

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 891**

51 Int. Cl.:
B01J 2/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **04729184 .4**
- 96 Fecha de presentación: **23.04.2004**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1617940**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.01.2006**

54 Título: **Densificación de un material particulado a granel**

30 Prioridad:
23.04.2003 ZA 200303133

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.11.2012

73 Titular/es:
**ENERGY AND DENSIFICATION SYSTEMS
(PROPRIETARY)LIMITED (100.0%)
22 St. George StreetKensington B
2194 Randburg , ZA**

72 Inventor/es:
RUSSEL-SMITH, KEVAN VAUGHAN

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Nuria

ES 2 389 891 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

Densificación de un material particulado a granel

5 La presente invención se refiere a la densificación de un material particulado a granel. En particular, se refiere a un método y un aparato para densificar un material particulado a granel.

Se conoce un método y un aparato de este tipo a partir del documento WO 03/018201, el cual se refiere a un procesador para reducir sólidos desde un tamaño de entrada predefinido hasta un tamaño de salida predefinido. En el procesador del documento WO 03/018201, se utilizan conjuntos de rotor dispuestos horizontalmente.

10 De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un método de densificación de un material particulado a granel, incluyendo el método:

confinar al menos parcialmente el material particulado a granel, y

15 agitar mecánicamente el material particulado a granel confinado con al menos dos miembros giratorios alargados de los que al menos uno está sumergido en el material particulado a granel confinado, teniendo cada uno de los miembros giratorios un eje de rotación e incluyendo una pluralidad de formaciones de agitación espaciadas axialmente que se proyectan hacia el exterior desde sus ejes de rotación, y estando los miembros giratorios espaciados transversalmente, para densificar con ello el material particulado a granel.

20 La acción del miembro, o los miembros, giratorio(s) sumergido(s) y de las formaciones de agitación, no consiste por tanto en presionar el material particulado a granel, sino en agitar de forma mecánicamente severa el material particulado a granel confinado, mezclando minuciosamente durante la agitación el material particulado a granel, sin fluidificar significativamente el material particulado a granel y sin causar la formación de cavidades estables en el material particulado a granel.

Típicamente, cada miembro giratorio está sumergido en el material particulado a granel confinado. En otras palabras, existe típicamente una cabecera de material particulado a granel por encima de todos los miembros giratorios.

25 El método puede incluir alimentar el material particulado a granel que va a ser densificado en una dirección que es transversal a los ejes de rotación de los miembros giratorios, más allá de los miembros giratorios,

Los al menos dos miembros giratorios dispuestos uno por encima del otro pueden hacerse girar en la misma dirección.

30 Con preferencia, al menos dos de los miembros giratorios alargados están dispuestos lado con lado. Cuando al menos dos miembros giratorios están dispuestos lado con lado, pueden hacerse girar en direcciones opuestas.

Se puede establecer un gradiente de densidad volúmica vertical en el material particulado a granel confinado, siendo la densidad volúmica más alta en el fondo.

35 El material particulado a granel puede estar al menos parcialmente confinado de una manera que deja un espacio de cabecera libre por encima del material particulado a granel confinado, permitiéndose al material particulado a granel agitado que ocupe al menos algo del espacio de cabecera libre durante la agitación.

Típicamente, los ejes de rotación de los miembros giratorios son sustancialmente paralelos. Los ejes de rotación se extienden con preferencia lateralmente, por ejemplo sustancialmente horizontales.

El material particulado a granel puede estar al menos parcialmente confinado en un recipiente.

40 Los miembros giratorios pueden hacerse girar de tal modo que un punto de la periferia extrema, radialmente externa, del miembro giratorio, sumergido en el material particulado a granel, se desplaza a una velocidad de entre aproximadamente 3 m/s y aproximadamente 100 m/s, típicamente entre aproximadamente 20 m/s y aproximadamente 23 m/s.

45 El confinamiento del material particulado a granel puede incluir alimentar el material particulado a granel al recipiente. Así, una masa completa de material particulado a granel puede ser densificada en el interior del recipiente para proporcionar una masa uniforme de material particulado que tenga una densidad volúmica uniforme en el interior del recipiente.

El método puede incluir vibrar el recipiente para impedir la aglomeración o la acumulación o la aglutinación del material particulado contra las superficies internas del recipiente.

50 El método puede incluir descargar el material particulado a granel densificado fluido desde el recipiente. Se debe apreciar que el método puede ser realizado sobre una base continua o una base por lotes, descargando el material

