

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 851 201**

51 Int. Cl.:

B29C 70/88 (2006.01)
B32B 5/14 (2006.01)
B32B 15/08 (2006.01)
B32B 27/20 (2006.01)
B29C 70/60 (2006.01)
B29C 70/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.08.2018** **PCT/EP2018/072334**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.02.2019** **WO19034777**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.08.2018** **E 18762234 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.01.2021** **EP 3642021**

54 Título: **Compuesto multimaterial y procedimiento para su producción**

30 Prioridad:

17.08.2017 DE 102017214334

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.09.2021

73 Titular/es:

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN (100.0%)
Helmholtzstrasse 10
01062 Dresden, DE

72 Inventor/es:

FILIPPATOS, ANGELOS;
WOLZ, DANIEL SEBASTIAN;
JÄGER, HUBERT y
KOCH, ILJA

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 851 201 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

Compuesto multimaterial y procedimiento para su producción

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para la producción de un compuesto multimaterial, que comprende una capa metálica y una primera capa de polímero reforzada con fibras o no reforzada, así como un compuesto multimaterial correspondiente.

Los compuestos multimaterial en modo constructivo mixto, que presentan superficies límites entre metales y plásticos, por ejemplo, en forma de componentes compuestos de fibras y plástico con elementos de introducción de carga metálicos, se usan en múltiples campos de aplicación, en particular, cuando junto a la reducción del peso movido y propiedades de resistencia o rigidez mejoradas también se requiere una alta tenacidad a la rotura y dureza, así como una alta extensibilidad. Por resaltar solo un ejemplo, se pueden mencionar árboles de accionamiento para el sector de aviación, automoción o transporte marítimo.

15 A este respecto, un desafío para el uso de los compuestos multimaterial como estructuras de construcción ligera consiste en la conexión apropiada para la transmisión de fuerzas de los elementos metálicos a los de plástico. La conexión se puede realizar, por ejemplo, por adherencia de materiales mediante pegado. Sin el uso de adhesivos se pueden unir los materiales, por ejemplo, por medio de procedimientos de prensado, infiltración y/o moldeo por inyección. En los procedimientos, como el descrito en el documento DE 10 2016 202 012 B3 para plásticos duroplásticos y el descrito en el documento DE 10 2014 004 158 A1 para plásticos termoplásticos, se realiza una conexión en arrastre de forma de un elemento compuesto de fibras y plástico con el elemento de introducción de carga metálico sin el uso de plásticos.

25 Los materiales no miscibles de los compuestos multimaterial presentan diferentes propiedades de material, p. ej. tenacidad a la rotura, dureza y resistencia. En particular, en los procedimientos de conexión o unión para la producción del compuesto multimaterial, en los que no se usa ningún adhesivo, entre otros debido al cambio repentino de la resistencia o la tenacidad la rotura o a grietas en la superficie límite entre los materiales durante transmisión de solicitaciones por tensiones se puede producir una formación de grietas y propagación de grietas en el más blando de los materiales. Esto puede conducir al fallo del compuesto multimaterial.

Se conoce p. ej. por Ma, P.-C., et al.: "Dispersion and functionalization of carbon nanotubes for polymer-based nanocomposites: A review", Compos. Part. A: Appl. Sci. Manuf., 41 (2010), pág. 1345-1367, que mediante la modificación de materiales poliméricos con nanopartículas se puede aumentar su tenacidad a la rotura, resistencia y rigidez, donde el grado del aumento depende entre otros de la concentración de nanopartículas en el material. Se pueden conseguir propiedades de material especialmente favorables mediante modificación de los materiales poliméricos con nanopartículas basadas en carbono, en particular con nanotubos de carbono (carbon nanotubes, CNT). Una modificación global completa del polímero con nanopartículas conduce a un cambio de las propiedades macroscópicas del polímero. En particular el polímero se puede volver más frágil, lo que puede conducir a fallos del material en determinados casos de aplicación.

El documento US 8388795 B2 y el EP 2926987 A1 describen procedimientos para la producción de un compuesto de materiales, en los que se conectan dos capas de un material de fibras mediante una capa que contiene nanopartículas, en tanto que las capas se posicionan unas respecto a otras y las capas de fibras se impregnan luego como el material de matriz. Los procedimientos descritos no se refieren a compuestos multimaterial con capas límite de metal y polímero, y no se especifica ninguna solución de cómo se puede contrarrestar la tendencia a la formación de grietas en tales superficies límite.

En el documento US 2013 / 0108800 A1 se da a conocer un procedimiento para la formación de un revestimiento protector sobre sustratos con capas que contienen nanopartículas. El revestimiento protector mejora las propiedades de barrera, de modo que se impide o retarda la difusión de líquidos, sustancias disueltas y/o gases en el sustrato. El revestimiento protector se puede componer de una capa de aglutinante con composición polimérica y una capa de nanorrelleno o de una pluralidad de capas de aglutinante y nanorrelleno en alternancia. Dentro del revestimiento protector también puede estar presente un gradiente de los nanorrellenos.

