(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 943 854**

(51) Int. CI.:

C08L 51/04 (2006.01)
C08L 25/12 (2006.01)
C08L 69/00 (2006.01)
F03D 1/06 (2006.01)
F03D 80/50 (2006.01)
B29C 73/04 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2018 PCT/EP2018/086155**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2019 WO19122103**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2018 E 18822079 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2023 EP 3728464**

(54) Título: **Pieza de reparación y ensamblaje de una pala de turbina eólica**

(30) Prioridad:

21.12.2017 EP 17209255

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.06.2023

(73) Titular/es:

INEOS STYROLUTION GROUP GMBH (100.0%)
Mainzer Landstrasse 50
60325 Frankfurt, DE

(72) Inventor/es:

WILHELMUS, BIANCA;
NIESSNER, NORBERT;
EISENTRÄGER, FRANK;
MACINTOSH, KEN y
FORBES, BRIAN

(74) Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

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

Pieza de reparación y ensamblaje de una pala de turbina eólica

La presente invención se refiere a una pieza polimérica P de una pala de turbina eólica (W) y a un procedimiento para preparar una pieza polimérica P que comprende la extrusión de una lámina seguida de termoformado, moldeado por inyección, moldeado por rotación, moldeado por extrusión y soplado, impresión 3D, conformado con presión, conformado en vacío, conformado con distensión o una combinación de dos o más de los mismos.

La pieza polimérica P de una pala de turbina eólica (W) comprende: (I) un componente termoplástico que contiene una matriz de copolímero termoplástico A que incluye estireno y acrilonitrilo opcionalmente sustituidos y copolímero injertado B que contiene una base de injerto que comprende (met)acrilato de alquilo C_1-C_8 y una cubierta de injerto, (II) opcionalmente una o más fibras que pueden reaccionar opcionalmente con la matriz de copolímero A, (III) opcionalmente uno o más policarbonatos, y opcionalmente uno o más componentes adicionales. Además, la invención se refiere a procedimientos para preparar dicha pieza polimérica P en un sistema para proteger y/o reparar una pala de turbina eólica (W) y un kit para este fin. Hay una tendencia mundial a una transición de las fuentes de energía, desde los combustibles fósiles a fuentes de energía sostenibles y renovables. Una de las fuentes de energía sostenible más prometedoras es el aprovechamiento de la energía eólica, es decir, convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica. Por tanto, cada vez se instalan más turbinas eólicas en numerosos países en todo el mundo.

Por desgracia, muchos componentes de construcción de las turbinas eólicas, en especial las palas de turbinas eólicas, son propensos a daños debidos a la erosión. A diferencia de otros componentes de construcción de las turbinas eólicas, las palas tienen una superficie exterior que está sometida a una exposición atmosférica especialmente dura y a agitación mecánica cuando está girando. Las turbinas eólicas están expuestas a una serie de influencias ambientales, tales como, por ejemplo, condiciones atmosféricas duras (también denominadas condiciones ambientales) y a tensión mecánica. Por ejemplo, estas palas están sometidas a impactos mecánicos por partículas, tales como, por ejemplo, granizo, gotas de lluvia, granos de arena, aves, insectos, trozos de plantas, etc., impactos de rayos, polvo, humedad, escarcha, calor, radiación UV, viento cargado de sal, etc. En especial, la región apical de una pala de turbina eólica está expuesta a una elevada velocidad circular/rotacional que aumenta la tensión mecánica, tales como impactos mecánicos.

En especial, la región apical del borde de ataque (“leading edge”, LE) a menudo está sometida a una importante tensión mecánica y, en el caso de las palas más largas, el ápice puede estar moviéndose a más de 300 km/h. Incluso las gotas de lluvia pueden alcanzar más 100 m/s cuando golpean y, así, pueden tener un impacto sobre la estabilidad de la superficie (*cf.*, Keegan *et al.*, "On erosion issues associated with the leading edge of wind turbine blades", Journal of Physics D, Applied Physics, 2013, 46(38)).

Además, se ha descubierto que la fatiga del material puede ser debida a tensiones mecánicas, tales como vibraciones y la turbulencia de la pala de turbina eólica. Por ejemplo, los daños pueden ser debidos al impacto de partículas que actúan como proyectiles al penetrar, hendir o agrietar la superficie exterior de la pala de turbina eólica. Además, la superficie exterior de la pala de turbina eólica también puede desconcharse debido a otras razones, tales como que el material se vuelve frágil y/o la desunión del material consigo mismo o con las capas inferiores del interior de la pala de turbina eólica. Incluso aunque no haya daños, la superficie se vuelve rugosa debido a pequeñas picaduras y la acreción de partículas. Esto puede disminuir el rendimiento aerodinámico de la pala de turbina eólica.

Los daños en las palas de turbinas eólicas también pueden provocar una reparación completa, que suele categorizarse en una escala de 1 a 5, en donde en la categoría 1 el daño es superficial, y en la categoría 5 el daño provoca que haya que apagar la turbina eólica. Las reparaciones repetidas pueden necesitar la retirada sucesiva de material deñado de la pala de turbina eólica antes de restaurar y pintar la superficie, de recubrirla con gel o de aplicar algún tipo de protección al borde de ataque y, por tanto, las reparaciones repetidas de categoría superior suelen necesitar retirar una cantidad mayor de material. Se ha descubierto que las reparaciones repetidas a menudo comprometen, en último término, la integridad estructural de la pala de turbina eólica. Esto puede producir potencialmente un fallo de la pala de turbina eólica. Cabe destacar que, en especial, el borde de ataque de una pala de turbina eólica está expuesto a una importante tensión mecánica y a otras influencias erosivas. Existen diversos tipos de daños, tales como puntos, cavidades y muescas. Además, puede alterarse la conexión entre una capa exterior y el interior de una pala de turbina eólica. Los ejemplos de daños se explican más a fondo en un artículo de Shohag *et al.* ("Damage mitigation techniques in wind turbine blades: A review", Wind Engineering, 2017, 41(3):185-210).

El documento WO 2016/079535 describe procedimientos y aparatos para la reparación de palas de turbinas y se centra en las etapas de instalación de las piezas de reparación. El documento WO 2017/012632 describe una pala de turbina eólica con una cubierta protectora contra la erosión, que puede estar compuesta de diversos materiales poliméricos. El documento US-A 2015/240085 describe materiales de recubrimiento no acuosos que comprenden compuestos que contienen grupos poliisocianato y (met)acrilato que contienen grupos polihidroxílicos y (per)fluoroalquilo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha intentado varias veces preparar palas de turbinas eólicas que tengan mayor estabilidad frente a las influencias ambientales y proporcionar medios para reparar palas de turbinas eólicas dañadas.

A menudo, la pala de turbina eólica incluye un recubrimiento previsto para proteger el exterior frente a las influencias ambientales (documento WO 2008/157013; Keegan *et al.*, "On erosion issues associated with the leading edge of wind turbine blades", Journal of Physics D, Applied Physics, 2013, 46(38); Shohag *et al.*, "Damage mitigation techniques in wind turbine blades: A review", Wind Engineering, 2017, 41(3):185-210). A menudo se utilizan recubrimientos de poliuretano para este fin.

Se ha descrito una resina curable con UV como un medio para reparar puntos (*cf.*, Marsh, "Meeting the challenge of wind turbine blade repair", Reinforced Plastics, 2011, 55(4):32-36).

Se ha notificado que puede introducirse un parche preimpegnado enrollado en una zona dañada, extender una pasta sobre ella y, por último, pulir y curar con luz UV. Se describe la reparación de películas o cintas para partes dañadas sobreorilladas, por ejemplo, en el documento WO 2008/157013. También se han descrito cintas de borde de ataque para proteger el borde de ataque ("Leading edge protection of wind turbine blades", Journal of Physics D, Applied Physics, 2013, 46(38)). Un inconveniente de dichas cintas es que, debido a su espesor, suelen generar un escalón, es decir, un cambio abrupto de la geometría de un plano a otro, de varios cientos de micrómetros/milímetros, en general, de 300 micrómetros/0,3 mm. Esto puede alterar significativamente el rendimiento aerodinámico de la pala de turbina eólica y, por tanto, puede reducir la eficacia de la turbina eólica. Se supone que, en función de la ubicación de la turbina eólica, esto podría dar como resultado una reducción del rendimiento o de la producción anual de energía (PAE) de hasta varios puntos porcentuales. Además, tras haber sido instalada, a veces es comparativamente difícil retirar dicha cinta cuando está dañada o desgastada. Sin embargo, por desgracia, suele ser necesario tener que reemplazar la cinta completa, o al menos una gran parte de ella, en especial porque el perímetro de la zona de unión del parche suele estar sometido a un grado más alto de erosión.

Como otra alternativa, se describe el intercambio de partes dañadas por partes prefabricadas, por ejemplo, en el documento WO 2016/079535. También se describen en general procesos de soldadura de plásticos para conjugar la pieza de reparacion con el resto de la pala de turbina eólica, por ejemplo, en el documento WO 2017/012632.

Los materiales usados tienen propiedades mecánicas insuficientes, son difíciles de manipular, son caros y/o tienen poca estabilidad cuando se exponen a influencias ambientales durante mucho tiempo. Por ejemplo, se usan el poliuretano, poliésteres y epóxidos. Además, se han descrito materiales compuestos que incluyen poliéster y epoxi como matriz, y fibras de vidrio y carbono como material de refuerzo. Sin embargo, estos materiales no tienen la estabilidad material deseada, en especial cuando se exponen a condiciones atmosféricas duras. Siguen siendo necesarias piezas poliméricas de palas de turbinas eólicas que sean resistentes a los agentes atmosféricos y, al mismo tiempo, sean estables desde el punto de vista mecánico, fáciles de manipular y baratas.

Estos materiales de recubrimiento y reparación conocidos en la técnica tienen varias propiedades no deseadas desde el punto de vista técnico. Por ejemplo, estos materiales, tales como los materiales a base de poliuretano, tienen una carga electrostática no deseada y dan lugar a acontecimientos de descarga, en especial durante periodos largos de tiempo seco y cálido. El poliuretano tiene una tendencia comparativamente alta a atraer electrones cuando se pone en contacto con otros materiales, aunque no sea conductor.

Esto puede conducir a sus efectos de carga no deseados, que pueden provocar una descarga cuando hay rayos y una mayor frecuencia de impactos de rayos en las palas de turbinas eólicas, respectivamente. Esto puede dañar la superficie. A menudo, los materiales actúan como antagonistas electrostáticos. Por tanto, a veces, la frecuencia de impactos de rayos en turbinas eólicas que comprenden dicho recubrimiento puede ser bastante elevada. Se entenderá que los impactos de rayos pueden dañar gravemente a las turbinas eólicas. Además, muchos de los materiales conocidos en la técnica tienen una estabilidad frente a los agentes atmosféricos bastante deficiente y, por tanto, requieren un trabajo de mantenimiento comparativamente alto.

Sorprendentemente, se ha descubierto que una pieza polimérica de una pala de turbina eólica (W) que comprende del 20 % al 100 % en peso (también indicado como porcentaje en peso) de un componente termoplástico que comprende una matriz de copolímero termoplástico que incluye estireno y acrilonitrilo opcionalmente sustituidos, y un copolímero injertado que contiene una base de injerto que comprende (met)acrilato de alquilo C_1-C_8 y una cubierta de injerto, proporciona propiedades especialmente beneficiosas, en especial cuando tiene las propiedades que se exponen a continuación. Esta pieza polimérica es resistente a los agentes atmosféricos y, al mismo tiempo, es estable desde el punto de vista mecánico, es fácil de manipular y es barata. Además, no tiene dichos antagonistas electrostáticos potentes, tales como, por ejemplo, el poliuretano.

Se describe, en general, una pieza polimérica P de una pala de turbina eólica (W) que comprende (o que consiste en):

(I) del 20 % al 100 % en peso de un componente termoplástico T que comprende (o que consiste en):

(A) del 10 % al 90 % en peso de al menos una matriz de copolímero termoplástico A que comprende:

(A1) del 50 % al 95 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de al menos un monómero seleccionado de estireno y alfa-metilestireno; y

(A2) del 5 % al 50 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de al menos un monómero seleccionado de acrilonitrilo y monómeros que portan un grupo funcional M-I; y

(B) del 10 % al 90 % en peso de al menos un copolímero injertado B que comprende (o que consiste en):

(B1) al menos una base de injerto B1 que tiene una temperatura de transición vítrea Tg inferior a - 20 °C, en la que la base de injerto B1 comprende al menos un(met)acrilato de alquilo C_1-C_8 como monómero B11; y, opcionalmente, uno o más monómeros reticulantes polifuncionales B12; y

(B2) al menos una cubierta de injerto B2 que comprende (o que consiste en) al menos un monómero B21 seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno, (met)acrilato de alquilo C_1-C_8 y mezclas de estireno y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en alfa-metilestireno, p-metilestireno y (met)acrilato de alquilo C_1-C_8; y, opcionalmente, uno o más monómeros adicionales B22 seleccionados del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en: metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados;

(II) del 0 % al 80 % en peso de una o más fibras F, que opcionalmente comprenden en su superficie un grupo funcional G-I que forma un enlace covalente con el grupo funcional M-I de un monómero A2;

(III) del 0 % al 80 % en peso de uno o más policarbonatos;

(IV) del 0 % al 50 % en peso de uno o más (co)polímeros adicionales; y

(V) del 0 % al 10 % en peso de uno o más aditivos de polímeros.

La presente invención se define mediante las reivindicaciones.

En una realización preferida, la suma de los componentes (I) y (II)-(V), en cuanto que están presentes, es igual al 100 % en peso. Por tanto, en esta realización, la pieza polimérica P de una pala de turbina eólica (W) consiste en los anteriores componentes (I) y (II)-(V).

La pieza polimérica P puede suministrarse en una amplia gama de colores, incluidos gris claro (por ejemplo, RAL 7035) y blanco (RAL 9010), que pueden usarse, por ejemplo, para la pala de turbina eólica (W).

La pieza polimérica P reivindicada es especialmente resistente a los agentes atmosféricos, es estable desde el punto de vista mecánico y es adecuada para el termoformado. En general, el material del que está compuesto, principal o totalmente, la pieza polimérica P puede extrusionarse bien. Puede usarse para reducir el trabajo de mantenimiento de la pala de turbina eólica (W) y los costes, y puede reducir la probabilidad de impactos de rayos y de acontecimientos de descarga no deseados. Además, la pieza polimérica P es especialmente estable frente al UV. Preferentemente, la pieza polimérica P es resistente a impactos a alta velocidad, tales como gotas de lluvia y granizo de hasta 135 m/s o incluso más. La pieza polimérica P preferentemente tiene baja penetración de humedad y, por tanto, reduce los efectos de congelación/descongelación que pueden dañar la superficie de la pala de turbina eólica (W).

La pieza polimérica P reivindicada es estable en un amplio intervalo de temperaturas, preferentemente al menos en el intervalo de -20 °C a +80 °C. Es estable frente a influencias atmosféricas, incluidas salinidad, acidez y elevada humedad. Esto también permite usarla en ubicaciones costeras y en mar abierto. Preferentemente, la pieza polimérica P no es conductora. Además, la pieza polimérica P suele tener buenas propiedades adhesivas, tales como las relacionadas con el tiempo de curación, la resistencia a la tracción, el desprendimiento, la resistencia al cizallamiento, etc. La pieza polimérica P puede producirse de una forma barata y rentable.

En una realización, la pieza polimérica P puede tener una elasticidad intermedia, por ejemplo, un módulo de elasticidad E en el intervalo de 100 a 9 000 MPa, en donde la elasticidad también depende de los ingredientes, tales como fibras y aditivos de polímeros.

La pieza polimérica P de la presente invención puede formar parte de cualquier ensamblaje o ser cualquier pieza de ensamblaje de una pala de turbina eólica (W). Esta pieza de ensamblaje puede ser un elemento original de construcción de una pala de turbina eólica (W) o puede ser una pieza de ensamblaje adicional para complementar

una pala de turbina eólica (W). Por ejemplo, dicha pieza para complementar una pala de turbina eólica (W) puede ser una cubierta protectora contra la erosión (adicional) y/o una pieza protectora de refuerzo para el borde de ataque de la pala de turbina eólica (W). Dicha pieza de cubierta protectora y de refuerzo también puede entenderse como armadura y refuerzo. Tal como se emplea en el presente documento, la expresión "cubierta protectora contra la erosión" puede entenderse en el sentido más amplio como cualquier tipo de superficie exterior protectora (externa). La cubierta protectora contra la erosión puede ser una cubierta protectora contra la erosión de carcasa dura o puede obtenerse a partir de un material flexible, tal como una cinta o una lámina.

En una realización muy preferida, a lo largo de la presente invención, una cubierta protectora contra la erosión es una cubierta protectora contra la erosión de un borde, en especial el borde de ataque. Puede ser una cubierta protectora contra la erosión del borde de ataque completo o de un segmento (también denominado sección) del mismo. Una cubierta protectora contra la erosión, además o como alternativa, también puede ser un cuerpo de cubierta protectora contra la erosión que puede instalarse en el ápice de la pala de turbina eólica (W). Opcionalmente, este cuerpo también puede producirse como una única pieza que se instala alrededor de la región apical completa de la pala de turbina eólica (W). En las figuras 1 a 10 se ofrecen ejemplos de cubiertas protectoras contra la erosión y ejemplos de sus propiedades y preparación.

La pieza polimérica P puede ser un elemento plano que puede situarse sobre la superficie de la pala de turbina eólica (W). Puede ser parte de la pala de turbina eólica original o puede haber sido añadida o sustituida posteriormente. La pieza polimérica P puede tener, en general, cualquier forma. En función del uso previsto, puede tener una geometría bastante plana. Generalmente, cuando se emplea como cubierta protectora contra la erosión, puede tener un diseño plano. En una realización preferida, la pieza polimérica P tiene un espesor en el intervalo de 0,01 mm a 20 mm, preferentemente en el intervalo de 0,1 mm a 10 mm, en especial en el intervalo de 0,5 mm a 5 mm. Por ejemplo, la cubierta protectora contra la erosión tiene un espesor en el intervalo de 0,5 mm a 1 mm, en el intervalo de 1 mm a 2 mm, en intervalo de 1,5 mm a 2,5 mm, en el intervalo de 2 mm a 3 mm, en el intervalo de 2,5 mm a 3,5 mm, o en el intervalo de 3 mm a 4 mm.

La pieza polimérica P, cuando se usa en especial como cubierta protectora para la erosión o como parte de una cubierta protectora contra la erosión, puede ser un elemento plano que, opcionalmente, puede tener un tamaño en el intervalo de 0,5 a 20 m^2, preferentemente de 0,75 a 15 m^2, más preferentemente de 1 a 10 m^2. La geometría depende de su fin previsto.

En caso de que esté prevista solamente para proteger el borde de ataque, puede utilizarse una forma alargada o pueden utilizarse elementos más pequeños. Por ejemplo, pueden usarse tiras anchas de 2 a 50 cm, preferentemente de 5 a 30 cm, en especial de 7 a 20 cm, para proteger cada lado del borde de ataque. Por tanto, cuando se prefiera una cobertura de ambos lados del borde de ataque de una vez (es decir, una cubierta protectora contra la erosión que cubra por completo el borde de ataque), pueden usarse tiras, por ejemplo, de 4 a 100 cm, preferentemente de 10 a 60 cm, en especial de 14 a 40 cm. Por ejemplo, pueden utilizarse tiras de aproximadamente 10 cm de ancho a cada lado del borde de ataque (es decir, 20 cm en total). Como ejemplo, se puede usar una tira de 100 cm de longitud, 20 cm de ancho y 2 mm de espesor. Cuando la pieza polimérica P se instala por medio de termoformado, su espesor puede reducirse, en general, aunque no necesariamente, hasta la mitad del espesor original (es decir, en el ejemplo mencionado, hasta aproximadamente 1 mm). En caso de que esté prevista para proteger la pala de turbina eólica (W) completa, pueden usarse elementos más grandes. Solo como ejemplo, una pieza polimérica P, en concreto, un elemento de lámina contra la erosión, puede tener una geometría de 3 m de longitud, 2 m de ancho y 2 mm de espesor.

Cabe señalar que la geometría (es decir, el radio y la forma) también puede adaptarse al tamaño del borde de ataque que se va a proteger y/o reparar. En concreto, cuando la pala de turbina eólica (W) o su borde de ataque se protege y/o se repara como un todo, la longitud de la pieza polimérica puede corresponder a la longitud de la pala de turbina eólica (W). Por consiguiente, la longitud puede estar en el intervalo de unos pocos metros (por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 o 10 m) o puede ser mayor (por ejemplo, en el intervalo de 10 a 20 m, de 15 a 30 m, de 20 a 40 m, de 25 a 50 m, de 30 a 60 m, de 35 a 70 m, de 40 a 80 m, de 45 a 10 m, de 50 a 100 m, o incluso superior a 100 m). Por ejemplo, para palas de turbinas eólicas (W) de 88 m (de un aerogenerador (WTG, "wind turbine generator) de 8 MW) que existen en la actualidad, el borde de ataque y, por tanto, su longitud de protección, puede estar en este intervalo. Las palas de turbinas eólicas (W) más grandes para WTG de 9 MW, 9,5 MW, 10 MW, 20 MW e incluso más que están en construcción evidentemente también puede protegerse y/o repararse con los medios de la presente invención.

Los bordes de la pieza polimérica P que se va a situar sobre la pala de turbina eólica (W) pueden recortarse por control numérico computarizado ("computer numerically control", CNC) para garantizar una geometría de alta precisión y, opcionalmente, se puede hacer un recorte fino y/o comprobar su calidad frente a las herramientas de conformado. Por último, los bordes exteriores de la pieza polimérica P opcionalmente pueden biselarse/desbarbarse para crear un ángulo somero, que puede garantizar una transición suave entre la superficie de la pala de turbina eólica (W) y la superficie. Esto puede evitar cualquier cambio abrupto de la geometría de un plano a otro, que podría interrumpir el flujo de aire aerodinámico sobre la superficie, es decir, la alteración de la capa límite. Opcionalmente, las cubiertas protectoras contra la erosión pueden unirse a continuación al borde de ataque de la pala de turbina

eólica (W) *in situ* con un adhesivo (por ejemplo, una capa de 0,5 mm de adhesivo de silicona o cualquier otro adhesivo adecuado).

Además o como alternativa a una pala de turbina eólica (W), la pieza polimérica P también puede formar parte de otro componente de construcción de una turbina eólica, tal como, entre otros, un componente de construcción seleccionado, por ejemplo, del grupo que consiste en un cuerpo de buje, una góndola, una torre y uno o más segmentos de uno o más de los mismos.

En las figuras 1 y 2 se muestra un ejemplo de una pala de turbina eólica (W) a título ilustrativo. La geometría también puede ser diferente. Una turbina eólica puede ser una turbina eólica en tierra o en mar abierto. Una turbina eólica puede ser una turbina eólica de eje horizontal ("Horizontal Axis Wind Turbine", (HAWT), una turbina eólica de eje vertical ("Vertical Axis Wind Turbine", VAWT), un tipo de una turbina eólica aérea con forma de cometa u otros tipos de turbinas eólicas. También se entenderá que los componentes de construcción, en especial las palas de turbinas eólicas (W) o partes de las mismas, de tipos alternativos de turbinas eólicas, tales como turbinas eólicas de tipo Savonius (opcionalmente torsionadas), de tipo Giromill, flotantes y/o de tipo Darrieus, pueden comprender o consistir en una o más piezas poliméricas P de la presente invención.

Tal como se emplea en el presente documento, un borde de ataque puede entenderse en el sentido más amplio como el borde de la pala de turbina eólica (W) que, en una turbina eólica ensamblada que comprende la pala (W), se pone en contacto con el aire en primer lugar. En otras palabras, el borde de ataque es la primera parte de la pala de turbina eólica (W) que golpea la corriente de aire. Esto es muy conocido por los expertos en la materia y se ilustra con más detalle en las figuras 1 y 2.

Una cubierta protectora contra la erosión también puede considerarse una carcasa protectora o un recubrimiento de una pala de turbina eólica (W) que es adecuado para proteger a la pala de turbina eólica (W) frente a las tensiones ambientales. Puede ser una cubierta protectora permanente contra la erosión o puede ser una pieza de sustitución. Preferentemente, es una cubierta protectora permanente contra la erosión. La vida útil prevista de una pala de turbina eólica (W) suele estar, en general, en el intervalo de 10 a 30 años, a menudo en el intervalo de 15 a 25 años, pero también puede ser diferente, en función de la ubicación y las condiciones ambientales de la turbina eólica. La vida útil prevista de una pala de turbina eólica (W) también puede ser considerablemente más larga, en el intervalo de 20 a 40 años o incluso de 50 años.

