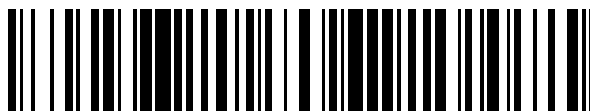


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 568**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

B29C 70/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2010** **E 13187135 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017** **EP 2687719**

54 Título: **Pala de rotor, elemento de pala de rotor y procedimiento de fabricación**

30 Prioridad:

20.04.2009 DE 102009002501

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

06.10.2017

73 Titular/es:

**WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Dreekamp 5
26605 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

**MUSCHKE, SVEN y
LINK, TORSTEN**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 636 568 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Pala de rotor, elemento de pala de rotor y procedimiento de fabricación

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación para un elemento de pala de rotor o un apala de rotor.

Las palas de rotor para instalaciones de energía eólica se conocen desde hace mucho tiempo y están descritas por ejemplo en los documentos DE 102004007487 A1 y DE 10319246 A1. En su servicio están expuestas a cargas elevadas por la presión del viento, la erosión, variaciones de la temperatura, radiación ultravioleta, así como precipitaciones. Al mismo tiempo, no obstante, las palas de rotor deben ser lo más ligeras posibles, para mantener lo más reducidas posibles las cargas por flexión que actúan sobre un cubo de pala de rotor eventualmente existente, así como los cojinetes correspondientes y la torre de la instalación de energía eólica. Ha resultado ser recomendable fabricar las palas de rotor a partir de elementos individuales y de unir estos elementos formando una pala de rotor a modo de una cámara hueca. Como elementos de pala de rotor se usan habitualmente un lado de presión de la pala de rotor, un lado de aspiración de la pala de rotor y una o varias almas de unión para unir y reforzar el lado de presión y el lado de aspiración de la pala de rotor. También ha dado buenos resultados en la práctica realizar el lado de presión y el lado de aspiración de la pala de rotor en una pieza y disponer ya en esta fabricación almas en los puntos necesarios.

Las palas de rotor y los elementos de pala de rotor se fabrican habitualmente en un procedimiento de conformación, en el que se insertan materiales de fibras y/o materiales para el núcleo, en particular madera de balsa, en un molde para un elemento de pala de rotor y se solicitan con una resina que endurece para formar un material compuesto resistente en el sentido arriba indicado. Es recomendable usar la resina como resina de infusión en un procedimiento de infusión al vacío. Los procedimientos de fabricación para los elementos compuestos de este tipo están descritos, por ejemplo, en el documento DE 10344379 A1. En un procedimiento de infusión de este tipo se introduce en primer lugar un agente desmoldeador en un molde de fabricación, por ejemplo, una lámina de desmoldeo o un desmoldeador. A continuación, se colocan los materiales de fibras encima, por ejemplo, capas de fibras de vidrio y se cubren con una lámina de vacío. La lámina de vacío se estanqueiza a lo largo de los bordes del molde de fabricación. Mediante aspiración de aire del material de fibras se genera una depresión entre la lámina de vacío y el molde de fabricación, denominada en parte también "vacío". Al mismo tiempo se aspira una resina de infusión endurecible de una reserva a la zona solicitada con depresión, para impregnar el material de fibras y ser distribuida uniformemente en el mismo. Hay que procurar en particular que el material de fibras quede impregnado lo más completamente posible, para evitar inclusiones de gas y microporos que reducen la estabilidad. Habitualmente se intenta favorecer mediante varias alimentaciones de la resina de infusión endurecible una impregnación uniforme del material de fibras con la resina de infusión. La resina de infusión endurecible se somete aún en el molde de fabricación a una reacción de endurecimiento para unirse con el material de fibras formando un elemento compuesto sólido. De forma opcional, el elemento compuesto puede seguir endureciendo una vez retirado del molde de fabricación.

El documento EP 1625929 A1 se refiere a un molde para la fabricación de un producto moldeado, que presenta un laminado de un material superficial termoplástico y un material estructural. Además, el documento EP 1625929 A1 se refiere a un procedimiento para moldear un producto de un material compuesto, en particular un producto grande.

