

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 287**

51 Int. Cl.:

C10J 3/66 (2006.01)

C07C 29/151 (2006.01)

C10G 2/00 (2006.01)

F23J 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.01.2011 PCT/EP2011/050788**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.07.2011 WO11089200**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2011 E 11701082 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020 EP 2526177**

54 Título: **Dispositivos libres de emisiones para la ejecución de trabajo mecánico**

30 Prioridad:

23.02.2010 EP 10154449

22.01.2010 EP 10151473

22.01.2010 EP 10151481

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

15.04.2021

73 Titular/es:

**RV LIZENZ AG (100.0%)
Alte Steinhauserstrasse 1
6330 Cham, CH**

72 Inventor/es:

RÜDLINGER, MIKAEL

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 819 287 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

Dispositivos libres de emisiones para la ejecución de trabajo mecánico

5 **Ámbito técnico**

La presente invención se refiere a dispositivos para la ejecución de trabajo mecánico.

Estado de la técnica

10

En el contexto del aumento continuo de la movilidad, y de la carga ambiental asociada a ello, desde hace tiempo existe la necesidad de dispositivos de accionamiento, en particular motores de combustión interna, con una emisión reducida de sustancias nocivas, como por ejemplo óxidos nitrosos, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles. Con esa finalidad, se han realizado esfuerzos, por una parte, para depurar gases de sustancias nocivas, por ejemplo

15 con filtros y catalizadores y, por otra parte, para reducir la formación de esas sustancias nocivas.

En la utilización de propulsores a base de hidrocarburos, como por ejemplo gasolina, diesel o gas natural, el dióxido de carbono es un producto final inevitable del proceso de combustión. Desde hace tiempo se sabe que el dióxido de carbono tiene efectos muy negativos en el equilibrio climático de la Tierra y contribuye en gran medida al calentamiento global provocado por el hombre. Por lo tanto, se considera muy deseable evitar las emisiones de dióxido de carbono.

20

En general, un filtrado de dióxido de carbono desde los gases de escape de combustión, con una inversión energética razonable, sólo es posible con dificultad. Para la gran industria, se prueban sistemas en los que el dióxido de carbono se almacena, por ejemplo, en solventes a base de amina. Los sistemas de esa clase, sin embargo, son costosos y complicados, y no pueden practicarse para instalaciones más reducidas. Para reducir las emisiones de dióxido de carbono se desarrollan además motores de combustión con un consumo de propulsante más reducido y, con ello, también con una emisión de dióxido de carbono más reducida, o se utilizan propulsores basados en biomasa, neutrales en cuanto al dióxido de carbono.

25

30 Los vehículos que funcionan de forma eléctrica, al menos de forma local, son absolutamente libres de emisiones. Sin embargo, los sistemas de acumulador disponibles en la actualidad aún son muy complejos, así como la densidad energética es demasiado reducida, lo cual limita el alcance máximo que puede lograrse. Además, los vehículos que funcionan con batería, con respecto al tiempo de recarga o al tiempo de repostaje, son también inferiores a los vehículos con carburantes químicos.

35

De manera alternativa, para la obtención de energía eléctrica, para el funcionamiento de vehículos accionados de forma eléctrica, se desarrollaron sistemas de celdas de combustible. En esos sistemas de celdas de combustible, a partir de propulsores a base de hidrocarburos y oxígeno del aire, se genera corriente de forma electroquímica. Sin embargo, también aquí el dióxido de carbono resulta como producto de reacción.

40

Con la utilización de hidrógeno como propulsante para motores de combustión o celdas de combustible, puede evitarse la emisión de dióxido de carbono. El hidrógeno, sin embargo, presenta una densidad energética menor que los propulsores a base de carbono, y también presenta problemas especiales en la producción y el almacenamiento.

45 Para los motores de combustión interna existen en el estado de la técnica una pluralidad de tecnologías establecidas desde hace años. En lugar de tener que desarrollar tecnologías completamente nuevas, sería deseable poder modificar esas tecnologías existentes, de manera que se reduzca o evite la emisión de dióxido de carbono.

En la solicitud WO 2009/144369 A1 se describe una central eléctrica, en la cual polvo de carbón se quema en un horno con una mezcla de gases de oxidación, de oxígeno (18-28%), dióxido de carbono y agua. Desde los gases de escape calientes se disocia una parte, para de ese modo reducir oxígeno puro a la concentración de oxígeno deseada, y obtener así el gas de oxidación. La otra parte del gas de escape se comprime y condensa después del aprovechamiento energético. Los gases residuales que no pueden condensarse se liberan a la atmósfera.

50

55 En la solicitud WO 2007/079381 A2 se describe una instalación análoga, en la cual carbón con dióxido de carbono y oxígeno se quema en un horno. Los gases de escape que se producen se enfrían y se condensan, y se separan agua y dióxido de carbono líquido. Los gases residuales se despiden hacia la atmósfera.

En la solicitud WO 2004/054029 A1 se describe una celda de combustible de óxido de cuerpo sólido, para la obtención de energía eléctrica a partir de gas natural y aire. Desde los gases de escape anódicos se separan dióxido de carbono

60

y agua, y el carburante no utilizado se conduce nuevamente a la celda de combustible.

En la solicitud US 2003/097840 A1 se describe una central eléctrica, en la cual combustible se quema en un horno con gas enriquecido con oxígeno. Una parte del gas de escape, después de la generación del vapor sobrecalentado, se reconduce al horno, la otra parte del gas de escape es tratada. Se separan las partes que pueden condensarse. Las partes que no pueden condensarse se mezclan con el aire enriquecido con oxígeno y se conducen al horno.

En la solicitud WO 2006/117824 A1 se describe un procedimiento en el cual, a partir de desechos sólidos, en una primera etapa, se genera gas de pirólisis, y en una segunda etapa se genera gas de síntesis a partir del coque de pirólisis restante. El gas de pirólisis y el gas de síntesis se queman juntos para generar vapor caliente, con los gases de escape calientes, para la obtención de energía. Una parte de los gases de escape calientes se utiliza para realizar la pirólisis.

En la solicitud US 4092825 se describe una central de electricidad, en la cual material sólido que contiene carbono se gasifica con vapor de agua y oxígeno, formando gas de síntesis. Para generar vapor caliente, en un horno de caldera una primera parte del gas de síntesis se quema con aire. La energía térmica del vapor caliente, con una turbina de vapor, se transforma en energía mecánica y/o eléctrica. Desde una segunda parte del gas de síntesis se sintetizan hidrocarburos que pueden condensarse mediante la síntesis de Fischer-Tropsch. A continuación, los mismos se almacenan como carburante y en caso necesario se utilizan para operar una turbina de gas para la generación de energía mecánica y/o eléctrica.

Objeto de la invención

El objeto de la invención consiste en proporcionar dispositivos para la ejecución de trabajo mecánico que no presenten las desventajas antes mencionadas ni otras desventajas. En particular, un dispositivo de esa clase debe presentar emisiones muy reducidas o no presentar emisiones en absoluto.

Otro objeto de la invención consiste en proporcionar un dispositivo que permita recolectar de modo eficiente dióxido de carbono que se produce y otras emisiones, y en almacenarlos para otra utilización, un almacenamiento definitivo o una reutilización.

Otro objeto de la invención consiste en proporcionar un dispositivo que pueda operarse con un ciclo cerrado.

Ese y otros objetos se solucionan mediante un dispositivo según la invención, aparatos, máquinas e instalaciones que pueden funcionar con dispositivos de esa clase, en particular máquinas e instalaciones móviles y estacionarias, según las reivindicaciones independientes. Otras formas de realización ventajosas se describen en las reivindicaciones dependientes.

