

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 249**

51 Int. Cl.:

C10L 9/08 (2006.01)

F28F 21/04 (2006.01)

F27B 9/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2015 E 15380001 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 3048161**

54 Título: **Planta industrial para tratamiento termoquímico de biomasa**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.12.2018

73 Titular/es:
ENERGIES TÈRMiques BàSIQUES, SL (100.0%)
C/ Maó, 22, 2-1
08022 Barcelona, ES

72 Inventor/es:
ALIER URIACH, SANTIAGO

74 Agente/Representante:
TORNER LASALLE, Elisabet

ES 2 693 249 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

Planta industrial para tratamiento termoquímico de biomasa

5 Campo de la técnica

La presente invención concierne al campo de las plantas industriales para tratamiento termoquímico de biomasa, previstas para trabajar en continuo. El tratamiento incluye la torrefacción, la pirólisis y/o gasificación de la biomasa a tratar, para la obtención de productos de mayor valor, especialmente biocombustibles.

10 El tratamiento termoquímico propuesto en este documento, se realizará preferentemente en condiciones de anoxia consistiendo por lo tanto en aplicar calor a dicha biomasa en una cámara estanca sin oxígeno produciendo una reacción termoquímica de torrefacción, pirólisis y/o gasificación de dicha biomasa. La planta de esta invención operará igualmente en condiciones cercanas a anoxia, con un muy bajo contenido de oxígeno.

15 Estado de la técnica

Es conocido el procedimiento de tratamiento termoquímico de biomasa en condiciones de anoxia, produciendo la torrefacción, pirólisis o gasificación de dicha biomasa, pero existen multitud de plantas diseñadas a tal efecto.

20 Se conoce por ejemplo la planta descrita por el documento ES2321341T, en la que se propone una envolvente de tratamiento cerrada dotada de un husillo helicoidal de transferencia y de calentamiento. En este caso el material de las hélices del transportador o husillo es de un material conductor eléctrico, generándose calor por el paso de la electricidad a su través, por efecto Joule hasta alcanzar una temperatura de entre 170°C a 180°C, insuficientes por si solas para producir la pirólisis o gasificación. Se prevé un revestimiento de protección de las caras de calentamiento del transportador helicoidal de cerámica. La envolvente de la cámara de tratamiento está equipada con un sensor que permite medir la temperatura de dichas paredes. Se han previsto unos controles de temperatura y de velocidad de rotación del transportador helicoidal de calentamiento, y la inyección de vapor en el interior de la cámara, a cierta presión.

30 También el documento WO2011009074 describe una planta para realizar dicha valorización de biomasa, en la que el reactor incluye una cámara de vacío dotada de un transportador helicoidal, produciéndose la pirólisis, torrefacción o gasificación a temperaturas de entre 126°C y 250°C (temperaturas muy bajas logradas en condiciones de vacío). Este documento describe que la cámara de vacío se puede calentar desde el exterior utilizando varias técnicas por ejemplo por calefactores eléctricos.

35 En este caso resulta imposible trabajar en continuo, pues la cámara de vacío debe tener compuertas estancas para mantener el vacío. Además la baja temperatura de trabajo permite que dicha temperatura pueda ser alcanzada mediante calefactores eléctricos dispuestos en el exterior de la cámara, pero que sin un desarrollo adicional no permitirían alcanzar elevadas temperaturas de hasta 800°C en el interior de la cámara, o el consumo energético necesario para lograrlo haría económicamente inviable la operación de la planta.

40 También el documento ES2461895 describe una planta de este tipo, en este caso se consigue una pirólisis en un reactor que integra un transportador helicoidal, calentado por unas resistencias eléctricas que rodean su pared externa. Opcionalmente cita la utilización de aislamiento térmico exterior en lugar de las resistencias eléctricas, en aquellos reactores de mayor tamaño en los que el calor se obtiene de la propia combustión de la biomasa.

45 Adicionalmente se conoce el documento US20140013657, el cual describe una planta para producir torrefacción, gasificación o pirólisis en condiciones de oxígeno reducidas. En un ejemplo de realización se describe una cámara de reacción termoquímica de alrededor de 2,5 cm de diámetro y una longitud de 25 cm rodeada por un bloque eléctrico cilíndrico calefactor, siendo dicha planta de escasa capacidad, no pudiendo constituir una planta industrial.

50 Un escalado de dicha planta, para alcanzar un tamaño y capacidad de producción industrial determinaría que el volumen de la cámara aumentara mucho más que su superficie exterior, con lo que el bloque eléctrico calefactor dispuesto a su alrededor requeriría adaptaciones, más allá de su cambio de tamaño, para que el interior de la cámara de reacción alcanzara temperaturas suficientes para producir la torrefacción, pirólisis o gasificación.

55 También existen otros documentos, como el US 2008/202983 A1, el EP 2 653 523 A2 o el CN103113919 que describen una cámara de reacción termoquímica dotada de un transportador helicoidal calefactado. Sin embargo ninguno de estos documentos contempla una instalación de acuerdo con la reivindicación 1. La utilización de una envolvente cerámica dispuesta alrededor de la cámara de reacción, a pesar de que su utilización proporciona efectos beneficiosos en cuanto a la refracción del calor y a la inercia térmica, consiguiendo un menor consumo energético, un menor coste de operación y una mayor temperatura de trabajo del reactor. Un gran número de los documentos citados no permiten alcanzar temperaturas superiores a los 250°C, por lo que resultaría imposible

60

producir pirólisis o gasificación con muchos tipos de biomasa que requieren temperaturas superiores para que se produzcan dichas reacciones termoquímicas. Tampoco se cita el secado previo o el enfriado posterior de la biomasa.

5 Tampoco se conoce ningún documento que utilice emisores de infrarrojos para calentar la cámara de reacción termoquímica, ni el calentamiento simultáneo de dicha cámara desde el exterior y desde el interior.

Breve descripción de la invención

10 La presente invención hace referencia a una planta industrial para el tratamiento termoquímico de biomasa en condiciones cercanas a anoxia o de anoxia (ausencia o bajo contenido de oxígeno en la atmósfera interior del reactor), prevista para trabajar en continuo, mediante una entrada regular de biomasa y una salida regular de biomasa tratada, en fracciones sólida, líquida y/o gaseosa.

15 Dicho tratamiento termoquímico produce una valorización (incremento del valor) de la biomasa, transformando un producto en otro u otros productos de mayor valor que el producto original, típicamente transformando residuos de biomasa en biocombustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

20 En este documento se entiende por biomasa toda sustancia de origen orgánico, o con carbono en su composición, como son los residuos agrícolas, paja, productos de poda, residuos forestales, residuos de aserradero como virutas o serrín, residuos de la industria alimentaria como despojos cárnicos, pieles de frutas y verduras, comestibles dañados o retirados del mercado, lodos de depuradora, etc, aunque también se consideran biomasa productos de tipo plástico, incluyendo espumas y neumáticos, pues su composición es también rica en carbono, y son susceptibles de ser sometidos a un proceso de valorización termoquímica. Se contempla utilizar en la planta industrial propuesta cualquier tipo de biomasa o mezclas de biomasa para conseguir productos de valor añadido.

