

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 501**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 13/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2016** **E 16152096 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019** **EP 3051125**

54 Título: **Generador de vórtice para una pala de rotor**

30 Prioridad:

30.01.2015 US 201514610041

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

22.04.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

TOBIN, JAMES ROBERT;
HERR, STEFAN;
RIDDELL, SCOTT GABELL y
BOOTH, MICHAEL CHRISTOPHER

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 755 501 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

Generador de vórtice para una pala de rotor

- 5 La presente invención se refiere en general al campo de las turbinas eólicas, y más en particular a generadores de vórtice universales para palas de rotor de turbina eólica.
- 10 Las palas de turbina son los elementos principales de las turbinas eólicas para convertir energía eólica en energía eléctrica. El principio de funcionamiento de las palas se parece al de un ala de avión. Las palas tienen el perfil de sección transversal de un perfil aerodinámico de tal manera que, durante su funcionamiento, el aire fluye sobre la pala produciendo una diferencia de presión entre los lados. En consecuencia, una fuerza de sustentación, que va desde un lado de presión hasta un lado de succión, actúa sobre la pala. La fuerza de sustentación genera un par en el eje de rotor principal que está engranado con un generador para producir electricidad.
- 15 La fuerza de sustentación se genera cuando el flujo desde el borde de ataque hasta el borde de fuga crea una diferencia de presión entre las superficies superior e inferior de la pala. Idealmente, el flujo se acopla (en inglés: is attached) tanto a la superficie superior como a la inferior desde el borde de ataque hasta el borde de fuga. Sin embargo, cuando el ángulo de ataque del flujo excede un cierto ángulo crítico, el flujo no alcanza el borde de fuga, sino que abandona la superficie en una línea de separación del flujo. Más allá de esta línea, la dirección del flujo generalmente se invierte, es decir, fluye desde el borde de fuga hacia atrás hasta la línea de separación. Una sección de pala extrae mucha menos energía del flujo cuando éste se separa.
- 20 La separación del flujo depende de una serie de factores, tales como las características del flujo de aire entrante (por ejemplo, el número de Reynolds, la velocidad del viento, turbulencia atmosférica de entrada) y las características de la pala (por ejemplo, secciones de perfil aerodinámico, cuerda y grosor de la pala, distribución de torsión, ángulo de inclinación o pitch, etc.). La región de flujo separado también conduce a una disminución de la sustentación y a un aumento de la fuerza de resistencia, debido principalmente a una diferencia de presión entre la región de flujo acoplado (en inglés: attached-flow) corriente arriba (en inglés: upstream) y la región de flujo separado (en inglés: detached-flow) corriente abajo (en inglés: downstream). La separación del flujo tiende a ser más predominante cerca de la raíz de la pala debido al ángulo de ataque relativamente grande de las superficies de flujo de la pala en esta región en comparación con la punta de la pala.
- 25 Por lo tanto, con el fin de aumentar la eficiencia de la conversión de energía durante la operación normal de la turbina eólica, se desea aumentar la fuerza de sustentación de las palas al mismo tiempo que se reduce la fuerza de resistencia. Para este propósito, es ventajoso aumentar la región de flujo acoplado (en inglés: attached-flow) y reducir la región de flujo separado moviendo la separación del flujo más cerca del borde de fuga de la pala. Esto es en particular deseable cerca de la raíz de la pala con el fin de aumentar la sustentación total generada por la pala.
- 30 Se conoce en la técnica cambiar las características aerodinámicas de las palas de la turbina eólica añadiendo hendiduras, protuberancias y/u otras estructuras en la superficie de la pala. Estas estructuras se denominan a menudo "generadores de vórtices" y sirven para crear uno o más vórtices que aumentan el momento del flujo para superar un gradiente de presión adverso y evitar la separación. Como tales, los generadores de vórtice están configurados para prolongar la región de flujo acoplado (en inglés: attached-flow) y, de este modo, optimizar el flujo de aire aerodinámico alrededor del contorno de la pala.
- 35 Los generadores de vórtice convencionales son construidos normalmente de plástico y contienen una o más "costillas" o estructuras conformadas conectadas a una base que está acoplada a una de las superficies de flujo de la pala de turbina. En el pasado, estos generadores de vórtice tenían que ser diseñados a medida para su encaje en un área exacta de la pala para la que se pretende utilizar, ya que las costillas son normalmente rígidas y no se pueden ajustar fácilmente a la curvatura de la pala. Por lo tanto, el coste de fabricación asociado con la personalización de los generadores de vórtice es alto debido a la mayor cantidad de piezas y costes en herramientas, ya que se deben construir moldes únicos para cada pieza.
- 40 El documento EP 2806156 A1 divulga un generador de vórtice para un borde de fuga de un perfil aerodinámico, que proporciona un reborde formado por dos lados acoplados a los lados de presión y de succión del perfil aerodinámico, estando los dos lados perforados y/o dentados para reducir las emisiones de ruido.
- 45 El documento EP 2482897 divulga un generador de vórtice para una turbina eólica que comprende una base provista de un par de veletas (en inglés: vanes) para generar vórtices. La parte interior de la base está provista de un hueco para que un adhesivo fije el generador de vórtice a una pala de turbina.

En consecuencia, la industria se beneficiaría de generadores de vórtice mejorados que aborden los problemas mencionados. Más en particular, los generadores de vórtice universales que se pudieran utilizar con casi cualquier superficie de pala serían ventajosos.

5

En la siguiente descripción se expondrán en parte diversos aspectos y ventajas de la invención, o pueden resultar claros a partir de la descripción, o pueden ser aprendidos a través de la práctica de la invención.

10

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona una pala de rotor para una turbina eólica que tiene una superficie del lado de succión y una superficie del lado de presión y al menos un generador de vórtice según la reivindicación 13 configurado en al menos una de entre la superficie del lado de succión o la superficie del lado de presión.

15

En una forma de realización, la una o más discontinuidades incluyen una abertura en una parte inferior del elemento modificador del flujo de aire de tal manera que se crea un espacio o gap entre el elemento modificador del flujo de aire y la pala de rotor cuando éste se encuentra acoplado. En otra forma de realización, el generador de vórtice puede incluir un componente limitador del flujo de aire que bloquea al menos una parte del espacio o gap con el fin de limitar el flujo de aire a través del espacio o gap. Por ejemplo, en ciertas formas de realización, el componente limitador del flujo de aire puede incluir un adhesivo, un sellador, una cinta, espuma, corcho, uno o más flaps, una pluralidad de dientes o algo similar.

20

En una forma de realización alternativa, la una o más discontinuidades pueden incluir una pluralidad de aberturas o canales separados o distanciados a lo largo de un eje longitudinal del elemento modificador del flujo de aire. En formas de realización adicionales, las aberturas se pueden extender a través de una anchura de los elementos modificadores del flujo de aire. Además, en ciertas formas de realización, las aberturas pueden formar un ángulo con respecto a los ejes longitudinal y transversal del elemento modificador del flujo de aire.

