

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 862**

51 Int. Cl.:

D06M 15/227 (2006.01)
C08K 3/10 (2006.01)
B32B 5/02 (2006.01)
B32B 27/12 (2006.01)
B32B 5/12 (2006.01)
B32B 27/32 (2006.01)
B29C 70/20 (2006.01)
C08J 5/04 (2006.01)
B29K 305/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.04.2011** **PCT/EP2011/056574**
87 Fecha y número de publicación internacional: **01.11.2012** **WO12146272**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2011** **E 11716261 (0)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.10.2017** **EP 2702092**

54 Título: **Materiales compuestos reforzados con fibra de acero**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.12.2017

73 Titular/es:
NV BEKAERT SA (100.0%)
Bekaertstraat 2
8550 Zwevegem, BE

72 Inventor/es:
VANDEWALLE, SOPHIE

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Jorge

ES 2 647 862 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

Materiales compuestos reforzados con fibra de acero

5 Campo técnico

La invención se refiere al campo de los materiales compuestos reforzados con fibra, y especialmente al campo de los plásticos reforzados con fibra.

10 Antecedentes en la técnica

Los materiales compuestos reforzados con fibra se conocen desde hace mucho tiempo. Se usan resinas termoplásticas o termoestables como material de matriz y se conocen diferentes tipos de fibras de refuerzo. Algunas fibras de refuerzo importantes son fibras de carbono, fibras de vidrio y fibras de aramida, aunque también se usan otras fibras tales como fibras de lino y otras fibras naturales.

La resistencia puede ser uno de los criterios de diseño para los plásticos reforzados con fibra (materiales compuestos reforzados con fibra). Sin embargo, para el uso práctico del plástico reforzado con fibra, otros parámetros pueden ser incluso más importantes. Para numerosas aplicaciones, no solo la resistencia es de importancia primordial, sino la rigidez (incluyendo la rigidez al doblado y la rigidez torsional) y la absorción de energía en el impacto (o resistencia al impacto) del producto de plástico reforzado con fibra. De los tres tipos de fibras que se usan en la mayoría de refuerzos de material compuesto (fibra de vidrio, fibras de aramida y fibras de carbono), las fibras de carbono tienen el módulo de elasticidad más elevado y por lo tanto dan como resultado materiales compuestos reforzados con fibra de mayor rigidez que los materiales compuestos reforzados con fibra de aramida o vidrio. Los materiales compuestos reforzados con fibra de aramida y vidrio tienen una rigidez inferior. En general, la resistencia al impacto de los materiales compuestos reforzados con fibra de carbono o vidrio no se considera muy buena. Las desventajas de los materiales compuestos reforzados con fibra de aramida son una baja resistencia a la compresión, un alto nivel de fluencia en frío y un alto nivel de absorción de humedad.

El documento de Patente EP1342623A describe una viga de impacto que está comprendida por una matriz de polímero y una estructura de refuerzo de metal que comprende cables de metal. La viga de impacto tiene una resistencia al impacto mejorada y una integridad mejorada durante y después del impacto. Sin embargo, una desventaja de la divulgación del documento de Patente EP1342623A es que no se puede realizar ninguna parte reforzada con fibra de formas complejas con los cables de metal que se describen en el documento. Otra desventaja es que el tamaño (espesor) de los cables no permite la distribución del refuerzo de forma regular sobre la superficie total de un material compuesto reforzado con fibra sin tener un alto porcentaje en masa de cuerdas de metal.

Se describen materiales compuestos de poliolefina autorreforzados en una diversidad de publicaciones de patente, por ejemplo, en los documentos de Patente EP 1650021A1, EP1787790A1, WO2004/028803 y US2009/0017322A1.

Los materiales compuestos de poliolefina autorreforzados tienen el beneficio de que son fácilmente reciclables. Una ventaja del reciclado es que los materiales compuestos de poliolefina autorreforzados no comprenden fibras de vidrio, dados los problemas de salud que pueden existir cuando se recicla material de desecho que contiene fibras de vidrio. Es un problema que la rigidez de los materiales compuestos de poliolefina autorreforzados no sea suficiente para aplicaciones donde se requiere una alta rigidez del material compuesto.

Divulgación de la invención

Un objetivo de la invención es proporcionar un material compuesto reforzado con fibra mejorado. Un objetivo específico de la invención es proporcionar un material compuesto reforzado con fibra que tiene una buena rigidez (rigidez) combinada con buenas propiedades de impacto. Otro beneficio de la invención es que se puede hacer un material compuesto reforzado con fibra con formas complejas.

Un primer aspecto de la invención es un material compuesto reforzado con fibra. El material compuesto reforzado con fibra comprende un material de matriz y fibras de acero inoxidable. Las fibras de acero inoxidable tienen una sección transversal poligonal y las fibras de acero inoxidable tienen una microestructura recocida. En una realización específica, la sección transversal poligonal es hexagonal. Preferentemente, las fibras de acero inoxidable están desprovistas de rizado.

El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la invención tiene una buena rigidez (dada la rigidez de las fibras de acero inoxidable de aproximadamente 200 GPa) y absorción de energía en el impacto, mientras que tienen suficiente resistencia. El uso de fibras de acero inoxidable con una sección transversal poligonal crea una buena adhesión entre las fibras de acero inoxidable y el material de matriz en el material compuesto reforzado con fibra.

El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la invención tiene una diversidad de otros beneficios adicionales con respecto a los materiales compuestos reforzados con fibras de carbono, vidrio o aramida. El material

compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la invención tiene propiedades de apantallamiento frente a ondas electromagnéticas y conductividad térmica así como eléctrica. Las propiedades de apantallamiento frente a ondas electromagnéticas y la conductividad eléctrica están incluso mejoradas mediante la microestructura recocida de las fibras de acero inoxidable. También se ha mostrado que el material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la invención tiene propiedades mucho mejores de amortiguación de la vibración en comparación con las estructuras de acero, y tiene propiedades mucho mejores de amortiguación en comparación con materiales compuestos reforzados con carbono, vidrio o aramida similares.

Los materiales compuestos reforzados con fibra de acuerdo con la invención han demostrado tener mayor resistencia a la compresión, menores niveles de fluencia en frío y menor absorción de humedad que los materiales compuestos reforzados con fibra de aramida similares.

