

COMPOSICIÓN AGLUTINANTE DE CARBÓN

La invención reivindicada en la presente se refiere a una briqueta que comprende finos de carbón y una composición aglutinante que comprende al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) y al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii), un método para fabricar tal briqueta y el uso de una composición aglutinante para la aglomeración de finos de carbón.

Durante la minería de carbón, se obtienen finos de carbón además de grumos de carbón. Es posible el procesamiento adicional de tales finos de carbón, por ejemplo, mediante el uso de procesos de flotación. El concentrado de finos de carbón así obtenido se briquetea, y los relaves obtenidos que aún contienen una cantidad considerable de finos de carbón se descartan en un vertedero minero. Sin embargo, en algunas regiones, por ejemplo, Sudáfrica, la totalidad de la fracción de finos de carbón se desecha generalmente en una escombrera sin ningún proceso adicional. Tales finos de carbón pueden comprender más de 20 % en peso de minerales no combustibles, lo que hace que los finos de carbón no sean adecuados para usar como combustible.

Grandes cantidades de finos de carbón en vertederos mineros generan cantidades significativas de polvo de carbón de escape no deseado y que en la actualidad o en el futuro podría estar prohibido por ley en algunos países. En algunos países, incluso las escombreras existentes se deben cerrar, y los finos de carbón se deben retirar. Aunque no es posible la combustión directa de los finos de carbón que tienen alto contenido de cenizas, tales finos de carbón pueden hacer combustión en una planta siempre que los finos de carbón estén presentes como briquetas. Además, las briquetas son evidentemente más fáciles de transportar en comparación con los finos de carbón. De este modo, la combustión puede llevarse a cabo donde sea necesario con el uso de briquetas. Sin embargo, para este fin, las briquetas deben mantenerse estables durante el transporte y, en particular, ser resistentes a los daños por caídas desde determinada altura como suele suceder durante el traslado de un contenedor a otro, por ejemplo, cuando los pelets se mueven de un tren a un barco, o similar. En caso de que se rompan las briquetas durante el transporte, o que la superficie se desgaste debido a la fricción, pueden formarse partículas pequeñas no deseadas e incluso finos de carbón, lo que genera contaminación ambiental y, en el peor de los casos, explosiones de polvo.

Para la formación de briquetas compuestas en gran parte por finos de carbón se agrega por lo general un aglutinante de alcohol de polivinilo (PVA) como una solución diluida que requiere calentar el PVA hasta una temperatura de >80 °C para la solubilización, lo cual no es conveniente desde un punto de vista económico. Además, la estabilidad mecánica de tales briquetas que contienen PVA aún necesita mejoras.

De este modo, el objeto de la invención reivindicada en la presente es proporcionar briquetas que comprenden finos de carbón y una composición aglutinante con una buena estabilidad y resistencia mecánicas, en donde la estabilidad y resistencia mecánicas se desarrollan a temperaturas relativamente bajas sin la necesidad de calentar la composición aglutinante.

El objeto se logra proporcionando briquetas que comprenden finos de carbón y una composición aglutinante que comprende al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) y al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii).

De este modo, en una forma de realización, la invención reivindicada en la presente se refiere a una briqueta que comprende

- A) finos de carbón y
- B) una composición aglutinante que comprende
 - (i) al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico y
 - (ii) y al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato.

Preferentemente, la invención reivindicada en la presente se refiere a una briqueta que comprende

- A) finos de carbón y
- B) una composición aglutinante que comprende
 - (i) al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico, que no es un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato y
 - (ii) y al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato.

En el sentido de la invención reivindicada en la presente, el término “briqueta” se refiere a un bloque comprimido de cualquier forma que incluye esferas, rectángulos, cuadrados, rodillos, tiras separadas o láminas separadas.

En el sentido de la invención reivindicada en la presente, la expresión “finos de carbón” se refiere a la totalidad de componentes inorgánicos sólidos que comprenden partículas de carbón y partículas de cenizas. En el sentido de la invención reivindicada en la presente, la expresión “partículas de carbón” se refiere a partículas que consisten

sustancialmente, es decir, >85 % en peso, en carbono. La expresión “partículas de cenizas” se refiere a partículas de minerales que no son de carbón, que incluyen sílice, arcilla y pirita.

Por lo general, las partículas de carbón conforman al menos 50 % en peso, con mayor preferencia, al menos 60 % en peso, y, con máxima preferencia, al menos 70 % en peso, en función del peso total de los finos de carbón.

Los finos de carbón pueden comprender además partículas de cenizas. Aunque se prefiere un bajo contenido de partículas de cenizas, por ejemplo, 10 % en peso o menos, preferentemente, 5 % en peso o menos, en función del peso total de los finos de carbón, los finos de carbón pueden comprender hasta 40 % en peso de partículas de cenizas según se determina en los métodos gravimétricos estándares. Los pelets inventivos pueden aún usarse en una planta de energía, una planta de licuación de carbón (proceso Fischer-Tropsch/Sasol) a un contenido tan alto de partículas de cenizas. Preferentemente, el contenido de partículas de cenizas es de hasta 25 % en peso, en función del peso total de los finos de carbón. Los finos de carbón con alto contenido de partículas de cenizas incluyen carbón residual, carbón en bruto y carbón recientemente extraído.

Preferentemente, los finos de carbón comprenden al menos 50 % en peso de partículas de carbón que tienen un diámetro de partícula de menos de 1 mm según se determina en DIN 66165, con mayor preferencia, comprenden al menos 75 % en peso de partículas de carbón que tienen un diámetro de partícula de menos de 1 mm, y, con máxima preferencia, consisten en partículas de carbón que tienen un diámetro de partícula de menos de 1 mm.

En una forma de realización preferida, los finos de carbón comprenden al menos 50 % en peso de partículas de carbón que tienen un diámetro de partícula de menos de 500 μm según se determina en DIN 66165, con mayor preferencia, comprenden al menos 75 % en peso de partículas de carbón que tienen un diámetro de partícula de menos de 500 μm , y, con máxima preferencia, consisten en partículas de carbón que tienen un diámetro de partícula de menos de 500 μm .

