

MÉTODO PARA LAMINAR UN CRISTAL COMPUESTO

CAMPO DE LA INVENCION

La invención se relaciona con un método para laminar un cristal compuesto y en particular un método sin autoclave así como un dispositivo para llevar a cabo el método de acuerdo con la invención.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los cristales compuestos son ampliamente usados, por ejemplo, como cristales de vehículo como parabrisas, ventanas laterales, ventanas posteriores, o paneles de techo en vehículos sobre agua, sobre tierra o en el aire, pero también como cristales arquitectónicos, como cristales resistentes al fuego, como acristalamiento de seguridad o en muebles así como accesorios móviles o montados fijamente.

Los cristales compuestos típicamente incluyen dos cristales, por ejemplo, un cristal de sustrato y un cristal de cubierta, que son unidos uno al otro vía una capa intermedia, por ejemplo, hecha de una película termoplástica de polivinil butiral (PVB), en un proceso de laminación bajo la acción de calor y presión.

Los procesos de laminación industrialmente comunes usualmente incluyen un proceso de desaireación combinado con un proceso en autoclave, como se describe, por ejemplo, en la DE 19903171 A1. Los procesos en autoclave, hablando de manera general, consumen mucho tiempo y energía intensiva.

La US 2009/0126859 A1, US 2007/0034317 A1, y la EP 1 967 805 A1 describen métodos de laminación sin autoclave.

Los métodos de laminación sin autoclave con frecuencia tienen la desventaja de que los cristales solo son unidos de manera inadecuada entre sí y, por ejemplo, en el sector automotriz, no satisfacen los requerimientos comunes. Además, los cristales compuestos laminados sin autoclave con frecuencia tienen huecos de aire y opacidad en la región del borde del cristal compuesto.

BREVE DESCRIPCION DE LA INVENCION

El objetivo de la presente invención consiste ahora en proporcionar un método mejorado para laminar un cristal compuesto y en particular un método sin autoclave que permite producir cristales compuestos de alta calidad económicamente.

El objetivo de la presente invención es alcanzado de acuerdo con la invención por un método para laminar un cristal compuesto de acuerdo con la reivindicación 1 independiente. Las modalidades preferidas emergen de las reivindicaciones dependientes.

El método de acuerdo con la invención comprende al menos los siguientes pasos:

Un primer paso

(a) Producir una secuencia de pila de un cristal de sustrato, al menos una capa intermedia y un cristal de cubierta,

la cual es laminada por el método de acuerdo con la invención para formar un cristal compuesto.

Una secuencia de pasos para desairear la secuencia de la pila, que comprende los siguientes pasos:

(b1) Colocar un anillo de vacío sobre una bolsa o manga de vacío alrededor de la secuencia de pila,

(b2) Desairear la secuencia de pila

- 5 - a una temperatura T_1 de 0°C a 30°C , preferiblemente a temperatura ambiente o temperatura normal,
 - durante un periodo t_1 mayor que o igual a 8 minutos (abreviado: min), preferiblemente durante un periodo t_1 de 15 min a 35 min y de manera particularmente preferible durante un periodo t_1 de 20 min a 30 min, y

- aplicando una presión absoluta p_1 menor que o igual a 0.3 bares (30 kPa), preferiblemente menos que o igual a 0.2 bares (20 kPa), y de manera particularmente preferible menor que o igual a 0.15 bares (15 kPa) al anillo de vacío o a la
 10 bolsa o manga de vacío,

(b3) Calentar la secuencia de pila

- a una temperatura T_2 de 70°C a 130°C , preferiblemente de 80°C a 130°C , y de manera particularmente preferible de 90°C a 110°C ,
 - donde una presión negativa p_2 menor que o igual a 0.3 bares (30 kPa), preferiblemente menor que o igual a 0.2
 15 bares (20 kPa), y de manera particularmente preferible menor que o igual a 0.15 bares (15 kPa), y en particular una presión negativa de $p_2=p_1$ es mantenida sobre el anillo de vacío (5) o sobre la bolsa o manga de vacío,