25 El tratamiento termoquímico en condiciones de anoxia propuesto en este documento, y en sí conocido, consiste en aplicar calor a dicha biomasa en una cámara estanca con un muy bajo contenido de oxígeno, produciendo una reacción termoquímica de torrefacción, pirólisis y/o gasificación de dicha biomasa. Como resultado de dicho tratamiento termoquímico se obtiene una fracción gaseosa, una fracción líquida y/o una fracción sólida de dicha biomasa una vez tratada, que pueden estar mezcladas y requerir de operaciones de fraccionamiento posteriores para su separación. Una o varias de las fracciones obtenidas de dicho tratamiento termoquímico de la biomasa tienen un valor económico superior al valor de la biomasa empleada, valorizando así dicho producto.

35 De forma preferida el resultado de dicho tratamiento será un gas combustible y/o un líquido combustible y/o un combustible sólido, que en numerosas ocasiones se puede pelletizar o que puede utilizarse como abono. Otros productos de interés comercial pueden ser obtenidos por medio de este proceso.

40 Para desarrollar dicho tratamiento termoquímico la biomasa a tratar será, preferiblemente, troceada hasta obtener un material granular homogéneo de un tamaño inferior a los 10 mm, y la temperatura de dicho tratamiento estará comprendida entre los 200° y los 800° C, siendo estas cifras ilustrativas y no limitativas.

45 Así pues la presente invención se refiere a una planta industrial en la que desarrollar dicho proceso de tratamiento termoquímico en condiciones cercanas a anoxia o de anoxia prevista para trabajar en continuo, definida en la reivindicación 1. También se prevé que cada pluralidad de medios de calefacción esté asociado con una placa de cerámica independiente, que es parte de una pluralidad de placas de cerámicas, y que dicha pluralidad de medios de calefacción exteriores asociados a una pluralidad de placas de cerámica, se dispongan en posiciones angulares diferentes y/o en posiciones axiales sucesivas respecto a la citada pared cilíndrica.

50 Así pues, según la invención propuesta, la pared cilíndrica de la cámara de reacción termoquímica se encuentra rodeada por una pluralidad de placas de cerámica, cada una asociada con un medio de calefacción exterior alimentado y controlado de modo independiente, y dicha pluralidad de placas de cerámica se disponen en posiciones angulares diferentes, o sea dispuestas alrededor de la cámara de reacción, o en posiciones axiales sucesivas, o sea a lo largo de la cámara de reacción, o con una distribución combinada alrededor y a lo largo simultáneamente, formando una matriz de placas de cerámica que se extiende alrededor y a lo largo de la citada cámara.

55 Se entenderá que los citados medios de accionamiento hacen referencia a uno cualquiera de los siguientes, u otro equivalente, como resultará obvio para un experto en la materia: motor eléctrico, motor hidráulico, motor neumático, servomotor, etc. Se entenderá también que dichos medios de accionamiento requieren de una fuente externa de energía, y pueden ser controlados eléctrica o electrónicamente, por ejemplo mediante un controlador lógico programable, un ordenador, u otro dispositivo electrónico. Los medios de accionamiento pueden incluir sensores que aportan información para el correcto control eléctrico o electrónico.

65 Igualmente se entenderá que los medios de calefacción hacen referencia, en este documento, a uno cualquiera de los siguientes, u otro equivalente, como resultará obvio para un experto en la materia: resistencia eléctrica, emisor

de infrarrojos, quemadores de gas, emisores de microondas, mediante inducción magnética, etc. Se entenderá también que dichos medios de calefacción requieren de una fuente externa de energía, y pueden ser controlados eléctricamente o electrónicamente, por ejemplo mediante un controlador lógico programable, un ordenador u otro dispositivo electrónico. Los medios de calefacción pueden incluir sensores que aporten información para el correcto control eléctrico o electrónico.

Dicho transportador helicoidal se prevé que preferiblemente esté fijado alrededor del árbol motriz, de modo que el giro de dicho árbol motriz provoque el giro del transportador helicoidal.

Además de las características hasta ahora descritas, la planta propuesta puede incluir, de modo opcional, una pluralidad de medios de calefacción interiores alimentados eléctricamente, integrantes de la pluralidad de medios de calefacción, comprendiendo dichos medios de calefacción interiores:

- una pluralidad de medios de calefacción de árbol, cada uno de ellos alimentado y/o controlado de modo independiente respecto al resto de medios de calefacción, estando dichos medios de calefacción de árbol dispuestos totalmente en el interior del árbol motriz del transportador helicoidal o extendiéndose a lo largo de dicho eje de giro inscritos en unos extremos de dicho árbol motriz; y/o

- una pluralidad de medios de calefacción de hélice, cada uno de ellos alimentado y/o controlado de modo independiente respecto al resto de medios de calefacción, estando dichos medios de calefacción de hélice integrados en la superficie helicoidal del transportador helicoidal.

Dichos medios de calefacción de árbol pueden estar integrados en el interior del árbol motriz siendo fijos e independientes del giro del árbol motriz o bien solidarios de dicho árbol motriz y alimentados por medio de una junta rotativa. Alternativamente dichos medios de calefacción de árbol podrían estar emplazados en una barra fija concéntrica con dicho árbol motriz independientemente de que dicho árbol motriz se extienda en toda la longitud de la cámara o esté constituido únicamente por dos porciones extremas de soporte.

De forma preferida, los citados medios de calefacción exteriores serán radiadores infrarrojos y/o dichos medios de calefacción interiores serán resistencias eléctricas.

Dichos radiadores infrarrojos están integrados en el interior de dichas placas de cerámica y alimentados eléctricamente mediante unos conductores enfundados con material aislante de alta resistencia térmica por ejemplo esteatita. Adicionalmente y de forma opcional, la planta propuesta puede incluir además:

- una cámara de secado cilíndrica dotada de otros medios de calefacción para calentar, de forma regulable, dicha cámara de secado a temperaturas de hasta 300°C, y provista de una salida de fase gaseosa para extraer humedad del interior de la cámara de secado, estando dicha cámara de secado prevista para secar biomasa húmeda mediante trabajo en continuo y para alimentar en continuo dicha cámara de reacción termoquímica con biomasa seca a través de su entrada de biomasa; y/o

- una cámara de enfriado cilíndrica dotada de unos medios de enfriamiento para enfriar, de forma regulable, la citada fracción sólida, suministrada en continuo desde dicha al menos una salida de biomasa tratada de la cámara de reacción termoquímica, en dicha cámara de enfriado a temperaturas inferiores a los 40°C,

estando ambas cámaras dotadas de un transportador helicoidal ajustado a sus respectivas dimensiones interiores.

