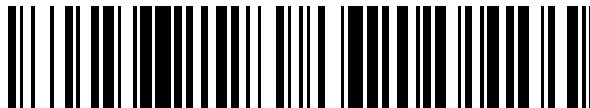


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 632**

51 Int. Cl.:

B29C 65/50 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.07.2015 PCT/EP2015/066398**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.01.2017 WO17012633**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.07.2015 E 15736846 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 3325255**

54 Título: **Pala de turbina eólica con sitios de anclaje**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.07.2020

73 Titular/es:
**LM WIND POWER INTERNATIONAL
TECHNOLOGY II APS (100.0%)
Jupitervej 6
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:
DRACHMANN HAAG, MICHAEL

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 773 632 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 turbina eólica con sitios de anclaje

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una pala de turbina eólica, una turbina eólica que tiene tal pala y un procedimiento de fabricación de tal pala.

Antecedentes de la invención

Las palas de turbinas eólicas modernas pueden requerir dispositivos montados en la superficie, también conocidos como complementos, que se fijan a la carcasa aerodinámica de la pala.

10 Tales complementos de manera típica están adheridos a la carcasa aerodinámica de la pala en varias posiciones mediante el uso de diferentes tipos de adhesivos o cinta de doble cara.

El documento WO 13 060493 describe generadores de vórtice fijos a una pala de turbina eólica mediante el uso de adhesivos.

Por lo tanto, se conoce fijar de manera adhesiva diversos componentes tales como alerones y bordes dentados para las palas de turbinas eólicas.

15 Uno de los problemas en este sentido es que tales complementos pueden caer de la pala durante la operación o se puede aflojar con el tiempo, lo que puede provocar una caída en el rendimiento de la pala con respecto a la generación de energía, el ruido de funcionamiento y seguridad.

Esto a su vez provoca un tiempo de inactividad y reparaciones costosas.

20 Además, una pala de turbina eólica con una preforma integrada se conoce del documento WO 2015/01202 A1. Sin embargo, este documento hace silencio acerca de la fijación de dispositivos montados en la superficie a la preforma e incluso busca de manera explícita un perfil liso en la preforma con el fin de reducir el impacto sobre el rendimiento aerodinámico y evitar la presentación de bordes libres que de otro modo podrían dar lugar a que la preforma se retire con facilidad del resto de la pala.

Un objeto de la presente invención es disminuir o mejorar tales problemas.

25 **Sumario de la invención**

La invención se refiere a una pala de turbina eólica que tiene un cuerpo de la carcasa de la pala hecho de un material compuesto, dicho material compuesto comprende fibras de refuerzo y una resina termoestable, dicha pala de turbina eólica comprende un extremo de la punta y un extremo de la raíz, así como también un borde delantero y un borde trasero, dicha pala de turbina eólica comprende un material termoplástico integrado en el cuerpo de la carcasa, dicho material termoplástico está comprendido en por lo menos una parte de la superficie exterior de la pala de turbina eólica, dicho material termoplástico está configurado para actuar como un sitio de anclaje para la fijación de por lo menos un dispositivo montado en la superficie adicional.

30 De acuerdo con la presente invención, se proporciona una pala de turbina eólica con sitios de anclaje para la fijación de dispositivos montados en la superficie. Los sitios de anclaje de material termoplástico permiten una fijación más fácil y segura de dispositivos a la superficie de la pala. El material termoplástico del sitio de anclaje se puede elegir para proporcionar condiciones mejoradas para el enlace a dichos dispositivos montados en la superficie. Además, el material termoplástico para los sitios de anclaje se puede seleccionar para proporcionar una buena integración con el material reforzado con fibras del cuerpo de la carcasa. Puede ser ventajoso tener una buena adhesión entre la resina termoestable usada y el material termoplástico del sitio de anclaje. El dispositivo para el montaje en la superficie ya no necesita estar enlazado al material compuesto del cuerpo de la carcasa que a menudo puede ser difícil y no siempre reproducible con el riesgo de desprendimiento de los dispositivos montados en la superficie de la pala durante el uso. La fijación mejorada de dispositivos a través de los sitios de anclaje integrados en el cuerpo de la carcasa de la pala de turbina eólica de acuerdo con la invención puede dar lugar a una vida útil más larga y menos servicio relacionado con los dispositivos.

35 40 45 Los sitios de anclaje termoplásticos integrados en el cuerpo de la carcasa de la pala en posiciones adecuadas también pueden proporcionar ayuda visible para identificar dónde fijar un dispositivo. Por ejemplo, el sitio de anclaje puede tener un color o textura diferente cuando se compara con el material del cuerpo de la carcasa, lo que lo hace fácil de identificar el sitio de anclaje.

50 De acuerdo con formas de realización de la invención, los dispositivos montados en la superficie de manera típica se pueden usar para modificar el rendimiento aerodinámico de la pala de turbina eólica.

De acuerdo con formas de realización de la invención, los sitios de anclaje termoplásticos se pueden usar para la

fijación de un escudo para la erosión, por ejemplo, a lo largo de por lo menos una parte del borde delantero de la pala de turbina eólica.

En una forma de realización de la invención, el material termoplástico comprende grupos químicos capaces de reaccionar con componentes de la resina termoendurecible.

5 De acuerdo con formas de realización de la invención, es ventajoso seleccionar el material termoplástico para ser capaz de enlazar químicamente los componentes de la resina termoestable por medio de la reacción química entre, por ejemplo, grupos químicos en la cadena principal del polímero del material termoplásticos y los componentes de rienda, por ejemplo, los componentes reticulantes y/o monómeros, oligómeros o polímeros comprendidos en la mezcla de resina.

10 Por ejemplo, dicho enlace químico puede de acuerdo con formas de realización de la invención se consigue seleccionando poli(acrilonitrilo butadieno estireno) como el material termoplástico y una mezcla de resina de poliéster que comprende estireno como disolvente reactivo y el componente reticulante. Los grupos estireno de polímero termoplástico entonces pueden reaccionar con componentes de la resina y se vuelven químicamente enlazados a la resina. De este modo, se puede conseguir una integración muy durable del sitio de anclaje en el
15 cuerpo de la carcasa.

De acuerdo con la invención, la pala de turbina eólica además comprende por lo menos un dispositivo montado en la superficie fijado al sitio de anclaje de la pala de turbina eólica.

De acuerdo con estas formas de realización, la pala de turbina eólica se puede proporcionar con los dispositivos montados en la superficie fijados a los sitios de anclaje.

20 En una forma de realización de la invención, dicho por lo menos un dispositivo montado en la superficie está fijado a la pala de turbina eólica en dicho sitio de anclaje por medio de encolado, soldadura de plástico o una combinación de los mismos.

El material termoplástico usado para el sitio de fijación se puede seleccionar dependiendo del procedimiento de fijación del dispositivo montado en la superficie. Por consiguiente, en algunas formas de realización de la invención,
25 el material termoplástico es en particular adecuado para su uso con procedimientos de enlace adhesivo, mientras que en formas de realización alternativas, el material termoplástico en el sitio de anclaje puede ser adecuado para la soldadura de plástico. Algunos materiales termoplásticos pueden ser adecuados para una combinación de encolado y soldadura.

30 En una forma de realización de la invención, dicha soldadura de plástico se selecciona de la soldadura por rayo láser, la soldadura térmica, tal como la soldadura por gas caliente, la soldadura de velocidad con punta, la soldadura por puntos, la soldadura de contacto y la soldadura por placa caliente, la soldadura ultrasónica, la soldadura de alta frecuencia y la soldadura con disolvente.

35 Cuando el dispositivo montado en la superficie está hecho de un material termoplástico, por medio de un procedimiento de soldadura de plástico para la unión del dispositivo montado en la superficie al material termoplástico en el sitio de anclaje y por lo tanto, a la superficie de una pala de turbina eólica, tiene múltiples ventajas:

- El procedimiento de soldadura puede ser automatizado o semiautomatizado, lo cual puede reducir los costos de producción y mejorar la reproducibilidad y calidad.
- El enlace establecido entre el dispositivo y el sitio de anclaje corresponde a un enredo de las cadenas poliméricas de los dos materiales en la interfaz, lo que provoca que el enlace sea extremadamente duradero y es
40 muy poco probable que falle durante el funcionamiento de la pala.
- El procedimiento y la calidad de la conexión de materiales establecidos son más o menos independientes del medio ambiente en el sitio de la soldadura. En el lugar de fabricación de las palas, el control cuidadoso de la temperatura y la humedad relativa, que por lo general es importante cuando se usan, por ejemplo, adhesivos,
45 cintas y similares, puede no ser necesario. Además, un dispositivo montado en la superficie dañado o desgastado puede ser sustituido en el sitio mientras la pala está en la turbina eólica, o por lo menos sin mover la pala en un entorno controlado.

