

COMPOSICIÓN DE ADHESIVO CURABLE CON HUMEDAD DE UN COMPONENTE

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a una composición de adhesivo curable con humedad de un componente que comprende un prepolímero funcional de isocianato, a un método de unión de una primera pieza de material a una segunda pieza de material usando tal composición de adhesivo y a un objeto que comprende una primera pieza de material y una segunda pieza de material
- 10 unidas con tal composición de adhesivo, en particular a un producto de madera estructural.

Antecedentes de la invención

- Maderamen laminado encolado, también denominado vigas de maderamen laminado, vigas laminadas con cola o Glulam, es un producto de maderamen estructural compuesto por varias capas de maderos dimensionados encolados entre sí. Al laminar varias piezas más pequeñas de madera, puede fabricarse un único miembro estructural, fuerte y grande aparte de maderámenes más pequeños, por ejemplo, para su uso como vigas de cumbrera, cabezales de
- 15 puertas de garaje, vigas de piso, columnas verticales o vigas horizontales, a menudo con formas curvas y arqueadas. Las vigas laminadas encoladas se usan en una amplia gama de aplicaciones en la construcción de edificios. Otro producto de madera laminado encolado es el maderamen laminado cruzado (CLT), que es un producto de paneles de madera fabricado encolando capas de
- 20 maderos aserrados macizos entre sí. Cada capa de tablero está orientada perpendicular a las capas adyacentes y encolada en las caras anchas de cada tablero, habitualmente de una manera simétrica de modo que las capas exteriores tienen la misma orientación. El maderamen regular es un material anisotrópico, lo que significa que las propiedades mecánicas varían

dependiendo de la dirección en la que se aplica la fuerza. Al encolar capas de madera en ángulos perpendiculares, el panel puede lograr una mejor rigidez estructural en ambas direcciones. El CLT es distinto del maderamen laminado encolado, un producto con todas las laminaciones orientadas de la misma manera.

Las composiciones de adhesivo usados en materiales de construcción tales como productos de madera laminados encolados y otros productos de madera estructurales (también conocidos como productos de madera de ingeniería) deben cumplir requisitos estrictos con respecto a la fuerza de adhesión en condiciones interiores y exteriores. La exposición a la humedad y tensión térmica provoca tensión en la madera debido al hinchamiento y la contracción y requiere un adhesivo que pueda proporcionar una fuerza de adhesión superior incluso en tales condiciones.

Se conocen adhesivos de poliuretano que curan con humedad de un componente para unir piezas de madera para formar productos de madera estructurales tales como productos de madera laminados encolados. Tales composiciones de adhesivo comprenden un prepolímero funcional de isocianato que se cura tras reaccionar con humedad. Los grupos isocianato en el prepolímero reaccionan con agua para formar grupos amina que reaccionan con un grupo isocianato adicional para formar enlaces de urea. Cuando se usa para fabricar productos de madera estructurales encolados, la composición de adhesivo se aplica normalmente sobre una superficie de una pieza de madera, tal como un maderamen o madero, y luego se comprimen diferentes piezas de madera entre sí para curar la composición de adhesivo y formar un producto de madera estructural.

Por ejemplo, tales adhesivos de poliuretano se describen en los documentos

WO 99/19141, US 2005/032972 y WO 2021/022470.

En el documento WO 99/19141 se describe un adhesivo de poliisocianato para su uso en la fabricación de laminación estructural a base de compuestos lignocelulósicos (fabricación de contrachapado). El adhesivo comprende un prepolímero que contiene isocianato que tiene un contenido de isocianato del 5 al 25 % que puede obtenerse haciendo reaccionar una mezcla de polioles con una funcionalidad nominal promedio de desde 2 hasta 4 y un peso equivalente promedio de desde 500 hasta 3000, con un exceso estequiométrico de diisocianato de metildifenilo. Los polioles de polipropileno-polietileno-óxido con hasta el 5 % de otro poliol se mencionan como mezclas de polioles particularmente preferidas.

En el documento US 2005/032972 se describe un adhesivo de poliuretano de fraguado rápido en envase individual que contiene un prepolímero de poliisocianato y al menos un amino éter poliol, que tiene una razón molar de grupos éter con respecto al nitrógeno del amino en el amino poliéter poliol de 7 a 30. El prepolímero de poliuretano se produce mediante reacción de poliisocianatos con compuestos que contienen grupos funcionales reactivos a isocianato.

