

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 014 094**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.08.2015 PCT/CA2015/050740**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.02.2016 WO16019467**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2015 E 15829235 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2024 EP 3177828**

54 Título: **Estructura con aleta rígida adaptada para atravesar un medio fluido**

30 Prioridad:

05.08.2014 US 201462033331 P

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

16.04.2025

73 Titular/es:

BIOMERENOWABLES INC. (100.00%)

199 Bay Street, Suite 2200

Toronto ON M5L 1G4, CA

72 Inventor/es:

CHURCH, RYAN

74 Agente/Representante:

DÍAZ DE BUSTAMANTE TERMINEL, Isidro

ES 3 014 094 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

Estructura con aleta rígida adaptada para atravesar un medio fluido

5 Campo de la invención

Lo que sigue se refiere en general a estructuras adaptadas para atravesar medios fluidos, y más particularmente a una estructura adaptada para atravesar un medio fluido que tiene un cuerpo alargado y una aleta rígida.

10 Antecedentes de la invención

Las turbinas eólicas de eje horizontal para la generación de electricidad a partir del movimiento de rotación están generalmente compuestas por una o más palas de rotor, cada una de las cuales tiene un cuerpo aerodinámico que se extiende hacia el exterior desde un eje horizontal que está soportado por, y gira dentro de, una góndola de turbina eólica. Las palas de rotor son ejemplos de estructuras adaptadas para atravesar un medio fluido, donde el medio es principalmente aire ambiente. La góndola se soporta en una torre que se extiende desde el suelo u otra superficie. El viento que incide sobre las palas de rotor aplica una presión que hace que éstas se muevan girando el eje del que se extienden alrededor del eje de rotación horizontal del eje. El eje está, a su vez, asociado a un generador de electricidad que, como es bien sabido, convierte el movimiento de rotación del eje en corriente eléctrica para su transmisión, almacenamiento y/o uso inmediato. En general, las turbinas eólicas de eje horizontal son muy bien conocidas y comprendidas, aunque sería deseable mejorar su funcionamiento para aumentar la eficiencia de la conversión de potencia y sus características operativas generales.

El viento incidente, incluso a baja velocidad, puede hacer que las palas de rotor giren muy rápidamente. Como es bien entendido, para una velocidad de rotación dada, la velocidad lineal de una pala de rotor es menor en la región de su raíz, la porción de la pala de rotor próxima al eje. De manera similar, la velocidad lineal de la pala de rotor es más alta en la región de su punta de ala, la porción de la pala de rotor distal del eje. Especialmente a velocidades lineales más altas, algunos aspectos de la pala de rotor pueden generar un ruido aeroacústico significativo, ya que la pala de rotor "corta" rápidamente el aire a lo largo de su trayectoria rotacional. Este ruido puede resultar bastante incómodo de presenciar para las personas y los animales que se encuentren en las inmediaciones. Sin embargo, el ruido también puede ser un indicador de que la operación no es eficiente, y la velocidad de punta de ala máxima puede verse limitada por dichas ineficiencias.

Por ejemplo, el ruido aeroacústico emitido desde la región de la punta de ala de una pala de rotor se denomina generalmente ruido de vórtice de punta. El ruido de vórtice en la punta es un indicador de que se está creando un vórtice disperso debido a la configuración de la pala de rotor en la punta de ala, lo que disminuye la eficiencia de la pala al crear una resistencia indebida.

Se sabe que es posible modificar la configuración de la pala de rotor en la región de la punta de ala, por ejemplo haciendo que algunos aspectos de la pala de rotor en la región de punta de ala se desvíen únicamente de la trayectoria generalmente lineal del resto de la pala de rotor en algún ángulo. Estas desviaciones se conocen como aletas ("winglets" en inglés), y se han utilizado varias configuraciones de aletas para mejorar la eficiencia de las turbinas eólicas en su conjunto limitando los vórtices que pueden crearse al girar las palas de rotor. El documento US 2013/0251535 A1 divulga una aleta para una pala de rotor de una turbina eólica. En este documento se describe el efecto de la modificación del radio radial a lo ancho de la aleta, que modifica el barrido.

En la actualidad, se sabe que dichas aletas se desvían hacia el viento contrario que incide sobre la pala de rotor o se desvían alejándose del viento contrario en la dirección de la torre, sin avanzar ni retroceder con respecto a los bordes de ataque o de salida del resto de la pala de rotor. Se ha demostrado que estas dos configuraciones predominantes de aletas reducen la carga sobre la pala de rotor y reducen la posibilidad de fallo de la pala al permitir que el viento que incide sobre la pala de rotor salga suavemente por la punta de ala. Sin embargo, estas configuraciones sólo han tenido en cuenta la incidencia del viento en la parte delantera de las palas de rotor que hace que las palas de rotor giren, y no han considerado mejoras en cómo podrían operar las palas de rotor con respecto al aire que las palas de rotor encuentran a gran velocidad durante su recorrido a alta velocidad de su trayectoria de rotación. En particular, el viento que incide en la parte delantera de las palas de rotor puede moverse razonablemente sólo a aproximadamente treinta (30) kilómetros por hora (kph), mientras que la velocidad lineal de la región de punta de ala a medida que atraviesa su trayectoria de rotación puede alcanzar razonablemente hasta trescientos veinte (320) kph para una pala de rotor de rotación muy rápida. A este respecto, la mayor velocidad puede ser responsable de la mayor parte del ruido y de las ineficiencias de una punta de ala.

60 Breve descripción de la invención

De acuerdo con un aspecto, se proporciona una estructura según la reivindicación 1.

Otros aspectos y sus ventajas resultarán evidentes para el lector experto al revisar lo que sigue.

65 Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la invención se describirán ahora con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 es una vista en alzado lateral de una turbina eólica de eje horizontal, según el estado de la técnica;

La Figura 2 es una vista en perspectiva frontal de una de las palas de rotor de la turbina eólica de la Figura 1, de forma aislada;

La Figura 3 es una vista en perspectiva frontal de una estructura de acuerdo con un ejemplo que no forma parte de la invención, de forma aislada;

La Figura 4 es una vista en perspectiva frontal de una estructura de acuerdo con otro ejemplo que no forma parte de la invención, de forma aislada;

La Figura 5A es una vista frontal de una región de punta de ala de una estructura de acuerdo con otra realización, de forma aislada;

La Figura 5B es una vista frontal de una región de punta de ala de una estructura de acuerdo con otra realización, de forma aislada;

La Figura 6 es una vista frontal de una región de punta de ala de una estructura de acuerdo con otra realización, de forma aislada;

La Figura 7 es una vista frontal de una región de punta de ala de una estructura de acuerdo con otro ejemplo que no forma parte de la invención, de forma aislada;

La Figura 8 es una vista frontal de una región de punta de ala de una estructura de acuerdo con otra realización, de forma aislada;

La Figura 9A es una vista en alzado lateral de una región de punta de ala de una estructura de acuerdo con otra realización, de forma aislada;

La Figura 9B es una vista en alzado lateral de una región de punta de ala de una estructura de acuerdo con otra realización, de forma aislada;

La Figura 9C es una vista en alzado lateral de una región de punta de ala de una estructura de acuerdo con otra realización, de forma aislada;

La Figura 10 es una vista frontal de una región de punta de ala de una estructura de acuerdo con otro ejemplo que no forma parte de la invención, de forma aislada;

La Figura 11 es una vista en perspectiva frontal de la región de punta de ala de la estructura de la Figura 10;

La Figura 12A es una vista frontal de una región de punta de ala de la estructura mostrada en la Figura 7 de forma aislada, adicionalmente con un tratamiento superficial de patrón hexagonal aplicado a un lado de succión;

La Figura 12B muestra una porción ampliada del tratamiento superficial con patrón hexagonal de forma aislada; y

La Figura 13 es una vista en perspectiva frontal de estructuras adaptadas para atravesar un medio fluido para aplicación a una turbina eólica de eje vertical.

Descripción detallada

A continuación se hará referencia en detalle a las diversas realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en las figuras. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, y no pretende ser una limitación de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización se pueden utilizar en o junto con otras realizaciones para obtener otra realización. Se pretende que la presente invención incluya tales modificaciones y variaciones.

La Figura 1 es una vista en alzado lateral de una turbina eólica de eje horizontal 10, según el estado de la técnica. El turbina eólica 10 incluye una torre 100 que se soporta mediante, y se extiende desde, una superficie S, como una superficie de tierra. Soportada por la torre 100, a su vez, se encuentra una góndola 200 que se extiende horizontalmente. Un cubo con un rotor 300 está montado de forma giratoria en un extremo delantero de la góndola 200 y es giratorio con respecto a la góndola 200 alrededor de un eje de rotación R. El rotor 300 recibe y soporta múltiples palas de rotor 400 que se extienden cada una hacia el exterior del rotor 300. Las palas de rotor 400 captan el viento incidente W; que fluye hacia la turbina eólica 10 y lo hacen girar. Al estar soportadas por el rotor 300, las palas de rotor 400, al girar, hacen que el rotor 300 gire alrededor del eje de rotación R, provocando así un movimiento de rotación que puede convertirse, de la manera conocida, en energía eléctrica o mecánica utilizable. En este sentido, las palas de rotor 400 son, cada una, estructuras adaptadas para atravesar un medio fluido, donde el fluido en esta realización es el aire ambiente. La góndola 200 puede montarse de forma giratoria en la torre 100, de manera que la góndola 200 pueda girar sobre un eje sustancialmente vertical (no mostrado) con respecto a la torre 100, permitiendo así que las palas de rotor 400 se orienten de forma adaptativa en la dirección desde la que el viento incidente W; se aproxima a la turbina eólica 10. Se muestra un cono de nariz 500 de forma paraboloidal generalmente uniforme montado en un extremo delantero del rotor 300 para desviar el viento incidente W; lejos del rotor 300.

La Figura 2 es una vista en perspectiva frontal de una de las palas de rotor 400 de forma aislada. La pala de rotor 400 incluye un cuerpo alargado que se extiende desde una raíz 410 a través de una sección principal 412 para terminar en una punta de ala 414. La raíz 410 se extiende desde la góndola 200 cuando está unida a ella o integrada con ella, mientras que la punta de ala 414 es la porción del cuerpo alargado que está distal a la góndola 200. El cuerpo alargado tiene un borde de ataque 420 y un borde de salida 430, donde el borde de ataque 420 adelanta al borde de salida 430 cuando la pala de rotor 400 está en movimiento girando con la góndola 200 alrededor del eje de rotación R en la dirección D. En la Figura 2 se muestra un lado de succión 440 del cuerpo alargado, y un lado de presión 450, mostrado en líneas de puntos, está opuesto al cuerpo alargado desde el lado de succión 440.

La Figura 3 es una vista en perspectiva frontal de una estructura 405 de acuerdo con un ejemplo que no forma parte de la invención, mostrada de forma aislada. La estructura 405 puede emplearse como pala de rotor e incluye un cuerpo alargado que se extiende desde una raíz 410 a través de una sección principal 412 para terminar en una punta de ala 414. La raíz 410 de la estructura 405 se extiende desde la góndola 200 cuando está unida a ella o integrada con ella, y la punta de ala 414 es la porción del cuerpo alargado que está distal a la góndola 200. El cuerpo alargado de la estructura 405 tiene un borde de ataque 420 y un borde de salida 430, donde el borde de ataque 420 adelanta al borde de salida 430 cuando, por ejemplo, la estructura 405 está en movimiento girando con la góndola 200 alrededor del eje de rotación R en la dirección D. Al igual que la pala de rotor 400, el cuerpo alargado de la estructura 405 tiene un lado de presión 450 y un lado de aspiración 440.

De acuerdo con un aspecto del ejemplo, la estructura 405 también incluye una aleta rígida 470 que está asociada con la punta de ala 414. En este ejemplo, la aleta rígida 470 es integral con la punta de ala 414. La aleta rígida 470 tiene un cuerpo de aleta plano 472 sustancialmente normal y, en este ejemplo, que se extiende desde el lado de succión 440 del cuerpo alargado hasta un punto de terminación, o punta, 474 que está situado hacia atrás del borde de salida 430. El cuerpo de aleta plano 472 está alineado con la tangente del círculo atravesado por la aleta 470 durante el movimiento en dirección D alrededor del eje de rotación R, presentando así un borde delgado al aire que atraviesa durante la rotación. Como se muestra, el punto de terminación 474 está por detrás del borde de salida 430 en una distancia x. Debe entenderse que la distancia x, tal como se muestra en las figuras, no tiene que ser necesariamente la misma en todas las realizaciones.

