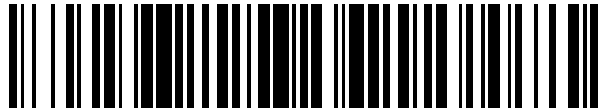


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 760 526**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.07.2015 PCT/EP2015/066039**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.01.2016 WO16008874**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2015 E 15735713 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 3169895**

54 Título: **Pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica para una pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

14.07.2014 EP 14176874

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

14.05.2020

73 Titular/es:

**LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)
Jupitervej 6
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**GARM, JESPER HASSELBALCH;
RASK NIELSEN, GURLI y
QUIRING, PETER**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 760 526 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

Pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica para una pala de turbina eólica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica para una pala de turbina eólica y a un método de fabricación asociado, y a una pala de turbina eólica o conjunto de pala que tiene una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica.

Antecedentes de la invención

10 Pueden usarse envueltas aerodinámicas, también denominadas aeroenvueltas o carenados, en un esfuerzo por presentar un perfil aerodinámico más aerodinámico para secciones de palas de turbina eólica. La publicación de solicitud de patente internacional WO 2013/092852 muestra un conjunto de pala de turbina eólica en el que una parte de pala está montada en una parte de elemento de extensión de pala cilíndrico, usándose una envuelta aerodinámica para convertir eficazmente el elemento de extensión cilíndrico en una porción de pala que tiene un perfil aerodinámico.

15 Sin embargo, aunque el uso de tales envueltas aerodinámicas puede mejorar las prestaciones aerodinámicas de una sección de pala de turbina eólica, también pueden introducir complicaciones adicionales con respecto a la distribución de tensiones y esfuerzos en la estructura de pala de turbina eólica general. En particular, el borde de salida extendido formado por el extremo de la sección de envuelta aerodinámica se somete de manera regular a niveles de tensión relativamente altos durante el funcionamiento de la turbina eólica. Por consiguiente, se requieren niveles aumentados de material de refuerzo para prevenir el fallo de la envuelta aerodinámica, lo cual aumenta el peso y coste eventuales de palas de turbina eólica que usan tales envueltas aerodinámicas.

20 El documento WO 2011/157849 da a conocer una pala dotada de una parte de borde de salida prefabricada para una parte externa de la pala. En una realización, la parte prefabricada está dotada de canales formados en la superficie de la parte que tienen una profundidad de 0 a 10 mm con el propósito de minimizar el ruido.

El documento EP 1 338 793 da a conocer una pala dotada de dientes de borde de salida en una parte externa de la pala con el fin de minimizar las emisiones de ruido.

25 El documento WO 2010/043647 da a conocer una pala dotada de varias secciones de borde de salida, tales como aletas de borde de salida, a lo largo de una parte externa de la pala, y que pueden controlarse de manera individual.

El documento US 2010/0028161 A1 se considera la técnica anterior más cercana y da a conocer una pala con una porción de extensión que tiene una pluralidad de segmentos ubicados adyacentes entre sí en un sentido de la envergadura.

30 Un objetivo de la invención es proporcionar una construcción de envuelta aerodinámica que sea relativamente flexible, y que esté dispuesta para resistir mejor las tensiones y los esfuerzos de funcionamiento cuando se instala como parte de una construcción de pala de turbina eólica.

Sumario de la invención

35 Por consiguiente, se proporciona una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica para una porción de un perfil de una pala de turbina eólica, comprendiendo la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica:

un cuerpo para la unión a un lado de borde de salida de un perfil de una pala de turbina eólica, teniendo el cuerpo un primer extremo para la unión al lado de borde de salida del perfil, y un segundo extremo de borde de salida para formar un perfil de borde de salida aerodinámico extendido para la porción del perfil de la pala de turbina eólica,

40 en la que el cuerpo comprende una pluralidad de hendiduras que se extienden desde dicho segundo extremo de borde de salida hasta un punto ubicado hacia dicho primer extremo.

Según la invención, la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica está preferiblemente adaptada para ajustarse en una porción interna de un perfil de una pala de turbina eólica.

45 La parte o porción interna de la pala tiene preferiblemente una parte sustancialmente cilíndrica, por ejemplo que tiene una sección transversal circular, elíptica u ovalada. La parte o porción interna de la pala está formada como una estructura de soporte de carga de la pala, y puede formarse de manera adicionalmente ventajosa como un elemento de extensión de pala, por ejemplo para una pala ensamblada que tiene una parte de elemento de extensión interna y una parte de pala externa.

50 Proporcionar una pieza de elemento de extensión con hendiduras o ranuras permite un grado de flexibilidad en la estructura de la pieza de elemento de extensión, reduciendo el nivel de esfuerzo que se experimenta a lo largo del extremo de borde de salida de la pieza de elemento de extensión. Se entenderá que la pieza de elemento de extensión

comprende una envuelta aerodinámica o carenado, usado para proporcionar un perfil aerodinámico mejorado de una porción de una pala de turbina eólica.

5 Preferiblemente, dicha pluralidad de hendiduras se forman en las que las dimensiones de dichas hendiduras no tienen un impacto significativo sobre la aerodinámica en la zona de la pieza de elemento de extensión. Las hendiduras están dispuestas para ser aerodinámicamente insignificantes para el funcionamiento normal de la pala de turbina eólica. Se entenderá que se pretende que aerodinámicamente insignificante signifique que las dimensiones de las hendiduras son pequeñas con respecto a lo que se requeriría para afectar a las prestaciones aerodinámicas del perfil de pala de turbina eólica, por ejemplo con respecto al ruido, sustentación/resistencia aerodinámica, etc.

10 La pieza de elemento de extensión puede proporcionarse ventajosamente como una estructura uniforme. La pieza de elemento de extensión puede proporcionarse además como un dispositivo pasivo, es decir como una estructura sin partes activas para controlar la forma aerodinámica de la pala.

La parte o porción interna de la pala se extiende ventajosamente a lo largo de menos del 40% y preferiblemente menos del 35% de la longitud total de la pala. Por consiguiente, la pieza de elemento de extensión está adaptada para disponerse dentro del 40% o el 35% interior de la pala tal como se observa desde un extremo de raíz de la pala.

15 La anchura de cada hendidura es menor que la altura de capa de límite en la zona de la hendidura. En un segundo aspecto, la anchura de cada hendidura es menor que la altura de la subcapa laminar en la zona de la hendidura.

Preferiblemente, la pluralidad de hendiduras definen un hueco entre bordes opuestos de las hendiduras, en las que la anchura de dicho hueco es de menos de 50 mm, de manera adicionalmente preferible menos de 25 mm. En una realización, las hendiduras tienen una anchura de hueco de aproximadamente 15 mm.

20 Adicional o alternativamente, la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica comprende un material flexible que se proporciona en o sobre los huecos definidos por dicha pluralidad de hendiduras. El material flexible puede comprender cualquier material adecuado que puede hacerse funcionar para cubrir o sellar los huecos sin afectar significativamente a las propiedades estructurales de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica, por ejemplo caucho, un material de plástico flexible, lona, etc.

25 Adicional o alternativamente, la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica comprende cepillos o cerdas proporcionados en los huecos definidos por dicha pluralidad de hendiduras. El uso de cerdas o cepillos en las hendiduras puede actuar para cubrir los huecos definidos por las hendiduras, y reducir cualquier efecto aerodinámico negativo que pueda resultar de la presencia de las hendiduras en el borde de salida.

30 Preferiblemente, dicha pluralidad de hendiduras están formadas a lo largo de al menos el 50% de la profundidad o longitud en el sentido de la cuerda del cuerpo de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica desde dicho extremo de borde de salida hacia dicho primer extremo, preferiblemente entre el 50-90% de la profundidad del cuerpo desde dicho extremo de borde de salida hacia dicho primer extremo, de manera preferible aproximadamente el 80% de la profundidad del cuerpo desde dicho extremo de borde de salida hacia dicho primer extremo.

35 Preferiblemente, la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica comprende un panel de lado de presión para formar un lado de presión del perfil de borde de salida aerodinámico extendido y un panel de lado de succión para formar un lado de succión de un perfil de borde de salida aerodinámico extendido, en la que la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica comprende además elementos de refuerzo ubicados en el interior del cuerpo de la pieza de elemento de extensión, que se extienden preferiblemente entre dichos paneles de lado de presión y de succión.

40 Se entenderá que la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica puede comprender un panel de lado de presión que tiene una superficie externa relativamente cóncava, para formar una sección de una superficie de lado de presión externa de un perfil de borde de salida. Adicional o alternativamente, se entenderá que la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica puede comprender un panel de lado de succión que tiene una superficie externa relativamente convexa, para formar una sección de una superficie de lado de succión externa de un perfil de borde de salida.

45 Preferiblemente, dichos elementos de refuerzo comprenden paneles de mamparo, preferiblemente alineados con una dirección en el sentido de la cuerda de la pieza de elemento de extensión. Se entenderá que pueden proporcionarse aberturas en dichos paneles de mamparo, por ejemplo para proporcionar drenaje, igualación de presión, etc.

50 Preferiblemente, los elementos de refuerzo están dispuestos en los que un elemento de refuerzo está posicionado adyacente a cada hendidura de dicha pluralidad de hendiduras, de manera adicionalmente preferible, los elementos de refuerzo están dispuestos en los que un par de elementos de refuerzo están posicionados adyacentes a las hendiduras de dicha pluralidad de hendiduras, estando el par de elementos de refuerzo posicionados a cada lado de la hendidura.

55 Posicionando los elementos de refuerzo o mamparos a cada lado de las hendiduras, por consiguiente la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica está dispuesta como una pluralidad de secciones a lo largo de la longitud de la porción de pala de turbina eólica.

Preferiblemente, dicha pluralidad de hendiduras están separadas unas de otras a lo largo de la longitud en el sentido de la envergadura de la pieza de elemento de extensión.

Preferiblemente, dicha pluralidad de hendiduras están separadas con aproximadamente 1-5 metros entre hendiduras adyacentes, de manera adicionalmente preferible aproximadamente 2-3 metros entre hendiduras adyacentes.

- 5 Se proporciona adicionalmente un conjunto de pala de turbina eólica que comprende una pala de turbina eólica que tiene un extremo de punta y un extremo de raíz, y un borde de ataque y un borde de salida con una longitud de cuerda que se extiende entre los mismos, en el que el conjunto de pala de turbina eólica comprende además una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica tal como se describió anteriormente unida a la pala de turbina eólica a lo largo de una porción del borde de salida de la pala de turbina eólica, preferiblemente una parte interna de la pala de turbina eólica, formando la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica un perfil de borde de salida extendido del conjunto de pala de turbina eólica.

