

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 584 532**

51 Int. Cl.:

**B01J 8/06** (2006.01)

**C07C 29/152** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.10.2010** **E 10760730 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016** **EP 2624947**

54 Título: **Procedimiento e instalación para la síntesis de hidrocarburo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.09.2016**

73 Titular/es:

**SILICON FIRE AG (100.0%)**  
**Naumatthalde 9**  
**6045 Meggen, CH**

72 Inventor/es:

**BREHM, LOTHAR**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 584 532 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 e instalación para la síntesis de hidrocarburo

5 La presente invención se refiere a procedimientos e instalaciones para la puesta a disposición de soportes de energía almacenables y transportables, que contienen hidrocarburo, en especial se trata de la síntesis de metanol.

10 Dióxido de carbono CO<sub>2</sub> (en la mayor parte de los casos siempre llamado dióxido carbónico) es un compuesto químico constituido por carbono y oxígeno. Dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro. Con una concentración reducida es un componente natural del aire, y se produce en seres vivos en la respiración celular, pero también en la combustión de sustancias que contienen carbono en presencia suficiente de oxígeno. Desde el comienzo de la industrialización, la fracción de CO<sub>2</sub> en la atmósfera aumenta claramente. La causa principal de ello son las emisiones de CO<sub>2</sub> ocasionadas por el hombre – denominadas antropogénicas –. El dióxido de carbono en la atmósfera absorbe una parte de la radiación térmica. Esta propiedad convierte al dióxido de carbono en un denominado gas de efecto invernadero (THG) y en un causante del efecto invernadero global.

15 Por este, y también por otros motivos, actualmente se investiga y se desarrolla en los más diversos sentidos para encontrar una vía para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> antropogénicas. Especialmente en relación con la generación de energía, que se efectúa frecuentemente mediante la combustión de soportes de energía fósiles, como carbón, aceite o gas, pero también con otros procesos de combustión, por ejemplo la incineración de basuras, existe una gran demanda de reducción de la emisión de CO<sub>2</sub>. Anualmente se emiten a la atmósfera 20 más de 20 billones de toneladas de CO<sub>2</sub> debido a tales procesos.

25 Entre otras cosas se aspira al principio de neutralidad climática, al seguirse planteamientos en los que se intenta compensar generación de energía, vinculada a emisiones de CO<sub>2</sub>, en un lugar mediante la generación de energías alternativas en otros lugares. Este planteamiento está representado en la figura 1 de manera bastante esquematizada. Emisores de gases de efecto invernadero (THG), como empresas industriales (por ejemplo fabricantes de automóviles) 1 u operadores de centrales térmicas 2, invierten o dirigen, por ejemplo, campos eólicos 3 en otros lugares en el ámbito de proyectos de compensación, para generar energía sin emisiones de THG. De este modo, por vía puramente matemática, puede resultar una neutralidad climática. Numerosas firmas intentan adquirir por esta vía un “registro de neutralidad climática”.

30 Se considera problemático que, actualmente, casi toda la energía eléctrica regenerativa que se genera se alimenta en la red de conexión de tensión alterna pública, cuya frecuencia puede oscilar dentro de límites muy estrechos (por ejemplo +/- 0,4 %). Esto se puede conseguir solo si la generación de corriente en la red es prácticamente igual al consumo. La necesidad de mantener siempre suficientes capacidades de reserva y regulación de frecuencia para centrales eólicas y solares, conduce al correspondiente encarecimiento de abastecimiento de corriente con estas instalaciones. Por consiguiente, centrales eólicas y solares en la red de 35 conexión eléctrica traen consigo otros costes “ocultos” y problemas.

40 Ya en el actual estado de desarrollo de centrales eólicas, la red de abastecimiento de energía en muchos países puede plantear serios problemas si, por ejemplo debido a la falta de viento o a viento fuerte, se suprime el rendimiento eólico en gran alcance, sobre todo si este fallo se efectúa de manera repentina e inesperada. No obstante, en este caso son necesarias capacidades de reserva y regulación de frecuencia adaptadas al rendimiento eólico y solar instalado.

De esto se deduce que las centrales solares y eólicas que se alimentan en la red de conexión eléctrica apenas pueden reemplazar los rendimientos instalados de otras centrales térmicas en la red de conexión. Esto conduce a que la corriente solar y eólica se puede evaluar solo con los costes de combustible ahorrados de las otras centrales térmicas presentes en la red.

45 Ya se mostró que las formas de energía regenerativas se pueden combinar de modo especialmente ventajoso con formas de energía fósiles. Se pueden extraer detalles a tal efecto, por ejemplo, de las siguientes solicitudes paralelas del presente solicitante: solicitud internacional publicada WO2010069385A1; solicitud internacional publicada WO2010069622A1; solicitud de patente europea EP 10155530.8 (EP 2 226 290).

50 Tal combinación posibilita obtener soportes de energía basados en carbono en correspondientes instalaciones Silicon-Fire. Estas instalaciones Silicon-Fire son especialmente apropiadas para obtener metanol.

Son conocidos numerosos procedimientos y reactores para la obtención de metanol. A continuación se citan correspondientes solicitudes de patente y patentes ejemplares:

- EP 0 790 226 B1;
- WO 2010/037441 A1;
- EP 0 483 919 A2;
- US 2010/0068128 A1;
- 5 • DE 34 42 053 A1; y
- DE 933 087

A modo de ejemplo, el documento US 2010/0068128 A1 da a conocer un procedimiento y un reactor para la obtención continua de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S). El reactor comprende una parte principal cilíndrica que se cierra por una tapa superior y una tapa inferior. La parte principal contiene una cuba colectora con un paso de producto, un manguito de entrada, y un tubo de recirculación que conduce hacia abajo, una placa separadora dispuesta por debajo de la cubeta colectora, que subdivide la parte principal en una zona parcial superior por encima de la placa separadora y en una zona parcial inferior por debajo de la placa separadora, y una placa distribuidora dispuesta en la zona parcial inferior, con una pluralidad de orificios de paso para la admisión de gas hidrógeno. El reactor comprende además una entrada de azufre para la admisión de azufre líquido, y para la carga parcial de la zona parcial inferior de la parte principal con una fusión de azufre. La fusión de azufre, a través de un límite de fases, está en contacto con una zona de reactivos, que está limitada en su lado superior a través de la placa separadora, y contiene principalmente gas hidrógeno y azufre en el funcionamiento del reactor. En la zona inferior de la parte principal están dispuestos una pluralidad de tubos en forma de U conectados en paralelo entre sí, que presentan dos ramas de disposición contraria y un elemento de desvío de 180 grados que une mediante técnica de circulación ambas ramas en sus extremos inferiores respectivos. En cada rama está dispuesto un catalizador de lecho fijo. Las ramas están parcialmente sumergidas en la fusión de azufre, lo que posibilita un intercambio de calor entre el espacio interno de la rama y la fusión de azufre. Un orificio de entrada para la entrada de la mezcla de reactivos en la primera rama descendente está previsto en la zona de reactivos en la pared tubular de la rama. El extremo de la segunda rama ascendente está dispuesta por encima de la placa separadora en la zona parcial superior de la pieza principal, y forma un orificio de salida. El reactor comprende además una instalación de alimentación con un conducto de entrada y un tubo para la alimentación de hidrógeno en forma gaseosa. La salida del tubo se encuentra en la zona parcial inferior de la parte principal, por debajo de la placa distribuidora.

En el funcionamiento del reactor del documento US 2010/0068128 A1 se introduce en primer lugar la fusión de azufre a través de la entrada de azufre, hasta que su límite de fase en la zona parcial inferior de la parte principal ha ascendido hasta poco por debajo del orificio de entrada de la rama descendente. Entonces se introduce continuamente gas hidrógeno a través de la instalación de alimentación y el tubo. El gas hidrógeno se recoge bajo la placa distribuidora, forma en la misma una burbuja de hidrógeno, desde la que ascienden burbujitas de gas, a través de los orificios de paso en la placa distribuidora, en la y a través de la fusión de azufre hasta la zona de reactivos, y en este caso se arrastra concomitantemente azufre de la zona de fusión, mediante lo cual se recoge una mezcla de reactivos constituida por hidrógeno gaseoso y azufre en la zona de reactivos. Esta mezcla de reactivos entra en el interior de la rama a través de los orificios de entrada, circula a través del lecho de catalizador, en primer lugar hacia abajo en la rama descendente, a través del elemento de desvío, después adicionalmente a través del lecho de catalizador hacia arriba en la rama ascendente, y a través de su orificio de salida en la zona de producto que contiene la cuba colectora. En la zona de producto se concentra el producto, y éste se puede liberar a través de la cubierta superior.

El documento DE 34 42 053 A1 da a conocer un reactor de tubo doble que desprende calor, por ejemplo para la síntesis de metanol, que comprende: una camisa refrigeradora cilíndrica con una entrada lateral y una salida lateral para un agente refrigerante, una placa circular dispuesta en la sección superior de la camisa refrigeradora, que subdivide el espacio interior de la camisa refrigeradora en una zona parcial inferior para la circulación del medio refrigerante, y una zona parcial superior, un tubo doble fijado a la placa, una entrada y una salida para el gas de reacción.

El tubo doble está constituido por un tubo interno, un tubo externo, y un espacio circular formado entre el tubo interno y el tubo externo, en el que está configurado un lecho de catalizador cargado con un catalizador. El tubo interno está configurado en su extremo (superior) como la entrada que está unida al lado externo del reactor mediante técnica de circulación, y está unida en su otro extremo (inferior) con una entrada para el lecho de catalizador en el extremo (inferior) del tubo doble. En el otro extremo (superior) del espacio circular se encuentra una salida del lecho de catalizador, que está unida a la salida para el gas de reacción. En el extremo inferior del tubo doble, el extremo inferior del tubo interior está unido a la entrada para el lecho de catalizador mediante técnica de circulación. La entrada para el agente refrigerante en la camisa refrigerante se encuentra aproximadamente a la

altura de la entrada del lecho de catalizador, y la salida aproximadamente a la altura de la entrada del lecho de catalizador.

5 El documento DE 34 42 053 A1 da a conocer también formas de ejecución de un reactor de tubo doble con dos tubos dobles conectados en paralelo, un calentador unido a la entrada, dos tubos flexibles que unen el calentador con el respectivo tubo interior de un tubo doble. En ninguna de las formas de ejecución dadas a conocer en el documento DE 34 42 053 A1, el tubo interior del tubo doble contiene un lecho de catalizador.

10 El documento DE 933 087 da a conocer un horno tubular con serpentín curvado, para la reacción de sustancias gaseosas o en forma de vapor, en especial de hidrocarburos y vapor de agua, que comprende una pieza parcial tubular cargada con una masa catalítica. El horno tubular comprende una cámara de calefacción cilíndrica anular, que está rodeada por una camisa interna, una camisa externa constituida por una sustancia termoestable y poco termoconduciva, y resistencias de calefacción eléctricas dispuestas entre estas camisas, y que se puede cerrar con una tapa. El horno tubular comprende además un serpentín dispuesto en el interior de la cámara de calefacción, con cuatro piezas parciales verticales en cada caso, que están unidas entre sí a través de tres codos de tubo, y cuyas piezas terminales se hacen pasar a través de la tapa.

15 En los codos de tubo que unen las piezas parciales tubulares está colocado un manguito de llenado, que se hace pasar a través de la tapa, y está cerrado por medio de un tapón. A través del manguito se puede introducir la masa catalítica necesaria para la carga de las piezas parciales tubulares, granulada, o constituida por cuerpos moldeados reducidos, en las partes tubulares medias, así como en las partes de los codos de tubo que siguen a las mismas. La masa catalítica restante se introduce a través de los extremos de las partes tubulares (partes terminales) provistos de bridas. De un conducto conectado a la pieza parcial tubular se extrae el producto final.

20 El horno tubular del documento DE 933 087 comprende un (único) serpentín con varias piezas parciales tubulares dispuestas en serie. El documento DE 933 087 no da a conocer que un reactor comprende varios elementos de reactor conectados en paralelo entre sí. El documento DE 933 087 tampoco da a conocer una alimentación de sustancias de partida común que garantice la conexión en paralelo de varios elementos de reactor y la carga paralela con la sustancia de partida por medio de las entradas de gas.

En instalaciones de síntesis precedentes para la obtención de soportes de energía basados en hidrocarburos, como metanol, se emplean reactores de síntesis grandes, complejos y muy costosos. El correspondiente método para el diseño y para la obtención de estos reactores, y para el desarrollo de catalizadores apropiados, corresponde a algunas grandes firmas.

30 No obstante, existe la demanda de reactores de síntesis menores y menos costosos, en especial, momentáneamente, la tendencia a instalaciones reducidas, e incluso a instalaciones transportables del tamaño de contenedores de transporte marítimo. En este caso no son apropiados los reactores de síntesis a escala industrial.

35 Ahora se plantea la tarea de poner a disposición un correspondiente reactor y un correspondiente procedimiento para poder transformar un gas que contiene carbono e hidrógeno, por ejemplo gas de síntesis que contiene  $H_2$  y  $CO_2$ , de manera eficiente y razonable desde el punto de vista económico, en un soporte de energía basado en hidrocarburos, como por ejemplo metanol. En este caso, un detalle especial consiste en la reducción del tamaño de construcción del reactor de síntesis. Además, el reactor de síntesis debe ser escalable en lo posible, para poder realizar reactores de las más diversas capacidades con los correspondientes componentes.

40 Según la invención se propone un procedimiento y un reactor para la puesta a disposición de soportes de energía almacenables y transportables, preferentemente basados en metanol. Además se propone un procedimiento para empleo de tal reactor.

45 Según la invención se emplea una fracción de gas que contiene carbono, preferentemente óxidos de carbono, como proveedor de carbono. La fracción de gas que contiene carbono se hace reaccionar con una fracción de hidrógeno en presencia de un catalizador, para hacer reaccionar estos gases con un soporte de energía, preferentemente un alcohol, y de modo especialmente preferente un producto que contiene metanol.

Preferentemente se extrae dióxido de carbono de un proceso de combustión o un proceso de oxidación de carbono o hidrocarburos por medio de precipitación de  $CO_2$ .  $CO_2$  se puede poner a disposición, por ejemplo, a través de un oleoducto, o bien también en botellas de acero o tanques. No obstante, también se puede emplear monóxido de carbono (CO) o gas metano ( $CH_4$ ), u otros gases fósiles o biógenos, como fracción de gas que contiene carbono.