En el documento DE 196 13 645 A1 se da a conocer un procedimiento para la producción de componentes ópticos con estructura de gradiente. Las partículas a nanoescala, dispersas en una matriz líquida endurecible migran dentro de la matriz debido a una diferencia de potencial y configuran por consiguiente un gradiente de sustancia, por ejemplo, un gradiente de índice de refracción en lentes ópticas.

En el documento US 020100227141 A1 se da a conocer una capa protectora para herramientas industriales, por ejemplo, matrices y un procedimiento para la formación de la capa protectora. Las capas protectoras de este tipo presentan una primera capa protectora y al menos otra capa protectora, donde la primera capa protectora contiene partículas marcadoras y la otra capa no puede contener partículas marcadoras. Un desgaste de la capa protectora se puede reconocer por consiguiente de forma óptica, de modo que la capa protectora se puede renovar a tiempo.

En el documento WO 2008 071312 A1 se da a conocer una estructura plana de tipo lámina, banda o chapa, en la que están presentes una capa de un metal y/o una capa de un polímero de forma alternante con al menos una capa de CNT de forma recubierta entre sí. La producción de la estructura plana se realiza por un procedimiento de laminación. Aquí tampoco se especifica ninguna solución de cómo se puede contrarrestar la tendencia a la formación de grietas en las superficies límite entre los materiales. El documento WO 2012 096482 da a conocer las características de los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 9.

El enfoque para la reducción de la tendencia de formación de grietas en compuestos multimaterial puede consistir en suavizar el cambio repentino de las propiedades de material en una superficie límite entre distintos materiales y en modificar gradualmente las propiedades de material en una capa en la superficie límite.

El documento CN 1510069 A da a conocer un procedimiento para la producción de un material de gradiente polimérico, p. ej. de polipropilenos con PA-6 o polipropilenos con talco, que se destaca por una concentración escalonada gradualmente localmente de los materiales. La producción del material se realiza por extrusión, en tanto que la extrusora se alimenta con los materiales de partida en las concentraciones deseadas, escalonadas gradualmente. En el documento WO 2011 039 009 A2 se describe un método para la generación de una capa de gradiente por medio de revestimiento con cepillo, en el que se aplican capas muy delgadas de materiales que contienen nanopartículas sobre el material de partida y se modifica gradualmente la concentración de las nanopartículas de capa en capa. Los dos procedimientos son muy costosos.

El objetivo de la invención es, partiendo del estado de la técnica, proponer un procedimiento para la producción de compuestos multimaterial y un compuesto multimaterial, que venzan las desventajas del estado de la técnica y por los que se prevenga una formación de grietas y propagación de grietas inducida por las diferentes propiedades de material en los compuestos multimaterial.

El objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características expuestas en la reivindicación 1 y un compuesto multimaterial con las características expuestas en la reivindicación 9. Los perfeccionamientos de la invención están especificados en las reivindicaciones dependientes.

El procedimiento según la invención se basa en una adaptación gradual de las propiedades de material de uno de los materiales a las del otro material en la superficie límite entre los materiales de un compuesto multimaterial conservando las propiedades macroscópicas de los materiales.

El procedimiento según la invención se refiere a la producción de un compuesto multimaterial, que presenta al menos una capa metálica así como al menos una primera capa de polímeros reforzada con fibras o no reforzada. En el caso de una realización reforzada con fibras de la capa de polímero, el polímero funciona entonces como una matriz en la que están embebidas las fibras.

Al menos por zonas entre la capa metálica y la primera capa de polímero está contenida una segunda capa de polímero realizable igualmente reforzada por fibras o no reforzada y que contiene nanopartículas. Gracias a las nanopartículas, la segunda capa de polímero presenta unas propiedades de material que son más similares a las de la capa metálica que las propiedades de material de la primera capa de polímero sin nanopartículas.

Bajo influencia de la temperatura elevada o presión elevada y temperatura elevada se forma un compuesto a partir de las tres capas, donde las nanopartículas de la segunda capa de polímero se difunden en la primera capa de polímero, de modo que se forma una capa de gradiente en la que la concentración de nanopartículas disminuye gradualmente hacia la primera capa de polímero. «Elevada» se refiere a este respecto a condiciones normales (101 325 Pa, 20 °C). Pero al experto en la materia le queda claro que la aplicación de los parámetros de presión y/o temperatura se ha de realizar de modo que se produzca una reducción de la viscosidad del material polimérico en la zona de unión, sin que se destruya el polímero.

En la superficie límite de la capa de gradiente con la capa metálica existe por lo tanto una mayor concentración de nanopartículas en la capa de gradiente que en la superficie límite para la primera capa de polímero. Como superficie límite entre la primera capa de polímero y la capa de gradiente o como comienzo de la capa de gradiente se puede

considerar aquella zona en la que están presentes por primera vez nanopartículas. En la superficie límite de la capa de gradiente con la capa metálica, la concentración de nanopartículas solo es poco menor o igual a la concentración de nanopartículas en la segunda capa de polímero antes de la aplicación de presión y/o temperatura para la formación del compuesto.