(b4) Desairear la secuencia de pila

- durante un periodo t_3 mayor que o igual a 8 min, preferiblemente un periodo t_3 de 15 min a 30 min, y de manera particularmente preferible durante un periodo t_3 de 20 min a 30 min,
 20 - manteniendo una presión absoluta p_3 menor que o igual a 0.3 bares (30 kPa), preferiblemente menor que o igual a 0.2 bares (20 kPa), y de manera particularmente preferible menor que o igual a 0.15 bares (15 kPa) sobre el anillo de vacío o la bolsa o manga de vacío,

- donde la secuencia de la pila es mantenida por radiación de microondas a una temperatura T_3 de 70°C a 130°C , preferiblemente de 80°C a 130°C , y de manera particularmente preferible de 90°C a 110°C ,

25 (b5) Enfriamiento de la secuencia de la pila

- a una temperatura T_4 de menos de 70°C ,
 - donde una presión absoluta p_4 menor que o igual a 0.3 bares (30 kPa), preferiblemente menos que o igual a 0.2 bares (20 kPa), y de manera particularmente preferible menor que o igual a 0.15 bares (15 kPa) es mantenida sobre el anillo de vacío o sobre la bolsa o manga de vacío,

30 (b6) Airear el anillo de vacío o la bolsa de vacío, y

(c) Remover el anillo de vacío o la bolsa o manga de vacío.

En lo siguiente, el calentamiento de la secuencia de la pila a una temperatura T_i con $i=1, 2, 3, 4$ significa que al menos la capa intermedia y las superficies del cristal de sustrato y del cristal de cubierta adyacente a la capa intermedia tienen la temperatura T_i .

35 En el método de acuerdo con la invención, en los pasos b3) y b4), la secuencia de pila es calentada de manera

ventajosa o mantenida a una temperatura por radiación de microondas en un área de microondas de un horno de microondas. La radiación de microondas tiene, de manera ventajosa, una frecuencia f de 800 MHz a 3.0 GHz, donde la radiación de microondas puede ser pulsada, modulada, o continua. Esa radiación de microondas es particularmente adecuada para calentar una capa intermedia adecuada para la producción de un cristal compuesto y en particular una capa intermedia hecha de polivinil butiral. Particularmente ventajosa es la radiación de microondas con una frecuencia f de 915 MHz o 2.45 GHz, puesto que la radiación de microondas con esas frecuencias es particularmente adecuada para ajustar el agua y las moléculas de agua incluidas en la capa intermedia en vibración y, de este modo, calentarlas.

En una mejora ventajosa del método de acuerdo con la invención, la presión negativa es mantenida durante y entre los pasos b2) a b5). En una mejora ventajosa del método de acuerdo con la invención, la presión negativa p_1 a p_4 que es aplicada en los pasos b2) a b5) es constante, en otras palabras, $p_1=p_2=p_3=p_4$ o aproximadamente constante, en otras palabras, la presión negativa fluctúa en un 30% como máximo y preferiblemente 10% como máximo.

En una modalidad ventajosa del método de acuerdo con la invención, en el paso b3), la secuencia de la pila es calentada dentro de un periodo t_2 de 0.5 min a 10 min y preferiblemente de 1 min a 5 min. En el método de acuerdo con la invención, esos tiempos de calentamiento breves son posibles debido a que la capa intermedia es calentada directamente por la radiación en microondas.

En una modalidad ventajosa del método de acuerdo con la invención, la temperatura final T_2 en el paso b3) es la misma que la temperatura T_3 en el paso b4) o aproximadamente constante, en otras palabras, la temperatura se desvía en cada caso en 30% como máximo y preferiblemente 10% como máximo.

Básicamente, todos los sustratos eléctricamente aislantes que sean térmica y químicamente estables así como dimensionalmente estables bajo las condiciones de producción y el uso del cristal compuesto de acuerdo con la invención son adecuados como el cristal del sustrato y el cristal de cubierta.

