

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 893**

51 Int. Cl.:

B07B 11/02 (2006.01)

B07B 11/04 (2006.01)

B07B 7/083 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2021** **E 21201374 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2024** **EP 3991858**

54 Título: **Procedimiento de operación para un clasificador y clasificador para la clasificación**

30 Prioridad:

03.11.2020 DE 102020006724

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

03.10.2024

73 Titular/es:

NETZSCH TROCKENMAHLTECHNIK GMBH

(100.0%)

Gebrüder-Netzsch-Strasse 19

95100 Selb, DE

72 Inventor/es:

WINTER, FRANK y

DOMES, JOACHIM

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 980 893 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 de operación para un clasificador y clasificador para la clasificación

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de operación para un clasificador, así como a un clasificador para la clasificación.

10 Del documento DE 102006048864 A1, un procedimiento de operación para un clasificador neumático, así como un correspondiente clasificador neumático, están integrados cada uno en un molino de chorro para la producción partículas muy finas. Este clasificador neumático del molino de chorro contiene una rueda de clasificador y un árbol de rueda de clasificador, así como una carcasa de clasificador. En este caso está definida un intersticio entre la rueda de clasificador y la carcasa de clasificador, y entre el árbol de rueda de clasificador y la carcasa de clasificador está formado un pasaje de árbol. En este clasificador neumático está previsto que tenga lugar un enjuague de intersticio de clasificador y/o pasaje árbol con gases comprimidos de bajo contenido energético, a pesar de que las boquillas de molienda del molino de chorro
15 propiamente dichas se alimentan con vapor recalentado energéticamente rico. Lo particular de esta configuración es la combinación de que se alimentan boquillas de molienda con vapor recalentado energéticamente rico, o sea un medio altamente energético, mientras que en el clasificador se emplean medios de baja energía.

20 Del documento EP2696981 B1 se conoce un procedimiento de operación para un equipo de molino de chorro y un equipo de molino de chorro, cada uno con un clasificador que contiene un árbol de clasificador y para este una carcasa de cojinetes, así como una rueda de clasificador, en donde se utiliza vapor de agua sobrecalentado como medio de producción del equipo de molino de chorro y en donde el suministro de sellados entre el árbol de clasificador y su carcasa de cojinetes, así como entre la rueda de clasificador y una carcasa de salida de material fino del equipo de molino de chorro, tiene lugar con vapor de agua sobrecalentado.

25 El documento EP2959975A1 divulga un procedimiento para la producción de partículas muy finas mediante un molino de chorro, en donde como medio de producción se utiliza un fluido, en particular vapor de agua, que presenta una mayor velocidad de sonido que el aire (343 m/s), y divulga también un molino de chorro para la producción de partículas muy finas, en donde está contenida o asignada una fuente para un medio de producción, en particular vapor de agua, que
30 presenta una mayor velocidad de sonido que el aire (343 m/s).

Los procedimientos y clasificadores conocidos conducen básicamente a buenos resultados. El objetivo de la presente invención es mejorar el procedimiento de operación para un clasificador, así como un clasificador, en el sentido de que las finuras más altas en el producto molido descargado puedan alcanzarse particularmente con respecto a una
35 clasificación con aire o gases inertes.

Este objetivo se consigue con un procedimiento de operación para un clasificador para la clasificación particularmente de material de molienda, en donde al clasificador se le suministra vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación, y en donde la temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación se elige tan baja que apenas no se produce una condensación del vapor de agua sobrecalentado en el clasificador.
40

Además, el objetivo mencionado anteriormente se consigue con un clasificador para la clasificación particularmente de material de molienda, en donde el clasificador contiene un suministro de gas de clasificación con una alimentación de agua para la generación de vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación, y en donde están previstos
45 dispositivos de ajuste o regulación para la temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación y esos están diseñados de tal manera que la temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación se ajusta tan baja que apenas no se produce una condensación del vapor de agua sobrecalentado en el clasificador.

Los inventores han reconocido que el resultado de separación en una clasificación con una rueda de clasificador dinámica depende, entre otros, del gas de proceso, es decir, gas de clasificación, utilizado. De este modo, por medio de la selección del gas de clasificación puede influirse sobre el corte de separación entre el material grueso que, por ejemplo, se le suministra a la molienda ulterior y el material fino que se descarga, como producto de descarga deseado, del clasificador como producto final o para el procesamiento ulterior. Por ejemplo, el punto de corte en la utilización de argón se corre en comparación con el aire, con parámetros de proceso que por lo demás quedan invariables, en un 18% hacia lo grueso:
50

$$dt_{\text{Argón}} = 1,18 dt_{\text{Aire}}$$

en donde

60 $dt_{\text{Argón}}$ = diámetro efectivo de separación Argón (utilización como gas de clasificación)

dt_{Aire} = diámetro efectivo de separación Aire (utilización como gas de clasificación)

65 Expresado de otro modo, ya solo por la utilización de argón en lugar de aire como gas de clasificación, el producto de descarga se descarga más grueso. En este caso, los inventores han descubierto que el punto de corte en la utilización de vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación se corre en comparación con el aire hacia lo fino:

$$dt_{\text{Vapor}} = 0,8 dt_{\text{Aire}}$$

en donde

dt_{Vapor} = diámetro efectivo de separación Vapor de agua (utilización como gas de clasificación)

Verificaciones prácticas han mostrado que en la clasificación con vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación se alcanzan finuras aun significativamente más altas que las que sugiere el factor teórico de 0,8 mencionado anteriormente en comparación con el aire.

Se presume que el punto de corte o la selectividad mejorados al utilizar vapor de agua sobrecalentado en lugar de aire como gas de clasificación realiza una especie de aditivación del producto en el proceso de clasificación, lo cual, además, tiene de manera ventajosa como consecuencia un rendimiento significativamente más alto.

