

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 177**

51 Int. Cl.:

C03C 25/24 (2008.01)

C03C 25/255 (2008.01)

C03C 25/26 (2008.01)

C09D 189/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.08.2020** **PCT/EP2020/072917**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.02.2021** **WO21032645**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.08.2020** **E 20753957 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2024** **EP 4013725**

54 Título: **Aglutinante de lana mineral**

30 Prioridad:

16.08.2019 EP 19192150

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.12.2024

73 Titular/es:

ROCKWOOL A/S (100.0%)
Hovedgaden 584
2640 Hedehusene, DK

72 Inventor/es:

HJELMGAARD, THOMAS

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 992 177 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

Aglutinante de lana mineral

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a una composición de aglutinante para fibras minerales, a un método para producir un producto de lana mineral con la composición de aglutinante, a un producto de lana mineral elaborado con la composición de aglutinante, al uso de la composición de aglutinante y al uso de al menos un compuesto que contiene un catión metálico divalente M^{2+} , y al uso de al menos un compuesto que contiene un catión metálico divalente M^{2+} y al menos un compuesto que contiene un catión metálico monovalente M^+ , respectivamente, en una composición de aglutinante.

Antecedentes de la invención

Los productos de fibra mineral comprenden generalmente fibras vítreas artificiales (FVA) tales como, por ejemplo, fibras de vidrio, fibras cerámicas, fibras de basalto, lana de escoria, lana mineral y lana de piedra (lana de roca), que se unen entre sí mediante un material aglutinante polimérico termoestable curado. Para su uso como productos de aislamiento térmico o acústico, se producen generalmente esteras de fibras minerales unidas convirtiendo una masa fundida compuesta por materias primas adecuadas en fibras de manera convencional, por ejemplo, mediante proceso con copa de hilatura o mediante proceso con rotor en cascada. Las fibras se insuflan al interior de una cámara de conformación y, mientras se transportan por el aire y mientras están calientes, se pulverizan con una disolución de aglutinante y se depositan al azar como una estera o una banda sobre un transportador en desplazamiento. La estera de fibra se transfiere entonces a un horno de curado donde se insufla aire calentado a través de la estera para curar el aglutinante y unir de manera rígida las fibras minerales entre sí.

En el pasado, las resinas aglutinantes de elección eran resinas de fenol-formaldehído que pueden producirse económicamente y pueden extenderse con urea antes de su uso como aglutinante. Sin embargo, la legislación existente y propuesta dirigida a la reducción o eliminación de las emisiones de formaldehído han llevado al desarrollo de aglutinantes libres de formaldehído tales como, por ejemplo, las composiciones de aglutinante basadas en polímeros de policarboxilo y polioles o poliaminas, tal como se describe en los documentos EP-A-583086, EP-A-990727, EP-A-1741726, US-A-5,318,990 y US-A-2007/0173588. El documento WO 2017/194724 A2 describe una composición de aglutinante que comprende un hidrocoloide polielectrolítico seleccionado del grupo que consiste en gelatina, pectina, alginato, carragenano, goma arábiga, goma xantana o derivados de celulosa tales como carboximetilcelulosa. La gelatina está presente en la composición acuosa de aglutinante en una cantidad del 10 al 95 % en peso, tal como del 20 al 80 % en peso, tal como del 30 al 70 % en peso, tal como del 40 al 60 % en peso, basado en el peso de los hidrocoloides polielectrolíticos. Un hidrocoloide polielectrolítico y el al menos otro hidrocoloide polielectrolítico tienen cargas complementarias.

Otro grupo de aglutinantes sin fenol-formaldehído son los productos de reacción de adición/eliminación de anhídridos alifáticos y/o aromáticos con alcanolaminas, por ejemplo, tal como se describe en los documentos WO 99/36368, WO 01/05725, WO 01/96460, WO 02/06178, WO 2004/007615 y WO 2006/061249. Estas composiciones de aglutinante son solubles en agua y presentan excelentes propiedades de unión en términos de velocidad de curado y densidad de curado. El documento WO 2008/023032 describe aglutinantes modificados con urea del tipo que proporcionan productos de lana mineral que tienen una absorción de humedad reducida.

Puesto que algunos de los materiales de partida usados en la producción de estos aglutinantes son productos químicos bastante caros, existe la necesidad continuada de proporcionar aglutinantes libres de formaldehído que se produzcan de manera económica.

Un efecto adicional vinculado a las composiciones acuosas de aglutinante conocidas previamente para fibras minerales es que al menos la mayoría de los materiales de partida usados para las producciones de estos aglutinantes proceden de combustibles fósiles. Hay una tendencia continuada de los consumidores a preferir productos que se producen completamente o al menos parcialmente a partir de materiales renovables y existe, por tanto, la necesidad de proporcionar aglutinantes para lana mineral que se produzcan al menos parcialmente a partir de materiales renovables.

Un efecto adicional vinculado a las composiciones acuosas de aglutinante conocidas previamente para las fibras minerales es que implican componentes que son corrosivos y/o perjudiciales. Esto requiere medidas protectoras para la maquinaria implicada en la producción de productos de lana mineral para impedir la corrosión y también requiere medidas de seguridad para las personas que manejan esta maquinaria. Esto conduce a costes aumentados y problemas de salud y, por tanto, existe la necesidad de proporcionar composiciones de aglutinante para fibras minerales con un contenido reducido de materiales corrosivos y/o perjudiciales.

Otro efecto adicional vinculado a las composiciones acuosas de aglutinante conocidas previamente para fibras minerales es que estos aglutinantes están asociados de manera convencional con extensos equipos de curado para curar el aglutinante. El equipo de curado es convencionalmente un horno que funciona a temperaturas muy superiores a 100 °C, tales como de aproximadamente 200 °C. El horno tiene varios metros de largo para albergar la banda que

se alimenta de manera continua en el horno y para garantizar que la banda esté curada por completo al salir del horno. Este equipo de horno está asociado con un extenso consumo de energía.

En el pasado reciente, se han propuesto composiciones de aglutinante que se producen en gran parte a partir de materiales renovables y que no son corrosivas y/o dañinas.

Sin embargo, todavía existe la necesidad de proporcionar composiciones de aglutinante que se produzcan en gran parte a partir de material renovable y que no sean corrosivas y/o dañinas y, al mismo tiempo, muestren propiedades mejoradas de los productos de lana mineral producidos a partir de tales aglutinantes.

La referencia C. Peña, K. de la Caba, A. Eceiza, R. Ruseckaite, I. Mondragon en Biores. Technol. 2010, 101, 6836-6842 se refiere al reemplazo de películas plásticas no biodegradables por materias primas renovables de plantas y desechos de la industria de la carne. A este respecto, esta referencia describe el uso de tanino de castaño hidrolizable para la modificación de una gelatina para formar películas. La referencia no describe aglutinantes, en particular aglutinantes para la lana mineral.

Resumen de la invención

En consecuencia, un objeto de la presente invención era proporcionar una composición de aglutinante, que es particularmente adecuada para unir fibras minerales, utiliza materiales renovables como materiales de partida, reduce o elimina los materiales corrosivos y/o dañinos y al mismo tiempo permite propiedades mejoradas de los productos de lana mineral producidos a partir de los mismos.

Además, era un objeto de la presente invención proporcionar una composición de aglutinante que no requiere alta temperatura para el curado y, por tanto, elimina la necesidad de aplicar una alta temperatura en la producción de un producto unido con la composición de aglutinante, y al mismo tiempo permite propiedades mejoradas de los productos de lana mineral producidos a partir de los mismos.

Un objeto adicional de la presente invención era proporcionar un producto de lana mineral unido con una composición aglutinante de este tipo.

Otro objeto de la presente invención era proporcionar un método para fabricar tal producto de lana mineral.

Otro objeto de la presente invención era proporcionar el uso de dicha composición aglutinante para la preparación del producto de lana mineral.

Un objeto adicional de la presente invención era mejorar las propiedades, en particular en lo que respecta a la absorción de agua, y/o las propiedades mecánicas y/o las propiedades de envejecimiento, de un producto de lana mineral que comprende fibras minerales unidas por un aglutinante que resulta del curado de una composición de aglutinante que comprende al menos un compuesto que contiene fenol y al menos una proteína.

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una composición acuosa de aglutinante, preferiblemente libre de formaldehído, para fibras minerales que comprende:

- al menos un compuesto que contiene fenol,
- al menos una proteína,
- al menos un compuesto que contiene un catión metálico divalente M^{2+} .

Según un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un producto de lana mineral que comprende fibras minerales unidas por un aglutinante que resultan del curado de dicha composición aglutinante.

Según un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para producir un producto de lana mineral que comprende las etapas de poner en contacto fibras minerales con una composición de aglutinante de este tipo.

Según un cuarto aspecto de la presente invención, se proporciona el uso de una composición aglutinante de este tipo para la preparación del producto de lana mineral.

Según un quinto aspecto de la presente invención, se proporciona el uso de al menos un compuesto que contiene un catión metálico divalente M^{2+} en una composición de aglutinante para fibras minerales que comprende al menos un compuesto que contiene fenol y al menos una proteína, para mejorar la absorción de agua y/o las propiedades mecánicas y/o las propiedades de envejecimiento de un producto de lana mineral que comprende fibras minerales unidas por un aglutinante resultante del curado de esa composición de aglutinante.

Según un sexto aspecto de la presente invención, se proporciona el uso de al menos un compuesto que contiene un catión metálico divalente M^{2+} y al menos un compuesto que contiene un catión metálico monovalente M^+ en una composición de aglutinante libre de formaldehído para fibras minerales que comprende al menos un compuesto que contiene fenol y al menos una proteína, para mejorar la absorción de agua y/o las propiedades mecánicas y/o las propiedades de envejecimiento de un producto de lana mineral que comprende fibras minerales unidas por un aglutinante resultante del curado de esa composición de aglutinante.

Los presentes inventores han descubierto, sorprendentemente, que es posible obtener un producto de lana mineral que comprende fibras minerales unidas por un aglutinante resultante del curado de una composición de aglutinante, mediante lo cual la composición de aglutinante puede producirse a partir de materiales renovables en alto grado, no contiene o contiene solamente en un grado minoritario, cualquier agente corrosivo y/o dañino y la producción del producto de lana mineral no conduce a contaminación, tal como COV (compuestos orgánicos volátiles) durante la preparación, y al mismo tiempo muestra propiedades mejoradas, en particular en lo relativo a la absorción de agua y/o las propiedades mecánicas y/o las propiedades de envejecimiento.

Descripción de las realizaciones preferidas

La composición de aglutinante según la presente invención comprende:

- al menos un compuesto que contiene fenol,
- al menos una proteína,
- al menos un compuesto que contiene un catión metálico divalente M^{2+} .

En una realización preferida, los aglutinantes según la presente invención están exentos de formaldehído.

Para la finalidad de la presente solicitud, la expresión “libre de formaldehído” se define para caracterizar un producto de lana mineral donde la emisión está por debajo de $5 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ de formaldehído procedente del producto de lana mineral, preferiblemente por debajo de $3 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$. Preferiblemente, el ensayo se lleva a cabo según la norma ISO 16000 para someter a ensayo las emisiones de aldehído.

Una ventaja sorprendente de las realizaciones de productos de lana mineral según la presente invención es que muestran propiedades de autocurado. Después de exponerse a condiciones muy rigurosas donde los productos de lana mineral pierden parte de su resistencia mecánica, los productos de lana mineral según la presente invención pueden recuperar una parte de la resistencia mecánica original. Esto contrasta con los productos de lana mineral convencionales para los que la pérdida de resistencia mecánica después de exponerse a condiciones ambientales rigurosas es irreversible. Sin pretender imponer ninguna teoría particular, los presentes inventores creen que esta propiedad sorprendente en los productos de lana mineral según la presente invención se debe a la naturaleza compleja de los enlaces formados en la red de la proteína reticulada por el compuesto que contiene fenol que también incluye estructuras cuaternarias y enlaces de hidrógeno y permite establecer enlaces en la red después de volver a las condiciones ambientales normales. Para un producto de aislamiento que, cuando se usa, p. ej., como aislamiento de techo puede exponerse a temperaturas muy altas en el verano, esto es una ventaja importante para la estabilidad a largo plazo del producto.