El cristal de sustrato y/o o el cristal de cubierta preferiblemente contienen vidrio, de manera particularmente preferible vidrio plano, de manera aún más preferible vidrio flotado y, en particular, vidrio de cuarzo, vidrio de borosilicato, vidrio de sosa y cal o plásticos claros, de manera particularmente preferible plásticos claros rígidos, y, en particular, polietileno, polipropileno, policarbonato, metacrilato de polimetilo, poliestireno, poliamida, poliésteres, cloruro de polivinilo, y/o mezclas de los mismos. El sustrato y/o el cristal de cubierta son preferiblemente transparentes, en particular para el uso del cristal como un parabrisas o ventana posterior de un vehículo u otros usos en los cuales sea deseable una alta transmitancia de luz. En el contexto de la invención, un cristal que tiene transmitancia en el intervalo espectral visible de más de 70% es considerado "transparente". Para cristales que no son colocados en el campo de visión relevante para el tráfico del conductor, por ejemplo, paneles de techo, la transmitancia también puede ser mucho menor, por ejemplo, mayor del 5%.

El espesor del cristal de sustrato y/o de cubierta puede variar ampliamente y de este modo ser adaptado idealmente a los requerimientos de un caso individual. Preferiblemente, son usados espesores estándar de 0.5 mm a 25 mm, preferiblemente de 1.4 mm to 2.5 mm, para vidrio de vehículo; y preferiblemente de 4 mm a 25 mm, para muebles, aparatos electrodomésticos y edificios, en particular para calentadores eléctricos. El tamaño del cristal puede variar

ampliamente y es gobernado por el tamaño de la aplicación de acuerdo con la invención. El sustrato y, opcionalmente, el cristal de cubierta tienen, por ejemplo, en el sector automotriz y arquitectónico, áreas comunes de 200 cm² hasta 20 m².

El cristal compuesto puede tener cualquier forma tridimensional. Preferiblemente, la forma tridimensional no tiene zonas de sombra puesto que estas pueden, por ejemplo, ser recubiertas por electrodeposición catódica. Preferiblemente, los sustratos y los cristales de cubierta son planos o ligeramente o muy curvos en una dirección o en múltiples direcciones espaciales. Los cristales de sustrato y de cubierta planos son usados en particular. Los cristales pueden ser incoloros o coloreados.

Los cristales de sustratos y/o de cubierta son unidos entre sí por al menos una capa intermedia. La capa intermedia es preferiblemente transparente. La capa intermedia contiene preferiblemente al menos un plástico, preferiblemente polivinil butiral (PVB), etilen vinil acetato (EVA) y/o tereftalato de polietileno (PET). Sin embargo, la capa intermedia también puede contener, por ejemplo, poliuretano (PU), polipropileno (PP), poliacrilato, polietileno (PE), policarbonato (PC), metacrilato de polimetilo, cloruro de polivinilo, resina de poliacetato, resinas de moldeo, acrilatos, etilen propilenos fluorados, fluoruro de polivinilo y/o etileno tetrafluoroetileno, o copolímeros o mezclas de los mismos.

La capa intermedia puede ser implementada por medio de una o aun por una pluralidad de películas arregladas una encima de la otra, donde el espesor de una película es preferiblemente de 0.025 mm a 1 mm, típicamente de 0.38 mm o 0.76 mm. En otras palabras, la capa intermedia puede en cada caso ser construida a partir de una o una pluralidad de películas. Preferiblemente, al menos tres películas, en particular películas de polivinil butiral, con plasticidad o elasticidad diferente alternada, son arregladas una sobre otra, como es sabido, por ejemplo, de la EP 0763420 A1 o la EP 0844075 A1.

Las capas intermedias pueden ser preferiblemente termoplásticas y, después de la laminación, unidas al sustrato, el cristal de cubierta y otras posibles capas intermedias entre sí.

El método de acuerdo con la invención es particularmente adecuado para procesar capas intermedias hechas de una o una pluralidad de películas de polivinil butiral. La superficie de la película de polivinil butiral puede ser estampada y tener cualquier rugosidad deseada. Particularmente preferidas son las películas de polivinil butiral con una rugosidad R_z de 15 μm a 90 μm . Aquí, R_z se define como la profundidad de rugosidad promedio, es decir, la suma de la altura del pico de perfil más grande y la profundidad del valle de perfil más grande dentro de una longitud de muestreo l .