El inconveniente de los procedimientos de conformación conocidos como el que se ha descrito anteriormente es que para el desmoldeo han de tomarse medidas especiales, para impedir una adherencia del elemento compuesto endurecido al molde o para permitir una separación del elemento compuesto del molde sin que sufra daños importantes la superficie del elemento compuesto moldeado. Anteriormente a la presente invención, para ello deben usarse por ejemplo recubrimientos de desmoldeo de los moldes usados y/o los moldes deben recubrirse antes de introducir el material de fibras con una lámina de desmoldeo o similares, que debía separarse del elemento compuesto moldeado después del moldeo y que debía ser eliminada. Las láminas de desmoldeo y su uso están descritos por ejemplo en el manual "Faserverbundbauweisen: Fertigungsverfahren mit duroplastischer Matrix", editorial Springer, 1999, bajo la palabra clave "Trennfolien". Además, se necesitan láminas como láminas de vacío. Estas láminas cubren el material de fibras e impiden la entrada de aire durante la infusión con la resina que endurece. Las láminas de vacío también deben retirarse tras la infusión de la pala de rotor o del elemento de pala de rotor. Además, un elemento compuesto fabricado en un procedimiento de infusión al vacío presenta microporos en su superficie en su interior. En particular, los microporos en la superficie de una pala de rotor o de un elemento de pala de rotor son poco favorables, puesto que generan irregularidades que pueden formar puntos de ataque para influencias atmosféricas y que reducen, por lo tanto, la durabilidad de la superficie. De forma similar, los microporos en el interior de un elemento de pala de rotor o de una pala de rotor pueden reducir la durabilidad y/o estabilidad de la pala de rotor o del elemento de pala de rotor. Por lo tanto, en muchos casos es necesario cerrar los microporos mediante una masilla tapaporos, antes de endurecer completamente la resina de infusión endurecible. En muchos casos, también es necesario repasar la superficie para cerrar los microporos

allí dispuestos.

Para obtener una superficie lo más duradera posible y resistente a influencias atmosféricas y erosión, se ha intentado usar una capa superficial con un procedimiento de recubrimiento de gel como está descrito en el documento DE 10344379 A1. El inconveniente es que en un procedimiento de este tipo debe respetarse un tiempo de procesamiento máximo, hasta que la mezcla para el recubrimiento de gel haya reaccionado hasta tal punto que pueda recubrirse con material de fibras. Esto conduce a una ralentización no deseada del procedimiento de fabricación de una pala de rotor o de un elemento de pala de rotor. Además, después de la introducción de la mezcla del recubrimiento de gel debe seguirse rápidamente con el trabajo para permitir una reacción de la resina de infusión y de la mezcla del recubrimiento de gel parcialmente solidificada. Si se espera demasiado tiempo tras haber transcurrido el período de aplicación, la resina de infusión y la capa superficial de recubrimiento de gel no se unen suficientemente entre sí, de modo que queda reducida la durabilidad del elemento de pala de rotor o de la pala de rotor así fabricados. Por lo tanto, no es posible interrumpir la fabricación de un elemento de pala de rotor o de una pala de rotor a libre elección en caso de usar un procedimiento de recubrimiento de gel; de este modo, la fabricación de un elemento de pala de rotor o de una pala de rotor se vuelve inflexible de una forma no deseada. También supone un inconveniente que según la mezcla usada como recubrimiento de gel queda limitada la elección del agente desmoldeador. Si el agente desmoldeador y la mezcla del recubrimiento de gel no son compatibles, se llegan a producir puntos defectuosos en la superficie. Además, en la fabricación de una mezcla de un recubrimiento de gel no puede excluirse que los componentes no queden suficientemente bien mezclados. Esto conduce a una superficie de una estructura irregular con puntos defectuosos, en los que, por ejemplo, no puede adherirse suficientemente un barniz. Los puntos defectuosos de este tipo deben repasarse a mano, lo cual es costoso, para evitar que se desprenda barniz en un momento temprano. Además, hay que tener en cuenta que las mezclas para el recubrimiento de gel son fluidas, de modo que al introducirlas en el molde de fabricación tienden a fluir hacia abajo descendiendo al molde. Para garantizar en cualquier punto un espesor suficiente de una capa superficial fabricada en un procedimiento de recubrimiento de gel, por lo tanto, es necesario usar un exceso de la mezcla para el recubrimiento de gel. A pesar de ello, una capa superficial fabricada en un procedimiento para un recubrimiento de gel no podrá presentar el mismo espesor en cualquier punto de una pala de rotor o de un elemento de pala de rotor.

Los procedimientos de fabricación anteriormente indicados requieren mucho tiempo y son contaminantes por los materiales que se usan en los mismos, en particular los recubrimientos superficiales y las láminas de desmoldeo usadas como artículos desechables. Por lo demás, en muchos casos es necesario un tratamiento posterior de la superficie del elemento compuesto, en particular de la superficie de una pala de rotor o de un elemento de pala de rotor, para rectificar por ejemplo las estrías y cantos provocados por las láminas de desmoldeo de la superficie o para reparar daños en la superficie, que se generan al retirar el elemento compuesto de un molde con una capa de desmoldeo defectuosa. Los residuos del agente desmoldeador en la superficie de una pala de rotor o de un elemento de pala de rotor, que pueden formarse en particular al usar recubrimientos de desmoldeo en lugar de láminas de desmoldeo, deben eliminarse además de forma costosa a mano y los puntos defectuosos de la superficie que se generan deben repararse.

