

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 974**

51 Int. Cl.:

F27B 1/14 (2006.01)
F27B 1/22 (2006.01)
F27B 1/24 (2006.01)
F27B 1/26 (2006.01)
C04B 38/00 (2006.01)
C04B 20/06 (2006.01)
F27B 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2012 E 12777880 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2015 EP 2697181**

54 Título: **Procedimiento para la expansión de célula cerrada de material mineral**

30 Prioridad:

10.10.2011 AT 5552011

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

13.11.2015

73 Titular/es:

BINDER+CO AG (100.0%)
Grazerstrasse 19-25
8200 Gleisdorf, AT

72 Inventor/es:

BRUNNMAIR, ERNST ERWIN

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 550 974 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 expansión de célula cerrada de material mineral

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un granulado expandido de material mineral en forma de granos de arena con un agente expansor, por ejemplo, de arena de perlita u obsidiana; en el que el material se alimenta desde arriba, preferiblemente a través de una tolva, en un horno vertical; el material cae en una cuba de horno del horno a lo largo de un trayecto de caída a través de varias zonas de calentamiento dispuestas verticalmente y separadas unas de otras, en el que cada zona de calentamiento se puede calentar con al menos un elemento calefactor controlable independientemente; el material se calienta en este caso a una temperatura crítica a la que las superficies de los granos de arena se vuelven plásticas y los granos de arena se expanden debido al agente expansor; y el material expandido se extrae en el extremo inferior del horno.

Además, la presente invención se refiere a un dispositivo para la fabricación de un granulado expandido que comprende un horno vertical junto a una cuba de horno con una abertura de alimentación en el extremo superior de la cuba de horno para la alimentación de un material en forma de granos de arena y una abertura de extracción en el extremo inferior de la cuba de horno, así como un trayecto de caída situado entre la abertura de alimentación y de extracción en la cuba de horno, que conduce a través de varias zonas de calentamiento dispuestas verticalmente y separadas unas de otras, en el que las zonas de calentamiento presentan respectivamente al menos un elemento calefactor controlable independientemente uno de otro para calentar el material a una temperatura crítica, así como que comprende varios sensores de temperatura para la medición directa o indirecta de la temperatura del material y/o medios para la determinación de la potencia de los elementos calefactores de las zonas de calentamiento

Estado de la técnica

Los materiales ligeros son materiales de partida de gran demanda en la industria de la construcción para diversas aplicaciones, como la industria de revoques premezclados o en la técnica de aislamiento. Los materiales ligeros se subdividen en principio en materiales basados en el petróleo y sustancias minerales. Los materiales basados en el petróleo presentan la desventaja de que la combustibilidad, pero sus procesos de fabricación están bien investigados lo que posibilita una producción económica. El poliestireno es un ejemplo clásico de un aislante basado en el petróleo, que se usa en la industria de la construcción preferiblemente para el aislamiento térmico. Debido al precio económico se asume la grave desventaja de la fácil inflamabilidad, en parte con consecuencias catastróficas, si se producen incendios.

Frente a ello los aislantes de sustancias minerales, que son principalmente rocas que contienen agua (de cristalización) (por ejemplo rocas volcánicas de perlita, obsidiana, entre otros) en forma de granulado, no son inflamables. Sin embargo, los procesos de fabricación todavía no están tan bien estudiados como aquellos aislantes basados en el petróleo. No obstante, los procesos de fabricación de aislantes minerales parecen tener un gran potencial de desarrollo respecto a las calidades obtenibles y los posibles costes de fabricación.

Del estado de la técnica se conocen desde hace tiempo los hornos de perlita en los que se sopla aire de combustión caliente desde abajo hacia arriba a través de un tubo dispuesto verticalmente. La arena (de perlita) a expandir se alimenta hacia abajo en este caso a través de una tolva desde arriba, es decir, en cualquier caso en una zona del horno que está dispuestos sobre el extremo inferior del horno. La arena se calienta en este caso en el gas de escape a contracorriente hasta una temperatura crítica, a la que la arena se vuelve plástica y se evapora el agua ligada a la arena. Con el proceso de evaporación va asociada la expansión de la arena en hasta 20 veces su volumen original.

Mediante el proceso de expansión se desgarran los granos de arena individuales, de modo que se origina un granulado de poros abiertos, muy ligero, pero también muy higroscópico. Este granulado se extrae hacia arriba con el flujo de gas de escape y se separa en un filtro. El granulado se usa principalmente en la técnica de aislamiento para el aislamiento térmico de depósitos para gas líquido (LNG), pero también como aditivo para revoques premezclados para la mejora de la procesabilidad, así como un balasto aislante para la construcción de suelos en edificios de viviendas.

Una gran desventaja de la perlita así expandida es su porosidad abierta que condiciona unas propiedades muy higroscópicas, así como una estabilidad de forma limitada. Para remediar la higroscopia, por el estado de la técnica se conoce una impregnación aguas abajo con silicona, pero esto supone una cara etapa del procedimiento adicional con la desventaja de la combustibilidad de la silicona desde aproximadamente 200 °C.

Los intentos hasta ahora de fabricar perlitas expandidas de célula cerrada se deben especificar como insatisfactorios. Por un lado, las causas exactas de la expansión de célula cerrada no están investigadas, por otro lado, falta hasta ahora la posibilidad de controlar el proceso de expansión de célula cerrada e influirlo de forma dirigida. Lo último también significa que la estructura superficial exacta de los granos expandidos no se puede

ajustar de manera intencionada durante el proceso de fabricación. Además, esto frustra, por ejemplo, el ajuste de la rugosidad que de nuevo desempeña un papel importante para el procesado con otras sustancias.

5 Además, también se ha mostrado que en el caso de un contenido de agua demasiado elevado se rompe el grano ya expandido antes de que su superficie se solidifique de nuevo mediante el proceso de enfriamiento durante la expansión. Con vistas a ello, por el estado de la técnica se conoce que el contenido de agua, es decir, el porcentaje del agua ligada al material, se puede reducir mediante un acondicionamiento térmico de la arena bruta al valor óptimo para la expansión.

10 Un nuevo calentamiento del grano de arena después del proceso de expansión verdadero puede provocar una continuación de la expansión, no obstante, a este respecto existe el peligro de que el grano ya expandido se rompa o después del nuevo proceso de expansión presente valores de resistencia muy bajos.

15 En la literatura de patentes solo se tratan aspectos individuales de procedimientos de expansión o de los dispositivos usados para ello, no obstante no se menciona el mecanismo que sirve de base o el impedimento controlado de la porosidad abierta del granulado expandido. Así el documento EP 0225074 B1 muestra un procedimiento para el tratamiento térmico del material expandido, que se compone de dos etapas de calentamiento con precalentamiento y calentamiento y enfriamiento activo siguiente mediante soplado de un refrigerante sobre el material expandido. El documento AT 504051 B1 propone un tamizado adicional entre las dos etapas de calentamiento. El documento WO 2009/009817 A1 muestra un horno de cuba en el que tiene lugar la expansión. En este caso el material a expandir se alimenta desde arriba en el horno y se extrae en el extremo inferior del horno de cuba, por lo que el documento WO 2009/009817 A1 se considera como el estado de la técnica más próximo.

Objetivo de la invención

25 Por ello el objetivo de la presente invención es poner a disposición un procedimiento para la expansión de materiales minerales en forma de arena con un agente expansor, en el que se pueda ajustar de forma controlable una superficie cerrada del granulado expandido, de modo que el granulado expandido no presente o apenas presente higroscopia. Además, se debe crear la posibilidad de influir de forma orientada en la estructura superficial del granulado expandido y por consiguiente en su rugosidad. El objetivo también es poner a disposición un dispositivo para la realización del procedimiento según la invención.

Exposición de la invención

35 El fundamento de la invención es el conocimiento obtenido en una multiplicidad de ensayos de que el proceso de expansión verdadero, cuya base es el reblandecimiento del grano de arena en conexión con la formación de vapor de agua u otro agente expansor, es un proceso isoentálpico. Es decir, la entalpía permanece constante durante el proceso de expansión verdadero con el aumento del volumen del grano de arena, representando en principio cada grano de arena un sistema termodinámico, pero en la práctica naturalmente muchos granos de arena forman reunidos un sistema.

45 El proceso de expansión isoentálpico está ligado con una reducción o disminución abrupta de la temperatura del material, que también se puede designar como descenso de temperatura y hace más duro el grano, así como enfría el proceso de expansión. Por ejemplo, el proceso de expansión isoentálpico puede estar ligado con un descenso de temperatura de por encima de 100 °C. Es decir, la temperatura del material disminuye significativamente durante el proceso de expansión, y se reduce la plasticidad.

50 Este conocimiento permite ahora detectar el proceso de expansión, prácticamente independientemente del material de partida usado. Es decir, se puede determinar cuándo o en qué punto en el horno tiene lugar la expansión. Esto de nuevo permite impedir con éxito un desgarro del grano recién expandido, en tanto que se reduce claramente o se impide completamente de forma dirigida el suministro de calor después del proceso de expansión. Es decir, el descenso de temperatura representa la primera reducción de la temperatura del material, que se detecta en dos posiciones sucesivas a lo largo del camino del material a través del horno.

55 La detección del descenso de temperatura se realiza en este caso a través de una medición de temperatura directa de la arena en el horno o indirectamente, por ejemplo, a través del rodeo de una medición de la temperatura del agua de refrigeración en un proceso aguas abajo o a través de la determinación de una modificación del flujo de calor.

