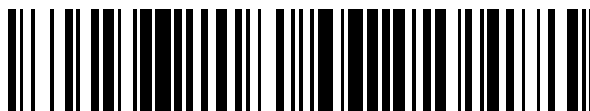


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 874 815**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2013** **E 13183019 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.03.2021** **EP 2706228**

54 Título: **Conjunto de pala de rotor para turbina eólica**

30 Prioridad:

11.09.2012 US 201213609719

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

05.11.2021

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

JACOBSEN, ERIC MORGAN;
BUSBY, BRUCE CLARK;
ZHU, QI;
RIDDELL, SCOTT GABELL;
ESSER, JUERGEN;
BAKHUIS, JAN WILLEM y
NAGABHUSHANA, PRADEEPA

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 874 815 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

Conjunto de pala de rotor para turbina eólica

5 **[0001]** La presente divulgación se refiere, en general, a palas de rotor de turbina eólica y, más en particular, a un sistema para unir un componente accesorio a una pala de rotor de turbina eólica.

10 **[0002]** La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y más ecológicas disponibles en la actualidad, y las turbinas eólicas cobran cada vez más importancia en este sentido. Una turbina eólica moderna incluye típicamente una torre, un generador, una multiplicadora, una góndola y una o más palas de rotor. Las palas de rotor captan energía cinética del viento usando principios aerodinámicos conocidos. Las palas de rotor transmiten la energía cinética en forma de energía de rotación para hacer girar un eje que acopla las palas de rotor a una multiplicadora o, si no se usa una multiplicadora, directamente al generador. A continuación, el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica que se puede distribuir en una red de suministro.

15 **[0003]** En muchos casos, varios componentes accesorios se unen a las palas de rotor de las turbinas eólicas para realizar diversas funciones durante el funcionamiento de la turbina eólica. Con frecuencia, estos componentes se colocan junto a los bordes traseros de las palas de rotor. Por ejemplo, se pueden unir reductores de ruido o potenciadores de flujo a los bordes traseros de las palas de rotor para reducir el ruido e incrementar la eficiencia aerodinámica de la pala de rotor. Consúltese, por ejemplo, el documento US 2011/268558, el documento US 2012/134817 y el documento US 2012/141269.

20 **[0004]** Los reductores de ruido típicos de la técnica anterior se proporcionan a menudo como tiras dentadas montadas directamente en una superficie de borde trasero de la pala de rotor usando pegamento u otro adhesivo adecuado. Esta configuración puede tener varias desventajas. Por ejemplo, los reductores de ruido generalmente se montan en las palas de rotor durante la fabricación antes de que las palas de rotor se transporten al emplazamiento de la turbina eólica. Por tanto, los reductores de ruido son fácilmente susceptibles de sufrir daños durante el transporte. La unión de las tiras dentadas al material de pala, más rígido, usando un adhesivo o pegamento de módulo relativamente alto da como resultado que se impartan tensiones de cizalladura elevadas a las tiras durante el doblado o torsión operativa normal de las palas de rotor, lo que hace que las tiras sean propensas a agrietarse y deslaminarse. Además, los adhesivos usados para montar los accesorios de pala hacen que el reemplazo de los accesorios sea difícil, costoso y lento.

25 **[0005]** Por tanto, sería deseable un sistema de unión mejorado para accesorios de pala de rotor de turbina eólica, tales como tiras reductoras de ruido dentadas. Por ejemplo, sería ventajoso un sistema de fijación que permita el montaje *in situ* a una pala de rotor. Además, sería ventajoso un sistema que reduzca el daño a los accesorios por tensiones de cizalladura elevadas, así como un sistema que permita un reemplazo relativamente fácil, rentable y eficiente.

30 **[0006]** Diversos aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden quedar claros a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la invención.

[0007] La presente invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

35 **[0008]** Diversos rasgos característicos, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la invención y, conjuntamente con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

40 la FIG. 1 es una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica de la presente divulgación;

la FIG. 2 es una vista en perspectiva de un modo de realización de un conjunto de pala de rotor de la presente divulgación;

45 la FIG. 3 es una vista en perspectiva de otro modo de realización de un conjunto de pala de rotor de la presente divulgación;

la FIG. 4 es una vista en sección transversal de otro modo de realización de un conjunto de pala de rotor de la presente divulgación;

50 la FIG. 5 es una vista en corte parcial ampliada de un modo de realización de un conjunto de pala de rotor de la presente divulgación;

la FIG. 6 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas indicadas en la FIG. 5;

55 la FIG. 7 es una vista en sección transversal de un modo de realización alternativo de un conjunto de pala de

rotor;

la FIG. 8 es una vista en sección transversal de otro modo de realización alternativo más de un conjunto de pala de rotor; y

la FIG. 9 es una vista en corte parcial ampliada de un modo de realización alternativo de un conjunto de pala de rotor de la presente divulgación.

[0009] A continuación se hará referencia con detalle a modos de realización de la invención, de los que uno o más ejemplos se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, resultará evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, se pueden usar rasgos característicos ilustrados o descritos como parte de un modo de realización con otro modo de realización para producir un modo de realización adicional. Por tanto, se pretende que la presente invención cubra dichas modificaciones y variaciones de modo que entren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

[0010] La FIG.1 ilustra una turbina eólica 10 de construcción convencional. La turbina eólica 10 incluye una torre 12 con una góndola 14 montada sobre la misma. Una pluralidad de palas de rotor 16 están montadas en un buje de rotor 18, que a su vez está conectado a una brida principal que hace girar un eje de rotor principal. Los componentes de generación y control de energía de turbina eólica están alojados dentro de la góndola 14. La vista de la FIG. 1 se proporciona únicamente con fines ilustrativos para situar la presente invención en un campo de uso ejemplar. Se debe apreciar que la invención no se limita a ningún tipo particular de configuración de turbina eólica.