50 El hidrógeno se puede poner a disposición a través de un oleoducto, o bien también en botellas de acero o tanques. No obstante, el hidrógeno se obtiene preferentemente in situ por medio de electrólisis de agua. Alternativamente, también se puede generar el hidrógeno mediante una reacción de oxidación de silicio elemental u otro metal elemental.

Según la invención, también se puede extraer dióxido de carbono como proveedor de carbono a partir de gas natural crudo, que puede presentar, según fuente de gas natural, más de un 10 % de fracción de dióxido de carbono. Dióxido de carbono puede proceder también, por ejemplo, de procesos de combustión de cal o de calcinación a sosa.

- 5 Según la invención se desea un funcionamiento de instalación, lo más constante y duradero posible, de una planta Silicon-Fire, lo que se consigue mediante una carga uniforme con un control de proceso computerizado.

La instalación Silicon-Fire según la invención se controla de este modo, y los procesos aislados se „unen“ entre sí de modo que

- 10
- se maximiza en lo posible el rendimiento total y la calidad (como por ejemplo la pureza) de productos de reacción,
  - y/o se minimiza en lo posible la emisión (total) de CO<sub>2</sub>,
  - y/o se consigue una descarga de instalación lo más constante y duradera posible,
  - y/o se minimizan en lo posible los costes de inversión y operación de la instalación Silicon-Fire.

Preferentemente se emplea energía eléctrica regenerativa para el funcionamiento de la instalación Silicon-Fire.

- 15 Con una instalación Silicon-Fire se obtiene preferentemente metanol como forma de energía almacenable y transportable. Es decir, las energías renovables se transforman por vía química en una forma de energía (líquida) no crítica y almacenable y transportable de modo relativamente sencillo.

- 20 Además, según forma de ejecución, también se puede transformar metano fósil gaseoso, en un proceso químico eficiente, directamente en metanol líquido, que a su vez no es crítico, y es almacenable y transportable de manera relativamente sencilla frente a un gas. De este modo, se pueden substituir las costosas instalaciones de licuefacción de gas y los correspondientes cargueros de gas líquido.

- 25 La producción de hidrocarburos líquidos como forma de energía almacenable y transportable de manera relativamente sencilla se puede reducir o incluso interrumpir en cualquier momento. Las partes de instalación tecnológicas para la obtención de hidrocarburo se pueden reducir o desconectar de manera relativamente sencilla y rápida. En este caso, la potestad de decisión se sitúa en el ámbito de responsabilidad del operador de la instalación Silicon-Fire.

- 30 Hidrocarburo líquido puede servir como tampón de energía. Por ejemplo se puede almacenar un hidrocarburo líquido para poner a disposición adicionalmente energía eléctrica en el caso de demanda de energía punta en la red de conexión eléctrica. Se puede quemar metanol en caso necesario en centrales térmicas, o con el mismo se puede generar energía eléctrica en pilas de combustible (por ejemplo pilas de combustible de metanol directas; llamadas MFC).

En caso necesario, el metanol se puede transformar catalíticamente en un gas de disociación a partir de hidrógeno y monóxido de carbono. De ello resultan ventajas en ciertos procesos de transformación.

- 35 Formas preferentes de ejecución de la invención se basan en la generación de hidrógeno con ayuda de energía eléctrica, que se produce de modo regenerativo en lo posible, y procede, por ejemplo, de centrales eólicas, hidráulicas y/o solares. Hidrógeno que se genera, por ejemplo, in situ por electrólisis o mediante el empleo de silicio elemental, no necesita ser almacenado o altamente compactado o ultracongelado y transportado a través de tramos mayores, sino que sirve como producto intermedio, que se alimenta preferentemente en el lugar de su generación a la reacción citada anteriormente para la generación de hidrocarburos.

- 40 A un proceso de transformación de energía, en el que se transforma energía regenerativa en energía eléctrica, según forma de ejecución de la invención, siguen, por ejemplo, procesos (químicos) de transformación de energía, esto es, la puesta a disposición intermedia de hidrógeno y la transformación de hidrógeno junto con un soporte de carbono (por ejemplo dióxido de carbono) a metanol.

- 45 No obstante, según invención, también se puede generar metanol bajo empleo de energía fósil o mediante una mezcla de energía inteligente (véase, por ejemplo, el documento WO2010069622A1) constituida por energía fósil y regenerativa.

Bajo consideración de las correspondientes prescripciones técnicas energéticas, técnicas de instalación y económicas, junto con el requisito de utilización cuidadosa de todos los recursos materiales, energéticos y económicos, según la invención se pone a disposición una nueva solución técnica energética.

Otras formas de ejecución ventajosas se pueden extraer de la descripción, de las figuras y de las reivindicaciones dependientes.

En los dibujos se representan esquemáticamente diversos aspectos de la invención.

- 5 La figura 1: muestra un esquema que representa el principio de neutralidad climática mediante la inversión, o la explotación de proyectos de compensación;
- la figura 2: muestra un esquema que reproduce los pasos básicos del procedimiento, según una de las solicitudes de patente internacionales mencionadas inicialmente, respecto a una correspondiente instalación Silicon-Fire;
- la figura 3: muestra un esquema que reproduce los pasos básicos del procedimiento según la invención, respecto a una correspondiente instalación Silicon-Fire;
- 10 la figura 4A: muestra una vista lateral esquemática, que muestra los aspectos básicos de un elemento de reactor como tubo de reacción, según la invención;
- la figura 4B: muestra una ampliación de sección esquemática en corte parcial, que muestra detalles del elemento reactor según la figura 4A;
- la figura 5A: muestra una vista lateral de otro elemento reactor adicional según la invención;
- 15 la figura 5B: muestra una vista en planta del elemento reactor según la figura 5A;
- la figura 5C: muestra una vista lateral de la zona superior del elemento reactor según la figura 5A en una vista en detalle X;
- la figura 5D: muestra un corte a través de la zona superior del elemento del reactor según la figura 5A;
- la figura 5E: muestra un corte a lo largo de la línea de corte C-C en la figura 5D;
- 20 la figura 6A: muestra una vista lateral de otro elemento de reactor según la invención;
- la figura 6B: muestra una vista en planta del elemento de reactor según la figura 6A y la posible variante acodada de la disposición de las partes aisladas del tubo de reacción según la figura 5B;
- la figura 7A: muestra una vista en corte lateral (a lo largo de la línea de corte A-A en la figura 7B) de un reactor según la invención;
- 25 la figura 7B: muestra una vista en planta del reactor según la figura 7A;
- la figura 7C: muestra una vista exterior lateral del reactor según la figura 7A;
- la figura 8: muestra una vista en planta de un reactor según la figura 7A, estando indicados en forma esquemática los conductos anulares junto con conductos de alimentación.
- 30 El concepto soporte de energía se emplea en este caso para sustancias líquidas, que se pueden emplear directamente como combustible o carburante. En este caso se trata especialmente de metanol 108, o bien soportes de energía que contienen metanol. El concepto „producto que contiene metanol“ se emplea en este caso, ya que el producto que se pone a disposición en la salida de un reactor, no está constituido por metanol en un cien por cien. Más bien se trata de una denominada mezcla física de metanol y agua, que se denomina en este caso producto que contiene metanol. Mediante un proceso de destilación subsiguiente se puede obtener metanol puro.
- 35 En este caso se denomina dirección de proceso la dirección del lado de entrada hacia el lado de salida, es decir, el sentido de flujo en el interior de un reactor 10.
- 40 En el caso de metanol 108 como soporte de energía se debían cumplir ciertas condiciones marginales en obtención, almacenaje y en transporte, que son similares a las condiciones para el manejo de otros combustibles y carburantes fósiles líquidos. En este caso se puede utilizar sin problema la infraestructura existente. Por parte del material pueden ser necesarios ciertos ajustes, por ejemplo para utilizar las propiedades corrosivas de metanol. También se deben adaptar las medidas de seguridad, por ejemplo, respecto a protección sanitaria, contra incendios y explosiones.

La figura 2 muestra en una representación en bloques esquemática los integrantes/componentes más importantes, pasos de procedimiento respectivos, de una instalación Silicon-Fire 100 según una de las solicitudes de patente internacionales mencionadas inicialmente. Esta instalación 100 está diseñada de modo que se pueda realizar un procedimiento para la puesta a disposición de soportes de energía almacenables y transportables 108. El correspondiente procedimiento se basa en los siguientes pasos básicos.

Se pone a disposición, por ejemplo, dióxido de carbono 101 como proveedor de carbono. La energía de corriente continua eléctrica necesaria E1 se genera en este caso por medio de técnica energética renovable en lo posible, y se pone a disposición la instalación Silicon-Fire 100. Como técnica energética renovable son apropiadas especialmente instalaciones solares térmicas 300 e instalaciones fotovoltaicas 400, que se basan en módulos solares. Se puede emplear, por ejemplo, fuerza hidráulica. También es posible prever una combinación de varios tipos de instalación 300 y 400, ya que la demanda de superficie, referida a la potencia eléctrica, de una instalación solar térmica 300 es menor que la de una instalación fotovoltaica 400.

Según la figura 2 se lleva a cabo una electrólisis de agua 105 bajo empleo de energía de corriente continua eléctrica E1, para generar hidrógeno 103, o iones hidrógeno, como producto intermedio.

En la figura 2 se representa una instalación 100 que está constituida de modo que reduce o compensa los inconvenientes mencionados. Por este motivo, en una instalación Silicon-Fire 100 se realiza preferentemente una combinación, óptima desde el punto de vista económico y ecológico, de abastecimiento de corriente regenerativo (a través de las instalaciones 300 y/o 400) y abastecimiento de corriente convencional, de este modo se representa una parte de una red de conexión 500. Por lo tanto, esta instalación Silicon-Fire 100 prevé utilizar, y con ello enlazar químicamente y almacenar la energía eléctrica regenerativa E1 sensiblemente de manera directa correspondiendo a su producción para reacciones químicas (en este caso la reacción de electrólisis 105). Otra fracción de energía necesaria se obtiene en este caso, a modo de ejemplo, de la red de conexión 500. Esta fracción se transforma en (energía de) corriente continua E2. Con este fin se emplea un correspondiente transformador 501, como se indica en la figura 2 de forma esquemática. Las correspondientes partes o componentes de instalación se denominan también instalación de abastecimiento de energía 501 en este caso.

Por medio de un control de instalación inteligente 110 se controla y regula el abastecimiento de energía de la instalación 100 según la figura 2. En principio, la fracción de energía excedente disponible momentáneamente E2 en cada caso se obtiene a partir de la red de conexión 500, mientras que la otra fracción solar (en este caso E1) se obtiene en la mayor medida posible a partir de una central solar 300 y/o 400 (y/o a partir de una central eólica y/o a partir de una central hidráulica). Por lo tanto, en este caso se llega a una inversión inteligente del principio previo, en el que las oscilaciones de energía de instalaciones de energía renovables 300; 400 se capturan mediante conexión y desconexión de centrales térmicas convencionales. Por lo tanto, para el funcionamiento de una instalación Silicon-Fire 100 no se necesita mantener capacidades de rendimiento y regulación de frecuencia adicionales para las instalaciones térmicas regenerativas en la red de conexión 500. Este principio posibilita incluir al operador de una instalación Silicon-Fire 100 parámetros técnicos y económicos adicionales en el control de la instalación 100. En el caso de estos parámetros se trata de las denominadas magnitudes de entrada I1, I2, etc., que se incluyen en decisiones por parte del control 110. Una parte de los parámetros se puede predeterminar dentro del control 110 en un acumulador de parámetros 111. Otra parte de los parámetros puede venir del exterior. En este caso se pueden adoptar, por ejemplo, informaciones de precio y/o disponibilidad por parte del operador de la red de conexión 500.

En la figura 3 se representa ahora esquemáticamente una instalación 700 según la invención, que está construida de modo que reduce o compensa los inconvenientes mencionados inicialmente. Una parte de esta instalación 700 corresponde a la instalación 100 según la figura 2. Por lo tanto, en esta relación se remite a la anterior descripción de elementos correspondientes.

En esta forma de ejecución, como se ha descrito, a través de una electrólisis de agua 105 se genera hidrógeno altamente puro 103, que se transforma en este caso, por ejemplo, en metanol 108. La energía a tal efecto en esta forma de ejecución procede completamente o del modo más sensible posible (preferentemente en más de un 80 %) de fuentes de energía regenerativas 300 y/o 400 (o a partir de otras fuentes de energía regenerativas).

Se puede prever una serie de conducciones de control o señales, como se representa por medio de las conducciones 112, 113 y 114, mostradas a modo de ejemplo. Estas conducciones 112, 113 y 114 controlan corrientes de energía o masa de la instalación 700.

En el control de instalación 110 se implementan los denominados procesos de decisión basados en software. Un procesador del control 110 realiza un software de control y toma decisiones programadas bajo consideración de parámetros. Estas decisiones se transforman en órdenes de conexión o control, que provocan, por ejemplo a través de conducciones de control o señal 112, 113, 114, el control/regulación de corrientes de energía y masa.

Según una forma especialmente preferente de ejecución de la invención se emplea dióxido de carbono 101 como proveedor de carbono gaseoso, como se indica esquemáticamente en la figura 3. Preferentemente se extrae el dióxido de carbono 101 de un proceso de combustión o un proceso de oxidación a través de precipitación de CO<sub>2</sub> (por ejemplo una instalación de purificación de gas de combustión Silicon-Fire). No obstante, el dióxido de carbono se puede separar también de gas natural crudo, y poner a disposición. El dióxido de carbono 101 puede proceder también de otras fuentes. El dióxido de carbono 101 se pone a disposición a través de un oleoducto, una botella de acero o un tanque.

