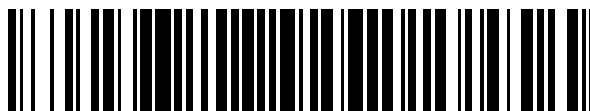


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 389 139**

51 Int. Cl.:

E21B 17/01

(2006.01)

B63B 21/66

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07813339 .4**

96 Fecha de presentación: **25.07.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2049805**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.04.2009**

54 Título: **Carenado de dos aletas**

30 Prioridad:
09.08.2006 US 463413
12.03.2007 US 684861

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.10.2012

73 Titular/es:
VIV SUPPRESSION INC. (50.0%)
1617 PEACHLEAF STREET
HOUSTON, 77039-2028, US y
SEAHORSE EQUIPMENT CORPORATION (50.0%)

72 Inventor/es:
MASTERS, RODNEY, H.;
MASTERS, RANDY, W.;
SYKES, MICHAEL;
LEVERETTE, STEVEN, J. y
SCHAUDT, KENNETH, J.

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

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).

ES 2 389 139 T3

DESCRIPCIÓN

Carenado de dos aletas

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a la reducción de la vibración inducida por vórtice ("VIV") y más particularmente a un carenado utilizado para la reducción de la VIV en tuberías u otros componentes estructurales sumergidos en un fluido.

Antecedentes de la invención

10 La exploración de reservas de petróleo y gas natural ha conducido a los perforadores fuera de costa hace muchos años y a medida que la exploración fuera de costa continúa, los productores fuera de costa se encuentran en aguas cada vez más profundas. Aunque esas aguas pueden tener las reservas que buscan, los productores fuera de costa se enfrentan también a fuertes corrientes que amenazan la integridad estructural de sus columnas ascendentes, tuberías y otros componentes alargados y cilíndricos implicados en la producción de petróleo y gas.

15 Las tensiones en las tuberías u otros componentes estructurales sumergidos en un fluido, tales como columnas ascendentes de perforación, columnas ascendentes de producción, tuberías, tendones estructurales, etc. aumentan en gran medida a medida que la velocidad de la corriente aumenta y las tensiones se magnifican a medida que aumenta la profundidad del agua y la longitud de las columnas ascendentes en la ubicación del pozo. Cuando se operan plataformas en zonas de alta corriente, la columna ascendente está expuesta a corrientes que pueden causar al menos dos tipos de tensiones. La primera es causada por la vibración resultante de vórtices desprendidos de un componente cuando el fluido fluye a través de los mismos. Esa vibración, que se produce perpendicular a la corriente, se conoce como "vibración inducida por vórtice", o "VIV". Cuando el agua fluye más allá de la columna ascendente, puede hacer que los vórtices se despojen alternativamente de cada lado de la columna ascendente cuando los números de Reynolds alcanzan cierto intervalo. Si la frecuencia de esta carga armónica está cerca de la frecuencia de resonancia de la columna ascendente, se pueden producir grandes vibraciones transversales en la corriente. El segundo tipo de tensión es causado por las fuerzas de arrastre que empujan la columna ascendente en la dirección de la corriente debido a la resistencia al flujo de fluido de la columna ascendente. Las fuerzas de arrastre se amplifican significativamente por las vibraciones inducidas por vórtices de la columna ascendente, es decir, una tubería vibrante. Una tubería de columna ascendente que está vibrando debido al desprendimiento de vórtices interrumpirá el flujo de agua a su alrededor más que una columna ascendente estacionario o tubería sin vibraciones. Esto da como resultado una mayor transferencia energética de la corriente a la columna ascendente, y por tanto más arrastre.

25 El movimiento de exploración, desarrollo y producción de petróleo y gas en aguas profundas y ultra profundas, ha creado desafíos únicos de ingeniería que requieren soluciones innovadoras de ingeniería. Un desafío particular son las vibraciones inducidas por vórtices (VIV), de los largos columnas ascendentes de perforación y producción. Como se ha descrito anteriormente, cuando largos elementos, tales como tuberías, columnas ascendentes, tendones, umbilicales y cables submarinos se ven afectados por corrientes relativamente fuertes en longitudes prolongadas a lo largo del elemento, las corrientes pueden hacer que los vórtices se desprendan de los lados del elemento en una forma alterna que puede inducir la VIV. La vibración resultante aumenta el arrastre, reduce la vida de fatiga y si no se controla puede conducir a la falla del elemento marino o sus soportes.

35 Anillos, chapas estabilizadoras y carenados se han añadido tradicionalmente a las columnas ascendentes y a otras tuberías sumergidas con el fin de minimizar las tensiones inducidas por corrientes en estas tuberías. Las chapas estabilizadoras y los anillos pueden ser eficaces independientemente de la orientación de la corriente, pero tienden a aumentar el arrastre que actúa sobre la columna ascendente. Por el contrario, los carenados son generalmente más eficientes en la reducción de la resistencia y de la VIV. Los carenados comprenden generalmente cuerpos en forma aerodinámica (tales como, las alas del avión) que se mueven como veletas o giran alrededor de la columna ascendente manteniendo posiciones sustancialmente alineadas con la corriente de agua. Los carenados reducen por lo general las fuerzas inducidas por vórtices y minimizan el arrastre en la columna ascendente reduciendo o rompiendo las áreas de baja presión que existen corriente abajo de la columna ascendente.

40 Un ejemplo de un carenado se encuentra en la Patente de Estados Unidos N° 4.474.129 que desvela un carenado montable de forma que se pueda separar en columnas ascendentes equipados con módulos de flotabilidad que tienen una popa cónica de cola y una aleta situada después de la cola. Este carenado rodea completamente la columna ascendente y se unen entre sí en la porción posterior del carenado. Otro ejemplo de un carenado se encuentra en la Patente de Estados Unidos N° 4.398.487 que describe una estructura simétrica aerodinámica que tiene una porción de nariz, una porción de cola y dos porciones laterales opuestas. Este carenado se forma como dos mitades de carcasa que rodean completamente la columna ascendente y están conectadas en el extremo frontal de la nariz por sujetadores de liberación rápida y al final de la porción de cola por bisagras. La Patente de Estados Unidos N° 5.410.979 describe un pequeño carenado fijo en forma de lágrima que rodea a una columna ascendente y se fija a la columna ascendente para no girar. La Patente de Estados Unidos N° 6.048.136 describe un carenado que está instalado en una columna ascendente de perforación en combinación con un módulo de flotabilidad de

espuma sintética. Este carenado se forma como dos mitades de carcasa que rodean a la columna ascendente y se unen en las porciones frontal y posterior del carenado. Un carenado giratorio se describe en la Patente de Estados Unidos N° 6.067.922 incluyendo un elemento de cobre montado en la región anular del carenado para disuadir el crecimiento marino. Este carenado está formado como una sola pieza que rodea completamente la columna ascendente y se une a la porción de cola o de brida con pernos. Un carenado ultracorto que se describe en la Patente de Estados Unidos N° 6.223.672 se muestra en la Figura 2. Este carenado 2 tiene un par de lados conformados 4A, 4B que parten desde el perfil circular de una columna ascendente marino y convergen en un borde de salida 6. Cabe señalar que todos los carenados descritos anteriormente se construyen en longitudes predeterminadas y una pluralidad de carenados se posiciona a lo largo de la longitud de cualquier columna ascendente particular. La Patente de Estados Unidos N° 6.517.289, que se considera el documento de la técnica anterior más cercano, describe un carenado flexible que se expande y mantiene en una configuración en forma aerodinámica por presión dinámica portada internamente. Se utilizan varios medios para mejorar el establecimiento de la forma aerodinámica, tales como varillas de refuerzo y deflectores flexibles separados colocados dentro del material de protección flexible del carenado en una relación espaciada entre sí.

Aunque los carenados pueden ser eficaces para reducir las VIV, sigue existiendo una serie de problemas con los carenados de la técnica anterior. Como se ha representado en la técnica anterior, los carenados se han hecho cada vez más complejos en diseño, a menudo requieren un gran número de piezas, y como tal, se han vuelto más costosos de producir y mantener. Generalmente, los carenados se deben asegurar al componente alargado mediante bandas, pernos u otros sujetadores que pueden fallar. Además, el uso de tales sujetadores se suma al coste y al trabajo asociado con el uso del carenado. Adicionalmente, la corrosión y el crecimiento marino hacen frecuente que los elementos de giro de un carenado aumenten en tamaño de modo que ya no puede girar ni alinearse apropiadamente con la corriente. Tal preocupación a menudo ha resultado en carenados que sólo están siendo utilizados en las columnas ascendentes u otros componentes que permanecen en las columnas ascendentes durante sólo un corto período de tiempo, dejando a los de la industria a depender de medios de reducción de VIV menos eficaces, tales como, chapas estabilizadoras de vórtices con aletas fijas para los componentes fijados más permanentemente.

Aunque las chapas estabilizadoras con alturas de aleta y períodos de aleta determinados pueden reducir la amplitud del movimiento inducido por las VIV en más de 90% y han demostrado ser instrumentos eficaces, una solución de menos arrastre sería deseable. Aunque los carenados en forma de lágrima convencionales son eficaces en la reducción tanto del arrastre como de las VIV, los usuarios informan de que estos dispositivos están sujetos a un movimiento de "vibración galopante". Las causas de este movimiento de vibración galopante siguen sin estar claras. Por lo tanto, sigue existiendo una necesidad de un dispositivo de supresión de VIV mejorado que reduzca la vibración, que no aumente el arrastre y que sea resistente a los movimientos de vibración galopante.

Los carenados se aplican típicamente en las columnas ascendentes de perforación y/o producción en una de dos maneras. En una forma de instalación, los carenados se colocan en la columna ascendente después de que esté en posición, suspendido entre la plataforma y el suelo marino, en la que los buzos o vehículos sumergibles (referidos como ROV) se utilizan para sujetar los carenados múltiples alrededor de la columna ascendente. Un segundo procedimiento de instalación se realiza a medida que la columna ascendente está siendo montado en un buque y se instala. En este procedimiento, los carenados se sujetan a la tubería a medida que las longitudes de las tuberías se ensamblan entre sí para formar la columna ascendente. El presente procedimiento de instalación se realiza típicamente en un buque especialmente diseñado, denominado barcaza S-Lay, J-Lay o barcaza Reel Lay. Una barcaza S-Lay es una que tiene una rampa decreciente, colocada a lo largo de un lado o en la parte posterior de la embarcación y que desciende por debajo de la superficie del océano, que está equipada con rodillos (referida como un "lanzador"). A medida que las longitudes de la tubería se ensamblan entre sí, los carenados se fijan a las secciones de tubería conectadas antes que la tubería rueda por la rampa y al océano. Uno de los problemas de instalar los carenados de esta manera es que cuando las aletas del carenado giran sobre los rodillos en la rampa, las aletas se dañan frecuentemente por los rodillos. En este procedimiento de instalación, la columna ascendente completado colocado en el fondo del océano, se empuja después hacia arriba hasta una posición vertical cuando alcanza la longitud adecuada y se fija a la plataforma y la plataforma superficial y al cabezal del pozo en el fondo del océano.

