

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 554 707**

51 Int. Cl.:

**C25B 15/08** (2006.01)

**C25B 1/12** (2006.01)

**B60S 5/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2013 E 13167998 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.10.2015 EP 2803755**

54 Título: **Procedimiento para operar una instalación de electrólisis de alta presión, instalación de electrólisis de alta presión, así como estación de carga de hidrógeno con una instalación de electrólisis de alta presión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.12.2015**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**HEROLD, JOCHEN y  
KAUTZ, MARTIN**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 554 707 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**

Procedimiento para operar una instalación de electrólisis de alta presión, instalación de electrólisis de alta presión, así como estación de carga de hidrógeno con una instalación de electrólisis de alta presión.

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para operar una instalación de electrólisis de alta presión. La invención hace referencia además a una instalación de electrólisis de alta presión, así como a una estación de carga de hidrógeno con una instalación de electrólisis de alta presión de esa clase.

10 El hidrógeno, entre otras cosas, se genera actualmente mediante electrólisis PEM. Una polimembrana permeable a protones (membrana de intercambio de iones, Proton-Exchange-Membrane, PEM) que es contactada a ambos lados por electrodos de platino (ánodo y cátodo) forma parte de un electrolizador PEM. Para el funcionamiento de un electrolizador de alta presión basado en tecnología PEM, es decir un electrolizador con una presión de servicio de 30 bar hasta aproximadamente 100 bar, se utilizan dos circuitos de agua separados, a saber, un circuito de agua del lado del ánodo, así como un circuito de agua del lado del cátodo. En los electrodos se aplica una tensión externa y del lado del ánodo del electrolizador se suministra agua. A través del efecto catalítico del platino el agua se desintegra en el lado del ánodo. Se producen así oxígeno, electrones libres e iones de hidrógeno H<sup>+</sup> cargados de forma positiva. Los iones de hidrógeno H<sup>+</sup> se difunden a través de la membrana conductora de protones (PEM) en el lado del cátodo, donde se combinan con los electrones provenientes del circuito externo, produciendo moléculas de hidrógeno H<sub>2</sub>.

20 La generación de hidrógeno a gran escala mediante electrólisis, en particular dentro del marco de la transición energética, proporciona un aporte significativo para estandarizar las ofertas fluctuantes de electricidad en base a energías renovables. La electrólisis de agua se utiliza preferentemente en el caso de picos de energía temporarios, a través de alimentadores regenerativos (eólicos, fotovoltaicos).

25 El proceso de electrólisis se utiliza por ejemplo para generar hidrógeno como carburante para vehículos. Las estaciones de carga actuales para hidrógeno (por ejemplo en el marco de proyectos de demostración) se componen fundamentalmente de las tres secciones "generación de hidrógeno", "almacenamiento de hidrógeno" y "compresión y sistema de abastecimiento". La sección "generación de hidrógeno" se produce de forma central (generalmente mediante "reformación de gas natural o de vapor") y el hidrógeno obtenido se suministra entonces en las estaciones de carga mediante camiones cisterna especiales, almacenándose allí en depósitos de forma temporal, o es generado en el lugar, donde sin embargo también es almacenado de forma temporal en cisternas.

30 Al operar una instalación de electrólisis de alta presión se genera oxígeno, por ejemplo aproximadamente a 50 bar. Hasta el momento, el oxígeno que se encuentra a presión es expandido y liberado en el ambiente. Actualmente no se prevé una utilización del oxígeno o de la energía de la presión del oxígeno.

35 Es objeto de la presente invención posibilitar una mejora de la eficiencia energética de una instalación de electrólisis de alta presión, la cual en particular se utiliza para producir hidrógeno para una estación de carga de hidrógeno. Asimismo, es objeto de la invención mejorar el balance energético de una estación de carga de hidrógeno, en donde el hidrógeno se genera en una instalación de electrólisis de alta presión.

