

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 669 431**

51 Int. Cl.:

F03D 13/00 (2006.01)

F03D 80/80 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.10.2014 PCT/DK2014/050340**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.05.2015 WO15062608**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2014 E 14789156 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018 EP 3063405**

54 Título: **Método de amortiguación de oscilaciones de torre de turbina eólica**

30 Prioridad:
28.10.2013 DK 201370627

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.05.2018

73 Titular/es:
**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 44
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:
**ØLLGAARD, BØRGE y
JENSEN, SØREN P.**

74 Agente/Representante:
ARIAS SANZ, Juan

ES 2 669 431 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

Método de amortiguación de oscilaciones de torre de turbina eólica

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a turbinas eólicas, y en particular a métodos de amortiguación de las oscilaciones en torres de turbinas eólicas.

10 **Antecedentes**

Una turbina eólica de eje horizontal incluye típicamente una torre, una góndola soportada por la torre, y un rotor montado en la góndola. A lo largo del tiempo ha habido un incremento significativo en el tamaño global de estas máquinas y sus componentes. Este incremento de tamaño presenta muchos retos, tanto antes como durante la operación.

Por ejemplo las torres de turbina eólica son estructuras altas, esbeltas que comprenden típicamente secciones cilíndricas y/o cónicas. Cuando el viento sopla a través de la torre, se crean vórtices alternativamente desde lados opuestos de la torre. Esto da lugar a una fuerza de fluctuación que actúa sustancialmente perpendicular a la dirección del viento. La fuerza de fluctuación puede conducir a grandes oscilaciones cuando la frecuencia periódica de la creación de vórtices es similar a una de las frecuencias naturales de la torre.

Cuando la góndola se instala sobre una torre, la creación de vórtices solamente por el viento (es decir, cuando la turbina eólica no está en operación) es de una significancia menor. Las fuerzas fluctuantes tienen un efecto despreciable debido a que el considerable peso de la góndola cambia el comportamiento dinámico de toda la estructura. Previamente al soporte de la góndola, sin embargo, la torre es más susceptible a oscilaciones debidas a la creación de vórtices. Cuando las torres se incrementan en tamaño, menores velocidades de viento pueden producir la creación de vórtices en resonancia con una frecuencia natural de la torre. Por ello, las grandes oscilaciones a partir de la creación de vórtices pueden convertirse en una importante preocupación.

Los documentos EP 1 008 747 A2 y WO 2014/040598 A1 divulgan cada uno un sistema para la amortiguación de las oscilaciones experimentadas por una torre de turbina eólica. El sistema comprende una masa suspendida en el interior en toda la torre. En el documento EP 1 008 747 A2 la masa se conecta a la torre mediante una barra.

35 **Sumario**

Un método de amortiguación de oscilaciones en una torre de turbina eólica comprende la conexión de una bolsa de material (por ejemplo, arena) o líquido a un componente de la torre separada una primera distancia lateral de la pared de la torre. La bolsa también está suspendida del componente de la torre con una primera distancia vertical. La altura del componente de la torre es conocida de modo que la primera distancia vertical corresponde a una altura particular dentro de la torre. La primera distancia lateral, la primera distancia vertical y la masa de la bolsa son tales que la bolsa se configura para golpear en dicha pared de la torre durante las oscilaciones en dicha torre de turbina eólica, para amortiguar dichas oscilaciones en dicha torre de turbina eólica. Adicionalmente, en realizaciones ventajosas, las bolsas de arena se configuran para actuar como un péndulo que contrarresta un modo fundamental de vibración de la torre.

Este método puede usarse estratégicamente durante la instalación de la turbina eólica debido a la facilidad de su uso. Por ello, la invención también proporciona un método de instalación de una turbina eólica que comprende el montaje de una torre de turbina eólica y la instalación de un sistema de amortiguación en la torre. El sistema de amortiguación se instala en la forma mencionada anteriormente. Esto es, mediante la conexión de una bolsa de material o líquido a un componente de la torre a una primera distancia lateral de una pared de la torre y la suspensión de la bolsa desde el componente de la torre a una distancia vertical. De nuevo la altura del componente de la torre es conocida de modo que la distancia vertical corresponde a una altura particular dentro de la torre. El método de instalación implica adicionalmente la amortiguación de las oscilaciones provocadas por vórtices creados en la torre, en el que la primera distancia lateral, la primera distancia vertical, y la masa de la bolsa son tales que la bolsa se configura para golpear en dicha pared de la torre durante las oscilaciones en dicha torre de turbina eólica, para amortiguar dichas oscilaciones en dicha torre de turbina eólica. Adicionalmente, en realizaciones ventajosas, las bolsas de arena se configuran para actuar como un péndulo que contrarresta un modo fundamental de vibración de la torre. Eventualmente uno o más componentes de la góndola se posicionan sobre la torre haciendo de ese modo a la torre menos susceptible a las oscilaciones provocadas por la creación de vórtices. Antes o después de esta etapa, el sistema de amortiguación se retira de la torre.

En una realización del método de acuerdo con la invención la relación entre dicha primera distancia vertical y dicha primera distancia lateral está entre 5 y 20, tal como entre 8 y 15 o entre 10 y 12.

En una realización del método de acuerdo con la invención la masa de dicha bolsa está entre 20 kg y 300 kg, tal

como entre 50 kg y 200 kg o entre 75 kg y 150 kg.

En una realización del método de acuerdo con la invención la primera distancia lateral, la primera distancia vertical, y la masa de la bolsa son tales que la bolsa durante las oscilaciones actuará como un péndulo que contrarresta un modo fundamental de vibración de la torre previamente a golpear con dicha torre de turbina eólica.

En una realización del método de acuerdo con la invención dicha amortiguación de oscilaciones se obtiene al menos parcialmente mediante la conversión de la energía cinética en energía térmica a través de la deformación plástica de dicha bolsa.

En una realización del método de acuerdo con la invención la bolsa se conecta a, y se suspende del componente de la torre con una cadena, cable, o cuerda, y en el que la suspensión de la bolsa comprende:

suspender la bolsa a una distancia inicial desde el componente de la torre; y
ajustar la distancia a la que la bolsa está suspendida del componente de la torre hasta que se alcance la primera distancia vertical.

En una realización del método de acuerdo con la invención, el método comprende adicionalmente:

posicionar la bolsa sobre una plataforma en la torre;
mover la bolsa desde la plataforma sobre un montacargas;
transportar la bolsa hacia el fondo de la torre usando el montacargas; y
retirar la bolsa a través de una puerta en la torre.

En una realización del método de acuerdo con la invención, la bolsa se conecta a, y se suspende del componente de la torre con una cadena y a través de una llave de trinquete situada sobre la cadena, y en el que adicionalmente el ajuste de la distancia a la que se suspende la bolsa comprende la operación de la llave de trinquete para mover la bolsa a lo largo de la cadena.

En una realización del método de acuerdo con la invención, el método comprende adicionalmente:

llenar la bolsa (80) con una pluralidad de pequeñas bolsas (82), en la que las bolsas más pequeñas proporcionan efectivamente la masa global de la bolsa.

En una realización del método de acuerdo con la invención, la instalación del sistema de amortiguación comprende pasar la bolsa a través de un extremo superior abierto de la torre o a través de una puerta de la torre después de que se haya montado la torre.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una vista en perspectiva de un ejemplo de una turbina eólica.