- particulado a granel densificado desde el recipiente y alimentando el material particulado a granel hacia el recipiente de manera que se produce a modo de lotes, o sobre una base controlada. Así, el material particulado a granel puede ser alimentado sobre una base continua al recipiente, y el material particulado a granel densificado puede ser descargado sobre una base continua desde el recipiente, teniendo la masa completa de material particulado a granel del interior del recipiente, en condiciones de estado estable, una densidad volúmica media sustancialmente más alta que el material particulado a granel alimentado.
- 5
- En una realización de la invención, un material alimentado densificado a granel se densifica sobre una base continua, siendo el material de suministro particulado a granel alimentado desde por encima de los miembros giratorios, y siendo el material particulado a granel densificado extraído desde por debajo de los miembros giratorios.
- 10 El método puede incluir medir o determinar la densidad volúmica del material particulado a granel con anterioridad a su descarga desde el recipiente. Por el contrario, el método puede incluir medir o determinar la densidad volúmica del material particulado a granel densificado después de que éste haya sido descargado del recipiente, o durante la agitación del material particulado a granel, por ejemplo midiendo la corriente consumida por un motor, o por motores, eléctrico(s) utilizado(s) para hacer girar los miembros giratorios.
- 15 Los miembros giratorios pueden hacerse girar a una velocidad angular de entre 100 rpm y 3500 rpm. Con preferencia, los miembros giratorios se hacen girar a una velocidad angular de entre 500 rpm y 1000 rpm. Típicamente, los miembros giratorios se hacen girar a una velocidad angular de entre 700 rpm y 800 rpm, por ejemplo a aproximadamente 732 rpm.
- 20 El material particulado a granel, con anterioridad a la densificación, puede tener un tamaño medio de partícula de menos de 1 mm. Típicamente, el material particulado a granel tiene un tamaño medio de partícula de menos de 0,5 mm, incluso menos de 1 μm , por ejemplo es de aproximadamente 0,15 μm .
- El método puede incluir extraer el polvo del recipiente.
- 25 La relación de la densidad volúmica del material particulado con anterioridad a la densificación del mismo, respecto a la densidad volúmica del material particulado densificado fluido, puede ser al menos de 2:3. Con preferencia, la relación de densidad volúmica del material particulado con anterioridad a la densificación del mismo, respecto a la densidad volúmica del material particulado densificado fluido es de al menos 1:5, dependiendo de la densidad volúmica del material particulado que está siendo densificado. La relación puede ser tan grande como 1:10, o incluso mayor, por ejemplo de 1:12, dependiendo de la densidad volúmica del material particulado y del material particulado que está siendo densificado.
- 30 La agitación mecánica del material particulado a granel puede ser efectuada en presencia de un agente de densificación. El agente de densificación podrá estar presente en cantidades suficientemente pequeñas como para asegurar que el material particulado a granel densificado se mantiene fluido y esencialmente seco, y por lo tanto no forma una masa, una pasta, una lechada o similar.
- 35 El agente de densificación puede ser un líquido polar. En una realización preferida de la invención, el agente de densificación es un fluido acuoso, por ejemplo agua o agua desmineralizada.
- 40 Cuando el agente de densificación es un fluido acuoso, el material particulado a granel, con anterioridad a, o durante, la densificación del mismo, puede incluir agua en una concentración de masa que caiga dentro de una gama con límite inferior de alrededor de un 0,5%. El límite inferior puede ser, sin embargo, tan bajo como alrededor de un 0,45%, o incluso tan bajo como alrededor de un 0,4%. El límite superior de la gama puede ser tan alto como alrededor de un 10%, o incluso más alto, de alrededor de un 15%, o incluso tan alto como alrededor de un 20%.
- Se debe apreciar, sin embargo, que el material particulado a granel que está siendo densificado puede afectar a la gama efectiva dentro de la cual puede usarse un agente de densificación. Las gamas mencionadas anteriormente son sin embargo adecuadas para la densificación de microsilíce, tal como humo de sílice.
- 45 El material particulado a granel puede ser un material higroscópico. El material particulado a granel puede ser microsilíce, por ejemplo sílice ahumada, sílice precipitada, sílice coloidal o gel de sílice.
- En efecto, el material particulado a granel puede ser elegido en el grupo consistente en negro de carbón, carbón mineral, cenizas volantes, caolín, y meta caolín. También, el material particulado a granel puede ser elegido en el grupo consistente en Mn_2O_3 , Mn_3O_4 , V_2O_5 , alúmina, bauxita, cemento y escoria.
- 50 Cuando el material particulado a granel es sílice particulada, la sílice particulada puede tener un tamaño de partícula de menos de 0,5 μm , típicamente menos de 0,2 μm . En efecto, se espera que la invención encuentre una aplicación particular, aunque no exclusiva, en la densificación de lo que se conoce como humo de sílice.
- El método puede incluir añadir el agente de densificación al material particulado a granel, con anterioridad a, o durante, la agitación mecánica del material particulado a granel.
- El método puede incluir permitir que la concentración del agente de densificación se reduzca durante, o después de,

la agitación mecánica del material particulado a granel. Así, una concentración media del agente de densificación en el material particulado a granel densificado puede ser menor que la concentración media del agente de densificación en el material particulado a granel que está siendo densificado.

5 El método puede incluir permitir que el material particulado a granel se caliente durante la agitación mecánica, vaporizándose al menos una porción del agente de densificación y siendo extraída del material particulado a granel que está siendo densificado o del material particulado a granel densificado.