5

Bajo la «primera capa de polímero» se debe entender una capa de polímero libre de nanopartículas. En este sentido, mediante el procedimiento se consumen las zonas de la primera capa de polímero que lindan con la segunda capa de polímero, dado que la capa de gradiente se forma por la segunda capa de polímero y por zonas de la primera capa de polímero que están adyacente a la segunda capa de polímero, en tanto que las nanopartículas se difunden de la

10 segunda capa de polímero a la primera capa de polímero.

Bajo «nanopartículas» se deben entender rellenos a nanoescala. Para el procedimiento son apropiadas nanopartículas por medio de las que se pueden adaptar las propiedades de material del polímero de la segunda capa de polímero a las del metal, p. ej. por el aumento de la resistencia.

15

Gracias al procedimiento según la invención se suaviza el desarrollo escalonado de distintas propiedades de material en la superficie límite entre la primera capa de polímero y capa metálica, dado que en la capa de gradiente se modifican las propiedades de material de forma gradual de similar a metal a similar a polímero en la dirección de la primera capa de polímero. De este modo se disminuye ventajosamente la tendencia a la formación de grietas y la propagación de

20 grietas en las superficies límite. Se aumenta la vida útil del compuesto multimaterial.

En otras palabras, por medio del procedimiento según la invención se realiza al menos por zonas una adaptación gradual de las propiedades de material poliméricas a las propiedades de material metálicas en la zona de conexión de un compuesto multimaterial con al menos una capa metálica y al menos una polimérica mediante nanomodificación local del material polimérico en la zona de conexión. A este respecto, según la invención no se realiza un cambio global de las propiedades de material poliméricas, es decir, un cambio sobre una zona volumétrica extendida, en particular toda ella, de la primera capa de polímero. La nanomodificación del material polimérico está limitada espacialmente a la zona de difusión de las nanopartículas en la conexión entre la capa metálica y material polimérico y por consiguiente a la extensión de la capa de gradiente.

30

La extensión de la capa de gradiente se determina por las propiedades de difusión de las nanopartículas en el material polimérico, así como por la intensidad y duración de la aplicación de los parámetros de la presión y/o temperatura, donde la duración de la aplicación está preferiblemente entre algunos minutos y una hasta dos horas. En caso del material polimérico conocido, el experto en la materia es capaz de determinar sin más cómo se ha de realizar la aplicación de los parámetros de presión y/o temperatura, a fin de provocar la reducción necesaria de la viscosidad (dinámica) del material polimérico en la zona de unión, sin que se descomponga el polímero. La reducción de la viscosidad provoca un aumento del coeficiente de difusión. En este sentido, se produce la difusión de nanopartículas de la segunda capa de polímero en la primera capa. La extensión de la capa de polímero es preferiblemente de 10 μm a 1 mm, de forma especialmente preferida entre 50 μm y 500 μm , de forma especialmente preferida entre 100 μm y

40 300 μm .

El gradiente de la concentración de nanopartículas que se configura en función de la temperatura o temperatura y presión se puede evaluar p. ej. de forma iterativa en el material consolidado por una medición de resistencia por medio de la tecnología de cuatro puntas. A este respecto, la disposición de medición se debe seleccionar de modo que se puede realizar una evaluación suficiente de la capa graduada. En el caso de una extensión de la capa de gradiente de 100 μm , esto se corresponde, por ejemplo, con una resolución mínima lateral de 30 μm . El cambio de la resistencia se produce en función del contenido de nanopartículas. Para la evaluación, sistemas modelo planos del compuesto de fibras y plástico se pueden medir con concentración de nanopartículas conocidas, por lo que se puede determinar una curva de resistencia - concentración de nanopartículas. Mediante la correlación de las resistencias medidas en la

50

capa de gradiente con la curva de resistencia - concentración de nanopartículas se puede determinar la concentración de nanopartículas local y por consiguiente el progreso del frente de graduación así como del gradiente local.

El gradiente de la concentración de nanopartículas se estabiliza debido al enfriamiento y/o consolidación con endurecimiento definitivo del compuesto. Cómo se ha de producir la estabilización de gradiente se determina gracias al tipo del material polimérico de la capa de gradiente, donde al experto en la materia le queda claro qué método se ha de seleccionar

55

Las capas de polímero pueden estar reforzadas con fibras o no reforzadas. Preferiblemente, al menos la primera capa de polímero está reforzada con fibras, de forma especialmente preferida reforzada con fibras de carbono.

60

En principio, para el procedimiento según la invención se pueden usar todas las fibras y productos semielaborados de fibras apropiados, por ejemplo, mechas, vellones, esteras, mallas, tejidos, trenzas, en tanto que el recorrido de difusión de las nanopartículas sea suficientemente grande para configurar una capa de gradiente. Se puede partir de que un contenido de volumen de fibras de hasta el 60 % garantiza de todas formas un recorrido de difusión suficiente. El

5 procedimiento es apropiado en principio para el uso con todos los tipos de fibras de refuerzo apropiadas, en particular fibras de carbono.