Descripción de la invención

En un dispositivo según la invención para la ejecución de trabajo mecánico, la energía necesaria para el funcionamiento se obtiene a partir de la oxidación de carburantes que contienen carbono, produciendo un gas de escape compuesto esencialmente por dióxido de carbono y agua. Se proporciona un dispositivo para la compresión y/o la condensación del gas de escape. Un acumulador sirve para la recepción del gas de escape comprimido y/o condensado.

El dispositivo según la invención es un motor de combustión interna, por ejemplo un motor de pistón o una turbina, con al menos una cámara de combustión para la combustión de carburante con aire enriquecido con oxígeno o con oxígeno puro, con medios para convertir la presión del gas que se produce o el volumen de gas en trabajo mecánico, con un primer dispositivo de suministro para la introducción de oxígeno en la cámara de combustión, con un segundo dispositivo de suministro para la introducción de agua directamente hacia al menos una cámara de combustión, con un dispositivo de salida para la separación de los gases de escape desde la cámara de combustión, con un compresor para la compresión de los gases de escape, y con un dispositivo de compensación para la compensación parcial de los gases de escape, en donde el compresor y el dispositivo de compensación están dispuestos aguas abajo con respecto al dispositivo de salida.

Un dispositivo de esa clase según la invención puede operarse con aire enriquecido con oxígeno, preferentemente con una parte de oxígeno de > 95% y/o con oxígeno puro como agente oxidante.

Antes y/o después del dispositivo para la compresión y/o la condensación del gas de escape puede estar

proporcionado un intercambiador de calor para enfriar el flujo de gas de escape.

Otra forma de realización de un dispositivo según la invención presenta un dispositivo para la condensación y/o la separación de agua desde el gas de escape.

5

Otra variante de un dispositivo de esa clase según la invención presenta un dispositivo de suministro para la introducción de agua en el flujo de gas de escape después de la salida desde la cámara de combustión.

Una máquina según la invención, en particular una máquina móvil o estacionaria, comprende un dispositivo de esa clase según la invención.

10

Una forma de realización de un dispositivo descrito, realizado como dispositivo de calentamiento, no acorde a la invención, presenta al menos una cámara de combustión para la combustión de carburante con aire enriquecido con oxígeno o con oxígeno puro, medios para la transmisión de la energía térmica que se produce hacia un medio de transporte térmico fluido, un dispositivo de suministro para la introducción de oxígeno en la cámara de combustión, y un dispositivo de salida para la separación de los gases de escape desde la cámara de combustión. Aguas abajo del dispositivo de salida están proporcionados un compresor para la compresión de los gases de escape y/o un dispositivo de condensación para la condensación parcial de los gases de escape.

15

Una instalación de repostaje descrita, no acorde a la invención, para el repostaje de una máquina o instalación móvil, con un dispositivo según la invención con carburantes gaseosos o líquidos, presenta medios para la extracción de gases comprimidos, en particular dióxido de carbono, desde un acumulador de la máquina móvil.

20

De manera ventajosa, una instalación de repostaje de esa clase también presenta medios para el repostaje de la máquina o instalación móvil con oxígeno o aire enriquecido con oxígeno.

25

Un sistema de suministro descrito, no acorde a la invención, para el suministro de uno o de varios consumidores con carburantes gaseosos y/o líquidos, presenta una primera red de suministro para el transporte de los carburantes hacia los consumidores, desde una o varias instalaciones de producción y/o desde uno o varios primeros acumuladores.

30

Una segunda red de retorno sirve para el transporte de regreso de gases de escape, en particular dióxido de carbono, desde los consumidores, hacia una o varias instalaciones de producción y/o hacia uno o varios segundos acumuladores.

En un procedimiento de esa clase para la ejecución de trabajo mecánico y/o para generar energía eléctrica o térmica, la energía necesaria para el funcionamiento se obtiene a partir de la oxidación de carburantes que contienen carbono, produciendo un gas de escape compuesto esencialmente por dióxido de carbono y agua. Los gases de escape que se producen durante la reacción de oxidación se comprimen y/o condensan, y se recolectan en un acumulador.

35

De manera ventajosa, como agente oxidante se utiliza aire enriquecido con oxígeno, preferentemente con una parte de oxígeno de > 95%, u oxígeno puro. Un procedimiento de esa clase, de manera ventajosa, se realiza con un dispositivo según la invención.

40

En una variante de realización de un procedimiento de esa clase, los gases de escape comprimidos se enfrían antes y/o después de la compresión y/o de la condensación.

45

En otra variante de un procedimiento de esa clase, desde los gases de escape se condensa y/o separa agua.

De manera ventajosa, un procedimiento de esa clase se realiza con una celda de combustible, con un motor térmico o con un dispositivo de calentamiento.

50

En otra variante de realización ventajosa de un procedimiento de esa clase, los carburantes se producen con un procedimiento para el aprovechamiento térmico-químico de sustancias iniciales que contienen carbono, en el cual, en una primera etapa, se pirolizan las sustancias iniciales que contienen carbono, en donde se producen coque de pirólisis y gas de pirólisis. En una segunda etapa, el coque de pirólisis de la primera etapa se gasifica, en donde se produce gas de síntesis, y quedan escoria y otros residuos, que se separan. En una tercera etapa, el gas de síntesis de la segunda etapa se transforma en los carburantes; en donde el gas de retorno excedente de la tercera etapa se conduce a la primera etapa y/o a la segunda etapa. Las tres etapas forman un ciclo cerrado.

55

En la solicitud internacional N° PCT/EP2010/067847 (WO 2011/061299 A2) del solicitante, del 19 de noviembre 2010, titulada "Verfahren und Anlage zur thermisch-chemischen Verarbeitung und Verwertung von kohlenstoffhaltigen

60

Substanzen", están descritos un procedimiento y una instalación para el procesamiento térmico-químico, y para el aprovechamiento de sustancias que contienen carbono.

En otra variante ventajosa de un procedimiento de esa clase, al menos una parte de los gases de escape se aprovechan en un procedimiento para el aprovechamiento térmico-químico de sustancias iniciales que contienen carbono, en el cual, en una primera etapa, se pirolizan las sustancias iniciales que contienen carbono, en donde se producen coque de pirólisis y gas de pirólisis. En una segunda etapa, el coque de pirólisis de la primera etapa se gasifica, en donde se produce gas de síntesis, y quedan escoria y otros residuos, que se separan. En una tercera etapa, el gas de síntesis de la segunda etapa se transforma en los carburantes; en donde el gas de retorno excedente de la tercera etapa se conduce a la primera etapa y/o a la segunda etapa. Las tres etapas forman un ciclo cerrado. Los gases de escape se suministran a la primera etapa y/o a la segunda etapa y/o a la tercera etapa.

Preferentemente, los gases de escape se suministran al gas de retorno.

En un procedimiento descrito, no acorde a la invención, para el abastecimiento de uno o varios consumidores que realizan un procedimiento descrito, no acorde a la invención, para la ejecución de trabajo mecánico y/o para la generación de energía eléctrica o térmica, con carburantes gaseosos y/o líquidos para ese procedimiento, los consumidores son abastecidos de carburantes gaseosos y/o líquidos, con una primera red de suministro, desde una o varias instalaciones de producción y/o desde uno o varios primeros acumuladores. Con una segunda red de retorno, al menos una parte de los gases de escape que se producen durante el procedimiento de accionamiento, en particular dióxido de carbono, es reconducida desde los consumidores hacia una o varias instalaciones de producción y/o hacia uno o varios segundos acumuladores.

En un procedimiento descrito, no acorde a la invención, para la producción de corriente eléctrica, la energía de accionamiento para el generador de corriente se genera con un procedimiento descrito, planteado anteriormente, no acorde a la invención.

Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la presente invención, a continuación se hará referencia a los dibujos. Estos muestran solo ejemplos de realización del objeto de la presente invención.

La figura 1 muestra esquemáticamente un dispositivo según la invención, en combinación con una instalación para el aprovechamiento térmico-químico de sustancias que contienen carbono, en donde resulta un ciclo de materiales esencialmente cerrado.

La figura 2, de manera esquemática, muestra una variante de un dispositivo según la invención.

La figura 3, de manera esquemática, muestra una forma de realización de un dispositivo según la invención, conformado como un motor de combustión interna.

La figura 4, de manera esquemática, muestra otra forma de realización de un dispositivo según la invención, conformado como un motor de combustión interna.

La figura 4A, de manera esquemática, muestra un dispositivo según la invención conformado como una turbina combinada de gas/vapor.

La figura 5 muestra esquemáticamente un dispositivo según la invención en un vehículo, así como una variante posible de un ciclo cerrado para el suministro de propulsante de un vehículo de esa clase con un dispositivo según la invención, en combinación con un sistema de retorno para dióxido de carbono.

La figura 6 muestra esquemáticamente una variante posible de una red de suministro para propulsores gaseosos en combinación con un sistema de retorno para dióxido de carbono, para realizar el procedimiento de suministro descrito, no acorde a la invención.

50 Realización de la invención

Los ejemplos indicados a continuación se proporcionan para una mejor ilustración de la presente invención, pero no pretenden limitar la invención a las características que se dan a conocer en esta invención.

Del modo ya explicado, en un procedimiento descrito, no acorde a la invención, y en un dispositivo 1 según la invención para la ejecución de trabajo mecánico y/o para la generación de energía eléctrica o térmica, la energía necesaria para el funcionamiento se obtiene a partir de la oxidación de carburantes que contienen carbono, produciendo un gas de escape. Los gases de escape que se producen durante la reacción de oxidación se comprimen y/o condensan, y se recolectan en un acumulador. El aprovechamiento de la energía química tiene lugar de forma térmica-química, o de forma electroquímica. Los dispositivos 1 de esa clase según la invención presentan un ciclo cerrado, es decir, que se

producen emisiones hacia la atmósfera.

Los residuos que se producen al realizarse un trabajo mecánico o al generarse energía eléctrica o térmica, como en particular dióxido de carbono, se tratan de forma posterior, en particular se comprimen y se almacenan ahorrando espacio, por ejemplo en un depósito a presión. La mezcla de gases almacenada contiene esencialmente sólo dióxido de carbono y eventualmente también agua. El dióxido de carbono se transfiere regularmente a un dispositivo acumulador adecuado más grande, para un aprovechamiento posterior. De manera ventajosa, por ejemplo, ese retorno del dióxido de carbono tiene lugar al mismo tiempo que el repostaje de un vehículo.

10 En una variante ventajosa de un dispositivo según la invención y de un procedimiento descrito, no acorde a la invención, el dióxido de carbono almacenado se reutiliza de forma parcial o total.

En la solicitud internacional N° PCT/EP2010/067847 (WO 2011/061299 A2) del solicitante se describen un procedimiento y una instalación 6 para el procesamiento térmico-químico y el aprovechamiento de sustancias que contienen carbono. En la figura 1 está representada una instalación 6 de esa clase, de forma esquemática y muy simplificada.

En un ciclo esencialmente cerrado, en la instalación 6 material inicial 27 que contiene carbono se transforma en hidrocarburos 20 y derivados de hidrocarburo. Con este fin, en una primera etapa 61a y en una segunda etapa 61b, el material inicial 27 que contiene carbono se transforma en una mezcla de gases de síntesis 65. En la primera etapa 61a se suministran y pirolizan las sustancias que contienen carbono, en donde se producen coque de pirólisis 63 y gas de pirólisis 64. En una segunda etapa 61b, el coque de pirólisis 63 de la primera etapa se gasifica, en donde se produce una mezcla gas de síntesis 65, y quedan escoria y otros residuos. En una tercera etapa 62, a partir de la mezcla de gases de síntesis 65 se producen hidrocarburos y otras sustancias reutilizables 20, que pueden utilizarse de otro modo, por ejemplo como carburantes 20 líquidos y/o gaseosos. La mezcla de gases de retorno 66, que queda después de la etapa de síntesis 62, contiene esencialmente dióxido de carbono y es conducida nuevamente a la primera etapa, como medio de gasificación. Las tres etapas están cerradas de manera resistente a la presión y forman un ciclo esencialmente cerrado. Con una instalación de aprovechamiento 6 de esa clase, sustancias sólidas, líquidas o gaseosas pueden transformarse de modo eficiente en carburantes 20 gaseosos o líquidos. Adicionalmente, la instalación 6 genera energía térmica en forma de vapor del proceso (no representado). Los carburantes que contienen hidrocarburos, generados en la etapa de síntesis 62, preferentemente se almacenan de forma intermedia 81, en depósitos o acumuladores a presión.

Un dispositivo 1 según la invención, de manera ventajosa, utiliza como carburante hidrocarburos gaseosos o líquidos y derivados de hidrocarburos 20 desde la instalación 6, que se extraen desde el acumulador 81. La reacción de oxidación que genera energía térmica o eléctrica tiene lugar en este caso con aire enriquecido con oxígeno, preferentemente con una parte de oxígeno de > 95%, o con oxígeno puro 22 en lugar de aire. El oxígeno, de manera ventajosa, se conduce también a un depósito a presión. El dispositivo 1 según la invención puede ser por ejemplo un motor de combustión interna, en el cual el calor que se produce durante la reacción de oxidación se transforma en trabajo mecánico en un motor de combustión interna, o de una celda de combustible en combinación con un motor eléctrico, en el cual la reacción de oxidación se usa directamente para generar corriente.

La utilización de oxígeno puro 22 en lugar de aire, en primer lugar, debido a la ausencia del nitrógeno del aire, en el caso de una reacción térmica-química a temperaturas elevadas, evita la formación de óxidos nitrosos. Pero ante todo, en los productos de reacción 21 que se producen, quedan esencialmente sólo dióxido de carbono 24 y vapor de agua 23. Dependiendo de la estequiometría de la reacción, los gases resultantes también pueden contener ciertas partes de monóxido de carbono y carburante sin reaccionar. Los mismos, sin embargo, pueden tratarse posteriormente a continuación, de forma análoga al dióxido de carbono.

Los productos de reacción 21, de la reacción que genera energía, esencialmente son gaseosos. La mezcla de gases correspondiente se comprime ahora para reducir el volumen. Con la ayuda de un intercambiador de calor, antes y/o después de la compresión, la mezcla de gases 21, de forma controlada, es enfriada, debido a lo cual se pierde además volumen, de modo correspondiente. De este modo el agua se condensa por completo, debido a lo cual se reduce nuevamente aún más el volumen de la mezcla de gases, y en la mezcla de gases sólo queda dióxido de carbono 24, eventualmente con partes de monóxido de carbono y carburante sin reaccionar. El agua 23 condensada se separa. El dióxido de carbono 24 puede almacenarse de forma intermedia en un depósito adecuado, por ejemplo en un depósito a presión.

A intervalos regulares, el dióxido de carbono 24 es conducido nuevamente a la primera etapa 61a de la instalación 6, de manera que resulta un ciclo de materiales cerrado para el dióxido de carbono. Puede estar proporcionado un

acumulador intermedio 82 para el gas de escape 24 que contiene dióxido de carbono. De este modo, es posible que con el procedimiento antes mencionado, de sustancias que contienen carbono y dióxido de carbono, se generen hidrocarburos líquidos o gaseosos, y derivados de hidrocarburos, y que la mezcla de propulsores que resulta de ese modo, a continuación, se transforme en trabajo mecánico y/o en energía eléctrica o térmica, en un dispositivo 1 según la invención. El dióxido de carbono recolectado y almacenado recircula, y de forma parcial o total se convierte nuevamente en carburante 20 en la instalación 6. De esta manera, la emisión efectiva de dióxido de carbono de un dispositivo según la invención puede reducirse en gran medida o incluso puede evitarse por completo.