25

En otra forma de realización más, la pala de rotor puede incluir una pluralidad de elementos modificadores del flujo de aire. De este modo, en formas de realización en particular, la pluralidad de elementos modificadores del flujo de aire puede incluir una pluralidad de costillas o una pluralidad de agrupaciones de dientes (en inglés: tine bundles). Más concretamente, las costillas y/o las agrupaciones de dientes pueden tener cualquier forma adecuada. Por ejemplo, en una forma de realización, cada una de las costillas puede tener una forma sustancialmente trapezoidal. Además, en ciertas formas de realización, la pluralidad de elementos modificadores del flujo de aire puede estar dispuesta en pares, con cada par de elementos modificadores del flujo de aire dispuesto en ángulos opuestos entre sí, por ejemplo + 45 grados y - 45 grados.

30

35

En otro aspecto, la presente divulgación está orientada a un procedimiento de fabricación de un generador de vórtice para una pala de rotor de una turbina eólica según se reivindica en la reivindicación 11. El procedimiento de fabricar el generador de vórtice según se describe en el presente documento puede incluir cualesquiera procedimientos adecuados conocidos en la técnica, que incluyen pero no se limitan a formación por vacío, formación por compresión, formación térmica, o similar. Además, las discontinuidades se pueden formar dentro del elemento o elementos modificadores del flujo de aire utilizando una diversidad de procedimientos y pueden depender del procedimiento de fabricación seleccionado. Por ejemplo, en una forma de realización, el procedimiento incluye formar una o más discontinuidades en las protuberancias en forma de elemento modificador del flujo de aire del molde, de tal manera que las discontinuidades se forman en la parte o pieza a medida que se hace. Alternativamente, el procedimiento puede incluir mecanizar una o más discontinuidades en los elementos modificadores del flujo de aire después de formar el material laminado en el molde.

40

45

50

En otro aspecto más, la presente divulgación está orientada a un generador de vórtice para una pala de rotor de una turbina eólica según se reivindica en la reivindicación 13. Se debe entender que el generador de vórtice puede estar configurado además con cualquiera de las características adicionales según se describen en este documento.

55

La invención también abarca una turbina eólica que tiene una o más palas de turbina configuradas con los generadores de vórtice únicos según se describe en este documento.

60

Diversas características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y a las reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan y forman parte de esta especificación, ilustran formas de realización de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

65

La figura 1 ilustra una vista en perspectiva de una turbina eólica convencional;

La figura 2 ilustra una vista de perspectiva de una forma de realización de una pala de turbina eólica de acuerdo con aspectos de la invención;

5 La figura 3 ilustra una vista en perspectiva de una forma de realización de un generador de vórtice de acuerdo con la presente divulgación;

La figura 4 ilustra una vista en sección transversal detallada del generador de vórtice de la figura 3;

10 La figura 5 ilustra una vista ampliada y en perspectiva parcial del generador de vórtice de la figura 3;

La figura 6 ilustra una vista en perspectiva de otra forma de realización de un generador de vórtice de acuerdo con la presente divulgación;

15 La figura 7 ilustra una vista en sección transversal del generador de vórtice de la figura 6;

La figura 8 ilustra una vista superior de uno de los elementos modificadores del flujo de aire del generador de vórtice de la figura 6;

20 La figura 9 ilustra una vista en perspectiva de otra forma de realización de un generador de vórtice de acuerdo con la presente divulgación;

La figura 10 ilustra una vista en sección transversal detallada del generador de vórtice de la figura 9; y

25 La figura 11 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento para fabricar un generador de vórtice de acuerdo con la presente divulgación.

30 Ahora se hará referencia en detalle a formas de realización de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona por medio de una explicación de la invención, no una limitación de la invención. De hecho, será evidente para aquellos 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, características ilustradas o descritas como parte de una forma de realización se pueden usar con otra forma de realización para producir una forma de realización adicional. De este modo, se pretende que la presente invención incluya dichas modificaciones y variaciones como dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

35 La presente invención se describe en este documento como que puede referirse a un componente de una pala de turbina eólica. Se debe apreciar, sin embargo, que la configuración única de generador de vórtice de acuerdo con los principios de la invención no se limita a un uso en palas de turbina eólica, sino que es aplicable a cualquier tipo de superficie aerodinámica o de flujo que se beneficiaría de las características aerodinámicas modificadas proporcionadas por el generador de vórtice. Ejemplos de dichas superficies incluyen alas de avión, cascos de barcos, velas, etc.

40 En general, la presente divulgación está orientada a un generador de vórtice universal para una pala de rotor de una turbina eólica y a procedimientos de fabricación del mismo. El generador de vórtice incluye una parte o pieza de base configurada para ser acoplada a una o ambas de las superficies del lado de succión o del lado de presión de la pala de rotor y al menos un elemento modificador del flujo de aire que se extiende desde la parte o pieza de base. El elemento modificador del flujo de aire incluye una o más discontinuidades configuradas en el mismo para aumentar la flexibilidad del generador de vórtice. La flexibilidad aumentada del elemento modificador del flujo de aire proporciona un generador de vórtice universal que se puede adaptar a palas de rotor que tienen tamaños y/o formas diferentes.

45 La presente divulgación proporciona muchas ventajas que no están presentes en el estado de la técnica. Por ejemplo, el proceso de fabricación de los generadores de vórtice universales requiere menos piezas o partes a inventariar, menos piezas o partes a monitorizar durante la instalación, y una instalación más sencilla. Además, el proceso de fabricación ha reducido los costes en herramientas, de la puesta en marcha y/o en piezas o partes. Además, los generadores de vórtice universales de la presente publicación se pueden instalar en múltiples ubicaciones de superficies de pala de rotor diferentes, a diferencia de los diseños anteriores, que se diseñaron para una ubicación específica en una sola superficie de pala de rotor. Además, en algunos casos, la flexibilidad del generador de vórtice permite un movimiento que puede ser beneficioso para su rendimiento.

50 En referencia ahora a los dibujos, la figura 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 turbina 16 están montadas en un buje de rotor 18, que a su vez está conectado a una brida (en inglés: flange) principal que hace girar un eje de rotor principal. Los componentes de generación de energía y de control de la turbina eólica están alojados en la góndola 14. La vista de la figura 1 se proporciona con fines

65

ilustrativos sólo para ubicar la presente invención en un campo de uso de ejemplo. Se debe apreciar que la invención no se limita a ningún tipo particular de configuración de turbina eólica.

5 La figura 2 representa una pala de turbina eólica 16 que incorpora aspectos de la invención. Según se muestra, la pala 16 incluye una superficie del lado de succión 20, una superficie del lado de presión 22, un borde de ataque 24 y un borde de fuga 26. Además, la pala 16 se extiende desde una parte de raíz 28 hasta una parte de punta 30. Una pluralidad de generadores de vórtice únicos 32 de acuerdo con aspectos de la invención descritos en mayor detalle más adelante son colocados en cualquier ubicación en una cualquiera o ambas de las superficies de flujo 20, 22 de la pala 16 en las que se desea modificar las características aerodinámicas de la superficie. Por ejemplo, en la forma de realización ilustrada en las figuras, los generadores de vórtice 32 se representan en la superficie del lado de succión 20 sólo con fines ilustrativos. Se debe tener en cuenta que los generadores de vórtice 32 también se pueden proporcionar en la superficie del lado de presión 22.

