

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 008 562**

51 Int. Cl.:

C10L 5/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2021** **E 21175776 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2024** **EP 4095218**

54 Título: **Combustible alternativo en polvo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.03.2025

73 Titular/es:
SUBCOAL INTERNATIONAL B.V. (100.00%)
Siebengewaldseweg 24
5854 PC Nieuw - Bergen, NL

72 Inventor/es:
JENNISSEN, LARS

74 Agente/Representante:
MARTÍN DE LA CUESTA, Alicia María

ES 3 008 562 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

Combustible alternativo en polvo

5 **Campo técnico**

La invención se refiere a un combustible alternativo en polvo, a un procedimiento para preparar tal combustible alternativo en polvo a partir de materiales de desecho, y a usos del mismo.

10 **Antecedentes de la técnica**

Los desechos municipales siguen siendo un problema sustancial. En la actualidad, generalmente los desechos se clasifican, y se seleccionan las fracciones valiosas. Sin embargo, el reciclaje es difícil debido a los muchos constituyentes diferentes, presentes en cantidades variables. Además, las corrientes de desechos mixtas como mezclas de plástico y papel (o generalmente fibras de celulosa) constituyen una fracción ligera para la que sigue siendo difícil encontrar una salida adecuada.

Uno de los usos de tal fracción ligera es su uso como combustible alternativo, también denominado combustible secundario. La forma más barata de usar esta fracción es tal como se obtiene después de la clasificación. Esta fracción es un material esponjoso; de ahí su nombre: pelusa. La pelusa es difícil de transportar (a menos que se embale, pero entonces es difícil obtener una fracción esponjosa que pueda usarse como combustible). Otro inconveniente de la pelusa es que es muy heterogénea, de manera que solo puede quemarse en hornos de "baja eficiencia"; es decir, hornos que no tienen una llama concentrada.

La pelusa puede granularse para mejorar las propiedades de transporte y manipulación. Los gránulos pueden transportarse fácilmente a largas distancias, y pueden usarse como gránulos enteros en determinadas aplicaciones de combustible, o pueden molerse antes de usarse como combustible. En general, los gránulos, o gránulos molidos pueden usarse como sustitución parcial del combustible primario (carbón, turba o petróleo). Sin embargo, ha sido extremadamente difícil proporcionar un combustible alternativo que pueda transportarse fácilmente, usarse sin molienda adicional, y usarse en hornos de alta eficiencia, preferiblemente para sustituir completamente al combustible primario.

Además, actualmente, los combustibles alternativos necesitan inversiones adicionales en uno o más quemadores adaptados, sistemas de distribución adaptados, trituradoras, etc.

La combustión en un horno industrial es un procedimiento usado por ejemplo en la producción de electricidad. Los hornos para producir electricidad son los hornos más exigentes y eficientes actualmente en uso. Otros hornos industriales que requieren una alta estabilidad de proceso son los altos hornos en la producción de acero, los hornos de cemento y los hornos de cal.

Un horno generalmente se alimenta con carbón en polvo (pulverizado), petróleo o gas (como combustible primario). El combustible se suministra generalmente a través de varios quemadores, lanzas (o toberas). En caso de que el horno se use para producir electricidad, el calor de la combustión se usa para producir vapor, que se usa para accionar turbinas.

La cantidad de carbón pulverizado que puede inyectarse depende de la calidad del carbón y coque, de la geometría del horno y de las prácticas de funcionamiento. Además, el carbón pulverizado tiene una densidad aparente baja y malas características de almacenamiento. Por tanto, el carbón se pulveriza justo antes de su uso. Una desventaja principal del carbón pulverizado es el hecho de que procede de una fuente no renovable y por tanto provoca una emisión de CO₂ sustancial.

También se usan combustibles alternativos o secundarios, en cierta medida, para reducir la carga de emisión de CO₂. Es necesario que tales combustibles alternativos permitan su uso en un procesamiento sin problemas. Los combustibles alternativos deben poderse transportar, antes y después de la molienda. Además, es necesario que los combustibles alternativos permitan inyectarse en la llama, donde deben demostrar buenas características de quemado (tiempo hasta el quemado completo, quemado prácticamente completo en el punto caliente).

Los combustibles alternativos sugeridos para su uso para los hornos industriales de alta eficiencia son gránulos de plástico, gránulos mixtos de plástico/biomasa, gránulos de madera, gránulos de lodos de aguas residuales y similares.

Una ventaja de usar desechos sólo de plástico es en general que los desechos de plástico tienen baja conductividad térmica y alto contenido de energía. Una desventaja de usar desechos solo de plástico es que tales mezclas que se originan, por ejemplo, a partir de desechos domésticos, urbanos o municipales son productos relativamente valiosos que pueden usarse para fabricar productos de plástico (reciclados). Una desventaja adicional consiste en que, a pesar de un alto poder calorífico, los gránulos de plástico de desecho son difíciles de procesar de tal manera que se

obtenga una distribución adecuada del tamaño de partícula. La molienda provoca un aumento de la temperatura, un comportamiento gomoso de los plásticos hasta tal punto que es necesaria una molienda criogénica. Sin embargo, la molienda criogénica es demasiado cara.