Compuesto que contiene un catión metálico divalente

Los presentes inventores han descubierto sorprendentemente que las propiedades de un producto de lana mineral preparado mediante el uso de un aglutinante que comprende al menos un compuesto que contiene fenol y al menos una proteína, pueden mejorarse considerablemente añadiendo al menos un compuesto que contiene un catión metálico divalente M^{2+} a la composición de aglutinante.

En particular, las propiedades de absorción de agua y/o las propiedades mecánicas y/o las propiedades de envejecimiento de un producto de lana mineral pueden mejorarse significativamente.

En una realización, el compuesto que contiene al menos un catión metálico divalente M^{2+} comprende al menos un catión metálico divalente M^{2+} de metales alcalinotérreos, Mn, Fe, Cu, Zn, Sn.

En una realización, el compuesto que contiene al menos un catión metálico divalente M^{2+} es un compuesto iónico, en particular una sal, que contiene un catión metálico divalente M^{2+} , en particular metales alcalinotérreos, Mn, Fe, Cu, Zn, Sn o mezclas de los mismos, y uno o más contraiones en forma de aniones.

En una realización, el compuesto que contiene el catión metálico divalente M^{2+} comprende uno o más compuestos seleccionados del grupo de $M(\text{OH})_2$, MO , $M(\text{HCO}_3)_2$, MCO_3 , $M(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, MHPO_4 , $\text{M}_3(\text{PO}_4)_2$, $M(\text{HPO}_3)$, $M(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$, MSO_4 , MCl_2 , MHNSO_3 , tal como $M(\text{OH})_2$.

En una realización, el compuesto que contiene el catión metálico divalente M^{2+} comprende uno o más compuestos seleccionados de $M(ClO_3)_2$ y $M(ClO_4)_2$.

En una realización, el compuesto que contiene el catión metálico divalente M^{2+} comprende Ca^{2+} .

En una realización alternativa, el compuesto que contiene un catión metálico divalente comprende Mn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Sn^{2+} , Ba^{2+} , Nd^{2+} o mezclas de los mismos.

En una realización, la composición de aglutinante comprende al menos un compuesto catiónico metálico divalente en una cantidad del 0,1 % en peso al 10 % en peso, tal como del 0,2 % en peso al 8 % en peso, tal como del 0,3 % en peso al 5 % en peso, tal como del 0,4 % en peso al 4,3 % en peso, tal como del 1,0 % en peso al 4,3 % en peso, basada en el peso seco combinado del compuesto que contiene fenol y proteína.

En una realización, la composición de aglutinante comprende además al menos un compuesto que contiene un catión metálico monovalente M^+ , en particular en forma de al menos un catión metálico monovalente de un compuesto que contiene un metal alcalino.

Los presentes inventores han descubierto sorprendentemente que mediante la adición tanto de un compuesto que contiene un catión metálico divalente M^{2+} como de un compuesto que contiene un catión metálico monovalente M^+ , pueden lograrse propiedades particularmente buenas de los productos de lana mineral preparados mediante la composición de aglutinante y que, en particular, las propiedades de los productos de lana mineral preparados mediante una composición de aglutinante de este tipo pueden personalizarse dependiendo de los requisitos de un producto de lana mineral de este tipo.

En una realización, la composición de aglutinante comprende al menos un catión metálico monovalente M^+ en forma de al menos un catión metálico de un metal alcalino.

En una realización, la composición de aglutinante comprende al menos un catión metálico monovalente en forma de un catión metálico monovalente de Li, Na, K, tal como Na.

En una realización, la composición de aglutinante comprende al menos un compuesto que contiene un catión metálico monovalente M^+ en una cantidad del 0,01 % en peso al 6 % en peso, tal como del 0,1 % en peso al 5 % en peso, tal como del 0,2 % en peso al 4 % en peso, tal como del 0,3 % en peso al 3,3 % en peso, tal como del 0,3 % en peso al 2,0 % en peso, basada en el peso seco combinado de compuesto que contiene fenol y proteína.

Los presentes inventores han descubierto sorprendentemente que controlando la razón del compuesto que contiene el catión metálico divalente M^{2+} con respecto al compuesto que contiene el catión metálico monovalente M^+ en las composiciones de aglutinante, pueden lograrse perfiles de propiedades específicas en el producto de lana mineral producido a partir de las composiciones de aglutinante.

En una realización, la composición de aglutinante comprende al menos un compuesto que contiene un catión metálico divalente M^{2+} y al menos un compuesto que contiene un catión metálico monovalente M^+ y en donde la razón molar del catión metálico divalente con respecto al monovalente está en el intervalo de 10:90 a 90:10, tal como de 14,3:85,7 a 90:10, tal como de 14,3:85,7 a 60:40, tal como de 20:80 a 80:20, tal como de 25:75 a 75:25, tal como de 33,3:66,7 a 60:40 tal como de 40:60 a 60:40, tal como 50:50.

Componente de compuesto que contiene fenol del aglutinante

La composición de aglutinante según la presente invención comprende un componente de compuesto que contiene fenol del aglutinante, en particular uno o más compuestos fenólicos.

Los compuestos fenólicos o fenólicos, son compuestos que tienen uno o más grupos hidroxilo unidos directamente a un anillo aromático. Los polifenoles (o polihidroxifenoles) son compuestos que tienen más de un grupo hidroxilo fenólico unido a uno o más anillos aromáticos. Los compuestos fenólicos son característicos de las plantas y, como grupo, se encuentran habitualmente como ésteres o glicósidos en lugar de como compuestos libres.

El término fenólicos abarca un grupo muy grande y diverso de compuestos químicos. Preferiblemente, el compuesto que contiene fenol es un compuesto según el esquema basado en el número de carbonos en la molécula, según se detalla en W. Vermerris, R. Nicholson, in Phenolic Compound Biochemistry, Springer Netherlands, 2008.

En una realización, el compuesto que contiene fenol comprende un compuesto que contiene fenol tal como compuestos fenólicos simples, tales como ácidos hidroxibenzoicos, tales como aldehídos hidroxibenzoicos, tales como hidroxiacetofenonas, tales como ácidos hidroxifenilacéticos, tales como ácidos cinámicos, tales como ésteres de ácidos cinámicos, tales como cinamaldehydos, tales como alcoholes cinamílicos, tales como cumarinas, tales como isocumarinas, tales como cromonas, tales como flavonoides, tales como chalconas, tales como dihidrochalconas, tales como auronas, tales como flavanonas, tales como flavanonoles, tales como flavanos, tales como leucoantocianidinas,

tales como flavan-3-oles, tales como flavonas, tales como antocianidinas, tales como desoxiantocianidinas, tales como antocianinas, tales como biflavonilos, tales como benzofenonas, tales como xantonas, tales como estilbenos, tales como betacianinas, tales como polifenoles y/o polihidroxifenoles, tales como lignanos, neolignanos (dímeros u oligómeros procedentes del acoplamiento de monolignoles tales como alcohol p-cumarílico, alcohol coniferílico y alcohol sinapílico), tales como ligninas (sintetizadas principalmente a partir de los precursores de monolignol alcohol p-cumarílico, alcohol coniferílico y alcohol sinapílico), tales como taninos, tales como tanatos (sales de taninos), tales como taninos condensados (proantocianidinas), tales como taninos hidrolizables, tales como galotaninos, tales como elagitaninos, tales como taninos complejos, tales como ácido tánico, tales como flobabenos, tales como florotaninos.

En una realización preferida, el compuesto que contiene fenol se selecciona del grupo que consiste en compuestos fenólicos simples, compuestos que contienen fenol con una estructura más compleja que una estructura C₆, tales como oligómeros de compuestos fenólicos simples, polifenoles y/o polihidroxifenoles.

Los compuestos que contienen fenol según la presente invención también pueden ser moléculas o constructos sintéticos o semisintéticos que contienen fenoles, polifenoles. Un ejemplo de un constructo de este tipo es una proteína, un péptido, peptoides (tales como oligómeros y/o polímeros lineales y/o cíclicos de glicinas N-sustituidas, β-alaninas N-sustituidas), o arilopeptoides (tales como oligómeros y/o polímeros lineales y/o cíclicos de aminometilbenzamidinas N-sustituidas), modificados con cadenas laterales que contienen fenol. Un dendrímero decorado con cadenas laterales que contienen fenol es otro ejemplo.

En una realización, el compuesto que contiene fenol según la presente invención es una quinona. Las quinonas son derivados oxidados de compuestos aromáticos y frecuentemente se elaboran fácilmente a partir de compuestos aromáticos reactivos con sustituyentes donantes de electrones, tales como fenólicos. Las quinonas útiles para la presente invención incluyen benzoquinonas, naftoquinona, antraquinona y lawsona.

Los taninos comprenden un grupo de compuestos con una amplia diversidad en estructura que comparten su capacidad de unirse y precipitar las proteínas. Los taninos son abundantes en muchas especies diferentes de plantas, en particular el roble, el castaño, el zumaque cuerno de ciervo y la tellima de flor grande y taza franja. Los taninos pueden estar presentes en las hojas, corteza y frutos. Los taninos se pueden clasificar en tres grupos: taninos condensados, taninos hidrolizables y taninos complejos. Los taninos condensados, o proantocianidinas, son flavonoides oligoméricos o poliméricos que consisten en unidades flavan-3-ol (catequina). Los galotaninos son taninos hidrolizables con un núcleo de poliol sustituido con 10-12 residuos de ácido gálico. El poliol más comúnmente encontrado en galotaninos es la D-glucosa, aunque algunos galotaninos contienen unidades de catequina y triterpenoide como el poliol de núcleo. Los elagitaninos son taninos hidrolizables que difieren de los galotaninos en que contienen enlaces C-C adicionales entre restos de galoilo adyacentes. Los taninos complejos se definen como taninos en los que una unidad de catequina está unida glicosídicamente a un galotanino o una unidad de elagitanino.

En una realización, el tanino se selecciona de uno o más componentes del grupo que consiste en ácido tánico, taninos condensados (proantocianidinas), taninos hidrolizables, galotaninos, elagitaninos, taninos complejos, y/o taninos procedentes de uno o más de roble, castaño, zumaque de Virginia, tellima de flor grande, quebracho, acacia, mimosa, corteza de acacia negra, uva, agalla, gambir, amalaki, freno espinoso, valonia, y eucalipto.

Los inventores han descubierto que puede usarse una amplia gama de tales compuestos que contienen fenol para reticular proteínas que permiten que se forme una composición de aglutinante. Frecuentemente, estos componentes de compuesto que contienen fenol se obtienen a partir de tejidos vegetales y, por tanto, son un material renovable. En algunas realizaciones, los compuestos son, además, no tóxicos y no corrosivos. Como ventaja adicional, estos compuestos son antimicrobianos y por lo tanto transmiten sus propiedades antimicrobianas al producto de lana mineral unido mediante dicho aglutinante.

Componente proteico del aglutinante

Preferiblemente, el componente proteico del aglutinante se selecciona del grupo que consiste en proteínas de origen animal, incluyendo colágeno, gelatina, gelatina hidrolizada y proteínas de la leche (caseína, suero de leche), huevos; proteínas de medusas, proteínas producidas mediante técnicas recombinantes; proteínas de insectos, tales como los gusanos de seda, tales como la sericina; proteínas de origen vegetal, incluyendo proteínas de algas, legumbres,

cereales, cereales integrales, frutos secos, semillas y frutos, como proteína de trigo sarraceno, avena, centeno, mijo, maíz, arroz, trigo, trigo bulgur, sorgo, amaranto, quinoa, habas de soja (proteína de soja), lentejas, alubias, judías blancas, judías mungo, garbanzos, caupíes, habas de Lima, guandúes, altramuces, frijoles alados, almendras, nueces de Brasil, anacardos, nueces pecanas, nueces, semillas de algodón, semillas de calabaza, semillas de cáñamo,

semillas de sésamo, y semillas de girasol; proteínas polifenólicas tales como la proteína del pie del mejillón.

