

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 738**

51 Int. Cl.:

**E04B 1/66** (2006.01)

**E04D 12/00** (2006.01)

**E04D 13/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2010 E 10795941 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.08.2014 EP 2510166**

54 Título: **Barrera de vapor adaptable a la humedad, en particular para su uso para el aislamiento térmico de edificios, y procedimiento para fabricar una barrera de vapor de este tipo**

30 Prioridad:

**10.12.2009 DE 102009057707**

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

**01.12.2014**

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN ISOVER (100.0%)  
Les Miroirs 18 avenue d'Alsace  
92400 Courbevoie , FR**

72 Inventor/es:

**DORN, RAINER;  
BOGE, BIRGIT y  
KASPER, FRANZ-JOSEF**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 523 738 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

Barrera de vapor adaptable a la humedad, en particular para su uso para el aislamiento térmico de edificios, y procedimiento para fabricar una barrera de vapor de este tipo

5 La invención se refiere a una barrera de vapor adaptable a la humedad según el preámbulo de la reivindicación 1 y a un procedimiento de fabricación para una barrera de vapor de este tipo.

10 Barreras de vapor adaptativas a la humedad están caracterizadas por que la resistencia de difusión de vapor de agua de la barrera de vapor cambia en función de la humedad y concretamente de modo que la resistencia de difusión de vapor de agua disminuye a medida que aumenta la humedad que rodea la barrera de vapor. La resistencia de difusión de vapor de agua se mide a este respecto habitualmente según la norma DIN EN ISO 12572: 2001.

15 Barreras de vapor de este tipo se usan principalmente para su uso para fabricar la estanqueidad de edificios, y concretamente de manera considerable en relación con sistemas de aislamiento térmico para edificios. Para el aislamiento térmico de edificios, en particular tejados, se usan, por regla general, bandas tensoras inferiores abiertas a difusión por debajo del tejado formado, por ejemplo, por ladrillos, por debajo de las mismas una capa de aislamiento térmico, por ejemplo, de lana mineral, finalmente una barrera de vapor y, por debajo de la misma, un revestimiento. Con el uso de una barrera de vapor se pretenden principalmente dos cosas. Por un lado, se debe asegurar la estanqueidad del tejado para evitar la penetración de aire exterior frío en el espacio interior del edificio y el escape de aire ambiental caliente del edificio, por lo que se pueden evitar pérdidas de energía térmica y filtraciones de humedad convectivas que dañan edificios. Por otro lado, la barrera de vapor debe tener cierto efecto de bloqueo contra la difusión de vapor de agua para evitar una filtración de humedad no deseada en la construcción de obras.

25 Mediante el uso de denominadas barreras de vapor adaptativas a la humedad que, por regla general, están presentes como lámina, se evita la penetración de humedad en invierno debido a la característica adaptable a la humedad de una lámina de este tipo, al cerrarse la barrera de vapor en gran parte en condiciones de humedad invernales, y, con ello, secas. Cuando en caso de una irradiación térmica más intensa en verano y, con ello, en condiciones más húmedas con respecto a condiciones de invierno, la humedad sale de la construcción de madera, por ejemplo, de un tejado, la lámina de barrera de vapor reacciona, debido a la humedad relativamente alta que rodea la barrera de vapor, al abrirse, para llamarlo así, debido a la reducción de la resistencia de difusión de vapor de agua, de modo que se garantiza un secado correspondiente.

30 Como material para láminas de barrera de vapor adaptativas a la humedad se usa a menudo poliamida (véase el documento DE 195 14 420 C1 que corresponde al documento WO 96/33321 A1). En esta lámina, la resistencia de difusión de vapor de agua disminuye a medida que aumenta la humedad ambiente media. A este respecto, las propiedades adaptativas a la humedad de esta barrera de vapor a modo de lámina conocida están ajustadas de modo que ésta, con una humedad media de la atmósfera que rodea la barrera de vapor de un 30 a un 50 %, tiene una resistencia de difusión de vapor de agua (valor  $s_d$ ) de 2 a 5 m de grosor de capa de aire equivalente de difusión y, con una humedad del entorno en el intervalo de un 60 a un 80 %, una resistencia de difusión de vapor de agua (valor  $s_d$ ) que es inferior a 1 m. Esto tiene como consecuencia de que durante la época de invierno, en la que, por regla general, existen unas condiciones secas y la humedad relativa de la atmósfera que rodea la barrera de vapor está situada fundamentalmente en el intervalo de un 30 a un 50 %, la barrera de vapor de este tipo tiene un efecto de frenado en el sentido de que, debido a la resistencia de difusión de vapor de agua relativamente alta, la barrera de vapor se cierra, esto es, sólo poco vapor de agua puede difundir a través de la lámina. De este modo se evita que una cantidad considerable de humedad llegue desde el espacio interior de edificios a través de la lámina hacia fuera, por ejemplo, al interior de una construcción de madera de un tejado de edificio y/o de una pared en la que, por consiguiente, la humedad precipita y, finalmente, puede conducir a una putrefacción y a una formación de moho.