Dicha cámara de secado trata la biomasa antes de ser suministrada a la cámara de reacción termoquímica, reduciendo su humedad que se extrae a través de una salida de fase gaseosa. De este modo la biomasa entra en la cámara de reacción termoquímica con un grado de humedad reducido y precalentada, mejorando la reacción termoquímica y evitando variaciones bruscas de la temperatura en el interior de la cámara de reacción termoquímica. Esta cámara de secado facilita que la planta pueda trabajar en continuo, tratando un suministro constante de biomasa.

Dicha cámara de enfriado trata la fracción sólida de la biomasa tratada, tras su paso por la cámara de reacción termoquímica, y reduce su temperatura a través de los medios de enfriamiento que pueden ser, a modo de ejemplo no limitativo, un suministro de aire más frío que la materia a enfriar que se hace circular por el interior de la cámara de enfriado, o un fluido frío que se hace circular a través de unos conductos térmicamente conectados con la materia a enfriar. Por ejemplo dichos conductos pueden hallarse integrados en la pared cilíndrica de la cámara de enfriado o en el interior del árbol motriz del transportador helicoidal. La cámara de enfriamiento permite opcionalmente evacuar dicha fracción sólida hasta temperaturas próximas a la temperatura ambiental.

Según otra realización preferida, cada una de dichas placas de cerámica de los medios de calefacción exteriores cubre una superficie inferior al 10% de la superficie exterior de la cámara de reacción termoquímica. Además dichos medios de calefacción exteriores y/o de árbol están previstos para ser sustituidos individualmente, sin requerir la

retirada de ningún otro medio de calefacción, lo que repercute en un mantenimiento más sencillo, veloz y económico.

5 En otra realización subconjuntos de placas de cerámica, integrantes de dicha pluralidad de placas de cerámica, se integran en bastidores comunes, cada bastidor común previsto para ser retirado de la planta conjuntamente con el subconjunto de placas de cerámica integradas en dicho bastidor, sin requerir la retirada de ningún otro bastidor de la planta. Así pues grupos de placas de cerámica pueden ser retiradas conjuntamente para su mantenimiento o sustitución, de un modo rápido y económico.

10 Cualquiera de las realizaciones anteriores puede incluir también la característica de que todas las placas de cerámica sean idénticas entre sí, lo que significa que su construcción y mantenimiento se abarata, y que sus sujeciones, soportes y conexiones pueden estandarizarse, siendo comunes en toda la planta.

15 Adicionalmente la planta propuesta dispondrá de una pluralidad de sensores que permitan adquirir datos seleccionado de un conjunto que comprende:

- temperatura de los medios de calefacción exteriores;
- temperatura de los medios de calefacción interiores;
- 20 • temperatura del interior de la cámara de reacción termoquímica en puntos seleccionados de la misma, comprendiendo la pared cilíndrica;
- consumo eléctrico de los medios de calefacción exteriores;
- 25 • consumo eléctrico de los medios de calefacción interiores;
- consumo eléctrico de los medios de accionamiento del árbol motriz;
- velocidad de accionamiento del transportador helicoidal;
- 30 • velocidad de accionamiento de la válvula de entrada;
- velocidad de accionamiento de la válvula de salida;
- 35 • contenido de oxígeno de la cámara de reacción termoquímica.

Preferiblemente un controlador lógico programable está conectado a dichos sensores y también está configurado para regular, en base a los datos suministrados por dichos sensores, una pluralidad de actuadores automáticos seleccionados de entre al menos los siguientes:

- 40 • válvula de entrada de biomasa accionada automáticamente;
- válvula de salida de fracción gaseosa, líquida y sólida accionada automáticamente;
- 45 • medios de accionamiento conectados a dicho árbol motriz;

50 El control de las válvulas y de los medios de accionamiento permite regular el contenido de biomasa dentro de la cámara de reacción termoquímica, así como la velocidad a la que opera y el tiempo que la biomasa permanece dentro de dicha cámara. Además la regulación de dichas válvulas de entrada y de salida también permite regular la entrada de aire exterior y por lo tanto de oxígeno dentro de la cámara de reacción termoquímica. Por ejemplo se ha detectado que en algunos modelos de válvulas rotatorias, operar la válvula en la dirección inversa a la recomendada por el fabricante permite reducir la entrada de aire a través de dicha válvula.

55 Un experto en la materia entenderá que el controlador lógico programable es un dispositivo electrónico dotado de una memoria, una entrada de datos, una salida de datos, capacidad de cálculo y un interfaz para permitir a un usuario conocer su funcionamiento y/o modificar su configuración o programación.

60 Tanto los sensores como el controlador lógico programable conectado a los actuadores permiten que la planta pueda ser regulada y adaptada automáticamente para su optimización, ya que la composición de la biomasa empleada, así como algunos condicionantes climáticos como la temperatura y humedad exterior de la planta, pueden ser variables e influir en las reacciones termoquímicas de valorización de la biomasa. Por ello el monitoreo constante de variables relevantes del proceso permiten conocer en todo momento el estado del mismo, y permiten detectar desviaciones a corregir mediante los actuadores automáticos controlados por el controlador lógico programable.

También permiten que puedan detectarse errores o malfuncionamiento de algunos sistemas de la planta, y que la planta se ajuste para permitir que siga operando de forma correcta hasta la siguiente parada programada de mantenimiento, por ejemplo aumentando la temperatura de algunos de los medios de calefacción individuales para compensar la fallada de algún otro medio de calefacción individual.

5 Según una realización opcional de la presente invención, dicha pluralidad de medios de calefacción interiores reciben alimentación eléctrica solamente desde uno de los extremos del árbol motriz, lo que simplifica su construcción y mantenimiento.

10 Además se prevé que el primer extremo o el segundo extremo de la cámara de reacción termoquímica disponga de una compuerta practicable de un tamaño suficiente para permitir la extracción completa del transportador helicoidal del interior de la cámara de reacción termoquímica. De este modo se puede vaciar y limpiar el interior de la cámara de reacción termoquímica de forma manual en caso de ser requerido, o permitiendo sustituir dicho transportador helicoidal para adaptarlo a diferentes tipos o composiciones de biomasa a tratar, o para una reparación rápida de la planta.

