

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 978 766**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.12.2018 PCT/US2018/064851**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.06.2020 WO20122869**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2018 E 18829669 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2024 EP 3894689**

54 Título: **Pala de rotor segmentada que tiene una precurvatura global maximizada por medio de una precurvatura incrementada en un segmento de punta de pala de la misma**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.09.2024**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA,  
S.L. (100.0%)  
Calle Roc Boronat 78  
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**HUTH, SCOTT JACOB;  
RODWELL, ANDREW MITCHELL y  
MERZHAUSER, THOMAS**

74 Agente/Representante:

**DE ROOIJ, Mathieu Julien**

**ES 2 978 766 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Pala de rotor segmentada que tiene una precurvatura global maximizada por medio de una precurvatura incrementada en un segmento de punta de pala de la misma

5

**Campo**

[0001] La presente divulgación se refiere en general a turbinas eólicas, y más en particular a palas de rotor segmentadas para turbinas eólicas que tienen una precurvatura maximizada por medio de una precurvatura incrementada en el segmento de punta de pala de las mismas.

10

**Antecedentes**

[0002] La potencia eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y más ecológicas disponibles en la actualidad, y las turbinas eólicas han obtenido una creciente atención a este respecto. Una turbina eólica moderna incluye típicamente una torre, un generador, una multiplicadora, una góndola y un rotor que tiene un buje rotatorio con una o más palas de rotor. Las palas de rotor captan energía cinética del viento usando principios de perfil alar conocidos. Las palas de rotor transmiten la energía cinética en forma de energía de rotación para 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

20

[0003] Las palas de rotor en general incluyen una concha lateral de succión y una concha lateral de presión formadas típicamente usando procedimientos de moldeo que se unen conjuntamente en líneas de unión a lo largo de los bordes de ataque y salida de la pala. Además, las conchas de presión y succión son relativamente ligeras y tienen propiedades estructurales (por ejemplo, rigidez, resistencia al pandeo y fuerza) que no se configuran para soportar los momentos de flexión y otras cargas ejercidas sobre la pala de rotor durante la operación. Por tanto, para incrementar la rigidez, resistencia al pandeo y fuerza de la pala de rotor, la concha de cuerpo se refuerza típicamente usando uno o más componentes estructurales (por ejemplo, tapas de larguero ("*spar caps*") opuestas con una alma ("*shear web*") configurada entre ellas) que se acoplan con las superficies laterales de presión y succión interiores de las mitades de concha. Las tapas de larguero y/o el alma se pueden construir con diversos materiales, incluyendo, pero sin limitarse a, compuestos laminados de fibra de vidrio y/o compuestos laminados de fibra de carbono.

25

30

[0004] A medida que las turbinas eólicas continúan incrementando su tamaño, las palas de rotor también incrementan su tamaño. Por tanto, se pueden construir palas de rotor más grandes en segmentos que se pueden ensamblar en el sitio por medio de una o más uniones de pasador ("*pin joints*"). Incrementar la longitud de pala requiere soporte de pala adicional porque la gravedad tira a lo largo de la longitud incrementada para crear un momento de flexión mayor que en palas de rotor más cortas.

35

40

[0005] Además, las palas de rotor de turbina eólica típicamente tienen una precurvatura en la dirección en sentido de la aleta ("*flap-wise*") para garantizar que la pala de rotor no se pone en contacto con la torre bajo carga. Como tal, las tapas de larguero se dimensionan principalmente para evitar que la pala de rotor se ponga en contacto con la torre. Más específicamente, el grosor de tapa de larguero de la pala de rotor a menudo se dimensiona para cumplir con los requisitos de espacio libre de torre. Sin embargo, la masa de las palas de rotor (que se desea que sea lo más baja posible) se acciona por la masa de las tapas de larguero estructurales.

45

[0006] Para una pala de rotor de una sola pieza típica, la cantidad de precurvatura depende de los límites de envío de la propia pala. Más específicamente, una pala de rotor durante el transporte se debe orientar para ajustarse dentro de determinadas limitaciones de transporte, tales como altura máxima de transporte y un espacio libre mínimo al suelo. Por lo tanto, dichos requisitos limitan potencialmente la cantidad de precurvatura en la pala de rotor. Sin embargo, una pala de rotor partida ("*jointed rotor blade*") (específicamente el segmento de punta de la pala) no se limita a las mismas limitaciones de transporte ya que el segmento de punta de pala es en general mucho más corto que la porción restante de la pala.

50

55

[0007] En consecuencia, la presente divulgación se refiere a segmentos de punta de pala para palas de rotor partidas que tienen una precurvatura incrementada para maximizar la precurvatura global o local en la pala de rotor para permitir tapas de larguero más ligeras y menos costosas. Los ejemplos de la técnica anterior se divulgan en los documentos WO2018215457A1 y EP1953383A1.

60

**Breve descripción**

[0008] Los aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden ser obvios a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la invención.

65

5 [0009] En un aspecto, la presente divulgación se refiere a una pala de rotor para una turbina eólica. La pala de rotor incluye un primer segmento de pala y un segundo segmento de pala que se extienden en direcciones opuestas desde una unión en sentido de la cuerda ("chord-wise"). Cada uno del primer y segundo segmentos de pala tiene al menos un miembro de concha que define una superficie de perfil alar y una estructura de soporte interna. El primer segmento de pala define una primera precurvatura en la dirección en sentido de la aleta. El segundo segmento de pala define una segunda precurvatura diferente en la dirección en sentido de la aleta. Además, la primera precurvatura es mayor que la segunda precurvatura. Además, la primera y segunda precurvaturas proporcionan una precurvatura global en la dirección en sentido de la aleta alejándose de una torre de la turbina eólica que permite una deflexión predeterminada de la pala de rotor hacia la torre.

10 [0010] En un modo de realización, la primera precurvatura puede ser mayor de aproximadamente 3 metros. Más específicamente, en un modo de realización, la primera precurvatura del primer segmento de pala puede ser mayor de aproximadamente 4 metros. En otro modo de realización, la segunda precurvatura del segundo segmento de pala puede ser menor de aproximadamente 2 metros. Como tal, en determinados modos de realización, la precurvatura global de la pala de rotor puede variar de aproximadamente 4 metros a aproximadamente 6 metros. En otro modo de realización, la deflexión predeterminada de la pala de rotor hacia la torre puede ser mayor que una deflexión permitida para una pala de rotor no partida, tal como mayor de aproximadamente un 5 % de la longitud total de la pala de rotor.

15 [0011] En otros modos de realización, debido a la primera precurvatura incrementada, un peso de las estructuras de soporte internas del primer y segundo segmentos de pala puede ser menor que un peso de una estructura de soporte interna para la pala de rotor no partida, tal como una reducción de peso de aproximadamente un 1 % a aproximadamente un 10 % en comparación con palas de rotor no partidas. Además, la localización del peso (es decir, el momento de masa) también puede cambiar, lo que es además ventajoso).

