CO , CH_4 y H_2O , y extraer la segunda cantidad de la corriente de reformado 36 de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador 30.

55 El modo de funcionamiento secundario comprende quemar una segunda cantidad de la corriente de combustible 32 con al menos una parte de la primera cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro 29 en el horno reformador 30 externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la segunda cantidad de la corriente de combustible 32 para formar una segunda cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 38 y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la segunda cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 34 dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, y extraer la segunda cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 38 del primer horno reformador 30. Las condiciones eficaces para quemar la segunda cantidad de la corriente de combustible pueden incluir cualquier intervalo de temperatura e intervalo de presión adecuados, por ejemplo, una temperatura que varía de $600^\circ C$ a $1500^\circ C$ y una presión que varía de 98 kPa a 102 kPa (absoluta).

65

El modo de funcionamiento secundario puede comprender pasar la segunda cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 38 del horno reformador 30 al ventilador de tiro inducido 50. El ventilador de tiro inducido 50 puede operarse de modo que la presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 30 (es decir, el espacio de combustión) durante el modo de funcionamiento secundario esté dentro de cualquier intervalo de presión adecuado conocido para los hornos reformadores. La presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 30 (es decir, el espacio de combustión) durante el modo de funcionamiento secundario puede variar de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H₂O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua) o puede variar de -1.5 kPag (-6 pulgadas de H₂O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H₂O) o puede variar de -1 kPag (-4 pulgadas de H₂O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H₂O).

Al inicio del modo de funcionamiento secundario, el montaje de válvula 25 se abre hasta una posición predeterminada. La posición predeterminada depende de la velocidad operativa de la turbina de gas antes del inicio del modo de funcionamiento secundario. La velocidad operativa de la turbina de gas puede estar caracterizada, por ejemplo, por cualquiera de una o más velocidades de flujo dentro o fuera de la turbina de gas y/o la velocidad del eje de la turbina de gas. Al abrir el montaje de válvula 25 hasta una posición predeterminada, el proceso puede proporcionar rápidamente la cantidad requerida de oxidante del aire de tiro para compensar la deficiencia debida a la pérdida de escape de la turbina de gas como oxidante para la combustión. La recuperación rápida de la pérdida de oxidante de combustión puede evitar un «disparo» o apagado no deseado del horno reformador 30.

La corriente de oxidante 21 (primera cantidad, segunda cantidad u otra cantidad) puede calentarse en el intercambiador de calor 22 mediante transferencia de calor indirecta con una parte o la totalidad de la corriente de gas del producto de combustión 38 del horno reformador 30 y/o una parte o la totalidad de la corriente de reformado 36 de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador 30.

La transferencia de calor indirecta entre el gas del producto de combustión 38 y la corriente de oxidante 21 puede realizarse al pasar el gas del producto de combustión 38 en relación de transferencia de calor indirecta con la corriente de oxidante 21 en el intercambiador de calor 22. La transferencia de calor indirecta entre el gas del producto de combustión 38 y la corriente de oxidante 21 se puede realizar mediante el uso de un fluido de trabajo, por ejemplo, agua/vapor del sistema de generación de vapor. Por ejemplo, el calor puede ser transferido desde el gas del producto de combustión 38 al agua de alimentación de la caldera para generar agua de alimentación de la caldera caliente, y el vapor y/o agua de alimentación de la caldera usado para calentar la corriente de oxidante 21 en el intercambiador de calor 22.

La transferencia de calor indirecta entre el reformado 36 y la corriente de oxidante 21 puede realizarse al pasar el reformado 36 en una relación de transferencia de calor indirecta con la corriente de oxidante 21 en el intercambiador de calor 22. La transferencia de calor indirecta entre el reformado 36 y la corriente de oxidante 21 puede realizarse mediante el uso de un fluido de trabajo, por ejemplo, agua/vapor del sistema de generación de vapor. Por ejemplo, el calor puede transferirse del reformado 36 al agua de alimentación de la caldera para generar vapor y/o agua de alimentación de la caldera caliente, y usar el vapor y/o agua de alimentación de la caldera caliente para calentar la corriente de oxidante 21 en el intercambiador de calor 22.

El proceso puede comprender un modo de funcionamiento terciario que comienza después del modo de funcionamiento secundario. Al igual que el modo de funcionamiento secundario, el modo de funcionamiento terciario se realiza cuando no se encuentra disponible la corriente de escape de la turbina de gas. Durante el modo de funcionamiento terciario, aumenta la velocidad del ventilador de tiro forzado 20 de modo que la corriente de oxidante mezclada resultante 29 comprende una mayor relación de masa de la corriente de oxidante 21 con respecto a la corriente de aire de tiro 27 en comparación con la relación de masa durante el modo de funcionamiento secundario.

El modo de funcionamiento terciario comprende cerrar parcialmente el montaje de válvula 25 y mezclar una segunda cantidad de la corriente de aire de tiro 27 con una tercera cantidad de la corriente de oxidante 21 para formar una segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro 29. La tercera cantidad de la corriente de oxidante 21 del ventilador de tiro forzado 20 pasa al intercambiador de calor 22 antes de mezclar la segunda cantidad de la corriente de aire de tiro 27 con la tercera cantidad de la corriente de oxidante 21 calentando de ese modo la tercera cantidad de la corriente de oxidante 21 del ventilador de tiro forzado 20.

El modo de funcionamiento terciario comprende introducir una tercera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 34 hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 30, hacer reaccionar la tercera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 34 en condiciones de reacción eficaces para formar una tercera cantidad de la corriente de reformado 36 que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la tercera cantidad de la corriente de reformado 36 de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador 30.

El modo de funcionamiento terciario comprende quemar una tercera cantidad de la corriente de combustible 32 con al menos una parte de la segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro 29 en el horno reformador 30 externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la tercera cantidad de la corriente de combustible 32 para formar una tercera cantidad de la corriente

de gas del producto de combustión 38 y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la tercera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 34 dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, y extraer la tercera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 38 del horno reformador 30. Las condiciones eficaces para quemar la tercera cantidad de la corriente de combustible pueden incluir cualquier intervalo de temperatura e intervalo de presión adecuados, por ejemplo, una temperatura que varía de 600° C a 1500° C y una presión que varía de 98 kPa a 102 kPa (absoluta).

El modo de funcionamiento terciario se caracteriza por $F_3 > F_1$, $F_3 > F_2$, y $G_1 > G_2$ donde F_1 es la velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo de la primera cantidad de la corriente de oxidante, F_2 es la velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo de la segunda cantidad de la corriente de oxidante, F_3 es la velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo de la tercera cantidad de la corriente de oxidante, G_1 es la velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo de la primera cantidad de la corriente de aire de tiro, y G_2 es la segunda cantidad de la corriente de aire de tiro.