De acuerdo con una realización de la invención, se usa trefilado de haz para fabricar las fibras de acero inoxidable. En el caso de usar trefilado de haz para fabricar las fibras de acero inoxidable para su uso de acuerdo con la invención, se obtienen fibras de acero inoxidable que tienen una forma de sección transversal poligonal irregular y desigual. Se ha descubierto que las fibras de acero inoxidable con una forma de sección transversal irregular y desigual tienen una adhesión mejorada al material de matriz del material compuesto reforzado con fibra. El trefilado de haz se describe, por ejemplo, en los documentos de Patente US-A-2050298, US-A-3277564 y US-A-3394213.

Los alambres de metal forman el material de partida y se cubren con un revestimiento tal como hierro o cobre. Un haz de estos alambres cubiertos se envuelve posteriormente en un tubo de metal. Después de eso, se reduce el diámetro del tubo envuelto de ese modo mediante etapas posteriores de trefilado de alambre para conducir a un haz de material compuesto con un diámetro menor. Las posteriores etapas de trefilado de alambre se pueden alternar o no alternar con un tratamiento térmico apropiado para permitir un trefilado adicional. En el interior del haz de material compuesto los alambres iniciales se han transformado en fibras delgadas que están embebidas separadamente en la matriz del material cobertor. Tal haz comprende preferentemente no más de 2000 fibras, por ejemplo entre 50 y 1500 fibras. Una vez se ha obtenido el diámetro final deseado se puede retirar el material cobertor, por ejemplo, por disolución del material cobertor en un agente de decapado o disolvente adecuado. El resultado final es el haz de fibras desnudo. En el caso de que se use una mecha de fibra de acero inoxidable en la invención, la mecha de fibra de acero inoxidable se obtiene tomando una o más de estos haces de fibras desnudos conjuntamente.

Las fibras de acero inoxidable de la presente invención están hechas de acero inoxidable. El acero inoxidable se define como una aleación de acero con un contenido mínimo de un 10,5 % de cromo en masa. Algunos ejemplos de calidades de acero inoxidable que se pueden usar en la invención incluyen (pero no se limitan a) AISI 316, AISI 316L, AISI 302, AISI 302HQ, AISI 304 y AISI 304F.

Preferentemente, las fibras de acero inoxidable que se usan en la invención tienen una elongación media en la ruptura en modo de tracción de al menos un 6 %, preferentemente un 10 %. La elongación en la ruptura se somete a ensayo en fibras individuales, con una longitud de ensayo de 100 mm y una velocidad de 2 mm/minuto y una carga previa de 0,005 N. Más preferentemente, en la invención se usan fibras de acero inoxidable que tienen una elongación media en la ruptura en modo de tracción de al menos un 13 %. Incluso más preferentemente, se usan fibras de acero inoxidable que tienen una elongación media en la ruptura en modo de tracción de al menos un 15 %.

Se ha descubierto que el uso de fibras de acero inoxidable con mayor elongación en la ruptura en modo de tracción da como resultado materiales compuestos reforzados con fibra con mayor absorción de energía de impacto, sin tener un efecto negativo en la rigidez, y mientras aún tienen un nivel suficiente de resistencia a la tracción.

Las fibras de acero inoxidable pueden estar presentes en el material compuesto reforzado con fibra en una diversidad de formas diferentes. En una realización, las fibras de acero inoxidable están presentes en forma de fibras de acero inoxidable de longitud infinita; es decir, de tipo filamento (lo que significa de longitud continua).

En otra realización, las fibras de acero inoxidable están presentes en el material compuesto reforzado con fibra en forma de mechas de fibra de acero inoxidable. Con mecha se pretende indicar, como se conoce en la industria de materiales compuestos reforzados con fibra, una hebra continua de filamentos básicamente paralelos de longitud básicamente infinita.

En otra realización, las fibras de acero inoxidable están presentes en los materiales compuestos reforzados con fibra en forma de fibras de acero inoxidable de longitud discreta; esto significa que las fibras de acero inoxidable tienen una distribución de longitud de fibra y una longitud media de fibra. Cuando se usan fibras de acero inoxidable de longitud discreta, la longitud media de fibra es preferentemente mayor de 60 mm, más preferentemente más de 90 mm, incluso más preferentemente más de 150 mm, e incluso aún más preferentemente más de 175 mm. Un ejemplo de un proceso de producción para fabricar las fibras de acero inoxidable de longitud discreta es ruptura por estiramiento, técnica que se conoce tal como en la industria textil.

Las fibras de acero inoxidable pueden estar presentes en una o más direcciones en el material compuesto reforzado con fibra. Preferentemente, las fibras de acero inoxidable se alinean en una dirección específica en esa dirección, lo

que significa que, preferentemente, las fibras de acero inoxidable no están ni torcidas ni texturadas ni presentan rizado, sino que son rectas y están alineadas.

De acuerdo con una realización de la invención, la matriz del material compuesto reforzado con fibra puede ser un polímero termoplástico o una resina termoplástica. Algunos ejemplos de polímeros termoplásticos o resinas termoplásticas que se usan de acuerdo con la invención son poliamida (por ejemplo, poliamida 6 y poliamida 6.6), poliéster termoplástico (por ejemplo PET: poliéster tereftalato), poliolefinas, polipropileno, polietileno, polietileno de alta densidad modificado por medio de anhídrido maleico, PBS (poli-succinato de butileno) y policarbonato.

De acuerdo con otra realización de la invención, la matriz del material compuesto reforzado con fibra puede ser una resina termoestable. Algunos ejemplos de resinas termoestables que se pueden usar de acuerdo con la invención son resinas de poliéster insaturado, epoxi, éster de vinilo y poliisocianurato.