La Fig. 2 es una vista en perspectiva de un sistema de amortiguación instalado en una torre de la turbina eólica.

La Fig. 3 es una vista en alzado superior del sistema de amortiguación de la Fig. 2.

La Fig. 4 es una vista en perspectiva mostrando una parte del sistema de amortiguación de la Fig. 2 en un detalle adicional.

La Fig. 5 es una vista en sección transversal de una parte de la torre con un sistema de amortiguación instalado de acuerdo con una realización alternativa.

La Fig. 6 es una vista en sección transversal de una parte de la torre con un sistema de amortiguación instalado de acuerdo con otra realización alternativa.

La Fig. 7 es una vista en sección transversal de una parte de la torre con un sistema de amortiguación instalado de acuerdo con aún otra realización alternativa.

La Fig. 8 es una vista en perspectiva de una parte del sistema de amortiguación de acuerdo con una realización alternativa.

Descripción detallada

La Fig. 1 muestra un ejemplo de una turbina eólica 2 que tiene un rotor 4 montado en una góndola 6, que está soportado sobre una torre 8. El rotor 4 sirve como el impulsor principal para un sistema electromecánico. El viento provoca que el rotor 4 gire, y esta energía rotacional se proporciona a un sistema de transmisión de potencia alojado

dentro de la góndola 6. El sistema de transmisión de potencia convierte la energía de rotación en energía eléctrica.

La torre 8 mostrada en la Fig. 1 es una torre de acero tubular compuesta de múltiples secciones de torre 8a, 8b. Las secciones de torre 8a, 8b son cilíndricas o ligeramente ahusadas (es decir, cónicas) y apiladas una encima de la otra. De nuevo, sin embargo, esto es meramente un ejemplo. La descripción que sigue se enfoca en la amortiguación de las oscilaciones de la torre y puede aplicarse a cualquier torre de turbina eólica que sea estructura alta, esbelta susceptible a las oscilaciones. Por ejemplo, la descripción puede aplicarse a torres de acero que tengan secciones de torre segmentadas, torres de hormigón, torres compuestas, torres híbridas (por ejemplo, acero y hormigón), torres de madera, etc.

Considerando esto, y con referencia ahora a la Fig. 2, se muestra una realización del sistema de amortiguación 10 para la torre 8. El sistema de amortiguación 10 en esta realización se instala en una de las secciones de la torre (por ejemplo, la sección de la torre más elevada 8a). Se describirá con detalle adicional a continuación el proceso de instalación del sistema de amortiguación 10 y su contexto dentro de la instalación global de la turbina eólica 2. Como se muestra en la Fig. 2, la sección de la torre 8a incluye varios componentes de torre, tales como una plataforma superior 12, plataforma inferior 14, y escalera 16 que proporciona acceso a las plataforma superior e inferior 14, 16. La plataforma inferior 14 se adapta para acomodar un montacargas (no mostrado) e incluye una valla de seguridad 18 alrededor del área del montacargas.

El sistema de amortiguación 10 incluye varias bolsas de arena 20 suspendida cada una de una ménsula 22 por una cadena 24. Más específicamente, las bolsas de arena 20 están cada una suspendida de un gancho de una llave de trinquete 26 (también denominado como un "elevador de cadena de trinquete") posicionado sobre la cadena asociada 24. Las ménsulas 22 y bolsas de arena 20 se distribuyen circunferencialmente alrededor de la sección de la torre 8a con relación a una pared de la torre 28, tal como se muestra en la Fig. 3. Aunque se muestran tres bolsas de arena 20, pueden usarse en realizaciones alternativas cualquier número de bolsas de arena o incluso una única bolsa de arena. Puede haber también múltiples bolsas de arena suspendidas de la misma ménsula en realizaciones alternativas.

Una de las ménsulas 22 y una de las bolsas de arena 20 se muestra con mayor detalle en la Fig. 4. La ménsula 22 en la presente realización comprende un soporte vertical 30, un soporte horizontal 32, y un travesaño cruzado 34. El soporte vertical 30 puede montarse en una pared de la torre 28 usando las técnicas conocidas. Por ejemplo, la ménsula 22 puede atornillarse o asegurarse de otra forma a imanes 34, que a su vez se fijan magnéticamente a la pared de la torre 28. Ejemplos de dichos imanes y técnicas se describen en los documentos WO 2003/067083 y WO 2004/099609. Otras técnicas conocidas incluyen fijación, soldadura, adhesión, etc. Un cable de seguridad 36 o similar puede conectar la ménsula 22 a otro componente, permanentemente instalado en la torre, tal como la plataforma superior 12, proporcionando de ese modo medios de reserva de soporte para el caso de que la ménsula 22 se deslice a lo largo o se desacople de la pared de la torre 28 debido a un montaje ineficaz.

El soporte horizontal 32 de la ménsula 22 incluye diferentes puntos de fijación 40 para la cadena 24. Esto permite que la bolsa de arena 20 se conecte a la ménsula 22 a diferentes distancias laterales desde la pared de la torre 28. La distancia vertical a la que la bolsa de arena 20 se suspende de la ménsula 22 puede ajustarse usando la llave de trinquete 26. La distancia lateral, la distancia vertical, y la masa de cada bolsa de arena 20 son tales que las bolsas de arena 20 se configuran para golpear en dicha pared de la torre 28, 56 durante las oscilaciones en dicha torre de turbina eólica, para amortiguar dichas oscilaciones. Se ha descubierto que la amortiguación más eficiente se halla cuando está presente al menos una pequeña distancia lateral entre la bolsa de arena y la torre, de modo que tendrán lugar un pequeño número de oscilaciones de la bolsa de arena previamente a que golpee la pared. Este pequeño número puede estar típicamente por debajo de 10, tal como aproximadamente 5. Adicionalmente, en realizaciones ventajosas, las bolsas de arena se configuran para actuar como péndulos que contrarrestan un modo fundamental de vibración de la torre 8. Por ello, tras la oscilación de la torre debido a la creación de vórtices, las bolsas de arena comenzarán a oscilar con una frecuencia correspondiente a un modo fundamental de vibración de la torre durante unas pocas oscilaciones antes de que asuman parte de la energía cinética de esa oscilación mediante el golpeo de la torre, transformando de ese modo la energía cinética en energía térmica a través de una deformación plástica de la bolsa de arena.

El sistema de amortiguación 10 tiene la ventaja de ser fácil de instalar y retirar, lo que proporciona una gran cantidad de flexibilidad en términos de su uso. Por ejemplo, el sistema amortiguación 10 puede instalarse como un accesorio permanente dirigido a permanecer en la torre 8 después de que la turbina eólica 2 haya sido completamente montada, o como una solución de renovación o temporal para acometer oscilaciones de la torre cuando surgen. Esta última situación es particularmente ventajosa durante el proceso de instalación de una turbina eólica debido a los retos mencionados en la sección de antecedentes anterior.

