



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 275 204**

51 Int. Cl.:
F02C 9/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04703299 .0**

86 Fecha de presentación : **19.01.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1599663**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **30.11.2005**

54 Título: **Control de una turbina de gas con reactor de aire caliente.**

30 Prioridad: **20.01.2003 SE 0300131**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.06.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.06.2007

73 Titular/es: **Alstom Technology Ltd.**
Brown Boveri Strasse 7
5400 Baden, CH
NORSK HYDRO ASA

72 Inventor/es: **Hamrin, Stellan**

74 Agente: **Riera Blanco, Juan Carlos**

ES 2 275 204 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

Control de una turbina de gas con reactor de aire caliente.

Campo técnico

La invención se refiere a una turbina de gas en la que la combustión de un combustible tiene lugar en un reactor lento, es decir, un reactor que no puede ser controlado rápidamente en el caso de fluctuaciones de carga, por ejemplo controlando el suministro de combustible. La invención se refiere en particular a una instalación y un procedimiento para controlar una turbina de gas en diferentes situaciones de funcionamiento que se producen durante el uso de tal reactor.

Técnica anterior

Se propone un procedimiento especial de generación de energía basado en turbina de gas que usa un concepto conocido por la abreviatura AZEP (planta avanzada de energía sin emisiones). Este procedimiento representa una manera económica de reducir las emisiones locales y globales. El ciclo innovador en el que está basado el procedimiento posibilita reducir el 100% las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Varios añadidos complementarios permiten que se use equipamiento convencional de turbinas de gas basadas en aire para generación de energía. La pérdida de rendimiento en planta es menos del 2%. La clave para lograr estos objetivos es el desarrollo de un reactor integrado con una turbina de gas, en el que se separa oxígeno (O₂) del aire en el reactor, de manera que la combustión de un combustible puede tener lugar en un entorno libre de nitrógeno.

El concepto AZEP no se describirá más a fondo en este documento, ya que el concepto expone un procedimiento conocido. Como ejemplo de la técnica anterior, en este documento se hará referencia a un artículo del "Second Nordic Minisymposium on Carbon Dioxide Capture and Storage" celebrado en Gothenburg el 26 de octubre de 2001, y titulado "AZEP - Development of an Integrated Air Separation Membrane-Gas Turbine", por los autores Sundkvist, Griffin y Thorsaug. Todo lo descrito en dicho artículo se incorpora en este documento a la presente memoria descriptiva.

El concepto AZEP propone un procedimiento para generar energía con nulas emisiones. El uso de una membrana llamada Membrana Conductora Mixta (MCM) proporciona una solución a esto. Esta membrana produce oxígeno puro a partir del aire. La investigación centrada en estas membranas selectivas de oxígeno ha aumentado notablemente en los últimos años. Las membranas MCM están formadas de estructuras cristalinas complejas, que contienen vacantes e iones de oxígeno. El principio sobre el que los iones de oxígeno son transportados a través de una membrana implica adsorción superficial seguida de descomposición en iones que son transportados a través de la membrana por una ocupación secuencial de vacantes de iones. El transporte de iones es compensado por un flujo de electrones a través de la membrana en la dirección opuesta. La fuerza motriz es una diferencia entre la presión parcial del oxígeno a ambos lados de la membrana. El transporte requiere además altas temperaturas de más de 700°C.

La integración de la tecnología MCM en plantas de energía puede lograrse de diversas maneras. Varias soluciones con ciclos separados caracterizados por diferentes rendimientos de ciclo han sido estudia-