En una forma de realización de especial preferencia, los finos de carbón comprenden al menos 50 % en peso de partículas de carbón que tienen un diámetro de partícula de menos de 300 μm según se determina en DIN 66165, con mayor preferencia, comprenden al menos 75 % en peso de partículas de carbón que tienen un diámetro de partícula de menos de 300 μm , y, con máxima preferencia, consisten en partículas de carbón que tienen un diámetro de partícula de menos de 300 μm .

Preferentemente, los finos de carbón comprenden al menos 50 % en peso de partículas que pasan por un tamiz Tyler de malla 16 (1 mm de apertura de tamiz), con mayor preferencia, comprenden al menos 75 % en peso de partículas que pasan por un tamiz Tyler de malla 16 (1 mm de apertura de tamiz), y, con máxima preferencia, consisten en partículas que pasan por un tamiz Tyler de malla 16 (1 mm de apertura de tamiz). Preferentemente, los finos de carbón comprenden al menos 50 % en peso de partículas que pasan por un tamiz Tyler de malla 32 (500 μm de apertura de tamiz), con mayor preferencia, comprenden al menos 75 % en peso de partículas que pasan por un tamiz Tyler de malla 32 (500 μm de apertura de tamiz), y, con máxima preferencia, consisten en partículas que pasan por un tamiz Tyler de malla 32 (500 μm de apertura de tamiz). Preferentemente, los finos de carbón comprenden al menos 50 % en peso de partículas que pasan por un tamiz Tyler de malla 48 (300 μm de apertura de tamiz), con mayor preferencia, comprenden al menos 75 % en peso de partículas que pasan por un tamiz Tyler de malla 48 (300 μm de apertura de tamiz), y, con máxima preferencia, consisten en partículas que pasan por un tamiz Tyler de malla 48 (300 μm de apertura de tamiz).

Preferentemente, el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) no es un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii).

Preferentemente, el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) se selecciona del grupo que consiste en homopolímeros de ácido acrílico, opcionalmente en la forma de sus sales de metal alcalino, sales de metal alcalinotérreo y sales de amonio;

homopolímeros de ácido metacrílico, opcionalmente en la forma de sus sales de metal alcalino, sales de metal alcalinotérreo y sales de amonio;

copolímeros de ácido acrílico, opcionalmente en la forma de sus sales de metal alcalino, sales de metal alcalinotérreo y sales de amonio, y al menos un monómero no iónico; y

copolímeros de ácido metacrílico, opcionalmente en la forma de sus sales de metal alcalino, sales de metal alcalinotérreo y sales de amonio, y al menos un monómero no iónico.

En el sentido de la invención reivindicada en la presente, el al menos un “monómero no iónico” es un monómero que es eléctricamente neutro. Preferentemente, los monómeros no iónicos se seleccionan del grupo que consiste en metacrilato, acrilato de etilo, acrilato de propilo, acrilato de butilo, acrilamida, metacrilamida, N-metilacrilamida, N-isopropilacrilamida, N-ter-butil acrilamida, N-

metilolacrilamida, N, N-dimetil(met)acrilamida, N-isopropil(met)acrilamida, N-(2-hidroxipropil)metacrilamida, N-metilolacrilamida, N-vinilformamida, N-vinilacetamida, N-vinil-N-metilacetamida, poli(etilenglicol)(met)acrilato, mono(met)acrilato de poli(etilenglicol) monometiléter, N-vinil-2-pirrolidona, mono((met)acrilato) de glicerol, 2-hidroxietil(met)acrilato, vinil metilsulfona y acetato de vinilo. Con mayor preferencia, los monómeros no iónicos se seleccionan del grupo que consiste en acrilamida, metacrilamida, N-isopropilacrilamida, N-ter-butil acrilamida, N-metilolacrilamida, metacrilato, acrilato de etilo, acrilato de propilo y acrilato de butilo.

Con mayor preferencia, los homo- o copolímeros de ácido (met)acrílico (i) se seleccionan del grupo que consiste en homopolímeros de ácido acrílico, opcionalmente en la forma de sus sales de metal alcalino, sales de metal alcalinotérreo y sales de amonio;

homopolímeros de ácido metacrílico, opcionalmente en la forma de sus sales de metal alcalino, sales de metal alcalinotérreo y sales de amonio;

copolímeros de ácido acrílico, opcionalmente en la forma de sus sales de metal alcalino, sales de metal alcalinotérreo y sales de amonio, y al menos un monómero no iónico seleccionado del grupo que consiste en acrilamida, metacrilamida, N-isopropilacrilamida, N-ter-butil acrilamida, N-metilolacrilamida, metacrilato, acrilato de etilo, acrilato de propilo y acrilato de butilo; y

copolímeros de ácido metacrílico, opcionalmente en la forma de sus sales de metal alcalino, sales de metal alcalinotérreo y sales de amonio, y al menos un monómero no iónico seleccionado del grupo que consiste en acrilamida, metacrilamida, N-isopropilacrilamida, N-ter-butil acrilamida, N-metilolacrilamida, metacrilato, acrilato de etilo, acrilato de propilo y acrilato de butilo.

Aun con mayor preferencia, los homo- o copolímeros de ácido (met)acrílico (i) se seleccionan del grupo que consiste en homopolímeros de ácido acrílico, opcionalmente en la forma de sus sales de metal alcalino, sales de metal alcalinotérreo y sales de amonio;

homopolímeros de ácido metacrílico, opcionalmente en la forma de sus sales de metal alcalino, sales de metal alcalinotérreo y sales de amonio;

copolímeros de ácido acrílico, opcionalmente en la forma de sus sales de metal alcalino, sales de metal alcalinotérreo y sales de amonio, y acrilamida; y

copolímeros de ácido metacrílico, opcionalmente en la forma de sus sales de metal alcalino, sales de metal alcalinotérreo y sales de amonio, y acrilamida.