20 [0012] En modos de realización adicionales, la unión en sentido de la cuerda se puede localizar de aproximadamente un 70 % a aproximadamente un 90 % de una envergadura ("span") de la pala de rotor desde una raíz de pala de la misma, tal como a aproximadamente un 85 % de la envergadura de la pala de rotor desde la raíz de pala. Además, en dichos modos de realización, el primer segmento de pala puede corresponder a un segmento de punta de pala de la pala de rotor, mientras que el segundo segmento de pala puede corresponder a un segmento de raíz de pala de la pala de rotor.

25 [0013] En varios modos de realización, el primer segmento de pala puede incluir una estructura de viga que tiene un extremo receptor con al menos un pasador que se extiende en sentido de la envergadura que se extiende desde el mismo. El segundo segmento de pala puede incluir una sección receptora que recibe la estructura de viga del primer segmento de pala. La sección receptora incluye un miembro en sentido de la cuerda que tiene una ranura de unión de pasador definida a través del mismo. Como tal, la ranura de unión de pasador recibe el pasador que se extiende en sentido de la envergadura en el extremo receptor de la estructura de viga para asegurar el primer y segundo segmentos de pala juntos.

30 [0014] En otro aspecto, la presente divulgación se refiere a un procedimiento para maximizar una precurvatura de pala global de una pala de rotor. El procedimiento incluye proporcionar un primer segmento de pala que define una primera precurvatura en la dirección en sentido de la aleta. El procedimiento también incluye proporcionar un segundo segmento de pala que define una segunda precurvatura diferente en la dirección en sentido de la aleta. Además, la primera precurvatura es mayor que la segunda precurvatura. Además, el procedimiento incluye asegurar el primer y segundo segmentos de pala juntos en direcciones opuestas desde una unión en sentido de la cuerda de modo la primera y segunda precurvaturas proporcionan una precurvatura global en la dirección en sentido de la aleta alejándose de una torre de la turbina eólica que permite una deflexión predeterminada de la pala de rotor hacia la torre.

35 [0015] En un modo de realización, como se menciona, el primer segmento de pala puede incluir una estructura de viga que tiene un extremo receptor con al menos un pasador que se extiende en sentido de la envergadura que se extiende desde el mismo. El segundo segmento de pala puede incluir una sección receptora que recibe la estructura de viga del primer segmento de pala. La sección receptora incluye un miembro en sentido de la cuerda que tiene una ranura de unión de pasador definida a través del mismo. En dichos modos de realización, asegurar el primer y segundo segmentos de pala juntos en direcciones opuestas desde la unión en sentido de la cuerda puede incluir insertar la estructura de viga del primer segmento de pala en la sección receptora del segundo segmento de pala y asegurar el pasador que se extiende en sentido de la envergadura del extremo receptor de la estructura de viga dentro de la ranura de unión de pasador de la sección receptora. Se debe entender que el procedimiento puede incluir además cualquiera de los rasgos característicos y/o etapas adicionales como se describe en el presente documento.

40 [0016] Aún en otro aspecto, la presente divulgación se refiere a una pala de rotor para una turbina eólica. La pala de rotor incluye un primer segmento de pala y un segundo segmento de pala que se extienden en direcciones opuestas desde una unión en sentido de la cuerda. Cada uno del primer y segundo segmentos de pala incluye al menos un miembro de concha que define una superficie de perfil alar y una estructura de soporte interna. Además,

el primer segmento de pala define una primera precurvatura en la dirección en sentido de la aleta. El segundo segmento de pala está ausente de una precurvatura en la dirección en sentido de la aleta, de modo que la primera precurvatura define una precurvatura global en la dirección en sentido de la aleta alejándose de una torre de la turbina eólica que permite una deflexión predeterminada de la pala de rotor hacia la torre. Se debe entender que la pala de rotor puede incluir además cualquiera de los rasgos característicos adicionales como se describe en el presente documento.

**[0017]** Estos y otros 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.

### Breve descripción de los dibujos

**[0018]** Una divulgación completa y suficiente de la presente invención, incluyendo el mejor modo de la misma, dirigida a un experto en la técnica, se expone en la memoria descriptiva, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 2 ilustra una vista en planta de un modo de realización de una pala de rotor que tiene un primer segmento de pala y un segundo segmento de pala de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 3 ilustra una vista en perspectiva de una sección de un modo de realización del primer segmento de pala de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 4 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una sección del segundo segmento de pala en la unión en sentido de la cuerda de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 5 ilustra un conjunto de un modo de realización de la pala de rotor de la turbina eólica que tiene el primer segmento de pala unido al segundo segmento de pala de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 6 ilustra una vista en perspectiva en despiece de un modo de realización de las múltiples estructuras de soporte del conjunto de la pala de rotor de la turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 7 ilustra una vista lateral de un modo de realización de una turbina eólica según la presente divulgación, que ilustra en particular una pala de rotor segmentada que tiene una precurvatura;

la FIG. 8 ilustra una vista lateral detallada de la pala de rotor segmentada de la FIG. 7;

la FIG. 9 ilustra otra vista lateral detallada de la pala de rotor segmentada de acuerdo con la presente divulgación; y

la FIG. 10 ilustra un diagrama de flujo de un modo de realización de un procedimiento para maximizar la precurvatura global de una pala de rotor de acuerdo con la presente divulgación.

### Descripción detallada

**[0019]** Ahora se hará referencia en 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, será 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 como se define por las reivindicaciones adjuntas.

**[0020]** En referencia ahora a los dibujos, la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica 10 de acuerdo con la presente invención. En el modo de realización ilustrado, la turbina eólica 10 es una turbina eólica de eje horizontal. De forma alternativa, la turbina eólica 10 puede ser una turbina eólica de eje vertical. Además, como se muestra, la turbina eólica 10 puede incluir una torre 12 que se extiende desde una superficie de soporte 14, una góndola 16 montada en la torre 12, un generador 18 situado dentro de la góndola 16, una multiplicadora 20 acoplada al generador 18, y un rotor 22 que se acopla de forma rotatoria a la multiplicadora 20 con un eje de rotor 24. Además, como se muestra, el rotor 22 incluye un buje rotatorio 26 y al menos una pala de rotor 28 acoplada a y que se extiende hacia afuera desde el buje rotatorio 26. Como se muestra, la pala de rotor 28 incluye una punta de pala 17 y una raíz de pala 19.

**[0021]** En referencia ahora a la FIG. 2, se ilustra una vista en planta de una de las palas del rotor 28 de la FIG. 1. Como se muestra, la pala de rotor 28 puede incluir un primer segmento de pala 30 y un segundo segmento de pala 32. Además, como se muestra, el primer segmento de pala 30 y el segundo segmento de pala 32 se pueden extender cada uno en direcciones opuestas desde una unión en sentido de la cuerda 34. Además, como se muestra, cada uno de los segmentos de pala 30, 32 puede incluir al menos un miembro de concha, tal como un miembro de concha de lado de presión, un miembro de concha de lado de succión, un miembro de concha de borde de ataque, un miembro de concha de borde de salida, etc. El primer segmento de pala 30 y el segundo segmento de pala 32 se conectan por al menos una estructura de soporte interna 36 que se extiende hacia ambos segmentos de pala 30, 32 para facilitar la unión de los segmentos de pala 30, 32. La flecha 38 muestra que la pala de rotor segmentada 28 en el ejemplo ilustrado incluye dos segmentos de pala 30, 32 y que estos segmentos de pala 30, 32 se unen insertando la estructura de soporte interna 36 en el segundo segmento de pala 32. Además, como se muestra, el segundo segmento de pala incluye múltiples estructuras de larguero 66 (también denominadas en el presente documento tapas de larguero) que se extienden longitudinalmente para conectarse con la estructura de viga 40 del primer segmento de pala 30 (que se muestra con más detalle en las FIGS. 3 y 5).