Además, los inventores han reconocido que en la clasificación con vapor de agua sobrecalentado es importante la temperatura de ese gas de clasificación para el resultado. De este modo han descubierto que a temperaturas de gas de clasificación más altas el clasificador separa en forma más gruesa y que de esta forma vale como criterio adicional que, debido al hecho de que el vapor de agua sobrecalentado se condensa al estar debajo de la temperatura de vapor saturado, la temperatura de gas de clasificación debe ubicarse, al usar vapor de agua sobrecalentado, de tal manera que apenas no se produzca una condensación del vapor en el proceso. La enseñanza técnica de esto es que debe procurarse alcanzar un mínimo de la temperatura de gas de clasificación necesaria, es decir, del vapor recalentado o del vapor de agua sobrecalentado:

$$dt_h = (T_h/T_u)^{0,25}$$

en donde

dt_h = diámetro efectivo de separación en función de la temperatura del gas de clasificación

T_h = alta temperatura del gas de clasificación

T_u = baja temperatura del gas de clasificación

Límites de la temperatura para vapor de agua sobrecalentado:

T_u = aprox. 383 K (aprox. 10 K por encima de la temperatura de vapor saturado)

T_h = aprox. 723 K

Otros parámetros dignos de atención que en el marco de la invención y que ventajosamente deben incorporarse en particular en la selección y el ajuste de la temperatura del gas de clasificación tanto en lo que se refiere al procedimiento como a la automatización por medio de correspondientes dispositivos de sensores y determinación, y en cada caso individualmente o en cualquier combinación son:

- la presión absoluta en la entrada de clasificador en bar(a)
- la capacidad calorífica del producto de clasificación en J/kgK
- la temperatura del material de clasificación en K
- la cantidad de carga del producto en kg/h
- el aporte de energía del compresor de gas de clasificación / gas de proceso
- el aporte de energía por el clasificador
- la masa del agua inyectada para la generación de vapor y enfriamiento del gas de proceso en kg/h
- pérdidas de flujo de calor por radiación al entorno en W

Ventajosamente, en el procedimiento de operación para un clasificador para la clasificación particularmente de material de molienda puede estar previsto, además, que el vapor de agua sobrecalentado se emplee en un proceso de gas recirculante. Como perfeccionamiento preferido y ventajoso puede estar previsto en este caso que el vapor de agua sobrecalentado necesario se genere por medio del suministro de agua líquida.

Otra configuración preferiblemente ventajosa del procedimiento de operación para un clasificador para la clasificación particularmente de material de molienda consiste en que al clasificador también se le suministre vapor de agua sobrecalentado para el enjuague de un intersticio de clasificador del clasificador y/o para proteger los cojinetes del clasificador contra suciedad de producto.

El procedimiento de operación para un clasificador para la clasificación particularmente de material de molienda puede estar perfeccionado con ventaja por el hecho de que para impulsar el flujo de gas de clasificación se genera, dado el caso, en el circuito una diferencia de presión con un soplador de gas de clasificación o compresor de gas de clasificación. En este caso puede estar preferiblemente previsto, además, que la diferencia de presión se ajuste o se regule en función de las resistencias de equipo, en donde puede estar previsto más aun en particular que se utilice la temperatura del vapor

de agua sobrecalentado en relación con el calentamiento y la descarga del material de clasificación para el ajuste y la regulación de la temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación en el clasificador.

5 Aun otra configuración preferida para el procedimiento de operación para un clasificador para la clasificación particularmente de material de molienda consiste en que la temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación se realiza por medio de ajuste o regulación de cantidad y/o temperatura de agua líquida que se introduce en el gas de clasificación.

10 El clasificador puede estar perfeccionado con ventaja por el hecho de que está contenido un circuito para el vapor de agua sobrecalentado. Puede estar previsto alternativa o adicionalmente que estén contenidos y diseñados dispositivos de enjuague para un intersticio de clasificador del clasificador y/o para proteger los cojinetes del clasificador contra suciedad de producto para suministrarles vapor de agua sobrecalentado a los puntos correspondientes.

15 Aun otra configuración ventajosa del clasificador consiste en que está contenido un soplador de gas de clasificación o compresor de gas de clasificación para impulsar el flujo de gas de clasificación, dado el caso, en el circuito por medio de una diferencia de presión. En este caso puede estar previsto en forma preferencial que están previstos dispositivos de ajuste o regulación para el soplador de gas de clasificación o el compresor de gas de clasificación para ajustar o regular la diferencia de presión en función de las resistencias de equipo, lo cual puede estar aun más perfeccionado por medio de al menos una sonda de temperatura para el vapor de agua sobrecalentado, que está asignada a la salida del clasificador y acoplada funcionalmente a los dispositivos de ajuste o regulación para la temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación, de modo que la salida de esa sonda de temperatura se utiliza como entrada, que debe tenerse en consideración, de los dispositivos de ajuste o regulación para la temperatura del vapor de agua sobrecalentado.

25 Además, puede estar previsto ventajosamente en el clasificador que la alimentación de agua esté acoplada a los dispositivos de ajuste o regulación para la temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación y diseñada de tal manera que a través de estos estén realizados el ajuste o la regulación de la temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación por medio de ajuste o regulación de cantidad y/o temperatura de agua líquida que se introduce en el gas de clasificación.

30 Otras configuraciones preferidas y/o ventajosas de la invención y sus distintos aspectos se obtienen de combinaciones de las reivindicaciones dependientes, así como de toda la presente documentación de solicitud.

35 A continuación se mencionan algunas explicaciones ejemplares para configuraciones concretas y meramente a modo de ejemplo se explican ejemplos de fabricación de la invención tomando como referencia el dibujo, en el que

la figura 1 es un croquis esquemático de un proceso según la invención con un clasificador,

40 la figura 2 son parámetros de proceso de un primer ejemplo de cálculo, y

la figura 3 son parámetros de proceso de un segundo ejemplo de cálculo.

45 En base a los ejemplos de fabricación y aplicación descritos se explica la invención en detalle meramente en forma ejemplar, es decir, no está limitada a esos ejemplos de fabricación y aplicación. De descripciones de dispositivo, respectivamente de procedimiento, también se obtienen en cada caso en forma análoga características de procedimientos y de dispositivos.