Las velocidades de flujo de masa promedio en el tiempo se calculan de manera convencional a partir de la ecuación generalizada:

$$\bar{\xi} = \frac{1}{\tau} \int_{t_1}^{t_2} \xi(t) dt$$

donde $\bar{\xi}$ es la velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo, ξ , es la velocidad de flujo de masa instantánea, t es tiempo, donde la cantidad indicada (es decir, primera, segunda, tercera, etc.) fluye desde $t=t_1$ hasta $t=t_2$, donde $t=t_1$ al comienzo del flujo de la cantidad indicada, $t=t_2$ al final del flujo de la cantidad indicada, y donde $\tau=t_2-t_1$.

El modo de funcionamiento terciario puede comprender pasar la tercera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 38 del horno reformador 30 al ventilador de tiro inducido 50. El ventilador de tiro inducido 50 puede funcionar de modo que la presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 30 (es decir, el espacio de combustión) durante el modo de funcionamiento terciario se encuentre dentro de cualquier intervalo de presión adecuado conocido para hornos reformadores. La presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 30 (es decir, el espacio de combustión) durante el modo de funcionamiento terciario puede variar entre -2.5 kPag (-10 pulgadas de H₂O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua) o puede variar desde -1.5 kPag (-6 pulgadas de H₂O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H₂O) o puede variar de -1 kPag (-4 pulgadas de H₂O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H₂O).

En caso de una oleada repentina de gas oxidante del ventilador de tiro forzado 20 y/o el escape de la turbina de gas, el proceso puede responder mediante la ventilación de una parte de la corriente de oxidante mezclada 26 a través del montaje de válvula 25 en un modo de ventilación.

El modo de ventilación comprende mezclar una cuarta cantidad de la corriente de oxidante del ventilador de tiro forzado 20 con una segunda cantidad de al menos una parte 19 de la corriente de escape 12 de la turbina de gas 10 para formar una segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende escape de la turbina de gas 26, y abrir el montaje de válvula 25 y descargar una primera parte de la segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada 26 a través de la ventilación 18 como la corriente de ventilación 28. La cuarta cantidad de la corriente de oxidante 21 del ventilador de tiro forzado 20 puede pasar hacia el intercambiador de calor 22 antes de mezclar la cuarta cantidad de la corriente de oxidante con la segunda cantidad de al menos una parte de la corriente de escape de la turbina de gas, calentando de ese modo la cuarta cantidad de la corriente de oxidante del ventilador de tiro forzado 20.

El modo de ventilación también comprende introducir una cuarta cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 34 hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 30, hacer reaccionar la cuarta cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 34 en condiciones de reacción eficaces para formar una cuarta cantidad de la corriente de reformado 36 que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la cuarta cantidad de la corriente de reformado 36 de los múltiples tubos reformadores del horno reformador 30.

El modo de ventilación también comprende quemar una cuarta cantidad de la corriente de combustible 32 con una segunda parte de la segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende escape de la turbina de gas 26 en el horno reformador 30 externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la cuarta cantidad de la corriente de combustible 32 para formar una cuarta cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 38 y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la cuarta cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 34 dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del reformador, y extraer la cuarta cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 38 del horno reformador 30. Las condiciones eficaces para quemar la cuarta cantidad de la

corriente de combustible pueden incluir cualquier intervalo de temperatura e intervalo de presión adecuados, por ejemplo, una temperatura que varía de 600° C a 1500° C y una presión que varía de 98 kPa a 102 kPa (absoluta).

5 El proceso también puede comprender un modo de arranque de la turbina de gas. El modo de arranque de la turbina de gas comprende pasar una cantidad de arranque de la corriente de escape 12 desde la turbina de gas 10 hacia el montaje de válvula 15. Durante el modo de arranque de la turbina de gas, el montaje de válvula 15 descarga la cantidad de arranque de la corriente de escape a través de una ventilación de escape de la turbina de gas 17. Como resultado, ninguna parte de la cantidad de arranque de la corriente de escape 12 se utiliza como oxidante para la combustión en el primer horno reformador 30 u otro horno reformador.

10 En cualquiera de los modos donde se produce una corriente de reformado 36, el proceso puede comprender etapas adicionales para procesar la corriente de reformado 36 y la corriente de gas del producto de combustión 38 en la unidad de procesamiento 40. Se contempla cualquiera de las etapas convencionales conocidas para procesar la corriente de reformado 36 y la corriente de gas del producto de combustión 38.

15 La unidad de procesamiento 40 puede incluir uno o más reactores de cambio en los que el reformado se desplaza para producir más hidrógeno en la reformación. El CO₂ puede retirarse del reformado en una unidad de remoción de CO₂ y la corriente derivada de CO₂ 47 puede extraerse de la unidad de procesamiento 40. La unidad de procesamiento 40 puede incluir un adsorbente por variación de presión donde la corriente de reformado se separa para producir una corriente del producto de hidrógeno 45 y un gas residual 33, que se puede usar como combustible en el horno reformador 30. Es posible introducir una corriente de agua de reposición 41 en la unidad de procesamiento 40 para generar vapor 49 a partir del calor recuperado de la corriente de reformado 36 y/o la corriente del producto de combustión 38. La corriente de vapor 49 se puede combinar con la corriente de materia prima de hidrocarburos 37 para formar la corriente de alimentación del reformador 34.

25 El proceso puede comprender, además, un modo de arranque del intercambiador de calor que puede ser particularmente adecuado en climas fríos. Durante el modo de arranque del intercambiador de calor, una parte 11 de la corriente de oxidante 21 después de calentarse en el intercambiador de calor 22 se hace recircular hacia una entrada del ventilador de tiro forzado 20. Una cantidad suficiente de la corriente de oxidante 21 se hace recircular para elevar la temperatura en el intercambiador de calor 22 por encima de la congelación u otra temperatura objetivo predeterminada. Una parte 11 de la corriente de gas oxidante calentado 21 se hace recircular para impedir la congelación en el intercambiador de calor 22 si el medio de calentamiento es agua. La recirculación de una parte 11 de la corriente de gas oxidante calentado 21 también se puede hacer para ayudar a impedir la corrosión por frío de las esquinas del intercambiador de calor 22.

35 El proceso puede incluir etapas del proceso que utilizan un segundo horno reformador y se describirá con referencia a la Figura 1.

40 Para realizaciones con un segundo horno reformador 70, el modo de funcionamiento primario comprende, además, mezclar una primera cantidad de corriente de oxidante 61 del ventilador de tiro forzado 60 con una primera cantidad de la parte 59 de la corriente de escape 12 de la turbina de gas 10 para formar una primera cantidad de la corriente de oxidante mezclada 66 que comprende el escape de la turbina de gas. La primera cantidad de la corriente de oxidante 61 puede pasar desde el ventilador de tiro forzado 60 hacia el intercambiador de calor 62 antes de mezclar la primera cantidad de la corriente de oxidante 61 del ventilador de tiro forzado 60 con la primera cantidad de la parte 59 de la corriente de escape 12, calentando de este modo la primera cantidad de la corriente de oxidante 61. La primera cantidad de corriente de oxidante mezclada 66 puede comprender algo de aire de tiro del montaje de válvula 65, pero puede contener principalmente el escape de la turbina de gas y el oxidante del ventilador de tiro forzado 60.