En el documento WO 2021/022470 se describe una composición de prepolímero de poliuretano de un componente para aplicaciones de recubrimiento impermeabilizante. Comprende un producto de reacción de al menos un poliisocianato y una mezcla de polioles que comprende un poliéter poliol bifuncional con un peso molecular promedio en peso de desde 3.000 hasta 9.000 g/mol y un poliéter poliol trifuncional con extremos ocupados con el 10-28 % en peso de óxido de etileno y un peso molecular promedio en peso de desde 5.000 hasta 8.000 g/mol.

En el documento EP1072620 se describe una composición de adhesivo que comprende una mezcla de isocianatos de diisocianato de 2,4'- y 4,4'-difenilmetano, y una mezcla de polioles que comprende un propilenglicol y
5 un poliéter triol, en la que la mezcla de polioles tiene un índice de OH de 73 mg de KOH/g.

En el documento US2021/024795 se describen composiciones de adhesivo de poliuretano de dos componentes que comprenden diisocianatos de
10 metildifenilo, y mezclas de polioles que comprenden un triol con base propoxilada y etoxilada iniciado con glicerina y un poliol hidrófobo basado en un (poli(óxido de butileno))diol modificado hidrofóbicamente.

El equilibrio entre tiempo máximo de ensamblaje (AT) y el tiempo mínimo de
15 compresión (PT) es muy importante para las composiciones de adhesivo de poliuretano que curan con humedad de un componente. El tiempo máximo de ensamblaje es el tiempo en el que las piezas de material con composición de adhesivo aplicada sobre las mismas pueden ensamblarse antes de la compresión. La composición de adhesivo aplicada aún debe poder curarse
20 cuando las piezas se comprimen entre sí. El tiempo mínimo de compresión es el tiempo en la prensa necesario para proporcionar suficiente unión a las piezas de material comprimidas para permitir un procesamiento adicional del producto estructural. Una razón de AT con respecto a PT de 1:1 a 1: 2,5 es a menudo aceptable. Idealmente, la razón AT/PT está cerca de 1:1, preferiblemente entre
25 1:1 y 1:2,5, más preferiblemente entre 1:1 y 1:2. Las composiciones de adhesivo con una razón AT/PT muy buena son normalmente más deficientes en propiedades mecánicas tales como fuerza de adhesión en húmedo y en seco en comparación con productos con una razón AT/PT menos favorable. Por tanto, a menudo se añaden fibras a composiciones de adhesivo de poliuretano que

curan con humedad de un componente para mejorar las propiedades mecánicas tales como la resistencia a la tracción longitudinal.

- 5 Existe la necesidad en la técnica de composiciones de adhesivo de poliuretano que curan con humedad de un componente que combinan una razón AT/PT favorable con buenas propiedades mecánicas incluso sin fibras.

Sumario de la invención

- 10 Ahora se ha hallado que una composición de adhesivo curable con humedad de un componente que comprende un prepolímero funcional de isocianato proporciona buena adhesión y tiene una razón AT/PT favorable si el prepolímero se prepara haciendo reaccionar poliisocianatos en exceso con una mezcla de polioles específica, y si el contenido de grupos isocianato libres en la composición de adhesivo está en el intervalo de desde el 14 hasta el 17 % en peso.

- 20 Por consiguiente, la invención proporciona en un primer aspecto una composición de adhesivo de poliuretano que se cura con humedad de un componente que comprende un prepolímero funcional de isocianato que puede obtenerse haciendo reaccionar:

- (a) uno o más poliisocianatos que comprenden diisocianato de metildifenilo;
y
(b) una mezcla de polioles que comprende
(b1) un diol a base de óxido de butileno lineal con dos grupos hidroxilo primarios; y
25 (b2) un poliéter triol con tres grupos hidroxilo secundarios
en la que en el intervalo de desde el 55 hasta el 75 % de los grupos hidroxilo en una mezcla de polioles (b) son grupos hidroxilo de un diol a base de óxido de butileno (b1),

en la que la razón equivalente entre grupos isocianato en (a) y grupos hidroxilo en (b) está en el intervalo de desde 3,5 hasta 7,0,
en la que el contenido de grupos isocianato libres en la composición de adhesivo está en el intervalo de desde el 14 hasta el 17 % en peso.