das y comparadas con las mejores tecnologías posibles existentes. Esto ha demostrado que la aplicación más eficiente, económica y prometedora de un reactor MCM es integrarlo en una turbina de gas convencional. El reactor MCM, que combina procedimientos de separación de oxígeno, combustión y transferencia de calor, está pensado de ese modo para sustituir a los quemadores convencionales en una planta de energía de turbina de gas de diseño estándar, como se muestra en la Fig. 1 y se desvela en el documento WO-A-02053969. El conjunto de la turbina de gas y su equipamiento auxiliar consta de instalaciones estándar. La Fig. 1 muestra la configuración básica de dicho concepto con una turbina de gas que usa combustión de metano en un reactor MCM. Se suministra aire a un compresor C, de donde el aire comprimido calentado se suministra al reactor 1. En el reactor 1 se quema un gas, en este caso metano. El calor procedente de la combustión sube la temperatura del aire suministrado al reactor, tras lo cual el aire caliente acciona una turbina de gas T. La energía útil es utilizada por un generador G montado sobre el mismo eje que el compresor y la turbina de gas. Extendiéndose a lo largo de la longitud del reactor está una membrana MCM M. El oxígeno es transportado a través de la membrana en la figura desde el llamado circuito de aire del reactor 1 hacia el circuito de barrido del reactor. En el circuito de barrido el gas se quema en una reacción con oxígeno, tras lo cual los gases de combustión, en gran parte dióxido de carbono y agua, emiten calor por medio de un intercambiador de calor y después son suministrados a una turbina T2, que es accionada por los gases de combustión. Después, el agua y el dióxido de carbono son recogidos por el equipamiento (no mostrado), aguas abajo de la salida 2.

Un problema que ha de superarse para accionar una turbina de gas con un reactor MCM es cómo controlar la planta. En una turbina de gas convencional que genera un gas caliente, a diferencia de la generación de aire caliente en la presente planta, la turbina de gas se controla fácilmente regulando el suministro de combustible a uno o más quemadores entre el compresor y la turbina de gas según los requisitos de carga. Tal control es imposible con el tipo de reactor muy lento representado por un reactor MCM. Es decir, no son posibles cambios rápidos en la potencia de salida que suministra a la turbina de gas. Un objeto de la presente invención es demostrar una solución a este problema.

Resumen de la invención

Un primer aspecto de la invención expone una instalación para controlar una turbina de gas, cuyo quemador consta de un reactor que se mantiene preferentemente a una temperatura constante, estando caracterizada la instalación por la característica particular según la reivindicación de dispositivo independiente.

Un segundo aspecto de la invención expone un procedimiento para controlar dicha planta según la reivindicación de procedimiento independiente.

Disponer el reactor AZEP separado de la turbina de gas posibilita lograr una separación rápida de la turbina de gas del reactor en relación con la carga.

El objeto general de los aspectos de la invención es mantener estable la temperatura del reactor, simplemente controlando la salida del quemador del reactor y también controlando el flujo másico a través del circuito de barrido en el reactor. La presión en el circuito de barrido se mantiene a un nivel constante

en relación con la presión en los conductos de aire del reactor. Esto se logra controlando la salida de gas ordinaria y, en situaciones extremas, una válvula de descarga de gas. Si el aumento de presión del compresor de la turbina de gas es más rápido del que puede producirse suministrando combustible dentro del

circuito de barrido, debe considerarse la inyección de vapor adicional dentro del reactor. La turbina y su compresor se controlan por medio de las salidas de descarga convencionales y los álabes distribuidores giratorios en el compresor y controlando la temperatura de la entrada de la turbina. Según el aspecto de la invención, la temperatura se controla por medio de un conjunto de válvulas, que controla la una mezcla de aire caliente procedente del reactor y aire procedente del compresor, a la cual se ha hecho desviarse del reactor por medio del conjunto de válvulas. Puede bastar un conjunto de válvulas si la resistencia al flujo de aire a medida que el aire circula a través del reactor puede ser tal que la temperatura del aire hacia la turbina es suficientemente baja para todas las cargas cuando la válvula reguladora que desvía del reactor está totalmente abierta. Si la resistencia al flujo a través del reactor es demasiado baja, debe disponerse un conjunto de válvulas adicional en el conducto de aire frío hacia el reactor.

Aparte de la lentitud del reactor, una ventaja muy importante al poder mantener el reactor a la alta temperatura cuando se controla la planta es que es posible extraer oxígeno del aire para el proceso de combustión en el circuito de barrido sin la necesidad de suministrar oxígeno adicional, lo cual se hace necesario si la temperatura en el reactor se reduce en un intento de controlar la planta con la ayuda de ajustes en la marcha del reactor.