El colágeno es un material muy abundante en el tejido vivo: Es el componente principal del tejido conjuntivo y constituye el 25-35 % del contenido total de proteínas en mamíferos. La gelatina se deriva de la degradación química

del colágeno. La gelatina también se puede producir mediante técnicas recombinantes. La gelatina es soluble en agua y tiene un peso molecular de 10.000 a 500.000 g/mol, tal como de 30.000 a 300.000 g/mol dependiendo del grado de hidrólisis. La gelatina es un producto alimenticio ampliamente usado y, por tanto, se acepta generalmente que este compuesto es totalmente no tóxico y, por tanto, no deben tomarse precauciones al manipular la gelatina.

5 La gelatina es una mezcla heterogénea de polipéptidos monocatenarios o de múltiples capas que, típicamente, muestran estructuras de hélice. Específicamente, la hélice triple del colágeno tipo I extraído de la piel y los huesos, como una fuente de gelatina, está compuesta de dos cadenas $\alpha 1$ (I) y una $\alpha 2$ (I).

10 Las soluciones de gelatina pueden experimentar transiciones de hélice en espiral.

Se producen gelatinas de tipo A por tratamiento ácido. Las gelatinas de tipo B se producen por tratamiento básico.

15 Las reticulaciones químicas pueden introducirse en la gelatina. En una realización, la transglutaminasa se usa para unir lisina a residuos de glutamina; en una realización, el glutaraldehído se usa para unir lisina a lisina, en una realización, los taninos se usan para unir residuos de lisina.

La gelatina también puede hidrolizarse adicionalmente para dar fragmentos más pequeños de hasta 3000 g/mol.

20 Al enfriarse una solución de gelatina, se pueden formar hélices en forma de colágeno.

La gelatina puede formar estructuras helicoidales.

25 En una realización, el aglutinante curado que comprende proteína comprende estructuras helicoidales.

En una realización, la al menos una proteína es una gelatina de baja resistencia, tal como una gelatina que tiene una resistencia de gel de 30 a 125 Bloom.

30 En una realización, la al menos una proteína es una gelatina de resistencia media, tal como una gelatina que tiene una resistencia de gel de 125 a 180 Bloom.

En una realización, la al menos una proteína es una gelatina de alta resistencia, tal como una gelatina que tiene una resistencia de gel de 180 a 300 Bloom.

35 En una realización preferida, la gelatina se origina, preferiblemente, de una o más fuentes del grupo que consiste en mamíferos, especies de aves, tales como vaca, cerdo, caballo, ave de corral, y/o de escamas, piel de pescado.

40 En una realización, se puede añadir urea a las composiciones aglutinantes según la presente invención. Los inventores han descubierto que la adición de incluso pequeñas cantidades de urea provoca la desnaturalización de la gelatina, lo que puede ralentizar la gelificación, lo que podría ser deseable en algunas realizaciones. La adición de urea podría conducir también a un suavizado del producto.

45 Los inventores han descubierto que los grupos de ácido carboxílico en gelatinas interactúan fuertemente con iones trivalentes y tetravalentes, por ejemplo, sales de aluminio. Esto es especialmente cierto para las gelatinas de tipo B que contienen más grupos de ácido carboxílico que las gelatinas de tipo A.

Los presentes inventores han descubierto que, en algunas realizaciones, el curado/secado de las composiciones aglutinantes según la presente invención, que incluyen gelatina, no debe iniciarse a temperaturas muy altas.

50 Los inventores han descubierto que comenzar el curado a temperaturas bajas puede producir productos más fuertes. Sin pretender imponer ninguna teoría particular, los inventores asumen que el curado inicial a temperaturas elevadas puede llevar a una envoltura exterior impenetrable de la composición aglutinante que dificulta que el agua salga por debajo.

55 Sorprendentemente, los aglutinantes según la presente invención que incluyen gelatinas son muy resistentes al calor. Los presentes inventores han descubierto que, en algunas realizaciones, los aglutinantes curados pueden soportar temperaturas de hasta 300 °C sin degradación.

Reacción de los componentes del aglutinante

60 Sin pretender imponer ninguna teoría particular, los presentes inventores creen que la reacción entre el compuesto que contiene fenol y la proteína se basa, al menos parcialmente, en una oxidación de fenoles a quinonas seguido por ataque nucleófilo de grupos amina y/o tiol de la proteína que conduce a una reticulación de las proteínas por los compuestos que contienen fenol.

65 Sin pretender imponer ninguna teoría particular, los presentes inventores creen que la mejora de las propiedades de los productos de lana mineral preparados mediante los aglutinantes según la presente invención debido a la presencia

del compuesto que contiene el catión metálico divalente M^{2+} puede explicarse por un efecto de quelación, en el que el M^{2+} reticula negativamente los grupos de carga del aglutinante curado.

Al proporcionar al menos un compuesto que contiene un catión metálico divalente M^{2+} y al menos un compuesto que contiene un catión metálico monovalente M^+ , este efecto de reticulación puede, según la teoría de los inventores, modularse y las propiedades de los productos de lana mineral pueden personalizarse.

En una realización preferida, el contenido del compuesto que contiene fenol en la composición de aglutinante según la presente invención es de desde el 1 hasta el 70 % en peso, tal como del 2 al 60 % en peso, tal como del 3 al 50 % en peso, tal como del 4 al 40 % en peso, tal como del 5 al 35 % en peso, basado en la proteína seca.

En una realización preferida alternativa, la razón en masa de (lisina + cisteína) en la proteína con respecto a (fenol) en el compuesto que contiene fenol es de 1:5,78 - 1:0,08, tal como 1:2,89 - 1:0,09, tal como 1:1,93 - 1:0,12, tal como 1:1,45 - 1:0,15, tal como 1:1,16 - 1:0,17.

El término razón en masa de (lisina + cisteína) en la proteína con respecto a (fenol) en el compuesto que contiene fenol debe entenderse como la razón de la masa combinada de los residuos de lisina + cisteína en el componente proteico con respecto a la masa combinada de residuos de fenol en el compuesto que contiene fenol.

Los presentes inventores han descubierto que el curado del aglutinante se acelera considerablemente en condiciones alcalinas. Por tanto, en una realización, la composición de aglutinante para fibras minerales comprende un regulador del pH, preferiblemente en forma de una base, tal como una base orgánica, tal como amina o sales de la misma, bases inorgánicas, tales como amoníaco o sales de los mismos.

En una realización preferida, la composición de aglutinante según la presente invención tiene un pH superior a 7, tal como superior a 8, tal como superior a 9, tal como en el intervalo de por encima de 7 y por debajo de 11.

En una realización, la proteína comprende proteínas polifenólicas.

Estas proteínas contienen un alto nivel de una forma oxidada de tirosina modificada de manera postraduccion, L-3,4-dihidroxifenilalanina (levodopa, L-DOPA). Véase también J. J. Wilker Nature Chem. Biol. 2011, 7, 579-580 para una referencia a estas proteínas.

Aditivos

En una realización preferida, la composición aglutinante según la presente invención contiene aditivos.

Otros aditivos pueden ser componentes tales como una o más siliconas reactivas o no reactivas y pueden añadirse al aglutinante. Preferiblemente, la una o más siliconas reactivas o no reactivas se seleccionan del grupo que consiste en silicona constituida por una cadena principal que se compone de residuos de organosiloxano, especialmente residuos de difenilsiloxano, residuos de alquilsiloxano, preferiblemente residuos de dimetilsiloxano, que portan al menos un grupo funcional hidroxilo, acilo, carboxilo o anhídrido, amina, epoxi o vinilo que puede reaccionar con al menos uno de los constituyentes de la composición de aglutinante y está presente preferiblemente en una cantidad del 0,1-15 % en peso, preferiblemente el 0,1-10 % en peso, más preferiblemente el 0,3-8 % en peso, basado en la masa total de aglutinante.

En una realización, puede añadirse un aceite hidrocarbonado emulsionado al aglutinante.

Tal como ya se ha descrito anteriormente, muchos compuestos que contienen fenol, en particular polifenoles, tienen propiedades antimicrobianas y, por tanto, confieren características antimicrobianas al aglutinante. Sin embargo, en una realización, un agente antiincrustante puede añadirse a las composiciones aglutinantes.

En una realización, puede añadirse un agente antihinchamiento al aglutinante, tal como ácido tánico y/o taninos.

En una realización, la composición aglutinante según la presente invención contiene aditivos en forma de enlazadores de amina y/o enlazadores de tiol/tiolato. Estos aditivos en forma de enlazadores de amina y/o enlazadores de tiol/tiolato son especialmente útiles cuando la reacción de reticulación del aglutinante avanza a través de la ruta de la quinona-amina y/o quinona-tiol.

En una realización, las composiciones de aglutinante según la presente invención contienen otros aditivos en forma de aditivos seleccionados del grupo que consiste en reactivos de tipo PEG, silanos, ésteres de ácidos grasos de glicerol e hidroxiapatitas.

Los agentes oxidantes como aditivos pueden servir para aumentar la tasa de oxidación de los fenólicos. Un ejemplo es la enzima tirosinasa que oxida fenoles a hidroxifenoles/quinonas y, por lo tanto, acelera la reacción formadora de aglutinante.

En otra realización, el agente oxidante es oxígeno, que se suministra al aglutinante.

En una realización, el curado se lleva a cabo en ambientes enriquecidos con oxígeno.

Un producto de lana mineral que comprende fibras de lana mineral unidas por un aglutinante

La presente invención también está dirigida a un producto de lana mineral unido por un aglutinante que resulta del curado de la composición aglutinante descrita.

En una realización preferida, la densidad del producto de lana mineral se encuentra en el intervalo de 10-1200 kg/m³, tal como 30-800 kg/m³, tal como 40-600 kg/m³, tal como 50-250 kg/m³, tal como 60-200 kg/m³.

En una realización preferida, el producto de lana mineral según la presente invención es un producto de aislamiento, en particular que tiene una densidad de 10 a 200 kg/m³.

En una realización alternativa, el producto de lana mineral según la presente invención es un panel de fachada, en particular con una densidad de aproximadamente 1200 kg/m³.

En una realización preferida, el producto de lana mineral según la presente invención es un producto de aislamiento.

En una realización preferida, la pérdida por calcinación (PPC) del producto de lana mineral según la presente invención se encuentra dentro del intervalo del 0,1 al 25,0 %, tal como del 0,3 al 18,0 %, tal como del 0,5 al 12,0 %, tal como del 0,7 al 8,0 % en peso.

En una realización, el producto de lana mineral es un producto de aislamiento de lana mineral, tal como un producto de aislamiento térmico o acústico de lana mineral.

En una realización, el producto de lana mineral es un medio de crecimiento hortícola.

Método para producir un producto de lana mineral

La presente invención también proporciona un método para producir un producto de lana mineral uniendo fibras minerales con la composición de aglutinante.

Una ventaja particular del producto de lana mineral según la presente invención es que no requiere altas temperaturas para el curado. Esto no sólo ahorra energía, reduce los COV y evita la necesidad de maquinaria que sea altamente resistente a la temperatura, sino que también permite una alta flexibilidad en un procedimiento para la producción de productos de lana mineral con estos aglutinantes.

En una realización, el método comprende las etapas de:

- preparar una masa fundida de materiales de partida,
- fibrar la masa fundida por medio de un aparato de formación de fibra para formar fibras minerales,
- proporcionar las fibras minerales en forma de un banda recogida,
- mezclar el aglutinante con las fibras minerales antes, durante o después de la provisión de la banda recogida para formar una mezcla de fibras minerales y aglutinante,
- curar la mezcla de fibras minerales y aglutinante.

En una realización, el aglutinante se suministra en las proximidades cercanas del aparato de formación de fibra, tal como un aparato de hilatura en copa o un aparato de hilatura en cascada, en cualquier caso inmediatamente después de la formación de fibra. Después de eso, las fibras con aglutinante aplicado se transportan sobre una cinta transportadora como una banda.

La banda puede someterse a una compresión longitudinal o en longitud después de la formación de fibra y antes de que haya tenido lugar un curado sustancial.

Aparato de formación de fibra

Existen diversos tipos de hiladoras centrífugas para fibrar masas fundidas minerales.

