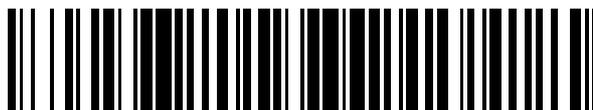


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 557 993**

51 Int. Cl.:

C10B 53/00 (2006.01)

C10B 53/02 (2006.01)

C10B 53/07 (2006.01)

C10L 5/46 (2006.01)

C10L 5/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2007 E 07747330 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.10.2015 EP 2027233**

54 Título: **Procedimiento de preparación de combustibles sólidos mediante torrefacción, así como los combustibles sólidos obtenidos de este modo y el uso de los mismos**

30 Prioridad:

14.06.2006 NL 1032001

24.07.2006 NL 1032226

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

01.02.2016

73 Titular/es:

TORR-COAL TECHNOLOGY B.V. (100.0%)

HOBENEINDSTRAAT 5A

6151 CP MUNSTERGELEEN, NL

72 Inventor/es:

RUITERS, GERARD HUBERT JOSEPH

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 557 993 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de preparación de combustibles sólidos mediante torrefacción, así como los combustibles sólidos obtenidos de este modo y el uso de los mismos

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la preparación de un combustible sólido por medio de torrefacción en el que una composición de partida se calienta indirectamente y a un combustible sólido obtenido por dicho procedimiento. Adicionalmente, la presente invención se refiere a una serie de procedimientos para la mejora del combustible sólido obtenido. Es decir, la presente invención también se refiere a un procedimiento para la eliminación de uno o más metales de un combustible sólido y a un combustible sólido obtenido mediante dicho procedimiento. La presente intención también se refiere a un procedimiento para disminuir el "contenido de cloro total" de un combustible sólido y a un combustible sólido obtenido mediante dicho procedimiento. Finalmente, la presente invención se refiere al uso de los presentes combustibles sólidos.

10 Los procedimientos para la preparación de un combustible sólido mediante calentamiento indirecto de una composición se describen, por ejemplo, en los documentos WO 2005/056723 y US 2003/0221363. En tales procedimientos, los productos leñosos, tales como, astillas de madera, serrín o, por ejemplo, cáscaras de frutos secos, se torrefactan, de modo que se produce un combustible sólido.

15 El problema con tales procedimientos conocidos es que los productos leñosos son necesarios como material de partida para producir un combustible sólido. Esto tiene una serie de desventajas.

20 En primer lugar, la madera y los productos leñosos son materiales naturales de los cuales la cantidad de alimentación no se puede controlar de una manera sencilla. En muchos países, como los Países Bajos, no se realiza producción de madera a gran escala debido al área de superficie limitada disponible. Como resultado, ha resultado ser imposible producir una cantidad estable, continua de la madera con el propósito de producir energía. Si hay (temporalmente) una cantidad limitada de madera, por ejemplo un suministro temporal, a un requisito de energía constante, se desarrollará la necesidad de importar madera para poder seguir cumpliendo el requisito de energía. Por ejemplo, la madera se puede adquirir en países con una producción de madera a gran escala y más continua, tales como, por ejemplo, Finlandia, los países bálticos y Canadá. La producción de combustible mediante la aplicación del procedimiento anterior de acuerdo con la técnica anterior depende de la compra de otros países, lo que es indeseable.

25 Una segunda desventaja del uso de madera como material de partida es el precio de compra del material de partida. La madera es un producto costoso, ya que también es aplicable a otros fines, tales como, por ejemplo, las industrias del mueble y el papel. Además, los costes aumentarán aún más si los suministros de madera limitados tienen que utilizarse en la producción de energía. Los costes asociados no solo se refieren a la compra de material de madera, sino también a los costes de transporte de la misma. Por lo tanto, un combustible sólido basado en madera, mostraría un precio significativo, y posiblemente incluso fluctuante, lo que es indeseable.

30 Una tercera desventaja de la aplicación de los procedimientos de acuerdo con la técnica anterior es de naturaleza medioambiental. Si la madera tiene que transportarse, por ejemplo de otros países, dará lugar a contaminación como resultado de la utilización de medios de transporte, lo que es indeseable. Además, es deseable utilizar como combustible una materia prima que también puede usarse para otros fines distintos al combustible. Adicionalmente, un producto que se forma mediante la torrefacción de la madera contiene un grado determinado de polvo fino, lo que puede conducir a problemas durante el almacenamiento y el transporte.

35 Otras corrientes de biomasa, tales como, por ejemplo, paja, que también podría usarse como combustible para la producción de energía, tienen propiedades físicas y químicas que también limitan su uso a gran escala.

40 Por "torrefactar" o "torrefacción" se entiende un proceso en el que un material de partida se somete a un cierto tratamiento térmico. El término torrefacción se utiliza generalmente para procesos para mejorar las propiedades de la biomasa, tales como, por ejemplo, el tostado de granos de café o la quema de biomasa, como se describe en diversas publicaciones del Energie Centrum Nederland (ECN). El proceso de torrefacción, la biomasa se calienta lentamente en una atmósfera inerte, es decir, una atmósfera libre (esencialmente) de oxígeno. El tratamiento torrefacción conduce a un producto sólido con un contenido de humedad menor y una densidad de energía mayor que el material de partida. El proceso de torrefacción también podría denominarse "pirólisis suave" en la que se forman compuestos orgánicos son gases parcialmente degradados e inflamables. Aproximadamente el 70 % del peso inicial basado en la materia seca y aproximadamente el 90 % de la energía inicial se retienen, lo que eleva el valor calórico por unidad de peso.

45 Si se torrefacta la biomasa, se produce la denominada biomasa torrefactada, que posee una serie de propiedades especiales. La primera propiedad es la hidrofobicidad; el material pierde su propiedad natural de absorción de la humedad y degradabilidad biológica y, por lo tanto, más estable durante el almacenamiento que la biomasa hidrófila no torrefactada (tales como, por ejemplo, madera y paja). Además, hay menos formación de humo cuando se quema biomasa torrefactada, en comparación con cuando se quema biomasa no torrefactada.

De acuerdo con la legislación y reglamentación europea, la "biomasa pura" está formada por una corriente en la que la proporción de la biomasa es superior al 97 % del peso seco. Las corrientes con una proporción de biomasa inferior a 97 % se indican como "biomasa impura". Por consiguiente, hay presente al menos un 3 % de otras sustancias, por ejemplo, plásticos. Este es, por ejemplo, el caso de la biomasa que se origina en las instalaciones de compostación, en el caso de desbordamiento de la barrera. Se entiende que el término biomasa significa un material que se origina directa o indirectamente de material vegetal.

La biomasa como combustible ha ganado cada vez más atención en los últimos años. Esto se ha producido por dos razones: en primer lugar, el hecho de que los combustibles fósiles se agotarán en el futuro y, por tanto, hay una búsqueda de alternativas y, en segundo lugar, porque el combustible de biomasa es más ecológico que los combustibles fósiles, como se explicará más adelante.

La gran ventaja de quemar biomasa en comparación con quemar combustibles fósiles es que se trata de un proceso esencialmente neutro con respecto a al CO₂. Mientras que el CO₂ en realidad se libera durante la combustión de la biomasa, este ha sido extraído de la atmósfera recientemente (es decir, en los últimos 1–25 años) por las plantas a partir de las que se formó la biomasa. Por tanto, la combustión de la biomasa encaja excelentemente en el ciclo del CO₂ existente. Esto supone una gran diferencia con la combustión de combustibles fósiles en la que se libera CO₂ que se ha almacenado en la tierra durante tanto tiempo que, se ve en la práctica, ya no formaba parte del ciclo del CO₂. Por tanto, la combustión de combustibles fósiles como tales "añade" CO₂ al ciclo de CO₂ de nuevo. Por consiguiente, existe una gran demanda de combustibles (mejorados) en los que se use biomasa. No obstante, como se ha descrito anteriormente, hay desventajas relacionadas con el uso de madera y otra biomasa como material de partida para producir un combustible sólido.

El gobierno (holandés) ha establecido una diana de reducción para la emisión de CO₂ (en los Países Bajos) (Protocolo de Kyoto). Existe una atención adicional al papel que la biomasa puede desempeñar para la producción de energía. La biomasa ya se usa a escala limitada en los Países Bajos como combustible para la producción de electricidad verde. Se introdujo un denominado pacto de carbón junto con los técnicos de las centrales eléctricas que funcionan con carbón en los Países Bajos. Este pacto dicta que se debe sustituir el carbón por un combustible duradero alternativo, tal como, por ejemplo, biomasa, para al menos el 10 %.

No obstante, la desventaja del uso de biomasa sin tratar, tal como, por ejemplo, madera, como combustible es que tiene un rendimiento de energía menor y no se puede usar directamente en las plantas de combustión existentes.

Los combustibles sólidos basados en biomasa obtenida por medio de torrefacción podrían usarse, en principio, para este fin; no obstante, estos productos poseen las desventajas mencionadas anteriormente.

Es un objetivo de la presente invención resolver los problemas anteriores por medio de un proceso integrado.

Es otro objetivo de la presente invención proporcionar un procedimiento para la preparación de un combustible sólido como sustituto del carbón, en el que se dispone de un suministro continuo garantizado de material de partida (materias primas).

Es otro objetivo de la presente invención proporcionar un combustible sólido que sea técnicamente adecuado para usar universalmente para muchas plantas de combustión, preferentemente sin que se necesite ningún pretratamiento.

Un objetivo adicional es proporcionar un procedimiento por un cual se pueda obtener un combustible sólido que cumpla las especificaciones requeridas al tiempo que produzca un buen rendimiento.

Otro objetivo más es proporcionar un combustible sólido que tenga una densidad de energía elevada y/o contenga poco polvo fino, lo que es ventajoso durante el almacenamiento y el transporte.

Además, es un objetivo de la presente invención proporcionar un combustible sólido que contribuya a la reducción de la emisión de CO₂.

Uno o más de los objetivos anteriores se logran mediante un procedimiento para la preparación, mediante torrefacción, de un combustible sólido, que comprende las etapas de:

- * proporcionar un material combustible recuperado secundario (CRS) que se obtiene mediante un procedimiento que comprende las etapas de llevar una corriente de residuos corporativos y/o una corriente de residuos domésticos hasta un tamaño de partícula definido, disminuir el contenido de humedad, eliminar los metales férricos, los metales no férricos y los materiales inertes;
- * extraer al menos 50 % en peso del material CRS, basado en el peso seco de la composición de partida, y, opcionalmente, mezclarla con biomasa y/o plásticos para llegar a una composición de partida, que comprende:

- en total 30 a 80 % en peso de la biomasa, basado en el peso seco de la composición de partida,
- en total 20 a 70 % en peso de plástico, basado en el peso seco de la composición de partida,
- en total 10 a 20 % en peso de agua, basado en el peso total de la composición de partida, y

- máximo 5 % en peso de contaminantes, estando todos los componentes que no son biomasa, plástico o agua, basados en el peso seco de la composición de partida.

* calentar la composición de partida indirectamente durante entre 10 minutos y menos de 100 minutos a una temperatura de la masa de 150 a 360 °C, para obtener el combustible sólido.

- 5 La presente invención proporciona una solución a los problemas anteriores usando materiales de CRS en la composición de partida, en lugar de usar biomasa pura, tal como, por ejemplo, madera.

Los presentes inventores han descubierto que sometiendo el material de CRS a un tratamiento de torrefacción se puede obtener un combustible sólido que tiene, sorprendentemente, buenas propiedades que, después, en tratamientos posteriores, se puede llevar a la especificación.

- 10 El uso de CRS en la torrefacción para obtener un combustible sólido nunca se ha descrito ni propuesto antes. La Figura 1 proporciona una revisión de un perfil de temperatura de un tratamiento de torrefacción de acuerdo con la presente invención.

CRS es un término conocido en el campo de los combustibles sólidos secundarios y del procesamiento de residuos. Es una abreviatura de "Combustible Recuperado Secundario" que representa "combustible recuperado secundario".

- 15 Es una materia prima relativamente nueva que se obtiene a partir de procesos de clasificación y separación de corrientes de residuos destinadas a usar como combustible secundario en los procedimientos de producción de energía. El CRS se produce en las instalaciones denominadas de separación mecánica, en las que el punto de partida son corrientes de residuos industriales y/o corrientes de residuos domésticos. Entre otros, se pueden aplicar las NTA 8003 (clasificación de la biomasa para uso de energía), 8023 (especificación y clasificación de biocombustibles) y CEN NPR–CEN/TS 15508 (propiedades fundamentales para combustibles sólidos secundarios),
20 CEN NPR–CEN/TS 15359 (especificaciones y clases de CRS) con respecto a la clasificación de la calidad de estas corrientes.