- 10 La parte o porción interna de la pala tiene preferiblemente una parte sustancialmente cilíndrica, por ejemplo que tiene una sección transversal circular, elíptica u ovalada. La parte o porción interna de la pala está formada como una estructura de soporte de carga de la pala, y puede formarse de manera adicionalmente ventajosa como un elemento de extensión de pala, por ejemplo para una pala ensamblada que tiene una parte de elemento de extensión interna y una parte de pala externa.

- 15 La parte o porción interna de la pala se extiende ventajosamente a lo largo de menos del 40% y preferiblemente menos del 35% de la longitud total de la pala. Por consiguiente, la pieza de elemento de extensión está adaptada para disponerse dentro del 40% o el 35% interior de la pala tal como se observa desde un extremo de raíz de la pala.

- 20 En un aspecto, la pala de turbina eólica comprende una parte de pala externa y una parte de elemento de extensión interna, en la que dicha pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica está dispuesta a lo largo de una porción de la parte de elemento de extensión interna.

- 25 Se entenderá que la parte de pala externa puede ser de paso ajustable con respecto a la parte de elemento de extensión interna, por ejemplo usando un mecanismo de ajuste de paso de pala proporcionado en el extremo exterior de la parte de elemento de extensión interna.

Preferiblemente, la parte de elemento de extensión interna comprende un elemento de extensión de pala sustancialmente cilíndrico.

- 30 Proporcionando una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica para proporcionar un borde de salida extendido de un elemento de extensión de pala cilíndrico, pueden mejorarse las prestaciones aerodinámicas del elemento de extensión de pala interno.

Preferiblemente, la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica se une a la pala de turbina eólica al menos parcialmente usando al menos una cuña de perfil, estando dicha al menos una cuña de perfil conformada para compensar la geometría de la pala de turbina eólica.

- 35 Preferiblemente, la al menos una cuña de perfil está conformada para proporcionar una superficie de unión sustancialmente plana para la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica.

Se entenderá que la pala de turbina eólica puede comprender una superficie conformada o curvada, en la que las cuñas de perfil están conformadas para corresponder a dicha superficie conformada o curvada.

- 40 Cuando la pieza de elemento de extensión se une a un elemento de extensión de pala sustancialmente cilíndrico, preferiblemente las cuñas de perfil comprenden una primera superficie plana para unirse a la pieza de elemento de extensión y una segunda superficie curvada de manera cóncava para unirse al elemento de extensión de pala.

Se proporciona además una turbina eólica que comprende una pala de turbina eólica o conjunto de pala de turbina eólica tal como se describió en cualquiera de las realizaciones anteriores.

También se proporciona un método de fabricación de una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica para una porción de un perfil de una pala de turbina eólica, comprendiendo el método las etapas de:

- 45 proporcionar una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada para la unión a un borde de salida de una porción de una pala de turbina eólica, preferiblemente una parte interna de la pala de turbina eólica, teniendo la pieza de elemento de extensión un primer extremo para la unión al borde de salida de dicho perfil, y un segundo extremo de borde de salida para formar un perfil de borde de salida aerodinámico extendido para la porción del perfil de la pala de turbina eólica; y

- 50 proporcionar una pluralidad de hendiduras en dicha pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada, extendiéndose cada una de dicha pluralidad de hendiduras desde dicho segundo extremo de borde de salida hasta un punto ubicado hacia dicho primer extremo.

ES 2 760 526 T3

Preferiblemente, dicha etapa de proporcionar hendiduras comprende realizar cortes en dicha pieza de elemento de extensión consolidada desde dicho extremo de borde de salida hacia dicho primer extremo.

Preferiblemente, la etapa de proporcionar una pieza de elemento de extensión consolidada comprende formar un cuerpo de elemento de extensión mediante un procedimiento de moldeo por infusión.

- 5 Preferiblemente, dichas hendiduras se forman en las que las dimensiones de las hendiduras no tienen un impacto significativo sobre las prestaciones aerodinámicas en la zona de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica. Las hendiduras están dispuestas para ser aerodinámicamente insignificantes para el funcionamiento normal de la pala de turbina eólica. Se entenderá que se pretende que aerodinámicamente insignificante signifique que las dimensiones de las hendiduras son pequeñas con respecto a lo que se requeriría para afectar a las prestaciones aerodinámicas del perfil de pala de turbina eólica, por ejemplo con respecto al ruido, sustentación/resistencia aerodinámica, etc.

- 10 La etapa de realizar cortes está configurada de tal manera que la anchura de cada hendidura formada por el corte es menor que la altura de capa de límite en la zona de cada hendidura. En un segundo aspecto, la anchura de cada hendidura es menor que la altura de la subcapa laminar en la zona de cada hendidura, preferiblemente en el punto de diseño de la pala de turbina eólica.

15 Preferiblemente, la etapa de realizar cortes está configurada en la que las hendiduras tienen un hueco entre bordes opuestos de la hendidura de menos de 50 mm, preferiblemente menos de 25 mm. En una realización, las hendiduras tienen una anchura de hueco de aproximadamente 15 mm.

- 20 Preferiblemente, el método comprende la etapa de disponer un material flexible en o sobre los huecos definidos por dicha pluralidad de hendiduras, y/o cepillos o cerdas proporcionados en los huecos definidos por dicha pluralidad de hendiduras. El material flexible y/o los cepillos o cerdas pueden comprender cualquier material adecuado que puede hacerse funcionar para cubrir o sellar los huecos sin afectar significativamente a las propiedades estructurales de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica, por ejemplo caucho, un material de plástico flexible, lona, etc.

- 25 Preferiblemente, la etapa de realizar cortes está dispuesta en la que dicha pluralidad de hendiduras se realizan a lo largo de al menos el 50% de la profundidad o longitud en el sentido de la cuerda de la pieza de elemento de extensión consolidada desde el extremo de borde de salida hacia el primer extremo, preferiblemente entre el 50-90% de la profundidad de pieza de elemento de extensión consolidada desde el extremo de borde de salida hacia el primer extremo, de manera preferible aproximadamente el 80% de la profundidad de la pieza de elemento de extensión consolidada desde el extremo de borde de salida hacia el primer extremo.

30 Preferiblemente, la etapa de realizar cortes comprende formar, preferiblemente perforar, al menos una abertura en dicha pieza de elemento de extensión consolidada, preferiblemente una abertura sustancialmente circular, y cortar el cuerpo de dicha pieza de elemento de extensión consolidada desde el extremo de borde de salida hasta dicha al menos una abertura.

- 35 Alternativamente, la etapa de formar al menos una abertura puede realizarse cuando se fabrica la pieza de elemento de extensión consolidada, por ejemplo mediante el uso de elemento de inserción durante un procedimiento de moldeo.

Preferiblemente, el método comprende la etapa de proporcionar un material flexible y/o cepillos o cerdas en o sobre dicha al menos una abertura.

- 40 Preferiblemente, la etapa de realizar cortes o hendiduras está configurada en la que las hendiduras sobre el cuerpo de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica están separadas unas de otras a lo largo de la longitud en el sentido de la envergadura de la pieza de elemento de extensión.

Preferiblemente, las hendiduras están separadas con aproximadamente 1-5 metros entre hendiduras adyacentes, de manera adicionalmente preferible aproximadamente 2-3 metros entre hendiduras adyacentes.

- 45 Preferiblemente, la etapa de proporcionar una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada comprende:

proporcionar un panel de lado de presión y proporcionar un panel de lado de succión, formando los paneles un cuerpo;

proporcionar elementos de refuerzo en el interior del cuerpo de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica, extendiéndose los elementos de refuerzo entre paneles de lado de presión y de succión opuestos.

Preferiblemente, los elementos de refuerzo comprenden elementos de mamparo.

- 50 Preferiblemente las etapas de proporcionar paneles de lado de presión y de lado de succión comprenden proporcionar paneles intercalados.

- 5 Preferiblemente, la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica se une al perfil de pala de turbina eólica al menos parcialmente usando cuñas de perfil, en la que dichas cuñas de perfil están conformadas para proporcionar superficies de unión sustancialmente planas para la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica. Las cuñas de perfil se proporcionan preferiblemente como piezas que se extienden longitudinalmente que tienen una sección transversal sustancialmente en forma de cuña.
- Se entenderá que el perfil de pala de turbina eólica comprende una superficie conformada o curvada, en la que dichas cuñas de perfil están conformadas para corresponder a dicha superficie conformada o curvada.
- 10 Preferiblemente, el perfil de pala de turbina eólica comprende un elemento de extensión de pala sustancialmente cilíndrico. En este caso, las cuñas de perfil comprenden preferiblemente una superficie plana para unirse a dicha pieza de elemento de extensión y una superficie curvada de manera cóncava para unirse a una superficie de dicho elemento de extensión de pala cilíndrico.
- Se proporciona además un método de fabricación de una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica para una porción de un perfil de una pala de turbina eólica, comprendiendo el método las etapas de:
- proporcionar un panel de lado de presión;
- 15 proporcionar un panel de lado de succión;
- unir una pluralidad de elementos de refuerzo a un primero de dichos paneles de lado de presión y de succión; y
- unir un segundo de dichos paneles de lado de presión y de succión a dicha pluralidad de elementos de refuerzo y a dicho primer panel para formar una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada.
- 20 Preferiblemente, la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada comprende un primer extremo que va a unirse a una porción de una pala de turbina eólica y un segundo extremo de borde de salida para formar un perfil de borde de salida aerodinámico extendido para la porción del perfil de la pala de turbina eólica, en la que el método comprende la etapa de cortar dicha pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada desde dicho segundo extremo de borde de salida hasta un punto ubicado hacia dicho primer extremo para proporcionar una pluralidad de hendiduras en el cuerpo de la envuelta aerodinámica para formar una pieza de elemento
- 25 de extensión de envuelta aerodinámica flexible.
- Preferiblemente, dicha pluralidad de elementos de refuerzo comprenden paneles de mamparo.
- Se proporciona además un método de ensamblaje de una porción de pala de turbina eólica que tiene una extensión de borde de salida, comprendiendo el método las etapas de:
- proporcionar una porción de pala de turbina eólica que tiene un lado de borde de ataque y un lado de borde de salida;
- 30 proporcionar un panel de lado de presión de una pieza de extensión de envuelta aerodinámica;
- proporcionar un panel de lado de succión de una pieza de extensión de envuelta aerodinámica;
- unir una primera cuña de perfil a un primer lado de dicha porción de pala de turbina eólica;
- unir un primero de dichos paneles de lado de presión y de succión a dicha porción de pala de turbina eólica al menos parcialmente usando dicha primera cuña de perfil;
- 35 unir una segunda cuña de perfil a un segundo lado de dicha porción de pala de turbina eólica; y
- unir un segundo de dichos paneles de lado de presión y de succión a dicha porción de pala de turbina eólica al menos parcialmente usando dicha segunda cuña de perfil, en el que dichos paneles de lado de presión y de succión forman una extensión de borde de salida de envuelta aerodinámica para dicha porción de pala de turbina eólica.
- 40 Preferiblemente, el método comprende además la etapa de unir elementos de refuerzo a dicho primero de dichos paneles, preferiblemente dichos elementos de refuerzo comprenden paneles de mamparo.
- Preferiblemente, dicha etapa de unir un segundo de dichos paneles de lado de presión y de succión comprende unir dicho segundo panel a dichos elementos de refuerzo.
- 45 Preferiblemente, el método comprende además la etapa de cortar dicha extensión de borde de salida de envuelta aerodinámica desde un extremo de borde de salida hasta un punto ubicado hacia dicha porción de pala de turbina eólica.

