



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 012**

51 Int. Cl.:
B28B 13/02 (2006.01)
C04B 33/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09169478 .6**
96 Fecha de presentación : **04.09.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2174761**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.04.2010**

54 Título: **Procedimiento para el transporte neumático de barbotina atomizada en la industria cerámica.**

30 Prioridad: **09.09.2008 IT GE08A0074**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.10.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.10.2011

73 Titular/es: **Cesare Saccani**
Via Nosadella 57
40123 Bologna, IT

72 Inventor/es: **Saccani, Cesare**

74 Agente: **Durán Moya, Luis Alfonso**

ES 2 366 012 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 el transporte neumático de barbotina atomizada en la industria cerámica.

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el transporte neumático de barbotina atomizada en la industria de la cerámica.

10 En la actualidad, el transporte de barbotina atomizada en la industria de la cerámica se lleva a cabo mediante cintas transportadoras, que recogen el material de la descarga del secador por pulverización y a continuación cubre la distancia hasta los silos de almacenamiento, pasando por el entorno de trabajo. Estas operaciones provocan una exposición prolongada a la barbotina atomizada en el entorno de trabajo, contribuyendo a la difusión de partículas finas en el medio ambiente. Para superar este inconveniente, se han instalado plantas de succión muy costosas para recoger estas partículas finas. Sin embargo, la mayoría de las veces, estas plantas no funcionan con la eficacia requerida.

15 El transporte neumático de barbotina atomizada resuelve completamente los problemas de contaminación de polvo en el entorno de trabajo. Sin embargo, para el transporte neumático práctico de barbotina atomizada, es necesario controlar dos parámetros fundamentales: el desgaste del producto y la humedad. Para asegurar la integridad del producto, es necesario limitar tanto la velocidad máxima de transporte de sólidos como el gradiente de velocidad (es decir, la variación de la velocidad del sólido, en m/s, en 1 metro de tubería). En cuanto a la humedad del producto, ésta se puede controlar actuando sobre la humedad, presión y temperatura del aire.

20 El principal objetivo de la presente invención es diseñar un procedimiento para el transporte neumático, que es capaz de transportar la barbotina atomizada, sin problemas para mantener la granulometría y con control de humedad.

25 La idea básica consiste en reemplazar las cintas transportadoras, antes y después del depósito de barbotina atomizada, por transporte neumático. En la industria cerámica, casi todo el transporte de barbotina atomizada se lleva a cabo actualmente con cintas transportadoras, debido a su simplicidad de funcionamiento y al hecho de que mediante su uso, se evitan averías en el producto. Al mismo tiempo, el producto sobre la cinta transportadora no es fluidizado por el aire, de manera que el parámetro de humedad no cambia su valor de manera significativa, en vez de ello, permanece casi constante durante su funcionamiento.

30 Sin embargo, aún existen algunas características negativas significativas. En primer lugar, la cinta transportadora está abierta a la atmósfera, y permite, como se mencionó anteriormente, la dispersión de polvo fino en el entorno de trabajo. En muchos casos, en una planta procesadora de cerámica, es suficiente mirar hacia atrás en el suelo para ver las propias huellas del observador. Todos los lugares están más o menos cubiertos por una fina capa de polvo, y las plantas de succión de aire normalmente son inadecuadas para la succión de todo el polvo dispersado. No es sólo una cuestión de limpieza general, sino principalmente un problema de salud: los trabajadores respiran en este polvo fino cada día. La velocidad de la cinta transportadora está diseñada en base al caudal másico de barbotina atomizada. Esta velocidad representa la velocidad crítica para un diámetro de partícula dado. En otras palabras, para un material incoherente (como la barbotina atomizada) de una granulometría definida, es posible encontrar un valor de la velocidad (la velocidad crítica) por encima de la cual las partículas pueden ser transportadas a la atmósfera (el entorno de trabajo). De esta forma, este fenómeno de exposición al polvo está directamente relacionado con la velocidad de la cinta transportadora.

35 Otros dos problemas, aunque menos importantes, están relacionados con el uso de cintas transportadoras. El primero es el tamaño y el coste, relativamente mayores, y el segundo es la posibilidad de contaminación del producto por el medio ambiente.

