

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 436**

51 Int. Cl.:

**C10L 5/44** (2006.01)

**C10L 5/46** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09802464 .9**

96 Fecha de presentación: **17.02.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2307531**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.04.2011**

54 Título: **Pelet molturable**

30 Prioridad:  
**01.08.2008 EP 08013814**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**28.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**28.05.2012**

73 Titular/es:  
**DSM IP Assets B.V.  
Het Overloon 1  
6411 TE Heerlen, NL**

72 Inventor/es:  
**NAFID, Mohammed;  
KOEKKOEK, Ralph y  
VAN MANEN, Ernst-Jan**

74 Agente/Representante:  
**Lehmann Novo, Isabel**

**ES 2 381 436 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

Pelet molturable.

Esta invención se refiere a la preparación de un pelet derivado de residuos domésticos e industriales que contienen partículas de plástico y de celulosa. En particular, la invención se refiere a un pelet con buena molturabilidad y al procedimiento de fabricación del mismo.

En respuesta a campañas regulatorias y legislativas medioambientales, económicas y asociadas se ha producido una tendencia incrementada al reciclaje de residuos domésticos e industriales. Análisis de ciclo de vida de procesos de reciclaje indican que la descontaminación y clasificación de corrientes de componentes residuales individuales no es frecuentemente viable en términos económicos y medioambientales. Por tanto, se pone un énfasis creciente sobre la utilización de residuos industriales y domésticos como fuente de combustible para la generación de energía y otras aplicaciones industriales.

El documento US 6,635,093 aborda este problema con la producción de un pelet combustible forzando una corriente de residuos de celulosa y de plástico a través de agujeros de una matriz de peletización con una relación de longitud a diámetro de al menos 5 de tal manera que el calor de fricción fundía la porción exterior del pelet. El pelet resultante estaba suficientemente duro como para ser alimentado directamente a un horno y, si se requería, para ser efectivamente molido con una distribución de tamaños de partículas que tenía al menos un 80% en peso del pelet molido a menos de 2 mm. Aunque los pelets de esta invención exhibían propiedades de molienda mejoradas en comparación con pelets convencionales, se requieren todavía más mejoras referentes a la molturabilidad de una fuente de combustible.

Un objeto de la presente invención consiste en producir un pelet con buena molturabilidad a partir de un proceso eficiente en energía.

En una realización de la presente invención se proporciona un método para producir un pelet adecuado para molerlo en forma de un polvo fino, que comprende los pasos de:

(a) formar una corriente de alimentación de residuos que comprende:

(i) un componente de polímero A que comprende, con relación al peso total de la corriente de residuos, al menos 25% en peso de un componente de película de plástico B que tiene una relación de área de sección transversal (A) a longitud (L) de menos de 0,2 y

(ii) un componente de celulosa C de al menos 20% con relación al peso total de la corriente de residuos,

(b) peletizar la corriente de residuos con un dispositivo de peletización de tal manera que al menos parte del componente de película de plástico B se convierta en un componente D, que tiene una relación A/L de al menos 0,2, por medio de un tratamiento químico y/o térmico,

en donde el pelet tiene menos de 15% en peso de componente B con relación al peso total de pelet y en donde el componente D, si se le trata térmicamente, se deriva del componente de película de plástico B, que ha sido no más que parcialmente fundido.

Se ha encontrado inesperadamente que mediante el control o selección de la composición de una corriente de alimentación y la conversión de las propiedades de la corriente de alimentación por peletización, según se define en la presente invención, pueden producirse pelets de buena molturabilidad de una manera eficiente en energía.

Se puede conseguir una molturabilidad mejorada eliminando o reduciendo los componentes más elásticos (o menos rígidos) de la corriente de alimentación de residuos durante el proceso de peletización. La rigidez del componente de película de plástico B es proporcional al módulo de elasticidad  $E_m$  y a la relación del área de sección transversal de la película de plástico con respecto a la longitud de dicha película de plástico (A/L). El aumento de rigidez del componente B y, por tanto, su conversión en el componente D pueden conseguirse mediante un incremento de la relación A/L. Típicamente, la longitud de la película no puede reducirse eficientemente con dispositivos de molienda convencionales. Esto se debe a la elasticidad de la película, la cual hace que los intentos de cortar la película den como resultado cierto alargamiento de una porción de la película, aumentando así una porción de la longitud de la película. Sin embargo, la relación A/L del componente que contiene la película puede incrementarse a través de ligazón química de la película consigo misma o a través de tratamiento térmico. Ejemplos de agentes ligantes adecuados se incluyen colas y resinas naturales y sintéticas. Preferiblemente, una proporción de la corriente de alimentación comprende un componente residual suficientemente rico en cola o resina natural, de tal manera que el agente ligante está comprendido dentro de la corriente de alimentación.

Preferiblemente, el pelet tiene menos de 15% en peso del componente B, más preferiblemente menos de 10% en peso del componente B, aún más preferiblemente menos de 8% en peso del componente B, aún más preferiblemente menos de 6% en peso del componente B y muy preferiblemente menos de 4% en peso. Cuanto más

bajo sea el porcentaje en peso del componente B, tanto mejor será la multurabilidad del pelet.

El control de la proporción del componente B por encima de un nivel mínimo permite que se mantengan las prestaciones de molienda, al tiempo que se reduce la entrada de energía al evitar la energía adicional para reducir el componente B a niveles que no impacten sobre las prestaciones de la operación de molienda efectuada aguas abajo. Por consiguiente, en algunas realizaciones el componente es preferiblemente de al menos 1% en peso o incluso 2% en peso.

Se ha visto que la película de plástico con una relación A/L de menos de 0,2 es particularmente difícil de moler en forma de un polvo fino con una distribución de tamaños de partículas de tal manera que el 90% en peso de las partículas, más preferiblemente el 95% en peso e incluso más preferiblemente el 97% en peso sean de menos de 2 mm de diámetro. Reduciendo la proporción de partículas superiores a 2 mm, el polvo tiene buenas propiedades de transportabilidad y combustión.