5

Debido a sus excelentes propiedades de adhesión y su razón AT/PT favorable, la composición de adhesivo de poliuretano que se cura con humedad de un componente según el primer aspecto es particularmente adecuada para unir piezas de material, en particular piezas de madera tal como madero o maderamen para formar productos de madera estructurales.

10

Por consiguiente, en un segundo aspecto, la invención proporcionar un método para unir una primera pieza de material a una segunda pieza de material, que comprende poner en contacto una superficie del primer material con una superficie del segundo material, en el que al menos una de las superficies puestas en contacto tiene la composición de adhesivo según el primer aspecto de la invención aplicada a la misma antes del contacto.

15

En un aspecto final, la invención proporciona un objeto que comprende una primera pieza de material y una segunda pieza de material unidas con la composición de adhesivo según el segundo aspecto de la invención, en particular un producto de madera estructural.

20

Descripción detallada de la invención

La composición de adhesivo según la invención es una composición curable con humedad de un componente. Comprende un prepolímero funcional de isocianato, preferiblemente en una cantidad de al menos el 80 % en peso, más preferiblemente al menos el 85 % en peso, incluso más preferiblemente al menos el 90 % en peso. La composición de adhesivo puede comprender el

25

prepolímero funcional de isocianato en una cantidad de hasta el 100 % en peso, preferiblemente hasta el 99,8 % en peso.

El prepolímero funcional de isocianato puede obtenerse haciendo reaccionar:

- 5 (a) uno o más poliisocianatos que comprenden diisocianato de metildifenilo;
y
(b) una mezcla de polioles que comprende
(b1) un diol a base de óxido de butileno lineal con dos grupos hidroxilo primarios; y
10 (b2) un poliéter triol con tres grupos hidroxilo secundarios
en la que en el intervalo de desde el 55 hasta el 75 % de los grupos hidroxilo en una mezcla de polioles (b) son grupos hidroxilo de un diol a base de óxido de butileno (b1)
en la que la razón equivalente entre grupos isocianato en (a) y grupos hidroxilo
15 en (b) está en el intervalo de desde 3,5 hasta 7,0.

El uno o más poliisocianatos (a) comprende diisocianato de metildifenilo (MDI). El diisocianato de metildifenilo puede ser diisocianato de 4,4'-metildifenilo, diisocianato de 2,4'-metildifenilo, diisocianato de 2,2'-metildifenilo, o una
20 mezcla de dos o más de los mismos. Para el propósito de esta memoria descriptiva, el término diisocianato de metildifenilo se refiere a diisocianato de metildifenilo como tal y no incluye diisocianato de metildifenilo polimérico, oligomérico o modificado, tal como por ejemplo diisocianato de metildifenilo modificado con carbodiimida, uretonimina o isocianurato.

25

El uno o más poliisocianatos pueden comprender poliisocianatos distintos del diisocianato de metildifenilo, tal como por ejemplo diisocianato de isoforona (IPDI), MDI hidrogenado, diisocianato de metildifenilo modificado con uretonimina, MDI polimérico o diisocianato de hexametileno. Preferiblemente, el

uno o más poliisocianatos tienen una funcionalidad de isocianato nominal promedio en el intervalo de desde 2,0 hasta 2,3, más preferiblemente de desde 2,0 hasta 2,1, incluso más preferiblemente de desde 2,0 hasta 2,05, todavía más preferiblemente de desde 2,0 hasta 2,04. Cuando se hace referencia en el presente documento a la funcionalidad de isocianato nominal promedio es al número promedio de grupos isocianato por molécula.

Si un poliisocianato distinto del diisocianato de metildifenilo está comprendido en el uno o más poliisocianatos (a), está preferiblemente en una cantidad de hasta el 25 % en peso del peso total de uno o más poliisocianatos (a), más preferiblemente hasta el 10 % en peso. Se prefiere particularmente que el uno o más poliisocianatos consistan en diisocianato de metildifenilo, incluso más preferiblemente consistan en diisocianato de 4,4'-metildifenilo o en una mezcla de diisocianato de 4,4'-metildifenilo y diisocianato de 2,4'-metildifenilo, y/o diisocianato de 2,2'-metildifenilo.