De acuerdo con la invención, el primer objeto mencionado se alcanzará a través de un procedimiento para operar una instalación de electrólisis de alta presión, donde

40 - en un electrolizador de alta presión, en particular en un electrolizador de alta presión PEM, se producen una corriente de hidrógeno y una corriente de oxígeno que son transportadas a alta presión hacia el exterior desde el electrolizador de alta presión,

- la corriente de oxígeno es introducida en un tubo vórtex para una expansión, en donde la energía de la presión del oxígeno es convertida en frío, donde se genera una corriente de oxígeno frío,

- la corriente de oxígeno frío es utilizada para enfriar la corriente de hidrógeno.

45 Además, el primer objeto mencionado, de acuerdo con la invención, se alcanzará a través de una instalación de electrólisis de alta presión que comprende un electrolizador de alta presión, en particular un electrolizador de alta presión PEM, para producir una corriente de hidrógeno y una corriente de oxígeno, donde desde el electrolizador de alta presión son conducidos hacia el exterior un conducto de hidrógeno, así como un conducto de oxígeno, comprendiendo también un tubo vórtex integrado en el conducto de oxígeno para la expansión de la corriente de oxígeno, donde desde el tubo vórtex se proporciona un conducto de oxígeno frío para una corriente de oxígeno frío, 50 el cual se encuentra conectado mediante tecnología de flujo al conducto de hidrógeno.

Asimismo, el segundo objeto mencionado, conforme a la invención, se alcanzará a través de una estación de carga de hidrógeno con una instalación de electrólisis de alta presión de esa clase.

De manera conveniente, las ventajas que se indican a continuación con respecto al procedimiento y las variantes preferentes pueden trasladarse a la instalación de electrólisis de alta presión y a la estación de carga de hidrógeno.

5 La expresión "a alta presión" hace referencia aquí a un nivel de presión de la corriente de hidrógeno y de la corriente de oxígeno que se ubica varios bares por encima de la presión atmosférica. Una instalación de electrólisis de alta presión se caracteriza por un nivel de presión de esa clase. Preferentemente, la presión de ambas corrientes se ubica entre 30 bar y 100 bar.

10 La invención se basa en la idea de aprovechar la energía de la presión del oxígeno que se libera durante el funcionamiento del electrolizador de alta presión para enfriar el hidrógeno que igualmente se produce en el electrolizador al mismo tiempo con el oxígeno. Para lograr lo mencionado se prevé una conexión integrada de las corrientes de sustancia y de energía en la instalación de electrólisis de alta presión. De este modo, el potencial energético de lo contrario no utilizado, es reconducido al proceso del hidrógeno.

15 La conversión de la energía de la presión del oxígeno en frío tiene lugar en un tubo vórtex que está incorporado en el conducto de oxígeno del electrolizador. Los tubos vórtex se conocen desde hace décadas; a modo de ejemplo un tubo vórtex se describe en la solicitud de patente US 1 952 281 A. Actualmente, los tubos vórtex se utilizan a nivel industrial por ejemplo en refinerías. Puesto que un tubo vórtex es un dispositivo estático, la utilización de un tubo vórtex en una instalación de electrólisis de alta presión se asocia con una inversión financiera relativamente reducida. Se originan solamente costes mínimos de mantenimiento, ya que un tubo vórtex no posee partes móviles.

20 El oxígeno que se encuentra a presión, proveniente del conducto de oxígeno, es inyectado tangencialmente en el tubo vórtex, comenzando a rotar rápidamente. A causa de las fuerzas centrípetas, la corriente de oxígeno se divide en una corriente caliente y una corriente fría que de aquí en más se denominarán como corriente de oxígeno frío y corriente caliente de oxígeno. La corriente de oxígeno frío es conducida hacia el exterior desde el tubo vórtex y es guiada hacia la corriente de hidrógeno. Si es necesario un enfriamiento de la corriente de hidrógeno, por ejemplo en  
25 el caso de un proceso de compresión del hidrógeno, entonces la temperatura del hidrógeno desciende con el oxígeno frío proveniente del tubo vórtex.

