

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 949 974**

51 Int. Cl.:

**B01J 19/12** (2006.01)

**B01J 19/20** (2006.01)

**B01J 8/08** (2006.01)

**B01J 8/10** (2006.01)

**B01J 19/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.02.2015 PCT/FR2015/050294**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.08.2015 WO15118278**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.02.2015 E 15713199 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2023 EP 3102322**

54 Título: **Procedimiento que utiliza energía térmica solar acoplada a plasmas y dispositivo asociado**

30 Prioridad:

**07.02.2014 FR 1450978**

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

**04.10.2023**

73 Titular/es:

**UGOLIN, NICOLAS (100.0%)**

**93 Rue Réaumur**

**75002 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**UGOLIN, NICOLAS**

74 Agente/Representante:

**VEIGA SERRANO, Mikel**

ES 2 949 974 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 que utiliza energía térmica solar acoplada a plasmas y dispositivo asociado

### 5 Sector de la técnica

La invención se refiere a un procedimiento termosolar de microondas. También se refiere a un dispositivo relacionado con este procedimiento, en la medida en que permite su implementación. A continuación se presentan ejemplos preferentes de elementos estructurales útiles para ello.

10 Favorablemente, el procedimiento utilizará energía térmica solar acoplada a plasmas para producir un carburante líquido y dihidrógeno a partir de compuestos carbonados.

### 15 Estado de la técnica

El agotamiento de los recursos petrolíferos y la contaminación por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que genera la combustión de productos petrolíferos (una de las principales causas del calentamiento global), conllevan el desarrollo de procedimientos de producción de energías alternativas menos contaminantes, que permiten mantener la calidad de vida en los países industrializados y satisfacer la demanda de energía cada vez mayor en los países emergentes. En efecto, el consumo energético mundial era de 5500 Mtep en 1971, 10.300 Mtep en 2002, y se estima en 16.500 Mtep para 2030.

Sin embargo, se debe distinguir:

- 25 - por una parte, las necesidades energéticas destinadas al desarrollo industrial y urbano, que se pueden calificar de estáticas (para las que están surgiendo numerosas soluciones). Principalmente unidades de producción de electricidad solar, nuclear, hidroeléctrica, geotérmica, eólica...).
- 30 - por otra parte, las necesidades energéticas relacionadas con los transportes que requieren el almacenamiento y el transporte de energía por el propio vehículo, con excepción de los vehículos eléctricos en línea, como trenes y tranvías...

Para esta segunda necesidad relacionada con el transporte, las soluciones parecen mucho menos evidentes, ya que el o los carburantes utilizados en los distintos modos de transporte deben responder a una serie de exigencias.

35 Deben ser fáciles de transportar y almacenar en condiciones de seguridad al menos equivalentes a las que existen actualmente para los productos petrolíferos, tener un balance de contaminaciones (fabricación - utilización inferior a la de los hidrocarburos) y, por último, ser económicamente viables con respecto a los productos petrolíferos. El problema se complica aún más cuando se tienen en cuenta las limitaciones de un carburante compatible con los transportes aéreos.

40 Están surgiendo diferentes formas para la producción de carburante para los vehículos:

- La producción de biocarburante (alcohol, éster),
- El uso de dihidrógeno como carburante en pilas de combustible o motores térmicos,
- 45 • El uso de baterías de alto rendimiento en vehículos eléctricos,
- El uso de biomasa o carbón para la producción de carburante.

La producción de biocarburante, alcohol o éster de ácidos grasos, parece prometedora a primera vista y ya se implementa en diferentes países. Sin embargo, estas soluciones no son perfectas, en efecto, las superficies a cultivar para ofrecer una autosuficiencia energética son colosales, representando más que el conjunto de las superficies cultivadas actualmente. Por este hecho, estos cultivos compiten con los cultivos alimentarios. Las materias primas para la producción de estos biocarburantes son a menudo productos alimentarios como el maíz, el trigo, etc. Una explotación intensiva de biocarburantes de este tipo, además de desestabilizar la economía agroalimentaria mundial, particularmente en los países emergentes y en vías de desarrollo, sería también un factor importante de riesgo de hambrunas y de grandes desequilibrios ecológicos.

Adicionalmente, algunos modos de producción de estos biocarburantes tienen un rendimiento energético muy bajo y un balance de contaminación elevado con respecto al petróleo. Por ejemplo, se puede mencionar la producción de etanol a partir de la remolacha azucarera, o la producción de ácidos grasos o de éster a partir de la colza.

60 El uso del dihidrógeno como carburante parece una solución elegante para un carburante de uso limpio. Sin embargo, aún no se ha resuelto el problema de producción de dihidrógeno no contaminante a un coste equivalente al de los productos petrolíferos. Adicionalmente, el uso de este carburante exige la supresión de una serie de barreras para su almacenamiento y su distribución, dada su peligrosidad.

65 El almacenamiento de energía eléctrica en baterías que se utilizarán en vehículos eléctricos o mixto eléctrico-térmico

es una de las soluciones propuestas por muchos fabricantes de automóviles. Esta solución pasa por la producción de baterías de bajo coste y alto rendimiento que generen poca o ninguna contaminación, tanto en su fabricación como en su reciclaje. Adicionalmente, queda el problema de la producción de un carburante alternativo para los vehículos con propulsión mixta eléctrica-térmica.

5 Hasta donde se sabe, todavía no se ha propuesto ninguna solución viable para la propulsión aeronáutica basada en pilas de combustible o baterías eléctricas.

10 El uso de la biomasa y, en concreto, de residuos vegetales, celulosa o productos agrícolas no valorizados, representa un importante recurso de materias primas para la fabricación de carburantes líquidos, al igual que para los materiales plásticos no reciclables al final de su vida útil. De manera más general, todos los recursos carbonados húmedos representan una fuente considerable que aún está muy poco explotada.

15 Las reservas de carbón fósil podrían satisfacer las necesidades de carburante líquido durante varias décadas.

Sin embargo, ya se trate de biomasa o de carbón fósil, los procedimientos de gasificación utilizados para la fabricación de carburante líquido a partir de estas materias primas siguen produciendo demasiada contaminación por CO<sub>2</sub>, que puede representar de 20 a 40 % de los gases producidos.

20 Debido a esta pérdida de carbono en forma de CO<sub>2</sub>, la producción de carburante a partir de la biomasa mediante gasificación sólo presenta un balance de contaminación ligeramente favorable en comparación con el petróleo, que rápidamente se vuelve desfavorable si no se dominan las dificultades de controlar las emisiones de CO<sub>2</sub> durante la producción de biomasa y su transporte a las plantas de transformación. Minimizando las pérdidas de carbono en forma de CO<sub>2</sub> durante la producción de carburante a partir de biomasa, este balance podría ser llevado al equilibrio o  
25 cerca del mismo, si se consigue secuestrar el CO<sub>2</sub> producido o transformarlo en carburante con mayor eficiencia. En efecto, en estas condiciones, las biomasa fijarían una proporción de carbono equivalente a la liberada durante la combustión del carburante sintetizado.

30 En el caso del carbón fósil, la situación es muy diferente. Sea cual sea el modo de transformación del carbón en carburante, la combustión del carburante liberará a la atmósfera CO<sub>2</sub> procedente del carbón fósil, además de subproductos indeseables (azufre, sulfuro...).

35 Un procedimiento de gasificación que no libere CO<sub>2</sub> mejorará el balance de contaminación de los carburantes obtenidos con respecto a los productos petrolíferos. Sin embargo, para que el balance de contaminación de los carburantes de origen fósil sea equivalente al de los carburantes procedentes de la biomasa, habrá que implantar soluciones de secuestro o transformación del CO<sub>2</sub> en los lugares de utilización de los biocarburantes, es decir, en los propios vehículos.

40 Cada vez se desarrollan más métodos que permiten la transformación del CO<sub>2</sub> en un producto valorizable, sin embargo, muy pocos de ellos describen soluciones adaptadas a la industria de la gasificación de biomasa o de carbón.

Se pueden mencionar dos tipos principales de procedimientos de transformación del CO<sub>2</sub>:

- 45 • Los métodos catalíticos que consisten en reducir el CO<sub>2</sub> en compuestos como metanol, formaldehído o ácido fórmico directamente valorizable.
- Los procedimientos electroquímicos en fase gaseosa que consisten en reducir el CO<sub>2</sub> a (monóxido de carbono) CO y a (dihidrógeno) H<sub>2</sub> mediante descargas eléctricas.

50 Cabe señalar que existen métodos electroquímicos en solución que permiten transformar el CO<sub>2</sub> en ácido fórmico.

Aunque valorizables industrialmente, el metanol, el metanal, el ácido fórmico, es muy difícil sintetizar hidrocarburos mediante procedimientos como el procedimiento de Fischer-Tropsch (FT).

55 Los procedimientos electroquímicos en fase gaseosa, pueden producir CO y H<sub>2</sub> a partir de gas CO<sub>2</sub>. Los métodos de arco deslizante (GlidArc; marca registrada <sup>TM</sup>) son particularmente prometedores aunque todavía consumen mucha energía (varios kilovoltios por m<sup>3</sup> de gas producido). Los procedimientos GlidArc (<sup>TM</sup>) descritos hasta ahora requieren a menudo para reducir el CO<sub>2</sub>, el uso de gases aditivos como el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>S) o el metano (CH<sub>4</sub>). Estos métodos no se describen para oxidar partículas de residuo carbonoso o carbón. Los aditivos que promueven las  
60 reacciones son siempre gases. Las geometrías descritas para los procedimientos GlidArc <sup>TM</sup> hacen muy difícil la optimización de los rendimientos de las diferentes reacciones en función de los flujos de los diferentes gases. Los métodos GlidArc <sup>TM</sup> generan los llamados plasmas fuera de equilibrio. Ninguna descripción menciona métodos mixtos que impliquen de manera concomitante o alternativa un plasma fuera de equilibrio con un plasma termodinámico. Asimismo, ningún estudio menciona procedimientos que involucren plasmas de origen óptico, plasmas eléctricos fuera  
65 de equilibrio y plasmas termodinámicos. Ningún estudio menciona procedimientos de orientación de reacciones que tienen lugar en un plasma por enriquecimientos metálicos, partículas o catalizador, permitiendo así favorecer una

determinada reacción en un plasma.

La reducción de CO<sub>2</sub> a CO y H<sub>2</sub> es una barrera tecnológica importante en la industria de síntesis de hidrocarburos. En efecto, una gran parte (30 a 40 %) de la materia prima (carbón, residuo carbonoso) se pierde en forma de CO<sub>2</sub>, lo que hace que, además del coste económico, esta industria sea extremadamente contaminante.

A través de la solicitud de patente N.º PCT/FR 2008/001606, se han descrito un procedimiento y una serie de dispositivos alternativos, adecuados para la gasificación de compuestos carbonados, incluyendo biomásas húmedas y carbón, haciendo posible la producción de un gas de síntesis (CO - H<sub>2</sub>) y reduciendo al mismo tiempo los costes energéticos derivados de la biomasa o del carbón para la síntesis. Se describe así un procedimiento termosolar de microondas implementado en un reactor tubular que comprende:

- un transportador de sustratos definidos como materiales así transportados, y,
- la aplicación a dicho reactor de una energía solar y de una energía de microondas.

El documento WO2013160467A también describe un procedimiento de este tipo, más precisamente un procedimiento que es similar a un procedimiento de síntesis de Fischer-Tropsch.

### Objeto de la invención

Para, sobre esta base de reactor, superar los problemas antes mencionados, se propone en este caso que tal procedimiento:

- comprenda una etapa de circulación de una corriente eléctrica en el transportador, para producir calor por efecto Joule en el transportador de sustratos, y,
- comprenda además una fusión de los sustratos, que comprenden los elementos necesarios para la obtención de un medio de electrólisis para la reducción, a aluminio, de alúmina contenida en dichos sustratos, se realiza bajo la acción:

- de una energía térmica producida por dicha circulación de corriente eléctrica en el transportador de sustratos, y
- de la energía solar aplicada y/o de la energía de microondas aplicada, y/o

- que uno de los sustratos contenga aluminio que se funde en el reactor tubular bajo la acción:

- de una energía térmica producida por dicha circulación de corriente eléctrica en el transportador de sustratos, y
- de la energía solar aplicada y/o la energía de microondas aplicada.

La geometría de este nuevo reactor y su procedimiento de funcionamiento pueden adaptarse fácilmente para la producción de aluminio por la reducción de alúmina mediante el uso de una energía mixta, eléctrica y solar, una parte de la energía eléctrica pudiendo por otra parte producirse a partir de la energía solar térmica.