5 En particular, una desventaja de los gránulos mixtos de plástico/biomasa es que es necesario moler los gránulos cerca del horno, ya que las propiedades de flujo de polvo de los gránulos molidos son tales que el transporte desde un molino a un contenedor de transporte a granel, posteriormente a un contenedor de almacenamiento a granel y
10 posteriormente para su uso, provoca problemas de procesamiento sustanciales. En particular, las tuberías se bloquean, porque el polvo tiene una cantidad sustancial de materiales fibrosos que provocan grumos o penachos. Por tanto, los gránulos se transportan a los hornos, y se realiza una operación de molienda justo antes del transporte a un horno.

Los gránulos de madera tienen un contenido energético relativamente bajo, y por tanto son menos atractivos para quemadores de alta eficiencia. Además, el uso de gránulos de madera es cada vez más sospechoso de no ser
15 respetuoso con el medio ambiente, ya que se talan bosques, mientras que el secado y el transporte requieren una energía sustancial. Los gránulos de lodo tienen, además de gránulos de madera, un contenido energético incluso menor y un contenido de cenizas relativamente alto, lo que supone una desventaja.

En la práctica, se usan combustibles alternativos sólo para sustituir parcialmente el combustible fósil en hornos de alta eficiencia. Generalmente, en la práctica real, la cantidad de combustible alternativo es menor del 30 %, pero en cualquier caso menor del 50 % en relación con el carbón en polvo. El carbón en polvo es un material relativamente homogéneo, y una carga base sustancial de carbón atenúa las fluctuaciones en los materiales de gránulos derivados de desechos.

25 El documento WO2020/127473 describe un procedimiento para fabricar gránulos que pueden molerse para dar material particulado que permite encender un horno de alto rendimiento al 100 % con combustible alternativo.

Sin embargo, existe una necesidad continua de un procedimiento en el que el combustible alternativo esté en una forma que pueda usarse fácilmente por empresas que dispongan de un horno, sin necesidad de tener un molino
30 cerca. En particular, existe la necesidad de combustible alternativo en polvo, que pueda soplarse a través de tuberías de transporte múltiples veces, sin provocar obstrucciones y que permita una distribución uniforme a múltiples quemadores.

35 Sumario de la invención

El objeto de la presente invención es proporcionar un combustible alternativo en polvo que pueda transportarse a través de transporte a granel y a través de tuberías mediante gas de soplado, sin obstrucción, y que pueda usarse para sustituir de manera fiable el combustible fósil en todos los hornos, incluyendo hornos industriales de alta eficiencia usados en equipos modernos, por ejemplo, para producir electricidad, hornos de cemento o cal o altos
40 hornos.

En un primer aspecto, la invención se refiere a un procedimiento para producir gránulos a partir de desechos municipales y/u otros desechos, gránulos que pueden molerse para proporcionar combustible en polvo de flujo libre adecuado para el transporte, comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:

- 45 - (i) proporcionar material de desecho que comprende uno o más material(es) termoplástico(s) de más del 40 %, basado en el peso seco total del desecho y uno o más material(es) celulósico(s) de más del 30 %, basado en el peso seco total del desecho, en el que el desecho que se proporciona en la etapa (ii) tiene una distribución de tamaño de partícula con más del 80 % mayor de 5 mm y más del 95 % menor de 60 mm, y más del 90 % en peso menor de 40 mm, teniendo un contenido de agua del aproximadamente el 8 % en peso o menos;
- 50 - (ii) someter el material de desecho a una granuladora con orificios de entre 4-8 mm, preferiblemente 4-6 mm, y una razón de longitud de más de 10, de manera que la temperatura de salida sea de aproximadamente 85 °C o inferior,
- 55 - (iii) someter los gránulos a una segunda granuladora con orificios de entre 2 y 8 mm, preferiblemente 4-6 mm, y una razón de longitud de más de 14, de manera que la temperatura de salida sea de aproximadamente 110 °C o superior;
- 60 - (iv) proporcionar gránulos con un diámetro de entre 2 y 8 mm, y una longitud de aproximadamente 3 mm o más largos, preferiblemente más largos de 8 mm, en el que la temperatura de salida de los gránulos es de 110-130 °C;
- 65 - (v) enfriar dichos gránulos hasta una temperatura por debajo de 40 °C, preferiblemente por debajo de 30 °C.

El segundo aspecto de la invención proporciona la molienda de dichos gránulos, después del enfriamiento, por

ejemplo, en un molino de martillos, de manera que se obtiene un polvo que muestra buenas propiedades de flujo.

Un aspecto adicional de la presente invención se refiere a un combustible alternativo en polvo que tiene las siguientes propiedades:

- mezcla homogénea sustancial del 40-70 % en peso de material termoplástico fundido en gran medida y el 30-50 % en peso de uno o más materiales celulósicos;
- una distribución de tamaño de partícula de manera que más del 50 % en peso de las partículas es de entre 1 y 3,5 mm, mientras que más del 60 % en peso es menor de 2 mm;
- un ángulo de reposo de entre 41-43°;
- una densidad aparente (de compactación) de aproximadamente 220 g/l o superior.