Preferiblemente, la relación A/L del componente de película de plástico B es inferior a 0,18, más preferiblemente inferior a 0,15, aún más preferiblemente inferior a 0,12 y muy preferiblemente inferior a 0,10. En general, cuanto más baja sea la relación A/L, tanto más bajas serán la rigidez y la multurabilidad de la película de plástico. Por tanto, se mejoran las prestaciones de molienda convirtiendo estos componentes en una forma más molturable.

La relación A/L se determina midiendo la dimensión longitudinal más larga de la película de plástico (L), la dimensión latitudinal más larga (W) y el espesor (D), con el área A de la sección transversal de una partícula del componente B definida como  $W \times D$ . El espesor típico de la película de plástico refleja el de un material de embalaje de residuos que constituye típicamente una gran proporción del material residual. El espesor típico de plástico residual está en el intervalo de 10 a 100  $\mu\text{m}$  y más generalmente en el intervalo de 20 a 50  $\mu\text{m}$ . Sin embargo, los plásticos laminados pueden tener una profundidad de hasta 200 ó 300  $\mu\text{m}$ . Un ejemplo de las dimensiones que delimitan una película de plástico con una relación A/L de 0,2 es  $W = 20 \text{ mm}$ ,  $D = 250 \mu\text{m}$  ( $A = 5 \text{ mm}^2$ ) y  $L = 25 \text{ mm}$ .

#### DEFINICIÓN DE COMPONENTES

En general, la corriente de residuos comprende celulosa (componente C) y materiales plásticos (componente A) que constituyen un total de al menos 70% en peso de la mezcla, preferiblemente al menos 75% en peso de la mezcla, más preferiblemente al menos 80% en peso, aún más preferiblemente al menos 85% en peso y muy preferiblemente al menos 90% en peso, basándose cada porcentaje en componentes sólidos totales. Típicamente, la mezcla de celulosa/plástico proviene de material residual, tal como residuos domésticos (incluyendo residuos municipales y urbanos) y/o residuos industriales. El material celulósico puede proceder, por ejemplo, de papel, cartón, cajas de cartón de bebidas, madera, pañales, vendajes y textiles, tales como algodón, viscosa y rayón. El material plástico puede proceder, por ejemplo, de material de embalaje, tal como material polímero en forma de hoja o película. En principio, todos los tipos de polímeros termoplásticos pueden estar presentes en la mezcla de residuos.

El componente de polímero A representa al menos 25% en peso y preferiblemente al menos 30% en peso, más preferiblemente al menos 40% en peso con relación al peso total de la fuente de combustible. El componente de película de plástico B representa preferiblemente al menos 30% en peso, más preferiblemente al menos 50% en peso, aún más preferiblemente al menos 70% en peso, todavía más preferiblemente al menos 80% en peso y muy preferiblemente al menos 90% en peso con relación al peso total del componente de polímero A. Dado que la presente invención se dirige a la superación de los problemas de molienda asociados con el componente de película de plástico, se incrementan los beneficios relativos de la invención con una proporción creciente del componente B en el componente de plástico A.

El componente de plástico A comprende polímeros termoplásticos y termoestables. Ejemplos de polímeros termoplásticos que están generalmente presentes en las corrientes de residuos a tratar incluyen poliolefinas (sustituidas), poliestireno, poliésteres, tal como politereftalato de etileno (PET), poliamidas y copolímeros y combinaciones de los mismos. El material termoplástico puede comprender también polímeros halogenados, tal como policloruro de vinilo (PVC), aunque esto no se prefiere. En particular, el material termoplástico en el componente B se basa principalmente en homopolímeros y/o copolímeros de polietileno. Típicamente, al menos 60% en peso, preferiblemente al menos 70% en peso, más preferiblemente al menos 75% en peso y muy preferiblemente al menos 80% en peso del material termoplástico son homopolímeros y/o copolímeros de polietileno.

El componente de celulosa C es al menos 20% en peso, preferiblemente más de 25% en peso, más preferiblemente más de 30% en peso y aún más preferiblemente más de 40% en peso con relación al peso total de la corriente de residuos. Típicamente, el material de celulosa en el componente C se basa principalmente en papel y/o cartón.

Cuanto mayor sea la proporción del componente de celulosa C con relación al componente de plástico A, tanto mayor será la penetración del calor en el núcleo del pelet, lo que permite una transferencia de calor mejorada en toda la masa del pelet, incrementando así la conversión del componente B en el componente D. Así, se observa un efecto sinérgico entre el componente de celulosa C y el componente de película de plástico B.

Un nivel superior del componente de celulosa C no es preferiblemente más de 80% en peso, más preferiblemente no más de 70% en peso y aún más preferiblemente no más de 60% en peso con relación al peso total de la corriente de residuos. A estos niveles superiores no se mejora adicionalmente la conversión del componente B en el componente D y se reduce la energía por nivel de peso de la fuente de combustible debido a su alto contenido de celulosa.

5 La transferencia de calor en toda la masa de un pelet que comprende un alto contenido de componente de plástico tiende a penetrar como una onda de calor uniforme. Al hacer esto, se funden las capas exteriores, encapsulando así la porción de núcleo interior del pelet en una capa de aislamiento, con lo que resulta un pelet con una alta porción de película de plástico (componente B) en la porción de núcleo y la molturabilidad es así más pobre.

10 Aunque no se desea vincularse a ninguna teoría, se piensa que las propiedades inherentes de transferencia de calor del componente de celulosa permiten que penetre calor en toda la masa del pelet, permitiendo así una fusión parcial más uniforme del componente de película de plástico. De este modo, se puede reducir efectivamente el componente de película de plástico B, sin el uso de una entrada de energía excesiva, tal como la requerida para pelets extruidos en fusión.

15 El componente de celulosa C proporciona un mecanismo adicional para que el componente de película de plástico B aumente su rigidez al fusionarse sobre el material más rígido. El material compuesto (componente D) derivado de los componentes B y C tiene una molturabilidad mejorada en comparación con el componente B o C por separado. El componente B tiene una molturabilidad mejorada debido a la rigidez incrementada proporcionada por el respaldo de celulosa y se mejora la molturabilidad del componente C en razón de que se reduce la generación de un material fibroso fofo debido al efecto de ligazón del componente B.

