



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 333**

51 Int. Cl.:  
**C10B 47/12** (2006.01)  
**C10B 53/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04714297 .1**  
96 Fecha de presentación : **25.02.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1608721**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.12.2005**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la pirolisis de biomasa.**

30 Prioridad: **25.02.2003 DE 103 08 260**  
**30.09.2003 DE 103 45 842**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**29.09.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**29.09.2011**

73 Titular/es:  
**PYTEC THERMOCHEMISCHE ANLAGEN GmbH**  
**Bahnhofstrasse 7**  
**21337 Luneburg, DE**

72 Inventor/es: **Meier, Dietrich;**  
**Klaubert, Hannes y**  
**Schöll, Stefan**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 365 333 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 y dispositivo para la pirólisis de biomasa.

La invención se refiere a un procedimiento para la pirólisis ablativa de biomasa con un elemento calefactor y con medios para el guiado de la biomasa, así como una instalación para ello.

5 Como pirólisis se designa un proceso en el que material orgánico se descompone, con amplia exclusión de oxígeno y temperaturas de hasta aproximadamente 600 °C, en productos de degradación líquidos, sólidos y gaseosos. El objetivo es la maximización de los productos de degradación líquidos, que se pueden utilizar de múltiples maneras como producto pirolizado con elevado contenido de energía. La pirólisis flash es apropiada sobre todo para la transformación técnica. El material orgánico a descomponer se calienta en poco tiempo a temperaturas de aproximadamente 450 °C a 10 500 °C y los productos de la pirólisis originados se condensan predominantemente para formar un producto pirolizado.

Los procedimientos que trabajan según el principio de la pirólisis flash se utilizan, por ejemplo, en reactores de lecho de arena, en los que partículas molidas finamente se mezclan con arena caliente y así se degradan de forma pirolítica (compárese WO 97/06886 Biomass Technology). Otros procedimientos utilizan registradores rotativos, calientes, contra los que se presiona el material orgánico con temperatura de 500 °C a 900 °C (Martin et al., "Ablative meeting of a solid cylinder perpendicularly pressed against a heated wall" en Heat Mass Transfer, vol. 29, nº 9, pág. 1407 – 1415, 1986). Otros procedimientos usan por el contrario placas de reactor fijas, calentadas, sobre las que se mueve el material orgánico a degradar (Bridgwater y Peacocke, Fast pyrolysis processes for biomass, in Renewable & Sustainable Energy Reviews 4, 2000, 1-73). Bridgwater y Peacocke describen completamente el estado de la técnica actual para 15 instalaciones de laboratorio, piloto e industrias (en cuanto éstas existen). Es común a las instalaciones allí descritas que la estructura de los reactores y el tratamiento de los productos de la pirólisis sean proporcionalmente complicados. Además, las instalaciones mencionadas anteriormente requieren la descomposición de la biomasa en partículas sólidas muy pequeñas a fin de que la pirólisis se realice completamente. La producción de partículas tan finas requiere mucha energía y disminuye el rendimiento del procedimiento. J. Ledebur, Fuel, vol. 64, noviembre, pág. 1514 – 1520 da a conocer un modo de procedimiento de ensayos para la pirólisis ablativa. El objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento sencillo y una instalación sencilla para la pirólisis del material orgánico. 20 25

El procedimiento según la invención es un procedimiento según la reivindicación 1. El procedimiento presenta un elemento calefactor y medios para el guiado de la biomasa, comprimiéndose uno contra otro el elemento calefactor y la biomasa con una presión de aproximadamente 0,5 MPa hasta aproximadamente 20 MPa durante la pirólisis. El suministro del calor al material se debe efectuar en este caso más rápidamente que el calor se evacua en el material a pirolizar, luego se produce la fusión en la superficie (pirólisis ablativa). El procedimiento funciona de forma especialmente rentable al aplicar estas presiones de apriete proporcionalmente elevadas. Según una forma de realización de la invención, la presión está entre aproximadamente 0,5 MPa y aproximadamente 15 MPa, preferiblemente entre aproximadamente 1 MPa y aproximadamente 10 MPa, especialmente preferiblemente entre aproximadamente 1 MPa y aproximadamente 8 MPa, ventajosamente entre aproximadamente 2 MPa y 30 35 aproximadamente 6 MPa.

El elemento calefactor, con el que está en contacto la biomasa a degradar, se calienta a una temperatura que se sitúa por encima de la temperatura necesaria para una pirólisis óptima, ya que por el contacto con el elemento caliente la biomasa extrae este calor que no está disponible entonces para una pirólisis. El suministro de energía térmica del elemento calefactor a la superficie de contacto del material a pirolizar debe realizarse más rápidamente que el calor se evacua en el material a pirolizar. La temperatura se puede ajustar – también en función de la presión de apriete aplicada – en un amplio rango, por ejemplo, de aproximadamente 300 °C hasta aproximadamente 1000 °C, preferentemente de aproximadamente 400 °C hasta aproximadamente 800 °C, especialmente preferiblemente entre aproximadamente 500 °C y aproximadamente 700 °C, ventajosamente entre aproximadamente 550 °C y 40 45 aproximadamente 600 °C.

El elemento calefactor está realizado como una placa plana o curvada que dado el caso está compuesta de segmentos individuales. El elemento calefactor se puede adaptar así de manera sencilla al tamaño de la instalación. Mediante la realización como placa curvada, la superficie calefactora disponible se puede aumentar con el mismo diámetro. La eliminación de los productos de la pirólisis se simplifica además si se usa un elemento calefactor curvado. La placa plana, sencilla es por el contrario una solución económica y realizable de forma sencilla para el elemento calefactor. 45

La placa que se usa como elemento calefactor es preferentemente circular. El diámetro de la placa puede variar en un amplio rango, por ejemplo, de aproximadamente 20 cm de diámetro para instalaciones de ensayo o piloto hasta aproximadamente 300 cm de diámetro para instalaciones industriales, que presentan una capacidad de aproximadamente 10.000 kg/hora. 50

Una forma de realización preferida del elemento calefactor se refiere a una placa perfilada, en la que el perfil crea espacio para la eliminación de los productos de la pirólisis. El perfil permite, en particular en el caso de un 55

5 calentamiento directo del elemento calefactor, un calentamiento de la placa respectivamente directo antes del contacto con el material orgánico. Además, esta realización de la placa ahorra material. Otra ventaja es que el perfil, en particular si está configurado como ranura en la superficie del elemento calefactor, permite un transporte mejorado de los productos de la pirólisis. Se prefiere especialmente si el elemento calefactor está configurado con ranuras. Las ranuras dispuestas radialmente han demostrado ser muy apropiadas.