50 El modo de funcionamiento primario con el segundo horno reformador 70 comprende introducir una primera cantidad de una corriente de gas de alimentación del reformador 74 hacia múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 70, hacer reaccionar la primera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 74 en una reacción de reformado en condiciones de reacción eficaces para formar una primera cantidad de una corriente de reformado 76 que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la primera cantidad de la corriente de reformado 76 de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador 70. La corriente de gas de alimentación del reformador 74 puede formarse a partir de vapor y cualquier materia prima de hidrocarburo adecuada conocida en la técnica y puede prerreformarse en un prerreformador (no se muestra). El catalizador en los tubos reformadores que contienen catalizador puede ser cualquier catalizador de reformado adecuado conocido en la técnica, por ejemplo, un catalizador a base de níquel.

60 El modo de funcionamiento primario con el segundo horno reformador 70 comprende quemar una primera cantidad de la corriente de combustible 72 con al menos una parte de la primera cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende el escape de la turbina de gas 66 en el horno reformador 70 externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la primera cantidad de la corriente de combustible 72 para formar una primera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 78 y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la primera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 74 dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador y extraer la primera cantidad de

la corriente de gas del producto de combustión 78 del horno reformador 70. Las condiciones eficaces para quemar la primera cantidad de la corriente de combustible 72 pueden incluir cualquier intervalo de temperatura e intervalo de presión adecuados, por ejemplo, una temperatura que varía de 600° C a 1500° C y una presión que varía de 98 kPa a 102 kPa (absoluta).

5 El combustible en la corriente de combustible 72 puede ser cualquier combustible conocido en la técnica. El combustible puede comprender gas residual de un adsorbente por variación de presión en el que se utiliza el adsorbente por variación de presión para separar la corriente de reformado 76 en una corriente del producto de hidrógeno 85 y una corriente de gas residual 73. La corriente de combustible 72 también puede comprender
10 combustible de reajuste 71, que puede ser gas natural.

15 El modo de funcionamiento primario con el segundo horno reformador 70 comprende pasar la primera cantidad de la corriente de gas 78 del producto de combustión desde el horno reformador 70 al ventilador de tiro inducido 90. El ventilador de tiro inducido 90 puede operarse de modo que la presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 70 (es decir, el espacio de combustión) durante el modo de funcionamiento primario esté dentro de cualquier intervalo de presión adecuado conocido para los hornos reformadores. La presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 70 (es decir, el espacio de combustión) durante el modo de funcionamiento primario puede variar de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H₂O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua) o puede variar de -1.5 kPag (-6 pulgadas de H₂O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H₂O) o puede variar de -1 kPag (-4 pulgadas de H₂O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H₂O).

20 El modo de funcionamiento secundario con el segundo horno reformador 70 comprende abrir el montaje de válvula 65 y mezclar una primera cantidad de corriente de aire de tiro 67 con una segunda cantidad de corriente de oxidante 61 para formar una primera cantidad de una corriente de oxidante mezclada 69 que comprende aire de tiro.

25 El modo de funcionamiento secundario con el segundo horno reformador 70 comprende introducir una segunda cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 74 hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 70, hacer reaccionar la segunda cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 74 en una reacción de reformado en condiciones de reacción eficaces para formar una
30 segunda cantidad de la corriente de reformado 76 que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la segunda cantidad de la corriente de reformado 76 de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador 70.

35 El modo de funcionamiento secundario con el segundo horno reformador 70 comprende quemar una segunda cantidad de la corriente de combustible 72 con al menos una parte de la primera cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro 69 en el horno reformador 70 externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la segunda cantidad de la corriente de combustible 72 para formar una segunda cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 78 y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la segunda cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador
40 74 dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, y extraer la segunda cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 78 del primer horno reformador 70. Las condiciones eficaces para quemar la segunda cantidad de la corriente de combustible pueden incluir cualquier intervalo de temperatura e intervalo de presión adecuados, por ejemplo, una temperatura que varía de 600° C a 1500° C y una presión que varía de 98 kPa a 102 kPa (absoluta).

45 El modo de funcionamiento secundario con el segundo horno reformador 70 puede comprender pasar la segunda cantidad de la corriente de gas 78 del producto de combustión desde el horno reformador 70 al ventilador 90 de tiro inducido. El ventilador de tiro inducido 90 puede operarse de modo que la presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 70 (es decir, el espacio de combustión) durante el modo de funcionamiento secundario esté dentro de cualquier intervalo de presión adecuado conocido para los hornos reformadores. La presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 70 (es decir, el espacio de combustión) durante el modo de funcionamiento secundario puede variar de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H₂O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua) o puede variar de -1.5 kPag (-6 pulgadas de H₂O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H₂O) o puede variar de -1 kPag (-4 pulgadas de H₂O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H₂O).

50 Al inicio del modo de funcionamiento secundario, el montaje de válvula 65 puede abrirse hasta una posición predeterminada. La posición predeterminada puede depender de la velocidad operativa de la turbina de gas 10 antes del inicio del modo de funcionamiento secundario. La velocidad operativa de la turbina de gas 10 puede estar
60 caracterizada, por ejemplo, por cualquiera de una o más velocidades de flujo dentro o fuera de la turbina de gas 10 y/o la velocidad del eje de la turbina de gas. Al abrir el montaje de válvula 65 hasta una posición predeterminada, el proceso puede proporcionar rápidamente la cantidad requerida de oxidante del aire de tiro para compensar la deficiencia debida a la pérdida de escape de la turbina de gas como oxidante para la combustión. La recuperación rápida de la pérdida de oxidante de combustión puede evitar un «disparo» o apagado no deseado del horno reformador 70.
65

La corriente de oxidante 61 (primera cantidad, segunda cantidad u otra cantidad) puede calentarse en el intercambiador de calor 62 mediante transferencia de calor indirecta con una parte o la totalidad de la corriente de gas del producto de combustión 78 del horno reformador 70 y/o una parte o la totalidad de la corriente de reformado 76 de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador 70.

5 La transferencia de calor indirecta entre el gas del producto de combustión 78 y la corriente de oxidante 61 puede realizarse al pasar el gas del producto de combustión 78 en relación de transferencia de calor indirecta con la corriente de oxidante 61 en el intercambiador de calor 62. La transferencia de calor indirecta entre el gas del producto de combustión 78 y la corriente de oxidante 61 se puede realizar mediante el uso de un fluido de trabajo, por ejemplo, agua/vapor del sistema de generación de vapor. Por ejemplo, el calor puede ser transferido desde el gas del producto de combustión 78 al agua de alimentación de la caldera para generar agua de alimentación de la caldera caliente, y el vapor y/o agua de alimentación de la caldera usado para calentar la corriente de oxidante 61 en el intercambiador de calor 62.

15 La transferencia de calor indirecta entre el reformado 76 y la corriente de oxidante 61 puede realizarse al pasar el reformado 76 en una relación de transferencia de calor indirecta con la corriente de oxidante 61 en el intercambiador de calor 62. La transferencia de calor indirecta entre el reformado 76 y la corriente de oxidante 61 puede realizarse mediante el uso de un fluido de trabajo, por ejemplo, agua/vapor del sistema de generación de vapor. Por ejemplo, el calor puede transferirse del reformado 76 al agua de alimentación de la caldera para generar vapor y/o agua de alimentación de la caldera caliente, y usar el vapor y/o agua de alimentación de la caldera caliente para calentar la corriente de oxidante 61 en el intercambiador de calor 62.