45 En cambio, en condiciones húmedas, tal como existen en particular en los meses de verano, se posibilita una difusión de la humedad debido a la resistencia de difusión reducida. Esto tiene como consecuencia de que ahora se pueda evacuar humedad de la construcción de madera, esto es, se posibilite un secado, de modo que se pueden evitar daños en particular en la construcción de madera. Finalmente, son conocidas láminas de barrera de vapor adicionales en la estructura de múltiples capas con una característica adaptable a la humedad (documentos DE 20 50 2004 019 654 U1 o DE 101 11 319 A1), que con una humedad ambiente relativa de un 30 a un 50 % tienen una resistencia de difusión de vapor de agua  $s_d$  de 5 m de grosor de capa de aire equivalente de difusión y más, y con una humedad ambiente relativa de un 60 a un 80 % tienen una resistencia de difusión de vapor de agua  $s_d$  inferior a 0,5 m de grosor de capa de aire equivalente de difusión. En el caso de láminas de barrera de vapor adaptativas a la humedad conocidas de este tipo, la resistencia de difusión de vapor de agua, indicada en función de la humedad media o relativa, cambia a modo de una curva en S con un brazo en S que se desvía hacia dentro partiendo de valores más altos de resistencia de difusión de vapor de agua con una humedad menor en la dirección del brazo en S que se desvía hacia fuera con valores reducidos de resistencia de difusión con una humedad superior que rodea la barrera de vapor.

Tal como es conocido, la resistencia de difusión del desarrollo de curva en la humedad de las barreras de vapor adaptativas a la humedad se puede ajustar a través de la fórmula  $s_d = D \times \mu$ , indicando D el grosor de la barrera de vapor y  $\mu$  un parámetro dependiente del material de la barrera de vapor. De este modo es posible un cambio del carácter adaptativo a la humedad de una barrera de vapor mediante un ajuste de grosor correspondiente, esto es, al aumentarse o reducirse de manera correspondiente el grosor de la lámina de barrera de vapor, lo que, sin embargo, no cambia nada con respecto al desarrollo de la curva en S, sino sólo conduce a un desplazamiento de la curva en S a lo largo de la ordenada. En caso de un aumento del grosor de la barrera de vapor, esto llevaría a un aumento correspondiente del valor  $s_d$  tanto en condiciones secas en invierno como en condiciones húmedas en verano, lo que, sin embargo, en un caso de este tipo para condiciones de verano llevaría a un empeoramiento de las propiedades de la barrera de vapor debido al comportamiento de secado reducido con ello. Sin embargo, por motivos de resistencia y estabilidad se establecen límites para una reducción del grosor de la lámina de barrera de vapor, que habitualmente están presentes en grosores en el intervalo de 20  $\mu\text{m}$  a 80  $\mu\text{m}$ .

Las láminas de barrera de vapor conocidas han demostrado ser útiles para condiciones normales, éstas son, en particular condiciones ambientales secas, tal como existen en general en oficinas, y en condiciones de humedad normales, tal como existen en particular en edificios de vivienda, sin embargo, el comportamiento de las láminas de barrera de vapor conocidas bajo una carga de humedad elevada es absolutamente problemático en particular en condiciones climáticas más frías. Una carga de humedad elevada existe en particular en salas, tales como cocinas grandes, comedores y similares, aunque también en habitaciones y oficinas en las que están colocados muchas plantas y/o acuarios y similares. Sin embargo, una carga de humedad elevada existe en particular también en edificios de obra nueva y en la rehabilitación de edificios antiguos debido a la aplicación de mortero o trabajos de pavimento. Debido a materiales de construcción modernos y procedimientos de construcción novedosos, medidas de construcción de este tipo se realizan cada vez más también en la época más fría del año, en particular durante los meses de octubre a marzo, esto es, en épocas en las que la humedad ambiente se estabiliza en un valor relativamente seco con el que se cierran las láminas de barrera de vapor en condiciones normales de este tipo. Sin embargo, al producirse una carga de humedad, en particular al realizar medidas de construcción en la época más fría del año, se puede producir en barreras de vapor convencionales una apertura de la lámina debido a la humedad ambiente que se produce de este modo en la lámina de barrera de vapor, y, con ello, una filtración en gran parte libre de la humedad a través de la lámina de barrera de vapor en la construcción de madera, lo que es extraordinariamente crítico en una medida determinada y puede conducir a daños en la construcción de madera como consecuencia de una formación de moho y similares.

El objetivo de la invención es proponer una barrera de vapor y un procedimiento de fabricación para una barrera de vapor de este tipo que tenga en cuenta las condiciones anteriormente explicadas en particular en la época fría del año, es decir, que evita fundamentalmente una evacuación crítica de humedad a través de la lámina de barrera de vapor en caso de una carga de humedad elevada.