50 Distintas características que se mencionan y/o están representadas en relación con un ejemplo de fabricación concreto no están limitadas a este ejemplo de fabricación o la combinación con las demás características de ese ejemplo de fabricación, sino que en el marco de lo técnicamente posible pueden combinarse con cualesquiera otras variantes aun cuando no se las trate en forma separada en la presente documentación.

55 En la figura 1 está ilustrado un ejemplo de fabricación de un clasificador 1 en un croquis esquemático en el que están ilustrados meramente en forma ejemplar los distintos componentes del clasificador 1 y sus conexiones. Las relaciones de tamaño de los componentes del clasificador 1 representados en la figura 1 no se corresponden con la realidad, sino que se eligieron de la manera dada meramente para la comprensión y por motivos de reconocimiento.

60 El procedimiento subyacente es un procedimiento para la clasificación, es decir, para la clasificación particularmente de material de molienda en particular, pero no obligadamente, de un molino (no mostrado), como, por ejemplo, un molino de chorro, con vapor de agua sobrecalentado preferiblemente, pero no limitado a ello, en un proceso de gas recirculante, en donde en la secuencia de proceso el clasificador 1 puede estar integrado, dado el caso, aguas arriba de una salida de material de molienda en el molino o conectado aguas abajo como aparato separado del molino, es decir, de su salida de material de molienda.

65 El clasificador 1 contiene una rueda de clasificador 2 dinámica que está dispuesta rotativamente alrededor de un eje de rueda de clasificador (no mostrado) en una carcasa de clasificador 3 y está distanciada de la pared interna (no marcada)

de la carcasa de clasificador 3 por medio de un denominado intersticio de clasificador (no mostrado). La rueda de clasificador 2 está apoyada rotativamente en al menos un cojinete (no mostrado) del clasificador 1 para llevar a cabo su capacidad de rotación.

A continuación se describe un ejemplo de fabricación, que debe entenderse meramente para la ilustración de la estructura y el procedimiento de operación del clasificador 1, con otros detalles tomando como referencia la figura 1. Esta descripción contiene la generación de vapor de agua sobrecalentado y del proceso de gas recirculante, lo cual debe entenderse todo solo como una posibilidad en cada caso. El vapor de agua sobrecalentado también puede proporcionarse y suministrarse de otra manera, así como usarse también usarse fuera del proceso de gas recirculante. En particular, esto significa que el proceso de clasificación con vapor de agua sobrecalentado permite que se lo represente básicamente en la operación de gas recirculante, como también en la operación de gas pasante. Sin embargo, la demanda de energía del proceso de gas recirculante está de manera particularmente ventajosa en el orden de solo aproximadamente 5% de la operación en el gas pasante. Esto está relacionado con el hecho de que en la operación abierta el vapor de agua sale sobrecalentado del equipo y se pierde irreversiblemente.

El flujo de producto en el clasificador 1 es como sigue:

Un material de clasificación S que, p. ej., proviene de un molino (no mostrado) o de su espacio de molienda (no mostrado) se le suministra al clasificador 1 mediante una carga de material de clasificación como entrada de clasificador 4. Para separar el proceso de la atmósfera, el material de clasificación S se introduce en la carcasa de clasificador 3, por ejemplo, pero no obligadamente, dosificado mediante una exclusiva de rueda celular como exclusiva de carga 5. Un material grueso G que se debe continuar moliéndose o volverse a moler, o que se descarta porque aun es demasiado grueso, sale del clasificador 1 a través de, por ejemplo, una exclusiva de material grueso 6.

Un material fino F que cumple con las especificaciones finales deseadas pasa por la rueda de clasificador 2 y se lo transporta con gas de clasificación a un filtro 7 y sale de este filtro 7 a través de, por ejemplo, una exclusiva de material fino 8 para concluir frente a la atmósfera. El gas de clasificación se transfiere al menos en gran parte a un compresor de gas de clasificación o en general de gas de proceso 9 que tiene conectado aguas arriba, para su protección, por ejemplo, un filtro de seguridad o de control 10.

Ahora se realiza una descripción del flujo del flujo de gas de clasificación o, referido al clasificador, en general de gas de proceso para el ejemplo de fabricación representado esquemáticamente en la figura 1.

El compresor de gas de clasificación que, p. ej., puede realizarse por medio de un soplador de gas de clasificación 9 y marcarse como tal genera la diferencia de presión necesaria para transportar en el circuito el gas de proceso y en particular el gas de clasificación en el ejemplo mostrado. En este caso, el soplador de gas de clasificación/proceso o el compresor de gas de clasificación/proceso 9 debe diseñarse ventajosamente de tal manera que puedan superarse todas las resistencias del equipo para generar un flujo de gas de proceso estable y particularmente un flujo de gas de clasificación.

El gas de proceso en forma de vapor de agua sobrecalentado se divide en tres flujos parciales:

- 1) gas de clasificación
- 2) gas de intersticio para el enjuague del intersticio de clasificador
- 3) gas de cojinetes para proteger los cojinetes contra suciedad de producto.

Para todos los 3 flujos de gas parciales que en suma dan como resultado el flujo de gas de proceso, pero del cual para los aspectos según la invención para producir una mayor/mejor finura del material fino F solo es importante el flujo de gas de clasificación, por lo cual en la descripción también se lo pone al mismo nivel que ese último, se usa vapor de agua sobrecalentado. Es ventajoso y, por lo tanto, preferible procurar de en lo posible no suministrar aire al proceso de gas recirculante. Esto ocasionaría una dilución del gas de proceso y un cambio de las viscosidades y densidades, lo cual desplazaría la separación del clasificador hacia lo grueso.

Es, entre otros, ventajoso si el cojinete (no mostrado) y también el intersticio de clasificador (no mostrado) del clasificador 1 también se enjuagan con vapor de agua sobrecalentado que se desvía del flujo de gas de clasificación para ese propósito.

Otros componentes del ejemplo de fabricación, que se muestra en la figura 1, del clasificador 1 son una tubería 11, válvulas de inyección de agua 12, una válvula reguladora 13, un sensor de temperatura 14, un sensor de presión de operación 15, un sensor de presión de tubería de alimentación 16, una válvula reguladora 17, una alimentación de agua 18 y una salida de vapor de escape 19.