10 En una realización de la invención, cuando el agente de densificación es un líquido acuoso, el material particulado a granel puede incluir agua en el, o se puede añadir agua al, material particulado a granel hasta una concentración de más de un 4% en masa, por ejemplo un 4% a un 8% en masa, incluyendo el material particulado a granel densificado menos de un 3% de agua en masa. En una realización de la invención, cuando el material particulado a granel es microsilíce y el agente de densificación es un líquido acuoso, la microsilíce incluye agua en, o se añade agua a la microsilíce a, una concentración de entre un 4% y un 8% en masa, por ejemplo entre un 6% y un 8% en masa, incluyendo la microsilíce densificada menos de un 1,5%, con preferencia menos de un 1%, de agua en masa. La solicitante ha encontrado que, cuando el material particulado a granel es microsilíce, se obtienen resultados excelentes cuando la microsilíce que está siendo densificada incluye alrededor de un 1,5% de humedad, estando la microsilíce densificada sustancialmente seca con un contenido de humedad de casi el 0%.

20 El método puede incluir controlar la densidad del material particulado a granel densificado. El control de la densidad del material particulado a granel densificado puede ser efectuado mediante un método elegido en el grupo consistente en manipular el tiempo de estancia del material particulado a granel en el recipiente, manipular la velocidad angular de rotación de los miembros giratorios, manipular la velocidad angular de rotación de los miembros giratorios, manipular el nivel de material particulado a granel en el recipiente, controlar la concentración del agente de densificación presente con el material particulado a granel, y dos o más de estos métodos. El control de la densidad del material particulado a granel densificado no se limita sin embargo, necesariamente, a estos métodos.

25 La invención es extensiva a un método de densificación de un material particulado a granel, e incluye:

alimentar el material particulado a granel hacia una zona de densificación;

confinar, al menos parcialmente, el material particulado a granel en la zona de densificación, y

30 agitar mecánicamente el material particulado confinado a granel con al menos un miembro giratorio alargado sumergido en el material particulado a granel confinado, teniendo el miembro giratorio un eje de rotación e incluyendo una pluralidad de formaciones de agitación separadas axialmente, que se proyectan hacia el exterior desde el eje de rotación, siendo alimentado al material particulado a granel a través de la zona de densificación en una dirección que es transversal al eje de rotación del miembro giratorio.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un aparato de densificación de material particulado a granel y de reducción de tamaño, que incluye:

35 un recipiente para confinar al menos parcialmente una masa de material particulado a granel, definiendo el recipiente una zona de recepción y confinamiento del material particulado a granel;

40 al menos dos miembros giratorios alargados que están distanciados transversalmente y dispuestos uno por encima del otro de tal modo que los mismos serán sumergidos durante el uso por el material particulado a granel en la zona de recepción o confinamiento del material particulado a granel, para agitar severamente, de forma mecánica, el material particulado a granel, teniendo cada uno de los miembros giratorios un eje de rotación e incluyendo una pluralidad de formaciones de agitación separadas axialmente que se proyectan hacia fuera desde sus ejes de rotación, y

45 medios motrices conectados a los miembros giratorios capacitados para hacer girar los miembros giratorios a varias alturas a diferentes velocidades en torno a sus ejes de rotación para agitar el material particulado a granel en la zona de recepción del material particulado a granel.

Con preferencia, cada miembro giratorio con formaciones de agitación está dispuesto de modo que es sumergido por el material particulado a granel en la zona de recepción de material particulado a granel.

Los al menos dos miembros giratorios dispuestos uno por encima del otro pueden estar configurados para girar en la misma dirección.

50 Con preferencia, al menos dos de los miembros giratorios alargados están dispuestos lado con lado. Cuando al menos dos miembros giratorios están dispuestos lado con lado, éstos pueden estar configurados para girar en direcciones opuestas.

El recipiente puede definir un espacio de cabecera libre por encima de la zona de recepción y confinamiento del material particulado a granel.

Los ejes de rotación de los miembros están típicamente de manera sustancialmente paralela. Los ejes de rotación se extienden con preferencia lateralmente, por ejemplo sustancialmente horizontales.

5 El aparato incluye típicamente una o más salidas para el material particulado a granel densificado, a baja altura, y una entrada para el material particulado a granel, a una altura más elevada que la salida. La entrada puede estar por encima de los miembros giratorios y la salida o salidas puede(n) estar por debajo de los miembros giratorios. De ese modo, la(s) salida o salidas puede(n) ser una salida inferior o más salidas inferiores.

10 En una realización de la invención, la entrada, la(s) salida(s) y los miembros giratorios están dispuesto durante el uso de modo que se alimente el material particulado a granel que va a ser densificado a través de la zona de recepción y confinamiento del material particulado a granel en una dirección que sea transversal a los ejes de rotación de los miembros giratorios.

El aparato puede incluir una entrada de agente de densificación que conduzca hacia el recipiente.

15 El aparato puede incluir una salida de agente de densificación desde el recipiente para eliminar el agente de densificación vaporizado. Por el contrario, la entrada de agente de densificación puede funcionar también como salida del agente de densificación. Las formaciones de agitación pueden proyectarse radialmente hacia fuera desde los ejes de rotación de los miembros giratorios. Los miembros giratorios pueden incluir así un núcleo desde el que se proyectan las formaciones de agitación y al que éstas se encuentran sujetas.

Las formaciones de agitación pueden comprender individualmente una porción de caña o eje y una porción de cabeza en un extremo de la porción de eje remota del núcleo. La porción de cabeza puede ser utilizada ventajosamente para raspar las superficies internas del recipiente.