Este objetivo se consigue según la invención mediante las medidas contenidas en la parte identificadora de la reivindicación 1, estando perfeccionamientos convenientes de la invención caracterizados por las características contenidas en las reivindicaciones dependientes. Según la invención, la barrera de vapor, que está presente, preferiblemente, como lámina, está caracterizada por que ésta está formada por un material que tiene un perfil de humedad de tres partes, concretamente a partir de una humedad relativa media de un 75 %, preferiblemente de un 70 % y más, un valor  $s_d$  inferior a 1 m, preferiblemente inferior a 0,8 m de grosor de capa de aire equivalente de difusión, entonces, con una humedad media que disminuye en un intervalo de un 45 a un 58 %, preferiblemente en un intervalo de un 40 a un 58 %, tiene un desarrollo fundamentalmente a modo de meseta o aproximadamente a modo de meseta del valor  $s_d$ , no superándose por este intervalo un valor  $s_d$  inferior de 2 m y un valor  $s_d$  superior de 5 m y no superando a 1 m en este intervalo la diferencia entre el valor  $s_d$  real inferior y el valor  $s_d$  real superior. Al disminuir adicionalmente la humedad en un intervalo de un 20 a un 30 %, preferiblemente de un 20 a un 35 %, la barrera de vapor tiene un valor  $s_d$  que asciende, como mínimo, a 0,5 m por encima del valor  $s_d$  real superior en el intervalo medio a modo de meseta.

De este modo, la lámina de barrera de vapor tiene el efecto de bloqueo obligatoriamente pequeño desde el punto de vista de la física de construcción en el intervalo de humedades medias altas superiores a un 75 %, en particular de un 75 %, es decir, un comportamiento de secado elevado en verano. Al mismo tiempo, la lámina de barrera de vapor cumple en particular con el criterio de que, en caso de cargas de humedad elevadas en salas, tal como aparecen en particular en cocinas grandes, comederos y similares o en caso de medidas de construcción en épocas frías del año, posibilite cierta evacuación de humedad, sin embargo, aun así reduzca correspondientemente la evacuación de humedad con respecto a barreras de vapor convencionales, de modo que se evita una filtración crítica de humedad en una construcción de madera y similares en situaciones de este tipo. Bajo una carga de humedad elevada, por tanto, la lámina de barrera de vapor se abre a medida que aumenta la humedad en el intervalo indicado de un 45 a un 58 % o de un 40 a un 58 %, sin embargo, el cambio del valor  $s_d$  en este intervalo de humedad sólo se realiza en una medida menor que en láminas de barrera de vapor convencionales, de modo que en el intervalo indicado se produce cierta fase de mantenimiento del cambio de los valores  $s_d$  de la lámina de barrera de vapor, de modo que los valores  $s_d$  de la lámina de barrera de vapor en este intervalo sólo cambian de forma paulatina, aunque, por lo demás, en principio, se garantizan fundamentalmente unas condiciones casi o aproximadamente constantes con respecto al valor  $s_d$  en este intervalo. Preferiblemente, la curva del valor  $s_d$  por la humedad en el intervalo de un 45 a un 58 %, preferiblemente de un 40 a un 58 %, tiene un desarrollo fundamentalmente a modo de meseta, es decir, el

cambio del valor  $s_d$  en este intervalo se mantiene reducido durante un periodo de tiempo largo, determinado por la carga de humedad elevada, de modo que, por un lado, se mantiene cierto efecto de bloqueo deseado de la lámina de barrera de vapor y, aun así, con una filtración de humedad excesiva, es posible cierta difusión de humedad, sin embargo, sin que se alcance una evacuación de humedad crítica, tal como sería el caso con láminas de barrera de vapor habituales con cargas de humedad de este tipo.

El desarrollo habitual de los valores  $s_d$  por los valores de humedad de láminas de barrera de vapor convencionales se refleja en un desarrollo de curva fundamentalmente en forma de S, mientras que en la lámina de barrera de vapor según la invención existe preferiblemente el desarrollo de curva a modo de una curva en doble S, coincidiendo el intervalo de la curva en S que se desvía hacia fuera en el intervalo seco con el valor de la curva en S que se desvía hacia dentro para el intervalo húmedo y realizándose, en el intervalo de una humedad de un 45 a un 58 % o de un 40 a un 58 %, el desarrollo de curva de manera casi constante o fundamentalmente a modo de meseta, es decir, sólo con un cambio pequeño de los valores  $s_d$ . En una forma de realización conveniente de la invención, el desarrollo de la curva dentro del intervalo fundamentalmente a modo de meseta cambia por un valor de diferencia  $s_d$  de, como máximo, 0,6 m, preferiblemente, como máximo, 0,4 m de grosor de capa de aire equivalente de difusión de manera correspondiente a la diferencia del valor  $s_d$  de la curva cuando se desvía hacia dentro hacia la humedad de un 45 % con respecto al valor  $s_d$  de la curva cuando se desvía hacia fuera con una humedad de un 58 %. Es decir, la lámina de barrera de vapor cambia sólo gradualmente su valor  $s_d$  dentro de este intervalo, de modo que se consigue una fase de mantenimiento correspondiente en la que la lámina de barrera de vapor sigue bloqueando en gran parte, aunque posibilita cierta evacuación de humedad dentro de los parámetros ya mencionados anteriormente. Preferiblemente, el desarrollo a modo de meseta de la curva de los valores  $s_d$  está situado en función de la humedad dentro de un intervalo de 3 a 5 m de grosor de capa de aire equivalente de difusión.