La aleta 470 está configurada para tener un punto de terminación 474 que está situado hacia atrás del borde de salida 430 de la pala de rotor 405 para permitir que el desprendimiento de vórtice en esta región sea gradual y menos abrasivo en comparación con los diseños del estado de la técnica. Por ejemplo, en lugar de "desgarrar" el aire, la configuración mostrada en la Figura 3 permite mejor que el aire que se encuentra durante la rotación discurra a lo largo del cuerpo de aleta 472 suavemente y con resistencia reducida, reduciendo así las turbulencias y las emisiones de ruido en la región de la punta de ala 414.

La Figura 4 es una vista en perspectiva frontal de una estructura 405A de acuerdo con un ejemplo alternativo que no forma parte de la invención, mostrada de forma aislada. Al igual que la estructura 405, la estructura 405A incluye un cuerpo alargado que se extiende desde una raíz 410 a través de una sección principal 412 para terminar en una punta de ala 414. La raíz 410 de la estructura 405A se extiende desde la góndola 200 cuando está unida a ella o integrada con ella, y la punta de ala 414 está distal a la góndola 200. El cuerpo alargado de la estructura 405A también tiene un borde de ataque 420 y un borde de salida 430, donde el borde de ataque 420 adelanta al borde de salida 430 cuando la estructura 405A está en movimiento, como por ejemplo cuando gira con la góndola 200 alrededor del eje de rotación R en la dirección D. Al igual que la estructura 405, el cuerpo alargado de la estructura 405A tiene un lado de presión 450 y un lado de succión 440.

De acuerdo con un aspecto del ejemplo, la estructura 405A incluye una aleta rígida 470A asociada con la punta de ala 414. En este ejemplo, la aleta rígida 470A es integral con la punta de ala 414. La aleta rígida 470A de la estructura 405A tiene un cuerpo de aleta plano 472A sustancialmente normal a y, en este ejemplo, que se extiende desde el lado de presión 450 del cuerpo alargado hasta un punto de terminación, o punta, 474A que está situado hacia atrás del borde de salida 430. El cuerpo de aleta plano 472A está alineado con la tangente del círculo atravesado por la aleta 470A durante el movimiento en dirección D alrededor del eje de rotación R, para presentar así un borde delgado al aire que atraviesa durante la rotación. Como se muestra, el punto de terminación 474A está por detrás del borde de salida 430 en una distancia x.

Al igual que la aleta 470, la aleta 470A está configurada para tener un punto de terminación 474A que está situado hacia atrás del borde de salida 430 de la estructura 405A con el fin de permitir que el desprendimiento de vórtice en esta región sea gradual y menos abrasivo en comparación con los diseños del estado de la técnica. Por ejemplo, en lugar de "desgarrar" el aire, la configuración mostrada en la Figura 4 permite mejor que el aire que se encuentra durante la rotación discurra a lo largo del cuerpo de aleta 472A suavemente y con resistencia reducida, reduciendo así las turbulencias, el arrastre y las emisiones de ruido en la región de la punta de ala 414.

Las aletas rígidas 470 y 470A representan realizaciones muy simples, para las que se contemplan numerosas alternativas.

Por ejemplo, la Figura 5A es una vista frontal de una región de punta de ala de una estructura tal como una pala de rotor, tal como un observador podría verla cuando está de pie frente a la parte delantera de una turbina eólica horizontal de la que la pala de rotor es una parte, de acuerdo con otra realización, de forma aislada. Esta estructura está configurada para girar en el sentido de las agujas del reloj en la dirección D.

En esta realización, la estructura tiene un borde de ataque 420 que corta a gran velocidad el viento W_{hs} durante la rotación, un borde de salida 430, y una punta de ala 414. Una aleta rígida 470B es integral con la punta de ala 414 y se extiende suavemente desde la punta de ala 414 girando suavemente para curvarse hacia arriba mientras se barre hacia atrás con respecto a la dirección de rotación D para extenderse sustancialmente normal al lado de succión 440 (fuera de la página, es decir, hacia el observador). La aleta rígida 470B continúa girando un total de aproximadamente 180 grados (para revelar el lado de presión 450) y se barre hacia atrás hasta un punto de terminación, o punta, 474B, que está situado hacia atrás

del borde de salida 430 en una distancia x . El punto de terminación 474B apunta lejos del viento W_{hs} . El cuerpo de aleta 472B es sustancialmente plano y generalmente paralelo a la tangente T del círculo atravesado por la aleta 470B durante el movimiento de una turbina.

5 Sin estar obligado por una teoría en particular, se cree que la configuración retorcida de la aleta rígida 470B contribuye a la formación de un flujo laminar que reduce la intensidad del desprendimiento de vórtices y, en consecuencia, el ruido debido al desprendimiento de vórtices.

10 La Figura 5B es una vista frontal de una región de punta de ala de una estructura adecuada como pala de rotor de acuerdo con otra realización, de forma aislada. En esta realización, la estructura tiene un borde de ataque 420 que corta a gran velocidad el viento W_{hs} durante la rotación, un borde de salida 430, y una punta de ala 414. Una aleta rígida 470C es integral con la punta de ala 414 y se extiende suavemente desde la punta de ala 414 girando suavemente para curvarse hacia arriba mientras se barre hacia atrás con respecto a la dirección de rotación D para extenderse sustancialmente normal al lado de succión 440 (fuera de la página, es decir, hacia el observador). La aleta rígida 470C continúa girando un total de aproximadamente 180 grados (para revelar el lado de presión 450) y se barre hacia atrás hasta un punto de terminación, o punta, 474C, que está situado hacia atrás del borde de salida 430 en una distancia x . El punto de terminación 474C es más agudo que el punto de terminación 474B pero, al igual que el punto de terminación 474B, el punto de terminación 474C apunta lejos del viento W_{hs} . El cuerpo de aleta 472C es sustancialmente plano y es generalmente paralelo a la tangente T del círculo atravesado por la punta de ala durante el movimiento de una turbina.

20 La Figura 6 es una vista frontal de una región de punta de ala de una estructura adecuada como una pala de rotor de acuerdo con otra realización, de forma aislada. En esta realización, la estructura tiene un borde de ataque 420 que corta a gran velocidad el viento W_{hs} durante la rotación, un borde de salida 430, y una punta de ala 414. Una aleta rígida 470D es integral con la punta de ala 414 y se extiende suavemente desde la punta de ala 414 girando suavemente para curvarse hacia arriba mientras se barre hacia atrás con respecto a la dirección de rotación D para extenderse sustancialmente normal al lado de succión 440 (fuera de la página, es decir, hacia el observador). La aleta rígida 470D continúa girando un total de aproximadamente 180 grados (para revelar el lado de presión 450) y se barre hacia atrás hasta un punto de terminación, o punta, 474D, que está situado hacia atrás del borde de salida 430 en una distancia x . En esta realización, el cuerpo de aleta 472D está ligeramente curvado, o arqueado, y generalmente se ajusta a un arco de circunferencia de un círculo atravesado en la dirección D por la aleta 470D durante el movimiento de una turbina.

35 La Figura 7 es una vista frontal de una región de punta de ala de una estructura adecuada como una pala de rotor de acuerdo con otro ejemplo, de forma aislada. En este ejemplo, la estructura tiene un borde de ataque 420 que corta a gran velocidad el viento W_{hs} durante la rotación, un borde de salida 430, y una punta de ala 414. Una aleta rígida 470E es integral con la punta de ala 414 y se extiende suavemente desde la punta de ala 414 girando suavemente para curvarse hacia arriba mientras se barre hacia atrás con respecto a la dirección de rotación D para extenderse sustancialmente normal al lado de succión 440 (fuera de la página, es decir, hacia el observador). La aleta rígida 470E continúa girando un total de aproximadamente 180 grados y se barre hacia atrás hasta un punto de terminación, o punta, 474E, que está situado hacia atrás del borde de salida 430 una distancia x . El cuerpo de aleta 472E es sustancialmente plano y generalmente paralelo a la tangente del círculo atravesado por la aleta 470E durante el movimiento de una turbina.

45 La Figura 8 es una vista frontal de una región de punta de ala de una estructura adecuada como una pala de rotor de acuerdo con otra realización, de forma aislada. En esta realización, la estructura tiene un borde de ataque 420 que corta a gran velocidad el viento W_{hs} durante la rotación, un borde de salida 430, y una punta de ala 414. Una aleta rígida 470F es integral con la punta de ala 414 y se extiende suavemente desde la punta de ala 414 girando suavemente para curvarse hacia abajo mientras se barre hacia atrás con respecto a la dirección de rotación D para extenderse sustancialmente normal al lado de presión 450 (en la página es decir, lejos del observador). La aleta rígida 470F continúa girando un total de aproximadamente 180 grados (para revelar el lado de succión 440) y se barre hacia atrás hasta un punto de terminación, o punta, 474F, que está situado hacia atrás del borde de salida 430 en una distancia x . En esta realización, el cuerpo de aleta 472F es sustancialmente plano y generalmente paralelo a la tangente del círculo atravesado por la aleta 470F durante el movimiento de una turbina.

50 La Figura 9A es una vista en alzado lateral de una región de punta de ala de una estructura adecuada como una pala de rotor de acuerdo con otra realización, de forma aislada. En esta realización, la estructura tiene un borde de ataque 420 que corta a gran velocidad el viento W_{hs} durante la rotación, un borde de salida 430, y una punta de ala 414. Una aleta rígida 470G es integral con la punta de ala 414 y se extiende desde un mecanismo de conexión lineal 476G a través de una región de transición plana 478G desde la punta de ala 414 antes de girar suavemente para curvarse hacia arriba mientras se barre hacia atrás con respecto a la dirección de rotación D para extenderse sustancialmente normal al lado de succión 440 (fuera de la página, es decir, hacia el observador). En esta realización, el mecanismo de conexión es una junta rígida que retiene la aleta rígida 470G en una posición fija con respecto a la punta de ala 414.

60 La aleta rígida 470G continúa girando un total de aproximadamente 180 grados (para revelar el lado de presión 450) y se barre hacia atrás hasta un punto de terminación, o punta, 474G, que está situado hacia atrás del borde de salida 430. El cuerpo de aleta 472G es sustancialmente plano y generalmente paralelo a la tangente del círculo atravesado por la aleta 470G durante el movimiento de una turbina.

En esta realización, la región de transición plana 478G está inclinada hacia arriba en un ángulo Θ desde el mecanismo de conexión 476G con respecto al lado de succión 440, y por lo tanto se extiende más abruptamente con respecto a la punta de ala 414 que en otras realizaciones.

5 La Figura 9B es una vista en alzado lateral de una región de punta de ala de una estructura adecuada como una pala de rotor de acuerdo con otra realización, de forma aislada. En esta realización, la estructura tiene un borde de ataque 420 que corta a gran velocidad el viento W_{hs} durante la rotación, un borde de salida 430, y una punta de ala 414. Una aleta rígida 470H es integral con la punta de ala 414 y se extiende desde un mecanismo de conexión lineal 476H a través de una región de transición plana 478H desde la punta de ala 414 antes de girar suavemente para curvarse hacia arriba mientras se barre hacia atrás con respecto a la dirección de rotación D para extenderse sustancialmente normal al lado de succión 440 (fuera de la página, es decir, hacia el observador). En esta realización, el mecanismo de conexión es una bisagra que permite a la aleta rígida 470H girar libremente con respecto a la punta de ala 414 en respuesta al flujo de fluido que incide sobre el cuerpo alargado.

10 15 La aleta rígida 470H continúa girando un total de aproximadamente 180 grados (para revelar el lado de presión 450) y se barre hacia atrás hasta un punto de terminación, o punta, 474H, que está situado hacia atrás del borde de salida 430. El cuerpo de aleta 472H es sustancialmente plano y generalmente paralelo a la tangente del círculo atravesado por la aleta 470H durante el movimiento de una turbina.