**[0022]** En referencia ahora a la FIG. 3, se ilustra una vista en perspectiva de una sección del primer segmento de pala 30 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, el primer segmento de pala 30 incluye una estructura de viga 40 que forma una porción de la estructura de soporte interna 36 y se extiende longitudinalmente para conectarse estructuralmente con el segundo segmento de pala 32. Además, como se muestra, la estructura de viga 40 forma al menos una parte de un alma 42 conectada con una tapa de larguero de lado de succión 44 y una tapa de larguero de lado de presión 46. Además, como se muestra, el primer segmento de pala 30 puede incluir una o más primeras uniones de pasador en un extremo receptor 54 de la estructura de viga 40. En un modo de realización, la unión de pasador puede incluir un pasador que está en un encaje por interferencia ajustado con un casquillo. Más específicamente, como se muestra, la(s) unión(es) de pasador puede(n) incluir un tubo de pasador 52 localizado en el extremo receptor 54 de la estructura de viga 40. Por tanto, como se muestra, el tubo de pasador 52 se puede orientar en una dirección en sentido de la envergadura, es decir, a lo largo de la envergadura o longitud de la pala de rotor 28 que se define a lo largo de un eje que se extiende desde la raíz de pala hasta la punta de pala de la pala de rotor. 28. Además, el primer segmento de pala 30 también puede incluir una ranura de unión de pasador 50 localizada en la estructura de viga 40. Además, como se muestra, la ranura de unión de pasador 50 se puede orientar en una dirección en sentido de la cuerda, es decir, a lo largo de una cuerda de la pala de rotor 28 que se define a lo largo de un eje que se extiende desde el borde de ataque hasta el borde de salida de la pala de rotor 28.

**[0023]** En referencia ahora a la FIG. 4, se ilustra una vista en perspectiva de una sección del segundo segmento de pala 32 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, el segundo segmento de pala 32 incluye una sección receptora 60 que se extiende longitudinalmente dentro del segundo segmento de pala 32 para recibir la estructura de viga 40 del primer segmento de pala 30. Además, como se muestra, la sección receptora 60 puede incluir las estructuras de larguero 66 que se extienden longitudinalmente para conectarse con la estructura de viga 40 del primer segmento de pala 30. Además, como se muestra, la sección receptora 60 puede incluir un miembro en sentido de la cuerda 48 que tiene una ranura de unión de pasador en sentido de la envergadura 56 definida a su través. Además, como se muestra, la sección receptora 60 puede incluir una ranura de unión de pasador en sentido de la cuerda 58 definida a su través que se alinea con la ranura de unión de pasador 50 de la estructura de viga 40.

**[0024]** En referencia ahora a la FIG. 5, se ilustra un conjunto 70 de la pala de rotor 28 que tiene el primer segmento de pala 30 unido con el segundo segmento de pala 32 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, el conjunto 70 ilustra múltiples estructuras de soporte debajo de los miembros de concha exterior de la pala de rotor 28 que tiene el primer segmento de pala 30 unido al segundo segmento de pala 32. Más específicamente, como se muestra, el pasador que se extiende en sentido de la envergadura 52 del extremo receptor 54 de la estructura de viga 40 se recibe dentro de la ranura de unión de pasador en sentido de la envergadura 56 de la sección receptora 60 para asegurar el primer y segundo segmentos de pala 30, 32 conjuntamente.

**[0025]** En referencia ahora a la FIG. 6, se ilustra una vista en perspectiva en despiece de las múltiples estructuras de soporte del conjunto 70 hacia la sección receptora 60 de la pala de rotor 28. Como se muestra, las estructuras de larguero 66 se configuran para recibir la estructura de viga 40 y pueden incluir la ranura de unión de pasador en sentido de la cuerda 58 que se alinea con la ranura de unión de pasador 50 de la estructura de viga 40 a través de la que se puede insertar un pasador que se extiende en sentido de la cuerda 62. Además, como se muestra, la extensión en sentido de la cuerda 62 se puede configurar para permanecer en un encaje por interferencia apretado dentro de las ranuras de unión de pasador de alineación 50, 58 de modo que las estructuras de larguero 66 y la estructura de viga 40 se unen conjuntamente durante el montaje. Además, la FIG. 6 también ilustra el miembro en sentido de la cuerda 48 que incluye la ranura de unión de pasador 56 configurada para recibir el tubo de pasador 52 de la estructura de viga 40. Como tal, el tubo de pasador 52 se configura para formar una unión con encaje por interferencia ajustado.

[0026] En referencia ahora a la FIG. 7, se ilustra una vista lateral de una de las palas de rotor 28 aseguradas al buje 26 para representar una precurvatura global 64 de la misma de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, la pala de rotor 28 incluye el primer segmento de pala 30 y el segundo segmento de pala 32 que se extienden en direcciones opuestas desde la unión en sentido de la cuerda 34. Más específicamente, como se muestra, el primer segmento de pala 30 puede corresponder al segmento de punta de pala de la pala de rotor 28, mientras que el segundo segmento de pala 32 puede corresponder a un segmento de raíz de pala de la pala de rotor 28. Además, como se muestra, la unión en sentido de la cuerda 34 se puede localizar de aproximadamente un 70 % a aproximadamente un 90 % de la envergadura 78 de la pala de rotor 28 desde la raíz de pala 19 de la misma. Por ejemplo, como se muestra, la unión en sentido de la cuerda 34 se localiza a aproximadamente un 85 % de la envergadura 78 de la pala de rotor 28 desde la raíz de pala 19.

[0027] Además, como se muestra en las FIGS. 7 y 8, el primer segmento de pala 30 puede definir una primera precurvatura 68 en una dirección en sentido de la aleta 72 alejándose de la torre 12 de la turbina eólica 10. Además, como se muestra, el segundo segmento de pala 32 puede definir una segunda precurvatura diferente 74 en la dirección en sentido de la aleta 72. Además, como se muestra en la FIG. 8, la primera precurvatura 68 puede ser mayor que la segunda precurvatura 74. Por tanto, como se muestra, la primera y segunda precurvaturas 68, 74 juntas proporcionan la precurvatura global 64 en la dirección en sentido de la aleta 72 alejándose de la torre 12 que permite una deflexión predeterminada 76 de la pala de rotor 28 hacia la torre. 12. Como se usa en el presente documento, la precurvatura de la pala de rotor 28 en general se refiere a una curvatura en la pala en la dirección en sentido de la aleta lejos de la torre de turbina eólica para garantizar que existe suficiente distancia entre la pala de rotor y la torre durante la operación de la turbina eólica para evitar colisiones. Por lo tanto, la precurvatura global 64 de la pala de rotor 28 debe ser tal que cuando la turbina eólica 10 se somete a cargas de viento y de inercia, las palas 28 se enderezan a su configuración de diseño.