En consecuencia, un método de instalación de la turbina eólica 2 puede implicar el uso del sistema de amortiguación 10 durante una o más etapas de la instalación. Dicho método comprende montar primero parcial o completamente la torre 8. Suponiendo esta última situación, siendo la torre 8 que se muestra en las Figs. 1 y 2, el sistema de amortiguación 10 puede instalarse en la sección de la torre 8a más superior antes o después de que se haya montado a la sección de la torre 8a. Por ejemplo, las ménsulas 22 pueden montarse en la pared de la torre 28 y las

bolsas de arena 20 conectarse a las ménsulas 22 previamente al transporte de la sección de la torre 8a al lugar de instalación. Estas etapas pueden tener lugar alternativamente después del montaje de la sección de la torre 8a a otra sección de la torre 8b previamente instalada (o a unas cimentaciones en realizaciones en las que la torre 8 solo comprende una sección de torre). En cualquier caso, las bolsas de arena 20 se suspenden eventualmente de las ménsulas 22 a una distancia inicial. Esta distancia se ajusta mediante el accionamiento de la llave de trinquete 26 hasta que se alcance una distancia vertical deseada.

La distancia vertical deseada depende de la altura de la torre 8, así como la distancia lateral deseada de la pared de la torre 28 (determinada por el punto de fijación 40 de la cadena 24 a la ménsula 22). De nuevo, la distancia lateral, la distancia vertical, y la masa de cada bolsa de arena 20 se seleccionan de modo que las bolsas de arena 20 se configuran para golpear dicha pared de la torre 28, 56 durante oscilaciones en dicha torre de turbina eólica, para amortiguar dichas oscilaciones. Adicionalmente, en realizaciones ventajosas, las bolsas de arena se configuran para actuar como péndulos que contrarrestan un modo fundamental de vibración de la torre 8. El método es particularmente ventajoso si el modo fundamental de vibración es la primera frecuencia natural de la vibración en flexión de la torre 8. Esta frecuencia es la más susceptible a oscilaciones provocadas por la creación de vórtices debido a las velocidades de viento más bajas para las que la creación de vórtices puede estar en resonancia con la frecuencia. Por ello, el ajuste del sistema de amortiguación 10 a la primera frecuencia natural de la vibración en flexión maximiza su efectividad en la amortiguación de oscilaciones provocadas por la creación de vórtices. La torre 8 puede permanecer fija durante un periodo extenso de tiempo previamente a la instalación de la góndola 6 o sus componentes, cuyo peso significativo cambia la dinámica de toda la estructura y hace de la creación de vórtices una preocupación menor. La logística de instalación de una granja eólica con varias turbinas eólicas puede optimizarse para hacer el uso más eficiente de los recursos y equipos (por ejemplo, grúas).

Eventualmente se retira el sistema de amortiguación 10 de la torre 8. Esto puede realizarse después de la colocación de uno o más componentes de la góndola (o incluso toda la góndola con todos los componentes de la góndola) sobre la torre 8. Alternativamente, puede realizarse un breve tiempo antes de la colocación de uno o más componentes de la góndola de modo que la torre 8 solo sea susceptible a oscilaciones provocadas por la creación de vórtices durante un corto periodo de tiempo. Una forma en la que el sistema de amortiguación 10 puede retirarse es mediante la colocación de las bolsas de arena 20 sobre la plataforma inferior 14 (por ejemplo, mediante el uso de las llaves de trinquete 26). Cada bolsa de arena 20 se mueve entonces desde la plataforma inferior 14 al montacargas, transportándose hacia la parte inferior de la torre 8 usando el montacargas, y eventualmente retirándose a través de una puerta cerca de la parte inferior de la torre 8. Puede ser necesario repetir estas etapas una o más veces dependiendo del número de bolsas de arena usadas y de la capacidad del montacargas.

El sistema de amortiguación 10 puede usarse también más tempranamente en el proceso de instalación, por ejemplo, cuando se han montado menos de todas las secciones de la torre. En esa situación el sistema de amortiguación 10 se instala en la última sección montada de la torre. La distancia lateral y/o distancia vertical de las bolsas de arena 20 será diferente a cuando el sistema amortiguación 10 se usa en la sección más alta de una torre completamente montada de modo que el sistema de amortiguación 10 se ajusta a una frecuencia natural de la torre parcialmente montada. Los diferentes puntos de fijación 40 sobre las ménsulas 22 y las llaves de trinquete 26 facilitan la capacidad para el ajuste de estas distancias de acuerdo con la dinámica de la estructura.

Como puede apreciarse, la torre parcialmente montada puede permanecer vertical durante un periodo de tiempo extendido sin preocupaciones de que la creación de vórtices conduzca a oscilaciones significativas. Cuando va a instalarse la siguiente sección de torre para continuar o completar el montaje de la torre, el sistema de amortiguación 10 puede retirarse primero mediante el paso de las bolsas de arena 20 a través de un extremo superior abierto de la sección de la torre en la que se instalaron. Es posible también retirar el sistema de amortiguación 10 en la forma descrita anteriormente usando el montacargas. Alternativamente, si el sistema de amortiguación 10 ha de usarse en la siguiente sección de la torre, puede permanecer en la torre hasta que se instale la siguiente sección de la torre y moverse a continuación en correspondencia. En otras palabras, el sistema de amortiguación 10 puede retirarse de una sección de la torre e instalarse en la siguiente.

Se muestran varias alternativas a las realizaciones descritas anteriormente en las Figs. 5-8, en las que se usan los mismos números de referencia para referirse a estructuras correspondientes. Como se apreciará, las ménsulas 22 en las realizaciones anteriormente descritas son meramente representativas de componentes de la torre a los que se conectan las bolsas de arena 20 a través de llaves de trinquete 26 y cadenas 24. Otros componentes de la torre pueden soportar las bolsas de arena en su lugar. Por ejemplo, la Fig. 5 ilustra una bolsa de arena 20 que se conecta a y se suspende de un tipo diferente de ménsula. La ménsula mostrada es una viga 50 sujeta a un borde superior 52 de la sección de la torre 54 y que se extiende hacia el interior separándose de una pared de la torre 56. Adicionalmente, en la Fig. 5 se ilustra cómo se entienden las distancias laterales (d_L) y verticales (d_V) tal como se menciona en el presente documento. d_L es la distancia entre la pared de la torre y la parte de la bolsa más cercana a la pared de la torre, mientras que d_V es la distancia entre el punto de contacto para la suspensión de la bolsa a un componente de la torre fijado con relación a la pared de la torre y el centro de gravedad de la bolsa.

La Fig. 6 ilustra una bolsa de arena 20 que se conecta a y se suspende de una plataforma 60 (por ejemplo, la plataforma superior 12 de la Fig. 2). La conexión tiene lugar a través de la llave de trinquete 26 y cadena 24, que se

cuelgan sobre, o se aseguran en otra forma a, un cáncamo 62 que se ha atornillado a la plataforma 60. Sin embargo, los expertos en la materia apreciarán otras formas de conectar y suspender las bolsas de arena 20. Adicionalmente, la Fig. 6 ilustra cómo puede montarse una bolsa de arena de modo que haga tope con la pared cuando se cuelga libremente sin ninguna oscilación de la torre. Esta solución puede usarse asimismo para amortiguar oscilaciones de la torre; sin embargo, dado que la bolsa de arena solo llevará a cabo una semi-oscilación cada vez antes de golpear en la pared, la amortiguación de las oscilaciones de la torre se cree que es mejor con una pequeña distancia lateral entre la bolsa de arena y la pared de la torre tal como se ha descrito anteriormente.