En efecto, la energía necesaria para producir aluminio por reducción de alúmina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gracias a técnicas convencionales de electrólisis es de 13,5 MWh/tonelada de aluminio producido, en lugar de los 5,56 MWh/tonelada previstos para la reacción de oxidación-reducción propiamente dicha. La energía adicional procede de la energía necesaria para fundir la mezcla de reacción en el baño de electrólisis y de las pérdidas generadas por el efecto Joule. El uso de un horno solar, adaptado del horno solar de pirólisis, descrito en la presente solicitud, permite utilizar la energía solar acoplada opcionalmente a microondas para alcanzar el estado fundido o semifundido del baño, siendo la electrólisis utilizada en una segunda etapa para realizar la reducción. Una vez que la alúmina se ha reducido a aluminio, el calor del metal fundido puede recuperarse para producir electricidad.

El baño de electrólisis y el metal reducido y fundido actúan entonces como fluido caloportador en un reactor termostático tubular.

El procedimiento de gasificación se descompone, tras una posible etapa de preparación del sustrato, en:

A) una primera etapa de pirólisis/torrefacción de los compuestos, en carbón y gas de pirólisis, en un reactor solar de microondas, provocada por un calentamiento de los compuestos contenidos en dicho reactor solar de microondas mediante una energía térmica sinérgica suministrada en conjunto, por una parte, por el calentamiento de las paredes del reactor debido a la concentración por convergencia o reflexión de una radiación solar en la superficie de dichas paredes, y por otra parte, por microondas inyectadas directamente en el interior del reactor y los compuestos, y

B) una segunda etapa de transformación del residuo carbonoso y de los gases de pirólisis, procedentes del reactor solar de microondas, principalmente en CO y H<sub>2</sub>, por reacciones químicas de oxidación-reducción que se producen

5 en un reactor ciclónico, permitiendo dicho reactor ciclónico la formación de vórtices gaseosos que arrastran y oxidan las partículas de residuo carbonoso, mediante la combustión de gas de pirólisis o gas adicional, con inyección en el reactor ciclónico de gas o mezclas de gases calentados, con un calentamiento de los gases presentes directamente en dicho reactor bajo la acción de microondas inyectadas directamente en el reactor ciclónico, el calentamiento de los gases puede llegar hasta la obtención de un plasma de gas.

10 El procedimiento termosolar de microondas de la invención se implementa en un reactor tubular que comprende un transportador de sustratos definidos como materiales así transportados, caracterizado por que comprende una etapa de circulación de una corriente eléctrica en el transportador, para producir calor en este transportador por efecto Joule y opcionalmente inducir, en los sustratos, al menos algunos entre curados, pirólisis, gasificaciones, fusiones y reacciones químicas que comprenden las reacciones de oxidación-reducción, bajo la acción de la corriente eléctrica.

Como se desarrolla a continuación, este procedimiento será preferentemente tal que:

- 15 - se realiza una fusión de los sustratos, que comprenderán los elementos necesarios para la obtención de un medio de electrólisis para la reducción, a aluminio, de alúmina contenida en estos sustratos, bajo la acción de al menos una energía entre la energía solar, la energía de microondas y la energía térmica producida por la circulación de corriente eléctrica en el transportador de sustratos
- 20 - y/o el aluminio se fundirá en el reactor, bajo la acción de al menos una energía entre la energía solar, la energía de microondas y la energía térmica producida por la circulación de corriente eléctrica en el transportador.

En cuanto al propio dispositivo termosolar de microondas, comprenderá:

- 25 - un reactor tubular que comprende un transportador de sustratos definidos como materiales así transportados, y medios para hacer circular una corriente eléctrica en el transportador, con el fin de producir en el mismo calor por efecto Joule y opcionalmente inducir, en los sustratos, al menos algunos entre curados, pirólisis, gasificaciones, fusiones y reacciones químicas que comprenden las reacciones de oxidación-reducción, bajo la acción de la corriente eléctrica.

30 Por otro lado, según la invención, este dispositivo presentará ventajosamente la totalidad o parte de las siguientes características:

- 35 - el transportador comprenderá un tornillo sin fin helicoidal que incluye elementos encajados por colas de milano o chavetas, estando dichos elementos encajados dispuestos a lo largo de un eje del dispositivo, y elementos de suspensión que permiten el soporte y la rotación del tornillo, tales como zapatas y resortes.
- 40 - y/o el transportador comprenderá un sistema de anillos sucesivos unidos entre sí por un cable o una cadena, siendo dichos anillos ajustados al diámetro interno del reactor tubular de manera que los sustratos queden atrapados entre dos anillos sucesivos y sean empujados a través del reactor para atravesarlo,
- 45 - y/o una entrada y opcionalmente una salida de los sustratos del reactor se proporciona mediante un sistema que comprenda al menos dos cilindros encajados entre sí y que giren en sentido opuesto, para transferir los sustratos desde aguas arriba del sistema hacia aguas abajo del sistema, sin mezcla de atmósferas entre aguas arriba y aguas abajo,
- 50 - y/o una entrada y opcionalmente una salida de los sustratos del reactor se proporciona por un sistema que comprenda dos discos superpuestos, respectivamente, un disco superior y un disco inferior, poseyendo cada uno una abertura, estando dichas aberturas dispuestas en posiciones diferentes en los discos de manera que pasen alternativamente por delante de una cámara de tránsito a fin de aislar alternativamente dicha cámara de un espacio aguas arriba del disco superior y de un espacio aguas abajo del disco inferior, para que los sustratos puedan atravesar el tubo de tránsito sin mezcla de atmósferas entre aguas arriba y aguas abajo,
- 55 - y/o el transportador de sustratos será plegable en un contenedor,
- 60 - y/o el transportador estará dispuesto sobre un carro que incluye ruedas opcionalmente orientables que incluyen opcionalmente gatos que permiten una planeidad del carro y opcionalmente motorizadas para un seguimiento solar por rotación del carro,
- 65 - y/o, para una reacción de oxidación-reducción que comprende la reducción de alúmina a aluminio, el reactor, que tiene una pared tubular, comprenderá un electrodo periférico situado en dicha pared tubular del reactor, preferentemente un electrodo cilíndrico, llevado a un potencial negativo, que forma un cátodo, estando dicho electrodo periférico preferentemente recubierto de carbono o en contacto con partículas de carbono opcionalmente inyectadas en el reactor, estando un segundo electrodo positivo central que forma un ánodo dispuesto en el centro del reactor, preferentemente al nivel del transportador, de tal manera que dicho transportador incluya entonces insertos de carbono que formen un electrodo de desgaste,
- 60 - y/o, para una reacción de oxidación-reducción que comprende la reducción de alúmina a aluminio, el reactor tubular comprenderá una parte superior y una parte inferior, comprendiendo la parte superior del reactor un electrodo superior anódico, y comprendiendo la parte inferior del reactor un electrodo inferior, estando los electrodos separados por elementos eléctricamente aislantes,
- 65 - y/o los electrodos estarán recubiertos de carbono para formar electrodos de desgaste,
- y/o al menos algunos de estos electrodos estarán hechos de al menos uno de los siguientes materiales: tántalo, aleación de tántalo, platino o aleación de platino, aleación de hierro que contiene platino o tántalo, acero que

contiene platino o tántalo.

La implementación del procedimiento puede involucrar un reactor solar de microondas de pirólisis/torrefacción y un reactor ciclónico donde, preferentemente:

- 5
- el reactor solar de microondas de pirólisis/torrefacción incluye, entre otros:
    - un tubo, por ejemplo, de material refractario,
    - medios para hacer avanzar los compuestos por el interior del tubo del reactor solar de microondas de pirólisis/torrefacción,
    - medios para concentrar y hacer converger una radiación solar en la superficie del tubo del reactor,
    - medios para aislar el tubo del reactor del entorno exterior,
    - medios para mejorar la inercia térmica del tubo del reactor,
    - medios para producir microondas,
    - medios para guiar las microondas,
  - el reactor ciclónico incluye, entre otros:
    - al menos dos unidades ciclónicas superpuestas o encajadas que se comunican entre sí,
    - dispositivos que permiten combustiones que inducen vórtices gaseosos en las unidades,
    - dispositivos de inyección laterales o tangenciales de gas en las unidades, que inducen vórtices gaseosos,
    - medios para producir y guiar microondas.
    - medios para producir y guiar radiaciones infrarrojas.

25 La implementación del procedimiento implicará también y preferentemente, entre otros:

- un reactor de calentamiento para presurizar y acelerar los gases de oxidación, que incluye:
- un tubo, por ejemplo, de material refractario,
- medios para concentrar y hacer converger una radiación solar en la superficie del tubo del reactor,
- medios para aislar el tubo del entorno exterior,
- medios para mejorar la inercia térmica del tubo del reactor,
- medios para hacer avanzar los gases y opcionalmente las partículas a lo largo del tubo del reactor, comprimiéndolos, calentándolos y acelerándolos, tales como, aunque sin limitación, rotores con álabes, compresores centrífugos, turbinas, al menos una cámara anular,
- al menos una fuente de microondas opcionalmente complementada por una fuente de infrarrojos.
- medios para generar corrientes eléctricas inducidas o no, de óptica, de microondas, para producir plasmas gaseosos y/o plasmones mixtos gas/partículas.
- al menos un magnetrón y al menos una guía de ondas para producir microondas entre 1 gigahercios y 300 gigahercios y guiar dichas microondas.

#### 45 Descripción de las figuras

La descripción que se da a continuación se hace en relación con las figuras 1 a 14 adjuntas que ilustran diferentes detalles de ejemplos no limitativos de realización preferidos, con el fin de exponer detalladamente las características esenciales de la solución presentada en este caso.

#### 50 Descripción detallada de la invención

De este modo, se describen a continuación diversos dispositivos de mejora para la implementación de los procedimientos mencionados anteriormente:

55 En un modo de realización particular, la parte solar/microondas (F\_smo) podrá plegarse en un contenedor de manera que los sistemas de elevación accionados por motores (F1.1) permiten subir o bajar el reactor solar/microondas y los sistemas articulados y los gatos permiten desplegar y plegar los espejos Fig1.3 del F\_smo (véase la Fig1.2).

60 El reactor se coloca sobre un soporte como un carro Fig10.112 que incluye ruedas opcionalmente orientables Fig10.65 que permiten seguir la trayectoria del sol combinando dos rotaciones en dos planos perpendiculares horizontal y vertical. De este modo la trayectoria del sol se descompone así en coordenadas polares, la rotación del carro permite seguir la trayectoria horizontal del sol, mientras que la inclinación de los concentradores permite seguir el trayecto vertical del sol. Las ruedas dispondrán de un sistema de suspensiones, preferentemente mediante gatos Fig10.66 y más particularmente gatos hidráulicos acoplados a acumuladores hidráulicos Fig10.67, que permiten garantizar la

65 planeidad del carro.

1) En un modo de realización, la unidad funcional que permite la torrefacción y la pirólisis del sustrato es el reactor de horno solar/microondas (F\_smo) que comprende una o varias tuberías Fig1.4 que forman el reactor propiamente dicho Fig1.110. La tubería está hecha, por ejemplo, de carburo de silicio, o de carburo de silicio que contiene nanopartículas de diamante, lo que aumenta su conductividad térmica. En otros modos de realización, la tubería 4 incluirá una o más capas de diamante. La o las tuberías del reactor tendrán un diámetro comprendido entre 1 centímetro y 5 metros y una longitud comprendida entre 10 centímetros y 20 metros. En determinados modos de realización, las tuberías que forman el reactor estarán conectadas entre sí en su extremo por medio de accesorios de conexión encajados o atornillados (Fig2.5) que permiten deslizar las tuberías unas con respecto a las otras durante la dilatación térmica de las tuberías. Los accesorios de conexión serán, por ejemplo, de una aleación que presente un coeficiente de dilatación próximo al de las tuberías, por ejemplo, para las tuberías de carburo de silicio, los accesorios de conexión pueden ser tipo invar con un coeficiente próximo al del silicio. La estanqueidad de la unión de las tuberías se complementará, por ejemplo, mediante una estructura ondulada (Fig2.6) que conecte los accesorios de conexión de dos tuberías consecutivas y que presente una superficie de contacto de estanqueidad con cada uno de los accesorios de conexión de las dos tuberías mencionadas, pudiendo las superficies de contacto tener el perfil cónico.