Se demostrarán más ejemplos del funcionamiento del control de turbina de gas desvelado y su aplicación en diversas situaciones de operación con referencia a los siguientes ejemplos de realización.

Descripción de los dibujos

la Fig. 1 muestra una planta de turbina de gas con un reactor MCM propuesto en la técnica anterior;

la Fig. 2 muestra en un diagrama esquemático y simbólico cómo está dispuesta una planta de turbina de gas según los aspectos de la invención;

la Fig. 3 ilustra una planta de turbina de gas según la invención, que muestra más claramente los diversos flujos de gas en la turbina de gas y el reactor.

Ejemplos de realizaciones de la invención

A continuación se describirá la invención con referencia a los dibujos adjuntos. Una instalación en forma de una planta de turbina de gas, que se controla según los aspectos de la invención, se muestra en la Fig. 1 descrita anteriormente.

La instalación para controlar la planta se muestra en forma esquemática en la Fig. 2. En la dicha figura, C representa un compresor para comprimir aire, que después de la compresión es suministrado a mayor presión y temperatura más alta a un reactor MCM 1 según la técnica anterior. En el reactor 1 se quema un combustible, en este caso gas metano. El reactor comprende un intercambiador de calor, que emite calor del circuito de barrido en el reactor al aire en el circuito de aire a través de la membrana M, que divide el reactor en un lado del circuito de barrido y un lado del circuito de aire. La temperatura del aire es aumentada así a alrededor de 1250°C. Este aire calentado acciona la turbina de gas T. Para poder con-

trolar la planta con fiabilidad y en diferentes tipos de situaciones de funcionamiento, según el aspecto de la invención está dispuesta una válvula reguladora V en paralelo con el reactor 1. La válvula reguladora V está situada preferentemente en el lado frío del circuito de aire. La válvula reguladora V puede usarse así para cortocircuitar el flujo de aire por el reactor 1. Esto posibilita controlar la temperatura en la entrada a la turbina de gas T enteramente dentro del intervalo de temperatura que está definido por la temperatura más baja en la salida del compresor C y la temperatura más alta en la salida del reactor 1, que normalmente se mantiene a aproximadamente 1250°C. Tal como se expuso, es ventajoso mantener el proceso en el reactor a una alta temperatura constante en buena parte. De esta manera puede aislarse el funcionamiento del reactor del control real de absorción de carga de la turbina de gas. Usando la válvula reguladora V para mezclar el aire más frío procedente del compresor C con el aire caliente procedente del reactor 1, la carga de la turbina de gas T puede controlarse de la manera deseada.

La Fig. 3 muestra más claramente los flujos de gas y aire a través de la planta según la invención. El aire comprimido procedente del compresor C se suministra dentro del reactor 1 a través de un núcleo 3, que contiene la membrana M. Esta membrana contiene un gran número de conductos paralelos similares a poros para aire y para gas. Cada conducto de aire está rodeado de conductos de gas y viceversa. El procedimiento descrito anteriormente para transportar oxígeno del aire al gas tiene lugar en el material entre los conductos de aire y los conductos de gas. El núcleo 3 también contiene un intercambiador de calor VVX, que transfiere calor del gas caliente al aire, de manera que el aire es calentado así a aproximadamente 1250°C antes de que se suministre el aire caliente a la turbina T. El gas caliente se produce en uno o más quemadores 4, que están incluidos en el reactor 1. En el ejemplo mostrado el gas está compuesto de metano que se quema en el quemador 4. A través del quemador 4 también corre un circuito de barrido 5. El gas en este circuito de barrido 5 se produce en el quemador 4, tras lo cual el gas caliente emite calor a través del intercambiador de calor VVX en el núcleo 3 del reactor 1. Debido a la adición de oxígeno procedente de aire en el circuito de aire a través de la membrana M, el gas en el circuito de barrido se enriquece en oxígeno y es capaz de mantener la combustión en el quemador 4 a donde se suministra en gas desde el núcleo 3. Después de emitir calor, el gas se ha enfriado a aproximadamente 450°C antes de que llegue al quemador 4. El gas usado también es desviado por una línea 6 hacia la turbina T2 mostrada en la Fig. 1, que utiliza aún más el calor, tras lo cual el gas es transportado nuevamente para procesamiento de su contenido de dióxido de carbono y agua. La figura también muestra una válvula de descarga de gas 7 para descargar gas del circuito de barrido. También se muestra una válvula de descarga de aire 8 para descargar aire del circuito de aire.