Además, en la forma de ejecución mostrada se pone a disposición energía de corriente continua eléctrica E1. Preferentemente, la energía de corriente continua E1 se genera sensiblemente de manera regenerativa (por ejemplo mediante una de las instalaciones 300 y/o 400 en la figura 3). La energía de corriente continua E1 se emplea para la puesta en práctica de una electrólisis de agua, para generar hidrógeno 103 como producto intermedio, en la forma de ejecución mostrada. La instalación de electrólisis, respectivamente la puesta en práctica de tal electrólisis, está caracterizada por el signo de referencia 105 en la figura 3. El dióxido de carbono 101 se reúne con el hidrógeno 103. El gas correspondiente se denomina en este caso sustancia de partida AS. La sustancia de partida AS se hace reaccionar (síntesis de metanol en un reactor 10, según invención), para transformar los productos (intermedios) gaseosos 101, 103, por ejemplo, en metanol 108. La reacción se lleva a cabo en el reactor 10 según la invención. La extracción, respectivamente la puesta a disposición de metanol 108, está caracterizada por el signo de referencia 107 en la figura 3.

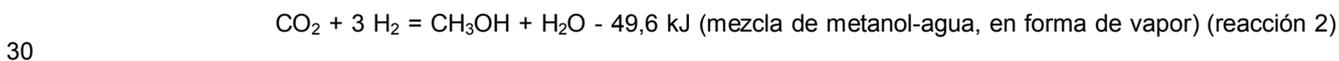
A continuación se describen detalles básicos de este procedimiento y de la correspondiente instalación Silicon-Fire 700.

Para poder generar hidrógeno 103 como producto intermedio es apropiada una electrólisis de agua bajo empleo de corriente continua E1. El hidrógeno requerido 103 se obtiene en una instalación de electrólisis 105 mediante la electrólisis de agua H<sub>2</sub>O según la siguiente ecuación:



La energía (eléctrica) E1 requerida para esta reacción, de 286,02 kJ/mol, corresponde a 143010 kJ por kg de H<sub>2</sub>.

La síntesis de metanol 108 (CH<sub>3</sub>OH) se puede efectuar en el reactor 10 de la instalación Silicon-Fire 700 según la reacción exotérmica entre dióxido de carbono 101 (CO<sub>2</sub>) e hidrógeno 103 (H<sub>2</sub>) como sigue:



El calor de reacción producido, de 49,6 kJ/mol = 1550 kJ por kg de metanol = 0,43 kWh por kg de metanol 108, se evacúa del correspondiente reactor 10. Con este fin, el reactor 10 comprende un espacio de fluido 14 (véase, por ejemplo, la figura 7A), es decir, los tubos de reactor 20.n en el reactor 10 están rodeados de una camisa de reactor y refrigerados por medio de un fluido (preferentemente agua).

Condiciones de síntesis típicas en el reactor de síntesis 10 son aproximadamente 50 a 80 bar, y aproximadamente 270°C. El calor de reacción se puede „transmitir“, por ejemplo, a otros elementos de la instalación, como por ejemplo un evaporador de la columna de destilación, o a otras zonas de instalación post-conectadas.

La síntesis (de metanol) según la invención se lleva a cabo bajo empleo de un catalizador 60 (véase, por ejemplo, la figura 4B), para mantener reducidas temperatura de reacción, presión de reacción, así como tiempo de reacción, en comparación con otros procedimientos, y para asegurar que se forme como producto de reacción hidrocarburo líquido altamente puro (por ejemplo metanol 108).

Si la instalación Silicon-Fire 700 se encuentra en la proximidad de una fuente de CO<sub>2</sub>, se puede prescindir de una licuefacción de CO<sub>2</sub> para el transporte. Por lo demás, según el estado de la técnica es relativamente sencillo licuar el CO<sub>2</sub> y también llevar el mismo a una instalación Silicon-Fire 700 a través de grandes eliminaciones. En el caso de una supresión de licuefacción, y en caso dado almacenaje y transporte a través de eliminación más larga, el CO<sub>2</sub> se encuentra disponible probablemente gratuito bajo consideración de créditos de prevención de CO<sub>2</sub>. También en el caso de un transporte, los costes para la „adquisición“ de CO<sub>2</sub> son relativamente reducidos.

En la figura 3, por medio de la flecha a trazos 112, que parte del control 110, se indica que el control 110 regula la corriente de energía E1. La flecha 112 representa una conducción de control o señal. También se representan otras posibles conducciones de control o señal 113, 114. La conducción de control o señal 113 regula, por ejemplo, la cantidad de CO<sub>2</sub> de la que se dispone para la reacción 106. Si se produce, por ejemplo, menos hidrógeno 103, se debe alimentar también menos CO<sub>2</sub> proporcionalmente. La conducción de control o señal opcional 114 puede

regular, por ejemplo, la cantidad de H<sub>2</sub>. Tal regulación es razonable si hay un acumulador de tampón de hidrógeno, del que se puede extraer hidrógeno 103, también si en el momento no se produce hidrógeno o se produce menos hidrógeno mediante electrólisis 105 (o mediante el empleo de silicio elemental).

5 Las investigaciones han dado por resultado que es especialmente razonable desde el punto de vista económico y ecológico que la instalación Silicon-Fire 100 se diseñe o controle de modo que se genere entre un 15 % y un 40 % de metanol 108 a partir de energía regenerativa, mientras que se pone a disposición metanol adicional para el complemento a un 100 % a partir de otros hidrocarburos (por ejemplo de gas metano).

10 Es especialmente preferente una forma de ejecución del concepto de funcionamiento de la instalación 100, que prevé la obtención de energía eléctrica económica en los tiempos de carga débil a partir de una red de conexión 500 (como en la figura 2).

Los detalles de una forma especialmente preferente de ejecución de un reactor 10 para la síntesis de etanol 108 se muestra en las figuras 4A a 7C. Las ejecuciones que se realizan a continuación para la síntesis de metanol 108 se pueden extender a la síntesis de otros hidrocarburos líquidos.

15 El metanol 108, como se ha descrito ya, se sintetiza bajo empleo de una sustancia de partida AS, que contiene, por ejemplo, gas CO<sub>2</sub> 101 y gas hidrógeno 103. El correspondiente reactor 10 comprende un elemento reactor 15.1 o varios elementos reactores 15.m dispuestos sucesivamente (m es en este caso un número entero, que es mayor o igual a 2). Un elemento reactor 15.m comprende en todas las formas de ejecución n = 2 tubos de reactor 20.n (n en este caso es un número entero que es mayor o igual a 2). Un elemento reactor 15.m con n = 2 tubos de reactor 20.1 y 20.2 se muestra en las figura 4A y 4B. En tal disposición, que comprende siempre un elemento de desvío 30.1 (aquí un elemento de desvío de 180 grados) en el caso de n = 2 tubos de reactor 20.1 y 20.2, resulta una constelación en la que tanto la entrada de gas 21 para la sustancia de partida AS, como también la salida de producto 23, están situados en el extremo superior del elemento de reactor 15.m (como se muestra en la figura 4A), o en el extremo inferior del elemento de reactor 15.m. De este modo resultan determinadas condiciones constructivas si se trata de un reactor 10, que comprende un mayor número (por ejemplo mayor que 6) de elementos de reactor 15.m en un haz.

30 El concepto „disposición en paralelo“ se emplea en este caso para describir que pueden recorrer elementos de reactor aislados 15.m, desde el punto de vista técnico de reacción y técnico de circulación, paralelamente en volumen y tiempo desde la sustancia de partida AS. Ya que la sustancia de partida AS se transforma sucesivamente en una sustancia que contiene metanol en el paso de los tubos de reactor 20.n de los elementos de reactor 15.m, la etapa intermedia fluida que se produce en el reactor 10, se denomina fluido de reacción. En el lado de entrada del reactor 10, la concentración de metanol del fluido de reacción se sitúa en cero, y la concentración de la sustancia de partida gaseosa AS se sitúa en aproximadamente un 100 %. En sentido del lado de salida se desplazan las correspondientes concentraciones en sentido opuesto hasta que a la salida (en la descarga de producto 23) se ha formado una sustancia que contiene metanol con una concentración de metanol elevada (preferentemente una mezcla de metanol-agua en proporción 1:2).

Una ventaja de la invención consiste en que cada elemento de reactor 15.m está configurado como un único reactor de síntesis singular. Mediante la disposición paralela de m elementos de reactor 15.1 a 15.m se puede variar la capacidad del reactor 10 (correspondientemente al número m). Por el contrario, el número n tiene una influencia directa sobre el tamaño de construcción del reactor 10.

40 Cada uno de los elementos de reactor 15.m presenta una entrada de gas 21 en un primer extremo tubular 22.1 y una salida de producto 23 en el segundo extremo tubular 22.2. Cada uno de los elementos de reactor 15.m tiene al menos un elemento de desvío 30.k (preferentemente en forma de un elemento de desvío de 180 grados), que se sitúa entre el primer extremo tubular 22.1 y el segundo extremo tubular 22.2 del respectivo elemento de reactor 15.m.

45 Si un elemento de reactor 15.m comprende n = 2 tubos de reactor 20.1 y 20.2, entonces presenta k = 1 elemento de desvío de 180 grados 30.k. Si un elemento de reactor 15.m comprende n = 3 tubos de reactor 20.1, 20.2 y 20.3, éste presenta k = 2 elementos de desvío de 180 grados 30.k. Este principio se puede extender correspondientemente también a elementos de reactor 15.m con más de tres (es decir, n mayor que 3) tubos de reactor 20.n.

50 Según la invención, los tubos de reactor 20.n de un elemento de reactor 15.m están dispuestos en dirección opuesta. Se denomina disposición contraria una constelación técnica de circulación espacial, en el que el fluido de reacción circula hacia abajo en un tubo de reactor 20.1, mientras que el fluido de reacción tras el desvío en un elemento de desvío 30.1 a un segundo tubo de reacción 20.1 circula hacia arriba. Los tubos de reactor 20.n de un elemento de reactor 15.m están situados preferentemente en estrecha yuxtaposición en todas las formas de ejecución. La holgura recíproca (pared externa a pared externa) asciende preferentemente a menos del diámetro externo de uno de los tubos de reactor 20.n.

- En las figuras 5A – 5E, 6A, 6B se muestran elementos de reactor 15.m con  $n = 3$  tubos de reactor 20.1, 20.2 y 20.3 y  $k = 2$  elementos de desvío de 180 grados 30.1, 30.2. La ventaja de un número  $n$  impar consiste en que el lado de entrada y el lado de salida se sitúan en extremos opuestos del elemento de reactor 15.m. De este modo se gana espacio para la disposición de un colector o distribuidor de partida común 11.1, 11.2 (por ejemplo en forma de una conducción anular) en un lado y para la disposición de la/s salida(s) de producto 23.
- Cada uno de los elementos de reactor 15.m comprende al menos un orificio de carga superior 24.1 para la carga de un catalizador 60 para la síntesis de metanol. En todas las formas de ejecución, cada tubo de reactor 20.n y/o cada elemento de desvío superior 30.2 comprende un orificio de carga 24.1, o bien 24.2. Los orificios de carga 24.2 en los elementos de desvío superiores 30.2 son algo mayores que los orificios de carga superiores 24.1 en todas las formas de ejecución, ya que mediante el elemento de desvío 30.2 se cargan desde arriba dos tubos de reactor 20.2, 20.3. Según demanda, también pueden estar previstos orificios de vaciado situados por debajo 25.1, 25.2 (véase, por ejemplo, la figura 5A y la figura 6A). Los orificios de vaciado 25.2 en los elementos de desvío inferiores 30.1 son preferentemente algo mayores que los orificios de vaciado inferiores 25.1 en todas las formas de ejecución, ya que a través del elemento de desvío 30.1 se vacían desde abajo dos tubos de reactor 20.1, 20.2.
- A través de los orificios de carga 24.2 se puede introducir el catalizador 60 y/o material inerte 61. A través de los orificios de vaciado 25.2 se puede descargar el catalizador 60 y/o el material inerte 61. Los orificios de carga 24.1, 24.2 y/u orificios de vaciado 25.1, 25.2 pueden estar previstos en todas las formas de ejecución de la invención.
- Los orificios de carga 24.1, 24.2 y/o los orificios de vaciado 25.1, 25.2, se pueden cerrar preferentemente en todas las formas de ejecución, por ejemplo con un tapón a rosca o con una tapa.
- La disposición en paralelo de los tubos de reactor 20.n se garantiza al poderse cargar las entradas de gas 21 de varios elementos de reactor 15.m con la substancia de partida AS por medio de una conducción colectora común para el gas de síntesis 11.1, 11.2 (preferentemente en forma de una conducción anular común), y al poderse unir las salidas de producto 23 de varios elementos reactores 15.m con una zona de instalación post-conectada (por ejemplo una columna de destilación) mediante técnica de circulación.
- A continuación se describen otros detalles de un elemento de reactor 15.m según la figura 5A-5E. En estas figuras se muestra un elemento de reactor 15.m, que está colocado especialmente para la disposición en un anillo externo (haz externo) de un reactor 10. El elemento de reactor 15.m comprende  $n = 3$  tubos de reactor 20.1, 20.2, 20.3. Tiene un primer orificio de carga superior 24.1 y una entrada de gas superior 21. El primer tubo de reactor 20.1 transcurre verticalmente desde abajo y desemboca en un primer elemento de desvío 30.1. En el primer elemento de desvío 30.1 está previsto un orificio de vaciado inferior 25.2. Desde el primer elemento de desvío 30.1 se extiende un segundo tubo de reactor 20.2 verticalmente hacia arriba y desemboca en un segundo elemento de desvío 30.2. En el segundo elemento de desvío 30.2 está previsto un orificio de carga superior 24.2. Desde el segundo elemento de desvío 30.2 se extiende un tercer tubo de reactor 20.3 verticalmente hacia abajo. El tercer tubo de reactor 20.3 tiene un orificio de vaciado inferior 25.1 y una salida de producto inferior 23.
- La constelación mostrada tiene una longitud de reacción efectiva LE (llamada tramo de reactor), que corresponde a 3 veces la longitud aislada L, ya que los tres tubos de reactor 20.1, 20.2, 20.3 ofrecen un desarrollo plegado (en forma de meandros) para el fluido de reacción.
- En la figura 5C se puede identificar que el elemento de desvío 30.2 puede tener una forma de embudo. Esta forma es preferente. No obstante, no es importante la envoltura externa, sino el espacio interno, que se debe diseñar de modo que forma una unión técnica de circulación de un tubo de reactor 20.2 al siguiente tubo de reactor 20.3, que no forma una reducción de sección transversal o barrera interferente. En la figura 5D se puede ver el interior del elemento de desvío 30.2 desde arriba. En la figura 5E se muestra un corte. En la representación en corte se puede identificar que el espacio interno presenta forma de embudo en este caso.
- Cada elemento de desvío 30.k en el espacio interno puede presentar preferentemente una pared separadora 31, que sirve para la carga separada de tubos de reactor aislados 20.n. Esta pared separadora 31 se emplea preferentemente solo en el momento de la carga. También es posible cubrir temporalmente uno de ambos tubos de reactor en el interior del elemento de desvío 30.k durante la carga, para poder llenar en este momento el otro tubo de reactor.
- En la figura 5B se puede identificar que la entrada de gas 21 y la salida de producto 23 pueden presentar disposición, por ejemplo, oblicua. Las direcciones se seleccionan preferentemente de modo que en el lado de la entrada se pueda aplicar una alimentación de substancia de partida común 11 como colector/distribuidor. En el lado de salida, las salidas de producto 23 se seleccionan preferentemente de modo que se puedan reunir dos o más de los mismos.