[0011] En referencia a la FIG. 2, una pala de rotor 16 de acuerdo con la presente divulgación puede incluir superficies que definen un lado de presión 22 y un lado de succión 24 que se extienden entre un borde delantero 26 y un borde trasero 28. La pala de rotor 16 se puede extender desde una punta de pala 32 hasta una raíz de pala 34. Las superficies que definen el lado de presión 22, el lado de succión 24, el borde delantero 26 y el borde trasero 28 definen además un interior de pala de rotor.

[0012] En algunos modos de realización, la pala de rotor 16 puede incluir una pluralidad de segmentos de pala individuales alineados en un orden de extremo a extremo desde la punta de pala 32 a la raíz de pala 34. Cada uno de los segmentos de pala individuales puede estar configurado de forma única de modo que la pluralidad de segmentos de pala define una pala de rotor completa 16 que tiene un perfil aerodinámico, longitud y otras características deseadas diseñados. Por ejemplo, cada uno de los segmentos de pala puede tener un perfil aerodinámico que se corresponde con el perfil aerodinámico de segmentos de pala adyacentes. Por tanto, los perfiles aerodinámicos de los segmentos de pala pueden formar un perfil aerodinámico continuo de la pala de rotor 16. De forma alternativa, la pala de rotor 16 puede estar formada como una pala unitaria singular que tiene el perfil aerodinámico, longitud y otras características deseadas diseñados.

[0013] La pala de rotor 16, en modos de realización ejemplares, puede ser curvada. La curvatura de la pala de rotor 16 puede implicar flexionar la pala de rotor 16 en una dirección generalmente de aleta y/o en una dirección generalmente de borde. La dirección de aleta se puede interpretar, en general, como el sentido (o el sentido opuesto) en el que la elevación aerodinámica actúa sobre la pala de rotor 16. La dirección de borde es, en general, perpendicular a la dirección de aleta. La curvatura en dirección de aleta de la pala de rotor 16 también se conoce como preflexión, mientras que la curvatura a lo largo del borde también se conoce como combadura. Por tanto, una pala de rotor curvada 16 puede estar preflexionada y/o combada. La curvatura puede permitir que la pala de rotor 16 resista mejor las cargas en dirección de aleta y dirección de borde durante el funcionamiento de la turbina eólica 10 y puede proporcionar además espacio a la pala de rotor 16 desde la torre 12 durante el funcionamiento de la turbina eólica 10.

[0014] La pala de rotor 16 puede definir además un eje de *pitch* 40 (FIGS. 2 y 3) con respecto al buje de rotor 18 de la turbina eólica 10. Por ejemplo, el eje de *pitch* 40 puede extenderse, en general, de forma perpendicular al buje de rotor 18 y a la raíz de pala 34 a través del centro de la raíz de pala 34. Un ángulo de *pitch* o *pitch* de pala de la pala de rotor 16, es decir, un ángulo que determina una perspectiva de la pala de rotor 16 con respecto al flujo de aire que pasa por la turbina eólica 10, puede definirse mediante la rotación de la pala de rotor 16 alrededor del eje de *pitch* 40.

[0015] La pala de rotor 16 puede definir además una cuerda 42 y un envergadura 44. Como se muestra en las FIGS. 2 y 3, la cuerda 42 puede variar a lo largo de la envergadura 44 de la pala de rotor 16. Por tanto, como se describe a continuación, se puede definir una cuerda local 46 para la pala de rotor 16 en cualquier punto de la pala de rotor 16 a lo largo de la envergadura 44.

[0016] En referencia a las FIGS. 2 y 3, la presente divulgación se refiere a un conjunto de pala de rotor 100 que incluye un accesorio de pala de elemento de tira 110 configurado en la pala de rotor 16. El accesorio de pala 110 es un elemento alargado que está unido a una de las superficies de pala para cualquier funcionalidad prevista. Por ejemplo, estructuras conocidas están unidas a palas de rotor de turbina eólica 16 para mejorar la eficiencia/rendimiento aerodinámicos de las palas. Otras estructuras conocidas están unidas para reducir el ruido generado por la pala 16. Se debe apreciar que la presente invención no se limita a ningún tipo o configuración particular de accesorio de pala

110.

[0017] En los modos de realización ilustrados, el accesorio de pala de elemento de tira 110 es un reductor de ruido 116 unido al lado de presión 22 o al lado de succión 24 de la pala 16 a lo largo de una parte del borde trasero 28. De forma alternativa, el reductor de ruido 110 se puede configurar en una superficie de la pala de rotor 16 adyacente al borde delantero 26 de la pala de rotor 16, o adyacente a la punta 32 o a la raíz 34 de la pala de rotor 16, o en cualquier otra posición adecuada en la pala de rotor 16. Dichos dispositivos se usan, en general, para reducir el ruido aerodinámico que se emite desde la pala de rotor 16 durante el funcionamiento de la turbina eólica 10 y/o pueden incrementar la eficiencia/rendimiento aerodinámicos de la pala de rotor 16.