60 El proceso de expansión mismo tiene lugar en un horno vertical en forma de cuba, en el que el material de partida se alimenta desde arriba mediante una tolva. El interior del horno, la cuba del horno forma un trayecto de caída para el material, estando dispuestas varias zonas de calentamiento verticalmente y separadas unas de otras a lo largo del trayecto de caída, las cuales presentan elementos calefactores que se pueden controlar y regular independientemente unos de otros. De este modo el material se calienta a una temperatura crítica a la que se vuelve plástica la superficie de los granos de arena. Debido al agua ligada en el material se forma vapor de agua, cuya presión expande ahora el grano de arena de forma isoentálpica. El enfriamiento asociado a ello del grano de arena

se detecta. Evidentemente esto también es válido cuando en lugar de agua está presente otro agente expansor en el material. La posición del proceso de expansión en la cuba de horno no será en general la misma para todos los granos de arena, dado que en la práctica los granos de arena nunca tienen exactamente el mismo peso y tamaño. Correspondientemente el proceso de expansión tendrá lugar en una zona del trayecto de caída. Esta zona se sitúa entre aquellos dos puntos entre los que se determina la primera reducción de la temperatura del material.

Desde aquella posición o desde aquella zona en la que se determina un descenso de temperatura, la temperatura del material no se aumenta de nuevo, sino que se reduce de forma dirigida a lo largo del trayecto de caída restante. Lo último ocurre en tanto que la potencia de los elementos calefactores en las zonas de calentamiento a lo largo del trayecto de caída restante se regula hacia abajo como función del trayecto de caída restante. En este caso se puede tratar de una función escalonada, que se puede realizar por ejemplo mediante potencia cero de los elementos calefactores en las zonas de calentamiento a lo largo del trayecto de caída restante, o de un descenso de la potencia de calentamiento en varias etapas. La extracción del material se realiza a través de una tolva enfriada por agua, contribuyendo el enfriamiento por agua al enfriamiento adicional del material, por lo que se reduce aún más su deformabilidad plástica.

Por ello en un procedimiento para la fabricación de un granulado expandido de material mineral en forma de granos de arena con un agente expansor, por ejemplo, de arena de perlita u obsidiana; en el que el material se alimenta desde arriba, preferiblemente a través de una tolva, en un horno vertical; el material cae en una cuba de horno del horno a lo largo de un trayecto de caída a través de varias zonas de calentamiento dispuestas verticalmente y separadas unas de otras, en el que cada zona de calentamiento se puede calentar con al menos un elemento calefactor controlable independientemente; el material se calienta en este caso a una temperatura crítica a la que las superficies de los granos de arena se vuelven plásticas y los granos de arena se expanden debido al agente expansor; y el material expandido se extrae en el extremo inferior del horno, está previsto que en caso de detección de una primera reducción de la temperatura del material entre dos posiciones sucesivas a lo largo del trayecto de caída se regulen los elementos calefactores a lo largo del trayecto de caída restante en función de la temperatura crítica.

La mejor calidad de los granos expandidos respecto a sus propiedades mecánicas o resistencia y falta total de higroscopia o lo menor posible está asociada a una superficie correspondientemente sólida y no desgarrada de los granos expandidos. Esto se puede conseguir en una forma de realización preferida del procedimiento según la invención, en tanto que los elementos calefactores se regulan a lo largo del trayecto de caída restante, de modo que la temperatura del material a lo largo del trayecto de caída restante no se aumenta a o sobre esta temperatura crítica, por lo que se impide una nueva expansión.

Dado que en la práctica los granos de arena a expandir no presentan todos un tamaño o masa idéntico, en la práctica no todos los granos alcanzan simultáneamente la temperatura crítica. Correspondientemente el proceso de expansión no tiene lugar en un punto, sino en una zona de la cuba de horno. Después de aquella zona en la que se expande un porcentaje suficientemente grande de granos de arena, de modo que se detecta un descenso de temperatura, la potencia de los elementos calefactores se regula hacia abajo conforme a la forma de realización preferida arriba mencionada del procedimiento según la invención, de modo que se impide una nueva expansión. No obstante, en este caso no todos los granos de arena se expanden, dado que los granos de arena desde un cierto tamaño o masa todavía no han alcanzado la temperatura crítica al final de la zona. En la forma de realización preferida arriba mencionada del procedimiento según la invención, estos granos de arena no se pueden expandir debido a la regulación descrita de los elementos calefactores, pero tampoco después de la zona, y por ello se extraen de forma no expandida de la cuba de horno u horno. Es decir, el material extraído del horno contiene en este caso un cierto porcentaje de granos de arena no expandidos. Económicamente puede ser razonable minimizar este porcentaje de granos de arena no expandidos o maximizar el porcentaje de granos de arena expandidos y por ello contar con un empeoramiento de las propiedades del material, en particular una higroscopia más elevada y resistencia menor. En este caso el porcentaje de granos de arena expandidos se puede aumentar en tanto que el material se calienta de nuevo o aún más de forma dirigida a lo largo del recorrido de caída restante después de la detección del descenso de temperatura, en particular a o sobre la temperatura crítica necesaria para el proceso de expansión. Por ello, a lo largo del trayecto de caída restante, los granos de arena más pesados o más grandes también pueden alcanzar la temperatura crítica y expandirse de modo que aumenta el porcentaje total de granos de arena expandidos. Por ello en una forma de realización preferida del procedimiento según la invención está previsto que los elementos calefactores se regulen a lo largo del trayecto de caída restante, de modo que la temperatura del material a lo largo del trayecto de caída restante se aumente a o sobre esta temperatura crítica. Para los granos ya expandidos el nuevo aumento de la temperatura a lo largo del trayecto de caída restante significa un empeoramiento de la calidad del material, dado que se produce una nueva expansión en la que disminuye la resistencia o en la que se puede desgarrar la superficie de los granos de arena ya expandidos. Lo último repercute en particular negativamente respecto a la higroscopia asociada.

Respecto al material usado se pueden usar no solo arenas minerales, en las que está ligada agua como agente expansor, como por ejemplo arena de perlita u obsidiana. Asimismo se puede tratar de polvo mineral que está mezclado con un aglutinante mineral que contiene agua, actuando en este caso el aglutinante mineral que contiene agua como agente expansor. El proceso de expansión puede producirse en este caso como sigue:

- 5 El polvo mineral, que se compone de granos de arena relativamente pequeños de, por ejemplo, 20 μm de diámetro, forma granos mayores de, por ejemplo, 500 μm con el aglutinante. Con una temperatura crítica se vuelven plásticas las superficies de los granos de arena del polvo mineral y forman superficies cerradas de los granos mayores o se funden formando tales. Dado que la superficie cerrada de un grano mayor individual es en general en conjunto menor que la suma de todas las superficies de los granos de arena individuales del polvo mineral, que están implicados en la formación de este grano mayor, se obtiene de esta manera una energía superficial o disminuye la relación de superficie respecto al volumen.
- 10 En este momento existen así granos mayores con cada vez una superficie cerrada, presentando los granos una matriz de polvo de arena mineral, así como un aglutinante mineral que contiene agua. Dado que las superficies de estos granos mayores son plásticas al igual que antes, en consecuencia el vapor de agua que se forma puede expandir los granos mayores. Es decir, el aglutinante mineral que contiene agua se usa como agente expansor.
- 15 Alternativamente también se puede mezclar el polvo mineral con un agente expansor, mezclándose el agente expansor con el aglutinante mineral que contiene preferentemente agua. Como agente expansor se puede usar, por ejemplo, CaCO_3 . El proceso de expansión puede producirse en este caso análogamente a los explicado arriba: El polvo mineral, que presenta un tamaño de granos de arena relativamente pequeño (por ejemplo 20 μm de diámetro), forma con el agente expansor y el aglutinante mineral granos mayores (por ejemplo 500 μm de diámetro). Al
- 20 alcanzar una temperatura crítica se vuelven plásticas las superficies de los granos de arena del polvo mineral y forman una superficie cerrada de los granos mayores o se funden formando una tal. Las superficies cerradas de los granos mayores son plásticas al igual que antes y se pueden expandir ahora por el agente expansor. Si el aglutinante mineral contiene agua, este puede actuar como agente expansor adicional. Por ello en una forma de realización preferida del procedimiento según la invención está previsto que el material mineral con agente expansor sea un material mineral en el que está ligada agua y actúa como agente expansor, o un polvo mineral mezclado con
- 25 aglutinante mineral que contiene agua que actúa como agente expansor, o un polvo mineral mezclado con un agente expansor que se mezcla con un aglutinante mineral, conteniendo el aglutinante mineral preferentemente agua y actuando como agente expansor adicional.
- 30 Para poder realizar el procedimiento representado es necesario, junto a un horno de cuba con varias zonas de calentamiento con elementos calefactores regulables, ante todo una unidad de regulación y control inteligente. Esta evalúa, por ejemplo, los datos de los sensores de temperatura para determinar o detectar el descenso de temperatura del material y la posición correspondiente o la zona en la cuba de horno. En base a esta detección la unidad de regulación y control regula los elementos calefactores de las zonas de calentamiento, en particular a lo
- 35 largo del trayecto de caída restante. No obstante, se entiende que los elementos calefactores de las zonas de calentamiento a lo largo del trayecto de caída también se pueden regular antes de la posición de expansión o la zona de expansión y por consiguiente ajustar los más distintos perfiles de temperatura hasta la expansión. Por ello un dispositivo según la invención para la fabricación de un granulado expandido, que comprende un horno vertical junto a una cuba de horno con una abertura de alimentación en el extremo superior de la cuba de horno para la
- 40 alimentación de un material en forma de granos de arena y una abertura de extracción en el extremo inferior de la cuba de horno, así como un trayecto de caída situado entre la abertura de alimentación y de extracción en la cuba de horno, que conduce a través de varias zonas de calentamiento dispuestas verticalmente y separadas unas de otras, en el que las zonas de calentamiento presentan respectivamente al menos un elemento calefactor controlable independientemente uno de otro para calentar el material a una temperatura crítica, así como que comprende varios
- 45 sensores de temperatura para la medición directa o indirecta de la temperatura del material y/o medios para la determinación de la potencia de los elementos calefactores de las zonas de calentamiento, se destaca porque está prevista una unidad de regulación y control que está conectada con los sensores de temperatura y/o los medios para la determinación de la potencia de los elementos calefactores de las zonas de calentamiento y con los medios calefactores de las zonas de calentamiento, para detectar una primera reducción de la temperatura del material, preferiblemente de al menos 100 $^{\circ}\text{C}$, entre dos posiciones sucesivas a lo largo del trayecto de caída, y porque los
- 50 elementos calefactores se pueden regular mediante la unidad de regulación y control en función de la temperatura crítica, en particular para evitar o posibilitar de forma orientada un aumento de la temperatura del material a lo largo del trayecto de caída restante hasta la temperatura crítica o por encima de ésta. Los medios para la determinación de la potencia o de la absorción de potencia de los elementos calefactores pueden ser, por ejemplo en el caso de
- 55 elementos calefactores eléctricos, equipos medidores de corriente / tensión o potencia.
- Mediante la detección del descenso de temperatura se puede minimizar de forma dirigida la entrada de energía dedicada a la expansión. Asimismo se puede garantizar la calidad del producto de un granulado sólido de célula cerrada aproximadamente independientemente del material de partida. Frente al estado de la técnica también se
- 60 pueden expandir con célula cerrada las fracciones pequeñas o más pequeñas de los granos de arena. Dado que los granulados finos expandidos presentan mayores valores de resistencia que los granulados proporcionalmente grandes, entonces se pueden producir nuevos materiales ligeros interesantes para la industria de reprocesamiento.
- Para la detección del descenso de temperatura se puede medir la temperatura del material en varios lugares a lo
- 65 largo del trayecto de caída. La medición de la temperatura se puede realizar de forma directa o indirecta. Una medición directa vendría dada por sensores de temperatura que están dispuestos en el interior del horno. En este