En principio, cualquier procedimiento de soldadura adecuado para la soldadura de materiales de plástico se puede usar de acuerdo con formas de realización de la invención.

50 En formas de realización preferidas se usa la soldadura por calor.

La soldadura por gas caliente es un procedimiento posible aplicable de acuerdo con formas de realización de la invención. La soldadura por gas caliente puede ser a la vez versátil y económica.

También se puede usar la soldadura por rayo láser, dado que produce resultados muy reproducibles con una variedad de materiales termoplásticos. La soldadura por rayo láser puede ser automatizada y también se puede adaptar para su uso en el sitio en el campo.

5 De esta manera, se pueden obtener uniones muy reproducibles, incluso cuando las condiciones no son fáciles de controlar.

10 La soldadura por rayo láser de manera típica requiere el material termoplástico en el sitio de anclaje para absorber la energía en la longitud de onda del láser, mientras que el material termoplástico usado para el dispositivo montado en la superficie debe dejar pasar la longitud de onda del láser a través de por lo menos en parte para llegar a la interfaz entre los dos materiales. Si el dispositivo montado en la superficie y el sitio de anclaje están en contacto estrecho, el material transparente láser también se calienta en la interfaz por conducción y se forma una unión muy duradera.

El contacto estrecho entre los materiales termoplásticos se puede establecer, por ejemplo, mediante el uso de un dispositivo de sujeción para fijar el dispositivo montado en la superficie en el sitio de anclaje durante el procedimiento de soldadura por rayo láser.

15 En algunas formas de realización, el material termoplástico en el sitio de anclaje comprende medios de absorción de calor, por ejemplo negro de carbono, otra pigmentación especial u otros aditivos.

En una forma de realización de la invención se proporciona el material termoplástico en forma de hojas, láminas o tiras.

20 El material termoplástico para el sitio de anclaje puede ser lo suficientemente flexible para poder adaptarse a la forma requerida del cuerpo de la carcasa o parte del cuerpo de la carcasa requerido en el sitio de anclaje. Esto se puede obtener mediante el uso de hojas o láminas que puede seguir la forma de la superficie del molde en el procedimiento de moldeo para la producción del cuerpo de la carcasa que puede implicar la transferencia de resina asistida por vacío.

Puede ser ventajoso calentar la lámina, hoja o tira a una temperatura a la que el material termoplástico se ablande ligeramente para ayudar al posicionamiento de la lámina o la hoja en el molde.

25 En una forma de realización de la invención, el material termoplástico tiene un grosor de entre 0,1 y 2,0 mm, preferentemente entre 0,2 y 1,0 mm.

30 El grosor de la hoja, lámina o tira de material termoplástico usado para el sitio de anclaje puede variar. Se requiere un cierto grosor para lograr un material de base adecuado y que funcione bien sobre el que se puede fijar un dispositivo montado en la superficie, por ejemplo, por medio de soldadura de plástico. Si el grosor es demasiado grande, se puede debilitar la flexibilidad, y subir los costos de material.

En una forma de realización de la invención, el por lo menos un dispositivo montado en la superficie es una parte que tiene bordes dentados, un alerón, un generador de vórtice, una solapa, una sección de punta, una flap Gurney, una valla de parada o cualquier combinación de los mismos.

35 Cualquier tipo de dispositivo montado en la superficie se puede fijar a la pala de turbina eólica en el sitio de anclaje. Estos dispositivos suelen modificar el rendimiento aerodinámico de la pala. Por ejemplo, las partes con bordes dentados, de manera típica montadas en el borde trasero de la pala, pueden ayudar a reducir el ruido generado por la pala de turbina eólica durante la rotación, mientras que los generadores de vórtice pueden impedir la separación del flujo de aire alrededor de la lámina de aire de la pala, lo cual de este modo mejora la elevación generada.

40 En una forma de realización de la invención, el por lo menos un dispositivo montado en la superficie es una parte de plástico moldeada por inyección.

De manera típica, los dispositivos montados en la superficie requieren una geometría detallada y precisa. En formas de realización preferidas, pueden estar hechos de termoplásticos por medio de moldeo por inyección.

45 En una forma de realización de la invención, el material termoplástico se selecciona del grupo que consiste en poliestireno, poli(acrilonitrilo butadieno estireno), poli(acrilonitrilo estireno acrilato), poli(acrilonitrilo estireno), policarbonato, poliéter éter cetona, tereftalato de polibutileno o cualquier combinación de los mismos.

Un número de materiales termoplásticos se puede usar para los sitios de anclaje. En una forma de realización preferida de la invención, poli(acrilonitrilo butadieno estireno) forma el material termoplástico. En este caso, se puede conseguir una muy buena integración del material termoplástico con la resina termoestable y el refuerzo de fibras en el cuerpo de la carcasa, en especial cuando se usa resina de poliéster como la resina termoestable.

50 En una forma de realización de la invención, el por lo menos un dispositivo montado en la superficie está hecho de poliestireno, poli(acrilonitrilo butadieno estireno), poli(acrilonitrilo estireno acrilato), poli(acrilonitrilo estireno), policarbonato, poliéter éter cetona, tereftalato de polibutileno, polietileno de ultra alta densidad, elastómero termoplástico, tal como poliuretano termoplástico o cualquier combinación de los mismos.

El material seleccionado para el dispositivo montado en la superficie se selecciona para hacer posible el buen enlace al sitio de anclaje y también se puede elegir con respecto a la buena resistencia a la erosión.

5 En una forma de realización de la invención, el material termoplástico se selecciona del grupo que consiste en poli(acrilonitrilo butadieno estireno), policarbonato, mezclas de poli(acrilonitrilo butadieno estireno) y policarbonato, y combinaciones de los mismos y el por lo menos un dispositivo montado en la superficie está hecho de policarbonato, mezclas de poli(acrilonitrilo butadieno estireno) y policarbonato, poliuretano termoplástico y combinaciones de los mismos.

De acuerdo con estas formas de realización, son posibles varias combinaciones de material termoplástico para el sitio de anclaje y material termoplástico para el dispositivo montado en la superficie.

10 Por ejemplo, el poli(acrilonitrilo butadieno estireno) como el material termoplástico del sitio de anclaje puede ser útil cuando se fija un dispositivo montado en la superficie hecho a partir de una mezcla de poli(acrilonitrilo butadieno estireno) y policarbonato.

15 Cuando se usa poli(acrilonitrilo butadieno estireno) como el material termoplástico del sitio de anclaje y el dispositivo montado en la superficie está hecho de policarbonato, se obtiene una forma de realización adicional de la presente invención.

Cuando se usa una mezcla de poli(acrilonitrilo butadieno estireno) y policarbonato como el material termoplástico del sitio de anclaje y el dispositivo montado en la superficie está hecho de poliuretano termoplástico, se obtiene otra forma de realización de la presente invención.

20 Cuando se usa poli(acrilonitrilo butadieno estireno) como el material termoplástico del sitio de anclaje y el dispositivo montado en la superficie está hecho de una mezcla de poli(acrilonitrilo butadieno estireno) y policarbonato, se obtiene una forma de realización adicional de la presente invención.

En principio, los materiales usados para el sitio de anclaje y para el dispositivo montado en la superficie pueden ser ambos del mismo tipo, por ejemplo, policarbonato.

25 De acuerdo con una forma de realización de la invención un rebaje está presente en la parte superior del material termoplástico, dicho rebaje tiene una profundidad adaptada para el alojamiento del por lo menos un dispositivo montado en la superficie, con lo que la parte de base del por lo menos un dispositivo montado en la superficie sobre la superficie de la pala de turbina eólica está sustancialmente a nivel con la superficie adyacente de la pala de turbina eólica.

30 Puede ser aerodinámicamente favorable tener la base del dispositivo montado en la superficie a nivel con la superficie de la pala de turbina eólica. Esto, por ejemplo, se puede obtener por medio de la colocación del escudo para la erosión en un rebaje adaptado para el alojamiento del mismo.

35 Tal rebaje se puede establecer, por ejemplo, por medio de la colocación en primer lugar de una baja energía superficial, tal como caucho de silicona material en el molde para el moldeo del cuerpo de la carcasa de la pala, antes de colocar el material termoplástico en el molde en la parte superior del material de baja energía superficial. Después de moldear el material de baja energía superficial se retira y se deja un rebaje para la fijación del dispositivo montado en la superficie.