25 Tal como se describió anteriormente, el modo de funcionamiento terciario también se realiza cuando no se encuentra disponible la corriente de escape de la turbina de gas 12. Durante el modo de funcionamiento terciario con el segundo horno reformador 70, aumenta la velocidad del ventilador de tiro forzado 60 de modo que la corriente de oxidante mezclada resultante 69 comprende una mayor relación de masa de la corriente de oxidante 61 con respecto a la corriente de aire de tiro 67 en comparación con la relación de masa durante el modo de funcionamiento secundario. Esto puede ser particularmente importante en el caso de que la corriente de oxidante 61 se caliente en el intercambiador de calor 62.

30 El modo de funcionamiento terciario con el segundo horno reformador 70 comprende cerrar parcialmente el montaje de válvula 65 y mezclar una segunda cantidad de la corriente de aire de tiro 67 con una tercera cantidad de la corriente de oxidante 61 para formar una segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro 69. La tercera cantidad de la corriente de oxidante 61 del ventilador de tiro forzado 60 puede pasar al intercambiador de calor 62 antes de mezclar la segunda cantidad de la corriente de aire de tiro 67 con la tercera cantidad de la corriente de oxidante 61 calentando de ese modo la tercera cantidad de la corriente de oxidante 61 del ventilador de tiro forzado 60.

40 El modo de funcionamiento terciario con el segundo horno reformador 70 comprende introducir una tercera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 74 hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 70, hacer reaccionar la tercera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 74 en condiciones de reacción eficaces para formar una tercera cantidad de la corriente de reformado 76 que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la tercera cantidad de la corriente de reformado 76 de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador 70.

45 El modo de funcionamiento terciario con el segundo horno reformador 70 comprende quemar una tercera cantidad de la corriente de combustible 72 con al menos una parte de la segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro 69 en el horno reformador 70 externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la tercera cantidad de la corriente de combustible 72 para formar una tercera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 78 y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la tercera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 74 dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, y extraer la tercera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 78 del horno reformador 70. Las condiciones eficaces para quemar la tercera cantidad de la corriente de combustible pueden incluir cualquier intervalo de temperatura e intervalo de presión adecuados, por ejemplo, una temperatura que varía de 600° C a 1500° C y una presión que varía de 98 kPa a 102 kPa (absoluta).

60 El modo de funcionamiento terciario con el segundo horno reformador 70 se caracteriza por $F_6 > F_4$, $F_6 > F_5$, y $G_3 > G_4$ donde F_4 es la velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo de la primera cantidad de la corriente de oxidante, F_5 es la velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo de la segunda cantidad de la corriente de oxidante, F_6 es la velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo de la tercera cantidad de la corriente de oxidante, G_3 es la velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo de la primera cantidad de la corriente de aire de tiro, y G_4 es la segunda cantidad de la corriente de aire de tiro.

65 El modo de funcionamiento terciario con el segundo horno reformador 70 puede comprender pasar la tercera cantidad de la corriente de gas 78 del producto de combustión desde el horno reformador 70 al ventilador 90 de tiro

inducido. El ventilador de tiro inducido 90 puede funcionar de modo que la presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 70 (es decir, el espacio de combustión) durante el modo de funcionamiento terciario se encuentre dentro de cualquier intervalo de presión adecuado conocido para hornos reformadores. La presión externa a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 30 (es decir, el espacio de combustión) durante el modo de funcionamiento terciario puede variar de -2.5 kPag (-10 pulgadas de H₂O) a +0.25 kPag (+1 pulgada de agua) o puede variar de -1.5 kPag (-6 pulgadas de H₂O) a -0.5 kPag (-2 pulgadas de H₂O) o puede variar de -1 kPag (-4 pulgadas de H₂O) a -0.75 kPag (-3 pulgadas de H₂O).

En caso de una oleada repentina de gas oxidante del ventilador de tiro forzado 60 y/o el escape de la turbina de gas 10, el proceso puede responder mediante la ventilación de una parte de la corriente de oxidante mezclada 66 a través del montaje de válvula 65 en un modo de ventilación.

El modo de ventilación con el segundo horno reformador 70 comprende mezclar una cuarta cantidad de la corriente de oxidante 61 del ventilador de tiro forzado 60 con una segunda cantidad de la parte 59 de la corriente de escape 12 de la turbina de gas 10 para formar una segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende escape de la turbina de gas 66, y abrir el montaje de válvula 65 y descargar una primera parte de la segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada 66 a través de la ventilación 58 como la corriente de ventilación 68. La cuarta cantidad de la corriente de oxidante 61 del ventilador de tiro forzado 60 puede pasar hacia el intercambiador de calor 62 antes de mezclar la cuarta cantidad de la corriente de oxidante con la segunda cantidad de la parte 59 de la corriente de escape 12 de la turbina de gas 10, calentando de ese modo la cuarta cantidad de la corriente de oxidante 61 del ventilador de tiro forzado 60.

El modo de ventilación con el segundo horno reformador 70 también comprende introducir una cuarta cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 74 hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador 70, hacer reaccionar la cuarta cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 74 en condiciones de reacción eficaces para formar una cuarta cantidad de la corriente de reformado 76 que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la cuarta cantidad de la corriente de reformado 76 de los múltiples tubos reformadores del horno reformador 70.

El modo de ventilación con el segundo horno reformador 70 también comprende quemar una cuarta cantidad de la corriente de combustible 72 con una segunda parte de la segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende escape de la turbina de gas 66 en el horno reformador 70 externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la cuarta cantidad de la corriente de combustible 72 para formar una cuarta cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 78 y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la cuarta cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador 74 dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del reformador 70, y extraer la cuarta cantidad de la corriente de gas del producto de combustión 78 del horno reformador 70. Las condiciones eficaces para quemar la cuarta cantidad de la corriente de combustible pueden incluir cualquier intervalo de temperatura e intervalo de presión adecuados, por ejemplo, una temperatura que varía de 600° C a 1500° C y una presión que varía de 98 kPa a 102 kPa (absoluta).

Las realizaciones con el intercambiador de calor con recuperación de calor 170 también pueden incluir un modo de ventilación en el que una corriente de ventilación 168 se descarga a través de la ventilación 158 desde el montaje de válvula 65.

El modo de arranque del intercambiador de calor puede aplicarse igualmente al ventilador de tiro forzado 60 y al intercambiador de calor 62.

El proceso puede comprender además uno o más modos de reducción.