El combustible alternativo en polvo puede transportarse inesperadamente a través de tuberías de soplado en contenedores a granel y similares, sin provocar bloqueos o problemas de procesamiento.

Este combustible alternativo en polvo puede sustituir completamente al carbón en polvo en hornos industriales tales como hornos usados en hornos de cemento, plantas para producir electricidad y altos hornos. También es posible sustituir sólo parcialmente al carbón en polvo en dichas aplicaciones, ya que tal elección puede basarse en simples consideraciones económicas. La dosificación puede lograrse usando equipos existentes que se instalan para carbón/lignito, y la distribución a uno o más quemadores generalmente no necesitaría una inversión adicional.

Beneficios y ventajas adicionales de la presente invención resultarán evidentes en la descripción detallada.

Descripción detallada

En un primer aspecto, la invención se refiere a un procedimiento para producir gránulos que comprende las etapas siguientes:

(i) proporcionar material de desecho que comprende uno o más material(es) termoplástico(s) de más del 40 %, basado en el peso seco total del desecho y uno o más material(es) celulósico(s) de más del 30 %, basado en el peso seco total del desecho, en el que el desecho que se proporciona en la etapa (ii) tiene una distribución de tamaño de partícula con más del 80 % en peso mayor de 5 mm y más del 95 % en peso menor de 60 mm, y más del 90 % en peso menor de 40 mm, teniendo un contenido de agua del aproximadamente el 8 % en peso o menos;

(ii) someter el material de desecho a una granuladora con orificios de entre 4-8 mm, y una razón de longitud de más de 10, de manera que la temperatura de salida sea de aproximadamente 85 °C o inferior,

(iii) someter los gránulos a una segunda granuladora con orificios de entre 2 y 8 mm, y una razón de longitud de más de 14, de manera que la temperatura de salida sea de aproximadamente 110 °C o superior;

(iv) proporcionar gránulos con un diámetro de entre 2 y 8 mm, y una longitud de aproximadamente 3 mm o más largos, preferiblemente más largos de 8 mm, en el que la temperatura de salida de los gránulos es de 110-130 °C;

(v) y los gránulos se enfrían hasta una temperatura de aproximadamente 40 °C o inferior, de manera preferible de aproximadamente el 30 °C o inferior.

Material de desecho

Por el término "material termoplástico" quiere decirse polímeros termoplásticos. El material de desecho usado en la preparación de los gránulos de la presente invención comprende al menos el 40 % de material termoplástico, preferiblemente al menos el 45 % en peso o al menos el 50 % en peso de material termoplástico, como por ejemplo aproximadamente el 55 % en peso o aproximadamente el 60 % en peso de material termoplástico.

Generalmente, la cantidad de material de plástico en los gránulos es de aproximadamente el 80 % en peso o menos, preferiblemente el 70 % en peso o menos. Por tanto, los intervalos adecuados comprenden el 40-80 % en peso de plástico, o lo más preferiblemente el 50-70 % en peso de plástico.

Los ejemplos de polímeros termoplásticos usados en el presente documento se enumeran en el documento US2010/0116181. Normalmente, el material o componente termoplástico puede ser un material de envasado o cualquier tipo de desecho de plástico.

Preferiblemente, al menos el 20 % en peso, más preferiblemente al menos el 40 % en peso, incluso más preferiblemente al menos el 50 % en peso, y lo más preferiblemente al menos el 60 % en peso del material

termoplástico son homo- o copolímeros de polietileno.

5 El término "material celulósico" usado en la presente invención se refiere por ejemplo a papel, cartón, madera, cartones, materiales textiles tales como algodón, rayón y/o viscosa. El material de desecho usado en la presente invención comprende al menos el 30 % en peso de material celulósico, preferiblemente más del 35 % en peso o más de material celulósico. Generalmente, la cantidad de material celulósico es de aproximadamente el 60 % en peso o menos, de manera preferible de aproximadamente el 50 % en peso o menos de material celulósico basado en el peso seco total de los gránulos. Los intervalos adecuados incluyen el 30-60 % en peso de material celulósico, preferiblemente el 30-50 % en peso de material celulósico. El material celulósico también puede denominarse biomasa.

10 El material de desecho generalmente se deriva de desechos municipales u otras corrientes de desechos. Los desechos mixtos de plástico/biomasa (que comprenden diferentes tipos de plásticos y biomasa/papel) generalmente se consideran material "no reciclable". Este tipo de material de desecho se considera muy heterogéneo, provocando dificultades considerables para el procesamiento continuo. El procedimiento de la invención ha transformado el material muy heterogéneo en material sustancialmente homogéneo (en forma de gránulos). De ese modo, la trituración de los gránulos produce material molido, que puede manipularse en una variedad de etapas de procesamiento.