20 La Figura 9C es una vista en alzado lateral de una región de punta de ala de una estructura adecuada como una pala de rotor de acuerdo con otra realización, de forma aislada. En esta realización, la estructura tiene un borde de ataque 420 que corta a gran velocidad el viento W_{hs} durante la rotación, un borde de salida 430, y una punta de ala 414. Una aleta rígida 470I es integral con la punta de ala 414 y se extiende desde un mecanismo de conexión lineal 476I a través de una región de transición plana 478I desde la punta de ala 414 antes de girar suavemente para curvarse hacia arriba mientras se barre hacia atrás con respecto a la dirección de rotación D para extenderse sustancialmente normal al lado de succión 440 (fuera de la página, es decir, hacia el observador). En esta realización, el mecanismo de conexión 476I es una estructura de control que permite a la aleta rígida 470I girar con respecto a la punta de ala en respuesta a señales de control. La estructura de control incluye una estructura de bomba hidráulica/neumática conectada a la punta de ala 414 y que puede accionarse para extender o retraer un brazo con un extremo distal que está conectado a la región de transición plana 478I. La extensión del brazo utilizando la estructura de bomba hace que el brazo empuje la región de transición plana 478I en el sentido de las agujas del reloj, y la retracción del brazo utilizando la estructura de bomba hace que el brazo tire de la región de transición plana 478I en el sentido contrario a las agujas del reloj.

25 30 35 La aleta rígida 470I continúa girando un total de aproximadamente 180 grados (para revelar el lado de presión 450) y se barre hacia atrás hasta un punto de terminación, o punta, 474I, que está situado hacia atrás del borde de salida 430. El cuerpo de aleta 472I es sustancialmente plano y generalmente paralelo a la tangente del círculo atravesado por la aleta 470I durante el movimiento de una turbina.

40 La Figura 10 es una vista frontal de una región de punta de ala de una estructura adecuada como una pala de rotor de acuerdo con otro ejemplo, de forma aislada, y la Figura 11 es una vista en perspectiva frontal de la región de punta de ala de la Figura 10.

En este ejemplo, la estructura tiene un borde de ataque 420 que corta a gran velocidad el viento W_{hs} durante la rotación, un borde de salida 430, y una punta de ala 414. Una aleta rígida 470J es acoplable a la punta de ala 414 mediante un mecanismo de conexión rígido 476J en los puntos de conexión 473J utilizando sujetadores adecuados pasados a través tanto de la aleta rígida 470J como de la punta de ala 414. En este ejemplo, el mecanismo de conexión rígido 476J es una barra rígida que incorpora puntos de conexión 473J que son, en este ejemplo, orificios a través de la barra rígida. En este ejemplo, el mecanismo de conexión 476J está formado de metal y es integral con una región de extensión plana 479J a través de la cual se extiende la aleta rígida 470J. La región de extensión plana 479J es intermedia entre el mecanismo de conexión 476J y una región de transición 478J. En este ejemplo, la región de transición 478J está curvada entre la región de extensión 479J y el cuerpo de la aleta 472J, de forma que se produce una transición suave hacia el cuerpo de aleta 472J desde la punta de ala 414. En este ejemplo, el cuerpo de aleta 472J no está torcido, sino que está barrido hacia atrás con respecto a la dirección de rotación D para extenderse sustancialmente normal al lado de succión 440 (fuera de la página, es decir, hacia el observador). La aleta rígida 470J continúa barriendo hacia atrás hasta un punto de terminación, o punta, 474J, que está situado hacia atrás del borde de salida 430 en una distancia x. En este ejemplo, el cuerpo de aleta 472J es sustancialmente plano y es generalmente paralelo a la tangente del círculo atravesado por la aleta 470J durante el movimiento de una turbina.

50 55 60 En la Figura 11, se puede observar que el mecanismo de conexión 476J está escalonado en la región del extremo distal de la punta de ala 414 para asegurar así que la región de transición 479J está principalmente en el mismo plano que la punta de ala 414.

65 Las configuraciones de aletas divulgadas en el presente documento se han proporcionado para disminuir las emisiones de ruido y mejorar la eficiencia operativa de las turbinas eólicas horizontales mediante la reducción del desprendimiento de la punta del vórtice y las ondas sonoras asociadas.

Resultados de las pruebas

Se realizaron pruebas de una turbina eólica a pequeña escala con estructuras para atravesar un medio fluido tal como se describe en el presente documento, desde varias distancias de una fuente de viento incidente y varios niveles de potencia, para cada una de: estructuras del estado de la técnica sin aleta, estructuras del estado de la técnica con aleta, estructuras de acuerdo con la presente invención con una aleta rígida asociada con una punta de ala que tiene un cuerpo de aleta que se extiende sustancialmente normal a uno de los lados de succión y un lado de presión del cuerpo alargado hasta un punto de terminación que está situado hacia atrás del borde de salida. Los resultados de las pruebas demostraron un sutil aumento de la potencia de salida a distintas velocidades del viento y distancias de la fuente de viento con una aleta estándar y diferencias de potencia de salida aún mayores resultantes de las estructuras según la presente invención.

1. 20 cm de la fuente de viento incidente, nivel de potencia 2

1. A. Turbina eólica regular (sin aleta) - 148 mV
2. B. Turbina eólica regular (Aleta saliendo) - 150mV
3. C. Turbina eólica regular (Aleta detrás del borde de salida) - 156mV

2. 30 cm de la fuente de viento incidente, nivel de potencia 2

1. A. Turbina eólica regular (sin aleta) - 135 mV
2. B. Turbina eólica regular (Aleta saliendo) - 136mV
3. C. Turbina eólica regular (Aleta detrás del borde de salida) - 141mV

3. a 50 cm a lo lejos de la fuente de viento incidente, nivel de potencia 2

1. A. Turbina eólica regular (sin aleta) - 115 mV
2. B. Turbina eólica regular (Aleta saliendo) - 116mV
3. C. Turbina eólica regular (Aleta detrás del borde de salida) - 121mV

20 cm a lo lejos de la fuente de viento incidente, nivel de potencia 3

Turbina eólica regular (sin aleta) - 158 mV
 Turbina eólica regular (Aleta saliendo) - 160mV
 Turbina eólica regular (Aleta detrás del borde de salida) - 165mV

30 cm a lo lejos de la fuente de viento incidente, nivel de potencia 3

Turbina eólica regular (sin aleta) - 142 mV
 Turbina eólica regular (Aleta saliendo) - 143mV
 Turbina eólica regular (Aleta detrás del borde de salida) - 149mV

50 cm a lo lejos de la fuente de viento incidente, nivel de potencia 3

Turbina eólica regular (sin aleta) - 127 mV
 Turbina eólica regular (Aleta saliendo) - 130mV
 Turbina eólica regular (Aleta detrás del borde de salida) - 136mV

Las mejoras en las configuraciones de las palas de rotor descritas anteriormente para la aleta de una pala de rotor para una turbina eólica de eje horizontal también pueden aplicarse a una o más palas de rotor utilizables para turbinas eólicas de eje vertical, y ambas de cualquier escala, o a una o más palas de rotor utilizables en turbinas de presas hidroeléctricas, turbinas de gas, turbinas mareomotrices o turbinas de energía eólica aerotransportada o en otros tipos de turbinas que trabajen con flujo de fluido ya sea de gas o de líquido.

Las configuraciones de palas de rotor descritas anteriormente pueden emplearse alternativamente en aeronaves como aviones comerciales, aviones militares a reacción, palas de helicóptero, alas de helicóptero, aviones civiles, drones y otras aeronaves similares. La invención o invenciones aquí descritas pueden aplicarse a turbinas eólicas que tienen menos o más palas que las descritas a modo de ejemplo con el fin de aumentar la eficiencia operativa de una turbina eólica, disminuir los costes de mantenimiento y aumentar la escalabilidad y comerciabilidad de dichas turbinas eólicas.

Se observa que los aviones comerciales, aviones civiles, drones, alas de helicóptero tendrían una aleta de proporción de tamaño similar a los de los aviones comerciales modernos, con una arquitectura que se dobla hacia atrás más allá de la línea del borde de salida.

Sin embargo, los aviones militares a reacción, las palas de helicóptero, probablemente emplearían una aleta similar que está en tamaño en comparación con la longitud de la pala debido a la velocidad de punta de ala que se incurriría. Como referencia a escala, el rotor de un helicóptero es aproximadamente 1/3 del tamaño de un avión comercial, con una velocidad de punta similar, el tamaño sería 1/3 de aquel de una aleta de un avión.

Aunque las realizaciones se han descrito con referencia a los dibujos, los expertos en la materia apreciarán que pueden realizarse variaciones y modificaciones sin apartarse del alcance de las mismas como definido por las reivindicaciones adjuntas.

5 Por ejemplo, una aleta rígida como la descrita en el presente documento puede estar equipada además para integrarse en el sistema de protección contra rayos de una pala de rotor y puede contener salientes en miniatura que reducen las fuerzas de impacto de la lluvia y la nieve, limitando así la erosión y el fallo de la pala.

10 Además, una aleta puede estar provista de un tratamiento de superficie como una serie de hoyuelos y/o una serie de patrones hexagonales y/o una serie de canales o ranuras, todos los cuales pueden estar hundidos en la superficie o elevados por encima de la superficie de la aleta. Por ejemplo, la Figura 12A es una vista frontal de una región de punta de ala de una estructura de forma aislada, con un tratamiento superficial 485 de patrón hexagonal aplicado a la cara de succión 440. La Figura 12B muestra una porción ampliada de la superficie con patrón hexagonal 485 de forma aislada. Como se muestra, cada hexágono H tiene forma de cuña en sección transversal, con el borde delgado de la cuña 486 orientado hacia la fuente de viento incidente W_i para formar así algo así como una rampa hacia arriba desde el lado de succión 440, y el extremo grueso de la cuña 487 orientado en dirección opuesta a la fuente de viento incidente W_i para estar así espaciado del lado de succión 440.

20 Dichas mejoras pueden aplicarse igualmente bien, *mutatis mutandis*, con tales mutaciones que sean relevantes, incluidos, pero no limitado a, aviones comerciales, aviones militares a reacción, palas de helicóptero, alas de helicóptero, aviones civiles, naves espaciales, aviones no tripulados, etc.

Además, las estructuras aquí divulgadas son utilizables en otros ambientes fluidos además del aire ambiente, tales como ambientes de agua, ambientes de aceite y así sucesivamente.

25 La estructura adaptada para atravesar un medio fluido puede aplicarse a una turbina eólica de eje vertical. En tal realización, la aleta rígida parte de la región inferior y superior de la pala, como se muestra de forma general en la Figura 13. Esta aleta puede girar en espiral en dirección de cualquiera de: hacia el eje central de la turbina eólica o alejarse del eje. En esta aplicación, estas aletas novedosas también pueden replegarse directamente desde la dirección de rotación.

30 La estructura adaptada para atravesar un medio fluido puede aplicarse a la turbina de una presa hidroeléctrica. En tal realización, la aleta se aparta de la punta en el borde de salida, ya que estas palas suelen ser bastante anchas en comparación con su longitud. El rizo, tal como se describe en la técnica de esta patente, comenzaría generalmente en la punta de borde de ataque, y aumentaría lentamente en severidad de rizo a medida que se mueve hacia el borde de salida, terminando más allá de éste, donde el rizo no es mayor de 140 grados.

La estructura adaptada para atravesar un medio fluido puede aplicarse a una turbina de gas. En tal realización, el rizo como se describe en la técnica de esta patente comienza generalmente en la punta de borde de ataque, y aumenta lentamente en severidad de rizo a medida que se mueve hacia el borde de salida, terminando más allá de él. La terminación, sin embargo, en este caso, se produciría en un ángulo más hacia el lado de succión, para estar en línea con el flujo de gas, e inducir un flujo menos turbulento en el siguiente conjunto de palas.

45 La estructura adaptada para atravesar un medio fluido puede aplicarse a una turbina mareomotriz. En tal realización, la aleta parte de la punta de la misma manera que la turbina eólica, tal como se ha descrito. Este es el caso de las turbinas mareomotrices, que utilizan un aparato muy similar al de las turbinas eólicas. En los casos donde la turbina mareomotriz está encapsulada en una carcasa, con múltiples aletas que se extienden desde la circunferencia exterior de la carcasa hacia una porción interior de la misma, las aletas se asemejan a las de las turbinas hidroeléctricas, excepto en que las aletas estarían en la región central de la carcasa, y no en una circunferencia exterior.