caso los sensores de temperatura pueden entrar o no en contacto con el material. En el último caso solo se determina la temperatura en las zonas de calentamiento. Es importante que los sensores de temperatura estén dispuestos de forma distribuida en posiciones espaciadas verticalmente unas respecto a otras a lo largo del trayecto de caída, a fin de posibilitar una delimitación de la aparición local del descenso de temperatura.

5 Correspondientemente en una forma de realización preferida del procedimiento según la invención está previsto que la temperatura del material se mida de forma directa o indirecta en la cuba de horno en varias posiciones espaciadas verticalmente unas de otras, para detectar una primera reducción de la temperatura del material, preferiblemente de al menos 100 °C, entre dos posiciones sucesivas a lo largo del trayecto de caída.

10 Ante todo en este caso es ventajoso para la determinación de la posición o de la zona local del descenso de temperatura a lo largo del trayecto de caída que en cada zona de calentamiento esté dispuesto al menos un sensor de temperatura que mida la temperatura allí reinante. Correspondientemente en una forma de realización del dispositivo según la invención está previsto que en cada zona de calentamiento esté dispuesto al menos un sensor de temperatura. Esto implica naturalmente que estén previstos sensores de temperatura que estén espaciados verticalmente unos respecto a otros. En el caso de una medición de temperatura directa, los sensores de temperatura pueden estar dispuestos en la cuba de horno o a lo largo del trayecto de caída e incluso entrar en contacto con el material.

20 La detección del descenso de temperatura se puede realizar asimismo a través de la determinación de la modificación del flujo de calor de una zona de calentamiento a otra. En este caso el flujo de calor se considera de los elementos calefactores al material. Este depende de la diferencia de temperatura entre los elementos calefactores y el material. Durante el calentamiento del material se reduce sucesivamente la diferencia de temperatura entre los elementos calefactores y el material. Correspondientemente el flujo de calor, es decir la modificación determinada del flujo de calor de una zona de calentamiento a la siguiente, es en primer lugar un descenso. Inmediatamente después del proceso de expansión y el descenso de temperatura asociado, la diferencia de temperatura entre el material y los elementos calefactores es claramente mayor que inmediatamente antes del proceso de expansión. Correspondientemente también aumenta el flujo de calor, es decir la modificación determinada del flujo de calor de una zona de calentamiento a la siguiente es ahora un aumento. Este aumento detectado del flujo de calor es apropiado por ello para determinar el descenso de temperatura y su zona en la cuba de horno.

30 Correspondientemente en una forma de realización preferida del procedimiento según la invención está previsto que se determine la modificación del flujo de calor de los elementos calefactores hacia el material determinándose la modificación entre una zona de calentamiento y una zona de calentamiento siguiente, preferentemente la que le sigue, y realizándose la detección de la primera reducción de la temperatura del material entre dos posiciones sucesivas a lo largo del trayecto de caída mediante la detección de un aumento del flujo de calor de una zona de calentamiento a la zona de calentamiento siguiente, preferentemente la que le sigue. Concretamente la determinación de la modificación del flujo de calor o la detección del aumento del flujo de calor se realiza a través de la medición de la potencia absorbida por los elementos calefactores con una temperatura de consigna predeterminada a alcanzar. Después del descenso de temperatura, la temperatura entre la temperatura de consigna y la temperatura del material es mayor que inmediatamente antes del proceso de expansión, por lo que los elementos calefactores en la zona de calentamiento, en la que se realiza el descenso de temperatura y/o que sigue a la zona del descenso de temperatura, absorben más potencia en comparación a los elementos calefactores de la zona de calentamiento anterior. Este aumento de la potencia se corresponde con el aumento del flujo de calor.

45 De la manera descrita se puede generar un granulado de célula cerrada que no presente o apenas presente higroscopia y no sea combustible. Los granos de granulado se pueden fabricar con una estructura superficial diferente. En este caso la estructura superficial concreta de los granos del granulado se puede ajustar entre una forma esférica sencilla y una forma de varias entidades conectadas entre sí, similar a varias pompas de jabón conectadas entre sí o recordando a veces a una mora.

50 La estructura superficial, que tiene efecto inmediato en la rugosidad del granulado y por consiguiente en su procesabilidad con otros materiales, se puede influir entre otros mediante el tratamiento térmico después del proceso de expansión. Para ello la potencia de calentamiento de los elementos calefactores en las zonas de calentamiento se reduce sucesivamente en el trayecto de caída restante después del proceso de expansión o se fija repentinamente completamente a cero. De este modo se dan más o menos oportunidades de conectar entre sí en la cuba de horno los granos expandidos que todavía presentan una cierta plasticidad. Los ensayos con perlita han dado una estructura superficial preferida, que se compone de 5 a 7 entidades conectadas entre sí, para el caso de un impedimento inmediato de cualquier suministro de calor posterior. Por ello en una variante preferida del procedimiento según la invención está previsto que la potencia de los elementos calefactores se fije a cero a lo largo de todo el trayecto de caída restante.

60 Debido a la elevada temperatura del proceso, en la cuba de horno que actúa como una chimenea están presentes fuerzas ascensionales que repercuten especialmente en las partículas de granos de arena más pequeños. Correspondientemente las fuerzas ascensionales provocan, en el caso de partículas de granos de arena más pequeños y por consiguiente más ligeros, un tiempo de permanencia más prolongado en la cuba de horno que en el caso de granos de arena más grandes y pesados. Esto significa que los granos de arena más pequeños y ligeros se sobrecalientan en la cuba de horno, lo que empeora por ejemplo las propiedades mecánicas de estos granos de

arena expandidos. Para evitar la permanencia más prolongada de los granos de arena más pequeños y ligeros respecto a los granos de arena más grandes y pesados, la cuba de horno se hace funcionar con una ligera depresión. Esto provoca que se aspire el aire de proceso desde arriba hacia abajo con el material a través de la cuba de horno y se iguale el tiempo de permanencia de los granos de arena grandes y pesados y de los pequeños y ligeros. Por ello en una forma de realización preferida del procedimiento según la invención está previsto que el material se aspire junto con un primer aire de proceso a través de la cuba de horno, preferentemente mediante aplicación de una depresión en la cuba de horno.

El primer aire de proceso que fluye desde arriba hacia abajo a través de la cuba de horno experimenta en este caso un calentamiento. Esto conduce a un aumento de la velocidad de circulación en la cuba de horno, por lo que se acorta el tiempo de permanencia de todas las partículas de arena en la cuba de horno. Esto no es deseable. Para compensar el aumento de la velocidad de circulación del primer aire de proceso, la cuba de horno está realizada más ancha hacia abajo que arriba. De tal modo la velocidad de circulación en la cuba de horno se puede mantener de forma aproximadamente constante. Por ello en una forma de realización especialmente preferida del procedimiento según la invención está previsto que el primer aire de proceso fluya con velocidad esencialmente constante a través de la cuba de horno.

Correspondientemente en una forma de realización preferida del dispositivo según la invención está previsto que la sección transversal de la cuba de horno aumente de forma normal al trayecto de caída desde la abertura de alimentación a la de extracción. El aumento de la anchura de la cuba de horno se puede realizar de forma escalonada o continua. Para el último caso se ofrece en particular una realización cónica debido a la fabricación relativamente sencilla de una cuba de horno semejante. Por ello en una forma de realización especialmente preferida del dispositivo según la invención está previsto que la sección transversal de la cuba de horno presente una forma cónica en paralelo al trayecto de caída.