De manera alternativa o adicional con respecto a la recirculación, una parte del dióxido de carbono almacenado también puede depositarse de modo que la misma no pueda llegar de forma permanente a la atmósfera. Actualmente, en todo el mundo se perfeccionan tecnologías correspondientes para el almacenamiento permanente a largo plazo de dióxido de carbono. Por ejemplo, se analiza el almacenamiento definitivo de dióxido de carbono mediante inyección en campos vacíos de petróleo y gas natural.

En la figura 2 se representa de forma esquemática otra variante generalizada de un dispositivo 1 según la invención, para realizar el procedimiento descrito, no acorde a la invención. Un motor de combustión interna 1 según la invención de esa clase puede operarse sin problemas en el funcionamiento combinado con hidrógeno 25 como otro carburante. En tal caso, la parte de hidrógeno conduce a una reducción de la cantidad de gas residual que se produce después del intercambiador de calor y el compresor, ya que en la oxidación de hidrógeno con oxígeno, de todos modos, sólo se produce agua.

Si un dispositivo 1 según la invención se diseña como motor de combustión interna, entonces en una variante ventajosa de un dispositivo según la invención de esa clase, así como de un procedimiento de esa clase, puede utilizarse agua 23 como agente de expansión adicional. Para este fin, se inyecta una determinada cantidad de agua en el cilindro después del encendido del proceso de combustión, por ejemplo, después del autoencendido de la mezcla de combustible y aire comprimido en un motor diesel. Esta agua, que preferentemente se atomiza finamente, se evapora luego por la energía térmica de la reacción de oxidación exotérmica. La presión de gas resultante o el aumento de volumen de gas debido al vapor de agua contribuyen así a la generación de la energía cinética, en donde al mismo tiempo disminuye la temperatura de la mezcla total de gases de escape de combustión y vapor de agua. Sin embargo, esto no supone un problema o incluso es deseable, porque debido a la mayor densidad energética de una reacción con oxígeno puro, se producen temperaturas de reacción mucho más elevadas, lo que mejora la eficiencia termodinámica, pero también puede cargar más las partes de un dispositivo 1 según la invención.

De manera alternativa, el agua también se puede introducir como vapor. También se puede suministrar una cierta parte de agua líquida mezclada con el propulsante líquido. A temperaturas de reacción elevadas, el vapor de agua sobrecalentado actúa como agente oxidante adicional, junto con el oxígeno.

A continuación se describe y explica con más precisión el modo de funcionamiento de un procedimiento descrito, no acorde a la invención, mediante el ejemplo de un dispositivo de accionamiento 1 según la invención, en forma de un motor de pistón. De forma análoga, dispositivos según la invención conformados como motores de combustión interna, sin embargo, pueden estar conformados también por ejemplo como turbinas o motores Wankel, etc. Los gases de escape calientes se utilizan según el principio de funcionamiento del respectivo tipo de un motor de combustión interna, para la realización de trabajo mecánico, y de ese modo se expanden de forma parcial. A continuación, la mezcla de gases abandona la cámara de combustión. De este modo, por ejemplo en el caso de un motor de combustión interna conformado como un motor de pistón de cuatro tiempos, la mezcla de gases de escape se expulsa del cilindro en el tercer ciclo, y a continuación se comprime, se enfría y se almacena de forma intermedia.

Una forma de realización posible de un dispositivo 1 según la invención, conformado como motor de combustión interna, para la realización del procedimiento descrito, no acorde a la invención, está representado esquemáticamente en la figura 3, mediante el ejemplo de un motor de pistón con un cilindro. El motor de combustión interna 1 representado presenta un cilindro 111 y un pistón 112 dispuesto de forma móvil en el mismo, los cuales forman juntos una cámara de combustión cerrada 11. Con un dispositivo de suministro 16 representado sólo de forma esquemática, se introduce oxígeno 22 en la cámara de combustión 11 en expansión, en un primer ciclo. A continuación, en un segundo ciclo, el oxígeno 22 se comprime, y al final del segundo ciclo, con un dispositivo de suministro 18, el propulsante 20 se introduce en la cámara de combustión 11 y se quema. En el tercer ciclo subsiguiente, los gases de escape en expansión 21 realizan un trabajo mecánico, y en el cuarto ciclo, los gases de escape 21 parcialmente expandidos se descargan desde la cámara de combustión 11 a través de un dispositivo de salida 12, no representado en detalle.

Los gases de escape calientes 21, que se componen esencialmente sólo de dióxido de carbono y vapor de agua, a continuación se enfrían en un intercambiador de calor 13 conectado aguas abajo. De esta manera se reduce el

volumen de estos gases de escape 21. A través del enfriamiento se condensa una parte del agua 23, y se separa. El gas residual, que esencialmente se compone sólo de dióxido de carbono 24 y eventualmente partes residuales de monóxido de carbono y carburantes sin reaccionar, se comprime en un compresor 14 dispuesto en serie y se bombea hacia un acumulador 15, en el caso más sencillo hacia un recipiente a presión. La etapa de condensación 13 antes de la compresión 14 reduce la formación no deseada de gotas de agua de condensación en el compresor 14.

El motor de combustión interna 1 según la invención representado, no presenta emisiones. Dado que el dispositivo no funciona con aire o mezclas similares, no se pueden producir tampoco contaminantes específicos del aire como, por ejemplo, óxidos nitrosos. El agua que se produce durante la combustión no es problemática y puede separarse. El dióxido de carbono y otros gases residuales se recolectan en el acumulador 15 y se almacenan para una utilización posterior. Las porciones no quemadas del material de trabajo se condensan con el agua y se separan o se comprimen junto con el dióxido de carbono.

En los carburantes para un dispositivo según la invención, dependiendo del nivel de calidad, junto con los componentes base también pueden estar presentes azufre y fósforo. El azufre, por ejemplo, puede reaccionar durante la combustión produciendo dióxido de azufre y trióxido de azufre, que a su vez reacciona con el agua produciendo ácido sulfuroso y ácido sulfúrico. Esos contaminantes corrosivos pueden condensarse, separarse y eliminarse junto con el agua. Lo mismo aplica para los contaminantes que contienen fósforo y para partículas finas de polvo que eventualmente se producen.

En la figura 4 se representa de forma esquemática otra forma de realización posible de un dispositivo 1 según la invención, conformado como un motor de combustión interna, para realizar el procedimiento descrito, no acorde a la invención. En esta variante, a través de un dispositivo de suministro 17 representado sólo de forma esquemática, se introduce agua en la cámara de combustión 11. Preferentemente, esto sucede de manera que durante o después de la reacción de combustión, una cantidad determinada de agua 23, líquida o en forma de vapor, se inyecta en la cámara de combustión y se distribuye finamente. Esta agua se calienta por el calor de la combustión, por lo que el volumen total de gas en la cámara de combustión 11 aumenta y, por lo tanto, también la presión de gas o el volumen de gas disponible para la realización del trabajo mecánico. De manera correspondiente, la cantidad de propulsante puede reducirse mientras se mantiene el mismo rendimiento.

De forma alternativa o adicional, también puede introducirse agua en el flujo de gas de escape 21, cuando el mismo ha abandonado la cámara de combustión 11. Una variante de esa clase presenta la ventaja de que la reacción de combustión en la cámara de combustión puede desarrollarse eficientemente a temperaturas lo más elevadas posible, y al mismo tiempo la temperatura resultante del flujo de gas de escape es tan baja que los dispositivos subsiguientes 14, 13 no se cargan demasiado.