50 La estructura adaptada para atravesar un medio fluido puede aplicarse a una turbina de energía eólica aerotransportada. En este caso, las aletas pueden aplicarse tanto al ala de la cometa como al dispositivo generador de energía, que suele ser una hélice. En el caso del ala, que permite volar a la cometa, la aleta se asemejaría a aquellas aplicadas a un avión, que tienen una forma similar a aquellas de la turbina eólica descrita. En el caso del dispositivo generador de energía, que suele ser una hélice, la aleta es similar a las turbinas de las presas hidroeléctricas.

55 La estructura adaptada para atravesar un medio fluido puede aplicarse a un avión comercial de pasajeros, teniendo la aleta una forma similar a aquellas de la turbina eólica descrita anteriormente.

60 La estructura adaptada para atravesar un medio fluido puede aplicarse a un avión militar a reacción y a una nave espacial, con las aletas siendo más pequeñas que aquellas vistas en un avión comercial.

La estructura adaptada para atravesar un medio fluido puede aplicarse a una pala de helicóptero, donde la aleta se curvaría hacia el suelo y terminaría en la parte posterior del borde de salida.

65 La estructura adaptada para atravesar un medio fluido puede aplicarse a las alas de helicópteros, donde la aleta se curvaría hacia el cielo y terminaría en la parte posterior del borde de salida.

La estructura adaptada para atravesar un medio fluido puede aplicarse a las alas de los aviones civiles, donde la aleta tiene una forma similar a aquellas de la turbina eólica descrita.

- 5 La estructura adaptada para atravesar un medio fluido puede aplicarse a las alas de un dron, con la aleta conteniendo una forma similar a aquellas de la turbina eólica descrita.

- 10 Se observa que los aviones comerciales, los aviones civiles, los drones, las alas de helicóptero y las palas de helicóptero tendrían una aleta de proporción de tamaño similar a los de los aviones comerciales modernos, con una arquitectura que se dobla hacia atrás más allá de la línea del borde de salida. Como referencia a escala, el rotor de un helicóptero es aproximadamente 1/3 del tamaño de un avión comercial, con una velocidad de punta similar, el tamaño sería 1/3 de aquel de una aleta de un avión.

- 15 Sin embargo, las aeronaves militares a reacción probablemente emplearían un tamaño de aleta menor en comparación con aquellas de aviación comercial debido a la velocidad de punta de ala en la que se incurriría. Como referencia a escala, el ala de un avión militar a reacción es de aproximadamente 1/3 del tamaño de un avión comercial, con una velocidad de punta mucho mayor, el tamaño sería inferior a 1/3 de aquel de una aleta de un avión comercial.

- 20 Cabe señalar que el término "que comprende" no excluye otros elementos o pasos y el uso de los artículos "una/uno" o "un" no excluye una pluralidad. Asimismo, pueden combinarse elementos descritos en relación con distintas realizaciones. Cabe señalar que los signos de referencia en las reivindicaciones no deben interpretarse como limitativos del alcance de las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura (405) adaptada para atravesar un medio fluido, la estructura (405) que comprende: un cuerpo alargado con una raíz, una punta de ala, un borde de ataque y un borde de salida (430); y una aleta rígida (470) asociada con la punta de ala y que tiene un cuerpo de aleta (472) que se extiende sustancialmente normal a uno de un lado de succión y un lado de presión del cuerpo alargado hasta un punto de terminación (474) que está situado hacia atrás del borde de salida (430);
5
donde el cuerpo de aleta (472) está arqueado y se ajusta a un arco de circunferencia de un círculo atravesado por la aleta rígida (470) durante el movimiento del cuerpo alargado alrededor de un eje de rotación de una góndola; y donde el cuerpo de aleta es integral con la punta de aleta y se extiende desde la punta de aleta girando de tal manera que la aleta se curva hacia arriba mientras se barre hacia atrás con respecto a la dirección de rotación del cuerpo alargado para extenderse sustancialmente normal al lado de succión o se curva hacia abajo mientras se barre hacia atrás con respecto a la dirección de rotación del cuerpo alargado para extenderse sustancialmente normal al lado de presión;
10
15
caracterizada porque el giro de la aleta es de 180 grados.
2. La estructura (405) de la reivindicación 1, donde la aleta rígida (470) y el cuerpo alargado son una estructura integral (405).
20
3. La estructura (405) de la reivindicación 1, donde la aleta rígida (470) y el cuerpo alargado están conectados entre sí.
4. La estructura (405) de una de las reivindicaciones 1 a 3, donde el giro de la aleta rígida revela el lado de presión de la aleta rígida.
25
5. La estructura (405) de una de las reivindicaciones 1 a 3, donde el giro de la aleta rígida revela el lado de succión de la aleta rígida.
6. La estructura (405) de una de las reivindicaciones 1 a 5, donde la aleta rígida (470) comprende además: una región de transición intermedia entre la punta de ala y el cuerpo de aleta (472); y un mecanismo de conexión que une la región de transición a la punta de ala.
30
7. La estructura (405) de la reivindicación 6, donde el mecanismo de conexión comprende: una bisagra que permite a la aleta rígida (470) girar libremente con respecto a la punta de ala en respuesta al flujo de fluido que incide sobre el cuerpo alargado.
35
8. La estructura (405) de la reivindicación 6, donde el mecanismo de conexión comprende: una junta rígida que retiene la aleta rígida (470) en una posición fija con respecto a la punta de ala.
9. La estructura (405) de la reivindicación 6, donde el mecanismo de conexión comprende:
40 una estructura de control (405) que permite a la aleta rígida (470) girar con respecto a la punta de ala en respuesta a señales de control.
10. La estructura (405) de la reivindicación 6, donde al menos una porción de la región de transición es curva.
45
11. La estructura (405) de la reivindicación 6, donde al menos una porción de la región de transición es plana.
12. La estructura (405) de una de las reivindicaciones 1 a 11, donde el cuerpo alargado es un perfil aerodinámico.
13. La estructura (405) de una de las reivindicaciones 1 a 12, donde la estructura (405) es una pala de rotor.
50
14. Una hélice que comprende al menos una estructura (405) como se indica en la reivindicación 12.

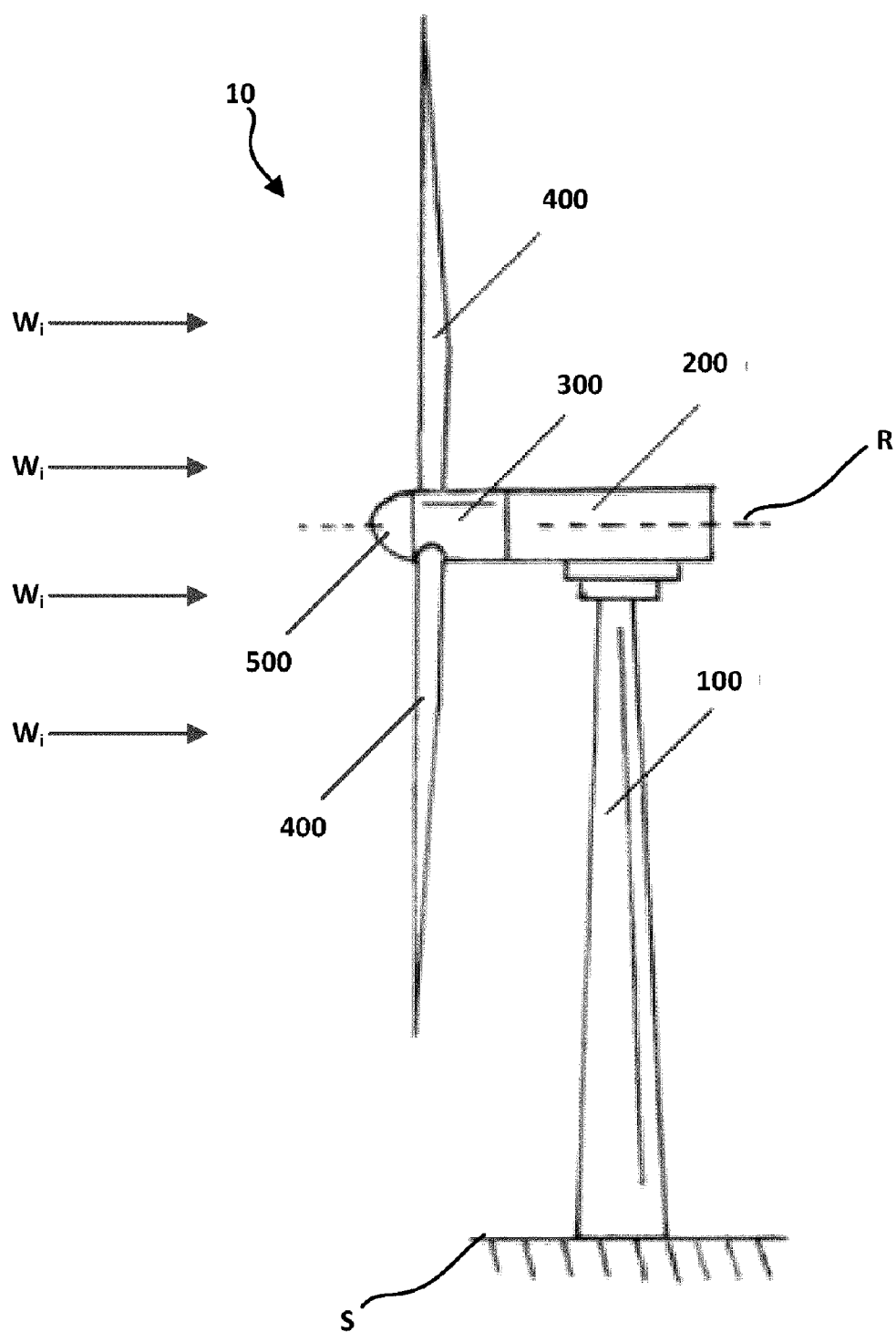


FIG. 1

(Estado de la técnica)

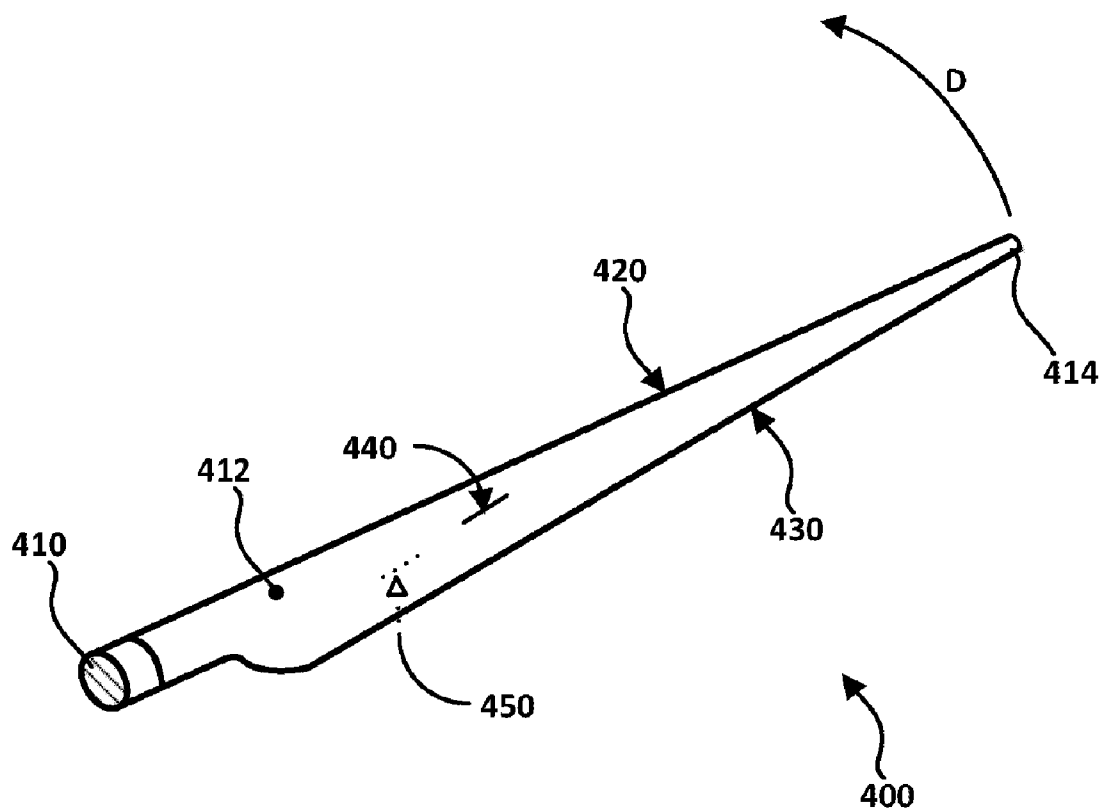


FIG. 2

(Estado de la técnica)