Los residuos domésticos son una mezcla muy heterogénea de, entre otros, residuos vegetales, de frutas y de jardines, plásticos, metales, como metales férricos y no férricos, y materiales inertes, como arena, piedras y vidrio.

- 25 Los residuos domésticos tienen un contenido de humedad de más del 30 % en peso. Normalmente, los residuos domésticos se queman en las denominadas PCR (plantas de combustión de residuos) principalmente para destruir los residuos y como efecto secundario para producir energía. Sin embargo, este modo de procesar da un rendimiento de energía bajo por tonelada de residuos.

Un procedimiento de procesamiento diferente de los residuos domésticos, la pirólisis (calentamiento hasta temperaturas de aproximadamente 500 °C a 800 °C) ha resultado no ser factible ni técnica ni económicamente hasta ahora, como han puesto de manifiesto varias instalaciones conocidas en el campo. Las desventajas asociadas al uso de los residuos domésticos son, entre otras: la composición heterogénea de los residuos domésticos, el elevado contenido de humedad con la elevada actividad biológica y los molestos olores relacionados.

- 30 El documento WO 83/00046 describe que los residuos domésticos, como tales, es decir sin ningún tratamiento previo, se pueden someter a un procedimiento de tratamiento de calentamiento indirecto a una temperatura de entre 250 y 500 °C, que corresponde a un tratamiento de torrefacción. No obstante, no se puede indicar que el producto obtenido mediante este tratamiento sea un combustible sólido. Adicionalmente, este procedimiento se encontró inadecuado para la aplicación a gran escala. Por consiguiente, se ha demostrado que es imposible convertir los residuos domésticos no tratados en un combustible sólido por medio de torrefacción. Este problema lo resuelve la presente invención. El CRS se forma mediante la aplicación de, por ejemplo, procedimientos de separación biológica-mecánica (SBM), procedimientos de separación mecánica-biológica (SMB) de corrientes de residuos industriales y corrientes de residuos domésticos. En estas instalaciones de separación, las corrientes de residuos suministrados se liberan drásticamente de metales, materiales inertes, humedad y otros posibles componentes no deseados. Se produce un producto con una composición mucho más especificada. Como resultado se realiza una recuperación máxima de materia prima y una producción de un combustible sólido. Dicho procesamiento de los
45 residuos se usa cada vez más como alternativa para plantas de combustión de residuos.

Durante la producción del CRS se llevan a cabo las siguientes etapas de procesamiento: se lleva al residuo a un tamaño de partícula definido; se reduce el contenido de humedad; se eliminan los metales férricos, los metales no férricos y los materiales inertes. Algunas sustancias (contaminantes) se eliminan para más del 90 %. El CRS obtenido contiene una combinación de plástico, biomasa, humedad residual y contaminaciones. El CRS obtenido tiene propiedades definidas en el área de: el contenido de material seco, el porcentaje de contaminación (materiales inertes y metales), el valor calórico, el tamaño de la partícula, la composición de elementos y el porcentaje de biomasa presente en el mismo. Estas propiedades pueden variar en función de los residuos que se usan como material de partida y los procedimientos de procesamiento que se usan. Esta es la razón por la cual se desarrollaron las normas CEN mencionadas anteriormente.
55

Dado que el CRS ha sufrido diferentes tratamientos y también posee propiedades definidas, el CRS no se ve como una subcorriente de residuos domésticos o industriales sino como un producto completamente separado obtenido de una corriente de residuos (residuos industriales y/o residuos domésticos), para los que hay usos y mercados

diferentes. Por tanto, el CRS es totalmente diferente de los residuos domésticos e industriales con respecto a sus propiedades.

5 Las ventajas del CRS en comparación con los residuos domésticos y/o industriales son la composición notablemente mejor (menos homogénea, más seca, valor calórico más alto) en comparación con las corrientes de residuos originales. Además, es un producto biológico estable que se ha desprovisto extensamente de compuestos de interferencia, como materiales inertes, vidrio, humedad, metales e ingredientes brutos.

10 Debido a esto, el presente procedimiento se puede usar sin apenas ningún suministro de energía externa, posiblemente al punto de energía autárquica, y en el que se puede producir fragilidad, las cantidades de subproductos están limitadas por lo cual el procedimiento se hace más simple, más dirigido al objetivo y más económico en comparación con los procedimientos conocidos en la bibliografía.

Con el consumo cada vez mayor y la producción creciente relacionada de residuos, la cantidad de material de CRS que se puede producir a partir de esto solo crecerá. La producción de residuos es continua y, por tanto, un suministro continuo de material de partida está disponible para el procedimiento de acuerdo con la presente invención.

15 Un ejemplo de CRS disponible comercialmente, que se puede usar en el procedimiento de acuerdo con la presente invención, es una mezcla comercializada con el nombre comercial registrado "Trockenstabilat". Trockenstabilat (marca) es un material de CRS relativamente seco con un contenido en material seca de aproximadamente 85 % en seco y un contenido de agua de aproximadamente 15 % en peso. Trockenstabilat (marca) contiene, basado en la materia seca, aproximadamente un 65 % en peso de biomasa, 9 en peso de plástico, 25 % en peso de otros materiales fósiles y aproximadamente 1 % en peso de materiales inertes. Este material de CRS se produce a partir de una subcorriente de residuos domésticos: el residuo doméstico residual. En el procedimiento de acuerdo con la presente invención, también es posible aplicar un material de CRS hecho de residuos industriales. También es posible una combinación de varios materiales CRS y deben estar dirigidos a la estructura de la calidad de un producto que se quiere alcanzar.

25 Es posible el uso directo de dichos combustibles secundarios (material CRS) en plantas de combustión; no obstante, a menudo conduce a rendimientos de conversión relativamente bajos, tales como, por ejemplo, en plantas de combustión de lecho fluido, de 20–25 %. Ahora, estos combustibles tienen un valor calórico menor en comparación con, por ejemplo, el carbón; las dimensiones a escala de las plantas de combustión usadas como resultado de lo cual la optimización técnica no es completamente rentable en términos económicos. A menudo, también las propiedades físicas de cualquier contaminación de material de CRS son un factor limitante del uso en las plantas de combustión existentes. Todos estos problemas se resuelven mediante la presente invención.

30 Un factor limitante adicional en el uso directo de CRS en plantas de combustión es el hecho de que el CRS, en general, tiene un peso a granel muy bajo de aproximadamente 150–250 gramos por litro. Como resultado, la cantidad de energía por m³ es limitada y un transporte económicamente rentable solo puede producirse por medios de transporte especiales y con condiciones especiales, tales como, por ejemplo, compactación en contenedores compactación o en balas.

40 El combustible sólido según la presente invención posee una anchura de volumen mayor que el material de partida, es decir, > 350 gramos por litro, preferentemente > 400 gramos por litro lo que aumenta las posibilidades relativas al transporte del combustible sólido. A una anchura de volumen similar, es económicamente rentable transportar el combustible sin condensar y como material a granel por barco, tren o camión, en contraste con el transporte de materia CRS bruto.

45 Otro factor limitante en el uso directo de CRS en las plantas de combustión existentes es el hecho de que el tamaño de partícula del CRS no se puede procesar en, por ejemplo, centrales eléctricas de carbón. Además, el CRS no exhibe el comportamiento de combustión requerido. Si el CRS debe quemarse en las centrales eléctricas de carbón existentes es necesaria una adaptación técnica radical de la infraestructura existente. Especialmente cuando estas centrales eléctricas se construyeron de acuerdo con el concepto moderno de centrales eléctricas de carbón pulverizado. En estas centrales eléctricas, el comportamiento de combustión, entre otras cosas, que está relacionado con el tamaño de partícula y el comportamiento de ignición de gran importancia; el CRS no cumple este requisito. Técnicamente, económica y energéticamente, no está justificado reducir el CRS a un tamaño de partícula de menos de aproximadamente 10 mm. El tamaño de partícula requerido para una central eléctricas de carbón pulverizado es inferior a 1 mm.

50 Los presentes inventores han descubierto que los presentes combustibles sólidos, obtenidos mediante torrefacción del CRS, se pueden usar de forma excelente en centrales eléctricas de carbón en polvo. De este modo, se alcanzan rendimientos de conversión de 35–45 % en lugar de 20–25 %. Por tanto, esto da una valoración energética máxima del CRS.

55 Las centrales eléctricas de carbón se usan, entre otras cosas, para la producción de electricidad para, entre otros, hogares y negocios. En las centrales eléctricas de carbón se mezclan varios tipos de carbón con diferentes composiciones en una denominada "mezcla": "combustible control", que después se quema. La "mezcla" se

selecciona para obtener una proporción precio–rendimiento óptima.

5 Para la combustión de productos residuales de centrales eléctricas de carbón, notablemente para cenizas volátiles, se están estableciendo normas con respecto a la cantidad de metales pesados y oligoelementos cuya presencia está permitida. La razón de esto es que estas cenizas volátiles a menudo se usan en hormigón y sustitutos del cemento, para lo cual se han establecido requisitos legales para la cantidad de metales pesados y oligoelementos.

Sorprendentemente, los presentes inventores han descubierto que el uso de material CRS en un procedimiento de torrefacción para obtener un combustible sólido puede producir resultados excelentes con respecto a los niveles de metales pesados y oligoelementos en la ceniza volátil si se selecciona una buena mezcla de materias primas.

10 El combustible sólido obtenido usando el presente procedimiento se puede usar en centrales eléctricas de carbón sin necesitar cambios fundamentales en la infraestructura logística de las instalaciones. El presente combustible sólido se puede utilizar incluso en centrales eléctricas de carbón pulverizado como el denominado combustible de ignición por su muy buen comportamiento de combustión (90 % en 0,5 segundos) en comparación con el carbón con 40–80 % al mismo tiempo.

15 El presente combustible sólido, obtenido usando CRS, contiene un equivalente de biomasa determinado. La cantidad de biomasa presente originalmente en el material de partida se torrefacta en biomasa torrefactada o equivalente de biomasa.

20 Mediante la combustión de un combustible sólido que comprende una cierta cantidad equivalente de biomasa según la presente invención, se hace una contribución a la diana de reducción mencionada anteriormente para la emisión de CO₂ en los Países Bajos. La reducción en porcentaje de la emisión de CO₂ se calcula sobre el porcentaje de biomasa presente en el combustible y, por tanto, este porcentaje variará con diversos porcentajes de biomasa torrefactada en el presente combustible sólido. El presente de combustible sólido puede usarse como uno de los componentes de la "mezcla" mencionada anteriormente para centrales eléctricas de carbón. Por tanto, la presente invención proporciona un combustible que contribuye a la reducción de la emisión de CO₂ sin usar, por ejemplo, el costoso material de partida, madera.

25 Dado que el uso de CRS como materia prima entra dentro del régimen legal para las sustancias residuales, las emisiones de las instalaciones de producción cumplen la legislación aplicable en materia de emisión, en particular las normas de emisión para la combustión de residuos. Esto clasifica la presente tecnología entre las tecnologías de producción más limpia y como tal, establece una nueva norma tecnológica para la producción de combustibles sustitutos del carbón duraderos. Durante el procedimiento se elimina una serie de sustancias no deseadas presentes en el CRS mediante los procedimientos seleccionados. Esto garantiza que el presente combustible es también un combustible atractivo desde un punto de vista ecológico.

30 La torrefacción del CRS también conduce a una reducción de la presencia de determinados metales pesados y oligoelementos, tales como, por ejemplo, mercurio, cadmio, plomo, cloro, azufre y nitrógeno.

35 El procedimiento descrito es técnica y económicamente aplicable ya a capacidades de producción anual relativamente bajas, por ejemplo de 30.000 t/a (toneladas al año).

Por consiguiente, sería útil también establecer, en las proximidades geográficas de una instalación en la que se produce CRS, una instalación en la que los CRS se puedan convertir en un combustible sólido mediante la aplicación del presente procedimiento. De este modo se alcanzan ventajas logísticas y ecológicas. Este combustible sólido no solo tiene un mayor peso a granel y densidad de energía, sino también un valor económico más alto.

40 Las realizaciones preferidas de la presente invención se explicarán más adelante.

En una realización preferida de la presente invención, al menos 75 % en peso y, en particular, al menos el 90 % en peso. El CRS, basado en el peso seco de la composición de partida, está presente en la composición de partida.

45 Se entiende que la expresión "basado en el peso seco de la composición de partida" significa el porcentaje en peso que está presente basado en el peso de los componentes secos de la composición de partida, por tanto con la excepción de agua. El peso seco se determina de acuerdo con la norma DIN NEN 12880 (febrero de 2001).