Una hiladora centrífuga convencional es una hiladora en cascada que comprende una secuencia de un rotor superior (o primer rotor) y un rotor posterior (o segundo rotor) y, opcionalmente, otros rotores posteriores (tal como unos rotores tercero y cuarto). Cada rotor rota alrededor de un eje sustancialmente horizontal diferente con un sentido de rotación

opuesto al sentido de rotación del rotor o cada rotor adyacente en la secuencia. Los ejes horizontales diferentes están dispuestos de tal manera que la masa fundida que se vierte sobre el rotor superior se descarga en secuencia sobre la superficie periférica del o cada rotor posterior, y las fibras se expulsan del o cada rotor posterior y, opcionalmente, también del rotor superior.

En una realización, se dispone una hiladora en cascada u otra hiladora para fibrar la masa fundida y las fibras son arrastradas por el aire como una nube de las fibras.

Muchos aparatos de formación de fibra comprenden un disco o una copa que gira alrededor de un eje sustancialmente vertical. Entonces resulta convencional disponer varias de estas hiladoras en línea, es decir, sustancialmente en el primer sentido por ejemplo tal como se describe en los documentos GB-A-926,749, US-A-3,824,086 y WO-A-83/03092.

Normalmente hay una corriente de aire asociada con el uno o cada rotor de fibrado, mediante lo cual las fibras son arrastradas en este aire a medida que se forman y expulsan de la superficie del rotor.

En una realización, se añade aglutinante y/o aditivos a la nube de fibras por medios conocidos. La cantidad de aglutinante y/o aditivo puede ser la misma para cada hiladora o puede ser diferente.

En una realización, puede añadirse un aceite hidrocarbonado en la nube de fibras.

Tal como se usa en el presente documento, el término “banda recogida” pretende incluir cualquier fibra mineral que se haya recogido conjuntamente sobre una superficie, es decir, que ya no sean arrastradas por el aire, por ejemplo, fibras minerales fibradas, granulados, mechones o residuos de bandas recicladas. La banda recogida puede ser una banda primaria que se ha formado mediante la recogida de fibras sobre una cinta transportadora y proporcionado como material de partida sin que se haya solapado en cruz o consolidado de cualquier otra manera.

Alternativamente, la banda recogida puede ser una banda secundaria que se ha formado mediante solapado en cruz o consolidación de cualquier otra manera de una banda primaria. Preferiblemente, la banda recogida es una banda primaria.

En una realización, se realiza el mezclado del aglutinante con las fibras minerales después de la provisión de la banda recogida en las siguientes etapas:

- someter la banda recogida de fibras minerales a un proceso de desenmarañado,
- suspender las fibras minerales en un flujo de aire primario,
- mezclar la composición de aglutinante con las fibras minerales antes, durante o después del proceso de desenmarañado para formar una mezcla de fibras minerales y aglutinante.

Se describe un método para producir un producto de lana mineral que comprende la etapa de proceso de desenmarañado en el documento EP10190521.

En una realización, el proceso de desenmarañado comprende alimentar la banda recogida de fibras minerales desde un conducto con un flujo de aire relativamente inferior a un conducto con un flujo de aire relativamente superior. En esta realización, se cree que se produce el desenmarañado debido a que las fibras que entran en el conducto con el flujo de aire relativamente superior son arrastradas lejos de las fibras posteriores en la banda. Este tipo de desenmarañado es especialmente eficaz para producir mechones de fibras abiertos, en lugar de los flóculos compactados que pueden dar como resultado una distribución desigual de los materiales en el producto.

Según una realización especialmente preferida, el proceso de desenmarañado comprende alimentar la banda recogida a al menos un rodillo que rota alrededor de su eje longitudinal y tiene puntas que sobresalen de su superficie circunferencial. En esta realización, el rodillo rotatorio también contribuirá, generalmente, al menos en parte al flujo de aire relativamente superior. A menudo, la rotación del rodillo es la única fuente del flujo de aire relativamente superior.

En realizaciones preferidas, las fibras minerales y opcionalmente el aglutinante se alimentan al rodillo desde arriba. También se prefiere que las fibras minerales desenmarañadas y, opcionalmente, el aglutinante se descarguen desde el rodillo lateralmente desde la parte inferior de su circunferencia. En la realización más preferida, las fibras minerales se transportan aproximadamente 180 grados por el rodillo antes de expulsarse.

El aglutinante puede mezclarse con las fibras minerales antes, durante o después del proceso de desenmarañado. En algunas realizaciones, se prefiere mezclar el aglutinante con las fibras antes del proceso de desenmarañado. En particular, las fibras pueden estar en forma de una banda recogida no curada que contiene aglutinante.

También es factible que el aglutinante se mezcle previamente con una banda recogida de fibras minerales antes del proceso de desenmarañado. El mezclado adicional podría producirse durante y después del proceso de

desenmarañado. Alternativamente, podría suministrarse al flujo de aire primario por separado y mezclarse en el flujo de aire primario.

5 La mezcla de fibras minerales y aglutinante se recoge desde el flujo de aire primario mediante cualquier medio adecuado. En una realización, el flujo de aire primario se dirige hacia la parte superior de una cámara de tipo ciclón, que está abierta en su extremo inferior y la mezcla se recoge desde el extremo inferior de la cámara de tipo ciclón.

10 La mezcla de fibras minerales y aglutinante se descarga preferiblemente del proceso de desenmarañado en una cámara de conformación.

Una vez que se ha sometido el proceso de desenmarañado, se recoge, se prensa y se cura la mezcla de fibras minerales y aglutinante. Preferiblemente, la mezcla se recoge sobre una cinta transportadora porosa que tiene medios de succión situados por debajo de la misma.

15 En un método preferido según la invención, la mezcla de aglutinante y fibras minerales, que se ha recogido, se prensa y se cura.

20 En un método preferido según la invención, a la mezcla de aglutinante y fibras minerales que se ha recogido, se le retira la capa superficial antes de prensarse y curarse.

25 El método puede realizarse como un proceso discontinuo, sin embargo, según una realización el método se realiza en una línea para producir lana mineral que alimenta una banda de lana mineral primaria o secundaria en el proceso de separación de fibra, que proporciona un método especialmente rentable y versátil para proporcionar materiales compuestos que tienen propiedades mecánicas y propiedades de aislamiento térmico favorables en un amplio intervalo de densidades.

Al mismo tiempo, debido al curado a la temperatura ambiental, se reduce considerablemente la probabilidad de puntos de aglutinante no curado.

30 Curado

Se cura la banda mediante una reacción química y/o física de los componentes del aglutinante.

35 En una realización, el curado tiene lugar en un dispositivo de curado.

En una realización el curado se lleva a cabo a temperaturas de desde 5 hasta 150 °C, tal como desde 5 hasta 60 °C, tal como desde 20 hasta 40 °C.

40 El proceso de curado puede comenzar inmediatamente después de la aplicación del aglutinante a las fibras.

En una realización, el proceso de curado comprende reticulación y/o inclusión de agua como agua de cristalización.

45 En una realización, el aglutinante curado contiene agua de cristalización cuyo contenido puede disminuir y cuyo contenido puede aumentar, dependiendo de las condiciones predominantes de temperatura, presión y humedad.

En una realización, el curado se lleva a cabo en un horno de curado convencional para la producción de lana mineral que funciona a una temperatura de desde 5 hasta 150 °C, tal como desde 5 hasta 60 °C, tal como desde 20 hasta 40 °C.

50 En una realización, el proceso de curado comprende un proceso de secado.

En una realización preferida, el curado del aglutinante en contacto con las fibras minerales se lleva a cabo en una prensa de calor.

55 El curado de un aglutinante en contacto con las fibras minerales en una prensa de calor tiene la ventaja particular de que permite la producción de productos de alta densidad.

En una realización, el proceso de curado comprende el secado por presión. La presión puede aplicarse insuflando aire o gas a la mezcla de fibras minerales y aglutinante. El proceso de insuflación puede estar acompañado de calentamiento o enfriamiento o puede ser a la temperatura ambiental.

60 En una realización, el proceso de curado tiene lugar en un entorno húmedo.

65 El entorno húmedo puede tener una humedad relativa HR del 60-99 %, tal como del 70-95 %, tal como del 80-92 %. El curado en un entorno húmedo puede ir seguido de curado o secado para obtener un estado de humedad predominante.

El producto de lana mineral puede estar en cualquier configuración convencional, por ejemplo una estera o un bloque, y puede cortarse y/o conformarse (por ejemplo, en secciones de tubería) antes, durante o después del curado del aglutinante.

5 La presente invención también proporciona el uso de una composición de aglutinante como la descrita anteriormente para la producción de un producto de fibra mineral.

10 En una realización, la presente invención proporciona un uso de uno o más compuestos que contienen cationes metálicos divalentes M^{2+} en una composición de aglutinante libre de formaldehído para fibras minerales que comprende al menos un compuesto que contiene fenol y al menos una proteína, para mejorar la absorción de agua y/o las propiedades mecánicas y/o las propiedades de envejecimiento de un producto de lana mineral que comprende fibras minerales unidas por un aglutinante resultante del curado de esa composición de aglutinante.

15 En una realización, la presente invención proporciona un uso de compuestos que contienen cationes metálicos divalentes M^{2+} y compuestos que contienen cationes metálicos monovalentes M^+ en una composición de aglutinante libre de formaldehído para fibras minerales que comprende al menos un compuesto que contiene fenol y al menos una proteína, para mejorar la absorción de agua y/o las propiedades mecánicas y/o las propiedades de envejecimiento de un producto de lana mineral que comprende fibras minerales unidas por un aglutinante resultante del curado de esa composición de aglutinante.

20 En una realización, el compuesto que contiene el catión metálico divalente M^{2+} comprende Ca^{2+} .

En una realización, el compuesto que contiene el catión metálico monovalente está en forma de un catión metálico monovalente de Li, Na, K, tal como Na.

25 **Ventajas de la composición de aglutinante**

30 El producto de lana mineral según la presente invención tiene la ventaja sorprendente de que puede producirse mediante un aglutinante muy simple que requiere tan solo tres componentes, principalmente al menos una proteína, al menos un compuesto que contiene fenol y al menos un compuesto que contiene un catión metálico divalente M^{2+} . Por tanto, el producto de lana mineral según la presente invención se produce a partir de componentes naturales y no tóxicos y, por tanto, es seguro para trabajar con el mismo. Al mismo tiempo, el producto de lana mineral según la presente invención se produce a partir de un aglutinante basado en recursos renovables, y da como resultado propiedades mejoradas del producto de lana mineral.

35 Otra ventaja es la posibilidad de curado a temperatura ambiente o cerca de la temperatura ambiente. Esto no solo conduce a ahorros de consumo de energía y menos complejidad de la maquinaria necesaria, sino que también disminuye la probabilidad de manchas de aglutinante no curadas, que pueden producirse durante el curado térmico de aglutinantes convencionales.

40 Otra ventaja es el riesgo de efecto exotérmico enormemente reducido.

45 El efecto exotérmico puede asociarse con reacciones exotérmicas durante la fabricación del producto de lana mineral que aumentan las temperaturas a través del grosor del aislamiento, lo que provoca la fusión o desvitrificación de las fibras minerales y crea, al final, un peligro de incendio. En el peor de los casos, el efecto exotérmico provoca incendios en las paletas apiladas almacenadas en almacenes o durante el transporte.

Aún otra ventaja es la ausencia de emisiones o un grado de emisión muy reducido durante el curado, en particular la ausencia o un grado muy reducido de emisiones de COV.

50 Otras ventajas importantes son las capacidades de autorreparación de los productos de lana mineral producidos a partir de los aglutinantes.

55 Una ventaja adicional de los productos de lana mineral producidos con el aglutinante según la presente invención es que muestran propiedades mejoradas, en particular en lo que respecta a la absorción de agua y/o a las propiedades mecánicas y/o a las propiedades de envejecimiento, en comparación con los productos de lana mineral conocidos anteriormente, en particular con respecto a los productos de lana mineral conocidos anteriormente producidos a partir de aglutinantes derivados de recursos renovables. Esto abre la posibilidad de fabricar productos personalizados, como secciones de tubería.