20 El nivel de componente B se determina por extracción de los componentes de película de plástico del pelet. Esto se realiza mediante una combinación de:

- fragmentación manual del pelet entre el pulgar y los demás dedos en donde lo permita la longitud de los pelets;

- utilización de pinzas para extraer la película de plástico del material aglomerado y

25 - utilización de un escalpelo para exponer la película de plástico que ha estado circundada por los componentes de plástico parcial o completamente fundidos D y E.

El procedimiento de extracción desenmaraña los componentes mecánicamente ligados, al tiempo que evita la rotura de los enlaces químicos o térmicos entre las partes componentes (por ejemplo, película de plástico y papel), impidiendo así la conversión del componente D en el componente B. De esta manera, se pueden determinar también los componentes C, D y E.

30 Así, el método de análisis para determinar los componentes implica tomar una pluralidad de pelets, por ejemplo seis pelets, y

- fragmentar manualmente el pelet entre el pulgar y los demás dedos en donde lo permita la longitud de los pelets;

- utilizar pinzas para extraer la película de plástico del material aglomerado y

35 - utilizar un escalpelo para exponer la película de plástico que ha estado circundada por los componentes de plástico parcial o completamente fundidos D y E,

- y medir el peso de los diversos componentes.

40 El componente D, por definición, incluye el componente de película de plástico B que ha sido parcialmente fundido o adherido químicamente a otro material (por ejemplo, celulosa), aumentando así su molturabilidad. El componente D puede comprender también material plástico con una relación A/L de al menos 0,2. que estaba presente en la corriente de residuos antes del paso de peletización. Típicamente, el material plástico rígido en la corriente de residuos incluye materiales termoestables y termoplásticos que se han moldeado en forma de un embalaje rígido y luego se han molido hasta un tamaño adecuado para su introducción en el dispositivo de peletización.

45 En realizaciones en las que el componente D contiene una película de plástico parcialmente fundida derivada del componente B, el componente D puede incluir un segmento que incluye película de plástico parcial o completamente fundida y un segmento que retiene su forma de película de plástico original. Esta estructura es compatible con que solamente se exponga parte del componente de película de plástico B a calor suficiente durante un tiempo suficiente para elevar localmente la temperatura por encima de la temperatura de reblandecimiento del componente de película de plástico. Preferiblemente, el segmento que no se ha tratado térmicamente de tal manera que se haya mejorado su rigidez y molturabilidad, supone menos de 50% en peso, más preferiblemente menos de 30% en peso y  
50 muy preferiblemente menos de 20% en peso del componente de película de plástico total de D que se deriva del componente B. Cuanto más pequeña sea la cantidad de película de plástico flexible dentro del componente D, tanto

mejor será su molturabilidad.

La molturabilidad del segmento de película de plástico dentro del componente D es típicamente mejor que la del componente de película de plástico B en solitario, probablemente debido a la combinación de una relación A/L generalmente más alta del segmento de película de plástico y a su estrecha proximidad al segmento más rígido que comprende la película de plástico parcial o completamente fundida.

Aunque una solidificación completa de la masa fundida del componente B puede mejorar también la molturabilidad de la fuente de combustible, esta solución requiere una mayor entrada de energía y, por tanto, la energía neta entregada por la corriente de residuos (salida de energía menos energía gastada durante la formación y procesamiento de los pelets) es necesariamente más baja en comparación con la presente invención. Por tanto, el componente B se convierte preferiblemente en el componente D por medio de un agente ligante químico o bien por fusión parcial del componente B de tal manera que las partículas del componente resultante D no estén integralmente conectadas como un polímero solidificado. Un material de esta naturaleza se define como un componente completamente fundido E.

El componente completamente fundido E se define como un componente en el que esencialmente todo el componente de plástico B ha entrado en el estado líquido y se ha recristalizado de tal manera que produce un terrón integral que no puede separarse en sus componentes originales sin cortar un enlace térmico o químico, por ejemplo plástico térmicamente fusionado con papel.

En pelets que se funden completamente, el componente E supone generalmente 100% en peso del peso total del pelet. Sin embargo, en pelets con un alto contenido de componente de celulosa puede existir una proporción discreta del componente C (celulosa) por separado del componente E.

Preferiblemente, se minimiza la proporción del componente completamente fundido E y del componente de película de plástico B, aumentando así la proporción total del componente D derivado de la película de plástico parcialmente fundida. Preferiblemente, el porcentaje en peso del componente E no supone más de 90% en peso, más preferiblemente no más de 60% en peso, aún más preferiblemente no más de 35% en peso y muy preferiblemente no más de 20% en peso con relación al peso total del pelet. Un bajo porcentaje en peso del componente E es reflejo de un proceso en el que se convierte eficientemente el componente B en el componente D, sin que se utilice ineficientemente un exceso de energía en la conversión del componente B en el componente E.

Preferiblemente, al menos 20% en peso, 30% en peso, 40% en peso, 50% en peso, 60% en peso o 70% en peso del componente B se convierte en el componente D. Cuanto mayor sea la conversión del componente B en el componente D, tanto mejores serán las características de molienda del pelet. Preferiblemente, no más de 98% en peso, más preferiblemente no más de 95% en peso y aún más preferiblemente no más de 90% en peso del componente B se convierte en el componente D. Una conversión demasiado grande del componente B en el componente D puede dar como resultado la formación excesiva del componente E, con lo que se establecen altos requisitos de energía para producir el pelet.

La corriente de residuos se define generalmente en términos de los componentes A, B y C, con la diferencia entre los componentes A y B designada como componente D. Los componentes de los pelets se definen generalmente en términos de la proporción del componente restante B y del componente en el que se ha transformado el componente B (es decir, los componentes D y E). Los componentes D y E pueden comprender el componente C, además de una porción derivada del componente B.

La solución definida en la presente invención permite que una corriente de residuos sea convertida eficiente y efectivamente en un pelet que pueda ser molido en forma de una fuente de combustible/reducción con buenas propiedades de combustibilidad/reducción y flujo.