A continuación se describen varias situaciones diferentes de funcionamiento de la planta.

En el caso de un cambio de carga la temperatura en el circuito de barrido del reactor debe mantenerse constantemente a temperatura máxima. El flujo máximo en el circuito de barrido del reactor se mantiene de manera que el flujo de capacidad calorífica en el

circuito de barrido es igual al flujo de capacidad calorífica en el circuito de aire del reactor.

En el caso de una parada caliente de la planta, en la que no se requiere acceso al reactor, el reactor 1 es aislado de la turbina 1. Esto se hace porque el flujo de aire por el reactor se cortocircuita por fuera del reactor abriendo totalmente la válvula reguladora V. Aún se mantiene un pequeño flujo de aire a través del reactor para mantener el perfil de temperatura del reactor y para mantener los quemadores en la entrada del circuito de barrido a temperatura de plena carga.

El reactor 1 puede pararse de varias maneras diferentes. Puede lograrse una parada de emergencia, por ejemplo como resultado de un fallo de la turbina, aislando la turbina del reactor de la misma manera que en la parada caliente. En este caso, sin embargo, el reactor se apaga de manera bastante simple apagando

los quemadores. Si es necesario, también puede pararse la circulación en el circuito de barrido. Otra alternativa para parar el reactor que permite acceso más rápido al reactor y su núcleo es que se apaguen los quemadores y la circulación en el circuito de barrido pero, para la turbina, extraer gradualmente calor del reactor de manera que se enfríe en consecuencia.

En una desconexión de la turbina de gas en la que es necesario recurrir a una parada caliente de la planta, la válvula reguladora V se abre totalmente para que la temperatura de entrada a la turbina de gas T se reduzca y también se abre totalmente una válvula de descarga de aire 8 para reducir rápidamente la temperatura en la turbina de gas. La válvula reguladora V según la invención se muestra instalada entre el lado caliente y el lado frío del circuito de aire, como se describió anteriormente.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Planta de turbina de gas que comprende un compresor (C), una turbina (T) y un reactor (1) para calentar aire, en la que el aire es comprimido en el compresor (C) y es suministrado junto con un combustible al reactor para mantener la combustión, y en la que el aire calentado en el reactor acciona la turbina (T), **caracterizada** porque el control de la carga de la turbina (T) consta de controlar la temperatura de entrada a la turbina (T) mezclando aire caliente procedente del reactor (1) con aire procedente del compresor por medio de una válvula reguladora (V) dispuesta entre la salida del compresor (C) y la entrada de la turbina de gas (T).

2. Planta de turbina de gas según la Reivindicación 1, **caracterizada** porque el reactor (1) es un reactor de Membrana Conductora Mixta.

3. Planta de turbina de gas según cualquiera de las Reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizada** porque la válvula reguladora (V) está instalada en una línea que se desvía el circuito de aire del reactor (1).

4. Planta de turbina de gas según la Reivindicación 3, **caracterizada** porque la válvula reguladora está instalada más cerca del lado más frío de dicha línea de desvío.

5. Planta de turbina de gas según una cualquiera de las Reivindicaciones 2 a 4, **caracterizada** porque el reactor de Membrana Conductora Mixta (1) comprende un circuito de aire que conduce aire desde el compresor (C) a lo largo de un primer lado de una membrana (M), que transporta oxígeno del aire a un gas caliente en el otro lado opuesto de la membrana y que a medida que el aire en el circuito de aire pasa a través del reactor es calentado por un intercambiador de calor (VVX) dentro del reactor (1).