Preferiblemente el contenido de diisocianato de 4,4'-metildifenilo del uno o más poliisocianatos (a) está en el intervalo de desde el 50 hasta el 100 % en peso. Tales mezclas están disponibles comercialmente, por ejemplo, como Suprasec 2004, Suprasec 6004 (de Huntsman), Lupranate MX 119/1 (de BASF), Cosmonate JG-50K, Cosmonate PI (de Kumho Mitsui Chemicals), u Ongronat CO4050 (de Wanhua).

Si el uno o más poliisocianatos consisten en diisocianato de metildifenilo, la funcionalidad de isocianato nominal promedio del uno o más poliisocianatos (a) es de 2,0.

La mezcla de polioles (b) comprende un diol a base de óxido de butileno lineal con dos grupos hidroxilo primarios (b1) y un poliéter triol con tres grupos hidroxilo

secundarios (b2).

El diol a base de óxido de butileno (b1) es lineal y tiene dos grupos hidroxilo primarios. Los dos grupos hidroxilo primarios son grupos hidroxilo terminales.

- 5 Tales dioles pueden obtenerse polimerizando óxido de butileno, también conocido como tetrahidrofurano, y también conocido como poli(tetrahidrofurano), poli(tetrametilen éter)glicol, poli(óxido de tetrametileno), o poli(1,4-butanodiol). Preferiblemente, el diol (b1) tiene un peso molecular promedio en número en el intervalo de desde 500 hasta 2.500 g/mol, más
10 preferiblemente de desde 500 hasta 1.500 g/mol. Tales dioles (b1) están disponibles comercialmente, por ejemplo, como PolyTHF 650, PolyTHF 1000, PolyTHF 1400 (de BASF).

- El poliéter triol (b2) tiene tres grupos hidroxilo secundarios. El poliéter triol (b2)
15 preferiblemente es un polietilen éter, un polipropilen éter, un polibutilen éter, o un híbrido de los mismos, más preferiblemente un polietilen éter, un polipropilen éter, o un híbrido de los mismos. Preferiblemente, el poliéter triol (b2) tiene un peso molecular promedio en número en el intervalo de desde 500 hasta 2.500 g/mol, más preferiblemente de desde 500 hasta 1.500 g/mol. Un ejemplo de un
20 poliéter triol (b2) particularmente adecuado es Voranol CP1050 (disponible comercialmente de Dow), un polipropilen éter triol con un peso molecular promedio en número de 1.000 g/mol.

- La cantidad de diol a base de óxido de butileno (b1) en una mezcla de polioles
25 (b) es tal que en el intervalo de desde el 55 hasta el 75 % de los grupos hidroxilo en una mezcla de polioles (b) son grupos hidroxilo de un diol a base de óxido de butileno (b1), preferiblemente en el intervalo de desde el 60 hasta el 70 %. Se ha hallado que el contenido de grupos hidroxilo de un diol a base de óxido de butileno (b1) en una mezcla de polioles (b) en el intervalo de desde el 55 hasta

el 75 % mejora la razón AT/PT en comparación con contenidos menores.

La mezcla de polioles (b) puede comprender polioles distintos del diol a base de óxido de butileno (b1) y el poliéter triol (b2), preferiblemente en una cantidad de
5 menos del 50 % en peso de mezcla de polioles (b), más preferiblemente menos del 30 % en peso, incluso más preferiblemente menos del 10 % en peso. En una realización particularmente preferida, la mezcla de polioles (b) está sustancialmente libre de cualquier poliol distinto de (b1) y (b2). Cuando se hace referencia en el presente documento a sustancialmente libre de cualquier poliol
10 distinto de (b1) y (b2) es una referencia a la mezcla de polioles que comprende como máximo el 1 % en peso de cualquier poliol distinto de (b1) y (b2), preferiblemente como máximo el 0,5 % en peso, incluso más preferiblemente a una mezcla de polioles libre de cualquier poliol distinto de (b1) y (b2).