Cuando la pieza polimérica P de la presente invención forma parte de una cubierta protectora contra la erosión y/o una pieza protectora de refuerzo para el borde de ataque de la pala de turbina eólica (W), el interior de la pala de turbina eólica (W) puede ser cualquier interior conocido en la técnica en el contexto de las palas de turbinas eólicas. Opcionalmente, el interior de una pala de turbina eólica (W) puede comprender elementos de alma cortante combinados con partes huecas, opcionalmente puede comprender otra armadura, opcionalmente puede tener largueros y/o puede tener una pieza moldeada que proporciona la forma general de la pala de turbina eólica (W). Se proporcionan ejemplos de ensamblajes interiores de palas de turbinas eólicas (W) en el documento WO 2016/079535 y en Shohag *et al.* ("Damage mitigation techniques in wind turbine blades: A review", Wind Engineering, 2017, 41(3):185-210).

Opcionalmente, una cubierta protectora contra la erosión o pieza protectora de refuerzo puede conectarse con el interior mediante un adhesivo. Esto se ilustra con más detalle en Shohag *et al.* ("Damage mitigation techniques in wind turbine blades: A review", Wind Engineering, 2017, 41(3):185-210). En la figura 2 también se muestran ejemplos de elementos de construcción y su posible ubicación en la pala de turbina eólica (W).

Puede suministrarse una cubierta protectora contra la erosión sobre la superficie exterior de la pala de turbina eólica (W) como parte del proceso de moldeado de la pala de turbina eólica (W) (aplicación en molde) o después del proceso de moldeado de la pala de turbina eólica (W) (aplicación posterior al molde). Esto se ilustra con más detalle en Keegan *et al.* ("On erosion issues associated with the leading edge of wind turbine blades", Journal of Physics D, Applied Physics, 2013, 46(38)). Las piezas de ensamblaje preferidas que comprenden o que consisten en una pieza polimérica P de la presente invención se ubican en uno o más de los bordes, es decir, el borde de ataque y/o el borde de salida. En este caso, la pieza polimérica P opcionalmente puede formar parte de la cubierta protectora contra la erosión (*cf.*, el ejemplo mostrado en la figura 3) o puede situarse sobre la cubierta protectora contra la erosión (*cf.*, el ejemplo mostrado en la figura 4). Se entenderá que también es posible una combinación de estos ejemplos.

Tal como se indicó anteriormente, la pala de turbina eólica (W) puede comprender o consistir en piezas de ensamblaje seleccionadas del grupo que consiste en uno o más elementos de construcción que forman una cubierta protectora contra la erosión, uno o más elementos de alma cortante que opcionalmente tienen una configuración de sándwich, uno o más elementos de larguero, una o más piezas moldeadas que proporcionan la forma general, una o más partes huecas (cavidades internas) conectadas o sin conexión entre sí, una capa adhesiva situada entre la cubierta protectora contra la erosión, o una parte de la misma, y una pieza moldeada, uno o más rebordes (opcionalmente, hojas laminadas para portar carga) y/o uno o más paneles en sándwich mostrados como la parte rayada. Cada una de las piezas de ensamblaje de la pala de turbina eólica (W), en especial la cubierta protectora

contra la erosión, o una parte de la misma, puede ser una pieza polimérica P de la presente invención. Además, las piezas de ensamblaje de la pala de turbina eólica (W) opcionalmente pueden comprender uno o más polímeros diferentes a los de la pieza polimérica P, uno o más materiales compuestos, uno o más metales, uno o más tipos de maderas y combinaciones de dos o más de los mismos.

Preferentemente, la superficie exterior (externa) de la pala de turbina eólica (W) es comparativamente lisa para reducir la resistencia aerodinámica. Por tanto, en cuanto que está presente, la cubierta protectora contra la erosión tiene una superficie exterior lisa. Opcionalmente, la pala de turbina eólica (W) también puede tener un recubrimiento protector (por ejemplo, un barniz/acabado/recubrimiento de gel/pintura) en su superficie más externa. La superficie interna de dicha cubierta protectora contra la erosión o todas las otras piezas de ensamblaje pueden tener una superficie lisa o rugosa y también pueden tener una estructura que estabilice mecánicamente la respectiva pieza de ensamblaje y/o que reduzca el peso de la pieza.

Por ejemplo, una pieza de ensamblaje puede portar una estructura con forma de panal. Preferentemente, la superficie exterior de la pala de turbina eólica (W) tiene una superficie exterior comparativamente lisa, con una Rz ≤ 0,1 µm (por ejemplo, determinada de acuerdo con la norma ASME Y14.36M - 1996). Opcionalmente, la superficie exterior tiene una superficie mate/de brillo bajo (por ejemplo, brillo a 60° inferior a 30) (por ejemplo, que puede determinarse de acuerdo con la norma ASTM D2457 - 13).

La expresión "pieza polimérica P" puede entenderse en el sentido más amplio como cualquier parte de una pala de turbina eólica (W). La pieza polimérica P puede ser una pieza de ensamblaje que está presente en la pala de turbina eólica (W) desde el principio (es decir, desde su producción), puede ser una pieza de reparación para curar daños de una pala de turbina eólica (W) usada, puede ser una pieza adicional que se aplica antes del uso práctico para evitar los daños y, en consecuencia, la necesidad de reparar la pala de turbina eólica (W), puede ser una pieza adicional que se aplica para proteger a la pala de turbina eólica (W) después de la reparación o puede ser una pieza complementaria para apoyar el sostenimiento de una pala de turbina eólica (W).

Se entenderá que la expresión "pieza polimérica P" también incluye mezclas de diferentes polímeros y materiales compuestos que comprenden al menos un componente termoplástico T. Por tanto, la pieza polimérica P también puede comprender opcionalmente diversas cantidades de otros componentes no poliméricos, tales como fibras F. La pieza polimérica P también puede formar una o más capas combinadas con capas de uno o más componentes distintos (por ejemplo, una o más capas metálicas (por ejemplo, láminas metálicas), capas poliméricas (por ejemplo, láminas poliméricas)), formando con ello una configuración de sándwich. La pieza polimérica P también puede ser una lámina (también denominada hoja o película) o cinta. Esto se describe con más detalle a continuación en el contexto de los procedimientos de uso.

A continuación, se proporcionan los componentes preferidos y combinaciones de los mismos:

Componente (I) - Componente termoplástico T

En general, el componente termoplástico T puede extrusionarse bien y no es conductor. Opcionalmente, puede mezclarse con otros componentes de hasta un 80 % en peso. El componente termoplástico T puede tener una elasticidad intermedia, por ejemplo, un módulo de elasticidad E en el intervalo de 100 a 9 000 MPa.

En general, se indica que el monómero A1 puede seleccionarse del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de estireno y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en alfa-metilestireno, p-metilestireno y (met)acrilato de alquilo C_1-C_8. Según la presente invención, el monómero A1 se selecciona de estireno, alfa-metilestireno y mezclas de los mismos. Preferentemente, dicho al menos un monómero A1 comprende estireno.

Más preferentemente, al menos un 50 % en peso, aún más preferentemente al menos un 60 % en peso, aún más preferentemente al menos un 70 % en peso, aún más preferentemente al menos un 80 % en peso, en especial al menos un 90 % en peso del monómero A1 es estireno. En especial preferentemente, el monómero A1 consiste (fundamentalmente) en estireno.

Según la presente invención, el monómero A2 se selecciona del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados, en donde, opcionalmente, uno o más de los monómeros A2 pueden portar un grupo funcional M-I.

Preferentemente, dicho al menos un monómero A2 comprende al menos un 50 % en peso, aún más preferentemente al menos un 60 % en peso, aún más preferentemente al menos un 70 % en peso, aún más preferentemente al menos un 80 % en peso, en especial al menos un 90 % en peso de acrilonitrilo. Se entenderá que el grupo funcional M-I opcionalmente presente puede ser cualquier grupo que pueda reaccionar con otro resto polimérico de la misma cadena polimérica o de otra cadena polimérica. El monómero A2 también puede consistir (fundamentalmente) en acrilonitrilo. Según la presente invención, en cuanto que está presente, dicho otro monómero

que porta un grupo funcional M-I puede seleccionarse del grupo que consiste en anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados (por ejemplo, anhídrido maleico), derivados de maleimida copolimerizables (por ejemplo, N-fenilmaleimida, N-ciclohexilmaleimida), (met)acrilato de terc-butilo y (met)acrilato de glicidilo. También se divulga que el monómero que porta un grupo funcional M-I puede ser cualquiera de los descritos en el documento WO 2016/170103.

En una realización preferida, dichos uno o más monómeros A2 se seleccionan del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados. En una realización más preferida, dichos uno o más monómeros A2 se seleccionan del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados. En una realización aún más preferida, dichos uno o más monómeros A2 se seleccionan del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados.

Preferentemente, el otro monómero que porta un grupo funcional M-I opcionalmente presente es anhídrido maleico. Por tanto, en una realización especialmente preferida, dichos uno o más monómeros A2 se seleccionan del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídrido maleico.

El contenido de grupo funcional M-I en la matriz de copolímero termoplástico A, en cuanto está presente, preferentemente puede estar en el intervalo del 0,1 % al 5 % en peso, más preferentemente del 0,2 % al 2 % en peso en relación con la matriz de copolímero termoplástico A.

Preferentemente, la matriz de copolímero A comprende (o consiste en):

(A1) del 60 % al 90 % en peso, en relación con la masa total de la matriz de copolímero termoplástico A, de monómero A1; y

(A2) del 10 % al 40 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de un monómero A2.

Más preferentemente, la matriz de copolímero A comprende (o consiste en):

(A1) del 60 % al 85 % en peso, en relación con la masa total de la matriz de copolímero termoplástico A, de monómero A1; y

(A2) del 15 % al 40 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de un monómero A2.

En una realización preferida, la suma de los componentes A1 y A2 es igual al 100 % en peso.

Según la presente invención, la matriz de copolímero termoplástico A comprende (o consiste en):

(A1) del 50 % al 95 % en peso, preferentemente del 60 % al 90 % en peso, en especial del 60 % al 85 % en peso, en relación con la masa total de la matriz de copolímero A, de un monómero A1 seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de los mismos; y

(A2) del 5 % al 50 % en peso, preferentemente del 10 % al 40 % en peso, en especial del 15 % al 40 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de un monómero A2 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados, en donde, opcionalmente, uno o más de los monómeros A2 pueden portar un grupo funcional M-I.

En una realización preferida, la matriz de copolímero termoplástico A comprende o consiste en:

(A1) el monómero A1, que es estireno; y

(A2) dichos uno o más monómeros A2 se seleccionan del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados.

En una realización preferida, la matriz de copolímero termoplástico A comprende o consiste en:

(A1) el monómero A1, que es estireno; y

(A2) dichos uno o más monómeros A2 se seleccionan del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados.

En una realización más preferida, la matriz de copolímero termoplástico A comprende (o consiste en):

(A1) del 50 % al 95 % en peso, preferentemente del 60 % al 90 % en peso, en especial del 60 % al 85 % en peso, en relación con la masa total de la matriz de copolímero A, de estireno; y

(A2) del 5 % al 50 % en peso, preferentemente del 10 % al 40 % en peso, en especial del 15 % al 40 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de acrilonitrilo;

(A3) del 0 % al 5 % en peso, preferentemente del 0 % al 3 % en peso, en especial del 0 % al 2 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de monómeros seleccionados de anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados, en especial anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados.

En una realización especialmente preferida, la matriz de copolímero termoplástico A comprende o consiste en:

(A1) el monómero A1, que es estireno; y

(A2) dichos uno o más monómeros A2 se seleccionan del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídrido maleico.

Por consiguiente, en una realización muy preferida, la matriz de copolímero termoplástico A consiste (fundamentalmente) en:

(A1) el monómero A1, que es estireno; y

(A2) el monómero A2, que es acrilonitrilo.

En una realización más preferida, la matriz de copolímero termoplástico A comprende (o consiste en):

(A1) del 50 % al 95 % en peso, preferentemente del 60 % al 90 % en peso, en especial del 60 % al 85 % en peso, en relación con la masa total de la matriz de copolímero A, de estireno; y

(A2) del 5 % al 50 % en peso, preferentemente del 10 % al 40 % en peso, en especial del 15 % al 40 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de acrilonitrilo.

Por consiguiente, en otra realización muy preferida, la matriz de copolímero termoplástico A consiste (fundamentalmente) en:

(A1) el monómero A1, que es estireno; y

(A2) los monómeros A2 son una mezcla de acrilonitrilo y anhídrido maleico.

En una realización más preferida, la matriz de copolímero termoplástico A comprende (o consiste en):

(A1) del 60 % al 90 % en peso, en especial del 60 % al 85 % en peso, en relación con la masa total de la matriz de copolímero A, de estireno;

(A2) del 5 % al 39,9 % en peso, en especial del 15 % al 39,8 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de una mezcla de acrilonitrilo; y

(A3) del 0,1 % al 5 % en peso, en especial del 0,2 % al 2 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de ácido maleico.

Por consiguiente, en otras palabras, la matriz de copolímero A especialmente preferida es un copolímero de estireno-acrilonitrilo (SAN) o un terpolímero de estireno-acrilonitrilo-anhídrido del ácido maleico (SAN-MA).

Preferentemente, la base de injerto B1 tiene una temperatura de transición vítrea Tg inferior a -20 °C y/o se obtiene mediante polimerización en emulsión. Más preferentemente, la base de injerto B1 tiene una temperatura de transición vítrea Tg inferior a -20 °C y se obtiene mediante polimerización en emulsión.

Según la presente invención, la base de injerto B comprende (o consiste en):

(B11) del 40 % al 100 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un(met)acrilato de alquilo C_1-C_8 como monómero B11;

(B12) del 0 % al 20 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un monómero reticulante polifuncional B12; y

(B13) del 0 % al 40 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos otro monómero copolimerizable, preferentemente seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno, (alquil C_1-C_4)estireno, acrilonitrilo, metacrilonitrilo, isopreno, butadieno, cloropreno, metacrilato de metilo, di(met)acrilato de alquilenglicol y metil vinil éter,

en donde la suma de B11, B12 y B13 es igual al 100 % en peso; y

Preferentemente, el (met)acrilato de alquilo C_1-C_8 que puede usarse como componente B11 y/o B21 es (met)acrilato de alquilo C_1-C_7, más preferentemente (met)acrilato de alquilo C_1-C_6, aún más preferentemente (met)acrilato de alquilo C_1-C_5, aún más preferentemente (met)acrilato de alquilo C_1-C_4, aún más preferentemente (met)acrilato de alquilo C_1-C_3, en especial (met)acrilato de alquilo C_1 o C_2 (es decir, metacrilato de metilo, metacrilato de etilo, acrilato de metilo, acrilato de etilo o una combinación de dos o más de los mismos). En especial preferentemente, el (met)acrilato de alquilo C_1-C_8 que puede usarse como componente B11 y/o B21 se selecciona del grupo que consiste en uno o más metacrilatos de metilo, uno o más metacrilatos de etilo y una combinación de dos o más de los mismos.

Preferentemente, los anhidridos de ácidos carboxílicos insaturados que pueden usarse como componente B22 se seleccionan del grupo que consiste en anhídrido maleico y anhídrido del ácido ftálico y combinaciones de los mismos, en especial son anhídrido maleico.

Preferentemente, las imidas de ácidos carboxílicos insaturados que pueden usarse como componente B22 se seleccionan del grupo que consiste en maleimidas N-sustituidas, tales como, por ejemplo, N-ciclohexilmaleimida, N-fenilmaleimida y mezclas de las mismas.

Preferentemente, la cubierta de injerto B2 comprende (o consiste en):

(B21) del 50 % al 100 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de un monómero B21 que comprende (o que es) estireno; y

(B22) del 0 % al 50 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de al menos un monómero B22 que comprende (o que es) acrilonitrilo.

En una realización preferida, la suma de B21 y B22, en cuanto que están presentes, es igual al 100 % en peso.

Según la presente invención, la cubierta de injerto B2 comprende (o consiste en):

(B21) del 50 % al 100 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de un monómero B21 seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de estireno y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en alfa-metilestireno, p-metilestireno y (met)acrilato de alquilo C_1-C_8; y

(B22) del 0 % al 50 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de al menos un monómero B22 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados.

Preferentemente, el monómero B21 de la cubierta de injerto B2 se selecciona del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de estireno y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en alfa-metilestireno, p-metilestireno y (met)acrilato de alquilo C_1-C_8.

Preferentemente, al menos un 50 % en peso, aún más preferentemente al menos un 60 % en peso, aún más preferentemente al menos un 70 % en peso, aún más preferentemente al menos un 80 % en peso, en especial al menos un 90 % en peso del monómero B21 es estireno. En especial preferentemente, el monómero B21 consiste (fundamentalmente) en estireno.

Preferentemente, el monómero B22 de la cubierta de injerto B2 se selecciona del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados.

Preferentemente, al menos un 50 % en peso, aún más preferentemente al menos un 60 % en peso, aún más preferentemente al menos un 70 % en peso, aún más preferentemente al menos un 80 % en peso, en especial al menos un 90 % en peso del monómero B22 es acrilonitrilo En especial preferentemente, el monómero B22 consiste (fundamentalmente) en acrilonitrilo.

Preferentemente, el copolímero injertado B comprende (o consiste en):

(B1) del 55 % al 90 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una base de injerto B1; y

(B2) del 10 % al 45 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una cubierta de injerto B2.

Más preferentemente, el copolímero injertado B comprende (o consiste en):

(B1) del 55 % al 65 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una base de injerto B1; y

(B2) del 35 % al 45 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una cubierta de injerto B2.

En una realización preferida, la suma de los componentes B1 y B2 es igual al 100 % en peso.

En una realización preferida, el copolímero injertado B comprende (o consiste en):

(B1) del 50 % al 90 % en peso, preferentemente del 55 % al 90 % en peso, en especial del 55 % al 65 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una base de injerto B1 que tiene una temperatura de transición vítrea Tg inferior a -20 °C, en donde la base de injerto B1, que se obtiene mediante polimerización en emulsión, comprende (o consiste en):

(B11) del 40 % al 100 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un(met)acrilato de alquilo C_1-C_8 como monómero B11;

(B12) del 0 % al 20 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un monómero reticulante polifuncional B12; y

(B13) del 0 % al 40 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno, (alquil C_1-C_4)estireno, acrilonitrilo, metacrilonitrilo, isopreno, butadieno, cloropreno, metacrilato de metilo, di(met)acrilato de alquilenglicol y metil vinil éter, en donde la suma de B11, B12 y B13 es igual al 100 % en peso; y

(B2) del 10 % al 50 % en peso, preferentemente del 10 % al 45 % en peso, en especial del 35 % al 45 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una cubierta de injerto B2 que se obtiene mediante polimerización en emulsión en presencia de al menos una base de injerto B1 que comprende (o que consiste en):

(B21) del 50 % al 100 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de un monómero B21 seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de estireno y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en alfa-metilestireno, p-metilestireno y (met)acrilato de alquilo C_1-C_8; y

(B22) del 0 % al 50 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de al menos un monómero B22 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados.

Preferentemente, el componente termoplástico T comprende (o consiste en):

(A) del 40 % al 90 % en peso de al menos una matriz de copolímero termoplástico A; y

(B) del 10 % al 60 % en peso de al menos un copolímero injertado B.

Más preferentemente, el componente termoplástico T comprende (o consiste en):

(A) del 50 % al 90 % en peso de al menos una matriz de copolímero termoplástico A; y

(B) del 10 % al 50 % en peso de al menos un copolímero injertado B.

En una realización preferida, la suma de los componentes A y B es igual al 100 % en peso.

En una realización especialmente preferida, el componente termoplástico T comprende:

(A) del 10 % al 90 % en peso, preferentemente del 40 % al 90 % en peso, en especial del 50 % al 90 % en peso de al menos una matriz de copolímero termoplástico A que comprende (o que consiste en):

(A1) del 50 % al 95 % en peso, preferentemente del 60 % al 90 % en peso, en especial del 60 % al 85 % en peso, en relación con la masa total de la matriz de copolímero A, de un monómero A1 seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de los mismos; y

(A2) del 5 % al 50 % en peso, preferentemente del 10 % al 40 % en peso, en especial del 15 % al 40 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de un monómero A2 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados, en donde, opcionalmente, uno o más de los monómeros A2 pueden portar un grupo funcional M-I; y

(B) del 10 % al 90 % en peso, preferentemente del 10 % al 60 % en peso, en especial del 10 % al 50 % en peso de al menos un copolímero injertado B que comprende (o que consiste en):

(B1) del 50 % al 90 % en peso, preferentemente del 55 % al 90 % en peso, en especial del 55 % al 65 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una base de injerto B1 que tiene una temperatura de transición vítrea Tg inferior a -20 °C, en donde la base de injerto B1 se obtiene mediante polimerización en emulsión y comprende:

(B11) del 40 % al 100 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un(met)acrilato de alquilo C_1-C_8 como monómero B11;

(B12) del 0 % al 20 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un monómero reticulante polifuncional B12; y

(B13) del 0 % al 40 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno, (alquil C_1-C_4)estireno, acrilonitrilo, metacrilonitrilo, isopreno, butadieno, cloropreno, metacrilato de metilo, di(met)acrilato de alquilenglicol y metil vinil éter, en donde la suma de B11, B12 y B13 es igual al 100 % en peso; y

(B2) del 10 % al 50 % en peso, preferentemente del 10 % al 45 % en peso, en especial del 35 % al 45 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una cubierta de injerto B2 que se obtiene mediante polimerización en emulsión en presencia de al menos una base de injerto B1 que comprende:

(B21) del 50 % al 100 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de un monómero B21 seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de estireno y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en alfa-metilestireno, p-metilestireno y (met)acrilato de alquilo C_1-C_8; y (B22) del 0 % al 50 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de al menos un monómero B22 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados.

Preferentemente, el monómero B11 de la base de injerto B1 comprende (o consiste en) al menos un (met)acrilato de alquilo C_1-C_8, preferentemente seleccionado de acrilato de butilo y acrilato de etilhexilo, en especial acrilato de n-butilo.

Preferentemente, el monómero B12 de la base de injerto B1, en cuanto que está presente, comprende (o consiste en) al menos un monómero reticulante polifuncional B12, preferentemente seleccionado del grupo que consiste en (met)acrilato de alilo, divinilbenceno, maleato de dialilo, fumarato de dialilo, ftalato de dialilo, cianurato de trialilo, isocianurato de trialilo y acrilato de diciclopentadienilo (DCPA).

Preferentemente, el monómero B13 de la base de injerto B1, en cuanto que está presente, comprende (o consiste en) otro monómero seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno, (alquil C_1-C_4)estireno, acrilonitrilo, metacrilonitrilo, isopreno, butadieno, cloropreno, metacrilato de metilo, di(met)acrilato de alquilenglicol y metil vinil éter.

Preferentemente, la base de injerto B1 comprende (o consiste en):

(B11) del 70 % al 99,9 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un(met)acrilato de alquilo C_1-C_8;

(B12) del 0,1 % al 10 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un monómero reticulante polifuncional B12; y

(B13) del 0 % al 29,5 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos otro monómero copolimerizable,

en donde la suma de los componentes B11, B12 y B13 es igual al 100 % en peso.

Más preferentemente, la base de injerto B1 comprende (o consiste en):

(B11) del 79,9 % al 99,5 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un(met)acrilato de alquilo C_1-C_8;

(B12) del 0,1 % al 5 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un monómero reticulante polifuncional B12; y

(B13) del 0 % al 20 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos otro monómero copolimerizable,

en donde la suma de los componentes B11, B12 y B13 es igual al 100 % en peso.

Aún más preferentemente, la base de injerto B1 comprende (o consiste en):

(B11) del 87,5 % al 99 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un(met)acrilato de alquilo C_1-C_8;

(B12) del 0,1 % al 2,5 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un monómero reticulante polifuncional B12; y

(B13) del 0 % al 10 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos otro monómero copolimerizable,

en donde la suma de los componentes B11, B12 y B13 es igual al 100 % en peso.