6. Planta de turbina de gas según la Reivindicación 5, **caracterizada** porque el reactor (1) comprende un circuito de barrido (5), que incluye el menos un quemador (4) en el que se quema el combustible y genera un gas caliente en el circuito de barrido, y porque el gas caliente es conducido a través del reactor por el otro lado de dicha membrana (M), donde es enriquecido con oxígeno y el gas caliente en el circuito de barrido emite calor al aire en el intercambiador de calor (VVX) antes de que el gas enfriado sea suministrado a una salida (6).

7. Planta de turbina de gas según la Reivindicación 6, **caracterizada** porque el circuito de barrido comprende una válvula de descarga (7).

8. Planta de turbina de gas según una cualquiera de las Reivindicaciones 5 a 7, **caracterizada** porque el circuito de aire comprende una válvula de descarga de aire (8).

9. Planta de turbina de gas según la Reivindicación 1, **caracterizada** porque el reactor (1) se mantiene a una temperatura que corresponde a la plena carga del reactor.

10. Planta de turbina de gas según la Reivindicación 9, **caracterizada** porque dicha temperatura se

mantiene controlando el flujo de aire y combustible a través del reactor.

11. Procedimiento de control de la carga en una planta de turbina de gas, que comprende las siguientes etapas:

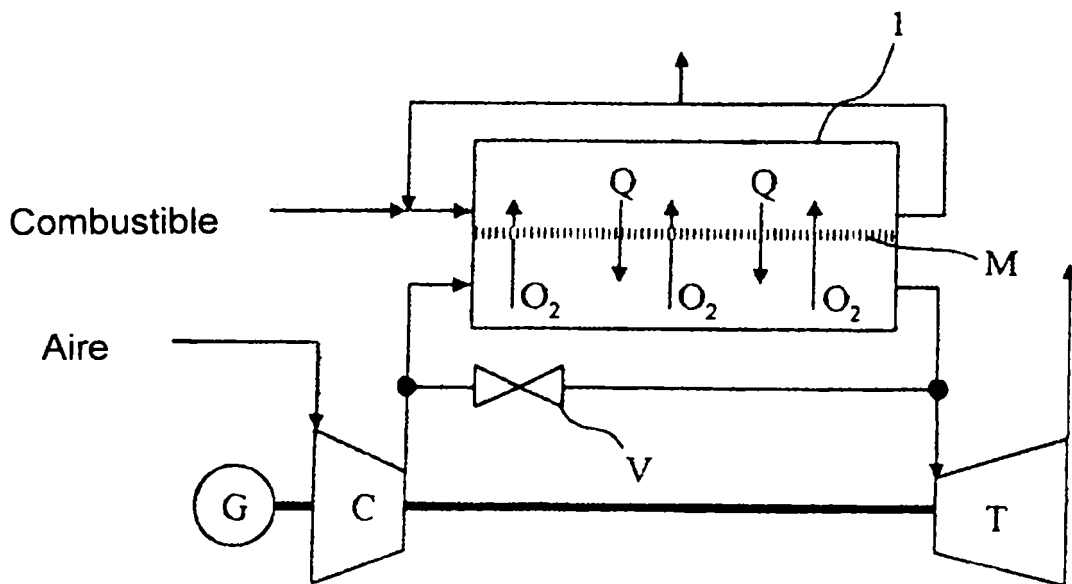
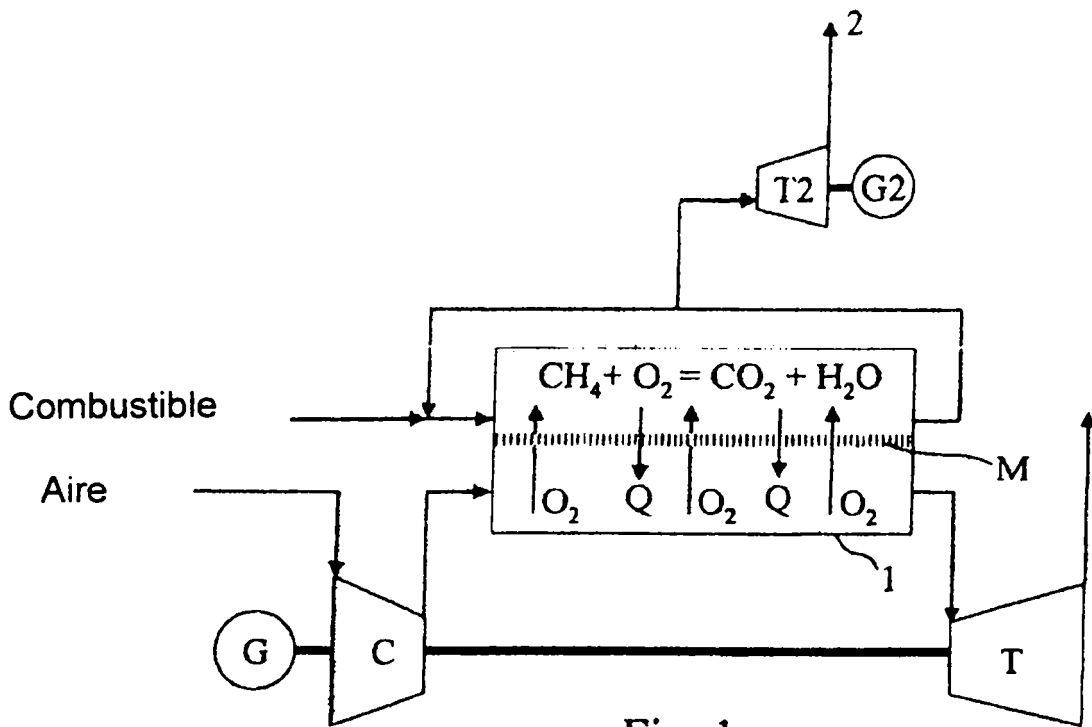
- se comprime aire en un compresor (C),
- el aire comprimido es conducido a través de un circuito de aire en un reactor (1) que comprime una membrana de Membrana Conductora Mixta (M),
- se suministra combustible a un quemador (4) en un circuito de barrido (5) en el reactor (1) donde se forma un gas caliente por una combustión en el quemador,