15 Más en particular, en una forma de realización en particular, los generadores de vórtice 32 se definen en la superficie del lado de succión 20 a una longitud de envergadura de pala (en inglés: span length) de entre el 15% y el 65% y entre el 75% y el 90%, según se muestra en la figura 2. Según se utiliza en el presente documento, una envergadura de pala de rotor 16 se refiere generalmente a la dirección que se extiende entre la parte de raíz 28 y la parte de punta 30, mientras que la cuerda de las palas de rotor 16 se refiere generalmente a la dirección que se extiende entre el borde de ataque 24 y el borde de fuga 26. Además, los generadores de vórtice 32 se pueden colocar más cerca de la parte de raíz 28 de la pala 16 que de la parte de punta 30, o más cerca de la parte de punta 30 que de la parte de raíz 28. Se debería entender que la invención no se limita a ninguna colocación en particular de los generadores de vórtice 32 en una o ambas superficies de flujo 20, 22 de la pala 16.

25 En referencia ahora a las figuras 3 y 4, se ilustra una vista detallada y en perspectiva y una vista en sección transversal correspondiente de una forma de realización del generador de vórtice 32, de acuerdo con la presente divulgación. Según se muestra, el generador de vórtice 32 incluye una parte o pieza de base 36 con al menos un elemento modificador del flujo de aire 34 que se extiende desde la misma. Más en particular, en la forma de realización ilustrada, cuatro elementos modificadores del flujo de aire 34 se extienden desde la parte o pieza de base 36. En formas de realización adicionales, más de cuatro o menos de cuatro elementos modificadores del flujo de aire 34 se pueden extender desde la parte o pieza de base 36.

35 Además, según se muestra generalmente en las figuras 4 – 7, los elementos modificadores del flujo de aire 34 de la presente divulgación incluyen una o más discontinuidades 38 configuradas para aumentar la flexibilidad del generador de vórtice 32. De este modo, cuando se instala el generador de vórtice 32, el generador de vórtice 32 se ajusta sustancialmente a la superficie de la pala 20 sin deformaciones significativas o se deforma para que se ajuste a la superficie 20 con menos curvatura. Por ejemplo, en ciertas formas de realización, las discontinuidades 38 pueden incluir aberturas, huecos, hendiduras, ranuras, agujeros, canales, protuberancias, costillas o similares. Por lo tanto, se debe entender que las discontinuidades 38 se pueden extender total o parcialmente a través del elemento modificador del flujo de aire 34 en cualquier dirección.

45 Más en particular, según se muestra en la figura 4, el elemento modificador del flujo de aire 34 puede incluir una o más aberturas o huecos 40 o ranuras abiertas en una parte inferior del elemento modificador del flujo de aire 34, de tal manera que se crean uno o más espacios (en inglés: gaps) entre el elemento modificador del flujo de aire 34 y la superficie 20 de la pala 16 cuando está acoplado a la misma. Por lo tanto, el espacio o espacios (gaps) resultantes permiten que el elemento modificador del flujo de aire 34 se flexione más fácilmente con diferentes superficies de pala según sea necesario. Además, según se muestra, la abertura 40 puede ser una sola ranura que discurre en sentido longitudinal a lo largo del elemento modificador del flujo de aire 34. Alternativamente, el elemento modificador del flujo de aire 40 puede incluir una pluralidad de aberturas 40 separadas entre sí a lo largo del eje longitudinal del elemento de vórtice 34. Más en particular, en una forma de realización en particular, las aberturas 40 pueden empezar en cualquier extremo del elemento modificador del flujo de aire 40 de modo que sólo la parte central del elemento modificador del flujo de aire 40 está acoplada a la parte o pieza de base 36 y se forman dos espacios o gaps entre el elemento 34 y la superficie 20 de la pala de rotor 16.

60 En formas de realización adicionales, según se muestra en la figura 5, el generador de vórtice 32 también puede incluir un componente limitador del flujo de aire 44 configurado para bloquear al menos una parte de la abertura 40 para limitar el flujo de aire a través del espacio o gap formado entre el elemento modificador del flujo de aire 34 y la superficie de la pala 20. Como tal, el componente limitador del flujo de aire 44 está configurado para compensar cualquier cambio en el rendimiento aerodinámico causado por la abertura 40. En ciertas formas de realización, el componente limitador del flujo de aire 44 puede incluir adhesivo, sellador, cinta, espuma, corcho, uno o más flaps, o similar. Por ejemplo, según se muestra, el componente limitador del flujo de aire 44 incluye un flap situado a cada lado de la abertura 40.

En una forma de realización alternativa, según se muestra en las figuras 6 y 7, la una o más discontinuidades 38 pueden incluir una pluralidad de aberturas 42 separadas entre sí a lo largo de un eje longitudinal 46 del elemento modificador del flujo de aire 32 para formar una pluralidad de costillas. Por lo tanto, a medida que el generador de vórtice 32 se deforma, la deformación hace que las costillas más cortas se doblen hacia (o se separen) unas de otras. El vórtice completo para el generador de vórtice 32 se desarrollará a través de la fusión de los vórtices más pequeños procedentes de las costillas individuales de menor longitud. Además, según se muestra, las aberturas 42 se pueden extender a través de una anchura W del elemento modificador del flujo de aire 34. En formas de realización adicionales, las aberturas 42 sólo se pueden extender a través de una parte de la anchura. En formas de realización adicionales, las aberturas 42 pueden ser en ángulo con respecto a los ejes longitudinal y transversal 46, 48, por ejemplo, según se muestra en la figura 8.

Como ya se ha mencionado, la pluralidad de elementos modificadores del flujo de aire 34 se pueden disponer en cualquier configuración adecuada en una de las superficies de pala 22, 24 para proporcionar el flujo de aire deseado. Por ejemplo, según se muestra en las figuras 3 y 6, los elementos modificadores del flujo de aire 34 se disponen en pares que tienen ángulos opuestos entre sí. Más en particular, correspondientes pares de elementos modificadores del flujo de aire 34 pueden estar separados entre sí en un ángulo, por ejemplo, en un ángulo de 90 grados, un ángulo agudo o un ángulo obtuso. Por ejemplo, según se muestra en las figuras 3 y 6, los correspondientes pares 35 de elementos modificadores del flujo de aire 34 forman un ángulo θ con respecto a la dirección del viento 15.

En formas de realización adicionales, los elementos modificadores del flujo de aire 34 se pueden formar usando una diversidad de procedimientos. Por ejemplo, según se ilustra generalmente en las figuras, los elementos modificadores del flujo de aire 34 pueden formar costillas sustancialmente sólidas, según se muestra en las figuras 3 – 5. En una forma de realización alternativa, según se muestra en las figuras 9 – 10, cada uno de los elementos modificadores del flujo de aire 34 se puede construir con una pluralidad de dientes 52 o agrupaciones de dientes 50. Según se utiliza en este documento, un "agrupación de dientes" abarca ampliamente una pluralidad de dientes o similares, dispuestas juntas entre sí para formar un único elemento modificador del flujo de aire 34. De modo similar, una "pluralidad de agrupaciones de dientes" se refiere a más de una agrupación de dientes 50. Por ejemplo, según se muestra en las figuras 9 – 10, hay cuatro agrupaciones de dientes 50, teniendo cada uno de dichas agrupaciones una pluralidad de dientes 52. Como tal, un elemento modificador del flujo de aire 34 formado por una pluralidad de dientes 52 puede tener la misma forma o similar que un generador de vórtice 34 construido con un material sólido. Las agrupaciones de dientes 50, sin embargo, por su propia naturaleza, son intrínsecamente más flexibles que un generador de vórtice construido con un material sólido y, por lo tanto, se pueden utilizar con palas que tienen diferentes formas y/o curvaturas. Más en particular, en aplicaciones de superficie más plana, a medida que se acopla el generador de vórtice 32 a la pala 16, la flexión de la parte o pieza de base 36 comprimiría aún más las dientes entre sí y mantendría una característica que continuaría creando un vórtice. En otra forma de realización, una agrupación de dientes se puede montar dentro de uno de los elementos modificadores del flujo de aire 34, por ejemplo, dentro de la abertura 40, para impedir que cualquier flujo pueda pasar a través del espacio o gap.