Un caso de aplicación típico en donde se requiere un enfriamiento de la corriente de hidrógeno, es cuando el hidrógeno proveniente de la electrólisis a alta presión se utiliza como carburante para una estación de carga de hidrógeno, ya que durante la compresión para el proceso de llenado de tanques la temperatura del hidrógeno  
30 aumenta a varios 100°C. En el caso de una estación de carga de hidrógeno con una instalación de electrólisis de alta presión, con una inversión técnica reducida, se dispone de la proximidad espacial, así como de la infraestructura, para utilizar la corriente de oxígeno frío proveniente del tubo vórtex para enfriar el hidrógeno durante el proceso de llenado de tanques.

Dependiendo de las exigencias referidas a la cantidad de oxígeno frío pueden utilizarse también varios tubos vórtex.

35 La otra corriente que se produce en el tubo vórtex, es decir, la corriente de oxígeno caliente, puede utilizarse con el fin de un calentamiento dentro de la instalación de electrólisis de alta presión o fuera de esa instalación. De manera alternativa, la corriente de oxígeno caliente puede liberarse en el ambiente.

De manera preferente, antes de la expansión, la corriente de oxígeno es almacenada de forma temporal en un acumulador de presión que se encuentra dispuesto antes del tubo vórtex en el conducto de oxígeno. A través del  
40 almacenamiento temporal y del aprovechamiento subsiguiente del oxígeno que se encuentra a presión en el tubo vórtex, el potencial de enfriamiento del oxígeno a presión puede utilizarse según la necesidad. Esto significa que la corriente de oxígeno frío en particular se genera entonces solamente cuando un enfriamiento del hidrógeno se necesita de forma inmediata. Cuando no existe la necesidad de un enfriamiento, entonces en principio el oxígeno se almacena de forma temporal.

45 De acuerdo con otra variante de ejecución preferente, al acumulador de presión se suministra un gas adicional a alta presión, en particular oxígeno, desde una fuente externa. En particular, el gas adicional se comprime a una presión que corresponde a la presión de la corriente de oxígeno en el conducto de oxígeno (por ejemplo aproximadamente a 50 bar). Cuando el potencial de enfriamiento del oxígeno generado en el electrolizador no es suficiente para enfriar todo el hidrógeno producido paralelamente en la instalación de electrólisis de alta presión, se requieren entonces  
50 fuentes de refrigeración adicionales para enfriar el hidrógeno. Puede prescindirse aquí de otros refrigerantes y procedimientos de refrigeración para complementar el enfriamiento con oxígeno frío, ya que se dispone relativamente de mucho oxígeno comprimido (o de oxígeno comprimido mezclado con otro gas), el cual se utiliza a los fines de un enfriamiento. Puesto que la cantidad requerida de oxígeno no puede producirse solamente en la instalación de electrólisis de alta presión, se desarrollan otras fuentes de oxígeno, de manera que se proporcione

suficiente oxígeno a alta presión. Se posibilita de este modo un enfriamiento "on demand" que se basa completamente en la utilización de la energía de presión del oxígeno comprimido.

5 De manera conveniente, el oxígeno se enfría en el tubo vórtex por debajo de 0°C, en particular por debajo de -20°C, en particular aproximadamente a -40°C. La temperatura depende del diseño del tubo vórtex. Cuanto más baja es la temperatura de la corriente de oxígeno frío, tanto más efectivo es el enfriamiento del hidrógeno. Por este motivo se apunta a las temperaturas mínimas de la corriente fría de oxígeno que pueden alcanzarse a través del tubo vórtex.