En una realización específica de la invención las fibras de acero inoxidable tienen un diámetro equivalente entre 10 y 100 micrómetros. La expresión "diámetro equivalente" de una fibra particular se ha de entender como el diámetro de una fibra imaginaria que tiene una sección transversal radial circular, cuya sección transversal tiene un área superficial idéntica a la media de las áreas superficiales de las secciones transversales de la fibra particular. En una realización preferente de la invención, las fibras de acero inoxidable tienen un diámetro equivalente entre 30 y 80 micrómetros. En una realización preferente adicional, las fibras de acero inoxidable tienen un diámetro equivalente entre 35 y 70 micrómetros. La selección de fibras más gruesas (fibras que tienen un mayor diámetro equivalente) ha mostrado tener una diversidad de beneficios adicionales. El uso de fibras más gruesas (fibras que tienen un mayor diámetro equivalente) ha mostrado dar como resultado materiales compuestos que tienen mayor absorción de energía en el impacto y mayor elongación en la ruptura en modo de tracción. El coste total del material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la invención fabricado con fibras más gruesas es inferior, gracias al proceso más fácil y por lo tanto más barato de fabricación de la fibra.

El resultado de que los materiales compuestos reforzados con fibras fabricados con fibras de acero inoxidable con un mayor diámetro equivalente tienen una mayor absorción de energía en el impacto es sorprendente. Se conoce y es una práctica general en los materiales compuestos reforzados, por ejemplo, con fibras de carbono, vidrio o aramida el uso de fibras finas para la mejor resistencia al impacto. Un diámetro de fibra de carbono habitual usado para materiales compuestos reforzados con fibra es 7 µm. Para los materiales compuestos reforzados con fibra de vidrio, los diámetros de la fibra de vidrio habituales son 8 - 20 µm. Para los materiales compuestos reforzados con fibra de aramida, el diámetro de fibra de aramida habitual es 12 µm.

Las fibras de acero inoxidable que tienen un menor diámetro equivalente permiten fabricar con mayor facilidad materiales compuestos reforzados con fibra de formas más complejas. Las fibras que tienen un diámetro equivalente mayor tienen el beneficio de que son más fáciles (y por lo tanto más baratas) de producir y conducen a un material compuesto reforzado con fibra más barato fabricado con fibras de mayor diámetro equivalente.

Se ha descubierto que las fibras de acero inoxidable con un diámetro equivalente entre 35 y 70 micrómetros proporcionan la mejor combinación de propiedades para el material compuesto reforzado con fibra: rigidez, absorción de energía en el impacto, suficiente resistencia y facilidad de fabricación de materiales compuestos reforzados con fibra de formas complejas.

En una realización preferente adicional, las fibras de acero inoxidable tienen un diámetro equivalente entre 45 y 70 µm. Las fibras de acero inoxidable de un diámetro equivalente en este intervalo son más fáciles de fabricar.

En una realización adicional del primer aspecto de la invención, las fibras de acero inoxidable que se usan para fabricar el material compuesto reforzado con fibra comprenden un encolado. El encolado puede ser un material polimérico basado en agua o el encolado puede estar basado en un disolvente. El uso de un encolado basado en agua tiene el beneficio de que la aplicación del encolado es más ecológica. El uso del encolado en las fibras de acero inoxidable ha mostrado beneficios en el procesamiento de las fibras de acero inoxidable en una forma para su uso en la fabricación del material compuesto reforzado con fibra y en la preparación del material compuesto reforzado con fibra, dado que las fibras de acero inoxidable se mantienen juntas. El encolado se puede seleccionar para aumentar la adhesión entre las fibras de acero inoxidable de la mecha de fibra de acero inoxidable y la matriz del material compuesto reforzado con fibras. Un ejemplo de tal encolado es PVA (alcohol polivinílico).

En otra realización del primer aspecto de la invención, las fibras de acero inoxidable están desprovistas de encolado. Las fibras de acero inoxidable que están desprovistas de encolado tienen una diversidad de beneficios. Da una mayor libertad de diseño a la fabricación del material compuesto reforzado con fibra ya que se pueden fabricar materiales compuestos reforzados con fibra de formas más complejas, dado que las fibras de acero inoxidable pueden tener con mayor facilidad la forma del objeto de material compuesto reforzado con fibra que se va a fabricar.

La absorción de energía en el impacto también es buena. Sorprendentemente, el uso de fibras de acero inoxidable que están desprovistas de encolado tiene una buena adhesión de las fibras de acero inoxidable a la matriz. Por el contrario, es una práctica general en los materiales compuestos reforzados con fibra usar un encolado en las fibras.

Por ejemplo, las fibras o las mechas de fibras de carbono, vidrio o aramida comprenden un encolado para satisfacer los requisitos de adhesión de las fibras de carbono, vidrio o aramida a la matriz del material compuesto reforzado con fibra fabricado con estas fibras o mechas de fibras.

5 En otra realización más del primer aspecto de la invención, las fibras de acero inoxidable se disponen en haces. Tal haz puede ser una mecha de fibra de acero inoxidable, o un haz de fibras de acero inoxidable de longitud discreta, por ejemplo una cinta rota estirada de fibras de acero inoxidable. En una realización preferente, los haces de fibras de acero inoxidable comprenden una fibra o hilo envuelto alrededor de los haces de fibras de acero inoxidable.

10 Cuando una fibra o hilo está envuelto alrededor del haz de fibras de acero inoxidable, la cohesión del haz de fibras de acero inoxidable mejora. El procesamiento de los haces de fibras de acero inoxidable mejora de este modo. Se ha observado una diversidad de beneficios específicos cuando se usa un haz de fibras de acero inoxidable con una fibra o hilo envuelto alrededor del haz de fibras de acero inoxidable. Se facilita la producción de una estructura textil con el haz de fibras de acero inoxidable para su uso en el material compuesto reforzado con fibra. También se
15 facilita la producción del material compuesto reforzado con fibra, dado que se pueden fabricar materiales compuestos reforzados con fibra de formas más complejas sin el haz de fibras de acero inoxidable abierto a las influencias de las fuerzas sobre los haces de fibras de acero inoxidable cuando se conforma el material compuesto reforzado con fibra. Las propiedades de impacto del material compuesto reforzado con fibra fabricado con haces de fibras de acero inoxidable con una fibra o hilo envuelto alrededor del haz de fibras de acero inoxidable han mostrado
20 ser buenas, así como las propiedades de adhesión de las fibras de acero inoxidable a la matriz en el material compuesto reforzado con fibra.

En una realización específica, el haz de fibras de acero inoxidable comprende una fibra de alcohol polivinílico (PVA) o un hilo de alcohol polivinílico (PVA) envuelto alrededor del haz de fibras de acero inoxidable.