50 La ventaja del uso de al menos 50 % en peso del CRS es que se obtienen buenos resultados con respecto a la cantidad reducida de polvo fino en el combustible obtenido. Además, se obtiene un peso a granel excelente y el precio de adquisición del combustible sólido se reduce, ya que el CRS es un producto barato, es decir, actualmente en los Países Bajos se realizan pagos adicionales para la adquisición de CRS. La cantidad de polvo fino en el combustible sólido puede reducirse aún más mediante la aplicación de al menos 75 % en peso del material de CRS en la composición de partida y aún más mediante la aplicación de al menos 90 % en peso del material de CRS en la composición de partida. Por supuesto, también es posible aplicar hasta incluso 100 % en peso del material CRS como composición de partida. Véanse también los resultados de la Tabla 1, a continuación.

Si se usa menos del 100 % del material CRS, el resto de la composición de partida puede consistir en, por ejemplo, biomasa, fracciones de plástico, fracciones de papel y fracciones de cartón y similares, o combinaciones de los mismos.

5 Al seleccionar adecuadamente la composición de partida, las propiedades del combustible sólido obtenido tal como el tamaño de partícula, la composición química, la cantidad del polvo fino y similares se pueden establecer y seleccionar en función del uso deseado del posible combustible.

10 En una realización preferida de la presente invención, se proporciona un procedimiento en el que del 50 al 60 % en peso de la biomasa basado en el peso seco de la composición de partida, está presente en la composición de partida. Por de 30 a 80 % en peso de biomasa se quiere decir la cantidad total de biomasa presente en el total de la composición de partida, tanto en el material de CRS como en los materiales adicionales añadidos, tales como biomasa, El CRS disponible actualmente contiene, de media, entre 30 and 80 % en peso de biomasa, notablemente aproximadamente 60 % en peso. Si se usa un material de CRS en el que se cree que la cantidad de biomasa es insuficiente, es posible añadir biomasa complementaria (impura) al material de partida.

15 La biomasa, como se usa en la presente invención puede, por ejemplo, consistir en mezclas de residuos residuales (secos) de restos residuales (secos) de restos vegetales de frutas, de alimentos, residuos de hierba, residuos de plantas del sector agrícola, componentes de madera, papel, cartón, digeridos de instalaciones de fermentación y similares.

20 Mezclando el CRS y las corrientes de biomasa y, posiblemente, las fracciones de plástico en una proporción determinada se puede obtener cualquier composición de partida deseada y, de este modo, cualquier composición deseada del combustible sólido. Por tanto, se puede obtener un combustible que tiene una composición constante, reproducible y predeterminada, que ofrece ventajas importantes.

25 De acuerdo con la presente invención, hay presente en la composición de partida de 20 a 70 % en peso, preferentemente de 20 a 30 % en peso de plásticos, basado en el peso seco de la composición de partida. Por de 20 a 70 % en peso de plásticos se quiere decir la cantidad total de plásticos, es decir los plásticos que ya se pueden considerar que son un componente del CRS y, posiblemente, plásticos adicionales añadidos.

30 Como plásticos se pueden mencionar laminados, películas de embalaje, telas sintéticas, materiales de tipo goma y similares. Los plásticos pueden ser tanto termoendurecibles como termoplásticos. Sin embargo, en relación con las propiedades deseadas del combustible sólido obtenido, en el que el reblandecimiento del plástico desempeña un papel como se explicará más adelante, se prefiere que al menos una parte, más preferentemente al menos 50 % en peso, en particular por lo menos 75 % en peso y, notablemente, al menos 90 % en peso o incluso 100 % en peso de los presentes plásticos son plásticos termoplásticos.

35 Dichos plásticos termoplásticos se ablandan parcial o totalmente (plastificados) mediante calentamiento indirecto utilizado en el presente procedimiento. El ablandamiento de los materiales de CRS y otros plásticos conduce a la granulación del producto final. Una ventaja de granulado es que es fácil de transportar, almacenar y procesar aún más. Una ventaja adicional de la de reblandecimiento de los plásticos, cuya ventaja encontraron sorprendentemente los presentes inventores y que era completamente desconocida hasta ahora, es que cualquier polvo fino y partículas de biomasa presentes en el material de partida o formadas durante el procedimiento están incrustadas en los plásticos ablandados, como resultado de lo cual se obtiene un producto esencialmente libre de polvo, lo que no es posible mediante la aplicación de procedimientos conocidos de acuerdo con la técnica anterior. El producto
40 esencialmente libre de polvo simplifica su almacenamiento, transporte y procesamiento.

45 Se prefiere que haya presente del 12 al 17 % en peso de agua en la composición de partida, basado en el peso total de la composición de partida, es decir, el peso seco incluyendo el agua. La mayoría de los materiales de CRS como están disponibles comercialmente contienen humedad (al menos 12 % de agua). El contenido final de agua del material de partida no está determinado únicamente por el contenido de agua del material de CRS, sino también por los contenidos de agua de cualquier biomasa y / o plástico extra añadido. Si es necesario, se puede llevar a cabo una etapa de secado adicional en la composición de partida antes de llevar a cabo el tratamiento de torrefacción para obtener una composición de partida con un contenido de agua deseado. Tal una etapa de secado puede llevarse a cabo, por ejemplo, mediante el uso de calor (residual) que se libera durante el proceso de torrefacción.

50 Se prefiere que el presente procedimiento se lleve a cabo de manera continua, suministrándose el material de partida continuamente al dispositivo de torrefacción. Durante este proceso se obtendrá calor (residual), que puede usarse, por ejemplo, para una posible etapa de secado de una materia prima / composición de partida que se torrefactará en un punto de tiempo posterior.

Preferentemente, hay presente en la composición de partida un máximo de 5 % en peso de composición, tales como, por ejemplo, metales.

55 Todos los componentes que no son biomasa, plásticos o agua, se ven como contaminación de acuerdo con la presente invención, incluso si estos componentes todavía tienen un valor comercial después de la separación.

El material CRS comercialmente disponible contiene ciertas concentraciones de elementos químicos. La concentración de estos elementos químicos en los gases de escape de las plantas de combustión está limitada por la legislación y los reglamentos o por razones técnicas. Esto se refiere, por ejemplo, a elementos químicos como cloro, cadmio, plomo y mercurio. A menudo, las partículas metálicas se producen en el material CRS, es decir, partículas de metales férricos y metales no férricos, pero notablemente aluminio metálico no férrico. Durante la producción de material de CRS, los metales férricos se eliminan mediante el uso de, entre otras cosas, imanes y metales no férricos, por ejemplo, mediante la aplicación de corriente de Foucault. Sin embargo, el aluminio se encuentra por lo general todavía en el material de CRS como componente de la estructura de capas de laminados plásticos y otros restos de embalajes. Dependiendo de la composición y la intensidad y la rigurosidad de la separación que tiene lugar en la producción de CRS a partir de residuos industriales o domésticos (residuales), el porcentaje en peso de dicha contaminación variará.

Si un combustible sólido contiene compuestos de cloro, tanto cloro inorgánico en forma de sales de cloro como cloro orgánico en forma de, por ejemplo, plásticos que contienen cloro, durante la combustión de dicho combustible se formará gas cloro o HCl, que no solo es venenoso y perjudicial para el ambiente, sino que también es corrosivo. Dichos compuestos de cloro tienen un efecto perjudicial sobre las instalaciones de combustión. Por "contenido de cloro total" se quiere decir la suma del nivel de cloro inorgánico y el nivel de cloro orgánico.

Sorprendentemente, los presentes inventores han descubierto que es posible separar dicha contaminación como metales y cloro del combustible sólido descrito, como se explicará más adelante en el presente documento. Dichas contaminaciones se pueden torrefactor, tras lo cual terminarán en una forma modificada o sin modificar en el presente combustible sólido.

La etapa de calentamiento de acuerdo con el presente procedimiento se lleva a cabo preferentemente en un tambor rotatorio calentado indirectamente, también llamado tambor giratorio. Los tambores giratorios ya se utilizan en la combustión de residuos, la pirólisis, la calcinación y otros tratamientos térmicos de productos a granel. Los presentes inventores han demostrado que los tambores giratorios calentados indirectamente también son especialmente adecuados para llevar a cabo el presente procedimiento. También se pueden usar, por ejemplo, técnicas de lecho fluido indirectas u otras técnicas basadas en el calentamiento indirecto. El presente procedimiento puede llevarse a cabo mediante el uso de equipos disponibles comercialmente.

La temperatura de la masa durante la torrefacción se incrementa preferentemente gradualmente a una temperatura de la masa de entre 260 y 360 °C, preferentemente de 280-300 °C. Se entiende que la temperatura de la masa significa la temperatura de la composición de partida durante el proceso de torrefacción hasta el producto final obtenido, es decir el combustible sólido. Durante el calentamiento, a una temperatura de aproximadamente de 90-100 °C, el reblandecimiento de los plásticos termoplásticos se iniciará, lo que conducirá a la formación de gas de aproximadamente 150 °C. Como resultado del reblandecimiento de los plásticos termoplásticos, parte de la biomasa se adherirá, como tal, a los plásticos ablandados. Los gases de torrefacción formados se recogen y se pueden quemar, y los gases de escape liberados son conducidos a través de un intercambiador de calor para recuperar el calor, que se puede usar de nuevo en el procedimiento de torrefacción. El gas de escape es un gas que se forma después de la combustión de, por ejemplo, un combustible o un gas de torrefacción o gas de combustión. El gas de torrefacción o gas de combustión es el gas que se forma durante el procedimiento de torrefacción o pirólisis (leve) y se quema para proporcionar la energía requerida para el procedimiento. Mediante una selección precisa de la composición de partida, la trayectoria de la temperatura y el tiempo de residencia se puede obtener la operación antártica, lo que significa que después de iniciar el procedimiento no es necesaria energía externa adicional porque el procedimiento puede proporcionar sus propios requisitos de energía.

Los presentes inventores han descubierto que la cantidad de gas de torrefacción liberado se puede determinar seleccionando adecuadamente la temperatura de la masa y el porcentaje de plásticos en la composición de partida. Dicho gas de torrefacción se puede quemar para obtener energía como resultado de lo cual es posible la operación autárquica.

La temperatura de la masa se incrementa posteriormente y a una temperatura de aproximadamente 160 a 180 °C, se produce la degradación, entre otras cosas, de los plásticos termoplásticos. Además, puede producirse una estabilización temporal de la temperatura, después de lo cual la temperatura se eleva aún más hasta la temperatura final, que se selecciona entre, por ejemplo, 260 y 360 °C, dependiendo entre otras cosas la composición de partida y el producto deseado.

Durante el proceso de torrefacción proceso del material de partida que contiene biomasa, parte de los compuestos orgánicos se degradan bajo la formación de los llamados alquitranes. Esto se conoce en el campo de la pirólisis; sin embargo, en la torrefacción de biomasa, esto apenas se ha tratado hasta ahora. La formación de alquitrán tiene tres trayectorias de temperatura individuales con mecanismos de reacción asociados. En una trayectoria de temperatura de 200-350 °C, se forma el llamada alquitrán primario, que son poliolefinas de cadena corta o radicales de las mismas. En la subtrayectoria de 280 a 350 °C, se produce un aumento de formación de alquitrán primario porque además de la hemicelulosa, la celulosa también se degrada. El tiempo de residencia desempeña un papel muy importante en la formación de la cantidad de alquitranes y también determina la cantidad de gases de combustión formados. La formación de los llamados "condensables" se debe evitar tanto como sea posible para evitar

perturbaciones en el procedimiento. Los condensables son compuestos que se condensan en una disminución ligera de la temperatura. La segunda trayectoria de la temperatura se encuentra entre 350-500 °C y a lo largo de esta trayectoria, se produce conversión de los radicales en compuestos aromáticos cíclicos. A temperaturas superiores a 500 °C se produce policondensación de los compuestos aromáticos presentes en compuestos policíclicos. Cabe destacar que la formación de alquitrán primaria es de importancia en este procedimiento.

El tiempo de residencia del material que se va torrefactor a la temperatura usada puede variar, dependiendo, entre otras cosas, de la selección del material de partida, la temperatura y las propiedades físicas y químicas deseadas del combustible sólido final. El tiempo de residencia es inferior a 100 minutos, en particular inferior a 45 minutos y, en particular, el tiempo de residencia se encuentra entre 15 y 30 minutos. Por tiempo de residencia, se quiere decir el tiempo durante el cual la composición de partida se mantiene a una temperatura de entre 150 y 360 °C durante el procedimiento de torrefacción.

El presente procedimiento también se refiere a un combustible sólido que se va a obtener mediante un procedimiento como se ha descrito anteriormente.