La estructura ondulada se incorporará, por ejemplo, en una brida Fig2.7-8-9 que incluye elementos de suspensión de la tubería Fig2.4.3. Los elementos de suspensión pueden comprender al menos un resorte Fig2.10 y opcionalmente un pistón Fig2.11. En determinados modos de realización, la brida se incorporará en una carcasa metálica Fig2.12 que incluye juntas Fig2.13 de caucho o silicona vulcanizados o cualquier otro polímero que permita aislar térmicamente la brida de la carcasa y mejorar la amortiguación del movimiento relativo entre el reactor y la carcasa, por una parte, y la brida, por otra parte. La carcasa estará incorporada en un cojinete Fig2.14, por ejemplo, de aluminio, que permite la rotación del cojinete alrededor de la carcasa y del reactor, permaneciendo la carcasa fija. El deslizamiento de la brida sobre la carcasa se proporcionará por ejemplo mediante un rodamiento o una zapata de bronce (Fig.2.15). Las bridas incluirán conductos Fig2.16 que permitirán el paso de un gas entre los tubos de vidrio Fig2.16-17 o permitirán Fig2.19 crear un vacío entre el tubo de vidrio interior y la tubería del reactor. Los cojinetes (intermedios y externos) soportan una cuna que comprende el conjunto de los espejos del horno F\_smo y permiten la rotación de los espejos alrededor del reactor, permaneciendo el reactor fijo.

En un modo de realización particular, la rotación de los espejos que permite el seguimiento del trayecto del sol comprenderá, por una parte, un sistema de engranaje que incluye una cremallera circular acoplada a al menos un piñón en cada extremo del reactor y, por otra parte, cojinetes de rotación bien externos Fig9 en cada extremo del reactor o bien intermedios, de modo que el sistema de espejos pueda girar alrededor del reactor, permaneciendo el reactor fijo.

2) A la entrada y a la salida del reactor del F\_smo 110 habrá sistemas que permitan el paso del sustrato, pero no el de los gases. Los gases entrarán o saldrán del reactor a través de uno o varios pozos diseñados a tal efecto. De este modo, el reactor estará aislado de la atmósfera mediante un procedimiento de carga y descarga de sustratos.

2-1) A la entrada y respectivamente a la salida de la tubería del reactor se dispondrá un dispositivo 20, que comprende dos cilindros encajados que giran en sentido inverso, el cilindro más interior será plano, y provisto de una cavidad 21 perforada en su fondo por una serie de poros 22 opuestos a la abertura de la cavidad 23. El cilindro exterior 24, que incluye el cilindro interior, estará provisto de una abertura 25 del mismo tamaño que la abertura de la cavidad del cilindro interior 23. Los dos cilindros estarán incorporados en una cámara cilíndrica 26, provista de dos aberturas arriba y abajo del mismo tamaño que las aberturas de los dos cilindros precedentes, y de dos series de poros opuestas y dispuestas lateralmente en posición ecuatorial 27. Cada serie de poros de la cámara cilíndrica estará dispuesta sobre un relieve exterior que permite evitar la oclusión de los poros durante el cruce con los poros dispuestos en el cilindro interior durante la rotación de los diferentes cilindros. Los cilindros interior y exterior estarán provistos de un sistema de engranajes, por ejemplo, que comprende dos platillos de engranajes 28 que permiten girarlos en sentido inverso, por ejemplo mediante al menos un piñón dispuesto entre los dos platillos.

En posición:

- a) las aberturas de los cilindros están alineadas hacia arriba con la abertura de la cámara cilíndrica, y permite el llenado de la cavidad por el sustrato.
- b) girando  $\pi/2$  en sentido inverso, la cavidad del cilindro interior queda oculta por el cilindro exterior, mientras que los poros del fondo de la cavidad son posicionados frente a la abertura del cilindro exterior de forma opuesta al primer relieve de la cámara cilíndrica. El primer relieve está conectado a una bomba de vacío que vacía la atmósfera de la cavidad (atmósfera exterior).
- c) continuando las rotaciones en sentido inverso a  $\pi/2$ , las dos aberturas de los cilindros interior y exterior se alinean con la abertura baja de la cámara cilíndrica, permitiendo que el contenido de la cavidad se vierta en el interior del reactor sin contaminación del aire exterior, estando los poros del fondo de la cavidad ocultos por el cilindro exterior.
- d) continuando la rotación de  $\pi/2$ , los poros del fondo de la cavidad se alinean con la abertura del cilindro exterior opuesta al segundo relieve, que a su vez está conectado a un segundo vacío que permite bombear la atmósfera procedente del reactor hacia el interior del reactor. Entonces comienza de nuevo otro ciclo. Los vacíos se crean

mediante bombas o Venturi que bombean las atmósferas hacia el exterior y hacia el interior del reactor respectivamente.

La estanqueidad de los cilindros unos con respecto a los otros se proporcionará por ejemplo mediante juntas metálicas en S 29. La cavidad de la cámara interior se conectará al sistema de túnel que permite expulsar los sustratos en la posición baja.

En un modo de realización particular, la cavidad alta de la cámara cilíndrica está conectada a la salida baja de un ciclón de carga.

2.1.1 En un modo de realización particular, el cargador y/o descargador comprenderá dos discos superpuestos Fig11.74-75 de tal manera que cada disco está provisto de un orificio Fig11.77 en posiciones opuestas entre los dos discos. Los discos están conectados por un eje que permite que dicho disco gire de manera solidaria Fig11.77. Un tubo o cámara, de tránsito Fig11.78 conecta los dos discos entre sí de manera que, al girar, la abertura de cada uno de los dos discos pasa alternativamente por delante de la entrada y la salida del tubo de tránsito, respectivamente. La entrada y la salida del tubo de tránsito son contiguas Fig11.79 con respecto a la cara inferior del disco superior y a la cara superior del disco inferior, respectivamente, a fin de proporcionar una estanqueidad entre los discos y la entrada y salida del tubo de tránsito. Cada uno de los discos está contenido en una cámara circular Fig.11.80 que incluye en sus caras superior e inferior juntas que forman una curva cerrada Fig.11.81 para definir al menos cuatro sectores. Los sectores están preferentemente superpuestos entre las dos cámaras. Al girar en el sentido trigonométrico cuando el disco gira en este sentido, las dos cámaras están provistas en el primer sector de un orificio alineado con el tubo de tránsito, de modo que los sustratos puedan pasar a la cámara de tránsito o salir de la cámara de tránsito. El tubo de tránsito está opcionalmente provisto de válvulas eléctricas, por ejemplo, tres, que permiten conectar el tubo de tránsito a dos bombas o dos depósitos de vacío y a un depósito de gas a presión, como CO<sub>2</sub>, CO u opcionalmente argón en el contexto de la reducción de alúmina. Los conectores y fines de carrera permiten controlar la apertura y el cierre de las válvulas. En un funcionamiento normal, las aberturas de los discos se orientan, por ejemplo, a 180 °.

El movimiento se divide en 4 etapas.

Etapa 1 Fig11.82: La abertura del disco superior se alinea con la entrada del tubo de tránsito, estando la salida de este tubo cerrada por el disco inferior. El sustrato puede verterse en el tubo de tránsito.

Etapa 2 Fig11.83: los dos discos giran  $\pi/2$  para cerrar la entrada del tubo de tránsito, estando la salida del tubo de tránsito cerrada, controlando la válvula el primer depósito de vacío que permite evacuar los gases del tubo de tránsito hacia un primer recinto.

Etapa 3 Fig11.84: los dos discos vuelven a girar  $\pi/2$  para abrir la salida, estando la entrada cerrada, el agregado se vierte fuera del tubo de tránsito, el vaciado es opcionalmente acelerado mediante un chorro de gas, abriéndose una válvula de gas en este punto.

Etapa 4 Fig11.85: los dos discos giran  $\pi/2$  para cerrar la salida del tubo de tránsito, estando la entrada del tubo de tránsito cerrada, controlando la válvula el vacío del segundo depósito que permite la evacuación de los gases del tubo de tránsito hacia un segundo recinto.

En determinados modos de realización, un conducto o una abertura en el segundo sector de cámara superior e inferior de los discos, permite evacuar cualquier sustrato que llegue a este sector.

2.1.2 En determinados modos de realización, el cargador y/o descargador comprende un sistema de anillos sucesivos Fig12.86 conectados entre sí por un cable o una cadena Fig12.87 de forma que los anillos se ajustan al diámetro interno de un tubo que forma un circuito Fig12.88. El tubo que forma el circuito comprende una entrada Fig12.89, a través de la cual puede entrar el sustrato y una salida Fig12.90 permite verter el sustrato en el reactor. Los anillos están dispuestos en una cadena o un cable de manera que forman un bucle en el circuito. El sustrato que se vierte en la entrada queda atrapado entre dos anillos que lo transportan hasta la salida del circuito. Las válvulas aguas arriba Fig12.92 y aguas abajo Fig12.93 de la salida están conectadas a dos bombas o a dos cámaras de vacío distintas que permiten evacuar la atmósfera exterior o la atmósfera del reactor con el fin de evitar que entre aire en el reactor y que los gases del reactor escapen a la atmósfera exterior. Una válvula conectada a un gas comprimido CO<sub>2</sub>, CO, argón, permite facilitar la transferencia del sustrato en el reactor. Un motor conectado a una rueda dentada Fig12.91 permite hacer circular los anillos en el circuito a través del reactor. Los anillos podrán ser de metal, pero preferentemente de cerámica o de un apilamiento de metal y cerámica.

2.2. En un modo de realización particular, el dispositivo de salida de sustratos en la salida del descargador comprenderá un sistema de ciclones. En una configuración particular, el sistema de ciclones estará constituido por un ciclón de descarga 30 con doble entrada longitudinal 31 para los sustratos y tangencial 32 para los gases. La entrada longitudinal del ciclón comprenderá palas inclinadas 33 para dejar pasar los sustratos líquidos y sólidos, orientándolos en el sentido de rotación del vórtice que será inducido por el cono del ciclón. Una tubería 34 recupera los gases que se elevan de la columna central de gases formados en el ciclón y los conduce a través del depósito a otras unidades.

Una bifurcación 35 situada al final de la tubería del reactor recupera los gases que circulan por el reactor y los conduce a la entrada tangencial 32 del ciclón. Bajo la acción de estos gases, se formará un vórtice descendente en el ciclón, llevando los sustratos hacia la salida inferior del ciclón mientras que los gases ascienden en una columna central hacia la tubería de recuperación.

5 2.3 En el centro de la tubería de F\_smo 110 se dispone un tornillo sin fin Fig5.36 que permite el avance de los sustratos a tratar a lo largo de la luz del tubo. En un modo de realización preferente, la totalidad o parte del tornillo sin fin comprenderá escobillas Fig5.37 o cepillos con cerdas que serán de cerámica, silicona vulcanizada, metal o cualquier otro material resistente al calor. En determinados modos de realización, las cerdas de la escobilla están hechas de una aleación de níquel y son lo suficientemente largas como para raspar la pared interna de la tubería de F\_smo. Esto permite, por una parte, prevenir la formación de cascarillas y, por otra parte, la circulación libre de gases en la tubería y el avance del sustrato gracias a la rotación del tornillo sin fin. En determinados modos de realización, el tornillo sin fin comprenderá varios fragmentos conectados entre sí por una cola de milano 38. En un modo de realización aún más preferido, el tornillo sin fin estará roscado sobre un eje central.

15 2.4 En un modo de realización aún más preferido, para permitir una rotación de un gran tornillo sin fin o hélice en el interior del reactor, el tornillo sin fin comprenderá zapatas de deslizamiento y de amortiguación 40. Las zapatas comprenderán una zapata de deslizamiento preferentemente de cerámica 41, pero que puede ser de metal o de cualquier otro material que proporcione un deslizamiento, un resorte y, opcionalmente, un eje de guía para el resorte 43. Estas zapatas sirven tanto para el deslizamiento, gracias a la cerámica, como para la suspensión, gracias al resorte, permiten así que el tornillo gire en el reactor con un mínimo de fricción.

20 2.5 En determinados modos de realización, el tornillo sin fin se tensará en el reactor entre una tensión que varía de 1 kg a 10 toneladas. Los tensores Fig6.45-46-47-48-49 dispuestos en el extremo del tornillo sin fin comprenderán arandelas Belleville.

2.6 La parte del tornillo sin fin dispuesta orientada hacia los magnetrones estará achaflanada 50 y podrá opcionalmente disponer de un raspador de cobre.

30 2.7 En un modo de realización particular, al menos una junta 51 rotativa que puede opcionalmente ser giratoria estará dispuesta al menos en un extremo del tornillo. En un modo de realización particular, en cada extremo del tornillo se disponen juntas Fig8.51-52 que secuestran un aceite refrigerante que circula por un intercambiador Fig8.53-54-55. El aceite secuestrado permite enfriar los extremos del tornillo y permite mantener el extremo del reactor estancado al tiempo que permite la rotación del tornillo en el reactor.

35 2.8 En determinados modos de realización, al menos un cojinete 56 en al menos un extremo del tornillo guía la rotación del tornillo y proporciona soporte para la tensión del tornillo a través de las arandelas Belleville.