60 **Ejemplos**

En los ejemplos siguientes, se prepararon varios aglutinantes que están comprendidos en la definición de la presente invención y se compararon con aglutinantes según la técnica anterior.

65 **Métodos experimentales y definiciones**

Métodos experimentales generales

La gelatina IMAGEL® LA (tipo A, porcina, 120 bloom) y la gelatina IMAGEL® LB (tipo B, porcina, 122 bloom) se obtuvieron de GELITA AG. La sericina (*Bombyx mori*, gusano de seda) se obtuvo de Sigma-Aldrich. El tanino de castaño (Vinoferm Tannorouge, de calidad alimentaria) se obtuvo de Brouwland bvba. El tanino de quebracho (Tannivin® Structure, alto contenido de proantocianidina) se obtuvo de Erbslöh. El jarabe de glucosa ac. al 75 % con un valor de ED de 95 a menos de 100 (C*sweet D 02767 de Cargill) lo suministró Cargill. El silano (Momentive VS-142) fue suministrado por Momentive. El ácido hipofosforoso ac. al 50 %, el amoniaco ac. al 28 % y todos los demás componentes se obtuvieron con alta pureza de Sigma-Aldrich. Todos los componentes para los que no se ha detallado una concentración anteriormente se supusieron completamente puros y anhidros por simplicidad.

Las mediciones del pH se realizaron usando un medidor de pH de Mettler Toledo SevenCompact™ S220 equipado con un electrodo de pH de Mettler Toledo InLab® Expert Pro-ISM y una sonda de temperatura.

Los granitos de piedra (partículas predominantemente redondeadas que tienen la misma composición de masa fundida que las fibras de lana de roca) formados durante el proceso de hilado en cascada de una masa fundida de piedra para la producción de fibras de lana de roca se obtuvieron en una fábrica de ROCKWOOL® en los Países Bajos. La mezcla en bruto de granitos de piedra se tamizó en primer lugar para eliminar los granitos con tamaños > 1,2 mm de diámetro, así como cualquier resto de mechones de lana de roca. A continuación, se trataron térmicamente los granitos de piedra durante la noche a 590 °C para eliminar cualquier rastro de materia orgánica. Después de enfriar, se tamizaron nuevamente los granitos de piedra, esta vez aislando las fracciones con tamaños de diámetro de 0,25-0,50 mm, mientras que las fracciones con tamaños de diámetro más pequeños o más grandes se descartaron. Las fracciones de granitos de piedra con diámetros de 0,25-0,50 mm se lavaron minuciosamente en primer lugar en agua fría del grifo y luego en agua desmineralizada. Los granitos de piedra tamizados y limpios se secaron durante la noche a 120 °C, se dejaron enfriar a temperatura ambiental y, a continuación, se almacenaron a temperatura ambiental en un recipiente cerrado hasta su uso.

Moldes de silicona resistentes al calor FUNKTION para la fabricación de barras (4 × 5 ranuras por forma; dimensión superior de la ranura: longitud = 5,6 cm, ancho = 2,5 cm; dimensión del fondo de la ranura: longitud = 5,3 cm, ancho = 2,2 cm; altura de ranura = 1,1 cm) se obtuvieron de F&H de Scandinavia A/S.

Las pruebas de flexión de tres puntos se registraron en una máquina de prueba Bent Tram SUT 3000/520 (velocidad de prueba: 10,0 mm/min; nivel de ruptura: 50 N; resistencia mecánica nominal: 30 N/mm²; distancia de soporte: 40 mm; deflexión máx. 20 mm; módulo E nominal (10000 N/mm²). Las barras se colocaron con la “cara superior” hacia arriba (es decir, la cara con las dimensiones de longitud = 5,6 cm, ancho = 2,5 cm) en la máquina.

Los nuevos recipientes de lámina de estaño para su uso en la medición de los sólidos aglutinantes (solo los aglutinantes de referencia A y B) y de la pérdida de ignición de las barras compuestas se trataron térmicamente a 590 °C durante 15 minutos antes de usarlos para eliminar todos los compuestos orgánicos.

Contenido de sólidos de componente de aglutinante - definición

El contenido de cada uno de los componentes en una disolución de aglutinante dada antes del curado se basa en la masa anhidra de los componentes. Puede usarse la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de sólidos de componente de aglutinante (\%)} = \frac{\text{Sólidos de componente de aglutinante A (g)} + \text{Sólidos de componente de aglutinante B (g)} + \dots}{\text{peso total de la mezcla (g)}} \times 100\%$$

Sólidos aglutinantes - definición y procedimiento (solo aglutinantes de referencia A y B)

El contenido de aglutinante tras el curado se denomina “sólidos de aglutinante”.

Muestras de lana de piedra en forma de disco (diámetro: 5 cm; altura 1 cm) se recortaron de lana de roca y se trataron térmicamente a 590 °C durante al menos 30 minutos para eliminar todos los compuestos orgánicos. Se midieron los sólidos de la mezcla de aglutinante (véase más adelante para ejemplos de mezclado) distribuyendo una muestra de la mezcla de aglutinante (aprox. 2 g) sobre un disco de lana de piedra tratado con calor en un recipiente de lámina de estaño. Se pesó el recipiente de lámina de estaño que contiene el disco de lana de roca antes y directamente después de la adición de la mezcla de aglutinante. Se produjeron dos discos de lana de piedra cargados con mezcla de aglutinante de este tipo en recipientes de lámina de estaño y después se calentaron a 200 °C durante 1 hora. Tras enfriar y almacenar a temperatura ambiente durante 10 minutos, las muestras se pesaron, y los sólidos aglutinantes se calcularon como promedio de los dos resultados.

Pérdida de reacción - definición (sólo aglutinantes de referencia A y B)

La pérdida por reacción se define como la diferencia entre los sólidos del componente de aglutinante y los sólidos de aglutinante.

5 Fabricación de barras compuestas

Se obtuvo una disolución de aglutinante al 15 % en peso o una disolución de sólidos aglutinantes al 15 % en peso (sólo para los aglutinantes de referencia A y B) tal como se describe en los ejemplos siguientes. Una muestra de la disolución de aglutinante (16,0 g) se mezcló bien con trocitos (90,0 g). La mezcla resultante se introdujo a continuación en cuatro ranuras en una forma de silicona resistente al calor para fabricar barras. Durante la fabricación de cada barra compuesta, las mezclas colocadas en las ranuras se presionaron según sea necesario y después se estiraron con una espátula de plástico para generar una superficie uniforme de la barra. En general, se prepararon 28-32 barras de esta manera a partir de cada composición de aglutinante. La producción de un excedente de barras permitió desechar las barras durante los diversos procesos de tratamiento debido a la presencia de irregularidades visuales, tales como superficies irregulares, grietas y/o bolsas de aire creadas durante el proceso de fabricación. Las barras fabricadas usando el aglutinante de referencia A se curaron durante 1 h a 200 °C, mientras que las barras fabricadas usando el aglutinante de referencia B se curaron durante 1 h a 225 °C. Los aglutinantes según la presente invención, así como todos los demás aglutinantes de referencia, se curaron y secaron a temperatura ambiente durante 2-3 días. Las barras se sacaron cuidadosamente de los recipientes, se pusieron boca abajo y se dejaron durante 1-2 días adicionalmente a temperatura ambiente para curarlas y secarlas completamente.

Tratamiento de envejecimiento de barras compuestas

El tratamiento de envejecimiento de las barras compuestas se llevó a cabo sometiéndolas a un tratamiento en autoclave (15 min/120 °C/1,2 bar) o a un tratamiento en baño de agua (3 h/ 80 °C), seguido de enfriamiento a temperatura ambiente y secado durante 2-3 días.

Medición de resistencias mecánicas de barras compuestas

La fuerza de carga máxima requerida para romper las barras compuestas se registró en una prueba de flexión de tres puntos. Para cada punto de datos, se calculó un valor promedio sobre la base de cinco barras que se habían sometido a un tratamiento idéntico.

Medición de pérdida de ignición (LOI) de barras compuestas

La pérdida de ignición (LOI) de las barras compuestas se midió en recipientes pequeños de lámina de estaño mediante tratamiento a 590 °C. Se pesó el recipiente de lámina de estaño y se colocaron cuatro barras (normalmente después de romperse en la prueba de flexión de tres puntos) en el recipiente de la lámina de estaño. El conjunto se pesó y luego se trató térmicamente a 590 °C durante 30 minutos. Tras enfriar a temperatura ambiente, se volvió a registrar el peso y se calculó la pérdida de ignición (LOI) utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{LOI (\%)} = \frac{\text{Peso de las barras antes del tratamiento térmico (g)} - \text{Peso de las barras después del tratamiento térmico (g)}}{\text{Peso de las barras antes del tratamiento térmico (g)}} \times 100\%$$

Mediciones de absorción de agua

La absorción de agua de los aglutinantes se midió pesando tres barras y después sumergiendo las barras en agua (aproximadamente 250 ml) en un vaso de precipitados (565 ml, ø inferior = 9,5 cm; ø superior = 10,5 cm; altura = 7,5 cm) durante 3 h o 24 h. Las barras se colocaron a continuación una al lado de la otra en el fondo del vaso de precipitados con "la cara superior" hacia abajo (es decir, la cara con las dimensiones de longitud = 5,6 cm, anchura = 2,5 cm). Después de la cantidad de tiempo designado, las barras se levantaron una por una y se dejaron escurrir durante un minuto. Las barras se mantuvieron (suavemente) con el lado longitudinal casi vertical de manera que las gotículas goteen desde una esquina de la barra. A continuación, se pesaron las barras y se calculó la absorción de agua utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Abs. de agua (\%)} = \frac{\text{Peso de las barras después del tratamiento con agua (g)} - \text{Peso de las barras antes del tratamiento con agua (g)}}{\text{Peso de las barras antes del tratamiento con agua (g)}} \times 100\%$$

Composiciones de aglutinante de referencia de la técnica anterior y aglutinantes de referencia

65 Aglutinante de referencia, ejemplo A (resina de fenol-formaldehído modificada con urea, una PUF-resol)

Se prepara una resina de fenol-formaldehído haciendo reaccionar formaldehído ac. al 37 % (606 g) y fenol (189 g) en presencia de hidróxido de potasio ac. al 46 % (25,5 g) a una temperatura de reacción de 84 °C precedida por una velocidad de calentamiento de aproximadamente 1 °C por minuto. Se continúa con la reacción a 84 °C hasta que la tolerancia a la acidez de la resina sea de 4, y se haya convertido la mayoría del fenol. Luego se añade urea (241 g) y se enfría la mezcla.

La acid tolerance (tolerancia a la acidez- AT) expresa el número de veces que puede diluirse un volumen dado de un aglutinante con ácido sin que la mezcla se enturbie (precipite el aglutinante). Se usa ácido sulfúrico para determinar el criterio de parada en una producción de aglutinante, y una tolerancia a la acidez menor de 4 indica el final de la reacción aglutinante. Para medir la AT, se produce un agente de valoración volumétrica diluyendo 2,5 ml de ácido sulfúrico conc. (>99 %) con 1 l de agua de intercambio iónico. Se valoran entonces 5 ml del aglutinante que va a investigarse a temperatura ambiente con este valorante manteniendo el aglutinante en movimiento con agitación manual del mismo; si se prefiere, se usa un agitador magnético y una varilla magnética. Se continúa con la valoración hasta que aparece una ligera turbidez en el aglutinante, que no desaparece cuando se agita el aglutinante.

La acid tolerance (tolerancia a la acidez- AT) se calcula dividiendo la cantidad de ácido usada en la valoración (ml) entre la cantidad de muestra (ml):

$$AT = (\text{Volumen usado en la valoración (ml)}) / (\text{volumen de muestra (ml)})$$

Usando la resina de fenol-formaldehído modificada con urea obtenida, se prepara un aglutinante mediante la adición de amoníaco ac. al 25 % (90 ml) y sulfato de amonio (13,2 g) seguido por agua (1,30 kg). Luego se midieron los sólidos de aglutinante tal como se ha descrito anteriormente, y se diluyó la mezcla con la cantidad requerida de agua y silano (Momentive VS-142) para los estudios de resistencia mecánica (disolución con el 15 % de sólidos de aglutinante, silano al 0,5 % de sólidos de aglutinante).