15 Para algunas composiciones de biomasa, será preferible utilizar un transportador helicoidal dotado de unas palas agitadoras adosadas a la superficie helicoidal del transportador que proporcionen una agitación y removido de la biomasa transportada por medio de dicho transportador helicoidal, consiguiendo así su aireado y un mayor intercambio térmico con la cámara de reacción termoquímica, evitando apelmazamientos de dicha biomasa.

20 En referencia a las placas de cerámica, preferiblemente estas se encuentran dispuestas lateralmente contiguas, unas respecto a las otras, en la dirección axial y/o en la dirección radial de la cámara de reacción termoquímica, estando en contacto o con una separación igual o menor a 5 cm.

25 De forma preferida, entre las placas cerámicas y la pared cilíndrica de la cámara de reacción termoquímica existirá una separación de entre 3 y 50 mm.

30 Se entenderá que las referencias a posición geométricas, como por ejemplo paralelo, perpendicular, tangente, etc. admiten desviaciones de hasta $\pm 5^\circ$ respecto a la posición teórica definida por dicha nomenclatura.

Otras características de la invención aparecerán en la siguiente descripción detallada de un ejemplo de realización.

35 Breve descripción de las figuras

Las anteriores y otras ventajas y características se comprenderán más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada de un ejemplo de realización con referencia a los dibujos adjuntos, que, sin embargo, no muestran la característica esencial de la pluralidad de medios de calefacción exteriores siendo dispuestos en diferentes posiciones angulares con respecto a la pared cilíndrica de la cámara de reacción termoquímica, y que deben tomarse a título ilustrativo y no limitativo, en los que:

40 la Fig. 1 es una vista esquemática de una planta de valorización dotada de una cámara de secado, una cámara de reacción termoquímica, y una cámara de enfriado conectadas en serie, y que dispone además de dos filtros ciclónicos y un condensador para el separado de las fracciones sólida, líquida y gaseosa obtenidas del tratamiento termoquímico de biomasa;

la Fig. 2 muestra una sección transversal de la cámara de reacción termoquímica;

50 la Fig. 3 muestra una sección longitudinal de la cámara de reacción termoquímica.

Descripción detallada de un ejemplo de realización

55 La planta industrial para tratamiento termoquímico de biomasa en condiciones cercanas a anoxia o de anoxia mostrada esquemáticamente en la Fig. 1, y descrita a continuación con carácter ilustrativo y no limitativo, tiene como objeto transformar la biomasa en otro u otros productos, obteniendo fracciones sólidas, líquidas y/o gaseosas de interés comercial y valor económico superior al de la biomasa empleada para su obtención.

60 Se entiende por biomasa cualquier compuesto, ya sea natural o procedente de una actividad humana, que contenga como mínimo carbono. A título informativo, que no excluyente, y como ejemplos de biomasa, se incluyen cualquier tipo de residuo forestal y/o agrícola terrestre y/o acuoso, todos los residuos sólidos urbanos y/o sus fracciones, todos los residuos procedentes de los combustibles fósiles (como por ejemplo plásticos, neumáticos, espumas de colchón), los lodos de depuradora, etc.

65 La planta industrial de valorización propuesta eleva la temperatura de la biomasa en condiciones cercanas a anoxia o de anoxia, para alcanzar uno de los tres estadios termoquímicos posibles de torrefacción, pirólisis y gasificación.

Estos tres estadios se alcanzan mediante diferentes temperaturas en el interior de una cámara de reacción termoquímica. De menor a mayor temperatura los estadios son la torrefacción (típicamente alrededor de los 300°C), la pirólisis (típicamente entre 300 y 600°C) y la gasificación (típicamente entre 500 y 800°C) a presión ambiental. Las temperaturas requeridas y los productos obtenidos dependerán de la composición de la biomasa empleada, así como también de otros condicionantes ambientales, como temperatura y humedad, o el tiempo durante el que se trate la biomasa.

La planta propuesta, mostrada en las Fig. adjuntas, está adaptada para trabajar con biomasa de composición granular, con fragmentos de un tamaño medio de entre 1 y 10 mm, aunque el tamaño medio normal debe estar entre 2 a 6 mm.

Así pues, la planta mostrada en la Fig. 1 consta de una cámara de reacción termoquímica 20, precedida de una cámara de secado 10 y proseguida por una cámara de enfriado 30. Cada una de dichas tres cámaras 10, 20, 30 tiene forma cilíndrica alargada definida por una pared cilíndrica 13, 23, 33 y por un primer extremo 11, 21, 31 y un segundo extremo 12, 22, 32 cerrados, y contienen un transportador helicoidal 50 unido alrededor de un árbol motriz 51 concéntrico con dicha cámara.

Esta construcción permite disponer una entrada de biomasa 15, 25, 35 adyacente al primer extremo 11, 21, 31 y una salida de biomasa 16, 26, 36 adyacente al segundo extremo 12, 22, 32 (o viceversa), de modo que la biomasa atraviese toda la cámara, transportada por el transportador helicoidal 50 desde la entrada hasta la salida de la cámara.

Así pues, tal y como se aprecia en la Fig. 1, se introduce biomasa en formato granular por la entrada de biomasa 15 de la cámara de secado 10. Dicha cámara de secado 10 dispone de unos medios de calefacción que permiten alcanzar temperaturas moderadas de hasta 300 °C, consiguiendo así extraer parte de la humedad de la biomasa dispuesta dentro de dicha cámara de secado 10. Una salida de fracción gaseosa 19 dispuesta en la pared cilíndrica 13 de la cámara de secado 10 permite extraer el aire cargado de humedad del interior de la cámara de secado 10.

Tras atravesar toda la longitud de dicha cámara de secado 10, la biomasa seca y precalentada es extraída de dicha cámara de secado 10 a través de una salida de biomasa 16, que a su vez se conecta con la entrada de biomasa 25 de la cámara de reacción termoquímica 20, la cual dispone de unos medios de calefacción 60 que permiten elevar la temperatura de dicha cámara hasta, por ejemplo, los 1200°C, aunque normalmente operará a temperaturas menores a 800°C.

Para mejorar la eficiencia de la planta, al menos la cámara de reacción termoquímica 20, e idealmente también la cámara de secado 10, estarán rodeadas por una capa de material aislante 24 minimizando las pérdidas energéticas del sistema.

Los medios de calefacción 60 propuestos para el tratamiento de la biomasa en el interior de la cámara de reacción termoquímica 20, mostrados en las Fig. 2 y 3, constan de una pluralidad de medios de calefacción exteriores 61 eléctricos, que en la presente realización constan de radiadores de infrarrojos integrados en el interior de placas cerámicas 64, cada uno de ellos alimentado y/o controlado de modo independiente respecto al resto de medios de calefacción 60, estando dichos medios de calefacción exteriores 61 dispuestos alrededor de dicha pared cilíndrica 23, situados entre dicha cámara de reacción termoquímica 20 y dicho aislante térmico 24.

