

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 730**

51 Int. Cl.:

**B02C 19/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.04.2007 PCT/DE2007/000649**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.10.2007 WO07118460**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2007 E 07722207 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 2004329**

54 Título: **Procedimiento para la generación de partículas muy finas mediante un molino de chorro**

30 Prioridad:

**13.04.2006 DE 102006017472**

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

**14.07.2020**

73 Titular/es:

**NIED, ROLAND (100.0%)  
Raiffeisenstraße 10  
86486 Bonstetten, DE**

72 Inventor/es:

**NIED, ROLAND**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 773 730 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento para la generación de partículas muy finas mediante un molino de chorro

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la generación de partículas muy finas mediante un molino de chorro.

10 El material que va a clasificarse o molerse consta de partículas más gruesas y partículas más finas que son acarreadas en una corriente de aire, y forman el flujo de producto que se introduce en una carcasa de un clasificador neumático del molino de chorro. La corriente producida llega en dirección radial a una rueda clasificadora del clasificador neumático. En la rueda clasificadora las partículas más gruesas procedentes de la corriente de aire se separan, y la corriente de aire con las partículas finas abandona axialmente la rueda clasificadora mediante un tubo de salida. La corriente de aire con las partículas finas que van a filtrarse o a fabricarse puede alimentarse después a un filtro en el que un fluido, como por ejemplo aire, y partículas finas se separan unos de otros.

15 Por el documento DE 198 24 062 A1 se conoce un molino de chorro de este tipo, en cuya cámara de molienda se introduce además al menos un chorro de molienda rico en energía de vapor recalentado con alta energía hidrodinámica, presentando la cámara de molienda además del equipo de entrada para el al menos un chorro de molienda un orificio de entrada para el material a moler y un orificio de salida para el producto, y en donde en la zona de la confluencia de material a moler y al menos un chorro de molienda de vapor recalentado y material a moler tienen al menos la misma temperatura.

20 Además se conoce un clasificador neumático correspondiente en particular para un molino de chorro por ejemplo por el documento EP 0 472 930 B1. Este clasificador neumático y su procedimiento de funcionamiento son básicamente muy satisfactorios.

25 Por el documento DE 31 40 294 C2 se conocen un procedimiento y un dispositivo para separar una mezcla de materiales en componentes de diferente triturabilidad. Para separar una mezcla de materiales de componentes de diferente triturabilidad en un componente de triturabilidad más fácil y uno de triturabilidad más difícil la mezcla de materiales mediante chorros de vapor o de gas disparados se lleva a un estado fluidizado y a este respecto se somete a una trituración por impacto. La intensidad de la trituración por impacto se ajusta mediante la selección de presión de servicio, velocidad y dirección de los chorros de modo que solo el componente de la mezcla de materiales de triturabilidad más fácil se tritura. Inmediatamente después de la trituración por impacto la mezcla de materiales se somete a una clasificación por fuerza centrífuga mediante la cual el componente de triturabilidad más fácil como material fino y el componente de triturabilidad más difícil como material grueso se separan de la mezcla de materiales sin moler. A este respecto se emplea un molino de chorro de lecho fluidizado con un clasificador por fuerza centrífuga dispuesto por encima del lecho fluidizado, en donde la carcasa de molino en la zona perimetral del clasificador por fuerza centrífuga tiene un intersticio anular que desemboca en una cámara de descarga. El intersticio anular está realizado de manera regulable en su ancho a través de un anillo concéntrico guiado en la carcasa de molino. Los ejes de las toberas de chorro del molino de chorro de lecho fluidizado están situados en un plano y se cruzan en un punto y los orificios de tobera dirigidos unos hacia otros están situados en un círculo concéntrico a la carcasa de molino.

45 El documento DE 38 25 469 A1 da a conocer un procedimiento para la dispersión, trituración o desaglomeración y clasificación de sólidos con un molino de chorro clasificador en el que están combinados un molino de chorro y un clasificador de flujo en espiral. La alimentación de productos se realiza a través del alimentador de productos a través de gas de inyector hacia una cámara de dispersión que se limita mediante una tapa, un anillo moledor y una placa base. Un gas de molienda que es al mismo tiempo también un gas clasificador se conduce a través de una cámara de distribuidor y toberas dispuestas en el anillo moledor hacia una cámara de dispersión y allí proporciona según presión de admisión, cantidad de gas y geometría de tobera una sollicitación de sólidos encauzada, tiempo de permanencia y límite de corte. El tiempo de permanencia y límite de corte pueden variar en márgenes amplios además mediante alimentación de gas secundario que se distribuye mediante un cono y circula a través de un intersticio concéntrico. Mediante la alimentación de la corriente de gas secundario ajustable a través del intersticio es posible una influencia encauzada del tiempo de permanencia y sollicitación de sólidos. La corriente secundaria modifica la probabilidad de paso hacia un recipiente colector y desplaza el límite de corte dentro de la cámara de dispersión a valores más aproximativos. Mediante el intersticio concéntrico de ancho variable es posible una extracción continua de las partes gruesas o de dispersión difícil hacia el recipiente colector. Mediante la variación de la presión de gas de molienda, del flujo volumétrico de gas de molienda mediante el anillo moledor y distintas geometrías de tobera, así como la alimentación de más o menos gas secundario puede influirse en el resultado de trituración y separación.

60 Además el documento EP 1 080 786 A1 que vuelve al inventor presente da a conocer un procedimiento para la molienda por chorro de lecho fluidizado, un dispositivo para esto y una instalación con este último. A este respecto un lecho fluidizado se rodea por una carcasa que se gira para generar una fuerza centrífuga sobre el lecho fluidizado en la zona al menos de un chorro de fluido de gran energía que entra en el lecho fluidizado alrededor de un eje que está situado al menos aproximadamente en perpendicular a al menos un chorro de fluido que está orientado

esencialmente opuesto a la fuerza centrífuga. Por ello se consigue ventajosamente que el intercambio de energía entre las partículas de sólido que se convierten en partes de los chorros de fluido de gran energía ya comience directamente tras la penetración de los chorros de gran energía en el lecho fluidizado y que se mejore en general la concentración de las partículas sólidas dentro del chorro de fluido.

5 Por el documento de Karl Höffl: "*Zerkleinerungs- und Klassiermaschinen*", 1986, Springer Verlag, Berlin Heidelberg Nueva York Tokio, XP002450092, páginas 193 - 204, puede deducirse un procedimiento para la generación de partículas muy finas mediante un molino de chorro, en donde la distancia relativa  $a/d_{tobera}$ , representando a la longitud de chorro y  $d_{tobera}$  el diámetro de tobera, de entradas de chorro de molienda dispuestas concéntricamente al menos aproximadamente, cuyas medianas se encuentran al menos aproximadamente en un punto, se ajusta dependiendo de la presión media de servicio.

15 La presente invención tiene como objetivo optimizar adicionalmente un procedimiento para la generación de partículas muy finas mediante un molino de chorro.