El material de baja energía superficial se puede elegir para que coincida sustancialmente con el grosor de la base del dispositivo montado en la superficie.

40 La invención se refiere además a una turbina eólica que comprende una pala de acuerdo con lo descrito en la presente memoria.

45 La invención también se refiere a un procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica, dicha pala para una turbina eólica que tiene un cuerpo de la carcasa de la pala hecho de un material compuesto en un procedimiento de moldeo, dicho material compuesto comprende fibras de refuerzo y una resina termoestable, dicha pala de turbina eólica comprende un extremo de la punta y un extremo de la raíz, así como también un borde delantero y un borde trasero, dicho procedimiento comprende las etapas de

- la colocación de un material termoplástico en un molde para el moldeo de por lo menos una parte del cuerpo de la carcasa de la pala,
- dicho material termoplástico estando colocado en el molde para formar un sitio de anclaje integrado en la superficie del cuerpo de la carcasa de la pala para la fijación de por lo menos un dispositivo montado en la superficie adicional,
- la colocación de fibras de refuerzo en el molde,

- la humectación del material termoplástico y las fibras de refuerzo con una resina termoestable, y
- el curado de dicha resina para formar por lo menos una parte del cuerpo de la carcasa,
- la unión opcional de partes del cuerpo de la carcasa para formar un cuerpo de la carcasa.

5 De acuerdo con la invención, dicho procedimiento además comprende la etapa de fijación el dispositivo montado en la superficie adicional en el sitio de anclaje.

En una forma de realización de la invención, el dispositivo montado en la superficie adicional se fija por medio de encolado, soldadura de plástico o una combinación de los mismos.

10 En una forma de realización de la invención, dicha fijación del dispositivo montado en la superficie adicional se lleva a cabo en el sitio mientras que la pala de turbina eólica está montada en una turbina eólica o la pala de turbina eólica se ha desprendido de la turbina eólica para el servicio.

El mantenimiento de las turbinas eólicas de manera típica es costoso e implica un tiempo de inactividad indeseable donde no se produce energía.

15 Las palas de turbinas eólicas también pueden requerir mantenimiento, una de las razones de esto es el reemplazo o la fijación de dispositivos montados en la superficie. El procedimiento de acuerdo con las presentes formas de realización está sorprendentemente bien adecuado para la reparación en el sitio, el reemplazo o el montaje posterior de los dispositivos montados en la superficie de acuerdo con lo descrito en la presente memoria.

Esto es porque el sitio de anclaje puede ser completamente intacto para la fijación de un nuevo dispositivo, por ejemplo, después de que el dispositivo montado originalmente ha sido dañado por la erosión u otro fallo. La eliminación de restos del dispositivo original permite la fácil fijación de un nuevo dispositivo similar.

20 De manera alternativa, cuando se necesitan modificaciones aerodinámicas en una lámina de acuerdo con la invención ya en servicio en una turbina eólica, los sitios de anclaje integradas en la superficie de la pala se pueden usar para la fijación de los dispositivos montados en la superficie requeridos.

25 De manera típica, el uso de adhesivos para fijar dispositivos montados en la superficie, por ejemplo, el uso de cintas, se beneficiarían de la humedad y la temperatura controlada para asegurar un buen enlace y también requieren grandes habilidades y limpieza.

Tal control a menudo no es posible en absoluto o sólo en una medida subóptima si una reparación o una nueva fijación de un dispositivo se hace en el sitio. Al tener sitios de fijación específicos e integrados en la pala, se puede disminuir la necesidad de dicho control.

30 Además, si por ejemplo el uso de soldadura de plástico tal como, por ejemplo, la soldadura por rayo láser se usa para la fijación del dispositivo montado en la superficie al sitio de anclaje, esto no requiere un clima especial, sino que se puede aplicar mientras que la pala está montada en la turbina. Esto permite las reparaciones y sustituciones durante todo el año a diferencia de otros procedimientos que son aplicables sólo durante el verano a temperaturas adecuadas.

Descripción detallada

35 La invención se explica en detalle a continuación con referencia a una forma de realización mostrada en las figuras, en las cuales

La Fig. 1 muestra una turbina eólica,

La Fig. 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención,

La Fig. 3 muestra una vista esquemática de un perfil de superficie aerodinámica,

40 La Fig. 4 muestra una vista esquemática de la pala de turbina eólica de acuerdo con la invención, visto desde arriba y desde el costado,

La Fig. 5 muestra una vista esquemática de un perfil de superficie aerodinámica que tiene un escudo para la erosión que comprende dos capas de materiales termoplásticos en el borde delantero,

45 La Fig. 6 muestra una vista esquemática de un perfil de superficie aerodinámica de dos partes del cuerpo de la carcasa que tienen un primer material termoplástico integrado en un rebaje en el borde delantero,

La Fig. 7 muestra una vista esquemática de un escudo para la erosión compuesta por 2 capas de materiales termoplásticos unidas entre sí.

La Fig. 8 muestra una vista esquemática de partes formadas previamente de un primer y un segundo material termoplástico, respectivamente.

La Fig. 9 muestra una vista esquemática de dos hojas/láminas de un primer y un segundo material termoplástico, respectivamente.

5 La Fig. 10 muestra una vista esquemática de una parte formada previamente de material termoplástico, la parte es más delgada en los extremos que en el centro,

La Fig. 11 muestra una vista esquemática de un perfil de superficie aerodinámica que corresponde a la unión de las dos partes del cuerpo de la carcasa de la Fig. 5,

10 La Fig. 12 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica con un escudo para la erosión, bordes dentados y un alerón fijado a la pala de la Fig. 2 en los sitios de anclaje indicados.

15 La Fig. 1 ilustra una turbina eólica contra el viento moderna convencional de acuerdo con el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje del rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un vástago 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el vástago 8, cada una tiene una raíz de la pala 16 más cercana al vástago y una punta de la pala 14 más alejada del vástago 8. El rotor tiene un radio denotado como R.

20 La Fig. 2 muestra una vista esquemática de una primera forma de realización de una pala de turbina eólica 10 de acuerdo con la invención. La pala de turbina eólica 10 tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región de la raíz 30 más cercana al vástago, una región perfilada o de superficie aerodinámica 34 más alejada del vástago y una región de transición 32 entre la región de la raíz 30 y la región de superficie aerodinámica 34. La pala 10 comprende un borde delantero 18 frente a la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el vástago, y un borde trasero 20 frente a la dirección opuesta del borde delantero 18.

25 La región de superficie aerodinámica 34 (también llamada la región perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a la generación de elevación, mientras que la región de la raíz 30 debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, que, por ejemplo, hace que sea más fácil y más seguro montar la pala 10 al vástago. El diámetro (o la cuerda) de la región de la raíz 30 puede ser constante a lo largo de toda el área de la raíz 30. La región de transición 32 tiene un perfil de transición que cambia de manera gradual de la forma circular o elíptica de la región de la raíz 30 a del perfil de superficie aerodinámica de la región de superficie aerodinámica 34. La longitud de la cuerda de la región de transición 32 aumenta de manera típica al aumentar la distancia r desde el vástago. La región de superficie aerodinámica 34 tiene un perfil de superficie aerodinámica con una cuerda que se extiende entre el borde delantero 18 y el borde trasero 20 de la pala 10. La anchura de la cuerda disminuye al aumentar la distancia r desde el vástago.

30 Un hombro 40 de la pala 10 se define como la posición donde la pala 10 tiene su mayor longitud de la cuerda. El hombro 40 se proporciona de manera típica en el límite entre la región de transición 32 y la región de superficie aerodinámica 34.

35 Se debe señalar que las cuerdas de las diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, dado que la pala se puede retorcer y/o curvar (es decir, doblar previamente), para de ese modo proporcionar el plano de la cuerda con una correspondientemente torcido y/o curvada curso, siendo este el caso más frecuente con el fin de compensar la velocidad local de la pala siendo dependiente del radio del vástago.

40 Se muestra un sitio de anclaje termoplástico integrado 61 para la fijación, por ejemplo, de un alerón en la región de transición 32. Un sitio integrado adicional 63 para la fijación de, por ejemplo, bordes dentados de reducción del ruido se indican en el borde trasero 20 en la región de superficie aerodinámica 34. En el borde delantero 18, se muestra un sitio de fijación 68 por un segundo material termoplástico, para completar de este modo un escudo para la erosión. Se ve que el escudo para la erosión se puede extender alrededor de la punta de la pala.