Los radiadores infrarrojos han sido seleccionados debido a su óptima eficiencia convirtiendo la electricidad en calor, y transmitiendo ese calor hacia el interior de la cámara de reacción termoquímica 20. Además la integración de dichos radiadores infrarrojos dentro de la placa cerámica 64 permite que dichos radiadores infrarrojos sean activados por pulsos, pero que el calor se transmita homogéneamente y de forma constante. Adicionalmente la cerámica puede tener efecto refractario frente a la energía calorífica que emana de la cámara de reacción termoquímica 20, devolviéndola otra vez hacia el interior de la misma y minimizando las pérdidas energéticas, actuando a modo de horno refractario. Finalmente el aislamiento térmico 24 envuelve el conjunto, reduciendo aún más las pérdidas caloríficas.

Por todo ello, esta construcción goza de una elevada eficiencia energética y unos reducidos costes de operación.

Así pues, la pared cilíndrica 23 de la cámara de reacción termoquímica 20 está rodeada radial y/o axialmente por una pluralidad de placas cerámicas 64, cada una integrando radiadores de infrarrojos.

Placas cerámicas 64 adyacentes están sustentadas, por ejemplo de dos en dos, en un bastidor 70 que integra también una porción del aislante térmico 24 como se muestra en las Fig. 3 y 4. Dicho bastidor 70 puede ser fácilmente retirado del conjunto de la planta, sin requerir la retirada de ningún otro bastidor 70, ni de ningún otro medio de calefacción 60, permitiendo reparar o sustituir placas cerámicas 64 individuales de un modo rápido y económico.

En la presente realización, la pared cilíndrica 23 está rodeada radialmente por doce placas cerámicas 64, y axialmente por seis placas cerámicas 64, estando las placas cerámicas unidas de dos en dos en bastidores 70 independientes.

5 El interior del árbol motriz 51 del transportador helicoidal 50 integra unos medios de calefacción de árbol 63, que preferiblemente costarán de una pluralidad de resistencias eléctricas longitudinales individuales, dispuestas radialmente.

10 La combinación de los radiadores infrarrojos exteriores con las resistencias eléctricas dispuestas dentro del árbol motriz 51 calentarán uniformemente la biomasa, y las placas cerámicas 64 junto con el aislamiento térmico 24 contendrán el calor, actuando como un horno y mejorando la eficiencia energética del conjunto.

15 En el presente ejemplo de realización, la entrada de biomasa 25 de la cámara de reacción termoquímica 20 dispone de una válvula de entrada 40, y la salida de fracciones 26 dispone de una válvula de salida de fracciones 41 sólida, líquida y/o gaseosa, impidiendo ambas válvulas 40, 41 una entrada libre de aire exterior hacia el interior de la cámara de reacción termoquímica 20. Las elevadas temperaturas alcanzadas en el interior de la cámara de reacción termoquímica 20, combinadas con el material combustible y seco dispuesto en su interior causa que el oxígeno presente dentro de dicha cámara 20 se consuma, y la cámara quede en condiciones cercanas a anoxia o de anoxia, permitiendo la torrefacción, pirólisis y/o gasificación de la biomasa dispuesta dentro de la cámara de reacción termoquímica 20.

25 De modo preferido las válvulas de entrada 40 y de salida 41 serán válvulas rotativas, que opcionalmente pueden estar configuradas para girar en dirección inversa a la dirección prevista por el fabricante a efectos de reducir la entrada de aire.

Dichas válvulas de entrada 40 y de salida 41 permiten respectivamente introducir y extraer material a una velocidad establecida, regulando junto con la velocidad de giro del transportador helicoidal 50 establecida por los medios de accionamiento 52 del árbol motriz 50, la velocidad de tratamiento de la biomasa.

30 De igual modo, la velocidad de accionamiento del transportador helicoidal 50 de la cámara de secado 10 y de la cámara de enfriado 30 determinan la velocidad de suministro y extracción de biomasa o de sus fracciones a la cámara de reacción termoquímica 20, y en definitiva la velocidad de operación de la planta.

35 Un controlador lógico programable permite, en esta realización, regular la velocidad de operación de la planta, controlando la velocidad de accionamiento de dichos transportadores helicoidales 50 de las tres cámaras 10, 20, 30, y de las válvulas de entrada 40 y de salida 41. También puede regular la temperatura de trabajo de cada una de las cámaras 10, 20, 30 y de cada uno de los medios de calefacción 60 de forma individual. Una red de sensores aporta información a dicho controlador lógico programable para permitir su ajuste en función de las condiciones reales de operación de la planta, mejorando así su funcionamiento y eficiencia.

40 En la presente realización, la planta está dimensionada para tratar entre 100 kg/h y 3000 kg/h, mediante una cámara de reacción termoquímica 20 de una longitud de entre 200 y 500 cm y de un diámetro de entre 20 y 50 cm.

45 En la realización mostrada en la Fig. 1, se muestra como fracciones de la biomasa tratada en la cámara de reacción termoquímica 20 es extraída y filtrada mediante dos filtros ciclónicos 80 conectados en serie, que permiten separar la fracción sólida de la gaseosa.

50 Un filtro ciclónico 80 provoca una corriente de aire espiral que centrifuga los materiales más pesados separándolos de dicha corriente de aire. Para evitar que la fracción líquida contenida en los gases calientes extraídos de la cámara de reacción termoquímica 20 condense dentro de los filtros ciclónicos 80, estos pueden estar también aislados o calefactados, evitando así que los gases se enfríen dentro de dichos filtros.

La fracción gaseosa filtrada es entonces introducida en un condensador 81, donde se fracciona, separando la fracción líquida de la fracción gaseosa.

55 La fracción sólida de la biomasa tratada es transferida, tanto directamente desde la cámara de reacción termoquímica 20 como desde la salida de material filtrado de los filtros ciclónicos 80, hasta la cámara de enfriado 30, donde unos medios de enfriado 90 se encargan de reducir su temperatura hasta una temperatura que permita su manipulación segura.

60 En este ejemplo de realización, los medios de enfriamiento 90 constan de unos conductos previstos en el árbol motriz 51 del transportador helicoidal 50, a través de los cuales se hace circular un fluido refrigerado proveniente de un refrigerador integrado en la planta. Este mismo refrigerador puede suministrar fluido refrigerado al condensador 81 para facilitar la condensación de la fracción líquida, separándola de la fracción gaseosa.