[0018] El accesorio de pala 110 puede estar formado por diversos materiales. Una construcción convencional es un material laminado de fibra de vidrio relativamente rígido que es "más rígido" que el material de carcasa subyacente de los lados de presión 22 o de succión 24. Como se explicó anteriormente, con los medios de unión convencionales, el estiramiento o flexión de las superficies de pala durante condiciones normales de funcionamiento de la turbina eólica 10 puede impartir tensiones por torcedura significativas al accesorio de pala 110, dando como resultado cualquier combinación de agrietamiento, desprendimiento o deslaminación del accesorio de pala.

[0019] El accesorio de pala 110 incluye una parte de base 114 unida a la superficie de pala. Esta parte de base puede definirse como una estructura a modo de placa generalmente continua que presenta una superficie planar, generalmente lisa, que se contornea y se adhiere a la superficie de pala coincidente. Los componentes funcionales pueden formarse de forma solidaria a la parte de base 114, o unirse por separado a la parte de base. En el modo de realización del reductor de ruido 116 ilustrado en las figuras, una pluralidad de estrías 112 se extienden desde la parte de base 114. Mientras que en los modos de realización ejemplares las estrías 112 tienen generalmente forma de V, en modos de realización alternativos las estrías 112 pueden tener forma de U, o pueden tener cualquier otra forma o configuración adecuada para reducir el ruido que se emite desde y/o incrementar la eficiencia/rendimiento aerodinámicos de la pala de rotor 16 durante el funcionamiento de la turbina eólica 10. Por ejemplo, en algunos modos de realización no limitantes, las estrías 112 pueden ser, en general, sinusoidales o cuadradas-sinusoidales.

[0020] En referencia a las FIGS. 4 a 6, se proporciona una capa de unión 118 para conectar la parte de base 114 del accesorio de pala 110 a la superficie de pala de rotor. Esta capa de unión 118 tiene un módulo de cizalladura más bajo que la parte de base 114 para permitir el deslizamiento por cizalladura entre la parte de base relativamente rígida 114 y la superficie de pala de rotor subyacente. Debe apreciarse que las propiedades de la capa de unión variarán dependiendo de numerosos factores, tales como el material de pala, el material de accesorio de pala, el tamaño de pala, las cargas de pala, etc. En lo que respecta a turbinas eólicas de calidad comercial, el módulo de cizalladura está, en determinados modos de realización, dentro del intervalo de 50 Kpa-1 MPa. Con esta configuración única, el accesorio de pala 110 está esencialmente aislado de las tensiones por torcedura que resultan del estiramiento del sustrato de pala subyacente. La capa de unión intermedia 118 permite un movimiento o deslizamiento relativo por torcedura entre los componentes, de modo que las tensiones que de otro modo podrían causar agrietamiento o deslaminación del accesorio de pala 110 no se imparten significativamente al accesorio de pala 110.

[0021] En un modo de realización particular, la capa de unión 118 puede ser un material de tira o lámina adhesiva de doble cara 120, tal como una cinta a base de espuma de muy alta unión (VHB)/SAFT (cinta de espuma acrílica solar). Varios ejemplos de materiales basados en espuma VHB/SAFT están disponibles comercialmente, por ejemplo, a través de 3M Corporation de St. Paul, Minnesota, EE. UU. La capa de unión de espuma 120 se torcerá en una pequeña, aunque definida, cantidad con la flexión de las superficies de pala subyacentes, reduciendo así las tensiones por torcedura en el accesorio de pala 110.

[0022] La capa de unión 118 puede seleccionarse para que tenga un grosor particular 122 (FIG. 6) que proporcione la característica deseada de deslizamiento por torcedura o aislamiento de esfuerzo sin añadir un aspecto de altura perjudicial que podría afectar negativamente al rendimiento aerodinámico de la pala. Por ejemplo, la cinta adhesiva puede tener un grosor de entre 0,5 mm y 5,0 mm.

[0023] La capa de unión 118 se puede aplicar como una tira continua entre la parte de base 114 y la superficie de pala subyacente, como se muestra en la FIG. 5, o se puede aplicar en un patrón discontinuo. De acuerdo con la invención representada en la FIG. 9, la capa de unión 118 incluye una pluralidad de tiras diferenciadas 120 (por ejemplo, tiras de cinta o lámina) con un espacio en dirección de cuerda entre tiras adyacentes. También de acuerdo con la invención, la capa de unión puede incluir espacios en dirección de envergadura entre distintas tiras 120.

[0024] Los presentes inventores también han determinado que la longitud del accesorio de pala de elemento de tira 110 en combinación con la capa de unión 118 es un factor que puede variarse para reducir las tensiones por torcedura en el accesorio de pala 110. Por ejemplo, las pruebas de fatiga han demostrado que, para el mismo tipo de capa de unión 118, a una determinada longitud, el accesorio de pala 110 se desprenderá de la superficie de pala. En un modo de realización ventajoso, el accesorio de pala de elemento de tira 110 tiene una longitud 124 (FIG. 2) de entre 0,1 metros y menos de 2,0 metros. En un determinado modo de realización, el accesorio de pala 110 tiene una longitud de menos de 1,0 metros.