Este objetivo se consigue con un procedimiento para la generación de partículas muy finas según la reivindicación 1. Con ello se crea ventajosamente un procedimiento para el funcionamiento con optimización de energía de un molino de chorro por medio de gas comprimido.

20 Se prefiere cuando cada entrada de chorro de molienda está formada por una tobera de entrada o tobera de molienda.

Una configuración que va a preverse preferentemente consiste en que están presentes 3 o 4 entradas de chorro de molienda.

25 Preferiblemente se emplea un molino de chorro de lecho fluidizado.

30 Además se emplea preferentemente un clasificador neumático dinámico integrado en el molino de chorro. A este respecto está previsto preferiblemente además que el clasificador neumático contenga un rotor clasificador o una rueda clasificadora con una altura libre que aumenta con radio decreciente de modo que durante el funcionamiento la superficie del rotor clasificador o de la rueda clasificadora por la que se circula al menos es aproximadamente constante. Como alternativa o adicionalmente puede estar previsto que el clasificador neumático contenga un rotor clasificador o una rueda clasificadora con un tubo de inmersión en particular intercambiable que está diseñado de modo que gira con el rotor clasificador o la rueda clasificadora cuando estos rotan.

35 Otra configuración preferible adicional del procedimiento consiste en que está prevista una cámara de salida de producto fino que presenta en la dirección de flujo una sección transversal ampliada.

40 De las reivindicaciones y sus combinaciones resultan configuraciones preferentes y/o ventajosas de la invención.

La invención se explica a continuación con más detalle únicamente a modo de ejemplo mediante ejemplos de realización con referencia a los dibujos en los cuales

45 la figura 1 muestra a modo de diagrama un ejemplo de realización de un molino de chorro en un dibujo esquemático cortado parcialmente,

la figura 2 muestra un ejemplo de realización de un clasificador neumático de un molino de chorro en disposición vertical y como corte longitudinal central esquemático, estando asociado a la rueda clasificadora el tubo de salida para la mezcla de aire clasificador y partículas de sólido,

50 la figura 3 en representación esquemática y como corte vertical muestra una rueda clasificadora de un clasificador neumático, y

55 la figura 4 una representación gráfica de la relación entre la presión de gas  $p_0$  delante de la tobera y la longitud de chorro relativa  $a_{rel}$ .

60 En la figura 1 se representa esquemáticamente un ejemplo de realización de un molino de chorro 1 para llevar a cabo el procedimiento que se ha explicado con anterioridad. Como ya se ha expuesto con anterioridad el procedimiento de acuerdo con la invención puede llevarse a cabo manualmente o de manera automatizada, aspecto que no tienen ninguna influencia fundamental en la utilización del procedimiento. La variante automatizada permite naturalmente una reducción adicional de la complejidad de manejo y puede realizarse perfectamente con equipos y medios que son conocidos por el experto en la materia y *per se*, por lo que no necesita mencionarse que el experto en la materia también conocería las etapas individuales del procedimiento que se creara mediante la presente invención. En todo caso puede prescindirse de una explicación exhaustiva de los equipos de sensor, medición, procesador, memoria y control, así como control en general y en particular dado que esta implementación de dispositivo del procedimiento de acuerdo con la invención en su conocimiento no requiere ninguna etapa inventiva

propia.

El molino de chorro 1 según la figura 1 contiene una carcasa cilíndrica 2 que rodea una cámara de molienda 3, un alimentador de material a moler 4 aproximadamente a la mitad de la altura de la cámara de molienda 3, al menos dos entradas de chorro de molienda 5 en la zona inferior de la cámara de molienda 3 y una salida de producto 6 en la zona superior de la cámara de molienda 3. Allí está dispuesto un clasificador neumático 7 con una rueda clasificadora 8 giratoria con la que se clasifica el material a moler (no mostrado) para evacuar de la cámara de molienda 3 solamente material a moler por debajo de un tamaño de grano determinado mediante la salida de producto 6 y alimentar material a moler con un tamaño de grano por encima del valor seleccionado a un proceso de molienda adicional.

La rueda clasificadora 8 puede ser una rueda clasificadora habitual en clasificadores neumáticos cuyas paletas (véase más adelante, por ejemplo en relación con la figura 3) delimitan canales de paleta que discurren radialmente, en cuyos extremos externos entra el aire clasificador y arrastra partículas de tamaño de grano o masa menor hacia la salida central y hacia la salida de producto 6, mientras que se rechazan partículas mayores o partículas de masa mayor bajo la influencia de la fuerza centrífuga. En particular el clasificador neumático 7, y/o al menos su rueda clasificadora 8 está equipada con al menos una característica de diseño según el documento EP 0 472 930 B1.

Están previstas entradas de chorro de molienda 5 únicamente para la explicación y para la comprensión sencilla por ejemplo que constan, por ejemplo, en cada caso de una abertura de entrada o tobera de entrada 9 dirigida radialmente que también puede denominarse tobera de molienda 9 para hacer llegar en cada caso con energía elevada un chorro de molienda 10 sobre las partículas de material a moler que llegan desde el alimentador de material a moler 4 a la zona del chorro de molienda 10, y poder descomponer las partículas de material a moler en partículas parciales más pequeñas que se aspiran mediante la rueda clasificadora 8 y, siempre y cuando tengan un tamaño o masa debidamente reducido se transportan a través de salida de producto 6 hacia fuera. Mediante la disposición de las entradas de chorro de molienda 5 o más exactamente toberas de entrada o toberas de molienda 9 dispuestas debidamente de tal modo que las entradas de chorro de molienda 5 están dispuestas al menos aproximadamente de manera concéntrica y sus medianas se encuentran al menos aproximadamente en un punto, se consigue que se formen tales chorros de molienda 10 que impactan unos sobre otros que provocan de manera más intensiva la descomposición de partículas. Se alcanza en particular un mejor efecto de lo que es posible con solo un chorro de molienda 10, en particular cuando se generan varios chorros de molienda, como de manera especialmente preferible 3 o 4 chorros de molienda.

Para crear un procedimiento en el sentido de acuerdo con la invención para el funcionamiento con optimización de energía de un molino de chorro 1, como por ejemplo de un molino de chorro de lecho fluidizado, por medio de gases comprimidos, la distancia relativa  $a/d_{\text{tobera}}$ , representando a la longitud de chorro y  $d_{\text{tobera}}$  el diámetro de tobera, de entradas de chorro de molienda 5 dispuestas al menos aproximadamente concéntricas, cuyas medianas se encuentran al menos aproximadamente en un punto, se ajusta dependiendo de la presión media de servicio. No es absolutamente necesario el que se cumpla también la condición anterior de que las entradas de chorro de molienda 5 estén orientadas en particular por parejas las unas hacia las otras. Preferiblemente están presentes más bien 3 o 4 entradas de chorro de molienda 5. Se prefiere adicionalmente que cada entrada de chorro de molienda 5 esté formada por una tobera de entrada o tobera de molienda 9. Además pueden utilizarse tanto accionamientos y controles manuales como automatizados, pudiendo reverse también equipos de registro adecuados para el registro de la presión media de servicio y de la distancia relativa de cada entrada de chorro de molienda 5. Tales equipos para el registro, para la determinación y para la comparación de valores, así como para el control correspondiente y desplazamiento de las entradas de chorro de molienda 5 para el ajuste de sus distancias relativas son conocidos por el experto en la materia y puede seleccionarlos y emplearlos con conocimiento de la presente invención sin realizar él mismo ninguna actividad inventiva. Puede prescindirse por tanto de una explicación exhaustiva de tales equipos para el registro, para la determinación y para la comparación de valores, así como para el control correspondiente y desplazamiento de las entradas de chorro de molienda 5 para el ajuste de sus distancias relativas en particular.