El elemento calefactor puede estar fabricado básicamente de cualquier material que resista bajo las condiciones del procedimiento, en particular presión, temperatura, conductividad térmica del calor y dado el caso agresividad de los productos de degradación pirolíticos. Las placas de metal y/o cerámica han demostrado ser muy apropiadas, dado el caso también combinaciones de estos materiales.

10 La biomasa apretada contra el elemento calefactor se descompone predominantemente en compuestos gaseosos y en una fracción menor en compuestos sólidos por el calor suministrado en la superficie / superficie de contacto. Se prefiere si el tiempo de permanencia de estos productos de la pirólisis gaseosos entre generación y tratamiento posterior está ajustado a un intervalo de tiempo de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 10 segundos, preferentemente de menos de 5 segundos, especialmente preferiblemente de aproximadamente 2 segundos. Con vistas al elemento calefactor ha resultado por un lado que la biomasa fundida de forma ablativa le ha retirado la energía térmica al elemento calefactor, de forma que después de este intervalo de tiempo se ha ajustado una temperatura claramente reducida del elemento calefactor. Por otro lado, este intervalo de tiempo es suficiente para descomponer la biomasa mediante este procedimiento ablativo en componentes de bajo peso molecular, predominantemente gaseosos. El pequeño tiempo de permanencia de los productos de la pirólisis antes del tratamiento posterior permite el procesamiento de una fracción lo más elevada posible de los productos de la pirólisis primarios, ya que la reacción no dura suficiente tiempo para la constitución de enlaces secundarios de la pirólisis.

25 Es significativo para el estado de la técnica en los procedimientos de pirólisis conocidos que la biomasa a disgregar se debe descomponer antes de la pirólisis en partículas sólidas muy pequeñas. Esto requiere un elevado gasto de energía y también un elevado coste en aparatos, de forma que el balance económico de los procedimientos conocidos resulta desfavorable. Bajo las condiciones del procedimiento según la invención, que piroliza de forma ablativa, se pueden pirolizar completamente por el contrario también sólidos proporcionalmente gruesos. Se pueden procesar tamaños de partículas de 0,5 mm hasta 70 cm, preferentemente 5 cm a 50 cm, especialmente preferiblemente 15 cm a 30 cm. Por consiguiente se reduce considerablemente el coste para el tratamiento terminado por pirólisis de las materias primas. El rendimiento del procedimiento propuesto en el marco de la invención es así especialmente elevado. El procedimiento ablativo según la invención funciona de forma rentable.

35 El elemento calefactor está calentado preferentemente directamente, ya que en este caso la instalación puede ser construida de forma especialmente sencilla. Alternativamente también puede estar previsto un calentamiento indirecto. El elemento calefactor se calienta preferentemente directamente mediante quemadores de gas. Se prefiere si para ello se usa un gas de escape obtenido de la combustión de carbón generado pirolíticamente. El carbón obtenido en la pirólisis tiene un contenido de energía o valor calorífico proporcionalmente elevado, de forma que la mayoría de las veces es suficiente la cantidad de carbón para generar la energía de proceso necesaria por combustión. El calentamiento eléctrico también ha demostrado ser apropiado, cuya ventaja es la regulación precisa del perfil de temperatura.

40 Según una forma de realización ventajosa del procedimiento según la invención, el elemento calefactor y la biomasa se mueven uno respecto a otro durante la pirólisis. En este caso se puede mover tanto el elemento calefactor respecto a la biomasa, como también la biomasa respecto al elemento calefactor. Según una forma de realización preferida, tanto el elemento calefactor, como también la biomasa se mueven uno respecto a otro durante la pirólisis. El movimiento relativo uno respecto a otro permite el desarrollo especialmente favorable energéticamente de la pirólisis ablativa.

45 Según una forma de realización preferida, el elemento calefactor rota durante la forma de realización de la pirólisis y ha demostrado ser favorable disponer inclinadamente el elemento calefactor y los medios para el suministro de la biomasa referido al eje que está predeterminado por el movimiento de la biomasa, preferentemente con un ángulo de más de aproximadamente 10°. La disposición que se origina por la disposición inclinada del elemento calefactor – referida a la dirección de movimiento de la biomasa – provoca una distribución de presión favorable para la pirólisis ablativa y una buena eliminación de los productos de degradación pirolíticos.

50 Alternativamente la biomasa puede realizar, adicionalmente al avance referido hacia el elemento calefactor, un segundo movimiento, preferentemente un movimiento de rotación referido al elemento calefactor fijo o rotativo.

55 Según una forma de realización ventajosa del procedimiento según la invención, los medios para el guiado de la biomasa están diseñados al mismo tiempo como medios para el transporte de la biomasa. En este caso los medios para el guiado pueden estar configurados como perfiles en U o como perfiles de caja, en los que la biomasa se comprime mediante rodillos de presión, émbolos de presión o mediante transportadores de cadena, que la mayoría de las veces se diseñarán como ramal superior, contra el elemento calefactor. Pero alternativamente pueden estar

previstos también extrusores, transportadores de tornillo sin fin o disposiciones de rodillos de transporte, con los que la biomasa a pirolizar se guía y aprieta contra el elemento calefactor.

La biomasa a pirolizar no se aplica sobre toda la superficie calentada del elemento calefactor. Mejor dicho la biomasa a pirolizar recubre ahora una parte del elemento calefactor. El elemento calefactor y el uno o los varios medios para el guiado de la biomasa están conformados, de forma que la superficie en sección transversal de los medios para el guiado de la biomasa recubre en total entre el 2% y el 80% de la superficie del elemento calefactor, preferentemente entre el 2% y el 75%, especialmente preferiblemente entre el 5 y el 70%, ventajosamente entre el 6 y el 50% de la superficie del elemento calefactor durante la pirólisis. La rentabilidad del procedimiento y de la instalación presupone que están dispuestos varios medios para el guiado, así como dado el caso, medios para el transporte de la biomasa, que aprietan la biomasa bajo presión con el elemento calefactor. Por ello, durante la pirólisis ablativa se mantiene un perfil de temperatura uniforme tanto en el elemento calefactor, como también en la superficie límite de la biomasa y elemento calefactor.