Sería ventajoso proporcionar un carenado flexible relativamente ligero que se pueda colocar fácilmente en una columna ascendente en lugar de tener que fijarse alrededor de toda la circunferencia.

Sería ventajoso proporcionar un carenado que reduzca la vibración, que no aumente el arrastre y que sea resistente a los movimientos de vibración galopante.

Breve resumen de la invención

El objeto se refiere a un carenado para la reducción de la vibración inducida por vórtice, la minimización del arrastre y la eliminación de la vibración galopante sobre un elemento sustancialmente cilíndrico inmerso en un medio fluido. El carenado tiene una carcasa en forma de U con bordes opuestos que definen un hueco longitudinal y aletas paralelas que se extienden hacia afuera desde los bordes opuestos de la carcasa. El carenado tiene una relación de longitud a diámetro de 1,5 a 2,50 y preferiblemente una relación de 1,75 a 2,0, en el que la longitud se mide desde la

nariz principal del cuerpo carenado hasta el final de las aletas, y el diámetro es el diámetro del centro del círculo que define la carcasa.

La carcasa tiene un diámetro exterior D y las aletas paralelas tienen una distancia W entre los bordes opuestos de las aletas. La proporción entre W y D es de $W = D$ a $W = 75\%$ de D. Las aletas del carenado se pueden ahusar hacia el interior.

El carenado incluye además un asiento de cojinete configurado para encajar en el hueco de la carcasa entre los bordes opuestos de la carcasa y las aletas paralelas. El asiento de cojinete tiene una superficie interior curva y superficies laterales en alineación paralela con cada una de las aletas. Cada carenado incluye una pluralidad de asientos de cojinetes que asegura el carenado a un elemento cilíndrico.

El carenado incluye además al menos un conjunto de conectores opuestos para asegurar el carenado a un elemento cilíndrico, posicionándose cada conector sobre una superficie interior de cada aleta paralela. Las aletas pueden incluir tres conjuntos de conectores opuestos. Cada conector incluye una abertura configurada para recibir un medio de sujeción para asegurar los conectores opuestos entre sí.

El carenado incluye además una brida en un borde superior e inferior del carenado, extendiéndose la brida alrededor de la circunferencia de la carcasa y hacia fuera desde la carcasa. La brida puede incluir uno o más recortes en forma de V para la creación de las bisagras de abertura.

El carenado se construye de un material no-metálico, de bajo nivel corrosivo seleccionado de un grupo que consiste en polietileno, poliuretano, resina de éster vinílico, policloruro de vinilo y fibra de vidrio.

La invención incluye también un sistema de carenado para la reducción de la vibración inducida por vórtice y la minimización del arrastre en un elemento sustancialmente cilíndrico inmerso en un medio fluido. El sistema de carenado tiene una pluralidad de carenados que tienen carcasas en forma de U, teniendo cada una de las carcasas bordes opuestos que definen un hueco longitudinal. Extendiéndose las aletas paralelas hacia afuera desde los bordes opuestos de cada una de la pluralidad de carcasas, posicionándose las aletas paralelas para reducir la vibración inducida por vórtice, minimizar el arrastre y eliminar el movimiento de vibración galopante en el elemento cilíndrico. El carenado incluye medios para fijar cada uno de la pluralidad de carenados alrededor del elemento cilíndrico.

El collarín incluye una pluralidad de espaciadores anulares adaptables que se extienden hacia fuera desde una superficie interior del collarín, configurándose los espaciadores para inducir la interacción por fricción entre el collarín y el elemento cilíndrico.

El medio para asegurar los carenados alrededor del elemento cilíndrico incluye un asiento de cojinetes configurada para encajar en el hueco de cada carcasa entre bordes opuestos de la carcasa y las aletas paralelas. El asiento de cojinetes tiene una superficie interior curva y superficies laterales en alineación paralela con cada una de las aletas. Cada carenado incluye una pluralidad de asientos de cojinetes para asegurar el carenado a un elemento cilíndrico.

Medios alternativos para asegurar los carenados alrededor del elemento cilíndrico incluyen al menos un conjunto de conectores opuestos, posicionándose cada conector sobre una superficie interior de cada aleta paralela. Las aletas pueden incluir una pluralidad de conectores opuestos. Cada conector incluye una abertura configurada para recibir un medio de sujeción para asegurar los conectores opuestos entre sí.

El carenado puede incluir además una brida en un borde superior e inferior del carenado, extendiéndose la brida alrededor de la circunferencia de la carcasa y hacia fuera desde la carcasa. La brida puede incluir al menos uno de los recortes en forma de V. Las bridas de cada carenado se configuran de tal manera que permiten que cada carenado gire libremente sobre un carenado contiguo.

Un collarín circular se puede posicionar entre un grupo de o cada uno de la pluralidad de carenados y el collarín está configurado de tal manera que permite que cada carenado gire libremente sobre el collarín. El collarín está en dos secciones unidas por medios para fijar el collarín alrededor del elemento cilíndrico. El collarín está fijado a la columna ascendente y no gira.

Lo anterior ha descrito ampliamente las características y ventajas técnicas de la presente invención a fin de que la siguiente descripción detallada de la invención se pueda comprender mejor. Las características y ventajas adicionales de la invención se describirán más adelante, lo que forma el objeto de las reivindicaciones de la invención. Se debe apreciar por los expertos en la materia que la concepción y realización específica desvelada se puede utilizar fácilmente como base para modificar o diseñar otras estructuras para llevar a cabo los mismos propósitos de la presente invención. También debe tenerse en cuenta por los expertos en la materia que tales construcciones equivalentes no se alejan del espíritu ni del alcance de la invención como se establece en las reivindicaciones adjuntas. Los elementos novedosos que se cree que son característicos de la invención, tanto en cuanto a su disposición como a su procedimiento de operación, junto con otros objetos y ventajas se comprenderán mejor a partir de la siguiente descripción cuando se consideran en relación con las figuras adjuntas. Sin embargo, se debe entender expresamente que cada una de las figuras se proporciona sólo para fines de ilustración y descripción

y no tiene por objeto ser una definición de los límites de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

Para una comprensión más completa de la presente invención, a continuación se hace referencia a las siguientes descripciones tomadas en conjunto con los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 La Figura 1 es una vista en alzado lateral de un buque de perforación que ilustra el uso de los carenados de la invención en uno de los entornos en los que se utiliza la invención;
La Figura 2 es una vista lateral en alzado de un carenado de la técnica anterior;
La Figura 3 es una vista en perspectiva de una realización del carenado de la presente invención;
La Figura 4 es una vista en sección transversal del carenado de la invención tomada a lo largo de las líneas 4-4 de la Figura 3;
- 10 La Figura 5 es una vista en perspectiva del carenado de la Figura 3 con los asientos de cojinetes instalados; es una vista en sección transversal del carenado tomada a lo largo de las líneas 6-6 de la Figura 5;
Las Figuras 6A y B ilustran un sujetador para sujetar los asientos de cojinetes al carenado de la Figura 5A;
La Figura 7 es una vista en perspectiva de un asiento de cojinetes de la Figura 5;
- 15 La Figura 8 es una vista en planta superior del asiento de cojinetes de la Figura 7;
La Figura 9 es una vista en perspectiva de una realización alternativa del carenado de la presente invención;
La Figura 10 es una vista en planta lateral del carenado de la Figura 9;
La Figura 11 es una vista en planta frontal del carenado de la Figura 9;
La Figura 12 es una vista en sección transversal del carenado tomada a lo largo de las líneas 12-12 de la Figura 11;
- 20 La Figura 13 es una vista en planta superior del carenado de la Figura 9;
La Figura 14 es una vista en sección transversal del carenado de la Figura 9;
Las Figuras 15A y B son una vista en planta lateral de un sujetador para sujetar el carenado de la Figura 9 a una columna ascendente;
La Figura 16 es una vista en perspectiva de una serie de segmentos de carenado de la Figura 9;
- 25 La Figura 17 es una realización alternativa de una serie de segmentos de carenado de la Figura 9;
La Figura 18 es una vista en perspectiva de uno de los collarines que separan los segmentos de carenado de la Figura 17;
La Figura 19 es una vista en planta inferior del collarín de la Figura 18;
- 30 La Figura 20 es una vista en planta superior de un espaciador anular que se inserta en la superficie interior del collarín de la Figura 18;
La Figura 21 es un gráfico del coeficiente de arrastre (C_d) para una tubería desnuda y el carenado de la invención por el número de Reynolds (Re);
La Figura 22 es un gráfico de A^* por la velocidad nominal reducida (V_m) para una tubería desnuda y el carenado de la invención;
- 35 La Figura 23 es una vista en sección transversal de una realización alternativa del carenado de la Figura 9;
La Figura 24 es una vista en planta superior del carenado de la Figura 23; y
La Figura 25 es un gráfico del coeficiente de arrastre (C_d) en comparación con la velocidad (V) en la que cada línea en el gráfico representa una relación diferente de $W:D$.

Descripción detallada de la invención

- 40 La presente invención se refiere a carenados giratorios que incluyen aletas específicamente colocadas para la reducción de la vibración inducida por vórtice ("VIV") en las tuberías u otros componentes estructurales sumergidos en un fluido. Como se ha mencionado anteriormente, cuando un objeto sólido está expuesto a los flujos de fluidos

existe una vibración que se deriva de los vórtices desprendidos del objeto cuando el fluido fluye por el mismo. El patrón de flujo alrededor de un cilindro se puede caracterizar por el número de Reynolds (Re) del flujo incidente y el lugar en el que el flujo se separa de la superficie del cilindro que depende de si la capa límite es turbulento o laminar. En el intervalo subcrítico, el intervalo del número de Reynolds es $300 < \text{Re} < 1,5 \times 10^5$, las capas límite laminares se separan en aproximadamente 80 grados a popa del borde principal del cilindro y el desprendimiento del vórtice es fuerte y periódico. El intervalo de $1,5 \times 10^5 < \text{Re} < 3,5 \times 10^6$ se denomina la región de transición. En estas regiones la capa límite se hace turbulenta y los puntos de separación se mueven en popa a 140 grados y el coeficiente de arrastre del cilindro cae abruptamente.

Un carenado se describe en la Patente de Estados Unidos N° 6.401.646 que incluye una carcasa cilíndrica que tiene bordes opuestos que definen un hueco longitudinal y un par de aletas correspondientes que se extienden hacia fuera en una dirección vertical. Las aletas se colocan generalmente a un ángulo de 120° en relación con la circunferencia de la carcasa. Durante las pruebas de hidrodinámica, se ha descubierto que un carenado en forma de U que tiene aletas dobles paralelas provoca una reducción sustancial de la VIV y de las fuerzas de arrastre y el carenado de la invención no se ve afectado por un movimiento de vibración galopante.