45 Está claro que la pala puede tener más o menos sitios de fijación que los tres que se muestran en la Fig. 2.

50 Los sitios de fijación están integrados en la pala de turbina eólica durante la fabricación de la pala. Esta integración se puede lograr por medio de la colocación de un material termoplástico en el molde para el cuerpo de la carcasa de la pala o partes del cuerpo de la carcasa de la pala de manera tal que el material termoplástico se enfrente a la superficie exterior de la pala final, de acuerdo con lo indicado en la Fig. 2. Diferentes sitios de fijación pueden comprender los mismos o diferentes materiales termoplásticos. Por ejemplo, el sitio de fijación 68 puede ser de poli(acrilonitrilo butadieno estireno) mientras que los sitios de fijación 61 y 63 son de policarbonato o todos los sitios de fijación son poli(acrilonitrilo butadieno estireno).

Las Figs. 3 y 4 representan parámetros que se usan para explicar la geometría de la pala de turbina eólica de acuerdo con la invención.

La Fig. 3 muestra una vista esquemática de un perfil de superficie aerodinámica 50 de una pala típica de una turbina eólica que se muestra con los diferentes parámetros, que de manera típica se usan para definir la forma geométrica de un perfil de superficie aerodinámica. El perfil de superficie aerodinámica 50 tiene un lado de presión 52 y un lado de succión 54, que durante el uso, es decir, durante la rotación del rotor, normalmente están orientados hacia el barlovento (o contra el viento) lateral y el lado de sotavento (o a favor del viento), respectivamente. La superficie aerodinámica 50 tiene una cuerda 60 con una longitud de la cuerda c que se extiende entre un borde delantero 56 y un borde trasero 58 de la pala. La superficie aerodinámica 50 tiene un grosor t , que se define como la distancia entre el lado de presión 52 y el lado de succión 54. El grosor t de la superficie aerodinámica varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación de un perfil simétrico está dada por una línea de comba 62, que es una línea media a través del perfil de superficie aerodinámica 50. La línea media se puede encontrar por medio del dibujado de círculos inscritos desde el borde delantero 56 al borde trasero 58. La línea media sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o la distancia desde la cuerda 60 se denomina la comba f . La asimetría también se puede definir mediante el uso de parámetros llamada la comba superior (o comba del lado de succión) y la comba inferior (o comba del lado de presión), que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado de succión 54 y el lado de presión 52, respectivamente.

Los perfiles de superficie aerodinámica a menudo se caracterizan por los siguientes parámetros: la longitud de la cuerda c , la comba máxima f , la posición df de la comba máxima f , el máximo grosor de superficie aerodinámica t , que es el mayor diámetro de los círculos inscritos a lo largo de la línea de comba mediana 62, la posición dt del máximo grosor t , y un radio de nariz (no mostrados). Estos parámetros se definen de manera típica como relaciones a la longitud de la cuerda c . Por lo tanto, una pala con relación local de grosor t/c se da como la relación entre el grosor máximo local t y la longitud de cuerda local c . Además, la posición dp de la comba máxima del lado de presión se puede usar como un parámetro de diseño, y por supuesto también la posición de la comba del lado de succión máxima.

La Fig. 4 muestra otros parámetros geométricos de la pala. La pala tiene una longitud de pala total de L . De acuerdo con lo mostrado en la Fig. 3, el extremo de la raíz se encuentra en la posición $r = 0$, y el extremo de la punta situado en $r = L$. El hombro 40 de la pala se encuentra en una posición $r = Lw$, y tiene una anchura del hombro W , que es igual a la longitud de la cuerda en el hombro 40. El diámetro de la raíz se define como D . La curvatura del borde trasero de la pala en la región de transición puede estar definida por dos parámetros, a saber, un radio de curvatura exterior mínimo r_o y un radio de curvatura interior mínimo r_i , que se definen como el radio de curvatura mínimo del borde trasero, visto desde el exterior (o detrás del borde trasero), y el radio de curvatura mínimo, visto desde el interior (o delante del borde trasero), respectivamente. Además, la pala está provista de un doblez previo, que se define como Δy , que corresponde a la deflexión fuera del plano de un eje de paso 22 de la pala.

La Fig. 5 muestra una vista esquemática de un perfil de superficie aerodinámica que tiene un escudo para la erosión 64 compuesto por dos capas, una capa de un primer material termoplástico 65 y una segunda capa de un segundo material termoplástico 66 en el borde delantero. El escudo para la erosión está situado en un rebaje 67 en la pala y se indica que la superficie exterior del escudo para la erosión está a nivel con la superficie del cuerpo de la carcasa.

El borde delantero no se define estrictamente como un borde estrecho, pero se indica para extenderse a ambos lado de succión y el lado de presión de la superficie aerodinámica. El borde delantero se entiende en sentido amplio como la parte de la pala que corta a través del aire durante la rotación del rotor de la turbina eólica, esta parte de la pala por lo tanto es más vulnerable a la erosión.

La Fig. 6 muestra una vista esquemática de un perfil de superficie aerodinámica de dos partes del cuerpo de la carcasa que tienen un primer material termoplástico integrado 65 en un rebaje 67 en el borde delantero. El primer material termoplástico actúa como un sitio para la fijación de un segundo material termoplástico, el segundo material termoplástico completa un escudo para la erosión en el borde delantero de la pala. El escudo para la erosión completado corresponde al escudo 64 que se muestra en la Fig. 5.

La Fig. 7 muestra una vista esquemática de un escudo para la erosión compuesta por 2 capas, una capa de un primer material termoplástico 65 y una segunda capa de un segundo material termoplástico 66, unidas entre sí. Tal escudo para la erosión fabricado previamente puede estar integrado en el cuerpo de la carcasa para proporcionar una protección completa del borde delantero. Las dos capas en el escudo para la erosión se unen preferentemente por medio de soldadura de plástico. En particular la soldadura por rayo láser es un procedimiento preferido de unión de las 2 capas de material termoplástico. El primer material termoplástico 65 y el segundo material termoplástico 66 se ponen en contacto estrecho y se usa un láser para fundir el segundo material termoplástico y el primer material termoplástico en la interfaz entre los dos materiales, por lo que se establece un enlace entre los dos materiales. Puede ser beneficioso fabricar previamente tal escudo para la erosión de dos capas antes de la integración con el cuerpo de la carcasa, debido a que la unión de los dos materiales termoplásticos en algunas formas de realización se puede hacer de manera más conveniente antes de la integración con el cuerpo de la carcasa, por ejemplo, por medio de la colocación del escudo para la erosión fabricado previamente o parte de un escudo para la erosión fabricado previamente en un molde para formar el cuerpo de la carcasa o una parte del mismo.

La Fig. 8 muestra una vista esquemática de partes formadas previamente de un primer material termoplástico 65 y un segundo material termoplástico 66, respectivamente. De manera típica, la parte formada previamente del primer

material termoplástico 65 se coloca en el molde cuando se moldea el cuerpo de la carcasa o parte del cuerpo de la carcasa de la pala de turbina eólica. La parte formada previamente del segundo material termoplástico después se fija a la parte formada previamente del primer material termoplástico después del moldeo para completar un escudo para la erosión en el borde delantero de la pala. Al usar piezas formadas previamente, tanto la colocación correcta de la parte formada previamente del primer material termoplástico en el molde y la fijación correcta de la segunda parte después del moldeo puede ser más fácil en comparación con el uso de láminas u hojas termoplásticas flexibles, debido a que las partes formadas previamente, debido a tolerancias estrechas alcanzables durante su fabricación, son relativamente fáciles de manejar y encajar bien cuando se fijan la una a la otra.

La parte formada previamente del primer material termoplástico que se muestra en la presente memoria es aplicable en un procedimiento de moldeo de un solo disparo. Se debe entender que, si, por ejemplo, la pala se forma a partir de dos partes del cuerpo de la carcasa (véase la Fig. 6), la parte formada previamente del primer material termoplástico también puede constituir dos partes formadas previamente, una para ser colocado en un primer molde para el moldeo de una primera parte del cuerpo de la carcasa y otra para ser colocada en un segundo molde para una segunda parte del cuerpo de la carcasa.

La Fig. 9 muestra una vista esquemática de dos hojas/láminas de un primer material termoplástico 65 y un segundo material termoplástico 66, respectivamente. Las hojas o láminas flexibles pueden ser ventajosas para usar de acuerdo con estas formas de realización, para formar un escudo para la erosión. La hoja/lámina del primer material termoplástico se puede colocar en el molde junto con material de fibra. La hoja/lámina puede ser lo suficientemente flexible para seguir el contorno de la superficie del molde, en especial cuando se somete al peso de capas de fibra o material de pre-preg colocado en la parte superior de la hoja/lámina del primer material termoplástico. El vacío aplicado cuando se inyecta resina también puede ayudar a fijar la hoja/lámina del primer material termoplástico en el molde.