Ante este panorama, la presente invención sirve para eliminar o reducir los inconvenientes anteriormente descritos. Otras ventajas de la invención se describirán detalladamente a lo largo de la descripción, incluidos los ejemplos, o son evidentes para el experto.

Por lo tanto, se indica según la invención un procedimiento para la fabricación de una pala de rotor o de un elemento de pala de rotor según la reivindicación 1.

Si bien en principio ya se conocen palas de rotor o elementos de pala de rotor con láminas dispuestas en su superficie, o bien estas láminas pueden retirarse de la pala de rotor o del elemento de pala de rotor, como por ejemplo una lámina de vacío o de desmoldeo, o bien no han reaccionado con la resina para la formación de un elemento de pala de rotor sino que, por lo contrario, se han pegado como una lámina protectora contra la erosión en la pala de rotor o el elemento de pala de rotor o se han fijado de otro modo, dado el caso de forma amovible, posteriormente en la pala de rotor o el elemento de pala de rotor. No obstante, según la invención puede evitarse el pegamento para unir la lámina superficial a la resina o al material de fibras. Puesto que, como muestra la experiencia, los pegamentos pueden fallar durante el servicio de una pala de rotor o de un elemento de pala de rotor de una instalación de energía eólica y la lámina protectora contra la erosión se desprende en este caso en parte o por completo de la pala de rotor o del elemento de pala de rotor, la invención permite eliminar esta fuente de fallos. Se añade el hecho de que las láminas pegadas, como las láminas protectoras contra la erosión, tienen un canto, en el que termina la lámina quedando al descubierto la pala de rotor o el elemento de pala de rotor restante. En estos cantos pueden atacar fácilmente las influencias atmosféricas y pueden conducir a un daño de la lámina y una reducción de su vida útil. Por lo demás, las láminas protectoras contra la erosión tampoco sirven para la conformación de la pala de rotor o del elemento de pala de rotor, sino que están previstas

para el desgaste y no tienen que cumplir los requisitos descritos al principio que se exigen de palas de rotor y elementos de pala de rotor. Por lo tanto, para la conformación de una pala de rotor o de un elemento de pala de rotor, el experto no se orienta a láminas de este tipo pegadas posteriormente en la pala de rotor o el elemento de pala de rotor acabado de conformar. En el sentido de la presente invención, por una lámina superficial se entiende una lámina tal que, tras un endurecimiento al menos parcial de la resina endurecible, ha reaccionado de tal modo con la resina que ya no puede retirarse de la resina sin destrucción de la lámina y/o de la resina; está unida en el sentido de la invención de forma no separable ("en una pieza") a la resina. Esto puede comprobarse preferiblemente mediante la determinación del valor de resistencia adhesiva al tiro de la forma descrita más adelante. Es recomendable que las láminas superficiales no tengan ningún recubrimiento que dificulte o impida una reacción de la resina con la lámina.

- 10 La pala de rotor o el elemento de pala de rotor presenta en particular en su fabricación una serie de ventajas. En caso de una elección adecuada del material de lámina, en particular es posible renunciar a láminas de desmoldeo o agentes desmoldeadores especiales de un molde eventualmente usado para la fabricación de la pala de rotor o del elemento de pala de rotor. La invención permite, además, renunciar a láminas de vacío en la fabricación de palas de rotor y de elementos de pala de rotor. De este modo se suprimen numerosas etapas en la conformación de palas de rotor y
- 15 elementos de pala de rotor, en particular la introducción y comprobación de la lámina de vacío y/o de desmoldeo introducida, así como la separación y eliminación de la lámina de vacío y/o de desmoldeo de la pala de rotor o del elemento de pala de rotor conformado, así como un tratamiento posterior de la superficie, dado el caso necesario en otro caso, por ejemplo para igualar los defectos superficiales provocados por una lámina de desmoldeo, como estrías o cantos. Por lo tanto, la invención permite una aceleración del procedimiento de fabricación para palas de rotor y elementos de pala de rotor en un grado sorprendente, así como una reducción de los costes de fabricación. Además, un elemento de pala de rotor o una pala de rotor según la invención puede fabricarse sin microporos en su superficie provista de la lámina superficial, sin que para ello sea necesario usar una masilla tapaporos. La ausencia de microporos conduce a una resistencia a las influencias atmosféricas y a la erosión mejorada de una forma ventajosa en comparación
- 20 con los elementos de pala de rotor y palas de rotor convencionales. Además, un elemento de pala de rotor o una pala de rotor según la invención presenta una capa superficial de un espesor uniforme, formada por la lámina superficial, cuyo espesor no varía fuertemente en superficies pequeñas, como se describirá a continuación más detalladamente, como podría observarse una y otra vez en el caso de los líquidos aplicados en el procedimiento de recubrimiento de gel.
- 25 Fue especialmente sorprendente que realmente pudieran encontrarse láminas que cumplieran los requisitos estrictos descritos al principio que se exigen de palas de rotor y elementos de pala de rotor y que pudieran reaccionar al mismo tiempo con la resina endurecible para formar un elemento de pala de rotor o una pala de rotor. En particular, no podía contarse con ello porque en el campo técnico de la invención hasta ahora se usaban sólo láminas desechables y de desgaste con una durabilidad reducida en comparación con la vida útil total de una pala de rotor o de un elemento de
- 30 pala de rotor, en particular láminas de vacío, láminas de desmoldeo y láminas protectoras contra la erosión. Además, el experto tenía que tener en cuenta que por la reacción de la resina con la lámina superficial cambian las propiedades de material de la lámina superficial. En vista de la vida útil larga pretendida de la pala de rotor o del elemento de pala de rotor, seguramente a los expertos les parecía demasiado arriesgado o demasiado poco prometedor estudiar más detalladamente el uso de láminas superficiales para la fabricación de palas de rotor o elementos de pala de rotor
- 35 conformados.