Por lo tanto, los elementos modificadores del flujo de aire 34, ya sean costillas, agrupaciones de dientes o similares, pueden tener cualquier configuración adecuada en cuanto al cuerpo y/o forma de sección transversal dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Más en particular, en ciertas formas de realización, el cuerpo de los elementos modificadores del flujo de aire 34 puede tener una forma de aleta, de cuña, o de media luna o de duna de arena. Por ejemplo, en ciertas formas de realización, los elementos modificadores del flujo de aire 34 se pueden considerar como modelados después de la generación de dunas de arena de forma natural, que actúan como generadores de vórtices en la naturaleza. La forma única de dunas de arena genera los vórtices aerodinámicos sin aumentar significativamente la resistencia, lo cual es muy deseable para un generador de vórtice en una superficie de flujo de turbina eólica. Además, según se muestra de forma general en las figuras, los elementos de vórtice en forma de costilla 34 tienen una forma de sección transversal sustancialmente trapezoidal. En formas de realización adicionales, los elementos modificadores del flujo de aire 34 pueden tener una forma de sección transversal rectangular, cuadrada, curvada, triangular, de media luna, o cualquier otra forma adecuada.

Se debe entender que los generadores de vórtice descritos en este documento se pueden construir con cualquier material adecuado. Por ejemplo, en una forma de realización, los generadores de vórtice se pueden formar con un material relativamente rígido con el fin de desarrollar las propiedades aerodinámicas deseadas, por ejemplo, material plástico o metálico. Alternativamente, los generadores de vórtice se pueden construir con un material flexible y de bajo durómetro.

En referencia ahora a la figura 11, se ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento 100 para fabricar un generador de vórtice de acuerdo con la presente divulgación. Más en particular, según se muestra en 102, el procedimiento 100 incluye proporcionar un molde del generador de vórtice, en el que el molde del generador de vórtice tiene, al menos, una parte o pieza de base y una pluralidad de protuberancias en forma

- de elemento modificador del flujo de aire que se extienden desde la misma. En 104, el procedimiento 100 incluye formar un material laminado plegable, por ejemplo de plástico, al molde con el fin de formar el generador de vórtice, en el que las protuberancias en forma de elemento modificador del flujo de aire del molde forman una pluralidad de elementos modificadores del flujo de aire en el generador de vórtice. En 5 106, el procedimiento incluye formar una o más discontinuidades dentro de al menos uno de los elementos modificadores del flujo de aire para aumentar la flexibilidad del generador de vórtice. Al proporcionar elementos modificadores del flujo de aire con al menos una discontinuidad, el generador de vórtice es más flexible y, por lo tanto, se puede utilizar en una diversidad de superficies de pala con diferentes curvaturas.
- 10 El procedimiento 100 de fabricar el generador de vórtice según se describe en este documento puede incluir cualesquiera procedimientos adecuados conocidos en la materia, que incluyen pero no se limitan a la formación por vacío, formación por compresión, formación térmica o similar. Además, las discontinuidades se pueden formar dentro del elemento o elementos modificadores del flujo de aire utilizando una diversidad de procedimientos y pueden depender del proceso de fabricación seleccionado. Por ejemplo, en una forma 15 de realización, si los generadores de vórtice se fabrican usando formación por compresión, las discontinuidades se pueden formar en las protuberancias en forma de elemento modificador del flujo de aire del molde de manera que las discontinuidades se forman en la parte o pieza a medida que se está haciendo. Alternativamente, las discontinuidades pueden ser mecanizadas en los elementos modificadores del flujo de aire después de que se haya formado el generador de vórtice.
- 20 En formas de realización adicionales, los generadores de vórtice 32 se pueden formar primero moldeando una parte o pieza de base y posteriormente instalando uno o más salientes en las ubicaciones modificadoras del flujo de aire deseadas. Después de la instalación de los salientes, se pueden instalar uno o más 25 elementos modificadores del flujo de aire en dichos salientes en sus ubicaciones. En otra forma de realización, se puede formar una parte o pieza de base flexible con ranuras para colocar costillas verticales rígidas. De este modo, las costillas se pueden colocar en las ranuras y luego se puede acoplar la parte o pieza de base a la pala. También se debe entender que la presente invención abarca cualquier configuración de turbina eólica 10 (figura 1) que incluya una o más palas 16 que incorporan al menos uno de los elementos modificadores de flujo de aire únicos 32 según se describen en este documento.
- 30 Si bien la presente materia ha sido descrita en detalle con respecto a formas de realización de ejemplo específicas y procedimientos de las mismas, se apreciará que los expertos en la materia, alcanzando y entendiendo la descripción anterior, pueden producir fácilmente alteraciones, variaciones y equivalencias de dichas formas de realización. Según se ha mencionado, también se debería apreciar que la invención 35 es aplicable a cualquier tipo de superficie de flujo, y no se limita a una pala de turbina eólica. Por consiguiente, el alcance de la presente divulgación es a modo de ejemplo y no a modo de limitación, y la divulgación en cuestión no impide la inclusión de dichas modificaciones, variaciones y/o adiciones a la presente materia que serían fácilmente evidentes para un experto en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Un generador de vórtice (32) para una pala de rotor (16) de una turbina eólica (10), comprendiendo el generador de vórtice (32):
- 5 una parte o pieza de base (36) configurada para su acoplamiento a una superficie de la pala de rotor, estando la superficie en al menos una de las superficies del lado de succión (20) o del lado de presión (22) de la pala de rotor (16); y
- al menos un elemento modificador del flujo de aire (34) que se extiende desde la parte o pieza de base (36),
- 10 **caracterizado en que** el elemento modificador del flujo de aire (34) comprende una o más discontinuidades (38) configuradas en el mismo para aumentar la flexibilidad del generador de vórtice (32) de manera que el generador de vórtice (32) es deformable para adaptarse a la superficie de la pala de rotor (16).
- 15 2. El generador de vórtice (32) de la reivindicación 1, en el que la una o más discontinuidades (38) comprenden una abertura (40) en una parte inferior del elemento modificador del flujo de aire (34) de tal manera que se crea un espacio o gap entre el elemento modificador del flujo de aire (34) y la parte o pieza de base (36).
- 20 3. El generador de vórtice (32) de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la una o más discontinuidades (38) comprenden una pluralidad de aberturas (42) separadas entre sí a lo largo de un eje longitudinal del elemento modificador del flujo de aire (34).
- 25 4. Una pala de rotor (16) de una turbina eólica (10), comprendiendo la pala de rotor (16):
- una superficie del lado de succión (20) y una superficie del lado de presión (22); y
- al menos un generador de vórtice (32) según se reivindica en la reivindicación 1 configurado en al menos una de dichas superficies del lado de succión (20) o del lado de presión (22).
- 30 5. La pala de rotor (16) de la reivindicación 4, en la que la una o más discontinuidades (38) comprenden una abertura (40) en una parte inferior del elemento modificador del flujo de aire (34) de tal manera que se crea un espacio o gap entre el elemento modificador del flujo de aire (34) y la pala de rotor (16).
- 35 6. La pala de rotor (16) de la reivindicación 5, que comprende además un componente limitador del flujo de aire (44) configurado para bloquear al menos una parte del espacio o gap para limitar el flujo de aire a través del espacio o gap.
- 40 7. La pala de rotor (16) de la reivindicación 6, en la que el componente limitador del flujo de aire (44) comprende al menos uno de entre adhesivo, sellador, cinta adhesiva, espuma, corcho, uno o más flaps o una pluralidad de dientes (52).
- 45 8. La pala de rotor (16) de cualquiera de las reivindicaciones 4 – 7, en la que la una o más discontinuidades (38) comprenden una pluralidad de aberturas (42) separadas entre sí a lo largo de un eje longitudinal del elemento modificador del flujo de aire (34).
- 50 9. La pala de rotor (16) de la reivindicación 8, en la que las aberturas (42) se extienden a través de una anchura del elemento modificador del flujo de aire (34).
10. La pala de rotor (16) de la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en la que cada una de las aberturas (42) está configurada en un ángulo con respecto a los ejes longitudinal y transversal.
- 55 11. La pala de rotor (16) de cualquiera de las reivindicaciones 4 – 10, que comprende además una pluralidad de elementos modificadores del flujo de aire (34), comprendiendo la pluralidad de elementos modificadores del flujo de aire (34) al menos una de entre una pluralidad de costillas o una pluralidad de agrupaciones de dientes (52).
- 60 12. La pala de rotor (16) de cualquiera de las reivindicaciones 4 – 11, en la que la pluralidad de elementos modificadores del flujo de aire (34) se disponen en pares, y cada par de elementos modificadores del flujo de aire (34) se disponen en ángulos opuestos entre sí.
- 65 13. La pala de rotor (16) de cualquiera de las reivindicaciones 4 – 12, en la que cada uno de los elementos modificadores del flujo de aire (34) comprende una forma de sección transversal sustancialmente trapecoidal.
14. Un procedimiento (100) de fabricación de un generador de vórtice (32) según cualquiera de las reivindicaciones 1 – 3 para una pala de rotor (16) de una turbina eólica (10), comprendiendo el procedimiento (100):