La presente invención también se refiere a un procedimiento para la reducción del "contenido de cloro total" de un combustible sólido, tal como se ha descrito anteriormente, en el que el combustible sólido se lava con un disolvente, en el que los compuestos de disolvente cloro que están presentes en el combustible sólido se disuelven.

Se entiende que el término "lavado" significa el contacto del combustible sólido torrefactado con el disolvente durante un cierto período de tiempo, durante el cual los compuestos de cloro pueden disolverse en el disolvente, y la posterior separación del combustible sólido torrefactado lavado y el disolvente en el que se disuelven los compuestos de cloro.

Mediante la aplicación del presente procedimiento es posible reducir el "contenido de cloro total" del combustible sólido torrefactado, como resultado de lo cual se pueden evitar los problemas con respecto a la corrosividad y también se pueden cumplir los requisitos legales también.

En el CRS puede haber presentes diversos plásticos, tales como, por ejemplo, polietileno (PE), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET), poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC) y cloruro de polivinilideno (PVDC). Cabe destacar que PVC y PVDC requieren atención debido al hecho de que son plásticos que contienen cloro. Por lo tanto, se prefiere eliminar el cloro presente en el PVC o el PVDC, si es posible, del combustible sólido antes de que el combustible sólido se utilice en una instalación de combustión. Esto se consigue mediante una realización de la presente invención.

Es habitual que el "contenido de cloro total" de los combustibles sólidos se investigue por medio de un procedimiento de destrucción calórico mediante la aplicación de la norma DIN 51.727 (junio de 2001). El objetivo es mantener este "contenido de cloro total" tan bajo como sea posible.

Los presentes inventores han encontrado, durante una extensa investigación, que el "contenido de cloro total" se puede reducir en cierta medida por medio de torrefacción de un material de partida en el que el material de CRS está presente.

No obstante, la extensa investigación llevada a cabo por los presentes inventores en el mecanismo subyacente de la misma, reveló una serie de hechos sorprendentes. Ha resultado que el "contenido de cloro total" de un material de CRS no torrefactado basado en residuos domésticos (Residuales) no solo consiste en cloro orgánico que se origina a partir de PVC, pero que también hay sales de cloro inorgánico presentes en este material de CRS. Los ejemplos de sales inorgánicas de cloro son, por ejemplo, sales de cloro de metales alcalinos y metales alcalino térreos.

El cloro inorgánico garantiza, como tal, un valor de fondo de cloro presente en el material de CRS. Los presentes inventores determinaron que este valor de fondo es de aproximadamente 0,45 % en peso. Durante la torrefacción, estas sales inorgánicas se mantendrán presentes sin reaccionar.

Debido a la hidrofilia y a la actividad biológica del material de CRS, ha resultado que no es posible lavar el material de CRS antes de torrefacción para eliminar el cloro inorgánico.

Durante la torrefacción del material de partida que contiene material de CRS se producirá una reducción del peso por, entre otras cosas, la evaporación del agua y también debido a la fuga de gases de torrefacción que se forman mediante la degradación de, por ejemplo, plásticos. Debido a esta reducción del peso, la concentración de cloro inorgánico en el combustible sólido torrefactado será mayor que en la composición de partida.

Adicionalmente, sorprendentemente ha resultado que esencialmente todos los compuestos de cloro que están presentes en el combustible sólido torrefactado están en forma de cloro inorgánico. El cloro orgánico, tal como, por ejemplo, presente en forma de PVC, se convierte durante la torrefacción. Durante la destrucción térmica del PVC se forma HCl. En la literatura (Detailed kinetic modeling of the thermal degradation of vinyl polymers; Tiziano Faravelli; Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, parte 78, n.º 2, páginas 343–362, 2007), se ha notificado que durante el calentamiento en una trayectoria de temperatura de 300–500 °C, entre otros, el PVC exhibe una liberación gradual

del cloro orgánico presente en el mismos. Sorprendentemente, los presentes inventores han descubierto ahora que, en el caso del CRS, esto ya se produce antes a una temperatura de solo 250 °C. Sin desear quedar limitado por teoría alguna, se supone que la presencia de productos radicales orgánicos (alquitrán primario) desempeña un papel, así como la interacción basada en los compuestos minerales que están presentes, principalmente metales alcalino térreos, metales alcalinos, que pueden actuar como aceptores de cloro. Dichos compuestos minerales están presentes en, por ejemplo, caliza, dolomita y caolín, que pueden estar presentes como cargas en el plástico o como recubrimiento en las partículas de papel presentes. Esto corresponde a o que los presentes inventores han descubierto sorprendentemente, es decir, que solo una parte de este gas HCl se elimina con los gases de torrefacción. El gas HCl restante reaccionará con otros compuestos mencionados anteriormente que están presentes en el material de partida que contiene material de CRS. A partir de la reacción de HCl con compuestos del material de CRS se forman, predominantemente, compuestos de cloro orgánico.

Por tanto, esto significa que los presentes inventores han demostrado que el cloro orgánico que está presente en el material de partida que contiene material de CRS se convertirá, mediante torrefacción, en parte libre de HCl y el resto en compuestos de cloro inorgánico de metales alcalino y alcalino térreos, principalmente KCl, MgCl₂ y AlCl₃. Este descubrimiento condujo al presente procedimiento.

“Cloro inorgánico” es soluble en varios disolventes, tales como, por ejemplo, agua, y, por tanto, se puede eliminar del combustible sólido torrefactado por medio de lavado con un disolvente.

Por lo tanto, los presentes inventores han establecido que es posible disminuir el "contenido de cloro total" por medio de lavado del combustible sólido torrefactado con un disolvente en el que los compuestos de cloro, principalmente cloro inorgánico y rastros de compuestos de cloro orgánico, se disuelven. Adicionalmente, el nivel de oligoelemento también se puede reducir mediante este procedimiento.

Sin desear quedar ligado a teoría alguna, los presentes inventores asumen que el cloro inorgánico formado está principalmente presente en forma de cloruro cálcico, cloruro sódico, cloruro potásico y otros cloruros, sales que se pueden eliminar forma excelente mediante lavado usando un disolvente, tal como, por ejemplo, un disolvente acuoso.

La reducción dl contenido de cloro mencionada anteriormente, que puede obtenerse únicamente mediante la torrefacción, por lo tanto sin lavar, es un equilibrio entre el escape de HCl como resultado de lo cual disminuye el contenido de cloro total y la concentración de cloro inorgánico, debido a la reducción del peso como resultado de la torrefacción, como resultado de lo cual el contenido de cloro (mg/kg de materia sólida) aumenta. Esta es la razón por la cual solo se encuentra una reducción muy limitada, o incluso ninguna reducción de cloro (mg / kg materia sólida) durante la torrefacción como tal. No obstante, la consecuencia de esto es que la presente invención se puede aplicar para eliminar las sales inorgánicas formadas de una manera simple.

Por tanto, la combinación de torrefacción y lavado de acuerdo con la presente invención puede proporcionar un combustible sólido torrefactado con menor contenido de cloro, en el que el contenido de cloro total se puede determinar con precisión con antelación de forma que encaje en un modo simple dentro de las especificaciones deseadas que se aplican de conformidad con la legislación y reglamentos y especificaciones tipo en relación con los requisitos técnicos.

Cabe destacar que el disolvente cargado con compuestos de cloro se puede eliminar de un modo adecuado, teniendo en cuenta los reglamentos ambientales. Esto podría resolverse, por ejemplo, mediante evaporación del disolvente para obtener compuestos de cloro sólido (sales). Un posible procedimiento para esto es la inyección de la solución cargada en la instalación de tratamiento para los gases de escape, en el que los gases de escape se obtienen durante la combustión de los gases de torrefacción. Los compuestos de cloro sólidos se recogen mediante los filtros que están presentes en la instalación de tratamiento de los gases de escape. El HCl que desaparece con los gases de torrefacción también se eliminará a través de una instalación de tratamiento de este tipo. La ventaja de esta realización es que, por lo tanto, todo el cloro eliminado puede recogerse durante el uso de una instalación de tratamiento existente.

Una ventaja adicional del presente procedimiento de torrefacción y el posterior lavado del combustible sólido es que además de los compuestos de cloro también se pueden eliminar el azufre y los compuestos de azufre, tanto como el 30–50 %, así como las sales y metales alcalinos solubles ya presentes.

Los presentes inventores han encontrado que mediante la formación de cloruros de metales alcalinos durante la torrefacción y el posterior lavado de los mismos, se produce una clara reducción de la presente concentración de metales alcalinos en el combustible formado.

La eliminación de los metales alcalinos y los metales alcalinotérreos tiene la consecuencia de que un aumento del punto de ablandamiento de las cenizas volátiles que se liberan durante la combustión última del combustible producido. Los compuestos de metales alcalinos forman fácilmente puntos de fusión eutéctico, principalmente una combinación de sodio y potasio. Esta elevación de los puntos de reblandecimiento como resultado de la eliminación de los metales alcalinos se confirmó mediante mediciones. Asimismo, el cambio en la proporción entre sodio y potasio ya tiene una influencia sobre el punto de reblandecimiento de las cenizas volátiles. Todos estos hallazgos

juntos ayudan a mejorar de manera significativa la calidad del combustible sólido.

Se prefiere proporcionar un combustible sólido con un contenido de cloro reducido que se pueda usar como tal o que se pueda usar como un componente de la "mezcla" en centrales eléctricas de carbón en polvo sin el "contenido de cloro total" en la "mezcla" total que supera los valores limitantes que se han establecido. El combustible de acuerdo con la presente invención, sometido al procedimiento para la reducción del contenido de cloro, cumple este requisito.

En una realización preferida de acuerdo con la presente invención, se usa un disolvente acuoso como disolvente para eliminar mediante lavado los compuestos de cloro; principalmente se usa agua como disolvente. El agua como tal o una solución acuosa son los preferidos porque son muy adecuados para eliminar las sales inorgánicas del combustible sólido por la solubilidad de estas sales en agua. Es posible aplicar como disolvente una solución acuosa de uno o más compuestos que aumentan la solubilidad en agua para los compuestos de cloro y, posiblemente, los oligoelementos. Los ejemplos de compuestos que aumentan la solubilidad en agua son ácidos orgánicos y formadores de complejos.

El lavado del combustible formado mediante torrefacción también ofrece la posibilidad de realizar la reducción de la concentración de los oligoelementos no deseados mediante la adición de formadores de complejos al disolvente.

En una forma de realización, el lavado del combustible sólido torrefactado se lleva a cabo inmediatamente después de la torrefacción de la composición de partida, mientras que la temperatura de la masa del combustible sólido torrefactado es 150 a 360 °C. Por tanto, esta es la inactivación de la masa sólida torrefactada caliente inmediatamente después de la torrefacción. Por ejemplo, esto puede llevarse a cabo inclinando el combustible sólido torrefactado en un baño que contiene un disolvente, preferentemente agua.

Esta realización tiene una serie de ventajas. La primera ventaja es que el tiempo de proceso se acorta, ya que no es necesario para permitir que el combustible sólido torrefactado se enfríe antes de que se pueda lavar. La segunda ventaja es que un baño que contiene un disolvente también sirve como un denominado zulaque húmedo, que sella el contenido del reactor contra cualquier oxígeno entrante. Una tercera ventaja es que la solubilidad de los compuestos de cloro inorgánico a temperaturas del 60-80 °C está altamente aumentada. Una cuarta ventaja es que un número de propiedades del producto, tales como, por ejemplo, la fragilidad y el volumen de poro, se ven afectadas de forma positiva.

Por supuesto, es también posible lavar un combustible sólido ya enfriado con disolvente en una etapa posterior. Cabe destacar que esto puede preferirse cuando se debe producir un tamaño de partícula más definido. En ese caso, se coloca una instalación de trituración entre la torrefacción y el lavado.

En otra realización de la presente invención, antes de lavar el disolvente se calienta a una temperatura de 30–100 °C, preferentemente de 60–80 °C. Como resultado, la solubilidad del compuesto de cloro en el disolvente se incrementa.

También es posible llevar a cabo más de una etapa de lavado. Un ejemplo es la primera humectación con el disolvente o inactivación del combustible sólido torrefactado, después de lo cual el combustible sólido torrefactado humedecido se pone en contacto con disolvente adicional por medio de, por ejemplo, un contraflujo de disolvente adicional. El principio de contraflujo bien conocido hace posible obtener un mayor grado de separación mediante el uso de una cierta cantidad de disolvente.

Según una realización preferida, el presente procedimiento comprende una etapa adicional después del lavado del combustible sólido torrefactado con el disolvente, en el que la etapa adicional comprende el secado del combustible sólido torrefactado lavado.

Es posible usar el calor residual disponible del procedimiento de torrefacción para el secado del combustible sólido torrefactado lavado.