- se hace que el gas caliente emita calor al aire en el circuito de aire por medio de un intercambiador de calor en el reactor (1),
- en el reactor (1) el gas caliente es enriquecido con oxígeno que es transportado al circuito de barrido procedente del aire en el circuito de aire a través de la membrana (M),
- el aire calentado en el reactor (1) es desviado a una entrada de una turbina de gas (T) para accionar la turbina de gas, estando **caracterizado** el procedimiento porque:
- el control de la carga en la planta se logra controlando una válvula reguladora V, que permite que el aire que viene directamente de la salida del compresor (C) se mezcle con aire caliente procedente del reactor (1), de manera que la temperatura del aire a la entrada de la turbina de gas (T) puede controlarse como una función de la absorción de carga de la turbina de gas (1).

12. Procedimiento según la Reivindicación 11, **caracterizado** porque la válvula reguladora establece la temperatura en la entrada a la turbina de gas a entre 450°C y 1250°C.

13. Procedimiento según la Reivindicación 11 ó 12, **caracterizado** porque se permite al reactor (1) funcionar a una temperatura que corresponde a plena carga cuando se controlan los cambios de carga de la turbina de gas (T).

14. Procedimiento según la Reivindicación 11, **caracterizado** porque puede lograrse una parada rápida de la planta abriendo totalmente la válvula reguladora (V) de manera que prácticamente todo el aire procedente del compresor se desvía del reactor (1).

15. Procedimiento según la Reivindicación 11, **caracterizado** porque puede lograrse una parada rápida de la turbina de gas (T) abriendo totalmente la válvula reguladora (V) de manera que prácticamente todo el aire procedente del compresor se desvía del reactor (1).