15 El prepolímero funcional de isocianato puede obtenerse haciendo reaccionar poliisocianato en exceso con polioles. La razón equivalente entre grupos isocianato en el uno o más poliisocianatos (a) y grupos OH en la mezcla de polioles (b) está en el intervalo de desde 3,5 hasta 7,0, preferiblemente de desde 4,0 hasta 6,5, más preferiblemente de desde 4,5 hasta 6,0. Un exceso más
20 grande de poliisocianato podría dar como resultado un peso molecular menor del prepolímero resultante, lo que podría afectar negativamente a la fuerza de adhesión y la razón AT/PT.

Preferiblemente, el prepolímero funcional de isocianato tiene un peso molecular promedio en peso de al menos 1.500 g/mol, más preferiblemente de al menos
25 2.000 g/mol. Un peso molecular promedio en peso en el intervalo de desde 2.000 hasta 5.000 g/mol es particularmente preferido.

Las condiciones de reacción para preparar un prepolímero funcional de

isocianato a partir de poliisocianato y polioliol son bien conocidas en la técnica. Pueden usarse cualesquiera condiciones de reacción adecuadas.

5 Cuando se hace referencia en el presente documento al peso molecular promedio en número o el peso molecular promedio en peso es una referencia al peso molecular promedio en número o el peso molecular promedio en peso tal como se determina mediante cromatografía de exclusión molecular usando patrones de poliestireno. Un método de determinación adecuado es la norma ISO 16014-1.

10

La composición de adhesivo puede comprender componentes distintos del prepolímero funcional de isocianato, tal como por ejemplo, un disolvente orgánico, diluyente reactivo, catalizador de curado, pigmentos, cargas, y uno o más aditivos, tales como agentes antiespumantes y espesantes.

15

La composición de adhesivo puede comprender un disolvente orgánico, preferiblemente en una cantidad de como máximo el 10 % en peso del peso total de la composición de adhesivo, más preferiblemente como máximo el 5 % en peso, incluso más preferiblemente como máximo el 2 % en peso. Si está
20 presente un disolvente orgánico, el disolvente orgánico es preferiblemente un disolvente orgánico polar tal como, por ejemplo, una cetona, un éster, o un éter.

25

La composición de adhesivo puede comprender un catalizador de curado para curar la reacción que se cura con humedad, normalmente en una cantidad en el intervalo de desde el 0 hasta el 0,4 % en peso. En la técnica se conocen catalizadores de curado adecuados. Se sabe que las aminas terciarias, los compuestos organometálicos y las bases fuertes, son adecuados como catalizador de curado. Un catalizador de curado particularmente preferido es el 2,2'-dimorfolinodietil éter (DMDEE).

La composición de adhesivo puede comprender cualquier aditivo adecuado usado habitualmente en composiciones de adhesión, tales como por ejemplo agentes antiespumantes, espesantes y/o agentes humectantes.

- 5 Preferiblemente, la composición de adhesivo comprende un agente antiespumante y/o un espesante.

- La composición de adhesivo tiene un contenido de grupos isocianato libres en el intervalo de desde el 14 hasta el 17 % en peso, basándose en el peso total de la composición de adhesivo. Los grupos isocianato libres son grupos isocianato libres en el prepolímero y cualquier monómero de poliisocianato no reaccionado. Un poliisocianato adicional, preferiblemente un diisocianato, más preferiblemente diisocianato de metildifenilo, puede añadirse al prepolímero para alcanzar un contenido de grupos isocianato libres en la composición de adhesivo en el intervalo de desde el 14 hasta el 17 % en peso.
- 10
- 15

Más preferiblemente, la composición de adhesivo tiene un contenido de grupos isocianato libres en el intervalo de desde el 15,0 hasta el 16,5 % en peso.

- 20 El contenido de grupos isocianato libres está determinado según la norma ASTM D2572-19.

- La composición de adhesivo preferiblemente no contiene o contiene sólo cantidades traza de agua. Preferiblemente, la composición de adhesivo contiene menos del 1,0 % en peso, más preferiblemente menos del 0,2 % en peso, incluso más preferiblemente menos del 0,01 % en peso de agua, basándose en el peso total de la composición de adhesivo. No se añade de manera explícita agua, por ejemplo, para ajustar la viscosidad de la composición de recubrimiento, sino simplemente presente, si acaso, en cantidades traza como parte de los aditivos
- 25

de adhesivo típicos.