15 Los gránulos pueden producirse seleccionando plástico y biomasa de desecho de plantas de reciclaje de residuos o papel, y similares. Es posible usar diferentes corrientes de desechos seleccionadas en combinación con el fin de lograr una mezcla requerida de plástico y materiales celulósicos. El material de partida preferiblemente se tritura hasta un tamaño de 5 cm o menos para la dimensión más grande, preferiblemente hasta un tamaño de 4 cm o menos. En una realización adicional, el material de partida se tritura hasta un tamaño de aproximadamente 3,5 cm o menos, de manera preferible de aproximadamente el 2,5 cm.

20 Preferiblemente, el desecho tiene una distribución de tamaño de partícula con más del 80 % en peso mayor de 5 m y más del 95 % en peso menor de 60 mm. Preferiblemente, más del 90 % en peso es menor de 40 mm. En una realización adicional preferida, el desecho tiene un tamaño de partícula de manera que aproximadamente el 20 % en peso o más tiene un tamaño de más de 30 mm.

25 El material se seca hasta un contenido de humedad del 8 % en peso o por debajo, y el material se prensa a través de una matriz con orificios apropiados. Preferiblemente, el contenido de humedad del material alimentado a la primera matriz es de entre aproximadamente el 2 % y aproximadamente el 5 %. Un contenido de humedad demasiado alto puede impedir la fusión suficiente del plástico, porque (se cree) que la temperatura no puede aumentar suficientemente para provocar la fusión suficiente del plástico.

30 El secado se realiza preferiblemente done después de la trituración.

35 La temperatura del material alimentado a la primera matriz es preferiblemente de entre aproximadamente 30 - 50 °C, de manera preferible entre aproximadamente 35 - 45 °C.

Granulación

40 Tal como se usa en el presente documento, el término "gránulo" o "gránulos" se usa cuando se hace referencia a gránulos de la presente invención que comprenden uno o más material(es) termoplástico(s) y uno o más material(es) celulósico(s). Los gránulos no están limitados por un grado de heterogeneidad.

45 La matriz de la granuladora preferiblemente es una matriz cilíndrica, pero se conocen matrices planas y también pueden usarse. Además, también pueden usarse una primera matriz plana y una segunda matriz cilíndrica, o primero una matriz cilíndrica y segundo una matriz plana.

50 Preferiblemente, el diámetro de orificio en la primera y/o segunda granuladora es de 4, 5 ó 6 mm.

55 Preferiblemente, la razón de diámetro con respecto a grosor de la primera matriz es de entre 10-16, preferiblemente entre 12-14.

60 Preferiblemente, la razón de diámetro con respecto a grosor de la segunda matriz es de entre 14 y 20, preferiblemente entre 16-20.

65 Las razones preferidas de diámetro frente a grosor permiten un funcionamiento suave, también con respecto a la temperatura de la salida de cada matriz.

Preferiblemente, la primera matriz se hace funcionar de manera que la temperatura de la salida (gránulo) sea de entre 60 y 80 °C.

ES 3 008 562 T3

Generalmente, estará presente un recipiente de tampón entre la primera y la segunda granuladoras, para facilitar el funcionamiento. Preferiblemente, el recipiente de tampón tiene medios para la medición del nivel de los gránulos, y la temperatura de los gránulos. El recipiente de tampón preferiblemente está aislado y/o comprende medios de calentamiento para mantener los gránulos a una temperatura requerida, tal como se describe a continuación.

5 La temperatura del material alimentado a la segunda matriz preferiblemente es de entre aproximadamente 50 – 80 °C, de manera más preferible entre aproximadamente 60 - 75 °C.

10 Preferiblemente, la segunda matriz se hace funcionar de manera que la temperatura de la salida (gránulo) sea de entre 110 y 130 °C. Se prefiere que la temperatura de salida sea de entre 115-125 °C, como por ejemplo aproximadamente 120 °C.

15 Preferiblemente, el aumento de temperatura de la salida de la primera matriz y la salida de la segunda matriz es de aproximadamente 40 °C o más, de manera preferible de aproximadamente 45 °C o más. Esto permite la fusión apropiada del plástico en la segunda matriz, sin volverse demasiado pegajoso.

Gránulos

20 Los gránulos tienen un intervalo de tamaño uniforme (diámetro) generalmente dentro de un intervalo de 4 - 8 mm, preferiblemente 6-8 mm, y de la manera más preferible aproximadamente 6 mm. La longitud de los gránulos generalmente será de entre 3 y 50 mm, preferiblemente más largos de 8 mm, y más preferiblemente de 10-40 mm, e incluso más preferiblemente entre 15-25 mm.

25 El poder de calentamiento o poder calorífico o poder de calentamiento calorífico de cualquier combustible es la energía liberada por unidad de masa o por unidad de volumen del combustible cuando el combustible se quema completamente. La cantidad se determina llevando todos los productos de combustión de vuelta a la temperatura original antes de la combustión, y en particular condensando cualquier vapor producido. Dicho de otro modo, es la cantidad de calor liberado durante la combustión completa de una cantidad específica del mismo.