En conexión con la aplicación de una depresión en la cuba de horno se puede garantizar por consiguiente una velocidad esencialmente constante del primer aire de proceso que fluye a través de la cuba de horno. Por ello en una forma de realización preferida del dispositivo según la invención está previsto que estén previstos medios para la generación de una depresión en la cuba de horno a lo largo del trayecto de caída en una dirección de caída, que es paralela al trayecto de caída y señala de la abertura de alimentación a la de extracción, para aspirar un primer aire de proceso con velocidad esencialmente constante a través de la cuba de horno. Un medio semejante sería, por ejemplo, una bomba de vacío dimensionada correspondientemente. Esta se puede usar simultáneamente para el funcionamiento de un transporte de flujo arrastrado para la retirada del granulado expandido después de su extracción del horno. La generación de la depresión en la dirección de caída significa que la depresión aumenta en la dirección de caída.

La velocidad con la que caen los granos de arena a través de la cuba de horno aumenta en primer lugar según la ley de la gravedad. Debido al pequeño tamaño de los granos de arena expandidos y su densidad relativamente elevada, el frenado debido a la resistencia del aire solo desempeña un papel subordinado. Por ello los granos de arena no expandidos no solo alcanzan una velocidad que es mayor que la velocidad de circulación del primer aire de proceso, sino que se aceleran aún más según la ley de la gravedad. Debido a la expansión aumenta repentinamente el volumen de los granos de arena y se disminuye su densidad. La resistencia del aire aumenta por ello igualmente repentinamente y los granos de arena expandidos se frenan fuertemente por el primer aire de proceso. Por ello los granos de arena caen con una velocidad esencialmente constante a través de la cuba de horno, cuya constancia se determina por la constancia de la velocidad de circulación del primer aire de proceso. El valor absoluto de esta velocidad de caída depende del diámetro o volumen y de la densidad de los granos de arena expandidos y será en general mayor que la velocidad de circulación del primer aire de proceso. Es decir, la velocidad de caída de los granos expandidos se deduce de la interrelación entre la ley de la gravedad y la resistencia del primer aire de proceso que fluye con velocidad esencialmente constante a través de la cuba de horno, poseyendo la resistencia del aire el papel dominante. Por ello en una forma de realización especialmente preferida del procedimiento según la invención está previsto que el material expandido caiga con velocidad esencialmente constante, dependiendo la velocidad de caída de los granos de arena expandidos de su diámetro. Correspondientemente, en función del diámetro (y de la densidad) de los granos de arena, se ajusta un tiempo de permanencia máximo de los granos de arena en la cuba de horno que no se sobrepasa.

Para evitar emisiones esenciales el suministro de calor en la cuba de horno se realiza mediante radiación de calor. Según el estado de la técnica, en el calentamiento mediante la radiación de calor se usan aceros resistentes al calor como material de cuba que, no obstante, representan masas de almacenamiento de calor elevadas. Correspondientemente tales realizaciones arrastran tras sí largos periodos de arranque y parada de la instalación. Para evitarlo la cuba de horno está realizada de un tejido resistente al calor o vidrio muy resistente al calor o está revestida con uno tal. Correspondientemente en una forma de realización preferida del dispositivo según la invención está previsto que la cuba de horno presente una superficie interior que esté revestida con un tejido resistente al calor o segmentos de vidrio.

Desde el centro radial de la cuba de horno, visto con dirección de observación hacia fuera, los elementos calefactores están dispuestos detrás del revestimiento de la superficie interior de la cuba de horno y un aislamiento

térmico detrás de los elementos calefactores.

Independientemente de las medidas arriba descritas para la nivelación de la velocidad de circulación del primer aire de proceso y por consiguiente en último término del tiempo de permanencia del material en la cuba de horno, en principio es natural así que las partículas de arena pequeñas y ligeras alcancen más rápidamente la temperatura de expansión que las grandes y pesadas. Ante todo para estas partículas de arena más pequeñas existe por ello el peligro de un sobrecalentamiento. Si se produce una colisión con la cuba de horno, esto conduce al pegado en el mismo. Para contrarrestar las colisiones y el pegado potencial, el tejido resistente al calor se realiza de forma permeable al aire, de modo que desde el espacio entre el aislante térmico y la cuba de horno, en la que también están instalados los elementos calefactores, se puede insuflar un segundo aire de proceso en la cuba de horno, en la dirección del centro radial de la cuba de horno. La cantidad de aire se ajusta en este caso mediante un órgano de estrangulamiento correspondiente, preferentemente una válvula regulable. En la realización de la cuba de horno con vidrio resistente al calor se consigue un efecto similar mediante la subdivisión del vidrio en segmentos, pudiéndose situar entre los segmentos de vidrio una hendidura desde la que se puede insuflar el segundo aire de proceso del espacio intermedio arriba mencionado a la cuba de horno. Por ello en una forma de realización especialmente preferida del procedimiento según la invención está previsto que una cantidad del segundo aire de proceso regulada mediante al menos un órgano de estrangulamiento se sople de una superficie interior de la cuba de horno en la dirección hacia el centro radial de la cuba de horno, para impedir un pegado del material en la superficie interior de la cuba de horno.

Asimismo en una forma de realización preferida del dispositivo según la invención está previsto que el tejido resistente al calor sea permeable al aire y a través del tejido resistente al calor, permeable al aire se insufla un segundo aire de proceso en la dirección hacia el centro radial de la cuba de horno. Correspondientemente en una forma de realización alternativa del dispositivo según la invención está previsto que entre los segmentos de vidrio están dispuestas hendiduras y a través de las hendiduras se pueda soplar un segundo aire de proceso en la dirección hacia el centro radial de la cuba de horno, para impedir un pegado del material en la superficie interior de la cuba de horno. Además, en una forma de realización especialmente preferida del dispositivo según la invención está previsto al menos un órgano de estrangulamiento, por lo que se puede ajustar la cantidad del segundo aire de proceso a insuflar. Preferentemente el órgano de estrangulamiento es una válvula regulable.

Según se ha mencionado ya, el ajuste de un porcentaje adecuado de agua ligada u otro agente expansor es necesario para garantizar, por un lado, una expansión y, por otro lado, excluir una ruptura de los granos durante la expansión. En el laboratorio se puede averiguar en primer lugar el contenido de humedad de la arena bruta y su pérdida de peso durante el secado. Esto sirve como norma para el acondicionamiento de la arena bruta durante el proceso de producción. Es decir, debido a los ensayos de laboratorio se sabe durante cuánto tiempo se debe secar la arena bruta y a que temperatura antes de la introducción en la cuba de horno a fin de ajustar el contenido de agua deseado. Este presecado o preacondicionamiento térmico se realiza habitualmente en un horno tubular, pero también en un horno de lecho fluido. Por ello una forma de realización especialmente preferida del procedimiento según la invención prevé que el material se preacondicione térmicamente antes de la entrada en la cuba de horno, preferentemente en un horno de lecho fluido. Se entiende que este preacondicionamiento térmico ocurre a una temperatura que se sitúa claramente por debajo de la temperatura crítica en la cuba de horno.

El tratamiento térmico posterior presupone que esencialmente todos los granos de arena ya están en el estado expandido. Por ello se debe garantizar que la expansión del material tiene lugar en una zona espacial vertical lo más definida posible o estrecha de la cuba de horno. Por ello de nuevo los granos de arena deben ser lo más iguales posibles, de modo que todos se vuelven plásticos y se expanden esencialmente en el mismo instante, conforme a la misma aportación de energía. Por ello una forma de realización preferida del procedimiento según la invención prevé que el material se tamice antes de la entrada en la cuba de horno, para garantizar una distribución lo más homogénea posible de los granos de arena en la cuba de horno.

Según se ha mencionado ya arriba, el tratamiento térmico del material después del proceso de expansión tiene efectos sobre la naturaleza de la superficie, en particular sobre la rugosidad del granulado expandido. Conforme al uso posterior del granulado, por ejemplo en el procesamiento formando placas, es importante configurar la superficie del material a expandir de forma rugosa. De esta manera los granos de granulado individuales se pueden pegar entre sí con la ayuda de un aglutinante apropiado, como por ejemplo silicato de sodio, para poder fabricar por ejemplo placas estables en forma con los valores de resistencia requeridos. Tales placas son apropiadas entre otros para el acabado interior en seco de viviendas con elevadas propiedades termoaislantes, por lo que se obtiene por ejemplo un ahorro de energía en el uso de aires acondicionados en el funcionamiento en verano.

El uso del silicato de sodio como aglutinante posibilita también colocar una capa del granulado fabricado según la invención sobre placas convencionales de poliestireno que sirve para la inhibición de los incendios. Se entiende que tales capas inhibitoras de incendios o capas de protección contra incendios también se pueden colocar sobre una multiplicidad de otras piezas, como por ejemplo vigas de acero.

La superficie del material expandido se puede influir mediante una solidificación o vitrificación de los granos expandidos en un flujo de aire frío. Con esta finalidad el aire de refrigeración se mezcla directamente después de la

cuba de expansión con la mezcla presente de aire de proceso y material expandido de manera que se produce un enfriamiento a por debajo de 100 °C, preferentemente a por debajo de 80 °C. Por ello en una forma de realización preferida del procedimiento según la invención está previsto que durante la extracción del material del horno o cuba de horno se añada aire de refrigeración para enfriar el material por debajo de 100 °C, preferentemente a por debajo de 80 °C. Correspondientemente en una forma de realización preferida del dispositivo según la invención está previsto que en la zona del extremo inferior del horno o cuba de horno estén previstos medios para la adición de aire de refrigeración durante la extracción del material del horno o cuba de horno. Estos medios son preferentemente una abertura de salida para el aire de refrigeración, que está dispuesta directamente en el extremo inferior de la cuba de horno, así como una válvula de aire de refrigeración que está realizada en particular de forma regulable.