Para la realización del procedimiento según la invención están previstos medios convenientes para la recogida de los productos de la pirólisis. Estos medios están configurados ventajosamente, de forma que los sólidos se separan de los productos de la pirólisis líquidos o gaseosos debido a la gravedad o mediante ciclones. Estos medios para la recogida, que están configurados preferentemente como carcasa, rodean al menos por secciones el espacio alrededor del elemento calefactor y la biomasa apretada aquí, de forma que se reúnen todos los productos de degradación de la pirólisis ablativa, tanto materiales líquidos, gaseosos como también sólidos y se suministran a la otro tratamiento y aprovechamiento. Los medios para la recogida de los productos de la pirólisis están configurados preferentemente de forma que el tiempo de permanencia de los productos primarios de la pirólisis se mantienen los más breve posibles, por ejemplo, en el intervalo de tiempo preferido, descrito anteriormente.

Los medios para la recogida están unidos convenientemente con medios para el tratamiento, en particular para el fraccionamiento y también para la condensación de los productos de la pirólisis.

La producción de los productos de la pirólisis es – referido a la producción global - de hasta el 70% en peso (% en peso) de componente líquidos, predominantemente orgánicos y respectivamente aproximadamente el 15% en peso de componentes sólidos y gaseosos referido a la biomasa utilizada. El contenido de energía de los componentes líquidos se sitúa habitualmente entre aproximadamente 16 y aproximadamente 18 MJ/kg.

Los medios para el guiado de la biomasa, así como dado el caso el o los elementos calefactores están instalados habitualmente en un soporte o marco. Con este soporte se absorben las elevadas fuerzas de apriete que se deben aplicar durante la pirólisis. Ha demostrado ser especialmente ventajoso, disponer de forma invertida respectivamente al menos dos elementos calefactores y dos medios para el guiado de la biomasa, estando montados preferentemente los elementos calefactores centralmente y los medios para el guiado de la biomasa externamente. La construcción es justamente especialmente ventajosa por motivos mecánicos, a fin de absorber las elevadas presiones durante la pirólisis ablativa.

En esta forma de realización es suficiente ventajosamente, por ejemplo, sólo un quemador de gas como medio para la generación de la energía de calentamiento directa o indirecta. También los medios para la recogida de los productos de la pirólisis pueden estar dispuestos de forma económica como carcasa unitaria, que rodean los al menos dos elementos calefactores y – al menos por secciones – los medios para el guiado de la biomasa. El tratamiento de mayores cantidades de productos de la pirólisis, por ejemplo, en instalaciones de condensación o fraccionado es igualmente más favorable en el caso de caudal másico mayor.

Otra forma de realización preferida se refiere a medios para el guiado de la biomasa. Ha demostrado ser especialmente económico, si estos medios están dispuestos según el tipo de un tambor de revolver y rotan – referido al elemento calefactor. En este caso los medios para el transporte para cada medio para el guiado aplican la fuerza necesaria para la pirólisis sobre la biomasa aquí contenida. Después de la rotación una parte considerable de la biomasa se transforma en productos de la pirólisis, no obstante, no siempre toda la biomasa que estuvo contenida en el medio correspondiente para el guiado.

El relleno de los medios para el guiado se realiza ahora según la invención en un punto fijo, en el que está dispuesta una disposición para la recarga de los medios para el guiado de la biomasa, la mayoría de las veces un cargador. En una forma de realización sencilla, el cargador está diseñado para comprimir la biomasa e introducir la biomasa comprimida en los medios para el guiado. Comprimir significa aquí según el tipo de la biomasa y los requerimientos de la instalación una compactación sencilla, esencialmente una expulsión del aire o un prensado esencialmente más fuerte hasta, por ejemplo, la peletización, en el que la biomasa está comprimida y existe con mayor densidad que en el caso del material inicial. Entre estos extremos son posibles todos los niveles intermedios de la compactación.

Según otra realización mejorada, la disposición para la recarga está configurada de medios para la detección de la capacidad libre en el medio para el guiado de la biomasa a rellenar. Además, esta disposición para la recarga está

5 dotada entonces de medios para la medición de la biomasa a recargar. Si, por ejemplo, el 80% de la biomasa original está consumida por la pirólisis, así se puede recargar también de nuevo sólo el 80%. Si los medios para la detección de la capacidad libre señalan esto en la disposición para la recarga, así éstos compactan sólo una cantidad correspondiente de biomasa a las dimensiones que se corresponden con el 80% señalado y la suministra a los medios para el guiado de la biomasa. Alternativamente la biomasa ya está comprimida y se separa sólo un volumen tal que lo pueden alojar los medios para el guiado de la biomasa.

A continuación se describen – también para la representación mejorada del procedimiento explicado anteriormente – formas de realización de las instalaciones según la invención para la pirólisis, con las que se transforma el procedimiento según la invención.

10 El dispositivo para la pirólisis de biomasa está equipado de un suministro de material y una estación de pirólisis, presentando el suministro de material medios para la generación de una presión entre 0,5 MPa y 20 MPa que comprime la materia prima a pirolizar de forma ablativa contra la estación de pirólisis, y presentando la estación de pirólisis un elemento calefactor que está calentado a una temperatura entre 300 °C y 1000 °C en el estado de funcionamiento.

15 La instalación según la invención presenta un elemento calefactor de un material termoestable, preferentemente metal, cerámica o un material con componentes metálicos y cerámicos, que está provisto de un accionamiento. El accionamiento provoca que el elemento calefactor rote en el estado de funcionamiento. El elemento calefactor tiene una superficie de trabajo, en el que en el estado de funcionamiento se comprime la biomasa a pirolizar. En el lado opuesto del elemento calefactor, de la superficie calefactora, están dispuestos medios para el calentamiento directo o  
20 indirecto. Preferentemente están dispuestos los fabricantes de carbón abiertos, cuyo gas de combustión se obtiene del carbón generado pirolíticamente. Esta forma del calentamiento directo ofrece un elevado rendimiento y además, es rentable ya que de esta manera se utiliza adecuadamente sin demora el contenido de energía del carbón sin un tratamiento costoso o largo transporte.