[0028] En un modo de realización, la primera precurvatura 68 puede ser mayor de aproximadamente 3 metros. Más específicamente, en un modo de realización, la primera precurvatura 68 del primer segmento de pala 30 puede ser mayor de aproximadamente 4 metros, tal como aproximadamente 4,5 metros. En otro modo de realización, la segunda precurvatura 74 del segundo segmento de pala 32 puede ser menor de aproximadamente 2 metros. Como tal, en determinados modos de realización, la precurvatura global 64 de la pala de rotor 28 puede variar de aproximadamente 4 metros a aproximadamente 6 metros. En otro modo de realización, la deflexión predeterminada 76 de la pala de rotor 28 hacia la torre 12 puede ser mayor que una deflexión permitida para una pala de rotor no partida, tal como mayor de aproximadamente un 5 % de la longitud total de la pala de rotor 28. En modos de realización alternativos, como se muestra en la FIG. 9, el segundo segmento de pala 32 puede estar ausente de una precurvatura en la dirección en sentido de la aleta 72 (por ejemplo, el segundo segmento de pala 32 puede ser recto) de modo que la primera precurvatura 68 es igual a o define la precurvatura global 64 en la dirección en sentido de la aleta 72 alejándose de la torre 12 que permite que la pala de rotor 28 desvíe la deflexión predeterminada 76 hacia la torre 12.

[0029] En otros modos de realización, debido a la primera precurvatura incrementada 68 del primer segmento de pala 30, el peso de las estructuras de soporte internas (por ejemplo, tales como las tapas de larguero y el alma) del primer y segundo segmentos de pala 30, 32 puede ser menor que un peso de una estructura de soporte interna para una pala de rotor no partida. Por ejemplo, en un modo de realización, el peso de las palas de rotor 28 de la presente divulgación puede ser menor que el peso de las palas de rotor no partidas en de aproximadamente un 1 % a aproximadamente un 10 %. En otras palabras, debido a la configuración segmentada de la pala de rotor 28, es posible tener una precurvatura exagerada en el primer segmento de pala 30 (por ejemplo, el segmento de punta de pala), permitiendo de este modo una deflexión más total de la pala de rotor 28. Como tal, dado que la pala de rotor 28 se puede desviar más que una pala de una sola pieza estándar, se puede disminuir el grosor de larguero estructural y también se puede reducir la masa.

[0030] En referencia ahora a la FIG. 10, se ilustra un diagrama de flujo 100 de un procedimiento para maximizar una precurvatura de pala global de una pala de rotor de acuerdo con la presente divulgación. En general, el procedimiento 100 se describirá en el presente documento con referencia a la turbina eólica 10 y la pala de rotor 28 mostradas en las FIGS. 1-9. Sin embargo, se debe apreciar que el procedimiento divulgado 100 se puede implementar con palas de rotor que tienen cualquier otra configuración adecuada. Además, aunque la FIG. 10 representa las etapas realizadas en un orden particular para propósitos de ilustración y análisis, los procedimientos analizados en el presente documento no se limitan a ningún orden o disposición particular. Un experto en la técnica, usando las divulgaciones proporcionadas en el presente documento, apreciará que diversas etapas de los procedimientos divulgados en el presente documento se pueden omitir, reorganizar, combinar y/o adaptar de diversas formas sin desviarse del alcance de la presente divulgación.

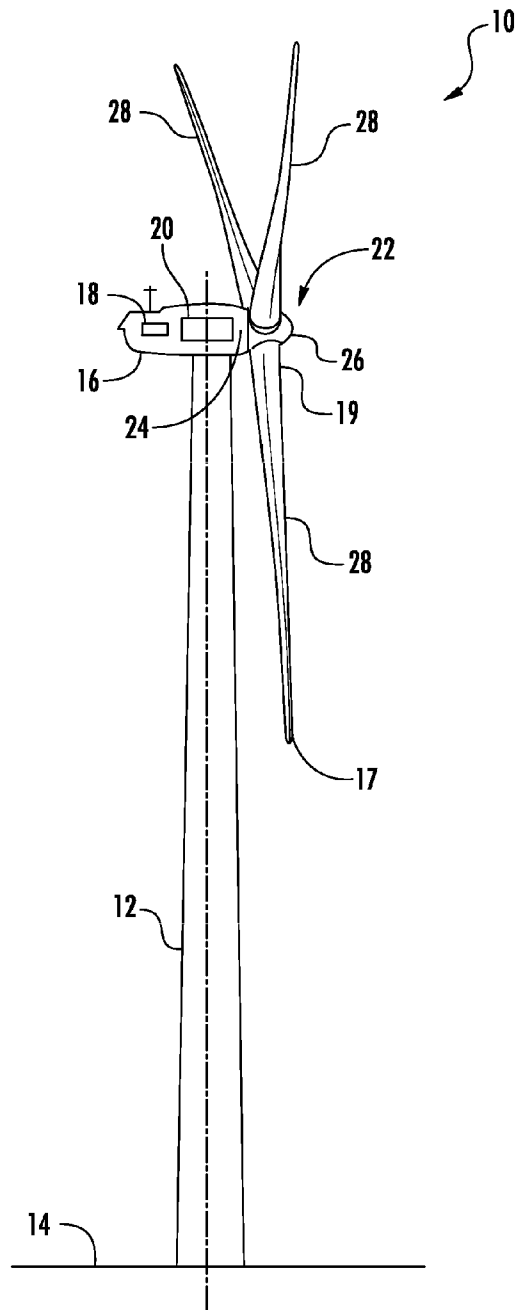
[0031] Como se muestra en (102), el procedimiento 100 puede incluir proporcionar el primer segmento de pala 30 que define la primera precurvatura 68 en la dirección en sentido de la aleta 72 alejándose de la torre 12 de la turbina eólica 10. Como se muestra en (104), el procedimiento 100 puede incluir proporcionar el segundo segmento de pala 32 que define la segunda precurvatura diferente 74 en la dirección en sentido de la aleta 72. Como se muestra en (106), el procedimiento 100 puede incluir asegurar el primer y segundo segmentos de pala 30, 32 juntos en direcciones opuestas desde la unión en sentido de la cuerda de modo que la primera y segunda

5 precurvaturas 68, 74 proporcionan la precurvatura global 64 en la dirección en sentido de la aleta 72 alejándose de la torre 12 que permite la deflexión predeterminada 76 de la pala de rotor 28 hacia la torre 12. Por ejemplo, en un modo de realización, asegurar el primer y segundo segmentos de pala 30, 32 juntos en direcciones opuestas desde la junta en sentido de la cuerda 34 puede incluir insertar la estructura de viga 40 del primer segmento de pala 30 en la sección receptora 60 del segundo segmento de pala 32 y asegurar el pasador que se extiende en sentido de la envergadura 52 del extremo receptor 54 de la estructura de viga 40 dentro de la ranura de junta de pasador 56 de la sección receptora 60.