Según una realización conveniente de la invención, el material que determina la adaptabilidad a la humedad de la barrera de vapor está presente en una única capa que en total está formada por este material, a diferencia de láminas de barrera de vapor convencionales en las que la adaptabilidad a la humedad viene determinada por varias capas dispuestas unas por encima de otras de una lámina de barrera de vapor.

El desarrollo de curva a modo de meseta de los valores  $s_d$  o la fase de mantenimiento descrita con un cambio sólo pequeño de los valores  $s_d$  en el intervalo de humedad de un 45 a un 58 % o de un 40 a un 58 % se consigue mediante la adición de un aditivo al material base de la barrera de vapor, siendo la adición de un 10 a un 20 %, preferiblemente de un 15 a un 20 % (porcentaje en peso) con respecto al material restante de la lámina de barrera de vapor. Preferiblemente, el material base de la lámina de barrera de vapor es poliamida, usándose como aditivo preferido poliolefinas modificadas, en particular un copolímero de polietileno de injerto. Copolímeros de polietileno de injerto de este tipo son ofrecidos por diversos fabricantes. Como especialmente adecuados han demostrado ser los tipos distribuidos bajo la marca Bynel® de la empresa Du Pont. Un aditivo preferido adicional son copolímeros de ácido poliacrílico de polietileno que también son ofrecidos por diversos fabricantes. Como especialmente adecuados han demostrado ser los tipos distribuidos bajo la marca Surlyn® de la empresa Du Pont.

La capa responsable de la adaptabilidad a la humedad de la lámina de barrera de vapor está caracterizada por una estructura laminar homogénea que se debe considerablemente a un mezclado químico de un compuesto de la poliamida presente en forma de granulado y el aditivo también presente en forma de granulado mediante una fusión de la mezcla de granulado, formándose granulos a partir de esta masa fundida de la poliamida y el aditivo a partir de los que entonces se extruye o se fabrica mediante un procedimiento de soplado la lámina de barrera de vapor. A este respecto, es conveniente que el aditivo esté presente en forma de nanopartículas dentro del granulado de partida del aditivo.

Según la invención se pueden producir láminas de barrera de vapor con esta adaptabilidad descrita a la humedad en un intervalo de grosor en particular de 40 a 80  $\mu\text{m}$ , preferiblemente de 50 a 70  $\mu\text{m}$ . En el marco de la invención, esta lámina de barrera de vapor de una sola capa se complementa, con respecto al carácter de adaptabilidad a la humedad, por capas adecuadas adicionales que están previstas para reforzar la lámina o para influir en otras propiedades de la lámina de barrera de vapor según el caso de aplicación.

Un procedimiento conveniente para fabricar una lámina de barrera de vapor de este tipo está caracterizado por que, partiendo de granulos de poliamida y un aditivo presente en forma de granulado, en particular polietileno, se forma un compuesto mediante mezclado. Este compuesto de materias primas presentes en forma de granulado se funde en una relación de mezclado adecuada en una extrusora, dado el caso, añadiendo adyuvantes adicionales, como, por ejemplo, medios de homogeneización, con el fin de crear una masa fundida homogénea a partir de las sustancias de partida anteriormente mencionadas. A partir de la masa fundida homogénea se genera un granulado mezclado. Este granulado mezclado se procesa adicionalmente en una etapa de proceso independiente de ello en un procedimiento de extrusión o en un procedimiento de soplado de modo que se convierte en una monolámina o lámina de barrera de vapor de una sola capa según la invención. Una lámina de barrera de vapor fabricada de este modo está caracterizada por una estructura en gran parte homogénea. De manera alternativa, las sustancias de partida también se pueden procesar adicionalmente en una extrusora adecuada directamente y de modo que se convierten en una monolámina correspondiente. El procedimiento alternativo es preferible desde un punto de vista económico debido a que no es necesaria una preparación previa por compuestos, sin embargo, la homogeneización requerida de la masa fundida se asegura sólo con dificultad en la medida deseada en la realidad de producción.

La monolámina generada según este procedimiento se puede proveer de capas adicionales en procedimientos de laminado conocidos en sí, en particular para mejorar sus propiedades mecánicas. Preferiblemente, estas capas adicionales no tienen ningún efecto sobre el carácter adaptativo a la humedad según la invención de la lámina que viene determinado por la monolámina.