proporcionar un molde del generador de vórtice (32), teniendo el molde del generador de vórtice (32), al menos, una parte o pieza de base (36) y una pluralidad de protusiones en forma de elemento modificador del flujo de aire que se extienden desde la misma;

5 formar un material laminado al molde para formar el generador de vórtice (32), en el que las protuberancias en forma de elemento modificador del flujo de aire del molde forman una pluralidad de elementos modificadores del flujo de aire (34) en el generador de vórtice (32); y

10 formar una o más discontinuidades (38) dentro de al menos uno de los elementos modificadores del flujo de aire (34) para aumentar la flexibilidad del generador de vórtice (32) de modo que el generador de vórtice (32) es adecuado para su uso en una diversidad de superficies de pala con curvaturas diferentes.

15 15. El procedimiento (100) de la reivindicación 14, en el que formar la una o más discontinuidades (38) dentro de al menos uno de los elementos modificadores del flujo de aire (34) comprende además al menos una de entre: formar una o más discontinuidades (38) en las protuberancias en forma de elemento modificador del flujo de aire del molde o mecanizar una o más discontinuidades (38) en los elementos modificadores del flujo de aire (34) después de que se haya formado el material laminado al molde.

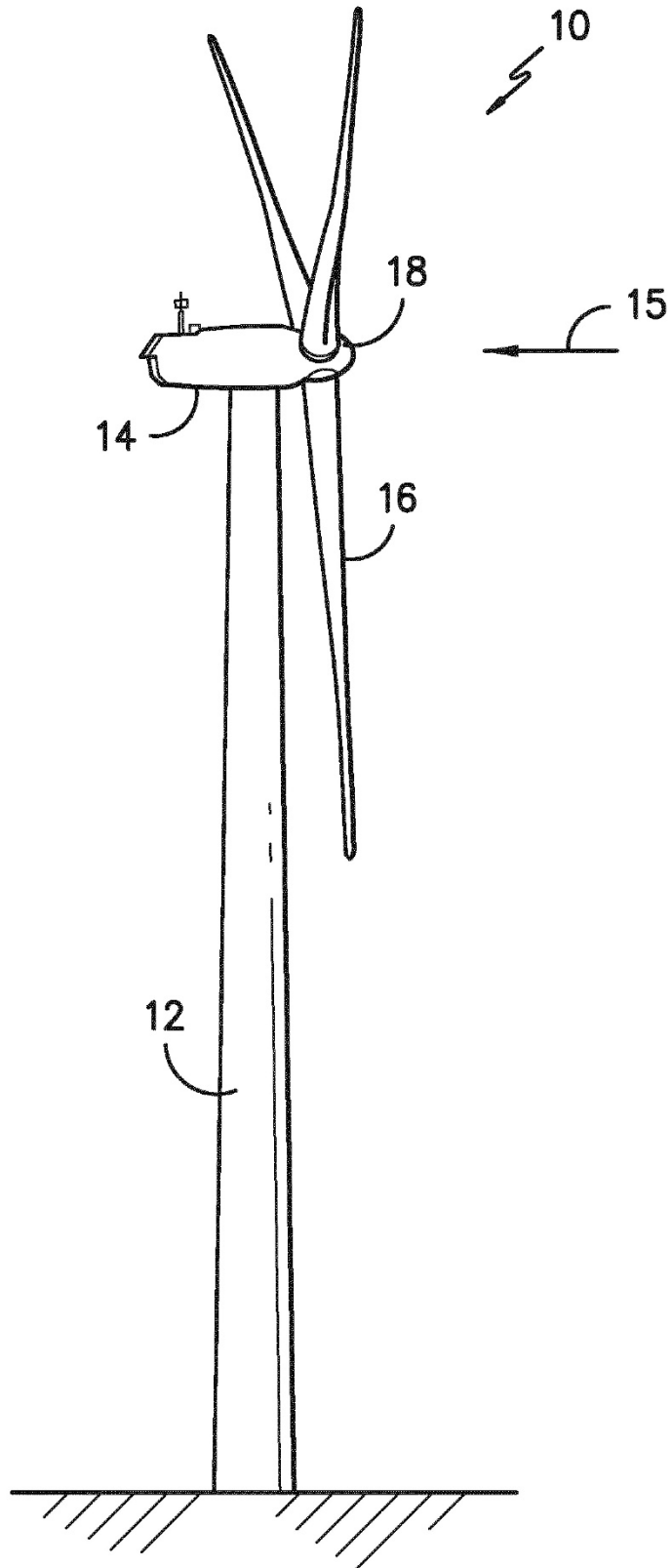
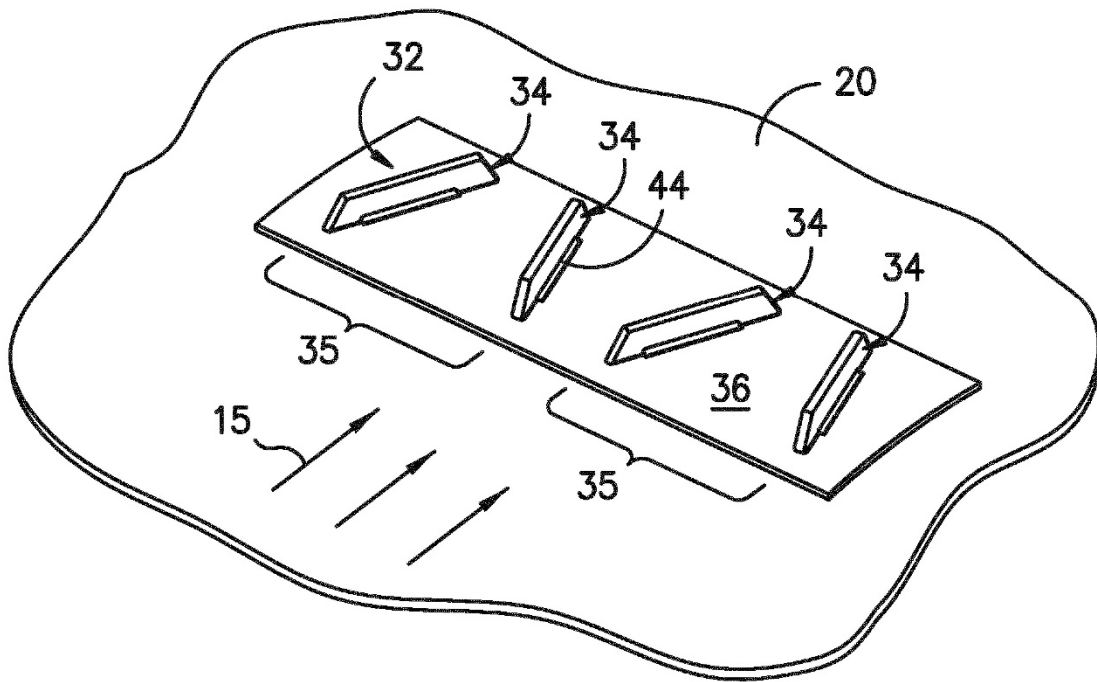
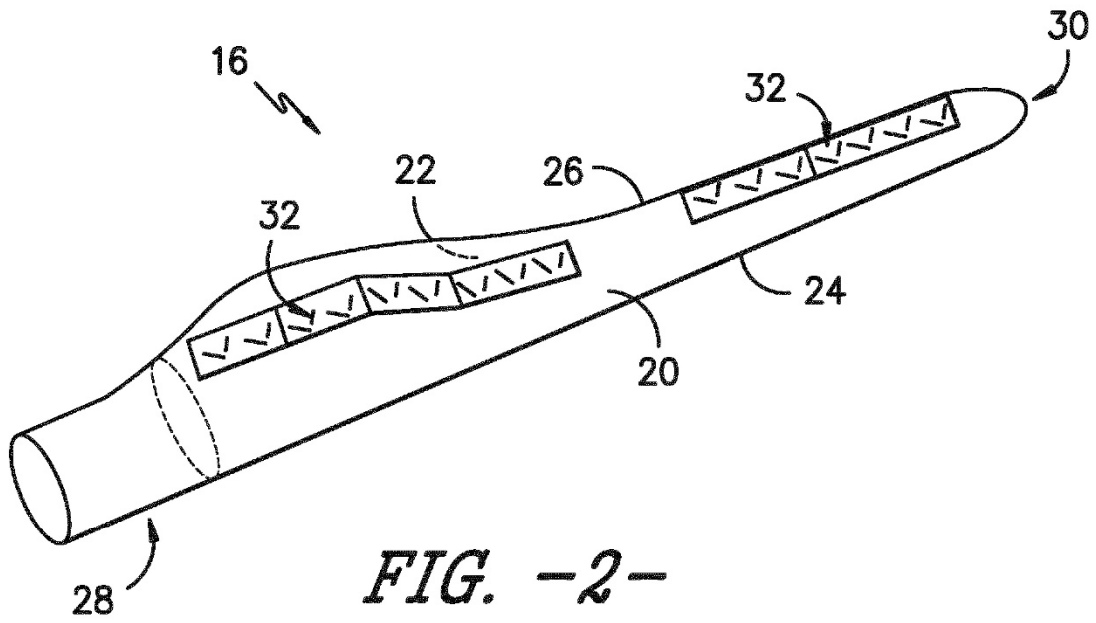