El procedimiento se puede aplicar para todos los metales apropiados para el uso en compuestos multimaterial y aleaciones metálicas, p. ej. acero, aluminio, titanio. A este respecto, la temperatura de fusión de la capa metálica debe

10 ser más alta que la temperatura a aplicar para la configuración de la capa de gradiente y del compuesto o como la temperatura de endurecimiento del material polimérico.

El procedimiento se destaca por una aplicación especialmente sencilla. A este respecto, no se interviene en el proceso de producción de la capa metálica y de la primera capa de polímero. La elaboración de la capa metálica o del

15 componente que la contiene y la elaboración de la primera capa de polímero, o del componente que la contiene, se pueden realizar por separado. La aplicación de la segunda capa de polímero que contiene las nanopartículas, la formación de un compuesto y la generación de la capa de gradiente se realiza solo posteriormente por el proceso de unión térmica o mecánica y térmica por medio de elevación de temperatura o elevación de presión y temperatura.

20 El procedimiento según la invención puede presentar p. ej. las siguientes etapas del procedimiento:

- a. facilitación de un componente que presenta la capa metálica;
- b. facilitación de un componente que presenta la primera capa de polímero reforzada con fibras o no reforzada;
- c. aplicación por zonas o completa de la segunda capa de polímero sobre la capa metálica y/o sobre la primera

25 capa metálica;

- d. posicionamiento de los componentes unos respecto a otros, de modo que la segunda capa de polímero esté dispuesta al menos por zonas entre la capa metálica y la primera capa de polímero;

- e. calentamiento o calentamiento y ejercicio de presión en una herramienta calefactora o calefactora y de prensado al menos en la zona en la que la segunda capa de polímero está dispuesta entre la capa metálica y la primera

30 capa de polímero para la formación de un compuesto, donde las nanopartículas de la segunda capa de polímero se difunden en la primera capa de polímero, de modo que se forma una capa de gradiente en la que la concentración de nanopartículas disminuye hacia la primera capa de polímero;

- f. endurecimiento definitivo del compuesto, enfriamiento y desmoldeo de la herramienta calefactora o calefactora y de prensado usada en la etapa del procedimiento e.

35 El calentamiento así como el ejercicio de presión se realiza preferiblemente de forma limitada localmente sobre la zona de conexión en la que la segunda capa de polímero está dispuesta entre la capa metálica y la primera capa de polímero.

40 El ejercicio de presión sobre el compuesto se puede realizar, por ejemplo, por medio de una herramienta externa, calentable o de forma intrínseca mediante una modificación de volumen terminducida del polímero, o mediante una combinación de ambas posibilidades.

El calentamiento de la zona de conexión se puede realizar a través del calentamiento local de la capa metálica o a

45 través del calentamiento local de la primera capa de polímero, siempre y cuando esta contenga fibras de refuerzo termoconductoras, o se pueda llevar a cabo un calentamiento externo global del compuesto.

Como polímeros de la primera y de la segunda capa se pueden usar polímeros termoplásticos o polímeros duroplásticos especiales.

50 En una forma de realización del procedimiento según la invención, el polímero de la primera y la segunda capa de polímero es un polímero termoplástico. Los polímeros termoplásticos son de baja viscosidad y fácilmente deformables en un cierto rango de temperaturas entre su temperatura de fusión o transición vítrea y su temperatura de descomposición, donde el alcance de este estado se puede repetir con frecuencia a voluntad mediante enfriamiento

55 y recalentamiento, en tanto que no comience la descomposición térmica del material por el sobrecalentamiento.

Para llevar a cabo esta forma de realización del procedimiento según la invención se calientan la primera y la segunda capa de polímero en la zona de conexión hasta una temperatura por encima de la temperatura de fusión o transición vítrea y por debajo de su temperatura de descomposición. De este modo, el material termoplástico se lleva a un estado

60 de baja viscosidad.

«De baja viscosidad» significa en el sentido de la invención que la viscosidad presenta valores suficientemente bajos para configurar una capa de gradiente gracias a la difusión de las nanopartículas de la segunda a la primera capa de polímero. Las nanopartículas se difunden de la segunda capa de polímero a la primera capa de polímero y se forma un compuesto que comprende la capa de gradiente. La estabilización del gradiente de la distribución de nanopartículas y la solidificación del compuesto se realiza mediante el enfriamiento del compuesto por debajo de la temperatura de fusión o transición vítrea del polímero termoplástico.

En otra forma de realización del procedimiento según la invención, el polímero de la primera y la segunda capa de polímero es un polímero duroplástico. Los polímeros duroplásticos ya no se pueden fundir en general en el estado completamente endurecido por el efecto de la temperatura. Muchos polímeros duroplásticos presentan varias funciones de consolidación multietapa (p. ej. estado A, estado B, estado C). En estos polímeros duroplásticos todavía se puede conseguir al menos una vez de forma inducida por la temperatura y presión un estado de material de baja viscosidad hasta el endurecimiento definitivo, irreversible (estado C) Por un lado, los sistemas «snapcure», en los que el endurecimiento se puede producir de forma muy rápida, son especialmente apropiados para el procedimiento según la invención. Además, son especialmente apropiadas resinas epoxi, que están modificadas por la agregación de aditivos, de modo que la temperatura de reblandecimiento de la resina es menor que la temperatura de reticulación, es decir, la temperatura en la que se desencadena la reacción de endurecimiento. Estos sistemas de resina duroplástica se pueden fundir y presentan por consiguiente propiedades de procesamiento de forma similar a sus polímeros termoplásticos.