Preferentemente, el combustible sólido se seca hasta un contenido de humedad menor de 10 % en peso, en particular menor de 5 % en peso.

La etapa de secado reduce el peso del combustible sólido torrefactado como resultado de lo cual se simplifican el almacenamiento y el transporte. Además, la reducción del contenido de humedad hace que el combustible sólido sea adecuado de nuevo para su uso en centrales de combustión. El contenido de humedad se puede seleccionar apropiadamente dependiendo de la aplicación deseada y el valor calórico menor (VCM) requerido.

En una realización adicional de la presente invención, el procedimiento comprende una etapa adicional de reducir el combustible sólido torrefactado a un tamaño de partícula entre 0,5 mm y 5 mm, en la que la etapa se lleva a cabo antes del lavado del combustible sólido torrefactado con el disolvente.

Como ya se ha indicado anteriormente, se prefiere que el combustible sólido torrefactado se use como un combustible sólido en forma de granulado. Si el tamaño del granulado del combustible sólido es mayor que 5 mm, la relación superficie - volumen será tal que sea menos simple eliminar mediante lavado los presentes compuestos de

cloro. Por lo tanto, será necesario una mayor cantidad de disolvente o un tiempo de lavado más largo. Si no obstante, se usa un combustible sólido con un tamaño de granulado menor de 0,5 mm, la etapa de lavado se puede llevar a cabo de forma simple y rápida usando poco disolvente; no obstante, la separación del disolvente y el combustible sólido tendrá que llevarse a cabo de un modo menos simple y, por tanto, se prefiere llevar a cabo la reducción del combustible sólido torrefactado a un tamaño de partícula entre 0,5 mm y 5 mm, principalmente entre 1 mm y 4 mm.

Como, durante los procedimientos de acuerdo con la presente invención, se forma un granulado, se hace posible obtener un combustible sólido con la composición y las propiedades deseadas mediante una selección apropiada de los parámetros del procedimiento tales como la velocidad de calentamiento, la distribución de la temperatura, la velocidad de rotación si se utiliza un tambor giratorio, la colocación de insertos, tales como "álabes guía" colocados en el tambor. La presencia de polvo fino funciona como una especie de capa de migas y de este modo previene la formación de granulados más grandes mediante la adhesión mutua de diferentes pequeños granulos.

La presente invención también se refiere a un combustible sólido con un contenido de cloro disminuido que se va a obtener de acuerdo con el procedimiento mencionado anteriormente.

La presente invención también se refiere a un procedimiento para la eliminación de uno o más metales de un combustible sólido, procedimiento que comprende las etapas de:

- proporcionar un combustible sólido,
- reducir el combustible sólido obtenido de este modo a un tamaño de partícula inferior a 3 mm, preferentemente inferior a 2 mm, en particular inferior a 1 mm,
- separar uno o más metales del combustible sólido reducido obtenido de este modo.

El presente procedimiento para la eliminación de uno o más metales de un combustible sólido puede usarse, entre otras cosas, para la purificación adicional del combustible sólido obtenido mediante el uso de uno cualquiera o más de los procedimientos mencionados anteriormente o que se aplica a uno de los combustibles sólidos mencionados anteriormente. Por tanto, es posible aplicar este procedimiento inmediatamente después de la obtención, mediante torrefacción, del combustible sólido o después del procedimiento para reducir el contenido de cloro.

Se prefiere que la reducción del tamaño del combustible sólido obtenido se lleve a cabo mediante trituración del combustible sólido. Se prefiere la reducción del tamaño del combustible sólido mediante trituración, por ejemplo, moliendo el combustible sólido. Mediante trituración, solo se reduce el tamaño del granulado frágil, mientras que el tamaño de las partículas metálicas, tales como, por ejemplo, las partículas de aluminio, no se ve afectado. Por tanto, tales partículas metálicas conservan sus dimensiones originales (longitud x anchura), que simplifica la separación del granulado y las partículas metálicas.

La trituración puede, por ejemplo, llevarse a cabo mediante el uso de una construcción de rodillo, tal como una trituradora de rodillos con apertura ajustable o una mandíbula trituradora o maquinaria de reducción con una acción similar. Las partículas obtenidas de este modo pueden poseer una forma angular o de tipo esquirla.

Preferentemente, la separación se lleva a cabo mediante cribado. El cribado es una técnica simple por la cual las partículas de tamaño reducido que tienen un tamaño de partícula previamente fijado se pueden separar de las partículas de plástico, por ejemplo, las partículas metálicas, presentes en el combustible sólido, que tienen un diámetro mayor. Otras técnicas de separación, tales como ciclonado, técnicas aguas arriba o corriente de Foucault también se pueden aplicar para separar los metales. Con la presente invención, es posible separar esencialmente cuantitativamente los metales del combustible sólido.

Se prefiere separar el aluminio. El aluminio es un metal que se puede reciclar bien y las virtudes de aluminio poseen un contenido de energía alto y también un valor económico alto. Por tanto, es una ventaja de la presente invención que el aluminio (virtudes de aluminio) se puede recuperar en gran medida del combustible sólido torrefactado de forma que se puede vender como corriente adicional separada.

Una ventaja adicional de la separación de aluminio metálico es que el aluminio metálico puede conducir a problemas en las plantas de combustión si está presente en el combustible sólido. Si se quema el metal de aluminio, se puede formar el denominado aluminio pirofórico en ciertos lugares en el fuego, que es altamente inflamable y que, en plantas de combustión, puede conducir a fuegos que difícilmente se pueden extinguir, si se puede extinguir. Por lo tanto, el presente procedimiento asegura la separación del aluminio para un combustible mucho más seguro, mientras que el precioso aluminio se reutiliza en lugar de quemarse.

Además de esto está la ventaja de que las cenizas volátiles que se obtienen en las centrales eléctricas de carbón pulverizado mediante la combustión del combustible sólido del que se ha eliminado el aluminio posee un contenido de óxido de aluminio menor, lo que puede suponer una ventaja. La cantidad de cenizas volátiles en total se reduce mediante la eliminación de metales o sales metálicas del combustible sólido.

El aluminio en los residuos a menudo está presente en forma de laminados, es decir, en capas muy finas incrustadas entre, por ejemplo, capas de plástico. Este aluminio presente en el laminado no se puede separar de

una manera sencilla debido a la fuerte adherencia a las capas de plástico adyacentes. Mediante el presente procedimiento de torrefacción, el aluminio se separa de los plásticos cuando las capas de plástico se ablandan y/o se queman. El aluminio estará presente en el combustible sólido en forma de partículas "no unidas".

5 La presente invención también se refiere a un combustible sólido purificado del que se han eliminado los metales que se obtiene por medio del procedimiento anterior.

El combustible sólido está en forma de granulado. El tamaño del granulado es inferior a 40 mm y, en particular, inferior a 10 mm.

10 En el caso de un combustible sólido a partir del cual se ha eliminado el metal de acuerdo con el presente procedimiento, el tamaño de partícula es preferentemente menor que 3 mm, en particular menor que 2 mm, en particular menor que 1 mm. Esto simplifica la eliminación de los metales, que mantienen su tamaño original.

Los combustibles sólidos que tienen un tamaño de partícula ≤ 1 mm se pueden utilizar directamente en el horno de combustión de centrales eléctricas de carbón pulverizado. Los combustibles sólidos que tienen un tamaño de partícula entre 1 y 3 mm pueden introducirse en un dispositivo de trituración de una central eléctrica de carbón, donde se reducen a un tamaño de partícula de ≤ 1 mm.

15 El tamaño del granulado codeterminará la aplicación y cualquier procesamiento adicional del mismo. Los presentes inventores no desean estar limitados por una teoría concreta, pero suponen que el tamaño de granulado se determina en gran medida mediante el tamaño del material de partida y cualquier etapa de reducción del tamaño durante los procedimientos siguientes. Durante el procedimiento de torrefacción, tiras de plástico o partículas de plástico en el material de CRS se ablandarán y la biomasa se incluirá en estas partículas de plástico ablandado para
20 formar un granulado del combustible sólido. Por tanto, un material de CRS con un tamaño de partícula mayor dará lugar a un combustible sólido con un mayor tamaño de granulado. Esto se ha confirmado en pruebas. La granulación se ve influenciada adicionalmente por los parámetros de la temperatura durante el procedimiento y el modo de operación.

25 Los granulados formados pueden ser frágiles y la fragilidad, entre otras cosas, se determina mediante fórmula, la selección de materias primas, los parámetros de la temperatura y el tiempo de residencia y, por tanto, son controlables. La fragilidad puede, por ejemplo, ser importante en el procesamiento del combustible sólido, por ejemplo, cuando es necesario reducirla. Después de todo, dicha fragilidad / porosidad hace que sea fácil reducir el material.

30 Los granulados formados también pueden poseer un cierto grado de porosidad, y en algunos casos incluso alto. Esta porosidad puede verse afectada por la selección de materias primas y las condiciones del procedimiento.

El CRS puede presentar un cierto grado de formación de polvo, es decir, puede contener una cierta fracción de partículas pequeñas. Esta fracción de polvo se puede reducir, o incluso eliminar totalmente, mediante el procedimiento de torrefacción de acuerdo con la presente invención en el que las partículas de polvo están incluidas en el plástico ablandado.

35 En una realización preferida del combustible sólido de acuerdo con la presente invención de 40 a 90 % en peso, preferentemente de 60 a 65 % en peso de biomasa torrefactada, basado en el peso seco del combustible, está presente en la composición de partida. Por biomasa torrefactada se quiere decir la biomasa que ha sido sometida a un tratamiento de torrefacción. En comparación con el material de partida, un porcentaje algo más alto de la biomasa puede estar presente en el combustible sólido como parte de los demás componentes, tales como, por ejemplo,
40 plásticos que se han quemado durante el procedimiento se convertirán en forma de gas. Particularmente se prefiere que haya presente entre 10 y 60 % en peso, preferentemente de 15 a 25 % en peso, del peso seco del combustible sólido, de plásticos torrefactados en el combustible sólido. La cantidad de plásticos torrefactados en el combustible sólido torrefactado es menor que el contenido de plásticos en la composición de partida porque parte de los plásticos se degrada durante el procedimiento de torrefacción y se convierte en gas.

45 En una realización preferida de la presente invención, tanto la biomasa torrefactada como los plásticos torrefactados están presentes en el combustible sólido, mientras que al menos una parte, preferentemente al menos el 40 % y, en particular, al menos el 60 % de la biomasa torrefactada, está incluida en los plásticos torrefactados.

50 Como ya se ha mencionado anteriormente, el reblandecimiento de los plásticos termoplásticos se produce durante el procedimiento de torrefacción. En esta condición de reblandecimiento, las partículas de polvo y las partículas de biomasa ahora torrefactada o no torrefactada completamente se absorberán parcialmente y se incluirán en los plásticos torrefactados para obtener granulado compuesto.

No obstante, quedará claro que otra parte de la biomasa torrefactada, principalmente las partículas con una dimensión algo mayor, no estará incluida en los plásticos torrefactados y estará presente por separado en el combustible sólido.

55

Una ventaja adicional del hecho de que partes de la biomasa torrefactada están incrustadas en el plástico torrefactado es que el combustible sólido según la presente invención contiene poco o nada de polvo porque una parte de o todo este polvo se ha incluido en los plásticos torrefactados y queda retenido en los mismos.

5 En un combustible sólido preferido de acuerdo con la presente invención, hay presentes un máximo de 5 % en peso y, en particular, un máximo de 2 % en peso de metales en peso seco del combustible sólido antes de realizar el procedimiento para la eliminación de metales. Después de llevar a cabo este procedimiento, el contenido de metal es, preferentemente, como máximo 0,5 % en peso y, en particular, como máximo 0,1 % en peso y, por tanto, se ha reducido significativamente. Estos metales pueden consistir, por ejemplo, en metales férricos y no férricos.

10 Preferentemente, en el combustible sólido obtenido hay menos del 10 % en peso y, en particular, menos del 5 % en peso de agua en función del peso total del combustible sólido. El contenido de agua en la composición de partida se reduce mediante el procedimiento de torrefacción, en el que dicha agua se convierte en vapor. Posteriormente, el contenido de agua se incrementa mediante lavado y, en última instancia, se lleva a la especificación deseada mediante secado.

15 El valor calórico inferior es, preferentemente, mayor que 18 MJ / kg, en particular mayor que 20 MJ / kg, que se determina a través de la norma DIN 51900-1 (abril de 2000 + febrero de 2004).