En una realización preferida, la base de injerto B1 comprende (o consiste en):

(B11) del 70 % al 99,9 % en peso, preferentemente del 79,9 % al 99,5 % en peso, más preferentemente del 87,5 % al 99 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un (met)acrilato de alquilo C_1-C_8, preferentemente seleccionado de acrilato de butilo y acrilato de etilhexilo, en especial acrilato de n-butilo, como monómero B11;

(B12) del 0,1 % al 10 % en peso, preferentemente del 0,1 % al 5 % en peso o del 0,5 % al 5 % en peso, más preferentemente del 1 al 2,5 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un monómero reticulante polifuncional B12, preferentemente seleccionado del grupo que consiste en (met)acrilato de alilo, divinilbenceno, maleato de dialilo, fumarato de dialilo, ftalato de dialilo, cianurato de trialilo, isocianurato de trialilo y acrilato de diciclopentadienilo (DCPA); y

(B13) del 0 % al 29,5 % en peso, preferentemente del 0 % al 20 % en peso, más preferentemente del 0 % al 10 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno, (alquil C_1-C_4)estireno, acrilonitrilo, metacrilonitrilo, isopreno, butadieno, cloropreno, metacrilato de metilo, di(met)acrilato de alquilenglicol y metil vinil éter,

en donde la suma de los componentes B11, B12 y B13 es igual al 100 % en peso.

Preferentemente, la cubierta de injerto B2 comprende (o consiste en):

(B21) del 50 % al 95 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de un monómero B21; y

(B13) del 5 % al 50 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de al menos un monómero B22.

Más preferentemente, la cubierta de injerto B2 comprende (o consiste en):

(B21) del 65 % a 80 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de un monómero B21; y

(B13) del 20 % al 35 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de al menos un monómero B22.

Aún más preferentemente, la cubierta de injerto B2 comprende (o consiste en):

(B21) del 75 % a 80 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de un monómero B21; y

(B13) del 20 % al 25 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de al menos un monómero B22.

En una realización preferida, la cubierta de injerto B2 comprende (o consiste en):

(B21) del 50 % al 95 % en peso, preferentemente del 65 % al 80 % en peso, en especial del 75 % al 80 % en

peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de un monómero B21 seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de estireno y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en alfa-metilestireno, p-metilestireno y (met)acrilato de alquilo C_1-C_8; y

(B22) del 5 % al 50 % en peso, preferentemente del 20 % al 35 % en peso, en especial del 20 % al 25 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de al menos un monómero B22 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados.

En una realización preferida, el copolímero injertado B se caracteriza por al menos uno de los siguientes:

la base de injerto B1 comprende (o consiste en):

(B11) del 70 % al 99,9 % en peso, preferentemente del 79,9 % al 99,5 % en peso, más preferentemente del 87,5 % al 99 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un (met)acrilato de alquilo C_1-C_8, preferentemente seleccionado de acrilato de butilo y acrilato de etilhexilo, en especial acrilato de n-butilo, como monómero B11;

(B12) del 0,1 % al 10 % en peso, preferentemente del 0,1 % al 5 % en peso, más preferentemente del 1 % al 2,5 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un monómero reticulante polifuncional B12, preferentemente seleccionado del grupo que consiste en (met)acrilato de alilo, divinilbenceno, maleato de dialilo, fumarato de dialilo, ftalato de dialilo, cianurato de trialilo, isocianurato de trialilo y acrilato de diciclopentadienilo (DCPA); y

(B13) del 0 % al 29,5 % en peso, preferentemente del 0 % al 20 % en peso, más preferentemente del 0 % al 10 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno, (alquil C_1-C_4)estireno, acrilonitrilo, metacrilonitrilo, isopreno, butadieno, cloropreno, metacrilato de metilo, di(met)acrilato de alquilenglicol y metil vinil éter,

en donde la suma de los componentes B11, B12 y B13 es igual al 100 % en peso; y/o

la cubierta de injerto B2 comprende (o consiste en):

(B21) del 50 % al 95 % en peso, preferentemente del 65 % al 80 % en peso, en especial del 75 % al 80 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de un monómero B21 seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de estireno y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en alfa-metilestireno, p-metilestireno y (met)acrilato de alquilo C_1-C_8; y

(B22) del 5 % al 50 % en peso, preferentemente del 20 % al 35 % en peso, en especial del 20 % al 25 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de al menos un monómero B22 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados.

En especial preferentemente, el componente termoplástico T puede seleccionarse del grupo que consiste en:

copolímero de acrilonitrilo-estireno-acrilato (ASA);

una mezcla de polímeros que comprende (o que consiste en) ASA, en especial una mezcla de ASA y policarbonato (PC) (en especial a base de bisfenol A) (la mezcla también se denomina mezcla de ASA/PC);

un material compuesto que comprende (o que consiste en) acrilonitrilo, estireno, un (met)acrilato y uno o más monómeros que portan un grupo funcional M-I y al menos una fibra F que porta un grupo funcional G-I en la superficie que puede reaccionar con M-I, en especial en donde el monómero que porta un grupo funcional M-I es anhídrido del ácido maleico y la fibra F es una fibra de vidrio; y

dicho material compuesto además comprende (o consiste en) uno o más (co)polímeros adicionales mezclados, preferentemente en donde dicho (co)polímero adicional es un policarbonato (en especial a base de bisfenol A).

Por ejemplo, el componente termoplástico T puede ser o puede comprender el copolímero de ASA Luran S o la mezcla de ASA/PC Luran SC (Ineos Styrolution, Fráncfort).

Componente (II) - Fibras F

En general, las fibras F, en cuanto que están presentes en la composición de la presente invención, pueden ser

cualquier estructura de fibras que pueda utilizarse combinada con una pieza polimérica P de una pala de turbina eólica (W). Las fibras F puede estar inmersas en la pieza polimérica P, pueden estar situadas en la superficie o una parte de la pieza polimérica P o pueden estar inmersas en la pieza polimérica P y, al mismo tiempo, estar situadas en la superficie de la pieza polimérica P.

En una realización preferida, las fibras F se seleccionan de fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de aramida (por ejemplo, fibras sintéticas de para-aramida, tales como, por ejemplo, fibras Kevlar o fibras Nomex) y fibras basálticas, en especial las fibras F son fibras de vidrio. En otra realización preferida, se usan las fibras F indicadas en el documento WO 2016/170103.

Como alternativa o además, las fibras F pueden seleccionarse del grupo que consiste en fibras Spectra, Dyneema, Arville, Graphene, Diolen, Novana, Innegra o pueden ser cualquier otra fibra F que tenga las propiedades reivindicadas, es decir, que comprenda un grupo funcional G-I en su superficie. En cuanto que no porten inherentemente el grupo funcional G-I, las fibras F puede complementarse químicamente con monómeros que comprendan dicho G-I.

En principio, las fibras F deben poder reaccionar con uno o más de los otros componentes o pueden ser (fundamentalmente) inertes. En una realización preferida, las fibras F comprenden, en su superficie, un grupo funcional G-I que puede reaccionar con cualquiera de los otros componentes, preferentemente con el componente termoplástico T del componente (I) y/o un policarbonato del componente (III), en especial con el componente termoplástico T del componente (I). En una realización especialmente preferida, las fibras F comprenden, en su superficie, un grupo funcional G-I que forma un enlace covalente con el grupo funcional M-I del monómero A2.

Por consiguiente, en una realización preferida, la pieza polimérica P comprende los productos de reacción de anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados como grupos funcionales M-I del monómero A2, y grupos funcionales G-I en la superficie de las fibras F seleccionados del grupo que consiste en grupos hidroxi, éster y amino que pueden reaccionar con M-I.

En una realización muy preferida, la pieza polimérica P comprende los productos de reacción de anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados (como grupos funcionales M-I del monómero A2) y grupos hidroxi en la superficie de las fibras F (como grupos funcionales G-I). Entonces, M-I puede reaccionar con G-I.

En una realización especialmente preferida, la pieza polimérica P comprende los productos de reacción del anhídrido del ácido maleico (como grupos funcionales M-I del monómero A2) y grupos hidroxi (como grupos funcionales G-I) en la superficie de fibras de vidrio (como fibras F). Entonces, M-I puede reaccionar con G-I. Por tanto, en otras palabras, así, A2 es preferentemente una mezcla de acrilonitrilo y anhídrido del ácido maleico, y las fibras F (componente II) están presentes y comprenden fibras de vidrio. El contenido preferido de anhídrido del ácido maleico y las combinaciones se ha descrito anteriormente y en el documento WO 2016/170103.

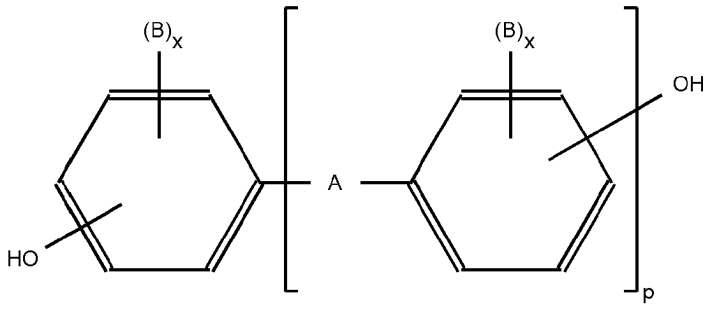
En especial preferentemente, las fibras F pueden usarse combinadas con el monómero que porta el grupo funcional M-I, en donde ambos F y M-I son como se indica en el documento WO 2016/170103.

Las fibras F pueden estar presentes en cualquier forma adecuada para este fin, tal como, por ejemplo, como fibras individuales, un refuerzo de fibras sin organizar/aleatorias, una red, un tejido o mechas de fibras. Las fibras pueden estar presentes en la pieza polimérica P completa, pueden estar presentes en la superficie, pueden estar presentes como una o más capas de fibras o una combinación de dos o más de los mismos.

Componente (III) - Policarbonato

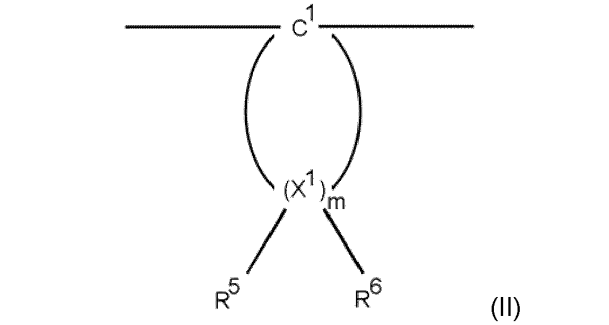
El policarbonato utilizado opcionalmente como componente (III) de la presente invención puede ser cualquier policarbonato conocido en la técnica.

En una realización preferida, el policarbonato utilizado como componente (III) de la presente invención es un policarbonato aromático. El policarbonato aromático puede comprender uno o más, preferentemente uno o dos, más preferentemente un policarbonato aromático. El policarbonato aromático puede comprender, por ejemplo, productos de policondensación, por ejemplo, policarbonatos aromáticos. Los ejemplos de policarbonatos aromáticos adecuados según la invención son conocidos en la técnica. La preparación de policarbonatos aromáticos puede llevarse a cabo, por ejemplo, haciendo reaccionar difenoles con haluros de ácido carbónico, preferentemente fosgeno y/o con dihaluros de ácidos dicarboxílicos aromáticos, preferentemente dihaluros de ácido bencenodicarboxílico, mediante el proceso de interfase de fases, opcionalmente empleando terminadores de cadena, por ejemplo, monofenoles, y opcionalmente usando agentes de ramificación que sean trifuncionales o más que trifuncionales, por ejemplo, trifenoles o tetrafenoles. Opcionalmente, también es posible la preparación a través de un proceso de polimerización en estado fundido mediante una reacción con difenoles, por ejemplo, carbonato de difenilo. Los difenoles para la preparación de policarbonatos aromáticos pueden ser los que tienen la fórmula (I)

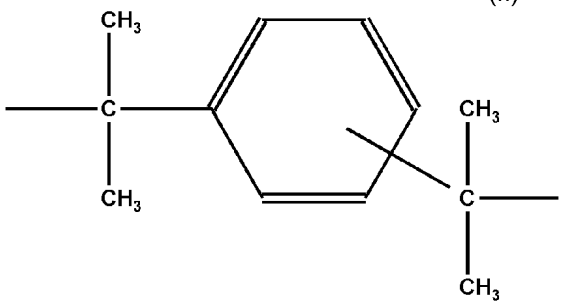


(I)

en la que A es un enlace sencillo, alquileno C_1 a Cs, alquilideno C_2-C_5, cicloalquilideno C_5-C_6, - O-, -SO-, -CO-, -S-, -SO_2-, arileno C_6 a C_{12}, sobre los cuales pueden condensarse otros anillos aromáticos que contienen opcionalmente heteroátomos, o un radical de fórmula (II) o (III):



(II)



(III)

B en cada caso es alquilo C_1-C_{12}, preferentemente metilo, o halógeno, preferentemente cloro y/o bromo,

x en cada caso, independientemente entre sí, es 0, 1 o 2,

p es 1 o 0, y

R^5 y R^6 individualmente para cada X^1 e independientemente entre sí indican hidrógeno o alquilo C_1-C_6, preferentemente hidrógeno, metilo o etilo,

X^1 indica carbono y

m indica un número entero de 4 a 7, preferentemente 4 o 5, con la condición de que en al menos un átomo X^1, R^5 y R^6 son simultáneamente alquilo.

Los difenoles preferidos se seleccionan del grupo que consiste en hidroquinona, resorcinol, dihidroxidifenoles, bis-(hidroxifenil)-(alcanos C_1-C_5), bis-(hidroxifenil)-(cicloalcanos C_5-C_6), bis-(hidroxifenil)éteres, bis-(hidroxifenil)sulfóxidos, bis-(hidroxifenil)cetonas, bis-(hidroxifenil)sulfonas y α,α-bis-(hidroxifenil)-diisopropilbencenos y derivados de los mismos con núcleo bromado y/o núcleo clorado. Los difenoles especialmente preferido se seleccionan del grupo que consiste en bisfenol A, 4,4'-dihidroxidifenilo, 2,4-bis-(4-hidroxifenil)-2-metilbutano, 1,1-bis-(4-hidroxifenil)-ciclohexano, 1,1-bis-(4-hidroxifenil)-3,3,5-trimetilciclohexano, sulfuro de 4,4'-dihidroxidifenilo, 4,4'-dihidroxidifenilsulfona y derivados de los mismos di- y tetrabromados o clorados, tales como, por ejemplo, 2,2-bis-(3-cloro-4-hidroxifenil)-propano, 2,2-bis-(3,5-dicloro-4-hidroxifenil)-propano o 2,2-bis-(3,5-dibromo-4-hidroxifenil)-propano.

En una realización especialmente preferida, el policarbonato es un policarbonato aromático, en especial a base de

bisfenol A.

El bisfenol A también puede denominarse 2,2-bis-(4-hidroxifenil)-propano. Los difenoles pueden emplearse de modo individual o como cualquier mezcla deseada. Los difenoles son conocidos en la técnica.

Los terminadores de cadena que son adecuados para la preparación de los policarbonatos aromáticos termoplásticos pueden seleccionarse, por ejemplo, del grupo que consiste en fenol, p-clorofenol, p-terc-butilfenol o 2,4,6-tribromofenol, y también alquilfenoles de cadena larga, tales como 4-[2-(2,4,4-trimetilpentil)]-fenol, 4-(1,3-tetrametilbutil)-fenol y monoalquilfenoles o dialquilfenoles que tienen un total de 8 a 20 átomos de carbono en los sustituyentes alquilo, tales como 3,5-di-terc-butilfenol, p-isooctilfenol, p-terc-octilfenol, p-dodecilfenol y 2-(3,5-dimetilheptil)-fenol y 4-(3,5-dimetilheptil)-fenol. La cantidad de terminadores de cadena que se va a emplear puede estar, en general, en el intervalo del 0,5 % en moles al 10 % en moles, sobre la suma de los moles de los difenoles concretos empleados.

Los policarbonatos aromáticos termoplásticos preferentemente tienen un peso molecular promedio en peso (Pm, medido, por ejemplo, con ultracentrífuga o con medición de dispersión de luz) de 10 000 a 200 000 g/mol, más preferentemente de 15 000 a 80 000 g/mol, en especial de 24 000 a 32 000 g/mol. Los policarbonatos aromáticos termoplásticos pueden ramificarse mediante cualquier forma conocida y, en especial preferentemente, mediante la incorporación del 0,05 % al 2,0 % en moles, sobre la suma de los difenoles empleados, de compuestos que son trifuncionales o más que trifuncionales, por ejemplo, tienen tres o más grupos fenólicos. Pueden usarse homopolicarbonatos y copolicarbonatos. Además, puede emplearse opcionalmente del 1 % al 25 % en peso, preferentemente del 2,5 % al 25 % en peso, sobre la cantidad total de los difenoles empleados, de polidiorganosiloxanos que tiene grupos terminales hidroxiariloxi para la preparación de copolicarbonatos según la invención de acuerdo con el componente A. Los policarbonatos preferidos que pueden usarse además del bisfenol A, o como alternativa a este, pueden seleccionarse del grupo que consiste en homopolicarbonatos, los copolicarbonatos de bisfenol A con hasta un 15 % en moles, sobre la suma de moles de los difenoles, de otros difenoles mencionados como preferidos o especialmente preferidos, en especial 2,2-bis-(3,5-dibromo-4-hidroxifenil)-propano.

En una realización, la viscosidad relativa en disolución (η_{rel}) de los policarbonatos aromáticos puede estar en el intervalo de 1,18 a 1,4, preferentemente de 1,20 a 1,32 (medida en disoluciones de 0,5 g de policarbonato en 100 ml de solución de cloruro de metileno a 25 °C). Los policarbonatos aromáticos termoplásticos pueden emplearse por sí solos o en cualquier mezcla deseada de uno o más, preferentemente de uno a tres o uno o dos de los mismos. Lo más preferentemente, solo se emplea un tipo de policarbonato.

Lo más preferentemente, el policarbonato aromático es un policarbonato a base de bisfenol A y fosgeno, que incluye policarbonatos que se han preparado a partir de los correspondientes precursores o componentes básicos sintéticos del bisfenol A y fosgeno. Estos policarbonatos aromáticos preferidos pueden ser lineales u, opcionalmente, pueden estar ramificados debido a la presencia de sitios de ramificación.

Componente (IV) - Otros (co)polímeros

La pieza polimérica P puede comprender uno o más (co)polímeros adicionales como componente (IV) adicional.

En una realización preferida, si está presente un componente polimérico adicional, la pieza polimérica P comprende, como componente (IV) adicional, al menos un (co)polímero seleccionado del grupo que consiste en poliolefinas, poliésteres, poliamidas, poli(óxido de p-fenileno), poli(sulfuro de fenileno), poli(metacrilato de metilo), poli(metacrilamida), estireno-anhídrido maleico, poliéteres, poliimidas y polioximetileno.

Componente (V) - Aditivos de polímeros

Un aditivo, tal como se emplea opcionalmente en el presente documento, puede entenderse como cualquier aditivo para el procesamiento de polímeros conocido en la técnica. Por ejemplo, un aditivo puede ser un plastificante, un antiestático, un lubricante, un agente espumante, un activador de la adhesión, otro (co)polímero termoplástico que pueda mezclarse, un agente de carga, un emulgente, un tensioactivo, un retardante de la llama, un tinte, un pigmento, un antioxidante, un estabilizante antihidrólisis, un estabilizante a la luz, un protector frente a la suciedad, un agente tensionante y/o residuos de un agente tamponante, un modificador del peso molecular y/o un iniciador de la polimerización.

Un estabilizante a la luz puede ser cualquier estabilizante a la luz conocido en la técnica, tal como, por ejemplo, un compuesto o una composición a base de benzofenona, benzotriazol, ácido cinámico, fosfitos orgánicos, fosfonitos orgánicos y/o aminas estéricamente impedidas.

Un lubricante puede ser cualquier lubricante conocido en la técnica, tal como, por ejemplo, un hidrato de carbono de más de 10 átomos de carbono de longitud (por ejemplo, aceite, cera de parafina, cera de PE o cera de PP), un alcohol graso, una cetona, un ácido graos, una amida de ácido carbónico o un éster de ácido carbónico de 6 a 20

átomos de carbono, glicerol, etilenglicol y/o pentaeritritol.

Un antioxidante puede ser cualquier antioxidante conocido en la técnica, tales como, por ejemplo, un antioxidante fenólico (por ejemplo, un monofenol alquilado, un éster, una amida estéricamente impedida, tal como, por ejemplo, ácido 3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenilpropiónico, 2,6-di-terc-butil-4-metilfenol, pentaeritritil-tetrakis-[3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil)-propionato, N,N'-di-(3,5-di-tert-butil-4-hidroxifenil-propionil)-hexametilendiamina o un benzotriazol).

Un emulgente puede ser cualquier emulgente conocido en la técnica, tal como, por ejemplo, una sal alcalina de un ácido sulfónico alquílico o un ácido sulfónico alquiarílico, un alquilsulfonato o un resinato, en especial una sal alcalina de un ácido graso de 8 a 30 átomos de carbono.

Un iniciador de la polimerización puede ser cualquier iniciador de la polimerización conocido en la técnica, tal como, por ejemplo, un persulfato (por ejemplo, persulfato de potasio) o un iniciador de la polimerización basado en redox.

Un agente tamponante puede ser cualquier agente tamponante conocido en la técnica, tal como, por ejemplo, los que son adecuados para ajustar el pH de aproximadamente 6 a 9, tal como, por ejemplo, bicarbonato de sodio y/o pirofosfato de sodio.

Un modificador del peso molecular puede ser cualquier modificador del peso molecular conocido en la técnica, tal como, por ejemplo, un mercaptano, un terpinol y/o un alfa-metilestireno dimérico.

La pieza polimérica P también puede comprender opcionalmente cualquier otro componente que pueda utilizarse en una pala de turbina eólica (W). Por ejemplo, la pieza polimérica P puede comprender medios para el refuerzo, tales como, por ejemplo, fibras metálicas (por ejemplo, de acero). Estos medios para el refuerzo pueden estar presentes en la superficie, pueden estar presentes como una o más capas de fibras o una combinación de dos o más de los mismos.

Pieza polimérica P de una pala de turbina eólica (W)

En una realización preferida, la pieza polimérica P comprende (o consiste en):

(I) del 40 % al 100 % en peso, preferentemente del 50 % al 100 % en peso, en especial del 60 % al 99,9 % en peso de un componente termoplástico T;

(II) del 0 % al 60 % en peso, preferentemente del 0 % al 50 % en peso, en especial del 0 % al 40 % en peso de una o más fibras F;

(III) del 0 % al 30 % en peso, preferentemente del 0 % al 25 % en peso, en especial del 0 % al 20 % en peso de uno o más policarbonatos;

(IV) del 0 % al 30 % en peso, preferentemente del 0 % al 20 % en peso, en especial del 0 % al 10 % en peso de uno o más (co)polímeros adicionales; y

(V) del 0 % al 10 % en peso, preferentemente del 0 % al 8 % en peso, en especial del 0,1 % al 5 % en peso de uno o más aditivos de polímeros.

Por consiguiente, la pieza polimérica P de una pala de turbina eólica (W) preferentemente comprende (o consiste en):

(I) del 40 % al 100 % en peso de un componente termoplástico T;

(II) del 0 % al 60 % en peso de una o más fibras F;

(III) del 0 % al 30 % en peso de uno o más policarbonatos;

(IV) del 0 % al 30 % en peso de uno o más (co)polímeros adicionales; y

(V) del 0 % al 10 % en peso de uno o más aditivos de polímeros.

Más preferentemente, la pieza polimérica P de una pala de turbina eólica (W) preferentemente comprende (o consiste en):

(I) del 50 % al 100 % en peso de un componente termoplástico T;

(II) del 0 % al 50 % en peso de una o más fibras F;

(III) del 0 % al 25 % en peso de uno o más policarbonatos;

(IV) del 0 % al 20 % en peso de uno o más (co)polímeros adicionales; y

(V) del 0 % al 8 % en peso de uno o más aditivos de polímeros.

Más preferentemente, la pieza polimérica P de una pala de turbina eólica (W) comprende (o consiste en):

(I) del 60 % al 100 % en peso de un componente termoplástico T;

(II) del 0 % al 40 % en peso de una o más fibras F;

(III) del 0 % al 20 % en peso de uno o más policarbonatos;

(IV) del 0 % al 10 % en peso de uno o más (co)polímeros adicionales; y

(V) del 0 % al 5 % en peso de uno o más aditivos de polímeros.