25 En otra realización específica, el haz de fibras de acero inoxidable comprende una fibra termoplástica o un hilo termoplástico envuelto alrededor del haz de fibras de acero inoxidable. En otra realización específica más, el haz de fibras de acero inoxidable comprende una fibra de dos componentes o un hilo hecho de fibras de dos componentes envuelto alrededor del haz de fibras de acero inoxidable, preferentemente las fibras de dos componentes tienen una
30 estructura núcleo-vaina teniendo la vaina un punto de fusión menor que el núcleo. El beneficio de estas realizaciones es una adhesión mejorada de las fibras de acero inoxidable a la matriz cuando se usa una matriz de polímero termoplástico con un punto de fusión mayor que el punto de fusión o el punto de ablandamiento de la fibra termoplástica o el hilo termoplástico de la vaina de las fibras de dos componentes.

35 En otra realización específica, el haz de fibras de acero inoxidable comprende una fibra de poliéster o un hilo de poliéster envuelto alrededor del haz de fibras de acero inoxidable.

En otra realización más del primer aspecto de la invención, el material compuesto reforzado con fibra comprende
40 fibras de acero inoxidable que se proporcionan en una estructura textil bidimensional. Con estructura textil bidimensional se pretende indicar una estructura que tiene un ancho y una longitud mucho mayor que su grosor. Las fibras de acero inoxidable en la estructura textil bidimensional pueden estar presentes en diferentes formas, por ejemplo en forma de fibras de acero inoxidable de longitud infinita, en forma de mechas de fibra de acero inoxidable, en forma de haces de fibras de acero inoxidable con fibras de acero inoxidable de longitud discreta, etc.

45 Algunos ejemplos de estructuras textiles bidimensionales que se pueden usar de acuerdo con esta realización de la invención son:

- Un tejido elaborado mediante tejido, que comprende fibras de acero inoxidable, por ejemplo en forma de haces de fibras de acero inoxidable o mechas de fibra de acero inoxidable en las direcciones de urdimbre y trama.
- 50 • Un tejido elaborado mediante tejido, que comprende fibras de acero inoxidable, por ejemplo en forma de haces de fibras de acero inoxidable o mechas de fibra de acero inoxidable solo en una dirección (urdimbre o trama) del tejido.
- Un tejido elaborado mediante cosido de urdimbre e inserción de trama, que comprende fibras de acero inoxidable, por ejemplo en forma de haces de fibras de acero inoxidable o mechas de fibra de acero inoxidable, en urdimbre o en trama, o en urdimbre y en trama, y conectadas por medio de uno o más hilos de costura o punto. A modo de ejemplo, el hilo de costura puede ser termoplástico, o el hilo de costura puede estar hecho de
55 fibras de dos componentes, preferentemente las fibras de dos componentes tienen una estructura núcleo-vaina teniendo la vaina un punto de fusión menor que el núcleo. Un ejemplo es el uso de un hilo de costura o punto de PVA (alcohol polivinílico).
- Un tejido multiaxial, en el que las fibras de acero inoxidable, por ejemplo en forma de fibras de acero inoxidable, haces de fibras de acero inoxidable o mechas de fibra de acero inoxidable, están dispuestas en diferentes direcciones, y están conectadas por medio de hilos de costura o punto. Los hilos de costura pueden ser, por ejemplo, termoplásticos, o el hilo de costura puede estar hecho de fibras de dos componentes, preferentemente las fibras de dos componentes tienen una estructura núcleo-vaina teniendo la vaina un punto de fusión menor
60 que el núcleo. Un ejemplo de un hilo de costura o punto que se puede usar es un hilo de PVA (alcohol polivinílico).

- Un tejido, en el que las fibras de acero inoxidable, por ejemplo en forma de fibras de acero inoxidable, haces de fibras de acero inoxidable o mechas de haces de fibras de acero inoxidable, están dispuestas en una o más direcciones, y en el que se da cohesión al tejido (y por lo tanto a las mechas de fibra de acero inoxidable en el mismo) por medio de una o más láminas delgadas o uno o más entelados, que están encolados o soldados a las mechas de fibra de acero inoxidable del tejido, o entre sí.
- Un tejido, en el que las fibras de acero inoxidable están dispuestas en capas en diferentes direcciones y se consolidan en un tejido de una forma conocida en la técnica. Una tecnología que se puede usar y en la que se usan fibras rotas estiradas se da en el documento de Patente WO2011/018574.

La provisión de fibras de acero inoxidable en una estructura textil para fabricar materiales compuestos reforzados con fibra facilita la producción del material compuesto reforzado con fibra.

El uso de una estructura textil en la que las fibras de acero inoxidable están presentes sin básicamente ningún rizado ha mostrado dar mejores valores para la absorción de energía en la carga de impacto y para la rigidez del material compuesto. Se ha mostrado que la mejora de la rigidez de un material compuesto sin ninguna estructura textil rizada en comparación con una estructura textil con rizado es mucho mayor para un material compuesto reforzado con fibra que comprende las fibras de acero inoxidable de acuerdo con la invención en comparación con los materiales compuestos reforzados con fibra de carbono, vidrio o aramida. Con rizado de las fibras de acero inoxidable en una estructura textil se pretende indicar la ondulación de las fibras de acero inoxidable en la estructura textil. Con "básicamente ningún rizado" se pretende indicar que las fibras de acero inoxidable son básicamente rectas en la estructura textil, sin mostrar rizado.

En una realización específica de la invención, la estructura textil comprende un material termoplástico, por ejemplo fibras o hilos termoplásticos, o una película delgada termoplástica o tiras de una película dedicada, o un entelado o componentes de un entelado. La estructura textil también puede comprender fibras de dos componentes o hilos compuestos por fibras de dos componentes. Las fibras de dos componentes son preferentemente de tipo núcleo-vaina, teniendo una vaina de temperatura de fusión menor que el núcleo. La aplicación de calor a tal estructura textil crea la fusión parcial o completa del material termoplástico en la estructura textil. Después de solidificar, se proporciona una estabilidad mejorada a la estructura textil que facilita el corte de la estructura textil sin perder su integridad y facilita la ubicación en el molde de la estructura textil que comprende el acero inoxidable para producir el material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la invención.