- 5 **[0025]** En referencia a las FIGS. 3 a 6, se ilustra un modo de realización de un conjunto de pala 100 en el que el accesorio de pala 110 está definido por una pluralidad de componentes de tira 126 alineados longitudinalmente y unidos a lo largo de un borde de la pala 16 con un espacio 128 (FIG. 6) entre componentes adyacentes 126. Los componentes más cortos 126 tienen las ventajas de una tensión por torcedura reducido y se combinan para proporcionar un reductor de ruido eficaz 112 a lo largo de una parte sustancial del borde trasero 28. Cada uno de los componentes 126 puede tener una longitud de entre 0,1 metros y menos de 2,0 metros. En el modo de realización ilustrado representado en las FIGS. 5 y 6, la capa de unión 118 (por ejemplo, la cinta 120) es discontinua a lo largo de la longitud de los componentes 126 y no cubre los espacios 128 respectivos. Los espacios 128 permiten un deslizamiento por torcedura relativo entre los diferentes componentes 126 con menos deslizamiento y esfuerzo por torcedura en las secciones de cinta individuales. En un modo de realización particular, el espacio 128 puede ser, por ejemplo, de 5 mm. Con referencia a la FIG. 6, se pueden proporcionar juntas de estanqueidad 130 en los bordes de los respectivos segmentos 126 para proteger la capa de unión 118 de la humedad u otros elementos. Las juntas 130 pueden ser, por ejemplo, cualquier tipo de material de calafateo flexible.
- 10 **[0026]** La FIG. 7 representa un modo de realización en el que la capa de unión 118 incluye una capa de resina o masilla 119 entre la capa de material de tira/lámina 120 (tal como una capa a base de espuma como se describe anteriormente) y el material compuesto de pala subyacente. El grosor total 122 de la capa de unión 118 está preferentemente dentro de los límites analizados anteriormente en este modo de realización.
- 15 **[0027]** De forma similar, La FIG. 8 representa un modo de realización en el que la capa de unión 118 incluye una capa de resina o masilla 119 entre la capa de material de tira/lámina 120 (tal como una capa a base de espuma como se describe anteriormente) y la parte de base de accesorio de pala subyacente 114.
- 20 **[0028]** Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferente, y también para permitir que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones.
- 25

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de pala de rotor (100) para una turbina eólica (10), que comprende:
 - 5 una pala de rotor (16) que tiene superficies que definen un lado de presión, un lado de succión, un borde delantero y un borde trasero que se extienden entre una punta y una raíz;

un accesorio de pala de elemento de tira (110) montado en una de las superficies de pala de rotor que se estira en condiciones normales de funcionamiento de la turbina eólica (10), comprendiendo el accesorio de
10 pala de miembro de tira (110):

una pluralidad de componentes de tira (126) unidos a lo largo del borde de la pala de rotor (16) con un espacio (128) entre los bordes de componentes de tira adyacentes, donde cada componente de
15 tira comprende una parte de base respectiva (114) y una capa de unión (118) que conecta la parte de base (114) a la superficie de pala de rotor,

teniendo la capa de unión (118) un módulo de cizalladura más bajo que la parte de base (114) para permitir el deslizamiento por cizalladura entre la parte de base y la superficie de pala de rotor
20 subyacente; y **caracterizado por que**

la capa de unión (118) que conecta la parte de base (114) a la superficie de pala de rotor incluye una pluralidad de tiras diferenciadas (120) con un espacio en dirección cuerda o un espacio en dirección de envergadura entre tiras adyacentes.
- 25 2. El conjunto de pala de rotor (100) según la reivindicación 1, en el que la capa de unión (118) comprende un elemento de tira a base de espuma con adhesivo en lados opuestos de superficie de contacto del mismo.
3. El conjunto de pala de rotor (100) según la reivindicación 2, en el que la capa de unión (118) comprende un
30 material de tira a base de espuma de muy alta unión (VHB) o SAFT (cinta de espuma acrílica solar).
4. El conjunto de pala de rotor (100) según cualquier reivindicación precedente, en el que la capa de unión (118) tiene un grosor de entre 0,5 mm y 5,0 mm.
5. El conjunto de pala de rotor (100) según cualquier reivindicación precedente, en el que el accesorio de pala de
35 elemento de tira (110) tiene una longitud de entre 0,3 metros y menos de 2,0 metros.
6. El conjunto de pala de rotor (100) según cualquier reivindicación precedente, en el que el accesorio de pala de elemento de tira (110) tiene una longitud de menos de 1,0 metros.
- 40 7. El conjunto de pala de rotor (100) según cualquier reivindicación precedente, en el que el accesorio de pala de miembro de tira (110) está unido a lo largo del borde trasero de la pala de rotor (16).
8. El conjunto de pala de rotor (100) según cualquier reivindicación precedente, en el que los componentes de tira
45 (126) tienen una longitud de entre 0,3 metros y menos de 2,0 metros.
9. El conjunto de pala de rotor (100) según cualquier reivindicación precedente, en el que el accesorio de pala (110) es un accesorio reductor de ruido que tiene una pluralidad de estrías (112) que se extienden desde la parte de base (114).
- 50 10. El conjunto de pala de rotor (100) según cualquier reivindicación precedente, que comprende además una capa de masilla o resina (119) dispuesta entre la capa de unión (118) y al menos una de la superficie de la pala de rotor o la parte de base de accesorio de pala (114).
- 55 11. El conjunto de pala de rotor (100) según cualquier reivindicación precedente, que comprende además juntas de estanqueidad (130) en el espacio (128) entre los bordes de los componentes de tira adyacentes.