Además puede influirse por ejemplo en la temperatura de procesamiento mediante la utilización de una fuente de calor 11 interna entre alimentador de material a moler 4 y la zona de los chorros de molienda 10 o una correspondiente fuente de calor 12 en la zona fuera del alimentador de material a moler 4 o mediante procesamiento de partículas de un material a moler ya caliente de todos modos que llega, evitando pérdidas de calor, al alimentador de material a moler 4, para lo cual un tubo de alimentación 13 está rodeado por una camisa 14 de aislamiento de temperatura. La fuente de calor 11 o 12, si se emplea, puede ser básicamente discrecional y por tanto apta para el empleo de manera oportuna para cada propósito y seleccionarse según la disponibilidad en el mercado de modo que no son necesarias explicaciones adicionales sobre el tema.

Para la temperatura, es relevante en particular la temperatura del chorro de molienda o de los chorros de molienda 10 y la temperatura del material a moler debería corresponder a esta temperatura de chorro de molienda al menos aproximadamente.

Para la formación de los chorros de molienda 10 introducidos en la cámara de molienda 3 a través de las entradas de chorro de molienda 5 puede emplearse, por ejemplo, vapor recalentado pero también cualquier otro fluido

adecuado. En el uso de vapor recalentado puede partirse del hecho de que el contenido de calor del vapor de agua después de la tobera de entrada 9 de la entrada de chorro de molienda 5 respectiva no es esencialmente menor que antes de esta tobera de entrada 9. Porque la energía necesaria para la trituración por impacto debe ponerse a disposición principalmente como energía hidrodinámica, por el contrario la caída de presión entre el orificio de entrada 15 de la tobera de entrada 9 y su orificio de salida 16 será considerable (la energía de presión se convertirá en mayor medida en energía hidrodinámica) y también la caída de temperatura será considerable. En particular esta caída de temperatura deberá compensarse mediante el calentamiento del material a moler, de un modo que material a moler y chorro de molienda 10 en la zona del centro 17 de la cámara de molienda 3 en el caso de al menos dos chorros de molienda 10 que impactan uno en el otro o un múltiplo de dos chorros de molienda 10 tengan la misma temperatura.

Para la configuración y llevar a cabo la preparación del chorro de molienda 10 de vapor recalentado, en particular en forma de un sistema cerrado se remite al documento DE 198 24 062 A1 . Mediante un sistema cerrado es posible por ejemplo una molienda de escoria caliente como material a moler con óptimo rendimiento,

En la representación del ejemplo de realización presente del molino de chorro 1 como representante de cualquier tipo de alimentación de un medio de producción o bien de producción B se representa un equipo de depósito o de generación 18, como por ejemplo un tanque 18a, desde el cual el medio de producción o bien de producción B se conduce a través de equipos de conductos 19 hacia la entrada de chorro de molienda 5 o las entradas de chorro de molienda 5 para la formación del chorro de molienda 10 o de los chorros de molienda 10. En lugar del tanque 18a puede emplearse por ejemplo también un compresor para facilitar medio de producción B correspondiente.

En particular partiendo de un molino de chorro 1 equipado con un clasificador neumático 7 de este tipo, debiendo entenderse los ejemplos de realización a este respecto en la presente memoria solo como ejemplificativos y no limitativos, con este molino de chorro 1 con un clasificador neumático 7 dinámico integrado se lleva a cabo un procedimiento para la generación de partículas muy finas. Como el medio de producción B se emplea en general un fluido preferiblemente el vapor de agua ya mencionado, pero también gas hidrógeno o gas helio o simplemente aire.

Además es ventajoso y por tanto preferible cuando el rotor clasificador 8 presenta una altura libre que aumenta con radio decreciente, es decir hacia su eje, siendo constante en particular la superficie del rotor clasificador 8 por la que se circula. Adicionalmente o como alternativa puede estar prevista una cámara de salida de producto fino (no mostrada), que en la dirección de flujo presenta una sección transversal ampliada.

Una configuración especialmente preferida en el molino de chorro 1 consiste en que el rotor clasificador 8 presenta un tubo de inmersión 20 intercambiable que gira simultáneamente.

Únicamente para la explicación y para la profundización de la compresión global se tratan a continuación también las partículas que van a generarse del material que va a procesarse preferiblemente. Por ejemplo, a este respecto se trata de SiO<sub>2</sub> amorfo u otros productos químicos amorfos que se trituran con el molino de chorro. Otros materiales son ácidos silícicos, geles de sílice o silicatos o materiales basados en o que contienen negro de carbono.

A continuación con referencia a la figura 2 y 3 se explican detalles y variantes adicionales de configuraciones a modo de ejemplo del molino de chorro 1 y sus componentes.

El molino de chorro 1, como puede desprenderse de la representación esquemática en la figura 2, contiene un clasificador neumático 7 integrado que, por ejemplo en tipos de construcción del molino de chorro 1 como molino de chorro de lecho fluidizado es un clasificador neumático 7 dinámico que está dispuesto ventajosamente en el centro de la cámara de molienda 3 del molino de chorro 1. Dependiendo del caudal volumétrico de gas de molienda y de la velocidad de giro de clasificador puede influirse en la finura deseada del material a moler.

En el clasificador neumático 7 del molino de chorro 1 según la figura 2 el clasificador neumático 7 vertical en su conjunto está rodeado por una carcasa de clasificador 21 que consta esencialmente de la parte superior de carcasa 22 y la parte inferior de carcasa 23. La parte superior de carcasa 22 y la parte inferior de carcasa 23 están provistos en el borde superior o inferior con una brida perimetral 24 o 25 orientada hacia fuera en cada caso. Las dos bridas perimetrales 24, 25 en el estado montado o funcional del clasificador neumático 8 están situadas la una sobre la otra y están fijadas la una contra la otra mediante medios adecuados. Los medios adecuados para la fijación son, por ejemplo, uniones atornilladas (no mostradas). Como medios de sujeción separables pueden servir también abrazaderas (no mostradas) o similares.