FIG. -1-



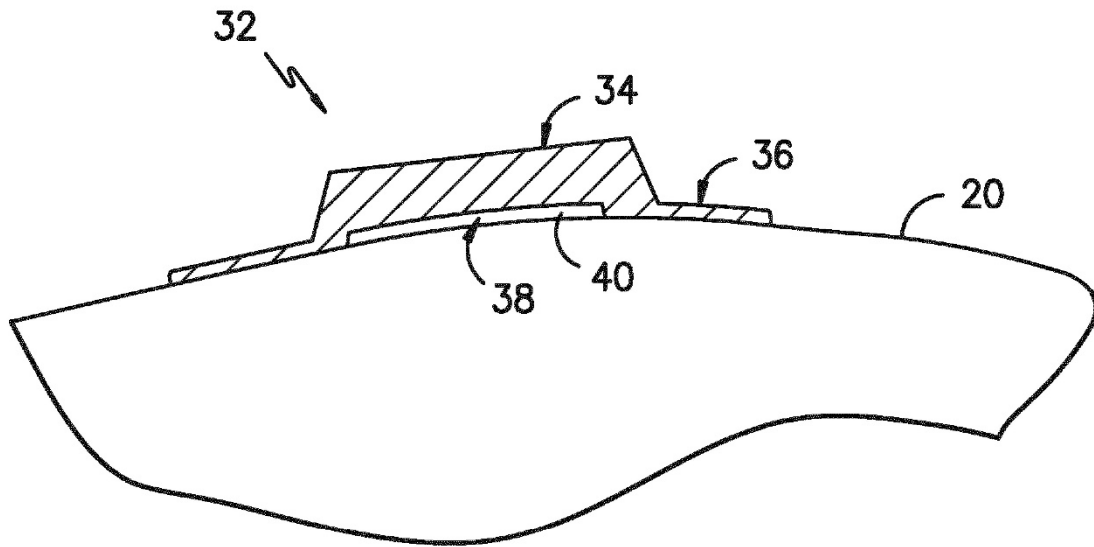


FIG. -4-

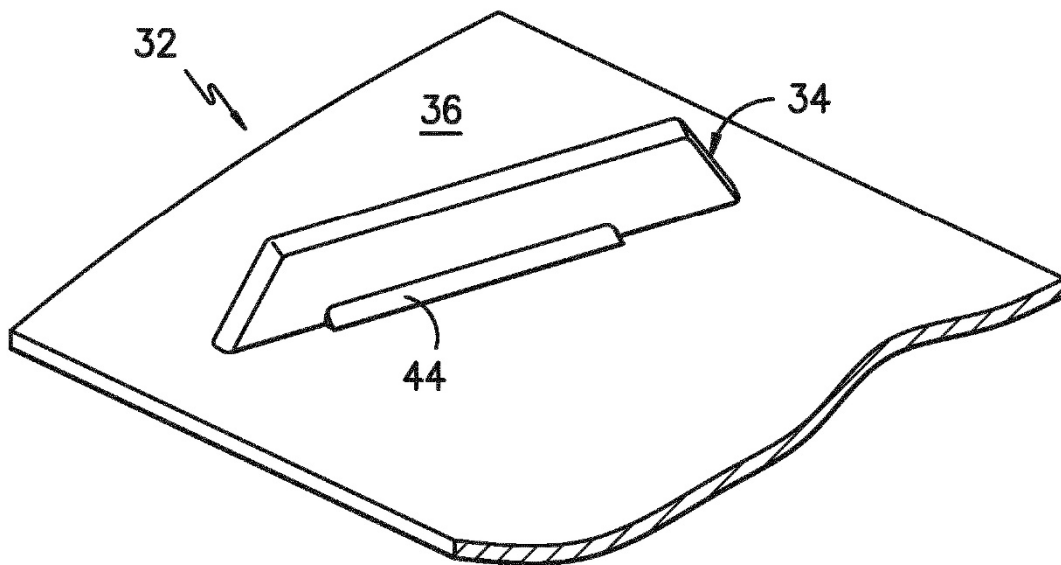


FIG. -5-

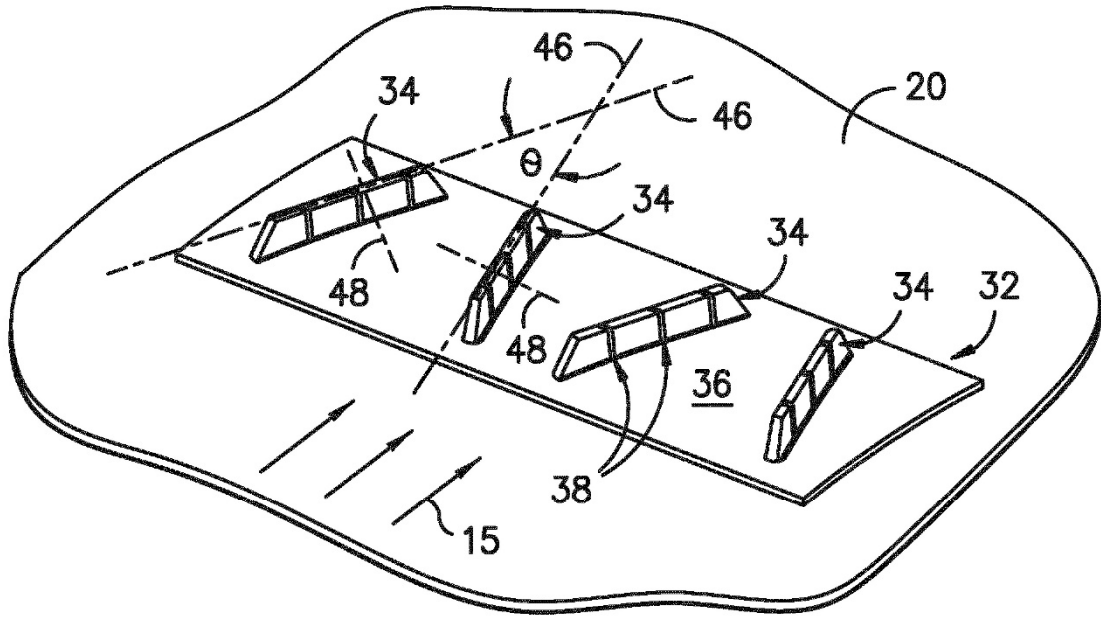