40 2.9 En determinados modos de realización, el tornillo sin fin constará de varias partes encajadas mediante colas de milano, estando cada parte del tornillo sin fin posicionada preferentemente a lo largo de un eje que atraviesa el reactor cilíndrico. En este modo de realización, una parte del tornillo será de cerámica, en particular la parte del tornillo en contacto con el reactor fig.

En determinados modos de realización, los elementos del tornillo se mantienen unidos mediante chavetas fig.

45 2.10 En determinados modos de realización, el tornillo sin fin se sustituye por un sistema de anillos sucesivos Fig12.86 conectados entre sí por un cable o una cadena Fig12.87. Los anillos se ajustarán al diámetro interno del reactor de forma que el sustrato atrapado entre dos anillos pueda ser empujado a través del reactor a fin de atravesarlo. Preferentemente, los anillos estarán dispuestos en una cadena o un cable de manera que formen un bucle y preferentemente estarán incorporados en un recinto cerrado. Los anillos podrán ser de metal, pero actualmente de cerámica o un apilamiento de metal y cerámica. En los extremos del reactor se colocarán preferentemente tubos de teflón o vitón, caucho vulcanizado, silicona o cualquier otro material polimérico capaz de proporcionar una estanqueidad entre los anillos y el tubo del reactor. Los tubos dispuestos al final del reactor permiten realizar un circuito para los anillos que están conectados por un cable o una cadena circular a fin de realizar un transportador 111. Al menos un motor y al menos una rueda dentada permiten hacer circular el transportador.

50 55 En determinados modos de realización, el tornillo sin fin o el cable de los anillos serán atravesados por una corriente eléctrica para calentar la hélice o el cable y los anillos por un efecto Joule. El dispositivo utilizado para el tránsito de los sustratos puede entonces participar en el calentamiento y el curado/pirólisis de los sustratos.

60 3. En determinados modos de realización, la tubería del reactor F\_smo (110) estará incorporada en un recinto Fig1.17-18 de contención transparente al vacío de doble pared. El espacio entre la pared más cercana al reactor y el reactor se mantendrá al vacío mientras que en el espacio entre las dos paredes circula un gas de contención tal como un gas de efecto invernadero como CO<sub>2</sub> o metano o monóxido de carbono CO que permite recuperar el calor. La circulación de gas entre las diferentes secciones del reactor será posible gracias a los poros incorporados en las bridas Fig1.16, mientras que el vacío podrá ser creado por los conductos realizados en las bridas Fig 1.17.

4. En el exterior de la tubería y de la contención de vidrio, en la longitud se disponen uno o más espejos o concentradores solares cilindroparabólicos Fig1.3 y/o cilindrocirculares Fig1.57, por ejemplo, de aluminio o vidrio metalizado o cualquier otro material reflectante que permita que la luz del sol converja en la superficie de la tubería del reactor y que la luz reflejada por los tubos de contención o los tubos del reactor converja de nuevo en el reactor. Las tuberías del reactor serán preferentemente de color negro mate que permitan una máxima absorción de luz y calor de la radiación solar. En un modo de realización particular, la tubería del reactor estará constituida o comprenderá carburo de silicio. En otros modos de realización, la tubería del reactor comprenderá partículas de nanodiamantes o estará constituida por nanodiamantes aglomerados o unidos por un aglutinante de carburo de silicio o de otra cerámica o incluso metálico como el cobre. En la base de la zona de sombra por encima de la tubería con tornillo sin fin se dispone una placa metálica Fig1.58, preferentemente de cobre o aluminio, recubierta por un bloque de vidrio o cualquier otro material transparente tal que se crea un vacío entre el bloque de vidrio y la placa de metal. Al menos un tubo de metal Fig1.59 se dispone debajo de la placa de metal, tal que la tubería de metal esté conectada térmicamente a la placa metálica, de forma que el gas que circula por la tubería de metal recupere calor de la radiación solar captada por dicha placa. El gas que circula por la tubería situada bajo la placa de metal y el gas que circula entre los dos tubos de contención de vidrio se reinyectan en el reactor.

5. En la cabeza del reactor se disponen los magnetrones Fig1.60 que inyectan microondas a frecuencias comprendidas entre 1 gigahercio y 300 gigahercios en los tubos del reactor. El número de fuentes de microondas, comprende entre una a varias decenas, dependerá de la potencia deseada y del consumo eléctrico previsto para la instalación. Las microondas pueden sustituirse por cualquier tipo de onda que pueda calentar moléculas de agua o las moléculas con un momento dipolar, constante o inducido, por ejemplo por radiación infrarroja.

En un modo de realización preferente, la fuente de microondas es un magnetrón F que tendrá una guía de ondas de magnetrón que confluye con las guías de gas formando una guía mixta. La guía de gas permite inyectar gas en el reactor procedente, por una parte, del espacio entre los dos tubos de vidrio de contención y, por otra parte, del o de los tubos situados bajo la placa metálica en la base del reactor. El ángulo de implantación de las guías de onda y de la guía de gas en la guía mixta, así como el flujo de gas procedente de la guía de gas evitará la entrada en la guía de ondas del sustrato y de los gases que circulan en la luz de F\_smo. En un modo de realización particular, una ventanilla de observación de cuarzo o alúmina u otra cerámica transparente de microondas se dispone en la guía de onda antes de la entrada de gas. En determinados modos de realización, la ventanilla de observación puede ser sustituida o complementada por un tubo de cerámica transparente a las microondas, tal como óxido de circonio dopado con magnesia, introducido en el reactor.

6. Los conductos y/o el eje de la hélice o cualquier otra parte del reactor estarán opcionalmente conectados a fuentes de ultrasonidos a fin de evitar la formación de cascarillas a este nivel. Las microondas provocan un calentamiento muy rápido de las moléculas del sustrato, por agitación de las moléculas de agua y otras moléculas polares contenidas en el sustrato. Las microondas podrán opcionalmente complementarse por una radiación infrarroja. El calor producido por las microondas se suma al calor de convergencia de la radiación solar y al acumulado en el gas circulante, provoca la torrefacción y la pirólisis del sustrato. Durante esta pirólisis, se produce una liberación de materias volátiles que contiene alquitrán, así como otros gases inflamables. Estos diversos gases se recuperan por medio de las bifurcaciones de las chimeneas de desgasificación 35 y se inyectan en un reactor de gasificación tras la separación de los gases y los residuos carbonados en el ciclón de salida. Antes de su inyección en el gasificador, estos gases pueden sobrecalentarse (entre 160 y 2000 °C) mediante microondas y calor de origen solar.

7. En determinados modos de realización, el sustrato comprende los elementos necesarios para la realización de un baño de electrólisis que permite producir aluminio por electrólisis, por ejemplo, una mezcla formada por cualquier combinación de NaF, KF, AlF<sub>3</sub>, AlCl<sub>3</sub>, Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>, NaCl, C, en proporciones que varían, por ejemplo, de 0 a 50 % másico, complementado con alúmina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. La mezcla durante su tránsito en el reactor será llevada a temperaturas superiores a 950 °C por acción de microondas y/o de la radiación solar, con el fin de obtener una sal fundida heterogénea o una sal parcialmente fundida heterogénea que forma un medio o un baño de electrólisis para la reducción de la alúmina a aluminio.

La sal fundida mixta o semifundida podrá sufrir una electrólisis convencional tal como la descrita para la reducción de alúmina.

En un modo de realización particular, la electrólisis se llevará a cabo directamente en una parte del horno. En este modo de realización particular, la parte del horno destinada a la reducción de alúmina comprenderá un electrodo periférico FIG13.94 en la pared del reactor Fig13.97, preferentemente cilíndrico, llevado a un potencial negativo, por ejemplo a un potencial comprendido entre 1 V y 10 KV (electrodo negativo o cátodo) con respecto al eje del tornillo sin fin Fig13.95 o del cable o de la cadena que conecta los anillos que permiten transportar el sustrato en el reactor. El cable o cadena de los anillos o el eje de la hélice formarán entonces un electrodo positivo central. El electrodo negativo periférico forma preferentemente un tubo metálico o una porción de tubo metálico que recubre la pared del reactor. En un modo aún más preferente, los electrodos serán de tántalo, platino, aleación de tántalo, aleación de tántalo/platino, tántalo/platino/hierro, como aleaciones de tipo 310 enriquecidas con tántalo y o platino. En determinados modos de realización, el electrodo negativo está dispuesto bajo un cilindro de carbono Fig13.96 de tal manera que el carbono

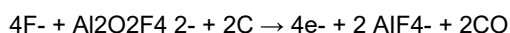
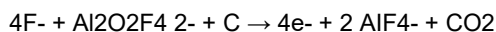
forma un electrodo de desgaste.

En determinados modos de realización, entre el electrodo negativo y el tornillo sin fin o los anillos del transportador 111 se introduce un cilindro de cerámica porosa Fig13.98 de tal manera que existe preferentemente un espacio entre el electrodo negativo cilíndrico 94 y el cilindro de cerámica poroso 98. El cilindro de cerámica poroso incluirá al menos una parte porosa dispuesta preferentemente hacia la cara baja del cilindro con respecto al reactor. El polvo de carbono se inyectará en el espacio entre el electrodo negativo y el tubo de cerámica poroso, el polvo se inyectará, por ejemplo, utilizando gas argón, de modo que el polvo de carbono asciende opcionalmente hasta el núcleo del reactor a través de los poros del cilindro de cerámica porosa.

En otros modos de realización, el eje del tornillo sin fin 95 del reactor o la cadena o el cable Fig14.102 del transportador Fig14.111 con anillos 103 será un electrodo positivo anódico de tántalo, platino, aleación de tántalo, aleación de tántalo/platino, tántalo/platino/hierro, como aleaciones de tipo 310 enriquecidas con tántalo y/o platino. Los bordes del tornillo sin fin 99 y la estructura exterior de los anillos preferentemente de cerámica incluirán insertos de carbono 100 que actuarán como electrodos de desgaste. Las partes metálicas del transportador 111 se cubrirán preferentemente con cerámica 101 eléctricamente aislante que puede ser flexible, de modo que los insertos de carbono formen el ánodo, conductores eléctricos en contacto con el baño de electrólisis.

El sustrato que circula por la parte electrolítica del reactor está sometido a un campo eléctrico preferentemente comprendido entre 5 V y 200 kV y es atravesado por una corriente eléctrica preferentemente comprendida entre 100 y 100.000 A, que circula entre el electrodo positivo y el electrodo negativo, de modo que tiene una densidad de corriente superior a 0,1 A/cm<sup>2</sup>.

Bajo la acción de la corriente, los electrolitos de las sales fundidas o semifundidas reaccionan de tal manera que en el ánodo se produce la siguiente reacción



mientras que en el cátodo, se produce la siguiente reacción:



En otros modos de realización, la parte del reactor cilíndrico de reducción de alúmina está en dos partes 105a, 105b que, ajustadas, forman un cilindro preferentemente de cerámica Fig14.105. Al menos un electrodo anódico 106 está posicionado en la parte superior 105a del reactor formando un semicilindro. Otro electrodo catódico 107 está dispuesto en la parte inferior 105b del reactor. Dos electrodos de desgaste de carbono 108 que forman porciones de un cilindro, están dispuestos sobre los electrodos metálicos anódicos y catódicos. Dos bandas de cerámica que forman sectores de cilindro 109, separan los electrodos a fin de aislarlos eléctricamente entre sí. El transportador aislado de los electrodos superior e inferior, transporta el sustrato entre los dos electrodos, permitiendo así la reducción de la alúmina.

A la salida del reactor, el aluminio reducido más denso se recuperará a la salida baja de un ciclón, mientras que el líquido de electrólisis menos denso y opcionalmente los gases de inyección de carbono, podrán recuperarse a través del tubo ascendente del ciclón.