Debido al hecho de que el vapor de agua sobrecalentado se condensa al estar debajo de la temperatura de vapor saturado, la temperatura de gas de clasificación debe ubicarse, al utilizar vapor de agua sobrecalentado, de tal manera que apenas no se produzca una condensación del vapor en el proceso. Expresado de otra manera, debe procurarse aquí un mínimo de la temperatura de gas de clasificación necesaria,

$$d_{th} = (T_h/T_u)^{0,25}$$

en donde

- 5 d_{th} = diámetro efectivo de separación en función de la temperatura del gas de clasificación
 T_h = alta temperatura del gas de clasificación
 T_u = baja temperatura del gas de clasificación

Límites de la temperatura para vapor de agua sobrecalentado:

- 10 T_u = aprox. 383 K (aprox. 10 K por encima de la temperatura de vapor saturado)
 T_h = aprox. 723 K

- 15 Otros parámetros dignos de atención que en el marco de la invención y que ventajosamente deben incorporarse en particular en la selección y el ajuste de la temperatura del gas de clasificación tanto en lo que se refiere al procedimiento como a la automatización por medio de correspondientes dispositivos de sensores y determinación, y en cada caso individualmente o en cualquier combinación son:

- 20 - la presión absoluta en la entrada de clasificador en bar(a)
- la temperatura del material de clasificación en K
- la capacidad calorífica del material de clasificación S en J/kgK
- la cantidad de carga del producto en kg/h
- el aporte de energía del compresor de gas de proceso
- el aporte de energía por el clasificador
25 - la masa del agua inyectada para la generación de vapor y enfriamiento del gas de proceso en kg/h
- pérdidas de flujo de calor por radiación al entorno en W, pueden despreciarse en el caso aislamiento suficiente y trazas de calor (ver la figura 1, caracteres de referencia 6, 7, 8)

A continuación se aborda en forma ejemplar y al respecto detallada la generación del vapor de agua sobrecalentado.

- 30 En el proceso de gas recirculante se suministran y evacúan flujos de energía. Con una suposición admisible de un sistema adiabático en el proceso de gas recirculante puede realizarse un balance de energía.

Flujos de energía suministrados: Q.a

- 35 - producto (material de clasificación S) Q. = $\dot{m} \cdot c_p \cdot T$
- clasificador (accionamiento) Q. = Pw (potencia de árbol)
- soplador de gas de proceso Q. = Pw (potencia de árbol)
- agua líquida Q. = $\dot{h} \cdot m$

Flujos de energía evacuados: Q.de

- 40 - material fino F Q. = $\dot{m} \cdot c_p \cdot T$
- material grueso G Q. = $\dot{m} \cdot c_p \cdot T$
45 - vapor de escape O. = $\dot{m} \cdot h$

Diferencia de los flujos de energía:

- 50 $dQ. = \dot{m} \text{ H}_2\text{O} \cdot (h \text{ vapor de escape} - h \text{ H}_2\text{O líquido})$
en donde
Q. = cantidad de calor en Watt
m = flujo másico kg/s
cp = capacidad calorífica en J/kgK
T = temperatura en K
55 h = entalpía en J/kg

La diferencia de los flujos de energía se usa para evaporar y sobrecalentar el agua líquida adicionada.

- 60 En este caso es determinante en el ejemplo de fabricación mostrado que la cantidad adicionada del agua líquida suministrada mediante la alimentación de agua 18 se realice de tal manera que el vapor de agua que se produce esté presente en forma sobrecalentada en cada punto del equipo por medio de la diferencia de los flujos de energía. La alimentación de agua 18 está conectada, en dirección de flujo del gas de clasificación o proceso, aguas abajo del soplador de gas de clasificación o proceso, donde se encuentra el nivel más alto de temperatura en el equipo, es decir, del clasificador 1 con todos sus componentes.

65

Se abordará ahora detalladamente la regulación de temperatura en el proceso de gas recirculante en el ejemplo de fabricación tratado presentemente.

Para asegurar que el vapor de agua esté presente en forma sobrecalentada en todos los puntos del equipo, es decir, del clasificador 1, se mide la temperatura de gas recirculante en diferentes puntos del equipo.

Como magnitud de regulación se emplea la temperatura aguas abajo del clasificador 1. Como es de esperar, se produce aquí la mayor caída de temperatura debido al calentamiento y la descarga del material de clasificación. Esta caída de temperatura puede calcularse. En función de la temperatura aguas abajo del clasificador 1 se suministra una cantidad de agua definida en estado líquido aguas abajo del compresor de gas de clasificación o proceso. La cantidad de agua a suministrar se elige de tal manera que aguas arriba del compresor de gas de clasificación o de gas de proceso haya una diferencia de temperatura suficiente por encima de la temperatura de vapor saturado (aprox. $\Delta T = 10$ a 100 K).

Para el ajuste o la regulación de la cantidad de agua a suministrar pueden tenerse en consideración los siguientes parámetros, lo cual está realizado mediante correspondientes sensores (no mostrados), así como dispositivos de ajuste o regulación 20:

- la presión absoluta del gas de proceso aguas arriba del compresor de gas de proceso en bar(a)
- la capacidad calorífica del material de clasificación S en J/kgK
- temperatura del material de clasificación en K
- la cantidad de carga del producto en kg/h
- el aporte de energía del compresor de gas de proceso
- el aporte de energía por el clasificador

Por medio de la entalpía de evaporación del agua se refrigera el proceso y, por consiguiente, se lo mantiene en un nivel de temperatura constante. En este caso se produce vapor de agua sobrecalentado. Debe evitarse en cualquier caso estar por debajo de la temperatura de vapor saturado, dado que de lo contrario se produce condensado y, por lo tanto, ya no es posible un modo de operación seguro del proceso. Dado que la temperatura de vapor saturado es función de la presión, esta presión se mide en el equipo, es decir, en el clasificador 1, preferiblemente en forma continua y de ello se calcula la temperatura de vapor saturado. Una equiparación con las temperaturas reales tiene lugar preferiblemente también en forma continua.