Aglutinante de referencia, ejemplo B

Se agitó una mezcla de jarabe de glucosa ac. al 75 % (38,9 g), sulfamato de amonio (1,17 g), ácido hipofosforoso al 50 % (0,58 g) y urea (1,46 g) en agua (106,4 g) a temperatura ambiente hasta obtener una disolución transparente. Luego se añadió gota a gota amoníaco ac. al 28 % (0,38 g) seguido de silano al 10 % Momentive VS-142 (1,13 g). La mezcla aglutinante final tenía un 15 % de sólidos aglutinantes y tenía un pH de 8.

Aglutinante de referencia, ejemplo F

A NaOH 1 M (31,5 g) en agitación a temperatura ambiente se le añadió tanino de castaño (9,00 g). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, se usó la disolución resultante de color marrón oscuro en los experimentos posteriores.

Una mezcla de gelatina IMAGEL® LA (12,00 g) en agua (68,54 g) se agitó a 50 °C durante aprox. 15-30 min hasta que se obtuvo una disolución transparente (pH 4,7). A continuación se añadió NaOH 1 M (3,90 g) (pH 9,0) seguido de una porción de la disolución de tanino de castaño anterior (5,40 g; por tanto, de manera eficiente 1,20 g de tanino de castaño). Después de agitar durante 1-2 minutos más a 50 °C, la mezcla de color marrón resultante (pH 9,2) se usó en los experimentos posteriores.

Composiciones de aglutinante según la presente invención

Ejemplo de aglutinante, ejemplo 8

A una disolución con agitación de NaOH (4,00 g, 0,10 mol) en agua (200 ml) a temperatura ambiente se le añadió Ca(OH)_2 (3,70 g, 0,05 mmol). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, la suspensión incolora resultante se usó en los experimentos posteriores (mientras se mantenía con agitación continua).

A una porción de la mezcla anterior de Ca(OH)_2 -NaOH (31,5 g) con agitación a temperatura ambiente se le añadió tanino de castaño (9,00 g). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, se usó la mezcla resultante de color marrón oscuro (pH 8,8) en los experimentos posteriores.

Una mezcla de gelatina IMAGEL® LA (12,00 g) en agua (66,43 g) se agitó a 50 °C durante aprox. 15-30 min hasta que se obtuvo una disolución transparente (pH 4,9). A una porción de la mezcla de Ca(OH)_2 -NaOH anterior (4,78 g) (pH 9,4) se le añadió a continuación una porción de la mezcla de tanino de castaño anterior (2,70 g; por tanto, de manera eficiente 0,60 g de tanino de castaño). Después de agitar durante 1-2 minutos más a 50 °C, la mezcla de color marrón resultante (pH 9,1) se usó en los experimentos posteriores.

Ejemplo de aglutinante, ejemplo 14

A una disolución con agitación de NaOH (2,00 g, 0,05 mol) en agua (200 ml) a temperatura ambiente se le añadió Ca(OH)_2 (5,56 g, 0,075 mmol). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, la suspensión incolora resultante se usó en los experimentos posteriores (mientras se mantenía con agitación continua).

- 5 A una porción de la mezcla anterior de Ca(OH)_2 -NaOH (31,5 g) con agitación a temperatura ambiente se le añadió tanino de castaño (9,00 g). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, se usó la mezcla resultante de color marrón oscuro (pH 8,4) en los experimentos posteriores.

- 10 Una mezcla de gelatina IMAGEL® LA (12,00 g) en agua (68,00 g) se agitó a 50 °C durante aprox. 15-30 min hasta que se obtuvo una disolución trasparente (pH 5,2). A una porción de la mezcla de Ca(OH)_2 -NaOH anterior (5,19 g) (pH 9,6) se le añadió a continuación una porción de la mezcla de tanino de castaño anterior (5,40 g; por tanto, de manera eficiente 1,20 g de tanino de castaño). Después de agitar durante 1-2 minutos más a 50 °C, la mezcla de color marrón resultante (pH 9,0) se usó en los experimentos posteriores.

- 15 Ejemplo de aglutinante, ejemplo 17

Al agua (200 ml) con agitación a temperatura ambiente se le añadió Ca(OH)_2 (7,41 g, 0,10 mmol). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, la suspensión incolora resultante se usó en los experimentos posteriores (mientras se mantenía con agitación continua).

- 20 A una porción de la mezcla anterior de Ca(OH)_2 (31,5 g) con agitación a temperatura ambiente se le añadió tanino de castaño (9,00 g). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, se usó la mezcla resultante de color marrón oscuro (pH 8,0) en los experimentos posteriores.

- 25 Una mezcla de gelatina IMAGEL® LA (12,00 g) en agua (65,42 g) se agitó a 50 °C durante aprox. 15-30 min hasta que se obtuvo una disolución trasparente (pH 5,0). A una porción de la mezcla de Ca(OH)_2 anterior (5,13 g) (pH 9,5) se le añadió a continuación una porción de la mezcla de tanino de castaño anterior (1,62 g; por tanto, de manera eficiente 0,36 g de tanino de castaño). Después de agitar durante 1-2 minutos más a 50 °C, la mezcla de color marrón resultante (pH 9,2) se usó en los experimentos posteriores.

- 30 Ejemplo de aglutinante, ejemplo 20

Al agua (200 ml) con agitación a temperatura ambiente se le añadió Ca(OH)_2 (7,41 g, 0,10 mmol). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, la suspensión incolora resultante se usó en los experimentos posteriores (mientras se mantenía con agitación continua).

- 35 A una porción de la mezcla anterior de Ca(OH)_2 (31,5 g) con agitación a temperatura ambiente se le añadió tanino de castaño (9,00 g). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, se usó la mezcla resultante de color marrón oscuro (pH 8,0) en los experimentos posteriores.

- 40 Una mezcla de gelatina IMAGEL® LA (11,00 g) en agua (62,83 g) se agitó a 50 °C durante aprox. 15-30 min hasta que se obtuvo una disolución trasparente (pH 5,1). A una porción de la mezcla de Ca(OH)_2 anterior (8,21 g) (pH 11,1) se le añadió a continuación una porción de la mezcla de tanino de castaño anterior (9,90 g; por tanto, de manera eficiente 2,20 g de tanino de castaño). Después de agitar durante 1-2 minutos más a 50 °C, la mezcla de color marrón resultante (pH 9,0) se usó en los experimentos posteriores.

Ejemplo de aglutinante, ejemplo 22

- 50 A una disolución con agitación de NaOH (2,00 g, 0,05 mol) en agua (200 ml) a temperatura ambiente se le añadió Ca(OH)_2 (5,56 g, 0,075 mmol). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, la suspensión incolora resultante se usó en los experimentos posteriores (mientras se mantenía con agitación continua).

- 55 A una porción de la mezcla anterior de Ca(OH)_2 -NaOH (31,5 g) con agitación a temperatura ambiente se le añadió tanino de castaño (9,00 g). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, se usó la mezcla resultante de color marrón oscuro (pH 8,4) en los experimentos posteriores.

- 60 Una mezcla de gelatina IMAGEL® LA (7,50 g) y sericina (2,50 g) en agua (56,23 g) se agitó a 50 °C durante aprox. 15-30 min hasta que se obtuvo una disolución trasparente (pH 5,6). A una porción de la mezcla de Ca(OH)_2 -NaOH anterior (4,55 g) (pH 9,3) se le añadió a continuación una porción de la mezcla de tanino de castaño anterior (5,40 g; por tanto, de manera eficiente 1,20 g de tanino de castaño). Después de agitar durante 1-2 minutos más a 50 °C, la mezcla de color marrón resultante (pH 9,1) se usó en los experimentos posteriores.

Ejemplo de aglutinante, ejemplo 23

- 65

A una disolución con agitación de NaOH (2,00 g, 0,05 mol) en agua (200 ml) a temperatura ambiente se le añadió Ba(OH)₂ (12,85 g, 0,075 mmol). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, la suspensión incolora resultante se usó en los experimentos posteriores (mientras se mantenía con agitación continua).

- 5 A una porción de la mezcla anterior de Ba(OH)₂-NaOH (31,5 g) con agitación a temperatura ambiente se le añadió tanino de castaño (9,00 g). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, se usó la mezcla resultante de color marrón (pH 8,6) en los experimentos posteriores.

- 10 Una mezcla de gelatina IMAGEL® LA (12,00 g) en agua (70,19 g) se agitó a 50 °C durante aprox. 15-30 min hasta que se obtuvo una disolución transparente (pH 4,9). A una porción de la mezcla de Ba(OH)₂-NaOH anterior (4,77 g) (pH 9,2) se le añadió a continuación una porción de la mezcla de tanino de castaño anterior (5,40 g; por tanto, de manera eficiente 1,20 g de tanino de castaño). Después de agitar durante 1-2 minutos más a 50 °C, la mezcla de color marrón resultante (pH 9,0) se usó en los experimentos posteriores.

- 15 Ejemplo de aglutinante, ejemplo 25

A una disolución con agitación de NaOH (1,00 g, 0,025 mol) en agua (200 ml) a temperatura ambiente se le añadió Ca(OH)₂ (2,79 g, 0,038 mmol). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, la suspensión incolora resultante se usó en los experimentos posteriores (mientras se mantenía con agitación continua).

- 20 A una porción de la mezcla anterior de Ca(OH)₂-NaOH (31,5 g) con agitación a temperatura ambiente se le añadió tanino de quebracho (9,00 g). Después de agitar a temperatura ambiente durante 5-10 minutos más, se usó la mezcla resultante de color marrón (pH 8,8) en los experimentos posteriores.

- 25 Una mezcla de gelatina IMAGEL® LA (12,00 g) en agua (63,47 g) se agitó a 50 °C durante aprox. 15-30 min hasta que se obtuvo una disolución transparente (pH 4,9). A una porción de la mezcla de Ca(OH)₂-NaOH anterior (8,68 g) (pH 9,2) se le añadió a continuación una porción de la mezcla de tanino de castaño anterior (5,40 g; por tanto, de manera eficiente 1,20 g de tanino de quebracho). Después de agitar durante 1-2 minutos más a 50 °C, la mezcla de color marrón resultante (pH 9,0) se usó en los experimentos posteriores.

- 30 TABLA 1-1: Composiciones de aglutinante según la técnica anterior

Ejemplo	A	B
Propiedades del aglutinante		
Sólidos de aglutinante (%)	15,0	15,0
Pérdida por reacción (%)	28,5	30,3
pH	9,6	8
Condiciones de curado en barra		
Temperatura (°C / 1 h)	200	225
Propiedades en barra		
Resistencia mecánica, sin envejecimiento (kN)	0,52	0,37
Resistencia mecánica, envejecida en baño de agua (kN)	0,35	0,29
LOI, no envejecida (%)	2,6	2,4
LOI, envejecido en baño de agua (%)	2,6	2,4
Absorción de agua, 3 h (%)	21	23
Absorción de agua, 24 h (%)	21	24

TABLA 1-2: Aglutinantes de referencia (proteína, agente reticulante, hidróxido de sodio)

Ejemplo	C	D	E	F	G
Composición de aglutinante					
Proteína (% en peso) ^[a]					
Gelatina IMAGEL® LA	100	100	100	100	100

	Ejemplo	C	D	E	F	G
	Composición de aglutinante					
5	Proteína (% en peso) ^[a]					
	Gelatina IMAGEL® LB	-	-	-	-	-
	Sericina	-	-	-	-	-
10	Reticulante (% en peso) ^[a]					
	Tanino de castaño	-	3	5	10	20
	Tanino de quebracho	-	-	-	-	-
15	Compuesto con catión metálico monovalente (% en peso) ^[b]					
	Hidróxido de sodio	1,2	1,6	1,8	2,4	3,3
20	Compuesto con catión metálico divalente (% en peso) ^[b]					
	Hidróxido de calcio	-	-	-	-	-
	Hidróxido de bario	-	-	-	-	-
	Hidróxido de magnesio	-	-	-	-	-
25	Cationes metálicos monovalentes y divalentes (razones molares)					
	Sodio	100	100	100	100	100
	Calcio	0	0	0	0	0
	Bario	0	0	0	0	0
	Magnesio	0	0	0	0	0
30	Mezclado del aglutinante y fabricación de barras					
	Contenido de sólidos de componente de aglutinante (%)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
	pH de la mezcla de aglutinante	9,1	9,0	9,0	9,2	9,2
35	Temperatura de curado (°C)	ta	ta	ta	ta	ta
40	Propiedades en barra					
	Resistencia mecánica, sin envejecimiento (kN)	0,32	0,34	0,32	0,31	0,25
	Resistencia mecánica, envejecida en baño de agua (kN)	0	0,28	0,29	0,27	0,26
	Resistencia mecánica, envejecida en autoclave (kN)	0,25	0,24	0,23	0,19	0,19
45	LOI, no envejecida (%)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	LOI, envejecida en baño de agua (%)	0	2,2	2,3	2,3	2,3
	LOI, envejecido en autoclave (%)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4
	Absorción de agua, 3 h (%)	5	8	7	8	11
50	Absorción de agua, 24 h (%)	12	18	17	19	25
	^[a] De proteína. ^[b] De proteína + agente reticulante.					