En particular, el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i)

comprende un copolímero de ácido acrílico y acrilamida. Preferentemente, el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) consiste en un copolímero de ácido acrílico y acrilamida. Por ejemplo, un copolímero de ácido acrílico y acrilamida está disponible como Alcotac® CB6 de BASF. También se prefiere que el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) comprenda, por ejemplo, un polímero de ácido acrílico, en particular, ácido poliacrílico. Preferentemente, el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) consiste en ácido poliacrílico.

Preferentemente, el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) tiene un peso molecular promedio en peso de $\geq 1\ 000$ a $\leq 5\ 000\ 000$ g/mol, con mayor preferencia, en el rango de $\geq 10\ 000$ a $\leq 500\ 000$ g/mol, según se determina en el análisis mediante cromatografía de penetración en gel.

Preferentemente, el al menos un copolímero de ácido (met)acrílico (i) deriva de una mezcla que comprende $\geq 50\ %$ en peso, con mayor preferencia, $\geq 70\ %$ en peso, aun con mayor preferencia, $\geq 80\ %$ en peso, con máxima preferencia, $\geq 90\ %$ en peso, de ácido metacrílico y/o ácido acrílico, cada uno opcionalmente en la forma de sus sales de metal alcalino, sales de metal alcalinotérreo y sales de amonio. El resto de los copolímeros de ácido (met)acrílico (i) deriva de al menos un monómero no iónico como se define anteriormente.

Preferentemente, el al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) es diferente del al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i).

Preferentemente, el al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) deriva de una mezcla que comprende

al menos un monómero A seleccionado del grupo que consiste en ésteres de ácido acrílico o ácido metacrílico con n-propanol, isopropanol, n-butanol, isobutanol, sec-butanol, ter-butanol, pentanol, hexanol, 2-etilhexanol, octanol, decanol, dodecanol y alcohol de estearilo,

y al menos un monómero B seleccionado del grupo que consiste en estireno y alfa-metilestireno.

Preferentemente, la mezcla comprende ≥ 20 a $\leq 90\ %$ en peso, con mayor preferencia, ≥ 40 a $\leq 80\ %$ en peso, con máxima preferencia, ≥ 50 a $\leq 70\ %$ en peso, de al menos un monómero A, en función del peso total de la mezcla. Preferentemente, la mezcla comprende ≥ 10 a $\leq 80\ %$ en peso, con mayor preferencia, ≥ 20 a $\leq 60\ %$ en peso, con máxima preferencia, ≥ 30 a $\leq 50\ %$ en peso, de al menos un monómero B, en función del peso total de la mezcla.

Preferentemente, el al menos un monómero A se selecciona del grupo que

consiste en ésteres de ácido acrílico o ácido metacrílico con n-propanol, isopropanol, n-butanol, isobutanol, sec-butanol, ter-butanol, pentanol, hexanol, 2-etilhexanol, octanol, decanol, dodecanol o alcohol de estearilo, o mezclas de estos, con mayor preferencia, con n-butanol, isobutanol, sec-butanol, ter-butanol, pentanol, hexanol, 2-etilhexanol, octanol, decanol, dodecanol o alcohol de estearilo, o mezclas de estos, y, con máxima preferencia, con n-butanol, isobutanol, sec-butanol o *ter*-butanol.

El al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) puede también derivar de una mezcla que comprende otros monómeros en una cantidad de hasta 10 % en peso, preferentemente, 5 % en peso, en función del peso total de la mezcla. En caso de que estén presentes estos otros monómeros, se seleccionan preferentemente de formiato de vinilo, acetato de vinilo, propionato de vinilo, acrilonitrilo, metacrilonitrilo, ácido acrílico, ácido metacrílico, acrilamida, metacrilamida, cloruro de vinilo, cloruro de vinilideno, etiléter de vinilo, etileno, propileno, butadieno, isopreno, N-vinilpirrolidona, ácido vinilsulfónico y sus sales de metal alcalino, ácido acrilamidopropansulfónico y sus sales de metal alcalino, estireno sulfonado y sus sales de metal alcalino, ácido acrílico, ácido metacrílico, ácido maleico, ácido fumárico, ácido itacónico, N-alquil- y N-hidroalquilamidas de ácidos C_3 - C_6 -mono- o dicarboxílicos etilénicamente insaturados, diésteres de alcoholes dihidricos de ácidos C_3 - C_6 -mono- o dicarboxílicos etilénicamente insaturados, ésteres de vinilo o alilo de ácidos C_3 - C_6 -mono- o dicarboxílicos etilénicamente insaturados, derivados de N,N'-divinil- o N,N'-dialilurea o divinilaromáticos.

En caso de que estén presentes otros monómeros, por lo general no más de dos de otros monómeros están presentes, preferentemente, no más de uno. Con máxima preferencia, ningún otro monómero está presente.

El al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) puede también estar presente como una mezcla de dos o más copolímeros de estireno-alquil(met)acrilato (ii) de acuerdo con la invención. Por lo general, no más de tres copolímeros de estireno-alquil(met)acrilato (ii) están presentes, preferentemente, solo un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) está presente.

En particular, el al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) comprende un copolímero de estireno-acrilato de butilo. Preferentemente, el al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) consiste en un copolímero de estireno-acrilato de butilo. Por ejemplo, un copolímero de estireno-acrilato de butilo está disponible como Acronal® S 728 de BASF.

También se prefiere que el al menos un copolímero de estireno-

alquil(met)acrilato (ii) se formule en una formulación lista para usar, preferentemente, junto con el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) que no es un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii). Preferentemente, el al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) comprende un copolímero de estireno-acrilato de butilo que se formula en una formulación que comprende, por ejemplo, un copolímero de ácido acrílico y acrilamida como el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i). También se prefiere que el al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) comprenda un copolímero de estireno-acrilato de butilo que se formula en una formulación que comprende, por ejemplo, un polímero de ácido acrílico, en particular, ácido poliacrílico, como el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i). Por ejemplo, una formulación que comprende copolímero de estireno-acrilato de butilo y un polímero de ácido acrílico en agua está disponible como Alcotac® CBF60 de BASF.