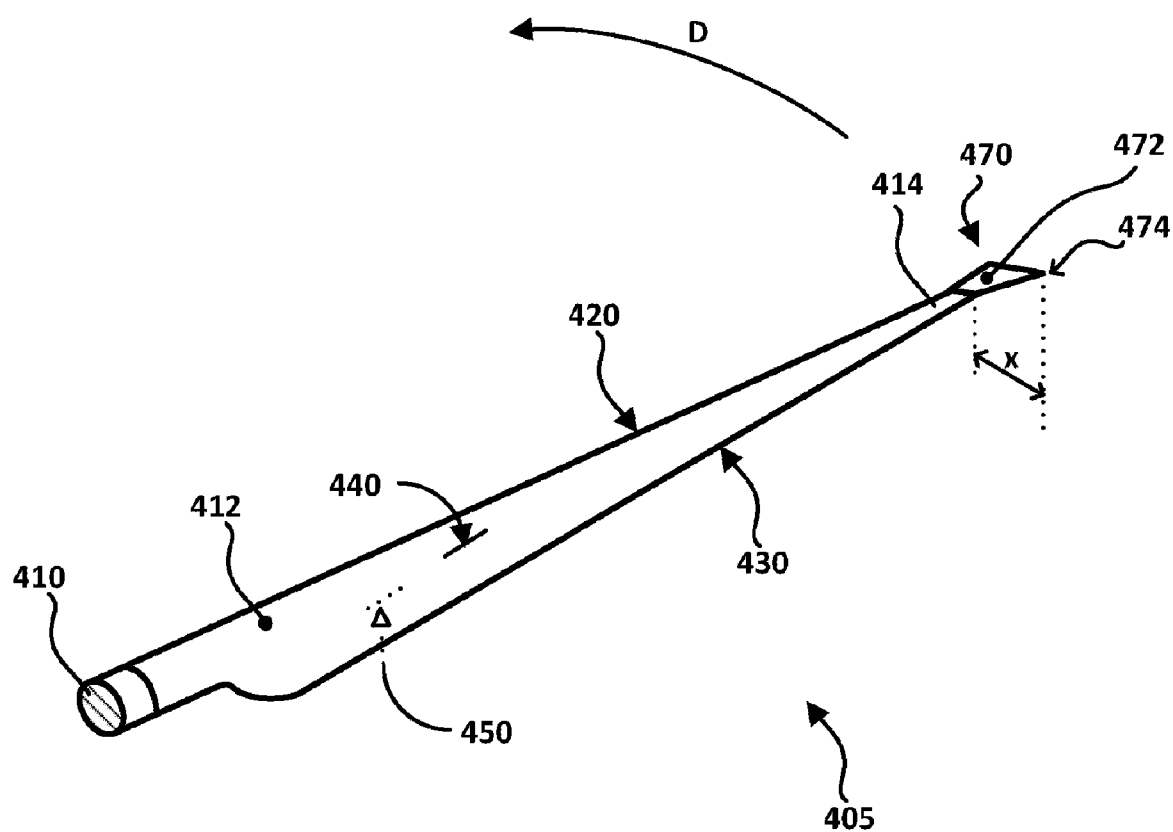


FIG. 3

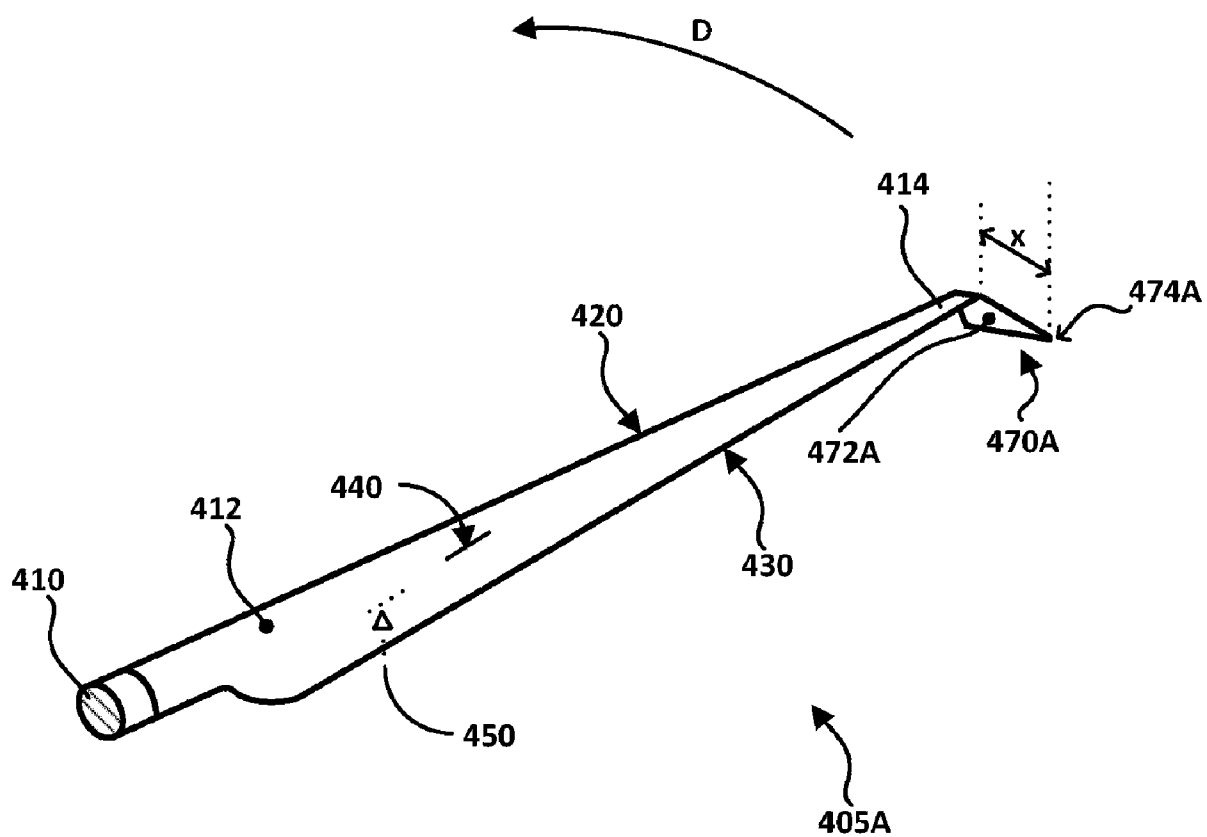


FIG. 4

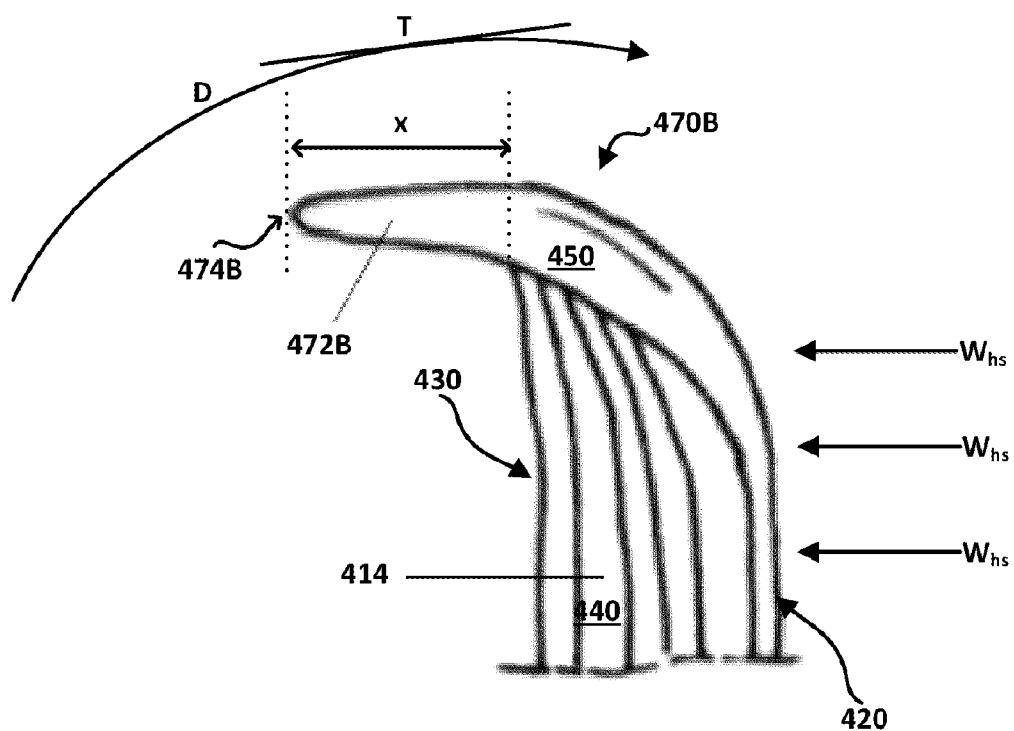


FIG. 5A

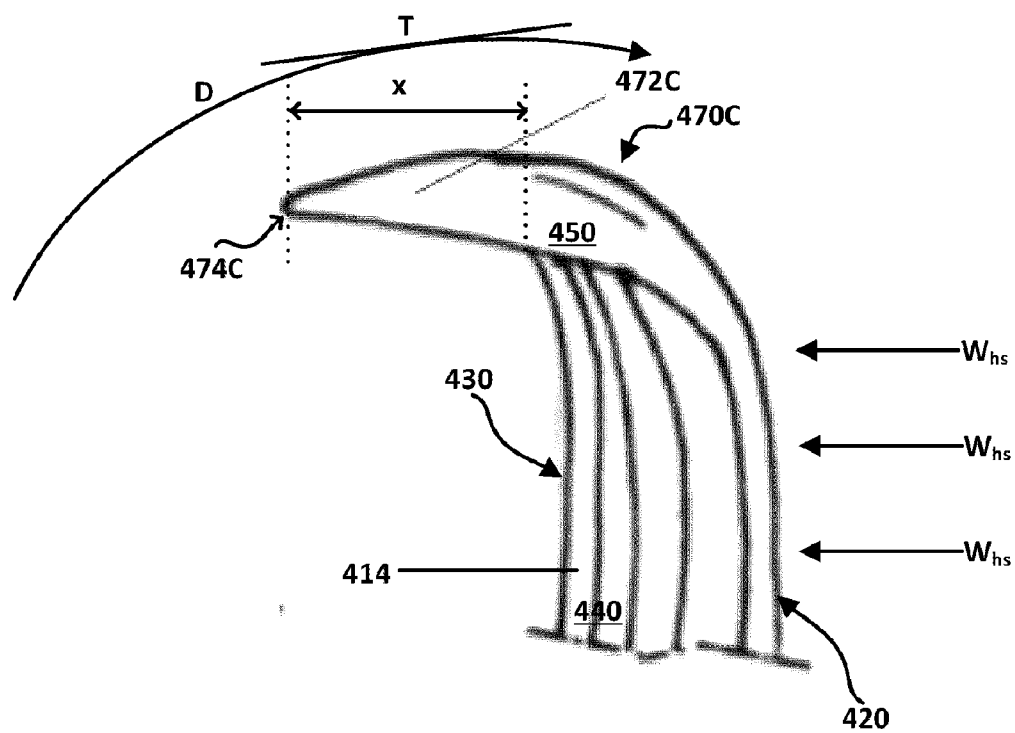