Después del moldeo del cuerpo de la carcasa, ahora comprende el primer material termoplástico expuesto a la superficie exterior de la carcasa en el borde delantero, la hoja/lámina del segundo material termoplástico se fija en la parte superior del primer material termoplástico. Al elegir materiales termoplásticos adecuados, de acuerdo con lo explicado con anterioridad, puede ser posible fijar el segundo material termoplástico por medio de soldadura de plástico, tal como soldadura por rayo láser.

En una situación de servicio, donde el segundo material termoplástico se ha erosionado desde el escudo para la erosión de la pala de turbina eólica, lo cual expone el primer material termoplástico en la superficie exterior del borde delantero de la pala, la reparación del escudo para la erosión se puede llevar a cabo en el sitio por medio de la soldadura una nueva hoja/lámina del segundo material termoplástico al primer material termoplástico. Si, por ejemplo, se usa la soldadura por rayo láser, el procedimiento de fijación es más o menos independiente de las condiciones ambientales en el lugar de la reparación (temperatura, humedad, etc.).

La reparación, por supuesto, también se puede llevar a cabo con piezas formadas previamente del segundo material termoplástico.

La Fig. 10 muestra una vista esquemática de una parte formada previamente de material termoplástico, la parte es más delgada en los extremos que en el centro. Tal parte puede ser ventajosa si ningún rebaje está disponible en el borde delantero. Una primera tal parte del primer material termoplástico puede estar integrada en el cuerpo de la carcasa de la pala en el procedimiento de moldeo, de acuerdo con lo explicado con anterioridad, y una segunda tal parte del segundo material termoplástico se puede fijar a la primera parte después del moldeo. La geometría que tiene los extremos más delgados permite que el escudo para la erosión resultante esté sustancialmente a nivel con la superficie aerodinámica, incluso sin un rebaje en el cuerpo de la carcasa, en el que se pueden minimizar las perturbaciones aerodinámicas del escudo para la erosión.

La Fig. 11 muestra una vista esquemática de un perfil de superficie aerodinámica que corresponde a la unión de las dos partes del cuerpo de la carcasa de la Fig. 5.

El rebaje 67 en el borde delantero puede alojar un segundo material termoplástico (no mostrado) en la parte superior del primer material termoplástico 65 integrado mostrado y fijado al primer material termoplástico 65, por ejemplo, por medio de soldadura de plástico. El segundo material termoplástico puede estar en forma de una hoja o lámina de acuerdo con lo mostrado en la Fig. 9 o una parte formada previamente de acuerdo con lo mostrado en la Fig. 8.

También puede ser posible fijar una parte de sándwich formada previamente (véase la Fig. 7) que ya comprende una capa de un primer material termoplástico y una capa de un segundo material termoplástico para el material termoplástico en el rebaje, con lo cual se puede formar un escudo para la erosión de tres capas.

La Fig. 12 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica con un escudo para la erosión 69 y, además, dispositivos montados en la superficie, bordes dentados 71 y un alerón 73, que se adjunta a la pala de la Fig. 2 en los sitios para la fijación que se muestran en la Fig. 2. La fijación de tales complementos o dispositivos montados en la superficie a través de los sitios de fijación integrados en el cuerpo de la carcasa se pueden llevar a cabo mediante el uso de adhesivo. El adhesivo puede ser elegido para proporcionar una mejor resistencia de enlace que se puede lograr por medio del encolado de dispositivos montados en la superficie al cuerpo de la carcasa sin tener los sitios

5 dedicados para la fijación. Se pueden usar otros procedimientos de fijación, tales como soldadura de plástico. Sólo es posible usar la soldadura de plástico si tanto los sitios de fijación como los dispositivos montados en la superficie están hechos de material termoplástico. Debido a la integración de los sitios de anclaje para la fijación en el cuerpo de la carcasa, se puede lograr una fijación superior de los dispositivos montados en la superficie en comparación con la fijación de los dispositivos montados en la superficie directamente al material reforzado con fibras de un cuerpo de la carcasa para una pala de turbina eólica, por ejemplo, mediante el uso de cinta de doble cara, debido a que el material usado para proporcionar el sitio de anclaje se puede seleccionar para un enlace óptimo, mientras que el material reforzado con fibras de manera típica se selecciona para proporcionar rigidez y para resistir los esfuerzos inducidos en la pala cuando se somete a fuerzas diferentes durante la rotación cuando está montada en la turbina eólica.

10 En consecuencia, se puede usar cualquier complemento adecuados para la fijación a los sitios termoplásticos de fijación de acuerdo con formas de realización de la invención. Los generadores de vórtice (no mostrados), por ejemplo, pueden estar hechos de material termoplástico y fijados a sitios de fijación colocados de manera adecuada.

Lista de numerales de referencia

- 15 2 turbina eólica
- 4 torre
- 6 góndola
- 8 vástago
- 10 pala
- 20 14 punta de la pala
- 16 raíz de la pala
- 18 borde delantero
- 20 borde trasero
- 22 eje de paso
- 25 30 región de la raíz
- 32 región de transición
- 34 región de superficie aerodinámica
- 41 primer perfil de superficie aerodinámica
- 42 segundo perfil de superficie aerodinámica
- 30 43 tercer perfil de superficie aerodinámica
- 44 cuarto perfil de superficie aerodinámica
- 45 quinto perfil de superficie aerodinámica
- 46 sexto perfil de superficie aerodinámica
- 50 perfil de superficie aerodinámica
- 35 52 lado de presión
- 54 lado de succión
- 56 borde delantero
- 58 borde trasero
- 60 cuerda
- 40 61 sitio de anclaje termoplástico en la región de transición
- 62 línea de comba / línea mediana

- 63 sitio de anclaje termoplástico en el borde trasero
- 64 escudo para la erosión
- 65 un primer material termoplástico
- 66 un segundo material termoplástico
- 5 67 rebaje
- 68 sitio de anclaje termoplástico en el borde delantero
- 69 segundo escudo para la erosión
- 71 dispositivo montado en la superficie, bordes dentados
- 73 dispositivo montado en la superficie, alerón
- 10 c longitud de la cuerda
- dt posición del grosor máximo
- df posición de comba máxima
- dp posición de lado de presión de comba máxima
- f comba
- 15 L longitud de la pala
- P salida de potencia
- r radio local, distancia radial desde la raíz de la pala
- t grosor
- vw giro de la velocidad del viento, paso
- 20 Δy doblez previo

REIVINDICACIONES

1. Una pala de turbina eólica (10) que tiene un cuerpo de la carcasa de la pala hecho de un material compuesto, dicho material compuesto comprende fibras de refuerzo y una resina termoestable,
 5 dicha pala de turbina eólica comprende un extremo de la punta (14) y un extremo de la raíz (16), así como también un borde delantero (18) y un borde trasero (20),
 dicha pala de turbina eólica (10) comprende un material termoplástico integrado en el cuerpo de la carcasa, dicho material termoplástico está comprendido en por lo menos una parte de la superficie exterior de la pala de turbina eólica, en el que
 10 dicho material termoplástico está configurado para actuar como sitio de anclaje (61, 63, 68) para la fijación de por lo menos un dispositivo montado en la superficie adicional (71, 73),
 en el que la pala de turbina eólica (10) además comprende por lo menos un dispositivo montado en la superficie (71, 73) fijado al sitio de anclaje (61, 63, 68) de la pala de turbina eólica.
2. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el material termoplástico comprende grupos químicos capaces de reaccionar con componentes de la resina termoendurecible.
- 15 3. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que dicha por lo menos una parte del dispositivo montado en la superficie (71, 73) está fijada a la pala de turbina eólica en dicho sitio de anclaje (61, 63, 68) por medio de encolado, soldadura de plástico o una combinación de los mismos, y de manera opcional en el que dicha soldadura de plástico se selecciona de la soldadura por rayo láser, la soldadura térmica, tal como la soldadura por gas caliente, la soldadura de velocidad con punta, la soldadura por puntos, la soldadura de contacto y la soldadura por placa caliente, la soldadura ultrasónica, la soldadura de alta frecuencia y la soldadura con disolvente.
- 20 4. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el material termoplástico se proporciona en forma de hojas, láminas o tiras, por ej., en la que el material termoplástico tiene un grosor de entre 0,1 y 2,0 mm, preferentemente entre 0,2 y 1,0 mm.
- 25 5. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el por lo menos un dispositivo montado en la superficie (71, 73) es una parte que tiene bordes dentados, un alerón, un generador de vórtice, una solapa, una sección de punta, una flap Gurney, una valla de parada, o cualquier combinación de los mismos.
- 30 6. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que el por lo menos un dispositivo montado en la superficie (71, 73) es una parte de plástico moldeada por inyección.
7. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el material termoplástico se selecciona del grupo que consiste en poliestireno, poli(acrilonitrilo butadieno estireno), poli(acrilonitrilo estireno acrilato), poli(acrilonitrilo estireno), policarbonato, poliéter éter cetona, tereftalato de polibutileno o cualquier combinación de los mismos.
- 35 8. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que el por lo menos un dispositivo montado en la superficie está hecho de poliestireno, poli(acrilonitrilo butadieno estireno), poli(acrilonitrilo estireno acrilato), poli(acrilonitrilo estireno), policarbonato, poliéter éter cetona, tereftalato de polibutileno, polietileno de ultra alta densidad, elastómero termoplástico, tal como poliuretano termoplástico o cualquier combinación de los mismos.
- 40 9. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el material termoplástico se selecciona del grupo que consiste en poli(acrilonitrilo butadieno estireno), policarbonato, mezclas de poli(acrilonitrilo butadieno estireno) y policarbonato, y combinaciones de los mismos y el por lo menos un dispositivo montado en la superficie está hecho de policarbonato, mezclas de poli(acrilonitrilo butadieno estireno) y policarbonato, poliuretano termoplástico y combinaciones de los mismos.
- 45 10. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que un rebaje (67) está presente en la parte superior del material termoplástico, dicho rebaje (67) tiene una profundidad adaptada para el alojamiento del por lo menos un dispositivo montado en la superficie, con lo cual la parte de base del por lo menos un dispositivo montado en la superficie sobre la superficie de la pala de turbina eólica está sustancialmente a nivel con la superficie adyacente de la pala de turbina eólica.
- 50 11. Una turbina eólica que comprende una pala de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
12. Un procedimiento para la fabricación de una pala de turbina eólica (10), dicha pala para una turbina eólica tiene