25 El elemento calefactor es del material termoestable arriba mencionado. Está configurado como placa que es plana o curvada, y puede estar compuesto dado el caso de segmentos. Preferentemente está configurado como placa redonda, circular y presenta preferiblemente un perfil. Dado el caso el elemento calefactor perfilado está provisto en la superficie de trabajo de ranuras. Las ranuras son apropiadas entonces de forma especialmente adecuada para la eliminación de los productos de la pirólisis generados de forma ablativa, si están dispuestos radialmente.

30 Los medios para el suministro de la biomasa al elemento calefactor están dispuestos frente a la superficie de trabajo. Los medios, según se explica anteriormente, están configurados de múltiples maneras según los requerimientos de la instalación individual. Preferiblemente se utiliza un perfil en U, sobre cuyo lado superior abierto está dispuesto un cargador, por ejemplo, una caja para conducir la biomasa al elemento calefactor. El perfil en U sobresale con el primer extremo abierto frontal hasta directamente delante de la superficie de trabajo del elemento calefactor. Con el segundo extremo abierto frontal engrana preferiblemente un émbolo de presión hidráulico / neumático como medio para el  
35 transporte de la biomasa. El émbolo de presión se guía igualmente en el perfil en U y así presiona la biomasa allí situada contra la superficie de trabajo del elemento calefactor. Si la biomasa contenida en la caja está pirolizada, así el émbolo de presión retrocede y se reconduce nueva biomasa del cargador que está asignado a la caja, que se comprime entonces por el émbolo de presión y se aprieta en el elemento calefactor.

40 Varios de estos perfiles en U, en general entre cuatro y veinte, están dispuestos según una forma de realización preferida de la invención con los cargadores y émbolos hidráulicos correspondientes antes de la superficie de trabajo. Recubren aproximadamente el 2% hasta aproximadamente el 80% de toda la superficie de trabajo, preferentemente aproximadamente el 2% hasta aproximadamente el 75%, ventajosamente aproximadamente el 5 hasta aproximadamente el 70%, especialmente ventajosamente aproximadamente el 6 hasta el 50% de toda la superficie de trabajo. Dado que la superficie de trabajo está en contacto sólo por secciones con la biomasa a pirolizar o pirolizada y luego rota de forma libre y no cargada, se garantiza un desarrollo especialmente uniforme de la pirólisis. La superficie de trabajo se calienta entre las secciones individuales, contra las que se aprieta en la biomasa y se enfría por la entrega de calor a la biomasa, se calienta de nuevo a la temperatura necesaria y la biomasa se puede degradar uniformemente y completamente por ello. Los componentes sólidos y gaseosos, liberados por la degradación pirolítica ablativa de la biomasa se recogen y se utilizan de nuevo.

50 Alternativamente el dispositivo según la invención puede estar configurado de forma que están previstos medios para el movimiento de los medios para el guiado, que durante la pirólisis los medios para el guiado se pone en rotación y pasan por delante del elemento calefactor fijo.

55 Los medios para la generación de presión están configurados preferentemente como émbolos hidráulicos. Aplican una presión de hasta 20 MPa sobre la biomasa y a través de esta sobre el elemento calefactor. Estas partes de la instalación están ancladas por ello correspondiente de forma fija, de manera que la presión de funcionamiento necesaria se puede ajustar y mantener de forma exacta. Alternativamente los medios para la generación de la presión

también pueden estar configurados como transportador de tornillo sin fin, como extrusor o según el tipo de un transportador de rodillos. Luego los medios para la constitución de la presión adoptan al mismo tiempo la función de los medios para el guiado de la biomasa.

5 Alrededor de la zona en la que se degrada la biomasa de forma pirolítica y ablativa, como medio para la recogida de los productos de la pirólisis está dispuesta una carcasa, en la que está dispuesta una primera abertura inferior en el fondo o en el extremo inferior de la carcasa. Esta abertura sirve para la recogida y eliminación de productos de la pirólisis sólidos, que descienden hacia abajo por la fuerza de la gravedad. Al menos una segunda abertura en el extremo superior de la carcasa está unida con un condensador, que está refrigerado en el estado de funcionamiento. Ya que  
10 junto a los sólidos volátiles en primer lugar se originan exclusivamente productos de degradación por la pirólisis, estos productos de la pirólisis suben hacia arriba, allí se recogen y después del tiempo de permanencia más breve posible en la carcasa se enfrían en el condensador hasta la fase líquida, y dado el caso se fraccionan al mismo tiempo. Los productos pirolizados líquidos son predominantemente orgánicos, pero contienen hasta aproximadamente el 35% de agua y correspondientemente están compuestos de una fracción alquitranada y componentes solubles en agua. Componentes habituales para el fraccionamiento y limpieza de los productos pirolizados comprenden también  
15 dispositivos de separación y filtrado, como por ejemplo, ciclones o filtros electrostáticos en los que se separan por ejemplo los sólidos o sustancias en suspensión todavía presentes.

Como materia prima para la pirólisis se pueden utilizar oligómeros naturales o sintéticos, polímeros naturales o sintéticos, materias primas lignocelulosas, goma, plástico y mezclas de estos materiales, abono líquido, lodo, en particular lodo de clarificación, residuos orgánicos como huesos, pieles, plumas, pero también materiales a desechar  
20 con dificultades, como materiales derivados de la madera recubiertos, lacados o barnizados o tratados superficialmente de otra manera, finalmente también madera residual industrial y madera de construcción.

El dispositivo según la invención para la pirólisis de la biomasa presenta – según se expone anteriormente – por un lado, un suministro de material y por otro lado una estación de pirólisis. El suministro de material esta equipado de un guiado propio para la biomasa a pirolizar y con medios para la aplicación de la presión de apriete de aproximadamente  
25 0,5 MPa hasta aproximadamente 20 MPa contra la estación de pirólisis. Los medios para la aplicación de la presión de apriete son en general al mismo tiempo los medios para el transporte de la biomasa hacia la estación de pirólisis. El guiado de la biomasa está provisto habitualmente de un cargador para la reconducción de la biomasa, a fin de garantizar un funcionamiento continuo del dispositivo. El cargador puede alimentarse a mano o automáticamente.