La Fig. 7 ilustra una variación de la realización mostrada en la Fig. 6. En lugar de sujetar la cadena 24 directamente a cáncamos 62, la disposición incluye una estructura 70 desde la que se extiende la cadena 24. La cadena 24 puede acoplarse con uno de entre varios ganchos 72 proporcionados sobre la estructura 70, que a su vez se suspende desde el cáncamo 62 mediante una cuerda o cable 74. La cuerda 74 puede usarse como una eslinga y atarse a otro componente de la torre (no mostrado) después de la colocación de la estructura 70 a una altura deseada dentro de la torre 8. Con los ganchos 72 colocados a diferentes distancias verticales, la estructura 70 ofrece la capacidad de suspender las bolsas de arena a diferentes distancias verticales desde la plataforma 60 sin necesidad de una llave de trinquete o similar. Sin embargo, pueden usarse llaves de trinquete si se desea.

Finalmente, la Fig. 8 ilustra una alternativa a las bolsas de arena mostradas en otras figuras. Una bolsa convencional 80, tal como una bolsa de herramientas, puede llenarse con más o menos cualquier cosa con una masa combinada deseada, tal como un número de bolsas de arena más pequeñas 82 u otras bolsas de líquido o material. Las bolsas más pequeñas 82 tienen la ventaja de ser más fáciles de manejar y transportar en comparación con las bolsas de arena 20 mostradas en las Figs. 2-6. La bolsa 80 se llena con un número suficiente de bolsas más pequeñas 82 para proporcionar la masa deseada.

Las realizaciones descritas anteriormente son meramente ejemplos de la invención definida por las reivindicaciones que aparecen a continuación. Los expertos en la materia apreciarán ejemplos, modificaciones y ventajas adicionales basándose en la descripción. Por ejemplo, aunque se muestran y describen anteriormente bolsas de arena, puede usarse cualquier bolsa de líquido o material de acuerdo con la invención. El término "bolsa" se indica en un amplio sentido para incluir cualquier receptáculo, contenedor, o estructura que contenga el líquido o material. Y aunque las bolsas de arena se muestran y describen cómo conectadas a componente(s) de la torre a través de llaves de trinquete y cadenas, es posible también usar cables, cuerdas, u otros dispositivos. La expresión "pared de la torre" del presente documento quiere indicar en un amplio sentido para incluir también partes de la torre en conexión con dicha pared de la torre, adecuadas para la finalidad. Por ello, no deberían verse que los detalles de cualquier realización particular limiten necesariamente el alcance de las reivindicaciones que siguen. Además de apreciar otras modificaciones y variaciones, los expertos en la materia entenderán cómo pueden combinarse las características de las diversas realizaciones de diferentes maneras.

REIVINDICACIONES

1. Un método de amortiguación de oscilaciones en una torre de turbina eólica (8), que comprende:
 - 5 suspender una bolsa (20, 80) de material o líquido desde un componente de la torre de modo que la bolsa se configura para golpear una pared de la torre (28, 56) de dicha torre de turbina eólica durante oscilaciones en dicha torre de turbina eólica, para amortiguar dichas oscilaciones en dicha torre de turbina eólica.
- 10 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:
 - conectar una bolsa de material o líquido a un componente de la torre a una primera distancia lateral (d_L) de separación de una pared de la torre;
 - 15 suspender la bolsa desde el componente de la torre a una primera distancia vertical (d_V), en el que la altura del componente de la torre es conocida de modo que la primera distancia vertical corresponde a una altura particular dentro de la torre, y adicionalmente en el que la primera distancia lateral, la primera distancia vertical y la masa de la bolsa son tales que la bolsa se configura para golpear dicha pared de la torre durante las oscilaciones en dicha torre de turbina eólica, para amortiguar dichas oscilaciones en dicha torre de turbina eólica.
- 20 3. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende adicionalmente:
 - 20 montar una ménsula (22) en la torre, extendiéndose la ménsula separándose de la pared de la torre y sirviendo como el componente de la torre al que se conecta a la bolsa.
- 25 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el montaje de la ménsula en la torre comprende sujetar las ménsulas a la pared de la torre sin soldadura.
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que el montaje de la ménsula en la torre comprende sujetar la ménsula a un reborde de la torre.
- 30 6. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la bolsa se conecta a, y se suspende de, una plataforma en la torre.
7. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende adicionalmente:
 - 35 proporcionar una pluralidad de bolsas de material o líquido; y
 - conectar y suspender las bolsas a un componente de la torre común o componentes de la torre respectivos en la forma proporcionada por cualquier reivindicación precedente, en el que al menos algunas de las bolsas se distribuyen circunferencialmente con relación a la pared de la torre.
- 40 8. Un sistema de amortiguación de oscilaciones experimentadas por una torre de turbina eólica (8), que comprende:
 - una o más bolsas (20, 80) de material o líquido;
 - uno o más componentes de la torre configurados para sujetarse a la torre; y
 - 45 una o más cadenas (24), cables, o cuerdas (74) configuradas para suspender las una o más bolsas desde los uno o más componentes de la torre, **caracterizado por que** dicho sistema se configura de modo que tras la instalación de una torre de turbina eólica, la bolsa se configura para golpear una pared de la torre (28, 56) de dicha torre de turbina eólica durante oscilaciones en dicha torre de turbina eólica, para amortiguar dichas oscilaciones en dicha torre de turbina eólica.
- 50 9. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicha bolsa se conecta a dichos uno o más componentes de la torre a una primera distancia lateral (d_L) de separación desde una pared de la torre;
 - 55 en el que dicha bolsa se suspende desde el componente de la torre a una primera distancia vertical (d_V), en el que la altura del componente de la torre es conocida de modo que la primera distancia vertical corresponde a una altura particular dentro de la torre, y adicionalmente en el que la primera distancia lateral, la primera distancia vertical, y la masa de la bolsa son tales que la bolsa se configura para golpear dicha pared de la torre durante oscilaciones en dicha torre de turbina eólica, para amortiguar dichas oscilaciones en dicha torre de turbina eólica.
- 60 10. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la relación entre dicha primera distancia vertical y dicha primera distancia lateral está entre 5 y 20, por ejemplo entre 8 y 15 o entre 10 y 12.
11. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en el que la masa de dicha bolsa está entre 20 kg y 300 kg, por ejemplo entre 50 kg y 200 kg o entre 75 kg y 150 kg.
- 65 12. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que la primera distancia lateral, la primera distancia vertical, y la masa de la bolsa son tales que la bolsa durante la oscilación actuará como un péndulo

que contrarresta un modo fundamental de vibración de la torre previamente al golpeo de dicha torre de turbina eólica.

5 13. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-12, en el que los uno o más componentes de la torre tienen múltiples puntos de fijación para las cadenas, cables, o cuerdas de modo que las bolsas pueden colocarse a diferentes distancias laterales desde una pared de la torre de turbina eólica.

10 14. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-13, en el que cada bolsa comprende al menos una bolsa grande llena con un número de bolsas más pequeñas que contienen el material o líquido.

15 15. Una turbina eólica que comprende un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-14.