La presente invención se refiere a un sistema de carenado en forma de U giratorio que tiene aletas dobles paralelas para la reducción de la VIV en las tuberías u otros componentes estructurales sumergidos en el fluido. En una realización, el carenado de la invención está instalado en las columnas ascendentes de perforación y producción utilizadas en la exploración de petróleo y de gas natural. La Figura 1 ilustra un entorno en el que se utiliza el carenado de la invención. Un buque o plataforma de perforación 10 proporciona las instalaciones superficiales 12. La columna ascendente 14 desciende por debajo de la cubierta de las instalaciones superficiales 12 y está equipado con grandes módulos de flotabilidad OD que se acoplan con los carenados de aletas dobles 16 por debajo de la superficie del océano 18. Una pluralidad de carenados 16 están instalados a lo largo la columna ascendente 14 para reducir la VIV y minimizar el arrastre en la larga columna ascendente sin soporte 14. Esta realización ilustrativa muestra el sistema de carenado instalado en una columna ascendente de perforación o de producción. Sin embargo, se utilizan tuberías cilíndricas en una variedad de otras aplicaciones tales como tuberías submarinas, columnas ascendentes de perforación, importación y exportación; tendones para tensar plataformas con patas, patas para plataformas fijas tradicionales y para plataformas acoplables, otros elementos de amarre para las plataformas en aguas profundas, y así sucesivamente. Los expertos en la materia pueden aplicar fácilmente estas enseñanzas en estas otras aplicaciones.

El carenado 16 está formado a partir de una carcasa en forma de U 20 que tiene bordes opuestos 24, 26 que definen un hueco longitudinal G y un par de aletas correspondientes 22 que se extienden hacia afuera desde los bordes 24, 26 en una dirección vertical (Figuras 3 y 4). Las aletas separadas 22 son paralelas entre sí y se extienden hacia fuera en una dirección paralela con la corriente de fluido para mover los remolinos del vórtice de capa límite más lejos de la columna ascendente 14 sin añadir un arrastre significativo (Figura 4). Las aletas 22 pueden tener cualquier longitud, sin embargo, independientemente de la longitud, las aletas 22 no se extienden más allá del diámetro exterior nominal de la carcasa 20. Preferiblemente, el carenado 16 tiene unas dimensiones de longitud L con respecto al diámetro D (diámetro de la carcasa) de tal manera que la relación de la longitud L con respecto al diámetro D (relación de aspecto) está en el intervalo de 1,5 a 2,50, preferiblemente en el intervalo de 1,75 a 2,0. La carcasa en forma de U proporciona un hueco longitudinal G en la carcasa 20 que permite la colocación de la carcasa 20 alrededor de un objeto cilíndrico, tal como una columna ascendente (Figura 5A).

El carenado 16 se fija a la columna ascendente 14 con asientos de cojinetes 32 que se configuran para encajar en el hueco G de la carcasa 20 entre las aletas 22 (Figuras 5, 5A). Cada asiento de cojinetes 32 tiene una superficie interior curva 34, porciones finales 36 y superficies laterales 38. La superficie interior 34 tiene una curva que cierra el círculo de la circunferencia de la carcasa. Las porciones finales 36 se configuran para encajar en el espacio entre los bordes opuestos 24, 26 y la columna ascendente 14 y las superficies laterales 38 se configuran para alinearse con las aletas 22 (Figura 5). En una realización preferida, la porción posterior 40 de la superficie interior 34 está abierta (Figuras 5, 5A, 7). Los asientos de cojinetes 32 se pueden asegurar a la carcasa 20 por cualquier número de medios conocidos por un experto en la materia. Un ejemplo de un medio de fijación es un perno sin rosca 42 (Figura 6A) con una arandela y el pasador de chaveta 44 (Figura 6B) en el que se coloca el perno a través de un par de aberturas alineadas 46 en las aletas 22 y en las superficies laterales 38 del asiento de cojinetes 32 (Figura 5A).

El número de asientos de cojinetes 32 necesarias para asegurar el carenado 16 a una columna ascendente 14 dependerá de la longitud del carenado y de la cantidad de fuerzas externas que se aplican en la columna ascendente. Por ejemplo, si un carenado tiene una longitud de aproximadamente $4 \frac{1}{2}$ (1,4 m), tres asientos de cojinetes 32 separadas a aproximadamente 23 pulgadas (0,6 m), se podrían utilizar para asegurar el carenado 16 a una sección de la columna ascendente 14, como se ilustra en la Figura 5.

En una realización alternativa, el carenado 16A se forma de una carcasa cilíndrica 20N que tiene aletas opuestas 22N, que se extienden hacia fuera en una dirección vertical, que definen un hueco longitudinal G (Figuras 9 y 13). Las aletas separadas 22N son paralelas entre sí con respecto al centro del círculo que define la carcasa y por lo tanto, a la circunferencia de la carcasa 20N (Figura 13). El hueco G en la carcasa 20N proporciona una abertura que permite la colocación de la carcasa 20N alrededor de un objeto cilíndrico, tal como una columna ascendente. El carenado 16A incluye también una brida 24 en su borde superior 26 e inferior 28, creando una superficie de cojinete

superior 26N y una superficie de cojinete inferior 28N para el carenado 16A (Figuras 9-13).

La brida 24 se extiende alrededor de la circunferencia de la carcasa 20N y se extiende hacia fuera desde la carcasa 20N hasta aproximadamente 3 a 4 pulgadas (7,6 a 10,2 cm). Opcionalmente, la brida 24 incluye al menos un recorte en forma de V 70 para actuar como bisagras de abertura para el carenado 16A. En una realización preferida, el recorte en forma de V se puede colocar aproximadamente en la posición de las 12:00 horas, 3:00 horas y 9:00 horas de la carcasa 20N en relación con el hueco G en la posición de las 6:00 horas. Como alternativa, el recorte en forma de V se puede colocar en cualquier lugar en la brida 24. Los bordes superior e inferior 26F, 28F de las aletas 22N incluyen cada uno una sección de cola 72 que se extiende hacia afuera desde la brida 24 en el hueco G. El borde interior 74 de cada sección de cola 72 está a un ángulo desde el borde del hueco G hasta el borde exterior 76 de cada aleta 22N. El ángulo depende de la longitud de la aleta.

Las aletas 22N incluyen también un primer y segundo conectores 78a, b que forman un conjunto de conectores opuestos 78. Cada aleta 22N incluye al menos dos conjuntos de conectores, preferiblemente tres conjuntos, para asegurar las aletas 22N entre sí para fijarlas en torno a una columna ascendente 14 (Figuras 9-14). Cada conector 78 se extiende hacia dentro desde la superficie exterior 80 de cada aleta 22N, creando una cavidad 82 que incluye una abertura 84 para recibir un medio de fijación. Las paredes de cada conector 78 se ahúsan hacia adentro y la abertura 84 se desplaza desde el centro del conector 78 hacia el borde exterior 76 de la aleta 22N. La cavidad 82 de cada conector 78a, b forma una forma de caja rectangular 86 que se extiende desde la superficie interior 88 de la aleta 22N y está en alineación horizontal con cada sección de cola 72. En una realización preferida, una placa de cubierta (no mostrada) se puede fijar sobre cada una de las aberturas de la cavidad. Cada conector 78a, b del conjunto se encuentra en alineación paralela entre sí. Los medios de fijación para asegurar las aletas 22N entre sí pueden incluir conectores macho y hembra 90, 92 o bulones, tuercas y arandelas (no mostrados). En una realización preferida, los medios de sujeción son un conector macho y hembra 90, 92 formado de poliuretano de 70 Shore D, un poliuretano de 90-95 Shore A o de polietileno reforzado con fibra de vidrio (Figuras 15A, 15B). Como alternativa, se pueden utilizar bulones, tuercas y arandelas de fibra de vidrio/Inconel. El conector macho 90 se coloca en uno 78a del conjunto de conectores 78 y el conector hembra 92 se coloca en el segundo 78b del conjunto de conectores 78 y los sujetadores 90, 92 se aseguran entre sí, atrayendo las aletas 22N juntas, y por tanto al carenado 16N, alrededor de la columna ascendente 14. Los conectores 78 incluyen orificios de mano 94 para acceder a los medios de fijación (Figuras 9, 11, 16, 17).

La carcasa 20, 20N tiene un diámetro exterior de D y las aletas 22, 22N tienen una distancia entre sus extremos de W. Cuando W es igual a D las aletas son paralelas (Figura 4). Se ha encontrado que si W disminuye en relación a D, es decir, las aletas 22, 22N se ahúsan, el arrastre se reduce. En una realización alternativa, el carenado 16B está formado por una carcasa cilíndrica 20P que tiene aletas opuestas 22P, que se extienden hacia fuera en una dirección vertical, que definen un hueco longitudinal G. Sin embargo, en lugar de ser paralelas, las aletas 22P están ahusadas y, por tanto, la distancia de W se reduce entre los bordes opuestos 23 de las aletas 22P. (Figuras 23-24) La colocación de las aletas 22P puede ser de $W = D$ (paralela) a $W = 75\%$ de D (ahusada). Cualquier disminución de W en relación a D, se traducirá en un ahusamiento de las aletas 22P. Una relación preferida es $W = 25\%$ de D que es aproximadamente una reducción del 12,5% para cada aleta 22P, resultando en una disminución del 25% en W con respecto a D.

Las aletas se colocan en una dirección paralela con la corriente de fluido con el fin de mover los remolinos de vórtice de la capa límite más lejos de la columna ascendente 14 sin añadir un arrastre importante (Figura 13). Las aletas 22N, 22P pueden tener cualquier longitud, sin embargo, independientemente de la longitud, las aletas 22N, 22P no se extienden más allá del diámetro exterior nominal de la carcasa 20. Preferiblemente, el carenado 16A, 16B tiene unas dimensiones de longitud a diámetro (diámetro de la carcasa) de tal manera que la relación de longitud a diámetro o relación de aspecto está en el intervalo de 1,50 a 2,50, preferiblemente igual o mayor que 1,75 a 2,0.

Los carenados 16, 16A, 16B varían típicamente en altura de aproximadamente 2 a 12 pies y normalmente tienen un diámetro de aproximadamente 6 a 48 pulgadas (15 a 122 cm). La carcasa 20, 20N, 20P se monta giratoriamente sobre un elemento sustancialmente cilíndrico, tal como la columna ascendente 14, y se hace girar alrededor de la columna ascendente 14 para que haga coincidir las aletas 22, 22N, 22P con la dirección de la corriente.

Las carcasas 20, 20N y 20P están configuradas para encajar alrededor de la columna ascendente 14 de tal manera que proporcionan igualación de presión; permiten que el fluido llegue a la cara de apoyo de la carcasa 20, 20N para lubricar la cara de apoyo con el fluido; y permiten que el flujo de líquido retarde el crecimiento marino. La configuración de la carcasa ayuda también en el giro direccional de la carcasa 20, 20N, 20P alrededor de la columna ascendente 14 para alinear el carenado 16, 16N, 16P con la corriente.