En una variación del modo de reducción con dos reformadores, uno de los hornos reformadores se pone en un modo inactivo en el que esencialmente no reacciona el gas de alimentación del reformador 34 en los tubos que contienen catalizador mientras que el otro horno reformador produce reformado. Una reducción al 50 % de la capacidad estándar se proporciona fácilmente para esta variación. El segundo horno reformador puede reducirse aún más hasta alrededor de 80 % de la capacidad estándar, lo que resulta en una reducción relativa de 40 % de la capacidad estándar. El suministro de oxidante durante cualquier modo de reducción puede provenir del escape de la turbina de gas o del ventilador de tiro forzado correspondiente, según se desee.

Ejemplos

Ejemplo 1 sin montaje de válvula 25

En el ejemplo 1, el 40 % del flujo de oxígeno molar del oxidante de combustión es proporcionado inicialmente por el escape de la turbina de gas 19 y el 60 % del flujo molar de oxígeno es proporcionado por el ventilador de tiro forzado 20.

Sin el montaje de válvula 25, el tiempo necesario para que el ventilador de tiro forzado 20 responda a una pérdida

5 inesperada del escape de la turbina de gas y proporcione suficiente oxidante al horno reformador 30 para la combustión es de alrededor de 15 segundos. El tiempo necesario para responder con suficiente oxidante puede calcularse a partir de la velocidad de respuesta de un dispositivo de acoplamiento viscoso, asumiendo que inicialmente se encuentra a una velocidad normal para el modo primario. La falta de suficiente oxidante de combustión durante 15 segundos hará que el horno reformador se apague debido a la baja presión o la pérdida de llamas en el espacio de combustión del horno.

Ejemplo 2 con montaje de válvula 25

10 En el ejemplo 2, el 40 % del flujo de oxígeno molar del oxidante de combustión es proporcionado inicialmente por el escape de la turbina de gas 19 y el 60 % del flujo molar de oxígeno es proporcionado por el ventilador de tiro forzado 20.

15 Con el montaje de válvula 25 mediante el uso de un montaje de amortiguadores, el tiempo necesario para proporcionar suficiente oxidante al horno reformador para la combustión mediante el uso de aire de tiro cuando el sistema pierde inesperadamente el escape de la turbina de gas es de alrededor de 2 segundos, según lo determinado por un análisis de flujo alcanzable para la posición completamente cerrada hasta la posición completamente abierta del montaje de válvula 25. La falta de suficiente oxidante de combustión durante 2 segundos no hará que el horno reformador se apague debido a que la presión y la velocidad de flujo de oxidante se pueden mantener suficientemente a medida que se deteriora el escape de la turbina para impedir la baja presión y la pérdida de llamas en el horno.

20

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para producir un producto que contiene H₂, el aparato comprende:

5 una turbina de gas (10) con una salida para extraer una corriente de escape (12) de la turbina de gas (10);
 un ventilador de tiro forzado (20) con una salida para descargar una corriente de oxidante (21); un montaje de
 válvula (25) para proporcionar una corriente de aire de tiro (27);
 un horno reformador (30) conectado operativamente a la turbina de gas (10), el ventilador de tiro forzado (20)
 y el montaje de válvula (25), y que se dispone operativamente para recibir al menos una parte (19) de la
 10 corriente de escape (12) desde la turbina de gas (10), al menos una parte de la corriente de oxidante (21) del
 ventilador de tiro forzado (20), y la corriente de aire de tiro (27) del montaje de válvula (25);
 un intercambiador de calor (22) dispuesto operativamente entre el ventilador de tiro forzado (20) y el horno
 reformador (30), en donde el intercambiador de calor (22) se dispone operativamente para recibir y calentar al
 15 menos una parte de la corriente de oxidante (21) desde el ventilador de tiro forzado (20), y el horno
 reformador (30) se dispone operativamente para recibir al menos una parte de la corriente de oxidante (21)
 desde el intercambiador de calor (22);
 un conducto (16) dispuesto operativamente para transportar al menos una parte (19) de la corriente de
 escape (12) desde la turbina de gas (10), la al menos una parte de la corriente de oxidante (21) desde el
 20 ventilador de tiro forzado (20) y el intercambiador de calor (22), y la corriente de aire de tiro (27) desde el
 montaje de válvula (25) hacia el horno reformador (30);
 un sensor (24) que responde a una presión en el conducto (16); y
 un controlador (100) conectado operativamente al montaje de válvula (25) para proporcionar la corriente de
 aire de tiro (27), el controlador (100) se conecta operativamente al sensor (24) y responde a las señales del
 25 sensor (24), en donde el controlador (100) está adaptado para indicar al montaje de válvula (25) que se abra
 cuando el sensor (24) detecte una presión inferior a la presión objetivo del límite inferior predeterminado para
 permitir que el aire de tiro pase hacia el horno reformador (30), por lo que al detectar la interrupción de la
 corriente de gases de escape (12) desde la turbina de gas (10), el montaje de válvula (25) se abre hasta una
 posición predeterminada en función de la velocidad operativa de la turbina de gas antes del inicio de la
 interrupción de la corriente de gas de escape (12) desde la turbina de gas (10).

30 2. El aparato de la reivindicación 1, en donde el controlador (100) está conectado operativamente a un montaje de
 válvula (15) para controlar la corriente de escape (12).

35 3. El aparato de la reivindicación 1 o 2, que comprende, además: una unidad de adsorción por variación de presión
 (40) dispuesta operativamente para recibir una corriente de reformado (36) del reformador (30) para formar una
 corriente de producto de hidrógeno (45) y una corriente de subproducto (33) a partir de la corriente de reformado
 (36).

40 4. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende, además:

un ventilador de tiro inducido (50) dispuesto operativamente para recibir una corriente de gas del producto de
 combustión (38) desde el horno reformador (30).

45 5. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el horno reformador (30) comprende múltiples
 tubos reformadores que contienen catalizador, en donde los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador
 se disponen operativamente para recibir una corriente de gas de alimentación del reformador (34) y el horno
 reformador se dispone operativamente para recibir al menos una parte (19) de la corriente de escape (12), la al
 menos una parte de la corriente de oxidante (21), la corriente de aire de tiro (27) y una corriente de combustible (32)
 para su combustión en un espacio de combustión externo a los múltiples tubos reformadores que contienen
 50 catalizador, en donde el horno reformador tiene una primera salida para extraer una corriente de reformado (36)
 formada a partir de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) en los múltiples tubos reformadores, y en
 donde el horno reformador (30) tiene una segunda salida para extraer una corriente de gas del producto de
 combustión (38) desde el espacio de combustión, la corriente de gas del producto de combustión (38) formada
 mediante la combustión de la corriente de combustible (32).

55 6. El aparato según las reivindicaciones 4 y 5, que comprende, además:

uno o más sensores (35, 52) en donde los uno o más sensores son al menos uno de un sensor (35) que
 responde a la presión en el espacio de combustión del horno reformador (30), y un sensor (52) que es
 60 responde a la concentración de oxígeno en la corriente de gas del producto de combustión (38) del horno
 reformador (30); y
 un controlador (100) conectado operativamente para recibir señales de los uno o más sensores (35, 52);
 en donde el ventilador de tiro inducido (50) está conectado operativamente para recibir señales del
 controlador (100) en respuesta a las señales de uno o más sensores (35, 52).