Ventajosamente, se vigila y controla la conversión del componente de película de plástico B en el componente D. Esto asegura que se minimice el consumo de energía al convertir el componente B en el componente D, al tiempo que se maximiza la molturabilidad del pelet.

#### PROCESAMIENTO

En el método según la invención la mezcla de celulosa/plástico de la corriente de alimentación se produce preferiblemente a partir de una corriente de residuos por reducción de su tamaño de partículas en un dispositivo de reducción que contiene una esterilla tamiz o un tamiz de tambor rotativo y un dispositivo de reducción de tamaño, cuya esterilla tamiz o cuyo tamiz de tambor, como resultado de una carga de tracción frecuentemente variable que trabaja sobre ella, sacude la corriente de residuos para disgregarla, durante y/o después de lo cual dicha corriente se separa, sobre la base del tamaño, en una fracción de partículas pequeñas y una fracción de partículas grandes, tras lo cual se reduce en tamaño la fracción de partículas grandes en el dispositivo de reducción de tamaño para obtener un producto con el tamaño de partículas deseado y a continuación de lo cual se combinan el producto reducido en tamaño y la fracción de partículas pequeñas. Las intensas sacudidas aplicadas a la esterilla tamiz hacen

que se fragmenten partículas pequeñas aglomeradas, como resultado de lo cual una fracción relativamente grande puede cumplir ya con las dimensiones máximas deseadas. Esto implica una importante ventaja de capacidad.

Preferiblemente, al menos 20 a 30% en peso de la corriente de residuos es ya más pequeño que el tamaño de malla de la esterilla tamiz. Otra ventaja de este método es que las piezas pesadas, tales como piezas metálicas, pueden separarse bien de partículas ligeras, tales como las partículas de materiales celulósicos y termoplásticos, como resultado de lo cual pueden ser retiradas de la corriente de residuos de una manera más fácil, más completa y más selectiva antes de que se suministre la fracción de partículas grandes al dispositivo de molienda. Preferiblemente, las piezas metálicas son retiradas por un imán, preferiblemente un imán de cinta y/o un dispositivo de corrientes parásitas, durante y/o después del sacudimiento de la esterilla tamiz. La capacidad dependerá del grado deseado de reducción y, por tanto, de la diferencia de tamaño de partículas entre la corriente de residuos y la corriente de alimentación. Se entiende en particular que un "dispositivo de reducción de tamaño" para este paso del proceso es una desmenuzadora, aunque el método no está en principio limitado a esto.

El tamaño de las mallas del tamiz y, por tanto, de las partículas después de la molienda se elige con relación al diámetro de los agujeros del molde. Con miras a obtener una corriente de alimentación bien peletizable, el tamaño de las partículas constituidas por materiales celulósicos y termoplásticos en la corriente alimentada al dispositivo de peletización es de preferencia predominantemente a lo sumo 6 veces, más preferiblemente a lo sumo 5 veces y muy preferiblemente a lo sumo 4 veces el diámetro de los agujeros del molde en el paso de peletización subsiguiente. "Predominantemente" se entiende aquí que implica al menos aproximadamente 75% en peso. Si las partículas son demasiado grandes, el tiempo de residencia del material en el dispositivo de peletización resulta ser demasiado largo, como resultado de lo cual la temperatura puede llegar a ser demasiado alta y puede producirse una fusión completa poco deseable de las partículas de plástico. Se ha encontrado que se pueden obtener resultados de peletización particularmente buenos para combustible peletizado con diámetros comprendidos entre 5 y 8 mm si las partículas en la corriente de alimentación son predominantemente más pequeñas que 30 mm.

Dado que la corriente de residuos tiene usualmente un alto contenido de humedad, el proceso de reciclaje de la corriente de residuos comprende usualmente uno o más pasos de secado. El contenido de humedad juega un papel importante en la peletización de la corriente de alimentación. Los contenidos de humedad se expresan en porcentajes del peso total, mientras que los contenidos de plástico o de celulosa se expresan en porcentajes del peso total de los materiales termoplásticos y celulósicos. La mezcla de celulosa/plástico en partículas utilizada como corriente de alimentación en el método según la invención tiene un contenido de humedad de 1 a 15% en peso (con relación al peso total de la mezcla). Preferiblemente, el contenido de humedad es de 1 a 10% en peso, más preferiblemente de 2 a 7% en peso. La ventaja de una cierta cantidad mínima de agua es que la corriente de alimentación puede ser deformada más fácilmente y, por tanto, puede ser peletizada con mayor facilidad.

Se piensa también que una proporción mínima de agua genera una pequeña cantidad de vapor que proporciona un medio eficiente de transferencia de calor para facilitar la fusión parcial de la película de plástico en toda la masa del pelet. El componente de celulosa uniformemente disperso C proporciona tanto una fuente de vapor como una trayectoria de distribución para que el vapor transfiera calor a los componentes de película de plástico dentro del pelet. Cantidades mayores de humedad consumen una proporción mayor del calor por evaporación, cuyo calor se requiere también para ablandar el material termoplástico a fin de convertir el componente de película de plástico en el componente D.

Contenidos de humedad de menos de 2% en peso requieren tiempos de secado demasiado largos y, por tanto, una entrada de energía excesiva en el paso o pasos de secado precedentes y no ofrecen una ventaja significativa para el proceso de peletización en comparación con contenidos de humedad de 2 a 7% en peso. El contenido de humedad de la corriente de alimentación es también un parámetro de control para la temperatura de la corriente de alimentación y la temperatura de los pelets que salen del molde. Por tanto, se elige este contenido de modo que sea tal que la temperatura de los pelets que salen de los agujeros del molde no sea superior a 125°C, con lo que se evita una fusión completa del componente de película de plástico.

En el método según la invención los pelets que salen del molde son enfriados y secados en una corriente de gas. Por otro lado, el contenido de humedad de la corriente de alimentación no puede elegirse tan alto que el contenido de humedad residual después de la producción del pelet combustible sea demasiado alto debido a que la humedad reduce sustancialmente el valor calorífico de los pelets combustibles a causa de la alta cantidad de calor de evaporación. Por estas razones, el contenido de humedad del pelet combustible final es preferiblemente inferior a 5, más preferiblemente incluso inferior a 3% en peso.