En una realización específica, las fibras de acero inoxidable y/o la estructura textil que comprende las fibras de acero inoxidable, se preparan en un material preimpregnado, incluyendo parcial o completamente el material de matriz requerido para fabricar el material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la invención.

En una realización específica de la invención, un material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la invención tiene una elongación en la ruptura en modo de tracción de más de un 7 % en la dirección de las mechas de fibra de acero. En una realización preferente, el material compuesto reforzado con fibra tiene una elongación en la ruptura en modo de tracción de más de un 8 % en la dirección de las mechas de fibra de acero. En una realización preferente adicional, la elongación en la ruptura en modo de tracción es más que un 10 % en la dirección de las mechas de fibra de acero. El ensayo de tracción se lleva a cabo de acuerdo con la norma ASTM D3093-93. Un ejemplo de un material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la invención que mostró una elongación en la ruptura en modo de tracción mayor de un 10 % en la dirección de las mechas de fibra de acero se fabricó con polietileno de alta densidad (HDPE) como material de matriz.

Otra realización de la invención es aquella en la que el material compuesto reforzado con fibra comprende fibras de refuerzo además de las fibras de acero inoxidable y en la que el material de matriz del material compuesto reforzado con fibra comprende un polímero de poliolefina. Las fibras de refuerzo adicionales pueden comprender, por ejemplo, fibras de poliolefina o cintas de poliolefina. El beneficio de esta realización es que el material compuesto tiene una alta rigidez, gracias a la presencia de las fibras de acero inoxidable. Un beneficio adicional es el fácil reciclaje del material compuesto, por ejemplo el material compuesto se puede triturar sin problemas para la salud, y el material se puede reutilizar para fabricar un nuevo material compuesto con matriz de poliolefina mientras que las fibras de acero inoxidable proporcionan refuerzo. Un beneficio adicional de esta realización de la invención es que el material compuesto reforzado con fibra tiene propiedades de apantallamiento, gracias a la presencia de las fibras de acero inoxidable. Los materiales compuestos de acuerdo con esta realización de la invención se pueden fabricar de acuerdo con cualquiera de las tecnologías conocidas en la técnica, por ejemplo, como se describe en los documentos de Patente EP 1650021 A1, EP1787790 A1, WO2004/028803 y US2009/0017322A1. Los materiales compuestos de acuerdo con la realización se pueden fabricar, por ejemplo, usando diferentes capas, comprendiendo algunas de las capas fibras de acero inoxidable y conteniendo otras capas fibras de poliolefina o cintas de poliolefina. La matriz de polímero de acuerdo con esta realización se puede proporcionar mediante incorporación en la capa o capas que comprenden fibras de poliolefina o cintas de poliolefina, o se puede suministrar total o parcialmente por separado. De este modo, se pueden fabricar materiales compuestos de poliolefina autorreforzados con el refuerzo adicional de fibras de acero inoxidable recocido, dando al material compuesto formado de ese modo unos valores superiores de rigidez.

En una realización específica, el material compuesto basado en fibra comprende un tejido textil híbrido. El tejido textil híbrido comprende fibras de acero inoxidable y fibras de poliolefina o cintas de poliolefina. En una realización más preferente, el tejido textil híbrido también comprende ya parcial o completamente el material de matriz.

5 En otra realización específica, las fibras de poliolefina o las cintas de poliolefina se seleccionan entre el grupo de un polietileno, un polipropileno o una combinación de los mismos, preferentemente un copolímero de etileno y propileno, más preferentemente un copolímero en bloque de etileno-propileno o un copolímero en bloque de propileno-etileno.

10 En otra realización específica, el polímero de poliolefina de la matriz de polímero se selecciona entre el grupo de un polietileno, un polipropileno o una combinación de los mismos, preferentemente un copolímero de etileno y propileno, más preferentemente un copolímero en bloque de etileno-propileno o un copolímero en bloque de propileno-etileno.

15 En una realización específica adicional, el polímero de poliolefina del material de matriz tiene una temperatura de fusión por DSC que es menor que la temperatura de fusión por DSC de las fibras de poliolefina o las cintas de poliolefina. La temperatura de fusión por DSC está definida en la norma ISO 11357-3. Esta diferencia en la temperatura de fusión permite un tratamiento térmico (por ejemplo, para conformar y consolidar el material compuesto) por encima de la temperatura de fusión de la matriz que no afecta a las propiedades mecánicas de los
20 refuerzos.

En un ejemplo de la invención, se proporciona una parte de máquina, que comprende un material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

25 En un ejemplo de la invención, se proporciona un cono de aplastamiento, que comprende un material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

En un ejemplo de la invención, se proporciona una vida longitudinal que comprende un material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

30 En un ejemplo de la invención, se proporciona un panel de puerta que comprende un material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

Un segundo aspecto de la invención es un método para fabricar un material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la invención. El método comprende una diversidad de etapas. Una etapa es la provisión de fibras de
35 acero inoxidable con una sección transversal poligonal, las fibras de acero inoxidable tienen una microestructura recocida. Otra etapa es proporcionar una resina termoestable o termoplástica. Otra etapa es combinar las fibras de acero inoxidable y la resina termoestable o termoplástica. Otra etapa es conformar las fibras de acero inoxidable y la matriz termoestable o termoplástica y curar el material compuesto reforzado con fibra conformado de ese modo. La
40 cura puede ser una operación de reticulación usando calor cuando se usa una matriz termoestable (por ejemplo, uso de resinas termoestables epoxi o de poliéster). La cura puede ser una operación de solidificación cuando se usa una matriz termoplástica.

La combinación de las fibras de acero inoxidable y la matriz puede ser de acuerdo con cualquier técnica que se conozca en la técnica. Algunos ejemplos de técnicas para fabricar un material compuesto reforzado con fibra de
45 acuerdo con la invención son moldeados por inyección (con las fibras de acero inoxidable o el producto textil dispuesto en el molde), moldeado por compresión, moldeado por transferencia de resina, termoformación, técnicas de moldeado y proyección, bobinado de filamentos y pultrusión.