Los elementos de reactor 15.m son especiales al siguiente respecto. Se cargan o se dotan de catalizador 60 de modo que resulta un tramo de reactor que comprende una sección de catalizador, que va seguida de una sección con material inerte 61. Tras la sección con el material inerte 61 sigue de nuevo una sección de catalizador. En la figura 4B se puede identificar este principio. El primer tubo de reactor 20.1 está cargado con el catalizador 60. El elemento de desvío 30.1 está cargado con el material inerte 61, y el segundo tubo de reactor 20.2 está cargado a su vez con el catalizador 60. En ambos tubos de reactor 20.1, 20.2 resultan columnas o secciones de catalizador, que se apoyan en el material inerte 61. Al introducirse el material inerte 61 en el elemento de desvío 30.1, no puede penetrar catalizador 60 en la zona de fondo (zona inferior) del elemento de desvío 30.1.

El catalizador 60 se somete típicamente a un paso de reducción en los tubos de reactor 20.n, experimentando el catalizador 60 una reducción de volumen, que se compensa al menos parcialmente mediante desplazamiento subsiguiente, llenado subsiguiente o deslizamiento subsiguiente del material inerte 61. El material inerte 61 también puede moverse adicionalmente o llenar cavidades, que resultan en la reducción de catalizador. Además, el material inerte 61 impide un ascenso debido a la circulación de catalizador 60 en tubos de reactor ascendentes (por ejemplo en tubos de reactor 20.2).

El material inerte 61 se emplea en todas las formas de ejecución.

En la figura 5B se puede identificar que los tres tubos de reactor 20.1, 20.2, 20.3 descansan, o bien están en un primer plano común F1. En la figura 6B se puede identificar que los tres tubos de reactor 20.1, 20.2, 20.3 pueden tener también una disposición angular, en la que un primer tubo de reactor externo 20.1 con el tubo de reactor medio 20.2 en un primer plano común F1, y un segundo tubo de reactor externo 20.3 con el tubo de reactor medio 20.2 en un segundo plano común F2. De este modo se pueden conseguir empaquetaduras, o bien agrupamientos muy densos, en todas las formas de ejecución.

La descripción de las figuras 4A a 4E se puede transponer 1 : 1 a las figuras 5A, 5B. La forma de ejecución en las figuras 5A, 5B se diferencia esencialmente solo en la disposición angular. La disposición angular (en este caso con un ángulo de 130 grados) se seleccionó para poder disponer los correspondientes elementos de reactor 15.m en el haz interno de un reactor 10. La entrada de gas 21 y la salida de producto 23 apuntan preferentemente a diversas direcciones en este caso.

En las figuras 7A a 7C se muestra un reactor 10, que se desarrolló y optimizó según planteamiento de cometido. El reactor 10 comprende en este caso un haz de elementos de reactor 15.m. En el ejemplo mostrado en concreto, el reactor 10 comprende un haz interno con 8 elementos de reactor 15.m según la figura 6A, 6B y un haz externo con 12 elementos de reactor 15.m según la figura 5A-5E (es decir,  $m = 20$ ). Para no interferir en la representación en las figuras 7A a 7C por un número excesivo de líneas de referencia y signos de referencia, se dotó de líneas de referencia y signos de referencia solo una parte de los elementos. El reactor 10 comprende preferentemente un espacio de fluido 14, que tiene una forma cilíndrica en este caso. El espacio de fluido 14 rodea el haz total de los elementos de reactor 15.m, sobresaliendo del espacio de fluido 14 únicamente los extremos superiores e inferiores de los elementos de reactor. Por consiguiente, el primer y el segundo orificio de llenado 24.1, 24.2, así como las entradas de gas del lado de la entrada 21 y las descargas de producto del lado de la salida 23, se sitúan afuera del espacio de fluido 14. En un modo de operación del reactor 10 preferente, el espacio de fluido sirve para crear un entorno isotérmico. Con este fin, un fluido (por ejemplo agua o gas) puede llegar al espacio de fluido 14 a través de una alimentación de fluido 16. Está prevista una salida de fluido 17 en el espacio de fluido 14 para evacuar el fluido. Según situación se puede refrigerar o calentar. Los orificios de vaciado 25.1, 25.2 se sitúan preferentemente también afuera del espacio de fluido 14.

En todas las formas de ejecución se emplea preferentemente un control de reactor 10 que alimenta inicialmente, durante el aumento de potencia del reactor 10, el espacio de fluido con fluido caliente para poner en marcha la reacción de síntesis. A continuación se alimenta preferentemente un fluido refrigerado para descargar calor de reacción que se produce en la síntesis exotérmica, y crear de este modo un entorno isotérmico. Dependiendo de la capacidad del reactor 10 se puede alimentar calor de reacción al espacio de fluido 14 por medio de un fluido, y la reacción de síntesis se puede desarrollar en el intervalo endotérmico.

En todas las formas de ejecución, el espacio de fluido 14 está diseñado preferentemente de modo que al menos las secciones de reacción de los tubos de reactor 20.n, que están cargadas con el catalizador 60, y los elementos de desvío 30.k, se sitúen en el entorno isotérmico.

En la figura 7B se muestra la vista en planta del reactor 10. Se puede identificar que las entradas de gas 21.a del haz externo apuntan radialmente hacia afuera. Todas terminan en un primer radio común. Las entradas de gas 21.i del haz interior apuntan hacia afuera en diagonal, y terminan todas en un segundo radio común, que es más reducido que el primer radio. Este tipo de orientación y disposición de entradas de gas 21.a, 21.i posibilita prever dos conducciones anulares 11.1 y 11.2, como se indica esquemáticamente en la figura 8. Una primera conducción anular superior 11.1 tiene un radio que corresponde al primer radio de modo que todas las entradas de gas 21.a del haz

externo se pueden alimentar con la substancia de partida AS por la primera conducción anular superior 11.1. En la primera conducción anular superior 11.1 puede estar prevista preferentemente una primera conducción de alimentación 12.1. Una segunda conducción anular superior 11.2 tiene un radio que corresponde al segundo radio, de modo que todas las entradas de gas 21.i del haz interno se pueden alimentar con la substancia de partida AS desde la segunda conducción anular superior 11.2. En la segunda conducción anular superior 11.2 puede estar prevista preferentemente una segunda conducción de alimentación 12.2. No obstante, también se pueden cargar todas las conducciones de alimentación 21 de los 8 elementos de reactor internos y los 12 elementos de reactor externos mediante una conducción anular común, que sirve como colector o distribuidor.

En las figuras 7B y 8 se puede identificar que los orificios de carga 24.1, 24.2, de modo preferente, son libremente accesibles desde arriba, para posibilitar una carga y/o una purga y/o un barrido (por ejemplo con gas inerte).

En la figura 7C se muestra el reactor 10 desde afuera. Los signos de referencia son los mismos que en las demás figuras. Por lo tanto, se remite a la descripción de las demás figuras. El espacio de fluido 14 tiene en este caso un diámetro de envoltura D que puede ascender, por ejemplo, a 1 m. La altura H del espacio de fluido 14 asciende en este caso, por ejemplo, a aproximadamente 2,2 m. De este modo se pueden alojar elementos de reactor 15.m en el espacio de fluido 14, que presentan respectivamente un tramo total de reacción de aproximadamente 5,7 m. El tramo total de reacción de aproximadamente 5,7 m se compone de tres tramos parciales respectivamente, ya que cada uno de los elementos de reactor 15.m comprende en cada caso  $n = 3$  tubos de reactor 20.1, 20.1 y 20.3. La distancia de tubo recíproca AR (véase la figura 5E) puede ascender, por ejemplo, a aproximadamente 60 mm, y los tubos de reactor aislados 20.n pueden tener, por ejemplo, un diámetro externo de 42 mm y un diámetro interno de 33 m.

Preferentemente, en todas las formas de ejecución de la invención, la substancia de partida AS se calienta previamente y/o se introduce con presión elevada en los elementos de reactor 15.m a través de las conducciones de alimentación 12.1, 12.2 y las conducciones anulares 11.1, 11.2. La presión y la temperatura dependen del tipo de catalizador 60. La temperatura se sitúa preferentemente en el intervalo entre 100 y 350 grados Celsius. La presión se sitúa típicamente entre 10 y 150 bar.

Se considera una ventaja importante de la invención que, por ejemplo en un procedimiento de síntesis para la generación de metanol a partir de gas  $\text{CO}_2$  101 e hidrógeno 103, que requiere 4 litros de volumen de catalizador, para garantizar una cantidad de producción por día deseada se puede reducir claramente la altura de construcción del reactor 10 frente a reactores lineales convencionales. Un reactor convencional tendría, por ejemplo, típicamente una altura de construcción total que se sitúa en el intervalo de aproximadamente 6 m, mientras que la altura de H según la invención asciende aproximadamente a 2,2 m en elementos de reactor triplemente plegados. La altura por encima de todo (es decir, incluyendo los orificios de carga 24.1, 24.2, los orificios de vaciado 25.1, 25.2, las entradas de gas 21 y las salidas de producto 23) asciende entonces a unos 2,6 m.

Otra ventaja consiste en que, mediante el „plegado“ de los tubos de reactor 20.n se simplifica predeterminar y mantener condiciones ambientales constantes (por ejemplo isotérmicas) para todas las secciones de los elementos de reactor 15.m. En un tubo de reactor lineal, que tiene una longitud, por ejemplo, de 6 m, predeterminar y mantener condiciones ambientales homogéneas es claramente más difícil que en una disposición plegada según la invención. Condiciones ambientales homogéneas son especialmente importantes para alcanzar una reacción uniforme y para impedir que el catalizador 60 se someta a carga de manera poco uniforme. Además, por ejemplo zonas más frías pueden conducir a una interrupción o influencia de la síntesis.

Las instalaciones de los presentes tamaños se deben construir de manera compacta. Para este caso son ventajosos reactores cortos 10, que se ubican, por ejemplo, en un contenedor. Además se suprimen las chapas de apoyo que son habituales en tubos de reactor más largos.

Un reactor 10 según la invención puede alcanzar una velocidad de reacción que es más elevada que en reactores tubulares lineales.

El „plegado“ puede modificar la cinética de síntesis bajo ciertas circunstancias. Este sería el caso, por ejemplo, si en los elementos de desvío 30.k se llega a estrangulamientos o bloqueos. Por lo tanto, en todas las formas de ejecución se emplea el material inerte 61 en los elementos de desvío 30.k. Mediante el empleo del material inerte 61 se pueden evitar también desplazamientos del punto de rocío. El acondicionamiento de los elementos de desvío 30.k, el equipado con el material inerte 61 y su disposición dentro del fluido en el espacio de fluido impiden la condensación de metanol en el interior de elementos de reactor 15.m a partir del fluido de reacción.

De modo especialmente preferente, en todas las formas de ejecución se emplea material inerte cerámico duro 61 (preferentemente en forma de bola).

De modo especialmente preferente, en todas las formas de ejecución, el material inerte 61 en los elementos de desvío inferiores (por ejemplo 30.1) sirve como estructura de apoyo o soporte bajo el lecho de catalizador (análogamente, por ejemplo, a un lecho de grava bajo un filtro).

5 De modo especialmente preferente, en todas las formas de ejecución, el material inerte 61 en los elementos de desvío superiores (por ejemplo 30.2) sirve

- como protección frente a deterioros ocasionados por la circulación en el caso de fuerte afluencia, y/o

- como capa de retención contra catalizador 60 „en movimiento“, y/o

- como capa de retención en choques de presión orientados hacia atrás (por ejemplo en una parada de emergencia del reactor) o en circulaciones ascendentes en el reactor 10.

10 El material inerte suelto 61, que se emplea en todas las formas de ejecución, tiene también la ventaja de que no son necesarios elementos de inserción metálicos sólidos. Además, el material inerte 61 se puede cargar y extraer de nuevo.

Los aspectos de las diversas formas de ejecución se pueden combinar entre sí sin problema mediante adaptaciones menores.

15 A continuación se describen otros aspectos básicos de un procedimiento según la invención para la puesta a disposición de soportes de energía almacenables y transportables.

El reactor 10 es apropiado especialmente para la síntesis de metanol regenerativo  $\text{CH}_3\text{OH}$  a partir de dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  e hidrógeno  $\text{H}_2$ , que se genera a través de la electrólisis (endotérmica) de agua con energía eléctrica regenerativa según la reacción 1, como se menciona ya anteriormente.

20  $\text{H}_2\text{O} - 286,02 \text{ kJ/mol} = \text{H}_2 + 0,5\text{O}_2$ . (reacción 1)

La síntesis de metanol exotérmica (reacción 2, como se menciona ya anteriormente) se representa mediante la fórmula aditiva:

25  $\text{CO}_2 + 3 \text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} - 49,6 \text{ kJ}$  (metanol gaseoso). (reacción 2)

La energía eléctrica regenerativa empleada E1, en especial en el caso de energía eólica y solar, tiene los inconvenientes de ser relativamente costosa y disponible solo de manera irregular y con limitaciones temporales.