La cantidad de agua y el momento de la inyección se ajustan con el suministro de carburante 21 y oxígeno 22 para que la reacción de combustión pueda tener lugar de forma eficiente. La ventaja de la temperatura resultante durante la reacción de oxidación es esencialmente que la eficiencia termodinámica del motor térmico es lo más alta posible. Cuanto mayor sea la cantidad de agua utilizada, menor será además la parte relativa de dióxido de carbono en los gases de reacción, lo cual reduce la cantidad de gas que debe comprimirse, que queda tras la condensación del agua.

En el dispositivo 1 representado en la figura 4, los gases de escape 21 se comprimen primero en un compresor 14, antes de ser enfriados a continuación en el intercambiador de calor 13. El agua 23 permanece en la mezcla de gases 21 y se acumula en forma líquida en el recipiente a presión 15. En el caso de un vaciado regular del dióxido de carbono 24, puede dejarse salir también al mismo tiempo el agua 23. La variante mostrada en la figura 4 también se puede combinar con el motor de combustión interna 1 sin inyección de agua de la figura 3, y viceversa, y generalmente se puede utilizar para un dispositivo 1 según la invención. La energía necesaria para el funcionamiento del compresor de un dispositivo 1 según la invención es generada ventajosamente por el propio dispositivo. Como consecuencia de ello, se reduce el grado de efectividad que puede alcanzarse con el dispositivo. Sin embargo, al mismo tiempo, se alcanza con ello la ausencia de emisiones del dispositivo según la invención mencionado y del procedimiento descrito, no acorde a la invención. Además, la potencia que puede alcanzarse es mayor con las mismas dimensiones del motor, lo que a su vez nuevamente compensa la pérdida de potencia.

Por ejemplo, el compresor puede funcionar directamente con el cigüeñal de un motor de combustión interna de pistón, a través de una caja de cambios adecuada. Si el dispositivo 1 según la invención está conformado como una turbina, entonces el compresor puede montarse directamente en el mismo árbol. Los gases de escape pueden condensarse directamente después del proceso de expansión y el flujo residual restante puede comprimirse.

En otra variante de un dispositivo según la invención conformado como un motor de pistón, los gases de escape ya

se comprimen previamente dentro de la cámara de combustión en el tercer ciclo, y se dejan salir entonces a través del dispositivo de salida 12. Eventualmente, también se puede omitir el compresor 14 conectado aguas abajo.

Una forma de realización de esa clase también es posible como variante de dos ciclos, ya que la nueva carga de la cámara de combustión con mezcla de reacción (propulsante 20, oxígeno 22, agua 23) puede llevarse a cabo muy rápidamente en un dispositivo según la invención. En un segundo ciclo ascendente, los gases de escape se comprimen previamente y se dejan salir de la cámara de combustión hacia el final del ciclo. El oxígeno gaseoso puede ser inyectado en la cámara de combustión bajo alta presión al final del ciclo ascendente, ya que se requiere relativamente poco oxígeno para una reacción de combustión completa, y se dispone de agua como agente de expansión adicional. El propulsante 20 líquido y el agua 23 como agente de expansión, de todas formas, pueden inyectarse muy rápidamente y a presión elevada en la cámara de combustión.

El consumo de energía del compresor puede optimizarse mediante una combinación adecuada con uno o más intercambiadores de calor o elementos de refrigeración en los que el volumen de gas puede reducirse transfiriendo la energía térmica de los gases de reacción a un disipador de calor interno o externo.

También es posible realizar un dispositivo 1 según la invención como un motor térmico con combustión externa, por ejemplo como una máquina de vapor o una turbina de vapor, o como un motor Stirling.

La figura 4A muestra otra variante de realización ventajosa de un dispositivo de accionamiento 1 según la invención, que está conformado como turbina combinada de gas/vapor. Un dispositivo de accionamiento de esa clase es particularmente adecuado para buques o instalaciones de centrales eléctricas.

En una cámara de combustión 710 conectada aguas arriba de la turbina, carburante 20 se quema con oxígeno 22 en un quemador 714, formando un gas de escape muy caliente. El agua 23' se introduce en la cámara de combustión 710, preferentemente en forma de agua líquida sobrecalentada con una temperatura de, por ejemplo, 250 °C y una presión de 50 bar. El vapor de agua resultante se mezcla con los gases de escape de la combustión, de manera que se produce un gas de escape 21' caliente (por ejemplo 600°C), con una parte elevada de vapor de agua sobrecalentado. Los gases de escape mencionados salen desde la cámara de combustión 710 y, en un dispositivo de turbinas 719 subsiguiente, se convierten en trabajo mecánico 78, con el cual se acciona a su vez un dispositivo generador eléctrico 74. Dependiendo de la conformación del dispositivo, la mezcla de gases en la cámara de combustión se comporta de forma isocórica, de modo que la presión del gas aumenta, o de forma isobárica, de modo que el volumen de gas aumenta de modo correspondiente, o bien aumentan tanto el volumen como también la presión. El dispositivo de turbina 719 subsiguiente debe conformarse también de modo correspondiente. Las turbinas 719 adecuadas son conocidas por el estado de la técnica y suelen tener varias etapas. En una variante alternativa, vapor de proceso 77 parcialmente expandido puede ser extraído después de una etapa de alta presión del dispositivo de turbina 719 y puede ser usado de otra manera.

El gas de escape expandido 21" se conduce a un condensador/economizador 73, donde el agua 23 se condensa y se separa. El gas residual 24 restante, que esencialmente contiene dióxido de carbono, se comprime en un compresor 72. A continuación se almacena de forma intermedia en un acumulador de gas 15, o se transporta directamente a la primera etapa de una instalación de aprovechamiento 6. El compresor 72, de manera ventajosa, es accionado directamente mediante la turbina 719.

En lugar de mezclarse en la cámara de combustión 710, el agua 23' también puede mezclarse sólo con el flujo de gas de escape 21', a continuación de la cámara de combustión 710, por ejemplo, mediante una boquilla venturi.

En el dispositivo de accionamiento 71, la cantidad de agua 23' y la cantidad de mezcla de combustible 20, 22 y los demás parámetros seleccionables se adaptan de forma ventajosa entre sí, de modo que la siguiente turbina alcanza el mayor aprovechamiento energético posible. Al mismo tiempo, la parte de agua en la mezcla de gases de escape 21' debe ser lo más elevada posible. Por una parte, se alcanza así un descenso de presión lo más elevado posible, de la mezcla de gases, en el condensador 73. Esto aumenta la diferencia de presión total mediante la turbina 719 y, con ello, su eficiencia. Por otra parte, queda menos gas residual 24 que debe comprimirse 72 y almacenarse 15.

Otra ventaja de introducir vapor de agua en la cámara de combustión es el efecto refrigerante del vapor. La oxidación exotérmica de la mezcla de combustibles de alta energía puede conducir a temperaturas muy elevadas de hasta 1000 °C o incluso 2000 °C. Estas temperaturas cargarían en alto grado las estructuras de la cámara de combustión 710 y el dispositivo de turbina 719 subsiguiente. El vapor de agua comparativamente frío se introduce preferentemente en la cámara de manera que proteja las paredes de la cámara de combustión 710 de la llama muy caliente C715. Finalmente, el vapor enfría toda la mezcla de gases de 600 °C a 800 °C, lo que reduce la carga térmica en las palas

de la turbina y aumenta su vida útil.