Para la realización del procedimiento según la invención, mediante la aplicación temperatura elevada o temperatura elevada y presión elevada se induce un estado del polímero duroplástico de la primera y la segunda capa de polímero con menor viscosidad que en el estado de partida. Las nanopartículas se difunden de la segunda capa de polímero a la primera capa de polímero y se forma un compuesto que comprende la capa de gradiente. La estabilización del gradiente de la distribución de nanopartículas y el endurecimiento del compuesto se realiza por consolidación definitiva del polímero duroplástico con elevación de temperatura o de temperatura y presión adicional.

En una forma de realización del procedimiento según la invención, las nanopartículas están basadas en carbono, como p. ej. grafeno, derivados de grafeno, nanotubos de carbono (carbon nano tubes, CNT), sus derivados, nanofibras de carbono (carbon nano fibres, CNF) o también combinaciones de estos. De forma especialmente preferida se usan CNT y/o grafeno. Ventajosamente la modificación con nanopartículas basadas en carbono conduce p. ej. a una resistencia a tracción y flexión elevada, estabilidad de compresión elevada y/o rigidez mejorada en comparación con el material polimérico no modificado.

En otra forma de realización del procedimiento según la invención, antes de la fabricación del compuesto multimaterial se lleva a cabo un pretratamiento de la superficie de la capa metálica al menos en la zona en la que la segunda capa de polímero está dispuesta entre la capa metálica y la primera capa de polímero, por lo que la capa metálica se provee con al menos una función de superficie que mejora la adherencia, por ejemplo, en forma de una microestructura o un revestimiento. Esto se realiza con la finalidad de mejorar la adherencia entre la capa metálica y la segunda capa de polímero. Existen posibilidades para la mejora de la adherencia, por ejemplo, por pretratamiento mecánico o químico de la capa metálica, p. ej. por radiación o por una estructuración láser o por revestimiento de la capa metálica en la zona de unión con un activador de adherencia. La modificación local de la capa metálica en la zona de unión conduce ventajosamente a compuestos multimaterial especialmente duraderos.

En otra forma de realización del procedimiento según la invención, la segunda capa de polímeros se aplica en el estado líquido o sólido sobre la capa metálica o la primera capa de polímero. La aplicación de la segunda capa de polímero se realiza como material preconfeccionado y localmente en la zona de unión del compuesto multimaterial. Durante la aplicación de la segunda capa de polímero, las nanopartículas están distribuidas de forma estadística en el material polimérico. El gradiente de la concentración de nanopartículas se inicia primeramente en otro desarrollo del procedimiento bajo la influencia de la presión y/o temperatura. Las costosas etapas del proceso para la generación de un gradiente de la concentración de nanopartículas ya durante la producción de la segunda capa de polímero no son necesarias según la invención.

En otra forma de realización del procedimiento según la invención, la aplicación de la segunda capa de polímero se realiza por pulverización o inmersión o revestimiento o lacado o inserción o una combinación de dos o varios de estos métodos.

A este respecto, la inserción se refiere a una aplicación de la segunda capa de polímero en la forma de membrana. En estas membranas, por ejemplo, las nanopartículas como relleno de partículas están presentes en una matriz de

polímero. Típicamente las membranas pueden presentar espesores de 100 µm hasta 1 mm.

En otra forma de realización del procedimiento según la invención, la formación del compuesto se realiza por prensado en caliente. La capa de gradiente también se configura ventajosamente primeramente durante el proceso de prensado en caliente.

El objetivo de la invención se consigue además por un compuesto multimaterial, que comprende al menos una capa metálica y una primera capa reforzada con fibras o no reforzada y una capa de gradiente, que está dispuesta al menos por zonas entre la capa metálica y la primera capa de polímero. La capa de gradiente contiene el polímero de la primera capa de polímero y nanopartículas. En la capa de gradiente, la concentración de nanopartículas disminuye gradualmente espacialmente desde la capa metálica hacia la primera capa de polímero. En la capa de gradiente del compuesto multimaterial según la invención existe así un gradiente de la concentración de nanopartículas, donde la concentración de nanopartículas en la superficie límite de la capa de gradiente con la capa metálica es mayor que en la superficie límite con la primera capa de polímero. Como superficie límite entre la primera capa de polímero y la capa de gradiente o como comienzo de la capa de gradiente se puede considerar aquella zona en la que están presentes por primera vez nanopartículas.

Ventajosamente el compuesto multimaterial según la invención es especialmente poco susceptible respecto a la formación y propagación de grietas en la superficie límite entre material metálico y polimérico y por consiguiente especialmente duradero.