5 La relación de mezclado de la poliamida y el aditivo se ajusta con respecto a la característica de humedad adaptable deseada. A este respecto ha resultado en ensayos prácticos que en función del aditivo individual que se añade a una base de poliamida es ventajosa una adición de un 7 a un 25 % del aditivo a la base de poliamida, y concretamente tanto para conseguir la característica de humedad adaptable deseada según la invención como con respecto a la posibilidad de fabricar la lámina. Es especialmente preferible una adición del aditivo en el intervalo de 10 a un 20 %, en particular de un 14 a un 18 %, habiéndose conseguido unos resultados muy buenos con una adición en el intervalo de un 15 a un 18 %. Los límites superiores de la adición del aditivo están situados, debido al material, en el intervalo aproximadamente de un 20 a un 25 de porcentaje en peso, no debiéndose superar un valor límite de un 25 de porcentaje en peso con respecto a la posibilidad de fabricar la lámina según la invención y siendo la posibilidad de fabricar la lámina mejor cuanto más se desplaza el límite de intervalo superior hacia abajo en la dirección hacia un 20 % e inferior.

A continuación se explican ejemplos de realización preferidos de la invención mediante la única figura que representa un diagrama de desarrollos de curva de cuatro láminas de barrera de vapor según la invención con respecto a los valores  $s_d$  por la humedad relativa media, es decir, la humedad ambiente alrededor de la lámina de barrera de vapor.

20 Los desarrollos de curva K1, K2, K3 y K4 muestran cuatro láminas de barrera de vapor que están formadas respectivamente por una sola capa y a partir de poliamida, en este caso con el aditivo Bynel® 4157 en un 20 por ciento en peso y un grosor de 40  $\mu\text{m}$  (K1: 40  $\mu\text{m}/20\%$ /B), un contenido en aditivo de un 15 por ciento en peso de Bynel con un grosor de capa de 70  $\mu\text{m}$  (K2: 70  $\mu\text{m}/15\%$ /B), un contenido en aditivo de un 18 por ciento en peso de Surlyn® 1605 con un grosor de capa de 60  $\mu\text{m}$  (K3: 60  $\mu\text{m}/18\%$ /S) o en este caso con el aditivo EVOH tipo H171B (fabricante EVAL Europa) de un 15 por ciento en peso con un grosor de capa de 50  $\mu\text{m}$  (K4: 50  $\mu\text{m}/15\%$ /EVOH).

Con respecto a la posibilidad de fabricación sencilla, los límites superiores para Bynel 4157 se situaron aproximadamente en un 22 por ciento en peso, para Surlyn 1605 aproximadamente en un 20 por ciento en peso y para EVOH tipo H171B en aproximadamente un 20 por ciento en peso.

30 Se puede ver que la adaptabilidad a la humedad de la barrera de vapor está definida por tres intervalos que en sí determinan respectivamente un marco rectangular. A partir de una humedad de un 75 % se establece un intervalo rectangular I con valores  $s_d$  inferiores a 1 m de grosor de capa de aire equivalente de difusión. En el intervalo de humedad de un 45 a un 58 % están establecidos previamente valores  $s_d$  en el intervalo de 2 a aproximadamente 4,3 m de grosor de capa de aire equivalente de difusión, lo que conduce a un rectángulo establecido para el intervalo II, dentro del que está establecido un segundo rectángulo que tiene en cuenta la diferencia de, como máximo, 1 m de grosor de capa de aire equivalente de difusión entre el valor real inferior y el valor real superior en el intervalo II. En el caso de una humedad baja seca en un intervalo de un 20 a un 30 %, los valores  $s_d$  de la lámina de barrera de vapor están situados en un intervalo de valores  $s_d$  cuyo límite inferior asciende al menos a 0,5 m por encima del valor real superior en el intervalo II, por lo que se establece un intervalo rectangular III sombreado abierto hacia arriba.

40 El perfil de humedad de la curva K se establece por puntos de medición distribuidos por la abscisa, realizándose la medición según la norma DIN EN ISO 12572: 2001. En series de ensayo se ha mostrado que para una determinación exacta de un punto de medición individual en el intervalo de transición, es decir, con un desarrollo de curva más inclinado con barreras de vapor adaptativas a la humedad conocidas con un desarrollo de curva en S individual con humedades medias aproximadamente de un 35 a un 65 % sólo se debería ajustar un gradiente bajo entre las humedades existentes en las dos caras de la barrera de vapor a partir del que se determina la humedad media mediante un promediado. Gradientes demasiado grandes conducen a falsificaciones de los valores de medición que se reflejan en valores  $s_d$  demasiado pequeños. Tal como es habitual, una humedad se establece previamente mediante una sal o agua, la otra cara se establece previamente mediante el ajuste de una cámara climática regulable.

50 La tabla 1 resume los ajustes de humedad y los valores de medición para los ejemplos de realización según la invención K1, K2, K3 y K4.