8. En determinados modos de realización, el horno solar/microondas, opcionalmente complementado por el efecto Joule de una corriente eléctrica que pasa por el transportador, se utilizará para reciclar aluminio a partir de desechos de aluminio, gracias a la fusión de dichos desechos a su paso por el reactor solar

#### LEYENDAS DEL CONJUNTO DE LAS FIGURAS

- 1) sistema de elevación accionado por motores
- 2) sistema articulado y gatos para desplegar y desplegar los espejos
- 3) espejos concentradores solares cilindroparabólicos
- 4) tubería del reactor de horno solar/microondas (F\_smo)
- 5) accesorios de conexión encajados o atornillados de una tubería de reactor
- 6) estructura ondulada (Fig2.6) que conecta los accesorios de conexión de dos tuberías consecutivas
- 7) brida de varias partes Fig2.7 que incluyen elementos de suspensión
- 8) parte interior de brida 7
- 9) parte exterior de brida 7
- 10) elemento de suspensiones de resorte
- 11) elemento de suspensiones de pistón
- 12) carcasa metálica
- 13) junta de suspensión y de aislamiento térmico
- 14) cojinete intermedio

- 15) zapata de bronce
- 16) paso para gas
- 17) tubo de vidrio interior de contención
- 18) tubo de vidrio exterior de contención
- 5 19) paso para vacío
- 20) cargador o descargador de sustrato
- 21) cargador cilíndrico interior provisto de una cavidad
- 22) poros dispuestos de forma opuesta a la abertura de la cavidad 23.
- 23) abertura de cavidad
- 10 24) cargador de cilindro exterior
- 25) abertura de cilindro exterior
- 26) cámara cilíndrica
- 27) poros opuestos y dispuestos lateralmente en posición ecuatorial
- 28) platillos de engranajes
- 15 29) junta metálica en S
- 30) descargador de doble entrada
- 31) entrada longitudinal para los sustratos
- 32) entrada tangencial para los gases
- 33) palas inclinadas, entrada longitudinal
- 20 34) tubería de recuperación de gases ascendentes
- 35) bifurcación situada al final de la tubería de reactor
- 36) tornillo o hélice en su reactor
- 37) implantación de cepillo
- 38) cola de milano
- 25 39) eje de tornillo sin fin
- 40) zapata de deslizamiento y de amortiguación
- 41) zapata de deslizamiento, preferentemente de cerámica
- 42) resorte de zapata
- 43) eje
- 30 44) base de apoyo
- 45) tensor
- 46) arandela Belleville
- 47) apoyo de tensor
- 48) ranura de accionamiento que compensa la dilatación
- 35 49) engranaje de accionamiento de tornillo
- 50) parte de tornillo sin fin dispuesta hacia los magnetrones achaflanada
- 51) junta de estanqueidad de tornillo sin fin
- 52) junta metálica y de cerámica de estanqueidad y pantalla térmica
- 53) intercambiador térmico
- 40 54) entrada de aceite
- 55) salida de aceite hacia el intercambiador térmico
- 56) cojinete
- 57) espejos cilindrocirculares
- 45 58) placa metálica (de cobre o aluminio) cubierta por un bloque de manera que haya una cavidad de vacío entre el bloque de vidrio y la placa de metal
- 59) estructura de soporte del reactor que incluye los tubos metálicos de circulación de gases
- (60) magnetrón
- 61) rodamiento
- 62) eje de rotación
- 50 63) motorización por tornillo
- 64) motorización
- 65) ruedas orientables
- 66) gatos
- 67) acumuladores hidráulicos
- 55 68) Válvula
- 69) Válvula antirretorno
- 70) Pistón estanco
- 71) gas de presión
- 72) circuito hidráulico
- 60 73) tapón
- 74) discos superpuestos superior
- 75) discos superpuestos inferior
- 76) orificio de disco con posiciones opuestas entre los dos discos 74-75
- 77) eje que conecta los discos superior e inferior
- 65 78) tubo de tránsito
- 79) junta de tubo de tránsito es contigua

## ES 2 949 974 T3

- 80) cámara circular
- 81) juntas que forman una curva cerrada para definir cuatro sectores en la cámara circular.
- 82) disco superior abierto alineado con la entrada del tubo de tránsito, estando la salida de este tubo cerrada.
- 83) entrada y salida cerradas del tubo de tránsito.
- 5 84) salida abierta del tubo de tránsito, estando la entrada cerrada.
- 85) tubo de tránsito cerrado
- 86) anillo de transportador
- 87) cadena o cable de transportador
- 88) circuito de transportador
- 10 89) entrada
- 90) salida
- 91) rueda dentada
- 92) válvula aguas arriba
- 93) válvula aguas abajo
- 15 94) electrodo periférico y negativo o cátodo
- 95) electrodo positivo central anódico
- 96) electrodo de desgaste catódico
- 97) pared del reactor
- 98) cilindro de cerámica porosa
- 20 99) tornillo sin fin recubierto de cerámica
- 100) inserto de carbono que actúa como electrodo de desgaste.
- 101) borde del tornillo sin fin recubierto de cerámica eléctricamente aislante
- 102) cable de transportador con anillos
- 103) anillo
- 25 104) Borde de anillo recubierto de cerámica eléctricamente aislante
- 105) reactor en dos partes, respectivamente superior 105a e inferior 105b que, ajustadas, forman un cilindro de cerámica
- 106) ánodo posicionado en la parte superior del reactor
- 107) cátodo posicionado en la parte inferior del reactor
- 30 108) electrodos de desgaste de carbono
- 109) bandas de cerámica que forman un sector de cilindro
- 110) reactor; horno solar/microondas (F\_smo)
- 111) transportador
- 35 112) carro

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento termosolar de microondas implementado en un reactor tubular (110; F\_smo) que comprende:

- 5       - un transportador (111) de sustratos definidos como materiales así transportados, y,  
        - la aplicación a dicho reactor de una energía solar y de una energía de microondas,

**caracterizado por que:**

- 10       - comprende una etapa de circulación de una corriente eléctrica en el transportador, para producir calor por efecto Joule en el transportador (111) de sustratos, y,  
        - comprende además una fusión de los sustratos, que comprenden los elementos necesarios para la obtención de un medio de electrólisis para la reducción, a aluminio, de alúmina contenida en dichos sustratos, se realiza bajo la acción:

- 15               -- de una energía térmica producida por dicha circulación de corriente eléctrica en el transportador (111) de sustratos, y  
                -- de la energía solar aplicada y/o de la energía de microondas aplicada, y/o

- 20       - uno de los sustratos contiene aluminio que se funde en el reactor tubular (110; F\_smo) bajo la acción:

- de una energía térmica producida por dicha circulación de corriente eléctrica en el transportador (111) de sustratos, y  
                -- de la energía solar aplicada y/o la energía de microondas aplicada.

25       2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la fusión se realiza bajo la acción de la energía térmica producida, de la energía solar aplicada y de la energía de microondas aplicada.

30       3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** se induce en los sustratos, bajo la acción de la corriente eléctrica que circula en el transportador, al menos algunos entre curados, pirólisis, gasificaciones, fusiones y reacciones químicas que comprenden las reacciones de oxidación-reducción.

35       4. Dispositivo termosolar de microondas para la implementación del procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende un reactor tubular (110; F\_smo) que comprende un transportador (111) de sustratos definidos como materiales así transportados, **caracterizado por que** comprende además medios de aplicación de una energía solar y de una energía de microondas y medios (87, 94, 95, 96, 102) de circulación de corriente eléctrica, para hacer circular una corriente eléctrica en el transportador (111) de sustratos, con el fin de producir en el mismo calor por efecto Joule y poder inducir:

- 40       - una fusión de los sustratos, que comprenden los elementos necesarios para la obtención de un medio de electrólisis para la reducción, a aluminio, de alúmina contenida en dichos sustratos, bajo la acción de la energía solar y/o de la energía de microondas, y de una energía térmica producida por dicha circulación de corriente eléctrica en el transportador (111) de sustratos, y/o  
        - una fusión, en el reactor tubular (110; F\_smo), de aluminio contenido en uno de los sustratos, bajo la acción de la energía solar y/o de la energía de microondas, y de una energía térmica producida por dicha circulación de corriente eléctrica en el transportador (111) de sustratos.

50       5. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado por que** comprende medios (87, 94, 95, 96, 102) para inducir al menos algunos entre curados, pirólisis, gasificaciones, otras fusiones y reacciones químicas que comprenden las reacciones de oxidación-reducción, bajo la acción de la corriente eléctrica.

6. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, **caracterizado por que** el transportador (111) de sustratos comprende un tornillo sin fin helicoidal (36, 99) que comprende:

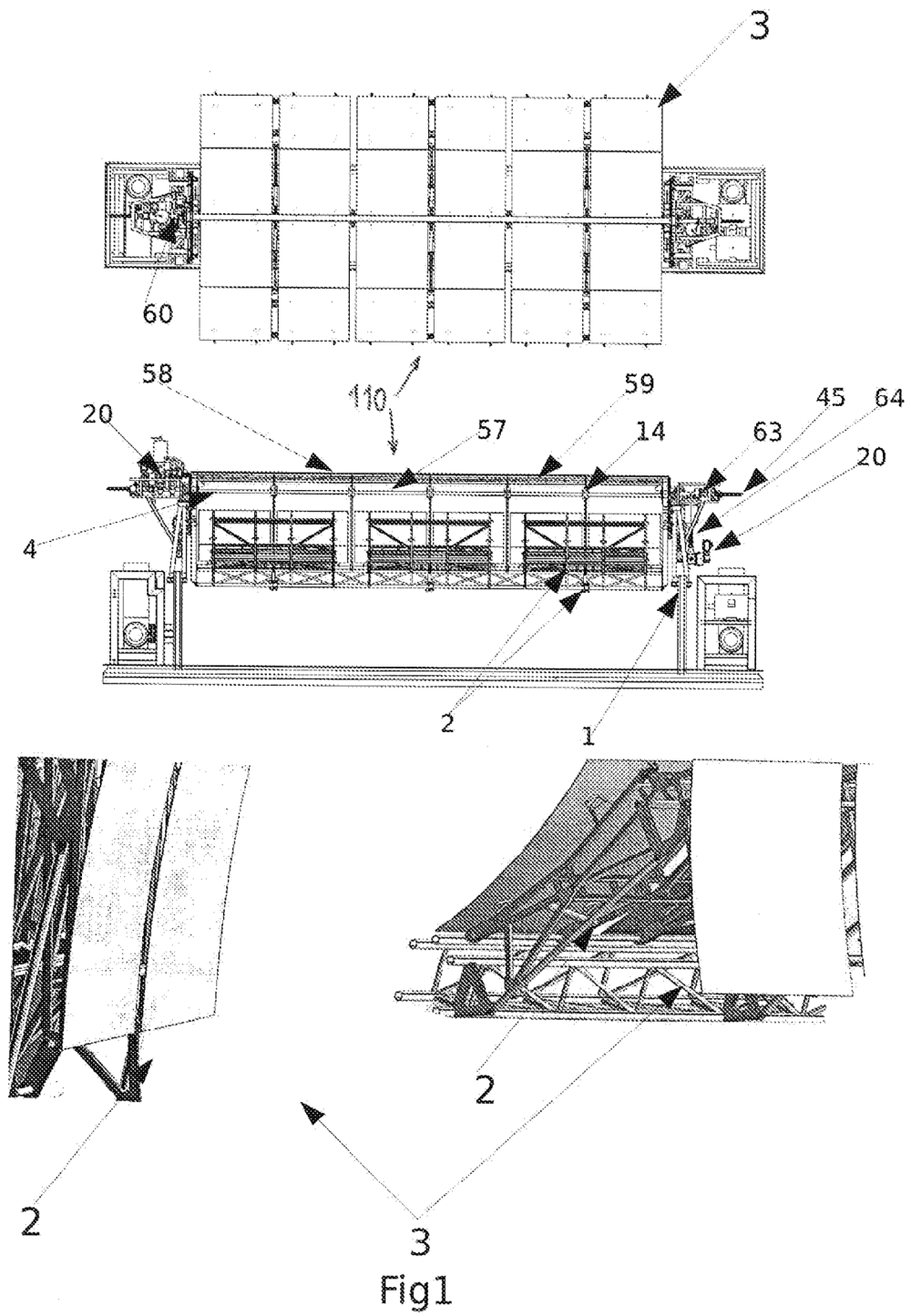
- 55       - elementos encajados entre sí por colas de milano o chavetas, estando dichos elementos encajados dispuestos a lo largo de un eje del dispositivo, y  
        - elementos de suspensión que permiten un soporte y una rotación del tornillo (40, 41, 42).

60       7. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado por que** el transportador (111) de sustratos comprende un sistema de anillos (86, 103) sucesivos conectados entre sí por un cable o una cadena (87, 102), estando dichos anillos ajustados al diámetro interno del reactor tubular (110; F\_smo) de manera que los sustratos queden atrapados entre dos anillos sucesivos y sean empujados a través del reactor para atravesarlo.

65       8. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, **caracterizado por que** una entrada y opcionalmente una salida de los sustratos del reactor (110; F\_smo) se proporciona mediante un sistema que comprende al menos dos cilindros (20-29) encajados entre sí y que giran en sentido opuesto, para transferir los

sustratos desde aguas arriba del sistema hacia aguas abajo del sistema, sin mezcla de atmósferas entre aguas arriba y aguas abajo.