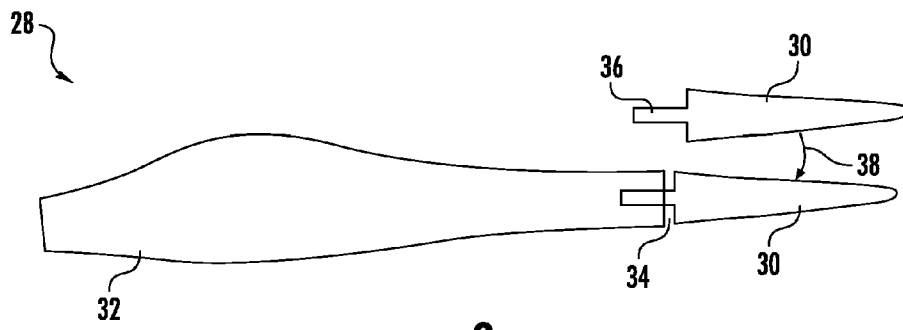
**REIVINDICACIONES**

1. Una pala de rotor (28) para una turbina eólica (10), que comprende:
  - 5 un primer segmento de pala (30) y un segundo segmento de pala (32) que se extienden en direcciones opuestas desde una unión en sentido de la cuerda (34), comprendiendo cada uno del primer y segundo segmentos de pala al menos un miembro de concha que define una superficie de perfil alar y una estructura de soporte interna (36),
  - 10 definiendo el primer segmento de pala una primera precurvatura en la dirección en sentido de la aleta, definiendo el segundo segmento de pala una segunda precurvatura diferente en la dirección en sentido de la aleta, proporcionando la primera y segunda precurvaturas una precurvatura global en la dirección en sentido de la aleta alejándose de una torre de la turbina eólica que permite una deflexión predeterminada de la pala de rotor hacia la torre (12), **caracterizada por que** el primer segmento de
  - 15 pala (30) es un segmento de punta de pala y **por que** la primera precurvatura (68) es mayor que la segunda precurvatura (74).
2. La pala de rotor de la reivindicación 1, en la que la primera precurvatura del primer segmento de pala es mayor de 3 metros.
- 20 3. La pala de rotor de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la primera precurvatura del primer segmento de pala es mayor de 4 metros.
4. La pala de rotor de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la segunda precurvatura del
- 25 segundo segmento de pala es menor de 2 metros.
5. La pala de rotor de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la precurvatura global de la pala de rotor varía de 4 metros a 6 metros.
- 30 6. La pala de rotor de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la deflexión predeterminada de la pala de rotor hacia la torre es mayor que una deflexión permitida para una pala de rotor no partida.
7. La pala de rotor de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el peso de las estructuras de
- 35 soporte internas del primer y segundo segmento de pala es menor que un peso de una estructura de soporte interna para la pala de rotor no partida.
8. La pala de rotor de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la unión en sentido de la cuerda se localiza de un 70 % a un 90 % de una envergadura de la pala de rotor desde una raíz de pala de la misma.
- 40 9. La pala de rotor de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el primer segmento de pala corresponde a un segmento de punta de pala de la pala de rotor y el segundo segmento de pala corresponde a un segmento de raíz de pala de la pala de rotor.
- 45 10. La pala de rotor de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el primer segmento de pala comprende una estructura de viga que tiene un extremo receptor, comprendiendo el extremo receptor al menos un pasador que se extiende en sentido de la envergadura que se extiende desde el mismo, comprendiendo el segundo segmento de pala una sección receptora que recibe la estructura de viga del primer segmento de pala, comprendiendo la sección receptora un miembro en sentido de la cuerda que
- 50 tiene una ranura de unión de pasador definida a través del mismo, recibiendo la ranura de unión de pasador el pasador que se extiende en sentido de la envergadura en el extremo receptor de la estructura de viga para asegurar el primer y segundo segmentos de pala juntos.
- 55 11. Un procedimiento para maximizar una precurvatura de pala global de una pala de rotor (28), comprendiendo el procedimiento:
  - proporcionar un primer segmento de pala (30) que define una primera precurvatura en una dirección en sentido de la aleta, siendo el primer segmento de pala un segmento de punta de pala;
  - 60 proporcionar un segundo segmento de pala (32) que define una segunda precurvatura en la dirección en sentido de la aleta, siendo la primera precurvatura mayor que la segunda precurvatura; y,
  - asegurar el primer y segundo segmentos de pala juntos en direcciones opuestas desde una unión en sentido de la cuerda (34) de modo que una precurvatura global en la dirección en sentido de la aleta alejándose de la torre (12) que permite una deflexión predeterminada de la pala de rotor hacia la torre.
  - 65

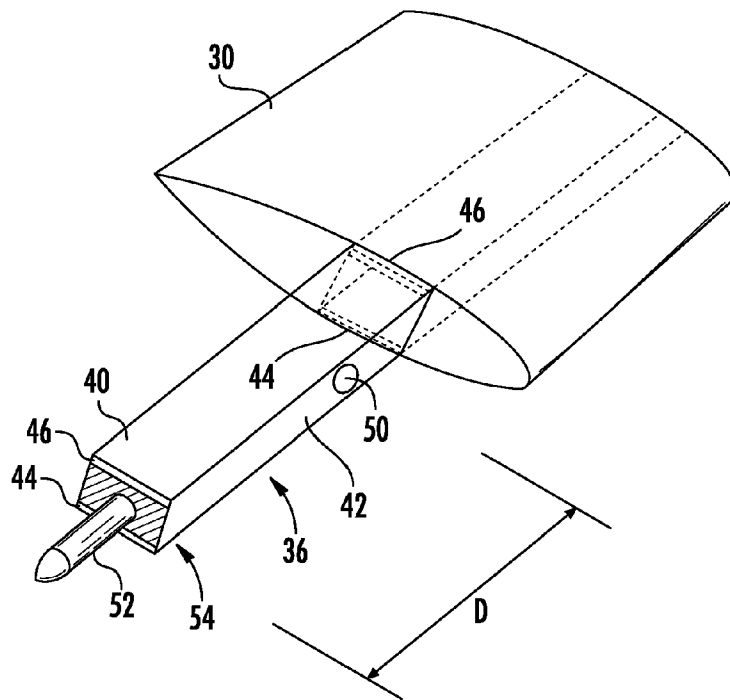
12. El procedimiento de la reivindicación 11, en el que el primer segmento de pala comprende una estructura de viga que tiene un extremo receptor, comprendiendo el extremo receptor al menos un pasador que se extiende en sentido de la envergadura que se extiende desde el mismo, comprendiendo el segundo segmento de pala una sección receptora que recibe la estructura de viga del primer segmento de pala, comprendiendo la sección receptora un miembro en sentido de la cuerda que tiene una ranura de unión de pasador definida a través del mismo.
- 5
13. El procedimiento de las reivindicaciones 11-12, en el que asegurar el primer y segundo segmentos de pala juntos en direcciones opuestas desde la unión en sentido de la cuerda comprende además:
- 10
- insertar la estructura de viga del primer segmento de pala en la sección receptora del segundo segmento de pala; y,
- 15
- asegurar el pasador que se extiende en sentido de la envergadura del extremo receptor de la estructura de viga dentro de la ranura de unión de pasador de la sección receptora.