TABLA 1-3: Aglutinantes de referencia (proteína, agente reticulante, hidróxido de sodio)

	Ejemplo	H	I	J	K	L
	Composición de aglutinante					
	Proteína (% en peso) ^[a]					
55	Gelatina IMAGEL® LA	100	100	-	75	100
60	Gelatina IMAGEL® LB	-	-	100	-	-
	Sericina	-	-	-	25	-
65	Reticulante (% en peso) ^[a]					
	Tanino de castaño	30	50	10	12	-

	Ejemplo	H	I	J	K	L
	Composición de aglutinante					
5	Proteína (% en peso) ^[a]					
	Tanino de quebracho	-	-	-	-	10
	Compuesto con catión metálico monovalente (% en peso) ^[b]					
10	Hidróxido de sodio	4,1	5,3	2,5	2,4	1,7
	Compuesto con catión metálico divalente (% en peso) ^[b]					
	Hidróxido de calcio	-	-	-	-	-
	Hidróxido de bario	-	-	-	-	-
15	Hidróxido de magnesio	-	-	-	-	-
	Cationes metálicos monovalentes y divalentes (razones molares)					
	Sodio	100	100	100	100	100
20	Calcio	0	0	0	0	0
	Bario	0	0	0	0	0
	Magnesio	0	0	0	0	0
	Mezclado del aglutinante y fabricación de barras					
25	Contenido de sólidos de componente de aglutinante (%)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
	pH de la mezcla de aglutinante	9,2	9,1	9,2	9,1	9,0
	Temperatura de curado (°C)	ta	ta	ta	ta	ta
30	Propiedades en barra					
	Resistencia mecánica, sin envejecimiento (kN)	0,16	0,10	0,34	0,26	0,33
	Resistencia mecánica, envejecida en baño de agua (kN)	0,17	0,10	0,22	0,22	0,26
35	Resistencia mecánica, envejecida en autoclave (kN)	0,12	0,08	0,23	-	0,25
	LOI, no envejecida (%)	2,4	2,4	2,5	2,6	2,5
	LOI, envejecida en baño de agua (%)	2,2	2,1	2,4	2,3	2,4
40	LOI, envejecido en autoclave (%)	2,4	2,3	2,5	-	2,5
	Absorción de agua, 3 h (%)	13	15	16	14	6
	Absorción de agua, 24 h (%)	29	33	38	34	16
45	^[a] De proteína. ^[b] De proteína + agente reticulante.					

TABLA 1-4: Proteína, agente reticulante, hidróxido de calcio-hidróxido de sodio

	Ejemplo	1	2	3	4	5
50	Composición de aglutinante					
	Proteína (% en peso) ^[a]					
	Gelatina IMAGEL® LA	100	100	100	100	100
55	Gelatina IMAGEL® LB	-	-	-	-	-
	Sericina	-	-	-	-	-
	Reticulante (% en peso) ^[a]					
60	Tanino de castaño	-	3	5	10	20
	Tanino de quebracho	-	-	-	-	-
	Compuesto con catión metálico monovalente (% en peso) ^[b]					
65	Hidróxido de sodio	1,2	1,7	2,0	2,5	3,3
	Compuesto con catión metálico divalente (% en peso) ^[b]					

Ejemplo	1	2	3	4	5
Composición de aglutinante					
Proteína (% en peso) ^[a]					
Hidróxido de calcio	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Hidróxido de bario	-	-	-	-	-
Hidróxido de magnesio	-	-	-	-	-
Cationes metálicos monovalentes y divalentes (razones molares)					
Sodio	85,7	85,7	85,7	85,7	85,7
Calcio	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3
Bario	-	-	-	-	-
Magnesio	-	-	-	-	-
Mezclado del aglutinante y fabricación de barras					
Contenido de sólidos de componente de aglutinante (%)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
pH de la mezcla de aglutinante	9,0	9,0	9,1	9,1	9,0
Temperatura de curado (°C)	ta	ta	ta	ta	ta
Propiedades en barra					
Resistencia mecánica, sin envejecimiento (kN)	0,29	0,32	0,32	0,29	0,20
Resistencia mecánica, envejecida en baño de agua (kN)	0	0,23	0,29	0,31	0,24
Resistencia mecánica, envejecida en autoclave (kN)	0,25	0,20	0,18	0,18	0,12
LOI, no envejecida (%)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4
LOI, envejecida en baño de agua (%)	0	2,0	2,2	2,3	2,3
LOI, envejecido en autoclave (%)	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4
Absorción de agua, 3 h (%)	5	7	7	8	10
Absorción de agua, 24 h (%)	12	18	18	20	24
^[a] De proteína. ^[b] De proteína + agente reticulante.					

TABLA 1-5: Proteína, agente reticulante, hidróxido de calcio-hidróxido de sodio

Ejemplo	6	7	8	9	10
Composición de aglutinante					
Proteína (% en peso) ^[a]					
Gelatina IMAGEL® LA	100	100	100	100	100
Gelatina IMAGEL® LB	-	-	-	-	-
Sericina	-	-	-	-	-
Reticulante (% en peso) ^[a]					
Tanino de castaño	-	3	5	10	20
Tanino de quebracho	-	-	-	-	-
Compuesto con catión metálico monovalente (% en peso) ^[b]					
Hidróxido de sodio	0,6	0,9	1,1	1,3	1,8
Compuesto con catión metálico divalente (% en peso) ^[b]					
Hidróxido de calcio	0,5	0,8	1,0	1,2	1,7
Hidróxido de bario	-	-	-	-	-
Hidróxido de magnesio	-	-	-	-	-
Cationes metálicos monovalentes y divalentes (razones molares)					

	Ejemplo	6	7	8	9	10
	Composición de aglutinante					
5	Proteína (% en peso) ^[a]					
	Sodio	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7
	Calcio	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
10	Bario	-	-	-	-	-
	Magnesio	-	-	-	-	-
	Mezclado del aglutinante y fabricación de barras					
	Contenido de sólidos de componente de aglutinante (%)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
15	pH de la mezcla de aglutinante	9,0	9,0	9,1	9,1	9,0
	Temperatura de curado (°C)	ta	ta	ta	ta	ta
	Propiedades en barra					
20	Resistencia mecánica, sin envejecimiento (kN)	0,31	0,35	0,36	0,32	0,32
	Resistencia mecánica, envejecida en baño de agua (kN)	0	0,03	0,21	0,26	0,29
	Resistencia mecánica, envejecida en autoclave (kN)	0,33	0,30	0,27	0,25	0,23
25	LOI, no envejecida (%)	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5
	LOI, envejecida en baño de agua (%)	0	0,8	2,0	2,2	2,3
	LOI, envejecido en autoclave (%)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Absorción de agua, 3 h (%)	5	5	5	6	7
30	Absorción de agua, 24 h (%)	10	11	13	15	17
	[a] De proteína. [b] De proteína + agente reticulante.					

TABLA 1-6: Proteína, agente reticulante, hidróxido de calcio-hidróxido de sodio

	Ejemplo	11	12	13	14	15
	Composición de aglutinante					
40	Proteína (% en peso) ^[a]					
	Gelatina IMAGEL® LA	100	100	100	100	100
	Gelatina IMAGEL® LB	-	-	-	-	-
45	Sericina	-	-	-	-	-
	Reticulante (% en peso) ^[a]					
	Tanino de castaño	-	3	5	10	20
	Tanino de quebracho	-	-	-	-	-
50	Compuesto con catión metálico monovalente (% en peso) ^[b]					
	Hidróxido de sodio	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0
	Compuesto con catión metálico divalente (% en peso) ^[b]					
55	Hidróxido de calcio	0,9	1,2	1,4	1,9	2,8
	Hidróxido de bario	-	-	-	-	-
	Hidróxido de magnesio	-	-	-	-	-
60	Cationes metálicos monovalentes y divalentes (razones molares)					
	Sodio	40	40	40	40	40
	Calcio	60	60	60	60	60
	Bario	-	-	-	-	-
65	Magnesio	-	-	-	-	-

	Ejemplo	11	12	13	14	15
	Composición de aglutinante					
5	Proteína (% en peso) ^[a]					
	Mezclado del aglutinante y fabricación de barras					
	Contenido de sólidos de componente de aglutinante (%)	15,0	15,0	15,0	14,9	15,0
10	pH de la mezcla de aglutinante	9,1	9,1	9,0	9,0	9,1
	Temperatura de curado (°C)	ta	ta	ta	ta	ta
	Propiedades en barra					
	Resistencia mecánica, sin envejecimiento (kN)	0,31	0,34	0,34	0,32	0,27
15	Resistencia mecánica, envejecida en baño de agua (kN)	0	0	0,16	0,26	0,29
	Resistencia mecánica, envejecida en autoclave (kN)	0,27	0,28	0,29	0,23	0,18
	LOI, no envejecida (%)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4
20	LOI, envejecida en baño de agua (%)	0	0	1,6	2,1	2,2
	LOI, envejecido en autoclave (%)	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4
	Absorción de agua, 3 h (%)	4	4	4	4	5
25	Absorción de agua, 24 h (%)	9	9	10	10	11
	^[a] De proteína. ^[b] De proteína + agente reticulante.					

TABLA 1-7: Proteína, agente reticulante, hidróxido de calcio

30	Ejemplo	16	17	18	19	20
	Composición de aglutinante					
	Proteína (% en peso) ^[a]					
35	Gelatina IMAGEL® LA	100	100	100	100	100
	Gelatina IMAGEL® LB	-	-	-	-	-
	Sericina	-	-	-	-	-
40	Reticulante (% en peso) ^[a]					
	Tanino de castaño	-	3	5	10	20
	Tanino de quebracho	-	-	-	-	-
45	Compuesto con catión metálico monovalente (% en peso) ^[b]					
	Hidróxido de sodio	0	0	0	0	0
	Compuesto con catión metálico divalente (% en peso) ^[b]					
50	Hidróxido de calcio	1,2	1,8	2,0	2,8	4,3
	Hidróxido de bario	-	-	-	-	-
	Hidróxido de magnesio	-	-	-	-	-
	Cationes metálicos monovalentes y divalentes (razones molares)					
55	Sodio	0	0	0	0	0
	Calcio	100	100	100	100	100
	Bario	-	-	-	-	-
60	Magnesio	-	-	-	-	-
	Mezclado del aglutinante y fabricación de barras					
	Contenido de sólidos de componente de aglutinante (%)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
	pH de la mezcla de aglutinante	9,0	9,2	9,0	9,0	9,0
65	Temperatura de curado (°C)	ta	ta	ta	ta	ta

Ejemplo	16	17	18	19	20
Composición de aglutinante					
Proteína (% en peso) ^[a]					
Propiedades en barra					
Resistencia mecánica, sin envejecimiento (kN)	0,34	0,37	0,37	0,36	0,33
Resistencia mecánica, envejecida en baño de agua (kN)	0	0	0	0,27	0,29
Resistencia mecánica, envejecida en autoclave (kN)	0,36	0,34	0,26	0,23	0,16
LOI, no envejecida (%)	2,7	2,6	2,5	2,5	2,5
LOI, envejecida en baño de agua (%)	0	0	0	2,0	2,2
LOI, envejecido en autoclave (%)	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4
Absorción de agua, 3 h (%)	4	4	4	4	4
Absorción de agua, 24 h (%)	9	8	8	9	9
^[a] De proteína. ^[b] De proteína + agente reticulante.					