20 Las formaciones de agitación pueden estar dispuestas según una pluralidad, por ejemplo cuatro, filas que se extienden axialmente pero separadas circunferencialmente. Las filas pueden estar dispuestas en zigzag de modo que una formación de agitación de una fila está flanqueada por posiciones vacías en las filas adyacentes.

25 Los medios motrices pueden estar capacitados para hacer que giren los miembros giratorios a una velocidad angular, de entre 100 rpm y 3500 rpm cuando los miembros giratorios están sumergidos en la masa de material particulado. Típicamente, los medios motrices están capacitados para hacer que giren los miembros giratorios a una velocidad angular de entre 500 rpm y 1000 rpm cuando los miembros giratorios están sumergidos en la masa de material particulado, por ejemplo, a alrededor de 700 rpm a 800 rpm.

El aparato puede estar configurado para una operación continua en un proceso continuo.

30 El aparato puede incluir medio de transporte y medios de ensacado, estando los medios de transporte dispuestos para transportar el material particulado a granel densificado desde el recipiente hasta los medios de ensacado para ensacar el material particulado a granel densificado. Por el contrario, la salida para el material particulado a granel puede alimentar a los medios de ensacado.

El aparato puede incluir medios de vibración para hacer vibrar el recipiente con el fin de inhibir la aglomeración o la aglutinación o la acumulación del material particulado contra la superficie interior del recipiente.

35 El aparato puede incluir medios de extracción de polvo para extraer el polvo del recipiente.

Los miembros giratorios y las superficies interiores del recipiente pueden estar recubiertos con un material que inhibe la aglutinación o la aglomeración o la acumulación del material particulado a granel contra, o sobre, los mismos.

40 El aparato puede incluir medios de medición de densidad y medios de control para controlar la densidad volúmica del material particulado a granel densificado.

La invención va a ser descrita ahora, a título de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos que se acompañan.

En los dibujos:

45 La Figura 1 muestra una vista en alzado seccionada de una realización de un aparato de densificación de acuerdo con la invención, para densificar material particulado a granel;

La Figura 2 muestra una vista lateral en alzado de un miembro giratorio del aparato de densificación de la Figura 1, y

Las Figuras 3 y 4 muestran esquemáticamente otras disposiciones de miembros giratorios del aparato de densificación de acuerdo con la invención para densificar material particulado a granel.

50 Haciendo referencia a la Figura 1 de los dibujos, el número 10 de referencia indica en general una realización de un aparato de densificación de acuerdo con la invención para densificar un material particulado a granel. El aparato 10

incluye un recipiente 12 para contener y confinar el material particulado a granel, y miembros 14, 15 giratorios alargados espaciados transversalmente, que durante el uso están sumergidos en el material particulado contenido en el recipiente 12, y que son giratorios en torno a ejes de rotación que se extienden longitudinalmente, los cuales son paralelos.

- 5 El recipiente 12 es rectangular en planta, siendo los lados más largos del recipiente 12 paralelos con los ejes de rotación de los miembros 14, 15 giratorios y con los miembros 14, 15 giratorios que se extienden a través de los lados más cortos del recipiente 12. Se han previsto rodamientos para los miembros 14, 15 giratorios.

El recipiente 12 define una zona 16 de recepción o confinamiento o densificación de material particulado a granel, en cuyo interior están situados los miembros 14, 15 giratorios.

- 10 El recipiente 12 incluye una entrada 22 para alimentar material particulado a granel al recipiente 12, y una salida 24 para extraer material particulado a granel densificado desde el recipiente 12. La entrada 22 está situada en el techo 26 del recipiente 12, y la salida 24 está situada en una pared 28 del recipiente 12 que se extiende en paralelo con el eje de rotación del miembro 14 giratorio. En una realización más preferida, la salida, o más de una salida, se sitúa(n) en un suelo 46 del recipiente 12.

- 15 El miembro 14 giratorio está situado más o menos a la altura de la salida 24. El miembro 14 giratorio está sujeto mecánicamente por medio de un acoplamiento 17 al eje 30 motriz, el cual está a su vez conectado con accionamiento a un motor 32 eléctrico. El motor 32 eléctrico está capacitado para hacer girar selectivamente el miembro 14 giratorio a una velocidad angular de entre 700 rpm y 800 rpm. El acoplamiento 17 funciona también como polea. Por medio de una polea 19, una cinta 21 motriz y del acoplamiento/la polea 17, el motor 32 eléctrico puede impulsar también el miembro 15 giratorio.

- 20 El motor 32 eléctrico y el recipiente 12 están soportados sobre una base 34 que tiene patas 36.

- 25 Cada uno de los miembros 14, 15 giratorios incluye un núcleo 38 y una pluralidad de formaciones 40 de agitación que se extienden radialmente, separadas axialmente. Las formaciones 40 de agitación de cada uno de los miembros 14, 15 giratorios están dispuestas en cuatro filas que se extienden axialmente, de las que solamente tres filas son visibles en las Figuras 1 y 2 de los dibujos. Las filas están equiespaciadas angularmente cada una de otra, de modo que existe un ángulo de 90° entre filas adyacentes. Las filas están también en zigzag de modo que una formación 40 de agitación de una fila está flanqueada por posiciones vacías en las filas adyacentes, estando las formaciones 40 de agitación de filas no adyacentes alineadas en diagonal.