- 5 9. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, **caracterizado por que** una entrada y  
 opcionalmente una salida de los sustratos del reactor (110; F\_smo) se proporciona por un sistema que comprende  
 dos discos (74, 75, 82-85) superpuestos, respectivamente, un disco superior y un disco inferior, poseyendo cada uno  
 una abertura (76), estando dichas aberturas dispuestas en posiciones diferentes en los discos, de manera que pasen  
 10 alternativamente por delante de una cámara de tránsito (78) a fin de aislar alternativamente dicha cámara de tránsito  
 (78) de un espacio aguas arriba del disco superior y de un espacio aguas abajo del disco inferior, para que los sustratos  
 puedan atravesar la cámara de tránsito (78) sin mezcla de atmósferas entre aguas arriba y aguas abajo.
10. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 9, **caracterizado por que** el reactor (110)  
 es plegable en un contenedor.
- 15 11. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 10, **caracterizado por que** el reactor (110)  
 está dispuesto sobre un carro (112) que incluye ruedas (65) opcionalmente orientables que incluyen opcionalmente  
 gatos (66) que permiten una planeidad del carro y las ruedas opcionalmente motorizadas para un seguimiento solar  
 por rotación del carro.
- 20 12. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 11, **caracterizado por que**, para una  
 reacción de oxidación-reducción que comprende la reducción de alúmina a aluminio, el reactor (110; F\_smo), que  
 tiene una pared tubular (97), comprende:
- un electrodo positivo central (95) que forma un ánodo dispuesto en el centro del reactor, y
  - 25 - un electrodo periférico (94) situado al nivel de dicha pared tubular del reactor y llevado a un potencial negativo,  
 que forma un cátodo, estando dicho electrodo periférico preferentemente recubierto de carbono o en contacto con  
 partículas de carbono opcionalmente inyectadas en el reactor,
- de tal manera que dicho transportador incluye insertos de carbono que forman un electrodo de desgaste (96, 110).
- 30 13. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 11, **caracterizado por que**, para una  
 reacción de oxidación-reducción que comprende la reducción de alúmina a aluminio, el reactor tubular (110; F\_smo)  
 comprende una parte superior (105a) y una parte inferior (105b), comprendiendo la parte superior del reactor un  
 electrodo superior anódico (106), y comprendiendo la parte inferior del reactor un electrodo inferior catódico (107), los  
 35 electrodos superior anódico e inferior catódico están separados por elementos eléctricamente aislantes (109).
14. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado por que** los electrodos superior anódico superior e  
 inferior catódico están recubiertos de carbono para formar electrodos de desgaste (108, 96, 100).
- 40 15. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado por que** al menos  
 algunos de los electrodos están hechos de al menos uno de los siguientes materiales: tántalo, aleación de tántalo,  
 platino, aleación de platino, aleación de hierro que contiene platino o tántalo, acero que contiene platino o tántalo.