30 La calorimetría mide el poder de calentamiento superior (HHV) y usa el siguiente procedimiento. Se produce la combustión completa de la muestra usando oxígeno puro y luego produce dióxido de carbono y agua. El agua se produce inicialmente como vapor. Sin embargo, una vez que toda la muestra se ha sometido a combustión (es decir, se ha completado la prueba) el vapor de agua se condensa. Este proceso de condensación libera calor adicional. Técnicamente, este calor adicional es calor latente procedente de la conversión de agua desde un vapor a una fase líquida. La combinación del calor liberado durante la combustión de la muestra y el posterior calor liberado durante la conversión de vapor de agua en líquido proporciona el calor máximo que puede obtenerse. Esto se conoce como poder calorífico superior (HCV) o poder de calentamiento superior (HHV).

40 Si el procedimiento mantiene el agua producida en estado de vapor, entonces el calor latente no se recupera. Esto se conoce como el poder calorífico inferior (LCV) o poder de calentamiento inferior (LHV). El LHV es solamente el calor de la combustión y no incluye el calor liberado durante la condensación del vapor de agua. El LHV es la medición clave para la mayoría de los sistemas de combustión que convierten calor en potencia o energía.

45 El HHV y el LHV son válidos para la combustión completa del combustible en CO₂ y H₂O.

El poder calorífico (LCV) de los gránulos es en general de aproximadamente 19-28 GJ/ton, que es menor que el del material de plástico completo, que generalmente tiene un poder calorífico de 31-35 GJ/ton (en peso seco).

50 Preferiblemente, los elementos halogenados como el cloro están presentes en los gránulos en una cantidad por debajo del 1 % en peso, más preferiblemente por debajo del 0,3 % en peso. Una alta entrada de estos elementos puede conducir a corrosión en el sistema de limpieza de gas seco y/o húmedo y además a la emisión de cloro con el agua de drenaje del lavador de gases superior.

55 El contenido de oxígeno de los gránulos está preferiblemente en el intervalo del 20 al 30 % en peso de los gránulos en peso seco.

El contenido de hidrógeno de los gránulos está preferiblemente en el intervalo del 6 al 8 % en peso de los gránulos en peso seco.

60 Preferiblemente, los gránulos pueden comprender hasta el 5 % en peso de humedad. La cantidad de humedad puede estar por debajo del 2 o por debajo del 1 %.

65 Preferiblemente, la resistencia de los gránulos es de aproximadamente 10 kgf o más, de manera más preferible de aproximadamente 15 kgf o más. Generalmente, la resistencia es de aproximadamente 40 kgf o menos, a menudo de aproximadamente 25 kgf o menos. Sin embargo, es posible tener incluso gránulos más duros, por ejemplo, que tengan una resistencia de hasta 70 kgf o menos, por ejemplo 60 kgf o menos. Puede ser preferible que tengan una

resistencia de aproximadamente 30 kgf o menos.

5 Los gránulos obtenidos granulando una vez tienen una dureza de aproximadamente 15 kgf, mientras que granulando dos veces con el método de la presente invención se aumentó la dureza hasta más de 20 kgf, tal como 22 kgf. Los gránulos de la presente invención tienen lo más preferiblemente una dureza de entre 20 y 25 kgf, ya que con esta dureza se obtiene un polvo muy adecuado, que parece que puede transportarse a largas distancias. Este polvo no mostró (o apenas mostró) problemas provocados por un mal comportamiento de flujo provocado por hebras de plástico, conglomerados esponjosos o similares.

10 La dureza puede medirse con un medidor de dureza de gránulos Kahl, disponible de Amandus Kahl GmbH&Co KG, Hamburgo. El medidor de dureza de gránulos Kahl es uno de los métodos de ensayo convencionales en la industria.

15 Una resistencia suficiente tiene además la ventaja de que los gránulos tienen una densidad relativamente alta, lo que permite un transporte eficiente de los gránulos como tales. Además, la resistencia evita la formación de grandes cantidades de finos durante el transporte.

Estos gránulos permiten inesperadamente el transporte a granel de combustible alternativo en polvo, después de la molienda de los gránulos

20 Los gránulos que se obtienen según la presente invención tienen una alta densidad aparente. Los gránulos según la presente invención generalmente tienen una densidad aparente de 500 g/l, preferiblemente de 520 g/l o superior, e incluso de manera más preferible de aproximadamente 540 g/l o superior, como por ejemplo de aproximadamente 550 g/l. Generalmente, la densidad es de 600 g/l o inferior.

25 Preferiblemente, los gránulos tienen una densidad aparente de 540 g/l o superior.

Trituración y combustible alternativo en polvo

30 Los gránulos pueden triturarse en un molino de martillos (como por ejemplo un molino de gránulos California; 11,5x28 que tiene un tamiz de 6,4 mm o 3,5 mm y una velocidad de punta de 108 m/s).