- 30 Cada formación 40 de agitación comprende una porción 42 de caña y una porción 44 de cabeza (véase la Figura 2). En una realización de la invención, cada formación 40 de agitación tiene forma de perno atornillado en el núcleo 38. Sin embargo, debe apreciarse que existen muchas otras realizaciones de formaciones de agitación.

- 35 El recipiente 12 y el miembro 14 giratorio están dimensionados de tal modo que existe poco espacio libre entre el suelo 46 y las paredes 28 del recipiente 12, por una parte, y las porciones 44 de cabeza de las formaciones 40 de agitación cuando se hace que gire el miembro 14 giratorio, por otra parte. De forma similar, existe poco espacio libre entre las porciones 44 de cabeza de las formaciones 40 de agitación del miembro 15 giratorio y las paredes 28 del recipiente 12. En consecuencia, las porciones 44 de cabeza actúan durante la rotación de los miembros 14, 15 giratorios como rascadores para impedir la aglutinación de material particulado a granel sobre las superficies interiores del recipiente 12, además de agitar el material particulado a granel.

- 40 Una entrada 48 de agente de densificación ha sido prevista en la pared del recipiente 12, a una cota relativamente alta. La entrada 48 está en comunicación de fluido con una línea 50 de alimentación de agua. Un controlador 52 de flujo ha sido previsto en el línea 50 de flujo.

Si se desea, una salida de extracción de polvo (no representada) puede haberse previsto para el recipiente 12, y un vibrador (no representado) puede haber sido montado contra la superficie exterior del recipiente 12.

- 45 Durante el uso, el recipiente 12 es alimentado, sobre una base controlada y medida, con material particulado a granel, según se muestra mediante la flecha 54, continuamente hasta llenar el recipiente 12, para cubrir con ello los miembros 14, 15 giratorios. El agua, como agente de densificación, se añade en una proporción controlada predeterminada a través de la entrada 48 al material particulado a granel. Cuando el material particulado a granel es humo de sílice, esta relación es de alrededor de 6:10 en base a la masa. Sin embargo, debe apreciarse que el aparato 10 puede funcionar también sin el uso de un agente de densificación, tal como agua.

- 50 Con el fin de densificar el material particulado a granel, los miembros 14, 15 giratorios sumergidos se hacen girar a una velocidad angular de aproximadamente 732 rpm por medio del motor 32 eléctrico. Las formaciones 40 de agitación realizan una severa agitación del material particulado a granel, densificando con ello el material particulado a granel. Durante la agitación, el material particulado a granel es lanzado contra los lados del recipiente 12. Los miembros 14, 15 giratorios no fluidizan la masa de material particulado a granel en el interior del recipiente 12 en ningún grado significativo, ni se forman cavidades cilíndricas coaxiales con los miembros 14, 15 giratorios.

- 55

Si se encuentra presente un vibrador, el vibrador se mueve para impedir la aglutinación del material particulado a granel contra las superficies interiores del recipiente 12, y el polvo que se forma es extraído a través de la salida de extracción de polvo (si se encuentra presente), junto con el vapor de agua formado como resultado del calentamiento por fricción del material particulado, el cual puede alcanzar temperaturas de 70 °C a 80 °C. Si no se proporciona una salida separada del agente de densificación, la entrada 22 de material particulado a granel puede servir para extraer el vapor de agua desde el recipiente 12.

El material particulado a granel densificado se descarga a través de la salida 24. La descarga se efectúa mediante la rotación del miembro 14 giratorio. La densidad del material particulado a granel densificado, descargado del recipiente 12, se mide con medios de control y medición de densidad (no representados), lo que incrementa o disminuye la velocidad de descarga del material particulado a granel densificado desde el recipiente 12 mediante apertura o cierre de la salida 24, incrementando o reduciendo con ello el tiempo de estancia del material particulado a granel en el recipiente 12, con el fin de densificar el material particulado a granel hasta una densidad volúmica deseada. Típicamente, el material particulado a granel densificado incluye menos de un 1% en masa de agua, y es por tanto esencialmente seco.

Haciendo referencia a las Figuras 3 y 4 de los dibujos, otras realizaciones del aparato de densificación de acuerdo con la invención para la densificación de un material particulado a granel han sido indicadas en general mediante los números de referencia 200 y 300. Tal y como puede apreciarse a partir de los diagramas esquemáticos simplificados mostrados en las Figuras 3 y 4, son posibles otras diversas disposiciones de miembros giratorios. En la Figura 3, se muestra que más de dos, por ejemplo tres, miembros giratorios pueden ser usados en una disposición vertical, y que se puede emplear más de una salida 24. La Figura 5 ilustra cómo una pluralidad, por ejemplo cuatro, de miembros 14 giratorios están dispuestos según una matriz, y que se puede emplear una salida 24 inferior (preferida).