**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**

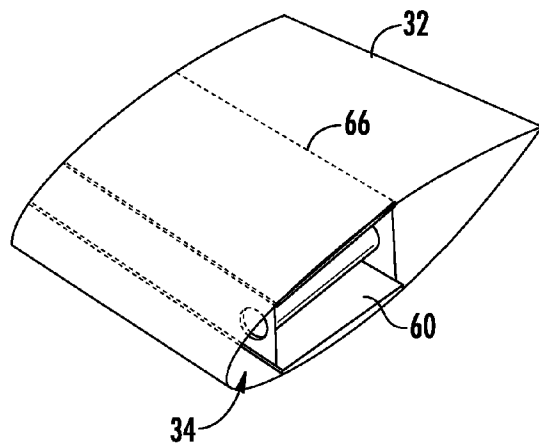


FIG. 4

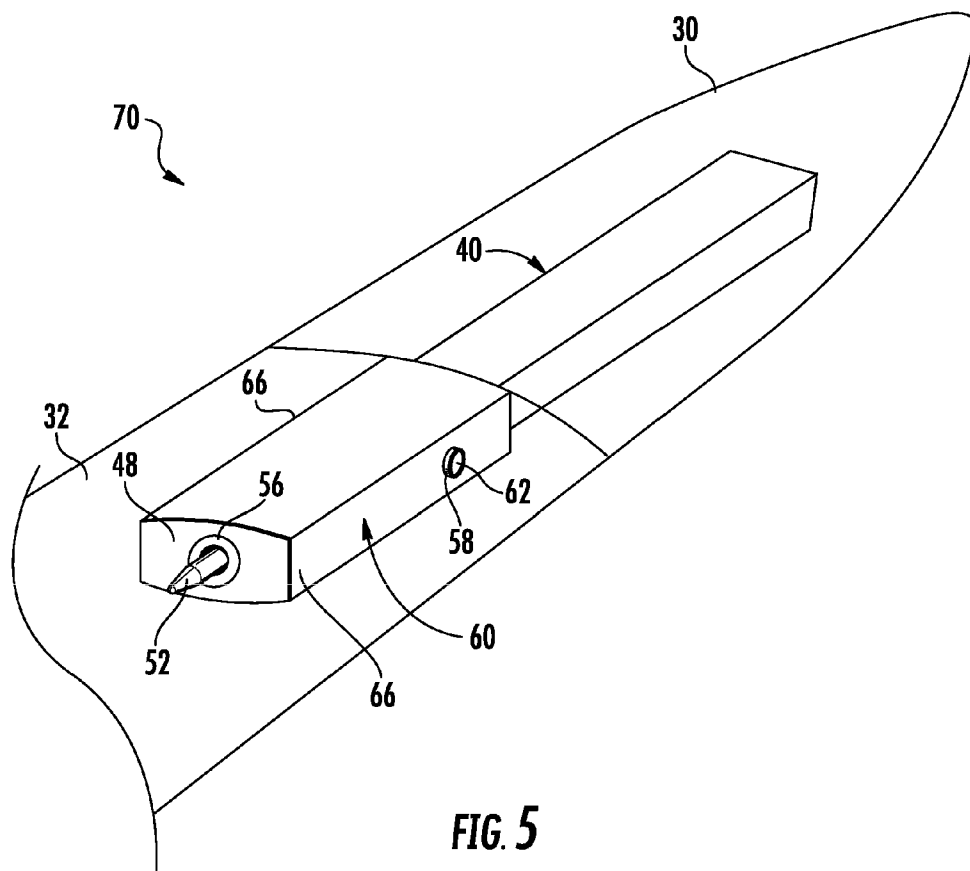
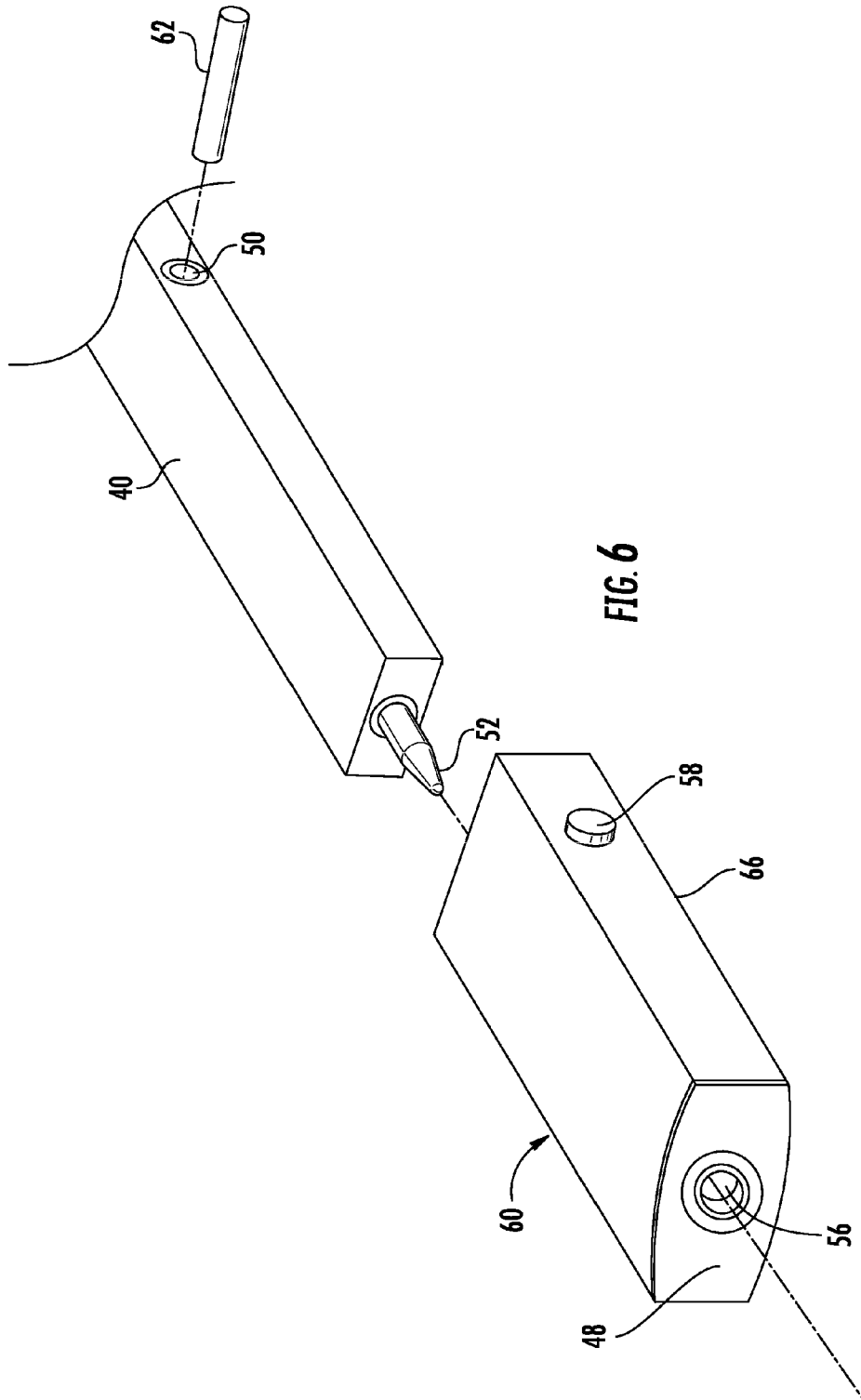