35 Según el documento WO2020/127473 se describe que los gránulos se Trituran sobre un tamiz de 6,4 mm. Tamaños de tamiz más pequeños pueden provocar la trituración de tales gránulos produciendo material demasiado esponjoso, o penachos, provocando una capacidad de transporte reducida. Sin embargo, los gránulos según la presente invención pueden molerse sobre un tamiz de 3,5 mm, y todavía producir polvo que puede transportarse fácilmente, sin bloqueos.

40 Los gránulos obtenidos o que pueden obtenerse con el procedimiento de la presente invención pueden molerse en un molino de martillos de manera que el polvo muestre buenas propiedades de flujo, y de manera que preferiblemente el 30-60 % en peso del polvo tenga un tamaño de partícula de entre 1 y 2 mm, y más del 80 % sea menor de 2 mm.

Las partículas resultantes tienen preferiblemente una densidad aparente (de compactación) de 220 g/l o superior.

45 Los gránulos, cuando se muelen en un molino de martillos, no contienen prácticamente ningún material similar a hebras que provoque la formación de penacho, a diferencia del material granulado una vez. La formación de penachos parece ser perjudicial para las propiedades de flujo.

50 Los gránulos se muelen hasta partículas relativamente pequeñas por debajo de 3,15 mm. Generalmente, el porcentaje en peso de partículas mayores de 3,15 mm es aproximadamente del 15 % en peso o menos, de manera preferible de aproximadamente el 10 % en peso o menos, e incluso de manera más preferible de aproximadamente el 7,5 % en peso o menos.

55 Más preferiblemente, más del 95 % en peso, más preferiblemente más del 98 % en peso del material triturado es menor de 5 mm. Sin embargo, las partículas no son pulverulentas.

60 La densidad aparente (de compactación) se mide de la siguiente manera: se vierte una cantidad de gránulos en un cilindro de 100 ml (diámetro 2,5 cm), y se mide la cantidad de gránulos presentes en gramos. La compactación se realiza colocando el vaso de precipitados sobre una superficie vibratoria (vibración vertical de 0,5 mm; 240 veces por minuto) durante 5 min; y se mide el volumen de gránulos. La densidad de compactación es la cantidad en gramos de cantidad dividida entre el volumen medido.

65 La trituración se somete a prueba en un molino de martillos (molino de gránulos California; 11,5x28) que tiene un tamiz con orificios de 3,5 mm diámetro, y una velocidad de punta de 108 m/s, usado según la descripción de los fabricantes.

ES 3 008 562 T3

La densidad aparente (de compactación) de los gránulos triturados (el material particulado) generalmente es de 220 g/l o superior, preferiblemente de 230 g/l o superior.

5 Preferiblemente, el tamaño medio de partícula de las partículas molidas es menor de 2,5 mm, y preferiblemente mayor de 1 mm.

10 El ángulo de reposo del material obtenido granulando dos veces, y adecuado para el transporte, tiene un ángulo de reposo distinto, que es mayor que el ángulo de reposo de la pelusa o los gránulos triturados obtenidos con granulación a través de una matriz. El ángulo de reposo se ha medido de dos maneras. La primera consistió en verter 500 gramos de material a través de un embudo con una distancia a una mesa de 20 cm, y una anchura de la salida de embudo de 3 cm de diámetro. El material forma un pequeño montón, cuya altura y diámetro pueden medirse. El ángulo calculado a partir de la altura y el radio pueden usarse como ángulo de reposo. El segundo método es un método de mesa basculante, en el que mesa sobre la que está presente el material en una capa fina se bascula lentamente hasta que el material comienza a moverse. El ángulo en el que el material comienza a moverse es el ángulo de reposo.

15 Los resultados de los dos métodos se presentan en la siguiente tabla:

material	Ángulo de reposo a partir de la altura/el radio	Ángulo de reposo a partir de la mesa inclinada (intervalo)	Intervalo
Pelusa	40°	35 – 40°	35 – 40°
Granulado una vez	39°	39 – 40°	39 – 40°
Granulado dos veces	41°	42 – 42°	41 – 42°

20 La invención se refiere también a combustible alternativo en polvo, que tiene las siguientes propiedades:

- Mezcla homogénea sustancial del 40-70 % en peso de material termoplástico fundido en gran medida y el 30-50 % en peso de uno o más materiales celulósicos;
- 25 - una distribución de tamaño de partícula de manera que más del 50 % en peso de las partículas es de entre 1 y 3,5 mm, mientras que más del 60 % en peso es menor de 2 mm;
- un ángulo de reposo de entre 41-43°;
- 30 - una densidad aparente (de compactación) de aproximadamente 220 g/l o superior.

La trituración en un entorno industrial tiene lugar generalmente en un molino adecuado, tal como un molino de martillos, un molino de chorro o similar. Preferiblemente, se usa un molino de martillos.

35 *Transporte*

El combustible alternativo en polvo puede transportarse inesperadamente a través de tuberías de soplado en contenedores a granel y similares, sin provocar problemas de procesamiento. El transporte a través de soplado puede realizarse usando gas. El gas puede ser cualquier gas adecuado, como preferiblemente aire o gas rico en dióxido de carbono como gas de chimenea. Además, pueden usarse cintas transportadoras sin problemas de procesamiento.