- La lámina superficial y la resina han reaccionado químicamente entre sí y no están unidas entre sí sólo por los efectos físicos, como por ejemplo adhesión o depresión. La reacción requiere preferiblemente la realización de enlaces covalentes entre el material de la lámina y la resina endurecida o endurecedora. La lámina superficial se une de forma inseparable ("en una pieza") a la pala de rotor mediante la reacción como se ha descrito anteriormente. A continuación, se describirán más detalladamente materiales adecuados para las láminas superficiales y resinas.
- 40

- En formas de realización especialmente preferibles, la pala de rotor o el elemento de pala de rotor comprende un material de fibras que está impregnado con la resina endurecible o endurecida en el elemento de pala de rotor acabado o en la
- 45 pala de rotor acabada. Un material de fibras preferible son fibras de vidrio y/o fibras de carbono. Además del material de fibras, la pala de rotor o el elemento de pala de rotor también pueden contener otros materiales de núcleo como cuerpo estructural, por ejemplo, elementos de madera de abedul y/o de balsa y/o cuerpos de espuma. En la medida en la que, en esta descripción, los ejemplos y las reivindicaciones se habla de una pala de rotor o de un elemento de pala de rotor, esto se refiere también a una pala de rotor o un elemento de pala de rotor que contiene un material de fibras, impregnado
- 50 con la resina, siempre que no resulte expresamente otra cosa por el contexto. Una ventaja de las palas de rotor y elementos de pala de rotor que contienen un material de fibras de este tipo es su estabilidad acompañada de un peso reducido. También es ventajosa la buena conformabilidad antes de haber endurecido la resina.

El elemento de pala de rotor para una instalación de energía eólica es preferiblemente un alma, una coquilla exterior de

la pala de rotor y las partes de la misma, en particular una semicoquilla del lado de presión (denominado también lado de presión de la pala de rotor) o del lado de aspiración (denominado también lado de aspiración de la pala de rotor) un canto delantero de la pala de rotor, un canto posterior de la pala de rotor, una punta de la pala de rotor, una brida de larguero, una escuadra para pegar, un refuerzo por brida, un refuerzo interior para los medios de fijación, una cámara de lastre o una cámara de equilibrado. Los elementos de pala de rotor especialmente preferibles según la invención son semicoquillas del lado de aspiración y del lado de presión.

Los elementos de pala de rotor de este tipo presentan en parte unas medidas grandes. Esto exige requisitos adicionales de la lámina superficial, puesto que números materiales de láminas no pueden comprarse habitualmente en medidas suficientemente grandes en el comercio. Las medidas especialmente preferibles de elementos de pala de rotor y palas de rotor son:

- coquilla exterior, incluido el lado de presión de la pala de rotor y/o el lado de aspiración de la pala de rotor, bridas de larguero, escuadras para pegar: longitud de 1 m a 150 m, preferiblemente de 1,8 m a 80 m y de forma especialmente preferible de 3 m a 60 m; anchura máxima: de 0,05 m a 20 m, preferiblemente de 0,1 m a 12 m y de forma especialmente preferible de 0,2 m a 7 m;

- almas: longitud de 0,2 m a 150 m, preferiblemente de 0,5 m a 80 m y de forma especialmente preferible de 1 m a 50 m; anchura máxima: de 0,01 m a 20 m, preferiblemente de 0,03 m a 12 m y de forma especialmente preferible de 0,5 m a 7 m.