REIVINDICACIONES

1.- Planta industrial para el tratamiento termoquímico de biomasa, la cual opera en condiciones cercanas a anoxia o de anoxia prevista para trabajar en continuo, que incluye:

- 5 • una cámara de reacción termoquímica (20) cilíndrica delimitada por una pared cilíndrica (23) y por un primer extremo (21) cerrado y un segundo extremo (22) cerrado, que define un diámetro interior y una longitud axial de cámara;
- 10 • un aislante térmico (24) dispuesto alrededor de dicha cámara de reacción termoquímica (20), rodeándola;
- 15 • una entrada de biomasa (25) prevista en una posición adyacente al primer extremo (21) de la cámara de reacción termoquímica (20), y asociada a una válvula de entrada (40) prevista para alimentar dicha cámara de reacción termoquímica (20) con biomasa a una velocidad regulada, impidiendo la libre entrada de aire al interior de dicha cámara de reacción termoquímica (20);
- 20 • al menos una salida de fracciones (26) gaseosa, líquida y/o sólida, producto del tratamiento de la biomasa en la citada cámara de reacción termoquímica (20), previstas en una posición adyacente al segundo extremo (22) de la cámara de reacción termoquímica (20), y asociadas a al menos una válvula de salida (41) prevista para extraer dichas fracciones impidiendo la libre entrada de aire al interior de dicha cámara de reacción termoquímica (20);
- 25 • un transportador helicoidal (50) con un diámetro exterior ajustado al diámetro interior de la cámara de reacción termoquímica (20) y una longitud ajustada a la longitud axial de dicha cámara (20), estando dicho transportador helicoidal (50) dispuesto concéntrico con dicha cámara de reacción termoquímica (20) cilíndrica y unido a un árbol motriz (51);
- unos medios de accionamiento (52) conectados a dicho árbol motriz (51) para producir su giro alrededor de un eje a una velocidad regulada;
- 30 • una pluralidad de medios de calefacción (60) previstos para calentar, de forma regulable, dicha cámara de reacción termoquímica (20) a temperaturas de hasta 1200° C, suficiente para producir la torrefacción, pirólisis y/o gasificación de una biomasa introducida en dicha cámara de reacción termoquímica (20);
- 35 • dicha pluralidad de medios de calefacción (60) incluyen una pluralidad de medios de calefacción exteriores (61) eléctricos, dispuestos alrededor de dicha pared cilíndrica, situados entre dicha cámara de reacción termoquímica (20) y dicho aislante térmico (23), en posiciones axiales sucesivas con respecto a la pared cilíndrica mencionada (23);
- 40 • cada medio de calefacción exterior (61) está asociado a un placa de cerámica (64) independiente, integrante de una pluralidad de placas de cerámica;

caracterizada porque

- 45 • dicha pluralidad de medios de calefacción exteriores (61) también están dispuestos en diferentes posiciones angulares con respecto a la pared cilíndrica mencionada (23), formando un conjunto de placas cerámicas que se extienden alrededor y a lo largo de la cámara mencionada;
- 50 • los medios de calefacción eléctricos exteriores (61) incluyen sensores que proporcionan información a un controlador lógico programable, que está configurado para regular la temperatura y/o el tiempo de activación de cada medio de calefacción eléctrico exterior (61) en base a los datos suministrados por los sensores, siendo cada medio de calefacción eléctrico exterior (61) controlado electrónicamente de manera independiente con respecto al resto de los medios de calefacción (60).

2.- Planta según la reivindicación 1 caracterizada por que la citada pluralidad de medios de calefacción (60) incluyen además una pluralidad de medios de calefacción interiores (65), comprendiendo:

- 60 • una pluralidad de medios de calefacción de árbol (63) alimentados eléctricamente, estando dichos medios de calefacción de árbol (63) dispuestos a lo largo de dicho eje de giro e inscritos en el interior del árbol motriz (51) del transportador helicoidal (50) al menos por sus dos extremos; y/o
- una pluralidad de medios de calefacción de hélice (62), estando dichos medios de calefacción de hélice (62) integrados en la superficie helicoidal del transportador helicoidal (50).

3.- Planta según la reivindicación 1 o 2 caracterizada por que dichos medios de calefacción exteriores (61) son radiadores infrarrojos y/o dichos medios de calefacción interiores (65) son resistencias eléctricas.

- 4.- Planta según la reivindicación 3 caracterizada por que dichos radiadores infrarrojos están integrados en el interior de dichas placas de cerámica (64) y alimentados eléctricamente mediante unos conductores enfundados con material aislante de una resistencia térmica superior a la emitida por dicho radiador infrarrojo.
- 5 5.- Planta según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que incluye además:
- una cámara de secado (10) cilíndrica dotada de otros medios de calefacción para calentar, de forma regulable, dicha cámara de secado (10) a temperaturas de hasta 200°C, y provista de una salida de fase gaseosa (19) para extraer humedad del interior de la cámara de secado, estando dicha cámara de secado (10) prevista para secar biomasa húmeda mediante trabajo en continuo y para alimentar en continuo dicha cámara de reacción termoquímica (20) con biomasa seca a través de su entrada de biomasa (25); y/o
- 10
- una cámara de enfriado (30) cilíndrica dotada de unos medios de enfriamiento para enfriar, de forma regulable, la citada fracción sólida, suministrada en continuo desde dicha al menos una salida de biomasa (26) tratada de la cámara de reacción termoquímica (20), en dicha cámara de enfriado a temperaturas inferiores a los 40°C;
- 15 estando ambas cámaras (10 y 30) dotadas de un transportador helicoidal (50) ajustado a sus respectivas dimensiones interiores.
- 20 6.- Planta según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que cada una de dichas placas de cerámica (64) cubre una superficie inferior al 10% de la superficie exterior de la cámara de reacción termoquímica (20).
- 25 7.- Planta según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que cada uno de dicha pluralidad de medios de calefacción exteriores (61) y/o interiores (65) están instalados para ser sustituidos individualmente, sin requerir la retirada de ningún otro medio de calefacción (60) individual.
- 30 8.- Planta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 anteriores, caracterizada por que subconjuntos de placas de cerámica (64), integrantes de dicha pluralidad de placas de cerámica, se integran en bastidores (70), cada bastidor (70) previsto para ser retirado de la planta conjuntamente con el subconjunto de placas de cerámica (64) integradas en dicho bastidor (70), sin requerir la retirada de ningún otro bastidor (70) de la planta.
- 35 9.- Planta según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que todas las placas de cerámica (64) son idénticas.
- 40 10.- Planta según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que dispone de una pluralidad de sensores que permiten adquirir datos seleccionado de un conjunto que comprende:
- temperatura de los medios de calefacción exteriores (61);
- 45
- temperatura de los medios de calefacción interiores (65);
- 50
- temperatura del interior de la cámara de reacción termoquímica (20) en puntos seleccionados de la misma, comprendiendo la pared cilíndrica (23);
- 55
- consumo eléctrico de los medios de calefacción exteriores (61);
 - consumo eléctrico de los medios de calefacción interiores (65);
 - consumo eléctrico de los medios de accionamiento (52) del árbol motriz (51);
 - velocidad de accionamiento del transportador helicoidal (50);
 - velocidad de accionamiento de la válvula de entrada (40);
 - velocidad de accionamiento de la válvula de salida (41);
 - contenido de oxígeno de la cámara de reacción termoquímica (20).
- 60 11.- Planta según la reivindicación 10 caracterizada por que un controlador lógico programable está conectado a dichos sensores y también está configurado para regular, en base a los datos suministrados por dichos sensores, una pluralidad de actuadores automáticos seleccionados de entre al menos los siguientes:
- válvula de entrada (40) de biomasa accionada automáticamente;
- 65
- válvula de salida (41) de fracción gaseosa, líquida y sólida accionada automáticamente;