La presente invención ofrece la posibilidad de influir, de una manera orientada al procedimiento, la calidad y las propiedades de un sustituto para los combustibles fósiles sólidos. Esto lo logró el presente inventor a través de una combinación única de etapas del procedimiento en combinación con la utilización de las propiedades químicas y físicas presentes en el CRS y la biomasa impura.

20 En realidad, la presente invención consiste en una serie de etapas del procedimiento relacionadas para la preparación de un combustible sólido a partir de material que contiene CRS con propiedades predeterminadas por medio de las siguientes etapas:

- * mezcla del material de partida;
- * torrefacción del material de partida;
- 25 * eliminación de uno o más metales del combustible obtenido;
- * reducción del contenido de cloro y / o de azufre;
- * reducción / control de los oligoelementos presentes en el combustible sólido;
- * aumento de los puntos de fusión de las cenizas volátiles procedentes de estos materiales de partida, liberadas en la combustión de estos combustibles.

30 En el procedimiento de acuerdo con la presente invención se puede una serie de estas etapas.

En lo sucesivo a continuación se proporciona una visión general de las diferentes realizaciones del presente procedimiento y el presente combustible sólido.

En una primera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento para la preparación de un combustible sólido mediante torrefacción, que comprende las etapas de:

- 35 * proporcionar un material CRS que se obtiene mediante un procedimiento que comprende las etapas de llevar una corriente de residuos corporativos y/o una corriente de residuos domésticos hasta un tamaño de partícula definido, disminuir el contenido de humedad, eliminar los metales férricos, los metales no férricos y los materiales inertes;
- * extraer al menos 50 % en peso del material CRS, basado en el peso seco de la composición de partida, y, opcionalmente, mezclarla con biomasa y/o plásticos para llegar a una composición de partida, que comprende:

- en total 30 a 80 % en peso de la biomasa, basado en el peso seco de la composición de partida,
 - en total 20 a 70 % en peso de plástico, basado en el peso seco de la composición de partida,
 - en total de 10 a 20 % en peso de agua en función del peso total de la composición de partida y, como máximo, 5 % en peso de contaminantes, siendo todos los componentes que no son biomasa plásticos o agua basado en el peso seco de la composición de partida
- 45

- * calentar la composición de partida indirectamente a una temperatura de la masa de 150 a 360 °C durante entre 10 minutos y menos de 100 minutos para obtener el combustible sólido.

50 En una realización preferida de esta primera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, al menos 75 % en peso y, en particular, al menos el 90 % en peso. El CRS, basado en el peso seco de la composición de partida, está presente en la composición de partida.

En una realización preferida de esta primera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, en total de 55 al 60 % de biomasa basado en el peso seco de la composición de partida está presente en la composición de partida.

- En una realización preferida de esta primera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, en total de 20 al 30 % de plásticos basado en el peso seco de la composición de partida está presente en la composición de partida.
- 5 En una realización preferida de esta primera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, en total de 12 al 17 % de agua en función del peso total de la composición de partida está presente en la composición de partida.
- En una realización preferida de esta primera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, como máximo un 2 % de contaminación basado en el peso seco de la composición de partida está presente en la composición de partida.
- 10 En una realización preferida de esta primera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención el calentamiento se lleva a cabo en un tambor giratorio.
- En una realización preferida de esta primera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención el calentamiento se lleva a cabo gradualmente hasta alcanzar una temperatura de la masa de entre 260 y 360 °C.
- 15 De acuerdo con la presente invención, el tiempo de residencia de la composición de partida a una temperatura entre 150 y 360 °C está entre 10 minutos y menos de 100 minutos, principalmente menos de 45 minutos y, en particular, entre 10 y 30 minutos.
- En una primera realización del combustible de acuerdo con la presente invención, se proporciona un combustible sólido, para obtener de acuerdo con un procedimiento de acuerdo con la primera realización de la presente invención.
- 20 El combustible de acuerdo con la presente invención está en forma de un granulado, el tamaño del granulado es inferior a 40 mm.
- En una realización preferida del combustible de acuerdo con la presente invención, el tamaño del granulado es inferior a 10 mm. La biomasa y torrefactada, aunque al menos una parte, preferentemente al menos el 40 % en peso y, en particular, al menos 60 % en peso, de la biomasa torrefactada, está incluido en los plásticos torrefactados.
- 25 En una realización preferida de esta primera realización del combustible de acuerdo con la presente invención, como máximo un 5 % en peso, en particular como máximo 3 % en peso, de contaminación basado en el peso seco del combustible sólido, está presente en el combustible sólido.
- En una realización preferida de esta primera realización del combustible de acuerdo con la presente invención, menos del 5 % en peso, preferentemente menos del 3 % en peso de agua, en función del peso total del combustible sólido, está presente en el combustible sólido.
- 30
- En una segunda realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención que, de hecho, es un posible procedimiento posterior tras el procedimiento de acuerdo con la primera realización, se proporciona un procedimiento para la eliminación de uno o más metales de un combustible sólido, en el que el procedimiento comprende las etapas de: la provisión de un combustible sólido de acuerdo con la primera realización del combustible u obtenido de acuerdo con la primera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención; la reducción del combustible sólido obtenido de este modo hasta un tamaño de partícula de menos de 3 mm, preferentemente menos de 2 mm, en particular menos de 1 mm; la separación de uno o más metales del combustible sólido obtenido en el que se ha reducido el tamaño.
- 35
- En una realización preferida de esta segunda realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, la reducción se lleva a cabo por medio de la trituración del combustible sólido.
- 40
- En una realización preferida de esta segunda realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, la separación se lleva a cabo por medio de cribado.
- En una realización preferida de esta segunda realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, el aluminio se separa como dichos uno o más metales.
- 45
- En una realización preferida de esta segunda realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, la trituración se lleva a cabo usando una construcción por rodillos, una trituradora de mandíbula o una combinación de ambos.
- En una segunda realización del combustible de acuerdo con la presente invención, se proporciona un combustible sólido purificado realizando el procedimiento de acuerdo con la segunda realización de la presente invención.
- 50
- En una realización preferida de esta segunda realización del combustible de acuerdo con la presente invención, el tamaño de partícula del combustible sólido purificado es menos de 3 mm, preferentemente menos de 2 mm, en particular menos de 1 mm.

- En una realización preferida de esta segunda realización del combustible de acuerdo con la presente invención, del 40 al 90 % en peso de la biomasa torrefactada, del 10 al 60 % en peso de plástico, basado en el peso seco del combustible sólido purificado, está presente en el combustible.
- 5 En una realización preferida de esta segunda realización del combustible de acuerdo con la presente invención, la biomasa torrefactada y los plásticos torrefactados están presentes en el combustible sólido purificado, mientras que al menos una parte, preferentemente al menos el 40 % en peso y, en particular, al menos el 60 % en peso de la biomasa torrefactada, está incluida en los plásticos torrefactados.
- 10 En una realización preferida de esta segunda realización del combustible de acuerdo con la presente invención, como máximo un 0,5 % en peso y, preferentemente, como máximo el 0,1 % en peso de los metales, basado en el peso seco del combustible sólido purificado, está presente en el combustible.
- Adicionalmente, la presente invención se refiere al uso de un combustible sólido de acuerdo con la primera o segunda forma de realización de la presente invención o de un combustible sólido obtenido de acuerdo con un procedimiento de acuerdo con la primera y segunda realizaciones de la presente invención o una combinación de los mismos como combustible para una central eléctrica de carbón.
- 15 En una tercera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, que es en realidad un posible procedimiento posterior tras el procedimiento de acuerdo con la primera realización, se proporciona un procedimiento para la reducción del "contenido de cloro total" de un combustible sólido torrefactado obtenido de acuerdo con la presente invención, en el que el combustible sólido torrefactado se lava con un disolvente, en el que los compuestos de cloro del disolvente presentes en el combustible sólido torrefactado se disuelven.
- 20 En una realización preferida de esta tercera forma de realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, el disolvente es un disolvente acuoso.
- En una realización preferida de esta tercera forma de realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, el disolvente es agua.
- 25 En una realización preferida de esta tercera forma de realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, el disolvente es una solución acuosa de uno o más compuestos que aumentan la solubilidad en agua de los compuestos de cloro.
- 30 En una realización preferida de esta tercera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, el "contenido de cloro total" del combustible sólido torrefactado lavado es, como máximo, 0,5 % en peso, preferentemente como máximo 0,3 % en peso, en particular como máximo 0,2 % en peso y, fundamentalmente, como máximo 0,1 % en peso.
- En una realización preferida de esta tercera forma de realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, la torrefacción de la composición de partida se lleva a cabo indirectamente calentando la composición de partida a una temperatura de la masa de aproximadamente 150 a aproximadamente 360 °C.
- 35 En una realización preferida de esta tercera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, el combustible sólido torrefactado se lava inmediatamente después de la torrefacción de la composición de partida, mientras que la temperatura de la masa del combustible sólido torrefactado es 150 a 360 °C.
- En una realización preferida de esta tercera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, el disolvente se calienta a una temperatura de 30-100 °C, preferentemente 60-80 °C antes de que se utilice para lavar el combustible sólido torrefactado.
- 40 En una realización preferida de esta tercera forma de realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, el procedimiento comprende una etapa adicional de lavado, en la que la etapa adicional se lleva a cabo sobre el combustible sólido torrefactado lavado.
- 45 En una realización preferida de esta tercera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, el combustible sólido torrefactado se inactiva con el disolvente inmediatamente después de la torrefacción de la composición de partida, después de lo cual el combustible sólido torrefactado humedecido con disolvente se lava en contracorriente con disolvente adicional.
- 50 En una realización preferida de esta tercera forma de realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, el procedimiento comprende una etapa adicional después de lavado del combustible sólido torrefactado con el disolvente, comprendiendo la etapa adicional el secado del combustible sólido humedecido con disolvente. En una realización preferida de esta tercera realización del procedimiento de acuerdo con la presente invención, el procedimiento comprende una etapa adicional de reducir el combustible sólido torrefactado a un tamaño de partícula entre 0,5 mm y 5 mm, llevándose a cabo la etapa antes del lavado del combustible sólido torrefactado con el disolvente.

En una tercera realización del combustible de acuerdo con la presente invención, se proporciona un combustible sólido con un contenido de cloro reducido para obtener usando un procedimiento de acuerdo con la tercera realización de la presente invención.

5 En una realización preferida de esta tercera realización del combustible de acuerdo con la presente invención, el "contenido de cloro total" es, como máximo, 0,5 % en peso, preferentemente como máximo 0,3 % en peso, en particular como máximo 0,2 % en peso y, fundamentalmente, como máximo 0,1 % en peso.

En una realización preferida de esta tercera forma de realización del combustible de acuerdo con la presente invención, el tamaño del granulado es inferior a 10 mm.

10 En una realización preferida de esta tercera realización del combustible de acuerdo con la presente invención, del 40 al 90 % en peso de la biomasa torrefactada, del 10 al 60 % en peso de plástico torrefactado, basado en el peso seco del combustible sólido purificado, está presente en el combustible sólido.

15 En una realización preferida de esta tercera realización del combustible de acuerdo con la presente invención, la biomasa torrefactada y los plásticos torrefactados están presentes en el combustible sólido, en el que al menos una parte, preferentemente al menos el 40 % en peso y, en particular, al menos el 60 % en peso de la biomasa torrefactada, está incluida en los plásticos torrefactados.

20 En una realización preferida de esta tercera realización del combustible de acuerdo con la presente invención, como máximo un 5 % en peso, en particular como máximo 3 % en peso, de contaminación basado en el peso seco del combustible sólido, está presente en el combustible sólido. En una realización preferida de esta tercera realización del combustible de acuerdo con la presente invención, menos del 5 % en peso, preferentemente menos del 3 % en peso de agua, en función del peso total del combustible sólido, está presente en el combustible sólido.

Adicionalmente, la presente invención se refiere al uso de un combustible sólido de acuerdo con la tercera realización de la presente invención o de un combustible sólido obtenido mediante el uso de un procedimiento de acuerdo con la tercera forma de realización de la presente invención como un combustible para una central eléctrica de carbón o para otra forma de producción de energía.

25 Por tanto, la presente invención se refiere en primer lugar a un procedimiento para la obtención de un combustible sólido y, en segundo lugar, a una serie de procedimientos posteriores para purificar dicho combustible sólido.