40 Para resolver estos problemas, el aparato de enfriamiento de la Patente de EEUU 1.498.630 –que da a conocer un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1- utiliza el transporte neumático de cerámicas. Para mantener la integridad de la barbotina atomizada, el transportador neumático requiere el control de la velocidad y la temperatura, tal como se menciona en la reivindicación 1.

45 Las fases principales del ciclo de producción de barbotina atomizada se pueden resumir como sigue:

a) Almacén de materias primas

60 Las materias primas son principalmente arcilla y feldespato. Estos materiales se obtienen de diversas partes del mundo; en la última década, aproximadamente un 50% se ha recibido respectivamente de Turquía y Ucrania. El tamaño promedio de los terrones de arcilla está entre 10 y 20 cm, mientras que el del feldespato está entre 2 y 5 cm. Hay varios tipos de arcilla, y muchos más de feldespato, que se mezclan para formar la mezcla secreta para cada producto.

65

b) Molienda

En esta fase, una mezcla de materias primas y agua se vierte dentro de molinos, obteniendo una barbotina de granulometría específica, en función de las características del producto final. Es posible llevar a cabo la molienda en seco, pero en una mezcla que comprende más de cuatro componentes, se recomienda la utilización de agua para obtener una mejor homogeneidad del producto. Existen molinos continuos y molinos por lotes: la selección es un equilibrio entre rendimiento y coste.

La barbotina se almacena en tanques especiales, equipados con un agitador para mantener la homogeneidad y la suspensión de los sólidos en el producto, a la espera de que la barbotina sea utilizada en un secador por pulverización.

c) Secador por pulverización

La barbotina se alimenta mediante bombas de pistón a un secador por pulverización. Las partículas de barbotina se secan mediante una corriente de aire caliente que entra a velocidad constante: un flujo de densidad uniforme en delicado equilibrio en las dos fases (aire y sólido) se transmite alrededor del eje central del secador por pulverización, cuya salida es barbotina atomizada de tamaño entre 100 y 600 μm . Las partículas son muy frágiles y huecas.

d) Cintas transportadoras, almacén de barbotina atomizada y prensado

Transportar la barbotina atomizada entre el secador por pulverización y el almacén, y entre el almacén y las prensas representa la fase más problemática del ciclo de fabricación. De hecho, el uso de cintas transportadoras implica necesariamente la introducción de polvo fino en la atmósfera.

Las enormes ventajas de la utilización de cintas transportadoras son la baja velocidad y la falta de velocidad relativa entre sólido y aire. Estos aspectos, respectivamente, hacen posible evitar daños y secar el producto.

Se encuentran problemas similares en el segundo transporte de la barbotina atomizada, entre el almacén y las prensas. Este último proceso se lleva a cabo principalmente mediante prensas hidráulicas que garantizan la fiabilidad, rapidez y facilidad de la utilización.

e) Moldes - secado - vitrificación - cocción - paletizado

Todas estas fases se llevan a cabo en la misma línea, y contribuyen a la diferenciación del producto final en términos de características mecánicas, dimensiones y detalles decorativos.

Para desarrollar el procedimiento según la presente invención, se comprobó el transporte neumático de barbotina atomizada mediante el análisis de una planta real, seleccionada en una obra de cerámica en la región de Emilia Romagna. En esta planta están instalados tres secadores por pulverización (denominados ATM). ATM1 y ATM2 tienen un caudal másico aproximadamente de 8 t/h cada uno, mientras que el de ATM3 es de 30 t/h.

Cada circuito de cinta transportadora se midió (longitud, pendiente y caudal másico) con el fin de identificar la situación más difícil, para preparar un diseño que podría ser utilizado en cada sección de transporte.

El equipo de transporte neumático se diseñó utilizando el programa de simulación TPSimWin. Los parámetros de entrada a TPSimWin son: coeficiente de fricción curvado, coeficiente de fricción recto, y el diámetro fluido-dinámico equivalente del producto. Estos tres valores se evaluaron utilizando la planta de transporte neumático experimental para la caracterización de sólidos incoherentes que se encuentra en una obra en la región de Emilia Romagna.