50 De acuerdo con una realización específica del segundo aspecto de la invención, el método incluye además fabricar una estructura textil bidimensional que comprende las fibras de acero inoxidable antes de combinar las fibras de acero inoxidable y la resina termoestable o termoplástica.

Breve descripción de las figuras

55 La Figura 1a muestra una mecha de fibra de acero inoxidable de acuerdo con la invención.
La Figura 1b muestra un detalle de la sección transversal poligonal de una fibra de acero inoxidable de acuerdo con la invención.
La Figura 2 muestra un ejemplo de una mecha de fibra de acero inoxidable en la que está envuelto un hilo
60 alrededor de una mecha de fibra de acero inoxidable.
La Figura 3 muestra una vista ampliada de un ejemplo de una estructura de placa de material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la invención.
La Figura 4 muestra un ejemplo de un material compuesto reforzado con fibra de una forma más compleja de acuerdo con la invención.
65 La Figura 5 muestra el montaje del ensayo de doblado transversal en tres puntos.

Modo o modos de llevar a cabo la invención

La invención se describe proporcionando una diversidad de ejemplos.

5 La Figura 1a muestra una mecha 10 de fibras de acero inoxidable que se puede usar en la invención. La mecha de fibra de acero inoxidable comprende una serie de fibras 12 de acero inoxidable continuas individuales. Las fibras 12 de acero inoxidable continuas individuales descansan de forma básicamente paralela entre sí en la mecha de fibra de acero inoxidable. Un ejemplo de tal mecha de fibra de acero inoxidable comprende 275 fibras de acero inoxidable continuas (= fibras de acero inoxidable de longitud infinita), cada una con un diámetro equivalente de 40 μm y con una estructura recocida y compuesta por una calidad de acero AISI 316. Preferentemente, las mechas de fibra de acero inoxidable que se usan para la invención tienen entre 90 y 1000 fibras en la sección transversal de la mecha. Preferentemente, el diámetro de fibra equivalente está entre 10 y 100 μm , más preferentemente entre 30 y 80 μm , incluso más preferentemente entre 35 y 70 μm . Algunos ejemplos de mechas de fibra de acero inoxidable: 90 fibras de diámetro equivalente de 30 μm (mecha de 511 tex); 275 fibras de diámetro equivalente de 12 μm (mecha de 250 tex); 275 fibras de diámetro equivalente de 40 μm (mecha de 2775 tex); 275 fibras de diámetro equivalente de 60 μm (mecha de 6244 tex); 550 fibras de diámetro equivalente de 60 μm (mecha de 12487 tex); 1000 fibras de diámetro equivalente de 60 μm (22704 tex). Por ejemplo, todo compuesto por una calidad de acero AISI 316.

20 La Figura 1b muestra un ejemplo de una sección transversal poligonal 14 de una fibra de acero inoxidable que se puede usar de acuerdo con la invención.

La Figura 2 muestra un ejemplo de una mecha 20 de fibras de acero inoxidable en la que está envuelto un hilo alrededor de la mecha de fibra de acero inoxidable. Dos filamentos o hilos 22 y 24 están envueltos alrededor de una mecha de fibra de acero inoxidable (375 filamentos de un diámetro equivalente de 40 μm cada uno y con una microestructura recocida). Un ejemplo de los hilos que están envueltos alrededor de la mecha de fibra de acero inoxidable es un hilo de PVA (alcohol polivinílico); por ejemplo un hilo de múltiples filamentos de 110 dtex (que comprende 25 filamentos). En un ejemplo a modo de ejemplo, los hilos están envueltos con un trenzado de 350 vueltas por metro alrededor de la mecha de acero inoxidable, un hilo en la dirección S y un hilo en la dirección Z. En una realización alternativa a modo de ejemplo, el filamento o hilo envuelto es una copoliámda. La copoliámda tiene un bajo punto de fusión y un bajo punto de ablandamiento. Un ejemplo de tal hilo es "Thermolux 85VLV2" de 300 denier de la compañía Luxilon Industries.

La Figura 3 muestra una vista ampliada de un ejemplo de una estructura de placa de material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la invención. La placa 30 de material compuesto está compuesta por capas. Las capas 32 de matriz están entre las capas 34 y 36 de refuerzo de mecha de fibra de acero. En el ejemplo, las capas de refuerzo de mecha de fibra de acero son capas unidireccionales (capas UD), con 11 mechas por cm. Las mechas de fibra de acero son 275 filamentos de un diámetro equivalente de 40 μm cada uno con una microestructura recocida. Las capas 34 de mecha de fibra de acero están orientadas en una dirección; mientras que las capas 36 de mecha de fibra de acero están orientadas con un ángulo de 90° de la dirección de las capas 34 de mecha de fibra de acero. En el ejemplo, se usó un copolímero de PP-PE (polipropileno-polietileno) como material de matriz, y específicamente Rayofilm T producido por Amcor. El espesor del material compuesto fue de 2,2 mm.

Un ejemplo de las capas UD que se pueden usar son tejidos en los que las capas de mecha de fibra de acero descansan de forma básicamente paralela entre sí, y en los que se une un entelado a la capa de mecha de fibra de acero para proporcionar cohesión al tejido UD formado de ese modo. El entelado puede estar compuesto por hilo de múltiples filamentos de poliéster de 275 dtex y puede estar unido por medio de PVA (alcohol polivinílico) como agente de unión. El mismo agente de unión se usa para unir el entelado a la capa de mecha de fibra de acero para proporcionar cohesión al tejido UD. En un ejemplo del entelado, tiene 200 hilos de múltiples filamentos de poliéster de 275 dtex por cada 100 cm de anchura del entelado y diagonalmente (en una dirección de + 25° y -25°) se sitúan los mismos hilos, con una distancia entre los hilos diagonales de 5 mm.

Se han fabricado placas similares usando tejidos preparados mediante tejido que comprenden las mechas de fibra de acero.

55 La Figura 4 muestra un ejemplo de un material compuesto de una forma más compleja. El objeto 40 es una cubierta de una forma con doble curva. Dos capas de refuerzo 42 y 44 que comprenden cada una mechas de fibra de acero inoxidable en una dirección se sitúan con un ángulo de 90° de la dirección de las mechas de fibra de acero. Las capas de refuerzo de mecha de fibra de acero son capas unidireccionales (capas UD), con 11 mechas por cm. Las mechas de fibra de acero tienen 275 filamentos de un diámetro equivalente de 40 μm cada una y con una microestructura recocida. Los refuerzos se insertan en un molde y se añade polipropileno como material de matriz y se fabrica el material compuesto. La cubierta fabricada de ese modo tiene un espesor de 2,1 mm.