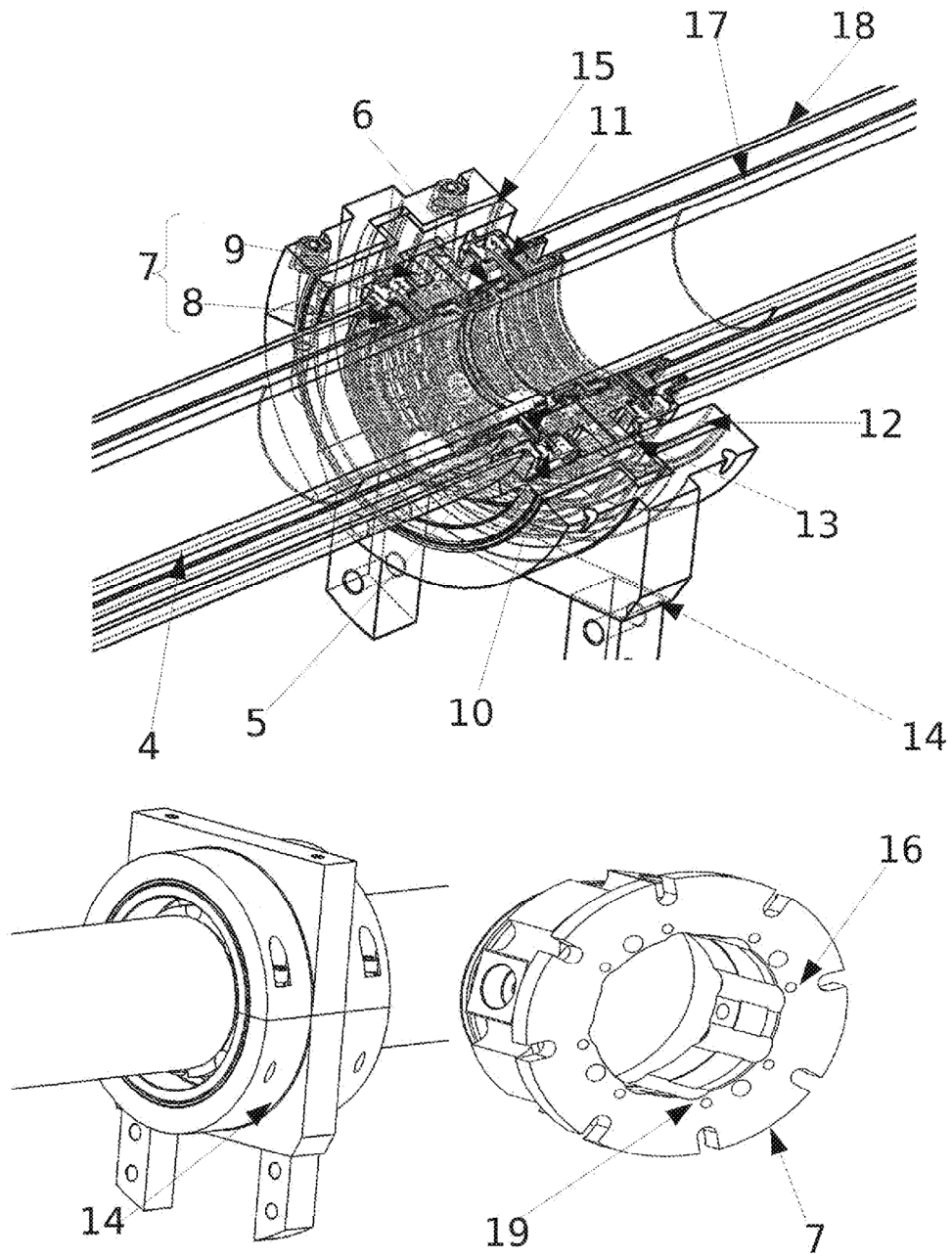


Fig2

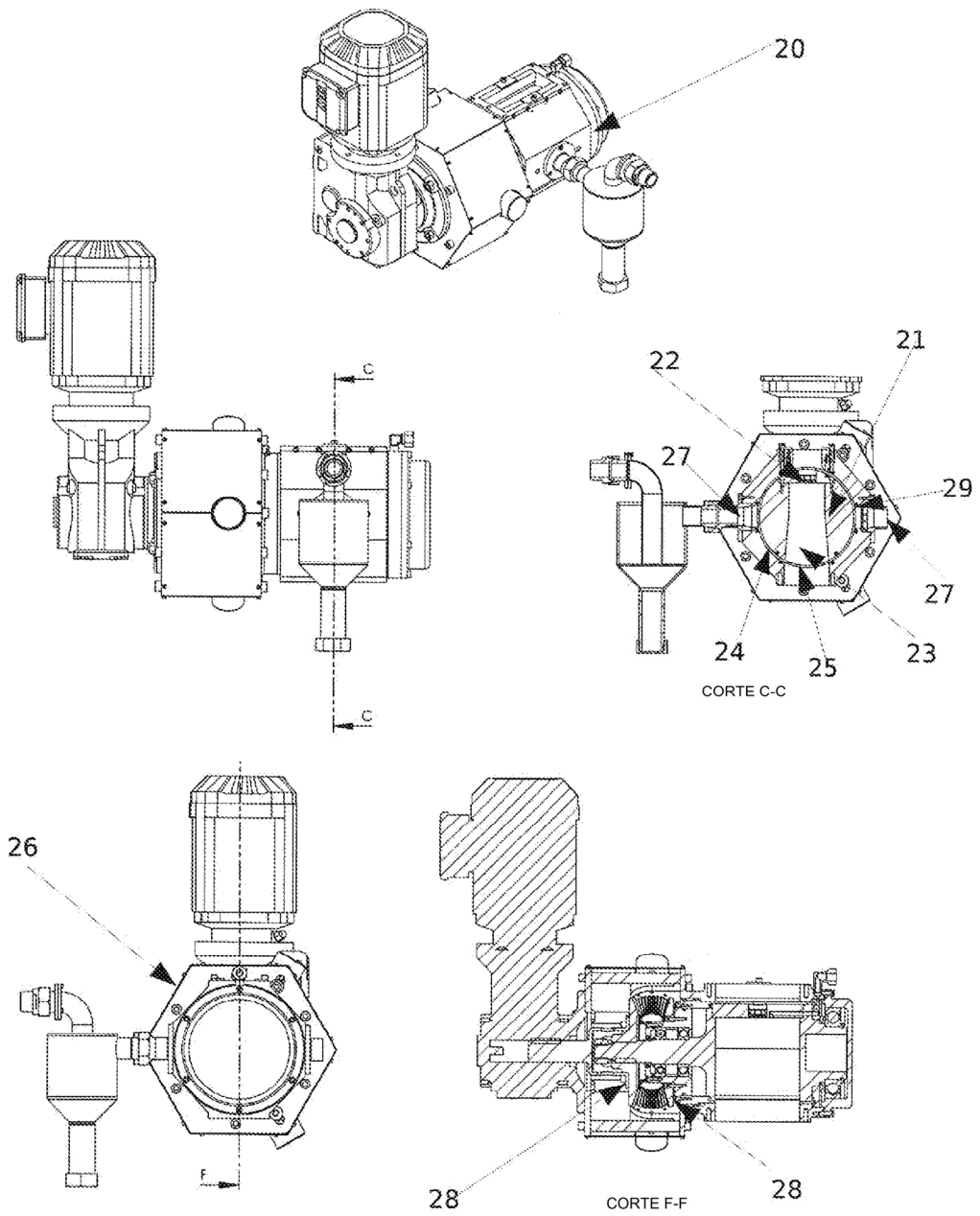


Fig3

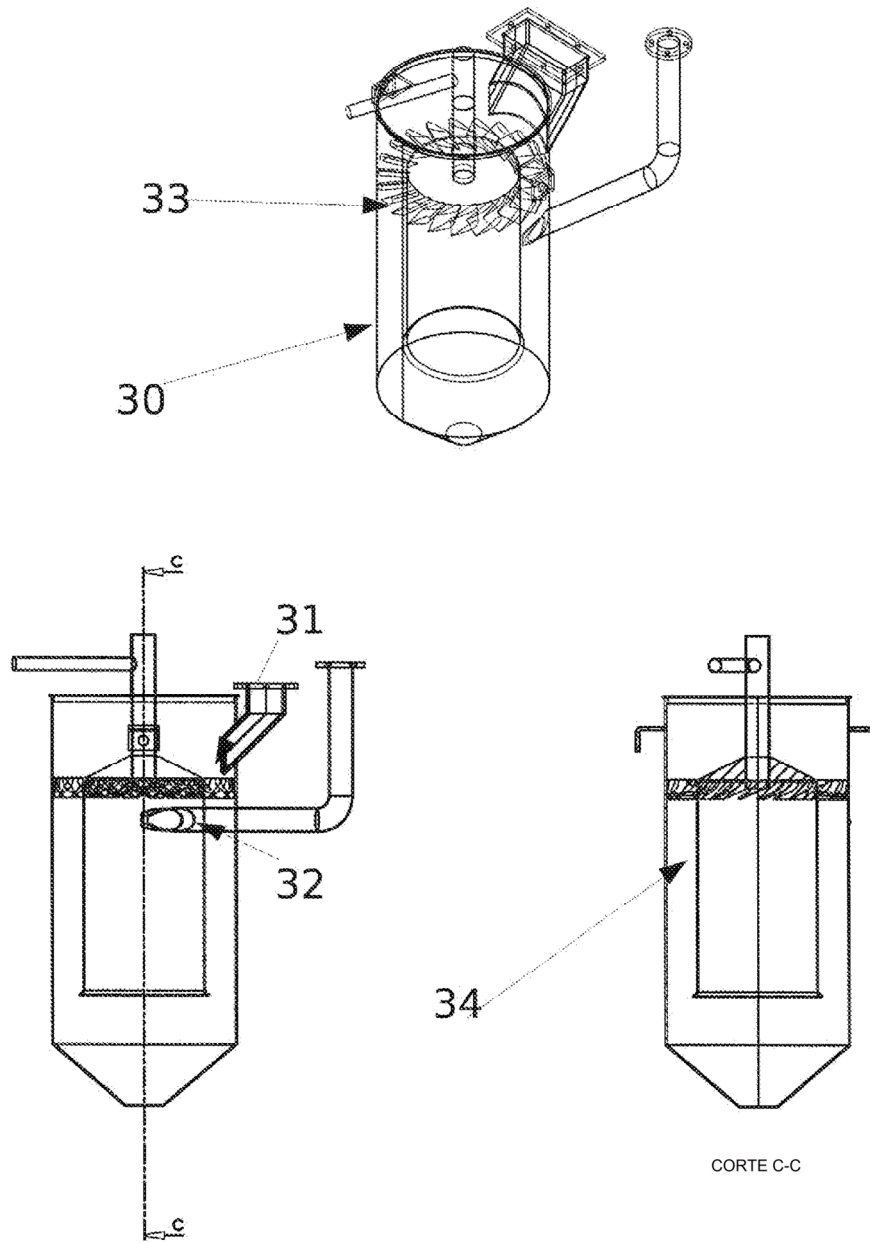


Fig4

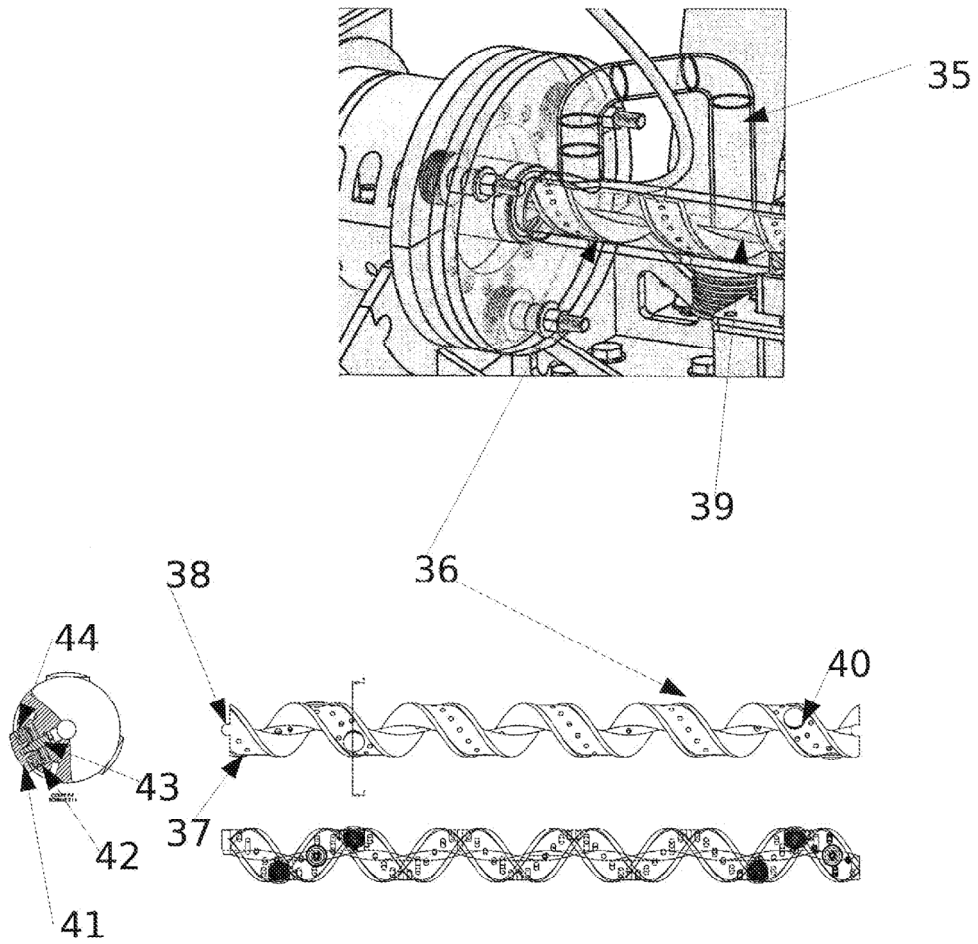


Fig5

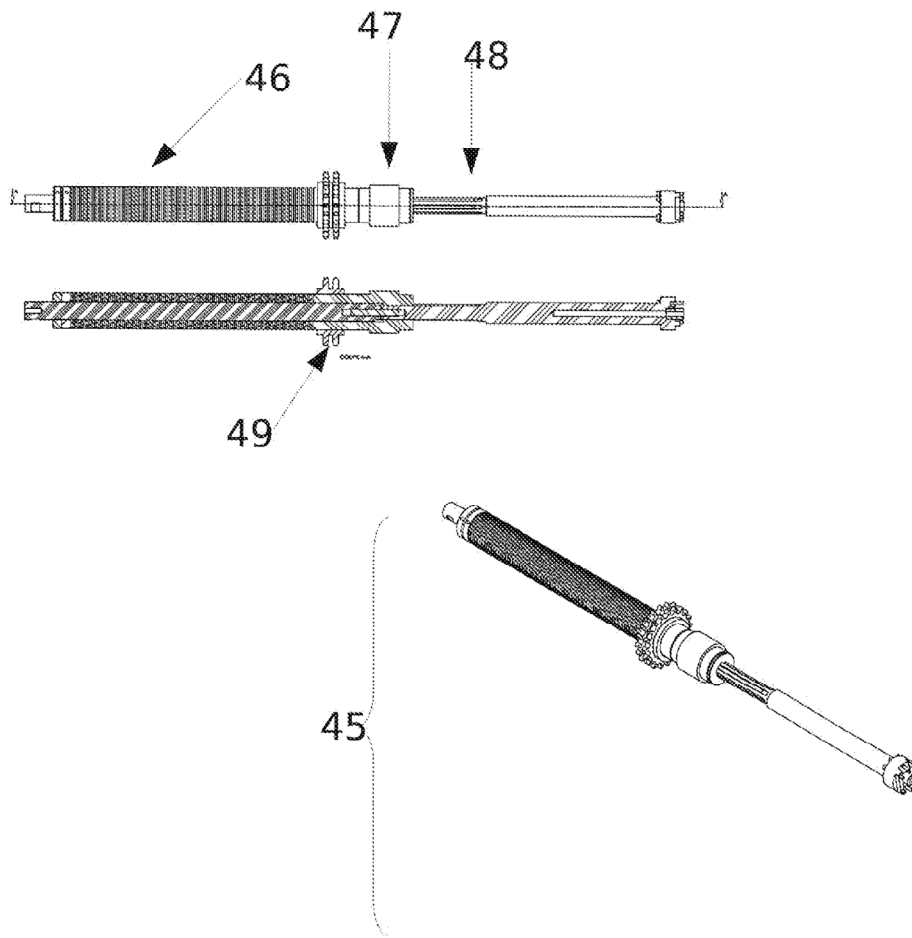


Fig6

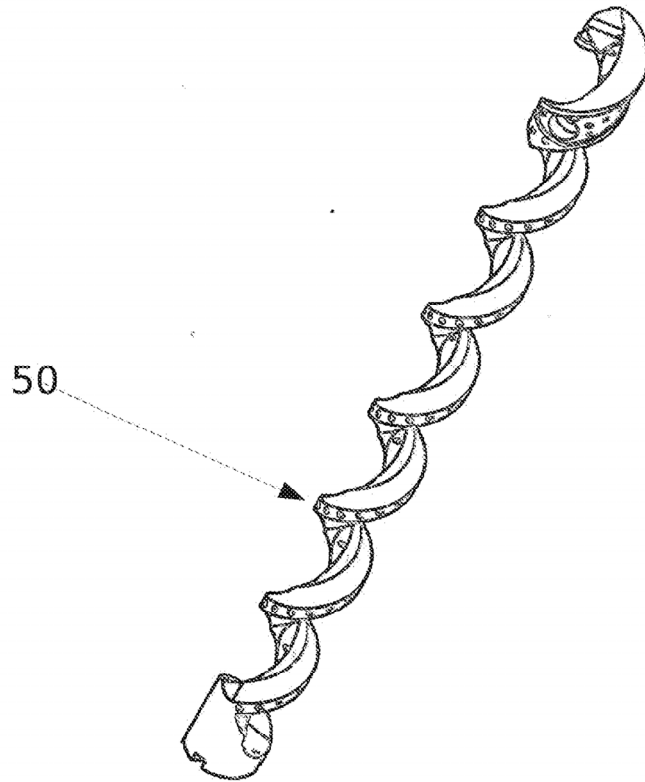


Fig7