Preferentemente, el al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) tiene un peso molecular promedio en peso de $\geq 1\ 000$ a $\leq 2\ 000\ 000$ g/mol, con mayor preferencia, en el rango de $\geq 1\ 000$ a $\leq 1\ 000\ 000$ g/mol, aun con mayor preferencia, en el rango de $\geq 1\ 000$ a $\leq 500\ 000$ g/mol, según se determina en la medición de cromatografía de penetración en gel.

Preferentemente, la composición aglutinante comprende al menos un agente de reticulación (iii) seleccionado del grupo que consiste en polímeros que tienen al menos un grupo funcional que se selecciona del grupo que comprende hidroxí, aminas primaria, secundaria y terciaria, epoxi y aldehído y complejos de metales polivalentes.

La reticulación puede también efectuarse mediante la adición de álcali.

Preferentemente, el complejo de metales polivalentes se selecciona del grupo que consiste en calcio, magnesio, zinc, bario, aluminio, zirconio, níquel, hierro, cadmio, estroncio, bismuto, berilio, cobalto, plomo, cobre y antimonio. Preferentemente, el ligando para formar el complejo de metales polivalentes se selecciona del grupo que consiste en ion de ácido carbónico, ion de ácido acético, ion de ácido oxálico, ion de ácido málico, ion de ácido hidroxiacético, ion de ácido tartárico, ion de ácido acrílico, ion de ácido láctico, ion de ácido fórmico, ion de ácido salicílico, ion de ácido benzoico, ion de ácido glucónico, ion de ácido glutámico, glicina, alanina, amoníaco, morfolina, etilendiamina, dimetilaminoetanol, dietilaminoetanol, monetanolamina, dietanolamina y trietanolamina.

Los polímeros que tienen al menos un grupo funcional que se selecciona del grupo que comprende hidroxí, aminas primaria, secundaria y terciaria, epoxi y aldehído

comprenden, en general, las sustancias conocidas por la persona del oficio de nivel medio, usadas generalmente para aminoplastos o resinas de fenol-formaldehído y, por lo general, se denominan agentes de curado, tales como sulfato de amonio o nitrato de amonio, o ácidos inorgánicos u orgánicos, por ejemplo, ácido sulfúrico, ácido fórmico o sustancias de regeneración de ácido, tales como cloruro de aluminio, sulfato de aluminio, en cada caso en cantidades pequeñas habituales, por ejemplo, en el rango de 0,1 % en peso a 10 % en peso, en función de la cantidad total del agente de reticulación (iii).

Las resinas de fenol-formaldehído (también denominadas resinas PF) son conocidas por las personas del oficio de nivel medio, cf., por ejemplo, *Kunststoff-Handbuch*, 2.^a edición, Hanser 1988, volumen 10 "Duroplaste", páginas 12 a 40.

En particular, la composición aglutinante comprende además al menos un agente de reticulación (iii), mientras que el agente de reticulación (iii) comprende, preferentemente, una resina de fenol-formaldehído. Por ejemplo, las resinas de fenol-formaldehído están disponibles en BASF como Alcotac® CBX60 o de Resichem como Reslink® GTC 50.

En la presente, se entiende que la resina de aminoplasto significa policondensados de compuestos que tienen al menos un grupo carbamida sustituido opcionalmente en parte con radicales orgánicos (el grupo carbamida se denomina también grupo carboxamida) y un aldehído, preferentemente formaldehído.

Todas las resinas de aminoplasto conocidas por la persona del oficio de nivel medio pueden usarse como resina de aminoplasto adecuada. Tales resinas y su preparación se describen, por ejemplo, en *Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie*, 4.^a edición recientemente revisada y extendida, Verlag Chemie, 1973, páginas 403 a 424 "Aminoplaste", y *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, vol. A2, VCH Verlagsgesellschaft, 1985, páginas 115 a 141 "Amino Resins", y en M. Dunky, P. Niemz, *Holzwerkstoffe y Leime*, Springer 2002, páginas 251 a 259 (resinas UF) y páginas 303 a 313 (MUF y UF con una pequeña cantidad de melamina).

Las resinas de aminoplasto preferidas son policondensados de compuestos que tienen al menos un grupo carbamida, también parcialmente sustituidas con radicales orgánicos, y formaldehído.

Las resinas de aminoplasto de particular preferencia son resinas de urea-formaldehído (resinas UF), resinas de melamina-formaldehído (resinas MF) o resinas de urea-formaldehído que contienen melamina (resinas MUF).

Las resinas de aminoplasto de muy particular preferencia son resinas de urea-

formaldehído, por ejemplo, los tipos de pegamento Kaurit® de BASF SE.

Otras resinas de aminoplasto muy preferidas son policondensados de compuestos que tienen al menos un grupo amino, también parcialmente sustituido con radicales orgánicos, y aldehído, en donde la relación molar de aldehído con respecto al grupo amino parcialmente sustituido, de manera opcional, con radicales orgánicos, está en el rango de 0,3 a 1,0, preferentemente, de 0,3 a 0,60, con particular preferencia, de 0,3 a 0,45, con muy particular preferencia, de 0,30 a 0,40.

Otras resinas de aminoplasto muy preferidas son policondensados de compuestos que tienen al menos un grupo amino -NH_2 y formaldehído, en donde la relación molar de formaldehído con respecto al grupo -NH_2 está en el rango de 0,3 a 1,0, preferentemente, de 0,3 a 0,60, con particular preferencia, de 0,3 a 0,45, con muy particular preferencia, de 0,30 a 0,40.

Otras resinas de aminoplasto muy preferidas son resinas de urea-formaldehído (resinas UF), resinas de melamina-formaldehído (resinas MF) o resinas de urea-formaldehído que contienen melamina (resinas MUF), en las que la relación molar de formaldehído con respecto al grupo -NH_2 está en el rango de 0,3 a 1,0, preferentemente, de 0,3 a 0,60, con particular preferencia, de 0,3 a 0,45, con muy particular preferencia, de 0,30 a 0,40.