En una mejora ventajosa del método de acuerdo con la invención, la capa intermedia y en particular la película de polivinil butiral tiene un contenido de agua de más del 0.10%, preferiblemente de 0.15% a 0.60% y en particular de 0.20% a 0.55%. Con ese contenido de agua, puede ser logrado un calentamiento rápido y efectivo de la secuencia de la pila en el área de microondas de acuerdo con la invención; y las propiedades de adhesión así como las propiedades de desaireación de la capa intermedia son retenidas.

El cristal de sustrato, el cristal de cubierta y/o la capa intermedia pueden tener un recubrimiento eléctricamente conductor y, en particular, un recubrimiento eléctricamente conductor transparente.

Las capas eléctricamente conductoras de acuerdo con la invención son conocidas, por ejemplo, del DE 20 2008 017 611 U1, EP 0 847 965 B1 o WO2012/052315 A1. Típicamente, ellas incluyen una o una pluralidad, por ejemplo, dos,

tres o cuatro capas funcionales eléctricamente conductoras. Las capas funcionales preferiblemente incluyen al menos un metal, por ejemplo, plata, oro, cobre, níquel y/o cromo, o una aleación de metal. Las capas funcionales incluyen de manera particularmente preferible al menos el 90% en peso del metal, en particular al menos 99.9% en peso del metal. Las capas funcionales pueden ser hechas del metal o aleación de metal. Las capas funcionales incluyen de manera particularmente preferiblemente plata o una aleación que contiene plata. Esas capas funcionales tienen conductividad eléctrica particularmente ventajosa con, al mismo tiempo, alta transmitancia en el intervalo espectral visible. El espesor de una capa funcional es preferiblemente de 5 nm a 50 nm, de manera particularmente preferible de 8 nm a 25 nm. En este intervalo para el espesor de la capa funcional, se obtiene una transmitancia ventajosamente alta en el intervalo espectral visible y conductividad eléctrica particularmente ventajosa.

Típicamente, al menos una capa dieléctrica es arreglada en cada caso entre dos capas funcionales adyacentes. Preferiblemente, otra capa dieléctrica es arreglada debajo de la primera y/o encima de la última capa funcional. Una capa dieléctrica incluye al menos una capa individual hecha de un material dieléctrico, por ejemplo, que contiene un nitruro como nitruro de silicio o un óxido como óxido de aluminio. Sin embargo, la capa dieléctrica también puede comprender una pluralidad de capas individuales, por ejemplo, capas individuales que son hechas de un material dieléctrico, capas alisadoras, capas acoplantes, capas bloqueadoras y/o capas antirreflexión. El espesor de una capa dieléctrica es, por ejemplo, de 10 nm a 200 nm.

Esta estructura de capa es obtenida generalmente por una secuencia de operaciones de deposición que son llevadas a cabo por un método al vacío como deposición de vapor al vacío o métodos PVD (deposición física de vapor) como electrodeposición catódica auxiliada por magnetrón o métodos CVD (deposición química de vapor).

Otras capas eléctricamente conductoras adecuadas preferiblemente incluyen o son hechas de óxido de indio y estaño (ITO), óxido de estaño dopado con flúor ($\text{SnO}_2\text{:F}$), u óxido de zinc dopado con aluminio (ZnO:Al).

La capa eléctricamente conductora puede, en principio, ser cualquier recubrimiento que pueda ser puesto en contacto eléctricamente. En el cristal compuesto de acuerdo con la invención se pretende permitir la visión a su través, como es el caso, por ejemplo, con cristales en el área de ventana, la capa eléctricamente conductora es preferiblemente transparente. En una modalidad ventajosa, la capa eléctricamente conductora es una capa o una estructura de capas de múltiples capas individuales que tiene un espesor total menor que o igual a 2 μm , de manera particularmente preferible menor que o igual a 1 μm .

Para evitar cortos circuitos y destellos en el área de la radiación de microondas, es ventajoso que la capa eléctricamente conductora transparente de acuerdo con la invención tenga una resistencia superficial de 0.4 ohm/cuadrado a 200 ohm/cuadrado. En una modalidad particularmente ventajosa, la capa eléctricamente conductora de acuerdo con la invención tiene una resistencia superficial de 0.5 ohm/cuadrado a 20 ohm/cuadrado.