FIG. 5B

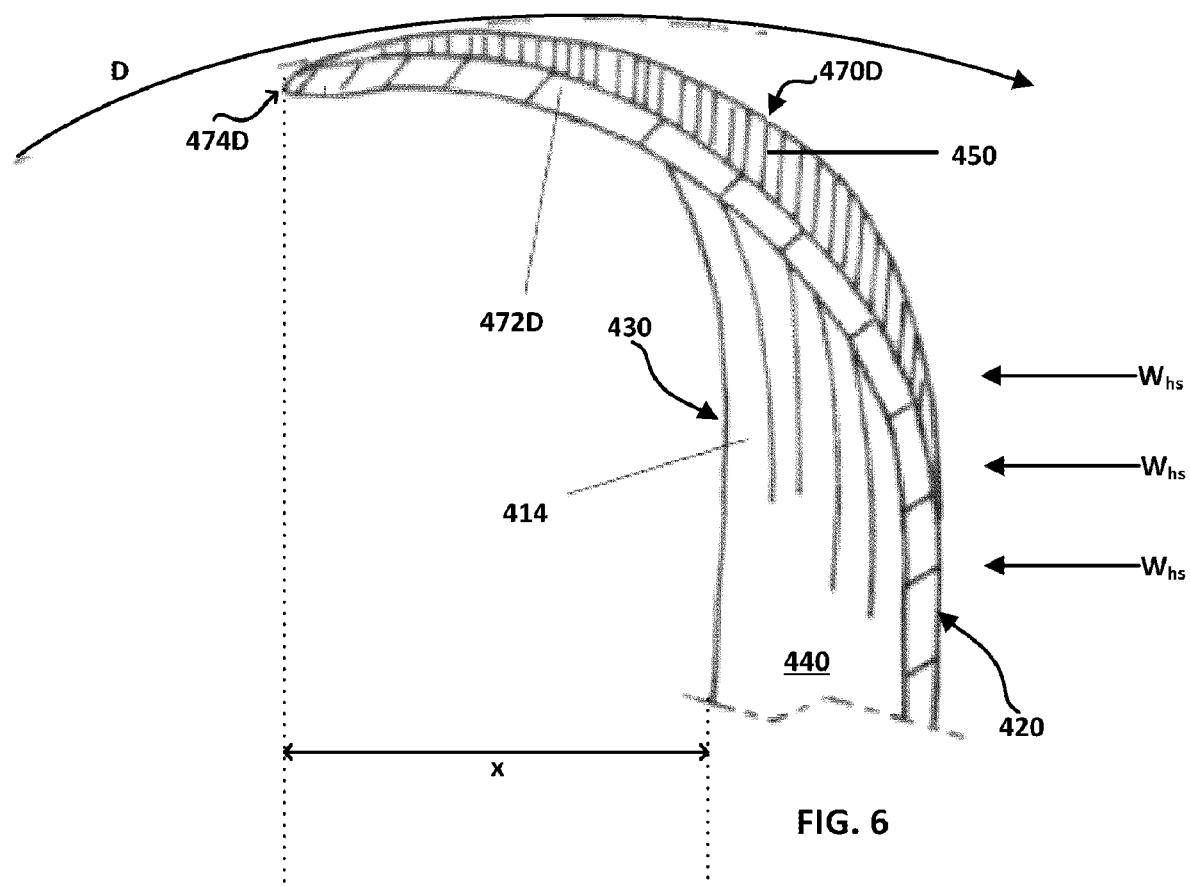


FIG. 6

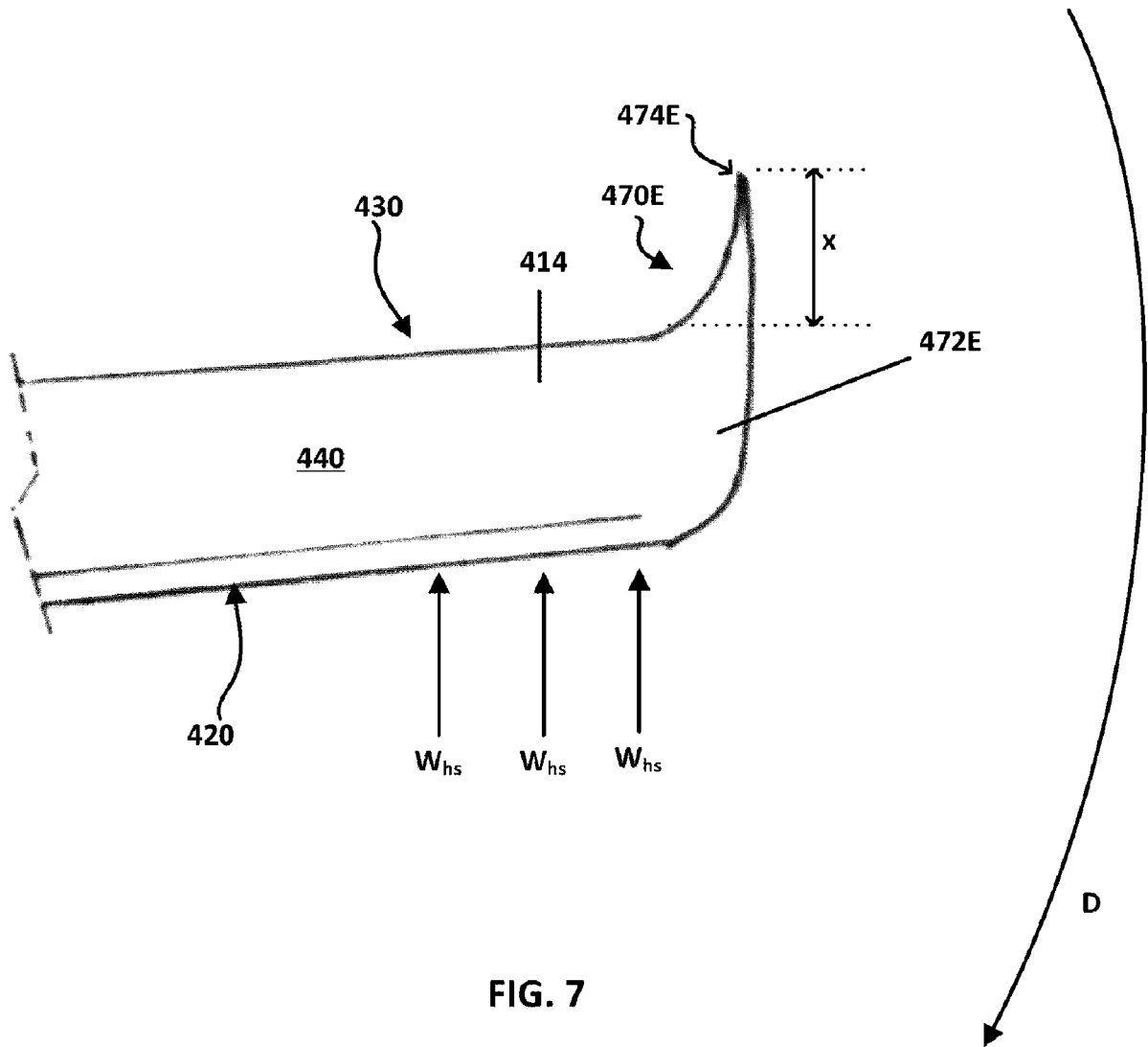
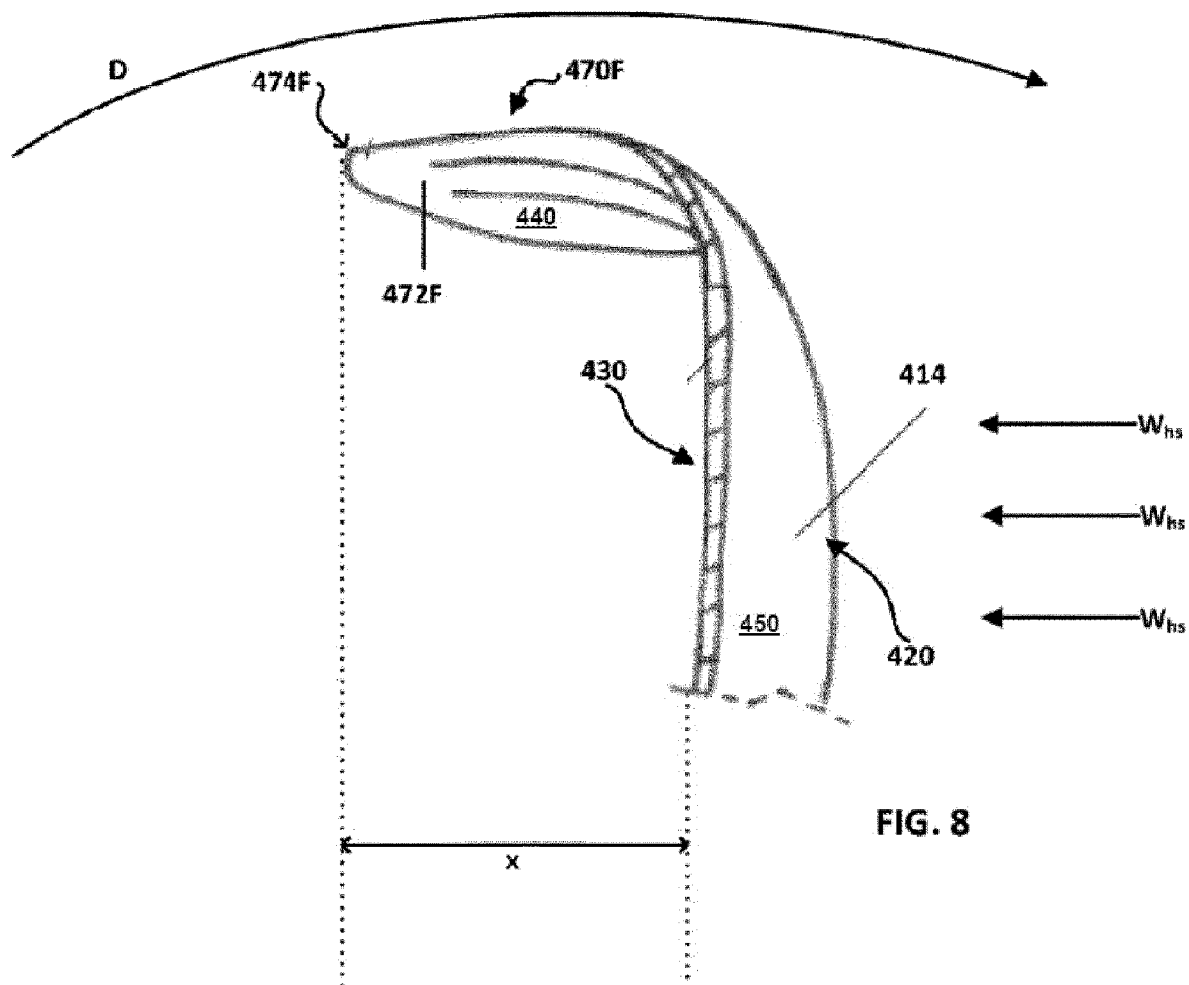
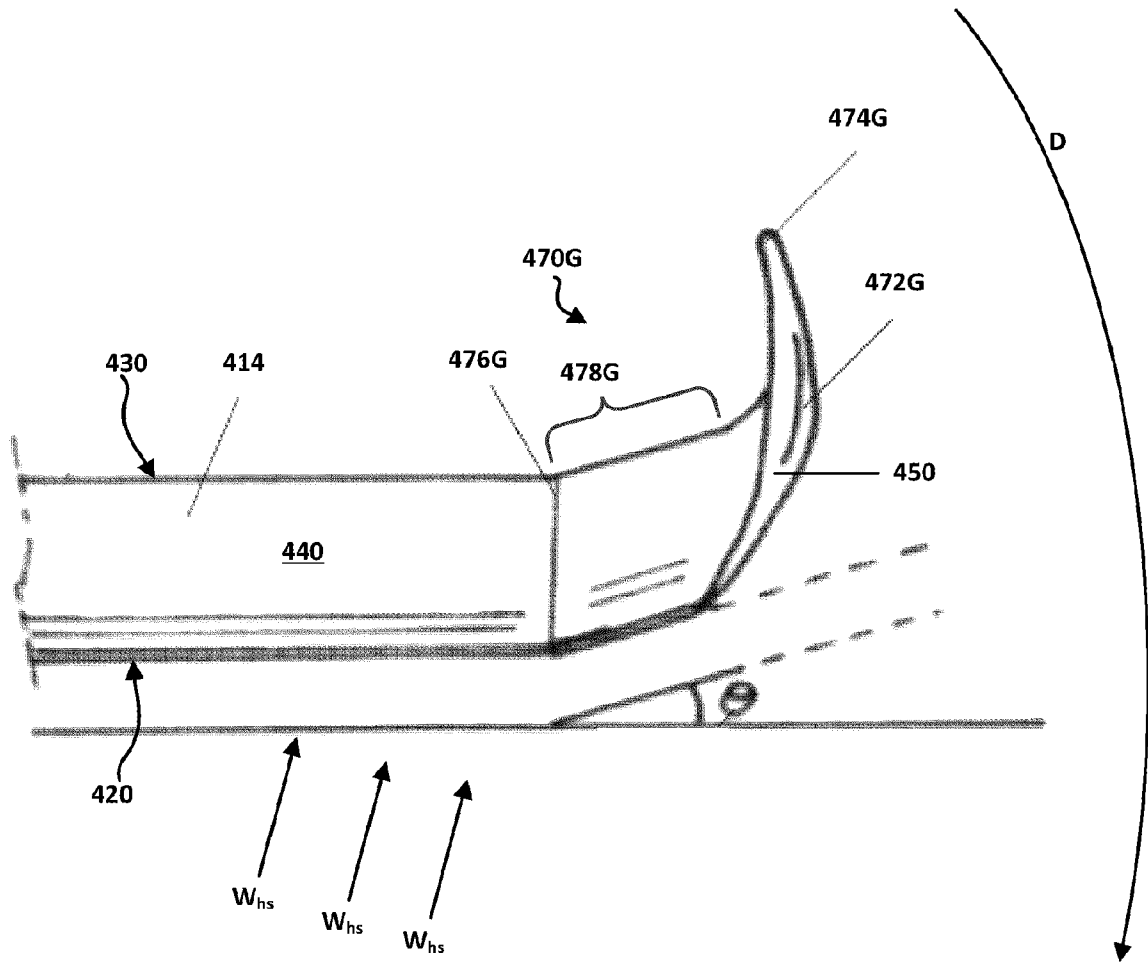