Adicionalmente con respecto a los aspectos ya mencionados, el dispositivo de accionamiento 1 representado también difiere de una turbina de gas convencional debido a que ningún compresor está conectado aguas arriba de la cámara de combustión. Esto permite una conformación más sencilla de la cámara de combustión 710 que en el caso de una turbina de gas. Dado que los carburantes 20 se queman con oxígeno 22 puro, la densidad energética que puede alcanzarse es mayor que con aire, con su contenido reducido de oxígeno. Para aumentar la cantidad de oxígeno que puede introducirse en la cámara de combustión 170 por unidad de tiempo, el oxígeno puede presurizarse. El dispositivo de turbina 719 puede estar conformado como una turbina de vapor, ya que los rangos de temperatura y presión del gas de escape 21' esencialmente son los mismos.

En la figura 5 se representa esquemáticamente un vehículo 3 accionado mediante un dispositivo 1 según la invención, como ejemplo de una máquina móvil 3 según la invención. Un dispositivo 1 según la invención conformado como motor de combustión interna se utiliza directamente como equipo auxiliar de accionamiento, o de forma alternativa se acciona de forma constante en un rango de revoluciones ideal, en donde con un generador se genera corriente para un equipo auxiliar de accionamiento eléctrico. Si el dispositivo 1 según la invención está conformado como sistema de celdas de combustible, igualmente un motor eléctrico sirve como equipo auxiliar de accionamiento.

El vehículo 3 presenta un depósito 31 para el propulsante 20 líquido o gaseoso, así como un depósito a presión 32 para el oxígeno 22. El acumulador de gas para el dióxido de carbono se conforma ventajosamente como un depósito a presión. Un dispositivo 1 según la invención es particularmente adecuado para vehículos menos sensibles al peso, como por ejemplo vehículos terrestres y embarcaciones, en particular vehículos para el tráfico urbano o buques, y botes más grandes. Dependiendo del tamaño del vehículo también es posible producir el oxígeno en el lugar, debido a lo cual el depósito a presión 32 sólo sirve como acumulador intermedio y, de manera correspondiente, puede estar diseñado más reducido.

En la figura 5 no se muestra un posible recipiente de reserva para el agua 23. Un recipiente de esa clase, sin embargo, puede conformarse de forma comparativamente reducida. El agua condensada que se produce durante el tratamiento posterior de los gases de escape puede reutilizarse, debido a lo cual se reduce aún más el consumo de agua efectivo y, con ello, el tamaño del recipiente de reserva necesario.

En la figura 5 está representada además una posible conformación de un ciclo cerrado para el suministro de carburante de un vehículo 3 de esa clase según la invención. El vehículo 3, para ello, en una instalación de repostaje 41 configurada de modo correspondiente, se carga con propulsante 20 líquido o gaseoso, así como con oxígeno comprimido 22. Al mismo tiempo, el dióxido de carbono 24 recolectado en el acumulador de gas 15 se descarga en un acumulador de gas correspondiente de la instalación de repostaje 41.

En otra forma de realización de un dispositivo según la invención, la energía térmica que se produce durante la reacción de oxidación no se convierte en trabajo mecánico, sino que se usa para calentar un medio de transporte térmico fluido. Es decir, que el dispositivo sirve para generar energía térmica. Como medio de transporte térmico, de manera que sirva para el transporte de la energía térmica generada, puede usarse por ejemplo agua, aceite, aire o vapor.

En una variante posible de un dispositivo según la invención de esa clase, la reacción de oxidación que genera energía tiene lugar en una cámara de combustión conformada de modo adecuado, que está equipada con medios para calentar el medio de transporte, por ejemplo con un intercambiador de calor. Esos medios sirven también para enfriar el flujo de gas de escape que se produce.

El medio de transporte térmico calentado, a continuación, puede usarse en instalaciones industriales, o para calefaccionar edificios. Por ejemplo, una central calefactora remota o una planta de cogeneración pueden estar equipadas con un dispositivo de esa clase según la invención. La instalación de repostaje 41 forma un ciclo cerrado con una instalación de producción de propulsante 6, como está descrito en la solicitud internacional N° PCT/EP2010/067847 (WO 2011/061299 A2) del solicitante. La instalación 6, a partir de materiales iniciales 27 que contienen carbono, produce propulsores de hidrocarburo 20, líquidos o gaseosos. Los mismos son transportados hacia la instalación de repostaje 41 con medios adecuados. Por su parte, el dióxido de carbono 24, eventualmente con partes de monóxido de carbono y propulsante sin reaccionar, que ha sido descargado desde el vehículo 3 en la instalación de repostaje 41, es transportado mediante medios adecuados a la instalación 6, donde es suministrado al ciclo cerrado de la instalación 6.

Se considera especialmente adecuada una instalación de repostaje 41 por ejemplo para servicios de autobuses

públicos de una ciudad. En general, sus autobuses son cargados exclusivamente en instalaciones de repostaje propios de la empresa. Con un número comparativamente reducido de instalaciones repostaje 41 que deban reequiparse, por tanto, pueden alcanzarse muchos vehículos 3. Esto implica costes de inversión muy bajos en una instalación total correspondiente.

5

En zonas definidas espacialmente de forma clara, por ejemplo de una ciudad, la recirculación del dióxido de carbono y/o el suministro con propulsante pueden tener lugar también mediante una red de suministro 5 adecuada. En el caso de un procedimiento descrito, no acorde a la invención, para el abastecimiento de uno o varios consumidores de carburantes gaseosos y/o líquidos para ese procedimiento, los consumidores, con una primera red de suministro, son abastecidos de carburantes gaseosos y/o líquidos, desde una o varias instalaciones de producción y/o desde uno o varios primeros acumuladores. Con una segunda red de retorno, al menos una parte de los gases de escape que se producen durante el procedimiento de accionamiento, en particular dióxido de carbono, es reconducida desde los consumidores hacia una o varias instalaciones de producción y/o hacia uno o varios segundos acumuladores.

10

15 La figura 6 muestra una conformación posible de una red de de suministro de esa clase para la realización de un procedimiento de suministro descrito, no acorde a la invención. En el ejemplo mostrado, el sistema dispone de dos redes anulares. En una primera red de suministro 51, desde una instalación de producción 6 con circuito cerrado, se suministra propulsante 20 gaseoso o líquido. Desde esa red 51, diferentes instalaciones de repostaje 41 obtienen los propulsores gaseosos. A la red 51 están conectados igualmente un primer acumulador intermedio 81 y una central eléctrica 43, en la cual, mediante un dispositivo según la invención, como se representa por ejemplo en la figura 4A, es operado un generador de corriente.

20

Adicionalmente se encuentra presente una segunda red de retorno 52, hacia la cual las instalaciones de repostaje 41 y la central eléctrica 43 suministran el dióxido de carbono 24 que se produce. El mismo, a su vez, se reconduce a la instalación de producción 6. Un segundo acumulador intermedio 82 sirve para aumentar la capacidad de la segunda red. Adicionalmente, en la variante mostrada, está proporcionado también un depósito definitivo para dióxido de carbono 44. El dióxido de carbono puede derivarse desde la segunda red y, bajo presión, puede bombearse hacia un depósito para petróleo extraído, donde el mismo queda de forma permanente.

25

30 Si un dispositivo según la invención se conecta directamente a un sistema de suministro 5 descrito, no acorde a la invención, entonces puede prescindirse por completo de un depósito de carburante 31 y/o de un acumulador de gas 15 para el dióxido de carbono, puesto que el sistema de conductos fijo asume esa función. Ése es el caso por ejemplo en la instalación de producción de corriente 43, en la figura 6.