Opcionalmente o adicionalmente a la extracción del material se usa una tolva enfriada por agua, contribuyendo el enfriamiento por agua al enfriamiento adicional del material, por lo que se reduce aún más su deformabilidad plástica. Correspondientemente en una forma de realización especialmente preferida del dispositivo según la invención está previsto que esté prevista una tolva, preferentemente enfriada por agua, para extraer el material del horno o cuba de horno.

El granulado así enfriado se transporta en una etapa posterior con la ayuda de un transporte neumático de flujo arrastrado y se enfría de nuevo, por lo que se influye igualmente en la naturaleza superficial o resistencia del granulado. Por ello otra forma de realización preferida del procedimiento según la invención prevé que el material se transporte después de la extracción mediante un transporte neumático de flujo arrastrado a un recipiente de almacenamiento, usándose en este caso un fluido fresco, preferentemente aire fresco, por lo que el material se enfría aún más y presenta preferentemente la temperatura ambiente en el recipiente de almacenamiento. Lo último permite una manipulación sin problemas, por ejemplo ensacado, del granulado generado. Análogamente en una forma de realización especialmente preferida del dispositivo según la invención está previsto que esté previsto un transporte neumático de flujo arrastrado para el transporte del material extraído del horno o cuba de horno a un recipiente de almacenamiento.

Breve descripción de las figuras

La invención se explica ahora más en detalle mediante ejemplos de realización. Los dibujos son a modo de ejemplo y deben representar las ideas de la invención, pero en ningún caso la limitan o reproducen de forma concluyente.

En este caso muestra:

la figura 1, una vista en sección esquemática de un horno de cuba para la expansión de arena de perlita según el estado de la técnica,

la figura 2, una vista en sección esquemática de otro horno de cuba conocido del estado de la técnica para la expansión de las partículas,

la figura 3, una vista en sección esquemática de un horno de cuba según la invención para la expansión de célula cerrada según la invención, estando esbozado de forma igualmente esquemática el material situado en el horno,

la figura 4, una representación esquemática de un granulado expandido de célula cerrada con estructura superficial esférica en vista desde arriba,

la figura 5, una representación esquemática de un granulado expandido de célula cerrada con estructura superficial rugosa en vista desde arriba,

la figura 6, un esquema de flujo global de un procedimiento según la invención.

Modos para la realización de la invención

La figura 1 muestra una vista en sección esquemática de un horno 2 conocido del estado de la técnica para el espumado o expansión de arena de perlita 1. El horno 2 se compone esencialmente de una cuba de horno 3 vertical en la que se insufla gas caliente 33 desde abajo. La arena de perlita 1 se introduce desde arriba, en la forma de realización representada en la figura 1 desde aproximadamente un tercio de la altura total de la cuba de horno 3. Debido al gas caliente 33 se expanden los granos de arena 15 (no dibujados en la figura 1) de la arena de perlita 1, por lo que se reduce su densidad. Esto de nuevo provoca que los granos de arena 15 expandidos asciendan en la cuba de horno 3. En el extremo superior de la cuba de horno 3 se escapa el gas de escape caliente 34 con el granulado expandido. A través de un filtro (no representado) se puede separar el granulado expandido. En este procedimiento es desventajoso que los granos de arena 15 se desgarran habitualmente durante el proceso de expansión y por ello son muy higroscópicos.

La figura 2 muestra una vista en sección esquemática de un horno 2 según se conoce por el documento WO 2009/009817 A1. Este horno 2 también presenta una cuba de horno 3 vertical. En este caso se deja caer la arena de

perlita 1 desde arriba a través de la cuba de horno 3, es decir, la arena de perlita 1 cae a lo largo de un trayecto de caída 4 que discurre a través de la cuba de horno 3. A lo largo del trayecto de caída 4 están dispuestos los elementos calefactores 6 que le suministran calor a la arena de perlita 1 de modo que se produce una expansión. El horno 2 está o los elementos calefactores 6 están aislados hacia fuera mediante un aislamiento térmico 25.

5 El granulado expandido sale en el extremo inferior del horno 2 de la cuba de horno 3 y cae en un transporte de flujo arrastrado 17. En este caso el granulado expandido se transporta en un tubo orientado esencialmente horizontalmente mediante una fuerte circulación de aire fresco 18, 35. Concretamente con el horno mostrado en la figura 2 se pueden generar granulados expandidos de célula cerrada en ciertas circunstancias, no obstante, del documento WO 2009/009817 A1 no se desprenden detalles sobre el proceso de expansión.

10 La figura 3 muestra un horno 2 según la invención que es apropiado para la realización del procedimiento según la invención para la expansión de célula cerrada de un material mineral en forma de granos de arena, en el que está ligada agua u otro agente expansor. El horno 2 presenta una cuba de horno 3 que discurre verticalmente, en cuyo extremo superior 26 está dispuesta una abertura de alimentación 19 para el material a expandir, como por ejemplo arena de perlita 1.

15 En este caso la arena de perlita 1 se puede preacondicionar antes del suministro al horno 2 respecto al porcentaje de agua o agente expansor ligado, por ejemplo, en un horno de lecho fluido 38 (véase la figura 6). La alimentación de la arena de perlita 1 en el horno 2 o la cuba de horno 3 se puede realizar a través de una tolva (no representada) o la alimentación de la arena de perlita 1 se puede regular a través de una válvula 37.

20 La arena de perlita 1 cae desde la abertura de alimentación 19 a lo largo de un trayecto de caída 4 en una dirección de caída 23 verticalmente a través de la cuba de horno 3 hacia una abertura de extracción 20 en el extremo inferior 27 del horno 2 o cuba de horno 3.

25 La anchura de la cuba de horno 3, es decir, la sección transversal de la cuba de horno 3 aumenta de forma normal a la dirección de caída 23 desde la abertura de alimentación 19 hacia la abertura de extracción 20. En el ejemplo de realización mostrado, este ensanchamiento se realiza de forma continua, de modo que la sección transversal de la cuba de horno 3 presenta una forma cónica en paralelo a la dirección de caída 23. En este caso la sección transversal de la cuba de horno 3 puede presentar de forma normal a la dirección de caída 23 una forma rectangular o cuadrada o una forma redonda a circular.

30 El horno 2 está subdividido en la dirección de caída 23 en zonas de calentamiento 5 (indicadas en la figura 3 mediante las líneas a trazos) con respectivamente al menos un elemento calefactor 6, a fin de calentar la arena de perlita 1 que cae a través de la cuba de horno 3. En el ejemplo de realización mostrado, los elementos calefactores 6 están dispuestos de forma simétrica respecto a un plano que discurre a través del centro radial 14 de la cuba de horno 3. En el caso de los elementos calefactores 6 pueden ser tanto elementos calefactores 6 eléctricos como también elementos calefactores 6 accionados por gas. Es decisivo que los elementos calefactores 6 estén diseñados para la entrega de una radiación de calor. Es decir, la transferencia de calor sobre la arena de perlita 1 se realiza en primer lugar mediante una radiación de calor y no por ejemplo mediante convección.

35 Visto en la dirección del centro radial 14 del horno 2, el tejido resistente al calor 24 está dispuesto después de los elementos calefactores 6. La cuba de horno 3 presenta por ello una superficie interior 13 que está revestida con un tejido resistente al calor 24 o el tejido resistente al calor 24 forma la superficie interior 13 de la cuba de horno 3. El tejido resistente al calor 24 tiene la ventaja, respecto a los aceros resistentes al calor que se usan habitualmente según el estado de la técnica, de masas o capacidades de acumulación de calor más bajas, de modo que se pueden obtener tiempos rápidos de arranque y parada del horno 2.

40 El tejido resistente al calor 24 es además permeable para el aire. Por ello se puede insuflar un segundo aire de proceso 11 a través del tejido 24 en la dirección del centro radial de la cuba de horno 3, a fin de contrarrestar un pegado de los granos de arena 15 calentados en la superficie interior 13 de la cuba de horno 3. El segundo aire de proceso 11 se conduce en este caso al espacio intermedio situado entre la cuba de horno 3 o su superficie interior 13 y un aislamiento térmico 25 exterior del horno 2, espacio en el que también están dispuestos los elementos calefactores 6. La cantidad del segundo aire de proceso 11 se controla a través de una válvula 12 que se puede regular preferentemente.

45 En el tejido 24 están dispuestos además los sensores de temperatura 21. Los sensores de temperatura 21 están dispuestos en este caso en las posiciones 9 espaciadas verticalmente unas de otras, de modo que en cada zona de calentamiento 5 se sitúa al menos un sensor de temperatura 21. En el ejemplo de realización mostrado se determina así la temperatura de la arena de perlita 1 a través de la temperatura que predomina en la zona de calentamiento 5.