10 De manera ventajosa, la corriente de hidrógeno, mediante la corriente de oxígeno frío, es enfriada al comprimirse a una presión de aproximadamente al menos 700 bar, en particular a una presión de aproximadamente 800 bar. Se proporciona para ello un compresor incorporado en el conducto de hidrógeno. Puesto que al comprimir el hidrógeno a una presión elevada de esa clase su temperatura aumenta en alto grado, el compresor en el conducto de hidrógeno es enfriado mediante la corriente de oxígeno frío. De manera alternativa, el hidrógeno puede enfriarse antes de la compresión, de manera que éste sea suministrado al compresor con una temperatura muy reducida.

15 De manera preferente, el hidrógeno se prevé para cargar de combustible el tanque de vehículos a motor y el enfriamiento con la corriente de oxígeno frío tiene lugar antes de un proceso de llenado de un tanque. Se considera preferente que una bomba distribuidora se encuentre dispuesta aguas abajo del compresor en el conducto de hidrógeno. El compresor en sí mismo puede formar parte de una estación de carga que comprende una o varias bombas distribuidoras que se encuentran dispuestas aguas abajo del compresor.

De manera alternativa, un gasoducto puede estar situado aguas abajo del compresor, el cual en principio no se trata del consumidor final del hidrógeno.

20 Preferentemente, la estación de carga de hidrógeno presenta una red de refrigeración para abastecer equipos de la estación de carga con frío, donde el conducto de oxígeno frío forma parte de la red de refrigeración. Se crea de este modo una infraestructura de enfriamiento que cubre en particular toda la demanda de enfriamiento de la estación de carga, por ejemplo para enfriar lugares o alimentos.

Mediante un dibujo se explican en detalle ejemplos de ejecución de la invención. Las figuras muestran:

25 Figura 1: una conexión mediante tecnología de flujo entre una instalación de electrólisis de alta presión y una estación de carga de hidrógeno, y

Figura 2: una red de refrigeración de una estación de carga de hidrógeno.

Los mismos símbolos de referencia poseen el mismo significado en las distintas figuras.

30 En la figura 1 se muestra una instalación de electrólisis de alta presión 2 que comprende un así llamado electrolizador de alta presión 4 para producir una corriente de hidrógeno 6 y una corriente de oxígeno 8. En el ejemplo de ejecución mostrado, el electrolizador de alta presión 4 es un electrolizador de alta presión PEM 4. Para la corriente de hidrógeno 6 y para la corriente de oxígeno 8 se proporcionan de forma correspondiente un conducto de hidrógeno 10 y un conducto de oxígeno 12, a través de los cuales el respectivo gas a alta presión, en particular a una presión superior a 30 bar, por ejemplo a 50 bar, es conducido hacia el exterior del electrolizador de alta presión PEM 4. De este modo, en el conducto de hidrógeno 10 y en el conducto de oxígeno 12 se presenta una temperatura de aproximadamente 60°C.

40 De acuerdo con la figura 1, un acumulador de presión de oxígeno 14 se encuentra integrado en el conducto de oxígeno 12, en donde durante un período se almacena oxígeno proveniente del electrolizador de alta presión 4. En el ejemplo de ejecución mostrado se proporciona además un conducto 16, mediante el cual se suministra oxígeno proveniente de una fuente externa 18, como por ejemplo oxígeno proveniente de otra instalación de electrólisis, no mostrada aquí en detalle, hacia el acumulador de presión de oxígeno 14. El oxígeno de la fuente externa 18 presenta igualmente presión elevada, en particular una presión de aproximadamente 50 bar, la misma presión que el oxígeno en el conducto de oxígeno 12. A través del acumulador de presión 14 se garantiza un suministro de oxígeno según la demanda, en particular si se necesitan grandes cantidades de oxígeno. Sin embargo, puede prescindirse tanto del oxígeno de la fuente externa 18, así como también del acumulador de presión 14, en particular cuando se necesita oxígeno de forma continua.