La capa eléctricamente conductora preferiblemente incluye un recubrimiento eléctricamente conductor, transparente. Aquí, "transparente" significa permeable a la radiación electromagnética de una longitud de onda de 300 nm a 1300 nm y en particular a la luz visible.

En una modalidad ventajosa del método de acuerdo con la invención, la laminación del cristal compuesto es

llevada a cabo completamente sin autoclave. En otras palabras, no sigue ningún paso que use una autoclave. Como lo muestran las investigaciones de los inventores, ya con los métodos sin autoclave, fue posible lograr un excelente resultado en términos de transparencia, claridad y resistencia del cristal compuesto. Los métodos en autoclave son particularmente intensivos desde el punto de vista energético puesto que la secuencia de pila completa tiene que ser mantenida a altas temperaturas bajo presión negativa durante un tiempo prolongado. Con los métodos sin autoclave presentados aquí, como resultado de la acción dirigida de la radiación de microondas, únicamente en la secuencia de pila y en particular únicamente la capa intermedia con las superficies adyacentes del cristal de sustrato y de cubierta es calentada, lo cual ahorra energía particularmente.

Por supuesto, como una alternativa al método sin autoclave, por medio de los pasos a) a c), puede ser producida primero una precomposición, seguido por un proceso en autoclave.

Otro aspecto de la invención incluye un dispositivo para llevar a cabo el método, que comprende al menos:

- un aparato de transporte para desplazar la secuencia de pila a través del dispositivo a lo largo de la dirección del transporte,
- un sistema de vacío con al menos un anillo de vacío o al menos una manga o bolsa de vacío para desairear la secuencia de pila en los pasos b2) a b5),
- al menos un área de microondas (12) para calentar la secuencia de pila (1) en los pasos b3) y b4).

El área de microondas es producida usualmente en un horno de microondas. Por supuesto, el dispositivo de acuerdo con la invención puede tener una pluralidad de hornos de microondas que son arreglados uno después del otro en la dirección del transporte. De manera alternativa, o en combinación, los hornos de microondas pueden tener una o una pluralidad de áreas de microondas.

El método de acuerdo con la invención puede ser llevado a cabo en el dispositivo de acuerdo con la invención secuencialmente o en el proceso por lotes (también llamada operación por lotes). En la operación por lotes, cuando se lleva a cabo el método de acuerdo con la invención, una o una pluralidad de secuencias de pila es arreglada simultáneamente en el área de microondas del horno de microondas. En la operación secuencial, una pluralidad de secuencias de pila son enrutadas una después de la otra a través del área de microondas del horno de microondas. La operación secuencial puede ser llevada a cabo continuamente, en otras palabras, la secuencia de pila es enrutada en un movimiento continuo a través del área de microondas y procesada por esta. De manera alternativa, la operación secuencial puede ser llevada a cabo de manera discontinua, en otras palabras, la secuencia de pila es llevada al área de microondas, el mecanismo de transporte interrumpe, la secuencia de pila calentada y desaireada y entonces enrutada hacia afuera del área de microondas.

Una modalidad ventajosa del dispositivo de acuerdo con la invención tiene al menos una unidad de enfriamiento, preferiblemente un ventilador con o sin un intercambiador de calor. La unidad de enfriamiento es arreglada corriente abajo del área de microondas en la dirección del transporte. Esto tiene la ventaja particular de que en el paso b5), la secuencia de pila puede ser enfriada rápidamente a la temperatura requerida, dando como resultado un acortamiento del tiempo de proceso.

En una modalidad ventajosa del dispositivo de acuerdo con la invención, al menos las secciones del sistema de transporte y del sistema de vacío arregladas en el área de microondas son eléctricamente aislantes u óhmicamente muy altas y preferiblemente libres de metal. Como resultado, absorción y corto circuito indeseables así como las chispas son evitados en el área de microondas. Los materiales adecuados para el sistema de transporte y los sistemas de vacío en esas secciones son, en consecuencia, plásticos, caucho o cerámicas.