65 7. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende, además:

un segundo ventilador de tiro forzado (60) con una salida para descargar una segunda corriente de oxidante (61); un segundo montaje de válvula (65) para proporcionar una segunda corriente de aire de tiro (67); un segundo horno reformador (70) conectado operativamente a la turbina de gas (10), el segundo ventilador de tiro forzado (60) y el segundo montaje de válvula (65), y que se dispone operativamente para recibir una segunda parte (59) de la corriente de escape (12) desde la turbina de gas (10), al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (61) del segundo ventilador de tiro forzado (60), y la segunda corriente de aire de tiro (67) del segundo montaje de válvula (65); y un segundo intercambiador de calor (62) dispuesto operativamente entre el segundo ventilador de tiro forzado (60) y el segundo horno reformador (70), en donde el segundo intercambiador de calor (62) se dispone operativamente para recibir al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (61) desde el segundo ventilador de tiro forzado (60), y el segundo horno reformador (70) se dispone operativamente para recibir al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (61) desde el segundo intercambiador de calor (62).

8. El aparato según la reivindicación 7, en donde el segundo horno reformador (70) comprende múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, en donde los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador (70) se disponen operativamente para recibir una segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) y el segundo horno reformador se dispone operativamente para recibir la segunda parte (59) de la corriente de escape (12), la al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (61), la segunda corriente de aire de tiro (67), y una segunda corriente de combustible (72) para su combustión en un espacio de combustión externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador (70), en donde el segundo horno reformador (70) tiene una primera salida para extraer una segunda corriente de reformado (76) formada a partir de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) en los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador (70), y en donde el segundo horno reformador tiene una segunda salida para extraer una segunda corriente de gas del producto de combustión desde el espacio de combustión del segundo horno reformador (70), la segunda corriente de gas del producto de combustión formada mediante la combustión de la segunda corriente de combustible (72); el aparato comprende, además:

un segundo ventilador de tiro inducido (90) dispuesto operativamente para recibir la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70); un montaje de válvula (15) para controlar la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10), el montaje de válvula (15) operativo para controlar la velocidad de flujo de al menos una parte (19) de la corriente de escape (12) y operativo para controlar la velocidad de flujo de la segunda parte (59) de la corriente de escape; un segundo conducto (56) dispuesto operativamente para transportar la segunda parte (59) de la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10), la al menos una parte de la segunda corriente de oxidante (61) del segundo ventilador de tiro forzado (60), y la segunda corriente de aire de tiro (67) desde el segundo montaje de válvula (65) hacia el segundo horno reformador (70); un segundo sensor (64) que responde a una presión en el segundo conducto; un controlador (100) conectado operativamente al menos a uno del segundo montaje de válvula (65) para proporcionar la segunda corriente de aire de tiro (67) y el montaje de válvula (15) para controlar la corriente de escape (12), el controlador (100) se conecta operativamente al segundo sensor (64) y responde a las señales del segundo sensor (64); y una unidad de adsorción por variación de presión (80) dispuesta operativamente para recibir la segunda corriente de reformado (76) para formar una segunda corriente de producto de hidrógeno (85) y una segunda corriente de subproducto (73) a partir de la corriente de reformado (76); y uno o más sensores (75, 92) en donde los uno o más sensores son al menos uno de un sensor (75) que responde a la presión en el espacio de combustión del segundo horno reformador (70), y un sensor (92) que responde a la concentración de oxígeno en la corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70), en donde el controlador (100) está conectado operativamente para recibir señales de los uno o más sensores (75, 92); en donde el ventilador de tiro inducido (90) está conectado operativamente para recibir señales del controlador (100) en respuesta a las señales de uno o más sensores (75, 92).

9. Un proceso para producir un producto que contiene H₂ mediante el uso de un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, el proceso comprende un modo de funcionamiento primario, y un modo de funcionamiento secundario:

el modo de funcionamiento primario comprende:

calentar una primera cantidad de una corriente de oxidante (21) desde un ventilador de tiro forzado (20) en un intercambiador de calor (22); mezclar la primera cantidad de la corriente de oxidante (21) del ventilador de tiro forzado (20), después de calentarse en el intercambiador de calor (22), con una primera cantidad de al menos una parte (19) de una corriente de escape (12) de una turbina de gas (10) para formar una primera cantidad de una corriente de oxidante mezclada (26) que comprende el escape de la turbina de gas; introducir una primera cantidad de una corriente de gas de alimentación del reformador (34) hacia

múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en un horno reformador (30), hacer reaccionar la primera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) en una reacción de reformado en condiciones de reacción eficaces para formar una primera cantidad de una corriente de reformado (36) que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la primera cantidad de la corriente de reformado (36) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador (30); y quemar una primera cantidad de una corriente de combustible (32) con al menos una parte de la primera cantidad de la corriente de oxidante mezclada (26) que comprende el escape de la turbina de gas en el horno reformador (30) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la primera cantidad de la corriente de combustible (32) para formar una primera cantidad de una corriente de gas del producto de combustión (38) y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la primera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador y extraer la primera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) del horno reformador (30); y

el modo de funcionamiento secundario comprende:

calentar una segunda cantidad de la corriente de oxidante (21) desde el ventilador de tiro forzado (20) en el intercambiador de calor (22); abrir un montaje de válvula (25), y mezclar la segunda cantidad de la corriente de oxidante (21) del ventilador de tiro (20), después de calentarse en el intercambiador de calor (22), con una primera cantidad de una corriente de aire de tiro (27) del montaje de válvula (25) para formar una primera cantidad de una corriente de oxidante mezclada (29) que comprende el aire de tiro; introducir una segunda cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador (30), hacer reaccionar la segunda cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) en la reacción de reformado en condiciones de reacción eficaces para formar una segunda cantidad de la corriente de reformado (36) que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la segunda cantidad de la corriente de reformado (36) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador (30); y quemar una segunda cantidad de la corriente de combustible (32) con al menos una parte de la primera cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro (29) en el horno reformador (30) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la segunda cantidad de la corriente de combustible (32) para formar una segunda cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la segunda cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, y extraer la segunda cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) del primer horno reformador (30);

en donde, para una parte del proceso, el proceso funciona en el modo de funcionamiento primario, y para otra parte del proceso, el proceso funciona en el modo de funcionamiento secundario, el modo de funcionamiento secundario comienza cuando la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10) deja de estar disponible; y en donde al inicio del modo de funcionamiento secundario, el montaje de válvula (25) se abre hasta una posición predeterminada, la posición predeterminada depende de la velocidad operativa de la turbina de gas antes del inicio del modo de funcionamiento secundario.