La composición de adhesivo está preferiblemente libre de fibras.

- 5 En una realización preferida, la composición de adhesivo está libre de cualquier compuesto distinto del prepolímero funcional de isocianato, poliisocianato adicional, catalizador de curado y aditivos.

- 10 La composición de adhesivo curable con humedad de un componente es particularmente adecuada para unir piezas de madera u otros materiales para formar productos estructurales.

- 15 Por tanto, la invención proporciona un método de unir una primera pieza de material a una segunda pieza de material, que comprende poner en contacto una superficie del primer material con una superficie del segundo material, en el que al menos una de las superficies puestas en contacto tiene la composición de adhesivo según el primer aspecto de la invención aplicada a la misma antes del contacto.

- 20 En un tercer aspecto, la invención proporciona un objeto que comprende una primera pieza de material y una segunda pieza de material unidas con la composición de adhesivo según el primer aspecto de la invención.

- 25 El material puede ser cualquier material adecuado tal como madera, metal, plástico, papel, vidrio, hormigón, yeso u otro material mineral tal como piedra o ladrillo. La primera y la segunda piezas de material pueden ser de diferentes materiales. Preferiblemente, las piezas de material son piezas de madera.

El objeto puede ser cualquier objeto adecuado. Preferiblemente el material es

madera, y el objeto es un producto de madera estructural.

La invención se ilustra adicionalmente por medio de los siguientes ejemplos no limitativos.

5

Ejemplos

Los poliisocianatos y polioles usados en los ejemplos se proporcionan en la tabla 1.

10 Tabla 1 Poliisocianatos y polioles

Nombre comercial	Descripción
Suprasec 2004 (de Huntsman)	Mezcla de 4,4-MDI, 2,4-MDI y 2,2-MDI; funcionalidad de isocianato nominal 2,0
PolyTHF 1000 (de BASF)	Poli(tetrahidrofurano); Mn es 1.000 g/mol
Voranol CP1050 (de Dow)	Homopolímero de poliéter triol propoxilado iniciado con glicerina; funcionalidad de hidroxilo nominal 3. Grupos hidroxilo secundarios. Mn es 1.078 g/mol.
Lupranol 1002/1 (de BASF)	Alcoxilato basado en una amina alifática. Contiene grupos de extremo hidroxilo primarios. El peso molecular es de aproximadamente 3.700 g/mol.

Preparación de prepolímero funcional de isocianato

Se añadieron poliisocianato y polioles a un reactor de tres bocas equipado con un agitador mecánico y un enfriador, bajo una capa protectora de nitrógeno. Las cantidades y tipos se proporcionan en la tabla 2. Se mezcló el contenido del reactor y cuando se completó la reacción exotérmica (no hay más aumento de temperatura) se calentó el reactor hasta una temperatura de 50 °C y se mantuvo

15

a esta temperatura hasta que reaccionó todo el poliol (hasta que el contenido de isocianato libre tal como se mide según la norma ASTM D2572-19 era igual al contenido de isocianato que podría lograrse teóricamente). Esto fue normalmente después de 1,5 a 2 horas. Luego se enfrió el reactor hasta temperatura ambiente y se recogió el prepolímero resultante del reactor. Se determinaron el peso molecular y el contenido de isocianato libre del prepolímero así preparado.

Preparación de composiciones de adhesivo

Se prepararon composiciones de adhesivo añadiendo el 0,2 % en peso catalizador de curado (Jeffcat DMDEE), e l 0,05 % en peso de agente antiespumante (Foamaster MO 2115) y el 0,8 % en peso de espesante (Carbosil TS 720) al prepolímero. Se añadió diisocianato de metildifenilo (Suprasec 2004) hasta que se logró un contenido de grupos isocianato libres entre el 15,5 y el 16,0 % en peso basado en el peso total de la composición de adhesivo.

Métodos de prueba

Resistencia a la cizalladura por tracción longitudinal

Con cada composición de adhesivo, se prepararon ensamblajes de paneles de haya según la norma EN302-1:2013 con una línea gruesa de cola (0,5 mm de junta de separación). La cantidad de composición de adhesivo aplicada era en exceso (aplicación de doble cara). El tiempo entre el encolado y las pruebas fue de 13 días (al 65 % de humedad relativa y 20 °C).