Descripción de la invención

Ahora se describirán realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 muestra una turbina eólica;
- la figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica según la invención;
- la figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico de la pala de la figura 2;
- la figura 4 muestra una vista esquemática de la pala de turbina eólica de la figura 2, vista desde arriba y desde el lado;
- 5 las figuras 5-8 ilustran una vista en perspectiva isométrica de una serie de etapas para un método de fabricación de una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica flexible según un aspecto de la invención;
- la figura 9 ilustra una vista en sección transversal de una porción de pala de turbina eólica que tiene una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica según un aspecto de la invención; y
- la figura 10 ilustra una vista en sección transversal de una cuña de perfil según la invención.
- 10 Se entenderá que a elementos comunes a las diferentes realizaciones de la invención se les han proporcionado los mismos números de referencia en los dibujos.
- La figura 1 ilustra una turbina 2 eólica contra el viento moderna convencional según el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un árbol de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, que tienen, cada una, una raíz 16 de pala más cerca del buje y una punta 14 de pala más alejada del buje 8. El rotor tiene un radio indicado R.
- 15 La figura 2 muestra una vista esquemática de una pala 10 de turbina eólica. La pala 10 de turbina eólica tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región 30 de raíz más cerca del buje, una región en perfil o una región 34 aerodinámica más alejada del buje y una región 32 de transición entre la región 30 de raíz y la región 34 aerodinámica. La pala 10 comprende un borde 18 de ataque orientado en el sentido de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el buje, y un borde 20 de salida orientado en el sentido opuesto al borde 18 de ataque.
- 20 La región 34 aerodinámica (también denominada región en perfil) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a generar sustentación, mientras que la región 30 de raíz, debido a consideraciones estructurales, tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, que, por ejemplo, hace más fácil y seguro montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la región 30 de raíz es normalmente constante a lo largo de toda la zona 30 de raíz. La región 32 de transición tiene un perfil 42 de transición que cambia gradualmente de la forma 40 circular o elíptica de la región 30 de raíz al perfil 50 aerodinámico de la región 34 aerodinámica. Normalmente la longitud de cuerda de la región 32 de transición aumenta de manera sustancialmente lineal al aumentar la distancia r desde el buje.
- 25 La región 34 aerodinámica tiene un perfil 50 aerodinámico con una cuerda que se extiende entre el borde 18 de ataque y el borde 20 de salida de la pala 10. La anchura de la cuerda disminuye al aumentar la distancia r desde el buje.
- 30 Debe observarse que las cuerdas de diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, dado que la pala puede estar retorcida y/o curvada (es decir, previamente curvada), proporcionando por tanto al plano de cuerda un recorrido retorcido y/o curvado de manera correspondiente, siendo este el caso lo más frecuentemente con el fin de compensar que la velocidad local de la pala dependa del radio desde el buje.
- 35 La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil 50 aerodinámico de una pala de una turbina eólica típica representada con los diversos parámetros, que normalmente se usan para definir la forma geométrica de una sección aerodinámica. El perfil 50 aerodinámico tiene un lado 52 de presión y un lado 54 de succión, que durante el uso, es decir durante la rotación del rotor, normalmente están orientados hacia el lado a barlovento (o contra el viento) y el lado de sotavento (o a favor del viento), respectivamente. La sección 50 aerodinámica tiene una cuerda 60 con una longitud de cuerda c que se extiende entre un borde 56 de ataque y un borde 58 de salida de la pala. La sección 50 aerodinámica tiene un grosor t , que se define como la distancia entre el lado 52 de presión y el lado 54 de succión. El grosor t de la sección aerodinámica varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación con respecto a un perfil simétrico viene dada por una línea 62 de curvatura, que es una línea mediana a través del perfil 50 aerodinámico. La línea mediana puede encontrarse dibujando círculos inscritos desde el borde 56 de ataque hasta el borde 58 de salida. La línea mediana sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia desde la cuerda 60 se denomina curvatura f . La asimetría también puede definirse mediante el uso de parámetros denominados curvatura superior (o curvatura de lado de succión) y curvatura inferior (o curvatura de lado de presión), que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado 54 de succión y lado 52 de presión, respectivamente.
- 40 La línea mediana sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia desde la cuerda 60 se denomina curvatura f . La asimetría también puede definirse mediante el uso de parámetros denominados curvatura superior (o curvatura de lado de succión) y curvatura inferior (o curvatura de lado de presión), que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado 54 de succión y lado 52 de presión, respectivamente.
- 45 Los perfiles aerodinámicos se caracterizan con frecuencia mediante los siguientes parámetros: la longitud de cuerda c , la curvatura máxima f , la posición d_f de la curvatura máxima f , el grosor de sección aerodinámica máximo t , que es el diámetro más grande de los círculos inscritos a lo largo de la línea 62 de curvatura mediana, la posición d_t del grosor máximo t , y un radio de nariz (no mostrado). Estos parámetros se definen normalmente como razones con respecto a la longitud de cuerda c . Por tanto, un grosor de pala relativo local t/c viene dado como la razón entre el grosor máximo local t y la longitud de cuerda local c . Además, la posición d_p de la curvatura de lado de presión máxima puede usarse como parámetro de diseño, y evidentemente también la posición de la curvatura de lado de succión máxima.
- 50

- La figura 4 muestra algunos otros parámetros geométricos de la pala. La pala tiene una longitud de pala total L . Tal como se muestra en la figura 2, el extremo de raíz está ubicado en la posición $r = 0$, y el extremo de punta está ubicado en $r = L$. El saliente 40 de la pala está ubicado en una posición $r = L_w$, y tiene una anchura de saliente W , que es igual a la longitud de cuerda en el saliente 40. El diámetro de la raíz se define como D . Además, la pala está dotada de una curva previa, que se define como Δy , que corresponde a la desviación fuera del plano con respecto a un eje 22 de paso de la pala.
- La pala 10 de turbina eólica comprende generalmente una envuelta fabricada de polímero reforzado con fibra, y normalmente se fabrica como una parte 24 de envuelta contra el viento o de lado de presión y una parte 26 de envuelta a favor del viento o de lado de succión que se adhieren entre sí a lo largo de líneas 28 de unión que se extienden a lo largo del borde 20 de salida y el borde 18 de ataque de la pala 10. Las palas de turbina eólica se forman generalmente a partir de material de plástico reforzado con fibra, por ejemplo fibras de vidrio y/o fibras de carbono que se disponen en un molde y se curan con una resina para formar una estructura sólida. Las palas de turbina eólica modernas pueden tener con frecuencia más de 30 ó 40 metros de longitud, teniendo diámetros de raíz de pala de varios metros. Las palas de turbina eólica se diseñan generalmente para vidas útiles relativamente largas y para resistir una carga dinámica y estructural considerable.
- La pala 10 de turbina eólica comprende una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica flexible unida a una porción de la pala para proporcionar un perfil aerodinámico ajustado de la porción de la pala. La pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica se usa preferiblemente para proporcionar un perfil de borde de salida extendido para la porción de la pala.
- En una realización particularmente ventajosa, la pala de turbina eólica se forma como un conjunto de pala de turbina eólica, que comprende una parte de pala externa y una parte de pala interna, comprendiendo la parte de pala interna un elemento de extensión de pala y una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica proporcionada en el elemento de extensión de pala para formar un borde de salida de elemento de extensión, por ejemplo, tal como se describe en la publicación de solicitud de patente internacional n.º WO 2013/092852.
- En las figuras 5-9, se ilustra un método de fabricación de una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica según una realización de la invención.
- Con referencia a la figura 5, se proporciona un elemento 70 de extensión de pala cilíndrico o porción de extremo de raíz de una pala. El elemento 70 de extensión de pala puede formarse a partir de cualquier material adecuado, por ejemplo un elemento de extensión metálico formado a partir de acero u otro material metálico, o un elemento de extensión formado como una estructura compuesta de fibra, por ejemplo usando fibras de vidrio y/o de carbono suspendidas en una matriz de resina curada. Se entenderá que, en realizaciones alternativas, el elemento de extensión de pala puede proporcionarse teniendo un perfil en sección transversal elíptico o asimétrico.
- Se proporciona un primer panel 72 de elemento de extensión para formar una primera superficie externa de una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica. El primer panel 72 comprende una superficie 73a orientada hacia el exterior que se usa para formar una porción de la superficie externa del borde de salida extendido de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica, y una superficie 73b orientada hacia el interior opuesta.
- Con referencia a las figuras 5 y 9, se proporciona una primera cuña 74 de perfil para la unión del primer panel 72 de elemento de extensión a una superficie del elemento 70 de extensión de pala cilíndrico. La primera cuña 74 de perfil se usa para presentar una superficie de unión adecuada, por ejemplo una superficie de unión por adhesivo, para permitir facilidad de unión del primer panel 72 de elemento de extensión al elemento 70 de extensión de pala. El primer borde 74 de perfil puede comprender un cuerpo extendido dispuesto para extenderse a lo largo de la dirección longitudinal del elemento 70 de extensión de pala al que se desea unir un elemento de extensión de envuelta aerodinámica, y/o la cuña 74 de perfil puede comprender una pluralidad de elementos de cuña que están unidos en ubicaciones a lo largo de la longitud del elemento 70 de extensión.
- La cuña 74 comprende una primera superficie 75a conformada para la unión de la cuña 74 a la superficie del elemento 70 de extensión de pala, en la que la primera superficie 75a conformada está conformada para corresponder al perfil de superficie del elemento 70 de extensión de pala. Por ejemplo, en la realización de la figura 5 la cuña 74 puede comprender una superficie 75a curvada de manera individual para la unión a la superficie curvada del elemento 70 de extensión cilíndrico, pero se entenderá que la cuña 74 de perfil puede comprender una superficie curvada de manera doble para la unión a la superficie de estructuras relativamente más complejas, por ejemplo una región de transición de una pala de turbina eólica. La cuña 74 comprende además una segunda superficie 75b plana ubicada opuesta a dicha primera superficie 75a conformada, en la que la cuña 74 está dispuesta de tal manera que la segunda superficie 75b plana presenta una superficie plana relativamente aplanada, adecuada para una superficie de unión por adhesivo.
- La primera superficie 75a conformada de la cuña 74 de perfil se une a la superficie del elemento 70 de extensión de pala, preferiblemente usando una unión por adhesivo, puede usarse cualquier otro método de unión adecuado, por ejemplo sujeción con pernos, sujeción con remaches, etc. Por consiguiente, la segunda superficie 75b de la cuña 74 de perfil presenta una superficie de unión a la que puede unirse un primer extremo 72a del primer panel 72 de elemento de extensión, preferiblemente usando una unión por adhesivo, pero puede usarse cualquier otro método de unión

5 adecuado, por ejemplo sujeción con pernos, sujeción con remaches, etc. Por consiguiente, la figura 5 presenta un elemento 70 de extensión de pala que tiene un primer panel 72 de elemento de extensión de una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica unido mediante una primera cuña 74 de perfil, estando el primer panel 72 de elemento de extensión unido a la cuña 74 de perfil en un primer extremo 72a del panel 72, sobresaliendo un segundo extremo 72b de borde de salida del panel 72 de manera distal desde el elemento 70 de extensión.