Como se muestra en las Figuras 16 y 17, se contempla un sistema de carenado en el que un número de segmentos de carenado 16, 16A, 16B se pueden instalar en la columna ascendente 14 para girar de forma independiente a lo largo de un elemento más alargado. Con los segmentos de carenado 16A y 16B, las superficies de cojinete superior e inferior 26N, 28N de las bridas 24 permiten que cada segmento de carenado 16A, 16B gire libremente en las bridas colindantes 24 (Figura 16). En una realización alternativa, cada segmento de carenado 16, 16A, 16B puede estar separado por un collarín de dos secciones 48 configurado de tal manera que permita que cada segmento de carenado 16, 16A, 16B gire libremente sobre el collarín 48 (Figura 17). En una realización, el collarín circular 48

tiene una superficie exterior 50, una superficie superior 52, una superficie interior 54 y secciones finales 56a, b (Figuras 18, 19). El collarín 48 puede tener cualquier altura, por ejemplo, en una realización puede ser de aproximadamente 7,6 cm (3 pulgadas). El diámetro del collarín 48 dependerá del diámetro de la columna ascendente 14 que rodeará. El collarín 48 incluye también una pluralidad de espaciadores anulares 62 colocados alrededor de la superficie interior 54 del collarín 48. Los espaciadores anulares 62 aseguran el collarín 48 a la columna ascendente 14 y reducen el movimiento giratorio y axial del collarín 48 mediante la inducción de tensión circunferencial y proporcionan una superficie de rozamiento sobre la columna ascendente 14. Los espaciadores 62 se extienden hacia fuera desde la superficie interior 54 de tal manera que el DI de los espaciadores anulares 62 es más pequeño que el DI del collarín 48. El número de espaciadores 62 en cada collarín dependerá de la circunferencia del collarín. En una realización, se utilizarían al menos seis espaciadores 62.

Cada espaciador anular 62 tiene una cara de espaciador 64, y una porción intermedia 66 y un retén espaciador 68 (Figura 20). El reten espaciador 68 se inserta a través de un orificio separador (no mostrado) en la superficie interior 54 del collarín 48. El retén espaciador 68 es lo suficientemente flexible que puede deformarse elásticamente para pasar a través del orificio del espaciador en la superficie interior del collarín 48, mientras que la cara del espaciador 64 se dimensiona para impedir el paso a través del orificio del espaciador cuando se aplica una fuerza determinada contra la cara del espaciador 64. Los espaciadores anulares 62 se construyen de un material adecuado para inducir la interacción por fricción entre el collarín 48 y la columna ascendente 14. Por ejemplo, los espaciadores 62 se pueden formar a partir de un material de poliuretano que proporciona la adaptabilidad de modo que cuando las dos secciones 48a, 48b del collarín se sujetan alrededor de la columna ascendente 14 existe compresión radial desde la superficie interior 54 del collarín 48 en la columna ascendente 14, comprimiendo de este modo el poliuretano y provocando el arrastre. Las dos secciones 48a, 48b del collarín se colocan alrededor de la columna ascendente 14 y se aseguran en la parte inferior del collarín 58 con unos medios de fijación tales como un perno, tuerca y arandela roscado a través de una abertura en cada una de las secciones finales 56a, b. En una realización preferida, el collarín incluirá una pluralidad de orificios de alivio de presión 60 (Figuras 14-15).

Los carenados 16, 16A, 16B y el collarín 48 se pueden construir de cualquier material no-metálico de bajo nivel corrosivo, tal como polietileno de alta o baja densidad, poliuretano, resina de éster vinílico, cloruro de polivinilo (PVC), u otros materiales con propiedades de flexibilidad y de durabilidad sustancialmente similares o de múltiples capas mate de fibra de vidrio. Estos materiales le proporcionan a los carenados 16, 16A, 16B y al collarín 48 la fuerza suficiente para permanecer en la columna ascendente 14, pero suficiente flexión para permitir que se coloquen alrededor de la columna ascendente 14 durante la instalación. El uso de tales materiales elimina la posibilidad de corrosión, lo que puede hacer que la carcasa del carenado se aferre alrededor del elemento alargado que rodea.

Las Figuras 21 y 22 presentan resultados de pruebas que demuestran la sorprendente eficacia del carenado 16 de la invención. La Figura 21 es un gráfico del coeficiente de arrastre (C_d) para una tubería desnuda y la ADFS por número de Reynolds (Re) y la Figura 22 es un gráfico de A^* por la velocidad nominal reducida (V_{rn}), que se define como $V_{rn} = U/(f_n \cdot D)$ en la que U es la velocidad de remolque, D el diámetro del cilindro y f_n es la frecuencia natural del sistema. A^* es la amplitud de vibración normalizada que se define como $A^* = A / D$. Como referencia, se espera que la amplitud de vibración normalizada de una tubería desnuda esté en el intervalo de 0,9 a 1,0 por lo que este carenado disminuye la amplitud de la vibración significativamente en más del 90%.

Estas pruebas se realizaron en un tanque remolque con el elemento marino remolcado para desarrollar un movimiento relativo entre la muestra de ensayo y el agua. La muestra de ensayo se dejó vibrar libremente en la dirección transversal. La Figura 21 ilustra el coeficiente de arrastre (C_d), tanto para un cilindro desnudo como para un cilindro protegido por el carenado 16. La Figura 22 ilustra la velocidad tanto de un cilindro desnudo como de un cilindro protegido por el carenado 16. En ambos casos, la muestra de ensayo se dejó a vibrar libremente en la dirección transversal. También se muestran las curvas de C_d publicados por el número de Reynolds para una tubería desnuda fija. La compensación de vibración transversal por la VIV provoca un aumento de varias veces en el C_d . Con el carenado 16 instalado, los coeficientes de arrastre se reducen significativamente en relación con cualquiera de la tubería fija o de oscilación libre en 0,4 o menos. Además, la instalación del carenado 16 hace que la vibración se reduzca en al menos 90% y hasta tanto como 95 a 99%. La Figura 22 ilustra también el sorprendente rendimiento de supresión de la VIV superior del carenado 16, 16^a de la invención, que muestra que la eficiencia del carenado 16, 16A es de aproximadamente 95%. A^* para una tubería desnuda es superior a 0,8, mientras que una tubería equipada con el carenado de la invención posee un A^* de aproximadamente 0,01. El gráfico ilustra que las vibraciones laterales causadas por la VIV están casi totalmente eliminadas.

Los resultados de las pruebas han mostrado, como se ilustra en la Figura 25, que a medida que W disminuye con respecto a D , el coeficiente de arrastre se reduce. El gráfico de la Figura 25 muestra el coeficiente de arrastre (C_d) en comparación con la velocidad del viento " V ", en el que cada línea de la gráfica representa una relación diferente de $W:D$. Las líneas A1, A2 representan una disposición de aleta paralela en la que $W = D$; la línea B representa el arrastre de una aleta ahusada en la que $W = 75\%$ de D ($W = 0,75$ de D); la línea C representa el arrastre de una aleta ahusada en la que $W = 50\%$ de D ($W = 0,50$ de D), y la línea D representa el arrastre de una aleta ahusada en la que $W = 5\%$ de D ($W = 0,05$ de D) (casi en contacto). Inicialmente a medida que la distancia de W se reduce desde D existe un gran cambio en el C_d . A medida que la distancia de W se disminuye aún más, la cantidad de reducción del C_d es entonces menor que cuando comenzó inicialmente. Como puede observarse en el gráfico de la

Figura 25, una reducción del 25% de la distancia de W en relación a D muestra al comienzo una gran caída del Cd (diferencia entre las líneas A1, A2 y la línea B), mientras que una reducción de 50% de la distancia W en relación con D a una reducción de 75% de la distancia de W en relación con D muestra menos de un cambio en el Cd (diferencia entre las líneas C y D). Esta tendencia continúa hasta el punto en el que se reduce la distancia de W a 0 y las aletas 22P están en contacto.

Aunque la presente invención y sus ventajas se han descrito en detalle, debe entenderse que diversos cambios, sustituciones y alteraciones se pueden hacer en la misma sin alejarse del espíritu y alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas. Además, el alcance de la presente solicitud no tiene por objeto limitarse a las realizaciones particulares del proceso, máquina, fabricación, composición de materia, medios, procedimientos y etapas que se describen en la memoria descriptiva. Como apreciará fácilmente un experto en la materia a partir de la divulgación de la presente invención, los procesos, máquinas, fabricación, composición de la materia, medios, procedimientos, o etapas que existen actualmente o que pueden desarrollarse posteriormente, que realizan sustancialmente la misma función o que alcanzan sustancialmente el mismo resultado que las realizaciones correspondientes descritas en el presente documento, se pueden utilizar de acuerdo con la presente invención. En consecuencia, las reivindicaciones adjuntas tienen por objeto incluir dentro de su alcance tales procesos, máquinas, fabricación, composiciones de materia, medios, procedimientos o etapas.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de carenado para la reducción de la vibración inducida por vórtice, la minimización del arrastre y la eliminación del fenómeno de vibración galopante sobre un elemento sustancialmente cilíndrico inmerso en un medio fluido, que comprende:
 - 5 un elemento cilíndrico;
un carenado montado giratoriamente alrededor del elemento cilíndrico, **caracterizado porque** dicho carenado tiene una carcasa en forma de U con bordes opuestos que definen un hueco longitudinal y aletas paralelas que se extienden hacia afuera desde los bordes opuestos de la carcasa,
- 10 2. Un conjunto de carenado de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende una pluralidad de dichos carenados montados giratoriamente alrededor del elemento cilíndrico.
3. El conjunto de carenado de acuerdo con la reivindicación 2, que incluye además una brida en un borde superior e inferior del carenado, extendiéndose la brida alrededor de la circunferencia de la carcasa y hacia fuera desde la carcasa, en el que las bridas en cada carenado están configuradas de tal manera que permiten que cada carenado gire libremente sobre un carenado contiguo.
- 15 4. El conjunto de carenado de acuerdo con la reivindicación 2, en el que un collarín circular está posicionado entre cada uno de la pluralidad de carenados, estando configurado el collarín de tal manera que permite que cada carenado gire libremente sobre el collarín.
5. El sistema de carenado de la reivindicación 4, en el que el collarín tiene dos secciones que se mantienen unidas por medios de fijación para sujetar el collarín alrededor del elemento cilíndrico.
- 20 6. El sistema de carenado de la reivindicación 4, en el que el collarín incluye una pluralidad de espaciadores anulares coincidentes que se extienden hacia fuera desde una superficie interior del collarín, estando los espaciadores configurados para inducir la interacción por fricción entre el collarín y el elemento cilíndrico.
7. Un carenado que tiene una carcasa en forma de U con bordes opuestos que definen un hueco longitudinal y aletas paralelas que se extienden hacia fuera de los bordes opuestos de la carcasa, para su uso en un sistema de
- 25 carenado de acuerdo con cualquier reivindicación anterior.
8. El carenado de la reivindicación 7, que incluye además un asiento de cojinetes configurado para encajar en el hueco de la carcasa entre los bordes opuestos de la carcasa y las aletas paralelas.
9. El carenado de la reivindicación 8, en el que el asiento de cojinetes tiene una superficie interior curva y superficies laterales en alineación paralela con cada una de las aletas.
- 30 10. El carenado de la reivindicación 8, en el que cada carenado incluye al menos un asiento de cojinetes para asegurar el carenado a un elemento cilíndrico.
11. El carenado de la reivindicación 10, en el que cada carenado incluye una pluralidad de asientos de cojinetes para asegurar el carenado a un elemento cilíndrico.
- 35 12. El carenado de la reivindicación 7, que incluye además al menos un conjunto de conectores opuestos para asegurar el carenado a un elemento cilíndrico, posicionándose cada conector sobre una superficie interior de cada aleta paralela.
13. El carenado de la reivindicación 12, en el que las aletas incluyen una pluralidad de conectores opuestos.
14. El carenado de la reivindicación 12, en el que cada conector incluye una abertura configurada para recibir un medio de sujeción para asegurar los conectores opuestos entre sí.
- 40 15. El carenado de la reivindicación 12, que incluye además una brida en un borde superior e inferior del carenado, extendiéndose la brida alrededor de la circunferencia de la carcasa y hacia fuera de la carcasa.
16. El carenado de la reivindicación 15, en el que la brida incluye al menos un recorte en forma de V.
17. El carenado de la reivindicación 7, en el que cada aleta no se extiende más allá del diámetro exterior de la carcasa.
- 45 18. El carenado de la reivindicación 7, en el que el carenado está construido de un material no-metálico de bajo nivel corrosivo seleccionado de un grupo que consiste en polietileno, poliuretano, resina de éster vinílico, policloruro de vinilo y fibra de vidrio.
19. El carenado de la reivindicación 7, en el que la carcasa tiene un diámetro exterior D y las aletas tienen una distancia W entre los bordes opuestos de las aletas.