La estación de pirolización presenta un árbol en el que está fijado el elemento calefactor, en general una placa de metal y/o cerámica. El árbol se pone en rotación por un accionamiento y un engranaje. La estación de pirolización presenta además un dispositivo calefactor, con el que el elemento calefactor se calienta en el estado de funcionamiento a una temperatura entre 300 °C y 1000 °C.  
30

Preferiblemente se prevé un calentamiento directo, pero alternativamente también puede estar previsto un calentamiento indirecto. El calentamiento directo se hace funcionar de forma especialmente económica y favorable energéticamente con productos de la pirólisis sólidos que se generan en el proceso.  
35

Ejemplos de realización de la invención se explican más en detalle a continuación mediante las figuras. Muestran:

Fig. 1 una representación esquemática de un dispositivo para la pirólisis;

Fig. 2 un elemento calefactor rotativo, discooidal;

40 Fig. 3 una representación esquemática de componentes esenciales de un dispositivo para la pirólisis con dos elementos calefactores.

La fig. 1 muestra un dispositivo 2 para la pirólisis, en el que el suministro de material 4 y la estación de pirólisis 6 están dispuestos sobre un soporte 8 común. El suministro de material 4 presenta un componente 10 para la generación de la presión de apriete necesaria sobre la estación de pirólisis 6. Aquí el componente 10 genera la presión mediante hidráulica (componente hidráulico 10). El suministro de material 4 presenta además guiados 12 para la materia prima a pirolizar. Están previstos cuatro guiados 12 dispuestos en paralelo que se presionan respectivamente por un componente hidráulico 10 propio, asignado a través de un émbolo hidráulico (no representado en detalle) con la presión de apriete necesaria entre aproximadamente 0,5 MPa y aproximadamente 20 MPa. Al mismo tiempo el componente hidráulico provoca la conducción de la materia prima a la estación de pirólisis 6.  
45

La materia prima se transporta sobre los cargadores de suministro 14 en las guías 12. Un respectivo cargador 14 está asignado a una guía 12. Los cargadores 14 se pueden llenar respectivamente a mano o automáticamente. Básicamente el suministro de material 4 puede estar configurado de forma rotativa. Por ello se provoca que la materia prima rote durante la pirólisis sobre una placa calentada de la estación de pirolización 6. No obstante, en la forma de realización representada en la fig. 1 el suministro de material 4 está configurado de forma estacionaria.  
50

La estación de pirólisis 6 presenta un alojamiento 16 que está apoyado sobre un soporte 8 común. El alojamiento 16 porta un engranaje 18 que está atravesado por un árbol 20. El árbol 20 porta en el extremo 21 dirigido al suministro de material una placa 22 calentada en el estado de funcionamiento, que se pone en rotación por el engranaje 18. En el extremo 23 del árbol 20 está dispuesto un accionamiento 26, aquí un accionamiento eléctrico, que pone en rotación el engranaje 18 y por consiguiente la placa 22 en el estado de funcionamiento. En la zona del primer extremo 21 del árbol 20 está previsto además un dispositivo calefactor 24, que ajusta la placa 22 a la temperatura de funcionamiento predeterminada. El dispositivo calefactor 24 está dispuesto preferiblemente directamente en el alojamiento 16. Aquí el dispositivo calefactor 24 está diseñado como calefacción por gas que calienta directamente la placa 22 en el estado de funcionamiento.

Allí donde las guías 12 comprimen la materia prima a pirolizar sobre la placa 22 rotativa, calentada, una carcasa 28 para la recogida de los productos de la pirólisis rodea el extremo de las guías 12 y la placa 22. La carcasa 28 está diseñada de forma que los productos de pirólisis sólidos se separan hacia abajo por la fuerza de la gravedad y se recogen en un recipiente colector 30. La mayor fracción con mucho de los productos de la pirólisis, que está recogida en la carcasa 28, es gaseosa y se suministra a través de una línea colectora 32 a un dispositivo de condensación o dado el caso de fraccionamiento (no representada aquí en detalle, conocido en sí). En caso necesario, en la recogida de los productos de la pirólisis está previsto un ciclón o un dispositivo de clasificación o separación comparable.

La estación de pirólisis 2 está realizada como material termoestable, aquí de metal. La placa 22 está fabricada de un material cerámico, termoestable y resistente a la abrasión.

La fig. 2 muestra un elemento calefactor o la placa 22, así un detalle de la estación de pirólisis 2 que está rodeada por la carcasa 28 (aquí no representada). La placa 22 está fijada inmóvil a rotación sobre el árbol 20 en un acoplador 34, cuyo diámetro se corresponde aproximadamente con la placa 22. El adaptador 34 y el árbol 20 están obturados entre sí por juntas de estanqueidad 36. Por ello se garantiza que los productos de la pirólisis no se escapen a través de la fijación de la placa 22 y dado el caso perjudiquen el accionamiento o el calefactor de la estación de pirólisis 2. La placa 22 se calienta por el tubo 20 directamente a una temperatura de pirólisis de 750 °C.

La estación de pirólisis 2 se hace funcionar de manera que la materia prima a pirolizar, por ejemplo, muebles antiguos, restos de madera, restos de materiales derivados de la madera y similares en forma de piezas con dimensiones entre 5 y 70 cm o menores, se introducen habitualmente como material roto anteriormente o peletizado al cargador 14. Pero también se pueden procesar sin más la biomasa en forma de lodos, abono líquido o plástico y similares. Los cargadores 14 y guías 12 se pueden adaptar entonces dado el caso a la forma de la materia prima, por ejemplo, utilizándose transportadores de tornillo sin fin u otras guías. A través del cargador 14 llega la materia prima a las guías 12. Allí mediante el componente hidráulico 10 se aplica una presión de 20 MPa sobre la materia prima en las guías 12. La materia prima se comprime y se prensa con una presión de 20 MPa contra la placa 22.

La placa 22 está calentada a una temperatura de 750 °C. Con esta temperatura la materia prima a pirolizar se descompone en componentes sólidos, líquidos y gaseosos en la placa 22 con exclusión de oxígeno y de forma ablativa, así sólo en la superficie, respectivamente en la zona límite entre la materia prima y la placa 22. Ya que rota la placa 22, referido a las guías 12, se liberan los componentes de la pirólisis sobre la placa. Los componentes sólidos llegan por la fuerza de la gravedad hacia abajo y se suministran por la carcasa 28 al recipiente colector 30. Los componentes líquidos se convierten a estado gaseoso y se recogen conjuntamente con los gases de pirólisis ya liberados en la zona superior de la carcasa 28 y se suministran a través de la línea colectora 32 al dispositivo de condensación y dado el caso de fraccionamiento.