En una realización el dispositivo de peletización que se utiliza en el presente método comprende un molde con agujeros cuya relación (R) de longitud de agujero efectiva (L) y diámetro de agujero (D) es de al menos 7. El "diámetro de agujero" se entiende que es en cada caso el diámetro más pequeño del agujero que determina el diámetro del pelet. La "longitud de agujero efectiva (L)" se entiende que es la longitud de la parte del agujero en la que se comprime efectivamente la corriente de alimentación.

Cuando aquí y más adelante se hace referencia a las propiedades de los pelets o de partículas en una colección de partículas, se pretende implicar el valor medio de un número suficientemente grande de pelets o partículas. La "corriente de alimentación" se entiende aquí y más adelante cada vez que es la corriente de la mezcla de celulosa/plástico en partículas que se alimenta al dispositivo de peletización.

5 En el método según la invención la corriente de alimentación tiene una temperatura ( $T_1$ ) de a lo sumo 90°C, preferiblemente a lo sumo 75°C. A esta temperatura, la corriente de alimentación tiene propiedades de transporte suficientemente buenas sin implicar problemas de aglomeración, embadurnamiento y formación de filamentos antes del dispositivo de peletización o en éste. Se entiende que "embadurnamiento" significa que la alta temperatura hace que el plástico se reblandezca, se funda o al menos se vuelva fluido en un grado tal que se extienda sobre, y se adhiera a, todas las piezas con las que entre en contacto. En el contexto de estos objetivos, la temperatura es más  
10 preferiblemente de a lo sumo 60°C y muy preferiblemente de a lo sumo 50°C, dependiendo del contenido de humedad de la corriente de alimentación. A menores contenidos de humedad de la corriente de alimentación, la temperatura puede ser aún más baja.

15 En vista de la estabilidad del proceso de peletización y de la calidad de los pelets obtenidos, los valores de R y T se eligen uno con relación a otro de modo que la temperatura ( $T_2$ ) de los pelets que salen del molde esté entre 100 y 125°C. Cuanto más alto sea el contenido de plástico, tanto mayor será la tendencia a la aglomeración. La subida de temperatura ( $T_2 - T_1$ ) que se produce en el dispositivo de peletización es, con miras a obtener una buena dureza, de al menos 10, más preferiblemente al menos 20, aún más preferiblemente al menos 30 y muy preferiblemente al menos 40°C.

20 Una subida mayor de la temperatura puede elegirse, por ejemplo, ajustando una R más alta. Esto dará como resultado la generación de más calor de fricción y, por tanto, una mayor penetración de calor en el núcleo interior del pelet. Por esta razón, R es preferiblemente de al menos 8, más preferiblemente al menos 10, aún más preferiblemente al menos 12 y muy preferiblemente al menos 15. El valor de R que se elija no puede ser cualquier valor alto, ya que ello afectaría adversamente a la productividad. Por tanto, el valor de R es generalmente menor que  
25 20. Se pueden materializar también subidas mayores de la temperatura eligiendo un molde calentado o térmicamente aislado. En estas realizaciones el valor de R puede reducirse de manera correspondiente (por ejemplo,  $R > 4$  ó 5), ya que el proceso depende menos del calor de fricción generado por la compresión del material residual a través del agujero de la matriz.

30 Ventajosamente, el componente de celulosa C genera una proporción relativamente más alta de calor de fricción contra las paredes de los agujeros de la matriz. Los niveles crecientes del componente C en la corriente de residuos conducen tanto a una generación de calor incrementada como a una transferencia de calor incrementada desde las capas exteriores del pelet hasta el núcleo interior del pelet.

35 En realizaciones que se basan en calor de fricción para convertir el componente B en el componente D, el diámetro de los agujeros del molde anular es de a lo sumo 14 mm. La ventaja de esto es que existe una distancia más corta para que el calor sea transferido de las paredes de la matriz al núcleo del pelet. En vista de la conversión deseada del componente B en el componente D, el diámetro es preferiblemente de a lo sumo 12 más preferiblemente a lo sumo 10, aún más preferiblemente a lo sumo 8 mm, aún más preferiblemente a lo sumo 6 mm y muy preferiblemente a lo sumo 4 mm. En vista de sus costes de producción, el diámetro de los pelets de celulosa/plástico es preferiblemente de más de 2 mm, más preferiblemente de más de 3 mm.

40 La longitud del pelet se elige generalmente entre 0,5 y 10, preferiblemente entre 1 y 5, más preferiblemente de 1 a 3 veces y aún más preferiblemente de 1 a 2 veces el diámetro. En vista de las propiedades de transporte neumático, es muy preferible que la longitud sea aproximadamente igual que el diámetro. La longitud (media) puede elegirse, por ejemplo, cortando o rompiendo los pelets que salen del molde con ayuda de una o más cuchillas o barras rompedoras que se mueven con relación a la superficie del molde.

45 Un ejemplo de dispositivo de peletización que puede utilizarse en la presente invención se describe en el documento US-A-5,342,418.

50 En una realización de la presente invención la corriente de residuos se alimenta a un dispositivo de peletización, formando así un pelet que tiene una porción exterior y una porción de núcleo, en donde el dispositivo de peletización transfiere calor a la porción de núcleo de tal manera que el componente de película de plástico B se fusione parcialmente sobre el componente de celulosa C, produciendo así un componente D en la porción de núcleo. Como alternativa, el componente B de la porción de núcleo del pelet se convierte en un componente D elevando la temperatura de la película de plástico por encima de su punto de reblandecimiento, de tal manera que la película de plástico se contraiga y se deforme proporcionando una partícula con una relación A/L de al menos 0,2. Dado que la película de plástico es típicamente orientada o estirada durante la fabricación, la aplicación, tras incrementar la temperatura de la película de plástico por encima de su temperatura de reblandecimiento, hará que el polímero  
55 tenga energía suficiente para relajarse y deformarse adoptando un estado menos orientado y más eficiente en energía.

La temperatura de reblandecimiento del material a base de polietileno fluctúa típicamente de 80°C a 120°C.