Otras resinas de aminoplasto muy preferidas son resinas de urea-formaldehído (resinas UF), en las que la relación molar de formaldehído con respecto al grupo -NH_2 está en el rango de 0,3 a 1,0, preferentemente, de 0,3 a 0,60, con particular preferencia, de 0,3 a 0,45, con muy particular preferencia, de 0,30 a 0,40.

Tales resinas de aminoplasto se usan por lo general en forma líquida, generalmente suspendidas en un medio de suspensión líquido, preferentemente, en una suspensión acuosa, pero también pueden usarse como un sólido.

El contenido de sólidos de las suspensiones de resina de aminoplasto, preferentemente, la suspensión acuosa, es por lo general de 25 a 90 % en peso, preferentemente, de 50 a 70 % en peso.

Las resinas de aminoplasto se preparan mediante procesos conocidos (cf. la literatura antes mencionada de Ullmann "Aminoplaste" y "Amino Resins", y la literatura antes mencionada de Dunky et al.) mediante la reacción de los compuestos que contienen grupos carbamida, preferentemente urea y/o melamina, con los aldehídos, preferentemente formaldehído, en las relaciones molares deseadas del grupo carbamida con respecto al aldehído, preferentemente en agua como un solvente.

La relación molar deseada de aldehído, preferentemente formaldehído, con

respecto al grupo amino parcialmente sustituido, de manera opcional, con radicales orgánicos puede también establecerse mediante la adición de monómeros que tienen grupos $-NH_2$ a resinas de aminoplasto preparadas con más formaldehído, preferentemente comerciales. Los monómeros que tienen grupos NH_2 son, preferentemente, urea o melamina, con particular preferencia, urea.

Los constituyentes de resina del agente de reticulación (iii) pueden usarse por sí solos, es decir, la resina de aminoplasto puede usarse como el único constituyente de resina del agente de reticulación (iii) o la resina PF como el único constituyente del agente de reticulación (iii).

Los constituyentes de resina del agente de reticulación (iii) pueden, sin embargo, usarse también como una combinación de dos o más constituyentes de resina del agente de reticulación (iii).

La composición aglutinante comprende además aditivos que tienen un efecto ventajoso en las características generales de la briqueta o del proceso para fabricar briquetas. Los aditivos adecuados incluyen agentes removedores de espuma, agentes repelentes al agua, tensioactivos y solventes coalescentes.

Los agentes removedores de espuma que son adecuados para la composición aglutinante usada en la invención pueden ser los usados normalmente en el estado de la técnica. En algunas formas de realización no limitativas de la presente invención, los ejemplos de agentes removedores de espuma que son adecuados para la composición aglutinante usada en la invención incluyen, entre otros, removedores de espuma de poliol, removedores de espuma de poliéter, removedores de espuma de aceite mineral, removedores de espuma de silicona o mezclas de estos. En algunas formas de realización no limitativas de la presente invención, los removedores de espuma pueden usarse en una cantidad de $\geq 0,01$ % en peso a $\leq 1,0$ % en peso, en función del peso total de la composición aglutinante.

Los tensioactivos que son adecuados para la invención reivindicada en la presente incluyen, entre otros, tensioactivos aniónicos, tensioactivos no iónicos, tensioactivos catiónicos y combinaciones de estos.

Los ejemplos de tensioactivos aniónicos que son adecuados para la invención reivindicada en la presente incluyen, entre otros: alquilsulfatos, alquilsulfonatos, alquilbencensulfonatos, sulfatos de alquilpolioxietilen éter, sulfatos de alquilpolioxietilen-propilen éter, sulfonatos de monoéster del ácido succínico de alcohol graso de sodio, sulfocinatos de polioxietilen éter de alcohol graso de disodio, sulfocinatos de polioxietilen-propilen éter de alcohol graso de disodio,

fosfatos de alquilpolioxietileno, fosfatos de alquilpolioxietilen-propileno, y sales de metal alcalino y sales de amonio de ácidos grasos. Los ejemplos de tensioactivos no iónicos que son adecuados para la invención reivindicada en la presente incluyen, entre otros: polioxietilen éteres de alcohol de alquilo lineal o ramificado, polioxietileno-propileno éteres de alcohol de alquilo lineal o ramificado, polioxietileno monoésteres de ácidos grasos, polioxietileno-propileno monoésteres de ácidos grasos. En algunas formas de realización no limitativas de la presente invención, los números de EO (óxido de etileno) de la sección de polioxietileno en tensioactivos no iónicos determinan el valor de HLB de los tensioactivos no iónicos, y el valor de HLB de los tensioactivos no iónicos se encuentra normalmente en el rango de alrededor de 20 a 40.

Los agentes repelentes al agua que son adecuados para la invención reivindicada en la presente incluyen, entre otros, oleatos de sodio o compuestos de organosilicio tales como alcoxisilanos.

Los solventes coalescentes que son adecuados para la invención reivindicada en la presente incluyen, entre otros, monobutiléter de etilenglicol, monoetiléter de etilenglicol, monometiléter de dietilenglicol, monoetiléter de dietilenglicol y monobutiléter de dietilenglicol.

Preferentemente, la composición aglutinante comprende

≥ 10 % en peso a ≤ 70 % en peso	(i) al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico,
≥ 10 % en peso a ≤ 70 % en peso	(ii) al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato,
$\geq 0,1$ % en peso a ≤ 5 % en peso	(iii) al menos un agente de reticulación,
≥ 20 % en peso a ≤ 80 % en peso	agua y
≥ 1 % en peso a ≤ 80 % en peso	al menos un aditivo seleccionado del grupo que consiste en agentes removedores de espuma, agentes repelentes al agua, tensioactivos y solventes coalescentes.