10 En la figura 6, una segunda cuña 76 de perfil está unida en el lado opuesto del elemento 70 de extensión de pala a la primera cuña 74 de perfil. De manera similar a la primera cuña 74 de perfil, el segundo borde 76 de perfil puede comprender un cuerpo extendido dispuesto para extenderse a lo largo de la dirección longitudinal del elemento 70 de extensión de pala al que se desea unir un elemento de extensión de envuelta aerodinámica, y/o la cuña 76 de perfil puede comprender una pluralidad de elementos de cuña que están unidos en ubicaciones a lo largo de la longitud del elemento 70 de extensión.

15 Con referencia a la figura 9, la segunda cuña 76 comprende una primera superficie 77a conformada para la unión de la cuña 76 a la superficie del elemento 70 de extensión de pala, en la que la primera superficie 77a conformada está conformada para corresponder al perfil de superficie del elemento 70 de extensión de pala. Por ejemplo, en la realización de la figura 5 la cuña 76 puede comprender una superficie 77a curvada de manera individual para la unión a la superficie curvada del elemento 72 de extensión cilíndrico, pero se entenderá que la segunda cuña 76 de perfil puede comprender una superficie curvada de manera doble para la unión a la superficie de estructuras relativamente más complejas, por ejemplo una región de transición de una pala de turbina eólica. La cuña 76 comprende además una segunda superficie 77b plana ubicada opuesta a dicha primera superficie 77a conformada, en la que la cuña 76 está
20 dispuesta de tal manera que la segunda superficie 77b plana presenta una superficie plana relativamente aplanada, adecuada para una superficie de unión por adhesivo. La primera superficie 77a conformada de la cuña 76 de perfil se une a la superficie del elemento 70 de extensión de pala, preferiblemente usando una unión por adhesivo, pero puede usarse cualquier otro método de unión adecuado, por ejemplo sujeción con pernos, sujeción con remaches, etc.

25 Se proporciona una pluralidad de elementos 78 de refuerzo que van a unirse a la superficie 73b orientada hacia el interior del primer panel 72 y que también pueden unirse a la superficie del elemento 72 de extensión de pala. Los elementos 78 de refuerzo de la figura 6 se proporcionan como elementos de panel plano, preferiblemente elementos de mamparo. Los elementos 78 de refuerzo pueden formarse como construcciones de paneles intercalados, por ejemplo que tienen un material de núcleo tal como balsa o una espuma de baja densidad que tiene una capa de revestimiento externa, pero se entenderá que los elementos 78 de refuerzo pueden proporcionarse adicional o alternativamente en formas alternativas, por ejemplo como estructura de celosía interna, cables de tensión, placas de metal, etc. Los elementos 78 de refuerzo pueden unirse al primer panel 72 y/o al elemento 70 de extensión de pala usando cualquier método de unión adecuado, preferiblemente unión por adhesivo.
30

35 Con referencia a la figura 7, se proporciona un segundo panel 80 de elemento de extensión para formar una segunda superficie externa de una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica. El segundo panel 80 comprende una superficie 81a orientada hacia el exterior que se usa para formar una porción de la superficie externa del borde de salida extendido de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica, y una superficie 81b orientada hacia el interior opuesta.

40 El segundo panel 80 de elemento de extensión se une al conjunto fijando un primer extremo 80a del segundo panel 80 a la segunda superficie 77b de la cuña 76 de perfil, preferiblemente mediante una unión por adhesivo. Por consiguiente, un segundo extremo 80b del segundo panel 80 de elemento de extensión está dispuesto para formar un extremo de borde de salida de la segunda superficie externa de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica.

45 Aunque se entenderá que los paneles 72, 80 primero y segundo pueden disponerse de tal manera que los segundos extremos 72b, 80b de borde de salida se encuentran para formar un borde de salida relativamente afilado de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica, en la realización mostrada en la figura 7 la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica presenta un borde 82 de salida romo, en la que un panel 84 de borde de salida se extiende entre el segundo extremo 72b de borde de salida del primer panel 72 de elemento de extensión y el segundo extremo 80b de borde de salida del segundo panel 80 de elemento de extensión. Se entenderá que el panel 84 de borde de salida puede proporcionarse como un componente independiente para la unión a los segundos extremos 72b, 80b de borde de salida de los paneles 72, 80 primero y segundo, y/o para la unión a la pluralidad de elementos 78 de refuerzo en el lado 82 de borde de salida de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica. También se entenderá que el panel 84 de borde de salida puede formarse de manera solidaria con uno de los paneles 72, 80 primero y segundo, y/o el panel 84 de borde de salida puede formarse mediante una primera sección de panel que sobresale desde el extremo 72b de borde de salida del primer panel 72 de elemento de extensión y una segunda sección de panel que sobresale desde el extremo 80b de borde de salida del segundo panel 80 de elemento de extensión.
50

55 La figura 7 ilustra un elemento 70 de extensión de pala que tiene una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada indicada en 86, formando la pieza 86 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada un perfil de borde de salida extendido para el elemento 70 de extensión de pala. La pieza 86 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada puede convertirse en una pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica flexible proporcionando hendiduras o ranuras de borde de salida en el cuerpo de la pieza 86 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada.
60

Con referencia a la figura 8, se forman una pluralidad de hendiduras 88 en el cuerpo de la pieza 86 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada, preferiblemente realizando cortes en el cuerpo de envuelta aerodinámica, en particular en el panel 84 de borde de salida y los paneles 72, 80 de elemento de extensión primero y segundo desde el borde 82 de salida de la pieza 86 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada.

5 Las hendiduras 88 se extienden desde el borde 82 de salida de la pieza 86 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada, y se extienden hasta un punto 88a ubicado hacia los primeros extremos 72a, 80a de los paneles 72, 80 primero y segundo de la pieza 86 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada. Adicional o alternativamente, las hendiduras 88 pueden realizarse cortando desde los puntos 88a de extremo de las hendiduras 88 hacia el borde 82 de salida de la pieza 86 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada.

10

Preferiblemente, la pluralidad de hendiduras 88 están separadas con aproximadamente 1-5 metros entre hendiduras 88 adyacentes, de manera adicionalmente preferible aproximadamente 2-3 metros entre hendiduras 88 adyacentes.

Proporcionando las hendiduras 88 de esta manera en el borde 82 de salida de la envuelta 86 aerodinámica consolidada, el borde 82 de salida de la envuelta aerodinámica se divide eficazmente en porciones independientes a lo largo de la longitud de la envuelta aerodinámica. Por consiguiente, se forma una pieza 90 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica relativamente flexible, dado que el borde de salida con hendiduras o ranuras permite un curvado o flexión relativo entre porciones independientes del borde 82 de salida sin introducir tensiones de curvado relativamente grandes a lo largo del borde 82 de salida. Las hendiduras 88 pueden permitir que la envuelta aerodinámica se "abra", o se "cierre", a lo largo de la dirección en el sentido de la envergadura, debido a un movimiento de tipo concertina entre secciones independientes de la envuelta aerodinámica como resultado del curvado de la estructura de pala durante el funcionamiento de la turbina eólica. Como resultado, la pieza 90 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica flexible puede formarse teniendo menos requisitos de refuerzo, dando como resultado una construcción relativamente más ligera y más flexible que en la técnica anterior, y que proporciona un ensamblaje y construcción relativamente fáciles.

15

20

Preferiblemente, la pluralidad de hendiduras 88 se forman a lo largo de al menos el 50% de la profundidad o longitud en el sentido de la cuerda del cuerpo de la pieza 90 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica desde dicho extremo 82 de borde de salida hacia los primeros extremos 72a, 80a de los paneles 72, 80 primero y segundo ubicados en el elemento 70 de extensión de pala. Preferiblemente, las hendiduras 88 se extienden entre el 50-90% de la profundidad del cuerpo desde dicho extremo 82 de borde de salida hacia dichos primeros extremos 72a, 80a, de manera preferible aproximadamente el 80% de la profundidad del cuerpo.

25

30

Por consiguiente, proporcionando hendiduras 88 que se extienden a lo largo de la mayor parte de la profundidad de la envuelta 90 aerodinámica, pero menos del 100% de la profundidad, se proporciona una envuelta 90 aerodinámica flexible que permite la deformación y el curvado del borde de salida, y que simultáneamente se une de manera segura al elemento 70 de extensión de pala u otra porción de pala de turbina eólica. También hace posible proporcionar la envuelta aerodinámica como una pieza uniforme, que se adapta en la parte interna de la pala, que puede proporcionar una unión sencilla relativa a la parte interna de la pala, al tiempo que todavía proporciona una solución flexible que alivia cargas.

35

Las hendiduras 88 pueden formarse usando cualquier acción de corte adecuada, por ejemplo mecanizado, perforación, serrado, etc. Alternativamente, se entenderá que los paneles 70, 80, 84 pueden formarse teniendo ranuras o aberturas previamente formadas en los propios paneles, en los que tales ranuras o aberturas se alinean durante el ensamblaje de la envuelta aerodinámica para definir de manera colectiva la pluralidad de hendiduras 88.

40

Preferiblemente, las hendiduras 88 se forman de tal manera que la abertura definida entre bordes opuestos de las hendiduras 88 es aerodinámicamente insignificante para el funcionamiento normal de la pala de turbina eólica. Se entenderá que las hendiduras 88 están dimensionadas de tal manera que la abertura es pequeña con respecto a las dimensiones que se requerirían para afectar a las prestaciones aerodinámicas del perfil de pala de turbina eólica, por ejemplo con respecto al ruido, sustentación/resistencia aerodinámica, etc.

45

En un aspecto ventajoso, se encuentra que las hendiduras 88 están preferiblemente dimensionadas de tal manera que la anchura de las aberturas proporcionadas por las hendiduras es menor que la altura de capa de límite designada en la zona de las hendiduras.

En un segundo aspecto ventajoso, la anchura de las aberturas proporcionadas por las hendiduras es menor que la altura de la subcapa laminar o la subcapa viscosa en la zona de las hendiduras.