50 Un tubo vórtex 20 se encuentra situado aguas abajo del acumulador de presión 14. El tubo vórtex 20 representa un dispositivo de expansión, en donde la corriente de oxígeno 8 se divide en una corriente de oxígeno frío 22 y una corriente de oxígeno caliente 24. La corriente de oxígeno caliente 24 se libera en este caso en el ambiente, pero de forma alternativa puede utilizarse, por ejemplo con el fin de un calentamiento. A su vez, la corriente de oxígeno frío 22 se utiliza para enfriar la corriente de hidrógeno 6 del electrolizador de alta presión PEM 4, debido a lo cual la corriente de oxígeno frío 22 es transportada hacia la corriente de hidrógeno 6 mediante un conducto de oxígeno frío

25. Después del tubo vórtex 20, la corriente de oxígeno frío 22 se encuentra refrigerada a una temperatura inferior a 0°C, en particular aproximadamente a -40°C.

5 Un enfriamiento de la corriente de hidrógeno 6 se necesita en particular debido a su utilización como carburante en una estación de carga de hidrógeno 26 que forma parte de la instalación de electrólisis de alta presión 2. Para ello, la corriente de hidrógeno 6, después del electrolizador de alta presión PEM 4, es comprimida a una presión de al menos 700 bar, en particular a 800 bar, mediante un compresor 28. El hidrógeno comprimido se almacena entonces en un recipiente a presión 30 de la estación de carga de hidrógeno 26. Mediante una bomba distribuidora 32, de acuerdo con la necesidad, el hidrógeno es utilizado para cargar el tanque de un vehículo a motor.

10 Al ser comprimida la corriente de hidrógeno 6 antes del proceso de carga del tanque, el hidrógeno se calienta en gran medida. Para impedir un desarrollo térmico demasiado intenso, el compresor 28 es enfriado mediante la corriente de oxígeno frío 22. Si el potencial de enfriamiento de la corriente de oxígeno frío 22 no es suficiente para enfriar la corriente de hidrógeno 6 pueden utilizarse también otros refrigerantes de forma complementaria con respecto a la corriente de oxígeno frío 22. En este contexto aplica el hecho de que cuanto más baja se regula la temperatura de la corriente de hidrógeno, tanto más elevado es el grado de efectividad de la compresión. En el caso de un almacenamiento de cantidades particularmente elevadas de oxígeno comprimido, lo cual es posible por ejemplo a través de una extracción de fuentes externas 18, en el caso de una disposición según la figura 1 puede ponerse a disposición oxígeno frío suficiente para enfriar completamente el hidrógeno en la bomba distribuidora 32 a través de oxígeno que es expandido y con ello enfriado a través de uno o de varios tubos vórtex.

20 En la figura 1 se representa el compresor 28 como componente de la instalación de electrólisis de alta presión 2. De forma alternativa, en particular cuando la generación de hidrógeno no tiene lugar directamente en el lugar en donde se cargan los tanques, el compresor 28 forma parte de la estación de carga de hidrógeno 26 debido a su proximidad espacial con respecto a la bomba distribuidora 32.