Con mayor preferencia, la composición aglutinante comprende

≥ 20 % en peso a ≤ 40 % en peso	(i) al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico,
≥ 20 % en peso a ≤ 40 % en peso	(ii) al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato,

$\geq 0,1$ % en peso a $\leq 5,0$ % en peso	(iii) al menos un agente de reticulación,
≥ 20 % en peso a ≤ 80 % en peso	agua y
≥ 1 % en peso a ≤ 80 % en peso	al menos un aditivo seleccionado del grupo que consiste en agentes removedores de espuma, agentes repelentes al agua, tensioactivos y solventes coalescentes.

Preferentemente, en la composición aglutinante, el al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) es diferente del al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i). En particular, el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) no es un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii).

Preferentemente, la relación en peso de la cantidad del al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) con respecto a la cantidad del al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) se encuentra dentro del rango de 1:25 a 25:1, con mayor preferencia, dentro del rango de 1:10 a 10:1, aun con mayor preferencia, dentro del rango de 1:5 a 5:1, y, con máxima preferencia, dentro del rango de 1:1 a 5:1.

Preferentemente, el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) está presente en una cantidad de $\geq 0,05$ a $\leq 1,0$ % en peso, con mayor preferencia, en una cantidad de $\geq 0,1$ a $\leq 0,8$ % en peso, con máxima preferencia, en una cantidad de $\geq 0,1$ a $\leq 0,5$ % en peso, en función del peso total de la briqueta.

Preferentemente, el al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) está presente en una cantidad de $\geq 0,05$ a $\leq 1,0$ % en peso, con mayor preferencia, en una cantidad de $\geq 0,05$ a $\leq 0,5$ % en peso, con máxima preferencia, en una cantidad de $\geq 0,05$ a $\leq 0,3$ % en peso, en función del peso total de la briqueta.

Preferentemente, la invención reivindicada en la presente se refiere a una briqueta que comprende

- A) $\geq 99,0$ a $\leq 99,9$ % en peso de finos de carbón y
- B) una composición aglutinante que comprende
 - (i) $\geq 0,05$ a $\leq 1,0$ % en peso de al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico y
 - (ii) $\geq 0,05$ a $\leq 1,0$ % en peso de al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato,

en donde cada peso es en función del peso total de la briqueta.

Con mayor preferencia, la invención reivindicada en la presente se refiere a una briqueta que comprende

- A) $\geq 99,0$ a $\leq 99,9$ % en peso de finos de carbón y
- B) una composición aglutinante que comprende
 - (i) $\geq 0,1$ a $\leq 0,8$ % en peso de al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico y
 - (ii) $\geq 0,05$ a $\leq 0,5$ % en peso de al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato,

en donde cada peso es en función del peso total de la briqueta.

Con máxima preferencia, la invención reivindicada en la presente se refiere a una briqueta que comprende

- A) $\geq 99,4$ a $\leq 99,9$ % en peso de finos de carbón y
- B) una composición aglutinante que comprende
 - (i) $\geq 0,1$ a $\leq 0,5$ % en peso de al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico y
 - (ii) $\geq 0,05$ a $\leq 0,3$ % en peso de al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato,

en donde cada peso es en función del peso total de la briqueta.

Preferentemente, en la briqueta, el al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) es diferente del al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i). En particular, el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) no es un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii).

En el sentido de la invención reivindicada en la presente, la dirección longitudinal de la extensión es preferentemente la máxima extensión de la briqueta. La dirección transversal de la extensión es preferentemente la máxima extensión de la briqueta ortogonal (perpendicular) a la dirección longitudinal de la extensión. Normalmente, la dirección longitudinal de la extensión es más extensa que la dirección transversal de la extensión. Mientras la briqueta de la invención reivindicada en la presente tiene un eje longitudinal que es sustancialmente más largo que su eje transversal, exhibe una forma oblonga.

En el sentido de la invención reivindicada en la presente, la longitud de la briqueta corresponde a la dirección longitudinal de la extensión de la briqueta, la altura corresponde a la máxima extensión de la briqueta que es ortogonal a la longitud, y el

ancho corresponde a la dirección transversal de la extensión que es ortogonal a la longitud y ortogonal al ancho (espacio cartesiano). Preferentemente, la longitud de la briqueta se encuentra en el rango de ≥ 1 a ≤ 10 cm, con mayor preferencia, en el rango de ≥ 2 a ≤ 8 cm, con máxima preferencia, en el rango de ≥ 2 a ≤ 4 cm. Preferentemente, la altura de la briqueta se encuentra en el rango de $\geq 0,5$ a ≤ 6 cm, con mayor preferencia, en el rango de ≥ 1 a ≤ 5 cm, con máxima preferencia, en el rango de ≥ 1 a ≤ 2 cm. Preferentemente, el ancho de la briqueta se encuentra en el rango de ≥ 1 a ≤ 10 cm, con mayor preferencia, en el rango de ≥ 2 a ≤ 8 cm, con máxima preferencia, en el rango de ≥ 2 a ≤ 4 cm.

En otro aspecto, la invención reivindicada en la presente se refiere a un proceso para fabricar una briqueta como se definió anteriormente que comprende las etapas de

- a) mezclar finos de carbón y una composición aglutinante que comprende (i) al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico y (ii) al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato para obtener una mezcla;
- b) formar la mezcla obtenida de acuerdo con la etapa a) en un bloque;
- c) secar el bloque obtenido de acuerdo con la etapa b) para obtener una briqueta.

En la etapa a) los finos de carbón y la composición aglutinante se mezclan exhaustivamente, por ejemplo, en una mezcladora Eirich, durante al menos 1 y hasta 30 minutos, y luego se transportan, por ejemplo, mediante una cinta transportadora, a una briqueteadora en donde se forman las briquetas. Preferentemente, los finos de carbón en la etapa a) tienen un contenido de agua en el rango de ≥ 5 % en peso a ≤ 20 % en peso, con mayor preferencia, en el rango de ≥ 5 % en peso a ≤ 15 % en peso, en función del peso total de los finos de carbón, según se determina en las técnicas gravimétricas estándares, por ejemplo, en la determinación del contenido de agua mediante ASTM D2216–10.