50

Se entenderá que las dimensiones de las hendiduras 88 pueden variar a lo largo del alcance longitudinal de la envuelta 86 aerodinámica flexible, dependiendo de las condiciones de funcionamiento normales predichas de la pala de turbina eólica a lo largo de la longitud de la envuelta aerodinámica. Preferiblemente, la anchura de las aberturas proporcionadas por las hendiduras es de menos de 50 mm, de manera adicionalmente preferible menos de 25 mm. En una realización, las hendiduras tienen una anchura de hueco de aproximadamente 15 mm.

55

Adicional o alternativamente, la pieza 90 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica puede comprender un material flexible (no mostrado) que se proporciona en o sobre las aberturas o huecos definidos por la pluralidad de

- 5 hendiduras 88. El material flexible puede comprender cualquier material adecuado que puede hacerse funcionar para cubrir o sellar las aberturas sin afectar significativamente a las propiedades estructurales de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica, por ejemplo caucho, un material de plástico flexible, lona, etc. Adicional o alternativamente, la pieza 90 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica puede comprender cepillos o cerdas (no mostrados) proporcionados en los huecos definidos por la pluralidad de hendiduras 88. El uso de cerdas o cepillos en las hendiduras puede actuar para cubrir los huecos definidos por las hendiduras, y reducir cualquier efecto aerodinámico negativo que pueda resultar de la presencia de las hendiduras en el borde de salida.
- Puede proporcionarse una abertura relativamente grande, preferiblemente una abertura circular, en el punto 88a de extremo de cada una de la pluralidad de hendiduras 88.
- 10 En un aspecto, las aberturas 88a de punto de extremo pueden formarse en los paneles 72, 80 antes del corte de la pluralidad de hendiduras 88, de tal manera que las aberturas 88a de punto de extremo proporcionan un punto de alineación o indicador visual para un operario para la alineación correcta de las hendiduras 88. Adicional o alternativamente, las aberturas 88a de punto de extremo pueden proporcionar un punto de acceso para la introducción de un dispositivo de corte que puede usarse para cortar dichas hendiduras 88 en el cuerpo de la pieza 86 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada, cortando una abertura o ranura desde dicha abertura 88a de punto de extremo hasta el borde 82 de salida de la pieza 86 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada. Las aberturas 88a de punto de extremo pueden formarse mediante corte o mecanizado de los paneles 72, 80, y/o las aberturas 88a pueden formarse de manera solidaria con los paneles 72, 80 durante la fabricación de dichos paneles 72, 80.
- 15
- 20 En una realización preferida, la pluralidad de elementos 78 de refuerzo están dispuestos dentro del interior de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica en la que un par de elementos 78 de refuerzo están posicionados a cada lado de, y estrechamente adyacentes a, cada una de la pluralidad de hendiduras 88. Por consiguiente, cada par de elementos 78 de refuerzo puede actuar para sellar sustancialmente cada sección de borde de salida eficaz de la envuelta 90 aerodinámica flexible a cada lado de las hendiduras 88, para prevenir la entrada de residuos, etc., en el interior de la envuelta 90 aerodinámica. Además, los elementos 78 de refuerzo pueden actuar para proporcionar resistencia estructural a cada sección de borde de salida eficaz.
- 25
- Aunque los paneles primero y/o segundo pueden proporcionarse como panel plano sustancialmente aplanado, se entenderá que pueden usarse formas más complejas. Por ejemplo, los paneles 72, 80 pueden conformarse para formar una superficie de lado de presión o de lado de succión curvada de manera adecuada, por ejemplo proporcionando un panel que tiene una superficie externa relativamente cóncava o convexa. Con referencia a la vista en sección transversal mostrada en la figura 9, puede observarse que el primer panel 72 se proporciona para tener una superficie 30 73a orientada hacia el exterior conformada de manera relativamente cóncava, para formar una porción del lado de presión del elemento de extensión de envuelta aerodinámica de pala de turbina eólica. De manera similar, el segundo panel 80 puede proporcionarse como un panel plano o con una curvatura relativamente pequeña para formar una superficie 35 81a orientada hacia el exterior conformada de manera ligeramente convexa, para formar una porción del lado de succión del elemento de extensión de envuelta aerodinámica de pala de turbina eólica.
- Además, aunque los elementos 78 de refuerzo se proporcionan preferiblemente como elementos de mamparo para sellar sustancialmente secciones de la envuelta 90 aerodinámica, los elementos 78 de refuerzo pueden proporcionarse con aberturas 92 definidas en los mismos, para permitir el drenaje, igualación de presión, etc., entre lados opuestos de los elementos 78 de refuerzo.
- 40
- Se entenderá que los paneles 72, 80, 84 y/o los elementos 78 de refuerzo pueden formarse como construcciones de paneles intercalados, por ejemplo mediante la infusión de capas de un material de fibra como un revestimiento proporcionado alrededor de un material de núcleo interno, por ejemplo material de núcleo de balsa y/o espuma de baja densidad.
- 45
- Aunque las realizaciones ilustradas muestran el uso de una envuelta aerodinámica sobre un elemento de extensión de pala cilíndrico, se entenderá que la envuelta aerodinámica puede usarse sobre cualquier otra porción de una pala de turbina eólica, por ejemplo en el extremo de raíz de una pala de turbina eólica, a lo largo de una sección de borde de salida de una pala de turbina eólica, etc. Además, aunque las realizaciones ilustradas muestran la fabricación y el ensamblaje de la envuelta aerodinámica sobre un elemento de extensión de pala cilíndrico, se entenderá que la envuelta aerodinámica puede fabricarse por separado de un componente de pala de turbina eólica existente, estando la envuelta aerodinámica configurada para adaptarse posteriormente a un componente existente, por ejemplo una pala de turbina eólica que tiene una parte cilíndrica interna, por ejemplo que tiene una sección transversal circular, elíptica u ovalada.
- 50
- Además, aunque las realizaciones ilustradas muestran el uso de cuñas 74, 76 de perfil adicionales para compensar diferencias entre las superficies de unión del elemento 70 de extensión de pala y los paneles 72, 70 de envuelta aerodinámica, se entenderá que tales cuñas de perfil de compensación pueden formarse de manera solidaria con la porción de la pala de turbina eólica, por ejemplo el elemento de extensión de pala, a la que se desea unir un elemento de extensión de envuelta aerodinámica. En principio, también será posible integrar las cuñas de perfil en el elemento de
- 55

extensión de envuelta aerodinámica, lo cual aliviará cargas en la unión adhesiva a la superficie de dicha porción de la pala de turbina eólica.

5 La fabricación y el uso de una pala de pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica flexible tal como se muestra proporciona un funcionamiento mejorado de una pala de turbina eólica que tiene una envuelta aerodinámica flexible de este tipo, que puede resistir mejor fuerzas de curvado operativas a lo largo del borde de salida de pala durante la vida útil de la pala.

10 Aunque anteriormente se ha descrito la invención con referencia a una pieza de elemento de extensión dotada de hendiduras solidarias, resulta claro que las cuñas de perfil pueden usarse para todos los tipos de piezas de elemento de extensión con el fin de lograr una superficie de unión adhesiva más grande. Por consiguiente, las cuñas de perfil también pueden usarse para piezas de elemento de extensión sin hendiduras. Según la invención, las cuñas de perfil están preferiblemente adaptadas para la unión a una parte interna de la pala, en la que la curvatura es relativamente grande (o, dicho de otro modo, el radio de curvatura es relativamente bajo).

15 La cuña 74 de perfil según la invención se muestra en más detalle en la figura 10. La cuña 74 de perfil está unida al elemento 70 de extensión de pala. La cuña 74 de perfil comprende una superficie 97 interna, que está unida al elemento 70 de extensión de pala, y una superficie 98 externa, para la unión del cuerpo de la pieza 90 de elemento de extensión. La superficie 97 interna tiene un radio de curvatura interno R_i , y la superficie externa tiene un radio de curvatura externo R_o . La cuña 74 de perfil está diseñada ventajosamente de tal manera que el radio de curvatura externo R_o es mayor que el radio de curvatura interno R_i . Además, la superficie 98 externa puede tener un área mayor que la superficie 97 interna. De ese modo, puede proporcionarse una superficie de unión más aplanada y más grande para la unión de la
20 pieza 90 de elemento de extensión de envuelta aerodinámica. Para una superficie de unión externa realmente aplanada, el radio de curvatura externo R_o se aproxima al infinito. La cuña 74 de perfil puede formarse como una estructura compuesta que tiene un material 94 de núcleo, tal como madera de balsa o polímero espumado, envuelto en un material 96 de refuerzo de fibra, por ejemplo polímero reforzado con fibra de vidrio.