16. Un método de instalación de una turbina eólica (2), que comprende:

15 montar una torre (8) de la turbina eólica;
instalar en la torre un sistema de amortiguación (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-14;
posicionar uno o más componentes de la góndola sobre la torre haciendo de ese modo a la torre menos susceptible a oscilaciones provocadas por el desprendimiento de vórtices; y
20 retirar el sistema de amortiguación de la torre previamente al arranque de la turbina eólica.

25 17. Un método de acuerdo con la reivindicación 16, en el que la torre comprende múltiples secciones de torre, y en el que adicionalmente el montaje de la torre comprende el montaje de menos de todas las secciones de la torre, siendo usado el sistema de amortiguación para amortiguar las oscilaciones de la torre parcialmente montada, comprendiendo adicionalmente el método:

montar otra sección de la torre para continuar o completar el montaje de la torre.

30 18. Un método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que las etapas de instalación y amortiguación de la reivindicación 16 se repiten después del montaje de otra sección de la torre, siendo conectada la bolsa al componente de la torre a una segunda distancia lateral y suspendida desde un componente de la torre a una segunda distancia vertical cuando se repiten las etapas de instalación y amortiguación.

35 19. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 16-18, en el que la instalación del sistema de amortiguación comprende adicionalmente:

instalar el componente de la torre en una sección de la torre antes de que se monte la sección de la torre como parte de la torre.

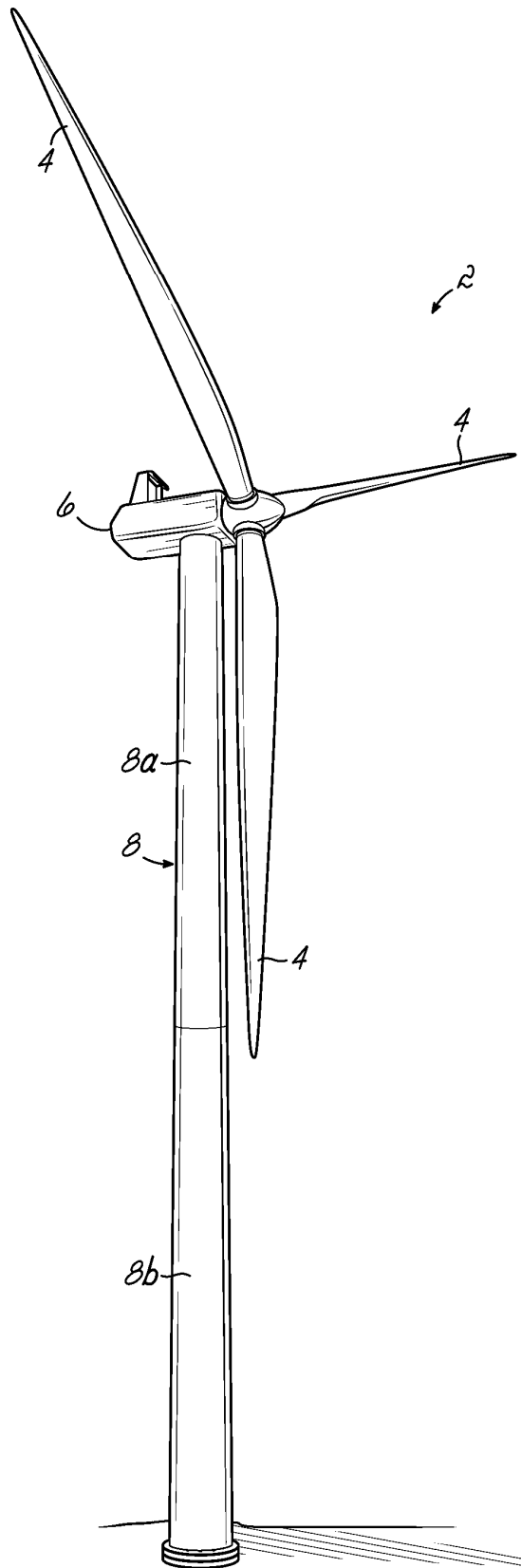
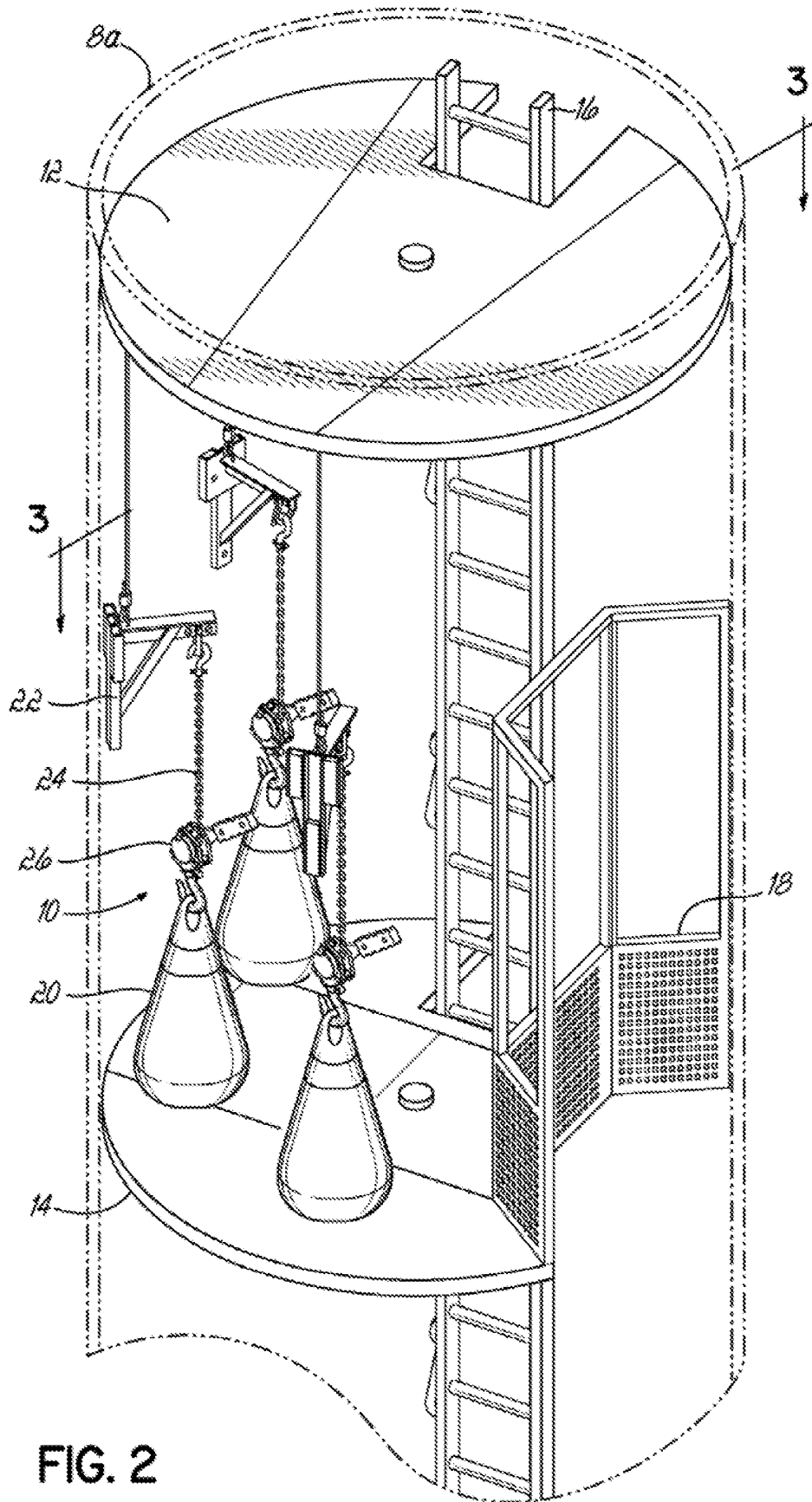