Tabla 1: Condiciones de humedad para la medición de valores  $s_d$  y valores  $s_d$  en m

Sal	Cámara climática	Promedio	Valor $s_d$ de K1 [m]	Valor $s_d$ de K2 [m]	Valor $s_d$ de K3 [m]	Valor $s_d$ de K4 [m]
Gel de sílice: 2 %	26 %	14 %	-	-	-	9,75

Sal	Cámara climática	Promedio	(continuación)			
			Valor $s_d$ de K1 [m]	Valor $s_d$ de K2 [m]	Valor $s_d$ de K3 [m]	Valor $s_d$ de K4 [m]
Gel de sílice: 2 %	40 %	21 %	-	-	-	8,94
Gel de sílice: 2 %	53 %	27,5 %	3,77	6,20	5,96	7,16
Nitrato de magnesio 6-hidrato: 53 %	20 %	36,5 %	3,10	5,20	4,33	5,67
Nitrato de magnesio 6-hidrato: 53 %	40 %	46,5 %	2,36	3,58	3,54	3,85
Nitrato de magnesio 6-hidrato: 53 %	62 %	57,5 %	2,12	3,18	3,3	3,25
Cloruro de sodio: 75 %	50 %	62,5 %	1,22	1,75	2,15	2,74
Agua: 100 %	50 %	75 %	0,33	0,47	0,4	1,84
Agua: 100 %	60 %	80 %	0,25	0,38	0,34	0,24

5 El desarrollo de las curvas K1, K2, K3 y K4 se puede describir con un perfil en doble S, pasando el brazo de la curva que se desvía hacia fuera en el intervalo de humedad seco dentro del intervalo II al brazo de la curva en S que se desvía hacia dentro para el segmento más húmedo y, tal como se puede ver, teniendo lugar sólo una reducción gradual de los valores  $s_d$  dentro del intervalo II, de modo que se produce una cierta fase de mantenimiento y, con ello, aproximadamente un desarrollo casi constante con un carácter a modo de meseta y cambiando dentro de este intervalo de humedad sólo ligeramente los valores  $s_d$ , es decir, estando reducida correspondientemente en el intervalo II la tendencia en la dirección de la apertura de la lámina de barrera de vapor. Para confirmar el desarrollo 10 en doble S se han determinado para el ejemplo de realización K4 adicionalmente puntos de medición adicionales con humedades medias bajas de un 14 % o un 21 %.

Una curva en doble S se define matemáticamente mediante la siguiente ecuación:

$$y(x) = \frac{A1}{1 + e^{B1 \cdot (x - C1)}} + \frac{A2}{1 + e^{B2 \cdot (x - C2)}} + D$$

15 Los parámetros A1/A2 representan el ensanchamiento de las dos curvas en S individuales entre los valores de ordenada mínimo y máximo, B1/B2 indican el ensanchamiento del intervalo de transición, es decir, la inclinación de la curva en S, C1/C2 definen la ubicación del punto de inflexión de las curvas en S, D define el valor límite inferior.

Usando el método de mínimos cuadrados para la regresión resulta:

$$S = \sum_{i=1}^n [y_i(x_i) - y(x_i)]^2 \longrightarrow \text{mín}$$

$$\frac{dS}{dA1 \dots D} = 2 \cdot \sum_{i=1}^n \left[ [y_i(x_i) - y(x_i)] \cdot \frac{dy}{dA1 \dots D} \right] = 0,$$

con

$$\frac{dy}{dA1} = \frac{1}{1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)}} \quad \text{y} \quad \frac{dy}{dA2} = \frac{1}{1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)}}$$

$$\frac{dy}{dB1} = \frac{-1}{(1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)})^2} \cdot (x_i - C1) \cdot e^{B1 \cdot (x_i - C1)} \quad \text{y} \quad \frac{dy}{dB2} = \frac{-1}{(1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)})^2} \cdot (x_i - C2) \cdot e^{B2 \cdot (x_i - C2)}$$

$$\frac{dy}{dC1} = \frac{1}{(1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)})^2} \cdot B1 \cdot e^{B1 \cdot (x_i - C1)} \quad \text{y} \quad \frac{dy}{dC2} = \frac{1}{(1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)})^2} \cdot B2 \cdot e^{B2 \cdot (x_i - C2)}$$

$$\frac{dy}{dD} = 1$$

Con una inserción resultan por tanto 7 ecuaciones para la determinación de los parámetros de curva A1 a D

1)

$$\sum_{i=1}^n \left[ \left[ y_i(x_i) - \left( \frac{A1}{1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)}} + \frac{A2}{1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)}} + D \right) \right] \cdot \frac{1}{1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)}} \right] = 0$$

2)

$$\sum_{i=1}^n \left[ \left[ y_i(x_i) - \left( \frac{A1}{1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)}} + \frac{A2}{1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)}} + D \right) \right] \cdot \frac{1}{1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)}} \right] = 0$$