En una forma de realización del compuesto multimaterial según la invención, el polímero de la primera capa de polímero y la capa de gradiente es un polímero termoplástico.

En una forma de realización del compuesto multimaterial según la invención, el polímero de la primera capa de polímero y la capa de gradiente es un polímero duroplástico.

En otra forma de realización del compuesto multimaterial según la invención, las nanopartículas que están contenidas en la capa de gradiente están basadas en carbono. Preferentemente, las nanopartículas están seleccionadas de grafeno, derivados de grafeno, nanotubos de carbono carbon nano tubes, CNT), sus derivados, nanofibras de carbono (carbon nano fibres, CNF) o combinaciones de estos. De forma especialmente preferida se usan CNT y/o grafeno. Ventajosamente la modificación con nanopartículas basadas en carbono conduce p. ej. a una resistencia a tracción y flexión elevada, estabilidad de compresión elevada y/o rigidez mejorada en comparación con el material polimérico no modificado.

En otra forma de realización del compuesto multimaterial según la invención, la capa metálica presenta una superficie que mejora la adherencia al menos en la zona en la que la capa de gradiente está dispuesta entre la capa de material y la primera capa de polímero. La superficie puede presentar, por ejemplo, una microestructura o un revestimiento promotor de la adherencia. Ventajosamente la modificación que mejora la adherencia de la superficie metálica en la zona de unión conduce a compuestos multimaterial especialmente duraderos.

La invención no está limitada a las formas de realización representadas y descritas, sino que también comprende todas las formas de realización de igual efecto en el sentido de la invención. Además, la invención tampoco está limitada a las combinaciones de características especialmente descritas, sino que también puede estar definida por cualquier otra combinación de las características determinadas de todas las características individuales dadas a conocer en conjunto, siempre y cuando las características individuales no se excluyen recíprocamente, o no se excluye explícitamente una combinación específica de características individuales.

La invención se explica a continuación mediante ejemplos de realización por medio de figuras esquemáticas no a escala, sin estar limitada a estos.

A este respecto muestra la

Fig. 1 dos representaciones de la vista frontal y lateral, cortada a lo largo de la línea X-X, de una disposición de componentes para la producción de un compuesto multimaterial simétrico en rotación, y la

Fig. 2 dos representaciones en sección de la vista frontal y lateral, cortada a lo largo de la línea Y-Y, de un compuesto multimaterial simétrico en rotación, producible por la disposición de la fig. 1.

En la fig. 1 se muestra un ejemplo de realización de una disposición de los componentes para la producción de un

compuesto multimaterial simétrico en rotación, que puede servir como punto de partida para el procedimiento según la invención. Entre un componente metálico 1 simétrico en rotación y un componente hecho de plástico reforzado con fibras 2 simétrico en rotación, en la zona de conexión de los dos componentes 1 y 2 está dispuesta una capa 3 que contiene el mismo plástico que el componente 2, donde este plástico de la capa 3 está reforzado con nanopartículas.

5 Los componentes 1, 2 y 3 son elaborados respectivamente por separado. La capa 3 puede estar presente en forma de membrana y colocarse, por ejemplo, sobre la superficie del componente metálico 1, antes de que el componente 2 se posicione en la disposición mostrado en la fig. 1 con respecto al componente 1 y capa 3. La formación de una capa de gradiente (no representada) se realiza p. ej. mediante prensado en caliente en la zona de la disposición, en la que la capa 3 está dispuesta entre los componentes 1 y 2.

10

La fig. 2 muestra un ejemplo de realización de un compuesto multimaterial 4 según la invención que se puede producir, por ejemplo, por medio del procedimiento según la invención de una disposición como la representada en la fig. 1. Entre el componente metálico 1 y al componente de plástico reforzado con fibras 2 está dispuesta una capa de gradiente 5. En la formación del compuesto multimaterial 4 y la capa de gradiente 5 se difunden nanopartículas en el

15 plástico del componente 2, de modo la extensión radial de la capa de gradiente es mayor que la extensión radial de la capa 3 mostrada en la fig. 1. En la capa de gradiente, la concentración de nanopartículas disminuye de forma dirigida radialmente hacia fuera, es decir, hacia el componente 2.

La invención no está limitada a las disposiciones simétricas en rotación, sino que se puede aplicar en cualquier geometría que sea apropiada para la unión de un compuesto multimaterial.