En la etapa b) la mezcla obtenida de acuerdo con la etapa a) se alimenta a la briqueteadora y se forma en un bloque. La briqueteadora es preferentemente una briqueteadora que incluye rodillos de briqueteado. La mezcla se alimenta a los rodillos de briqueteado. Los rodillos comprimen la mezcla. Uno o más de los rodillos tiene preferentemente cavidades formadas allí cuyas cavidades permiten definir la forma de las briquetas. Los rodillos aplican también una cantidad de cizallamiento a la mezcla a medida que pasa a través de la briqueteadora.

En la etapa c), el bloque se seca durante un período de ≥ 12 a ≤ 48 h, con mayor preferencia, durante un período de ≥ 18 a ≤ 36 h. La temperatura de curado se encuentra, preferentemente, en el rango de ≥ 10 a ≤ 45 °C, con mayor preferencia, en el rango de ≥ 15 a ≤ 35 °C. De este modo, no es necesario el calentamiento de las briquetas después de la formación a medida que el curado de las briquetas se lleva a cabo a temperatura ambiente.

Preferentemente, en el proceso de fabricación el al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) es diferente del al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i). En particular, el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) no es un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii).

En otro aspecto, la invención reivindicada en la presente se refiere al uso de una combinación aglutinante, como se definió anteriormente, para la aglomeración de finos de carbón.

Aun en otro aspecto, la invención reivindicada en la presente se refiere al uso de una combinación aglutinante que comprende (i) al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico, como se definió anteriormente, y (ii) al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato, como se definió anteriormente, para la aglomeración de finos de carbón.

Preferentemente, para el uso de la composición aglutinante para la aglomeración de finos de carbón, el al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) es diferente del al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i). En particular, el al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i) no es un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii).

Aunque la invención se describió con respecto a formas de realización específicas y ejemplos, debe apreciarse que otras formas de realización que utilizan el concepto de la presente invención son posibles sin apartarse del alcance de la invención. La presente invención se define mediante los elementos reivindicados, y cualquiera y todas las modificaciones, las variaciones o los equivalentes que se encuentren dentro del espíritu verdadero y el alcance de los principios esenciales.

Figura

La figura proporcionada en la presente representa un ejemplo de formas de realización particulares de la invención y no pretende limitar el alcance de la invención. Debe considerarse que la figura proporciona una descripción adicional de formas de realización posibles y posiblemente preferidas que mejoran el soporte técnico de una o

más de las formas de realización no limitativas.

Breve descripción de la figura

Figura 1 % acumulativo de paso como una función del tamaño real

La Figura 1 describe en particular el % acumulativo de paso como una función del tamaño real con respecto a, por ejemplo, los finos de carbón. El tamaño de los finos de carbón de acuerdo con la Figura 1 es particularmente adecuado para la formación de una briqueta en presencia de una composición aglutinante que comprende al menos un homo- o copolímero de ácido (met)acrílico (i), que no es un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii) y al menos un copolímero de estireno-alquil(met)acrilato (ii). Por ejemplo, los finos de carbón de acuerdo con la Figura 1 pueden usarse en un método para fabricar tal briqueta. En particular, la composición aglutinante de acuerdo con la presente invención puede, por ejemplo, usarse para la aglomeración de finos de carbón de acuerdo con la Figura 1.

Ejemplos

La invención también se describe mediante los siguientes ejemplos. Los ejemplos proporcionados en la presente representan el soporte práctico para formas de realización particulares de la invención y no pretenden limitar el alcance de la invención. Debe considerarse que los ejemplos proporcionan una descripción adicional de formas de realización posibles y posiblemente preferidas que demuestran el trabajo técnico relevante de una o más formas de realización no limitativas.

Los finos de carbón se proporcionan a través de una mina de carbón. La distribución de tamaño de partícula se determinó con el uso de un tamiz Tyler de malla 16 (1 mm de apertura de tamiz). La Figura 1 muestra la distribución acumulativa de tamaño de partícula de los finos de carbón.

Composiciones aglutinantes

Composición aglutinante 1 que comprende Acronal® S728 (disponible de BASF SE, copolímero de estireno-acrilato de butilo) y Alcotac® CB 6 (disponible de BASF SE, copolímero de ácido acrílico y acrilamida) en agua.

Composición aglutinante 2 que comprende Acronal® S728 (disponible de BASF SE, copolímero de estireno-acrilato de butilo) y Alcotac® CB 6 (disponible de BASF SE, copolímero de ácido acrílico y acrilamida) y Reslink® GTC 50 (disponible de

Resichem, India, una resina de fenol-formaldehído) en agua.

Composición aglutinante 3 que comprende alcohol de polivinilo en agua.

Composición aglutinante 4 que comprende una formulación de copolímero de estireno-acrilato de butilo y un polímero de ácido acrílico en agua (disponible como Alcotac® CBF60 de BASF).

Composición aglutinante 5 que comprende una formulación de copolímero de estireno-acrilato de butilo y un polímero de ácido acrílico en agua (disponible como Alcotac® CBF60 de BASF) combinada con una resina de fenol-formaldehído (disponible como Alcotac® CBX60 de BASF).

Formación de briquetas

Ejemplo 1:

La composición aglutinante 1 se mezcló con finos de carbón. La mezcla se mezcló exhaustivamente. La mezcla se transfirió a un rodillo de briqueteado, y se formaron briquetas.

Ejemplo 2:

El proceso se llevó a cabo como se describió en el Ejemplo 1 con la excepción de que se usó la composición aglutinante 2 en lugar de la composición aglutinante 1.

Ejemplo comparativo 3:

El proceso se llevó a cabo como se describió en el Ejemplo 1 con la excepción de que se usó la composición aglutinante 3 en lugar de la composición aglutinante 1.

Ejemplo 4:

El proceso se llevó a cabo como se describió en el Ejemplo 1 con la excepción de que se usó la composición aglutinante 4 en lugar de la composición aglutinante 1.

Ejemplo 5:

El proceso se llevó a cabo como se describió en el Ejemplo 1 con la excepción de que se usó la composición aglutinante 5 en lugar de la composición aglutinante 1.