Por consiguiente, es preferible una pala de rotor o un elemento de pala de rotor en la/el que la lámina superficial tiene una superficie de $0,001 \text{ m}^2$ a 3000 m^2 , preferiblemente de $0,003 \text{ m}^2$ a 1300 m^2 y de forma especialmente preferible de $0,005 \text{ m}^2$ a 500 m^2 .

Es especialmente preferible que la lámina superficial de la pala de rotor o del elemento de pala de rotor esté realizada en una pieza y no esté compuesta por varios trozos separados de lámina. En la medida en la que, en esta descripción, incluidos los ejemplos, así como la reivindicación se habla de una lámina superficial, esto siempre se refiere al menos a una lámina superficial realizada en una pieza, siempre que no se indique expresamente otra cosa.

No obstante, en otra forma de realización preferible ha de preverse una lámina superficial soldable, de modo que la pala de rotor o el elemento de pala de rotor tiene varias láminas superficiales que originalmente son individuales, unidas entre sí mediante soldadura.

Es preferible que la lámina superficial de la pala de rotor o del elemento de pala de rotor presente

a) un espesor medio de 20 a $2500 \mu\text{m}$, preferiblemente de 30 a $1600 \mu\text{m}$, y de forma especialmente preferible de 50 a $1000 \mu\text{m}$, y/o

b) un espesor mínimo de al menos $5 \mu\text{m}$, preferiblemente de al menos $10 \mu\text{m}$.

Estos datos se refieren al espesor de la lámina superficial, después de haber reaccionado la resina con la lámina superficial para formar la pala de rotor o el elemento de pala de rotor en una pieza. Si para la fabricación del elemento de pala de rotor o de la pala de rotor se usa un procedimiento de embutición profunda, como es especialmente preferible y como se describirá a continuación más detalladamente, la lámina superficial puede tener antes de la reacción con la resina un espesor medio más grande o un espesor mínimo más grande, para compensar la pérdida de espesor causada por la embutición profunda. La lámina superficial tiene preferiblemente antes de una embutición profunda de este tipo un espesor de 20 a $2500 \mu\text{m}$, preferiblemente de 30 a $1600 \mu\text{m}$, y de forma especialmente preferible de 50 a $1000 \mu\text{m}$.

En el sentido de un ejemplo de realización, el espesor medio es la media aritmética del espesor de la lámina superficial en un muestreo de lugares al azar representativo para la pala de rotor o el elemento de pala de rotor. El espesor mínimo es a su vez el espesor más fino de la lámina superficial del elemento de pala de rotor o de la pala de rotor correspondiente según la invención.

Una lámina superficial adecuada para la embutición profunda está caracterizada preferiblemente por una extensibilidad del 0 al 1000 %, preferiblemente del 50 al 650 %. Se entiende que, para la fabricación de elementos de pala de rotor no bombeados, la lámina superficial no tiene que ser apta para la embutición profunda.

La lámina superficial es (al menos antes de la reacción con la resina), preferiblemente una lámina polimérica

termoplástica. Son especialmente preferibles las láminas de los polímeros (denominaciones abreviadas según DIN 7728 T1) ABS, AMMA, ASA, CA, CAB, EP, EVA, UF, CF, MF, MPF, PF, PAN, PA, PE, HDPE, LDPE, LLDPE, PC, PET, PMMA, PP, PS, SB, PUR, PVC, RF, SAN, PBT, PPE, POM, PP-EPDM y UP. Es especialmente preferible como lámina superficial una lámina de poliuretano, siendo especialmente preferibles las láminas de poliuretano-éter. Con poliuretano y en particular con láminas de éter correspondientes pueden ajustarse propiedades especialmente buenas de la lámina superficial, así como de la pala de rotor acabada o del elemento de pala de rotor acabado. Las láminas de este tipo son, en particular, muy extensibles y pueden usarse por consiguiente bien en un procedimiento de fabricación mediante embutición profunda, como ha de usarse para las palas de rotor y los elementos de pala de rotor. Las láminas superficiales de este tipo pueden fabricarse, además, sin microporos y mantienen la ausencia de microporos también tras una etapa de embutición profunda prevista para las palas de rotor y los elementos de pala de rotor. Esto alarga la vida útil de una pala de rotor o de un elemento de pala de rotor provisto de una lámina superficial. Las láminas superficiales alifáticas son además resistentes contra las influencias atmosféricas y el agua condensada, lo cual es una ventaja; puesto que los materiales seleccionados de este tipo son además resistentes a la radiación ultravioleta, pueden proteger además el material dispuesto por debajo, en particular la resina endurecida al menos en parte, contra la radiación ultravioleta.