En un lugar prácticamente discrecional del perímetro de brida ambas bridas perimetrales 24 y 25 están unidas entre sí mediante una articulación 26 de modo que la parte superior de carcasa 22, tras la separación de los medios de unión de brida puede hacerse pivotar con respecto a la parte inferior de carcasa 23, hacia arriba en la dirección de la flecha 27 y puede accederse a la parte superior de carcasa 22 desde abajo, así como a la parte inferior de carcasa 23 desde arriba. La parte inferior de carcasa 23 a su vez está configurada de dos piezas, y consta esencialmente de la carcasa de espacio de clasificador 28 cilíndrica con la brida perimetral 25 en su extremo superior abierto y un cono de descarga 29 que disminuye hacia debajo de forma cónica. El cono de descarga 29 y la carcasa de espacio

de clasificador 28 están situadas en el extremo superior o inferior con bridas 30, 31 el uno sobre la otra y las dos bridas 30, 31 de cono de descarga 29 y carcasa de espacio de clasificador 28 están unidas entre sí como las bridas perimetrales 24, 25 mediante medios de sujeción separables (no mostrados). La carcasa de clasificador 21 compuesta de este modo está suspendida en o sobre brazos de soporte 28a de los cuales varios están distribuidos distanciadamente de la manera más uniforme posible alrededor del perímetro de la carcasa de clasificador o de compresor 21 del clasificador neumático 7 del molino de chorro 1 y actúan en la carcasa de espacio de clasificador 28 cilíndrico.

A su vez la rueda clasificadora 8 es parte esencial de los elementos fijos de carcasa del clasificador neumático 7 con un disco de protección superior 32, con un disco de protección 33 en el lado de salida, inferior, distanciado de aquel axialmente y con paletas 34 dispuestas entre los bordes externos de ambos discos de protección 32 y 33, unidas fijamente con estos y distribuidas uniformemente por el perímetro de la rueda clasificadora 8 con contorno conveniente. En este clasificador neumático 7 el accionamiento de la rueda clasificadora 8 se origina a través del disco de protección superior 32, mientras que el disco de protección inferior 33 es el disco de protección en el lado de salida. El alojamiento de la rueda clasificadora 8 comprende un árbol de rueda clasificadora 35 accionado convenientemente de manear forzada que con el extremo superior está guiado hacia afuera de la carcasa de clasificador 21, y con su extremo inferior dentro de la carcasa de clasificador 21 soporta la rueda clasificadora 8 en un alojamiento móvil de manera resistente al giro. La guía del árbol de rueda clasificadora 35 hacia afuera de la carcasa de clasificador 21 se realiza en un par de placas mecanizadas 36, 37 que cierran la carcasa de clasificador 21 en el extremo superior de una sección de extremo de carcasa 38 que discurre hacia arriba en forma de cono truncado, guían el árbol de rueda clasificadora 35 y obturan este paso de árbol sin impedir los movimientos giratorios del árbol de rueda clasificadora 35. Convenientemente la placa superior 36 puede estar asociada al árbol de rueda clasificadora 35 como brida de manera resistente al giro y estar soportada de manera giratoria a través de cojinetes de pivote 35a sobre la placa inferior 37, que a su vez está asociada a una sección de extremo de carcasa 38. El lado inferior del disco de protección 33 en el lado de salida está situado en el plano común entre las bridas perimetrales 24 y 25, de modo que la rueda clasificadora 8 está dispuesta en su totalidad dentro de la parte superior de carcasa 22 plegable. En la zona de la sección de extremo de carcasa 38 cónica la parte superior de carcasa 22 presenta además una pieza de conexión de alimentador de producto 39 a modo de tubo del alimentador de material a moler 4, cuyo eje longitudinal discurre paralelo al eje de giro 40 de la rueda clasificadora 8 y a su árbol de accionamiento o de rueda clasificadora 35 y que está dispuesta lo más alejado posible de este eje de giro 40 de la rueda clasificadora 8 y de su árbol de accionamiento o de rueda clasificadora 35, situado radialmente en el exterior en la parte superior de carcasa 22.

La carcasa de clasificador 21 aloja la pieza de conexión de salida 20 en forma de tubo dispuesta coaxialmente con respecto a la rueda clasificadora 8 que con su extremo superior está situada de manera estanca por debajo del disco de protección 33 de la rueda clasificadora 8 en el lado de salida sin estar unida con esta. En el extremo inferior de la pieza de conexión de salida 20 configurada como tubo está colocada coaxialmente una cámara de salida 41 que igualmente presenta forma tubular, cuyo diámetro sin embargo es esencialmente mayor que el diámetro de la pieza de conexión de salida 20 y en el presente ejemplo de realización es al menos el doble de grande del diámetro de la pieza de conexión de salida 20. En la transición entre la pieza de conexión de salida 20 y la cámara de salida 41 se presenta por tanto una clara variación brusca en el diámetro. La pieza de conexión de salida 20 está insertada en una placa de cubierta superior 42 de la cámara de salida 41. Abajo la cámara de salida 41 está cerrada mediante una tapa extraíble 43. La unidad constructiva formada por pieza de conexión de salida 20 y cámara de salida 41 está sujeta en varios brazos de soporte 44 que están distribuidos en forma de estrella uniformemente por el perímetro de la unidad constructiva, unidos firmemente con sus extremos internos en la zona de la pieza de conexión de salida 20 con la unidad constructiva y sujetos con sus extremos externos en la carcasa de clasificador 21.

La pieza de conexión de salida 20 está rodeada por una carcasa anular 45 cónica cuyo diámetro externo inferior, mayor corresponde al menos aproximadamente al diámetro de la cámara de salida 41 y cuyo diámetro externo superior, inferior, corresponde al menos aproximadamente al diámetro de la rueda clasificadora 8. En la pared cónica de la carcasa anular 45 terminan los brazos de soporte 44 y están unidos firmemente con esta pared, que a su vez es de nuevo parte de la unidad constructiva formada por pieza de conexión de salida 20 y cámara de salida 41.

Los brazos de soporte 44 y la carcasa anular 45 son parte de un equipo de aire de barrido (no mostrado), impidiendo el aire de barrido la penetración de materia desde el espacio interno de la carcasa de clasificador 21 en el intersticio entre la rueda clasificadora 8, o más exactamente su disco de protección 3 inferior y la pieza de conexión de salida 20. Para dejar llegar este aire de barrido hacia la carcasa anular 45 y desde allí hacia el intersticio que va a mantenerse libre, los brazos de soporte 44 están configurados como tubos, guiados con sus secciones de extremo externas a través de la pared de carcasa de clasificador 21 y conectados a través de un filtro de aspiración 46 a una fuente de aire de barrido (no mostrada). La carcasa anular 45 está cerrada hacia arriba a través de una placa perforada 47 y el propio intersticio puede ajustarse mediante un disco anular regulable axialmente en la zona entre placa perforada 47 y disco de protección inferior 33 de la rueda clasificadora 8.

La salida desde la cámara de salida 41 está formada por un tubo de descarga de material fino 48 que está guiado desde fuera hacia el interior de la carcasa de clasificador 21 y está conectado en disposición tangencial a la cámara

## ES 2 773 730 T3

de salida 41. El tubo de descarga de material fino 48 es componente de la salida de producto 6. Un cono de rechazo 49 sirve para el revestimiento de la embocadura del tubo de descarga de material fino 48 hacia la cámara de salida 41.