Se fabricó un cono de aplastamiento a escala de laboratorio de acuerdo con la invención. Los conos de aplastamiento se usan, por ejemplo, en las partes delanteras de los automóviles para la absorción de energía en el caso de choques de automóviles. La muestra del cono de aplastamiento a escala de laboratorio se fabricó enrollando dos capas de un tejido elaborado mediante tejido estrecho con las mechas de fibra de acero inoxidable

(diámetro equivalente de fibra de 40 μm , microestructura recocida, 375 filamentos en el haz, en la urdimbre del tejido, 11 urdimbres por cm; y un hilo producido por hilado de poliéster de 20 tex en la trama, 4 pasadas por cm con el fin de formar un tejido con un espesor de 0,85 mm) alrededor de un mandril. El refuerzo de fibra se infundió con resina epoxi de curado en frío y se aplicó un curado. El cono de aplastamiento tenía una longitud de 100 mm y un espesor de 2 mm. El cono de aplastamiento a escala de laboratorio se sometió a ensayo para su comportamiento de impacto con resultados satisfactorios.

La Figura 5 muestra el montaje 50 del ensayo de doblado transversal de tres puntos. Se fabricaron muestras 52 de material compuesto reforzado con fibra con unas dimensiones de 80 mm de longitud, 10 mm de anchura y 1,90 mm de espesor. Las muestras de material compuesto reforzado con fibra se fabricaron con fibras 54 de acero inoxidable recocido alineadas en la dirección de anchura. La muestra 52 de material compuesto reforzado con fibra se apoya en dos puntos 56, la longitud de la muestra de material compuesto reforzado con fibra se extiende entre los dos puntos 56 de apoyo. Se aplica una fuerza F en la mitad entre los dos puntos 56 de apoyo. El ensayo de doblado que se muestra en la figura 5 es básicamente un ensayo de adhesión. Los resultados experimentales se muestran en la tabla 1. Cada una de las muestras sometidas a ensayo tenía una fracción de fibra en volumen de un 42 %, las fibras eran fibras estiradas de haz de acero inoxidable recocido de un diámetro equivalente de 30 μm provistas en mechas de 275 fibras de acero inoxidable recocido cada una. El hilo de PVA (alcohol polivinílico) usado para envolver la mecha de fibra de acero inoxidable fue un hilo de múltiples filamentos de 110 dtex (que comprendía 25 filamentos. El hilo de PVA se envuelve con un trenzado de 350 vueltas por metro alrededor de la mecha de acero inoxidable, un hilo en la dirección S y un hilo en la dirección Z. La fibra de copoliamida usada es "Thermolux 85VLV2" de 300 denier de la compañía Luxilon Industries. Los resultados del ensayo (tabla 1) mostraron resultados satisfactorios para todas las muestras. La muestra en la que las mechas de fibra de acero inoxidable tenían un encolado de PVA y la muestra en la que está envuelto un hilo de PVA alrededor de la mecha de fibra de acero inoxidable mostraron resultados superiores en rigidez y tensión máxima (resistencia) en el ensayo de doblado de tres puntos, lo que indica que se mejora considerablemente la adhesión en comparación con el caso sin ningún encolado o sin ningún hilo envolvente.

Tabla 1: Resultados de ensayo del ensayo de doblado transversal de tres puntos

Superficie de las fibras y/o la mecha	Rigidez en el ensayo de doblado (GPa)	Resistencia (tensión máxima) en el ensayo de doblado (MPa)
Sin encolado, sin hilo envolvente	1,8	22
Encolado con PVA (alcohol polivinílico) en las fibras de acero inoxidable	3,8	59
Fibra de copoliamida envuelta alrededor de cada mecha de fibra de acero inoxidable	2	31
Hilo de PVA envuelto alrededor de cada mecha de acero inoxidable	4	70

REIVINDICACIONES

1. Material compuesto reforzado con fibra que comprende un material de matriz y fibras de acero inoxidable, en el que dichas fibras de acero inoxidable tienen una sección transversal poligonal y dichas fibras de acero inoxidable tienen una microestructura recocida.
2. El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas fibras de acero inoxidable son fibras de acero inoxidable de longitud infinita.
3. El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que dichas fibras de acero inoxidable se proporcionan como mechas de fibra de acero inoxidable.
4. El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas fibras de acero inoxidable se proporcionan como fibras de acero inoxidable de longitud discreta; dichas fibras de acero inoxidable de longitud discreta tienen una longitud media de fibra de al menos 60 mm.
5. El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con las reivindicaciones 1 - 4, en el que dicho material de matriz es un polímero termoplástico o una resina termoestable.
6. El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con las reivindicaciones 1 - 5, en el que dichas fibras de acero inoxidable están dispuestas en haces; dicho haz de fibras de acero inoxidable comprende una fibra o hilo envuelto alrededor de dicho haz de fibras de acero inoxidable.
7. El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con las reivindicaciones 1 - 6, en el que dichas fibras de acero inoxidable se proporcionan en una estructura textil bidimensional.
8. El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con las reivindicaciones 1 - 7, en el que el material compuesto reforzado con fibra tiene una elongación en la ruptura en modo de tracción de más de un 7 % cuando se somete a ensayo en una dirección de las fibras de acero inoxidable.
9. El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con las reivindicaciones 1 - 8, en el que el material compuesto reforzado con fibra comprende fibras de refuerzo adicionales además de las fibras de acero inoxidable, dichas fibras de refuerzo adicionales comprenden fibras de poliolefina o cintas de poliolefina; y en el que dicho material de matriz comprende un polímero de poliolefina.
10. El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el material compuesto reforzado con fibra comprende un tejido textil híbrido, dicho tejido textil híbrido comprende dichas fibras de acero inoxidable y dicho tejido textil híbrido comprende dichas fibras de poliolefina o dichas cintas de poliolefina.
11. El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con las reivindicaciones 9 - 10, en el que dichas fibras de poliolefina o dichas cintas de poliolefina se seleccionan entre el grupo de un polietileno, un polipropileno o una combinación de los mismos, preferentemente un copolímero de etileno y propileno, más preferentemente un copolímero en bloque de etileno-propileno o un copolímero en bloque de propileno-etileno.
12. El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con las reivindicaciones 9 - 11, en el que dicho polímero de poliolefina de dicha matriz de polímero se selecciona entre el grupo de un polietileno, un polipropileno o una combinación de los mismos, preferentemente un copolímero de etileno y propileno, más preferentemente un copolímero en bloque de etileno-propileno o un copolímero en bloque de propileno-etileno.
13. El material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con las reivindicaciones 10 - 12, en el que dicho polímero de poliolefina de dicho material de matriz tiene una temperatura de fusión por DSC que es menor que la temperatura de fusión por DSC de dichas fibras de poliolefina o de dichas cintas de poliolefina.
14. Método para fabricar un material compuesto reforzado con fibra, que comprende las etapas de proporcionar fibras de fibra de acero inoxidable, dichas fibras de acero inoxidable tienen una sección transversal poligonal; dichas fibras de acero inoxidable tienen una microestructura recocida; y dicho método comprende las etapas adicionales de proporcionar una resina termoestable o termoplástica; combinar dichas fibras de acero inoxidable y dicha resina termoestable o termoplástica; conformar dichas fibras de acero inoxidable y dicha resina termoestable o termoplástica; y curar el material compuesto reforzado con fibra conformado de ese modo.
15. Método para fabricar un material compuesto reforzado con fibra de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende las etapas adicionales de fabricar una estructura textil bidimensional con dichas fibras de acero inoxidable; y combinar dicha estructura de tejido bidimensional y dicha resina termoestable o termoplástica.