Cuando se usa una pluralidad de miembros giratorios separados verticalmente, se pueden usar miembros giratorios a una mayor altura para conformar o re-configurar y reducir de tamaño las partículas del material particulado (por ejemplo, alúmina o bauxita), contribuyendo más los miembros giratorios que están a altura inferior a la densificación del material particulado a granel. En una disposición de ese tipo, la velocidad de los miembros giratorios a diversas alturas puede ser diferente.

Una ventaja de la invención consiste, según se ha ilustrado, en que proporciona un método y un aparato de bajo coste para densificar un material particulado a granel, tal como humo de sílice. Una ventaja adicional de la invención, según se ha ilustrado, consiste en que el método y el aparato están capacitados para densificar material tal como humo de sílice a una densidad volúmica mayor que los métodos y aparatos neumáticos (o de otro tipo) convencionales utilizados para densificar humo de sílice y materiales similares. La aglomeración de partículas es también mucho menor en comparación con los procesos de densificación neumáticos de la técnica anterior de los que tiene conocimiento la solicitante, proporcionando de ese modo tamaños medios de partícula más pequeños, y áreas superficiales BET incrementadas. El aparato 10, según se ha ilustrado, se presta también ventajosamente a procesos continuos.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método de densificación de un material particulado a granel, incluyendo el método:
confinar al menos parcialmente el material particulado a granel, y
- 5 agitar mecánicamente de forma severa el material particulado a granel confinado con al menos dos miembros (14, 15) giratorios alargados sumergidos en el material particulado a granel confinado, para proporcionar un tamaño medio de partícula más pequeño y un área superficial BET incrementada, teniendo cada uno de los miembros (14, 15) giratorios un eje de rotación, e incluyendo una pluralidad de formaciones (40) de agitación separadas axialmente que se proyectan hacia fuera desde sus ejes de rotación, y estando los miembros (14, 15) giratorios separados transversalmente y dispuestos uno por encima del otro, para densificar con ello el material particulado a granel.
- 10 2.- El método según se reivindica en la reivindicación 1, que incluye alimentar (54) el material particulado a granel que está siendo densificado en una dirección que es transversal a los ejes de rotación de los miembros (14, 15) giratorios, más allá de los miembros (14, 15) giratorios.
- 15 3.- El método según se reivindica en la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que al menos dos miembros (14, 15) giratorios dispuestos uno por encima del otro se hacen girar en la misma dirección.
- 4.- El método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos dos miembros (14) giratorios están dispuestos lado con lado.
- 5.- El método según se reivindica en la reivindicación 4, en el que los al menos dos miembros (14) giratorios dispuestos lado con lado se hacen girar en direcciones opuestas.
- 20 6.- El método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se establece un gradiente vertical de densidad volúmica en el material particulado a granel confinado, estando la mayor densidad volúmica en el fondo.
- 7.- El método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los miembros (14, 15) giratorios a varias alturas se hacen girar a velocidades diferentes.
- 25 8.- El método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los ejes de rotación de los miembros (14, 15) giratorios son sustancialmente paralelos, y en el que los ejes de rotación son sustancialmente horizontales.
- 9.- El método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material particulado a granel alimentado es densificado de una manera continua, siendo el material de alimentación particulado a granel alimentado (54) desde por encima de los miembros giratorios y siendo el material particulado a granel densificado retirado (24) desde por debajo de los miembros (14, 15) giratorios.
- 30 10.- El método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la agitación mecánica del material particulado a granel se efectúa en presencia de un agente de densificación.
- 11.- El método según se reivindica en la reivindicación 10, en el que el agente de densificación es un fluido acuoso.
- 35 12.- El método según se reivindica en la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que la concentración media de agente de densificación en el material particulado a granel densificado es menor que la concentración media del agente de densificación en el material particulado a granel que está siendo densificado.
- 13.- El método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12 inclusive, en el que se permite que el material particulado a granel se caliente durante la agitación mecánica, vaporizándose al menos una parte del agente de densificación y siendo extraído del material particulado a granel que está siendo densificado o del material particulado a granel densificado.
- 40 14.- Aparato (10, 200, 300) de densificación y reducción de tamaño de material particulado a granel, que incluye:
un recipiente (12) para confinar al menos parcialmente una masa de un material particulado a granel, definiendo el recipiente (12) una zona (16) de recepción o confinamiento de material particulado a granel;
- 45 al menos dos miembros (14, 15) giratorios alargados que están separados transversalmente y dispuestos uno por encima del otro de tal modo que los mismos pueden ser sumergidos durante el uso por el material particulado a granel en la zona (16) de recepción o confinamiento de material particulado a granel, para agitar mecánicamente de forma severa el material particulado a granel, teniendo cada uno de los miembros (14, 15) giratorios un eje de rotación e incluyendo una pluralidad de formaciones (40) de agitación separadas axialmente que se proyectan hacia
- 50 fuera desde sus ejes de rotación, y

medios (32) motrices conectados a los miembros (14, 15) giratorios, capacitados para hacer girar los miembros giratorios, en diversas alturas, a velocidades diferentes en torno a sus ejes de rotación para agitar el material particulado a granel en la zona (16) de recepción de material particulado a granel.