Preferentemente, la pieza polimérica P de una pala de turbina eólica (W) comprende (o consiste en):

(I) del 60 % al 99,9 % en peso de un componente termoplástico T;

(II) del 0 % al 40 % en peso de una o más fibras F;

(III) del 0 % al 20 % en peso de uno o más policarbonatos;

(IV) del 0 % al 10 % en peso de uno o más (co)polímeros adicionales; y

(V) del 0,1 % al 5 % en peso de uno o más aditivos de polímeros.

En otra realización preferida, la pieza polimérica P de una pala de turbina eólica (W) comprende (o consiste en):

(I) del 60 % al 98,9 % en peso de un componente termoplástico T;

(II) del 1 % al 40 % en peso de una o más fibras F;

(III) del 0 % al 20 % en peso de uno o más policarbonatos;

(IV) del 0 % al 10 % en peso de uno o más (co)polímeros adicionales; y

(V) del 0,1 % al 5 % en peso de uno o más aditivos de polímeros.

En una realización preferida, la suma de los componentes (I) y (II)-(V), en cuanto que están presentes, es igual al 100 % en peso.

Tal como se indicó anteriormente, la pieza polimérica P puede formar parte de cualquier ensamblaje o ser cualquier pieza de ensamblaje de una pala de turbina eólica (W). Dicha pieza de ensamblaje puede ser un componente original de una pala de turbina eólica (W) o puede ser una pieza de ensamblaje adicional para complementar una pala de turbina eólica (W). Por ejemplo, dicha pieza para complementar una pala de turbina eólica (W) puede ser una cubierta protectora contra la erosión (adicional) y/o una pieza protectora de refuerzo para el borde de ataque de la pala de turbina eólica (W). Por ejemplo, la pieza polimérica P puede formar parte de uno o ambos bordes de la pala de turbina eólica (W), es decir, el borde de ataque y/o el borde de salida. Más preferentemente, la pieza polimérica P forma parte del borde de ataque. En este contexto, la pieza polimérica P puede representar el borde (de ataque) completo o un segmento del mismo (también denominado sector). Esto se ilustra con más detalle en las figuras 5 a 7.

Opcionalmente, el borde de ataque puede tener (fundamentalmente) el mismo espesor a través del borde (de ataque) o puede hacerse más delgado hacia el ápice de la pala de turbina eólica (W). En función del tipo de pala de turbina eólica (W), el borde de ataque puede abarcar el ala completa o puede comenzar a cierta distancia de su parte de rotación, que también puede portar algún medio para instalar la pala de turbina eólica (W) en el cuerpo de buje. En especial preferentemente, la pieza polimérica P se sitúa en un borde, en especial el borde de ataque, o una porción de la longitud completa del borde de ataque, o la longitud completa del borde de ataque, pero, en especial en la parte apical de la pala de turbina eólica (W), porque la parte apical está expuesta a las velocidades circulares/de rotación más elevadas y, por tanto, a los impactos mecánicos más graves (también denominados bombardeo de partículas). La pieza polimérica P que forma parte de uno o ambos bordes, en especial del borde de ataque, puede estar inmersa en una cubierta protectora contra la erosión de la pala de turbina eólica (W), es decir,

también forma parte de la misma, o puede situarse sobre el respectivo borde, en especial el borde de ataque.

Una superficie especialmente lisa e inerte que puede obtenerse por medio de un borde de ataque compuesto por la pieza polimérica P de la presente invención, o que comprende la misma, también puede evitar que el borde de ataque sufra una congelación no deseada, puesto que la adhesión de cristales de hielo y copos con nieve es menor en comparación con un material polimérico tradicional.

Preferentemente, la pieza polimérica P instalada en la pala de turbina eólica (W) tiene una superficie exterior comparativamente lisa, con una Rz ≤ 0,1 µm (por ejemplo, determinada de acuerdo con la norma ASME Y14.36M - 1996). Opcionalmente, la pieza polimérica P instalada en la pala de turbina eólica (W) tiene una superficie mate/de brillo bajo (por ejemplo, brillo a 60° inferior a 30) (por ejemplo, que puede determinarse de acuerdo con la norma ASTM D2457 - 13).

La pieza polimérica P también puede formar parte de una pieza de reparación, o ser una pieza de reparación, de una pala de turbina eólica (W). Dicha pieza de reparación puede ser una pieza de reparación de una pieza de ensamblaje o puede ser una pieza para rellenar una parte dañada no deseada (por ejemplo, punto, cavidad, muesca o borde desportillado) de una pala de turbina eólica (W).

Tal como se emplea en el presente documento, la expresión "parte dañada" puede entenderse en el sentido más amplio como cualquier tipo de parte de la pala de turbina eólica (W) que tiene cualquier tipo de daño. Tal como se emplean en el presente documento, los términos "puntos" y "corrosión" pueden entenderse indistintamente en el sentido más amplio como cualquier tipo de defecto de pequeño tamaño de la superficie de la pala de turbina eólica (W). También puede ser una grieta, una desconchadura o una fisura. Dicho punto puede ser visible o invisible a simple vista. Tal como se emplean en el presente documento, los términos "cavidades", "picaduras" y "boquetes" pueden entenderse indistintamente en el sentido más amplio como cualquier tipo de agujero en la superficie exterior de la pala de turbina eólica (W).

Tal como se emplea en el presente documento, el término "muesca" puede entenderse en el sentido más amplio como cualquier tipo de hendidura, es decir, surco alargado, en la superficie exterior de la pala de turbina eólica (W). Tal como se emplea en el presente documento, la expresión "borde desportillado" puede entenderse en el sentido más amplio como cualquier tipo de borde dañado en el que partes de la capa exterior se han desprendido, a menudo, aunque no necesariamente, debido a impactos mecánicos. Lo más preferentemente, un borde desportillado es un borde de ataque desportillado.

En una realización preferida, la pieza polimérica P está situada en la cara exterior de una pala de turbina eólica (W). La parte exterior de la pala de turbina eólica (W) se enfrenta a influencias atmosféricas, tales como abrasión, radiación de luz UV por la luz del sol, frío, calor, humedad y similares. Por tanto, es especialmente útil emplear la pieza polimérica P en la cara exterior de la pala de turbina eólica (W). Por ejemplo, esto puede ser en forma de una pieza de ensamblaje o una pieza de reparación de la pala de turbina eólica (W). Tal como se emplea a lo largo de la presente invención, la expresión "situado en la cara exterior" no significa necesariamente que la pieza respectiva represente la superficie más exterior.

La pieza situada en la cara exterior también puede representar la superficie más exterior. Como alternativa, la pieza situada en la cara exterior también puede presentar un recubrimiento protector fino (por ejemplo, un barniz/acabado), que suele tener un espesor inferior a 1 mm, en su superficie más exterior.

En una realización preferida, la pieza polimérica P es un borde de ataque de una pala de turbina eólica (W) o un segmento del mismo (también denominado sector). A menudo, el borde de ataque se ve sometido a fuerzas abrasivas especialmente grandes. Por tanto, es útil emplear la pieza polimérica P, estable desde el punto de vista mecánico, en el borde de ataque de una pala de turbina eólica (W). En la figura 9 se ilustra un segmento de una cubierta protectora contra la erosión. Además, la mitad apical (también denominada sector apical o parte apical) de una pala de turbina eólica (W) puede estar sometida a fuerzas abrasivas especialmente grandes.

Por tanto, en una realización preferida, la pieza polimérica P es un segmento ubicado en la mitad apical de una pala de turbina eólica (W) sometida a una elevada velocidad circular cuando la turbina eólica gira.

La pieza polimérica P también puede ser un segmento (también denominado sector) ubicado en 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9, 1/10 o cualquier valor intermedio de la zona apical de una pala de turbina eólica (W) sometida a una elevada velocidad circular cuando la turbina eólica gira.

En una realización muye preferida, la pieza polimérica P es una cubierta protectora contra la erosión de una pala de turbina eólica (W) o una parte de la misma. Por tanto, en este caso, la pieza polimérica P forma parte de una cubierta protectora contra la erosión o es una cubierta protectora contra la erosión de la pala de turbina eólica (W), que protege a la pala de turbina eólica (W) frente a las influencias atmosféricas, tales como abrasión, radiación de luz UV por la luz del sol, frío, calor, humedad y similares. Las piezas de ensamblaje, tales como la cubierta protectora contra la erosión, también pueden prepararse opcionalmente mediante la extrusión de una lámina seguida

de termoformado.

Como alternativa, las piezas de ensamblaje, tales como una cubierta protectora contra la erosión, también puede prepararse opcionalmente mediante moldeado por inyección, moldeado por rotación o moldeado por extrusión y soplado. Por tanto, la presente invención también se refiere a un procedimiento para preparar una pieza de ensamblaje, tal como una cubierta protectora contra la erosión, que comprende la etapa de extrusión de una lámina seguida de termoformado, moldeado por inyección, moldeado por rotación o moldeado por extrusión y soplado. En una realización preferida, la pieza polimérica P se obtiene a partir de la extrusión de una lámina seguida de termoformado (que incluye opcionalmente termoformado por ordenador *in situ),* moldeado por inyección, moldeado por rotación, moldeado por extrusión y soplado, impresión 3D, conformado con presión, conformado en vacío, conformado con distensión (opcionalmente en un horno) o una combinación de dos o más de los mismos.

La cubierta protectora contra la erosión también puede ser una lámina de cobertura de la pala de turbina eólica (W) o una parte de la misma. Dicha lámina de cobertura puede ser opcionalmente una estructura laminar flexible y puede situarse sobre la superficie de una pala de turbina eólica (W) tras preparar la pala de turbina eólica (W) o como fines de reparación (también denominado aplicación posterior al molde).

Opcionalmente, esta lámina de cobertura (también denominada hoja o película) puede ser una estructura lamina que porta uno o más adhesivos en uno de sus lados. En este caso, puede usarse como una cinta, incluso como una cinta de reparación. Dicha lámina de reparación o cinta de reparación puede usarse, por ejemplo, para reparar un borde desportillado, tal como un borde de ataque sometido a abrasión.

Cuando la pieza polimérica P se sitúa sobre la superficie de la pala de turbina eólica (W) o se incorpora en la misma, preferentemente sobre la superficie de una cubierta protectora contra la erosión o se incorpora en la misma y/o en uno o ambos bordes de la pala de turbina eólica (W), más preferentemente sobre la parte superior de uno o ambos bordes en la parte superior de la cubierta protectora contra la erosión, en especial el borde de ataque en la parte superior o en la parte frontal de la cubierta protectora contra la erosión, la pieza polimérica P también puede ser una lámina o una cinta.

En general, la pieza polimérica P se extenderá alrededor de cada lado del borde o bordes de ataque, que suelen conocerse como las superficies superior e inferior, o los lados de presión y succión de la pala de turbina eólica (W).

Como alternativa, la cubierta protectora contra la erosión también puede ser un recubrimiento de la pala de turbina eólica (W) o una parte del mismo instalado durante la producción de la pala de turbina eólica (W) (también denominado aplicación posterior al molde).

Opcionalmente, la pala de turbina eólica (W) puede ensamblarse como una combinación de diferentes piezas de ensamblaje. Por tanto, en una realización preferida, la pieza polimérica P es una pieza de ensamblaje prefabricada que reemplaza una pieza de ensamblaje dañada de una pala de turbina eólica (W) o un segmento de la misma. Por ejemplo, un segmento de una pieza de ensamblaje que forma parte del borde de ataque que está (parcialmente) dañada o desgastada puede desensamblarse de la pala de turbina eólica (W) y reemplazarse por el respectivo equivalente intacto que comprende o que consiste en la pieza polimérica P de la presente invención.

En una realización preferida, la pieza polimérica P, en especial cuando es una cubierta protectora contra la erosión o una pieza de ensamblaje, se refuerza con fibras F, es decir, comprende al menos un 1 % en peso, preferentemente al menos un 5 % en peso, en especial al menos un 10 % en peso de fibras F. Dicho refuerzo de fibras también se describe en el documento WO 2016/170103.

Como alternativa, una parte dañada (por ejemplo, un punto, una cavidad, una muesca o un borde desportillado) de una pala de turbina eólica (W) también puede repararse, de modo que dicho punto, cavidad, muesca o borde desportillado se rellena con la pieza polimérica P de la presente invención. Esto puede realizarse cubriendo o rellenando (en especial cubriendo) el punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado con una pieza polimérica P preparada previamente que se ajusta en el punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado. O, como alternativa, el relleno de dicho punto, cavidad, muesca o borde desportillado puede realizarse preparando la pieza polimérica P que se ajusta sobre o dentro (en especial sobre) el punto, cavidad, muesca o borde desportillado en el mismo sitio.

Por consiguiente, en una realización preferida, la pieza polimérica P es una pieza de reparación que se ajusta en una parte dañada (por ejemplo, punto, cavidad, muesca o borde desportillado) de una pala de turbina eólica (W) que se ha preparado *ex situ.* Tal como se emplea en el presente documento, la expresión "*ex situ"* puede entenderse en el sentido más amplio como cualquier medio para preparar dicha pieza polimérica P no en el mismo sitio del punto, cavidad, muesca o borde desportillado que se va a rellenar, es decir, no directamente allí, sino fuera del punto, cavidad, muesca o borde desportillado. Dicha pieza polimérica P puede formarse en una fábrica o en una impresora tridimensional (3D). Opcionalmente, la pieza polimérica P puede imitar la forma 3D del punto, cavidad, muesca o borde desportillado o la forma 3D del punto, cavidad, muesca o borde desportillado puede adaptarse de acuerdo con una pieza polimérica P prefabricada. La superficie puede acabarse opcionalmente. Los detalles se describen en el

contexto del procedimiento que aparece a continuación.

En una realización preferida alternativa, la pieza polimérica P se forma dentro o sobre una parte dañada (por ejemplo, punto, cavidad, muesca o borde desportillado) de una pala de turbina eólica (W) *in situ.* Tal como se emplea en el presente documento, la expresión *"in situ"* puede entenderse en el sentido más amplio como cualquier medio para preparar dicha pieza polimérica P en el mismo sitio, es decir, en el punto, cavidad, muesca o borde desportillado que se va a rellenar. Pueden emplearse las propiedades termoplásticas de los materiales de la pieza polimérica P y se prepara una masa fundida de los componentes de la pieza polimérica P y se rellena el punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado que se va a rellenar. Posteriormente, la masa fundida se enfría hasta que la pieza polimérica P se endurece (es decir, ya no tiene pegajosidad) en el punto, cavidad, muesca o borde desportillado que se va a rellenar. Opcionalmente, la superficie puede acabarse. Los detalles se describirán en el contexto del procedimiento que aparece a continuación.

En las figuras 5 a 7 se muestran y se ilustran con más detalle varias de las realizaciones mencionadas de una pieza polimérica P.

En una realización preferida, la pieza polimérica P comprende (o consiste en):

(I) del 60 % al 99,9 % en peso de un componente termoplástico T que comprende (o que consiste en):

(A) del 50 % al 90 % en peso de al menos una matriz de copolímero termoplástico A que comprende (o que consiste en):

(A1) del 60 % al 85 % en peso, en relación con la masa total de la matriz de copolímero termoplástico A, de estireno; y

(A2) del 15 % al 40 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de un monómero A2 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados, en donde los anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados portan un grupo funcional M-I, en especial en donde A2 se selecciona del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídrido maleico; y

(B) del 10 % al 50 % en peso de al menos un copolímero injertado B que comprende (o que consiste en):

(B1) del 50 % al 90 % en peso, preferentemente del 55 % al 90 % en peso, en especial del 55 % al 65 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una base de injerto B1 que tiene una temperatura de transición vítrea Tg inferior a -20 °C que se obtiene mediante polimerización en emulsión y que comprende:

(B11) del 87,5 % al 99 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de acrilato de butilo, acrilato de etilhexilo o una combinación de los mismos, en especial acrilato de n-butilo, como monómero B11;

(B12) del 1 % al 2,5 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un monómero reticulante polifuncional B12, preferentemente seleccionado del grupo que consiste en (met)acrilato de alilo, divinilbenceno, maleato de dialilo, fumarato de dialilo, ftalato de dialilo, cianurato de trialilo, isocianurato de trialilo y acrilato de diciclopentadienilo (DCPA);

(B13) del 0 % al 10 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno, (alquil C_1-C_4)estireno, acrilonitrilo, metacrilonitrilo, isopreno, butadieno, cloropreno, metacrilato de metilo, di(met)acrilato de alquilenglicol y metil vinil éter, en donde la suma de B11, B12 y B13 es igual al 100 % en peso; y

(B2) del 10 % al 50 % en peso, preferentemente del 10 % al 45 % en peso, en especial del 35 % al 45 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una cubierta de injerto B2 que se obtiene mediante polimerización en emulsión en presencia de al menos una base de injerto B1 que comprende:

(B21) del 75 % al 80 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de un monómero B21 seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de estireno y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en alfa-metilestireno, p-metilestireno y (met)acrilato de alquilo C_1-C_8; y

(B22) del 20 % al 25 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de al menos un monómero B22 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados;

(II) del 0 % al 40 % en peso de una o más fibras F, preferentemente fibras F seleccionadas de fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de aramida y fibras basálticas, en especial fibras de vidrio, que opcionalmente comprenden en su superficie un grupo funcional G-I que forma un enlace covalente con el grupo funcional M-I de un monómero A2; y

(III) del 0 % al 20 % en peso de un policarbonato aromático, en especial bisfenol A;

(IV) del 0 % al 10 % en peso de uno o más (co)polímeros adicionales seleccionados del grupo que consiste en poliolefinas, poliésteres, poliamidas, poli(óxido de p-fenileno), poli(sulfuro de fenileno), poli(metacrilato de metilo), poli(metacrilamida), estireno-anhídrido maleico, poliéteres, poliimidas y polioximetileno; y

(V) del 0,1 % al 5 % en peso de uno o más aditivos de polímeros.

En una realización más preferida, la pieza polimérica P es una cubierta protectora contra la erosión de una pala de turbina eólica (W) o una parte de la misma, una pieza de ensamblaje prefabricada que reemplaza una pieza de ensamblaje dañada de una pala de turbina eólica (W) o un segmento de la misma, una pieza que rellena una parte dañada (por ejemplo, punto, cavidad, muesca o borde desportillado) de una pala de turbina eólica (W) preparada *ex situ* o *in situ.*

Tal como se indicó anteriormente, en una realización preferida, la suma de los componentes (I) y (II)-(V), en cuanto que están presentes, es igual al 100 % en peso.

La pieza polimérica P puede prepararse por cualquier medio. En una realización preferida, la pieza polimérica P se obtiene a partir de la extrusión de una lámina seguida de termoformado (que incluye, por ejemplo, termoformado manual, termoformado por ordenador y/o puede ser opcionalmente termoformada *in situ),* moldeado por inyección, moldeado por rotación, moldeado por extrusión y soplado, impresión 3D, conformado con presión, conformado en vacío, conformado con distensión (opcionalmente en un horno) o una combinación de dos o más de los mismos. En una realización más preferida, la pieza polimérica P se obtiene a partir de la extrusión de una lámina seguida de termoformado, moldeado por inyección, moldeado por rotación, moldeado por extrusión y soplado, termoformado *in situ,* impresión 3D o una combinación de dos o más de los mismos.

Por consiguiente, otro aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento para preparar una pieza polimérica P según la presente invención, que comprende al menos una etapa seleccionada del grupo que consiste en extrusión de una lámina seguida de termoformado, moldeado por inyección, moldeado por rotación, moldeado por extrusión y soplado, impresión 3D, conformado con presión, conformado en vacío, conformado con distensión o una combinación de dos o más de los mismos.

El termoformado puede incluir el termoformado manual y/o el termoformado por ordenador y/o puede realizarse opcionalmente como un termoformado *in situ.*

Se entenderá que las definiciones y las realizaciones preferidas, tal como se han expuesto anteriormente en el contexto de la pieza polimérica P de la presente invención, *mutatis mutandis* también se aplican al procedimiento para prepararla.

Tal como se indicó anteriormente, una lámina, en este contexto, puede tener preferentemente un espesor en el intervalo de 0,01 mm a 20 mm, preferentemente en el intervalo de 0,1 mm a 10 mm, en especial en el intervalo de 0,5 mm a 5 mm. Por ejemplo, la cubierta protectora contra la erosión tiene un espesor en el intervalo de 0,5 mm a 1 mm, en el intervalo de 1 mm a 2 mm, en intervalo de 1,5 mm a 2,5 mm, en el intervalo de 2 mm a 3 mm, en el intervalo de 2,5 mm a 3,5 mm, o en el intervalo de 3 mm a 4 mm. La lámina puede tener un tamaño plano ajustado al fin previsto.

Esto se ilustra en el contexto de la pieza polimérica P empleada como un elemento plano anterior. La lámina puede cortarse con una forma que se ajusta sobre o dentro (en especial sobre) de la superficie de la pala de turbina eólica (W), opcionalmente de una manera asistida por ordenador (por ejemplo, mediante CNC), a continuación puede prepararse para la adhesión (por ejemplo, mediante un adhesivo, tal como se describe en el presente documento), a continuación puede situarse en o sobre la respectiva pieza de la pala de turbina eólica (W) y posteriormente puede someterse a termoformado. Cuando la lámina se somete a termoformado, su espesor puede reducirse. Esta reducción del espesor puede estar en el intervalo del 20 % al 70 %, por ejemplo, aproximadamente el 50 %. Por ejemplo, una lámina de 2 mm iniciales sometida a termoformado *in situ* puede reducirse a un espesor de aproximadamente 1 mm. Por último, la lámina termoformada puede someterse al rebajado o carenado de los bordes. En una realización preferida, los bordes de la pieza polimérica P instalada por cualquier medio en la pala de turbina eólica (W) se rebajan y, opcionalmente, se pulen. Esto puede garantizar unas propiedades aerodinámicas beneficiosas.

Tal como se indicó anteriormente, la pieza polimérica P de la presente invención también puede usarse para proteger y/o reparar una pala de turbina eólica (W). Esto puede realizarse rellenando una parte dañada (por ejemplo,

punto, cavidad, muesca o borde desportillado) directamente o reemplazando una pieza de ensamblaje dañada.

Se entenderá que las definiciones y las realizaciones preferidas, tal como se han expuesto anteriormente en el contexto de la pieza polimérica P de la presente invención, *mutatis mutandis* también se aplican a los procedimientos para proteger y/o reparar una pala de turbina eólica (W).

Otro aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento para proteger una pala de turbina eólica (W) o una parte de la misma (también puede utilizarse como procedimiento para reparar una pala de turbina eólica (W) o una parte de la misma) mediante una cubierta protectora contra la erosión que comprende o que consiste en la pieza polimérica P de la presente invención que se obtiene a partir de un procedimiento de la presente invención, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

(i) determinar las dimensiones de la pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, que se va a proteger, opcionalmente mediante la realización de un escaneado 3D;

(ii) preparar la cubierta protectora contra la erosión que comprende o que consiste en la pieza polimérica P de la presente invención o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la presente invención que se ajusta sobre la pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, que tiene las dimensiones determinadas en la etapa (i); y

(iii) instalar la cubierta protectora contra la erosión preparada en la etapa (ii) sobre la pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, opcionalmente combinada con uno o más adhesivos y/o por medio de soldadura de plásticos; y

(iv) opcionalmente, rebajar o carenar uno o más bordes y/o alisar, teñir y/o sellar la superficie de la cubierta protectora contra la erosión.

En este contexto, el procedimiento para proteger una pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, es preferentemente un borde de la pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, en especial preferentemente el borde de ataque de la pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma.

Tal como se emplea en el presente documento, la etapa (i) opcionalmente también puede comprender retirar previamente al menos una parte de la cubierta protectora contra la erosión de la pala de turbina eólica (W), en especial opcionalmente retirar una cubierta protectora contra la erosión (parcialmente) dañada o una parte de la misma. Esta etapa opcional de retirar (también denominado desmontar) puede lograrse opcionalmente por cualquier medio de la técnica. Por ejemplo, la cubierta protectora contra la erosión (parcialmente) dañada, o una parte de la misma, puede desacoplarse quitando los tornillos, disolviendo un adhesivo (por ejemplo, mediante un disolvente o una mezcla de disolventes), fundiendo un adhesivo (por ejemplo, mediante calor, incluida la soldadura de plásticos), cortando y extirpando la pieza de ensamblaje, amolándola o lijándola para eliminarla del resto de las piezas de la pala de turbina eólica (W), desprendiéndola de la pala de turbina eólica (W) o una combinación de dos o más de los mencionados. El cortado puede realizarse mediante cualquier medio adecuado para este fin. Por ejemplo, el cortado puede realizarse por medio de una herramienta seleccionada del grupo que consiste en un cuchillo (incluida una cuchilla (manual)), una sierra (incluida, por ejemplo, una sierra seleccionada del grupo que consiste en una sierra de alambre, una sierra circular, una sierra de calar, una sierra de punta), una cuchilla moldeadora/giratoria y una garlopa/rebanadora.