FIG. 1



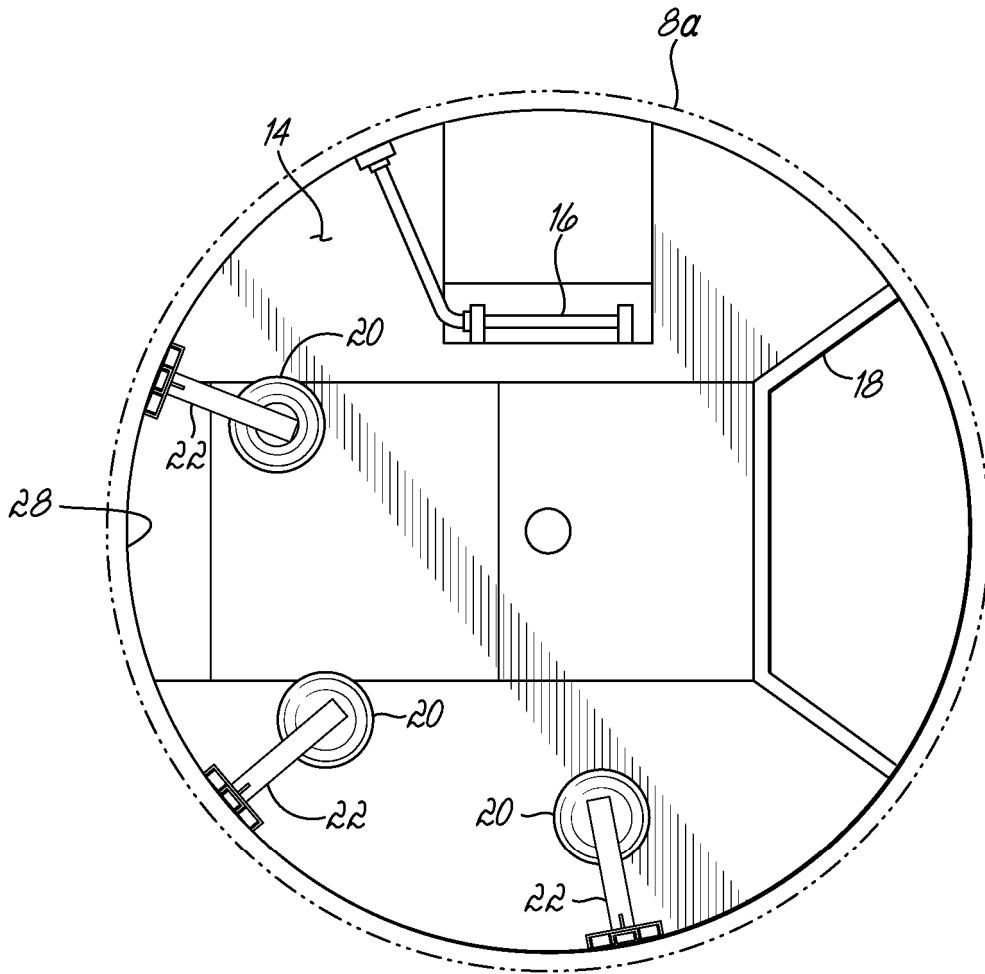


FIG. 3

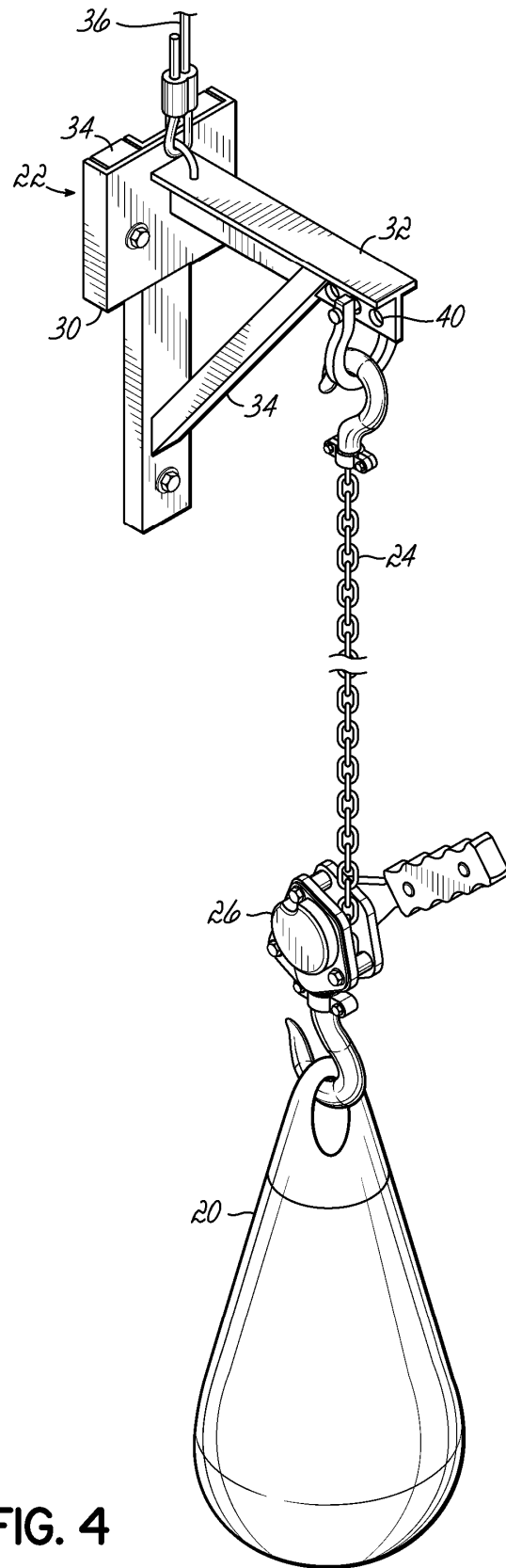