45 También se da a conocer un contenedor de transporte para tráfico de carretera, tren o barco, que tiene aproximadamente 1 tonelada o más, de manera preferible aproximadamente 3 toneladas o más, de combustible alternativo en polvo a granel tal como se describe en el presente documento.

Los contenedores de transporte se conocen bien, y preferentemente son contenedores convencionales, como portadores a granel para transporte por carretera, portadores a granel que pueden colocarse en barcos, en transporte ferroviario, o portadores de contenedores para transporte por carretera. Por ejemplo, pueden usarse contenedores de suelo móvil de 90 m³, que pueden llenarse a través de un transportador y vaciarse a través de un transportador o con equipo de soplado. Además, están disponibles contenedores silo de 60-65 a 90 m³ que pueden llenarse/vaciarse, por ejemplo, a través de tuberías de soplado. Por ejemplo, pueden usarse contenedores de tipo tanque de 6 m con una capacidad de carga nominal de aproximadamente 26 toneladas. Con una densidad aparente de, por ejemplo, 220 kg/ton, pueden cargarse aproximadamente 5,5-6 toneladas de material en un contenedor de este tipo. Pueden cargarse contenedores de 12 m con el doble de cantidad. Los contenedores de transporte contienen preferiblemente entre aproximadamente 5 y 20 toneladas de material.

El contenedor de transporte también puede ser, por ejemplo, un barco completo con una capacidad a granel de hasta 20.000 toneladas.

60 Se da a conocer además un método de transporte de combustible alternativo, en el que el combustible alternativo en

polvo a granel tal como se describe en el presente documento se mueve durante al menos un kilómetro en un contenedor de transporte para tráfico por carretera, tren o barco, teniendo el contenedor aproximadamente 1 tonelada o más, de manera preferible aproximadamente 3 toneladas o más de combustible alternativo en polvo a granel.

El combustible alternativo pulverizado puede soplar desde el vehículo de transporte a un silo a granel cerca del horno que usará el combustible.

Uso

Este combustible alternativo en polvo puede sustituir completamente al carbón en polvo en hornos industriales tales como hornos usados en hornos de cemento, en hornos de cal, plantas para producir electricidad y altos hornos. También es posible sustituir sólo parcialmente al carbón en polvo en dichas aplicaciones, ya que tal elección puede basarse en simples consideraciones económicas. La dosificación puede lograrse usando equipos existentes que se instalan para carbón/lignito, y la distribución a uno o más quemadores generalmente no necesitaría una inversión adicional.

Las partículas se soplan preferiblemente en la llama de un horno industrial a una temperatura de llama adiabática en el intervalo de aproximadamente 1200 °C a aproximadamente 2500 °C y un volumen de aire en el intervalo de 1280-2000 Nm³/kg*1000. La temperatura depende generalmente del tipo de horno industrial.

A continuación en el presente documento, la presente invención se describe con más detalle y específicamente con referencia a los ejemplos, que sin embargo no pretenden limitar la presente invención.

Ejemplos

Ejemplos 1-2

Se han realizado una serie de ensayos con RDF que comprende aproximadamente el 48 % de plástico, aproximadamente el 42 % de biomasa, aproximadamente el 6 % de otros materiales y aproximadamente el 4 % de humedad.

La primera etapa de granulación se realizó a través de una matriz que tenía orificios de 6 mm y una longitud de 72 mm (relación de aspecto 12). La velocidad de la matriz fue de aproximadamente 200 rpm, y los gránulos obtenidos después de la primera etapa de granulación tenían una temperatura de aproximadamente 70 °C.

La segunda etapa de granulación se realizó inmediatamente después de la primera, de manera que la temperatura de entrada de los productos que entran en el granulador era una temperatura de aproximadamente 50-60 °C. El segundo granulador usó una matriz con orificio de 6 mm de diámetro y una longitud de 102 mm (una relación de 17). La temperatura de salida de los gránulos de una longitud de aproximadamente 25-35 mm fue de aproximadamente 120 °C.

Los gránulos granulados dos veces tenían una densidad aparente de aproximadamente 520 g/l. La trituración se realizó con un molino de martillos (molino de husillo vertical a una velocidad de 108 Hz) con un tamiz con orificios de QJ3,5 mm.

Los productos de los ejemplos 1 y 2 se analizaron para determinar la distribución del tamaño de partícula según los métodos DIN 18123: 2011-04 y DIN-EN 15149-1&-2: 2011-01. El fraccionamiento en tamiz por encima de 0,5 mm, 1 mm, 2 mm, 3,5 mm y > 3,5 mm produjo los siguientes resultados:

Distribución de tamaño (% en peso)	Ejemplo 1		Ejemplo 2	
	% en peso	acumulativo	% en peso	acumulativo
Fracción < 0,5 mm	17	17	13	13
Fracción 0,5 - 1 mm	13	30	29	42
Fracción 1-2 mm	32	62	43	85
Fracción 2-3,5 mm	23	85	8	93
Fracción > 3,5 mm	15	100	7	100

A partir de estos resultados parece que triturar gránulos doblemente granulados en un molino de martillos con un tamiz con orificios de QJ3,5 mm mostró un tamaño de partícula de más del 50 % de partículas entre 1 y 3,5 mm, y más del 60 % en peso menor de 2 mm.