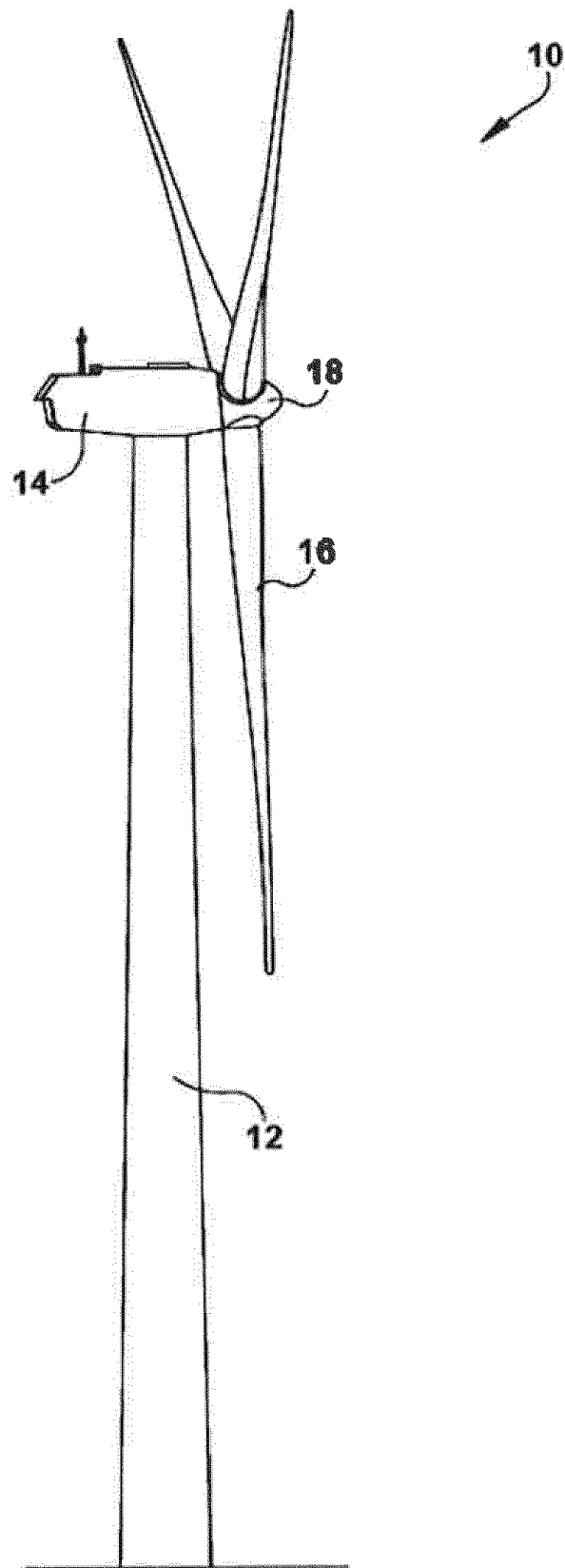
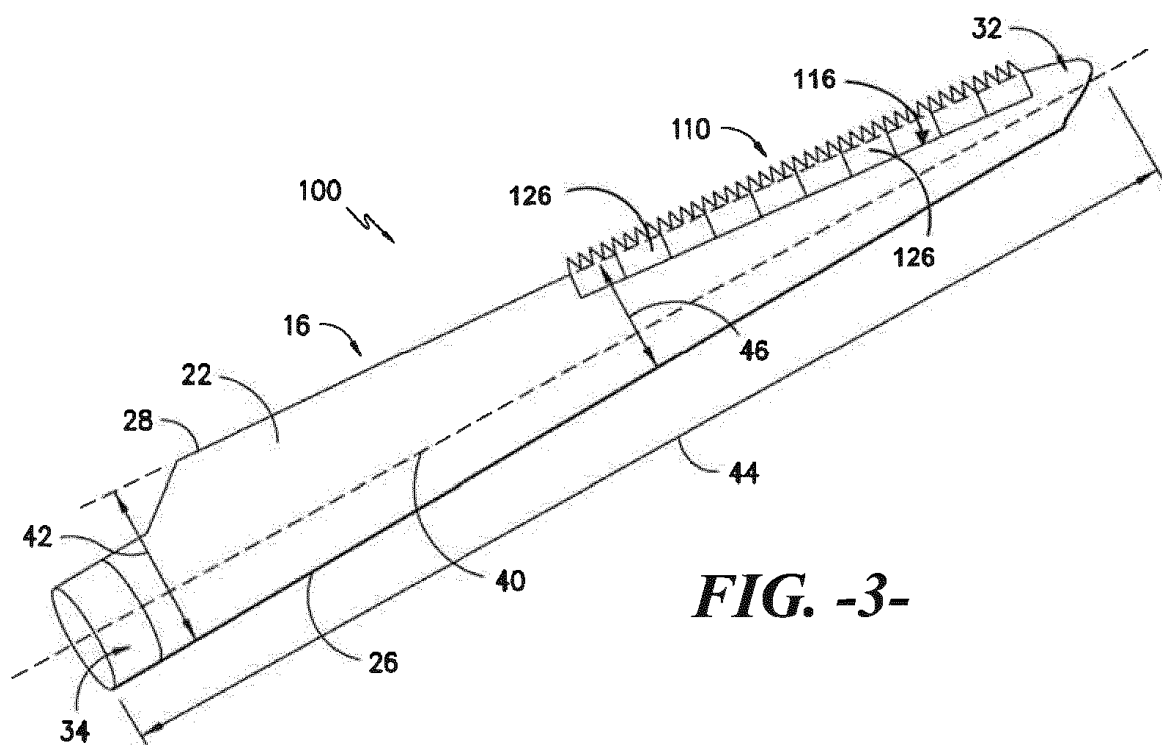