20

Referencias

- | | | |
|----|---|--|
| | 1 | Componente de un metal |
| 25 | 2 | Componente de un plástico reforzado con fibras |
| | 3 | Capa de plástico reforzada con nanopartículas |
| | 4 | Compuesto multimaterial |
| | 5 | Capa de gradiente |

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la producción de un compuesto multimaterial (4), constituido de al menos una capa metálica (1), al menos una primera capa de polímero (2) reforzada con fibras o no reforzada y al menos una segunda
5 capa de polímero (3) reforzada con fibras o no reforzada, formada por el polímero de la primera capa de polímero y nanopartículas, que está dispuesta al menos por zonas entre la capa metálica (1) y la primera capa de polímero (2), **caracterizado porque** bajo la influencia de temperatura elevada o temperatura elevada y presión elevada se forma un compuesto, donde las nanopartículas de la segunda capa de polímero (3) se difunden en la primera capa de polímero (2), de modo que se forma una capa de gradiente (5) en la que la concentración de nanopartículas disminuye
10 hacia la primera capa de polímero (2).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el polímero de la primera capa de polímero (2) y de la segunda capa de polímero (3) es un polímero termoplástico.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el polímero de la primera capa de polímero (2) y de la segunda capa de polímero (3) es un polímero duroplástico, que presenta una función de consolidación multietapa.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** las nanopartículas
20 de la segunda capa de polímero (3) están basadas en carbono.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** al menos en la zona en la que la segunda capa de polímero (3) está dispuesta entre la capa metálica (1) y la primera capa de polímero (2) se lleva a cabo un pretratamiento de la capa metálica (1), por lo que la capa metálica (1) se provee con al menos
25 de una función de superficie que mejora la adherencia.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la segunda capa de polímero (3) se aplica en el estado líquido o sólido sobre la capa metálica (1) o la primera capa de polímero (2).
- 30 7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** la aplicación de la segunda capa de polímero (3) se realiza por pulverización o inmersión o revestimiento o lacado o inserción o una combinación de dos o varios de estos métodos.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la formación del
35 compuesto se realiza mediante prensado en caliente.
9. Compuesto multimaterial (4), que comprende al menos una capa metálica (1) y al menos una primera capa de polímero (2) reforzado por fibras o no reforzado, **caracterizado porque** al menos por zonas entre la capa metálica (1) y la primera capa de polímero (2) está dispuesta una capa de gradiente (5), que contiene el polímero de
40 la primera capa de polímero (2) y nanopartículas, en la que la concentración de nanopartículas disminuye espacialmente gradualmente de la capa metálica (1) hacia la primera capa de polímero (2).
10. Compuesto multimaterial (4) según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el polímero es un polímero termoplástico.
45
11. Compuesto multimaterial (4) según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el polímero es un polímero duroplástico.
12. Compuesto multimaterial (4) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado porque** las
50 nanopartículas están basadas en carbono.
13. Compuesto multimaterial (4) según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, **caracterizado porque** al menos en la zona en la que la capa de gradiente (5) está dispuesta entre la capa metálica (1) y la primera capa de polímero (2), la capa metálica (1) presenta una superficie que mejora la adherencia.
55