30 En resumen, se puede afirmar que el CRS, antes de someterlo a los presentes procedimientos, tiene un tamaño de partícula indefinido, no es triturable, tiene una composición química variable, no es completamente homogéneo, es esponjoso y polvoriento, está biológicamente activo, absorbe agua, tiene un contenido de cloro elevado y es determinante de volumen. Durante el proceso para obtener un combustible sólido de acuerdo con la presente invención, se llevan a cabo una o más de las siguientes etapas de procesamiento, entre otras, torrefacción, cloración, desulfatación, aumento del valor calórico, reducción del contenido de mercurio, reducción del contenido de metal alcalino, y la recuperación de los metales no férricos, en particular aluminio. Esto tiene como consecuencia de que se obtiene un combustible sólido de acuerdo con la presente invención con un tamaño definido de partículas, una triturabilidad definida, un contenido de cloro definido, un contenido de azufre definido, un contenido de mercurio minimizado, un producto totalmente homogeneizado, un producto que es adecuado para la combustión junto con combustibles existentes en, por ejemplo, las centrales eléctricas de carbón pulverizado, un producto que es biológicamente inactivo e hidrófobo, un producto que es el peso que es determinante del peso, un producto con un nivel reducido de metales alcalinos y un comportamiento de combustión definido.

40 A continuación, la presente invención se explicará adicionalmente con referencia a los ejemplos siguientes no limitantes.

Ejemplos

Ejemplos comparativos 1*, 1-3 y 9* y ejemplos 4-8

45 Se prepare una composición de partida mezclando una determinada cantidad de CRS que consiste en 60 % en peso de biomasa y 38 % en peso de plástico y 2 % en peso de contaminación en función de la materia seca y una determinada cantidad de biomasa del tipo de madera B. El material de partida se trata en un tambor giratorio a un perfil de temperatura, mientras que el material de partida se calentó hasta 330 °C durante, en total, 45 minutos.

El ejemplo comparativo 9* es la biomasa no torrefactada que no puede triturarse.

50 En los productos obtenidos se evalúa una serie número de propiedades: granulación, cantidad de polvo fino, comportamiento de combustión, reducción de CO₂, idoneidad como productos a granel, formación de polvo durante el triturado y porcentaje de compuestos volátiles en el combustible sólido. Estas propiedades se evalúan por medio de los criterios siguientes: -- muy mala, - mala o moderada, + buena ++ muy buena.

La granulación se evalúa más positivamente si una mayor parte del combustible sólido está en forma de un granulado.

El VCM (valor calórico menor) se evalúa más positivamente si esta es mayor. Como límite para la producción de energía a gran escala se usan 20 MJ/kg, en relación con la temperatura del fuego que se puede alcanzar y el rendimiento de conversión relacionado.

5 La cantidad de polvo fino se evalúa más positivamente si en el combustible sólido hay una cantidad menor de polvo fino.

El comportamiento de combustión se evalúa más positivamente si el tamaño de las partículas de granulado formadas es menor.

La reducción de CO₂ se evalúa más positivamente si en el combustible sólido hay más biomasa.

10 La idoneidad como productos a granel se evalúa más positivamente si se obtiene un mejor compromiso entre un peso a granel elevado, una cantidad pequeño de polvo fino y una porosidad elevada. Tal compromiso permite que el combustible sólido pueda transportarse bien como productos a granel en, por ejemplo, barco, tren o camión sin necesidad de compactarlo.

15 La formación de polvo durante el triturado se evalúa más positivamente si se produce durante el triturado. Esta propiedad es de gran importancia por la seguridad durante el proceso de triturado, la seguridad disminuye cuanto mayor es la cantidad de formación de polvo.

El porcentaje de compuestos volátiles en el combustible sólido se evaluará más positivamente con el porcentaje en peso creciente de compuestos volátiles presentes en el combustible sólido. Dichos compuestos volátiles son altamente inflamables y mejoran el comportamiento de combustión del combustible sólido. Si el porcentaje se hace demasiado elevado, la ventaja se convierte en una seria desventaja en relación con la inflamabilidad alta.

20 La Tabla 1 muestra los ejemplos 1–8 y el ejemplo comparativo 1*.

25 Como quedará claro a partir de la Tabla 1, los combustibles sólidos de acuerdo con la presente invención muestran mejores resultados con respecto a la granulación y la cantidad de polvo fino que el combustible sólido de acuerdo con el ejemplo comparativo 1*. Además, quedará claro a partir de la Tabla 1 que los combustibles sólidos con una proporción creciente de CRS en la composición de partida dan mejores resultados en cuanto a la granulación, la cantidad de polvo fino, el comportamiento de combustión, la idoneidad como productos a granel y la formación de polvo durante el triturado, sin las propiedades en cuanto a reducción de CO₂ y el porcentaje de compuestos volátiles que se deterioran en exceso.

Tabla 1

Ej.	% peso de PRS en la función de la materia seca	% peso de biomasa adicional en función del polvo seco	% peso de biomasa en la composición de partida	% peso de plásticos en la composición de partida	granulación	Cantidad de polvo fino	Comportamiento de combustión	Reducción de CO ₂	Idoneidad de los productos a granel	Formación de polvo durante el triturado	Porcentaje de compuestos volátiles en el combustible sólido	VCL
1*	0	100	100	0	—	—	+	++	-	—	++	o
1	25	75	90	95	-	-	+	+	-	—	++	o
2	40	60	84	15,2	o	o	+	+	+	-	++	+
3	50	50	80	19	+	o	+	+	o	+	+	+
4	60	40	70	22,8	+	+	+	+	o	o	+	+
5	70	30	72	26,8	+	+	+	+	+	o	+	+
6	80	20	68	30,4	++	++	+	+	+	+	+	++
7	90	10	64	34,2	++	++	++	+	++	+	+	++
8	100	0	60	38	++	++	++	+	++	++	+	++
9*	100	0	60	38	—	—	o	+	—	n.a.	o	o

La Tabla 2 muestra la pérdida de peso para una composición de partida de acuerdo con el ejemplo 8 durante el procedimiento de torrefacción, dependiendo de la temperatura de la masa. Como se desprende de la tabla, la pérdida de peso aumenta al aumentar la temperatura de la masa.

Tabla 2

Temperatura de la masa	Ejemplo 8 - % pérdida de peso
230	16,5
260	26,4
280	32,2
300	35,4
330	40,4

5

La Tabla 3 muestra la correlación entre el porcentaje de pérdida de peso de la composición de partida durante el procedimiento de torrefacción y el tiempo de residencia a una temperatura de 300 °C. A partir de esta tabla, se hace evidente que al aumentar el tiempo de residencia, aumenta el porcentaje de pérdida de peso.

10 Cabe destacar que la pérdida de peso es ventajosa cuando el peso que se pierde se origina de compuestos con bajo índice calórico y bajo contenido en agua. Como resultado de esto, el porcentaje de compuestos con alto contenido calórico en el combustible sólido aumenta y con ello, también lo hace la densidad de energía. No obstante, en cuanto se pierden los compuestos de alto contenido calórico, no se observará incremento de la densidad de energía y, de hecho, se produce combustión del combustible sólido, que no se desea. Por tanto, la cantidad de pérdida de peso se seleccionará adecuadamente en función de, entre otras cosas, la composición de la

15 composición de partida.

Tabla 3

Tiempo de residencia	Peso del ejemplo 8
5	20
10	25
15	30
30	33
45	35,4

El porcentaje de pérdida de peso se determina parcialmente por el tamaño del granulado (mejor conducción de calor en tamaños más pequeños) y las condiciones del proceso (influyen en la transferencia de calor).

20 La Tabla 4 y la Figura 1 muestran un ejemplo de un perfil de temperatura de la temperatura de la masa durante el presente tratamiento de torrefacción.

Tabla 4

Tiempo (min)	Temperatura de la masa °C
5	22
10	70
15	150
20	264
25	323
30	335

(Continuación)

Tiempo (min)	Temperatura de la masa °C
35	336
40	333
45	333
50	331
55	331
60	331
65	291
70	225
75	176
80	141
85	116
90	97
95	82
100	70

Descripción detallada de una realización preferida de la invención

- 5 En una realización preferida de la presente invención, el siguiente procedimiento consiste en cuatro etapas de procesamiento principales, a saber I) el tratamiento previo y / o mezcla de las materias primas; II) el procedimiento de torrefacción; III) refinado; y IV) cloración.

Etapa I) El tratamiento previo y/o mezcla de las materias primas

- 10 Para la producción del presente combustible sólido se puede usar una mezcla de diferentes tipos de CRS de la biomasa. Según una investigación de aceptación definida, se investiga, registra y evalúa la utilidad como materia prima de las propiedades químicas y físicas de las corrientes de biomasa impura y CRS que posiblemente sean aptas. Como se definen la calidad específica y la composición del combustible sólido resultante, la composición de la materia prima se puede determinar con la ayuda de un cálculo de la receta. De este modo se cumplirá el requisito para materias primas de aproximadamente 35.000 t/a (toneladas al año) (calculado para 100 % de materia seca) de CRS/biomasa impura. Además, se pueden usar aproximadamente 5.000 t / a de biomasa como componente enriquecedor para poder garantizar el contenido biogénico definido. Las corrientes de CRS suministradas se proporcionan a una instalación de almacenamiento y se someten a una comprobación de entrada estrictamente determinada. Tras la aprobación, una "liberación para procesamiento". El resultado de esta calidad de entrada es que siempre se debe guardar como reserve una cantidad relativamente grande de CRS (1.500–2.000 toneladas) para garantizar la continuidad del proceso. Con el fin de que no se desarrolle ninguna actividad biológica en el CRS y, por tanto, molestias producidas por los olores se usa un criterio de aceptación de <15 % de humedad. Usando una instalación de almacenamiento cerrada aunque ventilada se evita el acceso de la humedad a las materias primas. Con la ayuda de una pala mecánica de ruedas, provista de una cabina de presión positiva con un sistema de filtro de polvo, la materia prima se mezcla y se lleva a un silo para dosis.

- 25 Etapa II) el proceso de torrefacción

- 30 Desde el silo de dosificación, la mezcla de materia prima es conducida a una exclusiva de entrada del reactor de torrefacción con la ayuda de una cinta cerrada a una velocidad ajustable. La exclusiva de entrada está provista de dos válvulas herméticas al gas que se abren y cierran alternativamente de un modo tal que una de ellas siempre está cerrada. Esto evita que los gases indeseadas salgan del reactor, pero, todavía más importante, que nada de oxígeno entre en el reactor. El reactor es un horno de tambor rotativo (diámetro 2,5 m; longitud 18 metros) que funciona en condiciones de poco oxígeno a una temperatura de 260–300 °C y a una capacidad de captación de aproximadamente cinco toneladas de materia prima a la hora.

Durante la torrefacción en el tambor rotativo se forman componentes inflamables gaseosos que salen como gas de combustión mediante extracción. Dichos gases se introducen en el reactor junto con los demás materiales. Como resultado de la extracción se mantiene una ligera baja presión en el reactor. De este modo se evita la salida indeseada de gas. Posibles álabes guía colocados en el interior del tambor (insertos) garantizan un movimiento controlado y mezcla de las materias primas a través del reactor. Se mantiene un grado de carga de aproximadamente 15–20 % mediante la presencia de un aro de retención del tambor rotativo. La velocidad de rotación del tambor rotativo es controlable y, de este modo, la velocidad de procesamiento y el tiempo de residencia. Los gases inflamables liberados durante el procedimiento se cargan con ácido clorhídrico, que se origina de plásticos que contienen cloro y SO_2/SO_3 que están presentes. Se eliminan del gas de combustión por medio de un filtro cerámico para polvo mediante la adición de bicarbonato sódico (NaHCO_3) u otro reactivo, después se conducen al posquemador y se queman a aproximadamente 1000–1100 °C (tiempo de residencia 2 segundos > 850 °C) en aras de la recuperación de energía en el sistema. Se puede usar otro material de filtro que es resistente a temperaturas de hasta 350 °C. Las sales liberadas del filtro cerámico se alejan para su procesamiento posterior. El tratamiento de los gases de combustión dan como resultado el desarrollo de fases de escape relativamente limpias en el posquemador. La eliminación del cloro posiblemente presente, el polvo y la temperatura de combustión muy elevada del gas de combustión garantiza que no son necesarias medidas para reducir el nivel de dioxinas y dibenzofuranos.

De importancia con respecto al filtro cerámico es que no hay presentes los denominados “condensables” en los gases de combustión caliente. Esto significa que la trayectoria de la temperatura de la torrefacción es limitada. La temperatura debe ser lo bastante alta para alcanzar los efectos mecánicos dirigidos y el craqueo cuantitativo dirigido de los polímeros que contienen cloro. No obstante, la temperatura no debe ser demasiado alta en relación con la formación de los alquitranes secundarios y otros condensables. Esto significa que el procedimiento tiene un margen de temperatura estrecho, como ya se ha explicado anteriormente. El margen de temperatura ideal reside entre 250 – 350 °C, principalmente 280 – 300 °C.