El dispositivo de peletización forma preferiblemente los pelets forzando la corriente de material residual a través de agujeros de matriz, de tal manera que el calor de fricción del agujero de la matriz se transfiera a las capas superficiales exteriores de los pelets. Se ha visto que el contenido de celulosa de los pelets facilita la transferencia de calor desde la superficie de la matriz a través de las capas exteriores y hacia dentro de la porción de núcleo del pelet, mejorando así la conversión del componente de película de plástico B en el componente más rígido y más molturable D.

Preferiblemente, el calor de fricción entre la pared de la matriz y las capas exteriores de los pelets es tal que las capas exteriores del pelet tengan una temperatura, al salir del dispositivo de peletización, comprendida entre 100°C y 125°C, preferiblemente 110°C y 122°C y más preferiblemente 115°C y 120°C.

A estas temperaturas las capas exteriores de película de plástico se funden al menos parcialmente, permitiendo el componente de celulosa que el calor de fricción generado penetre en el núcleo del pelet, encogiéndose o fundiendo parcialmente así el componente de película de plástico con la porción de núcleo del pelet.

La temperatura del núcleo exterior que sale del dispositivo de peletización es indicativa de la temperatura máxima a la que se expone la película de plástico. La temperatura máxima del núcleo dependerá de las propiedades térmicas del material entre las capas exteriores y el núcleo interior de pelet. Se requiere un componente de celulosa de al menos 20% en peso con relación al peso total del pelet para promover una eficiente transferencia de calor a la porción del núcleo y convertir así el componente B en el componente D a través del pelet.

En algunas realizaciones en las que el componente B comprende una porción suficiente de película de plástico con una baja temperatura de reblandecimiento (es decir, menos de 100°C), la temperatura del pelet que sale del molde puede estar en el rango de 80 a 100°C o de 90 a 100°C.

El experto en la materia sería capaz de duplicar este efecto técnico con ayuda de diversos medios análogos. Por ejemplo, se puede aplicar una fuente de calentamiento externa al dispositivo de peletización para proporcionar calor al pelet a través de las paredes de la matriz. Como alternativa, se puede aplicar aire caliente (más de 90°C, preferiblemente más de 100°C y más preferiblemente más de 110°C) al pelet durante su formación. En esta realización la presencia del componente de celulosa porosa permite que el aire caliente penetre a través de todo el pelet, posibilitando la conversión del componente B en el componente D.

Se apreciará que las temperaturas y tiempos óptimos para que el pelet sea sometido a calor dependerán de la composición y el contenido de humedad de las corrientes de residuos y de la geometría del pelet. Los cambios en la proporción y naturaleza de los componentes de película de plástico y del componente de celulosa (por ejemplo, espesor, porosidad, química) pueden requerir cambios correspondientes en las condiciones de peletización para asegurar que se produzcan pelets dentro del alcance de la invención.

Para maximizar la salida de energía neta de los pelets, mediante optimización del consumo de energía durante la formación de los pelets, el proceso de producción del pelet comprende preferiblemente un paso de control del proceso. El paso de control del proceso vigila la proporción del componente B en la película y, dependiendo del análisis, se inician cambios en el proceso para reducir la desviación de la proporción del componente B respecto de un punto de ajuste como objetivo que está dentro del alcance de la presente invención. Preferiblemente, el punto de ajuste es un componente B en el pelet final dentro del intervalo de 1% en peso y 15% en peso, preferiblemente 2% en peso y 10% en peso y más preferiblemente 2,5% en peso y 5% en peso.

Se piensa que se incrementa también el módulo de elasticidad  $E_m$  durante la operación de tratamiento térmico. Dado que se produce generalmente una película de plástico que tiene un alto contenido amorfo mediante el uso de un rodillo de enfriamiento brusco o similar, el calentamiento de la película de plástico hasta dentro de 30°C de su temperatura de reblandecimiento  $T_s$  aumenta la movilidad de la fase amorfa de tal manera que un paso del tipo de recocido incrementa la cristalinidad de la película y por ello su valor  $E_m$ . Por tanto, en una realización preferida de la presente invención el pelet se somete a un paso de recocido.

El paso de recocido se define como una operación unitaria en la que la temperatura de la película térmicamente tratada se mantiene por encima de su  $T_s$  durante preferiblemente al menos 5 minutos, 10 minutos o 15 minutos. La adición de un paso de recocido es algo antiintuitivo, ya que el saber convencional se dirige hacia un rápido enfriamiento para disminuir la temperatura (y aumentar la rigidez) de la fuente de combustible y mejorar así la molturabilidad.

Cuando existe plástico fundido sobre la superficie exterior del pelet, se utiliza preferiblemente una corriente de aire para enfriar la superficie exterior en grado suficiente para evitar embadurnamiento. Dado que la corriente de refrigeración es efectiva solamente para enfriar la superficie exterior del pelet, esto no inhibe el recocido de la proporción predominante del componente de película de plástico B.



En otra realización de la presente invención se proporciona un pelet que comprende, con relación al peso total del pelet:

un componente de polímero A que comprende más de 0% en peso y menos de 15% en peso de un componente de película de plástico B;

5 al menos 20% en peso de un componente de celulosa C; y

al menos 5% en peso de un componente de plástico D,

en donde el componente de película de plástico B tiene una relación de área de sección transversal (A) a longitud (L) de menos de 0,2 y el componente de plástico D tiene una relación A/L de al menos 0,2.

10 Preferiblemente, el contenido del componente de película de plástico B es al menos de 1% en peso, más preferiblemente al menos 2% en peso y aún más preferiblemente al menos 3% en peso con relación al peso total del pelet. Canto mayor sea la cantidad del componente B, tanto menor consumo de energía se requerirá para producir los pelets. Preferiblemente, el componente de película de plástico B es de menos de 12% en peso, más preferiblemente menos de 10% en peso y aún más preferiblemente menos de 8% en peso con relación al peso total del pelet. Cuanto menor sea la cantidad del componente B, tanto mejor será la molturabilidad de los pelets. Se puede evitar un consumo excesivo de energía asegurando que el componente de película de plástico B no se funda completamente durante el procesamiento (por ejemplo, el pelet contiene un componente de película de plástico B que tiene una relación de área de sección transversal (A) a longitud (L) de menos de 0,2%).