20. El carenado de la reivindicación 19, en el que la relación de W a D es de $W = D$ a $W = 75\%$ de D.
21. El carenado de la reivindicación 7, en el que las aletas paralelas están ahusadas hacia dentro.

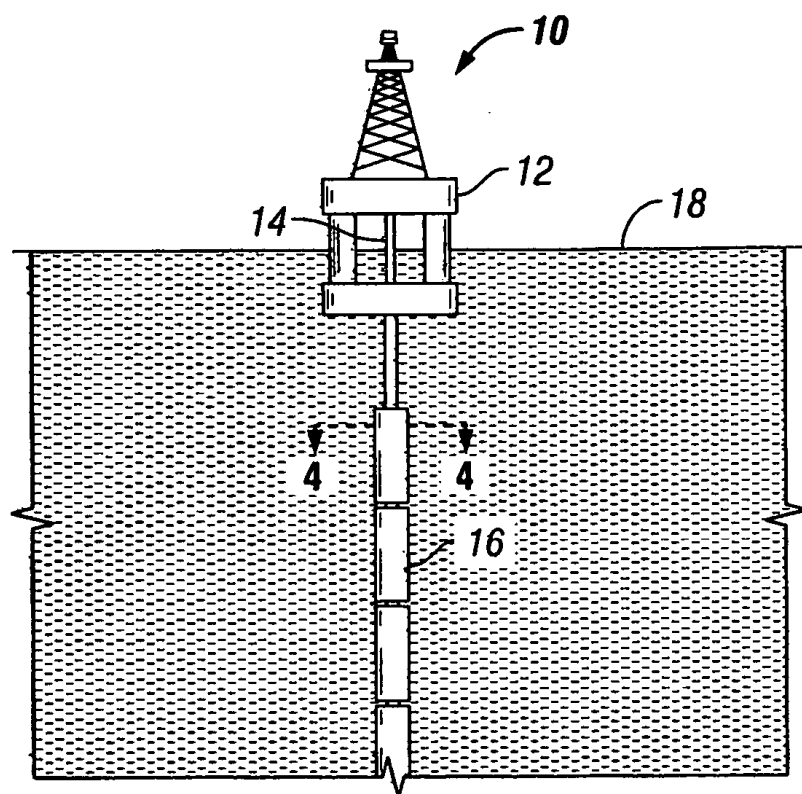
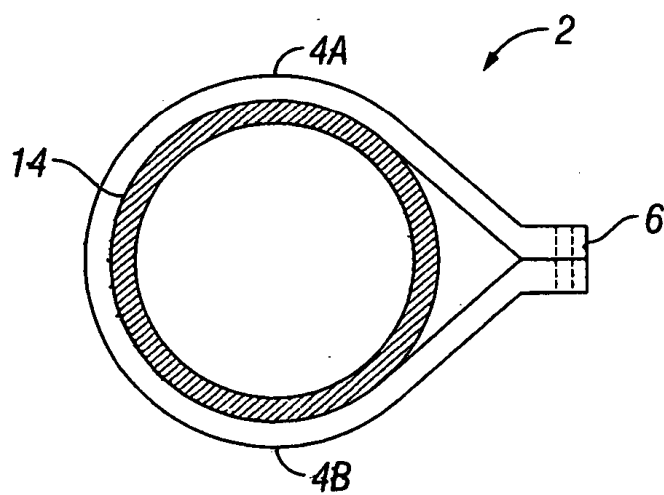
**FIG. 1**

FIG. 2
(TÉCNICA ANTERIOR)