25 La invención no se limita a las realizaciones descritas en el presente documento y puede modificarse o adaptarse sin alejarse del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica para una porción interna de un perfil de una pala de turbina eólica, en la que la parte interna de la pala de turbina eólica está formada como una estructura de soporte de carga que tiene una sección transversal sustancialmente circular, elíptica u ovalada, comprendiendo la pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica:
- un cuerpo (72, 80) para la unión a un lado de borde de salida de un perfil de una pala de turbina eólica, teniendo el cuerpo (72, 80) un primer extremo (72a, 80a) para la unión al lado de borde de salida del perfil, y un segundo extremo (72b, 80b) de borde de salida para formar un perfil de borde de salida aerodinámico extendido para la porción del perfil de la pala de turbina eólica,
- 10 en la que el cuerpo (72, 80) comprende una pluralidad de hendiduras (88) que se extienden desde dicho segundo extremo (72b, 80b) de borde de salida hasta un punto ubicado hacia dicho primer extremo (72a, 80a), caracterizada porque la anchura de cada hendidura (88) de dicha pluralidad es menor que una altura de capa de límite designada en la zona de cada una de dichas hendiduras (88).
- 15 2. Pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica según la reivindicación 1, en la que la pluralidad de hendiduras (88) definen un hueco entre bordes opuestos de las hendiduras (88), en la que la anchura de dicho hueco es de menos de 50 mm, preferiblemente menos de 25 mm, de manera adicionalmente preferible de aproximadamente 15 mm.
- 20 3. Pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica según una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en la que la pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica comprende un material flexible que se proporciona en o sobre los huecos definidos por dicha pluralidad de hendiduras (88).
4. Pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en la que la pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica comprende cepillos o cerdas proporcionados en los huecos definidos por dicha pluralidad de hendiduras (88).
- 25 5. Pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica según cualquier reivindicación anterior, en la que dicha pluralidad de hendiduras (88) están formadas a lo largo de al menos el 50% de la profundidad o longitud en el sentido de la cuerda del cuerpo (72, 80) de la pieza de elemento de extensión de envuelta aerodinámica desde dicho extremo de borde de salida hacia dicho primer extremo (72a, 80a), preferiblemente entre el 50-90% de la profundidad del cuerpo (72, 80) desde dicho extremo de borde de salida hacia dicho primer extremo (72a, 80a), de manera adicionalmente preferible aproximadamente el 80% de la profundidad del cuerpo (72, 80) desde dicho extremo de borde de salida hacia dicho primer extremo (72a, 80a).
- 30 6. Pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica según cualquier reivindicación anterior, en la que la pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica comprende un panel de lado de presión para formar un lado de presión del perfil de borde de salida aerodinámico extendido y un panel de lado de succión para formar un lado de succión de un perfil de borde de salida aerodinámico extendido, en la que la pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica comprende además reforzar elementos ubicados en el interior del cuerpo (72, 80) de la pieza (90) de elemento de extensión, preferiblemente que se extiende entre dichos paneles de lado de presión y de succión.
- 35 7. Pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica según la reivindicación 6, en la que los elementos de refuerzo están dispuestos en la que un elemento de refuerzo está posicionado adyacente a cada hendidura de dicha pluralidad de hendiduras (88), de manera adicionalmente preferible los elementos de refuerzo están dispuestos en la que un par de elementos de refuerzo están posicionados adyacentes a cada hendidura (88) de dicha pluralidad de hendiduras (88), estando el par de elementos de refuerzo posicionados a cada lado de dicha cada hendidura (88).
- 40 8. Pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica según cualquier reivindicación anterior, en la que dicha pluralidad de hendiduras (88) están separadas unas de otras a lo largo de la longitud en el sentido de la envergadura de la pieza (90) de elemento de extensión, preferiblemente dicha pluralidad de hendiduras (88) están separadas con aproximadamente 1-5 metros entre hendiduras (88) adyacentes, de manera adicionalmente preferible aproximadamente 2-3 metros entre hendiduras (88) adyacentes.
- 45 9. Conjunto de pala de turbina eólica que comprende una pala de turbina eólica que tiene un extremo de punta y un extremo de raíz, y un borde de ataque y un borde de salida con una longitud de cuerda que se extiende entre los mismos, estando la pala de turbina eólica dividida además en una parte interna y una parte externa,
- 50 en el que la parte interna de la pala de turbina eólica está formada como una estructura de soporte de carga que tiene una sección transversal sustancialmente circular, elíptica u ovalada, y
- en el que el conjunto de pala de turbina eólica comprende además una pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica según una cualquiera de las reivindicaciones 1-8 unida a la pala de turbina eólica a lo largo de una porción del borde de salida de la parte interna de la pala de turbina eólica, formando la pieza (90) de elemento de

extensión de envuelta aerodinámica un perfil de borde de salida extendido del conjunto de pala de turbina eólica a lo largo de la parte interna de la pala de turbina eólica.

- 5 10. Conjunto de pala de turbina eólica según la reivindicación 9, en el que la pala de turbina eólica comprende una parte de pala externa y una parte de elemento de extensión interna, en el que dicha pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica está dispuesta a lo largo de una porción de la parte de elemento de extensión interna, preferiblemente en el que dicha parte de elemento de extensión interna comprende un elemento de extensión de pala sustancialmente cilíndrico.
- 10 11. Conjunto de pala de turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en el que la pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica se une a la pala de turbina eólica al menos parcialmente usando al menos una cuña de perfil, estando dicha al menos una cuña de perfil conformada para compensar la geometría de la pala de turbina eólica.
- 15 12. Turbina eólica que comprende una pala de turbina eólica o conjunto de pala de turbina eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 10-11.
- 15 13. Método de fabricación de una pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica para una porción de un perfil de una pala de turbina eólica, comprendiendo el método las etapas de:
- 20 proporcionar una pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada para la unión a un borde de salida de una porción de una parte interna de una pala de turbina eólica, en el que la parte interna de la pala de turbina eólica está formada como una estructura de soporte de carga que tiene una sección transversal sustancialmente circular, elíptica u ovalada, teniendo la pieza (90) de elemento de extensión un primer extremo (72a, 80a) para la unión al borde de salida de dicho perfil, y un segundo extremo (72b, 80b) de borde de salida para formar un perfil de borde de salida aerodinámico extendido para la porción del perfil de la pala de turbina eólica; y
- 25 proporcionar una pluralidad de hendiduras (88) en dicha pieza (90) de elemento de extensión de envuelta aerodinámica consolidada, extendiéndose cada una de dicha pluralidad de hendiduras (88) desde dicho segundo extremo (72b, 80b) de borde de salida hasta un punto ubicado hacia dicho primer extremo (72a, 80a), caracterizado porque
- 25 la anchura de cada hendidura (88) de dicha pluralidad es menor que una altura de capa de límite designada en la zona de cada una de dichas hendiduras (88).