20 Preferiblemente, el contenido del componente de plástico D es de al menos 10% en peso, más preferiblemente al menos 15% en peso, aún más preferiblemente al menos 20% en peso, aún más preferiblemente al menos 30% en peso y muy preferiblemente al menos 40% en peso con relación al peso total del pelet. Cuanto mayor sea el contenido del componente D, tanto mejores serán las características de molienda del pelet en comparación con un pelet que contenga la proporción equivalente del componente de película de plástico B.

25 Preferiblemente, el componente D comprende, con relación al peso total del componente D, al menos 30% en peso, preferiblemente al menos 50% en peso y muy preferiblemente al menos 70% en peso de película de plástico parcialmente fundida. La proporción de película de plástico parcialmente fundida dependerá de la cantidad de plástico rígido y celulosa presentes también en el componente D.

Preferiblemente, el pelet contiene no más de 90% en peso del componente E, que comprende plástico completamente fundido según se ha descrito anteriormente.

30 Cuando sea apropiado, el pelet puede venir definido, además, por las limitaciones previamente descritas en otras realizaciones de la presente invención.

#### EJEMPLO

##### Composición de la corriente de residuos

Componente A: 50% en peso

Componente B: 40% en peso

35 Componente C: 50% en peso

Componente D: 10% en peso

##### Paso de peletización

40 La corriente de residuos que se había procesado para retirar impurezas tales como vidrio, piedras y objetos metálicos estaba constituida por partículas de celulosa y de plástico predominantemente por debajo de 30 mm de diámetro. La corriente de residuos fue alimentada a un dispositivo de peletización en molde anular (Paladin™ 2000BM ex-Andritz, Inc.) con un valor R de 15 (exceptuando la muestra B, en la que R = 12), con un diámetro de agujeros de matriz de 8 mm, exceptuando la muestra 1, en la que el diámetro de los agujeros de la matriz era de 6 mm. Se dejó que el peletizador alcanzara un estado de régimen, con lo que la temperatura de los pelets que salían del peletizador había pasado a ser uniforme.

45 Se produjeron pelets utilizados en los Ejemplos 1 y 2 de tal manera que la temperatura del exterior del pelet que salía del molde estaba entre 110 y 120°C. Los pelets correspondientes al experimento comparativo A tenían una temperatura de pelet al salir del peletizador comprendida entre 100 y 110°C. Los pelets correspondientes al experimento comparativo B tenían una temperatura de pelet al salir del peletizador comprendida entre 125 y 130°C.

Análisis de los pelets

5 Seis pelets de cada muestra fueron manualmente separados y clasificados en los grupos de componentes anteriormente definidos. La separación de los pelets en partes componentes se realizó utilizando la mano, unas pinzas y/o un escalpelo. El proceso de separación implicaba el desenmarañamiento mecánico y la liberación de partículas mecánicamente fusionadas, al tiempo que se evitaba la rotura de enlaces químicos y térmicos que se habían formado entre los componentes originales de la corriente de residuos.

La muestra comparativa A fue relativamente fácil de separar en sus partes componentes utilizando la destreza de la mano y los dedos y, cuando fue necesario, recurriendo al uso de pinzas para separar componentes de película de plástico incrustados en otras partículas por presión o enmarañamiento.

10 La muestra comparativa B no pudo ser separada a mano. Se utilizó el escalpelo para cortar las capas exteriores del pelet. Sin embargo, a medida que proseguía el corte, se reveló que el pelet estaba hecho de una masa integral en la que se había fundido todo el componente de película de plástico para ligar mutuamente el componente de celulosa C y las partículas de plástico termoplástico y/o termoestable más gruesas que no habían entrado en el estado líquido durante el paso de peletización. No había partículas de película de plástico visibles en su totalidad o en parte. Dada la completa fusión del componente de película de plástico del pelet, este pelet se clasificó como siendo al 100% de componente E. Por tanto, no se pudo determinar tampoco una relación A/L.

20 Los pelets del Ejemplo 1 fueron también difíciles de separar a mano, pero, tras la separación, unos pequeños aglomerados y unas partículas independientes con una dimensión lateral de generalmente menos de 2 mm fueron separados de terrones integrales más grandes derivados del componente de película de plástico completamente fundido B. Fue difícil determinar los componentes individuales de las partículas pequeñas, aunque la mezcla incluía celulosa y partículas de película de plástico parcialmente fundidas. Esta porción de la muestra se clasificó como componente D. Una evidencia visual de una pequeña proporción (< 1% en peso) de película de plástico parcialmente fundida fue puesta de manifiesto por la superficie de los terrones integrales del componente E. La observación de una porción de película de plástico se denotó indicando en la Tabla 1 que se "observó" la proporción del componente de película de plástico B.

Los pelets del Ejemplo 2 contenían considerablemente más película de plástico que los pelets del Ejemplo 1, requiriéndose el uso de pinzas para ayudar a separar la película de plástico de los aglomerados enmarañados de los componentes D y/o E.

30 Típicamente, se invirtieron no más de 15 minutos (con un máximo de 20 minutos) para separar las partes componentes de cada pelet.

Molienda

Se alimentaron pelets a un molino Ultarotor™ III (potencia nominal 75 kW) con una capacidad de 700-1000 kg/h de pelets, generando así un polvo en partículas finas.

35 La distribución de tamaños de partículas resultante confirmó que los pelets formados dentro del alcance de la presente invención tienen una buena molturabilidad que es comparable a la de pelets completamente fundidos, según se indica en la Tabla 3. El porcentaje en volumen mayor que 2 mm se determinó mediante el uso de tamices clasificadores, como es conocido en la técnica, utilizando medios adecuados tales como aire y/o vibración para impedir la aglomeración de las partículas.