La dosificación de la composición aglutinante en los Ejemplos 3, 4 y 5 fue como se describe a continuación:

Ejemplo 3 (comparativo): 0,5 % en peso

Ejemplo 4: 0,07 % en peso

Ejemplo 5: 0,13 % en peso

En el Ejemplo 5, la composición aglutinante comprende además un reticulador en una dosificación de 0,05 % (líquido).

Prueba de resistencia

La resistencia de las briquetas se evaluó en una prueba de caída. En la prueba de caída se hizo caer la briketa desde una altura de 2 metros en una superficie de concreto hasta que se rompiera completamente. La prueba de caída se llevó a cabo para evaluar la resistencia en verde de la briketa, en donde la briketa se encontraba en estado verde y no se sometió a ninguna forma de curado. Además, se evaluó la resistencia posterior al curado de las briquetas, en donde la briketa se curó a temperatura ambiente durante un período de 24 horas después de la formación de la briketa.

La resistencia de las briquetas se evaluó en una resistencia a la compresión. En la prueba de resistencia a la compresión, se comprimieron 20 briquetas individualmente para que se rompan en pedazos, y los datos se registraron por KgF (kilogramo-fuerza). La unidad SI correspondiente calculada en newtones [N] se proporciona entre paréntesis (1 KgF = 9,80665 N). La prueba de compresión se llevó a cabo para evaluar la resistencia a la compresión en verde (Día 0) de la briketa, en donde la briketa se encontraba en estado verde y no se sometió a ninguna forma de curado. Además, se evaluó la resistencia posterior al curado (Día 2) de las briquetas, en donde la briketa se curó a temperatura ambiente durante un período de 48 horas después de la formación de la briketa.

La resistencia de las briquetas se evaluó en un ensayo de tambor. En el ensayo de tambor, se colocaron 20 briquetas en un tambor de volteo, haciéndolo girar a 60 rpm durante 10 minutos para observar la cantidad (% de briquetas) de finos generados a partir de las briquetas en el tambor de volteo. Las briquetas verdes de la producción de briquetas se sometieron al ensayo de tambor (Día 0), en donde la briketa estaba en estado verde y no se sometió a ninguna forma de curado. Además, se evaluaron las briquetas curadas que se colocaron en el tambor (Día 2) de las briquetas, en donde la briketa se curó a temperatura ambiente durante un período de 48 horas después de la formación de la briketa.

La Tabla 1 refleja la cantidad de caídas de la briketa hasta que se rompió.

	Prueba de resistencia en verde	Prueba de resistencia posterior al curado
--	--------------------------------	---

Ejemplo 1	4	4
Ejemplo 2	4	4
Ejemplo comparativo 3	4	4

Los Ejemplos 1 y 2 en la Tabla 1 demuestran que la composición aglutinante reivindicada de la invención genera la formación de briquetas que tienen una resistencia que es igual a la resistencia de las briquetas que se formaron mediante el uso de alcohol de polivinilo (Ejemplo comparativo 3).

La Tabla 2 refleja la cantidad de caídas de la briketa hasta que se rompió.

	Prueba de resistencia en verde	Prueba de resistencia posterior al curado
Ejemplo 4	1	3
Ejemplo 5	1	5
Ejemplo comparativo 3	1	3

Los Ejemplos 4 y 5 en la Tabla 2 demuestran que la composición aglutinante reivindicada de la invención genera la formación de briquetas que tienen una resistencia que es igual o mejor que la resistencia de las briquetas que se formaron mediante el uso de alcohol de polivinilo (Ejemplo comparativo 3). En particular, la presencia de, por ejemplo, una resina de fenol-formaldehído en la composición aglutinante (Ejemplo 5) muestra sorprendentemente mejores resultados con respecto a la prueba de resistencia posterior al curado en comparación con el Ejemplo 3.

La Tabla 3 refleja la resistencia a la compresión promedio de la briketa en el Día 0 para las briquetas verdes y en el Día 2 para las briquetas curadas.

	Resistencia a la compresión en verde	Resistencia a la compresión posterior al curado
Ejemplo 4	2 KgF (= 19,61 N)	4 KgF (= 39,23 N)
Ejemplo 5	3 KgF (= 29,42 N)	7 KgF (= 68,65 N)
Ejemplo comparativo 3	1 KgF (= 9,81 N)	4 KgF (= 39,23 N)

Los resultados de la Tabla 3 muestran sorprendentemente, por ejemplo, que la composición aglutinante de la presente invención, en particular, con respecto a los Ejemplos 4 y 5 genera la misma o mejor resistencia a la compresión (en verde y posterior al curado) en comparación con el Ejemplo 3 donde el alcohol de polivinilo se usa en la composición aglutinante. En particular, la presencia de, por ejemplo, una

resina de fenol formaldehído en la composición aglutinante (Ejemplo 5) muestra sorprendentemente mejores resultados con respecto a la resistencia a la compresión en verde y posterior al curado en comparación con el Ejemplo 3.

La Tabla 4 refleja la resistencia en el ensayo de tambor de la briqueta en el Día 0 para las briquetas verdes y en el Día 2 para las briquetas curadas. Cuanta menor sea la cantidad de finos generados, mejor van a ser las briquetas.

	Ensayo de tambor en verde	Ensayo de tambor posterior al curado
Ejemplo 4	4,33%	2,71%
Ejemplo 5	3,19%	1,36%
Ejemplo comparativo 3	8,33%	2,85%

Los resultados de la Tabla 4 muestran sorprendentemente, por ejemplo, que la composición aglutinante de la presente invención, en particular, con respecto a los Ejemplos 4 y 5 genera una mejor resistencia en el ensayo de tambor (en verde y posterior al curado) en comparación con el Ejemplo 3 donde el alcohol de polivinilo se usa en la composición aglutinante. En particular, la presencia de, por ejemplo, una resina de fenol-formaldehído en la composición aglutinante (Ejemplo 5) muestra sorprendentemente mejores resultados con respecto al ensayo de tambor en verde y posterior curado en comparación con el Ejemplo 3.