El dispositivo de acuerdo con la invención puede ser diseñado de modo que la secuencia de pila sea transportada a través del dispositivo longitudinalmente o transversalmente.

Otro aspecto de la invención incluye el uso de un cristal compuesto producido con el método de acuerdo con la invención en medios de transporte para desplazarse sobre tierra, en el aire o sobre el agua, en particular en vehículos de motor, trenes, aeronaves o embarcaciones, por ejemplo, como un parabrisas, ventana posterior, ventana lateral, y/o panel de techo, para edificios, en particular en el área de acceso, área de la ventana, área del techo, o el área de la fachada, como un componente integrado en muebles y aparatos electrodomésticos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

En lo siguiente, la invención es explicada en detalle con referencia a las figuras y modalidades ejemplares. Las figuras son representaciones esquemáticas y no están a escala verdadera. Las figuras de ninguna manera restringen la invención.

Elas describen:

Figura 1 un diagrama de flujo de una modalidad ejemplar del método de acuerdo con la invención,

Figura 2 una representación esquemática del método de acuerdo con la invención en un dispositivo de acuerdo con la invención,

Figura 3A un diagrama de temperatura del método de acuerdo con la invención,

Figura 3B un diagrama de presión del método de acuerdo con la invención, y

Figura 4 una representación en perspectiva de un dispositivo alternativo de acuerdo con la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La Figura 1 describe un diagrama de flujo de una modalidad ejemplar del método de acuerdo con la invención para laminar un cristal compuesto.

La Figura 2 describe una representación esquemática del método de acuerdo con la invención en un dispositivo de acuerdo con la invención.

En un primer paso a) del método de acuerdo con la invención, es producida una secuencia de pila 1 de, por ejemplo, un cristal de sustrato 2, una capa intermedia 3, y una capa de cubierta 4. Aquí, el cristal compuesto producido a partir de la secuencia de pila 1 por laminación es, por ejemplo, un parabrisas de un coche de pasajeros. Por supuesto, el método de acuerdo con la invención y el dispositivo de acuerdo con la invención pueden ser usados para una variedad de cristales compuestos en el sector de vehículos, arquitectónico o decorativo.

El cristal de sustrato 2 y el cristal de cubierta 4 son aproximadamente trapezoidales en este ejemplo y tienen una curvatura ligera, como es costumbre para los parabrisas modernos. El cristal de sustrato 2 y el cristal de cubierta 4 son, en este ejemplo, del mismo tamaño y son arreglados de manera congruente uno encima del otro. El cristal de sustrato 2 y el cristal de cubierta 4 tienen un ancho de, por ejemplo, 0.9 m y una longitud sobre el borde inferior U, en otras palabras, sobre la base más larga de los cristales trapezoidales de, por ejemplo, 1.5 m. El borde opuesto al borde inferior U tiene una longitud de, por ejemplo, 1.2 m. Por supuesto, en la laminación de los cristales compuestos de, por ejemplo, ventanas laterales o paneles de techo, pueden ser usados cristales de sustrato 2 y cristales de cubierta 4 que sean más pequeños o más grandes, así como triangulares con convexidades complejas o rectangulares.

El cristal de sustrato 2 está, por ejemplo, destinado, en la posición instalada, a orientarse hacia el interior del vehículo, mientras que el cristal de cubierta 4 está destinado a orientarse hacia afuera con relación al interior del vehículo. El cristal de sustrato 2 y el cristal de cubierta 4 son hechos, por ejemplo, de vidrio de sosa y cal. El espesor del cristal de sustrato 2 es, por ejemplo, 1.6 mm; y el espesor del cristal de cubierta 4 es de 2.1 mm. Por supuesto, el cristal de sustrato 2 y el cristal de cubierta 4 pueden, por ejemplo, también ser implementados con espesores iguales. La capa intermedia 3 es una capa intermedia termoplástica y es hecha, por ejemplo, de polivinil butiral (PVB). Esta tiene, por ejemplo, un espesor de 0.76 mm a 0.86 mm. La capa intermedia 3 tiene, en este ejemplo, un contenido de agua de, por ejemplo, 0.40%.