10. El proceso de la reivindicación 9, que comprende, además:

un modo de funcionamiento terciario, el modo de funcionamiento terciario comienza después del modo de funcionamiento secundario, el modo de funcionamiento terciario se realiza cuando la corriente de escape de la turbina de gas no se encuentra disponible, el modo de funcionamiento terciario comprende:

calentar una tercera cantidad de la corriente de oxidante (21) desde el ventilador de tiro forzado (20) en el intercambiador de calor (22); cerrar parcialmente el montaje de válvula (25), y mezclar la tercera cantidad de la corriente de oxidante (21) del ventilador de tiro (20), después de calentarse en el intercambiador de calor (22), con una segunda cantidad de la corriente de aire de tiro (27) del montaje de válvula (25) para formar una segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende el aire de tiro (29); introducir una tercera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el horno reformador (30), hacer reaccionar la tercera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) en condiciones de reacción eficaces para formar una tercera cantidad de la corriente de reformado (36) que comprende H₂, CO, CH₄ y H₂O, y extraer la tercera cantidad de la corriente de reformado (36) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador (30); y

quemar una tercera cantidad de la corriente de combustible (32) con al menos una parte de la segunda cantidad de la corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro (29) en el horno reformador (30) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en condiciones eficaces para quemar la tercera cantidad de la corriente de combustible (32) para formar una tercera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la tercera cantidad de la corriente de gas de alimentación del reformador (34) dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador, y extraer la tercera cantidad de la corriente de gas del producto de combustión (38) del horno reformador (30);
 en donde la primera cantidad de la corriente de oxidante tiene una velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo, F_1 ;
 en donde la segunda cantidad de la corriente de oxidante tiene una velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo, F_2 ;
 en donde la tercera cantidad de la corriente de oxidante tiene una velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo, F_3 ;
 en donde la primera cantidad de la corriente de aire de tiro tiene una velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo, G_1 ;
 en donde la segunda cantidad de la corriente de aire de tiro tiene una velocidad de flujo de masa promedio en el tiempo G_2 ; and
 en donde $F_3 > F_1$, $F_3 > F_2$, y $G_1 > G_2$.

11. El proceso de la reivindicación 9 o 10, en donde el modo de funcionamiento primario comprende, además:

calentar una primera cantidad de una segunda corriente de oxidante (61) de un segundo ventilador de tiro forzado (60) en un segundo intercambiador de calor (62);
 mezclar la primera cantidad de la segunda corriente de oxidante (61) del segundo ventilador de tiro forzado (60), después de calentarse en el segundo intercambiador de calor (62), con una primera cantidad de una segunda parte (59) de la corriente de escape (12) de la turbina de gas (10) para formar una primera cantidad de una segunda corriente de oxidante mezclada que comprende el escape de la turbina de gas (66);
 introducir una primera cantidad de una segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) hacia múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en un segundo horno reformador (70), hacer reaccionar la primera cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) en una reacción de reformado en condiciones de reacción eficaces para formar una primera cantidad de una segunda corriente de reformado (76) que comprende H_2 , CO, CH_4 y H_2O , y extraer la primera cantidad de la segunda corriente de reformado (76) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador (70); y
 quemar una primera cantidad de una segunda corriente de combustible (72) con al menos una parte de la primera cantidad de la segunda corriente de oxidante mezclada que comprende el escape de la turbina de gas (66) en el segundo horno reformador (70) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador en condiciones eficaces para quemar la primera cantidad de la segunda corriente de combustible (72) para formar una primera cantidad de una segunda corriente de gas del producto de combustión (78) y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la primera cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) dentro de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador y extraer la primera cantidad de la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70);
 y en donde el modo de funcionamiento secundario comprende, además:

calentar una segunda cantidad de la segunda corriente de oxidante (61) desde el segundo ventilador de tiro forzado (60) en el segundo intercambiador de calor (62);
 abrir un segundo montaje de válvula (65) y mezclar la segunda cantidad de la segunda corriente de oxidante (61) del segundo ventilador de tiro forzado (60), después de calentarse en el segundo intercambiador de calor (62), con una primera cantidad de una segunda corriente de aire de tiro (67) del segundo montaje de válvula (25) para formar una primera cantidad de una segunda corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro (69); introducir una segunda cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) hacia los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador en el segundo horno reformador (70), hacer reaccionar la segunda cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) en condiciones de reacción eficaces para formar una segunda cantidad de una segunda corriente de reformado (76) que comprende H_2 , CO, CH_4 y H_2O , y extraer la segunda cantidad de la segunda corriente de reformado (76) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador (70); y
 quemar una segunda cantidad de la segunda corriente de combustible (72) con al menos una parte de la primera cantidad de la segunda corriente de oxidante mezclada que comprende aire de tiro (69) en el segundo horno reformador (70) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo reformador en condiciones eficaces para quemar la segunda cantidad de la segunda corriente de combustible (72) para formar una segunda cantidad de la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) y generar calor para suministrar energía para hacer reaccionar la segunda cantidad de la segunda corriente de gas de alimentación del reformador (74) dentro de los

múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del segundo horno reformador y extraer la segunda cantidad de la segunda corriente de gas del producto de combustión (78) del segundo horno reformador (70).

5 12. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en donde al menos una de la primera cantidad de la corriente de reformado (36), la segunda cantidad de la corriente de reformado (36), y la tercera cantidad de la corriente de reformado (36) de los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador del horno reformador (30) se separa mediante adsorción por variación de presión en un adsorbente por variación de presión (40) para producir un producto que contiene H₂ (45) y un gas de subproducto (33), y en donde la primera corriente de combustible (32) comprende al menos una parte del gas de subproducto (33).
10

13. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12 que comprende, además:

15 adquirir primeros datos de presión de la corriente de oxidante mezclada (26) que comprende el escape de la turbina de gas durante el modo de funcionamiento primario;
adquirir segundos datos de presión en respuesta a la presión en el horno reformador (30) externo a los múltiples tubos reformadores que contienen catalizador durante el modo de funcionamiento primario;
adquirir datos de concentración de oxígeno para la corriente de gas del producto de combustión (38) durante el modo de funcionamiento primario;
20 abrir y cerrar el montaje de válvula (25) en respuesta a los primeros datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, los segundos datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, y los datos de concentración de oxígeno adquiridos durante el modo de funcionamiento primario; ajustar la velocidad del ventilador de tiro forzado (20) en respuesta a los primeros datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, los segundos datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, y los datos de concentración de oxígeno adquiridos durante el modo de funcionamiento primario; y
25 ajustar la velocidad de un ventilador de tiro inducido (50) en respuesta a los primeros datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, los segundos datos de presión adquiridos durante el modo de funcionamiento primario, y los datos de concentración de oxígeno adquiridos durante el modo de funcionamiento primario.
30