50 Los elementos calefactores 6 y los sensores de temperatura 21 están conectados con una unidad de regulación y control 40 (véase la figura 6), que determina la posición o la zona 22 en la cuba de horno 3, en la cual tiene lugar la expansión de los granos de arena 15, debido a los datos de temperatura. En esta posición o en esta zona 22 aparece concretamente una disminución clara de la temperatura, un descenso de temperatura de, por ejemplo, por

encima de 100 °C de la arena de perlita 1 expandida. Este descenso de temperatura es la causa de un proceso de expansión isoentálpico de la arena de perlita 1, llevándose a cabo el proceso de expansión a través de un ablandamiento de la superficie 7 de los granos de arena 15, seguido de un proceso de dilatación debido al vapor de agua o presión del vapor de agua que se forma en los granos de arena 15. Por ejemplo, la arena de perlita 1 tiene inmediatamente antes de su expansión aproximadamente 780 °C e inmediatamente después del proceso de expansión isoentálpico solo aproximadamente 590 °C, es decir, se produce una caída de temperatura de 190 °C en este ejemplo. La unidad de regulación y control regula los elementos calefactores 6 que, visto en la dirección de caída 23, se sitúan más después de la posición o en la zona 22 del descenso de temperatura, de modo que no se realiza ningún aumento repetido o adicional de la temperatura de la arena de perlita 1 (expandida). En el caso más sencillo se pone a cero la potencia de estos elementos calefactores 6.

El tratamiento térmico de los granos de arena 15 después del proceso de expansión tiene influencia sobre su estructura superficial. Por un lado, la superficie se debe vitrificar en el sentido de una buena resistencia mediante enfriamiento. Por otro lado, se pueden obtener distintas rugosidades del granulado expandido en tanto que varios granos de arena más pequeños se puede conectar formando uno más grande. La figura 4 muestra el caso donde el material expandido extraído se compone esencialmente de granos de arena 15 individuales con una superficie 7 esférica. Frente a ello la figura 5 muestra un granulado expandido con granos de arena 15 mayores que presentan una superficie 7 rugosa.

Para poder enfriar rápidamente la arena de perlita 1 expandida, durante la extracción del horno 2 se insufla aire de refrigeración 16, véase la figura 3. Para ello en la zona de la abertura de extracción 20 está prevista una abertura de salida 29 para el aire refrigeración 16. A través de una válvula 28 preferentemente regulable se puede regular la cantidad de aire de refrigeración 16. El aire de refrigeración provoca un enfriamiento de la arena de perlita 1 expandida a por debajo de 100 °C, preferentemente por debajo de 80 °C.

Visto en la dirección de caída 23 después de la abertura de extracción 20, inmediatamente en la abertura de salida 29 para el aire de refrigeración 16 está dispuesta una tolva 8. Esta se enfría con agua de refrigeración 30, cuya cantidad se controla a través de una válvula 31 preferentemente regulable. De este modo se enfría aún más la arena de perlita 1 soplada.

La arena de perlita 1 expandida llega a través de la tolva 8 finalmente a un transporte de flujo arrastrado 17, con el que se transporta la arena de perlita 1 a un recipiente de almacenamiento 39 (véase la figura 6). El transporte de flujo arrastrado 17 trabaja con aire fresco 18, cuya cantidad se controla mediante una válvula 32 preferentemente regulable. En este caso el aire fresco 18 o el aire fresco con la arena de perlita expandida 35 se aspira, por ejemplo, por una bomba de vacío 36.

El aire fresco 18 que se mueve rápidamente en el transporte de flujo arrastrado 17 o aire fresco con arena de perlita expandida 35 genera una depresión respecto a la cuba de horno 3. Esta depresión provoca que la arena de perlita 1 se aspire junto con el aire de proceso 10 desde la abertura de alimentación 19 a través de la cuba de horno 3. Esto de nuevo conduce a que los granos de arena 15 expandidos de la arena de perlita 1 se muevan junto con el primer aire de proceso 10 con una velocidad lo más constante posible y preferentemente la misma a través de la cuba de horno 3.

Además, la definición de la posición o de la zona 22 se puede mejorar aún más, en tanto que mediante el tamizado (no representado) de los granos de arena 15 antes de la entrada en el horno 2 se garantiza un tamaño (y por consiguiente masa) lo más uniforme posible de los granos de arena, de modo que todos los granos de arena 15 se expanden a ser posible tras la misma duración del tratamiento térmico en la cuba de horno 3.

La figura 6 muestra un esquema de flujo global de un procedimiento según la invención en el que se usa un horno 2 según la invención para la expansión. En este caso la arena de perlita 1 se conduce en primer lugar desde una alimentación de material a un tamiz grueso 43 que tamiza los granos mucho más grandes que presentan, por ejemplo, un diámetro mayor de 30 mm. Estos granos 15 mucho más grandes se le suministran a una trituradora de mandíbula 46, según lo cual los granos de arena 15 desmenuzados por la trituradora de mandíbula 46 llegan de nuevo al tamiz grueso 43.

Si la arena de perlita 1 ha pasado el tamiz grueso 43, llega a un molino de barras que debe generar un diámetro realmente pequeño de los granos de arena 15 de la arena de perlita 1, por ejemplo un diámetro de 0,5 mm. Este diámetro pequeño se controla a través de un tamiz fino 44 situado a continuación del molino de barras 45. Los granos demasiado grandes se le suministran de nuevo al molino de barras 45.

La arena de perlita 1 llega del tamiz fino 44 a un silo 47. Una regulación del nivel de llenado 48 supervisa el nivel de llenado en este silo 47 y en el caso de nivel de llenado muy bajo induce un suministro de arena de perlita 1 adicional a la alimentación de material. A través de una válvula 37 se le suministra la arena de perlita 1 del silo 47 a un horno de lecho fluido 38. En el horno de lecho fluido 38 se realiza un preacondicionamiento térmico de la arena de perlita 1 para ajustar el contenido de agua o el contenido del agente expansor ligado.

5 El calentamiento en el horno de lecho fluido 38 se realiza, por ejemplo, mediante gas natural 53 que se quema en un quemador 51 junto con el aire de combustión 54. El aire de combustión 54 se le suministra al quemador, por ejemplo, a través de una bomba de vacío 36. La cantidad de gas natural 53 suministrado al quemador 51 se controla a través de una válvula 42, que se excita por una regulación de temperatura 56 que regula la temperatura del quemador 51.

10 El aire de escape 55 del horno de lecho fluido 38 se evacua a través de un ciclón 50, suministrándose el aire de escape a continuación de nuevo al quemador 51, por ejemplo, a través de otra bomba de vacío 36 o pudiendo escapar a través de una válvula 57. La válvula 57 se excita en este caso por una regulación de presión 49 que regula la presión en el horno de lecho fluido 38. La arena de perlita 1 llega del horno de lecho fluido 38 a otro silo 47 desde donde se le puede suministrar al horno 2 a través de una válvula 37.

15 En la figura 6 se muestra todavía otro horno 2 que se alimenta igualmente con arena de perlita 1. En este caso se trata de arena de perlita 1 que se ha separado del aire de escape 55 en el ciclón 50 y transportado a otro silo 47.

20 En el ejemplo de realización mostrado en la figura 6, cada horno 2 se calienta de forma eléctrica, abasteciéndose los elementos calefactores 6 (véase la figura 3) con energía mediante suministros de energía eléctrica 52. El suministro de energía 52 está conectado con la unidad de regulación y control 40. De esta manera se puede regular no solo la potencia de los elementos calefactores 6, sino que a través de la determinación de la absorción de potencia de los elementos calefactores 6 sucesivos se puede determinar la posición o la zona 22 del descenso de temperatura (véase la figura 3).

25 La arena de perlita 1 expandida se transporta a un recipiente de almacenamiento 39 después de la extracción del horno 2 a través de un transporte de flujo arrastrado 17, que trabaja con aire fresco 18 que se aspira de nuevo por una bomba de vacío 36. Desde el recipiente de almacenamiento 39 se puede evacuar el aire de escape 55 mediante otra bomba de vacío 36.

30 El recipiente de almacenamiento 39 está dispuesto en el ejemplo de realización mostrado sobre un dispositivo de ensacado 41, mediante el que la arena de perlita expandida se puede ensacar o empaquetar en sacos, por ejemplo, en las así denominadas Big Bags u otros recipientes para productos a granel preferentemente flexibles.

Lista de referencias

- 35 1 Arena de perlita
- 2 Horno
- 3 Cuba de horno
- 40 4 Trayecto de caída
- 5 Zona de calentamiento
- 45 6 Elemento calefactor
- 7 Superficie de un grano de arena
- 8 Tolva
- 50 9 Posición para la medición de la temperatura
- 10 Primer aire de proceso
- 11 Segundo aire de proceso
- 55 12 Válvula para segundo aire de proceso
- 13 Superficie interior de la cuba de horno
- 60 14 Centro radial de la cuba de horno
- 15 Grano de arena
- 16 Aire de refrigeración
- 65 17 Transporte de flujo arrastrado

- 18 Aire fresco para el transporte de flujo arrastrado
- 5 19 Abertura de alimentación
- 20 20 Abertura de extracción
- 21 Sensor de temperatura
- 10 22 Posición o zona del descenso de temperatura
- 23 Dirección de caída
- 15 24 Tejido resistente al calor
- 25 Aislamiento térmico
- 26 Extremo superior del horno o cuba de horno
- 20 27 Extremo inferior del horno o cuba de horno
- 28 Válvula para el aire de refrigeración
- 25 29 Abertura de salida para el aire fresco
- 30 30 Agua de refrigeración
- 31 Válvula para agua de refrigeración
- 30 32 Válvula para aire fresco del transporte de flujo arrastrado
- 33 Gas caliente
- 35 34 Gas de escape caliente con arena de perlita expandida
- 35 35 Aire fresco con arena de perlita expandida
- 36 Bomba de vacío
- 40 37 Válvula para arena de perlita
- 38 Horno de lecho fluido
- 45 39 Recipiente de almacenamiento
- 40 Unidad de regulación y control
- 41 Estación de ensacado
- 50 42 Válvula para gas natural
- 43 Tamiz grueso
- 55 44 Tamiz fino
- 45 Molino de barras
- 46 Trituradora de mandíbula
- 60 47 Silo
- 48 Regulación de nivel de llenado
- 49 Regulación de presión
- 65 50 Ciclón