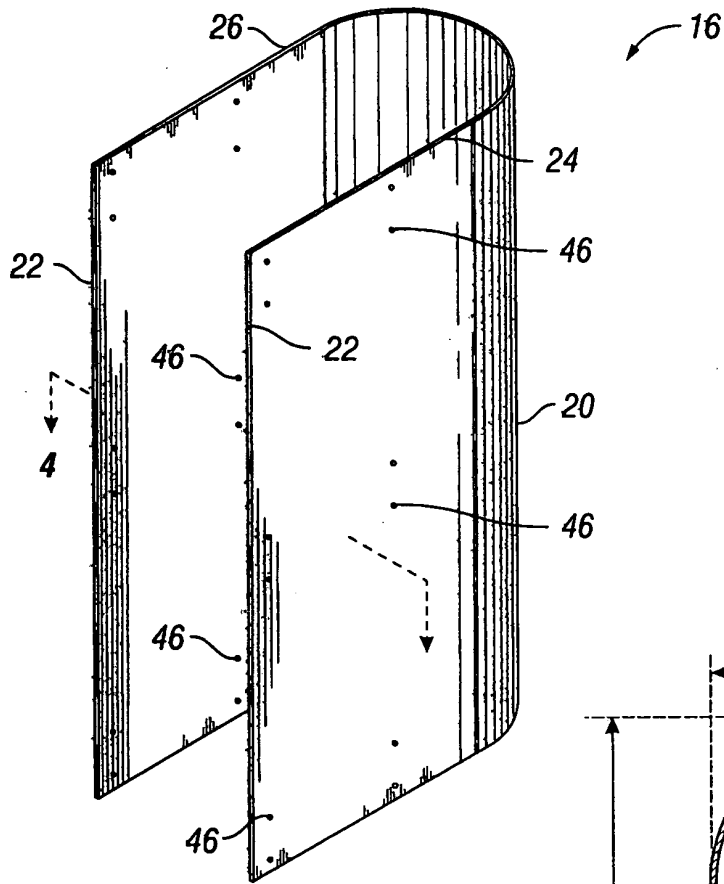


FIG. 3

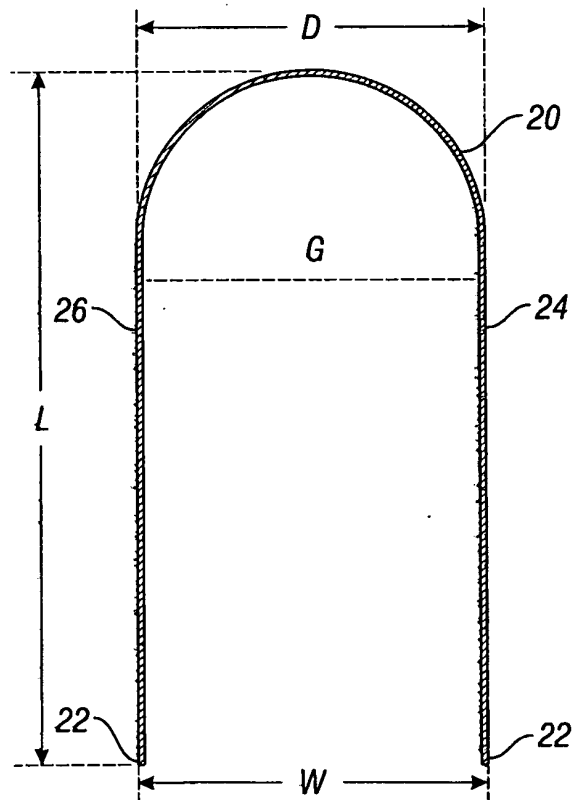


FIG. 4

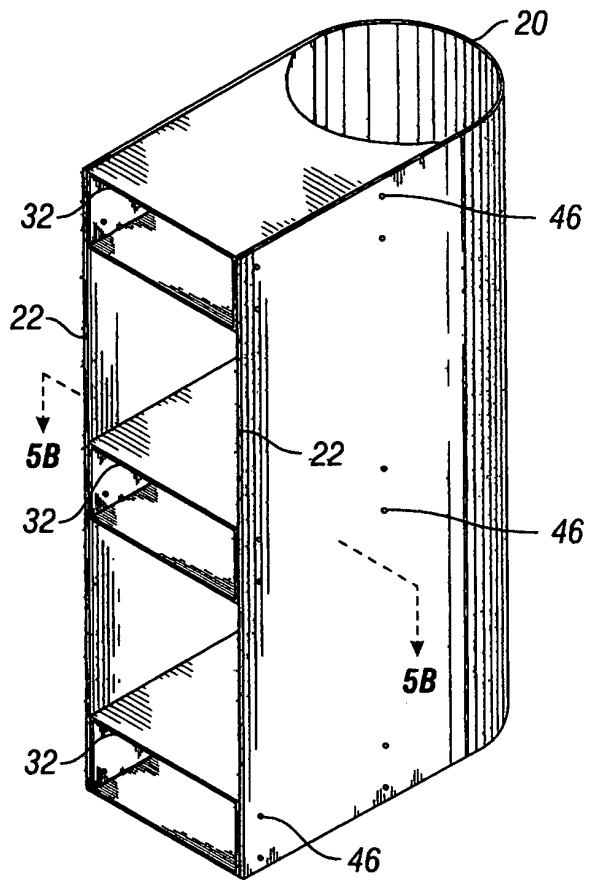


FIG. 5A

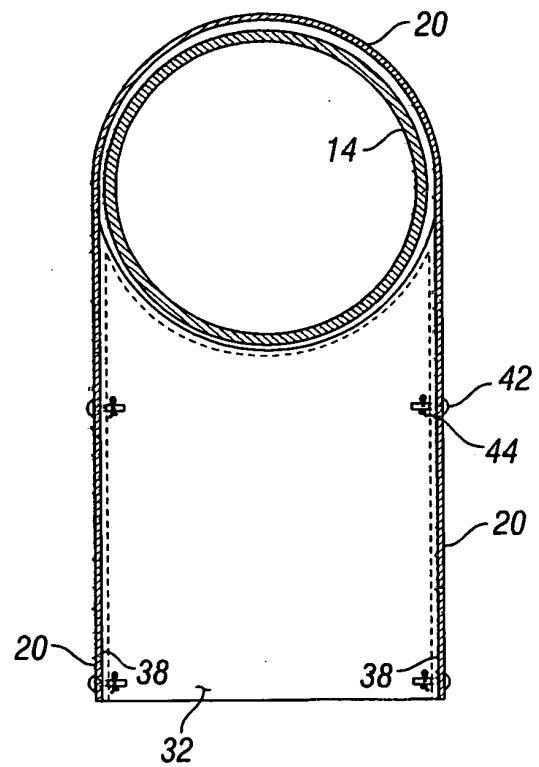


FIG. 5B

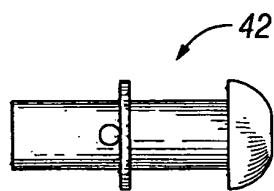


FIG. 6A

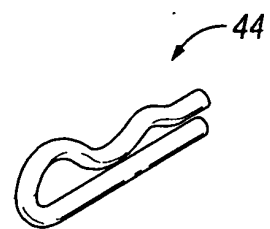


FIG. 6B

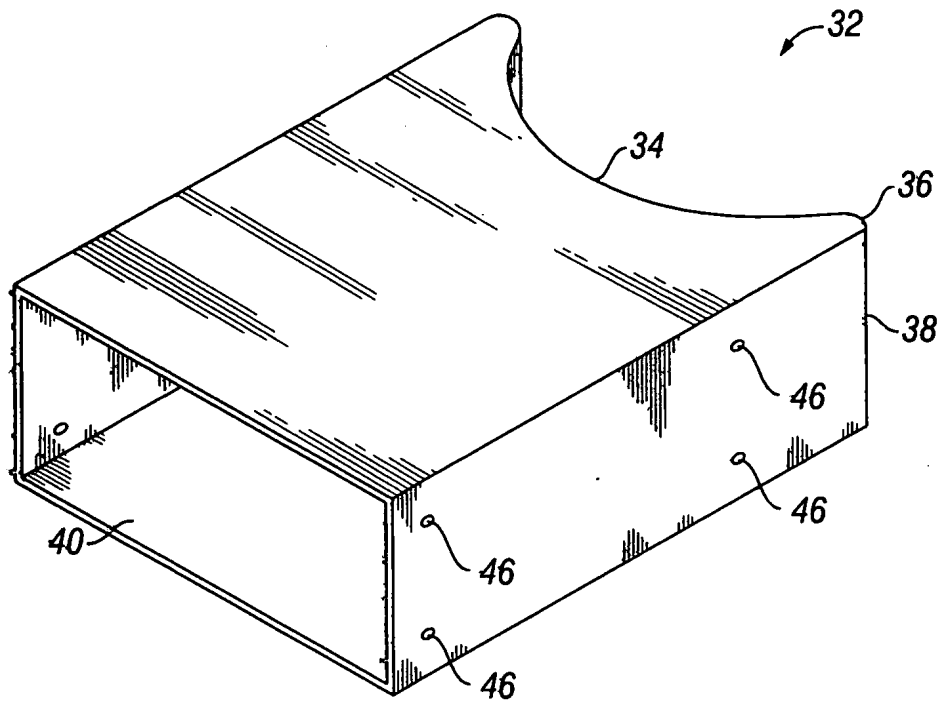


FIG. 7

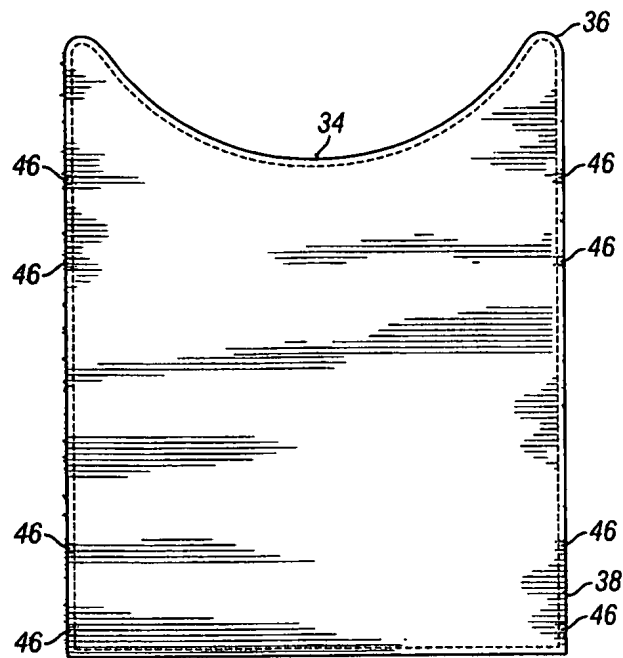


FIG. 8

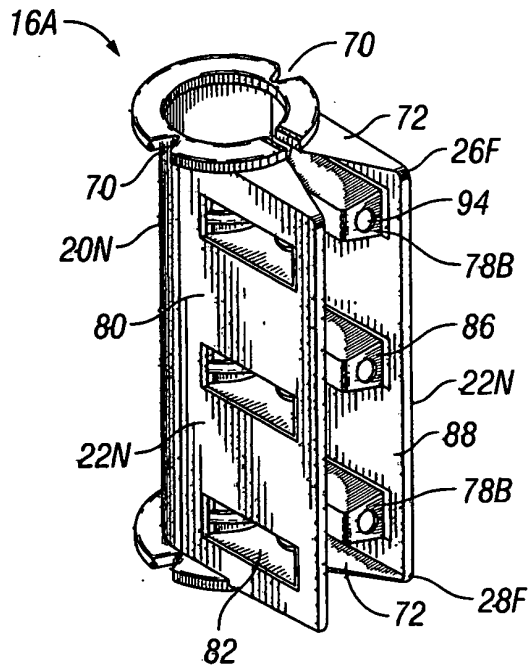