3)

$$\sum_{i=1}^n \left[ \left[ y_i(x_i) - \left( \frac{A1}{1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)}} + \frac{A2}{1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)}} + D \right) \right] \cdot \frac{-1}{(1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)})^2} \cdot (x_i - C1) \cdot e^{B1 \cdot (x_i - C1)} \right] = 0$$

4)

$$\sum_{i=1}^n \left[ \left[ y_i(x_i) - \left( \frac{A1}{1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)}} + \frac{A2}{1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)}} + D \right) \right] \cdot \frac{-1}{(1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)})^2} \cdot (x_i - C2) \cdot e^{B2 \cdot (x_i - C2)} \right] = 0$$

5)

$$\sum_{i=1}^n \left[ \left[ y_i(x_i) - \left( \frac{A1}{1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)}} + \frac{A2}{1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)}} + D \right) \right] \cdot \frac{1}{(1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)})^2} \cdot B1 \cdot e^{B1 \cdot (x_i - C1)} \right] = 0$$

6)

$$\sum_{i=1}^n \left[ \left[ y_i(x_i) - \left( \frac{A1}{1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)}} + \frac{A2}{1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)}} + D \right) \right] \cdot \frac{1}{(1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)})^2} \cdot B2 \cdot e^{B2 \cdot (x_i - C2)} \right] = 0$$

7)

$$\sum_{i=1}^n \left[ y_i(x_i) - \left( \frac{A1}{1 + e^{B1 \cdot (x_i - C1)}} + \frac{A2}{1 + e^{B2 \cdot (x_i - C2)}} + D \right) \right] = 0$$

Este sistema de ecuaciones no se puede resolver de forma cerrada. Habitualmente, se calcula con un procedimiento iterativo partiendo de valores de partida adecuados.

Para las tres curvas K1, K2 y K3 resultan como "el mejor ajuste" los siguientes valores:

	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D
<b>K1</b>	<b>3,5</b>	<b>2,0</b>	<b>0,20</b>	<b>0,48</b>	<b>25</b>	<b>62</b>	<b>0,29</b>
<b>K2</b>	<b>6,3</b>	<b>3,2</b>	<b>0,23</b>	<b>0,44</b>	<b>25</b>	<b>62</b>	<b>0,36</b>
<b>K3</b>	<b>2,5</b>	<b>3,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,41</b>	<b>34</b>	<b>63</b>	<b>0,35</b>
<b>K4</b>	<b>6,7</b>	<b>3,3</b>	<b>0,15</b>	<b>0,5</b>	<b>30</b>	<b>62</b>	<b>0,2</b>
<b>Etapas de iteración</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,01</b>

5

Tal como demuestran los ejemplos de realización, evidentemente, se puede influir en el desarrollo de la curva K mediante el grosor de capa y una adición correspondiente del aditivo, usándose preferiblemente, tal como ya se indicó anteriormente, Bynel®, por ejemplo, Bynel® 4157, o Surlyn®, por ejemplo, Surlyn® 1605, o EVOH, por ejemplo, H171B.

10 Las láminas de barrera de vapor K1 y K2 se han fabricado a partir de una mezcla de granulada a partir de poliamida con aproximadamente un 15 % o un 20 % de Bynel® 4157, fundiéndose esta mezcla de granulada y formándose a partir de la masa fundida, a su vez, un granulada a partir de una mezcla de poliamida y Bynel® 4157. A partir de este granulada se fabricó entonces una lámina de barrera de vapor con un grosor de 70 µm o 40 µm mediante una extrusión convencional en una extrusora. La fabricación de la lámina de barrera de vapor K3 se realizó de manera

análoga con una adición de un 18 % de Surlyn® 1605. Se generó un grosor de producto de 60 µm. La lámina de barrera de vapor K4 se fabricó mediante un mezclado de poliamida añadiendo un 15 % de EVOH H171B en una extrusora con una tobera ranurada conectada. Se generó un grosor de producto de 50 µm.

En todos los ejemplos de realización se usó una poliamida 6, y concretamente el tipo B40L (fabricante BASF).

- 5 Ensayos prácticos han mostrado que las láminas de barrera de vapor según la invención, en particular en condiciones húmedas, tal como existen en el caso de medidas de construcción en el marco de edificios de obra nueva o trabajos de reforma, tienen aún un efecto de bloqueo deseado en el intervalo de humedad crítico de un 45 a un 60 % y en el intervalo indicado se abren sólo poco, de modo que durante un periodo de tiempo largo tiene lugar una evacuación de humedad a través de la lámina de barrera de vapor en gran parte uniforme y que no daña la
- 10 construcción de madera.