La etapa (i) de determinar las dimensiones de la pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma (preferentemente, un borde o una parte del mismo, en especial su borde de ataque o una parte del mismo) puede realizarse mediante cualquier medio. En una realización preferida, la etapa de determinar las dimensiones de la pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, se realiza mediante escaneado (por ejemplo, mediante un escáner 3D). Esto puede realizar a lo largo de la longitud completa de la pala o en una sección de la misma (por ejemplo, el 30 % al 35 % superior de la longitud del borde de ataque). Estos datos de escaneado pueden usarse para diseñar las geometrías de una serie de herramientas de termoformado. Estas pueden adaptarse a la curvatura del borde de ataque en los respectivos segmentos de la pala de turbina eólica (W). Un ejemplo aparece en la figura 8 a título ilustrativo. Por ejemplo, el borde de ataque puede separarse en segmentos, tales como 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 o más de 10 segmentos. A continuación, estas herramientas de termoformado pueden utilizarse para producir (y termoformar) las piezas polimérica P (por ejemplo, una cubierta protectora contra la erosión o una parte de la misma).

La etapa (ii) de preparar la cubierta protectora contra la erosión que comprende o que consiste en la pieza polimérica P puede realizarse mediante cualquier medio. Tal como se describió anteriormente, en una realización preferida, se realiza por medio de al menos una etapa seleccionada del grupo que consiste en extrusión de una lámina seguida de termoformado, moldeado por inyección, moldeado por rotación, moldeado por extrusión y soplado, impresión 3D, conformado con presión, conformado en vacío, conformado con distensión o una combinación de dos o más de los mismos. Opcionalmente, las herramientas de termoformado pueden prepararse con los datos del escaneado 3D obtenidos en la etapa (i). Estas pueden prepararse de acuerdo con el diseño CAD específico utilizando un

procedimiento de mecanizado de alta precisión, después cada herramienta de termoformado puede emplearse para termoformar láminas extrusionadas de material de la pieza polimérica P en las geometrías diseñadas por CAD. A continuación, cada cubierta protectora contra la erosión termoformada puede recortarse (por ejemplo, de manera asistida por ordenador (por ejemplo, mediante CNC)). Posteriormente, los bordes exteriores de cada cubierta protectora contra la erosión de pieza polimérica P termoformada pueden opcionalmente biselarse/desbarbarse para crear un ángulo somero, que puede garantizar una transición suave entre la superficie de la pala de turbina eólica (W) y la superficie. Opcionalmente, cada cubierta protectora contra la erosión de pieza polimérica P termoformada puede tratarse a continuación con un proceso para mejorar la adhesión o potenciar la resistencia al UV, mejorar la aerodinámica (por ejemplo, disminuir la resistencia aerodinámica y/o aumentar la suavidad de la superficie para evitar turbulencias), mejorar el aspecto óptico, etc.

La etapa (iii) de instalar la cubierta protectora contra la erosión preparada en la etapa (ii) en una pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, puede realizarse mediante cualquier medio. Opcionalmente, esta etapa (iii) puede incluir limpiar la superficie para obtener una superficie en buenas condiciones sin humedad ni contaminantes. Esto puede mejorar el ajuste y el sostenimiento de la cubierta protectora contra la erosión instalada sobre la pala de turbina eólica (W). Por ejemplo, la superficie puede prepararse opcionalmente para la adhesión limpiándola con un disolvente u otro producto químico adecuado. Como alternativa, puede no ser necesario limpiar ni modificar la superficie. La instalación de la cubierta protectora contra la erosión en la pala de turbina eólica (W) puede realizarse por cualquier medio. Preferentemente, la instalación de la pieza polimérica P puede realizarse empleando uno o más adhesivos. Como alternativa o además, la instalación de la pieza polimérica P puede realizarse mediante soldadura de plásticos.

Tal como se emplea a lo largo de la presente invención, el término "adhesivo" puede entenderse en el sentido más amplio como cualquier agente que adhiera entre sí dos piezas. Por ejemplo, un adhesivo puede ser un adhesivo de contacto o un adhesivo de fusión en caliente. El adhesivo puede constar de una parte o de múltiples partes. Por ejemplo, el adhesivo puede seleccionarse del grupo que consiste en poliuretano (PU), resina de poliéster, una resina de poliol, una resina epoxídica, una resina de éster vinílico, una resina de anhídrido ftálico, silicona/polisiloxano o una combinación de dos o más de los mismos.

Por ejemplo, las resinas de poliuretano pueden combinarse con una o más resinas de poliéster, polioles y polímeros acrílicos. La curación puede realizarse por cualquier medio y se adaptará al adhesivo concreto empleado y puede incluir secar, hacer reaccionar químicamente, irradiar con UV, enfriar, calentar, etc., por ejemplo, una capa fina. El adhesivo puede usarse *in situ* tal como, por ejemplo, en una capa en el intervalo de 0,1 a 1 mm, en especial de 0,2 a 0,75 mm. Por ejemplo, una cubierta protectora contra la erosión puede unirse al borde de ataque de la pala de turbina eólica (W) *in situ* usando una capa de 0,5 mm de adhesivo de silicona. En una realización preferida, el adhesivo puede eliminarse, tal como, por ejemplo, con un disolvente que no dañe la pala de turbina eólica (W) y/o mediante amolado.

Opcionalmente, el adhesivo puede aplicarse a la superficie interior de la cubierta protectora contra la erosión formada, en especial termoformada, que comprende o que consiste en la pieza polimérica P de la presente invención. Esto puede lograrse por cualquier medio. En la práctica, se puede desear determinar el poder adhesivo resultante para garantizar la aplicación uniforme del adhesivo. Por ejemplo, esto puede lograrse aplicando la capa adhesiva con una herramienta de peine extendedor que preferentemente tenga una curvatura que se ajuste (fundamentalmente) dentro de la parte interior de la cubierta protectora contra la erosión formada, en especial termoformada. Este peine extendedor suele tener un número de dientes que varía en función del adhesivo utilizado y su viscosidad. El peine extendedor puede estar fabricado de cualquier material, preferentemente plástico, metal y/o madera. En la figura 10 se muestra con más detalle un ejemplo ilustrativo. Al usar esta herramienta de peine extendedor se puede lograr un espesor especialmente bien definido de la capa adhesiva. Además, dicho procedimiento es bastante barato y puede llevarse a cabo con una formación mínima de los operarios técnicos en el campo.

Puesto que el cambio en la curvatura/geometría es mínimo entre cada segmento de 1 m (nominal) del borde (de ataque) y el siguiente segmento de 1 m, es posible promediar esta curvatura/geometría a lo largo de varios segmentos de borde (de ataque) y diseñar una único peino extendedor que sea adecuado para aplicar el adhesivo a cada uno de estos segmentos de cubierta protectora contra la erosión y, en función de la geometría del borde (de ataque), potencialmente incluso al borde (de ataque) completo (es decir, toda su longitud). Para ilustrarlo, esto significa que incluso en una pala de turbina eólica en mar abierto típica, comparativamente larga, para la cual suelen necesitarse cubiertas protectoras contra la erosión de 15 x 1 m, solo serían necesarias 4 o 5 herramientas de peine extendedor para aplicar el adhesivo a las quince cubiertas protectoras contra la erosión.

No obstante, es especialmente preferible usar una herramienta de peine extendedor específica que tenga una curvatura específica para cada segmento del borde (de ataque).

Puesto que, como se indicó anteriormente, el ápice del borde de ataque y, en consecuencia, los ápices de todas las cubiertas protectoras contra la erosión que los protegen, reciben una tensión de impacto especialmente dura, resulta deseable que las cubiertas protectoras contra la erosión tengan algún efecto amortiguador. En una realización

preferida, la capa adhesiva mejora el efecto amortiguador de la capa protectora contra la erosión.

Por consiguiente, se prefiere minimizar el tamaño y la cantidad de huecos/cavidades/burbujas de aire en la capa adhesiva, puesto que estos pueden acelerar el daño a las cubiertas protectoras contra la erosión y, potencialmente, incluso que pueden hacer que sean penetradas. En consecuencia, en una realización preferida, cada cubierta protectora contra la erosión se equipa previamente con una tira gruesa de cinta adhesiva de doble cara en la parte inferior del ápice. Estas tiras de cinta de doble cara se aplicarán retirando uno de los lados del recubrimiento protector y presionando estas tiras en el sitio. En una realización preferida, el espesor de la cinta es tan ancho como el espesor deseado de la capa adhesiva. Por ejemplo, dicha tira puede ser una tira de 1 a 2 cm de ancho x 0,5 mm de espesor que puede ser tan larga como el segmento de la cubierta protectora contra la erosión o más corta que el mismo. Esto puede evitar los huecos/cavidades/burbujas de aire en la capa adhesiva. A continuación, la herramienta de peine extendedor se diseña preferentemente para impedir el contacto de la tira doble de la cinta adhesiva de doble capa sobre la parte inferior del ápice. Esto se ilustra en la figura 10. Cuando se aplica el adhesivo, puede retirarse el otro lado del recubrimiento protector que cubre la tira de cinta de doble cara, y la cubierta protectora contra la erosión puede presionarse contra la pala de turbina eólica (W)

Por consiguiente, en una realización especialmente preferida, la instalación de la cubierta protectora contra la erosión sobre la pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, comprende las siguientes subetapas:

(iii-a) aplicar una tira de cinta adhesiva de doble cara sobre la parte inferior del ápice de la cubierta protectora contra la erosión, en donde dicha cinta adhesiva de doble cara preferentemente tiene el espesor del recubrimiento de adhesivo deseado y preferentemente tiene una capa protectora sobre el lado remoto al lado adherido al ápice;

(iii-b) aplicar un adhesivo, en especial un adhesivo de silicona, a la superficie interna de la cubierta protectora contra la erosión de la etapa (iii-a), en donde preferentemente se usa una herramienta de peine extendedor que, en especial preferentemente, impide el contacto de la tira de cinta adhesiva de doble cara con el adhesivo; y

(iii-c) retirar la otra capa protectora de la cinta adhesiva de doble cara y presionar la cubierta protectora contra la erosión de la etapa (iii-b) tratada con el adhesivo sobre la respectiva posición de la pala de turbina eólica (W) en el lugar donde la cubierta protectora contra la erosión debe instalarse hasta que el adhesivo se endurece.

Además, la etapa opcional (iv) de rebajar o carenar uno o más bordes y/o alisar, teñir y/o sellar la superficie de la cubierta protectora contra la erosión puede realizarse mediante cualquier medio. En esta etapa, la superficie puede acabarse. Esto puede lograrse, por ejemplo, mediante lijado, abrasión, tinción, impregnación, barnizado, etc. El alisado según la etapa (iv) también puede incluir eliminar el exceso de adhesivo. Opcionalmente, en una etapa potencial, se puede rellenar el espacio entre la pieza polimérica P y el resto de la pala de turbina eólica (W) con uno o más adhesivos o uno o más rellenos y/o uno o más sellantes (por ejemplo, 3M W2600 Edge Sealant). Esto puede mejorar las propiedades aerodinámicas.

El procedimiento para proteger una pala de turbina eólica (W) también puede usarse para volver a proteger una pala de turbina eólica (W) reparada.

Opcionalmente, en primer lugar, puede retirarse la cubierta protectora contra la erosión previa u otra capa exterior. A continuación, la pala de turbina eólica (W) (incluidas una o más capas interiores de la misma) puede repararse, tal como, por ejemplo, con una resina preimpregnada, fibras, material de refuerzo y/o similares. Por último, la pala de turbina eólica (W) puede volverse a proteger con un procedimiento como se describió anteriormente.

Se entenderá que las definiciones y las realizaciones preferidas, tal como se han expuesto anteriormente en el contexto de la pieza polimérica P de la presente invención y del procedimiento para proteger una pala de turbina eólica (W) de la presente invención, *mutatis mutandis* también se aplican a los procedimientos para reparar una pala de turbina eólica (W).

Por consiguiente, otro aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento para reparar una pala de turbina eólica (W), comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

(i) identificar una o más partes dañadas (por ejemplo, puntos, cavidades, muescas o bordes desportillados) de una pala de turbina eólica (W) y, opcionalmente, cortar, amolar o lijar los segmentos que tienen las partes dañadas de la pala de turbina eólica (W), obteniendo con ello al menos una cavidad o muesca en la pala de turbina eólica (W);

(ii) cubrir o rellenar (en especial cubrir) el punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado de la etapa (i) con una pieza polimérica P según la presente invención o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la presente invención, en donde la pieza polimérica P se prepara mediante:

(a) un proceso *ex situ* que comprende las siguientes etapas:

(a-i) determinar las dimensiones de la parte dañada (por ejemplo, punto, cavidad, muesca o borde desportillado) de la etapa (i), opcionalmente realizando un escaneado 3D;

(a-ii) preparar una pieza polimérica P según la presente invención o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la presente invención que se ajusta sobre o dentro (en especial sobre) del punto, cavidad, muesca o borde desportillado que tiene las dimensiones determinadas en la etapa (a-i); y

(a-iii) instalar la pieza polimérica P preparada en la etapa (a-ii) sobre o dentro (en especial sobre) de la parte dañada (por ejemplo, punto, cavidad, muesca o borde desportillado) de la etapa (a-ii), opcionalmente combinada con uno o más adhesivos y/o mediante soldadura de plásticos; o

(b) un proceso *in situ* que comprende la etapa de curar la pala de turbina eólica (W) con una masa fundida que comprende los componentes de la pieza polimérica P, como se define en el contexto de la pieza polimérica P, opcionalmente mediante soldadura de plásticos; y

(iii) opcionalmente, rebajar o carenar uno o más bordes y/o alisar, teñir y/o sellar la superficie de la pala de turbina eólica (W) o la parte reparada de la misma.

La etapa (i) de identificar una o más partes dañadas (por ejemplo, puntos, cavidades, muescas o bordes desportillados) de una pala de turbina eólica (W) puede realizarse mediante cualquier medio, preferentemente, examinando la superficie de la pala de turbina eólica (W) y/o su cubierta protectora contra la erosión de modo visual o con medios técnicos, tales como, por ejemplo, escaneado 3D. Preferentemente, dicho punto, cavidad, muesca o borde desportillado identificado está situado en la cara exterior de la pala de turbina eólica (W).

Opcionalmente, uno o más segmentos que tienen las partes dañadas puede cortarse, lijarse con papel de lija o un material abrasivo similar, o amolarse utilizando un procedimiento de amolado eléctrico o manual, para eliminarlos de la pala de turbina eólica (W). Esto puede proporcionar al menos una cavidad (también denominada indentación o depresión) o muesca en la pala de turbina eólica (W) que puede adaptarse para conseguir una forma y una textura adecuadas para ser rellenada. Cuando una pieza polimérica P prefabricada está prevista para que rellene o cubra el punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado, su forma puede adaptarse opcionalmente a la pieza polimérica P prefabricada.

Opcionalmente, el punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado puede limpiarse para obtener un sustrato limpio y en buenas condiciones sin humedad ni contaminantes. Esto puede mejorar el ajuste y el sostenimiento de la pieza polimérica P instalada dentro o sobre la pala de turbina eólica (W). La superficie puede prepararse opcionalmente para la adhesión limpiándola con un disolvente u otro producto químico adecuado. Como alternativa, puede no ser necesario limpiar ni modificar la superficie. A continuación, la pala de turbina eólica (W) que tiene un punto, una cavidad, una muesca y/o un borde desportillado puede someterse a reparación sin una etapa de limpieza previa.

En una realización preferida, la forma del punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado que se va a rellenar o cubrir se escanea, por ejemplo, con un escáner 3D o midiéndola a mano. Cabe señalar que, en este contexto, también puede utilizarse, como alternativa o además, cualquier otro procedimiento para capturar y registrar la geometría de la superficie.

En una realización preferida, la forma del borde de ataque completo, o de otro borde o de una parte del borde, se escanea (por ejemplo, con un escáner 3D o midiéndola a mano y/o con cualquier otro procedimiento para capturar y registrar la geometría de la superficie). En una realización preferida alternativa, solo se escanea la forma de la sección (parcialmente) dañada del borde de ataque, o de otro borde o de una parte del borde (por ejemplo, con un escáner 3D o midiéndola a mano y/o con cualquier otro procedimiento para capturar y registrar la geometría de la superficie). Por consiguiente, en una realización preferida, se emplea el escaneado 3D para capturar la geometría de la superficie de la sección (parcialmente) dañada (es especial, el borde de ataque o una parte del mismo) a lo largo de la longitud completa de la pala o solo la porción superior de la pala hacia la sección apical (por ejemplo, el 30 % al 35 % superior de la longitud del borde de ataque). Estos datos de escaneado pueden usarse para diseñar las geometrías de una serie de herramientas de termoformado.

A continuación, estas herramientas de termoformado pueden utilizarse para producir (y termoformar) las piezas polimérica P (por ejemplo, una cubierta protectora contra la erosión o una parte de la misma).

Por ejemplo, puede capturarse la geometría a escala fina del borde de ataque con un escaneado rápido del intervalo superior (es decir, la parte más apical) del 5 % a 70 %, preferentemente del intervalo superior del 10 % al 60 %, más preferentemente del intervalo superior del 20 % al 50 %, aún más preferentemente del intervalo superior del 25 % al 40 %, aún más preferentemente del intervalo superior del 30 % al 35 %, en especial aproximadamente una porción del 33 % de la pala de turbina eólica (W) de un modelo concreto de pala, lo cual suele tardar menos de un día y

puede realizarse con una cuerda de escalada. Estos datos de escaneado pueden usarse para determinar la mediana de la geometría de la cubierta protectora para la pala de turbina eólica (W) y pueden emplearse para generar un diseño asistido por ordenador ("computer-aided design", (CAD) para las medianas de la geometría concretas de una serie de herramientas de termoformado y una serie de cubiertas protectoras contra la erosión.

Puede determinarse la mediana de la geometría de un modelo concreto de pala de turbina eólica (W) escaneando el borde de ataque completo u otro borde o una parte del borde de una selección de ese modelo de pala de turbina eólica o midiéndola a mano o con cualquier otro procedimiento para capturar y registrar la geometría de la superficie Estas diversas geometrías de la superficie diferentes puede fusionarse digitalmente para determinar la geometría típica de la superficie del borde de ataque u otro borde de salida, para diseñar una serie de herramientas de termoformado y una correspondiente serie de cubiertas protectoras contra la erosión, cada una de las cuales son compatibles con el promedio de geometrías de la superficie de la mayoría de las palas de ese modelo concreto de pala que se han producido. Opcionalmente, cada una de las herramientas de termoformado puede producirse de acuerdo con el diseño CAD concreto usando un procedimiento de mecanizado de alta precisión, y después cada herramienta de termoformado puede emplearse para termoformar láminas extrusionadas de material de la pieza polimérica P en las geometrías diseñadas por CAD. A continuación, cada cubierta protectora contra la erosión termoformada puede recortarse (por ejemplo, de manera asistida por ordenador (por ejemplo, mediante CNC)). Posteriormente, los bordes exteriores de cada cubierta protectora contra la erosión de pieza polimérica P termoformada pueden opcionalmente biselarse/desbarbarse para crear un ángulo somero, que puede garantizar una transición suave entre la superficie de la pala de turbina eólica (W) y la superficie. Opcionalmente, cada cubierta protectora contra la erosión de pieza polimérica P termoformada puede tratarse a continuación con un proceso para mejorar la adhesión o potenciar la resistencia al UV, mejorar la aerodinámica (por ejemplo, disminuir la resistencia aerodinámica y/o aumentar la suavidad de la superficie para evitar turbulencias), mejorar el aspecto óptico, etc.

La etapa (ii) de cubrir o rellenar el punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado puede realizarse preparando una pieza polimérica P que se ajusta dentro o sobre (en especial sobre) el punto, cavidad, muesca o borde desportillado no directamente en el sitio del punto, cavidad, muesca o borde desportillado (es decir, se prepara *ex situ*) o puede prepararse directamente dentro o sobre el sitio del punto, cavidad, muesca o borde desportillado (es decir, se prepara *in situ).*

En una realización preferida, la etapa (ii) comprende las siguientes etapas:

(a-i) determinar las dimensiones de la parte dañada (por ejemplo, punto, cavidad, muesca o borde desportillado) de la etapa (i), opcionalmente realizando un escaneado 3D;

(a-ii) preparar una pieza polimérica P según la presente invención o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la presente invención que se ajusta sobre o dentro (en especial sobre) del punto, cavidad, muesca o borde desportillado que tiene las dimensiones determinadas en la etapa (a-i); y

(a-iii) instalar la pieza polimérica P preparada en la etapa (a-ii) sobre o dentro (en especial sobre) de la parte dañada (por ejemplo, punto, cavidad, muesca o borde desportillado) de la etapa (a-ii), opcionalmente combinada con uno o más adhesivos y/o mediante soldadura de plásticos.

Opcionalmente, la pieza polimérica P que se ajusta sobre o dentro (en especial sobre) del punto, cavidad, muesca o borde desportillado puede prepararse mediante impresión 3D. Como alternativa, la pieza polimérica P puede prepararse a partir de un copolímero en bloque que comprende los ingredientes de la pieza polimérica P mediante la eliminación del material de copolímero superfluo, tal como mediante una cuchilla moldeadora (también denominada fresa o cizalla circular) opcionalmente controlada por ordenador (por ejemplo, con recorte por control numérico computarizado (CNC)). Como alternativa, el material superfluo también puede eliminarse a mano. Para este fin, la pieza polimérica P puede ser, opcionalmente, un elemento bastante plano, tal como, por ejemplo, una cubierta protectora contra la erosión como se describió anteriormente.

La instalación de la pieza polimérica P en la pala de turbina eólica (W) puede realizarse por cualquier medio. Preferentemente, la instalación de la pieza polimérica P puede realizarse usando uno o más adhesivos. Puede utilizarse opcionalmente un adhesivo, tal como se ilustró con más detalle anteriormente en el contexto del procedimiento para proteger una pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, con una cubierta protectora contra la erosión como se ha expuesto anteriormente. De forma similar, la etapa (a-iii) de instalar la pieza polimérica P puede llevarse a cabo de acuerdo con las etapas metódicas descritas en el contexto del procedimiento para proteger una pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, con una cubierta protectora contra la erosión como se ha expuesto anteriormente, en especial las etapas (iii-a) a (iii-c) del procedimiento, es decir, en especial preferentemente comprende las siguientes subetapas:

(aa) aplicar una tira de cinta adhesiva de doble cara sobre la pieza de reparación de la parte dañada (por ejemplo, punto, cavidad, muesca o borde desportillado), en especial en donde dicha pieza de reparación es una cubierta protectora contra la erosión de un borde (de ataque), en donde dicha cinta adhesiva de doble cara preferentemente tiene el espesor del recubrimiento adhesivo deseado y preferentemente tiene una capa

protectora sobre el lado remoto al lado adherido a la pieza de reparación;

(ab) aplicar un adhesivo, en especial un adhesivo de silicona, a la superficie inferior de la pieza de reparación, en especial a la superficie interior de la cubierta protectora contra la erosión de la etapa (iii-a), en donde preferentemente se usa una herramienta de peine extendedor que, en especial preferentemente, impide el contacto de la tira de cinta adhesiva de doble cara con el adhesivo; y

(ac) retirar la otra capa protectora de la cinta adhesiva de doble cara y presionar la pieza de reparación tratada con el adhesivo sobre la respectiva posición de la pala de turbina eólica (W) en el lugar donde la pieza de reparación debe instalarse hasta que el adhesivo se endurece.

Como alternativa o además, la instalación de la pieza polimérica P puede realizarse mediante soldadura de plásticos. Como alternativa o además, también pueden emplearse tornillos y/o clavijas para la instalación. Opcionalmente, la superficie puede acabarse. Esto puede lograrse, por ejemplo, mediante lijado, abrasión, tinción, impregnación, barnizado, pintado, recubrimiento, etc.

En una realización alternativa preferida, la etapa (ii) comprende la etapa de curar la pala de turbina eólica (W) con una masa fundida que comprende los componentes de la pieza polimérica P, como se definió anteriormente, opcionalmente mediante soldadura de plásticos. En general, la soldadura de plásticos provoca que el material de plástico fundido se adhiera de modo mecánico y/o químico al resto de la pala de turbina eólica (W). Por ejemplo, la masa fundida puede rellenar un punto, una cavidad, una muesca o un borde desportillado o puede situarse/unirse sobre la superficie de la pala de turbina eólica (W). Con ello, puede cubrir (parcialmente (por ejemplo, un borde desportillado) o por completo) la superficie de la pala de turbina eólica (W).