En un paso b1) del método de acuerdo con la invención, un anillo de vacío 5 es colocado alrededor de los bordes laterales externos de la secuencia de pila 1. El anillo de vacío 5 ("serpiente verde") es hecho de un tubo estable a la presión negativa que tiene la forma de un anillo cerrado y tiene una ranura sobre su lado interno, en la cual el borde lateral externo de la secuencia de pila 1 es insertado. El anillo de vacío 5 rodea completamente los bordes laterales y el espacio intermedio entre el cristal de sustrato 2 y el cristal de cubierta 4 y sella este bajo condiciones de vacío. El anillo de vacío 5 es conectado vía un tubo de presión negativa a un tanque de compensación de vacío opcional y una bomba de vacío. El anillo de vacío 5, el tubo de presión negativa, el tanque de compensación de vacío opcional y la bomba de vacío forman un sistema de vacío 15. El tanque de compensación de vacío tiene, por ejemplo, un volumen de 1 m³. La bomba de vacío tiene, por ejemplo, una capacidad de bombeo de 300 m³/h y alcanza una presión final máxima de 0.1 mbar (0.01 kPa).

La figura 2 representa, bajo b1), una secuencia de pila 1 de un cristal de sustrato 2, una capa intermedia 3 y una capa de cubierta 4 con un anillo de vacío montado 5. La secuencia de pila es arreglada en una posición vertical y a lo largo de la dirección de transporte 20. La secuencia de pila 1 es insertada en un aparato de transporte (no mostrado aquí) que transporta la secuencia de pila 1 a través del dispositivo 10 a lo largo de la dirección de transporte 20. El aparato de transporte es, por ejemplo, una banda transportadora con sujetadores adecuados para acomodar la secuencia de pila 1. El anillo de vacío 5 y el tubo de presión negativa, el cual conecta el anillo de vacío 5 a la bomba de vacío, son móviles, de modo que puedan ser transportados a través del dispositivo 10 con la secuencia de pila 1 mientras mantiene la presión negativa.

En otro paso b2), la secuencia de pila 1 es desaireada aplicando una presión negativa de, por ejemplo, $p = 0.1$ bar (10 kPa). Los datos de presión se basan en la presión absoluta, es decir, la presión con relación al vacío absoluto a p

= 0 bar (0 kPa). La desaireación en este paso es efectuada a una temperatura T_1 de la secuencia de pila 1 entre 0°C y 30°C y, por ejemplo, la temperatura ambiente (TA) de los alrededores. Esto es efectuado durante un período t_1 mayor que o igual a 8 min y, por ejemplo, de 25 min.

La Figura 3A describe un diagrama ejemplar del progreso de temperatura durante el método de acuerdo con la invención. El eje horizontal está dividido en pasos. Los dos ejes no están a escala verdadera.

La Figura 3B describe un diagrama ejemplar del progreso de presión durante el método de acuerdo con la invención. El eje horizontal está dividido en pasos. Los dos ejes no están a escala verdadera.

Entonces, en un paso b3), la secuencia de pila 1 es transportada por el aparato de transporte hacia las microondas 12 del dispositivo 10 y es calentada allí. El área de microondas 12 es producida en el interior de un horno de microondas 13 que emite radiación de microondas a, por ejemplo, 2.45 GHz. Allí, la secuencia de pila 1 es calentada a una temperatura T_2 de 70°C a 130°C y, por ejemplo, a 95°C dentro de un período t_2 de, por ejemplo, 3 min. La presión negativa de $p_2 = 0.1$ bar (10 kPa) sobre el anillo de vacío es mantenida continuamente. Por supuesto, la presión negativa también puede ser aplicada solo periódicamente. Este es, en particular, el caso con el uso de un método de manga o bolsa de vacío, donde la bolsa de vacío es desconectada del sistema de vacío durante el transporte entre múltiples posiciones.

Entonces, en un paso b4), la secuencia de pila 1 es desaireada a la temperatura T_3 de, por ejemplo, 95°C durante un período t_3 mayor que o igual a 8 min y, por ejemplo, de 15 min. La presión negativa de $p_3 = 0.1$ bar (10 kPa) sobre el anillo de vacío es mantenida continuamente.