Tabla 1

40 Composición del pelet en porcentaje en peso con relación al peso del pelet total

	Componente B	Componentes D	Componente E
1	observado	13,4	86,6
2	5,4	63,5	31,1
A	15,5	71,1	13,4
B	0	0	100

Tabla 2

Relación A/L de los componentes del pelet

	Componente B	Componente D
1	-	0,4-0,9
2	0,09	0,4,-1,3
A	0,07	0,3,-1,2

5

Tabla 3

Distribución de tamaños de partículas de muestras molidas de los Ejemplos 1 y 2 y del experimento comparativo B

	% vol. mayor que 2 mm
1	3%
2	4%
A	18%
B	1%

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para producir un pelet adecuado para molerlo en forma de un polvo fino, que comprende los pasos de:
  - (a) formar una corriente de alimentación de residuos que comprende:
    - 5 (i) un componente de polímero A que comprende, con relación al peso total de la corriente de residuos, al menos 25% en peso de un componente de película de plástico B que tiene una relación de área de sección transversal (A) a longitud (L) de menos de 0,2, y en donde se determina dicha relación A/L midiendo la dimensión longitudinal más larga de la película de plástico (L), la dimensión latitudinal más larga (W) y el espesor (D), con el área de sección transversal (A) de una partícula del componente B definida como  $W \times D$ , y en donde se da A en  $\text{mm}^2$  y se da L en mm, y
    - 10 (ii) un componente de celulosa C de al menos 20% en peso con relación al peso total de la corriente de residuos,
  - (b) peletizar la corriente de residuos con un dispositivo de peletización de tal manera que al menos parte del componente de película de plástico B se convierta en un componente D, que tiene una relación A/L de al menos 0,2, por tratamiento químico y/o térmico,
 

en donde el pelet tiene menos de 15% en peso del componente B con relación al peso total del pelet y en donde el

15 componente D, si se le trata térmicamente, se deriva del componente de película de plástico B que ha sido no más que parcialmente fundido.
2. El método según la reivindicación 1, en el que al menos parte del componente de película de plástico B se convierte en el componente D calentando el componente de película de plástico B y el componente de celulosa C en el paso de peletización (b) durante un tiempo suficiente y a una temperatura suficiente de tal manera que el
- 20 componente D comprenda una estructura compuesta derivada del componente B y el componente C.
3. El método según la reivindicación 1, en el que se convierte el componente B en el componente D por calentamiento de fricción proveniente del dispositivo de peletización de tal manera que la temperatura del exterior del pelet que sale del dispositivo de peletización esté entre 100°C y 125°C.
4. El método según la reivindicación 1, en el que el componente D se deriva del componente de película de plástico B que está químicamente ligado al componente de celulosa C por un agente ligante químico.
- 25 5. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, un paso de recocado.
6. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la peletización de la corriente de alimentación forma un pelet que tiene una porción exterior y una porción de núcleo, y en el que el dispositivo de peletización transfiere calor a la porción de núcleo de tal manera que el componente de película de plástico B se fusione parcialmente sobre el componente de celulosa C, produciendo así el componente D en la porción de núcleo.
- 30 7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la peletización de la corriente de alimentación forma un pelet que tiene una porción exterior y una porción de núcleo, y en el que el dispositivo de peletización transfiere calor a la porción de núcleo de tal manera que el componente de película de plástico B se contraiga o se funda parcialmente, convirtiendo así el componente B en el componente D en la porción de núcleo del pelet.
- 35 8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la corriente de material residual se suministra al dispositivo de peletización a una temperatura  $T_1$  de a lo sumo 90°C.
9. El método según la reivindicación 8, en el que el dispositivo de peletización comprende un molde con agujeros que tienen un diámetro D de a lo sumo 14 mm y una relación R de longitud de agujero efectiva L a diámetro de agujero D de al menos 7, eligiéndose los valores de R y  $T_1$  uno con relación a otro de modo que la temperatura  $T_2$  de los pelets que salen del molde esté entre 100 y 125°C y la subida  $T_2 - T_1$  de temperatura sea de al menos 10°C.
- 40 10. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, el paso de ensayar los pelets para evaluar el porcentaje en peso del componente B y, si el componente B está por encima de 15% en peso, ajustar las condiciones del proceso de tal manera que los pelets futuros tengan un contenido de componente B de menos de 15% en peso.
- 45 11. Un pelet obtenible por el método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
12. Un método para preparar partículas finamente molidas, que comprende el paso de moler un pelet producido por un método que incluye los pasos de:

(a) formar una corriente de material de alimentación que comprende:

5 (i) un componente de polímero A que comprende, con relación al peso total de la corriente de residuos, al menos 25% en peso de un componente de película de plástico B que tiene una relación de área de sección transversal (A) a longitud (L) de menos de 0,2, y en donde dicha relación A/L se determina midiendo la dimensión longitudinal más larga de la película de plástico (L), la dimensión latitudinal más larga (W) y el espesor (D), con el área de sección transversal A de una partícula del componente B definida como  $W \times D$ , y en donde se da A en  $\text{mm}^2$  y se da L en mm, y

(ii) un componente de celulosa C de al menos 20% en peso con relación al peso total de la corriente de residuos,

10 (b) peletizar la corriente de residuos con un dispositivo de peletización de tal manera que al menos parte del componente de película de plástico B se convierta en un componente D, que tiene una relación A/L de al menos 0,2, por tratamiento químico y/o térmico,

en donde el pelet tiene menos de 15% en peso del componente B con relación al peso total del pelet y en donde el componente D, si se le trata térmicamente, se deriva del componente de película de plástico B que ha sido no más que parcialmente fundido.

15 13. El método según la reivindicación 12, en el que se muele el pelet utilizando un molino de aire.

14. El método según la reivindicación 12 ó 13, en el que el pelet molido comprende una distribución de tamaños de partículas con menos de 10% en peso superior a 2 mm.

15. Uso del pelet molido producido según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14 como fuente de combustible.

20 16. El pelet según la reivindicación 11, que comprende, con relación al peso total del pelet:

un componente de polímero A que comprende más de 0% en peso y menos de 15% en peso de un componente de película de plástico B;

al menos 20% en peso de un componente de celulosa; y

al menos 5% en peso de un componente de plástico D,

25 en donde el componente de película de plástico B tiene una relación de área de sección transversal (A) a longitud (L) de menos de 0,2 y el componente de plástico D tiene una relación A/L de al menos 0,2.