5 En el extremo inferior de la sección de extremo de carcasa 38 cónica, en disposición horizontal una espiral de entrada de aire clasificador 50 y una descarga de material grueso 51 están asociadas a la sección de extremo de carcasa 38. El sentido de giro de la espiral de entrada de aire clasificador 50 es contrario al sentido de giro de la rueda clasificadora 8. La descarga de material grueso 51 está asociada de manera extraíble a la sección de extremo de carcasa 38, en donde al extremo inferior de la sección de extremo de carcasa 38 está asociada una brida 52 y al  
10 extremo superior de la descarga de material grueso 51 está asociada una brida 53 y ambas bridas 52 y 53 están unidas a su vez de manera separable entre sí mediante medios conocidos cuando el clasificador neumático 7 está preparado para el accionamiento.

15 La zona de dispersión a diseñar está marcada con 54. En el borde interno están marcadas con 55 bridas mecanizadas (biseladas) bridas para una guía limpia de la corriente y un revestimiento sencillo.

Finalmente también en la pared interna de la pieza de conexión de salida 20 está colocado un tubo protector intercambiable 56 como pieza de desgaste y un tubo protector intercambiable 57 correspondiente puede estar  
20 colocado en la pared interna de la cámara de salida 41.

Al comienzo del funcionamiento del clasificador neumático 7 en el estado operativo representado a través de la espiral de entrada de aire clasificador 50 se introduce aire clasificador en el clasificador neumático 7 bajo una caída de presión y con una velocidad de entrada seleccionada según el fin pretendido. A consecuencia de la introducción del aire clasificador mediante una espiral en particular junto con la conicidad de la sección de extremo de carcasa 38  
25 el aire clasificador asciende en espira hacia arriba a la zona de la rueda clasificadora 8. Al mismo tiempo el "producto" de partículas sólidas de masa diferente se introduce a través de la pieza de conexión de alimentador de producto 39 en la carcasa de clasificador 21. De este producto, el material grueso, es decir la parte de partículas con mayor masa opuesta al aire clasificador llega a la zona de la descarga de material grueso 51 y se facilita para el procesamiento posterior. El material fino, es decir la parte de partículas con masa más reducida se mezcla con el  
30 aire clasificador, llega desde fuera hacia dentro radialmente a través de la rueda clasificadora 8 a la pieza de conexión de salida 20, a la cámara de salida 41 y finalmente a través de un tubo de salida de material fino 48 a una salida u orificio de salida de material fino 58, así como desde allí a un filtro en el que el medio de producción en forma de un fluido, como por ejemplo aire, y material fino se separan unos de otros. Los componentes de material fino más grueso se eyectan radialmente desde la rueda clasificadora 8 y se mezclan con el material grueso para abandonar la carcasa de clasificador 21 con el material grueso o así dar vueltas en la carcasa de clasificador 21 hasta que se haya convertido en material fino de dicha granulación de modo que se descargue con el aire  
35 clasificador.

Como consecuencia de la sección transversal ampliada abrupta de la pieza de conexión de salida 20 hacia la cámara de salida 41 tiene lugar allí una reducción clara de la velocidad de circulación de la mezcla de material fino-aire. Esta mezcla, por tanto llegará, con velocidad de circulación muy baja a través de la cámara de salida 41 pasando por el tubo de salida de material fino 48 a la salida de material fino 58 y en la pared de la cámara de salida 41 generará abrasión solo en escasa medida. Por lo tanto el tubo protector 57 es también solo una medida altamente preventiva. La alta velocidad de circulación en la rueda clasificadora 8 por motivos de una buena técnica de separación sigue predominando sin embargo en la pieza de conexión de salida o de descarga 20, por lo que el tubo protector 56 tiene una importancia mayor que el tubo protector 57. Especialmente importante es la variación brusca de diámetro con un diámetro ampliado en la transición de pieza de conexión de salida 20 hacia la cámara de salida 41.  
40

45 Por lo demás el clasificador neumático 7 mediante la subdivisión de la carcasa de clasificador 21 de la manera descrita y la asociación de los componentes de clasificador formando las carcasas parciales individuales permite un mantenimiento adecuado y los componentes que presentan defectos puede intercambiarse con relativamente poco esfuerzo y dentro de tiempos de mantenimiento cortos.

50 Mientras que en la representación esquemática de la figura 2 la rueda clasificadora 8 con los dos discos de protección 32 y 33 y la corona de paletas 59 dispuestas entre estos con las paletas 34 todavía está representada en la forma habitual ya conocida con discos de protección 32 y 33 paralelos y con superficies paralelas, en la figura 3 la rueda clasificadora 8 está representada para un ejemplo de realización adicional del clasificador neumático 7 de un perfeccionamiento ventajoso.  
55

60 Esta rueda clasificadora 8 según la figura 3 contiene adicionalmente a la corona de paletas 59 con las paletas 34 el disco de protección 32 superior y el disco de protección 33 en el lado de salida, inferior distanciado axialmente de aquel y puede girar alrededor del eje de giro 40 y por tanto alrededor del eje longitudinal del clasificador neumático 7. La expansión diametral de la rueda clasificadora 8 es perpendicular al eje de giro 40, es decir al eje longitudinal del clasificador neumático 7, independientemente de si el eje de giro 40 y con ello el eje longitudinal citado es perpendicular o discurre en horizontal. El disco de protección 33 inferior en el lado de salida rodea concéntricamente  
65

la pieza de conexión de salida 20. Las paletas 34 están unidas con ambos discos de protección 33 y 32. Ambos discos de protección 32 y 33 están configurados ahora cónicos a diferencia de en el estado de la técnica y en concreto preferiblemente de tal modo que la distancia del disco de protección 32 superior del disco de protección 33 del lado de salida de la corona 59 de las paletas 34 hacia dentro, es decir hacia el eje de giro 40 aumenta y en concreto preferiblemente de forma continua, como por ejemplo linealmente o no linealmente, y con mayor preferencia de modo que la superficie de la camisa de cilindro por la que se circula para cada radio entre bordes de salida de paleta y pieza de conexión de salida 20 permanece constante. La velocidad de salida en disminución a consecuencia del radio cada vez más pequeño en las soluciones conocidas permanece constante en esta solución.

Aparte de la variante explicada con anterioridad y en la figura 3 del diseño del disco de protección superior 32 y del disco de protección inferior 33 es también posible que solo uno de estos dos discos de protección 32 o 33 esté configurado cónico de la manera que ya se ha explicado y el otro disco de protección 33 o 32 sea plano, como es el caso en relación con el ejemplo de realización según la figura 2 para ambos discos de protección 32 y 33. En particular, a este respecto la forma del disco de protección de superficies no paralelas puede ser tal que al menos aproximadamente, de este modo, la superficie de la camisa de cilindro por la que se circula permanece constante para cada radio entre bordes de salida de paleta y pieza de conexión de salida 20.

A continuación para una explicación extensa y como base para aspectos de la invención adicionales se trata con más detalle la longitud de chorro óptima en molinos de chorro.