Los valores característicos de la barbotina atomizada fueron los siguientes:

- Coeficiente de fricción en curvas: 0,4
- Coeficiente de fricción en rectas: 0,00004
- Diámetro promedio equivalente de producto: 0,093 mm

En base al análisis de los resultados de la simulación, se ha demostrado que el transporte neumático de barbotina atomizada es compatible con una velocidad de transporte de sólidos menor de aproximadamente 7 m/s y con un gradiente de velocidad (promedio de secciones de 20 a 30 cm) hasta aproximadamente 8 s^{-1} , sin dañar o degradar las partículas. En este punto, la humedad relativa del aire ϕ es el último parámetro a verificar. La humedad relativa de una mezcla de aire y agua se define como la relación entre la presión parcial del vapor de agua en la mezcla y la presión de vapor saturado de agua, a una temperatura dada. Para la entrada del compresor, se asumieron las condiciones de aire estándar ($t_1 = 20^\circ\text{C}$, $p_1 = 1 \text{ bar}$, $\phi_1 = 80\%$), y la presión de vapor saturado en estas condiciones, p_{s1} , se puede encontrar en la literatura técnica. El contenido de vapor x_1 es igual a 0,012 (kg de vapor de agua en 1

kg de aire seco). El valor de x se puede encontrar a partir de la ecuación 1.

$$x = 0,622 \varphi p_s(t) / (p - \varphi p_s(t)) \quad (1)$$

Las pérdidas de presión y otros parámetros dinámicos del fluido entre el secado por pulverización y el almacén de barbotina atomizada, y entre éste último y la estación de prensado, se calcularon con el programa de simulación TPSimWin. Por lo tanto, era necesario aumentar la presión de aire de 1 a 2 bar. Se estimó una temperatura de salida del compresor de aproximadamente 115°C a partir de la literatura técnica, asumiendo un caudal volumétrico de aire necesario, q_a , igual a 500 Nm³/h (es decir, un caudal másico de 650 kg/h). A esta temperatura, la humedad relativa del aire es muy baja, mientras que el contenido de vapor x_2 sigue siendo el mismo. La humedad relativa del aire φ_2 , se puede encontrar a continuación a partir de la ecuación (1) y es igual a 4,4%. Este es un valor inaceptable para el transporte de barbotina porque a esta humedad relativa el aire tiende a humedecerse mediante la eliminación de agua de la barbotina atomizada. Después de la compresión, es necesario, por tanto, enfriar el aire mediante humidificación, para reducir la temperatura del aire y aumentar el contenido de vapor de agua. La temperatura de la barbotina atomizada en la salida del secador por pulverización es aproximadamente de 75°C; el primer enfoque posible es humedecer el aire hasta que se alcanza esta temperatura. La ecuación 2 describe el proceso de humidificación, en la que r es el calor específico de evaporación del agua, que es una función de la temperatura, mientras que C_{pa} es el calor específico del aire.