25 En la figura 2 se muestran otros casos de aplicación para la utilización de la corriente de oxígeno frío 22. La corriente de oxígeno frío 22 es suministrada a una red de refrigeración 34, desde la cual el frío es distribuido en una infraestructura de la estación de carga de hidrógeno 26. El potencial de enfriamiento de la corriente de oxígeno frío 22 no sólo se utiliza para el enfriamiento de un proceso de carga de tanques en la bomba distribuidora 32 de la estación de carga de hidrógeno 26, sino que la corriente de oxígeno frío se utiliza además para la refrigeración de edificios, como por ejemplo el edificio de la estación de carga 26, lo cual se indica a través del bloque 36, o para refrigerar alimentos en un equipo de congelación 38 dentro del edificio de la estación de carga, representado en la figura 2 a través del bloque 38. En el ejemplo de ejecución según la figura 2, se deriva además oxígeno frío para abastecer con frío un consumidor de frío 40 que no forma parte de la infraestructura de la estación de carga de hidrógeno 26, pero que se encuentra espacialmente en particular en las proximidades de la estación de carga de hidrógeno 26.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para operar una instalación de electrólisis de alta presión (2), donde
- en un electrolizador de alta presión (4), en particular en un electrolizador de alta presión PEM, se producen una corriente de hidrógeno (6) y una corriente de oxígeno (8) que son transportadas a alta presión hacia el exterior desde el electrolizador de alta presión (4),
  - la corriente de oxígeno (8) es introducida en un tubo vórtex (20) para una expansión, en donde la energía de la presión del oxígeno es convertida en frío, donde se genera una corriente de oxígeno frío (22),
  - la corriente de oxígeno frío (22) es utilizada para enfriar la corriente de hidrógeno (6).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde la corriente de oxígeno (8) es almacenada de forma temporal en un acumulador de presión (14) antes de la expansión.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, donde al acumulador de presión (14) se suministra un gas adicional a alta presión, en particular oxígeno, desde una fuente externa (18).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, donde la corriente de oxígeno (8) en el tubo vórtex es enfriada por debajo de 0°C, en particular por debajo de -20°C, en particular a -40°C.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, donde la corriente de hidrógeno (6), mediante la corriente de oxígeno frío (22), es enfriada al comprimirse a una presión de aproximadamente al menos 700 bar, en particular a una presión de aproximadamente 800 bar.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, donde el hidrógeno se prevé para la carga de combustible de vehículos a motor y el enfriamiento con la corriente de oxígeno frío (22) tiene lugar antes de un proceso de carga de combustible.
7. Instalación de electrólisis de alta presión (2), la cual comprende un electrolizador de alta presión (4), en particular un electrolizador de alta presión PEM, para producir una corriente de hidrógeno (6) y una corriente de oxígeno (8), donde desde el electrolizador de alta presión (4) son conducidos hacia el exterior un conducto de hidrógeno (10), así como un conducto de oxígeno (12), comprendiendo además un tubo vórtex (20) integrado en el conducto de oxígeno (12) para la expansión de la corriente de oxígeno (8), donde desde el tubo vórtex (20) se proporciona un conducto de oxígeno frío (25) para una corriente de oxígeno frío (22), el cual se encuentra conectado mediante tecnología de flujo al conducto de hidrógeno (10).
8. Instalación de electrólisis de alta presión (2) según la reivindicación 7, donde en el conducto de oxígeno (12) un acumulador de presión (14) se encuentra dispuesto antes del tubo vórtex (20).
9. Instalación de electrólisis de alta presión (2) según la reivindicación 8, donde el acumulador de presión (14) se encuentra conectado a una fuente externa (18) para el suministro de un gas a alta presión, en particular de oxígeno.
10. Instalación de electrólisis de alta presión (2) según una de las reivindicaciones 7 a 9, donde en el conducto de hidrógeno (10) se encuentra integrado un compresor (28) para comprimir el hidrógeno a una presión de aproximadamente al menos 700 bar, en particular a una presión de aproximadamente 800 bar, y el compresor (28) se encuentra conectado mediante tecnología de flujo al conducto de hidrógeno (10).
11. Instalación de electrólisis de alta presión (2) según la reivindicación 10, donde una bomba distribuidora (32) se encuentra dispuesta aguas abajo del compresor (28) en el conducto de hidrógeno (10).
12. Estación de carga de hidrógeno (26) con una instalación de electrólisis de alta presión (2) según una de las reivindicaciones 7 a 11.
13. Estación de carga de hidrógeno (26) según la reivindicación 12 con una red de refrigeración (34) para abastecer equipos de la estación de carga (26) con frío, donde el conducto de oxígeno frío (25) forma parte de la red de refrigeración (34).