TABLA 1-8: Proteína, agente reticulante, hidróxido de M2+-hidróxido de sodio

Ejemplo	21	22	23	24	25
Composición de aglutinante					
Proteína (% en peso) ^[a]					
Gelatina IMAGEL® LA	-	75	100	100	100
Gelatina IMAGEL® LB	100	-	-	-	-
Sericina	-	25	-	-	-
Reticulante (% en peso) ^[a]					
Tanino de castaño	10	12	10	10	-
Tanino de quebracho	-	-	-	-	10
Compuesto con catión metálico monovalente (% en peso) ^[b]					
Hidróxido de sodio	0,7	0,8	0,6	2,0	0,5
Compuesto con catión metálico divalente (% en peso) ^[b]					
Hidróxido de calcio	2,1	2,1	-	-	1,3
Hidróxido de bario	-	-	4,1	-	-
Hidróxido de magnesio	-	-	-	4,3	-
Cationes metálicos monovalentes y divalentes (razones molares)					
Sodio	40	40	40	40	40
Calcio	60	60	0	0	60
Bario	0	0	60	0	0
Magnesio	0	0	0	60	0
Mezclado del aglutinante y fabricación de barras					
Contenido de sólidos de componente de aglutinante (%)	15,0	15,1	15,0	14,7	15,0
pH de la mezcla de aglutinante	9,0	9,1	9,0	9,0	9,0
Temperatura de curado (°C)	ta	ta	ta	ta	ta
Propiedades en barra					
Resistencia mecánica, sin envejecimiento (kN)	0,39	0,27	0,35	0,31	0,31
Resistencia mecánica, envejecida en baño de agua (kN)	0,15	0,18	0,26	0,28	0,25
Resistencia mecánica, envejecida en autoclave (kN)	0,28	-	0,25	0,20	0,25

Ejemplo	21	22	23	24	25
Composición de aglutinante					
Proteína (% en peso) ^[a]					
LOI, no envejecida (%)	2,6	2,6	2,5	2,4	2,5
LOI, envejecida en baño de agua (%)	2,1	2,0	2,3	2,3	2,4
LOI, envejecido en autoclave (%)	2,5	-	2,4	2,4	2,5
Absorción de agua, 3 h (%)	10	8	7	7	4
Absorción de agua, 24 h (%)	25	20	15	17	10
^[a] De proteína. ^[b] De proteína + agente reticulante.					

Los resultados del trabajo experimental descrito anteriormente se resumen en la [figura 1](#), que muestra: Resistencias mecánicas sin envejecer (A), envejecido en autoclave (B) y envejecido en baño de agua (C) de barras compuestas fabricadas con granitos de piedra e IMAGEL® LA modificado con tanino de castaño en presencia de Ca (OH)₂ (■, línea continua), Ca:Na 60:40 (•, línea discontinua larga), Ca:Na 33:67 (▲, línea discontinua), Ca:Na 14:86 (◆, línea discontinua corta) y NaOH (×, línea de puntos). El grado de solubilidad del aglutinante se calcula como la pérdida del contenido de aglutinante resultante del envejecimiento en baño de agua (D), así como la absorción de agua de las barras compuestas medida después de 3 h (D) y 24 h (E) en agua.

REIVINDICACIONES

1. Una composición aglutinante exenta de formaldehído para fibras minerales que comprende:
 - al menos un compuesto que contiene fenol,
 - al menos una proteína,
 - al menos un compuesto que contiene un catión metálico divalente M^{2+} .
2. Una composición de aglutinante según la reivindicación 1, en donde el compuesto que contiene al menos un catión metálico divalente M^{2+} comprende uno o más cationes metálicos divalentes M^{2+} seleccionados del grupo de cationes divalentes de metales alcalinotérreos, Mn, Fe, Cu, Zn, Sn.
3. Una composición de aglutinante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el compuesto que contiene el catión metálico divalente M^{2+} comprende uno o más compuestos seleccionados del grupo de $M(OH)_2$, MO, $M(HCO_3)_2$, MCO_3 , $M(H_2PO_4)_2$, $MHPO_4$, $M_3(PO_4)_2$, $M(HPO_3)$, $M(H_2PO_2)_2$, MSO_4 , MCl_2 , $MHNSO_3$, tal como $M(OH)_2$.
4. Una composición de aglutinante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el compuesto que contiene un catión metálico divalente comprende Ca^{2+} .
5. Una composición de aglutinante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición de aglutinante comprende al menos un compuesto catiónico metálico divalente en una cantidad del 0,1 % en peso al 10 % en peso, tal como del 0,2 % en peso al 8 % en peso, tal como del 0,3 % en peso al 5 % en peso, tal como del 0,4 % en peso al 4,3 % en peso, tal como del 1,0 % en peso al 4,3 % en peso, basada en el peso seco combinado del compuesto que contiene fenol y proteína.
6. Una composición de aglutinante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición de aglutinante comprende al menos un catión metálico monovalente en forma de un catión metálico monovalente de Li, Na, K, tal como Na.
7. Una composición de aglutinante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición de aglutinante comprende al menos un compuesto que contiene un catión metálico monovalente M^+ en una cantidad del 0,01 % en peso al 6 % en peso, tal como del 0,1 % en peso al 5 % en peso, tal como del 0,2 % en peso al 4 % en peso, tal como del 0,3 % en peso al 3,3 % en peso, tal como del 0,3 % en peso al 2,0 % en peso, basada en el peso seco combinado de compuesto que contiene fenol y proteína.
8. Una composición de aglutinante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición de aglutinante comprende al menos un compuesto que contiene un catión metálico divalente M^{2+} y al menos un compuesto que contiene un catión metálico monovalente M^+ y en donde la razón molar del catión metálico divalente con respecto al monovalente está en el intervalo de 10:90 a 90:10, tal como de 14,3:85,7 a 90:10, tal como de 14,3:85,7 a 60:40, tal como de 20:80 a 80:20, tal como de 25:75 a 75:25, tal como de 33,3:66,7 a 60:40 tal como de 40:60 a 60:40, tal como 50:50.
9. Una composición de aglutinante para fibras minerales según al menos una de las reivindicaciones anteriores, en donde el al menos un compuesto que contiene fenol comprende un compuesto que contiene fenol tal como compuestos fenólicos simples, tales como ácidos hidroxibenzoicos, tales como aldehídos hidroxibenzoicos, tales como hidroxiacetofenonas, tales como ácidos hidroxifenilacéticos, tales como ácidos cinámicos, tales como ésteres de ácidos cinámicos, tales como cinamaldehídos, tales como alcoholes cinamílicos, tales como cumarinas, tales como isocumarinas, tales como cromonas, tales como flavonoides, tales como chalconas, tales como dihidrochalconas, tales como auronas, tales como flavanonas, tales como flavanonoles, tales como flavanos, tales como leucoantocianidinas, tales como flavan-3-oles, tales como flavonas, tales como antocianidinas, tales como desoxiantocianidinas, tales como antocianinas, tales como biflavonilos, tales como benzofenonas, tales como xantonas, tales como estilbenos, tales como betacianinas, tales como polifenoles y/o polihidroxifenoles, tales como lignanos, neolignanos (dímeros u oligómeros procedentes del acoplamiento de monolignoles tales como alcohol p-cumarílico, alcohol coniferílico y alcohol sinapílico), tales como ligninas (sintetizadas principalmente a partir de los precursores de monolignol alcohol p-cumarílico, alcohol coniferílico y alcohol sinapílico), tales como taninos, tales como tanatos (sales de taninos), tales como taninos condensados (proantocianidinas), tales como taninos hidrolizables, tales como galotaninos, tales como elagitaninos, tales como taninos complejos, tales como ácido tánico, tales como flobabenos, tales como florotaninos.
10. Una composición de aglutinante para fibras minerales según la reivindicación 9, en donde el tanino se selecciona de uno o más componentes del grupo que consiste en ácido tánico, taninos condensados (proantocianidinas), taninos hidrolizables, galotaninos, elagitaninos, taninos complejos, y/o taninos procedentes de uno o más de roble, castaño, zumaque de Virginia, tellima de flor grande, quebracho, acacia, mimosa, corteza de acacia negra, uva, agalla, gambir, amalaki, freno espinoso, valonia, y eucalipto.

11. Una composición de aglutinante para fibras minerales según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el compuesto que contiene fenol comprende una o más moléculas sintéticas o semisintéticas que contienen fenoles, polifenoles, tales como proteínas, péptidos, peptoides o arilopeptoides modificados con cadenas laterales que contienen fenol, tales como dendrímeros decorados con cadenas laterales que contienen fenol.
12. Una composición de aglutinante para fibras minerales según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la al menos una proteína se selecciona del grupo que consiste en proteínas de origen animal, incluyendo colágeno, gelatina, gelatina hidrolizada y proteínas de la leche (caseína, suero de leche), huevos; proteínas de medusas, proteínas producidas mediante técnicas recombinantes; proteínas de insectos, tales como los gusanos de seda, tales como la sericina; proteínas de origen vegetal, incluyendo proteínas de algas, legumbres, cereales, cereales integrales, frutos secos, semillas y frutos, como proteína de trigo sarraceno, avena, centeno, mijo, maíz, arroz, trigo, trigo bulgur, sorgo, amaranto, quinoa, habas de soja (proteína de soja), lentejas, alubias, judías blancas, judías mungo, garbanzos, caupíes, habas de Lima, guandúes, altramuces, frijoles alados, almendras, nueces de Brasil, anacardos, nueces pecanas, nueces, semillas de algodón, semillas de calabaza, semillas de cáñamo, semillas de sésamo, y semillas de girasol; proteínas polifenólicas tales como la proteína del pie del mejillón.
13. Una composición de aglutinante para fibras minerales según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el contenido del al menos un compuesto que contiene fenol, tal como en forma de tanino, es del 1 al 60 % en peso, tal como del 2 al 60 % en peso, tal como del 3 al 50 % en peso, tal como del 4 al 40 % en peso, tal como del 5 al 35 % en peso, basado en proteína seca.
14. Una composición de aglutinante para fibras minerales según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la proteína contiene de 50 a 400, tal como de 100 a 300 residuos (hidroxiprolina + prolina) por cada 1000 residuos de aminoácidos.
15. Una composición de aglutinante para fibras minerales según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición de aglutinante comprende además un aditivo seleccionado del grupo de un oxidante, tal como tirosinasa, un regulador de pH, preferiblemente, en forma de una base, tal como una base orgánica, tal como amina o sales de la misma, bases inorgánicas, tales como amoniaco o sales de los mismos.
16. Una composición de aglutinante para fibras minerales según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la composición de aglutinante tiene un pH superior a 7, tal como superior a 8, tal como superior a 9, tal como en el intervalo de por encima de 7 y por debajo de 11.
17. Un producto de lana mineral que comprende fibras minerales unidas por un aglutinante que resultan del curado de una composición de aglutinante según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16.
18. Un método para producir un producto de lana mineral que comprende las etapas de poner en contacto las fibras minerales con una composición de aglutinante según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, y curar el aglutinante.
19. Uso de una composición de aglutinante según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16 para la producción de un producto de lana mineral.
20. Uso de uno o más compuestos que contienen cationes metálicos divalentes M^{2+} en una composición de aglutinante libre de formaldehído para fibras minerales que comprende al menos un compuesto que contiene fenol y al menos una proteína, para mejorar la absorción de agua y/o las propiedades mecánicas y/o las propiedades de envejecimiento de un producto de lana mineral que comprende fibras minerales unidas por un aglutinante resultante del curado de esa composición de aglutinante.