Las láminas superficiales también pueden ser en particular bien soldables y facilitan así reparaciones pequeñas durante la duración de servicio o la fabricación de la pala de rotor o del elemento de pala de rotor, como en ocasiones son inevitables, por ejemplo, por el impacto de pequeñas piedras o de granizo. Es especialmente ventajoso que las láminas superficiales de este tipo puedan soldarse con procedimientos habituales. En lugar de láminas soldables, para palas de rotor y elementos de pala de rotor seleccionados también pueden usarse láminas superficiales tubulares.

Además, es especialmente ventajoso para las instalaciones de energía eólica que sea posible imprimir, teñir o proveer de forma duradera con tinta las láminas de poliuretano, de modo que pueden aplicarse, por ejemplo, señalizaciones como son necesarias por razones relacionadas con la seguridad de los vuelos. Las señalizaciones correspondientes se describirán más adelante. Las láminas superficiales con materiales de lámina de este tipo y en particular las láminas superficiales de poliuretano presentan una buena resistencia a las temperaturas y a las influencias atmosféricas, no contienen disolventes y/o plastificantes, lo cual es ventajoso, y tienen preferiblemente una gran resistencia a la abrasión y una gran resistencia a la penetración por impacto.

Antes de la reacción con la resina, la lámina superficial para elementos de pala de rotor o palas de rotor está preferiblemente reticulada de forma incompleta o es un prepolímero. Gracias a la reticulación incompleta, la lámina superficial es adecuada de forma ventajosa para la reacción y para la formación de enlaces covalentes con la resina endurecible para formar una pala de rotor o un elemento de pala de rotor realizado en una pieza en el sentido de la invención. Esto puede favorecerse preferiblemente porque la lámina superficial es provista por ejemplo mediante un tratamiento con plasma con grupos reactivos adicionales, en particular con grupos OH. Gracias al tratamiento con plasma y los grupos reactivos adicionales puede conseguirse una reacción especialmente íntima de la lámina superficial con la resina, para formar una pala de rotor o un elemento de pala de rotor realizado en una pieza en el sentido de la invención.

Es recomendable que la resina endurecible para un elemento de pala de rotor o una pala de rotor sea una resina de reacción y preferiblemente una resina epoxi. Son especialmente preferibles las resinas epoxi de baja viscosidad sin disolventes o sustancias de carga. Los sistemas de resinas epoxi de este tipo pueden usarse preferiblemente para el procesamiento de fibras de vidrio, fibras de carbono y/o fibras de aramida y son adecuados para la fabricación de componentes bajo altas cargas estáticas y dinámicas, como palas de rotor y elementos de pala de rotor.

Se entiende que la resina endurecible tras la reacción con la lámina superficial para formar una pala de rotor o un elemento de pala de rotor en una pieza ya no tiene que ser endurecible en mayor grado o al menos no sustancialmente. El experto entiende por el concepto "resina endurecible" en relación con la presente invención una indicación de una propiedad básica de la resina y no como propiedad de material aun realmente existente en la pala de rotor o en el elemento de pala de rotor. Tras la reacción de la resina con la lámina superficial para formar la pala de rotor o el elemento de pala de rotor, la resina ha de entenderse como ya endurecida, siempre que no se diga expresamente otra cosa, respecto a la lámina superficial, puesto que la resina y la lámina superficial han reaccionado entre sí, de modo que están unidas de forma inseparable entre sí en el sentido de la invención descrito al principio. Por consiguiente, la resina también puede seguir endureciendo tras la realización de una unión inseparable en el sentido de la invención con la lámina superficial, por ejemplo, en su interior. Esto permite retirar un elemento de pala de rotor o una pala de rotor según la invención ya de su molde de fabricación y de cargar el mismo para la fabricación de un nuevo elemento de pala de rotor o de una nueva pala de rotor antes de haber endurecido por completo la resina del elemento de pala de rotor o de la pala de rotor que se acaba de conformar en el molde de fabricación. Para el experto se sobreentiende que el

endurecimiento puede haberse realizado de distintas formas, en particular usándose un agente endurecedor. En la medida en la que, en esta descripción, los ejemplos, y las reivindicaciones no se indique otra cosa, el concepto "resina endurecible" significa preferiblemente siempre un sistema de resina-agente endurecedor.

- 5 El experto puede elegir con ayuda de esta descripción y de los ejemplos unas combinaciones adecuadas de materiales de láminas superficiales y resinas. Puede orientarse en particular por el documento DE 102006051897 A1.