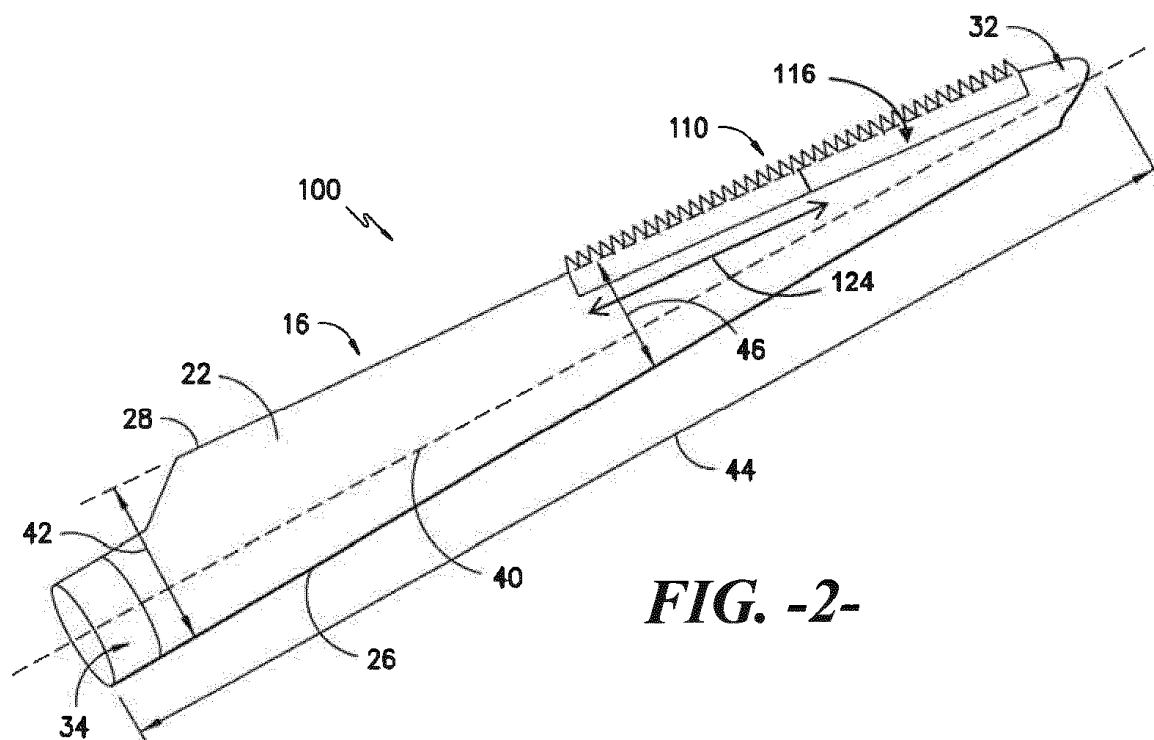