El tiempo de ensamblaje fue de aproximadamente 4 min, el tiempo de compresión fue de 16 horas y la presión aplicada fue de 8,0 kg/cm².

- Se determinó la resistencia a la cizalladura por tracción longitudinal de ensamblajes unidos con líneas gruesas de cola después del tratamiento A4 tal como se describe en la norma EN302-1:2013:A4: remojo en agua hirviendo durante 6 horas, seguido de remojo en agua fría (20 °C) durante 2 horas. Se
- 5 sometieron a prueba las muestras en el estado húmedo.

Tiempo de ensamblaje cerrado (AT)

- Se determinó el tiempo de ensamblaje cerrado de las composiciones de adhesivo según la norma EN14080:2013.
- 10

- Con cada composición de adhesivo, se prepararon ensamblajes encolando entre sí cinco láminas de abeto, con las dimensiones de 285x145x30 mm. La cantidad de composición de adhesivo aplicada fue de 120 g/m². Se
- 15 ensamblaron las láminas para dar una pila directamente después de la aplicación de la composición de adhesivo. Después de diferentes intervalos de tiempo (tiempos de ensamblaje), se comprimieron los ensamblajes durante 16 horas. La presión aplicada fue de 8,0 kg/cm².

- 20 Después de 5 días a 20 °C y el 65 % de humedad relativa, se determinó la deslaminación de la línea de cola según el anexo C de la norma EN14080:2013, usando el método B.

- El tiempo de ensamblaje cerrado es el tiempo de ensamblaje más largo que
- 25 puede aplicarse sin superar el valor de deslaminación en la tabla 9 de la norma EN14080:2013.

Tiempo mínimo de compresión (PT)

Se determinó el tiempo mínimo de compresión de las composiciones de

adhesivo según la norma EN14080:2013.

Con cada composición de adhesivo, se prepararon ensamblajes encolando entre sí cinco láminas de abeto, con las dimensiones de 285x145x30 mm. La cantidad de composición de adhesivo aplicada fue de 120 g/m². Después de un tiempo de ensamblaje de 2 minutos, se comprimieron los ensamblajes con una presión aplicada de 8,0 kg/cm². Se variaron los tiempos de compresión.

Después de 5 días a 20 °C y el 65 % de humedad relativa, se determinó la deslaminación de la línea de cola según el anexo C de la norma EN14080:2013, usando el método B.

El tiempo mínimo de compresión es el tiempo mínimo de compresión necesario sin superar los valores de deslaminación en la tabla 9 de la norma EN14080:2013.

La resistencia a la cizalladura por tracción longitudinal, AT y PT se muestran en la tabla 2.

Tabla 2 Prepolímeros y composiciones de adhesivo: componentes y propiedades

	1*		2		3		4		5*	
	% en peso	eq. ^a	% en peso	eq. ^a	% en peso	eq. ^a	% en peso	eq. ^a	% en peso	eq. ^a
Poliisocianatos (a)										
Suprasec 2004	57	5,0	56	5,0	55	6,0	60	5,0	47	5,0
Mezcla de polioles (b)										
PolyTHF 1000	25	0,5	30	0,6	34	0,7	29	0,65	22	0,6
Voranol CP1050	18	0,5	14	0,4	11	0,3	11	0,35		-

Lupranol 1002/1					31	0,4
% en peso total	100	100	100	100	100	
Mn g/mol	442	431	411	470	534	
Mw g/mol	2396	2426	2281	2515	4161	
Contenido de NCO del prepolímero (% en peso)	15,3	15,3	15,5	15,6	12,8	
Contenido de NCO de la composición de adhesivo	15,5	15,5	15,7	15,9	15,8	
AT/PT	1:6	1:2,4	1:1,9	1:1,9	1:1,5	
AT (minutos)	5	5	8	8	10	
PT (minutos)	30	12	15	15	15	
Resistencia a la cizalladura (MPa)	5,9	5,7	4,8	5,6	2,6	

* ejemplos de comparación

^a equivalentes de NCO u OH

AT: tiempo de ensamblaje cerrado

PT: tiempo mínimo de compresión