Los materiales de la resina y de la lámina superficial están adaptados de forma especialmente preferible para alcanzar un valor de resistencia adhesiva al tiro de al menos 1 MPa según DIN EN ISO 4624, preferiblemente de al menos 5 MPa.

- 10 Estos valores de resistencia adhesiva al tiro pueden conseguirse en particular mediante una resina epoxi y una lámina de poliuretano. También con estos materiales para la resina y la lámina superficial puede conseguirse un agrietado según DIN EN ISO 4628-4 de 0 (S0) y una descamación según DIN EN ISO 4628-5 de 0 (S0). Antes de una comprobación de las propiedades, la probeta respectivamente usada debe almacenarse durante 7 días en condiciones normalizadas según DIN EN 23270 (23°C, 50 % de humedad relativa del aire).

- 15 También es preferible que la lámina superficial presente en su lado no orientado hacia la resina una rugosidad Rz de un máximo de 8 µm según DIN EN ISO 42087 y 4288 con una distancia medida de al menos 12,5 mm.

- Otra ventaja de las láminas de poliuretano es la ausencia de poros. Esto permite la fabricación de palas de rotor y
20 elementos de pala de rotor especialmente lisos y resistentes.

- La lámina superficial puede ser transparente o teñida. Las láminas superficiales transparentes facilitan detectar puntos defectuosos de la unión entre la lámina superficial y la resina endurecible. La lámina puede ser teñida ya antes de la reacción con la resina, puede cambiarse su color por o durante la reacción o puede teñirse posteriormente, por ejemplo,
25 mediante barnizado. Además, la lámina puede ser mateada o puede matearse tras la reacción. Son especialmente preferibles las láminas superficiales con un grado de brillo no superior a 30 GE según DIN 67530.

- Los elementos de pala de rotor o láminas superficiales teñidas se tienen preferiblemente en uno o varios de los colores gris ágata RAL 7038, rojo tráfico 3020, naranja tráfico RAL 2009, blanco tráfico RAL 9016 y rojo fuego RAL 3000. La pala
30 de rotor o el elemento de pala de rotor puede estar barnizada/barnizado adicionalmente en la lámina superficial. Es preferible una pala de rotor o un elemento de pala de rotor cuya punta está provista de un barniz de señalización en rojo tráfico RAL 3020, naranja tráfico RAL 2009 o rojo fuego RAL 3000.

- Además, se indica una pala de rotor con un elemento de pala de rotor, así como una instalación de energía eólica con
35 una pala de rotor o un elemento de pala de rotor. La instalación de energía eólica realiza las ventajas que pueden conseguirse con la pala de rotor o el elemento de pala de rotor.

- Según otro aspecto se indica además un procedimiento de fabricación de una pala de rotor o de un elemento de pala de rotor de una instalación de energía eólica según la reivindicación 1.
40

Tras la reacción, la resina endurecible y la lámina superficial están unidos de forma inseparable entre sí en el sentido de la invención, al menos en el tramo en el que han reaccionado una con la otra. Tras la reacción, puede separarse la lámina superficial dado el caso sobresaliente, que no ha reaccionado.

- 45 La invención se explicará a continuación más detalladamente con ayuda de los ejemplos.

Ejemplo 1: (No forma parte de la invención) Pala de rotor con lámina superficial como lámina de vacío

- En una forma de realización de la pala de rotor de la instalación de energía eólica según la invención y de su
50 procedimiento de fabricación se pone a disposición un molde para una pala de rotor de dos partes, con cierre. En el molde para la pala de rotor se introduce un recubrimiento para el desmoldeo. En el recubrimiento para el desmoldeo se coloca una estructura suelta de fibras de vidrio, así como según las necesidades un cuerpo formado de madera de balsa y otros materiales de núcleo y componentes insertados. A continuación, se coloca otra capa de una estructura suelta de fibras de vidrio, así como agentes de fluidez para facilitar la infusión de la estructura suelta y de los materiales de núcleo.
55 Finalmente se coloca una lámina superficial de poliuretano como lámina de vacío. La lámina de vacío sirve para mantener un vacío durante la infusión con resina de infusión.

A continuación, el molde se cierra y se evacua el aire mediante la aplicación de un vacío adecuado (valor comprobado: 0,5 mbar de presión absoluta) para la aspiración de una resina epoxi sin sustancias de carga, que contiene un agente

endurecedor. La resina se aspira e infunde en la estructura suelta, preferiblemente a una temperatura de resina de aproximadamente 45 °C.

Tras la infusión, la resina endurece durante aproximadamente 4 horas. A continuación, el molde se abre y se retira la pala de rotor. La lámina superficial ha reaccionado con la resina y ya no puede separarse de la pala de rotor restante sin dañar la lámina superficial y/o la resina endurecida.