Fig. 1a

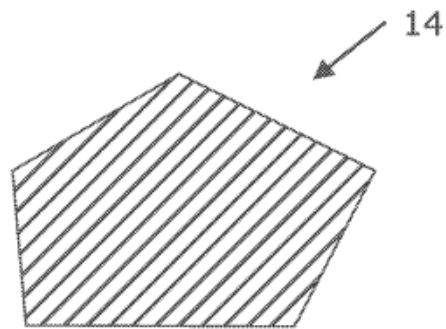


Fig. 1b

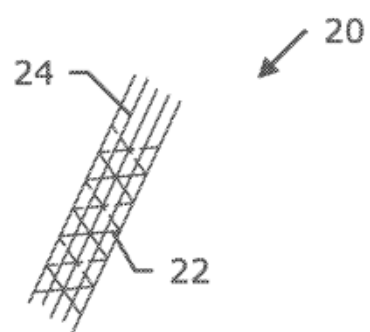


Fig. 2

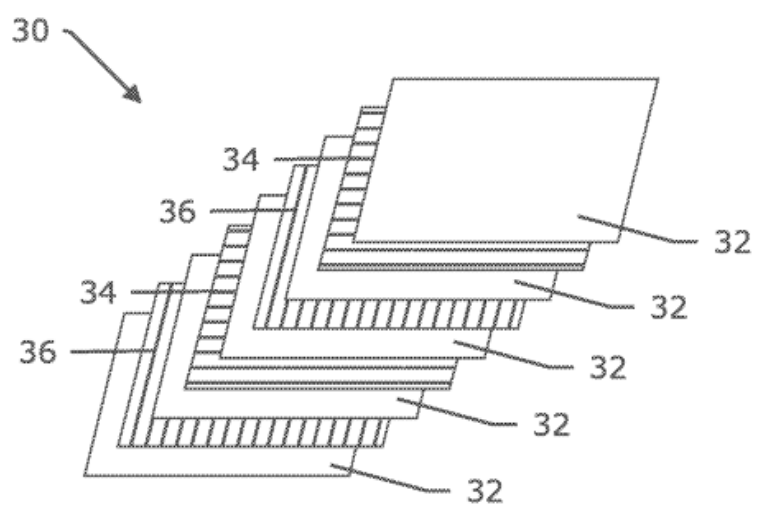


Fig. 3

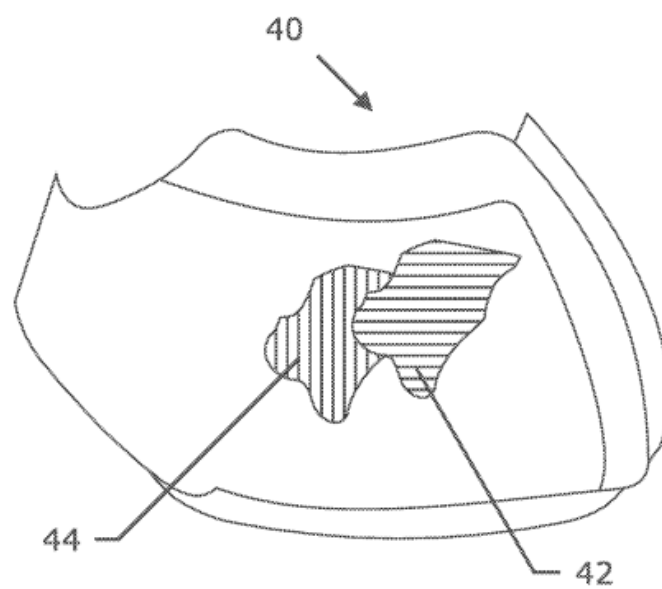


Fig. 4

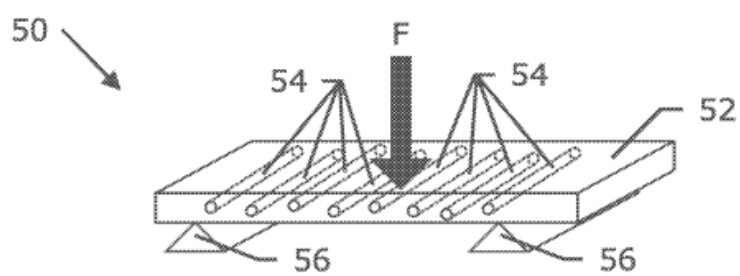


Fig. 5