FIG. -6-

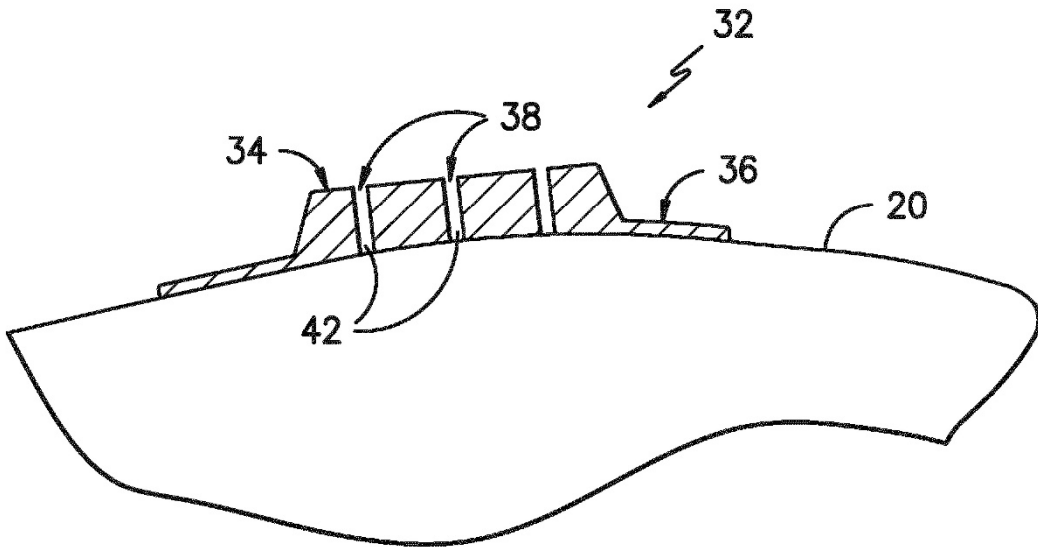


FIG. -7-

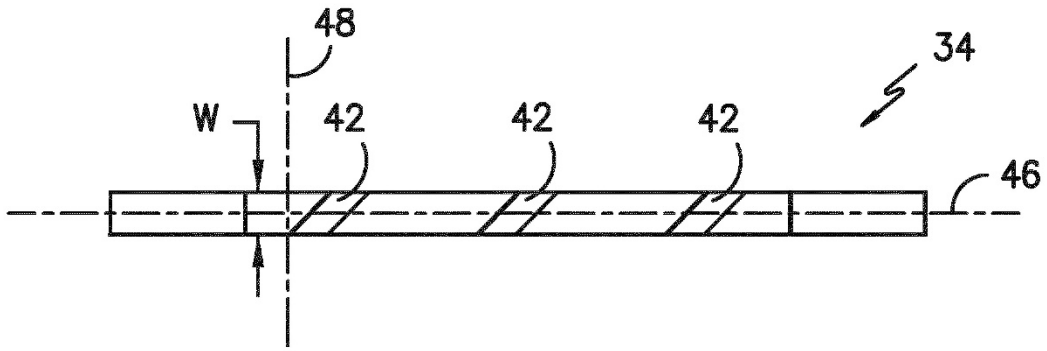


FIG. -8-