A continuación, la pala de rotor puede someterse opcionalmente a un tratamiento superficial, por ejemplo, aplicándose una señalización para garantizar la seguridad de los vuelos.

10

Ejemplo 2: Pala de rotor con lámina superficial en lugar de un recubrimiento de desmoldeo

En otra forma de realización, se fabrica una pala de rotor, sustancialmente de la forma descrita en el ejemplo 1. No obstante, tras la puesta a disposición de un molde para una pala de rotor de dos partes con cierre no se introduce un recubrimiento de desmoldeo en el molde para la pala de rotor. En lugar de ello, se introduce una lámina superficial en el molde para la pala de rotor. En la lámina superficial se coloca de la forma descrita en el ejemplo 1 una estructura suelta de fibras de vidrio, así como según las necesidades un cuerpo formado de madera de balsa y otros materiales de núcleo y componentes insertados. Tras la colocación de otra capa de una estructura suelta de fibras de vidrio y la introducción de agentes de fluidez se coloca una lámina superficial de poliuretano como lámina de vacío. A continuación, de la misma forma que se ha descrito en el ejemplo 1, se infunde una resina epoxi de infusión, se endurece y se retira la pala de rotor y se somete opcionalmente a un tratamiento superficial. La lámina superficial ha reaccionado con la resina y ya no puede separarse de la pala de rotor restante sin dañar la lámina superficial y/o la resina endurecida.

Ejemplo 3. (No forma parte de la invención) Procedimiento de reparación con infusión de resina

25

Se pone a disposición una pala de rotor con una zona superficial defectuosa. La zona superficial defectuosa se quita, de modo que se genera una escotadura en la pala de rotor en lugar de la zona superficial defectuosa. En la escotadura se introduce una estructura suelta de fibras de vidrio. A continuación, se colocan agentes de fluidez para facilitar la infusión de la estructura suelta. La estructura suelta se cubre con una lámina superficial de poliuretano. En la lámina superficial se coloca un cuerpo de conformación para reproducir el contorno superficial original no dañado de la pala de rotor en la zona superficial defectuosa y conseguir una superficie lisa. En la lámina superficial y el cuerpo de conformación se coloca una lámina de vacío, para favorecer el mantenimiento de una depresión durante la infusión y apretar el cuerpo de conformación contra la superficie de la pala de rotor. Mediante la aplicación de una depresión y la aspiración de gas de la estructura suelta de fibras de vidrio se infunde una resina epoxi en la estructura suelta de fibras de vidrio. La resina endurece al menos en parte, de modo que reacciona con la lámina superficial donde la resina y la lámina superficial entran en contacto una con la otra para provocar allí una unión entre la lámina superficial y la resina endurecible inseparable en el sentido de la invención. A continuación, se retiran la lámina de vacío y el cuerpo de conformación y, en la medida necesaria, la lámina superficial no unida a la resina. Se obtiene una superficie de la pala de rotor nuevamente formada con el mismo contorno que la superficie original no dañada, que en caso necesario puede ser barnizada.

40

Ejemplo 4: (No forma parte de la invención) Procedimiento de reparación con aspiración de resina

Como se ha descrito en el ejemplo 3, se genera una escotadura en una pala de rotor en un punto defectuoso para eliminar el punto defectuoso. A diferencia del ejemplo 3, se introduce una estructura suelta de fibras de vidrio en la escotadura que ya está impregnada con un exceso de resina endurecible. A continuación, se prosigue como se describe en el ejemplo 3, de modo que, al aplicarse la depresión, se expulsa la resina sobrante de la estructura suelta de fibras de vidrio. Tras el endurecimiento al menos parcial de la resina se obtiene una superficie de la pala de rotor nuevamente formada con el mismo contorno que la superficie original no dañada, que en caso necesario puede ser barnizada.

45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de una pala de rotor o de un elemento de pala de rotor de una instalación de energía eólica, que comprende las siguientes etapas:
- 5 a) puesta a disposición de un molde,
- b) introducción de una lámina superficial en el molde, opcionalmente tras la puesta a disposición de un agente desmoldeador en el molde,
- 10 c) introducción de un cuerpo de conformación, preferiblemente de un material de fibras en el molde, opcionalmente introducción de otros componentes de la pala de rotor o del elemento de pala de rotor y/u opcionalmente introducción de un agente de fluidez para una resina endurecible,
- 15 d) colocación de una lámina superficial como lámina de vacío,
- e) infusión del cuerpo de conformación, preferiblemente del material de fibras, con una resina endurecible y endurecimiento de la resina para la reacción de las láminas superficiales y de la resina para formar una pala de rotor o un elemento de pala de rotor, en el que la resina y las láminas superficiales están unidas de forma inseparable entre sí.