- 51 Quemador
- 52 Suministro de energía eléctrica
- 5 53 Gas natural
- 54 Aire de combustión
- 10 55 Aire de escape
- 56 Regulación de temperatura
- 57 Válvula para aire de escape

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de un granulado expandido de material mineral (1) en forma de granos de arena con un agente expansor, por ejemplo de un granulado expandido de arena de perlita (1) u obsidiana; en el que el material (1) se alimenta desde arriba, preferiblemente a través de una tolva, en un horno vertical (2); el material (1) cae en una cuba de horno (3) del horno (2) a lo largo de un trayecto de caída (4) a través de varias zonas de calentamiento (5) dispuestas verticalmente y separadas unas de otras, en el que cada zona de calentamiento (5) se puede calentar con al menos un elemento calefactor (6) controlable independientemente; el material (1) se calienta en este caso a una temperatura crítica a la que las superficies (7) de los granos de arena (15) se vuelven plásticas y los granos de arena (15) se expanden debido al agente expansor; y el material (1) expandido se extrae en el extremo inferior (27) del horno (2), caracterizado porque, en caso de detección de una primera reducción de la temperatura del material (1) entre dos posiciones (9) sucesivas a lo largo del trayecto de caída (4), los elementos calefactores (6) se regulan a lo largo del trayecto de caída (4) restante en función de la temperatura crítica, a fin de impedir o posibilitar de forma orientada un aumento de la temperatura del material a lo largo del trayecto de caída (4) restante hasta la temperatura crítica o por encima de ésta.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los elementos calefactores (6) se regulan a lo largo del trayecto de caída (4) restante de modo que la temperatura del material no se aumenta a lo largo del trayecto de caída (4) restante hasta la temperatura crítica o por encima de ésta.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los elementos calefactores (6) se regulan a lo largo del trayecto de caída (4) restante de modo que la temperatura del material se aumenta a lo largo del trayecto de caída (4) restante hasta la temperatura crítica o por encima de ésta.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado porque la potencia de los elementos calefactores (6) se pone a cero a lo largo de todo el trayecto de caída (4) restante.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el material mineral (1) con agente expansor es un material mineral (1) en el que está ligada agua y actúa como agente expansor, o un polvo mineral mezclado con aglutinante mineral que contiene agua que actúa como agente expansor, o un polvo mineral mezclado con un agente expansor que se mezcla con aglutinante mineral, conteniendo el aglutinante mineral preferentemente agua y actuando como agente expansor adicional.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la temperatura del material (1) se mide de forma directa o indirecta en la cuba de horno (3) en varias posiciones (9) espaciadas verticalmente unas de otras, para detectar una primera reducción de la temperatura del material, preferiblemente de al menos 100 °C, entre dos posiciones (9) sucesivas a lo largo del trayecto de caída (4).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque se determina la modificación del flujo de calor de los elementos calefactores (6) hacia el material (1), determinándose la modificación entre una zona de calentamiento (5) y una zona de calentamiento (5) siguiente, preferentemente la que le sigue, y realizándose la detección de la primera reducción de la temperatura del material (1) entre dos posiciones (9) sucesivas a lo largo del trayecto de caída (4) mediante la detección de un aumento del flujo de calor de una zona de calentamiento (5) a la zona de calentamiento (5) siguiente, preferentemente la que le sigue.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque el material (1) se aspira junto con un primer aire de proceso (10) a través de la cuba de horno (3), preferentemente mediante aplicación de la cuba de horno (3) con depresión.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque el primer aire de proceso (10) fluye con velocidad esencialmente constante a través de la cuba de horno (3).
10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque el material (1) expandido cae con velocidad esencialmente constante a través de la cuba de horno (3), dependiente la velocidad de caída de los granos de arena expandidos de su diámetro.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque una cantidad del segundo aire de proceso (11) regulada mediante al menos un órgano de estrangulamiento (12) se sopla de una superficie interior (13) de la cuba de horno (3) en la dirección hacia el centro radial (14) de la cuba de horno (3), para impedir un pegado del material (1) en la superficie interior (13) de la cuba de horno (3).
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque el material (1) se preacondiciona térmicamente antes de la entrada en la cuba de horno (3), preferentemente en un horno de lecho fluido (38).
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque el material (1) se tamiza antes de la entrada en la cuba de horno (3), para garantizar una distribución lo más homogénea posible de los granos de

arena (15) en la cuba de horno (3).

5 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque durante la extracción del material (1) del horno (2) o cuba de horno (3) se añade aire de refrigeración (16) para enfriar el material (1) a por debajo de 100 °C, preferentemente a por debajo de 80 °C.

10 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque el material (1) se transporta después de la extracción mediante un transporte de flujo arrastrado (17) neumático a un recipiente de almacenamiento (39), usándose en este caso un fluido fresco (18), preferentemente aire fresco (18), por lo que el material (1) se enfría y presenta preferentemente la temperatura ambiente en el recipiente de almacenamiento (39).

15 16. Dispositivo para la fabricación de un granulado expandido que comprende un horno vertical (2) junto a una cuba de horno (3) con una abertura de alimentación (19) en el extremo superior (26) de la cuba de horno (3) para la alimentación de un material (1) en forma de granos de arena y una abertura de extracción (20) en el extremo inferior (27) de la cuba de horno (3), así como un trayecto de caída (4) situado entre la abertura de alimentación (19) y de extracción (20) en la cuba de horno (3), que conduce a través de varias zonas de calentamiento (5) dispuestas verticalmente y separadas unas de otras, en el que las zonas de calentamiento (5) presentan respectivamente al menos un elemento calefactor (6) controlable independientemente uno de otro para calentar el material (1) a una temperatura crítica, así como que comprende varios sensores de temperatura (21) para la medición directa o indirecta de la temperatura del material y/o medios para la determinación de la potencia de los elementos calefactores (6) de las zonas de calentamiento (5), caracterizado porque está prevista una unidad de regulación y control (40) que está conectada con los sensores de temperatura (21) y/o los medios para la determinación de la potencia de los elementos calefactores (6) de las zonas de calentamiento (5) y con los medios calefactores de las zonas de calentamiento (5), para detectar una primera reducción de la temperatura del material (1), preferiblemente de al menos 100 °C, entre dos posiciones (9) sucesivas a lo largo del trayecto de caída (4), y porque los elementos calefactores (6) se pueden regular mediante la unidad de regulación y control en función de la temperatura crítica, para evitar o posibilitar de forma orientada un aumento de la temperatura del material a lo largo del trayecto de caída (4) restante hasta la temperatura crítica o por encima de ésta.

30 17. Dispositivo según la reivindicación 16, caracterizado porque en cada zona de calentamiento (5) está dispuesto al menos un sensor de temperatura (21).

35 18. Dispositivo según una de las reivindicaciones 16 a 17, caracterizado porque la sección transversal de la cuba de horno (3) aumenta de forma normal al trayecto de caída (4) desde la abertura de alimentación (19) a la de extracción (20).

19. Dispositivo según una de las reivindicaciones 16 a 18, caracterizado porque la sección transversal de la cuba de horno (3) presenta una forma cónica en paralelo al trayecto de caída.

40 20. Dispositivo según una de las reivindicaciones 16 a 19, caracterizado porque están previstos medios para la generación de una depresión en la cuba de horno (3) a lo largo del trayecto de caída (4) en una dirección de caída (23), que es paralela al trayecto de caída (4) y señala desde la abertura de alimentación (19) a la de extracción (20), para aspirar un primer aire de proceso (10) con velocidad esencialmente constante a través de la cuba de horno (3).

45 21. Dispositivo según una de las reivindicaciones 16 a 20, caracterizado porque la cuba de horno (3) presenta una superficie interior (13) que está revestida con un tejido resistente al calor (24) o segmentos de vidrio.

50 22. Dispositivo según la reivindicación 21, caracterizado porque el tejido resistente al calor (24) es permeable al aire y a través del tejido resistente al calor (24) permeable al aire se puede insuflar un segundo aire de proceso (11) en la dirección hacia el centro radial (14) de la cuba de horno (3).

55 23. Dispositivo según la reivindicación 21, caracterizado porque entre los segmentos de vidrio están dispuestas hendiduras y a través de las hendiduras se puede insuflar un segundo aire de proceso (11) en la dirección hacia el centro radial (14) de la cuba de horno (3), para impedir un pegado del material (1) en la superficie interior (13) de la cuba de horno (3).

24. Dispositivo según una de las reivindicaciones 22 a 23, caracterizado porque está previsto al menos un órgano de estrangulamiento (12), por lo que se puede ajustar la cantidad del segundo aire de proceso (11) a insuflar.

60 25. Dispositivo según una de las reivindicaciones 21 a 24, caracterizado porque visto en la dirección radial hacia fuera, los elementos calefactores (6) están dispuestos detrás del revestimiento (24) de la superficie interior (13) de la cuba de horno (3) y detrás de los elementos calefactores (6) un aislamiento térmico (25).

65 26. Dispositivo según una de las reivindicaciones 16 a 25, caracterizado porque en la zona del extremo inferior (27) del horno (2) o cuba de horno (3) están previstos medios (28, 29) para la adición de aire de refrigeración (16) durante la extracción del material (1) del horno (2) o cuba de horno (3).

27. Dispositivo según una de las reivindicaciones 16 a 26, caracterizado porque está prevista preferentemente una tolva (8) enfriada por agua para extraer el material (1) del horno (2) o cuba de horno (3).
- 5 28. Dispositivo según una de las reivindicaciones 16 a 27, caracterizado porque está previsto un transporte de flujo arrastrado (17) neumático para el transporte del material (1) extraído del horno (2) o cuba de horno (3) a un recipiente de almacenamiento (39).