$$C_{pa}t_2 + x_2 r_2 = C_{pa}t_3 + x_3 r_3 \quad (2)$$

Después del proceso de humidificación, la humedad relativa del aire φ_3 es de un 21%, y el contenido de vapor x_3 es de 0,026 kg por kg de aire seco. Una vez más, el valor es demasiado bajo. La siguiente opción contempla humidificar el aire hasta la saturación. En estas condiciones, la temperatura del aire después de la humidificación completa, t_3 , es de 48°C, calculado mediante un procedimiento iterativo basado en la ecuación anterior (2). El contenido de vapor x_3 es igual a 0,037 kg por kg de aire seco. El aire saturado, a 48°C, se debe mezclar con la barbotina atomizada a 75°C. El caudal másico de la barbotina atomizada es de 30 000 kg/h, y los valores normales de humedad H_s (es decir, la relación entre la masa de agua contenida en la barbotina atomizada y la masa total de la barbotina) se encuentran en el intervalo de 4,5 - 7%. El valor promedio del caudal másico de agua en la barbotina transportada será aproximadamente de 1740 kg/h. Cuando el aire saturado se mezcla con la barbotina atomizada, el aire se calienta rápidamente, y la temperatura de equilibrio final llega a ser muy cercana a la temperatura inicial de la barbotina atomizada, a causa de la elevada relación de mezcla, m , que es aproximadamente de 61. De este modo, incluso con humidificación completa, después de mezclar con la barbotina atomizada, la humedad relativa final del aire, φ_3 , es aproximadamente de 25-30%. El descenso de la temperatura a lo largo de la tubería está sujeto a la influencia de numerosos parámetros, tales como la temperatura del aire ambiental y el aislamiento térmico de la tubería. Suponiendo un descenso de temperatura aproximadamente de 15°C, se puede estimar una temperatura final t_4 de 60°C y una presión final p_4 de 1 bar. Suponiendo un contenido de vapor constante del aire a lo largo de las líneas de transporte neumático (es decir, $x_4 = x_3 = 0,037$), la humedad relativa del aire al final del transporte es $\varphi_4 = 28,2\%$ (según la ecuación 1). En estas condiciones, el aire tiende a humedecerse mediante la eliminación de agua de la barbotina atomizada. En realidad, con $\varphi_3 = 30\%$ y $t_3 = 75^\circ\text{C}$, el agua extraída por el aire de la barbotina atomizada constituye un pequeño porcentaje del total. En la peor hipótesis de humidificación completa del aire de transporte con el agua proveniente de la barbotina atomizada, el contenido de vapor x_4 sería igual a 0,153 kg / kg. Se pueden eliminar aproximadamente unos 75 kg/h de agua de la barbotina atomizada mediante el aire; en términos absolutos, este valor corresponde a una reducción del 0,25% de la humedad H_s de la barbotina atomizada (4-0,25% ÷ 7-0,25%). Por otro parte, aunque el total de agua liberada de la barbotina no es muy grande, podría representar un problema si la eliminación de agua se concentra, con el riesgo de un secado localizado de la barbotina atomizada. Se encontró entonces que el acondicionamiento térmico previo de la barbotina atomizada y del aire de transporte (es decir, antes de su transporte o en los primeros metros de la línea de transferencia) es una posible solución para evitar la saturación del aire durante el transporte. Suponiendo que la ausencia de variaciones en el contenido de vapor de agua (es decir, $x_4 = x_3 = 0,037$ kg por kg de aire seco), utilizando la ecuación (1) es posible calcular la presión de vapor saturado final, p_{s4} , a la que corresponde el estado de saturación del aire. La presión de saturación de vapor calculada, p_{s4} , corresponde a una temperatura final de t_4 de 35°C. Por consiguiente, si la temperatura final se fija en este valor, la variación en el contenido de vapor del aire entre la entrada y la salida del transportador neumático sería cero. Sin embargo, lo que no se evita es la fluctuación del contenido de vapor de agua: para obtener esto, la temperatura se debe controlar no sólo en el extremo de las tuberías de transporte, sino a lo largo de toda la longitud de la tubería. De hecho, un aumento del contenido de vapor en el aire de transporte sólo es posible si su humedad relativa es inferior al 100%, mientras que una disminución en el contenido de vapor de agua sólo es posible si la temperatura o la presión disminuyen por debajo del punto de rocío, causando la condensación del vapor. La humedad relativa del aire depende de la presión y la temperatura (ecuación 1), la caída de presión se conoce a partir de TPSimWin, y por lo tanto, para mantener x constante y φ en condiciones de saturación, simplemente es suficiente controlar la temperatura. También se ha encontrado que el efecto máximo del acondicionamiento térmico debe estar concentrado en los primeros metros de la tubería, que es el punto crítico debido a un descenso de la temperatura aproximadamente de 30°C. Las complicaciones técnicas son, por ejemplo,

la velocidad de la barbotina atomizada (es decir, 7 m/s) y el tamaño de la tubería, que tiene un diámetro de 150 mm. Una posible solución es enfriar previamente la barbotina atomizada antes de entrar en el transportador neumático. Por ejemplo, reduciendo la temperatura de la barbotina atomizada de 75°C hasta aproximadamente 50°C, es posible (mediante un descenso controlado de la temperatura) tener un contenido de vapor constante y la saturación del aire ($\phi = 100\%$) a lo largo de toda la tubería. Por lo tanto, según la invención, se da a conocer que es posible controlar la humedad de la barbotina atomizada, H_s , mediante el enfriamiento previo de la barbotina atomizada y mediante el control de la temperatura de la mezcla aire-barbotina a lo largo de la tubería de transporte neumático. Por supuesto, la presente invención no se limita a lo que se ha descrito, sino que abarca todas las variantes y modificaciones que entran en el alcance de las reivindicaciones siguientes.