30 Por lo tanto, en este caso se propone completar la obtención regenerativa de metanol 108 con energía eléctrica regenerativa E1 según las reacciones 1 y 2 mediante una síntesis de metanol, a base de la materia prima gas natural con el componente principal metano  $\text{CH}_4$ , o a base de otros materiales de partida de carbono o materiales de partida de hidrocarburo. Esta síntesis se puede efectuar, por ejemplo, mediante oxidación exotérmica directa (transformación oxidativa, conversión oxidativa) de metano según la fórmula aditiva

35  $(\text{CH}_4 + 0,5\text{O}_2 = \text{CH}_3\text{OH} - 167,5 \text{ kJ/mol})$ . (reacción 3)

Esta reacción 3 se denomina oxidación directa en este caso. El oxígeno necesario se puede extraer de la electrólisis de agua ya mencionada (reacción 1).

40 No obstante, también se puede seleccionar la vía a través de oxidación parcial (véase reacción 4, véase a continuación) o el reformado (véase reacciones 6 y/o 7, véase a continuación) (preferentemente como reformado autotérmico), para llegar a una fracción de metanol fósil a través de la vía de gas de síntesis (que comprende esencialmente en este caso monóxido de carbono e hidrógeno). La correspondiente fracción de oxígeno llega típicamente de una instalación de descomposición de aire.

45 Sobre todo es nuevo el hecho de que el oxígeno (puro), respectivamente el gas que contiene oxígeno en gran medida, almacenado directamente o como intermedio para la reacción 3, o también para la oxidación parcial o el reformado, procede, por ejemplo, de la reacción de hidrólisis (reacción 1) o de otra reacción. Si el oxígeno (puro),

5 respectivamente el gas que contiene oxígeno en gran medida, se extrae de la reacción de hidrólisis (reacción 1), según las proporciones másicas de las reacciones 1, 2 y 4, el suficiente el oxígeno de la reacción 1 para poner a disposición por medio de la reacción 3 como máximo tres veces más metanol fósil que con la reacción 2. En el caso de empleo de todo el oxígeno de la reacción 1, el metanol generado total puede proceder en un cuarto de la reacción 2 „regenerativa“, que tiene lugar en un reactor 10, y en tres cuartos de la reacción 4 „fósil“ (por ejemplo de la oxidación directa).

10 Mediante reducción de la fracción de metanol de la reacción 4 se puede aumentar la fracción „regenerativa“ 108 en la producción de metanol total, por ejemplo también con correspondientes repercusiones sobre el balance de CO<sub>2</sub> de la producción de metanol total y las emisiones específicas de CO<sub>2</sub> en la combustión de metanol „total“ para la generación de calor o como combustible.

15 En la práctica se aprovecha al máximo preferentemente la energía eléctrica regenerativa disponible E1 para la generación de metanol „regenerativo“ 108 según las reacciones 1 y 2, y la fracción de metanol „fósil“ generada tras la reacción 3 se ajusta al valor máximo posible según objetivos económicos y ecológicos y condiciones marginales, por ejemplo según emisión de CO<sub>2</sub> específica deseada de metanol „total“ en caso de combustión y según el precio momentáneo y la disponibilidad de gas natural, o según la cantidad de metanol „total“ a generar o según los precios de fracciones de metanol regenerativas y fósiles.

20 Se debe poner de relieve que el reactor 10 en todas las formas de ejecución se puede emplear naturalmente también para otros procedimientos de síntesis, y la síntesis se puede realizar con energía regenerativa y/o con sustancia de partida regenerativa AS, pero también con energía fósil y/o con sustancia de partida fósil AS.

25 Es especialmente ventajoso que el metanol „regenerativo“ 108 y el metanol „fósil“ se pueden producir por separado en diferentes reactores, y se pueden emitir por separado, o bien se pueden mezclar en cualquier proporción tras la producción, y en caso dado almacenaje intermedio, de modo que la instalación Silicon-Fire 700 puede proporcionar metanol puramente „regenerativo“ 108 y metanol puramente „fósil“, pero también cualquier mezcla de ambos, por ejemplo para poderse comercializar como combustible regenerativo con fracción fósil admisible o emisión de CO<sub>2</sub> específica admisible.

30 Los calores de reacción de las reacciones exotérmicas 2 y 3 se utilizan preferentemente, mediante lo cual se reducirían las emisiones específicas de CO<sub>2</sub> de las diversas fracciones de metanol a incluir. Para el aprovechamiento de calor entra en consideración muy ventajosamente, por ejemplo bajo las condiciones del Golfo Pérsico, el calentamiento de instalaciones térmicas de desalinización de agua marina, en especial durante la estación del año más fría, si debido a la demanda de corriente para la climatización de edificios, sensiblemente más reducida, se ponen en funcionamiento, o incluso se desconectan centrales térmicas en carga parcial, y su calor de escape ya no se encuentra disponible (de manera suficiente) para las instalaciones de desalinización de agua marina conectadas a las mismas. El calor que se extrae del reactor 10, por ejemplo, por medio del fluido a través del espacio de fluido 14, se puede utilizar también en otras zonas de la instalación.

35 El resultado de la reacción 3 se puede conseguir, por ejemplo, mediante la combinación de las siguientes reacciones 4 y 5, probadas a escala industrial.

La oxidación parcial de metano:



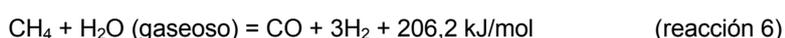
y la síntesis de metanol clásica (por ejemplo 250 bar, 350°C, con catalizador de óxido de cromo-óxido de cinc):



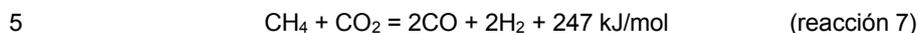
En la combinación de reacciones 4 y 5 tiene lugar casi una oxidación de gas que contiene metano bajo empleo de gas que contiene oxígeno.

45 La reacción 5 se puede desarrollar bajo ciertas circunstancias en el mismo reactor 10 que la reacción 2, eventualmente con cambio o adaptación de la carga de catalizador y las condiciones de catálisis. No obstante, también se pueden emplear dos reactores 10, según la invención con diferente carga de catalizador.

El reformado de metano con vapor de agua (steam reforming) para dar gas de síntesis transcurre por vía endotérmica según la siguiente reacción:



El reformado de metano con dióxido de carbono para dar gas de síntesis transcurre por vía endotérmica según la siguiente reacción:



10 Las tres reacciones 4, 6 y 7 se pueden desarrollar conjuntamente en un reactor 10 a temperaturas de aproximadamente 800-1000°C, y controlar de modo que transcurran en lo posible por vía autógena desde el punto de vista energético („autotérmica“), y los productos de reacción proporcionan un gas de síntesis apropiado para la síntesis de metanol clásica según la reacción 5.

Se pueden extraer otros detalles, por ejemplo, de la publicación de Bharadwaj, S.S.; L.D. Schmidt: Catalytic partial oxidation of natural gas to syngas. Fuel Processing Technology 42 (1995), páginas 109-127.

Es especialmente ventajoso el empleo de la invención en relación con un procedimiento para la síntesis de metano, que funciona a presiones reducidas (por ejemplo 80 bar).

15 El principio de la invención se puede extender también a grandes instalaciones.

20 Según la invención, preferentemente CO<sub>2</sub> 101 sirve como sustancia de partida y proveedor de carbono para la síntesis de metanol en el reactor 10. Como fuentes de CO<sub>2</sub> sirven preferentemente: instalaciones de reformado de vapor, instalaciones de precipitación de CO<sub>2</sub> para gas natural crudo, hornos de incineración de cal, instalaciones de calcinación para sosa, instalaciones de fermentación para bioetanol, instalaciones de desalinización de agua marina, grandes instalaciones de combustión para combustibles fósiles (por ejemplo combustiones de carburante) y otras instalaciones o procesos de combustión que emiten cantidades de CO<sub>2</sub> relativamente grandes.

25 La invención posibilita evitar los considerables inconvenientes económicos de planteamientos conocidos si – como en el caso de la instalación Silicon-Fire 700 – la energía solar y/o eólica eléctrica producida de manera transitoria se transforma directamente en entalpía de reacción química y se almacena enlazada químicamente, sin que sean necesarias capacidades adicionales para rendimientos de reserva y/o regulación de frecuencia en la red de conexión y los gastos necesarios a tal efecto.

30 En el caso de generación de corriente fotovoltaica por medio de una instalación fotovoltaica 400, otra ventaja consiste en que la corriente continua E1 producida primariamente a partir de las células solares de la instalación fotovoltaica 400 se puede utilizar directamente para el proceso químico (electrólisis 105), sin tener que transformar en corriente alterna para la transformación de tensión a través de convertidores.

35 En otra forma de ejecución de la invención se puede emplear también un proceso ATR (reformado autotérmico) para la elaboración de la sustancia de partida AS. En el caso de reformado autotérmico se oxida un material de partida que contiene hidrocarburo o un material de partida que contiene carbono en una zona de reacción, en presencia de una cantidad subestequiométrica de oxígeno (por ejemplo oxígeno), que no es suficiente para la oxidación completa. Además se alimenta vapor de agua y/o dióxido de carbono para poder generar por esta vía gas de síntesis que contiene esencialmente monóxido de carbono e hidrógeno. El material de partida puede ser gas natural u otro hidrocarburo. También es posible hacer reaccionar carbón, aceites, gases de combustión, biomasas, arenas petrolíferas o pizarras con el proceso ATR para dar un gas de síntesis apropiado.

40 Según la invención, el gas de síntesis de monóxido de carbono e hidrógeno o dióxido de carbono e hidrógeno, o de monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrógeno, se puede transformar en metanol 108 en un reactor 10 según la invención bajo empleo de un catalizador 60 apropiado en cada caso, como se describe (monóxido de carbono y dióxido de carbono se denominan óxidos de carbono en este caso). Según reacción de síntesis se pueden emplear, por ejemplo, catalizadores basados en cobre 60 (por ejemplo catalizadores de CuO), o catalizadores de óxido de cinc 60 (por ejemplo catalizadores de ZnO), o catalizadores de óxido de cromo-óxido de cinc 60. También son apropiados todos los demás catalizadores conocidos para el empleo en un reactor 10. Son especialmente apropiados catalizadores de lecho fijo o catalizadores de lecho fluido. El catalizador 60 puede comprender también un soporte apropiado (por ejemplo carbón, silicato, aluminio (por ejemplo Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) o cerámica). En lugar de los catalizadores 60 „metálicos“ se puede emplear también un catalizador orgánico 60.

50 En todas las formas de ejecución, el catalizador 60 tiene preferentemente un tamaño de grano, esfera o partícula entre 1 y 10 mm. Es especialmente preferente un tamaño de grano, esfera o partícula entre 3 y 8 mm. En todas las

formas de ejecución, el material inerte 61 tiene preferentemente también un tamaño de grano, esfera o partícula que es algo menor que el tamaño de grano, esfera o partícula del catalizador 60. Son especialmente preferentes formas de ejecución en las que el tamaño de grano del material inerte 61 es menor que el tamaño de grano del catalizador 60, para que el catalizador 60 no se deslice en cavidades en el material inerte 61.

- 5 Se considera una ventaja del „plegado“ de los tubos de reactor 20.n y del empleo de elementos de desvío 30.k, por ejemplo, que los puntos de medida de temperatura se pueden disponer en los elementos de desvío 30.k. De este modo se puede vigilar y controlar la reacción de síntesis con mayor precisión.

10 En otra forma de ejecución de la invención se alimenta dióxido de carbono en el proceso ATR. La adición de CO<sub>2</sub> puede ser ventajosa si las proporciones estequiométricas no son óptimas debido a materiales de partida para la síntesis de metanol 108.

En una forma especialmente preferente de ejecución de la invención se emplea el metanol (regenerativo y/o fósil) como soporte de energía para el almacenaje y transporte.

15 Según la invención, dióxido de carbono como proveedor de carbono se puede extraer también de gas natural crudo, que puede presentar, según fuente de gas natural, más de un 10 % de fracción de dióxido de carbono. Tras la extracción de gas natural crudo, en la actualidad se lleva a cabo típicamente un lavado de gas (por medio de tecnología de lavado de gas u otra tecnología de separación de gas), para separar el CO<sub>2</sub> del verdadero gas natural. En la mayor parte de los casos se emite este CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Según la invención, el CO<sub>2</sub>, que se presenta en forma sensiblemente pura, se puede emplear como proveedor de carbono 101.

20 Para la utilización de metanol 108 en motores de combustión interna, por ejemplo también en instalaciones de turbina de gas/vapor combinadas, una disociación catalítica (por ejemplo a aproximadamente 380°C) antes de la combustión según la reacción 8:



puede traer las siguientes ventajas.

- 25 Un motor de combustión interna, normalmente accionado con gas, no se necesita cambiar a un combustible líquido. El calor de reacción de la reacción endotérmica de disociación de metanol 8, de 128,20 kJ/mol o 4006 kJ/kg de metanol, se puede aplicar mediante los calores de gas de escape de un motor de combustión interna, mediante lo cual el valor de calefacción original del metanol, de 19900 kJ/kg, se aumenta en aproximadamente un 20 % en el calor de reacción alimentado. La aplicación de una correspondiente disociación de metanol para procesos de central eléctrica se describe, por ejemplo, en Mußenbrock, K: "Möglichkeiten zur Nutzung von Methanol in Kraftwerksprozessen", VGB Kraftwerkstechnik 71 (1991), cuaderno 8, páginas 759 - 764.