- 5 15.- El aparato según se reivindica en la reivindicación 14, en el que los al menos dos miembros (14, 15) giratorios que están dispuestos uno por encima del otro, están configurados para girar en la misma dirección.
- 16.- El aparato según se reivindica en la reivindicación 14 o en la reivindicación 15, en el que los al menos dos miembros (14, 15) giratorios están dispuestos lado con lado.
- 17.- El aparato según se reivindica en la reivindicación 16, en el que los al menos dos miembros (14, 15) giratorios dispuestos lado con lado están configurados para girar en direcciones opuestas.
- 10 18.- El aparato según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17 inclusive, en el que los ejes de rotación de los miembros (14, 15) giratorios son sustancialmente paralelos, y en el que los ejes de rotación son sustancialmente horizontales.
- 15 19.- El aparato según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18 inclusive, el cual incluye una salida (24) para material particulado a granel densificado a una baja altura, y una entrada (22) para material particulado a granel a una mayor altura que la salida (24), estando la entrada (22), la salida (24) y los miembros (14, 15) giratorios dispuestos durante el uso de modo que alimentan el material particulado a granel que está siendo densificado a través de la zona (16) de recepción o confinamiento de material particulado a granel en una dirección que es transversal a los ejes de rotación de los miembros (14, 15) giratorios.
- 20 20.- El aparato según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 19 inclusive, que incluye una entrada (14) para agente de densificación, que conduce al recipiente (12).
- 21.- El aparato según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 20 inclusive, que incluye una salida de agente de densificación desde el recipiente (12) para extraer el agente de densificación vaporizado.