## REIVINDICACIONES

1. Barrera de vapor adaptable a la humedad, en particular para su uso para el aislamiento térmico de edificios, que tiene una resistencia a la difusión de vapor de agua (valor  $s_d$ ) expresada como grosor de capa de aire equivalente de difusión (valor  $s_d$ ) que aumenta a medida que disminuye la humedad de la humedad que rodea la barrera de vapor, presentando la barrera de vapor en un intervalo (I) a partir de una humedad relativa media de un 75 %, preferiblemente de un 70 % y además, un valor  $s_d$  inferior a 1 m, preferiblemente inferior a 0,8 m, y **caracterizada por que** la barrera de vapor, con una humedad media, en un intervalo (II) de un 45 a un 58 %, preferiblemente en un intervalo de un 40 a un 58 %, tiene un desarrollo fundamentalmente a modo de meseta o aproximadamente a modo de meseta del valor  $s_d$ , en donde, en este intervalo, no se desciende por debajo de un valor  $s_d$  inferior de 2 m y no se supera un valor  $s_d$  superior de 5, y la diferencia entre el valor  $s_d$  real superior y el inferior no supera a 1 m, y, con una humedad media en un intervalo (III) de un 20 a un 30 %, preferiblemente de un 20 a un 35 %, presenta un valor  $s_d$  que se encuentra al menos 0,5 m por encima del valor  $s_d$  real superior en el intervalo medio a modo de meseta.
2. Barrera de vapor según la reivindicación 1, **caracterizada por que** el desarrollo a modo de meseta de la curva del valor  $s_d$  de la humedad tiene lugar dentro de un intervalo (II) de 3 a 5 m de grosor de capa de aire equivalente de difusión.
3. Barrera de vapor según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada por que** el desarrollo de la curva dentro del intervalo (II) fundamentalmente a modo de meseta cambia en un valor de diferencia  $s_d$  de como máximo, 0,6 m, preferiblemente, como máximo, de 0,4 m de grosor de capa de aire equivalente de difusión, en particular disminuye a medida que aumenta la humedad.
4. Barrera de vapor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** los valores  $s_d$  de la barrera de vapor son inferiores a 0,5 m de grosor de capa de aire equivalente de difusión a partir de una humedad de un 75 %, preferiblemente a partir de una humedad a partir de un 70 % y superior.
5. Barrera de vapor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la curva de los valores  $s_d$  de la barrera de vapor en función de la humedad discurre fundamentalmente a modo de una curva en doble S, encontrándose el intervalo a modo de meseta fundamentalmente en el intervalo de transición de las curvas en S sucesivas.
6. Barrera de vapor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el material que determina la adaptabilidad a la humedad de la barrera de vapor está presente en una capa, es decir, en una capa individual.
7. Barrera de vapor según la reivindicación 5, **caracterizada por que** el material de la barrera de vapor está formado por poliamida con un aditivo añadido.
8. Barrera de vapor según la reivindicación 7, **caracterizada por que** la parte del aditivo en el material de la capa asciende a de un 10 a un 20 %, preferiblemente a de un 15 a un 20 %, medido en porcentaje en peso.
9. Barrera de vapor según las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizada por que** el aditivo está formado por una poliolefina modificada, en particular mediante un polímero de polietileno injertado, preferiblemente Bynel, o mediante un copolímero de polietileno-ácido poliacrílico, preferiblemente Surlyn (marcas de Dupont).
10. Barrera de vapor según una de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizada por que** el material de la capa para formar una estructura laminar fundamentalmente homogénea está formado por granulados de poliamida y el aditivo presente en forma de granulados, que son extruidos tras el mezclado de modo que forman una capa a modo de lámina.
11. Barrera de vapor según una de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizada por que** el material de la capa para formar una estructura laminar fundamentalmente homogénea está formado por granulados de poliamida y el aditivo presente en forma de granulados, que se mezclan químicamente tras el mezclado para dar un compuesto y tras una fusión del compuesto, y que forman granulados que contienen poliamida y el aditivo y están presentes en la barrera de vapor como capa a modo de lámina extruida o soplada.
12. Barrera de vapor según las reivindicaciones 10 u 11, **caracterizada por que** el aditivo en forma de nanopartículas está presente dentro del granulado de partida del aditivo.
13. Barrera de vapor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la capa de material está formada por una lámina con un grosor de 40 a 80  $\mu\text{m}$ , preferiblemente con un grosor de 50 a 70  $\mu\text{m}$ .
14. Procedimiento para fabricar una barrera de vapor adaptable a la humedad según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** granulados de poliamida se mezclan con granulados de un aditivo, en particular polímeros de polietileno, y se forma a partir de esta mezcla la barrera de vapor mediante extrusión o un procedimiento de soplado.
15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado por que** los granulados se funden para el mezclado químico, por que a partir de esta masa fundida se forman granulados de una mezcla de poliamida y aditivo y se

forma a partir de estos granulados la barrera de vapor mediante extrusión o mediante un procedimiento de soplado.

16. Procedimiento según las reivindicaciones 14 o 15, **caracterizado por que** el aditivo está presente en el granulado de partida del aditivo en un tamaño de nanopartículas.

5 17. Procedimiento según las reivindicaciones 14 o 15, **caracterizado por que** la barrera de vapor se forma de modo que se convierte en una lámina con una estructura mezclada homogénea de poliamida y aditivo.

Perfil de valores  $s_d$