Signos de referencia

	Industria del automóvil/construcción de automóviles	1
	Operador de central térmica	2
35	Parque eólico	3
	Reactor	10
	Alimentación de sustancias de partida común	11
	Primera conducción anular superior	11.1
	Segunda conducción anular superior	11.2
40	Conducciones de alimentación	12.1, 12.2
	Espacio de fluido	14
	Elementos de reactor	15.m

	Alimentación de fluido	16
	Descarga de fluido	17
	Tubos de reactor	20.n
	Entrada de gas	21
5	Entrada de gas del haz externo	21.a
	Entrada de gas del haz interno	21.i
	Primer extremo de tubo	22.1
	Segundo extremo de tubo	22.2
	Salida de producto	23
10	Orificio de carga	24.1, 24.2
	Orificio de vaciado	25.2, 25.2
	Elemento de desvío	30.k
	Pared separadora	31
	Catalizador	60
15	Material inerte	61
	Instalación Silicon-Fire (de solicitud paralela)	100
	Dióxido de carbono	101
	Agua	102
	Hidrógeno	103
20	Puesta a disposición de dióxido de carbono	104
	Realización de una electrólisis	105
	Emisión/puesta a disposición de metanol	107
	Soporte de energía transportable	108
	Control (de instalación)	110
25	Acumulador de parámetros	111
	Conducciones de control o señal	112,113,114
	Instalación solar térmica	300
	Transformación de calor en corriente continua	301
	Instalación solar (instalación fotovoltaica)	400
30	Red de conexión	500
	Transformación en tensión alterna en	501

	Corriente continua (instalación de abastecimiento de energía)	
	Material de partida que contiene dióxido de silicio	601
	Silicio	603
	Procedimiento de reducción	602
5	Dióxido de silicio como producto de nueva reacción	604
	Hidrólisis	605
	Instalación Silicon-Fire (invención)	700
	Flechas	701,702
	Distancia de tubo	AR
10	Substancia de partida	AS
	Diámetro de envoltura	D
	Energía de corriente continua	E1
	Primer plano	F1
	Segundo plano	F2
15	Altura	H
	Longitud efectiva	LE
	Altura	LE
	Magnitudes de entrada	I1, I2, etc.
	Energía primaria	P1, P2

## REIVINDICACIONES

- 5 1.- Reactor (10) para la síntesis de un hidrocarburo líquido, preferentemente de un hidrocarburo que contiene metanol (108), bajo empleo de una sustancia de partida (AS), que contiene un gas con fracción de carbono y fracción de hidrógeno, comprendiendo el reactor (10) varios elementos de reactor conectados en paralelo entre sí (15.m), y presentando cada uno de los elementos de reactor (15.m) una entrada de gas (21) en un primer extremo de tubo (22.1) y una salida de producto (23) en un segundo extremo de reactor (22.2),
- comprendiendo cada uno de los elementos de reactor (15.m) al menos un primer tubo de reactor (20.1) y un segundo tubo de reactor de disposición contraria (20.n),
- 10 - comprendiendo cada uno de los elementos de reactor (15.m) al menos un elemento de desvío (30.k), que está situado entre el primer tubo de reactor (20.1) y el segundo tubo de reactor (20.2), y une los mismos mediante técnica de circulación,
- comprendiendo cada uno de los elementos de reactor (15.m) al menos un orificio de carga (24.1, 24.2) para la introducción de un catalizador (60) para la síntesis de hidrocarburo líquido,
- 15 estando garantizada la conexión en paralelo de los elementos de reactor (15.m) al ser alimentables las entradas de gas (21) de varios elementos de reactor (15.m) de una alimentación de sustancias de partida común (12.1, 12.2) con la sustancia de partida (AS), y al poderse unir mediante técnica de circulación las salidas de producto (23) de varios elementos de reactor (15.m) con una zona de instalación post-conectada, caracterizado por que el elemento de desvío (30.k) está cargado o equipado al menos parcialmente con un material inerte (61).
- 20 2.- Reactor (10) según la reivindicación 1, caracterizado por que un material granular, granulado, esférico, reticular, tipo malla o alveolar como material inerte (61).
- 3.- Reactor (10) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que un material cerámico sirve como material inerte (61).
- 4.- Reactor (10) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la alimentación de sustancias de partida común (12.1, 12.2) está configurada en forma de una conducción anular común (11.1, 11.2).
- 25 5.- Reactor (10) según la reivindicación 4, caracterizado por que, del lado de la entrada, comprende al menos una conducción anular (11.1, 11.2), que sirve como alimentación de sustancias de partida común (12.1, 12.2).
- 6.- Reactor (10) según la reivindicación 4 o 5, caracterizado por que, del lado de la salida, comprende una conducción anular que une mediante técnica de circulación varios elementos de reactor (15.m) con la zona de la instalación post-conectada.
- 30 7.- Reactor (10) según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que los tubos de reactor (20.n) de un elemento de reactor (15.m) se encuentran en yuxtaposición tan estrecha que la holgura recíproca (pared externa a pared externa) asciende a menos del diámetro externo de uno de los tubos de reactor (20.n).
- 35 8.- Reactor (10) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por un elemento de reactor (15.m) con  $n = 2$  tubos de reactor (20.1, 20.2) y un elemento de desvío (30.1), estando situadas tanto la entrada de gas (21) para la sustancia de partida (AS), como también la salida de producto (23), en el extremo inferior del elemento de reactor (15.m).
- 9.- Reactor (10) según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que cada uno de los elementos de reactor (15.m), considerado en sentido de proceso, comprende
- la entrada de gas (21) en el primer extremo de tubo (22.1),
- 40 - un primer tubo de reactor (20.1),
- un primer elemento de desvío (30.1),
  - un segundo tubo de reactor (20.2),
  - un segundo elemento de desvío (30.2),

- un tercer tubo de reactor (20.3) con el segundo extremo de tubo (22.2) opuesto al segundo elemento de desvío (30.2), y

- la salida de producto (23) en el segundo extremo de tubo (22.2).

5 10.- Reactor (10) según la reivindicación 9, caracterizado por que el primer extremo de tubo (22.1) está situado en la parte superior, y el segundo extremo de tubo (22.2) está situado en la parte inferior.

11.- Reactor (10) según la reivindicación 9 o 10, caracterizado por que un orificio de carga (24.2) en el segundo elemento de desvío superior (30.2) es mayor que el orificio de carga superior (24.1) en el extremo de entrada del primer tubo de reactor (20.1).

10 12.- Reactor (10) según una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que un orificio de vaciado (25.2) en el primer elemento de desvío inferior (30.1) es mayor que el orificio de vaciado inferior (25.1) en el extremo de salida del primer tubo de reactor (20.1).

15 13.- Reactor (10) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que en el caso del elemento de desvío (30.k) se trata de un elemento de desvío de 180 grados (30.k), que está configurado como espacio de desvío, que ocasiona un desvío de 180 grados de una corriente de fluido en el interior de un tubo de reactor previo (20.1), considerado en sentido de proceso, y un tubo de reactor posterior (20.2) observado en sentido de proceso.

14.- Reactor (10) según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que un elemento de reactor (15.m) comprende un primer, segundo y tercer tubo de reactor (20.1, 20.2, 20.3), que están dispuestos esencialmente en un plano común, estando dispuestas la entrada de gas (21) y la salida de gas (23) en diagonal respecto al plano común.

20 15.- Reactor (10) según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que un elemento de reactor (15.m) comprende un primer, segundo y tercer tubo de reactor (20.1, 20.1, 20.3), estando dispuestos los tres tubos de reactor (20.1, 20.1, 20.3) en una disposición angular, no estando situados el primer, segundo y tercer tubo de reactor (20.1, 20.1, 20.3) en un plano común, sino presentando los mismos una disposición angular, en el que un primer tubo de reactor externo [20.1] con el tubo de reactor medio (20.2) están situados en un primer plano común (F1), y estando situado el segundo tubo de reactor externo (20.3) y el tubo de reactor medio (20.2) en un segundo plano común (F2).

25

30 16.- Reactor (10) según una de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado por que presenta una disposición de un haz de elementos de reactor (15.m), disposición que presenta un haz interno de elementos de reactor y un haz externo de elementos de reactor, apuntando las entradas de gas (21.a) del haz externo radialmente hacia afuera y terminando en un primer radio común, apuntando las entradas de gas (21.i) del haz interno en diagonal hacia afuera y terminando en un segundo radio común, siendo el segundo radio menor que el primer radio.

35 17.- Reactor (10) según la reivindicación 16, caracterizado por dos conducciones anulares (11.1, 11.2), presentando la primera conducción anular (11.1) un radio que corresponde al primer radio, de modo que todas las entradas de gas (21.a) del haz externo se se pueden alimentar con la substancia de partida (AS) desde la primera conducción anular superior (11.1), presentando la segunda conducción anular (11.2) un radio que corresponde al segundo radio, de modo que todas las entradas de gas (21.1) del haz interno se pueden alimentar con la substancia de partida (AS) desde la segunda conducción anular superior (11.2), siendo el segundo radio menor que el primer radio.

18.- Reactor (10) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que comprende un espacio de fluido (14) en cuyo interior están dispuestos los elementos de reactor (15.m), incluyendo con los elementos de desvío (30.k).

40 19.- Reactor (10) según la reivindicación 18, caracterizado por que el espacio de fluido (14) se puede alimentar con un fluido para, según situación, poner a disposición una condición ambiental isotérmica.

20.- Reactor (10) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que está unido a una fuente de gas óxido de carbono, preferentemente una fuente de gas CO<sub>2</sub>, y una fuente de gas hidrógeno.

45 21.- Procedimiento para la puesta a disposición de un soporte de energía almacenable y transportable que contiene hidrocarburos (108) con los siguientes pasos:

- puesta a disposición de uno o varios elementos de reactor (15.m), que contienen respectivamente un tramo de reacción, que se compone de un primer tubo de reactor (20.1), que está equipado de un catalizador (60), al menos un elemento de desvío (30.1), que está equipado con un material inerte (61), y

## ES 2 584 532 T3

- un tubo de reacción adicional (20.2), que está equipado con un catalizador (60), presentando el segundo tubo de reactor (20.2) disposición contraria al primer tubo de reactor (20.1),
- puesta a disposición de un reactor (10) con un haz constituido por varios de estos elementos de reactor (15.m), que están dispuestos en paralelo entre sí,
- 5
- puesta a disposición (104) de un gas con fracción de carbono (101) como proveedor de carbono,
  - puesta a disposición de una fracción de hidrógeno (103),
  - puesta a disposición de una sustancia de partida (AS), que comprende la fracción de carbono (101) y la fracción de hidrógeno (103),
- 10
- introducción y distribución de la sustancia de partida (AS) en el haz de varios elementos de reactor dispuestos en paralelo entre sí (15.m) del reactor (10) por medio de una alimentación de sustancia de partida común (12.1, 12.2), recorriendo una fracción de sustancia de partida (AS) el tramo de reacción en uno de los elementos de reactor (15.m),
  - puesta a disposición del soporte de energía (10R) en un extremo del lado de la salida de los elementos de reactor (15.m).
- 15
- 22.- Procedimiento según la reivindicación 21, caracterizado por que en un espacio de fluido (14) que contiene el reactor (10), que se puede cargar con un fluido, se pone a disposición una condición ambiental isotérmica.
- 23.- Procedimiento según la reivindicación 21 o 22, caracterizado por que, antes de la introducción y distribución de la sustancia de partida (AS), se somete al catalizador (60) a un paso de reducción para su activación en los tubos de reactor (20.1, 20.2), experimentando el catalizador (60) una reducción de volumen, que se compensa al menos parcialmente mediante desplazamiento subsiguiente, nueva subsiguiente o deslizamiento subsiguiente del material inerte (61).
- 20
- 24.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 21 a 23, caracterizado por que la puesta a disposición de la fracción de hidrógeno (103) se efectúa
- al realizarse una electrólisis de agua (105), en la que se genera directamente a partir de agua o una disolución acuosa ( $H_2O$ ; 102) la fracción de hidrógeno (103), o
- 25
- al someterse un soporte de energía, que contiene silicio elemental, a una reacción de oxidación para generar la fracción de hidrógeno (103).
- 25.- Empleo de un reactor (10) según una de las reivindicaciones 1 a 20 para la síntesis de metanol, cargándose, antes de la iniciación de la síntesis, secciones de elementos de reactor (15.m) con el catalizador (60) y los elementos de desvío (30.k) con material inerte (61).
- 30
- 26.- Empleo según la reivindicación 25, caracterizado por que cada uno de los elementos de reactor (15.m) comprende al menos una primera sección de reacción, que está cargada con el catalizador (60), al menos un elemento de desvío (30.1), que está cargado con el material inerte (61), y una sección de reacción adicional, que está cargada con un catalizador (60).