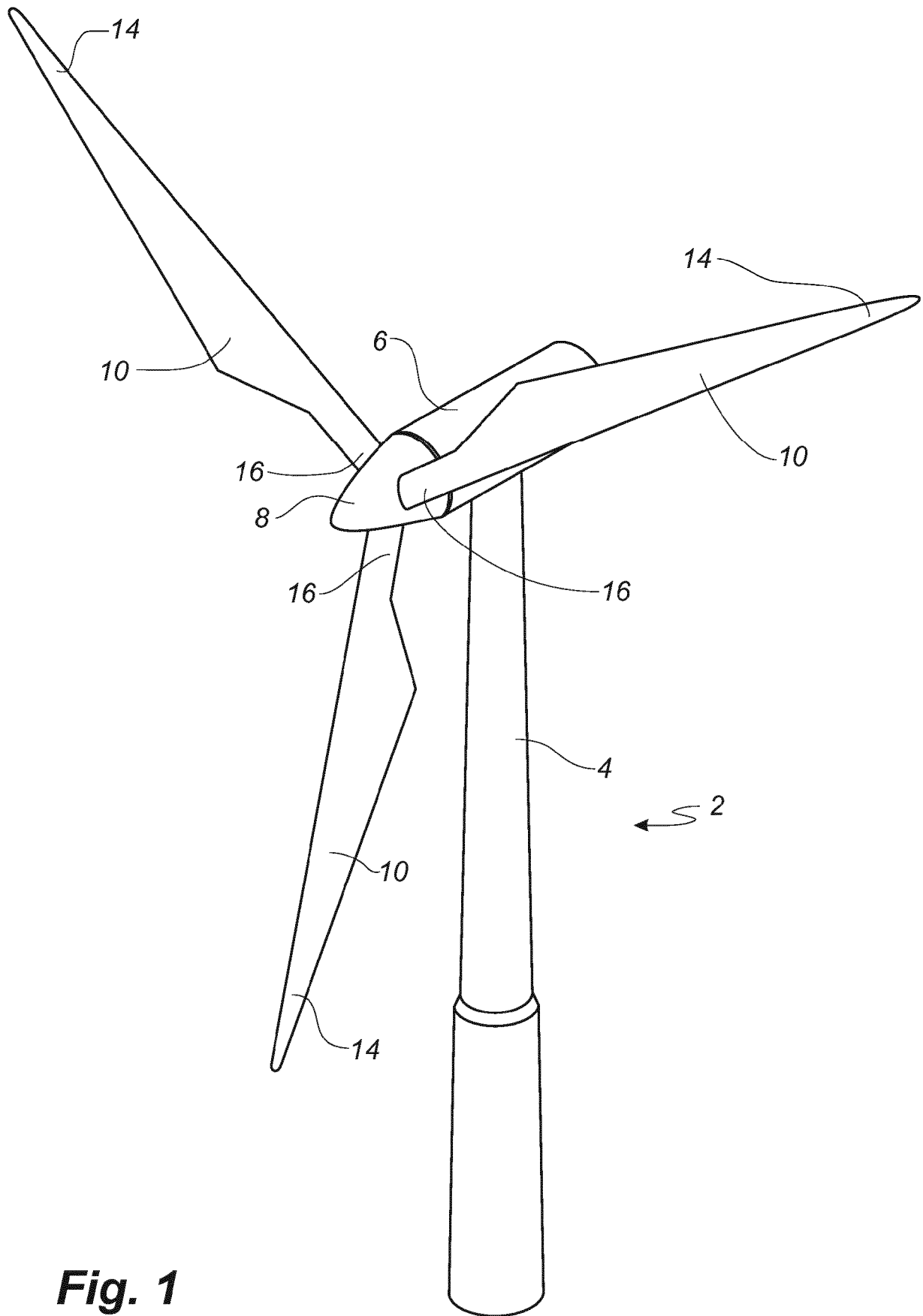


Fig. 1

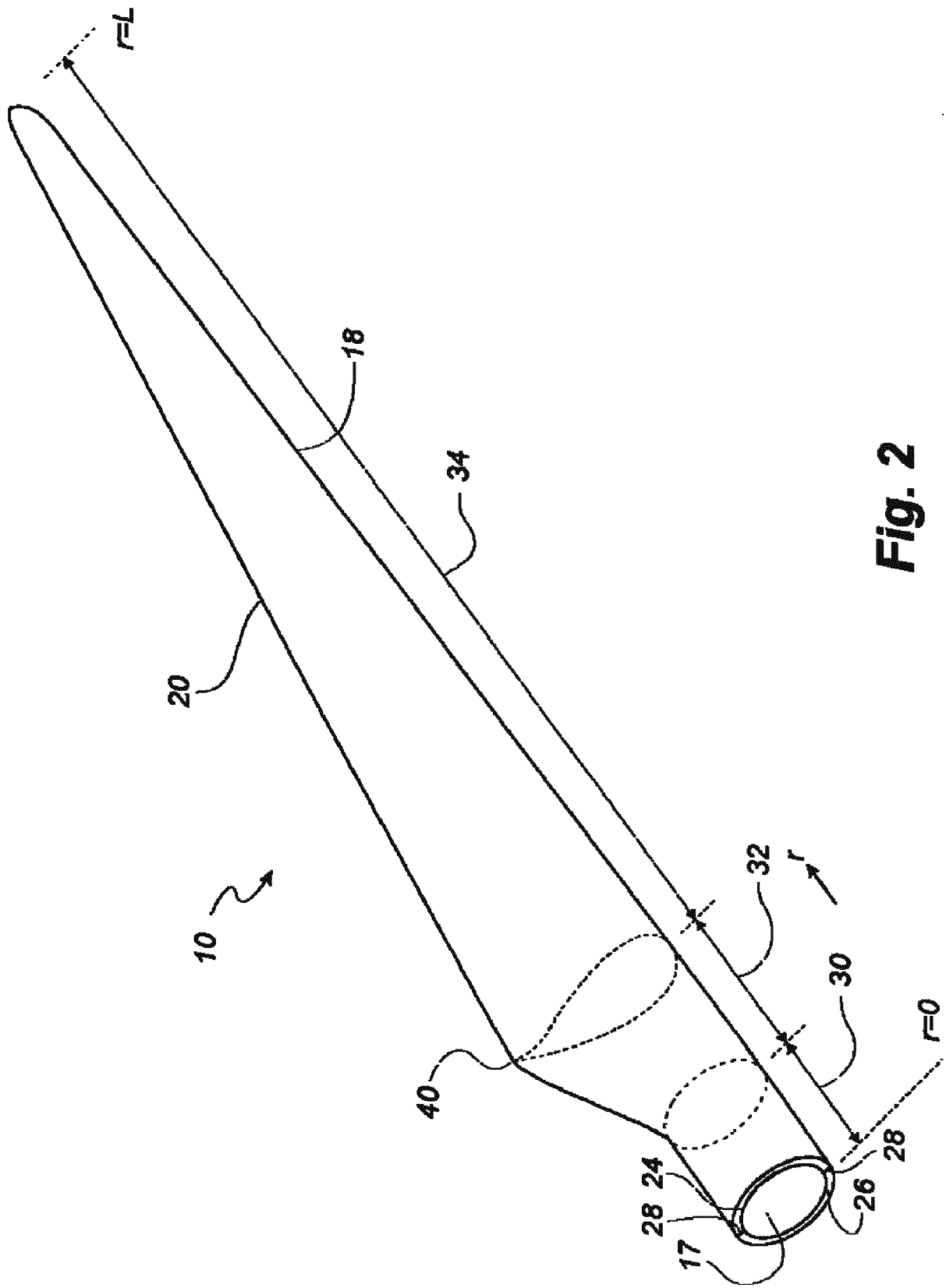


Fig. 2

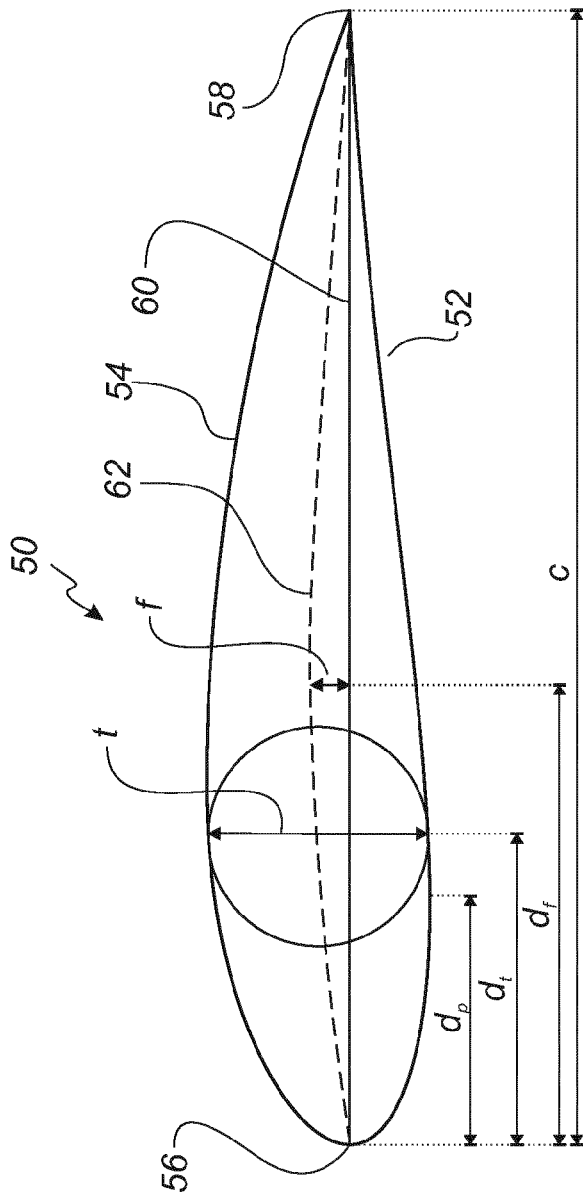


Fig. 3

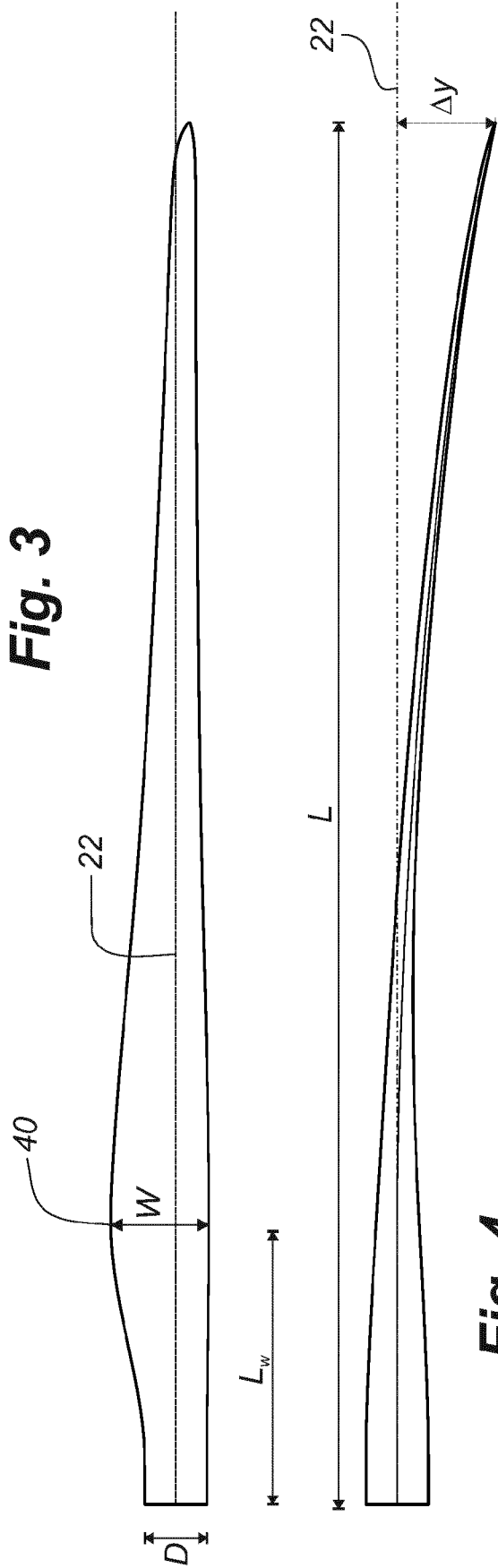


Fig. 4