Para asegurar que no tenga lugar una pérdida de flujo de calor al entorno, el equipo completo, es decir, el clasificador 1, está aislado preferiblemente en forma termosellada. Los órganos de ingreso, en particular exclusiva de rueda celular como exclusiva de carga 5, y los órganos de descarga, en particular exclusiva de material grueso 6 y exclusiva de material fino 8, así como filtro 7 y filtro de seguridad o control 10 están equipados ventajosamente con trazas de calor adicionales.

Para el ejemplo de fabricación en cuestión se indicarán ahora algunos detalles para la regulación de presión en el proceso de gas recirculante.

La cantidad de agua suministrada que se evapora y sobrecalienta debido a las diferencias de energía entre el ingreso y la descarga en el proceso de gas recirculante debe volver a salir del circuito, dado que de lo contrario aumentaría la presión en el equipo. Para ello está instalado aguas arriba de la carcasa de clasificador 3 un sensor de presión de operación 15 que regula la presión de equipo mediante la válvula reguladora 13 o una correspondiente mariposa de regulación. En función de la cantidad de agua suministrada y la cantidad de gas evacuada es posible ajustar de este modo cualquier presión de equipo arbitraria o necesaria. Por medio de esta cantidad de agua que pasa a ser vapor de agua sobrecalentado se descargan del proceso el aire que se encuentra en el equipo y el aire suministrado por el producto durante la operación.

Otra regulación de presión mediante el sensor de presión de tubería de alimentación 16 y la válvula reguladora 17 está prevista aguas arriba del compresor de gas de clasificación o de clasificación o de gas de proceso 9. Con ello puede aumentarse la resistencia total del equipo en caso de necesidad. Esto tiene como consecuencia que el aporte de energía se aumenta por medio del soplador de gas de clasificación/proceso o del compresor de gas de clasificación/proceso 9. En el caso de muy altos caudales y, por consiguiente, enfriamiento más intenso del gas de proceso durante el proceso de clasificación, eso puede ser necesario por la extracción de material grueso G y material fino F.

A modo de ejemplo se muestran en las figuras 2 y 3 curvas características de equipo / parámetros de proceso / parámetros de operación. Para ello se realizaron distintos cálculos para mostrar en qué medida cambian los parámetros de proceso y las cantidades de agua, a suministrarse, en función de los parámetros de operación. Los correspondientes cálculos se realizaron en forma ejemplar para un tipo de clasificador. Es posible realizar un escalado a otros tamaños.

Para un primer ejemplo de cálculo se representan en las siguientes tablas los parámetros de operación:

Inyección de agua kg/h 13,42

Presión aguas abajo de soplador	mbar(g)	0
Temperatura de gas aguas abajo de clasificador	°C	120
Flujo másico Producto	kg/h	75
Capacidad calorífica Producto	J/kgK	1000
Temperatura de entrada de producto	°C	20
Temperatura de salida de producto	°C	60
Potencia de árbol Soplador	kW	10,9
Potencia de árbol Clasificador	kW	1

5 Cálculo del flujo másico del vapor

Flujo másico clasificador	250	kg/h
Intersticio	75	kg/h
Aditivo	0	kg/h
Cojinete	10	kg/h
Total	335	kg/h

Pérdida de presión a lo largo de los componentes de equipo

10

Clasificador	300	mbar
Filtro de producto	15	mbar
Filtro de seguridad	10	mbar
Pérdida de presión total a lo largo de los componentes de equipo	325	mbar

Pérdida de presión en las tuberías

15

Clase S y filtro	1	mbar
Tubería entre filtro y filtro de seguridad	1	mbar
Tubería entre filtro de seguridad y soplador	1	mbar
Tubería entre soplador y clase S	2	mbar
Pérdida de presión total en las tuberías	5	mbar

Los valores para los puntos de medición A a I en la figura 2 están representados en la siguiente tabla en aras de una mejor claridad:

20

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	aguas arriba de clasificador	aguas abajo de clasificador	aguas arriba de filtro de producto	aguas abajo de filtro de producto	aguas arriba de filtro de seguridad	aguas abajo de filtro de seguridad	aguas arriba de soplador	aguas abajo de soplador	aguas abajo de suministro de agua
Presión [mbar (g)]	-2	-202	-203	-318	-319	329	330	0	0
Volumen de vapor total [m³/h]	607	870	872	891	892	905	907	697	608
Temperatura [°C]	119	120	120	120	120	120	120	178	119
Temperatura de vapor saturado [°C]	99,9	91,4	91,4	90,9	90,8	90,5	90,5	100,0	100,0
Suministro de agua [kg/h]	0	0	0	0	0	0	0	0	13,42

ES 2 980 893 T3

Para un segundo ejemplo de cálculo se representan en las siguientes tablas los parámetros de operación (modificación de la capacidad de carga del clasificador 1 y reducción de la cantidad de vapor circulante y de la presión de equipo aguas abajo del compresor de gas de proceso 9):

Inyección de agua kg/h 8,29

Presión aguas abajo del soplador	mbar(g)	60
Temperatura de gas aguas abajo del clasificador	°C	120
Flujo másico Producto	kg/h	250
Capacidad calorífica Producto	J/kgK	1000
Temperatura de entrada de producto	°C	20
Temperatura de salida de producto	°C	60
Potencia de árbol Soplador	kW	8,0
Potencia de árbol Clasificador	kW	1

Cálculo del flujo másico del vapor

Flujo másico Clasificador	150	kg/h
Intersticio	75	kg/h
Aditivo	0	kg/h
Cojinete	10	kg/h
Total	235	kg/h

Pérdida de presión a lo largo de los componentes de equipo

Clasificador	300	mbar
Filtro de producto	15	mbar
Filtro de seguridad	10	mbar
Pérdida de presión total a lo largo de los componentes de equipo	325	mbar