FIG. 7





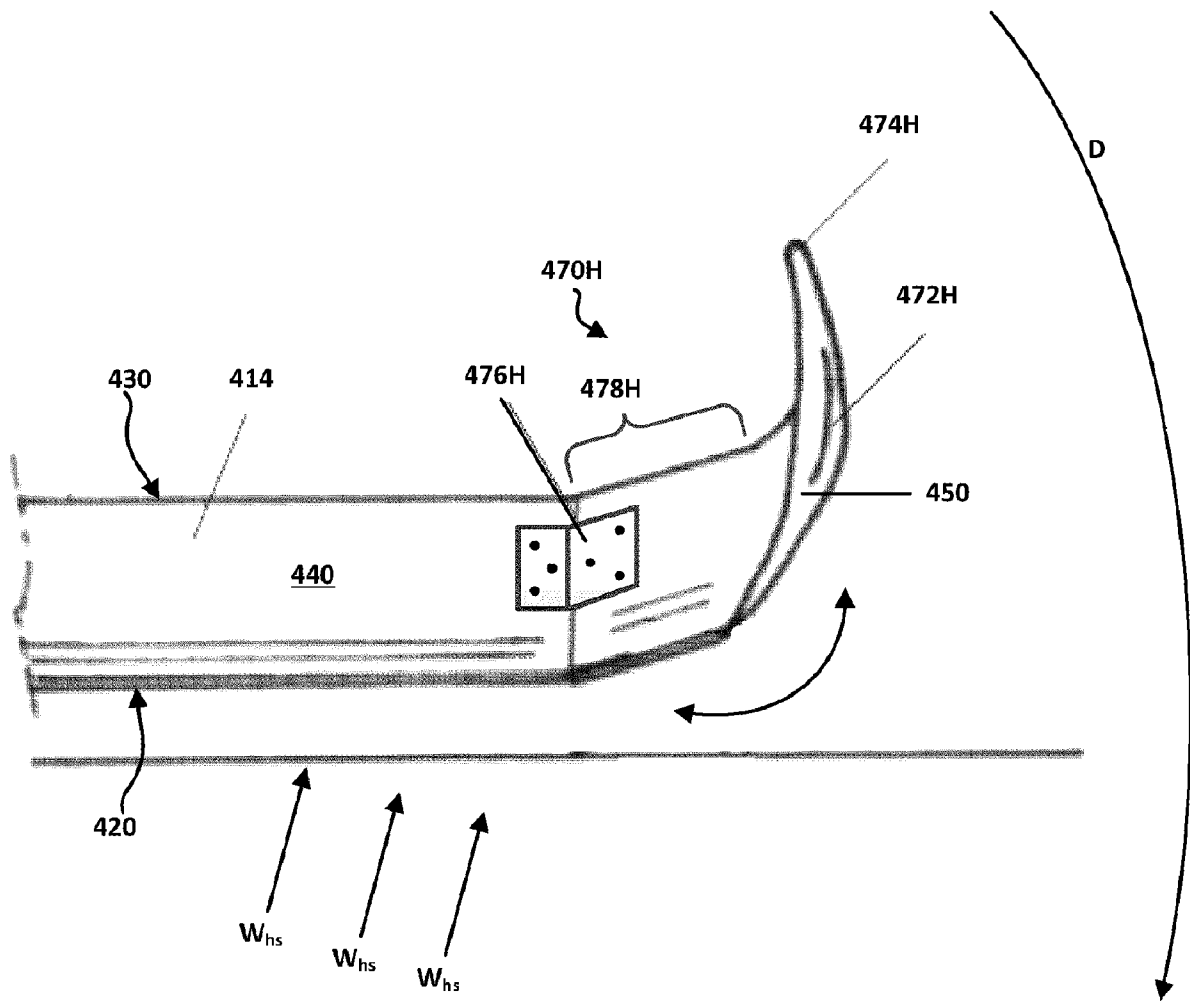
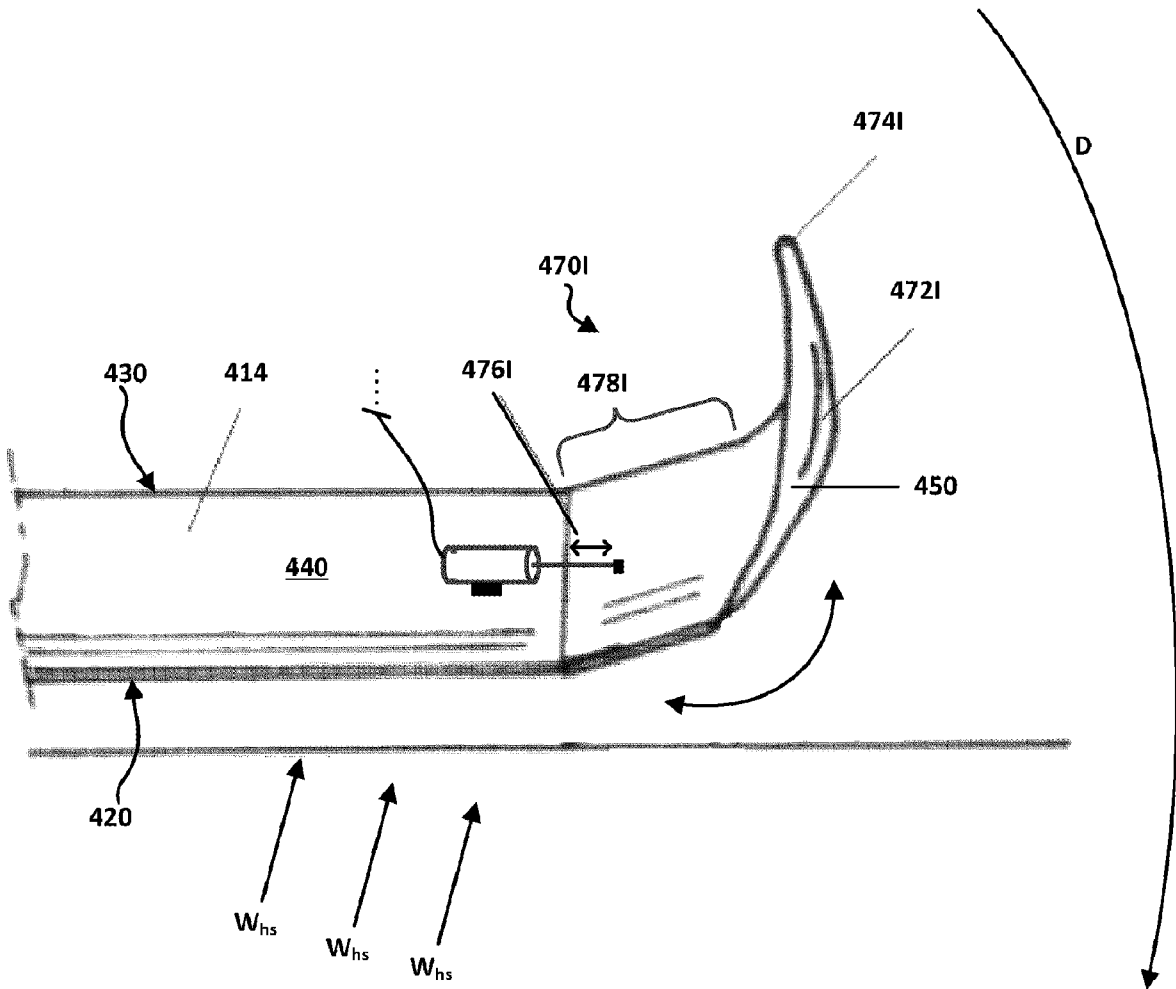
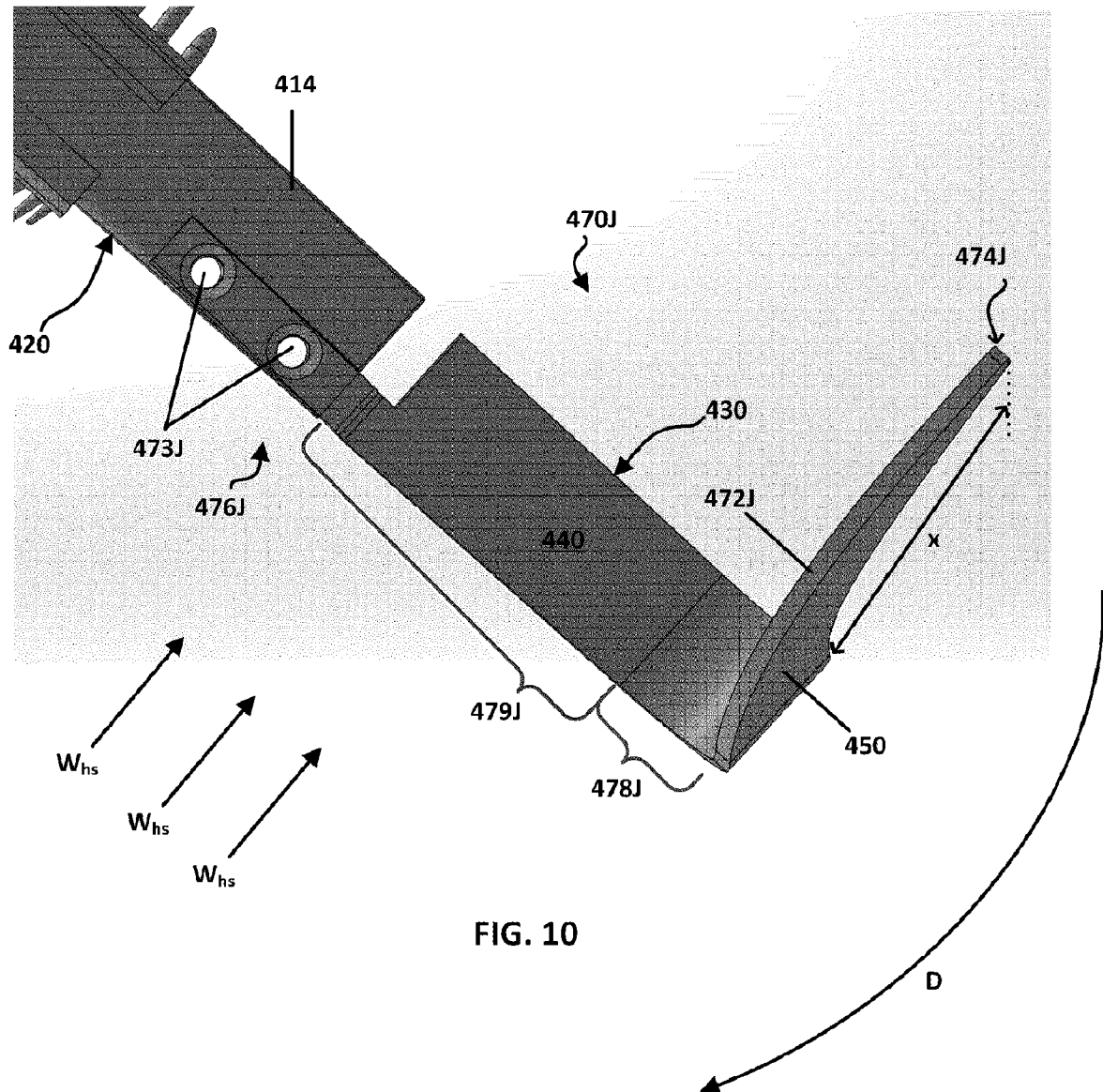
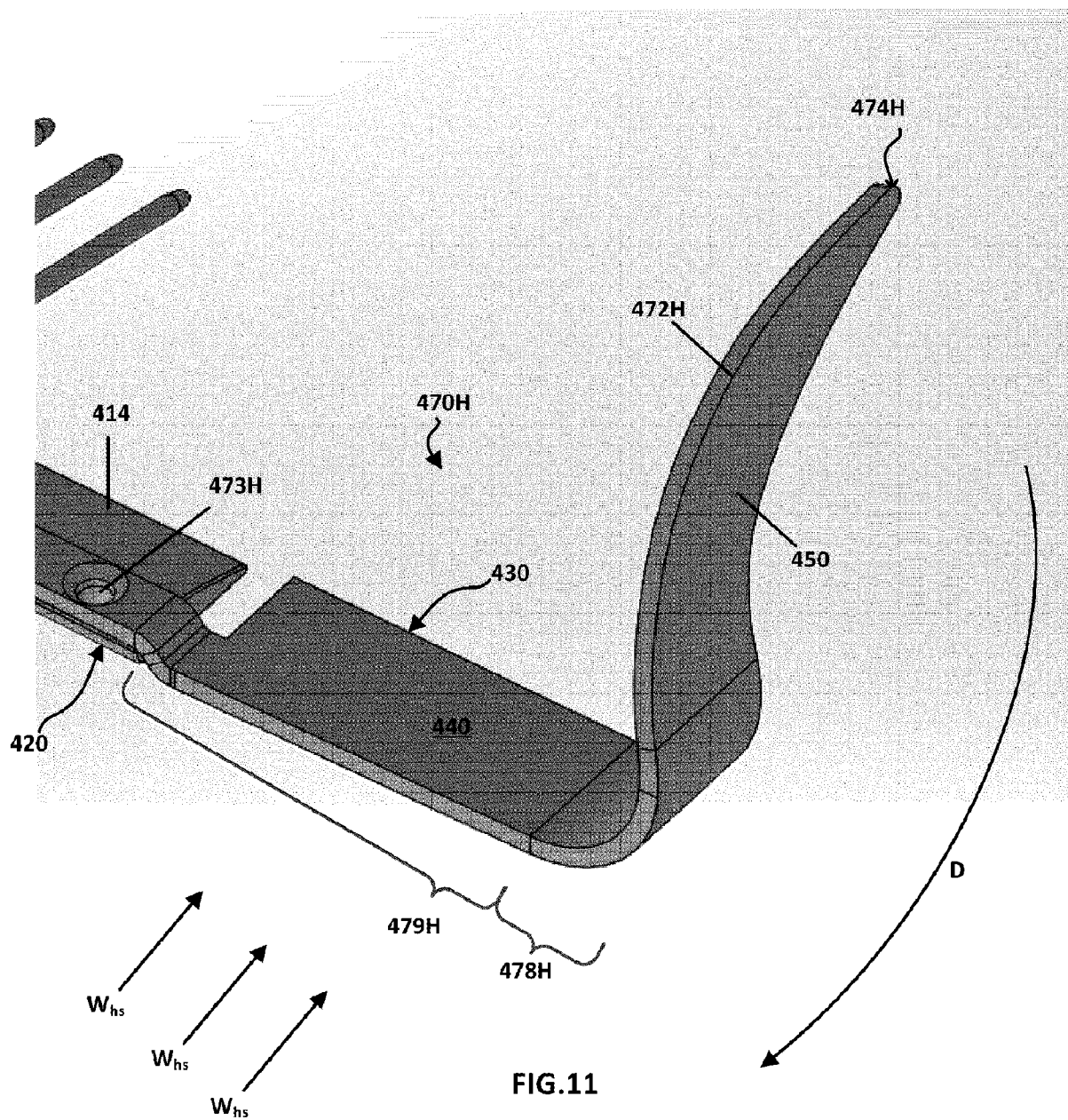