A continuación, se prepara una masa fundida que comprende los componentes de la pieza polimérica P, tal como se definió anteriormente, y se rellena o se cubre el punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado que se va a curar. Una vez situada dentro o sobre el punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado, la masa fundida se enfría hasta que se obtiene una pieza polimérica en el mismo sitio (es decir, *in situ*). Opcionalmente, la superficie puede acabarse. Esto puede lograrse, por ejemplo, mediante lijado, abrasión, tinción, impregnación, barnizado, etc.

El alisado de acuerdo con la etapa (iii) también puede incluir eliminar el exceso de adhesivo. Opcionalmente, en una etapa potencial, se puede rellenar el espacio entre la pieza polimérica P y el resto de la pala de turbina eólica (W) con uno o más adhesivos o uno o más rellenos y/o uno o más sellantes (por ejemplo, 3M W2600 Edge Sealant). Esto puede mejorar las propiedades aerodinámicas. Esta etapa adicional también puede considerarse una etapa opcional (iv).

Tal como se indicó anteriormente, la pieza polimérica P también puede ser (o puede usarse para preparar) una pieza de ensamblaje. Por tanto, la presente invención se refiere a un procedimiento para reparar una pala de turbina eólica (W), en donde una pieza de ensamblaje al menos parcialmente dañada se reemplaza por su equivalente intacto que comprende o que consiste en una pieza polimérica P.

Por consiguiente, otro aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento para reparar una pala de turbina eólica (W), comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

(i) identificar una pieza de ensamblaje al menos parcialmente dañada de una pala de turbina eólica (W) que tiene una o más partes dañadas;

(ii) retirar la pieza de ensamblaje al menos parcialmente dañada identificada en la etapa (ii); y

(iii) reemplazar la pieza de ensamblaje al menos parcialmente dañada retirada por las respectivas piezas de ensamblaje que comprenden o que consisten en una pieza polimérica P según la presente invención o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la presente invención; y

(iv) opcionalmente, rebajar o carenar uno o más bordes y/o alisar, teñir y/o sellar la superficie de la pala de turbina eólica (W) o la parte reparada de la misma.

Este procedimiento también puede entenderse como el reemplazo de una pieza de ensamblaje (al menos parcialmente) dañada de la pala de turbina eólica (W). Tal como se mencionó anteriormente, una pieza de ensamblaje (al menos parcialmente) dañada de la pala de turbina eólica (W) es preferentemente la cubierta protectora contra la erosión, o una parte de la misma, en especial en donde la cubierta protectora contra la erosión, o una parte de la misma, es el borde de ataque o una parte del mismo. Por consiguiente, el anterior procedimiento para reparar una pala de turbina eólica (W) preferentemente es un procedimiento que comprende las siguientes etapas:

(i) identificar una cubierta protectora contra la erosión al menos parcialmente dañada, o una parte de la misma, en especial un borde de ataque, o una parte del mismo, de un pala de turbina eólica (W) que tiene una o más

partes dañadas;

(ii) retirar la cubierta protectora contra la erosión al menos parcialmente dañada, o una parte de la misma, en especial un borde de ataque, o una parte del mismo, identificada en la etapa (ii); y

(iii) reemplazar la cubierta protectora contra la erosión al menos parcialmente dañada retirada, o una parte de la misma, en especial un borde de ataque, o una parte del mismo, por la respectiva cubierta protectora contra la erosión, o una parte de la misma, en especial un borde de ataque, o una parte del mismo, que comprende o que consiste en una pieza polimérica P según la presente invención o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la presente invención; y

(iv) opcionalmente, rebajar o carenar uno o más bordes y/o alisar, teñir y/o sellar la superficie de la pala de turbina eólica (W) o la parte reparada de la misma.

La etapa (i) de identificar una pieza de ensamblaje al menos parcialmente dañada de una pala de turbina eólica (W) se realiza a medida que se identifican una o más partes dañadas (por ejemplo, puntos, cavidades, muescas o bordes desportillados) de una pala de turbina eólica (W) como se describió anteriormente.

La retirada (también denominada desmontaje) de la pieza de ensamblaje al menos parcialmente dañada de acuerdo con la etapa (ii) puede realizarse mediante cualquier medio de la técnica. Las etapas del procedimiento detalladas dependen de la instalación de la respectiva pieza de ensamblaje. Por ejemplo, la pieza de ensamblaje puede desacoplarse quitando los tornillos, disolviendo un adhesivo (por ejemplo, mediante un disolvente o una mezcla de disolventes), fundiendo un adhesivo (por ejemplo, mediante calor, incluida la soldadura de plásticos), cortando y extirpando la pieza de ensamblaje, amolándola o lijándola para eliminarla del resto de las piezas de la pala de turbina eólica (W), desprendiéndola de la pala de turbina eólica (W) o una combinación de dos o más de los mencionados. El cortado puede realizarse mediante cualquier medio adecuado para este fin. Por ejemplo, el cortado puede realizarse por medio de una herramienta seleccionada del grupo que consiste en un cuchillo (incluida una cuchilla (manual)), una sierra (incluida, por ejemplo, una sierra seleccionada del grupo que consiste en una sierra de alambre, una sierra circular, una sierra de calar, una sierra de punta), una cuchilla moldeadora/giratoria y una garlopa/rebanadora.

De forma similar, la etapa de reemplazar la pieza de ensamblaje retirada por su equivalente intacto de la etapa (iii) puede realizarse mediante cualquier medio conocido en la técnica y puede adaptarse a las características concretas de la pieza de ensamblaje que comprende o que consiste en una parte polimérica P. Por ejemplo, puede instalarse mediante atornillado, remachado, uno o más adhesivos, aplicando calor (por ejemplo, con soldadura de plásticos) o una combinación de dos o más de los mismos. El alisado de acuerdo con la etapa (iii) también puede incluir eliminar el exceso de adhesivo. Opcionalmente, en una etapa adicional (v), se puede rellenar un hueco potencial (etapa aerodinámica) entre la pieza polimérica P y el resto de la pala de turbina eólica (W) con uno o más adhesivos o uno o más rellenos y/o uno o más sellantes (por ejemplo, 3M W2600 Edge Sealant). Puede utilizarse opcionalmente un adhesivo, tal como se ilustró con más detalle anteriormente en el contexto del procedimiento para proteger una pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, con una cubierta protectora contra la erosión como se ha expuesto anteriormente.

Tal como se indicó anteriormente, la superficie opcionalmente puede acabarse. Esto se describió con más detalle anteriormente.

Cabe señalar que la pala de turbina eólica (W) que comprende una pieza polimérica P de la presente invención, como tal, tiene características beneficiosas especiales, tales como una mejor resistencia a los agentes atmosféricos. Por consiguiente, otro aspecto de la presente invención se refiere a una pala de turbina eólica (W) que se caracteriza porque dicha pala de turbina eólica (W) comprende la pieza polimérica P de la presente invención o la pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la presente invención.

Una pala de turbina eólica (W) que tiene características beneficiosas especiales también conduce a una turbina eólica que es beneficiosa desde el punto de vista técnico. Por tanto, otro aspecto de la presente invención se refiere a una turbina eólica que comprende una pala de turbina eólica (W) de la presente invención.

Tal como se indicó anteriormente, los procedimientos para reparar una pala de turbina eólica (W) según la presente invención pueden realizarse mediante cualquier medio. Por ejemplo, este procedimiento puede llevarse a cabo con un kit K, que, en principio, también puede usarse para otros fines.

Otro aspecto de la presente invención se refiere a un kit K para proteger o reparar una pala de turbina eólica (W), en especial según un procedimiento de protección y/o reparación como se ha expuesto anteriormente, comprendiendo dicho kit:

una pieza polimérica P según la presente invención o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la presente invención que se ajusta en una parte dañada de la pala de turbina eólica (W), o una

masa para moldear para preparar una pieza polimérica P según la presente invención o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la presente invención que se ajusta en una parte dañada de la pala de turbina eólica (W);

opcionalmente, un adhesivo para fijar la pieza polimérica P sobre o dentro del punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado;

opcionalmente, una o más herramientas para instalar la pieza polimérica P en la pala de turbina eólica (W) que se va a proteger o reparar seleccionadas del grupo que consiste en tijeras para recortar, cepillos, toallitas limpiadoras y medios abrasivos;

opcionalmente, un recipiente en el que se envasa el kit;

opcionalmente, un recipiente en el que puede transportarse la pieza polimérica P;

opcionalmente, uno o más medios para el acabado de la superficie FI seleccionados del grupo que consiste en tintes, agentes de sellado y agentes de pulido;

opcionalmente, uno o más medios para determinar el tamaño del punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado que se va a rellenar o cubrir; y

opcionalmente, instrucciones para el usuario para proteger o reparar una pala de turbina eólica (W), en especial instrucciones para el usuario para llevar a cabo un procedimiento de la presente invención.

Las definiciones y las realizaciones preferidas, tal como se han expuesto anteriormente en el contexto de la pieza polimérica P de la presente invención y de los procedimientos para proteger y/o reparar una pala de turbina eólica, (W), *mutatis mutandis* también se aplican al kit K de la presente invención.

El recipiente en el que puede transportarse o se transporta la pieza polimérica P o que puede ser útil para el transporte es importante, puesto que muchas piezas poliméricas P de la pala de turbina eólica (W) (por ejemplo, cubiertas protectoras contra la erosión) suelen ser bastante delgadas y sus bordes son bastante frágiles y se pueden dañar con facilidad.

El término "monómero", tal como se emplea en el contexto de la presente invención, en especial cuando forma parte de la pieza polimérica P de una pala de turbina eólica (W), debe entenderse como el resto monómero (es decir, el producto de reacción del respectivo monómero) incluido en la estructura molecular del respectivo (co)polímero. De forma similar, el monómero que porta un grupo funcional M-I preferentemente estará presente en la pieza polimérica P, preferentemente estará presente como el producto de reacción de M-I con el grupo funcional G-I de las fibras F y viceversa.

La invención se ilustra con más detalle mediante las siguientes figuras, ejemplos y reivindicaciones de patente.

Breve descripción de las figuras

La figura 1 muestra un esquema de un ejemplo de una pala de turbina eólica (W). En una turbina eólica ensamblada, el ala (1) está conectada al cuerpo de buje de la turbina eólica a través de su parte radical (2). El ala (1) tiene un borde de ataque (3) y un borde de salida (4). La parte del ala que está más alejada del eje de rotación en una turbina eólica ensamblada (y, por tanto, está sometida a la velocidad de rotación más elevada) es el ápice (5). En una turbina eólica ensamblada, la dirección de la rotación se indica con la flecha (6). La línea discontinua está prevista para suministrar una impresión tridimensional de la pala de turbina eólica (W). Según la presente invención, al menos una parte de la pala de turbina eólica (W) es una pieza polimérica P de la presente invención.

La figura 2 muestra un esquema de una sección transversal (sección óptica desde el ápice del borde de ataque (3) al ápice del borde de salida (4)) de un ejemplo no limitante de una configuración de una pala de turbina eólica (W). En una turbina eólica ensamblada, la dirección de la rotación se indica con la flecha (6). La superficie exterior de la pala de turbina eólica (W) puede tener o comprender una cubierta protectora contra la erosión (7) mostrada en negro, que puede ser o que puede comprender una pieza de ensamblaje (8) que comprende o que consiste en una pieza polimérica P. Tal como se indicó anteriormente, en especial preferentemente, la cubierta protectora contra la erosión (7), o partes de la misma, puede ser o pueden comprender una pieza polimérica P de la presente invención. El interior (9a)-(9g) de la pala de turbina eólica (W) puede comprender opcionalmente una o más de las siguientes piezas de ensamblaje: uno o más elementos de alma cortante (9a) que opcionalmente tienen una configuración de sándwich, uno o más elementos de larguero (9b), una o más piezas moldeadas (9c) que proporcionan la forma general, una o más partes huecas (cavidades internas) (9d) conectadas o sin conexión entre sí, una capa adhesiva (9e) situada entre la cubierta protectora contra la erosión (7), o una parte de la misma, y una pieza moldeada (9c), uno o más rebordes (9f) (opcionalmente, hojas laminadas para portar

carga) y/o uno o más paneles en sándwich (9g) mostrados como la parte rayada. Cada una de las piezas de ensamblaje de la pala de turbina eólica (W), en especial la cubierta protectora contra la erosión, o una parte de la misma, puede ser una pieza polimérica P de la presente invención. Cabe señalar que el esquema no está a escala, sino que muestra las piezas de ensamblaje con claridad. Por ejemplo, las piezas moldeadas (9c) y/o la cubierta protectora contra la erosión (7) en realidad suelen ser más delgadas. Cabe destacar que la forma exacta puede variar en función del tipo concreto de pala de turbina eólica de interés. De forma similar, la forma exacta puede variar en función de la posición concreta de la sección transversal, es decir, si la figura representa una sección transversal cerca de la raíz, en la parte intermedia o cerca del ápice de la pala de turbina eólica (W).

La figura 3 muestra un esquema de una sección transversal (sección óptica desde el borde de ataque (3) al borde de salida (4)) de un ejemplo de una cubierta protectora contra la erosión (7) opcional de una pala de turbina eólica (W). El interior (9) de la pala de turbina eólica (W) no se muestra en detalle y puede comprender, opcionalmente, uno o más elementos de construcción, tal como se muestra en la figura 2. Opcionalmente, la cubierta protectora contra la erosión (7) puede comprender una o más piezas de ensamblaje (8) que comprenden una pieza polimérica P de la presente invención, preferentemente en donde dichas una o más piezas de ensamblaje (8) están situadas en el borde de ataque (3) y/o en el borde de salida (4). Se entenderá que la cubierta protectora contra la erosión (7), tal como se muestra en esta figura, puede prepararse durante la producción de la pala de turbina eólica (W), puede añadirse parcial o completamente a la pala de turbina eólica (W) después de su producción o puede representar una cubierta protectora contra la erosión (7) tras la reparación de la pala de turbina eólica (W) y, opcionalmente, el reemplazo de piezas de la misma. En especial, una o ambas de las secciones destacadas del borde de ataque (3) y/o la sección del borde de salida (4) opcionalmente pueden instalarse tras la producción y/o pueden actuar como pieza protectora y/o de reparación.

La figura 4 muestra un esquema de una sección transversal (sección óptica desde el borde de ataque (3) al borde de salida (4)) de otro ejemplo de una cubierta protectora contra la erosión (7) opcional de una pala de turbina eólica (W). El interior (9) de la pala de turbina eólica (W) no se muestra en detalle y puede comprender, opcionalmente, uno o más elementos de construcción, tal como se muestra en la figura 2. Opcionalmente, una o más piezas de ensamblaje (8) que comprenden una pieza polimérica P de la presente invención pueden situarse sobre la superficie de la cubierta protectora contra la erosión (7), preferentemente en donde dichas una o más piezas de ensamblaje (8) se instalan en el borde de ataque (3) y/o en el borde de salida (4). Se entenderá que la cubierta protectora contra la erosión (7), tal como se muestra en esta figura, puede prepararse durante la producción de la pala de turbina eólica (W), puede añadirse parcial o completamente a la pala de turbina eólica (W) después de su producción o puede representar una cubierta protectora contra la erosión (7) tras la reparación de la pala de turbina eólica (W) y, opcionalmente, el reemplazo de piezas de la misma. En especial, una o ambas de las secciones destacadas del borde de ataque (3) y/o la sección del borde de salida (4) opcionalmente pueden instalarse tras la producción y/o pueden actuar como pieza protectora y/o de reparación.

La figura 5 muestra un esquema de posibles daños y de medios para repararlos. Tal como se mencionó anteriormente, los bordes, en especial los bordes de ataque (3), son propensos a daños por impactos mecánicos. Uno o más impactos pueden desportillar un borde (10) que puede repararse sustituyendo el material desportillado por una pieza polimérica P de la presente invención que puede prepararse *in situ* o *ex situ*. Esto también se puede hacer con una cinta o película de borde (de ataque). Una cavidad (11) en la pala de turbina eólica (W) puede rellenarse con una pieza polimérica P que es una pieza de reparación (12) que se ajusta en una parte dañada y que se prepara *ex situ.* Tal como se ha expuesto anteriormente, las dimensiones de la cavidad (11) pueden determinarse antes de preparar la pieza de reparación (12) para lograr que esta se ajuste especialmente bien dentro de la cavidad (11). La pieza polimérica P de la presente invención también puede ser una pieza de ensamblaje prefabricada que reemplaza a una pieza de ensamblaje dañada de una pala de turbina eólica (W) o un segmento de la misma. Tal como se ilustra en este caso, dicha pieza de ensamblaje prefabricada puede aplicarse sobre la superficie del borde de ataque, en el uso habitual de una cubierta protectora contra la erosión (13), tal como se indica en negro. Esto puede proteger el borde de ataque (incluidas sus piezas de reparación) y puede completarse sobre la superficie del borde de ataque. Esta pieza de ensamblaje prefabricada también puede ser un segmento del borde de ataque (13), tal como se indica en negro. Una picadura (14), una muesca (15) o una cavidad (16) en la superficie exterior de una cubierta protectora contra la erosión puede rellenarse con una pieza polimérica P de la presente invención que puede prepararse *in situ.* Opcionalmente, dicha pieza también puede ser una película o cinta protectora. Como alternativa, una parte dañada también se puede extirpar (por ejemplo, cortarse) de una pala de turbina eólica (W), en especial la cubierta protectora contra la erosión de la misma. Esto puede suministrar una cavidad cortada (17) de dimensiones que pueden seleccionarse con libertad. Esta cavidad cortada (17) puede rellenarse con un segmento de reparación (18) ajustado que puede prepararse *ex situ* o incluso puede ser una pieza prefabricada. Esto también puede comprender o ser un cuerpo de cubierta protectora contra la erosión (19). Este cuerpo también puede producirse opcionalmente como una única pieza.

La figura 6 muestra otro esquema de un ejemplo de una pala de turbina eólica (W), en donde la región apical del borde de ataque (en este ejemplo, el tercio apical del borde de ataque) está protegida con un segmento de una cubierta protectora contra la erosión (13), tal como se indica en negro. Opcional, pero no necesariamente, la cubierta protectora contra la erosión (13) puede adelgazarse hacia el ápice. Las demás propiedades de la pala

de turbina eólica (W) son como se ha indicado en la figura 1.

La figura 7 muestra otro esquema de un ejemplo de una pala de turbina eólica (W), en donde prácticamente todo el borde de ataque protegido con una cubierta protectora contra la erosión (13) se indica en negro. Opcional, pero no necesariamente, la cubierta protectora contra la erosión (13) de longitud completa puede adelgazarse hacia el ápice. Las demás propiedades de la pala de turbina eólica (W) son como se ha indicado en la figura 1.

La figura 8 muestra un esquema de segmentos (21) (en este ejemplo, siete; también denominados secciones) del borde de ataque y sus perfiles de sección transversal de la curvatura del borde de ataque (22). Estas curvaturas del borde de ataque (22) tienen cada una un ápice (23) del borde de ataque. En general (tal como se indica en este caso), pero no necesariamente, a medida que se aproxima al ápice de la pala de turbina eólica (W), el ángulo se hace cada vez más agudo, es decir, tiene una anchura más fina. Tal como se indicó en la anterior descripción, estos perfiles (predeterminados) pueden usarse para formar las correspondientes secciones de una cubierta protectora contra la erosión (13) *in situ,* en general, pero no necesariamente, por termoformado. Esto también puede tener un ápice (23) con un lado inferior (es decir, lado interior) y un lado exterior. Las demás propiedades de la pala de turbina eólica (W) son como se ha indicado en la figura 1.

La figura 9 muestra un segmento de una cubierta protectora contra la erosión (13) que se ha formado para que se ajuste sobre un borde, en especial el borde de ataque, de una pala de turbina eólica (W). Tal como se indicó anteriormente, la curvatura del segmento puede adaptarse a la curvatura del borde de ataque (22) del respectivo segmento, tal como se indica en la figura 8. El segmento de la cubierta protectora contra la erosión (13) entonces tiene una superficie exterior (negro) y una superficie interior (blanco). Este segmento de una cubierta protectora contra la erosión (13) también tiene un ápice (23) que tiene un lado inferior (es decir, lado interior, blanco) y un lado exterior (negro). Este segmento puede instalarse sobre un borde, en especial el borde de ataque (3), de una pala de turbina eólica (W). A continuación, la superficie interior (blanco) puede tratarse con una capa adhesiva que une la cubierta protectora contra la erosión (13) con el resto de la pala de turbina eólica (W).

La figura 10 muestra una herramienta de peine extendedor (25) que puede usarse para suministrar un adhesivo (24) a la superficie interior (22) del segmento de una cubierta protectora contra la erosión (13), tal como se muestra en la figura 9. La herramienta de peine extendedor (25) suele tener varios dientes (se indica un ejemplo de un diente con (27)). La curvatura global de la herramienta de peine extendedor (25) puede adaptarse a la curvatura del respectivo segmento de una cubierta protectora contra la erosión (13) que se va a instalar (y que, opcionalmente, corresponde fundamentalmente a la curvatura del borde de ataque, tal como se indica en la figura 8). Al usarse esta herramienta de peine extendedor (25), se puede lograr un espesor especialmente bien definido de la capa adhesiva. Esto se logra especialmente bien cuando una tira de una cinta adhesiva de doble cara (26) se aplica al lado inferior (es decir, al lado interior) del ápice (23) de la cubierta protectora contra la erosión.

Ejemplos

Ejemplo 1: Ensayo de la resistencia a los agentes atmosféricos de mezclas de ASA/PC

Materiales

Se prepararon diferentes probetas de ensayo a base de sustratos de plástico reforzado con fibras de vidrio ("glass-fiber reinforced plastic", GFRP) para ser ensayadas:

Probeta LEP9: probetas recubiertas con Mankiewicz LEP 9 (recubrimiento de protección del borde de ataque de tres capas ALEXIT® BladeRep LEP 9 (Mankiewicz Coatings LLC, Charleston SC, EE. UU.));

Probeta E: probetas recubiertas con Luran SC extrusionado (INEOS Styrolution Group GmbH, Fráncfort del Meno, Alemania);

Probeta I: probetas recubiertas con Luran SC moldeado por inyección (INEOS Styrolution Group GmbH, Fráncfort del Meno, Alemania); y

Probeta BF: probetas recubiertas con Luran SC (INEOS Styrolution Group GmbH, Fráncfort del Meno, Alemania)

Procedimientos

Preparación de las probetas LEP9

En primer lugar, un material laminado de fibras de vidrio E-Glass con un espesor de tres capas se infusionó con una resina epoxídica. Se aplicó SikaForce L7818-L7 a la superficie del material laminado y se niveló para garantizar una superficie plana. La superficie se sometió a abrasión tras curarse por completo y se limpió con acetona usando el

procedimiento de dos paños. A continuación, se aplicaron a la superficie las capas de LEP9, con una ligera abrasión entre las capas. Tras haberse curado, las láminas se enviaron a otro emplazamiento para ser cortadas con chorro de agua en probetas circulares. La probeta del borde de ataque se fabricó usando el mismo procedimiento, pero con un molde de borde de ataque en lugar de una herramienta plana. Tras aplicar el recubrimiento a la probeta del borde de ataque, se recortó al tamaño y se fresaron los orificios de alineamiento.

Preparación de otras probetas

Las probetas E se prepararon por extrusión del material Luran SC. Las probetas I se prepararon por moldeado por inyección del material Luran SC. La probeta BF no llevaba cubierta protectora contra la erosión.

Ensayo de las probetas

Se usó una velocidad de ensayo de 135 ms^{-1}. El procedimiento de ensayo se basó en la norma ASTM G73-10 (versión actualizada en 2016). Ante de acelerar el brazo hasta la velocidad de ensayo, se activó el sistema de goteo y se dejó que se estabilizase. El cronometraje de la duración del ensayo comenzó cuando el brazo empezó a moverse y se detuvo cuando el brazo se detuvo. El brazo tardó menos de 5 segundos en alcanzar la velocidad de ensayo y en detenerse completamente al final del ensayo. Cada muestra se ensayó hasta que el daño penetró a través del material de relleno y se expuso el sustrato. Debido a la variabilidad intrínseca del ensayo de la erosión por lluvia, se ensayó periódicamente una probeta de calibración durante la campaña de ensayos para controlar la coherencia de las condiciones de erosión que se estaban produciendo en la WARER. La resistencia de los materiales se registró usado mediciones de pérdida de masa y comparación del aspecto visual. Además, se observó la abrasión del material.