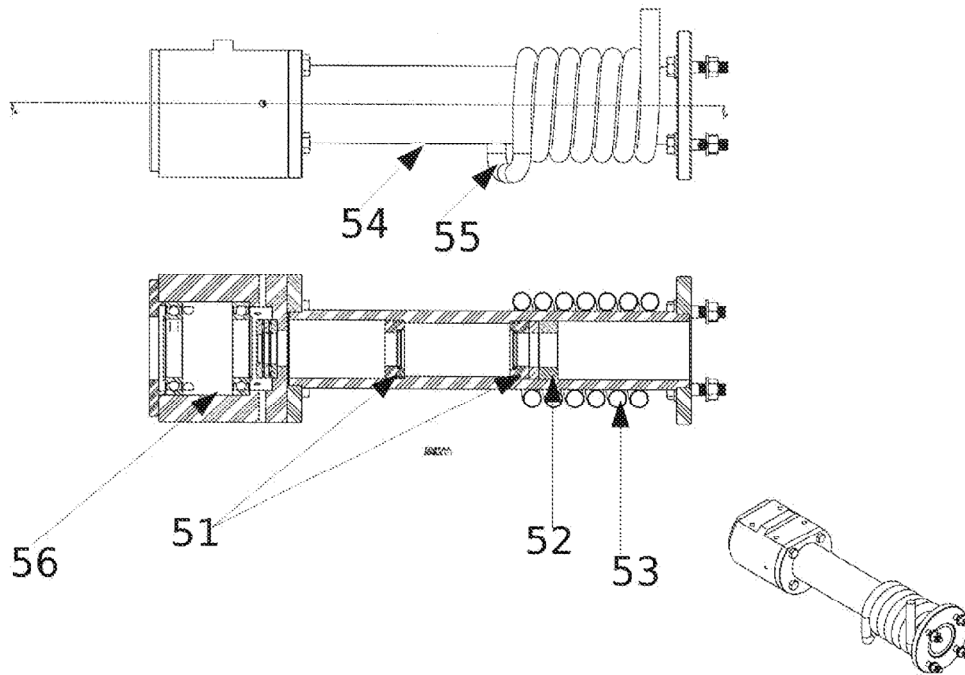


Fig8

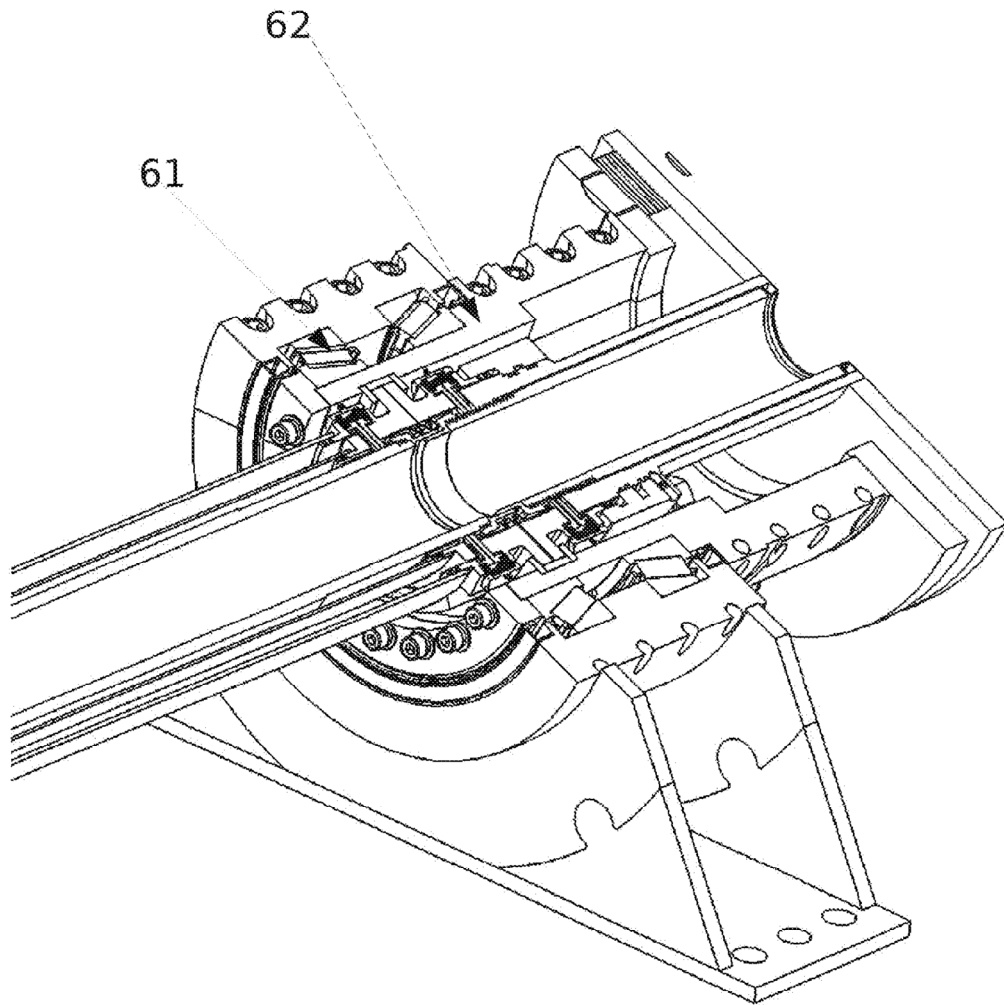


Fig 9

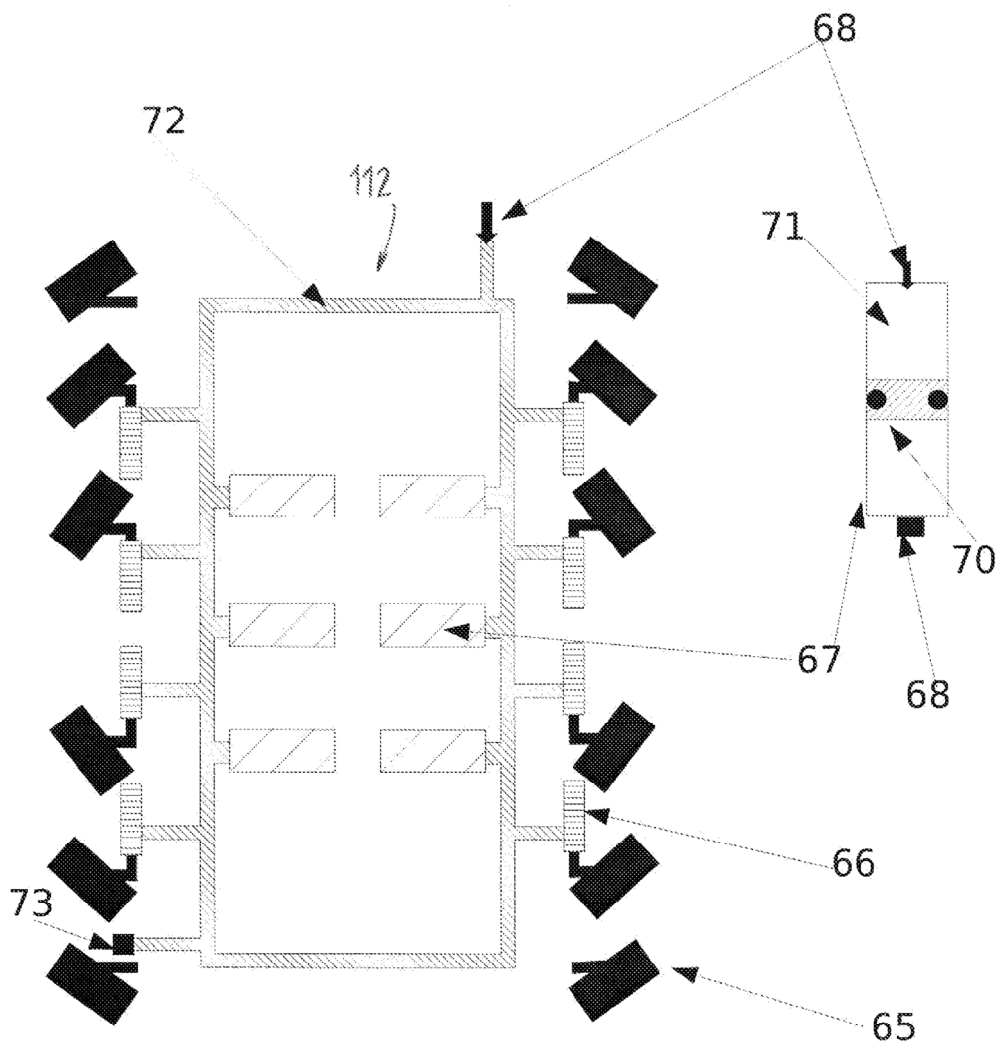


Fig 10

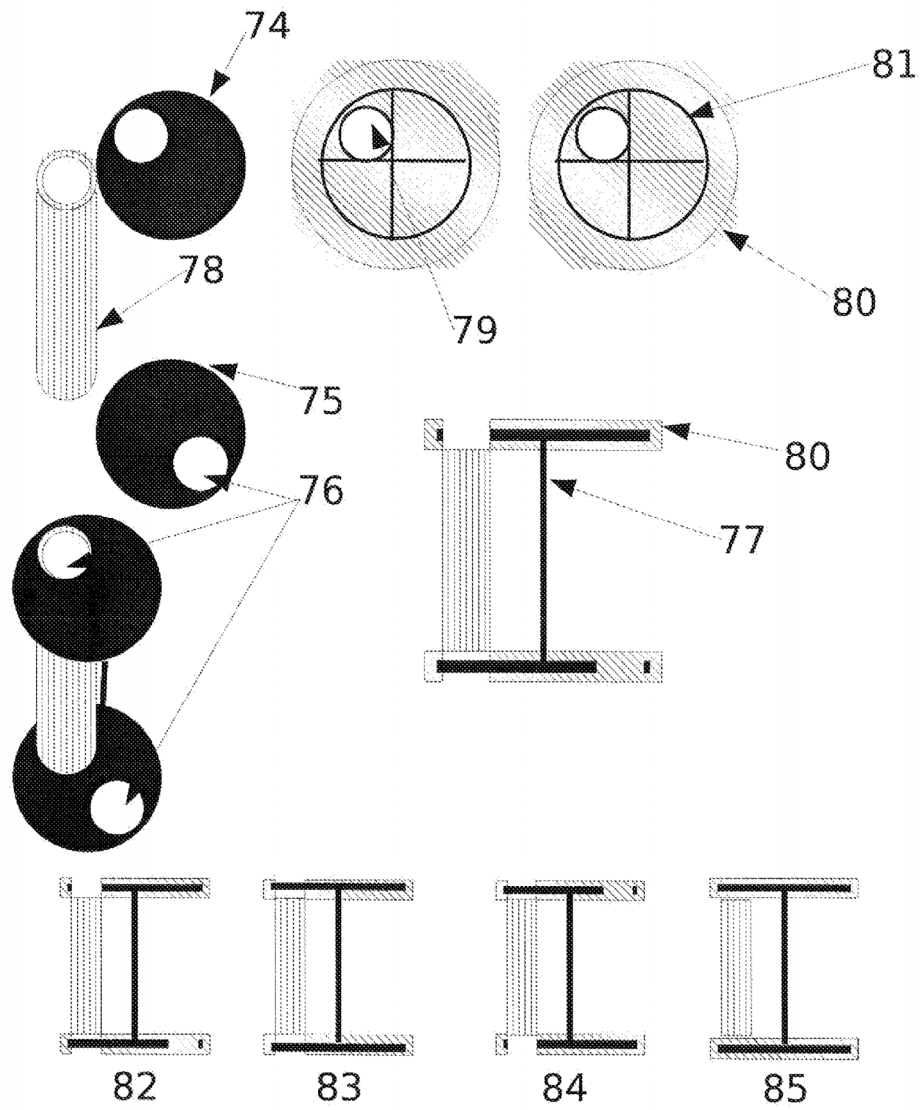


Fig 11

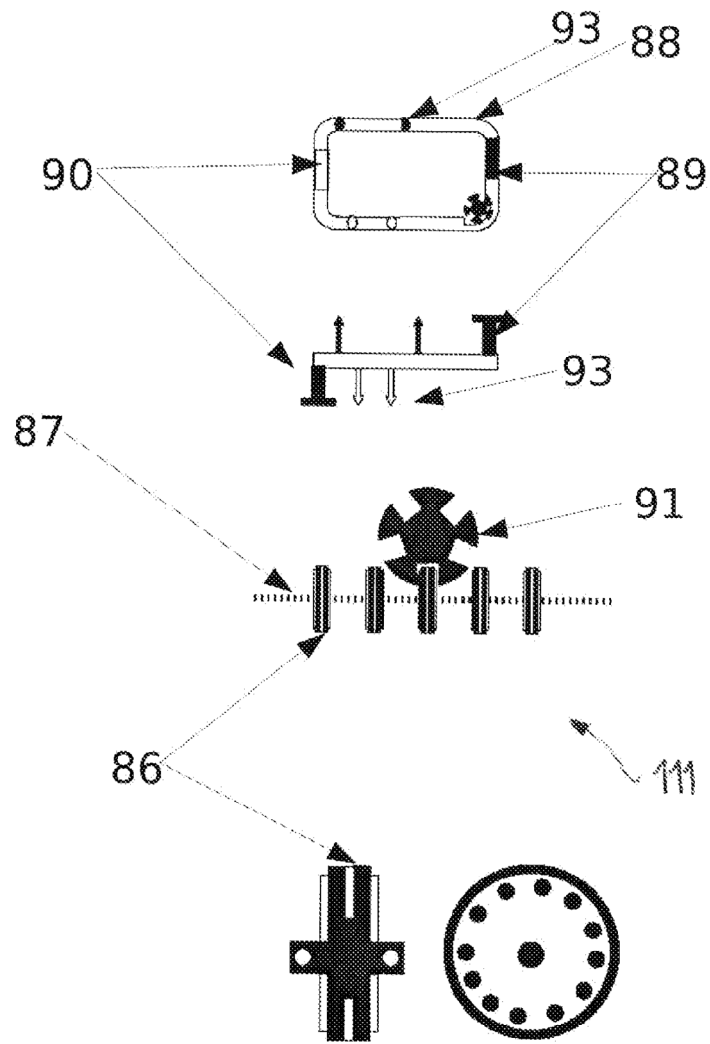


Fig 12

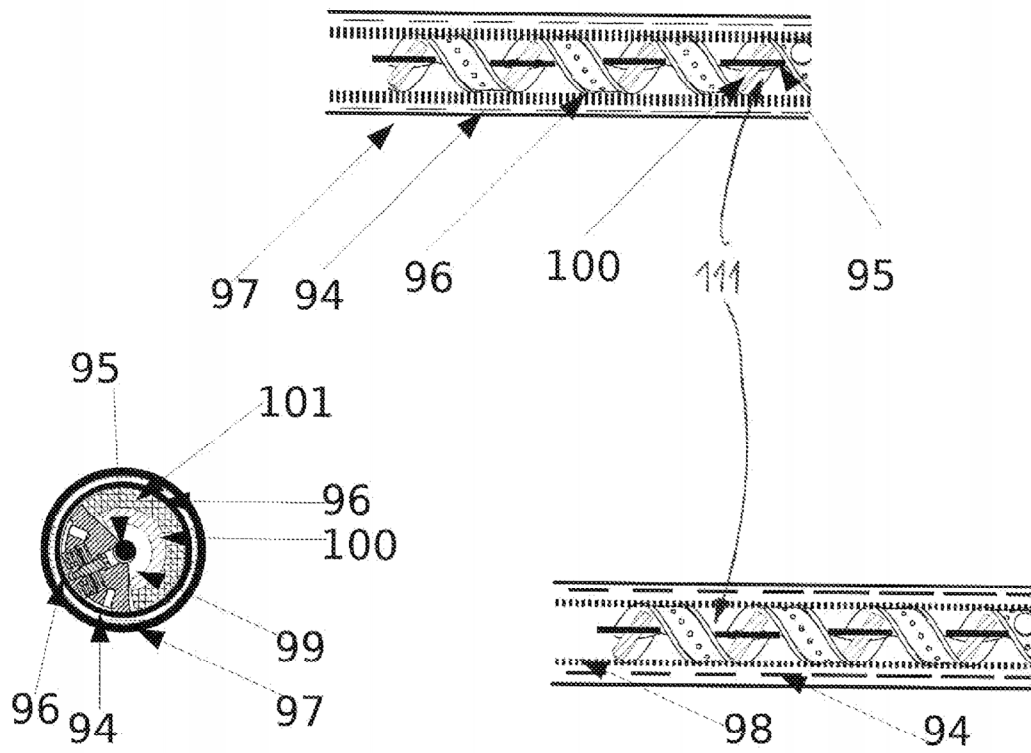


Fig13