5

10

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el transporte neumático de barbotina atomizada en la industria de la cerámica, caracterizado porque comprende las etapas de:
 - a. acondicionamiento térmico previo de la barbotina atomizada;
 - b. control de la temperatura del aire de transporte después de dicha zona acondicionamiento térmico previo de la barbotina atomizada, y
 - c. control de la velocidad y del gradiente de velocidad con respecto al eje de la tubería de flujo de aire de transporte para mantener la integridad de la barbotina atomizada en las secciones curvas y rectas y en las irregularidades de la tubería de transporte.
2. Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho acondicionamiento térmico previo de la barbotina se lleva a cabo ya sea en una zona entre la descarga del producto atomizado del secador por pulverización y la entrada del transportador neumático mediante el contacto con intercambiadores acondicionados térmicamente mediante aire o agua o mediante procesos de fluidización (es decir, con el contacto directo entre el sólido y el fluido que suministra la energía térmica necesaria para el intercambio) o en la primera fracción de la longitud de la tubería de transporte neumático con aletas adecuadas o intersticios lavados con líquidos a una temperatura adecuada.
3. Procedimiento, según las reivindicaciones anteriores 1 y/o 2, caracterizado porque dicha tubería tiene una longitud de entre 5 y 250 metros.
4. Procedimiento, según las reivindicaciones 2 y/o 3, caracterizado porque la longitud de dicha primera fracción de la tubería de transporte o el tamaño de los elementos de acondicionamiento térmico es una función de la temperatura del producto atomizado en la salida del secador por pulverización y de su caudal .
5. Procedimiento, según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho acondicionamiento térmico previo conduce a un cambio de temperatura de la barbotina atomizada hasta que se alcanzan condiciones en las que el aire se satura y tiene un contenido definido con respecto al vapor de agua.
6. Procedimiento, según la reivindicación 5, caracterizado porque el equilibrio entre la temperatura del sólido y la temperatura, presión y contenido (y, por lo tanto, la humedad relativa) del aire están determinados por la necesidad de ser capaces de mantener las condiciones de contenido constante y aire siempre saturado desde el principio hasta el final del transporte mediante el control de la temperatura con espacios intermedios adecuados correctamente distribuidos a lo largo del circuito.
7. Procedimiento, según la reivindicación 5, caracterizado porque, si la temperatura del producto atomizado al salir del secador por pulverización es, como es habitual, entre 70 y 80°C, dicha disminución de temperatura se produce a partir de la temperatura de descarga del producto atomizado como hasta una temperatura del aire, tal como para garantizar el mantenimiento del contenido y humedad relativa constantes durante todo el transporte, a fin de evitar cualquier intercambio de agua entre el aire y el sólido.
8. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 7, caracterizado porque la velocidad máxima de la barbotina atomizada en la tubería de transporte es aproximadamente de 7 m/s y el gradiente de velocidad máxima de la barbotina atomizada, es decir, la variación de su velocidad en m/s en un metro de tubería, como máximo, es aproximadamente de 8 s⁻¹.
9. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 7, caracterizado porque la humedad relativa del aire se mantiene constante a lo largo de la tubería que transporta la barbotina atomizada mediante el control de la temperatura en función de la caída de presión a lo largo de la tubería de transporte y mediante el acondicionamiento térmico previo la barbotina atomizada.
10. Procedimiento, según la reivindicación 9, caracterizado porque en el caso de que las condiciones de temperatura al final de transporte no son compatibles con el proceso aguas abajo, es posible actuar sobre la presión de descarga, generando una contrapresión o una presión negativa, tal como para permitir la modificación apropiada de los valores de temperatura necesarios para el mantenimiento de las condiciones termo-higrométricas necesarias para evitar variaciones no deseadas de humedad en la barbotina atomizada.
11. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque tanto el contenido como la humedad relativa del aire se mantienen constantes, de modo que durante el transporte el aire no transfiere agua al sólido y no absorbe el agua del sólido.