FIG 1

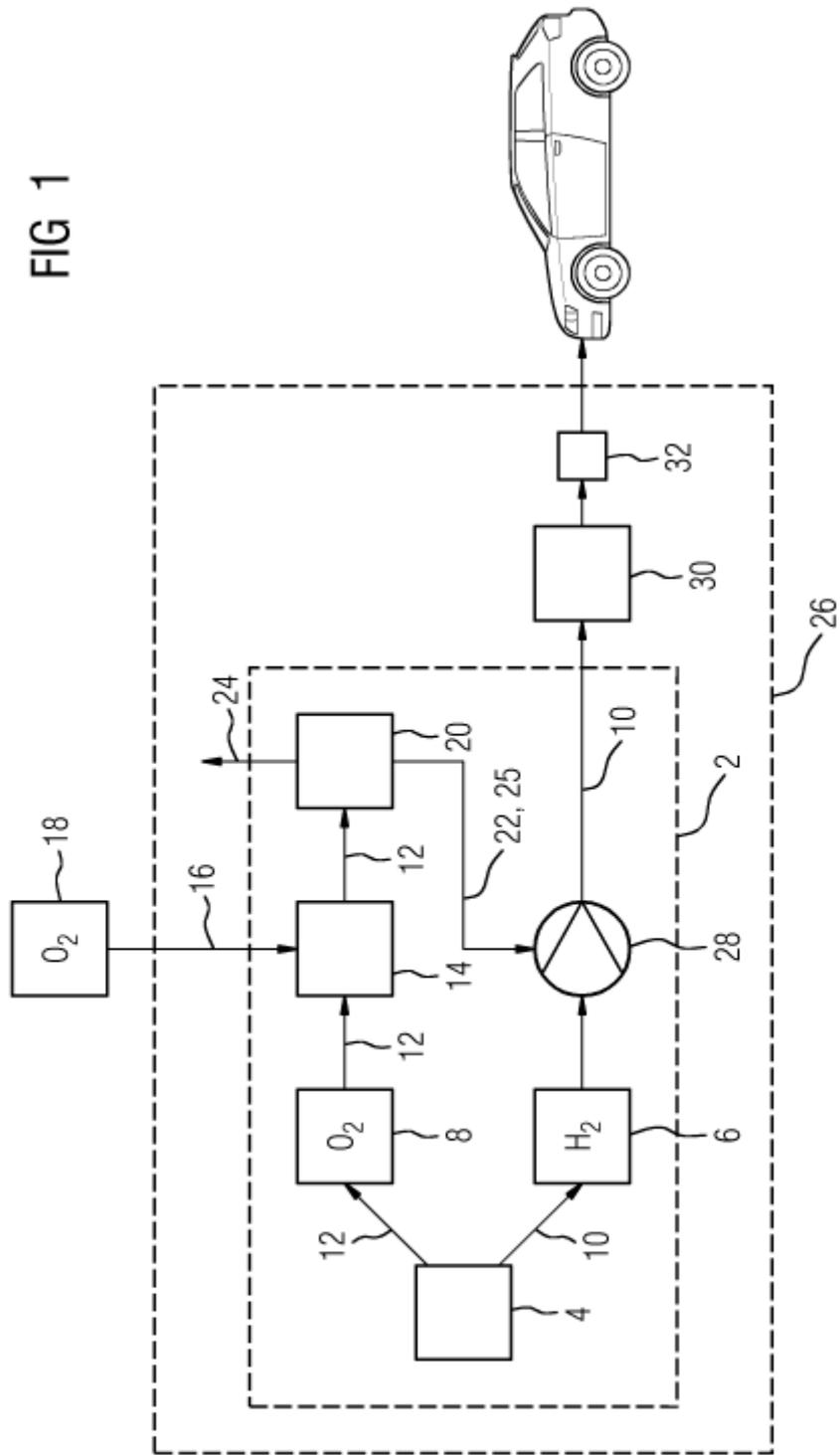


FIG 2