FIG. -1-



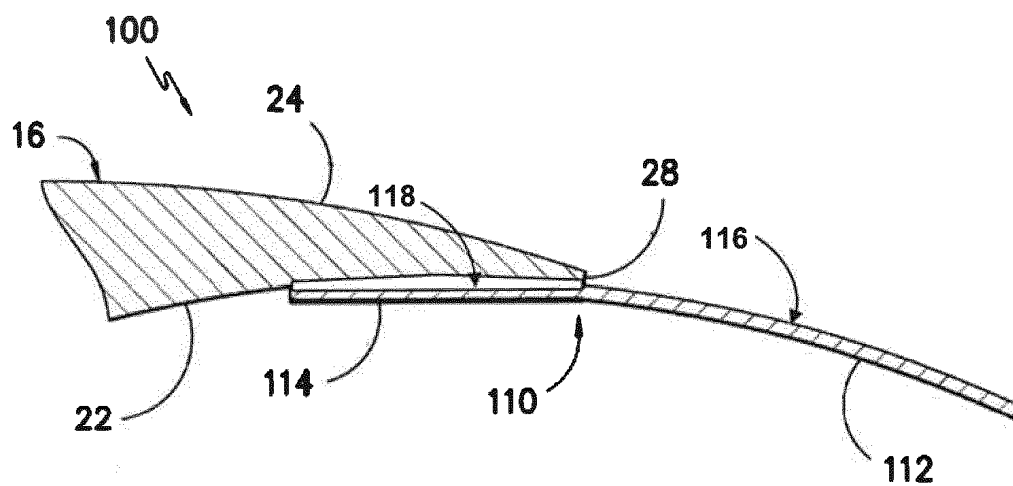


FIG. -4-

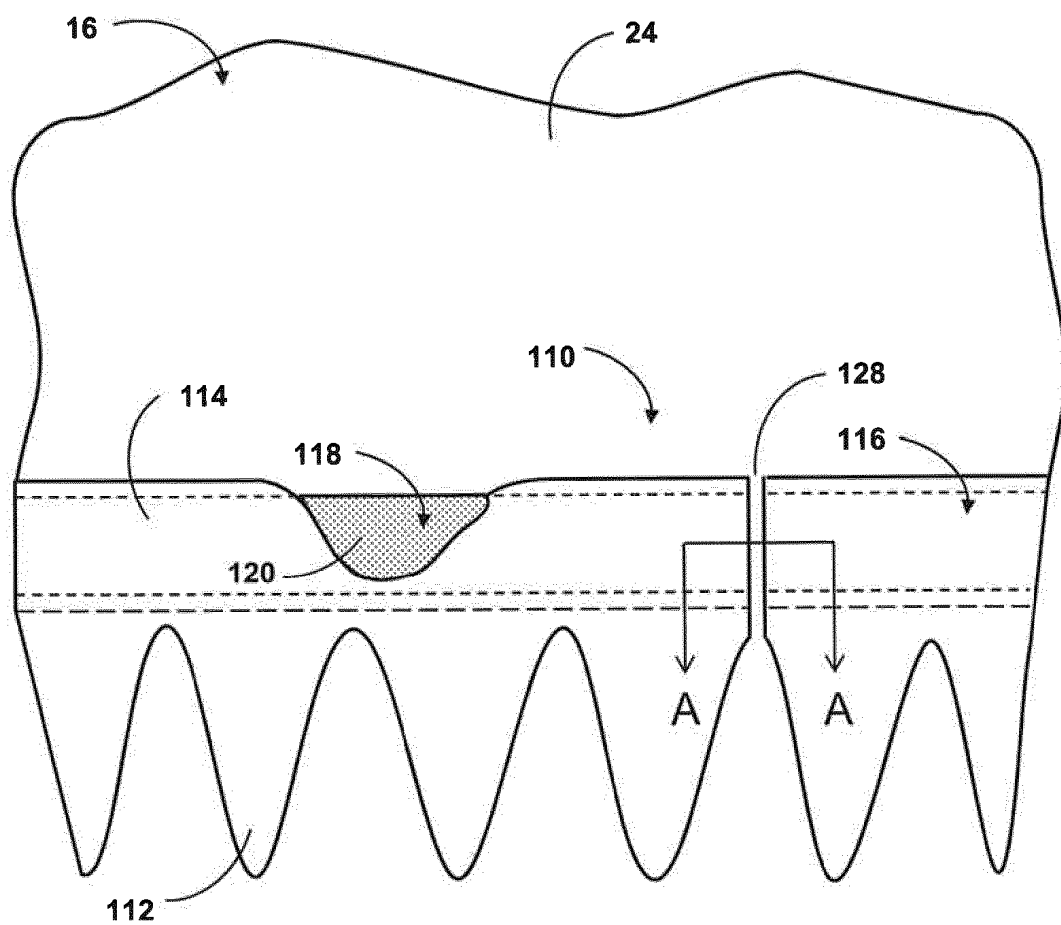


FIG. -5-

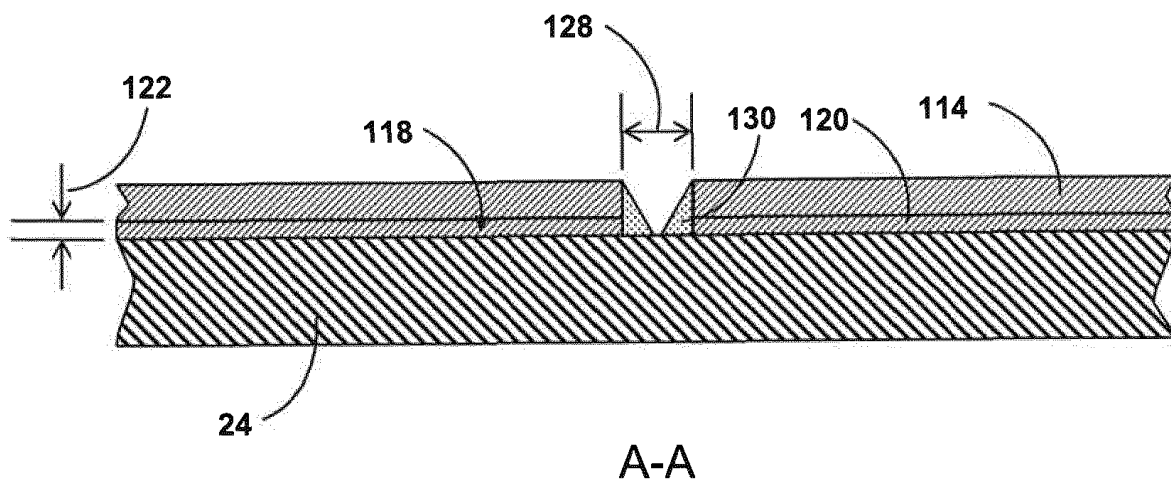