Pérdida de presión en las tuberías

Clase S y filtro	1	mbar
Tubería entre filtro y filtro de seguridad	1	mbar
Tubería entre filtro de seguridad y soplador	1	mbar
Tubería entre soplador y clase S	2	mbar
Pérdida de presión total en las tuberías	5	mbar

En la figura 3 están representados los parámetros de proceso. Los valores para los puntos de medición A a I en la figura 3 están representados en la siguiente tabla en aras de una mejor claridad:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	aguas arriba de clasificador	aguas abajo de clasificador	aguas arriba de filtro de producto	aguas abajo de filtro de producto	aguas arriba de filtro de seguridad	aguas abajo de filtro de seguridad	aguas arriba de soplador	aguas abajo de soplador	aguas abajo de suministro de agua
Presión [mbar (g)]	58	-242	-243	-258	-259	-269	-270	60	60
Volumen de vapor total [m³/h]	417	562	563	574	575	683	584	470	417
Temperatura [°C]	134	120	120	120	120	120	120	186	134
Temperatura de vapor saturado [°C]	101,4	93,3	93,3	92,8	92,8	92,5	92,4	101,5	101,5
Suministro de agua [kg/h]	0	0	0	0	0	0	0	0	8,29

Para el procedimiento de operación para el clasificador 1 para la clasificación particularmente de material de molienda, así como para ese clasificador 1 en lo referente a la automatización, deben mencionarse o resaltarse todavía las siguientes características del proceso como efectos y posibilidades de diseño individuales o combinables:

- 5 - elección del gas de proceso - vapor de agua sobrecalentado para separaciones más finas y mayores rendimientos
- enjuague de los cojinetes con el gas de proceso (vapor de agua sobrecalentado) para impedir una dilución del gas de proceso
- 10 - adición de H₂O líquido para la regulación de temperatura del gas de proceso
- adición de H₂O líquido para la generación del gas de proceso (vapor de agua sobrecalentado)
- 15 - regulación de la adición de agua en función de la temperatura de vapor saturado
- regulación de la adición de agua en función de los flujos de cantidad de calor suministrados y evacuados
- 20 - ajuste de la temperatura de vapor saturado por medio de regulación de presión variable en el equipo
- suministro de la adición de agua aguas abajo del soplador de gas de clasificación / de gas de proceso alcanzar una evaporación y un sobrecalentamiento que sean lo más efectivos posible
- 25 - modificación de la potencia de árbol del soplador de gas de clasificación / de gas de proceso y con ello ajuste variable del aporte de energía al proceso mediante regulación dependiente de la presión aguas arriba del compresor de gas de clasificación / de gas de proceso
- 30 - sistema adiabático: compensación de pérdidas de calor por medio de trazas de calor en los filtros, órganos de ingreso y descarga y aislación de las tuberías
- modo de operación del proceso en el sistema de gas recirculante
- 35 - el requerimiento de energía en el modo de operación en el sistema de gas recirculante está en el orden de aprox. 5% del correspondiente en el modo de operación abierto
- el modo de operación abierto es posible.
- 40 Otra regulación de presión mediante el sensor de presión de tubería de alimentación 16 y la válvula reguladora 17 puede estar prevista aguas arriba del compresor de gas de clasificación o de proceso 9. Con ello puede aumentarse la resistencia total del equipo en caso de necesidad. Esto tiene como consecuencia que el aporte de energía se aumenta por medio del soplador de gas de clasificación/proceso o del compresor de gas de clasificación/proceso 9. En el caso de muy altos caudales y, por consiguiente,
- 45 enfriamiento más intenso del gas de proceso durante el proceso de clasificación, eso puede posibilitar una compensación ventajosa por la extracción de material grueso G y material fino F.

50 La invención está presentada en la descripción meramente en forma ejemplar en base al ejemplo de fabricación y formas de fabricación preferidas y no está limitada estos, sino que comprende todas las variaciones, modificaciones, sustituciones y combinaciones que el experto en la materia puede extraer de la presente documentación, en particular en el marco de las reivindicaciones y de las presentaciones generales en la introducción de la descripción, así como de la descripción de los ejemplos de fabricación, y combinar con su conocimiento experto, así como con el estado de la técnica.

55

60

65

Lista de caracteres de referencia

5	1	clasificador
	2	rueda de clasificador
	3	carcasa de clasificador
	4	carga de producto de clasificación, entrada de clasificador
	5	esclusa de carga
10	6	esclusa de material grueso
	7	filtro
	8	esclusa de material fino
	9	soplador de gas de clasificación o compresor de gas de clasificación, respectivamente soplador de gas de proceso o compresor de gas de proceso
15	10	filtro de seguridad o control
	11	tubería
	12	válvulas de inyección de agua
	13	válvula reguladora
	14	sonda de temperatura, sensor de temperatura
20	15	sensor de presión de operación
	16	sensor de presión de tubería de alimentación
	17	válvula reguladora
	18	alimentación de agua
	19	salida de vapor de escape
25	20	dispositivos de ajuste o regulación
	F	material fino
	G	material grueso
	S	material de clasificación
30		