FIG. 4

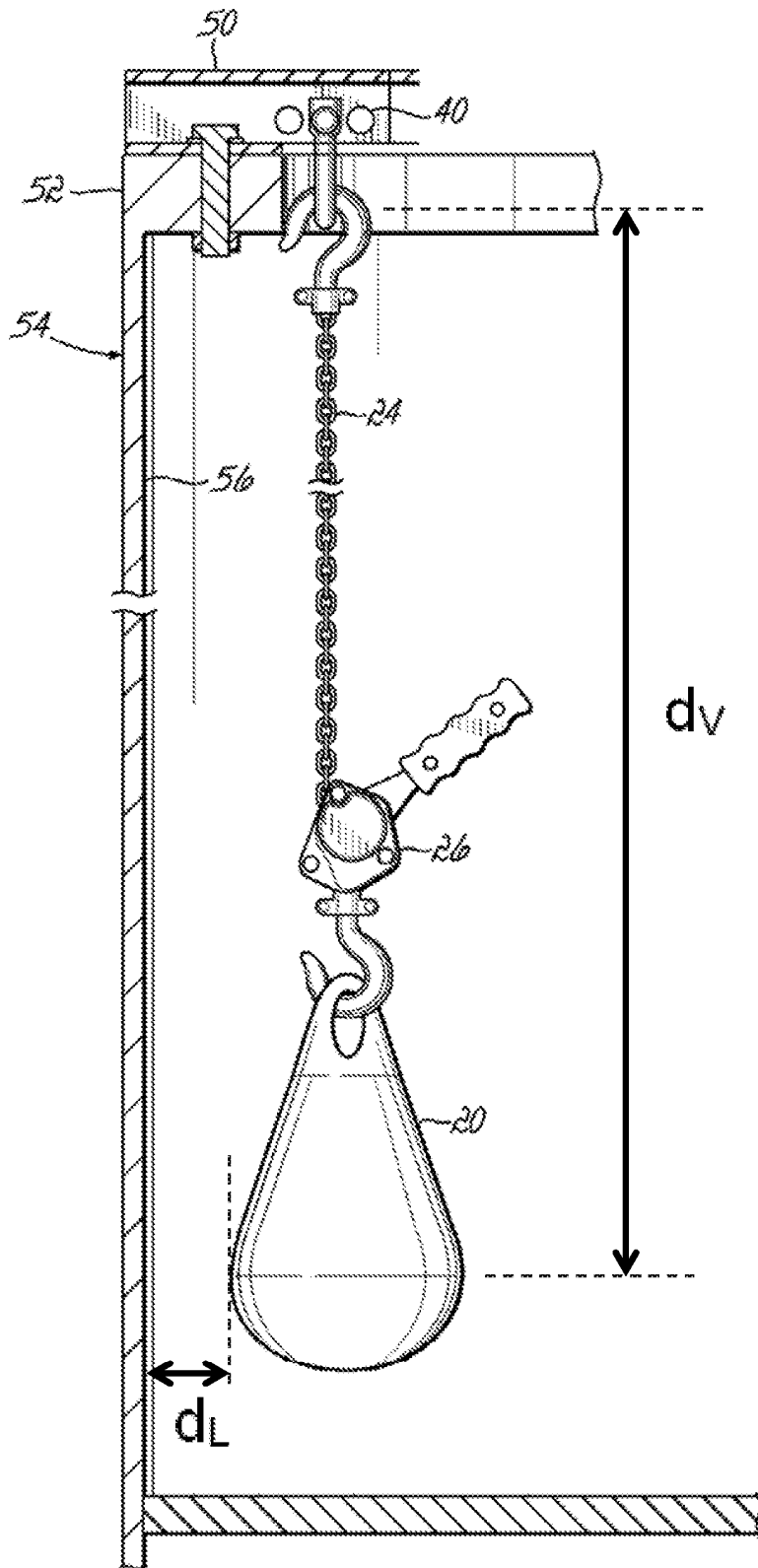


FIG. 5

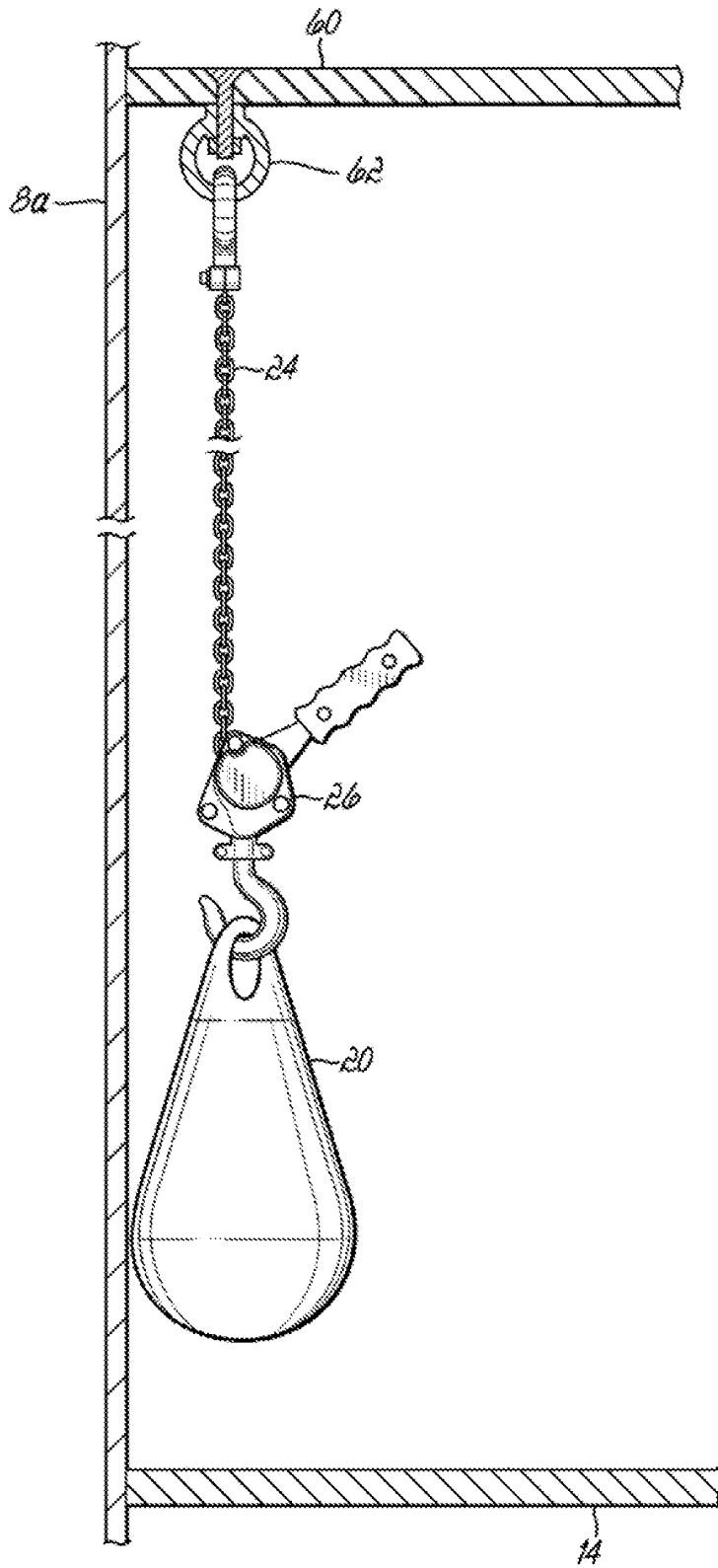