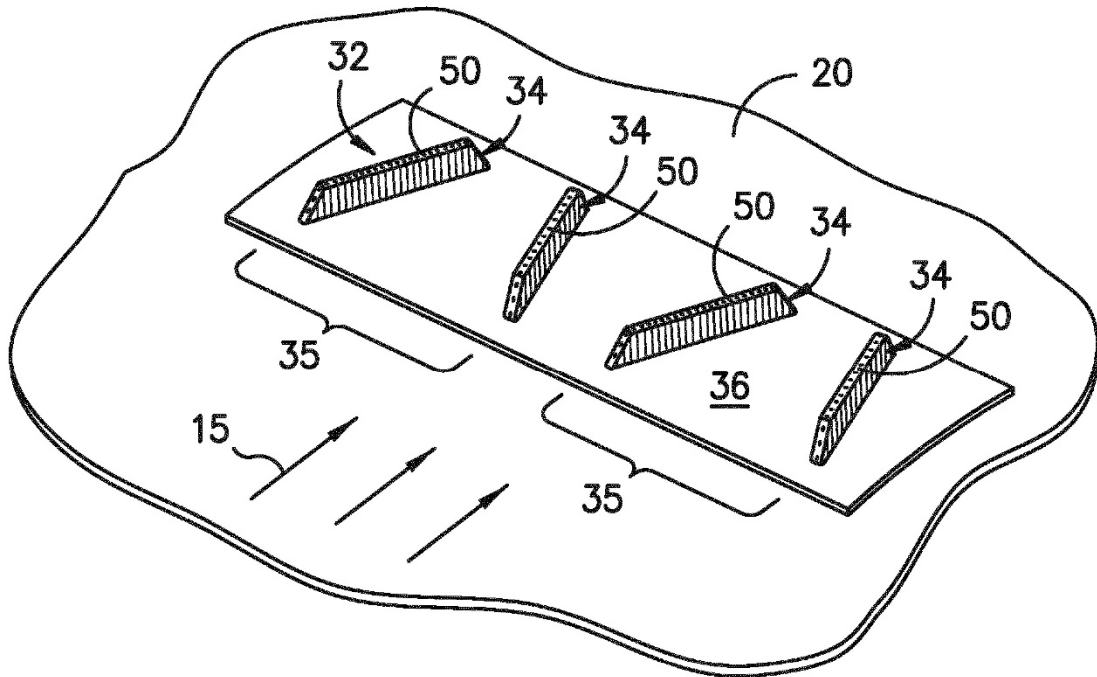


FIG. -9-

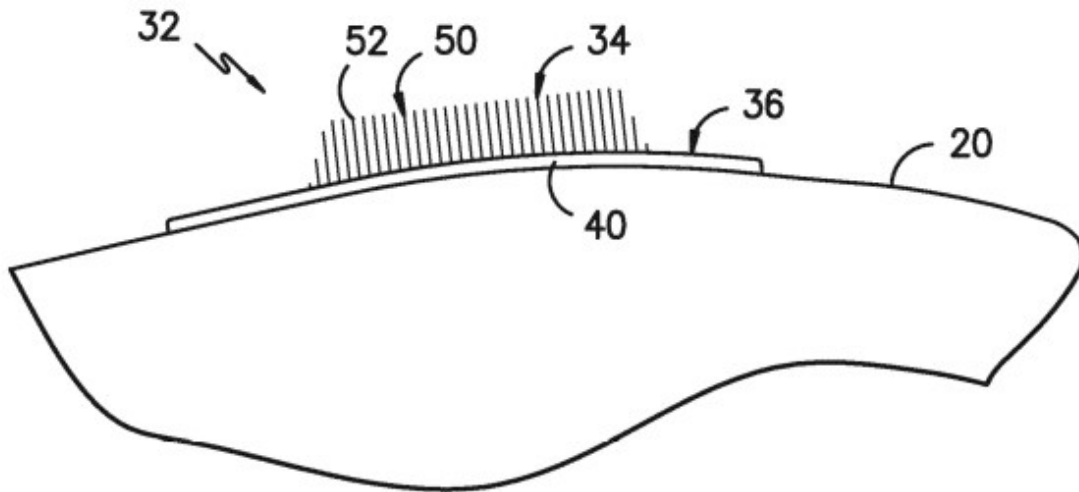


FIG. -10-

100 ↘

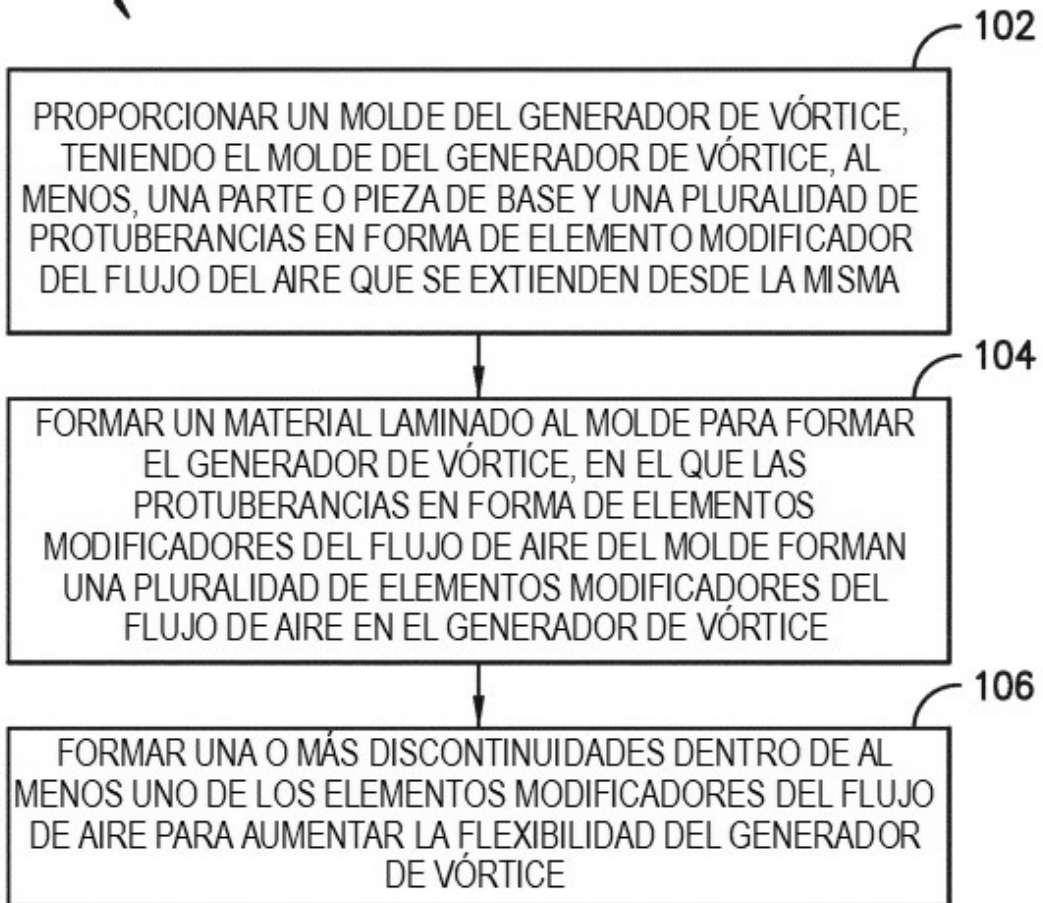


FIG. -11-