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de operación para un clasificador (1) para la clasificación, caracterizado porque al clasificador (1) se le suministra vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación, y porque la temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación se elige tan baja que apenas no se produce una condensación del vapor de agua sobrecalentado en el clasificador (1).
5
2. Procedimiento de operación para un clasificador (1) para la clasificación según la reivindicación 1, caracterizado porque la temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación se ajusta o regula en función de
10
 - la presión absoluta en una entrada de clasificador (4) en bar(a),
 - la temperatura del material de clasificación,
 - 15 - la capacidad calorífica de un material de clasificación (S) en J/kgK,
 - una cantidad de carga del producto en kg/h,
 - el aporte de energía de un compresor de gas de clasificación / gas de proceso (9) contenido,
 - el aporte de energía por el clasificador (1),
 - 20 - la masa del agua inyectada para la generación de vapor y el enfriamiento del gas de clasificación en kg/h, y/o
 - pérdidas de flujo de calor por radiación al entorno en W.
3. Procedimiento de operación para un clasificador (1) para la clasificación según las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque el vapor de agua sobrecalentado se emplea en un proceso de gas recirculante, en donde el vapor de agua sobrecalentado necesario se genera preferiblemente por medio del suministro de agua líquida.
25
30
4. Procedimiento de operación para un clasificador (1) para la clasificación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque al clasificador (1) se le suministra vapor de agua sobrecalentado también para el enjuague de un intersticio de clasificador del clasificador (1) y/o para proteger los cojinetes del clasificador (1) contra suciedad de producto.
35
5. Procedimiento de operación para un clasificador (1) para la clasificación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque para impulsar el flujo del gas de clasificación se genera, dado el caso, en el circuito una diferencia de presión con un soplador de gas de clasificación o compresor de gas de clasificación (9).
40
6. Procedimiento de operación para un clasificador (1) para la clasificación según la reivindicación 5, caracterizado porque la diferencia de presión se ajusta o regula en función de resistencias de equipo.
45
7. Procedimiento de operación para un clasificador (1) para la clasificación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la temperatura del vapor de agua sobrecalentado se utiliza, en relación con el calentamiento y la descarga del material de clasificación, para el ajuste o la regulación de la temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación en el clasificador (1).
50
8. Procedimiento de operación para un clasificador (1) para la clasificación según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación se realiza por medio de ajuste o regulación de la cantidad y/o temperatura de agua líquida que se introduce en el gas de clasificación.
55
60
9. Clasificador (1) para la clasificación,
65

- 5
10
15
20
25
30
35
40
45
- caracterizado porque
el clasificador (1) contiene un suministro de gas de clasificación con una alimentación de agua (18)
para la generación de vapor de agua sobrecalentado como vapor de clasificación, y porque están
previstos dispositivos de ajuste o regulación (20) para la temperatura del vapor de agua
sobrecalentado como gas de clasificación y esos están diseñados de tal manera que la
temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación se ajusta tan baja que
apenas no se produce una condensación del vapor de agua sobrecalentado en el clasificador (1).
10. Clasificador (1) según la reivindicación 9,
caracterizado porque
está contenido un circuito para el vapor de agua sobrecalentado.
11. Clasificador (1) según las reivindicaciones 9 o 10,
caracterizado porque
están contenidos y diseñados dispositivos de enjuague para un intersticio de clasificador del
clasificador (1) y/o para proteger los cojinetes del clasificador (1) contra suciedad de producto para
suministrarles vapor de agua sobrecalentado a los puntos correspondientes.
12. Clasificador según una de las reivindicaciones 9 a 11,
caracterizado porque
está contenido un soplador de gas de clasificación o compresor de gas de clasificación (9) para
impulsar el flujo del gas de clasificación, dado el caso, en el circuito por medio de una diferencia
de presión.
13. Clasificador según la reivindicación 12,
caracterizado porque
los dispositivos de ajuste o regulación (20) para el soplador de gas de clasificación o el compresor
de gas de clasificación (9) están previstos para ajustar o regular la diferencia de presión en función
de las resistencias de equipo.
14. Clasificador según la reivindicación 13,
caracterizado porque
al menos una sonda de temperatura (14) para el vapor de agua sobrecalentado le está asignada
a la salida del clasificador y está acoplada funcionalmente a los dispositivos de ajuste o regulación
(20) para la temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación, de modo
que la salida de la sonda de temperatura (14) se utiliza como entrada, que debe tenerse en
consideración, de los dispositivos de ajuste o regulación (20) para la temperatura del vapor de
agua sobrecalentado.
15. Clasificador (1) según una de las reivindicaciones 9 a 14,
caracterizado porque
la alimentación de agua (18) está acoplada a los dispositivos de ajuste o regulación (20) para la
temperatura del vapor de agua sobrecalentado como gas de clasificación y están diseñados de tal
manera que a través de esos están realizados el ajuste o la regulación de la temperatura del vapor
de agua sobrecalentado como gas de clasificación por medio de ajuste o regulación de la cantidad
y/o temperatura de agua líquida que se introduce en el gas de clasificación.