Entonces, en un paso b5), la secuencia de pila 1 es enfriada a una temperatura T_4 menor que 70°C, por ejemplo, a una temperatura T_4 de 50°C. La presión negativa de $p_4 = 0.1$ bar (10 kPa) sobre el anillo de vacío es mantenida continuamente. El enfriamiento puede, por ejemplo, ser acelerado por una unidad de enfriamiento (no mostrada aquí), por ejemplo, por una corriente de aire de los alrededores del dispositivo 10 con un ventilador. El enfriamiento bajo presión negativa es ventajoso puesto que el enfriamiento sin presión negativa da como resultado la formación de bolsas de aire y opacidad del cristal compuesto subsecuente.

Entonces, en un paso b6), la succión del anillo de vacío 5 de la secuencia de pila 1 es interrumpida y es aplicada presión ambiental, por medio de lo cual el anillo de vacío 5 es aireado.

Entonces, en un paso c), el anillo de vacío 5 es removido de la secuencia de pila 1. La secuencia de pila 1 se enfría adicionalmente durante los pasos b6) y c), hasta que finalmente alcanza la temperatura ambiente a TA.

Como lo muestran las investigaciones de los investigadores, con el método presentado a manera de ejemplo aquí, fue posible producir, sin autoclave, cristales compuestos 30 que tienen excelente calidad en términos de transparencia, opacidad o claridad, y resistencia. El método de acuerdo con la invención es de este modo particularmente ahorrador de energía y es muy económico, como resultado de un tiempo de procesamiento más corto. Por supuesto, de manera alternativa y para obtener propiedades especiales, pueden seguir pasos adicionales como un proceso en autoclave o un proceso de calandrado.

La Figura 4 describe una vista en perspectiva de un dispositivo alternativo 10 de acuerdo con la invención para llevar a cabo el método de acuerdo con la invención. Con el dispositivo 10 descrito aquí, pueden ser producidos cristales

compuestos 30 con los pasos correspondientes de la Figura 1, así como de las Figuras 3A y 3B de modo que únicamente serán discutidas las diferencias en los dispositivos 10 entre la Figura 2 y la Figura 4.

La Figura 4 describe una pluralidad de secuencias de pila 1 que consisten en cada caso de un cristal de sustrato 2, una capa intermedia 3 y una capa de cubierta 4 con un anillo de vacío 5 montado en cada caso. Las secuencias de pila 1 son arregladas en una posición vertical y paralelas entre sí. Las secuencias de pila 1 son insertadas en un aparato de transporte (no mostrado), el cual transporta las secuencias de pila 1 a través del dispositivo a lo largo de la dirección de transporte 20. Las secuencias de pila 1 son orientadas transversales a la dirección de transporte. El aparato de transporte es, por ejemplo, una banda transportadora con sujetadores adecuados para acomodar las secuencias de pila 1. El anillo de vacío 5 y el tubo de presión negativa, que conecta el anillo de vacío 5 a la bomba de vacío, son móviles de modo que pueden ser transportados a través del dispositivo 10 con la secuencia de pila 1 mientras mantienen la presión negativa.

Además, se describe una unidad de enfriamiento 14, la cual es arreglada corriente abajo del horno de microondas 13. El enfriamiento de la secuencia de pila 1 después de pasar a través del área de microondas 12 puede ser acelerado aquí con un ventilador, por ejemplo, por una corriente de aire de los alrededores del dispositivo 10.

Lista de Caracteres de Referencia:

- 1 secuencia de pila
- 2 cristal de sustrato
- 3 capa intermedia
- 4 cristal de cubierta
- 5 anillo de vacío
- 10 dispositivo
- 12 área de microondas
- 13 horno de microondas
- 14 unidad de enfriamiento
- 15 sistema de vacío
- 20 dirección de transporte
- 30 cristal compuesto
- p_1, p_2, p_3, p_4 presión negativa
- t_1, t_2, t_3, t_4 periodo
- T_1, T_2, T_3, T_4 temperatura
- U borde inferior