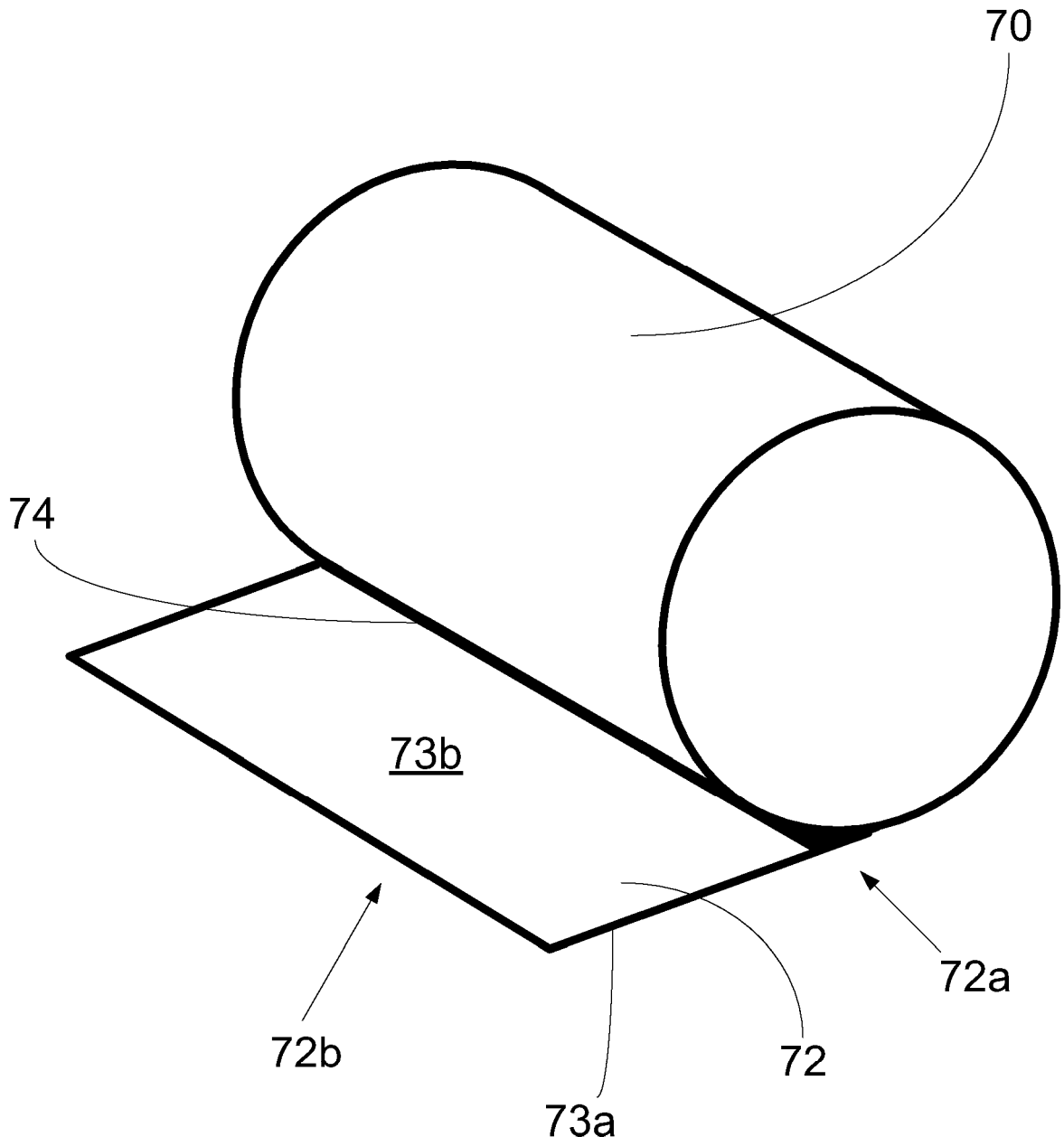


Fig. 5

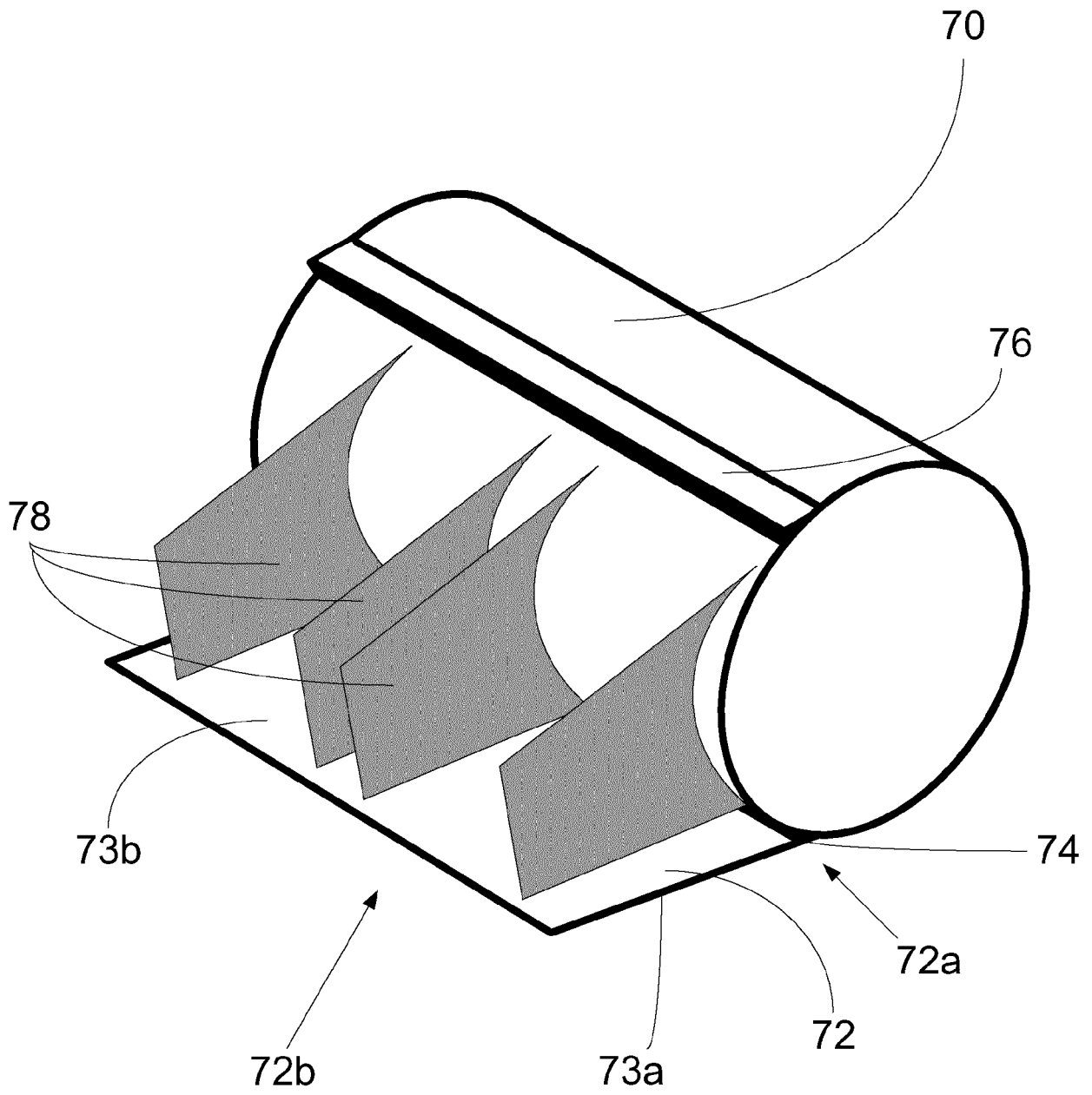


Fig. 6

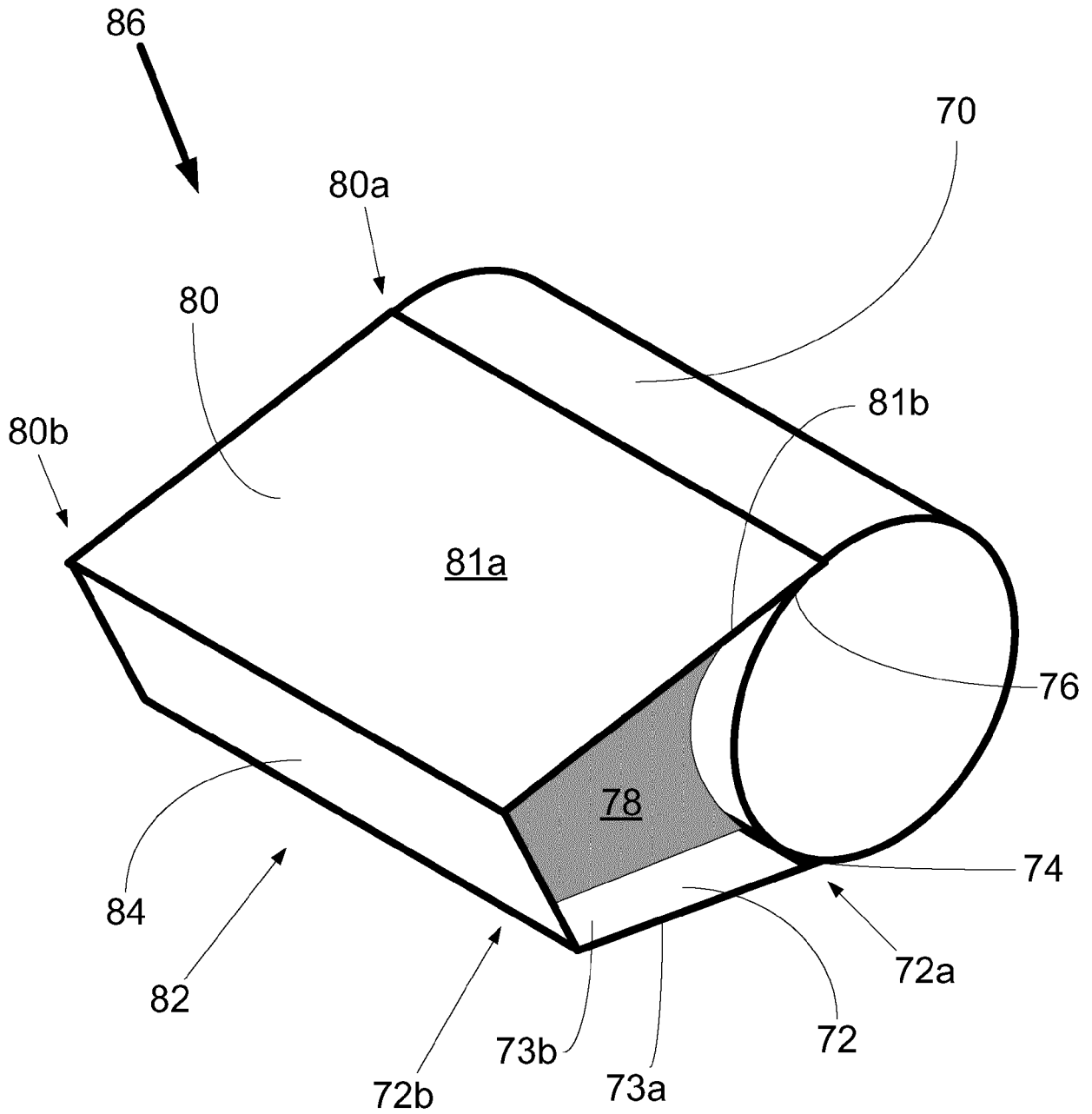


Fig. 7

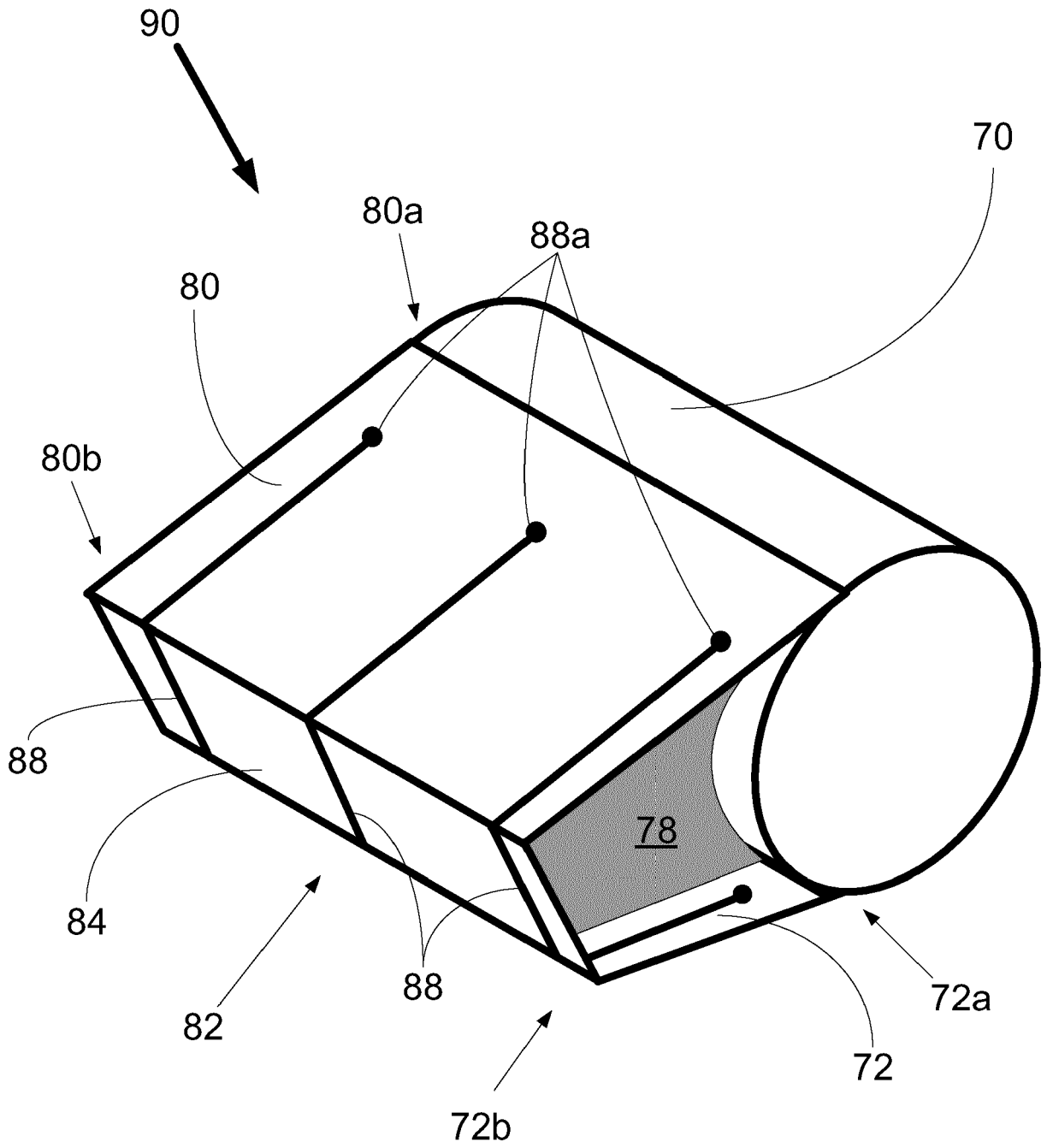


Fig. 8