Ejemplo 3

Se preparo el producto del ejemplo 2 en una cantidad de 50 toneladas. Se soplaron aproximadamente tres toneladas

ES 3 008 562 T3

de producto a un remolque a granel, se transportaron a lo largo de 50 km y se vaciaron de nuevo con aire presurizado a través de una tubería. Todo el producto pudo cargarse y descargarse mediante simple aire comprimido usando un sistema de transporte a granel convencional.

5

REIVINDICACIONES

1. Método para producir gránulos que comprende las etapas siguientes:
 - 5 (i) proporcionar material de desecho que comprende uno o más material(es) termoplástico(s) de más del 40 %, basado en el peso seco total del desecho y uno o más material(es) celulósico(s) de más del 30 %, basado en el peso seco total del desecho, en el que el desecho que se proporciona en la etapa (ii) tiene una distribución de tamaño de partícula con más del 80 % en peso mayor de 5 mm, más del 95 % en peso menor de 60 mm y más del 90 % menor de 40 mm, teniendo un contenido de agua del 8 % en peso o menos;
 - 10 (ii) someter el material de desecho a una granuladora con orificios de entre 4-8 mm, y una razón de longitud de más de 10, de manera que la temperatura de salida sea de 85 °C o inferior,
 - 15 (iii) someter los gránulos a una segunda granuladora con orificios de entre 2 y 8 mm, y una razón de longitud de más de 14, de manera que la temperatura de salida sea de 110 °C o superior;
 - 20 (iv) proporcionar gránulos con un diámetro de entre 2 y 8 mm, y una longitud de aproximadamente 3 mm o más largos, preferiblemente más largos de 8 mm, en el que la temperatura de salida de los gránulos es de 110-130 °C;
 - (v) y los gránulos se enfrían hasta una temperatura de 40 °C o inferior, preferiblemente de 30 °C o inferior.
- 25 2. Método según la reivindicación 1, en el que el contenido de humedad del material alimentado a la primera matriz es de entre el 2 % y el 5 %.
3. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que el diámetro de orificio en la primera y/o segunda granuladora es de 4-6 mm.
- 30 4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que la razón de diámetro con respecto a grosor de la primera matriz es de entre 10-16, preferiblemente entre 12-14.
5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que la razón de diámetro con respecto a grosor de la segunda matriz es de entre 14 y 20, preferiblemente entre 16-20.
- 35 6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que la primera matriz se hace funcionar de manera que la temperatura de la salida es de entre 60 y 80 °C.
7. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que la segunda matriz se hace funcionar de manera que la temperatura de la salida es de entre 115-125 °C.
- 40 8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que el aumento de temperatura de la salida de la primera matriz y la salida de la segunda matriz es de 40 °C o más, preferiblemente de 45 °C o más.
- 45 9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que la temperatura del material alimentado a la primera matriz es de entre 30 - 50 °C, preferiblemente entre 35 - 45 °C.
- 50 10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en el que la temperatura del material alimentado a la segunda matriz es de entre 50 - 80 °C, preferiblemente entre 60 - 75 °C.
11. Método para proporcionar combustible alternativo en polvo moliendo gránulos que pueden obtenerse mediante una cualquiera de las reivindicaciones 1-10.
- 55 12. Método según la reivindicación 11, en el que la molienda se realiza en un molino de martillos, un molino de chorro, un molino de rodillos o de bolas, preferiblemente un molino de martillos.
13. Combustible alternativo en polvo, que tiene las siguientes propiedades:
 - 60 a. mezcla homogénea sustancial del 40-70 % en peso de material termoplástico fundido en gran medida y el 30-50 % en peso de uno o más materiales celulósicos;
 - b. una distribución de tamaño de partícula de manera que más del 50 % en peso de las partículas es de entre 1 y 3,5 mm, mientras que más del 60 % en peso es menor de 2 mm;
 - 65 c. un ángulo de reposo de entre 41-43° medido con el método de la mesa basculante;

ES 3 008 562 T3

d. una densidad aparente (de compactación) de 220 g/l o superior en el que la compactación se realiza colocando el vaso de precipitados sobre una superficie vibratoria con una vibración vertical de 0,5 mm y 240 veces por minuto durante 5 min.

- 5 14. Combustible alternativo en polvo según la reivindicación 13, que tiene una densidad aparente (de compactación) de 230 g/l o superior.
15. Combustible alternativo en polvo según una cualquiera de las reivindicaciones 13-14, en el que el tamaño medio de partícula de las partículas molidas es menor de 2,5 mm, y preferiblemente mayor de 1 mm.

10