La placa 22 se pone en rotación en el estado de accionamiento por el motor 26 y el engranaje 18 y se calienta por el calefactor 24 a 750 °C. Las cuatro guías 12 con la materia prima a pirolizar están en contacto con la superficie calentada de la placa 22. Durante la pirólisis de la materia prima se consume la energía térmica y enfría la placa 22. Dado que aparecen cuatro guías 12 sobre la placa 22 se dan espacios intermedios, en los que una sección sobre la placa 22, que acaba de rotar pasada una de las cuatro guías 12 y en este caso ha perdido calor por el proceso de pirólisis, se calienta nuevamente a 750 °C. Por la instalación según la invención se mantiene así un perfil de temperatura lo más uniforme posible, lo que permite una pirólisis especialmente uniforme con una composición especialmente homogénea y completa del producto pirolizado. Una relación muy favorable de superficie de apriete de la materia prima respecto a la superficie de trabajo de la placa 22 se sitúa en el 35 al 65% de la superficie calentada de la placa 22.

Si se ha consumido la biomasa conducida en una guía 12 a la placa 22, la presión se disminuye en el émbolo de presión correspondiente en la guía 12, el émbolo de presión se mueve fuera de la placa 22 de vuelta a su posición inicial. Del cargador 14 se recarga nueva biomasa en la guía 12 y por el émbolo de presión, sobre el que se aplica ahora nuevamente la presión de funcionamiento, comprime la biomasa. La biomasa se aprieta contra la placa 22 y comienza la pirólisis.

El dispositivo calefactor 24 está diseñado preferentemente como quemador de gas que se hace funcionar con los

productos de la pirólisis sólidos, que se recogen en el recipiente colector 30. Este calentamiento directo de la placa 22, que no requiere un costoso transporte del combustible, ha demostrado ser especialmente favorable en el balance de energía.

5 La fig. 3 muestra componentes esenciales de una forma de realización alternativa del dispositivo 2 según la invención. Para la descripción de esta forma de realización se utilizan – tanto como sea posible – las mismas referencias que en las fig. 1 y 2. En esta realización están dispuestos dos estaciones de pirólisis 6 de forma inversa una respecto a otra sobre los soportes 8 que están representados aquí en dos piezas. El disco calefactor en dos piezas a disponer de forma centrada entre las estaciones de pirólisis 6 no está representado aquí. Las guías 12 con sus embocaduras 40, que están dirigidas a los elementos calefactores, están dispuestas centradas una respecto a otra sobre los soportes 8. 10 Se prefiere si los soportes 8 están fijados sobre un bastidor común (aquí no representado). Respectivamente exteriormente están dispuestas guías 12 para la biomasa a pirolizar. Las guías 12 están configuradas revolviendo, rotan con aproximadamente 3 revoluciones por minuto durante la pirólisis, asimismo los discos calefactores circulan con aproximadamente 100 revoluciones por minuto.

15 En el lado superior del dispositivo 2 está dispuesto un cargador 38 estacionario sobre las guías 12. Al cargador se le suministra la biomasa que se comprime en el cargador y se lleva a una forma que se corresponde con la sección transversal de la guía 12. El cargador 38 está provisto de medios para la medición de la biomasa comprimida. La biomasa comprimida, medida se transporta por el cargador 38 a la guía 12 situada respectivamente por debajo o junto al cargador 38. De esta manera es suficiente un cargador 38 para alimentar todas las guías 12 con biomasa.

20 El cargador 38 mostrado en la fig. 3 está equipado además con medios para la detección de la capacidad libre de la guía 12 respectivamente a llenar. Estos medios están configurados de la forma más sencilla como medios ópticos de detección. Alternativamente se puede detectar la posición del cilindro de presión 10, cuya posición muestra si la biomasa permanece en la guía 12 a llenar. Según la señal de los medios para la detección, el cargador 38 comprime ahora una cantidad correspondiente de biomasa, cuyas dimensiones ahora se corresponden con el espacio disponible y que aflora para el relleno en la guía 12. Mediante esta medida se garantiza que cada guía 12 se llene completamente 25 después del paso del cargador 38, independientemente de si antes de alcanzar el cargador se ha producto pirolizado toda la biomasa. Al mismo tiempo esta disposición también garantiza que las guías 12 de diferentes magnitudes se alimenten de sólo un cargador 38. Los órdenes de magnitud típicos para los cargadores a rellenar son, por ejemplo, una anchura máxima de aproximadamente 2 cm, una altura de aproximadamente 28 cm y una profundidad de aproximadamente 15 a aproximadamente 30 cm. Si, por ejemplo, se procesan maderas troceadas o fibras de madera, 30 así después del cargador 38 está conectada una línea de alimentación no representada aquí, que partiendo de una anchura de caja de aproximadamente 4 cm comprime la biomasa continuamente a aproximadamente 2 cm de espesor, adaptándose la longitud de la biomasa comprimida al grado de llenado de las cajas vacías. Si la guía 12 no se ha vaciado completamente se suministra biomasa comprimida más corta.

35 Debido a la disposición de las guías 12 y las embocaduras 40 están divididas de forma especialmente favorable las relaciones de fuerzas en la disposición mostrada en la fig. 3 durante la pirólisis, ya que trabajan dos semidispositivos 2A y 2B uno contra otro.

40 Los elementos calefactores (aquí no representados) y las embocaduras 40 están dispuestos en una carcasa común (aquí no representada) y se calientan facultativamente por un quemador de gas común o por dos quemadores separados. Los productos de la pirólisis, que se originan en las embocaduras 40 se modifican conjuntamente. Esto también favorece un trabajo rentable.