FIG. 5



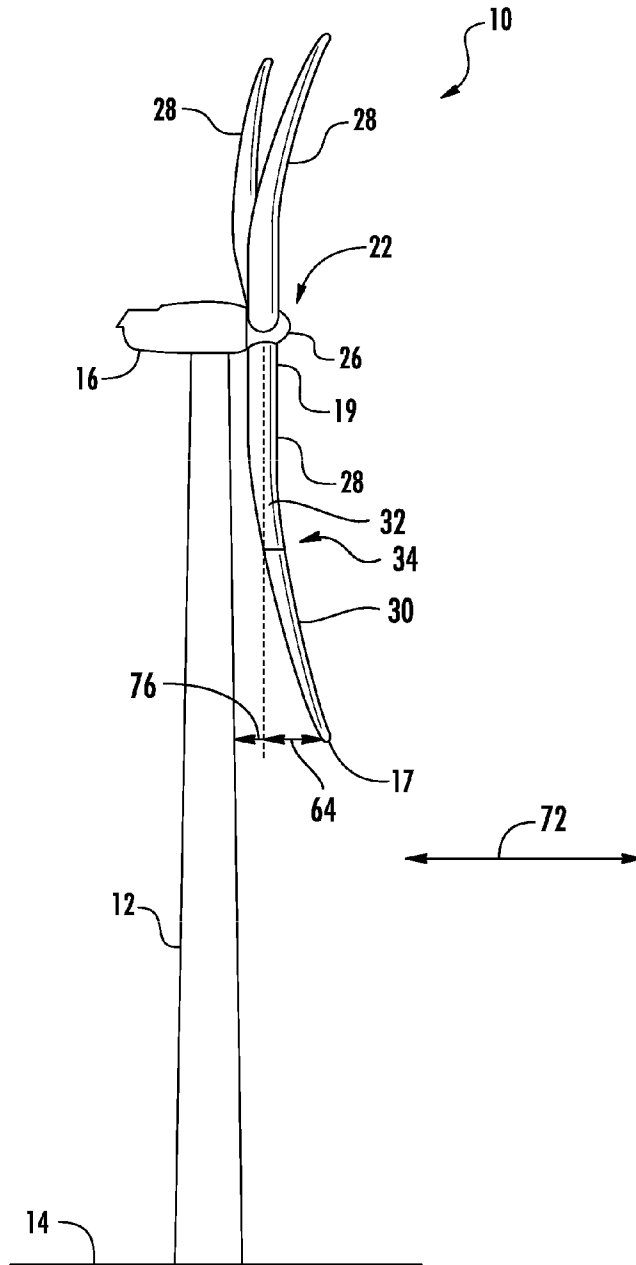


FIG. 7

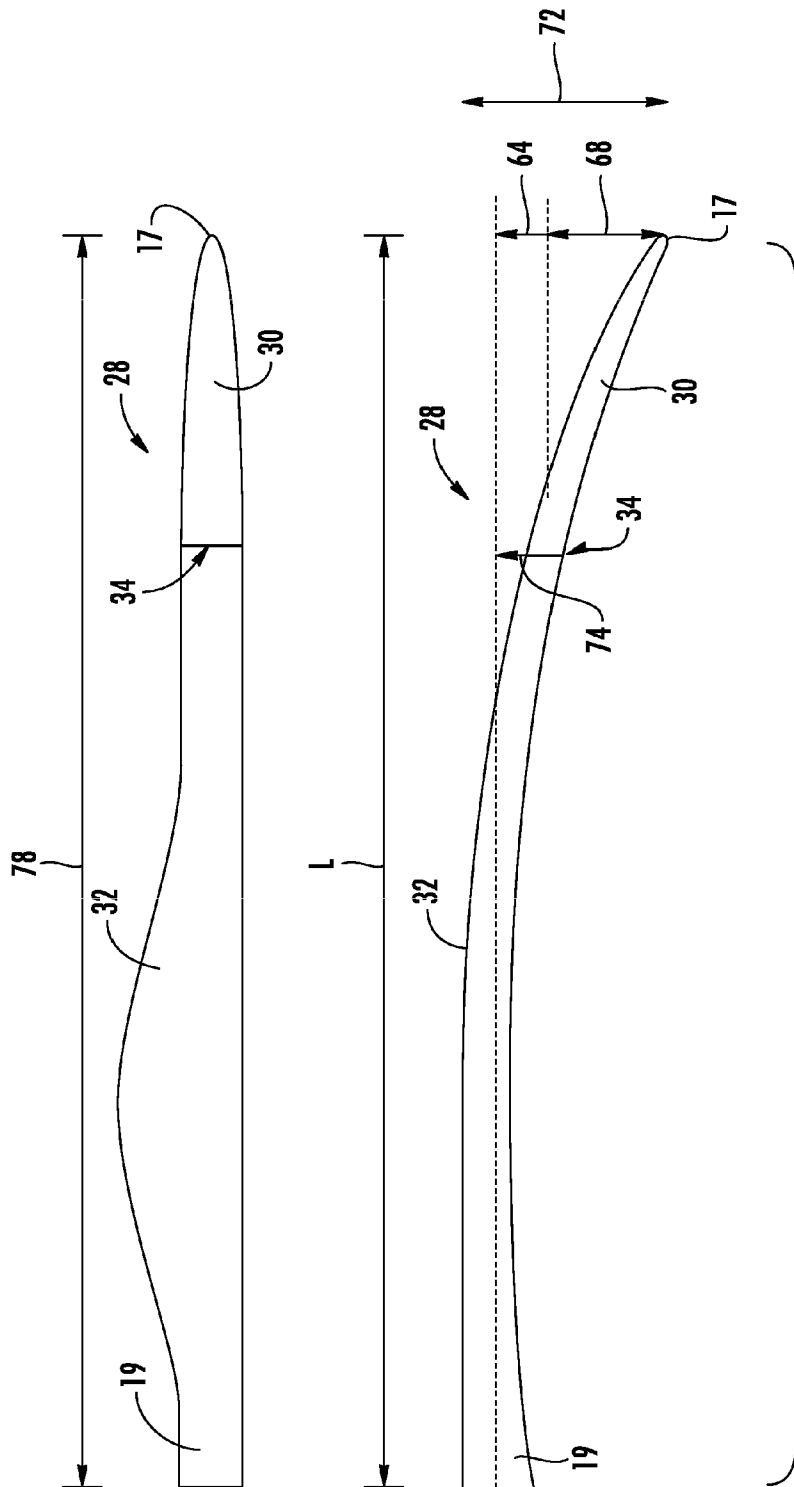


FIG. 8