Tal como se emplea en el presente documento, la estructura para ensayar la erosión por lluvia con brazo giratorio ("Whirling Arm Rain Erosion Rig", WARER) simuló las condiciones de erosión por lluvia a las que se enfrentaría un objeto desplazándose a alta velocidad a través de la lluvia. Se produjo un índice de pluviosidad nominal de 25,4 mm/h (1 pulgada/h). Se produjeron gotas a una velocidad de 4 por segundo desde 36 agujas con un diámetro nominal de 2 mm. Estas condiciones se basaron en la norma DEF STAN 0035 (versión actualizada en 2016). En función de la durabilidad de la probeta ensayada, se usó una velocidad de ensayo de hasta 135 ms^{-1}. La probeta de ensayo se instaló en el brazo giratorio a un radio de 0,6 m. La WARER puede alojar dos tipos de probetas. Las probetas con forma de disco eran circulares, con un diámetro de 27 mm, y se instalaron en un soporte personalizado. Las probetas del borde de ataque (LE) tenían un ancho de 36 mm con una parte frontal redondeada (radio interno de 5,9 mm). Una superficie plana (inclinada a 22°) continúa hacia atrás desde la parte frontal redondeada hasta el reborde de fijación plano. Un mecanismo deslizante en cola de golondrina, fijado a la muestra a través de seis orificios avellanados (tres en la parte superior y la inferior), alinea y asegura la muestra al final del brazo de ensayo.

Resultados

Se estudió la evolución de los daños debidos a la erosión basándose en la determinación de la pérdida de masa y a través del examen visual de la superficie de la probeta. Se tomaron mediciones de todas las probetas hasta el momento de la exposición del sustrato/desconchado.

a) Resultados de la pérdida de masa

Se registró la pérdida de masa usando una balanza analítica Kern ABT 100-5M que puede medir hasta 0,01 mg. Se usó un peso de calibración a lo largo del ensayo para garantizar que se tomara en cuenta cualquier fluencia en las lecturas de la balanza. En primer lugar, las respectivas probetas se calentaron en una estufa (Memmert UF55) hasta 60 °C durante la noche para eliminar el exceso de humedad. Las probetas se situaron en un desecador al mismo tiempo que se enfriaba hasta la temperatura ambiente para limitar la captación de humedad. A continuación, se registraron las mediciones de masa antes de cada ensayo. Después de cada intervalo de ensayo, las probetas se sometieron al mismo ciclo de calentamiento/enfriamiento, seguido de otras mediciones de masa, a partir de las cuales se calculó la pérdida de masa.

A continuación, se indica la duración promedio del momento en que el recubrimiento se desconchó de la superficie:

Probeta LEP9:	15 min
Probeta I:	590 min
Probeta E:	835 min
Probeta BF:	300 min

En la siguiente tabla I se muestra el promedio de la masa a lo largo del tiempo:

Tiempo de exposición [min]	Probeta BF (promedio)	Probeta E (promedio)	Probeta I (promedio)	Probeta LEP9
0	1,9287	2,4071	2,4091	(se desconchó tras 15 min)
60	1,9275	2,4050	2,3851	-
120	1,8861	2,3977	2,3474	-
180	1,8453	2,3729	2,3250	-
240	1,7969	2,3390	2,3072	-
300	1,7888	2,3086	2,2863	-
360	1,6904	2,2782	2,2649	-
420	-	2,2545	2,2349	-
480	-	2,2274	2,1819	-
540	-	2,2073	1,9991	-
600	-	2,1829	1,9972	-
660	-	2,1473	1,8655	-
720	-	2,0152	1,6308	-
780	-	2,1189	-	-
840	-	2,0115	-	-
900	-	1,8506	-	-
915	-	1,8732	-	-

La duración promedio demostró que la probeta E dio el mejor resultado. La probeta I también dio un buen resultado y la probeta BF también fue aceptable. En cambio, la probeta LEP9 tuvo unos resultados menos deseables. El tiempo de incubación fue de aproximadamente 60 min para la probeta BF y de 120 min para la probeta E. En la probeta I se empezó a producir erosión durante el primer intervalo. El índice de erosión en las probetas BF y E, tras finalizar el periodo de incubación, fue constante hasta el momento de exposición del sustrato. Los índices de erosión de la probeta I parecían ser más variables y, aunque inicialmente eran altos, disminuyeron entre 180 min y 420 min antes de aumentar hasta el momento de exposición del sustrato. La pérdida de masa de la probeta LEP9 se erosionó comparativamente rápido. Tras 15 min, el recubrimiento se había desconchado de la superficie.

Cuando empezó la erosión de la probeta I, la pérdida de masa fue constante desde 120 min hasta 420 min, en cuyo momento la pérdida de masa aumentó bruscamente en el resto de los intervalos hasta el momento de exposición del sustrato. La erosión de la probeta E fue constante desde el final del periodo de incubación hasta aproximadamente 720 min, donde la curva de pérdida de masa aumento bruscamente, tal como sucedió con la probeta I.

Los resultados de pérdida de masa de la probeta BF indicaron que había un periodo de incubación de aproximadamente 50 min, en cuyo momento la masa aumentó bruscamente y permanece constante hasta el momento de exposición del sustrato. Se produjo más dispersión entre las probetas BF que con los otros tipos de muestras ensayadas.

b) Aspecto visual

Cada probeta se fotografió tras cada periodo de ensayo usando una cámara Nikon D600 montada en una plataforma de altura variable con iluminación controlada. Mediante este proceso, se siguió el avance de los daños a la probeta. Tras montarse en la estructura de ensayo, la posición de la probeta con respecto a las gotas que caen fue sobre la línea central de la probeta. La mayor concentración de impactos de gotas se produce en la mitad superior de la probeta. Esta es la región que suele erosionarse primero.

Las imágenes confirmaron los anteriores resultados con respecto a la pérdida de masa. En las muestras que tienen un recubrimiento LEP9 (probeta LEP9), se observó una rápida erosión del recubrimiento a los pocos minutos. Tras 15 min, el sustrato se expuso y el recubrimiento se desconchó gravemente. El recubrimiento LEP9 está diseñado para aplicarse en tres capas; por tanto, a medida que las capas se erosionan, esto indicará cuánta protección sigue

habiendo sobre la pala. Cuando se expone a las condiciones de ensayo aplicadas, el sistema de recubrimiento no se erosionó capa por capa como estaba previsto. Esto puede indicar que la unión entre el recubrimiento y el sustrato es un punto débil del sistema y podría ser la principal causa de que el recubrimiento se desconche.

La superficie de la probeta I tenía un aspecto ligeramente rugoso en el acabado de la superficie. Se supone que la rugosidad de la superficie puede ser un factor influyente en la resistencia a la erosión, puesto que puede suministrar al agua que se desplaza hacia afuera (hacia afuera desde el punto de impacto) algo a lo que agarrarse. Sin esta rugosidad, se prevé que los materiales tiendan a tener un periodo de incubación más largo. Los daños de la probeta I comenzaron tan pronto como en el primer intervalo. Sin embargo, la probeta I mostró un recubrimiento considerablemente intacto durante un largo periodo de tiempo. Tras 420 min y 480 min, respectivamente, se observaron las primeras picaduras claramente visibles. Mediante el análisis del aspecto visual, resultó evidente que la erosión era somera y constante hasta 420 min. Después de más de 9 h, el sustrato se expuso.

Además, la probeta E mostró un recubrimiento considerablemente intacto durante un periodo de tiempo comparativamente largo. Mostró una superficie brillante y lisa que se supone que responde a un periodo de incubación especialmente largo. Tras 180 min y 240 min, respectivamente, se observaron las primeras picaduras claramente visibles. Después de más de 10 h (en promedio, aproximadamente 14 h), el sustrato se expuso. La erosión de este material fue muy somera, lo cual impidió que la erosión atravesara rápidamente el espesor del material. Las probetas E tuvieron una actuación significativamente mejor que todas las demás probetas en esta campaña de ensayos.

Estas probetas E duraron, en promedio, 835 min (aproximadamente 14 h), que es 2,8 veces más tiempo que las probetas BF. Se calcula que el periodo de incubación de estas muestras es justo por debajo de 120 min. La superficie brillante y lisa puede responder a este periodo de incubación largo.

Los daños en la superficie de la probeta BF fueron visibles desde el primer intervalo, a 60 min. Sin embargo, la probeta BF mostró un recubrimiento considerablemente intacto hasta después de 120 min y 180 min, respectivamente, cuando que se observaron las primeras picaduras claramente visibles. Después de más de 4 h, el sustrato se expuso. Los daños se localizaron en la posición de las 12 h del reloj y había algunas zonas en la periferia que no parecían erosionadas. Esta es una buena señal de resistencia a la erosión; sin embargo, los trozos de material que se estaban cayendo eran relativamente grandes y la erosión atravesó el espesor del material.

Los anteriores resultados demuestran que las mezclas de ASA/PC, en especial cuando se extrusionan, aunque también cuando se producen por moldeado por inyección, tienen un rendimiento muy bueno en comparación con el recubrimiento LEP9 habitual.

Ejemplo 2: Instalación de una cubierta protectora contra la erosión para la protección del borde de ataque, LEP

El material de la cubierta protectora contra la erosión (pieza polimérica P) se diseña para proporcionar un conjunto de cubiertas protectoras contra la erosión de carcasa dura que están unidas al borde de ataque reparado o intacto de una pala de turbina eólica (W) para proporcionar protección contra la erosión/más cantidad de erosión. La teoría detrás del diseño de la cubierta protectora contra la erosión es que se extiende alrededor de ambos lados del punto de separación +/-10 cm en el ápice del borde de ataque en longitudes seccionales, nominalmente de 1 m. Este ejemplo puede referirse a un proceso de ajustar 3 o 4 planos de diseño de cubierta protectora contra la erosión sobre una lámina grande, crear márgenes suficientes para que el posterior proceso de termoformado se realice con precisión, al mismo tiempo que se optimiza el uso eficaz/barato del material de lámina termoformado usando herramientas/plantillas diseñadas y producidas específicamente para lograr la geometría necesaria para cada sector/parte del borde de ataque de un modelo de pala concreto, después se recorta con CNC, luego se bisela para crear un ángulo en pendiente somero a lo largo de cada borde longitudinal (para optimizar el rendimiento aerodinámico).

Láminas extrusionadas que pueden usarse como material de cubierta protectora contra la erosión: Se suministran láminas extrusionadas de un material que contiene ASA (por ejemplo, Luran SC o Luran S) con un espesor de aproximadamente 2 mm. Estas tienen un tamaño de varios cientos de centímetros de longitud y ancho (por ejemplo, 4 m x 3 m). El espesor se redujo a aproximadamente 1 mm durante el termoformado.

Instalación de la cubierta protectora contra la erosión

Se prepararon láminas, por ejemplo, de 1 m x 20 cm (se entenderá que, en el caso de palas aún más largas, pueden diseñarse, producirse y usarse láminas más grandes (por ejemplo, 2 m x 50 cm), así como también pueden utilizarse láminas más pequeñas) de las láminas extrusionadas cortando estas últimas. En otras palabras, las láminas más grandes previamente preparadas de Luran SC extrusionado (por ejemplo, 4 m x 3 m) se dividieron en sectores para alojar una serie de diseños de cubiertas protectoras contra la erosión. Su forma se adapta a la geometría del ápice del borde de ataque del tipo de pala de turbina eólica (W). Esto se basa en datos predeterminados de la geometría de la superficie del borde de ataque del tipo/modelo concreto de pala de turbina eólica (W). A continuación, la cubierta protectora contra la erosión se ajusta en seco en su posición *in situ* para comprobar el alineamiento con la

superficie del borde de ataque. Si es necesario, la forma de la lámina, en especial los bordes de la lámina, se vuelven a recortar con CNC y/o con recorte manual. Las láminas formadas pueden controlarse opcionalmente con herramientas de formado. Si es necesario, los bordes exteriores de las cubiertas protectoras contra la erosión pueden biselarse/desbarbarse mediante un proceso mecánico, manual o automatizado, o modificarse de otro modo, para crear un ángulo somero, que garantizará una transición suave entre la superficie de la pala y la superficie de la cubierta protectora.

A continuación, la lámina formada y adaptada (que se emplea como cubierta protectora contra la erosión) se prepara para la adhesión. Para evitar huecos de aire/cavidades/burbujas de aire en la capa adhesiva, se aplica una tira de cinta adhesiva de doble cara de 1 a 2 cm de ancho x 0,5 mm de espesor al ápice del borde de ataque y se presiona sobre el lado interior de la cubierta protectora contra la erosión. A continuación, se aplica un adhesivo (por ejemplo, una capa de 0,5 mm de espesor (o, potencialmente, otro espesor) de un adhesivo de silicona) al lado interior (lado inferior) de la cubierta protectora contra la erosión de modo uniforme a lo largo de la toda la superficie. Esto puede aplicarse con una herramienta de peine extendedor adecuada para cada segmento de la cubierta protectora contra la erosión. La cinta de doble cara es excluida por el diseño, tal como se muestra en la figura 10. A continuación, la cubierta protectora contra la erosión se presiona en su sitio y se limpia el exceso de adhesivo. Cuando el adhesivo se endurece (es decir, ya no tiene pegajosidad), los bordes espesos de 1 mm pueden rebajarse aún más para garantizar una corriente de flujo aerodinámico desde la superficie de la pala de turbina eólica a la superficie de la cubierta protectora contra la erosión.

Si es necesario, los bordes rebajados de la cubierta protectora pueden rellenarse aún más usando más adhesivo o relleno para crear una transición suave del flujo de aire a través de la zona de unión entre la superficie de la pala/borde de ataque y la superficie de las cubiertas protectoras contra la erosión. Por último, se aplica un sellante (por ejemplo, 3M™ W2600 Edge Sealant) para proteger la zona de unión y el adhesivo presente frente a las condiciones ambientales.

La cubierta protectora contra la erosión de la presente invención es especialmente resistente a los agentes atmosféricos, es estable desde el punto de vista mecánico y puede usarse con eficiencia.

REIVINDICACIONES

1. Una pieza polimérica P de una pala de turbina eólica (W) que comprende:

(I) del 20 % al 100 % en peso de un componente termoplástico T que comprende:

(A) del 10 % al 90 % en peso de al menos una matriz de copolímero termoplástico A que comprende:

(A1) del 50 % al 95 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de al menos un monómero A1 seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de los mismos; y

(A2) del 5 % al 50 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de al menos un monómero A2 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados, en donde, opcionalmente, uno o más de los monómeros A2 pueden portar un grupo funcional M-I, en donde el grupo funcional M-I se selecciona del grupo que consiste en anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados, derivados de maleimida copolimerizables, (met)acrilato de terc-butilo y (met)acrilato de glicidilo; y

(B) del 10 % al 90 % en peso de al menos un copolímero injertado B que comprende:

(B1) al menos una base de injerto B1 que tiene una temperatura de transición vítrea Tg inferior a -20 °C, en donde la base de injerto B1 se obtiene mediante polimerización en emulsión y comprende:

(B11) del 40 % al 100 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un(met)acrilato de alquilo C_1-C_8 como monómero B11;

(B12) del 0 % al 20 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un monómero reticulante polifuncional B12; y

(B13) del 0 % al 40 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno, (alquil C_1-C_4)estireno, acrilonitrilo, metacrilonitrilo, isopreno, butadieno, cloropreno, metacrilato de metilo, di(met)acrilato de alquilenglicol y metil vinil éter,

en donde la suma de los componentes B11, B12 y B13 es igual al 100 % en peso; y

(B2) al menos una cubierta de injerto B2 que comprende al menos un monómero B21 que se obtiene mediante polimerización en emulsión en presencia de al menos una base de injerto B1 que comprende:

(B21) del 50 % al 100 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de un monómero B21 seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de estireno y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en alfa-metilestireno, p-metilestireno y (met)acrilato de alquilo C_1-C_8; y

(B22) del 0 % al 50 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de al menos un monómero B22 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados;

(II) del 0 % al 80 % en peso de una o más fibras F, que opcionalmente comprenden en su superficie un grupo funcional G-I que forma un enlace covalente con el grupo funcional M-I de un monómero A2;

(III) del 0 % al 80 % en peso de uno o más policarbonatos;

(IV) del 0 % al 50 % en peso de uno o más (co)polímeros adicionales; y

(V) del 0 % al 10 % en peso de uno o más aditivos de polímeros.

2. La pieza polimérica P de la reivindicación 1, en donde el componente termoplástico T comprende:

(A) del 40 % al 90 % en peso, en especial del 50 % al 90% en peso de al menos una matriz de copolímero termoplástico A que comprende:

(A1) del 50 % al 95 % en peso, preferentemente del 60 % al 90 % en peso, en especial del 60 % al 85 % en

peso, en relación con la masa total de la matriz de copolímero A, de al menos un monómero A1; y

(A2) del 5 % al 50 % en peso, preferentemente del 10 % al 40 % en peso, en especial del 15 % al 40 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de al menos un monómero A2; y

(B) del 10 % al 60 % en peso, en especial del 10 % al 50% en peso de al menos un copolímero injertado B que comprende:

(B1) del 50 % al 90 % en peso, preferentemente del 55 % al 90 % en peso, en especial del 55 % al 65 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una base de injerto B1; y

(B2) del 10 % al 50 % en peso, preferentemente del 10 % al 45 % en peso, en especial del 35 % al 45 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una cubierta de injerto.

3. La pieza polimérica P de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en donde la matriz de copolímero termoplástico A comprende (o consiste en):

(A1) el monómero A1, que es estireno; y

(A2) dichos uno o más monómeros A2 se seleccionan del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados, preferentemente se seleccionan del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados, en especial se seleccionan del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídrido maleico.

4. La pieza polimérica P de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el copolímero injertado B se caracteriza por al menos uno de los siguientes:

la base de injerto B1 comprende:

(B11) del 70 % al 99,9 % en peso, preferentemente del 79,9 % al 99,5 % en peso, más preferentemente del 87,5 % al 99 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un (met)acrilato de alquilo C_1-C_8, preferentemente seleccionado de acrilato de butilo y acrilato de etilhexilo, en especial acrilato de n-butilo, como monómero B11;

(B12) del 0,1 % al 10 % en peso, preferentemente del 0,1 % al 5 % en peso, más preferentemente del 1 % al 2,5 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un monómero reticulante polifuncional B12, preferentemente seleccionado del grupo que consiste en (met)acrilato de alilo, divinilbenceno, maleato de dialilo, fumarato de dialilo, ftalato de dialilo, cianurato de trialilo, isocianurato de trialilo y acrilato de diciclopentadienilo (DCPA); y

(B13) del 0 % al 29,5 % en peso, preferentemente del 0 % al 20 % en peso, más preferentemente del 0 % al 10 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno, (alquil C_1-C_4)estireno, acrilonitrilo, metacrilonitrilo, isopreno, butadieno, cloropreno, metacrilato de metilo, di(met)acrilato de alquilenglicol y metil vinil éter,

en donde la suma de los componentes B11, B12 y B13 es igual al 100 % en peso; y/o

la cubierta de injerto B2 comprende:

(B21) del 50 % al 95 % en peso, preferentemente del 65 % al 80 % en peso, en especial del 75 % al 80 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de un monómero B21 seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de estireno y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en alfa-metilestireno, p-metilestireno y (met)acrilato de alquilo C_1-C_8; y

(B22) del 5 % al 50 % en peso, preferentemente del 20 % al 35 % en peso, en especial del 20 % al 25 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de al menos un monómero B22 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados.

5. La pieza polimérica P de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **que se caracteriza porque**:

(a) las fibras F se seleccionan de fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de aramida y fibras basálticas, en especial en donde las fibras F son fibras de vidrio; y/o

(b) el policarbonato es un policarbonato aromático, en especial un policarbonato a base de bisfenol A.

6. La pieza polimérica P de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la pieza polimérica P comprende:

(a) los productos de reacción de anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados como grupos funcionales M-I del monómero A2, y grupos funcionales G-I en la superficie de las fibras F seleccionados del grupo que consiste en grupos hidroxi, éster y amino que pueden reaccionar con M-I; y/o

(b) como componente (IV) adicional, al menos un (co)polímero seleccionado del grupo que consiste en poliolefinas, poliésteres, poliamidas, poli(óxido de p-fenileno), poli(sulfuro de fenileno), poli(metacrilato de metilo), poli(metacrilamida), estireno-anhídrido maleico, poliéteres, poliimidas y polioximetileno.

7. La pieza polimérica P de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la pieza P comprende:

(I) del 40 % al 100 % en peso, preferentemente del 50 % al 100 % en peso, en especial del 60 % al 99,9 % en peso de un componente termoplástico T;

(II) del 0 % al 60 % en peso, preferentemente del 0 % al 50 % en peso, en especial del 1 % al 40 % en peso de una o más fibras F;

(III) del 0 % al 30 % en peso, preferentemente del 0 % al 25 % en peso, en especial del 0 % al 20 % en peso de uno o más policarbonatos;

(IV) del 0 % al 30 % en peso, preferentemente del 0 % al 20 % en peso, en especial del 0 % al 10 % en peso de uno o más (co)polímeros adicionales; y;

(V) del 0 % al 10 % en peso, preferentemente del 0 % al 8 % en peso, en especial del 0,1 % al 5 % en peso de uno o más aditivos de polímeros.

8. La pieza polimérica P de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la pieza polimérica P **se caracteriza por** una o más de las siguientes características:

la pieza polimérica P está situada en la cara exterior de una pala de turbina eólica (W);

la pieza polimérica P es un borde de ataque de una pala de turbina eólica (W) o un segmento del mismo;

la pieza polimérica P está situada en la mitad apical de una pala de turbina eólica (W) sometida a una elevada velocidad circular cuando la turbina eólica gira;

la pieza polimérica P es una cubierta protectora contra la erosión de una pala de turbina eólica (W) o una parte de la misma;

la pieza polimérica P es una pieza de ensamblaje prefabricada que reemplaza a una pieza de ensamblaje dañada de una pala de turbina eólica (W) o un segmento de la misma;

la pieza polimérica P es una pieza de reparación que se ajusta en una parte dañada de una pala de turbina eólica (W) preparada *ex situ,* o

la pieza polimérica P se forma dentro o sobre una parte dañada de una pala de turbina eólica (W) *in situ.*

9. La pieza polimérica P de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la pieza P comprende:

(I) del 60 % al 99,9 % en peso de un componente termoplástico T que comprende:

(A) del 50 % al 90 % en peso de al menos una matriz de copolímero termoplástico A que comprende:

(A1) del 60 % al 85 % en peso, en relación con la masa total de la matriz de copolímero termoplástico A, de estireno; y

(A2) del 15 % al 40 % en peso, en relación con la matriz de copolímero termoplástico A, de un monómero A2 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados, en donde los anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados portan un grupo funcional M-I, en especial en donde A2 se selecciona del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y anhídrido maleico; y

(B) del 10 % al 50 % en peso de al menos un copolímero injertado B que comprende:

(B1) del 50 % al 90 % en peso, preferentemente del 55 % al 90 % en peso, en especial del 55 % al 65 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una base de injerto B1 que tiene una temperatura de transición vítrea Tg inferior a -20 °C que se obtiene mediante polimerización en emulsión y que comprende:

(B11) del 87,5 % al 99 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de acrilato de butilo, acrilato de etilhexilo o una combinación de los mismos, en especial acrilato de n-butilo, como monómero B11;

(B12) del 1 % al 2,5 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos un monómero reticulante polifuncional B12, preferentemente seleccionado del grupo que consiste en (met)acrilato de alilo, divinilbenceno, maleato de dialilo, fumarato de dialilo, ftalato de dialilo, cianurato de trialilo, isocianurato de trialilo y acrilato de diciclopentadienilo (DCPA);

(B13) del 0 % al 10 % en peso, en relación con la base de injerto B1, de al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno, (alquil C_1-C_4)estireno, acrilonitrilo, metacrilonitrilo, isopreno, butadieno, cloropreno, metacrilato de metilo, di(met)acrilato de alquilenglicol y metil vinil éter,

en donde la suma de los componentes B11, B12 y B13 es igual al 100 % en peso; y

(B2) del 10 % al 50 % en peso, preferentemente del 10 % al 45 % en peso, en especial del 35 % al 45 % en peso, en relación con el copolímero injertado B, de al menos una cubierta de injerto B2 que se obtiene mediante polimerización en emulsión en presencia de al menos una base de injerto B1 que comprende:

(B21) del 75 % al 80 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de un monómero B21 seleccionado del grupo que consiste en estireno, alfa-metilestireno y mezclas de estireno y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en alfa-metilestireno, p-metilestireno y (met)acrilato de alquilo C_1-C_8; y

(B22) del 20 % al 25 % en peso, en relación con la cubierta de injerto B2, de al menos un monómero B22 seleccionado del grupo que consiste en acrilonitrilo y mezclas de acrilonitrilo y al menos otro monómero seleccionado del grupo que consiste en metacrilonitrilo, acrilamida, metil vinil éter, anhídridos de ácidos carboxílicos insaturados e imidas de ácidos carboxílicos insaturados;

(II) del 0 % al 40 % en peso de una o más fibras F, preferentemente fibras F seleccionadas de fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras de aramida y fibras basálticas, en especial fibras de vidrio, que opcionalmente comprenden en su superficie un grupo funcional G-I que forma un enlace covalente con el grupo funcional M-I de un monómero A2; y

(III) del 0 % al 20 % en peso de un policarbonato aromático, en especial bisfenol A;

(IV) del 0 % al 10 % en peso de uno o más (co)polímeros adicionales seleccionados del grupo que consiste en poliolefinas, poliésteres, poliamidas, poli(óxido de p-fenileno), poli(sulfuro de fenileno), poli(metacrilato de metilo), poli(metacrilamida), estireno-anhídrido maleico, poliéteres, poliimidas y polioximetileno; y

(V) del 0,1 % al 5 % en peso de uno o más aditivos de polímeros.