## REIVINDICACIONES

- 5 1.- Procedimiento para la pirólisis ablativa de biomasa, oligómeros sintéticos, polímeros sintéticos, gomas y/o plástico, con un elemento calefactor (22) y con varios medios (12) para el guiado de la biomasa, en el que el elemento calefactor (22) y la biomasa se comprimen uno contra otro durante la pirólisis con una presión de 5 bar a 200 bar (0,5 MPa a 20 MPa) y en el que la superficie en sección transversal de los medios (12) para el guiado cubre en total entre el 2% y el 80% de la superficie del elemento calefactor (22).
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la presión está entre 5 bar y 150 bar (0,5 MPa y 15 MPa), preferentemente entre 10 bar y 100 bar (1 MPa y 10 MPa), especialmente preferiblemente entre 10 bar y 80 bar (1 MPa y 8 MPa), preferentemente entre 20 bar y 60 bar (2 MPa y 6 MPa).
- 10 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el elemento calefactor (22) está calentado en el estado de funcionamiento a temperaturas entre 300 °C y 1000 °C, preferentemente entre 400 °C y 800 °C, especialmente preferiblemente entre 500 °C y 700 °C, ventajosamente entre 550 °C y 600 °C.
- 4.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el elemento calefactor (22) es una placa plana o curvada que dado el caso se compone de segmentos individuales.
- 15 5.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el elemento calefactor (22) está configurado como placa perfilada, preferentemente como placa con ranuras.
- 6.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** como elemento calefactor (22) se utiliza una placa circular, preferentemente con un diámetro de aproximadamente 20 a aproximadamente 300 cm.
- 20 7.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el elemento calefactor (22) está fabricado de metal y/o cerámica.
- 8.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el tiempo de permanencia de los productos de la pirólisis primarios hasta otro tratamiento posterior está ajustado a un intervalo de tiempo de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 10 segundos, preferentemente de menos de 5 segundos, especialmente preferiblemente de menos de 2 segundos.
- 25 9.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la biomasa se descompone a un tamaño de partícula de aproximadamente 0,5 mm hasta aproximadamente 70 cm, preferentemente de aproximadamente 5 cm hasta aproximadamente 50 cm, especialmente preferiblemente de aproximadamente 15 cm hasta aproximadamente 30 cm.
- 30 10.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el elemento calefactor (22) está equipado de un dispositivo para el calentamiento directo o con un dispositivo para el calentamiento indirecto.
- 11.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la biomasa realiza – adicionalmente al avance contra el elemento calefactor (22) – un segundo movimiento, preferentemente un movimiento de rotación referido al elemento calefactor (22) fijo.
- 35 12.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la biomasa y el elemento calefactor (22) se mueven relativamente uno respecto a otro durante la pirólisis, estando dispuestos el elemento calefactor (22) y los medios (12) para el suministro uno respecto a otro con un ángulo de más de 10°, referido al eje que se define por la dirección de avance de la biomasa contra el elemento calefactor (22).
- 13.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el elemento calefactor (22) rota durante la pirólisis.
- 40 14.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la biomasa se mueve durante la pirólisis respecto al elemento calefactor (22).
- 15.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios (12) para el guiado de la biomasa están configurados como perfiles en U o como perfiles de caja, en los que se guía la biomasa con los medios (10) para el transporte.
- 45 16.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios (12) para el guiado están configurados como extrusor o transportador de tornillo sin fin o a la manera de un dispositivo de avance por rodillos.
- 17.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** varios medios (12) para el guiado de la biomasa están dispuestos hacia un elemento calefactor.
- 18.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios (12) para el transporte están

configurados como émbolo de presión, transportador de cadena (ramal superior) o como rodillos de presión.

- 19.- Procedimiento según la reivindicación 1, con un elemento calefactor (22) y uno o varios medios (12) para el guiado de la biomasa, en el que la superficie en sección transversal de los medios (12) para el guiado de la biomasa recubre en total entre el 2% y el 75%, especialmente preferiblemente entre el 5% y el 70%, ventajosamente entre el 6% y el 50% de la superficie del elemento calefactor (22) durante la pirólisis.
- 20.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** están previstos medios (28) para la recogida de los productos de la pirólisis.
- 21.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** como medio para la recogida está prevista una carcasa (28), que comprende el elemento calefactor (22) y los medios (12) para el guiado de la masa allí donde éstos están en contacto uno con otro durante la pirólisis, de forma que se recogen completamente los productos de la pirólisis, en particular sólidos y gases.
- 22.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios (28) para la recogida de los productos de la pirólisis están diseñados de forma que los sólidos se separan de los productos de la pirólisis líquidos o gaseosos debido a la gravedad o mediante ciclones.
- 23.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los medios (28) para la recogida de los productos de la pirólisis presentan dispositivos para el fraccionamiento de los productos de la pirólisis gaseosos.
- 24.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la energía para el calentamiento del elemento calefactor (22) se genera de la combustión de productos de la pirólisis, preferentemente carbón.
- 25.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** como biomasa se utilizan oligómeros naturales, polímeros naturales, materias primas lignocelulosas y mezclas de estos materiales, abono líquido, lodo, en particular lodo de clarificación, residuos orgánicos como huesos, pieles, plumas, madera residual industrial y madera de construcción.
- 26.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el suministro del calor se realiza en este caso más rápidamente que el calor se evacua en el material a pirolizar.
- 27.- Dispositivo para la pirólisis de biomasa, oligómeros sintéticos, polímeros sintéticos, goma y/o plástico, con un suministro de material (4) y una estación de pirólisis (6), en el que el suministro de material (4) presenta medios para la generación de una presión entre 5 bar y 200 bar (0,5 MPa y 20 MPa), que comprimen la materia prima a pirolizar contra la estación de pirólisis (6), y en el que la estación de pirólisis (6) presenta un elemento calefactor (22) que está calentado en el estado de funcionamiento a una temperatura entre 300 °C y 1000 °C, en el que la superficie en sección transversal de varios medios (12) para el guiado de la biomasa recubre en total entre el 2% y el 80% de la superficie del elemento calefactor (22).
- 28.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** está previsto un engranaje (18) que pone en rotación el elemento calefactor (22) en el estado de funcionamiento.
- 29.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** está previsto un dispositivo calefactor (24) para el elemento calefactor (22), que está diseñado para el calentamiento directo o indirecto.
- 30.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** el elemento calefactor (22) está fabricado de metal y/o cerámica.
- 31.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** el elemento calefactor (22) es una placa plana o curvada que dado el caso se compone de segmentos individuales.
- 32.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** el elemento calefactor (22) está configurado como placa perfilada, preferentemente como placa con ranuras.
- 33.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** el elemento calefactor (22) está equipado de un perfil orientado radialmente.
- 34.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** el elemento calefactor (22) y los medios (12) para el suministro están dispuestos uno respecto a otro con un ángulo de más de 10°, referido al eje que se define por la dirección de avance de la biomasa contra el elemento calefactor (22).
- 35.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** están previstos medios para el movimiento mediante los que se mueven los medios (12) para el guiado durante la pirólisis respecto al elemento calefactor (22).