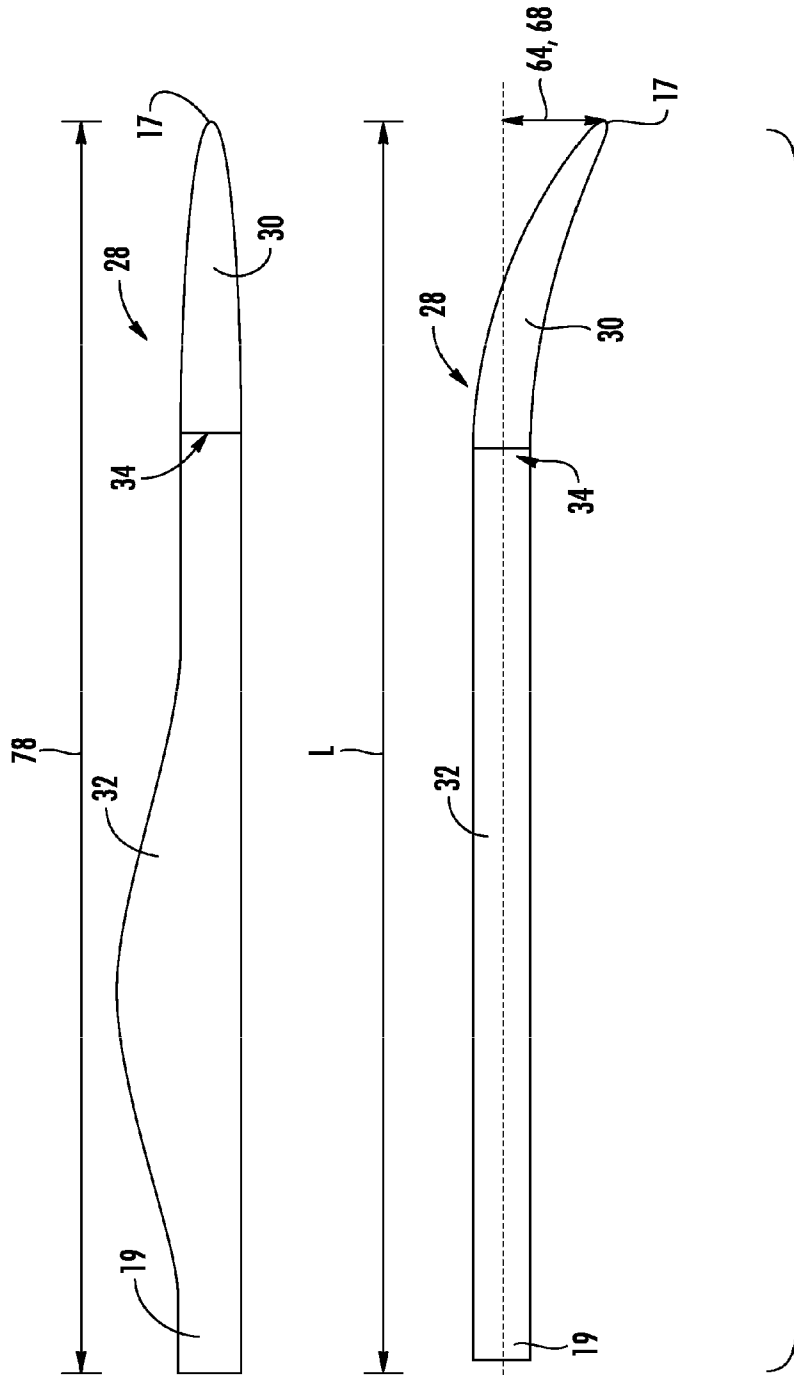
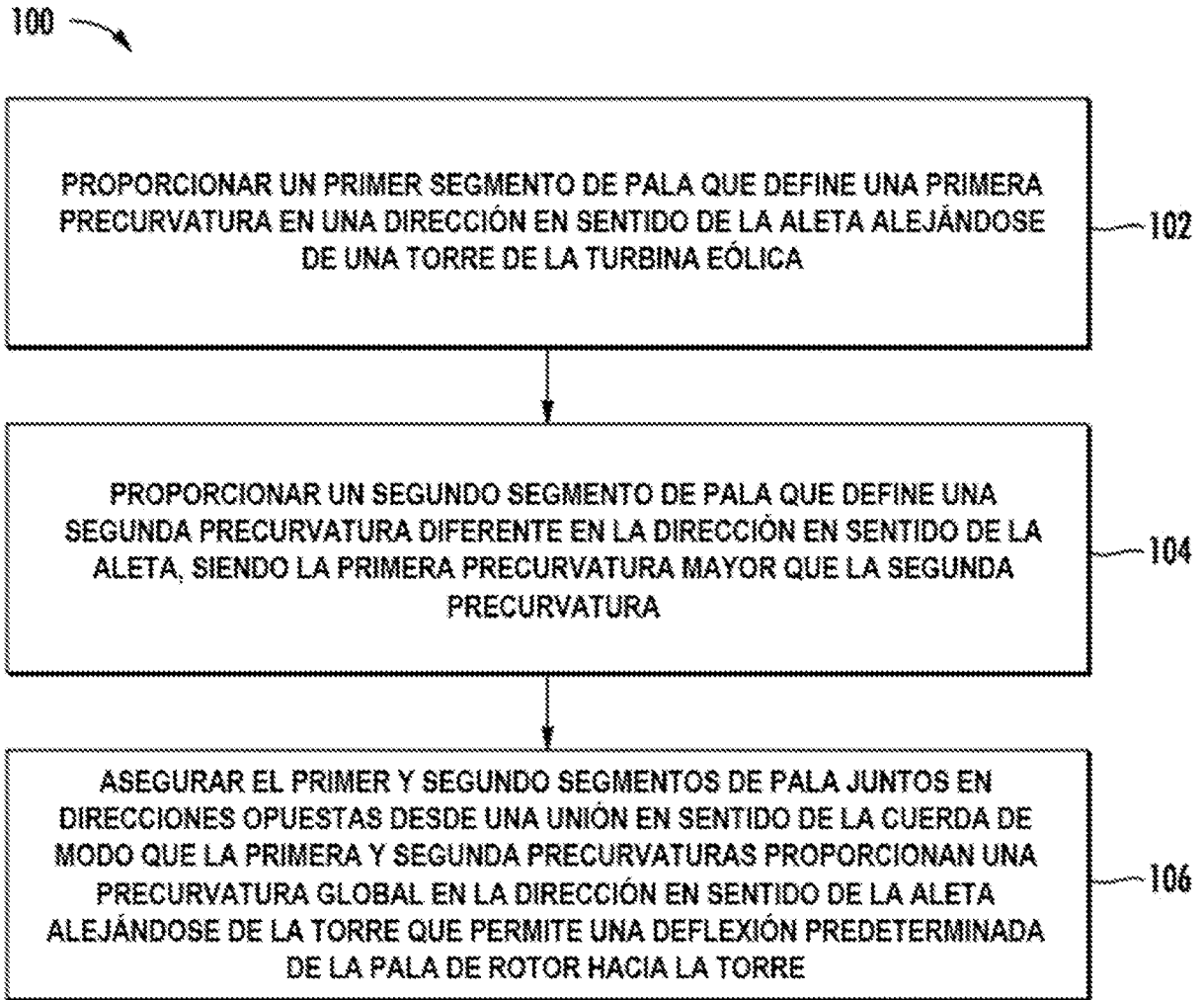


FIG. 9



**FIG. 10**