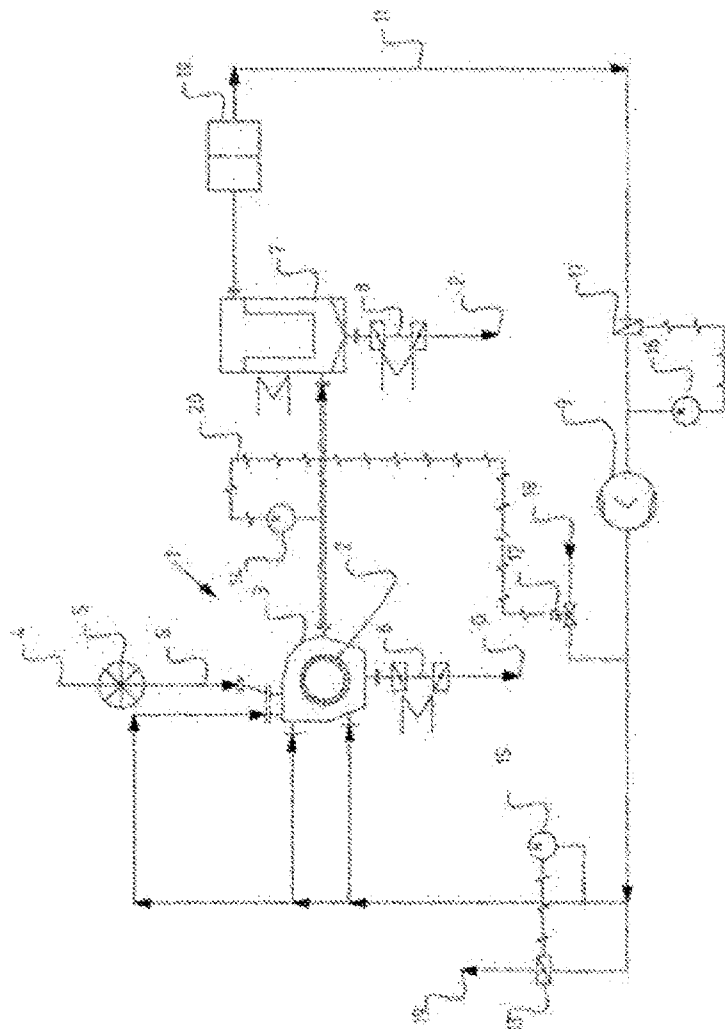


Fig. 1

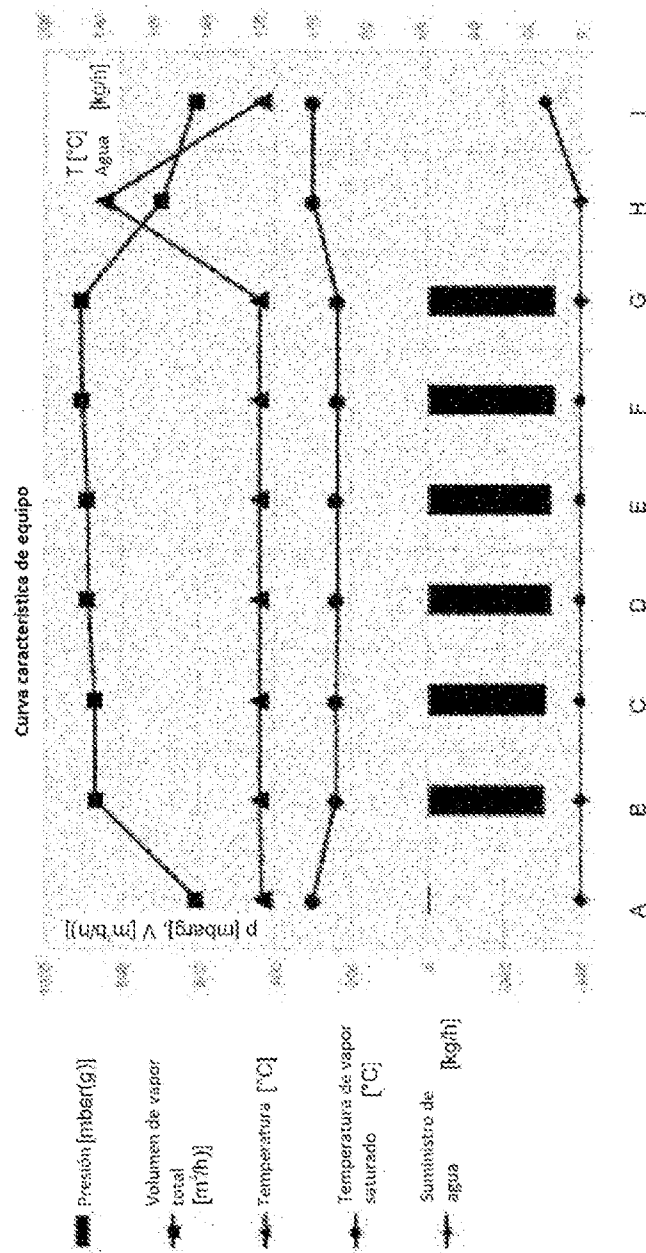


Fig. 2

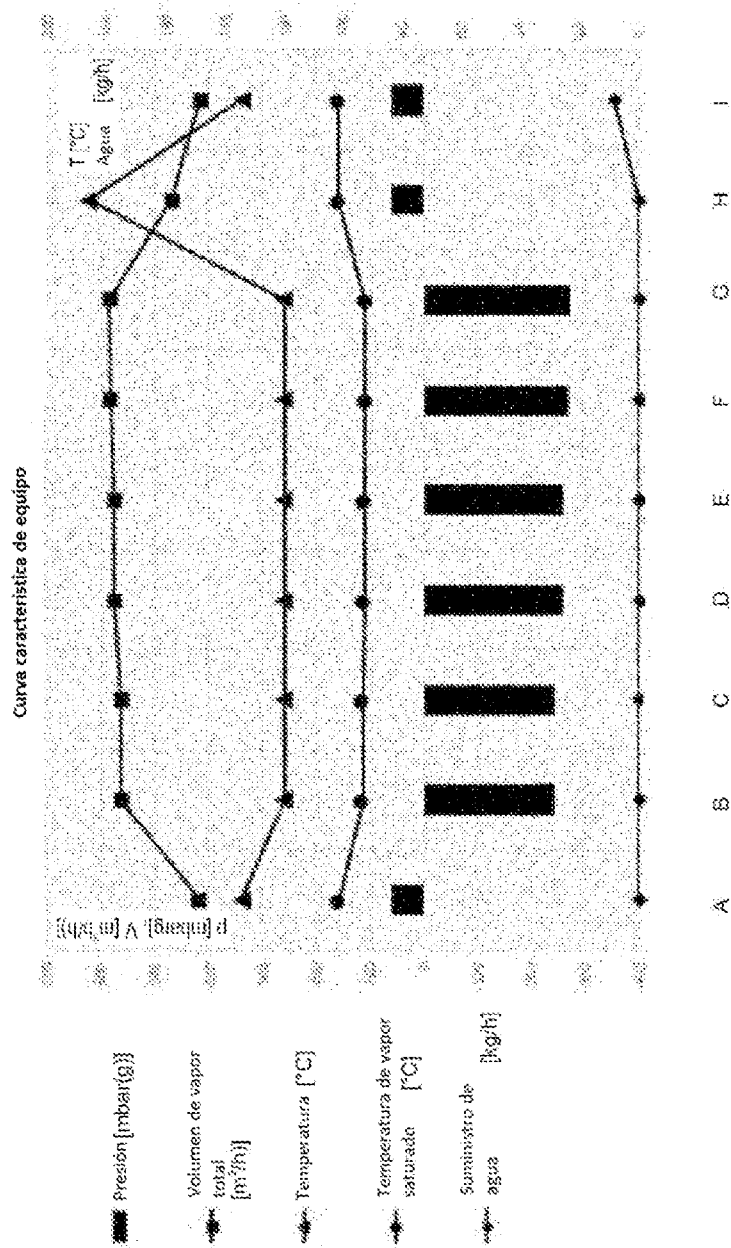


Fig. 3