35 Lista de referencias

	1	Dispositivo
	11	Cámara de combustión
	111	Cilindro
40	112	Pistón
	12	Dispositivo de salida, dispositivo de aireación
	13	Intercambiador de calor
	14	Dispositivo para la compresión, compresor
	15	Acumulador de gas
45	16	Dispositivo de suministro para oxígeno
	17	Dispositivo de suministro para agua
	18	Dispositivo de suministro para propulsante
	20	Carburante, propulsante
	21, 21', 21"	Productos de reacción, gas del producto, gas de combustión, gas de escape
50	22	Oxígeno
	23, 23'	Agua
	24	Dióxido de carbono
	25	Hidrógeno
	27	Sustancias iniciales que contienen carbono
55	3	Vehículo, máquina móvil o estacionaria
	31	Depósito de propulsante
	32	Depósito de oxígeno
	41	Instalación de repostaje
	43	Instalación para la producción de corriente
60	44	Depósito definitivo para dióxido de carbono

ES 2 819 287 T3

5	Sistema de suministro
51	Red de suministro, propulsante
52	Red de retorno de dióxido de carbono
6	Instalación para el aprovechamiento térmico-químico de sustancias que contienen carbono
5	61a Primera etapa para la generación de mezcla de gases de síntesis
	61b Segunda etapa para la generación de mezcla de gases de síntesis
	62 Tercera etapa para la generación de derivados de hidrocarburos y otras sustancias reutilizables
	63 Coque de pirólisis
	64 Gas de pirólisis
10	65 Mezcla de gases de síntesis
	66 Gases de retorno con dióxido de carbono
	71 Dispositivo
	710 Cámara de combustión
	711 Cilindro
15	712 Pistón
	713 Dispositivo de salida, dispositivo de aireación
	714 Quemador
	715 Llama
	716 Dispositivo de suministro para oxígeno
20	717 Dispositivo de suministro para agua
	718 Dispositivo de suministro para carburante
	719 Turbina
	72 Compresor
	73 Condensador/economizador
25	74 Dispositivo generador
	75 Circuito de refrigeración externo
	76 Energía eléctrica
	77 Vapor del proceso
	78 Energía mecánica
30	81 Primer acumulador, acumulador para carburantes
	82 Segundo acumulador, acumulador para gases de escape

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) para la ejecución de trabajo mecánico, en donde el dispositivo (1) obtiene la energía necesaria para el funcionamiento a partir de la oxidación de carburantes (20) que contienen carbono, produciendo un gas de escape (21), compuesto esencialmente por dióxido de carbono (24) y agua (23), con un dispositivo (14) para la compresión y/o la condensación del gas de escape (21) y un acumulador (15) para recibir el gas de escape (21) comprimido y/o condensando, en donde el dispositivo es un motor de combustión interna, por ejemplo un motor de pistón o una turbina, con al menos una cámara de combustión (11) para la combustión de carburante (20) con aire enriquecido con oxígeno u oxígeno puro (22), con medios para convertir la presión del gas que se produce o el volumen de gas en trabajo mecánico, con un primer dispositivo de suministro (16) para la introducción de oxígeno (22) en la cámara de combustión, con un segundo dispositivo de suministro (17) para la introducción de agua (25) directamente hacia al menos una cámara de combustión, con un dispositivo de salida (12) para la separación de los gases de escape (21) desde la cámara de combustión (11), con un compresor (14) para la compresión de los gases de escape (21), y con un dispositivo de compensación para la compensación parcial de los gases de escape (21), en donde el compresor y el dispositivo de compensación están dispuestos aguas abajo con respecto al dispositivo de salida (12).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo (1) puede ser operado con aire enriquecido con oxígeno, preferentemente con una parte de oxígeno de > 95%, y/o con oxígeno puro como agente oxidante.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por un intercambiador de calor (13) para enfriar el flujo de gas de escape (21) antes y/o después del dispositivo (14) para la compresión y/o la condensación del gas de escape (21).
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por un dispositivo para la condensación y/o la separación de agua (23) desde el gas de escape (21).
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por un dispositivo de suministro (17) para la introducción de agua (23) en el flujo de gas de escape (21) después de la salida desde la cámara de combustión (11).
6. Máquina (3), en particular una máquina móvil o estacionaria, con un dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5.