- medios de accionamiento (52) conectados a dicho árbol motriz (51);

12.- Planta según la reivindicación 2 caracterizada por que dicha pluralidad de medios de calefacción interiores (65) reciben alimentación eléctrica solamente desde uno de los extremos del árbol motriz (51).

5 13.- Planta según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el primer extremo (21) o el segundo extremo (22) de la cámara de reacción termoquímica (20) dispone de una compuerta practicable de un tamaño suficiente para permitir la extracción completa del transportador helicoidal (50) del interior de la cámara de reacción termoquímica (20).

10 14.- Planta según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el transportador helicoidal (50) dispone de unas palas agitadoras adicionales adosadas a la superficie helicoidal del transportador que proporcionan una agitación y removido de la biomasa transportada por medio de dicho transportador helicoidal (50).

15 15.- Planta según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que las placas de cerámica (64) se encuentran dispuestas lateralmente contiguas, unas respecto a las otras, en la dirección axial y/o en la dirección radial de la cámara de reacción termoquímica (20).

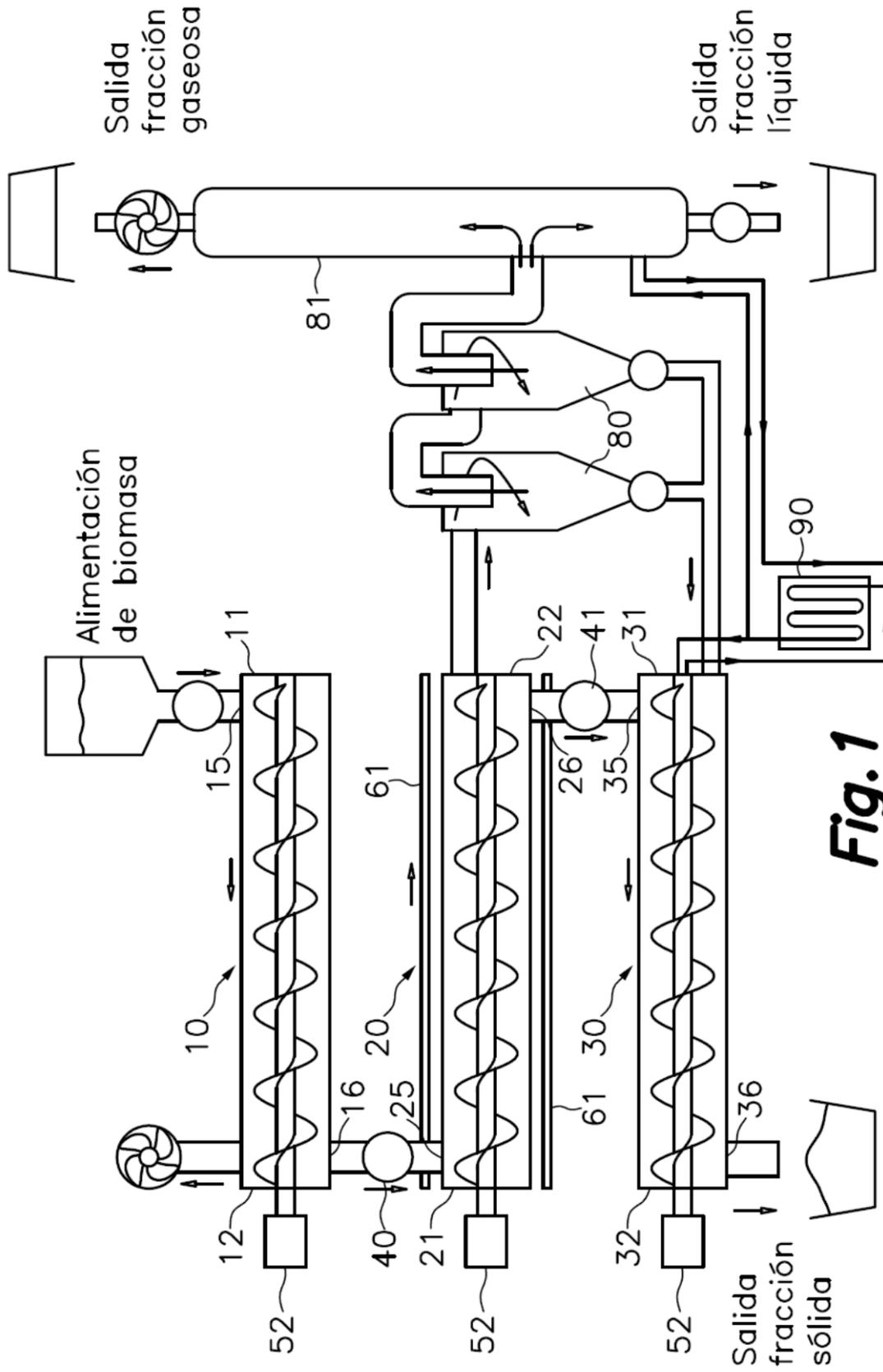


Fig. 1

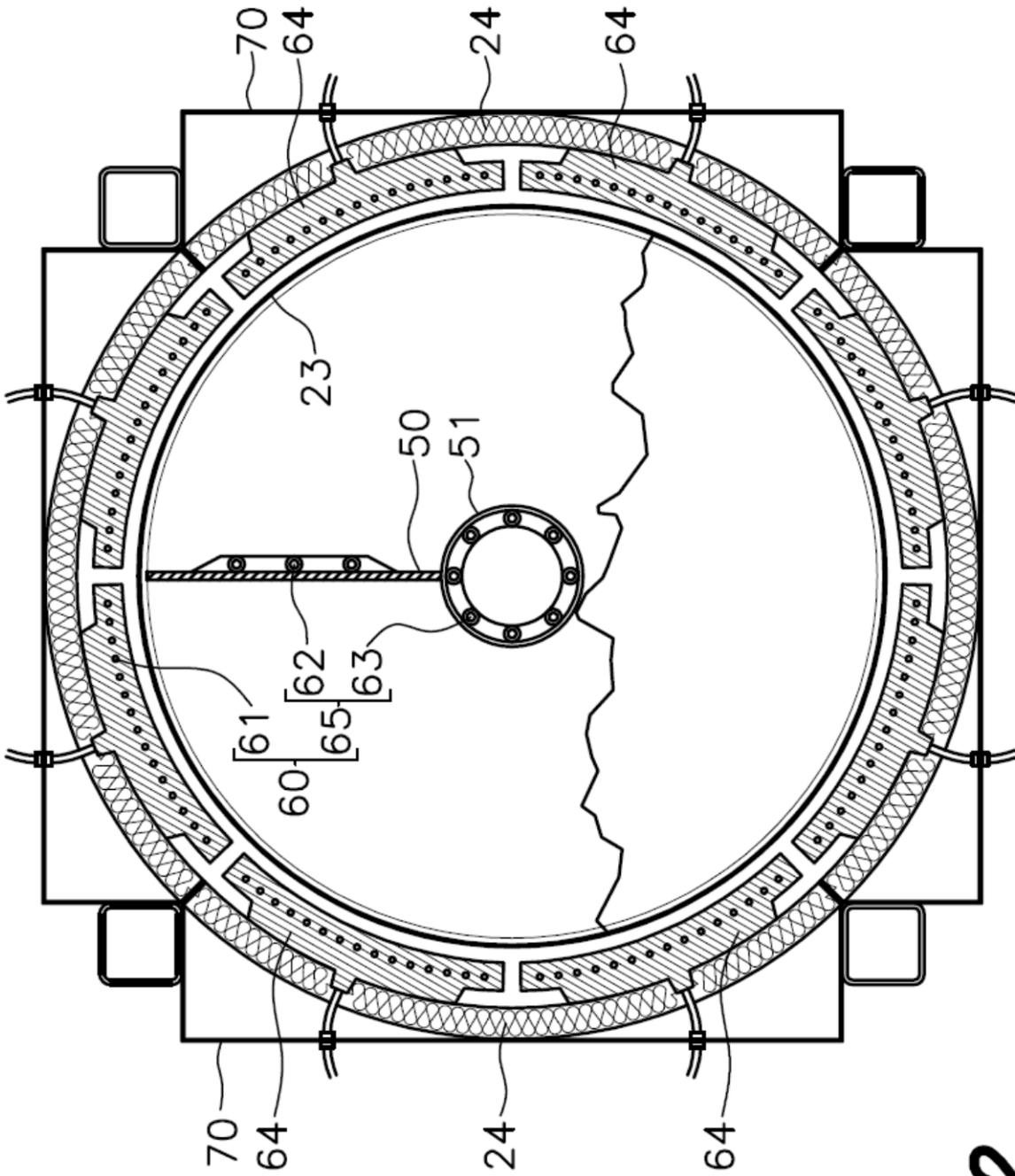


Fig.2

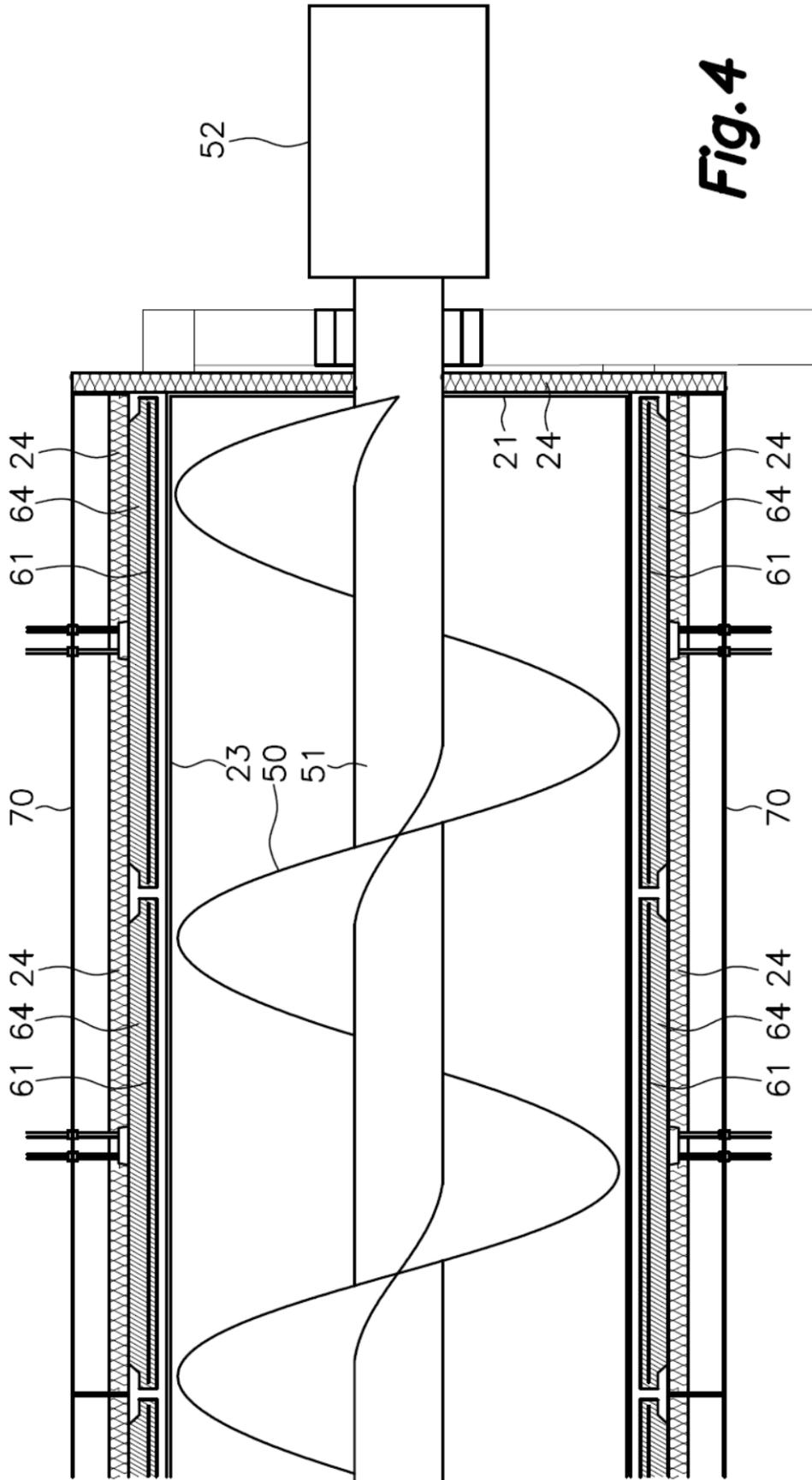


Fig.4