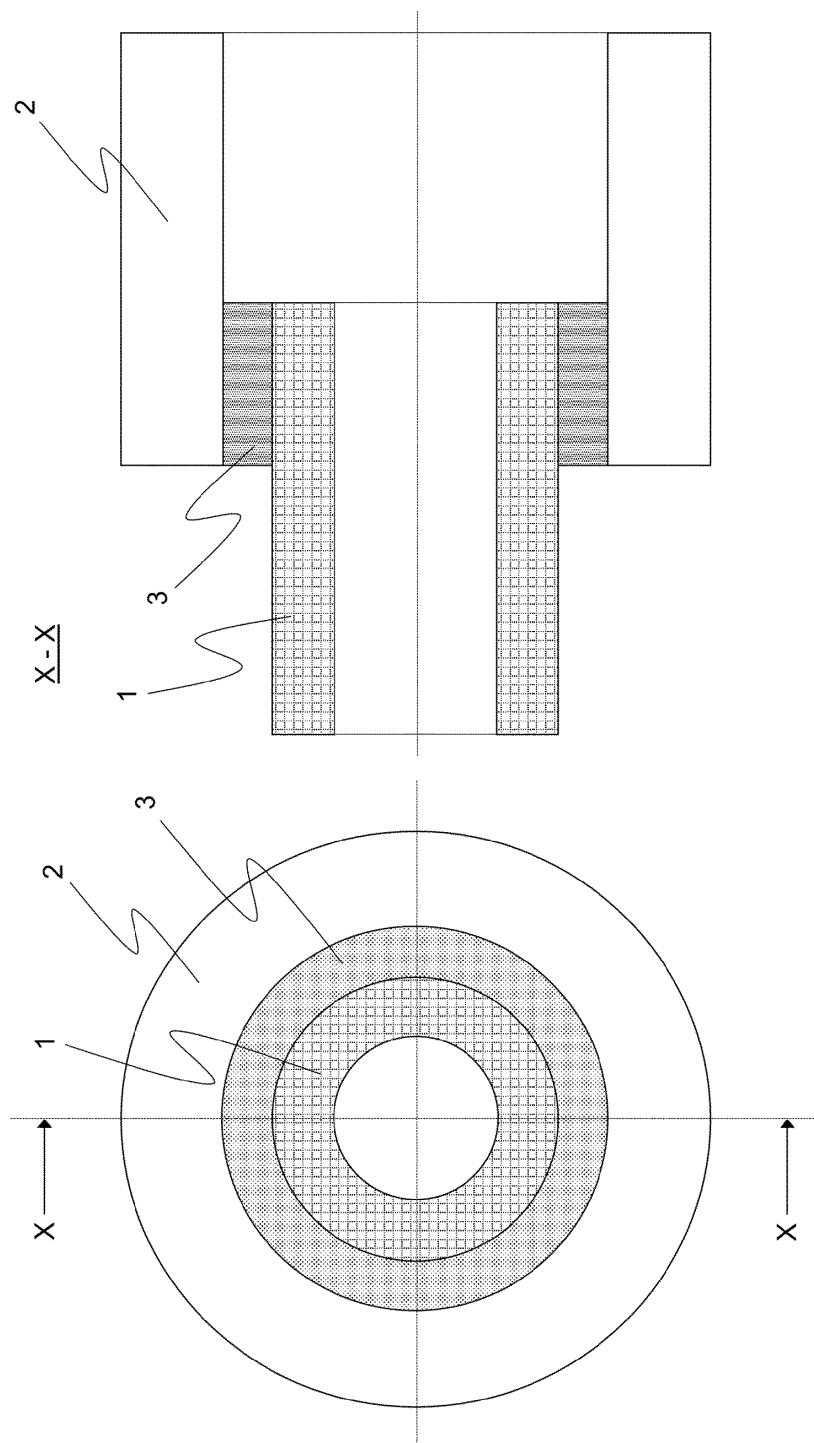


Fig. 1

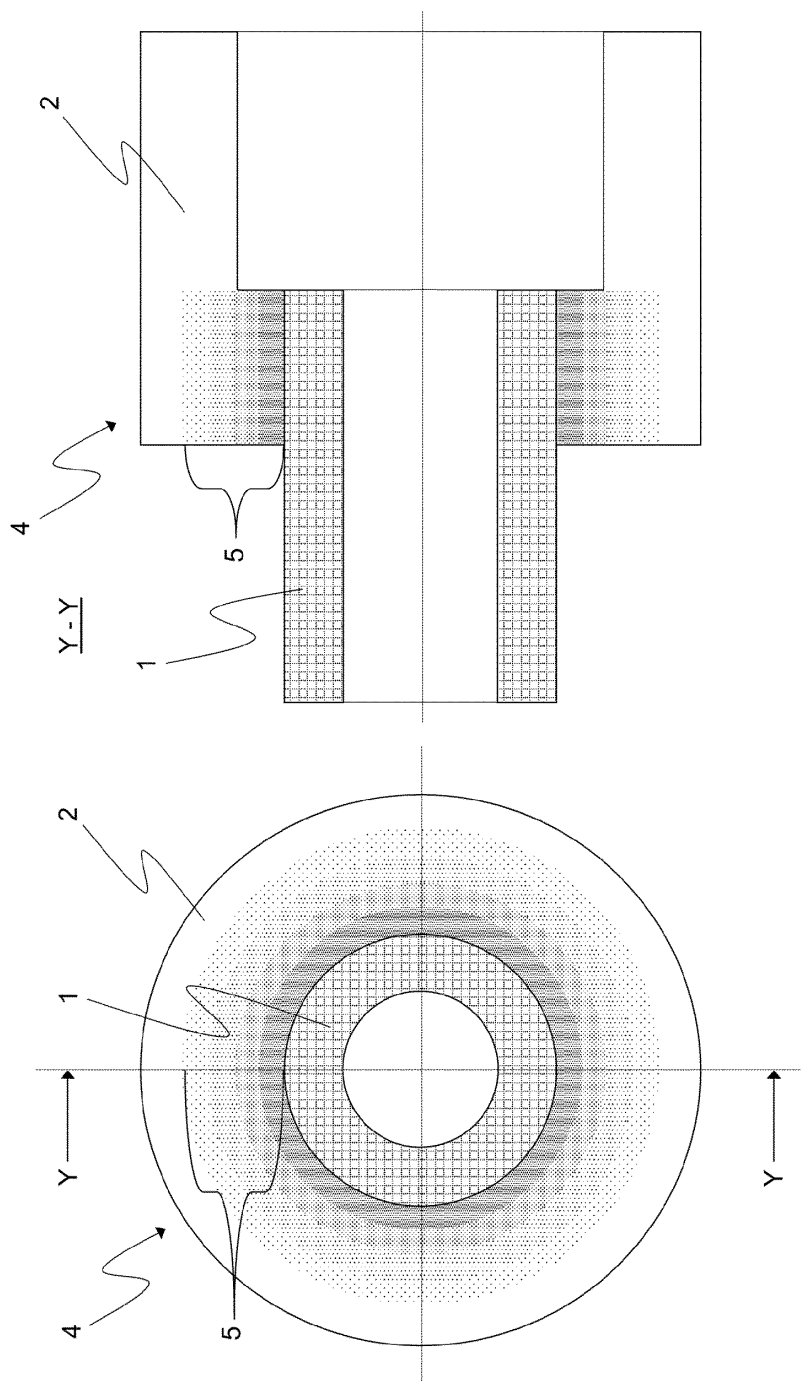


Fig. 2