25 *Ciclo del procedimiento de torrefacción*

Los gases de escape obtenidos del posquemador se llevan parcialmente al manto externo compartimentalizado del tambor giratorio. Estos gases de escape calientan las materias primas indirectamente hasta una temperatura de la masa de 100 °C como resultado de la cual la materia prima se seca. Como resultado de la temperatura de la masa creciente, el plástico que está presente se ablanda, entra en la fase de adhesión y se granula, también como resultado de las partículas biogénicas finas que están presentes. La temperatura de la masa aumenta gradualmente más a 260-350 °C y se produce carbonización. Aquí, se forman gases inflamables como resultado de la degradación parcial de los presentes compuestos orgánicos, que, como se ha mencionado, se envían al posquemador a una temperatura de aproximadamente 260-350 °C. Los gases de escape salen de la pared externa del tambor giratorio a una temperatura de aproximadamente 650 °C y se mezclan con los gases de escape calientes restantes. El combustible sólido formado se enfría indirectamente después hasta < 100 °C en el refrigerador con la ayuda del aire de combustión fresco extraído de la instalación de almacenamiento. En este refrigerador, que también está abarcado como un tambor rotativo, el combustible sólido bruto se separa en una fracción de > 10 mm y una fracción de < 10 mm. La fracción de > 10 mm puede consistir en gránulos aun parcialmente de plástico. En función de la calidad y la cantidad, dichos gránulos se pueden triturar y suministrar al proceso de nuevo o descargar como residuos para procesamiento (planta de cemento).

Etapa III) refinado

La fracción de < 10 mm es conducida al refinado por medio de un imán situado encima de la cinta. En este módulo, los gránulos del combustible sólido se Trituran con la ayuda de trituradores de rodillo y se criban en fracciones:

- fracción > 3 mm. Esta consiste en partes de plástico, principalmente aluminio. Esta fracción se lleva a distancia con el propósito de recuperar el aluminio.
- fracción < 3 mm que se purifica después. La unidad de refinado se realiza como una unidad cerrada y provista de una extracción de gases de escape. El aire extraído se lleva al posquemador.

Etapa IV) la cloración

La Fracción <3 mm se lleva a un tanque de empapamiento. En dicho tanque de empapamiento, se pone en contacto el combustible sólido de menor tamaño con agua de procesamiento (tiempo de contacto aproximadamente 1 hora) y después se bombea como una suspensión espesa (70 % de agua de procesamiento) a una banda de vacío. En la banda de vacío, la suspensión espesa se deshidrata, se lava en un lavado a contracorriente de varias etapas y después se deshidrata al máximo de nuevo con la ayuda de deshidratación al vacío. El combustible sólido deshidratado con un contenido en material seca de aproximadamente 70 % se lleva después a un dispositivo de secado. Este dispositivo de secado se realiza como unidad de calentamiento indirecto. El combustible sólido se seca hasta un contenido de materia seca de aproximadamente 95 % y se enfría hasta < 60 °C. Después, el combustible sólido obtenido se lleva a los silos de almacenamiento.

En el procedimiento se produce una serie de procesos auxiliares, tales como a) producción de sal, b) tratamiento de los gases de escape y c) recuperación térmica.

a) Producción de sal

5 El agua corriente arriba que se origina en el tanque de empapamiento se lleva a distancia al secador por pulverización. Esta agua contiene una mezcla de sales de metales alcalinos y metales alcalino térreos (principalmente cloruros y sulfatos), así como componentes orgánicos solubles. El secador por pulverización se alimenta con gases de escape calientes que se originan en el posquemador o en el reactor de torrefacción. Los vapores liberados durante la evaporación se llevan al posquemador como gases de lastre. Las sales cristalizadas se llevan desde el secador por pulverización a un silo o recipiente de almacenamiento y desde allí a un posterior procesamiento.

b) Tratamiento de los gases de escape

15 Los gases de escape, que se originan en el posquemador y en el reactor de torrefacción, se llevan sobre el intercambiador de calor. Los gases de escape en el cuello se enfrían hasta <280 °C y se llevan a distancia a la chimenea (altura mínima 35 m) por medio del tratamiento de los gases de escape secos y el ventilador de succión, cumpliéndose las normas europeas en materia de emisión. El tratamiento de los gases de escape en realidad son como filtro de comprobación contra la emisión de compuestos de mercurio posiblemente presentes en el CRS. Consiste en un denominado "filtro de manga" o "filtro de bolsa", que, mediante soplado de medios de adsorción, por ejemplo una mezcla de bicarbonato de sodio/carbón activo, se carga mediante una capa de adsorción para los componentes peligrosos posiblemente todavía presentes. Mediante esta elección del procedimiento también se evita el potencial riesgo de emisión de aerosoles y de polvo fino. El ventilador de succión controla la baja presión necesaria en toda la instalación. El residuo del tratamiento de los gases de escape se lleva a distancia para su posterior procesamiento.

c) Recuperación de calor

25 El calor liberado en el intercambiador/vaso de calor se transfiere al dispositivo de secado indirecto con la ayuda de aceite térmico a una temperatura de, como máximo, 260 °C. Este dispositivo de secado indirecto funciona a una ligera subpresión. El vapor de agua liberado del dispositivo de secado se precipita en el condensador. El agua condensada liberada aquí se devuelve al proceso de lavado. Los compuestos que se liberan en el condensador pero que no se pueden condensar también se llevan a distancia al posquemador. El aceite térmico del intercambiador/vaso de calor se lleva en un ciclo con el dispositivo de secado.

30 La tabla 5 a continuación muestra ejemplos de determinadas características del presente procedimiento.

Tabla 5

	Cantidad	Unidad
Cantidad de CRS de materia prima	35000	Toneladas/a (materia seca)
Cantidad de biomasa de materia prima	5000	Toneladas/a
Contenido de humedad	< 15	%
Materiales inertes	< 2	%
Contenido de cloro	< 2	%
Longitud del tambor rotativo	18	metro
Díámetro del tambor rotativo	2,5	metro
Grado de carga	15	%
Tiempo de residencia a la temperatura de la masa deseada	30	minuto
Temperatura en el posquemador	1.050–1.100	°C
Porcentaje de oxígeno (O ₂)	3	%
Temperatura de la masa	260–340	°C

(Continuación)

	Cantidad	Unidad
Temperatura de la pared	> 600	°C
Temperatura de entrada de los gases de escape	> 1.000	°C
Temperatura de salida de los gases de escape	Aproximadamente 650	°C
Temperatura de salida de los gases de combustión	aprox. 260–340	°C

- 5 En la Tabla 6, a continuación, se mencionan ejemplos de determinadas características de un combustible sólido conforme a la presente invención, que se ha sometido al procedimiento para la eliminación de uno o más metales así como al procedimiento para la reducción del contenido de cloro.

Tabla 6

Valor calórico	> 20 Mj/kg
Contenido de humedad	< 5 %
Tamaño de partícula	< 3 mm
Contenido en Cl	< 0,2 %
Contenido de S	< 0,5 %
Peso a granel	> 0,4 t/m ³ (= 400 g/l)
% de biomasa	> 50 %

Ejemplo 10

- 10 Se obtuvo un combustible sólido mediante torrefacción de 100 % en peso de Trockenstabilat (marca) que tiene un tamaño de partícula de 10 mm lavado con agua. Se realizó la medición del "contenido de cloro total" antes y después del lavado. Los resultados se muestran en la Tabla 7.

Ejemplo 11

- 15 Un combustible sólido según el ejemplo 10 se trató para reducir el tamaño de partícula a 4 mm. Después, el combustible sólido se trató de la misma manera que en el Ejemplo 10. Los resultados se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7

Ejemplo	"Contenido de cloro total" antes del lavado (mg/kg de materia sólida)	"Contenido de cloro total" después del lavado (mg/kg de materia sólida)
Ejemplo 10	16100	2100
Ejemplo 11	12400	300

A partir de la tabla, es evidente que el presente procedimiento puede aplicarse para la reducción del "contenido de cloro total" de un combustible sólido torrefactado. El "contenido de cloro total" se puede reducir en hasta un 95-99 %.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de preparación, mediante torrefacción, de un combustible sólido, que comprende las etapas de:
 - * proporcionar un material combustible recuperado secundario (CRS) que se obtiene mediante un procedimiento que comprende las etapas de llevar una corriente de residuos industriales y/o una corriente de residuos domésticos hasta un tamaño de partícula definido, disminuir el contenido de humedad, eliminar los metales férricos, los metales no férricos y los materiales inertes;
 - * extraer al menos 50 % en peso del material CRS, basado en el peso seco de la composición de partida, y, opcionalmente, mezclarla con biomasa y/o plásticos para llegar a una composición de partida, que comprende:
 - en total 30 a 80 % en peso de la biomasa, basado en el peso seco de la composición de partida,
 - en total 20 a 70 % en peso de plástico, basado en el peso seco de la composición de partida,
 - en total 10 a 20 % en peso de agua, basado en el peso total de la composición de partida, y
 - máximo 5 % en peso de contaminantes, estando todos los componentes que no son biomasa, plástico o agua, basados en el peso seco de la composición de partida
 - * calentar la composición de partida indirectamente durante entre 10 minutos y menos de 100 minutos a una temperatura de la masa de 150 a 360 °C, para obtener el combustible sólido.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que al menos 75 % en peso, preferentemente al menos 90 % en peso del material de CRS, basado en el peso seco de la composición de partida, está presente en la composición de partida.
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que en total del 55 al 60 % en peso, basado en el peso seco de la composición de partida, está presente en la composición de partida.
4. Un procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 - 3, en el que en total del 20 al 30 % en peso, basado en el peso seco de la composición de partida, está presente en la composición de partida.
5. Un procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 - 4, en el que en total del 12 al 17 % en peso del agua, basado en el peso total de la composición de partida, está presente en la composición de partida.
6. Un procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 - 5, en el que un máximo de 2 % en peso de los contaminantes, basado en el peso seco de la composición de partida, está presente en la composición de partida.
7. Un procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 - 6, en el que dicho calentamiento se lleva a cabo en un tambor rotatorio.
8. Un procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 - 7, en el que dicho calentamiento se lleva a cabo gradualmente hasta alcanzar una temperatura de la masa de entre 260 y 360 °C.
9. Un procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 - 8, en el que el tiempo de residencia de la composición de partida a una temperatura entre 150 y 360 °C es inferior a 100 minutos, notablemente inferior a 45 minutos y, en particular, entre 10 y 30 minutos.
10. Un procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1 - 9, comprendiendo además el procedimiento la etapa de reducir el combustible sólido obtenido después de calentar hasta un tamaño de partícula menor de 3 mm y separar uno o más metales del combustible sólido mediante cribado.
11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, comprendiendo además el procedimiento lavar el combustible sólido obtenido tras el cribado con agua o una solución acuosa, reduciendo de este modo el contenido en cloro del combustible sólido como se obtiene después de calentar.
12. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el combustible sólido se seca hasta un contenido de agua menor de 10 % en peso, preferentemente menor de 5 % en p/p, más preferentemente menor de 3 % p/p, basado en el peso total del combustible.
13. Un combustible sólido obtenido mediante el procedimiento de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 1-9, en el que el combustible está en forma de un granulado con un tamaño del granulado menor de 40 mm.
14. Un combustible sólido de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el combustible sólido ha sufrido la etapa de reducir el combustible sólido después de calentar hasta un tamaño de partícula menor de 3 mm y separar uno o más metales del combustible sólido mediante cribado, para obtener un combustible sólido purificado; en el que en el combustible hay presente como máximo 0,5 % en peso y, preferentemente, como máximo 0,3 % en peso, en particular como máximo 0,2 % en peso y notablemente como máximo 0,1 % en peso de metales, basado en el peso seco del combustible sólido purificado.

- 5 15. Un combustible sólido de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el combustible sólido obtenido mediante cribado se ha lavado adicionalmente con agua o una suspensión acuosa de la misma que reduce el contenido del combustible sólido como se ha obtenido después de calentar para obtener un combustible sólido purificado; el contenido de cloro total en el combustible sólido es, como máximo, 0,3 % en peso, en particular como máximo 0,2 % en peso y notablemente como máximo 0,1 % en peso de cloro, basado en el peso de la materia sólida del combustible sólido purificado.
16. Un combustible sólido de acuerdo con una o más de las reivindicaciones 13 – 15, en el que del 40 al 90 % en peso de la biomasa torrefactada y del 10 al 60 % en peso de los plásticos torrefactados, basado en el peso seco del combustible sólido, está presente en el combustible sólido.
- 10 17. El uso de uno o más de los combustibles sólidos de acuerdo con una cualquiera o más de las reivindicaciones 13 a 16, como combustible para central eléctrica de carbón o para otra producción de energía.

Figura 1