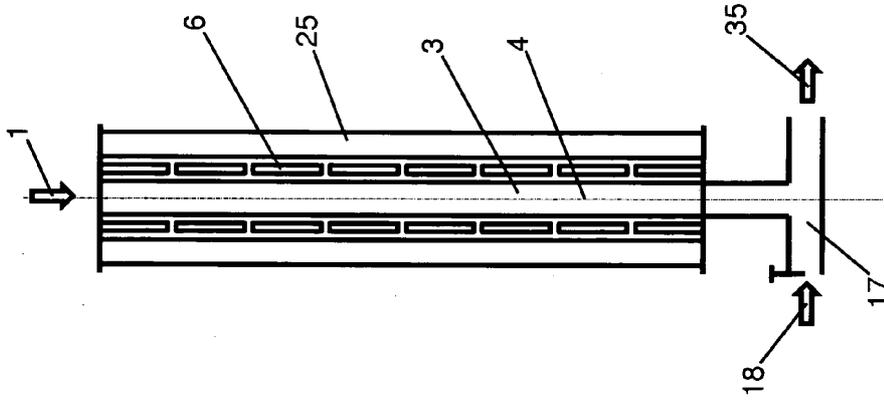


Fig. 2

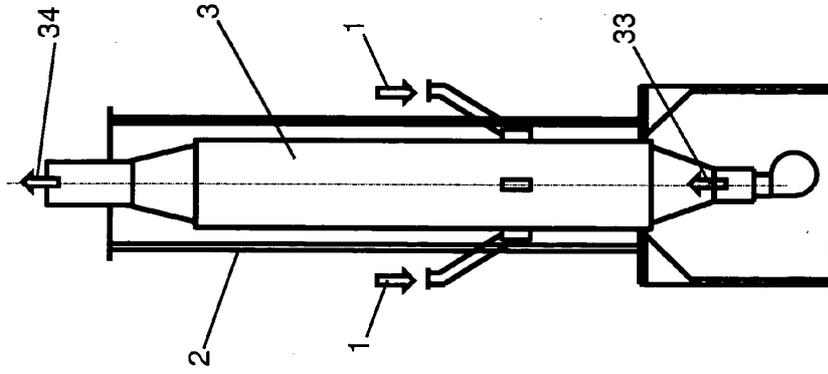


Fig. 1

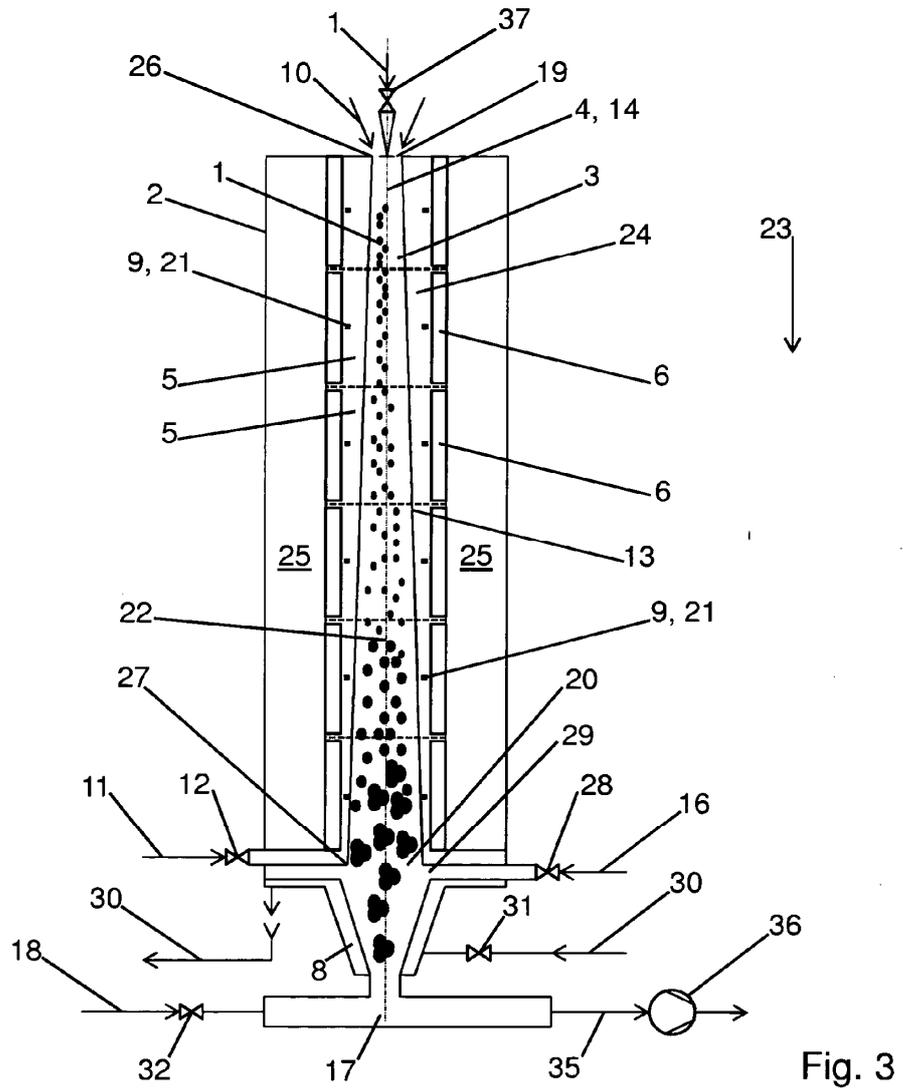


Fig. 3

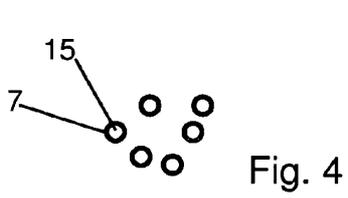


Fig. 4

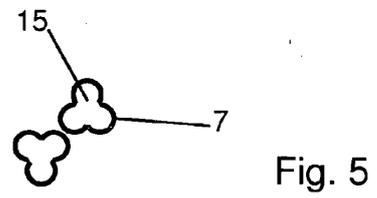


Fig. 5

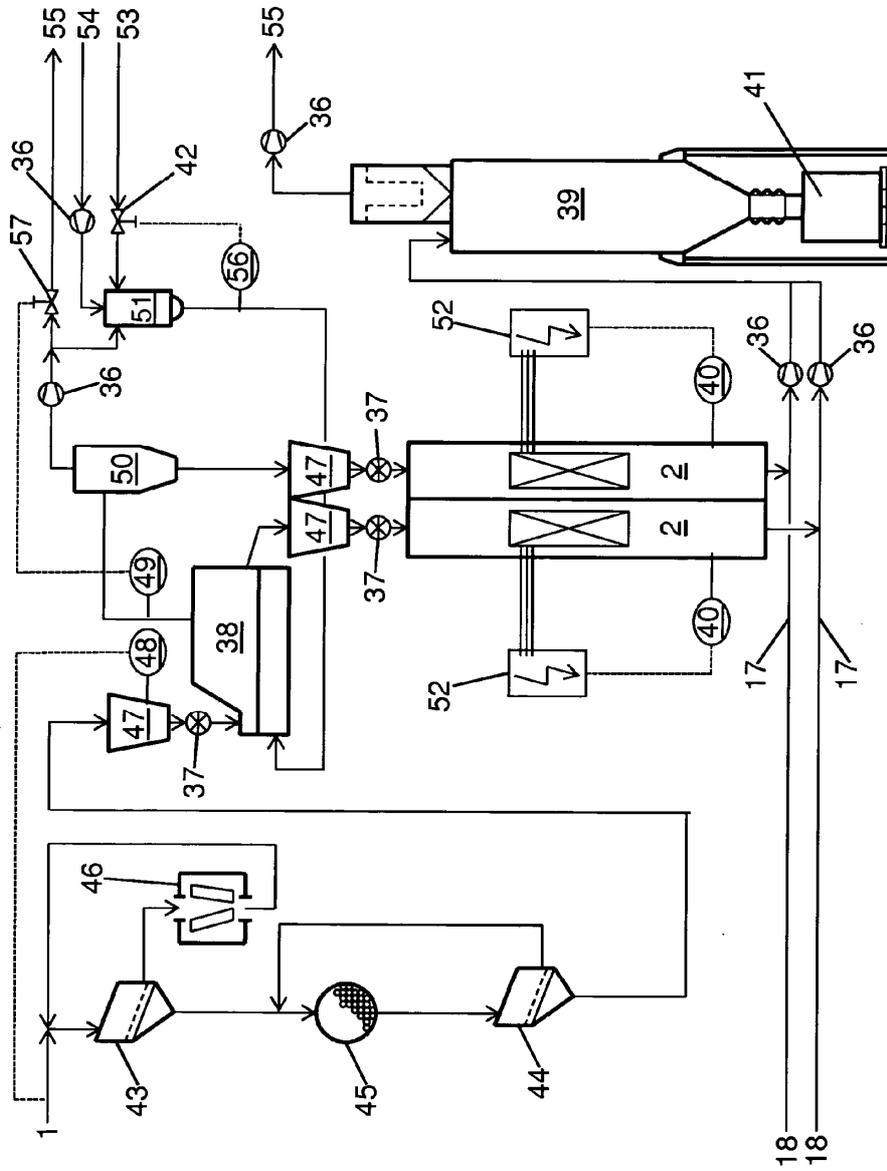


Fig. 6