De las observaciones de los resultados de los ensayos en el intervalo de baja presión ( $p_0 < 4$  bar (abs)) puede deducirse una dependencia de la longitud de chorro óptima de la presión de gas de molienda. A continuación se expone un planteamiento para cuantificar esta dependencia. Al mismo tiempo se realiza una predicción teórica de si también existe una dependencia de este tipo de la temperatura de gas de molienda.

Para describir los procesos durante la expansión de chorro se parte inicialmente del hecho de que tanto las relaciones de presión en la camisa de chorro a través de la cual las partículas sólidas que van a triturarse llegan al chorro para acelerarse y triturarse allí, como en la "superficie de retención", donde dado el caso se encuentran dos o varios chorros, deben ser constantes.

Además se supone que estas relaciones de presión están correlacionadas con la densidad de corriente de impulso:

$$I^* = \frac{m_L \cdot v_{ad}}{A_{\text{chorro}}} = C_1 \quad (1)$$

en donde

$A_{\text{chorro}}$ [m <sup>2</sup> ]	significa la superficie del chorro
$C_1$	constante
$I^*$ [N/m <sup>2</sup> ]	densidad de corriente de impulso
$m_L$ [kg/s]	caudal másico de gas
$v_{ad}$ [m/s]	velocidad de gas adiabática después de la tobera.

(Puede calcularse con el caudal y la velocidad en la salida de tobera dado que la corriente de impulso en el chorro se mantiene)

Bajo la condición de que el chorro se expanda en forma de cono y el ángulo de apertura de chorro  $\alpha$  dependa de la presión y la temperatura (al menos lo primero fue constatado en las investigaciones de Hägele, Joachim: *Experimentelle Untersuchungen an Aerosolstrahlen aus Mikrodüsen; Mitteilungen aus dem Max-Planck-Institut für Strömungsforschung* Nr.72, 1981, para toberas que se estrechan continuamente al igual que para toberas de Laval adaptadas a la relación de presión), pueden calcularse ambas superficies según la relación geométrica

$$A_{\text{chorro}} = C_2 \cdot \pi \cdot a^2 \quad (2)$$

con

$$C_2 = f(a) \quad (3)$$

en donde además

$C_2$	constante
$a$ [m]	longitud de chorro.

El caudal másico de gas a través de una tobera resulta de

$$m_L = \frac{d_{tobera}^2 \cdot \pi}{4} \cdot p_0 \cdot \psi_{max} \cdot \sqrt{\frac{2}{R \cdot T_0}} \quad (4),$$

5 la velocidad de salida de chorro adiabática es

$$v_{ad} = \sqrt{2 \cdot \frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot R \cdot T_0 \cdot \left[ 1 - \left( \frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]} \quad (5)$$

en donde además

10

$d_{tobera}$	[m]	significa diámetro de tobera
$m_L$	[kg/s]	caudal másico de gas
$p_1$	[bar(abs)]	presión de expansión
$p_0$	[bar(abs)]	presión de gas delante de la tobera
15 $R$	[kJ/kgK]	constante de gas
$T_0$	[K]	temperatura de gas delante de la tobera
$\kappa$		exponente isentrópico
$\psi_{max}$		coeficiente de efluencia.

20 Si se insertan las ecuaciones 2, 4 y 5 en la ecuación 1, entonces se obtiene

$$I^* = C_1 = \sqrt{C_3^2 \cdot p_0 \cdot \psi_{max}^2 \cdot \frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]} \quad (6)$$

con

25

$$C_3 = \frac{1}{2 \cdot C_2} \quad (7)$$

y

30

$$\psi_{max} = \sqrt{\frac{\kappa}{\kappa+1}} \cdot \left( \frac{2}{\kappa+1} \right)^{\frac{1}{\kappa-1}} \quad (8)$$

en donde adicionalmente

35

$C_3$  significa constante.

Finalmente si se pone

$$C = \sqrt{\frac{C_3}{C_1}} \quad (9)$$

con

40

$C$  constante

entonces tras la transformación se obtiene

$$\frac{a_{**}}{d_{tobera}} = a_{rel} = C \cdot \sqrt{p_0^2 \cdot \psi_{max}^2 \cdot \frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \right]} \quad (10)$$

45

en donde finalmente

$a_{rel}$  significa longitud de chorro relativa

Por consiguiente la longitud de chorro  $a_{rel}$  depende solamente de la presión de gas de molienda  $p_0$ , la relación de presión  $p_1/p_0$  y de  $\kappa$ , aunque no de la temperatura de gas de molienda.

5 Por los ensayos (véase también Nied, R.: *Strahlmahlung in der Fleißbettgegenstrahlmühle*; tiz (centro de innovación y tecnología )109(1985)1, páginas 23 y siguientes) se sabe que

- para una presión de gas de molienda de  $p_0 = 7 \text{ bar(abs)}$
- una relación de presión de  $p_1/p_0 = 1,1/7$  y
- 10 •  $\kappa = 1,4$

la longitud de chorro relativa  $a_{rel}$  es = 20.

Con ello puede calcularse el valor de las constantes C para arrojar

15

$$C = 9,922 \quad (11).$$

En la figura 4 se representa gráficamente la relación entre la presión de gas  $p_0$  delante de la tobera y la longitud de chorro relativa  $a_{rel}$  sobre la base de la valoración gráfica de ecuación 10 con C según la ecuación 11.

20

Lista de referencias

- |       |  |
|-------|--|
| 1     | molino de chorro   |
| 2     | carcasa cilíndrica   |
| 25 3  | cámara de molienda   |
| 4     | alimentador de material a moler                              |
| 5     | entrada de chorro de molienda                                |
| 6     | salida de producto   |
| 7     | clasificador neumático                                       |
| 30 8  | rueda clasificadora  |
| 9     | abertura de entrada o tobera de entrada o tobera de molienda |
| 10    | chorro de molienda   |
| 11    | fuelle de calor  |
| 12    | fuelle de calor  |
| 35 13 | tubo de alimentación   |
| 14    | camisa de aislamiento de temperatura                         |
| 15    | orificio de entrada  |
| 16    | orificio de salida   |
| 17    | centro de la cámara de molienda                              |
| 40 18 | equipo de depósito o de generación                           |
| 19    | equipos de conductos   |
| 20    | pieza de conexión de salida                                  |
| 21    | carcasa de clasificador                                      |
| 22    | parte superior de carcasa                                    |
| 45 23 | parte inferior de carcasa                                    |
| 24    | brida perimetral   |
| 25    | brida perimetral   |
| 26    | articulación   |
| 27    | flecha   |
| 50 28 | carcasa de espacio de clasificador                           |
| 28a   | brazos de soporte  |
| 29    | cono de descarga   |
| 30    | brida  |
| 31    | brida  |
| 55 32 | disco de protección  |
| 33    | disco de protección  |
| 34    | paleta   |
| 35    | árbol de rueda clasificadora                                 |
| 35a   | cojinete de pivote   |
| 60 36 | placa mecanizada superior                                    |
| 37    | placa mecanizada inferior                                    |
| 38    | sección de extremo de carcasa                                |
| 39    | pieza de conexión de alimentador de producto                 |
| 40    | eje de giro  |
| 65 41 | cámara de salida   |