un cuerpo de la carcasa de la pala hecho de un material compuesto en un procedimiento de moldeo,

dicho material compuesto comprende fibras de refuerzo y una resina termoestable,

dicha pala de turbina eólica (10) que comprende un extremo de la punta (14) y un extremo de la raíz (16), así como también un borde delantero (18) y un borde trasero (20),

5 dicho procedimiento comprende las etapas de

– la colocación de un material termoplástico en un molde para el moldeo de por lo menos una parte del cuerpo de la carcasa de la pala,

10 – dicho material termoplástico se coloca en el molde para formar un sitio de anclaje (61, 63, 68) integrado en la superficie del cuerpo de la carcasa de la pala para la fijación de por lo menos un dispositivo montado en la superficie adicional (71, 73),

– la colocación de fibras de refuerzo en el molde,

– la humectación del material termoplástico y las fibras de refuerzo con una resina termoestable, y

– el curado de dicha resina para formar por lo menos una parte del cuerpo de la carcasa,

– la unión de manera opcional de partes del cuerpo de la carcasa para formar un cuerpo de la carcasa

15 dicho procedimiento además comprende la etapa de

– la fijación del dispositivo montado en la superficie (71, 73) adicional en el sitio de anclaje (61, 63, 68).

13. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dicho dispositivo montado en la superficie (71, 73) adicional está fijado por encolado, soldadura de plástico o una combinación de los mismos.

20 14. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, en el que dicha fijación del dispositivo montado en la superficie (71, 73) adicional se lleva a cabo en el sitio mientras que la pala de turbina eólica se monta en una turbina eólica o la pala de turbina eólica se ha desprendido de la turbina eólica para el servicio.