FIG. 6

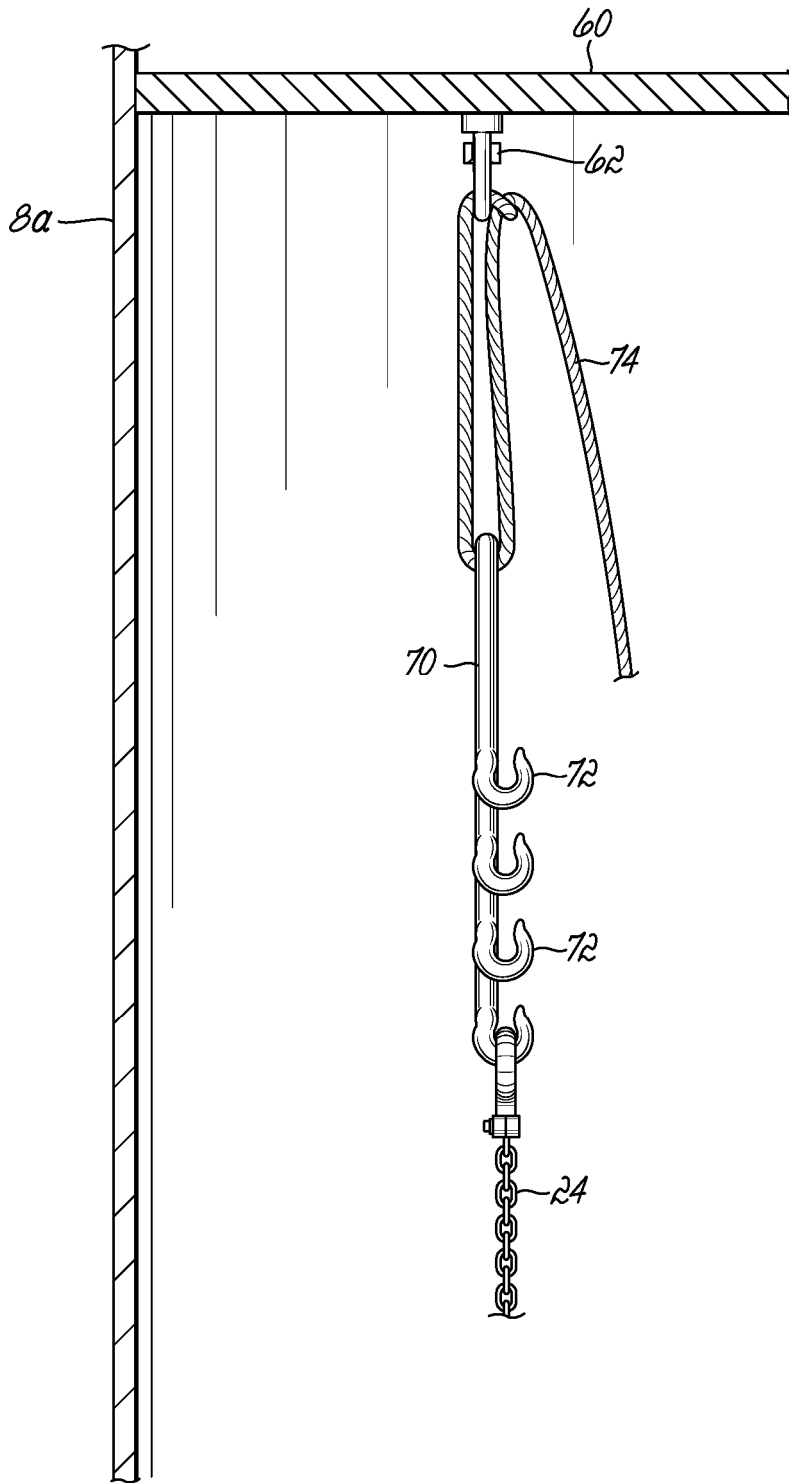


FIG. 7

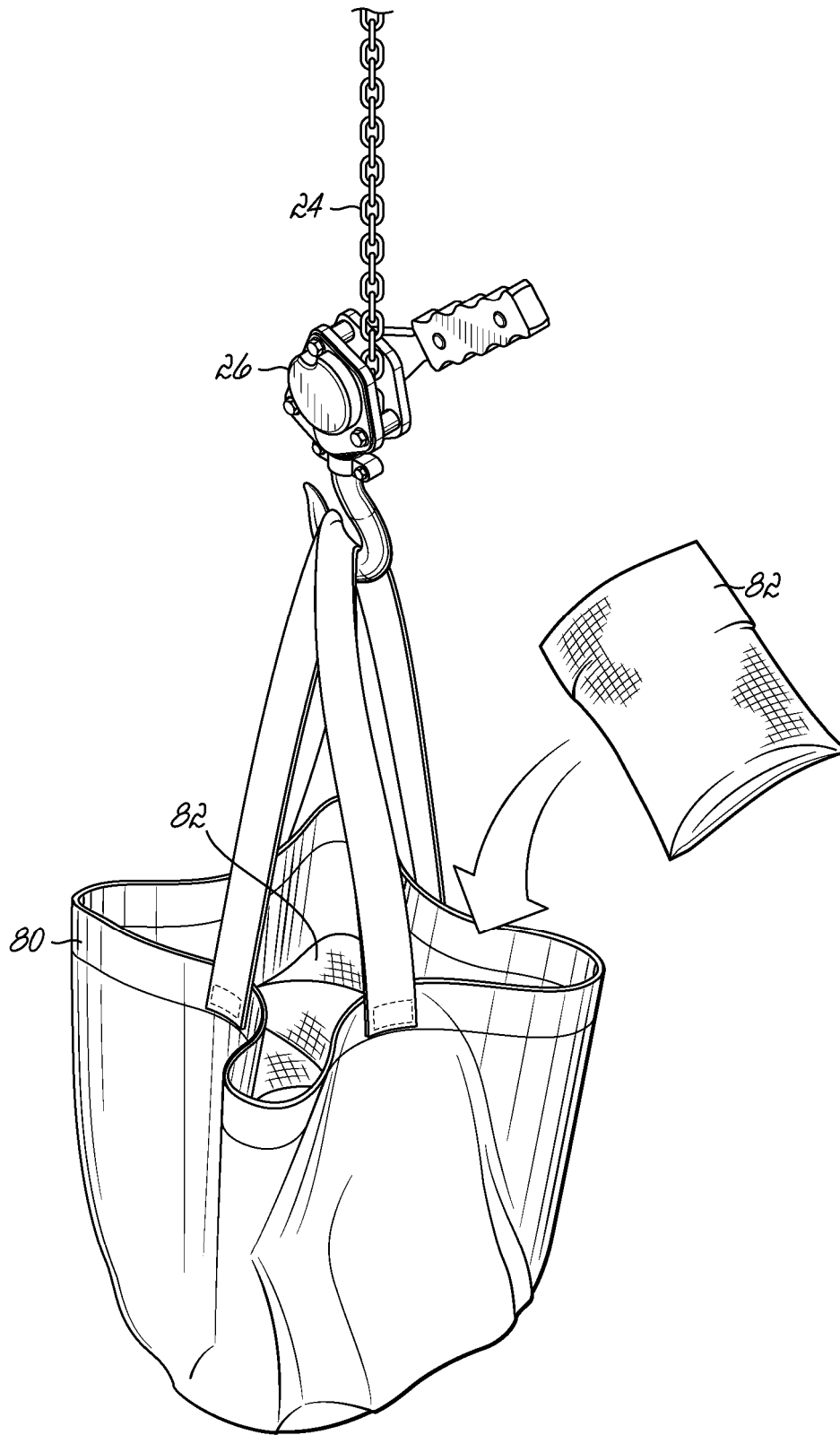


FIG. 8