Fig. 1

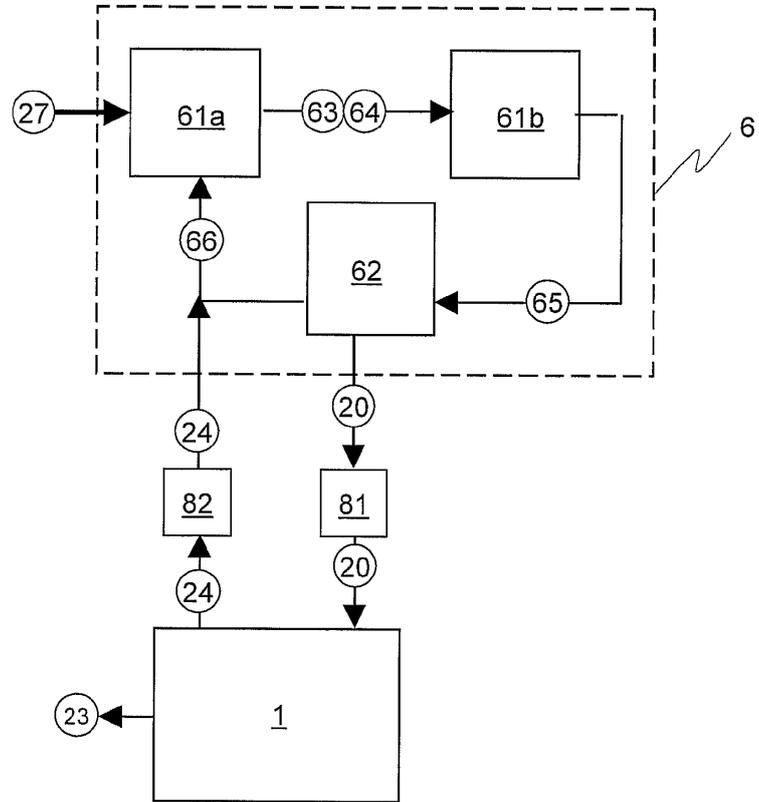


Fig. 2

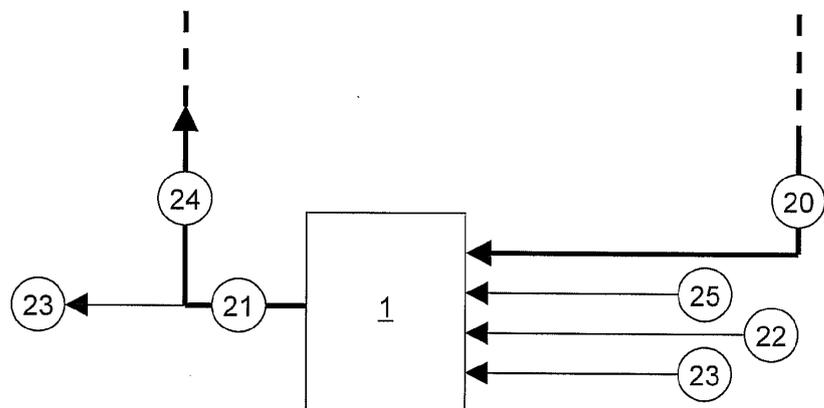


Fig. 3

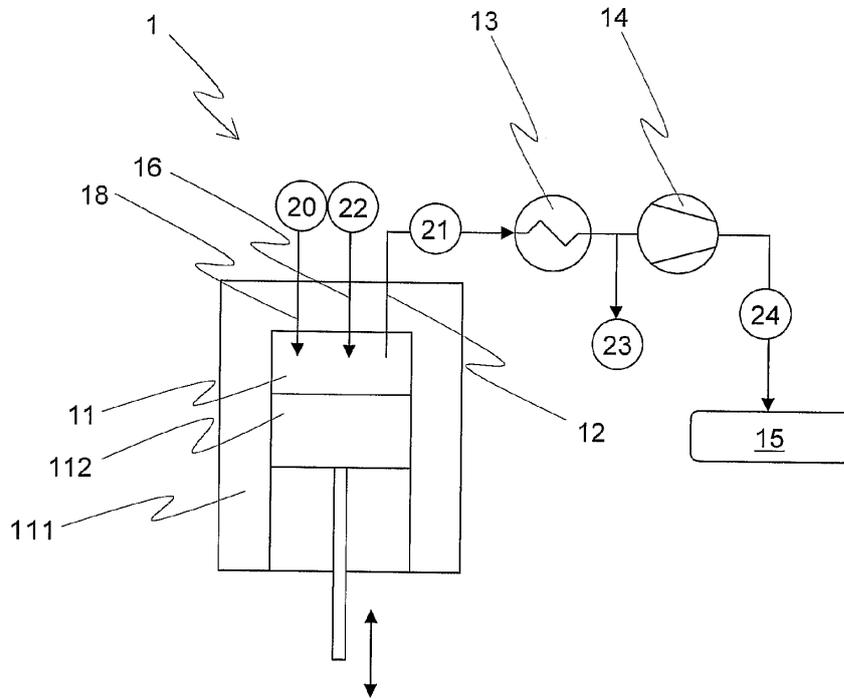


Fig. 4

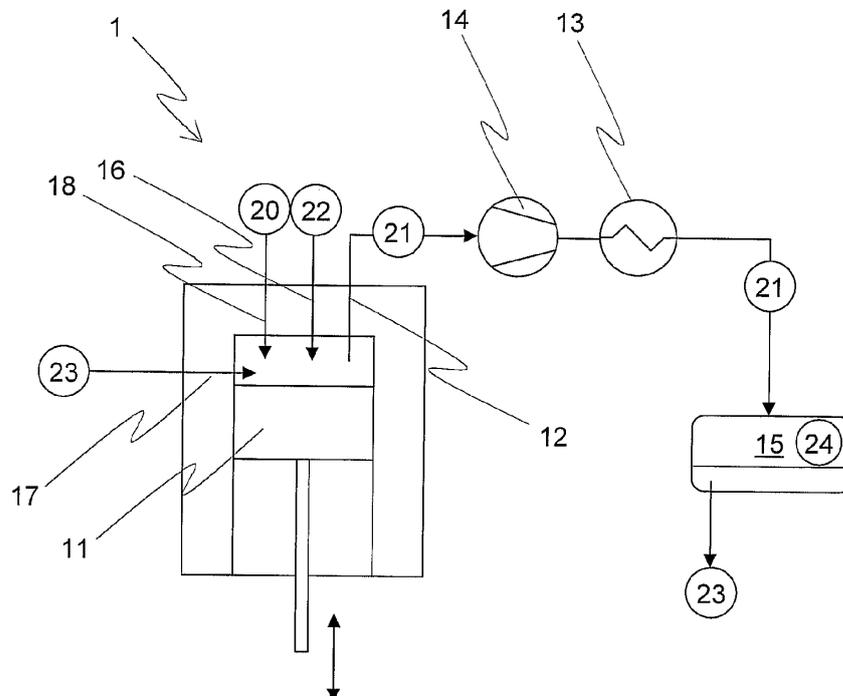


Fig. 4A

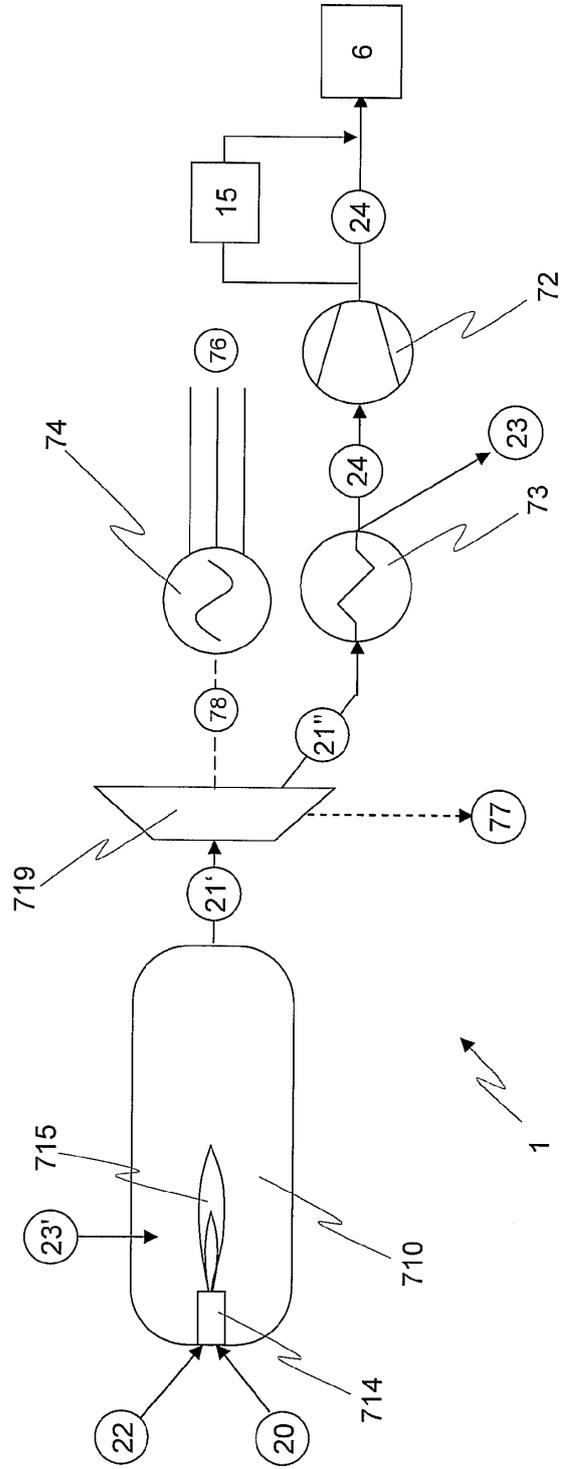


Fig. 5

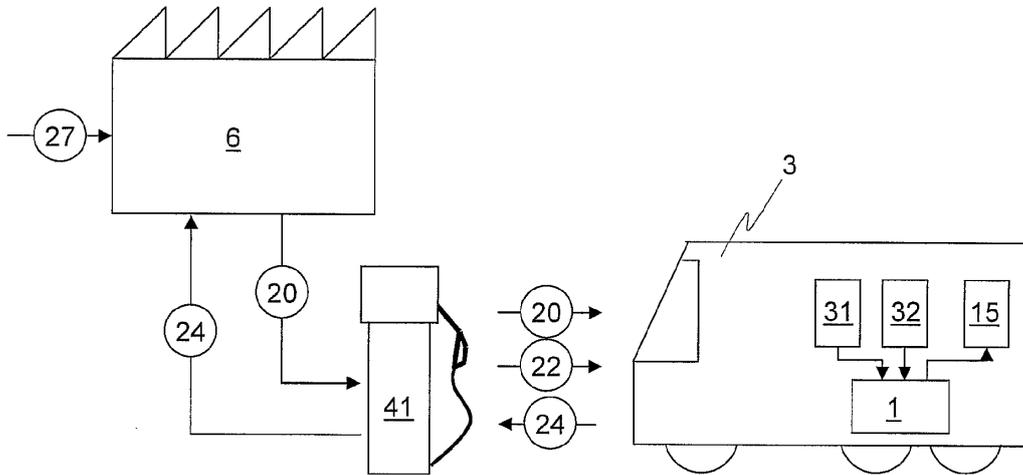


Fig. 6