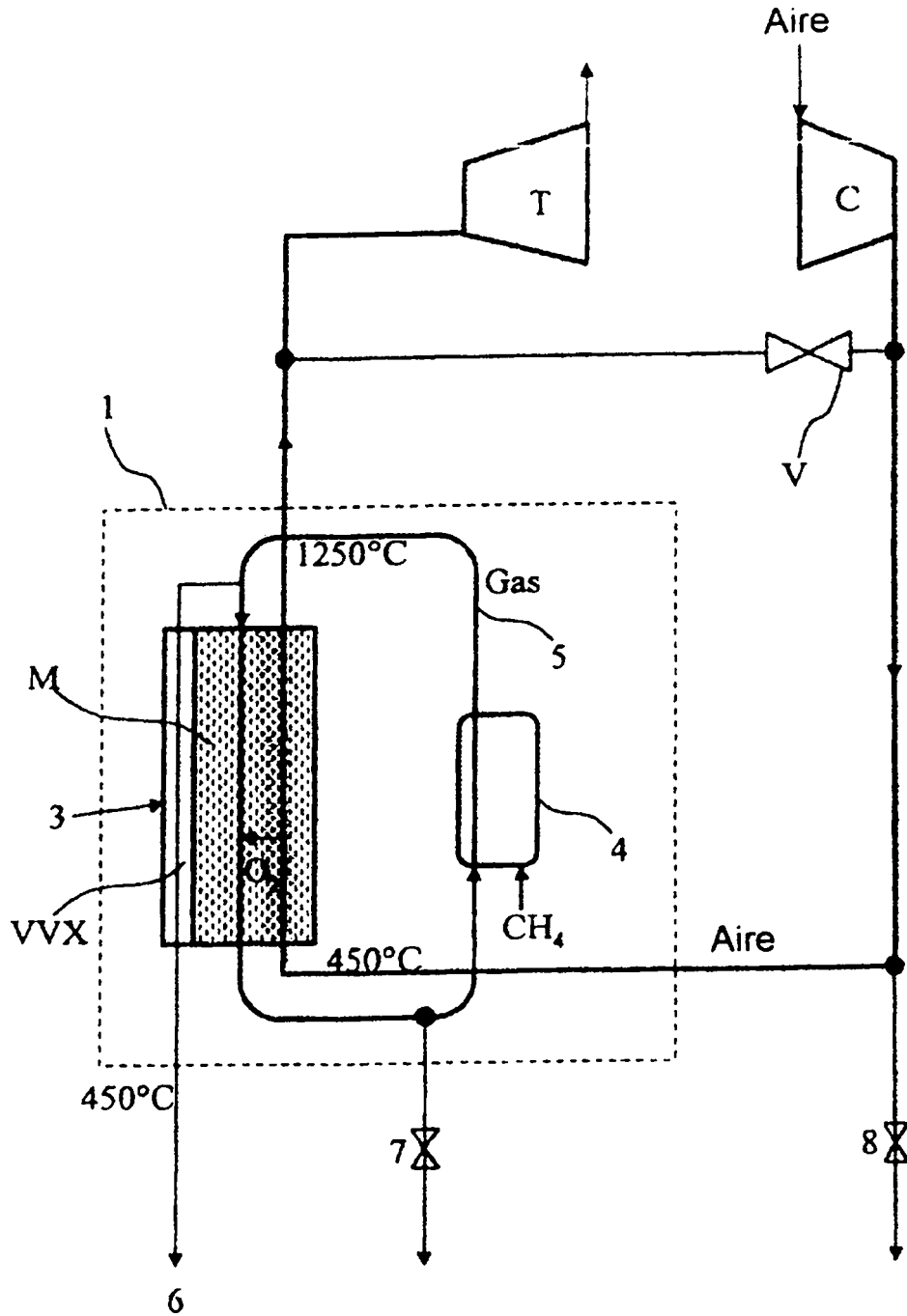


Fig. 3