- 36.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** los medios (12) para el suministro de la biomasa están configurados como perfil en U o como perfil en caja, en los que se guía la biomasa con medios (10) para el transporte.
- 5 37.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** los medios (12) para el guiado están configurados como extrusor o transportador de tornillo sin fin o a la manera de un dispositivo de avance por rodillos.
- 38.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** varios medios (12) para el guiado de la biomasa están dispuestos hacia un elemento calefactor (22).
- 39.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** los medios (10) para el transporte están configurados como émbolo de presión, transportador de cadena (ramal superior) o como rodillos de presión.
- 10 40.- Dispositivo según la reivindicación 27, con un elemento calefactor (22) y uno o varios medios (12) para el guiado de la biomasa, en el que la superficie en sección transversal de los medios (12) para el guiado de la biomasa recubre en total entre el 2% y el 75%, especialmente preferiblemente entre el 5% y el 60%, ventajosamente entre el 6% y el 50% de la superficie caliente del elemento calefactor (22) durante la pirólisis.
- 15 41.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** están previstos medios (28) para la recogida de los productos de la pirólisis.
- 42.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** como medios para la recogida de los productos de la pirólisis está prevista una carcasa (28), que comprende el elemento calefactor (22) y los medios (12) para el guiado de la biomasa allí donde éstos están en contacto unos con otros durante la pirólisis, de forma que se recogen completamente los productos de la pirólisis, en particular sólidos y gases.
- 20 43.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** los medios (28) para la recogida de los productos de la pirólisis están diseñados de forma que los sólidos se separan de los productos de la pirólisis líquidos o gaseosos debido a la gravedad o mediante ciclones.
- 44.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** los medios (28) para la recogida de los productos de la pirólisis presentan dispositivos para el fraccionamiento de los productos de la pirólisis gaseosos.
- 25 45.- Dispositivo según la reivindicación 27, **caracterizado porque** está equipado de medios para la generación de energía que están diseñados de forma que en el estado de funcionamiento la energía para el calentamiento del elemento calefactor (22) se genera de la combustión de productos de la pirólisis, preferentemente carbón

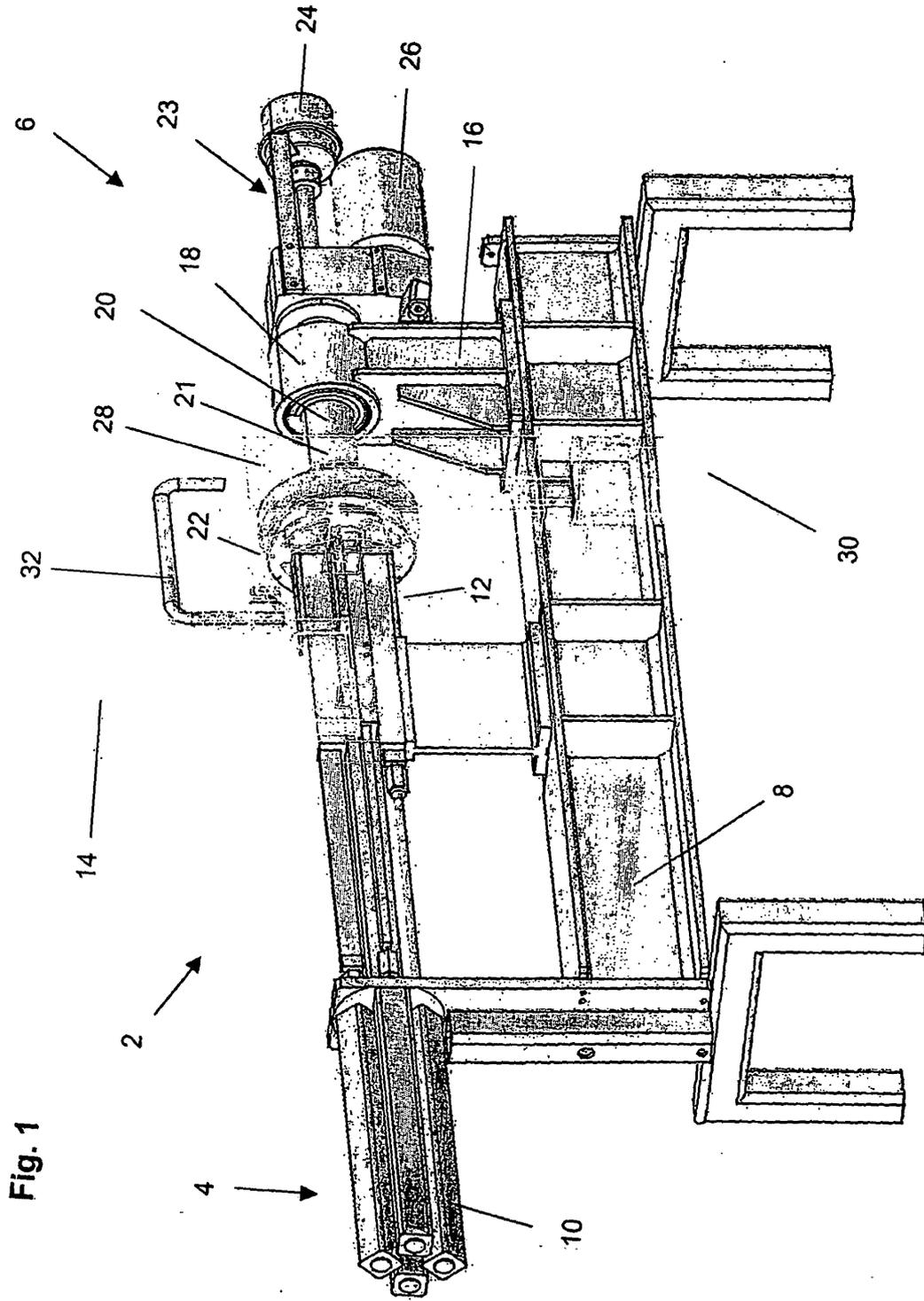


Fig. 1

**Fig. 2**