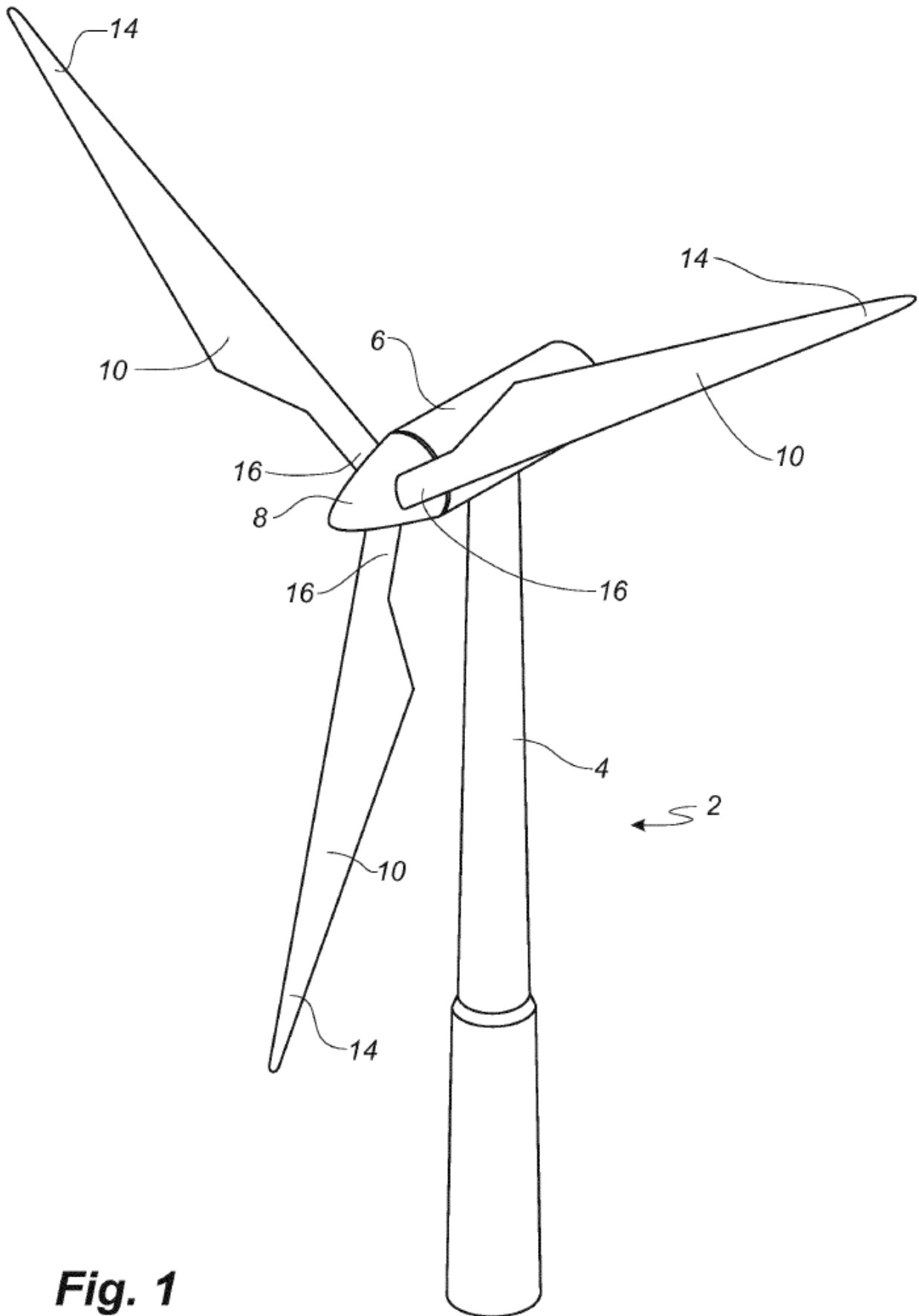


Fig. 1

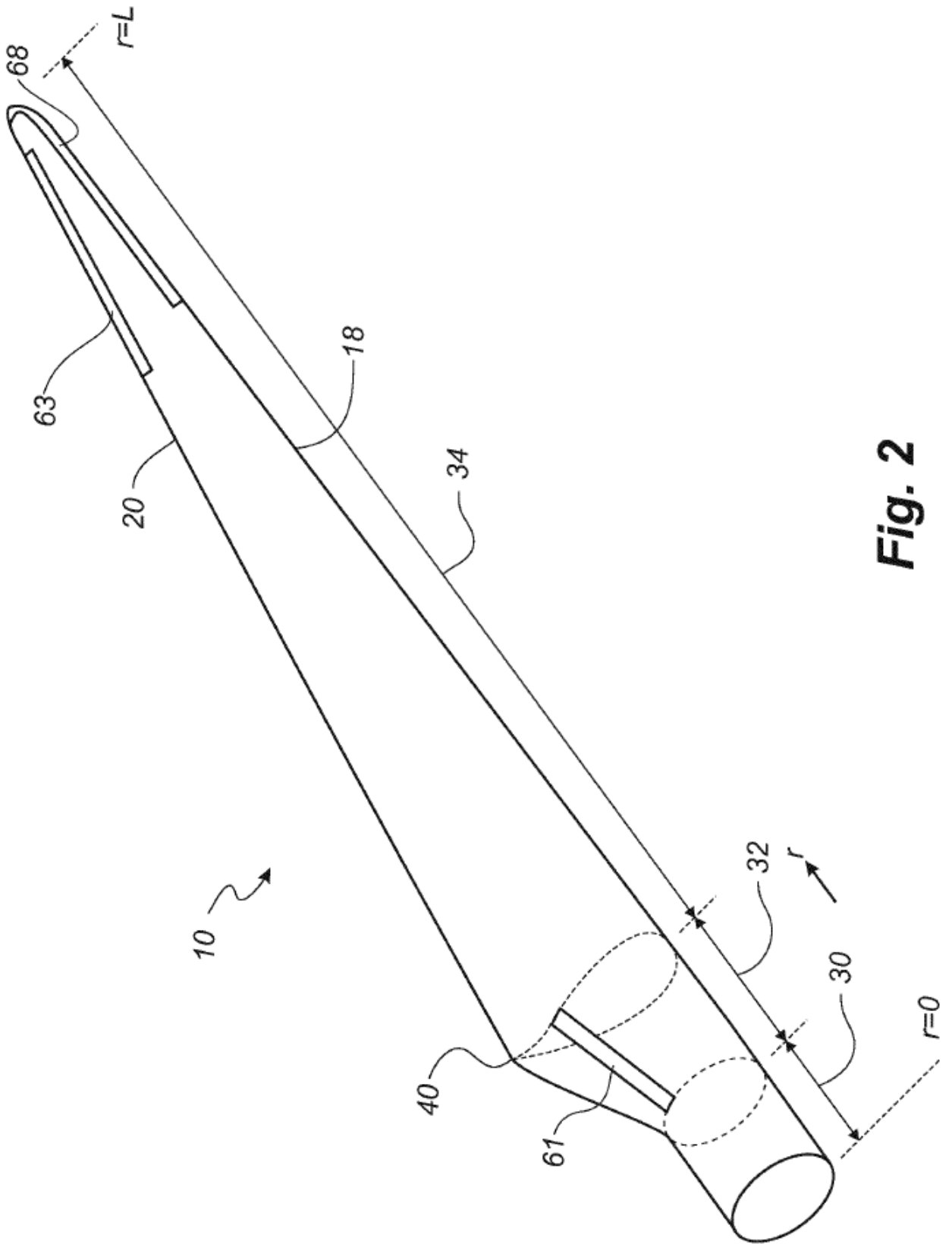


Fig. 2

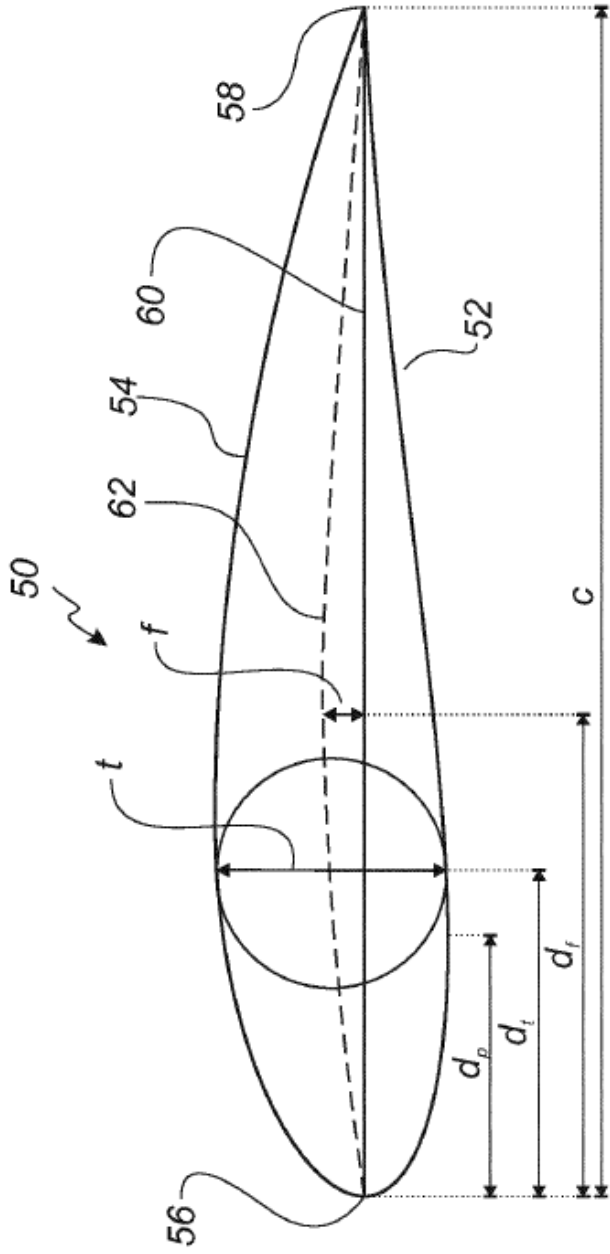


Fig. 3

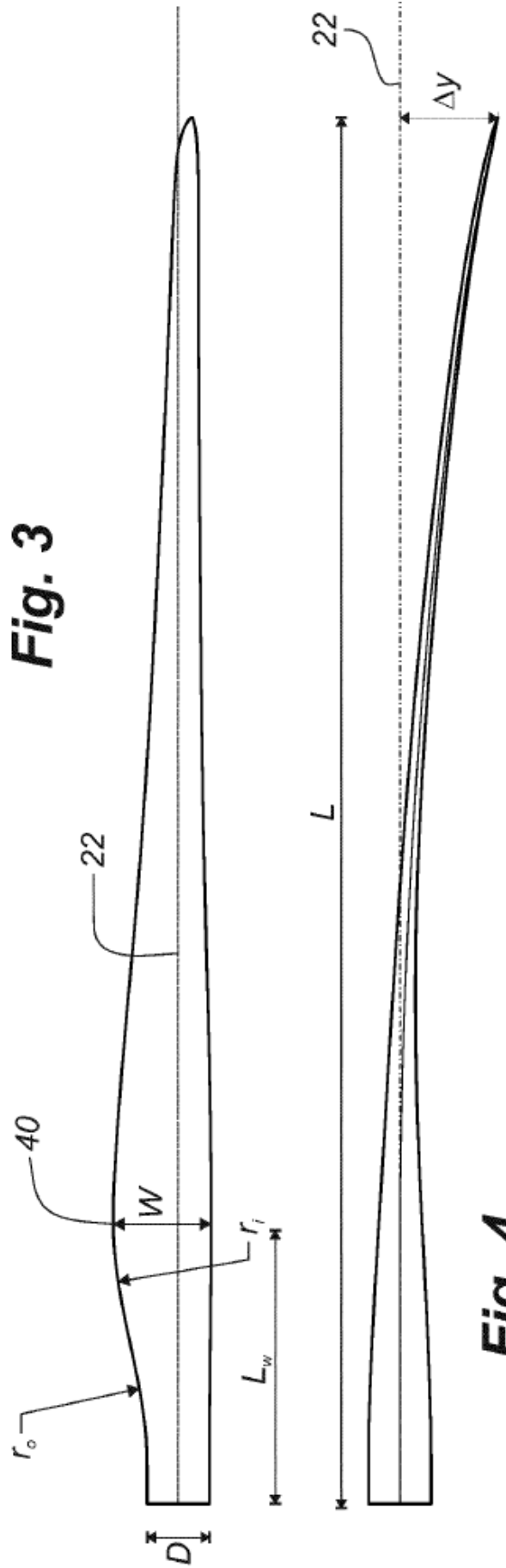
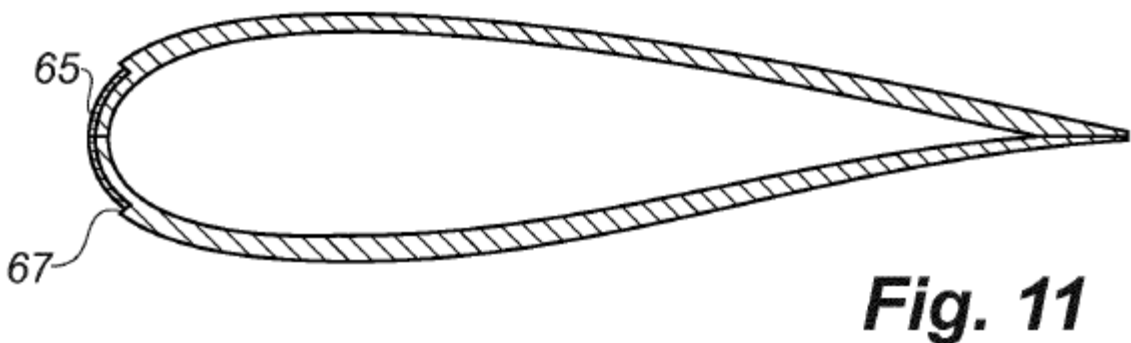