FIG. 9B







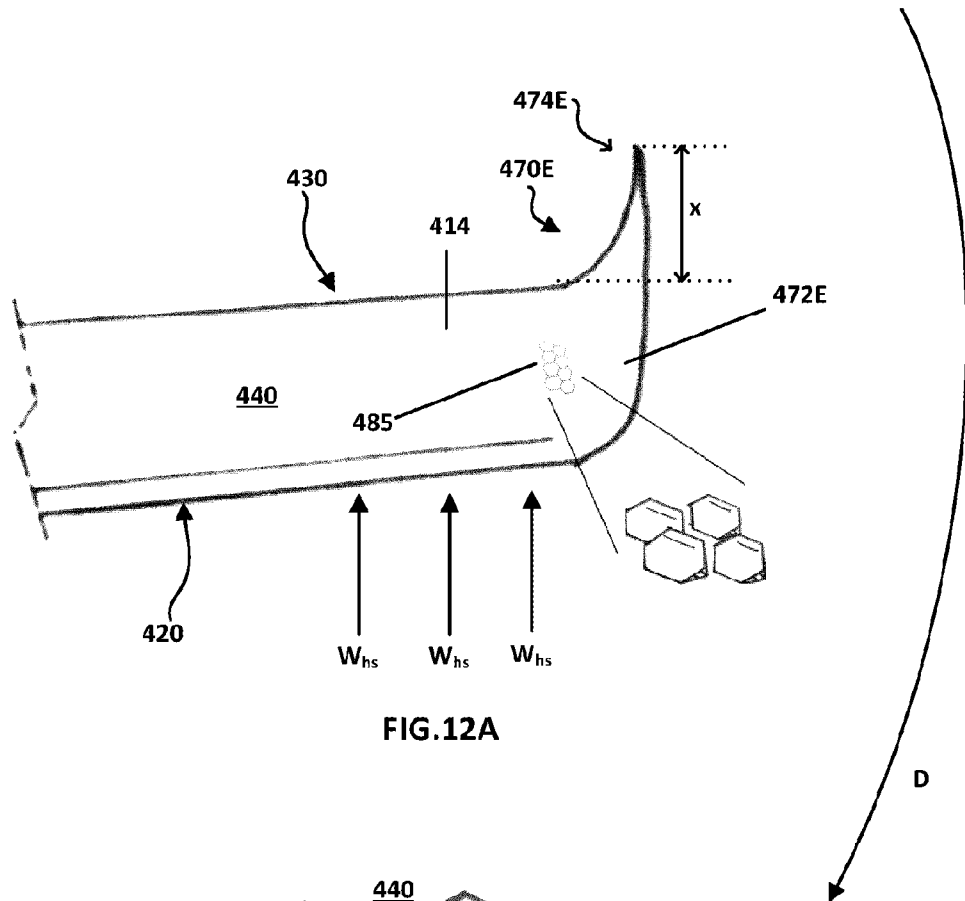


FIG. 12A

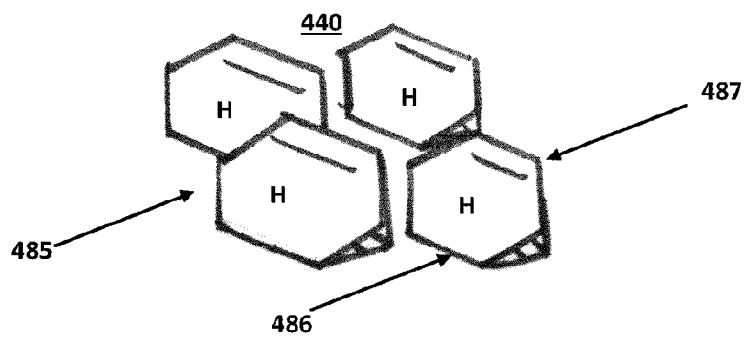


FIG. 12B

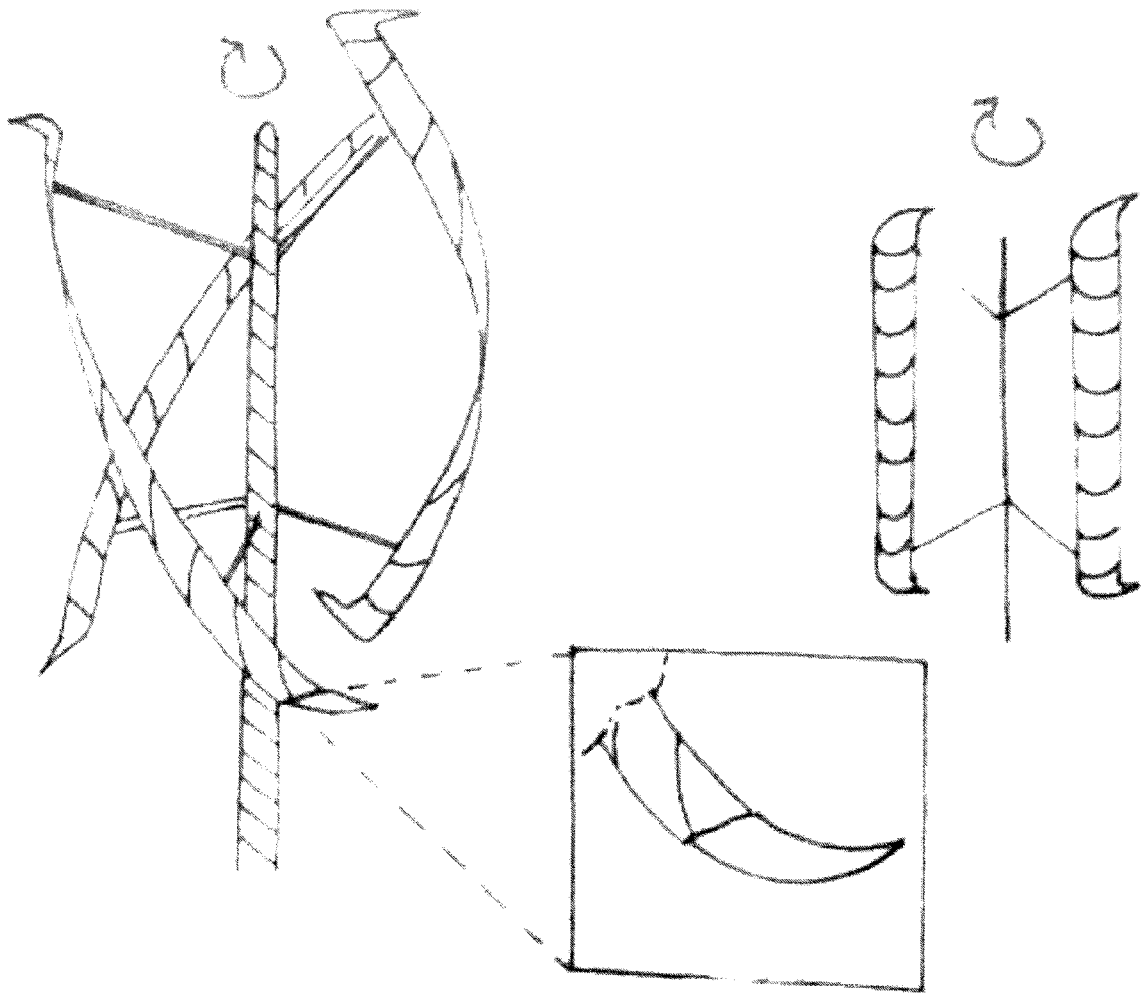


FIG.13