35

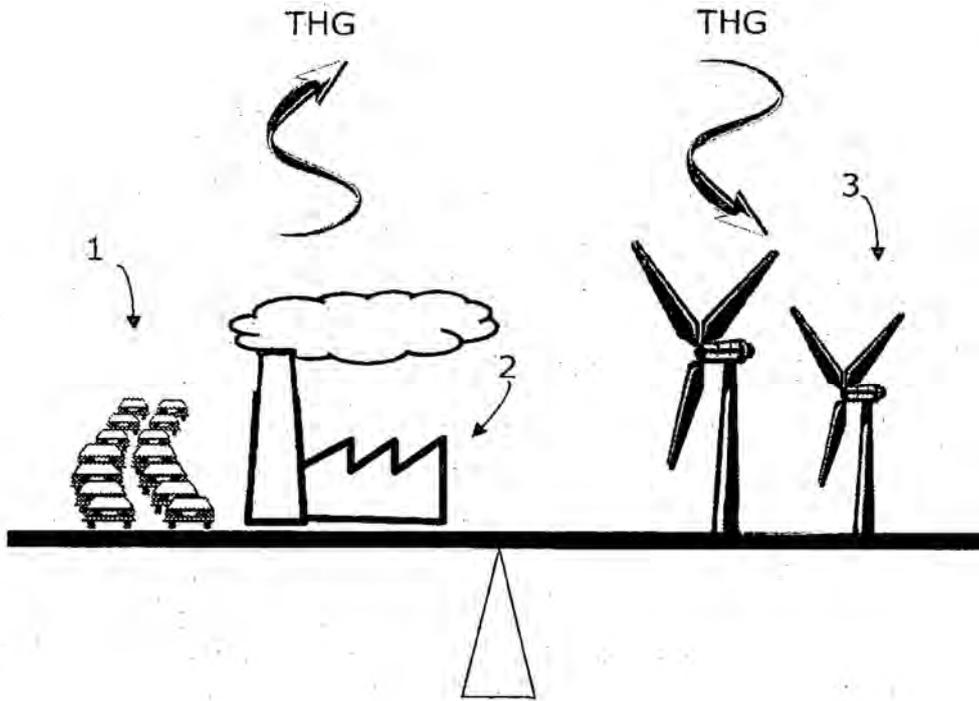


Fig. 1

100

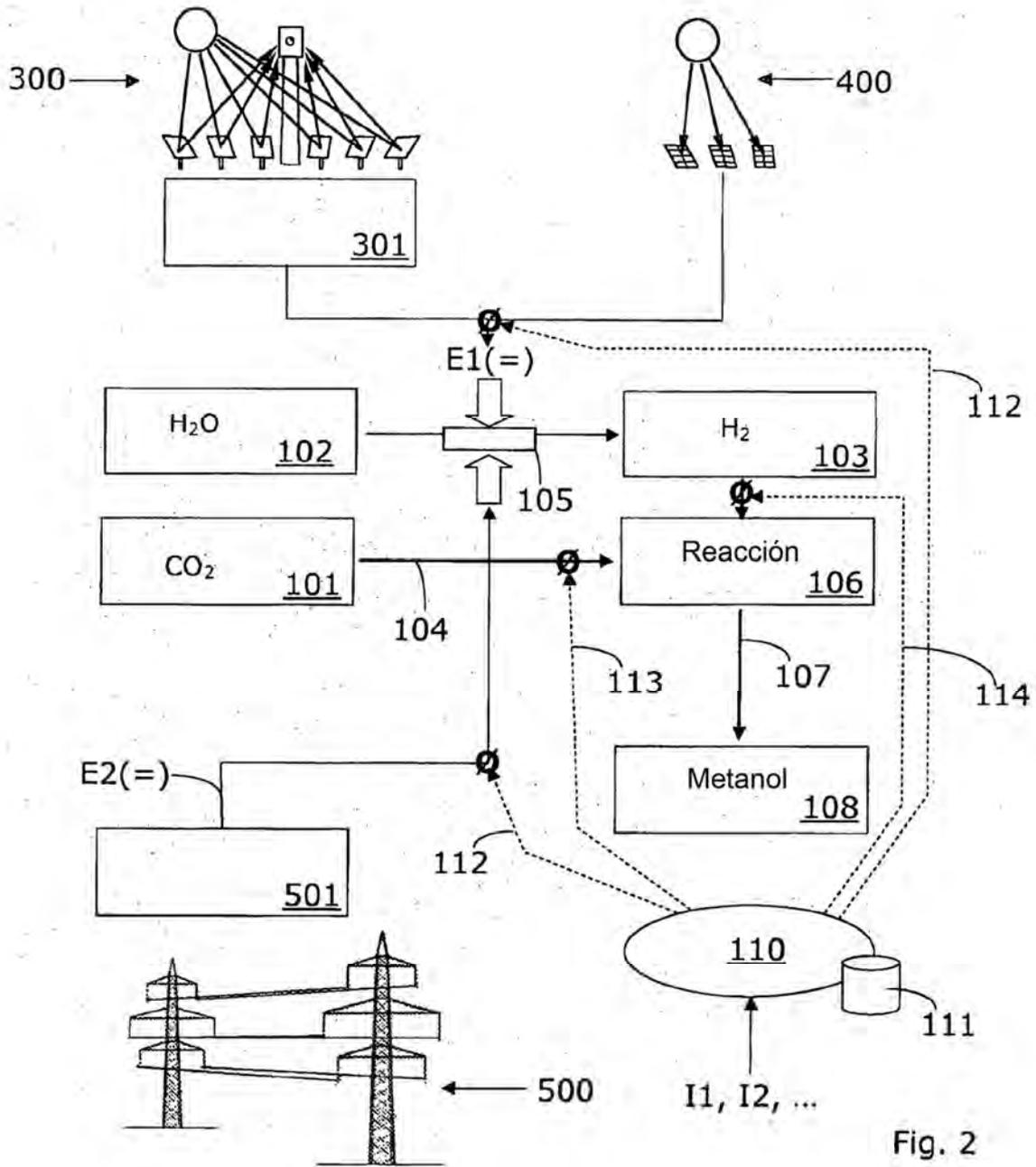


Fig. 2

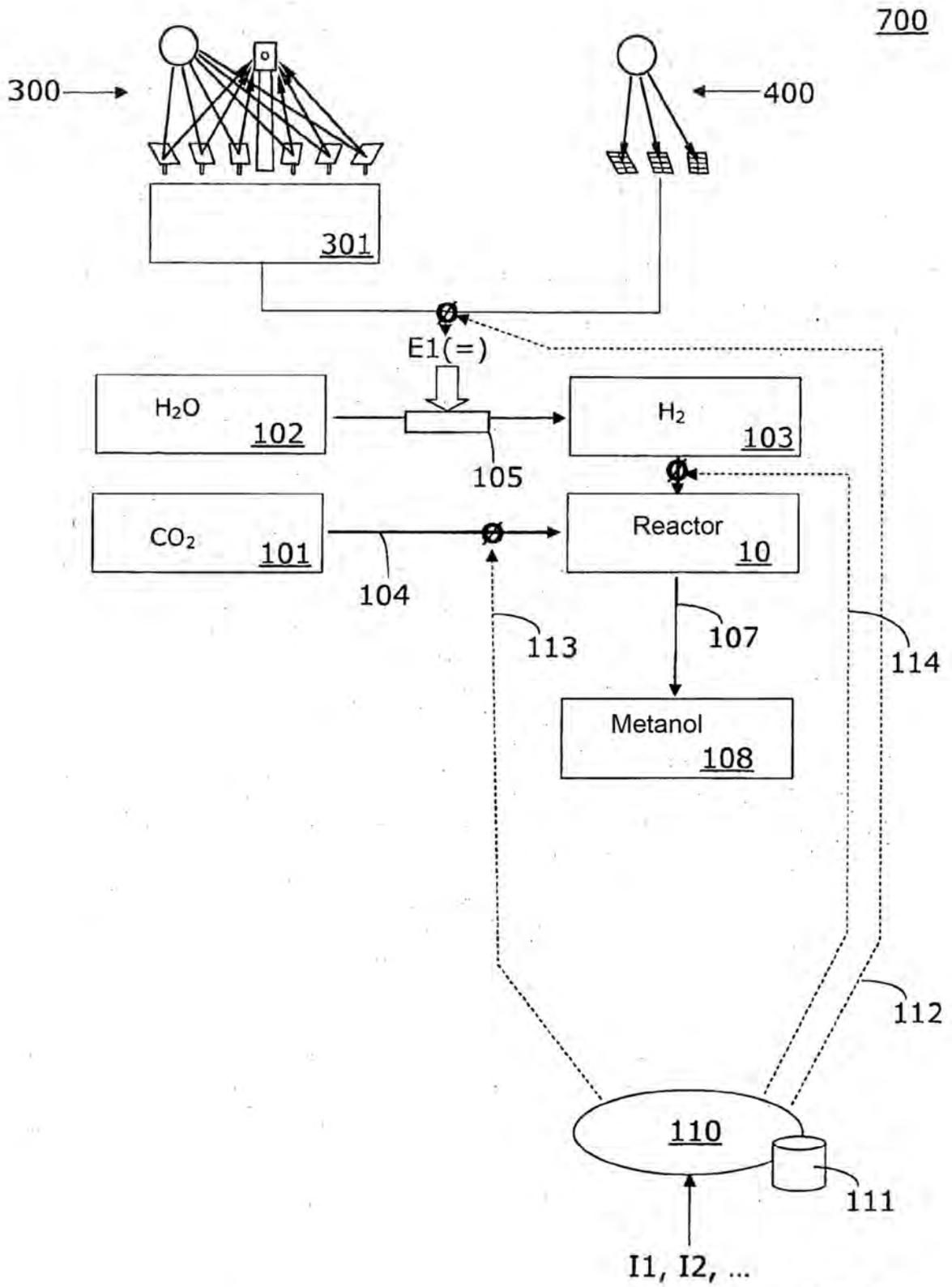


Fig. 3

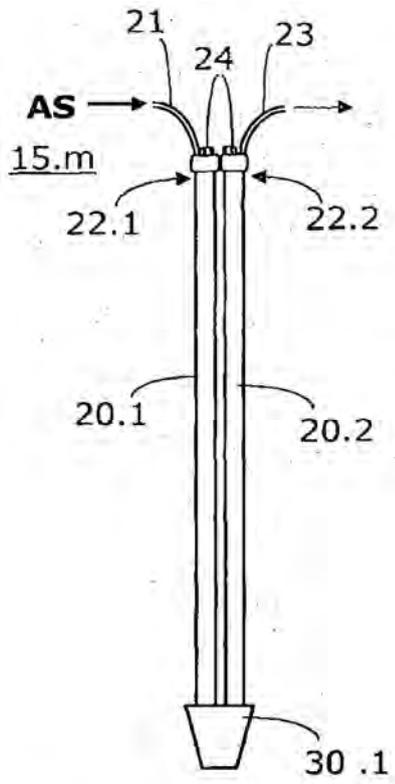


Fig. 4A

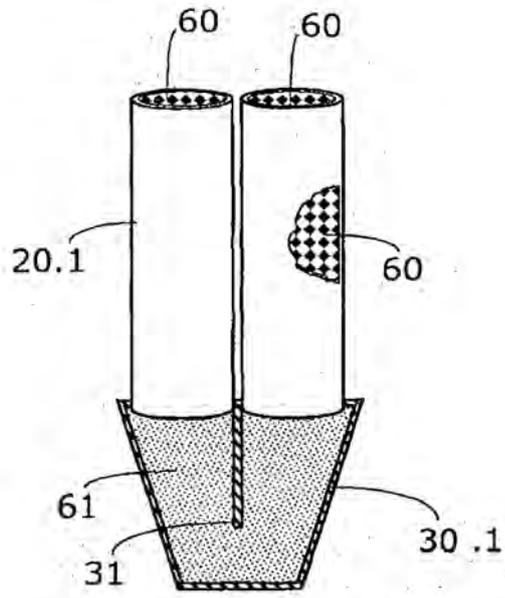


Fig. 4B

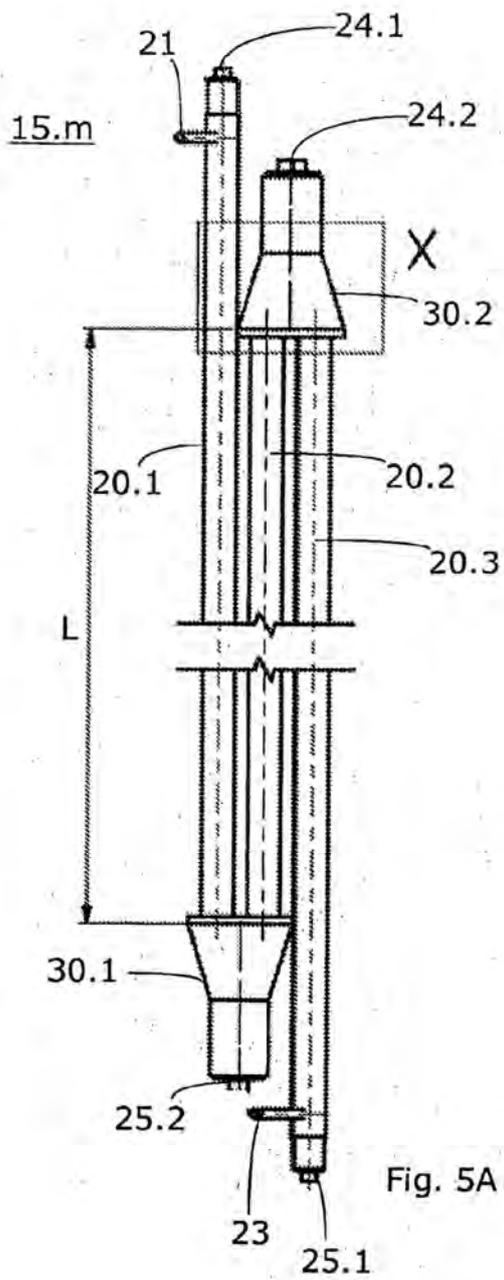


Fig. 5A

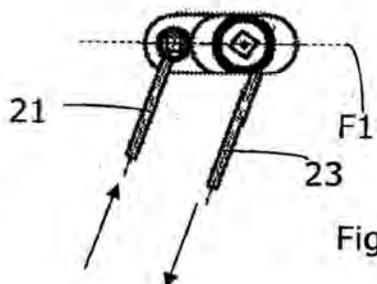


Fig. 5B

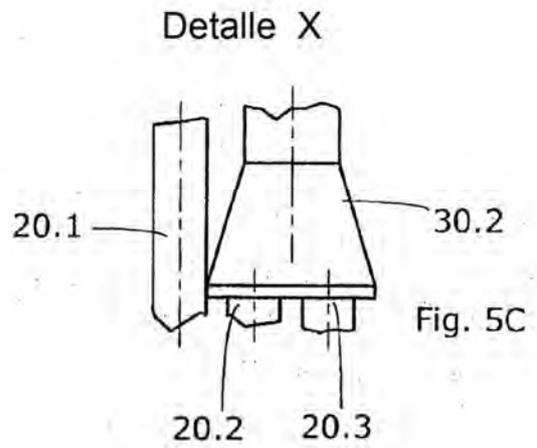


Fig. 5C

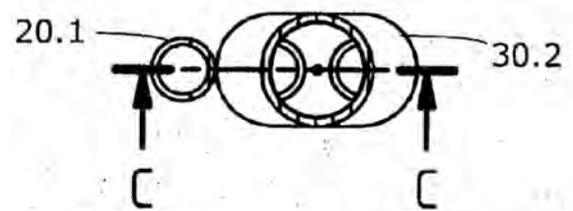


Fig. 5D

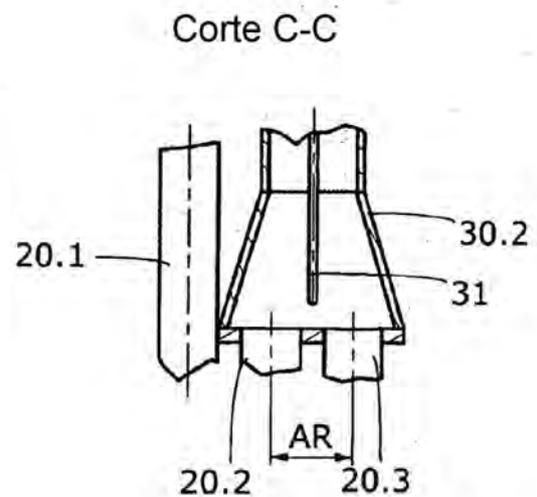
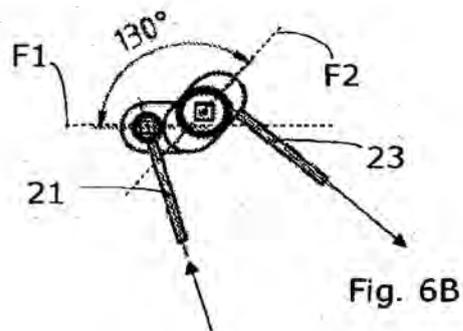
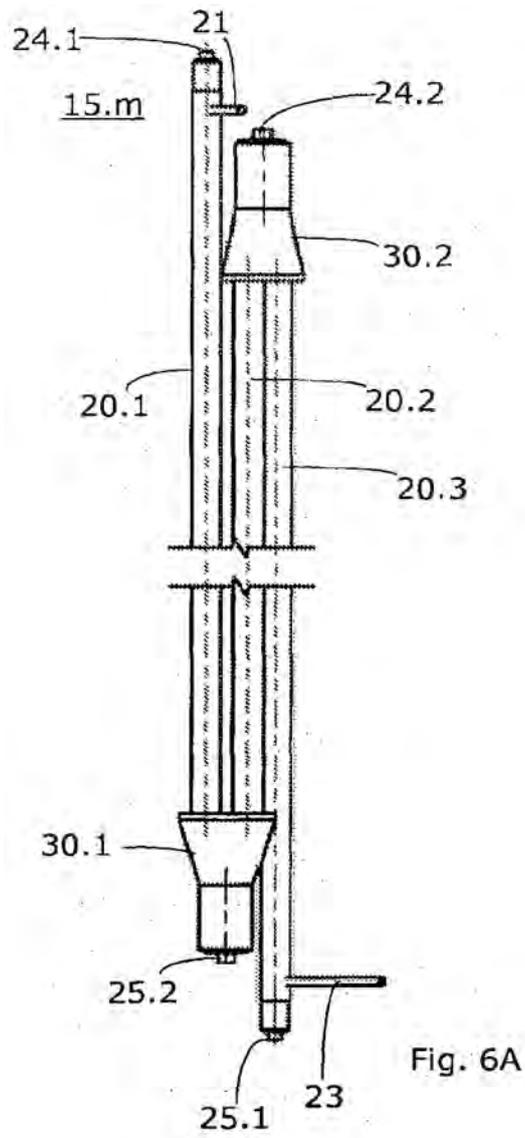