FIG. 9

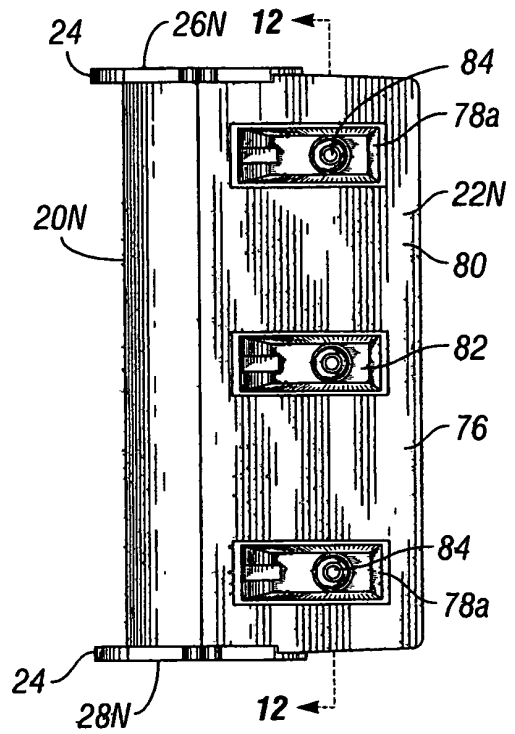


FIG. 10

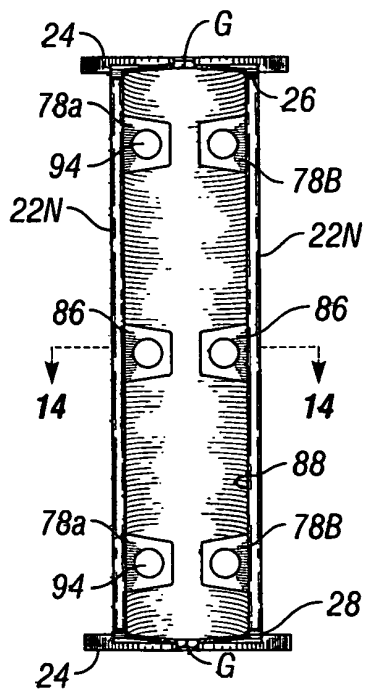


FIG. 11

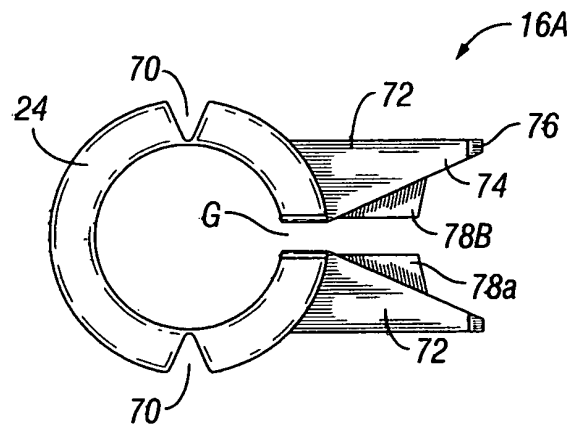


FIG. 13

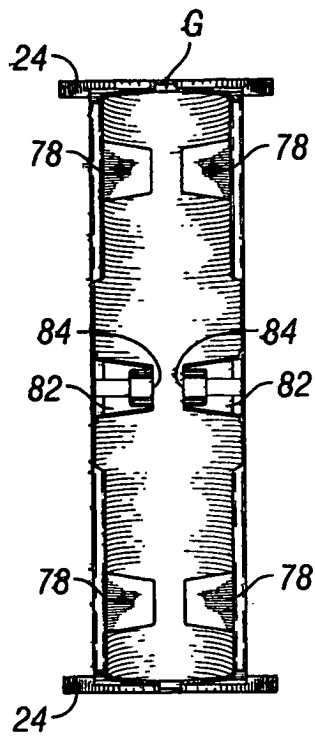


FIG. 12

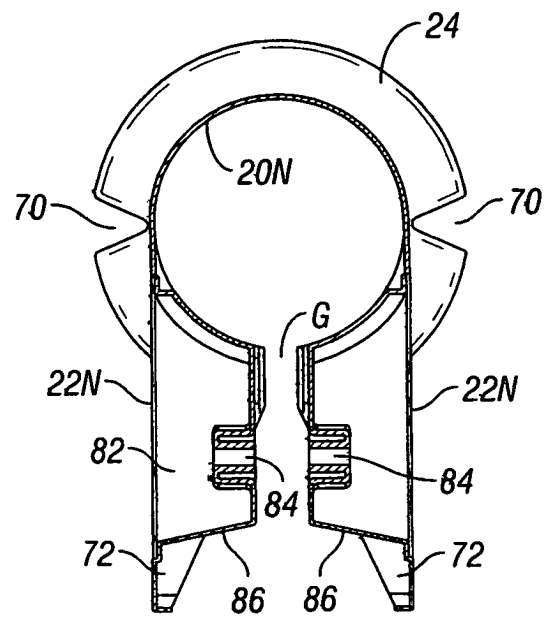


FIG. 14

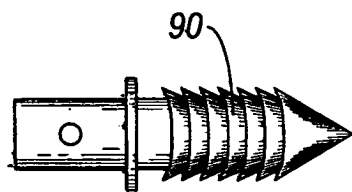


FIG. 15A

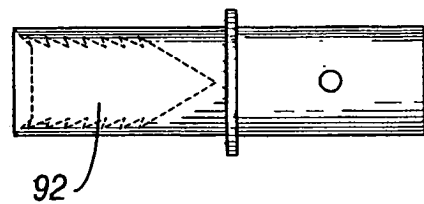


FIG. 15B

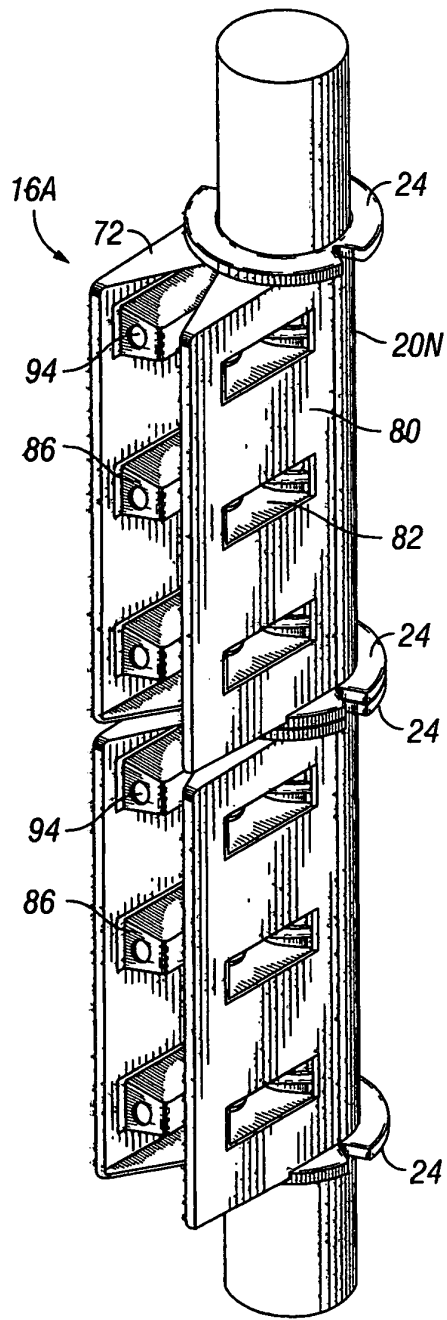


FIG. 16