FIG. -6-

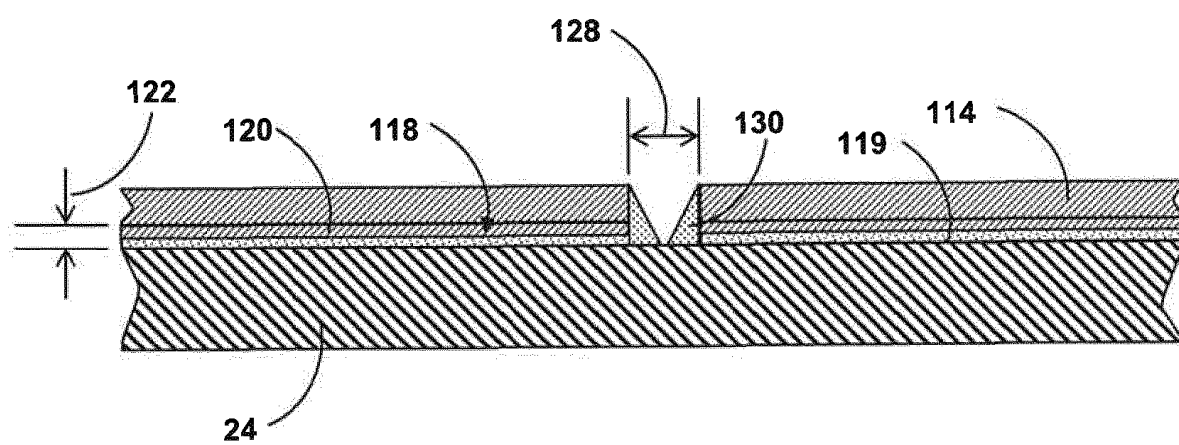


FIG. -7-

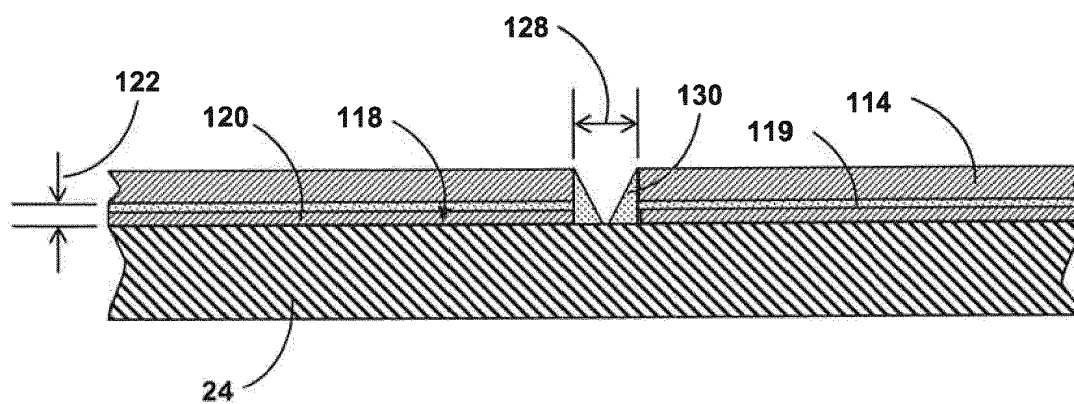


FIG. -8-

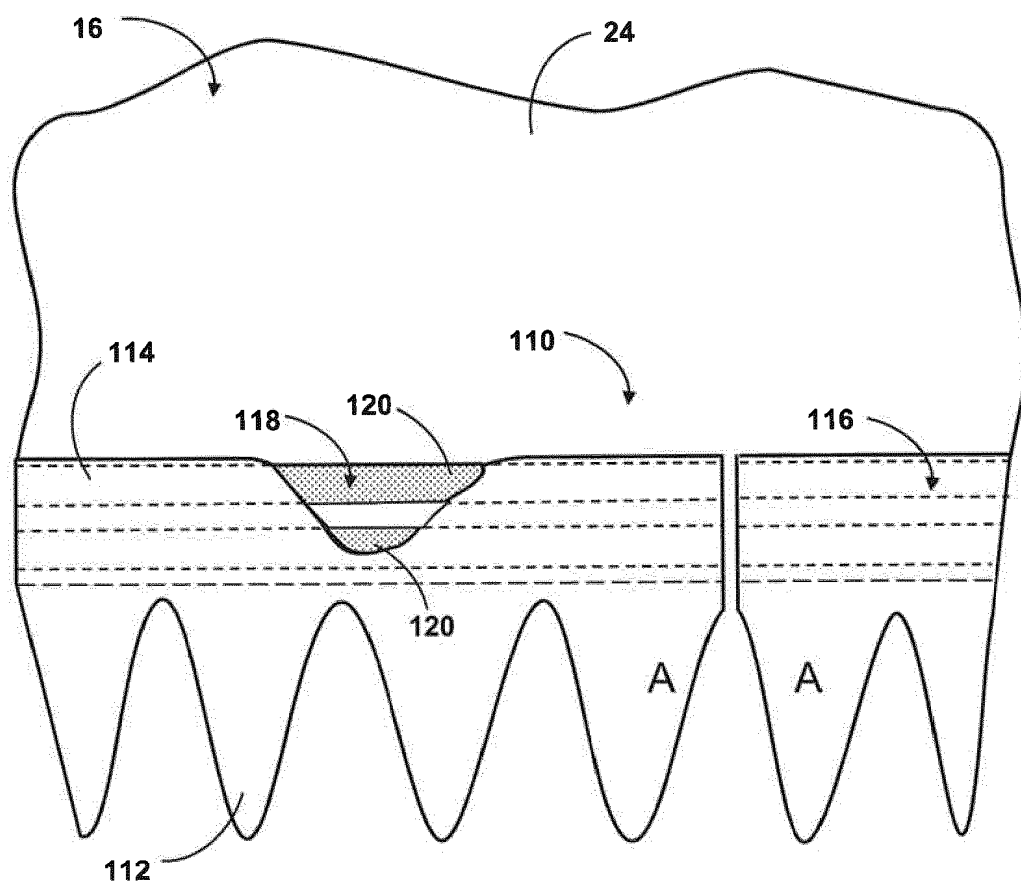


FIG. -9-