10. Un procedimiento para preparar una pieza polimérica P según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende al menos una etapa seleccionada del grupo que consiste en extrusión de una lámina seguida de termoformado, moldeado por inyección, moldeado por rotación, moldeado por extrusión y soplado, impresión 3D, conformado con presión, conformado en vacío, conformado con distensión o una combinación de dos o más de los mismos.

11. Un procedimiento para proteger una pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, mediante una cubierta protectora contra la erosión que comprende o que consiste en la pieza polimérica P de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la reivindicación 10, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

(i) determinar las dimensiones de la pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, que se va a proteger, opcionalmente mediante la realización de un escaneado 3D;

(ii) preparar la cubierta protectora contra la erosión que comprende o que consiste en la pieza polimérica P según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la reivindicación 10 que se ajusta sobre la pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, que tiene las dimensiones determinadas en la etapa (i); y

(iii) instalar la cubierta protectora contra la erosión preparada en la etapa (ii) sobre la pala de turbina eólica (W), o una parte de la misma, opcionalmente combinada con uno o más adhesivos y/o por medio de soldadura de plásticos; y

(iv) opcionalmente, rebajar o carenar uno o más bordes y/o alisar, teñir y/o sellar la superficie de la cubierta protectora contra la erosión.

12. Un procedimiento para reparar una pala de turbina eólica (W), comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

(i) identificar una o más partes dañadas de una pala de turbina eólica (W) y, opcionalmente, cortar, amolar o lijar los segmentos que tienen las partes dañadas de la pala de turbina eólica (W), obteniendo con ello al menos una cavidad o muesca en la pala de turbina eólica (W);

(ii) cubrir o rellenar el punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado de la etapa (i) con una pieza polimérica P según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la reivindicación 10, en donde la pieza polimérica P se prepara mediante:

(a) un proceso *ex situ* que comprende las siguientes etapas:

(a-i) determinar las dimensiones de la parte dañada de la etapa (i), opcionalmente realizando un escaneado 3D;

(a-ii) preparar una pieza polimérica P según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la reivindicación 10 que se ajusta sobre o dentro del punto, cavidad, muesca o borde desportillado que tiene las dimensiones determinadas en la etapa (a-i); y

(a-iii) instalar la pieza polimérica P preparada en la etapa (a-ii) sobre o dentro de la parte dañada de la etapa, opcionalmente combinada con uno o más adhesivos y/o mediante soldadura de plásticos; o

(b) un proceso *in situ* que comprende la etapa de curar la pala de turbina eólica (W) con una masa fundida que comprende los componentes de la pieza polimérica P, como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, opcionalmente mediante soldadura de plásticos; y

(iii) opcionalmente, rebajar o carenar uno o más bordes y/o alisar, teñir y/o sellar la superficie de la pala de turbina eólica (W) o la parte reparada de la misma.

13. Un procedimiento para reparar una pala de turbina eólica (W), comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

(i) identificar una pieza de ensamblaje al menos parcialmente dañada de una pala de turbina eólica (W) que tiene una o más partes dañadas;

(ii) retirar la pieza de ensamblaje al menos parcialmente dañada identificada en la etapa (ii); y

(iii) reemplazar la pieza de ensamblaje al menos parcialmente dañada retirada por las respectivas piezas de ensamblaje que comprenden o que consisten en una pieza polimérica P según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la reivindicación 10; y

(iv) opcionalmente, rebajar o carenar uno o más bordes y/o alisar, teñir y/o sellar la superficie de la pala de turbina eólica (W) o la parte reparada de la misma.

14. Una pala de turbina eólica (W) **que se caracteriza porque** dicha pala de turbina eólica (W) comprende la pieza polimérica P de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 o la pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la reivindicación 10 y/o **porque** se obtiene a partir de un procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13.

15. Una turbina eólica que comprende una pala de turbina eólica (W) de la reivindicación 14.

16. Un kit K para proteger o reparar una pala de turbina eólica (W), en especial según un procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, comprendiendo dicho kit:

una pieza polimérica P según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la reivindicación 10 que se ajusta en una parte dañada de la pala de turbina eólica

(W), o una masa para moldear para preparar una pieza polimérica P según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 o una pieza polimérica P que se obtiene a partir de un procedimiento de la reivindicación 10 que se ajusta en una parte dañada de la pala de turbina eólica (W);

opcionalmente, un adhesivo para fijar la pieza polimérica P sobre o dentro del punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado;

opcionalmente, una o más herramientas para instalar la pieza polimérica P en la pala de turbina eólica (W) que se va a proteger o reparar, seleccionadas del grupo que consiste en tijeras para recortar, cepillos, toallitas limpiadoras y medios abrasivos;

opcionalmente, un recipiente en el que se envasa el kit;

opcionalmente, un recipiente en el que puede transportarse la pieza polimérica P;

opcionalmente, uno o más medios para el acabado de la superficie FI seleccionados del grupo que consiste en tintes, agentes de sellado y agentes de pulido;

opcionalmente, uno o más medios para determinar el tamaño del punto, la cavidad, la muesca o el borde desportillado que se va a rellenar o cubrir; y

opcionalmente, instrucciones para el usuario para proteger o reparar una pala de turbina eólica (W), en especial instrucciones para el usuario para llevar a cabo un procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13.

Fig. 1

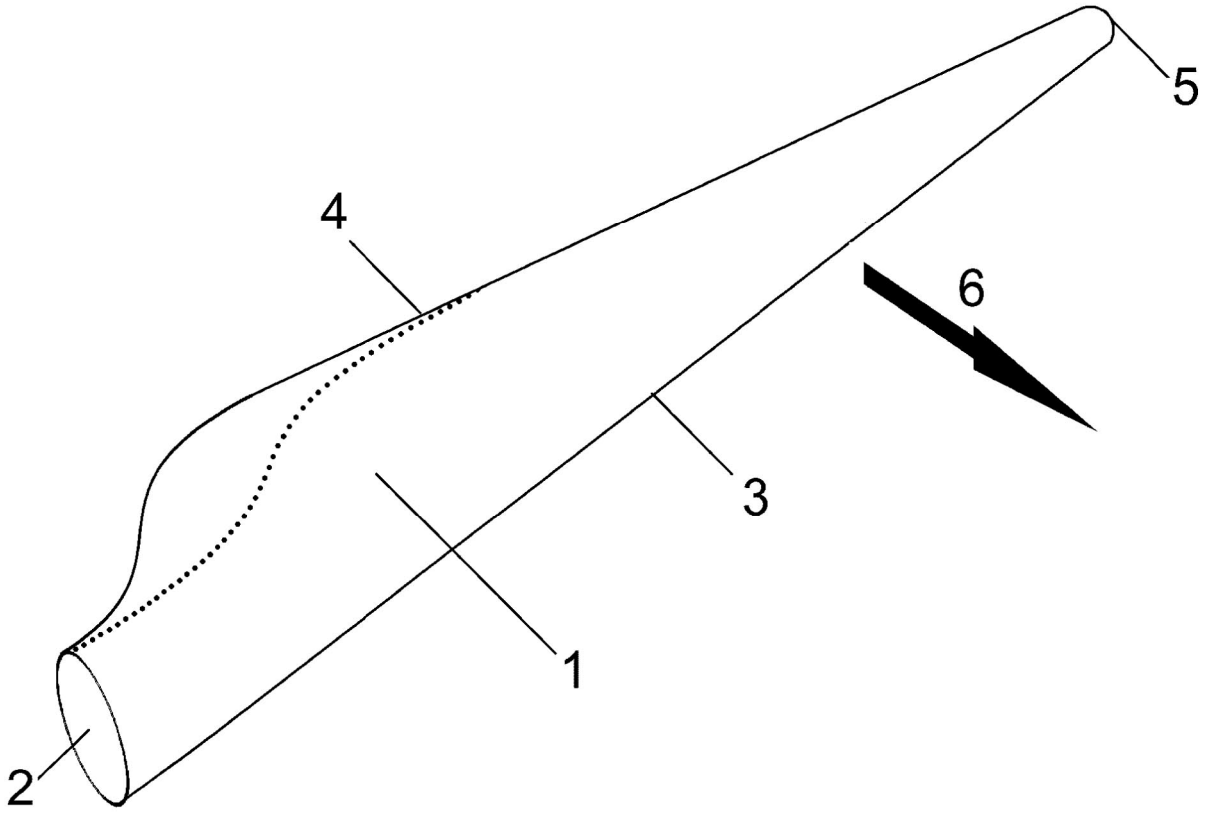


Fig. 2

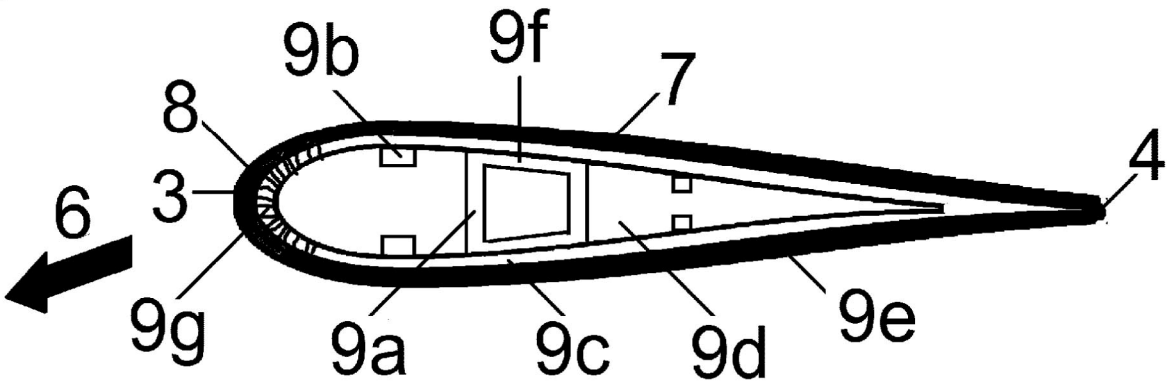


Fig. 3

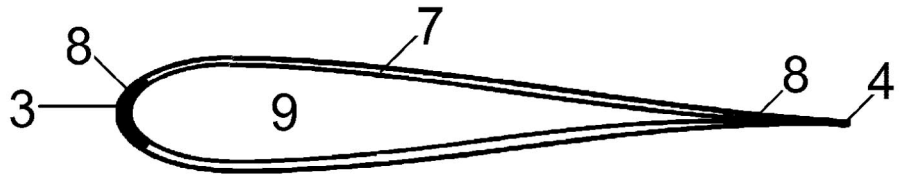


Fig. 4

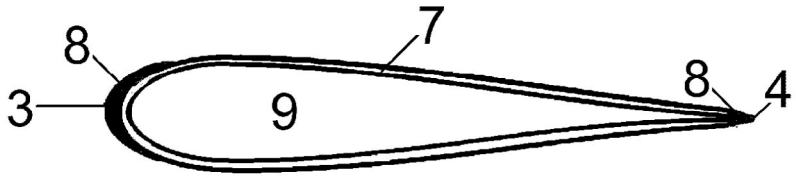


Fig. 5

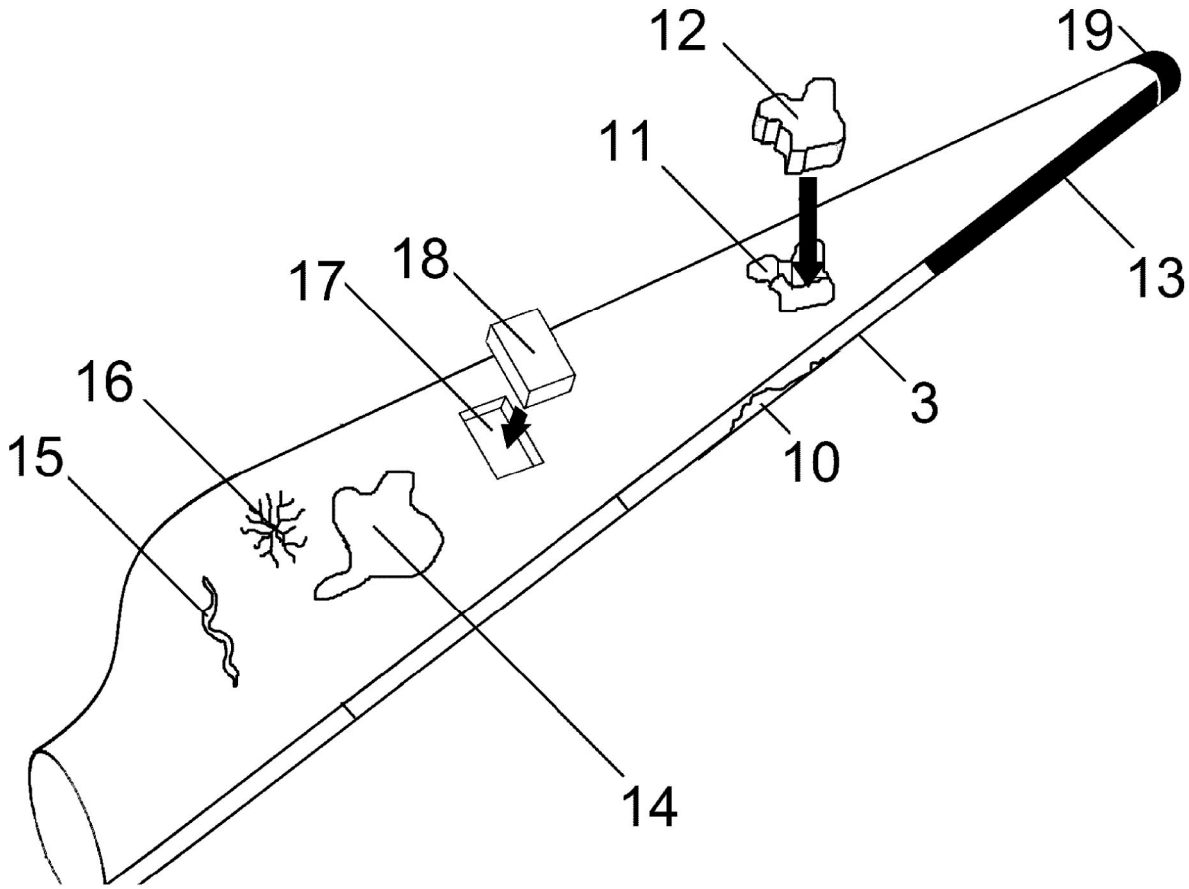


Fig. 6

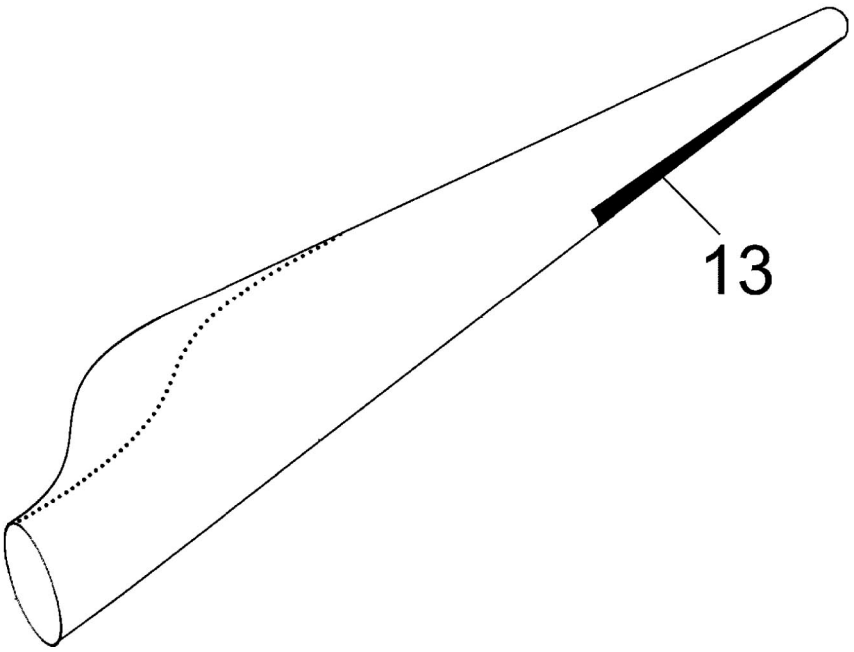


Fig. 7

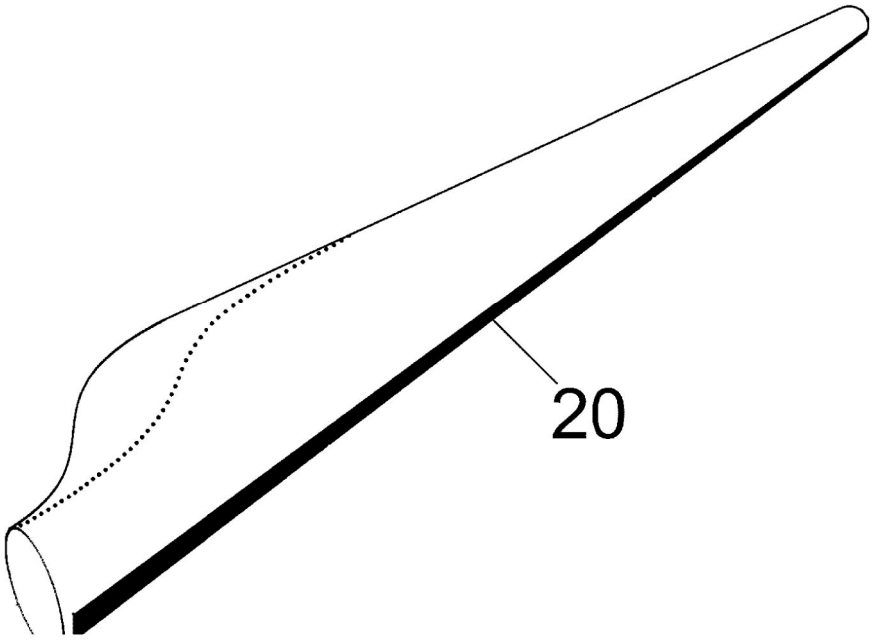


Fig. 8

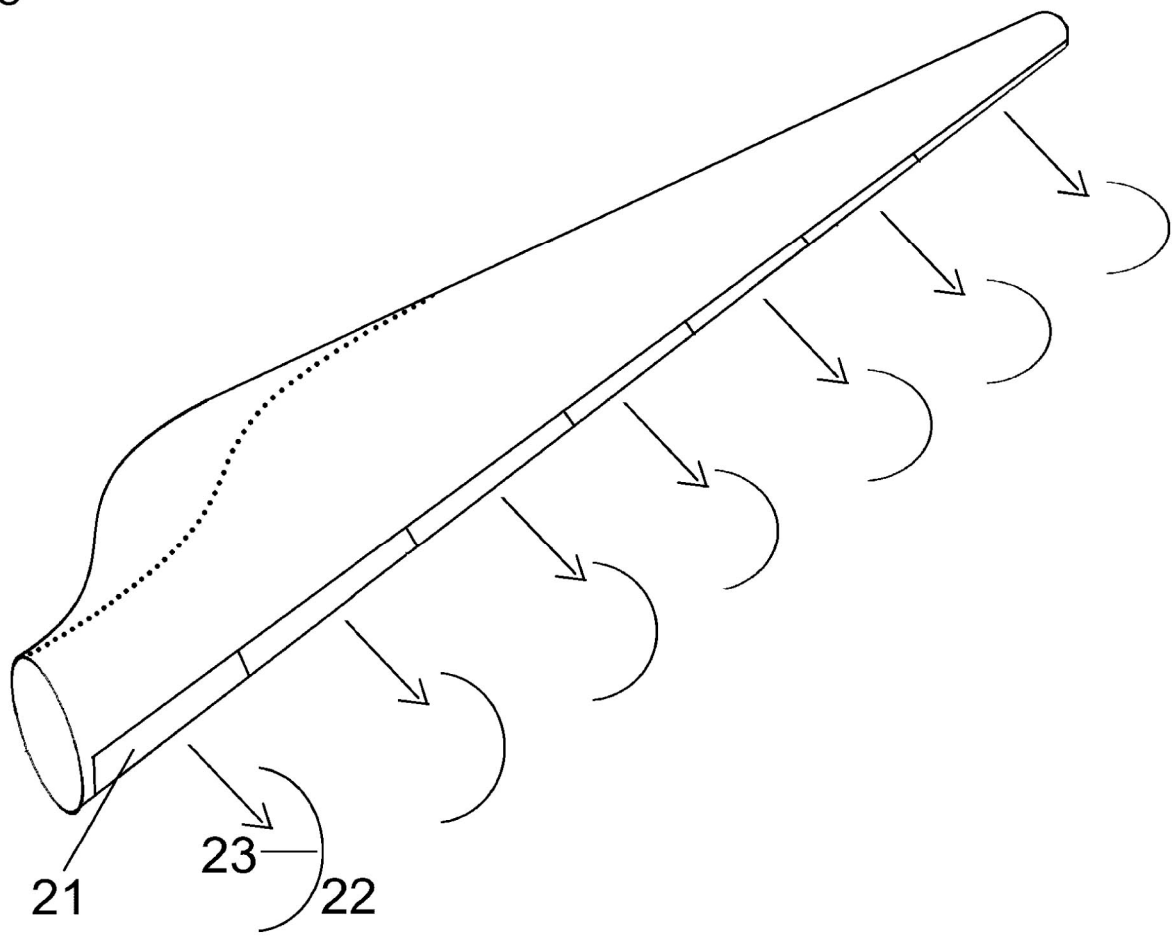


Fig. 9

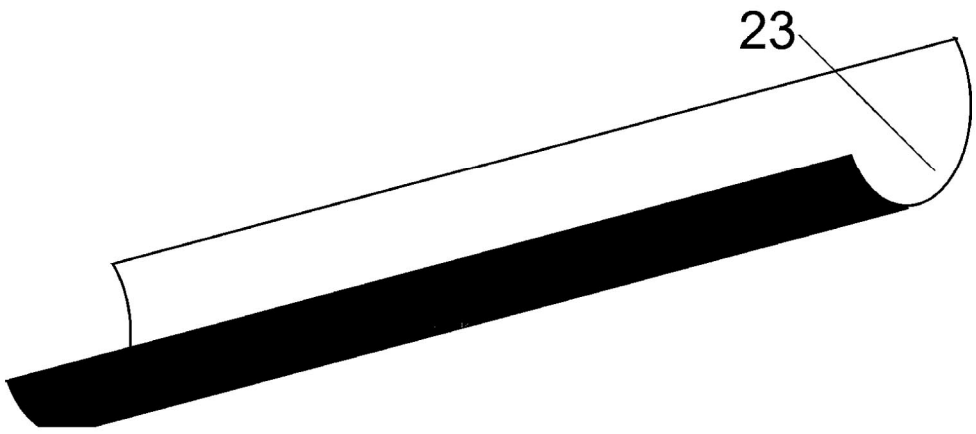


Fig. 10