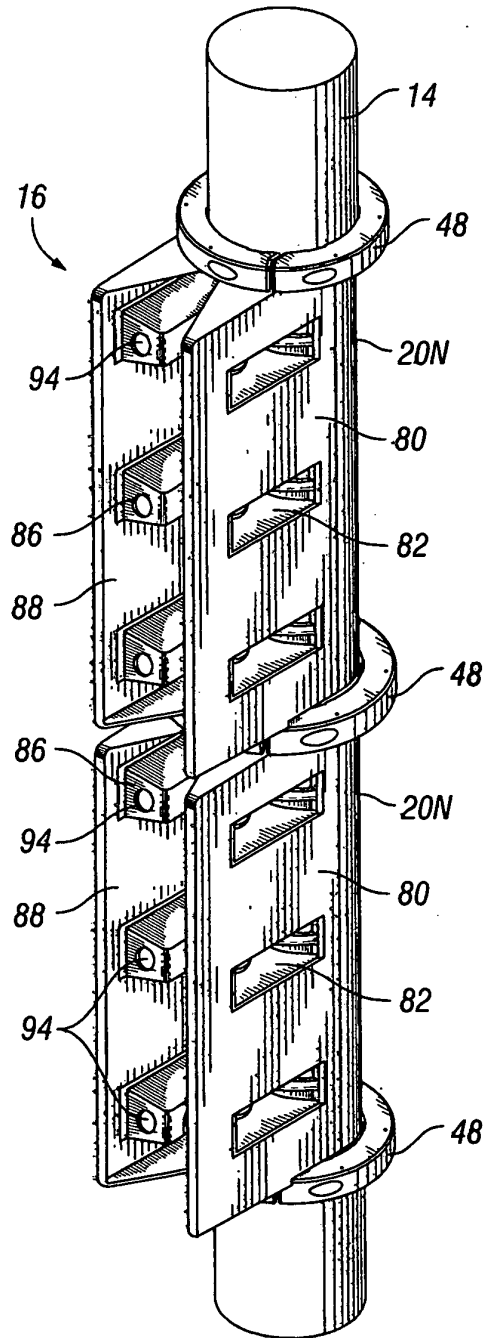


FIG. 17

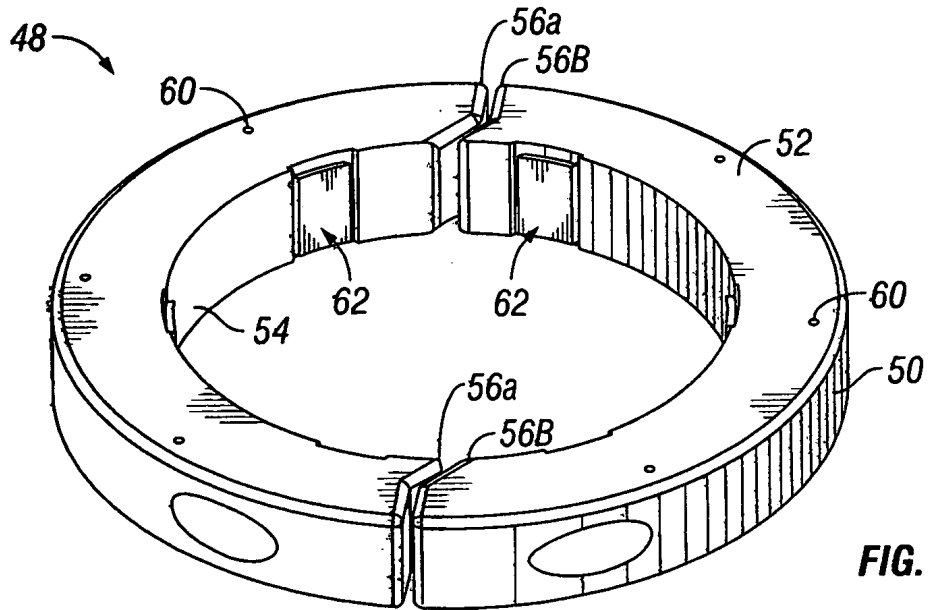


FIG. 18

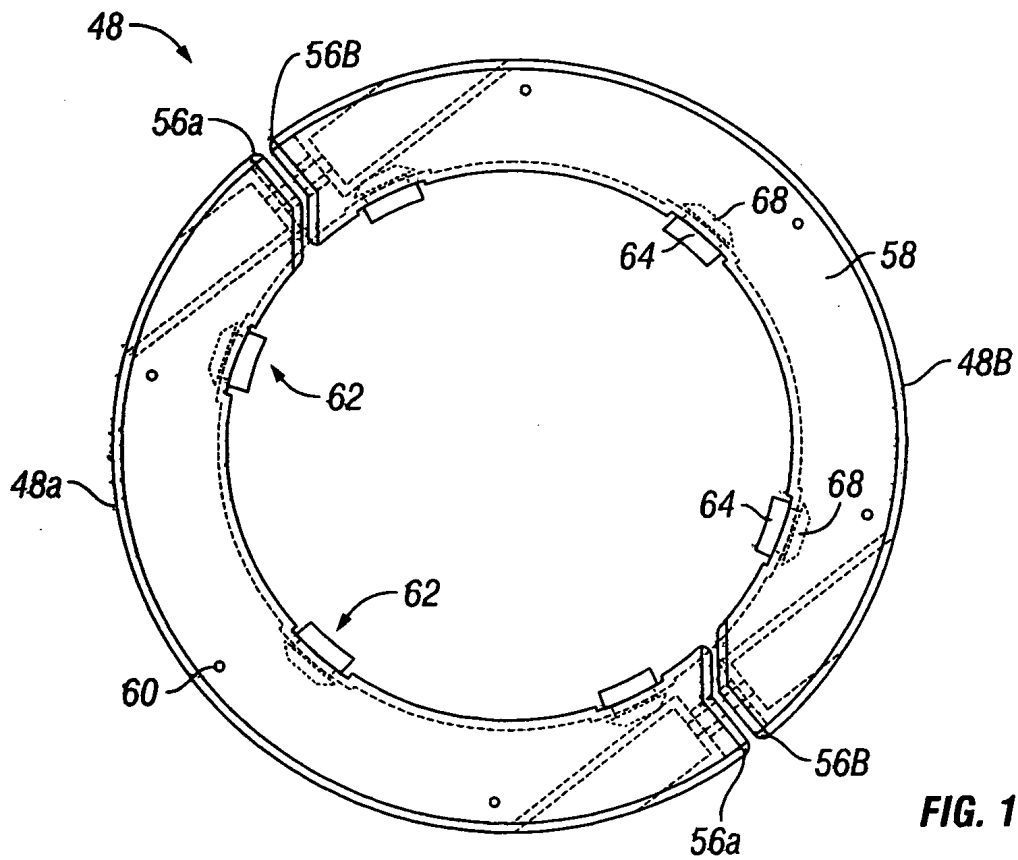


FIG. 19

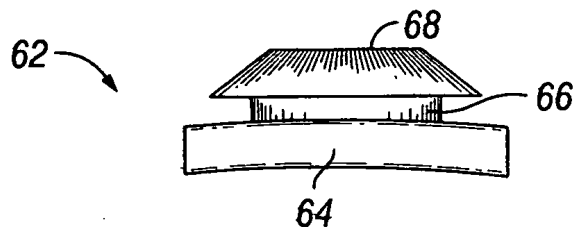


FIG. 20

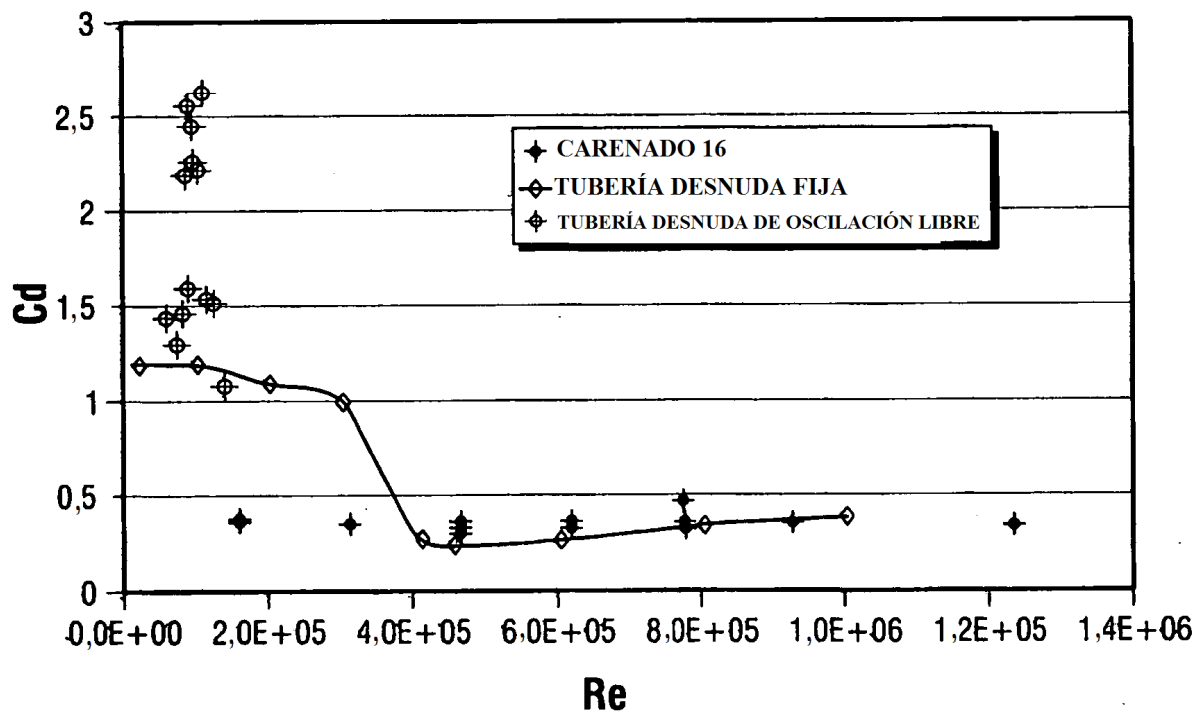


FIG. 21

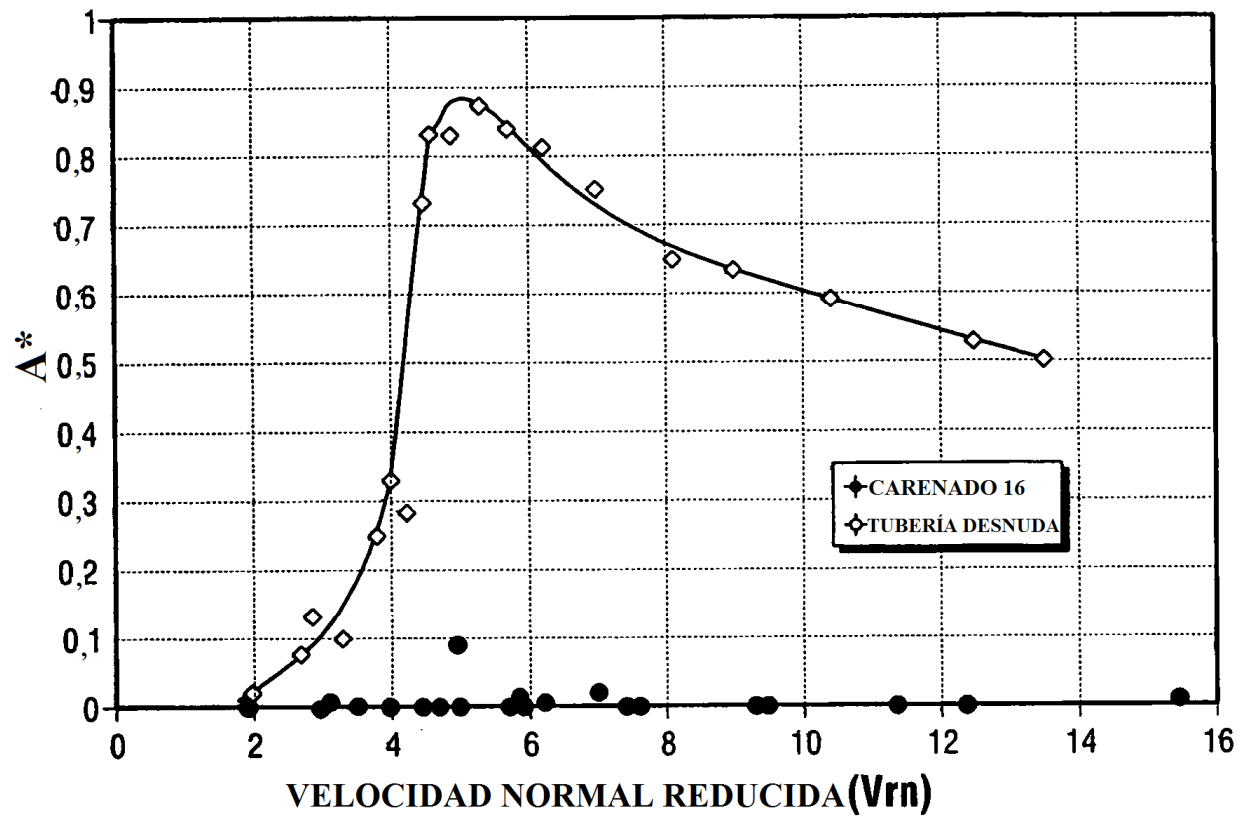


FIG. 22

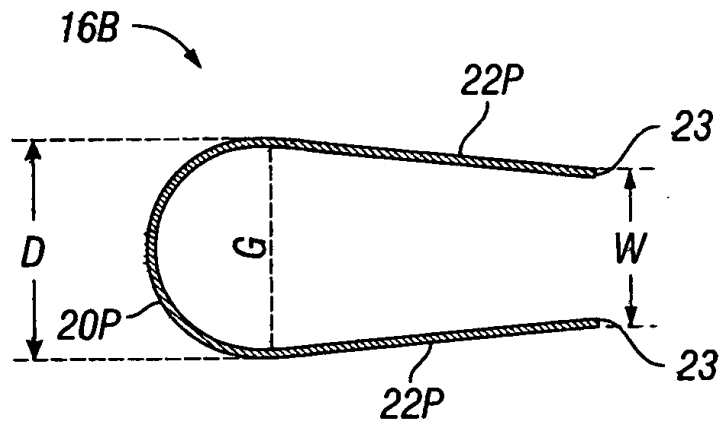


FIG. 23

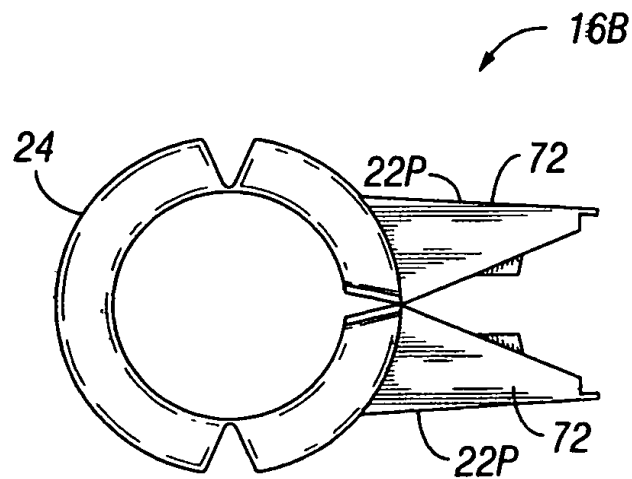


FIG. 24

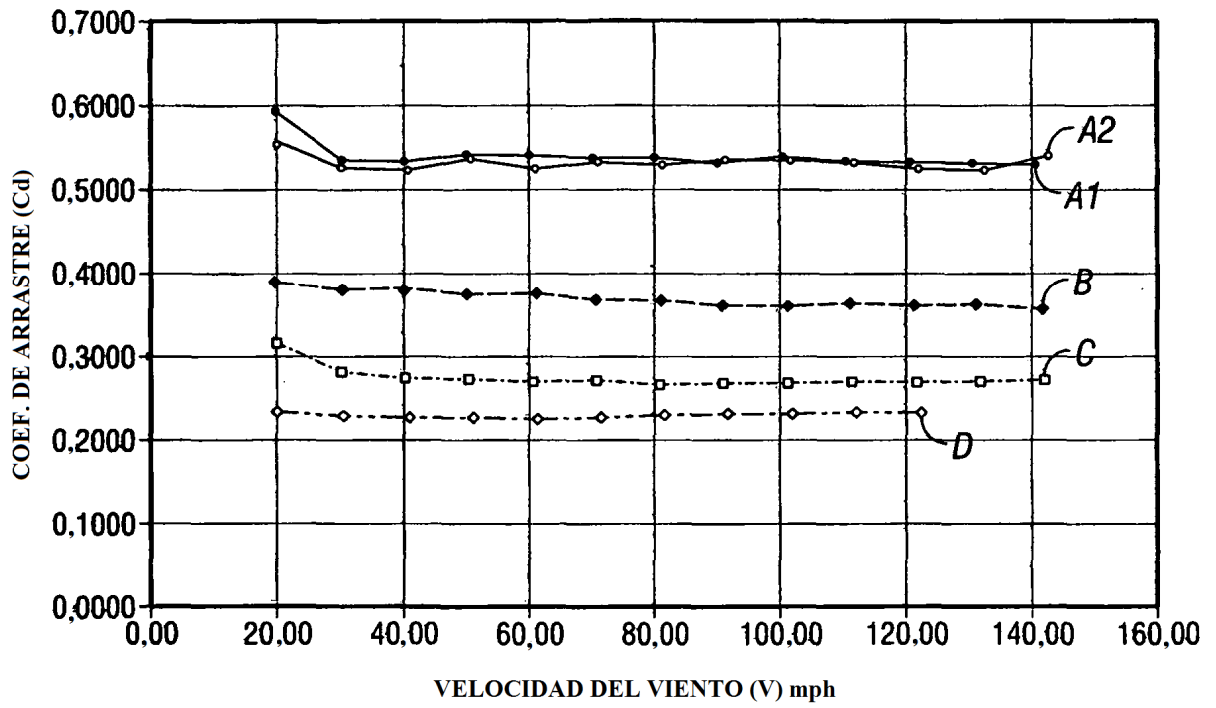


FIG. 25