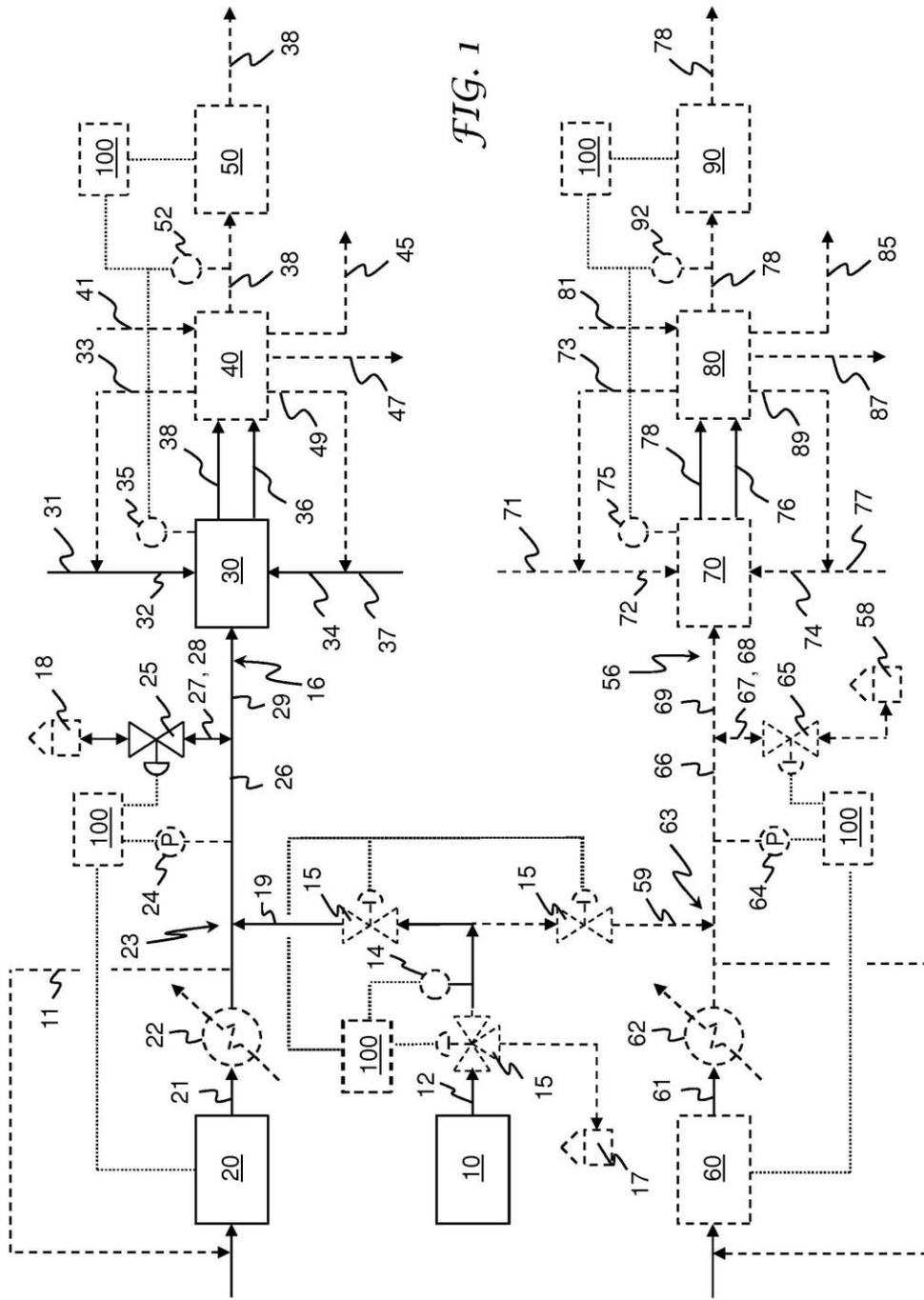


FIG. 1

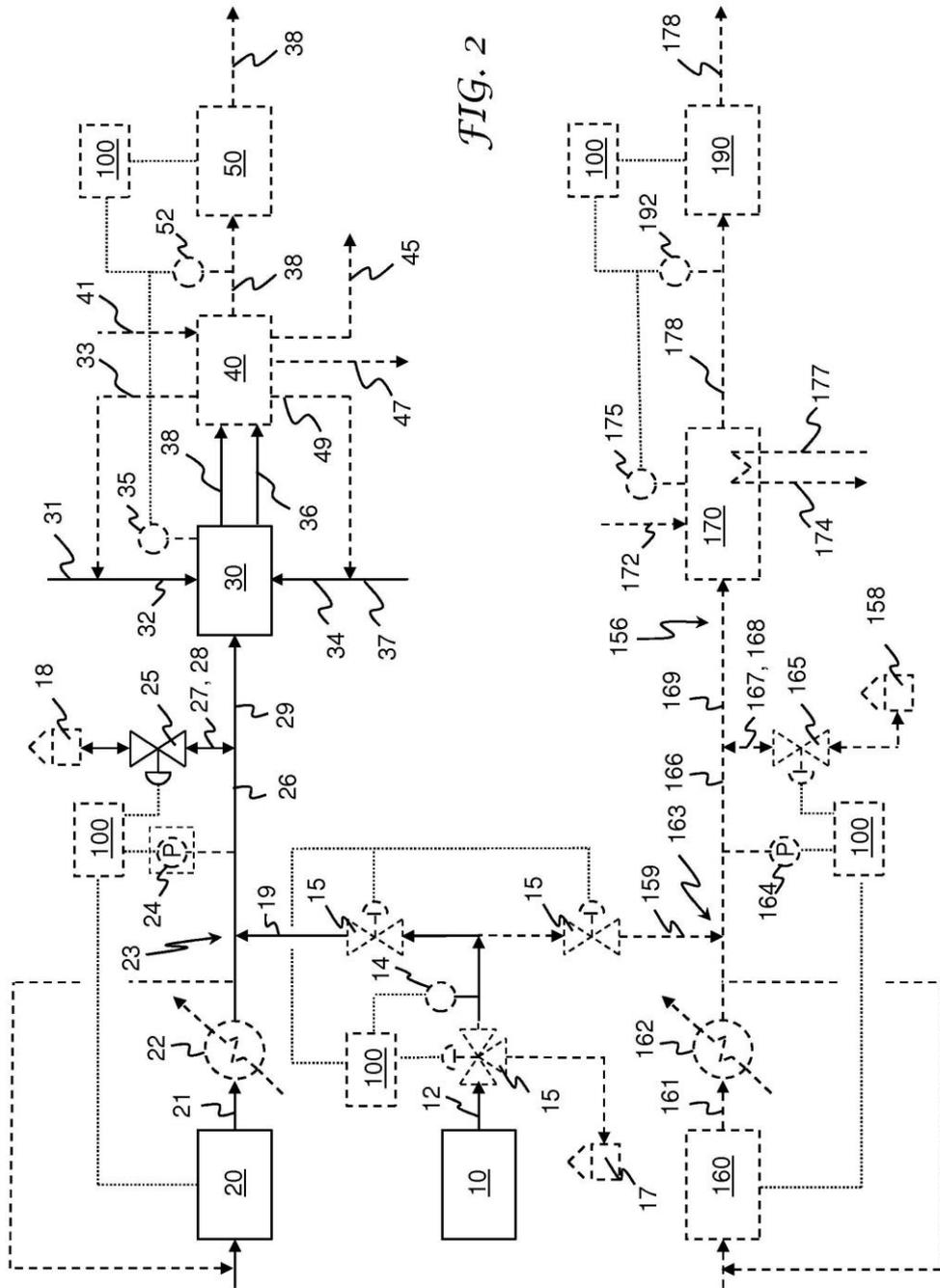


FIG. 2