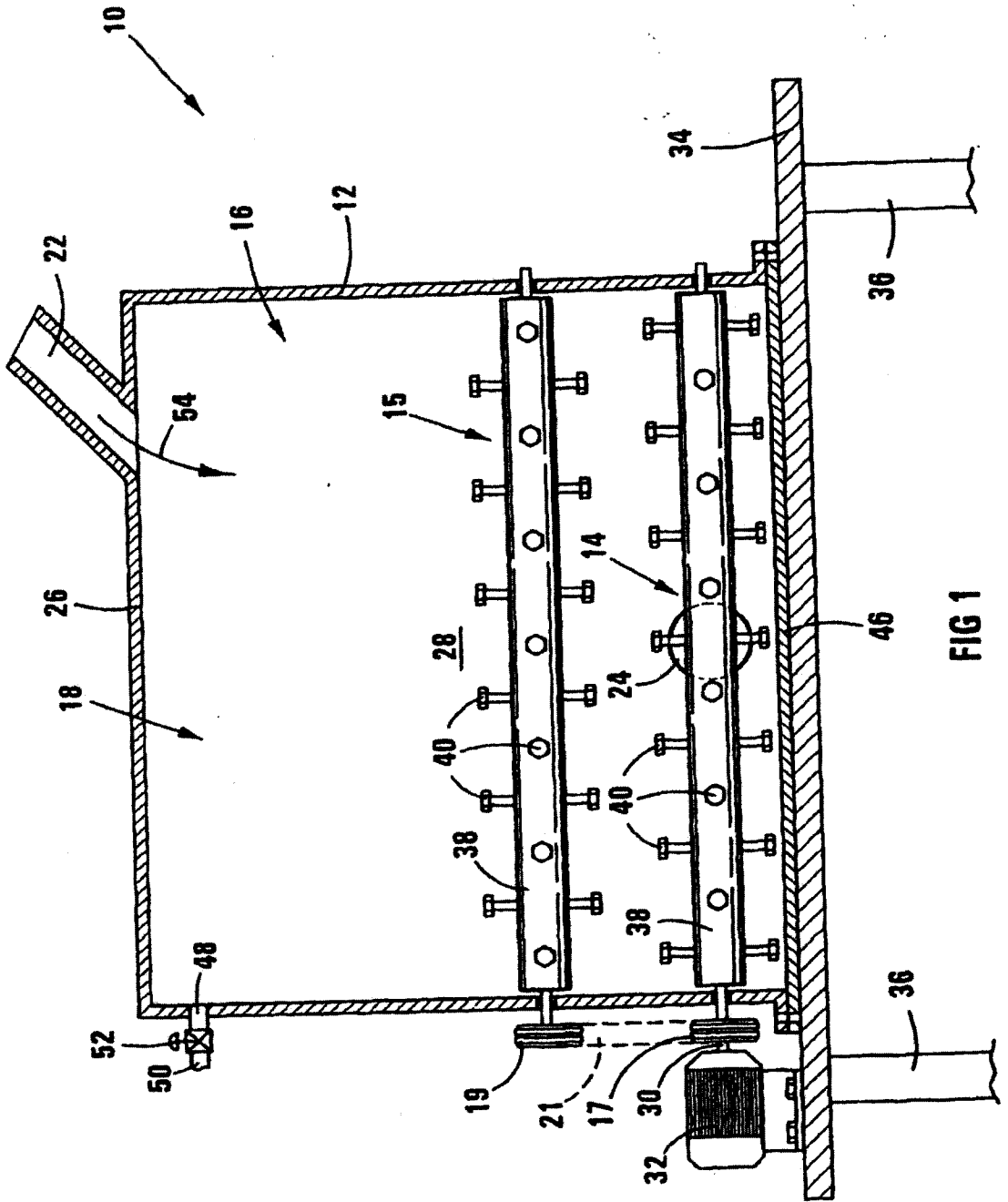


FIG 1

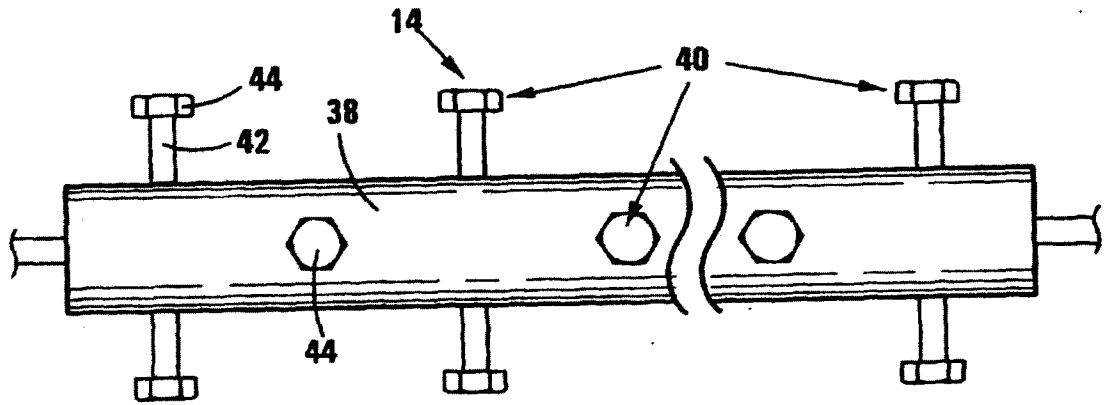


FIG 2

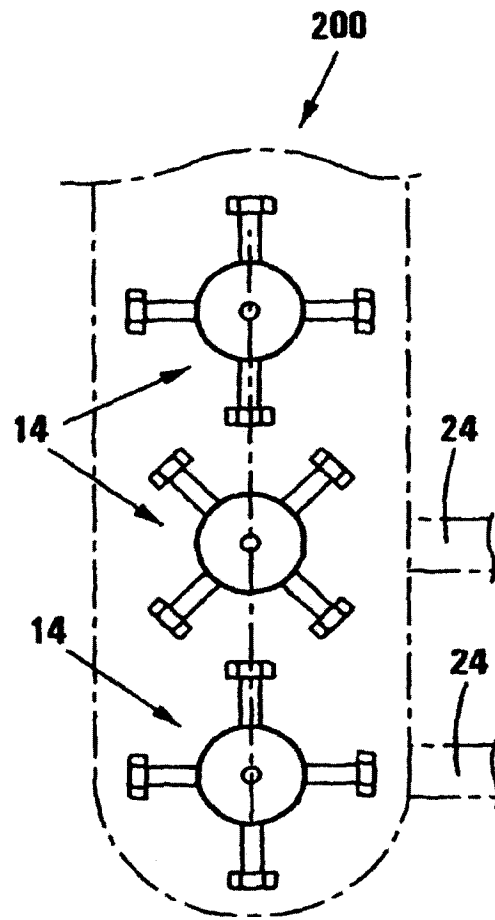


FIG 3

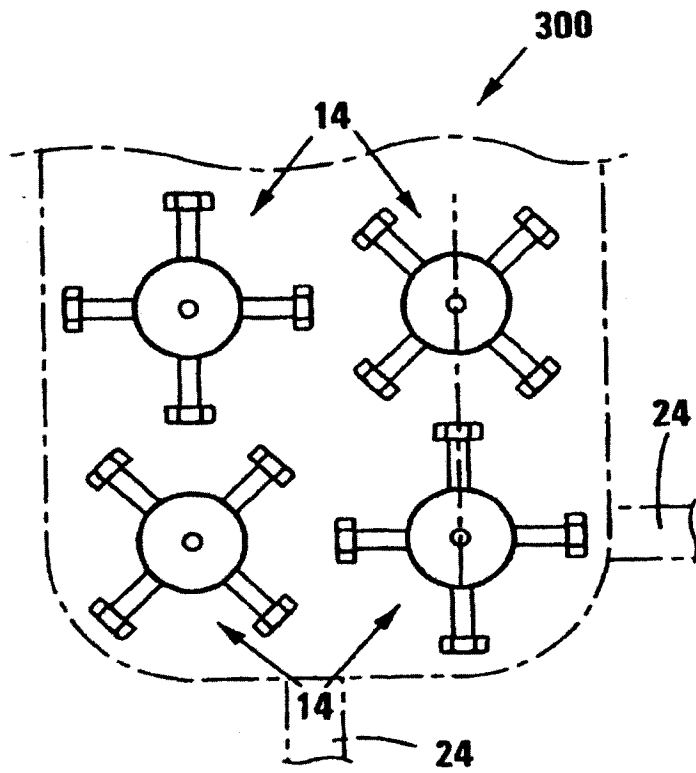


FIG 4