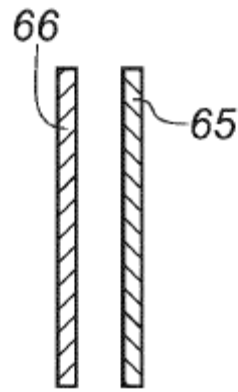
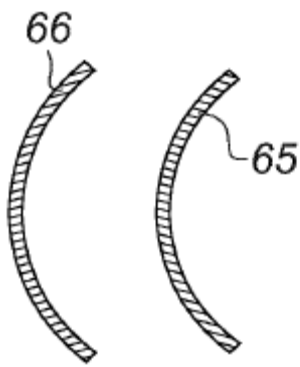
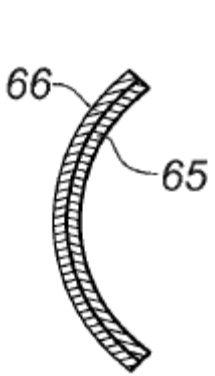
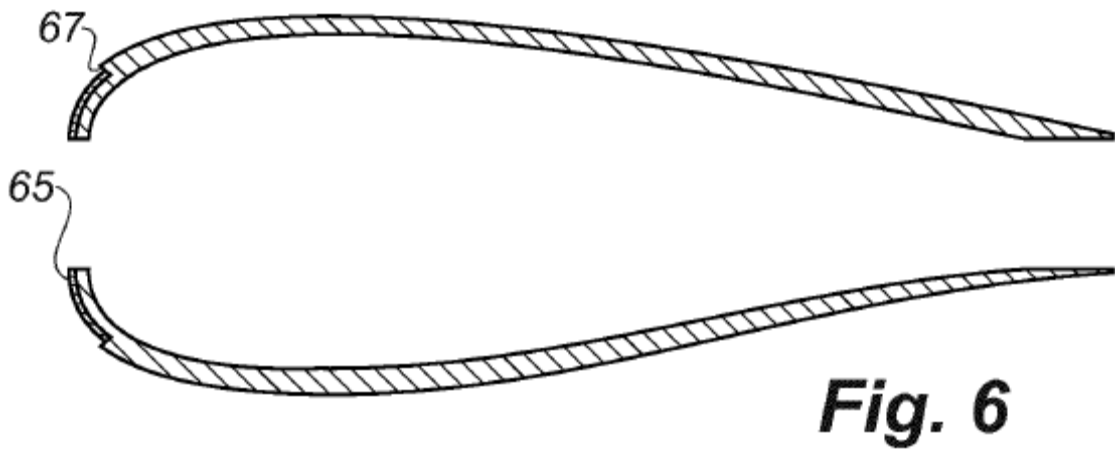
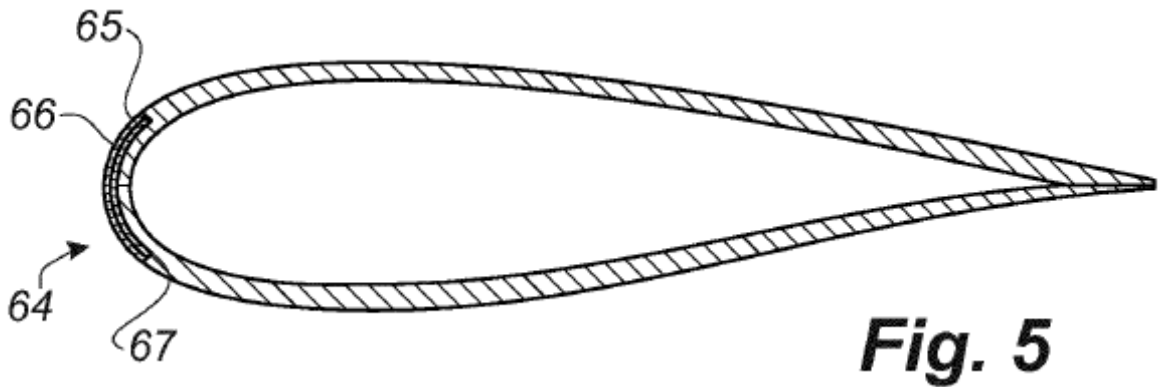


Fig. 4



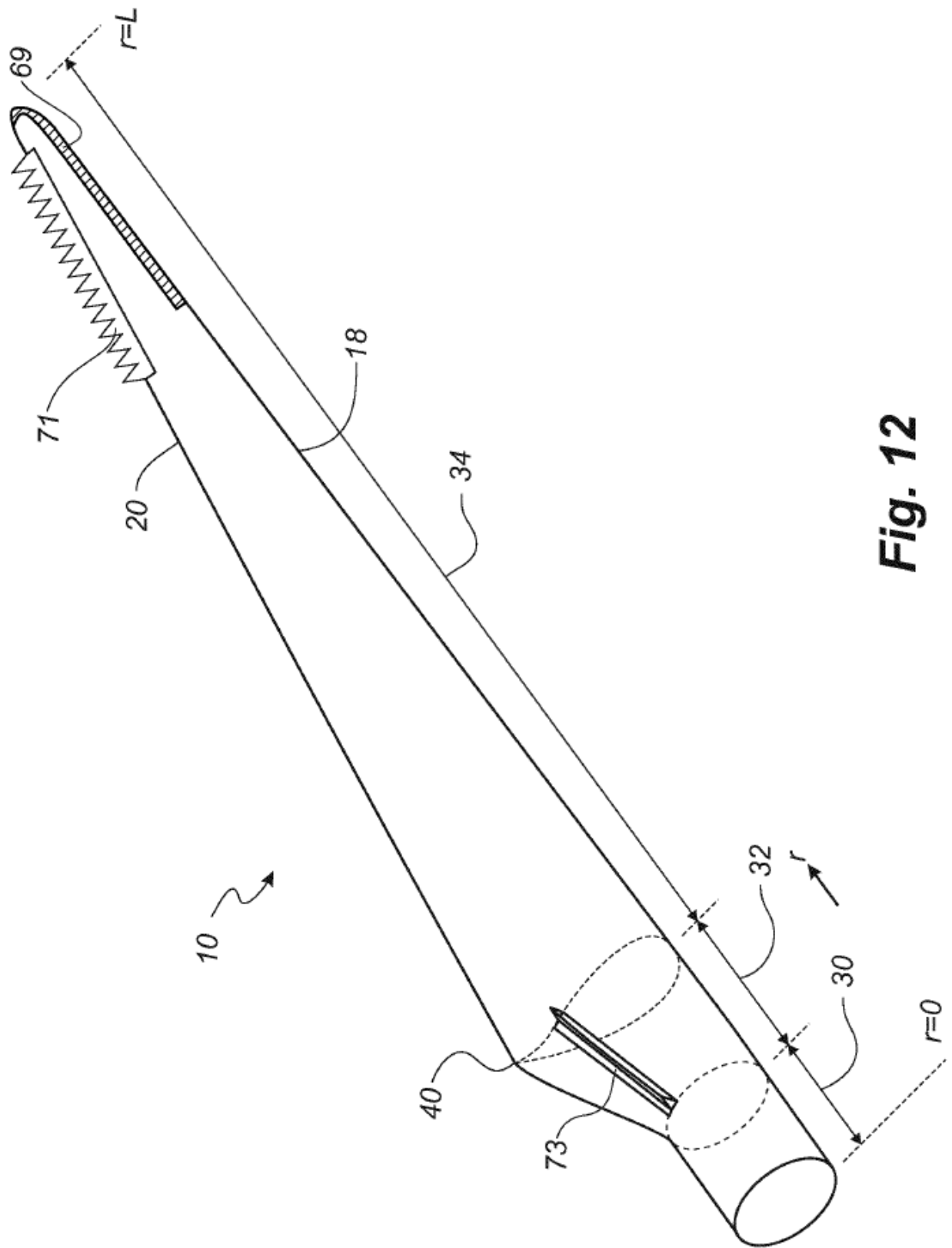


Fig. 12