Fig. 5E



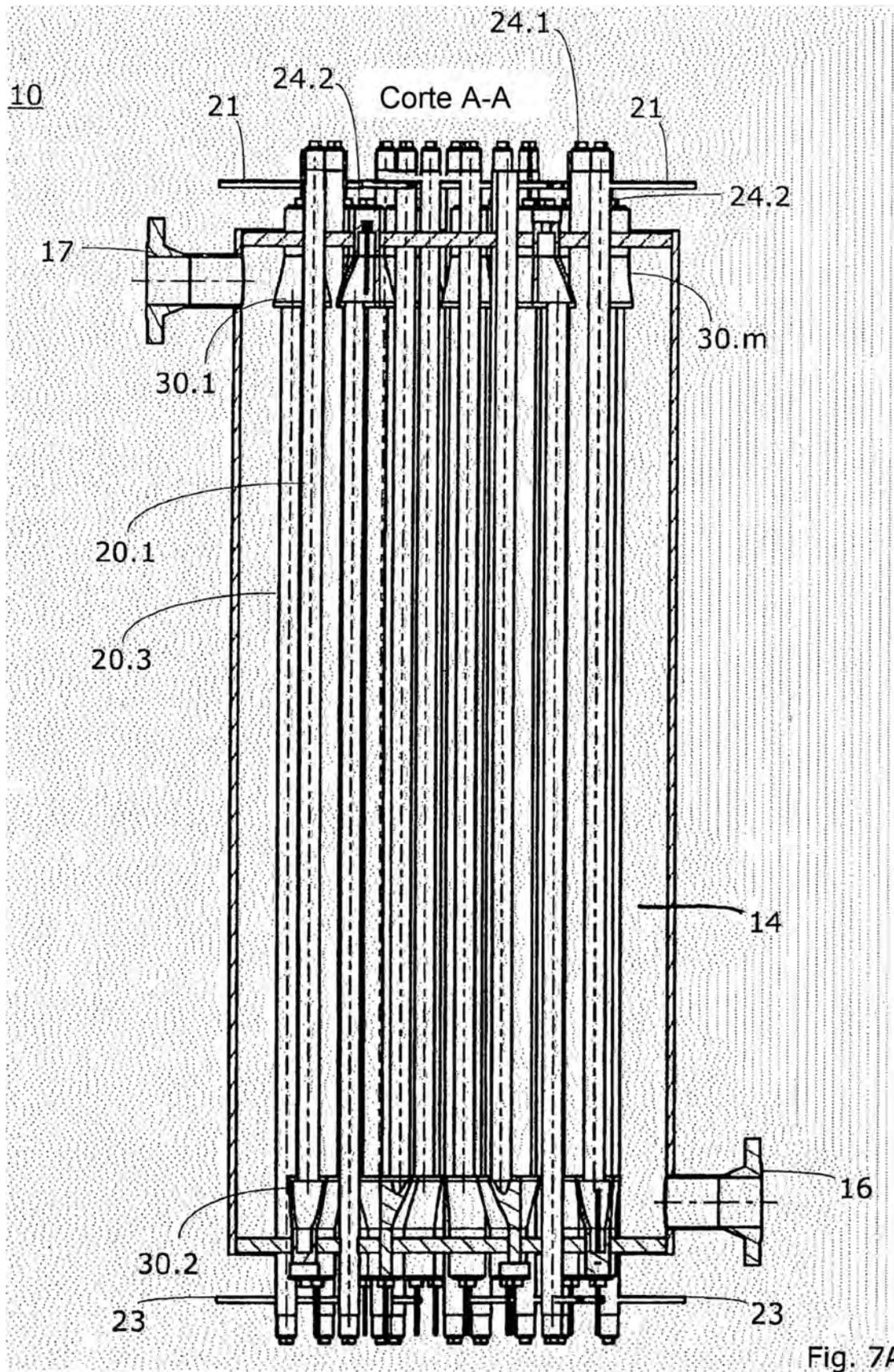


Fig. 7A

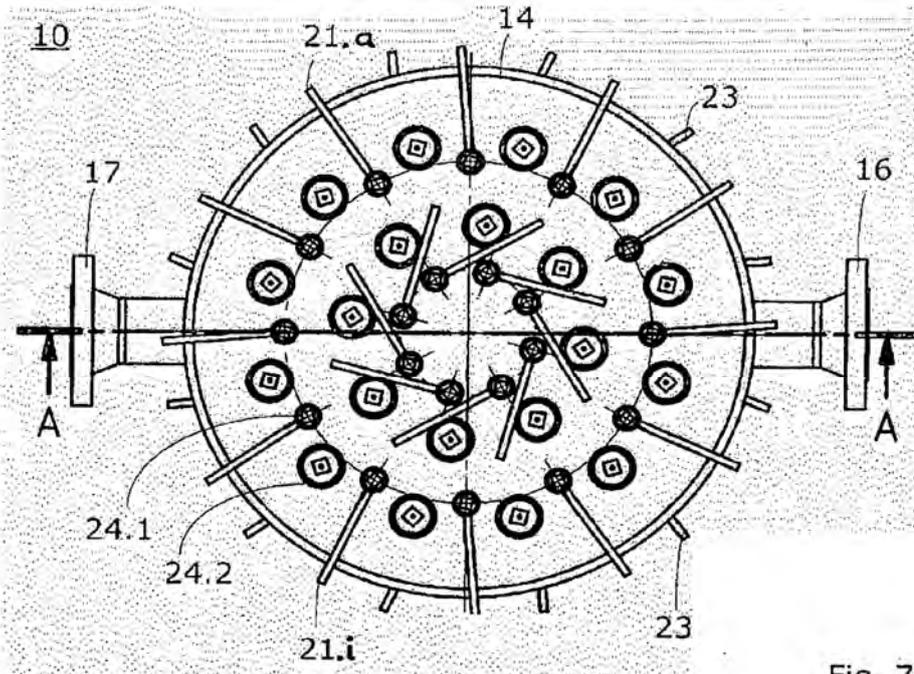


Fig. 7B

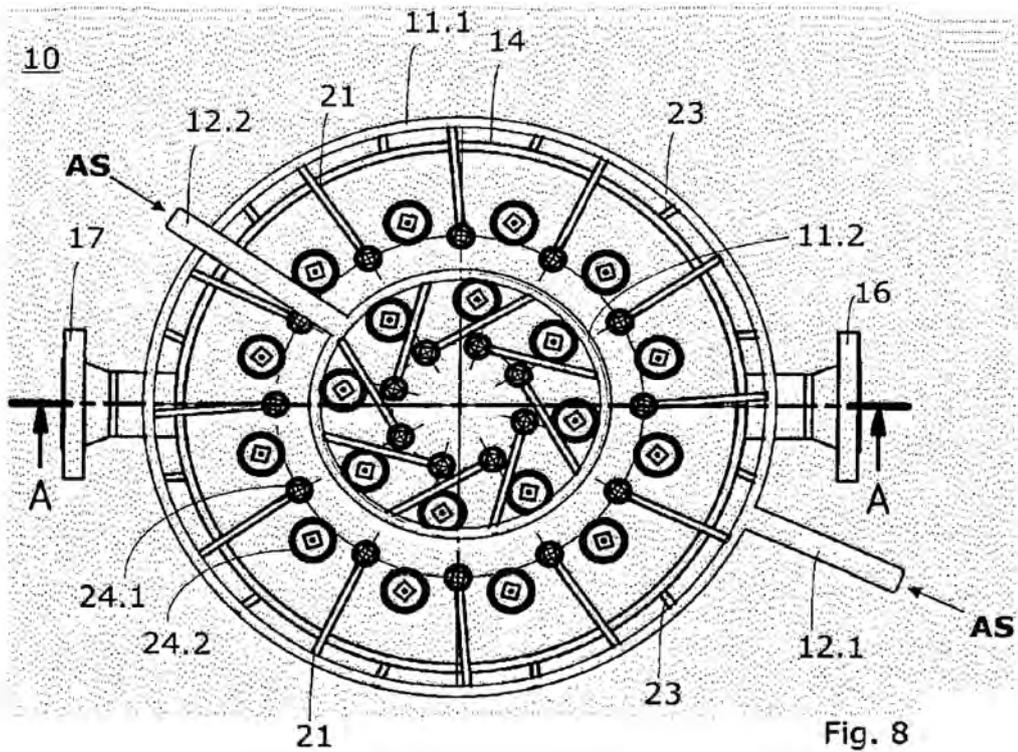


Fig. 8

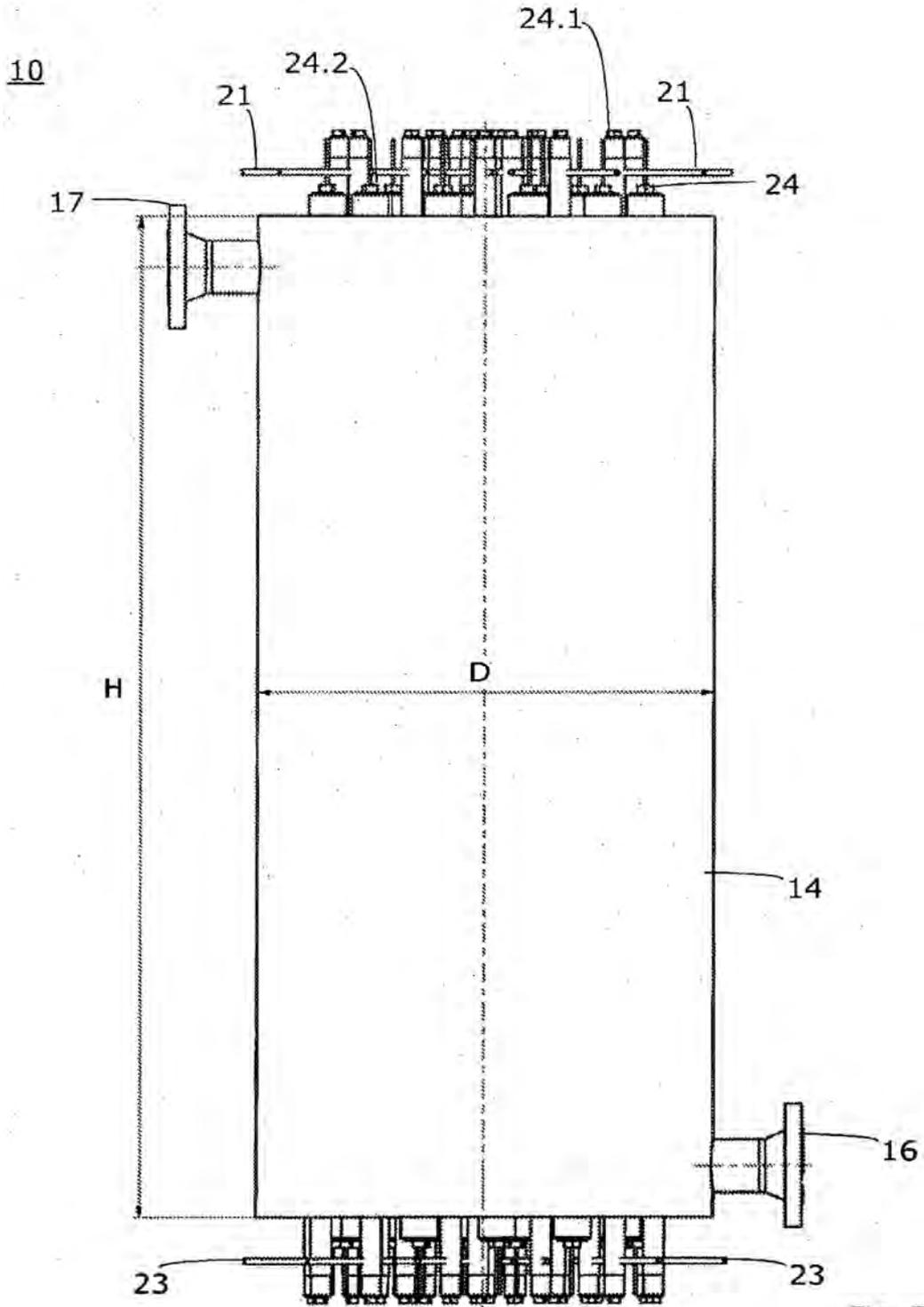


Fig. 7C