## ES 2 773 730 T3

	42	placa de cubierta superior
	43	tapa extraíble
	44	brazos de soporte
	45	carcasa anular cónica
5	46	filtro de aspiración
	47	placa perforada
	48	tubo de descarga de material fino
	49	cono de rechazo
	50	aire espiral de entrada de aire clasificador
10	51	descarga de material grueso
	52	brida
	53	brida
	54	zona de dispersión
	55	bridas mecanizadas (biseladas) en el borde interno y revestimiento
15	56	tubo protector intercambiable
	57	tubo protector intercambiable
	58	salida/entrada de material fino
	59	corona de paletas

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la generación de partículas muy finas mediante un molino de chorro (1), en donde la distancia relativa  $a_{rel} = a/d_{tobera}$ , en donde  $a$  representa la longitud de chorro y  $d_{tobera}$  el diámetro de tobera, de entradas de chorro de molienda (5) dispuestas al menos aproximadamente concéntricas, cuyas medianas se encuentran al menos aproximadamente en un punto, se ajusta dependiendo de la presión media de servicio, caracterizado por que para la distancia relativa  $a_{rel} = a/d_{tobera}$  se cumple

$$a_{rel} = C \cdot \sqrt[4]{p_0^2 \cdot \Psi_{max}^2 \cdot \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right]}$$

10 en donde

- $p_0$  [bar(abs)] significa presión de gas delante de la tobera
- $\Psi_{max}$  coeficiente de efluencia
- $\kappa$  exponente isentrópico
- 15  $p_1$  [bar(abs)] presión de expansión
- y además
- $C = 9,922$ .

20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que cada entrada de chorro de molienda (5) está formada por una tobera de entrada o tobera de molienda (9).

3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que están presentes 3 o 4 entradas de chorro de molienda (5).

25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se emplea un molino de chorro de lecho fluidizado.

30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se emplea un clasificador neumático (7) dinámico integrado en el molino de chorro (1).

35 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que el clasificador neumático (7) contiene un rotor clasificador o una rueda clasificadora (8) con una altura libre que aumenta con radio decreciente, de modo que durante el funcionamiento la superficie del rotor clasificador o de la rueda clasificadora (8) por la que se circula es al menos aproximadamente constante.

7. Procedimiento según la reivindicación 5 o 6, caracterizado por que el clasificador neumático (7) contiene un rotor clasificador o una rueda clasificadora (8) con un tubo de inmersión (20) en particular intercambiable, que está diseñado de modo que gira con el rotor clasificador o la rueda clasificadora (8) cuando estos rotan.

40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** está prevista una cámara de salida de producto fino (41) que presenta en la dirección de flujo una sección transversal ampliada.

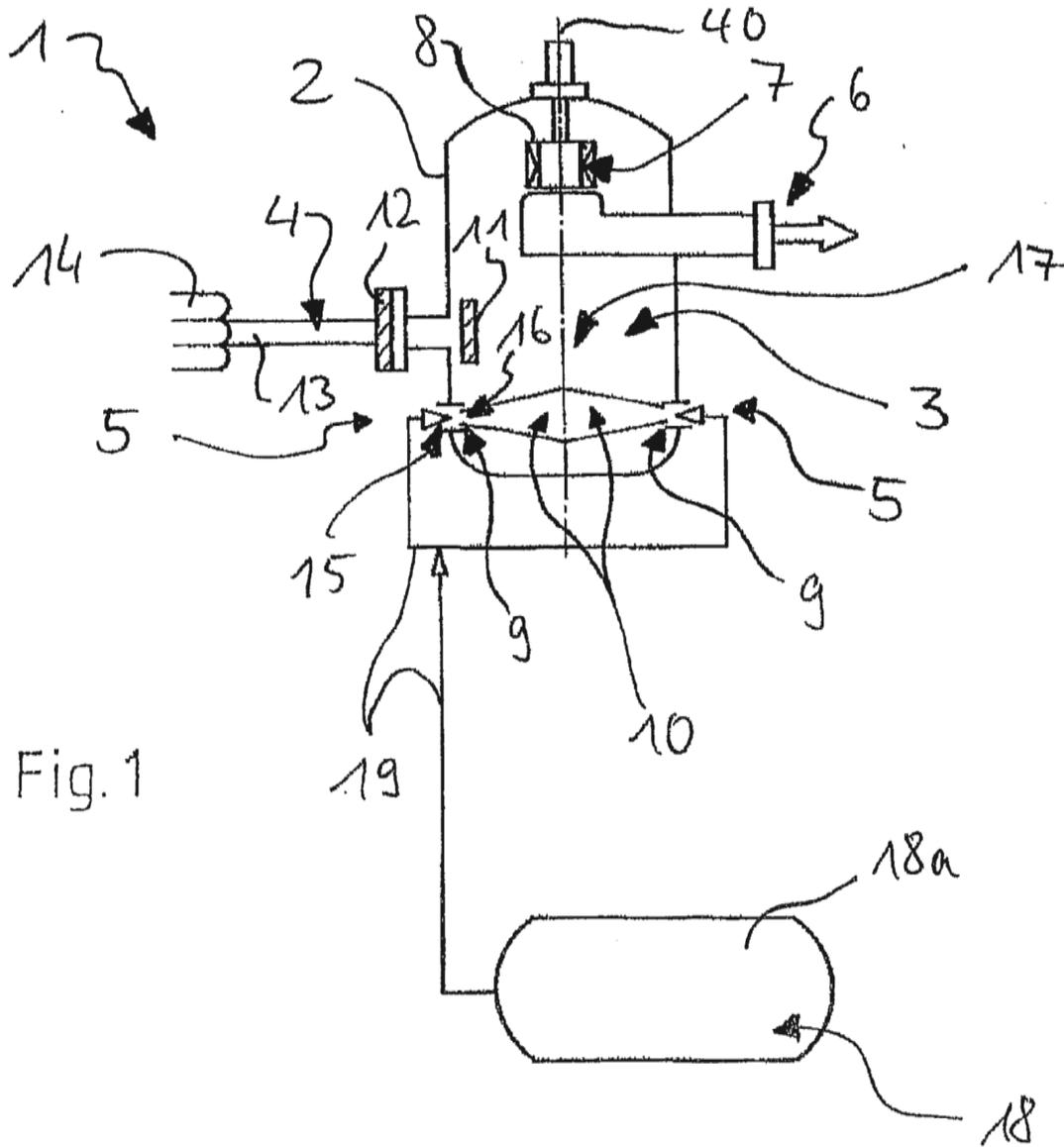
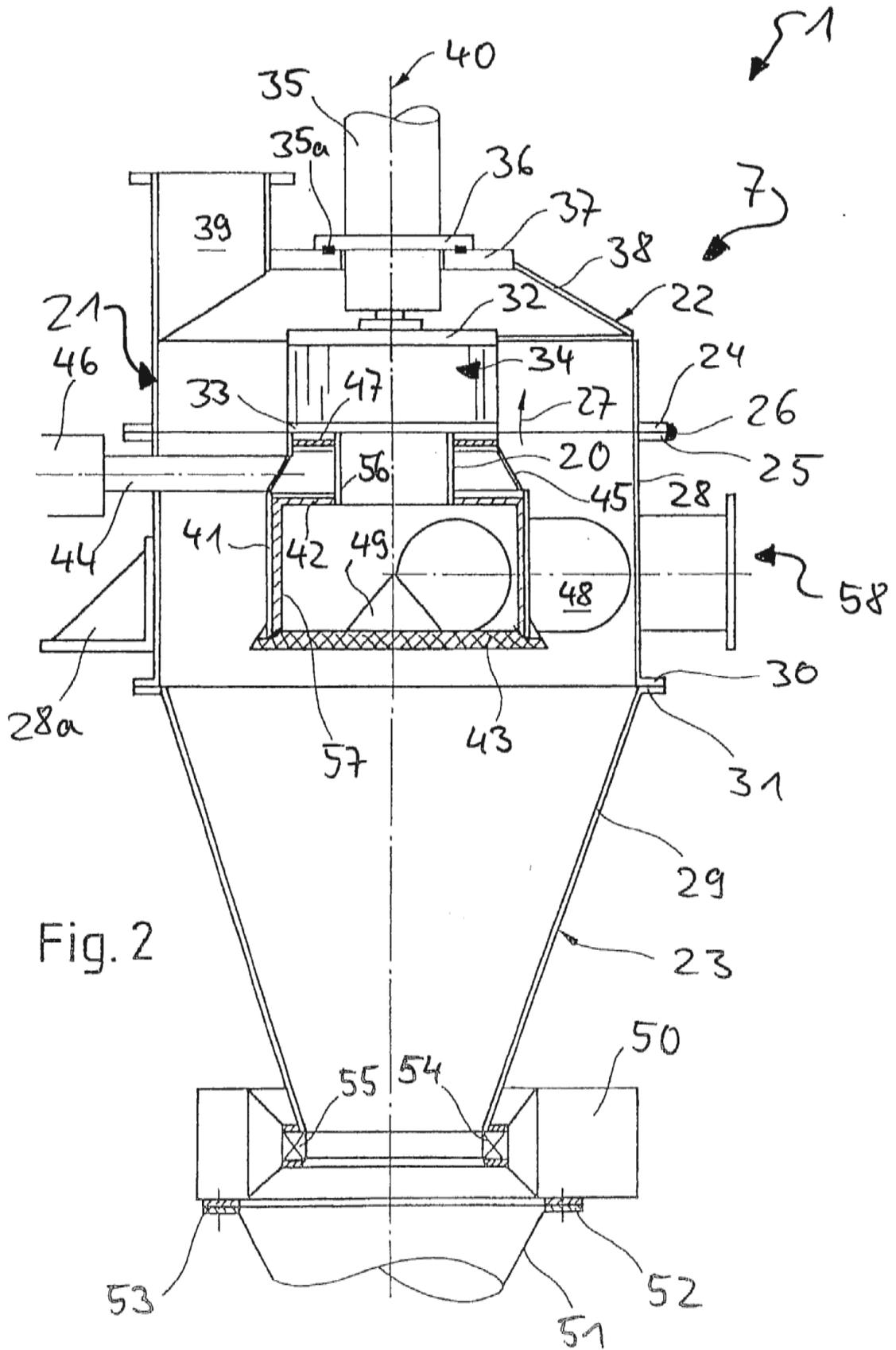


Fig. 1



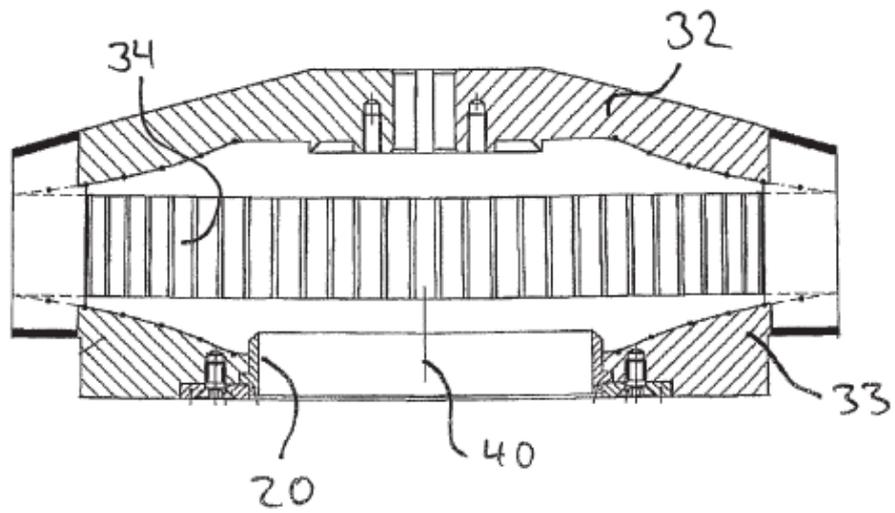


Fig. 3

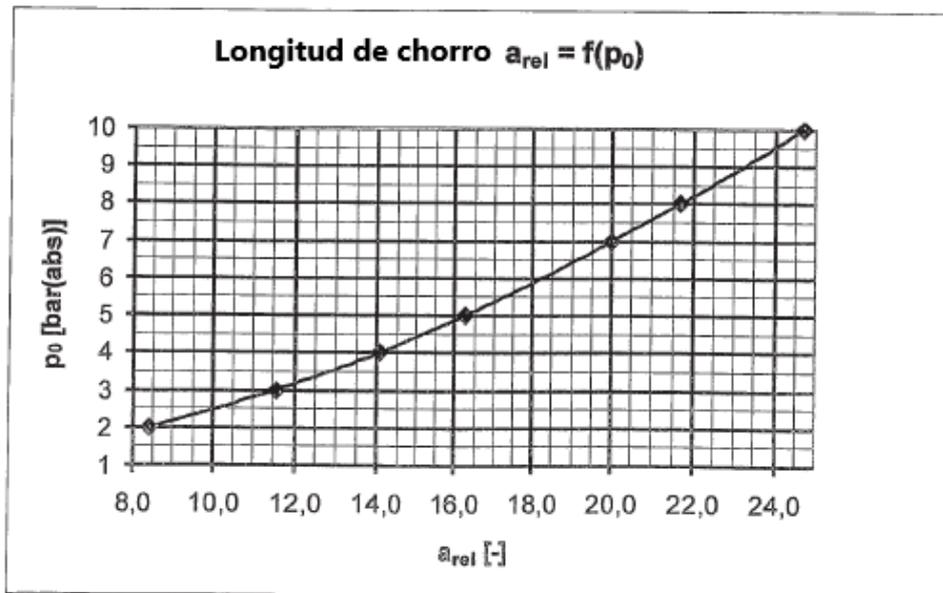


Fig. 4